

水和废水监测分析与 水处理实验技术

SHUIHE FEISHUI JIANCE FENXI
YU SHUICHULI SHIYAN JISHU

戴红玲 主编



电子科技大学出版社

水和废水监测分析与 水处理实验技术

SHUIHE FEISHUI JIANCE FENXI
YU SHUICHULI SHIYAN JISHU

戴红玲 主编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水和废水监测分析与水处理实验技术 / 戴红玲主编.
— 成都: 电子科技大学出版社, 2016.12
ISBN 978-7-5647-4118-1

I. ①水… II. ①戴… III. ①水质监测—高等学校—
教材②废水监测—高等学校—教材③水处理—实验—高等
学校—教材 IV. ①X832 ②TU991.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 320582 号

水和废水监测分析与水处理实验技术

戴红玲 主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 罗 雅
责任编辑: 王 坤 卢 莉
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 四川永先数码印刷有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 12.5 字数 319 千字
版 次: 2016 年 12 月第一版
印 次: 2016 年 12 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-4118-1
定 价: 42.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

本书依据环境监督管理及水质标准等有关规定的需要,结合给排水科学与工程专业、国家特色专业、建设点建设和江西省普通本科高等学校卓越工程师培养计划建设需要编写而成,包括了水和废水监测分析与水处理实验技术基础、水和废水监测分析及水处理实验技术三大部分,旨在培养动手能力强、能独立分析解决问题的工程应用型人才。

本书的出版得到华东交通大学给排水科学与工程专业卓越工程师培养计划〔05100201〕资助、江西省高等学校教学改革研究省级课题〔JXJG-15-5-5〕资助。

全书由华东交通大学戴红玲主编,内容涵盖了实验操作的基本知识、实验设计和实验数据分析处理;理化指标、无机物、有机化合物及细菌学指标的测定和水处理相关实验项目。

本书可作为高等学校给排水科学与工程专业本科、专科教学用书,也可供高等学校环境工程专业本科、专科教学及相关科研、监测人员参考使用。

在本书的编写中,参考和选用了一些单位和个人的著作和其他文献资料,在此谨向他们致以崇高的敬意和衷心的感谢。由于作者水平有限,书中不妥或错误之处敬请批评指正。

编 者

目 录

第一篇 水和废水监测分析与水处理实验技术基础

第一章 实验室的基本知识	(3)
第一节 常用玻璃仪器的使用	(3)
第二节 化学试剂与试液的配制	(8)
第二章 实验设计	(11)
第一节 实验设计简介	(11)
第二节 单因素实验设计	(14)
第三节 双因素实验设计	(16)
第四节 正交试验设计	(17)
第三章 实验数据分析处理	(23)
第一节 实验误差分析	(23)
第二节 实验数据整理	(27)
第三节 实验数据处理	(33)

第二篇 水和废水监测分析

第四章 水质标准	(41)
第一节 地面水环境质量标准(GB 3838—2002)	(41)
第二节 生活饮用水卫生标准(GB 5749—2006)	(43)
第三节 污水综合排放标准(GB 8978—96)	(46)
第五章 物理性质的测定	(57)
第一节 色度的测定	(57)
第二节 浊度的测定	(58)
第三节 SS、VSS 的测定	(61)
第四节 温度的测定	(62)
第五节 臭和味的测定	(63)
第六节 肉眼可见物的测定	(65)
第七节 pH 值的测定	(65)
第六章 金属无机物的测定	(68)
第一节 铜的测定	(68)
第二节 汞的测定	(74)
第三节 铬的测定	(78)
第四节 铅的测定	(81)
第五节 铁的测定	(83)

