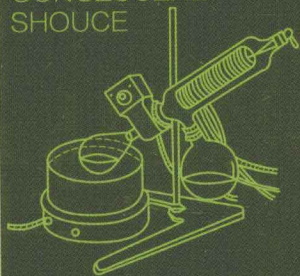


HUAXUE
GONGZUOZHE
SHOUCE



化学工作者手册

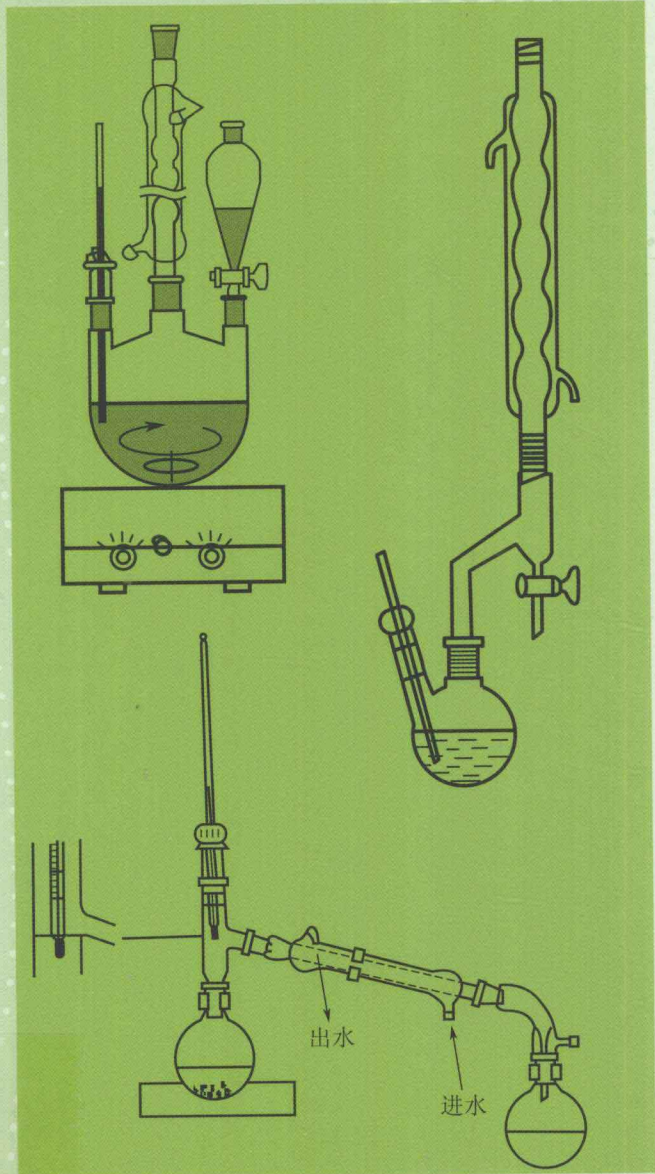
有机化学实验室 技术手册

汪秋安

范华芳

廖头根

编



化学工业出版社

YOUJI HUAXUE SHIYANSHI
JISHU SHOUCE

化学工作者手册

有机化学实验室技术手册

汪秋安 范华芳 廖头根 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书包含有机化学实验的一般知识、有机化学实验基本操作技术、有机化学实验无水无氧操作技术、有机化学实验特殊操作技术、有机化学实验常用催化剂和试剂及中间体的制备，并精选了18个现代有机化学实验。本书系统实用，简明扼要，便于查阅。

本书可作为从事有机合成和制药工业研发人员的工具参考书，也可供高校化学、有机化学、药物化学、应用化学和化工等专业师生学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学实验室技术手册/汪秋安, 范华芳, 廖头根
编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 3

(化学工作者手册)

ISBN 978-7-122-12660-3

I. 有… II. ①汪…②范…③廖… III. 有机化学-
实验室-技术手册 IV. 062-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 215830 号

责任编辑: 成荣霞

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 周梦华

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 27 字数 546 千字 2012 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 89.00 元

