

重庆大学生物工程学院文件

重大校生物实验〔2017〕18号

关于制定生物工程学院实验室安全手册的决定

第一节 实验室安全的重要性

一、实验室安全工作面临的问题

随着我国高等教育事业的快速发展，国家对实验室建设的投入大幅度增加，实验室建设无论是从数量上还是从质量上都达到了前所未有的程度。但是，随着高校办学规模和招生数量的不断扩大，对高校实验室资源的开放性、共享性要求也越来越高。进入实验室的人员多、流动性大，实验室安全工作面临的问题也越来越多，实验室安全事故时有发生。如火灾事故、中毒事故、伤人事故和环境污染事故等。

实验室安全事故是指在实验过程中发生的，与人们的愿望相违背的，使实验操作发生阻碍、失控、暂时停止或永久停止，并造成人员伤害或财产损失的意外事件。在实验过程中，人们总会遇到各种来自不同方面的不安全因素的干扰，如果忽视了对不安全因素的防范或对其控制不力。就会发生实验室安全事故。

实验室安全事故主要由“硬”、“软”两个方面的问题造成。硬件方面主要是指实验室安全设施和装备；软件方面主要是指对实验室安全工作的思想认识、安全管理制度的建设及规范操作。

（一）硬件建设方面的问题

1. 规划设计考虑不周，造成安全隐患

由于规划设计人员对各类实验室的功能要求缺乏一定程度的了解，尤其是对些特殊实验室的特殊要求知之甚少，因此在实验室建设的规划设计中对设施和装备的安全要求考虑不周，工程设计上存在漏洞，包括人与机械、作业环境之间配合不当

等，造成了安全隐患。

2. 基础设施陈旧，线路老化，防火能力低，火灾隐患多

目前，在我国高校内尚有部分实验室用房属于砖木结构，其供电线路老化而用电负荷又大量增加，私拉乱接线路的问题也相当严重，造成不少火灾隐患。此外，一些高校建筑的走廊和室内吊顶采用了泡沫塑料板等易燃材料，这些材料遇火即燃，且会产生大量有毒气体，易使人窒息死亡。

3. 乱设防护门窗，堵塞安全通道

近年来，高校实验室内贵重实验仪器设备大量增加，为防止这些设备被盗或失窃。不少实验室、计算机房普遍加装钢筋护窗，增设全封闭的金属门，有的甚至将双向通道走廊的一头封闭，改为单向通道走廊。一旦发生意外，因通道严重受阻。逃生不畅，后果不堪设想。

4. 安全资金投入不足，安全设施陈旧落后

高校对实验室安全的资金投入严重不足，主要表现为：

(1)消防设施配备不足，不少现有设施因陈旧而无法使用。按规定，实验室应配备固定式灭火系统或移动式消防器具，但因资金缺乏而未配备或配备数量不足。已配备的消防设施又因维护不到位，致使其功能丧失，甚至于一些高校因供水压力不足而造成高层实验室缺乏消防用水。

(2)实验室用房紧张。一些需要分开存放的物品不能做到分开存放，而且一些设备的安全操作距离也不够。

(3)环保设施不能满足要求。一些可能产生有毒气体的实验室未配备通风系统。仅用排气扇代替；一些应经过处理方能排放的废水，因设施不完善而放任自流；一些固体废物没有按照国家标准进行处置，作为一般垃圾外运，对社会安全造成隐患。

(4)缺乏应急动力供应系统。一些实验室设备在使用时不能突然停电，否则会造成设备损坏甚至报废，但因资金缺乏而未配备应急供电系统或双环路供电系统。

(5)不少学校因为资金问题而没有建立现代化的实验室监控系统,无法有效地做好“四防”(防火、防盗、防破坏、防自然灾害)工作。

(二) 软件管理方面的问题

1.安全观念落后,安全意识不强

在高校中,无论是领导层还是基层都不同程度地存在着重教学科研、轻安全环保的思想,存在着安全工作有投入、无产出,只要现场工作人员注意就出不了大事的麻痹意识。其根本原因就是以人为本的理念尚未真正深入人心,尚未真正认识到实验室安全工作对保障学校发展,创建平安校园,构建和谐社会的重要意义。

2.安全建设审核制度不完善

在实验室的建设工程设计或改造项目中,对安全功能进行审核的程序和制度还不尽完善,以至某些工程完成之后仍存在着安全隐患。。

3.安全管理体制不顺,安全责任不明

(1)部分高校缺乏全校性实验室安全工作的专门组织体系,难以建立对整个学校实验室安全工作实行全面管理的领导体制,没有落实法定代表人是单位安全第一责任人的要求。

(2)部分院(系)没有专人负责实验室的安全工作,没有配备专职实验室安全员,无法层层落实管理职责,安全责任不明确。

(3)职能部门缺少专门的科室和专业的技术人员。很难实现对实验室安全进行专业管理,与院(系)的实验室安全管理之间缺乏有效的衔接。

4.制度不严,检查不力,奖罚不明

目前,不少学校的实验室安全管理存在现有制度不严、执行落实不细、检查督促不力、奖罚不明的问题。实验室的安全管理不仅要建章立制,更重要的是要落实检查。例如,随着高校招生规模的扩大,实验室工作人员明显不足,请临时工到实验室工作或请学生到实验室值班的情况已很普遍,使相应的安全措施没法落实。

另外，对实验室安全事故的处理流于形式，往往是大事化小、小事化了，同时也没有对实验室安全工作做得好的单位给予鼓励或奖励。

5.不重视安全教育和培训，相关制度不完善

目前，大多数高校都没有专门的实验室安全教育和培训制度，是否对实验室人员进行专门的安全教育和培训主要取决于实验室负责人对安全的认识和态度，而没有相关的制度予以保障。如何加强对实验室安全工作的认识，加大实验室人员的安全培训力度，以及对学生开展这方面的教育已成为实验室安全工作的当务之急，应该列入学校的日常工作之中。

在实际工作过程中，实验室安全事故的发生往往是由于实验室人员和学生对安全防护的认知不足，凭经验，或平时的不良习惯(贪图方便、轻视、不按规定、懒惰等)，或疲劳疏忽，或遇紧急危机时处理能力不足等造成。因此，加强对实验室人员和学生的安全教育和培训就显得十分重要。

二、实验室安全工作的重要性

高校实验室中各种潜在的不安全因素变异性大，危害种类繁多。一旦发生实验室安全事故，将造成人员伤亡、仪器设备损毁、教学科研停滞，使师生员工的家庭以及社会、国家蒙受重大的损失，甚至还可能连带发生其他刑事或民事的官司或赔偿。

随着社会的进步，人们逐步认识到人的生命是无价的，是人的不同需求中最为基本而又最为重要的一个需求。实验室安全工作的目的就是要建立一个安全的教学 and 研究的实验环境，减少实验过程中发生灾害的风险，确保师生员工的健康及安全，从而满足人性安全感的基本需要。

无论从实验室的使用功能，还是从实验室的自身发展来看，我们都应该强调把

实验室的安全防范作为实验室管理的基础。“隐患险于明火，防范胜于救灾，责任重于泰山”，因此。做好高校实验室安全工作的意义重大：它是贯彻以人为本的理念，培养创新人才的需要；(2)它是高等教育事业又快又好、健康、持续发展的需要；(3)它是维护国家和人民利益，维护好自身健康与安全的需要；(4)它是创建平安校园、构建和谐社会的需要。

三、实验室安全工作的中心任务和对策

实验室安全工作的中心任务是防止实验室发生人员伤亡事故和财产损失事故。实验室安全工作的对策主要有以下几点：

(一) 加强安全教育，加大宣传力度，营造安全文化氛围

事故的发生有着偶然性和突发性的特点，安全意识的淡薄，安全素质的欠缺，安全行为的背离是导致事故发生的直接原因。因此，加强安全教育，加大宣传力度，营造浓厚的安全氛围是确保实验室安全的重要措施之一。要充分利用各种载体和安全宣传阵地，广泛开展安全教育活动，大力倡导安全文化，在不断创建安全文化建设的活动中，树立安全的价值观念，安全的责任意识，树立“我懂安全、我要安全、我保安全”的思想意识，形成人人重视安全，人人具备安全技能的良好氛围。此外，还要加强对实验室人力资源的管理和人员素质的培养。开展安全教育、安全技能培训、安全保健、安全知识竞赛和安全维护等。

(二) 以人为本，把安全管理落到实处

人既是管理的主体，又是管理的客体，每个人都在一定的管理层面上行使各自的权利、职责和义务。人是安全工作的决定性因素，以人为本抓安全，才能抓到安全工作的实质。按照科学的人力资源管理理论，每个人都有自身的能量，都能发挥各自的积极性、能动性和创造性，只有充分调动人的积极性，激发人的内在潜力，

使每个人主动参与安全管理，形成全员参与、齐抓共管、人人要安全、人人管安全的共识，才能确保安全管理的稳定性和有效性。

（三）建立长效机制，促使安全管理制度化、规范化、标准化

建立长效机制是安全管理的关键环节，是引导实验室安全发展的客观要求。建立长效机制，一是要建立和完善实验室安全管理的各项规章制度。二是要构建学校、职能处室、学院、实验室和实验技术人员、实验者的安全管理网络体系，使实验室安全管理横向到边，纵向到底，一层抓一层，一环连一环，层层相促，环环相扣。三是要加强制度的落实与执行力度。制度是安全保障的基础，严格执行制度才是确保安全的关键。在安全管理中要加大监督、监控、检查、整改和责任追究的力度；在执行层面上要运作规范，依法按章办事，工作落实到点到位。四是要尽快制定实验室安全运行、安全条件以及安全操作的标准化文件，同时制定以实验室安全运行目标的实验室安全管理全过程的各项详细的、可操作的管理标准，并在管理中严格贯彻和执行。

（四）加大对实验室安全的投入，提高安全设施的科技含量

实验室的安全防护硬件设施和仪器设备的安全运行状态是保证实验室安全的重要条件。

一些实验室安全事故的发生往往是由于安全设施的欠缺或仪器设备运行状态不良所造成的。因此，增加实验室安全投入，加强实验室安全设施的建设和仪器设备的管理，可以将实验室安全事故消灭于萌芽状态。安全经济观认为。预防性安全投入是最经济、最可行的措施之一，是确保实验室安全的重要手段。

（五）依法制定和完善规章制度，加大执法力度

随着时代的进步，科技水平的提高，人们法律意识的不断增强，以及世界有关专门组织的实验室标准的制定出台，各个高校必须认真审视原先制定的实验室规章制度，摒弃与法律和有关标准相违背的条款，吸纳新的标准和规定。同时。政府主

管部门应加大对实验室安全的执法力度。

第二节 实验室常见安全事故的成因、表现形式及危害类型

任何事物的发生和发展都有其规律可循。实验室安全事故的发生也有其因果性、潜在性、再现性、偶然性和必然性的特点。实验室安全事故总是给人们带来意想不到的损失，人们可以根据事故发生后残留的事故信息，经过分析、判断、推理。得出事故发生的原因及其过程，并从中学习到防范实验室安全事故发生的相关知识。预防安全事故的再次发生。为此，必须要研究清楚实验室安全事故的起因、表现形式以及危害类型，从而探讨各种消除、控制事故发生的方法。

一、 实验室安全事故的成因

在实验室安全事故的发生和预防中，人为因素占据了主要地位。安全意识淡薄是导致实验室安全事故发生的重要原因。通常个人不安全行为和失误导致的事故占了很大的比重，据台湾慈济大学实验室安全卫生教育训练教材介绍，实验室安全事故中由于火灾引起的事故比例仅为 2%，而人为因素引起的事故比例却为 98%。因此，尽管实验室安全事故的发生是实

实验室内人、物、环境诸方面因素交错反映的结果，但是人在事故的发生和预防中起着决定性的作用。一般而言，高校实验室安全事故发生的主要原因有：人员操作不慎，使用不当和粗心大意；仪器设备或各种管线年久失修、老化损坏；不可抗力的自然灾害；恶意侵害行为(如计算机被病毒感染、计算机遭黑客攻击等)；监控管理不力(设备被窃、泄密等)。

二、 实验室安全事故的表现形式

实验室安全事故的表现形式主要有：火灾、爆炸、毒害、机电伤人及设备损坏等。

（一） 火灾性事故

火灾性事故的发生具有普遍性。几乎所有的实验室都可能发生。酿成这类事故的直接原因是：①忘记关电源，或在实验过程中，人离开实验室的时间较长。致使设备或用电器具通电时间过长，温度过高，引起着火；②操作不慎或使用不当，使火源接触易燃物质，引起着火；③供电线路老化、超负荷运行，导致线路发热，引起着火；④乱扔烟头，接触易燃物质。引起着火。

（二） 爆炸性事故

爆炸性事故多发生在具有易燃易爆物品和压力容器的实验室。酿成这类事故的直接原因是：①违反操作规程，引燃易燃物品，进而导致爆炸；②设备老化，存在故障或缺陷。造成易燃、易爆物品泄漏，遇火花而引起爆炸。

（三） 毒害性事故

毒害性事故多发生在具有化学药品和剧毒物质的化学化工实验室和具有毒气排放的实验室。酿成这类事故的直接原因是：①违反操作规程，将食物带进有毒物品的实验室。造成误食中毒；②设备、设施老化，存在故障或缺陷，造成有毒物质泄漏或有毒气体排放不出，酿成中毒；③管理不善。造成有毒物品散落流失，引起环境污染；④废水排放管路受阻或失修。造成有毒废水未经处理而流出，引起环境污染。

（四） 机电伤人性事故

机电伤人性事故多发生在有高速旋转或冲击运动的机械实验室，或要带电作业的电气实验室和一些有高温产生的实验室。酿成这类事故的直接原因是：①操作不

当或缺少防护，造成挤压、甩脱和碰撞伤人；②违反操作规程或因设备、设施老化而存在故障或缺陷，造成漏电，触电或电弧火花伤人，③使用不当，造成高温气体、液体伤人。

（五）设备损坏性事故

设备损坏性事故多发生在用电加热的实验室。酿成这类事故的直接原因是：由于线路故障或雷击造成突然停电，致使被加热的介质不能按要求恢复原来状态而造成设备损坏。

三、 实验室安全事故的危害类型

（一）机械危害

机械所发生的伤(灾)害，如卷人、扎伤、压伤，焊接强光、噪音、震动造成的伤害，操作错误所造成射出、弹出锐件造成的伤害，以及接地不良所造成的触电事件等。

（二）化学品危害

许多化学品具有易燃、易爆、毒性和腐蚀性的特点，容易造成火灾、爆炸及对人体的危害。

（三）电气危害

电气危害不仅包括触电事故，还包括雷电、静电、电磁场危害，各种电气火灾与爆炸以及一些危及人身安全的电气线路和设备故障等。

（四）辐射危害

辐射包括电磁波辐射和放射性辐射，因其具有高密度的能量，在实验室研究工作上具有很多用途，但其高能量的射线易造成对人体的伤害。

（五）生物危害

人们在对动物、植物、微生物等生物体的研究中,由于病原体或者毒素的丢失、泛用,转移而引发的对人类健康和赖以生存的自然环境所可能造成的不安全事故。比如:外来物种迁入导致对当地生态系统的不良改变或破坏;人为造成的环境的剧烈变化危及生物的多样性;在科学研究开发、生产和应用中,经遗传修饰的生物体和危险的病原体等可能对人类健康、生存环境造成的危害等。

(六) 其他危害

一般工厂所发生的伤(灾)害,如跌倒、摔跤、坠落、碰撞、火灾、粉尘、噪声等,在实验室也同样会发生,一般小伤害均以此类居多。

第三节 实验室安全管理的特点及内容

一、 实验室安全管理的特点

保障实验室的安全,最为重要的是实验室安全管理的到位。2004年中国疾病预防控制中心因为“非典”病毒管理不善而引发的4月份北京、安徽的“非典”疫情,引起了人们对实验室安全的高度关注和震撼。经卫生部调查认定,那次“非典”疫情源于实验室内感染,是一起因实验室安全管理不善,执行规章制度不严,技术人员违规操作,安全防范措施不力,导致实验室污染和工作人员感染的重大责任事故。因此,实验室安全管理的到位是防止实验室安全事故发生的关键所在。高校实验室管理的多样性、特殊性决定了实验室安全管理的特点。

(一) 多样性

根据学科和专业的特点,高校一般设置规模悬殊,层次、性质不同,种类繁多的各种实验室。如生物、化学、电子、机械、放射性同位素、射线装置、网络实验室等。因此,由于实验室各自的特殊性,其安全防护的要求也不尽相同。根据不同

实验室制定有针对性的、切实可行的安全技术与安全管理办法是维护实验室安全的前提条件。

（二）复杂性

实验室的安全管理不仅是对仪器设备、安全技术和环境的管理，也是对人的管理。仪器、环境、安全技术、人等方面所潜藏着的众多小安全隐患是造成事故的重要因素。如用水、用电、用气的安全，仪器设备的操作安全，致病微生物、危险化学品、剧毒物品、放射性物质的存储与使用安全。师生员工的安全意识、行为、实验操作流程的规范与否，安全设施的技术条件等都会对实验室安全带来影响。由此可见，实验室的安全管理涉及实验室管理工作的方方面面，必须实现对整个实验室管理系统的监管和控制。

（三）综合性

实验室的安全管理是一项系统工程。实验室的安全管理、平安校园的建设。涉及面广、管理难度大、综合性强，它不仅涉及实验室内部的管理体系，还包括实验室外部的管理体系。因此，需要各级参与、层层负责、相互协调、共同合作。要全方位和全员化落实实验室安全责任制，形成一个齐抓共管的良好氛围，才能将实验室安全管理工作真正落到实处。

