



水质监测新技术与实践

SHUIZHI JIANCE XIN JISHU YU SHIJIAN

曾 永 陈希媛 渠 康 王丽伟 编著



黄河水利出版社

水质监测新技术与实践

曾 永 陈希媛
渠 康 王丽伟 编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了国内外先进的水质监测新技术。主要内容有:环境监测概况,水质自动监测技术的组成、技术要求,自动监测站设站原则、监测参数、仪器的选择、建站技术方案,国内外有代表性的水质自动监测系统,黄河花园口和潼关两座自动水质监测站建站条件、仪器设备、实验内容、对比试验、操作要求以及注意的问题,移动实验室建设和使用情况,环境空气质量自动监测。

本书可供从事环境保护、水利工作的专家学者以及大专院校有关专业的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水质监测新技术与实践. 曾永等编著. —郑州:黄河水利出版社, 2006. 12

ISBN 7-80734-166-1

I. 水… II. 曾… III. 水质监测—研究 IV. X832

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 155163 号

组稿编辑:岳德军 手机:13838122133 E-mail:dejunyue@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:890 mm×1 240 mm 1/32

印张:9.75

字数:280 千字

印数:1—2 000

版次:2006 年 12 月第 1 版

印次:2006 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80734-166-1/X·28

定价:22.00 元

前 言

水质监测是水资源保护监督管理最重要的工作基础和技术支撑。水质监测要满足水资源保护监督管理的需要,必须加快现代化和自动化建设步伐,提高水质监测信息采集能力。水质自动监测技术及移动实验室是实现水质监测现代化的重要手段。水质自动监测站是流域机构实施省界河段水质管理,执行入河污染物总量控制方案,快速获得水质信息的必备条件。移动实验室作为一种应急监测形式,能够提供及时、可靠、定点或非定点的连续水质信息,从不同的时空角度及时发现污染问题,用以弥补常规监测与自动监测时空不足;对水污染事件进行追踪调查、实施水质动态连续监测方面具有其他监测手段所不可替代的作用。为了实时监测各类地表水的水质,防止各类突发污染事故所带来的对人民生活和经济发展的严重影响,水质在线监测技术在近年来得到了长足的发展和应用。目前,国内环保部门、水利部门、市政部门等已经在全国范围内建成了大量的水质自动在线监测站,用于实时监测某一流域、某一地区的地表水水质情况。实施水质自动监测,可以实现水质的实时连续监测和远程监控,达到及时掌握主要流域重点断面水体的水质状况、预警预报重大或流域性水污染事故、解决跨行政区域的水污染事故纠纷、监督总量控制制度落实情况及排放达标情况等目的。

目前在世界范围内环境监测及监测仪器发展趋势是:以目前人工采样和实验室分析为主,向自动化、智能化和网络化为主的监测方向发展;由劳动密集型向技术密集型方向发展;由较窄领域监测向全方位领域监测的方向发展;由单纯的地面环境监测向与遥感环境监测相结合的方向发展;环境监测仪器将向高质量、多功能、集成化、自动化、系统化和智能化的方向发展,向物理、化学、生物、电子、光学等技术综合应用的高技术领域发展。因此,水质自动监测技术在我国方兴未艾,近年

来形成蓬勃发展的趋势,相继建成了几十座水质自动监测系统,对保障人民生活用水安全起到了关键作用。

黄河是一条河情特殊、极其复杂难治的河流。其不同于其他江河的显著特点是水少沙多,水沙异源。黄河多年平均天然径流量 580 亿 m^3 ,是长江的 1/17。而黄河多年平均输沙量达 16 亿 t,是长江的 3 倍。因此,在黄河上发展水质自动监测技术,必须充分考虑泥沙影响的因素。为此,黄河流域水资源保护局在引进国际先进农业科学技术项目(国家“948”计划)资助下,与美国 YSI 公司、北美仪器公司合作,在黄河花园口和潼关断面开发了两座适应高含沙河流的水质自动监测站。