第六节 锰的测定	(85)
第七节 砷的测定	(87)
第八节 镉的测定	(90)
第九节 锌的测定	(92)
第七章 非金属无机物的测定	(95)
第一节 酸度的测定	(95)
第二节 碱度的测定	(97)
第三节 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的测定	(98)
第四节 总凯氏氮(TKN)的测定	(102)
第五节 总氮的测定	(103)
第六节 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的测定	(105)
第七节 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的测定	(107)
第八节 磷的测定	(110)
第九节 DO 的测定	(114)
第十节 F^- 的测定	(116)
第十一节 Cl^- 的测定	(120)
第十二节 硫化物的测定	(122)
第八章 有机化合物的测定	(125)
第一节 $\text{COD}_{\text{Cr}} \backslash \text{COD}_{\text{Mn}}$ 的测定	(125)
第二节 BOD_5 的测定	(129)
第三节 总有机碳(TOC)的测定	(134)
第四节 苯胺类的测定	(135)
第五节 硝基苯类的测定	(137)
第六节 挥发酚的测定	(139)
第九章 细菌学指标的测定	(142)
第一节 细菌总数的测定	(142)
第二节 大肠杆菌群的测定	(144)
第三节 余氯的测定	(153)

第三篇 水处理实验

第十章 水处理实验	(161)
第一节 自由沉淀实验	(161)
第二节 混凝实验	(164)
第三节 澄清实验	(167)
第四节 滤料筛分及过滤实验	(169)
第五节 活性炭吸附实验	(172)
第六节 离子交换实验	(174)
第七节 清水充氧性能测定	(177)
第八节 中和、吹脱实验	(181)
第九节 污泥比阻实验	(184)
第十节 废水可生化性实验	(188)
参考文献	(192)



第一篇 水和废水监测分析与 水处理实验技术基础

第一章 实验室的基本知识

第一节 常用玻璃仪器的使用

定量分析中常用玻璃仪器按玻璃性能可分为可加热的（如各类烧杯、烧瓶、试管等）和不宜加热的（如试剂瓶、量筒、滴定管等）；按用途可分为容量类（如烧杯、试剂瓶等）、量器类（如吸管、容量瓶等）和特殊用途类（如干燥器、漏斗等），这些仪器在大学化学中已比较熟悉，本书仅介绍玻璃器皿的洗涤和量器的使用。

一、玻璃器皿的洗涤

水质分析中常用的洁净剂是肥皂、肥皂液、洗衣粉、去污粉、各种洗涤液和有机溶剂等。

一般的器皿，如烧杯、锥形瓶、试剂瓶等可用刷子蘸取去污粉、洗衣粉、肥皂液等直接刷洗其内外表面。滴定管、容量瓶和吸管等量器，为了避免容器内壁受机械磨损而影响容积测量的准确度，一般不用刷子刷洗，如果其内壁沾有油脂性污物，用自来水不能洗去时，则选用合适的洗涤剂淌洗，必要时先把洗涤剂加热，并浸泡一段时间。各种洗涤剂的性能和配制方法如表 1-1。铬酸洗液，因其具有很强的氧化能力且对玻璃的腐蚀作用又极小，过去使用得很广泛，但由于六价铬对人体有害，在可能的情况下，不要多用，必须使用时，注意不要溅到身上（它会烧坏衣服和腐蚀皮肤）。最好在容器内壁干燥的情况下将洗液倒入（因经水稀释后去污能力降低），用过的洗液仍倒回原瓶中，淌洗过的器皿，第一次用少量自来水冲洗，此时水应倒入废液缸中，以免腐蚀水槽和下水道。滴定管等量器，不宜用强碱性的洗涤剂洗涤，以免玻璃受腐蚀而影响容积测量的准确性。

表 1-1 常用洗涤剂

名称	配制方法	备注
合成洗涤剂	将合成洗涤剂粉用热水搅拌配成浓溶液	用于一般的洗涤
皂角水	将皂荚捣碎，用水熬制成溶液	用于一般的洗涤
铬酸洗液	取 KCr_2O_7 (L.R.) 20g 于 500mL 烧杯中，加水 40mL，加热溶解，冷后，缓缓加入 320mL 浓硫酸即成（注意边加边搅），贮于磨口细口瓶中	用于洗涤油污及有机物，使用时，防止被水稀释。用后倒回原瓶，可反复使用，直到溶液变为绿色
KMnO_4 碱性洗液	取 KMnO_4 (L.R.) 4g，溶于少量水中，缓缓加入 100mL 10% NaOH 溶液	用于洗涤油污及有机物质。洗后玻璃壁上附着的 MnO_2 沉淀，可用粗亚铁或 Na_2SO_3 溶液洗去

