

南京林业大学自编讲义

制浆造纸安全生产管理

编者：陈务平

轻工与食品学院
2023 年 9 月

前 言

《制浆造纸安全生产管理》是轻化工程（制浆造纸）专业必修课程之一，通过本课程的学习，让学生熟练掌握安全生产及管理相关的理论知识，安全生产法等相关国家法律、法规，知晓制浆造纸行业安全生产现状及存在的问题，了解制浆造纸安全生产管理方面的知识，掌握造纸企业防火消防安全防护、压力容器及电气设备安全防护、危险化学品安全防护、设备腐蚀及防腐措施以及劳动职业安全等安全生产知识，并将安全生产与管理知识应用于生产实际，促进企业健康发展，保障生产安全；培养学生的安全生产防范意识，树立安全第一，预防为主的指导思想。

本教材是根据教育部高等学校轻工类专业教学指导委员会审定的编写大纲，结合各兄弟院校教学实践与经验，并与制浆造纸领域的国内知名造纸企业共同探讨、深入交流，由南京林业大学轻工与食品学院编写而成。

本教材由绪论、第一章～第五章组成，绪论主要介绍安全生产及安全生产管理的基本概念和基本理论知识，中华人民共和国安全生产法等法律法规；第一章介绍制浆造纸行业防火防爆安全技术，包括燃烧及燃烧物的运输和储存、爆炸和爆炸物的运输和储存等基本知识，以及灭火设备及灭火措施；重点介绍了造纸企业防火消防安全知识；第二章介绍了造纸企业压力容器和机电设备的安全与防护知识，包括造纸压力容器基本概念、压力容器的维护与操作；造纸电气设备的操作与维护等；第三章主要介绍制浆造纸危险化学品知识，包括危险化学品的定义、分类，危险化学品事故的处理与救护、各种危险化学品的安全使用要求及管理措施等；第四章介绍了造纸工业设备腐蚀与预防措施，包括造纸工业设备腐蚀的原因及机理、以及解决设备腐蚀的常用方法；第五章介绍了造纸工业劳动保护，主要包括噪声和静电的危害与防护，造纸企业工伤和职业病的预防对策等内容。此外，各章节还列举了大量的事故案例，便于读者更好地学习；同时，也可为制浆造纸企业管理人员及操作人员学习提供参考。

本教材编写过程中参考了大量国内外最新的制浆造纸企业安全生产及安全生产管理政策、法规、安全操作规程、案例和论文等，教材后面的参考文献未能一一列举。

本教材由南京林业大学陈务平副教授主编，南京林业大学王晨讲师、童国林教授、吴淑芳教授、尉慰奇副教授参编。绪论和第三章由陈务平编写；第一章由尉慰奇编写；第二章由王晨编写；第四章由童国林编写；第五章由吴淑芳编写。全书由南京林业大学童国林教授和

福建联盛纸业章建华教授级高工共同主审。

本教材供高等院校轻化工程专业《安全生产管理》课程教学之用，也可供制浆造纸工程技术人员、有关科研人员、企业高级管理人员及操作员工参考。

本教材编写过程中，得到南京林业大学轻工与食品学院金永灿教授、王志国教授和吴伟兵教授的悉心指导，福建联盛纸业章建华教授级高工的热情帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者学识水平有限，错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2023 年 9 月

目 录

| | |
|--------------------------|----|
| 绪 论 | 1 |
| 一、安全生产概述..... | 1 |
| 二、安全生产管理概述..... | 1 |
| 三、安全生产及管理现状..... | 4 |
| 四、安全生产管理对策..... | 5 |
| 五、加强安全生产管理的意义..... | 7 |
| 六、安全生产与社会发展的关系..... | 7 |
| 七、安全生产与经济关系的内在关系..... | 8 |
| 八、制浆造纸企业安全生产隐患及原因..... | 9 |
| 九、制浆造纸企业安全生产的基本原则..... | 12 |
| 十、《中华人民共和国安全生产法》..... | 13 |
| 十一、本节课程思政内容..... | 14 |
| 第一章 造纸企业防火防爆安全技术..... | 15 |
| 第一节 燃烧及燃烧性物质的运输和储存..... | 15 |
| 一、燃烧概述..... | 15 |
| 二、燃烧性物质的运输和储存..... | 20 |
| 第二节 爆炸及爆炸性物质的运输和储存..... | 22 |
| 一、爆炸概述..... | 22 |
| 二、爆炸分类..... | 22 |
| 三、常见爆炸类型..... | 23 |
| 四、爆炸性物质的运输和储存..... | 26 |
| 第三节 灭火设备及灭火措施..... | 27 |
| 一、灭火原理与措施..... | 27 |
| 二、灭火剂及其选用..... | 29 |
| 三、灭火器及其应用..... | 32 |
| 第四节 造纸企业防火消防安全..... | 35 |
| 一、造纸企业防火消防安全存在的不足..... | 35 |
| 二、造纸企业火灾危险性..... | 36 |
| 三、常见的火灾扑救措施..... | 37 |
| 四、造纸企业原料场防火措施..... | 39 |
| 五、造纸企业联合厂房防火措施..... | 42 |
| 六、造纸企业油库防火措施..... | 44 |
| 第五节 本节课程思政内容..... | 45 |
| 第二章 造纸企业压力容器和机电设备安全..... | 49 |
| 第一节 压力容器的操作、维护及运行安全..... | 49 |
| 一、压力容器安全概述..... | 49 |
| 二、压力容器的操作与维护..... | 56 |
| 三、压力容器的运行安全..... | 57 |
| 第二节 造纸企业压力容器的安全使用..... | 60 |
| 第三节 造纸企业气瓶安全..... | 66 |
| 一、气瓶的分类及特征..... | 66 |
| 二、气瓶的安全及检查..... | 67 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第四节 造纸电气和机械设备操作危险与防护 | 70 |
| 一、电气设备危险与防护 | 70 |
| 二、造纸企业机电设备安全使用注意事项 | 81 |
| 第五节 本节课程思政内容 | 93 |
| 第三章 造纸危险化学品安全与防护 | 97 |
| 第一节 危险化学品概述 | 97 |
| 一、化学品的危险性 | 97 |
| 二、危险化学品的定义和分类 | 99 |
| 三、危险化学品事故的处理与救护 | 101 |
| 四、危险化学品储存和运输安全要求 | 104 |
| 五、化学烧伤的应急与救护 | 104 |
| 六、群体性化学灼伤的应急与救护 | 107 |
| 第二节 易燃物质的性质、分类及安全防护 | 110 |
| 一、易燃物质的性质与分类 | 110 |
| 二、易燃物质的安全与防护 | 111 |
| 三、造纸工厂主要易燃化学物质的安全与防护 | 112 |
| 第三节 有毒物质及中毒急救 | 113 |
| 一、毒性物质的性质和特征 | 113 |
| 二、毒性物质的毒性等级和危险等级 | 120 |
| 三、造纸行业毒性物质的中毒急救 | 122 |
| 第四节 造纸企业危险化学品的安全使用 | 125 |
| 一、危险化学品管理法规 | 126 |
| 二、制浆造纸危险化学品的安全使用 | 128 |
| 第五节 造纸企业危险化学品安全管理措施 | 141 |
| 第六节 本节课程思政内容 | 143 |
| 第四章 造纸工业设备腐蚀与预防措施 | 147 |
| 第一节 设备腐蚀机理及其危害 | 147 |
| 一、腐蚀概述 | 147 |
| 二、腐蚀的危害 | 149 |
| 三、腐蚀机理 | 149 |
| 四、造纸工业腐蚀产生的原因 | 151 |
| 五、材料的防腐措施 | 152 |
| 第二节 造纸主要设备腐蚀与防护 | 159 |
| 一、蒸煮设备的腐蚀与防护 | 159 |
| 二、漂白系统的腐蚀与防护 | 163 |
| 三、造纸系统的腐蚀与防护 | 171 |
| 四、碱回收系统腐蚀及防护 | 176 |
| 第三节 造纸工业腐蚀解决措施 | 178 |
| 一、调高生产用水的 pH 值 | 178 |
| 二、采用电化学保护措施 | 178 |
| 三、控制沉积物 | 179 |
| 四、控制微生物 | 179 |
| 五、热喷涂技术 | 180 |
| 六、防腐涂层封孔剂 | 180 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 第四节 本节课程思政内容..... | 180 |
| 第五章 造纸工业劳动安全保护..... | 182 |
| 第一节 噪声的危害及防护..... | 182 |
| 一、噪声概述..... | 182 |
| 二、造纸企业噪声来源及分类..... | 185 |
| 三、噪声的危害..... | 187 |
| 四、造纸企业噪声的防治措施..... | 188 |
| 第二节 造纸工业静电的危害与消除..... | 192 |
| 一、静电产生的原因..... | 192 |
| 二、造纸防静电措施..... | 194 |
| 第三节 造纸企业工伤事故及职业病预防..... | 195 |
| 一、常见工伤事故及其预防措施..... | 196 |
| 二、工伤事故的调查与处理..... | 203 |
| 三、造纸工业职业健康事故预防及管理对策..... | 208 |
| 四、我国工伤事故及职业病的整体预防对策..... | 214 |
| 第四节 本节课程思政内容..... | 217 |
| 参考文献..... | 218 |

绪 论

一、安全生产概述

1、安全生产概念 指人们在生产经营活动中，为了避免造成人员伤害和财产损失的事
故而采取相应的事故预防和控制措施，使生产过程在符合规定的条件下进行，以保证从业人
员的人身安全与健康、设备和设施免受损坏和环境免遭破坏，保证生产经营活动得以顺利进
行的相关活动。

“安全生产”这个概念，一般意义上讲，是指在社会生产活动中，通过人、机器、物
料、环境和方法的和谐运作，使生产过程中潜在的各种事故风险和伤害因素始终处于有效控
制状态，切实保护劳动者的生命安全和身体健康。也就是说，为了使劳动过程在符合安全要
求的物质条件和工作秩序下进行的，防止人身伤亡和财产损失等生产事故，消除或控制危险
有害因素，保障劳动者的安全健康和设备设施免受损坏、环境的免受破坏的一切行为。

2、安全生产目的及意义

安全生产是安全与生产的统一，其宗旨是安全促进生产，生产必须安全。搞好安全工
作，改善劳动条件，可以调动职工的生产积极性；减少职工伤亡，可以减少劳动力的损失；
减少财产损失，可以增加企业效益，无疑会促进生产的发展；而生产必须安全，则是因为安
全是生产的前提条件，没有安全就无法生产。

因此，安全生产是保护劳动者的安全、健康和国家财产，促进社会生产力发展的基本保
证，也是保证社会主义经济发展，进一步实行改革开放的基本条件。做好安全生产工作具有
十分重要的意义。^[1]

3、安全生产技术 指为防止人身事故和职业病的危害，控制或消除生产过程中的危险
因素而采取的专门的技术措施。通常包括：（1）危险化学品管理及使用；（2）防火防爆技
术；（3）防机械伤害技术；（4）防电气伤害技术等。

二、安全生产管理概述

1、安全生产管理概念：指对安全生产工作进行的管理和控制。企业主管部门是企业经
济及生产活动的管理机关，按照“管理生产同时管理安全”的原则，在组织本部门、本行业
的经济和生产工作中，同时也负责安全生产管理。组织督促所属企业事业单位认真贯彻执行

安全生产方针、政策、法规及标准。根据本部门、本行业的特点制订相应的管理法规和技术法规，并向劳动安全监察部门备案，依法履行自己的管理职能。

搞好安全生产管理，是全面落实科学发展观的必然要求，是建设和谐社会的迫切需要，是各级政府和生产经营单位做好安全生产工作的基础。安全生产管理不仅具有一般管理的规律和特点，还有自身的特殊范畴和方法。

2、安全生产管理目的 是保证人们在生产经营活动中的人身安全、财产安全；只有这样，才能做到为员工的生命负责，为员工的家庭负责，才能促进社会和谐稳定，才能有效地保护社会生产力，保护劳动关系，促进经济稳定健康的持续发展；

3、安全生产责任制 是根据我国的安全生产方针“安全第一，预防为主，综合治理”和安全生产法规建立的各级领导、职能部门、生产部门、工程技术人员、岗位操作人员在生产过程中对安全生产层层负责的制度。安全生产责任制是企业岗位责任制的一个组成部分，是企业中最基本的一项安全制度，也是企业安全生产、劳动保护管理制度的核心。

安全生产责任制的核心是实现安全生产的“六同时”，就是在计划、布置、检查、总结、评比、表彰生产工作的时候，同时计划、布置、检查、总结、评比、表彰安全工作。

安全生产责任制建立的原则是“谁主管，谁负责”、“管生产，必须管理安全”、“横向到边，纵向到底”。

实践证明，凡是建立、健全了安全生产责任制的企业，各级领导重视安全生产、劳动保护工作，切实贯彻执行党的安全生产、劳动保护方针、政策和国家的安全生产、劳动保护法规，在认真负责地组织生产的同时，积极采取措施，改善劳动条件，工伤事故和职业性疾病就会减少。反之，就会职责不清，相互推诿，而使安全生产、劳动保护工作无人负责，无法进行，工伤事故与职业病就会不断发生。

4、安全生产机构 落实国家有关安全生产的法律法规、制定安全生产工作计划、规划，组织生产经营单位内部各种安全检查活动，负责日常安全检查，及时整改各种事故隐患，监督安全生产责任制的落实等。

从业人员在三百人以下的生产经营单位，应当配备专职或者兼职的安全生产管理人员，或者委托具有国家规定的相关专业技术资格的工程技术人员提供安全生产管理服务。

5、安全警示标识管理 安全标志是用以表达特定安全信息，向工作人员警示工作场所或周围环境的危险状况，提醒工作人员预防危险，从而避免事故发生。当危险发生时，能够指示人们尽快逃离，或者指示人们采取正确、有效、得力的措施，对危害加以遏制。

安全警示标识有禁止标志、警告标志、指令标志、提示标志、补充标志等不同类别，由

图形符号、安全色、几何形状（边框）或文字构成。见图 1 所示。



图 1 安全警示标志示意图

6、安全应急管理 指政府及其他公共机构在突发事件的事前预防、事发应对、事中处置和善后恢复过程中，通过建立必要的应对机制，采取一系列必要措施，应用科学、技术、规划与管理等手段，保障公众生命、健康和财产安全；促进社会和谐健康发展的有关活动。

（1）应急机构和队伍

企业应按规定建立安全生产应急管理机构或指定专人负责安全生产应急管理工作。

企业应建立与本单位安全生产特点相适应的专兼职应急救援队伍，或指定专兼职应急救援人员，并组织训练；无需建立应急救援队伍的，可与附近具备专业资质的应急救援队伍签订服务协议。

（2）应急预案

企业应按规定制定生产安全事故应急预案，并针对重点作业岗位制定应急处置方案或措施，形成安全生产应急预案体系。

应急预案应根据有关规定报当地主管部门备案，并通报有关应急协作单位。

应急预案应定期评审，并根据评审结果或实际情况的变化进行修订和完善。

（3）应急设施、装备、物资

企业应按规定建立应急设施，配备应急装备，储备应急物资，并进行经常性的检查、维护、保养，确保其完好、可靠。

（4）应急演练

企业应组织生产安全事故应急演练，并对演练效果进行评估。根据评估结果，修订、完善应急预案，改进应急管理工作。

（5）事故救援

企业发生事故后，应立即启动相关应急预案，积极开展事故救援。

三、安全生产及管理现状

当前,我国面临着企业深化改革、新的生产力和生产关系的大调整,许多企业为了追求经济效益,不断扩大生产规模,却在长期安全生产过程中,轻视、忽视、藐视了安全生产建设,遗留了一系列安全生产隐患。

随着市场竞争的激烈,企业纷纷逐渐认识到加强安全生产建设、创造安全文化氛围的重要性,一方面,安全生产管理可以有效地保护社会生产力,保护生产关系,使经济可以稳定健康的持续发展;另一方面,安全生产管理可以保护人的生命和健康,保护股东的合法利益不受侵犯。

1、安全生产现状

安全是生产的前提条件,是经济发展的一个不可或缺的组成部分,是企业无时无刻需要保持的生产状态。但是,许多企业存在安全生产隐患,其安全漏洞不断侵蚀着生产安全的发展。

企业安全生产事故的发生原因是多方面的,主要有安全教育培训不够,缺乏安全操作知识,违反安全操作规程或劳动纪律,缺少安全防护设施或安全防护设施存在缺陷,生产设备不符合安全要求等方面,追究安全生产事故发生的根本原因,人为因素造成生产不安全首当其冲,因此,通过安全生产管理,首先要改善人的行为方式,最大响度地减少人为的不安全行为,可有效的打击安全隐患滋生的条件,目前,越来越多的企业认识到安全生产的重要性,并通过科学的安全生产管理,有效地调节了企业安全生产的模式,营造企业安全生产文化氛围。

2、安全生产管理现状

(1) 法人及从业人员安全意识淡薄。企业的主要负责人、中层管理人员和从业人员缺少安全管理意识。一方面是心存侥幸,对生产活动中的危险缺少预判,同时强化安全生产管理在一定程度上要增加生产成本,对于企业的主要管理者来说,为了节省这部分支出,提高企业盈利空间,将安全相关的资金投入最小化;另一方面对于企业的从业人员来说,由于企业高层、中层管理人对安全生产的漠视或管理不到位,导致从业人员对自身的安全不负责,为了检查而佩戴劳保护具,为省事、省力,不按操作规程操作等违章作业行为十分普遍。另外,为了获得更多的薪酬和绩效,很多员工会在疲惫状态下超负荷工作,这极大的增加了安全事故的几率,稍不注意不仅会影响生产进度,甚至会影响到生命安全。

(2) 安全生产管理模式落后。企业为了保证自身能够持续运营，会定期（一般为三年一次）接受第三方安全评价机构的安全生产现状评价，确保企业处于安全运营状态，有很多企业通过了部门检查，也从来没有发生过安全事故，理论上应该有十分成熟的安全生产管理办法，但是通过实际考察，发现其安全生产管理模式也存在问题。其一，缺少标准、完善的安管理制度。在长期的经营中，企业基本上已经形成了约定俗成的管理模式，即使成立了安全管理机构、建设了相应的安管理制度，由于缺少专业人员的推动导致这部分建设也是形同虚设，没有发挥实际作用。其二，企业安全生产管理是相关政府监管部门的硬性要求，为了确保企业能够通过检查，企业准备的文件材料也十分齐全，但是真正执行的企业很少，这成为了每年固有的流程，在实际的运用操作中，安全设施、物资等的保质期或使用期限已到，但为了节省生产成本，企业还在“将就”使用，极不利于作业的安全。

(3) 安全生产监管力度弱。在企业运行中，一般都会设置专门针对安全问题的安全监管部，负责监督企业作业安全，它对企业的安全生产管理有着十分重要的作用，通过日常的安检发现存在的问题，并督促企业整改，尽可能的消除安全隐患，但是实际上在安全生产监管方面，其监督力度较弱。第一，除了基本的安管理常识外，专业知识并不过硬，导致最终出现监管不力，酿成严重后果甚至重大安全事故；第二，除了企业自身的监督管理以外，外部相关管理部门也应对企业安管理进行审查，如果发现违规行为，进行口头警告，并责令整改，进行处罚，但是对于一些资金雄厚、规模较大的企业，其处罚力度不过是“九牛一毛”，“应付”完检查之后依旧我行我素，无法起到消除隐患，保障全员人身安全的作用。

四、安全生产管理对策

1、推行企业安全教育。安全生产管理意识的提升，必须从企业整体的文化建设入手，而安全意识的渗透，需要潜移默化的进行，不断塑造运动的安全行为。首先，提炼安全文化理念，总结创新安全文化建设，不断营造浓厚安全文化氛围，可开展安全文化主题活动、印发安全生产管理手册、举办安全生产管理讲座等。主要包括四方面的宣讲内容：

(1) 安全生产管理人员的专业安全知识，使其具备生产中可能发生的事故以及事故发生后的应急处置能力；

(2) 不断提升其减少和控制事故发生所造成危害的能力；

(3) 提升其监管检查的能力；

(4) 提升其对不安全工作习惯的预防与管理能力。

其次，不断推进企业安全教育工作，从企业的主要负责人和中高级管理层入手，提升其法律意识，实现基本的依法经营、安全操作，同时加强对一线员工安全操作培训指导，创新教育形式，拓宽安全生产管理范围，以身作则，讲解安全知识以及事故案例，创建基本的安全管理氛围，使之深刻认识到安全生产的重要性。

2、科学制定规章制度。科学的规章制度是保障企业实现安全生产管理的第一道防线，虽然部分企业安全生产管理制度较为健全，但是其约束力和执行力度不够，因此，在实际工作中，必须要做好以下工作：

(1) 做好“三违”管理，一是违规违章行为，必须及时整改；二是违规操作人员，必须及时处理；三是违规部门，必须及时处罚。从制度上强调后，再加大实际执行力度，使全员充分认识到安全生产的重要性。

(2) 不断更新制度，提高制度与企业自身的适配度，由企业职代会、工会代表讨论审议通过，最后通过公司安全管理机构，全员认证后执行，能够提高安全管理制度的信服度，促使员工自发遵循规则。

(3) 成立安委会或安全工作小组等，发挥其实际作用，自上而下贯彻执行安全生产管理制度，着重生产经营的管理，如日常检查、定期例会、月度调度等，发现隐患，立即整改，并进行复查，总结分析，进而形成闭环管理。

3、强化部门安全监管。为了进一步提高企业安全生产管理质量，相关政府监管部门和企业内部自查部门必须发挥实际作用，强化辖区内的企业检查工作，对违反安全生产行为零容忍，不断加深部门安全监管，充分发挥安全生产监管的强制性、参与性、预防性、反馈性以及保障性等功能。

(1) 建立健全安全体系，以二级安全标准化验收为准，实行 PDCA 循环管理，规范工种工艺，形成合纵连横的全范围覆盖管理模式，不断提高企业的安全系数；

(2) 强化部门安全监管，一是外部政府监管部门，必须加大执法力度，分季度、月度或不定期突击检查，可进行十分扣分制，如果分值扣完，就必须责令停业整改，提高出力度，使企业认识到违反安全生产管理的后果，起警醒作用，二是内部企业自查，必须保证自查的客观性、准确性，能够真正发现问题、解决问题，此外最重要的，就是要不断提高监察人员的专业技能，及时发现安全隐患或在发生安全隐患后能够实施自救。

总之，企业安全生产管理，不仅关系到企业自身的安全问题，还关系到社会经济、人员稳定等问题，强化企业安全生产管理，是对全体劳动人民的负责。

五、加强安全生产管理的意义

加强安全生产管理可以优化生产体系，完善生产管理规章制度，提升管理人员的综合素质，制定出有利于企业发展的科学决策。加强生产管理还可以使全体劳动人民参与其中，普及安全知识，使全民总动员参与安全生产行列，形成安全文化氛围。

（1）加强安全生产管理是企业生存发展的需要 生产安全是保持企业可持续健康发展的基础条件，安全生产是头等大事，企业在市场经济条件下处于激烈竞争状态，为了获得更好地经济效益，就需要一个安全稳定的环境。假若把握不好经济效益与安全生产之间的矛盾，则会严重挫伤企业元气，因此，企业生存发展既需要处理好矛盾，又要消灭安全隐患。安全生产事故发生的原因大多为人为因素，但是并不是指员工的故意而为，而是由于操作人员安全知识匮乏，安全意识缺乏而造成的。安全生产管理可以使企业的管理力量更深的渗透到企业生产的每个环节，可以强化员工的安全知识及安全意识。由此安全生产管理可以有效地解决企业生产效益与安全隐患之间的矛盾，既为企业创造更多经济效益贡献一份力量，又可以消灭生产违章操作、避免安全生产事故带来的人力、物力、社会影响等弊端。

（2）加强安全生产管理可落实安全生产责任制 安全生产管理可以落实各级人员的安全生产责任制。生产强调的是安全，生产管理可以系统明确的协调各级、各部门的工作人员，使每个工作岗位的安全责任一目了然。因此，安全生产管理可以使每个安全事故有所承担，使消除安全隐患的每位员工可以得到相应的奖励。

（3）加强安全生产管理可形成企业安全文化 通过教育、宣传、惩罚、创建群体氛围等安全生产管理手段，可使员工的安全修养得到不断提高，安全意识和行为得以不断改进，让员工从盲目服从管理制度的被动执行状态向主动自觉地安全要求采取行动转变。安全文化的形成是以科学的安全技术措施和完善的安全管理为基础的。而安全文化又弥补了安全生产管理手段的不足，可以创造良好的生产环境，使企业在竞争中立于不败之地。

六、安全生产与社会发展的关系

安全生产与社会发展的关系可以概括为“八个是”和“三个关系”。

八个是：

1、安全生产是国家安全和社会稳定的基石

国家安全除了需要国防抗御“外患”外，在“冷战时期”，更需要重视“内忧”——技术风险（生产安全、信息安全）、自然风险（灾害、卫生事件）、社会风险（邪教、恐怖事件）、人为风险（治安与食品安全）等。

2、安全生产是“三个代表”思想的具体体现

生命安全与健康保障是人民最基本的利益；先进生产力需要较高的生产安全水平来体现。

3、安全生产是党和政府执政为民的要求

人民需要“安居乐业”，人民需要“平安吉祥”，员工需要“劳动保护”，企业需要“安全生产”，因此，安全生产需要成为各级政府的执政“要务”。

4、安全生产是宪法及国家性质本质的要求

我国党和政府历来重视安全生产，安全生产既然是社会主义国家的优势，也是宪法明确的国家本质要求。

5、安全生产是社会进步与文明的标志

国家发展和社会进步不仅要看经济和物质的指标，更需要用社会安全水平和生产、生活安全标准来体现。

6、安全生产是以人为本的重要内涵

以人为本就需要重视人的生命权和健康权；以人为本就要遵循“生命第一”的原则；以人为本就要将安全纳入优先发展的战略；以人为本就要将安全目标置于全面小康的重要地位；以人为本就要协调好安全与经济发展的关系。

7、安全生产是生产力发展的基础和条件

对于社会，安全能够吸引人才和资源；对于企业，安全扩大商誉、保障效率、促进效益、减少损失。

8、安全生产是生活质量的体现

人类的生活基本需要是一是生理的，而是安全的。在满足温饱基础上，安全必将成为人们的“第一需要”。

三个关系：

1、安全生产关系到社会稳定大局；

2、安全生产关系到社会经济快速健康持续发展

3、安全生产关系到全面建设小康社会宏伟目标的实现与否。

七、安全生产与经济关系的内在关系

现代安全经济学三角形理论认为，经济是两条边，安全是底边，如果没有底边的支撑，即使经济发展再快也构不成稳定的三角形，可见安全生产是经济发展的基础和前提，搞好安全生产能够保障生产力。人是生产力三大要素中最具决定性的因素，而事故与职业伤害使劳

劳动者的生命和健康受到伤害，劳动力受损，而搞好安全生产是人力资源稳定的最根本保障，只有人的生命安全得到保障，才能充分激发人们创造财富的热情和动力，只有遏制重大事故，减少事故造成的伤害，才能使社会安全有序。

安全生产可以促进生产力的发展。生产活动是人们经过劳动的物质转换活动，而生产过程中，人们会遇到各类的事故隐患，排除事故隐患，遏制事故发生，用尽量少的劳动消耗和物质消耗生产出更多符合社会需要的产品。安全生产所产生的效益是隐形效益，不象普通投资那样直接反映在产品数量的增加和提高产品质量上，而是体现在生产的全过程，不发生事故，才能保证生产的正常开展和连续进行。

安全生产促进经济发展。经济发展受到结构、体制和环境三大因素的制约，而安全生产是影响环境因素的一项重要内容。在市场竞争日益激烈的经济发展环境下，安全生产在市场竞争中是一个起重要作用的因素，是树立良好的企业形象、参与市场竞争的有力砝码，良好的环境因素可以给企业带来广阔的市场、充足的资金、可观的经济效益，特别是在国际市场，欧美发达国家对包括中国在内的发展中国家的贸易制裁，其中安全卫生方面的限制和标准，也影响我们参与国际经济领域的活动，安全和谐发展对于开发国际市场有着非常重要的作用。

经济发展要科学发展、和谐发展，搞好安全是全面落实科学发展观的必然要求，科学发展应该是有安全保障能力的发展，绝不是以浪费资源、破坏环境、损害劳动者生命和健康为代价换来短暂的、局部的发展。

八、制浆造纸企业安全生产隐患及原因

随着造纸企业规模的日益扩大，自动化水平不断提高，造纸企业已成为集制浆造纸、化工、热电、环保为一体的大型企业。制浆造纸的原料、辅助药剂和材料大多属于可燃、易燃物品，给造纸企业生产安全带来隐患，是当地消防、环保、职业卫生的防控重点单位。同时有害气体、粉尘、高温作业、高噪音环境对操作人员身体危害也日益受到关注，一旦发生安全生产事故，不仅造成企业经济损失，甚至会有人员伤亡事故的发生。

制浆造纸企业安全生产隐患主要有：

1、火灾危险性高

制浆造纸的主要生产原料是稻麦草、芦苇、竹子、木片和废纸等，均属于燃点较低的可燃物品。企业为了增加原料场堆存量，减少原料场占地面积，原料堆存高度越来越高，堆垛之间距离也越来越近，极易引发火灾。同时原料场多靠近生产区，一旦发生火灾，极易波及

到整个厂区。随着企业生产规模的扩大，纸张成品库存也数量庞大，而纸张燃点更低，一旦发生火灾，极易酿成严重后果。从近些年造纸企业火灾事故来看，绝大多数火灾发生在原料堆存和成品库两大重点防火部位，并有持续增加的趋势。因此，造纸行业应该控制火源火种，要严格控制电气焊作业的用火安全，并且要经常进行全员的安全消防培训和应急演练工作。

2、机械和电气伤害事故多

随着制浆造纸先进技术和先进装备的不断推新，自动化程度越来越高，高速纸机和机械化设备大量应用，特别是高速传动装置、物料输送系统等，如果防护设施未能及时到位，加上人员操作不当，极易引发机械设备事故。此外，制浆造纸生产中大量使用了各类电气设备设施，很多是电压等级较高的设备，以及高压电气线路的密集分布，也容易造成电气设备事故，成为造纸行业的一个事故多发源点。

3、危险化学品安全事故多

制浆造纸生产过程中大量使用了各种酸、碱、盐、强氧化剂和有机助剂等，这些化学品有些具有刺激性气味，有一定的毒性，长期吸入会损害身体。如果储存不当，发生泄漏就会造成人员伤害。此外，在制浆造纸生产过程中还会产生有毒气体如硫化氢、二氧化硫等，会引起中毒，成为了造纸企业安全生产防治的重点预控对象。

4、高温高噪音作业点多

制浆造纸企业配置了各种高速的机械设备，如切草机、剥皮机、削片机、压力筛、大型纸机、磨浆机、水力碎浆机、真空泵、空压机等，这些装置都会产生高分贝的噪音，虽然采取许多消音设施和劳动保护措施，但噪音的危害仍然长期存在。同时在生产过程中，许多系统使用较多的高温蒸汽，如锅炉、蒸煮、蒸发、气化炉、干燥部、石灰窑和石灰回转炉等系统，作业温度较高，长时间操作对身体危害也较大，防范高温作业可能产生的安全隐患，确保安全生产应引起高度重视。

5、不可控因素增多

制浆造纸企业在生产过程中，蒸煮、蒸发、燃烧、动力等工段大量使用了压力容器，这些装置大都处于高温高压之下，一旦发生问题有爆炸危险。同时随着规模化生产，场内外物流量剧增，从原料进厂到成品纸装卸大量使用了叉车、拖拉机、装载机、大型集装箱等运输车辆，这些车辆在厂区周边和厂内道路上来往穿梭，极易出现车辆伤害事故，也存在一定的安全隐患。

引起制浆造纸企业安全生产的主要原因：

1、安全生产意识淡薄

造纸业是易燃易爆行业，企业的防火防爆工作是重中之重。但由于某些人，特别是新建造纸企业的经营者，安全生产意识淡薄，在建厂初期就忽视了“安全生产”问题，不依照建筑设计防火设计规范、爆炸和火灾危险场所电力装置设计规范、危险化学品安全管理等一系列法规进行设计、有的还存在擅自更改设计方案，偷工减料现象，更谈不上安全制度的制定、监督检查人员的培训，因此，出现重大安全事故也就不足为奇了。在储存危险化学品和原材料的仓库附近，地面上随处可见残液和废原料、纸边等，临时管线杂乱无章，接线叩用塑料薄膜包扎，管头用铁丝捆扎等等，更为可怕的是，驶入厂内运送原料的汽车和拖拉机，既没有安全的接地设施，也没有配备必须的防火罩和消防器材，一旦发生事故，后果不堪设想。

2、安全管理制度不健全，缺乏岗前培训

在重利益、轻安全等急功近利的思想支配下，一些企业缺乏必要的安全管理制度，对操作工人上岗前不进行岗前培训，更谈不上系统地安全教育，在开工前就已经埋下事故隐患。有的企业在利润的驱使下，为了完成订货，逼迫工人加班加点、设备超负荷运行的现象也是屡见不鲜。

3、相关法律法规不明确

党中央、国务院近年来采取一系列重大措施，不断加强安全生产的监督管理工作，2001年成立了国家安全生产监督管理局，2005年2月，组建国家安全生产监督管理总局，为主管全国安全生产综合监督管理的中华人民共和国国务院原直属机构，2018年3月根据第十三届全国人民代表大会第一次会议批准的国务院机构改革方案设立，撤销国家安全生产监督管理总局，成立了中华人民共和国应急管理部。为加强法制建设，国家出台了多部安全生产相关的法律法规，2002年出台了《中华人民共和国安全生产法》，并于2009年8月、2014年8月和2021年6月分别作了三次修订。

2002年出台了《危险化学品安全管理条例》，并于2011年2月和2013年12月分别作了二次修订；2003年出台了《中华人民共和国道路交通安全法》，并于2007年12月、2011年4月、2021年4月分别作了三次修订；2004年出台了《安全生产许可证条例》，并于2013年7月和2014年7月分别作了二次修订等。

此外，国家还通过召开不同形式的会议，印发各种文件，研究部署安全生产工作，2022年3月，习近平主席专门对安全生产作出重要指示，习近平主席强调，安全生产要坚持党政同责、一岗双责、齐抓共管、失职追责，管行业必须管安全，管业务必须管安全，管生产经营必须管安全。

中共中央政治局常委、国务院总理李克强对安全生产也作出批示，强调要坚持以习近平

新时代中国特色社会主义思想为指导，认真贯彻党中央、国务院决策部署，坚持人民至上、生命至上，统筹发展和安全，责任到位、措施到位，坚决遏制重特事故发生。

为贯彻落实习近平重要指示精神，2022年4月全国安全生产电视电话会议在北京召开，对压紧压实安全责任，全面加强安全生产工作进行部署。会议部署了进一步强化安全生产责任落实、坚决防范遏制重特大事故的15条措施，主要包括严格落实地方党委安全生产责任、严格落实地方政府安全生产责任、严格落实部门安全监管责任、严肃追究领导责任和监管责任、企业主要负责人必须严格履行第一责任人责任、立即深入扎实开展全国安全生产大检查、牢牢守住项目审批安全红线、严厉查处违法分包转包和挂靠资质行为、切实加强劳务派遣和灵活用工人员安全管理、重拳出击开展“打非治违”、坚决整治执法检查宽松软问题、着力加强安全监管执法队伍建设、重奖激励安全生产隐患举报、严肃查处瞒报谎报迟报漏报事故行为以及统筹做好经济发展、疫情防控和安全生产工作。会议强调，各级党委和政府要把习近平总书记重要指示精神不折不扣落实到位。要提高政治站位，把统筹发展和安全、抓好安全生产工作作为完整准确全面贯彻新发展理念、推动高质量发展的重要举措，牢牢守住项目审批安全红线，防范化工产业承接地安全风险。各级领导干部严格履责、分兵把口，切实抓具体、抓扎实、抓出成效。各有关部门要严格落实“三个必须”要求，按照“谁主管谁牵头、谁为主谁牵头、谁靠近谁牵头”的原则及时明确职责、主动担当履责。要立即深入扎实排查重大风险隐患，列出清单、明确要求、压实责任、限期整改，严厉查处违法盗采、瞒报事故等严重违法行为，尽快扭转事故多发局面。

从实际工作看，仍有一些地方和行业安全责任没有压紧压实，工作措施没有抓实抓到位。一些造纸企业，技术力量薄弱，对中央制定的各项法律法规知之甚少，从而导致事故的发生。

九、制浆造纸企业安全生产的基本原则

按照国家相关政策文件和《企业安全生产标准化基本规范》的要求，造纸企业应采取强有力的措施，加大投入力度，严格规范实施，确实减少安全隐患，保障员工合法权益和正当要求。

1、严格遵守《中华人民共和国安全生产法》

把安全生产放在与环保同等重要的位置，加大投入，严格安全管理，坚持不安全不生产的基本原则。安全设施投资应当纳入建设项目概算，建设项目安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

2、严格按标准化建设，建立长效规范化运行机制

严格依照《企业安全生产标准化基本规范》和《造纸企业安全生产标准化评定标准》，建立完善的安全生产管理制度和实施办法，将安全生产列入企业优先解决的重大事项。通过建立安全生产责任制，制定安全管理制度和操作规程，排查治理隐患和监控重大危险源，建立预防机制，规范生产行为。

3、加大安全生产投入

切实依照《企业安全生产费用提取和使用管理办法》的要求，提取足额费用，专款专用，加大安全生产投入。

4、加强安全生产培训和宣传

造纸企业应对从业人员进行安全生产教育和培训，保证从业人员具备必要的安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能。未经安全生产教育和培训合格的从业人员，不得上岗作业。在各重点区域设置醒目的告知栏和警示牌，提高安全生产意识，保障员工身体健康，防范事故发生，提升企业形象。

十、《中华人民共和国安全生产法》

为了加强安全生产工作，防止和减少生产安全事故，保障人民群众生命和财产安全，促进经济社会持续健康发展。2002年6月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过《中华人民共和国安全生产法》，自2002年11月1日起实施。并于2009年8月、2014年8月和2021年6月分别作了三次修订。

1、《中华人民共和国安全生产法》十大亮点

（1）将“三个必须”写入了法律，即管行业必须管安全、管业务必须管安全、管生产经营必须管安全；

（2）进一步明确了各部门的安全监督管理职能；

（3）进一步压实了生产经营单位的安全生产主体责任；

（4）增加了生产经营单位对从业人员的人文关怀；

（5）对矿山项目建设外包、危险作业等做了针对性修改；

（6）规定了安全生产的公益诉讼制度；

（7）增加了违法行为的处罚范围；

（8）加大对违法行为的惩处力度；

（9）高危行业的强制保险制度；

（10）增加了事故整改的评估制度。

2、《中华人民共和国安全生产法》十大重点内容

- (1) 建立全员安全生产责任制；
- (2) 构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制；
- (3) 落实“三管三必须”，即管行业必须管安全、管业务必须管安全、管生产经营必须管安全；
- (4) 专职安全生产分管负责人，即安全部门必须由主要负责人直接管理，或设专职分管负责人；
- (5) 违法将更多追究刑事责任；
- (6) 应按要求投保“安责险”；
- (7) 全面加大违法的处罚力度；
- (8) 从只“管人”到要“管心”；
- (9) 违法信息各部门联通公开；
- (10) 对平台经济人员的安全保障。

十一、本节课程思政内容

本章节主要讲述安全生产及安全生产管理基本概念、目的及意义、中华人民共和国安全生产法等内容，所涉及的课程思政内容包括遵纪守法、制度自信和职业操守等。

(1) 遵纪守法：通过本章节内容学习，掌握《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》、《中华人民共和国道路交通安全法》等安全生产内容相关的法律法规，尤其是安全生产法重点强调的建立全员安全生产责任制，要求每一个员工必须具有安全意识，必须遵守相关的法律法规和规章制度，树立安全第一，预防为主的指导思想。

(2) 制度自信：通过本章节内容学习，深刻领会到有国家法律制度的保障，实现安全生产才有可靠的保障。制度优势是一个国家的最大优势，先进社会制度能够促进生产力和经济基础的快速健康稳步发展，促成一个国家的繁荣富强。新中国成立 70 多年来，中华民族之所以能迎来从站起来、富起来到强起来的伟大飞跃，最根本的是因为党领导人民建立和完善了中国特色社会主义制度，形成和发展了党的领导和经济、政治、文化、社会、生态文明、军事、外事等各方面制度，不断加强和完善国家治理。

(3) 职业操守：通过本章节内容学习，深刻理解人们在职业活动中必须遵守的行为规范，对社会所承担的道德、责任和义务。一个人不管从事何种职业，都必须具备良好的职业操守，否则将一事无成。

第一章 造纸企业防火防爆安全技术

制浆造纸生产过程中，经常接触易燃、易爆、高温、高压电源、火源等物质环境，这些都是引起火灾爆炸的内在因素。如果设计不合理、制造不合格、操作不当或管理不善，极易发生火灾事故，造成人员伤亡及财产损失。因此，防火防爆安全技术对于造纸工业的安全运行是非常必要的。

第一节 燃烧及燃烧性物质的运输和储存

一、燃烧概述

1、燃烧要素及燃烧类别

燃烧是指可燃物质与助燃物质（氧或其他助燃物质）发生的一种发光发热的氧化反应。理解燃烧的概念必须注意两点：①燃烧是一种氧化反应；②燃烧过程中伴随有发光发热的现象。例如金属和酸反应生产盐也是氧化反应，但没有同时发光发热，所以，不能称之为燃烧。

氧化反应并不限于同氧的反应，在化学反应中，失去电子的物质被氧化，获得电子的物质被还原。例如，氢在氯气中燃烧生成氯化氢。氢失去一个电子被氧化，氯原子获得一个电子被还原。类似地，金属钠在氯气中燃烧，炽热的铁在氯气中燃烧，都是激烈的氧化反应，并伴有光和热的发生。灯泡中的灯丝通电后同时发光发热，但并非氧化反应，所以，也不能称为燃烧。只有同时发光发热的氧化反应才被界定为燃烧。

可燃物质（一切可氧化的物质）、助燃物质（氧化剂）和火源（能够提供一定的温度或热量），是可燃物质燃烧的 3 个基本要素。缺少三个要素中的任何一个，燃烧便不会发生。对于正在进行的燃烧，只要充分控制 3 个要素中的任何一个，燃烧就会终止。所以，防火防爆安全技术可归结为这 3 个要素的控制问题。例如，在无惰性气体覆盖的条件下加工处理一种如丙酮之类的易燃物质，一开始便具备了燃烧 3 要素中的前两个要素，即可燃物质和氧化气氛。可以查出，丙酮的闪点是 -10°C 。这意味着在高于 -10°C 的任何温度，丙酮都可以释放出足够量的蒸汽，与空气形成易燃混合物，一旦遭遇火花、火焰或其他火源就会引发燃烧。

为了达到防火的目的，至少需要实现下列条件之一。

- （1）环境温度保持在 -10°C 以下。
- （2）切断大气中氧的供应。

(3) 在区域内清除任何形式的火源。

(4) 在区域内安装良好的通风设施。

条件(3)和(4)在工业规模上是可以实现的,但条件(1)和(2)在工业规模上却很难达到,完全清除燃烧3要素中的任何一个,都可以杜绝燃烧的发生。然而,对于工业操作中施加严格的限制条件,在经济上很少是可行的。工业物料安全加工研究的一个重要目的是,确定在兼顾杜绝燃烧和操作经济上的可行性方面还留有多大余地。为此,当人们知道如何防火时,这仅仅是开始,降低防火的费用在工业防火中有着同样重要的作用。

2、燃烧的条件

一般情况下,可以将燃烧理解为燃料和氧之间发生的并伴有发光发热的化学反应。除来自燃现象以外,都需要用能够导致燃烧的能源引发燃烧。燃烧必须同时具备3个条件。

(1) 需要有可燃物质的存在,即燃料。如木材、乙醇、乙烯等。

(2) 需要有助燃物质,即氧气。虽然在某些不寻常的情况下,比如氯或磷,与物质能够产生燃烧状的化学反应,但是几乎所有的燃烧都需要氧。而且反应气氛中氧的浓度越高,燃烧就越迅速。工业上很难调节加工区氧的浓度,特别是由于阻止燃烧的氧浓度远远低于正常浓度,浓度太低,不适于供人员呼吸。工业上有时需要处理的是在常温下暴露在空气中就会起火的物料,把这些物料与空气隔绝是必要的安全措施。因此,加工物料需要在真空容器或充满惰性气体如氩、氦和氮的容器内进行。

(3) 需要有能导致燃烧的能源,即点火源。凡是能够引起可燃物质发生燃烧的热能源,均可称之为点火源。如明火、高温表面、化学能、撞击、摩擦、自然发热、电火花和射线等。

燃烧反应在温度、压力、组成和点火能等方面都存在极限值。可燃物质和助燃物质达到一定的浓度,火源具备足够的温度或热量,才会引发燃烧。如果可燃物质和助燃物质在某个浓度值以下,或者火源不能提供足够的温度或热量,即使表面上看似乎具备了燃烧的3个要素,燃烧仍不会发生。例如,氢气在空气中的质量分数低于4%(体积分数)时便不能点燃,而一般可燃物质,当空气中氧含量低于14%(体积分数)时便不会引发燃烧。总之,可燃物质的浓度在其上下极限浓度以外,燃烧便不会发生。

近代燃烧理论用连锁反应来解释可燃物质燃烧的本质,该理论认为多数可燃物质的氧化反应不是直接进行的,而是通过游离基团和原子这些中间产物经连锁反应进行。有些学者在燃烧三角形理论的基础上,提出了燃烧四面体学说。这种学说认为,燃烧除具备可燃物质、助燃物质和火源三角形的三个边以外,还应该保证可燃物质和助燃物质之间的反应不受干扰。

3、燃烧形式

可燃物质和助燃物质存在的相态、混合程度和燃烧过程不尽相同，其燃烧形式是多种多样的。

（1）均相燃烧和非均相燃烧 按照可燃物质和助燃物质相态的不同，燃烧可分为均相燃烧和非均相燃烧，两者区别如下。

①均相燃烧：指可燃物质和助燃物质在同一相中进行的燃烧反应，如氢气在氧气中的燃烧，煤气在空气中的燃烧均属于此类。

②非均相燃烧：指可燃物质和助燃物质处在不同的相态，如石油（液相）、木材（固相）在空气（气相）中的燃烧。

相对于均相燃烧而言，非均相燃烧比较复杂，需要考虑可燃液体或固体的加热，以及由此产生的相态变化。

（2）混合燃烧和扩散燃烧 可燃气体与助燃气体燃烧反应有混合燃烧和扩散燃烧两种形式，两者区别如下。

①混合燃烧：指可燃气体与助燃气体预先在容器内或空间中充分扩散，其混合度在爆炸范围以内，而后进行的燃烧。

②扩散燃烧：指可燃气体由容器或管道中喷出，与周围的空气（或氧气）互相接触扩散，其混合浓度在爆炸范围以外，遇火源即能着火燃烧。

混合燃烧速度快、温度高，一般爆炸反应属于这种形式。在扩散燃烧中，由于与可燃气体接触的氧气量偏低，通常会产生不完全燃烧的炭黑。

（3）蒸发燃烧、分解燃烧和表面燃烧 可燃固体或液体的燃烧反应有蒸发燃烧、分解燃烧和表面燃烧几种形式，区别如下。

①蒸发燃烧：指可燃液体蒸发出的可燃蒸汽的燃烧。通常液体本身并不燃烧，只是由液体蒸发出的蒸汽进行燃烧。而硫磺和萘这类可燃固体是先熔融、蒸发，而后进行燃烧，也可视为蒸发燃烧。

②分解燃烧：指很多固体或不挥发液体经热分解产生的可燃气体的燃烧。如木材和煤大都是由热分解产生的可燃气体进行燃烧。

③表面燃烧：指可燃固体燃烧至分解不出可燃气体时，便没有火焰，燃烧继续在所剩固体的表面进行的燃烧。金属燃烧即金属表面燃烧，无汽化过程，无需吸收蒸发热，燃烧温度较高。

可燃固体和液体的蒸发燃烧和分解燃烧，均有火焰产生，属火焰型燃烧。

此外，根据燃烧产物或燃烧进行的程度，还可分为完全燃烧和不完全燃烧。

凡是物质燃烧后产生不能继续燃烧的新物质，就叫做完全燃烧；凡是物质燃烧后，产生还能继续燃烧的新物质，就叫做不完全燃烧。

物质为什么出现两种不同形式的燃烧呢？主要是因为燃烧物质所处的条件不同。物质燃烧时，如果空气（或其他氧化剂）充足，就会发生完全燃烧，反之就发生不完全燃烧。

物质燃烧后产生的新物质称为燃烧产物。其中，散布于空气中能被人们看到的云雾状燃烧产物，叫做烟雾。物质完全燃烧后的产物叫做完全燃烧产物。物质不完全燃烧所生成的新物质叫做不完全燃烧产物。

燃烧产物对火灾扑救工作有很大影响。有利的影响是：

①大量生成完全燃烧产物，可以阻止燃烧的进行。如完全燃烧后生成的水蒸汽和二氧化碳能够稀释燃烧区的含氧量，从而中断一般物质的燃烧。

②可以根据烟雾的特征和流动方向，来识别燃烧物质，判断火源位置和火势蔓延方向。

4、燃烧类别、类型及其特征参数

（1）易燃物质燃烧类别 依据可燃物质的性质，燃烧一般可划分为 4 个基本类别，而每一类别还包含着不同类型的燃烧。例如，易燃液体的溢流燃烧可以是深度、流动或薄层燃烧；而金属燃烧则可以呈粉末型、液体型、切屑型或浇铸型燃烧。

①A 类燃烧：如木材、纤维织品、纸张等普通可燃物质的燃烧。此类燃烧都生成灼烧余烬，如木炭。容易忽略的是木炭本身也是 A 类物质。需要特别注意，水和基于碳氢盐的干燥化学品并不是有效的灭火剂。还有如橡胶和橡胶类的物质以及燃料，在燃烧的早期更像 B 类物质，而后期一定是 A 类物质。

②B 类燃烧：为易燃石油制品或其他易燃液体、油脂等的燃烧。然而，有些固体，比如萘是一个明显的例子，燃烧时熔化并显示出易燃液体燃烧的一切特征，而且无灰烬。

工艺上易燃气体不属于任何燃烧类别，但实际上应当作为 B 类物质处理。多年来，由于泄漏气体灭火后仍继续流动形成爆炸混合物，随之起火燃烧，对泄漏气体的普通做法是不采取灭火措施。但是，实际经验表明，在某些情况下，必须先灭火方能停止气体泄漏。以液体形式贮存的气体，如液化天然气、丙烷、氯乙烯等，液态泄漏比气态泄漏会发生更严重的火灾。

③C 类燃烧：为供电设备的燃烧。对于这类燃烧，主要影响因素是灭火介质的电绝缘性。电器设备一经切断电源，除非含有易燃液体如变压器油等，即可采用适用于 A 类燃烧的灭火器材。对于含有毒性易燃液体，应采用适用于 B 类燃烧的灭火器材。如果含有 A 类和

B 类燃烧物的复合物，应该用水喷雾或多功能干燥化学品作为灭火剂。

④D 类燃烧：为可燃金属的燃烧。对于钠和钾等低熔点金属的燃烧，由于很快会成为低密度液体的燃烧，会使大多数灭火干粉沉没，而液体金属仍继续暴露在空气中，从而给灭火带来困难，这些金属会自发地与水反应，有时很剧烈，也会出现问题。

高熔点金属会以各种形式存在：粉末型、薄片型、切削型、浇铸型、挤压型。适用于浇铸型燃烧的灭火剂用于粉末型或切削型燃烧时会有很大危险。常用的金属镁在低熔点和高熔点金属之间，一般总是以固体形式存在，但在燃烧时很容易熔化而成为液体，因而表现得与前述两者都不同。对于金属氢化物的燃烧，因为氢和金属两者都在燃烧，应被认为与金属燃烧相当。对于此类燃烧，需要应用干粉金属灭火剂。

燃烧类型及其特征参数 如果按照燃烧起因，燃烧可分为闪燃、点燃和自燃三种类型。闪点、着火点和自燃点分别是上述三种燃烧类型的特征参数，这三种特征参数已在易燃物质性质中进行了简单介绍。

①闪燃和闪点：液体表面都有一定量的蒸汽存在，由于蒸汽压的大小取决于液体所处的温度，因此，蒸汽的浓度也由液体的温度所决定。可燃液体表面的蒸汽与空气形成的混合气体与火源接近时会发生瞬间燃烧，出现瞬间火苗或闪光，这种现象称为闪燃。闪燃的最低温度称为闪点。可燃液体的温度高于其闪点时，随时都有被火点燃的危险。

②点燃和着火点：可燃物质在空气充足的条件下，达到一定温度与火源接触即可着火，移去火源后仍能持续燃烧达 5min 以上，这种现象称为点燃。点燃的最低温度称为着火点。可燃液体的着火点约高于其闪点 5~20℃。但闪点在 100℃以下时，二者往往相同。在没有闪点数据的情况下，也可以用着火点表征物质的火险。

③自燃和自燃点：在无外界火源的条件条件下，物质自行引发的燃烧称为自燃。自燃的最低温度称为自燃点。表 1-1 列出了一些可燃液体的自燃点。物质自燃有受热自燃和自热燃烧两种类型。

表 1-1 一些油品的闪点和自燃点

| 油品名称 | 闪点/℃ | 自燃点/℃ | 油品名称 | 闪点/℃ | 自燃点/℃ |
|------|--------|---------|------|-------|---------|
| 汽油 | <28 | 510~530 | 重柴油 | > 120 | 300~330 |
| 柴油 | 28~45 | 380~425 | 蜡油 | > 120 | 300~380 |
| 轻柴油 | 45~120 | 350~380 | 渣油 | > 120 | 230~240 |

a. 受热自燃：可燃物质在外部热源作用下温度升高，达到其自燃点而自行燃烧称之为受热自燃。可燃物质与空气一起被加热时，首先缓慢氧化，氧化反应热使物质温度升高，同时

由于散热也有部分热损失。若反应热大于损失热，氧化反应加快，温度继续升高，达到物质的自燃点而自燃。在制浆造纸生产中，可燃物质由于接触高温热表面、加热或烘烤、撞击或摩擦等，均有可能导致自燃。

b. 自热燃烧：可燃物质在无外部热源的影响下，其内部发生物理、化学或生化变化而产生热量，并不断积累使物质温度上升，达到其自燃点而燃烧。这种现象称为自热燃烧。引起物质自热的原因有：氧化热（如不饱和油脂）、分解热（如赛璐珞）、聚合热（如液相氰化氢）、吸附热（如活性炭）、发酵热（如植物）等。

c. 影响自燃的因素：热量生成速率是影响自燃的重要因素。热量生成速率可以用氧化热、分解热、聚合热、吸附热、发酵热等过程热与反应速率的乘积表示。因此，物质的过程热越大，热量生成速率也越大；温度越高，反应速率增加，热量生成速率也增加。

热量积累是影响自燃的另一个重要因素。保温状况良好，热导率低；可燃物质紧密堆积，中心部分处于绝热状态，热量易于积累引发自燃。空气流通利于散热，则很少发生自燃。

d. 自燃点温度量值：压力、组成和催化剂性能对可燃物质自燃点的温度量值都有很大影响。压力越高，自燃点越低。可燃气体与空气混合，其组成为化学计量比时自燃点最低。活化催化剂能降低物质的自燃点；而纯性催化剂则能提高物质的自燃点。

有机化合物的自燃点呈现下述规律型：同系物中自燃点随其相对分子质量的增加而降低；直链结构的自燃点低于其异构物的自燃点；饱和链烃比相应的不饱和链烃的自燃点为高；芳香族低碳烃的自燃点高于同碳数脂肪烃的自燃点；较低级脂肪酸、酮的自燃点较高；较低级醇类和醋酸酯类的自燃点较低。

可燃物固体粉碎得越细、粒度越小，其自燃点越低。固体受热分解，产生的气体量越大，自燃点越低。对于有些固体物质，受热时间较长，自燃点也较低。

二、燃烧性物质的运输和储存

在工业化生产中，燃烧性物质的应用非常广泛，由于缺乏或忽视必要的控制，火灾和爆炸事故时有发生。比如烯烃、芳香烃、醚和醇都是典型的燃烧性物质，它们经化学加工制备出，又转用作其他更复杂物质的合成原料。同时，它们还用作交通工具或飞行器的驱动燃料或推进剂，以及各种分离过程的溶剂。为了避免或减少灾难性事故，这类物质在贮存和应用前须预先评价它们的燃烧和爆炸危险。

实际上几乎所有的燃烧过程都是在氧和处于蒸汽或其他微细分散状态的燃料之间进行的。固体只有加热到一定程度释放出足够量的蒸汽，才能引发燃烧。在一定的温度下，液体

一般比固体有更高的蒸汽压，所以易燃液体比易燃固体更容易引燃。易燃气体和易燃粉尘无需溶解或蒸发而直接燃烧，所以最容易引燃。固体、液体和气体在燃烧传播速率方面也有量的差异。固体燃烧传播速率最慢，液体燃烧传播速率则相当快，气体和粉尘的传播速率最快，常能引发爆炸。工业中的物料多数是易于起火并能迅速燃烧的液体。一般情况下，在不超过 38℃ 的温度范围便能引燃的物质称为易燃性物质。温度必须加热到 38℃ 以上才能引燃的物质则称为可燃性物质。全美消防协会应用闪点 t_f 和沸点 t_b 对易燃物质进行了比较详细的分类，具体分类如下：

(1) 易燃液体

I A 类 $t_f < 22.8^\circ\text{C}$ ， $t_b < 37.8^\circ\text{C}$

I B 类 $t_f < 22.8^\circ\text{C}$ ， $t_b \geq 37.8^\circ\text{C}$

I C 类 $22.8^\circ\text{C} \leq t_f < 37.8^\circ\text{C}$

(2) 可燃液体

II A 类 $37.8^\circ\text{C} \leq t_f < 60^\circ\text{C}$

II B 类 $60^\circ\text{C} \leq t_f < 93.4^\circ\text{C}$

II C 类 $t_f \geq 93.4^\circ\text{C}$

在普通工业条件下易于引燃的物质被认为具有严重火险。这些物质必须贮存与清凉处，以防其蒸汽与空气混合偶发起火。贮存区必须通风良好，这样，贮存容器常规渗漏出的蒸汽能很快稀释到火星不至于将其点燃的程度。此外，贮存区必须远离有金属切割、焊接等动火作业的火险区。对于高度易燃物质，必须与强氧化剂、易于自热的物质、爆炸品、与空气或潮气反应放热的物质隔离贮存。

氧化剂不属于燃烧性物质，但作为氧源与燃烧有着密切关系，也在这里予以介绍。通常空气中含有 21%（体积分数）的氧，是主要的供氧源。还有许多其他物质。即使没有空气也能提供反应氧。在这些物质中，有些需要加热才能产生氧。而另外一些在室温下就能释放大量的氧。

以下各类化合物，其供氧能力应该引起特别注意：

- (1) 有机和无机的过氧化物、氧化物；
- (2) 高锰酸盐、高铈酸盐、氯酸盐、高氯酸盐、过硫酸盐、过硒酸盐；
- (3) 有机和无机的亚硝酸盐；
- (4) 有机和无机的硝酸盐；
- (5) 溴酸盐、高溴酸盐、碘酸盐、高碘酸盐、铬酸盐、重铬酸盐、臭氧、果硼酸盐。

强氧化剂靠近低闪点液体贮存是极不安全的，现在普遍赞同氧化剂和燃料隔离贮存。氧化剂贮存区应该保持清凉，通风良好，而且应该是防火的。在氧化剂贮存区，普通救火设施往往不起作用。因为氧化剂本身可以供氧，灭火剂的覆盖失去效果。

第二节 爆炸及爆炸性物质的运输和储存

一、爆炸概述

爆炸是指物质发生急剧的物理、化学变化，在瞬间释放出大量能量并伴有巨大声响的过程。在爆炸过程中，爆炸物质快速释放本身所含能量，变为对爆炸物质本身、爆炸产物及周围介质的压缩能或运动能。物质爆炸时，大量能量极短的时间在有限体积内突然释放并聚集，造成高温高压，对邻近介质形成急剧的压力突变并引起随后的复杂运动。爆炸介质在压力作用下，表现出不寻常的运动或机械破坏效应，以及爆炸介质受震动而产生的音响效应。

爆炸常伴随发热、发光、高压、真空、电离等现象，并且具有极大的破坏作用。爆炸的破坏作用与爆炸物质的数量和性质、爆炸时的条件以及爆炸位置等因素有关。如果爆炸发生在均匀介质的自由空间，在以爆炸点为中心的一定范围内，爆炸力的传播是均匀的，并使这个范围内的物质粉碎、飞散。

爆炸的威力是巨大的。在遍及爆炸起作用的整个区域内，能够产生一种令物体震荡、使之松散的力量。爆炸发生时，爆炸力的冲击波最初使气压上升，随后气压下降使空气震动产生局部真空，呈现出所谓的吸收作用。由于爆炸的冲击波呈升降交替的波状气压向四周扩散，从而造成附近建筑物的震荡破坏。

制浆造纸工业中装置、机械设备、容器等爆炸后，变成碎片飞散出去在相当大的范围内造成危害。爆炸碎片的飞散距离一般可达 100~500m。

爆炸气体扩散通常在爆炸的瞬间完成，对一般可燃物质不致造成火灾，而且爆炸冲击波有时能起灭火作用。但是爆炸的余热或余火，会点燃从破损设备中不断流出的可燃液体蒸汽而造成火灾。

二、爆炸分类

1、按爆炸性质分类

(1) 物理爆炸 物理爆炸是指物质的物理状态发生急剧变化而引起的爆炸，并且物质的化学成分和化学性质在物理爆炸后均不发生变化。如蒸汽锅炉、压缩气体、液化气体过压等

引起的爆炸，均是物理爆炸。

(2) 化学爆炸 化学爆炸是指物质发生急剧化学反应，产生高温高压而引起的爆炸，并且物质的化学成分和化学性质在化学爆炸后均发生了质的变化。化学爆炸进一步可以分为以下两种：

①爆炸物分解爆炸：是指爆炸物在爆炸时分解为较小的分子或其组成元素。爆炸物的组成元素中如果没有氧元素，爆炸时则不会有燃烧反应发生，爆炸时所需要的热量是由爆炸物本身分解产生的。属于这一类物质的有叠氮铅、乙炔银、乙炔铜、碘化氢、氯化氮等。爆炸物质中如果含有氧元素，爆炸时则往往伴有燃烧现象发生。各种氮或氯的氧化物、苦味酸即属于这一类型。

②爆炸物与空气的混合爆炸：爆炸性气体、蒸汽或粉尘与空气的混合物爆炸，需要一定的条件，如爆炸性物质的含量或氧气含量以及激发能源等。因此，其危险性比分解爆炸低，但这类爆炸更普遍，所造成的危害也越大。

2、按爆炸速度分类

(1) 轻爆 爆炸传播速度在每秒零点几米至数米之间的爆炸过程。

(2) 爆炸 爆炸传播速度在每秒十米至数百米之间的爆炸过程。

(3) 爆轰 爆炸传播速度在每秒一千米至数千米之间的爆炸过程。

3、按爆炸反应物质分类

(1) 纯组分可燃气体热分解爆炸 指由纯组分气体由于分解反应产生大量的热而引起的爆炸。

(2) 可燃气体混合物爆炸 指可燃气体或可燃液体蒸汽与助燃气体，如空气，按一定比例混合，在引火源的作用下引起的爆炸。

(3) 可燃粉尘爆炸 指可燃固体的微细粉尘，以一定浓度呈悬浮状态分散在空气等助燃气体中，在引火源作用下引起的爆炸。

(4) 可燃液体雾滴爆炸 指可燃液体在空气中被喷成雾状并在剧烈燃烧时引起的爆炸。

(5) 可燃蒸汽云爆炸 可燃蒸汽云指产生于设备蒸汽泄漏喷出后所形成的滞留状态。密度比空气小的气体浮于上方，反之则沉于地面，滞留于低洼处。气体随风漂移形成连续气流，与空气混合达到其爆炸极限时，在引火源作用下即可引起爆炸。

三、常见爆炸类型

1、气体爆炸

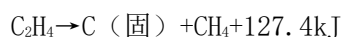
(1) 纯组分气体分解爆炸 具有分解爆炸特性的气体分解时可以产生相当数量的热量。摩尔分解热可达 80~120kJ/mol 的气体一旦引燃, 火灾就会蔓延开来。摩尔分解热高过上述量值的气体, 能够发生很激烈的分解爆炸。在高压下容易引起分解爆炸的气体, 当压力降至某个数值时, 火灾便不再传播, 这个压力称作该气体分解爆炸的临界压力。

高压乙炔非常危险, 其分解爆炸方程为



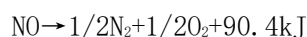
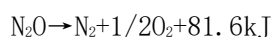
如果分解反应无热损失, 火焰温度可以达到 3100℃, 乙炔分解爆炸的临界压力是 0.14MPa, 在这个压力以下贮存乙炔就不会发生分解爆炸。此外, 乙炔类化合物也同样具有分解爆炸危险, 如乙烯基乙炔分解爆炸的临界压力为 0.11MPa。甲基乙炔在 20℃分解爆炸的临界压力为 0.44MPa, 在 120℃则为 0.31MPa。从有关物质危险性手册中查阅到的分解爆炸临界压力多为 20℃时的数据。

乙烯分解爆炸反应方程式为:



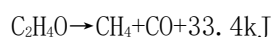
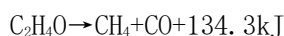
乙烯分解爆炸所需要的能量随压力的升高而降低, 若有氧化铝存在, 分解爆炸则更易发生。乙烯在 0℃的分解爆炸临界压力是 4.0MPa, 故在高压下加工或处理乙烯, 具有与可燃气体—空气混合物同样的危险性。

氮氧化物在一定压力下也可以发生分解爆炸, 按下述反应式进行。



N_2O 的分解爆炸临界压力是 0.25MPa, NO 的分解爆炸临界压力是 0.15MPa, 在上述条件下, 90%以上可以分解为 N_2 和 O_2 。

环氧乙烷的分解反应式为



环氧乙烷的分解爆炸临界压力为 0.038MPa, 因此, 环氧乙烷有较大的爆炸危险性。在 125℃时, 环氧乙烷的初始压力由 0.25MPa 增至 1.20MPa, 最大爆炸压力与初压之比则由 2.0 增至 5.6, 可见爆炸的初始压力对终压有很大影响。

(2) 混合气体爆炸 可燃气体或蒸汽与空气按一定比例均匀混合, 而后点燃, 因为气体扩散过程在燃烧以前已经完成, 燃烧速率将只取决于化学反应速率。在这样的条件下, 气体的燃烧就有可能达到爆炸的程度。这时的气体或蒸汽与空气的混合物, 称为爆炸性混合物。

例如，煤气从喷嘴喷出以后，在火焰外层与空气混合，这时的燃烧速率取决于扩散速率，所进行的是扩散燃烧。如果将煤气预先与空气混合并达到适当比例，燃烧的速率将取决于化学反应速率，比扩散燃烧速率大得多，有可能形成爆炸。可燃性混合物的爆炸和燃烧之间的区别就在于爆炸是在瞬间完成的化学反应。

在制浆造纸生产过程中，可燃气体或蒸汽从工艺装置、设备管线泄漏到厂房中，而后空气渗入装有这种气体的设备中，都可以形成爆炸性混合物，遇到火种，便会造成爆炸事故。制浆造纸生产中所发生的爆炸事故，大都是爆炸性混合物的爆炸事故。

燃烧的连锁反应理论也可用于解释爆炸。爆炸性混合物与火源接触，便有活性原子或自由基生成而成为连锁反应的作用中心。爆炸混合物起火后，燃烧热和连锁载体都向外传播。引发邻近一层爆炸混合物的燃烧反应。而后，这一层又成为热和连锁载体源引发次一层爆炸混合物的燃烧反应。火灾是以一层层同心圆球面的形式向各个方向蔓延的。燃烧的传播速率在距离着火点 0.5~1m 以内是固定的。每秒若干米或者更小一些。但以后即逐渐加速，传播速率达每秒数百米（爆炸），乃至每秒数千米（爆轰）。如果燃烧传播途中有障碍物，就会造成极大的破坏作用。

爆炸性混合物，如果燃烧速率极快，在全部或部分封闭状态下，或在高压下燃烧时，可以产生一种与一般爆炸根本不同的现象，称为爆轰。爆轰的特点是，突然引发极高的压力，以超音速的冲击波形式传播，每秒可达 2000~3000m 以上。爆轰是在极短的时间内发生的。燃烧物质和产物以极高的速度膨胀，挤压周围的空气。化学反应所产生的能量有一部分传给压紧的空气，形成冲击波。冲击波传播速率极快，以至于物质的燃烧也落于其后，所以，它的传播并不需要物质完全燃烧，而是由其本身的能量支持的。这样，冲击波便能远离爆轰源而独立存在，并能引发所到处其他化学品的爆炸，称为诱发爆炸，即所谓的“殉爆”。

2、粉尘爆炸

粉尘爆炸是粉尘粒子表面和氧作用的结果。实际上任何可燃物质，当其成粉尘形式与空气以适当比例混合时，被热、火花、火焰点燃，都能迅速燃烧并引起严重爆炸。许多粉尘爆炸的灾难性事故的发生，都是由于忽略了上述事实。

发生粉尘爆炸的首要条件是粉尘本身可燃，即能与空气中的氧气发生氧化反应。如前述的煤尘、铝粉、面粉等；其次，粉尘要悬浮在空气中达到一定浓度（超过其爆炸下限），粉尘呈悬浮状态才能保证其表面与空气（氧气）充足接触，堆积粉尘不会发生爆炸；再次，要有足够引起粉尘爆炸的起始能量。

只要同时具备上述 3 个条件，就会导致粉尘爆炸。

原料场的原料粉尘、纸屑、煤的粉尘以及金属粉末都有这方面的危险性。为了防止粉尘爆炸,维持清洁十分重要。所有设备都应该无粉尘泄漏。爆炸卸放口应该通至室外安全地区,卸放管道应该相当坚固,使其足以承受爆炸力。真空吸尘优于清扫,禁止应用压缩空气吹扫设备上的粉尘,以免形成粉尘云。

屋顶下裸露的管线、横梁和其他凸出部分都应该避免积累粉尘。在多尘操作设置区,如果有过顶的管线或其他设施,人们往往错误地认为在其下架设平滑的顶板,就可以达到防止粉尘积累的效果。除非顶板是经过特殊设计精细安装的,否则只会增加危险。粉尘会穿过顶板沉积在管线、设施和顶板本身之上。一次震动就足以使可燃粉尘云充满整个人造空间,一个火星就可以引发粉尘爆炸。如果管线不能移装或拆除,最好是使其裸露定期除尘。

为了防止引发燃烧,在粉尘没有清理干净的区域,严禁明火、吸烟、切割或焊接。电线应该是始于多尘气氛的,静电也必须消除,对于这类高危险性的物质,最好是在封闭系统内加工,在系统内导入适宜的惰性气体,把其中的空气置换掉。

四、爆炸性物质的运输和储存

由于爆炸性物质在爆炸的瞬间能释放出巨大的能量,使周围的人、畜及建筑物受到极大的伤害和破坏,因此,对爆炸性物质的运输和储存必须高度重视,严格要求,加强管理。保管人员必须熟悉所保管爆炸性物质的性能、危险特性和安全保管的基本知识,以及不同爆炸品的特殊要求。

(1) 爆炸性物质的仓库必须选择在人烟稀少的空旷地带,与周围的居民住宅及工厂企业等建筑物必须有一定的安全距离。库房应为单层建筑,周围须装设避雷针。库房要阴凉通风,远离火种、热源,防止阳光直射,一般库房温度控制在 15~30℃为宜(硝化甘油库房最低温度不得低于 15℃,以防止凝固),相对湿度一般控制在 65%~75%,易吸湿的黑火药、硝酸铵炸药、导火索等相对湿度不得超过 65%。库房内部照明应采用防爆型灯具,开关应设在库房外面。物资储存期限应掌握先进先出原则,防止变质失效。

