

WUSHUI FENXI YU JIANCE

污水分析与检测

王英杰 主 编 朱国军 赖惠珍 副主编

 化学工业出版社

WUSHUI FENXI YU JIANCE

污水分析与检测

王英杰 主 编 朱国军 赖惠珍 副主编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

污水分析与检测/王英杰主编. —北京: 化学工业出版社, 2014.7
ISBN 978-7-122-20787-6

I. ①污… II. ①王… III. ①污水分析②污水-检测
IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 108724 号

责任编辑: 王湘民
责任校对: 王素芹

装帧设计: 张 辉

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 7½ 字数 125 千字 2014 年 9 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: 30.00 元

版权所有 违者必究



前言 FOREWORD

随着经济的飞速发展，工业化水平的提高，工业污水对环境的污染日益加剧，环境污染事故的发生也多为工业污水事故，为了有效改善水质，国家每年投入资金近千亿元。工业污水排放具有排放量大，污染范围广，排放方式复杂，污染物种类繁多等特点，因此对污水的检测有着十分重要的意义。为了发展和培养污水检测方面的专门人才，我们参考了大量科技文献资料，并结合职业教育一体化的教学模式，编写了本书。

综合实验技能是用人单位对职业院校技能人才的普遍要求，所以培养学生的综合职业能力理所当然是职业学校课程的教学目标。在职业教育一体化教学课程环境中，我们环境工程课题小组成员通过分析职业教育实际情况、开展企业调研、召开实践专家研讨会等工作形式，总结出环境工程类专业学生就业的主要岗位及就业后从事的典型工作任务，并结合职业教育过程中系统化的模式，将这些典型的工作任务转化为有教育价值、能培养学生综合职业能力的学习任务。

本书在内容的编排及教学的实施过程中采用理论与实践一体化，知识学习从简单到复杂、从具体到抽象、逐步深入的方式。书中的学习任务具有以下特征：一、学习任务的设置都是专业岗位中典型的工作任务；二、教学过程中采用理论与实践操作一体化，在理论中穿插实际操作，在实际操作中加入理论指导，便于学生掌握、接受；三、学生可以小组合作、共同完成任务的实施，培养团队合作意识；四、强调对学习过程的思考、反馈，小组之间相互评价分析，教师指导，培养解决实际问题的能力。

本书由中山市技师学院食品化工系“环境保护与检测”专业课题小组与云南技师学院化工组共同编写，王英杰担任主编，朱国军、赖惠珍任副主编。参编人员还有中山市技师学院魏晋、刘凡、谢昭鹏、柯昌悦、欧阳杰宏、曾晓君及云南

技师学院李云东。

本书在编写过程中得到了云南技师学院化学工程系的大力支持和帮助，在此特别表示感谢。

由于编者水平和经验有限，书中难免有不妥之处，恳请使用本书的教师、学生及其他读者批评指正。

编者

2014年7月

目录 CONTENTS

项目一 对污水的 pH 值的测定

任务一 电子分析天平的使用	1
一、相关小知识	2
二、主要仪器和试剂	4
三、演示操作与确定任务方案	4
四、任务评价	5
五、任务收获	5
任务二 标准缓冲溶液的配制	5
一、相关小知识	6
二、主要仪器与试剂	7
三、演示操作与确定任务方案	7
四、训练评价	8
五、任务收获	9
六、知识拓展	9
任务三 pH 计的使用和 pH 值的测定	15
一、相关小知识	16
二、主要仪器与试剂	19
三、演示操作与确定任务方案	19
四、训练评价	19
五、任务收获	20
六、知识拓展	20

项目二 废水的采样与 COD 检测

任务一 采集水样操作和采样位置的选择	26
一、相关小知识	27
二、主要仪器	29
三、演示操作与确定任务方案	29
四、训练评价	30
五、任务收获	30
六、知识扩展	30
任务二 标准溶液的制备	31
一、相关小知识	32
二、主要仪器	33
三、演示操作与确定任务方案	33
四、训练评价	33
五、任务收获	34
任务三 运用 CTL-12 型化学需氧量速测仪测定生活污水的 COD 值	34
一、相关小知识	35
二、主要仪器	38
三、演示操作与确定任务方案	39
四、训练评价	39
五、任务收获	39
六、知识拓展	39

