



实验室

化学安全基础

李婷婷 武子敬 主编

SHIYANSHI
HUAXUE ANQUAN JICHU

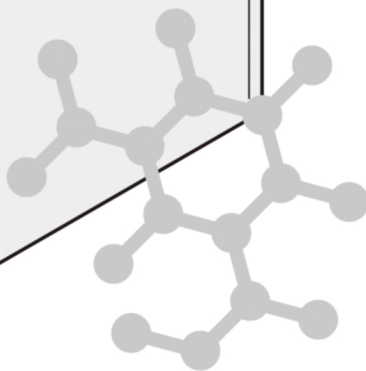


电子科技大学出版社

实验室

化学安全基础

SHIYANSHI
HUAXUE ANQUAN JICHU



李婷婷 武子敬 主编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实验室化学安全基础 / 李婷婷, 武子敬主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2016.11
ISBN 978-7-5647-4005-4

I. ①实… II. ①李… ②武… III. ①化学实验—实验室—安全技术 IV. ①O6-31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 266890 号

实验室化学安全基础

李婷婷 武子敬 主编

出版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 王 坤 熊晶晶

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川永先数码印刷有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 11.5 字数 294 千字

版 次: 2016 年 11 月第一版

印 次: 2016 年 11 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-4005-4

定 价: 38.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

化学和化工学科都是实践性很强的学科，实验在教学和科研活动中占有很大比重，起着非常重要的作用。高等学校的化学和化工实验室是专业人才培养、科学研究和社会服务的重要基地，是培养学生动手能力、操作技能、创新思维和创新能力的不可或缺的实践场所。近年来，高校实验室的作用和地位愈加凸现，在实验室中开展的教学和科研活动更加频繁，从事实验和研究的人员日益增多，人员结构愈加复杂。实验室所涉及的内容和范围很多是多学科内容交叉并存，在众多交叉学科或研究内容中，涉及化学或化工的内容不在少数。

目前还有部分高校的师生员工没有意识到实验室安全的重要性。高校实验室的安全管理与人才培养的质量和科研成果的水平密切相关，化学和化工实验室更是如此。化学实验和化工实验涉及的化学试剂和化工原料绝大多数是易燃、易爆及有毒、有腐蚀性的物质，稍有不慎就可能酿成事故。

不断提高师生员工的安全意识，充分了解实验室安全知识、防护方法和应急措施，减少实验室不必要的伤亡事故和财产损失已迫在眉睫。可喜的是，越来越多的高校对实验室安全管理高度重视，实验室管理、安全培训、考核等方面的制度已经形成常态化。不少高校的新生（含本科生和研究生）入学以及新教师进校后必须经过专门的安全培训、考核合格后方可进入实验室，取得了显著的效果，有效保障了师生员工的生命和财产安全，维护了校园和社会的安全稳定。

为帮助广大师生更好地形成良好的安全理念，养成良好的行为习惯，我们组织部分高校化学和化工专业一线的专业人员编写了这本《实验室化学安全基础》。本书分别介绍了实验室安全；化学品的分类、储存和管理；实验室电气安全；实验室消防安全；实验室仪器设备使用安全；实验室危险废弃物的处理；化工过程安全；实验事故应急处理 8 个部分。

读者通过阅读本书，对化学和化工实验室安全的相关知识会有全面的了解，培养良好的安全意识，养成良好的安全操作习惯；在遇到具体的问题时，通过查阅本书的相关章节，能够很快找到解决途径。通过多年的实践证明，对新生和新进校的老师进行实验室安全教育和培训，能很好地提升他们的安全意识和素养，让大家终身受益。

