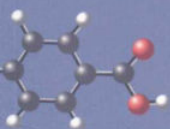




高等学校化学实验教材

丁海燕 主编



化工原理 实验

Experimental Chemical
Engineering Principles
(第3版)



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

高等学校化学实验教材

化工原理实验

(第3版)

主 编 丁海燕
副主编 刘西德 伍联营 刘 敏
张秀玲 丁养军

中国海洋大学出版社
· 青 岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

化工原理实验 / 丁海燕主编. —3 版. —青岛:
中国海洋大学出版社, 2018. 5
ISBN 978-7-5670-1937-9

I. ①化… II. ①丁… III. ①化工原理—实验—高等
学校—教材 IV. ①TQ02—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 185814 号

出版发行 中国海洋大学出版社
社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071
网 址 <http://www.ouc-press.com>
电子信箱 xianlimeng@gmail.com
订购电话 0532-82032573(传真)
丛书策划 孟显丽
责任编辑 孟显丽 电 话 0532-85901092
印 制 日照报业印刷有限公司
版 次 2018 年 8 月第 3 版
印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷
成品尺寸 170 mm×230 mm
印 张 11.375
字 数 210 千
印 数 1~2200
定 价 30.00 元

发现印装质量问题,请致电 0633-8221365,由印刷厂负责调换。

高等学校化学实验教材

编写指导委员会

主任	毕彩丰					
副主任	赵斌					
委员	尤进茂	尹汉东	王怀生	任万忠	王林同	
	何国芳	王立斌	张秀玲	薛兆民	魏培海	
	刘雪静	陈万东	杨仲年	高之清	周西臣	

《化工原理实验》(第3版)编委会

主编	丁海燕					
副主编	刘西德	伍联营	刘敏	张秀玲	丁养军	
编委	冯尚华	陈艳丽	解胜利	刘爱珍	郭焕美	
	张建平	霍月洋	刘凯			

总序

化学是一门重要的基础学科,与物理、信息、生命、材料、环境、能源、地球和空间等学科有紧密的联系、交叉和渗透,在人类进步和社会发展中起到了举足轻重的作用。同时,化学又是一门典型的以实验为基础的学科。在化学教学中,思维能力、学习能力、创新能力、动手能力和专业实用技能是培养创新人才的关键。

随着化学教学内容和实验教学体系的不断改革,高校需要一套内容充实、体系新颖、可操作性强、实验方法先进的实验教材。

由中国海洋大学、曲阜师范大学、聊城大学和烟台大学等 12 所高校编写的《无机及分析化学实验》、《无机化学实验》、《分析化学实验》、《仪器分析实验》、《有机化学实验》、《物理化学实验》和《化工原理实验》7 本高等学校化学实验系列教材,现在与读者见面了。本系列教材既满足通识和专业基本知识的教育,又体现学校特色和创新思维能力的培养。纵览本套教材,有五个非常明显的特点:

1. 高等学校化学实验教材编写指导委员会由各校教学一线的院系领导组成,编指委成员和主编人员均由教学经验丰富的教授担当,能够准确把握目前化学实验教学的脉搏,使整套教材具有前瞻性。

2. 所有参编人员均来自实验教学第一线,基础实验仪器设备介绍清楚、药品用量准确;综合、设计性实验难度适中,可操作性强,使整套教材具有实用性。

3. 所有实验均经过不同院校相关教师的验证,具有较好的重复性。

4. 每本教材都由基础实验和综合实验组成,内容丰富,不同学校可以根据需要从中选取,具有广泛性。

5. 实验内容集各校之长,充分考虑到仪器型号的差别,介绍全面,具有可行性。

一本好的实验教材,是培养优秀学生的基础之一,“高等学校化学实验教材”的出版,无疑是化学实验教学的喜讯。我和大家一样,相信该系列教材对进一步提高实验教学质量、促进学生的创新思维和强化实验技能等方面将发挥积极的作用。

高从堦

2009年5月18日

总前言

实验化学贯穿于化学教育的全过程,既与理论课程密切相关又独立于理论课程,是化学教育的重要基础。

为了配合实验教学体系改革和满足创新人才培养的需要,编写一套优秀的化学实验教材是非常必要的。由中国海洋大学、曲阜师范大学、聊城大学、烟台大学、潍坊学院、泰山学院、临沂师范学院、德州学院、菏泽学院、枣庄学院、济宁学院、滨州学院 12 所高校组成的高等学校化学实验教材编写指导委员会于 2008 年 4 月至 6 月,先后在青岛、济南和曲阜召开了 3 次编写研讨会。以上院校以及中国海洋大学出版社的相关人员参加了会议。

