

国家中等职业教育改革发展示范学校

重点专业教材建设成果



化学分析检验基础

● 陈 勇 主 编
● 黄翠平 副主编
● 智恒平 主 审

HUAXUE
FENXI
JIANYAN
JICHU



化学工业出版社

国家中等职业教育改革发展示范学校
重点专业教材建设成果

化学分析检验基础

陈 勇 主 编
黄翠平 副主编
智恒平 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材是以国家《中等职业学校工业分析与检验专业课程标准》为依据,以“项目导向,任务引领,理实一体”的课程设计思路为原则,根据化工生产的实际和中职学生的特点,结合教学实际编写而成。

本教材共设置七个项目:化学定量分析测定、滴定分析法、酸碱滴定法、氧化还原滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法、重量分析法。以项目—任务—活动为主线,由知识准备、任务目标、活动、项目评价、思考与练习几部分组成,使教、学、练、评得到有机的结合。本书适用 200~220 学时范围(包括实训),其中实训学时不宜少于总学时的 60%。

本书为中等职业学校工业分析与检验专业教材,也可作为企业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

化学分析检验基础/陈勇主编. —北京:化学工业出版社, 2015.8

国家中等职业教育改革示范学校重点专业教材
建设成果

ISBN 978-7-122-24351-5

I. ①化… II. ①陈… III. ①化学分析-检验-中等
专业学校-教材 IV. ①O652

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 135725 号

责任编辑:陈有华 刘心怡

装帧设计:尹琳琳

责任校对:王素芹

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 装:北京九州迅驰传媒文化有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 10³/₄ 字数 218 千字 2015 年 8 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:28.00 元

版权所有 违者必究

国家中等职业教育改革发展示范学校 重点专业教材建设

编审委员会

主 任 王黎明

委 员 (按姓氏笔画排序)

王建平	孔令慧	师文辉	朱学伟	任成平	孙建明
李 舟	李水龙	李国宏	张日利	张旭华	陆善平
陈启文	苗林明	郑智宏	秦京菊	秦晋一	原 俊
柴琳洁	梁占禄	董树清	温鹏飞	薛利平	薛新科

特聘专家 (按姓氏笔画排序)

王晓东	王梅梅	李四峰	郎红旗	杨志东	赵建勇
赵海兰	温卫东	韩文斌	薛永兵		

前言

为了进一步促进中等职业学校办学特色，提高教学质量，山西省工贸学校组织教学一线具有丰富实践经验的骨干教师，通过企业调研和专家论证，总结多年的教改和教学经验，开发编写出这本《化学分析检验基础》教材。本书是以国家《中等职业学校工业分析与检验专业课程标准》为依据，以“项目导向，任务引领，理实一体”的课程设计思路为原则，根据化工生产的实际和中职学生的特点，结合教学实际编写而成。

化学分析检验基础是中等职业学校工业分析与检验专业的核心课之一。为使学生能较好地掌握化学分析的基本原理、基本技能，培养学生分析问题和解决问题的能力，以及为学习后继课程乃至今后工作打下一定的基础，我们在编写过程中充分注意到精选理论内容，讲清基本概念，注意联系实际，突出生产应用。同时，本教材引入了“7S”和责任关怀的理念，培养和提升学生的职业素养。

本教材共设置七个项目：化学定量分析测定、滴定分析法、酸碱滴定法、氧化还原滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法、重量分析法。以项目—任务—活动为主线，由知识准备、任务目标、活动、项目评价、思考与练习几部分组成，使教、学、练、评得到有机的结合。本书适用 200~220 学时范围（包括实训），其中实训学时不宜少于总学时的 60%。

本教材由陈勇主编，黄翠平副主编，智恒平主审。其中陈勇编写绪论、第一项目、第六项目、第七项目，黄翠平编写第二项目、第三项目，廉优芬编写第四项目、第五项目，全书由陈勇统稿。