参加本书编写的人员都是各高校长期工作在实验室管理和实践岗位的技术骨干，在实验室建设和实验室管理方面有丰富的经验。本书既可作为大学本科生、研究生新

生入学进行安全教育的培训教材，也可为在实验室工作的广大高校教师以及科研院所的研究人员作为参考资料使用。

由于编写的时间比较仓促，加之编者水平有限，书中定有不当之处，敬请各位读者批评指正，我们将根据广大读者的意见和建议对本书做进一步的完善。

编 者

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 实验室安全 | 1 |
| 1.1 实验室安全的重要性 | 1 |
| 1.2 实验室常见安全事故类型及原因分析 | 3 |
| 1.3 实验室安全管理的相关法律和法规 | 4 |
| 1.4 化学实验室的基本结构及安全设计 | 5 |
| 1.5 化学实验室安全操作规程 | 7 |
| 1.6 实验室安全标识 | 11 |
| 第 2 章 化学品的分类、储存和管理 | 16 |
| 2.1 危险化学品的分类 | 16 |
| 2.2 危险化学品的购买、存储与管理安全 | 22 |
| 2.3 剧毒化学品的管理 | 25 |
| 2.4 危险化学品的管理 | 27 |
| 第 3 章 实验室电气安全 | 31 |
| 3.1 实验室电气事故及防护 | 31 |
| 3.2 实验室电气设备安全与防护 | 45 |
| 3.3 实验室常用电气设备安全使用知识 | 52 |
| 第 4 章 实验室消防安全 | 55 |
| 4.1 燃烧的基础知识 | 55 |
| 4.2 爆炸的基础知识 | 59 |
| 4.3 火灾的特点和分类 | 64 |
| 4.4 消防设施 | 66 |
| 4.5 报警灭火及应急处理 | 70 |
| 4.6 火场逃生与自救 | 71 |
| 4.7 实验室火灾预防 | 74 |
| 第 5 章 实验室仪器设备使用安全 | 78 |
| 5.1 玻璃仪器使用安全 | 78 |
| 5.2 高压气体及气体钢瓶 | 82 |

►► 实验室化学安全基础 ◀◀

| | | |
|-------------|-----------------------|------------|
| 5.3 | 电气装置的使用 | 85 |
| 5.4 | 机械装置的使用 | 91 |
| 5.5 | 高温(低温)装置的使用 | 93 |
| 5.6 | 高能装置的使用 | 97 |
| 5.7 | 起重设备的使用 | 102 |
| 5.8 | 中大型仪器设备的使用 | 103 |
| 第6章 | 实验室危险废弃物的处理 | 114 |
| 6.1 | 危险废弃物的种类 | 114 |
| 6.2 | 实验室危险废弃物的收集和贮存 | 114 |
| 6.3 | 实验室废弃物的一般处理原则 | 115 |
| 6.4 | 实验室无机类废液的处理 | 117 |
| 6.5 | 实验室有机类废弃物的处理 | 128 |
| 6.6 | 实验室生物类废弃物的处理方法及相关国家标准 | 130 |
| 6.7 | 放射性污染与放射性废物的处理 | 132 |
| 6.8 | 其他危险废弃物的处理 | 134 |
| 第7章 | 化工过程安全 | 135 |
| 7.1 | 化工过程设计安全 | 135 |
| 7.2 | 化工过程操作的安全 | 143 |
| 7.3 | 化工过程维修安全 | 150 |
| 7.4 | 化学品储存和运输安全 | 151 |
| 第8章 | 实验事故应急处理 | 152 |
| 8.1 | 实验室应急设施与事故应急预案 | 152 |
| 8.2 | 心肺复苏术 | 153 |
| 8.3 | 化学品中毒事故的应急处理 | 155 |
| 8.4 | 化学药品灼伤的应急处理 | 158 |
| 8.5 | 化学品泄漏的控制和应急处理 | 159 |
| 8.6 | 火灾性事故及应急处理 | 162 |
| 8.7 | 爆炸事故及应急处理 | 165 |
| 8.8 | 烧烫伤及冻伤的应急处理 | 168 |
| 8.9 | 触电的应急处理 | 169 |
| 8.10 | 气体泄漏的应急处理 | 170 |
| 8.11 | 放射性物质泄漏事故及应急处理 | 171 |
| 8.12 | 生物安全事故的应急处理 | 171 |
| 参考文献 | | 175 |

第 1 章 实验室安全

高等学校实验室作为实践教学的基地，既是培训本科生、研究生实验能力及专业技能的重要场所又是培养学生创新能力和科研素质的重要基地，是高等教育“培养适应新世纪我国现代化建设需要的具有创新精神、实践能力和创业精神的高素质人才”的主要领域。

随着高等学校的快速发展，办学规模的不断扩大，实验室安全问题也日益严峻。近年来高等学校实验室安全事故频出，轻者造成实验仪器、设施损毁，实验进展终止；重者造成实验人员伤亡；同时对出事校方、院系也造成不良的社会影响。加强高等学校实验室安全工作刻不容缓。

1.1 实验室安全的重要性

1.1.1 实验室安全内涵

高等学校实验室安全涉及人身、化学品、防火防爆、用水用电、实验操作、仪器设备、辐射、危险废物处置及环保、病原微生物、科研成果保密、物质财产的防盗等诸多方面，是高等学校实验室建设与管理的重要组成部分，也是校园安全教育与文化的重要组成部分。

