

高等专科学校 环境类系列教材
高等职业技术学院

基础化学实验

钟 松 主编

Jichu Huaxue Shiyan

中国环境科学出版社

高职高专环境类系列教材

基础化学实验

钟 松 主编

王 强 贾黎春 副主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/钟松主编. —北京: 中国环境科学出版社,

2006.10

高职高专环境类系列教材. 第一批

ISBN 7-80209-113-6

I. 基… II. 钟… III. 化学实验—高等学校: 技术
学校—教材 IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 0634189 号

策 划



丛书统筹 黄晓燕

责任编辑 黄晓燕 李卫民

责任校对 尹 芳

封面设计 陆 臻

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2006 年 10 月第一版
印 次 2006 年 10 月第一次印刷
印 数 1—5000
开 本 787×960 1/16
印 张 15.75
字 数 284 千字
定 价 19.00 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

高职高专环境类系列教材（第一批） 编写委员会

主 任 胡亨魁

副主任 （按姓氏拼音字母排序）

高红武 宫学栋 谷群广 王红云

徐汝琦 杨仁斌 曾育才 周国强

委 员 （按姓氏拼音字母排序）

高红武 谷群广 郭 正 胡亨魁 李连山

李志红 梁 红 刘 彬 刘帅霞 刘颖辉

刘晓冰 宋新书 苏少林 苏锡南 汪 翰

王红云 谢炜平 徐汝琦 鄢达成 袁 刚

曾育才 张 波 赵建国 钟 松 周国强

前言

本书为中国环境科学出版社出版的“高等专科学校、高等职业技术学院环境类系列教材”之一，是按照教育部“高等学校环境工程专业教学指导委员会大专组”制定的高职高专环境类专业基础化学实验教学的基本要求编写而成，与系列教材中《基础化学》相配套。

本书将化学实验作为单一课程，突破了化学中各二级学科的独立设置，有选择性地整合了无机化学、物理化学、分析化学和有机化学等四门化学实验，既考虑了化学知识的系统性，又兼顾了实验体系的完整性，旨在建立化学实验教学的新体系，供培养环境类专业的应用型人才使用。

全书内容包括化学实验的基础知识、试剂和常用仪器、基本操作和实验项目四个部分。前三部分为化学实验的准备知识，除了必备的化学实验基础，还系统介绍了化学实验的基本操作，为化学实验室常用仪器编写了简要的使用说明，这三部分的内容尽量分散于第四部分各个实验项目中，使其得到多次应用。

实验项目由 32 个基本实验项目和 12 个选做实验项目组成，其中基本实验项目的内容参照理论教材的知识结构顺序；选做实验项目包括基本实验操作训练、物质制备和提纯、综合性实验等方面。项目的具体内容是考虑各有关院校专业设置、实验条件和学生基础等情况后确定的，具有较广泛的适用性。

实验是理论知识的源泉和验证，是工程技术的基础，实验教学是塑造应用型工程人才不可缺少的环节。希望通过本课程的学习，培养学生的独立操作、观察记录、分析归纳、撰写报告等多方面的能力；让学生

巩固、加深对化学基本理论知识的理解。最终，由这种理论和实践相结合的教学方式，全面提高学生分析问题、动手解决问题的能力，使学生掌握科学研究和实验工作的基本技能和方法。

参加本书编写工作的有钟松（黄石理工学院，第1、2章，第3章部分、第4章部分）、王强（洛阳大学，第3章部分、第4章部分）、贾黎春（昆明冶金高等专科学校，第4章部分）。全书由钟松统一整理定稿。

本书在编写过程中参阅了部分国内出版的实验教材，并吸取了一些有关的内容。中国环境科学出版社的黄晓燕和李卫民编辑为本书的出版付出了辛勤劳动，在此一并表示感谢。

由于编者水平及时间有限，书中不妥之处甚至错误在所难免，敬请读者批评指正、提出宝贵意见。

编 者

2006年7月

目 录

第一章 化学实验的基础知识.....	1
第一节 化学实验的预备	1
一、化学实验的目的	1
二、化学实验的学习方法	1
三、实验室基本规则	3
四、实验室的安全和事故处理	3
五、实验室“三废”的处理	5
第二节 实验中的误差	6
一、误差的定义和分类	6
二、实验的准确度和精密度	8
第三节 有效数字	11
一、有效数字的基本概念	11
二、实验记录的有效数字	11
三、有效数字的运算规则	12
第四节 实验数据的处理和表达	13
一、列表法	13
二、作图法	13
第二章 化学实验的试剂和常用仪器.....	17
第一节 试剂	17
一、化学试剂	17
二、实验室用纯水	20
第二节 常用仪器	21
一、常用玻璃仪器	21
二、半自动电光分析天平	24
三、酸度计	29
四、分光光度计	36
五、电导率仪	41
六、折光仪	44

