

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（专本协同）251 _____

教 研 室_____ 药学教研室 _____

授课教师_____ 孙凌燕 _____

实训一 化学实验室用水电气安全

授课章节	实训一 化学实验室用水电气安全				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
教学主要内容： 化学实验室用水电气安全知识					
教学目的、要求： 知识目标：学生能准确说出化学实验室用水、用电、用气的安全规范，明确常见安全隐患及应急处理方法。 技能目标：学生能规范操作实验室水电气设备，在模拟安全事故场景中正确进行应急处理。 素养目标：培养学生的安全意识、责任意识和团队协作能力，养成严谨的实验操作习惯。 课程思政：尊重科学事实、勇于探索真理的精神。					
教学重点、难点： 教学重点：实验室用水、用电、用气的安全操作规范；常见安全事故的应急处理措施。 教学难点：不同类型电气设备的安全使用差异；气体泄漏时的正确应急处理流程。					
教学过程： <h2 style="text-align: center;">实训一 化学实验室用水电气安全</h2> <h3>一、实验室用水安全</h3> <h4>（一）用水设备与安全规范</h4> <p>实验室常用的用水设备包括水龙头、蒸馏水制备仪、恒温水浴锅等，不同设备有明确的安全使用要求：</p> <p>水龙头：操作时需“缓开缓关”，避免因水压过大导致水花飞溅——水花不仅可能污染实验试剂，还可能打湿周边电气设备，引发短路风险。</p> <p>蒸馏水制备仪：使用前必须完成“三查”：一是查水箱水位，确保水位在设备标注的最低与最高刻度之间，防止水位过低导致设备干烧；二是查管路通畅性，避免管路堵塞影响蒸馏水产出，甚至引发设备故障；三是查电源连接，确认</p>					

插头、线路无破损，连接稳定后再开机。

恒温水浴锅：加水需严格按照设备刻度线操作，禁止超刻度或低于最低刻度运行。若加水过多，加热时水易溢出，可能接触设备内部电路造成短路；若加水过少，加热管会裸露在空气中，持续高温会烧毁加热管，严重时可能引发火灾。

（二）常见用水安全隐患及后果

水龙头密封圈老化：长期使用后，水龙头密封圈易磨损、老化，导致漏水。漏水会使实验室地面湿滑，人员行走时易滑倒，同时积水若渗透到设备底部，可能损坏设备内部元件。

蒸馏水制备仪水箱结垢：未定期清理的水箱会积累水垢，不仅影响蒸馏水的纯度，还会附着在加热管表面，导致加热效率下降，加热管局部温度过高，缩短设备使用寿命，甚至引发干烧风险。

恒温水浴锅加热管裸露：因水位不足导致加热管裸露，加热管会直接与空气接触，瞬间高温可能使加热管熔断，同时高温可能引燃周边易燃物品（如滤纸、抹布），引发火灾。

（三）用水安全事故应急处理

漏水事故：一旦发现水龙头或设备漏水，第一步需立即关闭实验室总水阀，切断水源；随后及时报告实验老师，说明漏水位置和情况；待老师检查维修期间，用干布、拖把清理地面积水，放置防滑警示牌，避免人员摔倒。

设备故障：若蒸馏水制备仪、恒温水浴锅等设备出现异常（如异响、指示灯闪烁、不加热），需先断开设备电源，防止故障扩大；禁止自行拆卸设备检查，应及时联系实验老师，由专业人员排查故障原因（如水位问题、电路问题、元件损坏等），待维修完成并确认安全后，方可再次使用。

二、实验室用电安全

（一）电气设备分类与使用规范

实验室电气设备按功能可分为加热设备、动力设备、测量设备，不同类型设备的用电特点和规范差异较大：

加热设备（电炉、电热套、马弗炉）：

电炉使用前需确认功率与插座额定电流匹配，避免功率过大导致插座过载烧毁；加热时需远离易燃物品（如酒精、滤纸、试剂瓶），防止高温引燃；使用完

毕后，需先关闭电炉开关，待其完全冷却后再拔掉插头，避免余热引发火灾。

电热套、马弗炉需严格按照设定温度和时间操作，禁止超温使用；马弗炉加热时，炉门需关闭严密，防止热量外泄烫伤人员，同时避免冷空气进入影响加热效果。

动力设备（离心机、搅拌器）：

离心机启动前，需确保离心管对称放置，管内液体体积相近，平衡重量差，防止运行时因重心偏移产生剧烈振动，损坏设备或导致离心管破裂；运行过程中若出现异常振动、噪音，需立即按下急停按钮，待设备完全停止后检查原因（如平衡问题、离心管破损）。

搅拌器使用时，需先将搅拌桨放入溶液中，再开启电源，避免搅拌桨空转导致设备磨损；搅拌过程中若需调整转速，需缓慢调节旋钮，禁止突然大幅改变转速，防止溶液飞溅或搅拌桨脱落。

测量设备（pH 计、分光光度计）：

pH 计使用前需用标准缓冲溶液校准，确保测量精度；电极使用时避免剧烈碰撞，测量完毕后需用蒸馏水冲洗干净，浸泡在保护液中（而非蒸馏水或空气中），延长电极使用寿命。

分光光度计开机后需预热 30 分钟，待仪器稳定后再进行测量；测量时需保持样品室清洁，避免样品溶液洒入仪器内部，损坏光学元件；使用完毕后，关闭仪器开关，拔掉电源，盖好防尘罩。

（二）用电安全注意事项

操作规范：禁止湿手操作电气设备（如插 / 拔插头、按开关），因为水具有导电性，湿手操作易引发触电；插拔插头时需握住插头本体，禁止拉扯电线，避免电线与插头连接处断裂，导致线路裸露漏电。

线路维护：实验室电线、插座需定期检查，若发现电线外皮开裂、老化、金属线裸露，或插座松动、插头金属片氧化，需立即停止使用，并报告实验老师更换，禁止继续使用存在隐患的线路和插座；电线需沿墙角、桌面边缘固定摆放，禁止横跨通道，防止人员绊倒或电线被碾压损坏。

设备管理：实验室电气设备实行“专人专用”，禁止未经允许使用他人负责的设备，或擅自改装设备（如更换插头、添加线路）；离开实验室前，需逐一

检查所有电气设备，确认开关已关闭，插头已拔掉（除需持续运行的设备，如冰箱），最后关闭实验室总电源开关。

（三）触电与电气火灾应急处理

触电事故：若发现有人触电，第一时间需切断电源（如关闭总开关、拔掉插头），或用干燥的木棒、竹竿、塑料杆等绝缘物品将电线从触电者身上挑开，禁止直接用手接触触电者（否则施救者也会触电）；待触电者脱离电源后，若其意识清醒，可让其坐在通风处休息，观察身体状况；若意识模糊、呼吸停止或心跳微弱，需立即拨打急救电话（120），同时进行人工呼吸和胸外按压，直至医护人员到达。

电气火灾：电气火灾多因线路短路、设备过载、接触不良等引发，处理时需遵循“先断电，再灭火”的原则——首先关闭实验室总电源，切断火源；随后使用合适的灭火器灭火，优先选择干粉灭火器、二氧化碳灭火器（适用于电气设备火灾），禁止用水灭火（水导电，会扩大触电风险，同时可能损坏设备）；若火势较大，无法自行控制，需立即拨打消防电话（119），并组织人员有序撤离实验室，撤离时关闭实验室门窗，防止火势蔓延。

三、实验室用气安全

（一）常用气体特性与存储要求

实验室常用气体包括氧气、氢气、乙炔、氮气等，不同气体的物理化学性质差异大，存储要求严格区分：

气体特性：氢气易燃（遇明火、电火花易燃烧爆炸）、氧气助燃（能加剧燃烧，使火势扩大）、乙炔易爆（与空气混合达到一定浓度，遇火源即爆炸）、氮气为惰性气体（不燃不助燃，可用于保护气体）。

存储规范：

分类存放：易燃气体（氢气、乙炔）与助燃气体（氧气）需分开存放，两者间距不得小于 5 米，且远离火源、热源（如暖气、电炉、阳光直射处），防止高温或火源引发燃烧爆炸。

标识清晰：每个气体钢瓶需贴有明确的标签，标注气体名称、化学式、危险等级（如“易燃气体”“助燃气体”）、使用注意事项，禁止混用钢瓶（如将氧气钢瓶用于存放氢气）。

安全防护：钢瓶存放区域需安装排气扇，保持通风良好，避免气体泄漏后积聚；钢瓶底部需垫橡胶垫，防止钢瓶倾倒碰撞，导致阀门损坏或钢瓶破裂；存放数量不宜过多，同一类型气体钢瓶最多存放 5-8 个，便于管理和应急处理。

（二）气体钢瓶与相关设备使用规范

钢瓶搬运与固定：搬运钢瓶时需使用专用推车，禁止直接滚动或拖拽钢瓶，防止钢瓶碰撞损坏阀门；钢瓶放置在实验台旁时，需用铁链或支架固定在墙面或实验台，避免倾倒；使用前需检查钢瓶阀门是否完好，有无漏气痕迹（如阀门处有油污、锈蚀）。

减压器连接与使用：减压器是调节钢瓶气体压力的关键设备，连接前需确认减压器类型与气体匹配（如氢气减压器、氧气减压器不可混用）；连接时，先将钢瓶阀门关闭，在阀门接口处涂抹少量肥皂水，再将减压器接口对准钢瓶接口，缓慢拧紧螺母，确保密封；连接后，缓慢打开钢瓶阀门（旋转 1-2 圈即可），观察减压器压力表，若指针稳定且无肥皂水气泡产生，说明连接密封良好，可正常使用；使用过程中，需缓慢调节减压器旋钮，控制气体流速，禁止快速开阀导致压力骤升，损坏设备或引发危险。

使用过程管理：气体使用时需专人看管，禁止离开岗位，防止气体泄漏未及时发现；使用完毕后，需先关闭钢瓶总阀门，待减压器压力表指针归零后，关闭减压器阀门，最后拆卸减压器，将钢瓶放回存储区域，做好使用记录（使用时间、气体种类、剩余压力）。

（三）气体泄漏应急处理

气体泄漏是实验室用气最危险的情况之一，需按“四步走”流程快速处理：

一关（切断气源）：一旦发现气体泄漏（如闻到异味、听到漏气声、肥皂水检测有气泡），需立即关闭钢瓶总阀门，切断气体来源，防止泄漏量扩大。

二通（通风散气）：迅速打开实验室门窗，开启排气扇，保持空气流通，让泄漏的气体尽快扩散到室外，降低室内气体浓度（尤其是易燃、有毒气体），避免达到爆炸或中毒浓度。

三禁（禁止危险操作）：泄漏期间，禁止使用明火（如打火机、酒精灯），禁止开启或关闭任何电气设备（如电灯、开关、排风扇——启动瞬间可能产生电火花），禁止在实验室吸烟，防止引发燃烧爆炸。

四报（报告与疏散）：立即报告实验老师，说明泄漏气体种类、位置、泄漏情况；若泄漏量较大，或气体为易燃、有毒类型（如乙炔、氯气），需协助老师组织人员有序撤离实验室，撤离时关闭门窗（防止气体扩散到其他区域），在实验室外安全区域等待，由专业人员（如消防人员、设备维修人员）到场处理泄漏问题，确认安全后再进入实验室。

小组活动环节

1. 活动主题

实验室水电气安全操作及应急处理模拟演练

2. 活动流程

教师向各小组发放任务卡片，每个小组的任务包含 1-2 个水电气安全相关的场景，如“小组成员在使用电炉加热溶液时，突然发现电炉电源线冒烟，并有焦糊味”“小组在使用氢气钢瓶进行实验时，发现钢瓶与减压器接口处有气泡冒出（模拟泄漏）”“实验过程中，不小心将水洒到正在运行的 pH 计电源插头上”等。组长组织小组成员讨论任务，明确分工，如有的成员负责模拟操作，有的成员负责观察记录，有的成员负责总结应急处理步骤。

各小组在指定的实验区域进行模拟演练。教师巡回指导，观察各小组的操作是否规范，应急处理措施是否正确，及时纠正错误操作。例如，在模拟电气火灾场景时，若小组成员直接用水灭火，教师要立即制止，并讲解正确的灭火方法；在模拟气体泄漏场景时，若小组成员未及时关闭钢瓶阀门或未打开通风设备，教师要提醒其规范操作。

作业布置

完成练习题，作业内容包括实验室水电气安全知识填空题、选择题和简答题，考查学生对安全知识的掌握程度。

实训二 化学实验室安全管理

授课章节	实训二 化学实验室安全管理				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
教学主要内容： 化学实验室安全文化 化学实验室安全因素 化学实验室安全管理					
教学目的、要求： (一) 知识目标 能说出化学实验室安全文化的核心内涵及常见表现形式。 能简述化学实验室安全管理的主要内容及基本流程。 (二) 能力目标 能结合具体案例，初步分析实验室安全问题所属的安全因素类型。 能针对简单的实验室安全隐患，提出符合安全管理要求的改进建议。 (三) 素养目标 树立“安全无小事”的职业意识，认同实验室安全文化的重要性。 培养责任意识，明确自身在实验室安全管理中的角色与义务。 课程思政： 尊重科学事实、勇于探索真理的精神。					
教学重点、难点： 教学重点：化学实验室安全因素 教学难点：化学实验室安全管理					
教学过程： <h3>实训二 化学实验室安全管理</h3> <h4>1.1 化学实验室安全文化</h4> <p>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。</p> <p>从炼金术时代开始,实验室化学品的研制始终伴随着戏剧性和危险性。为了弄清科学真理,一些科学家不顾自己的安危,为科学献身。1890年,著名化学家凯库勒曾说道当我在他的实验室工作时,李比希说如果想成为一名化学家,就要做好牺</p>					

牲自己健康的准备,否则难以取得成就。”

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工作。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)。

1.3.3 教育培训

负责实验室安全的管理人员必须具备相应的危险化学品管理专业知识和能力,通过危险化学品安全和处置技能培训,了解化学实验室的典型事故案例,具备应急管理和应急处置事故的能力。

开展实验活动的实验人员需遵守实验室安全准入制度,进入实验室前应接受危险化学品相关的安全知识培训和考核。具体内容包括安全管理制度、安全操作

规程、气瓶等相关设备安全使用知识,实验室自救、互救和急救方法,防护用品的使用和维护等。实验室安全培训应做好记录(图 1-11)。

1.3.4 安全设施

(1)使用可燃气体、有毒有害气体的实验室应设置相应的可燃气体检测仪、有毒有害气体检测仪,并与风机连用(图 1-12)。实验室使用后或产生的废气(或尾气)应分别通过管路引至室外安全区域排放。高压气瓶应有效固定。

(2)实验室内的危险化学品储存柜应保持良好通风,避免阳光直射,不要紧邻实验台设置,尽可能远离热源。

(3)使用强酸、强碱、易发生烧伤或产生毒害危险的实验室应安装紧急喷淋装置,在实验台附近应安装洗眼装置。

(4)存放和使用易燃易爆、腐蚀性和毒害性物质等危险品的实验室应在附近放置灭火器,消防沙箱等消防器材。

(5)实验室相关人员应配备防护服、防护眼镜、防护手套和防护口罩等必要的防护用品,

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。

实训任务:

任务一: 安全文化识别

给每组发放实验室场景照片, 小组合作找出其中的安全文化元素(如安全标语、培训标识等), 记录并简要说明其体现的安全文化内涵。

任务二: 安全因素分析

基于同一批照片, 小组找出潜在安全隐患, 分析其所属的安全因素类型(人员 / 设备 / 环境), 记录隐患表现及对应因素。

任务三: 安全管理建议

针对找出的安全隐患, 小组结合安全管理内容, 提出 2-3 条具体的改进建议, 形成简短的建议方案。

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

实训三 化学实验室消防安全

授课章节	实训三 化学实验室消防安全				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	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： (一) 知识目标 能说出燃烧的基础知识及防火、灭火的基本原理与措施。 能明确火灾的分类标准及各类灭火器的适用范围，知晓化学实验室常见火灾的扑救方法与灭火器材使用要点。 (二) 能力目标 能根据火灾场景初步判断火灾类型，并选择对应的灭火器材。 能结合化学实验室特点，识别潜在火灾隐患并提出防范措施。 (三) 素养目标 树立化学实验室消防安全意识，重视火灾防范与正确应对。 培养面对火灾时的冷静处理态度，明确自身在实验室消防中的责任。 课程思政： 尊重科学事实、勇于探索真理的精神。					
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 教学难点：防火与灭火基本原理和措施					
教学过程： <h3>实训三 化学实验室消防安全</h3> <p>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,</p>					

“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条件下,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%是由吸入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。灭火器的种类很多,按其移动方式可分为手提式和推车式;按驱动灭火剂动力来源可分为储气瓶式、储压式、化学反应式;按其所充装的灭火剂成分又可分为泡沫灭火器、二氧化碳灭火器、干粉灭火器、卤代烷灭火器、酸碱灭火器和清水灭火器等。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住着火部位,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。

实训任务:

任务一: 火灾类型与灭火器匹配

每组抽取 3 张模拟火灾场景卡,分析场景对应的火灾类型,从灭火器模型中选出适用器材,说明选择理由,记录员整理结论。

任务二: 消防隐患识别

结合实验室场景图,小组合作找出图中消防隐患(如易燃试剂未密封、灭火器过期等),对应提出防范措施,填写在任务单上。

任务三: 灭火器使用模拟

教师演示灭火器正确使用步骤(提、拔、握、压),每组操作员手持灭火器模型,模拟扑救指定场景火灾,其他成员纠错补充。

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？

实训四 危险化学品的分类与危害

授课章节	实训四 危险化学品的分类与危害				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
教学主要内容： 危险化学品的核心分类； 不同类别危险化学品的典型危害； 危险化学品标签与安全技术说明书（MSDS）的关键信息识别； 常见危险化学品的储存与搬运基本禁忌。					
教学目的、要求： （一）知识目标 熟记危险化学品的 5-6 类常见类别及典型代表； 明确各类危险化学品的主要危害形式； 掌握危险化学品标签中“警示词”“象形图”的含义。 （二）能力目标 能根据标签或 MSDS，准确判断某一危险化学品的类别及核心危害； 能识别实验室中危险化学品储存的 2-3 种违规行为； 能简述 1-2 种常见危险化学品（如乙醇、浓硫酸）的应急处理初步流程。 （三）素养目标 养成“接触前先识险”的习惯，不随意触碰未明确类别的化学品； 增强对危险化学品的敬畏心，杜绝“用量少就无风险”的侥幸心理； 提升团队协作意识，能提醒同伴规范对待危险化学品。 课程思政： 树立“安全第一”的责任意识； 遵守行业规范，培养法治观念； 严谨务实、坚守底线的职业精神。					
教学重点、难点： （一）教学重点 危险化学品的常见分类及典型代表； 危险化学品标签与 MSDS 的关键信息识别； 不同类别危险化学品的核心危害差异。					

（二）教学难点

易混淆类别区分；

结合实际场景判断危险化学品危害；

MSDS 中专业术语的理解。

教学过程：

实训四 危险化学品的分类与危害

一、危险化学品的分类标准（依据 GB 13690-2009）

危险化学品的分类是基于其理化特性、危害程度及对人体、环境的影响，按国家标准 GB 13690-2009《化学品分类和危险性公示 通则》，实验室高频接触且风险较高的类别主要包括六类，各类别的核心定义与特征如下：

1. 爆炸品

爆炸品是指在外界作用（受热、撞击、摩擦、遇火源等）下，能发生剧烈化学反应，瞬间产生大量气体和热量，使周围压力急剧上升而爆炸的化学品。其核心特征为反应速度快、能量释放大、冲击波与碎片破坏性强，危险程度与自身稳定性呈负相关——稳定性越差，越易受外界刺激引发爆炸。在实验室场景中，爆炸品多以少量试剂形式存在，仅用于特定实验，储存需严格遵循防爆要求：单独存放于抗冲击、防泄漏的专用防爆柜，与火源、热源、冲击源保持至少 1 米安全距离，同时每周检查储存环境温湿度（温度控制在 15-25℃，相对湿度≤60%），避免环境因素破坏其稳定性。

2. 易燃液体

易燃液体是指闭杯闪点≤60.5℃或开杯闪点≤65.6℃的液体或液体混合物，常温下易挥发、易燃烧。核心特征包括：易挥发形成可燃蒸气，蒸气与空气混合达到爆炸极限（通常 1%-10% 体积浓度）时，遇明火、静电或高温即引发燃烧爆炸；部分品类（如苯、甲醇）还具有毒性，挥发后刺激呼吸道。从闪点角度，闪点越低风险越高——如乙醚（闪点 -45℃）比乙醇（闪点 13℃）更易引发火灾。实验室中，易燃液体使用频率高，需重点控制挥发与火源接触：储存于通风良好的易燃品柜，柜内配备防静电接地装置；使用时在通风橱内操作，远离明火与高温设备，同时避免快速倾倒产生静电。

3. 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品

该类别包含三类易燃特性不同的化学品，核心差异在于燃烧触发条件：

易燃固体：燃点低（通常 $<300^{\circ}\text{C}$ ），受热、撞击、摩擦或遇氧化剂时易燃烧，燃烧过程可能释放有毒气体（如硫磺燃烧产生二氧化硫）或形成熔融物（如红磷燃烧生成五氧化二磷熔融体），增加灭火难度。实验室储存需避免挤压与高温，单独存放于干燥的普通试剂柜。

自燃物品：无外界火源时，依靠自身氧化反应或吸热即可升温至燃点自燃，如白磷（自燃点 40°C ）、黄磷。核心特征是自燃点低，易受环境温湿度影响——温度升高、湿度增大均会加速自燃过程。储存需浸泡于水中（隔绝空气），放置在阴凉通风处，且定期检查水位，防止水分蒸发导致暴露。

遇湿易燃物品：遇水或受潮后发生剧烈反应，释放大量热量与可燃气体（如钠与水反应生成氢气），气体与空气混合易引发爆炸，部分反应还会产生有毒物质（如碳化钙遇水生成乙炔与氢氧化钙，乙炔易燃且具麻醉性）。实验室储存需严格防潮，密封存放于干燥的防潮柜，远离水源与潮湿区域，搬运时避免接触汗液。

4. 氧化剂和有机过氧化物

氧化剂：具有强氧化性，能与可燃物质发生氧化还原反应释放热量，引发燃烧或爆炸，如高锰酸钾、氯酸钾。核心特征是“助燃不自燃”——自身不易燃烧，但能显著提升可燃物质燃烧速度与强度，甚至使难燃物质燃烧。

有机过氧化物：分子结构含过氧基（ $-\text{O}-\text{O}-$ ），兼具强氧化性与不稳定性，易受温度、光照、震动影响分解，释放氧气与热量，进而引发燃烧爆炸，如过氧化苯甲酰、叔丁基过氧化氢。

两类化学品实验室储存需与易燃物质（易燃液体、固体）严格隔离（间距 ≥ 1.5 米），有机过氧化物还需控制储存温度（通常 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ ），避免光照，且每月检查稳定性（观察颜色变化、有无异味），发现变质立即处理。

5. 毒害品和感染性物品

毒害品：进入人体后破坏正常生理功能，引发暂时性或永久性病理改变，甚至危及生命，如氰化钾（剧毒）、汞（慢性毒性）。核心特征是毒性途径多样——可通过呼吸道吸入、皮肤接触、消化道误食侵入人体，毒性强度差异大（剧毒化学品仅数毫克即可致命）。按作用机制可分为神经性毒物（影响神经信号传

递)、血液性毒物(破坏携氧功能)、肝脏毒物(损伤肝细胞)等。

感染性物品:含致病微生物,能引发人类或动物感染疾病,实验室中多为生物试剂(如病毒培养液、细菌菌株)。

毒害品实验室使用需严格控制用量,操作时佩戴防毒面具、耐毒防护手套与防护眼镜,储存于带锁专用毒害品柜,柜内配备活性炭吸附装置;感染性物品需按生物安全等级存放于生物安全柜,避免泄漏引发感染。

6. 腐蚀品

腐蚀品是指能灼伤人体组织、损坏金属、玻璃等物质的化学品,按化学性质分为酸性、碱性与其他腐蚀品:

酸性腐蚀品:如浓硫酸、硝酸,具强质子释放能力,接触人体组织时破坏蛋白质、脂肪结构,导致皮肤碳化、黏膜灼伤;接触金属时发生氧化还原反应,生成可溶性盐,导致金属腐蚀;氢氟酸等特殊酸还能腐蚀玻璃。

碱性腐蚀品:如氢氧化钠、氢氧化钾,具强羟基释放能力,接触人体组织时溶解蛋白质,导致组织坏死;接触有机物时引发皂化或水解反应,导致物质分解。

实验室储存需单独存放于耐腐蚀柜,柜内铺设耐酸碱垫,使用时佩戴耐酸碱手套、防护眼镜,必要时佩戴面罩,避免直接接触。

二、危险化学品的典型危害形式与作用机制

1. 燃烧爆炸危害

主要由易燃液体、固体、爆炸品、氧化剂引发,作用机制基于燃烧与爆炸原理:

