

BUILD A SAFETY DEFENCE, CREATE A SAFE CAMPUS  
筑牢安全防线，共创平安校园

# 实验室安全手册

## ——使用化学品的实验室

上海大学实验室与设备管理处于2022年9月第1次印刷并赠阅。  
保留所有权利。未经事先书面许可，本手册的全部或部分不得  
以任何形式或方式复制或传播。

本手册中分享的所有案例来源于网络，每个案例的学习要点并  
非详尽无遗，仅用于学习目的。

该手册可在上海大学实验室与管理处获取。

网站：[HTTPS://SBC.SHU.EDU.CN/](https://sbc.shu.edu.cn/)

电子邮件：[SYSAQ@OA.SHU.EDU.CN](mailto:SYSAQ@OA.SHU.EDU.CN)

# 序言

## PREFACE

## 实验室安全手册

高校实验室的建设和管理水平在人才培养、科学研究和社会服务活动中发挥了越来越重要的作用，已成为推动高校跨越式发展的重要动力，是提高高校核心竞争力的必要条件，尤其随着社会转型、生产力升级以及高等教育强国战略的实施，实验室愈来愈显现出其重要性和不可替代性。随着我国高等教育事业的快速发展，高校实验室建设投入持续增加，实验室贵重仪器设备、危险物质种类与数量、隐含危险的实验操作等越来越多，实验室对外开放程度也不断提高，存在许多安全隐患，实验室的安全管理成为实验室管理的基础和重要部分。

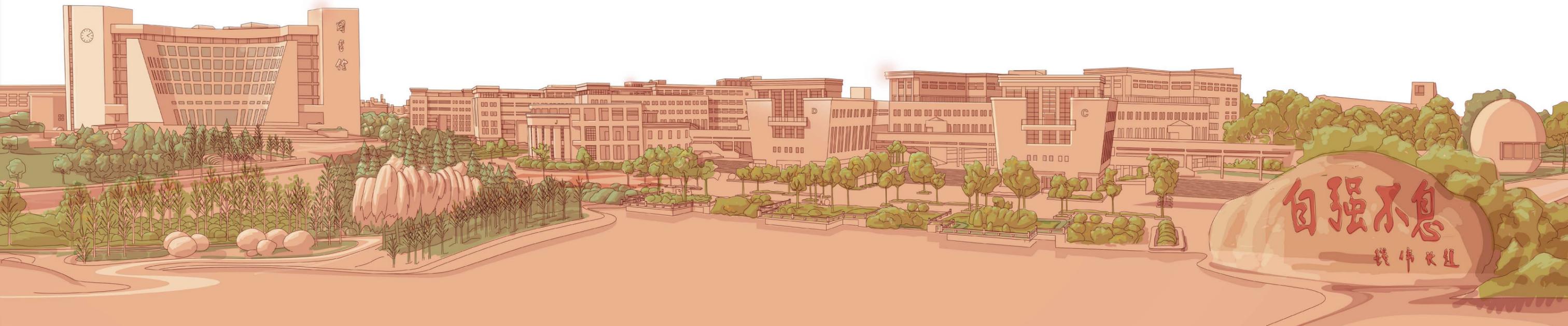
化学品已成为人类生产和生活不可缺少的一部分。随着人类生产和生活的不断发展和提高，人类使用化学品的品种、数量在迅速地增加。化学是一门以实验为基础的科学，通过实验研究物质的组成、性质及变化规律。然而，由于危险化学品的不稳定性、反应的不确定性等因素的存在，化学实验室中可能存在危险化学品泄漏、爆炸、辐射、火灾、触电等诸多危险。我们中的一些人可能目睹过不安全的行为或小事故，然而，我们并未真正关心过这些行为或事故，也没有将其视为改进自我行为的机会。理论上说所有的意外伤害都是可以预防的。因而，化学实验室的实验人员在开展实验前应考虑到将使用到的化学品的健康、物理和环境危害，并谨慎地开展工作。

上海大学实验室与设备管理处归口管理全校的实验室条件建设与安全工作，负责全校实验室的条件建设，实验室安全管理。在实验室安全管理过程中，我们深感针对高校化学实验室的普遍情况，为实验人员编写一本具有指导性的手册是非常必要的。

本手册系统地介绍了高校化学实验室的基本安全知识和风险管理方法，提供了有关实验室环境中化学品安全获取、储存、转移、使用和废物处理的详细信息，以及应对化学品事故时所需要的应急救援措施及建议。本手册适用于高校任何处理化学品的实验室，特别是教学实验室的安全与健康方面的问题。

本手册由方建慧、邓小勇、陈建铭、李响妹、赵婉婷、史翼、黄坚和李俊编写，手册编写过程中参考了相关的法律法规、图书和网络资源等，在此向所有作者一并致谢；在编写过程中得到了黄雷、王冠、赵珍珍、闫永生、李源和常庆等老师大力、无私的帮助，在此谨表真诚的谢意。

限于编者水平和经验，对于书中不妥之处，恳请广大师生批评、指正。实验室是高校的基本组成单元，需要每一个参与者的守护，我们衷心希望每一位实验人员能够学习安全知识，强化安全意识，提高防范自救能力，让我们共同努力，筑牢安全防线，共创平安校园。



# 实验室安全重要指南

## 如果你看到有人在应急喷淋或洗眼设备下面

- (1) 如果受害者独自一人，保持距离协助
- (2) 如有需要，拨打120呼叫救护车
- (3) 如有需要，协助该人员脱掉被污染的衣服，注意自身不要被污染
- (4) 建议人员使用应急喷淋或洗眼设备清洗至少10 min以防受到氢氟酸（HF）污染，其他化学物质至少冲洗15 min
- (5) 如果化学品是氢氟酸（HF），需要戴干净的手套之后再协助受害者使用葡萄糖酸钙凝胶
- (6) 获取化学品安全技术说明书（SDS）并交给应急小组或消防部门
- (7) 通知实验室安全负责人

## 如果你的皮肤沾上了化学物质

- (1) 寻找最近的应急喷淋或洗眼设备，拉下手柄或者按下按钮启动
- (2) 寻求帮助，但仍保证自己在应急喷淋或洗眼设备下面

## 如果发生火灾

- (1) 拉下位于紧急出口的火灾报警器
- (2) 立即撤离大楼
- (3) 撤离的同时通知楼内其他人
- (4) 在楼外紧急集合点前集合

## 如果发生有毒气体泄漏

- (1) 按下“紧急气体关闭”按钮
- (2) 立即撤离大楼
- (3) 撤离的同时通知楼内其他人
- (4) 在楼外紧急集合点前集合

### 紧急联系人

火警报警电话：119

公安报警电话：110

医疗急救电话：120

校园内一切紧急事故，请优先向所在学院及学校保卫处报告

保卫处联系方式：

宝山校区：66134278

延长校区：56331897

嘉定校区：69982400

如遇实验室安全事故，同时联系实验室与设备管理处

宝山校区：66133501、66132950

化学品采购及实验室危险废物处置，联系实验室与设备管理处

宝山校区：66133645

延长校区：56339565

嘉定校区：69982717

# 目录

## 1. 绪论

- 1.1. 化学实验室安全重要性 ..... 1
- 1.2. 化学实验室安全应注意的基本事项 ..... 2
- 1.3. 化学实验室风险管理 ..... 3
- 1.4. 化学实验室安全管理的相关法律法规 ..... 12
- 1.5. 化学实验室常见安全事故类型及原因分析 ..... 12

## 2. 危险化学品安全防护基础知识

- 2.1. 危险化学品的分类 ..... 18
- 2.2. 化学品安全标签的配置 ..... 22
- 2.3. 实验室化学品的毒性效应 ..... 26
- 2.4. 易燃、反应性和爆炸性危险 ..... 33
- 2.5. 纳米材料 ..... 42
- 2.6. 生物危害 ..... 44
- 2.7. 辐射危害 ..... 45

## 3. 实验室处理化学品的风险控制措施

- 3.1. 化学品获取 ..... 49
- 3.2. 化学品储存 ..... 50
- 3.3. 化学转移 ..... 65
- 3.4. 化学使用 ..... 68
- 3.5. 化学实验室废物处理 ..... 82

## 4. 化学品事故应急救援

- 4.1. 应急救援预案 ..... 88
- 4.2. 紧急疏散 ..... 89
- 4.3. 化学品泄漏控制 ..... 90
- 4.4. 身体去污 ..... 92
- 4.5. 消防 ..... 94
- 4.6. 化学品暴露的急救 ..... 98
- 4.7. 事件报告 ..... 101

5. 参考资料 .....	102
---------------	-----

## 6. 附录

附录A: 实验室安全相关法律法规、行政法规、部门规章和国家强制性标准 .....	103
附录B: 化学实验室安全检查表 .....	107
附录C: 剧毒化学品目录 .....	114
附录D: 易制毒化学品名录 .....	121
附录E: 易制爆危险化学品名录 (2017年版) .....	123
附录F: 不相容化学品清单 .....	129
附录G: 手套类型和化学用途 .....	131

# 第1章 绪论

## 1.1 化学实验室安全重要性

高校实验室涉及学科门类多，故安全事故的种类也多。随着科学技术的发展，许多非化学实验室的研究工作也涉及到化学品的使用。因此，化学实验安全已成为高校实验室安全工作中最重要的内容之一。2008年12月29日，加利福尼亚大学洛杉矶分校（UCLA）一位23岁的女研究助理在把瓶子里的叔丁基锂抽入注射器时，活塞滑出了针筒。叔丁基锂遇空气立即燃起熊熊大火，而这位研究助理当时未穿防护衣，结果被火苗残忍地吞噬，全身遭到大面积烧伤。虽经医院全力抢救，她仍于2009年1月16日不治身亡。Mingqi Bai等人在Journal of Loss Prevention in the Process Industries杂志上发表论文研究分析了从2001到2018年在中国高校发生的110起实验室事故，发现这些事故导致102人受伤，10人死亡。而在各种类型的实验室中，化学实验室是“最危险的”，从2001到2018年间共发生72次事故，导致78人受伤，8人死亡，不论是事故发生次数还是伤亡人数都远高于其他实验室。

从高校实验室的角度来看，化学品“从摇篮到坟墓”的生命周期从采购开始，然后是在交付后储存，接着是转移到实验室使用，最后是化学废物的处置（见图1.1）。每一位实验人员在所在实验室的化学品生命周期中都发挥着重要作用，每个人都应该意识到，对化学品生命周期的科学规范管理不仅可以降低成本，而且还可以将对人类和环境的风险降至最低。



图1.1 实验室中化学物质的生命周期

本手册将涉及化学品（包含放射性物品）储存和使用的实验室均称为化学实验室。通常，这些实验室涉及化学品种类繁多，且多数具有易燃易爆、有毒有害等特性，在实验过程和仪器操作中往往会伴有高温、低温、高压、真空、高频和射线照射等危害。实验室事故是由不安全行为和不安全环境造成的，而两者都源于管理不善，不重视安全。确保实验室环境安全是实验人员、安全管理人员和高校管理人员的共同责任，但主要责任在于执行工作的每一个个体。因此，树立良好的安全意识、科学规范管理及谨慎操作是杜绝安全隐患、保护人身安全的关键。

## 1.2 化学实验室安全应注意的基本事项

1. 实验前，必须做好周密的准备、熟悉实验内容、明确实验目的、理解实验原理，掌握实验操作方法及有关注意事项。同时，应提前做好事故预防措施，熟悉实验室外部环境，保持紧急情况下逃离路线通畅，清楚主要水龙头、电气开关、灭火器材、急救箱及应急喷淋或洗眼设备的位置及操作方法，了解急救方法和应急联络方式。进入实验室前应穿实验服，并根据实验要求穿戴合适的个人防护设备。严禁穿露趾鞋、短裤进入实验室，长发需妥善固定。严禁佩戴隐形眼镜，如有必要应佩戴护目镜。

2. 实验时，应服从指导教师的指导和管理。按照实验指导书或操作规程在指定位置进行实验操作，不得擅自离开，要密切关注实验进展情况，尽量避免独自一人做实验。保持实验室内安静、整洁、卫生，保持安全通道畅通，不得放置与实验无关的物品。严禁在实验室吸烟、饮食、睡觉、进行与实验无关的活动。涉及有毒、易燃易爆、易产生严重异味或易污染环境的操作应在专用设备内进行。严禁私自调换或拆卸实验仪器设备，如发现异常，应立即停止操作，并报告指导教师及时处理。

3. 使用化学品前，应熟悉化学品安全技术说明书。了解化学品的理化特性、稳定性和反应性、危险性、急救措施、操作处置与储存注意事项、个体防护要求等内容。严格按有关规定使用、储存化学品，并妥善处理剩余化学品和残余化学品。严禁将化学品带出实验室。

4. 实验结束后，应完成后续处理工作。整理仪器、工具和量具，将所用设备恢复原位，做好实验室水、电、物品的安全处理，并做好身体的清洁。最后一个离开实验室的人员应检查并关闭整个实验室的水、电、气和门窗。

化学实验室一般安全守则如图1.2所示。

### 更多信息

- 上海大学学生实验室安全守则（2022年版上海大学本科生学生手册）



图1.2 化学实验室一般安全守则

## 1.3 化学实验室风险管理

风险管理是保证实验室安全的重要手段，包括准备阶段、评估阶段、措施实施和评估以及记录等过程（见图1.3）。风险管理不仅涉及实验项目或活动的风险评估，同时也包括控制措施的实施，向实验人员通报危险因素，以及定期检查。本手册列出了一种实验室安全风险评估的方法，更多风险识别和评估方法可参考美国化学会的《Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories》。

实验室负责人或实验项目负责人是实验安全管理直接责任人，负责对所属实验和实验项目的危险因素和风险等级进行风险评估。可能存在安全风险的实验或实验项目均应预先进行安全风险评估。所在学院（部门）根据安全风险评估结论和整改措施落实后方可批准是否可以进行实验或实验项目。



图1.3 风险管理过程

### 1.3.1 准备阶段

前期准备工作包括：明确评估目标和范围，组建风险评估小组，编制各类调查表、准备技术文件（收集国内相关法律、法规、规章、标准、规范等），实地调查被评估对象的基础资料，现场勘察并准确记录勘察结果。

收集有关资料、进行初步调查分析，包括：

- 实验室设备清单；
- 实验室布局图；
- 实验室操作和工作活动的总结；
- 化学品登记册/化学品库存跟踪系统；
- 化学品安全技术说明书（SDS）和容器标签信息；
- 已建立的标准操作规程（SOP）；

- 现有风险控制措施和实验室应急设施的详细信息；
- 来自化学品供应商/设备制造商的指导文件；
- 技术参考（如过程化学和物质不相容性）；
- 相关立法、行为准则和标准；
- 实验室安全检查记录；
- 职业卫生调查和暴露监测报告；
- 以前填写的风险评估表格的副本；
- 未遂事故、过去事件和事故的记录；
- 实验人员的医疗记录。

风险评估小组制定的风险评估方案内容一般包括①评估目的；②评估依据；③评估原则；④评估范围；⑤任务分工；⑥评估方法；⑦风险评估各阶段的工作计划和⑧实施的时间进度安排。如果相关资料太少，以至于风险评估工作难以开展时，可以有针对性地引入一些减少风险的措施，降低某些关键环节的风险，简化评估方案。

### 1.3.2 评估阶段

风险评估包括危险因素识别、风险评估和风险控制，其目标是在合理可行的范围内，找到减轻或充分控制风险的方法。风险评估小组应依据风险评估方案开展分析和评价工作。值得注意的是风险管理并不期望消除所有风险，其目的是采取切实可行的风险控制措施，在“合理可行的范围内”保护所有实验人员，以尽量减少人员在实验室工作期间的风险。

#### 第1步：危险因素识别

危险因素识别应将复杂的实验室工作流程分解成几个连续的实验任务，识别每项任务中涉及的特定化学品、可预见的危险和处于潜在危险中的人。在实验室环境中进行危险因素识别的技术包括：

- 团队头脑风暴；
- 审查过去的事故和伤害记录；
- 参考化学品安全技术说明书（SDS）；
- 检查实验室场所；
- 进行现场物理检查；
- 采访实验人员；
- 进行工作安全分析。

危险因素识别过程中应采取以下步骤：

- 确定实验室中的所有危险化学品（例如使用GHS危险类别作为指南——物理危险、健康危险和环境危险）；

- 考虑实验室化学品生命周期——化学品储存、转移、使用和废物处置；
- 考虑可能接触有毒、腐蚀性、反应性和/或易燃物质；
- 确定常规和非常规实验室工作；
- 识别可能的意外事件（如溢出、泄漏、飞溅、控制措施失效）；
- 考虑火灾和爆炸危险（确定可燃物和点火源）；
- 考虑不相容的化学品发生反应的危害；
- 考虑无组织排放和有毒物质释放的可能性。

## 第2步：风险评估

识别出危险因素后，需要进行风险评估。根据实验和实验项目的特点，选择科学、合理、适用的定性、定量评估方法进行整体性评估与分析。能进行定量评估的宜采用定量评估方法，不能进行定量评估的可选用半定量或定性评估方法。对于不同的实验阶段或环节，可根据评估的需要和实验环节特征选择不同的评估方法。必要时，可几种分析评估方法对同一评估对象进行评估，互相补充、分析综合、相互验证，以提高分析评估结果的准确性。本手册提供了一种半定量的评估方法，通过审视现有的风险控制措施，评估危险因素带来风险的严重程度和发生可能性以确定风险等级，具体步骤如下。

### 步骤2a-确定可能性

对于每种已识别的危险因素，应考虑：

- 可能接触危险化学品的实验人员；
- 暴露/接触化学品的途径（例如通过吸入、摄入、皮肤接触）；
- 进入途径的暴露水平（例如通过建模或直接测量）；
- 可能导致意外接触的化学事故（例如火灾、爆炸、溢出）发生的可能性；
- 预期的接触频率和持续时间。

有关可能性水平确定的指导，参见表1.1。

表1.1 可能性水平L指导（考虑到现有的风险控制）

等级	可能性	描述
1	稀少	预计不会发生，但仍然有可能。
2	很少	在正常情况下不太可能发生。
3	偶尔	可能发生的或已知发生的。
4	频繁	常见现象。
5	几乎肯定	某些持续或重复的经验。

有关实验室职业接触限值的更多信息可参考GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》和GBZ 2.2-2007《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》。适当测量实验人员接触化学有害因素的浓度对于评估化学危害的风险是必要的。

### 步骤2b-确定严重性

对于每种已识别的危险因素，相关信息包括：

- 化学和物理性质；
- 剂量反应信息；
- 毒理学或不良健康影响数据；
- 暴露产生的急性/慢性影响；
- 接触标准（例如，允许接触限值和/或阈值）；
- 与暴露标准相比的暴露数据（测量或估计）；
- 过去化学事故的后果和严重程度信息；
- 特定地点的严重性评估标准。

有关严重性级别确定的指南，参见表1.2。

表1.2 严重性级别S的指导（考虑到现有的风险控制）

等级	严重性	描述
5	灾难性的	死亡、致命疾病或多重重伤。
4	主要的	重伤或危及生命的职业病（包括截肢、严重骨折、多处伤害、职业性癌症、急性中毒）。
3	中等的	需要治疗的损伤或导致残疾的疾病（包括撕裂伤、烧伤、扭伤、轻微骨折、皮炎、耳聋、与工作有关的上肢疾病）。
2	次要的	仅需要急救的受伤或健康状况不佳（包括轻微割伤和擦伤、发炎、健康状况不佳伴随暂时不适）。
1	可忽略的	不太可能造成伤害或健康不佳。

### 步骤2c-评估风险

可使用以下风险矩阵估计风险水平：

表1.3 推荐的5×5风险矩阵与风险优先级数字评级

可能性 严重性	稀少 (1)	很少 (2)	偶尔 (3)	频繁 (4)	几乎肯定 (5)
灾难性的(5)	5	10	15	20	25
主要的(4)	4	8	12	16	20
中等的(3)	3	6	9	12	15
次要的(2)	2	4	6	8	10
可忽略的(1)	1	2	3	4	5

绿色=“低风险”；黄色区域=“中等风险”；红色区域=“高风险”。

每种危险因素的风险优先级（RPN）评级（或风险等级）可以很容易地计算，公式如下：

$$\text{RPN评级} = \text{严重程度 (S)} \times \text{可能性级别 (L)}$$

计算出的RPN评级给出了估计的风险级别，RPN评级越大表示风险越高：

表1.4 RPN评级、风险水平和风险可接受性

RPN	风险水平	风险可接受性
$\text{RPN} \leq 3$	低风险	可接受
$4 \leq \text{RPN} \leq 12$	中风险	可容忍
$\text{RPN} \geq 15$	高风险	不可接受

获得的RPN将有助于确定风险是否可接受、可容忍或不可接受。

### 第3步：风险控制

不是所有的风险都可以消除，但通过风险评估和谨慎的风险管理，实验室的安全性将会大大提高。不同风险分析评估人员和方法获得的结论可能有所差别，应选取风险水平最高的。根据步骤2c中获得的危险水平，最后也是最重要的一步是实施控制措施，将风险降至可接受的水平。只有高风险被降低到允许或可接受的风险水平后，才能执行相应的操作任务。当风险等级为低风险时，表明该任务属于可以接受的风险水平，可以直接开展工作，但需要经常回顾以确保风险等级的精准；当风险等级为中风险时，表明该任务属于可容忍风险水平，要对危险源进行仔细评估以确保在一定时间内能降低风险，或采取加强管理等临时性措施，才能开展工作；当风险等级为高风险时，应立即采取措施将高风险降至中级风险水平及以下，才能开始工作，临时性措施在此不适用，也不能过度依赖于个人防

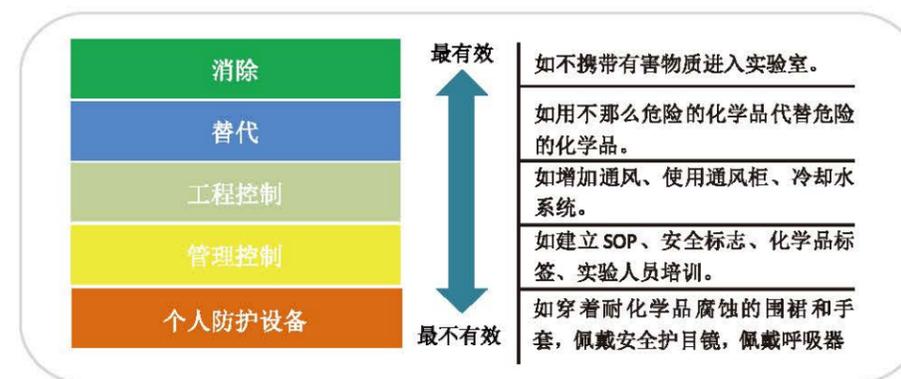
护设备。表1.5为风险可接受性和针对每个风险级别的建议措施。

表1.5 针对每个风险级别的建议措施

风险水平	风险可接受性	建议措施
低风险 ( $\text{RPN} \leq 3$ )	可接受	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能不需要额外的风险控制措施。</li> <li>需要对危险因素进行频繁的审查和监控，以确保指定的风险级别准确且不会随着时间的推移而增加。</li> </ul>
中风险 ( $4 \leq \text{RPN} \leq 12$ )	可容忍	<ul style="list-style-type: none"> <li>应对危险因素进行仔细评估，以确保在规定的时间内可以将风险水平降低到合理可行的最低水平。</li> <li>临时风险控制措施，例如行政控制或个人防护设备，可在制定长期措施的同时实施。</li> <li>需要管理层关注。</li> </ul>
高风险 ( $\text{RPN} \geq 15$ )	不可接受	<ul style="list-style-type: none"> <li>在工作开始前，高风险必须至少降低到中风险。</li> <li>不应有任何临时风险控制措施。风险控制措施不应过度依赖个人防护设备或用具。</li> <li>如果可行，应在工作开始前消除危险。</li> <li>工作开始前需要进行管理审查。</li> </ul>

同时，应根据控制层次（表1.6）选择风险控制措施，从尽可能消除或替代开始，到最后使用个人防护设备（PPE）作为最后手段。需要问的第一个问题是，是否绝对有必要使用特定的危险化学品？如果去除了化学品，实验室程序或操作步骤能否继续进行？或者是否可以用危害较小的东西代替化学品？如果不显著影响实验室操作和/或测试质量的情况下消除或替代是可能的，那么优先考虑使用这些选项，因为从源头上降低风险会使实验室工作本身更安全。消除或替代该化学品将立即使实验室免受相关化学品造成的危害。在实验室操作中使用物理性质相似的甲苯替代苯（一种已知的致癌物质）作为溶剂是消除或替代危险化学品的一个例子。

表1.6 基于控制层次的化学实验室风险控制措施实例



当消除或替换是不可能的时候，则工程控制（例如用于温度控制的冷却水浴、用于去除有毒蒸气的通风柜）和/或管理控制（例如实验室SOP、警告标志和适当的标签）应该到位。

如果上述所有控制措施都失效和/或不能实施，个人防护设备（如实验服、耐化学腐蚀围裙和手套、防滑鞋、护目镜等）是防止直接接触化学物质的最后一道防线。虽然这是最后一道防线，但个人防护设备的使用仍然至关重要，因为我们很难预测在实验室工作时会发生什么事情。同时，个人防护设备还应用于实验室维护、维修活动、紧急情况（例如清理化学品泄漏），或作为防止任何剩余风险的额外保护措施。

实验室风险评估报告编制格式如表1.7所示。

表1.7 ×××实验安全风险评估表

一、实验基本信息					
实验名称					
项目负责人		联系电话			
实验室负责人		联系电话			
所在部门名称		实验室地点			
二、实验概况					
(简要描述实验原理、实验步骤、所用试剂或材料、设备等，可附实验方案)					
三、实验涉及的危险源					
危险源种类	<input type="checkbox"/> 化学安全 <input type="checkbox"/> 辐射安全 <input type="checkbox"/> 特种设备安全 <input type="checkbox"/> 机电安全 <input type="checkbox"/> 电气安全 <input type="checkbox"/> 生物安全 <input type="checkbox"/> 激光安全 <input type="checkbox"/> 其他				
四、主要危险源或有害因素					
过程	现有管控措施	主要危险源或有害因素	发生的概率(L)	结果的严重程度(S)	风险水平 RPN=S×L
五、拟采取的防护和应急措施					
评估小组意见	意见：  签名：_____ 年 月 日				
实验室或实验项目负责人意见	意见：  签名：_____ 年 月 日				
学院（部门）意见	意见：  学院（部门）负责人签字：_____ 年 月 日				

### 1.3.3 措施实施和有效性评估

根据危险因素辨识及定性、定量分析结果，从实验场所条件、实验材料和设备、实验方法、人员教育培训、应急处置能力、安全管理等方面提出有针对性安全对策措施建议，并进行风险控制措施的实施和有效性评估，编制安全风险评估报告。其中，风险控制措施实际实施后应传达给相关实验人员，并定期评估以衡量其有效性。如果发生与实验相关的健康不良影响、未遂事件或事故，则有必要立即审查风险评估。否则，默认情况下，所有风险评估应至少每三年审查一次。

由于初始风险评估完成后可能会发生变化，因此在项目实施之前，针对实验室设施或操作的任何预期变更（无论是次要的或主要的、临时的或永久的）应进行第二次风险评估，以充分确定这些变化对实验人员安全和健康的影响。同时，应建立并实施管理变更的书面程序（例如新的实验室化学品、新设备、新程序以及实验室设施的变化）。

在进行任何更改之前需要考虑的事项包括：

- 提议变更的技术基础；
- 变更导致的危险因素通报和操作程序的更新；
- 变更生效所需的时间；
- 变更所需的授权。

对于可能受到变更影响的所有实验人员都必须了解变更内容，并在变更生效前接受必要的培训。

### 1.3.4 记录

风险管理记录保存包括建立实验室风险登记册（即收集实验室的风险评估表格）以及保存风险评估培训课程、风险管理实施审核和风险管理过程的相关记录，保存期限至少为三年。

#### 更多信息

- GB/T 27921-2011 风险管理 风险评估技术
- GBZ 2.1-2019 工作场所所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
- 科学研究实验安全风险评估操作指南（试行）（苏科机发〔2022〕218号）
- Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories (American Chemical Society)

## 1.4 化学实验室安全管理的相关法律法规

为了保障国家和人民的安全，一批实验室安全方面的法律、行政法规和部门规章相继公布。

1990年6月国际劳工组织第七十七届会议通过了《作业场所安全使用化学品公约》（第170号公约），我国于1994年批准了该公约。2002年1月由国务院公布了《危险化学品安全管理条例》。2011年2月16日国务院修订通过《危险化学品安全管理条例》，自2011年12月1日起正式实施，2013年12月修订。

《全球化学品统一分类和标签制度》（GHS）是由联合国出版的作为指导各国控制化学品危害、保护人类和环境的统一分类制度文件。在2002年12月召开的联合国危险货物运输和全球化学品统一分类及标签制度专家委员会首次会议上，通过了第一版GHS。2003年7月，联合国正式出版了第一版GHS。GHS每隔两年进行一次修订。

《危险化学品安全管理条例》明确了在危险化学品生产、储存、使用、经营、运输过程中实施安全监督管理的相关部门的职责，修订后的条例对危险化学品按照GHS重新进行了定义，并在分类、标签和安全技术说明书（SDS）等方面做出了规定，使GHS的实施具有法律依据。

针对实验室的安全，国家有关部门也制定了相应的国家标准，这些标准包括强制性国家标准、推荐性国家标准、行业标准和地标等，涉及实验室安全、建筑安全、危险化学品、生物安全、消防安全、用电安全、机械安全和射线装置等。实验室安全相关法律、行政法规、部门规章和国家强制性标准见附录A。

## 1.5 化学实验室常见安全事故类型及原因分析

### 1.5.1 化学实验室安全事故类型

随着我国高等教育事业的快速发展，高校实验室建设投入持续增加，实验室贵重仪器设备、危险物质种类与数量、隐含危险的实验操作等越来越多，实验室对外开放程度也不断提高，存在许多安全隐患。近年来，高校实验室安全事故频出，轻者造成实验仪器、设施损毁，实验进展中止，重者造成人员伤亡，同时对出事高校、院系也造成不良的社会影响。因此，重视实验室安全，保障实验人员的人身安全、实验室财产安全、防止环境污染在当前显得尤为重要。化学实验室安全事故的主要类型有以下几种：

#### (1) 火灾性事故

实验室火灾（包括闪火）会导致严重烧伤或死亡，过多的烟雾吸入会导致严重的肺损伤。酿成这类事故的直接原因是：①忘记关电源，致使设备或电器通电时间过长，温度过高，引起着火；②操作不慎或使用不当，使火源接触易燃物质，引起着火；③危险化学品泄漏遇火源或热源引发爆炸起火；④供电线路老化、超负荷运行，导致线路发热，引起着

火；⑤乱扔烟头，接触易燃物质，引起着火；⑥电气火花如电气设备各种开关、保险丝、电线接头等处接通或断开电源时的电火花或送电过程中接触不良处的电火花；电动机等设备运转时产生的电弧，过电流引起的导线或保险丝物理爆炸火花；⑦燃烧反应实验或失控化学反应导致的燃烧火焰或高温物质引燃易燃物质；⑧加热用火如酒精灯、电炉等忘记关，致使物料逸出或烧干引发火灾等；⑨各种电器设备在开、关和短路时所产生的火花，如与易燃气体或液体接触，极易发生火灾；等等。

#### (2) 爆炸性事故

爆炸特别危险，因为它们可能对附近的任何人员造成严重的身体伤害，人们可能会直接受到爆炸力的伤害，或者被飞来的弹片击中。爆炸性事故多发生在具有易燃易爆物品和压力容器的实验室，酿成这类事故的直接原因是：①违反操作规程，引燃易燃物品，进而导致爆炸；②设备老化，存在故障或缺陷，造成易燃易爆物品泄漏，遇火花而引起爆炸；③在实验时误操作导致的燃烧热能释放；④爆炸性物品受热或撞击，引发爆炸事故；⑤高压高能气瓶装置操作不当或不合格发生物理爆炸事故；⑥生产工艺、设备或系统不完善，导致危险化学品爆炸；⑦易燃易爆化学试剂残余物处置不当或混放，引发爆炸；⑧密闭容器或狭小空间内进行化学反应，反应突然增加压力、泄漏等产生爆炸事故；⑨易燃易爆气瓶混放泄漏；⑩低碳烷烃、乙醚、氯乙烷、溴乙烷、二硫化碳、乙醚、石油醚、苯和丙酮等的闪点都比较低，存放在普通电冰箱内（无电火花消除器），可引起爆炸及火灾；等等。

#### (3) 化学污染类事故

不当的化学品处置（无论是新的还是用过的化学品）可能会意外地将有害物质释放到环境中。潜在的环境影响包括空气、水或土地污染，可能给参与卫生和废物管理的相关人员带来重大的安全和健康风险。这类事故主要表现在：①化学废液收集不当导致环境及地下水污染；②随意乱倒化学废液、乱扔化学废物污染环境；③管理不善，造成有毒物品散落流失，引起环境污染；④废水排放管路受阻或失修改道，造成有毒废水未经处理而流出，引起环境污染；⑤毒害性事故，多发生在具有化学品和剧毒物质的化学化工实验室和具有毒气排放的实验室；⑥设备老化，存在缺陷和故障造成有毒物质泄漏或有毒气体排不出去，酿成中毒；⑦实验室无通风设施，或无废弃化学物收集器；⑧盛放挥发性的化学试剂瓶，用完后忘记密封；⑨蒸馏或浓缩易挥发的有毒化学试剂操作不在通风柜中进行；等等。

#### (4) 压力气瓶类事故

这类事故主要表现在：①压力气瓶遇高温或强烈碰撞引起爆炸；②易燃气体在空气中泄漏达到一定浓度时遇明火发生爆炸；③有毒气体泄漏造成中毒和环境污染；等等。

#### (5) 化学品毒性事故

这类事故主要表现在：①违反操作规程，将食物带进有毒物的实验室，造成误食中

毒；②配制或使用有毒试剂时，不在通风柜中操作，造成人体、皮肤吸收，引起慢性中毒；③设备设施老化，存在故障或缺陷，造成有毒物质泄漏或有毒气体排放不畅，酿成中毒；④有毒试剂不经减毒处理直接排放，从而引起环境污染；等等。

#### (6) 人身伤害类事故

接触化学品（无论是吸入、摄入、注射还是皮肤接触）会因接触有毒物质而导致急性中毒，或因接触腐蚀性物质而导致化学烧伤。长期接触还可能导致化学物质的过度吸收，导致慢性职业性皮肤病和不良健康影响。这类事故主要原因有化学药品配制、使用不当引起爆炸或者液体飞溅使人体受到伤害；等等。

实验室安全检查是了解、检验化学实验室安全工作是否合规、有效的重要手段，化学实验室安全检查表（见附录B）总结了引发事故的常见安全隐患。

#### 1.5.2 典型化学实验室事故案例

##### (a) 事故案例一

2006年，加州大学伯克利分校（UC Berkeley）发生一起实验室爆炸事故。一名大学生在使用旋转蒸发器从偶氮苯中蒸除有机溶剂时发生爆炸，玻璃碎片飞溅到她的脸部和上半身，所幸带了护目镜，但眼睛上方还是被玻璃划伤并缝了针。调查发现，爆炸最可能是由溶剂中的过氧化物污染物引起的。反应中同时使用了四氢呋喃（THF）和二乙醚，并且随着时间的流逝，这两种溶剂都会形成过氧化物。随后用简单的测试分析了THF瓶中的样品，发现其中含有过量的过氧化物（超过100 mg/L）。旋转蒸发器蒸发将过氧化物集中在玻璃反应容器的底部，并且容器的任何移动都可能导致现在干燥且对震动敏感的过氧化物晶体爆炸。



图1.4 圆底烧瓶在水浴锅内爆炸后现场照片（来源：学校事故报告）

##### (b) 事故案例二

2012年美国威斯康辛麦迪逊大学发生了一起实验室玻璃容器爆炸事故。一名实验人员在惰性气体中蒸馏化学反应混合物时，圆底烧瓶突然发生爆炸导致实验人员手部、胳膊、

脸和胸部割伤，并且通风柜起火。所幸爆炸仅限于通风柜内，实验人员未受重伤。学校EHS调查发现本次事故中的实验没有实验标准操作流程（SOP）；实验人员佩戴了护目镜但是却未穿实验服，幸运的是他穿了棉质长袖衣服。



图1.5 爆炸后的通风柜（来源：学校事故报告）

##### (c) 事故案例三

2018年1月，美国印第安纳大学化学实验室发生了一起爆炸事故。幸运的是，实验室当时没有人所以无人员伤亡，但通风柜受到严重损毁，4块玻璃门板全部炸裂，震倒在地；通风柜后壁也被震碎成几块。经过调查发现，爆炸是由蒸馏仪器上一个密闭的阀门引起的。密闭阀门导致热量和压力的聚集，使冷凝盘管崩开，氧化的空气进入装置，与蒸馏装置中极高温气体接触，导致爆燃。事后，学校规定为防止类似爆炸事件再次发生，校园内所有同类设备中的蒸馏装置中防止循环的阀门将被拆除。这样做将创建一个开放系统，使气体能够正常循环和冷却。



图1.6 通风柜面板震倒在地（来源：学校事故报道）

#### (d) 事故案例四

2018年6月，法国里昂大学（University of Lyon）研究生Nicolas用注射器吸取二氯甲烷移入反应烧瓶后，意外地被针头刺到手指上。15分钟后，Nicolas受伤手指的皮肤泛起紫色的血块并且肿大，Nicolas的导师立刻将他送到医院诊治。为防止伤情进一步扩散恶化，减少随后感染和坏疽的可能性，主治医生穿刺了他的创口皮肤，割去伤口周围的组织并彻底清洁。做完处理，他的手指只剩下二分之一，于是从他的手臂上割下一块组织缝合到残留的手指上。Nicolas的手指虽去除了部分组织，但神经并未完全坏死，重新植皮后，他不得不依靠服用止痛药减缓疼痛。一年的时间里，Nicolas在繁忙的实验工作中，定期接受着手指复健、心理健康治疗。虽然手指伤口已经痊愈，但他再不能弹奏心爱的吉他了。