编写过程中，得到了杨海栓、任瑛、冯淑琴、刘泽文等老师及阳煤化工股份有限公司、山西天脊潞安化工有限公司等企业专家的大力支持，编者在此表示衷心感谢。

我们竭诚欢迎使用本书的老师及广大读者对本书给予批评指正，以便在今后的修订过程中不断加以改进和完善。

编者

2015 年 1 月

目录

绪论	1
任务一 实验室的认知	3
活动一 实验室环境的认识	3
活动二 化学分析仪器的认识	5
活动三 化学实验常用玻璃仪器的洗涤和干燥	8
任务二 实验室的安全	9
活动一 试剂和药品的认识	9
活动二 安全的知识	11
思考与练习	13
项目一 化学定量分析测定	15
任务一 分析天平称量练习	20
活动一 知识准备	20
活动二 任务准备	22
活动三 任务方法	23
任务二 化学分析基本操作技术	24
活动一 知识准备	24
活动二 容量瓶的操作练习	25
活动三 吸管的操作练习	26
活动四 滴定管的操作练习	28
思考与练习	32
项目评价	34
项目二 滴定分析法	38
任务一 滴定分析终点的练习	43
活动一 任务准备	43
活动二 任务方法	43
任务二 酸标准溶液的配制和标定	44

活动一 任务准备	44
活动二 任务方法	45
任务三 碱标准溶液的配制和标定	46
活动一 任务准备	46
活动二 任务方法	47
思考与练习	48
项目评价	50

项目三 酸碱滴定法

任务一 工业硫酸纯度的测定	65
活动一 任务准备	65
活动二 任务方法	65
任务二 混合碱的分析（双指示剂法）	67
活动一 任务准备	67
活动二 任务方法	68
任务三 醋酸含量的测定	69
活动一 任务准备	69
活动二 任务方法	69
思考与练习	71
项目评价	73

项目四 氧化还原滴定法

任务一 高锰酸钾标准滴定溶液的配制和标定方法	83
活动一 任务准备	83
活动二 任务方法	84
任务二 过氧化氢含量的测定	85
活动一 任务准备	85
活动二 任务方法	86
任务三 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定	87
活动一 任务准备	87
活动二 任务方法	88
任务四 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 中 Cu 含量的测定	89
活动一 任务准备	89
活动二 任务方法	90
任务五 铁矿中全铁含量的测定	92
活动一 任务准备	92

活动二 任务方法	93
思考与练习	94
项目评价	96
项目五 配位滴定法	100
任务一 EDTA 标准溶液的配制和标定	108
活动一 任务准备	109
活动二 任务方法	110
任务二 自来水总硬度的测定	111
活动一 任务准备	111
活动二 任务方法	112
思考与练习	114
项目评价	116
项目六 沉淀滴定法	120
任务一 硝酸银标准滴定溶液的配制和标定	123
活动 任务准备	123
任务二 水中氯含量的测定	124
活动一 任务准备	124
活动二 任务方法	125
思考与练习	126
项目评价	127
项目七 重量分析法	131
任务一 重量分析基本操作	135
活动一 任务准备	135
活动二 任务方法	135
任务二 氯化钡含量的测定	139
活动一 任务准备	139
活动二 任务方法	140
任务三 工业无水硫酸钠含量的分析	142
活动一 任务准备	142
活动二 任务方法	142
思考与练习	143
项目评价	145
思考与练习参考答案	148

附录

附录 1 常用玻璃仪器的名称和用途

附录 2 不同温度下标准溶液的体积补正值

附录 3 常见基准物质干燥条件和标定对象

附录 4 弱酸、弱碱在水中的电离常数 (25℃)

附录 5 常用的缓冲溶液

附录 6 常用酸碱溶液的密度和浓度

附录 7 常用标准溶液的保存期限

附录 8 金属离子与氨羧配位剂配合物的形成常数 (18~25℃)

附录 9 氧化还原电对的标准电极电位及条件电极电位

附录 10 难溶化合物的溶度积 (18~25℃)