1.1.2 实验室安全的重要意义

1. 实验室安全是贯彻“以人为本”理念，保证师生人身安全的基本需要

高等教育“以人为本”，高校的一切工作都是为学生服务的，学校以学生为主体，以教师为主导，“以人为本”是教学、科研工作的灵魂。高等学校实验室的主体是人，人的生命是最宝贵的社会财富，而人身安全则是人不同需求层次中最为基本、重要的一个。生命安全得不到保障还谈什么教学、科研？因此，保证实验室安全是尊重人、尊重生命、满足人性安全感的基本需要。在高等学校实验室安全建设中，保障人员的生命安全与健康是一切工作的出发点和立足点。因此，实验室必须首先建立一个安全的教学和科研实验环境，减少实验过程中发生灾害的风险，确保师生员工的安全与健康，“以人为本，生命至上”。

2. 实验室安全是保证高等学校教学、科研工作顺利开展的需要

高等学校担负着知识传播和创新两大任务，即教学和科研。高等学校实验室是高等学校完成实验教学任务的重要基地，也是科技创新的主要场所。实验室由于其自身功能的特殊性，不仅存在各种涉及水、电、气、高温、高压、低温、真空、高速、强磁、辐射等危

►► 实验室化学安全基础 ◀◀

险因素的仪器设备，往往还存放有大量易燃、易爆、有毒、有害的化学、生物药品或试剂，在客观上自身的不安全因素较多。在人员、设施、管理上稍有疏忽就可能发生实验室安全事故。一旦出现安全事故，教学工作或科研工作将会立即中断，甚至终止；仪器、资料可能损毁，为国家财产造成重大损失；当事师生人身安全可能受到威胁，也可能形成对专业的负面认识，这与高等教育教学、科研及服务社会的职责背道而驰。实验室安全无事故，才能为培养学生实验能力、保证教学任务的顺利完成以及进行科学研究创新提供重要平台。只有在安全、稳定、和谐的实验环境下，师生才能精力充沛地投入教与学和科研创新工作中。

3. 实验室安全是高等教育改革与发展的需要

随着我国高等教育事业的迅猛发展和高等教育投入的不断增加，高等学校实验室呈现出设备、药品、技术密集特点。同时高等学校的扩招，使从事实验的本科生及研究生人数大幅增加，从事实验人员的安全素质良莠不齐，实验室安全管理人员相对较少及管理水平相对滞后。这些因素进一步使实验室的安全问题更加复杂而严峻。

在2012年教育部发布的《高等学校“十二五”科学和技术发展规划》中明确指出“高等教育是科技第一生产力和人才第一资源的结合点”，要“进一步强化高校的基础研究主体地位和知识创新体系建设中的重要作用”，要“建设一批学科综合的高水平研究院和国家实验室”“建设一批关键共性技术研发重大平台”“建设一批国家工程（技术）研究中心、国家工程实验室”。高校作为科研创新的主体，其基础地位日益凸显，国家对高等学校科技投入将进一步加大，高等学校实验室中各种贵重、先进的仪器将越来越多。而科学研究实验本身具有探索性和未知性，具有潜在的危险性，实验室安全问题也是从事科学研究的风险问题。在当前实验项目不断增加，实验室开放性和人员流动性不断增强的情况下，保证实验室安全，减少实验研究工作风险，保障实验人员和仪器设备安全，才能实践高校实验室科技创新基地的功能，使国家财产免于损失，保证国家科技战略的实施。

4. 实验室安全是构建平安、和谐校园的需要

实验室一旦发生安全事故，事故责任人不仅可能致伤致残，给个人和家庭的生活造成严重影响；如果是由于自身的原因造成重大安全事故，事故责任人还将会受到行政和经济甚至刑事处罚，其工作和事业发展也会受到影响；事故也会给出事校方造成不良的社会影响，甚至会牵扯上官司和处罚。2008年美国加州大学洛杉矶分校（UCLA）学生 S. Sangji 在化学实验过程中被烧伤致死，S. Sangji 的导师 P. Harran 和 UCLA 也因此牵扯上官司。安全稳定第一，安全问题无小事！保证实验室安全是建设平安、和谐校园的必要条件。

5. 实验室安全是国家法律、法规的要求

为保证人身及财产安全，保护环境，国家出台了一系列安全环保政策法规，如：《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《危险化学品安全管理条例》《易制毒化学品管理条例》《生物安全实验室建筑技术规范》《实验室生物安全通用要求》等。国家教委还颁布了《高等学校实验室工作规程》《国家教育委员会关于加强学校实验室化学危险品管理工作的通知》等章程及通知。这些法律、法规、规章为高等学校实验室安全与环境治理工作提供了法律依据，也为高等学校制定相应的规章制度及实施细则提供了重要指南。