（四）服务性

实验室系统的安全，直接关系到师生的切身利益，关系到学校的稳定与发展，关系到平安校园的打造。安全是否得到保障取决于管理与服务职能是否得到充分的发挥。实验室的安全管理不只是单纯的管理，还得体现它的服务性。随着管理模式的转变，即由经验型管理向科学型管理转变，由电纯型管理向服务型管理转变，注重以人为本的理念，争创安全的优质服务，成为实验室安全管理的重要特征之一。管理是服务的方法和手段，服务则是管理的目的，服务是根本。强化服务意识，坚持服务宗旨，提供优质服务，才能真正确保实验室的安全。

二、 实验室安全管理的内容

为保证实验室工作有序进行，不同学科的实验室都有自己安全管理的内容和要求。以下所提供的是各类实验室需要考虑的主要内容，各实验室可根据自己的实际情况参考执行。

（一） 建立实验室规章制度

实验室安全制度；危险化学品管理制度；生物安全管理制度；放射性安全管理制度；废弃物与排污管理制度；菌、毒种及细胞系保管制度；保密制度等。

（二） 制定有关的操作规程

仪器与设备的使用；通用的检验技术与方法；专用的检验技术与方法；动物及动物室的管理；试剂及试药溶液的配制与管理等。

此外，还要建立质量保证体系，加强对仪器设备、实验室设施、实验室建筑、操作间、实验动物和档案资料等的管理，建立健全人员培训机制。

第四节 实验室安全效益

从学校大局来看，实验室安全是构建和谐，平安校园的重要组成部分；从教学、科研角度来看，实验室安全是确保教学、科研活动正常开展的前提；从人性化的角度来看，实验室安全是维护人员生命安全和健康的根本所在；从经济学的角度来看，实验室安全是保证办学效益的基本保障。实现实验室安全和实验活动过程的安全，向安全争效益是建设平安校园的价值反映。将“安全是最大的效益”贯穿于实验室建设与管理的全过程，建立安全保障体系，才能确保实验室安全经济的稳定与发展。

一、 实验室安全效益的涵义

实验室的安全效益是指以合理、科学的安全投资，提供符合实验室环境、实验活动和人员生命健康需求的安全保障所产生的效果。从安全效益的表现形式来看，安全的主要功能体现在两个方面：其一是保障人的身心健康与生命安全，减少财产的损失；其二是维护和保障系统功能(如实验室的功能)得以充分发挥。安全效益包括安全的经济效益与社会效益两个部分：

安全的经济效益是指通过安全投入所实现的安全条件，在实验过程中保障装备技术、环境与人的能力和功能，并提高其潜能为社会经济发展带来的利益；安全的社会效益是指安全条件的实现，对国家和社会发展、学校教学科研活动的正常开展，以及家庭、个人的健康幸福所起的积极作用。

二、 实验室安全效益的特点

实验室是学校开展实验教学、科学研究和生产研发的重要场所，其安全效益的特点如下：

(一) 间接性

实验室安全不是直接的物质生产活动，其安全效益通过减少事故造成的人员伤亡与财产损失来体现，并由于保护了人的生命健康以及教学、科研的技术或设备，促进了学校教学、科研的发展，在保障教学、科研活动的顺利进行中间接创造经济效益。

(二) 迟效性

安全效益的迟效性表现在安全的减损(伤亡和财产损失)作用上。安全投资的回收期长，它不是在安全措施运行之时就能体现出来的，而是在事故发生之时表现出其价值和作用。但是安全工作必须超前预防，做到防患于未然，而不是发生事故后

再来亡羊补牢。

(三) 长效性

安全措施的作用和效果往往是长期的，不仅在措施的功能寿命期内有效，就是在措施失去功能之后，其效果还会持续或间接发生作用。如实验室的环保措施，防核防辐射的对策，安全教育和安全技能培训等都具有长久的效益。

(四) 多效性

实验室安全有了保障，实验活动就能有序、有效地顺利开展，确保了人员的身心健康，工作效能和效率就会提高；减少人员伤亡和财产损失，特别是安全目的实现了人的安全与健康，这是很难直接用货币来衡量的，体现了社会和经济的效益。

(五) 潜在性

安全创造的效益大多不是从其本身的功能中显现出来的，而是潜在于安全过程和安全目的的背后，安全维护了人的身心健康，使物质环境处于安全、卫生状态，充分发挥了实验室的功能和作用，推动了教学、科研工作的正常开展。从形式上分析，其所直接体现的意义并不是经济的，而是隐含在实现维护人的身心健康、生命安全和减少财产损失的目标过程中。

总之，实验室安全工作与学校的教学、科研紧密相连，与学校的每一个人息息相关，负责实验室安全工作的领导必须要具有以人为本的理念，重视对实验室建设的投入，加强对实验室安全的管理。每位师生员工则要共同合作，全力去发现实验室中存在的安全隐患，自觉遵守实验室安全规章制度，共同创造一个安全愉快的教学、科研和学习的环境。

第二章 燃烧与爆炸基本知识

俗话说“贼偷一半，火烧全完”。火灾和爆炸是实验室的主要安全隐患。因此，在确保实验室安全的各项工作中，预防实验室火灾和爆炸的发生是首要工作。本章

主要介绍燃烧与爆炸的基本知识与原理，为防止火灾与爆炸事故的发生、保障人身安全提供基础知识。

第一节 燃烧的基本知识

一、 燃烧的定义与原理

燃烧是一种同时有热和光发生的剧烈氧化反应。从化学角度讲，一切燃烧均是氧化反应。但氧化反应并不都属于燃烧反应。燃烧反应具有如下三个特征：它是一个剧烈的氧化反应；放出大量热；发出光。

近代燃烧理论认为，燃烧是一种游离基的链锁反应，即多数可燃物质的氧化反应不是直接进行的，而是经过游离基团和原子这些中间产物的链锁反应进行的。

(一) 燃烧反应中的活化能与活化几率

物质分子间发生化学反应的首要条件是互相碰撞。在标准状况下， 1cm^3 气体分子在 1s 内约可发生碰撞 10^{29} 次，但相互碰撞并不一定发生反应，而只有少数具有一定能量的分子在碰撞时才发生反应，这种分子称为活性分子。活性分子所必须具有的能量称为活化能。

根据气体分子运动学说，气体分子在不断地、无次序地运动，运动速度有高有低，因此能量就有大有小。能量大小还有一定比例。它是由麦克斯威尔 (Maxwell) 气体分子运动的速度分布公式确定的。

如在氧与氧的燃烧反应中，活化能为 $2.5 \times 10^4 \text{J} / \text{mol}$ ，在 27°C 时，只有十万分之一的分子才具有反应所需的活化能。这些分子才能进入反应。由于进入反应的分子数过少，当然不能引起燃烧或爆炸。但如果继续加热，使温度升高（或用点火源），这种活性分子就相应增加，反应速度加快，就有可能发展成燃烧或爆炸。一般化学反应的速度随温度增加而加快，如温度每增加 10°C ，反应速度约可加快 $2 \sim 4$

倍。

在明火接近氢和氧分子时，由于火焰的高温，会使气体分子活化，促使更多的氢和氧起反应，反应产生的热量又继续活化其他分子，这样就成为燃烧或爆炸。燃烧或爆炸的反应均为放热反应，吸热反应是不会引起燃烧或爆炸的。

所以，燃烧反应的发生必须有一定数量的活性分子，而活性分子是受热、光、电或其他能源的作用而产生的。不同的可燃物与助燃物发生的燃烧反应，所需活化能有高有低，因此燃烧条件就有难有易。

(二) 过氧化物理论

物质分子在各种能量(热能、辐射能、电能、化学反应能等)的作用下可被活化。在燃烧反应中，首先是氧分子在热能的作用下被活化形成过氧键 $--O--O--$ ，这种基团与被氧化物质的分子结合就成为过氧化物。过氧化物是强氧化剂，不仅能氧化易形成过氧化物的物质，而且也能氧化其他较难氧化的物质。

因此，过氧化物是可燃物质被氧化的最初产物，是不稳定的化合物，在受热、摩擦、撞击等情况下能分解甚至引起燃烧或爆炸。许多有机溶剂如乙醚、四氢呋喃、二氧六环等在空气中就容易起过氧化反应，长时间蒸馏时在残渣中更易形成过氧化物而导致自燃或爆炸。所以，在蒸馏这些溶剂时，当体积降到原来的 20%时就应检验是否含有过氧化物，如果有，则应以适当方法将其除去。饱和碳氢化合物也容易发生过氧化作用。而且随着分子量的增加，氧化的温度降低。如甲烷在 400°C 以上才能发生氧化，乙烷在 400°C 时就强烈地氧化，己烷在 300°C 以上、正辛烷在 250°C 时就已经氧化。一般芳香族的氧化温度比饱和碳氢化合物要高，如苯要 500°C 以上才发生氧化反应。

(三) 链锁反应理论

链锁反应理论认为，气态分子间的作用不是两个分子直接作用得出最终产物，而是首先生成活性粒子自由基，自由基与另一分子反应，反应的结果产生新的自由

基，新的自由基又迅速参与反应，如此进行下去成为一系列的链锁反应。任何链锁反应都由一个阶段构成，即链的起始、链的传递(包括支化)与链的终止。

链锁反应分直链反应和支链反应两种，氢和氯反应是典型的直链反应。直链反应的基本特点是：①自由基与价饱和分子反应时自由基不消失，且每一个自由基与分子反应时只生成一个新的自由基；②自由基(或原子)与价饱和分子反应时活化能很低。

氢和氧反应是典型的支链反应，在支链反应中，一个自由基(或原子)能生成多于一个新的自由基，从而使反应速度加快。

链的起始，需要有外来能源的激发，使分子被破坏生成自由基。链的传递(包括支化)，即自由基与分子反应，是反应的不断复制与延续。链的终止，是引向自由基消失的反应。

在链锁反应中，反应系统所处的条件(如温度、压力、杂质)及容器的材料、大小、形状等，都能影响到反应速度，当达到一定条件时，就会发生爆炸。所以应用链锁反应理论，可以使燃烧和爆炸的许多现象得到圆满解释。

二、 燃烧的分类

燃烧现象按其发生时瞬间的特点，可分为着火、闪燃、自燃三种。

(一) 着火

可燃物质受到外界火源直接作用而开始的持续燃烧现象叫做着火，或叫做燃烧。着火是我们日常生活中常见的一种燃烧，用火柴点燃稻草、煤等都属此类。

可燃物质开始持续燃烧所需的最低温度叫做该物质的着火点或燃点。几种常见可燃物质的燃点如表 2-1 所示。

表 2-1 几种常见可燃物的燃点

物质名称	燃点(°C)	物质名称	燃点(°C)	物质名称	燃点(°C)
------	--------	------	--------	------	--------

松节油	53	棉花	150	豆油	220
樟脑	70	蜡烛	190	烟叶	222
赛璐珞	100	布匹	200	粘胶纤维	235
橡胶	130	麦草	200	无烟煤	280~500
纸	130	硫	207	涤纶纤维	390

(二) 自燃

可燃物质在没有外界热源直接作用下受热或在常温下自行发热，由于散热受到阻碍使温度上升，当达到一定温度时，便发生自行燃烧的现象称为自燃。可燃物质不需点火源的直接接触。就能发生自行燃烧的最低温度称为自燃点。几种常见可燃物质的自燃点如表 2-2 所示。

表 2-2 几种常见可燃物的自燃点

物质名称	自燃点 (°C)	物质名称	自燃点 (°C)	物质名称	自燃点 (°C)
黄磷	34~35	二硫化碳	102	重油	380~420
三硫化四磷	100	乙醚	170	亚麻仁油	343
赛璐珞	150~180	溶剂油	235	棉籽油	370
赤磷	200~250	煤油	240~290	桐油	410
松香	240	汽油	280	花生油	445
锌粉	360	石油沥青	279~300	菜籽油	446
丙酮	570	柴油	50~380		

自燃按其热源不同又可分为受热自燃与自热燃烧两种。

1. 受热自燃：可燃物质在外部热源的间接作用下，使温度升高到自燃点着火

燃烧的现象称为受热自燃。

在实验室中发生受热自燃的原因有：可燃物靠近电热器、油汀等热源；油浴温度过高；可燃物烘烤过度；机械运转失常，缺少润滑油，摩擦生热；电气设备过载，线路老化等。

2. 自热燃烧：某些物质在没有任何外来热源的作用下，由于自身发生化学(分解、化合等)反应、物理(辐射、吸附等)效应或生物(细菌发酵等)作用等过程而产生热量，这些热量在适当的条件下逐渐积累，使温度上升到自燃点而自行燃烧的现象叫做自热燃烧。比如，煤的自燃。

(三) 闪燃

当火焰接近可燃液体时，其表面上的蒸气与空气混合会发一闪即灭的燃烧，这种燃烧现象叫闪燃。闪燃是可燃液体的特征之一，它是短暂的闪火，不能持续燃烧。这是因为液体在该温度下蒸发速度不快，表面上积聚的蒸气一瞬间烧尽，而蒸气还未来得及补充，所以一闪即灭。

液体表面上的蒸气刚足以与空气发生闪燃的最低温度叫闪点。同一液体的饱和蒸气压随温度的升高而增大，当温度稍高于闪点时，可燃液体随时都有接触火源而被点燃的危险，故闪点是液体引起火灾危险的最低温度。可燃液体的危险性是按闪点进行分类的，我国对可燃液体的分类分级如表 2-3 所示。

表 2-3 液体根据闪点分类分级

种类	级别	闪点(°C)	举例
易燃液体	I	$T \leq 28$	汽油、甲醇、乙醇、苯、甲苯、丙酮、二硫化碳等
	II	$28 < T \leq 45$	煤油、丁醇等

可燃液体	III	$45 < T \leq 120$	戊醇、柴油、重油等
	IV	$T > 120$	植物油、矿物油、甘油等

其中闪点低于 15°C 的易燃液体属化学危险品，在使用、储存、运输时都有特殊的安全要求。几种常见液体的闪点如表 2-1 所示。

表 2-4 几种常见液体的闪点

液体名称	闪点($^{\circ}\text{C}$)	液体名称	闪点($^{\circ}\text{C}$)	液体名称	闪点($^{\circ}\text{C}$)
汽油	58~10	二氯乙烷	8	松节油	30
二硫化碳	45	甲醇	9.5	丁醇	35
乙醚	-45.5	乙醇	11	正醇	46
丙酮	17	醋酸丁酯	13	乙二醇	112
苯	-15	醋酸戊酯	25	甘油	176.5
甲苯	1	煤油	28~45	桐油	239
醋酸乙酯	1	二乙胺	28	冰醋酸	40

三、 燃烧的形成

(一) 燃烧必须具备三个条件

1. 可燃物质。包括气体、液体、固体可燃物。
2. 助燃物质。氧或氧化剂，为了可燃物完全燃烧，还必须源源不断地供应。
3. 点火能源。要使可燃物与助燃物发生化学反应，必须具有足够的点火能量。

点火能源主要有以下几种：明火、电气火花、摩擦、撞击火花、静电火花、化学反应热、高温表面、雷击火花、日光聚焦和绝热压缩等。

没有可燃物质。燃烧就失去了基础；没有氧或氧化剂，就构不成燃烧反应。但是，即使有了可燃物质和氧或氧化剂，若没有点火源把可燃物质加热到燃点以上，燃烧反应也不能开始。因此，必须同时具备这三个条件，燃烧才能进行，所以称它们为燃烧的三要素。

但是，有时即使燃烧的三要素都具备，燃烧也并不一定发生，这是因为可燃物、助燃物、点火能源都存在极限值。如果可燃物的浓度不够，或助燃物的量不足，或点火源没有足够的温度和热量，不能把可燃物加热到它的燃点以上，那么燃烧就不能进行。例如，正常大气中氧的容积为 21%，燃烧后氧含量会逐渐降低，当降到 14% 时，本来燃着的木块也会熄火，要使燃烧继续下去，燃烧区必须要有源源不断的新鲜空气输入。电焊火星的温度可达 1200℃，完全可以点燃气体或蒸气的爆炸性混合物，但如果落在木块上，就不一定引起燃烧，这是因为木块的点火能量大大地高于气体混合物的点火能量；火星的温度虽高，热量却不足，所以不能引燃木块。

因此，一切实验室的防火和灭火措施，都要根据物质的特性和现场的条件而定，消灭燃烧条件中的任何一个，燃烧便会终止。

（二）燃烧的过程、形式与速度

1. 燃烧的过程

大多数可燃物质的燃烧是在蒸气或气态下进行的。但可燃物质的集聚状态不同。其燃烧过程也有差异。

固体的燃烧，有些如硫、磷、石蜡等，受热时先熔化，而后变为蒸气；还有些物质受热后是先分解成气态和液态产物，再变为蒸气。液体受热后即可变为蒸气。当这些气体或蒸气遇到空气中的氧就开始发生氧化反应，持续加热到燃点便会出现火焰而燃烧。燃烧时产生的热量可使可燃物继续熔化、分解、蒸发、氧化、燃烧。只要助燃物源源不断地供应，燃烧就一直进行到可燃物烧光为止。而气体只需外界提供氧并将其加热到燃点，就可在极短的时间内全部烧光。因此，气体的燃烧最容

易进行。

2. 燃烧的形成

可燃物质由于存存的状态不同，其在空气中燃烧的形式也不相同，大致可分为以下四种。

(1)扩散燃烧：如氧、己炔等可燃性气体在空气中的燃烧都是可燃性气体从管口流出与空气互相扩散，一边混合，一边燃烧，这种形式的燃烧称为扩散燃烧。

(2)蒸发燃烧：可燃液体的燃烧，通常液体本身并不燃烧。而是由液体受热所产生的蒸气与空气混合而燃烧，这种形式的燃烧称为蒸发燃烧。

(3)分解燃烧：很多固体和不挥发性液体由于加热分解产生了可燃气体而使其燃烧，这种燃烧称为分解燃烧。

(4)表面燃烧：有些固体如木材，热分解后剩下碳和灰，碳化表面与空气接触点燃后，在接触面上会发生燃烧，这种燃烧是在固体表面上进行的，称为表面燃烧。金属的燃烧就属此类。