项目三 废水试样色度的检测

任务一 用具塞比色管配制一定浓度溶液	45
一、相关知识	46
二、主要仪器	51
三、工作任务与确定任务方案	51
四、训练评价	51
五、任务收获	52
六、拓展知识	52
任务二 铂钴比色法检测污水的色度	54
一、相关小知识	55
二、主要仪器	56

三、演示操作与确定任务方案	57
四、训练评价	57
五、任务收获	57
六、拓展知识	58
任务三 稀释法检测污水的色度	63
一、相关小知识	64
二、主要仪器	65
三、演示操作与确定任务方案	65
四、训练评价	65
五、任务收获	65
六、拓展知识	66

项目四 废水出水采样与 SS 检测

任务一 滤纸与滤膜的使用	67
一、相关小知识	68
二、主要仪器	71
三、演示操作与确定任务方案	71
四、训练评价	72
五、任务收获	73
六、知识拓展	73
任务二 烘箱的使用	74
一、相关小知识	74
二、主要仪器	76
三、演示操作与确定任务方案	76
四、任务评价	77
五、任务收获	77
六、知识拓展	77
任务三 减压过滤	78
一、相关小知识	79
二、主要仪器	81
三、演示操作与确定任务方案	81
四、任务评价	82

五、任务收获	82
六、知识拓展	82

项目五 污水中重金属的检测

任务一 污水中铬的检测	86
一、相关小知识	87
二、紫外-可见分光光度计的使用	89
三、上机测定	92
四、训练评价	93
五、任务收获	94
六、知识拓展	94
任务二 污水中汞的检测	95
一、相关小知识	96
二、冷原子吸收测汞仪的使用	98
三、上机测定	99
四、训练评价	101
五、任务收获	102
六、知识拓展	102
任务三 污水中铜、镉、铅、锌的检测	104
一、相关小知识	105
二、原子吸收分光光度计的使用	107
三、上机测定	108
四、任务评价	109
五、任务收获	110
六、知识拓展	110

参考文献



项目一 对污水的 pH 值的测定

项目要求

- ① 能配制标准缓冲溶液。
- ② 能准确测定污水的 pH 值。
- ③ 学会正确使用 pH 计。

任务一 电子分析天平的使用

学习目标

- ① 知道常用实验室的称量设备。
- ② 能够说出电子分析天平的构造。
- ③ 学会减量称量法称取试样。
- ④ 能够正确操作使用电子分析天平。

内容框架结构

- ① 描述学习任务。
- ② 介绍电子分析的构造与原理。
- ③ 介绍常用的称量方法。
- ④ 学员完成对试样的称量操作。

学习任务描述

在化学实验中，经常需要测量实验中用到的有关试剂的质量。天平是

称量(物体)质量的工具,其中电子分析天平是准确称量的精密仪器。现有一食盐样品,请用电子分析天平称取质量为0.15~0.18g的试样。

想一想

- ① 你了解电子分析天平的结构吗?
- ② 你会使用电子分析天平吗?
- ③ 怎样正确记录数据?

一、相关小知识

1. 电子分析天平的结构和原理

电子天平是最新一代的天平,是根据电磁力平衡原理,直接称量的,全量程不需砝码。放上称量物后,在几秒钟内即达到平衡,显示读数,称量速度快,精度高。电子天平的支承点用弹性簧片取代机械天平的玛瑙刀口,用差动变压器取代升降枢装置,用数字显示代替指针刻度式。因而,电子天平具有使用寿命长、性能稳定、操作简便和灵敏度高的特点。此外,电子天平还具有自动校正、自动去皮、超载指示、故障报警等功能以及具有质量电信号输出功能,且可与打印机、计算机联用,进一步扩展其功能,如统计称量的最大值、最小值、平均值及标准偏差等。由于电子天平具有机械天平无法比拟的优点,尽管其价格较贵,但也会越来越广泛地应用于各个领域并逐步取代机械天平。

