

化学实验室 安全管理

顾小焱等◎编



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

化学实验室安全管理

顾小焱等 编



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

化学实验室安全管理 / 顾小焱等编. —北京: 科学技术文献出版社, 2017. 5 (2017.10重印)

ISBN 978-7-5189-2593-3

I. ①化… II. ①顾… III. ①化学实验—实验室管理—安全管理
IV. ①06-37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 080941 号

化学实验室安全管理

策划编辑: 于东霞 丁芳宇 责任编辑: 李 鑫 责任校对: 张叫噪 责任出版: 张志平

出 版 者	科学技术文献出版社
地 址	北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部	(010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部	(010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部	(010) 58882873
官 方 网 址	www.stdp.com.cn
发 行 者	科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者	虎彩印艺股份有限公司
版 次	2017年5月第1版 2017年10月第3次印刷
开 本	880×1230 1/32
字 数	153千
印 张	6.75
书 号	ISBN 978-7-5189-2593-3
定 价	28.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《化学实验室安全管理》编写组

(按姓氏拼音排序)

陈维明 顾金凤 顾小焱 郭建国
胡 岗 凌 芳 刘征宙 马兰凤
郑 琦 周晓伟

前 言

化学实验、试验、分析检测等都是在实验室进行的，实验室的安全管理是实验室管理的重要部分，在实验过程中涉及化学品、水、电、气的安全使用，仪器设备的正确操作，化学试剂的安全使用与管理，放射源及具有放射性样品的安全使用与管理，实验产生的三废处理及放射性样品残存物的处理，还会经常遇到高温、低温、高压、真空、高电压、高频和带有辐射源的实验条件与仪器等。这些关系实验人员人身安全及环境保护等诸多问题，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。因此，实验室必须建立健全以实验室主要负责人为主的、各级安全责任人安全责任制和各种安全制度，加强安全管理。

近年来，实验室安全事故尤其是化学实验室安全事故仍不断出现，造成了人员伤亡或财产损失。例如，2015年年底，清华大学何添楼二楼一化学系实验室做常规的催化加氢实验时氢气瓶意外爆炸，发生火灾事故，导致1名博士后实验人员腿伤死亡；2016年9月，东华大学化学化工与生物工程学院合成实验室在进行氧化石墨烯实验时发生了一起爆炸，其中2名学生因化学试剂爆燃导致眼睛和面部灼伤，伤势较为严重。

我国政府对全面加强安全生产源头管控和安全准入工作做出了重要决策部署，颁布了《中共中央、国务院关于推进安全



生产领域改革发展的意见》和《标本兼治遏制重特大事故工作指南》(安委办〔2016〕3号)等一系列文件。要求各企事业单位做实、做细重大安全风险的排查和分级分类的管控工作,着力构建集规划设计、重点行业领域、工艺设备材料、特殊场所、人员素质“五位一体”的源头管控和安全准入制度体系,减少高风险项目数量和重大危险源,全面提升企业和区域的本质安全水平。

任何事物的发生和发展都有其规律可循,通过对实验室安全事故的因果性、潜在性、偶然性和必然性分析,不难发现,在化学实验室安全事故中,人为因素占主要地位。安全意识淡薄是导致实验室安全事故发生的重要原因,通常由个人不规范行为和失误而导致的事故占较大比重。根据中国台湾慈济大学实验室安全卫生教育训练教材,实验室安全事故中由于人为引起的事故比例占98%。由此可见,人为因素在事故预防和发生中起决定性作用。

按照发生概率和危害程度大小划分,化学实验室安全事故主要表现为火灾、爆炸、毒害3种形式。火灾事故多数是由非正确使用或管理电源、不当操作、线路老化等原因造成;爆炸性事故多发生在具有易燃、易爆品或压力容器的实验室;毒害性事故多发生在储存有化学药品和剧毒物质的化学化工实验室。火灾、爆炸、毒害,以及机电伤人及设备损坏事故的发生,多与违规操作、设备老化和管理不善等原因相关。化学实验室安全管理还面临着安全意识淡薄、安全体制不健全、安全教育系统性差等问题。

