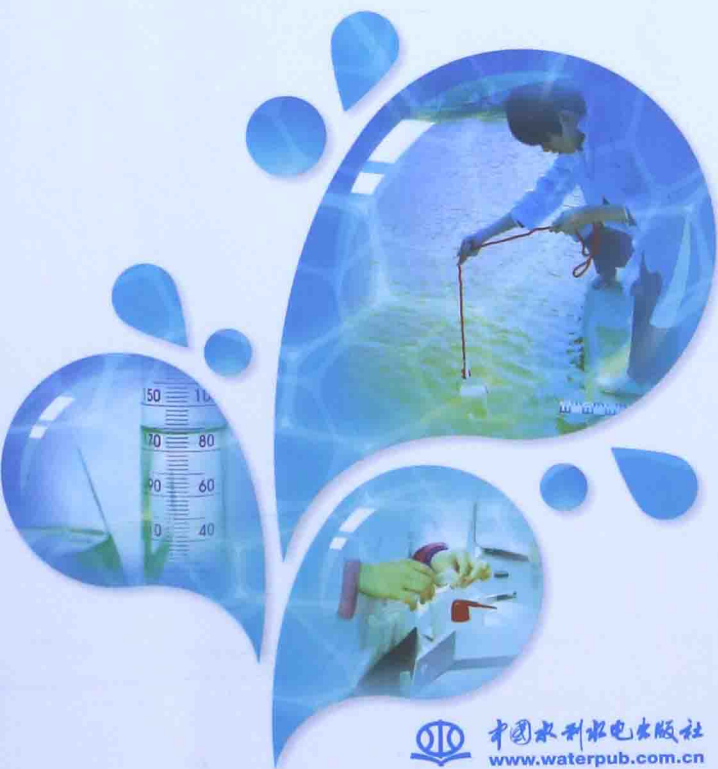


村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书

供水水质检测 2

水质指标检测方法

夏宏生 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书

供水水质检测 2

水质指标检测方法

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《供水水质检测》的第二分册,介绍了供水水质检测中的水质指标检测方法。全书共分为3章,包括:水质、水质指标与水质标准,水质检测方法和村镇供水水质检测实验室管理。

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. 2, 水质指标检测方法 / 夏宏生主编
— 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 12
(村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书)
ISBN 978-7-5170-2754-6

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第303546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 2 水质指标检测方法
作 者	夏宏生 主编
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
刷 印	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	140mm×203mm 32开本 4.625印张 124千字
版 次	2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	18.00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 涓 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

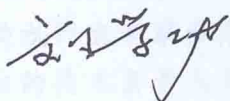
序

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。



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书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、水质指标与水质标准	1
1.1 水质指标	1
1.2 水质标准	18
第2章 水质检测方法	28
2.1 供水水质监测取样点、检测指标与频率	28
2.2 水源水检测指标的检测方法举例	32
2.3 净水工艺与出厂水检测指标的检测方法举例	45
2.4 管网及管网末梢水检测指标的检测方法举例	106
第3章 村镇供水水质检测实验室管理	132
3.1 水质检测实验室建设简介	132
3.2 水质检测实验室日常管理	133
3.3 水质检测数据质量控制	138

第 1 章 水质、水质指标与水质标准

1.1 水质指标

1. 什么是水质指标

水质是指水及其中杂质共同表现的综合特性。水质指标表示水中杂质的种类和数量，而生活饮用水水质指标则是表示生活饮用水中杂质的种类和数量，例如 pH 值、浊度、硬度、细菌总数等都是生活饮用水的水质指标。

2. 水质指标分类

(1) 物理指标。

1) 水温。水的物理化学性质与水温有密切关系。水中溶解性气体（如 O_2 、 CO_2 等）的溶解度、水中生物和微生物活动、盐度、pH 值以及碳酸钙饱和度等都受水温变化的影响。水温是现场观测的水质指标之一。

