



普通高等教育“十三五”规划教材

# 工程化学 实验指导

GONGCHENG HUAXUE  
SHIYAN ZHIDAO

张德懿 王毅 冯辉霞 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材

# 工程化学实验指导

张德懿 王 毅 冯辉霞 主编



中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书是根据普通高等院校非化学化工类专业基础课教学基本要求,并融合多年教学改革成果编写而成的工程化学实验教材。全书共分为三部分:第一部分叙述了化学实验室的安全与防护、基本实验操作和仪器的使用方法;第二部分围绕工程化学课程理论内容,精选与工程实践紧密贴合的15项化学实验,列编为基础理论验证实验、工程应用综合实验以及工程创新开放实验等3个章节;第三部分总结了一些常用知识和数据。

本书可作为普通高等院校工科类专业普通化学或工程化学实验教材,也可供其他类似课程的实验选用。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程化学实验指导 / 张德懿, 王毅, 冯辉霞主编.  
—北京: 中国石化出版社, 2016. 9  
普通高等教育“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-5114-4253-6

I. ①工… II. ①张… ②王… ③冯… III. ①工程化学-化学实验-高等学校-教材 IV. ①TQ016

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 200298 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

## 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 5.75 印张 142 千字

2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

定价:15.00 元

# 前 言

工程化学实验是普通高等院校为工程类和非化学专业工科学生开设的实验课程，是普通高等院校培养符合现代社会需求的复合型工程应用人才的重要组成部分。通过工程化学实验的学习，有助于培养学生基本的化学实验和研究技能，学会用化学的思维方法去认识世界，提高学生的基本素质和工程创新能力。

该书特点是取材精练，短小精干，实验内容紧密贴合化学基本理论的同时，又结合当前社会发展的热点问题突出化学知识的工程应用。实验内容的选取上突出时代性、应用性和工程性，强调化学在当前社会热点，如能源、材料、信息和环境等领域的应用，充分体现工科化学实验教育的特点。

针对工程化学实验课时有限，涉及内容众多的特点，本书采用化整为零，兴趣拓展的新型教育理念，强调学生自主学习与课堂实践有机结合，积极以兴趣为驱动，调动学生的学习积极性。本书第一部分介绍化学实验室的安全与事故应急处理措施、化学实验的基本操作以及常见化学仪器的操作。该部分内容对于培养学生的化学素养至关重要，碍于实验学时的限制无法专列实验进行针对培养。鉴于此，对于重点实验操作和实验仪器的操作在实验内容中往复穿插，以实验内容为载体，结合学生自主学习和教师课内指导，迅速培养起学生的基本实验技能。同时，本书第六章精选紧密贴近工程实践和社会热点的开放实验供指导教师选用，根据学生兴趣提供拓展实验平台，进一步提升化学实验技能和创新思维。

针对工程化学实验教学涉及专业众多，学生兴趣分散的特点，本书实验内容基于“因材施教”理念进行模块化设计。实验内容列编为3个类型，即：基础理论验证实验、工程应用综合实验以及工程创新开放实验。基础理论验证实验涵盖主要的化学理论体系；工程应用综合实验和工程创新开放实验涵盖化工机械、环境、能动、材料、土木工程、机电等众多工程专业，便于各个专业依据自身需要和实验学时，挑选和本专业紧密相关的实验内容进行组合，做到分类教学、因材施教。

本书由张德懿、王毅、冯辉霞策划并主编，张德懿负责全书的统稿。参加编写工作的人员有：张德懿(第一章、第二章和实验六、实验七、实验八、实验九、实验十、实验十一)，王毅(实验十二、实验十三、实验十四、实验十五)，冯辉霞(实验四、实验五和附录)、王坤杰(实验一、实验二、实验三)，王冰(第三章)。王毅精心设计排版了全书的内容，研究生韩梅参加了部分内容的编写和校正。

在本书的编写过程中，曾参阅大量国内外有关书籍及期刊，从中借鉴了大量有益的内容，在此向有关作者表示衷心的感谢。由于时间紧迫和水平有限，再加本书涉及多方面的知识和实验技术，不妥和错误之处在所难免，望读者使用后能提出宝贵意见和建议，以便再版时修订改进。