图1.7 事故图片（图片来源：ACS Central Science官网）

#### (e) 事故案例五

2018年12月，北京某高校在进行垃圾渗滤液污水处理科研实验期间，实验现场发生爆炸，3名参与实验的学生死亡。这起事故直接原因在于，反应过程中产生了易燃气体氢气，由金属摩擦及碰撞产生的火花点燃而发生爆炸，爆炸的同时造成了镁粉粉尘爆炸和其他可燃物的剧烈燃烧。

#### (f) 事故案例六

2021年5月，中科院长春应化所科研人员在ACS Chem. Health Saf. 上发文，报道了一例二氨基甲磺酸合成过程中发生的爆炸事故（<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chas.1c00021>）。反应路线如下：以浓硫酸为催化剂，以二氨基甲亚磺酸和过氧化氢为原料，按照文献报道的方法合成二氨基甲磺酸。事故发生的当天下午2点30分，研究人员进行了二氨基甲磺酸的合成这项实验。在室温下（约20 °C），搅拌的同时，将1.7 mL硫酸（98%w/w）逐滴加入到含有65 mL过氧化氢（30%w/w）的100 mL圆底烧瓶中。在环境温度下轻轻搅拌10 min后，酸性混合溶液的温度约为60 °C。将酸性混合物（3 mL）加入到35 mL厚壁耐压反应管中并冷却至-20 °C。然后在搅拌下向反应体系中依次加入二氨基甲亚磺酸（5.4 g, 50 mmol）和酸性混合物（6.6 mL），密封反应体系。在-20 °C下剧烈搅拌5 min后，将反应管转移到已预热至40 °C的加热器中。由于磁力搅拌棒太小，无法均匀搅拌反应体系，因此更换了较大的搅拌棒。在40 °C下均匀搅拌2 min后，将反应管从加热器中移出以检查混合物的状态（透明与否）。反应体系与起始状态相比没有明显差异。然后，将反应管放回加热器，约2s后发生剧烈爆炸。厚壁耐压反应管炸成了碎片。剧烈的爆炸炸毁了通风柜的窗户。幸运的是事故没有人受伤。关于爆炸发生的原因，至少有两种可能：一是反应温度急剧升高，浓硫酸和双氧水混合导致自发释放大量二氧

化碳；二是反应物和产物在高温下部分分解成气体，这是由于热力学有利的脱水效应导致的。



图1.8 实验室安全事故现场照片（来自论文）

#### (g) 事故案例七

2022年7月21日，北京某研究院一科研实验室在开展催化剂实验过程中发生事故，造成1人死亡、3人受伤。经调查，事故原因为实验操作人员在实验室分装含有甲基铝氧烷的催化剂时发生泄漏，催化剂遇空气发生剧烈燃烧，导致现场操作人员伤亡。

#### (h) 事故案例八

2022年7月，加州大学洛杉矶分校（UCLA）化学与生物化学系Craig A. Merlic在ACS Chem. Health Saf. 报道了一例因LiAlH<sub>4</sub>引发的事故（<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chas.2c00035>）。一位研究生，在平时都是使用粉末状的LiAlH<sub>4</sub>，但这次无意中订购了一瓶LiAlH<sub>4</sub>颗粒。为了准确称出250 mg的试剂，这名学生不得将颗粒捣碎。该学生在使用粉末形式方面具有丰富的经验，因此放松了警惕，并且没有查阅化学品安全技术说明书。该研究生将大约400 mg的LiAlH<sub>4</sub>颗粒放入陶瓷研钵中，并开始用陶瓷研杵对其进行研磨。仅仅几秒钟的研磨后，材料就爆发出强烈的火焰。幸运的是，这位研究生研究员穿着防火实验服和护目镜，没有受伤。遗憾的是该研究生没有将事件通知实验室老板。几天后，同样的事件再次发生在其它研究生身上。所幸学生都穿着适当的个人防护设备，没有受伤。

上述事故从反面告诫我们，只有在安全的基础上，才能使实验室工作得以顺利开展。造成实验室安全事故的原因包括人的不安全行为、物的不安全状态和环境的不安全条件，具体可以归纳为以下几个方面。

- (1) 疏于管理，对易燃易爆危险品的管理不当；
- (2) 缺乏相关科学知识，事故发生后，处理不及时；
- (3) 设备不符合防火防爆要求，或设备本身存在安全隐患；
- (4) 设备故障后，维修不及时，或缺少必要的保养；
- (5) 操作者不負責任或缺乏必要的安全知识，违章操作；
- (6) 管理制度不健全。

## 第2章 危险化学品安全防护基础知识

### 2.1 危险化学品的分类

危险化学品是指具有毒害、腐蚀、爆炸、易燃、助燃等危险性质，在运输、储存、生产、经营、使用和处置过程中，造成人身伤害、设施或设备损坏、环境污染等急需特别防护的剧毒化学品和其他化学品。危险化学品种类繁多且具有易燃、易爆、腐蚀等危险特性，当受到震动、撞击、接触热源或者火源、受热、摩擦、日光曝晒、遇水受潮或遇性能相抵触的物品等外界因素的影响下，容易引起着火、腐蚀、烫伤、中毒、窒息等导致人身伤亡和财产损失的危险事故。危险化学品的分类根据危险物品的不同危险性以及特性等原则进行分类的。依据GB 13690-2009《化学品分类和危险性公示通则》，按理化、健康或环境危险的性质共分3大类。

#### 2.1.1 理化危险

##### (1) 爆炸物

爆炸物质（或混合物）是这样一种固态或液态物质（或物质的混合物），其本身能够通过化学反应产生气体，而产生气体的温度、压力和速度能对周围环境造成破坏。其中也包括发火物质，即便它们不放出气体。

发火物质（或发火混合物）是这样一种物质或物质的混合物，它旨在通过非爆炸自主放热化学反应产生的热、光、声、气体、烟或所有这些的组合来产生效应。

爆炸性物品是含有一种或多种爆炸性物质或混合物的物品。

烟火物品是包含一种或多种发火物质或混合物的物品。

爆炸物种类包括：

(a) 爆炸性物质和混合物；

(b) 爆炸性物品，但不包括下述装置：其中所含爆炸性物质或混合物由于其数量或特性，在意外或偶然点燃或引爆后，不会由于进射、发火、冒烟、发热或巨响而在装置之处产生任何效应。

(c) 在(a)和(b)中未提及的为产生实际爆炸或烟火效应而制造的物质、混合物和物品。

##### (2) 易燃气体

易燃气体是在20℃和101.3 kPa标准压力下，与空气有易燃范围的气体。

##### (3) 易燃气溶胶

气溶胶是指气溶胶喷雾罐，系任何不可重新灌装的容器，该容器由金属、玻璃或塑料制成，内装强制压缩、液化或溶解的气体，包含或不包含液体、膏剂或粉末，配有释放装置，可使所装物质喷射出来，形成在气体中悬浮的固态或液态微粒或形成泡沫、膏剂或粉末或处于液态或气态。

##### (4) 氧化性气体

氧化性气体是一般通过提供氧气，比空气更能导致或促使其他物质燃烧的任何气体。

##### (5) 压力下气体

压力下气体是指高压气体在压力等于或大于200 kPa（表压）下装入贮器的气体，或是液化气体或冷冻液化气体。

压力下气体包括压缩气体、液化气体、溶解液体、冷冻液化气体。

##### (6) 易燃液体

易燃液体是指闪点不高于93℃的液体。

##### (7) 易燃固体

易燃固体是容易燃烧或通过摩擦可能引燃或助燃的固体。

易于燃烧的固体为粉状、颗粒状或糊状物质，它们在与燃烧着的火柴等火源短暂接触即可点燃和火焰迅速蔓延的情况下，都非常危险。

##### (8) 自反应物质或混合物

自反应物质或混合物是即便没有氧（空气）也容易发生激烈放热分解的热不稳定液态或固态物质或者混合物。本定义不包括根据统一分类制度分类为爆炸物、有机过氧化物或氧化物质的物质和混合物。

自反应物质或混合物如果在实验室试验中其组分容易起爆、迅速爆燃或在封闭条件下加热时显示剧烈效应，应视为具有爆炸性质。

##### (9) 自燃液体

自燃液体是即使数量小也能在与空气接触后5 min之内引燃的液体。

##### (10) 自燃固体

自燃固体是即使数量小也能在与空气接触后5 min之内引燃的固体。

##### (11) 自热物质和混合物

自热物质是除发火液体或固体以外，与空气反应不需要能源供应就能够自己发热的固体或液体物质或混合物；这类物质或混合物与发火液体或固体不同，因为这类物质只有数量很大（公斤级）并经过长时间（几小时或几天）才会燃烧。

注：物质或混合物的自热导致自发燃烧是由于物质或混合物与氧气（空气中的氧气）发生反应并且所产生的热没有足够迅速地传导到外界而引起的。当热产生的速度超过热损耗的速度而达到自燃温度时，自燃便会发生。

##### (12) 遇水放出易燃气体的物质或混合物

遇水放出易燃气体的物质或混合物是通过与水作用，容易具有自燃性或放出危险数量的易燃气体的固态或液态物质或混合物。

##### (13) 氧化性液体

氧化性液体是本身未必燃烧，但通常因放出氧气可能引起或促使其他物质燃烧的液体。

#### (14) 氧化性固体

氧化性固体是本身未必燃烧，但通常因放出氧气可能引起或促使其他物质燃烧的固体。

#### (15) 有机过氧化物

有机过氧化物是含有二价-O-O-结构的液态或固态有机物质，可以看作是一个或两个氢原子被有机基替代的过氧化氢衍生物。该术语也包括有机过氧化物配方（混合物）。有机过氧化物是热不稳定物质或混合物，容易放热自加速分解。另外，它们可能具有下列一种或几种性质：

- (a) 易于爆炸分解；
- (b) 迅速燃烧；
- (c) 对撞击或摩擦敏感；
- (d) 与其他物质发生危险反应。

如果有机过氧化物在实验室试验中，在封闭条件下加热时组分容易爆炸、迅速爆燃或表现出剧烈效应，则可认为它具有爆炸性质。

#### (16) 金属腐蚀剂

腐蚀金属的物质或混合物是通过化学作用显著损坏或毁坏金属的物质或混合物。

### 2.1.2 健康危险

#### (1) 急性毒性

急性毒性是指在单剂量或在24 h内多剂量口服或皮肤接触一种物质，或吸入接触4h之后出现的有害效应。

#### (2) 皮肤腐蚀/刺激

皮肤腐蚀是对皮肤造成不可逆损伤；即施用试验物质达到4 h后，可观察到表皮和真皮坏死。

腐蚀反应的特征是溃疡、出血、有血的结痂，而且在观察期14 d结束时，皮肤、完全脱发区域和结痂处由于漂白而褪色。应考虑通过组织病理学来评估可疑的病变。

皮肤刺激是施用试验物质达到4h后对皮肤造成可逆损伤。

#### (3) 严重眼损伤/眼刺激

严重眼损伤是在眼前部表面施加试验物质之后，对眼部造成在施用21 d内并不完全可逆的组织损伤，或严重的视觉物质衰退。

眼刺激是在眼前部表面施加试验物质之后，在眼部产生在施用21 d内完全可逆的变化。

#### (4) 呼吸或皮肤过敏

呼吸过敏物是吸入后会导致气管超敏反应的物质。皮肤过敏物是皮肤接触后会导致超敏反应的物质。

过敏包括两个阶段：第一个阶段是某人因接触某种变应原而引起特定免疫记忆。第二阶段是引发，即某一致敏个人因接触某种变应原而产生细胞介导或抗体介导的过敏反应。

就呼吸过敏而言，随后为引发阶段的诱发，其形态与皮肤过敏相同。对于皮肤过敏，需有一个让免疫系统能学会作出反应的诱发阶段；此后，可出现临床症状，这里的接触就足以引发可见的皮肤反应（引发阶段）。因此，预测性的试验通常取这种形态，其中有一个诱发阶段，对该阶段的反应则通过标准的引发阶段加以计量，典型做法是使用斑贴试验。直接计量诱发反应的局部淋巴结试验则是例外做法。人体皮肤过敏的证据通常通过诊断性斑贴试验加以评估。

就皮肤过敏和呼吸过敏而言，对于诱发所需的数值一般低于引发所需数值。

#### (5) 生殖细胞致突变性

本危险类别涉及的主要是可能导致人类生殖细胞发生可传播给后代的突变的化学品。但是，在本危险类别内对物质和混合物进行分类时，也要考虑活体外致突变性/生殖毒性试验和哺乳动物活体内体细胞中的致突变性/生殖毒性试验。

#### (6) 致癌性

致癌物一词是指可导致癌症或增加癌症发生率的化学物质或化学物质混合物。在实施良好的动物实验性研究中诱发良性和恶性肿瘤的物质也被认为是假定的或可疑的人类致癌物，除非有确凿证据显示该肿瘤形成机制与人类无关。

产生致癌危险的化学品的分类基于该物质的固有性质，并不提供关于该化学品的使用可能产生的人类致癌风险水平的信息。

#### (7) 生殖毒性

生殖毒性包括对成年雄性和雌性性功能和生育能力的有害影响，以及在后代中的发育毒性。

化学品干扰生殖能力的任何效益。这可能包括（但不限于）对雌性和雄性生殖系统的改变，对青春期的开始、配子产生和输送、生殖周期正常状态、性行为、生育能力、分娩怀孕结果的有害影响，过早生殖衰老，或者对依赖生殖系统完整性的其他功能的改变。

对哺乳期的有害影响或通过哺乳期产生的有害影响也属于生殖毒性的范围，但为了分类目的，对这样的效应进行了单独处理。这是因为对化学品对哺乳期的有害影响最好进行专门分类，这样就可以为处于哺乳期的母亲提供有关这种效应的具体危险警告。

从其最广泛的意义上来说，发育毒性包括在出生前或出生后干扰孕体正常发育的任何效应，这种效应的产生时由于受孕前父母一方的接触，或者正在发育之中的后代在出生前或出生后性成熟之前这一期间的接触。但是，发育毒性标题下的分类主要是为了对怀孕女性和有生殖能力的男性和女性提出危险警告。因此，发育毒性实质上是指怀孕期间引起的有害影响，或父母接触造成的有害影响。这些效应可在生物体生命周期的任何时间显现出来。

发育毒性的主要表现包括：

- (a) 发育中的生物体死亡；

(b) 结构异常畸形；

(c) 生长改变；

(d) 功能缺陷。

#### (8) 特异性靶器官系统毒性——一次接触

由于单次接触而产生特异性、非致命性靶器官/毒性的物质。

#### (9) 特异性靶器官系统毒性——反复接触

由于反复接触而产生特定靶器官/毒性的物质。

#### (10) 吸入危险

可能对人类造成吸入毒性危险的物质或混合物。

“吸入”指液态或固态化学品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系统。

吸入毒性包括化学性肺炎、不同程度的肺损伤或吸入后死亡等严重急性效应。

#### 更多信息

- GB 13690-2009 化学品分类和危险性公示通则

## 2.2 化学品安全标签的配置

### 2.2.1 全球化学品统一分类和标签制度 (GHS)

国家标准GB/T 22234-2008《基于GHS的化学品标签规范》规定危险品在储存、运输、使用等过程中，必须根据联合国GHS规定的危害性类别和等级，使用对应的象形图、警示语、危害性说明做成安全标签。标签必要信息应有：①表示危险性的象形图；②信号词/警示词；③危害性说明；④注意事项；⑤产品名称；⑥生产商/供应商。通过使用标准的GHS危害象形图和统一的GHS标签格式，实验人员可以快速了解危险品的危害，并将注意力集中在必要的预防措施上，以使工作更安全。

#### (1) 表示危险性的象形图

联合国GHS提供了危险品的象形图标准图案，都是菱形的白底上用黑色图形，并用较粗的红线做边框。实际标签使用的象形图不得与GHS标准象形图有显著差异。有关GHS危险象形图，参见图2.1。

 圆圈上的火焰	 环境	 炸弹爆炸
 急性毒性/剧毒	 金属腐蚀物 皮肤腐蚀/刺激 对眼有严重的损伤、刺激性	 压力下气体
 引起呼吸器官过敏 引起生殖细胞突变 致癌性 对生殖毒性 对靶器官、全身有毒害性 对吸入性呼吸器官有害	 可燃性气体、易燃性 易燃性压力下气体 易燃液体 易燃固体 自反应化学品 自燃液体和固体 自热化学品 遇水放出可燃性气体化学品 有机过氧化物	 急性毒性/剧毒 皮肤腐蚀性、刺激性 严重眼睛损伤/眼睛刺激性 引起皮肤过敏 对靶器官、全身有毒害性

图2.1 GHS标准象形图

#### (2) 信号词/警示词

信号词/警示词用于表示危险有害严重性的相对程度、对使用者警告潜在危害性的语句。GHS中使用的警示词有“危险 (Danger)”和“警告 (Warning)”，其中“危险”用于较严重的危害性等级，“警告”用于危害性较低的等级，危险性更低的等级也可不写警示词。

### (3) 危害性说明

标签上的危害性说明与各类危险品的危害性及等级标准相对应，表示该产品危害性质和程度。

### (4) 注意事项

为了防止接触具有危害性产品或不恰当地存放及处理而产生危害，或者是为了将危害降低到最小，而采取的推荐措施，用文字表示。

### (5) 产品名称

GHS规定标签上应有产品名称及其含有的危害性化学物质的名称。混合物或合金的标签上与危害有关的所有成分或合金元素也应表示出来。

### (6) 生产商/供应商

标签必须将物质的制造厂家或供应商的名称表示出来，同时应标出联系地址和电话号码，可能的话紧急情况下的联系方式也记录在标签。

使用GHS规范的危险化学品标签对于建立全球一致化的化学品分类体系，制定统一的危险公示制度（标签、安全数据单和易懂符号）具有重要意义。高校化学实验室在危险化学品的安全管理中，也应遵循基于GHS的国家标准来进行，与联合国GHS规范接轨。

### (7) 货物运输象形图

危险化学品在运输时，其外包装也要求配置运输标志，其象形图与安全标签有一定差异，应按联合国《关于危险货物运输的建议书 规章范本》要求严格执行。

实验室内任何化学品容器，即便是小型化学品储存容器也需要贴标签。小容器标签上的最少信息是产品名称和表示危险性的象形图。如果实验室容器因尺寸限制或其使用条件而无法贴上标签，应考虑通过其他方式提供信息，例如使用折叠标签、系带标签、将标签贴在支撑装置，或标记外部包装容器。为了有效地进行危险信息通报，标签应在六个月内或在标签信息项上有化学品销售商（或销售商代理人）新信息时进行更新。



图2.2 化学品GHS标签样本（硝酸铵[含可燃物>0.2%]）

### 更多信息

- GB/T 22234-2008 基于GHS的化学品标签规范

### 2.2.2 化学品安全技术说明书（SDS）

实验室的每种化学品都必须有自己的化学品安全技术说明书（SDS），SDS是实验人员了解化学品的重要信息来源，通常由制造商或供应商提供纸质SDS或从官方网站获取电子版SDS。实验室应放置一些危险程度高的化学品的SDS或安全周知卡，方便查阅（如图2.3所示）。特殊情况下，实验人员如有查询化学品SDS的需要，可以通过国际化学品安全卡数据库（[https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listCards3?p\\_lang=zh](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listCards3?p_lang=zh)）进行查找。

根据GB/T16483-2008《化学品安全技术说明书内容和项目顺序》，SDS包括化学品及企业标识、危险性概述、成分/组成信息、急救措施、消防措施、泄漏应急处理、操作处置与储存、接触控制和个体防护、理化特性、稳定性和反应性、毒理学信息、生态学信息、废弃处置、运输信息、法规信息及其它信息16项内容（如表2.1）。其中第2部分危险性概述标明化学品主要的物理和化学危险性信息，以及对人体健康和环境影响的信息，如果该化学品存在某些特殊的危险性质，也应在此处说明；第4部分急救措施说明必要时应采取的急救措施及应避免的行动；第5部分消防措施应说明合适的灭火方法和灭火剂；第6部分泄漏应急处理应包括作业人员防护措施、防护装配和应急处置程序等；第7部分操作处置与储存描述安全处置注意事项、防止直接接触不相容物质或混合物的特殊处置注意事项、安全储存的条件、安全技术措施、同禁忌物隔离储存的措施、包装材料信息；第8部分接触控制与个体防护列明容许浓度，如职业接触限值和生物限值，列明减少接触的工程控制方法、推荐使用的个体防护设备、防护设备的类型和材质；第9部分理化特性提供气味、pH值、熔点等信息；第10部分稳定性和反应性描述化学品的稳定性和在特定条件下可能发生的危险反应，包括应避免的条件、不相容的物质、危险的分解产物；第11部分毒理学信息应全面、简洁地描述使用者接触化学品后产生的各种毒性作用（健康影响）。实验人员必须评估SDS，识别物质的危害，在化学品的整个生命周期内采取预防措施，并确保实验室中所有可能接触该物质的实验人员都能获得正确的SDS。

表2.1 参考物质信息、预防措施等推荐的SDS章节

物质信息和危害识别	预防措施	急救和紧急反应	额外的信息
1. 化学品及企业标识 2. 危险性概述 3. 成分/组成信息	7. 操作处置与储存 8. 接触控制/个人防护 9. 理化特性 10. 稳定性和反应性	4. 急救措施 5. 消防措施 6. 泄漏应急处理	11. 毒理学信息 12. 生态学资料 13. 废弃处理 14. 运输信息 15. 法规信息 16. 其他信息

为确保SDS信息是最新的，最好定期审查实验室的SDS收集，并更换所有超过5年的SDS（基于SDS发布日期）。如果供应商无法提供更新的SDS，临时措施是参考同一化学品的其他供应商提供的SDS，直到原始供应商提供更新。



图2.3 实验室内SDS储存盒

#### 更多信息

- GB/T 16483-2008 化学品安全技术说明书内容和项目顺序

## 2.3 实验室化学品的毒性效应

### 2.3.1 毒性物质的判定

在实验室中遇到的化学物质具有广泛的物理、化学、毒性特性和生理效应。在实验中使用化学品之前，必须充分了解其相关的风险。毒性物质包括人工合成的化学品及其混合物和天然毒素，还包括具有急性毒性已造成公共安全危害的化学品。毒性物质是指经吸食、接触后人身健康受到或造成严重伤害甚至造成死亡的物质。毒性作用的风险与化学品的暴露程度和固有毒性有关。即使暴露于大剂量的固有毒性很小的化学品，如磷酸盐缓冲液，风险也很低。相比之下，即使是少量具有高固有性或腐蚀性的化学品也可能造成严重的不良影响。接触的时间和频率也是判断一种化学品是否会产生有害影响的关键因素。对某些化学品的一次接触就足以产生不利的健康影响；对于其他化学品，需要反复接触才能产生毒性作用；对于大多数物质，暴露途径（通过皮肤、眼睛、胃肠道或呼吸道）也是风险评估的重要考虑因素；对于具有全身毒性的化学物质，靶器官的内部剂量是一个关键因素。急性毒物的接触可以根据动物研究和经常人类意外中毒接触的明确的毒性参数来指导。决定各种化学物质的神经毒性和免疫原性所需的类似定量数据往往是不可获得的。

在计划实验时考虑可能的毒性危害时，两种物质的毒性作用结合起来可能显著大于任

何一种物质单独的毒性作用。因为大多数化学反应产生的含有混合毒性物质的混合物从未被评估过，所以谨慎地假设不同物质的混合物（即化学反应混合物）将比其最具毒性的成分更具毒性。此外，涉及两种或两种以上物质的化学反应可能会形成比初始反应物毒性大得多的反应产物。在无意混合反应物的情况下，实验人员可能无法预料到产生有毒反应物的这种可能性。例如，甲醛（一种常见的组织固定剂）和氯化氢的无意混合会导致产生一种强效人类致癌物二氯甲基醚。所有实验人员必须了解一定的毒理学基本原理，掌握所使用化学品的毒性和化学反应性能，了解保管、预防和急救措施的知识，掌握正确的操作方法，采取必要的防护措施，将中毒风险降到最低。毒性物质的毒性常用半致死剂量（LD<sub>50</sub>）和半致死浓度（LC<sub>50</sub>）来表征。

半致死剂量（LD<sub>50</sub>）：在一定时间内经口或经皮给予受试样品后，使受试动物发生死亡概率为50%的剂量。以单位体重接受受试样品的质量（mg·kg<sup>-1</sup>体重或g·kg<sup>-1</sup>体重）来表示。

半致死浓度（LC<sub>50</sub>）：指在一定时间内经呼吸道吸入受试样品后引起受试动物发生死亡概率为50%的浓度。以单位体积空气中受试样品的质量（mg·L<sup>-1</sup>）来表示。

不同毒性的毒物对机体造成的危害不尽相同，根据毒物对人每千克的致死量依次将毒物分为：剧毒（<0.05 g）、高毒（0.05~0.5 g）、中毒（0.5~5 g）、低毒（5~15 g）、微毒（>15 g）。

目前我国，有关毒性物质的判定方面所依据的标准或文件主要有以下三个：

(1) 《危险货物分类和品名编号》（GB 6944-2012）

该国标对毒性物质判定做了以下说明：毒性物质是经吞食、吸入或皮肤接触后可能造成死亡或严重受伤或健康损害的物质。

(2) 《化学品分类和标签规范》（GB 30000-2013）

对毒性物质的急性毒性进行了详细划分，具体从类别1到类别5分为五个类别，类别1为最强，界定为经口LD<sub>50</sub>≤5 mg·kg<sup>-1</sup>体重，经皮肤LD<sub>50</sub>≤50 mg·kg<sup>-1</sup>体重，或吸入（气体）LC<sub>50</sub>≤0.1 mg·L<sup>-1</sup>，或吸入（蒸气）LC<sub>50</sub>≤0.5 mg·L<sup>-1</sup>，或吸入（粉尘或烟雾）LC<sub>50</sub>≤0.05 mg·L<sup>-1</sup>。

(3) 《危险化学品目录》（2015年版）

《危险化学品目录》（2015年版）包括危险化学品2828个，其中剧毒化学品148种。《危险化学品目录》（2015年版）对剧烈急性毒性判定界限为经口LD<sub>50</sub>≤5 mg·kg<sup>-1</sup>，经皮LD<sub>50</sub>≤50 mg·kg<sup>-1</sup>，吸入（4h）LC<sub>50</sub>≤100 ml·m<sup>-3</sup>（气体）或0.5 mg·L<sup>-1</sup>（蒸气）或0.05 mg·L<sup>-1</sup>（粉尘或烟雾）。

### 2.3.2 实验室有毒化学品风险评估

实验人员应按照如下步骤评估处理有毒化学品的风险。

(1) 确定要使用的化学品和使用环境。确定所提议的实验中涉及的化学物质，并确定将使用的数量。实验是做一次，还是重复处理？实验是在开放的实验室、封闭的仪器中进

行，还是在化学通风柜中进行？有没有可能在实验中产生新的或未知的物质？是否有实验人员怀孕或可能怀孕？实验人员是否对特定的化学物质敏感？

(2) 查阅资料来源。对于所计划的实验中涉及的每种化学品，可查阅最新的化学品安全技术说明书（SDS）。在涉及具有重大或不寻常潜在危害的物质的情况下，应参阅更详细的参考资料，如Prudent Practices in the laboratory (2011)。根据实验人员的经验水平和拟进行的实验相关的潜在危险程度，在进行风险评估之前，应获得专业人员的协助。

(3) 评估毒性类型。查阅资料来确定实验中涉及的每种化学品的毒性类型。所使用的化学品是否有剧毒或腐蚀性？所使用的化学品中是否有刺激物或增敏剂？是否会遇到任何特定的致癌物或可能的致癌物？所提议的实验中是否有任何化学品被认为是生殖或发育毒素或神经毒素？

(4) 考虑可能的接触途径。确定每种化学品的潜在接触途径。这些化学气体或者挥发性气体是否足以通过吸入产生重大风险？如果是液体，这些物质能被皮肤吸收吗？在实验中会不会形成粉尘或气溶胶？实验中是否存在误食或注射化学物质的重大风险？

(5) 评估毒性的定量信息。参考查阅资料，确定通过相关暴露途径的每种化学品的LD<sub>50</sub>。确定每种物质的急性毒性危害等级，将每种化学品分为剧毒、高毒、中毒、低毒、微毒等。对于具有吸入危害的物质，应注意阈值限值-时间加权平均值（TLV-TWA）、短期暴露限值和允许暴露限值。

(6) 选择适当的程序，尽量减少暴露。确定在计划的实验中要处理的任何化学品是否满足由于高急性毒性、致癌性和/或生殖毒性而特别危险物质的定义。如果是这样，考虑将使用的物质的总量，预期使用频率，化学品的接触途径，以及在拟议的实验中使用它的情况。使用这些信息来确定对于高毒性物质的工作是否需要实验指导书，以及是否需要与安全专业人员进行额外的咨询。

(7) 做好应急准备。注意接触拟用于实验的化学品的迹象和症状。注意在接触或意外泄漏任何化学品时应采取的适当措施，包括急救或围堵措施。

#### 更多信息

- 中华人民共和国职业病防治法（2001年中华人民共和国主席令第六十号）
- 使用有毒物品作业场所劳动保护条例（2002年中华人民共和国国务院令352号）
- 高毒物品目录（卫法监发〔2003〕142号）
- GB 6944-2012危险货物分类和品名编号
- GB 30000-2013化学品分类和标签规范
- Prudent Practices in the Laboratory-Handling and Management of Chemical Hazards (National Academy of Sciences)

### 2.3.3 常用溶剂的沸点、溶解性和毒性

倘若人长时间吸入有机溶剂的蒸气将会引起慢性中毒，即使短时间暴露在高浓度有机溶剂蒸气下，也会有急性中毒致命的危险，有机溶剂对人体的危害与溶剂的挥发性、毒性具有密切的关系。常用溶剂的沸点、溶解性和毒性见表2.2。

表2.2 常用溶剂的沸点、溶解性和毒性（单位：°C）

溶剂名称	沸点	溶解性	毒性
甲醇	64.5	与水、乙醚、醇、酯、卤代烃、苯、酮混溶	微毒类，麻醉性
乙酸乙酯	77.1	与醇、醚、三氯甲烷、丙酮、苯等大多数有机溶剂溶解，能溶解某些金属盐	低毒，麻醉性
乙醇	78.3	与水、乙醚、三氯甲烷、酯、烃类衍生物等有机溶剂混溶	微毒类，麻醉性
三氯甲烷	61.2	与乙醇、乙醚、石油醚、卤代烃、四氯化碳、二硫化碳等混溶	中等毒性，强麻醉性
乙腈	81.6	与水、甲醇、乙酸甲酯、乙酸乙酯、丙酮、醚、三氯甲烷、四氯化碳、氯乙烯及各种不饱和烃混溶，但是不与饱和烃混溶	中等毒性，大量吸入蒸气，引起急性中毒
二氯甲烷	39.8	与醇、醚、三氯甲烷、苯、二硫化碳等有机溶剂混溶	低毒，麻醉性强
丙酮	56.1	与水、醇、醚、烃混溶	低毒，毒性与乙醇相似，但比乙醇大
乙醚	34.6	微溶于水，易溶于盐酸。与醇、醚、石油醚、苯、三氯甲烷等多数有机溶剂混溶	麻醉性
三乙胺	89.6	18.7°C以下可混溶，以上微溶。易溶于三氯甲烷、丙酮，溶于乙醇、乙醚	易爆，皮肤黏膜刺激性强
吡啶	115.3	与水、醇、醚、石油醚、苯、油类混溶。能溶多种有机物和无机物	低毒，皮肤黏膜刺激性
乙二胺	117.3	溶于水、乙醇、苯和乙醚，微溶于庚烷	刺激皮肤、眼睛
乙酸	118.1	与水、乙醇、乙醚、四氯化碳混溶，不溶于二硫化碳及C12以上高级脂肪烃	低毒，浓溶液毒性强
氯苯	131.7	能与醇、醚、脂肪烃、芳香烃、和有机氯化物等多种有机溶剂混溶	低于苯，损害中枢系统
N,N-二甲基苯胺	193	微溶于水，能随水蒸气挥发，与醇、醚、三氯甲烷、苯等混溶，能溶解多种有机物	抑制中枢和循环系统，经皮肤吸收中毒
甘油	290.0	与水、乙醇混溶，不溶于乙醚、三氯甲烷、二硫化碳、苯、四氯化碳、石油醚	食用对人体无毒
乙二醇	197.9	与水、乙醇、丙酮、乙酸、甘油、吡啶混溶，与三氯甲烷、乙醚、苯、二硫化碳等难溶，对烃类、卤代烃不溶，溶解食盐、氯化锌等无机物	低毒类，可经皮肤吸入人体

溶剂名称	沸点	溶解性	毒性
二甲亚砜	189.0	与水、甲醇、乙醇、乙二醇、甘油、乙醚、丙酮乙酸乙酯吡啶、芳烃混溶	微毒,对眼有刺激性
四氢呋喃	66	优良溶剂,与水混溶,很好的溶解乙醇、乙醚、脂肪烃、芳香烃、氯化烃	吸入微毒,经口低毒
甲苯	110.6	溶于水,与甲醇、乙醇、三氯甲烷、丙酮、乙醚、冰乙酸、苯等有机溶剂混溶	不低毒类,麻醉作用
苯	80.1	难溶于水,与甘油、乙二醇、乙醇、三氯甲烷、乙醚、四氯化碳、二硫化碳、丙酮、甲苯、二甲苯、冰乙酸、脂肪烃等大多有机物混溶	强烈毒性
三氯乙酸	197.5	溶于水、乙醇、乙醚	属低毒类
液氨	33.4	特殊溶解性:能溶解碱金属和碱土金属	毒性,腐蚀性
液态二氧化硫	10.1	溶解胺、醚、醇苯酚、有机酸、芳香烃、溴、二硫化碳,多数饱和烃不溶	剧毒
甲胺	6.3	是多数有机物和无机物的优良溶剂,液态甲胺与水、醚、苯、丙酮、低级醇混溶,其盐酸盐易溶于水,不溶于醇、醚、酮、三氯甲烷、乙酸乙酯	中等毒性,易燃
二甲胺	7.4	是有机物和无机物的优良溶剂,溶于水、低级醇、醚、低极性溶剂	强烈刺激性
石油醚	30~60 60~90	不溶于水,与丙酮、乙醚、乙酸乙酯、苯、三氯甲烷及甲醇以上高级醇混溶	与低级烷相似
戊烷	36.1	与乙醇、乙醚等大多数有机溶剂混溶	低毒性
二硫化碳	46.2	微溶于水,与多种有机溶剂混溶	麻醉性,强刺激性
1,1-二氯乙烷	57.3	与醇、醚等大多数有机溶剂混溶	低毒,局部刺激性
己烷	68.7	甲醇部分溶解,比乙醇高的醇、醚丙酮、三氯甲烷混溶	低毒,麻醉性,刺激性
三氯代乙酸	71.8	与水、乙醇、乙醚、丙酮苯、四氯化碳、己烷混溶,溶解多种脂肪族、芳香族化合物	中等毒性
1,1,1-三氯乙烷	74.0	与丙酮、甲醇、乙醚、苯、四氯化碳等有机溶剂混溶	低毒类溶剂
四氯化碳	76.8	与醇、醚、石油醚、石油脑、冰乙酸、二硫化碳、氯代烃混溶	氯代甲烷中毒性最强
丁酮	79.6	与丙酮相似,与醇、醚、苯等大多数有机溶剂混溶	低毒,毒性强于丙酮
环己烷	80.7	与乙醇、高级醇、醚、丙酮、烃、氯代烃、高级脂肪酸、胺类混溶	低毒,中枢抑制作用

溶剂名称	沸点	溶解性	毒性
异丙醇	82.4	与乙醇、乙醚、三氯甲烷、水混溶微毒,类似乙醇1,2-二氯乙烷(沸点83.48)与乙醇、乙醚、三氯甲烷、四氯化碳等多种有机溶剂混溶	高毒性,致癌
乙二醇二甲醚	85.2	溶于水,与醇、醚、酮、酯、烃、氯代烃等多种有机溶剂混溶。能溶解各种树脂,还是二氧化硫、氯代甲烷、乙烯等气体的优良溶剂	吸入和经口低毒
三氯乙烯	87.2	不溶于水,与乙醇、乙醚、丙酮、苯、乙酸乙酯、脂肪族氯代烃、汽油混溶	有机有毒品
丙腈	97.4	溶解醇、醚、DMF、乙二胺等有机物,与多种金属盐形成有机物	高毒性,与氢氰酸相似
庚烷	98.4	与己烷类似	低毒,刺激性,麻醉性
硝基甲烷	101.2	与醇、醚、四氯化碳、DMF等混溶	麻醉性,刺激性
1,4-二氧六环	101.3	能与水及多数有机溶剂混溶,溶解能力很强	微毒,比乙醚强2~3倍
硝基乙烷	114.0	与醇、醚、三氯甲烷混溶,溶解多种树脂和纤维素衍生物	局部刺激性较强
4-甲基-2-戊酮	115.9	能与乙醇、乙醚、苯等大多数有机溶剂和动植物油相混溶	毒性和局部刺激性较强
丁醇	117.7	与醇、醚、苯混溶	低毒,大于乙醇3倍
乙二醇一甲醚	124.6	与水、醛、醚、苯、乙二醇、丙酮、四氯化碳、DMF等混溶	低毒类
辛烷	125.7	几乎不溶于水,微溶于乙醇,与醚、丙酮、石油醚、苯、三氯甲烷、汽油混溶	低毒性,麻醉性
乙酸丁酯	126.1	优良有机溶剂,广泛应用于医药行业,还可以用做萃取剂	一般条件毒性不大
吗啉	128.9	溶解能力强,超过二氧六环、苯和吡啶,与水混溶,溶解丙酮、苯、乙醚、甲醇、乙醇、乙二醇、2-己酮、蓖麻油、松节油、松脂等	腐蚀皮肤,刺激眼和结膜,蒸气引起肝肾病变
乙二醇一乙醚	135.6	与乙二醇一甲醚相似,但是极性小,与水、醇、醚、四氯化碳、丙酮混溶	低毒类,二级易燃液体
对二甲苯	138.4	不溶于水,与醇、醚和其他有机溶剂混溶	一级易燃液体
二甲苯	138.5~141.5	不溶于水,与乙醇、乙醚、苯、烃等有机溶剂混溶,乙二醇、甲醇、2-氯乙醇等极性溶剂部分溶解	一级易燃液体,低毒类
间二甲苯	139.1	不溶于水,与醇、醚、三氯甲烷混溶,室温下溶解乙腈、DMF等	一级易燃液体