1.2 实验室常见安全事故类型及原因分析

1.2.1 实验室化学安全事故

随着我国高校、科研院所对外开放力度的加大和内部管理体制改革的不断深入,实验室使用频繁,人员集中且流动性大,加之种类繁多的化学药品,尤其是易燃易爆物品、剧毒物品和大量的仪器设备及其技术资料都存放在实验室。这就出现了许多新情况、新问题,其中以实验室安全问题最为突出。实验室事故的不断发生,造成了很大的财产损失和不少的人员伤亡,同时也造成了严重的环境污染。近年来常发生的就有火灾事故、爆炸事故、中毒事故、实验室漏水事故、触电事故和环境污染事故等。因此,重视实验室安全,保障实验者的人身安全、实验室财产安全、防止环境污染在当前显得尤为重要。现举出几个实例说明。

1.2.1.1 浙江大学女博士因一氧化碳中毒而非正常死亡

2009年7月3日,浙江大学理学院化学系教师莫某某、浙江某高校教师徐某某,在浙江大学理学院化学系催化研究所做实验过程中,误将本应接入307实验室的一氧化碳气体接至通向211室输气管。导致正在211室工作的女博士研究生于某昏厥。不知情况、前去营救的袁某某随后也晕倒在地。于某经浙江省立同德医院急救中心抢救无效死亡,袁某某留院观察治疗,于次日出院。教师莫某某和徐某某的行为涉嫌危险物品肇事罪,由公安机关立案调查,并对其采取监视居住的强制措施。浙江大学对理学院分管安全工作负责人、理学院化学系系主任、化学系分管安全工作负责人、化学系催化研究所所长4人停职检查,接受调查。

1.2.1.2 中南大学理学楼的火灾

2011年10月10日中午,中南大学本部化工学院理学楼发生火灾,经现场勘验和调查询问认定,该起事故的原因为存放在实验台下储藏柜内的化学试剂遇水自燃引起的。

中南大学本部化工学院理学楼四楼的药物反应与分离制备室,有一个水槽上的水龙头发生故障,为了让大家不再使用这个水龙头,有人在水槽上盖了一块板子。事发当日上午9点,一些学生在该实验室做卫生,两个半小时后即午饭时间,学生们放下手中的劳动工具离开实验室去食堂用餐。此时故障水龙头漏水,盖在水槽上的板子将水导流到邻近的实验台上,积水越来越多,水溢出了实验台面,流到了实验台下的储藏柜里。储藏柜内存放着金属钠、三氯氧磷等多种化学试剂,它们有着共同的特性——遇水即燃。就在火焰从操作台下储藏柜烧起后的两三分钟,浓烟和异味引起了走廊对面另一实验室内7名学生的注意。发现火情后一人立即向119报警,另一人呼喊楼内的师生疏散,其余人找来灭火器冲进了实验室灭火。此时多种化学试剂正在猛烈燃烧,几个灭火器只是杯水车薪,加之这是一栋建于1960年的苏式砖木结构楼房,耐火等级极低,学生们根本无法阻挡火势的蔓延,只能迅速撤离现场。随后,接到报警的消防官兵赶到现场,火势得到控制,直至大火被完全扑灭。最终近千平方米的楼层过火790平方米,造成损失42.97万元,所幸没有人员伤亡。

►► 实验室化学安全基础 ◀◀

1.2.1.3 美国“T2实验室”反应釜爆炸

这是一起发生于2007年圣诞前夕的严重事故。美国佛罗里达州杰克逊维尔市北部一家名为“T2实验室”化工厂发生的爆炸事故造成了4人死亡、12人受伤的严重后果。

据悉，“T2实验室”化工厂是一家小化工公司，在其生产厂的雇员只有约12名。发生爆炸的当天，工厂工人正在生产甲基环戊二烯三羰基锰。这是一种燃油添加剂，主要用来提高汽油的辛烷值。在生产过程中，有机化合物与金属钠的反应要在一个高压反应容器中进行。据分析，可能因反应器的压力和温度失控造成高压反应容器破裂，容器中的可燃物向外泄漏，与氧气混合燃起大火，继而引发爆炸，放出大量热量。

1.2.2 实验室化学安全事故原因分析

上述事实从反面告诫人们，只有在安全的基础上，才能使实验室诸项工作得以顺利进行。通过对常见的实验室化学安全事故的原因分析发现，造成实验室安全事故的主要原因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，或制造工艺粗糙，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) 操作者不负责任，违章操作。
- (6) 管理上制度不健全。

1.3 实验室安全管理的相关法律和法规

为了保障国家和人民的安全，国家相关部门分别制定了各种法律和法规，涉及安全方面的有《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国消防法》《中华人民共和国保守国家秘密法》及其《实施办法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《危险化学品安全管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《气瓶安全监察规程》《易制爆危险化学品名录》《易制毒危险化学品名录》等。

