

谈立峰◎编著

# 生活饮用水水质 在线监测技术及其应用

SHENGHUO YINYONGSHUI SHUIZHI  
ZAXIAN JIANCE JISHU JIQI YINGYONG



中国质量标准出版传媒有限公司  
中国标准出版社



谈立峰◎编著

# 生活饮用水水质 在线监测技术及其应用

SHENGHUO YINYONGSHUI SHUIZHI  
ZAXIAN JIANCE JISHU JIQI YINGYONG

中国质量出版传媒有限公司  
中国标准出版社

北 京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

生活饮用水水质在线监测技术及其应用/谈立峰编著.  
—北京:中国质量标准出版传媒有限公司,2021.7  
ISBN 978-7-5026-4895-4

I. ①生… II. ①谈… III. ①饮用水-水质监测  
IV. ①TU991.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 028360 号

中国质量标准出版传媒有限公司  
中国标准出版社 出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www. spc. net. cn

总编室: (010) 68533533 发行中心: (010) 51780238

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/32 印张 10.5 字数 268 千字

2021 年 7 月第一版 2021 年 7 月第一次印刷

\*

定价 48.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

## 编委会名单

主 编 谈立峰

编 委 应 波 毛 洁 申屠杭 徐贻萍  
黄晓平 肖 磊 葛倩倩 褚苏春  
惠高云 项云成 赵 睿 赵 文  
谭 森 贾 磊 刘扣勇 陈春芳  
李海军 侯帅华 莫露吉

## 序

保障饮水卫生安全是党和国家高度重视的基本民生问题，直接关系到广大人民群众的身体健康和生命安全。饮用水水质在线监测技术作为保障饮用水卫生安全的一项新举措，是饮用水水质日常监测的重要补充，也是水质即时预警的重要手段。

为贯彻落实《全国城市饮用水卫生安全保障规划（2011—2020）》，国家卫生健康委近年来开展了“饮用水卫生保障在线监测系统研究项目”试点工作。根据试点成果，中国卫生监督协会2018年组织开展了团标标准《生活饮用水水质在线监测技术规范》立项研制工作。2020年12月，该标准由中国卫生监督协会正式发布实施，为各级卫生行政部门、卫生监督机构和疾病预防控制中心的生活饮用水监管及监测工作，以及水务和建设部门的集中式供水单位自身卫生管理等工作提供参考。

为促进中国卫生监督协会团体标准——《生活饮用水水质在线监测技术规范》的理解与实施，参与该标准起草的主要专家撰写了《生活饮用水水质在线监测技术及应用》一书。本书较为详细地介绍了水质在线监测技术的发展及意义、水质在线监测设备的方法原理、常用技术评价指标和功能性指标、水质在线监测系统组成、运行维护和数据的分析及在卫生系统、重大活动卫生监督保障中的应用与实践、水质在线监测技术发展趋势与展望等内容，具有较强的针对性、实用性和可操作性。