溶剂名称	沸点	溶解性	毒性
邻二甲苯	144.4	不溶于水，与乙醇、乙醚、三氯甲烷等混溶	一级易燃液体
N,N-二甲基甲酰胺	153.0	与水、醇、醚、酮、不饱和烃、芳香烃等混溶，溶解能力强	低毒
环己酮	155.7	与甲醇、乙醇、苯、丙酮、己烷、乙醚、硝基苯、石油脑、二甲苯、乙二醇、乙酸异戊酯、二乙胺及其他多种有机溶剂混溶	低毒类，有麻醉性，中毒几率比较小
环己醇	161	与醇、醚、二硫化碳、丙酮、三氯甲烷、苯、脂肪烃、芳香烃、卤代烃混溶	低毒，无血液毒性刺激性
N,N-二甲基乙酰胺	166.1	溶解不饱和脂肪烃，与水、醚、酯、酮、芳香族化合物混溶	微毒类
糠醛	161.8	与醇、醚、三氯甲烷、丙酮、苯等混溶部分溶解低沸点脂肪烃，无机物一般不溶	有毒品，刺激眼睛，催泪
N-甲基甲酰胺	180~185	与苯混溶，溶于水和醇，不溶于醚	一级易燃液体
苯酚(石炭酸)	181.2	溶于乙醇、乙醚、乙酸、甘油、三氯甲烷、二硫化碳和苯等，难溶于烃类溶剂，65.3℃以上与水混溶，65.3℃以下分层	毒类，对皮肤、黏膜有强烈腐蚀性可经皮肤吸收，中毒率高
1,2-丙二醇	187.3	与水、乙醇、乙醚、三氯甲烷、丙酮等多种有机溶剂混溶	低毒，吸湿，不宜静注
邻甲酚	191.0	微溶于水，能与乙醇、乙醚、苯、三氯甲烷、乙二醇、甘油等混溶	参照甲酚
N-甲基吡咯烷酮	202	与水混溶，除低级脂肪烃可以溶解大多无机物和有机物，极性气体，高分子化合物	毒性低，不可内服
节醇	205.5	与乙醇、乙醚、三氯甲烷混溶，20℃在水中溶解	3.8%(wt)低毒，黏膜刺激性
甲酚	210	微溶于水，能与乙醇、乙醚、苯、三氯甲烷、乙二醇、甘油等混溶	低毒类，腐蚀性，与苯酚相似
甲酰胺	210.5	与水、醇、乙二醇、丙酮、乙酸、二氧六环、甘油、苯酚混溶，几乎不溶于脂肪烃、芳香烃、醚、卤代烃、氯苯、硝基苯等	皮肤、黏膜刺激性，经皮肤吸收
硝基苯	210.9	几乎不溶于水，与醇、醚、苯等有机物混溶，对有机物溶解能力强	剧毒，可经皮肤吸收
乙酰胺	221.2	溶于水、醇、吡啶、三氯甲烷、甘油、热苯、丁酮、丁醇、苜醇，微溶于乙醚	毒性较低
六甲基磷酸三酰胺	233	与水混溶，与三氯甲烷络合，溶于醇、醚、酯、苯、酮、烃、卤代烃等	较大毒性
喹啉	237.1	溶于热水、稀酸、乙醇、乙醚、丙酮、苯、三氯甲烷、二硫化碳等	中等毒性，刺激皮肤和眼睛

溶剂名称	沸点	溶解性	毒性
乙二醇碳酸酯	238	与热水、醇、苯、醚、乙酸乙酯、乙酸混溶，不溶于干燥醚、四氯化碳、石油醚、四氯化碳	毒性低
二甘醇	244.8	与水、乙醇、乙二醇、丙酮、三氯甲烷、糠醛混溶，与乙醚、四氯化碳等不混溶	微毒，经皮肤吸收，刺激性较小
丁二腈	267	溶于水，易溶于乙醇和乙醚，微溶于二硫化碳、己烷	中等毒性
环丁砜	287.3	几乎能与所有有机溶剂混溶，除脂肪烃外能溶解大多数有机物	中等毒性

## 2.4 易燃、反应性和爆炸性危险

### 2.4.1 易燃的危险

除了化学品的毒性影响造成的危害外，风险评估中还需要考虑可燃性、爆炸性和反应性造成的危害。

易燃物质，即容易着火和在空气中燃烧的物质，可以是固体、液体或气体。实验室中最常见的火灾危险是易燃液体或由这种液体产生的蒸气。另一个危险是，一种化合物会迅速燃烧，从而引发爆炸。正确使用引起火灾的物质需要了解它们在实验室各种条件下蒸发、点燃或燃烧的倾向。

要发生火灾，三个条件必须同时存在：氧化剂（助燃物），如氧气、空气、氯酸钾等；可燃物，如在该物质的可燃性范围内的可燃性气体或蒸气；和一个点火源，如明火、摩擦、冲击和电火花等（见图2.4）。防止可燃物和点火源共存是处理危险的最佳方法。当易燃液体的蒸气不能总是被控制时，严格控制点火源是减少可燃性风险的主要方法。不同液体产生可燃蒸气的速率取决于它们的蒸气压，而蒸气压随着温度的升高而增加。一种物质的火灾危险程度还取决于其与空气形成可燃或爆炸性混合物的能力，以及这些混合物是否容易着火。液体相对于水和气体相对于空气的相对密度和溶解度也很重要。



图2.4 燃烧三要素

#### (1) 闪点

闪燃是指可燃物表面挥发出的可燃气体与空气混合后遇火发生一闪即灭的现象。发生闪燃的最低温度叫闪点。

在一定环境温度下，液体表面都有一定的蒸气存在，而蒸气压的大小取决于液体所处的温度，因此，一定液体蒸气浓度也由液体的温度所决定。可燃液体的温度高于其闪点时，随时都有被点燃的危险。闪点是用来描述液体火灾爆炸危险性的主要参数之一。物质的闪点越低，爆燃的危险性越大。

化学实验室常见物质的闪点如表2.3所示。从表中数据可以看出，二硫化碳、乙醚、石油醚、苯和丙酮等试剂的闪点都较低，即使存放在普通冰箱内（冷冻室最低温-18℃）也能形成可以着火的条件，因而这类液体不得储存于普通冰箱内，使用时应特别注意。以丙酮为例，在环境压力和温度下，丙酮泄漏在空气中产生的丙酮浓度高达23.7%，闪点为-18℃，在空气中丙酮的上、下可燃极限分别为2.6%和12.8%，由此可见，丙酮泄漏会产生极端的火灾危险。因而，丙酮的主要危害是可燃性。

表2.3 化学实验室常见物质的闪点

物质名称	闪点/℃	物质名称	闪点/℃	物质名称	闪点/℃
二硫化碳	-30	三硝基苯酚	150	甲醇	11
丙酸	54	苯酚	79	甲乙醚	-37
甲苯	4	环氧乙烷	-29	乙醇	13
甲醚	-41	异丙醇	11	乙醛	-39
乙醚	-45	丙酮	-18	乙胺	-17
乙苯	12.8	乙酸乙酯	-4	乙酸酐	49

## (2) 燃点（着火点）

着火是指可燃物与火源接触而燃烧，并且在火源移去后仍能继续保持燃烧的现象。可燃物质发生着火的最低温度称为燃点（着火点）。燃点越低，典型实验室设备起火的可能性越大。当可燃蒸气达到自燃温度时，火花是不需要点火的。化学实验室常用溶剂的燃点数据如表2.4所示。

表2.4 化学实验室常用溶剂的燃点

溶剂名称	燃点/℃	溶剂名称	燃点/℃	溶剂名称	燃点/℃
二硫化碳	100	二甲亚砜	300~302	乙酸乙酯	426
乙二醇	118	乙醇	390~430	环己酮	420
环己烷	259	苯	562	甲苯	552
乙醚	350	乙苯	432	乙酸	550
甲醇	470	丙酮	561	苯乙烯	490

实验人员应注意易燃物质的理化性质是基于标准的测试方法，这与在实际实验室使用中遇到的情况有很大的不同，应采用较大的安全系数。实验室内一些常用物质即使在相对低温的条件下也具有潜在的危险。一些易燃液体在水中的浓度即使达到的10 wt%也能保持其可燃性。

物质着火原因有自燃、点火源和除氧以外的氧化剂。

### (1) 自燃

自燃是可燃物在没有外部火花、火焰等火源的作用下，因受热或自身发热而蓄热所发生的自行燃烧现象。实验人员应始终考虑物质自燃的可能性，特别是在储存或处理化学品时。易受自燃影响的材料包括油布、灰尘堆积、混合了强氧化剂（如硝酸、氯酸盐、高锰酸盐、过氧化物和过硫酸盐）的有机材料、碱金属（如钠、钾）、细颗粒的自燃金属和磷。

### (2) 点火源

实验室中潜在的点火源包括明显的火和本生燃烧器，以及一些不那么明显的电力来源，如冰箱、搅拌电机、热风枪、微波炉等。在可能的情况下，应以电加热代替明火。由于大多数易燃液体的蒸气都比空气重，并且能够传播相当远的距离，因此应特别注意位于较低水平的火源，而不仅是正在使用的物质。如果在易燃范围内的蒸气路径是连续的，比如沿着地板或工作台，火焰就会从点火源传播回源头。排放易燃物质的金属线和容器应正确连接和接地，以防止静电。

### (3) 除氧以外的氧化剂

最常见的火灾涉及可燃物质在空气中燃烧。然而，引起火灾或爆炸的氧化剂不一定是氧气本身，这取决于还原剂的性质。所有氧化剂都有接受电子的能力，而燃料是还原剂或电子供体。表2.5列出了无氧氧化剂的例子。当金属钾在水中点燃时，金属是还原剂，水是氧化剂。如果反应产生的氢气被点燃，它就会成为传统火灾的燃料，而氧气则是氧化剂。在硝酸铵爆炸中，铵阳离子被硝酸铵阴离子氧化。

表2.5 氧化剂举例

气体	氯，氟，一氧化二氮，氧，臭氧
液体	溴化物，过氧化氢，硝酸，高氯酸，硫酸
固体	溴酸盐、氯酸盐、亚氯酸盐、铬酸盐、重铬酸盐、次氯酸盐、碘酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、高氯酸盐、过氧化物、高锰酸盐、苦味酸盐

压缩或液化气体也存在火灾危险，热量会导致压力增加，可能会使容器破裂。易燃气体泄漏或逸出，还会使实验室产生爆炸性气氛，其中乙炔、氢气、氨、硫化氢、丙烷和一氧化碳尤其危险。即使没有压力，液化气也比气体更集中，蒸发得很快。氧气是极端危险的，液化的空气几乎同样危险，因为氮气会先蒸发，导致氧气浓度上升。液氮放置一段时间可能会凝结足够的氧气，需要小心处理。当液化气在封闭系统中使用时，可能会产生压力，需要适当的排气。如果液体是可燃的（例如氢和甲烷），除非添加了气味剂，否则可能会在没有警告的情况下形成爆炸性浓度。易燃性、毒性和压力累积在气体暴露于高温时会变得更加危险。

#### 2.4.2 反应性危险

##### (1) 与水反应的物质

水反应性物质是那些与水发生剧烈反应的物质。碱金属（如锂、钠和钾）、许多有机金属化合物和一些氢化物与水反应产生热量和可燃氢气，这些气体会与大气中的氧发生爆炸或结合。一些无氧金属卤化物（如溴化铝）、氧化物（如氧化钙）、非金属氧化物（如三氧化硫）和卤化物（如五氯化磷）与水发生放热反应，如果冷却水不足，就会产生剧烈的反应。

##### (2) 自燃物质

自燃物质是指自燃点低，在空气中易发生氧化反应放出热量而自行燃烧的自燃液体（GB30000.10-2013）和自燃固体（GB30000.11-2013）。联合国《关于危险货物运输的建议书 实验和标准手册》（第五版）规定该类物品是与空气接触后5 min内会发生燃烧的物质。常见自燃固体有黄磷、钡合金、二苯基镁、金属锆、硼氢化铝等，自燃液体有二甲基锌、三丁基铝、烷基锂等。自燃物质应储存于通风、阴凉、干燥处，远离明火与热源，防止阳光直射。应单独存放，不得混存，避免与氧化剂、酸、碱等接触。

自燃物质在化学结构上并无规律性，故自燃原因和特性不一致，其主要具有以下危险特性。

##### (a) 无氧自燃性

有些易燃物质在缺氧条件下无需掺入空气也可发生危险化学反应，放出热量也能发生自燃起火，如黄磷、煤、锌粉等。

##### (b) 氧化自燃性

部分自燃物质化学性质非常活泼，自燃点低，具有极强还原性，接触空气中的氧或氧化剂，立即发生剧烈的氧化反应，放出大量热，达到自燃点而自燃甚至爆炸。如黄磷遇空气起火，生产有毒的 $P_2O_5$ 。

##### (c) 积热自燃性

有些自燃物质含有较多不饱和双键，遇氧或氧化剂易发生氧化反应，放出热量。如果通风不良，热量聚积不散，致使温度升高，又会加快氧化速率，产生更多的热，促使温度

升高，最终会积热达到自燃点而引起自燃。

##### (d) 遇湿易燃性

有些自燃物质在空气中能氧化自燃，遇水或受潮后还可分解而自燃爆炸。

#### (3) 不相容的化学物质

不相容物质的意外接触会导致严重爆炸或形成剧毒、易燃或两者兼有的物质。实验人员还应考虑自然灾害和化学爆炸本身会引发冲击波，导致化学物质混合。

#### 2.4.3 爆炸的危险

爆炸通常是指在极短时间内，释放出大量的能量，产生高温，并放出大量气体，在周围介质中造成高压的化学反应或状态变化。爆炸极限或爆炸浓度极限（LEL/UEL）是指可燃物质（可燃气体、蒸气和粉尘）与空气（或氧气）必须在一定的浓度范围内均匀混合，形成预混气，遇上火源才会发生爆炸的浓度范围。可燃物质与空气混合气体的爆炸极限，有时也称为可燃物质空气中的燃烧界限。气体或蒸气的爆炸极限是以在混合物中所占体积的百分比（%）来表示；可燃粉尘的爆炸极限是以混合物中所占体积的质量比（ $g/m^3$ ）来表示的，如铝粉的爆炸极限为 $40 g/m^3$ 。

##### (1) 爆炸性化合物特有的原子团

从化合物分子的角度来说，如果含有某些特定原子团就容易发生爆炸，普莱次（Pletz）将这样的原子团称为“爆炸性基团”，《Bretherick反应性化学危害手册》（Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards）列出了一些主要高敏感度的“爆炸性基团”。

苦味酸（三硝基苯酚、TNP）为黄色粉末或针状结晶，具强烈苦味，强酸性，有毒。苦味酸蒸气吸入可引起支气管炎和结膜炎，经皮肤接触吸收可引起接触性皮炎，长期接触可导致慢性中毒，引起头痛、头晕、恶心呕吐、食欲减退、腹泻和发热等，严重时可引起末梢神经炎、膀胱刺激症状以及肝、肾损害。苦味酸接触明火、高热或受到摩擦震动、撞击可爆炸，有害燃烧产物CO、 $CO_2$ 和氮氧化物。与重金属粉末能发生化学反应生成金属盐，增加爆炸敏感度；与强氧化剂可发生反应。苦味酸应储存于阴凉、通风的库房，远离火源、热源，避免与强氧化剂接触。

##### (2) 叠氮化合物和过氧化物

叠氮化合物和过氧化物是化学实验室处理的最危险的物质之一，但也是常用的试剂，经常被用作自由基源和氧化剂。它们通常是低威力炸药，对震动、火花或其他意外点火很敏感，对冲击的敏感度远高于TNT等大多数初级炸药。对于实验中涉及的反应物、产物或中间产物等，均需要提前查询其SDS信息，了解其危险特性及预防措施后，在进行操作。

叠氮化合物是指分子中含有叠氮基团的化合物，可以用表示。有机叠氮及多氮化合物都具有潜在的爆炸性，小分子量的中间体或终端产物不能以纯品形式保存，需要低温保存在低于 $1 mol/L$ 的稀溶液中，分子量大的纯品（或含量高）的中间体及终端产物也需在低温

和黑暗状态下少量保存。在设计路线时，若中间体或目标产物为有机叠氮化合物，需评估原子数比值、叠氮比值与爆能比值，了解爆炸危险性的大小。例如NaN<sub>3</sub>属于剧毒品，投料、反应和后处理，需戴好防毒面具和手套，做好个人防护。同时，NaN<sub>3</sub>及有机叠氮物属于高感度易爆品，不能用金属勺或刮刀进行取样称量等操作，也不能受热、震动，更不能烘干。按照国家标准GBZ/T 160.29-2004，工作场所叠氮钠最高允许浓度为0.3 mg/m<sup>3</sup>。所有接触过NaN<sub>3</sub>的器具和后处理水溶液都需要在负压的通风柜内用次氯酸钠溶液进行荡洗操作，以彻底淬灭。反应结束后的反应液，pH要大于9后才能进行萃取（不至于变成水洗不掉的剧毒和爆炸性物质HN<sub>3</sub>）。有机叠氮化合物的合成、后处理和纯化不宜使用浓缩（常用蒸馏和减压蒸发）等操作，最佳选择是萃取或保留在溶液里直接用于下一步。柱层析后进行浓缩也可能引起有机叠氮或多氮唑化合物分解爆炸。处理反应过量的NaN<sub>3</sub>后处理水溶液，要按照1:50以上的浓度配成稀的水溶液，慢慢加入不断搅拌下的NaClO溶液中进行淬灭，彻底搅拌后静置过夜，加料顺序不可以反过来。如果NaN<sub>3</sub>和NaClO溶液太浓，淬灭时可能会发生爆炸。

过氧化物指含有过氧基-O-O-的化合物，分为无机氧化物和有机过氧化物，由于其分解温度通常低于常温，遇酸、热、摩擦、冲击，或与易燃物、还原剂接触等，能发生分解反应，所以非常容易引起燃烧和爆炸。例如过氧化氢和甲醛作用曾引起过爆炸事故；蒸馏釜残留物中积聚了丙酮过氧化衍生物，在酸存在下即发生爆炸；含聚酯树脂的丙酮过氧化衍生物与环烷酸钴的溶液混合时发生过多次爆炸和着火事故；等等。

常用的氧化剂多为高氧化态的无机酸或其盐类，有的是有机过氧化物。高氧化态的无机氧化剂易分解成氧和热量，本身不一定可燃，但能导致可燃物燃烧，与松软的可燃性粉末能形成爆炸性混合物，对热、震动或摩擦敏感。常用的30%过氧化氢溶液在34.5 °C时分解，存储温度应低于其分解反应温度，避免双氧水发生分解爆炸。2010年6月9日，中国科学院某化学物理研究所发生爆炸事故就是双氧水遇高温分解爆炸所致，加上各种危险化学品的分类管理、安全距离等安全隐患问题而导致连环大爆炸。

无机氧化物主要有以下几类：

(a) 过氧化物类，如过氧化氢、过氧化钠（钾）等；

(b) 卤素（氯、溴、碘）的含氧酸及其盐类，如高卤酸、卤酸、亚卤酸、次卤酸，以及它们的碱金属盐，还有与有机醇结合的次卤酸酯等；

(c) 硝酸及碱金属或碱土金属盐，如硝酸钾（钠、铵）；

(d) 过氧酸盐，如过硫酸铵、过硼酸钠等；

(e) 高价金属盐类，如重铬酸钠、高锰酸钾（钠）等；

(f) 高价金属氧化物，如三氧化铬、二氧化锰等。

有机过氧化物中的过氧键比氧气的氧氧键长而弱，内能较高，不论是从分子结构诸方面考虑，还是从热力学考虑，有机过氧化物中的过氧键都是不稳定的，有释放能量变成稳

定结构的趋势。有机过氧化物在受热或光照下都会分解产生游离基，半衰期因各种因素而异，影响因素包括有机过氧化物的类型、取代基、温度和压力等，其危险性和危害性比无机氧化剂更大。例如，纯品过氧化二乙酰[(CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]制成后存储24 h，可能发生强烈爆炸，即使低浓度如25%溶液遇热也有引起爆炸的危险。纯品过氧乙酸极不稳定，在-20 °C也会爆炸，超过45%（质量分数）在常温下就有爆炸性，市售的40%以下浓度在加热到110 °C时即爆炸。因而，存储有机过氧化物时要低温避光，时间不能过长，用多少就领用（买）多少。长期不使用的，要果断及时安全淬灭掉，做废弃处理。另外，要注意有的有机化合物原本不是过氧化物，但是与空气接触后在光照下通过自由基机理生成过氧化物，从而产生危险性。

### (3) 易爆可燃性气体

易爆可燃性气体包括五类：

(a) 由C、H元素组成的可燃性气体，包括氢气、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、乙烯、丙烯、丁烯、乙炔、环丙烷、丁二烯等。

(b) 由C、H、O元素组成的可燃性气体，包括一氧化碳、甲醚、环氧乙烷、氧化丙烯、乙醚等。

(c) 由C、H、N元素组成的可燃性气体，包括氨、甲胺、二甲胺、三甲胺、乙胺、氰化氢、丙烯腈等。

(d) 由C、H、X（卤素）元素组成的可燃性气体，包括氯甲烷、氯乙烷、氯乙烯、溴甲烷等。

(e) 由C、H、S元素组成的可燃性气体，包括硫化氢、二硫化碳。

常见可燃气体爆炸极限（LEL/UEL）及毒性数据如表2.6所示。使用可燃性气体时，要打开窗户，保持实验室通风良好，以防漏出可燃性气体滞留不散，从而达到一定浓度着火爆炸。要注意乙炔和环氧乙烷由于会发生分解爆炸，因此不可将其加热或对其填充钢瓶进行撞击。

表2.6 常见可燃气体爆炸极限（LEL/UEL）及毒性数据

序号	物质名称	分子式	爆炸浓度极限（体积分数）/%		毒性
			下限LEL	上限UEL	
1	甲烷	CH <sub>4</sub>	5.3	15	
2	乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.0	15.5	
3	丙烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.1	9.5	
4	丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.5	8.5	
5	乙烯	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.7	36	

序号	物质名称	分子式	爆炸浓度极限 (体积分数) /%		毒性
			下限LEL	上限UEL	
6	丙烯	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	2	11.7	
7	丁烯	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	1.8	9.6	
8	丁二烯	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	1.4	16.3	低毒
9	乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2.3	72.3	
10	环丙烷	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	2.4	10.4	
11	甲苯	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	1.2	7.1	低毒
12	环氧乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	3	80	中等
13	甲醛	HCHO	7	73	
14	乙醛	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	4	57	
15	乙酸甲酯	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>3</sub>	3.1	16	
16	乙酸	CH <sub>3</sub> COOH	5.4	16	低毒
17	乙酸乙酯	CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	2.2	11	
18	丙酮	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	2.6	12.8	
19	丁酮	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	1.8	10	
20	氨气	NH <sub>3</sub>	16.1	25	低毒
21	硫化氢	H <sub>2</sub> S	4.3	45.5	神经
22	二硫化碳	CS <sub>2</sub>	1.0	60	
23	一氧化碳	CO	12.5	74.2	剧毒
24	氢气	H <sub>2</sub>	5	75	

#### (4) 粉尘

空气中悬浮的可燃性固体微粒（可燃粉尘）可构成一种强大的爆炸性混合物，当接触到火焰（明火）或电火花等任何着火源会发生粉尘爆炸。金属粉尘、煤粉、塑料粉尘、有机物粉尘、纤维粉尘及谷物面粉等都可能造成粉尘爆炸事故。2021年10月24日，南京某大学一实验室发生爆燃，引发火情，导致11人受伤，其中2人经抢救无效死亡，爆燃原因或与镁铝粉爆燃有关。使用粉尘时应在充分通风的情况，同时应采取强力措施防止意外“点火源”。

粉尘爆炸需要一定的条件，粉尘爆炸所采用的化学剂量浓度单位与气体爆炸不同，粉尘爆炸中粉尘粒子的体积在总体积中所占的比例极小，一般用单位体积中所含粉尘粒子的质量来表示，常用单位是g·m<sup>-3</sup>或mg·L<sup>-1</sup>。粉尘爆炸浓度在一般环境是不可能达到的，只有

在设备内部，如混合机、提升机、气流输送机等内部或局部点才能达到。在这种浓度下，一旦点火源存在，就会发生爆炸，这种爆炸叫“一次爆炸”。当一次爆炸的气浪或冲击波卷起设备外的粉尘积尘，使环境中达到可爆浓度，又会引起“二次爆炸”。二次爆炸所形成的破坏程度和范围往往比一次爆炸更严重，因此，不能单位认为空间粉尘浓度没有达到爆炸浓度范围就是安全的，而应特别重视地面积尘被卷起的危险性。

粉尘爆炸的另一个关键因素是点火源，在粉尘特别区域，应采取强力措施，防止意外“点火”。

#### (5) 爆炸沸腾

并非所有的爆炸都是由化学反应引起的，有些是物理原因造成的。如果一种热液体或一组非常热的粒子突然与沸点较低的物质接触，就会发生危险的爆炸。当向高于沸点的液体中加入成核剂（如木炭等）时，就会发生突然的沸腾喷发。即使这些物质没有直接爆炸，突然形成大量爆炸性或可燃蒸气也会非常危险。

#### 2.4.4 实验室物理、易燃、易爆和反应性危害风险评估

实验人员应按照如下步骤评估实验室物理、易燃、易爆和反应性危害的风险。

(1) 确定要使用的化学品和使用环境。确定所提议的实验中涉及的化学品，并确定将使用的数量。实验是一次做，还是重复处理？实验是在开放的实验室、封闭的仪器中进行，还是在化学通风柜中进行？有没有可能在实验中产生新的或未知的物质？

(2) 查阅资料来源。查阅最新的实验室化学品安全摘要、化学品安全技术说明书，在涉及具有重大或异常潜在物理危害的物质的情况下，应参阅更详细的参考资料。根据实验人员的经验水平和与拟进行的实验相关的潜在危险程度，在进行风险评估之前，应获得专业人员的协助。

(3) 评估化学品造成的物理、易燃、易爆或反应性危险的类型。利用上述信息来源来确定所提议的实验中涉及的每种化学品的危害。使用的化学物质有腐蚀性吗？使用的化学物品中是否有易燃易爆物品？这些化学物质中有强氧化剂吗？这种反应会导致大量气体的释放吗？需要冷冻剂吗？

(4) 评估实验过程中化学变化带来的危害。考虑实验过程中压力、热量、可燃性和爆炸性的变化。如果实验是一个反应的放大，应考虑气体产量和温度等变化可能会导致的安全隐患所需的工程控制。

(5) 评估所需设备造成的物理危害。检查所有设备的正确使用程序。确定热源和点火源，并考虑在实验室中如何适当放置它们。是否有设备处于高压或低压下（如真空管）？玻璃器皿有没有裂纹和碎屑？

(6) 选择适当的程序以减少风险。确定正在使用的化学品或设备是否对实验人员构成物理危害。如果是这样，应考虑采取措施，尽可能用其他化学品替代，或采用工程控制（如化学通风柜、接地电缆、惰性气氛）和个人防护设备，以最大限度地降低危险造成的

风险。使用这些信息来确定实验是否需要标准操作规程（SOP），以及是否需要向专业人员进行咨询。

(7) 为突发事件做好准备。了解在紧急情况和事故发生时的制度和程序。在发生火灾、爆炸或受伤时，采取什么适当的措施？在热、冷或化学烧伤的情况下，适当的急救程序是什么？发生紧急或非紧急化学品泄漏时的程序是什么？

## 2.5 纳米材料

纳米尺度的材料具有相当大的科学价值，因为一些化学和物理性质可以在这个尺度上改变。这些变化挑战了研究者、管理者和安全专业人员对危害的理解，以及他们预测、识别、评估和控制潜在健康、安全和环境风险的能力。2009年我国科学家在著名的European Respiratory Journal杂志上讨论了7名女工疑似纳米材料引起的职业暴露肺损伤的病例，Nature杂志立即进一步报道该问题，在国际上引起了很大的轰动。尽管学术界对纳米材料在该中毒事件中所起的作用还有不同的看法，但无疑给纳米材料环境与职业健康风险的管理工作敲响了警钟。

基本上，任何固体都可以在纳米尺寸范围内形成，一般来说，“纳米材料”一词已被广泛接受，包括许多纳米尺度的物体，包括：纳米板、纳米纤维（包括纳米管）和纳米颗粒。除了材料造成的常规危害外，危害性质也可能发生变化。纳米颗粒是可分散的颗粒，尺寸在1到100纳米之间，可以也可以不表现出与尺寸相关的密集特性。工程纳米材料是有意创造出来的，与自然或偶然形成的不同，并被设计成1到100纳米之间，这个定义不包括生物分子（蛋白质、核酸和碳水化合物）。

与危险化学品一样，接触这些材料可能通过吸入、皮肤接触、意外注射和摄入发生，风险随着接触时间和样品或空气中纳米颗粒的浓度而增加。吸入具有最大的暴露危险。悬浮在溶液或浆液中的纳米材料危害较小，但由于溶液可能会干燥成粉末，因此应小心处理。浮在溶液或浆液中的纳米材料，只要不给浆液施加机械能，就会产生危险。声波、摇动、搅拌、倾倒或喷洒悬浮纳米材料会导致吸入暴露。悬浮液也代表了皮肤暴露的可能性。只要不发生机械破坏，如研磨、切割或燃烧，固定在基质中的纳米颗粒造成的危害最小。

纳米颗粒可以以多种方式进入实验室。例如，材料可以从外部引入到实验室进行表征或纳入到研究中，或作为实验的一部分在实验室中被创造出来（合成）。无论哪种情况，实验人员了解纳米材料的存在和物理状态（即粉末、溶液、在固体基质上或在固体基质内）是很重要的，这样他们就可以做好相应防护，防止职业暴露。纳米颗粒比同等质量的大颗粒具有更大的相对表面积，动物研究已经证明了生物效应（毒性反应）和表面积之间的相关性。因此，纳米颗粒比同等质量的大体积相同材料具有更大的毒性危害。此外，单位质量的颗粒数远远大于单位质量的块状物质的颗粒数，导致两种形式的吸入危害显著不

同。由于它们尺寸过小，纳米颗粒可以深入肺部，一旦吸入大量的小颗粒，会导致巨噬细胞过载，肺的防御功能遭到破坏。更大的表面反应性也在这种破坏中起作用。一旦进入肺部，纳米颗粒可能会通过其他途径转移到其他器官，而大颗粒的研究没有证明这一点。此外，在纳米颗粒和人类细胞表面的界面，可能发生生物活性。例如，金属纳米颗粒已被证明能产生活性氧，这意味着自由基的存在，并导致炎症和纤维化的生物学效应。

一些材料的纳米颗粒形式表现出异常高的反应性，尤其是在火灾、爆炸和催化反应中。多年来，工程纳米粒子和纳米结构多孔材料被有效地用作催化剂，以提高反应速度或降低液体和气体中反应所需的温度。根据它们的组成和结构，一些纳米材料会引发从它们的化学组成中无法预测的催化反应。还要注意，纳米材料可能会附着在较大颗粒的表面。在这种情况下，即使较大的材料不是在1~100纳米尺寸范围内的颗粒形式，它也可能具有工程纳米级材料更高的反应性特征。

如上所述，由于材料属性可以在纳米尺度上改变，因此不应假定纳米材料只会呈现已知的具有相同成分的块体材料的危害。相反，在可靠的证据消除不确定性之前，必须把它们当作有毒和反应性的东西来处理。例如，NIOSH（美国国立职业安全与卫生研究所）要求的纳米二氧化钛的特殊暴露限制比大颗粒二氧化钛的限制要严格很多。

基于已知的纳米材料在空气中的运动和行，诸如源围封（即将产生源与人员隔离）和局部排气通风（LEV）等工程控制技术应该能够有效捕获空气中的纳米材料。虽然对纳米材料所带来的风险的评估和控制的具体指导有限，但初步研究表明，设计良好的高效过滤通风系统可以有效地捕获纳米颗粒。尽管传统的化学通风柜可以用于纳米级颗粒和材料的研究，但一些研究人员发现，由于湍流的存在，在100 fpm表面速度的通风柜中处理纳米颗粒具有挑战性。此外，有限的研究表明，以每分钟100 fpm的表面速度运行的化学面罩，即使是那些通过ANSI/ASRAE密封测试的面罩，也可能让纳米颗粒大量逃逸，从而对健康或环境构成风险（Ellenbecker和Tsai，2008），这类似于制药公司处理干粉配方研究的经验。因而，可能需要低流量、减少湍流的通风柜。但是，即使在较低的表面速度下，颗粒的分散也可能导致材料的损失或表面的污染或两者兼有。任何在实验室中研究纳米颗粒的人都应该仔细监测这一活跃的实验区域。

由于纳米材料对环境的影响仍然是一个研究和争论的话题，谨慎的做法是确保它们不会通过通风系统分散到环境中。HEPA过滤器，在去除0.3 μm及更大的颗粒方面效率为99.99%，在捕获纳米级颗粒方面也非常有效。一些供应商提供的ULPA过滤器在去除0.12 μm及更大的颗粒时，其效率为99.9995%。虽然ULPA过滤器比HEPA过滤器更有效，但HEPA过滤器通常也可用于纳米颗粒工作。高效微粒空气过滤器应该正确地安装在特殊设计的过滤器外壳中。

放置在化学罩或柜中或集成在柜中的离子发生器有助于最大限度地减少纳米材料的分散，减少材料损失，保持工作表面清洁。实验人员在离子发生器附近使用爆炸性或高度易燃的化学品工作时要谨慎。

不锈钢更容易清洁，并可能显示出材料分散的区域。不锈钢工作表面的外壳有利于纳米材料工作，但这不是必需的。

在实验室中有几种控制纳米材料的替代方案：

(a) 在排气侧配备HEPA过滤器的低流量外壳或化学罩，可以有效减少湍流，防止纳米材料通过排气系统排放到环境中，并为纳米材料和危险化学品提供良好的防护。对于只能提供一种安全壳的实验室来说，这是一个很好的选择；

(b) 负压手套箱是有效的。手套箱提供了高水平的保护，并可配备HEPA过滤；

(c) 通过高效微粒空气过滤器将空气排到室内，或通过硬管道将空气排到室外的I级生物安全柜可以很好地用于纳米颗粒研究。II级生物安全柜通过高效微粒空气过滤器将空气排回室内，或硬管道排到室外可能也是一个不错的选择。

一些供应商生产了专门用于纳米材料的设备，其中大多数是基于I级生物安全柜，并在前端附近配备离子发生器。

对于同时处理危险化学品和纳米颗粒的实验室，一种策略是在I级或II级生物安全柜或低流量外壳中处理纳米颗粒，将颗粒转移到溶液中，然后在实验室化学罩中继续工作。不要使用水平层流罩（清洁工作台）将高效微粒空气过滤器过滤的空气引导到实验人员脸上。

## 2.6 生物危害

在处理微生物或受其污染的物质的实验室中，微生物危害是一个问题。这些危害通常存在于临床和传染病研究实验室，但也可能存在于任何处理人体或动物的体液、组织、器官或细胞系的实验室。任何使用微生物（包括复制缺陷病毒载体）进行蛋白质表达或其他体外应用的实验室也存在生物危害。作为微生物学课程的一部分，教学实验室也可以引入低风险的感染原。根据GB 19489-2019《实验室生物安全通用要求》，一般微生物的危害程度等级可分为四级。2011年3月至5月期间，东北某大学动物医学学院27名学生和1名教师由于实验中使用了未经检疫的山羊相继确诊感染了布鲁氏菌病。为了减少或防止微生物危害的发生，必须建立微生物实验室安全技术规范，并严格按照规范的要求进行实验操作。微生物实验室的安全原则和措施可参考WS 233-2017《微生物和生物医学实验室生物安全通用准则》。

合成生物学将基本的化学构造块合成微生物成为可能，而这些微生物可能与它们自然界的类似微生物有不同的危害。如果合成了一种与自然界中发现的微生物相同或非常相似的微生物，则认为其风险与自然发生的微生物相似。然而，如果合成了一种新的微生物，在充分了解该微生物的特性之前，必须格外谨慎。

生物有害材料的风险评估可能是复杂的，因为必须考虑的因素有很多，必须充分考虑被操纵的生物体，对生物体所做的任何改变，以及与生物体一起进行的活动过程。生物毒素的风险评估与化学试剂的风险评估类似，主要基于毒素的效力、使用的数量和使用毒素的流程。

### 更多信息

- 中华人民共和国生物安全法
- 病原微生物生物安全管理条例（2018修订版）
- 实验室生物安全通用要求（GB19489-2008）
- 生物安全实验室建筑技术规范（GB50346-2011）
- 病原微生物实验室生物安全通用准则（WS233-2017）
- 人间传染的病原微生物名录（2006年）
- 可感染人类的高致病性病原微生物菌（毒）种或样本运输管理规定（2006年）
- 医疗废物管理条例（2003年）
- 实验室生物安全认可准则（CNAS-CL05）
- 病原微生物实验室生物安全标识（WS589-2018）

## 2.7 辐射危害

依据GB6944-2012《危险货物分类与品名编号》，属于危险货物（危险品）的放射性物质是指任何含有放射性核素并且其活度浓度和放射性总活度都超过GB11806规定限值的物质。大多数放射性物质的接收、存储、使用、转移和处置都受到生态环境部的管理。放射性物质只能用于生态环境部相关部门发给许可人的许可证中特别规定的用途。从事放射性材料工作的实验人员应该了解这些许可证的限制和要求。咨询实验室与设备管理处实验室安全管理人员了解学校特定用途的培训、政策和程序。

辐射（Radiation）指的是由发射源（电磁波等）发出的电磁能量中一部分脱离场源向远处传播，而后不再返回场源的现象，能量以电磁波或粒子（如 $\alpha$ 粒子、 $\beta$ 粒子、质子等）的形式向外扩散。根据辐射的强弱，辐射可分为电离辐射和非电离辐射。电离辐射是指携带足以使物质原子或分子中的电子成为自由态，从而使这些原子或分子发生电离现象的能量的辐射。电离辐射不仅来自不稳定的原子核，还可以由粒子加速器、回旋加速器和X光机等机器产生。