七、电位差计	48
第三章 化学实验基本操作	52
第一节 加热装置与加热方法	52
一、加热装置	52
二、加热方法	56
第二节 简单制冷技术	60
一、自然冷却	60
二、风冷和水冷	60
三、回流冷凝	61
四、冰水浴冷却	61
五、冰盐浴冷却	61
第三节 玻璃工操作	62
一、玻璃管(棒)的切割和熔圆	62
二、玻璃管的弯曲	63
三、玻璃管的拉伸	64
四、熔点管、玻璃沸石的制作	64
五、活塞配置与打孔	65
第四节 化学试剂的取用方法	66
一、固体试剂的取用方法	66
二、液体试剂的取用方法	67
第五节 容量仪器的使用	68
一、量筒(杯)的使用	68
二、滴定管的使用	69
三、移液管和吸量管的使用	74
四、容量瓶的使用	77
第六节 物质的分离	79
一、固-液分离	79
二、液-液分离	83
三、固-固分离	90
第四章 实验项目	95
第一节 基本实验项目	95
一、摩尔气体常数的测定	95
二、CO ₂ 气体相对分子质量的测定	97

三、液体饱和蒸气压和温度的关系	99
四、液体和固体密度的测定	102
五、燃烧热的测定	105
六、醋酸解离常数的测定	110
七、电导率法测定硫酸钡的溶度积	112
八、磺基水杨酸与 Fe^{3+} 配合物的组成和稳定常数的测定	114
九、电导法测定乙酸乙酯皂化反应的速率常数和活化能	118
十、“碘钟”反应——反应速率、反应级数、活化能的测定	121
十一、弱酸碱的同离子效应与缓冲溶液	125
十二、酸碱标准溶液的配制和浓度的比较	127
十三、食用白醋中 HAc 浓度的测定	130
十四、工业纯碱中总碱度的测定	132
十五、酸碱滴定——甲醛法测定铵盐中 N 的含量	134
十六、原电池电动势的测量	135
十七、高锰酸钾法测定双氧水中的 H_2O_2 含量	138
十八、碘量法测定硫酸铜中 Cu 的含量	141
十九、碱金属和碱土金属的性质	144
二十、硼族、碳族元素及其化合物的性质	147
二十一、氧族、氮族元素及其化合物的性质	149
二十二、卤族元素及其化合物的性质	152
二十三、铁、铬、锰、钒和钛化合物的性质	155
二十四、铜、锌、银、镉、汞化合物的性质	163
二十五、环己烯的制备和不饱和性试验	167
二十六、烃的性质	170
二十七、溴乙烷的制备	172
二十八、醇和酚的性质	176
二十九、醛和酮的性质	179
三十、乙酸乙酯的合成	182
三十一、甲基橙的制备	185
三十二、胺的性质	187
第二节 选做实验项目	190
一、分析天平称量练习	190
二、容量仪器的校准	192
三、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的制备、提纯和结晶水测定	194
四、硫酸亚铁铵的制备及产品含量分析	197

五、重铬酸钾法测定亚铁盐中的 Fe	199
六、高锰酸钾法测定水中 COD 的含量	201
七、重量分析法——氯化钡中钡含量的测定	204
八、邻二氮菲分光光度法测定微量 Fe	206
九、有机物熔点的测定和温度计的校正	210
十、甲苯的水蒸气蒸馏	215
十一、从茶叶中提取咖啡因	217
十二、苯甲醇和苯甲酸的制备	219