版权所有 违者必究

前 言

有机化学是一门应用性很强的学科，学生在掌握该学科基本理论的同时，还必须具备熟练操作实验的技能。有机化学实验是化学、应用化学、化学工程与工艺、药学、生命科学、环境科学、材料科学等多学科的学生必修课程。为了帮助相关专业大学本科生、研究生以及有关教学、科研人员更好地理解 and 掌握有机化学实验的基本原理、实用知识、操作方法和实验技能等，更好地解决学习、科研和技术开发中的实际问题，特编写了本手册。希望该手册能成为学习有机化学实验的必备书，指导读者快速熟悉有机化学实验室中所用仪器的使用方法和进行有机化学实验所需的操作技能，增强读者的绿色化学意识和安全意识。

本手册包含有机化学实验的一般知识、有机化学实验基本操作技术、有机化学实验无水无氧操作技术、有机化学实验特殊操作技术、有机化学实验常用催化剂和试剂及中间体的制备，并精选了 18 个现代有机化学实验，另有附录。力求做到内容全面、概念清楚、便于查阅。

本手册可作为从事有机合成和制药工业研发人员的常备常用和不可或缺的工具参考书，也可供高校化学、化工和药物化学、有机化学、应用化学等专业的师生使用。

本手册在编写过程中参考了一些相关的教材、专著、其他的化学手册和文献等，令笔者受益匪浅，主要参考资料已列于书后。本书的编写、绘图还得到了吴峥、汪钢强、范文金、刘双等博士和硕士研究生的帮助，在此一并致谢。由于编者水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者和同行不吝赐教和指正。

编著者

2011 年 10 月

目 录

第 1 章 有机化学实验的一般知识	1
1.1 有机化学实验室规则	1
1.2 有机化学实验安全常识	2
1.3 危险化学品药品的使用与保存	4
1.3.1 易燃化学药品	4
1.3.2 易爆炸化学药品	4
1.3.3 有毒化学药品	5
1.4 有机化学实验废物处理	7
1.4.1 有机化学实验常见废液的处理	8
1.4.2 部分常见有机试剂的回收	9
1.4.3 废气的吸附	10
1.5 实验预习、记录和实验报告	10
1.5.1 实验预习、记录	10
1.5.2 实验报告	11
1.5.3 实验报告书写实例	12
1.6 有机化学实验玻璃仪器	13
1.7 玻璃仪器的洗涤与干燥	16
1.7.1 玻璃仪器中污物的处理方法	16
1.7.2 常用洗液简介	17
1.7.3 玻璃仪器洗涤方法	17
1.7.4 玻璃仪器的干燥	18
1.7.5 与玻璃仪器配套使用的一些常见器具	19
1.8 绿色有机化学实验	20
1.8.1 微量、半微量合成有机化合物	21
1.8.2 使用环境友好催化剂提高原子利用率	22
1.8.3 使用环境友好介质改善合成条件	24
1.8.4 运用高效的多步合成技术	24
1.8.5 发展和应用安全的化学品	25
1.9 实验方案优化设计	25
1.9.1 多因素实验问题	26
1.9.2 正交实验	27

1.10	有机化学实验文献及查阅	32
1.10.1	文献检索的一般知识	32
1.10.2	期刊论文	33
1.10.3	专利文献	36
1.10.4	词典、专著、百科全书	39
1.10.5	CA 及 SciFinder	41
1.10.6	检索实例	42
1.10.7	科学引文索引	47
1.10.8	一些常用的网上资源	48
1.11	有机化学实验常用软件及使用	49
1.11.1	化学结构式编辑软件	49
1.11.2	核磁数据处理软件	54
1.11.3	文献管理软件	57

第 2 章 有机化学实验基本操作技术 64

2.1	玻璃加工操作与塞子的加工	64
2.1.1	喷灯和火焰	64
2.1.2	简单玻璃工操作	66
2.1.3	塞子的加工	67
2.2	加热及冷却	68
2.2.1	加热	68
2.2.2	回流加热	69
2.2.3	冷却	71
2.3	搅拌	73
2.3.1	磁力搅拌器	73
2.3.2	机械搅拌器	74
2.4	有机物干燥	76
2.4.1	液体的干燥	76
2.4.2	固体的干燥	78
2.4.3	气体的干燥	78
2.5	物理常数的测定	79
2.5.1	熔点	79
2.5.2	沸点	83
2.5.3	折射率	84
2.5.4	旋光度	86
2.5.5	密度的测定	90
2.6	蒸馏与分馏	90