编 者

# 目 录

## 化学实验基本知识

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 第一章 实验室安全与防护 .....    | ( 2 )  |
| 一、化学实验室规则 .....       | ( 2 )  |
| 二、化学实验室安全规则 .....     | ( 3 )  |
| 三、常见危险品的安全预防措施 .....  | ( 3 )  |
| 四、化学实验意外事故的处理 .....   | ( 5 )  |
| 五、实验室三废处理 .....       | ( 6 )  |
| 第二章 基本实验操作 .....      | ( 8 )  |
| 一、工程化学实验的目的 .....     | ( 8 )  |
| 二、实验程序与要求 .....       | ( 8 )  |
| 三、玻璃仪器的洗涤与干燥 .....    | ( 10 ) |
| 四、化学试剂及其取用 .....      | ( 12 ) |
| 五、试剂的配制 .....         | ( 14 ) |
| 六、液体体积的度量仪器 .....     | ( 14 ) |
| 七、固体的溶解和浓缩 .....      | ( 16 ) |
| 八、固液分离 .....          | ( 17 ) |
| 九、称量方法 .....          | ( 19 ) |
| 第三章 基本实验仪器的使用方法 ..... | ( 21 ) |
| 一、电子天平 .....          | ( 21 ) |
| 二、分光光度计 .....         | ( 22 ) |
| 三、酸度计 .....           | ( 23 ) |
| 四、恒温干燥箱 .....         | ( 27 ) |
| 五、电动离心机 .....         | ( 28 ) |

## 实验部分

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 第四章 基础理论验证实验 ..... | ( 31 ) |
| 实验一 溶液的配制 .....    | ( 31 ) |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 实验二 化学反应和化学平衡 .....          | ( 34 ) |
| 实验三 醋酸电离常数的测定 .....          | ( 37 ) |
| 实验四 水溶液中的离子平衡 .....          | ( 39 ) |
| 实验五 氧化还原反应与电化学 .....         | ( 44 ) |
| 第五章 工程应用综合实验 .....           | ( 49 ) |
| 实验六 含铬废水的处理 .....            | ( 49 ) |
| 实验七 电镀——碱性锌酸盐工艺镀锌 .....      | ( 52 ) |
| 实验八 金属的腐蚀与防护 .....           | ( 56 ) |
| 实验九 不锈钢中镍的测定 .....           | ( 60 ) |
| 实验十 二氧化钛的制备 .....            | ( 63 ) |
| 第六章 工程创新开放实验 .....           | ( 66 ) |
| 实验十一 超级电容器的组装及性能测试 .....     | ( 66 ) |
| 实验十二 金属基材表面多弧离子蒸发镀 TiN ..... | ( 69 ) |
| 实验十三 水的净化 .....              | ( 71 ) |
| 实验十四 水热水解法制备氧化铁纳米材料 .....    | ( 74 ) |
| 实验十五 活性炭吸附处理含铬废水 .....       | ( 76 ) |

## 附 录

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 附录 1 常见离子及化合物颜色 .....    | ( 81 ) |
| 附录 2 常见弱电解质的电离常数 .....   | ( 82 ) |
| 附录 3 常见难溶电解质的溶度积常数 ..... | ( 82 ) |
| 附录 4 常见金属离子沉淀 pH 值 ..... | ( 83 ) |
| 附录 5 标准电极电势 .....        | ( 84 ) |
| 参考文献 .....               | ( 86 ) |



## 化学实验基本知识



化学是一门以实验为基础的学科，实验是化学学科的基本特征。化学学科的任何一项重大突破，都是经过化学实验取得的。即使在经验化学逐步向理论化学发展的今天，实验仍然是化学学科发展的基石。学科的基本特征决定了它的学习特点，那就是在实验中学习化学，是最有效、最重要的方法之一。

本篇主要介绍化学实验相关的基本知识，包括实验室安全与防护、基本化学实验操作和化学实验室常见仪器设备的操作等三个主要方面的内容。通过本篇内容的学习，要求学生熟悉实验室的安全注意事项以及个人安全防护和事故应急处理措施；掌握以下的基本操作：仪器的洗涤和干燥，量筒、吸管、容量瓶的使用，试剂的取用和溶液的配制，溶液的蒸发、浓缩和固液分离方法等；了解电子天平、酸度计以及分光光度计、离心机等仪器的使用方法。

# 第一章 实验室安全与防护

实验室是教与学、理论与实践相结合的重要场所。在化学实验室工作或学习，往往会接触到各种化学药品、各种电气设备、各种玻璃仪器及水、电、煤气和高压气体等，因此化学实验室中存在许多不安全因素。如有的化学药品有毒、有刺激性气味或腐蚀性，有的易燃易爆，有的还有可能致癌，若使用不当或操作有误、违反章程、疏忽大意都有可能造成人为事故。因此，安全教育是贯穿化学实验课及化学研究、化工生产始终的重要内容之一，是化学实验工作者必须高度重视的大事。

实践证明，只要实验者思想上高度重视，具备必要的安全知识，认真预习和了解所做实验中用到的物品和仪器的性能、用途、可能出现的问题及预防措施，听从指导，并严格遵守实验室操作规程，就能有效地维护人身和实验室的安全。当然，与安全有关的因素是多方面的，除客观因素外，业务知识、操作技能也都与实验安全有关，但最重要的危险依然来自对具体事故的无知和疏忽大意。为了防患于未然，实验室必须制定严格的规章制度、安全防护措施、各项操作细则和安全设施。

