

揭阳职业技术学院
生物工程系

授 课 教 案

2025— 2026 学年度第一学期

课程名称 实验室安全教育

班 级 药学251、中药学251、药学三二分段251/252

教 研 室 药学教研室

授课教师 孙凌燕

第一章：实验室安全因素及管理

授课章节	第一章：实验室安全因素及管理				
课时安排	3	授课方式	讲授+实训	授课类型	实训课
教学主要内容： 1.1 化学实验室安全文化 1.2 化学实验室安全因素 1.3 化学实验室安全管理					
教学目的、要求： 知识目标 了解化学实验室安全文化；了解化学实验室的各个安全因素及防范；了解化学实验室各方面的安全管理办法。 能力目标 1. 能正确分辨实验室的各个安全因素 2. 能进行化学实验室各个安全因素的防范； 3. 能进行化学实验室的安全管理 素质目标 1. 通过了解化学实验室的各个安全因素，树立科学意识； 2. 通过掌握化学实验室各个安全因素的防范，培养安全意识 课程思政： 生命至上、安全第一的理念，安全责任意识和责任感。风险意识和危机应对能力，严谨认真的科学态度和职业道德。					
教学重点、难点： 教学重点：化学实验室安全因素；参观实训楼，谨记逃生路线 教学难点：化学实验室安全管理					
教学方法及手段：多媒体讲授+实训					
教学过程： <h2>第一章 实验室安全因素及管理</h2> 1.1 化学实验室安全文化					

现代生活中的许多科技进步都源自新物质的发现与制备,在物质发现与制备方面化学实验室发挥着关键作用。

经过多年来经验的积累和技术的进步,目前常规的化学实验室已配备了特殊的环境控制和安全处理设备,开发出专门的程序和设备用以安全地处理和管理化学品,形成特定的管理体系和化学品管理措施。通过对实验室使用者的行为、实验室各种设备以及化学品的使用过程进行规范,逐渐形成了化学实验室安全文化。化学实验室安全文化的形成使得化学工作者可以在安全和健康的环境中进行教学研究和实验。有人认为安全文化是将安全知识的规范、学习、教育和宣传等内容有机结合,是人类进行安全活动而产生的安全观念、意识、精神和行为等的一种文化。它既与实际物质相关联,又与行为、物态和环境有一定联系。

然而,一些不法之徒利用化学品进行恐怖活动,这给实验室安全管理带来了新的挑战。因此,创立严格的化学实验室安全文化是十分重要的。化学实验室安全文化的创立需要依靠团队合作和个体责任的有机结合,是实验室工作人员的一种内在态度,而不仅仅是由制度规则驱动的外在行为。化学实验室是为学生学习化学知识、提供实验技能训练和研究空间的重要场所,也是教师进行学术研究和教学的重要基地,是许多重要物质的制备场所,在人类社会发展起到举足轻重的作用。安全实践教学是实验室诸多工作中的重要任务。因此,教师的实验教学有一个特殊的责任,就是培养学生强烈的安全意识、严谨的工作习惯和行为这种安全文化是化学教育的重要组成部分,在化学工作者职业生涯中的作用是至关重要的。化学实验室安全文化意识的主要内容如图 1-1 所示。

促进化学实验室安全文化建设,需要以安全为重要前提,构建较为严密的责任体系,由专门的组织机构来负责,机构负责人和实验室责任人负责实验室的安全和保障。管理机构要对与实验室相关人员的责任进行明确定位,使相关人员认识到消除实验室各种风险的必要性和重要性,并对相关安全事项规定的严格执行做出承诺。

1.2 化学实验室安全因素

实验室安全文化强调实施定期进行风险评估的管理计划,每个实验室相关人员都应该时刻意识到不安全因素带来的潜在危害并尽可能将其控制在最低程度。通过设定零事件和零借口目标,以实现工作场所的无事故。

1.2.1 化学实验室安全事件类型

实验室面临来自实验设施内部和外部的风险。有些事件的影响范围可能仅限于实验室内部,但是如果处理不当,事件可能影响更大的范围。一些常见的化学实验室安全事件包括以下几种类型(图 1-3)。

(1) 火灾。违规使用大功率用电器、违规处置危险化学品等可能导致实验室起火;(2)水灾。实验操作不当,水管、水龙头检修不及时等可能导致实验室淹水。

(3)爆炸。违规使用电、气体和危险化学品可能导致实验室爆炸。

(4)电力中断引起的灾害。违规用电或使用大功率用电器造成短路等情况,导致电力中断,可能导致设备受损、实验数据丢失等事故。

(5)有毒有害化学品的泄漏或丢失。违规操作或器皿破损等情况导致有毒有害化学品的泄漏或丢失,进而产生安全风险。

(6)管制类化学品的违规购买、使用和处置。易致毒、易致爆等管制类化学品可能会由于保管不当而被用于歧途,进而危害社会。因此,必须严格按照规定的流程和渠道对管制类化学品进行采购、管理、使用和处置。

1.2.2 化学实验室安全因素

易燃、易爆和反应性化学物质的潜在危害对化学实验室相关人员而言,存在很大的安全隐患。所有实验室相关人员都需要了解这些物质发生火灾或爆炸的可能性(图 1-4)。易燃化学品是指在空气中易发生着火和燃烧的化学物质,可以是固体、液体或气体使用易燃物质前,需要详细了解其在实验室条件下汽化或燃烧的倾向。防止易燃蒸气近距离接触火源是处理这类危害的最好方法。

1. 化学品

反应性化学品是指易与其他化学试剂、水或空气中的氧发生剧烈反应的物质。例如,活泼的碱金属遇水会发生剧烈反应、纯液态或气态氢酸和碱等。

爆炸性化学品是指在某些条件下易发生爆炸的物质,包括有机偶氮和叠氮化合物、硝基化合物、强氧化剂、过氧化物以及某些粉末和粉尘。大多数爆炸风险来自实验过程的不当操作,而不仅仅是化学品本身。在放热反应的放大过程中因热量控制不当,极易引起爆炸性沸腾和聚合等安全问题。

2. 实验设备

实验材料或设备的操作不当也会对工作人员造成物理危害。典型的情况包括以下

几种:①压缩气体的使用(图 1-5(a));②不可燃的制冷剂的使用(图 1-5(b));③高压反应;④真空体系的使用;⑤微波或其他放射性物质的接触。

3. 废弃物

化学实验一般都会产生废弃物。这些废弃物是实验过程中常常伴生的物质,一般不易再利用。废弃物可分为无害废弃物和有害废弃物,后者可能包括一次性实验室用品混合化学试剂、含有化学物质的水溶液、危险化学品和放射性物质等。废弃物可能因其具有可燃性、腐蚀性、反应性或毒性等,给不知情的人员造成潜在的危害(图 1-6)。

4. 电气

实验过程常常涉及电气的使用。电气使用不当会引起触电、火灾、短路、电火花引起的爆炸等安全问题。

电加热是将电能转换为热能的过程。

使用电器时,需要注意电线的正确连接和定期维修。实验室使用保险丝的规格要与允许的用电量相符。电线的安全通电量应大于用电功率。

实验室内放置有氢气、煤气等易燃易爆气体应避免产生电火花。继电器工作和开关电闸时,易产生电火花,要特别小心。电器接触点(如电插头)接触不良时,应及时修理或更换。

5. 生物危害

生物危害是在处理细菌、微生物或被其污染的材料的过程中可能产生的危害(图 1-8)。这些危害通常存在于临床和传染病研究实验室,但也可能存在于化学实验室。

11.3 化学实验室安全管理

化学实验室安全需要通过建立安全管理体系来规范实验室的日常运作,预测可能引起各种灾害和危险的人为和环境因素。该管理体系需要一个特定的机构来负责运行。本节介绍了普通高等学校实验室危险化学品安全管理规范中涉及的几个重要方面。

1.3.1 组织体系

普通高等学校一般组建负责危险化学品安全管理职责的校级领导机构,统筹全校危险化学品的安全监督管理工作。职能部门具体负责危险化学品安全管理的规

划、制度建设、日常管理和培训考核等工作。涉及使用危险化学品的内设单位应设置相应的管理机构或专职人员负责本部门危险化学品的安全管理工作;各实验室应有专职或兼职人员负责危险化学品的日常管理工作(图 1-9)。

1.3.2 制度建设

根据实际情况,内设单位制订针对性的实验室安全管理制度,具体内容包括以下几个方面(图 1-10)。

- (1)岗位安全责任制度和学生安全守则;
- (2)危险化学品采购、储存、发放、领取、使用、退回和危险废弃物处置的管理制度;
- (3)爆炸品、剧毒化学品、易制毒化学品和易制爆危险化学品的特殊管理制度;
- (4)实验室安全培训及准入制度;
- (5)危险化学品事故隐患排查治理和应急管理制度;
- (6)个人防护装备、消防器材的配备和使用制度;
- (7)气瓶、气体管路安全管理制度;
- (8)其他必要的安全管理制度。

实验室应编制相应实验化学品和设备的安全操作规程,主要内容包括以下几个方面

- (1)涉及危险工艺的实验操作规程;
- (2)涉及易燃易爆物质的实验操作规程;
- (3)涉及有毒有害物质的实验操作规程;
- (4)气瓶、气体管路安全操作规程;
- (5)其他必要的安全操作规程。
- (6)实验室应在方便取用的地点设置急救箱或急救包,配备物品应包括必要的急救药品、绷带、纱布、消毒药剂等(图 1-13)。

1.3.5 采购管理

实验室应向具有合法资质的生产、经营单位购买危险化学品。纳入法规、规章管控的化学品,购买时应提交相应的材料,危险化学品采购单位应保存危险化学品的采购记录,购买危险化学品时应索取符合 GB/T16483-2008 的化学品安全技术说明书,并妥善保管,方便使用人员阅读。

1.3.6 储存管理

危险化学品应储存在专用仓库、专用储存室、气瓶间或专柜等专门的储存场所内,不应露天存放;需低温存放的易燃易爆化学品应存放在具有防爆功能的冰箱内;腐蚀性化学品应单独存放在具有防腐蚀功能的储存柜内,并有防遗撒托盘;危险化学品应标签完整,包装不应泄漏、生锈和损坏,封口应严密;互为禁忌的化学品,如氧化剂与还原剂不应混合存放;灭火方法不同的危险化学品应进行隔离储存;不应使用装有饮料及生活用品的容器盛放化学试剂和样品。实验室内危险化学品的存放有严格的限量要求(图 1-14)。

1.3.7 使用管理

危险化学品的发放、领取与退回应符合以下要求(图 1-15)。

(1)危险化学品的发放应有专人负责,并根据实际需要的数量发放,发放要做好记录;危险化学品发放记录应包括品种、规格、发放日期、退回日期、领取单位、经手人、数量以及结存数量等。

(2)发放剧毒化学品、爆炸品、易制爆危险化学品和易制毒化学品时还应记载其用途。

(3)剧毒化学品、爆炸品的领取,应由双人以当日实验的用量领取,如有剩余应在当日由双人退回;瓶装气体应注意其气瓶检验有效期,并坚持先入先出的使用原则。

(4)厢装气体严禁分装和侧瓶。

(5)实验室应有清晰的安全标识,包括化学品危险性质的警示标识;消防安全标识等。

(6)在危险化学品使用场所,应张贴岗位安全操作规程和现场应急处置方案,使用监控等必要手段进行实时监控。

(7)开展实验操作的教职工、学生和其他实验人员应熟悉化学品安全技术说明书,掌握化学品的危险特性,使用时做好个人防护。

危险废弃物管理 1.3.8

实验室危险废弃物分为液态废弃物和固态废弃物两类。固态废弃物分为废弃化学试剂、废弃包装物、废弃容器和其他固态废弃物。液态废弃物分为有机废液和无机废液有机废液分为含卤素有机废液和其他有机废液;无机废液分为含废液、含汞废液、重金属废液、废酸、废碱和其他无机废液。

实验室应按规定进行实验室危险废弃物收集,并按要求粘贴危险废弃物标签。产生危险废弃物的实验室应设置专用内部暂存区,暂存区内原则上存放本实验室产生的危险废弃物,存放两种及两种以上不相容危险废弃物时,应分不同区域暂存,并及时委托有相关危险废弃物处置利用资质的单位处置暂存的危险废弃物。

1.3.9 应急管理

实验室应编制危险化学品事故现场处置方案及气瓶等相关设备故障现场处置方案并建立逐级报备制度;针对重点岗位特点,应编制简明、实用的岗位应急处置卡。应对危险化学品专项应急预案、现场处置方案、岗位应急处置卡内容等进行宣传、培训和考核,并做好培训和考核记录。

实验室每半年应至少组织一次与危险化学品事故相关的现场处置方案演练(图1-16),并做好记录。

1.4 参观整栋实训楼, 谨记紧急逃生路线

作业布置:

- 1.化学实验室安全事件类型有哪些
- 2.化学实验室安全因素有哪些
- 3.危险废弃物管理注意事项

第二章：化学实验室消防安全

授课章节	第二章：化学实验室消防安全				
课时安排	3	授课方式	讲授+实训	授课类型	实训课
教学主要内容： 2.1 燃烧的基础知识 2.2 防火与灭火基本原理和措施 2.3 火灾的分类与灭火器 2.4 化学实验室常见火灾的扑救方法和灭火器材的使用					
教学目的、要求： 知识目标 熟悉燃烧的定义、条件、类型、燃烧产物及危害；掌握防火与灭火基本原理和措施；掌握实验室常见火灾扑救方法和常见灭火器材的使用。 能力目标 1. 能正确分辨燃烧的类型 2. 能进行防火与灭火； 3. 能进行常见火灾扑救 4. 能使用常见灭火器材 素质目标 1. 通过了解燃烧的定义、条件、类型、燃烧产物及危害，树立科学意识； 2. 通过掌握防火与灭火的措施，培养安全救生意识 3. 通过掌握实验室常见火灾扑救方法和常见灭火器材的使用，培养逃生意识 课程思政： 消防安全意识和自我保护能力，使学生认识到消防安全是全社会的共同责任，每个人都应当积极参与消防安全工作。					
教学重点、难点： 教学重点：燃烧的基础知识；火灾的分类与灭火器的使用方法 教学难点：防火与灭火基本原理和措施					
教学方法及手段：多媒体讲授+实训					

教学过程:

第二章：化学实验室消防安全

化学实验室作为高校开展科研活动的重要场所,因其储存化学试剂和设备众多,很多实验本身具有危险性,加上部分实验人员消防安全意识较差,违规操作和消防制度建立不完善等诸多不利因素,导致消防安全事故频发,给社会造成了严重的不良影响。因此,高校实验室是消防安全重点防范对象。应谨记以“预防为主,防消结合”的消防安全工作方针,掌握基本防火常识和技能,主动预防火灾事故的发生。

2.1 燃烧的基本知识

2.1.1 燃烧的定义

燃烧的定义:可燃物与氧化剂作用而发生的放热反应,通常伴有火焰、发光和(或)发烟等现象。一般来说,燃烧应具备三个特征,即化学反应、放热和发光。

2.1.2 燃烧的条件

1. 燃烧的必要条件

燃烧过程的发生和发展必须具备以下三个必要条件:可燃物、助燃物(又称氧化剂)和引火源。通常被称为燃烧三要素,可用“燃烧三角形”或者“火三角”来表示,如图 2-1 所示只有这三个要素同时具备的情况下才能发生燃烧,因此,只要把任何一种要素移除,燃烧就能避免。

2. 燃烧的充分条件

具备了燃烧的必要条件,并不意味着燃烧一定发生。发生燃烧还应有“量”的要求,这是发生燃烧或持续燃烧的充分条件。燃烧发生的充分条件如下。

(1) 一定的可燃物浓度

可燃气体或蒸气只有达到一定浓度,才会发生燃烧或爆炸。如甲烷在空气中的浓度低于 5%时就不会发生燃烧。

(2) 一定的氧气含量。

实验证明,各种不同可燃物发生燃烧,均有本身固定的最低含氧量要求。低于这一浓度,虽然燃烧的其他条件满足,但燃烧仍然不能发生。如将点燃的蜡烛用玻璃罩罩起来,阻止周围空气进入,在氧气尚未耗尽时,蜡烛火焰就会熄灭。(3)一定的点火能量。

不管何种形式的引火源,都必须达到一定的强度才能引起燃烧反应。所需引火源的强度,取决于可燃物质的最小点火能量,即引燃温度。低于这一能量,燃烧不会发生。不同可燃物质燃烧所需的引燃温度各不相同,如汽油在空气中的最小点火能量为 0.8mJ;乙醚的最小点火能量为 0.19mJ。

2.1.3 燃烧的类型

按其在发生瞬间特点的不同,燃烧可分为闪燃、着火、自燃、阴燃四种类型

1. 闪燃

可燃液体挥发的蒸气与空气混合达到一定浓度,或者将可燃固体加热到一定温度后,遇明火会发生一闪即灭的燃烧现象,称为闪燃。例如给木材加热,当温度上升到 170~180℃时,木材就会以极快的速率发生热分解,产生一氧化碳、甲烷、乙炔、氢气、有机酸、乙醛等可燃性气体和二氧化碳、水等不燃性气体,这时木材表面会发生闪燃现象,再继续加热到一定温度,就会引发持续燃烧。可燃物质之所以会发生一闪即灭的闪燃现象,是因为在闪燃温度下蒸发速率较慢,少量的蒸气被点燃后所释放的热量有限,无法提供足够的能量以持续产生充足的可燃蒸气来维持稳定的燃烧。

需要注意的是,闪燃往往是持续燃烧的先兆。闪燃现象出现后,受环境温度等因素的影响,液体蒸发速率开始加快,再次遇火源就可能引发持续燃烧。在一定条件(如爆炸性混合物达到爆炸极限,并遇到较高的点火能量)下,就会出现燃烧速率加快的现象,即爆燃。爆燃形成很高的燃烧速率和温度,会直接造成火灾。因此,从消防角度来说,闪燃就是危险的警告。

在规定的实验条件下,物质发生闪燃的最低温度,称为闪点。闪点越低,引发火灾的危险性就越大;反之,则越小。表 2-1 列出了部分可燃液体的闪点。

从表 2-1 的数据可以看出,二硫化碳、乙醚、苯和丙酮等的闪点都比较低,即使存放在普通冰箱内,温度为 -18℃,无电火花消除器,也能形成可以着火的气氛,故这类液体得存放于普通冰箱内。另外,低闪点液体的蒸气只需接触红热物体的表面便会着火。其中,二硫化碳尤其危险,即使与暖气散热器或者热灯泡接触,其蒸气也会着火,应特别小心。着火(可燃物质在空气中与火源接触,达到某一定温度时,开始产生火焰,并在火源移去后仍能持续并不断扩大的燃烧现象,称为着火。火是燃烧的开始,且以出现火焰为特征这是日常生产、生活中最常见的燃烧现象。

在规定的实验条件下,应用外部热源使物质表面着火并持续燃烧一定时间所需的最低温度,称为燃点。表 2-2 列出了一些代表性可燃物质的燃点。

3. 自燃

可燃物在无外界引火源的情况下,由于其自发的物理、化学或生物反应而产生热量并积蓄,温度不断上升,并自行燃烧起来的现象称为自燃。)在规定的条件下,可燃物质发生自燃的最低温度,称为自燃点。在这一温度下,物质与空气(氧)接触,不需要明火的作用,就能发生燃烧(图 2-2)。自燃点是衡量可燃物受热升温形成自燃危险性的依据。可燃物的自燃点越低,发生自燃的危险性就越大。表 2-3 列出了部分可燃物的自燃点。