$\alpha$ 粒子是带电粒子，含有两个质子和两个中子，由某些重原子（如铀和钍）发射出来。这些颗粒相对较大、速度较慢、重量较重，用一张纸、一只手套、一层布甚至一层死皮细胞就能很容易地阻止它们，因此对人体几乎没有外部暴露的危害。然而，由于 $\alpha$ 粒子在短距离内产生的大量电离，当它们与内部活细胞和组织接触时，会产生严重的危险。因此应采取特殊的预防措施以确保 $\alpha$ 粒子不被吸入、摄入或注射。对于未密封的 $\alpha$ 发射源，必须小心控制污染并将内部吸收的可能性降到最低。

$\beta$ 粒子是当放射性物质发生 $\beta$ 衰变，所释出的高能电子或正电子。与 $\alpha$ 粒子相比， $\beta$ 粒子的质量和电荷都要小得多，与所经过的材料中的原子的相互作用也要小得多，这使得它们比 $\alpha$ 粒子的作用距离更远。在生物研究中常用的 $\beta$ 发射器的例子有氢-3（ $^3\text{H}$ ）、碳-14（ $^{14}\text{C}$ ）、磷-32（ $^{32}\text{P}$ ）、磷-33（ $^{33}\text{P}$ ）和硫-35（ $^{35}\text{S}$ ）。虽然低能量的 $\beta$ 粒子通常会被皮肤阻挡，但高能的 $\beta$ 粒子可以穿透得更深，导致皮肤和眼睛的损伤。因此， $\beta$ 粒子

的能级决定了在处理这些材料时是否需要屏蔽和屏蔽监测，以及如何进行污染调查。表2.7给出了高能、低能和极低能β粒子处理注意事项的典型例子。当屏蔽被用来减少来自β发射器的外部暴露时，低密度的屏蔽材料，如有机玻璃、人工树脂或丙烯酸树脂是最好的。

表2.7 β发射器的例子

	高能发射器	低能发射器	极低能量发射器
例子	Cl-35 P-32 Sr-90	C-14 S-35 P-33	H-3
屏蔽	需要屏蔽(有机玻璃)	不需要	不需要
污染调查类型	测量仪	测量仪	擦拭样品
暴露剂量学	推荐	不需要	不需要

伽马射线、X射线和光子辐射没有质量或电荷。伽马射线一般是在核衰变过程中从原子核发射出来的，而X射线是从电子壳层发射出来的。密度极高的材料，如铅，通常是屏蔽这些电磁辐射的最佳材料。碘-125 (<sup>125</sup>I)、铟-111 (<sup>111</sup>In)和铬-51 (<sup>51</sup>Cr)是科研实验室有可能会用到的放射性核素。

中子在衰变过程中从原子核发射出来，不带电荷，质量是α粒子的四分之一。暴露在中子下可能是危险的，因为中子与体内分子的相互作用可以导致分子和原子的破坏。由于缺乏电荷，中子很难被屏蔽，可以深入到组织中，并可以根据中子的动能在空气中传播数百米。当中子与其他原子的原子核碰撞时，它的速度就会减慢。这将中子的动能转移到原子核。当原子核的质量接近中子的质量时，这种反应在减慢中子速度方面变得更加有效。因此，水和其他富氢材料，如石蜡或混凝土，常被用作屏蔽材料。

放射性核素的强度表示方法通常有专用单位和国际单位两种。活度的专用单位是居里，符号为Ci，即将1.0g放射性物质<sup>226</sup>Ra的活度定义为1居里(Ci)，实验室通常使用毫居里(mCi)或微居里(μCi)级别的放射源。在国际单位制中，放射性强度单位用柯勒尔，简称贝克，符号为Bq，1 Bq为一秒内发生一次核衰变。两者的换算关系为：

$$1\text{Ci} = 3.70 \times 10^{10} \text{衰变/s[dps]} = 3.70 \times 10^{10} \text{Bq}$$

辐射危害取决于电离辐射的性质以及产生的速度。在放射医学和人体辐射防护中，辐射剂量的单位有多种衡量模式和剂量单位。辐射剂量较为完整的衡量模式是“剂量当量”，是反映各种射线或粒子被吸收后引起的生物效应强弱的辐射量。其国际标准单位是希沃特，记作Sv，定义是每千克人体组织吸收1 J辐射能量为1 Sv。通常使用毫希沃特(mSv)或微希沃特，1 mSv=0.001 Sv，1 μSv=0.001 mSv。对于辐射，要有正确的认识，并做到科学的防护。即使不从事放射性作业，人体也不能完全避免放射性辐射，这就是大自然本底照射的结果。辐射对人体的影响以及相应标准参考值如表2.8所示。

表2.8 辐射对人体的影响以及相应标准参考值

辐射剂量 (mSv)	影响和标准
0.2	乘飞机从北京到纽约往返一次的剂量(与宇宙射线和飞行高度有关)
1.0	一般职员一年工作所受人工照射剂量；从事辐射相关工作的妇女从被告知怀孕到临产所受人工放射剂量极限
1.2	与一天平均吸1.5盒(30支)纸烟同居的被动吸烟者一年累计辐射
2.0	从事辐射相关工作的妇女从被告知怀孕到临产腹部表面所受人工放射剂量极限
2.4	地球人平均一年累计所受辐射(宇宙射线0.4,大地0.5,氡1.2,食物0.3)
4	一次胃部X射线透视的剂量
5	从事辐射相关的妇女工作者一年累计所受辐射法定极限
6.9	一次CT检查
7~20	CT全息摄影
13~60	一次平均吸1.5盒(30支)纸烟者一年累计
500	放射性职业工作者一年累积局部(如皮肤、手、足)受职业照射的上限
1000	出现被辐射症状，如恶心、呕吐、水晶体浑浊
2000	细胞组织遭破坏，如内部出血、脱毛脱发；死亡率达5%
3000~5000	死亡率为50%(局部被辐射，3000脱毛脱发，4000失去生育能力，5000白内障，皮肤出现红斑)
10000以上	死亡率为99%

辐射对人体的照射方式分外照射和内照射两类。当放射性物质经由食入、吸入、皮肤粘膜或伤口进入体内时，在体内衰变释放出粒子、光子等作用于机体的称为内照射；体外电离辐射源释放出粒子、光子作用于机体的称为外照射。与此相应，辐射防护也分外照射防护和内照射防护两类。可以通过适当防护措施完全避免电离辐射，辐射防护的任务是既要保障从事辐射工作人员和公众的安全和健康，最大限度地预防和减少电离辐射对人类的危害，又要允许进行那些可能会产生辐射的必要实践活动以造福人类。辐射防护的基本目的是防止发生有害的确定性效应，并保证采取所有合理的措施，以降低随机性效应的发生率到认为可以接受的尽可能低的程度，从而最大限度地保证人们的辐射安全。

根据外照射的特点，外照射防护的基本原则是尽量减少或避免射线从外部对人体的照射，使之所受照射不超过国家规定的剂量限值。时间、距离和屏蔽一般称为外照射防护三要素。它适用于对所有具有外照射意义的辐射源(如：X、β、γ和n等)的防护。但在具体运用时，常常是综合使用的。

### 1. 减少接触放射源的时间

人体所受辐射的累积剂量随着接触放射源时间的延长而增加。因此，在保证按要求完成工作任务的前提下，应尽可能地缩短人员与放射源接触的时间，这称为时间防护。如在操作放射源之前，做好充分的准备，操作时力求熟练、迅速；在剂量较大，操作时间又很长时，可采用轮班操作。限制每人的操作时间，从而减少每个操作人员所接受的剂量；避

免在放射源旁边作不必要的停留。

### 2. 增大与放射源的距离

离放射源越远，人体所受的剂量也越少，这称为距离防护。具体增大距离的方法也是多种多样的。如用各种长柄的操作器械和机械手进行远距离操作；人员经常活动的场所与放射源之间保持足够的距离，操作台也要与放射源有一定的间隔等等。

### 3. 设置屏蔽

在操作强放射源时，单靠缩短时间和增大距离往往还满足不了安全防护的要求，此时需要在人体与放射源之间设置一种或几种具有足够厚度的防护屏障，使之在某一指定点上由放射源产生的当量剂量率降低到有关标准所规定的限值以下，这称为屏蔽防护。选择哪种屏蔽材料，取用多大厚度，除决定于射线种类和能量、源的活度及工作时间等因素外，还要从实际出发注意选择价格便宜，来源方便的材料。根据防护要求不同，屏蔽物可以是固定式的，也可以是移动式的。固定式的如墙壁、局部防护墙、地板、天花板、防护门、观察窗及水井等；移动式的如铅砖、各种包装容器和屏风等。

内照射是指放射性物质进入人体内所引起的照射，造成内照射的原因通常是由于吸入被放射性物质污染的空气，食用被放射性物质污染的水和食物，或者发生事故时放射性物质从伤口进入体内。主要防范措施有两方面，一方面，防止放射性物质经呼吸道进入体内；另一方面，避免放射性物质经口进入体内。实验室内实验人员必须遵守安全操作规程，防止经被污染的手接触食物从而将放射性物质转移至体内。

我国的辐射安全标准为，公众年平均所接受的照射不能超过1mSv，辐射工作人员连续5年的平均有效剂量不能超过20 mSv，且任意连续12个月的有效剂量不能超过50 mSv。与所有实验室工作一样，保护实验人员免受危害包括良好的设施设计、操作和监测，以及良好的工作实践。使用的辐射量或放射性物质应尽量减少。通过屏蔽辐射源、实验人员和访客，并使用紧急警报和疏散程序，应尽量减少暴露。与放射性物质接触的时间应尽量减少。人员与辐射源之间的物理距离应最大化，尽可能使用机器人或其他远程操作来减少人员的暴露。

#### 更多信息

- 中华人民共和国放射性污染防治法（2003年10月1日起施行）
- 放射性同位素与射线装置安全和防护条例（国务院第449号令）
- 放射性废物安全管理条例（国务院第612号令）
- 放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法（国家环境保护总局令第18号）
- 放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（国家环境保护总局令第31号）
- GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB 14500-2002 放射性废物管理规定
- GB 11806-2004 放射性物质安全运输规程

## 第3章 实验室处理化学品的风险控制措施

### 3.1 化学品获取

化学品可通过学校化学品采购平台（如图3.1所示）购买，其中易制毒品、易制爆品、剧毒品、爆炸品等管控类危险化学品必须通过平台购买，由学校实验室与设备管理处统一报公安机关批准或备案，禁止私自购买或从外单位获取管控类化学品。自行采购一般危险化学品要向具有危化品生产经营许可证资质的单位购买，购买完成后需登录化学品采购平台做好登记录入，生成入库凭证。



图3.1 上海大学化学品采购平台

学校化学品采购平台下单流程如图3.2所示。

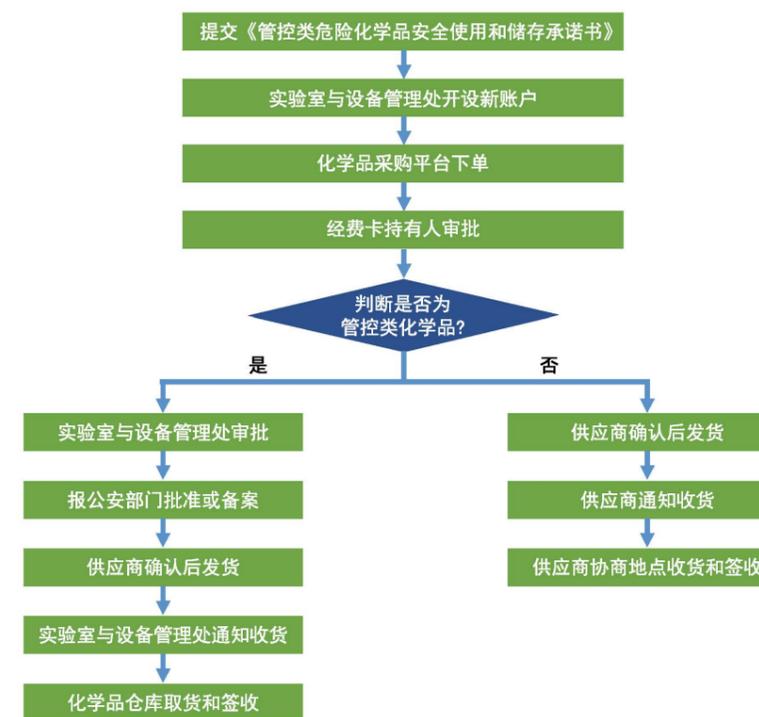


图3.2 化学品采购平台下单流程

在购买化学品之前，实验人员要确认以下问题：

(1) 材料是否可以从学校其他实验室或化学品仓库获得？实验必须使用新化学品的做法应该被仔细地证明是合理的，以确保尽可能地使用现有的材料；

(2) 当前使用的最低数量是多少？化学品采购时不应为了减少单价或者节省时间而大量采购，而应以实验所需的实际数量进行采购。处理多余化学品的成本很可能超过大量购买所节省的成本。如果需要的化学品数量少于供应商提供的最低包装数量，应尝试与供应商联系并要求重新包装；

(3) 化学品使用和储存区域允许的最大容器尺寸是多少？

(4) 化学品到达后能否安全管理？是否需要特殊的储存方式，比如放在干燥箱、冰箱或冰柜里？应努力通过从同一供应商购买所有不稳定或极具反应性的材料，并要求在进行实验前的最佳时间交付一次；

(5) 化学品是否存在独特的安全风险？它是受管制的物质吗？是否存在潜在的故意滥用化学品的风险？

(6) 化学品不稳定吗？内在不稳定的材料可能有很短的存储时间，应该在使用前购买，以避免试剂、材料和时间的浪费；

(7) 危险废物能否正确储存？在订购化学品之前，应确定危险废物特性和适当处置的方法。

领取或接收化学品时应要求提供化学品安全技术说明书（SDS）。如无法获取纸质版的SDS，应通过访问供应商网站获取最新版本的化学品SDS。

## 3.2 化学品储存

由于化学品具有不同的危险性（例如易燃、腐蚀性、有毒、不稳定等），首先检查化学品的容器标签和化学品安全技术说明书（SDS）以了解化学品的性质和特点，并在确定安全储存化学品的最佳方法之前获得具体的储存指南。

化学品的正确储存应保护易燃物质不受火源的影响，最大限度地减少与有毒物质的潜在接触，并确保不相容化学物质分离，以防止因泄漏或人为错误而导致的意外混合。

实验室应建立危险化学品目录以及动态使用台账，实现存储、领用、处置的全过程管理。动态台账主要记录某一危化品何时获取了多少、何时谁用了多少、还剩余多少、何时用完等信息。

### 3.2.1 一般化学品储存

(1) 不要在地板上存放化学品。

出口、通道、桌下区域不应用于存放化学品，尤其是玻璃容器。如果放在地板上，化学品容器有被人撞到甚至撞倒的风险。

(2) 不要将化学品存放在视线以上。

如果化学玻璃容器掉落和或破裂，其内容物会溅到人脸和上半身。将化学品存放在低于眼睛的高度可以保护眼睛和面部免受化学品从上方溢出的伤害，还可以防止化学品被放置在视线之外或无法触及的地方。

(3) 不要将化学品存放在实验室工作台上。

实验室工作台不适合存放化学品（尤其是纯化学品或浓缩化学品），因为不相容的化学品可能会无意中彼此相邻存放，化学品容器可能很容易翻倒，且在实验室发生火灾时无法保证化学品受到保护。每种化学品都应有适当的指定存储位置，并在使用后归还。

(4) 不要将化学品存放在通风柜中，需要特殊通风的特别有气味的化学品除外。

将物品（如化学容器、储物箱、实验室设备）存放在通风柜中可能会严重扰乱其气流，导致化学蒸气被吹入实验室空气中。通风柜应进行良好的内务管理，并始终保持没有不必要的物品存放在其中。

(5) 将化学品存放在远离热源的地方。

在热源（例如燃烧器、烘箱、蒸气管道和冰箱等）附近储存化学品将不可避免地导致液体蒸发率增加。这将导致化学品容器中的压力增加，可能导致容器破裂。为了降低这种风险，不应将容器完全装满，并存放在远离热源的地方。

特别地，易燃易爆挥发的液体应存放在阴凉处，避免阳光直射或直接受热。如果放置在热源旁边，易燃物质很容易被点燃，从而引起实验室火灾。将化学品存放在远离阳光的阴凉处也可以防止其变质并延长其保质期。

(6) 仅存放贴有正确标签的化学品容器。

使用贴有GHS标签的容器可确保在使用时立即识别化学品并将其危害告知使用者（见图3.3）。



图3.3 容器上的标签便于快速识别其内容

### (7) 按兼容性存储化学品，然后按字母顺序存储。

按字母顺序存储化学品可能会导致不相容的化学品彼此相邻存储。相反，首先将化学品分为无机物和有机物，然后根据各自的GHS危险等级分为相容组（见图3.4），例如易燃物、氧化剂、反应性物质、腐蚀物或有毒物。在同一个兼容组中，化学品可以按字母顺序排列，以便于检索。

危险化学品的种类和名称		配存序号
危险化学品	爆炸品	1 点火器材
		2 起爆器材
		3 炸药及爆炸性药品（不同品名的不得在同一库内配存）
	氧化剂	4 其他爆炸品
		5 有机氧化剂
		6 亚硝酸盐、亚硫酸盐、次亚硫酸盐(1)
	压缩气体和液化气体	7 其他无机氧化剂(2)
		8 剧毒（液氧与液氮不能在一库内配存）
		9 易燃
	自燃物品	10 助燃（氧及氧空钢瓶不得与油脂在同一库内配存）
		11 不燃
		12 一级
	遇水燃烧物品（不得与含水液体货物在同一库内配存）	13 二级
		14 易燃液体
		15 易燃固体（H发泡剂不可与酸性腐蚀性物品及有毒和易燃固体类危险货物配存）
	毒害品	16 氧化物
		17 其他毒害品
		18 溴
	腐蚀性物品	19 过氧化氢
		20 硝酸、发烟硝酸、硫酸、发烟硫酸、氯磺酸
		21 其他酸性腐蚀性物品
	碱性及其他腐蚀性物品	22 其他碱性腐蚀性物品
		23 生石灰、漂白粉
		24 其他【无水肼、水合肼、氨水不得与氧化剂配存】

注：  
1、无配存符号表示可以配存。  
2、△表示可以配存，堆放时至少隔离2m。  
3、×表示不可以配存。  
4、有注释时按注释规定办理。  
1) 除硝酸盐（如硝酸钠、硝酸钾、硝酸铵等）与硝酸、发烟硝酸可以配存外，其他情况均不得配存。  
2) 无机氧化剂不得与松软的粉状可燃物（如煤粉、焦粉、炭墨、糖、淀粉、锯末等）配存。  
引用自：GB标准15603-1995

图3.4 常用危险化学品储存禁忌物配存表（自GB 15603-1995）

### (8) 将化学品存放在合适的柜子中。

强烈建议使用专门为化学品储存设计的柜子（见图3.5）。这些柜子应清楚地贴上标签，标明其内容物的危险性质（例如“易燃”或“腐蚀性”）以及相应的GHS危险象形图。一般来说，这些柜子是可以上锁的，并配有耐化学腐蚀的泄漏控制架，以及带有防侧倾边缘防护装置，防止容器滑落。只有经过化学品处理培训的授权人员才能接触储存柜内的化学品。不得将化学品或设备存放在储物柜的顶部。目前国内没有防火柜和安全储罐的标准，可以借鉴参考美国和欧洲标准。通过FM 6050认证的防火柜可以达到防火10 min；通过EN 14470的防火柜防火有15 min、30 min和90 min的不同认证。合规的防火柜一般是没有通风的，因为通风会降低防火能力。为了满足化学品微量气味滞留问题，防火柜在设计的时候在柜体侧面有可以连接通风的塞帽，但是安装通风的时候需要谨慎考虑。



图3.5 国内常见不同类型的化学品储存柜

### (9) 将易碎的化学品容器存放在辅助容器中。

使用二次容器（例如托盘或更大的收集池）存放化学品以防止溢出、泄漏或容器破损。

### (10) 记录所有化学品获取、储存和打开的日期。

首先使用旧化学品有助于减少处置过期或变质化学品的数量。需注意制造商设定的有效期表示未开封容器的保质期，并不意味着该化学品在容器打开后的有效期内是安全的。

### (11) 不要储存过量的化学品。

始终订购和储存最小使用量的化学品。虽然大批量购买化学品可能更便宜（按单位成本计算），但其缺点往往超过最初的价格优势。更多的化学品意味着需要更大的存储空间，并且存在更大的危险，实验室内存放的危险化学品总量原则上不应超过100L或100 kg。处理未使用化学品的成本也可能高于其初始购买成本。

### (12) 为化学品储存区配备应急救援设施。

任何用于储存化学品的区域都必须充分通风并配备必要的消防、泄漏控制、身体去污和急救设备，以便在发生事故（例如火灾或化学品泄漏）时，实验室可以对紧急情况做出适当的反应。

## 3.2.2 易燃化学品的储存

易燃化学品很容易着火和燃烧。加热时，易燃液体变得更加危险，因为蒸发率通常随温度升高而增加。点燃和燃烧的是易燃液体的蒸气。主要存储问题是保护易燃化学品不受火源的影响。

储存易燃化学品时，应遵守以下规定：

(1) 将易燃液体储存在专用的防火储存柜（如图3.6）中，或储存在实验室附近阴凉且通风良好的区域。储物柜将保护其内容物免受外部火灾的热量和火焰的影响；

(2) 使易燃化学品远离氧化性化学品和高度敏感的化学品，这些化学品与空气或湿气反应会放热；

(3) 不要将闪点低于室温的易燃液体储存在家用标准冰箱中。标准冰箱容易产生电火花，导致燃爆事故。易燃物只能存放在实验室安全或防爆冰箱中。冰箱的温度需要设置为低于冰箱中储存的最易点燃物质的闪点；

(4) 尽量减少实验室内易燃化学品的储存量，因为它们会造成严重的火灾危险。对危险性较大、容易造成重大伤亡事故的易燃易爆性化学品，其存放总量应不超过50 L或50 kg，且单一包装容器应不大于20 L或20 kg；

(5) 每个易燃物储存区必须配备消防设施和设备。

购买用于储存易燃液体化学品的柜子时，建议注意以下特征：

(1) 柜子（通常是黄色的），带有一个大的警告标签，上面写着“易燃”；

(2) 带有空气隔层的双壁结构，以提高耐火性；

- (3) 带有阻火器的通风口，以防止易燃蒸气积聚；
- (4) 结构加固的全焊接结构；
- (5) 可调节的耐腐蚀粉末涂层钢架；
- (6) 自锁式无火花可锁门；
- (7) 防漏液槽；
- (8) 可调节的调平腿。

#### 更多信息

- GB 17914-2013 易燃易爆性商品储藏养护技术条件

### 3.2.3 腐蚀性化学品的储存

一般来说，腐蚀性化学品是指pH值非常低的（例如 $\text{pH} \leq 2.0$ ）或非常高的（例如 $\text{pH} \geq 11.5$ ）任何物质，其中包括许多强酸和强碱。腐蚀性化学物质会破坏或不可逆转地改变生物组织，对皮肤和眼睛尤其有害。此外，一些化学品在与水或湿气接触后会变得具有腐蚀性，如果吸入腐蚀性蒸气或雾气会对呼吸道造成严重刺激或损害。腐蚀性化学品的主要存储问题为防止实验人员吸入化学品，和/或防止他们的眼睛或皮肤接触化学品，以及防止化学品与不相容的物质接触（例如酸与碱接触）。

储存腐蚀性化学品时，应遵守以下规定：

- (1) 腐蚀性液体应存放在专为腐蚀性物质设计的储存柜（如图3.6）中；
- (2) 始终将腐蚀性物质存放在较低的架子上（越低越好），切勿高于视线水平。这将最大限度地减少容器从架子上掉落时飞溅或溢出的扩散范围。尤其是浓酸、浓碱应尽量靠近地面存放；
- (3) 腐蚀性物质应存放在不易碎的塑料容器或具有安全涂层的特殊玻璃容器中，最好放在耐化学腐蚀的收集盘上。特殊玻璃容器内衬一层保护性塑料涂层，可以防止玻璃破碎，并使腐蚀性物质在原始容器中保存足够长的时间；
- (4) 将酸与碱分开，因为它们在混合时会发生剧烈反应。将酸储存在专用的酸柜中。此外，使酸远离易燃物，因为许多酸也是强氧化剂；
- (5) 硝酸（ $\text{HNO}_3$ ）应储存在储存柜中的专用二次容器（如塑料桶或盆）中，因为它与大多数其他化学品不相容；
- (6) 确保在每个存放腐蚀性化学品的地点都备有防泄露应急工具包（配备酸、碱中和剂）；
- (7) 身体去污设施（如应急喷淋或洗眼设备）必须位于储存区附近或内部，以便在意外接触（尤其是皮肤接触或眼睛接触）腐蚀性化学品时立即使用；
- (8) 需要特别注意，氢氟酸（HF）是极其危险的。HF酸具有很强的腐蚀性——它很容易

渗透皮肤并损坏下面的组织和骨骼。当暴露在空气中时，HF酸和无水HF的浓溶液会产生刺激性烟雾，吸入后会损害呼吸系统。储存HF酸时，不要将HF酸存放在玻璃容器中，因为它与玻璃不相容。由于它对玻璃的高反应性和对许多金属的中等反应性，HF酸通常储存在塑料容器中。将HF酸与其他腐蚀性物质分开存放，并仅保留实验室使用所需的最低量。虽然HF酸可以与其他酸一起储存在同一个储存柜中，但应将其与其他酸分开存放，例如，将其储存在专用的储存室或专用的二次容器中。

购买存放腐蚀性化学品（包括易燃的腐蚀性物品）的柜子时，建议注意以下特征：

- (1) 带有“腐蚀性”警告标签的柜子（通常为蓝色）；
- (2) 带有空气隔层的双壁结构，以提高耐火性；
- (3) 带有阻火器的通风口，以防止易燃蒸气的积聚；
- (4) 结构加固的全焊接耐腐蚀粉末涂层钢结构或非金属100%的塑料结构，用于储存硫酸、盐酸和硝酸；
- (5) 塑料托盘或100%塑料架子；
- (6) 自锁式无火花可锁门；
- (7) 带塑料托盘的防漏液槽；
- (8) 可调节的调平腿。



图3.6 易燃液体化学品柜和腐蚀性化学品柜

#### 更多信息

- GB 17915-2013 腐蚀性商品储藏养护技术条件

### 3.2.4 剧毒化学品的储存

有毒物质是指任何吸入、摄入、注射或通过皮肤、眼睛吸收对人类健康有害（例如导致严重疾病、器官损伤、中枢神经系统损伤或死亡）的化学物质。接触有毒化学品对健康的不利影响将取决于其进入人体的途径、接触剂量和接触持续时间。主要存储问题是防止实验人员吸入化学品，或防止他们的眼睛或皮肤接触化学品。剧毒化学品目录见附录C。

以下规定适用于储存有毒化学品：

- (1) 将剧毒化学品（包括致癌物、诱变剂、致畸剂）存放在张贴“有毒品”标志的毒害品储存柜中；
- (2) 配备专门的保险柜并固定，实行双人双锁保管；对于具有高挥发性、低闪点的剧毒毒品应存放在具有防爆功能的冰箱内，并配备双锁；配备监控与报警装置；
- (3) 将中等至高毒性的化学品存放在耐化学腐蚀的不易碎容器中；
- (4) 有毒化学品的容器必须密封良好，以避免蒸发和溢出。由塑料、铝箔、玻璃或软木塞制成的容器盖不能充分防止有毒蒸气直接释放到空气中；
- (5) 体积大于1L的有毒化学品应尽可能靠近地板存放；
- (6) 身体去污设施（例如应急喷淋或洗眼设备）必须位于储存区附近或内部，以便在意外接触（尤其是皮肤接触或眼睛接触）有毒化学品时立即使用。

#### 更多信息

- GB 17916-2013 毒害性商品储存养护技术条件

### 3.2.5 氧化性化学品的储存

氧化性化学品很容易产生氧气或其等价物，从而刺激燃烧。因此，氧化性化学品具有更大的火灾和爆炸危险。氧化剂虽然本身不一定可燃，但可能会导致自燃或增加与其接触的可燃材料的燃烧速度。主要存储问题是使氧化性化学品远离易燃物和还原剂。

强氧化剂（如铬酸）应储存在惰性容器（如玻璃或塑料）中，最好是不易碎的容器，并盖紧容器以防止泄漏。

高氯酸（作为溶液）需要特别提及，因为它在较高浓度下或加热时是一种非常强的氧化剂。应尽可能用危害较小的化学品代替高氯酸。此外，切勿使用无水形式的高氯酸，因为它在室温下不稳定，会自发分解，进而导致严重爆炸。无水高氯酸与木材或其他有机材料接触时也会发生爆炸。

如果需要使用高氯酸，则以下规定适用：

- (1) 仅采购实验所需的最少量高氯酸，并单独储存高氯酸；

(2) 将高氯酸瓶存放在金属柜中的玻璃或陶瓷托盘中，远离有机或易燃材料。或者将高氯酸储存在专门设计用于处理高氯酸的通风柜中；

(3) 使高氯酸远离硫酸等强脱水剂，因为高氯酸脱水会导致火灾和/或爆炸。

### 3.2.6 反应性化学品的储存

化学实验室使用的反应性化学品可能与水反应、与空气反应（即自燃物质）或形成过氧化物。一般来说，反应性化学品是高度不稳定的，它们很容易与空气或湿气反应形成新的危险物质，这些物质可能是易燃、有毒或腐蚀性的。形成过氧化物的化学品特别危险，因为它们可以反应形成有机过氧化物化合物，这种化合物极其敏感，如果暴露在火花、热、摩擦、撞击或光线下可能会剧烈分解。主要存储问题是防止反应性化学品与不相容物质接触；保护反应性化学品免受不利环境条件（例如温度变化）的影响。

以下规定适用于储存反应性化学品：

- (a) 将反应性化学品存放在实验室阴凉、干燥、远离阳光直射、明火和热表面，并避免温度急剧变化的隔离部分；
- (b) 将盛放反应性化学品容器存放在足够大的、独立耐化学腐蚀的二次容器中，以容纳全部溢出物；
- (c) 储存环境应保护反应性化学品免受冲击、摩擦、光照等不利条件的影响；
- (d) 易吸潮或与空气剧烈反应的化学品必须保存在配有干燥器的密封干燥箱内或正压氮气净化箱。

将与水反应的化学品存放在远离任何水源（例如水槽、应急淋浴器、喷水器、冰箱、空调或雨水可能进入的开放式窗户）的防水和/或湿度控制的干燥柜中。在柜子上贴上“与水反应的化学品 - 无水”的标签。

因为一旦容器密封破裂，与空气发生反应的化学品可能会起火，所以将空气反应性（自燃）化学品与易燃物和其他热敏化学品分开存放。始终将与空气反应的化学品储存在惰性环境中（例如，在氮气层或惰性液体下）。

### 3.2.7 形成过氧化物的化学品

将形成过氧化物的化学品存放在远离热源和火源的地方，因为有机过氧化物是高度易燃的。

不要将形成过氧化物的化学品储存在透明玻璃容器中，因为这样做会使它们暴露在光线下，从而加速有机过氧化物的形成。

盖紧存储形成过氧化物的化学品容器的盖子，以防止蒸发和意外浓缩。

不要将形成过氧化物的化学品储存在带有螺旋盖或玻璃塞的玻璃容器中。拧开盖子时产生的摩擦或移除玻璃塞时产生的摩擦可能足以引发爆炸。

注明所有存储过氧化物的化学品容器的接收日期、打开日期和预期保质期。

定期测试过氧化物。如果怀疑存在有机过氧化物（例如观察到在容器内或瓶盖周围形

成晶体)，不可打开或移动储存容器。立即致电学校实验室与设备管理处寻求处理方面的帮助。

### 3.2.8 其他管控化学品的管理

易制毒化学品管理依据《易制毒化学品管理条例》。易制毒化学品分为三类：第一类是可以用于制毒的主要原料，第二类、第三类是可以用于制毒的化学配剂，易制毒化学品的具体分类和品种，由附录D列示。第一类易制毒品实行“五双”管理制度，包括双人收发、双人运输、双人双锁保管、双人使用和双账本，放在专柜储存，设有防盗设施。第二、三类易制毒品应上锁并有使用记录，账册保存期限不少于2年。

易制爆危险化学品是指其本身不属于爆炸品，但可以用于制造爆炸物品或经过简单还原即可制造爆炸物品的化学品。易制爆危险化学品共有9大类74种，如附录E所示，通常包括强氧化剂，可/易燃物，强还原剂，部分有机物，其中无机盐类同时包括无水和含有结晶水的化合物。依据《易制爆危险化学品治安管理办法》和GA1511-2018《易制爆危险化学品储存场所治安防范要求》，教学、科研、医疗、测试等易制爆危险化学品使用单位，可使用储存室或储存柜储存易制爆危险化学品，单个储存室或储存柜储存量应当在50kg以下。易制爆危险化学品储存室出入口应安装防盗安全门和视频监控装置。储存柜应为带防盗功能的专用储存柜，并应在该区域安装视频监控装置。

从安全健康的角度考虑，危险化学品的储存还应该考虑通风、温湿度、消防等因素。第二类、第三类易制毒化学品和易制爆化学品分类存放建议如表3.1所示。

表3.1 第二类、第三类易制毒化学品和易制爆化学品分类存放建议

分类	试剂品种	管制类别	品名	备注
1	酸、腐蚀品 (有氧化性)	易制毒品	盐酸、硫酸、苯乙酸、醋酸酐、溴素	有二次容器，有通风。溴素必须水封。
		易制爆品	硝酸、发烟硝酸、高氯酸、过(氧)乙酸	
2	固体氧化剂、无机盐	易制毒品	高锰酸钾	
		易制爆品	硝酸盐类：硝酸钠、硝酸钾、硝酸钡、硝酸镁、硝酸钙、硝酸铯、硝酸钨、硝酸镍、硝酸银、硝酸锌、硝酸铅 氯酸盐类：氯酸钠(含溶液)、氯酸钾(含溶液) 高(过)氯酸盐类：高(过)氯酸锂、高(过)氯酸钠、高(过)氯酸钾 高铬酸盐类：重铬酸锂、重铬酸钠、重铬酸钾、重铬酸铵 高锰酸盐类：高锰酸钾、高锰酸钠 无机过氧化物类：过氧化氢溶液、过氧化锂、过氧化钠、过氧化钾、过氧化镁、过氧化钙、过氧化铯、过氧化钡、过氧化锌、超氧化钠、超氧化钾 有机氧化剂类：过氧化二异丙苯、过氧化氢苯甲酰、过氧化脲、硝酸胍	
3	有机试剂、还原剂	易制毒品	易制毒第二类：三氯甲烷、乙醚、吡啶、乙基苯基酮及前述所列物质可能存在的盐类 易制毒第三类：甲苯、丙酮、甲基乙基酮	有通风。乙醚沸点34.6℃，天热时宜存放在低温处，同时因乙醚与空气接触容易生产具有爆炸性的过氧化物，所以不可长时间存放。
		易制爆品	易燃有机液体类：硝基甲烷、硝基乙烷、1,2-乙二胺、一甲胺溶液、水合肼 易燃有机固体类：六亚甲基四胺、2,4-二硝基甲苯、2,6-二硝基甲苯、1,5-二硝基萘、1,8-二硝基萘、2,4-二硝基苯酚(含水≥15%)、2,5-二硝基苯酚(含水≥15%)、2,6-二硝基苯酚、季戊四醇(四羟甲基甲烷)、硫磺	
4	活泼金属等	易制爆品(遇水爆炸或燃烧)	锂、钠、钾、镁、镁铝粉、铝粉、硅铝、硅铝粉、锌灰、锌粉、锌尘、锆、锆粉、硼氢化锂、硼氢化钠、硼氢化钾	隔水 隔氧 隔热
5	爆炸品	爆炸品	硝酸铵、2,4,6-三硝基甲苯(TNT)、2,4,6-三硝基苯酚(苦味酸)、季戊四醇四硝酸酯	双人双锁
		易制爆品名录重的爆炸品	氯酸铵、高(过)氯酸铵、二硝基苯酚(溶液)、2,4-二硝基苯酸钠、硝化纤维素(硝化棉)、4,6-二硝基-2-氨基苯酚钠(苦氨酸钠)	

依据《民用爆炸物品安全管理条例》，使用爆炸品的学校必须建设符合国家标准和规范的爆炸物品专用仓库，有具备相应资格的安全管理人员、仓库管理人员，实验人员也应该经过充分的培训，应健全安全管理制度、岗位安全责任制度和操作规程。爆炸品的使用应当如实记载领取、发放的品种、数量、编号以及领取、发放人员姓名。领取数量不得超过实际需求，如有剩余必须立刻清退回库。领取、发放的原始记录保存备查。剩余的爆炸品应登记造册，需处理时报公安机关组织监督销毁。

依据GA1002-2012《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》，剧毒品实行“五双”管理，严格记录品种、规格以及购入、发放、退回的日期、经手人、数量和结存数量。剧毒品应在专用场所单独存放，配备监控报警装置，并至少与校园总监控系统相连。

### 3.2.9 气态化学品的储存

化学气体通常储存在压缩气瓶中。实验室中使用的常见气体包括：空气、氧气、氮气、二氧化碳、一氧化二氮、氯气、氨气、甲烷、乙炔和氦气。压缩气体钢瓶会造成化学和物理危害。由于每个钢瓶都含有大量储存的能量，并且可能含有高度易燃/有毒的物质，因此压缩气体可能会造成危险的环境。如果气瓶的阀门被打破，不仅化学气体会逸出，而且其快速膨胀的力可以将气瓶推离原来的位置几米远。气态化学品的主要存储问题是使气瓶远离热源、物理损坏和破坏；使化学气体远离不相容的气体。