燃烧机制:易燃物质(蒸气、粉尘)与空气混合形成可燃混合物,达到爆炸极限时遇火源引发燃烧,释放热量加热周围物质,形成连锁反应;有限空间内燃烧热量无法扩散,压力急剧上升引发爆炸。如乙醇泄漏后,蒸气遇明火燃烧,火焰蔓延至其他易燃试剂,扩大火势。

爆炸机制:爆炸品受外界刺激发生快速分解,瞬间产生大量气体与热量,气体膨胀产生冲击波,破坏设备与建筑物,碎片造成二次伤害;氧化剂与可燃物质反应释放热量,加速燃烧,甚至升级为爆炸。

实验室防控需控制可燃物质挥发(通风橱操作)、杜绝火源(禁用明火、防静电)、配备防火防爆设施(灭火器、防火门),定期开展消防演练。

2. 腐蚀危害

主要由腐蚀品引发，实验室中以化学腐蚀为主：

酸性腐蚀品作用机制：强酸释放的质子与人体组织生物分子反应，导致蛋白质变性、脂肪皂化，表现为红肿、水疱、碳化；与金属反应生成可溶性盐，破坏金属结构；氢氟酸等与玻璃中二氧化硅反应，生成氟硅酸盐，导致玻璃破损。

碱性腐蚀品作用机制：强碱释放的羟基与蛋白质肽键反应，破坏结构导致组织溶解；与有机物反应引发分解，破坏物质功能。

危害严重程度与浓度、接触时间、作用部位相关 —— 浓度越高、接触时间越长、作用于眼睛等敏感部位，危害越重。实验室防控需避免直接接触，配备应急冲洗设施（洗眼器、喷淋装置），意外接触后立即冲洗（皮肤接触冲洗 ≥ 15 分钟，眼睛接触冲洗 ≥ 20 分钟）。

3. 毒性危害

由毒害品引发，作用机制复杂多样：

神经性毒性：如有机磷毒物抑制胆碱酯酶活性，导致神经递质乙酰胆碱积聚，干扰信号传递，引发肌肉抽搐、呼吸困难、意识障碍，严重时呼吸衰竭。

血液性毒性：如氰化物与血红蛋白结合，破坏携氧能力，导致组织缺氧，表现为口唇发绀、头晕乏力，严重时休克。

肝脏毒性：如四氯化碳在肝脏代谢产生有毒中间产物，破坏肝细胞结构，导致肝功能损伤，表现为黄疸、肝肿大。

刺激性毒性：如氯气、二氧化硫刺激呼吸道黏膜，导致黏膜充血、水肿，引发咳嗽、流涕，严重时化学性肺炎。

毒性危害与剂量、接触途径、个体差异相关 —— 剂量越大、接触途径越直接（静脉注射 $>$ 吸入 $>$ 皮肤接触 $>$ 误食）、耐受性越差，反应越重。实验室防控需控制接触剂量（最小化用量）、切断途径（防护装备）、配备应急解毒剂，定期监测工作环境毒物浓度。

4. 危害的关联性与次生风险

危险化学品危害并非孤立，单一化学品可能引发多重危害，不同类别混合还会产生次生风险：

单一化学品多重危害：如有机过氧化物兼具氧化性（引发燃烧）与毒性（分

解产物有毒)，接触人体时同时造成灼伤与中毒；浓硝酸兼具腐蚀性（灼伤皮肤）与氧化性（引发燃烧），泄漏时同时引发两种危害。

不同化学品次生风险：氧化剂与易燃液体接触加速燃烧，升级为爆炸；腐蚀品泄漏腐蚀毒害品容器，导致毒害品扩散；遇湿易燃物品遇水产生可燃气体，引发爆炸。

实验室需从源头防控：按类别分区存放，避免违规混放；定期检查容器完好性，及时处理泄漏；操作前评估风险，制定应急预案。

三、危险化学品标签与 MSDS 的理论解读

1. 危险化学品标签的标准构成

依据 GB 15258-2009，标签包含六大核心要素：

化学品标识：位于上方，标注中文 / 英文名称、分子式（适用时）、CAS 号，确保标识唯一，避免误用。

警示词：位于标识下方，分“危险”（高风险，如爆炸品、剧毒）、“警告”（中风险，如易燃液体）、“注意”（低风险，如弱腐蚀品），提示风险等级。

象形图：红色边框白色背景图形，直观展示危害类别——火焰代表易燃，腐蚀符号代表腐蚀，骷髅代表毒性，爆炸图形代表爆炸，多危害化学品标注多个象形图。

危险性说明：简洁描述具体危害，如“易燃，蒸气与空气混合形成爆炸性混合物”“造成严重皮肤灼伤”，与警示词、象形图对应。

防范说明：含预防（操作防护、避免接触条件）、应急（意外处理方法）、储存（环境要求）、废弃（合规处置）措施，如“戴防护手套”“皮肤接触用大量清水冲洗”“储存于阴凉通风处”。

生产厂家信息：标注名称、地址、24 小时应急咨询电话，便于意外时获取指导。

解读时需按“标识→警示词→象形图→危险性说明→防范说明”顺序，快速建立风险认知，明确操作与防护要求。

2. MSDS 的核心章节与解读逻辑

MSDS（安全数据表）含 16 个章节，实验室人员需聚焦核心章节提取关键

信息：

第 1 章：化学品及企业标识：确认化学品名称、CAS 号、生产厂家联系方式，避免混淆，记录应急电话。

第 3 章：危险性概述：了解危险性类别、侵入途径、健康危害、燃爆危险，全面掌握风险类型，如“易燃液体，吸入蒸气具刺激性，遇明火易燃烧”。

第 4 章：急救措施：按侵入途径记忆处理步骤——皮肤接触冲洗时间、眼睛接触冲洗方式、吸入转移方法、食入是否催吐，确保意外时快速应对。

第 6 章：泄漏应急处理：掌握“先防护后处理”原则，明确小量（吸附、收集）与大量（围堵、转移）泄漏处理方法，以及废弃物合规处置要求。

第 8 章：接触控制 / 个体防护：了解职业接触限值（最大允许浓度）、工程控制（通风、隔离）、个体防护装备（防护眼镜、手套、面具类型），选择合适防护用品。

第 9 章：理化特性：关注闪点、爆炸极限、溶解性等参数——闪点决定防火措施，爆炸极限决定通风要求，溶解性决定泄漏处理方法，为操作与储存提供数据支持。

解读时可采用“关键词定位法”，如搜索“储存”“急救”“防护”等关键词，快速找到所需信息，避免逐页阅读浪费时间。

四、危险化学品储存与搬运的理论禁忌原则

1. 储存禁忌原则

核心是“分类存放、隔离风险”：

按类别分区存放：不同类别化学品单独分区（防爆区、易燃品区、腐蚀品区等），各区设置明确标识，间距 ≥ 1 米，切断接触途径，防止泄漏混合。

避免禁忌类别混放：氧化剂与易燃物质、酸性与碱性腐蚀品、毒害品与食品药品、遇湿易燃物品与含水物质严禁混放，防止反应引发危害。

控制环境参数：根据化学品特性调节温湿度、通风、光照——易燃液体温度低于闪点，自燃物品温度低于自燃点，遇湿易燃物品相对湿度 $\leq 60\%$ ，光敏性化学品避光，同时保持储存区域通风良好，避免蒸气、气体积聚。

规范容器与摆放：使用符合特性的专用容器（腐蚀品用耐腐蚀容器、毒害品用带锁容器），容器完好无泄漏，标注名称与危害；摆放遵循“重下轻上、稳

当牢固”，重容器放下层，容器间距 ≥ 5 厘米，便于检查与取用。

2. 搬运禁忌原则

核心是“平稳操作、防止泄漏、避免刺激”：

避免剧烈操作：轻拿轻放，禁止撞击、震动、摇晃，防止容器破损或刺激化学品反应；双手托握容器，不单手拎取，重型容器使用推车，避免疲劳失手。

防止泄漏与接触：搬运前检查容器密封性与完好性，佩戴对应防护装备（腐蚀品戴耐酸碱手套、毒害品戴防毒手套）；泄漏时立即停止搬运，采取吸附、中和等措施，避免无防护处理。

避免外界刺激接触：远离火源、热源、水源，避免化学品与易燃物质、潮湿环境接触；不与衣物、工具等无关物品接触，防止交叉污染。

规范路线与人员：规划远离人员密集区、障碍区的路线，由培训合格人员操作，多人协作时统一指挥，确保操作协调，避免碰撞。

作业布置：

简述危险化学品按 GB 13690-2009 分类中的六类常见类别，并说明每类的核心特征；

结合危险化学品标签的标准构成，解读某一实验室常见危险化学品标签（可选择你熟悉的化学品）的关键信息；

简述危险化学品储存的核心禁忌原则，并说明为何氧化剂与易燃物质不可混放。

实训五 危险化学品的毒性

授课章节	实训五 危险化学品的毒性				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
<p>教学主要内容：</p> <p style="padding-left: 2em;">危险化学品毒性的基础概念与中毒过程阶段划分；</p> <p style="padding-left: 2em;">危险化学品毒性的主要类型及各类别的作用机制；</p> <p style="padding-left: 2em;">影响危险化学品毒性效应的关键因素；</p> <p style="padding-left: 2em;">危险化学品毒性风险的防控原则与具体方法；</p> <p style="padding-left: 2em;">危险化学品急性中毒的初步急救与泄漏处理流程。</p>					
<p>教学目的、要求：</p> <p style="padding-left: 2em;">（一）知识目标</p> <p style="padding-left: 4em;">熟记危险化学品毒性的定义及中毒过程的三个阶段；</p> <p style="padding-left: 4em;">明确危险化学品毒性的五大类型及各类别的核心作用机制；</p> <p style="padding-left: 4em;">掌握影响毒性效应的三类关键因素及毒性防控的核心原则；</p> <p style="padding-left: 4em;">了解急性中毒急救与泄漏处理的基本流程。</p> <p style="padding-left: 2em;">（二）能力目标</p> <p style="padding-left: 4em;">能根据毒性类型与作用机制，判断特定危险化学品的主要危害方向；</p> <p style="padding-left: 4em;">能结合影响毒性的因素，分析实验室中某一毒性风险的防控重点；</p> <p style="padding-left: 4em;">能简述常见急性中毒场景（如呼吸道吸入、皮肤接触）的初步急救步骤；</p> <p style="padding-left: 4em;">能识别实验室中有毒化学品储存与使用的违规行为。</p> <p style="padding-left: 2em;">（三）素养目标</p> <p style="padding-left: 4em;">养成接触有毒化学品前先明确毒性风险的职业习惯；</p> <p style="padding-left: 4em;">增强对有毒化学品的敬畏意识，杜绝侥幸操作；</p> <p style="padding-left: 4em;">提升主动落实防护措施、规避毒性风险的自主安全意识；</p> <p style="padding-left: 4em;">培养面对毒性突发事件时的冷静应对与规范处置意识。</p> <p style="padding-left: 2em;">课程思政：树立“安全操作是保护自己、对他人负责”的责任担当，践行“生命至上、安全第一”的职业价值观。</p>					
<p>教学重点、难点：</p> <p style="padding-left: 2em;">（一）教学重点</p>					

危险化学品毒性的五大类型及各类别的作用机制；
毒性风险防控的“源头控制、过程防护、应急处置”三环节原则；
急性中毒初步急救的核心步骤与泄漏处理的基本方法。

（二）教学难点

不同毒性类型作用机制的差异区分（如神经性毒性与血液性毒性）；
结合影响毒性的因素，制定针对性的个性化防控方案；
不同中毒场景（如腐蚀性毒物接触、气态毒物吸入）急救措施的差异应用。

教学过程：

实训五 危险化学品的毒性

一、危险化学品毒性的基础认知

（一）毒性的定义与本质

危险化学品的毒性，是指这类物质进入生物体（主要指人体）后，通过化学或物理作用干扰生物体正常生理功能，引发暂时性或永久性病理改变，甚至危及生命的固有属性。从本质来看，毒性的产生源于“化学品与生物分子的相互作用”——有毒化学品（也称毒物）会与人体细胞内的蛋白质、核酸、酶等关键生物分子结合，破坏其结构与功能，导致细胞代谢紊乱、组织损伤，进而引发器官功能异常，最终表现为中毒症状。

需注意的是，毒性并非“非有即无”的绝对属性，而是具有“剂量依赖性”——任何具有毒性的化学品，在极低剂量下可能不表现出毒性（如微量汞短时间接触可能无明显危害），但当剂量超过生物体的耐受阈值时，毒性效应会逐渐显现并随剂量增加而加剧（如高浓度汞蒸气吸入会导致急性中毒）。这一特性也决定了实验室中“毒性防控的核心逻辑”：通过控制接触剂量，将其降至安全阈值以下，避免毒性效应发生。

（二）毒性的作用阶段与中毒过程

有毒化学品的毒性作用通常分为三个阶段，对应完整的中毒过程，理解这一过程有助于针对性制定防控与急救措施：

接触与吸收阶段：毒物通过特定途径（如呼吸道、皮肤、消化道）接触人体并进入体内。此阶段是中毒的“起始环节”，吸收效率直接影响后续毒性效应——如气态毒物（如氯气）通过呼吸道吸收时，因肺泡表面积大、毛细血管丰富，

吸收速度快，短时间内即可引发中毒；而固态毒物（如铅化合物）通过皮肤吸收时，因皮肤角质层的屏障作用，吸收速度较慢，多表现为慢性中毒。

分布与代谢阶段：吸收进入体内的毒物，会随血液、淋巴液等循环系统分布到全身各组织器官，其中“靶器官”（毒物主要作用的器官）会富集更多毒物。例如，汞的靶器官是肾脏，进入体内的汞会优先分布到肾脏，导致肾损伤；苯的靶器官是骨髓，会在骨髓中蓄积，影响造血功能。同时，肝脏作为人体主要的代谢器官，会对部分毒物进行代谢转化——部分毒物会被转化为“无毒或低毒代谢产物”（如乙醇代谢为二氧化碳和水），实现“解毒”；但也有部分毒物会被转化为“毒性更强的代谢产物”（如苯在肝脏代谢后产生的苯醌类物质，毒性远高于苯本身），即“活化”过程，加剧毒性效应。

排泄与损伤阶段：代谢后的毒物或其代谢产物，会通过肾脏（尿液）、肝脏（胆汁）、呼吸道（呼气）等途径排出体外。若排泄速度慢于吸收与蓄积速度，毒物会在体内持续累积，超过器官耐受极限后引发损伤，表现为中毒症状——如急性氰化物中毒，因氰化物与细胞色素氧化酶结合，快速阻断细胞呼吸链，短时间内即可出现呼吸困难、意识障碍等严重症状；而慢性铅中毒，因铅在体内排泄缓慢，长期蓄积会导致神经系统、消化系统、血液系统等多系统损伤，表现为头痛、腹痛、贫血等症状。

二、危险化学品毒性的主要类型与作用机制

根据毒物对人体组织器官的损伤部位及作用机制差异，危险化学品的毒性可分为五大类，各类别在实验室中均有高频接触的代表性毒物，其作用机制具有明确的生物学逻辑：

（一）神经性毒性：干扰神经系统功能

神经性毒性是指毒物作用于神经系统（包括中枢神经系统如大脑、脊髓，及周围神经系统如神经末梢），破坏神经信号传递，导致神经系统功能紊乱的毒性类型。实验室中具有神经性毒性的常见毒物包括有机磷类化合物（如敌敌畏、乐果）、氰化物（如氰化钾、氰化钠）、汞及其化合物（如氯化汞、甲基汞）等，其核心作用机制可分为两类：

抑制神经递质相关酶活性：以有机磷类毒物为例，这类物质能与神经系统中的“胆碱酯酶”活性中心结合，形成稳定的磷酰化胆碱酯酶，使胆碱酯酶失去

水解神经递质“乙酰胆碱”的能力。乙酰胆碱在神经末梢大量蓄积后，会持续刺激神经受体，导致神经信号传递异常——中枢神经系统过度兴奋会引发抽搐、惊厥；周围神经系统异常会导致瞳孔缩小、流涎、肌肉震颤，严重时可能因呼吸中枢麻痹死亡。

破坏神经细胞结构与功能：以汞及其化合物为例，汞离子（ Hg^{2+} ）能与神经细胞内的巯基（ $-\text{SH}$ ）结合，破坏神经细胞膜的完整性，导致细胞内容物泄漏；同时，汞还会干扰神经细胞内的能量代谢（如抑制 ATP 酶活性），减少能量供应，使神经细胞功能衰竭。甲基汞等有机汞的毒性更强，能通过血脑屏障进入大脑，优先损伤大脑皮层与小脑，导致记忆力下降、肢体共济失调（如走路不稳）、视野缩小等不可逆损伤，典型案例为“日本水俣病”，即居民长期食用被甲基汞污染鱼类，引发大规模神经性中毒。

（二）血液性毒性：破坏血液系统功能

血液性毒性是指毒物作用于血液系统，影响红细胞、白细胞、血小板等血细胞的生成与功能，或破坏血液的正常理化性质（如凝血功能）的毒性类型。实验室中代表性毒物包括氰化物、一氧化碳、苯、铅化合物等，其作用机制聚焦于“血液的携氧功能”与“血细胞的生成过程”：

阻断红细胞携氧功能：氰化物与一氧化碳是典型代表。氰化物中的氰离子（ CN^- ）能与红细胞内的“细胞色素氧化酶”结合，抑制该酶活性，使细胞无法利用氧气进行呼吸作用，导致“细胞内窒息”——即使血液中含有充足氧气，也无法被细胞利用，组织器官因缺氧而损伤，尤其是对缺氧敏感的大脑与心脏，短时间内即可出现功能衰竭。一氧化碳则能与血红蛋白结合，形成“碳氧血红蛋白”，其结合能力是氧气与血红蛋白结合能力的 200-300 倍，且结合后不易解离，导致血红蛋白失去携氧能力，引发“低氧血症”，表现为口唇发绀（呈樱桃花红色）、呼吸困难、头晕乏力，严重时可能导致昏迷。

抑制血细胞生成：苯是典型代表。苯进入人体后，在肝脏代谢产生苯醌、苯酚等有毒代谢产物，这些产物会随血液进入骨髓，干扰骨髓的造血功能——一方面，会抑制造血干细胞的增殖与分化，减少红细胞、白细胞、血小板的生成，导致“全血细胞减少症”（如红细胞减少引发贫血，白细胞减少导致免疫力下降，血小板减少导致出血倾向）；另一方面，长期接触苯还可能导致骨髓造血功

能异常，诱发“白血病”（血癌），这也是苯被列为“I类致癌物”的核心原因。

（三）肝脏毒性：损伤肝脏功能

肝脏是人体代谢毒物的主要器官，因此也成为有毒化学品的主要靶器官之一，肝脏毒性即指毒物作用于肝脏，破坏肝细胞结构与功能，导致肝功能异常的毒性类型。实验室中代表性毒物包括四氯化碳、氯仿、黄曲霉素（真菌毒素，实验室常用于微生物实验）、某些重金属（如砷、汞）等，其作用机制围绕“肝细胞的损伤与坏死”展开：

直接破坏肝细胞结构：四氯化碳是典型案例。四氯化碳进入肝脏后，在肝细胞内代谢产生“三氯甲基自由基”（ $\cdot\text{CCl}_3$ ），这一自由基具有强氧化性，能攻击肝细胞的细胞膜、线粒体膜等生物膜，破坏膜的脂质结构（如引发脂质过氧化），导致膜通透性增加，细胞内容物（如转氨酶）泄漏到血液中，血液中转氨酶水平升高成为判断肝功能损伤的重要指标。同时，线粒体损伤会导致细胞能量代谢中断，加速肝细胞坏死，严重时可引发“急性肝衰竭”。

诱导肝细胞异常增殖与癌变：黄曲霉素是强致癌物，其毒性机制主要是“基因突变”——黄曲霉素进入肝脏后，会代谢产生“黄曲霉素 B1-8,9-环氧化物”，该物质能与肝细胞内的 DNA 结合，形成 DNA 加合物，导致 DNA 链断裂或碱基突变。若突变发生在与细胞增殖相关的基因（如原癌基因、抑癌基因），会导致肝细胞异常增殖，逐渐发展为肝癌。实验室中需严格控制黄曲霉素的使用，避免吸入或皮肤接触。

（四）肾脏毒性：损伤肾脏功能

肾脏是人体排泄毒物及其代谢产物的主要器官，毒物及其代谢产物在肾脏蓄积，易引发肾脏损伤，即肾脏毒性。实验室中代表性毒物包括汞及其化合物、铅化合物、砷化合物、某些抗生素（如庆大霉素，实验室用于细菌培养）等，其作用机制集中于“肾脏的滤过功能”与“肾小管的重吸收功能”：

破坏肾小球滤过功能：汞化合物是典型代表。汞离子进入体内后，会随血液到达肾脏，优先蓄积在肾小球的内皮细胞与系膜细胞中，通过与细胞内的巯基结合，破坏肾小球基底膜的完整性，导致基底膜孔径增大，血液中的蛋白质、红细胞等大分子物质漏入尿液，形成“蛋白尿”“血尿”，即“肾小球肾炎”。长

期接触还会导致肾小球纤维化，滤过功能逐渐丧失，最终发展为“慢性肾衰竭”。

损伤肾小管重吸收功能：铅化合物与庆大霉素主要损伤肾小管。铅离子会在肾小管上皮细胞内蓄积，抑制细胞内的酶活性（如 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ 酶），干扰肾小管对水、电解质（如钠、钾、钙）的重吸收功能，导致尿液中出现大量电解质与小分子蛋白质（如 β_2 - 微球蛋白），即“肾小管性蛋白尿”。庆大霉素等氨基糖苷类抗生素则会直接破坏肾小管上皮细胞的细胞膜，导致细胞坏死，脱落的细胞碎片可能堵塞肾小管，引发“急性肾小管坏死”，短期内即可出现少尿、无尿等急性肾衰竭症状。

（五）刺激性毒性：损伤黏膜与皮肤组织

刺激性毒性是指毒物直接接触人体皮肤、眼睛、呼吸道黏膜等表面组织，通过化学作用破坏组织细胞，引发炎症反应的毒性类型。这类毒性的特点是“作用直接、反应迅速”，实验室中代表性毒物包括氯气、二氧化硫、氨气、浓硫酸、氢氧化钠等，其作用机制可分为“化学腐蚀”与“炎症刺激”两类：

化学腐蚀性刺激：强酸（如浓硫酸）、强碱（如氢氧化钠）是典型代表。浓硫酸具有强脱水性与酸性，接触皮肤或黏膜时，会快速吸收组织中的水分，使蛋白质碳化（表现为皮肤变黑、结痂），同时释放大量热量，加剧组织灼伤；氢氧化钠则具有强碱性，能与皮肤、黏膜中的蛋白质发生皂化反应，破坏蛋白质结构，导致组织溶解、坏死，灼伤深度随接触时间延长而增加，严重时可深入肌肉、骨骼，形成永久性瘢痕。

炎症性刺激：氯气、二氧化硫、氨气等气态毒物是典型代表。这类毒物进入呼吸道后，会与呼吸道黏膜表面的水分结合，生成酸性或碱性物质（如氯气与水反应生成盐酸与次氯酸，氨气与水反应生成氨水），这些物质会刺激黏膜细胞，导致黏膜充血、水肿、分泌物增多，引发“化学性鼻炎”“支气管炎”，表现为鼻塞、流涕、咳嗽、胸闷；高浓度接触时，还会导致黏膜坏死、脱落，引发“化学性肺炎”“肺水肿”，表现为呼吸困难、咳粉红色泡沫痰，死亡率较高。

三、影响危险化学品毒性的关键因素

有毒化学品的毒性效应并非固定不变，而是受“化学品自身属性”“接触条件”“个体差异”三类因素影响，实验室中需结合这些因素动态评估毒性风险，制定个性化防控措施：

(一) 化学品自身属性：决定毒性的基础

化学结构：化学结构是决定毒性的核心因素。同类化合物中，结构差异会导致毒性显著不同——如有机汞（甲基汞）的毒性远高于无机汞（氯化汞），因有机汞更易通过血脑屏障；苯的毒性高于甲苯、二甲苯，因苯的分子结构更易在体内代谢产生致癌性代谢产物。此外，分子中含有的“毒性基团”（如巯基结合基团、酶抑制基团）越多，毒性通常越强。

物理状态与溶解性：物理状态影响毒物的吸收途径——气态毒物（如氯气）主要通过呼吸道吸收，吸收速度快；液态毒物（如苯）可通过皮肤与呼吸道吸收；固态毒物（如铅化合物）多通过消化道或皮肤吸收，吸收速度慢。溶解性则影响毒物在体内的分布——水溶性毒物（如氰化钾）易溶于血液，能快速分布到全身；脂溶性毒物（如苯、甲基汞）易溶于脂肪组织，会在体内长期蓄积，导致慢性中毒。