附录 11 常用化合物的摩尔质量 M (g/mol)

附录 12 元素相对原子质量表

参考文献

151

151

152

154

154

156

156

157

157

157

160

161

163

164

绪 论



知识准备

一、分析化学的任务

分析化学是获取物质化学组成和结构信息的科学。

成分分析 $\left\{ \begin{array}{l} \text{① 确定物质的化学组分——定性分析} \\ \text{（由哪些元素、离子、官能团或化合物组成）} \\ \text{② 测定有关成分的含量——定量分析} \end{array} \right.$

二、分析方法的分类

根据分析化学任务、分析对象、分析原理、操作方法等分为多种分类。

1. 定性、定量、结构分析

根据分析化学的任务，可分为定性、定量、结构分析。

2. 无机分析与有机分析

根据分析对象，可分为无机分析（元素、离子、化合物等）与有机分析（官能团、空间结构等）。

3. 化学分析与仪器分析

根据分析原理，可分为化学分析与仪器分析。

（1）化学分析 以物质的化学反应为基础的分析方法。

① 化学定性分析：根据反应现象、特征鉴定物质的化学组成。

② 化学定量分析：根据反应中反应物与生成物之间的计量关系测定各组分的相对含量。

特点：使用仪器、设备简单，常量组分分析结果准确度高，但对于微量和痕量（ $<0.01\%$ ）组分分析，灵敏度低、准确度不高。

（2）仪器分析 以物质的物理或物理化学性质为基础的分析方法（光学、电化学、色谱法等）。

① 电化学分析法：电位法、电导法、库仑法等。

② 光学分析法：紫外-可见分光光度法、原子吸收分光光度法、红外分光光度法等。

③ 色谱分析法：液相色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法等。

特点：快速、灵敏，所需试样量少，适于微量、痕量成分分析。但对常量组分准确度低。

4. 常量分析、半微量分析、微量分析、超微量分析

根据操作方法及用量，可分为常量分析、半微量分析、微量分析、超微量分析。

各种分析方法的试样用量见表 0-1。

表 0-1 各种分析方法的试样用量

方 法	试样质量/mg	试样体积/mL
常量分析	>100	>10
半微量分析	10~100	1~10
微量分析	0.1~10	0.01~1
超微量分析	<0.1	<0.01

(1) 化学定量分析 主要采用常量分析方法。

(2) 仪器分析 主要用于进行微量、超微量分析。

常量组分分析、微量组分分析、痕量组分分析的待测组分含量见表 0-2。

表 0-2 各种分析方法的待测组分含量

常量组分	微量组分	痕量组分
>1%	0.01%~1%	<0.01%

以上两种概念不能混淆，如痕量组分分析不一定是微量分析：自来水中痕量污染物分析是常量分析。

三、分析化学的作用和发展趋势

1. 分析化学的作用

分析检验不仅在化学、化工领域起着重要作用，而且对国民经济和科学技术的发展都具有重大的实际意义。

(1) 在农业方面 土壤成分及性质的测定，化肥、农药的分析，作物生长过程的研究。

(2) 在工业方面 有“工业眼睛”之称。资源的勘探、矿山的开发、原料的选择、流程控制、新产品试制、成品检验、“三废”处理及利用等都必须依赖分析结果作依据。

(3) 在国防方面 武器装备的生产和研制，犯罪活动的侦破，也需分析化学的配合。

(4) 在科学技术方面 分析化学的作用已远远超出了化学领域，它在生命科学、材料科学、能源科学、环境科学、生物学等方面起着不可取代的作用，如：病

理诊断的化验、药品规格的检测、环境的监控等都需要分析化学的配合。

2. 分析化学的发展

分析化学是近年来发展最为迅速的学科之一，这是同现代科学技术总的发展密切相关的。现代科学技术的飞速发展就给分析化学提出了越来越高的要求，同时由于各门学科向分析化学渗透，也向分析化学提供了新的理论、方法和手段，使分析化学不断丰富和发展。