本系列实验教材包括《无机及分析化学实验》、《无机化学实验》、《分析化学实验》、《仪器分析实验》、《有机化学实验》、《物理化学实验》和《化工原理实验》,涵盖了高校化学基础实验。

中国工程院高从堦院士对本套实验教材的编写给予了大力支持,对实验内容的设置提出了重要的修改意见,并欣然作序,在此表示衷心感谢。

在编写过程中,中国海洋大学对《无机及分析化学实验》、《无机化学实验》给予了教材建设基金的支持,曲阜师范大学、聊城大学、烟台大学对本套教材编写给予了支持,中国海洋大学出版社为该系列教材的出版做了大量组织工作,并对编写研讨会提供全面支持,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥和错误在所难免,恳请同仁和读者不吝指教。

高等学校化学实验教材编写指导委员会

2009 年 7 月 10 日

前 言

“化工原理”是化学工程与工艺、环境科学与工程、材料科学与工程、食品科学与工程、生物化工、应用化学等专业重要的专业技术基础课,化工原理实验则是学习掌握和运用这门课程必不可少的重要环节,它与理论教学、课程设计等教学环节构成一个有机整体。近 20 年来,化学工程、石油化工、生物工程、环境工程、材料科学与工程等学科和行业得到了飞速发展。在这些发展中,化工原理课程所研究的动量、热量、质量等传递过程的原理和方法得到了充分的运用,取得了明显的成绩,突出地表现出了这门课程的科学性和实用性,因此这门课程得到了越来越多人的重视。

当前科技发展的一些重要领域,如新材料研发、新能源开发、环境保护、节能降耗等都与传递过程密切相关,对传递过程与设备的研究提出了更高的要求,改进和开发新型、高效、低耗、实用的传递设备也成为一项紧迫的任务。在这种背景下,科技和社会的发展对高等院校人才的培养提出了更高的要求,高等院校要适应新形势的需要,必须加强实践环节的教学,培养社会需要的具备一定理论修养和实验研究能力的高素质创新型人才。为此,目前各高校普遍加强了化工原理实验教学环节,并对现有的化工原理实验设备进行了更新换代,以体现时代技术发展的特征,满足实验教学的需要。

为了适应我省各高校化工原理实验教学的需要,特别是满足各高校更新换代后的化工原理实验装置的教学需要,作者根据我省高校实际的化工原理实验开设状况,编写了本教材。本书既注重各高校的特点,又注重教材的整体一致,在实验内容的安排上,注重其典型性和代表性,实验内容覆盖面广,涵盖了流体流动、传热、精馏、吸收、萃取、干燥等典型的化工单元操作过程,既有原理性实验,又有综合性实验。在内容的安排上又注重灵活性,部分实验既可以作为必修实验,也可以作为选做实验,同时,增加了部分研究型实验,供学生进行实验技能的训练和培养,以培养学生的实验研究能力和分析问题、解决问题的能力。

由于化工实验设备的差异,本书特别针对部分典型实验介绍了几套不同的实验装置和实验体系,可供各高校根据实验条件和教学要求选用。

使用本教材时,建议化学工程与工艺专业教学时数为 50 学时左右,可选做

其中 8~12 个实验。其他相关专业如环境科学与工程、材料科学与工程、食品科学与工程、生物化工、应用化学等专业则建议教学时数为 30~40 学时,可选择其中 6~8 个实验。使用本教材时,各学校可以根据本校的具体教学要求进行适当的安排和选择。有些实验可以作为演示实验,有些实验可以适当增加教学时数由学生自行设计实验方案或者作为学生的选做实验,以加大学生实验技能的训练和培养。