(2) 堆放各种爆炸性物质时,要求做到牢固、稳妥、整齐,防止倒垛,便于搬运。为有利于通风、防潮、降温,爆炸性物质的包装箱不宜直接放置在地面上,最好铺垫 20cm 左右的方木或垫板,绝不能用受撞击、摩擦容易产生火花的石块、水泥块或钢材等铺垫。炸药箱的堆垛高度、宽度、长度、垛与垛的间距、墙距、柱距、顶距等需慎重考虑。每个库房不得超量储存。

(3) 为确保爆炸性物质的运输和储存的安全,必须根据各种爆炸品的性能或敏感程度

严格分类，专库储存、专人保管、专车运输。

（4）一切爆炸品严禁与氧化剂、自燃物品、酸、碱、盐类、易燃可燃物、金属粉末和钢铁材料器具等混储混运。

（5）点火器材、起爆器材不得与炸药、爆炸性药品以及发射药、烟火等其他爆炸品混储混运。

（6）加强仓库检查，每天至少两次，查看温、湿度是否正常，包装是否完整，库内有无异味、烟雾，发现异常立即处理。严防猫、鼠等小动物进入库房。

（7）装卸和搬运爆炸品时，必须轻装轻卸，严禁摔、滚、翻、抛以及拖、拉、摩擦、撞击，以防引起爆炸。对散落的粉状或粒状爆炸品，应先用水润湿后，再用锯末或棉絮等柔软的材料轻轻收集，转到安全地带处置勿使残留。操作人员不准穿带铁钉的鞋和携带火柴、打火机等进入装卸现场；禁止吸烟。

（8）严格管理，贯彻“五双管理制度”，做到双人验收、双人保管、双人发货、双本账、双把锁。

（9）运输时须经公安部门批准，按规定的行车时间和路线凭准运证方可起运。起运时包装要完整，装载应稳妥，装车高度不可超过栏板，不得与酸、碱、氧化剂、易燃物等其他危险品混装，车速应加以控制，避免颠簸、震荡。铁路运输禁止溜放。

第三节 灭火设备及灭火措施

一、灭火原理与措施

1、灭火剂原理

根据燃烧三要素，只要消除可燃物或把可燃物浓度充分降低；隔绝氧气或把氧气量充分减少；把可燃物冷却至燃点以下，均可达到灭火的目的。

（1）抑制反应物接触 抑制可燃物与氧气的接触，可以减少反应物，使之小于移出的热量，把可燃物冷却到点燃以下，起到抑制火灾乃至灭火的作用。水蒸汽、泡沫、粉末等覆盖在燃烧物表面上，都是使可燃物与氧气脱离接触的窒息灭火方法。矿井火灾的密闭措施，则是大规模抑制与氧气接触的灭火方法。

对于固体可燃物，抑制其与氧气接触的方法除移开可燃物外，还可以将整个仓库密闭起来防止火势蔓延，也可以用挡板阻止火势扩大。对于可燃液体或蒸汽的泄漏，可以关闭总阀门，切断可燃物的来源。如果关闭总阀门尚不足以抑制泄漏时，可以向排气管道排放，或转

移至其他罐内，减少可燃物的供给量。对于可燃蒸汽或气体，可以移走或排放，降低压力以抑制喷出量。如果是液化气，由于蒸发消耗了潜热而自身被冷却，蒸汽压会自动降低。此外，容器冷却也可降低压力，所以火灾时喷水也起抑制可燃气体供给量的作用。

（2）减少反应物浓度 当氧气含量在 15%（体积分数）以下时，燃烧速度就会明显减慢。减少氧气浓度是抑制火灾的有效手段，在火灾现场，水、不燃蒸发性液体、氮气、二氧化碳以及水蒸汽都有稀释降低可燃物浓度的作用。降低可燃物蒸汽压或抑制其蒸发速度，均能降低可燃气体的浓度。

（3）降低反应物温度 把火灾燃烧热排到燃烧体系之外，降低温度使燃烧速度下降，从而缩小火灾规模，最后将燃烧温度降至燃点以下，起到灭火作用。低于火灾温度的不燃性物质都有降温作用。对于灭火剂，除利用其显热外，还可利用它的蒸发潜热和分解热起降温作用。

冷却剂只有停留在燃烧体系内，才有降温作用。水的蒸发潜热较大，降温效果好，但多数情况下水易流失到燃烧体系之外，利用率不高。强化液、泡沫等可以弥补水的这个弱点。

（4）初期灭火 火灾发生后，火灾规模许多情形都是随时间呈指数扩大。在灾情扩大之前的初期迅速灭火，是事半功倍的明智之举。火灾扩大之前，一个人用少量的灭火剂就能扑灭的火灾称为初期火灾。初期火灾的灭火活动称为初期灭火。对于可燃液体，其灭火工作的难易取决于燃烧表面积的大小。一般把 1m^2 可燃液体表面着火视为初期灭火范围。通常建筑物起火 3min 后，就会有约 10m^2 的地板、 7m^2 的墙壁和 5m^2 的天花板着火，火灾温度可达 700°C 左右。此时已超出了初期灭火范围。

为了做到初期灭火，应彻底清查、消除能引起火灾扩大的条件。要有完善的防火计划，火灾发生时能够恰当应对。对消防器材应经常检查维护，紧急情况时能及时投入使用。

2、灭火措施

根据上述原理，灭火应采取以下基本措施。

（1）冷却灭火法 这种灭火法的原理是将灭火剂直接喷射到燃烧的物体上，以降低燃烧的温度于燃点之下，使燃烧停止。或者将灭火剂喷洒在火源附近的物质上，使其不因火焰热辐射作用而形成新的火点。冷却灭火法是灭火的一种主要方法，常用水和二氧化碳作为灭火剂冷却降温灭火。灭火剂在灭火过程中不参与燃烧过程中的化学反应。这种方法属于物理灭火方法。

（2）隔离灭火法 隔离灭火法是将正在燃烧的物质和周围未燃烧的可燃物质隔离或移开，中断可燃物质的供给，使燃烧因缺少可燃物而停止。具体方法有：①把火源附近的可燃、

易燃、易爆和助燃物品搬走；②关闭可燃气体、液体管道的阀门，以减少和阻止可燃物质进入燃烧区；③设法阻拦流散的易燃、可燃液体；④拆除与火源相毗邻的易燃建筑物，形成防止火势蔓延的空间地带。

（3）窒息灭火法 窒息灭火法是阻止空气流入燃烧区或用不燃物质冲淡空气，使燃烧物得不到足够的氧气而熄灭的灭火方法。具体方法是：①用沙土、水泥、湿麻袋、湿棉被等不燃或难燃物质覆盖燃烧物；②喷洒雾状水、干粉、泡沫等灭火剂覆盖燃烧物；③用水蒸气或氮气、二氧化碳等惰性气体灌注发生火灾的容器、设备；④密闭起火建筑、设备和孔洞；⑤把不燃的气体或不燃液体（如二氧化碳、氮气、四氯化碳等）喷洒到燃烧物区域内或燃烧物上。

二、灭火剂及其选用

能够有效地在燃烧区破坏燃烧条件，达到抑制燃烧或中止燃烧的物质，称作灭火剂。对灭火剂的基本要求是：①效能高；②取用方便；③对人体和物质基本无害；④成本低廉。灭火剂的种类较多，常用的有水、泡沫、二氧化碳、干粉、卤化烷灭火剂等。

目前，我国消防队伍装备的灭火剂种类较多，常用的有 5 大类十多个品种。要根据火场燃烧的物质性质、状态、燃烧时间和风向风力等因素，正确选择灭火剂，并保证供给强度，才能发挥灭火剂的效能，避免因盲目使用灭火剂而造成适得其反的结果和更大的损失。

下面介绍几种常见灭火剂。

1、水

（1）灭火作用 水是应用历史最长、范围最广、价格最廉的灭火剂。水的蒸发潜热较大，与燃烧物质接触被加热汽化可吸收大量的热，使燃烧物质冷却降温，从而减弱燃烧的强度。水遇到燃烧物后汽化生产大量的蒸汽，能够阻止燃烧物与空气接触，并能稀释燃烧区的氧，使火势减弱。

对于水溶性可燃、易燃液体的火灾，如果允许用水扑救，水与可燃、易燃液体混合，可降低燃烧液体浓度以及燃烧区内可燃蒸汽浓度，从而减弱燃烧强度。由水枪喷射出的加压水流，其压力可达几兆帕。高压水流强烈冲击燃烧物和火焰，会使燃烧强度显著降低。

（2）灭火形式 经水泵加压由直流水枪喷出的柱状水流称作直流水；由开花水枪喷出的滴状水流称作开花水；由喷雾水枪喷出，水滴直径小于 $100\mu\text{m}$ 的水流称作雾状水。直流水、开花水可用于扑救一般固体如煤炭、木制品、粮食、棉麻、橡胶、纸张等的火灾，也可用于扑救闪点高于 120°C ，常温下呈半凝固态的重油火灾。雾状水大大提高了水与燃烧物的

接触面积,降温快效率高,常用于扑灭可燃粉尘、纤维状物质、谷物堆囤等固体物质的火灾,也可用于扑灭电气设备的火灾。与直流水相比,开花水和雾状水射程均较近,不适于远距离使用。

(3) 注意事项 禁水性物质如碱金属和一些轻金属,以及电石、熔融状金属的火灾不能用水扑救。非水溶性,特别是密度比水小的可燃、易燃液体的火灾,原则上也不能用水扑救。直流水不能用于扑救电气设备的水灾、浓硫酸、浓硝酸场所的火灾以及可燃粉尘的火灾。原油、重油的火灾,浓硫酸、浓硝酸场所的火灾,必要时可用雾状水扑救。

2、泡沫灭火剂

凡能与水混合,用机械或化学反应的方法产生灭火泡沫的灭火剂,称作泡沫灭火剂。泡沫是一种体积小、表面被液体围成的小泡泡群,它的相对密度是 0.001~0.5。由于它的相对密度远远小于一般的可燃、易燃液体,因此可以漂浮在液体的表面,形成保护层,使燃烧物与空气隔断,达到窒息灭火的目的。泡沫灭火剂主要用于扑灭一般可燃、易燃的火灾;同时泡沫还有一定的黏性,能黏附在固体上,所以对扑灭固体火灾也有一定效果。泡沫灭火剂主要分为化学泡沫和空气泡沫两大类。

(1) 化学泡沫灭火剂 目前有 YP 型和 YBP 型,它们的组分主要是以硫酸铝和碳酸氢钠两种药剂作为发泡剂,并添加了氟碳表面活性剂、碳氢表面活性剂为增效剂。

使用时设法使碳酸氢钠和硫酸铝溶液混合,发生化学反应。反应中生成的二氧化碳,一方面在溶液中形成大量细小的泡沫;同时使灭火器中的压力上升,将生成的泡沫从喷嘴喷出。反应生成的胶状氢氧化铝分布在泡沫上,使泡沫具有一定的黏性,且易于黏附在物体上。

(2) 空气泡沫灭火剂 空气能够与水混合,通过机械方法产生泡沫,故也称作机械泡沫灭火剂。它分为低倍数、中倍数、高倍数 3 种。低倍数泡沫灭火剂的发泡倍数在 20 倍以下,中倍数泡沫灭火剂的发泡倍数在 20~500,高倍数泡沫灭火剂的发泡倍数在 500~1000 倍。其中低倍泡沫灭火剂又分为蛋白泡沫、氟蛋白泡沫、水成膜泡沫(又称轻水泡沫或氟化学泡沫)、合成泡沫和抗溶性泡沫灭火剂等几种类型。

(3) 蛋白泡沫灭火剂 蛋白泡沫灭火剂是以动物性蛋白或植物性蛋白的水解浓缩液为基料,加入适量的稳定剂、防腐剂、防冻剂等添加剂而制成的。

它所产生的空气泡沫密度轻(一般在 $0.1\sim 0.5\text{kg/m}^3$),流动性能好,抗烧性强,又不宜被冲散,能迅速在非水溶性液体表面形成覆盖性迅速将火扑灭。由于蛋白泡沫能黏附在垂直的表面上,因而也可以扑救一般固体物质的火灾。目前,蛋白泡沫灭火剂主要用于扑灭油类火灾。但是,使用蛋白泡沫灭火剂扑灭原油、重油贮罐火灾时,要注意可能引起的油沫沸

溢或喷溅。

(4) 氟蛋白泡沫灭火剂 含有氟碳表面活性剂的蛋白泡沫灭火剂，称作氟蛋白泡沫灭火剂。它与蛋白泡沫灭火剂一样，主要用于扑灭各种非水溶性可燃、易燃液体和一些可燃固体火灾。广泛用于扑灭大型贮罐火灾。由于氟蛋白泡沫灭火剂中氟碳表面活性剂的作用，具有抵抗干粉破坏的能力，与干粉有良好的联用性。因此，氟蛋白灭火剂可与各种干粉联用，且均能取得良好的灭火效果。

(5) 抗溶性泡沫灭火剂 抗溶性泡沫灭火剂可用于扑灭水溶性可燃液体如醇、酮、酯、醚、醛、胺、有机酸等火灾，又称作抗醇型泡沫灭火剂。

对水溶性可燃、易燃液体，此种灭火剂具有较好的稳定性，可以抵抗水溶性可燃、易燃液体的破坏。当这种抗溶性泡沫液在与水混合，并在机械作用下产生泡沫时，即在泡沫壁上形成一种薄膜，这种薄膜能有效防止水溶性溶剂吸收泡沫中的水分，从而保护了泡沫，使泡沫较好地覆盖在水溶性溶剂的液面上，起到灭火作用。另外，从抗溶泡沫中析出的水，还可对水溶性溶剂的表面产生稀释作用，也有利于灭火。

3、干粉灭火剂

干粉是一种干燥、易流动并具有很好防潮、防结块性能的固体粉末，因此，干粉灭火器又称为粉末灭火剂。目前分为两类：①普通干粉灭火剂（又称作 BC 干粉灭火剂），是由碳酸氢钠、活性白土、云母粉和防结块添加剂等成分组成；②多用途干粉灭火剂（又称做 ABC 干粉灭火剂），是由磷酸一铵、硫酸铵、催化剂、防结块剂、活性白土等成分组成。

干粉灭火剂平时贮存于干粉灭火器或灭火设备中。灭火时依靠加压气体（二氧化碳或氮气）将干粉从喷嘴喷出，形成一股雾状粉流，射向燃烧区。当干粉灭火剂与火焰接触时，发生一系列的物理化学反应，将火扑灭。

干粉灭火剂主要用于扑救各种非水溶性及水溶性可燃、易燃液体的火灾，以及天然气和石油气等可燃气体火灾和一般带电设备的火灾。在扑救非水溶性可燃、易燃液体火灾时，可与氟蛋白泡沫联用以取得更好的灭火效果，并有效地防止复燃。

4、二氧化碳灭火剂

二氧化碳灭火剂是以液体二氧化碳充装在灭火器内，当打开灭火器阀门时，液体二氧化碳就沿着虹吸管上升到喷嘴处，迅速蒸发成气体，体积扩大约 500 倍，同时吸收大量的热量，使喷到筒内温度急剧下降，当降至 -78.5°C 时，一部分二氧化碳就凝结成雪片状固体。它喷到可燃物上时，能使燃烧物温度降低，并隔绝空气和降低空气中含氧量，而使火熄灭。二氧化碳灭火，主要是窒息作用，对有阴燃的物质则难以扑灭。应在火焰熄灭后，继续喷射二氧

化碳，使空气中的含氧量降低。当燃烧区域空气含氧量低于 12%，或者二氧化碳的浓度达到 30%~35%时，绝大多数的燃烧都会熄灭。

由于二氧化碳不导电，不含水分，灭火后很快散逸，不留痕迹，不污损仪器设备，所以它适用于扑灭各种易燃液体火灾，特别适用于扑灭 600V 以下的电气设备、精密仪器、贵重生产设备、图书档案等火灾。

二氧化碳不能扑灭锂、钠、钾、镁、铝、锑、钛、镉、铂等金属及其氧化物的火灾，也不能用于扑灭如硝化棉、赛璐珞、火药等本身含氧的化学物质的火灾。

5、卤代烷灭火剂

卤代烷是由卤素原子取代烷烃分子中的部分氢原子或全部氢原子后得到的一类有机化合物的总称。一些低级烷烃的卤代物具有不同程度的灭火作用，这些具有灭火作用的下级卤代烷烃统称为卤代烷灭火剂。

卤代烷灭火剂主要通过抑制燃烧的化学反应过程，使燃烧中断，达到灭火目的。其作用是夺取燃烧连锁反应中的活泼性物质，这一过程称为断链过程或抑制过程。由于完成这一化学过程所需时间往往比较短，所以灭火也就比较迅速。

卤代烷灭火剂适用于扑灭各种易燃液体火灾和电气设备火灾；因为具有灭火后不留痕迹、毒性低等优点，也适应扑灭精密仪器、贵重生产设备、图书档案等火灾，但不适用于扑灭活泼金属、金属氢氧化物和能在惰性介质中自身供氧燃烧物质的火灾。虽然卤代烷灭火剂效率高，但由于卤代烷对大气臭氧层破坏性很大，根据《蒙特利尔议定书修正案》，中国消防行业在 2000 年前基本完成卤代烷灭火剂的替代、转换、改造工作，2005 年起禁止卤代烷灭火剂和灭火器的使用。

6、1211 灭火剂

1211 是二氟-氯-溴甲烷的代号，分子式 CF_2ClBr ，它是我国目前生产和使用最广泛的一种卤代烷灭火剂，以液体灌装在钢瓶内。

1211 灭火剂是一种低沸点的液化气体，具有灭火效率高、毒性低、腐蚀性小，久储不变质、灭火后不留痕迹、不污染被保护物、绝缘性能好等优点。

三、灭火器及其应用

1、灭火器概述

灭火器是一种可由人力移动的轻便灭火器具。它能在其内部压力作用下将所充装的灭火剂喷出，用来扑灭火灾。由于它的结构简单，操作方便，使用面广，对扑灭初起火灾有一定

效果，因此，在工厂、企业、机关、商店、仓库，以及汽车、轮船、飞机等交通工具上，几乎到处可见，已成为群众性的常规灭火武器。

(1) 灭火器类型 灭火器的种类很多，按其移动方式分为：背负式、手提式和推车式；按驱动灭火器的动力来源可分为：贮气瓶式、贮压式、化学反应式；按所充装的灭火剂种类则又分为：泡沫、干粉、二氧化碳等灭火器。

(2) 使用与保养 泡沫灭火器使用时需要倒置稍加摇动，而后打开开关对着火焰喷出药剂。二氧化碳灭火器只需一手持喇叭筒对着火源，一手打开开关即可。四氯化碳灭火器只需打开开关液体即可喷出。而干粉灭火器只需提起圈环干粉即可喷出。

灭火器应放置在使用方便的地方，并注意有效期限。要防止喷嘴堵塞，压力或质量小于一定值时，应及时加加料或充气。

(3) 灭火器配置 小型灭火器配置的种类与数量，应根据火险场所险情、消防面积、有无其他消防设施等综合考虑。小型灭火器是指 10L 泡沫、8kg 干粉、5kg 二氧化碳等手提式灭火器。应根据装置所属的类别和所占的面积配置不同数量的灭火器。易发生火灾的高险地点，可适当增设较大的泡沫或干粉等推车式灭火器。

2、各种灭火器的介绍

(1) 二氧化碳灭火器 二氧化碳灭火器一般由储气钢瓶组、配管和喷头组成。二氧化碳灭火器即将筒体内充装高压液体二氧化碳，充装量有 2kg、3kg、5kg、7kg 共 4 种规格。按设备形式分为固定和移动两种类型。按灭火用途分为全淹没系统和局部应用系统。二氧化碳灭火用量与可燃物料的物性、防火场所的容积和密闭性等有关。

由于二氧化碳灭火剂具有灭火不留痕迹，有一定的绝缘性能等特点，因此，适用于扑灭 600V 以下的带电电器、贵重设备、图书资料、仪器仪表等场所的初起火灾，以及一般 B 类火灾。灭火时只要将灭火器的喷筒对准火源，打开启闭阀，液态二氧化碳立即气化，并在高压作用下，迅速喷射。使用手轮式时，可先去掉铅封，再按逆时针方向旋转首轮，即可打开阀门；使用鸭嘴式时，可用右手拔掉保险销，同时用左手紧握压把，则启闭阀被打开。二氧化碳是窒息性气体，对人体有害，使用时应注意安全。在灭火时，要连续喷射，防止余烬复燃，如在室外，则不能逆风使用。

(2) 空气泡沫灭火器 目前我国研制成的泡沫灭火器是一种性能优良的新型灭火器具。它可以根据不同需要分别充装蛋白泡沫、氟蛋白泡沫、轻水（水层膜）泡沫和抗溶性泡沫，用来扑救各种油类和极性溶剂的初起火灾，由于泡沫的密度小，所以能覆盖在易燃液体的表面上，一方面能降低液面的温度（吸热），使液体表面降温；另一方面液体完全被泡沫覆盖

以后，形成一个绝热层，隔断空气与液面的接触，火就被扑灭了。

(3) 干粉灭火器 干粉是微细的固体颗粒，有碳酸氢钠、碳酸氢钾、磷酸氢氨、磷酸二氢氨、尿素干粉等。密闭库房、厂房、洞室灭火干粉用量每立方米空间应不少于 0.6kg；易燃、可燃液体灭火干粉用量每立方米燃烧表面应不少于 2.4kg。空间有障碍或垂直向上喷射，干粉用量应适当增加。

干粉灭火器是一种效能较好的灭火器。它是一种细粉与二氧化碳的联合装置，以二氧化碳气体作为动力，将粉末喷出与燃烧发生化学反应抑制火势的发展，从而扑灭火灾，使用干粉灭火器灭火时，先拔掉保险销、，一只手握住喷嘴（或喷枪），另一只手提起提环（或提把），将喷嘴对准火焰根部，干粉从喷嘴处向火焰喷射，形成浓云般的粉雾。扑灭地面油火时，要采取平射姿势，左右摆动胶管，由远及近，快速推进。如在使用前，先将筒体上下点到几次，使干粉松动，然后再开气喷粉，则效果更佳。

(4) 烟雾灭火装置 烟雾灭火装置由发烟器和浮漂两部分组成，烟雾剂盘分成装在发烟器筒体内。浮漂是借助液体浮力，使发烟器浮在液面上，发烟器头盖上的喷孔要高出液面 350~370mm。

烟雾灭火剂由硝酸钾、木炭、硫磺、三聚氰胺和碳酸氢钠组成。硝酸钾是氧化剂，木炭、硫磺和三聚氰胺是还原剂，它们在密闭系统中可维持燃烧而不需要外部供氧。碳酸氢钠作为缓燃剂，使发烟剂燃烧速度维持在适当范围内而不至于引燃或爆炸。烟雾灭火剂燃烧产物 85% 以上是二氧化碳和氮气等不燃气体。灭火时，烟雾从喷孔向四周喷出，在燃烧液面上布上一层均匀浓厚的云雾状惰性气体层，使液面与空气隔绝，同时降低可燃蒸汽浓度，达到灭火目的。

(5) 1211 灭火器 1211 灭火器属于贮压式一类灭火器。1211 灭火器用装在筒内的氮气压力将 1211 灭火剂喷出灭火。1211 灭火器是一种低沸点的液化气体，具有灭火效率高、毒性低、腐蚀性小、久贮不变质、灭火后不留痕迹、不污染被保护物、绝缘性良好等优点。

1211 灭火器主要适用于扑灭易燃、可燃液体、气体及带电设备的初起火灾（即 B 类、C 类及 D 类）；也可以对固体物质如木、竹、织物、纸张等表面火灾（即 A 类）进行灭火；还可以用于扑灭精密仪器、贵重物资仓库、珍贵文物、图书档案、电器仪表等初起火灾；还能扑灭飞机、船舶、车辆、油库、宾馆等场所的初起火灾。使用 1211 灭火器时，首先拔掉安全销，然后握紧压把，通过压杆迫使密封阀开启，1211 灭火剂在氮气作用下，通过虹吸管从喷嘴以雾状喷出，并立即气化，当拉开压把时，压杆在弹簧的作用下复位，阀门关闭，灭火剂停止喷出，故可间歇喷射。灭火时，要保持直立位置，不可水平或颠倒使用。喷嘴应对准

火灾根部，由远及近，快速向前推进；要防止回火复燃，零星小火则可采用点射灭火。如遇可燃液体在容器内燃烧时，可使 1211 灭火剂的射流由上而下向容器的内壁喷射，且必须避免让射流直接冲击液面，以防燃烧液体飞溅而扩大火势。如果扑灭固体物质表面火灾，应将喷嘴对准燃烧最猛烈处，左右喷射即可。此外，当采用 1211 灭火器在狭小的密闭空间灭火时，在火被扑灭后，应立即撤离，以防中毒。

（6）酸碱灭火器 酸碱灭火器由筒体、筒盖、硫酸瓶胆、喷嘴等组成。筒体内装有碳酸氢钠水溶液，硫酸瓶胆内装有浓硫酸。瓶胆口有铅塞，用来封住瓶口，以防瓶胆内的浓硫酸吸水稀释或同瓶胆外的药液混合。酸碱灭火器的作用原理是利用两种药剂混合后发生化学反应，产生压力使药剂喷出，从而扑灭火灾。

酸碱灭火器的使用方法：①平稳地将灭火器提到起火点；②用手指压紧喷嘴，将灭火器颠倒过来，上下摇动几下，使药液混合；③松开手指，对准燃烧最猛烈处喷射；④随着灭火器喷射距离的缩短，使用者应逐渐向燃烧物靠近，始终使水流喷射在燃烧物上，直至把火扑灭。

酸碱灭火器的使用及维护注意事项：①灭火器在运送过程中，不能把灭火器扛在肩上或横拿，也不能让灭火器过分倾斜，以防两种药剂混合而提前喷射；②使用时，应始终使灭火器保持颠倒状态，不得直立或横置。否则，会影响水流喷射；③使用时，不能将筒盖或筒底对着人体，以防筒底爆破或筒盖飞出伤人；④避免放在高温处，以防化学药剂失效，冬季要注意防冻；⑤要定期检查，发现药液变质应予以更换。

第四节 造纸企业防火消防安全

一、造纸企业防火消防安全存在的不足

1、设计不规范

按照《消防法》的规定，消防工程应由具备相应资质的设计单位和工程公司设计和施工。但实际上，许多企业为了缩短工期、降低成本，找一些没有资质的设计单位和施工单位包揽工程，质量根本得不到保证，消防设施形同虚设，致使紧急情况下无法发挥应有的作用，造成先天性设计不足，留下隐患。

2、耐火等级低

除办公楼外，厂房、仓库、宿舍的建筑工程多采用简易结构，如砖墙、锌铁棚结构，这种建筑相比其他建筑结构，具有施工周期短、投入资金少的特点，对于资金匮乏的民营企业

具有很大的吸引力。而这种建筑多属三级耐火等级，抗御火灾的能力非常低，火烧不了多久，立体结构就会被破坏，可用于疏散物资、扑救火灾的时间非常短，容易造成重大人员伤亡和财产损失。

3、防火间距不足

当发生火灾时，火通过传导、对流和辐射形成向相邻建筑传递，如果建筑物之间的防火间距不足，火势很快蔓延开来，小火酿成大火。

4、无消防通道

许多民营企业工厂内没有按规范要求设置相应的消防通道。一旦发生火灾，消防车无法到达火场，消防队员也不可能尽快靠近火场，从各方向对火灾进行控制，耽误扑救火灾的最佳时机，造成不必要的损失。

5、没有建立健全消防安全管理制度

(1) 从思想上不重视，片面追求经济效益，而忽视安全生产。一些已消防审核和验收合格的企业，在投入使用后为了提高场地的利用率，擅自将原有建筑物间的防火间距或消防通道搭建成仓库或车间，从而改变整体消防安全布局，造成无消防车道、防火间距、防火分区等问题，给消防安全带来严重的隐患。

(2) 普遍存在无防火分隔措施。如有的单位经消防验收合格后，擅自在车间增设仓库，或在仓库增设办公室，后天性造成“三合一”式的厂房，一旦出现火灾，极易造成重大财产损失或人员伤亡。

(3) 管理不到位。许多企业的经理、厂长的消防安全意识相当淡薄，没有从企业长远发展的高度来看待消防安全问题，有意或无意地逃避消防部门的监督，无视消防设施的配备，生产现场管理混乱，各项安全制度没有落到实处。

二、造纸企业火灾危险性

(1) 各类造纸原料燃点大多只有 150~200℃，纤维素、半纤维素、蜡质、果胶、脂肪等主要成分都是易燃物质，遇火即能燃烧；

(2) 稻草、麦秸、芦苇、棉花等造纸原料含水量过高，在微生物的作用下，自然发酵，温度上升，引起自燃；

(3) 原料堆场布局不合理，靠近生活、生产区和铁路、公路等，外来火种引起堆垛着火；

(4) 进库的造纸原材料中可能夹带有火种；

- (5) 雷击起火；
- (6) 电气设备、电气线路安装不合理或设备、线路本身故障酿成火灾；
- (7) 在库区内使用电焊、气焊、气割或管理人员吸烟、小孩玩火等引起火灾；
- (8) 机械设备因摩擦、撞击产生火花引起火灾；
- (9) 进入库区的汽车、拖拉机或停靠码头的机动船排出火星或造纸原料接触高温物体而着火。

三、常见的火灾扑救措施

火灾通常都有一个从小到大、逐步发展、直至熄灭的过程。一般可分为初起、发展、猛烈、衰减熄灭 4 个阶段。室内火灾的发展过程，是从可燃物被点燃开始，由燃烧温度的变化速度所测定的温度-时间曲线来划分火灾的初起、发展和熄灭 3 阶段的。室外火灾尤其是可燃液体和气体火灾，其阶段性则不明显。应研究燃烧发展整个过程，以便区分不同情况，采取切实有效的措施，迅速扑灭火灾。

(一) 初起阶段

火灾初起时，随着火苗的发展，燃烧产物中有水蒸气、二氧化碳产生，还产生少量的一氧化碳和其他气体，并有热量散发，火焰温度可增至 500℃ 以上，室温略有增加，这一阶段火势发展的快慢与引起火灾的火源、可燃物的特性不同而呈现不同的趋势。一般固体可燃物燃烧时，在 10~15min 内，火源的面积不大，烟和气体对流的速度比较缓慢，火焰不高，燃烧放出的辐射热能较低，火势向周围发展蔓延的速度比较慢。可燃液体特别是可燃气体燃烧速度很快，火灾的阶段性不太明显。火灾处于初起阶段，是扑救的最好时机，只要发现及时，用很少的人力和灭火器材就能扑灭火灾。

(二) 发展阶段

如果初起火灾不能及时发现和扑灭，则燃烧面积增大，温度升高，可燃材料被迅速加热。这时气体对流增强，辐射热急剧增加，辐射面积增大，燃烧面积迅速扩大，形成了燃烧的发展阶段。在燃烧的发展阶段内，为有效控制火势发展和扑灭火灾，必须有一定数量的人力和消防器材设备，才能够有效地扑灭火灾。

(三) 猛烈阶段

随着燃烧时间的延长，燃烧温度急剧上升，燃烧速度不断增加，燃烧面积迅猛扩展，使燃烧发展到猛烈阶段。燃烧发展到高潮时，火灾包围了所有的可燃材料，燃烧速度最快，燃烧物质的放热量和燃烧产物达到最高数值，气体对流达到最快速度。扑救这种火灾需要组织

大批的灭火力量，经过较长时间的奋战，才能控制火势，消灭火灾。

（四）火灾衰减熄灭阶段

随着室内可燃物的挥发物质不断减少，以及可燃物数量减少，火灾燃烧速度递减，温度逐渐下降当室内平均温度降到温度最高值的 80%时，则认为火灾进入衰减熄灭阶段。随后，房间温度下降明显，直到把房间内的全部可燃物烧光，室内外温度趋于一致，宣告火灾结束。

研究火场上燃烧发展的四个阶段，主要是为了集中优势兵力，抓住战机，控制火势，灵活运用灭火战术，迅速扑灭火灾。从上述火灾的发展阶段看，初起阶段的火灾，既容易扑救，也不会造成大的危害。因此，在制浆造纸企业中，及时扑救初起火灾意义重大。

1、人身起火的扑救

人身起火燃烧，轻者留有伤残，重者直至危及生命。因此，及时正确地扑救人身着火，可大大降低伤害程度。

（1）人身着火的自救 因外界因素发生人身着火时，一般应采取就地打滚的方法，用身体将着火部分压灭。此时，受害人应保持头脑清醒，切不可跑动，否则风助火势，会造成更严重的后果；衣服局部着火，可采取脱衣，局部裹压的方法灭火。明火扑灭后，应进一步采取措施清理棉毛织品的阴火，防止死灰复燃。

（2）化纤织品着火扑救 化纤织品比棉布织品有更大的火灾危险性，这类织品燃烧速度快，容易粘在皮肤上。扑救化纤织品人身火灾，应注意扑救中或扑灭后，不能轻易撕扯受害人的烧残衣物，否则容易造成皮肤大面积创伤，使裸露的创伤表面加重感染。

（3）易燃、可燃液体大面积泄漏引起人身着火的扑救 这种情况一般发生得比较突然，燃烧面积大，受害人不能进行自救。此时，在场人员应迅速采取措施灭火。如将受害人拖离现场，用湿衣服、毛毡等物品压盖灭火；或使用灭火器压制火势，转移受害人后，再采取人身灭火方法。使用灭火器灭人身火灾，应特别注意不能将干粉、二氧化碳等灭火剂直接对受害人面部喷射，防止造成窒息，也不能用二氧化碳灭火器对人身进行灭火，以免造成冻伤。

火灾扑灭后，应特别注意烧伤患者的保护，对烧伤部位应用绷带或干净的床单进行简单的包扎后，尽快送往医院治疗。

2、贮罐初起火灾的扑灭

贮罐有中间体单罐，也有成组布局的分区罐组；有地上式贮罐和地下式贮罐；有拱顶式贮罐、卧式贮罐和浮顶式贮罐；有球形贮罐和气柜。贮存的物料大多密度小、沸点低、爆炸范围大、闪点低、燃烧速度快、热值高，具有火灾危险性大、扑救困难的特点。

(1) 易燃可燃液体或气体贮罐发生爆炸着火 区别着火介质、影响范围、危险程度、扑救力量等情况，沉着冷静处理。岗位人员发现贮罐着火，首要任务是向消防队报警，同时组织人员进行初起火灾的扑救或控制，等待专职消防队扑救。

(2) 易燃可燃液体贮罐发生火灾 现场人员可利用岗位配备的干粉灭火器或泡沫灭火器进行灭火，同时组织人力利用消火栓、消防水炮进行贮罐罐壁冷却，降低物料可燃蒸汽的挥发速度，保护贮罐强度，控制火势发展。冷却过程中一般不应将水直接打入罐内，防止液面过高造成冒罐或油品沸溢，扩大燃烧面积，造成扑救困难，设有固定泡沫灭火装置的，应迅速启动泡沫灭火设施，选择正确的泡沫灭火剂（普通、氟蛋白、抗溶）和供给强度及混合比例，打开着火罐控制阀，输送泡沫灭火。

(3) 浮顶式易燃可燃液体油罐着火 在喷射泡沫和冷却罐壁的同时，应组织人员上罐灭火。可用 8kg 干粉灭火器沿罐壁成半圆弧度，同时推扫围堰内的残火。

(4) 地下式、半地下式易燃可燃液体贮罐着火 可用干粉或泡沫推车进行灭火。灭火时应注意风向和热辐射，一般采用灭火剂量大的推车，并交替使用边推进边灭火。

(5) 卧式、球式易燃可燃气体贮罐着火 应迅速打开贮罐上设置的消防喷淋装置进行冷却，冷却时应集中保护着火罐，同时对周围贮罐进行冷却保护。防止罐内压力急剧上升，造成爆炸。操作人员应密切注意贮罐温度和压力变化，必要时应打开紧急放空阀，将物料排放至火炬或安全地点进行泄压。

(6) 易燃可燃液体贮罐着火 扑救易燃可燃液体贮罐火灾，也可在贮罐没有破坏的情况下，充填氮气等惰性气体窒息灭火。贮罐火灾及时扑灭后，应冷却保护一段时间，降低物料温度，防止温度过高引起复燃。

四、造纸企业原料场防火措施

造纸原料场是用来贮存稻草、麦秸、芦苇、竹子、木片或原木等造纸原料的场所。造纸原料都极易燃烧，有的还会自燃，所以，造纸原料场的火灾危险性很大，一旦发生火灾会造成严重损失，甚至影响生产。造纸原料仓库火灾的原因主要有电火、雷击、自燃、吸烟、飞火、摩擦和纵火等原因。造纸原料场的防火任务十分艰巨，为确保造纸企业消防安全，应当特别抓好以下 6 个重要环节。

1、抓好原料场的布局

(1) 原料场应远离生产区、生活区，并用不低于 2m 高的围墙将库区隔离。一般要求储量在 2 万 t 以上的大型原料场，与生产区、生活区的距离应在 100m 以上；2 万 t 以下的中

小型原料场，与生产区、生活区的距离应在 50m 以上。

(2) 原料堆场与场内铁路中心线的防火间距最少为 30m。与场内铁路中心线的距离最少为 20m，与场内主要道路的距离最少为 10m。堆场场地应平整、清洁、不积水。无杂物，堆基高出周围地面 30m。堆场内不宜晾晒原料，勿堆放其他物品。

(3) 原料堆场内堆垛应堆成尖顶，堆顶披檐到结顶应设滚水滑坡。堆垛长边应与当地常年主导风向平行。堆垛样式、堆场布置、堆垛储量、堆垛规格及防火间距应按具体规定布置。

(4) 稻草、麦秸等原料堆场储量不得超过 2 万 t，超过者应设置分区。区与区之间的防火间距不少于 40m。为防止自燃，对进场的原料必须认真检查湿度，定时检测堆垛湿度，对易燃原料的堆垛应留有通风口或散热洞、散热沟。原木原料堆场每个垛总储量不应超过 2.5 万 m³，堆场与堆场之间防火间距不低于 30m。

(5) 堆垛需按储运流水线布置，高度在 10m 以下，长度低于 50m。垛与垛之间留 1.5~2m 宽的通道以便检查，每 2~4 个堆垛分一组，组与组之间防火间距不低于 10m，堆垛距离围墙至少为 5m。

(6) 原料场应当设置警卫岗楼，其位置要便于观察，警卫区域、岗楼内要安装消防专用电话或报警设备。

2、抓好原料场储存管理

(1) 原料场四周应当设置围墙，墙高度 2m，与堆垛之间的距离不小于 5m。

(2) 严格把好经常原料的安全关，应当设专人对原料进行严格检查，确认无火种隐患后，方可进入原料区。

(3) 对易燃自燃的原料要严格控制水分，码垛时，麦秸含水率不应超过 20%，并做好记录。

(4) 原料堆垛的长边应当与当地常年主导风向平行。

(5) 麦秸堆垛时需留有通风口或散热沟，并要设有防止通风口、散热洞塌陷的措施。发现堆垛出楼凹陷变形或有异味时，应立即拆垛检查，以防止自燃和变质。

(6) 麦草堆垛时，要定时测温，当温度上升到 40℃~50℃时，要采取预防措施，当温度上升到 60℃~70℃时，必须拆垛散热，并做好灭火准备。

3、抓好火源管理

(1) 原料场出入口和沿生产区、生活区和外界道路地点必须设立醒目的防火安全标志牌和禁止吸烟的警示牌，门卫对入场人员和车辆，要严格检查，登记并收缴火种。

- (2) 警卫岗楼内应当禁止采用明火方式采暖。
- (3) 原料场内严禁吸烟、严禁使用火炉和焚烧物品。
- (4) 原料场内禁止明火作业。
- (5) 风力达 4 级（含 4 级）以上时，严禁在原料场内进行吊装、运输、上垛作业。
- (6) 凡使用上垛机、运输机、吊装机等机械设备时，必须将其转动部位上的可燃杂物清除干净，加装保护网罩装置，并与原料垛保持 1m 以上的间距。
- (7) 汽车、拖拉机等机动车进入原料场时，排气管必须戴合格的防火帽。
- (8) 常在原料场内装卸作业的车辆要经常清理防火帽内的积碳，确保性能安全可靠。
- (9) 场内装卸作业结束后，一切车辆不准在原料场内停留或保养、维修。
- (10) 原料场周围 100m 内严禁燃放烟花爆竹。

4、抓好电气管理

- (1) 原料场内应当采取直埋式电缆配电。埋设深度应大于 0.7m，其周围架空线路与垛堆的水平距离应不小于杆高的 1.5 倍，堆垛上空严禁拉设临时线路。
- (2) 原料场内应当选用防尘灯、探照灯等带有护罩的安全灯具。严禁使用移动式照明灯具。
- (3) 照明灯杆与堆垛最近水平距离应不小于灯杆高的 1.5 倍，灯杆宜采用水泥杆。
- (4) 原料场内的电源开关、插座等，必须安装在封闭式配电箱内，配电箱应当采用非燃材料制作。使用移动式用电设备时，其电源应当从固定分路配电箱内引出。
- (5) 在原料场内作业结束后，应当拉闸断电（不含消防供电）。原料使用的电气设备，必须由持有操作证的电工负责安装、检查和维护。
- (6) 原料场应当设置避雷装置，避雷装置的冲击接地电阻应当不大于 10 欧姆。避雷装置与堆垛、电气设备、地下电缆等要保持 3m 以上的距离。
- (7) 避雷装置每年要在雷雨季节前进行全面检测，并进行记录。

5、抓好消防设施管理

- (1) 原料场应按照国家《消防技术规范》要求设置消防设施、配备消防器材，在冬季应当采取防冻措施。
- (2) 原料场消防用水宜设置高压式或临时高压给水系统。
- (3) 原料场内应修建贮水池，贮水量不应小于 1000m³，每个贮水池贮水量不应大于 500m³。

6、抓好组织管理

- (1) 法人代表是原料场防火安全工作的负责人，应全面负责原料场的消防安全管理工作。

作。

(2) 原料场必须配备足够的警卫力量，严格值班检查和巡逻制度和交换班制度，配备专职防火员。

(3) 原料场要建立义务消防队。大型造纸企业要按照《中华人民共和国消防法》第二十八条的规定，建立专职消防队，配备必要的人员和灭火车辆，经常开展消防业务训练，提高自防自救能力。

(4) 原料场应当建立健全各项消防安全制度和制定防火安全检查表。如防火安全岗位责任制，值班、巡逻、查岗制度，动火、临时用电审批制度，堆垛测温、记录及监测制度，防火安全检查制度，火灾隐患整改制度，消防器材设施按时定期检查、检修、保养制度，火灾事故报告制度，防火安全奖惩制度；防火安全检查表，防火自燃安全检查表，电气设备、车辆安全检查表，避雷装置安全检查表，消防设备安全检查表，环境防火安全检查表等，使之不断具体化、完善化。

(5) 对新上岗的工人和各类人员必须进行防火安全教育，经考核合格后，准许上岗，严禁把老弱病残者安排到原料场内当保安人员和看护员。

(6) 企业、科室消防负责人应当经常对原料场、仓库等重点部位进行检查，及时消除火灾隐患，逐级落实责任制和岗位责任制，确保造纸企业时时安全、永久安全。

五、造纸企业联合厂房防火措施

1、联合厂房工艺及火灾危险性

造纸车间的各个工序中，除在打浆、调料工段使用浆板和制备松香胶应注意防火外，整个过程基本是在水的伴随下，在池槽和管道中运行，无火灾危险性。

造纸机分两部分：从流浆箱经网部到压榨部等工序称为“湿部”；从烘干、压光到卷纸等工序称为“干部”。湿部是在“水”或“湿”的状态作业，无火灾危险性。“干部”的火灾危险性在于：

(1) 造纸机有大量的轴承，由于安装、调整、维修、保养不当，在高温、重载的条件下，很容易因摩擦过热起火，引燃周围的可燃物，尤其是烘缸周围，更容易发生火灾。

(2) “干部”的气罩内，特别是纸毛积聚在润滑系统上，因通风条件好，湿度又高，遇到火星会起火，并迅速蔓延扩大。

(3) 造纸机的烘缸，采用蒸汽加热，温度高达 110℃～130℃，在蒸汽管道等受热的表面沉落的纸毛、纸屑等可燃物，长时间受热，能引燃并扩大成灾。

(4) 造纸导辊及烘缸等转动部件要使用润滑油，润滑油具有易燃性，应注意使用和保管。

(5) 烘干后的纸张，特别是单张的纸都是易燃的，压榨用的毛毯、干燥用的毛毯以及纸毛、纸屑和破损的纸片，也都是易燃的。

(6) 电气设备故障和静电放电，也能引起火灾。

2、现代造纸生产线联合厂房的现状与发展趋势

随着经济发展和科学技术的进步，新建造纸厂生产规模不断扩大，现代造纸机无论是抄宽、设备长度和高度上均有所增加，使造纸厂联合厂房的建筑面积相应增大。造纸行业以前的纸机抄宽主要是 1760mm 和 2640mm，纸机的总长度在 100m 以下，厂房主跨一般为 15m，披屋为 7.5m，厂房长度在 200m 以内，主体结构为钢筋混凝土柱，围护结构为砖墙。随着造纸技术的进步，纸机的抄宽越来越大，纸机的转速也越来越快，近年国内生产的纸机抄宽一般在 3m 以上。造纸车间的长度相应增至 250m 以上，厂房主跨大于 18m，披屋为 8~10m，一般纸机的厂房建筑面积大于 1.3 万 m^2 。而进口的新型纸机抄宽很多在 5000~10000mm 之间，车速在 700~1800m/min，纸机长 250m 以上，打浆、抄纸、完成 3 个工段的总长度超过 300m，厂房主跨大于 30m，披屋大于 10m，纸机的厂房面积近 4 万 m^2 。

3、现代造纸联合厂房设计时遇到的问题

(1) 规范对造纸生产联合厂房防火分区规定 根据《建筑设计防火规范》规定，丙类生产二级耐火等级的多层厂房的防火分区面积为 4000 m^2 ，一、二级耐火等级的单层、多层造纸厂厂房，其防火分区最大允许占地面积可按规范的规定增加 1.5 倍，即二级耐火等级的多层造纸生产联合厂房可由原 4000 m^2 增加到 $4000 \times (1+1.5) = 10000 (\text{m}^2)$ 为一个防火分区；《建筑设计防火规范》规定，甲、乙、丙类厂房装有自动灭火设备时，防火分区最大允许占地面积可按规范增加 1 倍，达到 $10000 \times 2 = 20000 (\text{m}^2)$ 。

(2) 进行防火分隔的难度 防火分区主要是用防火墙、防火卷帘或防火卷帘加水幕分隔。现代造纸生产联合厂房必然存在着防火分区超面积的问题，是设计时无法回避的。由于各种管道密布，运输设备来往频繁，并设有连贯 3 个工段的桥式吊车，加上工艺的特殊性、连续性，厂房内无法用防火墙分隔。虽可用水幕等作为防火分隔，但因各类管线密集，实际安装很难到位，且二层厂房高度很高，水幕用来隔火的作用不大，难以起到分隔作用。

4、防火分区扩大的可行性

(1) 防火分区划分原则 防火分区是指采用分隔措施划分出来的、能在一定时间内防止火灾向同一建筑的其余部分蔓延的局部区域（空间单元）。在建筑物内划分防火分区这一

措施，可以在建筑物一旦发生火灾时，有效地把火灾控制在一定范围内，减少火灾损失，同时可以为人员安全疏散、消防扑救提供有利条件。

防火分区，按照防止火灾防火分区以外扩大蔓延的功能可以分为两大类：①竖向防火分区，用以防止多层或高层建筑物层与层之间竖向发生火灾蔓延；②水平防火分区，用以防止水平方向扩大蔓延。

防火分区面积大小的确定应考虑建筑物的使用性质、重要性、火灾危险性、建筑物高度、消防扑救能力以及火灾蔓延的速度等因素。

（2）扩大防火分区的可行性 造纸车间主要包括打浆、抄造和完成几个系统。车间主体一般为双层上下连贯，在侧边或端部设置 3~4 层的热风和风机用房，底层主要用于布置各类浆池、水池、泵、管道、电缆及排水沟等，这些均不可燃烧，二层主要用于布置生产设备、操作台和控制室。纸页在干部以前，含水率都在 60%以上，不容易燃烧。

完成部纸卷在卷纸机和复卷机中为卷筒，此时纸页都是很密实地叠卷在一起，密度可达 0.9t/m^3 ，纸卷压紧后空气进不去，比较难燃烧。当完成部含有平板纸处理系统时，纸张比较疏松，此时的纸页较易燃烧。

现代高速纸机为了节省能耗，提高干燥速率，在干燥部都采用密闭气罩，在气罩内设置自动灭火系统，主要灭火介质有水、蒸汽或氮气 3 种形式，一旦在干燥部内发生火灾时，气罩内的喷淋系统能自动灭火。

大型高速造纸机都采用 QCS 和 DCS 系统，自动化程度高，车间内操作人员少，并且基本上都集中在控制室内，对厂房内环境比较熟悉，极易疏散，这样一旦发生火灾，车间内人员伤亡的可能性低。

六、造纸企业油库防火措施

（1）油库距离明火不得少于 50m，油库围墙内，严禁烟火。油库区应保持清洁，清除干草杂物和溢出地上油料或带油的积水；必须维持油罐区道路通畅；在夏秋季，要有降温设施，防止油库内温度过高引起火灾。

（2）油库的建筑要符合《建筑设计防火规范》的要求。油库内一般不宜安装点灯及其他电力设施。库内如必须安装照明设施，应严格按照有关电力设计技术规范执行，全部使用防爆灯具开关。

（3）在装卸桶的通道上、铁门与门框接合部位，铺设导电橡胶皮垫，防止产生火花。

（4）贮油罐、加油机等设备，必须有可靠的安全接地，仓库应安装避雷针。避雷针和

设备接地极应每年雨季前检测一次。

(5) 油库工作人员及因工作需要进入油库人员，禁止穿着化纤衣裤；禁止穿有铁码铁钉的鞋；禁止使用火柴、打火机等照明。严防老花眼镜聚焦起火。凡进入油库时，禁止携带火柴、打火机等火种物。机动车辆进入油仓卸油台时，排气管需戴上防火罩。

(6) 各种油类应分门别类放置，汽油与其他油类隔开，互相间保持一定的间隔和通道。取油不可用铁质的抽油桶，要用铜质或按石油部规定的材质制作的，以防摩擦起火。

(7) 禁止使用塑料、胶罐等绝缘体盛装汽油，不准使用一般的盆桶或漏油的桶等容器到仓库领用汽油。在库内取油时，禁止用铁锤或其他金属敲击桶盖及设备设施，以防造成火灾。

(8) 汽油进出仓库时，必须有油仓管理人员在场，不得让非指定的人员或其他人员替代。遇雷雨天，油库停止发放汽油，因特殊情况急需用油时，必须经有关部门同意，并指派消防人员在场监督。

(9) 检修油仓的设备，必须事先做好安全措施，经保卫、安技部门检查，并派人在场监护下，才能进行作业。

(10) 下班前，要查看仓库内有无不正常现象，有无火种存在，关好门窗并锁好后，才能离开。油库内或附近应配备足够的灭火设施以及通讯、警报装置。并经常检查，保持完好，以便随时可以使用。

第五节 本节课程思政内容

本节主要讲述了制浆造纸企业防火防爆安全技术的相关知识，包括危燃烧和爆炸的定义、类型，造纸企业火灾危险性、制浆造纸防火保护措施等内容；所涉及的主要思政内容包括遵纪守法和社会使命等。

(1) 遵纪守法：通过本章节内容的学习，了解造纸企业燃烧性和爆炸性物质的运输及储存注意事项，以及灭火的基本原理与措施。熟悉《中华人民共和国消防法》，掌握造纸企业防火消防安全的重点区域及主要措施。在实际工作中，要严格遵守国家消防法的规定，做合法的公民。避免违规操作给国家和人民的生命财产带来巨大的损失。

(2) 社会使命：通过本章节内容的学习，应该深刻认识到火灾危险性，时刻要牢记防火安全的重要性，认真学好消防法，工作中尽职尽责，为公众安全着想，履行安全社会责任，做一个有高度社会责任感的人。

案例一 甘肃临洮造纸厂原料场火灾事故

【事故概况】某年 2 月 21 日晚 7 时 20 分，某公司原料场发生大火，占地面积近 4000m² 的原料场内 3000 吨麦草付之一炬，损失高达 100 余万元。

【事故分析】起火处是某公司存放造纸原料麦草的场地。当晚 7 时许，原料场南侧一个电线开关出现打火，随后就将场内草垛引燃。值班人员发现后立即开始扑救并报警，但由于当时风力过大，加上此处又是临洮县城的风口，场内 7 个大型草垛先后都起火燃烧。

【事故防范措施】针对造成企业电气火灾多发的原因，我们必须警惕起来，正视这一现实，认真做好安全防范工作，将电气火灾最大限度地降下来。

(1) 普及安全用电知识，消除思想隐患。这是堵住电气火灾源头的根本所在。对电气知识的愚昧无知，使用电器产品的不当，电气消防知识的薄弱，这是导致村镇居民电气火灾频发的主要原因。为此，企业职工应从保护好自己的切身利益出发，从思想意识上重视电气防火的重要性和紧迫性，掌握安全用电知识，自觉安全用电。同时要及时清理料场内的稻草、柴禾、破旧不用的物品等可燃物，避免小火成大灾。

(2) 改造配电线路，创造安全用电环境。这是减少电气火灾发生的积极措施。改造配电线路是减少着火源的重要手段，可避免线路短路、过负荷等电气火灾隐患。要适时更换破损、老化线路，电气布线，要请专业电工按安全规范装接，购买、切勿违章用电。

(3) 开展安全用电监督检查，整改电气火灾隐患。这是防患于未然的有效手段。隐患是火灾的必由之路，应经常性地对企业的安全用电情况进行检查监督，以及时发现和消除致灾隐患，确保安全。建立起一套规范的安全用电管理制度，把电火魔挡在门外。

(4) 加强企业电工培训，健全企业用电管理制度。这是杜绝电气火灾的长久之计。电气设计、安装是一项技术性、专业性较强的工作，非一般土电工所能胜任。担任企业电工必须具备相应的素质，经供电和消防部门培训发证后才能上岗。

案例二 天津广聚源纸业集团有限公司爆炸事故

【事故概况】2021 年 6 月 18 日上午 9 时 4 分，位于天津市津南区咸水沽镇鑫达工业园的天津广聚源纸业集团有限公司院内，维修人员在对 1#中水池溢流管进行气割动火作业过程中发生爆炸，造成 3 人死亡，2 人重伤，1 人轻伤，直接经济损失（不含事故处罚）516.76 万元人民币。

【事故原因】维修人员在对 1#中水池溢流管进行气割动火作业过程中，点燃了溢流管内的沼气（主要成分为甲烷），回火至封闭的池内，引发混合气体爆炸是事故发生的直接原因。

【事故分析】1. 违规进行动火作业。2. 未对发生事故的 1#中水池采取有效的安全防护措施且未进行风险辨识和风险评价。3. 隐患排查治理落实不到位。4. 未落实消防安全职责。5. 未健全安全生产责任制，未制定相关安全操作规程。6. 未落实安全教育培训制度。7. 在事故调查中作伪证或者指使他人作伪证。

事故发生后，在接受调查询问过程中，广聚源公司主要负责人李相臣、生产部长李运龙、制浆车间主任李建军、污水处理车间主任李东等有关人员串供、订立攻守同盟，采用作伪证及指使他人作伪证的方式对抗事故调查，一度误导了事故调查重点方向，严重干扰、妨碍了调查工作的开展。

事故调查组认定，天津广聚源纸业集团有限公司“6·18”中水池爆炸较大事故是一起生产安全责任事故。

案例三 新密市某镇造纸厂锅炉爆炸事故

【事故概况】2021 年 9 月 16 日，新密市某镇造纸厂，一台 WNG41.2MPa（卧式内燃回火管）型锅炉在运行中爆炸，造成 1 人死亡，1 人重伤的重大事故，直接经济损失 30 多万元。

【事故原因】2021 年 9 月 16 日上午 10 时 30 分，当班锅炉操作工周国亭对锅炉进行点火升压。1 个多小时后，锅炉压力达到 0.2MPa。因纸机车间停电，操作工周国亭擅自脱离工作岗位回家吃饭，中午 1 时多才返回工作岗位，开始操作锅炉。当锅炉压力升至 0.3Mpa 时，开始向车间供气。下午 2 时 50 分左右，因整个造纸厂停电，锅炉也停止运行。当第二次来电时，因锅炉房灯不亮，周国亭让相邻锅炉房操作工张少华照看自己操作的锅炉，他去找锅炉班长领灯泡，待其返回距过滤房 20 多米远时，锅炉突然爆炸，时间是下午 4 时 10 分。

【事故分析】

（1）锅炉没有安装高低位水位报警器和低水位联锁保护装置，盲目操作给水，致使锅炉产生大量蒸汽，压力骤增，炉胆不能承受外压产生爆炸。

（2）补板焊缝质量不符合规程要求，焊缝结构本身存在着严重缺陷，致使锅炉炉胆不能承受工作压力的要求，是造成锅炉爆炸的主要原因之一。

- （3）安全附件失灵，在出现异常的情况下，不能有效地起到安全附件应有的作用。
- （4）锅炉操作工无证上岗，盲目操作，违反操作规程，对事故的发生起到了推波助澜的作用。
- （5）企业组织管理混乱，职责不明确，只注重生产，轻视安全管理，违规违纪的现象从不同方面表现出来。

第二章 造纸企业压力容器和机电设备安全

压力容器通常是指在工业安全生产中用来完成传热、传质、分离、储存等工艺过程并承受 0.1MPa 表压以上压力的容器。机电设备一般是指由电力控制的大型生产设备。在造纸企业伤亡事故中，机械伤害和触电伤害事故发生的频率也是相对较高的。而物料反应、分离、传热、贮运等化工过程，都在压力容器中进行，并伴随一定的化学腐蚀和热学环境，所处理的工艺介质多数易燃、易爆、有毒，一旦发生事故，所造成的损害要比常温常压机械设备大得多，而且可能会产生中毒、火灾、爆炸等次生灾害，扩大事故后果。因此，对压力容器和机电设备必须进行安全监察和安全管理。

第一节 压力容器的操作、维护及运行安全

一、压力容器安全概述

（一）容器的应用特点

从安全管理和技术监督的角度，通常把压力容器分为两大类，即固定式压力容器和移动式压力容器。

（1）固定式压力容器是指有固定安装和使用地点，工艺条件和操作人员也较固定的压力容器。可以按其工作压力和用途再进行分类。

（2）移动式压力容器是一种储运容器，没有固定的使用地点，一般也没有专职的操作人员，使用环境经常变迁，管理比较困难，容易发生安全事故。该类容器在使用时不仅承受内压或外压负荷，搬运过程中还会受到由于内部介质晃动引起的冲击力，以及运输过程带来的外部撞击和振动载荷，因而在结构、使用和安全方面均有其特殊的要求。

移动式容器按其体积大小和结构形式分为气瓶、气桶和槽车 3 类。

容器的安全综合分类除上述分类方法外，为了有区别地进行技术管理和监督检查，我国《压力容器安全技术监察规程》（质技监局发[1999]154 号）根据容器压力的高低、介质的危害程度及在使用过程中的重要性、容器功能、结构特性、材料及其对容器安全性能的综合影响程度等，将压力容器分为 3 类，即一类容器、二类容器、三类容器。其中三类容器最为重要，压力等级要求最高，使用要求也最为严格。

压力容器种类繁多、形式各异。按容器在生产中的作用分类：反应压力容器（代号 R）：用于完成介质的物理、化学反应；换热压力容器（代号 E）：用于完成介质的热量交换；分离压力容器（代号 S）：用于完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离；贮存压力容器（代号 C，其中球罐代号 B）：用于储存、盛装气体、液体、液化气体等介质。在一种压力容器中，如同时具备两个以上的工艺作用原理时，应按工艺过程中的主要作用来划分品种。

按压力等级分类，压力容器可分为内压力容器与外压力容器。内压力容器又可按设计压力（p）大小分为 4 个压力等级，具体如下：低压容器（代号 L） $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$ ；中压容器（代号 M） $1.6\text{MPa} \leq p < 10.0\text{MPa}$ ；高压容器（代号 H） $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$ ；超高压容器（代号 U） $p \geq 100\text{MPa}$ 。

按照其设计压力 p 和容积 v，结合其工艺功能及其中物料的危险性，划分为第一类容器、第二类容器和第三类容器 3 个类型。表 2-1 列出了压力容器的类别划分。

表 2-1 压力容器类别划分表

| 介质特性 | | 非易燃 | 无毒或微毒 | 易燃 | | | 中度毒性 | | | 高毒或剧毒 | |
|-------------------------------------|--------|------------------|-------|-------|-------------------|-----------|------|-------------------|-----------|-------|------------|
| pv 值/ $\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ | | | | < 0.5 | ≥ 0.5 <10 | ≥ 10 | <0.5 | ≥ 0.5 <10 | ≥ 10 | <0.2 | ≥ 0.2 |
| 低压/MPa $0.1 \leq p < 1.6$ | 分离容器 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第二 | 第三 |
| | 换热器 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第一 | 第二 | 第三 |
| | 贮存容器 | 第一 | 第一 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 |
| | 反应容器 | 第一 | 第一 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 |
| | 管壳废热锅炉 | < 1m | 第一 | 第一 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 | 第三 |
| | | $\geq 1\text{m}$ | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| 中压/MPa $1.6 \leq p < 10$ | 搪玻璃 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 | 第二 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 分离容器 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 | 第二 | 第二 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 换热器 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 | 第二 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 贮存容器 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 | 第二 | 第二 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 反应容器 | 第二 | 第二 | 第二 | 第二 | 第三 | 第二 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 管壳废热锅炉 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| 高压/MPa $10 \leq p < 100$ | 分离容器 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 换热器 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 贮存容器 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 反应容器 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| | 管壳废热锅炉 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |
| 超高压/MPa $p \geq 100$ | 超高压容器 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 | 第三 |

（二）操作条件复杂、安全要求高

压力容器的操作条件极为复杂，有些甚至达到苛刻的地步。从 -100°C 以下的低温到 1000°C 以上的高温；从大气压以下的真空到 100MPa 以上的超高压，温度和压力变化范围相当宽广。

处理的介质，多为易燃、易爆、有毒、腐蚀等有害物质，有数千个品种。

压力容器结构并不复杂，但因其承受各种静、动载荷或交变载荷，还有附加的机械或温度载荷，加工的物料多为有危险性的饱和液体或气体，容器一旦破裂就会卸压，导致液体蒸发或蒸汽、气体膨胀，瞬间释放出极大量的破坏能量。承压容器多为焊接结构，容易产生各种焊接缺陷，一旦检验或操作失误，易发生爆炸劈裂，容器内的易燃、易爆、有毒介质将向外喷泄，会造成灾难性后果。因此，压力容器比一般机械设备有更高的安全要求。

（三）压力容器的安全使用与管理

压力容器的基础工作应该包括容器的技术档案和容器的安全管理制度两部分。

1、容器的技术档案

技术档案：指在科研生产活动中形成的，有具体事物的技术文件、图纸、图表、照片和原始记录等。详细内容包括任务书、协议书、技术指标、审批文件、研究计划、方案大纲、技术措施、调查材料、设计资料、试验和工艺记录等。这些资料是科研工作中用以积累经验、吸取教训的重要文献。技术档案一般为内部使用，不公开出版发行，有些有密级限制，在参考文献和检索工具中极少引用。因此，为保证压力容器的安全运行，凡是有压力容器的工厂都应按车间把压力容器登记造册，每台压力容器还需分别建立档案。

压力容器的技术档案是正确使用压力容器的主要依据，它可以使人们全面掌握情况，摸清容器的使用规律，防止事故发生。容器调入或调出时，其技术档案必须随同容器一起调入或调出。对技术资料不齐全的容器，使用单位应对其所缺的项目进行补充。容器的技术档案还包括原始技术资料和使用记录。

（1）容器的原始技术资料 容器的原始技术资料是指容器的设计资料和制造资料。设计资料至少应有容器的设计总图和受压部件图。技术总图中应包括设计压力、设计的最高或最低温度、介质、容器类别及容积等技术特性资料。对于中压以上的容器及低温容器，还应有所压部件和强度计算书。

容器的制造资料至少应有出厂合格证、质量证书和容器使用说明书。在质量证书中应记载设备的主要零、部件制造材料的化学成分与机械性能，焊接质量检查，无损检验的部位和结果，热处理以及耐压检验、气密性试验等。容器使用说明书中除记载该设备的技术资料外，还应简要地提出使用步骤及应注意的事项（包括开、停车等）。容器的原始技术资料由设计

单位或工程承包单位提供。在设备安装结束后，由安装单位连同容器一并交使用单位。

(2)容器的使用记录 容器的使用记录包括：①容器的实际操作条件。包括操作压力、操作温度及它们的允许波动范围，液位控制、间歇操作周期、工作介质的特性；②容器的使用情况。包括开始使用日期、每次开停日期及变更使用条件的记录等；③容器检验和修理记录。包括每次检验日期、检验内容、检验结果、水压试验情况以及发现的缺陷部位、尺寸和修理的结果等。容器的使用记录由设备管理员或容器的操作人员按时填写并妥为保管。如果容器调出原使用单位或移做他用时，应将使用记录和原始技术资料随同容器同时转移，不得散失。

2、容器的安全管理制度

目前，压力容器管理推行的是系统工程管理方法，即把容器的科研、设计、制造、安装、操作、检验、修理、事故、报废和信息反馈各个环节作为一个系统工程加以研究。研究人与容器、容器与环境、环境与人的相互作用、相互依存关系，用信息论和控制论方法，掌握和控制容器的技术现状，防范事故，确保压力容器安全、经济地运行。

容器的使用单位，在压力容器投入使用前，应按劳动部颁发的《压力容器使用登记管理规则》的要求，向地、市劳动部门锅炉压力容器安全监察机构申报和办理使用登记手续。压力容器的使用单位应对其操作人员进行安全教育和考核，操作人员应持安全操作证上岗操作。

对在用压力容器在使用寿命期内，根据容器安全状况等级确定定期检验周期，实施定期检验。根据检验结果和修复情况可重新确定在用压力容器安全状况等级，以决定容器继续使用、监控使用、修复后使用或判废。总之，目前我国压力容器是按在用压力容器安全状况实施安全监察和安全管理。同时实施检验单位检验资格认可和发证，以及实施在用压力容器检验员、无损检测人员和容器焊工发证，以保证在用压力容器检验质量和施焊质量，确保在用压力容器危及安全的隐患及时发现和处理，达到防患于未然的目的。

安全系统管理的实施将为我国压力容器的技术发展，在用容器的设计、制造和安全经济运行提供可靠的保证。

容器的安全管理制度是容器正常运行的保障。企业主管技术的负责人应对容器的安全管理负责，应指定专职或兼职管理人员，并制定容器的安全操作规程。

(1) 容器管理人员的主要职责

- ①贯彻执行国家有关压力容器的管理法规和安全技术规定。
- ②参加新安装容器的验收和试运转。

③负责组织制定和修订压力容器的安全操作规程，制定容器改造、检验、修理和报废等技术审查文件。

④监督检查容器的操作、维修和超压泄放装置的校验情况。

⑤根据定期检验制度，编制容器的检验计划并组织执行。

⑥负责容器的登记、建档及技术资料的管理。

⑦组织检验员、操作工等进行安全培训和技术考核。

⑧参加容器的事故调查分析并编写材料上报。

⑨定期向主管部门报送容器定期检验计划、执行情况及容器的缺陷情况等。

(2) 容器的安全操作规程 容器的安全操作规程至少应包括下列内容：

①容器的工艺操作指标及最高工作压力、最高或最低工作温度。

②容器的操作方法，开停车的操作程序和注意事项。

③容器运行中应重点检查的项目和部位，可能出现的异常现象及判断方法和应采取的紧急措施。

④本车间（工段）各所在号位的爆破片的使用期限。

⑤容器停用时的封存和保养。

(四) 压力设备发展趋势及存在的主要安全问题

随着经济发展和社会进步，压力设备不仅在数量上不断增加，而且在使用功能和科技含量方面不断地发展，未来压力设备的发展趋势主要有以下特点：

(1) 更高效 伴随着工业化进程和科技进步，压力设备向高参数、高效能和大型化方向发展。

(2) 更安全 由于压力设备具有潜在的危险性，安全可靠已成为设备的最重要指标。大量新材料、先进技术不断应用于压力容器制造领域。为实现长周期运行、提高设备安全性能奠定了基础。

(3) 更节能、更环保 随着我国可持续发展战略的实施，节能、环保问题是社会关注的一个重点，环保、节能型产品越来越受欢迎。垃圾焚烧锅炉、循环流化床燃烧技术的利用，降低了锅炉烟气对大气的污染。

近几年来虽然压力设备安全形势相对平稳，但是安全方面的深层次矛盾仍然存在，历史遗留的安全问题尚未解决，事故高发设备的隐患尚为得到控制，压力设备安全形势依然严峻。与世界发达国家相比，我国压力设备总体安全状况仍然有较大差距。

我国压力设备安全主要存在以下问题：

(1) 法制基础总体薄弱 我国特种设备法规规范体系尚不完善,无法可依、有法不依、执法不严、违法难究的状况不同程度地存在;社会化法制宣传不够广泛、深入、持久。非法制造、非法使用屡禁不止,各类事故时有发生。

(2) 设备隐患尚未得到治理,存在带“病”运行的状况 尽管全国特种设备普查整治工作中已经消除了相当数量的隐患,但安全方面的历史欠账严重,企业和社会整治能力不足,加之安全重视程度不够,至今仍有相当数量的设备存在安全隐患。

(3) 事故高发设备的监管还不到位 特别是压力管道,相当一部分埋地使用多年,隐患甚多,又不断留下新的隐患。由于安全管理工作部门职能交叉,多头管理和执法,造成安全监察工作长期不到位,增加了压力设备的潜在危险,安全隐患十分严重。

(4) 安全投入不足是造成事故高发的一个重要原因 企业安全投入少,欠账较多;安全科技缺乏后劲;政府对从事安全技术把关服务的检验技术机构没有稳定的投入渠道,仅靠自身积累维持工作;政府对安全监管机构投入不足,经济发达地区主要表现为人力投入不足,西部地区主要是资金投入不足。

(5) 安全责任制尚未全面落实 部分生产、使用企业对特种设备安全缺乏足够的重视,相关安全制度不健全、不落实;部门依法监管存在薄弱环节,动态监管长效机制尚未全面建立;检验检测机构的设置、工作质量及运行机制尚不能完全适应技术把关的需要;政府统筹规划、协调解决特种设备重大安全问题工作有待进一步加强。

(五) 针对压力容器中存在的一些措施

国务院《关于进一步加强安全生产工作的决定》,对包括特种设备在内的安全生产工作提出了明确要求。按照这一要求,经专题研究了特种设备,提出了今后一个时期特种设备安全监察工作的思路,要求切实做好特种设备安全工作,确保人民群众生命财产安全和经济运行安全。

1、围绕一个目标,推行两项制度

紧紧围绕防止和减少事故的目标,坚持“安全第一,预防为主”的基本方针,以服务经济建设为中心,以贯彻《特种设备安全监察条例》为主线,以改革创新为动力,以队伍建设为保证,大力推进行政许可和监督检查两项基本制度。建立政府统一领导、部门依法监管、企业全面负责、检验技术把关、社会广泛支持的特种设备安全工作格局,使各类事故起数和伤亡人数得到进一步遏制。

2、构建 3 个体系,完善长效机制

落实安全监察工作基础,提高安全监察工作的有效性,防止和减少事故的发生,应当加

快构建特种设备法规标准、动态监管、安全评价 3 个工作体系。一是构建以法律法规为依据、以安全技术规范为主要内容、以标准为基础的特种设备安全监察法规标准体系。实现有法可依、有法必依、执法必严、违法必究。要按照依法行政的基本要求，做到合法行政、合理行政、程序正当、高效便民、诚实守信、权责统一。二是构建安全评价体系，研究、确定设备安全状况等级，确定危险源和监控措施，根据特种设备的不同状况、条件，研究制订有针对性的监管方式；要建立安全监察、检验工作状况和绩效评价方法，不断完善安全监察体制和工作机制；要量化分析特种设备安全对经济社会发展的影响、作用，形成相关数据采集机制，为政府科学决策提供依据。三是充分发挥质检系统和社会力量的作用，建设好安全监察组织网络，要依托“金质工程”，建设好安全监察信息网络，逐步构建特种设备动态监管体系，完善长效监管机制，适时掌握特种设备的安全状况，及时发现并消除事故隐患，有效控制各类事故、特别是重特大事故的发生。