续表

名称	配制方法	备注
碱性酒精溶液	30% ~40% NaOH 酒精溶液	用于洗涤油污
酒精—浓硝酸洗液		用于沾有机物或油污的结构较复杂的仪器的洗涤。洗涤时先加少量酒精于脏仪器中，再加少量浓硝酸，即产生大量棕色 NO_2 ，将有机物氧化破坏洗去

一个洗干净的玻璃仪器，其壁面应不挂水珠，这点对滴定管特别重要。用纯水冲洗仪器时，采用顺壁冲洗并加振摇以及每次用少量水而多洗几次的方法，能达到清洗好、快、省的目的。

二、玻璃量器的使用

定量分析中常用的玻璃量器（简称量器）有滴定管，吸管、容量瓶（简称量瓶）、量筒和量杯等。

量器按准确度和流出时间（所谓流出时间是指量器内全量液体通过流液嘴自然流出的时间）分为 A、 A_2 、B 三种等级。A 级的准确度比 B 级一般高一倍。 A_2 级的准确度介于 A、B 级之间，但流出时间与 A 级相同。量器的使用标志，过去曾用“一等”“二等”，“Ⅰ”“Ⅱ”，或“<1>”“<2>”等表示，无上述字样符号的量器，则表示无级别的，如量筒、量杯等。

（一）滴定管及其使用

滴定管是滴定时用来准确测量流出的操作溶液体积的量器。常量分析最常用的是容积为 50 毫升的滴定管，其最小刻度是 0.1 毫升，最小刻度间可估计到 0.01 毫升。因此读数可达小数点后第二位，一般读数误差为 ± 0.02 毫升。另外还有容积为 10 毫升、5 毫升、2 毫升和 1 毫升的微量滴定管。

滴定管一般分为两种：一种是具塞滴定管，常称为酸式滴定管；另一种无塞滴定管，常称为碱式滴定管。具塞滴定管用来装酸性及氧化性溶液，但不适用于装碱性溶液，因为碱性溶液能腐蚀玻璃，时间一长，旋塞便不能转动。碱式滴定管的一端连接一橡皮管，管内装有玻璃珠，以控制溶液的流出（玻璃珠的大小要适中，过大，滴定时溶液的流出比较费劲；过小，溶液会漏出），橡皮管的下面接一尖嘴玻管。碱式滴定管用来装碱性及无氧化性的溶液，凡是能与橡皮起反应的溶液，如高锰酸钾、碘和硝酸银等溶液，都不能装入碱式滴定管。滴定管除无色的外，还有棕色的，用以装见光易分解的溶液，如 AgNO_3 ， KMnO_4 等溶液。

滴定管的使用方法如下。

1. 滴定前的准备

（1）洗涤：按前述方法洗净滴定管。如滴定管不净，溶液会粘在壁上，影响溶液测量的准确性。淌洗时不要用手指堵住管口，以免把手上的油脂带入滴定管中。

（2）旋塞涂凡士林：用布或纸把玻璃旋塞槽和旋塞擦干。在旋塞的大端涂上一些凡士林，然后把旋塞小心地插入旋塞槽内，旋转几下即可。凡士林不可涂得太多，否则容易把

孔堵住；涂得过少，则润滑不够，甚至会漏水。涂得好的旋塞应呈透明，无气泡，旋转灵活。最后用纯水检验是否堵塞或漏水。为了防止在滴定过程中旋塞脱出，可从橡皮管上剪一圈橡皮，套住旋塞末端。