以下规定适用于储存气瓶：

(1) 禁止实验室堆放大量气体钢瓶。每间实验室内存放的氧气和可燃气体不宜超过一瓶，其他气瓶的存放，应控制在最小需求量。气体钢瓶不得放在走廊、大厅等公共场所；

(2) 确保每个气瓶在储存前都有清楚的标签以表明其内容物。将每个气瓶标记为“满”、“使用中”或“空”也是一种很好的做法；

(3) 良好的做法是将气瓶直立存放在地板架上或放在实验室外阴凉、通风良好区域的上锁笼子中（以防止未经授权的访问和破坏），远离阳光直射、热源和腐蚀性物质（见图3.7）。必要时可将所需气体通过管道输送至实验室工作区；

(4) 固定所有气瓶（无论是空的还是满的），以防止它们翻倒并损坏阀门（或跌落到人身上）。气瓶可以通过用链子或固定在墙壁支架或其他固定支架上的方式固定在直立位置；

(5) 按气体类型存放气瓶，将不相容的气体彼此分开（例如将氧气/氧化剂与易燃气体分开）。可以通过安全距离或使用防火墙来实现隔离；

(6) 确保每个气瓶的主阀都易于接近，以便在紧急情况下可以立即关闭气体供应；

(7) 在可行的情况下，在气瓶的存储区域上方安装喷水灭火系统，以便喷水使气瓶在火灾中保持冷却。在可行的情况下，也可以部署自动向气瓶上方释放合适的灭火剂的系统；

(8) 如果不再使用气瓶，在储存前关闭其主阀，取下压力调节器并将其安全帽放回原位以保护阀门；

(9) 标记所有空的气瓶，并将它们与已满或仍在使用的气瓶分开存放。



图3.7 气瓶固定在直立位置，存放在阴凉、通风良好的地方

#### 更多信息

- GB/T 34525-2017 气瓶搬运、装卸、储存和使用安全规定

### 3.2.10 化学相容性

化学品不应简单地按字母顺序存储。例如若按字母顺序存储，则乙酸将与乙醛相邻，但这两种化学品是不相容的，如果它们相互接触会发生不良反应。

以下是由于不相容的化学反应而可能产生的危害示例：

- 发热——例如浓酸和水；
- 火灾——例如硫化氢和次氯酸钙；
- 爆炸——例如苦味酸和氢氧化钠；
- 有毒气体/蒸气产生——例如硫酸和塑料；
- 易燃气体/蒸气产生——例如酸和金属；
- 形成比反应物毒性更大的物质——例如氯和氨；
- 形成对震动或摩擦敏感的化合物；
- 溶解有毒物质——例如盐酸和铬；
- 剧烈聚合——例如氨和丙烯腈。

为避免产生不相容的化学品组合，首先将化学品分为有机和无机系列，然后再分为相容组，最后按字母顺序存储在相容组中。

安全储存必须解决化学品的危险性质（易燃、腐蚀性、有毒、不稳定）和化学品相容性问题。始终查阅化学品的SDS以了解其特性，并获得有关其存储要求的具体指导。有关化学品相容性的具体信息可以在SDS的第10节（稳定性和反应性）中找到。

通常，以下化学品需要彼此分开存放：

- 易燃化学品；
- 腐蚀性化学品；
  - 酸与碱分离；
  - 酸进一步分离为无机酸和有机酸；
- 有毒化学品；
- 氧化性化学品；
  - 氧化剂与还原剂分开；
- 不稳定的化学品，包括：
  - 与水反应的化学品；
  - 空气反应性（自燃）化学品；
  - 形成过氧化物的材料；
  - 可与自身反应的化学品（例如通过聚合）；
  - 潜在爆炸性化学品；
- 不相容的化学品。

在同一个存储柜内，不相容的组可以通过物理屏障（例如不同的柜隔间、不同的防漏架，或通过使用如塑料托盘或箱子的二次容器）相互隔开，以最大限度地利用化学品储存柜空间。

附录F中给出了不相容化学品的示例。

### 容器相容性

除了化学品之间的相容性外，化学品容器的材料也很关键，因为它必须能够承受长期暴露在化学品中而不会变质。化学品容器通常由玻璃和塑料制成，因为它们通常是非反应性的，可用于长期储存各种化学物质。

玻璃是一种极好的媒介，因为它的透明性（可以很容易地识别化学物质，例如通过它们的颜色）、化学惰性、刚性和耐磨性。它也很容易制成瓶子，相对便宜且易于回收。对于光敏化学品的存储，通常使用琥珀色玻璃瓶。然而，玻璃易碎。

塑料容器是次佳选择，因为它们重量轻、不易破碎、通常无毒且耐化学腐蚀。塑料容器可以是不透明、半透明或透明的，这取决于所用聚合物的类型和/或其构造方法。然而，塑料在与特定化学品长期接触后可能会降解。

化学品容器也可以由钢制成。为了方便储存、携带和分配易燃液体或燃料，通常使用镀锌钢或不锈钢安全罐，因为它们具有特殊的性质可最大程度地减少易燃蒸气的排放。

建议实验人员查阅化学品SDS，如有必要可与化学品供应商联系，以确保实验室中每种化学品均能长期储存在正确的容器之中。

表3.2 化学品种类与不同材料的容器相容性图表

下面提供了常用聚合物类型的容器材料相容性图表，作为不同化学品种类的参考：

种类	塑料材料	聚四氟乙烯	HDPE	LDPE	PC	PETG	PP	PVC
酸(稀释/弱)	E	E	E	E	E	G	E	E
酸*(强/浓缩)	E	G	G	G	G	N	G	G
醇(脂肪)	E	E	E	E	G	G	E	G
醛类	E	G	G	G	G	G	G	G
碱金属(主要成分)	E	E	E	E	N	N	E	E
酯类	E	G	G	G	N	G	G	N
碳氢化合物(脂肪)	E	G	F	F	G	G	G	G
碳氢化合物(芳)	E	N	N	N	N	N	N	N
碳氢化合物(卤代)	E	N	N	N	N	N	N	N
酮(芳)	E	N	N	N	N	N	N	F
氧化剂(强)	E	F	F	F	F	F	F	G

\*氧化酸参考氧化剂（强）

相容性	
E	优秀。持续暴露 30 天未造成任何损坏。塑料可耐受这种化学物质多年。
G	好。持续暴露在这种化学物质中 30 天几乎没有损伤。
F	合理的。在持续接触试剂 7 天后，会有一些效果。影响包括裂纹、开裂、强度损失或变色。
N	不推荐。可能立即造成损害。根据塑料的不同，其影响可能是裂纹、开裂、强度损失、变色、变形、溶解或渗透损失。

HDPE	高密度聚乙烯
LDPE	低密度聚乙烯
PC	聚碳酸酯
PETG	聚对苯二甲酸乙二醇酯共聚酯
PP	聚丙烯
PVC	聚氯乙烯

### 3.2.11 建议的货架储存模式

以下用于储存不同种类化学品的储存柜内货架的排列基于《Flinn Scientific Catalog/Reference Manual》中建议的化学品储存模式。

步骤1：将化学品分为无机化学品和有机化学品。

步骤2：将化学品分成以下相容的存储组：

无机化学品	有机化学品
<ul style="list-style-type: none"> <li>金属、氢化物</li> <li>醋酸盐、卤化物、卤素、碘化物、油酸盐、草酸盐、邻苯二甲酸盐、磷酸盐、硫酸盐、亚硫酸盐、硫代硫酸盐</li> <li>酰胺、叠氮化物、硝酸盐（硝酸铵除外）、亚硝酸盐</li> <li>碳、碳酸盐、氢氧化物、氧化物、硅酸盐</li> <li>碳化物、氮化物、磷化物、硒化物、硫化物</li> <li>溴酸盐、氯酸盐、亚氯酸盐、过氧化氢、次氯酸盐、碘酸盐、高氯酸盐、高氯酸、过氧化物</li> <li>砷酸盐、氰酸盐、氰化物</li> <li>硼酸盐、铬酸盐、锰酸盐、钼酸盐、高锰酸盐、钒酸盐</li> <li>无机酸（除了硝酸——硝酸应单独分离和储存）</li> <li>砷、磷、五氧化二磷、硫</li> <li>无机混合物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有机酸、氨基酸、酸酐、过酸</li> <li>醇类、酰胺类、胺类、乙二醇类、酰亚胺类、亚胺类、糖类</li> <li>醛类、酯类、烃类、油类</li> <li>醚、聚环氧乙烷、卤代烃、乙烯酮、酮</li> <li>环氧化合物、异氰酸酯</li> <li>叠氮化物、氢过氧化物、过氧化物</li> <li>腈类、多硫化物、硫化物、亚砷</li> <li>甲酚、苯酚</li> <li>染料、污渍、指示剂</li> <li>有机混合物</li> </ul>

步骤3: 按照以下建议的货架储存模式储存化学品:

无机化学品储存柜	
顶部货架	
砷, 磷, 五氧化二磷, 硫	砷酸盐, 氰酸盐, 氰化物 注意: 远离水储存。
醋酸盐, 卤化物, 卤素, 碘化物, 油酸盐, 草酸盐, 邻苯二甲酸盐, 磷酸盐, 硫酸盐, 亚硫酸盐, 硫代硫酸盐	碳化物, 氮化物, 磷化物, 硒化物, 硫化物
酰胺、叠氮化物、硝酸盐、亚硝酸盐（硝酸铵除外） 注意: 将硝酸铵与其他物质分开存放	硼酸盐、铬酸盐、锰酸盐、钼酸盐、高锰酸盐、钒酸盐
金属、氢化物 注意: 远离水。将易燃固体储存在易燃物柜中	溴酸盐, 氯酸盐, 氯酸盐, 过氧化氢, 次氯酸盐, 碘酸, 高氯酸, 过氧化物
碳, 碳酸盐, 氢氧化物, 氧化物, 硅酸盐	无机混合物
底部货架	

酸储存柜
<p>酸（除了硝酸）</p> <p>注意: 1. 将无机酸与有机酸分开存放。如果有有机酸置于单独的二级储存容器或二级密封托盘中, 则无机酸可以与有机酸储存在同一柜子中。</p> <p>2. 单独储存硝酸, 因为它与大多数其他化学品不相容。硝酸必须与其他酸分开存放, 除非酸储存柜有专门的硝酸储存隔间。</p>

有机化学品	
顶部货架	
酒精, 酰胺, 胺, 乙二醇, 亚胺, 亚胺, 糖 注意: 易燃物应储存在专用的柜子里。	甲酚、苯酚
醛类, 酯类, 碳氢化合物, 油类 注意: 易燃物应存放在专用的柜子里。	叠氮化物、氢过氧化物、过氧化物
醚类, 聚乙烯氧化物, 卤代烃, 烯酮类, 酮类 注意: 易燃物应存放在专用柜中。	有机酸、氨基酸、酸酐、过酸 注意: 一些有机酸需要储存在酸柜中。
环氧化合物、异氰酸酯	染料、污渍、指示剂 注意: 将酒精溶液存放在易燃品柜中。
腈类、多硫化物、硫化物、亚砷	有机混合物
底部货架	

易燃物存储柜
<p>无机物: 金属、氢化物</p> <p>有机物: 醇类、酰胺类、胺类、二醇类、酰亚胺类、亚胺类</p> <p>有机物: 醛类、酯类、烃类</p> <p>有机物: 醚、聚环氧乙烷、卤代烃、烯酮、酮</p> <p>有机物: 基于酒精的指标</p> <p>注意: 将易燃固体与易燃液体分开存放, 还要将有机易燃物与无机易燃物分开。</p>

毒物存储柜
所有中毒性到剧毒的化学品都要锁在柜子里。

### 3.3 化学品转移

化学品可能需要从储存容器转移到较小的接收容器, 或者从储存地点转移到将要使用的地点(例如从储存室到实验室)。由于转移过程中可能涉及使用电梯和/或通过走廊, 因此需要进行一些规划以确保安全完成转移。

准备化学品转移所需的物品是:

- 化学SDS;
- 主要接收容器;
- PPE (如护目镜);
- 局部排风通风 (LEV);
- 二次容器和/或化学工具车。

转移到较小的接收容器的步骤如下:

(1) 作为风险评估的一部分, 第一步是了解要转移的特定化学品。获取您打算转移的

化学品的SDS。注意与化学品相关的具体危害（例如化学品易燃、腐蚀性、有毒、反应性），并确定与之不相容的材料和物质清单。具体而言，可参阅SDS第7节以获取有关安全处理待转移化学品的指南；

(2) 选择由兼容材料制成的接收容器。例如盐酸会与一些金属容器迅速发生反应，形成爆炸性氢气，所以盐酸应使用玻璃容器。然而氢氟酸会与玻璃发生反应，因此需要使用耐用的塑料容器。

(3) 确认接收容器干净且完全没有任何残留物，尤其是不相容的残留物（例如它可能含有的其他化学品），或清洁操作中留下的任何水。对于与空气反应的化学品，在转移化学品之前，需要用惰性气体（如氮气）吹扫容器；

(4) 检查接收容器的容积是否足够大以容纳要转移的化学品。为尽量减少溢出的风险，每个容器最多只能装满其自身体积的3/4，以便每个容器在转移后都有一些空气空间；

(5) 确保接收容器在转移后能正确关闭或密封。挥发性强的化学品会产生蒸气（尤其是在较高温度下），容器必须能够承受由此产生的压力增加。如有必要，在容器上安装超压排气装置；

(6) 在转移前给接收容器贴上标签，以清楚地识别化学品并传达其危害；

(7) 使用SDS推荐的所需PPE，可能包括但不限于安全护目镜、呼吸器、安全鞋、耐化学腐蚀的手套、围裙等。如有必要，可在LEV（如通风柜）下进行转移，以减少转移过程中可能产生的蒸气；

(8) 如果静电放电有可能导致着火，则用金属线将存储容器和接收容器连接起来，并用接地线将两者连接到电气接地点。在化学品对静电放电高度敏感的情况下，执行转移的人员也可能需要接地；

(9) 将接收容器放置在一个稳定的位置，并在接收容器的口中放置漏斗以帮助转移。将接收容器放置在合适的高度，以确保转移符合人体工程学要求；

(10) 将化学品从储存容器倒入（或虹吸）到接收容器中。缓慢倒入并保持储存容器靠近接收容器，以尽量减少坠落距离和/或飞溅。如有必要，使用导杆促进转移；

(11) 转移完成后，移除漏斗并盖上（或密封）接收容器。如果储存容器是空的，应按照SDS处理或清洁储存容器。如果储存容器还剩余一部分化学品，应将其放回指定的储存位置。

#### 将接收容器移到新位置的步骤如下：

(1) 进行风险评估并规划移动路线，以确保提议的路线安全且无可能导致滑倒、绊倒或坠落的危险。移动路线应避免任何人多的地方（例如综合办公室或食堂）。熟悉所选路线沿线的不平路面、坡道和死角。等待电梯清空后再使用它运送危险化学品；

(2) 将接收容器放置在耐用的防破裂二次容器（例如带提手的塑料或金属容器）中，确保二次容器足够容纳任何泄漏（见图3.8）。这将防止化学品沿途泄漏，并允许在发生泄

漏时将化学品带到最近的通风柜。注意二次容器的材料必须与接收容器的内容物相容；



图3.8 使用二次容器将化学品转移到新位置

(3) 对于较大和较重化学品（例如不同化学品的几个容器）的转移，需要按危险等级对化学品进行分组以确保化学相容性；

(4) 建议将化学品运输车或手推车（最好带有防止容器滑落和防漏边缘保护的护栏）与二次容器一起使用。较重的容器应放置在运输车的底部架子上。不要让手推车超载，应根据需要尽可能多运输；

(5) 运输过程中，穿戴必要的PPE，并始终与化学品容器保持在一起。在移动过程中，切勿让它们离开视线或无人看管。注意周围环境，当心有门挡住你的路。最好和其他人员一同运输，安排一人走在运输车/化学品容器前面，以确保路径畅通并警告其他人注意危险；

(6) 备有化学品泄漏工具包和紧急联系电话，以防在转移过程中发生泄漏。

#### 移动气瓶的步骤如下：

(1) 不要移动任何带有压力调节器的气瓶。在移动之前，从气瓶上取下调节器并装上气瓶安全帽；

(2) 始终使用气瓶车（见图3.9）移动气瓶。确保气瓶牢固地用链子或皮带固定在手推车上。切勿滚动、滑动或拖动气瓶，因为这不仅可能对气瓶造成物理损坏，还可能导致气瓶因失去控制而掉落；

(3) 移动气瓶时，尽量保持直立。切勿将气瓶侧放，因为这会导致冷凝液进入气瓶阀门。当阀门打开时，冷凝液会迅速挥发和膨胀，从而形成潜在的爆炸条件。



图3.9 专门为移动气瓶而设计的推车

## 3.4 化学品使用

为了保障实验人员的安全和健康，在化学品被转移到实验室后，实验室安全责任人应采取风险控制措施，以减少实验人员在实验室工作期间接触化学物质的可能性。

### 3.4.1 接触化学品

化学品可能通过四个主要途径进入我们的身体，即：

- 吸入；
- 摄入；
- 通过皮肤或眼睛吸收；
- 注射。

#### 吸入

- 以气体、蒸气、烟雾或灰尘形式存在的化学物质很容易通过吸入进入人体；
- 吸入有毒化合物的总量主要取决于空气中化学物质的浓度和暴露时间；
- 吸入过度接触可能会对呼吸系统造成直接刺激或局部损伤，并从肺部吸收进入循环系统而损伤身体组织。

#### 摄入

- 个人卫生不佳可能会摄入有毒物质，例如用受污染的手进食或在实验室进餐；
- 摄入的化学物质可能会通过小肠吸收到血液中。然后，被污染的血液流向身体的各个部位，伤害特定器官。

#### 通过皮肤吸收

- 皮肤接触化学品可能会导致严重的刺激或类似于过敏反应的致敏反应；
- 某些化学品（如有机溶剂）很容易被皮肤吸收。如果皮肤被割伤或擦伤，这种化学物质会更容易通过伤口被人体吸收。一旦化学物质进入血液，其毒性可能会影响体内的一个或多个靶器官。

#### 通过眼睛吸收

- 当液体化学品溅到眼睛时，眼睛很容易将其吸收。化学刺激物（以气体、蒸气、烟雾或粉尘的形式）也可能附着眼睛表面导致损伤；
- 在化学实验室工作时不应佩戴隐形眼镜，因为隐形眼镜会降低眼泪的自然冲洗效果，从而导致化学刺激物的去除效率降低。这可能会导致刺激物集中在眼睛内，从而增强化学物质的作用。

#### 注射

- 当尖锐物体（如针头）刺破皮肤时，化学物质会随之注射到血液中；
- 使用钳子或其他工具夹起尖锐物体有助于降低注射风险。

实施风险控制措施的目的是在实验室处理化学品时，考虑所有可能的化学品进入人体的途径，并最大限度地减少潜在的化学品接触。

### 3.4.2 职业接触限值

由于化学品容易被人体吸入，因此在实验室处理化学品时，应采取必要的控制措施以最大程度地减少与化学品接触的风险。

MAC是最高容许浓度，在一个工作日内、任何时间、工作地点的化学有害因素均不应超过的浓度。

PC-TWA是时间加权平均容许浓度，以时间为权数规定的8 h工作日、40 h工作周的平均容许接触浓度。

PC-STEL是短时间接触容许浓度，在实际测得的8 h工作日、40 h工作周平均接触浓度遵守PC-TWA的前提下，容许劳动者短时间（15 min）接触的加权平均浓度。

GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》列出了一些常见有毒物质的MAC、PC-TWA和PC-STEL值（见表3.3）。

表3.3 从GBZ 2.1-2019表1中选择的MAC、PC-TWA和PC-STEL值

有毒物质	职业接触限值 OELs mg/m <sup>3</sup>			临界不良效应
	MAC	PC-TWA	PC-STEL	
氨	-	20	30	眼和上呼吸道刺激
氯	1	-	-	上呼吸道和眼刺激
甲醇	-	25	50	明显的麻醉作用和眼、上呼吸道刺激；眼损害
戊烷（全部异构体）	-	500	1000	周围神经病
二氧化硫	-	5	10	呼吸道刺激

通过查阅化学品SDS可以获得职业接触限值，以帮助评估和控制潜在的工作场所健康危害。但它们绝不是毒性的相对指数，也不代表安全和危险接触浓度之间的界限。

### 3.4.3 控制暴露

在实验室环境中工作时，可以使用稀释通风、局部排气通风和个人防护设备来减少接触化学物质。

#### (a) 稀释通风

机械通风控制进出工作区域的空气流动，以便工作环境中始终有新鲜空气。稀释通风（通过机械通风实现）起着重要的作用——它通过将空气中的污染物稀释到允许的水平来控制对低毒气体和蒸气的吸入风险。

在实验室环境中，稀释通风在以下情况下最有用：

- 污染物的毒性低至中等（即相对较高的职业接触限值）；
- 污染源未能很好地定位或存在多个污染源；
- 污染物的生成率和速度低至中等；
- 污染物排放源不在任何人员的呼吸区附近。

为了使稀释通风有效，需要：

- 将受污染的空气与大量新鲜空气混合；
- 保证实验室内的所有位置都有新鲜空气流动；
- 每小时更换足够的空气以防止污染物积聚。

理想的稀释通风率取决于各种因素（例如实验室布局 and 人员负荷），并应根据实验室的风险水平和所需的通风性能来确定。实验室的通风系统设计可参考HG/T 20698-2009《化工采暖通风与空调调节设计规范》和JGJ 91-2019《科研建筑设计标准》。

### (b) 局部排气通风 (LEV)

LEV设备旨在收集和去除排放源或附近的高毒性空气污染物。实验室中最常用的LEV设备是化学通风柜。根据工作性质和实验室设置，也可以使用柔性臂捕获罩（见图3.10）。LEV设备可防止气体或蒸气污染物从源头向实验人员传播，从而显著减少吸入暴露造成的风险。



图3.10 可将柔性臂捕获罩放置在靠近污染源的位置

在实验室环境中，LEV在以下情况下最有用：

- 污染物的毒性很高（即相对较低的职业接触限值）；
- 污染物从固定位置或特定容器排放；
- 污染物的产生率和速度高；
- 实验人员的呼吸区紧邻污染物排放源。

为了使LEV有效，需要：

- 封闭污染源或尽可能靠近污染源的罩子；
- 捕获速度足够高，以便将污染物从可能存在的最远点吸入通风柜；
- 设计的空气流动方向应能将污染物从人员的呼吸区带走。

实验室送排风系统设计的更多详细信息可参见JGJ 91-2019《科研建筑设计标准》。

标准通风柜由垂直滑动窗、后挡板、排气扇和连接通风柜到排气管的管道系统组成（见图3.11的实验室通风柜示例）。存在两种主要类型的通风柜，管道式和再循环式（即无管道式）。两种类型的工作原理相同——空气从机柜的前（或开放）侧吸入，穿过工作台面，通过后挡板，或通过排气烟囱排出建筑物外，或通过过滤安全后反馈到实验室。

排气扇会以一定的捕获速度将空气从罩子的表面吸入。对于传统的通风柜，该速度通常根据窗扇的位置而变化，例如，通过通风柜开口的捕获速度随着窗扇的降低而增加。然而，作为变风量（VAV）通风柜的一项节能功能，即使在窗扇降低的情况下，总排风量也会减少，以保持捕获速度恒定。

### 通风柜使用注意事项：

- 实验室设备和玻璃器皿应放置在窗扇开口后面至少15 cm处。这减少了由于空气湍流而可能从通风柜内部逸出并返回实验室的任何化学蒸气的暴露；
- 不要将通风柜的通风区域用作化学品的储藏柜。在通风区域存放化学品容器或其他物品会扰乱通风柜内的空气流动。任何东西都不能阻挡通过后挡板或挡板排气槽的气流，因为大部分空气都是从它们排出的；
- 不要将松散的纸张或纸巾放在通风柜内，因为它们会被吸入排气扇中并对其性能产生不利影响；
- 不要让头部进入引擎盖开口所在的平面。例如，对于垂直上升的窗扇，在使用通风柜时，应始终将窗扇保持在您的脸下方。建议设置视窗安全使用高度标记，确保实验人员处理危险物质时视窗设置在安全高度范围内。窗扇可防止火灾、爆炸或通风柜中的化学物质飞溅。不使用通风柜时，将窗扇拉到底。在通风柜前工作时，尽量把窗扇拉低。一般来说，除VAV通风柜外，较小的窗扇开口会增加通风柜的捕集速度；
- 如果要在通风柜内使用大型设备（例如离心机），应将其抬高离工作台面3至5 cm，以便空气在设备下方流动。这大大减少了通风柜内的湍流，并有助于提高其捕获效率；

- 不要将物体直接放置在通风柜前面（例如在通风柜控件上挂一件实验服），操作时动作尽量放慢，减少柜门前走动，必须走动时，速度要慢。因为这可能会扰乱进气口/气流并将污染物从通风柜中吸出；
- 不要在通风柜的底柜中储存化学品，除非相关底柜是专门为安全储存易燃物或腐蚀性物品而设计的。

注意通风柜不是为处理微生物而设计的。必须使用生物安全柜来处理危险微生物。



图3.11 一种专门为储存易燃物品而设计的带有底座的通风柜

如果不定期维护，通风柜的效果可能无法保障。通风柜的性能应定期测试，其内部工作机制（例如控制装置、压力表、警报器、排气扇）每年至少进行一次设备维护。

#### • 日常检查

应目视检查通风柜区域是否有未经授权的设备存储、材料和其他可能破坏通风柜进气或气流的可见堵塞物。

#### • 定期测试

应定期测试通风柜的性能，如每三至六个月测试一次。通风柜性能的一个关键指标是其捕获速度，使用速度计或风速计测量。使用至少六个读数（在不同位置）来确定平均捕获速度。烟雾测试可用于模拟污染物并在视觉上确认空气流动的方向和通风柜的捕捉效果。

大多数常见化学品的通风柜在46 cm或更高的窗扇开口处的平均捕获速度应为每分钟30 m。

#### • 年度维护

通风柜应定期保养。这包括通风柜控制、警报系统和排气扇的维护（例如运动部件的润滑、皮带张力、风扇叶轮更换）。管道系统也应每年检查一次，并在必要时进行清洁。应根据制造商的建议进行维护。

至少，建议每年至少进行一次以下维护检查：

- 检查窗扇机构是否腐蚀和损坏；
- 检查窗扇停止功能是否正常；
- 检查工作台密封状况；
- 检查公用设施和控制的状况，包括警报；
- 检查排气扇、电机、驱动器和轴承是否正常运行：
  - 检查排气扇电机是否存在轴承磨损和噪音过大的情况；
  - 检查排气扇皮带轮是否拉紧并正确对齐；
  - 检查排气扇叶轮是否磨损和腐蚀；
- 检查防火阀和释放机构；
- 检查内置喷水灭火系统（如果安装）；
- 检查通风柜中的水洗系统（如果安装）；
- 检查柔性连接的状况；
- 检查排气管道和管道系统连接处的状况（例如拐弯和弯头）；
- 检查管道系统内部是否需要清洁和维修；
- 检查排气管的稳定性和状况。

所有定期检查、性能测试和维护活动的过程与结果应进行适当记录。建议在通风柜附件展示检验证书和检验记录，以及每次检验的结果。为了保护人员的健康，任何未通过检查或未按时检查的通风柜都应停止使用并相应地贴上标签，直到维修完成。

#### 更多信息

- JGJ 91-2019 科研建筑设计标准
- GB 50243-2016 通风与空调工程施工质量验收规范
- JB/T 6412-1999 排风柜
- JG/T 222-2007 实验室变风量排风柜

#### (c) 个人防护设备 (PPE)

个人防护设备 (PPE) 旨在保护实验人员，避免化学品通过以下途径进入人体：

- 鼻子（吸入）；
- 嘴巴（摄入）；
- 眼睛或皮肤（吸收）。

在实验室环境中，PPE包括防护服（例如实验室外套，并与长裤一起穿着）、耐化学腐蚀的手套和围裙、密闭的防滑鞋、安全眼镜和呼吸器（例如用于在发生化学品泄漏时使用）等。

由于使用PPE并不能消除或减少危害，如果PPE出现故障，用户很可能会暴露在实验室危险中。由于PPE是最后一道防线，建议制定PPE计划以确保实验人员在使用PPE时确实受到保护。有关实验室环境中使用的标准PPE，可参见图3.12。

综合PPE计划的关键要素包括：

- PPE选择；
- PPE配件；
- PPE维护和储存；
- PPE用户教育和培训。



图3.12 化学实验室环境的标准PPE包括实验室外套、防化学手套和安全眼镜

### PPE选择

一旦确定存在化学危害，则需要“从头到脚”地考虑防止实验人员接触化学危害所需的保护措施。PPE的选择应基于所处理化学品的类型，而SDS是最为可靠的参考信息来源。

为了防止皮肤直接接触化学品，最重要的是选择合适的PPE材料，因为它能够抵抗化学品渗透和/或渗透作用，尤其是在化学品有毒或腐蚀性的情况下。为了更好地提供身体保护，建议使用耐化学腐蚀的围裙。对于需要更高级别身体保护的情况（例如在处理化学品泄漏时），需要使用化学防护服。

### PPE佩戴

为确保有效保护，PPE需要正确（且舒适地）穿戴在实验人员身上，例如，通过呼吸器的适合性测试、正确佩戴实验室外套和手套等。

### PPE维护和储存

为了使PPE（如手套）保持良好状态并随时可用，它们需要妥善存放（如在避免阳光直射的阴凉环境中）以防止材料变质。PPE还应在每次使用前进行定期维护和检查（例如通过手套和呼吸器的泄漏测试）。最后，根据使用频率、所处理化学品的渗透性和材料的使用寿命，定期更换PPE（尤其是手套）是很重要的。

### PPE用户教育和培训

作为综合PPE计划的一部分，实验人员需要接受有关选择PPE以及正确使用呼吸器的培训，以防止或尽量减少接触化学品所造成的伤害。

#### (i) 皮肤保护

由于化学物质在接触时会渗透进皮肤内，为避免或减少实验人员在实验室工作时与化学物质的接触，在进行实验时必须穿上实验室外套、围裙和手套。

市场上可用的耐化学品手套可能由各种材料制成，例如橡胶、聚氯乙烯、聚乙烯醇、氯丁橡胶、丁腈橡胶或丁基橡胶等。手套可以保护实验人员的手部免受化学品、油和溶剂的侵害。

下表3.4列出了常见的手套材料类型及其可使用的化学品。

表3.4 不同手套类型用于对抗化学品的优缺点

类型	优点	缺点	防护
天然橡胶	成本低，物理性能好，灵巧。	阻隔油、油脂、有机物较差。可能质量很差。	碱、醇、稀水溶液；对醛，酮失效。
天然橡胶混合物	与某些化学品相比，成本低、灵巧、耐化学性优于天然橡胶。	物理性能通常不如天然橡胶。	碱、醇、稀水溶液；对醛，酮失效。
聚氯乙烯（PVC）	成本低，物理性能非常好，成本中等，耐化学性中等。	可以剥离增塑剂。可能质量很差。	强酸、强碱、盐、其他水溶液、醇类。
氯丁橡胶	中等成本，中等耐化学性，中等物理性能。	NA	氧化酸，苯胺，酚，乙二醇醚。
丁腈橡胶	成本低，物理性能优良，灵巧。	阻隔苯、二氯甲烷、三氯乙烯、许多酮类较差。	油、油脂、脂肪族化学品、二甲苯、全氯乙烯、三氯乙烷；对甲苯失效。
丁基橡胶	特种手套，极性有机物。	昂贵的，阻隔碳氢化合物、氯化溶剂较差。	乙二醇醚，酮类，酯类。
聚乙烯醇（PVA）	特种手套，抗有机物范围很广，物理性能好。	非常昂贵，对水敏感，阻隔轻度酒精较差。	脂肪族、芳香族、氯化溶剂、酮类(丙酮除外)、酯类、醚类。
氟橡胶	特种手套，有机溶剂。	极其昂贵，物理性能差，阻隔某些酮、酯、胺较差。	芳烃、氯化溶剂、脂肪烃和醇类。
Norfoil（银盾）	优异的耐化学性。	不合身，容易刺破，抓地力差，僵硬。	用于危险品处理工作。

附录G提供了适合在许多工作场所（包括化学实验室）中遇到的各种化学品的合适手套类型的建议。由于手套的性能因生产厂家的不同而不同，所以应给自己额外的时间，不要把手套的强度推到估计的极限透过时间。

#### 手套选择和使用的提示

- 仅选择对所用化学品具有耐受性的手套。在选择耐化学品手套时，尤其是戴手套的手会浸入化学品中时，应查阅相关SDS并获得制造商的具体建议；
- 选择合适尺寸的手套，因为太小的手套不舒服并且可能会撕裂，而太大的手套可能会干扰手或手指的运动。在某些情况下，例如使用氢氟酸（HF）时，建议选择在紧急情况下可快速脱下的手套；
- 使用前，最好检查手套（即使是新手套）是否有撕裂或针孔等物理损坏以及之前是否有化学损坏。这在处理危险材料（如HF酸）时尤为重要；
- 选择的手套应能够完全避免你的手部和手臂的所有部分接触到化学物品，有袖口手

套可以防止化学物质飞溅到手臂上；

- 使用危险化学品时，建议经常用清水清洗手套的外表面；
- 一些手套，尤其是轻便的一次性手套，可能由易燃材料制成。如果戴着这些手套，一定要让手远离明火或其他高温热源；
- 脱下手套时应防止皮肤与手套受污染的外表面接触。取下手套后需要彻底洗手；
- 被污染的手套必须妥善处理或送去特殊清洁。不要尝试重复使用一次性手套。切勿在实验室外穿戴可能受污染的手套，也不要在使用手机或电脑键盘等办公设备时戴手套。

#### 更多信息

- GB/T 11651-2008 个体防护装备选用规范
- GB/T 29510-2013 个体防护装备配备基本要求
- GB/T 26512-2013 手部防护——防护手套的选择、使用和维护指南
- GB 28881-2012 手部防护——化学品及微生物防护手套

#### (ii) 眼睛和面部保护

在实验室工作时，眼睛和面部防护的PPE包括安全眼镜、防护液体喷溅的眼罩（见图3.13）和面罩，以防止化学品飞溅、化学粉尘、雾气、烟雾和其他异物。



图3.13 安全眼镜（左）和防护液体喷溅的眼罩（右）

一般来说，眼罩比安全眼镜更能防止化学物质的飞溅。当眼睛和面部受伤的可能性较大时，应同时使用面罩（见图3.14）和眼罩。注意普通的处方眼镜不能提供足够的保护以防止眼睛受伤。



图3.14 处理大量化学品和低温材料时，应同时使用面罩

有关安全眼镜、眼罩和面罩的一般指南见表3.5。

表3.5 安全眼镜、安全护目镜和面罩使用的一般指南

安全眼镜	眼罩	面罩和眼罩
使用场景： 使用低危害化学品工作，或存在低飞溅概率。	使用场景： 工作时使用少量腐蚀性或有害化学物质，并存在中等的飞溅概率。	使用场景： 工作环境中有大量腐蚀性或有危害化学物质和/或眼睛和面部受伤的可能性很大。
例： • 处理封闭的化学品瓶 • 打开离心管 • 移液 • 混合溶液	例： • 从 500 毫升的瓶子中倒出酸 • 从 1 升的瓶子中倒出化学品 • 在压力下处理液体	例： • 使用酸浴 • 将 4 升酸倒入容器中 • 处理可能飞溅的高反应性化学品

#### 更多信息

- GB/T 11651-2008 个体防护装备选用规范

#### (iii) 呼吸防护

为保护实验人员免受吸入化学品造成的伤害，所有涉及有毒、腐蚀性或高挥发性物质的实验室工作都应在局部排风通风（LEV）下进行，例如通风柜中。

在LEV不可用或无效的情况下（例如涉及危险化学品泄漏的紧急情况），个人呼吸器对于保护执行泄漏控制或清理的实验人员（或工作团队）至关重要。

呼吸器有两种基本类型：

- 空气净化呼吸器；
- 空气供给式呼吸器。

空气净化呼吸器在污染物进入呼吸系统之前，通过过滤或吸收污染物来清洁空气。空气净化呼吸器包含用于从空气中去除微粒的过滤器（例如用于处理二氧化硅），或用于吸收气体、蒸气、烟雾和雾气的化学滤芯。由于空气净化呼吸器只能清洁空气，因此实验人员只能在不缺氧的环境中使用这些呼吸器。

要使用的过滤器或滤芯的类型取决于存在的污染物类型。必须从呼吸器供应商处获得有关特定污染物的正确过滤器或滤芯类型的建议。没有一种过滤器或滤芯可以保护实验人员免受所有危险化学品的侵害。

如果气体污染物是未知的，或者空气中氧气不足，则应该使用空气供给式呼吸器，因为它可以持续供应未受污染的空气并提供最高级别的呼吸保护。在实验室紧急情况下，装有压缩或液态空气或氧气的便携式小钢瓶可用作空气供给式呼吸器的呼吸空气供应。

呼吸器可能是半面罩（覆盖嘴、鼻子和下巴）或全面罩（覆盖包括眼睛在内的脸部）。

为确保有效使用，必须对实验人员进行正确使用、护理和维护呼吸器的培训和教育。佩戴维护不当或安装不当的呼吸器可能比不佩戴更危险，因为在这种情况下实验人员认为自己已经受到了保护，而实际上却没有。

#### 更多信息

- GB/T 18864-2002 呼吸防护用品的选择、使用与维护

#### (d) 其他行政控制

确保实验室安全的行政措施包括：

- 限制少数训练有素的实验人员进入高风险实验室；
- 在显眼位置张贴标志，警告实验人员注意危险区域，并明确表明需要的PPE；
- 为实验室中进行的所有工作活动制定标准操作规程（SOP）；
- 为所有处理或接触化学品的实验人员提供实验室安全培训；
- 缩短实验人员接触危险化学品的时间（例如制定周全的实验计划）；
- 将易感或过敏的实验人员与某些化学品隔离；
- 禁止在任何实验室吸烟、食用食物和饮料；
- 对所有具有潜在危险的工作（例如需要进入高风险实验室的外来人员）实施工作许可制度；
- 经常进行实验室检查和检测，以确保实验人员（包括外来人员）遵守所有SOP和实验室的规章制度。