3、落实三方责任，加强防范措施

实现特种设备安全运行，必须按照《特种设备安全监察条例》的规定，明确职能，制订措施，切实落实特种设备安全工作的三方责任，即特种设备生产（含设计、制造、安装、改造、维修）、使用单位对特种设备安全全面负责的主体责任，检验检测机构技术把关的责任和各级质检部门依法监管的责任，以强化责任的管理理念促进特种设备安全工作的到位，防止和减少事故的发生。加强对压力设备事故的防范措施，积极推动几项重点工作：

（1）狠抓源头，严把特种设备安全准入关，努力提高特种设备安全质量水平，严格实施生产单位行政许可，坚决取缔无证设计、无证制造、无证安装改造维修的违法行为。

（2）突出重点，继续开展特种设备专项整治，继续把气瓶、压力管道、电站锅炉、危化品承压罐车的专项整治以及取缔土锅炉等工作作为特种设备安全监察工作的重点内容，坚持不懈地抓下去，通过专项整治工作，切实防止和减少特种设备事故的发生。

（3）完善立法，落实依法行政工作基础，尽快完善与《特种设备安全监察条例》相配套的安全技术规范。加强对特种设备相关标准制修订工作的指导与协调，强化标准的基础性作用。推进特种设备安全监察地方立法的进程。

（4）巩固提高，推进检验机构改革发展，积极引导检验机构联合重组实现规模化发展的改革创新，逐步形成以国家检验机构为龙头、身（自治区、直辖市）检验机构为骨干、市（地、州）检验机构为基础、行业（企业）检验机构为补充的检验工作格局；要实现资源的优化配置，形成一批技术水平高、检测装备精良、管理机制科学、核心竞争力强的检验技术机构，以实现权威性、公正性；要按照法规规范标准的要求，面向社会提供安全把关和技术服务。

(5) 依靠科技, 推进特种设备安全工作, 区别特种设备的不同情况, 探索建立适宜点券监管方式, 提高工作的针对性和有效性; 研究和建立基于网络平台的风险状况动态监管和应急抢险技术保障体系, 提高预防事故和应急处理能力。按照国家中长期科技发展规划, 组织开展重大设备事故预防与应急抢险技术研究和示范应用, 在新型重大设备检测监测技术、在用设备监控预警、风险评估、寿命预测等研究应用方面取得突破。

二、压力容器的操作与维护

压力容器设计的承压能力、耐蚀性能和耐高低温性能是有条件、有限度的。操作的任何失误都会使压力容器过早失效甚至酿成事故。因此, 操作人员在操作的时候, 应该严格控制各种工艺参数、严禁超温、超压、超负荷运行, 严禁冒险性、试探性的试验。并且要在压力容器的运行过程中定时、定点、定线地进行巡回检查, 认真、准时、准确地记录原始数据。主要检查操作温度、压力、流量、液位等工艺指标是否正常; 重点检查容器法兰(使管子与管子相互连接地零件)等部位有无泄漏, 容器防腐层是否完好, 有无形变、鼓包、腐蚀等缺陷和可疑迹象, 容器及其链接管道有无振动、磨损; 检查安全阀、爆破片、压力表、液位计、紧急切断阀以及安全连锁等安全附件是否齐全、安全、可靠。

国内外压力容器事故统计资料显示, 因操作失误引发地事故占 50%以上。特别是造纸行业新产品不断被开发、容器日趋大型化、高参数和中高强钢广泛应用的条件下, 更应重视因操作失误引起地压力容器事故。

1、压力容器工艺参数原则

压力容器的工艺规程、岗位操作方法和容器的工艺参数应固定在压力容器结构强度允许的安全范围内。工艺规程和岗位操作方法应着重控制压力容器工艺操作指标及最高工作压力、最低工作壁温; 操作介质的最佳比和其中有害物质的最高允许浓度, 以及反应抑制剂、缓蚀剂的加入量; 正常操作方法、开停车的操作程序。升降温、升降压的顺序及最大允许速度, 压力允许范围及其他注意事项; 运行中的巡回检查路线, 检查内容、方法、周期和记录表格; 运行中可能发生的异常现象和防治措施; 压力容器的岗位责任制、维护要点和方法; 压力容器停用时的封存和保养方法。

使用单位不得任意改变压力容器设计工艺参数, 严防在超温、超压、过冷和强腐蚀条件下运行。操作人员必须熟知工艺规程、岗位操作方法和安全技术规程, 通晓容器结构和工艺流程, 经理论和实际考核合格者方可上岗。

2、压力容器操作维护

(1) 应从工艺操作上制定措施，保证压力容器的安全、经济运行。如完善平稳操作规定，通过工艺改革，适当降低工作温度和工作压力等。

(2) 应加强防腐蚀措施，如喷涂防腐层、加衬里、添加缓蚀剂，改造净化工艺，控制腐蚀介质含量等。

(3) 根据存在缺陷的部位和性质，采用定期或状态监测手段，查明缺陷有无发展及发展程度，以便采取措施。

3、异常情况处理

为了确保安全，压力容器在运行中，发现下列情况之一者应停止运行。

(1) 容器工作压力、工作壁温、有害物质浓度超过操作规程规定的最高允许值，采取紧急措施仍不能使温度或压力下降时。

(2) 容器主要受压元件发生裂纹、鼓包、变形或严重泄漏等，危及安全运行时。

(3) 安全附件失灵，无法保证容器安全运行，如紧固件损坏、接管断裂，难以保证安全运行时。

(4) 容器本身、相邻容器或管道发生火灾、爆炸或有毒介质外逸，直接威胁容器安全运行时。

在压力容器异常情况处理时，必须克服侥幸心理和短期行为，应谨慎、全面地考虑事故的潜在性和突发性。

三、压力容器的运行安全

正确合理地操作使用压力容器，是保证安全运行的重要措施，因为即使是容器的设计完全符合要求，制造、安装质量优良，如果操作不当，同样会造成压力容器事故。所以，要保证压力容器安全运行，必须做到：平稳操作、防止超载、状态监控、紧急停运。

1、平稳操作

压力容器在操作过程中，压力的频繁变化和大幅度波动，对容器的抗疲劳破坏是不利的。应尽可能使操作压力保持平稳。同时，容器在运行期间，也应避免壳体温度的突然变化，以免产生过大的温度应力。

压力容器加载（升压、升温）和卸载（降压、降温）时，速度不宜过快，要防止压力和温度在短时间内急剧变化对容器产生不良影响。

正确合理地操作和使用压力容器，是保证压力容器安全运行的重要条件。尽管各种压力容器使用的工况不尽一致，但却有共同的安全操作要求，操作人员必须按规定的程序和要求

进行操作。

压力容器安全操作的基本要求：

（1）对压力容器应有全面的了解 了解设备的来源和历史，掌握设备的基本技术参数和结构。熟悉操作工艺条件。

（2）严格遵守安全操作规程 安全操作规程是根据生产工艺要求和容器的技术性能而制定的指令性技术法规，一经制定，操作人员则必须严格执行。

（3）压力容器应做到平稳操作 缓慢地加压和卸压，缓慢地升温 and 降温，并在运行期间保持压力和温度的相对稳定。

（4）压力容器严禁超压超温运行 由于压力容器允许使用的温度、压力、介质充装等参数是根据工艺设计要求在保证安全生产的前提下制定的，故在设计压力 and 设计温度范围内操作压力容器可确保运行安全。反之，如果容器超温超压运行，就会造成容器的承受能力不足，因而可能导致爆炸事故发生。

（5）坚持容器运行期间的巡回检查 检查内容包括工艺条件、设备状况以及安全装置等。容器的操作人员在容器运行期间应经常进行检查，以便及时发现操作上或设备上的不正常状态，采取相应的措施进行调整或消除，防止异常情况的扩大和延续，保证容器安全运行。

（6）认真填写操作记录 容器的原始操作记录 and 交班记录对保障容器安全生产至关重要，容器操作人员应认真及时、准确真实地记录容器实际运行状况。

（7）掌握紧急情况处理方法 压力容器运行过程中，如果突然发生故障，严重威胁安全时，操作人员应立即采取紧急措施，停止容器运行，并报告有关部门。

2、防止超载

防止压力容器超载，主要时防止超压。反应容器要严格控制进料量、反应温度，防止反应失控而使容器超压，贮存容器充装进料时，要严格计量，杜绝超装，防止物料受热膨胀使容器超压。

压力容器使用中要建立 and 健全一整套的规章制度，禁止超压运行。当然，有超压可能的压力容器都应该装设安全泄压装置，它是压力容器过量超压的最后一个关口，而且也常有失灵现象发生。所以即使装有安全泄压装置的压力容器也要防止过量超压，应经常定期校验安全装置，在操作中也要注意控制、防止容器超压。

超压运行有可能使材料发生过度的塑性变形而导致容器的韧性破裂。因此，杜绝压力容器超压运行，是操作人员的一项重要职责。根据压力容器不同的超压原因采取相应的措施。

（1）对于压力来自器外压力源（如气体压缩机、蒸汽锅炉）的容器，超压大多是操作

失误引起的。为了防止操作失误，除了设连锁装置外，还应实行安全操作挂牌制度。在一些关键性的操作装置上挂牌，牌上注明阀口等的开闭方向、开闭状态、注意事项等。对于通过减压阀降低压力后进气的容器，要密切注意减压装置的工作状况，并装设灵敏可靠的安全泄压装置。

(2) 对于压力来自容器内物料的化学反应的容器，必须严格控制每次投料量及原料中杂质的含量，并有防止超量投料的严密措施。这是因为加料过量或原材料中混入杂质，往往使容器内反应后生成的气体密度增大或反应过速而造成超压。

(3) 贮装液化气体的容器，应严格按照规定充装量充装，并防止容器意外受热。这类容器常因超量充装或意外受热，温度升高而发生超压。

(4) 聚合反应容器贮装易于发生聚合反应的碳氢化合物，因容器内部物料可能发生聚合作用释放热量，使容器内气体急剧升温而压力升高。为了防止这类超压现象，应在物料中加入阻聚剂，并防止混入能促进聚合的杂质。同时，容器内物料贮存时间不宜过长。

3、状态监控

压力容器操作人员在容器运行期间要不断监督容器的工作状况，及时发现容器运行中出现的异常情况，并采取相应措施，保证安全运行。容器运行状态的监督控制主要从工艺条件、设备状况、安全装置等方面进行。

(1) 工艺条件 主要检查操作压力、温度、液位等是否在操作规定的范围之内；容器内工作介质化学成分是否符合要求等。

(2) 设备状况 主要检查容器本体及之直接相连接部位如人孔、阀门、法兰、压力、温度、液位、仪表接管等处有无变形、裂纹、泄漏、腐蚀及其他缺陷或可疑现象；容器及其连接管道等设备有无振动、磨损；设备保温（保冷）是否完好等情况。

(3) 安全装置 主要检查各安全附件、计量仪表的完好状况，如各仪表有无失准、堵塞；连锁、报警是否可靠好用，是否在允许使用期内，室外设备冬季有无冻结等。

4、紧急运停

压力容器运行过程中如果发生故障，严重威胁设备和人身安全时，操作人员应立即采取紧急措施，停止容器运行，并报告有关部门。压力容器的停止运行包括卸放容器内的气体或其他物料，使压力容器内压下降，并停止向内输入气体或其他物料。对于系统性连续生产的压力容器，紧急运停时必须与前后有关岗位联系，一并采取相应措施，按规定的报告程序，及时向本厂有关部门报告，并立即停止运行。

(1) 压力容器紧急运停的条件 压力容器发生下列异常现象之一时，操作人员应立即

采取紧急措施，并按规定程序报告本单位有关部门。这些现象主要有：

- ①工作压力、介质急剧变化，介质温度或壁温超过许用值，采取措施仍不能得到有效控制。
- ②主要受压元件发生裂缝、鼓包、变形、泄漏等危及安全的缺陷。
- ③安全附件失效。
- ④接管、紧固件损坏，难以保证安全运行。
- ⑤发生火灾直接威胁压力容器安全运行。
- ⑥过量充装。
- ⑦液位失去控制。
- ⑧压力容器与管道严重振动，危及安全运行等。

(2) 压力容器紧急停止运行的操作步骤 当压力容器遇到紧急运停的情况时，为了保证压力容器的安全，应按下列方法进行操作。

①切断外来物料：迅速切断电源，使向容器内输送物料的运转设备，如泵、压缩机等停止运行，同时联系有关敢为停止向容器内输送物料。

②有效撤除危险状态压力容器内的物料：迅速打开出口阀，泄放容器内气体，必要时打开放空阀，把气体排入大气中。

③对于系统性连续生产的压力容器，紧急停止运行时必须做好与其前后有关岗位的联系工作；操作人员在处理紧急情况的同时，应立即与上级主管部门及有关技术人员、领导取得联系，以便有效地控制险情，避免发生更大的事故。

第二节 造纸企业压力容器的安全使用

造纸行业地压力容器包括蒸球、汽包、截止阀、烘缸、蒸汽输送管道、各类型蒸汽阀门、喷放仓、空气压缩机及氯气瓶等。造纸压力容器地使用应采取以下安全措施。

1、蒸球

蒸球对压力要求较高。针对该容器的特点，采用以下具体防范措施。首先严把购进质量关。企业在购进蒸球时不购买二手货，选择企业信誉度高、产品质量好的大型企业的产品。同时必须具备压力容器生产许可证、产品出厂验收合格证，经 X 射线探伤合格的产品。根据 25m³ 蒸球的设计技术参数：一是设计最大压力 0.88MPa，最大工作压力 0.8MPa，水压破坏性试验 1.2MPa，设计温度 200℃，介质最高工作温度 175℃，工作介质为碱液和饱和蒸汽。

25m³ 蒸球采用壁厚 16mm 的 A3 钢板焊接而成。根据以上特点，首先积极配合劳动安全部门搞好压力容器的年检工作，绝不能因小失大。根据年检结果，当蒸球壁厚小于 12mm 时，做报废处理。其次是安装安全阀。在蒸球汽包上安装弹簧式安全阀，同时，安全阀开口要设计在偏僻地方，防止安全阀突然启动伤人，并悬挂安全警示标志。

2、汽包

汽包（也称锅筒）是自然循环锅炉中最重要的受压元件，是蒸汽输送管道与烘缸蒸球的连接装置。汽包的作用主要有：

- （1）是工质加热、蒸发、过热 3 个过程的连接枢纽，保证锅炉正常的水循环。
- （2）内部有汽水分离装置和连续排污装置，保证锅炉蒸汽品质。
- （3）有一定水量，具有一定蓄热能力，缓和蒸汽压的变化速度。
- （4）汽包上有压力表、水位计、事故放水、安全阀等设备，保证锅炉安全运行。由于汽包长期受高压、高温蒸汽的冲刷，管壁会变薄，耐压性降低，一般使用 5~7 年要定期更换。

3、蒸汽截止阀

截止阀是众多阀门中的一种。由于开闭过程中密封面之间摩擦力小，比较耐用，开启高度不大，制造容易，维修方便，不仅适用于中、低压，而且适用于高压。它的闭合原理是，依靠阀杆压力，使阀瓣密封面与阀座密封面紧密贴合，阻止介质流通。截止阀只许介质单向流动，安装时有方向性。它的结构长度大于闸阀，同时流体阻力大，长期运行时，密封可靠性不强。安全使用注意事项：

- （1）管道保温（包括截止阀），确保管道在较冷的环境中处于相对恒温状态。
- （2）按规定安装管道伸缩节，以缓解管道受热、聚冷时的伸缩。
- （3）选择耐压强度和抗断裂强度较高、有合理耐压安全裕度的铸钢截止阀。
- （4）对职工进行安全操作技能的培训，规范操作规程，特别在冬季，长时间停汽后送汽，要以 0.11~0.12MPa 压力慢慢开启，便于管道适于温度的变化，以免爆裂。
- （5）运输装卸过程中，要轻装轻放，避免运输过程中激烈振荡和损坏氯气瓶口。

4、烘缸

烘缸是造纸行业重要的压力容器。它是采用灰铁浇铸而成的圆筒，经车、磨等机械加工粗糙度较低，以便保障纸页紧紧地附在缸面上，经烘缸均匀导热以脱去纸页中的水分。烘缸两端带有螺栓紧固的缸盖，缸盖上带有空心轴心，以便支撑和转动。烘缸是连续运转的设备，长时间在高温状态下工作，缸面会被浆料中的化学物质腐蚀，影响纸页质量，缸面需重新机

械车、磨，这样缸壁会变薄，安全强度降低，因此，烘缸应作为重要的安全防范对象。

(1) 缸壁的一般参数数值：直径 1000mm，缸体壁厚 17~20mm；直径 1250mm，缸体壁厚 22~25mm；直径 1500mm，缸体壁厚 25mm；直径 2000mm，缸体壁厚 30mm，直径 2500mm，缸体壁厚 35mm。

(2) 烘缸的设计技术参数以幅宽 1760mm 纸机烘缸为例：基本尺寸为 $<1500\text{mm}\times 2100\text{mm}$ ，工作压力为 0.13MPa，工作温度为 143℃，工作介质为饱和水蒸汽。根据以上技术数据，设备科、安全科共同制定了安全措施：生产时，蒸汽压力最大不超过 0.13MPa，并悬挂警示牌。

(3) 由于缸体的腐蚀，在车、磨过程中，缸体壁厚减小。当直径 2500mm、缸体壁厚小于 28mm 时，即做报废处理。

(4) 对缸壁较薄、安全强度较差的烘缸要勤检查，做好水压试验，并作为重点安全防范对象。

5、蒸发安全规程

(1) 生产中禁止用水擦洗或用手触摸蒸发器视镜，视镜有裂纹应及时更换。

(2) 真空在规定范围。仪表失灵、损坏应及时更换。

(3) 采黑液试样时，应换开阀门，防止黑液喷出伤人。

(4) 工作中应经常保持现场通风良好。

(5) 打开蒸发器入口盖前，需将蒸发器内的黑液、压力或真空完全排除之后，方可开启。

(6) 拆法兰或打开人孔盖前，应站在侧面，先松开下面和另一侧的螺丝，让残留的黑液放尽，然后进行作业。

(7) 打开黑液槽盖时，要站在侧面。进入黑液槽，必须先冲洗、通风、经验明槽内无液无毒后，外面有人监护下，才能进入作业。

(8) 检修设备及管线时，应关死进汽、黑液的阀门，如进入槽罐内作业，要用盲板封死汽、黑液的来源，不准开动的阀门及断电源的电机开关，均应挂警告牌（拉电闸），在槽罐内无液无压力，有人在外监护下，才能进入作业。

6、燃烧炉安全规程

(1) 点火前，要检查各系统是否准备好，危险区是否有人作业，待正常后，发出开机信号，然后才能开机点火。

(2) 燃油器点火时，喷嘴前部要有一定空间，严禁对人，点火者与燃油器保持一定距离，以免火焰喷出伤人。上下燃油器不得同时点火。

(3) 燃油器熄火，要立即关闭燃油阀，再点火时，按点火程序重新点火。熔炉必须保持溶物均匀流出，不许积存，以防发生爆炸。

(4) 转炉在运转中，风管及各部冷却水不准间断，出口水温不得超过 65℃，如遇冷水间断，要迅速采取措施或停炉处理。

(5) 鼓风机发生故障时，要紧急停炉处理。在清理炉内或溶解槽的碱块时，要戴防毒用具，将顶部挂的碱清理干净后，在有人监护下才能进入。作业时注意炉的冷壁管和人身的安全。

(6) 处理黑液喷枪堵塞时，必须先排除管内残余压力，戴好防护用具才能进行作业。喷射炉下掉砖堵塞风管时，必须停炉修补。消音设备必须保持良好，保持消音效果。

(7) 炉的使用和保养维修参照轻工业部的《碱回收炉安全规程》的规定。

(8) 各种仪表必须灵敏可靠，定期校验，及时更换。水冷壁管要定期检测，及时更换。凡离地的工作台、楼梯、天井、坑等，均设有安全栏杆。

(9) 管线、槽、风机和泵等的使用和检修，必须遵守各有关安全规程。

7、石灰转炉安全规程

(1) 转炉炉内尾除灰，要戴防护用品；检查各拖轮时，要防止滑倒摔伤。

(2) 观察炉内燃烧或炉附近工作时，应戴防护眼镜，不准面对各观察孔，应侧身站立，以防喷灰伤人。

(3) 凡进炉内燃烧或炉附近工作时，必须先通风降温，炉温在 50℃ 以下时，停机断电源拉电闸挂上警告牌，戴好安全帽，外面有专人监护下，才能进入作业。

(4) 清除的白灰，需降温后方可运出室外，防止烫伤或火灾。

8、锅炉工作安全规程

(1) 两套气压表安全阀和水镜必须完整、灵敏可靠，要有足够的照明。禁止使用玻璃面的压力表，水镜不许有漏气、漏水和积垢。

(2) 气压表必须有最高使用压力标志，水镜必须有最高和最低水位标志。检查 3 大安全附件（压力表、安全阀、水镜表）是否灵敏可靠、符合规定标准。压力表、安全阀按劳动部门规定校验。水位表每班最少冲洗一次，并保持良好的工作状况。

(3) 禁止将安全阀横杠-楔子顶住及挂除重锤或随便移动重锤。凡离地的工作台、经常出入的楼梯、楼面、天井、坑及行人道等，应设有稳固栏杆。

(4) 各蒸汽管及热水管必须裹保温层、靠近操作处的蒸汽或热水管的法兰接口，要有防护圈，并加设防护围栏或挂上危险标志。每次出灰渣必须用水淋湿熄灭。严禁出红灰渣。

炉门启闭，风门调节等装置必须灵活可靠。

(5) 生火前，炉膛及烟道必须先行通风一次（时间不少于 5min），然后开始点火。如开炉加料时，必须在开炉前减低风力，防止或喷出伤人。经常注意水位变化，如发生水位定不动或看不清水位变化时，应即使报告值班长处理。

(6) 停炉后气压降至 0，炉水温度降至 70℃才准放水，应慢慢进行，并打开放空阀，汽鼓内的温度降至 45℃，进汽、给水管隔断后，并有通风措施后才准进入鼓内工作。进入鼓内工作时，衣袋中不准带零星物品，以防落入炉管内。

(7) 进入炉膛及烟道内工作前，要先清理好灰渣并经通风后任务无危险时，才能入内工作。凡进入炉膛、气鼓、烟道内工作，必须有人在外面监护和联系，禁止单人独立进行工作。到一定时间要轮换或出来。如工作人员暂时离开（或下班）应临时关闭人孔门并贴上封条。工作完毕，工作负责人应清点人和工具，确认无人和工具留在里面后，立即关闭人孔门。

(8) 凡遇过热蒸汽温度超过规定温度时，应立即降低负荷，迅速进行处理。如汽水鼓、管道和阀门有异音，应立即找出原因进行处理。必须经过充分暖管（缸），放净冷凝水后，才准送汽。经常检查止逆阀有无失灵。经常检查排烟温度，如有骤增骤减的现象，应立即查清处理。各种汽水阀门要缓慢开关，全关后必须回转半圈，不能把阀门全部开尽。开尽时，必须回转半圈后，再行关尽。

(9) 如遇下列情况之一者，立即报告车间主任，决定停炉与否的处理。

- ①炉墙裂烂，炉内漏汽水。
- ②钢板接缝、铆钉、管子胀口等渗漏。
- ③炉管、过热器管等被烧红凸起或产生裂纹。
- ④运行中有噪声、撞击声、杂音及其他不正常的现象。

(10) 根据用汽单位的负荷变化及时调节供汽量，供汽压力不准超过规定限制。

(11) 本节规程未定事宜以“蒸汽锅炉安全监察规程”为准。

9、司炉工作安全规程

(1) 工作时，要戴安全帽、防护眼镜，穿好工作服。

(2) 出炉渣时，面部不要对正炉口，不要站得与炉口太近，以免被炉渣或喷出的火烧伤。不准用水喷射炉膛，以防破坏设施。

(3) 向炉渣喷水时，水不要过大过猛，以防热水溅射伤人。

(4) 停炉清炉渣时，炉膛内的大挂焦未打落前，不得进入炉膛。打挂焦时需先在炉膛的门、孔等处，用工具打掉危险的挂焦后，才可进入炉膛。进入炉膛时，要戴安全帽，开动

引风机。

(5) 在汽、泥鼓内用电动洗管时，外面要有专人监护和看管电开关，专人不得离开岗位或做其他工作。在汽、泥鼓内禁止使用电压超过 24V 的电动机。

(6) 凡进入炉膛、烟道内工作，必须与有关工序联系好，与运行中的锅炉可靠地切断，先停止给燃料，清理热灰渣，充分通风，等温度降至 60℃ 以下时，穿戴好防护品，在外面有人监护下，才能进入工作；必须在 60℃ 以上短时间工作时，必须制订出具体的安全措施，经车间主任批准，认为无危险时，才能进入工作。操作者到一定时间要轮换或出来暂休。工作完毕，工作负责人应清点人员和工具，确认无人或工具留在里面后立即关闭人孔门。

10、锅炉给水、水处理安全规程

(1) 经常注意从锅炉房发出的讯号，按照司炉的要求调整供水量。在供水期间，没有司炉的指示不准随便调整供水阀门。

(2) 经常检查炉水泵的润滑情况，发现有不正常现象，要及时报告值班长处理，不准随便离开岗位。

(3) 备用的给水泵要经常处于良好状态，保证随时可以启动供水。

(4) 按水质要求标准经常注意入炉水质，不准硬水入炉。

(5) 水处理系统的工作压力、温度、水位不能超过规定的限度。

(6) 禁止用脚开启一切水、汽阀门。

(7) 启动蒸汽泵前，必须暖缸，放清冷凝水才可启动。

(8) 倒盐入池时，要站好位置，慢慢将盐倒入池内，以免发生跌落事故。

11、连续蒸煮器

连续蒸煮器广泛用于国内各大中型造纸厂，是较为先进的连续作业系统，要创造效益，必须具有现代化的管理，并由一批训练有素的操作人员科学规范操作，否则，将直接影响其运转性能及使用寿命。为此，要必要制订严格详细的操作规程。操作人员在试车之前及试车当中接受严格的系统培训，安全使用注意事项：

(1) 操作连续蒸煮器时，应该均匀连续稳定定量供料，连蒸系统含有大量输出螺旋，尤其是螺旋喂料器，对于来料不均匀、不连续、不稳定及填充系数过大等比较敏感，供料情况决定着喂料器的实际充满系统从而决定其实际压缩比。来料过多或忽多忽少，容易造成堵塞；来料过少或不连续，容易诱发反喷。

(2) 开始投料造塞时，应将防反喷阀置于闭合位置即阀头顶到料塞扩散管上。一方面物料进入喂料器不断被压缩进入料塞管，另一方面防反喷阀顶着物料不让它进入 T 形管或

压力浸渍器，物料不断在料塞管内堆积直到形成紧密的料塞。

(3) 为了保证连蒸系统有足够长的使用寿命，且始终处于良好的工作状态，对设备精心保养及时维修，尤其是预防性维修十分重要也是较为经济的。

(4) 连蒸系统的主要设备及所配套的传动装置、控制仪表和阀门等应备有较详细的使用维修说明书或手册。维修人员应经常定期检查各关键部位，如密封、轴承、传动装置、润滑、控制仪表阀门、密封水冷却水、压缩空气等的工作状态，定期更换或注入润滑剂，及时修复、更换损坏的零部件和仪表阀门等。

(5) 螺旋喂料器在连蒸系统中的工作条件最为恶劣。在物料被压缩或料塞时，螺旋轴、喉管及料塞管受到激烈的摩擦作用而不断被磨损，从运转性能、维修操作费用好难度等方面考虑，应及时更换、修复被磨损的螺旋轴、喉管及料塞管。

(6) 更换修复的时间间隔与上述部件的抗磨损性能、原料种类和净化效果、操作条件有关。一般情况下，喉管防滑条及螺旋轴正常使用周期为 3~6 个月或更长时间。

(7) 为了不影响正常生产，所有易损件都应备有足够的备件，并备有合适的保养维修工具。螺旋轴应精心修复至原始几何尺寸及表面精度。

第三节 造纸企业气瓶安全

气瓶是指在正常环境下(-40~60℃)可重复充气使用的，公称工作压力为 0~30MPa(表压)，公称容积为 0.4~1000L 的盛装永久性气体、液化气体或溶解气体等的移动式压力容器。由于气瓶是一种移动式压力容器经常装载易燃、易爆、有毒及腐蚀性等危险介质，压力范围遍及高、中、低压，因此，气瓶除具有一般固定式压力容器的性质外，还有以下特性：

(1) 气瓶在移动、搬运过程中，易与硬物碰撞而增加气瓶爆炸的危险性。

(2) 介质多为易燃、易爆、有毒物质及腐蚀性物质，还有可能会产生环境污染、人体中毒或燃烧、爆炸的危险。

(3) 气瓶经常处于储存物的罐装和使用的交替过程中每页就是经常处于承载负荷的变化状态。

(4) 气瓶的使用面比较广，一般与使用者之间无隔离或其他安全措施。

一、气瓶的分类及特征

气瓶可按充装介质的性质分类

1、按充装介质的性质分类

(1) 永久气体气瓶 永久气体（压缩气体）临界温度低于 -10°C ，常温下呈气态，所以称为永久气体，如氢、氧、氮、空气、煤气及氩、氦、氖、氪等。这类气体一般都以较高的压力充装气体，目的是增加气瓶的单位容积充气量，提高气瓶利用率和运输效率。常见的充装压力为 15MPa ，也有充装 $20\sim 30\text{MPa}$ 。

(2) 液化气体气瓶 充装时都以低温液态罐装。有些液化气体的临界温度较低，装入瓶内后受环境温度影响而全部气化。有些液化气体的临界温度较高，装入瓶内始终保持其液态平衡状态，因此可分为高压液化气瓶和低压液化气瓶。

2、按制造方法分类

(1) 钢制无缝气瓶 以钢坯为原料，经冲压拉伸制造的钢瓶，或以无缝钢管为材料，经热旋压制造的钢瓶。瓶体材料为采用碱性平炉、电炉或吹氧碱性转炉冶炼的优质碳钢、锰钢、铬钼钢或其他合金钢。用于盛装永久气体（压缩气体）和高压液化气体。

(2) 钢制焊接气瓶 以钢板为原料，冲压卷焊制造的钢瓶。瓶体及受压元件材料为采用平炉、电炉或氧化转炉冶炼的镇静钢，材料要求有良好的冲压和焊接功能。这类气瓶用于盛装低压液化气体。

(3) 缠绕玻璃纤维气瓶 以玻璃纤维加黏合剂或碳纤维制造的气瓶。一般由一个铝制内筒，其作用是保护气瓶的气密性，称压强度则依靠玻璃纤维缠绕的外筒，这类气瓶由于绝缘性能好、质量轻、多用于盛装呼吸作用用压缩空气，供消防、毒区或缺氧区域作业人员随身背挎并配以面罩使用。一般容积较小（ $1\sim 10\text{L}$ ），充气压力为 $15\sim 30\text{MPa}$ 。

3、按公称工作压力分类

气瓶按公称工作压力分为高压气瓶和低压气瓶。

(1) 高压气瓶公称工作压力由： 30 、 20 、 15 、 12.5 、 8MPa 。

(2) 低压气瓶公称工作压力有： 5 、 3 、 2 、 1.6 、 1MPa 。

二、气瓶的安全及检查

(一) 气瓶充装过量的危险性

为了保证气瓶在使用过程或充装过程中不因环境温度升高而处于超压状态，必须对气瓶的充装量严格控制，确定永久气体及高压液化气体气瓶的充装量时，要求瓶内气体在最高使用温度（ 60°C ）下的压力，不超过气瓶的最高允许压力。对低压液化气体气瓶，则要求瓶内液体在最高使用温度下，不会膨胀至瓶内满液，即要求瓶内始终留有一定气相空间。

(二) 气瓶的管理

1、充装安全

(1) 充装过量是气瓶破裂爆炸的常见原因之一，因此，必须加强管理，严格执行《气瓶安全检查规程》的安全要求，防止充装过量。充装永久性气体的气瓶，要按不同温度下的最高允许充装压力进行充装，防止气瓶在最高使用温度下的压力超过气瓶的最高允许压力。充装液化气体的气瓶，必须严格按规定的充装系数充装，不得超量，如发现超装时，应设法将超装卸出。

(2) 防止不同性质气体混装 气体混装是指同一气瓶内罐装两种气体（或液体）。如果这两种介质在瓶内发生化学反应，将会造成气瓶爆炸事故，如原来装过可燃气体（如氢气）的气瓶，未经置换、清洗等处理，甚至瓶内还有一定量的余气，又罐装氧气，结果瓶内氢气与氧气发生氧化反应，产生大量反应热，瓶内压力也急剧升高，气瓶爆炸，酿成严重事故。

2、储存安全

(1) 气瓶的储存应有专人负责管理。管理人员、消防人员应经安全技术培训，了解气瓶、气体的安全知识。

(2) 气瓶的储存，空瓶、实瓶应分开（分室储存），如氧气与液化石油气瓶，乙炔瓶与氧气瓶、氯气瓶不能同储一室。

(3) 气瓶库（储存间）应符合《建筑设计防火规范》，应采用二级以上防火建筑。与明火或其他建筑物应有符合规定的安全距离。易燃、易爆、有毒、腐蚀性气体气瓶的安全距离不得小于 15m。

(4) 气瓶库应通风、干燥，防止雨（雪）淋、水浸，避免阳光直射，要有便于装卸、运输的设施。库内不得有暖气、水、煤气等管道通过，也不准有地下管道或暗沟。照明灯具及电气设备应是防爆的。

(5) 地下室或半地下室不能储存气瓶，气瓶库应有明显的“禁止烟火”、“当心爆炸”等各类必要的安全标志。

(6) 气瓶库应有运输和消防通道，设置消防栓和消防水池。在固定的地点设有专用灭火器、灭火工具和防毒用具，储气的气瓶应戴好瓶帽，最好戴固定瓶帽。

(7) 实瓶一般应立放储存。卧放时，应防止滚动，瓶头 IU（有阀端）应朝向一方。垛放不得超过 5 层，妥善固定。气瓶排放应整齐，固定牢靠。数量、号位的标志要明显。要留有通道。

(8) 实瓶的储存数量应有限制，在满足当天使用量和周转量的情况下，应尽量减少储存量。容易起聚合反应气体的气瓶，必须规定储存期限。瓶库账目清楚，数量准确，按时盘

点，账物相符。

(9) 建立并执行气瓶进出库制度。

3、使用安全

(1) 使用气瓶者应学习气体与气瓶的安全技术知识，在技术熟练人员的指导监督下进行操作，合格后才能独立使用。

(2) 使用前应对气瓶进行检查，确认气瓶和瓶内气体质量完好，方可使用。如发现颜色、钢印等辨识不清，检验超期，气瓶损伤（变形、划伤、腐蚀），气瓶质量与标准规定不符等现象，应拒绝使用并做妥善处理。

(3) 按照规定，正确、可靠的连接调压阀、回火防止器、输气橡胶软管、缓冲器、气化器、焊割炬等，检查、确认没有漏气现象。连接上述器具前，应微开瓶阀吹除瓶阀出口的灰尘、杂物等。

(4) 气瓶使用时，一般应立放（乙炔瓶严禁卧放使用），不得靠近热源。与明火距离、可燃与助燃气体气瓶之间距离，不得小于 10m。

(5) 应远离射线、电磁波、震动源。防止阳光暴晒、雨淋、水浸。移动气瓶应手搬瓶肩，转动瓶底；移动距离较远时可用轻便小车运送，严禁跑、滚、滑、翻和肩抗、脚踹。

(6) 禁止敲击、碰撞气瓶。绝对禁止在气瓶上焊接、引弧。不准用气瓶做支架。

(7) 注意操作顺序。开启瓶阀应轻缓，操作者应站在阀出口的侧后；关闭瓶阀应轻而严。不能用力过大，避免关得太紧、太死。

(8) 瓶阀冻结时，不准用火烤。可把气瓶移至室内温度较高的地方或用 40℃ 以下的温水浇淋解冻。注意保持气瓶及附件清洁、干燥，禁止沾染油脂、腐蚀性介质、灰尘等。瓶内气体不得吃光用尽，应保留有剩余压力（余压）。余压不应低于 0.05MPa。

(9) 要保护瓶外油漆防护层，既可防止瓶体腐蚀，也是识别标记。可以防止误用和混装。瓶帽、防震圈、瓶阀等附件都要妥善维护、合理使用。

(10) 气瓶使用完毕，要送回瓶库或妥善保管。

(三) 气瓶的检验

气瓶的定期检查，应该由取得检验资格的专门单位负责进行，未取得资格的单位和个人，不得从事气瓶的定期检验。

各类气瓶的检验周期如下：

(1) 盛装腐蚀性气体的气瓶，每 2 年检验 1 次。

(2) 盛装一般性气体的气瓶，每 3 年检验 1 次。

(3) 液化石油气瓶, 使用未超过 20 年的, 每 5 年检验 1 次, 超过 20 年的, 每 2 年检验 1 次。

(4) 盛装惰性气体的气瓶, 每 5 年检验 1 次。气瓶在使用过程中, 发现有严重腐蚀、损伤或对其安全可靠性有怀疑时, 应提前进行检验。库存和使用时间超过一个检验周期的气瓶, 其用前应进行检验。气瓶检验单位, 对要检验的气瓶, 逐只进行检查, 并按规定出具检验报告。未经检验和检验不合格的气瓶不得使用。

第四节 造纸电气和机械设备操作危险与防护

一、电气设备危险与防护

(一) 电气设备概述

造纸工业上的许多伤亡事故是由于对电的职业暴露引起的。人体作为电的良导体, 如果称为电路的一部分, 电流将在其中通过, 对人体造成伤害。这常是与绝缘较差的带电设备接触的结果。触电事故依照其作用方式可分为电击和电伤两种类型。

1、电击

电击是指电流通过人体时所造成的身体内部的伤害, 人遭电击后引起胸肌收缩、神经中枢麻痹、心跳暂停、出血等症状。人体遭受数十毫安工频电流电击时, 时间稍长即会致命。电击是全身伤害, 但一般不会对身体表面留下大面积的明显伤痕。

电击按照电气设备和线路的运行状况, 还可以分为直接接触电击和间接接触电击两种类型。直接接触电击是指电气设备和线路正常运行时, 人体触及带电体造成的电击。间接接触电击是指电气设备和线路发生故障时, 人体触及意外带电的导体造成的电击。因此, 直接电击也就是正常情况下的电击, 间接电击也就是故障情况下的电击。

直接电击多发生在误触相线、闸刀或其他设备带电部分。间接电击多发生在以下几种情况:

- (1) 大风挂断架空线或接户线后, 搭落在金属线或广播线上。
- (2) 相线和电杆拉线相搭连。
- (3) 电动机等用电设备的线圈绝缘伤害而引起的外壳带电。

在实际的触电事故当中, 直接电击和间接电击都占有很大的比例, 因此, 采取安全措施时应当考虑全面。

低压电气系统的触电事故大多数是电击造成的。电击接触电成因有单线电击、双线电击、

跨步电压电击 3 种形式。工厂低压动力电路是 380V 交流电压，通常是变压器中性点接地的三相四线制电网，每相对地电压 220V。当人体接触到三个相线中的任何一相时，即承受了 220V 的单相电压。所以单线电击是指人立于地面。手或其他部位触及带电导体造成的电击。这种触电事故危险性较大，易造成死亡。双线电击是指人体不同部位同时触及三相电网中任意一相，电流通过人体流入另一相，构成一闭合回路而造成的电击。双线电击的危险要比单线电击的大。跨步电压电击是指人的两脚处在对地电压不同的两点造成的电击。跨步电压电击危险的大小取决于人在电场中的位置和跨步距离。

2、电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应和机械效应对人体造成的伤害。如由于电流的热效应，会引起细胞组织的损害或烧伤；供电电路的合闸或短路产生的电弧可造成人体的深度灼伤；电能转化为化学能或机械能，会在人体留下电印记、皮肤金属化和机械损伤等。电伤多属局部性伤害，在人体表面留有明显伤痕。电伤还可以分为以下几种情况。

（1）电弧灼伤 又称点灼伤，是电伤中最常见也是最严重的一种。大多是由电流的热效应引起的，但与一般的水、火烫伤的性质不同。具体的症状是皮肤发红、起泡、更甚者皮肉组织破坏或被灼伤。通常会发生在以下几种情况：

- ①低压系统带负荷拉开裸露的闸刀开关时。
- ②线路发生短路或误操作引起短路时。
- ③开启式熔断器熔断时炙热的金属微粒溅出时。
- ④高压系统因误操作产生强烈的电弧时，此时可导致严重烧伤。
- ⑤人体过分接触带电体，即间距比安全距离或放电距离小。

（2）电烙印 指电流通过人体后，在接触部位留下的斑痕。斑痕处的皮肤变硬，失去原有的弹性和色泽，表层坏死，失去知觉。

（3）皮肤金属化 指由于电流或电弧的作用而产生的金属微粒渗透到人体的皮肤内而造成的。受伤部位变得粗糙坚硬并呈现出特殊的颜色（多为青黑色或褐红色）。皮肤金属化多发生在弧光放电时，并且多伤在人体的裸露部位，与电弧烧伤相比，皮肤金属化还不是主要的伤害。

（4）电光眼 表现为角膜炎或结膜炎。在弧光放电时，紫外线、可见光、红外线均可损害眼睛。对于短暂的照射，紫外线是引起电光眼的主要原因。

在大多数有关电的工业事故中，电流都是从手经靠近心脏处流向脚。人体内部的电阻较小，而干燥皮肤的电阻却较大。但皮肤在比较低的电压下，就能被加热并发生热降解，皮

肤的电阻会随之下降。上述身体条件决定了触电电流易从身体流过，造成伤害。

人体在电流作用下，会有麻木、针刺、打击、疼痛、痉挛、呼吸困难、血压升高、心跳紊乱、心室颤动等症状。引起上述各种症状的电流并非某一确定值，而是某一确定的范围。能引起人体感觉的最小电流值称为感知阈值。男性平均感知阈值约为 1.1mA，女性约为 0.7 mA。人能自主摆脱带电导体的最大电流值称为摆脱阈值。男性平均摆脱阈值约为 16mA，女性约为 10.5 mA。室颤阈值是引起心室颤动的最小电流值。由于心室颤动极易使人致命，可以认为室颤阈值是最小致命电流值。心室颤动是心室每秒 400~600 次以上的纤维性颤动。心室颤动时，会终止血液循环。数十毫安的电流通过人体即可引起心室颤动。

3、影响电流流经人体造成伤害程度的因素

电流流经人体造成伤害的严重程度受多种因素影响，如触电持续的时间、电流的种类、电流经过的途径等。

(1) 触电持续的时间 痛点时间延长，人体吸收的外部能量增加，且人体电阻也会下降。因此，通电时间越长，电击的伤害就越大。人体在触电时一般会有几个阶段，具体是：没有感觉的阶段；有感觉但是不会有病理伤害的阶段；有感觉但一般不引起心室颤动的阶段；心室颤动危险阶段以及心室颤动威胁很大的阶段。

(2) 电流的种类 也就是触电的危害程度与电流的频率有关。直流电的频率为零，而工频交流电的频率为 50Hz。由实验得知，频率为 30~300Hz 的交流电最易引起人体心室的颤动。而工频交流电正好处于这个范围，因而触电是最危险的。在此频率之外的电流对人体的危害反而会小得多。

(3) 电流的大小 通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，感觉也越强烈，引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险性就越大。

(4) 电流流过的途径 人体受伤害的程度主要取决于通过心脏、肺及中枢神经的电流大小。电流通过大脑是最危险的，会立即引起死亡，但这种触电事故是极其罕见的。绝大多数情况下是电流刺激人体心脏而引起心室纤维性颤动致死。因此绝大多数情况下触电的危险程度主要取决于通过心脏的电流大小。通过实验可以得知，电流在通过人体的各种途径之中，流经心脏的电流占人体电流的百分比，如表 2-2 所示。

表 2-2 不同途径流经心脏电流的比例

| 电流通过人体的途径 | 通过心脏的电流占通过人体总电流的比例/% | 电流通过人体的途径 | 通过心脏的电流占通过人体总电流的比例/% |
|-----------|----------------------|-----------|----------------------|
| 从左手到右脚 | 3.3 | 从右手到左脚 | 6.7 |
| 从一只手到另一只手 | 3.7 | 从一只脚到另一只脚 | 0.4 |

一般来说，电流作用于人体时，女性的危险性较男性大；儿童的危险性较成人大；体弱有病者的危险性较健壮者大；体重轻者的危险性较体重重者大。

（二）电气火灾扑救

1、电气火灾的扑救常识

电气火灾对国家和人民财产有很大威胁，因此，应贯彻预防为主，防患于未然，同时还要做好扑救电气火灾的充分准备。用电单位发生电气火灾时，应立即组织人员使用正确的方法进行扑救，同时向消防部门报警。

（1）电气火灾的特点 电气火灾与一般性火灾相比，有 3 个突出特点。

①延燃迅速，火势凶猛：在电气设备中，一类像油浸变压器、油开关等，其内部储有大量的可燃绝缘油，这些设备在故障高温下，一旦发生爆炸，就会引起绝缘油外溢或飞溅，从而形成大面积的油类火灾；另一类像电缆，其防护层使用的是橡胶、塑料、黄麻等可燃材料，一旦故障起火，极易形成一条火龙，沿着电缆回路迅速蔓延，带来极大危害。

②扑救困难，容易触电：由于电气火灾延燃迅速，火灾高温下又会产生大量有毒气体，甚至发生爆炸，给灭火人员接近火源扑救带来难度；另一方面，灭火人员极易发生触电。触电的原因一是灭火人员所使用的灭火器或身体某一部分在不小心时直接接触带电部位或与带电设备保持安全距离不够，电流或感应电流通过人体触电；而是灭火人员在着火扑救现场因电气设备故障或引接线断落接地产生的跨步电压触电；三是灭火人员使用电阻率小的灭火剂，如水枪直流水或泡沫灭火器水直接射至设备带电部位，电流通过导电灭火剂水导入人体触电。

③损失严重，恢复时间长：以电缆火灾事故为例，除了电缆本身损坏外，还可能引起控制回路失灵，保护拒动、误动，造成主设备停运或主设备失控拒绝分闸而损坏，极易引起事故扩大；对于电厂集控电缆火灾，机组将长时间无法恢复发电，整个生产系统也就处于瘫痪状态。这些设备系统修复或更换都需要较长时间才能完成，损失惨重。

（2）扑救电气火灾的安全措施 发生电气火灾时，应尽可能先切断电源，然后再灭火，以防人身接触，切断电源应注意以下几点。

①停电时，应按规程所规定的程序进行操作，防止带负电荷拉闸。

②切断带电线路电源时，切断点应选择在电源侧的支持物附近，以防导线断落后触及人体或短路。

③夜间发生电气火灾，切断电源时，应考虑临时照明措施。

（3）扑救电气火灾的特殊安全措施 发生电气火灾时，如果由于情况紧急，为争取灭

火时机，或因其他原因不允许和无法及时切断电源时，就要带电灭火。为防止人身触电，应注意以下几点。

①扑救人员与带电部分接触应保持足够的安全距离。

②高压电气设备或线路发生火灾时，在室内，扑救人员不得进入故障点 4m 以内的范围；在室外，扑救人员不得进入故障点 8m 以内的范围；进入上述范围的扑救人员必须穿绝缘靴。

③应使用不导电的灭火剂，例如二氧化碳和化学干粉灭火剂，因泡沫灭火剂导电，在带电灭火时严禁使用。

（4）充油电气设备的灭火措施 充油电气设备着火时，应立即切断电源，然后扑救灭火。备有事故储油池时，则应设法将油放入池内，池内的油火可用干粉灭火剂扑灭。池内或地面上的油火不得用水喷射，以防止油火漂浮水面而蔓延。

2、电气防火的注意事项

（1）电缆的防火 由于电力电缆绝缘层是由各种可燃物质组成的，因此，在保护层收到机械损伤、长时间过负荷运行、敷设高差较大、中接头压接不紧，或者电缆头表面受潮积污等情况下，都会引起电缆起火。为此，防止电缆发生火灾应注意以下几点。

①所有穿越墙壁、楼板和电缆沟道而进入如控制室、电缆夹层、控制柜等处的电缆孔洞，要予以严密封闭，这样，电缆一旦着火，可以有效隔离或限制燃烧范围，防止火势蔓延。在电缆沟（或电缆）温度过高的情况下，应注意通风。

②电缆敷设地点应尽量远离热源。电缆沟内应保持清洁，随时清除水和积油，沟内不得存放垃圾和其他杂物。

③当在电缆沟附件进行明火作业时，应防止火种进入沟内，且作业地点应备有灭火器材。作业结束后，应仔细检查现场是否有遗留物，特别是可燃物不得遗留在作业现场。

④按照有关规程的规定，对电缆进行定期检查和绝缘性能试验，保证其在正常的技术状况下工作。

（2）油浸电力变压器的防火 油浸电力变压器的内部一般都有大量可燃物，其绝缘物也大多是可燃的。变压器起火的原因一般是长期过负荷运行，引起绕组发热，绝缘老化，产生短路电弧，或者内部绝缘未精心维护保养，使绝缘击穿，从而导致火灾。防止油浸电力变压器发生火灾应注意以下几点。

①变压器安装之前，必须检查其绝缘，核对使用条件是否符合制造厂规定。

②变压器应有完善、可靠的保护装置，如继电保护、熔断器等。

③应指定专职电工对变压器进行维护和检查，特别应注意对引线、套管、油位等部位的

检查和油温、音响的监视，并注意保持正常的油位。

④变压器室应保持良好的通风，进排风温差不宜大于 15℃，夏季排粉温度不宜超过 45℃。

⑤对大型变压器应配备必要的消防器材。应经常检查变压器的负荷变化情况，如发现变压器上部油层温度达到或超过 85℃，则表明变压器过负荷，应立即减负荷；若温度持续不断上升，则变压器内部可能有故障，应断开电源进行检查。

⑥从架空线路引入的电源侧应装设灵敏、可靠的避雷装置和保护间隙。

⑦变压器绝缘油应定期取油样进行化验分析，对变压器的电气性能也应定期进行检查和试验。

（3）电动机的灭火 电动机如果长期过负荷、低电压运行或缺相运行，引起绕组温度升高或绝缘损坏而发生火灾；或者由于轴承内的润滑油不足和润滑油脏污而卡住转子，以及由于电动机传动的机械被杂物卡住而不能转动，导致电动机的电流增大，造成绕组过热而发生火灾。防止电动机发生火灾应注意以下几点。

①应根据工作环境的特征，考虑防潮、防腐、防尘、防爆灯要求，正确选择电动机型号；安装时符合防火要求。

②电动机与可燃物之间应保持适当距离，电动机周围不得堆放杂物。

③电缆接入电动机时应直接穿管保护，以免收到机械损伤，电动机电缆接头直接接入电动机的接线盒。

④每台电动机必须设置独立的操作开关和适当的保护装置如熔断器、热继电器和缺相保护器等。

⑤对运行中的电动机应经常检查、维护、清扫和加润滑油，并注意声音、电流、温升的变化，以便及时发现故障。

（4）油断路器的防火 油断路器由于运行维护不当或检修试验不及时，都会发生燃烧事故。具体有以下几个因素：一是油断路器的断流容量太小，当发生短路故障后，不能切断很大的短路电流；二是油箱内的油面过高或过低；三是绝缘套管和油箱密封不严，造成对地绝缘击穿，从而引起着火爆炸。防止油断路器发生火灾应注意以下几点：

①油断路器的断流容量应大于所通断回路的短路容量。

②安装前应对断路器进行严格的检查，其性能指标应符合技术要求。

③油断路器应定期检修，并进行绝缘性能和操作试验，及时发现和消除缺陷，以保证绝缘性能良好和机件操纵灵活。

④在运行过程中，应按照油标加油，使油面经常保持在标准线上，防止油箱和充油套管

渗、漏油，并经常监视油质变化情况。

⑤一旦发现油温过高，应及时取油样进行化验分析，若油色发黑，则表明触头存在缺陷隐患，应立即进行检修。

⑥应经常保持绝缘套管清洁、完整和无裂纹。在油断路器切断较大的故障电流后，应检查触头有无烧损现象。油断路器与电气回路的连接应紧密、可靠，接头处不得过热。

(5) 接地装置的防火 电气设备如果外壳未作接地或接地不良，当设备绝缘破损发生接地故障时，接地故障电流经设备与地面的自然接触电阻和电源的接地极电阻流向电源中性点。因自然接触电阻很大，故障电流小，不足以使熔断器等保护元器件动作，而使接地故障点发生的电火花或电弧得以持续存在，引燃附近易燃物，造成电气火灾，防止接地装置发生火灾应注意以下几点：

①保护接地及等电位连接。采用保护接地和等电位连接都可以减少电气装置内出现的电位差。等电位连接由于设备外壳和装置外导电部分以及地面的电位同时提高，降低了接地故障时的接触电压，减少了因打火或电弧引起的火灾。

②电气线路及设备的导体接触点必须牢固，防止过热氧化，特别是铜铝导线连接时，还要注意检查铝导线接头有无腐蚀、松动或过热现象。

③正确选择 PE (PEN) 线。如果出现三相负荷不平衡时，PE (PEN) 线的电流最大可达 2 倍以上的额定电流，使 PE (PEN) 线容易烧断，进而引发电气火灾。为此，应按照国家标准和 IEC 标准正确选择 PE (PEN) 线最小截面积。

④正确选择接地回路保护装置。对于 TN 接地系统，可以利用原来的过电流保护器（如熔断器、低压断路器）兼作接地保护。若线路较长，导线截面较小，则应设置专门的 PE 线；对于 TT 接地系统，采用高灵敏度漏电保护器作为接地故障保护；对于 IT 接地系统，因中性点不引出，只需发出信号及时消除故障回路就可以保证供电的可靠性。

（三）电气设备火灾的防火

1、选用合适的灭火剂

常用的灭火剂有水、泡沫灭火剂、二氧化碳灭火剂、卤代烃灭火剂、干粉灭火剂等。扑救火灾时如何准确选用灭火剂，对迅速、扑灭火灾、降低事故损失是至关重要的。

(1) 水 水的吸热能力很强，对燃烧物质具有显著的冷却作用。水蒸气既能冲淡燃烧区可燃气体，又能阻挡空气进入燃烧区。所以水可用来扑灭任何建筑物和一般物质的火灾。

①直流水（密集水）不能用于扑救带电设备火灾。必须使用水枪带电灭火时，应采用喷雾水枪，这种水枪通过水柱的泄漏电流较小，带电灭火比较安全。水枪喷嘴与带电体之间应

保持必要的距离；电压 110KV 及以下者不应小于 3m，110~220KV 不应小于 5m。

②不能用来扑救与水发生反应易燃气体并放出热量的物质，如金属钾、钠、电石等。

③比水轻的易燃液体能够浮在水面上燃烧并随水漫流，这会使火焰蔓延，在扑灭这类易燃液体的火灾时不能用水。

④冷水遇到高温熔融的盐液会产生爆炸。在扑灭盐浴炉和电解铝槽的火灾时不能用水。

⑤储存大量浓硫酸、浓硝酸的场所发生火灾，不能用直流水扑救，以免酸液发热飞溅。必要时，宜用雾状水扑救。

(2) 泡沫灭火剂 按照生产泡沫的机理，泡沫灭火剂可以分为化学泡沫灭火剂和空气泡沫灭火剂两大类。泡沫灭火剂的泡沫既损害电气设备的绝缘，又具有导电性，不宜用于带电设备灭火。

(3) 二氧化碳灭火剂 使用与扑救各种易燃液体火灾和电气设备火灾。使用时要防止二氧化碳窒息中毒。

(4) 卤代烃灭火剂 适用于扑救各种易燃液体火灾和电气设备火灾。卤代烃的灭火效率约为二氧化碳的 5 倍，灭火迅速，用量少，但生产成本低、价格贵。目前国内生产和使用较多的是二氟一氯一溴甲烷，代号 1211。

(5) 干粉灭火剂 干粉灭火剂主要分为普通和多用两大类。普通干粉灭火剂主要用于扑救可燃液体、气体及带电设备的火灾。多用干粉灭火剂除具有普通干粉灭火剂的用途外，还可用于扑救一般固体火灾。干粉灭火剂对燃烧物的冷却作用极微，扑救较大面积火灾时，易引起复燃，这时需与喷雾水流配合，以改善灭火效果，并可以防止复燃。扑救非水溶性可燃、易燃液体的火灾时，干粉与氟蛋白泡沫或轻水泡沫联用，则可取得很好的灭火效果。干粉灭火剂不能与蛋白泡沫和一般合成泡沫联用，因为一般干粉灭火剂蛋白泡沫和一般合成泡沫有较大的破坏作用。

2、正确的火灾扑救

首先应切断电源，灭火人员到达火场时，及时与当班电气值班负责人联系，了解是否已断电，然后根据断电情况分别处理。之后依据燃烧物的种类和火势情况正确选用对应的灭火器进行灭火。针对有些设备待全面停电进行灭火时可能会失去灭火最佳时间（如主厂房、集控室），致使火势蔓延扩大，波及周围其他设备的正常运行，造成更大的经济损失。甚至影响整个生产系统或人身安全，此时应采取带电灭火方式。但应做好以下几点：

(1) 保持足够的安全距离 灭火人员达到火场进行带电灭火，首先应咨询现场电气值班人员火源电压等级，以便确定与带电设备保持足够的安全距离。一般情况下 10KV 以下与

带电设备保持安全距离 0.7m、35KV 距 1m、110KV 距 1.5m、220KV 距 3m、330KV 距 4m、500KV 距 5m，否则，采取其他绝缘隔离措施。

(2) 用不同灭火剂正确灭火 采用灭火剂电阻率大、导泄电流很小的干式灭火器，二氧化碳、1211 灭火器进行带电设备灭火，灭火人员要保持安全距离，并尽可能在上方向进行灭火，但应注意避免灭火器筒体、喷嘴等身上器械接近带电设备灭火，灭火人员除保持安全距离外，还应穿绝缘鞋，带绝缘手套，必要时穿绝缘服，且水枪应接地，手放在接地线后面，随时测定水电阻率，根据水压大小，选择足够的安全距离。

(四) 触电防护及急救措施

1、触电防护

为了有效地防止触电事故发生，可采用绝缘、屏护、安全间距、保护接地或接零、漏电保护等措施。

(1) 绝缘 绝缘是指用绝缘物把带电体封闭起来。该绝缘物只有遭到破坏时才失效。绝缘物会因以下 3 个因素而击穿，会失去或降低绝缘性能。

①击穿：指绝缘物在强电场等因素作用下完全失去绝缘性能的现象。气体击穿后能自己恢复绝缘性能；液体击穿后能基本上恢复或一定程度上恢复绝缘性能；固体击穿后不能恢复绝缘性能。

②损伤：指绝缘物由于腐蚀性气体、蒸汽、潮气、粉尘及机械等因素受到损伤，降低甚至失去绝缘性能。

③老化：指绝缘物在电、热等因素作用下，电气性能和机械性能逐渐恶化的现象。

带电体的绝缘材料若被击穿、损伤或老化，就会有电流泄漏发生。对于安全要求较高的设备或器具，如绝缘手套、绝缘靴、绝缘垫等电工安全工具；阀型避雷器、断路器、变压器、电力电缆等高压设施；某些日用电器和电动工具应定期进行泄漏电流试验，及时发现绝缘材料的硬伤、脆裂等内部缺陷。同时，还应定期对绝缘物进行介质损耗试验，采取有力措施保证绝缘物的绝缘性能。

(2) 屏护和间距 屏护是借助屏障物防止触及带电体。屏护装置包括护栏和障碍，可以防止触电，也可以防止电弧烧伤和弧光短路等事故。屏护装置所用材料应该有足够的机械强度和良好的耐火性能，可根据现场需要制成板状、网状或栅状。

护栏高度不应低于 1.7m，下部边缘离地面不应超过 0.1m。金属屏护装置应采取接零或接地保护措施。护栏应具有永久性特征，必须使用钥匙或工具才能够开；障碍也必须牢固，不得随意移开。屏护装置上应悬挂“高压危险”的警告牌，并配置适当的信号装置和连锁装

置。

间距是将带电体置于人和设备所及范围之外的安全措施。带电体与地面之间、带电体与其他设备或设施之间、带电体与带电体之间均应保持必要的安全距离。间距可以用来防止人体、车辆或其他物体触及或过分接近带电体，间距还有利于检修安全或防止火灾及短路等各种事故。应该根据电压高低、设备类型、环境条件及安装方式等决定间距大小。

架空线路与地面和睡眠应保持一定的安全距离。架空线路应避免跨越建筑物，尤其是可燃材料屋顶的建筑物。架空线路与建筑物之间也应有一定的安全距离。架空线路与有爆炸、火灾危险的厂房之间应保持一定的防火间距。几种线路桶杆架设时，电力线路必须位于弱电线路的上方，高压线路必须位于低压线路的上方。选录之间、线路导线之间的间距也应符合安全要求。

常用电器开关的安装高度为 1.3~1.5m。贴墙平开关离地面高度可取 1.4m。室内吊灯灯具高度应大于 2.5m，受条件限制时可减为 2.2m。户外照明灯具高度不应小于 3m，墙上灯具高度允许减为 2.5m。

为了防止人体接近带电体，带电体安装时必须留有足够的检修间距。在低压操作中，人体及其所带工具与带电体的距离不应小于 0.1m；在高压物遮拦操作中，人体及其所带工具与带电体的最小距离视工作电压，不应小于 0.7~1.0m。

（3）保护接地或接零 保护接地或接零是防止间接接触电击的安全措施。保护接地适用于各种不接地电网。在这些电网中，由于绝缘损坏或其他原因可能使正常不带电的金属部分呈现危险电压。如变压器、电机、照明器具的外壳和底座，配电装置的金属构架，配线钢管或电缆的金属外皮等，除另有规定外，均应接地。

保护接零是把设备外壳与电网保护零线紧密连接起来。当设备带电部分碰连其外壳时，即形成相线对零线的单相回路，短路电流将使线路上的过流速断保护装置迅速启动，断开故障部分的电源，消除触电危险。保护接零适用于低压中性点直接接地的 380V 或 220V 的三相四线制电网。

（4）漏电保护 漏电保护装置除用于防止直接接触电击和间接接触电击以外，还适用于防止漏电火灾、监测一相接地、绝缘损坏等事故。依据启动原理和安装位置，漏电保护装置可分为电压型、零序电流型、中性点型、泄漏电流型等几种类型。

①电压型漏电保护：电压型漏电保护装置是以设备外壳对地电压作为启动讯号。发生漏电，设备外壳对的电压叨叨启动数值时，继电器迅速启动，切断接触器的控制回路，从而断开设备的电源。

②零序电流型漏电保护：零序电流型漏电保护装置是以零序电流互感器作为检测器。正常时，三线电流在其铁心中产生的磁场互相抵消，互感器副边不产生感应电势，继电器不启动，开关保持在闭合位置。设备漏电时，产生零序电流，感应器副边产生感应电势，继电器启动，并通过脱扣机构使开关断开电源。

③中性点型漏电保护：中性点型漏电保护装置是把灵敏电流继电器的线圈并联在击穿保险器的两端。正常时，零序电流很小，继电器不启动；当设备漏电、有人单相触电、一相或两相接地、一相或两相对地绝缘能力降低到一定程度时，继电器迅速启动，通过接触器断开电源。

④泄漏电流型漏电保护：泄漏电流型漏电保护装置的继电器是由两个整流器供给直流电源，直流电经零序电压互感器、变压器、线路对地绝缘电阻构成回路。当设备漏电或有人单相触电时，由于各相对地平衡遭到破坏，互感器输出零序电压，继而整流器输出直流电压，从而使继电器启动，通过接触器断开电路。

2、触电急救

触电急救的要点是抢救迅速与救护得法。发现有人触电后，首先应该尽量使其脱离电源，然后根据触电者的具体情况迅速对症救护。

（1）急救原则

①坚定急救原则：人体触电后，通常会变现出神经麻痹，呼吸中断、心脏停止跳动等症状。从外面看，触电者已经呈现出昏迷不醒的状态，似乎已经死亡，实际上是处于“假死状态”，所以，在发现触电者后，绝不可以认为已经死亡而放弃急救，要有坚定的急救意识。应立即采取有效的急救措施，进行耐心、持久的抢救。资料记载有触电者经过 4h 乃至更长时间抢救复苏的病例。

②及时就地急救：统计资料表明，从触电后 1min 开始救治的有 90%效果良好；从触电后 6min 开始救治的有 10%效果良好；从触电后 12min 开始救治者，救活的可能行很小。因此，抓紧抢救时机，争分夺秒地急救，是触电急救成功的关键。

（2）迅速脱离电源 发现有人触电后，应迅速使触电者脱离电源，这是触电急救的首要措施，只有在触电者脱离了电源后，才能对触电者施救。触电急救中，使触电者脱离电源的方法有以下几种。

①触电者若是触及低压带电设备，救护人员应该立即切断电源如电源开关或插头，可通过拉开开关或拔掉插头，使电源断开。

②如果远离电源开关，可用有绝缘的电工钳剪断电线，或者用带绝缘木把的斧头、刀具

砍断电源线。

③对低压触电者，如果电流通过触电者入地，且触电者紧握电线，可设法用木板塞进其身下，使得触电者与地面隔开。

④如果是带电线路断落造成的触电，可利用手边干燥的木棒、竹竿等绝缘物，把电线拨开，或用衣物、绳索、皮带等将触电者来开，使其脱离电源。

⑤如果是高压触电，必须通知电气人员，切断电源后可进行抢救。

(3)现场急救措施 在使得触电者迅速脱离电源后，应立即就近移至干燥通风的场所，且勿慌乱和围观，首先应该进行情况判别，再根据不同的情况进行对症救护。

①触电者伤害不严重：如果只是四肢麻木，全身无力，而甚至还清醒，或者虽一度昏迷但没失去知觉者，可使其就地休息 1~2h，不要走动，并严密观察。

②触电者伤害较严重：伤势较重，已经失去知觉，但心脏跳动和呼吸仍然存在的触电者，应该使其舒适、安静地平卧。不要围观，让空气流通顺畅，同时解开衣服包括领口与裤带以便呼吸。若是寒冷的天气还应注意保暖，并速请医生诊治或送往医院。若出现呼吸停止或心跳停止，应该分别实施口对口人工呼吸或胸外心脏按压法。

③触电者伤害很严重：心脏和呼吸都已停止，两眼瞳孔放大，此时，必须同时采取口对口的人工呼吸和人工体外挤压两种方法救治，而且要有充分耐心坚持下去，尽可能坚持抢救 6h 以上，直到把人救活或确诊已经死亡为止。如果决定送往医院救治，在途中切不可中断急救措施。

④触电者有外伤：可采用食盐水或温开水冲洗伤口并用酒精消毒后包扎，防止创伤表面受细菌感染。如伤口出血，要设法止血。

在抢救触电者时，严禁注射强心针。人体触电时心脏在电流作用下出现颤动和收缩，脉搏跳动微弱，血液循环混乱。这时注射强心针只会加剧对心脏的刺激。尽管精神上可能呈现瞬间好转，但很快就会转向恶化，造成心力衰竭死亡。

二、造纸企业机电设备安全使用注意事项

造纸机械通常包括制浆、造纸、完成等专用设备，以及电气传动、自动化、计算机控制、环保等通用设备。

1、开动机器，停机检修注意安全事项

开动机器事先要进行检查和联系，确认所开动机械周围无人及障碍物时，由专责人员发出开车信号再行开机。

进行检查和联系的目的是为了防止因他人在机器中工作或有障碍物而造成人身伤害或机械事故。

2、机械传动部分及危险处所注意安全事项

凡机械的传动部分及危险处所，必须安装坚固可靠的防护装置和标志，防护装置由防护罩、防护挡板、防护栏和防护网笼。防护罩起隔离外露的旋转部分，如皮带轮、齿轮、链轮、旋转的轴笼；防护挡板、防护网有固定和活动两种形式，起隔离遮挡金属切屑飞溅；防护栏杆起防止高空作业人员坠落或划定安全区域。

在机械运转入口部位处理问题，一切操作必须在停机状态下进行。由于人手对运转部位有一定摩擦力，根据作用力与反作用力，运转部分对人手的反作用力方向与运转设备旋转方向一致，故在入口处可将人手带入设备中造成伤害。

3、打浆机安全规程

(1) 开机前要检查池内有无杂物，升起飞刀辊，最少注满半池浆，然后发出开机信号，待人离开危险区，方允许开机。要经常或定期检查打浆机飞刀、夹木和刀箍是否有脱落、损伤现象。

(2) 往打浆机落浆板时，先将飞刀辊抬起一定高度，每次落浆板不得超过 3 张，落损纸不可过厚，并要详细检查是否夹有硬杂物。不要让废纸缠住手脚，免被带进打浆机。落刀不得过重，以免飞刀崩出。

(3) 落浆板、损纸或翻浆时，要站在地面或固定的操作台上。堆放浆板不准超过 1.5m，并不准歪斜。用工具翻送废纸时，工具扒头（翻浆锹）不准靠近飞刀与底刀接触点 0.3m 以内。

(4) 翻浆锹不得用金属制造。打浆机在运转中不准在打浆池的边沿上和飞刀盖上站立、行走或堆放物件。清理打浆池和飞刀的杂物时，必须停机进行。

(5) 打浆机在运行中，不得用手或工具打动、调整皮带。挂、拆和校正皮带时，必须停机进行。落池检查飞刀、底刀或排除故障时，应断电源拉电闸挂警告牌后，才能进行作业。

(6) 检修、铲修飞刀嵌木或换刀片时，要先断电源拉电闸挂警告牌后，才能进行作业。检修好后试车时，人不得站在转动飞刀正面。凡开机，人不得站在转动飞刀正面。

(7) 因停机过久和新换嵌木的打浆机，在开机前，必须用水浸至湿透并检查正常后，才能进行试车运转，以防嵌木飞出伤人。

(8) 有洗鼓的打浆机，在运转中不得向齿轮加油，升降洗鼓时，要站稳位置，缓慢升降，以免失控造成事故。向打浆机通汽加热时，浆料必须装到规定的高度才能开汽，并且从

小到大，缓缓进行。向打浆机放漂液时要缓慢进行，加硫酸时，不得将水倒入硫酸中，要把硫酸倒入水中，以防伤人。

（9）清理沉沙沟时，必须停机并拉电闸观赏警告牌后，才可进行作业。用碱液刷洗打浆池时，要戴防护用品，以防碱液溅入皮肤及眼内。

4、精浆机、盘磨机安全规程

（1）开机前与有关工序联系好，检查、开、关好各阀门并退刀后，发出开机信号，然后开机。

（2）在运转中有异声或障碍时，必须立即退刀或停机进行检查。

（3）在运转中断料或遇停电时应立即退刀，不准空运转，禁止给冷水。

（4）停机后关好阀门、退刀。如果停机时间较长，还要冲洗干净。

（5）联轴器要有防护罩。运转中禁止在联轴器旁站立或停留，不得用手摸转轴。

（6）检修和更换刀（磨片）时，先断电源拉电闸挂警告牌，然后作业。

5、水力碎浆（碎纸）机安全规程

（1）开机前，检查防护设施，危险区是否有人作业，发出开机信号才能开机。

（2）碎浆机开动时，不得探身到碎浆机中去，严禁站到碎浆机池壁上和栏杆上进行操作。

（3）往碎浆机落浆板或损（废）纸时，不得站在浆板或损（废）纸堆上面操作，不能让损（废）纸缠住身体或手脚，以防带入碎浆机内。

（4）不能将铁器杂物装入碎浆机，装入碎浆机的浆板或损（废）纸不动时，不准探身用手去推或用脚踩踏，要用竹竿等工具划开。

（5）搬运浆板或损（废）纸时不能抬得过多，行走时注意周围机械和地面。要离碎浆机周围 0.5m 处堆放，堆放高度不得超过 1.5m。

（6）清理沉沙沟及飞刀下杂物时，必须停机进行。

（7）进入水力碎浆机内清理杂物或维修时，必须切断电源，拉电闸挂上警告牌，在有人监护下，才能进行作业。

6、空气压缩机安全规程

（1）压缩机要有专人负责使用及保养。开机前，要检查润滑油，开冷却水出入阀门。确认安全后，才能开机。

（2）压缩空气气缸在充气时，不准超过规定的最高压力，定期排除积水。严禁敲打。

（3）要装有符合要求的压力表、安全阀，并处于灵敏、准确状态，定期校验更换。

(4) 正在运行中的部位，禁止触摸、清洁及加油。

(5) 禁止向灼热的汽缸内突然放入冷水，应待汽缸自然冷却后，才能通入冷却水。

(6) 机器在运转中不得进行任何、修理和紧盘根（迫件）。检修和排出故障必须先断电源拉电闸挂警告牌，排除压力后才能进行作业。

7、长网造纸机安全规程

(1) 铜网工作安全规程

①主轴开机前，必须彻底检查成形网内有无杂物，离合器是否拉开。

②伏辊开动前，必须检查机内确无人工作时，发出信号，然后开动。

③网及网部各辊粘浆时，要用水冲洗或停机处理。严禁用手去掏取。

④物件落在成形网上，严禁用手及物件去钩取，应停机处理。

⑤用蒸汽吹洗成形网时，人不得正对汽管口，并注意周围人员，以免烫伤别人。

⑥用酸碱洗网时，要戴好防护眼镜及胶手套，并注意不要溅在任何人身上，以免烫伤。

⑦在网上面及在走桥上操作时，身上不准带硬杂物，以防跌落损坏网及设备。

⑧成形网运转时，严禁在网面走板跑跳，严禁两人在走板上并行。走台跳板保持干净完好，上面不准摆放任何东西。

⑨在主轴转动中，网部需进行换补铜网及排除故障或检修时，拉开离合器停机，要有专人把闸（电开关）或挂上警告牌，才能进行作业。

⑩撕网边时，必须双脚叉开站稳，由专人把闸，在缓慢速度下进行，使用聚酯网在换网、检修或用有机溶剂洗网时，严禁烟火。严禁用蒸汽、金属丝刷清洗聚酯网网面的油污杂物。使用酸、碱、酒精、煤油及其他有机溶剂洗聚酯网时，严禁烟火及防止酸碱及溶剂溅入眼睛和皮肤伤人。