针对实验室的安全，国家相关部门也制定了相应的国家标准，如《实验室生物安全通用要求》(GB 19489—2008)、对于高压气瓶颜色标志的国家标准(GB 7144—1999)、教育部出台的《教育部直属高等学校国防科技工作保密规定(试行)》和《教育部直属高等学校承担国防科研项目的管理办法(试行)》。针对我国高校的特殊情况，国家教育部和公安部于2009年10月19日联合发布了《高等学校消防安全管理规定》，该规定自2010年1月1日起施行。

世界卫生组织针对生物安全问题还专门制定了《实验室生物安全手册》。

以上法律、法规、国家标准以及手册等都是实验室安全建设和管理的依据。鉴于国内高校最普遍的安全问题主要来自于安全消防，这一问题也是各所高校和有关院所最为关心、急于解决的问题。

1.4 化学实验室的基本结构及安全设计

高校化学实验室不仅要具备实用性，还要具备防水、防火、防腐蚀的功能，此外还需具备良好的通风条件、消毒条件以及各种净化设施。化学实验室的整体工作环境不同于普通的实验室和办公环境，它有着更高技术层面的要求，不同研究领域实验室的需求差别也较大。借鉴境外高校实验室建设和管理的成功经验，结合国内高校的实际情况，高校化学实验室在规划、新建、改建或扩建时，一般应重点考虑以下六个方面。

1.4.1 结构与设计

化学实验室应为一、二级耐火建筑，禁止将木质结构或砖木结构的建筑作为化学实验室。化学实验室的开间一般在3.2~3.6m，进深一般为8m左右。从事爆炸危险性操作的实验室，应选用钢筋混凝土框架结构，并按照防爆设计要求来建设。化学实验室建设设计前要充分了解实验室的功能、规模，考虑实验用房的平面尺寸、所处的楼层、楼层净空高度、房间横梁与地板的高度、天花板与地板的高度、通风产品及通风管道在房间的布局位置、尺寸、墙体窗户位置等因素，综合考虑排风管道、给排水管道、电线管路、燃气管路、空调管路、弱电管线等的走向和尺寸等，做到美观、安全、环保。实验室楼面荷载符合要求和规范。放置大型仪器的实验室的净层高在3.9~4.2m（一般设在底层），普通实验室的净层高在3.8m左右。大实验室的门应采用双开门，门宽度大于1.2m，门应向疏散方向开启，以应对突发事件时人员的逃生。门上应有玻璃观察窗，便于进行安全观察。实验室的窗户窗台以不低于1m为宜，窗户应大开窗，以便于通风、采光和观察。

化学实验室、药品室、仪器室、办公室、实验辅房（药品储藏室、气瓶室）等必须分开，教师办公室、实验员办公室、学生自习室和休息室不得设在化学实验室内。

1.4.2 通风与采光

化学实验室在实验过程中，经常会产生各种有毒有害气体，这些有害气体如不及时排出实验室，会造成室内空气的污染，影响实验室工作人员的健康和安全，影响仪器设备的精度和使用寿命，因此良好的通风系统是实验室不可或缺的重要组成部分。按其动力，通风分为自然通风和机械排风；按其范围，通风又分为全面排风和局部排风。化学实验室除采用良好的自然通风和采光外，常采用机械排风。

全面排风：为了使实验室内产生的有害气体尽可能不扩散到相邻房间或其他区域，可以在有毒气体集中产生的区域或实验室全面排风，进行全面的空气交换。当有毒有害气体排出区域或整个实验室时，同时有一定量的新鲜空气补充进来，将有害气体的浓度控制在最低范围，直至为零。常用的全面排风设施有顶排风、排风扇等。通常情况下，实验室通风换气的次数每小时不少于6次；发生事故后通风换气的次数每小时不少于12次；洁净实验室的新鲜空气量每人每小时不少于30m³。

局部排风：将有害气体产生后立即就近排出，这种方式能以较小的风量排走大量的有害气体，效果好，速度快，耗能低，是目前实验室普遍采用的排风方式。实验室常用的局

►► 实验室化学安全基础 ◀◀

部排风设施有各种排风罩、通风橱、药品柜、气瓶柜、手套箱等，目前用得最多的是各种通风柜和手套箱。

对洁净度、温湿度、压力梯度有特定要求的各类功能实验室，应采用独立的新风、回风、排风系统。通风柜的排风系统应独立设置，不宜共用风道，更不能借用消防风道。通风柜的安装位置应便于通风管道的连接。为了防止污染环境或损害风机，无论是局部排风还是全面排风，有害物质都应经过净化、除尘或回收处理后方能向大气排放。