(二) 接触条件：决定毒性的暴露程度

接触剂量：如前所述，剂量是决定毒性是否显现的关键。实验室中需通过“控制用量”（如使用汞时采用微量滴管，避免过量）、“减少接触时间”（如操作有毒化学品时集中精力，缩短操作时长）、“降低浓度”（如使用氯气时通过稀释降低气体浓度）来控制接触剂量，将其降至“职业接触限值”（OELs，国家规定的工作场所毒物最大允许浓度）以下。

接触途径：不同接触途径的毒性效应差异显著。通常而言，“静脉注射>呼吸道吸入>皮肤接触>消化道误食”——静脉注射使毒物直接进入血液，毒性效应最快最强；呼吸道吸入因肺泡吸收效率高，也易引发快速中毒；皮肤接触因角质层屏障作用，毒性效应相对缓慢；消化道误食则因胃肠道消化液的降解作用，毒性可能降低（但部分毒物如氰化物，误食后仍会快速中毒）。实验室中需重点防范“呼吸道吸入”与“皮肤接触”，如在通风橱内操作挥发性毒物，佩戴防护手套避免皮肤直接接触。

(三) 个体差异：决定毒性的耐受程度

年龄与性别：儿童与老年人对毒物的耐受性较低——儿童身体器官尚未发育成熟，代谢与排泄功能较弱，毒物易在体内蓄积；老年人器官功能衰退，修复能力下降，中毒后恢复难度大。性别差异也会影响毒性效应，如女性对苯的敏感

性高于男性，因女性体内的雌激素可能增强苯的代谢活化过程，增加造血系统损伤风险。

健康状况与遗传因素：患有基础疾病（如肝病、肾病）的人群，对毒物的耐受性更低——肝病患者代谢毒物的能力下降，易导致毒物蓄积；肾病患者排泄毒物的能力下降，同样会加剧毒性效应。遗传因素则影响个体对毒物的代谢能力，如部分人群因遗传缺陷，体内缺乏“乙醛脱氢酶”，对乙醇的代谢能力弱，少量饮酒即会出现面部潮红、恶心等不适，这类人群对与乙醇代谢途径相似的毒物（如甲醇）也可能更敏感。

四、危险化学品毒性的风险防控原则与方法

基于毒性作用机制与影响因素，实验室中对危险化学品毒性的防控需遵循“预防为主、应急为辅”的原则，从“源头控制、过程防护、应急处置”三个环节构建完整的防控体系：

（一）源头控制：减少毒性暴露的基础

优先选择低毒或无毒替代品：这是最根本的防控措施。如实验中需溶解有机物时，优先选择乙醇、丙酮等低毒溶剂，替代苯、四氯化碳等高毒溶剂；需消毒时，优先选择 75% 乙醇，替代甲醛（具有刺激性与致癌性）。

严格控制有毒化学品的采购与储存：采购时需根据实验需求，按需采购，避免过量储存；储存时需单独存放于专用毒害品柜，柜内需配备活性炭吸附装置（吸附挥发性毒物）、防泄漏托盘（防止液体毒物泄漏），且需明确标注化学品名称、毒性类别、应急电话；剧毒化学品（如氰化钾）需实行“双人收发、双人保管、双人双锁”制度，确保全程可追溯。

（二）过程防护：阻断毒性接触的关键

工程防护：实验室需配备必要的工程设施，如通风橱（控制挥发性毒物的扩散，操作时需将毒物置于通风橱内，开启排风设备）、生物安全柜（操作具有感染性的毒性物质，如病毒培养液）、洗眼器与紧急喷淋装置（位于有毒化学品储存与使用区域附近，意外接触时可快速冲洗）、空气净化装置（过滤空气中的有毒颗粒物或气体）。

个体防护：根据毒物的毒性类型与接触途径，选择合适的个体防护装备（PPE）：

呼吸道防护：接触气态或粉尘状毒物时，佩戴防毒面具（根据毒物类型选择滤毒盒，如有机蒸汽滤毒盒用于苯、乙醇，酸性气体滤毒盒用于氯气、二氧化硫）；高浓度接触时，需佩戴自给式呼吸器（如正压式空气呼吸器）。

皮肤防护：佩戴防护手套（耐毒手套用于接触剧毒物质，耐酸碱手套用于接触腐蚀品）、防护服（避免毒物接触衣物后渗透皮肤）、防护鞋（防化靴，防止液体毒物溅到脚部）。

眼部防护：佩戴防护眼镜（防止毒物飞溅入眼）或防护面罩（同时保护面部皮肤与眼睛，用于高浓度接触时）。

（三）应急处置：减轻毒性损伤的保障

急性中毒的初步急救：一旦发生毒性暴露，需立即采取初步急救措施，再送医治疗：

呼吸道吸入：立即将患者转移至空气新鲜处，解开衣领，保持呼吸道通畅；若出现呼吸困难，给予吸氧；若呼吸停止，立即进行人工呼吸（需注意，若毒物具有传染性或高毒性，需佩戴防毒面具后再施救）。

皮肤接触：立即脱去被污染的衣物，用大量流动清水冲洗接触部位至少 15 分钟（若为强酸或强碱，冲洗后需用弱碱或弱酸溶液中和，如强酸接触后用 5% 碳酸氢钠溶液冲洗，强碱接触后用 2% 硼酸溶液冲洗）；冲洗后及时就医，避免揉搓皮肤。

眼睛接触：立即翻开眼睑，用大量流动清水或生理盐水冲洗至少 20 分钟，冲洗时需转动眼球，确保上下眼睑内侧充分冲洗；冲洗后立即就医，不可揉搓眼睛。

消化道误食：若患者意识清醒，且毒物非腐蚀性、非挥发性，可立即催吐（用手指或筷子刺激舌根部）；若为强酸、强碱等腐蚀性毒物，不可催吐，需立即服用牛奶、蛋清等保护胃黏膜，再送医治疗；送医时需携带毒物标签或 MSDS，便于医生快速判断毒物类型，制定针对性治疗方案。

泄漏处理：有毒化学品泄漏时，需先做好个人防护，再进行处理：

液体毒物泄漏：用砂土、活性炭等惰性材料吸附泄漏物，吸附后装入密封容器，标注“有毒废物”，按危险废物处理；不可随意倾倒，避免污染环境或引发二次中毒。

气态毒物泄漏：立即开启通风设备，关闭毒物源，若泄漏量较大，需疏散实验室人员，佩戴自给式呼吸器后，用湿布或密封胶带封堵泄漏点；若为氯气、氨气等水溶性气体，可喷洒水稀释。

固态毒物泄漏：用干净的工具（如铲子）将泄漏物收集至密封容器，避免粉尘飞扬，收集后按危险废物处理；接触过泄漏物的工具需单独清洗消毒，不可与其他工具混用。

作业布置：

简述危险化学品中毒过程的三个阶段，并说明每个阶段的核心特点；

结合毒性防控的“过程防护”原则，列举实验室操作有毒化学品时需落实的 3 项具体防护措施，并说明每项措施的作用。

实训六 实验前准备与人身防护

授课章节	实训六 实验前准备与人身防护				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
<p>教学主要内容：</p> <p>实验前有毒化学品风险评估的维度与实施方法；</p> <p>实验器材、防护装备的检查标准与操作流程；</p> <p>实验环境（通风、清洁、应急设施）的准备要求；</p> <p>实验方案与应急预案的制定要点。</p>					
<p>教学目的、要求：</p> <p>（一）知识目标</p> <p>熟记实验前准备的四大维度（风险评估、器材检查、环境准备、方案制定）</p> <p>及核心内容；</p> <p>明确各类人身防护装备的适用场景与检查标准；</p> <p>掌握特殊场景防护的关键要点与常见误区的纠正逻辑；</p> <p>了解实验方案与应急预案的核心构成要素。</p> <p>（二）能力目标</p> <p>能独立完成实验中有毒化学品的风险评估，确定防护重点；</p> <p>能规范检查实验器材与防护装备的完好性、适配性；</p> <p>能根据实验场景选择合适的人身防护装备并正确穿戴；</p> <p>能识别实验前准备与人身防护中的违规行为，提出整改建议。</p> <p>（三）素养目标</p> <p>养成实验前全面排查风险、规范落实准备工作的职业习惯；</p> <p>增强对防护装备使用的重视意识，杜绝侥幸操作；</p> <p>提升面对特殊实验场景时的主动防护与风险预判能力；</p> <p>培养“安全无小事、细节定成败”的实验安全责任感。</p> <p>课程思政：树立“防患于未然”的安全理念，践行“对自己负责、对他人负责、对实验负责”的职业担当。</p>					
<p>教学重点、难点：</p> <p>（一）教学重点</p>					

有毒化学品风险评估的三个维度（毒性特性、接触途径、剂量控制）及实施步骤：

各类人身防护装备的选择依据与规范使用流程。

（二）教学难点

结合实验场景精准判断有毒化学品的接触途径，制定针对性防护措施；

实验方案与应急预案中操作步骤、急救流程的细化与合理性验证。

教学过程：

实训六 实验前准备与人身防护

一、实验前准备：构建毒性风险防控的第一道防线

实验前准备是避免危险化学品毒性暴露的基础环节，需遵循“全流程覆盖、无死角排查”原则，从“风险评估、器材检查、环境准备、方案制定”四个维度系统推进，确保实验开始前即消除潜在毒性风险隐患。

（一）有毒化学品风险评估：明确风险核心

风险评估是实验前准备的首要步骤，需针对实验中涉及的每一种有毒化学品，从“毒性特性、接触途径、剂量控制”三个维度开展评估，为后续防护措施制定提供依据：

毒性特性评估：结合实训五中“危险化学品毒性类型与作用机制”知识，明确化学品的毒性类型（如神经性毒性、血液性毒性、刺激性毒性等）、靶器官（如汞的靶器官为肾脏、苯的靶器官为骨髓）及毒性强度（如剧毒、高毒、中毒、低毒）。评估需参考化学品安全技术说明书（MSDS）第3章“危险性概述”，重点关注“健康危害”描述，如“吸入蒸气可引起神经系统损伤，长期接触可能导致造血功能异常”，同时确认是否存在“代谢活化”特性（如部分化学品本身毒性较低，但在体内代谢后产生高毒产物），避免因忽视代谢风险导致防护不足。

接触途径评估：根据化学品的物理状态（气态、液态、固态）与实验操作流程，预判可能的接触途径。气态有毒化学品（如氯气、氨气）主要通过呼吸道接触，需重点评估“挥发性”（参考MSDS第9章“理化特性”中的沸点、蒸气压，沸点越低、蒸气压越高，挥发性越强）；液态有毒化学品（如苯、汞）可通过皮肤接触与呼吸道接触（挥发后），需评估“皮肤渗透性”（如脂溶性

化学品易通过皮肤吸收)与“操作方式”(如倾倒、搅拌时是否易产生飞溅);固态有毒化学品(如铅化合物、氰化钾)主要通过消化道(误食)与皮肤接触(粉尘),需评估“粉尘产生可能性”(如研磨、称量时是否易产生粉尘)与“操作时手部接触频率”。

剂量控制评估:依据“毒性剂量依赖性”特性,结合实验需求确定最小有效用量,避免过量使用增加毒性风险。同时参考国家“职业接触限值”(OELs, MSDS 第 8 章“接触控制 / 个体防护”中通常会标注),计算实验环境下的“潜在接触剂量”——如操作挥发性有毒化学品时,通过“用量 × 挥发速率 × 实验时长 ÷ 通风效率”估算空气中的浓度,若估算浓度接近或超过职业接触限值,需调整实验方案(如减少用量、延长通风时间)或强化防护措施(如佩戴更高等级防毒面具)。

(二) 实验器材与防护装备检查:消除硬件隐患

实验器材与防护装备是抵御毒性风险的关键硬件,需在实验前逐一检查,确保其完好性与适配性:

实验器材检查:

储存容器:检查有毒化学品储存容器的密封性(如玻璃瓶塞是否松动、塑料瓶是否有裂纹),避免泄漏;确认容器标签完整(包含化学品名称、毒性警示、应急电话),无标签或标签模糊的化学品严禁使用;对于液态有毒化学品,需检查容器是否有腐蚀痕迹(如盛放强酸的玻璃瓶是否出现刻度模糊、瓶壁变薄),防止容器破损导致泄漏。

操作器材:检查实验台、通风橱、移液器、烧杯等操作器材的完好性——实验台需无破损、无残留化学品(尤其是前次实验残留的有毒物质,需用专用清洁剂擦拭干净);通风橱需检查排风功能(开启后感受风口风速,确保风速符合要求,通常为 0.5-0.8m/s)、台面与柜体无泄漏(关闭柜门后观察是否有缝隙漏风);移液器需检查吸头是否适配、活塞是否密封(吸取液体后观察是否有滴漏);玻璃器皿(如烧杯、试管)需无裂纹、无缺口,避免操作时破裂导致化学品接触皮肤。

防护装备检查:

呼吸道防护装备:检查防毒面具的滤毒盒是否在有效期内(查看滤毒盒上的

生产日期与保质期,过期滤毒盒吸附能力下降)、是否与有毒化学品类型匹配(如有机蒸汽滤毒盒用于脂溶性有机毒物,酸性气体滤毒盒用于氯气、二氧化硫等酸性毒物);检查面具面罩是否完好(无裂痕、无变形)、气密性是否合格(佩戴后面罩边缘与面部贴合,用手捂住进气口吸气,面罩应贴紧面部无漏气);对于自给式呼吸器,需检查气瓶压力(压力 gauge 显示压力应在正常范围,通常为25-30MPa)、呼吸阀是否通畅(深呼吸时无阻力)。

皮肤防护装备:检查防护手套的材质是否适配(如耐酸碱手套用于腐蚀性毒物,耐毒手套用于有机毒物、重金属毒物)、是否有破损(将手套充气后按压,观察是否有漏气点)、尺寸是否合适(手套过松易脱落,过紧影响操作灵活性);检查防护服的完整性(无撕裂、无破损)、袖口与裤脚是否可收紧(防止化学品从缝隙进入),对于一次性防护服,需确认包装未开封、在有效期内。

眼部防护装备:检查防护眼镜的镜片是否完好(无划痕、无裂纹)、镜架是否稳固(佩戴后无松动);检查防护面罩的面罩是否透明(无模糊、无污渍)、固定带是否牢固(佩戴后不会滑落),确保眼部与面部皮肤能被完全覆盖。

(三) 实验环境准备: 优化安全空间

实验环境的合理性直接影响毒性风险的扩散范围,需从“通风、清洁、应急设施”三个方面准备:

通风环境准备:开启通风橱并保持稳定运行,确保实验过程中产生的有毒蒸气、粉尘能被有效排出;若实验涉及大量挥发性有毒化学品,需同时开启实验室整体通风系统(如吊顶排风、侧壁排风),形成“局部通风+整体通风”的双重保障;关闭实验室门窗(避免外界气流干扰通风效果),但需确保门窗可快速开启(便于紧急情况下疏散);在实验区域外设置“有毒实验警示标识”,禁止无关人员进入,减少非必要接触风险。

环境清洁准备:清理实验台及周围区域的无关物品(如个人水杯、书包、零食),避免有毒化学品污染个人物品;将实验所需的有毒化学品与其他化学品分区摆放(有毒化学品放在靠近通风橱的一侧,且与火源、热源保持安全距离);在实验台面上铺设耐腐蚀、防渗漏的专用垫(如聚四氟乙烯垫),若发生少量泄漏,可减少化学品渗透与扩散;准备好专用的“有毒废物收集容器”(贴有明确标签,如“有毒液体废物”“有毒固体废物”),避免实验过程中临时寻找

导致废物随意丢弃。

应急设施准备：确认洗眼器、紧急喷淋装置的位置（需在实验区域 10 秒步行范围内），检查其功能是否正常——洗眼器开启后需能喷出均匀的水雾（无断流、无喷射过强或过弱），喷淋装置开启后水流需覆盖全身（无死角）；检查急救箱的完整性（包含生理盐水、碘伏、无菌纱布、解毒剂（如针对氰化物的亚硝酸异戊酯）、医用手套等），确认急救物品在有效期内；确认实验室应急出口的位置（无遮挡、标识清晰），熟悉应急疏散路线；将 MSDS 纸质版或电子版（如存于实验室电脑桌面）放置在易获取的位置，便于紧急情况下快速查阅急救与泄漏处理方法。

（四）实验方案与应急预案制定：明确操作规范

实验前需制定详细的实验方案与应急预案，避免因操作混乱或突发情况应对不当引发毒性暴露：

实验方案制定：方案需明确“操作步骤、剂量控制、防护要求”——操作步骤需细化至每一个动作（如“称量氰化钾时，需在通风橱内进行，使用专用称量纸，称量后立即将药品放入密封容器”），避免模糊表述；剂量控制需明确“最大用量”（如“苯的使用量不超过 5mL”）与“称量精度”（如“使用万分之一天平称量，误差不超过 $\pm 0.1\text{mg}$ ”），防止过量使用；防护要求需针对每一步操作明确“需佩戴的防护装备”（如“倾倒液态有毒化学品时，需佩戴防护眼镜、耐毒手套、防护服”），避免防护措施遗漏。

应急预案制定：针对“泄漏、接触、误食”三类常见毒性突发事件，制定预案——泄漏预案需明确“泄漏量判断（小量 / 大量）、处理流程（如小量泄漏用砂土吸附，大量泄漏需围堵后转移）、个人防护要求（如大量泄漏需佩戴自给式呼吸器）”；接触预案需按“呼吸道吸入、皮肤接触、眼睛接触”分类，明确“初步急救步骤（如呼吸道吸入需转移至空气新鲜处，皮肤接触需用大量清水冲洗）、送医准备（如携带 MSDS、告知医生毒物类型与接触剂量）”；误食预案需明确“是否催吐（腐蚀性毒物禁止催吐）、紧急处理措施（如服用牛奶保护胃黏膜）、送医路线（优先选择有中毒救治能力的医院）”。预案制定后需组织实验人员共同学习，确保每人熟悉流程，避免紧急情况下慌乱操作。

二、人身防护装备的选择与规范使用：构建个体防护屏障

人身防护装备是实验人员直接抵御毒性风险的“最后一道防线”，需根据“毒性类型、接触途径、风险等级”科学选择，并严格规范使用，避免因装备不当或使用错误导致防护失效。

(一) 呼吸道防护装备：阻断吸入风险

呼吸道是气态、粉尘状有毒化学品最主要的侵入途径，需根据“毒物浓度、毒物类型”选择适配的防护装备：

过滤式防毒面具：适用于毒物浓度低于职业接触限值 10 倍、环境中氧气含量 $\geq 19.5\%$ 的场景，核心组件为“面罩 + 滤毒盒”：

滤毒盒选择：根据毒物化学性质分类选择——有机蒸汽滤毒盒（标注“有机”或“OV”）适用于苯、乙醇、丙酮等有机毒物；酸性气体滤毒盒（标注“酸性”或“AG”）适用于氯气、二氧化硫、盐酸雾等酸性毒物；碱性气体滤毒盒（标注“碱性”或“BG”）适用于氨气、甲胺等碱性毒物；综合滤毒盒（标注“综合”或“Multi”）适用于多种类型毒物混合的场景（如同时存在有机蒸汽与酸性气体）。需注意，滤毒盒对粉尘状毒物无效，若实验中同时产生有毒蒸气与粉尘，需选择“滤毒盒 + 防尘棉”组合（防尘棉可过滤粉尘，避免粉尘堵塞滤毒盒）。

规范使用步骤：①佩戴前检查滤毒盒有效期与适配性、面罩气密性；②将面罩套在头上，调整头带（上系带拉至头顶，下系带拉至颈后），确保面罩边缘与面部贴合（无头发、胡须遮挡，面部有伤口时需先处理伤口并确认面罩可密封）；③用手捂住滤毒盒进气口吸气，感受面罩是否贴紧面部（无漏气则合格，若漏气需调整头带或更换面罩）；④实验过程中若闻到毒物气味、感到头晕恶心，需立即停止操作，撤离至安全区域，检查滤毒盒是否失效（如过期、饱和），更换后再继续操作；⑤实验结束后，先在实验区域外取下滤毒盒（避免滤毒盒上的毒物接触皮肤），再取下面罩，用专用清洁剂清洗面罩（避免残留毒物下次使用时接触皮肤），滤毒盒按危险废物处理（不可随意丢弃）。

自给式呼吸器：适用于毒物浓度高于职业接触限值 10 倍、环境中氧气含量 $< 19.5\%$ 或存在未知毒物的高风险场景（如大量有毒化学品泄漏、实验过程中产生剧毒气体）：

类型选择：常见的有“正压式空气呼吸器”（配备压缩空气气瓶，可提供

30-60 分钟呼吸用气)与“隔绝式氧气呼吸器”(通过化学反应产生氧气,适用于缺氧环境),实验室中以正压式空气呼吸器为主,因其使用简便、维护成本低。

规范使用步骤:①检查气瓶压力(需 $\geq 25\text{MPa}$)、呼吸阀与减压器是否正常(开启气瓶阀后,减压器压力 gauge 显示压力应稳定在 $0.7\text{-}0.9\text{MPa}$)、面罩气密性(同过滤式防毒面具);②将呼吸器背具穿戴在身上,调整肩带与腰带(确保舒适且无松动),连接面罩与呼吸阀;③开启气瓶阀(缓慢开启,避免压力骤升损坏部件),深呼吸测试呼吸是否顺畅(正压式呼吸器在呼吸时面罩内呈正压,可防止外界毒物进入);④实验过程中实时关注气瓶压力(压力低于 5MPa 时需立即撤离,避免气瓶耗尽缺氧);⑤实验结束后,关闭气瓶阀,排空管路内剩余气体,卸下呼吸器,清洁面罩与背具,气瓶送至专业机构充气,存放于干燥通风的专用柜中。

(二) 皮肤防护装备: 阻断接触风险

皮肤是液态、固态有毒化学品的重要侵入途径,需根据“毒物腐蚀性、渗透性”选择防护手套与防护服,确保皮肤完全覆盖且无接触漏洞:

防护手套:

材质选择:根据毒物类型选择——耐酸碱手套(材质多为丁腈、氯丁橡胶)适用于强酸、强碱等腐蚀性毒物,可抵御 98% 浓硫酸、50% 氢氧化钠溶液的腐蚀;耐毒手套(材质多为丁基橡胶、氟橡胶)适用于有机毒物(如苯、甲苯)、重金属毒物(如汞、铅),其渗透性低,可有效阻止毒物通过皮肤吸收;一次性聚乙烯手套适用于低毒、无腐蚀性的固态毒物(如少量氯化钠、蔗糖),但不可用于液态毒物或腐蚀性毒物(易破损、易渗透)。

规范使用步骤:①选择合适尺寸的手套(佩戴后手指能灵活弯曲,无紧绷感),检查手套是否有破损(充气后按压或拉伸检查);②佩戴时先将双手洗净擦干(避免手部汗液导致手套滑落或加速手套老化),从手套袖口处缓慢套入,确保手套覆盖至手腕以上 5-10cm(若实验中可能接触大量液态毒物,需选择长袖手套或在手套外再套一层防护袖套);③实验过程中避免用手套接触面部、眼睛(防止手套上的毒物转移至敏感部位),若手套接触到毒物,需立即脱下,用大量清水冲洗手部,更换新手套;④实验结束后,先在实验区域外脱下手套(从手套袖口

处翻转脱下，避免手套外侧的毒物接触手部），用肥皂和流动清水清洗手部至少 2 分钟，手套按危险废物处理（一次性手套）或清洗消毒后复用（耐酸碱、耐毒手套，需用专用清洁剂清洗，避免残留毒物）。

防护服：

类型选择：根据风险等级分为“一次性防护服”与“重复性防护服”——一次性防护服（材质多为聚丙烯、聚乙烯）适用于低风险场景（如操作少量低毒、无腐蚀性毒物），轻便易穿脱，但防护性能较弱；重复性防护服（材质多为丁腈、阻燃布）适用于高风险场景（如操作大量有毒化学品、腐蚀性毒物或产生有毒粉尘），具有耐腐蚀性、耐渗透性强的特点，部分还具备阻燃功能（适用于同时存在火灾风险的场景）。

规范使用步骤：①检查防护服的完整性（无撕裂、无破损、拉链 / 纽扣完好），一次性防护服需确认包装未开封；②穿戴时先穿上防护服裤子，再穿上衣，拉上拉链 / 扣好纽扣，调整帽子（若防护服带帽）使其覆盖头部，收紧袖口与裤脚（用松紧带或魔术贴固定），确保无皮肤暴露；③若实验中需佩戴防毒面具，需先穿戴防护服，再佩戴面具，确保面具与防护服领口贴合（无缝隙漏风）；④实验过程中避免防护服接触尖锐物品（如玻璃器皿边缘），防止划破；⑤实验结束后，在实验区域外按“从上到下”顺序脱下防护服（先脱帽子，再拉开拉链，从肩部将上衣脱下，最后脱下裤子），脱下过程中避免防护服外侧接触皮肤，一次性防护服按危险废物处理，重复性防护服需用专用消毒剂（如含氯消毒剂）浸泡消毒后，再用清水洗净、晾干，存放于干燥通风处。