2. 电子分析天平的使用

尽管电子天平种类繁多,但其使用方法大同小异,具体操作可参看各仪器的使用说明书。下面以国产的FA1604型电子天平为例,简要介绍电子天平的使用方法。

① 水平调节 观察水平仪,如水平仪水泡偏移,需调整水平调节脚,使水泡位于水平仪中心。

② 预热 接通电源,预热至规定时间后,开启显示器进行操作。

③ 开启显示器 轻按ON键,显示器全亮,约2s后,显示天平的型号,然后是称量模式0.0000g。读数时应关上天平门。

④ 天平基本模式的选定 天平通常为“通常情况”模式,并具有断电记忆功能。使用时若改为其他模式,使用后一经按OFF键,天平即恢复通常情况模式。称量单位的设置等可按说明书进行操作。

⑤ 校准 天平安装后,第一次使用前,应对天平进行校准。因存放时间较长、位置移动、环境变化或未获得精确测量,天平在使用前一般都应进行校准操作。本天平采用外校准(有的电子天平具有内校准功能),由 TAR 键清零及 CAL 减、100g 校准砝码完成。

⑥ 称量 按 TAR 键,显示为零后,置称量物于秤盘上,待数字稳定即显示器左下角的“0”标志消失后,即可读出称量物的质量值。

⑦ 去皮称量 按 TAR 键清零,置容器于秤盘上,天平显示容器质量,再按 TAR 键,显示零,即去除皮重。再置称量物于容器中,或将称量物(粉末状物或液体)逐步加入容器中直至达到所需质量,待显示器左下角“0”消失,这时显示的是称量物的净质量。将秤盘上的所有物品拿开后,天平显示负值,按 TAR 键,天平显示 0.0000g。若称量过程中秤盘上的总质量超过最大载荷(FA1604 型电子天平为 160g)时,天平仅显示上部线段,此时应立即减小载荷。

⑧ 称后 若较短时间内还使用天平(或其他人还使用天平)一般不用按 OFF 键关闭显示器。实验全部结束后,关闭显示器,切断电源,若短时间内(例如 2h 内)还使用天平,可不必切断电源,再用时可省去预热时间。若当天不再使用天平,应拔下电源插头。

3. 试样称量联系

常用的称量方法有直接称量法、固定质量称量法和递减称量法,现分别介绍如下。

(1) 直接称量法

此法是将称量物直接放在天平盘上直接称量物体的质量。例如,称量小烧杯的质量,容量器皿校正中称量某容量瓶的质量,重量分析实验中称量某坩埚的质量等,都使用这种称量法。

(2) 固定质量称量法

此法又称增量法,此法用于称量某一固定质量的试剂(如基准物质)或试样。这种称量操作的速度很慢,适于称量不易吸潮、在空气中能稳定存在的粉末状或小颗粒(最小颗粒应小于 0.1mg,以便容易调节其质量)样品。

固定质量称量法使用电子分析天平时,称量过程简单。将表面皿放在称量盘上,去皮重后,只需将试样缓慢加到表面皿上知道天平显示所需的试样质量即可。注意:若不慎加入试剂超过指定质量,应先关闭升降旋钮,然后用牛角匙取出多余试剂。重复上述操作,直至试剂质量符合指定要求为止。严格要求时,取出的多余试剂应弃去,不要放回原试剂瓶中。操作时不能将试剂散落于天平盘等

容器以外的地方，称好的试剂必须定量地由表面皿等容器直接转入接受容器，此即所谓“定量转移”。

(3) 递减称量法

又称减量法，此法用于称量一定质量范围的样品或试剂。在称量过程中样品易吸水、易氧化或易与 CO_2 等反应时，可选择此法。由于称取试样的质量是由两次称量之差求得，故也称差减法。

称量步骤如下：从干燥器取出装有试样的称量瓶（注意：取出称量瓶有两种方法。方法一是戴上细纱手套；方法二可用叠成约 1cm 宽大的洁净纸条套在称量瓶上，左手拿住纸条两端。切记：不要让手指直接接触及称瓶和瓶盖），放在分析天平上，称出称量瓶加试样后的准确质量。将称量瓶从天平上取出，在接收容器的上方倾斜瓶身，用称量瓶盖轻敲瓶口上部使试样慢慢落入容器中，瓶盖始终不要离开接受器上方。当倾出的试样接近所需量时，一边继续用瓶盖轻敲瓶口，一边逐渐将瓶身竖直，使黏附在瓶口上的试样落回称量瓶，然后盖好瓶盖，准确称其质量。两次质量之差，即为试样的质量。按上述方法连续递减，可称量多份试样。有时一次很难得到合乎质量范围要求的试样，可重复上述称量操作 1~2 次。