前面三种形式的燃烧，不论可燃物是气体、液体或固体，最后还是可燃气体或蒸气的燃烧。这些燃烧都要依靠气体扩散来进行。故均有火焰产生。但是表面燃烧则不同，它一般不产生火焰，是固体可燃物直接参与燃烧。木材的燃烧是分解燃烧和表面燃烧交替进行的过程。

3. 燃烧速度

可燃物质的燃烧速度与它的形态、被加热的速度、体积大小及空气的供给程度有关。

(1)气体的燃烧不像固体、液体那样要经过熔化、蒸发等过程，所以燃烧速度很快。可燃气体的燃烧速度，常以它在管道中燃烧时火焰的直线传播速度来表示。单位为 m/s 。气体的组成不同，其燃烧速度也不相同，一般在 $0.1 \sim 1.0m/s$ 之间，如甲烷-空气最高燃速为 $0.35m/s$ ，此时甲烷浓度约 10%；氢-空气燃速为 $2.7m$

/ s, 氢气浓度接近 40%; 而氢-氧燃速为 9m / s, 氢气浓度约 70%。

(2) 液体的燃烧速度有两种表示方法, 一种是以 1m² 面积上 1h 烧掉液体的质量表示, 叫质量速度; 另一种是用 1h 烧掉液体层的高度来表示, 叫直线速度。液体的燃烧速度取决于液体的蒸发。可燃液体的闪点越低, 越易蒸发, 燃烧速度越快。一般液体的燃烧初速较慢, 随后达到最大值而稳定下来。几种常见易燃液体的燃烧速度如表 2-5 所示。

(3) 固体物质的燃烧速度, 一般慢于可燃气体和可燃液体。这是因为固体燃烧时要经过熔化、蒸发和分解等过程。但也有个别物质如赛璐珞、硝化纤维素等由于本身含有不稳定基团, 遇热极易分解, 所以燃烧比较剧烈, 燃烧速度也很快。同一种固体可燃物质的燃烧速度还取决于燃烧的比表面积, 即燃烧的面积与体积之比越大, 则燃烧速度越快。

表 2-5 几种常见易燃液体的燃烧速度

液体名称	燃烧速度		密度
	直线速度 (cm/h)	质量速度 (kg/m ² ·h)	
苯	18.9	165.37	0.875
乙醚	17.5	125.84	0.715
甲苯	16.08	138.29	0.86
航空汽油	12.6	91.98	0.73
车用汽油	10.5	80.85	0.71~0.73
二硫化碳	10.47	132.97	1.27
丙酮	8.4	66.36	0.79
甲醇	7.2	57.6	0.8

煤油	6.6	55.11	0.835
----	-----	-------	-------

第二节 爆炸的基本知识

第三节

一、爆炸的定义与分类

爆炸是指一个物质从一种状态转化为另一种状态，并在瞬间以机械功的形式放出大量能量的过程。爆炸现象一般具有如下特征：①爆炸过程进行得很快；②爆炸点附近的瞬间压力急剧升高；③发出响声；④周围介质发生震动或物质遭到破坏。

按照物质发生爆炸的原因和性质不同，可将爆炸分为化学爆炸、物理爆炸和核爆炸三类。

实验室常见的爆炸主要为前两类。

1. 化学爆炸

化学爆炸是由物质发生高速放热的化学反应，产生大量气体并急剧膨胀做功而形成的爆炸现象。化学爆炸前后，物质的性质和成分均发生根本的变化。化学爆炸必须同时具备以下三个条件：①反应是放热的；②反应速度极快；③反应过程中放出大量气体。

2. 物理爆炸

物理爆炸是由物理变化造成的，只发生物态变化。这种爆炸是物质因状态或压力发生突变等物理变化而形成的。例如：容器内液体过热、气化而引起的爆炸，锅炉爆炸，压缩气体、液化气体超压引起的爆炸等都属丁物理爆炸。物理爆炸前后，物质的化学成分及性质均无变化。

二、爆炸极限

可燃气体或蒸汽与空气组成的混合物不是在任何比例下都是可燃可爆的，而且

混合比不同，燃烧速度（火焰蔓延速度）也不同。由实验得知，混合物中可燃气体含量接近于化学计算量时，燃烧速度最快。若含量增加或减少，火焰蔓延速度就降低；当浓度高于或低于某一极限值时火焰便不再传播蔓延。可燃气体或蒸气在空气中刚足以使火焰蔓延的最低浓度称为该气体或蒸气的爆炸下限（或着火下限）；刚足以使火焰蔓延的最高浓度称为爆炸上限（或着火上限）。可燃物浓度在下限以下及上限以上的混合物都不会着火或爆炸。这是因为爆炸下限以下的混合物中含有过量的空气，由于空气的冷却作用，或者说自由基的销毁数大于产生数，阻止火焰蔓延；在上限以上，含有过量的可燃气体，空气（主要是氧气）非常不足，火焰也不能蔓延。但此时若有空气补充进来，仍有爆炸的危险，故对上限以上的混合物不能认为是安全的。

爆炸极限常以可燃气体或蒸气在混合物中所占的体积百分数表示，但有时也有以 g/m^3 或 mg/L 表示。部分可燃气体和蒸气的爆炸极限如表 2-6 所示。

表 2-6 部分可燃气体和蒸气的爆炸极限

分类	可燃性气体	分子式	分子量	自然点 ($^{\circ}\text{C}$)	爆炸极限 (V%)		爆炸极限 (mg/L)		
					下限	上限	下限	上限	
碳 氢 化 合 物	环 状	苯	C_6H_6	78.1	538	1.4	7.1	46	230
		甲苯	C_7H_8	92.1	552	1.4	6.7	54	260
其 他 有	含 氧	氧化 乙烯	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	44.1	429	3	80	55	1467
		乙醚	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	74.1	180	1.9	48	59	1480

机 化 合 物		C_2O							
	甲醛	CH_3CHO	44.1	185	4.1	55	75	1000	
	丙酮	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	58.1	538	3	11	72	270	
	乙醇	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46.1	423	4.3	19	82	360	
	甲醇	CH_3OH	32.0	464	7.3	36	97	480	
	醋酸 戊酯	$\text{C}_7\text{H}_{11}\text{O}_2$	130.0	394	7.1	-	60	-	
	醋酸 乙酯	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	88.1	427	2.5	9	92	330	
	吡啶	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	79.1	482	1.8	12.4	59	410	
	甲胺	CH_3NH_2	31.1	430	4.9	20.7	63	270	
	二甲 胺	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	45.1	-	2.8	14.4	52	270	
	三甲 胺	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	59.1		2	11.6	49	285	
	含 卤 素	氯乙 烯	$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$	62.5	-	4	22	104	570
		氯乙 烷	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	64.5	519	3.8	15.4	102	410
二氯 乙烷		$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	99.0	414	6.2	16	256	66	
溴甲		CH_3Br	94.9	537	13.5	14.5	534	573	

		烷							
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

第三节 防火、防爆的一般原则

众所周知，火灾是由在时间或空间上失去控制的燃烧所造成的。在掌握了引起燃烧的基本要素和条件后就能够懂得预防和扑灭火灾的基本原理，即采取措施避免或消除燃烧三要素的形成，或不让其相互作用。

爆炸主要包括化学爆炸、物理爆炸和核爆炸，其中化学爆炸往往是由于物质发生高速放热的化学反应、能量急剧上升来不及平稳扩散而突然造成的。

防火、防爆的一般原则主要考虑以下五个方面：遵守规章制度，加强安全意识；熟悉实验室容易引起火灾、爆炸物质的特点；减少和消除可燃物质；控制或取消点火源；配备合适的防火防爆设施。

第三章 危险化学品的安全防护

近代化学有力地推动了科学和社会的发展，也美化了人们的生活，在人类历史的进程中起到了举足轻重的作用。事实表明，许多新型科学的发展是以化学(材料)的发展为基础的，随着化学工业的迅速发展，在实验、生产过程中遇到的化学物质也日益增多。在这些物质中有相当部分具有高(剧)毒和中等毒性，并且有些物质的毒性机理尚未被人们充分认识；另一方面，许多化学物质具有易燃易爆的特性，对其实验、生产、储藏、运输等过程提出了特殊的安全防护要求。化学物质种类繁多，对于人们的身体健康具有不可低估的潜在影响，若对其防护不当将直接威胁人们的身心健康和生命财产安全。

本章首先介绍危险化学品的分类、易燃易爆性、毒性、腐蚀性等基本知识，并对安全防护的管理与措施、排污管理、剧毒品安全等问题进行探讨。

第一节 危险化学品的分类与利弊两重性

一、危险化学品的分类

对于化学品的分类，国际上普遍采用联合国危险货物运输专家委员会编定的《关于危险货物运输的建议书》中提出的分类方法。根据该方法我国制定了两个国家标准：GB6944-86《危险货物分类和品名编号》和 GB13690-92《常州危险化学品的分类及标志》，具体分类如表 3-1 所示。

表 3-1 危险化学品分类表

分类序号	GB6944-86 分类	GB1369-92 分类
第 1 类	爆炸品	爆炸品
第 2 类	压缩气体和液化气体	压缩气体和液化气体
第 3 类	易燃液体	易燃液体
第 4 类	易燃固体、自然物品 和遇湿易燃物品	易燃固体、自然物品 和遇湿易燃物品
第 5 类	氧化剂和有机过氧化	氧化剂和有机过氧化

	物	物
第 6 类	毒害品和感染性物品	有毒品
第 7 类	放射性物品	放射性物品
第 8 类	腐蚀品	腐蚀品
第 9 类	杂类	/

二、危险化学品的利弊两重性

危险化学品的易燃易爆性具有两重性：一方面容易造成火灾、爆炸等事故而对人类造成危害；另一方面又对人类社会的发展非常有益。如炸药在开矿、隧道等工程中的应用，石油液化气作为家庭燃料等。化学品的毒性也同样具有两重性：一方面，它能使人类中毒而造成伤害；另一方面，许多化学品的毒性对人类是有益的，如药物能杀死某些病菌、有害细胞，农药可以杀虫、杀菌等。

危险化学品造成了许多人类伤害及火灾爆炸等事故，但在绝大多数场合，是由人们的无知所造成的。如建国以来发生在四川、江苏、山西的三次重大假酒案，造成了几十人死亡，几百人中毒的恶性事故，原因是不法分子将工业酒精兑成白酒，使得甲醇含量严重超标。又知 1993 年深圳特大火灾，主要是由于易燃易爆品储存不当所引起的。而传统生产炸药的工厂发生火灾、爆炸的例子相对并不多见，原因主要是工厂职工比较了解炸药的性质，而且重视安全生产。因此，了解掌握化学物质的特点与性质，对防止中毒、燃烧、爆炸等事故具有非常重要的意义。

虽然许多化学品对人类构成了中毒、火灾、爆炸等潜在危害，但只要正确地了解与掌握化学品的特性，建立健全各类规章制度，加强安全与防护教育，就一定能大大减小活性化学品的危害性。

第二节 危险化学品的易燃易爆特性及其防护

一、危险化学品的易燃易爆特性

(一) 爆炸性化合物特有的原子团

人们很早以前就已知道，具有某些特定原子团的化合物容易爆炸。Plctz 将这样的原子团称为“爆炸性基团”，Bretherick 曾将这样的一些原子团整理成表(略)

其中主要是一些键能较低、化学键易打开的原子团，如 $\text{—C}\equiv\text{C—}$ 、 —C—O—O— 、 —CN_2 、 —NF_2 、1, 2 环氧己烷基等。

(二) 易形成过氧化物的化学结构

有些物质放置在空气中能与空气中的氧发生反应，形成不安定的或爆炸性的有机过氧化物。Jackson 等人对其加以收集整理如表 3-2 所示。其结构中的主要特点是具有弱的 C-H 键及易引起附加聚合的双键。

表 3-2 空气中易形成过氧化物的结构

序号	化学结构	化合物类别
1	—CH—O	缩醛类、酯类、环氧
2	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2 \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{C—H} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{—CH}_2 \end{array}$	异丙基化合物, 萘烷类
3	—C=C—CH—	烯丙基化合物
4	—C=CH—X	卤代链烯类
5	—C=CH—	乙烯化合物 (单体、酯、醚类)
6	—C—CH=CH—C—	二烯类

7		乙烯乙炔类
8	$-\text{C}-\text{CH}-\text{Ar}$	异丙基苯类、四氢萘类、苯乙烷类
9	$-\text{C}(\text{H})=\text{O}$	醛类
10		N-烷基酰胺, N-烷基脲, 丙酰胺类, 碱金属类特别是钾, 碱金属的烷基氧及胺物, 有机金属化合物

(三) 混合接触的危险性

有不少危险化学品不仅本身具有易燃易爆的危险。还存在原来单独存放无危险, 而两种 (或两种以上) 物质混合或相互接触时发生反应产生高热而着火、爆炸的现象。很多化学品火灾就是因此而发生的, 具有混合危险性的物质如表 3-3 所示。

表 3-3 具有混合危险的物质对

物质 A	物质 B	危险现象
氧化剂	可燃物	生成爆炸性混合物
氯酸盐	酸	混触发火
亚氯酸盐	酸	混触发火
次氯酸盐	酸	混触发火
三氧化铬 (铬酸肝)	可燃物	混触发火
高锰酸钾	可燃物	混触发火
高锰酸钾	浓硫酸	爆炸

四氯化碳	碱金属	爆炸
硝基化合物	碱	生成高感度物质
亚硝基化合物	碱	生成高感度物质
碱金属 (钠等)	水	混触发火
亚硝酸	酸	混触发火
过氧化氢溶液	胺类	爆炸
醚	空气	生成爆炸性的有机过氧化物
烯烃	空气	生成爆炸性的有机过氧化物
氯酸盐	铵盐	生成爆炸性的铵盐
亚硝酸盐	铵盐	生成不稳定的铵盐
氯酸钾	红磷	生成对冲击、摩擦敏感的爆炸物
乙炔	铜	生成对冲击、摩擦敏感的铜盐
苦味酸	铅	生成对冲击、摩擦敏感的铅盐
浓硝酸	胺类	混触发火
过氧化钠	可燃物	混触发火

混合危险不单单指有混合危险性的物质配伍时的危险，也包括改变混合比例以及混合条件时所发生的危险，因此这是一个比较复杂的问题，应引起注意。

二、化学反应与操作的危险性

(一) 容易发生事故的化学反应

要慎重地对待那些认为有危险性的化学药品和化学反应, 不马虎大意, 不蛮干, 因为很多事故是由于开始时考虑不周而引起的。可能引起事故而又难以预测的化学反应包括以下几个方面:

1. 烃类及其他有机化合物在空气中被氧化时可生成过氧化物中间体或副产物, 由于条件的不同, 特别是有不安定混合物生成时, 有可能喷料或爆炸。

2. 单体聚合时产生聚合热。在一定的控制条件下使单体聚合, 可以得到有用的聚合物。

聚合反应一旦开始, 温度就会上升, 如果事先没有预料而又没有采取快速有效的措施控制温度, 容器则可能由于温度过高而遭到破坏, 物料也会喷出来, 造成爆炸与火灾。

3. 氧化的副反应引起的事故。例如: 在冷却到室温以下的硫酸-硝酸的混酸中, 一边充分地搅拌一边滴加醇液, 则生成相应的硝酸酯。此时所产生的热, 主要是硝化反应热以及由反应中生成水所引起的混酸稀释热, 这种情况下产生的热量并不太大。但是, 通过隔离操作, 若将醇液一下子加到同样的硫硝混酸中, 根据所用醇的种类和数量的不同, 往往会产生爆发性地喷料或爆沸, 其程度也与有无搅拌有关。

4. 热交换用的热介质可以用水、植物油、硅油、高沸点有机溶剂、熔融金属等。如果所用的热介质管道上有孔隙, 反应混合物与热介质即可混合而发生事故。一般来说, 这种事故的几率不大, 因而人们对此往往不怎么注意。然而, 经验告诉我们, 一旦发生事故则会造成很大的损失。

5. 所用装置、管道的材料与化学药品反应可能生成危险物。如乙炔与铜易生成乙炔铜。其受热或受机械的刺激就成为一种敏感的爆炸物, 为此不能用铜管容器来输送、处理、存放乙炔。

6. 用错了化学药品而引起的事故。例如：混入有机物的药品，在加热过程中就会引起放热反应，倘若有问题，就会发生爆炸。一般来说，若在使用的物质中含有氧化剂等危险物时，就应格外仔细地检查所用各种物质是否正确。

7. 泄漏的活性物质与绝热材料接触也可能发生反应而导致事故。

8. 存放在容器中的物料有可能产生气体，积累到一定浓度，超过一定压力就会引起爆炸。

(二) 与危险化学反应有关的操作

在下面的一些操作中，随着活性物质的浓缩，其所含能量相对集中，危险性也就大大增加，必须加以注意的有以下几点：

1. 在工厂以及实验室里进行蒸馏操作容易引起爆炸性火灾事故。蒸馏残渣能使爆炸性物质或不安定物质浓缩，它们往往是由副反应生成的，所以在进行反应产物的蒸馏时一定要慎重，切不可过度地蒸馏残渣。