4. 阴燃

阴燃是一种缓慢的、没有明火的燃烧现象,可发生于多种类型的可燃固体,如煤炭、纤维、木材、干草和多种聚合物材料等。阴燃与常规燃烧最大的区别在于,氧化反应发生在固体表面,而不是气相中。阴燃释放的热量低于常规的燃烧,但足以维持可燃固体表面与氧气的链式反应。由于阴燃没有明火,只是发热或冒烟,不容易引起注意。一旦遇到合适条件则会转化为明火,引发火灾。

2.1.4 爆炸

对于炸药或爆炸性气体混合物的燃烧,由于其燃烧速率很快,一般称为爆炸。从广义上说,爆炸是物质从一种状态迅速转变成另一状态,并在瞬间放出大量能量和高压气体,同时产生声响的现象。构成爆炸体系的高压气体瞬间冲击到周围物体上,使物体受力不平衡而遭到破坏。按爆炸过程的性质不同,爆炸通常可以分为物理爆炸、化学爆炸和核爆炸三种类型。

1. 物理爆炸

物理爆炸是指装在容器内的液体或气体,由于物理变化(温度、体积和压力等因素)引起体积迅速膨胀,导致容器压力急剧增加,由于超压或应力变化使容器发生爆炸,且在爆炸前后物质的性质及化学成分均不改变的现象。如蒸汽锅炉、液化气瓶等爆炸,均属于物理爆炸。物理爆炸本身虽没有进行燃烧反应,但它产生的冲击力有可能直接或间接地造成火灾。

2. 化学爆炸

化学爆炸是指由于物质本身发生化学反应,产生大量气体并使温度、压力增

加或者同时增加而形成的爆炸现象。如可燃气体、蒸气或粉尘与空气形成的混合物遇火源而引起的爆炸,炸药的爆炸等都属于化学爆炸(图 2-3)。化学爆炸的主要特点:反应速快,爆炸时放出大量热量,产生大最高压气体,并发出巨大的声响。化学爆炸可以直接造成火灾,破坏性很大,是消防工作中预防的重点。

3.核爆炸

核爆炸是指原子核裂变或聚变反应,释放出核能所形成的爆炸。如原子弹、氢弹、中子弹的爆炸就属于核爆炸。

4.爆炸极限

可燃气体或蒸气与空气形成的混合物,浓度处于一定范围时,遇火源会立即发生爆炸。该浓度范围称为可燃气体或蒸气的爆炸极限,混合物发生爆炸的最低浓度称为爆炸下限,最高浓度称为爆炸上限。评定气体火灾危险性的大小可用爆炸极限来表示,爆炸极限越低、范围越大,火灾危险性就越大。表 2-4 列出了常见物质的爆炸极限。

2.1.5 燃烧产物及危害

由燃烧或热解作用而产生的全部物质,称为燃烧产物。它通常指燃烧生成的气体和烟雾等。燃烧产物分为完全燃烧产物和不完全燃烧产物两类。可燃物质在燃烧过程中如果生成的产物不能再燃烧,则称为完全燃烧,其产物称为完全燃烧产物,如二氧化碳硫化碳等;在燃烧过程中,如果氧化剂不足,会导致燃烧物不能被充分氧化,生成的产物在合适的条件下还可能继续发生燃烧。该过程则称为不完全燃烧,其产物为不完全燃烧产物,如碳单质、一氧化碳、醇类和羰基化合物等。

燃烧产物有不少是有毒气体,往往会通过呼吸道侵人或刺激眼结膜和皮肤黏膜,使人中毒甚至死亡。据统计,因火灾而死亡的人中约 80%是由吸人有毒气体后中毒而导致的。以下是部分典型的对人体有危害的燃烧产物。

(1)氰化物:一种迅速致窒息、致死的毒物。中毒轻者可引起头昏恶心,重者可发生呼吸障碍甚至死亡。

(2)氯化氢:一种无色、有刺激性气味的气体,对眼和呼吸道黏膜有强烈的刺激作用急性中毒可引起头痛、恶心、呼吸困难和胸闷,重者可发生肺炎或肺水肿。

(3)一氧化碳:与血液中血红蛋白有较强的亲和性,亲和能力比氧气高约 250 倍,能阻碍人体血液中的氧气输送,引起头痛、虚脱、神志不清等症状和肌肉调节

障碍。

(4)二氧化碳:一种无色、无臭、略带酸味的气体,大气中含量一般为0.027%~0.036%。它在大气中的含量为8%~10%时,就会引起人在短时间内窒息、死亡。含碳物质燃烧时,通常产生大量二氧化碳。

(5)二氧化硫:对呼吸道黏膜和眼睛有强烈的刺激作用。少量吸入会引起喉咙干痛流涕、流泪等症状;大量吸入会引起呼吸困难、支气管炎、肺水肿,甚至死亡。

(6)氮氧化物:被人体吸入后与呼吸道黏膜上的水分子作用形成硝酸和亚硝酸盐,对肺组织产生刺激和腐蚀作用,能引起即刻死亡及滞后性伤害。

2.2 防火与灭火基本原理和措施

2.2.1 防火的基本原理和措施

根据燃烧的基本理论,只要不满足物质燃烧的条件,就可以达到防火的目的。有关防火的基本原理和措施如表 2-5 所示。

2.3 火灾的分类与灭火器

2.3.1 火灾的分类

国家标准《火灾分类》(GB/T4968-2008)中根据可燃物的类型和燃烧特征,将火灾定义为 A 类、B 类、C 类、D 类、E 类和 F 类六种不同的类别。有关不同类型火灾的定义和举例可参见表 2-7。

2.3.2 灭火器

灭火器是一种轻便的灭火器材,具有结构简单、使用面广、轻便灵活、灭火速率快等优点,主要用于扑灭初期火灾。扑救火灾时,应根据火灾类型不同,选用合适的灭火器。如图 2-4 所示,以手提式灭火器为例,介绍灭火器的结构。

下面介绍五种常见灭火器(按灭火剂成分分类)。

1. 干粉灭火器

干粉灭火器是目前使用最普遍的灭火器,充装的是干粉灭火剂。干粉灭火剂的粉雾与火焰接触混合时,发生一系列物理和化学反应,可对有焰燃烧及表面燃烧进行灭火。同时,干粉灭火剂可以降低残存火焰对燃烧表面的热辐射,并能吸收火焰的部分热量,灭火时分解产生的二氧化碳、水蒸气等对燃烧区内的氧浓度有稀释作用。干粉灭火器又进一步细分为两种类型。一种是碳酸氢钠干粉灭火器,也称 BC 类干粉灭火器,可扑灭 B 类、C 类、E 类和 F 类火灾;另一种是磷酸铵盐干

粉灭火器,又称 ABC 类干粉灭火器,可扑灭 A 类、B 类、C 类和 E 类火灾,应用范围较广

2.二氧化碳灭火器

二氧化碳灭火器充装的是液态二氧化碳,其主要依靠窒息作用和部分冷却作用灭火,可扑灭 B 类、C 类和 E 类火灾。

二氧化碳灭火器灭火速率快,无腐蚀性,灭火不留痕迹,特别适用于扑救重要文件、贵重仪器、带电设备(600V 以下)的火灾。二氧化碳灭火器不能扑救内部阴燃的物质、自燃分解的物质及 D 类火灾。此外,有些活泼金属可以在二氧化碳中继续进行燃烧。

3.清水灭火器

清水灭火器主要成分是水。水喷到燃烧物上,在被加热和汽化的过程中,会吸收燃烧产生的热量,使燃烧物的温度降低,达到灭火效果。此外,水喷射到炽热的燃烧物上产生大量的水蒸气(1kg 水汽化后可以产生 1.7m 的水蒸气),降低了空气中的含氧量,当燃烧物上方的含氧量低于 12%时,燃烧就会停止。清水灭火器主要用于扑灭 A 类火灾。

4.泡沫灭火器

泡沫灭火器充装的是水和泡沫灭火剂,可分为化学泡沫灭火器和空气泡沫(机械泡沫)灭火器。化学泡沫灭火器已被空气泡沫(机械泡沫)灭火器代替。泡沫灭火剂被喷出后在燃烧物表面形成泡沫覆盖层,可使燃烧物表面与空气隔离,达到窒息灭火的目的空气泡沫(机械泡沫)灭火器充装的是空气泡沫灭火剂。泡沫灭火器主要用于扑灭火灾和 B 类中的非水溶性可燃液体的火灾,不适用于 D 类和 E 类火灾

5.六氟丙烷灭火器

六氟丙烷灭火器充装的灭火剂是 1,1,1,3,3,3-六氟丙烷(简称六氟丙烷),它是一种无色、无味的气体。因不含氯原子,对臭氧层基本不产生破坏。六氟丙烷灭火器是一种洁净气体灭火器,主要是以物理方式灭火,同时伴有化学反应,灭火效能较高,可扑灭 A 类、B 类、C 类和 E 类火灾。其因成本较高,适用于保护高价值设备,例如电子计算机房、电信设备、航空器等。

12.4 化学实验室常见火灾的扑救方法和灭火器材的使用

2.4.1 化学实验室常见火灾扑救方法

化学实验室中的可燃物多种多样,且性质各异,因此一旦失火,首先立即采取措施防止火势蔓延。熄灭附近所有火源,切断电源,移开易燃易爆物品,并视火势大小,采取不同的扑救方法。

(1)对在容器(如烧杯、烧瓶等)中发生的局部小火,可用石棉网、表面皿或者沙子等盖灭。

(2)有机溶剂在桌面或者地面上蔓延燃烧时,不得用水浇灭,可撒上细沙或用灭火毯灭火。

(3)钠、钾等金属着火时,通常用干燥的细沙覆盖。严禁用水灭火,否则会导致猛烈的爆炸,也不能用二氧化碳灭火。

(4)若衣服着火,立即脱除衣物,切勿慌张奔跑,以免风助火势。小火一般可用湿抹布、灭火等包裹使火熄灭。若火势较大,可就近用水龙头浇灭。若衣物无法脱除,必要时可就地卧倒打滚,一方面防止火焰烧向头部,另一方面在地上压住着火处,使其熄灭。

(5)在反应过程中,若因冲料、渗漏、油浴着火等引起反应体系着火,情况比较危险处理不当会加重火势。扑救时必须谨防冷水溅在着火处的玻璃仪器上,必须谨防灭火器材击破玻璃仪器,造成严重的泄露而扩大火势。有效的扑灭方法是用几层灭火毯包着火部位,隔绝空气使其熄灭,必要时在灭火毯上撒些细沙。若仍不奏效,必须使用灭火器,须由火场的周围逐渐向中心处扑灭。

(6)电器着火时要先切断电源,用灭火器或者水灭火;无法断电的情况下,禁止用水等导电液体灭火,应用沙子或二氧化碳灭火,还可用干粉灭火器灭火。

2.4.2 常见灭火器材的使用方法

各类常见灭火器材的使用方法列于表 2-8 中。当实验室不慎失火时,切莫惊慌失措应沉着冷静处理。根据现场具体情况,选择合适的灭火器材,迅速灭火。

2.4.3 让学生对着垃圾桶使用手提式灭火器,做到人人都会“提拔握压”。

作业布置:

- 1、简述燃烧的条件。
- 2、简述燃烧的类型
- 3、防火与灭火基本原理和措施?

第三章：化学品的危害及管理

授课章节	第三章：化学品的危害及管理				
课时安排	3	授课方式	讲授+实训	授课类型	实训课
教学主要内容： 3.1 危险化学品的定义和危害分类 3.2 化学品的理化危害 3.3 化学品的健康危害 3.4 化学品的毒性 3.5 化学品的短期健康效应 3.6 化学品的长期健康效应 3.7 化学品的环境危害 3.8 危险化学品的管理与分类存放					
教学目的、要求： 知识目标 掌握危险化学品的管理与分类存放；了解危险化学品的定义和危害分类。 能力目标 1. 能正确进行危险化学品的管理 2. 能正确进行危险化学品的分类存放； 3. 能正确进行危险化学品的危害分类 素质目标 1. 通过了解危险化学品的管理，树立科学意识； 2. 通过掌握危险化学品的分类存放，培养安全意识 课程思政： 珍爱生命，可持续发展观念，对社会公共安全的责任感。					
教学重点、难点： 教学重点：危险化学品的危害分类；防毒面罩的使用以及应用场景 教学难点：化学品的毒性，化学品的健康效应					
教学方法及手段：多媒体讲授+实训					
教学过程：					

第三章 化学品的危害及管理

化学实验室安全隐患有别于一般实验室,因为其中储存并频繁使用的是各种类型的化学品。它们具有各不相同的物理、化学、生理学和毒理学特性,可能对实验室消防安全和人员健康造成直接或潜在的危害。实验室管理人员和使用者必须充分地认识化学品的危险特征和管理规范,才能在保存和使用它们的过程中将安全风险降至最低。

3.1 危险化学品的定义和危害分类

具有易燃、易爆、助燃、毒害、腐蚀、放射等性质,对人体、设施、环境具有危害的剧毒化学品和其他化学品称为危险化学品。它们不仅存在于化工生产与化学实验室中,在日常生活中也可以见到。《危险化学品目录》是由国务院安全生产监督管理部门会同其他相关机构,根据化学品危险特性的鉴别和分类标准来确定、公布,并适时调整的。危险化学品在生产、运输、储存、销售和使用中,因其本身的特性,导致的火灾、爆炸或中毒的事故时有发生。然而,从许多案例分析来看,事故发生的原因主要是管理、运输或使用人员缺乏相关的基础知识,不了解危险化学品的特性,不遵守操作规程或对突发事件苗头处理不当。化学实验室不可避免地需要储存并使用各类危险化学品。尽管保有量不及工业生产和运输,但是繁杂的种类和彼此迥异的化学性质,对实验室管理水平提出了更高的要求。为了避免化学实验室火灾、爆炸、中毒及环境污染等事故的发生,必须充分了解与危险化学品的分类、性质、储存和使用等相关的知识(图 3-1)。

有化学品经营资质的正规供应商都会提供其出售商品的安全技术说明书,缩写为 SDS(Safety Data Sheets,旧称 MSDS:Material Safety Data Sheet)。使用者也可以根据化合物的名称、CAS 号或结构等信息在供应商网站或 ChemicalSafety 网站上进行查询安全技术说明书(SDS)有全球统一的标准格式,分为 16 个部分,分别对该化学品的成分、急救措施、消防措施、泄漏应急处理、操作与储存、个人防护、理化特性、稳定性和反应性毒理学信息、生态学信息、废弃物处理和运输信息等进行说明。由于化学品种类和数目不断增加,为了协调世界各国对化学品统一分类及标记制度,国际劳工组织(ILO)、经济合作与发展组织(OECD)、联合国危险品运输专家委员会(UNCETDG)共同开发了《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS)。GHS 是对化学品的危害性进行分类定级的标准方法,旨在对世界各国不

同的危险化学品分类方法进行统一,最大限度地减少危险化学品对健康和环境造成的危害,是指导各国控制化学品危害和保护人类与环境的规范性文件。根据 GHS 的标准,用九个直观且具有代表性的图标来警示化学品相应的危险性。这些图标中,有些只代表一种危险,有些可表示多种危险,每种图标具体所指的危险性见图 3-2。

依据我国《化学品分类和危险性公示通则》化学品按理化危害、健康危害和环境危害的性质分为三大类。其中,理化危害是指化学品由于其特殊的物理、化学性质所导致的潜在爆炸、燃烧等风险;健康危害是指人在接触化学品时可能受到的伤害;而环境危害是指该化学品泄漏后,对水体和大气所产生的短期或长期的负面影响

3.2 化学品的理化危害

根据我国 2015 年发布的《危险化学品目录》和《化学品分类和标签规范》的国家标准,理化危害化学品可进一步分为 16 类:①爆炸品;②易燃气体;③易燃气体溶胶;④氧化性气体;⑤加压气体;⑥易燃液体;⑦易燃固体;⑧自反应物质和混合物;⑨自燃液体;⑩自燃固体;⑪自热物质和混合物;⑫遇水放出易燃气体的物质和混合物;⑬氧化性液体;⑭氧化性固体;⑮有机过氧化物;金属腐蚀品。同一种化合物,可能同时具有几种不同的危险属性,下文将按照理化性质和危害方式来分类介绍化学实验室中较为常见的危险化学品。

3.2.1 爆炸物

凡是受到撞击、摩擦、震动、高热或其他因素的激发,能发生激烈的变化并在极短的时间内放出大量的热和气体,同时伴有声光等效应的物质均称为爆炸物。

化学品爆炸有如下主要特点。

(1)爆炸时反应速率快:爆炸反应通常在万分之一秒内完成爆炸的传播速率一般为 2000~9000m/s。由于反应速率快,释放出的能量来不及散失而高度集中,所以具有极大的威力。

(2)反应释放大量的热:爆炸时气体产物依靠反应热往往能被加热到数千摄氏度,压力可达到数万个大气压。反应物的化学能最终转化为机械能,使周围的物体受到压缩或破坏。

(3)反应中生成大量的气体:由于反应热的作用,气体急剧膨胀,但又处于定容压缩状态,压力可达到数万个大气压。

实验室可能使用或者保存的爆炸品包括叠氮化物、有机硝化物、过渡金属的炔盐、雷酸盐和高氯酸盐,以及其他一些遇热或遇撞击释放大量能量或气体的有机化合物等(图 3-3)。这些化学品应储存于阴凉、干燥、通风的爆炸品专用库房,远离火源和热源。普通实验室要尽可能减小爆炸品的保存量,并分开储存在安全的药品柜中,杜绝振动、撞击摩擦或高热。

3.2.2 加压气体

气体具有密度低的特性,为了提高运输和使用过程中的效率以及安全性,通常将它们灌装在压力气瓶中。20℃下,压力等于或大于 200kPa(表压,约 2 个大气压)下装入储气瓶的压缩气体、液化气体、溶解气体及冷冻液化气体称为加压气体,用一个钢瓶形状的图标表示。加压气体被广泛用于科研、工业生产、建筑以及日常生活等多种场合。认识不同气体的危险性,并能正确地操作和使用加压设备,有助于尽可能降低使用此类化学品时的风险。

1. 压缩气体

化学实验室中最常见的压缩气体包括氮气、氧气、氢气、压缩空气、一氧化碳、二氧化碳、氨气以及各种特殊用途的混合气体等。这些气体一般被加压后储存在密闭的钢瓶中(图 3-4),因此钢瓶是一种承压设备。若仅仅考虑其物理性质,由于压缩气体具有的较高内能,在钢瓶被不当操作时,会有极速膨胀的危险,将气体的内能迅速转化成机械能,可能造成钢瓶的乱飞,甚至爆炸。此外,由于气体膨胀时对外做功,会导致温度的快速降低,压缩气体泄漏时也有导致冻伤的风险。

然而,除少数化学性质稳定的气体外,钢瓶所盛装的物质一般兼具易燃、易爆、有毒或强腐蚀等性质中的一项或多项,又因其移动、重复充装、操作使用人员不固定和使用环境变化的特点,钢瓶比普通压力容器更为复杂。钢瓶一旦发生泄漏或爆炸,往往导致中毒或火灾,甚至引起灾难性事故,带来严重的财产损失、人员伤亡和环境污染。

本小节中仅仅介绍气体化学品因压力包装所带来的危险,而可燃性、氧化性、腐蚀性、毒性以及环境污染等各类危害会在其他相应部分继续介绍。盛装压缩气体的设备由于承受较高的压力,在储存、使用或运输不当时会产生极大的安全隐