化学实验室安全是实验室建设和发展的重要组成部分,是一项系统工程。实验室从新建伊始的规划设计到建设期间的改



建、扩建，直至建成之后的运行维护，始终要有安全理念贯穿其中。因此，企业或研究院校需要在实验室建设过程中的每个环节加强安全隐患的排查，将安全隐患消灭在萌芽。同时，需要对实验室安全工作进行系统设计与规划，建立和完善安全管理体系，加强员工的安全教育，开展安全领域的学习研究，通过制度化、规范化和标准化建立长效机制，以保证实验室的可持续安全管理。为此必须强调以下三点。

1. 广泛开展安全教育，提高实验室员工安全素质

安全教育是化学实验室安全管理的重要内容，是保障化学实验室安全的重要措施和关键所在。要建立严格的化学实验室准入制度，做到未经安全培训、未通过考试，任何人都不得进入化学实验室。

2. 明确安全管理机构，建立安全管理体系

化学实验室安全管理体系是一项综合管理体系，包括完善的管理体制、健全的管理制度、安全的教育制度和可靠的安全技术。在建立和完善管理体制的基础上，还需要按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《实验室工作规程》《消防安全管理规定》《易制毒化学品管理条例》《废弃危险化学品污染环境防治办法》等相关国家法律法规制定实验室技术安全管理条例、实验室安全管理规章制度，逐步健全实验室安全与环保管理制度。

3. 深入开展安全研究，逐步建立长效机制

通过制度化、规范化和标准化来建立实验室安全的长效机制；通过大力倡导实验室安全文化，树立安全的价值观念和社会责任意识，运用科学的管理制度和安全技术，为人类建设一个持久安全的物质家园和精神家园。



一、安全文化

安全文化的概念最先是由国际核安全咨询组 (INSAG) 于 1986 年针对核电站的安全问题提出。1991 年出版的《安全文化》(INSAG-4 报告), 给出了安全文化的定义: “安全文化是存在于单位和个人中的种种素质和态度的总和。”文化是人类精神财富和物质财富的总称, 安全文化和其他文化一样, 是人类文明的产物, 安全文化能为科学实验、生产、生活、生存活动提供安全的保证。

安全是从人的身心需要的角度提出的, 是针对人及与人的身心直接或间接相关的事物而言。然而, 安全不能被人直接感知, 能被人直接感知的是危险、风险、事故、灾害、损失、伤害等。

安全文化是安全理念、安全意识及在其指导下的各项行为的总称, 主要包括安全观念、行为安全、系统安全、工艺安全等。安全文化主要适用于高技术含量、高风险操作型企业, 在能源、电力、化工等行业内重要性尤为突出。所有的事故都是可以防止的, 所有的安全操作隐患是可以控制的。安全文化的核心是以人为本, 这就需要将安全责任落实到具体工作中, 通过培育员工的安全价值观和安全行为规范, 营造自我约束、自主管理和团队管理的安全文化氛围, 建立安全生产长效机制。

安全文化是人类在其从事生产、生活乃至实践的一切领域内, 为保障人类身心安全并使其能安全、舒适、高效地从事一切活动, 预防、避免、控制和消除意外事故和灾害, 建立安全、可靠、和谐、协调的环境和安全体系。安全文化的作用是通过对人的观念、态度、行为等深层次的人文因素的强化, 利用教育、宣传、奖惩等手段, 不断提高人的安全素质, 改进其



安全意识和行为，从而使人们自觉主动地按照安全要求，遵章守法。

当然，安全文化除了个人安全理念、安全意识，实验室安全也是必不可少的，化学实验室安全显得尤其突出。

二、化学实验室安全

在化学实验室中，安全是非常重要的，它常常潜藏着诸如发生爆炸、着火、中毒、灼伤、割伤、触电等危险性事故，如何来防止这些事故的发生，以及万一发生又如何来急救？这都是每一个化学实验工作者必须具备的素质。