（三）眼部与面部防护装备：阻断飞溅风险

眼部与面部皮肤较为敏感，易受有毒化学品飞溅、蒸气刺激，需根据“操作场景”选择防护眼镜或防护面罩：

防护眼镜：适用于操作过程中可能产生少量化学品飞溅的场景（如移液器移液、小剂量倾倒液态毒物）：

类型选择：需选择符合国家标准“防冲击、防化学飞溅”防护眼镜，镜片材质多为聚碳酸酯（耐冲击、耐化学腐蚀），镜架需具备防滑功能（佩戴后不易滑落），部分眼镜还带有侧护板（可保护眼部两侧皮肤，避免侧面飞溅）。

规范使用步骤：①检查镜片是否完好（无划痕、无裂纹）、镜架是否稳固；

②佩戴时调整镜架位置，确保镜片中心与瞳孔对齐，视野清晰，镜架贴合面部（无压迫感）；③实验过程中避免用手触摸镜片（防止污染影响视野，或镜片上的毒物接触手部）；④实验结束后，用专用清洁剂（如中性洗涤剂）清洗镜片，擦干后存放于专用眼镜盒中，避免镜片磨损。

防护面罩：适用于操作过程中可能产生大量化学品飞溅、有毒蒸气浓度较高的场景（如大量倾倒腐蚀性毒物、研磨有毒固体产生粉尘）：

类型选择：分为“半面罩”（覆盖面部从额头至下巴，暴露耳朵与头发）与“全面罩”（覆盖整个头部，仅暴露眼睛区域），实验室中以半面罩为主，材质多为透明聚碳酸酯（视野清晰），面罩边缘需有软质密封垫（贴合面部皮肤，防止蒸气从缝隙进入）。

规范使用步骤：①检查面罩是否完好（无裂痕、无污渍）、固定带是否牢固；②佩戴时将面罩覆盖面部，调整固定带（上带固定在头顶，下带固定在颈后），确保密封垫与面部贴合（无漏气）；③若同时佩戴防护眼镜，需先戴眼镜再戴面罩，确保眼镜不影响面罩密封；④实验结束后，用清水冲洗面罩表面（去除残留毒物），再用专用清洁剂清洗，擦干后存放于干燥处，避免阳光直射（防止面罩老化变脆）。

三、特殊场景的实验前准备与防护要点：应对复杂风险

部分实验场景（如高温操作、低温操作、负压操作）下，毒性风险会与其他风险（如烫伤、冻伤、负压泄漏）叠加，需针对性强化实验前准备与防护措施，避免多重风险引发事故：

（一）高温环境下的毒性防护（如加热有毒化学品）

高温会加速有毒化学品的挥发（如苯的挥发速率随温度升高而显著增加），同时可能导致化学品分解产生新的有毒物质（如某些有机毒物高温下分解产生一氧化碳），需重点强化“通风”与“耐热防护”：

实验前准备：①选择带控温功能的加热设备（如恒温水浴锅、电热套），避免使用明火加热（明火可能点燃挥发的有毒蒸气）；②检查加热设备的温控精度（用温度计校准，确保温度误差 $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$ ），防止温度过高导致化学品剧烈挥发或分解；③在通风橱内搭建加热装置，确保加热区域完全处于通风橱风口下方，同时开启通风橱的“强排风”模式（提高风速至 0.8-1.0m/s）；④准备好“应

急降温设备”（如冰浴盆，若温度失控可快速将容器放入冰浴降温）与“灭火器材”（如干粉灭火器，若有毒蒸气遇明火燃烧可及时灭火）。

防护要点：①佩戴“耐热型防护手套”（如石棉手套、耐高温丁腈手套），避免加热过程中接触容器外壁导致烫伤，同时防止有毒化学品接触皮肤；②佩戴“防雾型防护眼镜”（高温环境下镜片易起雾，影响视野），若挥发蒸气浓度较高，需佩戴防护面罩；③呼吸道防护需选择“耐高温滤毒盒”（普通滤毒盒在高温下吸附能力下降，耐高温滤毒盒可在 80℃ 以下正常使用），若温度超过 80℃，需使用自给式呼吸器；④实验过程中每隔 5-10 分钟检查一次通风橱排风效果与化学品挥发情况（如观察是否有明显蒸气产生），若发现挥发量异常，立即降低温度并检查容器是否泄漏。

（二）低温环境下的毒性防护（如使用液态氮储存有毒样品）

低温操作中，液态氮等低温物质可能导致冻伤，同时有毒样品在低温下可能形成粉尘（如低温冷冻后的有毒固体研磨时易产生粉尘），需重点强化“防冻伤防护”与“粉尘防护”：

实验前准备：①检查低温储存容器（如杜瓦瓶）的保温性能（外壁无结霜或结霜均匀，无局部严重结霜，否则说明保温层破损）、密封性（瓶盖是否松动，避免液态氮挥发过快）；②在实验台面上铺设“防低温损伤垫”（如橡胶垫，避免低温容器直接接触实验台导致台面开裂，同时防止容器滑落）；③准备好“防冻伤急救物品”（如冻伤膏、无菌纱布），存放于实验台附近易获取的位置；④若需研磨低温有毒固体，需在通风橱内进行，并准备好“粉尘收集装置”（如带滤网的集尘器，减少粉尘扩散）。

防护要点：①佩戴“防冻伤手套”（材质多为多层棉绒 + 防水外层，不可使用普通橡胶手套，普通橡胶手套遇低温会变脆破裂），操作液态氮时需确保手套覆盖至手腕以上 15cm，避免液态氮溅到手臂；②佩戴“防雾型防护眼镜”（低温环境下空气中的水分易在镜片上凝结成雾），若研磨产生粉尘，需佩戴“防尘 + 防毒”组合式面罩（滤毒盒 + 防尘棉）；③实验过程中避免将低温容器长时间敞口（减少液态氮挥发，同时防止空气中的水分进入容器导致样品受潮）；④若液态氮不慎溅到皮肤，需立即用大量温水（40-42℃）冲洗受伤部位（不可用热水或冷水，热水会加重烫伤，冷水会延长冻伤时间），冲洗时间不少于 15 分

钟，若出现水泡或皮肤变色，需立即就医。

四、实验前准备与人身防护的常见误区及纠正：规避认知风险

实验人员常因“认知偏差”导致准备不足或防护失效，需明确常见误区并纠正，确保防护措施科学有效：

误区一：“低毒化学品无需严格防护”

纠正：低毒化学品虽单次接触的急性毒性较低，但长期或反复接触仍可能导致慢性中毒（如长期接触低浓度苯会导致慢性苯中毒，损伤造血功能）；且低毒化学品若因操作不当导致浓度升高（如大量挥发），也可能达到高毒水平。因此，无论化学品毒性高低，均需按“风险评估结果”落实防护措施，不可因“低毒”忽视准备与防护。

误区二：“防护装备只要佩戴即可，无需检查”

纠正：破损、过期或适配性差的防护装备无法起到防护作用（如破损的防护手套会导致化学品直接接触皮肤，过期的滤毒盒无法吸附毒物）。实验前必须检查防护装备的完好性、有效期与适配性，实验过程中若发现防护装备失效（如闻到毒物气味、手套破损），需立即停止操作，更换装备后再继续。

误区三：“实验环境清洁是实验后的事，实验前无需关注”

纠正：实验前环境中残留的有毒化学品（如前次实验残留的汞蒸气、苯蒸气）可能与本次实验的化学品发生反应，产生新的有毒物质，或导致实验人员在未操作时即接触毒物。因此，实验前必须清洁实验环境，消除残留风险，同时清理无关物品，避免干扰实验操作与应急疏散。

误区四：“应急预案制定后无需学习，紧急时再查阅即可”

纠正：毒性突发事件发生时，反应时间通常只有几秒至几分钟（如吸入高浓度有毒气体后，短时间内即可出现昏迷），若临时查阅预案，会延误急救时机。实验前必须组织所有实验人员学习预案，确保每人能熟练复述急救步骤与疏散路线，必要时可进行模拟演练（如模拟皮肤接触毒物后的冲洗操作），提升应急处置能力。。

作业布置：

简述实验前有毒化学品风险评估需开展的三个维度内容，并说明风险评估的核心作用；

列举呼吸道防护装备的两种主要类型，分别说明其适用场景与佩戴前需检查的关键项目。

实训七 玻璃器皿的使用规范

授课章节	实训七 玻璃器皿的使用规范				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
<p>教学主要内容：</p> <p>玻璃器皿的分类及各类别的核心特性与适用范围；</p> <p>玻璃器皿使用前的清洗标准与完好性检查流程；</p> <p>玻璃器皿使用中的操作规范（取用、转移、加热等）；</p> <p>玻璃器皿使用后的存放要求与维护方法；</p> <p>玻璃器皿使用中常见问题（炸裂、污染等）的处理与安全注意事项。</p>					
<p>教学目的、要求：</p> <p>（一）知识目标</p> <p>明确玻璃器皿的主要分类及各类别的使用限制；</p> <p>掌握玻璃器皿清洗、检查、加热、存放的核心规范；</p> <p>了解玻璃器皿常见问题的处理方法与安全要点。</p> <p>（二）能力目标</p> <p>能根据实验需求选择适配的玻璃器皿；</p> <p>能规范完成玻璃器皿的清洗、检查与加热操作；</p> <p>能识别玻璃器皿使用中的违规行为并提出整改建议。</p> <p>（三）素养目标</p> <p>养成按规范使用、维护玻璃器皿的职业习惯；</p> <p>增强玻璃器皿使用中的安全意识，杜绝侥幸操作；</p> <p>培养关注细节、严谨操作的实验态度。</p> <p>课程思政：树立“规范操作保安全、细节严谨促精准”的实验理念，践行“对实验结果负责、对自身安全负责”的职业担当</p>					
<p>教学重点、难点：</p> <p>（一）教学重点</p> <p>各类玻璃器皿的适用范围与使用限制；</p> <p>玻璃器皿清洗、加热的规范操作流程；</p> <p>玻璃器皿使用中的安全注意事项。</p>					

（二）教学难点

结合实验场景精准选择适配的玻璃器皿；

玻璃器皿加热操作中防炸裂、防烫伤要点的落实；

玻璃器皿常见问题（如活塞粘连）的有效处理。

教学过程：

实训七 玻璃器皿的使用规范

玻璃器皿的使用规范

一、玻璃器皿的分类与核心特性

实验室常用玻璃器皿按功能可分为“计量类、反应类、容器类、分离类”四大类，不同类别因材质配方与结构设计差异，具有不同的使用特性，需针对性掌握其适用范围与限制，避免因误用导致精度偏差或安全事故。

（一）计量类玻璃器皿：精准度优先

计量类玻璃器皿用于实验中液体体积的精确量取或配制，核心要求是“刻度精准、误差可控”，常见类型包括移液管、容量瓶、滴定管、量筒等，其特性与使用限制如下：

移液管：分为单标线移液管（仅一个刻度，用于精确移取固定体积液体，如 10mL、25mL）与分度移液管（多刻度，可移取不同体积液体，如 0.1-10mL）。材质多为硼硅玻璃，具有低膨胀系数（温度变化时刻度变形小）、高化学稳定性（耐多数酸碱腐蚀）特性。使用限制：不可用于加热（高温会导致刻度偏移），不可盛放浓碱溶液（碱液会腐蚀玻璃，影响刻度精度），移取有毒或腐蚀性液体时需搭配吸耳球（禁止用嘴吸）。

容量瓶：用于配制准确浓度的标准溶液或稀释溶液，仅有一个刻度线（标注“20℃”时的容积），常见规格为 50mL、100mL、250mL、500mL。特性：瓶身与瓶塞为配套设计（磨砂密封，防止液体泄漏或挥发），材质同样为硼硅玻璃，确保容积精度。使用限制：不可用于直接溶解固体（需在烧杯中溶解冷却后转移），不可加热（加热会导致瓶体变形，容积改变），长期存放溶液需转移至试剂瓶（避免瓶塞粘连或溶液腐蚀瓶体）。

滴定管：分为酸式滴定管（玻璃活塞，用于盛放酸性、中性或强氧化性溶液）与碱式滴定管（橡胶管 + 玻璃珠活塞，用于盛放碱性溶液），刻度范围通常为

0-50mL，最小分度值 0.1mL。特性：刻度自上而下递增（读数时需注意视线与凹液面最低处平齐），活塞处需涂抹凡士林（酸式滴定管）或确保橡胶管无老化（碱式滴定管），保证密封性。使用限制：酸式滴定管不可盛放碱液（碱液会腐蚀玻璃活塞，导致粘连），碱式滴定管不可盛放强氧化性溶液（如高锰酸钾，会氧化橡胶管），使用前需检查活塞是否漏液。

量筒：用于粗略量取液体体积（精度低于移液管、容量瓶），刻度从下至上递增，常见规格为 10mL、50mL、100mL、1000mL。特性：材质多为普通玻璃（低精度需求）或硼硅玻璃（高精度需求），筒身较粗，便于快速倾倒液体。使用限制：不可用于加热（高温易导致筒身炸裂），不可用于溶解固体或稀释浓溶液（溶解过程放热会影响精度或炸裂量筒），读数时需放置在水平台面，视线与凹液面最低处平齐（俯视会导致读数偏大，仰视会导致读数偏小）。

（二）反应类玻璃器皿：适配反应条件

反应类玻璃器皿用于承载化学反应，需耐受反应过程中的温度变化、化学腐蚀及压力波动，常见类型包括烧杯、锥形瓶、圆底烧瓶、平底烧瓶等：

烧杯：敞口设计，带有倾倒嘴，常见规格为 50mL、100mL、250mL、500mL、1000mL，内壁标注容积刻度（精度较低，仅作参考）。特性：底部较平，可直接放置在石棉网上加热（受热面积大，温度均匀），便于搅拌（可搭配玻璃棒、磁力搅拌子）与添加试剂。适用场景：固体溶解、液体稀释、简单化学反应（无剧烈气体产生或大量放热）。使用限制：不可用于精确计量（刻度误差大），加热时需垫石棉网（避免局部受热不均导致炸裂），不可直接明火加热（火焰温度过高，易烧裂烧杯底部）。

锥形瓶：瓶身呈圆锥形，底部较窄，颈部较宽，带有磨口（可搭配橡胶塞或玻璃塞），常见规格为 50mL、100mL、250mL。特性：重心稳定（放置时不易倾倒），振荡时液体不易溅出（适合滴定反应），磨口设计便于密封（可用于短期存放反应液）。适用场景：酸碱滴定反应、加热回流反应（需搭配冷凝管）、少量液体的短期储存。使用限制：加热时需垫石棉网（底部较窄，受热不均易炸裂），不可用于大量液体的加热（容量较小，易溢出），振荡时需用手握住瓶颈（避免瓶身滑落）。

圆底烧瓶与平底烧瓶：圆底烧瓶底部呈圆形（受热面积均匀，适合长时间加

热)，平底烧瓶底部呈扁平（可直接放置在台面，无需铁架台固定），两者均带有磨口（可连接冷凝管、分液漏斗等配件），常见规格为 100mL、250mL、500mL。特性：材质为硼硅玻璃（耐高温，可耐受 300℃ 以上温度），瓶壁较厚（耐压力，适合有气体产生的反应）。适用场景：圆底烧瓶用于加热回流反应、蒸馏反应（需搭配石棉网与铁架台固定）；平底烧瓶用于无加热需求的反应或液体储存（如配制好的溶液短期存放）。使用限制：圆底烧瓶不可直接放置在台面（底部圆形易滚动），需用铁架台与夹具固定（夹具需包裹软布，避免夹碎瓶壁）；平底烧瓶加热时需垫石棉网（底部扁平，局部受热易炸裂），不可用于剧烈放热反应（瓶壁较厚，热量不易散失，可能导致压力骤升）。

（三）容器类与分离类玻璃器皿：功能适配需求

容器类玻璃器皿：主要用于液体或固体的储存，常见类型为试剂瓶（细口瓶、广口瓶）、滴瓶。细口瓶（小口设计，减少液体挥发）用于存放液体试剂，广口瓶（大口设计，便于取用固体）用于存放固体试剂，滴瓶（搭配滴管，便于少量滴加液体）用于存放常用液体试剂（如指示剂）。特性：瓶身与瓶塞配套（细口瓶多为玻璃磨口塞，广口瓶多为橡胶塞或玻璃塞，滴瓶滴管与瓶身一体），部分试剂瓶带有棕色瓶身（避光，用于存放光敏试剂，如硝酸银、高锰酸钾）。使用限制：不可用于加热（加热会导致瓶塞粘连或瓶体炸裂），不可存放与瓶塞材质反应的试剂（如玻璃塞不可存放浓碱液，会腐蚀磨口导致粘连；橡胶塞不可存放强氧化性试剂，会氧化橡胶），滴瓶滴管不可混用（避免交叉污染试剂）。

分离类玻璃器皿：用于混合物的分离提纯，常见类型为分液漏斗、漏斗、蒸发皿（玻璃材质）。分液漏斗（梨形或球形，带有活塞与塞子）用于液 - 液萃取分离（如油水分离），漏斗（普通漏斗、长颈漏斗）用于固 - 液过滤（普通漏斗搭配滤纸，长颈漏斗用于向反应瓶中添加液体），玻璃蒸发皿（平底，浅口）用于溶液的蒸发浓缩（需搭配石棉网加热）。特性：分液漏斗活塞为磨砂设计（需涂抹凡士林确保密封），漏斗材质为普通玻璃（过滤时无需耐高温），玻璃蒸发皿耐高温（可耐受 200℃ 以上温度，但低于瓷蒸发皿）。使用限制：分液漏斗使用前需检查活塞是否漏液（关闭活塞，注入水振荡，观察是否漏水），分离液体时需下层液体从下口放出，上层液体从上口倒出（避免交叉污染）；漏斗不可用于加热（过滤为常温操作），长颈漏斗下端需插入液面以下（形成液封，防止气

体逸出)；玻璃蒸发皿加热时需垫石棉网(避免局部受热炸裂)，不可骤冷(加热后直接放入冷水中会炸裂)。

二、玻璃器皿使用全流程规范

(一) 使用前：清洗与检查

清洗规范：玻璃器皿使用前需确保洁净(无残留杂质、油污或试剂，避免影响实验结果)，清洗流程需根据污染程度与器皿类型调整：

普通洁净器皿(如刚使用过的烧杯、锥形瓶，仅残留水溶性杂质)：先用自来水冲洗 2-3 次，去除表面杂质；再用洗洁精溶液浸泡 5-10 分钟(若有油污，可轻轻刷洗)，用自来水彻底冲洗至无泡沫；最后用蒸馏水润洗 2-3 次(去除自来水残留的离子)，倒置在器皿架上晾干或放入烘干箱(温度设定 60-80℃，避免高温导致刻度变形)烘干。

顽固污染器皿(如残留有机物、金属离子或氧化物)：需针对性选择清洗试剂，如残留有机物可用铬酸洗液(重铬酸钾与浓硫酸混合液)浸泡(浸泡时间 10-30 分钟，不可用于有刻度的计量器皿，会腐蚀刻度)；残留金属离子可用稀硝酸溶液浸泡(5%-10% 硝酸，浸泡 20 分钟)；残留氧化物可用稀盐酸溶液浸泡(10% 盐酸，浸泡 15 分钟)。清洗后需用自来水反复冲洗，再用蒸馏水润洗，确保无清洗试剂残留(否则会影响实验反应)。

计量类器皿(如移液管、容量瓶、滴定管)：不可用硬毛刷刷洗(避免划伤内壁，影响刻度精度)，需用铬酸洗液浸泡(仅浸泡内壁，外壁用自来水冲洗)或专用清洗液(如实验室专用玻璃器皿清洗剂)，润洗时需用待装液体润洗 2-3 次(避免器皿内壁水分稀释液体，影响浓度)。

检查规范：清洗后需逐一检查器皿完好性与适配性，避免使用破损或不合格器皿：

外观检查：观察器皿是否有裂纹(尤其是底部、颈部等受力部位，裂纹易在加热或振荡时扩展导致炸裂)、划痕(计量类器皿内壁划痕会影响体积精度，反应类器皿划痕可能残留试剂)、缺口(瓶口或倾倒嘴有缺口，易导致液体飞溅或量取不准)。若发现上述问题，立即停用并标记“破损待处理”。

密封性检查(针对带塞或活塞的器皿)：试剂瓶、容量瓶、分液漏斗等需检查瓶塞或活塞是否密封——试剂瓶与容量瓶可注入半瓶水，盖紧瓶塞倒置 1-2

分钟，观察是否漏水；分液漏斗关闭活塞，注入半瓶水，倒置观察活塞处是否漏水，再打开活塞让水缓慢流出，观察活塞是否顺畅（无卡顿或漏水）。若密封不良，需更换瓶塞或活塞（计量类器皿密封不良需直接报废，不可维修）。

刻度检查（针对计量类器皿）：移液管、容量瓶、滴定管需检查刻度是否清晰（无模糊、脱落），刻度线是否平直（无弯曲或偏移），可对比标准刻度（如用已知体积的标准溶液验证），若刻度误差超过允许范围（如移液管允许误差 $\pm 0.01\text{mL}$ ），立即停用。

（二）使用中：操作与防护

取用与转移规范：

固体试剂取用（广口瓶）：打开瓶塞后将塞子倒置在台面上（避免塞子底部接触台面污染试剂），用干净的药匙取用（药匙需专用，不可交叉使用），取用后及时盖紧瓶塞（防止试剂吸潮、氧化或挥发），药匙使用后立即清洗晾干（避免残留试剂污染其他试剂）。

液体试剂取用（细口瓶、滴瓶）：细口瓶取用液体时，瓶塞倒置在台面上，标签朝向手心（避免液体流下腐蚀标签），瓶口紧贴容器壁（如烧杯、量筒）缓慢倾倒，倒完后瓶口在容器壁上轻靠一下（避免残留液体滴落到台面）；滴瓶取用液体时，滴管垂直悬空于容器上方（不可伸入容器内，避免污染滴管与试剂），滴加速度适中（每秒 1-2 滴，避免滴加过量），滴完后滴管立即放回原滴瓶（不可混用）。

计量类器皿操作：移液管移取液体时，用吸耳球吸取液体至刻度线以上 2-3cm，用食指按住管口，缓慢调整液面至刻度线（视线与刻度线平齐），移至目标容器后，管尖紧贴容器壁，松开食指让液体自然流出（最后停留 15 秒，不可吹洗管尖，除非移液管标注“吹”字）；容量瓶定容时，转移溶液至刻度线以下 1-2cm，改用胶头滴管滴加蒸馏水至凹液面最低处与刻度线平齐（定容后颠倒摇匀 10-15 次，确保溶液浓度均匀）；滴定管使用时，先排气泡（酸式滴定管快速旋转活塞，碱式滴定管弯曲橡胶管让玻璃珠处形成真空），读数时视线与凹液面最低处平齐，滴定速度控制在每秒 3-4 滴（近终点时改为滴加，避免过量）。

加热操作规范：

加热前准备：确认器皿材质为硼硅玻璃（可耐高温），检查无裂纹或缺口；加热液体时，液体体积不超过器皿容积的 2/3（避免沸腾时溢出），加入沸石或碎瓷片（防止暴沸，沸石不可中途添加，需冷却后加入）；用铁架台固定器皿时，夹具位置在器皿颈部或肩部（避免夹在底部，影响受热），夹具与器皿间垫软布（如纱布，防止夹碎瓶壁）。

加热中控制：烧杯、锥形瓶、圆底烧瓶等需垫石棉网加热（石棉网需平整，与器皿底部紧密接触，确保受热均匀），加热温度逐步升高（避免骤冷骤热，如从冷水直接加热至高温）；玻璃蒸发皿加热时，用玻璃棒不断搅拌（防止局部液体过热飞溅），蒸发至溶液表面出现晶膜时停止加热（利用余热蒸发剩余水分，避免固体飞溅）；禁止直接明火加热计量类器皿（如量筒、移液管）与密封器皿（如盖紧塞子的试剂瓶，加热会导致压力骤升炸裂）。

加热后处理：加热后的玻璃器皿不可直接用手触摸（温度过高易烫伤），需用坩埚钳或隔热手套转移至石棉网上冷却（不可直接放在冷台面或水中，避免骤冷炸裂）；冷却后再清洗（热器皿遇冷水易炸裂），若残留固体难以清洗，可加入适量溶剂浸泡后再刷洗。