## 一、化学实验室规则

化学实验室规则是人们长期从事实验工作的经验归纳、总结，它是防止人为事故、保证正常的实验环境和工作秩序的前提。

① 实验前应认真预习，明确实验目的，了解实验的基本原理、实验操作技术和基本仪器的使用方法，熟悉实验内容以及注意事项，写好预习报告。

② 进入实验室后应首先了解实验室环境和布置，明确总电源、急救器材(灭火器、消防栓、急救药品)的位置及使用方法。

③ 实验开始前应先检查和清点所需的仪器、药品是否齐全，如有损坏或缺失，应立即报告指导教师，不得擅自挪用其他位置的仪器和药品。

④ 实验过程中应遵守纪律，不得无故缺席。应严格遵守实验室的规则，在教师的指导下独立进行实验操作，认真观察，如实详细地记录实验现象和数据。实验时爱护财物，小心使用仪器和实验设备，注意节约药品、水、电和煤气，随时保持实验台的干净和实验室的安静，不得嬉闹、大声喧哗和玩手机。

⑤ 使用试剂应遵守正确的取用方法且按量取用，注意节约，公用试剂应放在指定位置，不得擅自拿走。试剂瓶的滴管、瓶塞要配套使用，避免错混或沾污试剂。

⑥ 保持实验室整洁、卫生和安全。实验过程中的废纸、火柴梗等固体废弃物要放入废物桶，不要丢在水池或地面上，以免堵塞水池或弄脏地面。实验结束后仪器应洗刷干净，药品放回原处，摆放整齐，擦净实验台。

⑦ 规定回收的废液要倒入废液缸内，以便统一处理。严禁将实验室仪器、药品擅自带出实验室。

⑧ 实验结束,需做好实验室的整理工作,检查实验室水、电、煤气以及门窗是否关好、电源是否切断。经指导教师允许后,方可离开实验室。实验后应及时对实验现象进行认真的分析和总结,对实验结果进行讨论。

⑨ 若发生意外事故应保持镇静,不要惊慌失措。

## 二、化学实验室安全规则

为确保实验室安全,思想上必须高度重视。要做到这一点,除在实验前充分了解实验中应该注意的事项和可能出现的问题以及实验过程中认真操作、保持精力集中外,还应遵守如下规则:

① 进入实验室前必须进行相关安全、环保意识的培训和教育。

② 必须熟悉实验室水、电、煤气阀门、急救箱和消防用品等的放置地点和使用方法。

③ 实验室内严禁饮食、吸烟、打闹和大声喧哗。实验结束后应将双手洗净。

④ 实验室内药品严禁任意混合,以免发生意外事故。

⑤ 实验中产生有毒、恶臭、有刺激性的气体时,应该在通风橱内操作。使用有毒试剂(如氟化物、氰化物、铅盐、钡盐、汞的化合物和砷的化合物等)时,应严防进入口内或接触伤口,剩余药品或废液不得倒入下水道,应倒入废液瓶中集中处理。

⑥ 使用易燃有机溶剂(如酒精、苯、丙酮、乙醚等)时要远离火源。应防止易燃有机物的蒸气外逸,勿将易燃有机溶剂倒入废液缸,不能用开口容器(如烧杯)盛放有机溶剂,不可用明火直接加热装有易燃有机溶剂的烧瓶。

⑦ 使用具有强腐蚀性的浓酸、浓碱或洗液时,应避免溅到眼睛、皮肤或衣服上,要注意保护眼睛,必要时应配备防护眼镜。

⑧ 加热试管中的液体时,不能将试管口对着自己或别人。加热、浓缩液体的操作要十分小心,不能俯视正在加热的液体,以免溅出的液体把眼、脸灼伤。当需要借助于嗅觉鉴别少量气体时,决不能用鼻子直接对准瓶口或试管口嗅闻气体,而应用手把少量气体轻轻地扇向鼻孔进行嗅闻。回流或蒸馏液体时应放沸石,以防止液体过热暴沸而冲出,引起火灾。

⑨ 使用电器设备时,不要用湿手接触仪器,以防触电,用后拔下电源插头。

## 三、常见危险品的安全预防措施

根据化学实验室常用化学药品的危险性可将其分为易燃、易爆和有毒化学品三类。

### 1. 易燃易爆化学品及预防措施

燃烧是一种同时有热和光产生的剧烈氧化反应,它的发生必须同时具备可燃物质、火源和助燃物质三个条件。因此,预防燃烧发生的措施是避免燃烧三个条件的同时出现,化学实验室可行的预防措施是禁止明火的出现和保持通风。

爆炸是指物系在热力学上是一种或多种均一或非均一的不稳定体系,当受到外界能量的激发时迅速地由一种状态转变为另一种状态,并在瞬间以机械功的形式释放出大量能量的过程。爆炸只能预防,不能中途终止。一般说来,易爆物质大多含有一O—O—、—O—Cl、=N—Cl、—N=O、—N=N—、—N=C、—NO<sub>2</sub>、—C≡C—等官能团。