2.6.1	简单蒸馏方法	91
2.6.2	分馏	93
2.6.3	共沸蒸馏	95
2.6.4	水蒸气蒸馏	98
2.6.5	减压蒸馏	101
2.6.6	分子蒸馏	106
2.7	萃取与洗涤	107
2.7.1	基本原理	107
2.7.2	实验操作	110
2.8	结晶与重结晶	114
2.8.1	实验原理	114
2.8.2	重结晶的操作方法	117
2.9	升华	122
2.9.1	实验原理	122
2.9.2	操作方法	122
2.10	色谱法	123
2.10.1	柱色谱	123
2.10.2	薄层色谱	127
2.10.3	纸色谱	130
2.10.4	气相色谱	132
2.10.5	高效液相色谱	137
2.10.6	离子交换色谱	142
2.10.7	凝胶色谱	144
2.11	波谱法	146
2.11.1	质谱 (MS)	146
2.11.2	紫外-可见吸收光谱	156
2.11.3	红外光谱	160
2.11.4	核磁共振谱	163
2.12	元素分析	179
2.12.1	实验原理	180
2.12.2	仪器的组成和操作流程	180
2.13	晶体培养与 X 射线单晶衍射实验	181
2.13.1	基本原理	181
2.13.2	X 射线衍射仪器	182
2.13.3	单晶的培养	183
2.13.4	晶体的挑选与安置	188

第3章 有机化学实验无水无氧操作技术 192

3.1 概述	192
3.2 真空实验	194
3.3 惰性气体的纯化	197
3.3.1 脱水方法	197
3.3.2 脱氧方法	198
3.3.3 惰性气体纯化装置及安装注意事项	200
3.4 普通惰性气体气氛下进行反应的技术	201
3.4.1 Schlenk 操作技术	201
3.4.2 普通惰性气氛下的反应操作	202
3.5 试剂的转移	207
3.5.1 液体的转移	207
3.5.2 气体的转移	211
3.5.3 固体试剂的转移	214
3.6 反应产物的分离纯化技术	214
3.6.1 过滤	215
3.6.2 离心	215
3.6.3 结晶	216
3.6.4 升华	217
3.6.5 蒸馏	218
3.6.6 提取	219
3.6.7 色谱分离法	219
3.6.8 样品的保存与转移	220
3.7 产物的分析技术	222
3.7.1 熔点	222
3.7.2 元素分析	222
3.7.3 红外光谱	223
3.7.4 X 衍射单晶结构分析	224
3.7.5 核磁共振	226
3.8 易燃性物质使用的操作法	227
3.8.1 碱金属类	227
3.8.2 氢化还原反应后的催化剂类	228
3.8.3 烷基铝类	228
3.8.4 二烷基锌类试剂	229
3.8.5 三价磷化合物	230
3.8.6 氧化剂与可燃性有机溶剂	230

3.9 无水无氧溶剂和试剂的处理	230
3.10 无水无氧溶剂的处理方法	237

第4章 有机化学实验特殊操作技术 **244**

4.1 有机化学高压合成技术	244
4.1.1 高压实验装置	244
4.1.2 气体钢瓶、减压阀及使用	245
4.1.3 催化氢化	248
4.1.4 臭氧化实验	251
4.2 有机电化学合成技术	252
4.2.1 电化学合成原理	253
4.2.2 电解装置与电解方式	254
4.2.3 反应装置	255
4.2.4 电极材料及其修饰	255
4.2.5 隔膜材料	257
4.2.6 溶剂和支持电解质	258
4.2.7 有机电合成实验方法	258
4.3 有机光化学反应合成技术	259
4.3.1 光化学基本定律	259
4.3.2 电子跃迁及能量衰减	260
4.3.3 量子产率	263
4.3.4 光化学反应量子产率的测定	265
4.3.5 光化学反应器	267
4.4 微波辐照有机合成	268
4.4.1 微波作用原理	268
4.4.2 微波有机合成装置	269
4.4.3 微波有机合成应用	271
4.5 有机声化学合成技术	272
4.5.1 超声波的作用原理	272
4.5.2 声化学反应器	273
4.5.3 超声波强化提取技术	275
4.6 有机化学相转移催化合成技术	275
4.7 生物催化在有机合成中的应用	281
4.8 固相有机合成	283
4.8.1 固相有机合成基本原理及特点	284
4.8.2 固相合成载体	285
4.8.3 固相合成方法	285

