教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会推荐教材

全国高职高专规划教材

化学实验技能训练与测试

HUAXUE SHIYAN JINENG XUNLIAN YU CESHI

全玉莲 主编

中国环境科学出版社

全国高职高专规划教材

化学实验技能训练与测试

全玉莲　主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目（CIP）数据

化学实验技能训练与测试/全玉莲主编. —北京：中国环境科学出版社，2011.3
全国高职高专规划教材
ISBN 978-7-5111-0500-4

Ⅰ. ①化… Ⅱ. ①全… Ⅲ. ①化学实验—高等学校：技术学校—教材 Ⅳ. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 022770 号

责任编辑 黄晓燕
责任校对 扣志红
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
（100062 北京东城区广渠门内大街 16 号）
网 址：http://www.cesp.com.cn
联系电话：010-67112735
发行热线：010-67125803，010-67113405（传真）
印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 3 月第 1 版
印 次 2011 年 3 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 21.5
字 数 400 千字
定 价 35.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

丛 书 编 委 会

主　　任　林振山

副 主 任　李　元　王京浩　王国祥

委　　员　（以姓氏拼音字母排序）

白建国　陈　文　谌永红　崔树军　傅　刚

高红武　高　翔　顾卫兵　贺小凤　关荐伊

郭　正　姜成春　蒋云霞　李党生　李树山

廉有轩　刘海春　刘建秋　刘晓冰　卢　莎

马　英　倪才英　石光辉　苏少林　孙　成

孙即霖　王　强　汪　葵　相会强　谢炜平

薛巧英　姚运先　张宝军　张　弛　赵联朝

周长丽　周　清

丛书统筹　黄晓燕

前言

近年来，随着我国经济社会的快速发展，高素质技能型专门人才的需求日益增加。对于环保、化工、食品等相关专业来说，培养学生具备扎实的实验操作技能显得尤为重要。本书从学生技能培养的角度出发，将教学与实验融合起来，力图与大专院校环保、化工、食品类专业相关课程设置配套，有助于理论与实践结合，提高学生的实际操作技能，对指导学生的就业、工作有很大的参考价值。本书可供大专院校、研究和设计院所相关专业的师生、研究人员参考使用。

本书结合大专院校环保、化工、食品类专业技能型人才培养的要求，比较系统地介绍了化学实验基础知识、基础化学实验、分析化学实验、样品前处理实验、仪器分析实验等内容，基本上涵盖了环保、化工、食品类专业基础课中所涉及的各类实验。化学实验基础知识中突出介绍了实验室安全与环保、实验基本操作技能等知识。在各类实验内容的选取上，本着与教学重点呼应，强调基本技能训练，拓宽应用为原则，内容涉及环保、化工、食品等行业领域。实验内容安排上突出学生技能训练与测试，为后续课程的学习和职业技能的训练奠定基础。在每个实验中通过应用行业、训练技能、预习思考、温馨提示、知识链接、技能检查与测试等环节，使学生明确技能训练的重点，便于自我检查与测试。在每类实验后编写的技能测试内容及评分标准将有利于教师对学生的实际操作技能进行检验和考核。

本书共分为五个部分，由全玉莲担任主编，负责教材总体构思及统稿。第一部分由全玉莲、陈恺立编写；第二部分由杨立静、曹东杰编写；第三部分由郑艳芬、全玉莲、董亚荣编写；第四部分由赵育、石碧清编写；第五部分由石碧清、全玉莲编写；附录由刘军编写。

本书在编写过程中参考了大量国家及行业标准、高校教材及其他文献资料，在此，谨对原著作者和对本书提出宝贵意见和建议的同仁表示衷心感谢。因编者水平有限，对于教材中的错误及不妥之处，敬请读者批评指正。

编　者

2010 年 12 月

目录

第一部分　化学实验基础知识 1
第一章　化学实验室安全与环保常识 3
第一节　化学实验室安全常识 3
第二节　危险化学品的储存和使用 7
第三节　化学实验室废弃物的处理 11
第四节　化学实验室意外事故的处理 14
第二章　化学实验室基础知识 18
第一节　常用玻璃仪器及器具 18
第二节　化学试剂 36
第三节　化学实验用水 40
第四节　滤纸及试纸的使用 43
第五节　天平的使用 45
第三章　化学实验基本操作技术 53
第一节　玻璃管加工和塞子钻孔 53
第二节　加热与冷却的方法 57
第三节　物质的萃取 66
第四节　分离与结晶 68
第五节　蒸　馏 74
第四章　化学实验中的误差分析与数据处理 85
第一节　实验数据的误差分析 85
第二节　实验结果的数据处理与考核 88
化学实验基础技能检查与测试 94
化学实验基础技能检查与测试答案 98