#### 3.4.4 良好的实验室管理

良好的实验室内务管理体现在实验室的清洁和整洁上。良好的内务管理很重要，因为干净整洁的实验室可以降低健康安全风险并保证实验人员的安全（见图3.15）。



图3.15 具有良好内务管理的实验室示例

管理不善是造成以往实验室事故和火灾的众多因素之一。为了创建一个安全和健康的工作场所，良好的内务管理是防止事故和伤害的必要条件。保持高标准的内务管理也将提高工作效率，并向访问实验室或在实验室中进行工作的人员传达专业感。

良好的内务管理在污染物控制方面也发挥着重要作用。化学品溢出物（液体或细粉）和其他落在工作表面或地板上的污染物可能会通过蒸发或对流气流传播到空气中，从而使实验人员受到伤害。经常的擦洗或使用吸尘器清理可以使实验室免受污染。

#### 实验室一般内务管理指南

- 始终保持实验室整洁、无杂物：
  - 从地板、工作台下方和工作台上移走不需要的物品；
  - 实验室台面和工作台面应保持清洁，没有不常用的化学品、玻璃器皿和设备；
  - 过道和走廊应避免实验室凳子、电源延长线、计算机电缆等绊倒危险；
  - 通往走廊和楼梯、配电盘、洗手盆、应急喷淋或洗眼设备、泄漏工具包、急救箱、灭火器和消防出口的通道不得堵塞；
- 化学试剂和溶液必须按照GHS要求清楚地标记，以便易于识别和正确储存；
- 将所有实验室化学品存放在适当的化学品储存柜中（例如易燃物、酸类和毒物分开存放）。通常不应在通风柜中存放化学品或其他实验室设备；
- 每种化学品在使用后都应放回其正确位置；
- 化学废物（包括用过的、过期的和不需要的化学物质）应在回收处理之前妥善管理和储存；
- 压缩气瓶应直立存放并妥善固定；
- 使用工作台、实验室设备和公共设施的实验人员应负责使用后的清理工作。尤其是受污染的化学品容器和玻璃器皿在使用后应尽快清洗；
- 保持实验室地板清洁、干燥并处于良好状态。特别地，应立即清理任何溢出的化学品和/或碎玻璃；
- 使用易于清洁的椅子或凳子。化学实验室中建议不使用织物覆盖的椅子或凳子；
- 注意电气安全：
  - 不要使电路过载；
  - 电气设备必须带有安全标志；
  - 设备必须正确接地；
  - 电气设备远离潮湿或潮湿区域；
  - 必须及时更换磨损的电线，并将松散的电线正确盘绕。
- 使用二级容器（例如带有提手的合适塑料容器或化学品专用手推车）将化学品从一个位置转移到另一个位置，以尽量减少溢出；
- 个人物品最好存放在实验室外的储物柜中，不要放在可能被污染或造成阻塞的地方；

• 实验人员应保持良好的卫生习惯，例如在离开实验室前彻底洗手，以免污染外部区域（例如办公室）。

### 3.4.5 典型化学反应的安全

一些化学反应，如氧化、硝化反应等存在火灾和爆炸的危险性，并且操作难以控制，若缺乏必要的安全防护知识，会造成生命和财产的巨大损失。

#### (1) 氧化反应过程的主要危险性控制

氧化反应过程中的主要危险性在于容易发生火灾和爆炸。氧化反应的原料和产物常常是易燃、易爆的物质，如甲苯氧化制取苯甲酸中，甲苯是易燃易爆物质。某些氧化中间体很不稳定，也有发生火灾和爆炸的危险，如乙醛氧化生产醋酸的过程中有过醋酸生成，当其浓度积累到一定程度后会分解而导致爆炸。部分氧化产物具有火灾危险性，如环氧乙烷是可燃气。氧化反应及其副反应常常放热强烈，反应温度高，且传热情况复杂，这些反应热如不及时移去，将会使温度迅速升高，当温度达到物料的自燃点就可能发生燃烧。被氧化物与氧化剂的配比也是反应过程中重要的火灾和爆炸因素之一，如若控制不当则极易爆炸起火。

氧化反应过程中的控制在于严格控制反应物料的配比；氧化剂的加料速度也不宜过快；要有良好的搅拌和冷却装置，防止超温、超压和混合气处于爆炸范围之内。

#### (2) 还原反应过程的主要危险性控制

还原反应过程中主要危险性在于还原反应常常会使用或产生氢气，并在加热、加压下进行。由于氢气的爆炸极限为4%~75%，因此存在非常大的潜在危险性，如果操作失误或设备泄漏，极易发生火灾和爆炸。

有些还原反应使用的还原剂和催化剂具有很大的燃烧爆炸危险性。常用还原剂硼氢化钾（钠）、氢化铝锂等都遇水燃烧，在潮湿的空气中能自燃，所以应储存于干燥的密闭容器内；催化剂雷氏镍吸潮后在空气中有自燃危险，会使氢气和空气的混合物着火燃烧，故应当将其储存在酒精中。

还原反应的操作中要严格控制温度、压力和流量；采用还原性强而危险性小的还原剂如硫化钠代替铁粉还原，可以避免氢气产生。

#### (3) 硝化反应过程的主要危险性控制

有机化合物分子中硝基取代氢原子而生成硝基化合物或用硝酸根取代羟基生成硝酸酯的化学反应都称为硝化反应。硝化反应是放热反应，硝化反应中常用的硝化剂是浓硝酸或混酸（浓硝酸和浓硫酸的混合物），具有强烈的氧化性和腐蚀性，与有机物特别是不饱和有机物接触即能引起燃烧；在制备混酸时，若温度过高或落入少量水，会促使硝酸大量分解，造成爆炸事故；硝化产物如硝基化合物、硝酸酯等具有爆炸性，受热、摩擦、撞击等极易发生爆炸或着火，所以硝化反应的危险性较大，处理时要格外小心。

为避免反应失常或产生爆炸，硝化过程应严格控制加料速度，控制硝化反应温度，避

免一切摩擦、撞击、高温因素，不得接触明火和酸、碱物质等。硝化反应过程中要有良好的冷却和搅拌装置，要注意设备、管道的防腐蚀性能，确保严密不漏。

#### (4) 氯化反应过程的主要危险性控制

以氯原子取代有机化合物中氢原子的过程称为氯化。最常用的氯化剂是氯气、三氯化磷等，它们都是有高毒的、强腐蚀性、刺激性和易燃易爆的物质。

氯气毒性很大，必须严防泄漏；三氯化磷遇水或酸会猛烈分解产生大量氯化氢和热，易引起冲料或爆炸，因此在实验过程中必须要防水或酸。反应所用的原料一般是甲烷、乙烯、苯、甲苯等，它们都是易燃易爆物质。氯化反应是一个放热反应，在较高的温度下进行氯化反应是剧烈的，所以氯化反应的设备要有良好的冷却系统，并严格控制氯气的流量，避免因氯气流量过大、升温过快而发生爆炸；由于氯化反应几乎都有氯化氢气体生成，因此所用的装置必须应保证严密不漏。

#### (5) 磺化反应过程的主要危险性控制

磺化反应是指向有机化合物分子中引入磺酸基的反应过程。通常用浓硫酸或发烟硫酸作为磺化剂，有时也用三氧化硫、氯磺酸、二氧化硫加氯气、二氧化硫加氧以及亚硫酸钠等作为磺化剂。所用试剂都是具有强氧化性、腐蚀性、刺激性和毒性的物质。

磺化反应的原料苯、硝基苯、氯苯等都是可燃物，而磺化剂浓硫酸、发烟硫酸（三氧化硫）、氯磺酸都是强氧化性物质，具备了可燃物与氧化剂作用发生放热反应的燃烧条件，存在反应温度超高，以致发生燃烧反应、引起着火或爆炸事故的危险性。

反应过程中必须进行有效的冷却和良好的搅拌以控制反应体系的温度。并且反应体系还要有很好的密封性，防止有毒和腐蚀性的物质逸出。

#### (6) 重氮化反应过程的主要危险性控制

重氮化是指一级胺与亚硝酸在低温下作用生成重氮盐的反应。它也是非常常见的有机化学反应。

在重氮化反应中，反应物胺与亚硝酸钠均有毒，产物重氮盐不稳定，它们在水溶液中逐渐分解，在干燥状态下，有些重氮盐不稳定，可在振动、摩擦、加热或电击的条件下发生分解爆炸。在重氮化的生产过程中，若亚硝酸钠的投料过快或过量，均会增加亚硝酸的浓度，使反应温度过高，加速重氮盐的分解，产生大量的一氧化氮气体，有引起着火爆炸的危险。

在实际操作中要注意反应原料胺与亚硝酸钠的安全使用，避免将反应液洒出或直接接触。应控制生产过程中亚硝酸钠的投料速率和数量，并严格控制反应温度。特别要避免产生干燥的重氮盐。

#### (7) 烷基化反应过程的主要危险性控制

烷基化（亦称烃化）反应是在有机化合物中的氮、氧、碳等原子上引入烷基（R-）的化学反应。

在烷基化反应过程中，被烷基化的物质、烷基化剂和烷基化产品都具有燃烧、爆炸的危险；烷基化催化剂具有自燃危险性，遇水剧烈反应，放出大量热量，容易引起火灾甚至爆炸；烷基化反应都是在加热条件下进行，加料次序颠倒、加料速率过快或者搅拌中断停止等异常现象容易引起局部剧烈反应，造成跑料、引发火灾或爆炸事故。

烷基化反应过程中必须要控制反应原料的加入次序及速率，要有合适的搅拌装置，并很好地控制反应温度。同时做好防火防爆工作。

### 3.5 化学实验室废物处理

废物是指任何需要丢弃的物质或物体。用过、过期或不再需要的化学品需要作为化学废物安全处理。化学废物可能以液体、固体、污泥或混合废物的形式出现。

如果化学废物表现出以下一项或多项特征，则其被归类为危险废物：

- 易燃或可燃的；
- 腐蚀性；
- 有毒的；
- 反应性。

危险化学废物处理不当可能会造成环境污染并危及实验人员健康安全，尤其是对处理废物的实验人员。此外，由于处理成本有时会超过最初的化学品采购价格，因此应考虑尽量减少浪费的策略。

#### 3.5.1 废物最小化策略

所有使用化学品的实验室都不可避免地会产生化学废物。将产生的化学废物的数量和毒性降至最低是很重要的。

废物最小化的一个关键策略是源头减少。源头减少是指在源头减少或消除废物产生的任何活动。限制或消除废物处理需求和成本的最佳方法是审查所有实验室流程并限制或消除产生废物的流程。

如果无法消除产生废物的关键过程，应考虑以下措施以尽量减少产生的废物、减少危害和控制成本：

- 在规划实验室过程时，要考虑到风险和废物最小化：
  - 尽可能用更安全的替代品替代有害物质；
  - 进行需要较少化学品的微型实验；
  - 通过进行循环实验来回收化学品，其中反应的产物（或副产物）成为下一个实验的起始材料；
  - 购置实验室设备或修改SOP以减少废物产生；
  - 在SOP中包含废物中和或解毒；

• 建立废物登记册以跟踪产生的废物类型和数量。废物登记册将为规划废物最少化举措提供有价值的信息；

- 购买所需的最少数量的化学品；
- 在购买新的化学品之前，检查一下现有的化学品库存；
- 监控化学品库存以避免过期化学品；
- 妥善储存化学品以防止变质或老化；
- 制定废物分类的程序，使处置方案更清晰、更经济有效；
- 做好化学品泄漏的准备，因为泄漏清理会产生大量废物。通过使用二次容器将溢出的可能性降至最低。选用合适的防泄漏处置物品，尽量减少因处理泄漏物产生的危险废物。

#### 3.5.2 废物分类和储存

在实验室中，化学废物通常在实验室内分类到适当的容器中，然后由学校联系具有危险废物经营许可证的供应商处理。废物的适当分类将确保供应商进行正确处理和回收。

实验室废物分类建议如下：

- 将化学废物分为不同类型，例如有机废液、无机废液、过氧化物废液、危险固废、空瓶等；
- 将含有有毒化合物的水性废物与有机溶剂废物分开。只能将无害的水性废物（例如氯化钠溶液）倒入水池中；
- 一些实验室废物有特殊包装和接受要求，具体见表3.6。

表3.6 实验室废物的特殊包装和接收要求

序号	分类	示例	特殊包装及接收要求
1	气雾罐类	喷雾剂、杀虫剂、空气清新剂等承压容器	单独包装，物料保持在安全储存温度以下，同时避光、避震
2	爆炸品类	叠氮化物、重氮化物、有机多硝化物、硝酸铵、雷汞、高氯酸、高氯酸铵、苦味酸	单独包装，避光、避震，储存温度在30℃以下
3	强氧化剂类	过氧化物：无机过氧化物、过硫酸物、过碳酸钠； 高化物：（高）氯酸（物）、（高）锰酸物、（高）碘酸物、高铈酸物； 重化物：（重）铬酸（物）； 亚化物：亚氯酸物、无机（亚）硝化物； 次化物：次氯酸物； 超氧化物：超氧化钠、超氧化钾； 其他：溴化物、五氧化二磷、三/五氟化溴、五氟化碘、漂粉精、四硝基甲烷、二/三氯异氰尿酸、氧化银	单独包装，避光、避震，储存温度在30℃以下
4	有机过氧化物类	有机过氧化物、有机多氧环物、催化剂糊（H/HCH）、过有机酸、土荆芥油	单独包装，避光、避震，冷冻密封

序号	分类	示例	特殊包装及接收要求
5	自燃、遇湿易燃、其他强还原性类	遇湿易燃类：钠钾合金、钙合金、铜钙合金、钡合金、镁粉、铝粉、锌粉、铈、氢化物、碳化物、硅化物、磷化物、氮化物、氮化物、五硫化磷、硼氢化物、连二亚硫酸物、三氟化硼甲醚络合物、硅/硼烷类 自燃类：硝化棉、铝镍合金、三氯化钛、锆/铪/钛粉、白磷、醇钠、环辛二烯磷、二苯基磷、硫化物、有机镁、烷基锂、烷基铝及其卤化物、烷基锌、烷基镉、烷基硼、镍催化剂、对亚硝基二 X(基)苯胺、三硫化二锑 其他强还原性类：肼类	单独包装，要求避水、避光、避震、隔绝空气，同时储存温度在30℃以下
6	特殊酸类	氢氟酸、浓硫酸(≥70%)、浓硝酸(≥65%)、氯磺酸、甲烷磺酸	单独包装，要求物料包装存储时有隔离措施
7	特殊碱(土)金属单质类	锂、钠、钾、钙、镁、钡、锶、铷、铯、钫及其合金	单独包装，要求物料用煤油封，对于锂要求石蜡封
8	无可识别标签信息类	---	单独包装，物料保持在安全储存温度以下，避光、避震、避水、隔绝空气，同时物料包装存储时有隔离措施

### 化学废物储存和处理的推荐做法

- 在丢弃化学废物之前确保化学反应完成。这是因为不完全的反应可能会在废物容器内继续进行，从而导致容器内压力升高；
- 将所有化学废物存放在状况良好且与其内容物相容的耐用、防漏容器中。容器中出现鼓包、生锈、破裂和/或盖子不正确或缺失的化学废物必须转移到状况良好的适当容器中进行储存；
- 为实验室所有化学废物处理建立和实施标准操作规程(SOP)；
- 在将化学废物转移到容器中时在局部排风通风下工作；
- 在处理化学废物时使用适当的PPE，例如防化手套、面罩、眼罩、耐化学腐蚀的围裙和安全靴；
- 将受化学污染的固体废物和碎玻璃收集在塑料袋或塑料容器中；
- 按照GB 18597-2001《危险废物贮存污染控制标准》规定对所需处置的危险废物提供安全的包装材料和包装形式，并在包装容器、包装物上贴上相应标签、识别标志等内容(见图3.15)。不同危险废物种类与一般容器的化学相容性见表3.7。学校提供的包装容器

见表3.8，实验人员可至学校化学品仓库进行领取。标签至少应说明：

- 废物类型；
- 危险类别；
- 主要成分；
- 处置日期；
- 产生单位；
- 产生地点；
- 联系人和电话。

表3.7 不同危险废物种类与一般容器的化学相容性

危险废物种类	容器或内衬垫的材料							
	高密度聚乙烯	聚丙烯	聚氯乙烯	聚四氟乙烯	软碳钢	不锈钢		
						304	316	440
酸(非氧化)如硼酸、盐酸	R	R	A	R	N	*	*	*
酸(氧化)如硝酸	R	N	N	R	N	R	R	*
碱	R	R	A	R	N	R	*	R
铬或非铬氧化剂	R	A*	A*	R	N	A	A	*
废氰化物	R	R	R	A*-N	N	N	N	N
卤化或非卤化溶剂	*	N	N	*	A*	A	A	A
金属盐酸液	R	A*	A*	R	A*	A*	A*	A*
金属淤泥	R	R	R	R	R	*	R	*
混合有机化合物	R	N	N	A	R	R	R	R
油腻废物	R	N	N	R	A*	R	R	R
有机淤泥	R	N	N	R	R	*	R	*
废油漆(源于溶剂)	R	N	N	R	R	R	R	R
酚及其衍生物	R	A*	A*	R	N	A*	A*	A*
聚合前驱物及产生的废物	R	N	N	*	R	*	*	*
皮革废物(铬鞣溶剂)	R	R	R	R	N	*	R	*
废催化剂	R	*	*	A*	A*	A*	A*	A*

A: 可接受; N: 不建议使用; R: 建议使用。

\*: 因变异性质, 需参考化学品的安全资料。

表3.8 学校提供的废物包装容器

包装类别	外部尺寸(cm)	进料口(cm)	建议液位(容量)	建议用途及要求
25L 小口桶	30×26×40	φ4.5	30 cm (25 L)	常规废液（有机、无机、酸、碱）
纸箱	60×40×45	60×40	只能固废	干燥，轻质固废
塑料袋	-	-	只能固废	普通固废（抹布、手套、PPE 等）、包装高度不能超过1米

- 如果废物容器已部分装满，在倒入更多废物之前，应先进行风险评估并检查化学相容性。除非已知两种废物来源中的成分，否则切勿在同一容器中将一种废物与另一种废物混合。如有必要，在混合不同来源的废物之前，先进行实验室测试以确定每个来源的有害物质；

- 不要将废物容器装满至其边缘——装满容器最大容量的四分之三。这样，在每个废物容器的顶部留下了足够的空间，以适应温度变化、蒸发的增加和潜在的压力积聚；

- 储存前盖住所有废物容器。除将废物添加到容器或从容器中取出废物外，应保持所有废物容器关闭。

- 将化学废物存放在远离正常实验室操作的指定区域。切勿将废物容器放置在走廊或走廊等公共区域，或靠近洗手池和地板排水点；

- 理想情况下，将化学废物存放在专用的化学品储存柜中。不相容的废物应适当隔离，以防止意外混合，这会导致不良的化学反应。使用物理屏障（例如单独的橱柜隔间、不同的防漏架或二级容器）来分离不相容的废物。锁好储存柜以防止未经授权的访问；

- 如果废物存放在集中储藏室，房间应配备适当的通风、灭火设施或设备（例如自动喷水系统和灭火器）、应急设备（例如呼吸器和泄漏套件）以及围堰，以避免在发生泄漏时污染下水道。



图3.15 分类储存化学废物

### 3.5.3 废物处理

学校实验室与设备管理处负责组织开展全校实验室危险废物（除实验动物尸体外）的回收工作，并委托有资质的专业机构进行处置，以及负责收集废弃剧毒品交由公安部门统一收缴处理。

#### 处理化学废物的推荐做法

- 切勿将液体化学废物倒入下水道或将固体化学废物扔进垃圾桶，除非这些废物是无害的并且可以安全地作为普通垃圾处理；

- 除非实验室有特殊设施，否则不要在现场处理危险废物；
- 协助并确保专业机构正确处理和处置危险化学品废物；
- 根据GB 18597-2001《危险废物贮存污染控制标准》选择合适的容器；
- 将所有气瓶返还给气体供应商/分销商；
- 使用适当的机械起重或搬运设备来帮助搬运重物容器和气瓶；
- 在废物登记册中记录废物处置的详细信息（例如废物的描述、特征分析（如适用）、废物的体积或重量、处置日期和负责人员）。

注意切勿将化学废物（无论是固体还是液体形式）或任何被化学废物污染的材料放入用于一般废物的垃圾箱中，因为这可能导致不受控制的反应或伤害负责清理一般废物的清洁人员。

#### 更多信息

- GB 18597-2001 危险废物贮存污染控制标准
- GB/T 31190-2014 实验室废弃化学品收集技术规范
- HJ 2025-2012 危险废物收集 贮存 运输技术规范
- 上大内〔2016〕1号 上海大学实验室废物管理办法

## 第4章 化学品事故应急救援

涉及危险化学品的事故都有一个共同点——它们通常是不受控制的，涉及火灾、爆炸或危险化学品的释放。它们可能导致实验室内外大量人员死亡或受伤，或对设备、财产和环境造成广泛的破坏。为了尽量减少伤害和减轻损害，实验室应制定应急救援预案（ERP）。应急救援的基本原则是第一控制危险源；第二指导群众防护，组织群众撤离；第三抢救受害人员；第四排查现场灾患，消除危害后果。

### 4.1 应急救援预案

应急准备的第一步是提前做好准备。每位接触危险化学品的实验人员在开始工作前不仅必须了解预防措施，还必须接受应急程序培训。

在个人层面，每个实验人员需要熟悉的关键应急程序包括：

- 溢出控制程序；
- 身体去污程序；
- 急救措施；
- 灭火技术；
- 疏散计划。

每个实验室都应该建立ERP。ERP本质上是实验室危害管理风险控制措施的备份。ERP应根据与所用化学品相关的危害和实验室操作的性质来制定。

一个好的ERP至少应该明确以下几个方面：

- 内部应急救援人员的职责和责任，例如受过消防培训的人员、消防员、急救员；
- 实验室应急设备的位置、使用和维护，包括：
  - 溢出控制设备，例如溢出套件、吸收剂、地漏盖、PPE；
  - 急救设备，例如应急喷淋或洗眼设备、急救箱、担架；
  - 消防设备，例如消防水带卷盘、灭火器、喷水灭火系统；
- 实验人员疏散程序，包括详细信息，例如紧急出口的位置、启动疏散的警报系统以及在建筑物外的紧急集合点对所有人员进行统计的办法。疏散计划应详细说明在到达紧急出口时可能需要帮助的实验人员（例如残疾人员、孕妇）的立即疏散程序；
- 寻求外部帮助的程序，特别是寻求消防救援队、医院和警局等在灭火、急救、救援和泄漏清理方面提供帮助的程序；
- 对实验人员的ERP培训，应急演练有助于验证ERP的有效性，让实验人员熟悉应急程序，并加强随时准备的必要性（如图4.1所示）。



图4.1 化学品泄漏应急演练

在许多实验室事故案例中，在紧急情况的前几秒钟采取适当的行动可以防止相对较小的事故升级为严重的事故。因此，每个实验人员都应该接受足够的基本应急程序培训，以便在发生化学事故时迅速做出反应。

与预防措施一样，适当的应急救援的关键在于对所用化学品的充分了解和快速获取相关安全信息。首先可以查找有关急救措施、消防技术和泄漏控制程序的具体信息的地方是化学品的SDS。在紧急情况下，化学品容器上的标签也可以提供有价值的信息。

为了便于快速通知外部援助，在实验室出口附近应张贴包括安全责任人、实验室涉及危险类别、防护措施和应急联系电话的实验室安全信息牌。

制定ERP时，可咨询相关专家或向化学事故应急咨询机构咨询（如国家化学事故应急咨询专线0532-83889092）。

#### 更多信息

- AQ/T 3052-2015 危险化学品事故应急救援指挥导则
- 上大内〔2015〕199号 上海大学实验室化学事故应急处置预案

### 4.2 紧急疏散

当发现突发性化学事故时，现场人员必须根据实验室制定的ERP采取积极而有效的抑制措施，尽量减少事故的蔓延。而现场人员没能力应付时，应该迅速离开事故现场，疏散实验室人员，并在到达安全区域后立即联系内部应急救援团队和/或消防救援队处理。注意，报警时应讲清发生事故的单位、地址、事故引发物质、事故简要情况、人员伤亡情况等，并尽可能安排人员在主要路口迎接救援人员。

### 实验室疏散通用指南

- 如果发生化学品泄漏、火灾或爆炸，可能需要疏散实验室；
- 注意实验室的标记出口和建筑物疏散路线；
- 疏散警报通常是响亮的连续警报器或喇叭；
- 激活楼宇警报系统，并前往最近的紧急呼叫点并按下紧急警报按钮（必要时打破保护膜）；
- 快速走到最近的出口并引导其他人也这样做；
- 离开后，前往指定的紧急集合点或距离受影响建筑物至少50 m的空旷区域；
- 在紧急情况解除并且建筑物可以重新进入之前，不要返回建筑物。

## 4.3 化学品泄露控制

对于危险化学品的意外溢出或泄漏，需要建立应急程序（ERP），以便及时纠正释放源，并控制和适当净化污染区域。

在制定ERP时，应考虑所有可能的泄漏场景以及可能造成紧急情况或使紧急情况复杂化的泄漏程度：

- 哪些化学品可能会溢出？这些化学品是否有毒、易燃、腐蚀性或高反应性？它们彼此相容吗？
- 泄漏的严重程度如何？实验室中储存的材料是否比需要的多？
- 潜在的泄漏地点在哪里？这些位置可以合并或移动到实验室的一个更安全的区域吗？
- 溢出物清理需要哪些PPE？PPE容易获得吗？实验室人员是否接受过正确使用PPE的培训？

### 溢出控制设备

用于处理化学品泄漏的设备和用品（见图4.2）包括：

- 酸碱泄漏中和剂；
- 通用惰性吸收剂（例如吸附棉片、垫子、枕头）；
- 溶剂和碳氢化合物泄漏的吸附剂；
- 排水盖和警示胶带；
- PPE（例如化学防护服、耐化学腐蚀手套、护目镜、呼吸器、安全靴）；
- 扫帚或手持刷子、塑料/金属勺和簸箕；
- 防漏处理袋，用于盛放溢出的材料和受污染的吸收剂；
- 可密封的不透水处理容器；
- 汞泄漏套件（用于使用汞的实验室）。



图4.2 化学品泄漏控制用品

### 应对轻微的化学品泄漏

在清理化学品泄漏之前，应该了解与泄漏物质相关的危害。必要时查阅化学品的SDS。轻微泄漏是实验人员能够在没有应急人员协助的情况下能够安全处理的泄漏。轻微（或简单）泄漏是针对低毒性化学品，同时火灾或不相容反应的风险很小。

#### 应对轻微泄漏的步骤包括：

- 在安全的情况下，将容器（发生泄漏的容器）直立；
- 通知附近的所有人员并酌情疏散他们；
- 通过打开门窗，并打开通风系统（例如打开风扇和局部排风通风设备），使该区域通风；
- 覆盖附近的所有排水点；
- 用警戒胶带封锁污染区域；
- 穿上合适的PPE。低毒性化学品的少量泄漏通常不需要呼吸器；
- 对于液体溢出，首先将溢出物围住，然后用相容的吸收剂/吸附剂材料将其完全覆盖；
- 对于粉末溢出，用湿纸巾（如果相容）盖住以避免分散；
- 用塑料勺将残留的化学品和受污染的清洁材料收集到处置袋/处置容器中，并作为危险废物处置；
- 用肥皂和水清洗受影响的区域并用拖把擦干。

### 应对重大实验室泄漏

所有不属于轻微化学品泄漏的泄漏均应视为重大泄漏。重大泄漏需要立即撤离实验室，并且只能由经过专门培训和配备的应急救援小组控制和清理。此外，应立即通知实验室安全责任人。

在以下情况下，泄漏被认为是重大的（或复杂的）：

- 有人受伤；
- 泄漏化学品的身份不明；
- 涉及多种化学品；
- 该化学品具有剧毒、高度易燃或高度反应性；
- 泄漏涉及大量化学品；
- 泄漏发生在公共空间，例如走廊；
- 泄漏物有可能通过通风系统、地板排水点或其他方式扩散到建筑物的其他部分；
- 不知道合适的清理程序或没有合适的清理材料；
- 清理工作需要佩戴呼吸器，并且没有人员接受过使用呼吸器的正规培训；
- 溢出物可能会危害环境，因为它可能会污染邻近的水道或外面的地面。

应对重大泄漏所涉及的步骤包括：

- 从实验室撤离所有人员并在必要时启动火警；
- 如果溢出的化学品是易燃的，在安全的情况下关闭所有火源；
- 在安全的情况下照顾受伤或被污染的同事。必要时使用紧急淋浴或洗眼器。尽快

将他们移出实验室；

- 最后一个疏散的人在离开时应关闭所有出口门窗（以减缓气味的传播），但不将门上锁；
- 用警告标志和警告胶带隔离该区域，以免任何人重新进入实验室；
- 联系应急救援小组，并留在实验室附近（但保持安全距离），以便在救援人员到达后向他们提供信息。

## 4.4 身体去污

如果身体直接接触了危险化学品（例如化学品溅到皮肤或眼睛中），作为医疗前急救的重要部分，立即使用应急喷淋和洗眼设备去污至关重要（见图4.3）。可以通过稀释（即将皮肤上或眼睛中的化学物质稀释到无害水平）和/或用干净的水冲洗（即将化学物质从眼睛或皮肤上冲洗掉）来实现去污。

根据经验，应急喷淋和洗眼设备应位于靠近潜在危险地点的位置，并位于允许受伤人员在步行10s内沿着畅通无阻的路径进入的地方。这样伤者可以在化学污染影响开始之前在最短的时间内到达去污点。畅通无阻的路径至关重要，这样可以保证在紧急情况下，人员可以及时去应急喷淋和洗眼设备处进行清洗。



图4.3 位于洗手盆旁边的应急洗眼设备

一个好的做法是用适当的标志标记所有应急喷淋和洗眼设备的位置，以便实验人员能够快速识别他们的位置。

应急喷淋和洗眼设备需要确保排放的水是干净的（尤其是没有任何可能积聚在水管中的杂质）。建议至少每月一次对应急喷淋和洗眼设备进行操作检查与维护并记录，清洗、去除冲洗液中的沉淀物，以及减少设备因长时间存水所产生的细菌污染。

保持应急喷淋和洗眼设备周围的区域没有带电的电气设备和电源插座，因为它们存在触电危险。此外，切勿系紧或固定应急喷淋的拉杆（或手柄），因为这会干扰淋浴器操作。

在伤员被清洗后，建议急救人员：

1. 快速识别所涉及的化学品；
2. 获取化学品的SDS；
3. 针对接触的化学品进行急救；
4. 将SDS交给医生或急救人员进行具体的后续治疗。

### 使用应急喷淋的一般指南

- 在淋浴下脱掉所有衣服、首饰和鞋子——如果不脱掉，这些物品可能会使化学物质粘在皮肤上并增加损害；
- 在淋浴下保持至少15 min，然后立即就医；
- 使用淋浴时，应小心地面湿滑。

有关应急喷淋和洗眼器安装的示例见图4.4。



图4.4 集成的应急喷淋和洗眼器

### 使用洗眼器的一般指南

- 如果化学品溅到眼睛上，应立即冲洗眼睛，因为延迟几秒钟可能会导致严重的眼睛损伤或失明；
  - 上下左右移动眼睛，彻底清洗眼球后面可能存在化学品的地方。受伤的实验人员不应揉眼睛；
  - 如果化学品溅入眼睛，应撑开眼睑并连续用水冲洗至少15 min，然后立即就医。
- 连续水流洗眼器比便携式洗眼器更好，因为它们可以随时获得大量的清洁水。便携式洗眼器的优势在于它们紧凑且易于部署在没有饮用水源或没有管道功能的实验场所。然而，这些便携式洗眼器的水供应有限，如果保存在不利条件下，水可能会被微生物污染。此外，便携式装置通常带有必须握住才能操作的挤压瓶，这意味着人员在清洗眼睑时将无法手动保持眼睑张开。在实验室中，便携式洗眼器可用于提供初始冲洗，直到受伤的实验人员到达带管道的洗眼器。

## 4.5 消防

实验室中使用的一些化学品可能是易燃的，始终存在着火（或闪火）的可能性。因此，为这些实验室配备必要的消防设施和设备以应对（小型）火灾是非常重要的。

在实验室中常见燃料、氧气源和点火源如表4.1。

表4.1 火三角各组成部分的常见来源

火三角的组成部分	常见的来源
燃料	<b>固体</b> 木材、纸张、塑料、聚合物粉尘、金属颗粒 <b>液体</b> 醇、醚、酯、酮、溶剂、石油液体 <b>气体</b> 乙炔、氢气、甲烷、丙烷、丁烷
氧气源	空气、氧气、过氧化氢、金属过氧化物、有机过氧化物、氯酸钠、硝酸铵
点火源	明火，热表面，摩擦火花，静电

一旦开始，火如果要继续存在和蔓延，所有三个组成部分都必须保持存在：

- 可燃物；
- 氧化剂；
- 使火继续燃烧的热量。

灭火就是想办法去除火三角的一个或多个组成部分。

表4.2 灭火方法及其对火灾的影响

灭火方法	目标火三角组件
冷却	去除“热量”，例如通过使用水。
窒息	去除“氧化剂”，例如使用灭火毯、泡沫或惰性气体灭火器
去除	去除“可燃物”，例如通过物理方式去除可燃物

许多实验室的消防设施和设备包括自动喷水灭火系统、特殊危险非水灭火系统、火灾自动报警系统、消火栓系统、灭火毯和便携式灭火器。

### 火灾分类和灭火器

GB/T 4968-2008《火灾分类》按可燃物的类型和燃烧特性将火灾分为6类。

#### A类

A类火灾指固体物质火灾。这种物质通常具有有机物性质，一般在燃烧时能产生灼热的余烬，如木材、纸张、布料、家具、塑料、橡胶等。他们最有效的灭火剂是水（无论是喷雾或喷射），水的作用是冷却燃烧的余烬。

#### B类

B类火灾指液体或可熔化的固体物质火灾，如汽油、没有、柴油、原油、甲醇、乙醇等。灭火剂需要具有氧气排除或中断火焰特性。

#### C类

C类火灾指气体火灾，如甲烷、乙烷、丙烷、氢气、煤气等。

#### D类

D类火灾指金属火灾，如钾、镁、钛、钠、锂和锆，需要使用特定材料灭火剂。可使用石墨、滑石粉、纯碱、石灰石、干砂等特殊干粉灭火。D类火灾不应使用普通灭火剂（例如水）。

#### E类

E类火灾指带电火灾，是物体带电燃烧的火灾，如发电机、电缆和电器等。

#### F类

涉及烹饪器具中的烹饪物（植物、动物油和脂肪）的火灾。

便携式灭火器对于控制小型实验室火灾非常有效。实验室常用灭火器包括干粉灭火器（最常见）、二氧化碳灭火器和泡沫灭火器，常见灭火器的作用如表4.3所示。

表4.3 常见灭火器类型及其在火灾中的作用

灭火器类型	目标火三角组件
干粉	窒息和干扰燃烧过程。
二氧化碳 (CO <sub>2</sub> )	主要是窒息和一些冷却。
泡沫	主要是窒息和一些冷却。

表4.4 常用灭火器类型列表及其适用于火灾等级

灭火器类型	适用于	注意事项
干粉(多功能)	A、B、C类及电气火灾	用途最广，适用性广。但是，残留物具有腐蚀性和粘性，可能会损坏精密的电气设备。
二氧化碳(CO <sub>2</sub> )	B、C类及电气火灾	非常干净不留任何残留物。适用于电气设备。由于喷涂距离很短，因此必须非常靠近火源。
泡沫	A、B类火灾	不能用于电气设备，因为泡沫含有水。适用于石油火灾。

大多数实验室主要配备ABC干粉灭火器，战略性地放置在场地周围，CO<sub>2</sub>灭火器放置在电气设备附近。

一般来说，干粉灭火器可用于化学、纸张或电气火灾。CO<sub>2</sub>灭火器可用于化学、易燃液体/气体或电气火灾，因为它是电气设备火灾的首选灭火器。

水作为灭火剂只能用于扑灭涉及可燃材料（如木材、纸张、布料和塑料）的火灾。如果有人着火，立即将其送往最近的应急喷淋或将他/她紧紧包裹在灭火毯中，然后就地反复打滚直至火焰熄灭。周围实验人员可帮助着火人员躺在地上，使用打湿的实验服或者灭火毯包裹着火部位，但应防止火焰蹿到颈部和头部。由于可能出现并发症，不建议对人使用干粉或CO<sub>2</sub>灭火。

灭火毯（图4.5）是由玻璃纤维等材料经过特殊处理编织而成的织物，能起到隔离热源及火焰的作用，可用于扑灭初起火或者披覆在身上逃生。发生火灾时，双手握住两根黑色拉带快速取出灭火毯；将灭火毯轻轻抖开，作为盾牌拿在手中；将灭火毯轻轻覆盖在火焰上，同时切断电源或气源；灭火毯持续覆盖在着火物体上，并采取积极灭火措施，直至着火物体火情完全熄灭。



图4.5 实验室内的灭火毯

一旦发现任何灭火器被使用、损坏、破坏或其压力表上的指示器处于红色区域，立即联系保卫处要求更换。



图4.6 实验室门口消防设施

#### 灭火器使用一般指南

仅尝试使用便携式灭火器（参见图4.7）扑灭小火，并始终从允许逃生的位置灭火。

使用灭火器：

- 拔出安全销；
- 将灭火器喷嘴对准火源；
- 挤压灭火器手柄，释放灭火剂；
- 将喷嘴从一侧扫到另一侧，从前方开始向后方喷射，直到火熄灭，将排放物对准火的底部。