(2) 聚酯网工作安全规程

①与网子接触部位严禁凹凸不平、倾斜、有尖锐毛刺、砂粒等

②与网子接触的各辊，包括胸辊、伏辊、导网辊等要平行，表面光滑，且其与纸机中心线垂直，各辊转动灵活，不得有缠浆现象。

③网子上好后，将网轻微张紧，并加水润滑运行数圈，上浆后注意调整网张力到正常程度，低速纸机保持在 $3.0 \sim 4.0 \text{ kg/cm}$ ，高、中速纸机的张力保持在 $4.0 \sim 6.0 \text{ kg/cm}$ 。

④聚酯网在开机运行初期会产生自然伸长，其伸长率不大于 1%，运行 1~2 天内，一定要注意随时调整网张力达到要求。

⑤长时间停机，应放松网子。再开机时，应先湿润网子，严禁在无喷淋水情况下干磨。

另外，严禁将网子翻面使用。

⑥在较高车速的纸机上，清晰聚酯网要有摆动高压水冲洗装置。喷水管应喷头朝上，使得水中杂质堵塞喷头的机会显著降低，且减少了因水流冲击摩擦面而增加单线细纤维化的机会。

⑦网子停止运转时，应立即关闭喷淋水，车速小于 400m/min 时，喷嘴可垂直冲洗网子，但纸机速度在 600m/min 以上时，应把喷水管朝网子运行方向转动，产生小于 90° 的喷射角。

⑧当网子脱水不好时，可停机用 10% 的碱液或 5%~10% 的酸液用软毛刷或尼龙刷刷洗，洗毕再用清水彻底清洗干净，严禁用高压蒸汽冲洗网子或用金属刷子刷网。

（3）压榨工作安全规程

①主轴开动前，检查毛毯内有无杂物，离合器是否拉开。

②压榨辊开动前，检查毛毯区确认无人工作时，发出开机信号，才能开机。

③毛毯打褶或跑偏时，不得将身探入毛毯里去处理，要在毛毯出口处拉，如严重打褶要停机处理。

④撕、反毛毯时，必须双脚叉开站稳，由专人把电闸开关，缓慢速度下进行，把闸人要注意撕反毛毯情况，密切配合。

⑤毛毯及其导辊有浆团或污物时，应用水冲，不准用手去掏取，必要时应停机处理。

⑥洗毛毯及冲浆团污物时，胶管口与毛毯应保持 0.4m 以上的距离，胶管不得缠在手上。

⑦在运转中不得往毛毯辊上垫纸或布，必要时采取安全措施。

⑧运转中不得从转动侧调节导辊或伸手牵引纸，必须在操作侧进行。各辊入口处不得用手摸或清理纸渣杂物等，必要时适当停机处理。

⑨在运转中，任何人不能坐在跳板上或栏杆上吗，在走桥上操作时，身上不得带硬杂物。

⑩不准用不能固定的物件代替压铤，挂卸压铤时要轻取轻放，并且两边一致。不准用脚踩刮刀。用碱洗毛毯时，要戴防护眼镜及胶手套，并注意周围人员，防止溅在身上。主轴在运转中，需停机进行缝补、更换毛毯或检修，处理事故时，要有专人把闸（电开关）或挂上警告牌，才能进行作业。

8、干燥部工作安全规程

（1）主轴开动前，必须检查烘缸各部有无杂物，离合器是否拉开。烘缸传动点开动前，须检查烘缸各危险区周围有无作业，发出开机信号，然后启动。开启进汽总阀门前，必须先与供汽部门联系好，排除管内冷凝水，然后站在阀门侧面缓慢开启阀门，不得一次开大。烘缸气压不得超过规定的限度，严禁撞击烘缸。

(2) 总进汽阀门前后要装有压力表，阀门后装有安全阀。安全阀和压力表必须灵敏准确可靠，定期校验。各烘缸的排水阀要经常打开，保证冷凝水正常排出不携带硬杂物操作，不允许用手摸运转中的各缸及各辊入口，不允许用手拍打运转中帆布的入口。

(3) 人工向烘缸递纸时，手不得伸入辊、缸面的入口，要保持一定的距离。

引纸绳在运转中脱轮时，须停机处理。运转中，严禁在传动侧侧齿轮间去引纸或处理损纸。

(4) 纸断头时间过长，虽然不停机，也应按照具体情况减低缸内气压，以免发生危险。烘缸气压达到限定压力，纸面的水分仍达不到要求时，应停汽检查。运转中清扫刮刀时，需将刮刀拉起，刮刀塞纸时，需用风吹，必要时停机处理。停机后把排汽阀门打开。

(5) 压光机各辊入口应设有防护装置。人工引纸时，两脚要站稳，一手抓牢铁架，一手递纸，纸头露出 0.10m 以上，看准压辊缝隙将纸送入，要注意距离。

(6) 清理压光辊面的粘污物及纸页时，严禁用手去剥，要集中精神，在辊的出口处用铲刀慢速或停机处理。往卷纸机递纸时，必须站在卷纸机左侧，手不能接近卷纸，保持一定的距离。纸辊初卷时，禁止用手去摸。运转中，不准用手去清理缸面、辊的纸渣、纸绒、废纸和其他杂物，要用风吹，严重时停机处理。利用停机间隙，常清楚缸面、辊面及底沟的纸毛。

(7)、吊纸辊时，注意轴头两边的铁环，不得触碰他物，不得用力摆动，不得上下左右同时使用，不得悬空停留，下面禁止有人站立和通行。吊纸完毕，要把链钩吊担升高于 2m 处，停于不影响通行的位置。没有卡箍的卷纸辊禁止使用，卡箍螺丝不准凸出外面。

(8) 凡检修、换毛毯或处理事故等需停机时，要拉开离合器，要有专人把闸（电开关）或挂上警告牌，才能进行工作。

(9) 如进入烘缸内工作时，还必须关闭进汽阀门或用盲板堵塞，阀门尚挂警告牌，外面有人监护下，带烘缸泄压和冷却到 50℃ 以下时，才能进行作业。烘缸在运转中，如生产需要下烘缸底沟或地坑时，要报告班长，经同意并有人监护下，把衣服整理好，戴好工作帽，确认无毒气后才能下去作业。

(10) 在危险区（如表面施胶机、纸机水力碎浆机等）要设置牢固的安全防护栏杆。运转中必须将卷取栏杆档好，不准探身或脚往水力碎浆机内推送损纸，要用竹竿推送。油泵房内不准明火，不准堆放易燃物品和杂物。要通风，不使室温过高，以防火灾。吸烟者按指定的地点吸烟。

9、短长网造纸机安全规程

(1) 主轴开动前, 检查全部机械及危险区是否有人工作, 离合器是否拉开, 发出开机信号, 待人离开危险区后, 然后开动主轴马达。

(2) 各部开动前, 必须检查本部机内确无人工作时, 发出信号, 才能合闸开动。工作时, 不得戴手链、打领带, 项链不得坠出外面, 上纸机走台工作时, 还不得携带手表、墨水笔、刀子、钥匙等硬杂物。

(3) 成性网、毛毯及其各辊粘有浆团或污物时, 要用水冲, 严禁用手掏取。严重时应停机处理。物件落到网或毛毯上时, 禁止用手拾取, 需停机处理。用汽吹成形网时, 汽管口不得正对人, 以免烫伤。

(4) 用酸、碱洗网和毛毯时, 要戴防护眼镜、胶手套等防护用品, 注意周围的人员, 以防溅在人身上。用胶管洗毛毯时, 胶管口与毛毯必须保持 0.4m 以上的距离。胶管不得缠在手上。

(5) 毛毯打褶和跑偏时, 不得将身体深入毛毯里处理, 要在毛毯出口处拉, 严重时, 需停机处理。撕网边及撕、反毛布时, 必须双脚叉开站稳, 由专人把闸, 缓慢速度下进行, 把闸人要注意撕边反毛毯情况, 密切配合。

(6) 转动加压手轮, 不要转得太快, 加压铤必须平衡。不得用不能固定的物体代替压铤。开进汽阀门时, 先排除管内冷凝水, 然后站在阀门侧面缓慢开启。不得一次开大。烘缸气压不得超过规定限度, 一般不超过 300KPa。严禁撞击烘缸。

(7) 烘缸的排水阀门要经常打开, 保证冷凝水正常排出。总进气阀门前后, 要装有气压表, 阀门后要装有安全阀。安全阀和气压表必须灵敏准确, 定期校验。烘缸及刮刀积有污物纸绒等杂物时, 不准用手或铁丝等物去钩, 必要时停机处理。

(8) 纸断头时间过长, 虽然不停机, 也应按照具体情况减低缸内气压, 以免发生危险。带纸到下缸时, 要站在下缸操作侧面, 五指合拢在光压辊颈部穿过, 手指方向在烘缸外面。往卷纸机递纸时, 必须站在卷纸机操作侧, 手不能接近纸卷。纸辊初卷时, 禁止用手去摸。

(9) 烘缸气压达到限定压力, 纸页的水分达不到要求, 应停汽检查。吊纸辊时, 注意轴头两边的铁环, 不得碰撞他物, 不得上下左右同时使用, 不得悬空停留, 下面严禁有人站立和通行。吊纸完毕, 要把链钩吊担升到高于 2m 处, 停于不影响通行的位置。

(10) 没有卡箍的卷纸辊禁止使用, 卡箍螺丝不准凸出外面。换补通网、毛毯或检修时, 应切断电源, 拉电闸挂上警告牌。如局部停机, 则拉开停机部分的离合器, 并有专人看守把闸(电开关)或挂上警告牌, 才能进行作业。吸烟者按指定的地点吸烟。

10、圆网造纸机安全规程

(1) 开机前, 全面检查各部位是否正常, 网槽及毛毯内有无杂物, 危险区是否有人工作, 发出开机信号, 然后才能开机。

(2) 用胶管洗毛毯时, 胶管口与毛毯必须保持 0.4m 以上距离。胶管不得缠在手上。物件跌落在网槽或毛毯上时, 不得用手拾取, 必要时停机处理。成形网、毛毯及其各辊粘有纸浆污物时, 要用水冲, 不准用手掏取, 必要时停机处理。

(3) 毛毯打褶或走偏时, 不得将身探入毛毯里处理, 要在毛毯辊出口处拉, 严重时停机处理。撕、反毛布时, 必须双脚叉开站稳, 由专人把闸, 缓慢速度下进行, 把闸人要注意撕、反毛毯情况, 密切配合。

(4) 用汽洗网笼时, 注意关口不得正对别人或对向人行走的地方, 以免烫伤人。用酸、碱洗成形网或毛毯时, 要戴好防护用品, 并注意不啊哟溅在自己或别人身上。转动加压手铊时, 不得转得太快, 两边加压必须平衡。不得用不能固定的物体替代压铊。

(5) 开进汽阀门前后, 要装有压力表, 阀门后要装有安全阀。安全阀和压力表必须灵敏准确, 定期校验。开进汽阀门时, 线排除冷凝水, 站在阀门侧面缓慢进行, 不得一次开大。

(6) 烘缸气压不得超过规定的限度, 一般不超过 300KPa, 不准撞击烘缸。烘缸的排水阀门要经常打开, 保证冷凝水正常排出。烘缸及刮刀积有污物时, 不准用手和铁丝等物钩取, 必要时停机处理。

(7) 工作时不得戴手链、项链(坠出外面)、领带等硬杂物。纸断头时间过长, 虽然不停机, 也应按照具体情况减低缸内气压, 以免发生危险。带纸下缸时, 要站在下缸操作侧面, 五指合拢在压光辊颈部穿过, 手指方向在烘缸外面。

(8) 往卷纸机递纸时, 必须站在卷纸机操作侧, 手不能接近纸卷。纸辊初卷时, 禁止用手去摸。

(9) 吊纸辊时, 注意轴头两边的铁环, 不得碰撞他物, 不得扭劲摆动, 不得上下左右同时使用, 不得悬空停留, 下面严禁有人站立和通行。吊纸完毕, 要把链钩吊担升到高于 2m 处, 停于不影响通行的位置。没有卡箍的卷纸辊禁止使用, 卡箍螺丝不准凸出外面。

(10) 烘缸气压达到限定压力, 但纸页的水分过高时, 应停汽检查。换网笼、毛毯或检修时, 应切断电源, 拉电闸挂上警告牌, 才能进行作业。吸烟者按指定的地点吸烟。

11、切纸工作安全规程

(1) 吊运纸辊时, 注意两边铁环, 不得碰撞他物, 不得扭劲摆动, 不得上下左右同时使用, 不得悬空停留, 不准从制辊下面通行或停留。吊纸完毕, 要将链钩吊担升高于不影响

通行的位置。

(2) 调整纸的方正时，必须停机进行。往引纸花辊递纸时，必须将手握成拳形，手与引纸花辊保持一定距离（0.1m 以上）。手不准接近各辊的入口处。

(3) 切纸时中部掉纸，必须将纸撕斜随其他纸带入辊内，不准用手续（递）纸。纸缠住圆刀或缠住引纸花辊卡住长刀时，必须停机处理。如纸条被带到圆刀前时，必须从圆刀的出口处用钩取下或停机处理，禁止直接用手取下。

(4) 纸边进入底刀或木板上时，必须停机处理，切纸机运转中，不准从横到（长刀）内向外取纸，运转中，不准修理圆刀，手不准接触角带、齿轮、辊轴及圆刀。

(5) 必须在规定的地方上下切纸机，不准踩踏轴头或轴瓦。引纸皮带严重跑偏或扭乱时，应停机处理。

(6) 修、换、校刀时必须切断电源拉电闸挂上警告牌才能进行。操作者要戴手套。负责转刀辊的人必须精神集中。

(7) 现场严禁烟火，吸烟者在指定地点吸烟。

12、包装打件工作安全规程

（包括电动、液压打包机、包装、封头机）

(1) 打件机的压力不得超过规定限度或安装限位机。

(2) 打件递铁丝或钢带时，对方不准蹲下看，以防刺伤眼睛。铁丝头必须向里，不得外露。秃牙的钳子不准使用。

(3) 在加压或起压时，专责人员不得擅自离开岗位去做其他工作。

(4) 压件时手脚不得进入升降压板内，以防压伤。

(5) 因操作需进入机内时，应要有人监护，并注意上顶板，以免碰伤头部。

(6) 卷筒包装时，不准站在包装机辊子上，包装时从一边递入包装纸，打褶停开机要联系好。

(7) 使用封头机时，注意不啊哟夹、烫、挤、压伤手脚。

(8) 刷水玻璃和开启水玻璃桶时，必须戴防护眼镜。

(9) 检修或排除故障时，必须切断电源拉电闸挂上警告牌，然后才能作业。

(10) 现场严禁烟火，吸烟者在指定地点吸烟。

13、复卷机安全规程

(1) 吊运纸辊时，注意两边铁环，不得碰撞他物，不得扭劲摆动，不得上下左右同时使用，不得悬空停留，下面严禁通行或停留。吊纸完毕，吊担要停放在不影响通行的位置。

(2) 开机前，必须检查防护装置是否齐全，危险区有无人作业，发出开机信号，然后开机。往复卷机递纸时，纸头要长，打底禁止开快车。接纸头时，脚不得踩在辊子上，纸辊直径在 0.3m 以下，禁止用手触摸。

(3) 安全挡板，要在开车后立即挡好。运转中，严禁用手处理圆刀上纸条或接近圆刀。必要时须用竹枝（刀）排除纸边碎纸或停机处理。

(4) 纸条缠住两辊头时，不准直接用手处理，应在机外用工具取下或停机处理。

(5) 复卷过程中发现纸病时，不准在复卷机前面打纸，要在后面进行。抬轴杠卸轴瓦时，必须拿稳，抽周杠时，要注意后面不要碰伤人。

(6) 卸纸落机时，任何人不准站在纸卷的正前方，最好在纸卷正前方下面放垫肩。

(7) 如第一次卸纸不成功，不准用人体在后面推卸，要在纸卷后面垫上木楔，然后用工具在后面顶卸。没有轴杠的复卷机在运转时，正面不准站人，正面必须放木楔。不准两人使用竹签对扒纸辊。

(8) 运转中的部件入口处，特别是双托辊（底辊）、纸卷、刀辊等的入口处，严禁用手触摸在该处排除他物或作调整作业。设备在运行中，不准戴手套检查。严禁在转动辊中做任何紧固工作。

(9) 放刀辊时，手不能离开手轮，应缓慢放下。纸卷堆垛，底层最外纸卷外侧必须垫三角木，防止纸卷滚动。纸卷叠堆不得超过 3 层，拆堆时，必须从上到下。

(10) 检修时，先断电源拉电闸挂上警告牌，然后进行作业。现场严禁烟火，吸烟者在指定的地点吸烟。

14、超级压光机安全规程

(1) 开机前，检查转动部位及危险区有无人和物，防护装置是否齐全，发出开机信号，才能开动机器。

(2) 吊纸上落纸架时，要注意轴头两边铁环，不得碰撞他物，不得扭摆，不得上下左右同时使用，不得悬空停留，下面不得通行或逗留。吊纸完毕，吊担放在不影响操作和通行的位置。

(3) 向压辊递纸时，纸头露出 0.1m 以上，看准压辊缝隙将纸送入，并在慢速下进行。纸缠住压辊时，严禁用手去剥，要集中精神，用铲刀在压辊出口处开慢车处理。

(4) 操作台上升后，不准在操作台下停留。工作台下降时，要发出信号。如需进入操作台地下工作时，必须做好联系，做好防护措施，在有人监护下进行作业。

(5) 各种仪表必须灵敏准确，定期检查和校验，遇突然停电，必须立即拉开电门、卸

压、关闭进汽、水阀门。待有电时，按开机程序开机。

(6) 检修及换纸粕辊时，应切断电源，拉电闸，关闭进汽、水阀门，挂上警告牌，然后进行作业。

(7) 补助那两人使用竹签对扒纸辊。正常停机时，关闭进汽、水阀门，卸压，清洁，吊起压辊，断电源。纸卷堆垛，底层最外纸卷外侧必须垫三角木，防止纸卷滚动。纸卷叠堆不得超过3层。拆堆时，必须从上到下。

(8) 现场严禁烟火，吸烟者在指定的地点吸烟。

15、桥式吊车安全规程

(1) 专职吊车司机必须经过专门训练，取得驾驶证后，才可驾驶吊车。开车吊运重物前，必须对吊车个机构进行检查，空车试运转，正常后才可进行起吊工作。吊车必须表明起重额定负荷。在起吊操作时，司机要集中精神，留意占地面积的任何物，留意指挥的手势和信号，每次起吊必须发车警告信号，但在工作进行中，突然听到紧急停止信号时，应立即执行。不得提升超过起重机额定载荷的物件。如要提升接近额定负荷的物件时，应先考虑制动器能否有效制动，以保安全。

(2) 严禁用吊具倾斜拉重物或斜吊，不得拉拔埋在地下的物件。起吊时，要先点动试吊后，才慢慢起吊，要平稳、缓起缓放，避免扭动摇摆，并注意起吊上升的高度。

(3) 吊运工作时，必须沿着安全道行走，不得在地面人员头顶越过。如必须经过人员头顶时，应注意起吊上升的高度。在正常操作下，禁止使用限位开关作为开关使用，禁止利用电动突然翻转作为机械制动（只在极其危险时，才允许使用）。

(4) 吊运物件要找重心，绑定捆牢，如锋利物件，要加垫物以防割断绳索，将与连接被吊物件脱离后，才能起吊。吊运物件时，严禁人员站在物件上或以人作为平衡物件，禁止人员在吊起物件下面工作、通行或逗留。

(5) 行车进行中，车未停定，不准开倒车，以防发生事故（但在即将发生碰撞的危险时，可用倒车刹车）。驾驶时，驾驶员两手不得离开操作盘或手把，禁止把物件悬吊在空中离开驾驶室或做其他工作。

(6) 禁止上下左右前后同时使用。如遇突然停电，要立即把各控制器转到“0”位，待供电正常后，继续进行工作。吊车进行工作。吊车在工作中，禁止进行检修、加油、擦拭、紧固和修理工作。

(7) 如果指挥人员发出错误信号或吊运超极限起重量时，驾驶员有权拒绝执行，提出纠正意见，以确保安全。严禁拆除限制器、缓冲器等保险装置。吊车进行检修时，地面要做

危险标志，工作完毕，要认真检查吊机上有无遗留工具杂物。

(8) 吊车铁轨的两端要装接地电线，以防漏电。铁轨两端应装在距离停车后完全停止运行处 0.2m 的位置，并装有上限安全装置。

(9) 吊运停止使用时，要停在上落梯边，吊钩要升到高于 2m 处，并将全部电门拉开。

(10) 龙门吊机应当有夹轨钳，以增加其稳定性，在起吊行进时，要注意吊机两道铁轨上有无人和物。要做好润滑和清洁工作。定期检查保养并做负荷试验。

16、卫生纸加工机械圆锯在使用中需采取的安全防护措施

某些切纸工在切纸头时，手指距离圆锯只有 2cm，且纸软很容易锯到手。经安全人员研究，提出制作一上半圆活动、下半圆固定的管子，使用纸辊放于下半圆，上半圆盖住。再经改进，只用一挡板代替、操作时，手扶着挡板，不会造成因手滑而导致的事故。

17、削木机操作注意事项

削木机每次开机前必须检查飞刀有无裂纹，严禁在有裂纹的情况下坚持使用。金属裂纹处是受力最差的部位，也是最容易发生断裂的部位，飞刀上有裂纹，一旦断裂，断片卡在密闭的壳体中，飞刀盘高速运转，会造成重大设备和人身事故。

18、起重机械操作注意事项

造纸行业中使用的起重机械有塔吊、电动葫芦、行吊，发生事故较多，应特别注意如下几点。

(1) 每班第一次吊运货物时，应先将物体吊离地面 50mm，然后缓慢下降，试验制动器是否正常，只有在确定无问题的情况下，才能开始作业。

(2) 吊运较重的物体，液体金属，易燃、易爆及危险品时，必须先缓慢地吊离地面 100~200mm，观察制动器是否正常。

(3) 吊运货物时，不得从人头顶越过，货物上也不准站人。如必须越过障碍物时，必须高于地面物件 50mm 以上，空车行走时，吊钩及吊索必须悬挂上面，其高度应超过人的高度。

(4) 起重机不允许超负荷使用，对重量估计不清的物件，可先进行试吊，确认物件重量不超过额定载荷，才能进行作业。

(5) 起重机对下列情况下的物件禁止起吊：重量不清；信号不明；捆绑不牢；歪拉；斜吊买入地下或凝（冻）在地面的物件；被吊物上有人或有物；没有安全保护措施的易燃、易爆和危险品；过满液体；与车辆或货物相勾连的物体。

(6) 起重机在操作时，应使货物减少摇动，也不允许起重机吊着货物在空中长时间停

止。卷筒上的钢丝绳不可全部放尽，应保留两圈以上的安全绳，以防止钢丝绳的末端松脱。

第五节 本节课程思政内容

本节主要介绍了压力容器和机电设备的基本知识，包括压力容器的分类和操作运行安全；机电设备的转动、漏电、触电及保护措施等。所涉及的思政内容包括遵纪守法、职业操守和工匠精神等。

（1）遵纪守法：通过本章节内容的学习，了解造纸企业压力容器种类及安全使用要求；机电设备的危险性及防护措施等。在实际工作中，要严格遵守压力容器和机电设备的操作规程，避免操作失误引起爆炸和电气伤害等重大事故，做遵纪守法的好公民。

（2）职业操守：通过本章节内容的学习，要熟练掌握压力容器和机电设备的操作要求，努力学习相关的专业理论知识，业务精湛，爱岗敬业，诚实守信。

案例一 河北先进造纸厂蒸球爆炸事件

【事故概况】

2020年11月4日14时05分，河北省邯郸市磁县磁州镇先进造纸厂发生一起压力容器（反应容器）爆炸的严重事故，造成2人死亡，直接经济损失18万元，间接经济损失20万元。该厂共有4台蒸球，1#蒸球和2#蒸球在1#蒸球房由3#锅炉母管供汽。当时发生爆炸后蒸球全部毁坏，1#蒸球房全部倒塌，蒸球房南面造纸车间中间一段约10m倒塌，里面的造纸设备损坏，蒸球房北面的造纸车间南墙受喷出的纸浆等冲击向北倾斜约30°，南面造纸车间内的2名工人被倒塌的房梁砸伤，其中1人当场死亡，另1人经医院抢救2.5h后死亡。

【事故分析与结论】

1、1#蒸球的爆破口呈不规则椭圆形，强度严重不足，不能承受介质压力及支撑应力，这是该蒸球发生爆炸的直接原因。

2、该蒸球爆破部分严重腐蚀，整个球体内表面腐蚀不均匀。

3、1#蒸球在爆炸前，现爆破处可能已经鼓包或变形，只是未被发现，仍继续运行，终至发生爆炸。

4、1#蒸球房爆炸的间接原因是管理混乱，表现在：

（1）4台蒸球均未按国家规定到锅炉压力容器安全监察机构办理注册登记，取得使用

证书，属无证非法运行。

(2) 1#蒸球在发现腐蚀严重后，擅自由没有压力容器修理改造资格的磁县制锹厂进行改造，事先未经改造方案审批。

(3) 4 台蒸球都未按规定进行定期检修。

(4) 所有压力容器操作工人，均未经培训考核取得锅炉压力容器监察机构颁发的资格证书，无证上岗，技术水平低。

(5) 安全生产管理制度不健全。

5、不接受锅炉压力容器安全监察机构监督检查。

【事故防范措施】

(1) 配齐国家有关锅炉压力容器安全的法规规章和有关及时资料，组织全厂干部、工人认真学习并贯彻落实。

(2) 进一步修订健全锅炉压力容器的安全管理制度完善的运行记录表格，并从上到下坚决执行。

(3)、立即补办尚未注册登记的压力容器的注册登记手续，取得使用证，否则不能继续运行。今后全厂的锅炉压力容器均应及时按国家规定，主动向市县锅炉压力容器安全监察机构申报，按时进行定期检验。

(4) 全厂的锅炉压力容器操作工人必须经过培训考核，缺德市质量技术监督局颁发的资格证书持证上岗，无证人员不能独立操作锅炉压力容器。

(5) 接受市县锅炉压力容器安全监察机构的监督检查，对提出的意见认真进行整改，确保锅炉压力容器安全运行。

案例二 广州某造纸厂 2005 年设备事故汇总

【事故概况】

设备事故是人们所不希望发生的一种事件，但在生产过程中却隐藏着许多因素可能导致设备事故发生。2005 年由于人为操作失误或检查不周、责任心不强等原因，造成广州某造纸厂共发生 19 宗设备事故，事故基本情况见表 2-3。

表 2-3 2005 年设备事故汇总

| 编号 | 单位 | 工段 | 基本情况 |
|----|------|------|--|
| 1 | 造纸分厂 | 8#纸机 | 事故名称：8#纸机中心辊刮刀造成停机。2005 年 2 月 21 日上午，8#纸机开机后吸移辊吸纸过来，中心辊刮刀马上飞纸，停机更换厚度刮刀片。主要由于员工未注意刮刀的统一管理，刮刀片厚度不一 |

| | | | |
|---|------|---------|--|
| | | | 致，另外，维修后有关人员验收不周，造成整条生产线停机 4h。 |
| 2 | 造纸分厂 | 8#纸机 | 事故名称：8#纸机三压下沟纹辊垫块安装错误，造成停机，延时开机。2005 年 9 月 5 日，更换三压下沟纹辊，因在回装沟纹辊的过程中，将沟纹辊操作侧垫块反转安装，造成停机，延时开机。主要是由于员工安装责任心不强引起。 |
| 3 | 造纸分厂 | 5#纸机 | 事故名称：上浆泵电击烧毁事故。2005 年 6 月 6 日 19 时，5#纸机生产工人发现上浆泵跳闸，经检查为电机已烧，但更换备品西门子电击后仍不能正常使用，又更换了电机，延误了大量时间。由于人员在巡检过程中未发现电击隐患，更换电击过程中，对电机地窖螺丝孔眼测绘错误，造成了长时间停机损失。 |
| 4 | 制浆分厂 | 120t 脱墨 | 事故名称：120t 脱墨线粗渣洗鼓减速机问题。2005 年 9 月 4 日 17 时 20 分，生产人员发现粗渣洗鼓摆线针轮减速机机壳爆裂无法使用而停机处理抢修。主要是工人在巡检时未发现轴承失油引起。 |
| 5 | 制浆分厂 | 250t 脱墨 | 事故名称：250t 脱墨板式运输机备品质量问题。2005 年 8 月 8 日，因板式运输机导轨磨损而停机抢修，主要是由于技术人员未发现备品质量有问题引起，造成停机 5h30min。 |
| 6 | 制浆分厂 | 205t 脱墨 | 事故名称：205t 脱墨线板式运输机断链。2005 年 5 月 13 日 12 时，板式运输机发生断链事故，南链条在回程接近主动轮的机架横梁处断开，北链条在回程斜坡断中部断开。链节、鳞板变形严重。由于技术人员未对发现的设备缺陷仔细检查，工人也不知道如何检查链条等，造成停机事故。 |
| 7 | 制浆分厂 | 4#汽轮机 | 事故名称：蒸汽管道水冲击。2005 年 3 月 11 日 16 时 20 分供汽准备由原 3.9MPa 蒸汽转 1.6MPa 蒸汽运行，并对 1.6MPa 连通管道进行输水、暖管，约 10min，1,6MPa 蒸汽管道供给 4#汽机发生水冲击，造成近 4#汽机东门外两个汽管支架脱离，另两个支架松动。主要是由于操作人员没有填写操作表，并与其他人员沟通不够造成事故。 |
| 8 | 原木车间 | 调木 | 事故名称：3#装载机跌落浸渍池。2005 年 6 月 26 日，由于一位员工无证驾驶，而且技术上不熟练，在倒车过程中装载机跌落浸渍池，造成装载机严重损坏。 |
| 9 | 机制车间 | 车机 | 事故名称：8#纸机一压真空辊镶套加工错误。2005 年 7 月 29 日，车机班在加工 8#纸机一条一压真空辊传动侧轴头镶套时，车工在车削轴头时车长了 22mm，与图纸不符，造成加工损失。主要是由于员工粗心大意。看错图纸造成。 |

【事故分析】

从表 3-3 可以看出，发生设备事故主要有连个原因。一是由于员工的不安全行为造成的。员工的责任心不强，对设备的技术性能不熟悉，对设备的安全性能认识不足。例如：2005 年 9 月 4 日，120t 脱墨线粗渣洗鼓减速机机壳爆裂无法使用，迫使 120t 脱墨线停机更换，检查发现是由于减速机油位低，轴承失油明显引起设备损坏。车间每个工段设备都有专人负责巡检和加油，为什么还会出现设备失油现象呢？这归根结底还是人的责任心问题。过去其

他车间都曾发生过几次因设备失油造成的设备事故，每次事故后，总是在整个维修系统强调设备加油的重要性和注意事项，但往往过一段时间后，又重复发生类似事件。又例如，制浆分厂 205t 脱墨线板式运输机链条，由于员工巡检不到位，没有发现鳞板磨损严重。在 2005 年 4 月 22 日发生断链事故。但此事没有引起员工重视，在同年 5 月 13 日又发生断链事故，大大影响了整条线的生产。分析事故的过程发现，最终造成涉笔事故而影响生产。二是由于违章和个人不注意或工作时精力不集中造成的。例如装载机跌落浸渍池和车工加工车削轴头发生错误的事故就是明显的例子。

【事故原因】

- (1) 员工“安全第一”的思想不牢固。
- (2) 管理不严。
- (3) 作风不扎实。在对待安全问题上，工作松懈，扎扎实实的具体日常工作洛书不够，现场检查、巡检走过场。
- (4) 布里偶遇安全的心理作用，促成了事故的发生。

通过分析发现，事故的发生与违章者的不良心理有关，认为事故绝大多数是在心理作用的支配下发生的。意识侥幸心理认为设备不会出事故，结果往往适得其反。而是麻痹心理，有的明明知道个人行为是违章的，有导致事故发货所能的危险，但抱着撞大运思想，结果导致事故。有的度对违章能引起事故持怀疑态度，自觉地区创造不安全条件，进行违章作业，导致事故发生。三是习惯心理，有的不顾设备、工艺多变的场所和条件，沿袭原有习惯性活动方式，把领导的教育当作“耳旁风”，表面上答应照办，领导不在场时走过场，久而久之，导致事故发生。

第三章 造纸危险化学品安全与防护

造纸工业使用的危险化学品在一定的外界条件下是安全的,但当其受到某些因素的影响时,可能会发生燃烧、爆炸、中毒等严重事故,给人们的生命财产造成重大损失,因此,人们应该清楚地认识这些危险化学品,了解其类别、性质及其危害性,并应用相应的技术手段进行有效地防范和管理。

第一节 危险化学品概述

一、化学品的危险性

化学品的危险性分为物理化学危险、生物危险和环境危险三大类,各类别的基本特征如下。

1、物理化学危险

(1) 爆炸性危险 根据危险物品运输的国际标准,爆炸性是指物质或制剂在明火的影响下或是对震动或摩擦比二硝基苯更敏感时产生爆炸,以二硝基苯为标准参考基。工业爆炸中的能源最常见的是化学反应,有时机械能或原子能的释放同样会引起爆炸。

任何易燃的粉尘、蒸汽或气体,与空气或其他助燃剂混合,在适当条件下点火会产生爆炸。能够引起爆炸的可燃物质有:可燃固体、易燃液体的蒸汽、易燃气体。

可燃物爆炸的三要素:可燃物质、空气或任何其他助燃剂、火源或高于着火点的温度。

(2) 氧化性危险 氧化性是指物质或制剂与其它物质,特别是易燃物质接触时产生强的放热反应。根据氧化物质的作用不同可将其分为中性物质、碱性物质和酸性物质三大类。

很多氧化剂都是高毒性化合物。但是它们对生物的作用不尽相同,有些是刺激性气体,如二氧化氯,甚至是窒息性气体,如氯气等。所有的刺激性气体,尽管其物理性质和化学性质不同,但是若与其直接接触一般都会引起细胞组织表层的炎症,甚至有些可以造成皮肤的灼伤。氧化性物质具有助燃的作用,而且还会增加燃烧的强度。无助燃作用的氧化性物质,由于氧化反应的放热特征,反应热会使接触物质过热,也会增加燃烧的强度,而且各种反应副产物往往比各种氧化剂本身更具有毒性。

(3) 易燃性危险 易燃性危险可根据其易燃程度的不同分为极度易燃性、高度易燃性和易燃性三个危险类别。极度易燃性是指闪点低于 0℃、沸点低于或等于 35℃的物质或制剂。甲醛或乙醚就属于这种物质。高度易燃性是指无需能量、与常温空气接触就能变热起火

的物质或制剂。这个危险类别包括与火源短暂接触就能起火，火源移去后仍能继续燃烧的物质；闪点低于 21℃ 的液体物质；通常压力下继续燃烧的易燃固体，如氢氧化物。易燃性是指某些液态物质和经过摩擦、吸湿等自发的化学变化或加工过程中有着火趋势的非液态物质，由于燃烧剧烈而持续，以致会对人体和环境造成危害的特性。

鉴别物质易燃性的方法是测定其闪点，根据闪点来确定其危险类别。

2、生物危险

(1) 毒性危险 毒性危险能够引起急性或慢性中毒甚至致死，在毒理学中通常用实验动物的半致死剂量表征。毒性反应的大小很大程度上取决于物质与生物系统接触部位反应生成的化学键类型。

有些化合物的毒性与其成分、结构和性质有密切的关系。如卤素原子引入有机分子几乎总是伴随着有机物毒性的增加，多键的引入也会增加物质的毒性。硝基、亚硝基或氨基基团引入分子会剧烈改变化学物的毒性。

(2) 腐蚀性和刺激性危险 腐蚀性物质既不代表有共同的结构、化学和反应特征的化学物质的种类，也不代表有共同用途的一类物质。而是属于能够严重损伤活性细胞组织的一类物质。虽然腐蚀性作用常引起深层损伤结果，刺激性一般只有浅表特征，但是两者之间是没有明显界限的。

(3) 致癌性和致变性危险 致癌性是指一些物质通过呼吸、饮食或皮肤注射进入体会诱发癌症或增加癌变的危险。1987 年国际癌症研究机构制定的一份文件宣布有 26 种物质已经被确认具有致癌作用。随后又有 22 种物质被确认有致癌作用。目前人们对致癌机理的认识和研究还不够清楚、全面，还不能建立起符合科学论证的管理系统。但是对于物质的总毒性，是可以测出一个实际浓度水平的。在此浓度水平之下，物质不再显示出致癌作用。对于某些致癌物质，已经建立了剂量-反应曲线图。这说明对于所有的致癌物质都会有一个足够低但是非零的浓度水平。此外，动物实验结果与对人体作用间的换算目前还没有得到科学的解决。

致变性是指一些物质可以诱发生物活性，致变性又称变异性。对于具体物质诱发的生物活性类型，目前还无法确定。受致癌性影响的若是人或动物的生殖细胞，受害个体的正常功能会有不同程度的变化，若是躯体细胞，可诱发癌变。前者为生物变异，可遗传给后代，后者是躯体变异，会影响个体的一生。

3、环境危险

工业中有关的环境危险主要是水质污染和大气污染，也有一些是土壤污染，是指物质在

水或空气中的浓度超过正常的剂量，进而危害人或动物的健康。

环境危险是一个不确定的综合概念，往往是物理化学危险和生物危险的聚结，并通过生物或非生物降解达到平衡。

二、危险化学品的定义和分类

1、危险化学品的定义

危险品是指具有爆炸、易燃、毒害、感染、腐蚀、放射性等危险特性，在运输、储存、生产、经营、使用和处置中，容易造成人身伤亡、财产损毁或环境污染而需要特别防护的物质和物品。若此类物质是化学品，则称为危险化学品。

2、危险化学品的分类

危险化学品的种类繁多，性质各异，危险程度也各不相同。对危险化学品进行分类是危险化学品管理的技术基础，对危险化学品的包装、运输、储存及减少事故等都有极大的作用，按照《危险货物分类和品名编号》（GB6944-2012）的规定，危险化学品分为以下 9 大类：

（1）爆炸品 这类危险化学品是指在外界作用下（如撞击），能发生剧烈的化学反应，瞬时产生大量的热量和气体，使周围的压力急剧上升而产生爆炸，进而对周围的环境产生破坏，也包括无整体爆炸危险，但是具有燃烧、迸射及较小爆炸危险，或者仅产生光、热、电等一种或几种作用的物品。

此类危险品根据其危险性可分为 6 种类型：①具有整体性爆炸危险的物质和物品；②具有迸射危险，但无整体爆炸危险的物质；③具有燃烧的危险并有局部爆炸危险或局部迸射危险或这两种危险都有，但无整体爆炸危险的物质或物品；④不呈现重大危险的物质或物品。包括运输中万一点燃或引发时仅造成较小危险的物质或物品，其影响主要限于包件本身，并预计射出的碎片不大、射程也不远，外部火烧不会引起包件几乎全部内装物的瞬间爆炸；⑤有整体爆炸危险的非常不敏感的物质。包括具有整体爆炸危险性、但非常不敏感，以致在正常运输条件下引发或由燃烧转为爆炸的可能性极小的物质。但如果船舱内装有大量本项物质时，由燃烧转为爆炸的可能性也较大；⑥无整体爆炸危险的极端不敏感物品。包括仅含有极不敏感爆炸物质、并且其意外引发爆炸或传播的概率可忽略不计的物品，其危险性仅限于单个物品的爆炸。

（2）气体 指在 50℃时，蒸汽压力大于 300kPa 的物质及 20℃时在 101.3kPa 标准压力下完全是气态的物质。包括压缩气体、液化气体、溶解气体和冷冻液化气体、一种或多种气体与一种或多种其他类别物质的蒸汽混合物、充有气体的物品和气雾剂。

压缩气体是指在-50℃下加压包装供运输时完全是气态的气体，包括临界温度小于或等于-50℃的所有气体。

液化气体是指在温度大于 50℃下加压包装供运输时部分是液态的气体，可分为高压液化气体和低压液化气体两种，高压液化气体指临界温度在-50℃~65℃之间的气体，低压液化气体是指临界温度大于 65℃的气体。

溶解气体是指加压包装供运输时溶解于液相溶剂中的气体。

冷冻液化气体是指包装供运输时由于其温度低而部分呈液态的气体。

气体包括易燃气体、非易燃无毒气体和毒性气体三个项别。

易燃气体：包括在 20℃和 101.3kPa 条件下符合下列条件之一的气体：①爆炸下限小于或等于 13%的气体；②不论其爆燃性下限如何，其爆炸极限（燃烧范围）大于或等于 12%的气体。

非易燃无毒气体：包括窒息性气体、氧化性气体以及不属于其他项别的气体，但不包括在温度 20℃时的压力低于 200kPa、并且未经液化或冷冻液化的气体。

毒性气体：是指毒性或腐蚀性对人类健康造成危害的气体及急性半数致死浓度 LC_{50} 值小于或等于 5000mL/m³ 的毒性或腐蚀性气体。

（3）易燃液体 包括易燃液体和液态退敏爆炸品。

易燃液体是指易燃的液体或液体混合物，或是在溶液或悬浮液中有固体的液体，其闭杯试验闪点不高于 60℃，或开杯试验闪点不高于 65.6℃。易燃液体还包括满足下列条件之一的液体：①在温度等于或高于其闪点的条件下提交运输的液体；②以液态在高温条件下运输或提交运输、并在温度等于或低于最高运输温度下放出易燃蒸汽的物质。

液态退敏爆炸品是指为抑制爆炸性物质的爆炸性能，将爆炸性物质溶解或悬浮在水中或其他液态物质后，而形成的均匀液态混合物。

（4）易燃固体、易于自燃的物质和遇水放出易燃气体的物质

①易燃固体是指易于燃烧的固体和摩擦可能起火的固体，燃点较低，对热、撞击、摩擦敏感，易被外部火源点燃，燃烧迅速，并可能发出有毒烟雾或有毒气体的固体。

②易于自燃的物质是指自燃点低，在空气中易于发生氧化反应，放出热量而自信燃烧的物品。

③遇水放出易燃气体的物质是指遇水或受潮时，发生剧烈的化学反应，放出大量的易燃气体和热量的物品。有些不需明火，即能燃烧或爆炸。

（5）氧化性物质和有机过氧化物 ①氧化性物质是指本身未必燃烧，但通常因放出氧

可能引起或促使其他物质燃烧的性质。与松软的粉末状可燃物能组成爆炸性混合物，对热、震动或摩擦极为敏感。②有机过氧化物是指含有过氧基（-O-O-）结构的有机物质，其本身易燃易爆，极易于分解，对热、震动或摩擦极为敏感。

（6）毒害物质和感染性物质 ①毒害物质是指经吞食、吸入或与皮肤接触后可能造成死亡或严重受伤或损害人类健康的物质。②感染性物质是指已知或有理由认为含有病原体的物质。感染性物质分为 A 类和 B 类两种。A 类是指以某种形式运输的感染性物质，在与之发生接触时，可造成健康的人或动物永久性失残、生命危险或致命疾病；B 类是指除 A 类以外的感染性物质。

（7）放射性物质 是指任何含有放射性核素并且其活度浓度和放射性总活度都超过 GB11806 规定限值的物质。

（8）腐蚀性物质 是指通过化学作用使生物组织接触时造成严重损伤或在渗漏时会严重损害甚至毁坏其他货物或运载工具的物质。包括：①使完好皮肤组织在暴露超过 60min、但不超过 4h 之后开始的最多 14d 观察期内全厚度毁损的物质；②被判定不引起完好皮肤组织全厚度毁损，但在 55℃ 试验温度下，对钢或铝的表面腐蚀率超过 6.25mm/a 的物质。

（9）杂项危险物质和物品，包括危害环境物质 这类物质是指存在危险但不能满足其他类别定义的物质和物品，包括：①以微细粉尘吸入可危害健康的物质，如 UN2212、UN2590；②会放出易燃气体的物质，如 UN2211、UN3314；③锂电池组，如 UN3090、UN3091、UN3480、UN3481；④救生设备，如 UN2990、UN3072、UN3268；④一旦发生火灾可形成二噁英的物质和物品，如 UN2315、UN3432、UN3151、UN3152；⑤在高温下运输或提交运输的物质，是指在液态温度达到或超过 100℃，或固态温度达到或超过 240℃ 条件下运输的物质，如 UN3257、UN3258；⑥危害环境物质，包括污染水生环境的液体或固体物质，以及这类物质的混合物（如制剂和废物），如 UN3077、UN3082；⑦不符合上述毒性物质或感染性物质定义的经基因修改的微生物和生物体，如 UN3245；⑧其他，如 UN1841、UN1845、UN1931、UN1941、UN1990、UN2071、UN2216、UN2807、UN2969、UN3166、UN3071、UN3316、UN3334、UN3335、UN3359、UN3363。

三、危险化学品事故的处理与救护

1、危险化学品造成的危害

危险化学品大量泄露后，可能引起火灾、爆炸，造成人员伤亡，可污染空气、水、地面、土壤和食物。同时经呼吸道、消化道、皮肤或黏膜进入人体，引起群体中毒甚至死亡事故发

生。总之，危险化学品事故系指一种或数种物质释放的意外事件和危险事件。

危险化学品事故具有突发性、复杂性、激变性、群体性，在发生重大或灾害性事故时常会导致严重的事故后果。因此，危险化学品事故现场急救工作不同于一般的医疗救护工作，有其特定的内涵，加上危险化学品事故应急救援工作常常涉及多部门和多种专业救援队伍的配合协调，致使危险化学品事故现场急救的组织工作尤其重要。

危险化学品事故对作业人员造成的危害有以下 4 种情况。

(1) 中毒 引起中毒的危险化学品有以下种类：气体（窒息性气体如一氧化碳、硫化氢、氰化物等；刺激性气体如氮氧化物、氯、氨、二氧化硫等），有机溶剂（苯胺、三硝基甲苯等），以及有机磷农药等。能引起中毒的危险化学品一定要有基本条件，即毒物易弥散，而散发时有较多的人接触。从实际发生的情况看，危险化学品中毒事故集中在某几种化学物质上，如氯气、氨气、氮氧化物、一氧化碳、硫化氢、硫酸二甲酯、光气等，主要由刺激性气体组成，占全部中毒事故的 75% 以上。而其中氯气、一氧化碳、氨气 3 类化合物所致的化学品中毒事故占 55% 左右。这些物质在化工、石油化工等产业中应用广泛，接触密切。另外，由于有些化学物质腐蚀性很强，常使设备、管线损坏、发生跑、冒、滴、漏，外溢的气体极易通过呼吸道进入人体而导致人体中毒。

(2) 烧伤 危险化学品事故现场常发生爆炸和燃烧，伤员往往出现烧伤情况，并且常伴有复合伤。

(3) 窒息 窒息性气体可分为两大类：①单纯窒息性气体，如氢气、甲烷、二氧化碳等，这类气体本身毒性很低，但因其含量高，使氧的相对含量降低，肺内氧分压降低，导致机体缺氧；②化学窒息性气体，如一氧化碳、氰化物、硫化氢等，主要危害是使血液或组织利用氧的能力发生障碍，造成全身组织缺氧。

(4) 死亡 火灾、爆炸等危险化学品事故可直接导致人员死亡，同时，现场的中毒、烧伤、窒息，伤员如得不到及时有效的现场救护，也将导致死亡。

2、危险化学品现场救护

危险化学品一旦发生事故，造成的后果会非常严重，因此，危险化学品生产及应用企业都应十分重视事故应急救援工作，加强事故急救体系建设，建立相应的专业或兼职人员和应急装备，并进行应急培训和演练。危险化学品事故现场急救的原则如下：

(1) 迅速评估 危险化学品事故发生后救护人员必须对伤员迅速评估，才能做到及时正确救治。一般应从 3 个方面考虑：①事故现场的情况。应根据事故的性质、程度、毒物的种类和毒性，有无燃烧、爆炸、窒息、坠落、撞击等现场情况，分析可能致伤的原因；②伤

员的临床表现。迅速准确地对伤员进行检查与询问，根据伤员临床症状和体征来分析判断；③现场可能的检查、化验和监测资料。有条件时可通过如流动的 X 射线检查及常规化验服务车进行检查、化验；通过空气质量测量设备对空气浓度及氧含量进行监测分析，为现场评估提供依据。

（2）自救与互救 危险化学品事故具有突发性，因此，要求现场作业人员具有自救、互救的能力。自救指发生危险化学品事故时，事故单位实施的救援行动以及事故现场受到事故伤害的人员自身采取的保护防御行为。自救是危险化学品事故现场急救工作最基本、最广泛的救援方式，自救行为的主体是企业职工本身。由于他们对现场情况最熟悉，反应速度最快，发挥救援的作用最大，危险化学品急救工作往往通过自救行为能控制或解决问题。互救是指发生危险化学品事故时，事故现场的受害人员相互之间的救护以及他人或企业救护队伍或社会救援力量组织实施的一切救援措施与行动。互救是救死扶伤的人道主义和互相帮助的社会主义精神文明的体现。在发生大的危险化学品事故，特别是灾害性危险化学品事故时，在本身救援力量的情况下，争取他人救助和社会力量的救援相当重要。如化工系统、职工医院、职业病防治院所，特别是危险化学品事故应急救援中心在危险化学品事故医疗救援中，要充分发挥急救、技术咨询、指导、培训的作用，为救援工作做出应有贡献。

自救与互救，是危险化学品事故应急救援工作中两种最为重要的基本形式，企业救援人员，特别是医务人员必须掌握自救与互救方面的一些专业基础知识和基本技能，如胸外心脏挤压、人工呼吸、防护用品的使用，事故状态下的紧急逃生、撤离、烧伤或触电的现场紧急处置，外伤急救 4 大技术等，使现场急救工作有条不紊的进行。

（3）现场急救原则 现场急救的一般救治原则：①立即解除致伤原因，脱离事故现场；②置神志不清的伤员于侧卧位，防止气道梗阻，缺氧者给予吸入氧气，呼吸停止者立即施行人工呼吸，心跳停止者立即施行人工呼吸和胸外心脏挤压；③皮肤烧伤应尽快清洁创面，并用清洁或已消毒的纱布保护好创面，酸、碱及其他化学物质烧伤者用大量流动清水冲洗足够时间（一般 20min）后再进一步处置，禁止在创面上涂敷消炎粉、油膏类，眼睛灼伤后要优先彻底冲洗；④如是严重中毒者要立即在现场实施病因治疗及相应对症治疗。一般中毒伤员要平坐或平卧休息，密切观察监护，随时注意病情的变化；⑤骨折，特别是脊柱骨折时，在没有正确固定情况下，除止血外应尽量少动伤员，以免病况加剧；⑥勿随意给伤员饮食，以免呕吐误入气管内；⑦置患者于空气新鲜处，安全清静的环境中；⑧防止休克，特别是要注意保护心、肝、脑、肺、肾等重要器官。

四、危险化学品储存和运输安全要求

（一）危险化学品储存安全要求

危险化学品具有爆炸、燃烧、腐蚀、有毒等特性，因此，危险化学品储存必须遵照国家法律、法规和其他有关的规定。其安全要求如下：

- （1）设专门的储存地点，不得与其他物质混存；
- （2）应分类、分堆储存，堆垛不得过高、过密，保持通道间距，设有通风口；
- （3）互相接触容易引起燃烧（如可燃气体与氧化剂）爆炸的物品，灭火方法不同的物品，应隔离储存；
- （4）遇水燃烧、爆炸的危险化学品（如 CaC_2 , K , Na 等）不得存放在潮湿或容易积水的地方；受阳光照射容易发生燃烧爆炸的物品，不得存放在露天和高温地点，应采取降温隔热措施；
- （5）容器，包装应完整无损；
- （6）应经常进行检查、测温、化验等；
- （7）库房内或堆垛附近不得动火焊接、打包等作业；
- （8）库内不得住人，工作结束后切断电源。

（二）危险化学品运输安全要求

根据《危险化学品安全管理条例》，危险化学品运输安全要求如下：

- （1）托运必须出示证明，托运单上品名相符；
- （2）轻装、轻卸，有关人员佩带相应防护品（防毒口罩等）；
- （3）保持运输的车，船和工具清洁；
- （4）运输工具必须符合安全要求，如不得用自行车搬运爆炸物品，禁止用叉车，翻斗车搬运液化气体等，要有防晒设施等。
- （5）应派专人押运爆炸，剧毒和放射性物品，押运人员不得少于两人；
- （6）保持安全车速、车距，严禁超车、超速，不可在繁华街道行使和停留；
- （7）机动车的排气管要有火星熄灭器，并悬挂“危险品”标志；
- （8）蒸汽机车必须挂不少于 2 节的隔离车厢；
- （9）根据危险品特性采取防火、防水、防晒等措施。

五、化学烧伤的应急与救护

任何时候均要重视化学烧伤的诊断和治疗。随着化学工业的不断发展，除常见的化工产

品致伤外，常有新的化学品出现，救护人员需要不断加强学习。

1、化学烧伤的特点及致伤机理

具有化学烧伤危险物质与皮肤的接触时间一般比热烧伤的长，因此，某些化学烧伤可以是进行性损害，甚至通过创面吸收等途径，导致全身各器官的损害。

(1)局部损害 局部损害的情况与化学物质的种类、浓度及皮肤接触的时间等均有关。化学物质的性能不同，局部损害的方式也不同。有的毁坏组织的胶体状态，使细胞脱水或组织蛋白结合，如酸凝固组织蛋白，碱则皂化脂肪组织；有的则因本身的燃烧而引起烧伤，如磷烧伤；有的本身对健康皮肤并不致伤，但由于大爆炸燃烧致皮肤烧伤，进而引起毒物从创面吸收，加深局部的损害或引起中毒等。局部伤害中，黏膜受伤的机会较多，尤其是某些化学蒸汽或发生爆炸时更为常见。因此，化学烧伤中眼睛和呼吸道的烧伤比一般火焰烧伤更为常见。化学烧伤的严重程度，除与化学物质的浓度及作用时间有关外，接触时间越长，组织受伤程度越严重。

(2)全身损伤 化学烧伤的严重性不仅在于局部伤害，更严重的是有些化学药物可以从创面、正常皮肤、呼吸道、消化道黏膜等吸收，引起中毒和内脏继发性损伤，甚至死亡。有的烧伤并不严重，但由于有合并性中毒，增加了救治的困难，使治愈效果比同面积与深度的一般烧伤差。化学工业迅速发展，能致伤的化学物品种类繁多，有时对某些致伤物品的性能一时不了解，更增加了抢救困难。虽然化学致伤物质的性能各不相同，全身各重要内脏器官都有被损伤的可能，但多数化学物质是经过肝、肾而排出体外，故此两种器官的损害较多见，病理改变的范围也较广。常见的有中毒性肝炎、局部性肝出血坏死、急性肾功能不全及肾小管肾炎等，还有肺水肿、贫血、中毒性脑病、脑水肿、周围或中枢神经损害、消化道溃疡及大出血等。

2、化学烧伤的处理原则

当发生化学烧伤时，应迅速使伤者脱离事故现场，终止化学物质对机体的继续损害；采取有效解毒措施，防止中毒；进行全面体检和化学监测。

(1)脱离现场与应急处置 终止化学物质对机体继续损害，应立即脱离现场，脱去被化学物质浸渍的衣服，并迅速用大量清水冲洗和稀释，将化学物质从创面和黏膜冲洗干净，冲洗时可能产生一定的热量，继续冲洗，可使热量逐渐消散。冲洗要保证足够的用水量和时间。自来水、井水和河水等一般清水，均可使用。冲洗持续时间一般要求在2小时以上，尤其在碱烧伤时，冲洗时间过短很难奏效。如果同时有火焰烧伤，冲洗尚有冷疗的作用，虽然有些化学致伤物质并不溶于水，但冲洗的机械作用也可将其自创面清除干净。头、面部烧伤

时，要注意眼、鼻、耳、口的清洗。特别是眼睛，应首先冲洗，动作要轻柔，一般清水即可，如有条件可用生理盐水冲洗。如发现眼睑痉挛、流泪，结膜充血，应立即用生理盐水或蒸馏水冲洗。使用消炎眼药水、眼膏等以预防继发性感染。局部不必用眼罩或纱布包扎，但应用单层纱布覆盖以保护裸露的角膜，防止干燥所致损害。石灰烧伤时，在清洗前应将石灰去除，以免遇水后石灰产生热，加深创面损害。有些化学物质则按其生理特性分别处理。大量流动水的持续冲洗，比单纯用中和剂的效果要好。用中和剂的时间不宜过长，一般 20min 即可，中和处理后仍需再用清水冲洗，以避免因为中和反应产生热而给机体带来进一步的损伤。

(2) 防止中毒 有些化学物质可引起全身中毒，应严密观察病情变化，一旦诊断有化学中毒可能性时，应根据致伤因素的性质和病理损害的特点，选用相应的解毒剂或对抗剂治疗，有些有毒物质迄今尚无特效解毒药物。在发生中毒时，应使毒物尽快排出体外，以减小其危害。一般可静脉补液和使用利尿剂，以加速排尿。苯胺或硝基苯中毒所引起的严重高铁血红蛋白症，除给氧外，可酌情输注适量的新鲜血液，以改善缺氧状态，这些治疗措施需要在专业医疗技术机构内实施。

3、造纸行业中常见的化学烧伤

(1) 酸烧伤 酸烧伤的种类甚多，能造成烧伤的酸主要是强酸，如硫酸、硝酸和盐酸等无机酸。高浓度酸能使皮肤角质层蛋白凝固坏死，呈界限明显的皮肤烧伤，并可引起局部疼痛性凝固性坏死。各种不同的酸烧伤，其皮肤产生的颜色变化不同，如硫酸烧伤创面呈青黑色或棕黑色；硝酸烧伤创面呈黄色，以后转为黄褐色；盐酸烧伤创面呈黄蓝色；三氯醋酸烧伤创面先为白色，以后转为青铜色等。此外，颜色的改变还与酸烧伤的深浅有关，潮红色最浅，灰色、棕黄色或黑色最深。此外，由于酸烧伤后形成一层薄膜，末梢神经得以保护，故疼痛一般较轻。当然，这与酸的性质及早期清洗是否彻底也有关。如果疼痛较明显，则多表示酸在继续侵蚀，一般也表示伤害较深。酸烧伤创面肿胀较轻，很少有水疱，创面渗液极少，因此，不能以有无水疱作为判断烧伤深度的标准。由于酸烧伤后迅速形成一层薄膜，创面干燥，痂下很少有感染，自然脱痂时间长，有时可达 1 个月以上，脱痂后创面愈合较慢。浓硫酸有吸收的特性，含有三氧化硫，在空气中形成酸雾，吸入后刺激上呼吸道，最小口服致死量为 4ml。浓硝酸与空气接触后产生刺激性的二氧化氮，吸入肺内与水接触而形成硝酸和亚硝酸，易致肺水肿。盐酸可呈氯化氢气态，引起气管炎、支气管炎，脸痉挛和角膜溃疡。氯磺酸遇水后可分解为硫酸钠和盐酸，比一般酸烧伤更为严重，常为Ⅲ度烧伤，必须予以重视。

酸烧伤后立即用水冲洗是最为重要的急救措施，冲洗后一般不需要用中和剂，必要时可

用质量分数为 2%~5%的碳酸氢钠、2.5%氢氧化镁或肥皂水处理创面后，仍用大量清水冲洗，以去除剩余的中和溶液。创面处理采用一般烧伤的处理方法，由于酸烧伤后形成的痂皮完整，宜采用暴露疗法，如确定为Ⅲ度烧伤，也应争取早期切痂植皮，口服腐蚀性酸可引起上消化道烧伤、喉部水肿及呼吸困难，可口服氢氧化铝凝胶、鸡蛋清和牛奶等中和剂，忌用碳酸氢钠，以防胃胀。引起穿孔，禁用胃管洗胃，可口服强的松，以减少消化道纤维化，预防消化道因产生疤痕而引起的狭窄。

(2)碱烧伤 在造纸工业中常见致伤的碱性药物主要有苛性碱(氢氧化钠、氢氧化钾)、生石灰等。

①强碱烧伤：碱烧伤的致伤机理是碱有吸水作用，使局部细胞脱水，强碱烧伤后创面呈黏滑或肥皂样变化。碱烧伤后，应立即用大量清水冲洗创面，冲洗时间越长，效果越好，达 10 小时时效果尤佳，但伤后 2 小时处理效果差。如创面 pH 值达 7 小时以上，可用 0.5%~5%醋酸，2%硼酸湿敷创面后再用清水冲洗，创面冲洗干净后，最好采用暴露疗法，以便观察创面的变化。深度烧伤应及早进行切痂植皮，全身处理同一般烧伤。

②生石灰烧伤：生石灰遇水生产氢氧化钙并放出大量反应热，因此，可引起皮肤的碱烧伤和热烧伤，相互加重。烧伤创面较干燥，呈褐色，有痛感。而且创面上往往残存有生石灰。首先，应将创面上残留的生石灰洗刷干净，然后用大量清水长时间冲洗创面。后续的治疗与一般烧伤相同。

六、群体性化学灼伤的应急与救护

化学灼伤是常温或高温化学物质直接对皮肤刺激、腐蚀剂化学反应热引起的急性皮肤、黏膜的损害，常伴有眼灼伤和呼吸道损伤。某些化学物质还可以经皮肤黏膜吸收引起中毒。故化学灼伤一般不同于火烧伤和开水烫伤。

群体化学灼伤系指一次性发生 3 人以上的化学灼伤。对以往化工系统伤亡事故分析，死亡人数最多的前三位事故依次为：①爆炸事故；②中毒、窒息事故；③高处坠落事故。而属前两位的死亡病例，相当一部分均存在不同程度的化学灼伤。因此，对这样一种突发性、群体性、多学科性疾病，如何组织抢救及开展应急救援，已成为救援工作中的重要问题。

1、群体性化学灼伤的分类

一般按灼伤人数分为轻度（灼伤 10~50 人）、中度（灼伤 51~250 人）、重度（灼伤 251 人以上）3 种。若综合考虑伤员的严重程度、救护力量的动员范围及对社区影响等复杂因素，可将群体性化学灼伤事故分为一般性、重大及灾害性事故 3 大类，见表 3-1。群体性

化学灼伤的应急救护，主要指后两者。

表 3-1 群体性化学灼伤事故的分类

| 分类 | 灼伤人数 | 死亡人数 | 救护力量调动 |
|-------------|--------|------|-------------|
| 一般性群体化学灼伤事故 | 4~10 | 1~3 | 主要限于事故单位内容 |
| 重大化学灼伤事故 | 11~100 | 4~30 | 需要区域性或行业性救援 |
| 灾害性化学灼伤事故 | > 100 | > 30 | 需要区域性或社会性救援 |

注：灼伤人数不到 4 人，一般称为个别化学烧伤，不属群体性化学灼伤的范畴。

2、群体性化学灼伤常见原因

(1) 运输过程中装有腐蚀性物质的槽罐车爆炸，大量化学物质泄露引起的群体性化学灼伤。

(2) 意外泄露的刺激性、腐蚀性气体，接触体表及呼吸道表面的水分，形成酸或碱引起的群体性化学灼伤。

(3) 生产过程中腐蚀化学物质意外泄露、喷溅引起的群体性化学灼伤。

(4) 易燃气体爆炸及燃烧事故中，常伴有的群体性化学灼伤。

3、应急救援组织

重大及灾害性化学烧伤事故的应急救援，由于涉及面广，技术复杂，已远远超出单纯医疗急救的范畴，因此，在平时应针对重大化学危险源目标，制定出切实可行的应急救援预案，将群体性化学灼伤列为其中重要问题之一，一旦发生事故，即按预案迅速建立应急救援系统。

(1) 救援指挥组 重大及灾害性群体化学灼伤事故现场，应根据预案尽快建立具有权威性的、高效精干的指挥部对伤员医疗救护做出统一安排。指挥组选址应在标志明显、交通方便的医院、学校、机关等，并迅速建立起有效的通讯联络设施，以保证指挥、组织工作畅通，协调安排好前来救援的社会志愿力量。

(2) 现场抢险组 由工程抢险和担架救护人员组成，负责堵漏、冲洗、消毒、搜索及营救伤员，现场维持秩序及保护国家财产等。

(3) 医疗急救组 由医务人员组成，负责对现场伤员的检查、分类、应急处理等，并组织有关专家进行会诊，保证救援工作科学、有效地进行。

(4) 救援后勤组 保证医疗急救用品和灾民必需用品的供应，负责联系、安排交通工具；运送伤员、药品、器械或其他必需品。

所有救护人员及现场前线组成员在现场救援时，必需佩戴性能可靠的个人防护用品。

4、现场救护处理原则

(1) 任何化学灼伤，首先要脱去污染衣服，用自来水冲洗 2~30min（眼睛灼伤冲洗不少于 10min），并用石蕊试纸测试接近中性为止。灼伤面积大，有休克症状者冲洗要从速、从简。人数较多时可用临近水源（河、塘、湖、海等）进行冲洗。

(2) 选择上风向、距离最近的医务室或卫生所作为现场急救场所，安排烧伤外科医师负责接诊、收治登记、初步进行灼伤面积的估计，并根据《职业安全化学性皮肤灼伤诊断标准》（GB Z51-2009）进行初步分类，并涂上颜色标记，以便分别进行不同方法的急救处理。

(3) 灼伤创面经清创后用一次性敷料包扎，以免二次损伤或污染。对某些化学物质灼伤，如氢氟酸灼伤，可考虑使用中和剂，但注意创面上不要涂抹带有颜色的外用药，以免影响创面的观察。

(4) 对有内脏破裂、气胸、骨折等严重外伤者，应优先进行处理，并尽快安排转送去有手术条件的医院。

(5) 对中度以上严重灼伤伤员，应迅速建立静脉通道，降低休克发生率或使伤员平稳渡过休克关，为后续治疗创造条件。

5、转送伤员

当发生化学灼伤重大事故时，经现场初步处理后，应及时转送及分流伤员至医疗单位，并同时做好转送前准备，转送时需注意下列事项。

(1) 事先应与接收单位取得联系，尽可能就近转送，缩短转运距离。

(2) 所有伤员需先行清创、包扎处理，因转运途中如果创面暴露，既增加护理难度，又增加感染机会。同时，转送途中应有医护人员护送。

(3) 对中度、重度、特重度灼伤伤员，应转送至设有烧伤中心或专科病房的医院为佳。

(4) 对有颅脑损伤、骨折或其他复合伤、化学中毒或病情不稳定者，不宜仓促转送，需经初步处理，待病情稳定后方可转送。

(5) 经严密观察，确定有吸入性损伤或判断转送途中可能发生上呼吸道梗阻者，应在转运前施行气管切开术，以免途中发生意外。

(6) 乘汽车转运，车速不宜过快。务求平稳，减少颠簸，以免加重休克，头部位置应与行驶方向相反；如需要用飞机运送者，起飞和降落时头部应保持平位，以保证血流供应。

(7) 途中需密切观察伤员神智、呼吸、脉搏、血压等变化，并记录病情、出入液量。到达接收单位后，应详细介绍病情及处理经过，并移交各项医疗记录。

第二节 易燃物质的性质、分类及安全防护

一、易燃物质的性质与分类

（一）易燃物质的性质

1、闪点 指易挥发可燃物质表面形成的蒸汽和空气混合物遇明火刚好能够燃烧时的最低温度。通常用闭杯测试仪根据闪点测定的标准方法来测定液体的闪点。还可以用开杯法来测定闪点。闭杯法测定的是饱和蒸汽和空气混合物，而开杯法蒸汽与空气自由接触，因此，闭杯法闪点测定值一般要比开杯法低几摄氏度。基于以上原因，开杯法测定值比闭杯法测定值更接近实际情况。

2、着火点 指蒸汽和空气的混合物在开口容器中可以点燃并能够持续燃烧时的最低温度。着火点一般高于闪点。但在缺少闪点的数据时，着火点至少也可以像闪点一样标识出物质的火险状况。

3、熔点 指固液两相平衡的共存温度。该定义说明了室温下为固体的易燃物质成为易燃液体的温度。

4、沸点 一般是指常压沸点，是一个大气压下气液平衡共存时的温度。沸点可表征物质的挥发性，是易燃液体所包含的火险的直接量度。

5、自燃温度 指物质在无火源时仍能自动起火并持续燃烧时的温度，这个量值的大小受加热表面的大小、形状、加热速率等因素的影响。

6、蒸汽相对密度 指蒸汽密度与空气密度之比。绝大多数易燃液体的蒸汽比空气的密度大，它们极易积累在低位区域、下水道或者类似的地方。因此，在设计厂房的排气口时，应将其设在近地平面处。对于比空气轻的可燃气体或蒸汽，排气口应设在厂房内最高处或顶板处。

7、分子式 在缺少所需物质必要信息的情况时，物质的分子式在一定程度上可以提供物质火险的一些基本线索。

8、爆炸范围 指可燃蒸汽或气体与空气的混合物遇到引爆源引爆即能发生爆炸或燃烧的浓度范围。爆炸范围也称燃烧极限或爆炸极限。通常用可燃蒸汽或气体在空气中的体积分数表示，可燃气体的爆炸范围一般可在常温常压下测定。

9、蒸发潜热 指单位质量的液体完全气化时所需要的能量。蒸发潜热与温度有关，文献中给出的数据一般是常压下的沸点值。

10、燃烧热 通常是指物质的标准燃烧热，指单位质量的物质在 25℃的氧气中燃烧释

放出的热量。燃烧产物（包括水），均假定为气态。

（二）易燃物质的分类

根据全美消防协会（NFPA）的标准可将易燃物质划分为 5 大类型，各种类型的代号与含义分别如下。

“0”：不能燃烧的物质；

“1”：必须预热才能引燃的物质；

“2”：必须适度加热或暴露在相当高的环境温度下才能引燃的物质；

“3”：在任意环境温度下都能引燃的液体和固体；

“4”：在常温常压下能够迅速或完全气化，或容易分散到空气中并且容易燃烧的物质。

二、易燃物质的安全与防护

1、易燃物质的火险等级

美国科学院把易燃物质的火险分为 5 个等级，各种类型的代号与含义分别如下。

“0”：无危险；

“1”：闪点在 60℃ 以上；

“2”：闪点在 38℃～60℃；

“3”：闪点在 38℃ 以下，而沸点在 38℃ 以上；

“4”：闪点在 38℃ 以下，沸点在 38℃ 以下。

2、物质易燃性的评估概述

（1）在评估气体的易燃性时，需要在空气中测定以下相关数据：①极限；②爆炸压力；③温度；④爆炸混合物类别；⑤与基于水的灭火剂反应的类型；⑥最小发火能；⑦表示爆炸性危险的氧含量；⑧完全燃烧的速度；⑨最大安全（火焰熄灭）距离或直径。