第二部分　基础化学实验技能训练与测试 101
实验一　常用仪器的认知与洗涤 103
实验二　称量练习 111
实验三　容量仪器的校准 117
实验四　溶液的配制 124

实验五　粗食盐中杂质离子的去除和提纯 129
实验六　化学反应速度与化学平衡 135
实验七　气体摩尔常数的测定 143
实验八　滴定操作练习 148
实验九　乙酸电离平衡常数的测定（pH 值测定法） 157
实验十　氧化还原反应与电化学 161

第三部分　分析化学实验技能训练 171
实验一　盐酸溶液的标定 173
实验二　食醋总酸度的测定 178
实验三　混合碱成分及含量的测定 183
实验四　铵盐中氮的测定（甲醛法） 189
实验五　生活用水总硬度的测定 195
实验六　铝盐中铝含量的测定 200
实验七　硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定 205
实验八　高锰酸钾标准溶液的标定 210
实验九　可溶性氯化物中氯含量的测定（莫尔法） 215
实验十　氯化钠标准溶液的标定（佛尔哈德法） 221
实验十一　氯化钡中钡含量的测定（重量法） 227

第四部分　样品前处理实验技能训练 241
实验一　醋酸的萃取 243
实验二　工业乙醇的蒸馏 247
实验三　索氏提取法处理土壤样品 252
实验四　甲基橙-亚甲基蓝的分离（柱色谱法） 256
实验五　甘氨酸-亮氨酸的分离与鉴定（纸色谱法） 260
实验六　亚甲基蓝-荧光黄的分离（薄层色谱法） 264

第五部分　仪器分析实验技能训练 271
实验一　溶液 pH 的测定 273
实验二　溶液电导率的测定 279
实验三　光吸收曲线和摩尔吸光系数的测定 283
实验四　加碘盐中 KIO_3 含量的测定 288
实验五　原子吸收分光光度法测定水样中的铜 292
实验六　气相色谱法测定食用酒中乙醇的含量 297

实验七　高效液相色谱法测定可乐中的咖啡因.....303
实验八　原子荧光光度法测定水样中的硒.....309

附　录.....319
附录一　常用元素国际相对原子质量表.....321
附录二　常用化合物的相对分子质量.....322
附录三　实验室常用酸碱的浓度.....323
附录四　容量分析常用的基准物质.....323
附录五　常用缓冲溶液的配制.....324
附录六　常用指示剂.....324
附录七　常用干燥剂.....326
附录八　常见配位掩蔽剂.....326
附录九　常见离子和化合物颜色.....327
附录十　水在不同温度下的饱和蒸气压.....329

参考文献.....331

第一部分
化学实验基础知识

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第一章 化学实验室安全与环保常识

第一节 化学实验室安全常识

在化学实验室中，我们常与具有毒性、腐蚀性、易燃烧和爆炸性的化学药品直接接触，使用易碎的玻璃和瓷质器皿，在水、电、煤气等高温电热设备的环境下进行紧张而细致的工作。因此，每一个化学实验工作者必须十分重视安全工作并具备一定的防护、急救知识。

一、学生实验守则

（1）实验前必须认真预习，写出预习报告。明确本次实验的目的和要求，了解基本原理和操作步骤。进入实验室后，首先熟悉实验室环境、布置和各种设施的位置，清点仪器。

（2）实验过程中保持安静，集中思想，仔细观察，积极思考，独立完成各项实验任务，并简要、准确地将实验结果及原始数据记录下来，养成良好的实事求是的科学作风。课后及时总结复习，根据原始记录进行整理，并写出实验报告。