通风柜是实验室中最常用的局部排风设备，是实验室内环境的主要安全设施。其功能强、种类多，使用范围广，排风效果好。目前常用的通风柜有台式和落地式等款型，实验室根据需要配备。通风橱只有在正确使用的前提下才能提供有效保护，因此正确操作很重要。

通风柜有较强的可变性通风量，它设有轻气、中气、重气通风口及导流板。轻气通风口设在通风柜的顶部，中气通风口设在导流板的中部，重气通风口设在导流板的下部与工作台面之间，利用移动玻璃门的进气气流的推动作用，将有害气体强行排入导流板内，在导流板内进行提速排放。通风柜的补气进气口设在前挡板上，当移动门完全封闭时，可起到补气的功能。导流槽设置在背板和导流板的夹层之间，将通风橱内的有毒气体排入导流槽后，进行风速提速作用。

通风柜顶部、底部和导流板后方的狭缝用于排出污染气体，这些位置的狭缝通道需要一直保持无障碍，便于污染气体的排放。工作时尽量关上通风柜移动玻璃视窗，防止柜内受污染的空气流出通风橱而污染实验室空气。通风柜的面风速一般在 $0.5 \sim 1\text{m/s}$ ，风速太低不起效果，风速太高会造成气流紊乱，影响正常通风效果。不要让通风柜内的化学反应处于长时间无人照看的状态，所有危害材料必须用标签清楚地、精确地标识。不要在通风柜内的同时放置能产生电火花的仪器和可燃化学品，永久性的电器如插座等必须安装在玻璃移门外侧。

通风柜不是储藏柜，有物品堆放会减少空气流通和降低通风橱的抽气效率。通风柜内的工作区域应保持清洁，不可将危险化学品长时间存放在通风柜内，危险化学品只能储存在批准的安全柜内。在工作过程中，切不可将头伸进通风柜内。如果有爆炸或爆炸可能性的实验，需要在柜门内设置适当的遮挡物。实验过程中，实验人员必须始终穿戴合适的个体防护装备。

目前考虑到实验室安全和节能效应，实验室通常采用变风量通风系统（Variable Air Volume System, VAV），通风柜在有人操作的情况下，玻璃移门在任何开度，平均面风速能维持在 0.5m/s 。在无人情况下，面风速能维持在 0.3m/s ，使得经济性和安全性并行。与之相配套的变风量补风系统的补风量应足以保证实验室的压力梯度，其基本要求为：通风柜内的压力 < 实验室房间压力 < 实验楼公共走廊压力 < 室外压力。实验室环境还可根据实验室条件进行相应的压力及温湿度控制，以满足实验人员所需最低温湿度和压力的要求，提高工作效率。

1.4.3 安全通道和安全出口

建筑面积在 30m^2 以上的实验室应设有两个安全出口，实验室通往出口通道的门应朝

疏散方向开启。在实验室中，实验家具之间通道的安全距离应达到1.5~1.8m。

1.4.4 配电和电气设备

实验室的配电容量应留有足够的余地，电器设备应选择防爆型。每个实验室应配备总电源控制箱，控制各种电源插座和电源控制开关，并安装触电保护器。实验台及墙壁上的220V和380V的电源插座根据需求数量安装在适当的位置。照明用电和设备用电应分开，烘箱、高温炉、冰箱等设备应有专用插座、开关和熔断器。实验室内和室外的过道走廊上应安装应急灯，以备夜间或突发事件停电时使用。在具有易燃易爆性的实验室中，应选用防爆型用电设备，如防爆灯、防爆冰箱、防爆空调等。

1.4.5 监控和报警系统

实验室必须配备完善的火灾监控和防爆、应急报警系统并保证能正常运行。消防设施的设置应符合《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)的规定。实验室走道和楼梯，不得堆放易燃易爆物品和杂物，更不准堵塞逃生通道。使用危险气体的实验室应安装气体泄漏报警仪，确保安全。多功能的气体泄漏报警仪应根据不同的气体采用不同的探头，可以检测如氢气、氧气、一氧化碳、硫化氢、氨气、氯气、氯化氢、二氧化硫、磷化氢、卤素气体、氰化氢、可燃气等的浓度并具有报警功能。气体检测报警器的安装位置应靠近释放源并符合相关规范要求。