希望本书在指导和推进饮用水水质在线监测工作中能起到积极作用。

中国卫生监督协会会长



2021年4月

# 前 言

近年来，我国生活饮用水污染事件时有发生，如松花江硝基苯排放引起的水污染事件、无锡太湖蓝藻爆发导致的饮用水污染事件、江苏靖江二甲基二硫醚引起的水污染事件等。一旦发生生活饮用水突发污染事件，不仅会对人群健康造成了严重威胁，而且其对经济建设和社会发展所造成的损失非常巨大。保障饮用水水质安全是关系到国计民生的重大课题，由于对生活饮用水突发污染事件预测和完全控制困难极大，因此，研究建立一套完善的饮用水水质监测预警体系可有效地降低饮用水污染事故的危害程度，能够最大限度地减少事件所带来的公民健康、社会发展等多方面不良影响。要控制和减少饮用水突发事件，就需要监管部门加强对水质的监测。目前，饮用水监督监测主要包括实验室检测、现场快速检测和在线监测三种方式，为及时发现和处置饮用水水质污染，弥补人力物力缺失、实验室检测不及时等不足，近几年我国引入了生活饮用水的在线监测技术，开展了生活饮用水水质的实时监测。饮用水水质在线监测是保障饮用水卫生安全的一项新举措，是饮用水水质日常监测的重要补充，也是水质即时预警的重要手段。在2008年北京奥运会、2010年上海世博会等大型活动卫生保障上已得到广泛应用。自2011年原卫生部会同国家发改委等部委编制下发《全国城市饮用水卫生安全保障规划（2011—2020年）》，要求建设集中式供水末梢水质卫生在线监测系统以来，越来越多的供水单位和卫生监督机构安装了水质卫生在线监测系统。2012年原卫生部监督局在全国八个试点城市开展了饮用水卫生保障在线监测系统研究项目，在项目试点和饮用水在线监测推进过程中发现了许多问题，也积累了许多经验。目前，卫生部门和住建部门正按照《全国城市饮用水卫生安全保障规划》（2011—2020年）要求，积极有序推进出厂水、管网末梢水水质在线监测工作。

为贯彻落实《全国城市饮用水卫生安全保障规划（2011—2020）》，积极推进出厂水、管网末梢水水质在线监测工作，宣贯中国卫生监督协会发布的团体标准 T/WSJD 010—2020《生活饮用水水质在线监测技术规范》，参与标准起草的主要专家撰写了《生活饮用水水质在线监测技术及其应用》一书，以进一步规范生活饮用水水质在线监测布点、监测指标的选择、在线分析仪的主要技术要求、在线监测数据采集与管理、水质在线监测系统安装要求、系统的验收、系统日常维护和质量控制，以保证水质在线监测系统有效可靠，能够长期有效运行，监测数据能够真实反映饮用水水质的实际现状，并可实现水质即时预警功能，供各级卫生行政部门、卫生监督机构从事生活饮用水监管的专业人员、疾控机构从事生活饮用水监测的专业人员、以及水务和建设部门的集中式供水单位自身卫生管理、水质监测工作参考。

本书共分四篇十六章。第一篇基础概论，介绍了生活饮用水卫生安全现状及水质在线监测的发展及意义。第二篇原理技术，介绍了水质在线监测技术的方法原理、水质在线监测仪器的原理分析、水质在线监测仪器的常用技术评价指标、水质在线监测仪器的常用功能性指标。第三篇应用指导，介绍了水质在线监测系统组成、水质在线监测系统的主要应用场景（选点、选型的技术要求）、水质在线监测系统的安装和验收、在线监测系统的运管和维护、水质在线监测的数据应用、大数据技术在水质在线监测中的应用、水质在线监测在重大活动卫生监督保障中的应用、水质在线监测在卫生系统的应用实践。第四篇展望未来，介绍了水质在线监测与智慧水务、水质在线监测与人工智能。本书附录中介绍了《全国城市饮用水卫生安全保障规划》（2011—2020年）、新发布的中国卫生监督协会团体标准 T/WSJD 010—2020《生活饮用水水质在线监测技术规范》等内容，以便于读者查阅。

本书力求理论联系实际，阅读本书对了解掌握水质在线监测基本

原理和技术有收获，对解决实际问题有帮助。本书在编写过程中，参考了国内外有关的论文和文献，同时对未来应用进行了展望。还得到了中国卫生监督协会的关心和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，加之时间紧迫，书中尚有不妥之处，敬请专家和读者批评指正。

A handwritten signature in black ink, appearing to be '王立峰' (Wang Lipei), written in a cursive style.