附 录	222
附录 A 我国法定计量单位	222
附录 B 一些基本物理常数	224
附录 C 水在不同温度下的各项性质	224
附录 D 某些有机化合物在标准状态 (298.15 K) 下的燃烧热	226
附录 E 一些弱电解质在水溶液中的解离常数	226
附录 F 无限稀释离子摩尔电导	227
附录 G 一些物质的溶度积 $K_{sp}^{\ominus}$ (298.15 K)	228
附录 H 常用酸、碱的质量分数和相对密度	228
附录 I 标准缓冲溶液的 pH 值	229
附录 J 几种常用缓冲溶液的配制	230
附录 K 酸碱滴定常用指示剂	230
附录 L 氧化还原滴定常用指示剂	231
附录 M 沉淀滴定和配位滴定常用指示剂	231
附录 N 常用试剂的配制	232
附录 O 标准电极电势 $\varphi^{\ominus}$ (298.15 K)	233
附录 P 条件电极电位 $\varphi^{\ominus'}$	235
附录 Q 常用有机溶剂的物理常数	237
附录 R 标准热力学函数 ($p=100\text{ kPa}$, $T=298.15\text{ K}$)	237
附录 S 一些配离子的稳定常数 K_f (298.15 K)	241
附录 T 部分有机化合物的折光率和温度系数	241
附录 U 国际原子量表	242

第一章

化学实验的基础知识

第一节 化学实验的预备

一、化学实验的目的

化学是一门实验的科学，化学实验是化学课程不可缺少的一个重要组成部分，其重要性主要表现在两个方面。首先，化学实验是化学理论产生的基础，化学的规律和成果建筑在实验结果之上；其次，化学实验也是检验化学理论正确与否的唯一标准。

初级的实验以观察现象和验证已知原理为主，注重对基础知识学习的强化；高级实验教学以培养学生的能力为主，包括思维能力、自学能力、认识事物和运用知识技能解决问题的能力。本教材的使用对象是大专院校在校学生，综合考虑上述两个方面因素，通过教学达到下列目的：

(1) 通过系统的学习，使学生获得对化学反应及其过程的感性认识，加深对化学概念和原理的理解，得到良好的学习效果。

(2) 培养学生的动手能力，熟悉各种实验设备的使用，掌握一定的实验操作技能。

(3) 培养学生实事求是和科学、严谨的工作作风。客观地看待所观察到的实验现象，不盲从，学会辩证分析。

(4) 培养学生独立操作、观察记录、分析归纳、独立思考、撰写报告等多方面能力，使学生具备基本的科学研究素质。

二、化学实验的学习方法

要达到上述实验目的，不仅要有正确的学习态度，而且还要有正确的学习方法。化学实验的学习方法大致可分为下列三个步骤：

(一) 预习

要达到实验的预期效果，必须在实验前认真地预习实验的有关内容，做好实验

准备。

- (1) 阅读实验教材、理论教材和参考资料、相关手册中的有关内容。
- (2) 通过书写预习报告等类似形式,熟悉实验的目的、原理、内容、步骤。
- (3) 对实验现象和实验结果形成大概的判断和估计。
- (4) 了解本次实验应注意的安全知识、操作技能等其他事项。

(二) 实验操作和记录

进入实验室,应该做到下列几点:

- (1) 严格遵守实验室规则和安全守则。
- (2) 记录实验条件。它一般包括环境条件和仪器药品条件:前者,如室温、大气压和湿度等;后者,包括使用药品的名称、纯度、浓度和仪器的名称、规格、型号及实际精度等。
- (3) 按照教材的指导,逐步开展实验,仔细观察现象,及时、如实地记录实验现象和结果。
- (4) 实验中,注意独立操作和思考,如果发现实验现象和教材理论、教师讲述不符合,应认真分析和查找其原因,必要时应重做实验。遇到疑难问题和现象(结果)难以解释时,可请教老师。

(三) 实验报告

实验完毕后,应及时地完成实验报告,对实验进行总结。一份好的实验报告应该符合实验目的明确,原理清楚,数据和现象记录详尽、清晰,处理正确,结果合理,讨论深入等要求。书写实验报告应字迹端正,文字简练,用词规范准确。实验报告格式包括(参考):

- (1) 实验名称
- (2) 实验地点和时间
- (3) 目的和要求
- (4) 基本原理(包括化学反应方程式)
- (5) 实验使用的试剂和仪器设备
- (6) 详细的操作步骤
- (7) 实验现象和结果的记录
- (8) 对实验现象和结果的分析、处理和讨论
- (9) 实验结论

在写报告时,要求深入思考、认真仔细,重点应放在对实验数据的处理和对实验结果的分析讨论上。比如,对实验现象的分析和解释、对实验结果的误差分析、对实验的改进意见、心得体会和查阅文献情况等。