1.4.6 实验家具与给排水

实验室的各种实验台、实验柜等实验家具的材质应符合国家标准与环保的要求，面材应具备理化性能好、耐腐蚀、易清洗等要求，家具结构应符合人体工效学以及安全操作的要求。实验室的墙体一般应采用表面吸附性小、清洗方便、分隔灵活的建筑材料，实验室地面应采用防滑、耐腐蚀、耐磨损、易冲洗的建筑材料。实验室的水槽、下水管道等应耐酸碱及有机溶剂，并采取防堵塞、防渗漏措施。实验室给水系统应满足实验室的过程用水、日常用水和消防用水。实验室的给排水管道应符合化学实验室的特殊要求，排水管应通入废水收集池。废水收集池中的水经处理达到排放标准后方可排入城市排水管网。

1.5 化学实验室安全操作规程

化学实验室操作和实验室内贮存、使用及弃置化学品的安全操作规程，实验人员必须遵守。化学品包括化学元素、化合物、混合物、商业用化工产品、清洁剂、溶剂及润滑剂等。大多数化学品都具有毒性、刺激性、腐蚀性、致癌性、易燃性或爆炸性等危险危害性。有些化学品单独使用时是安全的，但实验中按实验安排或意外跟其他化学品混合，却可能有危险，故接触和使用化学品的人员必须清楚地知道化学品单独使用或其他化学效应可能引起的危险情况，并采取适当的控制和预防措施。

1.5.1 化学实验室安全操作若干具体规程

(1) 化学实验时应打开门窗和通风设备，保持室内空气流通；加热易挥发有害液体、

▶▶ 实验室化学安全基础 ◀◀

易产生严重异味、易污染环境的实验时应在通风橱内进行。

(2) 所有通气或加热的实验(除高压反应釜)应接有出气口,防止因压力过度升高而发生爆炸。需要隔绝空气的,可用惰性气体或油封来实现。

(3) 实验操作时,保证各部分无泄漏(液、气、固),特别是在加热和搅拌时无泄漏。

(4) 各类加热器都应该有控温系统,如通过继电器控温的,一定要保证继电器的质量和有效工作时间,容易被氧化的各个接触点要及时更换,加热器各种插头应该插到位并紧密接触。

(5) 实验室各种溶剂和药品不得敞口存放,所有挥发性和有气味物质应放在通风橱或橱下的柜中,并保证有孔洞与通风橱相通。

(6) 回流和加热时,液体量不能超过瓶容量的 $2/3$,冷却装置要确保能达到被冷却物质的沸点以下;旋转蒸发时,不应超过瓶容积的 $1/2$ 。

(7) 熟悉减压蒸馏的操作程序,不要发生倒吸和爆沸事故。

(8) 做高压实验时,通风橱内应配备保护盾牌,工作人员必须戴防护眼镜。

(9) 保证煤气开关和接头的密封性,实验人员应可独立检查漏气的部位。

(10) 实验室应该备有沙箱、灭火器和石棉布,必须明确何种情况用何种方法灭火,熟练使用灭火器。

(11) 需要循环冷却水的实验,要随时监测实验进行过程,不能随便离开人,以免减压或停水发生爆炸和着火事故。

(12) 各实验室应备有治疗割伤、烫伤及酸、碱、溴等腐蚀损伤的常规药品,清楚如何进行急救。

(13) 增强环保意识,不乱排放有害药品、液体、气体等污染环境的物质。

(14) 严格按照规定放置、使用和报废各类钢瓶及加压装置。

1.5.2 实验室使用和储存危险化学品须知

根据2002年版《危险化学品名录》,实验室危险化学品可分8类,即爆炸品,压缩气体和液化气体,易燃液体,易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品,氧化剂和有机过氧化物,有毒品,放射性物品,腐蚀品。在使用和储存危险化学品时,必须按照标准或规范进行,并加强管理,避免危险事故的发生。

以下按上述分类,对各类危险化学品及其使用和储存的注意事项做简要介绍。

1.5.2.1 爆炸品

2,4,6-三硝基甲苯[别名:TNT或茶色炸药;分子式: $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$]、环三次甲基三硝胺[别名:黑索金;分子式: $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$]、雷酸汞[分子式: $\text{Hg}(\text{ONC})_2$]等。

注意事项:

(1) 应储存在阴凉通风处,远离明火、远离热源,防止阳光直射,存放温度一般在 $15\sim 30^\circ\text{C}$,相对湿度一般在 $65\%\sim 75\%$;

(2) 使用时严防撞击、摔、滚、摩擦;