1. 安全是化学实验室建设和管理中的永恒主题

化学实验室安全管理要从实验室建设开始抓起，实验室的兴建是一项百年大计，它关系到日后的长期使用，所以，如有什么地方考虑不周就有可能给以后的使用造成很大的影响、带来诸多的不便，只有考虑周密才能建立起一个运转高效、功能完善、设备齐全和使用便利的实验室。

2. 标准化和规范化建设是化学实验室安全管理的基础

标准化建设是实验室安全管理体系的物质保障和前提。化学实验室在建设之初，或者扩建改建时，应该依据环保政策法规，依法确立环境友好型的建设方案，并有相应地安全机构为化学实验室的安全标准化建设提供专业规划和技术支持，推进安全标准化和规范化的落实。

实验室要在科学的规划设计和合理的布局基础上，配置完备的安全设施，来满足基本的安全需求，如紧急呼叫设备、警报、灭火器、防火毯、消防沙和安全喷淋设备等。除了有专业消防设施满足基本安全需求，还应该符合化学安全的要求。例



化学实验室安全管理

如，实验操作台面选用耐酸、耐碱、耐热材质；实验通风橱要达到标准风速要求，通风橱选用防爆玻璃等。学习国外实验室的安全预防和应急措施，配备化学实验护目镜、实验服装，以及包括洗眼器、烫伤膏等在内的急救箱等安全设施。

编者：胡岗、马兰凤

目 录

第一章 化学品安全知识	1
一、化学品的燃爆危害.....	3
二、化学品的健康危害.....	8
三、化学品的环境危害.....	19
四、《全球化学品统一分类和标签制度》与 《化学品安全技术说明书》.....	22
第二章 化学实验室设施安全	28
一、化学实验室.....	28
二、化学实验室科研用设备设施.....	38
第三章 化学反应安全预防	49
一、叠氮化试剂及其参与的反应.....	50
二、过氧化物及氮氧化物参与的反应.....	55
三、重氮甲烷及其参与的反应.....	59
四、硝化反应及硝基化合物参与的反应.....	62
五、金属有机化合物及其参与的反应.....	64
六、金属钠、钾、锂及其参与的反应.....	66
七、可能生成危险性产物（副产物）的反应.....	68
第四章 实验员安全常识	73
一、安全教育.....	74



二、合成路线的设计和反应危险性的判断	74
三、反应危险性的定性评估	77
四、化学实验过程综合评估	78
五、科研人员的个人安全防护	79
第五章 管理制度和操作记录	87
一、化学实验室安全管理	87
二、化学实验室设备管理制度	93
三、化学实验室用化学试剂管理制度	98
四、化学实验室用剧毒品管理制度	101
五、化学实验室用易制爆化学品管理制度	104
六、化学实验室用易制毒化学品管理制度	106
七、化学实验室用电管理制度	107
八、化学实验室气瓶管理制度	108
九、实验员安全操作管理制度	110
十、相关的记录表格式	113
第六章 安全评估和应急处理	122
一、化学实验室试验过程安全评估	122
二、事故调查、共享及基于行为的安全管理	129
三、化学实验室常见的几类安全事故应急响应	132
四、应急疏散和演练	152
附录 1 相关法律法规及标准信息等汇总	158
附录 2 《危险化学品目录（2015 版）》	163
附录 3 GB/T 24777—2009 化学品理化及其危险性 检测实验室安全要求	168

附录 4	SY/T 6563—2003 危险化学品试剂使用与 管理规定	173
附录 5	DB35/T 971—2009 检测实验室安全管理要求	178
附录 6	GB/T 16483—2008 化学品安全技术说明书 内容和项目顺序	191
参考文献		202