书写实验报告是化学实验课程的基本训练,它将使学生在数据处理、分析和归纳问题、书面表达等方面得到训练和提高。实验报告的质量在很大程度上反映了学生的实际水平和能力。

三、实验室基本规则

化学实验室是开展实验教学的主要场所,也是教师和学生教与学的公共场所,里面有大量的化学药品和实验所需的仪器设备,为了保证正常的教学秩序,基本的实验室规则必须遵守。

(1) 进入实验室前,应对本次实验认真预习,熟悉操作步骤、使用到的药品和仪器,并写好预习报告。

(2) 进入实验室,应保持肃静,不得随意走动。

(3) 实验前清点药品和仪器设备,如发现有缺少和破损,应立即报告。

(4) 实验严格按步骤进行,实验时应集中注意力、认真操作、照顾他人。

(5) 按相关操作规程使用仪器和设备,发现异常,及时上报教师。不得相互交换使用仪器。实验时仪器如有人为损坏,按有关仪器赔偿制度进行处理。

(6) 药品(试剂)应按规定量取用,多余药品(试剂)不得倒回原瓶中,以免带入杂质而引起瓶中药品(试剂)变质。

(7) 公用的药品(试剂),使用完立即归还原位。

(8) 剧毒药品必须有严格的领用登记制度,用完后立即回收或销毁。

(9) 实验时保持桌面和室内清洁整齐,不得随意乱扔垃圾。

(10) 实验完毕剩余药品回收,废液倒入废液缸。

(11) 注意节约水、电和煤气,实验完毕关上水龙头、电闸和煤气开关。

(12) 实验完毕清洗玻璃仪器并还原,使其他仪器设备恢复到正常待用状态。

(13) 值日生打扫和整理实验室,经教师同意后才能离开实验室。

四、实验室的安全和事故处理

(一) 实验室安全

化学实验室中化学试剂涉及有毒药品、腐蚀药品、易燃易爆品;仪器设备和实验方法涉及用水、用火、用电、用气的安全。为保证学生的人身安全和实验室财产的安全,进行实验室规则和安全教育是实验教学的首要任务,通过对以下实验室安全守则的学习,使学生尽快熟悉实验室的安全知识,避免事故的发生。

(1) 有毒药品,如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物、氰化物等,不得入口或接触伤口。其废药品应回收处理,废液也不能随便倒入下水道,应倒入废液缸。

(2) 金属汞有毒且易挥发, 一旦洒落, 必须尽可能收集起来, 并用硫黄粉盖在洒落的地方, 使金属汞转变成不挥发的硫化汞。

(3) 嗅闻试剂和实验过程放出的气味, 应远离容器, 用手把气体扇向自己再闻。如实验产生强刺激性或有毒气体, 如 H_2S 、 HF 、 Cl_2 、 CO 、 NO_2 、 SO_2 、 Br_2 等, 则实验必须在通风橱内进行。

(4) 浓酸、浓碱具有强烈腐蚀性, 切勿溅在眼睛、皮肤或衣服上。稀释浓硫酸时应将它慢慢倒入水中并搅拌, 以免迸溅。

(5) 加热试管时, 不要将试管口指向自己或别人; 不要俯视正在加热的液体。如条件具备, 进行相关步骤时可使用护目镜。

(6) 钾、钠和白磷等暴露在空气中易燃烧, 使用过程中应注意保管。用毕的钾、钠应保存在煤油中, 白磷则可保存在水中。

(7) 易燃有机物, 如乙醚、乙醇、丙酮、苯等, 使用时必须远离明火、热源, 用毕立即盖紧瓶塞。

(8) 易燃气体、高压气瓶或容器的使用, 必须远离明火。

(9) 强氧化剂, 如氯酸钾、硝酸钾、高锰酸钾等以及它们的混合物, 不能研磨。银氨溶液不能久置, 以免生成氮化银而发生爆炸。

(10) 绝对不允许随意设计化学实验、混合各种化学药品, 以免发生意外事故。

(11) 使用仪器设备时, 仔细阅读说明书, 严格按操作规程进行操作。

(12) 不要用湿的手、物接触电源, 注意安全用电。

(13) 水、电、煤气一经使用完毕, 就立即关闭水龙头、煤气开关, 拉掉电闸。点燃的火柴用后立即熄灭, 不得乱扔。

(14) 实验室内严禁抽烟和饮食。实验完毕, 必须洗净双手。

(二) 实验室安全事故的处理

如果实验过程发生意外的安全事故, 应保持镇静, 不要惊慌失措, 可参考下列方法进行处理和救治。

(1) 外伤 不要用水冲洗, 如果伤口内有异物, 挑出后, 用医用消毒酒精消毒。必要时使用红药水或碘酒, 以及包扎。

(2) 烫伤 不要用水冲洗。皮肤未破时, 可用 10% 高锰酸钾溶液或苦味酸溶液涂抹伤处, 也可抹獾油或烫伤膏。如果伤处皮肤已破, 可涂抹紫药水或 1% 高锰酸钾溶液。