如果火势无法扑灭，应迅速撤离实验室并在离开时关上门（以限制火势蔓延）。应启动建筑物内的火灾警报系统并尽快通知消防救援队（拨打119）。



图4.7 手提式ABC干粉灭火器

#### 更多信息

- 上大内〔2021〕66号 上海大学消防安全管理办法
- GB 55036-2023 消防设施通用规范
- GB 50016—2014 建筑设计防火规范

## 4.6 化学品暴露的急救

职业急救是指在紧急情况下，在获得专业医疗帮助之前，向受伤人员提供的即时援助和初步护理。急救是应急救援的一个关键方面，因为正确的立即行动可以最大限度地减少人身伤害和/或帮助受伤的人员维持生命。实验室应配备急救箱，内容齐全、妥善维护并易于使用。急救箱中常见的物品包括膏药、敷料、绷带、纱布、手术胶带、剪刀、安全别针、一次性乳胶手套、眼罩、眼垫、碳酸氢钠溶液、硼酸溶液、手电筒等（见图4.8）。实验人员可以寻求学校医院（宝山校区拨打66133015）帮助，还可以拨打400-6267-9111化学事故应急救援咨询电话或联系上海市化工职业病防治院咨询现场处置、医疗急救等问题。



图4.8 实验室内急救箱

使用化学品的实验室应制定急救计划，以便采取措施对化学中毒或过度接触有毒化学品的受害者进行紧急治疗。一般来说，该计划应包括：

- 急救设施和设备（例如应急喷淋和洗眼设备）；
- 急救人员；
- 针对每个实验室所使用的化学品，制定相应的急救程序。

有关特定化学物质的相关急救的具体指导，应在提供帮助之前查阅化学品的SDS（急救措施部分）。如果需要在医院进一步就医，应致电医院（拨打110）或上海市化工职业病防治院（拨打021-52538403）。

在提供急救的过程中，急救人员和受伤人员都不应该面临更大的风险。特别是，如果受伤的人员受到严重污染，急救人员需要采取预防措施，以免急救人员也成为受害者。例如可以通过在提供援助之前让急救人员穿戴适当的PPE（例如护目镜、手套、防渗围裙）来实现。

#### 化学品暴露的急救程序一般指南

##### 皮肤上的化学飞溅

- 对于覆盖身体大面积的重大飞溅，将受伤的人员送往最近的应急喷淋设备。对于轻微的飞溅，例如只涉及下臂，最近的带有饮用水的水龙头就可以了。为了尽量减少伤害，在皮肤接触化学品后立即开始用水冲洗是至关重要的；
- 用流水冲洗时，脱掉任何被化学品污染的首饰、衣服和鞋类。帮助受伤人员的其他人员在提供帮助之前应穿戴适当的PPE（例如安全护目镜和手套）；
- 持续用水冲洗受污染的皮肤表面至少15 min；
- 不要在患处涂抹烧伤药膏或喷洒任何东西；
- 立即就医。

##### 化学品溅入眼睛

- 将受伤的人员送往最近的应急洗眼设备。如果没有固定的洗眼站，可使用便携式洗眼器，或者将他带到最近的水龙头；
- 撑开眼睑，用流水冲洗眼睛至少15 min。尽可能向外（朝向耳朵）冲洗眼睛，以避免将物质冲入另一只眼睛。实验人员应上下左右移动眼睛，彻底清洗眼睑后面和眼球两侧。为了尽量减少伤害，在眼睛接触到化学品后立即开始用水冲洗是至关重要的；
- 用消毒纱布盖住受害者的眼睛并立即就医。

##### 吸入化学气体或蒸气

- 迅速将受伤人员转移到空气新鲜的安全地点；
- 如果人员已经停止呼吸，则进行心肺复苏术（CPR），使用自动体外除颤器（AED）（参见图4.9），可联系校医院；
- 立即就医。



图4.9 AED站

### 摄入有毒化学品

- 立即将实验人员送到最近的水龙头处，或者给实验人员饮用大量水；
- 让实验人员吐出所有东西并迅速用大量水冲洗人员的嘴。重复冲洗过程，直到口腔中没有化学物质；
- 不要在摄入化学品后催吐，因为化学品在排出时有二次严重灼伤喉咙的风险；
- 尽快将受伤人员送往医院进行胃部清洗和医疗护理。

### 接触氢氟酸 (HF) 的急救

液态氢氟酸是一种具有高度腐蚀性和毒性的酸，可以穿透皮肤并导致严重的化学灼伤。在某些情况下，接触会导致低钙血症。急救处理需要用大量水冲洗暴露的皮肤，然后涂抹2.5%葡萄糖酸钙凝胶（见图4.10）。

如果涉及眼睛，掀开眼睑并用大量水冲洗至少15 min，尤其是眼睑下方的区域。不要使用任何眼药水、软膏或葡萄糖酸钙凝胶。

如果摄入了HF，可给受伤的人员喝水、牛奶、蛋清或任何含钙化合物（如碳酸钙咀嚼片）。不要催吐或使用活性炭。

如果吸入HF，监测呼吸困难并进行CPR和/或在呼吸停止时使用AED。

对于严重的HF烧伤，立即联系上海市化工职业病防治院（拨打021-52538403）咨询是否在接诊范围内或者联系国家化学品事故应急咨询电话寻求帮助（拨打0532-83889090）。



图4.10 用于暴露于氢氟酸的六氟灵套件

## 4.7 事件报告

实验室发生任何事件和伤害时，实验人员都应立即报告给实验室安全责任人，实验室安全责任人信息可从实验室门口安全信息牌获取（见图4.11），他们将确定是否向学院（部门）责任人上报。

事件报告将有助于识别实验室危害和需要解决的实验室管理的问题。一旦确定了危害和问题，实验室安全责任人应采取纠正措施以防止再次发生。如果及时实施风险控制措施和/或对实验室管理体系进行必要改进，从实验室的小事故中吸取的教训将有助于防止重大事故的发生。

实验室安全信息牌 LABORATORY SAFETY INFORMATION CARD			
单位 College	理学院	安全负责人 Person in Charge	曹立波
系所/团队 Department/Team	化学系	应急联系电话 Contact Number	15021288767
地址 Location	HA楼, 100000	校园报警电话 Campus S.O.S	66134278
紧急电话 Emergency Number	火警119, 急救120	校医院急诊 Campus Hospital	66133015
涉及危险类别 Risk Categories	防护措施 Protective Measures	消防要点 Points For Fighting Fire	安全设施 Safety Facilities
① 仪器仪表类设备 ① 一般危化品 ① 一般实验气体 ① 高温设备 ① 微波设备 ① 第二、三类易制毒品	♥ 穿实验服 ♥ 戴防护手套 ♥ 戴防护眼镜	✓ 禁止用水灭火 ✓ 二氧化碳灭火 ✓ 沙土灭火 ✓ 用灭火毯	★ 气体报警器 ★ 监控设备 ★ 烟雾报警器 ★ 洗眼器 ★ 急救药箱
所在校区: 宝山校区		上海大学实验室与设备管理处	

图4.11 实验室门口安全信息牌

## 第5章 参考资料

- [1]冯建跃. 高校实验室安全工作参考手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2020.
- [2]冯建跃. 高校实验室化学安全与防护[M]. 杭州: 杭州大学出版社, 2013.
- [3]孙道兴. 危险化学品安全技术与管理[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2011.
- [4]孙维生. 化学事故应急救援[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [5]李婷婷, 武子敬. 实验室化学安全基础[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2016.
- [6]朱莉娜, 孙晓志, 弓保津等. 高校实验室安全基础[M]. 天津: 天津大学出版社, 2019.
- [7]孙尔康, 张剑荣, 黄志斌等. 高等学校化学化工实验室安全教程[M]. 南京: 南京大学出版社, 2015.
- [8]蔡乐. 高等学校化学实验室安全基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018.
- [9]姜文凤, 刘志广. 化学实验室安全基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [10]赵华绒, 方文军, 王国平. 化学实验室安全与环保手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [11]陈卫华. 实验室安全风险控制与管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.
- [12]李婷婷, 武子敬. 实验室化学安全基础[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2016.
- [13]黄家声. 实验室设计与建设指南[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
- [14]Prudent Practices in the Laboratory—Handling and Management of Chemical Hazards (National Academy of Sciences)
- [15]Workplace Safety and Health Guidelines—Laboratories Handling Chemicals (WSH Council)
- [16]Identifying and Evaluating Hazards in Research Laboratories (American Chemical Society)

## 第6章 附录

### 附录A : 实验室安全相关法律、行政法规、部门规章和国家强制性标准

序号	法律、行政法规、部门规章和国家强制性标准	类别
1	中华人民共和国民法典(2021年实施)	法律
2	中华人民共和国刑法修正案(2021年实施)	法律
3	中华人民共和国安全生产法(2021年修正)	法律
4	中华人民共和国消防法(2021年修正)	法律
5	中华人民共和国道路交通安全法(2021年修正)	法律
6	中华人民共和国生物安全法(2020年)	法律
7	中华人民共和国固体废物污染环境防治法(2020年修正)	法律
8	中华人民共和国大气污染防治法(2018年修正)	法律
9	中华人民共和国职业病防治法(2018年)	法律
10	中华人民共和国劳动法(2018年)	法律
11	中华人民共和国水污染防治法(2017年修正)	法律
12	中华人民共和国核安全法(2017年)	法律
13	中华人民共和国环境保护法(2014年修正)	法律
14	中华人民共和国特种设备安全法(2013年)	法律
15	中华人民共和国劳动合同法(2012年)	法律
16	中华人民共和国突发事件应对法(2007年)	法律
17	中华人民共和国放射性污染防治法(2003年)	法律
18	中华人民共和国传染病防治法(2013年)	法律
19	中华人民共和国道路运输条例(2019年)	行政法规
20	易制毒化学品管理条例(2018年)	行政法规
21	病原微生物实验室生物安全管理条例(2018年)	行政法规
22	实验动物管理条例(2017年)	行政法规
23	安全生产许可证条例(2014年)	行政法规
24	危险化学品安全管理条例(2013年)	行政法规
25	中华人民共和国监控化学品管理条例(2011年)	行政法规
26	放射性废物安全管理条例(2011年)	行政法规
27	放射性物品运输安全管理条例(2009年)	行政法规
28	特种设备安全监察条例(2009年)	行政法规
29	生产安全事故报告和调查处理条例(2007年)	行政法规
30	放射性同位素与射线装置安全和防护条例(2019年修正)	行政法规
31	劳动保障监察条例(2004年)	行政法规
32	建设工程安全生产管理条例(2003年)	行政法规
33	医疗废物管理条例(2010年修正)	行政法规
34	生产安全事故应急条例(2019年)	行政法规
35	麻醉药品和精神药品管理条例(2016年)	行政法规

序号	法律、行政法规、部门规章和国家强制性标准	类别
36	民用爆炸物品安全管理条例（2014年）	行政法规
37	电磁辐射环境保护管理办法（1997年）	部门规章
38	放射事故管理规定（2001年）	部门规章
39	实验动物许可证管理办法（2002年）	部门规章
40	国家职业卫生标准管理办法（2002年）	部门规章
41	机关、团体、企业、事业单位消防安全管理规定（2002年）	部门规章
42	放射工作人员职业健康管理办法（2007年）	部门规章
43	安全生产行政复议暂行办法（2003年）	部门规章
44	放射源编码规则（2004年）	部门规章
45	动物病原微生物分类名录（2005年）	部门规章
46	剧毒化学品购买和公路运输（2005年）	部门规章
47	废弃危险化学品污染环境防治办法（2005年）	部门规章
48	放射源分类办法（2005年）	部门规章
49	生产经营单位安全培训规定（2015年修正）	部门规章
50	射线装置分类办法（2017年）	部门规章
51	危险化学品建设项目安全许可实施办法（2006年）	部门规章
52	危险化学品建设项目安全设施目录（试行）（2007年）	部门规章
53	安全生产违法行为行政处罚办法（2015年修正）	部门规章
54	安全生产事故隐患排查治理暂行规定（2008年）	部门规章
55	放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2006年）	部门规章
56	动物病原微生物（毒）种保藏管理办法（2016年修正）	部门规章
57	高等学校消防安全管理规定（2010年）	部门规章
58	环境行政处罚办法（2010年）	部门规章
59	药品类易制毒化学品管理办法（2010年）	部门规章
60	特种作业人员安全技术培训考核管理规定（2010年）	部门规章
61	农业部重点实验室管理办法（2017年）	部门规章
62	工伤认定办法（2010修正）	部门规章
63	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法（2011年）	部门规章
64	首批重点监管的危险化学品安全措施和事故应急处置原则（2011年）	部门规章
65	特种设备作业人员监督管理办法（2011修正）	部门规章
66	易制爆危险化学品名录（2021年）	部门规章
67	危险化学品重大危险源监督管理暂行规定（2015年修正）	部门规章
68	危险化学品生产企业安全生产许可证实施办法（2011年）	部门规章
69	安全生产培训管理办法（2015年修正）	部门规章
70	危险化学品建设项目安全监督管理办法（2015年修正）	部门规章
71	工作场所职业卫生监督管理规定（2012年）	部门规章
72	职业病危害项目申报办法（2012年）	部门规章
73	用人单位职业健康监护监督管理办法（2012年）	部门规章
74	建设项目职业卫生“三同时”监督管理暂行办法（2012年）	部门规章
75	危险化学品登记管理办法（2012年）	部门规章

序号	法律、行政法规、部门规章和国家强制性标准	类别
76	危险化学品安全使用许可实施办法（2017年修正）	部门规章
77	职业病诊断与鉴定管理办法（2013年）	部门规章
78	化学品物理危险性鉴定与分类管理办法（2013年）	部门规章
79	工伤职工劳动能力鉴定管理办法（2018年修正）	部门规章
80	用人单位职业病危害告知与警示标识管理规范（2014年）	部门规章
81	危险化学品目录（2018年）	部门规章
82	国家危险废物名录（2021年）	部门规章
83	职业健康检查管理办法（2015年）	部门规章
84	安全生产检测检验机构管理规定（2015年修正）	部门规章
85	建设项目环境影响评价分类管理名录（2017年）	部门规章
86	城市放射性废物管理办法（1987年）	部门规章
87	放射环境管理办法（1990年）	部门规章
88	高等学校实验室工作规程（1992年）	部门规章
89	GB5172-1985 粒子加速器辐射防护规定	国家强制标准
90	GB15603-1995 常用化学危险品贮存通则	国家强制标准
91	GB9133-1995 放射性废物分类标准	国家强制标准
92	GB16351-1996 医用 $\gamma$ 射线远距离治疗设备放射卫生防护标准	国家强制标准
93	GB16352-1996 一次性医疗用品 $\gamma$ 射线辐射灭菌标准	国家强制标准
94	GB16354-1996 使用密封放射源的放射卫生防护要求	国家强制标准
95	GB16368-1996 含密封源仪表的放射卫生防护标准	国家强制标准
96	GB12265.3-1997 机械安全避免人体各部位挤压的最小间距	国家强制标准
97	GB50084-2001 自动喷水灭火系统设计规范	国家强制标准
98	GB18597-2001 危险废物贮存污染控制标准	国家强制标准
99	GB14500-2002 放射性废物管理规定	国家强制标准
100	GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准	国家强制标准
101	GB50261-2005 自动喷水灭火系统施工及验收规范	国家强制标准
102	GB11806-2004 放射性物质安全运输规程	国家强制标准
103	GB50140-2005 建筑灭火器配置设计规范	国家强制标准
104	GB4717-2005 火灾报警控制器	国家强制标准
105	GB12158-2006 防止静电事故通用导则	国家强制标准
106	GB14194-2006 永久气体气瓶充装规定	国家强制标准
107	GB50311-2007 综合布线系统工程设计规范	国家强制标准
108	GB5085-2007 危险废物鉴别标准	国家强制标准
109	GB50166-2007 火灾自动报警系统施工及验收规范	国家强制标准
110	GB12348-2008 工业企业厂界环境噪声排放标准	国家强制标准
111	GB50444-2008 建筑灭火器配置验收及检查规范	国家强制标准
112	GB15631-2008 特种火灾探测器	国家强制标准
113	GB19489-2008 实验室生物安全通用要求	国家强制标准
114	GB17568-2008 $\gamma$ 辐照装置设计建造和使用规范	国家强制标准
115	GB4053-2009 固定式钢梯及平台安全要求	国家强制标准
116	GB18218-2009 危险化学品重大危险源辨识	国家强制标准

序号	法律、行政法规、部门规章和国家强制性标准	类别
117	GB4075-2009 密封放射源一般要求和分级	国家强制标准
118	GB13076-2009 溶解乙炔气瓶定期检验与评定	国家强制标准
119	GB14193-2009 液化气体气瓶充装规定	国家强制标准
120	GB13690-2009 化学品分类和危险性公示通则	国家强制标准
121	GB15258-2009 化学品安全标签编写规范	国家强制标准
122	GB10252-2009 $\gamma$ 辐照装置的辐射防护与安全规范	国家强制标准
123	GB16362-2010 远距治疗患者放射防护与质量保证要求	国家强制标准
124	GB17945-2010 消防应急照明和疏散指示系统	国家强制标准
125	GB16348-2010 医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准	国家强制标准
126	GB6566-2010 建筑材料放射性核素限量	国家强制标准
127	GB11930-2010 操作非密封源的辐射防护规定	国家强制标准
128	GB14925-2010 实验动物环境及设施	国家强制标准
129	GB26851-2011 火灾声和/或光警报器标准	国家强制标准
130	GB17589-2011 X 射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范	国家强制标准
131	GB50346-2011 生物安全实验室建筑技术规范	国家强制标准
132	GB16163-2012 瓶装气体分类	国家强制标准
133	GB16361-2012 临床核医学的患者防护与质量控制规范	国家强制标准
134	GB12268-2012 危险货物物品名表	国家强制标准
135	GB15383-2011 气瓶阀出气口连接型式和尺寸	国家强制标准
136	GB16804-2011 气瓶警示标签	国家强制标准
137	GB6944-2012 危险货物分类和品名编号	国家强制标准
138	GB50034-2013 建筑照明设计标准	国家强制标准
139	GB17914-2013 易燃易爆性商品储藏养护技术条件	国家强制标准
140	GB17915-2013 腐蚀性商品储藏养护技术条件	国家强制标准
141	GB17916-2013 毒害性商品储藏养护技术条件	国家强制标准
142	GB50016-2014 建筑设计防火规范	国家强制标准
143	GB3095-2012 环境空气质量标准	国家强制标准
144	GB18597-2001 危险废物贮存污染控制标准	国家强制标准

## 附录B：化学实验室安全检查表

序号	检查项目	检查要点
<b>1</b>	<b>实验场所</b>	
1.1	实验场所应张贴安全信息牌	每个房间门口挂有安全信息牌，信息包括：安全风险点的警示标识、安全责任人、涉及危险类别、防护措施和有效的应急联系电话等，并及时更新；
1.2	实验场所应具备合理的安全空间布局	75平方米以上实验室要有两个出入口； 实验室操作区层高不低于2米； 实验室内多人同时进行实验时，人均操作面积不小于2.5平方米；
1.3	实验室消防通道通畅，公共场所不堆放仪器和物品	保持消防通道通畅；
1.4	实验室建设和装修应符合消防安全要求	实验操作台应选用合格的防火、耐腐蚀材料； 仪器设备安装符合建筑物承重载荷； 有可燃气体的实验室不设吊顶； 不用的配电箱、插座、水管水龙头、网线、气体管路等，应及时拆除或封闭； 实验室门上有观察窗，外开门不阻挡逃生路径；
1.5	实验室水、电、气管线布局合理，安装施工规范	采用管道供气的实验室，输气管道及阀门无漏气现象，并有明确标识。供气管道有名称和气体流向标识，无破损； 高温、明火设备放置位置与气体管道有安全间隔距离；
1.6	实验室分区应相对独立，布局合理	有毒有害实验区与学习区明确分开，合理布局，重点关注化学、生物、辐射、激光等类别实验室。如部分区域分区不明显，现场查看有毒有害物质的管理须对工作环境无健康危害；
1.7	实验室环境应整洁卫生有序	实验室物品摆放有序，卫生状况良好，实验完毕物品归位，无废弃物、不放无关物品； 不在实验室睡觉过夜，不存放和烧煮食物、饮食，禁止吸烟、不使用可燃性蚊香；
1.8	实验室有卫生安全制度	实验期间有记录；
1.9	危险性实验室应配备急救物品	配备的药箱不得上锁，并定期检查药品是否在保质期内；
<b>2</b>	<b>安全设施</b>	
2.1	实验室应配备合适的灭火设备，并定期开展使用训练	烟感报警器、灭火器、灭火毯、消防砂、消防喷淋等，应正常有效、方便取用； 灭火器种类配置正确，且在有效期内（压力指针位置正常等），安全销（拉针）正常，瓶身无破损、腐蚀；
2.2	紧急逃生疏散路线通畅	在显著位置张贴有紧急逃生疏散路线图，疏散路线图的逃生路线应有二条（含）以上，路线与现场情况符合； 主要逃生路径（室内、楼梯、通道和出口处）有足够的

序号	检查项目	检查要点
		紧急照明灯，功能正常，并设置有效标识指示逃生方向； 人员应熟悉紧急疏散路线及火场逃生注意事项（现场调查人员熟悉程度）；
2.3	存在燃烧和腐蚀风险的实验区域，需配置应急喷淋和洗眼装置	应急喷淋和洗眼装置的区域有显著标识；
2.4	应急喷淋与洗眼装置安装合理，并能正常使用	应急喷淋安装地点与工作区域之间畅通，距离不超过30米。应急喷淋安装位置合适，拉杆位置合适、方向正确。应急喷淋装置水管总阀为常开状，喷淋头下方无障碍物； 不能以普通淋浴装置代替应急喷淋装置； 洗眼装置接入生活用水管道，水量水压适中（喷出高度8~10厘米），水流畅通平稳；
2.5	定期对应急喷淋与洗眼装置进行维护	经常擦拭洗眼喷头，无锈水脏水，有检查记录（每月启动一次阀门，时刻保证管内流水畅通）；
2.6	有需要的实验场所配备符合设计规范的通风系统	管道风机需防腐，使用可燃气体场所宜采用防爆风机； 实验室通风系统运行正常，柜口面风速0.35~0.75米/秒，定期进行维护、检修； 屋顶风机固定无松动、无异常噪声；
2.7	通风柜配置合理、使用正常、操作合规	实验室排出的有害物质浓度超过国家现行标准规定的允许排放标准时，应采取净化措施，做到达标排放； 任何可能产生高浓度有害气体而导致个人曝露、或产生可燃、可爆炸气体或蒸汽而导致积聚的实验，都应在通风柜内进行； 进行实验时，通风柜可调玻璃视窗开至离台面10—15厘米，保持通风效果，并保护操作人员胸部以上部位； 实验人员在通风柜进行实验时，避免将头伸入调节门内。不可将一次性手套或较轻的塑料袋等留在通风柜内，以免堵塞排风口； 通风柜内放置物品应距离调节门内侧15厘米以上，以免掉落； 玻璃视窗材料应是钢化玻璃；
2.8	重点场所需安装门禁和监控设施，并有专人管理	关注重点场所，如剧毒品、病原微生物、放射源存放点、核材料等危险源的管理；
2.9	有防爆需求的实验室需符合防爆设计要求	安装有防爆开关、防爆灯等，安装必要的气体报警系统、监控系统、应急系统等； 对于产生可燃气体或蒸汽的装置，应在其进、出口处安装阻火器； 室内应加强通风，防止爆炸物聚积；
2.10	应妥善防护具有爆炸危险性的仪器设备	使用合适的安全罩防护；
3	<b>基础安全</b>	

序号	检查项目	检查要点
3.1	实验室用电安全应符合国家标准（导则）和行业标准	实验室电容量、插头插座与用电设备功率需匹配，不得私自改装； 电源插座须有效固定； 电气设备应配备空气开关和漏电保护器； 不私自乱拉乱接电线电缆，禁止多个接线板串接供电，接线板不宜直接置于地面； 禁止使用老化的线缆、花线、木质配电板、有破损的接线板，电线接头绝缘可靠，无裸露连接线，穿越通道的线缆应有盖板或护套，不使用老国标接线板； 大功率仪器（包括空调等）使用专用插座（不可使用接线板）； 电器长期不用时，应切断电源； 配电箱前不应有物品遮挡并便于操作，周围不应放置烘箱、电炉、易燃易爆气瓶、废液桶等；配电箱的金属箱体应与箱内保护零线或保护地线可靠连接；
3.2	给水、排水系统布置合理，运行正常	水槽、地漏及下水道畅通，水龙头、上下水管无破损； 各类连接管无老化破损（特别是冷却冷凝系统的橡胶管接口处）； 各楼层及实验室的各级水管总阀需有明显的标识；
3.3	实验人员需配备合适的个人防护设备	进入实验室人员需穿着质地合适的实验服或防护服； 按需要佩戴防护眼镜、防护手套、安全帽、防护帽、呼吸器或面罩（呼吸器或面罩在有效期内，不用时须密封放置）等； 进行化学、生物安全和高温实验时，不得佩戴隐形眼镜； 穿着化学、生物类实验服或戴实验手套，不得随意进入非实验区；
3.4	个人防护设备分散存放，存放地点有明显标识	在紧急情况需使用的防化服等个人防护器具应分散存放在安全场所，以便于取用；
3.5	危险性实验（如高温、高压、高速运转等）时必须有两人在场	实验时不能脱岗，通宵实验须两人在场并有事先审批制度；
4	<b>化学安全</b>	
4.1	实验室内危险化学品建有动态台账	建立实验室危险化学品动态台账，并有危险化学品安全技术说明书（MSDS）或安全周知卡，方便查阅； 定期清理废旧试剂，无累积现象；
4.2	化学品有专用存放空间并科学有序存放	储藏室、储藏区、储存柜等应通风、隔热、避光、安全； 易泄漏、易挥发的试剂存放设备与地点应保证充足的通风； 试剂柜中不能有电源插座或接线板； 化学品有序分类存放，固体液体不混乱放置，互为禁忌的化学品不得混放，试剂不得叠放。有机溶剂储存区应

序号	检查项目	检查要点
		远离热源和火源。装有试剂的试剂瓶不得开口放置。实验台架无挡板不得存放化学试剂； 配备必要的二次泄漏防护、吸附或防溢流功能；
4.3	实验室内存放的危险化学品总量符合规定要求	危险化学品（不含压缩气体和液化气体）原则上不应超过 100 公升或 100 千克，其中易燃易爆性化学品的存放总量不应超过 50 公升或 50 千克，且单一包装容器不应大于 20 公升或 20 千克（按 50 平方米为标准，存放量以实验室面积比考量）； 单个实验装置存在 10 公升以上甲类物质储罐，或 20 公升以上乙类物质储罐，或 50 公升以上丙类物质储罐时，需加装泄露报警器及通风联动装置；
4.4	化学品标签应显著完整清晰	化学品包装物上应有符合规定的化学品标签； 当化学品由原包装物转移或分装到其他包装物内时，转移或分装后的包装物应及时重新粘贴标识。化学品标签脱落、模糊、腐蚀后应及时补上，如不能确认，则以不明废弃化学品处置；
4.5	制定危险实验、危险化工工艺指导书、各类标准操作规程（SOP）、应急预案	指导书和预案上墙或便于取阅，实验人员熟悉所涉及的危险性应急处理措施，按照指导书进行实验；
4.6	危险化工工艺和装置应设置自动控制和电源冗余设计	涉及危险化工工艺、重点监管危险化学品的反应装置应设置自动化控制系统； 涉及放热反应的危险化工工艺生产装置应设置双重电源供电或控制系统应配置不间断电源；
4.7	做好有毒有害废气的处理和防护	对于产生有毒有害废气的实验，须在通风柜中进行，并在实验装置尾端配有气体吸收装置，配备合适有效的呼吸器；
4.8	剧毒化学品执行“五双”管理（即双人验收、双人保管、双人发货、双把锁、双本账），技防措施符合管制要求	单独存放、不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放； 有专人管理并做好贮存、领取、发放情况登记，登记资料至少保存 1 年； 防盗安全门应符合 GB 17565 的要求，防盗安全级别为乙级（含）以上，防盗锁应符合 GA/T 73 的要求，防盗保险柜应符合《防盗保险柜》GB 10409-2001 的要求，监控管控执行公安要求；
4.9	麻醉药品和第一类精神药品管理符合“双人双锁”，有专用账册	设立专库或者专柜储存，专库应当设有防盗设施并安装报警装置，专柜应当使用保险柜，专库和专柜应当实行双人双锁管理； 配备专人管理并建立专用账册，专用账册的保存期限应当自药品有效期期满之日起不少于 5 年；
4.10	易制爆化学品存量合规、双人双锁保管	存放场所出入口应设置防盗安全门，或存放在专用储存柜内，储存场所防盗安全级别应为乙级（含）以上，专用储存柜应具有防盗功能，符合双人双锁管理要求，台账账册保存期限不少于 1 年；

序号	检查项目	检查要点
4.11	易制毒化学品储存规范，台账清晰	设置专库或者专柜储存，专库应当设有防盗设施； 第一类易制毒化学品、药品类易制毒化学品实现双人双锁管理，账册保存期限不少于 2 年。第二、三类易制毒品实行上锁管理，并记录台账；
4.12	爆炸品单独隔离、限量存储，使用、销毁按照公安部门要求执行	收存和发放民用爆炸物品必须进行登记，做到账目清楚，账物相符；
4.13	气体的存放和使用符合相关要求	气体钢瓶存放点须通风、远离热源、避免暴晒，地面平整干燥； 气瓶应合理固定； 危险气体钢瓶尽量置于室外，室内放置应使用常时排风且带监测报警装置的气瓶柜； 气瓶的存放应控制在最小需求量； 涉及有毒、可燃气体的场所，配有通风设施和相应的气体监测和报警装置等，张贴必要的安全警示标识； 可燃性气体与氧气等助燃气体钢瓶不得混放； 独立的气体钢瓶室应通风、不混放、有监控，有专人管理和记录； 有供应商提供的钢瓶定期检验合格标识，无超过检验有效期的气瓶、无超过设计年限的气瓶； 钢瓶气瓶颜色符合 GB/T 7144 的规定要求，确认“满、使用中、空瓶”三种状态； 使用完毕，应及时关闭气瓶总阀； 钢瓶附件齐全，未在使用中的气瓶应有气瓶帽；
4.14	较小密闭空间使用可引起窒息的气体，需安装氧含量监测，设置必要的气体报警装置	存有大量无毒窒息性压缩气体或液化气体（液氮、液氩）的较小密闭空间，为防止大量泄漏或蒸发导致缺氧，须安装氧含量监测报警装置；
4.15	气体管路和钢瓶连接正确、有清晰标识	管路材质选择合适，无破损或老化现象，定期进行气密性检查；存在多条气体管路的房间须张贴详细的管路图，管路标识正确；
4.16	实验室应设立化学废弃物暂存区	暂存区应远离火源、热源和不相容物质，避免日晒、雨淋，存放两种及以上不相容的实验室危险废物时，应分不同区域； 暂存区应有警示标识并有防遗洒、防渗漏设施或措施；
4.17	实验室内须规范收集化学废弃物	危险废物应按化学特性和危险特性，进行分类收集和暂存； 废弃的化学试剂应存放在原试剂瓶中，保留原标签，并瓶口朝上放入专用固废箱中； 针头等利器需放入利器盒中收集； 废液应分类装入专用废液桶中，液面不超过容量的 3/4。废液桶须满足耐腐蚀、抗溶剂、耐挤压、抗冲击的要求；

序号	检查项目	检查要点
		实验室危险废物收集容器上应粘贴危险废物信息标签、警示标志； 严禁将实验室危险废物直接排入下水道，严禁与生活垃圾、感染性废物或放射性废物等混装；
4.18	配制试剂需要张贴标签	装有配制试剂、合成品、样品等的容器上标签信息明确，标签信息包括名称或编号、使用人、日期等； 无使用饮料瓶存放试剂、样品的现象，如确需使用，必须撕去原包装纸，贴上试剂标签；
<b>5</b>	<b>机电等安全</b>	
5.1	大型、特种设备的使用需符合相关规定	大型仪器设备、高功率的设备与电路容量相匹配，有设备运行维护的记录，有安全操作规程或注意事项；
5.2	仪器设备的接地和用电符合相关要求	仪器设备接地系统应按规范要求，采用铜质材料，接地电阻不高于 0.5 欧； 电脑、空调、电加热器等不随意开机过夜。对于不能断电的特殊仪器设备，采取必要的防护措施（如双路供电、不间断电源、监控报警等）；
5.3	特殊设备应配备相应安全防护措施	关注高温、高压、高速运动、电磁辐射等特殊设备，对使用者有培训要求，有安全警示标识和安全警示线（黄色），设备安全防护措施完好；
5.4	电气设备的使用应符合用电安全规范	各种电器设备及电线应始终保持干燥，防止浸湿，以防短路引起火灾或烧坏电气设备； 试验室内的功能间墙面都应设有专用接地母排，并设有多点接地引出端； 高压、大电流等强电实验室要设定安全距离，按规定设置安全警示牌、安全信号灯、联动式警铃、门锁，有安全隔离装置或屏蔽遮栏（由金属制成，并可靠接地，高度不低于 2 米）； 控制室（控制台）应铺橡胶、绝缘垫等； 强电实验室禁止存放易燃、易爆、易腐品，保持通风散热； 应为设备配备残余电流泄放专用的接地系统； 禁止在有可燃气体泄露隐患的环境中使用电动工具；电烙铁有专门搁架，用毕立即切断电源； 强磁设备应配备与大地相连的金属屏蔽网；
5.5	粉尘爆炸危险场所，应选用防爆型的电气设备	防爆灯、防爆电气开关，导线敷设应选用镀锌管或水煤气管，必须达到整体防爆要求； 粉尘加工要有除尘装置，除尘器符合防静电安全要求，除尘设施应有阻爆、隔爆、泄爆装置，使用工具具有防爆功能或不产生火花；
5.6	产生粉尘的实验场所，须穿戴合适的个人防护用具	粉尘爆炸危险场所应穿防静电棉质衣服，禁止穿化纤材料制作的衣服，工作时必须佩戴防尘口罩和护耳器；
5.7	确保实验室粉尘浓度在	粉尘浓度较高的场所，适当配备加湿装置；配备合适的

序号	检查项目	检查要点
	爆炸限以下，并配备灭火装置	灭火装置；
5.8	贮存危险化学品的冰箱满足防爆要求	贮存危险化学品的冰箱应为防爆冰箱或经过防爆改造的冰箱，并在冰箱门上注明是否防爆；
5.9	冰箱内存放的物品须标识明确，试剂必须可靠密封	标识至少包括：名称、使用人、日期等，并经常清理； 实验室冰箱中试剂瓶螺口拧紧，无开口容器，不得放置非实验用食品、药品。超低温冰箱门上有储物分区标识，置于走廊等区域的超低温冰箱须上锁；
5.10	冰箱、烘箱、电阻炉的使用满足使用期间和空间等要求	冰箱不超期使用（一般使用期限控制为 10 年），如超期使用需经审批； 冰箱周围留出足够空间，周围不堆放杂物，不影响散热； 烘箱、电阻炉不超期使用（一般使用期限控制为 12 年），如超期使用需经审批； 加热设备应放置在通风干燥处，不直接放置在木桌、木板等易燃物品上，周围有一定的散热空间，设备旁不能放置易燃易爆化学品、气体钢瓶、冰箱、杂物等，应远离配电箱、插座、接线板等设备；
5.11	烘箱、电阻炉等加热设备须制定安全操作规程	加热设备周边醒目位置张贴有高温警示标识，并有必要的防护措施，张贴有安全操作规程、警示标识； 烘箱等加热设备内不准烘烤易燃易爆试剂及易燃物品； 不得使用塑料筐等易燃容器盛放实验物品在烘箱等加热设备内烘烤； 使用烘箱完毕，清理物品、切断电源，确认其冷却至安全温度后方可离开；（298）使用电阻炉等明火设备时有人值守； 使用加热设备时，温度较高的实验需有人值守或有实时监控措施；
5.12	使用明火电炉或者电吹风须有安全防范举措	涉及化学品的实验室不使用明火电炉。如必须使用，须有安全防范措施； 不使用明火电炉加热易燃易爆试剂； 明火电炉、电吹风、电热枪等用毕，须及时拔除电源插头； 不可用纸质、木质等材料自制红外灯烘箱；

\*检查表内容选自高等学校实验室安全检查项目表（2022 年版）

## 附录C：剧毒化学品目录

1、本目录摘自《危险化学品目录》2015版。

2、剧毒化学品的定义：具有剧烈急性毒性危害的化学品，包括人工合成的化学品及其混合物和天然毒素，还包括具有急性毒性易造成公共安全危害的化学品。

3、剧烈急性毒性判定界限：急性毒性类别1，即满足下列条件之一：大鼠实验，经口LD<sub>50</sub>≤5mg/kg，经皮LD<sub>50</sub>≤50mg/kg，吸入（4h）LC<sub>50</sub>≤100ml/m<sup>3</sup>（气体）或0.5mg/L（蒸气）或0.05mg/L（尘、雾）。经皮LD<sub>50</sub>的实验数据，也可使用兔实验数据。

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
1	4	5-氨基-3-苯基-1-[双(N,N-二甲基氨基氧磷基)]-1,2,4-三唑[含量>20%]	威菌磷	1031-47-6	剧毒
2	20	3-氨基丙烯	烯丙胺	107-11-9	剧毒
3	40	八氟异丁烯	全氟异丁烯；1,1,3,3,3-五氟-2-(三氟甲基)-1-丙烯	382-21-8	剧毒
4	41	八甲基焦磷酸胺	八甲磷	152-16-9	剧毒
5	42	1,3,4,5,6,7,8,8-八氯-1,3,3a,4,7,7a-六氢-4,7-甲撑异苯并呋喃[含量>1%]	八氯六氢亚甲基苯并呋喃；碳氯灵	297-78-9	剧毒
6	71	苯基硫醇	苯硫酚；巯基苯；硫代苯酚	108-98-5	剧毒
7	88	苯肼化二氯	二氯化苯肼；二氯苯肼	696-28-6	剧毒
8	99	1-(3-吡啶甲基)-3-(4-硝基苯基)脲	1-(4-硝基苯基)-3-(3-吡啶基甲基)脲；灭鼠优	53558-25-1	剧毒
9	121	丙腈	乙基氰	107-12-0	剧毒
10	123	2-丙炔-1-醇	丙炔醇；炔丙醇	107-19-7	剧毒
11	138	丙酮氰醇	丙酮合氰化氢；2-羟基异丁腈；氰丙醇	75-86-5	剧毒
12	141	2-丙烯-1-醇	烯丙醇；蒜醇；乙烯甲醇	107-18-6	剧毒
13	155	丙烯亚胺	2-甲基氮丙啶；2-甲基乙撑亚胺；丙撑亚胺	75-55-8	剧毒
14	217	叠氮化钠	三氮化钠	26628-22-8	剧毒
15	241	3-丁烯-2-酮	甲基乙烯基酮；丁烯酮	78-94-4	剧毒
16	258	1-(对氯苯基)-2,8,9-三氧-5-氮-1-硅双环(3,3,3)十二烷	毒鼠硅；氯硅宁；硅灭鼠	29025-67-0	剧毒
17	321	2-(二苯基乙酰基)-2,3-二氢-1,3-茚二酮	2-(2,2-二苯基乙酰基)-1,3-	82-66-6	剧毒