(1) 对分析化学的要求 快速、准确、非破坏性、高灵敏度、高选择性、遥测、自动化、智能化等。

(2) 分析化学的发展趋势 为获取物质尽可能全面的信息、进一步认识自然、改造自然，需要仪器化、自动化、快速跟踪、无损、在线监测技术发展；现代分析化学的任务已不只限于测定物质的组成、含量和结构，而是要对物质的形态（氧化-还原态、配位态、结晶态等）、微区、薄层及化学生物活性等作出瞬时追踪。

(3) 分析化学课程的特点 基本理论与实践紧密结合，通过严格的实验训练，培养认真的科学态度及独立进行精密科学实验的技巧，提高分析问题和处理问题的能力，为后继课程的学习以及从事科学研究和生产工作打下良好的基础。

化学分析法是仪器分析法的基础：对于大部分元素，只要组分的含量不是很小，化学分析法的准确度是其他方法所不及的。化学分析法中除滴定分析法需要纯物质用于标定外，无需其他标准物质。而许多仪器分析法需要与试样组成相似的标准物质作标准之用。有时要合成标准或用化学分析法先分析标准；有时在用仪器分析法测定前，试样要经过化学处理，如试样的溶解，干扰物质的分离等。这些都是化学分析法的基础上进行的，所以，化学分析法是仪器分析法的基础。

任务一 实验室的认知



任务目标

1. 了解分析实验室的基本情况；
2. 分清各实验室的使用和用途；
3. 了解化学定量分析中常用仪器的类别；
4. 了解常用玻璃仪器的规格、性能、用途；
5. 学会常见玻璃仪器的使用、洗涤及干燥方法；
6. 严格遵循实验室的“7S”的管理制度。

活动一 实验室环境的认识

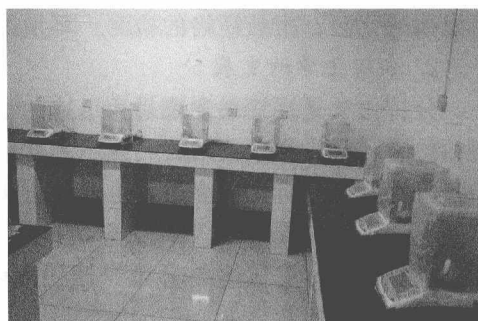
分析化学实验室如图 0-1 所示。

仪器分析实验室如图 0-2 所示。

工业分析实验室如图 0-3 所示。

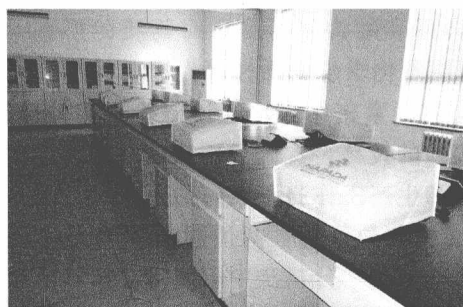


(a)



(b)

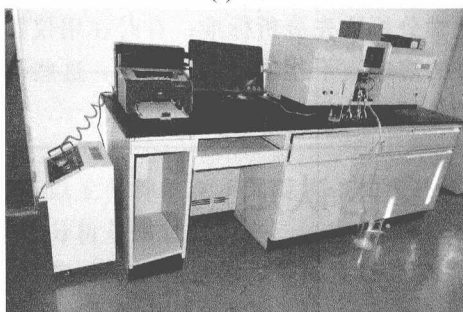
图 0-1 分析化学实验室



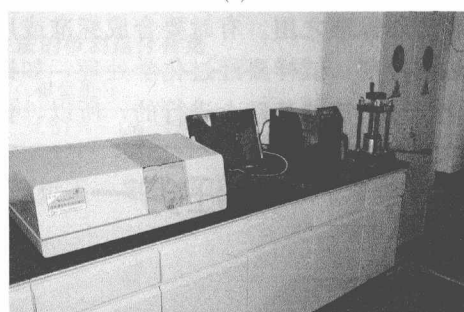
(a)