易燃易爆化学品主要包括可燃气体、可燃液体、易燃固体、自燃物、遇水燃烧物以及混合危险物等。可燃气体是指气体从管道或容器泄露出来或者空气进入盛有该类气体的容器相互混合达到某一浓度范围时，遇火燃烧甚至在瞬间将燃烧传播到整个混合物而发生爆炸的气体，如煤气、氢气、甲烷、氯甲烷和二氧化硫等。可燃液体主要指闪点小于 450℃ 的液体，常见的有汽油、乙醚、乙醛、二硫化碳、石油醚、苯、甲苯、二甲苯、丙酮、乙酸乙酯、甲醇和乙醇等。易燃固体是指与火、受热、摩擦、撞击或与氧化剂接触能着火的固体，其燃点小于 300℃，常见的有镁粉、合成树脂、红磷、三硫化二磷、萘和铝粉等。自燃物是指在无外界热源作用的条件下，由于自身发热或向外散热的速度处于不平衡状态而使其温度升高达到自燃点燃烧的物质，如黄磷的自燃点为 34℃。遇水燃烧物常见的有碱金属、硼氢化物、氢化钾和磷化钙等，它是一类接触水分或吸收潮气便会发生剧烈反应而释放出可燃气体和大量热量的物质，这些热量可使可燃气体的温度上到自燃点而发生燃烧或爆炸。混合危险物是指两种或两种以上的物质相互混合或接触后能发生燃烧和爆炸的物质，一般发生在强氧化剂和强还原剂之间，如高锰酸钾和甘油、高锰酸钾和硫、硝酸铵与锌粉和水等。

易燃易爆化学品安全事故预防的安全措施有：

① 存有易燃易爆品的实验室禁止使用明火，如需加热可使用封闭式电炉、加热套、可加热式磁力搅拌和水浴加热等。

② 存放药品时应将氯酸钾、过氧化物、浓硝酸、高锰酸钾等强氧化剂与有机试剂分开存放。

③ 实验室应保持通风环境，并应防止一切有火花产生的可能，如由于敲击、鞋钉摩擦、静电摩擦和电器开关等产生的火花。

④ 加热回流易燃液体时，蒸馏中途不能添加沸石。

⑤ 有机溶剂蒸气密度较大，会沿桌面或地面飘移至较远处，因此切勿将易燃溶剂倒入废物缸或水池，如散落地面应立即吸除，并作适当处理。

⑥ 熟悉使用物质的爆炸危险性质、影响因素与正确处理事故的方法，了解仪器的结构、性能、安全操作条件和防护要求。

⑦ 禁止使用无标签和性质不明的试剂。

⑧ 使用个人防护措施。

⑨ 勿将易燃液体与玻璃器皿置于日光下，否则由于玻璃弯曲面的聚焦作用可产生局部高温而引起燃烧、爆炸事故。

⑩ 对某些试剂在进行回流和加热之前应检查是否有过氧化物存在，如有，应先除去。

## 2. 有毒化学品及其预防措施

毒物侵入人体后，可通过血液循环分布到全身各个组织或器官，破坏人的正常生理机能，导致中毒。有毒化学品可通过呼吸道、皮肤黏膜和消化道侵入人体。

化学实验室常见的有毒化学品主要包括窒息化学品（如 HCN、CO）、刺激性化学品（Cl<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>、氮氧化物、氯代烃、光气、硫酸二甲酯等）、麻醉或神经性化学品（如锰、汞、苯、甲醇、有机磷、二硫化碳、砷、铊等）、致癌化学品（如砷、镍、铬酸盐、亚硝酸盐、石棉、联苯胺、蒽、氯甲醚等）、金属及金属有机化学品（如金属汞）和强腐蚀性化学品（如氢氟酸等）。

预防有毒化学品侵入的主要措施有：

① 养成良好的个人卫生习惯、保持良好的实验室环境卫生，防止毒物通过消化道侵入身体。

② 采取必要的防护措施,进入实验室穿工作服,必要时戴防护眼镜、防护手套或防毒面具。实验结束后立即洗手,切勿让毒物接触五官或伤口。

③ 采用绿色合成技术。

④ 尽可能在通风橱内完成操作。

⑤ 室内通风,防止吸入有毒气体、蒸气和烟雾。

⑥ 建立实验室安全制度,实验中有毒药品应有专人负责分发,并向使用者提出必须遵守的操作规程。实验者做到用多少取多少且妥为保管。实验后有毒残液、残渣必须做有效的处理。