本书由烟台大学的丁海燕、曲阜师范大学的刘西德、中国海洋大学的伍联营、聊城大学的刘敏、德州学院的张秀玲和刘爱珍、泰山学院的冯兆华、菏泽学院的陈艳丽、滨州学院的解胜利编写,丁海燕担任主编。其中绪论、第一章、第二章、传热试验、板式塔流体力学性能测定实验、填料塔流体力学性能测定实验、萃取实验、正交试验法在过滤实验中的应用、板式塔精馏的操作与调节实验、填料性能的评价实验、传质强化实验和萃取-精馏联合过程实验由丁海燕编写;离心泵特性曲线的测定、填料塔精馏实验、吸收(解吸)传质系数的测定实验由刘西德与丁海燕共同编写;搅拌器性能测定实验、膜性能测定实验、集成膜分离实验和热集成精馏实验由伍联营编写;流量计的校正、板式塔精馏操作与塔效率的测定由刘敏编写;流体流动阻力的测定由张秀玲编写;恒压过滤常数的测定实验由刘爱珍与丁海燕共同编写;雷诺实验、洞道干燥实验由冯兆华编写;列管换热器总传热系数的测定由陈艳丽编写;机械能转化实验由解胜利编写;强化传热综合实验由丁海燕、刘敏、陈艳丽共同编写;流化床干燥实验由丁海燕与冯兆华共同编写;全书由丁海燕统稿。

在本书编写过程中得到了烟台大学齐世学教授、张庆副教授、张晓杰副教授的大力支持与帮助,在此表示感谢。

本书可作为高等院校化学工程与工艺、环境科学与工程、材料科学与工程、食品科学与工程、生物化工、应用化学等专业的化工原理实验课程的教材,也可作为相关专业的参考教材。

由于时间仓促,加之作者水平有限,错误与不足之处在所难免,衷心希望各位老师和同学在使用本书时提出批评和改进意见,以便及时修正和补充。

编者

2009年7月

目 次

绪 论	(1)
第一章 化工实验数据的处理与实验设计方法	(8)
第一节 实验数据的记录及误差分析	(8)
第二节 化工实验数据的处理	(17)
第三节 化工实验的设计方法	(20)
第二章 化工实验常用测量仪器仪表的使用	(30)
第一节 温度测量	(30)
第二节 压力测量	(38)
第三节 流量测量	(43)
第四节 化工实验室常用成分分析仪表简介	(47)
第三章 化工原理实验	(53)
实验一 雷诺实验	(53)
实验二 机械能转化实验	(55)
实验三 流体流动阻力的测定	(59)
实验四 流量计的校正	(63)
实验五 离心泵特性曲线的测定	(68)
实验六 恒压过滤常数的测定	(76)
实验七 传热实验	(81)
实验八 列管式换热器总传热系数的测定	(84)
实验九 强化传热综合实验	(87)
实验十 板式塔流体力学性能实验	(95)
实验十一 填料塔流体力学性能实验	(97)
实验十二 板式塔精馏操作与板效率的测定	(101)
实验十三 填料塔精馏实验	(106)
实验十四 吸收(解吸)传质系数的测定	(110)

实验十五	洞道干燥实验	(119)
实验十六	流化床干燥实验	(124)
实验十七	液-液萃取实验	(129)
实验十八	搅拌器性能测定实验	(133)
实验十九	膜性能测定实验	(135)
实验二十	集成膜分离实验	(138)
实验二十一	热集成精馏实验	(147)
实验二十二	正交试验法在过滤实验中的应用	(152)
实验二十三	板式精馏塔的操作与调节	(153)
实验二十四	填料性能评价实验	(154)
实验二十五	传质强化实验	(155)
实验二十六	萃取-精馏联合过程实验	(157)
附 录	(159)
附录 1	常用物理量的单位和量纲	(159)
附录 2	水的物理性质	(160)
附录 3	干空气的物理性质	(161)
附录 4	常用正交设计表	(162)
附录 5	常用均匀设计表	(164)
附录 6	乙醇-正丙醇的气-液平衡数据	(166)
附录 7	乙醇-正丙醇折光率与溶液浓度的关系	(166)
附录 8	常压下正庚烷-甲基环己烷的气-液平衡数据	(167)
附录 9	正庚烷-甲基环己烷的组成与折光率关系表	(167)
附录 10	常压下乙醇-水的气-液平衡数据	(168)
附录 11	乙醇-水体系浓度与折光率的关系(25℃)	(169)
附录 12	不同温度下氧在水中的浓度	(169)

绪 论

“化工原理”是化学工程、生物化工、环境工程、材料科学与工程等专业重要的技术基础课,其历史悠久,已形成了完整的教学内容与教学体系。该课程与生产实际联系密切、实践性强,课程所涉及的理论及计算与实验研究紧密相连。因此,“化工原理”是建立在实验基础上的学科。“化工原理实验”是学习掌握和运用这门课程必不可少的环节,它与理论教学、课程设计等教学环节构成了一个有机整体,其在“化工原理”的教学中占有重要地位。