二、主要仪器和试剂

电子分析天平一台、50mL 小烧杯（洁净干燥）一个、称量瓶一个、回收瓶一个、手套一对、 Na_2CO_3 适量。

三、演示操作与确定任务方案

- ① 检查仪器和试剂是否齐全。
- ② 水平调节电子分析天平。
- ③ 预热电子分析天平。
- ④ 开启显示器。
- ⑤ 天平基本模式的选定。
- ⑥ 校准电子分析天平。
- ⑦ 利用电子分析天平称量 Na_2CO_3 。
- ⑧ 去皮称量。
- ⑨ 读数、记录。
- ⑩ 回收整理。

四、任务评价

任务评价内容见表 1-1。

表 1-1 任务评价

项目评价	评价标准		得分
	内容	总扣分值	
称量准备	是否检查水平	5	
	是否预热	10	
称量	是否校准仪器	10	
	是否戴上手套操作	5	
	读数是否正确	10	
	称量的质量是否符合要求	10	
数据记录	数据记录是否完整	10	
	有效数字是否正确	10	
清洁整理	是否回收称量物	10	
	电子分析天平是否归零	10	
	仪器有无损坏	10	

五、任务收获

- ① 你觉得工作方案可以改进的地方有哪些？
- ② 本次工作任务完成的心得体会？

任务二 标准缓冲溶液的配制

学习目标

- ① 了解缓冲溶液的配制原理及缓冲溶液的性质。
- ② 掌握溶液配制的基本实验方法。
- ③ 学会标准缓冲溶液的配制。

内容框架结构

- ① 描述学习任务。

② 介绍标准缓冲溶液的性质、原理。

③ 学习标准缓冲溶液的配制。

学习任务描述

实验室有时要用到一种在一定程度上能抵抗外加少量酸、碱或稀释，而保持溶液 pH 值基本不变的溶液。叫做缓冲溶液。它是如何配制的呢？本节我们一起来学习标准缓冲溶液的配制。

想一想

① 什么物质能配制成缓冲溶液？

② 如何配制标准缓冲溶液呢？

一、相关小知识

1. 概念原理

① 基本概念 在一定程度上能抵抗外加少量酸、碱或稀释，而保持溶液 pH 值基本不变的作用称为缓冲作用；具有缓冲作用的溶液称为缓冲溶液。

② 缓冲溶液组成及计算公式 缓冲溶液一般是由共轭酸碱对组成的，例如弱酸和弱酸盐或弱碱和弱碱盐。如果缓冲溶液由弱酸和弱酸盐（例如 HAc-NaAc）组成，则

$$c_{H^+} \approx K_a \frac{c_a}{c_s} \quad \text{pH} = \text{p}K_a - \lg \frac{c_a}{c_s}$$

③ 缓冲溶液性质

a. 抗酸/碱，抗稀释作用 因为缓冲溶液中具有抗酸成分和抗碱成分，所以加入少量强酸或强碱，其 pH 值基本上是不变的。稀释缓冲溶液时，酸和碱的浓度比值不改变，适当稀释不影响其 pH 值。

b. 缓冲容量 缓冲容量是衡量缓冲溶液缓冲能力大小的尺度。缓冲容量的大小与缓冲组分浓度和缓冲组分的比值有关。缓冲组分浓度越大，缓冲容量越大；缓冲组分比值为 1 : 1 时，缓冲容量最大。

2. 标准缓冲溶液的配制

查找资料，找出配制标准缓冲溶液的物质和方法。

pH 标准溶液甲 (pH4.00)

称取先在 110 ~ 130℃ 干燥 2 ~ 3h 后的邻苯二甲酸氢钾 ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$)

10.12g，溶于水并在容量瓶中稀释至 1L。

pH 标准溶液乙 (pH6.86)

分别称取先在 110~130℃ 干燥 2~3h 后的磷酸二氢钾 (KH_2PO_4) 3.388g 和磷酸氢二钠 (Na_2HPO_4) 3.533g，溶于水并在容量瓶中稀释至 1L。

pH 标准溶液丙 (pH9.18)