(3) 严禁与氧化剂、自燃物品、酸、碱、盐类、易燃物、金属粉末储存在一起。

1.5.2.2 压缩气体和液化气体

易燃气体：如正丁烷、氢气、乙炔等。

不燃气体：如氮、二氧化碳、氙、氩、氦、氖等。

有毒气体：如氯（Cl₂）、二氧化硫（别名：亚硫酸酐）、氨等。

注意事项：同各类钢瓶管理规定。

1.5.2.3 易燃液体

汽油（C₅H₁₂ ~ C₁₂H₂₆）、乙硫醇、二乙胺 [(C₂H₅)₂NH]、乙醚、丙酮等。

注意事项：

- (1) 应储存在阴凉通风处，远离火种、热源、氧化剂及酸类物质；
- (2) 存放处温度不得超过 30℃；
- (3) 轻拿轻放，严禁滚动、摩擦和碰撞；
- (4) 定期检查。

1.5.2.4 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品

1. 易燃固体

N, N - 二硝基五亚甲基四胺 [(CH₂)₅(NO)₂N₄]、二硝基萘、红磷等。

注意事项：

- (1) 应储存在阴凉通风处，远离火种、热源、氧化剂及酸类物质；
- (2) 不要与其他危险化学试剂混放；
- (3) 轻拿轻放，严禁滚动、摩擦和碰撞；
- (4) 防止受潮发霉变质。

2. 自燃物品

二乙基锌、连二亚硫酸钠 (Na₂S₂O₄ · 2H₂O)、黄磷等。

注意事项：

- (1) 应储存在阴凉、通风、干燥处，远离火种、热源，防止阳光直射；
- (2) 不要与酸类物质、氧化剂、金属粉末和易燃易爆物品共同存放；
- (3) 轻拿轻放，严禁滚动、摩擦和碰撞。

3. 遇湿易燃品

三氯硅烷、碳化钙等。

注意事项：

- (1) 存放在干燥处；
- (2) 与酸类物品隔离；
- (3) 不要与易燃物品共同存放；
- (4) 防止撞击、震动、摩擦。

1.5.2.5 氧化剂和有机过氧化物

1. 氧化剂

过氧化钠、过氧化氢溶液（40% 以下）、硝酸铵、氯酸钾、漂粉精 [主要成分：次氯

►► 实验室化学安全基础 ◀◀

酸钙, $3\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$]、重铬酸钠等。

注意事项:

- (1) 该类化学试剂应密封存放在阴凉、干燥处;
- (2) 应与有机物、易燃物、硫、磷、还原剂、酸类物品分开存放;
- (3) 轻拿轻放, 不要误触皮肤, 一旦误触, 应立即用水冲洗。

2. 有机过氧化物

过乙酸(含量: 43%, 别名: 过氧乙酸)、过氧化十二酰 [$(\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{CO})_2\text{O}_2$]、过氧化甲乙酮等。

注意事项:

- (1) 存放在清洁、阴凉、干燥、通风处;
- (2) 远离火种、热源, 防止日光暴晒;
- (3) 不要与酸类、易燃物、有机物、还原剂、自燃物、遇湿易燃物存放在一起;
- (4) 轻拿轻放, 避免碰撞、摩擦, 防止引起爆炸。

1.5.2.6 有毒品

1. 剧毒类化学试剂

无机剧毒类化学试剂, 如氰化物, 砷化物, 硒化物, 汞、铊、铊、磷的化合物等。有机剧毒类化学试剂, 如硫酸二甲酯、四乙基铅、醋酸苯等。

2. 毒害化学试剂

无机毒害化学试剂类, 如汞、铅、钡、氟的化合物等。有机毒害化学试剂类, 如乙酸、四氯乙烯、甲苯二异氰酸酯、苯胺等。

注意事项:

- (1) 有毒化学试剂应放置在通风处, 远离明火、热源;
- (2) 有毒化学试剂不得和其他种类的物品(包括非危险品)共同放置, 特别是与酸类及氧化剂共放, 尤其不能与食品放在一起;
- (3) 进行有毒化学试剂实验时, 化学试剂应轻拿轻放, 严禁碰撞、翻滚以免摔破漏出;
- (4) 操作时, 应穿戴防护服、口罩、手套;
- (5) 实验时严禁饮食、吸烟;
- (6) 实验后应洗澡和更换衣物。

1.5.2.7 放射性物品

如铷-60、独居石[成分为 $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})(\text{PO}_4)_3$], 晶体属单斜晶系的磷酸盐矿物]、镭、天然铀等。

注意事项:

- (1) 用铅制罐、铁制罐或铅铁组合罐盛装;
- (2) 实验操作人员必须做好个人防护, 工作完毕后必须洗澡更衣;
- (3) 严格按照放射性物质管理规定管理放射源。

1.5.2.8 腐蚀品

酸性腐蚀性化学试剂如硝酸、硫酸、盐酸、磷酸、甲酸、氯乙酰氯、冰醋酸、氯磺