4.9 组合化学合成	289
4.10 非传统溶剂中的有机合成	290
4.10.1 水介质中的有机合成	291
4.10.2 离子液体作介质的有机合成	293
4.10.3 超临界流体中的有机合成与萃取	294
4.10.4 氟碳两相在有机合成中的应用	298

第5章 有机化学实验常用催化剂、试剂和中间体的制备 300

5.1 钨催化剂的制备	300
5.2 瑞尼镍催化剂的制备	302
5.3 一些常用还原剂的制备	307
5.4 一些常用氧化剂的制备	311
5.5 其他常用催化剂的制备	316
5.6 一些常用有机碱的制备	320
5.7 一些有机合成常用试剂的制备	326
5.8 一些有机合成中间体的制备	338
5.9 一些特殊试剂的配制与精制	351

第6章 现代有机化学实验精选 355

实验一 2-甲基-2-己醇的合成	355
实验二 乙酰乙酸乙酯的合成	358
实验三 苯硼酸的合成	360
实验四 二茂铁的合成	362
实验五 乙酰二茂铁的合成	366
实验六 4-甲基联苯的合成	368
实验七 葡甲胺的合成	370
实验八 相转移催化合成 <i>dl</i> -扁桃酸	371
实验九 外消旋萘普生 (naproxen) 的光学拆分	373
实验十 (S)-(+)-3-羟基丁酸乙酯的生物催化合成	376
实验十一 有机电化学合成碘仿	378
实验十二 苯片呐醇和苯片呐酮的合成	380
实验十三 苯甲酸乙酯的微波合成	382
实验十四 声化学法合成 1-(2,3-二甲氧基)苯基-2-硝基乙烯	384
实验十五 异噻唑啉的固相合成	385
实验十六 离子液体中由二甲氧基丙烷催化裂解合成 2-甲氧基丙烯	387
实验十七 从茶叶中提取咖啡因	390
实验十八 槐花米中芸香苷的提取、分离和鉴定	392

附录	397
1 常用压力、压强单位换算表	397
2 常用的量及其单位的名称和符号	397
3 常用酸碱试剂的密度和浓度	398
4 温度单位换算表	398
5 常见同位素的精确质量和天然丰度	398
6 常用有机溶剂中的含水量	399
7 有机化学文献和手册中常见的英文缩写和名称	399
8 有机化学实验常用名词术语英汉对照表	400
9 安全知识	401
10 有毒化学药品	403
11 实验室常用液体有机化合物毒性数据	405
12 部分高压气瓶的瓶身颜色与标志	407
13 普通有机溶剂中、英文对照及沸点、密度表	407
14 试剂规格和适用范围	408
15 常用 pH 缓冲溶液的配制和 pH 值	409
16 水的饱和蒸气压	410
17 核磁共振使用的气代溶剂数据简表	410
18 常见杂质在 HNMR 谱中的化学位移值 (δ)	411
19 常用共沸物组成表	414
20 有机实验中常用有机化合物的物理常数	416
21 常用洗液的配制与适用范围	419
参考文献	421

第 1 章 有机化学实验的一般知识

有机化学是一门实验性很强的学科。有机化学实验教学是培养学生掌握有机化学实验基本操作、基本技能的必经手段。同时也是培养学生理论联系实际、实事求是、严谨的科学态度、良好的工作习惯和创新能力的一个重要环节。本章介绍有机化学实验的一般知识，了解进入实验室后应该注意的事项及有关规定，重点是有机化学实验的安全常识和绿色有机化学实验基本知识，并介绍一些有机化学实验常用玻璃仪器及其使用方法。