（3）实验仪器是公共财物，务必爱护，小心使用。

①使用玻璃仪器要小心谨慎，若有损坏必须报告教师。根据情况给予适当赔偿。

②使用精密仪器时，必须严格按照操作规程，遵守注意事项。若发现异常情况或出现故障，应立即停止使用，报告教师，找出原因，排除故障。

（4）使用试剂时应注意下列几点：

①试剂应按书中规定的规格、浓度和用量取用，以免浪费。如果书中未规定用量或自行设计的实验，应尽量节约使用。

②取用试剂时，注意勿使其撒落（或滴落）在实验容器外。

③每张实验台上的试剂是公用的，使用试剂时不要将试剂瓶拿到自己前面。若拿走，用过后应立即放回原处。

④试剂瓶的滴管和瓶塞是配套使用的，用后应立即放回原瓶，以避免混淆，沾污试剂。

⑤使用试剂时要遵守正确的操作方法，避免沾污试剂。

（5）注意安全操作，遵守安全守则。

化学实验室存在有毒品以及易燃、易爆和易腐蚀等多种安全隐患，是事故易发生的地点，必须注意安全操作，遵从教师的指导。

（6）完成实验后将仪器洗刷干净，放回原来位置。整理桌面，保持地面和桌面的清洁。

（7）值日生负责督促和检查每个同学，负责搞好整个实验室的清洁卫生，协助教师添加试剂。

（8）对实验内容和安排不合理之处可提出改进意见，做到教学相长。对实验中出现的一切反常现象应开展分析和讨论。

二、实验室安全守则

化学实验室中许多试剂易燃、易爆，具有腐蚀性和毒性，所以进行化学实验时，必须重视安全问题，绝不可麻痹大意。初次进行化学实验的学生，应接受必要的安全教育。每次实验前应掌握本次实验的安全注意事项。在实验过程中要严格遵守安全守则，避免事故的发生。化学实验室安全守则如下：

（1）实验室内严禁吸烟、饮食、打闹。

（2）水、电、气使用完毕后应立即关闭。

（3）洗液、浓酸、浓碱具有强腐蚀性，应避免溅落在皮肤、衣服、书本上，更应防止溅入眼睛里。

（4）注意安全操作，具体要求如下：

①能产生有刺激性或有毒气体的实验，都应在通风橱内进行。

②具有易挥发和易燃物质的实验，都应在远离火源的地方进行，最好在通风橱内进行。

③加热试管时，不要将试管口对着自己或别人，也不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出受到伤害。使用电炉时应有人在旁，不可擅自离开不管，用毕后切记断电。

④闻气体气味时，应用手轻拂气体，把少量气体拂向自己再闻。

⑤有毒试剂（如氰化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等）不得进入口内或接触伤口，也不能随意倒入下水道，应回收统一处理。

⑥禁止任意混合各种试剂药品，以免发生意外事故。

（5）实验室所有药品、仪器不得带出室外。

（6）废弃溶液可倒入水槽内，但强酸、强碱溶液必须先用水稀释后，再放水冲走。强腐蚀性废弃试剂、药品、废纸及其他有毒废液、固体废物或带有渣滓沉淀的废液均应倒入废品缸内，不能倒入水槽。

（7）实验完毕，应将实验桌整理干净，洗净双手，关闭水、电、煤气等阀门后才能离开实验室。

三、安全用电常识

违章用电可能造成人身伤亡、火灾、仪器设备损坏等严重事故。在化学实验室使用电器时，为了保障人身安全，一定要遵守实验室安全规则，注意安全用电。

1. 防止触电

（1）不用潮湿的手接触电器。

（2）电源裸露部分应有绝缘装置（例如电线接头处应裹上绝缘胶布）。

（3）所有电器的金属外壳都应保护接地。

（4）实验时，应先连接好电路后才接通电源。实验结束时，先切断电源再拆线路。

（5）修理或安装电器时，应先切断电源。

（6）不能用试电笔去试高压电。使用高压电源应有专门的防护措施。

（7）如有人触电，应迅速切断电源，然后进行抢救。

2. 防止引起火灾

（1）使用的保险丝要与实验室允许的用电量相符。

（2）电线的安全通电量应大于用电功率。

（3）室内若有氢气、煤气等易燃易爆气体，应避免产生电火花。继电器工作和开关电闸时，易产生电火花，要特别小心。电器接触点（如电插头）接触不良时，应及时修理或更换。

（4）如遇电线起火，立即切断电源。用沙或二氧化碳、四氯化碳灭火器灭火，禁止用水或泡沫灭火器等灭火。

3. 防止短路

（1）线路中各接点应牢固，电路元件两端接头不要互相接触，以防短路。

（2）电线、电器不要被水淋湿或浸在导电液体中，例如实验室加热用的灯泡接口不要浸在水中。

4. 电器仪表的安全使用

（1）在使用前，先了解电器仪表要求使用的电源是交流电还是直流电；是三相电还是单相电以及电压的大小（380V、220V、110V 或 6V）。须弄清电器功率是否符合要求及直流电器仪表的正、负极。