患,后文会对压力设备的使用和维护进行详细介绍。

2. 冷冻液化气体

实验室通常使用冷冻的液化气体来创造超低温的实验条件,其中常用的冷冻压缩气体有液氮和液氧。这些冷冻液体有两种灌装方式,一种是密闭式的加压装置,兼具加压气体和冷冻液化气体的特性(图 3-5(a)),适用于运输和较长时间的储存;另一种则是中小型的常压保温杜瓦瓶(图 3-5(b)),常用于实验室中保存少量液氮,挥发速率较前者显著加快。而在实验中使用液氮作为冷阱或低温浴时,一般用双层玻璃制成的杜瓦作为容器(图 3-5(c))

3.2.3 可燃物

(b)实验室制取氢气在 20℃ 和标准压力(101.3kPa)时与空气混合有一定易燃范围,甚至无空气和/或无氧气时也能迅速反应的气体称为易燃气体,用火焰状图标表示。化学实验室常见的易燃气体有氢气、甲烷、一氧化碳、乙烯、乙炔和氢/氮混合气等,这些物质往往作为压缩气体盛装在压力设备中(图 3-6(a))。易燃气体一旦发生泄漏,很容易被点燃形成火灾,所以它们参与的反应一般都在密闭的气路和设备中进行。在此类设备附近还需要安装特定的感应装置,当检测到相应气体的浓度升高时,自动触发警报。此外在实验室中,偶尔也会使用专用仪器或者自制的装置来制备可燃性的气体(图 3-6(b))在操作此类仪器和装置时,要做好充分的防火措施。

气溶胶是指固体或液体微粒稳定地悬浮于气体介质中形成的分散体系,例如烟雾粉尘等。其中颗粒物被称作悬浮粒子,其粒径大小为 0.01~10 μ m。气溶胶也可以是将液体或固体与气体溶解混合后压缩在喷雾器中,通过释放装置喷射形成的悬浮的固态或液态微粒,例如日常生活中使用的杀虫剂、头发定型喷雾等(图 3-6(c))。气体载体或者悬浮粒子中的任意一种具有可燃性,都会导致其形成的气溶胶兼具易燃性和流动性引发火灾的危害与易燃气体相当,警示标识与易燃气体相同。当实验室中低沸点的可燃液体和粉末状的可燃固体发生泄漏时,应该警惕可燃气溶胶的形成。

2. 易燃液体

当液体表面产生足够的蒸气与空气混合形成可燃性气体时,遇火源发生一闪即灭的现象称为闪燃。液体能发生闪燃的最低温度称为闪点。闪点低于 93℃ 的

液体被归类为易燃液体,其警示标识与易燃气体相同。第2章中表2-1列出了一些常见的有机溶剂和试剂的闪点,根据这个标准,可见实验室常用的大部分有机溶剂如乙醇、丙酮、己烷、乙酸乙酯等都属于易燃液体的范畴(图3-7)。化合物的易燃性和闪点可以在其SDS中的第9部分查阅。大量的易燃液体应该统一保管在阴凉、通风、防静电的仓库中各实验室应尽量少量分批领取,尽可能减少易燃液体的储存量(一般不大于20L),且保管在专用的易燃品储存柜中。

3.易燃固体

凡是燃点较低,在遇湿、受热、撞击、摩擦或与某些物品(如氧化剂)接触后,会引起强烈燃烧并能散发出有毒气体或烟雾的固体均称为易燃固体。按照燃烧难易程度的不同,易燃固体分为一级易燃固体和二级易燃固体两类。前者燃点低,极易燃烧甚至爆炸,且燃烧速率快,燃烧产物毒性大,包括红磷、硫化磷(PS)、三硝基甲苯(TNT)等。二级易燃固体燃烧性能较一级易燃固体差,燃烧时放出气体毒性较小,如金属铝粉、镁粉、硝基化合物、碱金属氨基化合物、萘及其衍生物等(图3-8)。对于性质不确定的固体化合物,同样可以参考其SDS中第9部分的数据。此类化学品在保存时需要重点防范的是高温,或者可能导致局部高温的作用,例如撞击、摩擦以及缓慢氧化所集聚的热量。易燃固体标识与易燃气体相同。

3.2.4 自燃物、自热物质与自反应物质

1.自燃物与一般的易燃物需要在外部高温作用下引发燃烧不同,有一些化学品或混合物不需要外部能量供应,与空气中的氧反应就能够产生热量并引起燃烧。其中的一些化学品由于具有强烈的还原性,即供在量少的情况下也能与空气自发进行氧化还原反应,5min就能自燃,称为自燃物。自燃物可以是液体、固体或者其混合物,它们的警示标识与易燃物相同。许多强还原性金属、有机金属化合物等,暴露在空气中自燃。实验室比较常见的有白磷(也称黄磷)、三烷基硼、三烷基铝、有机锂试剂、有机试剂和格氏试剂等(图3-9)。这些试剂需要在隔绝氧化剂的条件下保存,例如白磷常保存在水中以隔绝空气,而有机金属试剂的溶液需要在惰性气体氛围和低温环境下才有足够的稳定性。

2.自热物质、自反应物质及混合物

(1)自热物质:相比于自燃物,另一些液体、固体或混合物被氧气氧化的活性较低,仅在大量聚集(公斤级),并经过长时间(数小时或数天)热量累积后才会引发燃

烧,称为自热物质。此类化学品大多是含有油脂的化合物或混合物,最大的安全隐患是引发火灾,因此它们的警示标识与易燃物相同。

(2)自反应物质:即使没有氧(空气)也容易发生激烈放热分解反应的热不稳定液态或固态物质或其混合物称为自反应物质。该类别是对具有显著自反应性,但又不符合“爆炸品”“有机过氧化物”或“氧化性物质”定义的化学品的归纳。根据自反应的难易和激烈程度,该类物质被分为 G 七类,其中 A、B 两类是指在包装中有可能运建巡质被分为品(具有爆炸危险,典型的例子加近基三硝基甲烷,它被用于圆体火温癩提证·踽燃或爆热,具票标识与易品相物相 G 五类的反应性较固体如有机偶氯化物等,仅具有起火的危险,使用与易燃物相同的警示标设在对某一化学品的自热/自反应性质不明确时,可参考其 SDS 的第 10 部分:稳定性

和反应性。(3)遇水放出易燃气体的物质和混合物:与水相互作用产生危险量的易燃气体,并同时放出热量,从而引起燃烧的物质,称为遇水放出易燃气体的物质,也可称为遇湿易燃物品。此类物质的主要风险就是起火。它们除遇水易燃易爆之外,往往还有以下几个危险特性:①与酸或氧化剂反应更加剧烈;②与潮湿的空气作用后可能产生自燃危险;③许多此类遇水放出易燃气体的物质,如钠汞齐等本身具有毒性,遇水后还可能放出有毒气体和其他具有腐蚀性的产物。实验室可能保存和使用的,遇水放出可燃性气体的物质有碳化钙(又称乙炔钙或电石)、磷化铝等。

3.2.5 氧化性物质

自身未必可燃,但由于具有氧化性,会放出氧气等可能引起或促使其他物质燃烧的化学品称为氧化性物质。氧化性物质包括四个类别:氧化性气体、氧化性液体、氧化性固体以及有机过氧化物。其标识为在火焰形状下多了一个圆圈。

1.氧化性气体、液体和固体一般通过提供氧气,比空气更能导致或促使其他物质燃烧的气体称为氧化性气体。实验室常见的氧化性气体主要是钢瓶装的氧气,其他气体如气、氟气和二氧化氮等,在常规实验室并不常用。通过放出氧化性气体引起或促使其他物质燃烧的物质,根据其物理状态,称为氧化性液体或固体。实验室常见的氧化性液体有浓硝酸、氯水、液溴和过氧化氢溶液等。常使用的氧化性固体有高氯酸盐、过硫酸盐、高锰酸盐和重铬酸盐等一些高价态的金属氧化物,它们在与还原性物质接触时可能会导致强烈的化学反应,放出热量,引发燃烧,甚

至爆炸。所以氧化性物质在实验室储存时必须与还原性物质分开,并且保持阴凉,远离热源,避免撞击(图 3-10)。

2. 有机过氧化物

含有一O-O一结构,可视为过氧化氢的一个或两个氢原子被有机基团取代所形成的液态或固态有机物称为有机过氧化物。这类物质同时具有氧化性和易燃性,受热超过一定程度后可发生放热而加速分解,产生高活性含氧自由基。它们具有易于爆炸分解,迅速燃烧,对撞击或摩擦敏感,以及与其他物质发生危险反应的风险。所以,有机过氧化物的危险标识符号主要是爆炸和着火两种。

有机过氧化物主要是用作合成树脂的聚合引发剂或催化剂。在高分子材料领域,它可用作自由基聚合和接枝反应的引发剂、橡胶和塑料的交联剂、不饱和聚酯的固化剂以及纺丝级聚丙烯制备中的分子量分布调节剂。有机过氧化物在化学反应中也常被用作氧化剂,引入含氧官能团。实验室常用的有机过氧化物包括过氧化二苯甲酰、过氧化二月桂酰过氧乙酸和过氧叔丁醇等(图 3-11)。

3.3 化学品的健康危害

化学品除了其理化性质所导致的易燃、易爆和金属腐蚀等危险性以外,还可能对接触和使用化学品的操作人员的身体健康造成不同程度和不同类型的伤害。说起化学品对动物机体的伤害,最容易联想到的是中毒与灼伤两个重要的类型。通常我们认为化学灼伤是化学品接触皮肤后造成的表面创伤,而中毒是药品进入机体后对生理功能产生了干扰。而实际上这两者之间很难严格地区分,例如经皮肤吸收的化学品也能进入循环系统而导致中毒,而吞食或吸入的化学品可能主要造成消化道和呼吸道表层的损伤。化学品对人体健康产生危害的速度、程度、作用机制和作用器官各不相同,因此对此类危害行简单明了且全面的分类是一件困难的事情。GHS 将化学品的健康危害分为十个类别分别为急性毒性、剧毒物、皮肤腐蚀/刺激、严重眼损伤/眼刺激、呼吸道或皮肤致敏、致癌生殖毒性、生殖细胞致突变性、特异性靶器官毒性(一次接触、反复接触)和吸入危害

13.4 化学品的毒性

鉴于化学灼伤也可以被看作物质对局部组织的毒性,原则上可以认为所有具有健危害性的化学品都具有毒性。毒性是指化学品或者其混合物与生命机体接触或进入 4 物体后,引起直接或间接损害的能力。它既可以针对整个生物体,也可以

针对某一特定的器官。毒性是一个相对的概念,讨论化学物质毒性的关键就是剂量。即使我们平时认为无毒无害的水,在摄入过量后也会导致水中毒。而被认为是剧毒的化学品,在低于特定的剂量时,也不会对生命体造成实质的伤害。化学品对健康危害的程度不仅取决于物质本身的理化性质,还与机体的接触量、接触方式以及接触时间都密切相关,但在大多数情况下接触量是决定性因素。在接触方式和接触时间这些条件相同的前提下,化学品对机体造成损害所需的剂量越小,其毒性越高。另一方面,根据化学品对生物体产生毒性作用的速度和持续时间,化学品的毒性可以分为短期健康效应和长期健康效应。

化学品分别在短期和长期对健康造成的损害应该分开讨论,它们可能表现出不同程度的毒性,也可能在作用机制和靶器官上存在显著差异。例如亚硝酸钠在短期健康效应上仅表现出较低的急性毒性和中度的眼刺激,但在长期健康效应上却表现出致癌性;苯的急性毒性表现为中枢神经系统的抑制,但在长期健康效应上表现为对造血系统的严重抑制。

13.5 化学品的短期健康效应

1. 急性毒性

急性毒性是指机体(人或实验动物)一次(或 24h 内多次)接触外来化学品之后所引起的中毒效应,严重的甚至导致死亡。急性毒性的警告标识见右图,用一个惊叹号表示。急性毒性与剂量、接触途径有密切关系(图 3-14)。毒性物质的毒性分为急性口服毒性、皮肤接触毒性和吸入毒性。其毒性的强烈程度分别用经口 LD₅₀、经皮肤 LD₅₀和吸入(气体/烟雾、粉尘)LC₅₀来衡量。

2. 剧毒物

国家安全生产监督管理局等相关单位公布的《剧毒化学品目录》明确了剧毒物的定义和判断标准,它是指具有非常剧烈毒性危害的化学品,包括人工合成的化学品及其混合物(含农药)和天然毒素;剧毒化学品的 GHS 警告标识为右侧所示的骷髅头。大鼠试验经口 LD₅₀<50 mg/kg,或经皮肤 LD₅₀<200 mg/kg,或吸入 LC₅₀<0.5mg/L(气体)、2.0mg/L(蒸气)或 0.5mg/L(烟雾/粉尘)的物质属于剧毒化学品。此外也可参考国家标准中对急性毒性的分类,不同接触途径下归属于类别 1 和类别 2 的化学品均为剧毒物。

3. 皮肤腐蚀/刺激

化学品与皮肤接触后,除通过皮肤组织渗入循环系统引起全身中毒之外,更直接的是引起接触部位皮肤组织的腐蚀和刺激,通常也称为化学灼伤。与热灼伤相比,化学灼伤有许多相似之处,但又有化学致伤物所造成的特殊病理变化。例如:①皮肤组织接触强酸、强碱或氧化还原剂可导致组织蛋白变性;②脂溶性物质导致脂肪组织溶解、损伤;③组织的胶体状态和通透性被破坏;④皮肤神经末梢感受器受损,出现皮肤感觉麻木或痛觉过敏等;⑤许多化学致伤物质可导致局部或全身性的病变等。

化学品对皮肤造成的不可逆伤害,即接触实验品 4h 内可观察到表皮和真皮的坏死,称为皮肤腐蚀。典型的皮肤腐蚀具有溃疡、出血、血痂等特征。常见的具有活泼反应性的试剂,如硫酸、盐酸、硝酸、冰醋酸、氢氧化钠、高锰酸钾和重铬酸钾等都是典型的皮肤腐蚀试剂。此外,溴单质和一氯化碘、五氯化磷、氯化亚砷等活泼的卤代物,乙二胺、三乙胺、苯酚等有机物也具有强烈的皮肤腐蚀性。相比之下,接触 4h 后,仅对皮肤造成可逆伤害,被定义为皮肤刺激。因此,实验人员在使用化学品时应该确保正确的着装和个人防护,避免化学品与身体任何部位的皮肤直接接触。

4.严重眼损伤/眼刺激

与皮肤相比,眼睛的构造更为复杂,对生理环境的变化更加敏感,所以在对化学品的危害性进行评价时,眼损伤和眼刺激是需要单独进行动物试验的。将试验品施用于眼睛前部表面进行暴露接触若能引起眼部组织损伤,或导致严重的视觉衰退,且在暴露后的 2 天内尚不能完全恢复,则认为该物质具有严重眼损伤的属性。除常见的强酸、强碱、氧化/还原剂外,锌、铜、铁、锰等过渡金属盐,乙醇乙腈、四氢呋喃、三乙胺、吡啶和苯胺等有机试剂也是可能造成严重眼损伤的物质。

如果试验品施用于眼睛前部表面进行暴露接触后,能引起眼睛的改变,但在暴露后的 21 天内出现的改变可完全消失,恢复正常,则被定义为具有眼刺激性。大多数化学试剂,例如常见的碳酸钠、吡啶、二氯甲烷、丙酮、乙二胺四乙酸(EDTA)、吡啶、苯甲醛等都属于这一类别。为了避免眼睛受到伤害,实验过程中佩戴护目镜也是个人防护的基本要求之一。

5.呼吸道或皮肤致敏

与腐蚀和刺激不同,过敏指的是免疫系统暴露于某一曾经接触过物质时产生

的响应。它包括两个阶段:第一个阶段是个体因接触某种过敏原而诱发特定免疫记忆(induction);第二个阶段是引发(elicitation),即某一过敏个体因再次接触某种过敏原而产生细胞介导或抗体介导的过敏反应。在测试一种化学品是否具有致敏性时,也需要经历诱发和引发两个阶段,一般来说,引发过敏所需的剂量一般低于诱发所需的剂量。

呼吸道致敏是指吸入(气体、蒸气、烟雾或粉尘)后会导致呼吸道过敏的物质,而皮肤致敏则用于描述皮肤接触后会导致过敏的物质。人体对化学品的免疫反应是一个复杂的过程,且因个体而异。乙二胺、苯胺、马来酸酐和邻苯二甲酸酐等,是常见的可能引起皮肤或呼吸道过敏的物质。相比之下,呼吸道过敏可能会引起哮喘,危险性更高

6.吸入危害

与本部分开头介绍过的三种接触方式之一的“吸入气体、蒸气、烟雾或粉尘(inhalation)”不同,此处的“吸入(aspiration)”特指异物通过口腔或鼻腔直接进入,或者因呕吐间接进入气管和下呼吸道,也称为误吸。这一分类主要用于评价液体或固体化学品进入肺部后给人体带来的危害。该过程可能会导致严重的后果,例如化学性肺炎肺损伤,甚至窒息而死。

液体或固体化学品的吸入危害主要与其水溶性和黏度有关,水溶性越差,黏度越的液体物质,导致危害的能力越强。日常消费品中典型的具有吸入危害的物质包括类:一是脂肪族的碳氢化合物,例如汽油、松节油和煤油等;二是油脂类化合物,例如矿油和植物油等。实验室中符合这些性质的物质更多,但是将液体或固体化学试剂通过口鼻吸入呼吸道是不常见且相对容易避免的事件。

13.6 化学品的长期健康效应

在接触化学品后,除了短时间内表现出的健康效应,还可能在更长的时间尺度上给人体带来不良的影响。除急性毒性,皮肤/眼睛/呼吸道灼伤和吸入危害外,国家标准中化学品危害分类中的致癌性、生殖毒性、生殖细胞突变性、特异性靶器官毒性都是指在较长时间尺度上对身体健康的影响。

1.致癌性

物质或者混合物可导致癌症或增加癌症发病率的性质称为致癌性。癌症是由于细胞正常功能损伤后,有丝分裂的速率显著高于程序性凋亡,从而导致部分组织

和器官恶性增殖所引起的疾病。致癌的物质可能通过对细胞代谢过程的干扰,或对 DNA 的损伤来增加癌症的风险,它们的特性之一是在短期内不一定表现出对生物体的损害,毒性隐蔽,容易被忽视。

合成化学品和天然毒素都可能具有致癌性。常见的化学致癌物有可吸入的粉末状石棉、二噁英类和稠环芳烃等。DNA 的碱基具有亲核性,许多可溶性的亲电试剂都可能与其反应,从而具有潜在的致癌能力,例如甲醛、碘甲烷以及一些环氧化合物。代性的天然致癌物有酒精、黄曲霉毒素 B(常见于发霉的谷物和坚果等)、马兜铃酸(存在马兜铃科植物中)和苏铁苷(存在于苏铁种子中)等(图 3-15)。

3.7 化学品的环境危害

化学品的泄漏和处置不当也能对环境造成危害。由于水体和大气流动的特性,化学品在水中溶解或挥发进入大气后难以控制,对水生环境和臭氧层的危害较为显著。水生环境危害物质通常由右侧的图标标识。当化学品的安全技术说明书(SDS)上有此说明时,尤其注意不要将该物质较长时间敞口存放,或让该物质泄漏到下水道中。