2. 过滤可使不安定物质得到分离集中，从而处于危险状态。尤其是那些对于摩擦或冲击敏感的物质，在过滤其溶液时不要用玻璃滤器之类的容易产生摩擦热的器具。

3. 很多危险物用惰性溶剂稀释之后是比较安全的，而且在这种状态下长期保存也没有什么问题。但是，这种溶液若洒在布上，待溶剂蒸发变干后，这块布就成了非常易燃的危险物。

4. 粉末过筛时容易产生静电，所以过筛干燥的不安定物质时要特别注意。

5. 用萃取操作来提取危险物时，由于萃取液浓缩，危险物就处于高浓度状态，这时危险性增大。

6. 在结晶操作中，往往可以得到纯的不安定物质。但要注意，由于结晶的条件不同，可能会得到对于摩擦和冲击非常敏感的结晶体。

7. 循环使用反应液能使生产和实验的成本下降，还能使系统处于不污染环境

的封闭状态，但采用反应液再循环方法，有可能造成不安定物质的富集。

8. 在实验室的回流操作中，可能由于突沸或过热将可燃性液体喷出而着火。一般来说使用可燃性溶剂进行回流操作或蒸馏低闪点溶剂时，附近绝对不能有明火或着火源。

9. 在不安定物质的合成反应中，如果搅拌能力差，反应变慢，加进的原料过剩，未反应的部分积蓄在体系中，若再强力搅拌，所积存的物料一起反应，使体系的温度迅速上升，往往会使反应无法控制。

10. 若将不稳定的化合物或混合物升温，有时会引起热爆炸或突发性的反应。例如：在低温下将两种能发生放热反应的液体混合，然后再升温引起反应，这种做法是很危险的。

11. 对泄漏和洒落的问题处理不当也会引起事故。当危险的药品泄漏、洒落或堵塞时，人们首先应想好如何处理的方法。急于收拾复原而忘记它是危险物，往往又会导致二次灾害。

12. 废弃的危险物在销毁操作中也时常会发生事故。在销毁废试剂时，要注意化学反应所引起的能量释放的危险性。

三、危险化学品的防火防爆

(一) 气态危险化学品的防火防爆

气态危险化学品的火灾爆炸危险主要来自那些在常温下以气态存在的易燃气体。易燃气体是指在空气中遇火、受热或与氧化剂接触能燃烧或爆炸的气体，如氧气、乙炔气、石油液化气、城市煤气等。

1. 气态危险化学品的火灾特性和危险性质

(1) 易燃气体的燃烧与液体、固体物质燃烧的区别。

①容易起火燃烧的液体、固体物质要经过蒸发、熔化等过程，才能在气态条件下燃烧，而气体在常温下已具备了燃烧条件，只需外界提供氧化或分解气体物质以

及其加热到燃点的热量，就会引起燃烧，因此，气体比液体和固体物质更易起火燃烧。

②气体燃烧具有两种形式：一是稳定式燃烧，又称扩散燃烧；一是爆炸式燃烧，又称动力燃烧。如果易燃气体与助燃气体的混合是在燃烧过程中进行的，则发生稳定式燃烧。例如，烧气焊的焊炬，就是由于气体扩散的作用而形成的稳定式燃烧。这时可燃气体与氧气的混合是在燃烧过程中进行的，只要控制得好，就不会发生火灾。如果易燃气体与助燃气体的混合是在燃烧以前进行，并且混合气体的浓度在它的爆炸范围以内(即爆炸下限和爆炸上限之间)，遇到着火源则发生爆炸式燃烧。例如，煤矿井下的瓦斯爆炸就属此类。

(2) 可燃气体的其他危险性质。

①化学活泼性：分子结构中有不饱和键的气体具有化学活泼性，在通常情况下，有些气体在互相接触后会发生化学反应而引起燃烧爆炸。例如，乙炔遇氯、氟便会发生爆炸。一般来说，分子结构中的不饱和键越多，火灾爆炸的危险性越大。

②易扩散性：比空气稍轻的可燃气体逸散在空气中，大部分向上部扩散，顺风飘散，集聚的可能性较低。比空气重的易燃气体，特别是液化气体泄漏出来时往往呈雾状沿地面飘浮扩散到较远的地方或聚集于沟渠内、建筑物死角处，长时间聚集不散，一遇到火源就会将火焰传播开来，发生大面积轰燃或爆炸。

③腐蚀性：某些易燃气体具有腐蚀性。如硫化氢、氨等都能腐蚀设备，降低设备的耐压强度，严重时可导致设备漏气，以致引起着火爆炸和中毒。

④带电性：压缩的或液化的易燃气体从管口或破损处高速喷出时能产生静电。其主要原因是气体中含有固体微粒或雾滴杂质，在高速喷出时与喷嘴强烈摩擦而产生静电。气体中所含固体或液体杂质越多，产生的静电越强。如果设备是绝缘材料制成的，或虽是金属材料制成，但没有良好接地，静电就会聚集成很高的电压，高压静电放电产生的电火花，就能点燃易燃气体(如氢气)与空气的混合物而引起爆炸。

⑤毒害性：有一些可燃气体具有毒害性，在运输、储存和使用过程中要特别注意防止中毒。

2. 气态危险化学品的防火防爆措施

(1) 控制热源(着火源)。易燃气体能直接参与燃烧，所以控制热源(着火源)是预防易燃气体着火爆炸的最基本措施。在生产、使用、储存可燃气体的场所，除生产必须用火外，要严禁火种。

(2) 泄漏检查。在生产、使用、储存易燃气体的大、中型场所，应配置可燃气体监控式检漏报警装置。当易燃气体在空气中的浓度超过该气体爆炸下限浓度的25%时，就能自动报警。同时，还应配备便携式检漏报警器，以便用于巡视监测。

许多易燃气体都是无色无气味的，为了增加检查泄漏的机会，通常对一些使用较广泛的燃料气体进行“加臭”。例如，在一般燃料气体、天然气和液化石油气中添加微量的有机硫化物，稍有泄漏就能闻到刺鼻的气味。

(3) 气瓶的安全管理与措施

(二) 液态危险化学品的防火防爆

液态危险化学品的火灾爆炸危险主要来自易燃液体，这类物质大都是有机化合物。其中有很多是属于石油化工产品，常温下极易着火燃烧。

1. 易燃液体的危险特质

(1) 具有高度易燃性。易燃液体非常容易燃烧，其主要原因有：

①由于易燃液体的闪点低，其燃点也低(燃点一般高于闪点约 15°C)，因此接触火源极易着火持续燃烧。

②易燃液体多数是有机化合物，分子组成中含有碳原子和氧原子。容易和氧发生反应而燃烧。

③大多数易燃液体分子量小，沸点低，容易挥发。蒸气压大。由于挥发性大，这些液体液面的蒸气浓度也较大，遇明火或火花极易着火燃烧。

④易燃液体着火所需能量很小，只需要极小能量的火花即可点燃。

⑤易燃液体的蒸气一般比空气重，易沉积在低洼处或地下室内，经久不散，更增加了着火的危险性。

(2) 易燃液体挥发性大。当挥发出来的易燃蒸气与空气混合，其浓度在该易燃液体的爆炸范围之间时，遇明火或火花即引起爆炸。凡是爆炸范围越大，爆炸下限越低的易燃液体它的危险性就越大。

(3) 高度流动扩散性易燃液体的黏度一般都很小。这类物质不仅本身极易流动，还因渗透、浸润及毛细现象等作用，即使容器只有极细微的裂纹，易燃液体也会渗出容器壁外，扩大其表面积，并源源不断地挥发，使空气中易燃蒸气浓度增高，从而增加了着火爆炸的危险性，

(4) 易燃液体的膨胀系数比较大。受热后体积易膨胀，同时其蒸气压亦随之升高，从而使密封容器的内部压力增大，造成“鼓桶”，甚至爆裂。此时如遇火花(在容器爆裂时也可能产生火花)即会引起燃烧爆炸。

(5) 某些易燃液体与氧化剂或有氧化性的酸类(特别是硝酸)接触，能发生剧烈反应而引起着火爆炸。这是因为易燃液体都是有机物，容易氧化，能与氧化剂发生氧化反应并产生大量的热，使温度升高到燃点而引起着火爆炸。例如，松节油遇浓硝酸时便会立即燃烧。

2. 液态危险化学品的防火防爆措施

(1) 使用、储存易燃液体的仓库应该是一、二级耐火建筑，要求通风良好，周围严禁烟火，远离火种、热源、氧化剂及酸类等。夏季应采取隔热降温措施，对于低沸点的乙醚、二硫化碳、石油醚采取取降温冷藏措施。

(2) 使用、储存易燃液体的场所，应根据有关规程标准来选用防爆电器。在装卸和搬运中要轻拿轻放，严禁滚动、摩擦、拖拉等危及安全的操作。作业时禁止使用易产生火花的铁制工具及脚穿带铁钉的鞋。

(3) 易燃液体在灌装时，容器内应留有 5% 以上的空隙，不可灌满，以防止易燃液体受热膨胀而发生燃烧或爆炸事故。

(4) 不得与其他危险化学品混放。实验室内可设危险品柜，将实验室应用的少量瓶装易燃液体按性质分格储存，固体应放在上格，液体放在下格；同一格内不得混放氧化剂、还原剂等性质相抵触的物品(混合危险)。

(5) 绝大多数易燃液体的蒸气具有一定的毒性，会从呼吸道侵入人体而造成危害。应特别注意易燃液体的包装是否完好。

(三) 固态危险化学品的防火防爆

固态危险化学品(不包括已列入爆炸品的物质)通常定义为：受热、摩擦、冲击或与氧化剂接触能发生剧烈化学反应，能引起燃烧，其粉尘具有爆炸性的固态化学品。按其燃烧条件不同，分为易燃固体、自燃物品、遇湿易燃物品。此外，在氧化剂和有机过氧化物的分类中，大部分货物都属于固态的危险化学品。

1. 固态危险化学品的特性

(1) 易燃固体的危险特性。

①易燃性：易燃固体在常温下是固态，当受热后可熔融、蒸发汽化、再分解氧化直至出现火焰燃烧。易燃固体的燃点、熔点，自燃点都是与温度有关的物理因素，是评价易燃固体危险性的重要特征量，燃点越低，固体越易着火，危险性越大。

②分散性：气体、液体都具有流动性，而固体具有可分散性。物质的比表面积越大，和空气中氧的接触机会就越多，氧化作用就越容易，燃烧也就越快。当粒度小于 0.01mm 时，固体物质可悬浮于空气中，这样更充分地、与空气中的氧接触，因而具有爆炸危险，即发生粉尘爆炸。

③热分散性：某些易燃固体受热不熔融，而是发生分解。还有些易燃固体受热后，边熔融、边分解，如硝酸铵(NH_4NO_3)分解往往放出 NH_3 或 NO_2 、 NO 等有毒气体，一般来说，受热分解温度越低的物质，发生火灾爆炸的危险性就越大。

(2) 自燃物品的危险特。

①易氧化：自燃物质本身的化学性质非常活泼，具有很强的还原性，接触空气中的氧，能迅速发生反应而产生大量的热。例如黄磷的自燃点为 34℃，若暴露于空气中。会因氧化发热而易引起自燃。

②易分解：某些自然物质的化学性质很不稳定，在空气中能自行分解，其积蓄的分解热也会引起自燃。如赛璐珞，硝化纤维、硝化甘油等硝酸酯制品，暴露于空气中会发生缓慢分解特别是在受光和潮解作用下会加速分解，若热量积聚，不但能引起自燃，还会因气体急剧膨胀而引起爆炸。

(3) 遇湿易燃物品的危险特性。

这类物质的共性是遇水反应，主要有以下几类：

①活泼的金属如钠、锂、铯等及其氢化物，它们遇水后发生剧烈反应，放出大量的热和氢气，其热量能使氢气自燃爆炸，未来得及反应的金属也随之燃烧、飞溅。

②碳的金属化合物，如碳化钙(电石)、碳化铝等遇水会发生反应，同时放出可燃性气体(乙炔、甲烷)，遇明火会引起燃烧。

③磷化物，如磷化钙、磷化锌等遇水生成磷化氢，其在空气中能自燃，且有毒。

2. 固态危险化学品的防火防爆措施

除了与液态危险化学品的防火防爆措施相同以外，还需特别注意不同类别固态危险化学品要分类存放，并根据其特性准备相应的灭火器材和设施，而且不可误用。

(1) 易燃固体、自燃物品发生火灾爆炸时，一般都可以用水和泡沫扑救。少数易燃固体和自燃物品不能用水和泡沫扑救，如三硫化二磷、铝粉、烷基铝、保险粉等，应根据具体情况选用干砂或不用压力喷射的干粉扑救。

(2) 遇湿易燃物品如金属钾、钠以及三乙基铝(液态)等，由于其发生火灾时的灭火措施特殊，在储存时要求分库或隔离分堆单独储存。这类物品中有一定数量是绝对禁止用水、泡沫、酸碱灭火器等湿性灭火剂来扑救的。

(3) 从灭火角度来看, 氧化剂和有机过氧化物是一个杂类, 既有固体、液体, 又有气体; 既不像遇湿易燃物品那样一概不能用水或泡沫扑救, 也不像易燃固体那样几乎都可以用水和泡沫扑救。有些氧化剂本身不燃, 但遇可燃物品或酸碱却能着火或爆炸。有的可用水(最好雾状水)和泡沫扑救, 有的则不能; 有的不能用二氧化碳扑救; 而酸碱灭火剂则几乎都不适用。

(4) 鉴于以上三类危险固体的特殊性, 应尽量少储存, 并且要即领即用。

(四) 冰箱储藏与防爆改造

1. 问题的提出

用冰箱储藏易燃易爆试剂可以降低溶剂的挥发性, 但由于目前实验室所使用的多数不是防爆冰箱而成为爆炸事故的严重隐患。

我国目前多数冰箱还是使用机械温控器, 它是靠热胀冷缩原理带动电触点来启动冰箱而达到温控目的的, 由于触点带电动作, 瞬间就会产生火花; 同时, 冰箱的照明灯(有可能会爆灯)及开关也是火花源之一。当冰箱中的易燃易爆试剂由于微泄漏而积聚达到一定浓度时, 一旦遭遇电火花就会引起爆炸。

2. 冰箱改造措施

对于不同类型的冰箱, 可采收的措施如下:

(1) 对于有霜冰箱并且是机械温控的, 可实施防爆改造: 将机械式温控器放置于冰箱外部, 拆除箱内照明灯和开关, 改用发光二极管照明(加变压器), 使冰箱内部不可能产生电火花。

(2) 无霜冰箱由于有内置风机、融霜加热而无法改造, 因此仅切断照明电源是无意义的必须改变储藏用途。

(3) 对于电子感应温控的冰箱, 因其无电火花产生, 所以无需改造温控系统, 但必须切断照明电源。

第三节 危险化学品的毒性、腐蚀性及其防护

一、危险化学品的毒性

(一) 常见化学品的毒性分级

我国对职业性接触毒物危害程度分级制定了国家标准(GB5044-85), 根据化学品的急性毒性试验、急性中毒发病状况、慢性中毒患病情况、慢性中毒后果、致癌性和车间最高容许浓度等依据(见表 3-4), 对我国接触的 56 种常见毒性化学品的危害程度进行了分级(见表 3-5)。

表 3-4 职业性接触毒物危害程度依据

指标		分级			
		I (极度危害)	II (高度危害)	III (中度危害)	IV (轻度危害)
危害中毒	吸入 LC50 (mg/cm ³)	<200	200~2000	200~20000	>20000
	经皮 LD50 (mg/kg)	<100	100~500	500~2500	>2500
	经口 LD50 (mg/kg)	<25	25~500	500~5000	>5000
急性中毒发病状况		易发生中毒, 后果严重	可发生中毒	偶可发生中毒	尚无急性中毒, 但有急性影响
慢性中毒患病状况		患病率高 (≥5%)	患病率较高 <5%或	偶有中毒病例发生或症	无慢性中毒而

		症状发生率高 ($\geq 20\%$)	状发生率较高 ($\geq 10\%$)	有慢性影响
慢性中毒后果	脱离后继续进展或不能治愈	脱离接触后, 可基本治愈	脱离后可恢复, 不致严重后果	脱离后可自行恢复, 无不良后果
致癌性	人体致癌物	可疑人体致癌物	实验动物致癌物	无致癌性
最高容许浓度 (mg/m^3)	< 0.1	$0.1 \sim 1.0$	$1.0 \sim 10$	> 10

表 3-5 职业性接触毒物危害程度分级及其行业举例

级别	毒物名称	行业举例
I 级 (极度危害)	汞及其化合物	汞冶炼、汞齐法生成氯碱
	苯	含苯粘胶剂的生产和使用光 (制皮鞋)
	砷及其无机化合物	砷矿开采和冶炼、含砷金属矿 (铜、锡) 的开采和冶炼
	氯乙烯	聚氯乙烯树脂生产
	铬酸盐、重铬酸盐	铬酸盐和重铬酸盐生产

	黄磷	黄磷生产
	铍及其化合物	铍冶炼、铍化合物的制造
	对硫磷	对硫磷生产及储运
	羧基镍	羧基镍制造
	八氟异丁烯	二氟-氯甲烷裂解及其残液处理
	氯甲醚	双氯甲醚、一氯甲醚生产、离子交换树脂制造
	锰及其无机化合物	锰矿开采和冶炼、锰铁和锰钢冶炼、高锰焊条制造
	氰化物	氰化钠制造、有机玻璃制造
II 级 (高度危害)	三硝基甲苯	三硝基甲苯制作和军火加工生产
	铅及其化合物	铅的冶炼、蓄电池制造
	二硫化碳	二硫化碳制作、粘胶纤维制造
	氯	液氯烧碱生产、食盐电解
	丙烯腈	丙烯腈制造、聚丙烯腈制造