## 四、化学实验意外事故的处理

实验室应配备医药箱,以便在发生意外事故时临时处置之用,医药箱不允许随意挪动或借用。医药箱应配备如下药品和工具。

药品主要包括碘酒、红药水、紫药水、创可贴、止血粉、消炎粉、烫伤药膏、鱼肝油、甘油、无水乙醇、硼酸(1%~3%,饱和)、2%醋酸溶液、1%~5%碳酸氢钠溶液、20%硫代硫酸钠溶液、10%高锰酸钾溶液、20%硫酸镁溶液、1%柠檬酸溶液、5%硫酸铜溶液、1%硝酸银溶液、20%硫酸镁-18%甘油-1.2%盐酸普鲁卡因混合药膏、可的松软膏、紫草油软膏和蓖麻油等。

工具主要包括医用镊子、剪刀、纱布、药棉、棉签、绷带、胶布和担架等。

### 1. 火灾紧急处理

火灾与爆炸是实验室事故中概率最大者。对待此类事故的急救处理方法主要是迅速隔离(切断电源、火源,搬动周围易燃物品),及时灭火。实践证明火灾初发阶段是灭火的最佳阶段,因此一旦出现事故,实验室人员应保持冷静,设法控制事态的发展。首先应发出警报、转移周围易燃物品并采用相应灭火措施。实验室常用的灭火器具具有灭火器、灭火沙和湿抹布。其中灭火器主要有酸碱灭火器、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器和干粉灭火器等。一般对于有机可燃固体采用水或酸式灭火器;对于可燃液体常用泡沫灭火器、二氧化碳灭火器及干粉灭火器以抑制燃烧反应继续发生;对于可燃气体常采用干粉灭火器;对于可燃金属常采用干沙覆盖隔离的办法。若衣服着火则应用厚外衣包裹使其熄灭,较严重的应躺在地上(以免烧向头部)用防火毯紧紧包裹或用自来水冲淋熄灭,且不可奔跑。

如果火势已经蔓延,则应立即通知有关消防部门,切断所有电源开关,疏散人员、清理进出要道,待消防人员到达后详细介绍着火部位等情况。

### 2. 中毒急救

在实验过程中若感到咽喉灼痛、嘴唇脱色、胃部痉挛、恶心呕吐、头晕等症状时则有可能是中毒所致。急性中毒往往发展急剧、病情严重,因此必须争分夺秒,即时抢救。一般采用如下现场急救后立即送往医院。

固体或液体毒物中毒,嘴里若还有毒物者应立即吐掉,并用大量水漱口。碱中毒者,先饮大量水,再喝牛奶;酸中毒者,先喝水再服氢氧化镁乳剂,最后饮牛奶;重金属中毒者喝一杯含几克硫酸镁的溶液。常用作金属解毒剂的药物列于表 1.1。

若是不慎吸入煤气、溴蒸气、氯气、氯化氢、硫化氢等气体或蒸气时,应立即到室外呼吸新鲜空气,必要时做人工呼吸(切忌口对口)。

对于中毒的急救，施救者进入毒区一定要做好个人防护工作，进入毒区后除了对中毒者进行抢救外，还必须马上切断毒源并采取必要的措施防止毒物继续侵入中毒者体内。

表 1.1 常见有害金属及其解毒剂

| 有害金属元素     | 解毒剂        |
|------------|------------|
| Pb、Co、Zn 等 | 乙二胺四乙酸合钙酸钠 |
| Hg、Cd、As   | 2，3-二巯基丙醇  |
| Cu         | R-青霉胺      |
| Tl、Zn      | 二巯硫脲       |
| Ni         | 二乙胺基二硫代甲酸钠 |
| Be         | 金黄素三羧酸     |

3. 灼伤急救
- 酸碱灼伤：酸或碱洒到皮肤上时，立即先用大量水冲洗，再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水(2%醋酸溶液或 1%柠檬酸或 1%硼酸)冲洗，最后再用水冲洗，涂敷 20%硫酸镁-18%甘油-1.2%盐酸普鲁卡因混合药膏(或硼酸软膏)。若酸(或碱)溅入眼内，应立即用大量水冲洗，再用 2%Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>溶液(或 3%硼酸溶液)冲洗眼睛，然后用蒸馏水冲洗。
- 溴灼伤：溴灼伤不易愈合，凡用溴时应先配制好适量的 20%硫代硫酸钠溶液备用。一旦灼伤应立即用 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 溶液或 20%Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>溶液洗涤伤口，然后用水冲净，并涂敷甘油。若起泡，则不宜把水泡挑破。若溴溅入眼内，应用大量水洗，再用 1%碳酸氢钠溶液清洗。
- 磷灼伤：磷灼伤用 1%硝酸银、1%硫酸铜或 10%高锰酸钾溶液冲洗伤口，并用浸过硫酸铜溶液的绷带包扎。
- 钠灼伤：可见的小块用镊子移去，然后采用与碱灼伤相同的办法处理。
4. 其他意外事故处理
- 玻璃割伤：伤口内若有异物，应先取出，轻伤可用生理盐水或硼酸溶液擦洗伤处，并用 3%的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>溶液消毒，然后在伤口上涂上红药水或贴创可贴。若伤口较深，出血过多时可用云南白药止血并送往医院救治。玻璃溅入眼内，千万不要揉擦、转动眼球，应任其流泪，并立即送往医院处理。
- 烫伤：轻者可用 10%高锰酸钾溶液冲洗伤口，撒上消炎粉，或涂上氯化锌或鱼肝油药膏，重者送往医院救治。切勿用水冲洗，更不要把烫起的水泡刺破。
- 触电：立即切断电源，必要时施以人工呼吸。