2) 臭味和臭阈值。纯净的水无臭无味，含有杂质的水通常有味。无臭无味的水虽不能保证是安全的，但是饮水者对水质的起码信任。饮用水要求不得有异臭异味。臭是检验原水和处理水质必测项目之一。检验水中臭味可用文字描述法和臭阈值法检验，文字描述法采用臭强度报告，臭强度可用无、微弱、弱、明显、强和很强 6 个等级描述。而臭阈值是水样用无臭水稀释到闻出最低可辨别的臭气浓度的稀释倍数。规定饮用水的臭阈值不大于 2，臭阈值是评价处理效果和追查污染源的一种手段。

3) 颜色和色度。纯净的水无色透明，混有杂质的水一般有色不透明。例如，天然水中含有黄腐酸（又称富里酸）而呈黄褐色，含有藻类的水呈绿色或褐色；工业废水由于受到不同物质的污染，颜色各异。水中呈色的杂质可处于悬浮态、胶体或溶解状

态，有颜色的水可用表色和真色来描述。

表色：包括悬浮杂质在内的 3 种状态所构成的水色为“表色”。测定的是未经静置沉淀或离心的原始水样的颜色，只用定性文字描述。如废水和污水的颜色呈淡黄色、黄色、棕色、绿色、紫色等。当然，对含有泥土或其他分散很细的悬浮物水样，虽经适当预处理仍不透明时，可以只测表色。

真色：除去悬浮杂质后的水，由胶体及溶解杂质所造成的颜色称为真色。水质分析中一般对天然水和饮用水的真色进行定量测定。并以色度作为一项水质指标，是水样的光学性质的反映。饮用水在颜色上加以限制，规定色度不大于 15 度。

颜色的测定：测定较清洁水样，如天然水和饮用水的色度，可用铂钴标准比色法和铬钴比色法。如水样较浑浊，可事先静置澄清或离心分离除去浑浊物质后，进行测定，但不得用滤纸过滤。水的颜色往往随 pH 值的改变而不同，因此测定时必须注明 pH 值。

测定受工业污染的地面水和工业废水的颜色，除用文字描述法外，还可采用稀释倍数法和分光光度法测定。

4) 浊度。表示水中含有悬浮及胶体状态的杂质，引起水的浑浊程度，并以浊度作单位，是天然水和饮用水的一项重要水质指标。这种浑浊对水的透明有影响，当浑浊度较高时，将引起水中生物生态发生变化。如浑浊来自生活污水和工业废水的排放则往往是有害的。地面水常含有泥沙、黏土、有机质、微生物、浮游生物以及无机物等悬浮物质而呈浑浊状态；如黄河、长江、海河等主要大河水都比较浑浊，其中黄河是典型的高浊度水河流。地下水比较清澈透明，浊度很小，往往水中 Fe^{2+} 被氧化后生成 Fe^{3+} ，使水呈黄色浑浊状态；生活污水和工业废水中含有各种有机物、无机物杂质，尤其悬浮状态污染物含量较大，因而大多数是相当浑浊，一般只作不可滤残渣测定而不作浊度测定。

水中不可滤残渣（悬浮物质）对光线透过时所发生的阻碍程度，也是水样的光学性质的反映；与该物质在水中的含量以及颗

粒大小、形状和表面反射性能有关，因此浊度与以 mg/L 表示的不可虑残渣（悬浮物质）的含量有关。水中浊度是水可能受到污染的重要标志之一。浊度也是自来水厂处理设备选型和设计的重要参数，是水厂运行和投药量的重要控制标准，尤其用化学法处理饮用水或废水时，有时用浊度来控制化学药剂的投加量。

5) 残渣。残渣分为总残渣（也称总固体）、总可滤残渣（又称溶解性总固体）和总不可滤残渣（又称悬浮物）3种。残渣在许多方面对水和排出水的水质有不利影响。残渣含量高的水，一般不适于饮用，偶尔饮用可能会引起不适的生理反应，高度矿化的水对许多工业用水也不适用。