（三）使用后：存放与维护

存放规范：

分类存放：计量类器皿（移液管、容量瓶、滴定管）需单独存放于专用器皿架（移液管垂直悬挂或放入移液管盒，容量瓶倒置在架上，滴定管垂直固定在滴定管架），避免与其他器皿碰撞（影响刻度精度）；反应类器皿（烧杯、锥形瓶、烧瓶）清洗晾干后，倒置在器皿架上（开口朝下，防止灰尘落入），或叠放存放（叠放高度不超过 3 层，避免重压导致变形）；容器类器皿（试剂瓶、滴瓶）按试剂类型分类存放（酸性试剂、碱性试剂、有机试剂分开），棕色瓶存放于避光柜，瓶塞与瓶身配套存放（避免混淆导致密封不良）。

特殊存放：带活塞或磨口的器皿（分液漏斗、滴定管、容量瓶），长期存放时需 在活塞或磨口处涂抹凡士林（防止粘连），或垫一张干净的滤纸（避免直接接触）；玻璃蒸发皿、漏斗等清洗后晾干，放入专用抽屉（垫软布，避免碰撞）；破损或报废的玻璃器皿，放入专用“玻璃废品箱”（不可与其他垃圾混合，避免划伤），定期由专业人员处理。

维护规范:

定期检查: 每周检查一次计量类器皿的刻度精度(如用标准溶液验证容量瓶容积), 每月检查一次带活塞或磨口器皿的密封性(如分液漏斗活塞是否漏液), 每季度检查一次存放环境(确保干燥、通风, 避免潮湿导致器皿发霉或腐蚀)。

及时维修: 若发现器皿轻微裂纹(不影响使用的非受力部位), 可标记后限制使用(仅用于非加热、非计量场景); 若活塞粘连(如酸式滴定管), 可加入少量丙酮浸泡(溶解凡士林, 不可用硬物撬动, 避免损坏活塞); 若磨口污染(如残留试剂), 可用软布蘸少量乙醇擦拭(不可用砂纸打磨, 避免破坏磨口密封性)。

三、常见问题处理与安全注意事项

(一) 常见问题处理

器皿炸裂: 若加热时玻璃器皿突然炸裂(多因受热不均、骤冷骤热或本身有裂纹), 立即停止加热, 用坩埚钳移至安全区域(避免碎片飞溅), 待冷却后清理碎片(戴手套, 避免划伤), 分析炸裂原因(如是否垫石棉网、是否骤冷), 更换完好器皿重新实验。

试剂污染: 若发现试剂瓶中试剂浑浊、变色或有杂质(可能因瓶塞混用、器皿未清洗干净导致), 立即停止使用, 标记“污染待处理”, 不可倒入原试剂瓶(避免污染整瓶试剂), 按危险废物处理流程处置, 更换新试剂并确保器皿洁净后再使用。

活塞粘连: 酸式滴定管或分液漏斗活塞粘连时, 不可强行旋转(避免活塞断裂), 可向活塞处滴加 2-3 滴丙酮(或专用活塞润滑剂), 静置 5-10 分钟后轻轻旋转活塞(逐步加大力度, 不可用力过猛), 若仍无法转动, 需更换活塞或报废器皿。

刻度偏差: 计量类器皿使用中发现刻度偏差(如移液管移取体积与标准值不符), 立即停用, 送实验室计量部门校准(不可自行调整刻度), 校准合格后方可继续使用, 不合格则报废(计量类器皿精度直接影响实验结果, 不可将就使用)。

(二) 安全注意事项

防烫伤: 加热后的玻璃器皿表面温度高(如烧杯加热后温度可达 100℃以上), 不可直接用手触摸, 需用坩埚钳、隔热手套或抹布转移, 冷却后再操作; 若不慎烫伤, 立即用冷水冲洗烫伤部位 15-20 分钟, 涂抹烫伤膏, 严重时就医。

防划伤：玻璃器皿破碎后，碎片锋利，清理时需戴手套（不可用手直接捡拾），用扫帚与簸箕收集（不可用抹布擦拭，避免碎片嵌入抹布划伤手），收集后放入专用玻璃废品箱，不可随意丢弃（避免他人划伤）；取用器皿时避免碰撞（如烧杯、烧瓶放置时远离台面边缘，防止掉落破碎）。

防腐蚀：存放浓酸、浓碱等腐蚀性试剂时，需使用耐腐蚀的玻璃器皿（如硼硅玻璃试剂瓶），瓶塞选择适配材质（玻璃塞不可存放浓碱，橡胶塞不可存放浓酸或强氧化性试剂）；操作腐蚀性试剂时，佩戴防护手套与防护眼镜，避免试剂接触皮肤或溅入眼睛，若不慎接触，立即用大量清水冲洗（皮肤接触冲洗 15 分钟，眼睛接触冲洗 20 分钟），就医处理。

防暴沸：加热液体时（如烧杯、烧瓶、蒸发皿），必须加入沸石或碎瓷片（沸石表面有微孔，可产生气泡防止暴沸），若加热过程中发现未加沸石，需冷却至室温后再添加（不可中途添加，否则液体易暴沸飞溅）；加热速度不可过快（尤其是低沸点液体，如乙醇、乙醚，需缓慢加热，避免快速沸腾导致液体冲出）。

玻璃器皿是实验室最基础且常用的器具，其规范使用直接关系到实验结果的准确性与操作安全性。需通过“分类掌握特性、全流程守规范、遇问题会处理”的逻辑，将规范意识融入每一步操作，养成“先检查、再操作、后维护”的职业习惯，确保实验安全与数据可靠。

作业布置：

简述玻璃器皿使用前需开展的两项核心准备工作（清洗、检查）及各自的关键要求；

列举玻璃器皿加热操作中需遵守的两项规范，说明每项规范的目的。

实训八 化学试剂的使用规范

授课章节	实训八 化学试剂的使用规范				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
教学主要内容： 化学试剂的分类及各类别的核心特性与使用限制； 化学试剂使用前的需求确认、试剂检查与防护准备流程； 化学试剂使用中的取用、配制规范及特殊试剂操作要点； 化学试剂使用后的剩余试剂处理与储存要求； 化学试剂使用中安全应急处理方法与常见误区纠正。					
教学目的、要求： (一) 知识目标 明确化学试剂的主要分类及各类别的核心特性； 掌握化学试剂取用、配制、储存的核心规范； 了解化学试剂安全应急处理的基本方法。 (二) 能力目标 能根据实验需求选择适配的化学试剂； 能规范完成化学试剂的取用、配制与储存操作； 能识别化学试剂使用中的违规行为并提出整改建议。 (三) 素养目标 养成按规范使用、处理化学试剂的职业习惯； 增强化学试剂使用中的安全防范意识，杜绝侥幸操作； 培养严谨、负责的实验态度，重视试剂使用细节。 课程思政： 树立“安全使用试剂、科学管控风险”的实验理念，践行“对实验安全负责、对环境安全负责”的职业担当。					
教学重点、难点： (一) 教学重点 各类化学试剂的使用限制与取用、配制规范； 化学试剂储存的分类要求与安全注意事项； 化学试剂安全应急处理的核心流程。					

（二）教学难点

结合实验场景精准选择适配的化学试剂及防护措施；
特殊试剂（易挥发、易潮解等）操作要点的准确落实；
化学试剂使用中常见误区的有效识别与纠正。

教学过程：

实训八 化学试剂的使用规范

一、化学试剂的分类与核心特性

实验室化学试剂按“危险特性”与“用途”可分为普通试剂、危险试剂（含剧毒、易燃、易爆、腐蚀性、氧化性试剂）及标准试剂，不同类别因成分与性质差异，需针对性掌握其使用限制与防护要求，避免因误用引发安全事故或实验误差。

（一）普通试剂：基础安全防护

普通试剂指无明显毒性、易燃性、腐蚀性，仅在大量接触时可能产生轻微刺激的试剂，如氯化钠、蔗糖、无水硫酸钠等，多用于基础实验中的溶解、稀释或辅助反应。其核心特性为“化学性质稳定、风险可控”，使用限制较少，但需注意：不可随意混合（如看似无害的试剂混合可能产生有毒物质，如氯化钠与硝酸银混合生成氯化银沉淀，虽无毒性但会影响实验结果）；不可长期敞口存放（易吸潮、氧化或挥发，导致纯度下降，如无水硫酸钠敞口会吸收空气中水分变为十水合硫酸钠）；取用后需及时盖紧试剂瓶塞，按“固体放广口瓶、液体放细口瓶”分类存放，标签清晰完整。

（二）危险试剂：严格管控使用

危险试剂是规范使用的重点，需按风险类型细分，明确每类试剂的特性与使用禁忌：

剧毒试剂：如氰化钾、三氧化二砷、氯化汞等，少量接触（如皮肤吸收、吸入蒸气）即可导致急性中毒，甚至危及生命。特性：毒性强、作用快，部分可通过血脑屏障或胎盘屏障，具有蓄积性。使用限制：需在双人双锁的剧毒试剂专用储存柜中存放，领用与归还需登记（记录用量、用途、使用者）；操作时需在通风橱内进行，佩戴防毒手套、防毒面具与防护服，禁止用手直接接触；实验后剩余试剂需全部退回储存柜，不可随意丢弃或留存；若不慎接触，需立即按急救流

程处理并上报。

易燃试剂：分为易燃液体（如乙醇、乙醚、丙酮，闪点 $<28^{\circ}\text{C}$ ）与易燃固体（如红磷、硫黄、镁粉，遇火易燃烧）。特性：易燃液体挥发性强，蒸气易与空气形成爆炸性混合物，遇明火、电火花即燃烧或爆炸；易燃固体燃烧时可能产生有毒气体（如硫黄燃烧生成二氧化硫）。使用限制：存放于阴凉通风的防爆柜中，远离火源、热源（如暖气、酒精灯），避免阳光直射；取用易燃液体时禁止使用塑料滴管（易产生静电），需用玻璃滴管并在通风橱内操作，不可快速倾倒（防止产生静电火花）；易燃固体需防潮（部分易燃固体受潮后易自燃，如镁粉受潮后与水反应放热自燃），取用后及时盖紧瓶塞，避免粉末飞扬。

腐蚀性试剂：如浓硫酸、浓硝酸、氢氧化钠溶液、氢氟酸等，接触皮肤或黏膜会造成灼伤，腐蚀实验器材与衣物。特性：强酸具有脱水性、强氧化性（如浓硫酸可使有机物碳化），强碱具有强碱性（可溶解蛋白质），氢氟酸能腐蚀玻璃（需用塑料容器存放）。使用限制：存放时需与其他试剂隔离，酸性与碱性试剂分开存放（避免泄漏后混合放热，如浓硫酸与氢氧化钠混合会产生大量热，导致液体飞溅）；操作时佩戴耐酸碱手套、防护眼镜与防护服，若为挥发性腐蚀试剂（如浓盐酸、浓硝酸），需在通风橱内操作；取用后立即盖紧瓶塞，避免试剂挥发或吸收水分（如氢氧化钠溶液敞口会吸收二氧化碳生成碳酸钠，导致浓度变化）；禁止用此类别试剂润洗非耐腐器材（如普通玻璃器皿不可用氢氟酸润洗）。

氧化性试剂：如高锰酸钾、氯酸钾、过氧化氢（30%）等，具有强氧化性，易与易燃试剂、还原性试剂发生剧烈反应，甚至引发燃烧或爆炸。特性：本身不易燃烧，但能助燃，部分加热后会分解产生氧气，加剧燃烧。使用限制：存放于阴凉干燥处，远离易燃试剂（如乙醇、硫黄）与还原性试剂（如硫酸亚铁、锌粉）；不可与有机物混合（如高锰酸钾与甘油混合会剧烈反应放热，引发燃烧）；操作时避免接触皮肤（如高锰酸钾溶液会使皮肤染色，且具有刺激性），取用后及时洗手；加热氧化性试剂时需控制温度（如氯酸钾加热至 400°C 以上会分解爆炸），不可加入易燃物质。

（三）标准试剂：确保精度可靠

标准试剂指用于校准仪器、配制标准溶液的高纯度试剂（如基准试剂、标准溶液），如基准氯化钠（用于校准硝酸银标准溶液）、邻苯二甲酸氢钾（用于校

准氢氧化钠标准溶液)。特性: 纯度高(纯度 $\geq 99.95\%$)、稳定性好、杂质含量低, 数值准确可溯源。使用限制: 需在干燥、避光的专用储存柜中存放, 避免污染(如基准试剂取用后需用干净的药匙, 不可用已接触其他试剂的药匙); 不可用于普通实验(避免浪费, 且普通实验无需高纯度试剂); 配制标准溶液时需严格按照操作规程进行(如在容量瓶中定容, 用移液管精确移取), 配制后需标定浓度(确保浓度准确), 标签注明配制日期、浓度、配制人, 短期存放于冰箱冷藏(避免变质)。

二、化学试剂使用全流程规范

(一) 使用前: 准备与检查

需求确认: 根据实验方案明确所需试剂的种类、纯度等级(如分析纯、化学纯、基准试剂, 不同实验对纯度要求不同, 如定量分析需用分析纯, 定性分析可用化学纯)与用量, 避免过量领用(减少浪费与储存风险)。需注意: 同一试剂不同纯度等级的用途差异(如工业级乙醇不可用于实验, 因含有甲醇等杂质, 会影响实验结果或产生毒性); 不可用低纯度试剂替代高纯度试剂(如用化学纯氯化钠替代基准氯化钠配制标准溶液, 会导致浓度误差)。

试剂检查: 取用前检查试剂瓶标签(确认名称、纯度、浓度、有效期, 无标签或标签模糊的试剂禁止使用); 观察试剂状态(如固体试剂是否潮解、结块、变色, 液体试剂是否浑浊、分层、变色, 若出现异常, 说明试剂已变质, 不可使用, 如氢氧化钠固体潮解结块后纯度下降, 硫酸铜溶液由蓝色变为绿色说明已变质); 检查试剂瓶密封性(如瓶塞是否松动、瓶口是否有泄漏痕迹, 若密封不良, 试剂可能已挥发或吸潮, 需确认纯度后再使用)。

防护准备: 根据试剂类型准备适配的防护装备(如剧毒试剂需准备防毒面具与耐毒手套, 腐蚀性试剂需准备耐酸碱手套与防护眼镜); 检查通风橱、急救箱、洗眼器等设施是否正常(如通风橱排风是否顺畅, 急救箱内是否有对应的解毒剂或灼伤药膏); 清理实验台面, 移除无关物品(如水杯、书包), 铺好防腐蚀垫(如操作腐蚀性试剂时), 确保应急通道畅通。

(二) 使用中: 操作与管控

试剂取用规范:

固体试剂(广口瓶存放): 打开瓶塞后将塞子倒置在台面(避免塞子底部接

触台面污染试剂），用干净的药匙取用（药匙需专用，不可交叉使用，如取用氯化钠的药匙不可再取用硝酸银），取用后及时盖紧瓶塞；若试剂易吸潮（如氢氧化钠），需快速取用，避免长时间敞口；若试剂为块状（如大理石），取用后轻放于容器中（避免砸破容器底部）；若试剂为粉末（如碳酸钠），避免粉末飞扬（可用药匙或纸槽将粉末送入容器底部，缓慢直立容器）。

液体试剂（细口瓶或滴瓶存放）：细口瓶取用液体时，瓶塞倒置在台面，标签朝向手心（防止液体流下腐蚀标签），瓶口紧贴容器壁（如烧杯、量筒）缓慢倾倒，倒完后瓶口在容器壁上轻靠一下（避免残留液体滴落到台面）；滴瓶取用液体时，滴管垂直悬空于容器上方（不可伸入容器内，避免污染滴管与试剂），滴加速度适中（每秒 1-2 滴，避免滴加过量），滴完后滴管立即放回原滴瓶（不可混用，如酚酞滴瓶的滴管不可用于取用石蕊试液）；取用挥发性液体（如浓盐酸）时，需在通风橱内操作，避免吸入蒸气。

危险试剂取用：剧毒试剂需双人在场，共同核对用量后取用，使用过程中全程记录；易燃液体取用前需消除静电（如触摸接地金属），禁止使用明火；腐蚀性试剂取用需佩戴防护装备，若试剂不慎滴落到台面，需立即用对应试剂中和（如浓硫酸滴落用碳酸钠粉末覆盖后清理，氢氧化钠溶液滴落用稀醋酸中和后清理），不可直接用水冲洗（如浓硫酸遇水放热，会加剧灼伤）。

试剂配制规范：

溶液配制：按实验方案计算试剂用量（如配制 100mL 0.1mol/L 的氯化钠溶液，需计算氯化钠的质量），在烧杯中溶解固体试剂（不可在容量瓶中直接溶解，避免溶解放热导致容量瓶变形），溶解时若放热（如浓硫酸稀释），需在烧杯中缓慢加入试剂并不断搅拌，冷却至室温后再转移至容量瓶；转移溶液时需用玻璃棒引流，玻璃棒末端靠在容量瓶刻度线以下（避免溶液沾在刻度线以上导致浓度偏低）；定容时用胶头滴管滴加蒸馏水，视线与凹液面最低处平齐，定容后颠倒摇匀，标签注明溶液名称、浓度、配制日期与配制人。

混合试剂：需确认试剂混合的安全性（如不可将强氧化性试剂与还原性试剂混合，不可将浓硝酸与浓盐酸混合过快，会产生大量氯气）；混合时按“先加密度小的试剂，后加密度大的试剂”顺序（如稀释浓硫酸时，将浓硫酸缓慢加入水中并搅拌，不可将水加入浓硫酸中，避免浓硫酸浮在水面放热导致液体飞

溅)；混合过程中若产生气体(如碳酸钙与盐酸混合产生二氧化碳)，需在通风橱内操作，避免气体积聚。

(三) 使用后：处理与储存

试剂处理：

剩余试剂：普通试剂剩余少量(如几克固体或几毫升液体)，若未被污染，可放回原试剂瓶(需确认无杂质混入)；危险试剂剩余部分需全部退回专用储存柜(如剧毒试剂、易燃试剂)，不可留存于实验台面；标准试剂剩余部分若已开封，不可放回原瓶(避免污染整瓶试剂)，需按危险废物处理。

废弃试剂：不可随意倒入下水道或垃圾桶(如强酸、强碱倒入下水道会腐蚀管道，有毒试剂丢弃会污染环境)；需按“无机废液、有机废液、固体废弃物”分类收集，倒入专用废弃试剂桶，标签注明废弃物类型(如“酸性废液”“含汞废液”)；废弃试剂桶需定期由专业机构处理，不可长期存放于实验室。

储存规范：

分类存放：按试剂类型分区存放(如剧毒试剂单独存放，易燃试剂放防爆柜，腐蚀性试剂放耐腐柜)，酸性与碱性试剂分开，氧化性与还原性试剂隔离，避免相互接触引发反应；普通试剂按“固体在上、液体在下”“无机物在前、有机物在后”的顺序摆放，便于取用；标准试剂存放于冰箱冷藏(0-4℃)，避免光照与高温。

环境控制：储存区域需阴凉(温度<25℃)、通风(安装排风设备)、干燥(相对湿度<75%)，避免阳光直射、潮湿或温度剧烈变化(如靠近暖气、空调出风口)；储存柜需稳固，避免倾倒，柜内铺设防腐蚀垫(如存放腐蚀性试剂的柜子)；定期检查储存环境(如每周检查温湿度，每月检查试剂状态)，发现试剂变质或泄漏及时处理。

标签管理：所有试剂瓶标签需清晰完整(注明名称、纯度、浓度、有效期、存放人)，标签脱落或模糊需及时补贴；试剂过期或变质后，需在标签上标注“废弃待处理”，不可与正常试剂混放；禁止在试剂瓶上随意涂改标签(避免误用)。

三、特殊试剂的专项操作规范

(一) 易挥发试剂：防泄漏与吸入

如浓盐酸(挥发产生氯化氢气体)、浓硝酸(挥发产生硝酸蒸气)、氨水(挥

发产生氨气），操作时需：在通风橱内进行，开启强排风，避免蒸气扩散；取用后立即盖紧瓶塞，瓶口可涂抹少量凡士林（增强密封性，如氨水试剂瓶）；若需量取，需在通风橱内用移液管或量筒操作，佩戴防毒面具（若蒸气浓度较高）；实验台面若有试剂残留，需用湿布擦拭后通风，避免蒸气积聚；若不慎吸入蒸气，立即转移至空气新鲜处，深呼吸，必要时吸氧并就医。

（二）易潮解与易氧化试剂：防变质

易潮解试剂（如氢氧化钠、氯化钙、无水氯化钙）需：存放在干燥器中（干燥器内放置干燥剂，如硅胶、无水氯化钙），取用后快速放回，避免长时间敞口；取用前检查干燥剂是否失效（如硅胶由蓝色变为粉红色需更换）；若试剂已潮解结块，需确认是否影响使用（如潮解的氢氧化钠纯度下降，不可用于精确浓度的溶液配制）。易氧化试剂（如硫酸亚铁、碘化钾、金属钠）需：存放在棕色瓶中（避光，防止光照加速氧化），部分需加入稳定剂（如硫酸亚铁溶液中加入少量硫酸与铁钉，防止亚铁离子氧化为铁离子）；金属钠、钾等活泼金属需存放在煤油中（隔绝空气，防止氧化自燃），取用后剩余部分需立即放回煤油，不可暴露在空气中。

（三）遇水反应试剂：防放热与爆炸

如金属钠（与水反应生成氢氧化钠与氢气，放热剧烈，氢气易爆炸）、碳化钙（与水反应生成乙炔，易燃）、五氧化二磷（与水反应生成磷酸，放热），操作时需：严格在无水环境下进行（如实验台面干燥，使用无水溶剂）；取用后避免接触皮肤（如金属钠需用镊子夹取，不可用手直接接触，防止灼伤）；若需反应，需将试剂缓慢加入反应容器，不可将水加入试剂中（如金属钠与水反应，需将钠小块缓慢放入水中，不可将水倒入钠中）；实验后剩余试剂需妥善处理（如金属钠剩余部分需放入乙醇中缓慢反应，不可随意丢弃），不可与水接触。

四、安全应急处理与常见误区纠正

（一）安全应急处理

皮肤接触：立即脱去被污染的衣物，用大量流动清水冲洗接触部位（普通试剂冲洗 5-10 分钟，腐蚀性试剂冲洗 15-20 分钟）；若为强酸接触，冲洗后用 5% 碳酸氢钠溶液中和；若为强碱接触，冲洗后用 2% 硼酸溶液中和；若为氢氟酸接触，需立即用大量清水冲洗后，涂抹氢氟酸专用解毒药膏（如葡萄糖酸钙软膏），

并立即就医（氢氟酸会腐蚀骨骼，延误治疗可能导致严重损伤）。

眼睛接触：立即翻开眼睑，用大量流动清水或生理盐水冲洗至少 20 分钟，冲洗时转动眼球，确保上下眼睑内侧充分冲洗；冲洗后立即就医，不可揉搓眼睛，就医时携带试剂标签，便于医生判断试剂类型。

吸入中毒：立即转移至空气新鲜处，解开衣领，保持呼吸道通畅；若出现呼吸困难，给予吸氧；若为有毒气体（如氯气、氨气）吸入，可吸入少量碱性气体（如氨气吸入可吸入少量水蒸气，氯气吸入可吸入少量碳酸氢钠溶液雾化气）；若出现昏迷，立即进行人工呼吸（需佩戴防毒面具，避免施救者中毒）并就医。

试剂泄漏：少量泄漏时，用专用吸收材料（如砂土、活性炭）覆盖吸收，收集后放入专用废弃试剂桶；大量泄漏时，立即疏散实验室人员，佩戴防护装备后，用防泄漏围堤围住泄漏区域，防止扩散，再用吸收材料处理，处理后对泄漏区域进行清洗消毒；若为易燃试剂泄漏，需立即关闭火源，禁止使用电器（如开关灯、风扇），防止产生静电火花引发燃烧或爆炸。

（二）常见误区纠正

误区一：“试剂标签模糊仍可使用，凭经验判断即可”

纠正：标签模糊的试剂无法确认成分与纯度，可能为有毒、易燃或腐蚀性试剂，盲目使用会引发安全事故或实验误差，必须禁止使用，按废弃试剂处理。

误区二：“危险试剂少量使用无需严格防护，不会有风险”

纠正：剧毒、腐蚀性等危险试剂，即使少量接触也可能导致严重后果（如 0.1g 氰化钾即可致人死亡，几滴浓硫酸即可造成皮肤灼伤），必须按规范佩戴防护装备，不可因“量少”忽视防护。

误区三：“废弃试剂可随意倒入下水道，用水冲净即可”

纠正：废弃试剂倒入下水道会腐蚀管道、污染水源（如重金属试剂会污染地下水，难以降解），甚至引发爆炸（如酸性废液与碱性废液混合倒入下水道，会产生大量热导致管道炸裂），必须分类收集，由专业机构处理。

误区四：“试剂混合只要不产生明显反应，就是安全的”

纠正：部分试剂混合虽无明显外观变化，但可能产生有毒物质（如盐酸与次氯酸钠混合会产生氯气，无色有毒），或缓慢反应产生危险物质，必须在确认安全性后再混合，不可凭“无明显反应”判断安全。