五、实验室三废处理

实验中经常会产生各种有毒的废气、废液和废渣(简称三废)。三废污染环境，损害人体健康，而且三废中有用的成分未能回收会造成一定的经济损失。因此，对废气、废液和废渣要经过一定的处理后，才能排弃。同时，在大学生学习期间应进行三废处理及减少环境污染的教育，树立环境保护观念。下面主要介绍几种常见三废处理的方法。

1. 有毒废气的处理
- 实验中产生少量有毒气体时，可在通风橱中进行，把有毒废气排到室外，利用大量空气来稀释有毒废气。在做产生大量有毒气体的实验时，应安装气体吸收装置来吸收这些有毒气

体,然后再进行集中处理,如卤化氢、二氧化硫、硫化氢等有害酸性气体,可用氢氧化钠水溶液吸收后排放;碱性气体如氨气可用酸溶液吸收后排放;CO 可点燃转化为  $\text{CO}_2$  气体后排放。

## 2. 常见废液的处理

① 实验中的无机废酸和废碱溶液经过中和处理,调 pH 值至 6~8,并用大量水稀释后方可排放。一般有害有机酸碱、溶剂必须分别放入酸、碱、溶剂回收桶内,进行集中处理。

② 含镉废液:加入消石灰等碱性试剂,使所含的金属离子形成氢氧化物沉淀而除去。

③ 含铬废液:常采用铁氧体法和离子交换法。铁氧体法是在含  $\text{Cr(VI)}$  的酸性废液中加入  $\text{FeSO}_4$ ,将  $\text{Cr(VI)}$  还原为  $\text{Cr(III)}$ ,再加入  $\text{NaOH}$  (或  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 等碱性试剂,调 pH 值至 6~8,并通入适量空气,控制  $\text{Cr(VI)}$  和  $\text{FeSO}_4$  的比例,生成难溶于水的、组成类似于铁氧体 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 的氧化物(此氧化物有磁性),借助于磁铁或电磁铁可使沉淀分离,达到排放标准。离子交换法是将含有  $\text{Cr(VI)}$  和其他多种阳离子的酸性溶液 ( $\text{pH}=2\sim3$ ) 通过强酸性 H 型阳离子交换树脂,除去金属阳离子,再通过大孔弱碱性 OH 型阴离子树脂,除去阴离子。流出的溶液为中性,可作为纯水循环使用。

④ 含氰化物的废液:氰化物为剧毒物质,必须认真处理。少量的废液可采用氯碱法,即将废液加氢氧化钠调节成碱性后,通入氯气或次氯酸钠,使氰化物氧化分解成二氧化碳和氮气而除去;量大时可采用铁盐法,将硫酸亚铁加入含有氰化物的废液中,使其变成氰化亚铁沉淀除去。

⑤ 含汞盐废液:大量含汞废液可采用处理效率高的离子交换法,但此法成本较高;处理少量含汞废液可采用化学沉淀法,在含汞废液中加入  $\text{Na}_2\text{S}$ ,使其生成难溶的  $\text{HgS}$  沉淀而除去。为防止  $\text{HgS}_2^{2-}$  形成可加入少量  $\text{FeSO}_4$  使过量的  $\text{S}^{2-}$  与  $\text{Fe}^{2+}$  生成  $\text{FeS}$  沉淀。过滤后残渣可回收或深埋,溶液调节 pH 排放。

⑥ 含铅盐及重金属的废液:在废液中加入  $\text{Na}_2\text{S}$  (或  $\text{NaOH}$ ),使铅盐及重金属离子生成难溶性的硫化物(或氢氧化物)而除去。

⑦ 砷及其化合物:可在废液中加入硫酸亚铁,用氢氧化钠调 pH 值至 9,产生共沉淀后,经过滤除去。还可在废液中加入  $\text{H}_2\text{S}$  或  $\text{Na}_2\text{S}$ ,使其生成硫化砷沉淀而除去。