（2）在评估可燃液体的可燃性时，需要测定以下相关数据：①蒸汽的闪点；②着火点；③桶状灭火器的最小灭火浓度；④燃烧速率；⑤燃烧过程中的升温速率。

（3）在评估可燃固体的易燃性时，需要测定以下相关数据：①可燃性类别；②着火点及自燃温度；③与基于水的灭火剂反应的类型。

而对于疏松的、纤维状或块状的固体，还需要测定以下数据：①自燃温度；②不完全燃烧温度和自燃温度。

如果固体是粉末状的，容易形成粉尘云，则另需测定的参数有：①燃烧低限；②最大爆炸压力；③空气中粉尘爆炸所需要的最小能量；④表示爆炸性危险的最小氧含量。

许多物质的易燃性，必须研究物质的性质，考虑物质在一定条件下应用时随时间变化的可能性。可燃物质易燃性评估一般是在实验室中进行，一些参数偶尔在中试生产阶段测得。只有在用作建筑材料或被加工的易燃物质的火险资料齐备后，才能着手于工业化和中试工厂、贮存和运输设备的设计。

三、造纸工厂主要易燃化学物质的安全与防护

1、汽油

汽油的一些基本物性常数见表 3-2。

表 3-2 汽油的基本物性参数

| 沸点/℃ | 凝固点/℃ | 相对密度 (25℃) | 闪点/℃ | 自燃点/℃ |
|--------|-------|-----------------------------|------|---------|
| 40~200 | <-60 | 0.67~0.71 (水=1), 3~4 (空气=1) | -50 | 255~390 |

汽油为无色或淡黄色液体，具有挥发性和易燃性，有特殊气味，其爆炸极限 1.4%~7.6% (体积分数)，最大爆炸压力为 0.813MPa。不溶于水，易溶于苯、二硫化碳、醇，极易混溶于脂肪。汽油蒸汽可与空气形成爆炸性混合气体，遇明火、高温易引起爆炸燃烧，与氧化剂接触能发生强烈反应，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引起回燃，若遇高温，容器内压增大，有开裂或爆炸的危险。汽油着火时可采用泡沫、干粉、沙土、二氧化碳、1211 等灭火剂灭火，用水灭火无效。

2、松节油

松节油的一些基本物性常数见表 3-3。

表 3-3 松节油的基本物性参数

| 沸点/℃ | 相对密度 (25℃) | 闪点/℃ | 自燃点/℃ |
|---------|-------------------|------|-------|
| 154~170 | 0.854~0.868 (水=1) | 35 | 253 |

松节油是无色至深棕色液体，为高闪点易燃液体；遇氧化剂时可发生着火或爆炸，爆炸下限 0.8% (体积分数)，遇硫酸能发热。

松节油由烃的混合物组成，含有大量的蒎烯（约 64% α -蒎烯和 33% β -蒎烯）。不溶于水，能溶于有机溶剂，如乙醇、乙醚、氯仿等；有毒，蒸汽能刺激眼睛、气管等器官。

松节油通常用小口铁桶盛装，净含量 160kg，桶盖口需用奶油橡胶垫圈旋紧，桶外应有明显的“易燃液体”标志。松节油着火可用泡沫、干粉、二氧化碳等灭火剂灭火。

第三节 有毒物质及中毒急救

一、毒性物质的性质和特征

有毒物质进入机体后,积累到一定的量时,就会与体液或细胞组织发生生理或化学变化,扰乱或破坏机体的正常生理功能,进而引起机体的可逆性或不可逆性变化的病变发生,在严重时甚至会危及生命。工业生产中的有毒物质,主要是指化学物质,通常称之为工业毒物。其来源很多,从原材料到产品、中间体、副产品和含在其中的杂质,甚至生产过程中产生的废液、废气、废渣以及作为辅助材料的催化剂、载热体、增塑剂、引发剂等均属于工业毒物的范围。

(一) 毒性物质及毒性作用的类别

1、毒性物质的分类

工业中有毒有害物质的分类方式有很多种。美国标准协会按照毒性物质物理状态,分类如下:

(1) 粉尘 指如岩石、矿石、金属、煤、木材、谷物等有机或无机物质在加工、粉碎、研磨、撞击、爆破和爆裂时所产生的固体粒子。粉尘一般不絮凝,除非有静电作用。粉尘在空气中不扩散,但在重力影响下可沉降。

(2) 烟尘 指熔融金属等挥发出的气态物质冷凝后产生的固体粒子,常伴随着化学反应(如氧化)发生。烟尘会发生絮凝,有时还会凝结。

(3) 烟雾 指气体冷凝成液体,或通过溅落、鼓泡、雾化等使液体分散而产生的悬浮液滴。

(4) 蒸汽 通常是指固体或液态物质的气体形式,通过增加压力或降低温度可使其变回原态。蒸汽会发生扩散。

(5) 气体 指临界点以上能充满整个封闭容器空间的无定形流体。只有通过增加压力和降低温度的复合作用才能变至有液态或固态。气体会发生扩散。

以上分类不包括完全可能是有害的、明显的固体和液体类别,也不包括医学试剂。医学试剂,如细菌、霉菌和其他寄生虫等活性试剂,应归入工业健康危险系统的分类中。

2、毒性作用的分类

(1) 按毒性作用与机体后表现分类

①局部或全身毒性:按出现毒性作用的部位,毒性作用可分为局部毒性和全身毒性。局部毒性是指某些毒物在机体接触部位直接造成的损害作用。如接触具有腐蚀性的酸碱造成的

皮肤损伤，刺激性气体吸入时直接引起呼吸道损伤等。全身毒性是指毒物被机体吸收并分布至靶器官或全身后所产生的损害作用。例如氢氰酸引起机体的全身性缺氧。局部毒性的最初表现为直接接触部位的细胞死亡，而全身毒性的表现是一定组织和器官的损伤。最初表现为局部毒性的化学物也可能通过神经反射或被机体吸收后引起全身性反应。

②可逆或不可逆毒性：按毒性作用引起损伤的恢复情况，毒性作用分为可逆毒性和不可逆毒性。一种毒物引起的组织病理学损伤，其再生能力在很大程度上决定于毒性效应的可逆和不可逆性。可逆毒性是指停止接触后可逐渐消失的毒性作用。一般情况下，机体接触毒性的浓度越低、时间越短、损伤越轻，则脱离接触后其毒性作用消失得越快。不可逆毒性是指停止接触后其毒性作用依然存在甚至对机体造成的损害作用进一步加深。有些毒物所造成的损害是不可逆的，如损伤中枢神经系统多数是不可逆的，因为已分化的中枢神经细胞不能再分裂。

③即刻或延迟性毒性：按毒性作用发生的速度快慢可分为即刻毒性和延迟性毒性。毒物在一次接触后的短时间内引起的毒性称为即刻毒性。如沙林、一氧化碳引起的急性中毒。在一次或多次接触某种毒物后，经过一定时间才出现的毒性作用称为延迟性毒性。如致癌物初次接触后要 10~20 年才出现肿瘤。

④变态反应：变态反应也称为过敏反应，是由于以前受到过某种毒物的致敏作用，当再次接触该毒物或类似物时所致的一种免疫介导性有害作用。引起这种反应的物质称为过敏原。过敏原可以是完全抗原，也可以是半抗原。许多毒物进入机体后，作为半抗原与内源性蛋白质结合形成抗原，然后进一步激发机体反应。当机体再次接触该毒物，就可发生抗原抗体反应，产生典型的变态反应症状。因此，很难看到有剂量-反应关系。但当一种毒物给予一个过敏体质的人，还是发现反应是与剂量相关的。变态反应从毒理学角度可视为一种有害反应。

⑤功能、形态损伤：功能损伤作用通常指靶器官或组织的可逆性异常改变。形态损伤作用指的是肉眼和显微镜下所观察到的组织形态学异常改变，其中有许多改变通常是不可逆的，如坏死、肿瘤等。由于免疫组化和电镜技术的应用，大大提高了形态作用检测的敏感性。但不可否认，在许多情况下，有些功能测定本身只能反映在靶器官有明显的形态学改变之后，如血清中酶的改变，就要在酶组织化学或电镜改变的中晚期才出现。许多功能指标较形态指标改变更为敏感，所以，测定功能性指标有其重要价值。

⑥特异性反应：指由遗传所决定的特异性体质对某种毒物的异常反应性。例如，有些病人在接受了一个标准剂量的琥珀酰胆碱后，发生持续的肌肉松弛和呼吸暂停，因为这些病人

缺少一种正常人迅速分解肌肉松弛剂的血清胆碱酯酶；还有些人对亚硝酸和高铁血红蛋白形成剂异常敏感，因为他们体内缺乏 NADPH 高铁血红蛋白还原酶。

（2）按毒效持续时间的毒性分类

①暂时性毒性：一种是施放后呈蒸汽或气溶胶，造成空气染毒，人员接触中毒，有效杀伤时间短（小于 60min）。使用的毒剂多为沸点低、易挥发的液态毒剂，如氢氟酸、光气、沙林等；另一种是常温时为固体，施放后呈烟雾状的毒剂，如失能剂 BZ、刺激剂 CS、苯氯乙酮等亦可用作暂时性毒剂。

②持久性毒性：施放后呈液滴状或微粉状，地面染毒，人员接触中毒，有效杀伤时间长（大于 60min），有些沸点高，不易挥发的液体毒剂具有持久性作用。如，芥子气和以微粉状施放的固体毒剂（刺激剂）。因为它们可造成施放地区长时间染毒，人员不宜立即进入该地区，所以称这类毒剂为持久性毒剂。微粉状毒剂施放后沉落于地面，人员或车辆通过或风速较大时再度飞扬，故可造成较长时期的地面和空气染毒。

③半持久性毒性：有效杀伤时间介于前两者之间，能保持数十分钟至数小时，称这类毒剂作用为半持久性毒性。如，梭曼、塔崩、双光气等。国外一直很重视所谓中等挥发度毒剂的研究，意欲使此类毒剂能经呼吸道和皮肤两种途径吸收，发挥其致伤作用。这类毒剂称为半持久性毒剂。

毒剂的持久性是相对的。它与毒性的理化性质、施放方法、战斗状态、目标区的地形和气象条件等因素有关。通常作为暂时性毒剂使用的 CS，若以微粉状态撒于地面可长期发挥毒性作用；通常作为持久性毒剂使用的芥子气如施放呈雾状，则为暂时性毒剂。

（二）毒性指标与毒性剂量

引起人员某种程度毒害所需的剂量统称为毒害剂量。剂量是决定毒物对机体造成损害的最主要因素。对于同一种毒物，不同剂量对机体造成的损害程度不同。毒剂对人体的损伤作用，是毒剂与机体相互作用的综合表现。因此，毒剂的毒效作用或损伤程度受到多种因素的影响。不同的毒剂可引起不同的生理、生化反应，因而决定各自的临床发展方向。不过其损伤程度在很大程度上依赖于毒物剂量。

美国工业卫生学家联合会设定的有关毒性物质的剂量临界限度已被广泛接受。临界限度表示的是所有工人日复一日地重复暴露而不会收到危害的最高浓度。临界限度值是指一个标准工作日的时间加权平均浓度永远不应超越的极限浓度。

对于气体和蒸汽，临界限度一般是用在空气中的体积分数来表示；对于烟尘、烟雾和某些粉尘，临界限度则由每立方米的质量（mg）给出；对于某些粉尘，特别是含有二氧化硅的

粉尘，临界限度用每立方米空气中粒子的百万个数表示。

1、致死剂量

(1) 半致死剂量 (LD_{50}) 较为简单的定义是指引起一群受试对象 50% 个体死亡所需的剂量。精确的定义指统计学上获得的预计引起动物半数死亡的单一剂量。 LD_{50} 的单位为 mg/kg 体重, LD_{50} 的数值越小, 表示毒物的毒性越强; 反之, LD_{50} 的数值越大, 毒物的毒性越弱。与 LD_{50} 概念相同的剂量单位还有半数致死浓度 (LC_{50}) 和半数抑制浓度或半数失能浓度 (IC_{50})。 LC_{50} 是指能引起一群受试对象 50% 个体死亡所需的浓度。 IC_{50} 是指一种毒物能将某种酶活力抑制 50% 所需的浓度。毒理学最早用于评价急性的指标就是死亡。因为死亡是各种化学物质共同的、最严重的效应, 它易于观察, 不需特殊的检测设备。长期以来, 急性致死毒性是比较、衡量毒性大小的公认方法。在毒理学实验中, 所需的实验动物数量是根据 LD_{50} 不同的测定方法决定的。因为 LD_{50} 并不是实验测得的某一剂量, 而是根据不同剂量组而求得的数据。 LD_{50} 在毒理中是最常用于表示化学物质毒性分级的指标。因为剂量-反应关系的“S”形曲线在中段趋于直线, 直线中点为 50%, 故 LD_{50} 值最具有代表性。 LD_{50} 值受许多因素的影响, 如动物种属和品系、性别、接触途径等, 因此, 表示 LD_{50} 时, 应注明动物种类和基础途径。雌雄动物应分别计算, 并应有 95% 可信限。如受试动物在液体中时, 以半致死浓度 (LC_{50}) 表示, 单位为 mg/L 。 LC_{50} 也用于表示空气中化学物质的浓度, 单位为 mg/m^3 。

(2) 绝对致死剂量 (LD_{100}) 指某实验总体中引起一组受试动物全部死亡的最低剂量。实验总体中一组受试动物的数量视不同实验设计而定, 少则 10 个, 多则 50~100 个以上。

(3) 最小致死剂量 (MLD 或 MLC 或 LD_{01}) 指某实验总体的一组受试动物中仅引起个别动物死亡的剂量, 其低一档的剂量即不再引起动物死亡。

(4) 最大耐受剂量 (MTD 或 LD_0 或 LC_0) 指某实验总体的一组受试动物中不引起动物死亡的最大剂量。

2、效应剂量

(1) 最小有作用剂量 指在一定时间内, 一种毒物按一定方式或途径与机体接触, 能使某项灵敏的观察指标开始出现异常变化或使机体开始出现损害作用所需的最低剂量, 也称中毒阈剂量或中毒阈剂量。最小有作用剂量对机体造成的损害作用有一定的相对性。最小有作用剂量严格地也称为最低观察到作用剂量或最低观察到有害作用剂量。

(2) 最大无作用剂量 指在一定时间内, 一种外源化学物质按一定方式或途径与机体接触, 根据目前认识水平, 用最灵敏的实验方法和观察指标, 未能观察到任何损害机体的作用的最高剂量, 也称为未观察到损害作用的剂量。理论上, 最大无作用剂量与最小有作用剂

量应该相差极微，但实际上由于受到对损害作用观察指标和检测方法灵敏度的限制，两者之间存在一定的剂量差距。最大无作用剂量是根据亚慢性实验的结果确定的，是评定毒物对机体损害作用的主要依据。

(3) 毒剂的战斗密度 地面、物体或人体表面染毒程度达到伤害作用时的密度叫战斗密度，以 $\mu\text{g}(\text{mg})/\text{cm}^2$ 或 $\text{mg}(\text{g})/\text{m}^2$ 为单位表示。例如，芥子气的战斗密度（地面染毒）为 $10\text{g}/\text{m}^2$ ，无防护人员通过此地域时可遭到芥子气的伤害。

(4) 毒剂的战斗浓度 单位体积内染毒空气（或水）中含有的毒物剂量叫做染毒浓度，常以 $\mu\text{g}(\text{mg})/\text{L}$ 或 $\text{mg}(\text{g})/\text{m}^3$ 为单位表示。有杀伤作用的染毒浓度叫做战斗浓度。

3、毒害剂量相关参数的表示方法

(1) 最低刺激浓度和不可耐受浓度 就刺激剂而言，如 CS 对人眼的最低刺激浓度为 $0.00005\text{mg}/\text{L}$ ；暴露 2min 不可耐受的浓度为 $0.001\text{mg}/\text{L}$ 。

(2) 致死剂量和半致死剂量 致死剂量（LD）是表示化学物质引起实验动物死亡的剂量。引起死亡的浓度称为致死浓度（LC）。此剂量或浓度处在最小致死量（MLD 或 MLC）与绝对（100%）致死量（LD₁₀₀ 或 LC₁₀₀）之间。引起 90% 实验动物死亡的剂量（浓度）则用 LD₉₀（LC₉₀）表示；引起群体一半死亡的剂量称半数致死量，以 LD₅₀ 表示。LC₅₀ 则表示半致死浓度。

(3) 致死浓时积和失能浓时积 人员吸入中毒的毒害剂量以暴露时间（min）和毒剂浓度的乘积表示，称为浓时积。有致死浓时积（LCt）和失能浓时积（ICt）。

同理，能使 90% 人员死亡的浓时积以 LCt₉₀ 表示。如氢氰酸经呼吸道吸入 1min，LCt₉₀ 为 $1500\sim 5000\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$ 。能使 50% 左右人员死亡的浓时积称半致死浓时积（LCt₅₀）。如沙林经呼吸道吸入 1min，LCt₅₀ 为 $100\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$ 。

与上类似，以 ICt₅₀ 或 ICt₉₀ 分别表示使 50% 或 90% 以上人员丧失战斗能力的剂量。如毕兹（二苯羟乙酸-3-唑啉酯）经呼吸道吸入 1min，ICt₅₀、ICt₉₀ 分别为 $110\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$ 、 $220\text{mg}\cdot\text{min}/\text{m}^3$ 。

致死浓时积或失能浓时积是一常数。它取决于毒剂种类、个体差异和中毒条件。然而这一常数只适用于暴露时间较短的情况下，如 HCN 只规定几分钟，光气最多为 1h。在暴露时间较长或毒剂浓度很低时，测得的致死浓时积往往偏高。特别是那些易于排出体外或体内易于失去毒性的毒物更是如此。

浓时积“Ct”只表示浓度和时间的关系，没有考虑到暴露时间内人员的呼吸状况。人员在运动时的肺通气量比在安静时大得多。静止时一般成年人通气量为 $11\text{L}/\text{min}$ ；防御战斗时

为 24L/min；进攻战斗时为 77L/min。因此，在一定浓度低染毒空气中暴露一定的时间，活动时吸入的毒剂量比静止时要大得多。换言之，单位时间内达到同一伤害程度的毒剂量，在活动状态时比在静止状态时小得多。

毒性物质对实验动物产生同一作用所需要的剂量，会由于动物种属或种类、染毒的途径、毒剂的剂型等条件不同而不同。除用实验动物死亡表示毒性外，还可以用机体的其他反应，如引起某种病理变化来表示。例如，上呼吸道刺激、出现麻醉以及某些体液的生物化学变化等。阈剂量或浓度表示的是能引起上述变化的毒性物质的最小剂量或浓度。于是，就有麻醉阈剂量或浓度、上呼吸道刺激阈剂量或浓度、嗅觉阈剂量或浓度等。

致死浓度和急性阈浓度之间的浓度差距，能够反映出急性中毒的危险性，差距越大，急性中毒的危险性就越小。而急性阈浓度和慢性阈浓度之间的浓度差距，则反映出慢性中毒的危险性，差距越大，慢性中毒的危险性就越大，而根据嗅觉阈或刺激阈，可估计工人能否及时发现生产环境中毒性物质的存在。

（三）化学物质毒性效应的影响因素

1、化学结构与毒性质化效应

（1）自由基连锁反应引起活性氧损伤 机体细胞膜含有大量不饱和脂肪酸，不饱和的共价双键极易受不配对电子的攻击，这种反应一经出现，便会产生连锁放大效应，造成细胞膜结构和功能损伤，只要细胞膜不饱和双键与毒性自由基存在并接触，这种损伤便可能发生。

（2）过敏源数量很少也可致变态反应 对于少数过敏体质的人来讲，如果第二次接触致敏物质，就会发生过敏，甚至全身变态反应。如青霉素的全身过敏、花粉鼻黏膜刺激、牛奶的胃肠道过敏等。一般认为，过敏源数量与变态反应无正相关关系。

（3）抗生素选择性破坏致病细菌的结构 青霉素之所以能够有效杀灭细菌，主要由于青霉素可选择性破坏细菌的荚膜结构，从而抑制细菌的分裂增殖。而真核细胞不具有这种结构，因而才会通过选择性毒性起到灭菌治病作用。

（4）萘环化合物容易使实验动物致癌 大量动物研究表明，许多含有萘环结构的化合物，由于其具有很强的亲核性，很容易造成细胞突变，发生肿瘤。而其他大量化合物不具有这种结构，所以多数不致癌。

（5）氧化型 LDL 较容易引起动脉硬化 低密度脂蛋白（LDL）是血清蛋白的正常组分，当 LDL 发生氧化反应后，就会在磨损的动脉壁发生粥样硬化，诱发一系列心血管系统的病变。而高密度脂蛋白则有拮抗作用。

2、化学结构与毒性量化效应

化学结构与毒性大小的关系相当复杂，目前仅找到一些有限的规律。

(1) 同系物的碳原子数 烷、醇、酮等碳氢化合物与其同系物相比，碳原子数越多，则毒性越大（甲醇与甲醛除外）。但当碳原子数超过一定限度（7~9 个），毒性反而下降。当同系物碳原子数相同时，直链的毒性比支链的大，成环的毒性大于不成环的。

(2) 卤素的取代 卤素有强烈的负电子效应，在化合物中增加卤素就会使分子的极化程度增强，更容易与酶系统结合，使毒性增加。例如，氯化甲烷对肝脏的毒性依次为： $\text{CCL}_4 > \text{CHCl}_3 > \text{CH}_2\text{Cl}_2 > \text{CH}_3\text{Cl}$ 。

(3) 基团的位置 如带两个基团的苯环化合物，其毒性是：对位 > 邻位 > 间位。分子对称者毒性较不对称者大，如 1, 2-二氯甲烷的毒性大于 1, 1-二氯甲烷。

(4) 分子饱和度 分子中不饱和键增加时，其毒性也增加，例如对结膜的刺激作用是：丙烯醛 > 丙醛，丁烯醛 > 丁醛。

(5) 其他 烃类化合物中一般芳香族烃类化合物比脂肪族烃类化合物毒性大。脂肪族化合物中引入羟基后，毒性增强。在化合物中引入羧基后，可使化合物水溶性和电离度增高，而脂溶性降低，毒性也随之减弱，例如苯甲酸的毒性较苯为低。

3、物理特性与毒性效应

(1) 脂水分配系数 是指毒物在脂相和水相中溶解分配率。在构效关系研究中，这是一个十分重要的化学物质的物理参数。它有助于说明有机化合物在体内的分配规律。

(2) 分散度 一些毒物以气溶胶形态存在与环境空气中，它们是一团气体和悬浮于其中的微粒组成的混合体。分散度以微粒的直径大小表示。只有直径小于 $5\ \mu\text{m}$ 的微粒才可以进入肺泡。进入肺泡的气溶胶分散度越大，比表面积越大，生物活性也越强。

(3) 挥发度 有些毒物的 LC_{50} 相当，即其绝对毒性相似，但由于各自的挥发度不同，所以，形成实际的毒性或危险性就可能有很大的差异。比如，苯和苯乙烯 LC_{50} 均为 45mg/L ，绝对毒性相同，但苯很容易挥发，而苯乙烯的挥发度仅为苯的 $1/11$ ，所以，苯乙烯经呼吸道吸入的实际危害性比苯小。将毒物的挥发度估计在内的毒性称为相对毒性。对有机溶剂来说，相对毒性指数更能反映其经呼吸道吸收的危害程度。

(4) 电离度 对于弱酸性与弱碱性有机物只有在适宜的 pH 值条件下，维持非离子型才能经胃肠吸收。当弱酸性化合物在碱性环境下部分解离时，则不宜吸收。

(5) 纯度 一般提及的某个毒物的毒性，都是指该毒物纯品的毒性。毒物的纯度不同，它的毒性也不同。因此，对于待研究的毒物，应首先了解其纯度、所含杂质成分与比例，以便与前人或不同时期的毒理学资料进行比较。

4、环境条件对毒性效果的影响

任何毒性物质只有在一定的条件下才能表现出其毒性。物质的毒性与物质的浓度、接触时间以及环境的温度、湿度等条件有关。

(1) 浓度与接触时间 环境中毒性物质的浓度越高，接触的时间越长，就越容易引起中毒。对于毒性物质有 Haber 定律，即毒性物质的浓度和时间的乘积为常数，并用这个概念表示毒性作用程度的指数。这表明毒性物质的吸入量是浓度和时间乘积值的函数。在指定的时间内，毒性作用与浓度低关系因物质而异。有些毒性物质的毒性反应随剂量的增加而加快；有些毒性物质的毒性反应随剂量的增加，开始时变化缓慢，而后逐步加快；有些则开始无变化，剂量增加到一定程度才出现明显的中毒反应。但是，对于大多数毒性物质，毒性反应随剂量的增加，开始时变化不明显，而后一段时间变化显著，再往后变化则有不显著。

(2) 环境温度、湿度和劳动强度 环境温度越高，毒性物质越易挥发，环境中毒性物质的浓度越高，越易造成人体中毒。环境的湿度越大，也会增加某些毒性物质的作用强度。例如氯化氢、氟化氢等在高湿环境中，对人体的刺激性明显增加。

劳动强度对毒性物质吸收、分布、排泄都有明显的影响。劳动强度大能够促进皮肤充血、毒性物质含量增加，毒性物质的吸收速度加快。耗氧增加，对毒性物质所致的缺氧更敏感。同时劳动强度大能够使人疲劳，抵抗力下降，毒性物质更容易起作用。

(3) 多种毒性物质的联合作用 环境中的毒性物质往往不是单一品种，而是多种毒性物质。多种毒性物质联合作用的综合毒性较单一毒性物质的毒性，可以增强，也可以减弱。增强者称为协同作用，减弱者称为拮抗作用。此外，生产性毒性物质与生活性毒性物质的联合作用也比较常见。

二、毒性物质的毒性等级和危险等级

1、毒性物质的毒性等级

毒性物质的毒性等级分为以下 5 个等级，各个等级的含义分别如下。

(1) “U”：未知 “U” 这个标识适用于以下几个类别的物质：①在文献中查找不到有关物质的任何毒性信息，人们对此一无所知；②有基于动物实验的有限信息，但不适用于人的暴露；③已出版的毒性数据存疑。

(2) “0”：无毒性 “0” 这个标识适用于以下类别的物质：①在任何应用条件下都不回引起伤害的物质；②仅在最不寻常的条件下或超大剂量应用时才对人产生毒性作用。

(3) “1”：轻度毒性 “1” 这个标识适用于以下类别的物质：①急性局部中毒。物

质一次性连续暴露几秒钟、几分钟或几小时。不管暴露的程度如何，仅引起皮肤或黏膜的轻度影响；②急性全身中毒。物质一次性连续暴露几秒钟、几分钟或几小时，通过呼吸或皮肤吸收进入人体，或一次性服入，不管吸收的量和暴露的程度，仅产生轻度影响；③慢性局部中毒。物质连续或重复暴露持续数日、数月或数年，暴露的程度或大或小，仅引起皮肤或黏膜的轻度伤害；④慢性全身中毒。物质连续或重复暴露持续数日、数月或数年，通过呼吸或皮肤吸收进入人体，暴露的程度或大或小，仅产生轻度伤害；⑤一般来说，列为“轻度毒性”类的物质在人体中产生的变化是可逆的，会随着暴露的终止，经医治或无需医治而逐渐消失。

(4) “2”：中度毒性 “2”这个标识适用于以下类别的物质：①急性局部中毒。物质一次性连续暴露几秒钟、几分钟或几小时，会引起对皮肤或黏膜的中度影响。上述影响可以起因于几秒钟的强暴露或几小时的中度暴露；②急性全身中毒。物质一次性连续暴露几秒钟、几分钟或几小时，通过呼吸或皮肤吸收进入人体，或一次性服入，产生中度影响；③慢性局部中毒。物质连续或重复暴露持续数日、数月或数年，引起皮肤或黏膜的中度伤害；④慢性全身中毒。物质连续或重复暴露持续数日、数月或数年，通过呼吸或皮肤吸收进入人体，产生中度影响；

列为“中度毒性”类的物质会在人体中产生不可逆的同时也有可逆的变化，但是这些变化还不至于严重危及生命或对身体造成严重性永久伤害。

(5) “3”：重度毒性 “3”这个标识适用于以下类别的物质：①急性局部中毒。物质一次性连续暴露几秒钟、几分钟或几小时，引起对皮肤或黏膜的严重损伤会危及生命或造成对身体的永久伤害；②急性全身中毒。物质一次性连续暴露几秒钟、几分钟或几小时，通过呼吸或皮肤吸收进入人体，或一次性服入，会产生危及生命的严重伤害；③慢性局部中毒。物质连续或重复暴露持续数日、数月或数年，引起皮肤或黏膜的不可逆的严重伤害，会危及生命或造成永久伤害；④慢性全身中毒。物质小剂量连续或重复暴露持续数日、数月或数年，通过呼吸或皮肤吸收进入人体，能够致死或造成身体的严重损伤。

2、毒性物质的危险等级

对于毒性物质的危险等级。目前尚无统一的标准。美国科学院把毒性物质危险划分为5个等级，是根据物质的半致死剂量 LD_{50} 值划分的。

- (1) “0”：无毒性， $LD_{50} > 15g/kg$
- (2) “1”：实际无毒性， $5g/kg < LD_{50} < 15g/kg$ 。
- (3) “2”：轻度毒性， $500mg/kg < LD_{50} < 5g/kg$ 。
- (4) “3”：中度毒性， $50mg/kg < LD_{50} < 500mg/kg$ 。

(5) “4”：毒性， $LD_{50} < 50\text{mg/kg}$ 。

三、造纸行业毒性物质的中毒急救

1、氯气中毒的急救

氯气 (Cl_2) 为黄绿色具有刺激性气体，密度为空气的 2.45 倍，沸点 -34.6°C 。易溶于水、碱溶液、二硫化碳和四氯化碳等。压强为 101KPa、温度为 -34.6°C 时易液化，高压下液氯为黄色，如果将温度继续冷却到 -101°C 时，液氯变成固态氯。相对密度为 1.56。氯气在高温下与一氧化碳作用生产光气。遇水迅速生产次氯酸、盐酸和新生态氧。操作人员必须经过专业培训、考试合格后，方准上岗操作。在使用氯气过程中，如氯气钢瓶内压力较低需要加温时，可用 45°C 以下温水加热，严禁用火烤或蒸汽加热。

急性氯气中毒主要表现为急性呼吸系统损害，氯气经呼吸道吸入对局部黏膜有强烈刺激和氧化作用。

氯气中毒的急救方法：

(1) 立即脱离现场，转移至空气新鲜处，保持安静及保暖。眼睛或皮肤接触液氯时立即用清水彻底冲洗；

(2) 刺激反应至少观察 12 小时。中毒病人应卧床休息，避免活动后病情加重；

(3) 急性中毒时需合理氧疗；

(4) 积极防治中毒肺水肿，早期、足量、短程应用肾上腺糖皮质激素；

(5) 维持呼吸道通畅，防治肺水肿及继发感染，咳泡沫样痰多宜气雾吸入二甲基硅油（消泡剂）。

2、二氧化硫中毒的急救

二氧化硫 (SO_2) 又名亚硫酸酐，为无色气体，有刺激性气味，密度为空气的 2.26 倍。加压可液化，液体相对密度 1.43，沸点 -10°C 。溶于水、乙醇和乙醚，在眼、鼻及以上呼吸道黏膜处水解成亚硫酸和硫酸，对局部有强烈的刺激作用。大量吸入可引起喉水肿、化学性肺炎、化学性肺水肿，甚至声带痉挛而窒息。有明显的眼、鼻、喉及呼吸道疾患，手、面部湿疹，支气管哮喘和肺气肿等病者，不宜接触本品。

二氧化硫中毒的急救方法：

(1) 如大量吸入二氧化硫，迅速脱离现场至空气新鲜处，保持呼吸道通畅。如呼吸困难，立即输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸、吸氧等。有明显刺激反应，即使无客观体征者也应观察 48 小时。

(2) 如食入二氧化硫，用大量清水冲洗皮肤或 3%（质量分数）碳酸氢钠溶液漱口，以中和亚硫酸及硫酸。

(3) 液体二氧化硫溅入眼内，必须迅速以大量生理盐水或清水冲洗，再滴入地塞米松和抗生素液，或涂以可的松、金霉素眼膏。

3、臭氧中毒的急救

臭氧 (O_3) 在空气中含量极微。为无色气体，有特殊气味。化学性能不稳定，放出新生态氧，由于其具有氧化能力，对黏膜有损伤作用，但没有氯、氨剧烈、迅速，也可引起支气管炎和肺水肿。

臭氧中毒的急救方法：

- (1) 迅速脱离现场至空气新鲜处；
- (2) 镇静、卧床休息、减少好氧；
- (3) 积极防治中毒性肺水肿，早期、足量、短程糖皮质激素治疗。

4、一氧化碳中毒的急救

一氧化碳 (CO) 为无色、无臭、无刺激性的气体，密度为空气的 0.968 倍，不溶于水，但可溶于氨水、乙醇、苯和醋酸。燃烧时火焰呈蓝色。进入一氧化碳浓度较高的环境内时，应采取有效的个人防护，如供氧式呼吸器或防护口罩；并要求同时有两人操作，万一发生意外，能及时互救。新工厂应接受就业前体检，患有各种中枢神经和周围神经器质性疾患、明显的心血管疾患者，不宜从事一氧化碳作用。

一氧化碳能迅速通过肺泡进入血液循环与血红蛋白结合成碳氧血红蛋白 ($COHb$)，严重阻碍血液携氧及其解离，导致全身缺氧。一氧化碳浓度较高时，可与体内还原型细胞色素氧化酶的二价铁结合，直接抑制组织细胞的呼吸，造成细胞内窒息。中枢神经系统对缺氧最为敏感，一氧化碳对人体的急性中毒作用以中枢神经系统症状为主。

一氧化碳中毒的急救方法：

- (1) 采取通风措施后，迅速将病人移离中毒场所至新鲜空气处静卧保暖，松开衣领，保持呼吸道畅通，密切观察意识状态；
- (2) 轻度中毒者，可给氧及时对症治疗；
- (3) 中度或重度中毒者应积极纠正脑缺氧，立即给予常压面罩吸氧，尽可能给予高压氧治疗。呼吸停止者立即施行人工呼吸；
- (4) 如有呕吐使病人头偏向一侧，并及时清理口鼻内的分泌物；
- (5) 气道堵塞、高度呼吸困难者应实施气管插管或气管切开；

(6) 立即送医院抢救。

5、硫化氢中毒的急救

硫化氢(H_2S)为无色、具有臭鸡蛋气味的气体,密度为空气的 1.19 倍,沸点 -61.8°C 。溶于水、乙醇、甘油、石油溶剂。广泛存在于石油、化工、皮革、造纸等行业中。废气、粪池、污水沟、隧道、垃圾池中,均有各种有机物腐烂分解产生的大量硫化氢。

硫化氢对黏膜有强烈刺激作用。而且被吸收后与氧化型细胞色素氧化酶作用,抑制酶的活性,使组织细胞发生内窒息。如吸入 $300\text{mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 即对呼吸道、眼睛产生刺激症状。吸入 2~3 小时达 1000mL 时,可发生“闪电式”死亡。一般来说,浓度低时黏膜及呼吸道刺激作用明显,浓度高时神经系统的症状明显。

硫化氢中毒的急救方法:

- (1) 迅速将病人移离中毒现场至空气新鲜处,立即吸氧并保持呼吸道畅通;
- (2) 呼吸抑制时给予呼吸兴奋剂,心跳及呼吸停止者,应立即实施人工呼吸和体外心脏按压术,直至送达医院。切忌口对口人工呼吸,宜采用胸廓挤压式人工呼吸;
- (3) 氧疗,鼻导管或面罩持续给氧,中、重度者给予高压氧治疗;
- (4) 眼部冲洗,即生理盐水或 2% (质量分数) 碳酸氢钠溶液冲洗,出现的化学性炎症到眼科进行治疗;
- (5) 对症处理;
- (6) 严重者迅速送医院抢救。

6、二氧化碳中毒的抢救

二氧化碳(CO_2)是无色气体,高浓度时略带酸味。当空气中二氧化碳含量超过正常(0.03% 体积分数)时,能使呼吸加深加快;如含量为 1% (体积分数)时,能使正常人呼吸量增加 25%;含量为 3% (体积分数)时,使后续来那个增加两倍,通气量相应增加。但高浓度(超过 10% 体积分数)时,通气量反而下降,呈呼吸中枢抑制状态,甚至丧失知觉和造成死亡。体内二氧化碳潴留可使周围血管扩张,内脏血管收缩,回心血量增多,心率加快,血压下降,可使脑血管扩张,脑血流郁滞,引起颅内压升高。急性中毒多因为病人进入不通风的谷物、水果、蔬菜等储藏地窖和仓库,发酵场所,长期不开放的矿井或下水道而引起,这类环境中常伴有氧浓度过低(小于 16% 体积分数),故急性二氧化碳的中毒可能与缺氧协同致病。

二氧化碳中毒的急救方法:

- (1) 迅速将病人移离中毒现场至空气新鲜处;
- (2) 保持呼吸道畅通,尽快吸入氧气;

(3) 呼吸和心跳骤停者，应立即实施人工呼吸和体外心脏按压术，直至送达医院；

(4) 切忌皮肤、眼睛直接接触固态和液态二氧化碳，避免造成严重冻伤。

7、汽油中毒的急救

汽油主要成分为 $C_4 \sim C_{12}$ 的混合烃类，为无色或淡黄色，易挥发和易燃液体，具有特殊臭味。不溶于水，易溶于苯、二硫化碳、醇及脂肪。汽油为麻醉性毒物，使中枢神经系统功能障碍。对皮肤黏膜也有刺激作用。因不同产地的汽油含不饱和烃、硫化物和芳烃的量不同，毒性也不同。当上述化合物含量增加和汽油作为汽车燃料使用加入添加剂时，汽油的毒性相应增加。汽油主要经呼吸道侵入机体，皮肤吸收次之，也可经消化道吸收。吸入汽油浓度为 $1851 \sim 2615 \text{mg/m}^3$ ，或口服汽油 $20 \sim 30 \text{mL}$ 或 7.5g/kg 体重可致死。

汽油中毒的急救方法：

(1) 迅速将病人移离中毒现场至空气新鲜处。脱去污染衣物，皮肤用肥皂水清洗。受污眼睛用 2% 碳酸氢钠溶液冲洗并滴抗生素眼膏；

(2) 对口服中毒者一般不进行催吐或洗胃，以防止反胃而增强或误吸入肺内。口服时间不久者，可饮牛奶或植物油、微温水小心洗胃。继之可给 10% 药用碳混合悬液 $100 \sim 200 \text{mL}$ 口服，以吸附剩余毒物，再用硫酸钠（芒硝）或硫酸镁导泄；

(3) 呼吸和心跳骤停者，应立即实施人工呼吸和体外心脏按压术，直至送达医院；

(4) 较高流量的氧吸入；

(5) 对吸入性肺炎者可给短程糖皮质激素治疗，注射抗生素，以防止肺部继发感染；

(6) 皮肤起水泡者，应严格消毒并包扎；

(7) 对症治疗；

(8) 抢救中严格使用肾上腺素，以免引起心室颤动。

第四节 造纸企业危险化学品的安全使用

制浆造纸企业在行业分类上属于轻工行业，在安全生产管理上火灾和机械伤害是其需要面对的最普遍事故类型，但是，制浆和造纸工艺过程中都需要使用一定量的化学品，主要包括在制浆、漂白等过程中使用的氯气、碱、硫酸、双氧水等危险化学品，而化学品管理恰恰是轻工行业的薄弱环节，所以，制浆造纸生产中危险化学品引发的中毒窒息类和爆炸类事故也应作为造纸企业安全管理的重点来对待。

造纸化学品从广义上讲，是指制浆造纸及附属系统工艺过程中所使用的各种化学药剂、助剂的总称，主要分为制浆化学品（如蒸煮和漂白助剂）、造纸化学品（如施胶剂、杀菌剂）和治污化学品等。从安全生产角度和危险危害程度来讲，造纸化学品主要指在制浆造纸及附属系统中普遍使用（或易产生）而且易造成群体性或者恶劣性伤害的危险化学品，这些危险化学品既包括生产过程中需要使用的，比如氯、过氧化氢、天然气等，也包括工艺过程中所产生的，比如硫化氢、臭气（不凝气，NCG）等。

一、危险化学品管理法规

《危险化学品安全管理条例》于2002年1月26日公布（以下简称条例），2011年2月16日国务院第144次常务会议修订通过，根据2013年12月7日国务院令第645号发布的《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订。该条例以立法的形式加大了对危化品的管理力度。本条例对在中华人民共和国境内生产、经营、储存、运输、使用危化品和处置废弃危化品的监管机构、部门单位都做出了明确规定，并对违反本条例的单位和个人应承担的责任也做了相应的规定。根据本条例，制浆造纸行业所涉及危化品的储存、运输和使用也属管理范围之内。

根据《危险化学品安全管理条例》规定，应对现有危化品进行安全评价。目前各制浆造纸企业在危化品的储存和使用中部分没有经过安全评价，对危化品使用过程和储存过程存在的危险或危害性，以及对危化品的安全防护没有系统的认识，加之设备陈旧、老化，使一些长期存在的隐患不能得到及时发现，这对做好危化品的管理十分不利。从管理角度上讲，没有进行安全评价并经上级主管部门批准许可储存和使用危化品的单位，是无权采购各类危险化学品的，所以，进行安全评价是现阶段做好危化品管理最重要的一项工作。对危化品的安全评价，目的就是根据企业现实情况，系统地进行分析、判断，查找出各类隐患，为实现安全技术、安全管理标准化和科学化创造条件，以期实现企业本质安全化生产。

根据《安全生产法》及《条例》规定，使用危险化学品从事生产的单位，其生产条件必须符合国家标准和国家有关规定，并依照国家相关法律、法规的规定取得相应的许可，必须建立、健全危险化学品使用的安全管理规章制度，保证危险化学品安全使用和管理的规定，制浆造纸行业各单位，根据本单位实际情况，都应建立健全本单位所使用的危化品的安全管理制度，如漂白工艺、通氯工艺、溶解中性盐工艺的危化品管理、搬运、保管使用安全技术等规程，并且确定各部门各操作人员的安全职责，各部门个操作人员要认真履行自己的职责，认真执行各类规章制度安全操作规程。坚决杜绝“三违”现象发生，确保危化品的储存和使

用安全。加强危化品管理及作业人员培训。根据国家安全生产监督管理局要求，从事危化品作业人员必须经过安全培训后，取得相应资格证书后方可上岗作业。

加强对从业人员的培训对保证危化品的储存和使用安全十分重要，每年国家批准的特种作业人员培训机构都举办对特种作业人员的培训班，对危化品操作人员培训也是其中一项，培训主要包括：危化品管理有关法律、法规、规章和安全知识、专业技术、职业卫生防护和应急救援等知识。培训可使储存、使用危化品作业人员掌握必要的安全知识，为其在工作中正确使用危化品，提供必要的基础知识，也可有效杜绝因违章而造成的事故。

危化品储存和使用所配备的安全消防设施应定期进行检测防护，操作人员要配备必要的劳保用品，并在醒目位置设立警示标志。定期监测、检验可确保危化品使用、储存安全。《条例》规定，要对危化品专用仓库的储存设备和安全设施进行定期检测，检测包括防火、防盗、防晒、防漏及使用的各类安全设施的检测，检测要有结果有记录。除检测外还应在储存、使用现场设置明显的安全标志牌及现场贮存物品的名称、数量、供货单位等基本内容的标识牌，为现场安全管理提供必要的安全识别，保证储存现场的安全操作。对于操作人员要配备必要的安全防护用品（例如：呼吸器、防毒面具、防化服等防护用品），并督促员工正确使用，对不具备危化品操作能力的人员应立即调离。

危化品的防火、防盗十分重要，储存危化品的单位应保证库房有一定的耐火级别，房体应采用耐火材料制成，并与其他可燃或易燃的仓库分开，在发生火情时，能够给救援人员提供必要的时间，采取必要的措施，控制事故危害扩大，从而使损失降到最低点。

危化品的泄露。危化品都具有毒性、腐蚀性，一旦泄露可能发生燃烧、爆炸释放出有害物质，对人体及社会环境危害极大。这就要求储存、使用单位在储存使用过程中要认真执行各类规章制度和操作规程，并在库房和使用点增设必要的安全设施。储存单位应在仓库内装有红外线报警等装置，设专人 24 小时监护，发生泄露或偷盗情况可及时报警；使用点设应急设施、设备，一旦发生泄露，可采取必要的措施进行处理；存贮物与其他可能发生反应的物质要保证有足够的距离，当危化品发生泄露时能保证不发生化学反应，从而降低事故的危害。

各类危化品事故都可能造成人员伤亡、财产损失或环境污染，所以，不但要加强对危化品的管理、防护和使用，还要做好应急预案。一旦发生事故，应立即采取措施消除、减少事故危害和防止事故恶化，以最大限度降低事故的损失。这就要求在安全评价的基础上，充分地考虑造纸行业使用的各类危化品泄露可能造成的各类事故，根据现有人员、具体的设备、设施、场所和环境，在安全评价的基础上，制定出一个比较详尽的事故应急救援预案。以保

证在发生事故后各单位、各类人员能协调一致，利用各种设备，有效地控制事故发展，最终消除事故对人员、设备和环境的损害，使事故损失降到最低点。

二、制浆造纸危险化学品的安全使用

（一）液氯的安全使用

1、氯气的性质和危害

氯是卤素 4 个元素之一，其化学性质活泼。氯气具有腐蚀性，常温下为黄绿色有强刺激性臭味的气体，常温下在 $7.09 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上压力时为金黄色的液体，相对密度 3.21（空气为 1），沸点 -34.6°C ，蒸汽压力 $6.40 \times 10^5 \text{Pa}$ （ 20°C ），蒸汽相对密度 2.49（空气为 1）。

氯气在空气中不会自行燃烧、爆炸，但氯气与禁忌品相遇可能发生爆炸，氯气与氨在低温下反应，可生成氯化铵和氮气，当氯氨过量时，则生成易爆物质三氯化氮，当三氯化氮分解时，发生强烈爆炸。氯气与氢气混合会形成爆炸性混合气体，含氢量达到 3.5%~97% 极限时，有外加能量即使光照条件也极易发生爆炸。

氯气属于剧毒物质，工作场所最高容许浓度 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。氯气对眼睛和呼吸系统的黏膜有极强的刺激性。氯气经呼吸道进入，也可能随唾液咽下。氯气主要作用于支气管和毛细支气管，也可作用于肺泡。短间接接触低浓度的氯气主要损害上呼吸道粘膜、接触高浓度的氯气可引起中毒性肺水肿，吸入更高浓度的氯气，可反射性的引起喉肌痉挛，造成窒息和心脏停搏，出现“电击样死亡”。当氯气在空气中浓度为 $3.5 \times 10^{-6} \text{g}/\text{m}^3$ 时可感到臭味；为 $15 \times 10^{-6} \text{g}/\text{m}^3$ 时对眼睛和呼吸道有刺激作用，并感到疼痛、咳嗽、窒息及胸部紧束感；为 $50 \times 10^{-6} \text{g}/\text{m}^3$ 时可引起严重损色，如胸痛、吐黏痰及咯血；为 $100 \times 10^{-6} \text{g}/\text{m}^3$ 时，瞬间就可以引起呼吸困难； $1000 \times 10^{-6} \text{g}/\text{m}^3$ 时立即死亡。氯气对皮肤也有强刺激性，皮肤暴露部位可由灼热发痒感，有时在面部等处可见氯痤疮。

由于氯气蒸汽压为 $6.40 \times 10^5 \text{Pa}$ （ 20°C ），蒸汽相对密度 2.49（空气为 1），氯气一旦大量泄露，会迅速蒸发形成低温氯气云团并低空漂移、扩散，对人和环境产生灾难性的后果。

2、液氯的安全使用

（1）液氯瓶属低压容器，瓶身喷有草绿色漆，白色“液氯”字样。液氯瓶必须是质量合格产品，每两年由劳动部门资格审查并取得资格证书的单位进行瓶检，液氯瓶使用年限为 10 年。液氯瓶冲装系数为 $1.25\text{kg}/\text{L}$ ，严禁超装。根据有关资料，超装 15% 的液氯瓶当温度升高到 30°C 时，液氯即占满瓶内空间，温度上升到 40°C 左右，即可能发生气瓶爆炸事故，所以严格控制充装量是安全使用液氯的一个前提。

(2) 液氯瓶使用场所要充分利用自然条件换气，应具备机械通风条件，液氯瓶必须储存在专用库房内，禁止露天存放，夏季严禁暴晒。液氯瓶内每次使用不能用尽，必须留存余压，充装量为 50kg 的钢瓶就已有 2kg 以上余氯，充装量为 500kg 和 1000kg 的钢瓶，应保留 5kg 以上余氯。

(3) 液氯重瓶存放期不得超过 3 个月，否则易产生瓶阀因腐蚀打不开的故障，对不使用的液氯瓶应每隔 20 天开闭阀门 1 次，检验阀门是否正常。液氯汽化器、蒸发器必须符合《压力容器安全技术监察规程》有关规定，具有产品合格证。

(4) 连接氯瓶应采用经过退火处理的，并经耐压试验合格的紫铜管。液氯使用场所应有用于消氯的水池，一定数量的生石灰或烧碱备用。

(5) 液氯仓库应建在距离火源 10m 以上，通风良好的地方。液氯库建筑应符合《建筑设计防火规范》的要求。液氯库附近或库内要设置氯气吸收槽，以便处理事故。液氯仓库内严禁烟火。非有关工作人员，禁止入内。照明应全部使用防爆灯具开关。

(6) 仓库内不得放置对液氯有影响的物品，如醋酸、苯、甲苯、油脂、碳氢化合物等酸碱和易燃易爆物混放在一起。液氯出入仓库时，须有专职管理人员在场验收和发放，专职不得擅自离开，不得让非指定人员或其他人员替代。

(7) 要有专人负责保管，每天要检查室内温度，观察有无漏氯情况。室温达 40℃时，要采取降温措施，如有漏氯发生要及时报告和处理。装卸液氯瓶应使用起重设备，轻取轻卸，严禁滚动、滑动和碰撞。装卸前应检查吊具是否安全可靠。

(8) 液氯瓶应卧放，瓶头朝向统一方向，放置整齐，最外边用三角木垫牢，不得重叠堆放。要有足够的行距、墙距、柱距，以便处理意外事故。室内要保持阴凉通风，地面保持干净，要有通风换气设施，开关设在室外。贮存液氯不准超过罐（瓶）规定的安全用量。容器需按规定进行定期检查、维护保养，保持完好状态。

(9) 仓库门口应设有明显的安全标志，必须配备足够的相适应的灭火设施和通讯、报警装置；必须备有防毒面具、铜塞针等防护用品，并要经常检查它们有无时效。下班前，要查看仓库内有无不正常现象，并将所有电门、窗门关好，大门锁好后，才可离开。本规程未规定事宜，应以《化学危险物品安全管理条例》的有关规定为准。

3、液氯泄露的防治

(1) 立即抢修 当发现氯气少量泄露时，现场负责人应立即组织抢修，撤离无关人员，抢救中毒者。抢修、救护人员以及进入事故现场的人员必须穿戴防毒面具与全身防护服，切断一切火源，关闭漏气阀门。抢修中应利用现场机械通风设施和尾气处理装置等，降低氯气

浓度。

(2) 周密的协调组织与现场分工 如无法修复造成氯气大量泄露需报消防部门。消防部门在接到事故报警后应立即上报领导机关,以便取得上级指示和有关部门如公安、卫生、环保、供水等单位的支持,按照拟定救援应急预案实施救援。

(3) 划定警戒区 氯气泄露事故发生后,有毒气体扩散难以预测。事故危险性的,不仅与气体罐贮存量大小,装置、贮罐损坏程度有关,而且与气体流出的时间有关,泄露时间越长,危险性越大,划定的警戒区范围也越大。消防队到达现场后,要根据风速、风向、地形及建筑物的状况,通过有毒气体检测仪测试,画出警戒区,在有关地点设置“禁止入内”、“此处危险”的标志,或根据情况设立警戒岗,切断通往危险区域的交通,禁止车辆、无关人员进入危险区。

(4) 救人 消防人员要根据氯气泄露扩散的范围,与到场的公安、武警等人员紧密配合,采取有效措施,将下风向的人员疏散出危险区;对已中毒人员迅速带离危险区,移至通风良好处,脱下中毒时所着衣服鞋袜,注意给病人保温,并让其安静休息,为解除中毒人员呼吸困难,可以给其吸入 2%~3%的温小苏打溶液或 1%硫酸钠溶液,鼻部可滴入 1%~2%麻黄素,或 2%~3%普鲁卡因加 0.1%肾上腺素溶液,可减轻氯气对上呼吸道黏膜的刺激作用;对在泄露源中心的严重中毒者,消防人员要佩戴空气呼吸器着防毒衣组成救援小组,迅速深入毒区将中毒人员抢救出来并迅速送往医院抢救治疗。

(5) 堵漏排险 消防队到达事故现场后,与单位技术人员共同研究制定处置方法,并与工程技术人员密切配合,采取有效措施,排除险情,防止事态扩大。一是管阀断源,对装置泄露,可采取关阀断源措施,如阀门损坏,可采取在关闭有关阀门断源后换阀或直接更换损坏阀门排除险情。二是堵塞漏洞。如管道断裂、阀门损坏,在无条件关阀换阀的情况下,可用木塞或充气堵漏塞、充气堵漏包扎带,实施堵塞漏洞,排除险情。

(6) 化学反应排除 在无法采取措施堵漏排险的特定环境条件下,可将泄露的贮罐(瓶)浸入过量的石灰乳水中进行中和反应,并对罐体及时配重,使泄露点始终淹没在碱液之下,还应不断监测碱液的 pH 值和空气中的氯气含量。

(7) 用开花、喷雾水枪流稀释驱散 消防队到场查明情况实施抢险时,首先要用开花、喷雾水枪对泄露点周围进行稀释驱散氯气,降低危险区有毒气体的浓度,尽力为排险人员创造有力条件;对已接近泄露完的装置、贮罐区要用数支喷雾水枪进行往复式喷雾稀释驱散氯气,排除对厂区职工群众的危害。

（二）烧碱的安全使用

1、烧碱的性质和危害

纯品为无色透明晶体，相对密度 2.13，熔点 318.4℃，沸点 1390℃。市售烧碱有固态和液态两种：纯固体烧碱呈白色，有块状、片状、棒状、粒状，质脆；纯液体烧碱为无色透明液体。固体烧碱有很强的吸湿性，易溶于水，溶解时放热，水溶液呈碱性，有滑腻感；溶于乙醇和甘油；不溶于丙酮、乙醚。腐蚀性极强，对纤维、皮肤、玻璃、陶瓷等有腐蚀作用。与金属铝和锌、非金属硼和硅等反应放出氢；与氯、溴、碘等卤素发生歧化反应；与酸类发生中和作用而生产盐和水。

烧碱具有极强腐蚀性，其溶液或粉尘溅到皮肤上，尤其是溅到黏膜，可产生软痂，并能渗入深层组织。灼伤后留有瘢痕。溅入眼睛内，不仅损伤角膜，而且可使眼睛深部组织损伤。

2、烧碱的安全使用和包装储运

（1）如不慎溅到皮肤上，立即用清水冲洗 10min；如溅入眼睛内，立即提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗至少 15min 或用 3%（质量分数）硼酸溶液冲洗，严重者迅速送往医院治疗。

（2）空气中烧碱粉尘最高允许浓度 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。操作人员工作时必须穿戴工作服、长筒胶靴、口罩、防护眼镜、橡皮手套、橡皮围裙等劳保用品，应涂中性和疏水软膏于皮肤上。生产车间应通风良好。

（3）工业用固体烧碱应用铁桶或其他密闭容器包装，桶壁厚度 0.5mm 以上，耐压 0.5MPa 以上，桶盖必须密封牢固，每桶净质量 200kg，片碱 25kg。

（4）包装上应有明显的“腐蚀性物品”标志。

（5）烧碱属一级无机碱性腐蚀物品，应贮存在通风、干燥的库房或货棚内。包装容器要完整、密封。不应与易燃物和酸类共贮混运。

（6）运输过程中要注意防潮、防雨。如发现包装容器发生锈蚀、破裂、孔洞、溶化滴水等现象时，应立即更换包装或及早发货使用，容器破损可用锡焊修补。

（7）失火时，可用水、沙土和各种灭火器扑救，但消防人员应注意水中溶入烧碱后的腐蚀性。

（三）纯碱的安全使用

1、纯碱的性质和危害

纯碱是碳酸钠 (Na_2CO_3) 的俗名，又称为苏打。纯碱外观为白色粉末或细粒结晶，味涩。相对密度 2.53 (25℃)。熔点 851℃，比热容 $1.042\text{J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 。易溶于水，在 35.4℃时

溶解度最大，每 100g 水中可溶解 49.7g 碳酸钠（0℃时为 7.0g，100℃时为 45.5g）。微溶于无水乙醇，不溶于丙醇。其水溶液水解呈碱性，有一定的腐蚀性，能与酸进行中和反应，生成相应的盐并放出二氧化碳。高温下可分解，生成氧化钠和二氧化碳。长期暴露在空气中能吸收空气中的水分及二氧化碳生成碳酸氢钠，并结成硬块。

纯碱粉尘对皮肤、呼吸道和眼睛有刺激作用。长时间接触纯碱溶液可能出现湿疹、皮炎等。其浓溶液可引起烧伤、坏死，以至角膜浑浊。空气中纯碱粉尘最高允许浓度为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 。操作人员应穿戴工作服、长筒靴、口罩、手套等劳保用品，以保护呼吸器官和皮肤。

2、纯碱的包装储运

用内衬聚乙烯吹塑薄膜袋(C 型)的塑料编织袋(C 型)双层包装，或者采用塑料复合编织袋(C 型)单层包装，每袋质量 40kg 或 50kg。应贮存在通风、干燥的库房内。包装必须密封，以防止吸收水分结块。不可与酸类、铵盐和有毒、有味物品混运。运输过程中应防雨和日晒。有条件时可采用集装网和集装托盘装卸和运输。一旦失火可用水、沙土和各种灭火器扑救。

（四）过氧化氢的安全使用

过氧化氢是一种制浆过程中的漂白助剂，是具有爆炸性的强氧化剂，外观为无色透明液体，俗称双氧水。工业品过氧化氢一般质量分数范围在 27.5%~70%之间，在 pH 值为 3.5~4.5 时最稳定，在碱性溶液中极易分解，在遇强光，特别是短波射线照射时也能发生分解。当加热到 100℃以上时，开始急剧分解。它与许多有机物如糖、淀粉、醇类、石油产品等形成爆炸性混合物，在撞击、受热或电火花作用下能发生爆炸。过氧化氢与许多无机化合物或杂质接触后会迅速分解而导致爆炸，放出大量的热量、氧和水蒸气。大多数重金属（如铜、银、铅、汞、锌、钴、镍、铬、锰等）及其氧化物和盐类都是活性催化剂，尘土、香烟灰、碳粉、铁锈等也能加速分解。浓度超过 74%的过氧化氢，在具有适当的点火源或温度的密闭容器中，会产生气相爆炸。

1、过氧化氢的危害

（1）过氧化氢引发的火灾

过氧化氢水溶液在任何浓度下都不宜燃烧，但过氧化氢是一种强氧化剂，它能引发其他可燃物燃烧。过氧化氢引起火灾的原因主要是由于它分解放出的氧气和释放大量的热，使可燃物质很快氧化达到自燃点而引发火灾。通常较稀的过氧化氢与可燃物接触，潜伏期或许有几个小时，而质量分数 16%以上的过氧化氢与可燃物接触时，不到 10min 即可着火。过氧化氢浓度越高，引发火灾越快。在有活性催化物质时，火灾引发更快。可燃物越干燥，引发

火灾的危险性越大。由于过氧化氢的氧化作用，容易引发火灾的可燃物质有：棉花、羽毛、木材等天然物质，合成纤维、塑料也能引起火灾。

（2）过氧化氢引起的爆炸

①由过氧化氢自身分解引起的爆炸 过氧化氢分解能放出大量的氧气并放出热量。例如：20t 质量分数 70%的过氧化氢，以每年 0.11%的速度分解，每天就能产生 13L 氧气。若将此液体盛在一密闭容器内，装至 95%的体积，它所释放的氧气，在两个月之内，将增加一个大气压。因各种因素使过氧化氢分解的速度加快时，密闭容器中的压力将显著增加。因此，过氧化氢不应贮存在密闭容器中，所有的容器都应有足够面积的通气孔，以释放分解放出的气体，避免容器中压力增高而引起爆炸。过氧化氢应在低温下贮存，且保持恒温，热量一旦产生要能够有效地导出。若贮存系统中由于杂质或其他因素引发的分解反应所放出的气体和生成的大量热量不能及时导出，此系统即接近绝热状态，由于温度急剧升高，分解反应的速度更快，使系统的压力急剧增加，最终导致爆炸发生。过氧化氢若贮存在密闭、绝热的容器中，即使没有外界的催化作用，由于自身分解所产生的气体和放出的热量也能导致爆炸的发生。

②过氧化氢和可燃物混合引起的爆炸

低浓度过氧化氢一般不会发生爆炸，质量分数 73%以上的过氧化氢如果在大气压下沸腾就可能产生爆炸性蒸汽。并且随着浓度的增高，系统压力增大，爆炸的危险性将越大。但即使质量分数为 45%的过氧化氢，若和有机物质混合就有爆炸危险。在过氧化氢中即使存在不溶性有机物的分散体系也

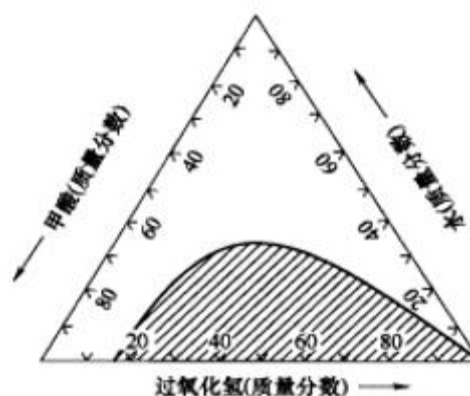


图 3-1 过氧化氢-甲酸-水
三元混合物爆炸极限图

能引起爆炸。过氧化氢和有机物混合体系在工业生产中应用较多，因而研究此混合体系的爆炸性极其重要。文献中曾研究过多种有机物与过氧化氢、水三元混合物的爆炸极限。图 3-1 绘出过氧化氢-甲酸-水三元混合物的爆炸极限。图中斜线部分为爆炸组成区。通常过氧化氢、有机物、水三元混合物的爆炸危险性，随过氧化氢浓度的增加和温度的增高而增大。

③硫酸对过氧化氢反应的引发作用 在没有催化器存在或不加热的情况下，过氧化氢很难和有机物发生反应，即使很敏感的混合体系，反应也很缓慢，然而有硫酸存在时，过氧化氢和有机物的混合体系，将自发进行反应，并放出大量的热，反应迅速加速，最终导

致系统的燃烧或爆炸。许多过氧化氢和有机物的反应，通常用硫酸来引发，因而近年来此类反应的事故不断发生。在这些反应中，各种物料的正常料比，都在爆炸极限范围之内。而大多数反应体系的爆炸极限是无文献可供参考的，因此，详尽的实验研究是必不可少的。通常可改变反应物料的加入顺序，来减轻或消除反应的危险性。例如，过氧化氢和叔丁醇制叔丁基过氧化氢或二叔丁基过氧化物时，若将叔丁醇加入过氧化氢和硫酸的混合物时，反应温度几旬上升，反应无法控制。若将叔丁醇与硫酸混合，在搅拌下逐渐滴加过氧化氢，使过氧化氢在反应体系中处于少量、低浓状态，则反应就能按人们的要求平稳进行。

2、过氧化氢的安全使用

(1) 确保氢化和氧化工作液的酸碱度，严格控制氧化尾气中氧含量小于 10%（体积分数），过氧化氢浓缩残液应及时稀释，可燃气体放空加阻火器。

(2) 确保所有设备、材质适宜且纯化。对可能产生超压事故的设备设计爆破片且要实行良好管理，不得让可燃的垃圾或草木存放在过氧化氢工作场所。

(3) 如发生过氧化氢溅溢，立即用大量水稀释。

(4) 确保包装容器有通汽装置，且清洗干净。

(5) 严格控制原料气中氢气纯度，且氨含量控制在 30ml/m³ 以下。

(6) 确保物流流向无误，不使过氧化氢流入其他体系。

(7) 贮存在通风阴凉处，防止日光直射，库温不宜超过 35℃。

(8) 应急措施：着火时用水扑救，皮肤沾染时立即用水冲洗。

(五) 浓硫酸的安全使用

浓硫酸是最重要的基本化工原料之一。浓硫酸属于急性中毒、有强腐蚀性的物质，虽然它本身较稳定，不会燃烧，但是在密闭的容器内，由于它能侵蚀铁，而在产生的气体聚集时就有引起火灾或爆炸的危险；另外，高浓度的硫酸与某些有机物接触，也有可能引起火灾。

浓硫酸与人体任何部位直接接触都会造成化学烧伤，例如皮肤接触浓硫酸会引起重度烧伤；硫酸误入眼睛会使眼睛失明，硫酸蒸汽对眼睛有刺激性，严重时也会使人致命，人如果吸入热硫酸蒸汽，会损伤呼吸道和肺组织；经常或反复吸入硫酸蒸汽，会引起上呼吸道炎症或支气管炎，还会使牙齿发黑，引起牙齿酸食症。误饮硫酸会造成消化道灼伤导致死亡，据测试，进口大白鼠半致死量 LD₅₀ 为 2140mg/kg（硫酸质量分数为 21.6%）。

1、浓硫酸的安全使用方法

使用硫酸时，尽量在通风好的场所进行，在通风不良处，特别要注意防止吸入硫酸气体与蒸汽，同时要严格和有机物、硫酸盐、碳化物、氯酸盐、金属粉末等物质隔离。操作人员必须佩戴防护用品，作业场地必须有大量的水备用。

当取出聚乙烯容器等的栓时，由于有硫酸喷出的危险，所以不要面对容器口，也不要将手放在容器口的附近，当取下桶栓时，脸要远离桶栓取出方向的侧面，慢慢旋转栓塞，不到一圈时即停止，以排出桶内气体，然后取下栓塞。

从硫酸储槽中取出硫酸应在设备固定好后进行，特别要十分注意操作前后对倾斜装置、安全虹吸管等的使用和处理，不可利用空气压力来取出硫酸。

稀释硫酸时，将硫酸少量缓慢地倒入水中，边倒边充分搅拌，绝不能将水加入硫酸中，因为这会产生大量的热能，使酸沫四处飞溅，在装有硫酸的桶、槽车、罐车、贮藏池中，由于有氢气产生的可能，所以，不管设备是否装有硫酸，在桶、槽的附近，应严禁吸烟或用火，另外也禁止用铁锤敲打，因为铁锤敲打设备容易产生火花。空容器返送产品出售单位前，要把硫酸安全排出。

2、浓硫酸伤害处理的应急措施

(1) 硫酸进入眼睛时，直接用大量水冲洗 15min 以上。用手指小心地将受伤眼睛的眼睫毛翻开，用水冲洗眼球、眼睫毛的各个角落，并及时呼叫医生。医生未到时，再用水冲洗 15min，不经医生同意，不能用油类或油性药物涂于眼睛内。

(2) 硫酸溅到皮肤上时，直接用大量的流动水不断冲洗皮肤，但不能用碱性溶液等来中和硫酸。部分硫酸溅到衣服上时，应立即脱下用水冲洗，如果大量的硫酸溅到衣服上时，在迅速脱下衣服前，用大量流动水冲洗。硫酸大面积重伤人体皮肤时，会引起人体心跳加快、发汗、虚脱、直到休克等，这时，要让患者躺下，立即叫医生，没有医生的指示，不要用油类或药剂敷于伤口部位。

(3) 吸入硫酸蒸汽或酸雾时，用毛巾等物蒙住患者口、鼻，并立即离开现场，到空气流通或有新鲜空气的地方，迅速送到医务室，由医务人员进行输氧抢救。

(4) 误食硫酸时，会引起口、喉、食道、胃的黏膜烧伤，当患者失去知觉不能自己吐出硫酸时，请不要给患者喂任何东西；若患者没有失去知觉，应用大量的水冲洗口腔后，用蛋清和牛奶制成的混合冲洗液冲洗。如果没有条件采取以上措施，就饮用大量的水并及时送医院抢救。

3、浓硫酸失火时的处理方法

硫酸本身是不燃物，也不会自燃，但是在硫酸生产厂及有硫酸作业的地方发生火灾时，最好使用水雾状灭火器，因为水柱状的灭火器喷射火焰时，容易冲起硫酸泡沫四处飞溅，造成危险。在盛有硫酸容器的附近发生火灾时要迅速将容器移到安全的地方，如果容器不能移动，则应用大量水冷却容器外部及周围。灭火前，要穿好保护衣服，戴好保护眼、鼻、口的防护罩。

4、漏酸时的处理

(1) 在漏酸场地周围发出警告，严禁闲人入内，在泄露硫酸点周围的人，特别是顺风下的人，应立即避开。

(2) 抢修漏酸设备及其他操作场地时，修理工必须佩戴好防护眼镜、手套、长筒靴及防护衣服和安全帽等。

(3) 在引起硫酸泄漏的地点进行必要的处理之后，应及早与生产厂家或销售者联系，并通报消防部门、保险公司、公安局等有关部门。

(4) 少量的硫酸流出时，用土、沙等倒入流淌处，吸收硫酸并扫除干净，用一定量的水稀释后，用石灰、碳酸钠等进行中和，再用大量的水冲洗干净即可。

(5) 用水冲洗漏酸时，污水流入河川、海域等地很容易引起环境污染，造成公害，务必引起高度重视。

(六) 氧气的安全使用

(1) 贮存氧气瓶的仓库建筑，应符合《建筑设计防火规范》的规定。

(2) 仓库应有良好的通风、防热，不得与热源接近，不得接近油库。

(3) 旋紧瓶帽，放置要整齐，留有足够通道。立即要妥善固定牢靠。

(4) 盛装有毒气体的气瓶或所装介质接触后能引起燃烧、爆炸的气瓶，易于起聚合反应的气体瓶。必须有明显的标志，分室贮存，并规定贮存期限。

(5) 氧气瓶不准与乙炔气瓶或其他可燃气体的气瓶储存在同一仓库内。

(6) 严禁油脂或带有油脂的衣服，手套或其他沾有油脂的工具物品等混存仓库内。

(7) 仓库内或外必须配备足够灭火器材。

(七) 氯酸盐漂液的安全使用

1、制次氯酸盐漂液安全规程

(1) 工作时必须带好防护眼镜、口罩及其他防护用品。倒石灰入池时，要站好位置（站在上风方向），头不要探到池的正方向。石灰消化作业，要两人共同进行。

(2) 石灰消化时，要慢慢浇水，不得太快太猛，人不得在上面行走，以免伤人。

(3) 泵送石灰乳时，注意储存液位，防止石灰乳液冒出。泵送完毕时，用清水冲洗管道和泵，确保管道畅通。

(4) 联结液氯管路时，应吹净管中污物，垫好衬垫盘根，管路节前后轻摇动管线有无松动，通氯时要用氨水检查有无泄漏，发现泄漏要及时关闭阀门处理好后，重新再通氯。通氯时要集中精神，通氯压力不得超过规定压力 40KPa，液氯压力未达到正常不准离开。管道如有漏氯漏液及堵塞要及时处理，瓶嘴堵塞，比准用蒸汽吹。处理管路故障时，必须戴手套，防止冻伤。