碱式滴定管在使用前要检查一下橡皮管控制溶液流出的情况，如是否漏水等。

(3) 用操作溶液润洗滴定管，以免操作溶液被稀释。为此注入操作溶液约 10 毫升，然后两手平端滴定管，慢慢转动，使溶液流遍全管。再把滴定管竖起，打开滴定管的旋塞，使溶液从出口管的下端流出。如此润洗 2~3 次，即可装入操作溶液。注意应将待装溶液直接从贮瓶装入滴定管，而不要依靠其他仪器（如漏斗、烧杯等）。

(4) 排出滴定管下端的空气：对酸式滴定管，可转动其旋塞，使液体急速流出，以排除空气泡；对碱式滴定管，应先使它倾斜，并使管嘴向上，然后捏挤玻璃珠附近的橡皮管，使溶液喷出，气泡即随之排出。可把橡皮管对光照着检查橡皮管中气泡是否排出。

(5) 装满操作溶液到刻度零处，或在零线稍下，记录读数。然后将滴定管夹在架上。滴定管下端如有悬挂的液滴，也应除去。

2. 滴定

滴定的姿势如图 1-1 所示，以左手的大拇指、食指和中指控制旋塞，用无名指、小指抵住旋塞下部，右手持锥形瓶，使瓶底向同一方向做圆周运动（或用玻璃棒搅拌烧杯中的溶液）。若使用碱式滴定管，则用左手的大拇指和食指捏挤玻璃珠外面的橡皮管（注意不要捏挤玻璃珠的下部，如捏在下部，则放手时橡皮管管尖会产生气泡），使之与玻璃珠之间形成一条可控制的缝隙，即可节制液体的流出。滴定和振摇溶液要同时进行，不要脱节。为了防止溶液滴到外面，滴定管下端应伸入锥形瓶口内或在烧杯口内。

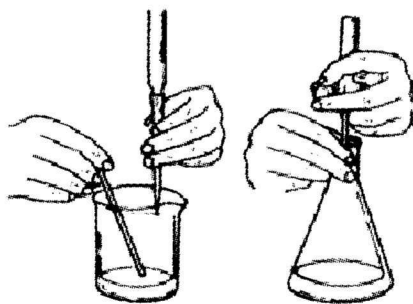


图 1-1 滴定

溶液的流出不要太快（不快于 3~4 滴/秒），否则易超过终点。在快到终点时溶液应逐滴（甚至半滴）滴下。滴加半滴的方法是使液滴悬挂管尖而不让液滴自由滴下，再用锥形瓶内壁将液滴擦下，然后用洗瓶吹入少量水，将内壁附着的溶液洗下去，或用玻璃棒将液滴引入烧杯中。

滴定时所用操作溶液的体积应不超过滴定管的容量，因为多装一次溶液就须多读两次读数，从而会使误差增大。

滴定过程中，尤其将近终点时，应用洗瓶将溅在内壁上的溶液吹洗下去。

读数方法：用 2 个指头把滴定管垂直地拿着（不可拿着装有溶液部分）进行读数。对无色溶液，读取弯月面下层最低点；对有色溶液，读取液面最上缘。眼睛和刻度应在同一水平上，如图 1-2 (a) 所示，读数时最好面对光源。滴定管的读数是自上而下的，应该读准到毫升数后的第二位，显然，第二位是估计数字。在溶液快速流出后应等待片刻，让

溶液完全从壁上流出后再读数。读数时最好用黑白纸板辅助，这样弯月面界线十分清晰，如图 1-2 (b) 所示。50 毫升滴定管，其液体的流出时间以 70 ~ 150 秒较为理想。