	四氯化碳	四氯化碳制造
	硫化氢	硫化染料制造
	甲醛	酚醛和尿醛树脂生产
	苯胺	苯胺生产
	氟化氢	电解铝、五氯酚钠生产
	五氯酚及其钠盐	五氯酚、五氯酚钠生产
	铬及其化合物	铬冶炼、铬化合物的生产
	敌百虫	敌百虫生产、储运
	氯丙烯	环氧氯丙烷制造、丙烯磺酸钠生产
	钒及其化合物	钒铁矿开采和冶炼
	溴甲烷	溴甲烷制造
	硫酸二甲酯	硫酸二甲酯的制造、储运
	金属镍	镍矿的开采和冶炼
	甲苯二异氰酸酯	聚氨酯塑料生产
	环氧氯化烷	环氧氯化烷生产
	砷化氢	含砷有色金属矿的冶炼
	敌敌畏	敌敌畏的生产和储运
	光气	光气制造
	氯丁二烯	氯丁二烯制造、聚合

	一氧化碳	煤气制造、高炉炼铁、 炼焦
	硝基苯	硝基苯生产
III 级 (中度危害)	苯乙烯	苯乙烯制造、玻璃钢制 造
	甲醇	甲醇生产
	硝酸	硝酸制造、储运
	硫酸	硫酸制造、储运
	盐酸	盐酸制造、储运
	甲苯	甲苯制造
	二甲苯	喷漆
	三氯乙烯	三氯乙烯制造、金属清 洗
	二甲基甲酰胺	二甲基甲酰胺制造、顺 丁橡胶的合成
	六氟丙烯	六氟丙烯制造
	苯酚	酚树脂生产、苯酚生产
氮氧化物	硝酸制造	
IV 级 (轻度危害)	溶剂汽油	橡胶制品 (轮胎、胶鞋 等) 生产
	丙酮	丙酮生产
	氢氧化钠	烧碱生产、制造
	四氟乙烯	聚全氟乙烯生产

	氨	氨制造、氮肥生产
--	---	----------

(二) 实验室空气的安全性

化学品的毒性可以通过皮肤吸收、消化道吸收及呼吸道吸收等三种方式对人体健康产生危害。掌握正确的操作方法，避免误接触及误食等能使前两种方式的中毒几率降到最低。而对于通过呼吸道吸收的毒物（也是最广的），由于看不见，摸不着而往往容易对身体造成伤害。因此，一方面应从改进生产、实验等方式(规程)来降低有害物质在空气中的浓度；另一方面，个人对此也应引起重视，该戴防护罩的地方必须戴，不必戴防护罩的地方也应保持空气新鲜，我国于 1979 年发布了车间空气卫生标准(见表 3-6)，规定了毒物的最高容许浓度，由此可以了解些常见化学品的毒性大小，以便引起足够的重视。

表 3-6 车间空气中毒物的最高容许浓度

编号	物质名称	最高容许浓度 (mg/m ³)
(一)	有毒物质	
1	一氧化碳	30
2	一甲胺	5
3	乙醚	500
4	乙腈	3
5	二甲胺	40
6	二甲苯	100
7	二甲基甲酰胺	10
8	二甲基二氯硅烷	2
9	二氧化硫	15
10	二氧化(石西)	0.1
11	二氯丙	5

	醇 (皮)	
12	二硫化 碳 (皮)	10
13	二异氰 酸甲苯 酯	0.2
14	丁烯	100
15	丁二烯	100
16	丁醛	10
17	三乙基 氯化锡 (皮)	0.01
18	三氧化 二砷及 五氧化 砷	0.3
19	三氧化 铬、镉 酸盐、 重铬酸 盐 (换 算成 CrO ₃)	0.05

20	三氯氢 硅	3
21	己内酰 胺	10
22	五氧化 二磷	1
23	五氯酚 及其钠 盐	0.3
24	六六六	0.1
25	丙体六 六六	0.05
26	丙酮	400
27	丙烯腈 (皮)	2
28	丙烯醛	0.3
29	丙烯醇 (皮)	2
30	甲苯	100
31	甲醛	3
32	光气	0.5
	有机磷 化合物	

33	内吸磷 (皮)	0.02
34	对硫磷 (皮)	0.05
35	甲拌磷 (皮)	0.01
36	马拉硫 磷 (皮)	2
37	甲基内 吸磷 (皮)	0.2
38	甲基对 硫磷 (皮)	0.1
39	乐戈 (乐 果) (皮)	1
40	敌百虫 (皮)	1
41	敌敌畏 (皮)	0.3
42	吡啶	4

43	金属汞	0.01
44	升汞	0.1
45	有机汞 化合物 (皮)	0.005
46	松节油	300
47	环氧氯 丙烷 (皮)	1
48	环氧乙 烷	5
49	环己酮	50
50	环己醇	50
51	环己烷	100
52	苯 (皮)	40
53	苯及其 同系物 的一硝 基化合 物 (硝 基苯及 硝基甲 苯等)	5

	(皮)	
54	本及其同系物的二及三硝基化合物 (二硝基苯、三硝基苯等) (皮)	1
55	苯的硝基及二硝基氯化物 (一硝基苯、二硝基苯等) (皮)	1
56	苯胺、甲苯胺、二	5

	甲胺 (皮)	
57	苯乙烯	40
58	五氧化二钒烟	0.1
59	五氧化二钒粉尘	0.5
60	钒铁合金	1
61	苛性碱 (换算成 NaOH)	0.5
62	氟化氢及氟化物 (换算成 F)	1
63	氨	30
64	臭氧	0.3
65	氧化氮 (换算	5

	成 NO ₂)	
66	氧化锌	5
67	氧化镉	0.1
68	砷化氢	0.3
69	铅烟	0.03
70	铅尘	0.05
71	四乙基 铅 (皮)	0.005
72	硫化铅	0.5
73	铍及其 化合物	0.001
74	钼 (可 溶性化 合物)	4
75	钼 (不 容性化 合物)	6
76	黄磷	0.03
77	酚 (皮)	5
78	萘烷、 四氢化 萘	100

79	氰化氢 及氢氰 酸盐 (换算 成 HCN) (皮)	0.3
80	联苯- 联苯醚	7
81	硫化氢	10
82	硫酸及 三氧化 硫	2
83	锆及其 化合物	5
84	锰及其 化合物 (换算 成 MnO ₂)	0.2
85	氯	1
86	氯化氢 及盐酸	15

87	氯苯	50
88	氯萘及 氯联苯 (皮)	1
89	氯化苦	1
90	二氯乙 烷	15
91	三氯乙 烯	30
92	四氯化 碳(皮)	25
93	氯乙烯	30
94	氯丁二 烯(皮)	2
95	溴甲烷 (皮)	1
96	碘甲烷 (皮)	1
97	溶剂汽 油	350
98	滴滴涕	0.3
99	羧基镍	0.001
100	钨及碳	6

	化钨	
101	醋酸甲 酯	100
102	醋酸乙 酯	300
103	醋酸丙 酯	300
104	醋酸丁 酯	300
105	醋酸戊 酯	100
106	甲醇	50
107	丙醇	200
108	丁醇	200
109	戊醇	100
110	糠醛	10
111	磷化氢	0.3
(二)	生产性 粉尘	
1	含有 10%以 上游离 二氧化	2

	硅的粉尘(石英、石英岩等)	
2	石棉粉尘及含有10%以上石棉的粉尘	2
3	含有10%以下游离二氧化硅的滑石粉尘	4
4	含有10%以下游离二氧化硅的水泥粉尘	6
5	含有	10

	10%以下游离二氧化硅的煤尘	
6	铝、氧化铝、铝合金粉尘	4
7	玻璃棉和矿渣棉粉尘	5
8	烟草及茶叶粉尘	3
9	其他粉尘	10

注：有“(皮)”标记者为除经呼吸道吸收外，尚易经皮肤吸收的有毒物质。

二、危险化学品的腐蚀性

(一) 化学腐蚀性物质的分类

凡能腐蚀人体、金属和其他物质的物质，称为腐蚀性物质。按腐蚀性的强弱，腐蚀性物质可分为两级，按其酸碱性及有机物、无机物则可分为八类。

1. 一级无机酸性腐蚀物质。这类物质具有强腐蚀性和酸性。主要是一些具有氧化性的强酸，如氢氟酸、硝酸、硫酸、氯磺酸等。还有遇水能生成强酸的物质，如二氧化氮、二氧化硫、三氧化硫、五氧化二磷等。

2. 一级有机酸性腐蚀物质。具有强腐蚀性及酸性的有机物，如甲酸、氯乙酸、磺酸酰氯、乙酰氯、苯甲酰氯等。

3. 二级无机酸性腐蚀物质。这类物质主要是氧化性较差的强酸，如烟酸、亚硫酸，亚硫酸氢铵，磷酸等，以及与水接触能部分生成酸的物质，如四氧化砷。

4. 二级有机酸性腐蚀物质。主要是一些较弱的有机酸，如乙酸、乙酸酐、丙酸酐等。

5. 无机碱性腐蚀物质。具有强碱性无机腐蚀物质，如氢氧化钠、氯氧化钾，以及与水作用能生成碱性的腐蚀物质，如氧化钙、硫化钠等。

6. 有机碱性腐蚀物质。具有碱性的有机腐蚀物质，主要是有机碱金属化合物和胺类，如二乙醇胺、甲胺、甲醇钠。

7. 其他无机腐蚀物质。这类物质有漂白粉、三氯化碘、溴化硼等。

8. 其他有机腐蚀物质。如甲醛、苯酚、氯乙醛、苯酚钠等。

(二) 化学腐蚀性物质的特性

1. 强烈的腐蚀性

这种性质是腐蚀性物质的共性。它对人体、设备、建筑物、构筑物、车辆船舶的金属结构都有很大的腐蚀和破坏作用。

2. 氧化性

腐蚀性物质如硝酸，浓硫酸、氯磺酸、过氧化氢、漂白粉等，都是氧化性很强的物质，与还原物或有机物接触时会发生强烈的氧化-还原反应，放出大量的热，容易引起燃烧。

3. 遇水发热性

多种腐蚀性物质遇水会放出大量的热，造成液体四处飞溅，致使人体灼伤。

4. 毒害性

许多腐蚀性物质不但本身毒性大，而且会产生有毒蒸汽，如 SO_2 、HF 等。

腐蚀性物质接触人的皮肤、眼睛或进入肺部、食道等会对表皮细胞组织产生破坏作用而造成灼伤，灼伤后常引起炎症，甚至造成死亡。固体腐蚀性物质一般直接灼伤表皮，而液体或气体状态的腐蚀性物质会很快进入人体内部器官，如氢氟酸、烟酸、四氧化二氮等。

5. 燃烧性

许多有机腐蚀性物质不仅本身可燃，而且能挥发出易燃蒸气。

三、危险化学品毒性、腐蚀性的防护

(一) 防护的基础知识

毒害性、腐蚀性是危险化学品的又一重要危险特性。绝大部分危险化

学品均具有毒害性。例如，氯酸钾既是氧化剂，又是剧毒物品；一氧化碳在 GB13690 中被列为易燃气体，同时又具有毒性；甲酸、氢氟酸既是腐蚀品，同时又有毒，也属于毒害品。因此，许多危险化学品既具有易燃、易爆等特性，同时还具有毒害性和腐蚀性。危险化学品的毒害性和腐蚀性对操作人员的危害分别体现在中毒和化学灼伤两个方面，而危险化学品对物体的危害则主要是对设备、建筑等的腐蚀。

1. 毒物的形态

在一般条件下，毒物常以一定的物理形态即固体、液体或气体的形式存在，但在危险化学品的生产、使用、储存等过程中，还可以呈现为粉尘、烟尘、雾、蒸气等形态。

2. 毒物的作用条件

危险化学品的毒性大小或作用特点，与其化学结构、理化性质、剂量(或浓度)、环境条件以及个体敏感性等一系列因素有关。一般米说，空气中毒物的浓度愈高、接触时间过长、防护不严，就越容易造成中毒。

(二) 防毒、防腐蚀措施

1. 加强化学毒性防护教育与管理

(1) 全面了解毒物的性质，有针对性地采取防治手段。要预防化学中毒，首先必须掌握在实验、生产过程中存在的毒物的种类、物质、来源、泄漏及散发的条件然后选择防护手段。

(2) 健全组织，加强管理，严格执行规章制度和安全操作规程。违章操作、违章检修、设备缺陷或维护不当、不重视防护是发生化学中毒，尤其是急性中毒的重要原因。

(3) 加强宣传教育, 普及防毒知识提高自救能力。通过宣传教育, 提高师生对化学安全工作重要性的认识, 了解防治常识, 提高自救互救能力。

2. 防毒措施

(1) 改革工艺或实验路线, 消除或改造毒源。在选择工艺路线时, 尽量以无毒、低毒物质代替有毒、高毒物质进行实验、生产。自动化、密闭化、管道化、连续化的实验、生产过程可以减少人与毒物的接触机会和毒物泄漏现象。

(2) 保持空气新鲜。通风排毒措施可分为两大类, 即自然通风和机械通风。一般要求是保证实验、生产场所有良好的气象条件和足够的换气量。环境中的有害物质浓度不得超过最高容许浓度。

正确使用通风柜、换气扇等设施, 防止进风口与出风口短路。另外, 对于刚装修好的房间或空调房间, 一定要经常或定时换气, 防止有毒气体的浓度上升, 危害身体。

(3) 采取个人防护措施。在其他技术措施不能从根本上防毒时, 必须采取个人防护措施。其作用是隔离和屏蔽(如防护服、口罩、鞋帽、防护面罩、防护手套、防音器等)及吸收过滤(如防护眼镜、呼吸防护器等)有毒物质。选用合适的防护用品, 可以减轻受毒物影响的程度, 起到一定的保护作用。

养成良好的卫生习惯也是消除和降低化学品毒害的自救方法。保持个人卫生, 就可以防止有毒化学品附着在皮肤上, 防止有害物质通过皮肤、口腔、消化道侵入人体。例如, 禁止在有毒作业场所吃饭、饮水、吸烟, 饭前洗手漱口, 勤洗澡, 定期清洗工作服等。

3. 防腐蚀措施

(1) 存放腐蚀性物品时应避开易被腐蚀的物品, 注意其容器的密封性, 并保持实验室内部的通风。

(2) 产生腐蚀性挥发气体的实验室, 应有良好的局部通风或全室通风, 且远离有精密仪器设备的实验室。应将使用腐蚀性物品的实验室设在高层, 以使腐蚀性挥发气体向上扩散。

(3) 装有腐蚀性物品的容器必须采用耐腐蚀的材料制作。例如, 不能用铁质容器存放酸液, 不能用玻璃器皿存放浓碱液等。使用腐蚀性物品时, 要仔细小心, 严格按照操作规程, 在通风柜内操作。

(4) 酸、碱废液, 不能直接倒入下水道, 应经过处理达到安全标准后才能排放。应经常检查, 定期维修更换腐蚀性气体、液体流经的管道、阀门。

(5) 搬运、使用腐蚀性物品要穿戴好个人防护用品。若不慎将酸或碱溅到皮肤或衣服上, 可用大量水冲洗。

(6) 对散布有酸、碱气体的房间内的易被腐蚀器材, 要设置专门防腐罩或采取其他防护措施, 以保证器材不被侵蚀。

第四节 剧毒品的管理

一、加强剧毒品管理的重要性

实验室是学校开展人才培养和科学研究的必备场所, 实验室的安全管理, 尤其是剧毒品的安全管理对于整个高校的安全和稳定至关重要。许多高校由于学科设置多, 涉及剧毒品使用的实验室也多, 每年需要使用种类繁多的剧毒物品。与此同时, 高校实验室又具有使用频繁, 人员集中且流

动性大的特点。这些情况充分表明了高校实验室安全状况的复杂性和加强实验室剧毒物品安全管理的重要性，如果在购买、储存、转运、使用等环节中管理不善，一旦出了问题，就会给国家和人民群众造成不可估量的损失。所以，对于剧毒品的安全管理，从学校领导、职能部门到相关的师生员工都必须高度重视，严格按照相关规章制度办事，把安全工作抓紧抓好。

二、剧毒品的采购管理

高校剧毒品管理的重点是采购管理、使用管理。学校应成立由保卫处、实验室处(或设备处)或采购中心等职能部门牵头的管理机构，统一领导，分工协作。保卫处负责学校申购剧毒品的审批、储存和使用全过程的监管；实验室处(或设备处)或采购中心负责制定剧毒品的管理办法、剧毒品使用人的培训计划，以及实验室对剧毒品的领用、保管和使用过程的监管；各实验室应有专门人员负责本实验室剧毒品的申购、使用与保管。要形成严密的校内剧毒品管理网，以确保安全。剧毒品的购买规定如下：

(一) 由采购人(必须是教职工)根据实验室需要认真填写《剧毒品申购审批单》，双人签字。一式两份。由所在学院(系)签字盖章，再报保卫处审核，最后由校采购中心或物资供应部门统一向当地公安局申请，持准购证到公安机关指定的销售单位购买。

(二) 领用剧毒品应由两人(其中一人必须是教职工)共同持《剧毒品申领审批单》去供应部门库房领取，单独一人不能领取。

(三) 剧毒品的领用必须按照“谁领用谁负责”的原则进行管理。使用剧毒品的实验室要指定两个专门人员(其中一人必须是教职工)对剧毒品使用的全过程负责。

(四) 未经保卫处审核、公安机关批准，任何单位和个人都不准通过私人等关系非法购买或接受、赠送剧毒品。持有、使用剧毒物品的单位和个人，均不得将剧毒品私自出售、转让或赠送他人。