为了使晶体具有一定的组成，应称取与饱和溴化钠（或氯化钠加蔗糖）溶液（室温）共同放置在干燥器中平衡两昼夜的硼砂 3.80g，溶于水并在容量瓶中稀释至 1L。磷酸氢二钠应该用 pH 基准级的，是无水的，现在市场上有卖现成 pH 基准级混合磷酸盐的。

二、主要仪器与试剂

分析天平、容量瓶、烧杯、玻璃棒、邻苯二甲酸氢钾。

三、演示操作与确定任务方案

1. 邻苯二甲酸盐标准缓冲溶液

标准缓冲溶液的配制方法可参考有关的化学手册。现以 25℃，pH=4.00 的邻苯二甲酸盐标准缓冲溶液的配制为例，实验步骤如下。

① 按要求准备好洗净的所需的玻璃器皿。

② 准备足量无二氧化碳的蒸馏水，冷却后备用。

③ 在分析天平上称取 10.21g 已于 110℃ 烘箱中干燥 1h（冷却）后的邻苯二甲酸氢钾于干净干燥的小烧杯中。加少量无二氧化碳的蒸馏水，溶解，转移入 1000mL 容量瓶中（如一次不能全溶，则多次加水溶解转移），用无二氧化碳的蒸馏水冲洗小烧杯及玻璃棒 2~3 次，洗液也一并转移入容量瓶中。

④ 用无二氧化碳的蒸馏水稀释到刻度，摇匀。此溶液中邻苯二甲酸氢钾的浓度为 0.05mol/L，在 25℃ 时 pH=4.01。

⑤ 保存于干净干燥的试剂瓶中，并贴上标签，标明 pH 值。

2. 磷酸盐标准缓冲溶液的配制

标准缓冲溶液的配制方法可参考有关的化学手册及 GB 604—2002。试剂部分现以 25℃，pH=6.38 的磷酸盐标准缓冲溶液的配制为例，实验步骤如下。

① 按要求准备好所需的玻璃器皿。

② 准备足量无二氧化碳的蒸馏水，冷却后备用。

③ 将磷酸二氢钾和磷酸氢二钠于 120℃ 烘箱中干燥 2h。

④ 在分析天平分别称取 3.40g 磷酸二氢钾和 3.55g 磷酸氢二钠于干净干燥的小烧杯中。

⑤ 分别加少量无二氧化碳的蒸馏水，溶解，转移入 1000mL 容量瓶中（如一次不能全溶，则多次加水溶解转移），用无二氧化碳的蒸馏水冲洗小烧杯及玻璃棒 2~3 次，洗液也一并转移入容量瓶中。

⑥ 用无二氧化碳的蒸馏水稀释到刻度，摇匀。此溶液中磷酸二氢钾和磷酸氢二钠的浓度均为 0.25mol/L，在 25℃ 时 pH=6.38。

⑦ 保存于干净干燥的试剂瓶中，并贴上标签。

3. 硼酸盐标准缓冲溶液的配制

标准缓冲溶液的配制方法可参考有关的化学手册。现以 25℃，pH=9.18 的硼酸盐标准缓冲溶液的配制为例，实验步骤如下。

① 按要求（干净干燥或洗净）准备好所需的玻璃器皿。

② 准备足量赶走二氧化碳的蒸馏水，冷却后备用。

③ 在分析天平称取 3.81g 十水四硼酸钠于干净干燥的小烧杯中。

④ 加少量无二氧化碳的蒸馏水，溶解，转移入 1000mL 容量瓶中（如一次不能全溶，则多次加水溶解转移），用无二氧化碳的蒸馏水冲洗小烧杯及玻璃棒 2~3 次，洗液也一并转移入容量瓶中。

⑤ 用无二氧化碳的蒸馏水稀释到刻度，摇匀。此溶液中四硼酸钠的浓度为 0.010mol/L，在 25℃ 时，pH=9.18。

⑥ 保存于干净干燥的试剂瓶中，并贴上标签。

四、训练评价

训练评价内容见表 1-2。

表 1-2 训练评价

评价项目	评价标准		得分
	内 容	分值	
称量	分析天平的使用是否正确	20	
	称量的基本操作是否正确	30	
	仪器是否洗涤干净	10	
定容	定容操作是否正确	10	
	定容是否准确	10	
清洁整理	台面是否整洁	10	
	仪器有无损坏	10	
合计			