第一章 化学品安全知识

化学品是指由各种元素组成的纯净物或混合物，与制造方式无关，无论是天然的还是人工制造的都属于化学品。

人工制造化学品可以追溯到古巴比伦和古埃及（炼金术），包括始于中国古代东晋葛洪的炼丹术。14 世纪的文艺复兴和随后的工业革命促进了现代化学的创立和迅速发展，如今一些天然产物也可以人工合成，且与天然产物相比其价格更便宜也更容易获得。例如，现在的胰岛素都是人工合成的，并且与人体胰岛素没有任何区别。这些医用化学品是延长人类寿命的众多措施之一。

近几个世纪以来，化学科学特别是化学合成技术的快速发展，使得化学家可以根据人类生存和发展的需要制造出大量的新化学品。据美国化学文摘社数据，目前人类已知的化学物质多达 1.25 亿种，其中超过半数为基因序列，已作为商品上市的化学品有数百万种，经常使用的有 7 万多种，现在每年全世界新出现的化学品有 1000 多种。人们在日常生活中广泛使用着各种日用化学品，如除虫剂、消毒剂、洗涤剂、干洗剂等。

绝大多数化学品对人体是无毒无害或低毒的，但还是有一些化学品对体会造成严重伤害或毒害。我们将具有易燃、易爆、有毒、有害、有辐射等特性，可以对人员、设施、环境造成伤害或损害的化学品统称为危险化学品。

危险化学品对人体的伤害和毒害可以分为燃爆危害、健康



危害和环境危害三类。

化学品的燃爆危害（即物理危害）是指化学品由于燃烧、爆炸产生的风险，所涉及的化学品包括爆炸物、易燃气体、易燃气体溶胶、氧化性气体、高压气体、易燃液体、易燃固体、自发反应物质、自燃液体、自燃固体、遇水会放出易燃气体的物质、氧化性液体、氧化性固体、有机过氧化物、金属腐蚀剂等。

化学品的健康危害是指由于化学品对人体组织和器官造成的损害，包括急性毒性、皮肤刺激或过敏、眼损伤、呼吸刺激或过敏、吸入毒性或窒息、生殖细胞突变、生殖毒性、致癌、特异性靶器官毒性等。

化学品的环境毒性是指化学品的环境污染引起对环境中相关生物的毒害，包括急性水生毒性和慢性水生毒性。

化学品对人员、设施和环境可能造成的危害及程度取决于化学品的品种、数量、浓度、环境条件、防护和处理措施。化学品对人员的危害程度与化学品的种类和浓度有关。例如，浓盐酸（36% 的 HCl ，约 12 mol/L ）对人体有毒害作用，接触浓盐酸蒸气或烟雾，可引起急性中毒，眼和皮肤接触可致灼伤，出现结膜炎，鼻及口腔黏膜有烧灼感，鼻衄、齿龈出血，气管炎等，误服可引起消化道灼伤、溃疡形成，还有可能引起胃穿孔、腹膜炎等；但是稀盐酸（10% 的 HCl ，约 3 mol/L ）可做药用〔《中华人民共和国药典（2010 版二部）》第 1238 页〕，对人体不存在上述毒害作用，稀释后口服，用于治疗胃酸缺乏症。化学品对人员、设施 and 环境的危害也和现场的环境条件有关。例如，乙醇作为易燃化学品，在空气中的体积分数达到 $4.3\% \sim 19.0\%$ 时，遇明火或高热即发生爆炸，因此现场通风，确保附近没有明火，可以有效防止乙醇引起的爆炸。由此可见，实验人员的个人防护和处理措施可以有效隔离或减少化学品对人体的各种危害。



一、化学品的燃爆危害

在化学品安全中,化学品的燃爆危害由于对人员、设施和环境的影响范围大,伤害和后果明显而备受重视。燃爆的本质是物质发生强烈的氧化还原反应,放出巨大的热量,促使氧化还原反应得以持续。发生燃爆需要满足3个要素,即可燃物、助燃物、点火源,与此同时可燃物和助燃物的量要在一定范围内,点火源要有足够的能量。燃爆三要素中,作为可燃物的化学品本身的性质,包括化学品的存在形态,与燃爆的关系最为密切。