化学试剂是实验室实验的基础材料，其规范使用直接关系到实验安全与结果准确性。需通过“分类掌握特性、全流程守规范、遇问题会处理”的逻辑，将安全意识与规范操作融入每一步，养成“先确认、再操作、后处理”的职业习惯，确保实验室安全与实验数据可靠。

作业布置：

简述化学试剂使用前需开展的两项核心准备工作（试剂检查、防护准备）及各自的关键要求；

列举化学试剂储存操作中需遵守的两项规范，说明每项规范的目的。

实训九 典型实验操作安全注意事项

授课章节	实训九 典型实验操作安全注意事项				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
<p>教学主要内容：</p> <p style="padding-left: 2em;">加热操作（明火、水浴、油浴）的安全要点与风险防控；</p> <p style="padding-left: 2em;">溶解与稀释操作的规范流程及安全注意事项；</p> <p style="padding-left: 2em;">分离提纯操作（过滤、分液、蒸馏、萃取）的安全要求；</p> <p style="padding-left: 2em;">仪器连接与拆卸的操作规范及防破碎、防倒吸要点；</p> <p style="padding-left: 2em;">通用安全准则与常见应急处理（烫伤、试剂接触、火灾等）流程。</p>					
<p>教学目的、要求：</p> <p style="padding-left: 2em;">（一）知识目标</p> <p style="padding-left: 4em;">明确加热、溶解与稀释、分离提纯等典型操作的核心安全风险；</p> <p style="padding-left: 4em;">掌握仪器连接与拆卸的规范流程及通用安全准则；</p> <p style="padding-left: 4em;">了解常见实验事故（烫伤、试剂接触）的应急处理方法。</p> <p style="padding-left: 2em;">（二）能力目标</p> <p style="padding-left: 4em;">能规范完成典型实验操作，规避操作中的安全风险；</p> <p style="padding-left: 4em;">能识别实验操作中的违规行为，提出整改建议；</p> <p style="padding-left: 4em;">能在突发实验事故时，采取正确的应急处理措施。</p> <p style="padding-left: 2em;">（三）素养目标</p> <p style="padding-left: 4em;">养成“先预判风险、再规范操作”的实验安全习惯；</p> <p style="padding-left: 4em;">增强实验操作中的责任意识，杜绝侥幸心理；</p> <p style="padding-left: 4em;">培养面对实验突发情况时的冷静应对能力。</p> <p>课程思政：树立“安全第一、预防为主”的实验理念，践行“对自身安全负责、对他人安全负责”的职业担当。</p>					
<p>教学重点、难点：</p> <p style="padding-left: 2em;">（一）教学重点</p> <p style="padding-left: 4em;">加热、溶解与稀释操作的安全规范及风险防控措施；</p> <p style="padding-left: 4em;">仪器连接与拆卸的操作顺序及防倒吸、防破碎要点；</p> <p style="padding-left: 4em;">常见实验事故的应急处理流程。</p>					

（二）教学难点

结合实验场景，精准预判典型操作中的潜在安全风险；

分离提纯操作（如蒸馏、萃取）中细节安全要点的落实；

突发实验事故（如试剂飞溅、仪器破碎）时的快速正确应对。

教学过程：

实训九 典型实验操作安全注意事项

实验室典型实验操作涵盖加热、溶解与稀释、分离提纯、仪器连接与拆卸等核心环节，每项操作均存在特定安全风险（如烫伤、试剂飞溅、气体泄漏等）。需围绕“风险预判 - 操作规范 - 应急处理”逻辑，明确每项操作的安全注意事项，将安全意识贯穿操作全程，避免因操作不当引发安全事故。

一、加热操作：防烫伤、防暴沸、防炸裂

加热是实验中最基础的操作之一，常用于溶液浓缩、试剂反应、溶剂蒸发等场景，涉及明火加热（酒精灯）、水浴加热（恒温水浴锅）、油浴加热（油浴锅）等方式，核心风险为高温导致的烫伤、液体暴沸飞溅、玻璃器皿炸裂，安全注意事项需按加热方式与加热对象细分：

（一）明火加热（酒精灯）安全要点

前期准备：使用前检查酒精灯灯芯（灯芯需平整，露出灯壶 1-2cm，若灯芯碳化需修剪）、灯壶密封性（无裂纹、无漏液，酒精量控制在灯壶容积的 1/4-2/3，过少易导致灯芯烧焦，过多易溢出引发火灾）；禁止用燃着的酒精灯引燃另一盏酒精灯（避免酒精泼洒燃烧），需用火柴或打火机点燃，点燃后迅速熄灭火源（防止火焰蔓延）。

加热过程：加热玻璃器皿（如烧杯、烧瓶）时，需垫石棉网（使受热均匀，避免局部过热炸裂器皿），器皿底部与灯焰外焰接触（外焰温度最高，提升加热效率），不可用灯焰内焰或焰心加热（温度低且易导致器皿底部受热不均）；加热液体时，液体体积不超过器皿容积的 2/3（防止沸腾时溢出），加入沸石或碎瓷片（形成气泡核心，防止暴沸，若加热过程中忘记加沸石，需冷却至室温后补加，不可中途添加）；加热时需用铁架台固定器皿（如烧瓶），夹具位置避开器皿刻度线与受热部位，夹具与器皿间垫软布（防止夹碎器皿）。

结束操作：熄灭酒精灯时需用灯帽盖灭（不可用嘴吹灭，避免火焰倒吸引燃

灯内酒精），盖灭后需再轻提灯帽一次（让空气进入，避免灯帽内外气压差导致下次难以打开）；若酒精泼洒燃烧，需立即用湿抹布覆盖灭火（不可用水浇灭，酒精密度小于水，会浮在水面继续燃烧），火势较大时使用干粉灭火器，禁止慌乱中打翻灯壶。

（二）水浴 / 油浴加热安全要点

水浴加热：适用于温度 $\leq 100^{\circ}\text{C}$ 的加热场景（如硝酸钾溶解度测定），使用前检查恒温水浴锅水位（水位需高于加热管，避免干烧损坏设备）、温控精度（用温度计校准，误差 $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$ ）；放入器皿时需确保器皿底部不接触水浴锅底部（避免局部过热），多个器皿同时加热时需保持间距（保证受热均匀）；加热过程中若出现水位下降，需加入热水补充（不可加冷水，防止温度骤降导致器皿炸裂），禁止在水浴锅中放置腐蚀性试剂（如强酸、强碱，避免腐蚀设备）。

油浴加热：适用于温度 $100\text{-}300^{\circ}\text{C}$ 的加热场景（如蒸馏高沸点有机物），常用加热介质为甘油、液体石蜡、硅油，选择介质时需确认其闪点（高于加热温度，避免燃烧）；使用前检查油浴锅密封性（无漏油）、温控器（防止温度失控），加入油的量不超过油浴锅容积的 $2/3$ （防止加热时油溢出）；加热过程中需在油面上方放置石棉网（防止油蒸气燃烧），禁止将水或挥发性试剂滴入油中（会导致油飞溅烫伤）；若油浴起火，需立即关闭电源，用干粉灭火器或灭火毯灭火（不可用水浇灭），冷却后清理油渣，不可继续使用变质的油（如发黑、有异味的油）。

二、溶解与稀释操作：防放热、防腐蚀、防污染

溶解（固体试剂溶解）与稀释（浓溶液稀释）是配制溶液的关键步骤，常见风险为溶解放热导致试剂飞溅（如浓硫酸稀释）、腐蚀性试剂接触皮肤（如氢氧化钠溶解）、试剂混合产生有毒气体（如浓盐酸与浓硝酸混合），需严格遵循操作顺序与防护要求：

（一）固体试剂溶解安全要点

试剂取用：取用易潮解（如氢氧化钠）或腐蚀性固体（如氯化铁）时，需佩戴耐酸碱手套与防护眼镜，用干净药匙取用（药匙专用，避免交叉污染），快速操作（防止试剂吸潮变质），剩余试剂不可放回原瓶（避免污染）；取用块状固体（如大理石）时，需用镊子夹取，轻放入烧杯中（避免砸破烧杯底部），不可直接从高处丢入容器（防止固体撞击导致容器破裂）。

溶解过程：溶解固体需在烧杯中进行（不可在容量瓶或量筒中溶解，避免溶解放热导致仪器变形），加入溶剂时需缓慢倒入（如溶解氢氧化钠时，水的量需逐步添加，避免局部过热），用玻璃棒搅拌（搅拌方向一致，避免玻璃棒撞击烧杯壁产生火花或损坏烧杯），搅拌时玻璃棒不可触碰烧杯底部与内壁（防止划伤烧杯）；若溶解过程放热明显（如氢氧化钠、浓硫酸固体溶解），需在烧杯外壁用水冷却（或放在冷水浴中），控制溶解速度（避免热量积聚导致液体飞溅）；溶解易产生气体的固体（如碳酸钙与盐酸反应）时，需在通风橱内操作，容器口不可对着人（防止气体喷出伤人）。

（二）浓溶液稀释安全要点

稀释顺序：核心原则为“将密度大的试剂缓慢加入密度小的试剂中，并不断搅拌”，最典型的是浓硫酸稀释（浓硫酸密度 1.84g/cm^3 ，远大于水，若将水加入浓硫酸中，浓硫酸会浮在水面，放热导致水沸腾飞溅，引发灼伤），正确操作是：在烧杯中加入适量蒸馏水，将浓硫酸沿烧杯壁缓慢倒入水中，同时用玻璃棒不断搅拌（使热量均匀扩散），稀释过程中若温度过高，需冷却后再继续添加浓硫酸。

腐蚀性溶液稀释：稀释浓盐酸、浓硝酸等挥发性腐蚀性溶液时，需在通风橱内操作（避免吸入挥发的有毒气体），佩戴防毒面具与耐酸碱手套，稀释时同样遵循“浓溶液加入溶剂”的顺序（如浓硝酸稀释时，将浓硝酸加入水中），不可快速倾倒（防止试剂飞溅）；稀释浓氢氧化钠溶液时，需注意氢氧化钠溶液的强碱性（避免接触皮肤），搅拌时使用塑料棒（避免玻璃棒被腐蚀），稀释后需冷却至室温再转移至试剂瓶（防止高温腐蚀试剂瓶）。

禁忌混合：禁止将氧化性浓溶液与还原性浓溶液混合稀释（如浓硝酸与浓盐酸混合过快会产生大量氯气，有毒）；禁止将浓酸与浓碱直接混合稀释（如浓硫酸与浓氢氧化钠混合会产生剧烈放热，导致液体飞溅），需分别稀释至一定浓度后再缓慢混合，且混合过程中需不断搅拌并冷却。

三、分离提纯操作：防泄漏、防中毒、防堵塞

分离提纯操作包括过滤（固液分离）、分液（液液分离）、蒸馏（液液分离）、萃取（溶质转移）等，涉及玻璃器皿连接、气体产生、有毒溶剂使用等，风险点为仪器泄漏（如蒸馏时冷凝管漏水）、有毒气体吸入（如萃取时有机溶剂挥发）、

管道堵塞（如过滤时滤纸破损导致杂质堵塞漏斗），安全注意事项需聚焦操作细节：

（一）过滤与分液安全要点

过滤操作：选择合适规格的漏斗与滤纸（滤纸边缘低于漏斗边缘 0.5-1cm，滤纸需紧贴漏斗内壁，用蒸馏水润湿后无气泡）；搭建过滤装置时，漏斗下端紧贴烧杯内壁（防止液体飞溅），玻璃棒末端靠在三层滤纸一侧（避免戳破滤纸），倾倒液体时烧杯嘴靠在玻璃棒上（控制流速，避免液体溢出）；过滤腐蚀性液体（如盐酸溶液）时，需使用耐腐漏斗（如陶瓷漏斗），佩戴耐酸碱手套，不可用普通玻璃漏斗过滤氢氟酸（会腐蚀玻璃）；若过滤过程中滤纸破损，需立即停止操作，更换滤纸重新过滤（避免杂质混入滤液），不可继续使用破损滤纸。

分液操作：使用分液漏斗前需检查活塞密封性（关闭活塞，注入水振荡，观察是否漏水，若漏水需涂抹凡士林密封）；加入液体时，液体体积不超过分液漏斗容积的 2/3（便于振荡），振荡时需用手握住分液漏斗上口颈部，另一只手握住活塞部位，倒置振荡（使液体充分接触），振荡过程中需定期打开活塞放气（如萃取时有机溶剂挥发产生气压，避免活塞被顶开导致液体喷出）；分液时需将分液漏斗固定在铁架台上，下层液体从下口放出，上层液体从上口倒出（避免下层液体残留污染上层液体），放出液体时控制活塞流速（不可过快，防止液体飞溅）；操作挥发性有机溶剂（如乙醚、苯）时，需在通风橱内进行，佩戴防毒面具，避免吸入蒸气导致中毒。

（二）蒸馏与萃取安全要点

蒸馏操作：搭建蒸馏装置时，温度计水银球位置与蒸馏烧瓶支管口平齐（准确测量馏分温度），冷凝管下口进水、上口出水（保证冷凝管充满冷水，提升冷凝效率），各仪器连接部位需紧密（避免蒸气泄漏，尤其是有毒蒸气如氯仿、四氯化碳）；蒸馏前加入沸石（防止暴沸），蒸馏过程中若沸石失效（如停止加热后重新加热），需冷却至室温后补加；蒸馏易燃液体（如乙醇、丙酮）时，需使用水浴加热（不可明火加热，避免蒸气燃烧），接收瓶需远离火源，冷凝管出口连接橡胶管时需确认橡胶管耐溶剂（避免溶胀泄漏）；若蒸馏过程中出现蒸气泄漏，需立即停止加热，冷却后检查连接部位，重新密封后再继续，禁止在泄漏状态下操作。

萃取操作：选择萃取剂时需确认其安全性（避免使用剧毒或高度易燃的萃取剂，如四氯化碳毒性较强，优先选择低毒的乙酸乙酯）；萃取时在通风橱内进行，佩戴防护眼镜与耐溶剂手套（防止萃取剂接触皮肤），振荡分液漏斗时力度适中（避免液体溅出），放气时漏斗口不可对着人（防止有毒蒸气喷出）；分层后分离液体时需仔细观察界面（避免将杂质层混入目标层），若萃取剂为易挥发液体，分离后需立即盖紧接收瓶塞（防止挥发污染环境），实验后剩余萃取剂需按危险废物分类收集（不可随意丢弃）。

四、仪器连接与拆卸：防破碎、防泄漏、防倒吸

仪器连接（如烧瓶与冷凝管连接、导管与橡胶塞连接）与拆卸是组装实验装置的必要步骤，常见风险为玻璃仪器破碎划伤、连接部位泄漏导致气体逸出、拆卸时液体倒吸，需掌握正确的操作手法与顺序：

（一）仪器连接安全要点

玻璃仪器与橡胶塞连接：选择尺寸匹配的橡胶塞（塞子进入仪器口的深度为塞子高度的 1/3-2/3，过浅易脱落，过深难拆卸）；连接时需将仪器口与橡胶塞润湿（减少摩擦，避免玻璃破碎），用手握住仪器靠近接口的部位（避免用力过猛导致仪器断裂），缓慢旋转橡胶塞插入仪器口（不可强行按压，防止玻璃边缘划伤手）；若连接较紧，可在橡胶塞表面涂抹少量凡士林（增加润滑），禁止用工具（如扳手）敲击橡胶塞（避免仪器破碎）。

玻璃仪器与玻璃仪器连接：如蒸馏烧瓶与冷凝管连接，需确保接口尺寸一致，连接前将接口处润湿，用手握住仪器接口外侧（避免接触磨砂部位，防止污染），缓慢旋转对接（不可用力拉扯，防止仪器断裂）；连接后需检查密封性（如向烧瓶内注入少量水，观察接口处是否漏水），若为气体装置（如制氯气的装置），需进行气密性检查（关闭出口，向装置内加水形成液面差，观察液面是否下降，不下降则气密性良好），禁止在未检查气密性的情况下通入气体。

（二）仪器拆卸安全要点

拆卸顺序：遵循“先拆后装的部分，后拆先装的部分”原则，如蒸馏装置拆卸时，先拆除接收瓶，再拆除冷凝管，最后拆除蒸馏烧瓶；加热装置拆卸时，需先停止加热，冷却至室温后再拆卸（避免高温仪器烫手，且热仪器骤冷易炸裂），禁止在仪器未冷却时拆卸（如刚停止加热的烧瓶，直接拆卸可能导致烫伤或仪器

破碎)。

防倒吸处理：若实验涉及气体吸收(如氨气吸收)，拆卸前需先断开吸收装置与气体发生装置的连接(避免装置冷却后气压下降导致液体倒吸，进入气体发生装置引发爆炸)，再拆除吸收装置；若发生倒吸，需立即打开连接部位的活塞或橡胶塞，让空气进入装置，阻止倒吸继续，不可强行拆卸仪器(避免液体倒吸加剧)。

破碎处理：拆卸过程中若玻璃仪器破碎(如导管断裂)，需立即停止操作，用镊子或戴手套捡拾碎片(避免划伤手)，放入专用玻璃废品箱，不可用手直接接触碎片；若碎片上沾有腐蚀性或有毒试剂，需先用对应试剂中和(如酸性试剂用碳酸钠溶液中和)或清洗后再收集，避免试剂残留导致二次伤害。

五、通用安全注意事项与应急处理

(一) 通用安全准则

个人防护：所有实验操作前需穿戴实验服(覆盖全身，防止试剂溅到衣物)、防护眼镜(防止液体飞溅入眼)，根据操作类型佩戴手套(如耐酸碱手套、耐溶剂手套)、防毒面具(如操作有毒气体)，禁止穿拖鞋、短裤进入实验室(避免皮肤暴露)，长发需束起(防止卷入仪器)，禁止在实验室内饮食、饮水(避免试剂污染食物)。

环境管理：实验台面保持整洁，试剂与仪器有序摆放(避免杂乱导致碰撞)，无关物品(如水杯、书包)禁止放入实验区域；实验过程中需集中注意力，禁止嬉戏打闹或擅自离开岗位(避免错过异常情况处理时机)；每次操作后需及时清理台面(如擦拭残留试剂、整理仪器)，实验结束后关闭电源、水源、气源，确认无安全隐患后再离开实验室。

(二) 常见应急处理

烫伤处理：轻度烫伤(皮肤发红、疼痛)需立即用冷水冲洗烫伤部位 15-20 分钟(降低皮肤温度，减轻损伤)，涂抹烫伤膏；重度烫伤(皮肤起水泡、破损)需用无菌纱布覆盖伤口(避免感染)，立即就医，不可挑破水泡或涂抹牙膏、酱油(易引发感染)。

试剂接触皮肤：普通试剂接触需用大量清水冲洗 5-10 分钟；腐蚀性试剂(如强酸、强碱)接触需用清水冲洗 15-20 分钟，再用中和试剂处理(强酸用 5% 碳

酸氢钠溶液冲洗，强碱用 2% 硼酸溶液冲洗），严重时就医；有毒试剂（如汞、氰化物）接触需立即用专用解毒剂处理（如汞接触用硫磺粉覆盖），并立即上报实验室负责人。

试剂溅入眼睛：立即翻开眼睑，用大量流动清水或生理盐水冲洗至少 20 分钟（冲洗时转动眼球，确保上下眼睑内侧充分冲洗），冲洗后立即就医，不可揉搓眼睛（避免加重损伤），就医时携带试剂标签（便于医生判断试剂类型）。

火灾处理：少量试剂燃烧（如酒精燃烧）需用湿抹布或灭火毯覆盖灭火；较大火势需使用干粉灭火器（不可用水浇灭油类或电器火灾），同时疏散实验室人员，拨打消防电话，火灾扑灭后检查是否有残留火种，清理现场时佩戴防护装备。

典型实验操作的安全注意事项是实验室安全的核心保障，需通过“理解风险本质 - 掌握规范操作 - 熟练应急处理”的学习路径，将安全意识内化为操作习惯，做到“不规范操作不进行、无安全把握不实验”，确保实验过程安全可控，既保护自身安全，也维护实验室整体安全环境。。

作业布置：

简述加热操作中“防暴沸”的核心措施及原理；

列举仪器拆卸时需遵守的两项关键规范，说明每项规范的目的。

实训十 化学实验废弃物的处理

授课章节	实训十 化学实验废弃物的处理				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
<p>教学主要内容：</p> <p>化学实验废弃物的分类标准及各类别的核心特性；</p> <p>化学实验废弃物分类收集的规范流程（容器选择、防护准备、操作要点）；</p> <p>化学实验废弃物储存的区域要求、容器管理与期限控制；</p> <p>化学实验废弃物（常规、高危）的专业处置方法与记录追溯；</p> <p>化学实验废弃物处理的常见误区纠正与安全注意事项。</p>					
<p>教学目的、要求：</p> <p>（一）知识目标</p> <p>明确化学实验废弃物的主要分类及各类别的处理要求；</p> <p>掌握废弃物分类收集、储存的核心规范与专业处置原则；</p> <p>了解废弃物处理常见误区与安全风险防控要点。</p> <p>（二）能力目标</p> <p>能按规范对不同类型化学实验废弃物进行分类收集与标识；</p> <p>能识别废弃物处理中的违规行为，提出整改建议；</p> <p>能在废弃物泄漏、接触等突发情况时采取正确应对措施。</p> <p>（三）素养目标</p> <p>养成“分类处理、规范操作”的废弃物处理习惯；</p> <p>增强环保与安全意识，杜绝随意丢弃废弃物的行为；</p> <p>培养“谁产生、谁负责”的实验责任担当。</p> <p>课程思政：树立“绿色实验、安全处置”的理念，践行“保护实验室环境、守护公共安全”的职业责任。</p>					
<p>教学重点、难点：</p> <p>（一）教学重点</p> <p>化学实验废弃物的分类标准与分类收集操作规范；</p> <p>废弃物储存的区域划分、容器管理与安全要求；</p> <p>常规与高危废弃物的专业处置原则及安全注意事项。</p>					

（二）教学难点

结合实验场景精准判断废弃物类别，制定针对性收集方案；

高危废弃物（含毒、感染性）处理过程中风险防控要点的落实；

废弃物泄漏、接触等突发情况的快速正确应对。

教学过程：

实训十 化学实验废弃物的处理

化学实验废弃物是实验过程中产生的失去使用价值、具有毒性、腐蚀性、易燃性或污染性的物质，若处理不当，会污染土壤、水源与空气，危害人体健康，甚至引发安全事故（如易燃易爆废弃物混合引发爆炸）。需遵循“分类收集、规范储存、专业处置”的核心原则，结合废弃物类型制定针对性处理方案，将环保与安全理念贯穿全流程。

一、化学实验废弃物的分类与核心特性

化学实验废弃物按“成分与危害特性”可分为无机废弃物、有机废弃物、含毒废弃物、感染性废弃物及一般性固体废弃物五大类，不同类别因成分差异，处理要求与风险等级截然不同，需先明确分类标准，再开展后续处理。

（一）无机废弃物：成分以无机化合物为主

无机废弃物包括实验中产生的无机酸、无机碱、无机盐溶液及固体残渣，如盐酸废液、氢氧化钠废液、氯化钠结晶残渣、金属氧化物粉末等。核心特性：部分具有强腐蚀性（如浓硝酸废液、氢氧化钾废液），部分含重金属离子（如含汞、铅、镉的废液），部分具有氧化性（如高锰酸钾废液、重铬酸钾废液）。风险点：腐蚀性废液易腐蚀管道，重金属废液渗入土壤后难以降解，会通过食物链富集危害人体（如汞会损伤神经系统，铅会影响造血功能）；氧化性废液与还原性物质混合易引发反应，产生有毒气体或热量。

（二）有机废弃物：成分以有机化合物为主

有机废弃物包括实验中使用的有机溶剂废液（如乙醇、苯、乙醚、丙酮废液）、有机反应残渣（如酯化反应后的固体残渣）、废弃的有机试剂（如过期的乙酸乙酯、甲苯）等。核心特性：多数具有易燃性（如乙醚、丙酮废液，闪点低，遇明火易燃烧），部分具有毒性（如苯、四氯化碳废液，长期接触会损伤肝脏或造血系统），部分具有挥发性（如甲醇、乙醇废液，挥发后形成的蒸气易与空气混合

形成爆炸性混合物)。风险点: 易燃有机废弃物随意丢弃易引发火灾, 挥发性有机蒸气吸入会危害呼吸系统, 难降解的有机废弃物(如多氯联苯)会长期污染环境。

(三) 含毒废弃物: 具有显著毒性或致癌性

含毒废弃物是风险等级最高的类别, 包括含剧毒试剂的废液(如氰化钾废液、三氧化二砷废液)、致癌性废弃物(如苯并芘残渣、含亚硝胺的废液)、放射性废弃物(如实验中使用的放射性同位素废液, 虽实验室少见, 但需特殊处理)。核心特性: 毒性强(少量即可致人中毒, 如氰化钾废液口服 0.1g 即可致命)、蓄积性强(如含甲基汞的废液, 会在体内长期蓄积, 难以排出)、危害持久(致癌性废弃物即使微量, 长期接触也会增加患癌风险)。风险点: 处理不当会导致中毒事故, 或通过环境扩散引发群体性健康风险, 需严格管控全流程。