三、剧毒品的储存管理

(一) 剧毒品的储存和保管不能开架存放，均应保存在保险柜内，并应有明显的“剧毒”标志。性质相抵触的剧毒物品不能同柜存放，具有腐蚀性的或需要低温保存的剧毒品需单独存放，严禁在楼道里放置剧毒品和剧毒品柜。对于性质不稳定，容易分解变质、散发毒气的剧毒品，要经常检查，发现问题要及时处理。

(二) 必须坚持双人保管，双人收发，双人使用，双人运输，双人双锁的“五双”制度，使用人员和保管人员应具有相应的安全知识和技能，经过培训合格后才可上岗。

(三) 对剧毒品的品种、数量要进行核查、登记，做到账目清楚，账物相符。

(四) 设置专、兼职人员，严格执行剧毒品的保管、收发、领取等管理制度。

(五) 各实验室根据需要，精确计算用量，尽可能做到当天领用当天用完。

(六) 剧毒物品购买后应及时入库，不得暂存他处，并且必须经过称量、登记后方可入库。

(七) 剧毒品的瓶签要有鲜明、醒目的骷髅架的标签，以防混淆。

四、剧毒品的使用管理

(一) 各学院、各单位的第一把手是剧毒品安全管理的第一负责人。各实验室主任是该室剧毒品安全负责人，对本室安全保管、使用剧毒品负责。

(二) 剧毒品须由经过相关业务培训的人员使用，使用人员要了解所接触剧毒品的性质、特点和安全防护方法。

(三) 使用单位应具有可靠的安全设施、防护设备及防护用具。

(四) 使用单位须结合自身的具体情况，建立健全安全操作规程和各种安全规章制度，剧毒品消耗必须严格记录，做到账物相符、

(五) 要妥善保管防护用具和盛装研磨、搅拌剧毒物品的专用工具，不得挪作他用，不得乱扔乱放。

(六) 建立危险品库(保险柜)，严格领取、清退制度。剧毒物品要经批准后随用随领，领取数量不得超过当天使用量，剩余的要及时退回给保管人员，禁止开架存放，严禁使用场所私设“小仓库”。

(七) 不得自行处理和排放剧毒物品的废渣、废液、废包装等。须妥善保管，最后要通过公安机关到指定的单位对其进行处理。

(八) 与外单位协作项目使用剧毒物品的，应向保卫处申报备案并接受检查。

五、剧毒气体的使用规定

(一) 使用场所要配备防毒面具和其他防护用具。

(二) 使用中禁止敲击、碰撞气瓶。

(三) 瓶阀被冻结时，不得用火烘烤，应该用热水浇开；开瓶时，人

要站在出气口侧面。

(四) 气瓶不要靠近热源，夏季要防止日光曝晒。

(五) 气瓶不得用电磁起重机搬运。

(六) 瓶内气体不得用尽，必须留有剩余压力。

(七) 盛装易聚合气体的气瓶，不得放置于有放射线的场所。

第五节 废弃物处置与排污管理

一、高浓度液体，固体废弃物

(一) 应尽可能回收利用危险化学品使用过程中所产生的废气、废液、废渣和粉尘。各学院、使用单位须指定专人负责收集、存放、监督、检查有毒、有害废液以及废弃固体的管理工作。

(二) 实验产生的废液、废弃固体物质，不能直接倒入下水道或普通垃圾桶。高浓度的无机废酸废碱液需经中和、分解破坏等处理，确认安全后，方能倒入密闭废液缸，然后按下述第(三)条处置。

(三) 对实验使用后多余的、新产生的或失效(包括标签丢失、模糊)的危险化学品，严禁乱倒乱丢。实验室负责将各类废弃物品分类包装(不要将有混合危险的物质放在一起)，贴好标签后送学校规定的废弃化学物品储存(回收)点暂存。储存(回收)点附近严禁明火。

(四) 委托具有处理资质的单位对废弃化学品进行销毁处理。应注意要及时清理，不能大量囤积。

(五) 销毁处理剧毒物品必须集中收缴、储存，并经公安、环保等有关部门同意后，采取严密措施，统一处置。

二、低浓度废水的排放

在实验过程中会产生一定量的有机或无机废水，对于低浓度的洗涤废水和无害废水可通过下水道进入废水处理系统，但其有害物质的浓度不得超过国家和环保部门规定的排放标准。

根据 GB8978-1996《污水综合排放标准》，第一类、第二类污染物的排放标准分别如表 3—7 和表 3 8 所示。

表 3-7 第一类污染物最高允许排放浓度（单位：mg/L）

序号	污染物	最高允许排放浓度
1	总汞	0.05
2	烷基汞	不得检出
3	总镉	0.1
4	总铬	1.5
5	六价铬	0.5
6	总砷	0.5
7	总铅	1.0
8	总镍	1.0
9	苯并 (a) 芘	0.00003
10	总铍	0.005
11	总银	0.5
12	总 α 放射性	1Bq/L
13	总 β 放射性	10Bq/L

表 3-8 第二类污染物最高允许排放浓度 (单位: mg/L)

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色度(稀释倍数)	一切排污单位	50	80	-
3	悬浮物 (SS)	采矿、选矿、选煤工业	70	300	-
		脉金选矿	70	400	-
		边远地区砂金选矿	70	800	-
		城镇二级污水处理厂	20	30	-
		其他排污单位	70	150	400
4	五类生化需氧量 (BOD5)	甘蔗制糖、酒精、味精、皮革、维板、燃料、洗毛工业	20	60	600
		甜菜制糖、酒精、味精、皮革、化纤浆粕工业	20	100	600
		城镇二级污水处理厂	20	30	-
		其他排污单位	20	30	300

5	化学需氧量 (COD)	甜菜制糖、合成脂肪酸、湿法纤维板、燃料、洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原料药、生物制药、芝麻脱胶、皮革、化纤浆粕工业	100	300	1000
		石油化工工业 (包括石油炼制)	60	120	-
		城镇二级污水处理厂	60	120	500
		其他排污单位	100	150	500
6	石油类	一切排污单位	5	10	20
7	动植物油	一切排污单位	10	15	100
8	挥发酚	一切排污单位	0.5	0.5	2.0
9	总氰化合物	一切排污单位	0.3	0.5	1.0
10	硫化物	一切排污单位	1.0	1.0	1.0
11	氨氮	医药原料药、燃料、石油化工工业	15	50	-
		其他排污单位	15	50	-
12	氟化物	黄磷工业	10	15	20

		低氟地区 (水体含氟量 <0.5mg/L)	10	20	30
		其他排污单位	10	10	20
13	磷酸盐 (以 P 计)	一切排污单位	0.5	1.0	-
14	甲醛	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
15	苯胺类	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
16	硝基苯类	一切排污单位	2.0	3.0	5.0
17	阴离子表面活性剂 (LAS)	一切排污单位	5.0	10	20
18	总铜	一切排污单位	0.5	1.0	2.0
19	总锌	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
20	总锰	合成脂肪酸工业	2.0	5.0	5.0
		其他排污单位	2.0	2.0	5.0
21	彩色显影剂	电影洗片	1.0	2.0	3.0
22	显影剂及氧化物总量	电影洗片	3.0	3.0	6.0
23	元素磷	一切排污单位	0.1	0.1	0.3
24	有机磷农药 (以 P 计)	一切排污单位	不得检出	0.5	0.5
25	乐果	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0

			出		
26	对硫磷	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
27	甲基对硫磷	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
28	马拉硫磷	一切排污单位	不得检出	5.0	10
29	五氯酚及无氯酚钠(以五氯酚计算)	一切排污单位	5.0	8.0	10
30	可吸附有机卤化物(AOX) (以C l 计算)	一切排污单位	1.0	5.0	8.0
31	三氯甲烷	一切排污单位	0.3	0.6	1.0
32	四氯化碳	一切排污单位	0.03	0.06	0.5
33	三氯乙烯	一切排污单位	0.3	0.6	1.0
34	四氯乙烯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
35	苯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
36	甲苯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
37	乙苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
38	邻-二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0

39	对-二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
40	间-二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
41	氯苯	一切排污单位	0.2	0.4	1.0
42	邻-二氯苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
43	对-二氯苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
44	对-硝基氯苯	一切排污单位	0.5	1.0	5.0
45	2,4-二硝基 氯苯	一切排污单位	0.5	1.0	5.0
46	苯酚	一切排污单位	0.3	0.4	1.0
47	间-甲酚	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
48	2,4-二氯酚	一切排污单位	0.6	0.8	1.0
49	2,4,6-三氯 酚	一切排污单位	0.6	0.8	1.0
50	邻苯二甲酸 二丁脂	一切排污单位	0.2	0.4	2.0
51	邻苯二甲酸 二辛脂	一切排污单位	0.3	0.6	2.0
52	丙烯腈	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
53	总硒	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
54	粪大肠杆菌	医院、兽医院及医 疗机构含病原体污 水	500 个/L	1000 个 /L	5000 个 /L

		传染病、结核病医院污水	100 个/L	500 个/L	1000 个/L
55	总余氯(采用氯化消毒的医院污水)	医院、兽医院及医疗机构含病原体污水	<0.5	> 3 (接触时间≥1h)	> 2 (接触时间≥1h)
		传染病、结核病医院污水	<0.5	> 6.5 (接触时间≥1.5 h)	> 5 (接触时间≥1.5h)
56	总有机碳 (TOC)	合成脂肪酸工业	20	40	-
		苈麻脱胶工业	20	60	-
		其他排污单位	20	30	-

注：1 排入 GB3838III 类水域（划定的保护区和游泳区除外）和排入 GB3097 中二类海域的污水，执行一级标准。

2 排入 GB3838 中 IV、V 类水域和排入 GB3097 中三类海域的污水，执行二级标准。

3 排入设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，执行三级标准。

4 排入未设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，必须根据排水系统出水接纳水域的功能要求，分别执行 1 和 2 的规定。

三、废气处理

实验产生的废气应达到国家相关排放标准后才能排入大气，不能达标的应采取中和、吸收等适当措施，处理达标后排放。根据 GB16297-1996

《大气污染物综合排放标准》，对于已有的污染源和新建污染源，分别制定了控制标准，其中新建污染源的大气污染排放标准如表 3-9 所示。

表 3-9 新建污染大气污染物排放限值 (1997 年 1 月 1 日后建设的项目)

序号	污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)
1	二氧化硫	960 (硫、二氧化硫、硫酸和其他含硫化物生产)
		550 (硫、二氧化硫、硫酸和其他含硫化物使用)
2	氮氧化物	1400 (硝酸、氮肥和火炸药生产)
		240 (硝酸使用和其他)
3	颗粒物	18 (碳黑尘、燃料尘), 60 (玻璃棉尘、石英粉尘、矿渣棉尘), 120 (其他)
4	氟化氢	100
5	铬酸物	0.070
6	硫酸雾	430 (火炸药厂), 45 (其他)
7	氟化物	90 (普钙工业)、9.0 (其他)
8	氯气	65
9	铅及其化合物	0.70
10	汞及其化合物	0.012
11	镉及其化合物	0.85
12	铍及其化合物	0.012
13	镍及其化合物	4.3

14	锡及其化合物	8.5
15	苯	12
16	甲苯	40
17	二甲苯	70
18	酚类	100
19	甲醛	25
20	乙醛	125
21	丙烯腈	22
22	丙烯醛	16
23	氰化氢	1.9
24	甲醇	190
25	苯胺类	20
26	氯苯类	60
27	硝基苯类	16
28	氯乙烯	36
29	苯并 (a) 芘	0.30×10 ³ (沥青及碳素制品生产和加工)
30	光气	3.0
31	沥青烟	140 (吹制沥青), 40 (熔炼、浸涂), 75 (建筑搅拌)
32	石棉尘	1 根纤维/cm ³ 或 10mg/m ³
33	非甲烷总烃	120 (使用溶剂汽油或其他混合烃类物质)

注：排放氯气、氰化氢、光气的排气筒不得低于 25 米。

四、EB 的处理

EB 的处理主要有以下几种方法：

(一) 方法一

1. 用水稀释到 0.5 mg / ml 以下，加 1 体积 0.5 M KMnO_4 。
2. 加 1 体积 2.5 N HCl，室温放置几小时。
3. 加 1 体积 2.5 N NaOH，倒掉。

(二) 方法二

用水稀释到 0.5 mg / ml 以下，加等体积的漂白粉，搅拌 4 小时，静置 4 天，用 NaOH 调至 pH4-9，倒入排水沟的同时用大量水冲。

(三) 方法三

用水稀释到 0.5 mg / ml 以下，加 12ml0.5M 的 NaNO_3 ，搅拌并静置 20 小时，用 NaOH 调至 pH4-9，倒入排水沟的同时用大量水冲。

(四) 方法四 (凝胶)

凝胶中的 EB 如果小于 0.1% (一般实验室凝胶都在此浓度以下)，可以直接扔掉。如果发红，即大于等于 0.1%，应该放在生物危害柜中焚烧掉。

(五) 方法五

吸头、离心管、手套等 EB 污染物，用焚烧法处理。

第四章 电气安全防护

实验室离不开用电，必须重视用电的安全。掌握电气事故的特点和分类，对做好实验室电气安全工作具有重要的意义。

本章将简要介绍实验室电气安全技术的基础知识以及相关的防护措施。

第一节 电气事故的类型与特点

电气事故按产生的源头分类，可分为自然事故和人为事故。自然事故如雷击、静电等；人为事故主要是各种电气系统和设备产生的。如电击、电弧、电气火灾等，根据电能的不同作用形式，可将电气事故分为触电事故、静电事故、雷电事故、电磁辐射事故、电气火灾和爆炸事故等。

一、电气事故的类型

按照事故基本原因分类。电气事故可分为以下几类。

（一）触电事故

触电事故是指电流的能量直接或间接作用于人体所造成的伤害。当人体接触带电体时，电流会对人体造成不同程度的伤害。即发生触电事故。触电事故可分为电击和电伤两类。

1. 电击

电击是指电流通过人体时所造成的身体内部伤害。它会破坏人的心脏、中枢神经系统和肺部的正常工作，使人出现到痉挛、窒息、心颤、心脏骤停等症状，甚至危及生命。在低压系统通电电流不大、通电时间不长的情况下，电流引起人体的心室颤动是电击致死的主要原因。

触电事故通常是指电击事故，绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。电击是全身伤害，但一般不在人体表面留下大面积明显的伤痕。

电击又分为直接电击和间接电击。直接电击是指人体直接接触及正常运行的带电体所发生的电击。间接电击则是指电气设备发生故障后，人体触及意外带电部位所发生的电击。

2. 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害，包括电能转化成热能造成的电弧烧伤、灼伤和电能转化成化学能或机械能造成的电印记、皮肤金属化及机械损伤、电光眼等。电伤可伤及人体内部，但多见于人体表面。电伤多数是局部性伤害，在人身表面留有明显的伤痕。

(1) 电弧烧伤

又称为电灼伤，是当电气设备的电压较高时产生的强烈电弧或电火花烧伤人体，甚至击穿人体的某一部位。电弧电流直接通过内部组织或器官，造成深部组织烧死，一些部位或四肢烧焦，是电伤中最常见也是最严重的一种。电弧烧伤的具体症状是皮肤发红、起泡，甚至皮肉组织破坏或被烧焦。

电弧烧伤通常发生在：低压系统带负电荷拉开裸露的闸刀开关时；实验室线路发生短路或误操作引起短路时；开启式熔断时炽热的金属微粒飞溅出来时；高压系统因误操作产生强烈电弧时(可导致严重烧伤)；人体过分接近带电体(间距小于安全距离或放电距离)而产生强烈电弧时(可造成严重烧伤而致死)。

(2) 电标志

电标志，也称电流痕记或电印记。它是指电流通过人体后在接触部位留下的青色或浅黄色斑痕处皮肤变硬，失去原有弹性和色泽，表层坏死，失去知觉。

(3) 电灼伤

电灼伤又叫电流灼伤，是人体与带电体直接接触。电流通过人体时产

生热效应的结果。

(4) 皮肤金属化

皮肤金属化是指由于电流或电弧作用产生的金属微粒渗入了人体皮肤造成的，受伤部位变得粗糙坚硬并呈特殊颜色(多为青黑色或褐红色)。皮肤金属化常发生在带负荷拉断路器或闸刀开关所形成的弧光短路的情况下。此时。被熔化了了的金属微粒到处飞溅，如果撞击到人体裸露部分，则渗入皮肤上层，形成皮肤表面粗糙的灼伤。

(5) 电光眼

电光眼是指眼球外膜(角膜或结膜)发炎。引起电光眼的原因是在弧光放电时，眼睛受到紫外线或红外线照射，4~8h后发作，眼睑皮肤红肿，结膜发炎，严重的时角膜透明度受到破坏，瞳孔收缩。

(6) 机械损伤

机械损伤是指电流通过人体时产生的机械电动力效应，使肌肉发生不由自主的剧烈抽搐性收缩。致使肌腱、皮肤、血管及神经组织断裂。甚至使关节脱位或骨折。

在很多情况下，电击和电伤，往往是同时发生的，但大多数触电死亡是由于电击造成的。

(二) 雷电和静电事故

雷电和静电都是局部范围内暂时失去平衡的正电荷和负电荷。这些电荷的能量释放出来就可能造成事故。雷电是大气电。是由人自然的力量分离和积累的电荷。雷电放电具有电流大、电压高等特点，有极大的破坏力。雷击除可能毁坏设施和设备外，还可能直接伤及人、畜。甚至引起火灾和