2021年5月25日

# 目 录

## 第一篇 基础概论

第 1 章 生活饮用水卫生安全现状 .....	3
1.1 水源水杂质 .....	3
1.2 水源水污染现状 .....	4
1.3 给水处理工艺及其作用目的 .....	7
1.4 管网水质二次污染 .....	12
1.5 饮用水安全面临的挑战 .....	14
1.6 生活饮用水常见类型及其卫生管理要求 .....	19
1.7 《生活饮用水卫生标准》中的水质指标 .....	31
第 2 章 水质在线监测的发展及意义 .....	48
2.1 水质在线监测的发展历史 .....	48
2.2 水质在线监测指标的进展 .....	49
2.3 水质在线监测的最新进展 .....	59
2.4 饮用水水质在线监测的意义 .....	61

## 第二篇 原理技术

第 3 章 水质在线监测技术方法概述 .....	65
3.1 水质在线监测技术方法分类 .....	65
3.2 水质在线监测技术基本原理 .....	66
3.3 水质在线监测技术的其他方法 .....	75

第4章 水质在线监测仪器原理分析	77
4.1 比色分析法	77
4.2 散射分析法	79
4.3 滴定分析法	80
4.4 电化学分析法	81
4.5 TOC水质在线监测仪器	83
第5章 水质在线监测仪器常用技术评价指标	86
5.1 灵敏度	86
5.2 响应时间	87
5.3 测定限	88
5.4 检出限	89
5.5 示值误差	94
5.6 重复性	100
5.7 零点漂移	106
5.8 量程漂移	112
5.9 平均无故障运行时间	117
第6章 水质在线监测仪器常用功能性指标	119
6.1 数据接口	119
6.2 故障自诊断及报警	121
6.3 自动校正	122
6.4 断电保护与来电自启	123
6.5 数据平滑	124
6.6 数据显示、存储与输出	125

## 第三篇 应用指导

第 7 章 水质在线监测系统组成 .....	129
7.1 系统控制模块 .....	129
7.2 进样单元 .....	130
7.3 水样预处理单元 .....	131
7.4 反应单元 .....	132
7.5 检测单元 .....	132
7.6 数据采集模块 .....	134
7.7 数据存储模块 .....	135
7.8 数据传输模块 .....	135
7.9 水质在线监测软件 .....	137
第 8 章 水质在线监测系统主要应用场景 .....	138
8.1 水源地 .....	138
8.2 自来水厂 .....	140
8.3 供水管网 .....	142
8.4 二次供水 .....	143
第 9 章 在线监测设备安装与验收 .....	146
9.1 设备安装要求 .....	146
9.2 验收技术规范 .....	150
第 10 章 在线监测系统运管与维护 .....	158
10.1 在线监测仪器的运行特点 .....	158
10.2 在线监测系统的维护技术要求 .....	159
10.3 在线监测系统的维护管理要求 .....	165

第 11 章	水质在线监测数据应用	168
11.1	在线监测系统的数据平台	168
11.2	在线监测与水质预警的关系	170
11.3	水质在线监测与预警模型	173
11.4	水质在线监测数据共享	176
第 12 章	大数据技术在水质在线监测中的应用	181
12.1	水质在线监测数据的特点	181
12.2	大数据技术介绍	182
12.3	大数据分析在水质在线监测中的应用价值	187
第 13 章	水质在线监测在重大活动卫生监督保障中的应用	189
13.1	重大活动卫生监督保障与生活饮用水在线监测技术	189
13.2	重大活动卫生监督保障中水质在线监测技术要求	191
13.3	重大活动卫生监督保障中水质在线监测技术未来发展 方向	195
第 14 章	水质在线监测在卫生系统应用实践	197
14.1	饮用水卫生保障在线监测系统研究项目简介	197
14.2	江苏省饮用水卫生监督在线水质监测系统应用实践	200
14.3	浙江省饮用水卫生监督在线水质监测系统应用实践	211
14.4	北京市饮用水卫生监督在线水质监测系统应用实践	218
14.5	重庆市饮用水卫生监督在线水质监测系统应用实践	220
14.6	陕西省饮用水卫生监督在线水质监测系统应用实践	223