## 3. 常见废渣的处理

有回收价值的废渣应收集起来统一处理,回收利用。少量有毒的、无回收价值废渣应深埋在指定的地点,因为有毒的废渣能溶解于地下水,会混入饮水中,所以不能未经处理就深埋。

① 钠、钾屑及碱金属、碱土金属氢化物、氮化物应悬浮于四氢呋喃中,在搅拌下缓慢滴加乙醇或异丙醇直至不再放出氢气为止,然后缓慢加水澄清后冲入下水道。

② 硼氢化钠(钾)应用甲醇溶解后用水充分稀释,加酸并放置,此时产生剧毒的硼烷,因此处理过程应在通风橱进行,处理后的废液用水稀释后冲入下水道。

③ 酰氯、酸酐、三氯化磷、五氯化磷等应在搅拌下加入大量水冲走。

④ 沾有铁、钴、镍和铜催化剂的废纸、废塑料不能随便丢入废纸篓,应趁未干时深埋于地下。

## 第二章 基本实验操作

### 一、工程化学实验的目的

工程化学实验是工程化学课程的重要组成部分,也是学习工程化学的一个重要环节,是高等院校低年级学生素质教育的必修课程之一。该课程以内含基本原理、基本方法和基本技术的化学实验作为素质教育的媒体,通过学生独立地进行实验操作、观察和记录实验现象、分析问题、归纳知识和撰写报告等方面的训练,使实验教学过程达到以下目的:

① 巩固并加深对工程化学基本概念和基本理论的理解,培养学生以实验为手段获取新知识的能力。

② 通过实验教学使学生具备一定实验知识和素养,以便利用这些知识和严格、严密、严谨的科学态度去解决和研究本学科、本专业与化学学科之间交叉渗透所产生的有关问题。

③ 培养学生独立思考、分析问题、解决问题和创新能力以及严谨求实的工作作风、科学态度和团结协作精神,为学生学好后续课程及今后参加实际工作和开展科学研究打下良好的基础。

④ 通过实验使学生掌握基本的实验操作能力、处理实验数据、实验结果及书写实验报告的能力,并具有把这种技能运用到本学科、本专业后续课程的学习及科研活动中的能力,以便利用这种技能及知识更好地解决某些工程实践中涉及的化学问题。

### 二、实验程序与要求

为了使实验教学达到上述教学目的并获得良好效果,除了要求学生具有明确的学习目的、端正的学习态度之外,还必须按照图 2.1 所示的流程进行实验。

#### 1. 实验预习

实验预习是实验成败的关键之一。实验前应认真阅读实验教材和相关参考资料,研究并领会实验原理;要根据实验目的,了解实验内容和步骤,对实验中可能遇到的问题及难点应查阅相关资料,以便确定正确的实验方案;要根据实验内容,查阅有关仪器的使用说明和注意事项。

实验前要写好预习报告,预习报告包括实验目的、原理(反应方程)、实验步骤和注意事项等。写预习报告不等于照抄实验指导书,而应在理解的基础上进行文字组织和时间统筹。实验步骤中的文字可用符号简化,如试剂可写成分子式、加热( $\Delta$ )、加入(+)、沉淀( $\downarrow$ )、气体( $\uparrow$ )……要书写简要的实验流程图,查阅原料、产物和主要副产物的物理常数(熔点、沸点、折光率、密度、毒性与安全等数据)及主要试剂的规格、用量。预习报告书应该简明扼要,根据实验性质的不同,可采用框图、箭头或表格形式表示,并留出相应的

表格和空格以便记录实验数据和现象。

对于一些简单的设计性实验，首先要明确需要解决的问题，然后通过查阅资料，考察实验室提供的条件，并与指导教师讨论实验方法等过程，设计出可行的实验方案。

总之，通过预习应对实验装置和实验步骤要做到心中有数，避免边做边翻书的“照方抓药”式实验。预习的最好结果是明白实验的目的及实验过程中可能出现的各种现象，进入实验室只不过是對自己思考的一种验证。

