

责任编辑：李 亮

村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书

- ▶ 《供水水质检测》
- 《供水水质净化》
- 《供水管道工》
- 《供水机电运行与维护》
- 《供水站综合管理员》

销售分类：市政工程

ISBN 978-7-5170-2645-7



9 787517 026457 >

定价：15.00 元

村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书

供水水质检测 3

水质分析技术

夏宏生 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书的第一系列的第三分册,介绍了供水水质检测中的水质分析技术。全书共分4章,包括:水质分析基本知识、滴定分析法、比色分析法和分光光度法、其他分析方法。

本书内容既简洁又不失完整性,通俗易懂,深入浅出,非常适合村镇供水从业人员阅读学习。本书可作为职业资格考核鉴定的培训学习用书,也可作为村镇供水从业人员岗位学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

供水水质检测. 3, 水质分析技术 / 夏宏生主编. --
北京: 中国水利水电出版社, 2014. 10
(村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书)
ISBN 978-7-5170-2645-7

I. ①供… II. ①夏… III. ①给水处理—水质监测—
水质分析 IV. ①TU991.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第249320号

书 名	村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书 供水水质检测 3 水质分析技术
作 者	主编 夏宏生
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	140mm×203mm 32开本 3.5印张 94千字
版 次	2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	15.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书》

编写委员会

主任：刘 敏

副主任：江 涌 胡振才

编委会成员：黄其忠 凌 刚 邱国强 曾志军
陈燕国 贾建业 张芳枝 夏宏生
赵奎霞 兰 冰 朱官平 尹六寓
庄中霞 危加阳 张竹仙 钟 雯
滕云志 曾 文

项目责任人：张 云 谭 渊

培训丛书主编：夏宏生

《供水水质检测》主编：夏宏生

《供水水质净化》主编：赵奎霞

《供水管道工》主编：尹六寓

《供水机电运行与维护》主编：庄中霞

《供水站综合管理员》主编：危加阳

序

近年来，各级政府和行业主管部门投入了大量人力、物力和财力建设农村饮水安全工程，而提高农村供水从业人员的专业技术和管理水平，是使上述工程发挥投资效益、可持续发展的关键措施。目前，各地乃至全国都在开展相关的培训工作，旨在以此方式提高基层供水单位的运行及管理的专业化水平。

与城市集中式供水相比，农村集中式供水是一项新型的、方兴未艾的事业，急需大量的、各层次的懂技术、会管理的专业人才，而基层人员又是重要的基础和保证。本丛书的编者们结合工程实践、提炼技术关键、总结管理经验，认真分析基层供水行业技术和管理人员的基础知识和认知能力，依据农村供水行业各工种岗位应知应会的要求，编写了这套由浅入深、图文并茂、通俗易懂、操作指导性强的系列丛书，以方便农村供水从业人员在日常工作中学习、查阅和操作。该丛书按照工种岗位职业资格标准编写，体现出了职业性、实用性、通俗性和前瞻性，可作为相关部门和企业定岗考核的重要参考依据，也可供各地行业主管部门作为培训的参考资料。

本丛书的出版是对我国现有农村供水行业读物的

一个新的补充和有益尝试，我从事农村饮水安全事业多年，能看到这样的读物出版，甚为欣慰，故以此为序。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '李亚利' (Li Xiaoli), written in a cursive style.

2013年5月

前 言

我国村镇集中式供水与城市供水相比是一项新兴的事业，开展村镇供水行业技术人员的培训是提高村镇供水从业人员技术和管理能力，推进在村镇供水行业中有步骤开展职业资格证制度的一项重要基础性工作。在总结广东省村镇供水行业技术人员培训工作和对现有村镇供水培训教材调研的基础上，编写一套针对性强，方便学习、查阅和指导日常操作的培训丛书是十分必要和迫切的。在广东省水利厅的大力支持下，组织有关专家编写了本套《村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书》，以满足村镇供水从业人员技能培训和职业技能鉴定的需要。丛书以工种岗位职业资格标准为大纲，体现职业性、实用性、通俗性和前瞻性。

本丛书共包括《供水水质检测》、《供水水质净化》、《供水管道工》、《供水机电运行与维护》、《供水站综合管理员》等5个系列，每个系列又包括1~3本分册。丛书内容简明扼要、深入浅出、图文并茂、通俗易懂，具有易读、易记和易查的特点，非常适合村镇供水行业从业人员阅读和学习。丛书可作为培训考证的学习用书，也可作为从业人员岗位学习的参考书。