(5) 搬运液氯瓶时，要轻拿轻放，不准碰击。液氯瓶不能靠近热源，不得让阳光暴晒，不得火烤或蒸汽加热，通氯房内不准生火和吸烟，防止发生事故。

(6) 开液氯管的阀门时，先开接管上的阀门，后开液氯瓶的阀门，通氯完了按相反程序进行。开关液氯瓶的阀门时要小心谨慎，要一手卡住阀门一手扭动阀门开关，要用专门扳手缓慢开关，不得用力过猛过急，严禁敲打。

(7) 如遇液氯的阀门断废或阀针脱落，要用塞针塞入瓶孔内，用手锤敲紧（不能用力过猛），然后再妥善处理，操作时，要戴手套和防毒面具，防止冻伤和中毒事故。如停止通氯时间较长，要关闭液氯瓶阀门，防止倒灌。若发生严重漏氯，无法处理时，应及时发出警报，不要让人靠近氯气的下风处，并立即报告有关部门采取措施。

(8) 液氯瓶内的氯不能全部用尽，必须留有余量，一般不低于 5kg（压力为 50KPa）。并立即关闭阀门，以防反应器的其他液体倒抽入液氯瓶内，引起爆炸危险。用完空氯瓶，要戴回防护安全帽，远离通氯房。任何时候，不准向大气拍氯。

(9) 检修管路、吸收塔或检查槽车、储罐时，关严入氯阀门，要把容器内部的氯气排干净，检修人员戴好防毒面具及防护用品，在有人监护下才能进入作业。患有慢性肺病、心脏病、甲状腺和气喘病的人，不宜到液氯车间工作。工作场所必须备有常用的防毒面具、防护用品，并定期检查是否有效。

(10) 车间内要通风良好，通氯房内空气含氯量不得超过 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，室温不得高于 35°C ，如超过上述标准，需采取解决的措施，以防发生事故。

2、漂粉溶解安全规程

- (1) 漂粉溶解前，启动吸尘风机，戴好口罩及防护眼镜、胶手套及防护用品。
- (2) 倒漂粉桶时，要站在上风方向，禁止站在桶口前方，以防漂粉溅入眼内。
- (3) 漂粉溶解槽附近，在溶解漂粉时，不准用水冲洗，以免地滑。

3、漂白安全规程

(1) 开机前，检查各部是否正常，和有关岗位联系好，发出开机信号，才能开机。

(2) 漂白槽口和地面，必须有防护栏杆（盖）及有防护栏杆的行人跳板，并经常检查有无损坏。严禁在没有安全防护的池壁边缘上行走和坐立，以防跌落池内。

(3) 向漂白池加水时，注意加水胶管，防止人物跌落池内。池面堆放浆板时，高度不得超过 1m。以免妨碍通行安全。所有池口必须加盖，操作台必须有防护栏杆。上下楼梯要小心，防止滑倒。

(4) 通氯前，需将汽化器的蒸汽阀门打开，待温度达到 40~50℃，氯化塔内有浆时才能通氯。停机时，先停通氯，后停机。所有压力表应灵敏准确，定期效验及时更换。液氯缓冲缸的压力不得超过规定限度。通氯前要对缓冲缸进行排污。缸内如有压力，要等压力消失后，才可进行排污。

(5) 进入塔内清理或检修时，先停止通氯，待搅拌机和泵电源，拉电闸挂警告牌。

4、管道漂白安全规程

通氯前，要接通管道。通氯后要用氨水检查各接头是否漏氯。液氯缓冲缸的压力不得超过规定的限度，以防爆裂事故。液氯瓶及一切管道和设施，严禁敲击，以防爆裂造成事故。通氯完毕，要及时关好所有液氯的阀门，以防发生意外。

(八) 造纸辅助化学品的制备安全

1、松香胶安全规程

(1) 使用防护用品。

(2) 压力表、安全阀要准确灵敏。如有不正常，要及时修理或更换。松香锅蒸汽夹套，应定期检查。

(3) 松香锅不能超过规定压力限度。

(4) 煮松香时，要严格掌握汽量，防止皂液溅出。

(5) 用蒸汽处理松香堵塞时，要控制压力，防止蒸汽冲起胶液伤人。

(6) 地面积有皂液松香时，要及时清理干净。

(7) 检修时，必须切断搅拌器电源拉电闸和关闭进汽阀门并挂上警告牌，在有人监护下进行作业。

2、溶解矾土安全规程

(1) 溶解矾土工作要穿戴好防护眼镜及耐酸手套，防止腐蚀皮肤。

(2) 搬矾土时，要注意站稳，防止滑倒跌伤。

(3) 使用耐酸塑料泵要经常检查轴承，防止因漏酸而腐蚀地面或伤人。紧、加盘根时，要戴防护眼镜，停机进行。

(4) 开蒸汽阀门时，要站在阀门侧面徐徐开启，不得对准别人，以防矾液沸腾溅出伤人。

(5) 矾液溢出地面，要即使冲洗干净。

3、溶解填料安全规程

(1) 倒滑石粉（填料）入池前，操作者要戴口罩、防护眼镜，开动吸尘机。

(2) 倒滑石粉（填料）入池时，操作者不能站在池口边缘，防止跌入池内，禁止站在袋口前方，以防滑石粉溅入眼内。

(3) 池口应用铁栅封盖。

(4) 地面操作台积有滑石粉时，必须即时冲洗地面、操作台，以防滑倒。

（九）ClO₂的安全使用

1、ClO₂的性质和制备

二氧化氯的熔点-59.5℃，沸点 9.9~11℃（10KPa），相对密度为 1.642g/cm³（0℃，液态），水中的溶解度为 3.01g/L，具有与氯相似的刺激性气味，光照下极易分解。二氧化氯氧化性很强，遇有机物或还原性物质会发生剧烈反应，甚至爆炸，在大气压力下，浓度超过 10%，遇阳光、热源，ClO₂ 极易发生爆炸，若有铁锈油脂，以及较多的有机粒子存在时，2 在安全体系和浓度（8%~12%）下，也会自发地分解。尽管二氧化氯水溶液是相对稳定的，但是二氧化氯本身却是非常活泼的气体。其极强的氧化性、易爆性及见光易分解的特性给生产、贮存和运输过程的安全措施提出了较高的要求。造纸厂所需的 ClO₂ 非常大，一般为就地制备。制取 ClO₂ 可以采用以 NaClO₃ 法和 Na₂ClO₃ 法两种方法，反应方程式如下：

氯酸钠法： $2\text{NaClO}_3 + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{ClO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$

亚氯酸钠法： $5\text{NaClO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 4\text{ClO}_2 + 5\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$

NaClO₃ 和 NaClO₂ 与盐酸反应生成 ClO₂ 气体，对于现场应用，直接投入水中即可。若制成稳定性的 ClO₂ 溶液，须用加有稳定剂的水溶液吸收。

2. ClO₂ 的危害

(1) ClO₂ 的滞漏危害 这是由于 ClO₂ 吸收不完全或吸收系数不密封而致。ClO₂ 滞漏后，容易造成以下危害：①刺激人体呼吸道黏膜和眼睛，灼伤皮肤；②超过爆炸极限（空气中超过 10%）会发生爆炸；③污染空气。

(2) 投料比例失衡，反应速度过快导致反应失控 工业上 ClO_2 的制备一般采用是由 NaClO_3 和 NaClO_2 在过量浓盐酸的介质中反应制得。设计的 ClO_2 得率以吸收液的饱和度是在一定的投料比和反应速度条件下得以实现的。若投得率与吸收液的饱和度是在一定的投料比和反应速度下得以实现的。若投料比发生变化，如盐酸投加过快，会导致 ClO_2 的生成速度加快。这样会造成反应液中 ClO_2 的过饱和状态，而使 ClO_2 逸出到反应系统中，导致反应系统承压增加。若密封性较差的话， ClO_2 就会逸出到空气中，同时，反应系统气相压力超过反应器承压极限时，还会发生爆炸事故。另外， NaClO_3 和 NaClO_2 必须配成一定浓度低溶液，不能将盐酸直接与固体原料接触，否则会产生爆炸。

(3) 灌装过程 ClO_2 吸收液溢出或溅落的危害 ClO_2 吸收液是具有极强氧化性、腐蚀性的液体。由于操作不当，在从吸收槽灌装时，容易造成灌装溢出和溅落皮肤、漂白带色衣物，腐蚀地板等。

3. ClO_2 的安全使用

(1) 定期对 ClO_2 生产设备进行检修，确保反应器、气路系统、吸收系统的气密性、防止 ClO_2 气体的溢出，生产环境保持通风完好。

(2) 不能使用铁制容器盛放溶液或配制溶液，以防损坏容器，降低药效，易选用塑料容器进行操作。

(3) 使用 ClO_2 进行漂白操作时应戴防毒面具，以防中毒事件的发生。

(4) 增强操作人员的安全防范意识，定期进行安全知识教育，使操作人员能够应付突发事件的发生，如，药液溅到皮肤及衣物上， ClO_2 泄漏等。

(5) 保存 ClO_2 时，应避免与强还原剂和强酸性物质接触，以防止降低药效，甚至发生意外事故。

4. ClO_2 泄露的一般处置方法

(1) 疏散泄漏污染区人员至上风处，并隔离直至气体散尽。应急处理人员戴正压自给式呼吸器，穿化学防护服。切断火源。勿使泄漏物与可燃物质（木材、纸、油等）接触，切断气源，喷洒雾状水稀释，抽排（室内）或强力通风（室外）。漏气容器不能再用，且要经过技术处理以消除可能剩下的气体。

(2) 防护措施

①呼吸系统防护：空气中浓度较高时，应该佩戴防毒面具。紧急事态抢救或撤离时，建议佩戴正压自给式呼吸器。

②眼睛防护：戴化学安全防护眼镜。

③身体防护：穿防腐工作服。

④手防护：可能接触毒物时，戴防化学品手套。

⑤其他：工作现场禁止吸烟。工作后，淋浴更衣。保持良好的卫生习惯。

（3）急救措施

①皮肤接触：脱去污染的衣着，立即用大量流动清水彻底冲洗至少 15min，就医。

②眼睛接触：立即翻开上下眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗至少 15min，就医。

③吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。呼吸困难时给输氧。呼吸停止时，立即进行人工呼吸，就医。

④食入：误服者漱口，饮牛奶或蛋清，就医。

第五节 造纸企业危险化学品安全管理措施

依据造纸企业危险化学品的危险特性和事故特点，结合造纸企业安全管理实践和风险管控技术要求，提出造纸企业危险化学品安全管理措施如下。

（1）组织开展危险化学品危险源辨识和风险评估

结合生产工艺特点，由安全管理部门牵头组织工艺、设备、电气等专业共同开展造纸化学品危险源辨识，辨识主要内容为易燃易爆品、有毒品。辨识侧重点是生产工艺过程中容易产生的危险化学品，这往往是安全管理容易忽视的部分。针对辨识出的危险源，结合其数量和特性，安全管理部门组织进行风险评估，制定具体防范措施。

（2）以“先消除，次减弱”为危险源控制的基本原则

对于已经辨识出的危险化学品危险源，特别是剧毒品、易燃易爆品，首要考虑的技术措施就是在满足工艺技术指标的前提下彻底消除危险源，在达不到消除的要求时，则考虑减弱其危险危害性，以达到相对安全的目的。比如，通过工艺和设备升级改造，使用无毒化学品替代有毒化学品，或者采用低毒化学品替代高毒化学品。

（3）储存及使用危险化学品项目建设符合“三同时”安全规定

储存及使用危险化学品项目严格按照安全生产“三同时”建设，在进行可行性研究时，委托评价机构对建设项目进行安全预评价，编制预评价报告。在初步设计时，委托有危化品设计资质的单位进行工艺布置及安全设施设计，安全设施的施工应当由取得相应资质的施工单位施工。根据规定需要进行试运行的，应当编制试运行期间的安全技术方案，在正式投产

前进行试运行。在项目竣工或者试运行后，委托具有相应资质的安全评价机构对安全设施进行验收评价。

（4）危险化学品选址设计、包装容器、输送管线符合标准规范

依据危险化学品安全管理法律及技术规范，危险化学品库房选址时应设在厂区边缘而且在全年最小频率风向的上风侧，减小其泄漏时扩散的危害。液氯库房及通氯汽化间建设时可考虑其钢瓶存放或储罐区低于水平地面 30cm~50cm，便于氯气泄漏时事故收集。液氯储罐或液氯钢瓶必须在检验有效期内使用，定期清洗和打压试验。通氯管线应选用耐氯腐蚀材质，推荐使用聚四氟乙烯或内衬聚四氟乙烯复合管，通氯管线应避免穿过人员作业区、控制室和其它操作间，管线上设逆止阀和缓冲罐。燃气管线地埋推荐使用聚乙烯或符合燃气技术规范的钢管，埋地深度不小于 60cm（车行道下不小于 90cm），不得穿过大型建筑物下方，不宜与热力、电缆等同沟铺设，穿过排水沟、热力管沟等时应设套管，防止燃气泄漏到密闭空间内。架空燃气管线推荐使用符合燃气技术规范的钢管，腐蚀余量满足要求，管线与厂区道路、电缆、热力管线保持足够安全距离，做好防雷防静电工作。

（5）按照规范设置事故应急设施器材和配备个人防护用品

为了防止和减少突发事故造成的危害，在危险化学品储存及使用现场必须设置应急处置设施器材，为岗位员工配备个人安全防护用品。液氯库房及汽化间应按照规定设置专用扳手、竹签、木塞、克丝钳、铁丝、氨水等应急工具，配备足够容量的应急碱池、氯气扑消器、有毒气体报警仪、风向标、正压式空气呼吸器、防化服、过滤式防毒面具等安全设施和个人防护用品，并且定期检查确保有效使用，有条件的应设置事故氯气吸收处理装置。进入可能产生硫化氢等有毒有害气体有限空间作业，作业人员配备安全带、安全绳、过滤式防毒面具等防护用品，作业前使用便携式仪器测量氧气、易燃易爆气体、硫化氢含量。天然气站作为消防重点部位，设置足够数量的灭火器材，配备可燃气体检测报警装置，燃气管线设置足够数量的检修和事故应急阀门，岗位员工配备防静电工作服。

（6）严格管控“动火作业”和“有限空间作业”

针对存在危险化学品事故风险的作业点，必须严格管控好“两种危险作业”即动火作业和有限空间作业。易燃易爆品危险区域内严禁明火作业，并且与禁忌品保持足够的安全距离。有限空间作业必须坚持“先通风，再检测，后作业”的基本原则，首先对有限空间进行强制通风置换，然后使用便携式危险气体检测仪检测可燃气体的百分比、检测有毒有害气体的含量、检测氧气百分比，最后，作业人员在配戴有效个人防护用品情况下方可从事作业。需要

注意的是，气体检测分析人员应尽量避免进入有限空间内检测，必需时配戴个人防护用品后再进入检测，如果作业时间大于 30 分钟或者暂停超过 30 分钟后再次作业，需要重新检测。

（7）加强制度建设、安全培训和现场安全管理

结合单位组织机构和职能划分实际情况，依据安全生产法律法规和危险化学品管理法律法规，组织建立健全危险化学品运输、储存、使用安全管理制度，明确各部门各岗位具体安全责任，不断完善涉及装卸车、工艺操作、保管等安全规程。在危险化学品储存及使用现场张贴危险化学品安全技术说明书、职业危害告知卡及相关安全标识，剧毒化学品以及储存数量构成重大危险源的其他危险化学品，应当在专用仓库内单独存放，并实行双人收发、双人保管制度。同时，组织各相关管理部门和岗位员工学习危化品安全知识，熟练掌握涉及危化品的理化性质、危险危害、个体防护和应急处置办法。属于特种作业的，例如氯化工艺作业，岗位员工应当按照规定取得特种作业操作资格证书。

第六节 本节课程思政内容

本节主要讲述了制浆造纸危险化学品相关知识，包括危险化学品的定义、分类，危险化学品事故的处理与救护、制浆造纸过程各种危险化学品的安全使用要求及管理措施等内容；所涉及的思政内容包括遵纪守法、环保意识和社会使命等。

（1）遵纪守法：通过本章节内容的学习，了解《危险化学品安全管理条例》，掌握危险化学品在生产、使用和运输过程中，必须严格遵守相应的法律法规的规定，严格禁止违规违章操作，一旦操作失误，就会造成重大的安全生产事故，给国家和人民的生命财产带来巨大的损失。

（2）环保意识：通过本章节内容的学习，应该充分认识到危险化学品一旦泄露，不仅会造成人员中毒和财产的损失，同时危险化学品的泄露可能爆炸会造成环境的污染，包括对水体的污染、大气的污染以及土壤的污染等，破坏生态环境，危害人们赖以生存的美好家园，保护环境，人人有责，因此，在使用危险化学品时，应严格按照操作规程要求执行，确保危险化学品的使用安全。

（3）社会使命：通过本章节内容的学习，应该深刻认识到危险化学品安全的重要性，要时刻提醒自己，在工作中要尽职尽责，要把国家的利益放在首位，切不可麻痹大意，即使在平凡的工作岗位上也要恪尽职守，养成良好的职业道德和社会使命感。

制浆造纸危险化学品中毒事故案例

案例一：氯气中毒事故

【事故概况】

2000 年 8 月，河南省安阳市某造纸厂发生了一起氯气中毒事故，引起了 114 人急性中毒。8 月 21 日晚 8 时左右，2 名作业工人（非专业人员）更换液氯瓶时，液氯皮垫破损脱落，致使液氯泄漏超过 10min，氯气通风扩散至附近的居民小区，造成了 114 人不同程度的中毒症状。事故发生后，中毒病人被及时送往医院救治。中毒者中年龄最小 5 岁，最大 64 岁，均出现不同程度的眼痛、流泪、胸闷、气短、恶心等症状，个别有胸痛。检查发现，黏膜刺激症状明显，听诊肺部呼吸音粗糙，重者有哮鸣音、心律不齐。根据国家标准、《职业性急性氯气中毒诊断标准》（GBZ65-2002），诊断刺激反应 25 例，轻度中毒 86 例，中度中毒 3 例。多数患者经治疗 3~5 天痊愈出院，2 名作业人员因戴有防毒面具，身体未收到损害。

【事故原因】

- （1）没有按照安全生产制度和操作规程要求让专业人员更换氯气瓶。
- （2）氯气瓶摆放杂乱无序。生产环境物品堆放杂乱，以致在发生液氯泄漏后不能快速将泄漏瓶推入应急处理的石灰水池，延长了泄漏时间，加重了事故影响。
- （3）用于应急处理的石灰水池容积较小，不符合快速的应急救援要求。

【预防建议】

- （1）企业领导应吸取事故教训，增强职业安全生产意识，建立健全职业安全管理制度，尤其对液氯瓶的管理，使用要严格遵守安全生产制度和操作规程，克服短期行为，抛弃侥幸心理，杜绝此类中毒事故的发生。
- （2）国家《使用有毒物品作业场所劳动保护条例》没有得到有效贯彻执行。生产人员缺乏劳动保护装备，生产车间安全设施不完善。绝大多数使用有毒物品作业，单位没有制定具体的事故应急救援预案，更没有根据预案进行必要的演练。
- （3）卫生行政部门要定期对企业进行职业安全监督检查，协助企业及时排查问题，消除安全隐患。
- （4）消防急救。一旦发生了氯气泄漏事故后要及时通知消防人员进行急救，而非专业人士不应加入到救援工程当中来，此事故的抢救工作是一个庞大的系统工程和社会工程，需要由一个健全的领导体制和有力的组织协调工作。

(5) 应加强化学事故救援技术的研究，特别是开发各种简便、安全可靠，适用不同危险化学品的堵漏技术，并推广应用。消除隐患，排除险情，很大程度地减少事故造成的财产损失和人员伤亡。

(6) 各级政府和企事业单位应在深入调查、分析和科学预测的基础上，建立化学事故应急救援预案和普及教育。预防工作做得好，有灾可变无灾，重灾可变轻灾。

案例二：硫化氢中毒事故

【事故概况 1】

1999 年 7 月 17 日 14 时 30 分，河北省阜平县某造纸厂发生一起硫化氢中毒事故。该厂制浆车间因纸浆池内机械故障需维修，工人李某在没有任何通风防护等措施的情况下，下池维修机器。入池 2min 后，晕倒在池中而亡。第二名工人下池救人，刚入池，突感胸闷、气短，立即返回，也晕倒在池边，但被他人救出而生还。接着又有第三、第四、第五、第六人相继下池，均晕倒在池内，相继死亡。第七人入池后被救了出来。整个过程未超过 30s，共中毒死亡 5 人。中毒后 36h 内检测，在蒸球处的硫化氢气体浓度为 $8\sim 60\text{mg}/\text{m}^3$ （国际标准为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ），在浆料出口的硫化氢气体浓度为 $26\text{mg}/\text{m}^3$ ，在入池口硫化氢气体浓度为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

【事故原因】

生产车间无有效的通风设施；生产工人均为外地临时工，未经培训就上岗，不懂硫化氢气体的隐存情况；生产工艺简陋，设备陈旧，生产不正常，无任何防护用具和防护措施。

【事故概况 2】

2022 年 6 月 20 日 13:00 左右，某厂磨浆车间当班职工周某、胡某、郝某在工作中发觉抽浆速度太慢，怀疑抽浆泵堵塞，下池检修。发现三人在池下没有上来，随即杜某、戚某、俞某先后下池救人，都没有上来。厂长孙某亲自下池救人，下池后即刻昏迷，被人拉上来，并被快速送往医院抢救。事故发生后，有关部门马上赶赴现场，展开救援，从浆池中抢救出周某、胡某、郝某、杜某、戚某、俞某 6 人，经医院抢救无效死亡。

【事故原因】

经调查组调查，确定事故的缘由是：

(1) 周某、胡某、郝某在没有任何防护措施的状况下，冒险作业，擅自进入硫化氢浓度严重超标的浆池而导致中毒死亡事故的发生。

(2) 杜某、戚某、俞某同样在没有任何防护措施的状况下，下池救人造成事故后果的进一步扩大。

（3）企业安全治理混乱。该厂没有建立安全治理机构，安全治理人员不到位；没有建立健全和落实安全生产责任制；没有制定必要的安全生产规章制度和安全操作规程，没有制定事故应急救援预案；也没有对职工进行安全教育培训，职工安全意识淡薄，缺乏基本的自我保护意识和救援知识。

（4）有关政府部门对该厂安全生产监管不利，没有实施有效的安全综合治理，安全检查不到位，对存在的重大事故隐患未能准时提出整改意见和预防措施。

第四章 造纸工业设备腐蚀与预防措施

设备腐蚀是化工行业普遍存在的现象，机械设备被腐蚀后，在外形、色泽以及机械性能方面都将发生变化，造成设备破坏以及资源和能源的严重浪费，同时还会污染环境，使企业遭受巨大的经济损失。

制浆造纸生产过程中，需要使用酸、碱、无机盐等化学物质，pH 值为 14 的碱法蒸煮液到 pH 值为 1.5 的酸性亚硫酸盐溶液，加之高温、高湿生产环境，各工序的浆垢为设备局部腐蚀提供了温床。如高温高压蒸煮器、磨浆机、各类贮浆池、木片磨木机、纸机的压榨辊、烘缸等都是局部腐蚀可能发生的地点。制浆造纸工业因腐蚀问题所造成的损失也是十分巨大的。因此，采取措施，预防造纸工业设备腐蚀是十分重要的。

第一节 设备腐蚀机理及其危害

一、腐蚀概述

腐蚀是指在周围介质的化学或电化学作用下，并且经常是在和物理、机械或生物学因素的共同作用下金属产生损耗与破坏的过程。它是自发进行的一种冶金过程的逆过程，给人类带来巨大的经济损失和社会危害。

自然环境（大气、土壤、海洋、生物和微生物）和工业介质（酸、碱、盐、工业水、熔盐、燃气等）都有可能造成材料的腐蚀，它的危害性遍及所有的行业；除了材料、能源的消耗和设备的失效等直接损失外，腐蚀还可能进一步引起物料的污染和产品质量下降、工艺流程的中断、装置的泄漏、爆炸和人员伤亡以及大规模的环境污染等间接损失。这类间接腐蚀损失往往会比直接损失更大，甚至难以估算。

腐蚀的形式是多种多样的，按照腐蚀的环境或起因可以分为：①大气腐蚀；②土壤腐蚀；③海洋腐蚀；④生物腐蚀；⑤水腐蚀；⑥非水溶液腐蚀。

按照腐蚀的结果或表现形式又可以分为：①点蚀；②缝隙腐蚀；③沿晶腐蚀；④应力腐蚀；⑤腐蚀疲劳；⑥磨损腐蚀。

现代工业发展速度很快，有些新工艺的关键问题还没有完全解决，就开始设备设计与制造，进而安装、试车和正式运转。其结果往往是在开车、正式运转、停车时发生事故。其中

多数情况下，都与设备材料选择不当造成腐蚀有关。腐蚀造成车船报废、装置停车、生产发生事故，屡见不鲜。对于全面腐蚀的情形，如板材变薄，部件损伤，是显而易见的。但对于应力腐蚀，在装置外观上看不到任何迹象，而且应力腐蚀裂纹发展迅速，对其做出预测相当困难。应力腐蚀裂纹是发生重大事故的潜在原因，而且可能导致整套装置停车或延长停车时间，某不锈钢腐蚀实例调查资料显示，起因于应力腐蚀的占 40%~60%。

不锈钢有较强的耐腐蚀性能，局部（应力）腐蚀裂纹特别明显，识别度较高。而碳钢、低合金钢的耐腐蚀性低于不锈钢，局部（应力）裂纹表现得很复杂。碳钢、低合金钢根据使用的环境，也可与不锈钢一样形成一层耐腐蚀保护膜，如三氧化二铁层等，因此，几乎不会发生全面腐蚀。但碳钢和低合金钢会产生局部应力腐蚀裂纹，而且腐蚀速度会高出全面腐蚀的 100~1000 倍。腐蚀产生的氢有可能浸入钢内，经扩散而形成氢脆裂纹。近些年有人指出，由于腐蚀而形成的点蚀内部与大面积腐蚀的环境不同，会产生裂纹。特别是钢的高强度化，产生的应力腐蚀裂纹的可能性显著增大。

类似于应力腐蚀，晶间腐蚀在外观上也看不到任何迹象。由于沿金属晶粒界面发生腐蚀性破坏，而是金属的强度完全丧失。这是由于金属材料在腐蚀环境中，晶粒界面和晶粒本身的电化学性能差异，会在它们之间形成腐蚀电流。腐蚀沿晶粒界面发展，使晶粒间失去结合力。

合金材料的腐蚀，是其中某种组分选择性溶解，一般称为选择性腐蚀。如黄铜脱锌，黄铜中的锌发生选择性溶解。它包括由表面均匀发展的层状脱锌和由局部向深处发展的带状或栓状脱锌两种类型。再如铸铁石墨化。石墨在灰口铁中成网状分布，在腐蚀性不大的环境中，铁会选择性腐蚀，留下石墨，被腐蚀的铸铁如石墨状，故称为石墨化腐蚀。另外，材料在腐蚀性环境中，易受交变应力作用产生腐蚀疲劳，使材料强度大大受损。

腐蚀无处不在，种类繁多。为了制定防腐对策，需要对装置选材、设计、原材料及冷却水中的杂质以及运转条件等进行详尽研究，加大力度、综合治理，从而防止或减缓腐蚀性破坏。

在制浆造纸生产过程中，设备常与酸、碱、盐、腐蚀性气体等腐蚀性介质或具有腐蚀作用的微生物接触，因此，设备受到腐蚀作用的破坏，给生产带来很多不利影响。如原料消耗增加、生产环境恶化等，严重时可导致设备在达到预期使用寿命之前就已腐蚀损坏而无法使用，不得不提前更新，这些都会大大增加企业的生产成本，严重影响企业的经济效益。

目前，造纸业发达国家和地区正在以大幅度提高能源效率、资源效率和环境效率作为他们的战略目标和前瞻性投资的依据，设备腐蚀问题已经成为影响国民经济和社会可持续发展

的重要因素之一。研究生产过程中腐蚀产生的原因并寻求有效的解决办法，做好防腐工作，在制浆造纸工业中有着非常重要的意义。

二、腐蚀的危害

腐蚀物品接触人的皮肤、眼睛或肺部、食道等，会引起表皮细胞组织发生破坏性作用而造成灼伤，而且被腐蚀性物品灼伤的伤口不易愈合。内部器官被灼伤时，严重的会引起炎症，如肺炎，甚至会造成死亡。特别是接触氢氟酸时，能引起剧痛，使组织坏死，如不及时治疗，会导致严重后果。

腐蚀性物品还能吸取木材、草类纤维、纸张及其他一些有机物中的水分，甚至使之碳化。如用干抹布擦拭洒落的浓硫酸时，抹布就会变黑腐烂。浓度较大的氢氧化钠溶液接触棉物质，特别是接触毛纤维，能使纤维组织受破坏而溶解。这些腐蚀性物质在贮运过程中若渗透或挥发出气体，还能腐蚀仓库的屋架、门窗和运输工具等。

腐蚀不仅对人体和有机体造成伤害，而且对材料、设备等都有严重的破坏作用。在造纸工业生产中，所用原料及生产过程中的中间产品、副产品、产品等大部分具有腐蚀性破坏。致使建筑物临危、厂房倒塌、设备基础下陷、构架毁坏、管道变形开裂，造成重大事故。在造纸工业生产中，大量酸、碱等腐蚀性介质，严重腐蚀机械、设备、管路、阀门、垫片、填料等，致使设备壁厚变薄、强度下降，设备、管路、阀门泄漏，内容物向外泄漏或散逸，引起中毒、火灾、爆炸等事故发生。电气、仪表等设施，会因腐蚀而引起绝缘破坏、接触不良，致使电气、仪表失灵，引起各类事故。

腐蚀是材料在各种环境作用下发生的破坏和变质，遍及国民经济各部门，给国民经济带来巨大损失。根据工业发达国家的调查，每年因腐蚀造成的经济损失约占国民生产总值的1%~5%，我国每年因腐蚀造成的经济损失至少达200亿元。做好腐蚀与防护工作，已不是单纯的技术问题，而是关系到保护资源、节约能源、节省材料、保护环境、保证正常生产和人身安全、发展新技术等一系列重大的社会和经济问题。

金属腐蚀所造成的灾难性事故，严重地威胁着人们的生命安全。像氢脆与应力腐蚀断裂一类的失效事故，往往会引起爆炸、火灾等灾难性的后果。由于金属腐蚀所造成的灾难性事故而导致的伤亡人数尚无完整的统计数字，但是，近年来，由腐蚀引起的灾难性事故屡见不鲜，损失极为严重。

三、腐蚀机理

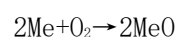
根据腐蚀过程进行的历程，一般可将金属腐蚀分为两类，即化学腐蚀和电化学腐蚀。其

中，微生物腐蚀也是一种电化学腐蚀，指与腐蚀体系中存在的微生物作用有关的金属腐蚀。

1、化学腐蚀

化学腐蚀是金属与接触到的物质直接发生氧化还原反应而被氧化损耗的过程。工业中常见的化学腐蚀有金属氧化、高温硫化、渗碳、脱碳、氢腐蚀等。

金属在干燥或高温气体中可与氧反应造成腐蚀。氧化过程可表示为：



式中，Me 表示金属。

高温硫化是指含硫介质如硫蒸汽、二氧化硫、硫化氢等，在高温下与金属作用生产硫化物的腐蚀过程。特别在水蒸气存在的条件下，二氧化硫与水反应生产亚硫酸，硫化氢则称为氢硫酸，高温硫化腐蚀状况加重。

渗碳是指一氧化碳、烃类等含碳物质在高温下与钢接触分解成游离碳，并渗入钢内形成碳化物的过程。脱碳是指钢内渗碳体在高温下与气体介质如水蒸气、氢、氧等，发生化学反应引起渗碳体脱碳的过程。渗碳和脱碳均能使钢表面硬度和疲劳极限下降引起钢腐蚀。

2、电化学腐蚀

金属与电解质溶液发生电化学作用而引起的破坏现象，构成了原电池，服从于电化动力学规律。金属的腐蚀原理有多种，其中电化学腐蚀是最为广泛的一种。当金属被放置在水溶液中或潮湿的大气中，金属表面会形成一种微电池，也称腐蚀电池（其电极习惯上称阴、阳极，而不称正、负极）。阳极上发生氧化反应，使阳极溶解，阴极上发生还原反应，一般只起传递电子的作用。腐蚀电池的形成原因主要是由于金属表面吸附了空气中的水分，形成一层水膜，因而使空气中 CO_2 、 SO_2 、 NO_2 等溶解在这层水膜中，形成电解质溶液，而浸泡在这层溶液中的金属又总是不纯的，如工业用的钢铁，实际是合金，即除铁之外，还含有石墨、渗碳体（ Fe_3C ）以及其他金属和杂质，它们大多数没有铁活泼。这样形成的腐蚀电池的阳极为铁，而阴极为杂质，又由于铁与杂质紧密接触，使得腐蚀不断进行。

与化学腐蚀相比，电化学腐蚀要严重得多。据统计，电化学腐蚀约占整个腐蚀损失的 90% 左右。

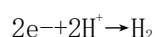
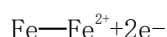
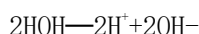
3、微生物腐蚀

微生物进行生命代谢活动时，会产生各种化学物质，而其中所产生的无机酸对金属有很大的腐蚀性，如一种硫细菌在有氧条件下能使硫或其他硫酸化合物（例如硫代硫酸盐）氧化，反应最终产生硫酸，对金属造成腐蚀。硫酸盐还原菌能使硫酸盐还原为硫化物，如硫化氢等，在从纸机网下的白水坑、白水贮槽和纸机的重力白水回收装置中取样，都发现有硫化氢产生，

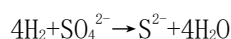
证实了细菌的存在，许多微生物能分解蛋白质，最后产生氨，也会对黄铜起腐蚀作用。

硫酸盐还原菌是使铁金属腐蚀的主要原因，硫酸盐还原菌在 pH 值 5.0~9.0，温度 25~60℃ 范围内活动最旺盛，在造纸环境中，微生物污垢、纤维填料及有机或无机盐的沉积物以及白水中碳水化合物（糖、淀粉、纤维素）、溶解氧、蛋白质、硫酸根离子、pH 值及湿度都适合其生长，其腐蚀造成的电化学反应如下：

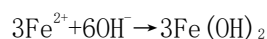
（1）阳极溶解作用导致溶解中的钢板极化，氢离子的中和又使钢板去极化。



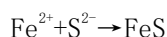
（2）在氢化酶存在的条件下，钢表面吸氢使硫酸盐还原为硫化物。



（3）溶解的铁水解。



（4）硫离子与铁离子作用生产硫化亚铁沉积物。



硫化亚铁是硫酸盐还原菌对铁金属腐蚀的典型产物，这也是在沉积腐降和纤维物质部位设备出现麻点和小孔的原因。

间接微生物作用也可能导致腐蚀，离细菌作用或化学沉淀部位不远的细菌形成代谢会导致浓差电池的产生，沉积物下的金属表面，由于缺氧称为阳极，因而对金属产生很强的腐蚀作用，会蚀穿金属。

微生物不但参与化学腐蚀及电化学腐蚀，它还会分解人工加入的缓蚀剂和破坏金属的保护膜，以此对金属造成腐蚀。例如：作为铁的缓蚀剂亚硝酸盐常被活跃硝化杆菌分解而失效。在脱硫弧菌生长期间，产生的硫化氢会在钢材上形成一层膜，然后该菌的一些株系又使这层膜脱落，从而一步步地使钢材腐蚀剥落。

微生物还可通过化学腐蚀、电化学腐蚀或破坏金属的保护膜或缓蚀剂几种手段的结合来破坏金属设备。例如铁在白水沉积物下的腐蚀，可能是在缺氧条件下，硫酸盐还原使硫酸盐还原为硫化物，也可能是氧浓差所导致的另一类电化学腐蚀。

四、造纸工业腐蚀产生的原因

由于造纸工业生产的特点，设备腐蚀的主要原因有化学原因和微生物原因。

1、化学原因引起的腐蚀

(1)造纸工业生产所用的水中往往含有多种残留的造纸助剂,可以看成是电解质溶液,金属设备表面由于发生电化学反应而被腐蚀。电化学反应腐蚀可以用以下 3 个过程来表示:①阳极金属溶解,变成金属离子进入溶液中;②电子从阳极流到阴极;③在阴极,流入的电子被溶液中能吸收电子的物质接受。

(2)高温、高浓及高流速的共同作用,阻止金属表面防腐蚀保护膜的形成,也使设备更容易被腐蚀。

(3)残留的造纸化学助剂中一些本身具有比较强的腐蚀作用,一些可以与有机金属化合物或浆料添加剂产生有机沉淀物(如脂肪酸、松香酸)或无机沉淀物(如碳酸钙、硫酸钡、碳酸氢钙、滑石粉、三氧化二铝等),形成有利于微生物积累的化学泥渣,加快设备的腐蚀速度。

2、微生物原因引起的腐蚀

微生物可以伴随造纸原料及生产环境生存。在造纸生产系统中,对设备可造成腐蚀的微生物,常见的有硫酸盐还原菌、丝状铁菌及硫菌等。这些细菌新陈代谢产生含有有机酸和无机酸的分泌物,这些分泌物促使纤维、填料或无机盐沉积在设备表面,沉积物下面设备的金属表面由于缺氧而成为阴极,形成浓差电池,腐蚀作用开始发生。

硫酸盐还原菌造成的电化学反应如下:①阳极的溶解作用使钢铁被极化,氢离子的中和又使钢铁去极化;②钢铁表面吸收氢使硫酸盐还原为硫化物;③溶液中的铁离子与氢氧根离子反应生产氢氧化亚铁沉淀;④硫离子与铁离子反应生成硫化亚铁沉淀物,是硫酸盐还原菌存在环境中微生物腐蚀的显著特征。

五、材料的防腐措施

(一) 电化学保护

由于腐蚀电池的极化作用,会使金属的腐蚀速度减小,甚至完全停止。根据这一原理,人为地向被保护的金属外加上直流电,使原来的腐蚀电池产生阴极极化或阳极极化,就会降低或防止金属的腐蚀。或者将一电位较低的金属与被保护的金属连接在一起,构成一个大电池,使被保护的金属成为阴极而得到保护。通常,把这类防腐蚀方法称为电化学保护。金属的电化学保护可以分为阴极保护和阳极保护两种。

1、阴极保护

将金属进行外加阴极极化,以减小或防止金属腐蚀的方法称为阴极保护法。它可以通过

两种方法来实现，即外加电流的阴极保护和牺牲阳极的阴极保护。

(1) 外加电流的阴极保护法 由外加电源负极的电子通过导线流入金属设备表面，由于电化学不均一性而构成腐蚀电池的阴极部分，使阴极的电子增加，电位值降低，即发生阴极极化。这样，腐蚀电池的电位差就会减小，降低了腐蚀速度，从而使设备得到保护。

(2) 牺牲阳极的阴极保护法 又称护屏保护。它是将一块电位较低的金属作为阳极连接在被保护的金属设备上，与被保护金属在电解质溶液中构成一个大电池，被保护金属称为阴极，电流由阳极经过电解质溶液流入金属设备，使金属设备发生阴极极化而得到保护。此法不需要外加电源，不会干扰邻近设备，设备简单，施工方便，不需要经常维护检修。

2、阳极保护

将被保护的金属设备与外加直流电源的正极连接，电源的负极与一个辅助阴极连接，在一定的电解质溶液中通以阳极电流，使金属设备进行阳极极化至一定电位，金属设备表面生成一层稳定的钝化膜，从而受到保护。并不是所有的金属设备都能进行阳极保护，只有能在阳极电流作用下，生成稳定的钝化膜的金属才能进行阳极保护。实践证明，碳钢和不锈钢等材料采用阳极保护是有效的。

(二) 缓蚀剂的应用

1、缓蚀剂及防护特点

在腐蚀介质中加入少量能使金属腐蚀速率降低甚至完全抑制的物质称为缓蚀剂。如果选配适宜，只需要添加少量的缓蚀剂就能显著抑制金属的腐蚀速率。这种方法的应用范围很广，包括石油、化工、造纸、机械、钢铁、动力和运输等工业部门，与其他防腐蚀方法比较，缓蚀剂防腐蚀有明显优点。

(1) 可以不改变金属构件或制品的本性。如采用比较昂贵的不锈钢或其他耐腐蚀材料，也无需改变金属的外表，如上油漆、电镀等。故缓蚀剂适用于金属表面精整时的酸处理、锅炉内壁的化学清洗、油气井的酸化、内燃机及工业冷却水的防腐蚀处理等。对于暂时性的防锈措施，如金属制品在加工工序间的存放、金属制品的运输过程和仓库贮存等场合，缓蚀剂也特别适用。

(2) 由于用量很少，添加缓蚀剂后介质的性质基本不变。

(3) 施用缓蚀剂一般无需特殊的附加设施。如电化学保护需用恒电位电源或牺牲阳极等，但为了有效和精确地控制缓冲剂用量，近年来也常采用全自动的缓蚀剂加料装置。

因此，在各种金属腐蚀防护方式中，使用缓蚀剂是工艺简便、成本低廉、适用性强的一种方法。但缓蚀剂只适用于腐蚀介质有限量的系统。

2、缓蚀剂的分类

(1) 根据缓蚀剂的作用特征分类 根据缓蚀剂的作用特征可分为氧化型、沉淀型和吸附型几类，理解缓蚀剂的作用机理对选配缓蚀剂是有帮助的。但实际上每种具体缓蚀剂的作用机理往往是很复杂的，特别是复配后的高效缓蚀剂更是这样。少量的缓蚀物质之所以有效地抑制金属腐蚀，首先它必须在金属表面富集，这也就是吸附过程。深入研究表明，即便是一氧化氮等典型的氧化型缓蚀物质，也是首先吸附于金属表面的氧化物被膜上或是其缺损处，然后再把低价的铁氧化为更加稳定的高价铁氧化物 ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)，从而发挥其保护作用。对于有机物缓蚀剂，除了一开始吸附富集于金属表面外，往往还需要通过进一步的“二次化学作用”，才能形成有效的保护被膜。

如果是强调缓蚀剂对于腐蚀电池阴、阳极过程的阻滞作用，可分别称之为阴极型、阳极型或混合型缓蚀剂，如果是强调保护被膜的形成和性质，可称之为吸附型、氧化型（或称钝化型）或沉淀型缓蚀剂。一般认为单纯的吸附是在金属表面形成单分子层，它是二维的，而被膜的形成是产生了新的相，是三维的，因此，也有人把前者称为二维缓蚀剂，后者称三维缓蚀剂等。

对于具体的高效缓蚀剂来说，它的作用机理往往是复杂的，很难简单地归之于某一类型，除了初始的吸附作用外，可能通过二次的化学作用产生三维被膜对缓蚀剂的性能更为重要。另外，上述这些名称常常是交叉的。例如氧化型缓蚀剂一般是阳极型的；沉淀型缓蚀剂往往是阴极型的；而吸附型缓蚀剂可能是混合型的。但这些都不是绝对的。

(2) 按照化学组分分类 通常按照化学组成可以将其分为无机缓蚀剂和有机缓蚀剂两类。

①无机缓蚀剂：最常用的无机缓蚀剂有亚硝酸盐、磷酸盐、聚磷酸盐、碳酸盐、硅酸盐、铬酸盐等。无机缓蚀剂一般是通过氧化金属表面而生成钝化氧化物膜或者在金属表面阴极区形成沉淀膜来抑制腐蚀反应的进行。铬酸盐由于对褐色金属突出的缓蚀效果而曾被广泛采用，但是随着对环境保护的要求越来越严格，铬酸盐缓蚀剂已很少应用。钼酸盐、钨酸盐和稀土化合物是近来开发应用的环境友好无机缓蚀剂。钼酸盐用于缓蚀剂无毒，可以替代铬酸盐添加在冷却系统、汽车防冻系统以及金属切屑系统。钼酸盐属于阳极钝化型缓蚀剂，但价格较贵，药剂用量大，因此，开发钼酸盐配合配方有助于减少钼酸盐的使用量、降低处理费用和提高缓蚀效率。钨酸盐缓蚀剂也常用于中性水系统。钨酸盐不仅化学性能稳定，不宜水解，适应于高浓缩倍数运行，而且具有环境优势。

②有机缓蚀剂：大量的有机化合物如醛类、胺类、羧酸、杂环化合物等可以作为有机缓

蚀剂，现已知至少有 141 个基本品种。这里主要分有机化合物类和生物提取类两部分讨论。

首先，有机化合物类主要有：醛类化合物、有机胺类化合物、羧酸类化合物等。肉桂醛、糠醛和香草醛是醛类化合物中比较典型的环境友好型缓蚀剂，肉桂醛是近年来发展的高效低毒醛类有机缓蚀剂，其对金属的缓蚀作用主要是基于吸附和聚合成膜过程。糠醛是一种混合控制型植物缓蚀剂，与六次甲基四胺复配后，缓蚀性能大为改善。香草醛是香草属香料中的关键组分，对盐酸溶液中金属铝的腐蚀具有明显的阻抑作用。有机胺类化合物包括脂肪胺、芳香胺、一元胺、二元胺或聚胺及它们的盐，均被广泛适应于金属的缓蚀领域。开发环境友好胺类缓蚀剂必须引入新的低毒性的有机胺化合物来替代有毒的胺化合物及其盐的应用。例如以更多的长链脂肪胺、聚胺来替代和减少芳香胺的应用。目前研究开发的羧酸类生物缓蚀剂多数为脂肪族取代羧酸，主要应用于中性水介质。

其次，生物提取类主要有：氨基酸、聚合物等。氨基酸不但可以通过蛋白质水解制得，而且在自然环境中能够全部分解，因而在 20 世纪 80 年代后成为备受关注的绿色环保型缓蚀剂。在氨基酸缓蚀剂中值得一提的是天冬氨酸，以其为原料通过热缩聚过程可以制造出聚天冬氨酸（PASP），它对环境没有毒性，而且能全部生物降解成无毒性的化学品。氨基酸作为无毒的环保型缓蚀剂具有广泛的适用性，也可抑制有色金属的腐蚀，同时对防止金属的局部腐蚀也有较好的效果。有机聚合物也被用来作为生物缓蚀剂适用，这是因为聚合物的毒性较其单体为低，而且吸附成膜性比其单体好，在金属表面又有较大的覆盖面积。高分子聚合物缓蚀剂的缓蚀效果随聚合物的种类、使用介质、分子质量的不同而各有差异。但其共同点是毒性低，对生态环境不会造成不良的影响。

3、缓蚀剂的作用机理

缓蚀剂的种类较多，对它的缓蚀理论研究和认识也日益深入，目前公认的理论大致有以下三种。

（1）缓蚀剂成膜原理

该原理认为金属与缓蚀剂产生反应在金属表面生成了可以阻碍腐蚀过程的膜而引起缓蚀作用。成膜抑制又分为两种方式：一种方式是由铬酸盐、亚硝酸盐等氧化剂加入到腐蚀介质中，在金属表面形成氧化膜或钝化膜抑制了腐蚀过程；另一种方式是有机缓蚀剂分子上的基团和腐蚀的金属离子相互作用，形成不溶性膜而起到缓蚀作用，如苯并三氮唑与铜反应生成不溶性聚合物膜抑制铜腐蚀，硫醇、喹啉与铁在酸性介质中生成沉淀膜抑制腐蚀。

（2）缓蚀剂吸附原理

该原理认为：由于有机缓蚀剂通常由电负性大的 O、N、P、S 等原子为中心的极性基团

和 C、H 原子组成的非极性基团组成。缓蚀剂中极性基团吸附于金属表面，改变了双电层的结构，使金属表面的能量状态趋于稳定，减缓腐蚀速率；另一方面，非极性基团在金属表面定向排布形成一层疏水性保护层，阻碍与腐蚀反应有关的电荷或物质的转移，也使腐蚀速率减小。根据缓蚀剂在金属表面上吸附作用力的性质和强弱不同，可分为物理吸附和化学吸附两大类。

（3）电极过程抑制机理

①阳极性缓蚀剂 这类缓蚀剂主要是促进金属钝化而提高耐蚀性。例如，在中性水溶液中添加铬酸钠时，可使铁氧化成 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ，并与自身的还原产物 Cr_2O_3 一起形成氧化物保护膜。从极化图上可以看出，碳钢的阳极极化曲线由原来的曲线 1（未加缓蚀剂）变化为曲线 2，阴极极化曲线基本不变，结果腐蚀电流由原来的 i_1 降至 i_2 （图 4-1），其他如重铬酸盐，以及在溶液中溶有氧的情况下添加磷酸盐、硅酸盐、碳酸盐、苯甲酸盐等也具有类似的特性。

另一类阳极缓蚀剂，如钢铁在含氧中性水溶液中所采用的亚硝酸钠。亚硝酸钠不是直接对阳极反应起作用，而是增强了阴极去极化促进钢铁钝化的结果。如图 4-2 所示。阴极极化曲线由原来的曲线 1 变成曲线 2，使腐蚀电位往正方向移动至钝化区，腐蚀电流即由 i_1 降至 i_2 。除了亚硝酸盐外，酸性介质中的铬酸盐、钼酸盐等也属于这类缓蚀剂。

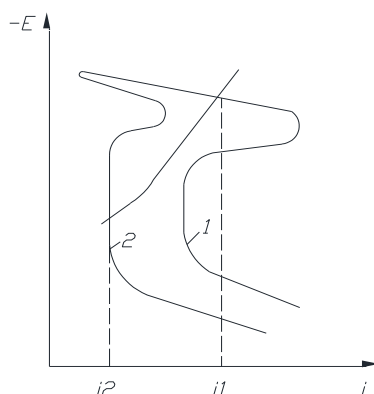


图 4-1 阳极直接钝化的缓蚀作用

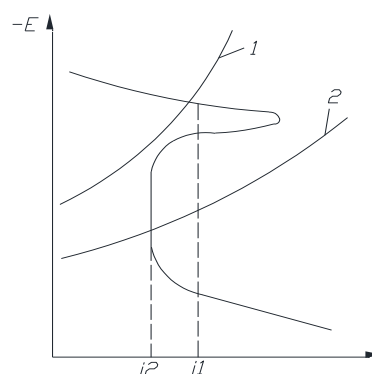


图 4-2 阴极去极化促进钝化的缓蚀作用

值得注意的是，阳极性缓蚀剂用量不足时，不仅起不了缓蚀作用，反而会加速腐蚀。

②阴极性缓蚀剂 锌、锰和钙的盐类如 ZnSO_4 、 MnSO_4 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 等，能与阴极反应产物 OH^- 作用生成难溶性的化合物，它们沉积在阴极表面上，使阴极面积较小而降低腐蚀。例如硬水中一般含有 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，它与 OH^- 作用生成不溶性的 CaCO_3 ，因此，钢在硬水中的腐蚀速率比在蒸馏水中的小。

砷盐和铋盐之类的缓蚀剂的作用机理在于它们的阳离子在阴极上被还原成 As 或 Bi，强

烈地增大了氢去极化过程的超电压，而使腐蚀速率急剧降低。图 4-3 示出钢在加有 0.045%As（以 As_2O_3 形式加入）的各种浓度的硫酸中腐蚀速率的降低程度。此外，如多数含氮、硫和氧的高分子化合物，在酸性溶液中被吸附在金属阴极表面，同样亦会显著增大氢的超电压。

在以吸氧腐蚀为主的场合，如果加入某些物质能使溶液中的阴极去极剂——氧减少，则亦可降低腐蚀。例如，亚硫酸钠能起脱氧作用，所以亚硫酸钠也可以被归入阴极性缓蚀剂，在锅炉给水的脱氧处理中常有应用。

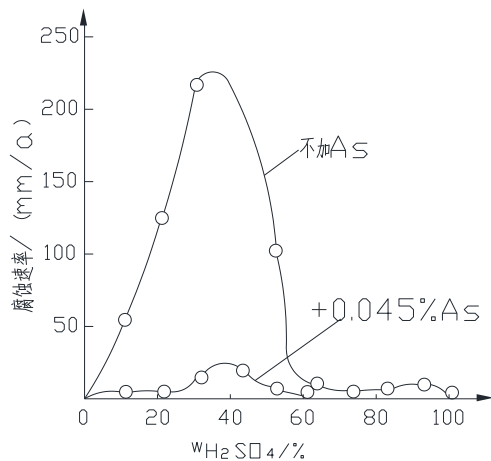
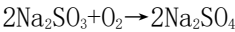


图 4-3 加砷盐缓蚀剂对钢在 H_2SO_4 中的缓蚀作用



③混合型缓蚀剂 大多数缓蚀剂属于这种类型，它们有的由于缓蚀剂分子上的反应基团与腐蚀反应中生成的金属离子相互作用，在金属表面形成络合物沉淀膜；有的是依靠缓蚀剂分子上极性基团的吸附作用，使之吸附到金属表面。这些膜的存在既能阻滞金属腐蚀的阳极过程

，又可阻滞阴极过程。因为它们使金属表面的荷电状态和界面性质发生了改变，不仅降低了金属表面的自由能，并且吸附型有机缓蚀剂的极性基团是亲水性的，吸附时极性基团定位朝向金属，而非极性部分朝溶液界面一侧，形成了一层疏水性的保护膜。

4、缓蚀剂的用量

缓蚀剂的用量，只要能产生有效的防护作用当然是越少越好。缓蚀剂用量过多有可能改变介质的性质（如 pH 值），甚至减弱缓蚀效率，在经济上也将降低效益。缓蚀剂的效果与用量的关系不是线形的，缓蚀剂用量太少时作用不大，当达到一定“临界浓度”时缓蚀作用很快增加；当进一步加大缓蚀剂用量时，作用增加有限。临界浓度随体系的性质而异，在选用缓蚀剂时必须预先进行测量，以便判断合适的用量。对于被膜型缓蚀剂，初始使用时往往加大用量（可比正常用量高出 10~20 倍），以快速生成完好的保护被膜，即所谓“预膜”处理，常常能取得很好的效果。

对于阳极型缓蚀剂，如果用量不够，不足以阻滞全部阳极区的金属氧化过程而阴极区的共轭还原过程仍能继续进行。由于阳极电流必须等于阴极电流，它将集中在未受保护的被膜伤损处进行，因而存在着加深局部腐蚀的危险，如铬酸盐类。为了引起人们的注意，阳极型缓蚀剂也常称作危险性缓蚀剂。

缓蚀剂的复配问题，由于金属腐蚀情况的复杂性，现代的缓蚀剂很少只采用单种缓蚀物质。多种缓蚀物质复配使用时往往比单独使用时总的效果高出许多，这就是协同效应。产生协同效应的机理随体系而异，许多还不太清楚，一般不外是考虑阴极型和阳极型缓蚀物质的复配、不同吸附基团的复配、增加溶解性能的复配、考虑不同金属的复配等，这方面正是目前提高缓蚀剂效率的研究重点。

缓蚀剂使用时除了考虑抑制腐蚀的目的外，还应考虑到工业系统运行的总体效果。如工业用循环冷却水，除了能引起冷却管道金属的腐蚀外，还将结垢，使冷却效率降低。在非密闭的系统中，菌藻等生物体的繁殖可加深腐蚀，甚至堵塞管道。因此，作为循环冷却水的处理，除了需加入缓蚀剂外，还应加入阻垢剂和杀菌剂，这样的复配水处理一般称作水质稳定剂。

5、缓蚀剂使用时的环境保护

许多高效缓蚀剂往往具有毒性，这使它们的适用范围受到了很大影响。如铬酸盐是中性水介质中的高效氧化性缓蚀剂，它的 pH 值适用范围较宽，除了钢铁外对大多数非铁金属均能产生有效的保护，有“通用缓蚀剂”之称，曾是中性水介质缓蚀剂的重要复配组分。但是由于铬酸盐的毒性，环境保护规定对铬的排放要求越来越严，在许多场合不得不考虑改用有效的无毒物质。考虑环境保护也是当前缓蚀剂研究和选用的重要因素之一。

6、缓蚀剂的发展趋势

缓蚀剂在金属防护工程中占有重要的地位，在国民经济建设中日益发挥越来越重要的作用。缓蚀剂的理论、测试技术和计算方法的研究已取得一定的进展，对缓蚀剂新产品的开发和应用起到了一定的促进作用。今后的工作重点：设计合成新的高效、多功能、无公害缓蚀剂；采用天然原料制造易生物降解的缓蚀剂，从而扩大缓蚀剂的应用范围，减少金属的腐蚀，更好地为经济的可持续发展服务；从化工、医药行业的工业副产物生产制造酸洗缓蚀剂，可以变废为宝，符合环保发展方向；开展一些生物缓蚀剂添加剂的开发工作、目前，缓蚀剂科学的发展趋势表现在以下两个方面：

（1）运用现代的各种测试分析手段与理论化学方法，在严格的科学基础上透彻了解阐述缓蚀剂的作用机理和缓蚀分子的构效关系，用以指导应用实践的发展。

（2）开发多功能型环境友好缓蚀剂新品种。

第二节 造纸主要设备腐蚀与防护

制浆造纸生产工艺过程复杂,涉及的生产设备众多,每个工序中设备所处的介质与环境均不相同,受到的腐蚀状况也不一样,下面就制浆造纸主要生产设备的腐蚀及防护作一介绍。

一、蒸煮设备的腐蚀与防护

制浆蒸煮方法分为碱法和酸法两大类,酸法蒸煮由于酸液对设备腐蚀严重,该蒸煮方法已很少使用或基本不使用,目前,蒸煮主要是采用碱法蒸煮。

蒸煮的主要设备是蒸煮器,因此,下面主要讨论立锅、蒸球、连续蒸煮三种设备的腐蚀与防护。

1、蒸煮设备材料及腐蚀状况

碱法蒸煮分为烧碱法和硫酸盐法两种,烧碱法主要蒸煮液时氢氧化钠;硫酸盐法蒸煮液主要是氢氧化钠和硫化钠。

烧碱法制浆所用间歇式蒸煮器(立锅、蒸球),通常用普通碳钢材料(如 20G, A3 钢)制造。碳钢在纯的稀碱液中的腐蚀速度很小,因此,烧碱法蒸煮器的腐蚀问题不大。硫酸盐法蒸煮器的腐蚀程度在不同的纸厂差别也很大,腐蚀严重的腐蚀速度达 0.5mm/a(年)以上,腐蚀较轻的腐蚀速度在 0.1mm/a 左右。

蒸球的内壁基本是均匀腐蚀,虽然球壁不同部位的腐蚀速度并不相同,甚至可能会有较大的差别,但蒸球的内壁通常是较平滑的,没有局部腐蚀的斑坑,这是由于蒸球的旋转破坏了产生局部腐蚀的条件。

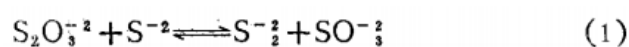
立式蒸煮锅的腐蚀一般也是均匀的。但会有一些局部腐蚀较快的区域,在锅壁上形成斑块。在锅壁结垢处的垢层下有时也会发生点蚀和缝隙腐蚀现象。蒸煮器是压力容器,严重的点蚀和缝隙腐蚀会使蒸煮器的锅壁穿孔失效,甚至发生爆炸事故。因此,对立式蒸煮锅的局部腐蚀应特别注意,要经常检查。此外,立式蒸煮锅的上部气相区,特别是气液相交界面处和下部放料口附近的腐蚀通常较其他部位严重。

国内制造的小型连续蒸煮器一般也用普通碳钢制造。这类连续蒸煮器的腐蚀通常是均匀的,但某些部件,如螺旋进料器、放料装置由于受磨损腐蚀作用,使其腐蚀速度大大加快,有时甚至每天腐蚀 1mm 以上,给生产带来严重影响。

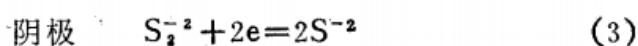
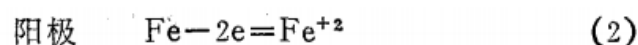
大型连续蒸煮器一般使用复合不锈钢钢板或内衬不锈钢制造,耐蚀性很好,但不锈钢比较容易发生应力腐蚀破裂,应引起注意。此外,不锈钢的受磨损部件腐蚀也较快。

2、蒸煮液对蒸煮设备的腐蚀性

碳钢在碱性溶液中一般是耐蚀的，只是在 pH 值 14 的碱液中，碳钢表面的氢氧化铁会转变为可溶性的铁酸钠 (Na_2FeO_2)，引起碳钢腐蚀的增加。如果碱液的温度再升高，这一过程显著加速，腐蚀就更为强烈。如果碳钢承受较大的应力时，它在碱液中还会产生腐蚀破裂，即所谓“碱脆”。蒸煮车间的储碱设备有时会受到碱腐蚀的危害，而蒸煮液中碱的浓度不很高，蒸发器一般不会受碱腐蚀的危害。但蒸煮液中含有的 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 Cl^- 、 S^{2-} 等盐类会加速碳钢蒸煮设备的腐蚀。烧碱法蒸煮液中含有上述盐类很少，所以，烧碱法蒸煮设备一般比硫酸盐法蒸煮设备的腐蚀程度轻得多。 SO_3^{2-} 和 S^{2-} 在碱性溶液中对碳钢的腐蚀是由下述反应引起的。



反应产生的多硫化物 S_4^{2-} 是一种阴极去极化剂，它可以通过以下氧化还原反应而使碳钢受到腐蚀。



在硫酸盐法制浆中， NaOH 及 Na_2S 为蒸煮剂，而 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 对蒸煮无任何作用。所以，应尽可能减少苛化时 Na_2S 的氧化，以减少蒸煮液中 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的含量，从而可减弱硫酸盐法蒸煮液的腐蚀性。

此外，如果蒸煮过度，造成蒸煮后期 pH 值太低，也会加速碳钢蒸煮器的腐蚀。

3、影响蒸发器腐蚀的其他因素

除蒸煮液本身的腐蚀性之外，以下因素对蒸发器的腐蚀影响很大。

(1) 蒸发器内结垢的影响

蒸球和连续蒸发器内壁受浆料的摩擦作用比较强烈，因此，很难形成垢层。

立锅的结垢有两种，一种主要是在轧钢时形成的氧化铁，这种氧化铁垢层能保护其下面的钢板，直到其本身剥落为止。另一种是在蒸煮过程中形成的难溶盐，主要是 CaCO_3 垢，这种结垢层在焊缝附近、进液喷溅部位或喷放后黑液滴溅部位都很少见，锅壁已有的结垢层当受到液体的湿润及冷却作用，或由于锅壁凸度不同所产生的不均匀应力作用就会发生脱落。一般来说，在蒸煮过程中形成的难溶盐垢层对锅壁钢板是有保护作用的，保护程度的大小取决于垢层的致密性和它与锅壁的结合力。疏松的垢层会引起相反的作用，这种垢层是局

部腐蚀的温床，在垢层下面很容易发生缝隙腐蚀和点蚀，危害性极大，对此应特别注意，对这种垢层应予及时清除。

（2）备料和装料方法的影响

从原料中带入蒸煮器的泥沙会急剧增加蒸煮器的磨损腐蚀，特别对于蒸球、连续蒸煮器和立锅的喷放口等，受摩擦作用较强的设备或部件影响更大。因此，保证备料工段的筛选、除尘效果对减轻蒸煮器的磨损腐蚀十分重要。此外，在立式蒸煮锅的装料送液过程中，装料时木片偏于锅的一边，使送入的液体溅射另一边（见图 4-4），由于立锅的热容量很大，在送液时锅壁的温度仍比较高，喷溅到锅壁上的冷液立即沸腾、气化，发生所谓“热板沸腾”现象，使锅壁局部迅速腐蚀。

其作用机理是：首先由于骤冷收缩而使锅壁垢层破坏，使碳钢失去保护，进而在碳钢表面发生由液体冲击和气化而引起的冲击腐蚀和空泡腐蚀，使锅壁局部迅速腐蚀减薄。使用装锅器可以使木片均匀散布在锅内，因此，可以避免上述腐蚀现象。

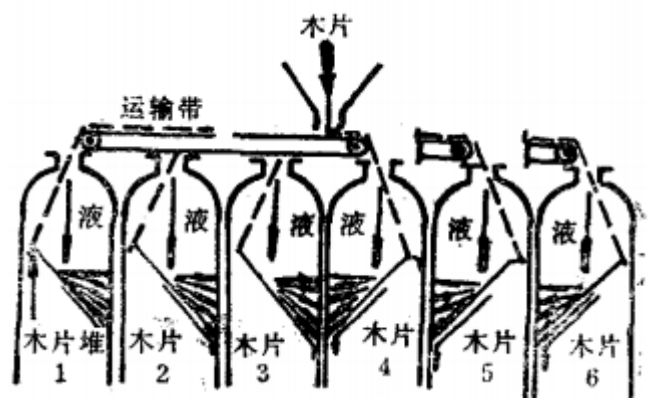


图 4-4 木片装锅送液喷溅图

如果发现在送液喷溅部位的垢层已完全破坏且有局部腐蚀，则改变装料和送液的方向，使送液喷溅到另一边有保护垢层的锅皮上，这样可以避免锅壁局部过快腐蚀，延长锅的使用寿命。

（3）使用不同种材料所造成的问题

有时蒸煮器有部分部件使用不同材料（如滤网使用不锈钢），这时会造成电偶腐蚀。靠近不锈钢的碳钢部分腐蚀最严重，因此，应尽量避免在同一设备上使用不同材料，如上述情况不可避免，则应将靠近不锈钢 15cm 之内的碳钢加厚，增加其腐蚀余量，从而延长使用寿命。

4、蒸煮器腐蚀的防护方法

目前，碱法蒸煮器的腐蚀防护方法主要有以下几种：

（1）适当增加腐蚀余量

碱法蒸煮器的腐蚀速度一般只有 0.1~0.3mm/a 左右，且多数属均匀腐蚀。在这种情况下，适当增加腐蚀余量就可以使设备的使用寿命提高很多。特别在某些腐蚀较快的区域，如受磨损腐蚀的区域，靠近不锈钢和其它贵金属的区域，立锅的气~液相交界面等应采用加厚钢板。

(2) 阳极保护

阳极保护方法最先在硫酸盐法蒸煮立锅上应用，取得了良好的效果。

表 1-1 为国外纸厂使用阳极保护前后硫酸盐法蒸煮立锅的腐蚀速度对比。硫酸盐法连续蒸煮器也可应用阳极保护法，并已有成功的范例，对用不锈钢制造或不锈钢衬里的连续蒸煮器和立锅进行阳极保护可防止其发生应力腐蚀破裂。

表 4-1 阳极保护前后硫酸盐法蒸煮立锅的腐蚀速度对比 (单位 mm/a)

| 蒸煮锅 NO: | 6 | 7 | 10 | 12 | 13 | 14 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 观察时间 (a) | 11.5 | 10.5 | 10.6 | 7.6 | 6.8 | 1.66 |
| 有无保护 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 阳极保护 |
| 第一段 | 0.75692 | 0.65024 | 0.78232 | 0.42672 | 0.60198 | 无损失 |
| 第二段 | 1.34112 | 1.5367 | 1.25476 | 1.0033 | 1.18872 | 0.0381 |
| 第三段 | 0.77978 | 0.9398 | 1.02616 | 0.97028 | 1.1557 | 0.14478 |
| 锥第 | 1.4351 | 1.56718 | 1.79324 | 1.60782 | 1.85928 | 0.27178 |

蒸球不能使用阳极保护，原因是蒸球在蒸煮过程中不断旋转，蒸球内壁转到上边时会脱离浆液进入气相区，这时由于没有电解质存在，已钝化的球壁因失去维钝电流而发生活化。当球壁转入下边液相区后又需重新通大电流致钝，如此在气-液相区循环往复，球壁就不断的致钝-活化-致钝……，这就相当于对球壁进行间断的脉冲电解，会使蒸球的腐蚀急剧加速。

(3) 热喷涂

蒸煮器所处环境复杂，温度很高，受浆料的摩擦作用较强，所以，一般不宜使用有机涂层保护。近年来热喷涂技术发展很快，可以用热喷涂方法在碳钢蒸煮器内壁喷涂不锈钢防护层，这种方法的缺点是造价较高。对已投入使用的蒸煮器要在其内部施工，比较复杂，费时费力。

(4) 牺牲阳极的阴极保护

牺牲阳极保护法简便易行，只需在蒸煮器内以适当密度布置电位更负的金属或合金作阳极可对蒸煮器进行保护，一次性投资较少。但如牺牲阳极腐蚀过快，则需经常更换，使维护费用增大。

（5）使用添加剂

制浆造纸中的介质成分非常复杂，在这种环境中要找到经济有效的蒸煮器缓蚀剂是一项非常困难的工作。国外有些硫酸盐制浆厂采用在蒸煮中添加硫或多硫化物的方法使锅壁化学钝化，取得良好效果。但用这种方法如果掌握不好会使锅壁的腐蚀加剧。

二、漂白系统的腐蚀与防护

纸浆漂白是制浆造纸工业中决定产品质量的重要环节。纸浆白度过程中使用了大量的漂剂，如氯气、二氧化氯、次氯酸盐、过氧化氢、氧气、臭氧和连二硫酸盐等。这些化合物单独存在或与其他漂白添加剂组合存在于制浆过程中，对设备腐蚀十分严重。

1、漂白介质的腐蚀性

目前，纸浆漂白主要有 ECF 漂白和 TCF 漂白两种类型，无论是 ECF 漂白还是 TCF 漂白或是两种漂白方式的不同组合，其均含有对设备腐蚀性成分：

- （1）氯离子 Cl^- ；
- （2）酸根离子如 SO_3^{2-} 、 ClO_3^- 等；
- （3）氢离子 H^+ ；
- （4）氧化剂 CL_2 、 ClO_2 、 O_2 、 H_2O_2 等。

此外，带腐蚀性的气体，例如干燥的氯气、氯化塔和二氧化氯漂塔塔顶部的气态 CL_2 和 ClO_2 以及制漂系统中 SO_2 气体等，漂白过程高温度和低 pH 值都是造成设备、建筑物、管道等腐蚀的重要因素。漂白系统进行废水回收以及全封闭循环洗涤以后由于腐蚀性物质（如 CL^- ）浓度的增高给漂白系统的腐蚀带来了新的课题。高浓漂白、气态漂白也促进了设备的腐蚀恶化。

2、漂白介质中金属材料的耐腐蚀性

研究表明，次氯酸盐漂液对材料的腐蚀性与合金中的铬、钼含量有很大关系，钼含量越高，抗蚀性能越好；钛及钛合金的耐蚀性比其他材料都好；碳钢和 304 不锈钢是不耐次氯酸盐腐蚀的。

（1）耐漂液腐蚀的金属材料

①铁碳合金 铁碳合金是漂白系统应用最广泛的合金。铁碳合金价格低廉、机械性能及工艺性能良好。虽然铁容易被腐蚀，但在自然条件下和纸浆漂白的环境下化学性能稳定，并可采取其他的保护，如牺牲阳极法，衬橡胶或涂层保护。在碱处理工段，它比较耐 NaOH 腐蚀，可做为耐蚀结构材料。

②不锈钢 不锈钢是以铁碳为主体的铁碳合金，只是由于特殊要求，使它含有比普通碳钢更多的合金元素。这些元素大部分是过渡族元素，主要是铬、镍、锰、硅、钼、钛、氮、铜、钴等。

合金元素中加入铬，可以及早地使钢铁钝化，达到防腐蚀的目的。铬不锈钢主要抗大气腐蚀、水蒸汽腐蚀及稀硝酸腐蚀等。

目前我国主要牌号的铬不锈钢有 0Cr13、1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr14、Cr25、Cr28 等。镍不锈钢不仅耐蚀性能好，而且具有良好的冷变形和焊接性能，常温和高温下都有很好的塑性和冲击韧性，主要用于制造塔器、蒸发器、洗浆设备、管道等。

在合金中加入钼或铌，可以有效地防止晶间腐蚀，主要是由于它们与碳的亲合力大，避免了碳和铬生成 $(\text{CrFe})_{23}\text{C}_8$ 的结晶析出而引起贫铬区，从而防止晶间腐蚀。在实际中，由于铌的价格较贵，它与钼相比为 70:1，因此尽管钛易氧化，不宜制造爆条等，但给合金中加钛仍是常来用的方法。