（2）仪表量程应大于待测量。若待测量大小不明时，应从最大量程开始测量。

（3）实验之前要检查线路连接是否正确。经教师检查同意后方可接通电源。

（4）在电器仪表使用过程中，如发现有不正常声响，局部升温或嗅到绝缘漆过热产生的焦味，应立即切断电源，并报告教师进行检查。

四、实验室灭火常识

实验室存放着各种化合物，如使用和保管不当都可能引起火灾。一般有机物，特别是有机溶剂，大都容易着火，它们的蒸汽或其他可燃性气体、固体粉末等（如氢气、一氧化碳、苯、油蒸气、面粉）与空气按一定比例混合后，当有火花时（点火、电火花、撞击火花）就会引起燃烧或猛烈爆炸；由于某些化学反应放热而引起燃烧，如金属钠、钾等遇水燃烧甚至爆炸；有些物品易自燃，如白磷遇空气就自行燃烧，由于保管和使用不善而引起燃烧；有些化学试剂相混在一起，在一定的条件下会引起燃烧和爆炸，如将红磷与氯酸钾混在一起，磷就会燃烧爆炸。

实验室一旦出现火情，要沉着冷静地快速处理。首先要切断热源、电源，把附近的可燃物品移走，再针对燃烧物的性质采取适当的灭火措施。但不可将燃烧物抱着往外跑，因为跑时空气更流通，会烧得更猛。如果在着火和救火当中，衣服着火时，千万不要乱跑，否则由于空气的迅速流动会加强燃烧，应当躺在地下滚动，这样一方面可压熄火焰，另一方面也可避免火烧到头部。

物质燃烧需要空气和一定的温度，所以通过降温或者将燃烧的物质与空气隔绝，便能达到灭火的目的。常用的灭火措施包括使用灭火器及其他有灭火作用的物质，使用时要根据火灾的轻重，燃烧物的性质，周围环境和现有条件进行选择。

（1）泡沫灭火器：是实验室常用的灭火器材，其主要化学组分为 $Al_2(SO_4)_3$ 和 $NaHCO_3$，适用于除电流起火外的一般起火和油类起火。使用时，把灭火器倒过来，由于它生成二氧化碳及泡沫，使燃烧物与空气隔绝而灭火，效果较好。

（2）二氧化碳灭火器：在小钢瓶中装入液态二氧化碳（干冰），救火时打开阀门，把喇叭口对准火场喷射出二氧化碳以灭火，在工厂实验室都很适用，它不损坏仪器，不留残渣，对于通电的仪器也可以使用，但金属镁燃烧不能使用它来灭火。

（3）四氯化碳灭火器：四氯化碳沸点较低，喷出来后形成沉重而惰性的蒸气掩盖在燃烧物体周围，使其与空气隔绝而灭火。四氯化碳不导电，适于扑灭带电物体的火灾。但它在高温时分解出有毒气体，故在不通风的地方最好不用。另外，在有钠、钾等金属存在时不能使用，因为有引起爆炸的危险。

（4）1211 灭火器：是一种新型的高效能灭火器，在钢瓶内装有二氟一氯一溴甲烷的化学物质，适用于油类、有机溶剂、高压电器设备、精密仪器等的失火。

（5）干粉灭火器：将 $NaHCO_3$ 等物质和适量润滑剂、防腐剂配合起来使用，灭火速度很快，适用于油类、可燃气体、电器、精密仪器等失火。另外，金属钠、钾失火也可用它灭火。

（6）石棉布：适用于小火。用石棉布盖上以隔绝空气，如果火很小，用湿抹布或石棉布盖上就能灭火。

（7）干沙土：一般装于砂箱或砂袋内，只要抛撒在着火物体上就可灭火。适用于不能用水扑救的燃烧，砂土应该用干的，但对火势很猛，面积很大的火焰欠佳。

（8）水：常用的救火物质。它能使燃烧物的温度下降，但一般有机物着火不适用，因溶剂与水不相溶，又比水轻，水浇上去后，溶剂还漂在水面上，扩散开来继续燃烧。但若燃烧物与水互溶时，或用水没有其他危险时可用水灭火。在溶剂着火时，先用泡沫灭火器把火扑灭，再用水降温是有效的救火方法。