化学品的理化危害、健康危害和环境危害兼具普遍性和复杂性。实验人员在做好个人防护的基本前提下,对于初次使用或性质不熟悉的化学品,一定要事先仔细阅读安全技术说明书(SDS),以尽可能将化学品在消防安全、健康和环境方面造成的危害降至最低。

13.8 危险化学品的管理与分类存放

3.8.1 易制毒与易制爆化学品的管理

易制毒是指具有可以作为原料或辅料而制成精神类管制药品的性质。易制毒化学品的分类根据国家管制类精神类药物而定,本身并不一定是毒品或危险化学品。化学实验室常用溶剂,如乙醚、丙酮、醋酸酐、甲苯等都属于易制毒化学品。有机化合物如 1-苯基-2-丙酮、3,4-亚甲基二氧苯基-2-丙酮和麻黄碱等因与苯丙胺结构相关,也被列为易制

易制爆是指化学品可以作为原料或辅料而制成爆炸品的性质。易制爆化学品通常毒化学品。包括强氧化剂、可燃/易燃物、强还原剂和部分有机物。实验室常用的丙酮、高氯酸盐、硝酸盐、硝基类化合物、双氧水以及有机过氧化物等都属于易制爆化学品。

为了防止被不法分子利用从而危害社会,易制毒与易制爆化学品的购买、保管与使用需严格遵守国家和地方的法律法规。各单位对采购易制毒与易制爆化学品的管理方法和采购流程不尽相同,使用者在购买试剂时需首先查明药品是否属于这一类范畴,然后咨询安全管理部门,按照标准流程申购、保管和使用。

3.8.2 危险化学品的储存与管理

大量化学品的存放须严格遵循国务院发布的《危险化学品安全管理条例》中的要求保存在专门的仓库中。此外,各学校和单位,通常也会发布更加详细、更加适用于具体情况的化学品安全管理条例。实验室内少量危险化学品的存放也需要遵守学校和学院的规定,根据以下几项基本要求进行分类存放。

(1)实验室需建立并及时更新化学品台账,及时清理无名、废旧化学品。(2)所有化学品和配制试剂都应贴有明显标签,注明内容物的成分和 CAS 号等必要信息。杜绝标签缺失、破损和新旧标签共存等现象(图 3-17)。

(3)剧毒化学品、麻醉类和精神类药品需存放在不易移动的保险柜或带双锁的冰箱内,实行双人领取、双人运输、双人使用、双人双锁保管的“五双”制度,并切实做好相关记录。储存单位应当将储存剧毒化学品以及构成重大危险源的其他危险化学品的数量、地点以及管理人员的情况,报当地公安部门和负责危险化学品安全监督管理综合工作的部门备案。

(4)易爆品应与易燃品、氧化剂隔离存放,宜存于 20℃ 以下,最好保存在防爆试剂柜、防爆冰箱或经防爆改造过的冰箱内。

3.9 防毒面罩的正确佩戴方式以及应用场景

作业布置:

- 1.危险化学品的定义?
- 2.危险化学品的危害分类?
- 3.化学品有哪些健康危害?
- 4.化学品的毒性指的是?
- 5.化学品的短期健康效应?
- 6.化学品的长期健康效应?

第四章：化学实验废弃物的处理

授课章节	第四章：化学实验废弃物的处理				
课时安排	3	授课方式	讲授+实训	授课类型	实训课
教学主要内容： 第一节 化学实验废弃物的危害 第二节 化学实验废弃物分类与管理 第三节 化学实验废弃物的处理方法					
教学目的、要求： 知识目标 熟悉化学实验废弃物的危害；了解化学实验废弃物分类与管理。 能力目标 1. 能正确分辨化学实验废弃物的危害 2. 能正确进行化学实验废弃物的分类； 3. 能正确进行化学实验废弃物的管理 素质目标 1. 通过了解化学实验废弃物的危害，培养安全意识 2. 通过熟悉化学实验废弃物分类与管理，培养严谨认真的科学态度 课程思政 环保意识与使命感，严谨求实的科学态度，对科学研究负责，对环境安全和社会公众负责。					
教学重点、难点： 教学重点：化学实验废弃物的危害；带学生参观及演示化学废弃物的处理 教学难点：化学实验废弃物的处理方法					
教学方法及手段：多媒体讲授+实训					
教学过程： <h3>第四章 化学实验废弃物的处理</h3> <p>第一节 化学实验废弃物的危害</p> <p>一、化学实验废弃物概述</p>					

定义与分类

明确化学实验废弃物是在化学实验过程中产生的各种废弃物质，包括固体、液体、气体废弃物。

详细讲解固体废弃物如废弃的玻璃仪器、滤纸、金属等；液体废弃物包含各种废弃的化学试剂溶液、反应产物溶液等；气体废弃物有实验过程中产生的有毒有害气体如氯气、二氧化硫等。按照其化学性质进一步分类，例如有机废弃物、无机废弃物、危险废弃物（具有易燃、易爆、有毒、腐蚀性、放射性等特性）。

危害特性

阐述对环境的危害，如未经处理的液体废弃物排入水体可能导致水质恶化，影响水生生物生存，改变水体生态平衡；固体废弃物中的重金属可能渗透到土壤中，造成土壤污染，使土壤肥力下降，影响农作物生长和农产品质量，甚至通过食物链进入人体。

讲解对人体健康的威胁，像接触或吸入有毒气体可能损害呼吸道、神经系统等；某些有机废弃物中的有害物质可能致癌、致畸、致突变。

第二节 化学实验废弃物分类与管理

（一）按物理形态分类

固体废弃物

废弃化学品：包括过期或变质的化学试剂，如固体氢氧化钠因吸收空气中的二氧化碳而部分变质形成碳酸钠；不再使用的催化剂，如用过的铂催化剂；以及实验过程中产生的固体产物，如合成实验中得到的不溶性沉淀物等。

沾染化学品的固体材料：如沾有化学试剂的滤纸、棉花、手套、玻璃纤维等。在化学分析实验中，过滤操作后的滤纸可能会吸附大量重金属离子或有机化合物；在化学合成实验中，用于搅拌的玻璃棒可能会沾染反应物或产物而成为沾染废弃物。

破损玻璃仪器和塑料器具：实验过程中损坏的玻璃试管、烧杯、容量瓶以及塑料滴管、离心管等。这些废弃物虽然本身无毒，但破碎后可能会划伤人体，且如果沾染有毒有害物质则需要特殊处理。

液体废弃物

有机废液：

烃类：如苯、甲苯、二甲苯等芳香烃，以及己烷、庚烷等脂肪烃。在有机化学合成实验中，常用苯作为溶剂，反应后产生的含苯废液如果随意排放会对环境造成严重污染。

卤代烃：如氯仿、四氯化碳、二氯甲烷等。这些卤代烃具有较强的毒性和挥发性，在药物合成实验中常作为反应中间体或溶剂使用，产生的废液需要妥善处理。

醇类、醚类、酮类等：如甲醇、乙醇、乙醚、丙酮等。乙醇在生物化学实验中常用于消毒和提取，使用后产生的废液若大量排放会对水体产生污染；丙酮在化学分析实验中用于清洗仪器，其废液含有有机杂质和少量丙酮，也需正确处理。

无机废液：

酸碱废液：酸性废液如盐酸、硫酸、硝酸废液，在金属腐蚀实验、化学分析中的酸化处理等实验中会产生；碱性废液如氢氧化钠、氢氧化钾废液，在化学合成中的碱催化反应、废水处理中的碱中和实验等会产生。酸碱废液如果直接混合可能会发生剧烈反应，产生大量热甚至引发爆炸，同时未经处理排放会改变水体酸碱度，影响水生生态平衡。

重金属废液：含汞、镉、铅、铬、铜、镍等重金属离子的废液。在电镀实验中会产生大量含铬废液，铬离子具有致癌性且对环境危害极大；在金属材料分析实验中可能会产生含铜、镍等重金属废液，这些废液如果进入土壤或水体，会被农作物或水生生物吸收富集，通过食物链进入人体，对人体健康造成严重损害。

含氰废液：在金矿开采、电镀、金属表面处理等实验或工业生产过程中可能会产生含氰化物废液。氰化物具有极强的毒性，能抑制细胞呼吸酶，即使少量泄漏也会对环境 and 人类生命安全造成极大威胁。

混合废液：许多化学实验会产生多种成分混合的废液，如同时含有有机试剂和重金属离子的废液。在药物研发实验中，可能会使用多种有机试剂进行反应，反应后的废液中还可能含有金属催化剂残留，这种混合废液的处理难度较大，需要根据其具体成分进行综合处理。

气体废弃物

挥发性有机化合物（VOCs）：如甲醛、苯乙烯、乙酸乙酯等在实验过程中挥发到空气中的有机气体。在涂料实验中，涂料中的有机溶剂挥发会产生大量

VOCs, 这些气体不仅污染室内空气, 还会对大气环境产生危害。

酸性气体: 如氯化氢、二氧化硫、氮氧化物等。在化学合成实验中, 使用盐酸等挥发性酸时会产生氯化氢气体; 在燃烧实验或某些工业废气处理实验中可能会产生二氧化硫和氮氧化物, 这些酸性气体排放到空气中会形成酸雨, 对建筑物、农作物、水体等造成损害。

碱性气体: 如氨气。在铵盐与碱反应实验中会产生氨气, 氨气具有刺激性气味, 大量排放会对空气环境质量产生影响, 同时高浓度氨气对人体呼吸道和眼睛有强烈刺激作用。

有毒气体: 如氯气、硫化氢、一氧化碳等。在氯气制备实验中, 如果操作不当可能会导致氯气泄漏, 氯气具有强氧化性和毒性, 会对人体呼吸道和肺部造成严重损伤; 硫化氢在一些含硫化合物的分解或反应实验中可能产生, 它具有臭鸡蛋气味, 是一种剧毒气体, 能麻痹人的嗅觉神经, 高浓度时可导致人瞬间窒息死亡; 一氧化碳在不完全燃烧实验或某些化学还原反应中可能产生, 它能与人体血红蛋白结合, 使血红蛋白失去携氧能力, 导致人体缺氧中毒。

(二) 按危险特性分类

易燃废弃物

易燃液体: 低沸点有机溶剂如乙醚 (沸点 34.6°C)、丙酮 (沸点 56.5°C)、石油醚等, 这些液体在常温下易挥发形成可燃蒸气, 与空气混合后遇明火或电火花容易发生燃烧甚至爆炸。在化学实验室中, 使用这些易燃液体时必须远离火源, 并在通风良好的环境中操作。

易燃固体: 如金属钠、钾、白磷等。金属钠和钾能与水剧烈反应生成氢气并放出大量热, 氢气易燃, 因此这些金属必须保存在煤油或石蜡油中, 防止与水、空气接触。白磷在空气中能自燃, 通常保存在水中, 在使用白磷进行实验时要格外小心, 防止其自燃引发火灾。

自燃物品: 一些含有不饱和键或活性基团的化合物, 如黄磷、烷基铝等, 在空气中能自行发热氧化而燃烧。黄磷在常温下与空气接触就会缓慢氧化, 当温度达到其自燃点 (约 30°C) 时就会自燃, 所以在储存和使用黄磷时要严格控制环境温度和隔绝空气。

遇湿易燃物品: 除了金属钠、钾等碱金属外, 还有碳化钙 (电石) 等。碳化

钙与水反应生成乙炔气体，乙炔是一种易燃气体，在有氧气存在的情况下遇明火会剧烈燃烧甚至爆炸。在储存和使用遇湿易燃物品时，要确保环境干燥，避免与水接触。

易爆废弃物

爆炸物：如苦味酸、三硝基甲苯（TNT）、叠氮化钠等。苦味酸和 TNT 是常见的烈性炸药，在军事实验或炸药研究实验中可能会涉及。叠氮化钠在受到撞击或加热时会迅速分解产生大量氮气，引发爆炸，常用于汽车安全气囊的产气剂，但在实验室使用和储存时必须严格控制条件，防止其意外爆炸。

不稳定化合物：一些过氧化物如过氧化苯甲酰、过氧化氢等，以及某些氮氧化物等，在受热、光照、摩擦或与其他物质接触时容易发生分解反应，产生大量气体和热量，从而引发爆炸。过氧化苯甲酰在有机合成实验中常用作引发剂，但它在储存和使用过程中需要避光、低温保存，防止其分解爆炸。

有毒废弃物

重金属废弃物：如前所述，汞、镉、铅、铬等重金属离子的废液或固体废弃物具有很强的毒性。汞在常温下易挥发，其蒸气可通过呼吸道进入人体，损害神经系统和肾脏；镉可通过食物链在人体富集，导致肾脏疾病和骨骼病变；铅可影响儿童智力发育和血液系统；铬的六价铬离子具有致癌性，对皮肤和呼吸道有强烈刺激作用。

有机毒物：包括苯系物（苯、甲苯、乙苯等）、多环芳烃（萘、蒽、菲等）、卤代烃（氯仿、四氯化碳、二氯甲烷等）、有机农药（敌敌畏、百草枯等）、醛类（甲醛、乙醛等）、酚类（苯酚、甲酚等）等。苯系物可损害造血系统和神经系统；多环芳烃具有致癌、致畸、致突变作用；卤代烃可影响肝脏、肾脏和神经系统；有机农药对人体的神经系统、呼吸系统和消化系统等都有不同程度的损害；醛类如甲醛对呼吸道和眼睛有强烈刺激作用，长期接触可能导致癌症；酚类具有腐蚀性和毒性，能使蛋白质变性，对皮肤和黏膜有强烈刺激作用。

氰化物和砷化物：氰化物如氰化钾、氰化钠等能迅速与人体细胞中的细胞色素氧化酶结合，阻断细胞呼吸链，导致细胞窒息死亡。砷化物如三氧化二砷（砒霜）是一种剧毒物质，可通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体，影响人体的多个器官系统，导致中毒症状如腹痛、腹泻、呕吐、神经系统紊乱等，严重时可致死。

腐蚀性废弃物

强酸：硫酸、盐酸、硝酸等强酸在高浓度时具有很强的腐蚀性。硫酸能使有机物脱水碳化，对皮肤、眼睛和金属等有强烈腐蚀作用；盐酸挥发的氯化氢气体对呼吸道有刺激作用，其溶液能腐蚀金属和某些有机物；硝酸具有强氧化性和腐蚀性，能与许多物质发生剧烈反应，对皮肤和金属的腐蚀作用也很明显。在使用强酸时，必须佩戴防护手套、护目镜等防护用品，防止酸液溅到人体或实验设备上。

强碱：氢氧化钠、氢氧化钾等强碱能与油脂、蛋白质等有机物发生皂化反应，对皮肤、眼睛和金属等也有较强的腐蚀作用。氢氧化钠固体在溶解时会放出大量热，如果不慎接触皮肤会造成灼伤。在处理强碱废液时，要注意防止其与酸液混合产生剧烈反应，同时也要避免其泄漏对环境造成污染。

其他腐蚀性物质：如氢氟酸，它能与二氧化硅反应，对玻璃有强烈腐蚀作用，在使用氢氟酸时不能使用玻璃容器。此外，一些强氧化剂如过氧化氢、高锰酸钾等在高浓度或特定条件下也具有一定的腐蚀性，在处理这些物质时也需要谨慎。

感染性废弃物

生物实验废弃物：在医学、生物学、微生物学等实验中产生的含有病原体的培养物、组织、血液、血清、排泄物等。例如，在医学检验实验中，检测艾滋病病毒、乙肝病毒等病原体的血液样本，如果处理不当可能会导致病毒传播；在微生物培养实验中，含有细菌、真菌、病毒等病原体的培养皿、培养液等废弃物，如果未经彻底消毒灭菌就排放，会对实验室工作人员和周围环境造成感染风险。

动物实验废弃物：实验动物的尸体、组织器官、排泄物等。在动物解剖实验中产生的动物尸体如果不进行无害化处理，可能会滋生细菌、病毒等病原体，传播疾病。一般需要将动物尸体进行高温高压灭菌或化学消毒处理后，再按照相关规定进行后续处理，如焚烧或深埋等。

四、化学实验废弃物的管理

（一）收集

收集容器的选择

固体废弃物：对于一般固体废弃物，如未沾染化学品的玻璃仪器碎片、废纸等，可以使用普通垃圾桶收集。但对于沾染化学品的固体废弃物，应根据废弃物

的性质选择合适的容器。例如，对于沾染重金属的固体废弃物，可使用耐腐蚀性的塑料桶或金属桶收集；对于沾染有机试剂的固体废弃物，可使用密封良好的塑料袋或玻璃容器收集，防止有机试剂挥发。

液体废弃物：酸性废液应收集在耐酸塑料桶或玻璃瓶中，不能使用金属容器，以免发生化学反应；碱性废液可收集在耐碱塑料桶中；有机废液应根据其挥发性和毒性选择合适的密封容器，如带有密封盖的玻璃试剂瓶或塑料桶，对于易挥发的有机废液，容器应尽量装满，减少上部空间，降低挥发风险。对于含有重金属或其他有毒物质的液体废弃物，容器应标明危险废物标志和主要成分。

气体废弃物：对于少量的挥发性气体废弃物，如在通风橱内产生的少量氯化氢气体，可通过通风系统排出室外，但如果气体具有较强毒性或污染性，应配备专门的气体吸收装置，将气体吸收转化为无害物质后再排放。对于一些特殊的气体废弃物，如在高压实验中产生的少量氢气或其他可燃气体，应收集在专门的气体钢瓶或密封容器中，防止其泄漏引发火灾或爆炸。

（二）储存

储存设施与条件

储存仓库：学校或实验室应设立专门的化学实验废弃物储存仓库或区域，该区域应远离火源、热源（如锅炉房、配电室等）、水源（如水池、水管等）和人员密集区（如教室、办公室等），一般要求距离不少于 50 米。储存仓库应具有良好的通风条件，可安装排风扇或通风管道，确保仓库内空气流通，降低有害气体浓度。仓库地面应采用耐腐蚀、防渗材料，如环氧树脂地面，防止废液泄漏污染土壤和地下水。仓库应设置防火、防爆、防泄漏、防盗等安全设施，如安装火灾报警器、防爆电器设备、泄漏收集池、监控摄像头等。

储存货架与容器摆放：不同类型的危险废弃物应分类存放于不同的储存区域或货架上，按照危险特性（如易燃、易爆、有毒、腐蚀性等）分区储存，并设置明显的标识牌。例如，易燃废弃物应存放在专门的防火防爆储存柜中，与其他废弃物保持安全距离；有毒废弃物应存放在有锁的储存柜中，防止被盗或误触。储存容器应放置在托盘或防泄漏平台上，托盘或平台的容量应能容纳容器可能泄漏的全部废液，防止因容器破裂或泄漏导致废弃物扩散。对于储存大量液体废弃物的容器，还应考虑其承重能力和稳定性，可采用专门的金属支架或固定装置固定

容器。

储存期限与监控

储存期限：危险废弃物的储存期限一般不宜过长，应根据废弃物的性质和稳定性确定合理的储存时间。例如，一些易分解或变质的废弃物，如含过氧化物的有机废液，应尽快处理，一般储存期限不超过 1 个月；而某些相对稳定的废弃物，如重金属

第三节 化学实验废弃物的处理方法

一、化学实验废弃物处理原则

减量化原则

介绍在实验设计阶段如何通过优化实验方案减少试剂用量，例如采用微量实验技术，提高试剂利用率，从而减少废弃物产生量。

强调实验过程中的规范操作，避免因操作失误导致试剂浪费和额外废弃物生成，如准确量取试剂、合理安排反应条件等。

资源化原则

说明对于一些有回收价值的废弃物如何进行资源回收利用。例如，某些金属废弃物可以通过特定工艺回收其中的金属元素；有机试剂废液可以进行蒸馏、萃取等处理回收溶剂或有价值的有机化合物。