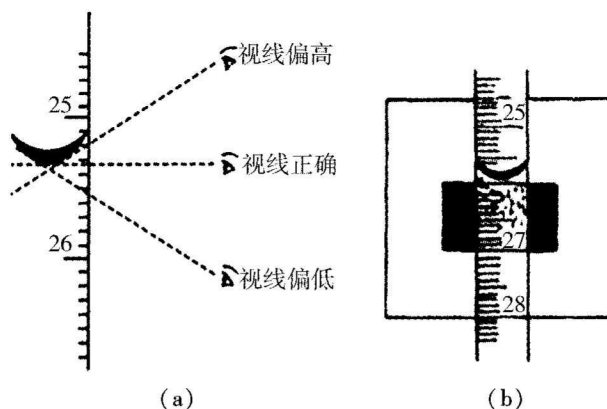


图 1-2 滴定管读数

有的滴定管壁带有白底蓝线，则按蓝线的最尖部分与分度线上缘相重合的一点进行读数。

3. 滴定管用后的处理

滴定管使用完毕后，把其中剩余溶液倒出，并用水洗净，然后用纯水充满滴定管，并用盖子盖住管口，或用水洗净后，倒置在滴定管架上。

(二) 吸管及其使用

吸管一般用于准确量取小体积的液体。吸管的种类较多，可分为无分度吸管和分度吸管。无分度吸管通常称为移液管，它的中腰膨大，上下两端细长，上端刻有环形标线，膨大部分标有它的容积和标定时的温度。将溶液吸入管内，使液面和标线相切，再放出，则放出的溶液体积就等于管上所标示的容积。常用移液管的容积有 5 毫升、10 毫升、25 毫升、50 毫升等多种。由于读取部分管径小，其准确性较高，其缺点是只能用于量取某一量的溶液。分度吸管又叫吸量管，可以准确量取所需要的刻度范围内某一体积的溶液，但其准确度差一些。将溶液吸入，读取与液面相切的刻度，然后将溶液放出到适当刻度，两刻度之差即为放出溶液的体积。

吸管在使用前按如下方法洗到内壁不挂水珠：将吸管插入洗液中，用洗耳球将洗液慢慢吸至管容积 $1/3$ 处，用食指按住管口，把管横过来淌洗，然后将洗液放回原瓶。如果内壁严重污染，则应把吸管放入盛有洗液的大量筒或高型玻璃缸中，浸泡 15 分钟到数小时，取出后用自来水及纯水冲洗，用纸擦去管外的水。

移取溶液前，先用少量溶液将吸管内壁洗 2 ~ 3 次，以保证转移的溶液浓度不变。然后把管口插入溶液中（在移液过程中注意保持管口在液面以下），用嘴或洗耳球把溶液吸到稍高于刻度处，迅速用食指按住管口。取出吸管，使管尖端靠着贮瓶口，用拇指和中指轻轻转动，并减轻食指的压力，让溶液慢慢流出，同时平视刻度，至溶液弯月面下缘与刻度相切处，立即按紧食指。把准备接受溶液的容器稍倾斜，将吸管移入容器中，使管垂直，管尖靠着容器内壁，放开食指（图 1-3），让溶液自由流出。待溶液全部流出后，按规定再等 15 秒或 3 秒，取出吸管。在使用非吹出式的吸管或无分度吸管时，切勿把残留在管尖的溶液吹出。吸管用毕，应洗净，放在吸管架上。

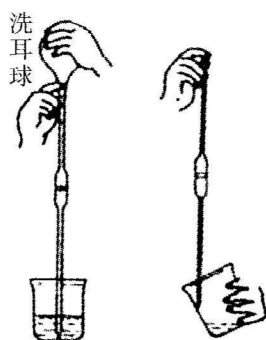


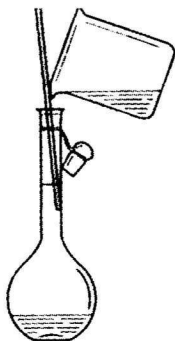
图 1-3 移取溶液的正确姿势

(三) 容量瓶及其使用

容量瓶是一种细颈梨形的平底瓶，具有磨口玻塞或塑料塞，瓶颈上刻有环形标线。瓶上标有它的容积和标定时的温度。大多数容量瓶只有一条标线，当液体充满到标线时，瓶内所装液体的体积和瓶上所标示的容积相同，这种容量瓶一般是“量入”瓶。但也有刻有两条标线的，上面一条表示量出的容积。量入式的符号为 V_{in} ，量出式的符号为 V_{ex} 。常用的容量瓶有 50 毫升、100 毫升、250 毫升、500 毫升、1000 毫升等多种规格。容量瓶主要是用来把精密称量的物质准确地配成一定容积，或将准确容积的浓溶液稀释成准确容积的稀溶液，这一过程通常叫作“定容”。