1.1 有机化学实验室规则

为了保证有机化学实验正常、有效、安全地进行，保证实验课的教学质量，进入实验室的学生必须遵守下列规则。

(1) 做好实验前的准备工作，包括预习有关实验的内容，了解实验的目的、原理、合成反应及实验过程中可能出现的问题。查找实验中所需的有关试剂与药品的物理常数、查阅相关的理论和参考资料、找全所需要的器材，以免临时慌乱。写好实验预习报告，方可进入实验室；没达到预习要求者，不得进行实验。准备工作做得好，不仅能保证实验顺利进行，而且可以从实验中获得更多的知识。

(2) 进入实验室时，应熟悉实验室及其周围的环境，熟悉灭火器材、急救药箱的使用及放置的地方。严格遵守实验室的安全守则和每个实验操作中的安全注意事项。如有意外事故发生应立即报请老师或实验室管理人员处理。进入实验室必须穿着实验服，实验室内不得吃东西和吸烟。

(3) 每次实验时，将实验装置组装好后，要经实验指导教师检查合格后，方可进行下一步操作。在操作前，要想好每一步操作的目的、意义、实验中的关键步骤、难点及注意事项，了解所用药品的性质及应注意的事项。

(4) 实验时应保持安静，遵守纪律。要求精神集中、认真操作、细致观察、积极思考、忠实记录。不得擅自离开。

(5) 实验中要遵从教师的指导，严格按照实验指导书所规定的步骤、试剂的规格和用量进行实验。若要更改，必须经指导教师同意后，才可改变。

(6) 应经常保持实验室的整洁。暂时不用的器材，不要放在桌面上，应保存在柜内，以免碰倒损坏。污水、污物、残渣、火柴梗、废纸、塞芯和玻璃碎片等分别放在指定的地点，不得乱丢，更不得丢入水槽，废酸和废碱应分别倒入指定的回收缸中。

(7) 爱护公共仪器和工具, 在指定的地点使用, 并保持整洁。要节约用水、电、煤气和药品。仪器损坏应如实填写破损单按规定补充或修理, 并视具体情况酌情办理赔偿手续。

(8) 实验完毕后, 要将个人实验台面打扫干净, 仪器洗净并放好, 拔掉电源插头, 关闭水、电和煤气开关。实验结果由指导教师登记, 实验产品回收统一管理。请指导教师检查、签字后方可离开实验室。课后, 按时写出符合要求的实验报告。

(9) 学生要轮流值日, 值日生应负责整理好公用器材, 打扫实验室, 倒净废物缸, 检查水、电、煤气开关是否关闭, 关好门窗。离开实验室前, 再请指导教师检查、签字。

1.2 有机化学实验安全常识

有机化学实验常使用一些易燃、易挥发的试剂如乙醚、酒精等。有些试剂如硫酸、溴、苯酚等, 能腐蚀皮肤、衣服及实验室设备; 有些具有不同程度的毒性。使用这些药品若不小心就有可能发生事故。所以实验者应当注意以下几点。