③耐蚀有色金属合金 有色金属合金已在制浆造纸工业得到了广泛的应用。常见的有 Monel(蒙乃尔)合金:30%Cu 和 3~4%的 Fe+Mn，有时也有铝和硅，其余为 Ni。我国类似的有色合金有 Ni70Cu28、Ni66Cu32。Monel 合金是 Ni-Cu 合金代表。应该注意的是，这些有色金属合金各自都有自己的适用条件，使用时，根据工艺条件，做一定的试验或参考一定的资料选用才能得到更好的使用结果。

④钛及钛合金 钛是地球上分布最广泛的元素之一，它在地壳中含量达 0.58%，仅次于铝、铁、镁而居第四位。

钛在大气、海水和天然水中都具有优异的耐蚀性能，无论在一般污染的大气和海水中，还是在较高流速及较高温度条件下都具有很高的耐蚀性能。

钛的另一特性是耐 CL-腐蚀，这使钛材深受漂白工业、化工工业的欢迎。

钛是很活泼的金属，钛材很容易被氧化，所产生的氧化膜 TiO_2 与基体的结合很牢固，一般很薄，很致密且很稳定，远远超过了铝和不锈钢的氧化膜，从而保护了钛材的腐蚀。并且加工过程破坏后，这层膜极易快速修复。钛的氧化膜不仅能在含氧的溶液中可以生成，在不含氧的各种溶液中，甚至各种浓度的氯离子溶液中也是稳定的。

钛合金的机械性能和耐蚀性能比纯钛要高。对于不同的机械强度和不同腐蚀介质，合理选择钛合金，必然会增加设备的寿命，降低设备的投资。

3、漂白介质中非金属材料的耐腐蚀性

耐蚀非金属材料种类较多，包括塑料、橡胶、陶瓷、玻璃、玻璃钢等。在漂白车间主要涉及到的有塑料、橡胶、陶瓷砖、玻璃钢等

(1) 常用塑料 塑料品种很多，但根据受热后的变化和性能的不同，大致可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。热固性塑料一般是由缩聚类树脂组成，合成树脂即属于这一类；热塑性塑料一般是由聚合类树脂组成，如聚氯乙烯、聚丙烯等。下面主要介绍防腐工程中常用的工程塑料。

①聚氯乙烯 聚氯乙烯塑料具有一定的机械强度，焊接和成型性能良好，又具有良好的耐腐蚀性能，因此它是化工、石油、制药、染料等工业中普遍使用的一种耐腐蚀材料。目前，硬聚氯乙烯塑料常用来作为塔器、贮槽、除雾器、排气筒、泵，阀门及管道等；软聚氯乙烯塑料由于其机械强度低，故常用作设备衬里材料。

②聚丙烯 聚丙烯具有优良的耐腐蚀性能。对于无机化合物，除氧化性介质外，不论酸、碱或盐溶液，几乎直到 100℃对聚丙烯都没有破坏作用。但由于聚丙烯分子结构中的叔碳原子容易氧化，所以对发烟硫酸、浓硝酸和氯磺酸等强氧化性介质，即使在室温下也不能使用。

由于聚丙烯具有良好的耐腐蚀性与耐热性，所以常用作化工管道、贮槽、衬里等。若用各种无机填料增强，可提高其机械强度及抗蠕变性能，用于制造化工设备。若用石墨改性，可制成聚丙烯换热器。

③聚乙烯 聚乙烯是乙烯的高分子聚合物，根据聚合工艺条件的不同，聚乙烯可分为高压聚乙烯、中压聚乙烯和低压聚乙烯等三种产品。

聚乙烯的分子链主要是由亚甲基 ($-\text{CH}_2-$) 构成的，化学稳定性较好。其耐腐蚀性能和硬聚氯乙烯差不多，常温下能耐一般的酸、碱、盐的腐蚀，特别是能耐 60℃以下的浓氢氟酸的腐蚀。在室温下，脂肪烃、芳香烃和卤代烃等能使之溶胀。在耐化学介质和溶剂的性能方面，高密度聚乙烯比低密度聚乙烯好一些。

(2) 橡胶

橡胶具有较好的物理机械性能和耐腐蚀性能，可以作为金属设备的衬里或复合衬里中的防渗层。橡胶分为天然橡胶和合成橡胶两大类。目前用于设备衬里的橡胶多数是天然橡胶。

①天然橡胶 天然橡胶的化学稳定性能较好，能耐一般非氧化性强酸、有机酸、碱溶液和盐溶液腐蚀，但在强氧化性酸和芳香族化合物中不稳定，易被氧化剂所氧化，需

要通过硫化作用得到改善。硫化的结果使橡胶在弹性、强度、耐溶剂性及耐氧化性能方面得到改善。

②氯化橡胶 氯化橡胶是天然橡胶经过塑炼解聚后，溶于四氯化碳中进行氯化处理而得的白色多孔固体，含氯量为 60% 以上。氯化橡胶主要用作涂料，但因氯化橡胶树脂涂层脆、附着力不好，不耐紫外线照射，所以，不能直接用来作涂料。采用其它天然或合成树脂改性，再加入增塑剂、稳定剂、颜料等附加成分，可改善涂层的性能。

氯化橡胶涂料在 70℃ 以下使用。在干燥大气中，温度在 100℃ 以下时，涂层不会分解，但在潮湿的大气中，温度超过 70℃ 时，涂层就会分解，并放出氯化氢。氯化橡胶涂料具有良好的耐酸碱、耐海水性能，涂层具有不燃性，但不耐溶剂及氧化性酸的腐蚀。

③氯丁橡胶 氯丁橡胶具有耐日光、耐臭氧、耐老化、耐摩擦、耐油、耐腐蚀等性能，可用来制造涂料。漆膜具有耐水、耐磨、耐曝晒和耐酸碱性能，耐温可达 93℃，耐低温至 -40℃ 它对金属、塑料、木材、陶瓷、水泥、电线等都有良好的附着力，能保护在地下、水下或有腐蚀性介质与潮湿环境下的各种物件。氯丁橡胶也可制成胶板，供作衬里用。

④级成化聚乙烯橡胶 氯磺化聚乙烯橡胶可作为涂料，也可与其它填料混炼，制成衬里用的胶板。氯磺化聚乙烯橡胶耐磨性能、耐大气、耐臭氧性能良好。耐热可达 120℃。氯磺化聚乙烯橡胶的耐氧化剂性能仅次于氟橡胶。在强氧化性介质中（如常温下 70% 硝酸、浓硫酸）和在碱液、过氧化物、盐溶液及很多有机介质中稳定。但氯磺化聚乙烯橡胶不耐油类、四氯化碳、芳香族等化合物的腐蚀。

⑤丁苯橡胶 丁苯软胶的耐酸性能与天然橡胶类似，但不耐盐酸腐蚀，因为在它的表面不能形成氯化物的保护膜。在氧化性酸中也很不稳定。丁苯硬质胶可在 80℃ 温度、36% 盐酸的长期作用下而不腐蚀；在 65℃ 以下可耐湿氯气腐蚀；在醋酸介质中稳定。

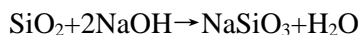
⑥丁腈橡胶 丁腈橡胶具有良好的耐油性能，其耐油和耐有机溶剂性能超过丁苯橡胶，而耐腐蚀性能与丁苯橡胶相似。

（3）硅酸盐材料

硅酸盐材料与电解质溶液接触时并不形成腐蚀电池，其腐蚀破坏是由于化学或物理的因素所引起而不是电化学过程所引起的。影响硅酸盐材料耐蚀性的因素有：

①材料化学成分和矿物组成

硅酸盐材料成分中以酸性氧化物二氧化硅为主，它们耐酸而不耐碱。当二氧化硅（尤其是无定形的二氧化硅）与碱液接触时，将发生如下的反应而受到腐蚀：



生成的硅酸钠易溶于水及碱液中。

二氧化硅含量较高的材料属耐酸材料，在所有的无机酸中，除氢氟酸及高温磷酸外它们都耐蚀。当磷酸的温度高于 300℃时能溶解二氧化硅，任何浓度的氢氟酸都会对二氧化硅发生作用。

一般来说，材料中 SiO_2 的含量越高，耐酸性越强。 SiO_2 含量低于 55% 的天然及人造硅酸盐材料是不耐酸的，但也有例外，例如铸石中只含 55% 左右的二氧化硅，而它的耐蚀性却很好；红砖中 SiO_2 的含量很高，达 60%~80%，却没有耐酸性，这是因为硅酸盐材料的耐酸性不仅与化学组成有关，而且与矿物组成有关。

铸石中的 SiO_2 与 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等在高温下形成耐腐蚀性很强的矿物—普通辉石，所以虽然 SiO_2 的含量低于 55%，却有很强的耐腐蚀性。红砖中的 SiO_2 含量尽管很高，但是以无定形态存在，没有耐酸性。如将红砖在较高的温度下煅烧，使之烧结，就具有较高的耐酸性，这是因为在高温下 SiO_2 与 Al_2O_3 形成具有高度耐酸性的新矿物—硅线石（ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ）与莫来石（ $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ），并且其密度也增大。

含有大量碱性氧化物（ CaO 、 MgO ）等的材料属于耐碱材料，它们与耐酸材料相反，完全不能抵抗酸类的作用。例如由钙硅酸盐组成的硅酸盐水泥，可被所有的无机酸腐蚀，而在一般的碱液（浓的烧碱液除外）中却是耐蚀的。

②材料孔隙和结构的影响

硅酸盐材料除熔融制品（如玻璃、铸石）外，总具有一定的孔隙率。孔隙会降低材料的耐腐蚀性，因为孔隙的存在会使材料受腐蚀介质作用的面积增大，侵蚀作用也就显得强烈，使得腐蚀不仅发生在表面上，而且也发生在材料的内部。当化学反应生成物出现结晶时还会造成物理性的破坏，例如制碱车间的水泥地面，当间歇地受到苛性钠溶液的浸润时，由于渗透到孔隙中的苛性钠吸收二氧化碳后变成含水碳酸盐结晶，体积增大，在水泥内部膨胀，使材料产生内应力而破坏。

如果在材料的表面及孔隙中腐蚀生成的化合物为不溶性的，则在某些场合它们能保护材料不再受到破坏，水玻璃耐酸胶泥的酸化处理就是一例。

当孔隙是互不相通而封闭时，受腐蚀性介质的影响要比开口的孔隙为小。因为当孔隙为开口时，腐蚀性液体容易透入材料内部。

硅酸盐材料的耐蚀性还与其结构有关，晶体结构的化学稳定性较无定形结构为高。例如结晶的二氧化硅（石英）虽属耐酸材料，但也有一定的耐碱性，而无定形的二氧化

硅就易溶解于碱溶液中。具有晶体结构的熔铸辉绿岩也是如此，它比同一组成的无定形化合物具有更高的化学稳定性。

③腐蚀介质的影响

硅酸盐材料的破坏速度似乎与酸的性质无关（除氢氟酸和高温磷酸外），而与酸的浓度有关，当酸的电离度最大时，对材料的破坏作用最大。

酸的温度升高，离解度增大，其破坏作用也增强。此外，酸的粘度会影响它们通过孔隙向材料内部扩散的速度。例如盐酸与同一浓度的硫酸相比，由于盐酸的粘度小，在同一时间内渗入材料的深度大，腐蚀作用也随之加快。同样，同一种酸的稀溶液和浓溶液也有不同的粘度，也会影响它们的腐蚀速度。

（4）玻璃钢材料

玻璃钢是用玻璃纤维增强树脂组成的覆盖层，是一种既易于增加层厚又可增加机械性能的良好覆盖材料。

玻璃钢衬里内由于玻璃纤维的增强作用，故衬里层一般都具有较高的机械强度和整体性，即使受到机械碰击等也不容易出现损伤。

目前，常用的玻璃钢衬里品种有：环氧玻璃钢、聚酯玻璃钢、酚醛玻璃钢、呋喃玻璃钢以及它们的各种改性玻璃钢等。通常用在常压设备内壁的防护，设备、地坪、砖板衬里的隔离层，塑料设备和管道的外壁增强，设备内部件的外层保护等。

玻璃钢衬层一般耐磨性较差，一旦表面树脂层被腐蚀而露出玻璃纤维后，渗透性就会迅速增大。腐蚀促进了渗透，而渗透作用又破坏了纤维与树脂粘合的整体性，促进了腐蚀损坏，在这样相互促进的影响下，衬层就会很快破坏。虽然目前有用玻璃钢衬里来保护金属搅拌桨，但如果还有其他方法可以代替时，还是选用别的防护方法好。因为玻璃钢衬层损坏后，不单会使金属基体受到腐蚀，而且由于磨损，衬层内的玻璃纤维碎块就会散落到介质中，污染物料，堵塞管路系统等，有时还会带来比较严重的后果。玻璃钢衬层一般不适宜用于磨蚀严重的腐蚀环境中。

4、耐腐蚀材料在漂白系统中的应用

（1）氯系统

①在完全干燥的氯的生产环境中，通常采用碳钢作为设备和管道的材料。阀门则结合使用哈氏 C 合金的阀芯、阀座和蒙乃尔合金的阀杆。

②在湿氯的生产环境中，采用强化聚酯树脂、哈氏 C 合金、316 不锈钢等。

③在干氯和湿氯交替接触的地方，由于腐蚀性大，可用玻璃纤维内衬、强化聚酯树脂等。

④在不含水的前提下，液氯可使用碳钢或钢制的槽车。管道系统用强度好的碳钢。阀门可用 SuS32 不锈钢、镍—铜合金、哈氏 C 合金，阀门的衬里则用聚四氟乙烯(PTPE)，液氯汽化器及其在以后的管道系统使用的材料，与在干氯情况下使用的材料相同。

⑤在氯化系统中，常温氯化塔往往采用硬质橡胶衬里、硬质聚氯乙烯、萨冉树脂、聚酯树脂等衬里也被应用。

⑥浆氯混合器可用 316 不锈钢、树脂或哈氏 C 合金。

(2) 碱处理系统

由于氢氧化钠浓度的不同，它的腐蚀性也有很大的差别。温度不超过 50℃，浓度不超过 50%的情况下，可用低碳钢作为贮存槽罐，但应避免采用铜或铜合金。氢氧化钠浓度大于 50%，温度超过 50℃时就会腐蚀碳钢，此时需要用镍，但当浓度非常高时，镍也会被腐蚀。

在日常使用的 5%~15%浓度下，一般的碳钢可以满足要求，在空气和液体交界部位以及加温处理时，可以用 OCr18Ni9 不锈钢作衬里材料。

碱处理塔在进行热碱处理的情况下，往往需要用 OCr18Ni9 或 SuS32 不锈钢作为衬里，也有用环氧树脂或呋喃树脂作为衬里的。

洗浆机的槽体除用混凝土结构外，也可采用内衬瓷砖、硅酸盐水泥勾缝的方法。

碱处理塔的搅拌器、洗浆机、洗浆废水系统约水封槽、管道等经常用 OCr18Ni9 或 316 不锈钢制成。逆流洗涤使腐蚀性加强，因而需要改用耐蚀性更强的不锈钢如 317L 等。

(3) 次氯酸盐漂白系统

①次氯酸盐制备的反应槽或吸收塔也有用 OCr18Ni9 等不锈钢材料的。

②次氯酸盐漂液的管道、贮槽等可用橡胶、聚氯乙烯、萨冉树脂、FRP 等作为内衬。贮槽同样也有用耐碱硅酸盐水泥砖作为内衬的，使用良好，次氯酸盐制备时氯气注入部位可采用萨冉树脂、玻璃、铅、氟树脂、FRP 等作为防腐蚀材料。

③次氯酸盐漂白塔可采用瓷砖或耐酸砖作为衬里，环氧树脂或硅酸盐材料作为勾缝材料的混凝土结构或者硬质橡胶衬里的钢制品。也有采用如 316 等不锈钢的。其它如氟树脂、聚酯树脂、聚丙烯以及萨冉树脂等也是可供选择的衬里材料。其他设备和管道，可用 OCr18Ni9 及 316 不锈钢，也有用瓷砖内衬、环氧树脂或硅酸盐水泥勾缝的，如洗

浆机的网槽、水封槽等。泵可用内衬不锈钢 的铸铁制成。

④洗浆机网笼多用不锈钢（如 316 不锈钢），滤网有用不锈钢，也有用塑料的。

（4）二氧化氯漂白系统

二氧化氯具有爆炸性、毒性及高度的腐蚀性，因此在二氧化氯漂白系统中需要用最耐蚀的材料。哈氏 C 合金、FRP、氟树脂、钛等都是在本系统中优先被考虑的防腐蚀材料。

二氧化氯漂白系统中，从二氧化氯发生系统到漂白系统的输送管道可用玻璃、PVF2、PTFE、FRP 或萨冉树脂、硬聚氯乙烯。

热浆和二氧化氯的混合器可以用衬玻璃的钢结构或钛材。据报道，由于二氧化氯溶液具有很强的氧化性，哈氏 C 合金也会受到腐蚀侵蚀。

二氧化氯漂白塔也有采用 SuS32、35、36、A1S1317、317L 等不锈钢的，但应用寿命受到限制。目前已有不少漂白塔倾向于采用 FRP 和钛材，因为它们表现了优良的防 CLO₂ 腐蚀的性能。

二氧化氯塔的搅拌器过去有用哈氏 C 合金的，但只有 5 年左右的寿命。现在几乎都改用钛制成。

塔顶的刮浆器采用钛材制成。安装于漂白塔顶部的扩散洗涤器也多用钛材制造。

二氧化氯漂白系统的管道材料可采用玻璃、PVF 或钛衬里的钢管，也有用 FRP 和 PTFE 的。但使用各种不锈钢、硬质聚氯乙烯或萨冉树脂作为衬里的钢管的工厂还是不少的。

二氧化氯漂后洗浆机与氯化后洗浆机一样，过去多用不锈钢。但由于近年来洗涤废水的回用，温度的升高，有的工厂发现在使用 3 个月后洗鼓即产生点状腐蚀，故目前洗鼓多采用高钼不锈钢（20Cr、25Ni4.5MO）以及钛材作为防腐蚀材料。洗浆机后洗涤废水的泵，也是按二氧化氯的腐蚀标准来选定材料的。高硅铸铁可以使用，但其寿命不长。

计量仪表与腐蚀介质接触的部位，可使用钛材。

（5）过氧化氢漂白系统

过氧化氢漂白系统所用的结构材料，除考虑到材料本身的耐腐蚀性外，还要考虑到过氧化氢的无效分解。

防止过氧化氢腐蚀的结构材料以铝、瓷器、硬聚氯乙烯最为适宜，也有采用不锈钢、聚酯树脂及其它塑料制品的。必须避免使用铜、青铜、黄铜、铁、镁、铅和其它重金属及其合金。

过氧化氢贮槽以铝最好，SuS32、1Cr18Ni9 和内衬瓷砖用硅酸盐水泥勾缝的贮槽也可使用，较小容量的贮槽也有用硬质聚氯乙烯。

管道和贮槽一样，用铝或 SuS32，也有部分使用硬质聚氯乙烯，H₂O₂ 溶液泵可用衬不锈钢的铸铁泵或用衬 PTFE 的 SuS32 泵。

计量槽和其它容器同样采用铝、SuS32、聚氯乙烯等材料。氢氧化钠和硅酸钠的贮槽和管道用碳钢，泵用铸铁或 SuS27、SuS32、不锈钢，硫酸镁用 AISI316 或 SuS32。

制备好的过氧化氢漂液是过氧化氢、硅酸钠、硫酸镁以及氢氧化钠的混合溶液，其贮槽用 SuS27、SuS32、AISI316、瓷砖、耐酸砖、聚氯乙烯橡胶等作为衬里。管道或泵用 SuS27、SuS32 或 AISI316。

漂白塔可采用与次氯酸盐漂白塔和碱处理塔相同的内衬材料，即瓷砖贴面，硅酸盐水泥勾缝。也有用 SuS27、AISI316 或耐酸砖衬里的。泵、管道用 SuS27 或 SuS32。

（6）氧气漂白系统

奥氏体不锈钢在氧漂环境中的腐蚀现象，含有相当数量 CL⁻的高浓碱液，在高温（130℃）和机械应力的情况下，奥氏体不锈钢有产生应力腐蚀破裂的可能。含有 10g/L NaCl pH11 的溶液，仅在含 MO3.2% 不锈钢表面产生点蚀而没有应力腐蚀破裂现象。含有 10g/L NaCl pH13 时，在液相和气相都发生应力腐蚀破裂。在 0.3MPa 氧气中加入 5% 容积比的一氧化碳能完全防止液相应力腐蚀破裂的产生。

（7）连二亚硫酸盐漂白

当连二亚硫酸盐漂白系统的 pH 值为 4~6 时，含有 2~4%Mo 的 316 或 317 不锈钢成为所采用的标准防腐蚀材料。不含钼的镍铬钢，不能抵抗低浓度的连二亚硫酸盐及其降解化合物的腐蚀性。黄铜、青铜和蒙乃尔合金会被连二亚硫酸盐的降解化合物腐蚀。混凝土也会很快被连二亚硫酸盐所侵蚀。特别是在其盐浓度较高时，这种腐蚀更严重。木材可用于小型连二亚硫酸盐配制的漂白系统中。原因是木材有抵抗高浓度连二亚硫酸盐的侵蚀。

三、造纸系统的腐蚀与防护

造纸机是一台综合性多功能机械，它的各部分环境条件均不相同。例如，纸机网部为常温，而浆液中的化学成分比较复杂，压榨辊受应力较强，而干燥部温度又较高。纸机上使用的材料种类也很多，包括碳钢（骨架等）、铜（网、辊等）、不锈钢（辊）、铸铁（压榨辊、烘缸等）、塑料（网）。还可能有铝、陶瓷等。

因此，纸机不同部分的腐蚀状况和腐蚀原因是不同的。

（1）流浆箱和铜网

流浆箱通常使用不锈钢材料，流浆箱的不锈钢板常发生点蚀，主要由以下三种因素引起：①局部聚集腐浆及纤维沉积物；②缺乏适当的钝化；③漏泄电流促进流浆箱的点蚀。其中第①种原因引起的腐蚀最普遍。

微生物污垢、纤维、填料及有机或无机盐的沉积物都能促使不锈钢板发生点蚀。生物有机体分泌的新陈代谢产物也促使沉积。分泌物包含有机及无机酸，在沉积物下会导致浓差电池的产生。沉积物下面的金属表面，由于缺氧成为阴极，因此产生很强的腐蚀性，会蚀穿金属。 FeS 沉积物在硫酸盐还原菌的存在下引起微生物腐蚀。

防止流浆箱不锈钢板发生点蚀的方法就是定期进行清洗，除去沉积物。

铜网常见的腐蚀为点蚀、脱锌以及表面均匀腐蚀。含 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的高温酸性白水促进铜网的腐蚀。此外，还有游离氯也增加腐蚀。网的黄铜纬线比较容易发生脱锌，脱锌后的黄铜线的抗张力、延性都大大降低，但从网的表面上不易看出。脱锌的腐蚀速度和深度受很多因素的影响，包括温度、pH 值及浆料的导电性等。

铜网的腐蚀除影响网本身的寿命外，由于腐蚀或磨损作用会造成铜粒子从网面上脱落，脱落的铜粒子被浆料带到烘缸上、铜粒子沉积在铁制烘缸的表面上，在导电溶液中造成局部电偶腐蚀。

浆料中如添加阳离子淀粉、聚合物等添加剂，起缓蚀作用。

此外，还可添加巯基苯丙噻唑等有机缓蚀剂，可有效降低铜网的腐蚀。这些缓蚀剂最好加在回网辊的喷淋水中，在铜网上形成一层强而韧的薄膜，大而阻碍浆料或白水对铜网的腐蚀。

使用塑料网解决了网的腐蚀问题，但使真空伏辊的腐蚀加重了。因为铜网和真空伏辊相接触时，铜网作为阳极容易被腐蚀，使真空伏辊受到保护，而使用塑料网时，相对铜网使真空伏辊失去保护作用，因而容易产生孔内的点蚀。

（2）真空辊

纸机上有多种真空辊，如真空伏辊、真空压榨辊等。这些真空辊的构造和所接触的环境均很相似，因此，腐蚀状况和发生腐蚀的原因也基本相同。

真空辊的辊壳用青铜或不锈钢制造，接触的介质是湿纸和白水，都承受循环应力载荷，其中真空压榨辊受载荷最大。

铜辊比不锈钢辊的耐蚀性差，特别是容易发生局部脱锌，危害很大，所以近年来真

空铜辊逐渐被真空不锈钢辊替代，但真空不锈钢辊也不能完全避免腐蚀的危害。

真空辊出故障的原因很多，都与腐蚀有关。其中主要原因是由于腐蚀和循环载荷引起的疲劳腐蚀，很多情况下，疲劳腐蚀的裂纹起源于点蚀。当点蚀发生后，在点蚀缺口处的边缘会产生应力集中，在集中应力的作用下很容易使真空辊产生裂纹。

不锈钢真空辊发生点蚀的原因主要是由于在辊壳表面特别是在吸水孔中非常容易沉积腐浆和纤维沉积物，在沉积物下面极易产生细菌活动，从而引起真空辊的生物腐蚀，腐蚀机理与流浆箱不锈钢板的生物腐蚀过程相同。

控制真空辊腐蚀的方法有以下几点：①及时清除真空辊表面，特别是吸水孔内的沉积物；②加入控制或消灭微生物的化学药品，但应注意，这类化学药品通常都有一些毒性，应谨慎使用；③控制适当的温度和 pH 值，抑制微生物的活动；④使用适当的有机缓蚀剂（如巯基苯丙噻唑），使用时应直接将缓蚀剂溶液喷淋到辊子表面上，方能取得更有效的缓蚀效果。

（3）封闭白水系统引起的腐蚀

白水的腐蚀性随白水循环程度的增多而增强。白水封闭循环使用会产生以下影响：①使水温上升，温度升高化学反应速度加快，金属的腐蚀速度相应加快。如果温度保持在 35~55℃ 范围内，则细菌活动增强，从而也使生物腐蚀大大增加。当温度高于 60℃ 时，细菌的活性在高温下受到抑制，造纸设备的生物腐蚀相对减弱；②随白水不断地循环，白水中的各种有害离子（如 Cl^- 、 S^{2-} 等）含量也不断积累增加，增强了白水的腐蚀性；③循环白水的 pH 值较低（一般为 4.0~7.0），使腐蚀加速；④白水中的钙、镁、钡等离子也不断积累增加，使设备更易结垢，因此，增加了发生局部腐蚀的可能。

（4）烘缸

烘缸是继压榨之后的重要脱水部件，对改善纸页的强度及平滑度，减少纸页的两面差有重要的意义。烘缸因其重量较大，加上价格偏贵，安装、吊缸比较困难，因此，如何加强对烘缸的保养，防止烘缸的腐蚀，延长烘缸使用寿命，显得日益重要。

①烘缸腐蚀的原因

普通烘缸的腐蚀是一个较复杂的过程。由于烘缸表面长期处于潮湿的环境中，在其表面易吸附一层含电解质的薄薄的水膜，从而加快了烘缸的腐蚀。

烘缸的腐蚀一般在烘缸表面的两端开始。水是一种弱电解质，它能电离出少量的 H^+ 和 OH^- 。同时，空气中的二氧化碳溶解于水中，电离出少量 H^+ ，使 H^+ 的浓度增加。



另外，浆料经过漂白、洗涤后残氯较高，pH 值在 5.5~6 之间，呈酸性。在生产过程中，为了取得较好的施胶效果，通过加入一定比例的硫酸铝来调节 pH 值，铝离子是一种两性离子，在水解时会产生一定浓度的 H^+ 。



由于烘缸两端没有毛毯和纸页通过，但经常接触到酸性较强的电解质薄膜，烘缸中的铁和少量的碳恰好构成了原电池。因此，在烘缸面两端形成了无数微小的原电池。在这些原电池中，铁是负极，失电子被氧化。这样烘缸缸面在潮湿的空气中通过原电池反应而发生了电化学腐蚀。

在实际生产中，烘缸的腐蚀是在一个较长的时间内由很多腐蚀点组成的。但是，只要腐蚀开始，速度很迅速，损失很大。烘缸的腐蚀是一个复杂的过程，有时也会发生吸氧腐蚀。烘缸在弱酸性或中性环境中，铁仍作为阴极失去电子被氧化，在阳极上，主要是溶于水膜中的氧气得到电子被还原。



综上所述，烘缸的腐蚀是由于铁元素失去电子而被氧化的过程。若阻止烘缸的腐蚀，必须破坏其形成的腐蚀条件，即必须保持缸面两端干燥洁净，避免水膜层的形成，降低其酸性环境等。

生产厂制作烘缸时，已用涂料对烘缸内表面进行防腐处理，但使用 1 年后烘缸内表面沿轴向产生一定宽度的腐蚀带，腐蚀带内麻点均布，估计这是涂层施工时质量控制不严，涂层出现针孔等缺陷，由此引起小孔腐蚀。烘缸内固定管、虹吸管的支架周围出现的不规则蚀坑，很可能是安装内部零件时，造成涂层局部机械损伤而引起的局部腐蚀。

②防止烘缸腐蚀应采取的措施

a. 烘缸刮刀的严密性和正确的使用角度 烘缸刮刀装置是为了消除黏附在缸面上的细小纤维和胶料。一般长网双缸纸机中，在干燥部设上、下两道刮刀，一般采用弹性刮刀，布氏硬度在 120~130，刮刀在烘缸上的线压力为 1.47~2.94N/cm，刮刀平面与烘缸接触点切线之间的夹角为 $20^\circ \sim 25^\circ$ ，刮刀应该能够水平活动。

b. 缸面的定时清理与擦拭 缸面要定时清楚黏附的胶料及液体，不定期地在缸面擦油质。同时缸面两端要定期轮换使用，毛毯要有足够的宽度，以减少缸面的腐蚀。

(5) 造纸机蒸汽烘干系统的腐蚀及防护

造纸机蒸汽烘干系统腐蚀的主要原因是：蒸汽系统为直排系统，系统没有除氧设备，水中的溶解氧来自大气并维持稳定的浓度范围，氧含量大大超标，所以，该系统发生的腐蚀类型主要是耗氧腐蚀。

①排液导流口及弯管段的腐蚀

烘缸冷凝液排液导流口，由于液道截面的突然缩小，可能产生湍流，因而在冷凝液中的氧和二氧化碳等腐蚀介质共同作用下导致此处发生湍流腐蚀，这是磨损腐蚀的一种类型，湍流腐蚀过程由于告诉流体击穿了紧贴金属表面几乎静止的边界膜，一方面加速了去极剂氧、二氧化碳的供应和阴、阳极腐蚀产物的迁移；另一方面高速湍流对金属表面产生了附加的剪切力，这种剪切力有可能不断剥离金属表面的腐蚀产物，使金属不断以金属离子形式溶入溶液，从而使导流座的导流口迅速被磨损腐蚀。

冷凝液管也有类似的磨损腐蚀现象，其弯管段遭受磨损腐蚀较直管段突出，特别是当液流速度很大时，弯管内壁由于告诉腐蚀流体的冲刷，管壁迅速减薄，甚至穿孔。曲率半径越小，磨损腐蚀越严重。

②造纸蒸汽烘干系统腐蚀防护措施

要防止腐蚀，关键在于除去系统的溶解氧和二氧化碳，同时还应对个别装置的局部结构加以改造，对烘缸的防腐涂层进行修复，对个别零件也可考虑更换较耐磨损腐蚀的材料。

除氧 为了防止系统运行期间的氧腐蚀，主要应进行锅炉给水除氧。给水除氧的方法通常采用热力除氧法和化学除氧法。热力除氧法是采用热力除氧器除氧，它是给水除氧的主要措施。化学除氧法是给水除氧的辅助措施。在大中型化工厂、热电厂的蒸汽锅炉给水，运用热力与化学相结合的除氧方法已经比较成熟。

热力除氧法在除氧的同时能除去大部分二氧化碳气体，还可以使水中的重碳酸盐分解。如果在冷凝液中仍有残留游离二氧化碳，凝液的 pH 值较低，建议加化学药品氨调节冷凝液系统 pH 值，以除去残余二氧化碳。在凝液中加氨处理的实质是用氨来中和冷凝液中的游离二氧化碳，并碱化介质，把凝液的 pH 值提高到一定的数值。

将装置局部改造，使蒸汽-凝液界面降到换热器列管以下，避免换热管水线腐蚀。在可能的情况下，建议把汽水分离器位置下移，使蒸汽-凝液界面降到列管以下的管道处，这样尽管水线腐蚀照样存在，但由于不在换热器列管处，检修、更换方便一些。此外，凝液降低到传热面以下，由于充分利用了汽化潜热，可提高传热效果。

在停车检查烘缸时发现，烘缸的内表面有不同程度局部腐蚀—腐蚀坑、点。这是因防护图层局部缺陷造成的腐蚀，如不及时修补涂层，将使腐蚀坑处向纵深发展，最终导致设备穿

孔，腐蚀面积也会不断扩大。因此，建议采用防腐涂料对图层缺陷部位进行修复。

系统停车时，需做好停用保护，尤其要注意排尽设备内的积液。另外，进行烘缸内部检查或更换内部零件时，注意不要造成防腐涂层机械损伤。

四、碱回收系统腐蚀及防护

碱回收系统是制浆造纸厂废液处理、回收化学药剂的主要手段，黑液成分复杂，含有多重腐蚀性介质，许多设备处于高温或高压状态，运行工况十分恶劣。长期以来，涉恶比腐蚀一直是影响碱回收系统稳定运行的难题。

1、蒸发段

蒸发过程中黑液处于高温状态，当游离碱含量较高时，造成蒸发管路碱性化学腐蚀。产生的二次蒸汽含有大量易挥发的有机酸、硫化物，如蚁酸、醋酸、硫化氢、硫醇等，是蒸发器的主要腐蚀源，导致蒸发器壳层及冷凝水系统的酸性化学腐蚀。随着二次蒸汽中挥发性腐蚀介质浓度的逐渐提高，后几效的腐蚀更为严重。对报废蒸发器进行分析，发现管式蒸发器通常在液面部分存在严重的腐蚀，这是因汽液两相通过管壁构成了浓差电池所致。黑液入口、分离器下端等处，处于湍流状态的流体加剧了冲蚀作用。结垢一直是蒸发器的“顽症”。黑液中含有大量的有机质、钙盐和硅酸盐等，尤其草浆黑液中含硅量更高，其溶解度很低。而且黑液的粘度较大，容易形成管垢，降低管壁的传热能力。腐蚀性介质渗入垢层裂缝下面，导致缝隙腐蚀。

针对蒸发器的腐蚀损伤，通常采用以下几项措施：

（1）合理选择耐腐蚀材料和结构形式 根据蒸发段的介质特点，可选应镍奥氏体不锈钢（如 10~8 不锈钢），虽然首期投资大，但综合效益较高。为了防止黑液过热和流速过慢而使管壁结垢，可选择多程循环结构的长管蒸发器。

（2）黑液预处理 除皂处理可减轻加热管结垢及跑黑水等不利影响。有些厂对黑液进行氧化处理，氧化黑液中的硫化物，可以降低腐蚀性，也减少了硫损失。但生成的硫代硫酸钠也有一定的腐蚀性，而且产生较多的泡沫，发热量大。一般认为，含硅量大的草浆黑液不宜氧化处理。

（3）清洗蒸发器 简单方法是定期水洗，用强力水流冲刷管路松软垢层，操作简单，不腐蚀设备，但效果有限。在清洗前先通入高温蒸汽，保持一段时间，再通入水流，可使垢层在聚热聚冷下破裂，便于冲刷脱落。用稀黑液顺流冲洗高浓效管垢，效果也较好。

另一种方式是化学清洗，用稀硝酸或稀盐酸溶液辅以一定量的缓蚀剂进行清洗。可在常

温常压下进行，缩短来哦清洗时间，除垢效果较好。这种方法操作要求高，需要酸液浓度和缓蚀剂量配比适当，否则会加剧设备的腐蚀。

2、燃烧段

燃烧段的主要设备时碱回收炉。黑液在碱回收炉中燃烧，产物较多，如 CO、CO₂、H₂、H₂O、SO₂、SO₃ 气体以及 NaOH、Na₂CO₃、Na₂S、H₂S、Na₂SO₄ 等的熔融物，不仅有含硫气体，也有熔融无机盐，对材料有强烈腐蚀性。

在炉内受热面管道弯曲处，由于碱尘飞灰容易积聚熔盐，产生高温熔盐腐蚀，致使管道破裂。烟气中所含的 SO₃ 和 H₂O 以及熔融硫酸钠结合生成 NaHSO₄，高温下 NaHSO₄ 有强腐蚀性，如果炉尾的低温段管壁温度低于 NaHSO₄ 露点，则凝结成液滴，造成管壁腐蚀。如果炉内氧气充分，则 SO₂ 将与氧进一步反应生成 SO₃ 加剧腐蚀。有人称此为低温腐蚀。近年来，碱回收炉合成钢管裂缝日益引起重视，Prescott 认为，这是热疲劳和环境腐蚀的综合作用造成的。

熔炉及燃烧室是碱回收炉工况最恶劣的部分。炉衬在高温下经受燃烧过程中产生的碱性熔融物及各种酸性、碱性气体的浸蚀，要承受急剧的温度变化，以及液流、粉尘、烟气的告诉冲刷。因此，炉衬材料的腐蚀破坏十分普遍，显著缩短了炉衬的寿命。一般炉衬材料腐蚀破坏有两种形式：

(1) 碱性腐蚀 黑液燃烧产生大量 NaOH、Na₂CO₃ 等碱性物质，以 Na₂CO₃ 为例，对炉衬材料的破坏反应主要有：



(2) 结晶腐蚀 碱液由炉衬的空隙渗入其内部，与烟气中的 CO₂ 化合生成新的体积大为增加的结晶物质，致使局部体积膨胀。在冲刷及交变热应力的作用下，导致炉衬破坏。

碱回收炉的腐蚀防护措施：

(1) 目前普遍采用的膜式水冷壁是一种有效措施。对于某些燃烧性好、热值高的黑液，可选用 18CrNb 钢管制造水冷壁。在过热器下部弯管处做渗铝处理。内外层管道交错排列，避免局部过热使腐蚀加剧。熔炉部分的水冷壁管可考虑用符合钢管，提高耐热和耐蚀能力。例如芬兰的一种 Tampella 单汽包炉采用的复合钢管规格为碳钢芯质 St35.8/III，外层为 AISI304L 不锈钢。另一种方式是水冷壁表面全部热喷涂耐热防蚀涂层，可大幅度提高服役寿命。

(2) 改进炉体结构设计, 目前倾向于采用单汽包结构, 能减少受热面的灰分和熔盐碱尘的积聚, 从而减轻腐蚀。

(3) 熔炉中流出的熔融物温度达 900℃。多采用不锈钢水冷夹套溜槽, 但反复的热应力变化也易使之产生裂纹, 引起熔融物泄漏而造成危险, 必须加强监控, 炉体配置几个溜槽轮换使用, 提高可靠性。

3、苛化段

苛化的作用是制取蒸煮用的白液。主要设备是消化器、苛化器、澄清器、洗涤器等。

本段主要腐蚀介质为 NaOH、Na₂CO₃、Na₂S、Na₂S₂O₃、Na₂SO₄ 等。苛化的操作温度在 100℃。苛化乳液有较强的碱性, 对消化器、苛化器等有一定的腐蚀, 而搅拌引起的湍流也加剧了对苛化器的冲蚀作用。在澄清器的液面处存在较严重的水线腐蚀。

苛化设备的防护以选择耐蚀结构材料为主, 对于筒壁等部位采用表面覆盖防腐层加以保护。在消化器、苛化器、澄清池的器壁处覆盖以耐碱混凝土层或不锈钢板, 有机树脂涂层效果也很好。搅拌器等运动部件则选用镍基不锈钢材料。对于桨叶等承受腐蚀的部件可采用热喷涂陶瓷涂层加以强化。

第三节 造纸工业腐蚀解决措施

一、调高生产用水的 pH 值

适当调高生产用水的 pH 值可以减轻对金属设备的腐蚀, 而且从造纸产品质量的角度来看, 提高 pH 值还可以提高纸张的柔韧性且不易返黄。但需要注意的是, 调高 pH 值要控制在一定范围内, 否则, 过高的 pH 值将会加速沉积作用的发生。

二、采用电化学保护措施

电化学保护是指被保护金属设备进行极化, 消除引起腐蚀的电位差, 从而降低或消除对被保护金属设备的腐蚀作用。

1、阴极保护

通常采用在被保护金属设备上连接一种电位更负的金属作为阳极, 使被保护金属设备称为阴极的牺牲阳极保护法和把被保护金属设备接到直流电源的负极上, 将其极化成阴极的外加电流阴极保护法。

2、阳极保护

把被保护的金属设备连接在电源的正极上, 使其成为阳极, 利用外加电流通道被保护金

属设备中，对其进行阳极极化，促使金属阳极钝化，起到保护阳极金属的作用。

3、加入缓蚀剂

缓蚀剂可以通过增大阴极极化作用或阳极极化作用来减缓电化学腐蚀过程中的阴极过程和阳极过程，从而降低腐蚀速度。在腐蚀介质中加入少量的缓蚀剂就可以对被保护金属设备起到很好的防腐蚀作用；常用的缓蚀剂有无机缓蚀剂（如亚硝酸盐、硅酸盐、铬酸盐等）和有机缓蚀剂（如磷酸盐、巯基苯并噻唑等）

亚硝酸盐在碱性介质中可以作为钢铁的缓蚀剂，但对铜及其合金没有作用；硅酸盐在水中产生含有二氧化硅的类似胶膜的保护层，可有效保护铜及其合金等非铁金属；铬酸盐对铁、铜及其合金都可以起到很好的缓蚀作用，是比较有效的缓蚀剂；磷酸盐等有机化合物在溶液中可以于金属离子生产络合物白虎膜；巯基苯并噻唑特别对铜及其合金有良好的缓蚀作用，可以在铜及其合金表面形成一层强度高而有韧性的薄膜，称为腐蚀介质的障碍物。

无机缓蚀剂大多存在毒性大的缺点，出于环保和安全的考虑，已经很少或不再使用；有机缓蚀剂以其良好的缓蚀效果和较低的毒性，在当今造纸工业生产中日益获得广泛的应用。

三、控制沉积物

制定并恰当运用控制沉积方案，可以大大减少化学沉积物和微生物群体在造纸设备上沉积、生长的机会。

常用的控制方案：①加入分散剂，降低水中颗粒间引力，防止颗粒聚集而发生沉积；②降低设备金属表面吸附力，防止油腐蚀作用的物质被吸附到金属表面；③对造纸用水及添加剂进行防腐、防沉积预处理；④保持设备表面清洁，无沉积物；⑤及时清理去除已形成的沉积物。

四、控制微生物

选择适当的杀菌剂或杀灭可对设备造成腐蚀的微生物，通过减少卫微生物总量进而减少附着性微生物的数量，设备表面形成生物膜的机会将大大减少，从而减轻微生物对设备的腐蚀。

常见的杀菌剂有有机金属化合物（如醋酸苯汞、三丁基氧化锌）、氯酚衍生物（如五氯苯酚、对氯-二甲基苯酚）、氧化型和还原型化合物（如次氯酸盐、氯胺、过氧化氢、亚硫酸钠）、有机化合物（如溴代脂肪醇、溴代烯烃）、含氮、硫的异噻唑啉酮类杂环有机化合物等。

以上各种那累心的杀菌剂中，异噻唑啉酮类杂环有机化合物以其高效、广谱、配伍性好、

适应 pH 值范围大、活性周期长、加入量少、起效快、杀菌力强、价格低廉、绿色环保等优点成为国内广泛使用的杀菌剂。

制浆造纸生产过程中腐蚀的产生往往有多方面原因。只有对系统中各种因素进行全面、认真、细致的分析研究，找出腐蚀发生的根本原因，制定切实有效的解决方案，才能更有效地解决制浆造纸生产过程中的腐蚀问题。

五、热喷涂技术

热喷涂技术是指利用各种热源（气体、液体燃料或电弧、等离子弧、激光等），将欲喷涂的各种材料如金属、合金、金属陶瓷、氧化物、碳化物、塑料以及它们的复合材料等喷涂材料加热到熔融或半熔融状态，通过告诉气流使其雾化，然后喷射、沉积到经过预处理的工件表面，从而形成附着牢固的表面层的加工方法。

由于造纸设备的工作环境多具有腐蚀性或处于高温、高湿工况下，设备要求一定的抗磨损、抗腐蚀能力。金属设备抗腐蚀、抗磨损能力较差，降低了造纸设备的使用寿命，直接影响着纸品质量。利用热喷涂技术可有效改善金属设备表面的耐腐蚀、耐磨损性能。热喷涂具有工艺简便易行和喷涂图层较厚等优点，被广泛应用于造纸设备的维修等方面。

六、防腐涂层封孔剂

在造纸生产中，设备所处的环境是非常复杂的。一般来说，因设备发生腐蚀而引起的泄漏问题是造成生产失效的主要原因之一。有研究表明，在 A3 钢基体上，通过火焰喷涂铝涂层可以解决造纸生产中设备的泄漏问题，铝涂层的结合强度、耐热、耐腐蚀性能均可以满足使用要求。然而，铝涂层并不十分致密，存在很多孔隙，腐蚀介质会通过这些孔隙渗透到基材表面。因此，铝涂层存在孔隙对整个设备的防腐性能来说是非常有害的，应尽量减少或消除掉。为了阻止腐蚀介质对基体的侵蚀，提高涂层的耐腐蚀性能及扩大其在特殊环境下的应用范围，必须对涂层进行封孔处理。封孔剂能够渗入涂层孔隙中，迅速填充涂层的孔隙，显著降低铝涂层的孔隙率，从而可以大大改善设备的抗腐蚀性能。

第四节 本课程思政内容

本节主要介绍了设备腐蚀机理、危害及预防措施等基本知识。所涉及的思政内容包括职业操守和工匠精神等。

（1）职业操守：通过本章节内容的学习，要熟练掌握造纸企业设备腐蚀的主要原因及防护措施，爱岗敬业，热爱自己的本职工作，遵守企业的规章制度，注重个人的职业素养。

（2）工匠精神：通过本章节内容的学习，要熟练掌握设备腐蚀的防护技术，发扬大国工匠的一丝不苟，精益求精的精神，爱岗敬业，忠于职守，在平凡的岗位上做出不平凡的业绩。

第五章 造纸工业劳动安全保护

劳动安全保护是国家和单位为了保护劳动者在劳动过程中的安全与健康所采取的立法、组织和技术措施。其目的是为劳动者创造安全、卫生、舒适的劳动工作条件，消除和预防劳动生产过程中可能发生的伤亡、职业病和急性职业中毒，保障劳动者以健康的劳动力参加社会生产，促进劳动生产率的提高，保证社会主义现代化建设顺利进行。

在制浆造纸生产过程中，存在许多威胁职工身心健康、使职工发生慢性病或中毒的因素，如噪声、静电、尘埃、化学气体等。因此，在生产过程中必须加强劳动保护。造纸行业的从业人员，应该掌握相关的劳动保护基本知识，自觉地避免或减少在生产环境中受到伤害。

第一节 噪声的危害及防护

一、噪声概述

声音的本质是波动。受作用的空气发生振动，当振动频率在 20~20000Hz 时，作用于人的耳鼓膜而产生的感觉称为声音。声源可以是固体也可以是流体（液体和气体）的振动。声音的传播介质有空气、水和固体。

人类在生活中，通过声音进行交谈，表达思想感情以及开展各种活动。但有时这些声音也会给人类带来危害。如震耳欲聋的机器声、呼啸而过的飞机声等，这些为人们生活和工作所不需要的声音称为噪声。从物理现象判断，一切无规律的或随机的声信号称为噪声。噪声可能是由自然现象所产生，也可能是由人类活动所产生的，它可以是杂乱无章的声音，也可以是和谐的乐音，只要它超过了人们生活、生产和社会活动所允许的声音都称为噪声，所以在某些时候、某些情况下的音乐也可能是噪声。

噪声的主要危害是：损伤听力、干扰人们的工作和休息、影响睡眠、诱发疾病、干扰语言交流，强噪声还会影响正常运转和损坏建筑结构。噪声会使人听力损失，这种损失是累积性的，在强噪声下工作 1 天，只要噪声不是过强（120dB 以上），事后只产生暂时性听力损失，经过休息可以恢复；但如果长时间在强噪声下工作，每天虽可以恢复，经过一段时间后，就会产生永久性的听力损失，过强的噪声还能杀伤人体。

现代城市中环境噪声有 4 种主要来源：

(1) 交通噪声：主要是机动车辆、飞机、火车和轮船等交通工具在运行时发出的噪声。这些噪声的声源是流动的，干扰范围大。

(2) 工业噪声：主要指工业生产劳动中产生的噪声。如来自机器和高速运转设备。

(3) 建筑施工噪声：主要指建筑施工现场产生的噪声。在施工中要大量使用各种动力机械，要进行挖掘、打洞、搅拌，要频繁地运输材料和构件，从而产生大量噪声。

(4) 社会生活噪声：主要指人们在商业交易、体育比赛、游行集会、娱乐场所等各种社会活动中产生的喧闹声，以及收录机、电视机、洗衣机等各种家电的嘈杂声，这类噪声一般在 80dB 以下。如洗衣机、缝纫机的噪声为 50~80dB, 电风扇的噪声为 30~65dB, 空调机、电视机的噪声为 70dB。

噪声对人的影响与声源的物理特性、暴露时间和个体差异等因素有关。所以，噪声标准的制定是在大量实验基础上进行统计分析的，主要考虑因素是保护听力、噪声对人体健康的影响、人们对噪声的主观烦恼程度和目前的经济、技术条件等方面。对不同的场所和时间分别加以限制。即同时考虑标准的科学性、先进性和现实性。

表 5-1 我国环境噪声允许范围 单位 dB

| 人的活动 | 最高值 | 理想值 |
|---------------|-----|-----|
| 体力劳动（保护听力） | 90 | 70 |
| 睡眠 | 50 | 30 |
| 脑力劳动（保证语言清晰度） | 60 | 40 |

环境噪声标准制定的依据是环境基本噪声。各国大多数参考 ISO 推荐的基数，根据不同时间、不同地区和室内噪声受室外杂声影响的修正值，以及本国具体情况来制定，见表 5-2 至表 5-4。我国《城市区域环境噪声标准》（GB3096-1993）见表 5-5。

表 5-2 一天不同时间对基数的修正值 单位 dB

| 人的活动 | 修正值 |
|------|----------|
| 白天 | 0 |
| 晚上 | -5 |
| 夜间 | -50 或-10 |

表 5-3 不同地区对基数的修正值 单位 dB

| 地区 | 修正值 | 修正值 | 修正值 |
|------------|-----|------------|-----|
| 农村、医院、修养院 | 0 | 居住、工商业、交通混 | +15 |
| 市郊、交通量很少的地 | +5 | 合区 | +20 |
| 区 | +10 | 城市中心（商业区） | +25 |

| | | | |
|-------|--|----------|--|
| 城市居住区 | | 工业区（重工业） | |
|-------|--|----------|--|

表 5-4 室内噪声受室外杂声影响的修正值 单位 dB

| 窗户状况 | 修正值 |
|--------------|-----|
| 开窗 | -10 |
| 关闭的单层窗 | -15 |
| 关闭的双层窗或不能开的窗 | -20 |

表 5-5 城市各类区域环境噪声标准值 单位 dB (A)

| 类别 | 昼间 | 夜间 | 类别 | 昼间 | 夜间 |
|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 50 | 40 | 3 | 65 | 55 |
| 1 | 55 | 45 | 4 | 70 | 60 |
| 2 | 60 | 50 | | | |

《城市区域环境噪声标准》(GB3096-1993)规定了城市 5 类区域的环境噪声最高限值，适用于城市区域。乡村生产区域可参照本标准执行。表中各类别的适用范围如下：

(1) “0 类标准”适用于疗养区、高级别墅、高级宾馆等特别需要安静的区域，位于城郊和乡村的这一类区域分别按严于 0 类标准 5dB 执行。

(2) “1 类标准”适用于以居住、文教机关为主的区域，乡村居住环境可参照执行该类标准。

(3) “2 类标准”适用居住、商业、工业混杂区。

(4) “3 类标准”适用于工业区。

(5) “4 类标准”适用城市中的道路交通干线道路的两侧区域，穿越城区的内河航道两侧区域，穿越城区的铁路主、次干线两侧区域的背景噪声（指不通过列车时的噪声水平）限值也执行该类标准。

上述标准值指户外允许噪声级，在测量噪声时测量点选在居住或工作建筑物外，离任意建筑物的距离不小于 1m 处。传声器距地面的垂直距离不小于 1.2m。如必须在室内测量，则标准值应低于所在区域 10dB (A)，测量点距墙面和其他主要反射面不小于 1m，距地板约 1.2~1.5m，距窗户约 1.5m，开窗状态下测量。

铁路两侧区域环境噪声测量，应避开列车通过的时段。夜间频繁出现的噪声（如风机等），其峰值不准超过标准值 10dB (A)，夜间偶尔出现的噪声（如短促鸣笛声等），其峰值不准超过标准值的 15dB (A)。我国工业企业噪声标准见表 5-6 和表 5-7。

表 5-6

新建、扩建、改建企业噪声标准表

| 每个工作日接触噪声时间/h | 允许声压级/dB (A) | 每个工作日接触噪声时间/h | 允许声压级/dB (A) |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 8 | 85 | 2 | 91 |
| 4 | 88 | 1 | 94 |

表 5-7

现有企业暂行噪声标准表

| 每个工作日接触噪声时间/h | 允许声压级/dB (A) | 每个工作日接触噪声时间/h | 允许声压级/dB (A) |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 8 | 90 | 2 | 96 |
| 4 | 93 | 1 | 99 |

最高不得超过 115

二、造纸企业噪声来源及分类

所谓噪声是指各种频率和强度的声音无规则的组合，它起源于物体的振动。造纸工厂中各种机械设备的运转恰恰会产生这样的效果，因此，可以认为造纸工厂所有运转设备都是噪声的来源。造纸车间纸机主要设备有：网部的导辊、真空吸水箱、真空伏辊、驱网辊、真空吸移辊；压榨部的真空压榨辊、下沟纹辊、上沟纹辊；烘干部的烘缸、联动齿轮箱；压光部的压光辊、卷取机、复卷机以及各部传动的电机、减速箱；附属设备如真空泵、空压机、浆泵、各种搅拌器等设备。按照造纸设备的工作原理和结构特点，其噪声源可分为 3 种类型。

1、空气动力性（气流）噪声

空气动力性（气流）噪声是由于空气在流动过程中发生涡流、冲击或者压力突变引起气体扰动而产生的，如纸机网部和压榨部的真空系统，纸机干燥部的蒸汽冷凝水系统，供纸机烘干及压光部使用的压缩空气系统等发出的噪声。

2、机械性噪声

机械性噪声是由组成机械的构件包括机械内部液体的震动而产生的。如造纸机各分部传动的电机、齿轮箱、联轴器以及网部白水落入网下坑的撞击声，浆料、白水在输送管道内的压力脉动等发出的噪声，特别是烘干部联动齿轮的传动所造成的噪声。

3、电磁性噪声

电磁性噪声是在电机、电气元件和设备中，由于电流或磁场的变化，在其构件之间的空气间隙中产生交变的电磁力，引起电枢、壳体和铁芯等有关构件的振动而产生噪声。

实验已经证明：上述 3 种噪声组成造纸车间纸机复杂的混合噪声。并且通过实验测定出主噪声源是真空伏辊的噪声，达到 112dB (A)，属于气流噪声。

纸机真空系统是由一定规律分布的小孔组成的工作辊面（如真空伏辊、真空吸水箱、真空压榨辊）、真空室、真空室与各工作辊之间的密封条，以及真空源发生器（真空泵）等组成。该系统噪声产生的主要原因是辊面的小孔通过真空室后，孔内真空突然恢复到大气压时，空气高速穿入小孔，造成振荡形成声源的结果。辊面所需的真空度越大、车速越高、开孔越多时，这些发声源就越强，噪声也就越大。

这种真空辊在工作中有两种频率：一种是类似于一端封闭的小管内的空气振荡，其主振荡的波长为管长的 $1/4$ ，即真空辊辊面上声源的频率与其辊筒的壁厚有关；另一种是在辊面的转动中，小孔是一排一排地通过真空室的密封条进入大气，造成振荡，这种振荡发生的频率和辊内的圆周速度和小孔的间距有关。上述两种振荡组成了真空辊噪声中强度最大的谐波。根据有关资料对真空伏辊附近噪声频谱的实际测定，在其噪声的声谱中，常常在真空系统的频率上有很高的声压值。例如，测定直径为 914mm、车速为 400m/min 真空伏辊噪声的结果，发现在 1600Hz 和 500Hz 的频率上强度较大，其中频率为 1600Hz 的振荡相应于由该伏辊上小孔的深度方向上的真空引起的，属于伏辊本身固有频率的振荡；500Hz 相应于小孔通过密封条的频率，属于受迫振荡；200Hz 是真空泵发出的噪声。研究结果表明，真空系统是主要噪声源，因此，对真空系统噪声进行研究和分析是造纸车间降低噪声的主要途径。

如果把造纸厂生产过程中的噪声来源进行分类，这 3 类噪声都会存在。如削片机、圆筒剥皮机等设备中原木的撞击、摩擦、除节机、木片筛及各种设备保护壳震动的噪声属于机械性噪声；真空泵、罗茨风机、空压机等所产生的噪声属于空气动力性噪声；各种运转设备所配电机则会产生电磁性噪声，这些噪声大都超出国家《工业企业噪声卫生标准》的规定值。制浆造纸厂中一些设备所产生的噪声情况见表 5-8 所示。

| 表 5-8 | 制浆造纸厂设备噪声情况 |
|---------|-------------|
| 噪声源 | 声压级/dB (A) |
| 纸机真空泵 | ~129 |
| 罗茨风机 | ~118 |
| 大锥度磨浆机 | ~108 |
| 木片输送机 | ~110 |
| 削片机 | ~110 |
| 圆筒剥皮机 | ~110 |
| 空气压缩机 | ~110 |
| 双盘磨浆机 | 95~105 |
| 圆锯机 | 90~105 |
| 圆柱磨浆机 | 90~105 |
| 水力碎浆机 | 90~105 |
| 排风用轴流风机 | ~100 |

| | |
|---------|--------|
| 浆泵、脱水机等 | 90~105 |
|---------|--------|

一般在制浆、造纸或碱回收车间内，若不采取任何措施，声压级都可达 90dB (A) 以上。

研究表明：真空伏辊破真空噪声是抄纸机主要噪声源。纸机抄宽越大、车速越高，真空伏辊辊面开孔孔径越大、开孔率越高、伏辊真空度越大，造纸机噪声越大。降低真空伏辊破真空噪声是降低造纸机噪声的关键。采用降低振源强度（增设三角沟槽、减少纸页剥离角、减小真空伏辊辊筒壁厚以及改变辊筒小孔结构），控制振源相位（改变辊筒小孔排列方式），可以降低真空伏辊破真空噪声，达到降低造纸车间噪声的目的。

三、噪声的危害

产生噪声的作业，几乎遍及各个工业部门。噪声已成为环境污染的严重公害之一。造纸工业的某些生产过程，如固体的输送、粉碎和研磨，气体的压缩与传送，气体的喷射及机械的运转等都能产生相当强烈的噪声。当噪声超过一定值时，对人会造成明显的听觉损伤，并对神经、心脏、消化系统等产生不良影响，而且妨碍听力、干扰语言，成为引发意外事故的隐患。

噪声会造成听力减弱或丧失。依据暴露的噪声强度和时间，会使听力界限值发生暂时性的或永久性的改变。听力界限值暂时性改变，即听觉疲劳，可能在暴露噪声后数分钟内发生。在脱离噪声后，经过一段时间休息即可恢复听力。长时间暴露在强噪声中，听力只能部分恢复，听力损伤部分无法恢复，会造成永久性听力障碍，即噪声性耳聋。噪声性耳聋根据听力界限值的位移范围，可有轻度（早期）噪声性耳聋，其听力损失值在 10~30dB；中度噪声性耳聋的听力损失值在 40~60dB；重度噪声性耳聋的听力损失值在 60~80dB。

噪声最广泛的反应是令人烦恼，并表现有头晕、恶心、失眠、心悸、记忆力衰退等神经衰弱症候群。对心血管系统的影响，表现为血管痉挛、血压改变、心律不齐等。此外，还会影响消化机能，造成消化不良、食欲不振等反应。

在强噪声下，会分散人的注意力，对于复杂作业或要求精神高度集中的工作会受到干扰。噪声会影响大脑思维、语言传达以及对必要声音的听力。

1967 年，国际标准化组织(ISO)提出了以 A 声强级噪声评价为基础的新 ISO 标准。对于有起伏、有间歇或随时间变化的噪声声场，以等效连续 A 声强级作为噪声评价的基础数据。所谓等效连续 A 声强级，是指在声场中的某一位置上，用一段时间内能量平均的方法，将间歇暴露的几个不同的 A 声强级，以一个 A 声强级来表示，这个 A 声强级即为等效连续 A 声强

级。如果用公式表示，等效连续 A 声强级 L_{eq} 为：

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1L} dt \quad (5-1)$$

式中：T—一段时间的总量

L—A 声强级变化的瞬时值，dB

由式 (5-1) 可以看出，对于一段时间内稳定不变的噪声，其 A 声强级就是等效连续 A 声强级。对于噪声测量数据的处理，是先将测得的 A 声强级按次序从小到大，每 5dB 为一段排列，每一段以中心 A 声强级表示。每天以 8h 计，低于 80dB 的不予考虑，则每天的等效连续 A 声强级可有以下近似计算公式：

$$L_{eq} = 80 + 10 \lg \frac{T_n \sum_{i=1}^{n-1} 10^{\frac{n_{i+1} - n_i}{2}}}{480} \quad (5-2)$$

式中：T_n—1 个工作日 n 段噪声暴露的总时间，min

n—1 个工作日划分的段数

四、造纸企业噪声的防治措施

针对造纸企业噪声的来源、强度等情况，可以采取各种防治措施，如隔声、吸声、消声、减震等。这些方法可归结为两类，一是降低声源噪声；二是切断噪声的传播途径，前者是积极的治本措施，后者是消极的治标措施。

1、改进设备结构、材料，减少噪声产生

降低声源噪声主要是从设备本身结构方面入手，使设备本身成为非发声体或使其辐射声功率降低。设备结构是否合理，所用材料是否合适，都与噪声的产生有很大关系。如盘磨机磨齿的倾斜角很大程度上影响噪声的大小，当磨齿与盘的直径方向一致时，在磨浆过程中，两盘上的磨齿对纤维的剪切作用是间歇的，纤维的抗剪切力、抗挤压力也在一瞬间集中反作用于盘体，使两盘齿在瞬间产生硬冲，而在两次硬冲之间又有一个瞬间的间断，这就使磨皮片不断发生弹性形变和弹性恢复，产生高频振动，并由此发出噪声。若使磨齿与经向成一定角度，则可使磨齿在剪切纤维时是连续形式，不会产生瞬时的硬冲，消除了强的脉动压差，噪声大大降低。再如噪声最为突出的真空泵，在安装时一定要注意不要让连接真空箱与真空泵的管子低于真空泵进口的地方，若存在这种情况，会使噪声提高 10~20dB。真空泵的传动

皮带也可以用 V 带组取代平皮带，用 V 带组会使噪声降至最低。

对于造纸机，在不改变纸机车速、真空伏辊辊面开孔孔径及开孔率情况下，要降低振源强度，即降低单位时间真空突变量的大小，可以通过减缓真空突变（增设三角沟槽、较小剥离角）、减小真空突变量（减小辊筒壁厚）及增设消声结构（改变辊筒小孔结构）实现。

（1）增设“三角沟槽” 在气流由真空回复到大气压时密封条的外侧，沿真空伏辊转动方向设置一斜块，构成一个“三角沟槽”，改变斜块斜边与伏辊接触点切线方向的夹角，以控制气流压力突变。

（2）减小湿纸页剥离角 通过调节真空匣与真空伏辊的相对位置可以调节湿纸页的剥离角（湿纸页与伏辊接触点切线方向的夹角），研究报道，当剥离角答疑 40° 时，湿纸页剥离角大小对降噪作用几乎为零；而当剥离角减小时，降噪作用显现。但剥离角不能趋于零（纸页易被喷水区的水浸润，引起断头），应根据生产情况适度调节。

（3）减小真空伏辊辊筒壁厚 减小真空伏辊辊筒壁厚，即减少真空伏辊空气扰动时的气体流量，以达到降噪目的。

（4）增设消声结构 通过改变辊筒小孔结构，使辊面小孔类似安装上抗性消声器达到降噪目的。

除设备结构外，在设备所用材料上加以注意，也可收到良好效果。如盘磨机磨室的机壳壁上也可涂上一层阻尼层（如玻璃纤维等），或直接采用哑金属制作；对能够产生噪声的风机、中控源等设备的外壳，防护罩等可以采用符合阻尼钢板制作，这种材料是将黏弹性高分子树脂夹在两篇金属板中间，相当于约束阻尼层，靠树脂层的剪切变形减振，将外部传来的振动转变成热能吸收掉，从而达到减振、降噪的效果。还可以在设备某些允许的不问（或部件）直接采用吸声材料，如柔性材料、膜状材料、板状材料或多孔材料，使设备减少噪声或振动的产生；或碱设备产生的噪声直接吸收转化，不再传播到外界。

2、控制噪声传播

从根本上消除噪声是我们的愿望，但要纸厂运转的设备不产生噪声是很困难的，因此，除前述降噪方法以外，还可以在噪声产生之后设法切断其传播途径，或在传播过程中使之减弱甚至消失。通常采取的措施有：在设备上安装消声器；用吸声或隔声材料隔离噪声源；安装减振装置；用吸声材料装修工作场所；此外，还有现场工作人员的个人防护。

（1）消声器 消声器是安装在空气动力设备（如鼓风机）的气流通道上或进、排气系统中降低噪声的装置。消声器能够阻挡声波的传播，允许气流通过，是控制噪声的有效工具。消声器可分为抗性、阻性和阻抗性复合等 3 种形式。

抗性消声器是在噪声传播的途径上造成通道的扩张或产生共振,使声波发生干涉或反射而衰减,从而达到消声的目的,较适用于低频噪声,抗性消声器型式有扩张式消声器、干涉消声器、共振消声器和文氏消声器等。

阻性消声器主要是利用多孔吸声材料来降低噪声的。把吸声材料固定在气流通道的内壁上或按照一定方式在管道中排列,就构成了阻性消声器。当声波进入阻性消声器时,一部分能在多孔材料的孔隙中因摩擦而转化成热能耗散掉,使通过消声器的声波减弱。阻性消声器就好像电学上的纯电阻电路,吸声材料类似于电阻。因此,人们就把这种消声器称为阻性消声器。阻性消声器对中高频消声效果较好,对低频消声效果较差。阻性消声器的型式有片式、折板式、室式、蜂窝式和弯头式等。对于纸厂使用来看,阻性消声器由于内衬多孔吸声材料,不适用于应用在通过含尘较多的流体的设备上,如风送木片的风机、旋风除尘器风机、纸机上的水环真空泵等,因为尘埃或细小纤维会使吸声材料的孔洞堵塞,而抗性消声器则不存在这个问题。

阻抗复合式消声器取前两者的优点,组成中既有吸声材料,又有扩张室、共振腔等声学滤波元件,具有宽频带、高吸收的消声效果,主要用于消除风机和空压机的噪声,但由于有吸声材料,所以,一般不适宜在高温和含尘的环境中使用。近年又出现微穿孔板式消声器,小孔喷注式消声器、有源消声器等。

在纸厂中可根据设备产生噪声的特点设计相应的消声器,也可以借用某些设备上效果较好的消声器。

(2) 吸声与隔声 吸声和隔声常常是结合应用的。在纸厂中对盘磨、风机等设备采用前述方法降噪后,往往仍不能取得令人满意的效果,为进一步消除噪声,可在工作空间安装一些吸声材料或将这些设备隔离起来。吸声就是采用一些特定材料,当声波入射到材料表面或经过材料表面入射到内部时,由于产生内部摩擦使相当一部分声能转变为热能而被消耗掉或由于共振声波衰减。隔声则是用构建将噪声源和接受者分开,隔离空气声的传播,从而降低噪声。吸声材料有玻璃棉、岩棉、矿渣棉、毛毡、木丝板、泡沫微孔吸声砖、泡沫塑料、聚乙烯薄膜及石膏板、石棉水泥板、胶合板、硬质板等。隔声材料可用薄金属板、木板、纤维板等轻质材料,有单层结构、双层结构及轻质复合结构等。

在纸厂中吸声和隔声往往是用于使噪声源与环境隔离或用于整个工作环境。如风机一般是长期固定不动的设备,可以采用迷宫型吸声砖罩将其罩起来,这种罩采用的材料只有普通的钢筋混凝土和砖,只在结构上加以变化砌成迷宫型,内衬珍珠岩粉,便可达到吸声降噪的目的。空压机、磨浆机等设备可采用组装式轻型钢制隔声室,将其与外界分隔开,切断噪声

向环境中的传播。这种隔声室可降低噪声 20~35dB。还可做控制室，是外界噪声不能传入控制人员的工作空间，如在纸机部分，由于设备庞大，就可将操作人员隔离在隔声室内。同时可在车间内采用吸声体做棚顶及墙壁，以吸收设备产生的噪声。

(3) 减振措施 振动除对设备、建筑物本身结构会产生损害外，机械振动也是一个固体声源，机械振动产生的噪声在工厂中随处都有，因此，减振可采用减振阻尼和隔振两种方式。减振阻尼就是在金属结构上涂敷一层阻尼材料，用加大阻尼的办法抑制结构振动，从而减少噪声辐射。隔振就是用一定的方法将振动局限在振源附近，以减少噪声的辐射，减振阻尼可采用一些阻尼材料（如石棉绒、石墨、沥青或其他高分子涂料）喷涂在设备的壳体或隔离材料表面上，以抑制振动。隔振则一般是在振动设备与建筑物或其他设备之间加上隔离材料，使振动不能传递过去，最常用的减振器如弹簧、软木、橡皮等。精浆机、筛浆机、风机等均是能产生强烈振动的设备，均可在其基座接触处安装减振器。减振器壳采用橡胶、软木、石棉板、矿渣棉板等材料。为隔离振动，还可在一些设备与管道的衔接处采用软接管来减振。如打浆机的进浆口等处。

(4) 个人防护 除以上阻隔、减弱噪声的措施外，还有一种方式就是对现场工作人员采取防护措施。当采取了某些措施之后，噪声仍不能降到允许的标准，而工作人员又必须在该环境下工作时，就应该对现场工作人员进行个人防护。具体措施有带防护耳塞、耳罩或头盔等来防止噪声刺激，减轻噪声危害。还可相应减少在该环境中的工作时间或采取轮换作业的方法，以减轻噪声的危害。

3、真空伏辊气流噪声的降噪措施

真空伏辊小孔通过真空区域后，气流由真空状态突然回复造大气状态造成很高的振荡，从而成为主噪声源之一。为了降低该噪声的强度，有效的方法是在气流由真空回复到大气压的密封条的外侧沿真空辊传动方向设置一个“三角沟槽”区域，要使伏辊沿旋转方向的空气振荡声控制在声压级 85dB (A) 以内，那么设置的“三角沟槽”结构的 α 角应控制在 100° 之内，这样可获得较好的降噪效果。将真空伏辊的小孔按螺线形排列（即在横向与辊壳的母线有一个夹角 β ，控制在 $30^\circ \sim 45^\circ$ ）。真空伏辊的制造过程中，在辊面强度满足要求的条件下，应尽量考虑降低伏辊辊面的厚度。可在真空室内增加一个吸声结构，这样可吸收部分气流穿过真空小孔产生的噪声，从而降低噪声源。在设计声结构时还应该考虑其结构要不易被细小纤维、填料和胶料等堵塞。

第二节 造纸工业静电的危害与消除

一、静电产生的原因

1、静电产生的内因

(1) 物质的逸出功不同 任何两种固体物质，当它们紧密接触，两者相距小于 25×10^{-8} cm 时，在接触界面上就会产生电子转移现象，这是由于各种物质逸出功不同的缘故。所谓逸出功就是使电子脱离原来物质表面所需要做的功，两种物质接触时，逸出功较小的一方失去电子带正电，而另一方获得电子带负电。电子转移的结果，在接触面上形成了达到某种电势平衡的双电子层，再把物体分开就带有不同符号的静电。见图 5-1 所示。