容量瓶使用前也要洗净，洗涤原则和方法同前。

如果要由固体配制准确浓度的溶液，通常将固体准确称量后放入烧杯中，加少量纯水（或适当溶剂）使它溶解，然后定量地转移到容量瓶中。转移时，玻棒下端要靠近瓶颈内侧，使溶液沿瓶壁流下（图 1-4）。溶液流尽后，将烧杯轻轻顺玻棒上提，使附在玻棒、烧杯嘴之间的液滴回到烧杯中。再用洗瓶挤出的水流冲洗烧杯数次，每次按上法将洗涤液完全转移到容量瓶中，然后用蒸馏水稀释。当水加至容积的 $2/3$ 时，旋摇容量瓶，使溶液混合（注意不能倒转容量瓶），在接近标线时，可以用滴管逐滴加水，到弯月面最低点恰好与标线相切。盖紧瓶塞，一手食指压紧瓶塞，另一手的大、中、食三个手指托住瓶底，倒转容量瓶，使瓶内气泡上升到顶部，摇动数次，再倒过来，如此反复倒转摇动十多次，使瓶内溶液充分混合均匀。



向容量瓶中转移溶液

图 1-4 溶液转入容量瓶的操作

不宜在容量瓶内长期存放溶液。如溶液需要使用较长时间，应将它转移到试剂瓶中，

该试剂瓶应预先经干燥或用少量该溶液淌洗 2~3 次。

由于温度对量器的容积有影响，所以使用时要注意溶液的温度、室内的温度以及量器本身的温度。

第二节 化学试剂与试液的配制

一、实验用纯水及各种特殊要求的纯水

(一) 纯水

纯水是水和废水分析监测和水处理实验工作中不可少的条件之一。纯水的制备是将原水中可溶性的和非可溶性杂质全部除去的水处理方法。制备纯水的方法很多，常用的有蒸馏法、离子交换法、电渗析法等。

(二) 无氨水

向水中加入硫酸至 pH 值小于 2，使水中各种形态的氨或胺最终都变成不挥发性的盐类，收集馏出液即得。

(三) 无二氧化碳水

(1) 水或去离子水煮沸至少 10min（水多时），或使水量蒸发 10% 以上（水少时），加盖放冷即得。

(2) 曝气法：将惰性气体或纯氮通入蒸馏水或去离子水至饱和即得。

制得的无二氧化碳水应贮存在一个附有碱石灰管的橡皮塞盖严的瓶中。

(四) 无氯水

加入亚硫酸钠等还原剂将自来水中的余氯还原为氯离子（以 DPD 检查不显色），继用附有缓冲球的全玻璃蒸馏器进行蒸馏制取。

(五) 不含有机物的蒸馏水

加入少量高锰酸钾的碱性溶液于水中使呈红紫色，再进行蒸馏即得。

二、试剂的一般知识

(一) 常用试剂的规格

化学试剂的规格是以其中所含杂质多少来划分的，一般可分为四个等级，其规格及适用范围见表 1-2。

表 1-2 试剂规格和适用范围

等级	名称	英文名称	符号	适用范围	标签标志
一级品	优级纯（保证试剂）	Guaranteed reagent	G. R.	纯度很高，适用于精密分析工作和科学研究工作	绿色
二级品	分析纯（分析试剂）	Analytical reagent	A. R.	纯度仅次于一级品，适用于多数分析工作和科学研究工作	红色

续表

等级	名称	英文名称	符号	适用范围	标签标志
三级品	分析纯（分析试剂）	Chemically pure	C. P.	纯度较二级差些，适用于一般分析工作	蓝色
四级品	实验试剂（医用）	Laboratorial reagent	L. R.	纯度较低，适用于实验辅助试剂	棕色或其他颜色
	生物试剂	Biological reagent	B. R. 或 C. R.		黄色或其他颜色