本丛书的出版是对现有村镇供水行业培训教材的一

个新的补充和尝试，如能得到广大读者的喜爱和同行的认可，将使我们倍感欣慰、备受鼓舞。

村镇供水从其管理和运行模式的角度来看是供水行业的一种新类型，因此编写本套丛书是一种尝试和挑战。在编写过程中，在邀请供水行业专家参与编写的基础上，还特别邀请了村镇供水的技术负责人与技术骨干担任丛书评审人员。由于对村镇供水行业从业人员认知能力的把握还需要不断提高，书中难免还有很多不足之处，恳请同行和读者提出宝贵意见，使培训丛书在使用中不断提高和日臻完善。

丛书编委会

2013年5月

目 录

序

前言

第 1 章 水质分析基本知识	1
1.1 水质分析的基本方法	1
1.2 水质分析常用名词、术语及计量单位	1
1.3 水质分析结果的误差分析及数据处理	5
1.4 水质分析实验的质量控制.....	11
第 2 章 滴定分析法	14
2.1 滴定分析法基本知识.....	14
2.2 酸碱滴定法.....	16
2.3 沉淀滴定法.....	26
2.4 配位滴定法.....	27
2.5 氧化还原滴定法.....	35
第 3 章 比色分析法和分光光度法	46
3.1 比色分析法.....	46
3.2 分光光度法.....	52
3.3 分光光度法在水质分析中的应用.....	61
第 4 章 其他分析方法	67
4.1 水的微生物分析.....	67
4.2 电位分析法.....	74
4.3 浊度法.....	78
4.4 重量（称量）分析法.....	80

4.5	大型仪器分析方法简介·····	82
4.6	现代分析仪器发展简介·····	89
附录 1	地表水环境质量标准 (摘要) ·····	93
附录 2	生活饮用水标准检验方法 (GB/T 5750—2006) (摘要) ·····	95
附录 3	常用元素国际相对原子质量表 ·····	101
	参考文献 ·····	102

第 1 章 水质分析基本知识

1.1 水质分析的基本方法

水质分析的基本方法有以下两大类。

(1) 化学分析法。化学分析法是以化学反应为基础的分析方法，主要有重量分析法、滴定分析法。

重量分析法是将水中分析组分与其中的其他组分分离后，转化为一定的可称量形式，然后用称重方法计算该组分在水样中的含量的方法。重量分析法按分离方法的不同又分为气化法、沉淀法、电解法和萃取法等。

滴定分析法是将一种已知浓度的试剂（标准溶液）滴加到被测水样中，根据反应完全时所用试剂的体积和浓度，计算被测物质的含量的方法。根据化学反应的类型不同，滴定分析法又分为酸碱滴定法（中和法）、配位滴定法（络合滴定法）、沉淀滴定法（沉淀容量法）和氧化还原滴定法。

(2) 仪器分析法。仪器分析法是以被测物质的某种物理性质或化学性质为基础对水样中化学成分和含量进行测定的方法。如光学分析法、电化学分析法、色谱分析法、质谱分析法和放射化学分析法等。

分析方法的选择需要考虑许多因素。首先，必须与待测组分的含量范围一致；其次，取决于方法的准确度和精密度；最后，仪器设备是否齐全以及分析速度、费用和难易程度等也必须考虑。

1.2 水质分析常用名词、术语及计量单位

1. 水质分析常用名词及术语

(1) 各项测定结果，除了色度、浑浊度、臭和味、肉眼可见

物、pH值、细菌总数及总大肠菌群、放射性物质等项目各有其特定表示单位或用文字描述外，其他各项的浓度测定结果可以用mg/L、 $\mu\text{g/L}$ 、ng/L表示，即分别表示每升水样中含有若干毫克、微克或纳克该种物质。

(2) 恒重。除溶解性固体外，系指连续两次干燥后的重量差异在0.2mg以下。

(3) 准确称取。指用分析天平称重准确到0.0001g。例如，准确称取0.2g草酸钠，是表明称取的0.2g要准确到0.0001g。

(4) 量取。指用量筒取水样或试液。

(5) 吸取。指用无分度吸管（移液管）或刻度吸管（吸量管）吸取。取水样的体积：50ml以下时，用分度吸管吸取；大于50ml时，可用量筒量取。

(6) 最低检测量。指除零管外的第一个标准管所含该被测物的量。

(7) 最低检测浓度。系指最低检测量所对应的浓度。

(8) 参比溶液。本标准方法所列项目，除另有规定外，均以溶剂空白（纯水或有机溶剂）作参比。

(9) 空白试验（空白测定）。指除用纯水代替样品外，其他所加试剂和操作步骤均与样品测定完全相同的操作过程，空白实验应与样品测定同时进行。

(10) 空白试验值。样品的分析响应值（如吸光度、峰高等）通常不仅指样品中待测物质的分析响应值，还包括所有其他因素（如试剂中的杂质、环境及操作过程中的沾污等）的分析响应值。由于影响空白值的因素的大小经常变化，为了了解这些因素对样品测定的综合影响，在每次进行样品分析的同时，均应做空白试验。由空白试验所得的响应值称为空白试验值。