以前“化工原理实验”常以验证课堂理论为主,教学安排上也仅作为“化工原理”课程的一部分。近 20 年来,由于化学工程、石油化工、生物工程、环境工程、材料科学等学科和行业的飞速发展,“化工原理”课程所研究的动量、热量、质量等传递过程的原理和方法得到了充分的运用,取得了明显的成绩,突出地表现出了课程的科学性和实用性,因此这门课程得到了越来越多人的重视。同时,当前科技发展的一些重要前沿领域,如新材料研发、新能源开发、环境保护等都与传递过程密切相关,对传递过程与设备的研究提出了更高的要求,改进和开发新型、高效率、低能耗的传递设备也成为一项紧迫的任务。在这种背景下,科技和社会的发展对高等院校人才的培养也提出了更高的要求,要适应新形势的需要必须加强学生实践环节的教育,培养社会需要的具备一定理论修养和实验研究能力以及解决实际问题能力的复合型人才。因此,目前国内各高校普遍加强了“化工原理实验”教学环节,并对现有的“化工原理实验”设备进行了更新换代,以体现时代技术发展的特征,满足实验教学的需要。各高校在“化工原理”的教学中将“化工原理实验”单独设课,并编写独立的“化工原理实验”教学大纲,从而确立了“化工原理实验”在培养学生中的应有地位。

“化工原理实验”与一般化学实验有显著的不同,它具有明显的工程实验的特点,即所处理的物料种类繁多、使用的设备大小不一、测量仪表品种多样、实验过程中要考虑的变量较多,远比基础实验课程复杂。新形势下“化工原理实验”教学的主要任务不仅是实验技能的训练,更应该是一种科学研究方法的培养。

一、“化工原理实验”的教学目的

1. 巩固和深化理论知识

“化工原理”课程中所讲授的理论、概念或公式,学生对它们的理解往往是肤

浅的,对于各种影响因素的认识还不深刻,当学生做了“化工原理实验”后,对于基本原理的理解、公式中各种参数的来源以及使用范围会有更深入的认识。例如离心泵的性能实验,安排了不同转速下泵的性能测定。第一步让学生固定泵的转速,改变阀门开度,测得一组定转速下的泵的性能曲线,再改变泵的转速,按同样操作步骤,可以得到变转速下一系列泵的性能曲线;第二步让学生固定管道中的阀门开度,改变泵的转速,可以得到一根管道性能曲线,再改变管道中的阀门开度,又可以测得改变管道阻力的一系列管道性能曲线。通过实验可测出一系列泵的性能曲线和管道性能曲线,了解泵性能和管道性能的各种影响因素,从而帮助学生理解从书本上较难弄懂的概念。

2. 培养学生实验研究的能力

实验教学的核心任务是培养学生的实验研究能力。这种能力主要包括:为了完成一定的研究课题,设计实验方案的能力;进行实验及观察和分析实验现象的能力;正确选择和使用测量仪表的能力;利用实验的原始数据进行数据处理以获得实验结果的能力;运用文字表达技术报告的能力。这些能力是进行科学研究的基础,对学生将来走向工作岗位独立设计新实验、从事科研与开发工作具有重要作用。学生只有通过一定数量的基础实验与综合实验练习,经过反复训练才能掌握各种实验能力。

3. 培养学生实事求是、严肃认真的学习态度

实验研究是实践性很强的工作,“化工原理实验”课程要求学生具有一丝不苟的工作作风和严肃认真的工作态度。从实验操作、现象观察到数据处理等各个环节都要认真对待,如果不能认真操作则很难得到理想的实验结果,甚至可能造成设备损失。

总之实验教学是培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题能力的重要教学环节。它不仅能传授学科知识、验证学科理论、掌握实验操作技能,而且能通过实验教学培养学生的动手能力以及发现问题、分析问题和解决问题的能力,收集信息、处理信息的能力和设计思维、开拓意识、创新能力等科学素养。

二、“化工原理实验”的教学要求

“化工原理实验”对于大部分学生来说是第一次用工程装置进行实验,学生往往会感到陌生甚至无从下手,同时由于“化工原理实验”大多是几个人一组,部分学生会产生依赖思想而影响教学效果。因此,为了切实收到良好的教学效果,学生要做到实验前预习、实验操作过程中严肃认真、实验结束认真进行总结。