(b)

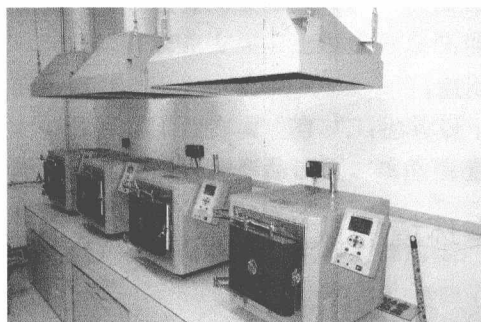


(c)



(d)

图 0-2 仪器分析实验室



(a)



(b)

图 0-3 工业分析实验室

活动二 化学分析仪器的认识

一、玻璃仪器分类

化学分析实验常用的仪器中,大部分为玻璃制品和一些瓷质类仪器。瓷质类仪器包括蒸发皿、布氏漏斗、瓷坩埚、瓷研钵等。玻璃仪器种类很多,按用途大体可分为容器类、量器类两类。

容器类包括试剂瓶、烧杯、烧瓶等。根据它们能否受热又可分为可加热的仪器和不宜加热的仪器。

量器类有量筒、移液管、滴定管、容量瓶等。量器类一律不能加热。

二、常用的玻璃仪器

化学分析常用的玻璃仪器见图 0-4~图 0-13。

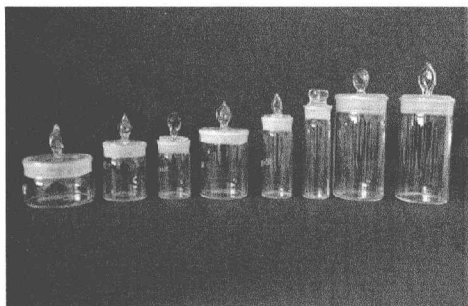


图 0-4 称量瓶

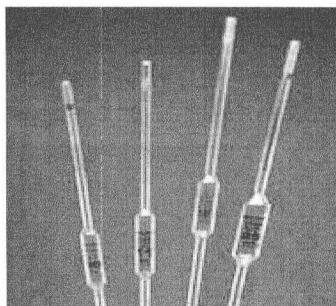


图 0-5 移液管

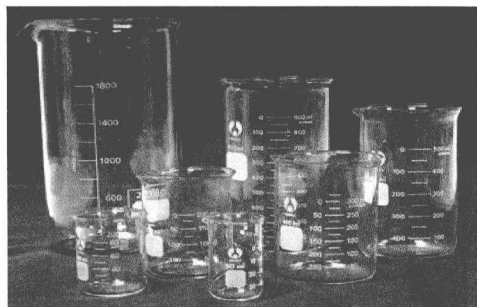


图 0-6 烧杯

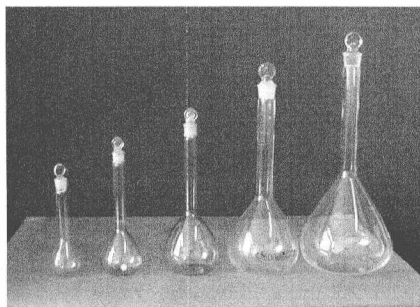


图 0-7 容量瓶

三、玻璃仪器的洗涤

1. 洗涤液的选择

洗涤玻璃仪器时,应根据实验要求、污物的性质及玷污程度,合理选用洗涤液。实验室常用的洗涤液有以下几种。

(1) 水 水是最普通、最廉价、最方便的洗涤液,可用来洗涤水溶性污物。

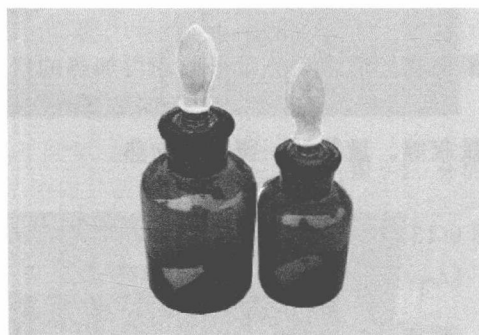


图 0-8 滴瓶