(四) 感染性废弃物: 含病原微生物或生物活性物质

感染性废弃物主要来自生物化学实验或微生物实验, 如废弃的细菌培养液(如大肠杆菌培养液)、病毒样本残渣、含生物活性物质的试剂(如废弃的酶制剂、抗体)等。核心特性: 含有活的病原微生物, 具有传染性, 若为致病性微生物(如金黄色葡萄球菌、流感病毒), 可能引发感染。风险点: 随意丢弃会导致病原微生物扩散, 污染实验环境, 甚至引发实验室感染事件, 需进行灭菌处理后再处置。

(五) 一般性固体废弃物: 无明显毒性与腐蚀性

一般性固体废弃物包括实验中产生的无污染固体垃圾, 如擦拭台面用的干净纸巾、废弃的玻璃器皿碎片(无试剂残留)、纸质试剂标签、空的干净塑料瓶等。核心特性: 成分简单, 无毒性、腐蚀性、易燃性, 对环境危害小。风险点: 若混入其他类型废弃物(如将含毒残渣混入普通纸巾), 会增加后续分类处理难度; 玻璃碎片若未单独收集, 易划伤处理人员。

二、化学实验废弃物的收集规范: 分类收集是核心

收集是废弃物处理的第一步, 也是最关键的环节, 若收集时混淆类别(如将酸性废液与碱性废液混合收集), 会引发化学反应, 产生有毒气体或热量, 甚至导致爆炸。需严格按“分类收集、专用容器、清晰标识”的要求操作, 杜绝混装、漏装。

(一) 收集前的准备：明确容器与防护要求

容器选择：根据废弃物类型选择耐腐、密封的专用容器——无机酸、碱废液需用聚乙烯塑料容器（避免玻璃容器被腐蚀破裂）；有机废液需用带密封盖的玻璃容器（避免塑料容器被有机溶剂溶胀变形）；含毒废液需用双层密封容器（内层为耐毒塑料瓶，外层为防泄漏金属桶）；感染性废弃物需用带灭菌功能的专用生物废物袋（如耐高温的聚丙烯废物袋）；一般性固体废弃物需用普通垃圾桶，但玻璃碎片需用专用硬纸盒（内衬塑料袋，避免碎片刺穿容器）。容器容积需适中（通常为 2-20L），避免过大导致搬运困难，过小导致频繁更换。

防护准备：收集废弃物前需佩戴适配的防护装备——处理腐蚀性废液需戴耐酸碱手套、防护眼镜；处理有机废液需戴耐溶剂手套、防毒面具（若挥发性强）；处理含毒废液需戴耐毒手套、防护服；处理感染性废弃物需戴无菌手套、口罩。同时清理收集区域，移除无关物品，铺好防泄漏垫（如处理液体废弃物时，在容器下方放置塑料防漏垫），确保应急通道畅通。

(二) 分类收集操作：杜绝混装与污染

无机废弃物收集：

酸性废液（如盐酸、硫酸废液）与碱性废液（如氢氧化钠、氢氧化钾废液）需分开收集，不可混合（避免中和反应产生大量热量，导致液体飞溅或容器炸裂）；若废液中含重金属离子（如硝酸银废液含银离子、氯化汞废液含汞离子），需单独收集，在容器外标注“含重金属废液”及具体金属种类（如“含汞废液”），便于后续针对性处理（如含银废液可通过沉淀回收银，减少污染）。

固体无机残渣（如碳酸钙残渣、金属粉末）需先在通风橱内晾干（避免残留液体污染其他废弃物），再放入专用塑料瓶中，不可与液体废液混合收集（防止残渣溶解，增加处理难度）；氧化性残渣（如高锰酸钾残渣）需单独收集，避免与还原性残渣（如铁粉、锌粉残渣）混装（防止发生氧化还原反应，产生热量或有毒气体）。

有机废弃物收集：

易燃有机废液（如乙醚、丙酮废液）需单独收集在带防爆盖的玻璃容器中，容器远离火源、热源（如暖气、酒精灯），避免阳光直射（防止温度升高导致蒸气浓度超标，引发爆炸）；不可将水混入易燃有机废液（如乙醇废液中混入大量

水，会降低废液回收价值，且增加处理成本）。

有毒有机废液（如苯、四氯化碳废液）需在容器外标注“有毒有机废液”及具体成分，收集时需在通风橱内操作，避免蒸气吸入；废弃的固体有机残渣（如未反应的有机物晶体）需放入密封玻璃罐中，不可随意丢弃在普通垃圾桶（防止挥发或被动物误食）。

含毒废弃物收集：

剧毒废液（如氰化钾废液）需使用“双人双锁”管理的专用收集容器，每次收集需双人在场，记录收集时间、用量、收集人；收集后立即密封容器，标注“剧毒废液”及成分，存放于专用剧毒废弃物储存柜，不可与其他废弃物同区域存放。

致癌性废弃物（如含苯并芘的废液）需单独收集，容器外标注“致癌废弃物”，收集过程中避免皮肤直接接触（如戴双层耐毒手套），若不慎接触，需立即用专用解毒剂处理并就医。

感染性废弃物收集：

液体感染性废弃物（如细菌培养液）需先在高压灭菌锅中灭菌（121℃、0.1MPa 条件下灭菌 20-30 分钟），冷却后再倒入专用收集容器；固体感染性废弃物（如污染的培养皿、吸头）需放入生物废物袋，密封后标注“感染性废弃物”及微生物种类（如“大肠杆菌污染废弃物”），再放入专用生物废物桶，定期由专业机构处理。

一般性固体废弃物收集：

干净纸巾、纸质标签等可放入普通垃圾桶，但需确认无试剂残留（如擦拭过腐蚀性试剂的纸巾，需按腐蚀性废弃物处理，不可混入普通垃圾）；玻璃碎片需放入专用硬纸盒，盒内标注“玻璃碎片”，避免与其他固体垃圾混装（防止划伤处理人员）；空试剂瓶需先清洗干净（若为有毒试剂瓶，需用专用溶剂清洗），再按可回收垃圾处理，不可直接丢弃。

（三）收集后的标识：清晰可辨，追溯可查

所有收集容器外必须粘贴清晰完整的标识，标识内容包括：废弃物类别（如“无机酸性废液”“有机易燃废液”）、主要成分（如“盐酸废液”“乙醇废液”）、收集日期、收集人、实验室名称；含毒、感染性废弃物还需标注风险等

级（如“剧毒”“致癌”“传染性”）及应急联系方式。标识需使用防水、防腐蚀的材料（如塑料标签），避免因液体浸泡或试剂腐蚀导致标识模糊；若容器内废弃物种类增加（如多次添加同类型废液），需更新收集日期，确保信息准确。

三、化学实验废弃物的储存规范：防泄漏、防反应、防扩散

储存是连接收集与最终处置的中间环节，若储存不当（如容器泄漏、类别混放），会导致废弃物扩散，污染实验室环境，甚至引发安全事故。需按“分区储存、环境可控、定期检查”的要求，确保储存过程安全可控。

（一）储存区域要求：独立分区，环境适配

区域选择：实验室需设置独立的废弃物储存间（或储存柜），远离实验操作区、水源、电源、热源（如暖气、空调出风口），避免阳光直射；储存间需通风良好（安装排风设备，换气次数 ≥ 6 次/小时），地面铺设防腐蚀、防渗漏的环氧树脂地坪（或放置防漏托盘），墙面张贴废弃物分类储存标识（如“无机废液区”“有机废液区”“含毒废弃物区”），便于分区存放。

分区储存：按废弃物类别划分储存区域，无机废液与有机废液分开存放（避免有机废液挥发后与无机废液发生反应）；含毒废弃物单独存放在带双锁的专用储存柜中，储存柜需远离其他区域（防止泄漏后扩散）；感染性废弃物需存放在 $2-8^{\circ}\text{C}$ 的冷藏柜中（防止病原微生物繁殖），冷藏柜外标注“感染性废弃物储存”；一般性固体废弃物存放在普通垃圾桶中，每日清理，避免长期存放滋生细菌。

（二）储存容器管理：密封完好，定期检查

容器维护：储存期间需定期检查容器密封性（每周至少1次），观察容器是否有泄漏、变形、腐蚀（如无机酸废液容器是否有鼓胀、漏液，有机废液容器是否有溶胀、开裂）；若发现容器泄漏，需立即佩戴防护装备，用专用吸收材料（如砂土、活性炭）覆盖泄漏物，将泄漏容器转移至安全区域，更换新的密封容器，泄漏物按对应废弃物类型处理，不可随意清理。

存放要求：液体废弃物容器需直立放置，不可倾倒（防止液体溢出），容器之间保持 $5-10\text{cm}$ 间距（避免碰撞导致破损）；固体废弃物容器需密封严实（如玻璃罐盖紧、生物废物袋扎紧），避免粉尘或病原微生物扩散；含毒、感染性废弃物容器需粘贴“警示标识”（如剧毒废弃物贴骷髅头标识，感染性废弃物贴生物危害标识），提醒人员注意安全。

（三）储存期限控制：及时处置，避免积压

不同类型废弃物的储存期限不同，需严格控制：无机废液、有机废液的储存期限不超过 3 个月（避免长期存放导致成分变化，增加处理难度，如含亚铁离子的废液长期存放会氧化为铁离子，影响后续处理）；含毒废弃物的储存期限不超过 1 个月（风险等级高，需尽快由专业机构处置）；感染性废弃物的储存期限不超过 7 天（防止病原微生物繁殖扩散）；一般性固体废弃物需每日清理，不可过夜存放。若因特殊原因需延长储存期限，需上报实验室负责人，批准后采取强化防护措施（如增加检查频次、更换密封容器），但最长不可超过原期限的 1 倍。

四、化学实验废弃物的处置规范：专业处置，杜绝污染

化学实验废弃物的最终处置需遵循“无害化、减量化、资源化”原则，禁止自行倾倒、焚烧或填埋（如将废液倒入下水道、残渣埋入土壤），需由具备资质的专业机构处置，确保对环境与人体无危害。

（一）常规废弃物的专业处置

无机废弃物处置：专业机构会根据废液成分采取不同处理方法——酸性废液与碱性废液可中和处理（调节 pH 至 6-9 后，达标排放）；含重金属离子的废液通过沉淀法（如加入硫化钠生成重金属硫化物沉淀）、吸附法（如用活性炭吸附）去除重金属，处理后检测达标方可排放；固体无机残渣若无毒，可送至工业垃圾填埋场填埋；若含重金属，需进行固化处理（如用水泥固化）后再填埋，防止重金属渗入土壤。

有机废弃物处置：易燃有机废液（如乙醇、丙酮废液）可回收利用（通过蒸馏提纯后作为溶剂再次使用），无法回收的需送至专业焚烧厂，在高温（800℃以上）条件下焚烧，焚烧产生的废气需经过净化处理（如脱硫、脱硝、活性炭吸附）后排放，避免产生二噁英等有毒气体；固体有机残渣若可降解，可进行堆肥处理；若不可降解，需焚烧或送至危险废物填埋场处置。

（二）高危废弃物的专项处置

含毒废弃物处置：剧毒废液（如氰化钾废液）需由专业机构采用化学解毒法处理（如加入次氯酸钠将氰离子氧化为无毒的二氧化碳与氮气），处理后需多次检测，确认无毒后方可排放；致癌性废弃物需进行高温焚烧或化学降解处理，焚

烧灰烬需固化后送至专用危险废物填埋场；放射性废弃物（如实验室使用的放射性同位素废液）需按国家放射性废物管理规定，由具备放射性废物处置资质的机构处理，不可与其他废弃物混同处置。

感染性废弃物处置：感染性废弃物需先由实验室进行灭菌处理（如高压灭菌、干热灭菌），确认无活的病原微生物后，再由专业机构送至医疗废物处置中心，采用焚烧或化学消毒法处理，避免病原微生物扩散引发感染。

（三）处置过程的记录与追溯

实验室需建立废弃物处置台账，记录每一批废弃物的类别、成分、收集量、储存时间、处置机构名称、处置日期、处置方式等信息，台账需保存至少 3 年，便于追溯；处置前需与专业机构签订处置协议，确认其具备相应资质（如危险废物经营许可证、医疗废物处置资质），避免委托无资质机构导致废弃物非法处置；处置后需索要处置凭证（如危险废物转移联单），确保处置流程合法合规。

五、常见误区与安全注意事项

（一）常见误区纠正

误区一：“少量废液可直接倒入下水道，用水冲净即可”

纠正：即使少量腐蚀性废液（如浓硫酸废液）倒入下水道，也会腐蚀管道；重金属废液（如含汞废液）会渗入地下水，难以降解；有机废液（如苯废液）会污染水源，危害 aquatic 生物。必须按分类收集要求处理，不可随意倾倒。

误区二：“不同类型废弃物混合收集，可减少容器使用”

纠正：酸性与碱性废液混合会产生热量，可能导致容器炸裂；易燃有机废液与氧化性废液混合会引发燃烧或爆炸；含毒废弃物与普通废弃物混合会污染整批废弃物，增加处理成本与风险。必须严格分类收集，不可混装。

误区三：“废弃玻璃器皿无试剂残留，可随意丢弃”

纠正：即使玻璃器皿看似干净，也可能残留微量有毒试剂（如内壁吸附的汞蒸气、苯蒸气），随意丢弃会导致污染；玻璃碎片易划伤处理人员，需单独收集，清洗后按可回收垃圾处理或由专业机构处置。

（二）安全注意事项

防泄漏处理：储存或搬运废弃物时，若发生液体泄漏，需立即停止操作，佩戴防护装备，用砂土、活性炭等吸收材料覆盖泄漏物，收集后放入专用容器，泄

漏区域用对应试剂清洗（如酸性泄漏用碳酸钠溶液中和，碱性泄漏用硼酸溶液中和），不可用水直接冲洗（避免扩大污染范围）。

防接触中毒：处理含毒、有机废弃物时，需佩戴齐全防护装备，避免皮肤直接接触或吸入蒸气；若不慎接触，需立即用大量清水冲洗（皮肤接触冲洗 15-20 分钟，眼睛接触冲洗 20 分钟），必要时使用解毒剂，及时就医，并告知医生废弃物成分。

防火灾爆炸：储存易燃有机废弃物时，需远离火源、电源，禁止在储存区域使用电器（如开关灯、风扇）；搬运时轻拿轻放，避免容器碰撞产生火花；若发生火灾，需用干粉灭火器或灭火毯灭火（不可用水浇灭油类或有机废液火灾），同时疏散人员，拨打消防电话。

化学实验废弃物处理是实验室安全与环保工作的重要组成部分，需通过“明确分类、规范收集、安全储存、专业处置”的全流程管理，将风险降至最低。实验人员需树立“谁产生、谁负责”的责任意识，严格遵守处理规范，既保护实验室环境与自身安全，也为环境保护贡献力量，践行绿色实验理念。

作业布置：

简述化学实验废弃物分类收集时“容器选择”的核心原则及依据；

列举化学实验废弃物储存时需遵守的两项关键规范，说明每项规范的目的。

实训十一 化学实验室设备及操作规范

授课章节	实训十一 化学实验室设备及操作规范				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
教学主要内容： 加热设备（酒精灯、电加热套等）的特性、操作规范与安全风险防控； 制冷设备（冰箱、低温冷却液循环泵）的使用要求与维护要点； 分离与计量设备（离心机、电子天平、移液器）的精准操作规范； 通风与应急设备（通风橱、洗眼器、灭火器）的功能与使用方法； 实验室设备通用操作准则与维护保养（日常维护、定期校准、报废处理）流程。					
教学目的、要求： （一）知识目标 明确各类实验室设备的核心特性与操作规范； 掌握设备维护保养的关键要点与安全风险防控方法； 了解应急设备的功能与突发情况应对流程。 （二）能力目标 能规范操作加热、分离、计量等常用实验室设备； 能识别设备操作中的违规行为，提出整改建议； 能在设备故障或突发安全事件时采取正确应对措施。 （三）素养目标 养成“先检查、再操作、后维护”的设备使用习惯； 增强设备操作中的安全意识与责任意识，杜绝违规操作； 培养严谨细致的实验态度，重视设备操作细节对实验结果的影响。 课程思政： 树立“安全操作设备、科学维护设备”的理念，践行“保障实验安全、确保数据可靠”的职业担当。					
教学重点、难点： （一）教学重点 加热、分离、计量类设备的规范操作流程与安全风险防控； 通风与应急设备的正确使用方法；					

设备日常维护与定期校准的核心要求。

（二）教学难点

结合实验场景精准选择适配设备并规范操作；

计量设备（电子天平、移液器）操作中精度控制要点的落实；

设备故障或突发安全事件（如设备漏电、试剂泄漏）的快速正确应对。

教学过程：

实训十一 化学实验室设备及操作规范

化学实验室设备是开展实验研究的核心工具，涵盖加热、制冷、分离、计量、通风等多个类别。设备操作的规范性直接影响实验结果的准确性与操作安全性，若操作不当，不仅可能导致设备损坏，还可能引发烫伤、触电、试剂泄漏等安全事故。需遵循“设备认知 - 操作规范 - 维护保养 - 安全防控”的逻辑，系统掌握各类设备的使用方法与风险管控要点。

一、加热设备：精准控温，防烫伤防干烧

加热设备是实验室最基础的设备类型，用于实现溶液升温、试剂反应、溶剂蒸发等功能，常见设备包括酒精灯、电加热套、恒温水浴锅、马弗炉等，核心操作要点围绕“控温精度、安全防护、设备保护”展开。

（一）酒精灯：明火加热基础设备

设备特性：以酒精为燃料，火焰分为外焰（温度最高，约 500-600℃）、内焰、焰心，适用于低温加热（如试管加热、烧杯加热），结构简单但需严格控制明火风险。

操作规范：

使用前检查：确认灯芯平整（露出灯壶 1-2cm，碳化需修剪）、灯壶无裂纹、酒精量为灯壶容积的 1/4-2/3（过少易烧焦灯芯，过多易溢出燃烧）；禁止使用漏液或酒精超量的酒精灯。

点火与加热：用火柴或打火机点燃，禁止用燃着的酒精灯引燃另一盏（避免酒精泼洒）；加热玻璃器皿时需垫石棉网（受热均匀，防器皿炸裂），器皿底部与外焰接触，不可用焰心加热（温度低且受热不均）；加热液体时，液体体积不超过器皿容积的 2/3，防止沸腾溢出。

熄灭与维护：用灯帽盖灭，禁止用嘴吹灭（避免火焰倒吸）；盖灭后轻提灯

帽一次（平衡气压，便于下次打开）；使用后清理灯壶外残留酒精，存放于阴凉通风处，远离火源与易燃试剂。

安全风险：酒精泼洒燃烧时，立即用湿抹布覆盖灭火，不可用水浇灭；若灯壶炸裂，立即停止使用，清理碎片并更换设备。

（二）电加热套：无明火控温设备

设备特性：通过电热丝发热，外层包裹保温材料，适用于圆底烧瓶加热（如蒸馏、回流反应），控温范围通常为室温 - 400℃，无明火，安全性高于酒精灯，需搭配温度控制器使用。

操作规范：

使用前检查：确认加热套无破损（电热丝无裸露）、电源线无老化、温度控制器显示正常；根据烧瓶规格选择适配的加热套（烧瓶容积与加热套容积一致，避免受热不均）。

加热操作：将烧瓶放入加热套，确保烧瓶底部与加热套底部贴合（无悬空）；连接温度控制器，设定目标温度（升温速率 $\leq 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，避免骤热）；加热过程中实时观察温度显示，禁止超温使用（如加热套额定最高温度 400℃，不可设定 450℃）；若加热易燃试剂，需在通风橱内操作，远离火源。

关闭与维护：实验结束后，先关闭温度控制器，待加热套冷却至室温（ $\leq 50^{\circ}\text{C}$ ）后断开电源；清理加热套表面残留试剂（用干布擦拭，不可用水冲洗）；长期不用时，存放于干燥处，避免受潮导致短路。

安全风险：若出现温度失控（实际温度远超设定值），立即断开电源，检查温度控制器与加热套连接是否正常；禁止空烧（无烧瓶时通电，易导致电热丝烧毁）。

（三）恒温水浴锅与马弗炉

恒温水浴锅：适用于 100℃ 以下的恒温加热（如溶解度测定、样品保温），操作前需检查水位（高于加热管，防干烧），设定温度后待水温稳定（指示灯由红变绿）再放入样品，加热过程中补充热水（不可加冷水），避免温度骤降。

马弗炉：用于高温灼烧固体（如金属氧化物制备、重量分析），控温范围室温 - 1200℃，使用前检查炉膛无杂质、热电偶连接正常，灼烧样品需放入瓷坩埚，禁止灼烧易燃、易爆或腐蚀性样品；升温时缓慢加热（避免炉膛开裂），使用后

待炉膛冷却至 200℃以下再打开炉门，防止烫伤。

二、制冷设备：低温控制，防泄漏防冻伤

制冷设备用于实现低温环境，满足低温反应、样品保存、溶剂冷却等需求，常见设备包括冰箱、低温冷却液循环泵、冷冻干燥机等，核心风险为制冷剂泄漏、低温冻伤、设备过载。

（一）实验室冰箱：样品储存设备

设备特性：分为普通冰箱（0-8℃，存放试剂、样品）与低温冰箱（-20℃/-80℃，存放易变质、易降解样品），严禁存放食品与易燃试剂（如乙醚、丙酮，易挥发引发爆炸）。

操作规范：

使用前检查：确认冰箱运行正常（制冷效果良好，无异常噪音）、密封条无损坏（防冷气泄漏）、内部无异味（若有异味，用活性炭吸附清理）。

存放操作：样品与试剂需密封（防止交叉污染与受潮），标注名称、浓度、存放日期；分类存放（如酸性试剂、碱性试剂分开，有毒试剂单独存放）；普通冰箱内禁止存放低沸点易燃试剂（如乙醇、甲醇，挥发后浓度过高易爆炸）；低温冰箱存放样品需用防漏容器，避免样品解冻后液体泄漏。

维护与安全：定期清理冰箱（每月 1 次，移除过期样品）；若冰箱故障（温度升高），立即转移样品至备用冰箱；禁止频繁开关冰箱门（避免冷气流失，增加能耗）。

（二）低温冷却液循环泵：低温控温设备

设备特性：通过制冷剂循环实现低温，可连接反应釜、冷凝管等，提供 -80℃至室温的低温环境，适用于低温反应（如格氏反应）、溶剂冷却，需使用专用冷却液（如乙二醇水溶液、乙醇溶液）。

操作规范：

使用前检查：确认冷却液液位在规定范围（高于最低液位线，低于最高液位线）、管路无泄漏、电源线连接正常；根据目标温度选择适配的冷却液（如 -20℃以下用乙醇溶液，-20℃以上用乙二醇水溶液）。

运行操作：打开设备电源，设定目标温度（降温速率 $\leq 3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，避免设备过载）；待温度稳定后连接外部设备（如冷凝管），检查管路连接处是否泄漏；

运行过程中观察冷却液液位（若下降，及时补充同类型冷却液，不可混用）；禁止在无冷却液时启动设备（易烧毁压缩机）。

关闭与维护：实验结束后，先关闭循环泵，待冷却液温度回升至 0℃ 以上后断开电源；长期不用时，排空冷却液（防止低温结冰胀裂管路），存放于干燥处。

安全风险：若出现冷却液泄漏，立即停止运行，清理泄漏液体（避免人员滑倒），检查管路接口并更换密封件；接触低温管路时佩戴防冻手套，防止冻伤。

三、分离与计量设备：精准操作，防误差防损坏

分离设备用于混合物的提纯与分离，计量设备用于实验数据的精确测量，两类设备对操作精度要求高，操作不当易导致实验误差或设备损坏。

（一）分离设备：离心机、抽滤装置

离心机：用于固液分离（如沉淀分离、细胞分离），按转速分为低速离心机（ $\leq 5000\text{rpm}$ ）、高速离心机（ $\leq 20000\text{rpm}$ ），核心操作要点为“平衡对称、规范调速”。

操作规范：样品需放入离心管，离心管内液体体积一致（差异 $\leq 0.1\text{mL}$ ，避免离心时失衡）；将离心管对称放入转子（若样品数为奇数，用空白离心管补平）；设定转速与时间（转速不可超过转子额定最高转速，如转子标有“max 10000rpm”，不可设 12000rpm）；启动后观察离心机运行状态（无剧烈震动、无异常噪音），若出现失衡，立即按下急停按钮；离心结束后，待转子完全停止（转速显示为 0）再打开盖子，禁止强行开盖。

维护与安全：使用后清理转子与离心管（用清水冲洗，腐蚀性样品需用对应试剂中和后清洗）；定期检查转子磨损情况（若有裂纹，立即更换）；禁止离心易燃、易爆样品（如乙醚溶液，高速旋转易产生静电引发爆炸）。