2. 法定计量单位

(1) 中华人民共和国法定计量单位。

我国计量单位从1991年起一律采用《中华人民共和国法定计量单位》。法定计量单位包括以下几种。

- 1) 国际单位制 (SI) 的基本单位。
 - 2) 国际单位制的辅助单位。
 - 3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位。
 - 4) 国家选定的非国际单位制单位。
 - 5) 由以上单位构成的组合形式单位。
 - 6) 由词头和以上单位所构成十进制倍数和分数单位。
- (2) 与水质分析有关的法定单位。

1) SI 基本单位。国际单位制共有 7 个基本单位, 见表 1.2.1。

表 1.2.1 SI 基本单位

量的名称	量的符号 (采用斜体)	单位名称	单位符号 (采用正体)
长度	l (L)	米	m
质量	m	千克 (公斤)	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安 [培]	A
热力学温度	T	开 [尔文]	K
物质的量	n	摩 [尔]	mol
发光强度	I (IV)	坎 [德拉]	cd

2) 水质分析常用法定计量单位除基本单位外, 水质分析常用的法定计量单位见表 1.2.2。

表 1.2.2 常用法定计量单位

量的名称	量的符号 (采用斜体)	单位名称	单位符号 (采用正体)	说明
摩尔质量	M	千克每摩 [尔]	kg/mol	质量除以物质的量, $M = m/n$ (g/mol)
物质 B 的浓度, 物质 B 的物质的量的浓度	C_B	摩 [尔] 每立方米	mol/m ³	物质 B 的物质的量除 以混合物的体积

续表

量的名称	量的符号 (采用斜体)	单位名称	单位符号 (采用正体)	说 明
密度 (质量密度)	ρ	千克每 立方米	kg/m^3	质量除以体积 (g/ml, g/L)
面积	$A, (S)$	平方米	m^2	
体积	V	立方米	m^3	
频率	$f (\nu)$	赫 [兹]	Hz	$f=1/T, 1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$
转速 (旋转频率)	n	每秒	s^{-1}	“转每分” (r/min)
电压	U	伏 [特]	V	
电阻	R	欧 [姆]	Ω	电阻率= $\Omega \cdot \text{m}$
电导	G	西 [门子]	S	电导率=S/m
压力, 压强	p	帕 [斯卡]	Pa	

3) 注意事项。

a. 根据规定, 一个物理量只能有一个单位名称, 它的倍数或分数单位, 应是这个单位加词头构成, 而不应另有名称。因此, 米不能称为公尺, 厘米不能再称为公分, 只有千米又称公里、千克又称公斤这两个例外。

b. 单位符号用正体字, 除人名第一个字母要大写外, 一律用小写; 词头除 10^6 及以上的符号用大写外, 一律用小写。因此, kg 不能写成 Kg (或 KG), km 不能写成 Km (或 KM)。

c. 根据规定, 不能用词头代表单位, 并且不得使用重叠的词头。因此, 不能用 μ 代表微米 (μm), 也不能用 $\text{m}\mu$ 代表毫微米, 而应当用 nm 代表毫微米 (即 $\text{m}\mu\text{m}$)。Å (埃) 是长度单位, 以往常用来表示红外光谱区波长, 但 Å 不是国际单位制的单位, 也不属于我国法定计量单位, 应予废除。它与法定计量单位的关系是 $1\text{Å}=0.1\text{nm}=10^{-10}\text{m}$ 。但目前一些文献中仍

采用 Å。

d. 体积或容积应废除立升、立方厘米、cc 等名称。注意：我国规定单独使用时用大写 L，凡与词头组合时用小写 l，如 ml、 μl 。

e. 物质的量的名称应废除的有克分子数、克原子数、克离子数、克当量数等，也不能用摩尔数。

f. 物质的量浓度可简称为浓度，其常用的法定计量单位名称和符号有摩（尔）每升（mol/L 或 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ）、毫摩（尔）每升（mmol/L）等。应废除的有克分子浓度等。