(1) 实验开始前应检查仪器是否完整无损, 装置是否正确稳妥。

(2) 使用和处理易挥发易燃烧的溶剂时应远离火源, 加热反应物应根据液体沸点的高低使用石棉网、水浴或套式电热器, 切忌直接用火焰加热烧瓶。

(3) 取用试剂不得用手直接接触, 对有毒或有恶臭物质的实验应在通风柜或室外进行。

(4) 实验废液不可随意倾倒, 应倒入指定的回收瓶或废液桶。反应中未耗尽的金属钠只能倒入一小杯酒精中使其慢慢销毁。

(5) 玻璃管或温度计插入塞中应先检查塞孔大小是否合适, 管口是否平光并用布裹住或用水、甘油等润滑后慢慢旋入, 防止因玻璃管折断而伤手指。

(6) 实验室内禁止吸烟, 禁止用烧杯当饮用水杯, 以防意外。

因各种原因而发生事故后, 千万不要慌张, 应冷静沉着, 立即采取有效措施处理事故。下面介绍常见事故的简单处理方法。

(1) 起火

① 小火、大火: 小火用湿布、石棉布或砂子覆盖物; 大火应使用灭火器, 而且需根据不同的着火情况, 选用不同的灭火器, 必要时应报火警(119)。

② 油类、有机溶剂着火: 切勿用水灭火, 小火用砂子或干粉覆盖灭火, 大火用二氧化碳灭火器灭火, 亦可以用干粉灭火器灭火。

③ 精密仪器、电器设备着火: 切断电源, 小火可用石棉布或湿布覆盖灭火, 大火用四氯化碳灭火器灭火, 亦可以用干粉灭火器灭火。

④ 活泼金属着火: 可用干燥的细砂覆盖灭火。

⑤ 纤维材质着火: 小火用水降温灭火, 大火用泡沫灭火器灭火。

⑥ 衣服着火：应迅速脱下衣服或用石棉覆盖着火处或卧地打滚。

(2) 触电 首先拉开电闸切断电源，或尽快地用绝缘物（干燥的木棒、竹竿等）将触电者与电源隔开，必要时再进行人工呼吸。

(3) 割伤 先将在伤口中的异物取出，不要用水洗伤口，伤轻者可涂以紫药水（或红汞、碘酒）；伤势较重时先用酒精清洗消毒，再用纱布按住伤口，压迫止血，立即送医院治疗。

(4) 烫伤 被火、高温物体或开水烫伤后，不要用冷水冲洗或浸泡，若伤处皮肤未破，可将饱和 NaHCO_3 调成糊状敷于伤处，也可以用 10% 的高锰酸钾溶液或者苦味酸溶液洗灼伤处，涂上凡士林或烫伤膏。

(5) 试剂灼伤

① 酸、碱腐蚀 首先用大量的水冲洗，然后，酸腐蚀用饱和 NaHCO_3 溶液（或稀氨水、肥皂水）冲洗，碱腐蚀用 1% 柠檬酸或硼酸溶液冲洗，再用清水冲洗，涂上凡士林。若手被氢氟酸腐蚀，应用水冲洗后再以稀苏打溶液冲洗，然后浸泡在冰冷的饱和硫酸镁溶液中半小时，最后再敷以 20% 硫酸镁、18% 甘油、1.2% 盐酸普鲁卡因和水配成的药膏。

② 溴、苯酚 立即用大量水洗，然后用酒精轻轻擦洗至伤处呈白色，然后涂上甘油。若试剂溅入眼内，无论何种试剂溅入眼内，首先采取的应急措施是用大量水冲洗，然后弄清何物溅入眼中，采取相应措施。

最后需去医疗部门做进一步处理。

(6) 吸入刺激性或有毒气体 吸入 Br_2 、 Cl_2 或 HCl 气体时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气，使之解毒。吸入 H_2S 或 CO 气体而感到不适者，应立即到室外呼吸新鲜空气。

(7) 毒物进入口内 将 5~10mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温开水中，内服，然后用手指伸入咽喉部，促使呕吐，再立即送医院治疗。

(8) 伤势严重者立即送医院诊治。

实验室应配备常用的防火器材及各种应急外用药品。

实验室常备灭火器的药液成分和适用范围见表 1.1。

表 1.1 常用灭火器的适用范围

灭火器类型	药液成分	适用范围
泡沫灭火器	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 NaHCO_3	油类
二氧化碳灭火器	液态 CO_2	电器、小范围油类
干粉灭火器	NaHCO_3 等	油类、可燃气体、电器等
四氯化碳灭火器	液态 CCl_4	电器、小范围汽油、丙酮等