6) 电导率。电导率又称比电导。电导率表示水溶液传导电流的能力。它可间接表示水中可滤残渣（即溶解性固体）的相对含量。通常用于检验蒸馏水、去离子水或高纯水的纯度、监测水质受污染情况以及用于锅炉水和纯水制备中的自动控制等。电导率的标准单位是西门子/米 (S/m)，多数水样的电导率很低，所以，一般实际使用单位为毫西门子/米 (mS/m)，1mS/m 相当于 $10\mu\Omega/\text{cm}$ （微欧姆/厘米），单位间的互换关系是： $1\text{mS}/\text{m} = 0.01\text{mS}/\text{cm} = 10\mu\Omega/\text{cm} = 10\mu\text{S}/\text{cm}$ ，电导率用电导率仪测定。

7) 紫外吸光度值。由于生活污水、工业废水，尤其石油废水的排放，天然水中含有许多有机污染物。这些污染物，尤其含有芳香烃和双键或羰基的共轭体系，在紫外光区都有强烈吸收。对特定水系来说，其所含物质组成一般变化不大，所以，利用紫外吸光度作为新的评价水质有机物污染综合指标。

8) 氧化还原电位。氧化还原电位 (ORP) 是水体中多种氧化物质与还原物质进行氧化还原反应的综合指标之一，其单位用毫伏 (mV) 表示。在水处理尤其废水生物处理中越来越受到重视。已经证明 ORP 是厌氧消化过程中一个较为理想的过程控制参数。20 世纪 80 年代之后，人们发现 ORP 在脱氮 (N) 除磷 (P) 过程中起到重要的指示作用。近年来，在好氧活性污泥法降解含碳有机物过程中，已有用 ORP 的数值或变化率作为反应

时间的计算机控制参数的研究，例如，在间歇式活性泥法（SBR）处理石油废水过程中，以 ORP 的数值或变化率作为反应时间控制参数的应用研究已取得一定进展。

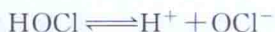
（2）微生物指标。

水中微生物指标主要有细菌总数、大肠菌群等。

1) 细菌总数。指 1ml 水样在营养琼脂培养基中，于 37℃ 培养 24h 后，所生长细菌菌落的总数。水中细菌总数用来判断饮用水、水源水、地面水等污染程度的标志。我国饮用水中规定菌落总数 $\leq 100\text{CFU/ml}$ 。

2) 大肠菌群。大肠菌群可采用多管发酵法、滤膜法和延迟培养法测定。我国饮用水中规定大肠菌群不大于 3 个/L。

3) 游离性余氯。余氯为消毒指标，水液氯消毒中，氯化解成游离性有效氯：



HOCl 和 OCl^- 比例与水 pH 值有关。饮用水余氯消毒之后剩余的游离性有效氯为游离性余氯。可采用碘量法、N, N-二乙基对苯二胺-硫酸亚铁铵滴定法和 N, N-二乙基对苯二胺 (DPD) 光度法测定。《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 规定：集中式给水出厂水游离性余氯不低于 0.3mg/L，管网末梢水不应低于 0.05mg/L。

4) 二氧化氯 (ClO_2)。二氧化氯 (ClO_2) 为消毒指标，出厂水限值为 0.8mg/L，集中式给水厂水余量不低于 0.1mg/L，管网末梢水不低于 0.021mg/L。

（3）化学指标。

天然水和一般清洁水中最主要的离子成分有阳离子： Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ ；阴离子： HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 和 SiO_3^{2-} 等八大基本离子，再加上量虽少但起重要作用的 H^+ 、 OH^- 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 等，可以反映出水中离子的基本概况。而污染较严重的天然水、生活污水、工业废水可看作在此基础上又增加了杂

质成分。表示水中杂质及污染物的化学成分和特性的综合性指标，主要有 pH 值、酸度、碱度、硬度、酸根、总含盐量、高锰酸盐指数、UVA、TOC、COD、DO、TOD 等。

1) pH 值。水的 pH 值是溶液中氢离子浓度或活度的负对数， $\text{pH 值} = -\lg [\text{H}^+]$ 。表示水中酸、碱的强度，是常用的水质指标之一。pH 值=7，水呈中性；pH 值<7，水呈酸性；pH 值>7，水呈碱性。pH 值在水的化学混凝、消毒、软化、除盐、水质稳定、腐蚀控制及生物化学处理、污泥脱水等过程中是重要因素和指标，对水中有毒物质的毒性和一些重金属络合物结构等都有重要影响。pH 值通常采用比色法或电位法测定。