通常以固体形态存在的金属铝不是可燃物,但是铝粉却是可燃物。例如,1963年6月16日上午,天津某铝制品厂发生铝粉爆炸事故,伤亡职工43人,其中死亡19人,受伤24人,炸毁厂房678 m²、各种设备21台,经济损失上百万元。2014年8月2日上午,江苏昆山开发区某金属制品有限公司发生铝粉爆炸,当天就导致65人死亡、120余人受伤。国内外的研究表明,铝粉在空气中的爆炸下限为37~50 mg/m³,最低点火温度为645℃,最小点火能量为15 mJ,最大爆炸压力可达6.3 kg/cm²(相当于每平方米面积上瞬间增加63 t的重量);在氮气中铝粉爆炸最低氧含量为9%,爆炸时产生的空气温度高达2000~3000℃。因此在化学危险物品管理中,铝粉被列为二级易燃物品。其他物质具有类似特点,有些通常不易引起爆炸的物质在成为粉尘状态时变成极其危险的爆炸物,包括金属(如镁粉、铝粉)、煤炭、粮食(如小麦、淀粉)、饲料(如血粉、鱼粉)、农副产品(如棉花、烟草)、林产品(如纸粉、木粉)和合成材料(如塑料、染料)。这些物质的粉尘易发生爆炸燃烧的原因是都有较强的还原剂如氢、碳、氮、硫等元素存在,当易爆粉尘与空气或其他助燃剂共存时便发生分解,由氧化反应



产生大量的气体，或者气体量虽小，但释放出大量的燃烧热，如铝粉。

1. 燃爆类型和燃爆过程

化学品的燃烧按其要素构成的条件和瞬间发生的特点，可分为闪燃、着火和自燃 3 种类型，化学品爆炸可按爆炸反应物质分为简单分解爆炸、复杂分解爆炸和爆炸性混合物爆炸 3 种类型。简单分解爆炸是指引起简单分解的爆炸，在爆炸时并不一定发生燃烧反应，其爆炸所需要的热量是由爆炸物本身分解产生的，属于这一类的爆炸物有乙炔银、叠氮铅等，这类物质受轻微震动即可能引起爆炸，十分危险。此外，还有些可爆气体在一定条件下，特别是在受压情况下，能发生简单分解爆炸。例如，乙炔、环氧乙烷等在压力下的分解爆炸。复杂分解爆炸是指其爆炸时伴有燃烧现象，燃烧所需的氧由本身分解产生，如梯恩梯、黑索金等。爆炸性混合物爆炸是指化学品与空气（氧）的混合物发生的爆炸，所有可燃性气体、蒸气、液体雾滴及粉尘与空气（氧）的混合物发生的爆炸均属此类。这类混合物的爆炸需要一定的条件，如混合物中可燃物浓度、含氧量及点火能量等。实际上，这类爆炸就是可燃物与助燃物按一定比例混合后，遇到点火源发生的带有冲击力的快速燃烧。

研究表明燃爆可以分成 4 种类型：燃烧、分解爆炸性气体爆炸、粉尘爆炸和蒸气云爆炸，对于常规化学实验室，燃烧和分解爆炸性气体爆炸是最常见的燃爆类型，除了一些熔点较高的无机固体，可燃物质的燃烧一般是在气相中进行的。由于可燃物质的状态不同，其燃烧过程也不相同。相对于可燃固体和液体，可燃气体最易燃烧，燃烧所需要的热量只用于本身的氧化分解，并使其达到着火点，气体在极短的时间内就能全部燃尽。液体在点火源作用下，先蒸发成蒸气，然后氧化分解进行燃烧。固体燃烧一般有两种情况：对于硫、磷等简单物质，受