注意：泡沫灭火器不能用于电线起火而引起的火灾；二氧化碳灭火器不能用于活泼金属的失火；四氯化碳灭火器也不能用于活泼金属的失火，因为 CCl_4 与 K、

Na 等发生剧烈反应，甚至爆炸；电石、CS₂ 的失火也不能用 CCl₄ 灭火，因为它们相互作用可产生光气一类的毒气。

1.3 危险化学药品的使用与保存

根据常用的一些化学药品的危险性，大体将化学药品分为易燃、易爆和有毒三类，现分述如下。

1.3.1 易燃化学药品

可燃气体：氢、乙胺、氯乙烷、乙烯、煤气、氢气、硫化氢、甲烷、氯甲烷、二氧化硫等。

易燃液体：汽油、乙醚、乙醛、二氧化碳、石油醚、苯、甲苯、二甲苯、丙酮、乙酸乙酯、甲醇、乙醇等溶剂。

易燃固体：红磷、三硫化二磷、萘、铝粉等，黄磷为自燃固体。

实验室内经常使用的易燃性物质还有金属类、氢化反应的催化剂、三价磷化合物、氧化剂以及金属有机化合物等。着火的直接原因是这些物质与（空气中的）氧气发生反应，因此在使用与处理时应尽量避免这些物质与氧气（空气）的接触。另外，碱金属与水剧烈反应产生氢气，也是着火的一个原因，在使用时应注意防止湿气。大部分有机溶剂均为易燃物质，如使用或保管不当极易引起燃烧事故。

易燃性物质使用与处理的一般注意事项如下。

(1) 确认周围没有易燃性物质（特别是有机溶剂），所有的操作均在通风橱内进行。

(2) 使用金属钠、钾时，确认附近没有敞口的低级卤代烃（二氯甲烷、氯仿等），避免误将金属钠、钾放入其中而引起爆炸。

(3) 准备好灭火器或防火沙。易燃性物质的稀溶液着火时可用灭火器灭火；易燃性物质本身或其浓溶液着火时则应用防火沙灭火。

(4) 避免一个人独自在实验室做实验。

(5) 使用橡胶手套，避免使用塑胶手套。

(6) 不要使用塑料容器及塑料注射器。

(7) 操作要快。使用注射器时，有时针尖处可着火（如叔丁基锂溶液、三烷基硼、三烷基铝、二烷基锌溶液等）。如果其他部位没有溶液漏出的话，千万不要拔掉针头，这样可防止火势蔓延。

(8) 注射器用毕后，按相关规范立即清洗。

1.3.2 易爆炸化学药品

气体混合物的反应速率随成分而异，当反应速率达到一定限度时，即会引起爆炸。

经常使用的乙醚，不但其蒸气能与空气或氧混合，形成爆炸混合物，放置陈久的乙醚被氧化生成的过氧化物在蒸馏时也会引起爆炸。此外放置陈久的四氢呋喃亦会因产生过氧化物而引起爆炸。

某些以较快速度进行的放热反应，因生成大量气体也会引起爆炸并伴随着燃烧。

一般说来，易爆物质大多含有以下结构或官能团：

—O—O—	臭氧、过氧化物	—O—Cl	氯酸盐、高氯酸盐
=N—Cl	氮的氯化物	—N=O—	亚硝基化合物
—N=N—	重氮及叠氮化合物	O—N≡C—	雷酸盐
—NO ₂	硝基化合物（三硝基甲苯、苦味酸盐）		
—C≡C—	乙炔化合物（乙炔金属盐）		

自行爆炸的有：高氯酸铵、硝酸铵、浓高氯酸、雷酸汞、三硝基甲苯等。

混合发生爆炸的有：①高氯酸+乙醇或其他有机物；②高锰酸钾+甘油或其他有机物；③高锰酸钾+硫酸或硫；④硝酸+镁或碘化氢；⑤硝酸铵+酯类或其他有机物；⑥硝酸铵+锌粉+水；⑦硝酸盐+氯化亚锡；⑧过氧化物+铝+水；⑨硫+氧化汞；⑩金属钠或钾+水。

氧化物与有机物接触，极易引起爆炸。在使用浓硝酸、高氯酸及过氧化氢等时，必须特别注意。

预防实验中爆炸的产生必须注意以下几点。

(1) 进行可能爆炸的实验时，必须在特殊设计的防爆地方进行；当使用可能发生爆炸的化学试剂时，必须做好个人防护，须戴面罩或防护眼镜，并在不碎玻璃通风橱中进行操作；设法减少药品用量或浓度，进行微量或半微量试验。对不了解性能的实验，切勿随意操作。