（9）水蒸气：在有水蒸气的地方把水蒸气对火场喷，也能隔绝空气而起灭火作用。

（10）石墨粉：当钾、钠或锂着火时，不能用水、泡沫灭火器、二氧化碳、四氯化碳等灭火，可用石墨粉扑灭。

第二节　危险化学品的储存和使用

一、危险化学品的分类

在《常用危险化学品的分类及标志》（GB 13690—1992）中，按危险特性将常用危险化学品分为 8 类：

第 1 类　爆炸品

本类化学品指在外界作用下（如受热、受压、撞击等），能发生剧烈的化学反应，瞬时产生大量的气体和热量，使周围压力急骤上升，发生爆炸，对周围环境造成破坏的物品，也包括无整体爆炸危险，但具有燃烧、抛射及较小爆炸危险的物品。这类物质有 TNT、苦味酸、硝酸铵、叠氮化物、雷酸盐、乙炔阴离子及其他超过三个硝基的有机化合物。

第 2 类　压缩气体和液化气体

本类化学品是指压缩、液化或加压溶解的气体。如一氧化碳、乙炔、甲硫醇、硫化氢等易燃气体；二氧化碳（压缩的）、压缩空气、氮（液化的）等不燃气体（包括助燃气体）；氟化氢（无水）、光气等有毒气体。这些气体经压缩后储存于耐压钢瓶内，便都具有危险性。钢瓶如果在太阳下暴晒或受热，当瓶内压力升高至大于容器耐用限度时，即引起爆炸。

第 3 类　易燃液体

本类化学品是指易燃的液体，液体混合物或含有固体物质的液体，但不包括由于其危险特性已列入其他类别的液体，其闭杯试验闪点等于或低于 61℃。

按闪点高低分为以下三项：

（1）低闪点液体：闭杯闪点低于–18℃的液体，如乙醚、乙醛、汽油、丙酮、

二甲硫醚、二硫化碳、环己烷等。

（2）中闪点液体：闭杯闪点在-18℃至23℃的液体如石油醚、甲醇、乙醇、苯、甲苯、乙酸乙酯、硝基苯等。

（3）高闪点液体：闭杯闪点在23℃至61℃的液体，如松节油、二甲苯、环己酮、苯甲醚等。

第4类　易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品

易燃固体是指燃点低，对热、撞击、摩擦敏感，易被外部火源点燃，燃烧迅速，并可能散发出有毒烟雾或有毒气体的固体，但不包括已列入爆炸品的物品。如赤磷、硫黄、萘、硝化纤维等。

自燃物品是指自燃点低，在空气中易发生氧化反应，放出热量，而自行燃烧的物品。如白磷等。

遇湿易燃物品是指遇水或受潮时，发生剧烈化学反应，放出大量的易燃气体和热量的物品，有的不需明火，即能燃烧或爆炸。如金属钾、钠、电石等。

第5类　氧化剂和有机过氧化物

氧化剂是指处于高氧化态、具有强氧化性，易分解并放出氧和热量的物质，包括含有过氧基的无机物其本身不一定可燃，但能导致可燃物的燃烧，与松软的粉末状可燃物能组成爆炸性混合物，对热、震动或摩擦较敏感。如三氧化铬（无水的）、亚硝酸钠、过氧化氢溶液、过硫酸铵、重铬酸钾等。

有机过氧化物是指分子组成中含有过氧基的有机物，其本身易燃易爆，极易分解，对热、震动或摩擦极为敏感。

第6类　有毒品

本类化学品是指进入机体后，累积达一定的量，能与体液和器官组织发生生物化学作用或生物物理学作用，扰乱或破坏肌体的正常生理功能，引起某些器官和系统暂时性或持久性的病理改变，甚至危及生命的物品。这类物品具有强烈的毒害性，少量进入人体或接触皮肤即能造成中毒甚至死亡。毒品分为剧毒品和有毒品。凡生物实验半数致死量（LD_{50}）在50 mg/kg以下者均为剧毒品。如氰化物、砒霜、二氯化汞、硫酸二甲酯等。

第7类　放射性物品

本类化学品是指放射性比活度大于7.4×10^4 Bq/kg的物品，如硝酸钍及腐蚀性矿物独居石等。人体受到过量照射或吸入放射性粉尘能引起放射病。

第8类　腐蚀品

本类化学品是指能灼伤人体组织并对金属等物品造成损坏的固体或液体。与皮肤接触在4 h内出现坏死现象，或温度在55℃时，对20号钢的表面均匀年腐蚀率超过6.25 mm/a的固体或液体。

这类物品具有强腐蚀性，与其他物质如木材、铁等接触使其因受腐蚀作用引起

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com