抽滤装置：由布氏漏斗、抽滤瓶、真空泵组成，用于快速固液分离（如晶体过滤），操作前检查真空泵真空度（正常真空度 $\geq 0.08\text{MPa}$ ）、抽滤瓶无裂纹、滤纸大小适配（覆盖漏斗底部，边缘不超过漏斗刻度）；抽滤时先开真空泵，再倒入混合物，控制流速（避免混合物溢出）；结束后先断开抽滤瓶与真空泵的连接，再关真空泵（防止倒吸）；清理时不可用硬物敲击布氏漏斗（避免损坏瓷质）。

（二）计量设备：电子天平、移液器

电子天平：用于固体试剂的精确称量，精度分为万分之一天平（0.1mg）、

千分之一天平（1mg）、百分之一天平（10mg），需放置在水平、防震的台面上，避免气流与温度波动影响精度。

操作规范：使用前检查天平水平仪（气泡在中心，若偏移，调节地脚螺栓）、秤盘清洁（无残留试剂）、校准状态（定期用标准砝码校准，确保精度）；称量时关闭天平门（防气流干扰），先去皮（按“TAR”键），再放入样品（样品需放在称量纸或称量瓶中，禁止直接接触秤盘）；称量易吸潮、易挥发样品时，使用带盖称量瓶，快速操作（减少误差）；禁止超载（称量质量不超过天平额定量程，如 200g 天平不可称 250g 样品）。

维护与安全：使用后清理秤盘（用软毛刷扫去残留粉末），关闭天平门，断开电源；避免液体溅入天平内部（若溅入，立即断电，用干布吸干）；长期不用时，盖上防尘罩。

移液器：用于液体体积的精确移取，规格分为 0.1-10 μL 、10-100 μL 、100-1000 μL 等，需根据移取体积选择适配规格（如移取 50 μL 液体，选择 10-100 μL 移液器，不可用 100-1000 μL 移液器，误差过大）。

操作规范：使用前检查移液器吸头是否适配（无松动、无漏液）、量程调节是否正确（调节时按住量程按钮，缓慢旋转，不可超量程调节）；吸液时移液器垂直，吸头浸入液体深度 1-2cm（不可过深，避免吸头外壁沾液），缓慢松开按钮（防液体吸入移液器内部）；放液时吸头紧贴容器壁，按至第一停点，停留 1-2 秒，再按至第二停点（排空液体）；使用后将移液器调至最大量程，垂直存放（避免液体倒流）。

维护与安全：禁止用移液器吸取腐蚀性液体（如浓盐酸、浓硝酸，会腐蚀内部组件）；吸头一次性使用，不可重复使用（避免交叉污染）；定期校准（每 3 个月 1 次，确保移取精度）。

四、通风与应急设备：环境保障，防污染防事故

通风与应急设备是实验室安全的“防护屏障”，用于排出有毒气体、处理突发事故，常见设备包括通风橱、洗眼器、紧急喷淋装置、灭火器等，需确保设备功能正常，人员熟练掌握使用方法。

（一）通风橱：有毒气体排放设备

设备特性：通过排风系统将实验产生的有毒、有害气体排出，分为顶吸式、

侧吸式，适用于操作挥发性试剂、有毒气体（如氯气、氨气）、易燃试剂，核心指标为风速（0.5-0.8m/s，风速过低无法有效排风，过高易导致试剂飞溅）。

操作规范：

使用前检查：确认通风橱排风正常（开启后感受风口风速，或用风速仪测量）、台面无残留试剂、玻璃视窗可正常升降；实验装置放置在通风橱内 1/3 区域（靠近风口，排风效果最佳），禁止超出通风橱范围。

操作过程：升降玻璃视窗至合适高度（约 15-20cm，既保证操作空间，又确保排风效率）；操作挥发性试剂时，动作缓慢（避免试剂快速挥发）；实验过程中禁止关闭通风橱（即使短暂离开，也需保持排风）；禁止在通风橱内放置无关物品（如水杯、书包，影响排风）。

关闭与维护：实验结束后，保持通风橱运行 5-10 分钟（确保残留气体排净），再关闭电源；清理台面（用专用清洁剂擦拭，去除残留试剂）；定期检查排风系统（每半年 1 次，清理滤网，确保风速达标）。

安全风险：若通风橱故障（无风或风速过低），立即停止操作，转移实验装置至安全区域，报修后再继续；禁止在通风橱内进行产生大量粉尘的操作（如研磨固体，粉尘易堵塞滤网）。

（二）应急设备：突发事故处理工具

洗眼器与紧急喷淋装置：用于试剂溅入眼睛或接触皮肤时的紧急处理，安装在实验区域 10 秒步行范围内，洗眼器需每周检查（开启后出水均匀，无断流），紧急喷淋装置每月检查（水流覆盖全身，无死角）；使用时，若试剂溅入眼睛，立即翻开眼睑，按压洗眼器开关，冲洗至少 20 分钟（转动眼球，确保全面冲洗）；若试剂接触皮肤，立即脱去衣物，开启紧急喷淋，冲洗至少 15 分钟（腐蚀性试剂需延长冲洗时间）。

灭火器与灭火毯：灭火器分为干粉灭火器（适用于油类、电器火灾）、二氧化碳灭火器（适用于电器、精密仪器火灾），需放置在明显、易取用的位置（如实验室门口），每月检查压力（指针在绿色区域，压力正常）；灭火毯用于覆盖小型火灾（如酒精燃烧），使用时双手握住灭火毯边缘，快速覆盖火焰（不可用力甩动，避免火焰扩散）；若火势较大，立即拨打消防电话，疏散人员。

五、设备通用操作规范与维护保养

（一）通用操作准则

岗前培训：使用设备前必须接受培训，熟悉设备结构、操作流程、安全风险，考核合格后方可独立操作（尤其是高危设备，如马弗炉、高速离心机）；禁止操作不熟悉的设备（即使外观相似，也可能存在操作差异）。

设备检查：每次使用前必做“三查”——查设备外观（无破损、无老化）、查功能状态（开关正常、显示正常）、查配套配件（如移液器吸头、离心机转子，是否适配完好）；发现问题立即报修，禁止“带病”使用。

操作记录：建立设备使用台账，记录使用日期、使用者、实验内容、设备运行状态（正常 / 异常），异常情况需详细记录（如故障现象、处理措施），便于追溯与维护。

（二）维护保养要点

日常维护：每次使用后清理设备表面（去除残留试剂、粉尘），活动部件定期润滑（如移液器活塞、离心机转子轴，用专用润滑剂），避免生锈或卡顿；电气设备保持干燥（避免受潮短路），电源线整理规范（避免缠绕、挤压）。

定期校准：计量设备（电子天平、移液器、温度计）每 3-6 个月校准 1 次，分离设备（离心机、移液器）每半年校准 1 次，确保设备精度；校准需由专业人员操作，记录校准结果，不合格设备及时维修或更换。

报废处理：设备达到使用年限（如电子天平使用 5-8 年，离心机使用 8-10 年）或无法修复时，按实验室规定报废，不可随意丢弃（尤其是含有有害物质的设备，如冰箱压缩机含制冷剂，需专业机构处理）；报废前清理设备内残留试剂，标注“报废待处理”。

化学实验室设备及操作规范是实验安全与数据可靠的核心保障，需通过“认知设备特性 - 掌握操作流程 - 落实维护保养 - 强化安全意识”的学习路径，将规范操作融入每一步实验环节。实验人员需树立“设备即工具，安全是前提”的理念，既发挥设备的功能价值，又杜绝因操作不当引发的安全风险，确保实验室工作安全、高效开展。

作业布置：

简述实验室设备使用前“三查”（查外观、查功能、查配件）的具体内容与目的；列举加热设备操作中需遵守的两项安全规范，说明每项规范的作用。

实训十二 化学实验事故预防与应急处置

授课章节	实训十二 化学实验事故预防与应急处置				
课时安排	3	授课方式	实验+讲授	授课类型	实训课
教学主要内容： 化学实验事故的常见类型及各类别的成因分析； 化学实验事故预防体系构建（实验前、实验中、实验后）的核心要点； 典型事故（火灾爆炸、试剂泄漏、人员伤害）的应急处置流程； 应急处置的通用原则与注意事项（防护、上报、演练等）。					
教学目的、要求： （一）知识目标 明确化学实验事故的主要类型与核心成因； 掌握事故预防全流程要点与典型事故应急处置方法； 了解应急处置的通用原则与注意事项。 （二）能力目标 能在实验前识别潜在风险，制定针对性预防措施； 能在事故发生时，按规范对典型事故进行应急处置； 能识别实验中可能引发事故的违规行为，提出整改建议。 （三）素养目标 养成“预防优先、科学应急”的实验安全意识； 增强面对事故时的冷静应对能力，杜绝慌乱操作； 培养对自身及他人安全负责的实验责任担当。 课程思政： 树立“安全第一、生命至上”的实验理念，践行“守护实验室安全、保障人员健康”的职业责任。					
教学重点、难点： （一）教学重点 化学实验事故预防体系的全流程构建要点； 火灾爆炸、人员伤害类事故的规范应急处置流程； 应急处置中个人防护与风险控制的核心要求。 （二）教学难点					

结合实验场景精准识别潜在风险，制定有效预防措施；
事故突发时（如试剂泄漏、烫伤）快速且规范的应急响应；
多人协作处置事故时的分工协调与高效配合。

教学过程：

实训十二 化学实验事故预防与应急处置

化学实验过程中，因试剂特性复杂、设备操作不当、安全意识薄弱等因素，易引发火灾、爆炸、试剂泄漏、烫伤、中毒等事故。事故不仅会破坏实验设备、影响实验进程，更可能造成人员伤亡与环境污染。需构建“预防为主、应急为辅”的安全管理体系，通过精准预判风险、严格规范操作实现事故预防，同时掌握科学应急处置方法，最大程度降低事故危害。

一、化学实验事故的常见类型与成因分析

明确事故类型与成因是预防工作的基础，化学实验事故按“危害形式”可分为火灾爆炸类、试剂泄漏类、人员伤害类（烫伤、中毒、划伤）三大类，不同类型事故的诱发因素存在显著差异，需针对性识别风险点。

（一）火灾爆炸类事故：风险等级最高

火灾爆炸类事故多因易燃试剂使用不当、明火管控不严、设备故障引发，常见场景包括：

易燃试剂挥发遇明火：乙醚、丙酮、乙醇等易燃液体，挥发性强且闪点低（乙醚闪点 -45°C ，乙醇闪点 13°C ），若敞口存放或倾倒时产生蒸气，遇酒精灯火焰、电火花（如开关电器）即会燃烧；若蒸气在密闭空间（如通风不良的实验室）达到爆炸极限（如乙醇蒸气爆炸极限 3.3%-19%），遇火源会引发爆炸。

试剂混合反应放热：强氧化性试剂（高锰酸钾、氯酸钾）与还原性试剂（硫磺、锌粉）混合，或浓酸与浓碱直接混合（如浓硫酸与浓氢氧化钠），会快速释放大量热量，导致局部温度骤升，引燃周边易燃物质或使试剂自身沸腾飞溅，引发火灾；部分试剂混合还会产生易燃易爆气体（如锌与稀盐酸反应产生氢气，氢气遇明火爆炸）。

设备故障过热：电加热套、恒温水浴锅等电气设备若电源线老化、短路，或加热元件损坏（如电热丝裸露），会因过热引燃设备外壳或周边试剂；高压反应釜若压力控制不当（超压运行），会导致釜体破裂，内部易燃试剂泄漏引发爆炸。

（二）试剂泄漏类事故：污染与伤害源头

试剂泄漏类事故多因容器破损、操作失误、储存不当导致，主要包括：

液体试剂泄漏：玻璃试剂瓶（如浓硫酸、浓盐酸瓶）因碰撞破裂、瓶塞未塞紧，或移液管、滴定管操作时脱落，导致腐蚀性、有毒液体泄漏；高压钢瓶（如氯气、氨气钢瓶）若阀门损坏、接口密封不良，会导致有毒气体泄漏，在实验室积聚引发中毒风险。

固体试剂泄漏：剧毒固体（如氰化钾、三氧化二砷）因包装破损、取用操作不当（如药匙掉落），导致粉末散落；易潮解、易氧化固体（如氢氧化钠、金属钠）泄漏后，会吸收空气中水分或与氧气反应，产生腐蚀性物质（如氢氧化钠潮解后形成强碱性溶液），污染台面与设备。

（三）人员伤害类事故：直接安全威胁

人员伤害类事故多因操作不规范、防护不到位引发，常见类型包括：

烫伤：明火加热时玻璃器皿（如烧杯、烧瓶）炸裂，高温液体飞溅接触皮肤；电加热设备（如马弗炉、电加热套）表面温度过高，未戴隔热手套直接接触；沸水浴、热油浴操作时，液体溢出溅到手部或手臂。

中毒：操作挥发性有毒试剂（如苯、氯仿）时未在通风橱内进行，吸入有毒蒸气；取用剧毒试剂（如氰化钾）时未戴手套，皮肤直接接触导致吸收中毒；实验废液未分类处理，挥发性有毒物质（如含汞废液）释放，长期接触引发慢性中毒。

划伤与腐蚀：破碎玻璃器皿（如试管、烧杯碎片）未及时清理，手部接触划伤；腐蚀性试剂（如浓硫酸、氢氟酸）泄漏后未及时处理，接触皮肤或溅入眼睛，造成化学灼伤。

二、化学实验事故的预防体系构建

事故预防需贯穿实验全流程（实验前、实验中、实验后），从风险预判、操作规范、防护保障、环境管控四个维度建立防控机制，将风险消除在萌芽阶段。

（一）实验前：风险预判与准备

方案审核与风险评估：实验前需详细审核实验方案，识别涉及的危险试剂（如易燃、剧毒、腐蚀性试剂）与高危操作（如高温加热、高压反应），评估风险等级（如“高风险”“中风险”“低风险”），制定针对性防控措施（如高风险

实验需双人在场，中风险实验需提前演练应急流程）；禁止开展无方案、无风险评估的实验。

试剂与设备检查：检查试剂标签（确认名称、纯度、有效期，无标签或标签模糊试剂禁止使用），观察试剂状态（如液体是否浑浊、固体是否潮解，变质试剂立即停用）；检查设备外观（如玻璃器皿无裂纹、电气设备无破损、高压钢瓶阀门完好），测试设备功能（如通风橱排风正常、洗眼器出水均匀、灭火器压力达标），确保设备“无故障、可安全运行”。

防护装备准备：根据实验风险配备适配防护装备——操作易燃试剂需准备灭火毯、干粉灭火器；操作腐蚀性试剂需佩戴耐酸碱手套、防护眼镜、防护服；操作有毒试剂需佩戴防毒面具、耐毒手套；实验区域需确保应急设备（洗眼器、紧急喷淋、急救箱）在 10 秒步行范围内，且功能正常。

（二）实验中：规范操作与实时监控

严格遵循操作流程：加热操作时，玻璃器皿需垫石棉网（防炸裂），液体体积不超过容器容积 2/3（防溢出），加入沸石防暴沸；试剂取用后立即盖紧瓶塞，标签朝向手心（防腐蚀标签），禁止用嘴吸移液管（需用吸耳球）；电气设备使用前检查电源线，禁止湿手操作（防触电），离开岗位时关闭电源；高压钢瓶使用时固定在支架上，缓慢开启阀门（防气体冲击），使用后及时关闭。

实时监控实验状态：实验过程中需集中注意力，密切观察试剂反应（如是否有异常放热、产气、变色）与设备运行情况（如温度、压力是否稳定），禁止嬉戏打闹或擅自离开岗位；若发现异常（如试剂剧烈反应、设备异响），立即停止操作，采取初步防控措施（如关闭电源、移开周边易燃试剂），必要时疏散人员并上报。

控制实验环境风险：保持实验室通风良好（通风橱全程开启，门窗适度打开），避免有毒、易燃蒸气积聚；实验台面整洁有序，试剂与设备分类摆放（易燃试剂远离火源，酸性与碱性试剂分开），无关物品（如水杯、书包）禁止放入实验区域；禁止在实验室内饮食、饮水（防试剂污染食物），禁止穿拖鞋、短裤（防皮肤暴露），长发需束起（防卷入设备）。

（三）实验后：清理与溯源管理

规范清理实验现场：实验结束后，及时清理台面（用专用清洁剂擦拭残留试

剂，破碎玻璃放入专用废品箱），分类处理实验废弃物（如废液倒入对应收集桶，固体残渣按类别存放），禁止随意倾倒或丢弃；关闭电源、水源、气源（如关闭酒精灯、电加热设备电源，拧紧试剂瓶塞、高压钢瓶阀门），确保无安全隐患。

设备维护与记录：清洁实验设备（如清洗玻璃器皿、擦拭电气设备表面），进行日常维护（如移液器调至最大量程存放，电子天平盖上防尘罩）；记录实验过程与设备使用情况（如设备运行状态、是否出现异常），若发现设备故障或试剂异常，及时报修并标注“待维修”“待更换”，禁止后续使用。

事故隐患溯源：若实验过程中出现轻微异常（如少量试剂泄漏、设备短暂异响），即使未引发事故，也需追溯原因（如是否操作不当、设备是否老化），制定改进措施（如加强操作培训、更换老化设备）；定期开展实验室安全检查（每周 1 次），排查试剂储存、设备运行、应急设施等方面的隐患，建立整改台账，确保隐患“发现即处理”。

三、典型化学实验事故的应急处置流程

尽管通过预防可大幅降低事故发生率，但仍需掌握典型事故的应急处置方法，确保事故发生时能快速、科学应对，减少伤害与损失。应急处置需遵循“先保人、后控险、再清理”的原则，优先保障人员安全，再控制事故扩散，最后清理现场。

（一）火灾爆炸事故：快速灭火与疏散

初期小火处置：若易燃试剂（如乙醇、乙醚）少量泄漏燃烧，立即用湿抹布或灭火毯覆盖火焰（隔绝空气灭火），不可用水浇灭（易燃液体密度小于水，会浮在水面继续燃烧）；若电气设备（如电加热套）起火，先断开电源，再用干粉灭火器灭火（不可用二氧化碳灭火器，避免设备受潮短路）；若酒精灯打翻燃烧，立即用灯帽盖灭或灭火毯覆盖，禁止慌乱中打翻其他试剂瓶。

较大火灾处置：若火势蔓延（如台面多瓶试剂燃烧），立即按下实验室火灾报警按钮，拨打消防电话（说明实验室位置、火灾类型、是否有人员被困），同时组织人员疏散（沿应急通道撤离，不可乘坐电梯）；撤离前关闭实验室门窗（防止火势扩大与有毒气体扩散），携带应急物品（如急救箱、手机）；消防员到达后，协助说明实验室试剂类型（如是否有易燃易爆、有毒试剂），便于针对性灭火。

爆炸后处置：若发生爆炸（如高压反应釜破裂、试剂混合爆炸），立即检查是否有人员受伤（如是否被碎片划伤、是否吸入有毒气体），受伤人员优先转移至安全区域，进行初步急救（如止血、清洗伤口）；待爆炸停止、无二次爆炸风险后，关闭周边电源、气源，用灭火设备扑灭余火；禁止立即进入爆炸现场（防止建筑坍塌或有毒气体残留），需通风一段时间后，在佩戴防护装备的前提下清理现场。

（二）试剂泄漏事故：控源与无害化处理

液体试剂泄漏处置：

腐蚀性试剂（如浓硫酸、浓氢氧化钠）泄漏：立即佩戴耐酸碱手套、防护眼镜，用干燥的砂土或碳酸钠粉末（酸性泄漏用）、硼酸粉末（碱性泄漏用）覆盖泄漏区域（中和腐蚀性，防止扩散），待反应稳定后，用专用工具收集残渣，放入对应废弃物桶；若泄漏量较大，在泄漏区域周边放置沙袋或防漏围堤，防止液体扩散至其他区域；若试剂溅到台面或地面，用大量清水冲洗（腐蚀性试剂需先中和再冲洗），避免残留。

有毒试剂（如含汞、含氰废液）泄漏：立即佩戴防毒面具、耐毒手套，用专用吸附材料（如活性炭、硫磺粉，汞泄漏用硫磺粉形成硫化汞）覆盖泄漏物，收集后放入密封容器，标注“有毒废弃物”，由专业机构处置；泄漏区域通风 24 小时以上，确保有毒蒸气排净，再进行后续清理。

气体试剂泄漏处置：

有毒气体（如氯气、氨气）泄漏：立即开启实验室所有通风设备（通风橱、排风扇），关闭气体钢瓶阀门（若泄漏源为钢瓶），人员向逆风方向撤离（避免吸入气体）；若泄漏量较小，待气体排净后，检查钢瓶阀门与接口，更换密封件；若泄漏量较大，立即疏散周边人员，拨打应急电话，由专业人员到场处置（如用喷雾水枪稀释气体，或用化学试剂吸收，如氯气用氢氧化钠溶液吸收）。

（三）人员伤害事故：优先急救与就医

烫伤处置：轻度烫伤（皮肤发红、疼痛）：立即用流动冷水冲洗烫伤部位 15-20 分钟（降低皮肤温度，减轻损伤），不可涂抹牙膏、酱油（易引发感染），可涂抹烫伤膏；重度烫伤（皮肤起水泡、破损）：用无菌纱布轻轻覆盖伤口（避免摩擦破损），立即就医，不可挑破水泡；若高温液体溅入衣物，需快速脱去衣物（或

用剪刀剪开，避免撕扯加重损伤），再进行冷水冲洗。

中毒处置：

吸入中毒（如苯、氯仿蒸气）：立即将中毒人员转移至空气新鲜处，解开衣领，保持呼吸道通畅；若出现呼吸困难，给予吸氧；若呼吸停止，立即进行人工呼吸（施救者需佩戴防毒面具，避免自身中毒），同时拨打急救电话。

皮肤接触中毒（如氰化钾、氢氟酸）：立即脱去被污染衣物，用大量流动清水冲洗接触部位 20 分钟以上（氢氟酸接触需用葡萄糖酸钙软膏涂抹后再冲洗）；若试剂为强腐蚀性，冲洗后用中和试剂处理（如酸性试剂用 5% 碳酸氢钠溶液，碱性试剂用 2% 硼酸溶液），立即就医，并携带试剂标签（便于医生判断中毒类型）。

误食中毒（如误食有毒试剂）：立即催吐（若试剂非腐蚀性、非挥发性，如固体有毒试剂，可刺激舌根部催吐），携带试剂标签就医，不可自行服用解毒剂（避免加重病情）。

划伤与化学灼伤处置：

玻璃划伤：立即用干净纱布按压伤口止血，若有玻璃碎片残留，不可自行取出（避免加重损伤），就医由医生清理；止血后用碘伏消毒伤口，涂抹抗生素软膏，包扎处理。

试剂溅入眼睛：立即翻开眼睑，按压洗眼器开关，用大量流动清水或生理盐水冲洗至少 20 分钟（转动眼球，确保上下眼睑内侧、眼球表面充分冲洗），冲洗过程中不可揉搓眼睛；冲洗后立即就医，告知医生试剂类型，便于针对性治疗。

四、应急处置的通用原则与注意事项

保持冷静，有序应对：事故发生时，禁止慌乱（如盲目奔跑、随意丢弃试剂），需快速判断事故类型与风险等级，按预设流程处置；若多人在场，需明确分工（如一人负责报警，一人负责急救，一人负责控制事故扩散），确保处置高效。

做好个人防护，避免二次伤害：应急处置时必须佩戴适配的防护装备（如灭火时戴隔热手套，处理有毒试剂时戴防毒面具），禁止无防护直接接触事故源（如徒手清理泄漏的浓硫酸、直接接触燃烧的试剂），避免自身受伤或中毒。

及时上报，记录溯源：事故处置后，需立即向实验室负责人或学校安全管理部门上报，说明事故类型、原因、处置过程、伤亡与损失情况；建立事故台账，

记录详细信息，分析事故原因，制定改进措施（如加强操作培训、更换老化设备），避免同类事故再次发生。

定期演练，提升能力：实验室需每学期组织 1-2 次应急演练（如火灾疏散演练、试剂泄漏处置演练），让实验人员熟悉应急流程、掌握设备使用方法（如灭火器操作、洗眼器使用）；演练后总结不足，优化应急方案，确保应急处置能力持续提升。

化学实验事故预防与应急处置是实验室安全管理的核心内容，需将“安全第一”的理念融入实验全流程，通过“预防为主”降低事故风险，通过“科学应急”减少事故危害。实验人员需主动学习安全知识，强化安全意识，规范操作行为，既保护自身安全，也维护实验室整体安全环境，为实验研究的顺利开展提供坚实保障。

作业布置：

简述实验前构建事故预防体系需开展的两项核心工作（风险评估、防护准备）及各自的关键要求；

列举火灾爆炸事故初期处置需遵守的两项规范，说明每项规范的目的。