提及学校或实验室内部建立废弃物回收体系的重要性，鼓励学生积极参与回收流程，提高资源循环利用意识。

无害化原则

讲解对于无法资源化利用的废弃物，必须进行无害化处理，使其对环境 and 人体的危害降至最低。例如，采用化学中和、氧化还原、沉淀等方法处理含酸碱、重金属、有毒有机物的废液，使其达到排放标准；对有毒有害气体采用吸收、吸附等方法进行净化处理后排放。

二、化学实验废弃物处理方法

固体废弃物处理

一般固体废弃物处理：可回收的玻璃、金属等进行分类回收，交予专门回收机构处理；不可回收的固体如废纸、废塑料等可进行焚烧或填埋处理，但要遵循环保要求，如焚烧时控制废气排放，填埋时选择合适的填埋场地并做好防渗处理。

危险固体废弃物处理：对于沾染有毒有害物质的固体废弃物，如含汞、镉等重金属的固体，需采用特殊的固化稳定化技术，将有害物质固定在固体基质中，防止其渗出扩散，然后再进行安全填埋或交由有资质的危险废物处理单位处理。

液体废弃物处理

无机废液处理：

酸碱废液：采用中和法，将酸性废液和碱性废液相互混合调节 pH 值至 6-9 后排放。若酸或碱含量过高，可先进行回收利用，如利用废酸制备某些盐类产品。

重金属废液：对于含重金属离子（如铅、铬、铜等）的废液，可加入沉淀剂（如硫化钠、氢氧化钠等）使重金属离子形成难溶的沉淀，过滤分离后妥善处理沉淀，滤液经检测达标后排放。

有机废液处理：

蒸馏法：对于沸点差异较大的有机混合废液，可采用蒸馏方法分离回收不同沸点的有机物。

氧化分解法：利用强氧化剂（如高锰酸钾、过氧化氢等）将有机废液中的有机物氧化分解为无害的二氧化碳、水等物质，然后排放。

生物处理法：对于一些可生物降解的有机废液，可通过微生物的代谢作用将其分解转化，但需控制好处理条件和微生物种类。

气体废弃物处理

吸收法：对于酸性气体（如氯化氢、二氧化硫等）可采用碱性溶液（如氢氧化钠溶液）吸收；碱性气体（如氨气）可用酸性溶液（如稀硫酸）吸收。

吸附法：利用活性炭、分子筛等吸附剂对有毒有害气体进行吸附处理，吸附饱和后可进行再生或更换吸附剂。

燃烧法：对于可燃的有毒气体（如一氧化碳、氢气等），在确保燃烧完全且燃烧产物无害的情况下，可采用燃烧法处理，将其转化为二氧化碳、水等。

三、化学实验废弃物处理设施与设备

介绍实验室常见的废弃物处理设施，如废液收集桶（分为不同类型废液收集桶，并有明显标识）、废气吸收装置（包括通风橱、气体吸收塔等）、固体废弃物分类收集容器等。

讲解废弃物处理设备的操作方法与维护要点，如废液处理设备中的中和反应装置、蒸馏设备的操作流程，以及如何定期检查设备的密封性、管道是否畅通、仪器仪表是否正常工作等，确保设备的正常运行和处理效果。

四、化学实验废弃物处理的管理与监督

实验室内部管理

建立完善的废弃物管理制度，包括废弃物分类收集标准、处理流程规范、人员责任分工等。

对实验人员进行废弃物处理培训，使其熟悉处理原则、方法和设施设备操作，提高环保意识和处理技能。

设立废弃物处理记录台账，详细记录废弃物的产生量、种类、处理方式、处理时间、处理人员等信息，便于追溯和管理。

外部监督机制

介绍政府环保部门对实验室废弃物处理的监管要求和检查标准，如污染物排放标准、危险废物转移联单制度等。

强调实验室应积极配合环保部门的监督检查，定期进行废弃物处理情况自查自纠，确保符合环保法规要求。

五、案例分析与实践操作

选取一些典型的化学实验废弃物处理成功案例和因处理不当引发的事故案例进行分析。成功案例包括某实验室通过优化实验流程和废弃物回收利用方案，实现废弃物减排和资源回收的显著成效；事故案例如因废液混合不当引发爆炸或因废气排放超标导致环境污染被处罚等，通过案例分析加深学生对处理原则和方法的理解，吸取经验教训。

安排学生进行化学实验废弃物处理的实践操作，如在教师指导下对模拟的废液、废气、固体废弃物进行分类处理，让学生亲身体会处理过程，提高实际操作能力和应对突发情况的能力。

第五章：实验事故防范与应急处置

授课章节	第五章：实验事故防范与应急处置				
课时安排	3	授课方式	讲授+实训	授课类型	实训课
教学主要内容： 第一节 实验室应急设备 安全应急设备、化学实验室事故应急预案 第二节 实验室常见事故发生及原因分析 火灾、爆炸、触电、淹水、中毒和化学品灼伤 第三节 实验室紧急事故处理方法 火灾、爆炸、触电、中毒应急处置 第四节 实验室事故案例分析					
教学目的、要求： 知识目标 掌握实验室紧急事故处理方法；了解实验室常见事故发生及原因分析。 能力目标 1. 能正确进行实验室紧急事故的处理 2. 能正确进行实验室常见事故发生及原因分析 素质目标 1. 通过掌握实验室紧急事故处理方法，培养安全意识 2. 通过了解实验室常见事故发生及原因分析，培养严谨认真的科学态度 课程思政 严谨求实的科学态度，强化安全责任担当，弘扬互助精神，增强应急管理意识，树立法治观念。					
教学重点、难点： 重 点：实验室紧急事故处理方法 难 点：实验室常见事故发生及原因分析					
教学方法及手段：多媒体讲授+实训					
教学过程：					

第五章 实验事故防范与应急处置

第一节 实验室应急设备

一、实验室应急设备

(一) 消防设备

灭火器

干粉灭火器：适用于扑救可燃固体、可燃液体、可燃气体和电气设备的火灾。例如在化学实验室中，当有机溶剂如乙醇、丙酮等发生燃烧时，干粉灭火器可有效灭火。

二氧化碳灭火器：常用于扑救贵重设备、档案资料、仪器仪表、600 伏以下电气设备及油类的初起火灾。在实验室中，对于电子天平、显微镜等精密仪器设备附近发生的火灾，使用二氧化碳灭火器可避免对设备造成二次损坏，因为二氧化碳灭火时不留下任何痕迹，不会腐蚀设备。

泡沫灭火器：主要用于扑救一般 B 类火灾，在化学实验室中，如果是石油醚等油类物质着火，泡沫灭火器可通过产生泡沫覆盖在燃烧物表面，隔绝空气而灭火。

消火栓

消火栓是固定消防设施，一般由消防水池、消防水泵、管网、消火栓箱等组成。例如在实验室大面积易燃物着火且火势蔓延较快的情况下，消火栓可与其他灭火设备协同作战，有效控制火势。

灭火毯

灭火毯由特殊纤维制成，具有防火、隔热、耐高温等特性。在实验室中，当小型火灾发生时，如实验台上的少量易燃物着火，可迅速用灭火毯覆盖在着火点上，隔绝空气，阻止火势蔓延。例如，在加热实验中，因加热过度导致反应容器周围的纸张或抹布着火，灭火毯能在第一时间将火扑灭，防止火灾扩大。同时，灭火毯也可用于在火灾发生时包裹身体，保护人员安全撤离火灾现场。

(二) 急救设备

急救箱

急救箱内应配备常用的药械，如碘伏、酒精、棉签、绷带、创可贴、剪刀、镊子等。在实验室人员受到轻微割伤、擦伤等外伤时，可及时进行伤口消毒、包

扎处理。若有人被玻璃仪器划伤，可用生理盐水冲洗伤口后，用碘伏消毒，再用创可贴或绷带包扎。对于一些小的刺伤，镊子可用于取出异物，然后进行消毒包扎。

还应配备一些应对特殊情况的药品，如针对化学药品溅入眼睛的洗眼液，当有少量酸碱等化学试剂溅入眼睛时，可立即用洗眼液冲洗眼睛，降低化学物质对眼睛的伤害。

急救担架

急救担架用于在实验室事故中搬运受伤较重、行动不便的人员。例如在发生触电事故导致人员昏迷或骨折等情况时，可将受伤人员平稳地放置在担架上，以便迅速转移到安全地点或送往医院进行进一步救治。担架的设计应保证其稳定性和舒适性，避免在搬运过程中对伤者造成二次伤害。

（三）泄漏处理设备

泄漏应急处理套装

通常包括吸附棉、中和剂、收集袋等。当实验室发生化学品泄漏时，如浓硫酸泄漏，可先用吸附棉吸附泄漏的酸液，防止其进一步扩散。对于一些酸性或碱性化学品泄漏，相应的中和剂可用于中和泄漏物，降低其腐蚀性和危害性。收集袋则用于收集被吸附或中和后的废弃物，以便后续安全处理。

通风橱

通风橱是实验室控制化学品泄漏扩散和保护操作人员的重要设备。在进行易挥发、有毒有害化学品的实验操作时，如使用苯、甲醛等有机溶剂，应在通风橱内进行。通风橱通过风机将橱内的空气抽出，使橱内形成负压环境，防止有害气体泄漏到实验室空气中，将有害气体排放到室外，并经过空气净化装置处理后再排放，以减少对环境的污染。

二、化学实验室事故发生及原因分析

（一）火灾

原因分析

易燃化学品管理不善：许多化学试剂具有易燃性，如乙醚、丙酮、酒精等有机溶剂，若在储存、使用过程中未按照规定妥善保管，如容器密封不严、存放地点靠近热源或火源等，容易挥发形成可燃混合气，一旦遇到明火或电火花就可能

引发火灾。例如在实验室中，有人将用完的酒精试剂瓶随意放置在加热设备旁边，酒精挥发后被加热设备的高温引燃，从而引发火灾。

电气设备故障：实验室中的电气设备众多，如电炉、烘箱、离心机、电气仪表等，如果这些设备存在线路老化、短路、过载等问题，会产生电火花或局部高温，可能点燃周围的易燃物引发火灾。例如，某实验室的一台老旧烘箱，由于长期使用，内部加热元件的电线绝缘层破损，发生短路，产生的电火花引燃了旁边放置的实验纸张，导致火灾发生。

违规操作：在实验过程中，一些违反操作规程的行为也可能引发火灾。比如在加热易燃液体时未使用水浴、油浴等间接加热方式，而是直接用明火加热，导致液体温度过高而着火；或者在进行蒸馏、回流等实验操作时，操作人员离开现场，无人看管，当加热装置出现故障时不能及时发现和处理，最终引发火灾。

（二）爆炸

原因分析

易燃易爆化学品的反应失控：某些化学反应具有剧烈的放热特性，如果在实验过程中对反应条件控制不当，如温度、压力、反应物浓度等，可能导致反应失控，产生大量的热和气体，引发爆炸。例如，在进行硝化反应时，如果反应温度过高或硝酸的浓度过大，反应会迅速进行并释放出大量的热量和二氧化氮气体，使反应容器内的压力急剧上升，最终导致爆炸。

气体钢瓶使用不当：实验室中经常使用各种气体钢瓶，如氢气、氧气、乙炔等。如果钢瓶在运输、储存、使用过程中受到撞击、暴晒、倒放或与其他物质发生化学反应等，可能导致钢瓶破裂或内部气体泄漏，在遇到火源或能量源时就会发生爆炸。例如，氢气钢瓶在搬运过程中被猛烈撞击，钢瓶阀门受损，氢气泄漏到空气中，与周围的空气形成可燃混合气，一旦遇到静电火花就会发生爆炸。

粉尘爆炸：在一些涉及固体粉末状物质的实验室，如化学合成实验室、材料制备实验室等，如果这些粉尘在空气中达到一定浓度，遇到火源或能量源时就可能发生粉尘爆炸。例如，在制备金属粉末的实验室中，当金属粉末在空气中悬浮形成粉尘云，并且其浓度处于爆炸极限范围内，此时若有明火或电火花产生，就会引发粉尘爆炸。

（三）触电

原因分析

电气设备漏电：实验室中的电气设备由于长期使用、受潮、损坏等原因，可能会出现外壳带电或内部线路漏电的情况。当操作人员接触到这些漏电设备时，就会发生触电事故。例如，一台老化的电动搅拌器，其电机内部的绝缘层损坏，导致电机外壳带电，操作人员在未察觉的情况下触摸搅拌器外壳，就会触电。

违规操作电气设备：在使用电气设备时，如果未按照操作规程进行操作，如湿手触摸电器、在带电情况下拆卸电气设备、私拉乱接电线等，都容易引发触电事故。例如，有人在实验室水池边用湿手插拔电器插头，水导电使电流通过人体，造成触电伤害。

电气设备接地不良：电气设备的接地是保障安全的重要措施，如果接地装置失效或未正确安装，当设备发生漏电时，漏电电流无法及时导入大地，就会使设备外壳带电，增加触电风险。例如，某实验室的一台大型仪器设备，由于接地线路松动，在设备发生漏电时，外壳电压升高，导致操作人员触电。

（四）淹水

原因分析

管道破裂或堵塞：实验室的水管、冷却水管等管道系统如果年久失修、受到腐蚀或外力挤压等，可能会发生破裂，导致大量的水涌出。另外，如果管道被杂物堵塞，排水不畅，也可能造成水在实验室地面积聚。例如，实验室的冷却水管由于长期受到水流的冲刷和水中杂质的腐蚀，管壁变薄，最终破裂，大量的冷却水泄漏到实验室地面，造成淹水。

消防系统误动作或故障：消防喷淋系统在正常情况下是保障实验室消防安全的重要设施，但如果其感温元件、喷头等部件出现故障或误动作，可能会在没有火灾的情况下喷水，导致实验室淹水。例如，消防喷淋系统的感温元件受到高温环境或其他因素的干扰，误判为火灾发生，从而启动喷头喷水，使实验室被淹。

排水系统设计或维护不当：实验室的排水系统如果设计不合理，如排水管道管径过小、排水坡度不够等，会影响排水能力。同时，如果对排水系统缺乏定期的维护和清理，导致排水管道堵塞、排水泵故障等，也容易引发淹水事故。例如，实验室所在建筑物的排水系统在设计时未考虑到实验室的特殊排水需求，排水管道管径过小，在遇到大量排水时无法及时排出，造成实验室淹水。

（五）中毒

原因分析

吸入有毒气体或蒸气：在化学实验中，许多化学反应会产生有毒气体，如氯气、硫化氢、一氧化碳、氮氧化物等。如果实验室通风不良，这些有毒气体在室内积聚，操作人员吸入后就会中毒。例如，在制备氯气的实验中，如果通风橱的风机故障，氯气无法及时排出，操作人员在实验过程中就会吸入大量氯气，导致呼吸道刺激、呼吸困难等中毒症状。

皮肤接触或误食有毒化学品：一些有毒化学品，如有机汞化合物、氰化物、强酸强碱等，在操作过程中如果不小心接触到皮肤或被误食，会通过皮肤吸收或消化道进入人体，引起中毒。例如，在处理含有氰化物的样品时，操作人员未佩戴手套，氰化物接触到皮肤后被吸收进入人体，抑制细胞呼吸酶的活性，导致中毒。或者有人误将装有有毒化学品的容器当作饮用水容器，误食后引发严重中毒。

化学品泄漏未及时处理：当化学品发生泄漏时，如果未及时采取有效的处理措施，泄漏的化学品会挥发、扩散，增加人员中毒的风险。例如，一瓶装有苯的试剂瓶在实验台上破裂，苯泄漏出来，如果不及时清理和通风，苯蒸气会在实验室空气中弥漫，操作人员吸入后会对神经系统、造血系统等造成损害。

（六）化学品灼伤

原因分析

接触强酸强碱等腐蚀性化学品：强酸如硫酸、盐酸、硝酸，强碱如氢氧化钠、氢氧化钾等具有很强的腐蚀性。在实验过程中，如果操作人员未正确佩戴防护手套、护目镜等防护用品，当这些化学品溅到皮肤上、眼睛里或衣服上时，就会造成灼伤。例如，在进行酸碱中和滴定实验时，滴定管中的盐酸溶液突然溅出，滴到操作人员的手上，如果未及时冲洗，盐酸会腐蚀皮肤，造成皮肤灼伤。

化学品反应放热或爆炸导致灼伤：某些化学反应会放出大量的热，如浓硫酸与水混合时会产生剧烈的放热反应，如果操作不当，溶液溅出可能会灼伤操作人员。此外，在一些化学反应过程中，如果发生爆炸，高温的反应产物、火焰等也会对人员造成灼伤。例如，在进行铝热反应实验时，如果反应物的比例不当或操作不规范，可能会发生爆炸，高温的金属熔化物 and 火焰会对周围的人员造成严重灼伤。

三、化学实验室事故应急预案

（一）火灾应急预案

报警与疏散

一旦发现火灾，应立即拨打当地的消防报警电话（如 119），清晰准确地报告火灾发生的地点、火势大小、燃烧物质等信息。同时，启动实验室内部的火灾警报系统，通知所有人员撤离。疏散时，按照预定的疏散路线，引导人员用湿毛巾捂住口鼻，低姿前行，迅速有序地撤离到安全地点，如室外空旷场地或指定的紧急集合点。对于行动不便的人员，应安排专人协助撤离。

灭火行动

在确保自身安全的前提下，实验室工作人员应根据火灾的类型和规模采取相应的灭火措施。如果是初期小火，如实验台上的少量易燃物着火，可使用灭火器（如干粉灭火器、二氧化碳灭火器或泡沫灭火器，根据着火物质选择合适的灭火器）进行灭火。对于较大规模的火灾，应在消防人员到达之前，组织人员使用消火栓系统进行灭火，连接水枪和水带，对准火源根部喷射高压水流，控制火势蔓延。同时，要注意与火源保持一定的安全距离，防止被火焰和浓烟伤害。

现场保护与协助救援

在火灾扑灭后，要保护好火灾现场，未经消防部门许可，不得擅自清理或破坏现场，以便消防部门进行火灾原因调查。实验室管理人员应积极协助消防人员进行救援工作，提供有关实验室布局、化学品储存情况等信息，帮助消防人员更好地了解火灾现场情况，制定救援方案。

（二）爆炸应急预案

紧急避险与救援准备

当发生爆炸事故时，现场人员应立即卧倒，尽可能远离爆炸源，用双手护住头部和颈部，避免被爆炸产生的碎片、冲击波等伤害。在确认爆炸暂时停止且周围环境相对安全后，迅速检查自身及周围人员的受伤情况，如有重伤员，应立即进行简单的急救处理，如止血、包扎等，并尽快拨打当地的急救电话（如 120）请求救援。同时，组织未受伤或伤势较轻的人员准备协助后续的救援工作。

事故报告与现场封锁

及时向实验室负责人、学校安全管理部门等报告爆炸事故的发生情况，包括

爆炸时间、地点、爆炸源、人员伤亡情况等信息。在救援人员到达之前，要对爆炸现场进行封锁，设置警戒区域，禁止无关人员进入，防止发生二次事故。同时，要密切关注现场的情况，如是否有残留的爆炸物、是否存在火灾隐患等，如有异常情况应及时报告并采取相应的措施。