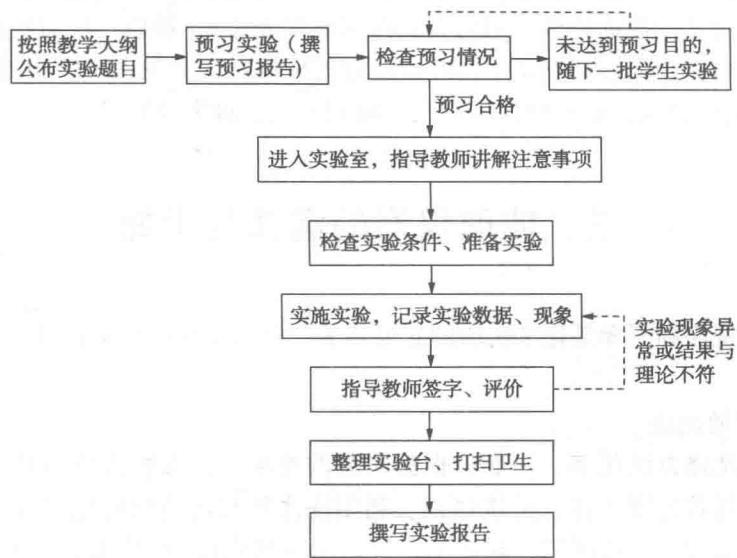


图 2.1 实验流程

2. 实验与记录

本书所选实验是经多年使用较为成熟的，其实验结果明确。因此，在实验过程中应按照国家教材上规定的方法、步骤、试剂用量和操作规程进行实验，要做到：

- ① 严格遵守实验室安全操作规则(详见第一章)。
- ② 严格按照实验操作规程和实验步骤实验，既要大胆又要细心。
- ③ 认真操作、仔细观察、勤于思考、如实记录，做到边实验、边思考、边记录。仔细观察实验现象(包括气体的生成，沉淀的产生，颜色的变化，温度、压力、流量的变化)。
- ④ 测定的实验数据必须准确，并及时记录在实验记录本上(不得随意记录在小纸片上)，记录需做到简明扼要，字迹清楚，严禁随意涂改原始数据。
- ⑤ 对实验中产生的现象应进行理论分析。若发现实验现象异常或结果与预想、理论不符，可通过对比实验、空白实验进行分析，不允许在不明原因的情况下重做；对可疑数据，应采用统计学方法判断取舍或补做实验加以核实。
- ⑥ 实验中遇到疑难问题时提倡同学、师生之间交流，以提高实验及学习效率，并逐步提高分析解决问题的能力。
- ⑦ 实验结束后应将实验记录(原始数据、现象及数据处理)和实验产品交实验指导教师，经教师签字评价后方可离开实验室。

3. 报告撰写

实验报告是对实验过程概括与总结的文字资料。撰写实验报告是实验的最后一项工作，

是一个把感性认识上升到理性认识的重要环节,也是培养学生分析、归纳总结和书写能力的重要环节。实验报告从一定角度可以反映出学生的学习态度、实际水平与能力。实验报告应简明扼要,整齐洁净。

实验报告一般包括:实验目的、实验原理、实验仪器(厂家、型号、测量准确度)及药品(纯度等级)、实验步骤(简明扼要,尽量用图表或框图,不要抄书)、实验装置简图(画图表示)、实验现象及原始数据记录、实验现象的解释及数据处理结果(实验现象的解释尽可能用化学反应方程式,数据处理可用列表或作图形式表达)。最后还应对实验的条件与结果进行讨论,也可对实验内容和安排不合理的地方提出自己的意见,实验中的一切现象(包括异常现象)都应进行讨论,提出自己的看法,做到生动、自主地学习。

### 三、玻璃仪器的洗涤与干燥

玻璃仪器的洗涤和干燥是化学实验的必要环节。整洁干净的玻璃仪器是实验成功和数据准确的保证。

#### 1. 玻璃仪器的洗涤

玻璃仪器的洗涤方法很多。一般应根据实验的要求、污染物的性质及沾污的程度来选择。洗涤玻璃仪器首先要选择合适洗涤剂,利用洗涤剂与污物间的化学反应或物理化学作用,使污物脱离器壁后与洗涤剂一起流出,最后用蒸馏水按“少量多次”原则洗涤干净。由于附着在玻璃仪器上的污物一般有尘土、可溶性物质、不溶性物质、有机物质和油垢。因此,洗涤时应根据污物的性质和种类,采取不同的方法。

① 水洗:借助于毛刷等工具用水洗涤,再用蒸馏水冲洗2~3次。水洗可洗去尘土和水溶性污物,但不能洗去油污等有机物质。

② 洗涤剂洗:常用的洗涤剂有去污粉<sup>①</sup>、肥皂、洗衣粉和合成洗涤剂。若玻璃仪器上沾有油污或有机物时,用毛刷蘸去污粉或洗涤剂刷洗,再用自来水冲洗掉残留的洗涤剂,最后用少量的蒸馏水淋洗2~3次。

③ 洗液洗:滴定管、移液管、容量瓶等一些口径小而长的仪器沾有油污或有机物时,不易用刷子刷洗,可选用洗液来洗。使用洗液洗涤的具体方法是:先用水洗去尘土和水溶性污物,然后尽可能倾掉残留液,再在仪器中加入少量洗液,慢慢地转动仪器,使仪器内壁全部浸润(注意不能让洗液流出来),旋转几周后,把洗液倒回原瓶(或倒掉),最后依次用自来水、蒸馏水冲洗干净。表2.1列出了常见洗液的配制及其使用方法。

④ 特殊洗涤液洗:特殊的沾污应采用特殊试剂洗涤。表2.2列出了常见垢迹的处理方法。

洁净玻璃仪器的标准是器壁透明,有一层水膜而不挂水珠。已洗净的仪器不能再布或纸擦。在定性、定量分析实验中,由于杂质的引进会影响实验结果的准确性,因此,对仪器的洗涤要求比较高;而在某些情况下(如一般的无机物、有机物制备实验)对仪器的洗涤要求可降低一些,只要保证没有明显的污迹即可。

<sup>①</sup> 去污粉不宜洗刷玻璃、钙类仪器内壁,特别对精确量器的内壁严禁使用。