爆炸。建筑物和构筑物，特别是具有爆炸和火灾危险的建筑物和构筑物、发电厂、电力线路、变电站和实验室，以及个人都必须考虑防雷措施。

静电一般指生产或实验过程中由于某些材料的相对运动、分离和积累起来的正电荷和负电荷。这些电荷周围的场中储存的能量不大，不会直接使人致死。但是，静电电压可能高达数万乃至数十万伏，可能在现场发生放电，产生静电火花。在火灾和爆炸危险场所，尤其是在石油、化工、粉末加工、橡胶、塑料等行业及相关实验室，静电火花是个十分危险的因素，同时，它会破坏很多实验仪器设备，使其失灵或损坏。造成重大损失。

（三）射频伤害事故

射频即发射频率，泛指 100kHz 以上的频率。射频伤害表现为感应放电。高大金属构架接收电磁波以后，可能发生谐振，产生较高的感应电压，可能给人以明显的电击，还可能与邻近的接地导体之间发生火花放电。这对于有爆炸性混合物的实验室场所是个十分危险的因素。

除高频伤害外，超高压的高强度工频电磁场对人体也有类似的伤害作用。

（四）电路故障事故

电路故障是由电能的传递、分配、转换失去控制造成的，如断线、短路、接地、漏电、误跳闸、电气设备或电气元件损坏等。电气线路或电气设备故障可能影响到人身安全。异常停电也可能影响到人身安全，如实验室内排放有毒气体的风机停电，可能导致室内有毒气体含量超过最高容许浓度，造成伤亡事故。

以上介绍了四类电气事故，其中触电事故是实验室电气事故中最为常

见的一种。应当指出的是，电气事故还会引起电气火灾和爆炸造成更大范围的损失。

二、电气事故的特点

(一) 抽象性

由于电具有看不见、听不见、嗅不着的特性。比较抽象，其潜在危险不易为人们所察觉。

如果电气设备的绝缘被破坏。当有电压加在设备上时。凭人的感觉无法判断设备外壳是否带电极易造成触电事故。

(二) 广泛性

电气事故可以由多种因素造成，如电击、雷电、静电等。就电击而言，有因设备而发生的电击，有因带电体接触到电气装置以外的导体(如水管等)而发生的电击，还有因断线造成设备外壳带电而发生的电击，这使得对于电气事故的防护十分困难和复杂。

(三) 作用时间长短不一 (复杂性)

电气事故短者如雷电过程，持续时间仅为微秒级；长者如导线时间的间歇性电弧短路。通常要持续数分钟至数小时才会引起火灾，电气设备的轻度过载，持续时间可以达若干年，使绝缘的寿命缩短，最终导致因绝缘损坏而产生漏电，短路或火灾。对不同持续时间的电气危害，其保护设施的相应速度和方式也应有所不同。

三、电气安全的常识

(一) 电压常识

安全电压：安全电压是为了防止触电事故而采用由特定电源供电的电

压系列。根据环境、人员和使用方式。我国规定安全电压是 42V、36V、24V、12V 和 6V 5 种。常用安全电压是 36V、12V。

高压：凡对地电压在 250V 及以上的为高压。在交流系统中。1 kV、3kV、6kV、10kV、30kV 等都属于高压，在直流系统中 500V 即为高压。

低压：凡对地电压在 250V 及以下的为低压。交流系统总的 220V、110V 和三相四线制的 380 / 220V 及 220/110V 中性点接地系统均为低压。

（二）额定功率与峰值功率

额定功率是指电源在稳定、持续工作状态下所能承受的最大负载。比如。电源的额定功率是 300W，其含义是每天 24 小时、每年 365 天持续工作时。所有负载之和不能超过 300W。额定功率代表了一台电源真正的负载能力。

峰值功率是瞬间或者几分钟能承受的负载，不代表真正的负载能力。现在很多厂商不标明额定功率，只标明峰值功率(有的也说“最大功率”)。实际上是在误导用户。

（三）正确使用插座

在电源插座上均标明有额定电压与额定电流，两者乘积即为额定功率。假若在使用多联电源插座时，插了多种电器就应仔细计算下所插电器的总功率是否超过了多联插座允许的额定功率，如果计算所得的总功率比插座的额定功率低。使用就安全；相反。就不安全。电流通过金属导体时，金属导体会升温，通过导体的电流愈大，热效应愈高，发热量也愈大。当多种电器的电流通过多联插座时，电流愈大，其热效应愈高。超过额定值后就会烧毁电线和插座。严重时就会引起火灾。所以。使用电源插座时切记

不要“小马拉大车”。

(四) 绝缘与接地

绝缘：利用不导电的物质将带电体隔离或包裹起来，防止触电的措施，称为绝缘。绝缘通常分为：气体绝缘、液体绝缘和固体绝缘。

接地：就是把在正常情况下不带电、在故障情况下可能呈现危险的相对地电压的金属部分同大地紧密地连接起来，把设备上的故障电压、限制在安全范围内的安全措施。

(五) 漏电保护器和空气开关

漏电保护器用于防止因接触而引起的单相触电事故和因电气设备漏电而造成的电气火灾爆炸事故，有的漏电保护器还具有过载保护、过电压和欠电压保护、缺相保护等功能。

空气开关：也叫断路器，在电路中起接通、分断和承载额定工作电流等作用并能在线路发生过载、短路、欠压的情况下进行可靠地保护。空气开关的动、静触头及触杆设计成平行状，利用短路产生的电动斥力使动、静触头断开，分断能力强，限流特性可靠。

(六) 合理布线

在实验室建设中。应注意强弱电线系统的合理布线，相线、零线、保护接地(零)线应选用不同颜色暗线应穿 PVC 阻燃管。保护接零线要牢固地接在保护干线上，严禁将单相三孔插座的接地线与零线直接连起来，以防使用中零线开路时造成电器外壳带电伤人。电气线路敷设及电器安装必须符合安全规定。不得乱托、乱接电线，不得使用不合格的保险装置等电器产品，不得超负荷用电。

第二节 触电安全防护

在电流对人体的伤害中，触电事故最为基本。事实证明发生触电事故时。电流比电压对人体的效应更具有直接性。触电与其他一些伤害不同。触电伤害往往发生在瞬息之间，人体受到电击后。防卫能力迅速降低。自救可能性极小。

一、电流作用机理和征象

电流通过人体时破坏人体内细胞的正常工作，主要表现为生物学效应。电流的生物学效应主要是使人体产生刺激和兴奋行为。使人体活的组织发生变异。从一种状态变为另外一种状态，电流通过肌肉组织。引起肌肉收缩。电流对肌体除直接起作用外，还可能通过中枢神经系统起作用。由于电流引起细胞激动。产生脉冲形式的神经兴奋波。当兴奋波迅速地传到中枢神经系统后，后者立即发出不同的指令。使人体各部出相应的反应。因此，当人体触及带电体时，一些没有电流通过的部位也可能受到刺激，发生强烈的反应，重要器官的工作可能受到破坏。

二、影响电流对人体伤害程度的因素

大量的动物试骑及触电事故案例分析表明：当电流通过人体内部时，其对人体伤害的严重程度与通过人体的电流的大小、通电时间、电流途径、人体电阻及人体状况等多种因素有关，而各因素之间又有着十分密切的联系

(一) 电流大小

通过人体的电流越大。生理反应越明显，人体感觉越强烈。致命的危险性就越大。根据人体对电流的生理反应。可将触电电流划分为感知电流、

摆脱电流和致命电流三级。

1. 感知电流。引起人体感觉的最小电流称感知电流。人体对电流最初的感觉是轻微的发麻和刺痛，成年男性的平均感知电流约为 1.1mA，成年女性的平均感知电流约为 0.7mA。

2. 摆脱电流。摆脱电流是指人触电后能自行摆脱带电体的最大电流，成年男性平均摆脱电流为 1.6mA，成年女性平均摆脱电流约为 1.5mA。

3. 致命电流。致命电流是指在较短时间内会危及生命的最小电流。

(二) 通电时间

通电时间越长，越容易引起心室颤动，电击危险性也越大。

(三) 电流途径

电流作用于人体，没有绝对安全的途径。从左手到胸部，电流途径短，是最危险的电流途径；从手到手，电流也途经心脏，因此也是很危险的电流途径；从脚到脚的电流是危险性较小的电流途径，但可能因痉挛而摔倒，导致电流通过全身或摔伤、坠落等二次事故。

(四) 人体状况

不同的人体条件，不同的人对电流的敏感程度，以及不同的人在遭受同样电流的电击时其危险程度都不完全相同。

三、触电防护

(一) 直接接触的防护

直接接触的防护措施主要有绝缘、屏护与间距、电气安全用具等三项措施。

1. 绝缘

所谓绝缘，是指用绝缘材料把带电体封闭起来。借以隔离带电体或不同电位的导体-使电流能按一定的通路流通的技术措施。良好的绝缘既是保证设备和线路正常运行的必要条件，也是防止人体触及带电体的基本措施。

(1) 绝缘的击穿。绝缘物在强电场等因素作用下，完全失去绝缘性能的现象称为绝缘的击穿。

(2) 绝缘老化。电气设备的绝缘材料在运行过程中，由于各种因素的长期作用，会发生一系列的物理、化学变化，从而导致其电气性能和机械性能的逐渐劣化。这一现象称为绝缘老化。一般在低压电气设备中，绝缘老化主要是热老化。

2. 屏护与间距

所谓屏护，就是采用遮栏、护罩、护盖、箱(匣)等将带电体同外界隔绝开来的技术措施。配电线路和电气设备的带电部分如果不便于绝缘材料或者单靠绝缘不足以保证安全时，可采用屏护保护。此外，对于高压电气设备，无论是否有绝缘，均应采取屏护或其他防止接近的措施。屏护装置既有永久性装置，如配电箱、遮栏、电气开关的罩盖等。也有临时性屏护装置，如实验室检修工作中使用的临时性屏护装置。既有固定屏护装置，如母线的护网，也有移动屏护装置，如跟随天车移动的天车滑线屏护装置。为了防止人体接近带电体，必须保持足够的检修间距。在低压操作中。人体或其所携带工具等与带电体的距离应不小于0.1米。

3. 电气安全用具

电气安全用具是防止触电、坠落、灼伤等工伤事故，保障工作人员安全的各种电工安全用具。它主要包括绝缘安全用具、电压和电流指示器、

登高安全用具、检修工作中的临时接地线、遮栏和标志牌等。

(1) 绝缘安全用具

绝缘安全用具按电压等级可分为 1 000V 以上和 1 000V 以下两类，按用途可分为基本安全用具和辅助安全用具。基本安全用具是指可以直接接触带电部分，能够长时间可靠的承受设备工作电压用具，如绝缘杆、绝缘夹钳等。辅助安全用具是指用来进一步加强基本安全用具的可靠性和防止触电压及跨步电压危险的用具，如绝缘手套、绝缘靴、绝缘垫和绝缘站台，均为使人与地面及带电部分相互绝缘的辅助安全用具。

(2) 携带式电压和电流指示器

携带式电压指示器是用来检查设备是否带电的用具。当电力设备在断开电源后要进行检修时，在操作之前，一定要验电器检验设备是否确实无电。

高压验电笔是一个用绝缘材料制成的空心管，管上装有金属制成的工作触头，触头里装有氖光灯和电容器，绝缘部分和握柄用胶木或硬橡胶制成。

携带式电流指示器通常叫做钳形电流表，可用来测量交流电路中的电流。在使用钳形电流表时，应注意保持人体与带电体之间的足够距离。测量裸导线上的电流时，要特别注意防止测量而引起的突然短路或触地短路。

(3) 临时接地线

临时接地线般装设在被装修区段两端的电源线路上，它可用来防止设备因突然来电(如错误合闸送电)而带电，消除邻近高压线路所产生的感应电流以及用来释放

(二) 间接触电的保护

1. 保护接地

保护接地就是把在正常情况不带电、在故障情况下可能呈现危险的对地电压的金属部分同大地紧密地连接起来，把设备的故障电压限制在安全范围内的安全内。保护接地通常简称为接地。

2. 保护接零

保护接零是指将电气设备在正常情况下不带点的金属部分（外壳），用导线与低压电网的零线（中性线）接起来。与保护接地相比，保护接零在更多情况下保护人身的安全，防止触电事故。

(三) 漏电保护器

漏电保护器也叫触电保安装置或残余电流保护装置，它主要用于防止间接接触或者直接接触引起的单相触电事故，它还可以用于防止因电气设备电而造成的电气火灾爆炸事故，有的电保护器 还具有过载保护、过电压保护和欠电压保护、缺相保护等功能。漏电保护装置主要用于 1000V 以下的低压系统和移动电动设备的保护，也可用于高压系统的电检测。

以防止触电事故为目的的电保护器，应采取高灵敏度、快速型，动作时间为 1s 以下者，额定漏电动作电流和动作时间的乘积应不大于 30mA·s。这是选择漏电保护器的基本要。电保护器动作的最小电压，额定电动作电压一般不超过安全电压。

四、触电急救

学习电气安全的目的是要防止实验室触电事故的发生。倘若事故不可避免地发生了，现场急救是十分关键的。如果处理得及时、正确。并能迅

速而持久地进行抢救，很多触电者虽心脏停止跳动，呼吸中断，但是仍可以获救。

抢救触电者应设法迅速切断电源，使其脱离电源后，应立即就近将其移至干燥与通风场所，切勿慌乱和围观。然后应进行情况判别，再根据不同情况进行对症救护。

（一）对症救护

对于需要救治的触电者，大体可以分为以下三种情况：

1. 对伤势不重、神志清醒，但有点心慌、四肢发麻、全身无力，或触电过程中曾一度昏迷，但已清醒过来的触电者，此时应让其安静休息，并严密观察。也可请医生前来诊治或必要时送往医院。

2. 对伤势较重、已失去知觉。但依然有心脏跳动和呼吸的触电者，应使其舒适、安静地平卧。不要围观。让空气流通，同时解开其衣服包括领口与裤带以利于其呼吸。

3. 对于伤势严重。呼吸或心跳停止，甚至两者都已停止，即处于所谓“假死状态”，则应立即施行人工呼吸和胸外心脏按压进行抢救，同时速请医生或速将其送往医院。

（二）现场救护的主要疗法

对触电者进行现场救护的主要疗法是心肺复苏法，包括人工呼吸法与胸外按压法两种急救方法。这两种急救力法对于抢救触电者生命来说，既至关重要又相辅相成。所以，一般情况下，上述两种疗法要同时施行。

1. 口对口人工呼吸法

口对口人工呼吸就是采用人工机械的强制作用维持气体交换。以使其

逐步地恢复正常呼吸。进行人工呼吸时，首先要保持触电者气道畅通，捏住其鼻翼，深深吸足气，与触电者口对口接合并贴近吹气，然后做松换气，如此反复进行。开始时可先快速连续而大口吹气 4 次。此后，施行速度约 10~16 次 / min。对儿童为 20 次 / min。

2. 胸外心脏按压法。胸外心脏按压法就是采用人工机械的强制作用维持血液循环，并使其逐步过渡到正常的心脏跳动。让触电者仰面躺在平坦硬实的地方，救护人员立或跪在伤员一侧肩旁。两肩位于伤员胸骨正上方。两臂伸直，肘关节同定不屈，两手掌根相叠。此时，贴胸手掌的中指尖刚好抵在触电者两锁骨间的凹陷处，然后再将手指翘起，按压时抢救者的双臂绷直。双肩在患者胸骨上方正中，垂直向下用力按压。均匀进行，80-100 次 / min 每次按压和放松的时间要相等。当胸外按压与口对口人工呼吸两法同时进行，其节奏为单人抢救时，按压 15 次，吹气 2 次。如此反复进行。双人抢救时，每按压 5 次。由另一人吹气 1 次，可轮流反复进行。

按压救护是否有效的标志。是在施行按压急救过程中再次测试触电者的颈动脉，看其有无搏动。

第三节 静电防护

静电通常是指静止的电荷，但并非绝对静止，它是由物体间的相互摩擦或感应而产生的。

静电放电造成的频谱干扰危害，是在电子、通信、航空、航天以及一切应用现代电子设备、仪器的场合导致设备运转故障，信号丢失、误码的直接原因之一。此外。静电造成实验室敏感电子元器件的潜在失敏，是降低电子产品工作可靠性的重要因素之一。

一、静电的产生

任何物体的表面都是不平滑的相互接触只能做到多点接触，当接触距离小于 $25 \times 10^{-4} \text{cm}$ 时。电子就有转移。即形成双电层。如果分离的速度足够迅速，物体即可带电。

摩擦就是紧密接触和迅速分离反复进行的一种形式，从而促使了静电的产生。还有紧密接触、迅速分离的形式，如撕裂、剥离、拉伸、撞击、挤爪、过滤及粉碎等。另外，还有流淌、沉浮、冻结等方式也会产生静电。

二、静电的危害

引起静电危害的根本原因是静电放电的电火花具有点燃能(电火花能量),其次是静电具有一定的静电引力或斥力。静电的危害主要有三个方面,即引起爆炸和火灾、静电电击以及引起实验中各种困难而妨碍实验。

(一) 静电引起爆炸和火灾。静电的能量虽然不大,但因其放电而出现静电火花,在有可燃液体或气体、蒸气爆炸性混合物或有粉尘纤维爆炸性混合物(如氧、乙炔、煤粉、铝粉、面粉等)的实验室作业场所(如油料运装等)。可能引起火灾和爆炸。此外,人体带电同样可以引起火灾爆炸事故。

(二) 静电电击。静电造成的电击,叫能发生在人体接近带电物体的时候,也可能发生在带静电电荷的人体接近接地体的时候。这种电击是由于带电体向人体发生放电,电流流向人体而产生的。它不是电流持续通过人体的电击。而是由静电放电造成的瞬间冲击性电击。电击程度与所储存的静电能量有关,能量愈大,电击愈严重。