## 第四篇 展望未来

第 15 章	水质在线监测与智慧水务 .....	229
15.1	智慧水务简介 .....	229
15.2	智慧水务之水厂在线监测 .....	230
15.3	智慧水务之管网在线监测 .....	233
15.4	智慧水务之二次供水在线监测 .....	243
15.5	智慧水务之水力模型建设 .....	248
15.6	智慧水务之在线监测技术的发展方向 .....	258
第 16 章	水质在线监测与人工智能 .....	261
16.1	人工智能概述 .....	261
16.2	人工智能在水质在线监测中的应用展望 .....	264
附录	.....	266
附录 I	全国城市饮用水卫生安全保障规划(2011—2020 年) (节选) .....	266
附录 II	T/WSJD 010—2020 《生活饮用水水质在线监测技术 规范》 .....	283

# 第一篇 基础概论

---







### 1.1 水源水杂质

在中国，地下水、江河水、湖泊水及水库水都可作为生活饮用水水源。值得注意的是，即便在未受污染的情况下，这些水源中也都或多或少地含有各种杂质。根据杂质尺寸大小的区别，杂质可分为三类：第一类是泥沙、矿物质废渣、有机悬浮物等物质；第二类是黏土、某些细菌病毒、腐殖质、蛋白质、有机高分子等胶体；第三类是有机溶解物 and 无机溶解物等溶解杂质。其中，悬浮物和胶体会使水产生浑浊现象，而溶解杂质的存在不会对水的透明外观产生影响。

悬浮物尺寸比较大，一般在  $1\mu\text{m}$  以上，根据密度的不同，可在水中下沉或上浮。胶体颗粒尺寸相对较小，为  $1\text{nm} \sim 100\text{nm}$ ，而尺寸为  $100\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$  的杂质处于胶体和悬浮物的过渡范围。天然水源中的胶体一般带负电荷，在水中易形成稳定体系，长期静置也难以下沉。在水源无污染的情况下，其溶解杂质中的有机溶解物主要来源于腐殖质等物质，而无机溶解物一般指天然水中固有的氧、氮、二氧化碳等无机低分子以及  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$  等离子。

当然，由于不同类别的水源所处环境、条件及地质状况等均有所区别，故其所含杂质的种类和含量也相应有所不同。以下简述了地下水、江河水以及湖库水的水质特点<sup>①</sup>。

<sup>①</sup> 严煦世，范瑾初．给水工程（第四版）[M]．北京：中国建筑工业出版社，1999：235-236.

### 1.1.1 地下水水质特点

1.1.1.1 地下水不易受外界污染和气温影响，水质、水温较稳定。

1.1.1.2 地下水流经岩层时溶解了各种可溶性矿物质，水的含盐量通常高于江河水和湖库水。

1.1.1.3 地下水硬度高于地表水，总硬度通常是  $60\text{mg/L} \sim 300\text{mg/L}$  (以  $\text{CaO}$  计)，少数地区有时高达  $300\text{mg/L} \sim 700\text{mg/L}$ 。

### 1.1.2 江河水水质特点

1.1.2.1 江河水易受自然条件影响，悬浮物和胶体杂质含量较多，浊度高于地下水。

1.1.2.2 江河水的含盐量和硬度较低，大多数情况下对生活饮用没有影响。

### 1.1.3 湖库水水质特点

1.1.3.1 湖库水流动性小，经长期自然沉淀，浊度较低。不过在雨季等水底沉积物泛起时节，浊度会升高。

1.1.3.2 湖库水含藻类物质较多，经风浪暴雨，水质易恶化。

1.1.3.3 湖库水在不断得到补给的同时也在不断蒸发浓缩，含盐量一般高于江河水。

## 1.2 水源水污染现状

当今社会，经济高速发展，工业化进程不断加快，人们生活水平也随之不断提升。然而，在经济取得了巨大发展成就的同时，人类的生态环境也受到了一定的损害，其中水环境的污染状况一直是我国政府和人民关注的重点之一。近年来，按照党中央、国务院关于打好水源地保护攻坚战的政策部署，生态环境部牵头扎实推进饮用水水源地