2) 酸度和碱度。酸度和碱度都是水的一种综合特性的度量，酸度和碱度均采用酸碱指示剂滴定法或点位滴定法测定。

3) 硬度_T。水的硬度一般定义为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的总量。包括总硬度、碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度。

由 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 和 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 及 MgCO_3 形成的硬度为碳酸盐硬度，又称暂时硬度，因这些盐类煮沸后就分解形成沉淀。由 CaSO_4 、 MgSO_4 、 CaCl_2 、 MgCl_2 、 CaSiO_3 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 等形成的硬度为非碳酸盐硬度，又称永久硬度，在常压下沸腾，体积不变时，它们不生成沉淀。

硬度的单位除以 mg/L （以 CaCO_3 计）表示外，还常用 mmol/L 、德国硬度、法国硬度表示。我国和世界其他许多国家习惯上采用的是德国度（简称“度”）。

4) 总含盐量。总含盐量又称全盐量，也称矿化度。表示水中各种盐类的总和，也就是水中全部阳离子和阴离子的总量。总含盐量与总可滤残渣在数值上的关系是：

$$\text{总含盐量} = \text{总可滤残渣} + \frac{1}{2} \text{HCO}_3^-$$

(4) 有机污染物综合指标。

由于生活污水和工业废水的排放，使水体中的有机物含量逐渐增加，如果不加大水环境污染治理力度和进行有效控制，大量

有机物排入水体后，在微生物的作用下发生氧化分解反应，消耗水中的溶解氧；同时使藻类和水中微生物迅速增殖，使水中溶解氧进一步下降；如天然水体中 DO 小于 $5\text{mgO}_2/\text{L}$ 时，鱼类开始死亡，DO 小于 $1\sim 2\text{mgO}_2/\text{L}$ 时，所有水生生物（包括好氧菌）都难以生存。此时，厌氧菌繁殖，继续分解有机物，由于严重缺氧导致水生生物大量死亡，而使水变黑发臭。含有大量有机物的废水，不但使水质恶化，污染环境，而且也会危害人类健康。因此，控制有机废水的排放是至关重要的。

目前，有机物已达几百万种，在有毒有害物质中，有机物约占 $2/3$ 左右。采用仪器分析法和化学分析法在水中已检测出上百种有机污染物，但是对它们一一定量，仍有一定困难。因此，采用有机物污染综合指标评价水质很有实际意义。有机物污染综合指标能反映水中有机物的相对含量和总污染程度。这些综合指标主要有高锰酸盐指数、化学需氧量（COD）、生物化学需氧量（ BOD_5^{20} ）、总有机碳（TOC）、总需氧量（TOD）和紫外吸光度（UVA）等。

1) 高锰酸盐指数、生物化学需氧量（ BOD_5^{20} ）、化学需氧量（COD）及其关系。高锰酸盐指数、化学需氧量（COD）和生物化学需氧量（ BOD_5^{20} ）都是间接地表示水中有机物污染的综合指标。高锰酸盐指数和 COD 是在规定条件下，水中有机物被 KMnO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 氧化所需的氧量（ mgO_2/L ）； BOD_5^{20} 是在有溶解氧的条件下，水中可分解有机物被微生物氧化分解所需的氧量（ mgO_2/L ）。这些指标的测定值都没有直接表示出污染物质的组成和数量，并且测定受试剂浓度、 H^+ 浓度、温度、时间等条件影响，测定时间也较长。

比较而言，高锰酸盐指数的测定需时最短，但 KMnO_4 对有机物的氧化率低，所以只能应用于较清洁的水，并且不能反映出微生物所能氧化的有机物的量。

COD 几乎可以表示出有机物全部氧化所需的氧量。对大部分有机物， $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的氧化率在 90% 以上。它的测定不受废水