1. 实验前的预习

(1)认真阅读实验教材:要清楚地掌握实验目的和实验要求、实验所依据的原理、实验步骤及所需测量的参数;熟悉实验所用测量仪表的使用方法,掌握其

操作规程和安全注意事项。

(2)到实验室后在现场熟悉实验设备和流程,确定操作程序、所测参数、所测参数的单位及所测数据点如何分布等。

(3)具备计算机辅助教学手段时,可让学生在实验前先进行计算机仿真练习。通过计算机仿真练习,熟悉各个实验的操作步骤和注意事项,以增强实验效果。

(4)在预习和计算机仿真练习基础上,写出实验预习报告。预习报告内容包括实验目的、原理、流程、操作步骤、实验中要测量的参数、实验中要重点注意的问题等。准备好原始数据记录表格,并标明各参数的单位。

(5)特别要思考一下设备的哪些部件是关键部件、哪些操作步骤可能会产生危险以及如何避免,以保证实验过程的安全性。

2. 实验数据的记录

(1)按原始实验数据记录表的要求记录各项实验数据,包括记录实验条件(实验条件一般包括环境条件、仪器设备和药品条件,前者如室温、大气压、湿度等,后者包括使用仪器设备的名称、规格、型号、实验精度以及药品的名称、纯度等)。

(2)必须在实验数据稳定后读数,条件改变后要等待一定时间后再读取数据,避免管路系统中含有气泡或仪表滞后等引起的读数不准情况的发生。

(3)记录实验数据必须准确、可靠,严禁随意修改数据。在相同的实验条件下,至少应读取两次数据,而且只有在两次读数相近的情况下才可改变实验条件进行下一步操作。数据记录必须真实地反映仪表的精度,一般要记录至仪表最小分度下一位数。

(4)实验中如果出现不正常情况以及数据有明显误差时,应在备注栏中加以注明。

3. 实验过程的操作

(1)实验操作是动手动脑的重要过程,一定要严格按照操作规程进行,安排好测量参数、测量范围、测量点数目、测量点的疏密等。

(2)实验进行过程中,操作要平稳、认真、细心。观察现象要仔细,记录数据要认真,实验数据要记录在准备好的表格内,实验现象要详细记录在记录本上。学生要注意培养严谨的科学作风,养成良好的习惯。

(3)实验结束后要整理好原始数据,将实验设备恢复原状,切断电源,打扫卫生,经教师允许后方可离开实验室。

4. 实验后的总结——编写实验报告

实验完成后要编写实验报告,实验报告是实验工作的全面总结和系统概括,

也是一份技术文件,是对实验结果进行评估的文字材料。通过书写实验报告,学生能在实验数据处理、作图、误差分析、问题归纳等方面得到全面提高。

“化工原理实验”报告的内容应包括实验目的、基本原理、实验装置与流程、实验操作方法、注意事项、原始数据记录、数据处理、作表或图、数据计算过程举例及对实验结果的分析讨论,最后给出实验结论。特别要注重实验结果的分析与讨论,它是学生对实验原理、实验方法及结果进行的综合分析,包括对实验结果从理论上进行分析和解释;对实验现象特别是异常现象的分析和讨论;对实验数据经整理后呈现出的特性和规律与理论的计算结果或文献资料加以比较并分析,找出引起误差的原因,这些原因可能是设备不完善或是仪器的精度不够、使用不当或是测量方法和运算方法不正确等造成的。学生通过对实验数据和实验结果的分析与讨论,可以针对实验提出进一步的研究方向或对实验方法和实验装置提出改进建议,逐步培养独立思考问题和分析问题的能力。

三、“化工原理实验”的考核

传统的实验考核多以学生的实验报告为依据,这种考评方式容易忽略学生的实践能力和综合能力,既不客观,也不利于学生综合素质的培养。“化工原理实验”的考评方式可以多种多样,既有统一的考察,也可以针对某一实验进行抽查。“化工原理实验”成绩一般应包括两个部分,第一部分包括学生实验态度、回答实验问题的准确程度、实验操作的规范性、实验中发现及解决问题的能力、实验结果以及对实验结果的分析与讨论、实验成败的分析、对所用实验装置的评价和设计改进措施等;第二部分为最后的考试成绩。这种考评方式不仅能较好地反映学生的综合素质,也使学生能够重视实验课程的学习并养成良好的学习习惯。