后续处理与调查配合

爆炸事故发生后，配合相关部门进行事故的后续处理工作，如清理爆炸现场的废墟、污染物等，对损坏的设备和设施进行评估和修复。同时，要积极配合有关部门对爆炸事故的原因进行调查，提供相关的实验记录、化学品使用情况、设备运行记录等资料，协助查明事故真相，以便采取措施防止类似事故再次发生。

（三）触电应急预案

切断电源与急救处理

发现有人触电后，应立即切断电源。如果触电者是接触到带电设备的外壳，可使用绝缘工具（如干燥的木棍、塑料棒等）将触电者与带电设备分离；如果是因电线漏电导致触电，应迅速关闭电源开关或拔掉插头。在切断电源后，立即检查触电者的生命体征，如呼吸、心跳等。如果触电者呼吸、心跳停止，应立即进行心肺复苏术（CPR），按照每分钟约 100 - 120 次的频率进行胸外按压，按压深度约为 5 - 6 厘米，每按压 30 次进行 2 次人工呼吸，如此反复进行，直到触电者恢复呼吸或专业急救人员到达。

送医治疗与事故报告

在进行初步急救处理后，尽快将触电者送往附近的医院进行进一步的治疗，途中要密切观察触电者的病情变化。同时，向实验室负责人报告触电事故的发生情况，包括触电者的姓名、触电时间、触电原因、急救措施等信息，以便实验室采取相应的措施，如检查电气设备的安全性、对相关人员进行安全教育等，防止类似事故再次发生。

（四）淹水应急预案

排水与设备保护

当发生淹水事故时，首先要查找水源并采取措施停止水的泄漏或溢出，如关闭破裂的水管阀门、修复损坏的消防喷淋喷头等。然后，组织人员使用排水工具（如水泵、水桶等）尽快排除室内积水，优先保护重要的实验设备、仪器仪表、

化学品储存柜等，将其转移到安全位置或采取垫高、遮盖等措施，防止被水浸泡损坏。对于已经被水浸泡的电气设备，在未确定其安全性之前，不得擅自接通电源，以免发生触电事故或进一步损坏设备。

事故报告与清理修复

及时向实验室负责人、学校后勤管理部门等报告淹水事故的发生情况，包括淹水原因、范围、损失情况等信息。在积水排除后，对实验室进行全面的清理和消毒，检查被水浸泡过的设备、设施的损坏程度，制定修复计划并组织实施。同时，对实验室的排水系统、管道系统等进行检查和维护，查找事故原因，采取措施防止类似事故再次发生。

（五）中毒应急预案

现场急救与送医治疗

如果发现有人中毒，应立即将中毒者转移到通风良好的空旷地带，解开其衣领、腰带等束缚物，保持呼吸通畅。对于吸入有毒气体中毒的人员，应尽快使其脱离中毒环境，给予吸氧处理；对于皮肤接触中毒的人员，应立即脱去被污染的衣物，用大量清水冲洗皮肤至少 15 分钟；对于误食中毒的人员，如果意识清醒，应立即进行催吐。在进行初步急救处理后，尽快将中毒者送往附近的医院进行进一步的诊断和治疗，同时带上中毒者接触过的化学品样品或相关信息，以便医生了解中毒原因，采取针对性的治疗措施。

第三节 实验室紧急事故处理方法

一、火灾应急处置

报警与疏散

一旦发现火灾，立即拨打校园报警电话（如“校园 110”）或当地消防报警电话“119”，清晰准确地报告火灾发生的地点（详细的实验室楼层、房间号）、火势大小、燃烧物质等信息。

同时，启动实验室内部的警报系统（如警报铃），通知实验室所有人员发生火灾。组织人员按照预定的疏散路线迅速疏散，疏散时要保持冷静，避免拥挤和踩踏。用湿毛巾捂住口鼻，低姿前行，以减少烟雾吸入。对于行动不便的人员，要安排专人协助疏散。疏散到安全地点后，及时清点人数，确保所有人员都已撤离火灾现场。

灭火行动

如果火灾处于初期阶段，且火势较小，在确保自身安全的情况下，可使用实验室配备的灭火器进行灭火。对于电气火灾，应使用二氧化碳灭火器或干粉灭火器，切勿使用水或泡沫灭火器，以免触电或导致火势蔓延。使用灭火器时，要站在上风方向，对准火焰根部喷射。

如果是易燃液体火灾，如酒精、汽油等，可使用泡沫灭火器、干粉灭火器或二氧化碳灭火器进行扑救。对于一些特殊化学品火灾，如金属钠、钾等遇水燃烧物质的火灾，应使用专用的灭火剂（如干燥的氯化钠、碳酸钠等）或干沙进行灭火，绝对不能用水或泡沫灭火剂。

如果火势较大，灭火器无法控制，应立即撤离现场，等待消防专业人员到来进行扑救。在消防人员到达之前，可利用实验室的消防栓系统进行灭火。连接好消防水带和水枪，打开消防栓阀门，向火焰喷射水进行灭火。但要注意，在火灾涉及电气设备或可能有化学品泄漏时，要谨慎使用水灭火，防止触电或化学品与水反应引发更大危险。

二、爆炸应急处置

卧倒与防护

当听到爆炸声响或感觉到爆炸冲击时，应立即就地卧倒，背朝爆炸方向，脸朝下，头放低，双手护住头部和颈部，以减少爆炸冲击对身体的伤害。尽量躲在坚固的物体（如实验台、设备等）后面，避免被爆炸产生的碎片击中。

爆炸发生后，如发生火灾，按照火灾应急处置方法进行灭火。如果有人员受伤，立即对受伤人员进行急救处理，并拨打急救电话“120”。同时，迅速组织人员疏散到安全地点，设置警戒区域，防止无关人员进入，避免发生二次爆炸或其他意外事故。等待消防、医疗等专业救援人员到来后，积极配合他们进行救援和事故调查工作。

三、触电应急处置

切断电源

发现有人触电后，第一时间要迅速切断电源。如果触电者是接触到低压电源（如 220V 或 380V），可用干燥的木棒、塑料棒等绝缘工具将触电者与电源分开，或者关闭电源开关、拔掉插头等。如果是高压触电，必须立即通知供电部门

停电，切勿盲目接近触电者，以免自身触电。

急救处理

当触电者脱离电源后，立即检查其呼吸和心跳情况。如果触电者呼吸、心跳停止，应立即进行心肺复苏术（CPR）。进行心肺复苏时，先进行胸外按压，位置在两乳头连线中点（胸骨中下 1/3 交界处），频率约为每分钟 100 - 120 次，按压深度约为 5 - 6 厘米。每按压 30 次，进行 2 次人工呼吸，如此反复进行，直到触电者恢复呼吸或医疗救护人员到达。

如果触电者有外伤，如烧伤、出血等，要进行相应的伤口处理。对于烧伤部位，用清洁的冷水冲洗或浸泡，以减轻疼痛和肿胀；对于出血伤口，用干净的纱布或毛巾按压止血。在进行急救处理的同时，呼叫周围人员帮忙拨打急救电话，将触电者送往医院进行进一步救治。

四、中毒应急处置

脱离中毒环境

若发现有人中毒，迅速将中毒者转移至通风良好的空旷地带或室外，解开其衣领、腰带等束缚物，保持其呼吸道通畅。如果是吸入有毒气体中毒，要尽快使其脱离有毒气体环境；如果是皮肤接触中毒，立即脱去被污染的衣物，用大量清水冲洗皮肤至少 15 分钟；如果是误食中毒，在意识清醒的情况下，立即进行催吐，但如果中毒者已经昏迷或抽搐，则不能催吐，以免导致窒息。

急救与送医

根据中毒物质的性质，采取相应的急救措施。例如，对于一些常见的有毒气体中毒（如一氧化碳中毒），应给予吸氧治疗；对于某些化学品中毒（如强酸强碱中毒），可适当服用一些中和剂（如误食强酸可服用弱碱性溶液，但要在医生指导下进行）。

医疗救护组人员应立即对中毒者进行急救处理，并根据中毒情况，及时送往医院进行进一步救治。在送往医院过程中，要向医生详细说明中毒者的中毒原因、接触的毒物种类、中毒时间等信息，以便医生进行准确的诊断和治疗。

第四节 实验室事故案例分析

一、案例一：某大学化学实验室火灾事故 事故经过

在一次有机化学实验中，学生在加热回流装置中加热含有有机溶剂（如乙醇、丙酮等）的反应混合物时，由于加热温度过高且未进行有效的搅拌，导致局部过热，有机溶剂挥发并在装置上方形成可燃混合气。当可燃混合气遇到明火（如旁边另一学生点燃的酒精灯火焰）时，瞬间发生燃烧，火势迅速蔓延至整个实验台，并引发周边其他实验装置着火。

原因分析

学生操作不规范，未严格按照实验操作规程控制加热温度和进行搅拌操作，导致反应失控。

实验室安全管理存在漏洞，对学生的实验操作监管不力，实验室内易燃物品摆放杂乱，未与火源保持足够的安全距离。

实验室消防设施配备不足，部分灭火器过期未及时更换，且消防栓附近被实验设备和杂物阻挡，影响了消防设备的正常使用。

教训与预防措施

加强对学生的实验操作规程培训，在实验前详细讲解实验步骤、注意事项和安全风险，要求学生严格遵守操作规程。

强化实验室安全管理，定期对实验室进行安全检查，规范易燃物品的存放和使用，确保实验室内消防通道畅通无阻，消防设施齐全且处于良好状态。

制定完善的实验室应急预案，并定期组织师生进行应急演练，提高师生的应急处置能力和自我保护意识。

二、案例二：某化工企业实验室爆炸事故

事故经过

实验室技术人员在进行一种新型炸药配方的研究实验时，在混合多种高能量化学品（如硝酸铵、梯恩梯等）的过程中，由于称量错误，导致其中一种化学品过量加入。在搅拌混合过程中，发生剧烈化学反应，产生大量热量和气体，引发爆炸。爆炸产生的冲击波不仅摧毁了整个实验室，还对周边建筑和人员造成了严重伤害。

原因分析

人为操作失误，在称量高危险化学品时未认真核对计量数据，导致配方比例严重失调。

实验室安全风险评估不充分，对该实验可能产生的爆炸风险预估不足，未采取足够的安全防护和预防措施，如未在防爆装置内进行实验操作，未对反应过程进行实时监控和预警等。

企业安全管理制度执行不严格，虽然有相关的安全操作规程，但技术人员未严格遵守，而企业的监督检查机制未能及时发现和纠正违规行为。

教训与预防措施

对于涉及高危险化学品和高风险实验的操作，要实行双人复核制度，确保称量、配料等关键环节的准确性和安全性。

加强对高风险实验的安全风险评估，根据评估结果制定详细且严格的安全操作规程和防护措施，如必须在符合防爆要求的专用设备或区域内进行实验，安装先进的监测和预警系统，实时监控反应过程中的温度、压力、气体浓度等参数。

严格执行企业安全管理制度，加强对员工的安全培训和监督考核，对违规操作行为进行严肃处理，形成良好的安全文化氛围。

三、案例三：某生物实验室触电事故

事故经过

实验室工作人员在使用一台高压灭菌锅进行实验器材灭菌时，发现灭菌锅出现故障，不能正常显示温度和压力数据。该工作人员在未切断电源的情况下，自行打开灭菌锅的电气控制柜，试图检查故障原因。在检查过程中，不慎触碰到带电的电线接头，导致触电。周围同事发现后，立即采取措施切断电源，并对其进行急救，但触电者仍受到了较严重的电击伤害，被送往医院进行治疗。

原因分析

工作人员安全意识淡薄，违反电气设备维修操作规程，在未切断电源的情况下进行电气设备内部检查。

实验室安全培训不到位，工作人员对电气安全知识和维修操作规范缺乏足够的了解，未认识到这种违规操作可能带来的严重后果。

实验室设备管理不善，高压灭菌锅未定期进行维护保养和安全检查，导致设备出现故障，增加了安全风险。

教训与预防措施

加强对实验室工作人员的电气安全培训，使其熟悉电气设备的操作规程和安

全注意事项，特别是在设备出现故障时，必须先切断电源，由专业维修人员进行维修。

完善实验室设备管理制度，定期对电气设备进行维护保养、安全检查和性能测试，及时发现和排除设备故障隐患，确保设备安全运行。

在实验室显著位置张贴电气安全警示标识和操作规程，提醒工作人员时刻注意电气安全，营造良好的安全环境。

四、案例四：某医药实验室中毒事故

事故经过

在药物合成实验中，研究人员需要使用一种有毒的化学试剂（如氰化物）进行反应。在试剂取用过程中，由于操作不慎，少量试剂溅出到实验台上。研究人员未及时进行清理和采取防护措施，继续进行实验操作。在后续操作中，通过皮肤接触和吸入挥发的有毒气体，逐渐出现中毒症状，如头晕、恶心、呼吸困难等。周围同事发现后，立即将其转移至通风处，并拨打急救电话送往医院救治。

原因分析

个人防护措施不到位，在取用有毒试剂时未穿戴全套防护装备（如防护手套、护目镜、防毒面具等），导致试剂溅出后直接接触皮肤和呼吸道。

实验室安全管理存在缺陷，对有毒试剂的使用管理不严格，未在取用有毒试剂的区域配备足够的应急处理设施（如洗眼器、喷淋装置、中和剂等），且对实验台等区域的清洁消毒工作未落实到位。

工作人员应急处置能力不足，在发生试剂溅出事故后，未及时正确地进行处理，如未立即用大量清水冲洗污染部位，未启动实验室通风换气系统等。

教训与预防措施

强化对有毒试剂使用的安全管理，建立严格的有毒试剂领用、存储、使用和废弃物处理制度，确保有毒试剂的使用全过程处于受控状态。

加强对实验室工作人员的个人防护培训，要求在接触有毒有害物质时必须穿戴合适的防护装备，并定期检查防护装备的完整性和有效性。

完善实验室应急设施建设，在有毒试剂使用区域配备齐全且易于操作的应急处理设施，并定期进行检查和维护，确保其能正常使用。同时，加强对工作人员应急处置能力的培训，定期组织应急演练，提高其应对中毒等事故的能力。

第六、七章：实验室设备和操作规范及分析 仪器安全操作规程

授课章节	第六章：实验室设备及操作规范 第七章：分析仪器安全操作规程				
课时安排	3	授课方式	讲授+实训	授课类型	实训课
<p>教学主要内容：</p> <p>6.1 通用设备：加热设备、制冷设备、离心设备</p> <p>6.2 特种设备：压力容器的压力、气体钢瓶、高压釜、杜瓦瓶、高压灭菌锅</p> <p>7.1 傅立叶红外分光光度计</p> <p>7.2 荧光分光光度计</p> <p>7.3 紫外可见分光光度计</p> <p>7.4 高效液相色谱仪</p> <p>7.5 气相色谱仪</p> <p>7.6 核磁共振波谱仪</p>					
<p>教学目的、要求：</p> <p>知识目标</p> <p>掌握和熟悉通用设备和特种设备的使用；能正确进行常见分析仪器安全操作。</p> <p>能力目标</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能正确使用通用设备和特种设备 2. 能正确进行常见分析仪器安全操作。 <p>素质目标</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过掌握通用设备和特种设备的使用，培养严谨认真的科学态度 2. 通过掌握常见分析仪器安全操作规程，培养安全意识 <p>课程思政</p> <p>严谨细致的工作作风，安全第一理念，社会责任与担当意识，在实验室中遵守安全规范、做好安全防护是对社会负责的表现。</p>					

教学重点、难点：

教学重点：通用设备和分析仪器的正确使用及演示

教学难点：特种设备的操作安全注意事项

教学方法及手段：多媒体讲授+实训

教学过程：

第六章 实验室设备及操作规范

第一节 通用设备

一、加热设备

加热设备概述

定义与用途：加热设备是通过各种能量转换方式将电能、燃气能、燃油能等转化为热能，用于对物质进行加热升温处理的装置。广泛应用于化学实验中的反应加热、样品干燥，工业生产中的材料加工、热处理，以及日常生活中的烹饪、取暖等领域。

常见类型：包括电炉、烘箱、马弗炉、水浴锅、油浴锅、微波炉等。电炉以电阻丝发热为原理，可实现快速升温；烘箱通过热空气循环对物品进行烘干；马弗炉能提供高温环境，常用于灼烧、焙烧等高温实验；水浴锅利用水的恒温特性进行温和加热；油浴锅则采用高温硅油等介质，可达到比水浴更高的温度；微波炉利用微波辐射使物体内部分子振动产热，加热速度快且均匀。

结构与原理

电炉：主要由炉体、电阻丝、控温装置、电源开关等组成。电阻丝通电后，由于电流的热效应产生大量热量，热量通过热传导和热辐射传递给被加热物体。控温装置通过监测炉内温度并与设定温度比较，自动调节电阻丝的电流大小，从而实现对温度的精确控制。

烘箱：一般由箱体、加热元件（如加热管）、鼓风装置、温度传感器、温度控制器等构成。加热元件将电能转化为热能，使箱体内空气升温，鼓风装置使热空气在箱内循环，确保温度均匀分布。温度传感器实时监测箱内温度，温度控制器根据设定温度控制加热元件的工作状态，维持箱内温度稳定。

马弗炉：其结构包括炉壳、炉膛、加热元件（常为硅碳棒或硅钼棒）、保温材料、温度控制系统等。加热元件在炉膛内产生高温，保温材料减少热量散失，

温度控制系统精确调控炉膛温度，可满足不同高温实验需求，如陶瓷烧制、金属熔炼等。

水浴锅：由锅体、水槽、加热管、温度控制器、搅拌装置（部分有）等组成。加热管将水槽中的水加热，通过水的热传递对置于锅中的样品进行加热。温度控制器可设定并维持水温恒定，搅拌装置能使水槽内水温更加均匀，避免局部过热。

油浴锅：类似水浴锅，只是将加热介质换成了高温硅油等油类物质。由于油的沸点较高，能提供比水浴更高且更稳定的加热温度范围，适用于一些需要较高温度且对温度均匀性要求较高的实验，如有机合成反应。

微波炉：主要由磁控管、波导、炉腔、转盘、控制面板等部件组成。磁控管产生微波，微波通过波导传输到炉腔，炉腔内的食物或被加热物体在微波作用下，其内部水分子等极性分子快速振动、摩擦，从而产生热量，实现加热目的。

操作规范

电炉操作：

使用前检查电炉的电源线是否完好，电阻丝有无断裂或短路迹象，控温装置是否正常工作。

将待加热物品放置在电炉盘上，注意物品不要接触电阻丝，避免发生短路或火灾。

根据实验要求设定加热温度，开启电源开关，开始加热。加热过程中密切观察电炉工作状态和被加热物品变化，严禁无人值守。

使用完毕后，先关闭电源，待电炉冷却后再清理炉盘和周围环境。

烘箱操作：

检查烘箱的电源线、加热元件、鼓风装置和温度控制器等部件是否正常。清理烘箱内部，确保无杂物残留。

将需要烘干的物品均匀放置在烘箱内的托盘上，注意物品不要堆积过密，要留出足够的空间以便热空气循环。

设置好烘干温度、时间等参数，开启烘箱电源和鼓风开关，开始烘干。烘干过程中定期检查烘箱内温度和物品干燥情况。

烘干结束后，先关闭加热元件电源，让烘箱内温度自然下降一段时间后，再关闭鼓风开关和总电源，打开烘箱门取出物品，待烘箱完全冷却后关闭箱门。

马弗炉操作：

操作前仔细检查马弗炉的炉体、炉膛、加热元件、保温材料和温度控制系统的完整性和安全性。确保炉膛内清洁无异物。

将待处理的样品放置在炉膛内的合适位置，一般使用耐高温的坩埚或支架承载样品。

根据实验要求设定马弗炉的加热温度、升温速率和保温时间等参数，开启电源，开始加热。在加热过程中，严禁打开炉门，以免高温热气和火焰喷出伤人，同时要密切关注温度变化和设备运行状态。