1.3 水质分析结果的误差分析及数据处理

1. 误差的概念

水质监测需要借助于各种测量方法去完成。由于被测量的数值形式通常不能以有限位数表示，又由于认识能力的不足和科学技术水平的限制，测量值与它的真值并不完全一致，这种矛盾在数值上的表现即为误差。任何测量结果都具有误差，误差存在于一切测量的全过程中。所谓真值是指在某一时刻和某一位置或状态下，某量的效应体现出的客观值或实际值。

2. 误差的成因

误差按其性质和产生的原因，可以分为系统误差、随机误差和过失误差。

(1) 系统误差。系统误差又称可测误差、恒定误差或偏倚误差，指测量值的总体均值与真值之间的差别，是由测量过程中某些恒定因素造成的。

在一定的测量条件下系统误差会重复地表现出来，即误差的大小和方向在多次重复测量中几乎相同。因此，增加测量次数不能减少系统误差。

(2) 随机误差。随机误差又称偶然误差或不可测误差，是由测量过程中各种随机因素的共同作用造成的。

随机误差是由能够影响测量结果的许多不可控制或未加控制

的因素的微小波动引起的，如测量过程中环境温度的波动、电源电压的小幅度起伏、仪器的噪声以及分析人员判断能力和操作技术的微小差异及前后不一致等。因此，随机误差可以看作是大量随机因素造成的误差的叠加。

(3) 过失误差。过失误差又称粗差。这类误差明显地歪曲测量的结果，是由测量过程中犯了不应有的错误造成的，如器皿不清洁、加错试剂、错用样品、操作过程中试样大量损失、仪器出现异常而未被发现、读数错误、记录错误及计算错误等。过失误差无一定规律可循。

3. 减少误差的办法

(1) 减少系统误差。

1) 进行仪器扫描。测量前预先对仪器进行校准，并将校正值应用到测量结果的修正中去。

2) 进行空白试验。用空白试验结果修正测量结果，以消除由于试剂不纯等原因造成的误差。

3) 进行对照分析。一种是采用标准物质与实际样品在同样条件下测定，当标准物质的测定值在其允许误差范围内时，可认为该方法的系统误差已消除；另一种是采用不同的分析方法，以校正现在所使用分析方法的误差。

4) 进行回收试验。用人工合成的方法制得与实际样品组成类似的物质，或在实际样品中加入已知量的标准物质，在相同条件下进行测量，观察所得结果能否定量回收，并以回收率作为校正因子。

(2) 减少随机误差。减少随机误差必须严格控制试验条件，按照分析操作规程正确进行各项操作。此外，还可以利用随机误差的抵偿性，用增加测量次数的办法减少随机误差。

(3) 消除过失误差。过失误差的消除关键在于分析人员必须养成专心、认真、细致的良好工作习惯，不断提高理论和操作技术水平。含有过失误差的测量数据经常表现为离群数据，可以用离群数据的统计检验方法将其剔除。

4. 误差的表示方法

(1) 绝对误差与相对误差。绝对误差是指测量值（单一测量值或多次测量的均值）与真值之差，即

$$\text{绝对误差}(E) = \mu - \tau$$

式中 μ —— 测定值；

τ —— 真值。

当测量结果大于真值时，误差为正，反之为负。

相对误差是指绝对误差与真值之比（常以百分数表示），即

$$\text{相对误差}(\%) = \frac{\mu - \tau}{\tau} \times 100\%$$

(2) 绝对偏差与相对偏差。绝对偏差即某一测量值 x_i 与多次测量均值 \bar{x} 之差，以 d_i 表示：

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

相对偏差为绝对偏差与均值之比（常用百分数表示），以 d 表示：

$$d(\%) = \frac{d_i}{\bar{x}} \times 100\%$$

(3) 平均偏差与相对平均偏差。平均偏差为绝对偏差的绝对值之和的平均值，以 \bar{d} 表示：

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i| = \frac{1}{n} (|d_1| + |d_2| + \cdots + |d_n|)$$

相对平均偏差为平均偏差与测量均值之比（常用百分数表示）：

$$\text{相对平均偏差} = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

(4) 极差。

极差为一组测量值中最大值与最小值之差，表示误差的范围，以 R 表示：

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

式中 x_{\max} —— 测量值 x_1, x_2, \cdots, x_m 中最大值；

x_{\min} —— 测量值 x_1, x_2, \cdots, x_m 中最小值。