四、“化工原理实验”的研究方法

“化工原理实验”的研究方法主要有实验法和数学模型法两种方法。

1. 实验法

(1)直接实验法:一种最初采用的方法,用于数学分析法无法解决的工程问题,通过对被研究的对象进行直接观察、实验以获取其相关参数间的规律。显然,这种研究方法得出的只是个别参数间的规律性关系,不能反应对象的全部本质,由此法所得到的结果是可靠的,但是,只适应于特定的实验条件和设备。因此,该方法仅仅能推行到实验条件完全相同的现象上去,具有较大的局限性。

(2)量纲分析理论指导下的实验方法:量纲分析法是通过对描述某一过程或现象的物理量进行量纲分析,将物理量组合为无量纲变量,然后借助实验数据,建立这些无量纲变量间的关系式。它不一定使用真实的物料或采用实际的设备

尺寸,只通过模拟物料(如空气、水)在实验室规模的设备中,由初步实验或分析找出过程的影响因素,按照量纲分析方法将其组成若干个无量纲的数群,然后,利用实验求出各个无量纲数群之间的具体函数关系,由这种方法得到经验公式。在量纲理论指导下的实验研究方法具有以小见大、由此及彼的优点,是解决难以作出数学描述的复杂问题的有效方法。

2. 数学模型法

数学模型法是在对所研究的过程的内在规律进行深入研究并充分认识的基础上,将复杂问题高度概括,提出足够简化而又不至于失真的物理模型,然后进行数学描述——数学方程。这种方法同样具有以小见大、由此及彼的优点。若能确定方程的初始条件、边界条件,并选择适宜的计算方法,即可求解方程。数学模型法离不开实验,因为简化模型由对过程有深刻的理解而来,其合理性能需要实验来检验,模型中引入的参数也需要通过实验来测定。其进行步骤为由预实验认识过程,设想简化模型—建立数学模型—由实验检验简化模型的合理性—由实验确定模型参数。在这一过程中,简化模型的建立是很重要的一步,这种简化模型的建立源于对过程的认识。一般来说,对过程本质和规律的认识越深刻,建立的物理模型就越合理,其数学描述也越准确,实验检验也越顺利。

“化工原理”教材过滤方程的求解过程就是数学模型法的例子。将流体通过颗粒床层的不规则流动简化为流体通过许多平行排列的均匀细管的流动,在一定的假定条件下建立数学模型,通过实验再确定模型参数。

五、“化工原理实验”室的安全知识

“化工原理实验”与四大基础化学实验有所不同,基本上每一个实验都相当于一个小型单元操作过程,由电器、仪表及机械传动设备等组合为一体,因此,要特别注意实验设备及仪表的安全使用。有些实验过程还要在高压、高温、低温或高真空条件下操作,因此,在进行实验操作之前必须掌握实验室在防火、用电、高压钢瓶及化学药品使用等方面的安全知识。

1. 防火安全

化工实验室发生火灾的隐患主要包括易燃化学品及电器设备或加热系统等。在实验操作过程中首先要避免火灾的发生,如在实验室不要存放过多的易燃品,用后及时回收、处理;在实验前要检查电器设备,对已经老化的线路要及时更换。另外必须要熟悉消防器材的使用方法,一旦发生火情,应该冷静判断情况进行灭火,并尽快报警。

2. 用电安全

(1)实验前,必须了解室内总电闸及分电闸的位置,便于在发生用电事故时及时切断电源。

(2)接触或操作电器设备时,手必须干燥,不能用试电笔去试高压电。

(3)导线的接头应紧密牢固,裸露的部分必须用绝缘胶布包好或用塑料管套好;接头损坏或绝缘不良时应及时更换,进行上述操作或电器设备维修时必须停电作业。

(4)电源或电器设备上的保护熔断丝(或保险丝)应该在规定的电流内使用,不能任意加大,更不能用铜丝或铝丝代替。所有电器设备的金属外壳应接地线,并定期检查是否连接良好。

(5)启动电动机时,合闸前先用手转动一下电机的轴,合上电闸后,立即查看电机是否已转动;若不转动,应立即拉闸,否则电机很容易烧毁。

(6)若用电设备是电热器,在通电之前,一定要搞清楚进行电加热所需要的前提条件是否已经具备。比如在精馏塔实验中,在接通塔釜电热器之前,必须清楚釜内液面是否符合要求,塔顶冷凝器的冷却水是否已经打开。