加热完成后，让马弗炉按照设定的降温程序自然降温，或者根据样品特性采用合适的降温方式，如随炉冷却、风冷等。待炉膛温度降至安全范围后，方可打开炉门取出样品。注意，取出的样品要放置在耐热且干燥的地方，让其进一步冷却。

水浴锅操作：

检查水浴锅的水槽有无漏水，加热管是否正常，温度控制器能否正常设定和显示温度，搅拌装置（若有）是否运转良好。向水槽中加入适量的水，一般水面高度应略高于加热管，但不要超过水槽的最大刻度线。

将装有样品的容器放入水浴锅中，确保容器稳定且不接触水浴锅的加热部件。设定所需的水温，开启加热开关和搅拌开关（若需要搅拌）。

在加热过程中，随时观察水温变化和水浴锅的工作情况，如发现水温异常升高或加热管不工作等问题，应立即停止加热并排查故障。

实验结束后，先关闭加热开关，然后将样品容器从水浴锅中取出，最后关闭搅拌开关（若有）和总电源，待水浴锅冷却后将水槽中的水排空或清理干净。

油浴锅操作：

检查油浴锅的外观有无损坏，加热元件和温度控制器是否正常。向油浴锅中加入适量的高温硅油或其他合适的油类介质，油的量要根据实验需求和油浴锅的容量确定，但不要超过油浴锅的安全刻度线。

将装有样品的容器小心放入油浴锅中，避免油溅出。设定油浴温度，开启加热开关。加热过程中要密切关注油浴温度变化和油的状态，防止油过热冒烟或着火。

实验完成后，先关闭加热开关，让油浴自然冷却一段时间。待油的温度降至安全范围后，小心取出样品容器，然后将油从油浴锅中排出并妥善处理（可回收利用的油应进行回收）。最后清理油浴锅，确保内部干净无残留油。

微波炉操作：

使用前检查微波炉的门是否关闭严密，控制面板上的按键是否正常，炉腔内是否清洁无异物。将需要加热的食物或物品放置在微波炉专用容器中，且容器不要带有金属部件（如金属盖、金属餐具等），以免引起打火现象。

根据食物或物品的种类和数量设定合适的加热时间和功率。按下启动按钮开始加热，加热过程中不要打开微波炉门，如需中途查看或搅拌食物，应先暂停加热，待微波炉停止工作后再进行操作。

加热结束后，打开微波炉门时要小心热气喷出，取出加热后的食物或物品，及时清理炉腔内可能溅出的食物残渣或污渍，关闭微波炉门和电源。

维护与保养

电炉：定期检查电阻丝的状况，如有烧断或氧化严重应及时更换。清理炉盘上的杂物和积垢，保持炉盘清洁，以利于热量传递。检查控温装置的准确性，如有偏差应进行校准。

烘箱：定期清洁烘箱内部和外部表面，去除灰尘和残留的烘干物。检查加热元件是否有损坏，如有故障应及时更换。对温度传感器和控制器进行校准，确保温度控制的精度。检查鼓风装置的风机叶片是否松动或损坏，定期给风机轴承添加润滑油。

马弗炉：每次使用后，待炉膛冷却，清理炉膛内的灰烬和残渣。定期检查加热元件的连接情况和绝缘性能，如发现硅碳棒或硅钼棒有断裂或老化现象，应及时更换。检查保温材料是否有损坏或脱落，若有应及时修复或补充。对温度控制系统进行维护和校准，保证温度控制的可靠性。

水浴锅：定期更换水槽中的水，防止水中杂质长期积累影响加热效果和腐蚀加热管。清理加热管表面的水垢，可使用专门的除垢剂或弱酸溶液进行清洗，但要注意清洗后彻底冲洗干净，避免残留化学物质。检查温度控制器和搅拌装置（若有）的工作状态，及时修复故障部件。

油浴锅：使用后及时清理油浴锅内的残留油，防止油垢积累影响加热效率和

污染后续实验。定期检查油的质量，如发现油的颜色变深、粘度增大或有异味，应及时更换油。对加热元件和温度控制器进行维护和检查，确保其正常工作。

微波炉：保持炉腔清洁，定期用湿布擦拭炉腔内部和门的内表面，去除油污和食物残渣。检查门封的密封性，如有损坏应及时更换，以防止微波泄漏。定期检查磁控管的工作状态，如发现加热效果不佳或有异常噪音，应请专业人员进行检修。

安全注意事项

电炉：使用时周围不要放置易燃、易爆物品，避免因电炉高温引发火灾或爆炸。严禁在电炉上加热密封容器，防止容器内压力过大导致爆炸。

烘箱：烘干易燃、易爆或易挥发的物品时，要严格控制温度和时间，并采取相应的安全措施，如在烘箱内放置防爆装置或在通风良好的环境中使用。不要在烘箱运行时将手伸进箱内，以免烫伤。

马弗炉：操作时必须佩戴高温防护手套和护目镜等防护用品。由于马弗炉温度极高，要确保其放置在稳固的耐热平台上，周围避免有易燃物和人员频繁走动。严禁在马弗炉加热过程中打开炉门，防止高温热气和火焰喷出伤人。

水浴锅：使用水浴锅时要注意水位，防止干烧损坏加热管。如果使用的是带电热丝直接加热水的水浴锅，要避免水溅到电热丝上，以免发生短路。

油浴锅：油浴锅加热时要防止油过热冒烟或着火，一旦发生火灾，应立即关闭电源，使用灭火器或灭火毯等灭火器材进行灭火，切勿用水灭火。在添加油和取出样品时要格外小心，避免油溅出烫伤。

微波炉：不要在微波炉空载时运行，以免损坏磁控管。严禁将金属物品放入微波炉内加热，防止发生打火现象引发火灾或损坏微波炉。加热液体时要使用宽口容器，并在容器内放置搅拌棒或沸石等，防止液体暴沸溅出伤人。

二、制冷设备

制冷设备概述

定义与用途：制冷设备是利用制冷原理将热量从低温物体转移到高温物体，从而实现对特定空间或物体降温的装置。在食品保鲜、医药储存、工业生产冷却、空调制冷等领域有着广泛的应用。

常见类型：主要有冰箱、冰柜、冷库、空调、制冷机等。冰箱和冰柜用于家

庭和商业场所的食品冷藏和冷冻；冷库则用于大规模的食品、药品等物资的冷藏储存；空调通过制冷循环调节室内空气温度，提供舒适的室内环境；制冷机可根据不同的工业需求提供低温冷却介质，如冷水机组为工业生产过程中的设备提供低温冷却水。

结构与原理

压缩式制冷系统（以冰箱为例）：主要由压缩机、冷凝器、节流阀（毛细管或膨胀阀）、蒸发器等部件组成。压缩机将低温低压的气态制冷剂压缩成高温高压的气态制冷剂，然后排入冷凝器。在冷凝器中，高温高压的气态制冷剂通过与外界空气热交换，放出热量并冷凝成中温高压的液态制冷剂。液态制冷剂通过节流阀节流降压后，进入蒸发器。在蒸发器中，液态制冷剂迅速蒸发，吸收周围环境（冰箱内部）的热量，从而使冰箱内部温度降低。蒸发后的气态制冷剂又被压缩机吸入，开始新的循环。

吸收式制冷系统（以溴化锂吸收式制冷机为例）：由发生器、冷凝器、蒸发器、吸收器、溶液泵等部件组成。以水为制冷剂，溴化锂为吸收剂。在发生器中，通过外部热源加热溴化锂浓溶液，使其中的水蒸发变成水蒸气，水蒸气进入冷凝器被冷却成液态水，液态水经节流阀进入蒸发器，在蒸发器中蒸发吸热制冷。蒸发后的水蒸气被吸收器中的溴化锂稀溶液吸收，形成溴化锂浓溶液，再由溶液泵输送回发生器，完成循环。

空调制冷原理（蒸气压缩式）：与冰箱类似，主要由室内机和室外机两部分组成。室内机中的蒸发器负责吸收室内空气的热量，使空气降温；室外机中的压缩机、冷凝器等部件负责将热量排放到室外环境中。通过制冷剂在室内蒸发器和室外冷凝器之间的循环，实现室内空气温度的调节。同时，空调还配备有风机、空气过滤器、温度传感器等部件，用于空气循环、净化和温度控制。

操作规范

冰箱操作：

使用前检查冰箱的电源线是否连接正常，插头是否插紧，箱体是否放置平稳。打开冰箱门，检查内部是否清洁，如有异味或脏污应先进行清洁处理。

根据需要冷藏或冷冻的物品性质和数量，合理调整冰箱的温度设置。一般来说，冷藏室温度可设置在 2 - 8℃，冷冻室温度可设置在 -18℃以下。

将食品或物品分类放置在冰箱内的合适位置，避免过于拥挤，影响冷空气循环。生熟食品要分开存放，防止交叉污染。

定期清理冰箱，清除过期食品和冰霜。清理冰霜时，可先关闭冰箱电源，待冰霜融化后用干布擦干冰箱内部。注意不要用尖锐物品刮除冰霜，以免损坏冰箱内胆。

使用过程中，如发现冰箱制冷效果不佳、噪音过大或有其他异常情况，应及时停机并联系专业维修人员进行检修。

冰柜操作：

类似于冰箱操作，检查冰柜的电源线、插头和箱体状况。清理冰柜内部，确保无杂物和异味。

根据冷冻物品的需求设置合适的温度，一般冰柜的温度可设置在 -20°C 以下。将需要冷冻的物品整齐放置在冰柜内，不要堆积过高，以免影响制冷效果和物品取出。

定期检查冰柜的制冷性能和运行状态，如发现柜门密封不严、制冷不足等问题，应及时处理。清理冰柜时，注意安全，防止冻伤。

冷库操作：

冷库使用前要进行全面检查，包括制冷系统、电气系统、库体结构、保温材料等是否正常。确保冷库门关闭严密，门锁和密封条完好无损。

根据储存货物的种类和要求设定冷库的温度和湿度。不同的食品、药品等对储存环境的温度和湿度要求不同，例如新鲜水果一般适宜在 $0 - 4^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $85\% - 95\%$ 的环境中储存。

货物入库时要进行预冷处理，避免热货直接入库影响冷库制冷效果和其他货物质量。按照货物的类别、批次、生产日期等合理规划库内货位，确保货物摆放整齐，便于管理和空气流通。

定期对冷库进行巡检，检查制冷设备的运行参数（如温度、压力、电流等）是否正常，库内温度和湿度是否稳定在设定范围内，如有异常应及时调整和维修。同时，检查库内货物是否有变质、损坏或过期现象，及时清理处理。

冷库停止使用时，要按照正确的操作规程关闭制冷系统，先关闭蒸发器的供液阀，待压缩机停止工作后，再关闭冷凝器的冷却水或风冷系统，最后切断电源。

关闭冷库门，并做好库体的维护和保养工作。

空调操作：

开启空调前检查遥控器电池是否有电，空调插头是否插好，室内机和室外机的外观是否有损坏，周围有无障碍物影响空气流通。

根据季节和室内温度需求，使用遥控器设定空调的制冷模式、温度、风速、风向等参数。一般夏季制冷时，温度可设置在 26℃左右，既能保证舒适，又能节约能源。

空调运行过程中，注意观察室内机和室外机的工作状态，如有无异常噪音、漏水、制冷效果不佳等情况。定期清洗空调的空气过滤器，一般每 1 - 2 周清洗一次，可提高空调的制冷效率和空气质量。

使用完毕后，使用遥控器关闭空调，也可直接拔掉插头。在长时间不使用空调时，可使用空调罩将室内机和室外机罩住，防止灰尘进入。

维护与保养

冰箱：定期清理冰箱背后和底部的灰尘，保持冷凝器散热良好。检查冰箱门的密封胶条是否有老化、变形或损坏，如有问题应及时更换，以保证冰箱的密封性。每隔 1 - 2 年请专业人员对冰箱的制冷系统进行检查和维护，包括制冷剂是否泄漏、压缩机的工作性能等。

冰柜：与冰箱维护类似，清理冰柜外部灰尘，检查柜门密封情况。定期对冰柜的制冷系统进行检查，如发现制冷剂不足或制冷效果下降，应及时补充制冷剂或维修制冷系统。注意冰柜的除霜工作，当冰柜内冰霜厚度超过一定限度时，应及时除霜，以保证制冷效率。

冷库：定期对冷库的制冷设备进行保养，如清洗冷凝器、蒸发器的表面灰尘和污垢，检查压缩机的润滑油位和油质，及时更换润滑油。检查冷库的保温材料是否有损坏或受潮，如有问题应及时修复或更换。对冷库的电气系统进行检查，包括电线、开关、接触器等是否正常，防止电气故障引发安全事故

三、离心设备

离心设备的操作规范

（一）操作前的准备

检查设备状态

检查离心机的外观是否有损坏，包括外壳、门盖、操作面板等部分。查看转头是否安装正确，转头的固定螺丝是否拧紧。检查离心管是否有裂缝或损坏，选择合适容量和材质的离心管，并确保离心管能够牢固地安装在转头的孔位中。

样品准备与平衡

将样品转移到离心管中，注意不要超过离心管的最大容量。对于需要进行密度梯度离心的样品，要按照正确的方法制备密度梯度。样品装入离心管后，必须进行平衡。平衡的方法是将装有样品的离心管对称地放置在转头的孔位中，通过添加或减少样品的量，使相对应的离心管及其内容物的总质量相差不超过规定范围（一般为 0.1 - 0.5g），以确保离心机在运行过程中保持平衡，避免因不平衡而产生振动，损坏离心机和样品。

（二）参数设置与运行

转速和时间设置

根据实验要求和样品的性质设置合适的转速和离心时间。在设置转速时，要确保转速不超过转头的额定转速，以免发生危险。对于不同的样品和分离目的，离心时间也有所不同，一般从几分钟到几十分钟不等。例如，在分离血细胞时，转速一般在 1000 - 3000rpm，离心时间为 5 - 10 分钟；在分离蛋白质等生物大分子时，转速可能需要 10000 - 20000rpm，离心时间为 20 - 30 分钟。

温度控制（如果有此功能）

如果离心机有温度控制功能，根据样品的要求设置合适的温度。例如，在一些对温度敏感的生物样品离心过程中，需要将温度控制在 4°C 左右，以防止样品变性。在设置温度后，要等待离心机的温度达到设定值后再开始离心。

启动离心机

在确认所有参数设置正确且样品平衡良好后，关闭离心机的门盖，按下启动按钮启动离心机。在离心机运行过程中，操作人员不能离开现场，要密切观察离心机的运行情况，包括转速是否稳定、是否有异常振动或噪音等。如果发现任何异常情况，应立即按下停止按钮，停止离心机运行，并检查和排除故障。

（三）操作后的处理

关机与样品取出

离心结束后，等待离心机完全停止转动。离心机在停止过程中可能会有一个

缓慢减速的过程，不要在离心机尚未完全停止时强行打开门盖或取出离心管，以免造成样品飞溅和人员受伤。当离心机完全停止后，打开门盖，小心地取出离心管。如果离心管中有分层的样品，要按照实验要求小心地收集不同层次的样品。

设备清理与维护

取出离心管后，清理离心机转头和离心腔。如果有样品溅出或残留，要用适当的清洁剂和工具进行清理。对于转头，要检查是否有样品残留或损坏，清理后将转头妥善存放。同时，清理离心机的操作面板和外壳，保持设备的整洁。定期对离心机进行维护，如检查电机、驱动系统、控制系统等部件的性能，更换磨损的部件，对转头进行校准和平衡检查等。

第二节 特种设备

一、压力容器中的压力

压力的分类及含义

工作压力:是指压力容器在正常工作过程中，容器顶部可能达到的最高压力。它是容器实际运行时承受的压力，例如在化工生产中，反应釜内进行化学反应时，由于反应放热、物料挥发等因素导致容器内的压力升高，这个升高后的压力只要在正常范围内就是工作压力。工作压力的大小直接影响着容器的安全运行和工艺过程的顺利进行。

设计压力:是在设计压力容器时，考虑到容器在使用过程中可能遇到的各种工况，包括正常操作、异常情况（如温度变化、物料波动等）以及安全余量而确定的压力。设计压力是用于确定容器壁厚、材料选型等设计参数的依据。通常设计压力要高于工作压力，以确保容器在各种可能的工况下都能安全可靠。例如，一个工作压力为 1.0MPa 的容器，其设计压力可能会设定为 1.1 - 1.2MPa。

试验压力:分为水压试验压力和气压试验压力。水压试验压力是在容器制造完成后，为检验容器的强度和密封性而进行的压力试验所采用的压力。一般情况下，水压试验压力是设计压力的 1.25 - 1.5 倍。气压试验压力通常用于不适合进行水压试验的容器，其压力值通常为设计压力的 1.15 倍左右。这些试验压力可以有效地检测容器在承受超压情况下是否会出现泄漏、变形等问题。

压力对容器的影响

强度方面:过高的压力会使容器壁承受过大的应力。根据薄壁容器的应力计

算公式（环向应力，其中为压力，为容器内径，为容器壁厚），当压力增大时，容器壁的应力呈线性增加。如果压力超过容器材料所能承受的极限强度，容器就会发生破裂，引发严重的安全事故。

密封方面：压力容器的密封性能在很大程度上受到压力的影响。随着压力的升高，容器内的介质更容易从密封处泄漏。例如，在高温高压的反应釜中，密封垫片需要承受较大的压力，如果压力过高或者垫片老化、损坏，就会导致介质泄漏，不仅会影响生产，还可能造成环境污染和人员伤害。

二、气体钢瓶

气体钢瓶的压力特点

气体钢瓶是储存压缩气体或液化气体的压力容器。其内部压力通常较高，不同气体钢瓶的压力因气体种类和充装量的不同而有所差异。例如，常见的氧气瓶充装压力一般为 15MPa 左右，而液化石油气钢瓶的压力则根据环境温度和充装量在 0.8 - 1.2MPa 之间变化。

气体钢瓶内的压力与温度密切相关。根据理想气体状态方程，在体积一定的情况下，温度升高会导致压力升高。因此，气体钢瓶在储存和使用过程中需要注意环境温度的影响，避免因温度过高导致钢瓶内压力急剧上升而引发爆炸。

安全使用与管理

充装规定：气体钢瓶必须由专业的充装单位按照规定的程序和充装系数进行充装。充装系数是指单位容积钢瓶允许充装的最大气体质量，它是根据气体的性质和钢瓶的设计参数确定的。例如，对于二氧化碳气体钢瓶，其充装系数是有限制的，以防止在充装过程中因充装过量导致压力过高。

使用中的注意事项：在使用气体钢瓶时，要确保钢瓶固定牢固，防止倾倒。开启和关闭阀门时要缓慢操作，避免压力急剧变化。使用的减压器必须与钢瓶内的气体种类相匹配，并且要定期检查减压器的性能。例如，使用氧气钢瓶时，不能使用沾染油脂的工具和设备，因为氧气与油脂接触可能会引发燃烧甚至爆炸。

储存要求：气体钢瓶应存放在通风良好、干燥、远离火源和热源的专用仓库或储存区。不同类型的气体钢瓶要分类存放，避免相互接触发生化学反应。例如，氢气钢瓶和氧气瓶要分开存放，因为氢气是易燃易爆气体，氧气是助燃气体，二者相遇在一定条件下可能会引发爆炸。