(3) 受强酸腐蚀 先用抹布擦干, 然后用大量水冲洗, 再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水涂抹伤处, 若伤势严重需送医院诊治。如果酸液溅入眼睛, 先用大量水冲洗, 然后尽快送医院诊治。

(4) 受强碱腐蚀 先用大量水冲洗, 再用 2% 的醋酸溶液或饱和硼酸溶液洗涤,

最后可涂抹凡士林。

(5) 受溴腐蚀 用苯或甘油洗涤伤口, 再用水冲洗。

(6) 受磷灼伤 用 1% 硝酸银溶液或者 5% 硫酸铜溶液洗濯伤口, 也可使用浓高锰酸钾溶液, 然后包扎。

(7) 吸入刺激性或有毒气体 吸入氯气、氯化氢气体时, 立即到室外呼吸新鲜空气, 同时可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气解毒。注意: 如果因氯气、溴中毒昏迷, 不可进行人工呼吸; 一氧化碳中毒不可施用兴奋剂。

(8) 有毒药品误服入口 将 5~10 mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水中, 内服后, 适当刺激咽喉部, 促使吐出毒物, 然后立即送医院诊治。

(9) 触电 首先切断电源, 然后立即送医院诊治, 必要时进行人工呼吸。

(10) 起火 立即切断电源, 转移易燃易爆物品, 同时组织灭火, 防止火势蔓延。一般小火可用湿布、沙子覆盖燃烧物; 火势较大时, 可使用灭火器, 但电器设备所引起的火灾, 只能使用二氧化碳干粉灭火器或四氯化碳灭火器灭火, 不能使用泡沫灭火器, 以免触电。实验人员衣服着火时, 切勿惊慌乱跑, 赶快脱下衣服, 或卧倒打滚, 同时在场他人协助灭火, 如伤势严重, 立即送医院诊治。

五、实验室“三废”的处理

化学实验中经常会产生某些有毒的气体、液体和固体, 特别是某些剧毒物质, 如果直接排放会污染周围的环境, 损害人体健康。因此, 对实验室废气、废液和废渣要经过一定的处理、达到一定要求后, 才能排弃。

(一) 废气的处理

产生少量有毒气体的实验应在通风橱内进行。少量毒气通过排风设备排到室外, 使排出气在外面大量空气中稀释, 以免污染室内空气。产生毒气量大的实验必须备有吸收或处理装置, 如 NO_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S 、 HF 等可用导管通入碱液中, 使其大部分被吸收后排出; CO 可点燃转成 CO_2 排出。

(二) 废液的处理

常见废液的处理方法如下:

(1) 无机实验中产生大量的废酸液, 废酸液可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤, 滤液加碱中和, 调节 pH 至 6~8 后就可排出。

(2) 少量的废铬酸洗液可加入废碱液或石灰使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀, 将此废渣埋于地下。大量的废铬酸洗液可以用高锰酸钾氧化法使其再生, 重复使用, 先在 110~130℃ 下将其不断搅拌、加热、浓缩, 除去水分后, 冷却至室温; 缓缓加入 KMnO_4 粉末, 每 1000 mL 加入 10 g 左右, 边加边搅拌直至溶液呈深褐色或微紫色, 不要

过量;然后直接加热至有 SO_3 气体出现,停止加热;稍冷,通过玻璃砂芯漏斗过滤,除去沉淀;冷却后析出红色 CrO_3 沉淀,再加适量硫酸使其溶解即可使用。

(3) 对于少量的含氰废液,可先加氢氧化钠调至 $\text{pH} > 10$,再加入几克 KMnO_4 使 CN^- 氧化分解。大量的含氰废液可用碱性氯化法处理。先用碱将废液调至 $\text{pH} > 10$,再加入漂白粉,使 CN^- 氧化成氰酸盐,并进一步分解为 CO_2 和 N_2 。