(三) 静电妨碍实验。在某些实验过程中,如不消除静电,将会妨碍实验的结果。如在计量粉体实验中。由于计器具带静电而吸附粉体,造成

计量误差，影响实验的正确性。静电还可能引起电子元件误动作，使某些电子计算机类精密设备工作失常，致使系统发生误动作而影响实验。

三、静电的防护

消除实验室静电危害的常用措施主要有空气增湿、加抗静电添加剂、静电接地、利用静电中和器及工艺控制等。

(一) 空气增湿

带电体在自然环境中放置，其所带有的静电荷会自行逸散。逸散的快慢与介质的表面电阻率大小和体积电阻率大小有关。而介质的电阻率又和环境的湿度有关。提高环境的相对湿度。不仅可以缩短电荷的半衰期，还能提高爆炸性混合物的最小引燃能量。

存在静电危险的场所，在实验条件许可的情况下，宜采用安装空调设备、地面洒水以及喷放水蒸气等办法，以提高场所环境的相对湿度，消除静电危害，用增湿法消除静电危。若的效果显著。

(二) 加抗静电添加剂

化学防静电剂也叫抗静电添加剂。在非导体材料里加入抗静电剂后，能增加材料的吸湿性或离子化倾向。使用防静电剂是消除静电的有效办法，但是某种产品或物料是否允许加入和加入何种类型的化学防静电剂，要根据物料的工艺状态及最终使用目的来确定。

抗静电剂的种类很多：有无机盐类，如氯化钾、硝酸钾等；有表面活性剂类，如脂肪族磺酸盐、季铵盐、聚乙二醇等；有无机半导体类，如亚铜、银、铝等的卤化物；有高分子聚合物类等等。

(三) 静电接地

静电与大地连接，是消除导体上静电的一种简单而又有效的方法。是防静电中最基本的措施。静电接地连接是工业静电接地中的重要一环，其目的是使带电体上的电荷有一条导入大地的通路。实现的办法是静电跨接、直接接地、间接接地等手段，把设备上的各部分经过接地极与大地作可靠的连接。在有火灾、爆炸危险的场所或静电对产品质量、人身安全有影响的地方所使用的金属用具、门把手、窗销、移动式金属车辆、家具、金属梯子等均应接地。某地特殊的实验场所，不允许采用金属地面(板)。而必须采用橡胶等制成的地面(板)。为了消除静电的危害，可以采用导电橡胶或其他用导电性制料制成的导电性地面(板)。实验室应尽可能地铺设高质量的防静电地板。防雷、电气保护的接地系统，可与静电接地共用。

(四) 增加静止时间

化工实验中将苯、二硫化碳等液体注入容器、贮罐时，都会产生一定的静电荷。液体内的电荷将向器壁与液面集中，并可慢慢泄漏消散。完成这个过程需要一定的时间。因此，灌装这类液体完毕后。应该静止一定的时间，待静电基本消散后再进行有关的操作。

(五) 防止人体带电的方法

1. 人体接地

在特殊危险场所的操作工人，为了避免由于人体带电后对地放电所造成的伤害，一般情况下操作人员应先接触设置在安全区内的金属接地棒，以消除人体电位然后再进行操作。比如。计算机实验室维护人员在拆电脑之前用手握下机壳或洗一下手以消除静电。

2. 穿防静电鞋

穿防静电鞋必须考虑所穿袜子为薄尼龙袜或导电性袜子，严禁在鞋底上粘贴绝缘胶片。并应做定期检查。

3. 穿防静电工作服，不得在易产生静电的场合梳理头发或使用手机。

4. 工作地面导电化

操作人员穿防静电鞋要有效地消除人体静电的先决条件是人必须站在导电性地板上。为此必须使工作地面导电化。最简单的方法是洒水，有些不能洒水的场所，则必须采用导电地面。如导电橡胶板等。

第四节电磁辐射防护

在现代社会，随着高科技电子产品的日益增多，电磁场分布也日益复杂，由此所造成的电磁波辐射成为了继水源、大气、噪声之后的第四大环境污染源，

一、电磁辐射的产生

任何一种交流电路都会向其周围空间辐射电磁能量，形成有电力与磁力作用的空间，这种电力与磁力同时存在的空间称为电磁场。变化的电场与磁场交替地产生，并以一定的速度由近及远地在空间内传播，形成电磁波，电磁场能量以电磁波的形式向外发射的过程称为电磁辐射。

二、电磁辐射的种类

电磁污染源很广泛。它存在于我们生活的周围几乎包括所有的家用电器，如电视机、电脑、手机等。只是污染程度有强弱之分罢了。电磁辐射分为自然形成的电磁辐射和人为引起的电磁辐射两种类型。

（一）自然形成的电磁辐射

由于某种自然现象导致大气层中的电荷电离或电荷积蓄到一定程度后，

产生的静电火花放电。火花放电所产生的电磁波频带很宽，可以从几赫兹到几千赫兹。自然界中的雷电、火山爆发、太阳黑子的活动与黑子的放射。以及宇宙间的电子移动或银河系的恒星爆发等都可产生这类电磁辐射。

(二) 人为引起的电磁辐射

这类电磁辐射主要来源于无线电与射频设备(射频辐射场源。又称高频电磁场)以及功率输电系统(工频场源)，高频电磁场对人体的伤害最大。此外，核电磁脉冲辐射所产生的干扰和破坏作用也极为严重。

三、电磁场危害

电磁辐射会对周围的电子设备装置精密仪表等产生严重干扰。这干扰会使实验设备工作不正常。电视图像模糊或不稳定。从而影响到实验的结果，甚至引起金属器件发热，引起可燃性气体、油类等燃烧与爆炸事故，尤其会对人体造成危害。由于人体内各器官组织的导电、导磁性能不同。电磁场对机体各器官、组织的伤害也不同。电磁场对人体的伤害程度受到许多因素的影响。具体如下：

(一) 电磁场强度

电磁场强度越高，人体吸收能量越多。伤害越重。由于电磁场强度取决于发射源的辐射功率和发射源的距离，因此发射源的辐射功率越大。与发射源的距离越近，电磁场强度越高。同时金属物体在电磁场作用下会感应出交变电流，产生交变电磁场。造成二次发射，加强了辐射强度。

(二) 电磁场频率和波形

电磁场的频率也会影响对人体伤害的程度。随着频率增加，人体内的电偶极子的激励程度加剧。对人体的伤害加重。在其他条件相同的情况下，

脉冲波对人体造成的伤害比连续波严重。

(三) 照射时间

电磁场对人体的伤害有积累效应。低强度电磁场照射所产生的不明显症状,一般在经过4~7天后就可以消失,但是,如果恢复之前又受到照射。可转变为明显症状。低强度超高或特高电磁场照射产生的症状在脱离接触4~6周后才能恢复。但是,如果电磁场强度高,照射时间长。则造成的伤害可能是永久性的。

人体被电磁场照射的时间越长,或照射的间歇时间越短,以及累计照射时间越长,人体受到的伤害越严重。

(四) 环境条件

人体在电磁场作用下,吸收电磁场能量转化为热能。同时,人体要通过机体表面向周围散热。因此,工作场地的环境条件对于电磁场伤害有直接影响,当周围温度过高或湿度过大时。都不利于机体散热,使电磁场伤害加重。

(五) 人体状况

在其他条件相同的情况下,电磁场对人体造成的伤害。女性比男性严重,儿童比成人严重。人体被照射的积越大。人体吸收能量越多,伤害越严重,就人体部位而言,血管分布较少的部位,传热能力较差,所吸收能量容易积累并受到伤害。

四、电磁辐射的防护

造成设备性能降低或失效的电磁干扰必须同时具备三个要素:一是有一个电磁干扰源,二是有一台电磁干扰敏感设备;三是要存在一条电磁干

扰的耦合通路，以便把能量从干扰源传递到干扰敏感设备。实验室电磁辐射的防护措施主要有以下几种：

（一）屏蔽

利用磁性材料或者低阻材料(如铝、铜)等制成容器，将需要隔离的设备、装置、电路、元器件全部包起来的防护措施称为屏蔽。屏蔽是抑制通过空间传播的电磁干扰的有力措施之一，屏蔽的形式可分为静电屏蔽、磁场屏蔽和电磁屏蔽。

1. 静电屏蔽

消除两个设备、装置及电路之间由于分布电容耦合所产生的静电场干扰称为静电屏蔽。静电屏蔽主要防止静电耦合干扰。屏蔽的机理是利用低阻金属材料制成容器，使其内部的电力线不传到外部，而外部的电力线不传到内部。利用屏蔽壳体接地来实现电场终止。

2. 磁场屏蔽

磁场屏蔽通常是指对直流或甚低频磁场的屏蔽，其屏蔽效果比对电场屏蔽和电磁场屏蔽要差很多。因此，磁场屏蔽主要防止低频磁场干扰。磁场屏蔽的机理主要是依赖于高导磁材料所具有的低磁阻特性。对磁通起着分路的作用，使得屏蔽体内部的磁场大大减弱，而尽量不扩散到外部空间。

3. 电磁屏蔽

用金属和磁性材料对电场和磁场即电磁波进行隔离的措施称为电磁屏蔽。这种屏蔽通常用于防止 10kHz 以上高频场的干扰。

（二）接地

所谓接地，就是在两点间建立传导通路，以便将电子设备或元件连接

到某些通常叫做“地”的参考点上。理想接地面是指一个零电位阻抗导体，平面上任意两点间的电位差为零，因此，它可以用作所有信号的参考点。

接地的目的主要是防止电磁脉冲干扰。也是为了保证人身和设备的安全。

接地和屏蔽有机地结合起来，就能解决大部分电磁干扰问题。

(三) 其他

在实验室及日常生活中。像手机、电脑等都存在着一定的电磁辐射，须注意使用安全距离和时间。

第五节 雷电防护

雷击是一种自然现象。它不仅能击毙人畜、劈断树木、破坏建筑物及各种工业设施，还能产生极高的过电压和极大的电流，破坏电气设备或电力线。造成大规模停电甚至引起实验室火灾或爆炸，

一、雷电的产生及危害

(一) 雷电的产生

雷电是一种大气中的放电现象，雷云是构成雷电的基本条件。雷云在形成过程中，某些云积聚起正电荷，另一些云积聚起负电荷。随着电荷的积累，雷云的电位逐渐升高。当带不同电荷的雷云互相接近到一定程度，或雷云与大地凸出物接近到一定程度时，就会发生激烈地放电。出现强烈的闪光。由于放电时温度高达 20 000℃。空气受热急剧膨胀。发生爆炸的轰鸣声，这就是闪电和雷鸣。

(二) 雷电的危害

雷击时，电流很大，其值可达数十千安培至数百千安培，由于放电时

间极短，故放电电流非常大，达 $50\text{kA} / \text{s}$ ，同时雷电电压也极高，因此雷电有很大的破坏力。会造成设备或设施的损坏，造成大面积停电及生命财产损失，

雷电的危害是多方面的，突出表现在雷电放电时所出现的各种物理效应和作用，雷电可分为直击雷、感应雷(包括静电感应和电磁感应)和雷电侵入波三种。

二、雷电的防护

根据不同的保护对象对直击雷、雷电感应、雷电侵入波应采取适当的安全措施，常用的防雷装置主要包括避雷针、避雷线、避雷网、避雷带、保护间隙及避雷器。完整的防雷装置包括接闪器、引下线和接地装置。而上述避雷针、避雷线、避雷网、避雷带及避雷器实际上都是接闪器。除避雷器外，它们都是利用其高出被保护物的凸出地位。把雷电引向自身。然后通过引下线和接地装置把雷电流泄入大地，使被保护物免受雷击。

在实验室内应注意雷电侵入波的危险。人员应离开照明线、动力线、电话线、广播线、收音机电源线、收音机和电视机天线以及与其相连的各种设备，以防止由此线路或设备对人体造成二次放电。在发生雷电时，人体最好离开可能传来雷电侵入波的线路和设备 15m 以上。应当注意，仅仅关闭开关对于防止雷击是起不了作用的。雷电活动时，还应注意关闭门窗，防止球形雷侵入室内而造成危害。

第六节电气防火防爆

在实验室尤其是化工类实验室中。使用的电气设备由于操作不当、绝缘损坏等原因产生电弧或电火花时。就会引起火灾或爆炸。为此，有必要

进一步了解电气火灾产生的原因，采取预防措施，并在火灾发生后采用正确的抢救方法。防止安生人身触电事故及爆炸等事故。

一、电气火灾和爆炸的原因

只要具备了以上两个条件，就会发生电气火灾和爆炸：一是要有易燃、易爆物质和环境；二是要有引燃条件。

（一）易燃、易爆物质和环境

在煤炭、石油、化工等实验室中，广泛存在着易燃、易爆、易挥发物，容易在实验、储存、运输过程中与空气混合，形成爆炸性混合物。在这类实验室中，乱堆放杂物。木结构房屋明设电气线路等，都易形成易燃、易爆的环境。

（二）引燃条件

电气设备和电气系统存在异常和事故情况下，已成为电气着火源，从而引发火灾和爆炸事故。电气着火源可以是电气线路和电气设备过热、电火花和电弧、静电放电等原因生成。

4. 6. 2 电气火灾的特点

1. 隐蔽性

通常，由于漏电与短路都发生在电器设备及穿线管的内部。因此在一般情况下，电气起火的最初部位是看不到的，只有当火灾已经形成并发展成大火后才能看到，但此时火势已大。再扑救已经很困难。传统的喷雾报警器很难对电气火灾实现早期报警。

2. 燃烧快

电线着火时，火焰沿着电线燃烧得非常迅速。其原因是处于短路或过流时的电线温度特别高(有时要超过 300'C ~ 400°C)。

3. 扑救难

电线或电器设备着火一般是在其内部。看不到起火点，且不能用水来扑救，所以带电的电线着火不易扑救。

二、电气防火，防爆基本措施

(一) 正确选用电气设备。根据电气设备所使用的场所，按照国家有关规定正确选用相关电气设备。

(二) 按规范选择合理的安装位置。保持必要的安全间距是防火、防爆的一项重要措施。

(三) 加强维护、保养、维修，保持电气设备正常运行。例如。保持电气设备的电压。电流、温升等参数不超过允许值，保持电气设备足够的绝缘能力。保持电气连接良好等。

(四) 通风。例如，在爆炸危险场所安装良好的通风设备，可以降低爆炸性混合物的浓度，降低爆炸发生的几率。

(五) 采用耐火设施。例如，为了提高耐火性能。木质开关箱内的表面衬以白铁皮。

(六) 接地。

三、几种常见电器的防火、防爆

(一) 常用灯具防火、防爆措施

1. 白炽灯、高压汞灯与可燃物之间的距离不应小于 50cm，卤钨灯与可燃物之间的距离则应大于 50cm。

2. 严禁用纸、布等可燃材料遮挡灯具，灯具的正下方不宜堆放可燃物品。

3. 超过 60W 的白炽灯不应直接安装在可燃性材料的顶棚处。
4. 灯泡距地面的高度一般不低于 2m，如低于 2m，则应采取防护措施，
5. 安装日光灯镇流器时应注意通风散热，不准将镇流器直接固定在可燃天花板或板壁上。
6. 镇流器与灯管的电压和容量必须相同，并应配套使用。
7. 在低压照明中，要选择足够的导线截面，防止发热量过大而引起危险。
8. 有大量可燃粉尘的地方。要采用防尘灯具。
9. 易爆炸场所应安装相应的防爆照明灯具，

(二) 电视机防火、防爆措施

1. 不宜长时间连续收看，以免机内热量积聚，高温季节尤其要注意。
2. 关闭电视，关闭机身开关的同时应关闭电源开关，切断电源。
3. 保证电视机机同通风良好。以利散热。
4. 防止电视机受潮，防止刚潮湿而损坏内部零件或造成短路。
5. 雷雨天尽量不用室外天线以免遭受雷击。
6. 汗意保养除尘，发现故障或异常现象要立即关机检查。
7. 一旦电视机起火，切不可用水扑救，可以切断电源后，用棉被将其盖灭，只能从侧面靠近电视机，以防显像管爆炸伤人。

(三) 空调器的防火、防爆措施

1. 勿使可燃窗帘靠近窗式空调器，以免窗帘受热起火。
2. 电热型空调器关机时，牢记切断电热部分的电源。需冷却的，应坚

持冷却 2min。

3. 勿在短时间内连续停、开空调器，停电时勿忘记将开关置于“停”的位置。

4. 空调器应经常保持清洁，空气过滤器应定期清洗，以免积灰太多，影响空气对流。

5. 空调器电源线路的安装和连接应符合额定电流不小于 5~15A 的要求。并应设单独的过载保护装置。

(四) 电冰箱的防火、防爆措施

1. 电冰箱内不要存入化学危险物品。如果确需存放，则必须注意容器绝对密封，严防气体泄漏。

2. 保证电冰箱后部干燥通风，冷凝器应与墙壁等保持一定距离。切勿在电冰箱后而塞放可燃物。电冰箱的电源线不要与压缩机冷凝器接触。

3. 电冰箱电气控制装置失灵时。应立即停机检查修理。要防止温控电气开关进水受潮。

4. 电冰箱断电后，至少要间隔 3-5min 才可以重新启动。

(五) 微波炉的防火、防爆措施

1. 食物做好后应及时关机，拔掉电源插头。

2. 定期清洗。

3. 电路或导线老化后要及时更换。

4. 加热食物时。不要过多地加水或加油，以免碰洒。

5. 不要用物品遮挡住排风机。

(六) 电热取暖器的防火、防爆措施

1. 避免电热器具有与周围物品靠得太近，以免热能积聚而升温起火。
2. 注意配线型号与电器功率的配套。
3. 防止过电压或低电压长期运行。
4. 防止导线长期受热老化而引起短路。
5. 设置短路、漏电保护装置。

生物工程学院

2017年6月16日