三、高压釜

高压釜中的压力控制与应用

高压釜主要用于在高温高压条件下进行化学反应或材料处理。其内部压力可根据反应的要求进行调节和控制。在化学合成中，例如合成氨反应，需要在高压（一般为 10 - 30MPa）和高温（400 - 500℃）的环境下进行，高压釜能够提供这样的反应条件，通过控制反应的温度、原料的加入量和反应时间等来控制釜内的压力，以确保反应的顺利进行。

高压釜的压力控制是通过压力传感器、安全阀和控制系统来实现的。压力传感器实时监测釜内的压力，并将信号反馈给控制系统。当压力超过设定值时，安全阀会自动开启，释放部分压力，以防止釜内压力过高引发安全事故。同时，控制系统可以根据反应进程调节加热功率、搅拌速度等参数，间接控制釜内压力。

高压釜的结构与压力相关的安全设计

釜体结构：高压釜的釜体一般采用高强度的合金钢材料制成，以承受高温高压。釜体的壁厚是根据设计压力和材料的强度计算确定的。例如，对于设计压力为 20MPa 的高压釜，其釜体壁厚可能需要达到几十毫米，以确保在高压下不会发生破裂。

密封结构：高压釜的密封是保证其安全运行的关键。通常采用机械密封或填料密封的方式。机械密封具有良好的密封性能，能够在高压下有效地防止介质泄漏。密封件的材料要根据釜内的介质、温度和压力等因素进行选择，例如在一些含有腐蚀性介质的高压釜中，需要使用耐腐蚀的密封材料。

安全附件：除了安全阀外，高压釜还配备有压力表、爆破片等安全附件。压力表用于实时显示釜内的压力，操作人员可以根据压力表的读数来判断反应进程和釜内的压力状态。爆破片是一种一次性的安全装置，当釜内压力超过爆破片的额定压力时，爆破片会破裂，释放压力，起到保护釜体和周围环境的作用。

四、杜瓦瓶

杜瓦瓶的压力原理及特点

杜瓦瓶主要用于储存低温液体，如液氮、液氧、液氩等。它的工作原理是基于真空绝热和低温液体的特性。杜瓦瓶内部是一个双层结构，内外层之间抽成真空，有效地减少了热量的传递。当低温液体注入杜瓦瓶后，液体在低温下会产生

一定的蒸气压。例如，液氮在 -196°C 时，其饱和蒸气压约为 0.1MPa 。

杜瓦瓶的压力主要来自低温液体的蒸发。随着液体的蒸发，瓶内的压力会逐渐升高。为了控制压力，杜瓦瓶通常配备有安全阀和压力调节装置。当压力超过安全值时，安全阀会自动开启，排出部分气体，以保持瓶内压力在安全范围内。

杜瓦瓶的使用与压力管理

充装过程中的压力控制：在充装低温液体时，要注意充装速度不能过快，以免液体剧烈蒸发导致瓶内压力急剧上升。同时，要确保杜瓦瓶的真空绝热性能良好，否则会因热量传入导致液体蒸发过快，增加瓶内压力。

使用中的压力监测：在使用杜瓦瓶的过程中，要定期检查瓶内的压力。可以通过瓶体上的压力表来监测压力变化。如果发现压力异常升高，要及时检查安全阀是否正常工作，并采取相应的措施，如减少液体的蒸发、检查真空绝热层是否损坏等。

安全注意事项：杜瓦瓶在使用时要放置在通风良好、远离火源和热源的地方。由于瓶内储存的是低温液体，在操作过程中要防止低温冻伤。当杜瓦瓶内的液体接近用完时，瓶内压力可能会出现波动，此时更要加强监测，避免因压力变化引发安全问题。

五、高压灭菌锅

高压灭菌锅的压力作用及参数

高压灭菌锅是利用高温高压蒸汽进行灭菌的设备。其工作压力一般在 $0.1 - 0.2\text{MPa}$ 之间，对应的温度在 $121 - 134^{\circ}\text{C}$ 之间。在这个压力和温度下，能够有效地杀灭各种微生物，包括细菌的芽孢。压力的作用主要是提高蒸汽的温度，因为根据水的相图，在高压下，水的沸点会升高，从而产生高温蒸汽，达到灭菌的目的。

高压灭菌锅的压力参数是根据灭菌的物品和要求来确定的。例如，对于普通的培养基、玻璃器皿等，通常采用 121°C 、 0.105MPa 的灭菌条件，灭菌时间为 $15 - 30$ 分钟；对于一些含有热敏感成分的物品，如含糖培养基，可以采用较低的压力和温度，如 115°C 、 0.087MPa ，适当延长灭菌时间。

高压灭菌锅的压力控制与安全保障

压力控制系统：高压灭菌锅通过压力传感器和控制器来控制锅内的压力。在

灭菌过程中，控制器根据压力传感器的反馈信号，调节加热功率，以保持锅内压力在设定的范围内。当压力达到设定值后，加热功率会适当降低，维持压力稳定。

安全装置：高压灭菌锅配备有安全阀、压力表、压力联锁装置等安全设备。安全阀用于在压力超过额定值时自动释放压力，防止锅体爆炸。压力表用于实时显示锅内的压力，操作人员可以通过观察压力表来判断灭菌过程是否正常。压力联锁装置则确保在锅内压力未降至安全值以下时，锅盖无法打开，避免因锅内高压蒸汽喷出而导致人员烫伤。

第七章 分析仪器安全操作规程

第一节 傅立叶红外分光光度计

一、结构

光源：常用的是能斯特灯或硅碳棒，能斯特灯在室温下为非导体，需预热到一定温度才导电发光，发光强度高且稳定；硅碳棒则坚固、寿命长、发光面积大。

干涉仪：核心部件，如迈克尔逊干涉仪，通过分束器将光源发出的光分成两束，一束固定，另一束移动，两束光再汇合产生干涉现象，形成干涉光。

样品室：放置待测样品，有固体、液体、气体等不同的样品处理装置，如固体样品可采用溴化钾压片法等。

检测器：常用的有热电偶、热释电检测器等，用于检测经过样品吸收后的干涉光强度变化。

计算机数据处理系统：对检测器采集到的数据进行处理，进行傅立叶变换等运算，将干涉图转换为红外光谱图，并进行谱图分析、存储等操作。

二、原理

基于红外光与物质分子的相互作用。当红外光照射样品时，分子会吸收特定频率的红外光，引起分子振动能级的跃迁，产生红外吸收光谱。傅立叶变换红外光谱仪不是采用传统的单色光依次扫描的方式，而是通过干涉仪获得包含所有频率信息的干涉光，照射样品后，再利用计算机对干涉光信号进行傅立叶变换处理，得到红外光谱图，从而确定物质的分子结构和化学组成。

三、安全操作规程

开机前检查仪器各部件连接是否正常，样品室内无异物，电源电压稳定。

预热光源和仪器达到稳定状态，一般需要 30 分钟左右。

制备和放置样品时要小心操作，避免样品洒落污染仪器，尤其是对于有毒有害样品要做好防护和后续清理工作。

测量过程中不要触摸仪器的运动部件，如干涉仪的动镜等。

实验结束后，先关闭光源，待仪器冷却后再关闭主机和计算机，清理样品室和实验台面。

第二节 荧光分光光度计

一、结构

激发光源：通常为高压氙灯，能发射出强度较高且连续分布的紫外和可见光，满足多种物质的激发需求。

单色器：包括激发单色器和发射单色器，分别用于选择合适的激发光波长和分离出样品发射的荧光波长，一般采用光栅作为分光元件。

样品室：设计有适合不同类型样品（溶液、固体、薄膜等）的支架或比色皿架，保证样品在激发光照射下能有效产生荧光并被检测。

检测器：常用光电倍增管，它对微弱的荧光信号具有高灵敏度的检测能力，能将光信号转换为电信号。

信号处理系统：对检测器输出的电信号进行放大、处理和记录，通过计算机软件实现荧光光谱的绘制、数据存储和分析等功能。

二、原理

物质的分子吸收特定波长的激发光后，电子从基态跃迁到激发态，处于激发态的分子不稳定，会通过辐射跃迁（发射荧光）等方式回到基态，发射出的荧光波长通常比激发光波长更长。荧光分光光度计通过测量在不同激发光波长下样品发射的荧光强度随发射波长的变化关系，得到荧光光谱，利用荧光光谱的特征（如峰位、峰强度、峰形状等）来分析物质的结构、浓度、纯度等信息，不同物质具有不同的荧光特性，可用于定性和定量分析。

三、安全操作规程

开机前确保仪器各部件正常，检查光源的冷却系统是否正常运行，防止光源过热损坏。

选择合适的激发光波长和发射光波长范围，避免强光直接照射眼睛，可佩戴防护眼镜。

放置样品时注意不要让溶液溅出到仪器内部，若为挥发性或有毒样品，要在通风良好的环境下操作。

测量过程中不要随意打开样品室，以免外界光线干扰测量结果或损伤仪器部件。

实验结束后，先关闭光源，让仪器冷却一段时间，然后关闭其他部件和电源，清理样品室和周围环境。

第三节 紫外可见分光光度计

一、结构

光源：一般有氘灯（主要提供紫外光）和钨灯（提供可见光），可根据测量波长范围自动切换或手动切换。

单色器：由入射狭缝、准直镜、色散元件（如光栅或棱镜）和出射狭缝组成，用于将复合光分解为单色光，通过转动色散元件来选择不同波长的光。

样品室：放置比色皿，有不同规格的比色皿可供选择，用于盛装液体样品或可溶解成溶液的固体样品。

检测器：常用光电管或光电倍增管，将透过样品的光强度转换为电信号，光电倍增管的灵敏度更高，适用于检测微弱的光信号。

信号处理与显示系统：对检测器的信号进行放大、处理和转换，最终将吸光度或透光率等数据显示出来，通常还配备计算机接口，可进行数据存储、分析和打印等操作。

二、原理

基于物质对不同波长的紫外和可见光的吸收特性。当一束光通过样品溶液时，溶液中的物质分子会吸收特定波长的光，使光的强度减弱。根据朗伯 - 比尔定律 ($A = \epsilon bc$ ，其中 A 为吸光度， ϵ 为摩尔吸光系数， b 为光程长度， c 为溶液浓度)，在一定条件下，吸光度与溶液浓度成正比，通过测量样品在不同波长下的吸光度，绘制出吸收光谱，从而可以对物质进行定性和定量分析，确定物质的种类、含量以及某些结构特征等。

三、安全操作规程

开机前检查光源、单色器、检测器等部件是否正常，比色皿是否清洁干净且无破损。

预热光源和仪器，使仪器达到稳定状态，一般预热时间为 15 - 30 分钟。

配制样品溶液时要准确操作，避免溶液浓度误差过大，将样品溶液小心倒入比色皿中，避免溶液洒出到仪器样品室。

测量过程中不要触摸仪器的光学部件，如透镜、光栅等，防止污染和损坏。

实验结束后，关闭光源，取出比色皿并清洗干净，关闭仪器电源，清理实验台面。

第四节 高效液相色谱仪

一、结构

溶剂输送系统：包括高压泵（如柱塞泵），将流动相以稳定的流速输送到色谱柱中，流速精度高，可在较宽的范围内调节，一般为 0.1 - 10mL/min。

进样系统：有手动进样阀和自动进样器两种类型。手动进样阀通过旋转阀的位置实现样品的注入；自动进样器可实现多个样品的自动连续进样，提高分析效率和精度。

色谱柱：是分离的核心部件，内装固定相，有多种类型，如反相色谱柱（以 C18、C8 等为固定相）、正相色谱柱等，根据样品的性质和分离要求选择合适的色谱柱，色谱柱的柱效和分离度对分析结果有重要影响。

检测器：常用的有紫外检测器、荧光检测器、二极管阵列检测器等。紫外检测器基于样品对紫外光的吸收特性进行检测；荧光检测器适用于具有荧光特性的物质检测；二极管阵列检测器可同时检测多个波长的光吸收，提供更多的光谱信息。

数据处理系统：对检测器采集到的数据进行处理、分析和存储，绘制色谱图，计算峰面积、保留时间等参数，进行定性和定量分析。

二、原理

利用不同物质在固定相和流动相之间的分配系数差异进行分离。当样品溶液被注入流动相后，随着流动相在色谱柱中的流动，样品中的各组分在固定相和流动相之间反复进行分配，分配系数小的组分在流动相中停留时间短，先流出色谱柱；分配系数大的组分在固定相中停留时间长，后流出色谱柱。通过检测器检测

各组分流出色谱柱的时间（保留时间）和浓度（峰面积），实现对样品中各组分的定性和定量分析。

三、安全操作规程

开机前检查溶剂瓶中的流动相是否充足，各管路连接是否正确且无泄漏，泵头是否有足够的溶剂浸润。

开启溶剂输送系统，先以较低流速冲洗色谱柱，排除管路中的气泡，然后逐渐调节流速至所需值。

进样时要注意样品的溶解性和浓度，避免堵塞进样阀或色谱柱，对于手动进样要操作准确，防止进样误差。

实验结束后，先停止进样，用适当的溶剂冲洗色谱柱，去除残留的样品和杂质，然后关闭溶剂输送系统和其他仪器部件，更换溶剂瓶中的流动相，清理进样阀和实验台面。

第五节 气相色谱仪

结构

气路系统：包括气源、净化干燥管和载气流速控制及气体化装置，是一个载气连续运行的密闭管路系统，常用载气有氢气、氮气、氩气等，纯度要求 99% 以上。

进样系统：由进样器、气化室和加热系统组成。进样器根据试样状态不同而选择，如液体样品用微量注射器，气体样品常用色谱仪配置的六通阀；气化室由不锈钢管制成，管外绕有加热丝，用于将样品瞬间气化为蒸气；加热系统保证试样气化后快速定量地转入色谱柱。

分离系统：是色谱仪的心脏部分，包括柱室、色谱柱、温控部件。色谱柱主要有填充柱和毛细管柱两类，柱材料多样，其分离效果与柱长、柱径、柱形、固定相、柱填料制备技术及操作条件等因素有关。

检测系统：由检测元件、放大器、数模转换器三部分组成，可将经色谱柱分离出的各组分的浓度或质量转变成易被测量的电信号，并进行信号处理。常见的检测器有热导检测器、电子捕获检测器、氢焰离子化检测器和火焰光度检测器等。

温度控制系统：主要指对气化室、色谱柱、检测器三处的温度控制，控温方式分恒温 and 程序升温两种。恒温适用于沸程不太宽的简单样品，程序升温则适用

于沸程较宽的复杂样品，可改善分离效果，缩短分析时间。

记录系统：用于记录检测器的检测信号，进行定量数据处理，一般采用自动平衡式电子电位差计进行记录，绘制出色谱图，先进的气相色谱仪还配有电子计算机，能自动对色谱分析数据进行处理。

原理

基于不同物质在固定相和流动相所构成的体系中具有不同的分配系数，当多组份的分析物质被载气带入色谱柱时，各组份在色谱柱中的气相和固定液液相间的分配系数不同，运行速度也就不同，经过一定柱长后，顺序离开色谱柱进入检测器，经检测后转换为电信号送至数据处理工作站，从而完成对被测物质全自动的定性定量分析。

安全操作规程

打开载气阀，调节载气压力到 0.3Mpa，打开空气发生器、氢气发生器和气体净化器电源开关。

打开主机电源开关，自动进样器电源开关等，打开工作站。

根据使用的检测器进行相应设置，如使用 FID 检测器，在 FID 项目上点击右键，选择设置当前项目，选择仪器通道 1，仪器即按照设定的温度和仪器条件开始工作。

仪器温度升到设定值后，若使用 FID 检测器，进行点火操作；若使用 NPD 检测器，按住 NPD 加热电源 (+) 键，设定电流显示值到 2.5A，松开按键，仪器自动控制电流到设定值，再以 0.01A 为单位往上增加电流值，直到工作站上显示电压值比基本电压值高 10mV，即 NPD 检测器进入工作状态。

设定自动进样器工作条件。

待基线平稳，进行分析作业。

分析完毕，点击关机项目，关闭柱箱，检测器，进样器等加热区。

若使用 NPD 检测器，按住 NPD 加热电源 (-) 键，将电流值调到 0。

柱箱温度降到 80℃以内，其余加热区温度降到 100℃以内，关闭主机电源开关，自动进样器电源开关等。

关闭载气阀，空气发生器和氢气发生器电源开关。

第六节 核磁共振波谱仪

结构

磁铁：是最基本的组成部件，要求能提供强而稳定、均匀的磁场，常见的有永久磁铁、电磁铁和超导磁铁，其中超导磁体可使磁场高达 10T 以上，但价格高昂。

探头：装在磁极间隙内，用来检测核磁共振信号，是仪器的核心部分，除包括试样管外，还有发射线圈以及豫放大器等元件，并且装有气动涡轮机，使试样管能沿其纵轴旋转，以平均磁场不均匀性的影响。

射频和音频发射单元：通常采用恒温下的石英晶体振荡器得到基频，再经过倍频、调频和功能放大得到所需的射频信号源，同时从石英晶体振荡器中得到音频调制信号，经功率放大后输入到探头调制线圈，用于提高基线的稳定性和磁场锁定能力。

频率和磁场扫描单元：扫描方式有扫场和扫频两种，许多仪器同时具有这两种扫描方式，扫描速度会影响信号峰的显示。

信号放大、接受和显示单元：从探头预放大器得到的载有核磁共振信号的射频输出，经一系列检波、放大后，显示在示波器和记录仪上，得到核磁共振谱。

计算机：用于人机对话，包括操作仪器、设置参数、数据处理和打印图谱等。

其他附属设备：如空气压缩机，产生压缩空气控制样品管的装入和排出，并使其旋转，中间有除湿盒过滤装置；前置处理单元，有控制气流、变温系统、信号初级放大以及液氮显示等功能；变温控制部分，通过电热丝升温或杜瓦瓶吹出的氮气降低探头温度。

原理

利用原子核的磁性，在强磁场作用下，原子核发生能级分裂，当射频振荡器发射的一定频率的电磁辐射信号与质子的进动频率相匹配时，质子发生能级跃迁，吸收能量，在感应线圈中产生毫伏级信号，通过对信号的检测和处理，得到核磁共振波谱图，从而获取样品分子结构和化学环境等信息。

安全操作规程

样品准备：确保样品纯净、干燥、无磁性杂质，装入样品管时避免产生气泡，样品管应保持清洁、无划痕。

仪器预热：按照仪器说明书要求，提前开启仪器进行预热，使仪器各部件达

到稳定工作状态。

磁场调整：在进行实验前，需对磁场进行校准和调整，确保磁场的均匀性和稳定性，避免磁场干扰对实验结果的影响。

射频功率控制：设置射频功率时，应根据样品的性质和实验要求合理选择，避免功率过高导致样品过热或损坏仪器，同时也要防止功率过低影响信号强度和分辨率。

数据采集与处理：在数据采集过程中，应保持仪器周围环境的安静和稳定，避免电磁干扰。采集完成后，使用专业软件对数据进行处理和分析，确保结果的准确性和可靠性。

仪器关闭：实验结束后，按照正确的关机步骤关闭仪器，先关闭射频发生器、磁场电源等，待仪器各部件停止工作后，再关闭总电源。

维护保养：定期对仪器进行维护保养，包括清洁样品管、检查探头、校准磁场等，确保仪器的性能和使用寿命。