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
			茚满二酮；敌鼠		
18	339	1,3-二氟丙-2-醇(I)与1-氟-3-氟丙-2-醇(II)的混合物	鼠甘伏；甘氟	8065-71-2	剧毒
19	340	二氟化氧	一氧化二氟	7783-41-7	剧毒
20	367	O,O-二甲基-O-(2-甲氧甲酰基-1-甲基)乙烯基磷酸酯[含量>5%]	甲基-3-[(二甲氧基磷酰基)氧代]-2-丁烯酸酯；速灭磷	7786-34-7	剧毒
21	385	二甲基-4-(甲基硫代)苯基磷酸酯	甲硫磷	3254-63-5	剧毒
22	393	(E)-O,O-二甲基-O-[1-甲基-2-(二甲氨基甲酰)乙烯基]磷酸酯[含量>25%]	3-二甲氧基磷氧基-N,N-二甲基异丁烯酰胺；百治磷	141-66-2	剧毒
23	394	O,O-二甲基-O-[1-甲基-2-(甲氨基甲酰)乙烯基]磷酸酯[含量>0.5%]	久效磷	6923-22-4	剧毒
24	410	N,N-二甲基氨基乙腈	2-(二甲氨基)乙腈	926-64-7	剧毒
25	434	O,O-二甲基-对硝基苯基磷酸酯	甲基对氧磷	950-35-6	剧毒
26	461	1,1-二甲基胂	二甲胂[不对称]；N,N-二甲胂	57-14-7	剧毒
27	462	1,2-二甲基胂	二甲胂[对称]	540-73-8	剧毒
28	463	O,O'-二甲基硫代磷酰氯	二甲基硫代磷酰氯	2524-03-0	剧毒
29	481	二甲双胍	双胍；马钱子碱	57-24-9	剧毒
30	486	二甲氧基马钱子碱	番木鳖碱	357-57-3	剧毒
31	568	2,3-二氢-2,2-二甲基苯并呋喃-7-基-N-甲氨基甲酰胺	克百威	1563-66-2	剧毒
32	572	2,6-二噻-1,3,5,7-四氮三环-[3,3,1,1,3,7]癸烷-2,2,6,6-四氧化物	毒鼠强	80-12-6	剧毒
33	648	S-[2-(二乙氨基)乙基]-O,O-二乙硫代磷酸酯	胺吸磷	78-53-5	剧毒
34	649	N-二乙氨基乙基氯	2-氯乙基二乙胺	100-35-6	剧毒
35	654	O,O-二乙基-N-(1,3-二硫戊环-2-亚基)磷酰胺[含量>15%]	2-(二乙氧基磷酰亚氨基)-1,3-二硫戊环；硫环磷	947-02-4	剧毒
36	655	O,O-二乙基-N-(4-甲基-1,3-二硫戊环-2-亚基)磷酰胺[含量>5%]	二乙基(4-甲基-1,3-二硫戊环-2-亚氨基)磷酰胺；地胺磷	950-10-7	剧毒
37	656	O,O-二乙基-N-1,3-二噻丁环-2-亚基磷酰胺	丁硫环磷	21548-32-3	剧毒
38	658	O,O-二乙基-O-(2-乙硫基乙基)硫代磷酸酯与O,O-二乙基-S-(2-乙硫基乙基)硫代磷酸酯的混合物[含量>3%]	内吸磷	8065-48-3	剧毒

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
39	660	O,O-二乙基-O-(4-甲基香豆素基-7)硫代磷酸酯	扑杀磷	299-45-6	剧毒
40	661	O,O-二乙基-O-(4-硝基苯基)磷酸酯	对氧磷	311-45-5	剧毒
41	662	O,O-二乙基-O-(4-硝基苯基)硫代磷酸酯[含量>4%]	对硫磷	56-38-2	剧毒
42	665	O,O-二乙基-O-[2-氯-1-(2,4-二氯苯基)乙烯基]磷酸酯[含量>20%]	2-氯-1-(2,4-二氯苯基)乙烯基二乙基磷酸酯; 毒虫畏	470-90-6	剧毒
43	667	O,O-二乙基-O-2-吡嗪基硫代磷酸酯[含量>5%]	虫线磷	297-97-2	剧毒
44	672	O,O-二乙基-S-(2-乙硫基乙基)二硫代磷酸酯[含量>15%]	乙拌磷	298-04-4	剧毒
45	673	O,O-二乙基-S-(4-甲基亚磺酰基苯基)硫代磷酸酯[含量>4%]	丰索磷	115-90-2	剧毒
46	675	O,O-二乙基-S-(对硝基苯基)硫代磷酸酯	硫代磷酸-O,O-二乙基-S-(4-硝基苯基)酯	3270-86-8	剧毒
47	676	O,O-二乙基-S-(乙硫基甲基)二硫代磷酸酯	甲拌磷	298-02-2	剧毒
48	677	O,O-二乙基-S-(异丙基氨基甲酰甲基)二硫代磷酸酯[含量>15%]	发硫磷	2275-18-5	剧毒
49	679	O,O-二乙基-S-氯甲基二硫代磷酸酯[含量>15%]	氯甲硫磷	24934-91-6	剧毒
50	680	O,O-二乙基-S-叔丁基硫甲基二硫代磷酸酯	特丁硫磷	13071-79-9	剧毒
51	692	二乙基汞	二乙汞	627-44-1	剧毒
52	732	氟		7782-41-4	剧毒
53	780	氟乙酸	氟醋酸	144-49-0	剧毒
54	783	氟乙酸甲酯		453-18-9	剧毒
55	784	氟乙酸钠	氟醋酸钠	62-74-8	剧毒
56	788	氟乙酰胺		640-19-7	剧毒
57	849	癸硼烷	十硼烷; 十硼氢	17702-41-9	剧毒
58	1008	4-己烯-1-炔-3-醇		10138-60-0	剧毒
59	1041	3-(1-甲基-2-四氢吡咯基)吡啶硫酸盐	硫酸化烟碱	65-30-5	剧毒
60	1071	2-甲基-4,6-二硝基酚	4,6-二硝基邻甲苯酚; 二硝基酚	534-52-1	剧毒
61	1079	O-甲基-S-甲基-硫代磷酸酯	甲胺磷	10265-92-6	剧毒
62	1081	O-甲基氨基甲酰基-2-甲基-2-(甲硫基)丙	涕灭威	116-06-3	剧毒

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
		醛肟			
63	1082	O-甲基氨基甲酰基-3,3-二甲基-1-(甲硫基)丁醛肟	O-甲基氨基甲酰基-3,3-二甲基-1-(甲硫基)丁醛肟; 久效威	39196-18-4	剧毒
64	1097	(S)-3-(1-甲基吡咯烷-2-基)吡啶	烟碱; 尼古丁; 1-甲基-2-(3-吡啶基)吡咯烷	54-11-5	剧毒
65	1126	甲基磺酰氯	氯化硫酰甲烷; 甲烷磺酰氯	124-63-0	剧毒
66	1128	甲基胂	一甲胂; 甲基联氨	60-34-4	剧毒
67	1189	甲烷磺酰氟	甲磺酰氟; 甲基磺酰氟	558-25-8	剧毒
68	1202	甲藻毒素(二盐酸盐)	石房蛤毒素(盐酸盐)	35523-89-8	剧毒
69	1236	抗霉素 A		1397-94-0	剧毒
70	1248	镰刀菌酮 X		23255-69-8	剧毒
71	1266	磷化氢	磷化三氢; 膦	7803-51-2	剧毒
72	1278	硫代磷酰氯	硫代氯化磷酰; 三氯化硫磷; 三氯硫磷	3982-91-0	剧毒
73	1327	硫酸三乙基锡		57-52-3	剧毒
74	1328	硫酸铊	硫酸亚铊	7446-18-6	剧毒
75	1332	六氟-2,3-二氯-2-丁烯	2,3-二氯六氟-2-丁烯	303-04-8	剧毒
76	1351	(1R,4S,4aS,5R,6R,7S,8S,8aR)-1,2,3,4,10,10-六氯-1,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢-6,7-环氧-1,4,5,8-二亚甲基萘[含量2%~90%]	狄氏剂	60-57-1	剧毒
77	1352	(1R,4S,5R,8S)-1,2,3,4,10,10-六氯-1,4,4a,5,6,7,8,8a-八氢-6,7-环氧-1,4,5,8-二亚甲基萘[含量>5%]	异狄氏剂	72-20-8	剧毒
78	1353	1,2,3,4,10,10-六氯-1,4,4a,5,8,8a-六氢-1,4-挂-5,8-挂二亚甲基萘[含量>10%]	异艾氏剂	465-73-6	剧毒
79	1354	1,2,3,4,10,10-六氯-1,4,4a,5,8,8a-六氢-1,4,5,8-桥,挂-二甲撑萘[含量>75%]	六氯-六氢-二甲撑萘; 艾氏剂	309-00-2	剧毒
80	1358	六氯环戊二烯	全氯环戊二烯	77-47-4	剧毒
81	1381	氯	液氯; 氯气	7782-50-5	剧毒
82	1422	2-[(RS)-2-(4-氯苯基)-2-苯基乙酰基]-2,3-二氢-1,3-茛二酮[含量>4%]	2-(苯基对氯苯基乙酰基)茛莨-1,3-二酮; 氟鼠酮	3691-35-8	剧毒
83	1442	氯代磷酸二乙酯	氯化磷酸二乙酯	814-49-3	剧毒
84	1464	氯化汞	氯化高汞; 二氯化汞; 升汞	7487-94-7	剧毒
85	1476	氯化氟	氟化氯; 氟甲腈	506-77-4	剧毒
86	1502	氯甲基甲醚	甲基氯甲醚; 氯二甲醚	107-30-2	剧毒

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
87	1509	氯甲酸甲酯	氯碳酸甲酯	79-22-1	剧毒
88	1513	氯甲酸乙酯	氯碳酸乙酯	541-41-3	剧毒
89	1549	2-氯乙醇	乙撑氯醇; 氯乙醇	107-07-3	剧毒
90	1637	2-羟基丙腈	乳腈	78-97-7	剧毒
91	1642	羟基乙腈	乙醇腈	107-16-4	剧毒
92	1646	羟间啉(盐酸盐)		2315-02-8	剧毒
93	1677	氰胍甲汞	氰甲汞胍	502-39-6	剧毒
94	1681	氰化镉		542-83-6	剧毒
95	1686	氰化钾	山奈钾	151-50-8	剧毒
96	1688	氰化钠	山奈	143-33-9	剧毒
97	1693	氰化氢	无水氢氰酸	74-90-8	剧毒
98	1704	氰化银钾	银氰化钾	506-61-6	剧毒
99	1723	全氯甲硫醇	三氯硫氯甲烷; 过氯甲硫醇; 四氯硫代碳酸	594-42-3	剧毒
100	1735	乳酸苯汞三乙醇铵		23319-66-6	剧毒
101	1854	三氯硝基甲烷	氯化苦; 硝基三氯甲烷	76-06-2	剧毒
102	1912	三氧化二砷	白砒; 砒霜; 亚砷酸酐	1327-53-3	剧毒
103	1923	三正丁胺	三丁胺	102-82-9	剧毒
104	1927	砷化氢	砷化三氢; 砷	7784-42-1	剧毒
105	1998	双(1-甲基乙基)氟磷酸酯	二异丙基氟磷酸酯; 丙氟磷	55-91-4	剧毒
106	1999	双(2-氯乙基)胺	氯芥; 双(氯乙基)胺	51-75-2	剧毒
107	2000	5-[(双(2-氯乙基)氨基)-2,4-(1H,3H)嘧啶二酮	尿嘧啶芳芥; 嘧啶苯芥	66-75-1	剧毒
108	2003	O,O-双(4-氯苯基)N-(1-亚氨基)乙基硫代磷酸胺	毒鼠磷	4104-14-7	剧毒
109	2005	双(二甲胺基)磷酸氟[含量>2%]	甲氟磷	115-26-4	剧毒
110	2047	2,3,7,8-四氯二苯并对二噁英	二噁英; 2,3,7,8-TCDD; 四氯二苯二噁英	1746-01-6	剧毒
111	2067	3-(1,2,3,4-四氢-1-萘基)-4-羟基香豆素	杀鼠醚	5836-29-3	剧毒
112	2078	四硝基甲烷		509-14-8	剧毒
113	2087	四氧化钨	钨酸酐	20816-12-0	剧毒
114	2091	O,O,O',O'-四乙基二硫代焦磷酸酯	治螟磷	3689-24-5	剧毒
115	2092	四乙基磷酸酯	特普	107-49-3	剧毒
116	2093	四乙基铅	发动机燃料抗爆混合物	78-00-2	剧毒
117	2115	碳酰氯	光气	75-44-5	剧毒
118	2118	羰基镍	四羰基镍; 四碳酰镍	13463-39-3	剧毒

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
119	2133	乌头碱	附子精	302-27-2	剧毒
120	2138	五氟化氯		13637-63-3	剧毒
121	2144	五氯苯酚	五氯酚	87-86-5	剧毒
122	2147	2,3,4,7,8-五氯二苯并呋喃	2,3,4,7,8-PCDF	57117-31-4	剧毒
123	2153	五氯化铋	过氯化铋; 氯化铋	7647-18-9	剧毒
124	2157	五羰基铁	羰基铁	13463-40-6	剧毒
125	2163	五氧化二砷	砷酸酐; 五氧化砷; 氧化砷	1303-28-2	剧毒
126	2177	戊硼烷	五硼烷	19624-22-7	剧毒
127	2198	硒酸钠		13410-01-0	剧毒
128	2222	2-硝基-4-甲氧基苯胺	枣红色基 GP	96-96-8	剧毒
129	2413	3-[3-(4'-溴联苯-4-基)-1,2,3,4-四氢-1-萘基]-4-羟基香豆素	溴鼠灵	56073-10-0	剧毒
130	2414	3-[3-(4-溴联苯-4-基)-3-羟基-1-苯丙基]-4-羟基香豆素	溴敌隆	28772-56-7	剧毒
131	2460	亚砷酸钙	亚砷酸钙	27152-57-4	剧毒
132	2477	亚硒酸氢钠	重亚硒酸钠	7782-82-3	剧毒
133	2527	盐酸吐根碱	盐酸依米丁	316-42-7	剧毒
134	2533	氧化汞	一氧化汞; 黄降汞; 红降汞	21908-53-2	剧毒
135	2549	一氟乙酸对溴苯胺		351-05-3	剧毒
136	2567	乙撑亚胺 乙撑亚胺[稳定的]	吡丙啶; 1-氮杂环丙烷; 氮丙啶	151-56-4	剧毒
137	2588	O-乙基-O-(4-硝基苯基)苯基硫代磷酸酯[含量>15%]	苯硫磷	2104-64-5	剧毒
138	2593	O-乙基-S-苯基乙基二硫代磷酸酯[含量>6%]	地虫硫磷	944-22-9	剧毒
139	2626	乙硼烷	二硼烷	19287-45-7	剧毒
140	2635	乙酸汞	乙酸高汞; 醋酸汞	1600-27-7	剧毒
141	2637	乙酸甲氧基乙基汞	醋酸甲氧基乙基汞	151-38-2	剧毒
142	2642	乙酸三甲基锡	醋酸三甲基锡	1118-14-5	剧毒
143	2643	乙酸三乙基锡	三乙基乙酸锡	1907-13-7	剧毒
144	2665	乙烯砷	二乙烯砷	77-77-0	剧毒
145	2671	N-乙烯基乙撑亚胺	N-乙烯基氮丙环	5628-99-9	剧毒
146	2685	1-异丙基-3-甲基吡啶-5-基 N,N-二甲基氨基甲酸酯[含量>20%]	异索威	119-38-0	剧毒
147	2718	异氰酸苯酯	苯基异氰酸酯	103-71-9	剧毒
148	2723	异氰酸甲酯	甲基异氰酸酯	624-83-9	剧毒

序号	危险化学品目录序号	品名	别名	CAS号	备注
					<p>注：</p> <p>(1) A型稀释剂是指与有机过氧化物相容、沸点不低于150℃的有机液体。A型稀释剂可用来对所有有机过氧化物进行退敏。</p> <p>(2) B型稀释剂是指与有机过氧化物相容、沸点低于150℃但不低于60℃、闪点不低于5℃的有机液体。B型稀释剂可用来对所有有机过氧化物进行退敏，但沸点必须至少比50千克包件的自加速分解温度高60℃。</p> <p>(3) 条目2828，闪点高于35℃，但不超过60℃的液体如果在持续燃烧性试验中得到否定结果，则可将其视为非易燃液体，不作为易燃液体管理。</p>

## 附录D：易制毒化学品名录

序号	名称	CAS号	版本
<b>第一类</b>			
1	1-苯基-2-丙酮	103-79-7	445 号令版
2	3,4-亚甲基二氧苯-2-丙酮	4676-39-5	445 号令版
3	胡椒醛	120-57-0	445 号令版
4	黄樟素	94-59-7	445 号令版
5	黄樟油	8006-80-2	445 号令版
6	异黄樟素	120-58-1	445 号令版
7	N-乙酰邻氨基苯酸	89-52-1	445 号令版
8	邻氨基苯甲酸	118-92-3	445 号令版
9	麦角酸*		445 号令版
10	麦角胺*		445 号令版
11	麦角新碱*		445 号令版
12	麻黄素、伪麻黄素、消旋麻黄素、去甲麻黄素、甲基麻黄素、麻黄浸膏、麻黄浸膏粉等麻黄素类物质*		445 号令版
12	羟亚胺及其盐类（如盐酸羟亚胺等）	90717-16-1	2008年8月1日收录
13	邻氯苯基环戊酮	6740-85-8	2012年9月15日收录
14	1-苯基-2-溴-1-丙酮	2114-00-3	2014年4月10日收录
15	3-氧-2-苯基丁腈	4468-48-8	2014年4月10日收录
16	N-苯乙基-4-哌啶酮		2017年11月6日收录
17	4-苯胺基-N-苯乙基哌啶		2017年11月6日收录
18	N-甲基-1-苯基-1-氯-2-丙胺		2017年11月6日收录
<b>第二类</b>			
1	苯乙酸	103-82-2	445 号令版
2	醋酸酐	108-24-7	445 号令版
3	三氯甲烷	67-66-3	445 号令版
4	乙醚	60-29-7	445 号令版
5	哌啶	110-89-4	445 号令版
6	溴素	7726-95-6	2017年11月6日收录
7	1-苯基-1-丙酮	93-55-0	2017年11月6日收录
8	α-苯乙酰乙酸甲酯		2021年5月18日收录
9	α-乙酰乙酰苯胺		2021年5月18日收录
10	3,4-亚甲基二氧苯基-2-丙酮缩水甘油酸		2021年5月18日收录
11	3,4-亚甲基二氧苯基-2-丙酮缩水甘油酯		2021年5月18日收录
<b>第三类</b>			
1	甲苯	108-88-3	445 号令版

序号	名称	CAS号	版本
2	丙酮	67-64-1	445号令版
3	甲基乙基酮	78-93-3	445号令版
4	高锰酸钾	7722-64-7	445号令版
5	硫酸	7664-93-9	445号令版
6	盐酸	7647-01-0	445号令版
7	苯乙腈		2021年5月18日收录
8	γ-丁内酯		2021年5月18日收录
注:	1、第一类、第二类所列物质可能存在的盐类,也纳入管制。 2、带有*标记的品种为第一类中的药品类易制毒化学品,第一类中的药品类易制毒化学品包括原料药及其单方制剂。		

\*信息来自中华人民共和国中央人民政府网站

### 附录E：易制爆危险化学品名录（2017年版）

序号	品名	别名	CAS号	主要的燃爆危险性分类
<b>1 酸类</b>				
1.1	硝酸		7697-37-2	氧化性液体,类别3
1.2	发烟硝酸		52583-42-3	氧化性液体,类别1
1.3	高氯酸[浓度>72%]	过氯酸	7601-90-3	氧化性液体,类别1
	高氯酸[浓度50%~72%]			氧化性液体,类别1
	高氯酸[浓度≤50%]			氧化性液体,类别2
<b>2 硝酸盐类</b>				
2.1	硝酸钠		7631-99-4	氧化性固体,类别3
2.2	硝酸钾		7757-79-1	氧化性固体,类别3
2.3	硝酸铯		7789-18-6	氧化性固体,类别3
2.4	硝酸镁		10377-60-3	氧化性固体,类别3
2.5	硝酸钙		10124-37-5	氧化性固体,类别3
2.6	硝酸锶		10042-76-9	氧化性固体,类别3
2.7	硝酸钡		10022-31-8	氧化性固体,类别2
2.8	硝酸镍	二硝酸镍	13138-45-9	氧化性固体,类别2
2.9	硝酸银		7761-88-8	氧化性固体,类别2
2.10	硝酸锌		7779-88-6	氧化性固体,类别2
2.11	硝酸铅		10099-74-8	氧化性固体,类别2
<b>3 氯酸盐类</b>				
3.1	氯酸钠		7775-09-9	氧化性固体,类别1
	氯酸钠溶液			氧化性液体,类别3*
3.2	氯酸钾		3811-04-9	氧化性固体,类别1
	氯酸钾溶液			氧化性液体,类别3*
3.3	氯酸铵		10192-29-7	爆炸物,不稳定爆炸物
<b>4 高氯酸盐类</b>				
4.1	高氯酸锂	过氯酸锂	7791-03-9	氧化性固体,类别2
4.2	高氯酸钠	过氯酸钠	7601-89-0	氧化性固体,类别1
4.3	高氯酸钾	过氯酸钾	7778-74-7	氧化性固体,类别1
4.4	高氯酸铵	过氯酸铵	7790-98-9	爆炸物,1.1项 氧化性固体,类别1
<b>5 重铬酸盐类</b>				
5.1	重铬酸锂		13843-81-7	氧化性固体,类别2
5.2	重铬酸钠	红矾钠	10588-01-9	氧化性固体,类别2
5.3	重铬酸钾	红矾钾	7778-50-9	氧化性固体,类别2

序号	品名	别名	CAS号	主要的燃爆危险性分类
5.4	重铬酸铵	红矾铵	7789-09-5	氧化性固体, 类别 2*
<b>6 过氧化物和超氧化物类</b>				
6.1	过氧化氢溶液 (含量>8%)	双氧水	7722-84-1	(1) 含量≥60% 氧化性液体, 类别 1 (2) 20%≤含量<60% 氧化性液体, 类别 2 (3) 8%<含量<20% 氧化性液体, 类别 3
6.2	过氧化锂	二氧化锂	12031-80-0	氧化性固体, 类别 2
6.3	过氧化钠	双氧化钠; 二氧化钠	1313-60-6	氧化性固体, 类别 1
6.4	过氧化钾	二氧化钾	17014-71-0	氧化性固体, 类别 1
6.5	过氧化镁	二氧化镁	1335-26-8	氧化性液体, 类别 2
6.6	过氧化钙	二氧化钙	1305-79-9	氧化性固体, 类别 2
6.7	过氧化锶	二氧化锶	1314-18-7	氧化性固体, 类别 2
6.8	过氧化钡	二氧化钡	1304-29-6	氧化性固体, 类别 2
6.9	过氧化锌	二氧化锌	1314-22-3	氧化性固体, 类别 2
6.10	过氧化脒	过氧化氢脒 素; 过氧化氢脒	124-43-6	氧化性固体, 类别 3
6.11	过乙酸[含量 ≤16%, 含水 ≥39%, 含乙酸 ≥15%, 含过氧化 氢≤24%, 含 有稳定剂]	过醋酸; 过氧 乙酸; 乙酰过氧 化氢	79-21-0	有机过氧化物 F 型
	过乙酸[含量 ≤43%, 含水 ≥5%, 含乙酸 ≥35%, 含过氧 化氢≤6%, 含 有稳定剂]			易燃液体, 类别 3 有机过氧化物, D 型
6.12	过氧化二异丙 苯[52%<含量 ≤100%]	二枯基过氧化 物; 硫化剂 DCP	80-43-3	有机过氧化物, F 型
6.13	过氧化氢苯甲 酰	过苯甲酸	93-59-4	有机过氧化物, C 型
6.14	超氧化钠		12034-12-7	氧化性固体, 类别 1
6.15	超氧化钾		12030-88-5	氧化性固体, 类别 1
<b>7 易燃物还原剂类</b>				

序号	品名	别名	CAS号	主要的燃爆危险性分类
7.1	锂	金属锂	7439-93-2	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
7.2	钠	金属钠	7440-23-5	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
7.3	钾	金属钾	7440-09-7	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
7.4	镁		7439-95-4	(1) 粉末: 自热物质和混合物, 类别 1 遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 2 (2) 丸状、旋屑或带状: 易燃固体, 类别 2
7.5	镁铝粉	镁铝合金粉		遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 2 自热物质和混合物, 类别 1
7.6	铝粉		7429-90-5	(1) 有涂层: 易燃固体, 类别 1 (2) 无涂层: 遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 2
7.7	硅铝		57485-31-1	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 3
	硅铝粉			
7.8	硫磺	硫	7704-34-9	易燃固体, 类别 2
7.9	锌尘		7440-66-6	自热物质和混合物, 类别 1; 遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
	锌粉			自热物质和混合物, 类别 1; 遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
	锌灰			遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 3

序号	品名	别名	CAS号	主要的燃爆危险性分类
7.10	金属铅		7440-67-7	易燃固体, 类别 2
	金属铅粉	铅粉		自燃固体, 类别 1, 遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
7.11	六亚甲基四胺	六甲撑四胺 乌洛托品	100-97-0	易燃固体, 类别 2
7.12	1, 2-乙二胺	1, 2-二氨基乙烷; 乙撑二胺	107-15-3	易燃液体, 类别 3
7.13	一甲胺无水	氨基甲烷; 甲胺	74-89-5	易燃气体, 类别 1
	一甲胺溶液	氨基甲烷溶液; 甲胺溶液		易燃液体, 类别 1
7.14	硼氢化锂	氢硼化锂	16949-15-8	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
7.15	硼氢化钠	氢硼化钠	16940-66-2	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
7.16	硼氢化钾	氢硼化钾	13762-51-1	遇水放出易燃气体的物质和混合物, 类别 1
<b>8 硝基化合物类</b>				
8.1	硝基甲烷		75-52-5	易燃液体, 类别 3
8.2	硝基乙烷		79-24-3	易燃液体, 类别 3
8.3	2, 4-二硝基甲苯		121-14-2	
8.4	2, 6-二硝基甲苯		606-20-2	
8.5	1, 5-二硝基萘		605-71-0	易燃固体, 类别 1
8.6	1, 8-二硝基萘		602-38-0	易燃固体, 类别 1
8.7	二硝基苯酚[干的或含水<15%]		25550-58-7	爆炸物, 1.1 项
	二硝基苯酚溶液			
8.8	2, 4-二硝基苯酚[含水≥15%]	1-羟基-2, 4-二硝基苯	51-28-5	易燃固体, 类别 1
8.9	2, 5-二硝基苯酚[含水≥15%]		329-71-5	易燃固体, 类别 1
8.10	2, 6-二硝基苯酚[含水≥15%]		573-56-8	易燃固体, 类别 1

序号	品名	别名	CAS号	主要的燃爆危险性分类
8.11	2, 4-二硝基苯酚钠		1011-73-0	爆炸物, 1.3 项
<b>9 其他</b>				
9.1	硝化纤维素[干的或含水(或乙醇)<25%]	硝化棉	9004-70-0	爆炸物, 1.1 项
	硝化纤维素[含氮≤12.6%, 含乙醇≥25%]			易燃固体, 类别 1
	硝化纤维素[含氮≤12.6%]			易燃固体, 类别 1
	硝化纤维素[含水≥25%]			易燃固体, 类别 1
	硝化纤维素[含乙醇≥25%]			爆炸物, 1.3 项
	硝化纤维素[未改型的, 或增塑的, 含增塑剂<18%]			爆炸物, 1.1 项
	硝化纤维素溶液[含氮量≤12.6%, 含硝化纤维素≤55%]	硝化棉溶液		易燃液体, 类别 2
9.2	4, 6-二硝基-2-氨基苯酚钠	苦氨酸钠	831-52-7	爆炸物, 1.3 项
9.3	高锰酸钾	过锰酸钾; 灰锰氧	7722-64-7	氧化性固体, 类别 2
9.4	高锰酸钠	过锰酸钠	10101-50-5	氧化性固体, 类别 2
9.5	硝酸胍	硝酸亚氨基脲	506-93-4	氧化性固体, 类别 3
9.6	水合肼	水合联氨	10217-52-4	
9.7	2, 2-双(羟甲基) 1, 3-丙二醇	季戊四醇、四羟甲基甲烷	115-77-5	

注: 1、各栏目的含义:

“序号”: 《易制爆危险化学品名录》(2017年版)中化学品的顺序号。

“品名”: 根据《化学命名原则》(1980)确定的名称。

“别名”：除“品名”以外的其他名称，包括通用名、俗名等。

“CAS号”：Chemical Abstract Service的缩写，是美国化学文摘社对化学品的唯一登记号，是检索化学物质有关信息资料最常用的编号。

“主要的燃爆危险性分类”：根据《化学品分类和标签规范》系列标准（GB 30000.2-2013~GB 30000.29.2013）等国家标准，对某种化学品燃烧爆炸危险性进行的分类。

2、除列明的条目外，无机盐类同时包括无水和含有结晶水的化合物。

3、混合物之外无含量说明的条目，是指该条目的工业产品或者纯度高于工业产品的化学品。

4、标记“\*”的类别，是指在有充分依据的条件下，该化学品可以采用更严格的类别。

## 附录F：不相容化学品清单

下表包含彼此不相容的化产品的示例。

化学品	不相容的物品
醋酸	铬酸、硝酸、氢氧化物、高氯酸、过氧化物、高锰酸盐和其他氧化剂
丙酮	浓硝酸和硫酸混合物以及强碱
乙炔	氯、溴、铜、氟、银、汞
碱金属	水、四氯化碳或其他氯化烃、二氧化碳、卤素
氨，无水	汞、氯、次氯酸钙、碘、溴、氢氟酸
硝酸铵	酸、金属粉末、易燃液体、氯酸盐、亚硝酸盐、硫磺、细碎的有机或可燃材料
苯胺	硝酸、过氧化氢、溴、氨、乙炔、丁二烯、丁烷、甲烷、丙烷（或其他石油气）、氢气、碳化钠、松节油、苯、细碎金属
溴	氨、乙炔、丁二烯、丁烷、甲烷、丙烷（或其他石油气）、氢气、碳化钠、松节油、苯、细碎金属
氧化钙	水
活性炭	次氯酸钙，所有氧化剂
四氯化碳	钠
氯酸盐	铵盐、酸、金属粉末、硫磺、细碎的有机或可燃材料
铬酸和三氧化铬	醋酸、萘、樟脑、甘油、甘油、松节油、酒精、一般易燃液体
氯	氨、乙炔、丁二烯、丁烷、甲烷、丙烷（或其他石油气）、氢气、碳化钠、松节油、苯、细碎金属
二氧化氯	氨、甲烷、磷化氢、硫化氢
铜	乙炔、过氧化氢
过氧化氢异丙苯	酸，有机或无机
氟化物	酸
易燃液体	硝酸铵、铬酸、过氧化氢、硝酸、过氧化钠、卤素
碳氢化合物	氟、氯、溴、铬酸、过氧化钠
氢氰酸	硝酸、碱
氢氟酸	氨（水或无水）、碱和二氧化硅
过氧化氢	铜、铬、铁、大多数金属或其盐类、醇类、丙酮、有机材料、苯胺、硝基甲烷、易燃液体、氧化性气体
硫化氢	发烟硝酸、其他酸、氧化性气体、乙炔、氨（水或无水）、氢气
次氯酸盐	酸，活性炭
碘	乙炔、氨（水或无水）、氢气
汞	乙炔、氨、雷酸
硝酸盐	硫酸
硝酸	乙酸、苯胺、铬酸、氢氰酸、硫化氢、易燃液体、易燃气体、铜、黄铜、任何重金属
亚硝酸盐	酸
草酸	银、汞
氧气	油、油脂、氢； 易燃液体、固体或气体
高氯酸	醋酸酐、铋及其合金、酒精、纸张、木材、油脂和油

化学品	不相容的物品
过氧化物, 有机物	酸 (有机或矿物质), 避免摩擦, 冷藏
磷 (白色)	空气、氧气、碱、还原剂
五氧化二磷	水
钾	四氯化碳、二氧化碳、水
氯酸钾和高氯酸	硫酸和其他酸、碱金属、镁和钙
高锰酸钾	甘油、乙二醇、苯甲醛、硫酸
银	乙炔、草酸、酒石酸、铵化合物、雷酸
钠	四氯化碳、二氧化碳、水
亚硝酸钠	硝酸铵和其他铵盐
过氧化钠	乙醇或甲醇、冰醋酸、醋酸酐、苯甲醛、二硫化碳、甘油、乙二醇、乙酸乙酯、乙酸甲酯、糠醛
硫化物	酸类
硫酸	氯酸钾、高氯酸钾、高锰酸钾 (或与类似轻金属的化合物, 如钠、锂等)

\*信息来自WSH Council 《Workplace Safety and Health Guidelines-Laboratories Handling Chemicals》。

## 附录G：手套类型和化学用途

下表提供了手套类型的化学建议。

化学品	氯丁橡胶	天然乳胶或橡胶	丁基	腈类
乙醛	VG	VG	VG	VG
醋酸	VG	VG	VG	VG
丙酮	G	G	G	G
氢氧化铵	VG	VG	VG	VG
醋酸戊酯	F	F	F	F
苯胺	G	G	G	G
苯甲醛	F	F	F	F
苯	F	F	F	F
醋酸丁酯	G	G	G	G
丁醇	VG	VG	VG	VG
二硫化碳	F	F	F	F
四氯化碳	F	F	F	F
蓖麻油	F	F	F	F
氯苯	F	F	F	F
氯仿	G	G	G	G
氯苯	F	F	F	F
铬酸(50%)	F	F	F	F
柠檬酸(10%)	VG	VG	VG	VG
环己醇	G	G	G	G
邻苯二甲酸二丁酯	G	G	G	G
柴油燃料	G	G	G	G
二异丁基酮	P	P	P	P
二甲基甲酰胺	F	F	F	F
邻苯二甲酸二辛酯	G	G	G	G
二恶烷	VG	VG	VG	VG
环氧树脂, 干的	VG	VG	VG	VG
乙酸乙酯	G	G	G	G
乙醇	VG	VG	VG	VG
乙醚	VG	VG	VG	VG
二氯乙烷	F	F	F	F
乙二醇	VG	VG	VG	VG
甲醛	VG	VG	VG	VG
甲酸	VG	VG	VG	VG
氟利昂 11	G	G	G	G
氟利昂 12	G	G	G	G
氟利昂 21	G	G	G	G
氟利昂 22	G	G	G	G
糠醛	G	G	G	G
汽油, 含铅	G	G	G	G

化学品	氯丁橡胶	天然乳胶或橡胶	丁基	腈类
汽油, 无铅	G	G	G	G
甘油	VG	VG	VG	VG
己烷	F	F	F	F
盐酸	VG	VG	VG	VG
氢氟酸(48%)	VG	VG	VG	VG
过氧化氢(30%)	G	G	G	G
对苯二酚	G	G	G	G
异辛烷	F	F	F	F
异丙醇	VG	VG	VG	VG
煤油	VG	VG	VG	VG
酮类	G	G	G	G
漆稀释剂	G	G	G	G
乳酸 (85%)	VG	VG	VG	VG
月桂酸 (36%)	VG	VG	VG	VG
亚油酸	VG	VG	VG	VG
亚麻籽油	VG	P	F	VG
马来酸	VG	VG	VG	VG
甲醇	VG	VG	VG	VG
甲胺	F	F	G	G
溴甲烷	G	F	G	F
氯甲烷	P	P	P	P
甲基乙基酮	G	G	VG	P
甲基异丁基酮	F	F	VG	P
甲基丙烯酸甲酯	G	G	VG	F
单乙醇胺	VG	G	VG	VG
吗啉	VG	VG	VG	G
萘	G	F	F	G
石脑油, 脂肪族	VG	F	F	VG
石脑油, 芳香的	G	P	P	G
硝酸	G	F	F	F
硝基甲烷(95.5%)	F	P	F	F
硝基丙烷(95.5%)	F	P	F	F
辛醇	VG	VG	VG	VG
油酸	VG	F	G	VG
草酸	VG	VG	VG	VG
棕榈酸	VG	VG	VG	VG
高氯酸(60%)	VG	F	G	G
四氯乙烯	F	P	P	G
石油馏分油 (石脑油)	G	P	P	VG
苯酚	VG	F	G	F
磷酸	VG	G	VG	VG
氢氧化钾	VG	VG	VG	VG

化学品	氯丁橡胶	天然乳胶或橡胶	丁基	腈类
醋酸丙酯	G	F	G	F
丙醇	VG	VG	VG	VG
丙醇 (异)	VG	VG	VG	VG
氢氧化钠	VG	VG	VG	VG
苯乙烯	P	P	P	F
苯乙烯(100%)	P	P	P	F
硫酸	G	G	G	G
单宁酸 (65%)	VG	VG	VG	VG
四氢呋喃	P	F	F	F
甲苯	F	P	P	F
甲苯二异氰酸酯	F	G	G	F
三氯乙烯	F	F	P	G
三乙醇胺	VG	V	V	VG
桐油	VG	P	F	VG
松节油	G	F	F	VG
二甲苯	P	P	P	F

其中 VG = 非常好

G = 好

F = 合理的

P = 差的 (即: 不合适)

\*信息来自WSH Council 《Workplace Safety and Health Guidelines-Laboratories Handling Chemicals》。