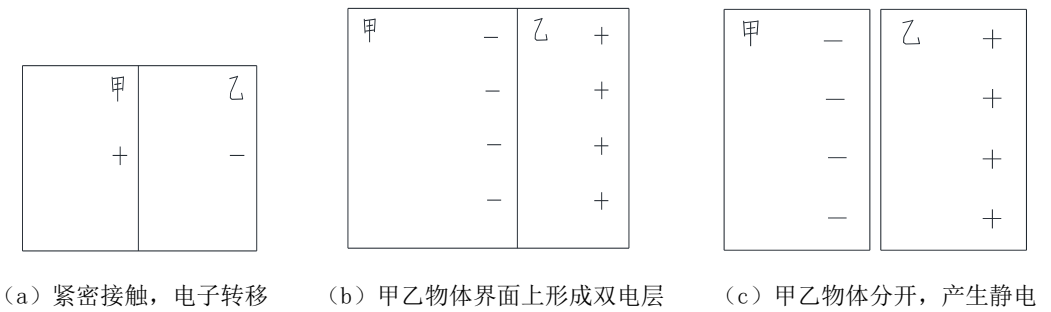


图 5-1 摩擦生电示意图

通过大量试验，不同物质相互摩擦时带电极性顺序，见表 5-9。

| 表 5-9 | | 静电带电序列表 | |
|---------|-------|---------|---------|
| (+) 正电性 | 黏胶丝 | 铁 | 聚酯树脂 |
| 石棉 | 皮肤 | 铜 | 腈纶混纺品 |
| 玻璃 | 酪素 | 镍 | 碳化钙 |
| 毛发 | 醋酸酯 | 黄铜 | 聚乙烯 |
| 云母 | 铝 | 银 | 玻璃纸 |
| 尼龙 | 锌 | 硫磺 | 氯乙烯 |
| 羊毛 | 镉 | 黑橡胶 | 聚四氟乙烯 |
| 人造丝 | 铬 | 铂 | 硝酸纤维素 |
| 铅 | 纸 | 维尼龙 | (-) 负电性 |
| 棉纱 | 黑硬质橡胶 | 聚苯乙烯 | |
| 真丝 | 麻 | 腈纶 | |

表 5-9 中两种物质进行相互摩擦时，在表中排在前面的物体带正电，后面的物体带负电，两物体在表中的距离越远，静电起电量就越多。

物体的电阻率不同 物体电阻率的大小是静电能否聚集的条件，也是静电产生的条件

之一。静电的产生与物体的导电性有关，物体的导电性能能以电阻率表示，电阻率越小导电性能越好。电阻率小于 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 时为静电导电体。因为，电阻率小，物体即使产生静电也可以瞬时消失，不会引起危害。物体电阻率在 $10^8 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 通常带电量是不大的；电阻率在 $10^{11} \sim 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 容易带静电，是防静电工作的重点对象；当电阻率大于 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ 时，物体就不易产生静电，但一旦带有静电，则难以消除。如汽油、苯等的电阻率在 $10^{11} \sim 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ ，它们是容易带电的。原油的电阻率低于 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ，一般没有带电问题。必须指出：水是静电良导体，但当少量水夹在绝缘油品中，因为水滴与油品相对流动时要产生静电的，反而会使油品静电量增加。金属是良导体，但当它被悬空在油品中时（即与地绝缘），会收集周围电荷，也是会带静电的。

介电常数 介电常数也称电容率，是决定电容的一个主要因素。在具体配置条件下，物体的电容与电阻结合起来，决定了静电的消散规律，是影响电荷聚集的另一因素。对于液体，介电常数大的一般电阻率低。如果液体的介电常数大于 20，并以“连续相”存在及接地，一般来说，都不可能积累静电。相对介电常数与真空介电常数之比，真空介电常数为 $8.86 \times 10^{-12} \text{F/m}$ 。

2、静电产生的外因

紧密的接触和迅速的分离 任何物体的表面都是不光滑的，所谓的接触是多点接触，当接触距离小于 $25 \times 10^{-8} \text{cm}$ 时，就有电子转移，即形成双电层，若分离得足够快，物体就带电。

附着带电 某种极性的离子或带电粉尘附着到与地绝缘的固体上，能使该固体带上静电或改变其带电状况。物体获得电荷的多少，取决于该物体对地电容及周围情况。人在有带电微粒的场合活动后，由于带电微粒吸附于人体，因而会带电。

感应起电 在工业生产中，存在带静电物体能使附近不相连的导体带电的现象。

电解起电 将金属浸入电解溶液中，或在金属表面形成液体薄膜，由于界面的氧化-还原反应，金属离子将向溶液里扩散，即形成界面电流。随着这一过程的进行，界面上出现双电层，形成电位差。在一定的条件下，这个电位差足以阻止金属离子继续溶解，达到平衡状态。平衡状态遭到破坏时，金属离子继续扩散，形成电流。

压电效应起电 某些固体材料在机械力的作用下会产生电荷。压电效应产生的电荷密度小，但在局部面积上分布着不均匀的正负电荷。虽然压电效应产生的电荷密度小，仍有可能引起爆炸的能量。

极化起电 绝缘体在静电场内，其内部和表面能出现电荷，是极化作用的结果。按照分子结构的不同，极化分为两类：①非极化分子极化；②极化分子极化。

喷出带电 粉体、液体和气体从截面很小的开口喷出时，这些流动的物质与喷口激烈地摩擦，同时流体本身分子之间又相互摩擦，会产生大量的静电。

飞沫带电 喷在空间的液体，由于扩散和分离，出现了许多小滴组成的新的液面，产生静电。

另外还有淌下、沉浮、冻结等许多产生静电的方式。同时需要指出的是产生静电的方式不是单一的，而是几种方式共同作用的结果。

二、造纸防静电措施

1、造纸过程中的防静电措施

造纸过程中，由于电解质含量较少，施胶物质含量过多，某些填料含量偏少，纸张在烘干、压光过程中受到高温和压力的作用，使纸张带高电压的静电。纸张存放不当也会产生静电。当仓库温度与印刷车间温度相差较悬殊时，纸张因含水率的变异，不仅会产生伸缩而影响套准，而且还容易引起静电。此外，印刷之前的纸张放置时间太短，纸张与印刷环境温度湿度缺乏有效的平衡，纸叠堆压过高过重，也会引起纸张带静电。

印刷中的摩擦引起静电。当纸张含水量偏低时，十分干燥，在输送、压印过程中受到摩擦和压力的作用而使纸张带静电。消除纸张静电的主要措施：

（1）对带有静电的纸可暂缓使用，适当延长库存时间，库内温度控制在 18~20℃，相对湿度在 60%~65%。

（2）可用晾纸措施去除静电。当纸张需要急用时，可用晾纸机对带静电的纸张进行吊晾。吊晾时应注意机速与空气湿度的协调，即机速较快时，环境空气相对湿度控制在 80%~85%。反之，在机速较慢时，湿度控制在 70%~80%。值得注意的是，吊晾时每叠纸的厚度应在 10mm 以内，夹纸时应使纸与纸之间越松越好，以利于空气中的水分均匀进入纸内。

（3）应急晾纸去除静电。对裁切后的纸张出现静电无法正常印刷的情况，可采用“蒸汽法”快速晾纸，以减少静电。

2、仓库中的静电防治

在仓储中一般采用下述步骤防止和控制静电带来的危害。

（1）应当控制物料尽量少产生静电，如对于易燃液体，限制其在管道中的流速，控制其装卸方式，防止不同油品相互混合和油品中夹水夹气。

（2）采取措施使已产生的静电尽快逸散，防止积累产生高电位。具体措施有两种。

①静电泄放法：使产生的静电从带电体上尽快逸散，避免产生积累而消除静电危害。如在设备上安装良好的接地装置，增大工作环境的相对湿度，在地面上敷设导电地板，在某些工具上喷涂导电涂料等都属于泄放法。

②中和法：给带电体外加一定量的反电荷使其带电体上电荷中和，避免静电压上升。如使用感应式静电中和器就属于中和法。

（3）在有些情况下静电积累不可避免，静电压迅速上升甚至产生静电放电火花，因此，要采取措施使其虽然放电却不致引起火灾爆炸。如在易燃液体储罐的储藏空间充入惰性气体如氮气，加装控制报警装置，采用高效排风设施，使空气中易燃气体或粉尘达不到爆炸极限。

3、货物包装和仓储中的静电

（1）货物包装和仓储中静电的产生主要有两个原因：一是内部原因，即物质的导电特性；而是外部原因，即物质间的相互摩擦、滚动、撞击等。许多商品包装物都具备静电产生的内部原因，在仓储中的搬运、堆码、覆盖等操作中也不可避免地产生摩擦、滚动、撞击等。

（2）货物包装和仓储中静电的消除

①应当控制货物包装尽量不产生静电。如保运易燃液体时，要限制其在包装桶中的剧烈晃动，控制其装卸方式，防止不同油品泄漏、相混及防止桶中进水、进气。

②采取措施使已产生的静电尽快逸散，避免产生积累。如在搬运等工具上安装良好的接地装置，增加工作场所的相对湿度，在地面上铺设防静电地板，在某些工具上喷涂导电涂料等。

③给带电体外加一定量的反电荷，避免静电电压上升（如感应式静电中和器）。

④降低爆炸能量，如在易燃液体储藏的空间充入惰性气体，加装报警装置，采用高效排风装置，使空气中易燃气体或粉尘达不到爆炸极限。在危险场所，工作人员需穿防静电鞋和防静电工作服，及时排除人体所带静电。

第三节 造纸企业工伤事故及职业病预防

工伤事故指由于工作原因直接或间接造成的伤害和急性中毒事故。按照《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986），将企业工伤事故分为20类，分别为：物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、透水、放炮、瓦斯爆炸、火药爆炸、锅炉爆炸、容器爆炸、其他爆炸、中毒和窒息及其他伤害等。

职业病指劳动者在用人单位职业活动中，因接触粉尘、放射性物质和其他有毒、有害物质等因素而引起的疾病。根据卫生部会同劳动和社会保障部发布的《职业病分类和目录》，将职业病分为：职业性尘肺病及其他呼吸系统疾病；职业性皮肤病；职业性眼病；职业性耳鼻喉口腔疾病；职业性化学中毒；物理因素所致职业病；职业性放射性疾病；职业性传染病；职业性肿瘤；其他职业病。一共 10 类 132 种疾病。

根据我国《工伤保险条例》规定：因工作遭受事故伤害或者患职业病的职工可以获得救治和经济补偿。

制浆造纸生产过程中，其主要的职业危害是噪声、粉尘、机械伤害、酸碱腐蚀和一些刺激性气体，如二氧化硫、硫化氢、氮氧化物等；从事体力劳动的一线工人常因预防措施不当而暴露于这些职业危害中，使其在一些疾病的年患病率，如听力损伤、呼吸道感染、消化道溃疡以及心理疾病等方面要明显高于其他行业。

一、常见工伤事故及其预防措施

我国的工伤事故分类方法见表 5-10 所示。

| 表 5-10 | | 我国的工伤事故分类 | |
|--------|------|-----------|------|
| 序号 | 事故类别 | 序号 | 事故类别 |
| 01 | 事故打击 | 11 | 冒顶片帮 |
| 02 | 车辆伤害 | 12 | 透水 |
| 03 | 机械伤害 | 13 | 放炮 |
| 04 | 起重伤害 | 14 | 火药爆炸 |
| 05 | 触电 | 15 | 瓦斯爆炸 |
| 06 | 淹溺 | 16 | 锅炉爆炸 |
| 07 | 灼烫 | 17 | 容器爆炸 |
| 08 | 火灾 | 18 | 其他爆炸 |
| 09 | 高处坠落 | 19 | 中毒窒息 |
| 10 | 坍塌 | 20 | 其他伤害 |

下面介绍造纸企业几种主要的工伤事故及预防措施。

（一）火灾事故

制浆造纸生产过程中，经常接触易燃易爆、高温、高压电源、火源等物质环境，这些都是引起火灾的内在因素。若设计不合理、操作不当或管理不善，容易发生火灾事故，造成人员伤亡及财产损失。

1、制浆造纸行业火灾事故原因

(1) 制浆造纸原料和成品均为易燃物质，其燃点较低，极易燃烧。且造纸原料含水量较高，在微生物的作用下，温度上升，容易引起自燃

(2) 设计不规范，布局不合理，防火间距不够，消防通道不畅通；

(3) 料场、仓库等重点部位避雷设施缺失或失效，雷击容易引发火灾；

(4) 料场、仓库等重点部位动火作业安全措施不到位、人员携带烟火进入引发火灾；

(5) 电气设备、用电线路使用、安装不合理，引发火灾；

(6) 制浆造纸机械设备运转过程中摩擦、撞击产生火花，引发火灾；

(7) 进入厂区车辆未安装防火帽，火星溅到纸张或原料上，引发火灾。

2、制浆造纸企业火灾事故的安全预防措施

(1) 抓好消防机构、设施和制度的建设 建立健全各项消防安全管理制度、消防安全巡查记录和动火作业审批规定；大型企业应按照《消防法》的要求建立专职消防队，配备必要的人员和灭火车辆，做好人员消防技能的训练；

(2) 抓好原料场、厂区的布局 规划设计应符合《建筑设计防火规范》(GB50016-2014)，做到厂区布局、建设设计规范、合理；

(3) 做好原料、成品储存管理 原料、成品等物资规范存放，严格控制麦草、木块等原料的水分，定时对原料堆垛进行测温；

(4) 抓好火源的管理 严禁携带烟火进入厂区，消防重点部位禁止明火作业、电气线路必须规范敷设，叉车、上垛机等机械设备转动部位必须安装防护网罩，拖拉机、汽车等运输车辆必须加装防火帽；

(5) 料场、仓库避雷设施必须齐全有效。避雷设施每年应在雷雨季节前后进行全面检测；

(6) 日常工作中要做到“八不、四要、一清”：“八不”：①防火、灭火措施不落实不动火；②周围的易燃杂物未清除不动火；③附近难以移动的易燃结构未采取安全防护措施不动火；④盛装过油类等易燃体的容器、管道未经洗刷干净、排除残存的油质不动火；⑤盛装过气体会受热膨胀并有爆炸危险的容器和管道不动火；⑥储存有易燃、易爆物品的车间、仓库和场所未经排除易燃、易爆危险的不动火；⑦在高处进行焊接或切割作业时，下面的可燃物品未清理或未采取安全防护措施的不动火；⑧未配备相应的灭火器材不动火。

“四要”：①动火前要指定现场安全负责人；②现场安全负责人和动火人员必须经常注意动火情况，发现不安全苗头时要立即停止动火；③发生火灾事故时，要及时组织扑救；④

动火人员要严格执行安全操作规程。“一清”：动火人员和现场安责任人在动火后，应彻底清理现场火种后才能离开现场。

（二）触电事故

1、触电事故的原因

造成触电事故的原因多种多样，比如缺乏电气安全知识、电气安装不符合规范要求等，触电事故常见的五大原因如下：

（1）缺乏电气安全知识 如在高压电线附近违规操作；架空线断落后，误碰或去拾线，用手触摸破损的胶盖刀闸等。

（2）电气安装不符合规范要求 如导线高度离建筑物和树木距离太近，电力线与广播线同杆架设距离太近；用电设备进出线未包扎或未包好裸露在外，火线与零线接反，零线虚接等。高、低压线路有交叉时，高压线架设在低压线下面；设备外壳未接地或接地不完善，开脱、虚焊等。

（3）设备故障或有缺陷且维修管理不善 如导线断线或电杆歪倒后未及时处理；进户线破损未及时检修；电缆或用电设备漏电；刀闸胶盖长期破损未更换等。

（4）违反操作规程或安全规定 如带负荷拉、合隔离开关或跌落式熔断器，在高压线路下施工时误碰高压线等；带电修理电动工具，带电搬动用电设备等；工作人员对与带电设备之间应保持的安全距离不甚清楚，未认真履行工作票制度和安全监护制度，存侥幸心理而造成对检修设备和人身的放电；安装、检修、试验作业中安全措施不够完善，如应设临时遮栏或绝缘挡板而未设、应使用绝缘套而未采用、工作时监护不到位或脱离监护人工作时发生触电。

（5）麻痹大意，工作不认真 如电气设备上工作的运行、检修、试验人员，作业中走神，误碰带电设备或线路导体；调度员误发令，值班员看错设备、走错间隔、漏停线路开关、误操作向检修设备合闸送电，以及二次设备上的工作该断电而未断，电气运行人员未严格验收，而导致他人触电；停电不彻底，如电压互感器一次回路的工作被二次回路反串电（熔断器未断）；环网线路从多端口获得电源，由于停电组织措施上的失误，由某一方仍能向检修设备送电。

2、触电事故的主要危害

在造纸企业中触电的主要危害有电击、电弧、高强度噪音、二次伤害、火灾等。

（1）电击：主要危害可以导致人严重烧伤，甚至死亡。电击对人的伤害取决于下面三个因素：一是电流大小；二是电流的路径；三是电击作用的时间。

(2) 电弧：是一种气体放电现象，电流通过某些绝缘介质（例如空气）所产生的瞬间火花。电弧电压所产生的危害严重的，其温度高达数千摄氏度，轻则损坏设备，重则可以产生爆炸，酿成火灾，威胁生命和财产的安全。开关电器会产生电弧，因为其温度高达数千摄氏度，能烧坏触头，甚至导致触头熔焊。如果电弧不立即熄灭，就可能烧伤操作人员，烧毁设备，甚至酿成火灾。电弧闪光是两个导电金属通过电离空气或蒸汽形成的电流通道，电弧闪光中的空气温度可能达 5500 摄氏度。人员如果进入电弧 0.5 米距离，接触时间超过 0.1 秒，将导致不可治愈的烧伤。热的空气或蒸汽一旦被吸入，会造成人员呼吸困难。可以造成三种伤害：一是高强度噪音：我们听力防护标准是 85 分贝，电弧爆炸产生的噪音高达 160 分贝，可以导致听力暂时性耳聋。二是次生事故，如果作业人员进行高处作业时被电击坠落，将导致严重的伤害或死亡。三是火灾，电气元件短路或过热，会导致火灾。

3、触电事故的安全预防措施

(1) 根据安全用电“装得安全，拆得彻底，用得正确，修得及时”的基本要求，为防止发生触电事故，在日常生产用电中要严格执行有关用电的安全技术“规范”和操作“规程”；

(2) 严格执行特种作业人员的培训，考核制度。现场电工必须经过培训和考核合格，并持有效的特种作业操作证上岗；

(3) 现场所有用电设备，必须在设备负荷线的首端处设置漏电保护装置；

(4) 现场电气管理人员必须做好现场日常的检查、检测并做好记录；

(5) 非电气人员严禁接拆电气线路、插头、插座、电气设备、灯具等；

(6) 在有触电危险的场所或容易产生误判断、误操作的地方，以及存在不安全因素的现场，设置醒目的文字或图形标志，提醒人们识别、警惕危险因素；

(7) 采用适当的保护接地措施，将电气装置中平时不带电，但可能因绝缘损坏而带上危险的对地电压的外露导电部分（设备的金属外壳或金属结构）与大地作电气连接，减轻触电的危险；

(8) 同一供电系统不能同时存在 TN-S 和 TT 两个保护系统。

4、触电事故的急救措施

发生触电事故后，应立即关闭开关、切断电源。若无法及时断开电源，可用干木棒、皮带、橡胶制品等绝缘物体挑开触电者身上的带电物品，并立即采取以下急救措施。

(1) 立即拨打报警、急救电话。

(2) 解开妨碍触电者呼吸的紧身衣服,检查触电者口腔,清理口腔黏液,如有假牙,则应取下。

(3) 立即就地抢救。如呼吸停止,应采用人工呼吸法抢救;如心脏停止跳动,应进行人工胸外心脏按压法抢救。

(4) 电灼伤与其他伤的处理:现场抢救时,要用干净的布或纸类进行包扎,减少污染,有利于今后的治疗。其他的伤如脑震荡、骨折等,应参照外伤急救的情况,作相应处理。现场抢救必须持续抢救,一直坚持到医务人员接替抢救。

总之,触电事故的发生总会带来不好的结果,造纸企业必须完善防范措施,培训员工掌握安全用电知识和触电应急知识,知道防止触电事故的基本知识,防患于未然。这样才能最大限度上降低或避免触电事故的发生,从而保障员工的安全。

(三) 机械伤害

机械伤害是指机械设备运动(静止)部件、工具、加工件直接与人体接触引起的夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、挤等形式的伤害。各类转动机械的外露传动部分(如齿轮、传动轴等)和往复运动部分,都有可能对人体造成机械伤害。

在制浆造纸生产过程中需要使用大量的机械设备,这些机械设备的运转存在机械伤害的可能性。

1、造纸行业机械伤害事故的主要种类

(1) 机械设备零部件作旋转运动时造成的伤害 例如压光机、复卷机、烘缸、齿轮、皮带轮、传动轴等都是以旋转运动的。旋转运动造成人员伤害的主要形式是卷入、绞伤、挤伤、切伤和物体打击伤;

(2) 电气系统造成的伤害 工厂里使用的机械设备,其动力绝大多数是电能,因此,每台机械设备都有电气控制系统。主要包括电动机、配电箱、按钮以及接零(地)线等。电气系统对人的伤害主要是电击;

(3) 其他的伤害 制浆造纸机械设备除去上述主要伤害外,还可能造成其他一些伤害。如:有的机械设备在使用时伴随着粉尘、毒害物质,甚至设备润滑不到位摩擦产生火花造成火灾事故等,都可能造成人员伤害或财产损失。

2、造纸行业机械伤害事故的主要原因

(1) 人员安全意识淡薄、习惯性违章。如在日常生产过程中,员工徒手掏烘缸内的浆料、顺方向触摸正在卷纸的卷纸轴等,极易发生手挤伤乃至死亡事故;

（2）检修作业时忽视安全措施。制浆造纸行业存在大量的有限空间作业，在进入设备（碎浆机、浆池、浆塔）检修作业时，不切断电源，未挂“禁止合闸”的警示牌，甚至未设专人进行监护，容易造成人员伤亡事故。另外，像直接调整正在旋转的设备或设备防护罩、设备断电后未等至设备惯性运转彻底停住就下手工作，同样造成严重后果；

（3）安全防护装置损坏或缺失。如浆池推进器皮带轮、传动轴和一些接近地面的联轴节、皮带轮、绞龙等，易导致人体受到伤害；员工一疏忽误接触这些部位，易造成事故；

（4）操作控制开关布局不合理，紧急停机按钮不能够立即启用、操作按钮标识不清、多种设备使用同一按钮等，易造成机械设备操作不当引发严重后果；

（5）机械设备带病运行，日常保养不到位，发现缺陷后未及时进 行维修；

（6）违章跨越防护遮拦，进入运行机械设备的危险作业区（取样、打扫卫生等）；

（7）人员技能缺失，三大规程掌握不到位，员工串岗操作，易造成操作失误导致事故发生。

3、机械伤害事故的安全防范措施

（1）操作各种机械人员必须经过技术培训，能熟练掌握设备的性能和操作规程，经培训合格后方可上岗。工作中，必须精心操作，严格执行有关规章制度和安全操作规程，正确佩戴和使用劳动防护用品，严禁非本岗位人员操作机械设备；

（2）机械设备传动部位必须有齐全可靠的安全防护装置；各浆池口、联轴器等部位必须有盖板、护栏 和警示牌；作业环境保持整洁卫生；人手直接频繁接触的机械，必须有完好紧急制动装置，该制动钮位置必须使操作者随时可触及到；

（3）加强设备的使用、维护、保 养、检查，建立设备巡检制度，及时消除隐患，严禁设备带病运行；

（4）进行检修时必须严格执行断电挂牌和设专人监护的制度。机械设备断电后，必须确认设备停稳后方可进行工作。机械检修完毕，开 机前，必须对现场进行细致检查，对检修人员进行点名，确认机械设备处无人员后方可摘牌合闸；

（5）严禁非本岗位人员进入生产现场，因工作需要必须进入的，必须采取安全措施后并由本岗位人员带领方可进入。

4、机械伤害事故的急救措施

（1）立即关闭运转机械，保护现场，及时向直接领导和有关部门汇报，并组织现场其他工友进行抢救；

(2) 立即对伤者进行包扎、止血、止痛、消毒、固定等临时措施，防止伤情恶化。如有断肢等情况，及时用干净毛巾、手绢、布片包好，由专人负责放在无裂纹的塑料袋或胶皮袋内，袋口扎紧，在口袋周围放置冰块、雪糕等降温物品，不得在断肢处涂酒精、碘酒及其他消毒液；

(3) 迅速拨打 120 求救和送附近医院急救，断肢随伤员一起运送；

(4) 遇有创伤性出血的伤员，应迅速包扎止血，使伤员保持在头低脚高的卧位，并注意保暖；

(5) 出现颅脑外伤，必须维持呼吸道通畅。昏迷者应平卧，面部转向一侧，以防舌根下坠或分泌物、呕吐物吸入，发生喉阻塞。有骨折者，应初步固定后再搬运。偶有凹陷骨折、严重的颅底骨折及严重的脑损伤症状出现，创伤处用消毒的纱布或清洁布等覆盖伤口，用绷带或布条包扎后，及时送就近有条件的医院治疗；

(6) 发现脊椎受伤者，创伤处用消毒的纱布或清洁布等覆盖伤口，用绷带或布条包扎。搬运时，将伤者平卧放在帆布担架或硬板上，以免受伤的脊椎移位、断裂造成截瘫，招致死亡。抢救脊椎受伤者，搬运过程，严禁只抬伤者的两肩与两腿或单肩背运。

(四) 操作事故所致的伤害

1、压力容器操作

压力容器指工业生产中用于完成反应、传热、传质、分离和贮运等生产工艺过程，并承受一定压力的容器。如反应容器、换热容器、分离容器和贮运容器等。“爆炸”是指极其迅速的物理或化学的能量释放过程。压力容器破裂分为物理爆炸现象和化学爆炸现象。所谓物理爆炸现象是指容器内高压气体迅速膨胀并以高速释放内在能量。化学爆炸现象还有化学反应高速释放的能量，其爆炸危害程度往往比物理爆炸现象严重。

压力容器破裂时的危害，通常有下列几种：

(1) 碎片的破坏作用 高速喷出的气体的反作用力把壳体向破裂的相反方向推出。有些壳体则可能裂成碎块或碎片向四周飞散而造成危害；

(2) 冲击波危害 容器破裂时的能量除了小部分消耗于将容器进一步撕裂和将容器或碎片抛出外，大部分产生冲击波。冲击时可将建筑物摧毁，使设备、管道遭到严重破坏，远处的门窗玻璃破碎。冲击波与碎片的危害一样可导致周围人员伤亡；

(3) 有毒介质的毒害 盛装有毒介质的容器破裂时，会酿成大面积的毒害区。有毒液化气体则蒸发成气体，危害很大。一般在常温下破裂的容器，大多数液化气体生成的蒸汽体积约为液体的二、三百倍。如液氨为 240 倍，液氯为 150 倍，氢氰酸为 200~370 倍，液化

石油为 180~200 倍。有毒气体在大范围内导致生命体的死亡或严重中毒。如 1t 液氯容器破裂时可酿成 $8.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 的致死范围， $5.5 \times 10^6 \text{m}^3$ 的中毒范围；

(4) 可燃介质的燃烧及二次空间爆炸危害 盛装可燃气体、液化气体的容器破裂后，可燃气体与空气混合，遇到触发能量（火种、静电等）在容器外发生燃烧、爆炸，酿成火灾事故。其中可燃气体在容器外的空间爆炸，其危害更为严重。液体烃气化后的混合气体爆炸燃烧区域，可为原有体积的 6 万倍。如一台盛装 1600m^3 乙烯的球罐破裂后燃烧区范围可达直径 700m、高 350m。其二次空间爆炸的冲击波可达十余公里，这种危害绝非蒸汽锅炉物理爆炸所能比拟的。

2、瓦斯爆炸

矿井瓦斯爆炸是一种热-链式反应（也叫连锁反应）。当爆炸混合物吸收一定能量（通常是引火源给予的热能）后，反应分子的链即行断裂，离解成两个或两个以上的游离基（也叫自由基）。这类游离基具有很大的化学活性，成为反应连续进行的活化中心。在适当的条件下，每一个游离基又可以进一步分解，再产生两个或两个以上的游离基。这样循环不已，游离基越来越多，化学反应速度也越来越快，最后就可以发展为燃烧或爆炸式的氧化反应。所以，瓦斯爆炸就其本质来说，是一定浓度的甲烷和空气中度作用下产生的激烈氧化反应。

瓦斯爆炸产生的高温高压，促使爆炸源附近的气体以极大的速度向外冲击，造成人员伤亡，破坏巷道和器材设施，扬起大量煤尘并使之参与爆炸，产生更大的破坏力。另外，爆炸后生成大量的有害气体，可造成人员中毒死亡。

3、其他爆炸

在生成过程中，还可因可燃气体、蒸汽及可燃性粉尘扩散，与空气混合成一定的比例，遇到火源就引发爆炸性事故。常见的可燃液体有酒精、甲苯、汽油、乙醚、苯等；可燃性粉尘有煤尘、铝尘、面粉尘、亚麻尘、棉尘等。可燃物料引发爆炸的原因有：

- (1) 设备维修不善，可燃物料跑、冒、滴、漏严重；
- (2) 生产管理不善，如敞开装卸易燃液体物料，使用易挥发溶剂擦洗设备、地面；
- (3) 工艺操作失误，如温度、压力、投料比例、速度及顺序失控；
- (4) 违反操作规程，如使用助燃的空气输送可燃液体；
- (5) 作业场所可燃粉尘浓度过高，达到爆炸极限。

二、工伤事故的调查与处理

工伤事故是人们在生产活动中发生的，与职业卫生相比，有其自身的特点与规律。事故

具有因果性、偶然性、突然性、再现性等某些特性，有些意外事故本质上属于随机现象。对个别案例的考察常发现其具有不确定性，但若对大量的样本进行分析，则可以揭示其规律。

（一）工伤事故调查目的

（1）查清事故发生的过程，揭示事故发生的规律，通过规定的程序，搜集证据，确认事实，为分清事故责任，分析事故发生的原因提供可靠依据。工伤事故是在特定条件下因安全管理上的缺陷，人、物及环境的不安全状态集合而发生的事件。总结此类事件发生的规律，可以实现对工伤事故的控制，由事后总结型变为事前预防型，从而可以避免或减少事故的重复发生；

（2）验证生产工艺流程、操作规程、安全管理规章制度的适宜性，以满足持续改进的需要；

（3）确定事故类别、等级、原因、人员伤亡情况、经济损失等，按《伤亡事故报表（基层）》的内容及时向安全管理部门报告。

（二）工伤事故调查程序

工伤事故调查按《企业安全生产标准化建设定级办法》（应急〔2021〕83号）规定的程序进行。

1、现场处理

- （1）事故发生后，应立即救护受伤害者，采取措施制止事故蔓延扩大；
- （2）认真保护现场，凡与事故有关的物体、痕迹，不得破坏；
- （3）为抢救伤者需要移动现场某些物体时，必须做好现场标志。

2、物证搜集

- （1）现场物证，包括破损部件、碎片、残留物、致害物的位置等；
- （2）在现场收集到的所有物件均应贴上标签，注明地点、时间、管理者；
- （3）所有物件保持原样，不准冲洗擦拭；
- （4）对健康有害的物品，应采取不损坏原始证据的安全防护措施。

3、事故事实材料的搜集

- （1）与事故鉴别、记录有关材料

- ①发生事故的单位、地点、时间；
- ②受害人和肇事者的姓名、性别、年龄、文化程度、职业、技术等级、工龄、本工种工龄、支付工资的形式；
- ③受害人和肇事者的技术状况，接受安全教育情况；

④出事当天，受害人和肇事者开始工作的时间、工作内容、工作量、作业程序、操作时的动作（或位置）；

⑤受害人和肇事者过去的事故记录。

（2）事故发生的有关事实

①事故发生前，设备、设施等的性能和质量状况；

②使用的材料，必要时进行物理性能或化学性能实验与分析；

③有关设计和工艺方面的技术文件、工作指令和规章制度方面的资料及执行情况；

④关于工作环境方面的情况，包括照明、湿度、温度、通风、声响、色彩度、道路、工作面状况以及工作环境中有毒、有害物质取样分析记录；

⑤个人防护措施状况，应注意它的有效性、质量、使用范围；

⑥出事前受害人和肇事者的健康状况；

⑦其他可能与事故有关的细节或因素。

4、证人材料收集

要尽快找被调查者搜集材料。对证人的口述材料，应认真考证其真实程度。

5、现场摄影

（1）显示残骸和受害者原始存息地地=的所有照片；

（2）可能被清除或践踏的痕迹，如刹车痕迹、地面和建筑物的伤痕、火灾引起损害的照片、冒顶下落物的空间等；

（3）事故现场全貌；

（4）利用摄影或录像，以提供较完善的信息内容。

6、事故图

报告中的事故图，应包括了解事故情况所必需的信息。如事故现场示意图、流程图、受害者位置图等。

（三）搜集物证、人证材料的要求

1、事故现场调查

显示事故残迹的物品，痕迹都是重要的物证，是保证对事故进行正确分析的重要依据。在事故现场调查中，搜集物证时要仔细，防止遗漏，特别是事故源点的物证要详细勘查。现场调查结束后应制作“现场调查记录”，事故“现场调查记录”通常是把与事故有关联的事实和现场调查的情况记录下来，与绘制的事事故现场图、摄录的影像资料等形成事故现场客观的真实写照。一般分三部分编写：

（1）事故现场概况

- ①事故单位、时间、地点、事故类别；
- ②伤亡者姓名、性别、年龄、工种、工龄、本工种工龄、技术等级、用工形式；
- ③事故现场保护人员姓名、职业、现场保护情况；
- ④调查起止时间、当地的自然环境情况。

（2）事故现场事实描述

- ①事故发生前伤者作业情况、设备状态；
- ②有关工艺流程、工作指令、操作规程方面的资料及执行情况；
- ③个人防护措施情况；
- ④事故当事人健康状况；
- ⑤以事故发生有关的事实情况；
- ⑥调查过程及采取技术手段的描述；
- ⑦调查成果的描述（物证的品种、数量、状态等）；
- ⑧进行化学、物理分析物品名称、数量和需进行技术鉴定的要求等。

（3）事故现场清除前后有关受害人、物的处置情况及勘查人、见证人的签名。

2、证人材料

把事故的当事人及事故发生前后在场的有关人员事故发生时看、听、闻到的情况，通过自述、笔录、录音等形式记录下来形成的材料就是证人材料。证人材料是确认事故事实的重要依据之一。证人材料的真实性至关重要。事故发生时，人的记忆较浅，容易忘记，或随着时间的增加，人的记忆中主观意念也在增加。因此，要求搜集证人材料的时间间距事故发生的时间越近越好。在搜集材料以前，调查组对需要调查的内容应有个全面的考虑，并拟编成调查提纲，做到心中有数。在调查材料中，需要事故当事人或受伤害人自己写的书面材料称为自述材料，调查人员应就其要写的内容提出要求。材料写完后应允许其进行修改和补充，避免写出的材料内容有遗漏或不完整。

另一类是谈话笔录或录音材料，制作这类材料，应有一名谈话证明人在场，在征得证人同意后进行。谈话时要尊重证人，消除证人的疑虑，并注意引导。与较重伤员进行谈话时要征得医生同意。证人材料的内容要客观、真实、完整，确实是证人的所见所闻。笔录材料完成后，需经证人确认，记录人、证明人要签字。

（四）确定事故的事实

通过对事故的调查应确定的主要事实有 2 个方面：

1、与事故发生有直接原因的事实

主要是：《企业职工伤亡事故分类标准》GB6441-86 附录 A.6 所列机械、物质或环境的不安全状态 4 项；A.7 所列不安全行为 12 项。机械、物质或环境的不安全状态是：

- （1）防护、保险、信号等装置缺乏或有缺陷；
- （2）设备、设施、工具、附件有缺陷；
- （3）安全带、安全帽、安全鞋缺少或有缺陷；
- （4）生产（施工）环境不良。

不安全行为是：

- （1）操作错误，忽视安全，忽视警告；
- （2）造成安全装置失效；
- （3）使用不安全设备；
- （4）用手代替工具操作；
- （5）物体（指成品、半成品、材料、工具、切屑和生产用品等）存放不当；
- （6）冒险进入危险场所；
- （7）攀、坐不安全位置（如平台护栏、汽车挡板、吊车吊钩）；
- （8）在起吊物下作业、停留；
- （9）在机器运转时进行加油、修理、检查、调整、焊接、清扫等工作；
- （10）有分散注意力行为；
- （11）在必须使用个人防护用品用具的作业或场合中，忽视其使用；
- （12）不安全装束。

2、与事故发生有间接原因的事实

与事故发生有间接原因的事实主要有：

- （1）技术上和设计上有缺陷，包括工业构件、建筑物、仪器仪表、工艺过程、操作方法、维修检验等的设计、施工和材料使用中存在的问题；
- （2）教育培训不够，或未经培训，缺乏或不懂安全操作知识；
- （3）劳动组织不合理；
- （4）对现场的工作缺乏检查或指导错误；
- （5）没有安全操作规程或不健全；
- （6）没有或不认真实施事故防范措施，对事故隐患整改不力；
- （7）单位在落实《安全生产法》中未尽的职责。

（五）应归档的调查材料

事故调查结束后，纳入调查报告的主要材料有：

- （1）现场调查记录、图纸、照片；
- （2）技术鉴定和试验报告；
- （3）物证、人证材料；
- （4）直接和间接经济损失材料；
- （5）事故责任者的自述材料；
- （6）医疗部门对伤亡人员的诊断书；
- （7）发生事故时的工艺条件、操作情况和设计资料；
- （8）注明参加调查组的人员姓名、职务、单位。

三、造纸工业职业健康事故预防及管理对策

在制浆和造纸生产工艺过程中都离不开麦草、木片、化学品、淀粉、水份定量仪等原料、填料或设备，在生产过程中使用大量蒸汽、设备高速运转，易产生化学毒物、粉尘、高温、噪声等职业危害，所以，制浆造纸职业卫生工作也应作为制浆造纸企业安全生产管理的重点来对待。根据国家安全监管总局组织编制的《建设项目职业病危害风险分类管理目录（2012年版）》，将纸浆制造列为职业病危害严重的行业、将造纸列为职业病危害较重的行业。

（一）造纸常见的职业病危害因素

制浆造纸生产过程中，常见的职业病危害因素包括以下几点，见表 5-11。

- （1）粉尘：包括有机粉尘，木粉尘、草类纤维粉尘、纸粉尘等；无机粉尘，滑石粉、碳酸钙粉等；
- （2）化学毒物：包括氯气、硫化氢、氢氧化钠、双氧水、硫酸、盐酸、二氧化硫以及增强剂、助留剂、消泡剂等；
- （3）噪声：包括机械性噪声、流体动力性噪声和电磁性噪声；
- （4）高温、高湿：如制浆段、造纸网部、压榨部等；
- （5）电离辐射：如放射线；
- （6）生物因素：包括霉菌孢子、原微生物等。

（二）造纸工业主要职业疾病

1、职业型眼病

眼睛是直接暴露于身体外面器官。生产环境中许多物理的、化学的以及生物性的有害因素通过直接接触或被机体吸收可造成眼睛及身体其他系统的急性或慢性损害。职业性眼病是一种多发的职业病。在工况企业中产品的种类繁多、工艺复杂、生产过程中可产生多种对视觉器官有危害的因素。如高温作业的强辐射线；铸造、砂轮、电瓷生成中的粉尘；化学工业中的铅、苯等中毒；物料搬运等均可引起职业性眼病。职业性眼病主要有以下几种。

表 5-11 造纸行业主要职业病危害因素分布情况

| 工艺 | 工作场所/设备/工序 | 职业病危害因素 |
|-----|------------|--|
| 备料 | 原料装卸、分拣、上料 | 噪声、木粉尘、草类纤维粉尘、生物因素等 |
| 制浆 | 蒸煮 | 蒸煮药剂、氢氧化钠、噪声、热辐射等 |
| | 洗选漂 | 噪声、氯气和氯化物、氢氧化钠、双氧水等 |
| 造纸 | 打浆调料 | 噪声、粉尘、二氧化硫、氯气、二氧化氯、硫化氢、氢氧化钠、过氧化氢、双氧水、硫酸等 |
| | 脱墨 | 噪声、热辐射、射线等、 |
| | 抄纸 整理 | 噪声、高温、粉尘、放射线等、 噪声、纸粉尘等 |
| 碱回收 | 白泥回收 | 碳酸钙粉尘 |
| | 黑液蒸发 | 高温、热辐射等 |

（1）化学性眼灼伤

①接触物质类别

在造纸工业中常接触到的工业化学物质有盐酸、硫酸、硝酸等酸类；氢氧化铵、碳酸钠、碳酸钾、硝酸钠、铝酸钠、碳酸钙、草酸钙、碱性溶渣等碱类；硫化氢、氯气、苯、甲苯、二甲苯、汽油、煤油、醇类、醛类、酮类、酯类等，这些物质均可能引起眼灼伤疾病。

②临床表现

化学性结膜角膜炎 主要表现为明显的眼部刺激症状，如眼痛、灼热感或异物感、流泪、眼睑痉挛等。眼部检查有结膜充血、角膜上皮损伤，用荧光素染色可见散在的或较密集的点状上皮脱落。视力一般不受影响，也可有视物模糊。

眼睑灼伤 一眼或双眼睑缘皮肤充血、水肿、起水泡、睑肌、睑板灼伤者常遗留瘢痕性睑外翻、睑裂闭合不全等并发症。

眼球灼伤 轻者表现为结膜、角膜水肿、出血、角膜浑浊。重者角膜缘缺血，角膜缘及其附近血管广泛血栓形成，角膜溃疡、穿孔，巩膜坏死，引起一系列内眼并发症，后果严重，视力常收到严重影响以致完全失明。

③处理措施

a. 立即脱离事故现场；

b. 冲洗 化学灼伤的急救必须分秒必争，以最快速度冲洗尽化学物质。现场冲洗比什么都重要，原则上应立即就地用大量清水冲洗眼部，直至结膜囊内化学物质清除为止，有条件的可用消毒生理盐水、蒸馏水或中和液，冲洗时应拉开上下眼睑，摆动头部，以利于清除结膜囊内存留的化学物质。冲洗越彻底越好，至少冲洗 10~15min。

c. 预防感染，加速创面愈合，防治睑球粘连和其他并发症，严重眼睑畸形者可施行成形术。

d. 散瞳，以防止虹膜粘连。

④预防措施

a. 生产设备密闭化，防止“跑、冒、滴、漏”，加强设备的维护与检修。

b. 保持工作场所的职业病防护设施如通风、防尘毒设备的正常运转。

c. 严格按规章制度操作。

上岗作业人员要坚持穿戴个人防护设备，如防护面罩、防护眼镜、防护服、防护手套等。

d. 作业场所应有冲淋设备，当化学物质溅入眼内时，应立即冲洗。

e. 当作业场所出现大量化学物质泄漏时，应迅速脱离现场。

(2) 电光性眼炎

电光性眼炎是由于眼部受到紫外线的照射或辐射而引起的眼结膜、角膜上皮的损害，故又称紫外线辐射性角膜结膜炎。

①接触或暴露机会 在造纸厂，使用高温热源的工作，如电焊、气焊、氧化物切割金属及使用电弧炼钢等，各种焊接辅助工或焊接时旁观者，及在发电厂使用高压电电流、有强烈电火花发生的工作，均有可能引起电光眼炎。

②临床表现

潜伏期一般在 6~8h，最短者 0.5h，最长不超过 24h。早期表现有轻度眼部不适，如眼干、眼胀、异物感及灼热感等，眼部检查见睑裂部球结膜轻度充血，角膜上皮轻度水肿，但荧光素染色阴性。以上表现进一步加重，并出现剧痛、畏光、流泪、眼睑痉挛，眼部检查有角膜上皮脱落，荧光素染色阳性，放大镜或裂隙灯下观察呈细点状染色或有相互融合的片状染色等典型表现。以睑裂部最重。并可见到上下眼睑及相邻面部皮肤潮红。结膜充血或伴有球结膜水肿。

③处理措施

- a. 暂时脱离紫外线做作业。
- b. 局部滴地卡因眼药水或眼止痛膏，但不可使用过多，以免抑制角膜上皮生长。
- c. 预防感染，给予抗菌素眼药水或眼膏。
- d. 避免强光刺激，局部冷敷。

④预防措施

电焊作业者须戴电焊工防护面罩，不可先点火后戴镜，不可从面罩侧视或掀开罩点火，电焊作业辅助工也应戴防护眼镜，在有其他工作人员的场所或路旁电焊作业，须有防护屏，电焊场所应通风，不可在密闭处电焊，电焊操作者应在上风向作业电焊，以防烟雾刺激或中毒发生。

2、造纸木（粉）尘等引起的疾病

在生产过程中，长期吸入生产性粉尘所引起的以肺组织纤维化改变为主的疾病，称为尘肺病、我国现行职业病名单中，列入了 13 种尘肺。另外有些粉尘，如锡、钡、铁等粉尘，虽然吸入后可沉积于肺组织中，呈现一般异物反应，继发轻度的肺间质网织纤维增生，但肺泡结构保留，对人体健康的危害较小，经过治疗或脱离该作业后，病变可逐渐减轻，X 线阴影可以消失。这类肺部病变一般称为粉尘沉着症，目前未列入尘肺范围。

职业性哮喘为变态反应的一种，属于外源性哮喘。近年来，随着化学物质的增多及哮喘诊断技术的提高，职业性哮喘的发病和就诊人数逐年上升。职业性哮喘可能为职业性肺部疾患中重要的病种。

职业性变态反应性肺泡炎又称职业性过敏性肺泡炎，是许多不同致癌物质引起的一种具有共同临床表现和病理变化特征的疾病。有机粉尘是主要的致病源，尤其是接触发霉植物尘、动物羽毛及排泄物的工人更易患病，一些化学物质也能致病。尘肺是目前我国危害最大的一类职业病，应当引起造纸行业的重视。

在造纸生产中由木（粉）尘引起的慢性疾病有：①木尘肺病；②木尘癌症。木（粉）尘病最有效的防治措施是：防止吸入木（粉）尘，实行生产机械密闭化，湿法作业，保持通风，带防尘口罩，穿防尘工作服，下班后淋浴身体。

3、造纸企业噪声引起的疾病

噪声是造纸行业最常见的、损害作业工人健康较严重的一种职业危害因素，除引起听觉系统损伤外，还对心血管与神经系统等产生不良影响。

加强听力保护措施,降低工人实际接触噪声强度,预防噪声性听力损伤的发生,在噪声控制措施未达到国家标准时应给工人提供护耳器。目前使用的耳塞在佩戴时有不适感,难以接受,因此,研制轻便、舒适、佩戴方便的防噪声耳塞,将能有效地防治噪声性耳聋的发生。对有明显听力下降者应及早调离作业岗位并采取必要的保护措施,尽量减少噪声性耳聋的发生。

(三) 造纸行业主要职业卫生事故的预防和控制

1、粉尘 采用不产生或少产生粉尘的工艺和设备;易产生粉尘的地点设置喷雾降尘或抽风除尘装置;对除尘设施定期进行检查、清理;为员工配备阻尘滤和透气性高、与面部密合性好的过滤式防尘口罩。

2、化学毒物

(1) 氯气 氯气使用处 应有强制通风设施,其换气量不少于 1-2 次/小时;在使用氯气的场所应设足够体积的消氯碱池,设置位置应利于发生泄漏的氯气瓶能迅速推入;生产过程中,重点部位安装氯气泄漏检测报警器;在生产操作过程中,应注意设备、管道是否“漏气”,并严格控制氯气储量;针对氯气泄漏事故制定事故应急救援预案,在使用氯气的场所配备氯气捕消器、氨水、不同规格的木塞、木锤以及防毒面具,定期组织应急培训和演练;为岗位员工配备防氯口罩(面具)等个人防护用品。

(2) 硫化氢 为防止硫化氢中毒,在生产过程中应注意设备的密闭和通风;在进入有可能产生硫化氢的工作场所,应先进行强制性通风,反复冲刷,进行硫化氢浓度和氧气浓度检测,浓度符合安全指标、佩带好防毒面具后方可进入作业;作业时必须有人监护,并与作业人员随时保持联系。

(3) 硫酸、盐酸、双氧水等化学品及其他毒物 尽量减少人员接触的次数;当酸、碱等腐蚀性物质引起化学性皮肤灼伤时,应迅速将患者移离现场,脱去被化学物污染的衣服等,立即用大量流动的清水彻底冲洗,冲洗时间为 20~30 分钟(碱性物质应延长);当酸、碱等腐蚀性物质引起化学性眼部灼伤时,应立即就近仔细洗眼部,去除残留化学物;根据接触生产性毒物的种类和性质,工作人员应佩戴相应的个人防护用品,如接触强酸、强碱的岗位,应穿戴防酸碱工作服、橡胶手套和防护眼镜。另外,化验室化验员可能接触到的各种有机、无机化学试剂及化验过程中的有毒有害物质等,各化验室应合理设置抽风排毒系统,必要时应设置喷淋或冲洗设施。

3、噪声 从工艺设计、设备选型上入手，应在工艺选择时优先考虑噪声危害较小的工艺，在设备选型时应要求供应商提供符合国家规定噪声标准要求的设备；从设备布局、安装考虑，应将噪声和振动大的设备布置在建筑底层，空压机等强噪声设备应设置在单独房间内，振动较大的机械设备安装时应采取防振、减振、隔振等措施；从员工个体防护要求，工作场所噪声声级超过 80d B 时，员工应佩戴有足够声衰减值的护听器。

4、高温 高温主要发生在夏季，重点做好厂房机械通风、设备及蒸汽管道保温、配备休息室、控制员工高温环境下工作时间等措施；为高温作业人员提供冰块、绿豆汤等清凉饮品，并发放风油精、藿香正气水等防暑药品。

（四）造纸行业职业卫生管理对策措施

1、建立机构，定期检测 制浆造纸企业应建立专门的职业卫生管理机构，负责本单位职业卫生管理工作，对职业病危害因素进行日常监测、动态观察，及时发现并治理职业病危害隐患，确保各项职业卫生相关要求落实到位。每年应至少一次委托有资质的职业卫生服务机构对工作场所进行职业危害因素检测，每三年至少进行一次职业危害因素现状评价；针对检测或评价报告中不符合职业卫生标准要求的检测点或管理缺陷，应当制定整改方案，采取治理措施，使之符合国家职业卫生法律法规、标准的要求。企业应在醒目位置设置公告栏，将职业卫生日常检测结果告知员工。

2、制定制度，规范管理 制浆造纸企业应严格按照《工作场所职业卫生监督管理规定》（安监总局令 47 号）的要求，制定符合各自企业实际的职业病危害防治责任、职业病危害警示与告知、职业病危害项目申报、职业病防治宣传教育培训、职业病防护设施维护检修制度、职业病防护用品管理、职业病危害监测及评价管理、建设项目职业卫生“三同时”管理、劳动者职业健康监护及其档案管理、职业病危害事故处置与报告、职业病危害应急救援与管理、岗位职业卫生操作规程等职业卫生管理制度和操作规程。做好劳动者职业卫生制度和规程的培训，使其熟知工作岗位存在的职业病危害因素的种类、对人体健康的损害、采取的防护措施以及相适应的个人防护用品的性能、正确使用和维护方法，让劳动者严格遵守各项职业卫生管理制度和操作规程，进而杜绝职业病事故的发生。

3、规范监护，健全档案 制浆造纸企业应当组织本单位接触职业病危害因素的劳动者进行职业健康检查，包括上岗前、在岗期间、离岗时和应急的检查，并将检查结果如实告知劳动者。职业健康检查由依法设立，并取得省级以上人民政府卫生行政部门资质认证的职业卫生技术服务机构进行。应按照《职业病防治法》、《工作场所职业卫生监督管理规定》

(国家安全监管总局令第 47 号)等法律法规的要求,建立健全建设项目职业卫生“三同时”、职业卫生管理档案、职业卫生宣传培训、职业病危害因素监测与检测评价、用人单位职业健康监护管理、劳动者个人职业健康监护等职业卫生档案,档案必须能够准确、完整反映本单位职业卫生工作。

4、完善设施,做好应急 制浆造纸企业应根据《工业企业设计卫生标准》(GBZ1)等相关标准要求,进行设计、施工,并按照《建设项目职业卫生“三同时”监督管理暂行办法》(安监总局令第 51 号)进行职业病危害预评价、职业病防护设施设计、职业病危害控制效果评价与防护设施竣工验收;投入生产后不得随意改动职业卫生防护设施,并在工作场所悬挂职业病危害警示标识。在做好职业卫生防护设施的同时,应建立健全职业病危害事故应急救援机制、明确应急救援机构或组织、针对可能发生职业病危害的事故制定相应的应急救援预案并定期进行演练。在可能发生职业卫生事故的工作场所,配备必要的应急救援器材、冲洗设施、应急撤离通道等应急设施;存在急性职业中毒的工作场所,还应配备必要的供气式空气呼吸器等和相应的现场应急用品。

四、我国工伤事故及职业病的整体预防对策

工伤事故预防是指事先防范职业伤亡事故以及职业病的发生,减少事故及职业病的隐患,改善和创造有利于健康的、安全的生产环境和工作条件,保护劳动者在生产、工作环境中的安全和健康。所以,从一定意义讲,事故预防和职业病预防是工伤保险的首要任务。

(一) 工伤事故预防

所谓事故就是某突发性的外部事件引起的对人体的伤害。随着城市化、工业化进程的加快,职业危害无处不有。劳动者在生产活动过程中处于不同生产环境与不同的劳动条件,使用不同的生产工具,采用不同的工艺过程与方法进行生产。这些方面可能存在着危及劳动者的身体安全和健康的因素。这些不安全的因素是导致伤亡事故发生的根源。然而绝大多数伤亡事故是可以预防和避免的,许多的工伤事故存在着一定的人为因素。所以重视安全生产、预防事故发生是第一位的。我国各类事故和职业病形势严重。目前,提高安全生产管理水平,开发和推广职业安全技术,充分利用现有技术条件,不断改善劳动条件,消除不安定因素,防止各类伤亡事故的发生,对于保障人民生命和财产安全,促进社会稳定和经济健康发展具有重要意义。从安全生产的角度看,总结各地经验和做法,预防伤亡事故的具体措施,包括以下几个方面。

1、工程技术措施

工程技术措施是指对设备、设施工艺操作等，从职业安全卫生角度进行计划、设计、检查和保养的措施。新建、改建、扩建工程项目和技术改造工程项目，必须具有相应的职业安全卫生措施。新设备、新设施的设计阶段，就应该考虑安全问题，并且随着生产的发展和设备、设施的使用情况，及时改进或采取相应的工程技术措施，改善工作条件，各种设备和安全设施的设计、制造、安装、使用和维修应符合国家有关标准和行业规范。有重大事故隐患和职业危害的工作场所，必须按照国家有关规定进行治理，并定期检测检验。用人单位生产、运输、经营、储存、使用有毒有害和易燃易爆危险品时，必须采取可靠的安全防护措施。工作场地应设置明显的安全标志和报警装置，包括防护装置、保险装置、信号装置及危险牌示和识别标志等，最大限度规避危险源及时警告人们预防危险，注意危险。

2、教育措施

教育措施是指有关部门和用人单位通过不同形式和途径的安全教育，使劳动者学会掌握安全方面的知识和操作方法，教育内容包括：思想教育和安全技术知识教育。

用人单位应当定期对劳动者进行职业安全教育，告知作业安全与职业危害方面的信息，普及安全技术知识，提高劳动者自我保护意识和安全操作技能。用人单位采取新工艺、新技术、新材料和使用新设备时，应当对劳动者进行专门的安全技术培训。对于新录用的职工，转岗职工或再就业职工，应当做好入厂后的安全技术教育，进行岗前安全培训，经考核合格后，方可上岗作业。用人单位必须按规定为劳动者提供符合标准的劳动防护用品，并指导其按照使用规则佩戴和使用。

劳动者应当按照规定参加用人单位组织的职业安全和技术培训，学习职业安全知识，提高自我保护意识和安全技能，增强事故预防和处理能力。

3、管理措施

管理措施是指由国家行政机关、企业单位组织制定有关规章、制度和措施，制定有关安全规程、规范和安全标准。共同遵守国家职业安全法律、法规和标准，以保障安全生产，防止事故发生。

4、经济措施

经济措施是指为促进安全生产，防范和减少事故发生而采取的手段。主要通过实行工伤保险差别费率和浮动费率办法，建立一种促进企业安全生产的内控机制，将企业重视安全与否和本企业经济利益相联系，并通过运用浮动费率和安全奖罚的制度，奖励对安全生产作出贡献的企业和个人，并适当补偿企业为降低事故和职业病的发生而先期投入安全生产措施、设备的部分资金以达到减少工伤事故和职业病发生的目的。包括行政部门做出的对用人单位

违反国家法律规定而造成重大事故所给予的经济处罚。从工伤保险基金拿出一部分资金用于开展工伤预防的研究工作，通过各种手段，进行工伤预防宣传教育和培训工作等。

5、缓解措施

对生产和操作缓解的措施主要有：加强对生产设备的维修和安全防范；生产和使用危险化学品物质的设备和过程实行密闭化、自动化；潜在事故树立醒目标识，配备自动报警系统，生产设备和安全防护装置及个人防护用品定期检修；定期对急救设备和防毒面具惊醒维修和有效性检验；定期进行环境检测，消除事故的隐患。

（二）职业病预防

我国目前工伤死亡和尘肺发病率为世界之首。我国有 50 多万个厂矿不同程度存在职业病危害因素。实际接触粉尘、毒物和噪声等职业危害的职工有 250 万人。每年新增尘肺病人 8000 例左右，这不仅严重影响了职工的生命安全和身体健康，而且给国家带来巨大的经济损失。国际劳工组织 1964 年 121 号《工伤事故津贴公约》要求：“每个成员国必须制定工业安全与职业病预防条例”。要求实施工伤保险的国家，必须实行工伤预防的措施。我国劳动部颁发的工伤保险办法要求：工伤保险要与事故预防、职业病防治相结合。企业和职工必须贯彻“安全第一、预防为主”的方针，遵守劳动安全卫生法规制度，严格执行国家劳动安全卫生规程和标准，防止劳动过程中的事故，减少职业危害。工伤保险经办机构应配合劳动保障行政部门督促企业贯彻落实国家的职业安全卫生法规和标准，采取宣传、教育、检查和奖惩等措施，并支持工伤和科学研究工作，促进企业改善劳动条件，加强安全生产的管理。

做好职业病预防，需要采取以下措施：

（1）提高对职业卫生工作的认识。劳动者依法享有获得职业卫生保护的权利，国家应保障其权益不受侵害。各级人民政府应将职业病预防工作，纳入国民经济和社会发展规划。各用人单位要认真贯彻执行职业卫生和职业病防治的法规、标准。制定规划有计划地改善职工的生产工作环境和条件。限制并逐步淘汰职业危害的生产工艺和技术，重视研制开发推广有利于保护和增进劳动者健康的新技术、新工艺。

（2）工作场所必须符合国家卫生标准和卫生要求。国家有关部门对可能产生职业危害的新建、扩建和技术改造建设项目必须进行职业危害评价，提出职业危害预防与治理措施。建设项目的职业卫生防护设施必须与主体工程同时设计，同时施工，经有关布恩验收合格后方可正式运行、使用。

（3）生产或者进口化学品，含放射性物质等具有职业危害因素的原料和产生职业危害因素的设备，必须在专门的安全使用说明书载明产品特征，可能产生的危害，安全使用注意

事项，卫生防护和应急措施等。产品包装应当有警示标志和警示说明。新材料应当附有由取得相应资格的技术机构出具的毒性鉴定报告书。产生职业危害的设备，必须有配套的防护设备或防护措施，并应有警示标志。职业卫生防护设备和个人卫生防护用品必须符合国家卫生标准。

（4）国家对存在放射性、高毒及致畸、致癌、致突变化学品等特殊职业危害工作场所实行特殊管理。禁止将存在职业危害的作业转移给没有卫生防护条件的单位和个人。

（5）用人单位必须建立职业危害档案和职业卫生管理制度，制定职业卫生操作规程，职业危害事故应急救援措施。对从事可接触职业危害作业的劳动者，建立健康监护制度，记录其职业病接触史和职业性健康检查结果。同时上岗前必须进行职业性健康检查，调离接触职业危害岗位的劳动者进行离岗职业性健康检查。

（6）用人单位应当建立职业卫生宣传、培训教育制度。对劳动者进行上岗前和经常性职业卫生培训、健康教育，普及职业卫生知识。教育和督促劳动者遵守职业卫生法律、规章制度、操作规程和正确使用职业卫生防护设备进行个人卫生防护。

第四节 本节课程思政内容

本节主要讲述了制浆造纸危险化学品相关知识，包括危险化学品的定义、分类，危险化学品事故的处理与救护、制浆造纸过程各种危险化学品安全使用要求及管理措施等内容；所涉及的思政内容包括遵纪守法、环保意识和社会使命等。

（1）国家意识：通过本章节内容的学习，了解劳动保护的重要性，劳动保护是国家意识的体现，是为劳动者创造安全、卫生、舒适的劳动工作条件，保障劳动者的健康，促进劳动生产率的提高，保证社会主义现代化建设顺利进行。

（2）社会使命：通过本章节内容的学习，应该深刻认识到劳动职业安全的重要性，劳动者的职业安全保护，不仅是对劳动者自身健康的保护，也是对社会责任的体现，要把国家的利益放在首位，工作中不可粗心大意，即使在平凡的工作岗位上也要恪尽职守，培养良好的社会使命感。

（3）人文精神：通过本章节内容的学习，充分认识到，国家对劳动者职业安全制定的诸多法律法规，充分体现国家对劳动者健康的人文关怀，对劳动者人格的尊重。作为每一个普通的劳动者，在自己的本职岗位上应该做好自己的本职工作，遵守劳动职业规范，为国家和社会创造更多的价值。

参考文献

- [1] 万金泉, 王艳, 马邑文. 造纸工业安全生产[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010. 5
- [2] 闫康平, 王贵欣, 罗春晖. 过程装备腐蚀与防护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016. 1
- [3] 龚敏主编. 金属腐蚀理论及腐蚀控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009. 1
- [4] 冯拉俊主编. 制浆造纸设备腐蚀与防护[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1995. 6
- [5] 施展. 危险化学品企业安全生产的管理策略[J]. 化工管理, 2022(24): 93-96.
- [6] 严海锦, 彭小刚, 许杰梅. 企业安全生产管理体系的构建与实施[J]. 化工安全与环境, 2022, 35(32): 21-24.
- [7] 赵梅. 危险化学品企业安全生产监管研究[J]. 云南化工, 2022, 49(07): 121-122+140.
- [8] 张乐勉. 安全生产标准化建设实践分析[J]. 大众标准化, 2022(13): 166-168.
- [9] 郭杰新. 《安全生产法》的修订及对企业影响[J]. 工业安全与环保, 2022, 48(06): 67-70.
- [10] 薛智勇, 任敏. 煤矿安全生产事故原因与对策研究[J]. 矿业装备, 2022(03): 188-190.
- [11] 《中华人民共和国安全生产法》条文理解与适用指南[J]. 安全, 2022, 43(05): 12.
- [12] 代海军. 安全生产主体责任的实践检视及调适路径[J]. 中国行政管理, 2022(05): 31-38.
- [13] 姚连强, 董文欣. 化工安全生产问题及事故防范策略[J]. 化工管理, 2022(12): 81-83.
- [14] 赵婷. 加强危险化学品行业安全生产监管的思路[J]. 化学工程与装备, 2022(04): 248-249+202.
- [15] 盛朝迅, 刘中显. 我国安全生产现状及对策研究[J]. 中国国情国力, 2022(04): 14-16.
- [16] 韦丽芳. 林业安全生产工作中存在的问题及其对策[J]. 南方农业, 2022, 16(06): 96-98.
- [17] 王鹏飞, 郭煜. 化工安全生产与管理分析[J]. 清洗世界, 2022, 38(02): 176-178.
- [18] 盖洪波. 企业安全生产管理的现状及对策[J]. 现代企业, 2022(02): 13-14.
- [19] 张菁, 张冬. 造纸企业芦苇堆场火灾事故诱因及预防措施[J]. 华东纸业, 2020, 50(05): 1-4.
- [20] 柴计旺, 崔兴洲, 王杰. 造纸企业如何落实安全生产主体责任[J]. 中华纸业, 2017, 38(09): 28-33.
- [21] 郭庆平, 柴计旺, 颜峰. 造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十六 热电供应工序伤害事故[J]. 中华纸业, 2017, 38(09): 45-48.
- [22] 杨国元, 李志强, 柴计旺. 造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十五 污水处理工序伤害事故[J]. 中华纸业, 2017, 38(07): 78-82.
- [23] 杨国元, 柴计旺, 崔兴洲. 造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十四 原料场伤害事故[J]. 中华纸业, 2017, 38(05): 69-72.

- [24]郭庆平,崔兴洲,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十三 外协施工伤害事故[J].中华纸业,2017,38(03):69-72.
- [25]王加顺,杨国栋.造纸企业冬季安全生产浅析[J].中华纸业,2017,38(01):48-52+6.
- [26]郭庆平,崔兴洲,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十二 抄纸工序伤害事故[J].中华纸业,2017,38(01):53-55.
- [27]柳宗岩,崔兴洲,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十一 完成工序伤害事故[J].中华纸业,2016,37(23):62-65.
- [28]杨国元,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之十 制浆工序伤害事故[J].中华纸业,2016,37(21):68-73.
- [29]柳宗岩,柴计旺,崔兴洲.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之九 车辆伤害事故[J].中华纸业,2016,37(19):65-67.
- [30]李兴勇,崔兴洲,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之八 灼烫事故[J].中华纸业,2016,37(17):69-72.
- [31]柳宗岩,崔兴洲,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之七 职业健康事故[J].中华纸业,2016,37(15):57-59.
- [32]李兴勇,柴计旺,赵永刚.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之六 造纸化学品事故[J].中华纸业,2016,37(13):69-72.
- [33]柳宗岩,周诚,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之五 火灾事故[J].中华纸业,2016,37(11):92-95.
- [34]柴计旺,李兴勇,何兵昌.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之四 特种设备事故[J].中华纸业,2016,37(09):76-78.
- [35]涂大佑,柳宗岩,柴计旺.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之三 机械伤害[J].中华纸业,2016,37(07):78-80.
- [36]柴计旺,杨国元,周国祥.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之二 触电事故[J].中华纸业,2016,37(05):69-71.
- [37]柴计旺,柳宗岩,崔兴洲.造纸企业安全生产事故典型案例和防范措施之一 硫化氢中毒[J].中华纸业,2016,37(03):60-61.
- [38]《中华人民共和国安全生产法》摘要[J].中国疗养医学,2015,24(12):1230.
- [39]柴计旺.造纸企业夏季安全生产的“七大重点”[J].造纸信息,2015(09):21-22.

- [40]陈奇志,王衡,刘斌.谈全面深化造纸企业安全生产预控机制的重要性[J].中华纸业,2015,36(09):26-30.
- [41]刘天蓉.国家安全生产监督管理总局印发造纸等行业安全生产标准化评定标准[J].纸和造纸,2011,30(11):76.
- [42]武岗,王长海,刘国庆,汤月敏.关于中小型造纸企业安全生产因素分析及管理对策[J].中国造纸,2011,30(02):34-37.
- [43]张俊萍,郭荣华,洪伟.一起造纸业急性氯气中毒事故的调查[J].职业与健康,2003(02):24.
- [44]肖晓琴,王致,张海,邓颖聪,陈菊艳,刘丽芬,廖阳.造纸行业职业病危害识别与关键控制点分析[J].中国卫生工程学,2010,9(03):191-193+196.
- [45]王庆文.废纸制浆造纸生产线职业病危害因素识别与控制技术[J].医学动物防制,2007(07):559-560.
- [46]林嗣豪,王治明,唐文娟,杨惠芳,王绵珍.造纸工人健康状况与工作能力的调查研究[J].海峡预防医学杂志,2005(04):1-3.
- [47]张俊萍,郭荣华,洪伟.一起造纸业急性氯气中毒事故的调查[J].职业与健康,2003(02):24.
- [48]荣宏.压力容器的正确使用与管理要求[J].化工设备与防腐,2000(5):32-33.
- [49]侯政强.造纸机械操作中需特别注意的安全事项[J].石河子科技,2004(3):50-52.
- [50]罗云,程五一.现代安全管理[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [51]庾莉萍,阮志勇.造纸原料仓库的火灾原因及预防措施[J].湖北造纸,2005(2):40-41.
- [52]房光辉.造纸行业消防安全注意的几个环节[J].山东防火,2002(1):53.
- [53]贺可庆.造纸联合厂房扩大防火分区的可行性[J].纸和造纸,2003(6):99-101.
- [54]高志峰,夏季.造纸企业应注意防火[J].造纸信息,2005(5):33.
- [55]薄相峰,候顺利,张效林.造纸设备防腐涂层封孔剂的研究[J].西南造纸,2005,34(4):26-27.
- [56]张光华,杨建桥,房瑜红.热喷涂技术在设备防腐中的应用.中华纸业,2000,21(2):26-27.
- [57]杨建桥,赵红霞.热喷涂形成耐磨层及其在造纸工业中的应用.西南造纸,2005,34(1):52-53.
- [58]隋艳霞,艾红英,管营.制浆造纸工业中腐蚀产生原因及解决途径[J].天津造纸,2004(4):28-31.
- [59]丁新国,胡启兰.蒸球腐蚀裂纹爆炸事故原因及防治[J].地质勘探安全,1995(2):41-43.
- [60]陈淑梅,林建航,陈筱铁,等.造纸厂造纸车间噪声的研究与分析[J].中国造纸,2000,19:57-58.
- [61]林建航,陈淑梅,陈筱铁,等.制浆造纸厂抄纸机噪声分析[J].福建环境,2002,19(4):16-18.
- [62]林建航,陈淑梅,陈筱铁,等.造纸厂抄纸机降噪研究[J].福州大学学报:自然科学版,2001,29(5):61-64.
- [63]陈淑梅,林建航,陈筱铁,等.造纸车间的噪声研究与降噪措施[J].中华纸业,2000,21(3):55-57.

- [64]陈淑梅,林建航,陈筱铁,等.造纸机真空伏辊气流噪声的降噪研究[J].噪声与振动控制,2000,3:38-41.
- [65]陈淑梅,林建航,陈筱铁,等.空气动力学噪声的检测与控制研究[J].中国机械工程,2002,12(3):190-193.
- [66]陈淑梅,林建航,陈筱铁,等.纸浆造纸厂造纸车间噪声源的识别[J].环境工程,2000,18(6):40-41.
- [67]孙铭,全川生,杨冬燕.警惕放射源在造纸行业中泛滥[J].中华纸业,2005(26):9.
- [68]于洋,李玲,佟延春.简谈静电放电的防护[J].安全与电磁兼容,1999.4:16-17,31.
- [69]李耘,姚岛.静电与抗静电放电[J].信息技术与标准化,2004,(12):25-27.
- [70]杨虎林.防静电软塑包装复合材料[J].机电信息,2005,(2):24-25.
- [71]金晓道,董一萍.生产管理系统在纸浆造纸企业中的应用[J].中国造纸,2003,22(11):67-69.
- [72]刘琦,王峰,朱从江.液氯钢瓶的安全管理[J].中华纸业,2000,21(5):46.
- [73]李卫平.现代制浆造纸企业设备管理新模式的探索与实践[J].湖南造纸,2003(3):29-30.
- [74]刘志华,于振江,刘钰.危险物品的安全管理[J].中华纸业,2000,21(7):48.
- [75]张金顶.造纸设备的日常管理[J].湖北造纸,2007(1):44-46.
- [76]李斌.做好制浆造纸行业危化品的安全管理[J].2007(1):61-63.
- [77]孙军.过氧化氢引发的火灾、爆炸及其安全使用[J].化工劳动保护,1998(2):13-15.
- [78]杨洁,宋丽娟,杨吉芳.过氧化氢的危险特性及安全操作[J].化学工程师,2002(4):45-49.
- [79]胡宝华.浓硫酸使用与贮运的安全注意事项[J].贵州化工,1994(2):57-59.