水质的限制，并且在2~3h内即能完成，但是它也不能反映被微生物所能氧化分解的有机物的量。

BOD₅²⁰反映了被微生物氧化分解的有机物量，但由于微生物的氧化能力有限，不能将有机物全部氧化，其测定值低于COD，由于测定时间太长（5d），不能及时指导生产实践，此外还较难适用于毒性强的废水。

尽管高锰酸盐指数、COD、BOD₅²⁰都是间接表示水中有机物污染综合指标，不能全面地反映水体中被有机物污染的真实程度，只能表示水中有机物的相对数量，并且应用范围还有一定局限性，但在目前仍是重要的水质分析方法和水污染控制的评价参数。

通常来说，对未受到工业废水严重污染的水体、城市污水和工业废水，有机物在一般条件下多具有良好的生物降解性。测定确能反映出有机物污染的程度和处理效果。如无条件或受水质限制而不能作BOD₅²⁰测定时，可以测COD。

2) 总有机碳（TOC）。总有机碳（TOC）是以碳的含量表示水体中有机物总量的综合指标，单位为mgC/L。由于TOC的测定采用燃烧法，因此能将有机物全部氧化，它比BOD或COD更能直接表示有机物的总量。因此，常常被用来评价水体中有机物污染的程度。近年来，国内外已研制出各种类型的TOC分析仪。按工作原理不同，可分为燃烧氧化—非分散红外吸收法、电导法、气相色谱法、湿法氧化—非分散红外吸收法等。其中燃烧氧化—非分散红外吸收法流程简单、重现性好、灵敏度高、只需一次性转化，因此这种TOC分析仪被广泛应用。

3) 总需氧量（TOD）。总需氧量（TOD）是指水中有机物和还原性无机物经过燃烧变成稳定的氧化物时的需氧量，单位为mgO₂/L。

水样中有机物在燃烧过程中所需的氧气由硅胶渗透管提供（来源于空气），并以氮气作为载气。一定量的水样含有一定浓度的氧气，以氮气作为载气，自动注入内填铂催化剂的高温石英燃

烧管，在 900°C 条件下，瞬间燃烧氧化分解，有机物中氢变成水，碳变成 CO_2 。氮变成氮氧化物，硫变成 SO_2 ，金属离子变成氧化物。由于氧被消耗，供燃烧用的气体中氧的浓度降低，经氧燃料电池测定气体载体中氧的降低量，测得结果在记录仪上以波峰形式显示。

TOD 测定中的标准溶液用邻苯二甲酸氢钾配制，绘制出工作曲线，根据试样的波峰高度，由工作曲线求出试样的 TOD 值。

总而言之，水中有机物污染综合指标高锰酸盐指数、COD、 BOD_5^{20} 、TOC 和 TOD 都可以作为评价水处理效果和控制水质污染，以及评价水体中有机物污染程度的重要参数。由于高锰酸盐指数、COD、 BOD_5^{20} 不能全面地反映水体中被有机物污染的真实程度，而总有机碳 (TOC)、总需氧量 (TOD) 能够较准确地测出水体中需氧物质的总量，且氧化较完全，操作简便，效率高，数据可靠；可以自动、连续测定，能及时控制测定的要求和反映水体污染情况；可以达到对水体中有机物的自动、快速监测和及时控制的目的，具有明显的优越性。因此，随着 TOC 和 TOD 分析仪的普及，TOC 和 TOD 将逐步取代其他几项综合指标。

4) 紫外吸光度 (UVA) ——水中有机污染物的新综合指标。

紫外吸外光度 (UVA) 水中有机物污染指标主要由化学需氧量 (COD) 和生物化学需氧量 (BOD) 来表示。近年来，又常采用总有机碳 (TOC)、总需氧量 (TOD) 来表示。在公共水域的污染物总量控制中，有的采用 TOD 作为控制指标，用 TOC 作为参考指标，并用来控制总碳量和验证杂质对 TOD 的影响。TOC 和 TOD 两者配合使用有助于了解水质瞬间变化实况。但是，由于水中无机物对测定的干扰尚未完全解决，因此，TOC、TOD 还不能完全代替 COD 和 BOD。应该指出，上述表示方法，由于水的种类、操作方法、氧化剂种类不同而得到不同值。尤其