此外，还有光谱纯试剂、基准试剂、色谱纯试剂等。

光谱纯试剂的杂质含量用光谱分析法已测不出或者杂质的含量低于某一限度，这种试剂主要用来作为光谱分析中的标准物质。

基准试剂的纯度相当于或高于保证试剂。基准试剂作为滴定分析中的基准物是非常方便的，也可用于直接配制标准溶液。

在分析工作中，选择试剂的纯度除了要与所用方法相当外，其他实验用的水、操作器皿也要与之相适应。若试剂都选用 G. R. 级的，则不宜使用普通的蒸馏水或去离子水。所用器皿的质地也较高，使用过程中不宜有物质溶解到溶液中，以免影响测定的准确度。

选用试剂时，要注意节约的原则，不要盲目追求纯度高，应根据具体情况选用。优级纯和分析纯试剂，虽然是市售试剂中的纯品，但由于包装不慎而混入杂质，或由于运输过程中可能发生变化，或贮藏日久而变质，所以应具体问题具体分析。对所用试剂的规格有所怀疑时，应该进行鉴定。在有些特殊情况下，市售的试剂不能满足要求时，分析者应自己动手精制。

（二）取用试剂应注意事项

（1）取用试剂时应注意保持清洁，瓶塞不允许任意放置，取用后应立即盖好密封，以防被其他物质沾污或变质。

（2）固体试剂应用洁净干燥的小勺取用。取用强碱性试剂后的小勺应立即洗净，以免被腐蚀。

（3）用吸管吸取试剂溶液时，绝不能用未经洗净的同一吸管插入不同的试剂瓶中取用。

（4）所有盛装试剂的瓶上都应贴有明显的标签，写明试剂的名称、规格。绝对不能在试剂瓶中装入不是标签所写的试剂，因为这样往往会造成差错。没有标签标明名称和规格的试剂，在未查明前不能随便使用。书写标签最好用绘图墨汁，以免日久褪色。

（5）在分析工作中，试剂的浓度及用量应按要求适当使用，过浓或过多，不仅造成浪费，而且有可能产生副作用，甚至得不到正确的结果。

（三）试剂的保管

试剂的保管在实验室中也是一项十分重要的工作。有的试剂由于保管不好而变质失效，这不仅是一种浪费，而且还会使分析工作失败，甚至会引起事故。

一般化学试剂应保存在通风良好、干燥、干净的房间里，防止水分、灰分和其他物质沾污。同时根据试剂性质应有不同的保存方法。

(1) 容易侵蚀玻璃而影响试剂纯度的，如氢氟酸、含氟盐（氟化钾、氟化钠、氟化铵等）、苛性碱（氢氧化钾、氢氧化钠）等，应保存在塑料瓶或涂有石蜡的玻璃瓶中。

(2) 见光逐渐分解的试剂，如过氧化氢（双氧水）、硝酸银、高锰酸钾、草酸等；与空气接触易逐步被氧化的试剂，如氯化亚锡、硫酸亚铁、亚硫酸钠等；以及易挥发的试剂，如溴、氨水及乙醇等，应放在棕色瓶内置冷暗处。

(3) 吸水性较强的试剂，如无水碳酸钠、苛性钠、过氧化钠等应严格密封（如用蜡封）。

(4) 相互易作用的试剂，如挥发性的酸与氨，氧化剂与还原剂，应分开存放。易燃的试剂如乙醇、乙醚、苯、丙酮与易爆炸的试剂，如高氯酸、过氧化氢、硝基化合物等应分开贮存在阴凉通风、不受阳光直接照射的地方。