(4) 含汞盐废液应先调 pH 至 $8 \sim 10$,然后加过量的 Na_2S 生成 HgS 沉淀,并加入适量的 FeSO_4 以生成 FeS 沉淀,从而吸附 HgS 共沉淀下来;静置后分离,再离心、过滤。清液 Hg 含量降到 0.02 mg/L 以下可排放。少量滤渣可埋于地下,大量滤渣可用焙烧法回收 Hg ,但要注意一定要在通风橱内进行。

(5) 含其他重金属离子的废液,最有效和最经济的处理方法是加碱或加 Na_2S 把重金属离子变成难溶性的氢氧化物或硫化物沉淀下来,然后过滤分离,少量残渣可埋于地下。

(三) 废渣的处理

少量有毒的废渣和各种滤液渣可深埋于地下,填埋地点应固定,保证对环境的最低影响。大量的固体废物集中交由环保部门或专业环保公司处理。

第二节 实验中的误差

一、误差的定义和分类

(一) 误差的定义

实验中,对同一实验项目,无论操作多么仔细、仪器如何精密,所得测量结果往往不能重复出现;并且测量值和真值之间总有一个差值,称为误差。所谓真值,指被测对象被测性质的客观值,由于测量标准的相对性,真值不可能真正得到;通常用消除系统误差的实验手段和方法进行足够次数的测量所得的算术平均值或者文献手册中的公认值代替真值。

科学的实验,仅仅给出实验结果是不够的,还应同时指出实验中测量误差的大小,并且通过分析误差的大小和产生原因来评价实验结果的准确程度和实验成功与否,以不断提高实验水平。

(二) 误差的起因分类

误差按照引起的原因,可以分为系统误差、偶然误差和过失误差三种。

(1) 系统误差

系统误差是由某种固定的原因引起的,有方法误差、仪器误差、试剂误差、人身误差、环境误差等种类。它的特点是:在同一条件下重复测定同一个数据,测量误差的绝对值和符号保持不变,并且可以通过适当方法测量出来。

- 方法误差 由于实验方法所采用的理论不完善,或引用了近似公式所造成的。
- 仪器误差 由于仪器结构上的缺点,或校正与调节不当所引起的。如天平两边的臂长不等,仪器的刻度不准等。
- 试剂误差 由于实验中试剂本身含有杂质,或者纯度的标注值和实际值的差别带来的误差。
- 人身误差 由于实验人员操作习惯引起的误差。如感觉器官的不完善或一个人不恰当的视读习惯及固定偏向。
- 环境误差 由于仪器使用的自然环境,或外界条件(如温度、大气压、湿度等)发生单一方向变化而引起的误差。

实验过程中,不应有较大的系统误差,如有较大的系统误差,必须认真分析、查找产生系统误差的因素,尽力消除或减少它。由于造成系统误差的各个因素彼此之间没有内在的联系,要消除或减少它,只能采取一一对应的方法。如通过实验方法和国家标准方法的对比实验,来消除方法误差;通过定期严格地调校仪器,来减少仪器误差;通过做试剂空白实验校正试剂误差;通过更换实验场所和实验人员,来检查环境误差和人身误差等。

(2) 偶然误差

偶然误差是由于一些难以控制的偶然因素引起的误差。即使系统误差已被消除,但在相同条件下多次重复测量同一数据时,每次测量结果都有所不同。一般它们会围绕着某一数值上下波动。

造成上述偶然误差的原因大致有:

- 实验人员对仪器最小分度以下的估读每次很难严格相同。
- 实验人员对各份试样处理时的微小差别等。
- 测量仪器性能的随机、微小变化使得测量结果很难每次完全相同。
- 影响测量结果的某些实验条件(如体系温度)不可能在每次实验中控制得绝对一样。
- 如实验时环境的温度、大气压的微小波动,对实验结果造成的影响。

一般情况下,偶然误差呈现正态分布规律,见图 1-1。图中横坐标表示偶然误差大小,以标准偏差 σ 为单位,纵坐标表示偶然误差出现的频率(次数)。由图可见,小的偶然误差出现的几率大;极大的偶然误差出现几率很小;偶然误差有一定界限;正负偶然误差出现的几率相当。通过对同一实验的多次重复,偶然误差可以相互抵消,这也是偶然误差的特点。