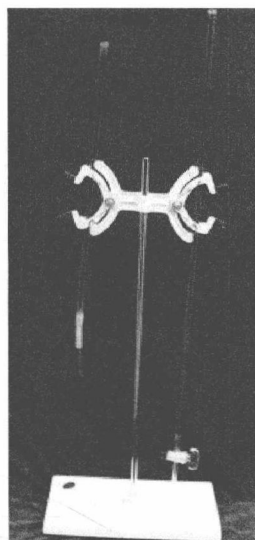


图 0-9 滴定管



图 0-10 试剂瓶

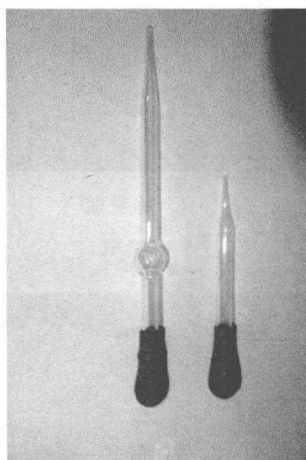


图 0-11 滴管

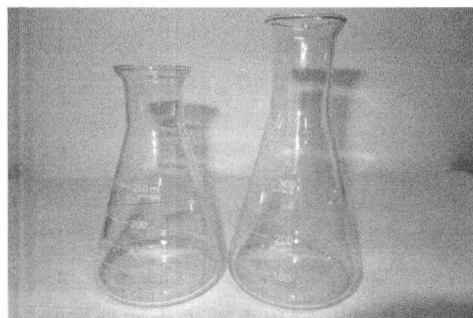


图 0-12 锥形瓶

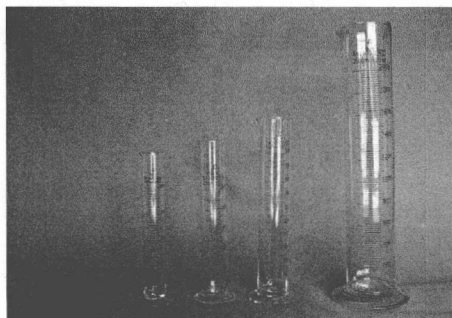


图 0-13 量筒

(2) 热肥皂液和合成洗涤剂 是实验室常用的洗涤液，洗涤油脂类污垢效果较好。

(3) 铬酸洗涤液 铬酸洗涤液具有强酸性和强氧化性，适用于洗涤有无机物玷污和器壁残留少量油污的玻璃仪器。用洗液浸泡玷污仪器一段时间，洗涤效果更好。洗涤完毕后，用过的洗涤液要回收在指定的容器中，不可随意乱倒。此洗液可重复使用，当其颜色变绿时即为失效。该洗液要密闭保存，以防吸水失效。

2. 洗涤的一般程序

洗涤玻璃仪器时，通常先用自来水洗涤，不能奏效时再用肥皂液、合成洗涤剂等刷洗，仍不能除去的污物，应采用其他洗涤液洗涤。洗涤完毕后，都要用自来水冲洗干净，此时仪器内壁应不挂水珠，这是玻璃仪器洗净的标志。必要时再用少量蒸馏水淋洗 2~3 次。

3. 洗涤方法

洗涤玻璃仪器时，可采用下列几种方法。

(1) 振荡洗涤 又叫冲洗法，是利用水把可溶性污物溶解而除去。往仪器中注入少量水，用力振荡后倒掉，依此连洗数次。

(2) 刷洗法 仪器内壁有不易冲洗掉的污物，可用毛刷刷洗。先用水湿润仪器内壁，再用毛刷蘸取少量肥皂液等洗涤液进行刷洗。刷洗时要选用大小合适的毛刷，不能用力过猛，以免损坏仪器。