3. 高压钢瓶的安全使用

高压钢瓶是一种储存压缩气体或液化气的高压容器。钢瓶一般容积为 40~60 L,其所储存的某些气体本身是有毒或易燃易爆气体,故使用钢瓶一定要掌握其构造特点和安全知识,以确保安全。钢瓶主要由筒体和瓶阀构成,其他附件还有保护瓶阀的安全帽、开启瓶阀的手轮、使运输过程中不受震动的橡胶圈,另外,在使用时,瓶阀出口还要连接减压阀和压力表(俗称气表)。标准高压钢瓶按国家标准制造,经有关部门严格检验后方可使用。各种钢瓶使用过程中还必须定期送有关部门进行水压实验。经过检验合格的钢瓶,在瓶肩上会打上下列信息:制造厂家、制造日期、钢瓶型号和编号、钢瓶质量、钢瓶容积、工作压力、水压实验压力、水压实验日期和下次送检日期。

气体钢瓶是由无缝碳素钢或合金钢制成的,适用于装介质压力 15.0 MPa 以下的气体。使用气体钢瓶的主要危险是气瓶可能爆炸和漏气。已充气的气体钢瓶爆炸的主要原因是气瓶受热而使其内部气体膨胀,以致压力超过气瓶的最大负荷而爆炸。另外,可燃性气体的漏气也会造成危险,如氢气泄露时,与空气混合后体积分数达到 4.0%~75.2%时,遇明火就会发生爆炸。因而在使用高压钢瓶时要注意以下事项:

(1)搬运钢瓶时应戴好钢瓶帽和橡胶安全圈并严防钢瓶摔倒或受到撞击,以免发生意外事故。钢瓶应远离热源,放在阴凉干燥的地方。使用时必须牢固地固定在架子上、墙上或实验台旁。

(2)绝对不可使油或其他易燃性有机物沾污在气瓶上,特别是出口和气压表处;也不可棉、麻等堵漏,以防燃烧引起事故。

(3)使用钢瓶时,一定要用气压表,而且各种气压表不能混用。一般可燃性

气体的钢瓶螺纹是反扣的(如 H_2),不可燃或助燃性气体的钢瓶气门螺纹是正扣的(如 O_2, N_2)。

(4)使用钢瓶时必须连接减压阀或高压调节阀,不经这些部件让系统直接跟钢瓶连接是非常危险的。

(5)开启钢瓶阀门及调压时,人不要站在气体出口的前方,头不要在瓶口上方,以防钢瓶的总阀门或气压表被冲出伤人。

(6)当钢瓶使用到瓶内压力为 0.5 MPa 时,应停止使用。压力过低会给重新充气带来不安全因素,当钢瓶内的压力与外界压力相同时,会引起空气的进入。

4. 汞的安全使用

汞蒸气的最大安全浓度为 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 而 20°C 时,汞的饱和蒸气压为 0.2 MPa,比安全浓度大 100 多倍。若在一个不通风的房间内,又有汞直接暴露于空气中,就有可能使空气中汞蒸气超过安全浓度,所以必须严格遵守以下有关安全用汞的操作规定:

(1)汞不能直接暴露于空气中,为此,在容器内汞的上面应加水或其他液体覆盖,然后再给容器加盖。

(2)取汞时一定要缓慢倾斜倒出,以免溅出,并在浅搪瓷盘内进行。

(3)实验操作前应检查用汞仪器安放处或仪器连接处是否牢固,及时更换已老化的橡皮管,橡皮管或塑料管的连接处一律用金属束缚牢,以免在实验时脱落使汞流出。

(4)当有汞散落在地上、桌上或水槽等处时,应尽可能地用吸汞管将汞珠收集起来,再用金属片(如 Zn, Cu)在汞溅落处多次刮扫,最后用硫黄粉覆盖在有汞溅落的地方,并摩擦之,使汞变为 HgS ;也可用 $KMnO_4$ 溶液使汞氧化。擦过汞的滤纸或布块必须放在有水的陶瓷缸内统一处理。

(5)装有汞的仪器应避免受热,保存汞的地方要远离热源,严禁将有汞的器具放入烘箱。

(6)用汞的实验室要有良好的通风设备,并与其他实验室分开,经常通风排气。