(2) 苦味酸须保存在水中，某些过氧化物（如过氧化苯甲酰）必须加水保存。

(3) 易爆炸的残渣必须妥善处理，不得任意乱丢。

1.3.3 有毒化学药品

我们日常接触的化学药品，有的是剧毒物，使用时必须十分谨慎；有的试剂长期接触或接触过多，也会引起急性或慢性中毒，影响健康。但只要掌握使用有毒物质的规则和防护措施，则可避免或把中毒机会减少到最低程度，并且培养起敢于使用有毒物质的勇气。

有毒化学药品通常由下列途径侵入人体。

(1) 由呼吸道侵入。有毒实验必须在通风橱内进行，并经常注意室内空气流畅。

(2) 由皮肤黏膜侵入。眼睛的角膜对化学药品非常敏感，故当进行实验时，必须戴防护眼镜；进行实验操作时，注意勿使试剂直接接触皮肤，手或皮肤有伤口时更须特别小心。

(3) 由消化道侵入。这种情况不多,为防止中毒,任何药品不得用口尝味,严禁在实验室进食,实验结束后必须洗手。

有毒化学药品罗列如下。

(1) 有毒气体 溴、氯、氟、氢氰酸、氟化氢、溴化氢、氯化氢、二氧化硫、硫化氢、光气、氨、一氧化碳等均为窒息性或具刺激性气体。在使用以上气体或进行产生以上气体的实验时,必须在通风良好的通风橱中进行,并设法吸收有毒气体,减少环境污染。如遇大量有害气体逸至室内,应立即关闭气体发生装置,迅速停止实验,关闭火源、电源,离开现场。如发生伤害事故,应视情况及时加以处理。

(2) 强酸和强碱 硝酸、硫酸、盐酸、氢氧化钠、氢氧化钾等均刺激皮肤,有腐蚀作用,造成化学烧伤。吸入强酸烟雾,刺激呼吸道,使用时应倍加小心,并严格按照规定的操作进行。

(3) 无机化学药品

① 氰化物及氰氢酸:毒性极强,致毒作用极快。空气中氰化氢含量达万分之三,数分钟内即可致人死亡,使用时须特别注意。氰化物必须密封保存,要有严格的领用保管制度,取用时必须戴口罩、防护眼镜及手套,手上有伤口时不得进行使用氰化物的实验;研碎氰化物时,必须用有盖研钵,在通风橱进行(不抽风);使用过的仪器、桌面均得亲自收拾,用水冲净;手及脸亦应仔细洗净;实验服可能污染,必须及时换洗。

② 汞:室温下即能蒸发,毒性极强,能导致急性或慢性中毒。使用时必须注意室内通风;装汞的仪器下面一律放置浅瓷盘,防止汞滴散落在桌面和地面上。提纯或处理含汞物质时,必须在通风橱内进行;盛汞器皿和有汞仪器应远离热源,严禁把有汞仪器放进烘箱。如果泼翻,可用水泵减压收集,尽可能收集完全。无法收集的细粒,可用硫磺粉、锌粉或三氯化铁溶液清除。

③ 溴:液溴可致皮肤烧伤,蒸气刺激黏膜,甚至可使眼睛失明。应用时必须要在通风橱中进行;盛溴的玻璃瓶须密塞后放在金属罐中,妥善存放,以免撞倒或打翻;如泼翻或打破,应立即用砂掩盖;如皮肤灼伤,立即用稀乙醇洗或大量甘油按摩,然后涂以硼酸、凡士林。

④ 金属钠、钾:遇水即发生燃烧爆炸,使用时须小心。钠、钾应保存在液体石蜡或煤油中,装入铁罐中盖好,放在干燥处。

⑤ 放射性物品:如硝酸钍 $[\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 等。

⑥ 叠氮钠 (NaN_3):它阻断细胞色素电子运送系统。含有叠氮钠的溶液要标记清楚。避免因吸入、咽下或皮肤吸收而损害健康。戴合适的手套和安全护目镜,操作时要格外小心。

⑦ 过硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$:对黏膜和上呼吸道组织、眼睛和皮肤有很大危害性。操作时戴合适的手套、安全眼镜和防护服。始终在通风橱里操作,操作完后