(3) 浸泡洗涤 对不溶于水、刷洗也不能除掉的污物，可利用洗涤液与污物反应转化成可溶性物质而除去。先把仪器中的水倒尽，再倒入少量洗液，转几圈使仪器内壁全部润湿，再将洗液倒入洗液回收瓶中。用洗液浸泡一段时间效果更好。

四、玻璃仪器的干燥

实验室中往往需要洁净干燥的玻璃仪器，将玻璃仪器洗涤干净后，要采取合适的方法对玻璃仪器进行干燥，玻璃仪器的干燥一般采取下列几种方法。

① 晾干。对不急于使用的仪器，洗净后将仪器倒置在格栅板上或实验室的干燥架上，让其自然干燥。

② 吹干。将仪器倒置沥去水分，用电吹风（见图 0-14）的热风或气流烘干玻璃仪器。

③ 烘干。将洗净的仪器控去水分，放在电烘箱（见图 0-15）的搁板上，温度控制在 105~110℃ 烘干。

烘箱又叫电热恒温干燥箱，它是干燥玻璃仪器常用的设备，也可用于干燥化学药品。

带有精密刻度的计量容器不能用加热方法干燥，否则会影响仪器的精度，可采用晾干或冷风吹干的方法干燥。

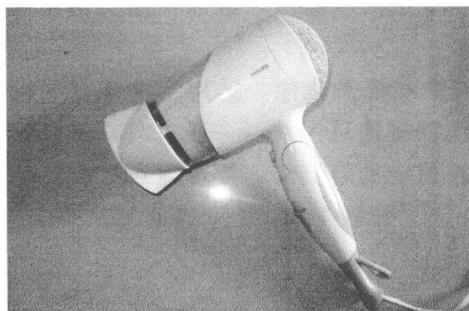


图 0-14 电吹风

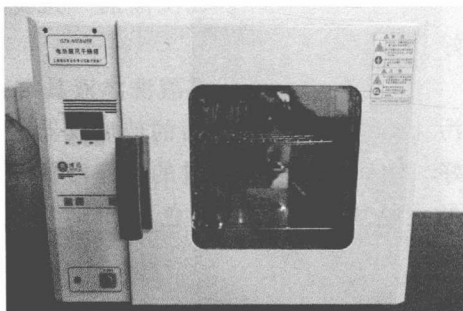


图 0-15 电热恒温干燥箱

活动三 化学实验常用玻璃仪器的洗涤和干燥

一、常用玻璃仪器

1. 容器类

洗瓶、试管、烧杯、表面皿、锥形瓶、烧瓶、试剂瓶、滴瓶等。

2. 量器类

量筒、量杯、容量瓶、滴定管。

二、操作

1. 玻璃仪器的洗涤

- ① 用洗涤液刷洗试管、烧杯、量筒等；
- ② 用铬酸洗液洗涤圆底烧瓶、试剂瓶；
- ③ 将实验柜内玻璃仪器洗涤，观察洗涤效果。

2. 玻璃仪器的干燥

- ① 将洗净的试剂瓶放入烘箱烘干；
- ② 用烤干法干燥两支试管；
- ③ 选择快速干燥法，干燥试剂瓶；
- ④ 选择干燥方法，干燥量筒。

3. 仪器的储藏

将仪器分类摆放整齐于实验柜中。



注意事项

- ① 要注意各种玻璃仪器的规格和型号。
- ② 仪器摆放要分类，玻璃、瓷制仪器、金属制品不能混放，防止打破玻璃仪器。
- ③ 实验室台面一般为瓷砖，取用玻璃仪器时注意轻拿轻放。
- ④ 实验操作后要认真洗手。