(5) 剧毒试剂如氰化钾、氰化钠、氢氟酸、氯化汞、三氧化二砷（砒霜）等，应特别妥善保管，经一定手续取用，以免发生事故。

三、一般试液的浓度表示法

(1) 摩尔浓度： 1m^3 溶液中含有溶质的物质的量，称为摩尔浓度。在使用摩尔浓度时，必须指明基本单元。

$c(\text{NaOH}) = 1\text{mol/L}$ ，为摩尔浓度，相当于 1N ，即每升含 40g NaOH 。其基本单元是氢氧化钠分子。

$c(1/2 \text{H}_2\text{SO}_4) = 1\text{mol/L}$ ，为摩尔浓度，相当于 1N ，即每升含 $49\text{g H}_2\text{SO}_4$ 。其基本单元是 $1/2$ 个硫酸分子。

$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1\text{mol/L}$ ，为摩尔浓度，相当于 2N ，即每升含 $98\text{g H}_2\text{SO}_4$ 。其基本单元是硫酸分子。

(2) 重量百分浓度：溶质重量占溶液（溶质 + 溶剂）重量的百分数，以%（ m/m ）表示。

(3) 体积百分浓度：指 100 份体积中所含溶质体积的份数，当溶质是液体时常用此浓度表示，符号为%（ V/V ）或（ mL/mL ）。例如配制 10% 盐酸，量取 10mL 盐酸，加水稀释至 100mL 即成。

(4) 体积比例表示法：液体试剂配制液体时，有时用这种浓度表示法。例如 $a + b$ 表示： a 表示溶质的体积， b 表示溶剂的体积。如 $(1 + 5) \text{H}_2\text{SO}_4$ 表示一份体积的浓硫酸溶于 5 份体积的蒸馏水中。

(5) 质量比例表示法：固体试剂互相混合时，常用这种浓度表示法。例如 6:4 的磷酸氢钠与磷酸二氢钠的混合试剂，是由 6g 磷酸钠和 4g 磷酸二氢钠混合而成。

第二章 实验设计

第一节 实验设计简介

实验设计的目的是选择一种对所研究的特定问题最有效的实验方法，以使用最少的人力、物力和时间获得满足要求的实验结果。从广义的角度来讲，它包括明确实验目的、确定测定参数、确定需要控制或改变的条件、选择实验方法和测试仪器、确定量测精度要求、实验方案设计和数据处理步骤等。实验设计是实验研究过程的重要环节，通过实验设计可以使我们的实验安排在最有效的实验范围内，以保证可以通过较少的实验得到预期的实验结果。例如，在进行生化需氧量（ BOD ）的测定时，为了能全面地描述废水有机污染的情况，往往需估计最终生化需氧量（ BOD_U 或 L_U ）和生化反应速率常数 K_1 ，完成这一实验需对 BOD 进行大量的、较长时间的（约20天）测定，既费时又费钱，此时如有较合理的实验设计，就可能以较少的时间得到较正确的结果。表2-1是三种不同的实验设计得到的结果。图2-1、图2-2是实验得到的 BOD 曲线。从上述图、表中可以看出，30个测点的一组实验设计是不合适的，它不能给出满意的参数估算值。原因在于 BOD 是一级反应模型，因此要使实验曲线和实测数据拟合得好些，要同时调整 K_1 和 L_U 。

表 2-1 三种 BOD 实验设计所得结果

实验安排	参数估算值		参数的协方差
	K_1	L_U	
20 天 59 次观测	0.22	10100	-0.85
30 次观测，0~5 天	0.19	11440	-0.9989
第 4 天 6 次，第 20 天 6 次	0.22	10190	-0.63

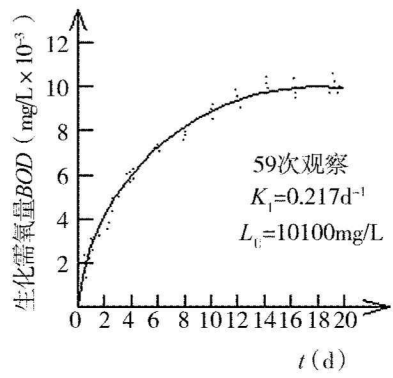


图 2-1 20 天 59 次观测的 BOD 曲线