黄河花园口和潼关水质自动监测站首先解决了游荡性河道采样困难的问题。黄河中下游河道冲淤变化大,河道游荡,主流摆动,不仅采样点难选择,而且已建的采样点脱流率高,因此选择合适的采样点和采样方式成为第一道难题。二是解决了高含沙水样在线水沙分离问题,避免了泥沙对在线监测管道的堵塞。黄河输沙量大,水流含沙量高,黄河三门峡站多年平均含沙量 $35 \text{ kg}/\text{m}^3$,实测最大含沙量高达 $911 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。当高含沙水流进入在线系统后容易堵塞管路,给后期的维护和整个水处理自动化带来麻烦。泥沙对黄河水质影响具有两重性,一方面,泥沙本身挟带大量的污染物;另一方面,自然状态的泥沙对污染物产生不同程度的吸附。监测数据良好的可比性,首先要由自动监测与实验室监测水样前处理的可比性来保证。因此,自动监测对水样的前处理,直接影响到自动监测数据的可靠性、可比性。三是解决了系统安全维护及其自动控制要求,由于泥沙对自动监测仪器的干扰和黄河恶劣的建站条件,对系统安全维护及其自动控制必然提出更高的要求。由于充分考虑了不利的因素,这两个水质自动监测站经过几年的运行和大水的考验及几次污染事故的验证,情况良好。

本书在编写过程中,走访了国内许多水质监测领域的知名专家,吸收了他们好的建议和想法,也采用了他们的观点和论点。尤其是中科院院士魏福盛等专家的指导,对于本书的编写起到了关键作用。教授级高工、国内水质监测资深专家高宏同志从编写大纲,到完善反映内容,给予了高度关注和多方指导,并提出许多有益的建议,在此一并表

示感谢。

参加本书编写的有曾永(第1章、第7章、第10章、第14章);陈希媛(第2章、第3章、第4章、第5章、第6章、第9章、);渠康(第11章、第13章);王丽伟(第8章、第12章、第15章)。全书由陈希媛统稿。

由于作者的水平所限,对于当前世界范围内水质监测新技术掌握不够,难免有不当或疏漏之处,恳切希望广大读者、研究者和熟悉水质监测新技术的专家学者给予指正,以便今后进一步修正完善。

编著者

2006年6月

目 录

第 1 章 环境监测技术发展概况	(1)
1.1 概 述	(1)
1.2 环境监测及监测仪器发展趋势	(1)
1.3 重点发展的环境监测仪器	(2)
1.4 重点研究的环境监测系统和环境标准样品	(4)
1.5 环境监测仪器生产及技术现状	(4)
第 2 章 水质自动监测技术	(6)
2.1 概 述	(6)
2.2 水质自动监测系统的构成	(6)
2.3 水质在线自动分析仪器的发展现状	(8)
2.4 水质自动监测常用参数的标准与仪器指标	(8)
2.5 水样预处理	(12)
第 3 章 水质在线分析技术	(13)
3.1 概 述	(13)
3.2 STIP-scan 的测量原理	(14)
3.3 STIP-scan 分光光度法的应用	(15)
3.4 STIP-scan 轻松排除测量干扰因素	(17)
3.5 STIP-scan 的应用	(17)
第 4 章 水质在线监测参数的选择	(19)
4.1 概 述	(19)
4.2 BOD 测定	(21)
4.3 COD 测定	(22)
4.4 BOD 与 COD 的比较	(23)
4.5 TOC 测定	(24)
4.6 低温氧化法与高温氧化法的比较	(25)

4.7	COD 与 TOC 比较	(25)
第 5 章	水质在线监测仪器的选择与应用	(29)
5.1	明确自动在线监测的目的	(29)
5.2	所需监测指标参数的确定	(29)
5.3	仪器选择确定	(33)
5.4	在线监测仪器的安装、投运与日常维护	(50)
第 6 章	水质自动监测站技术方案	(51)
6.1	概 述	(51)
6.2	监测站房技术要求	(53)
6.3	技术要求与设计目标	(55)
6.4	水质自动监测系统技术方案	(57)
6.5	PLC 系统	(68)
6.6	数据采集系统	(74)
6.7	系统集成	(75)
6.8	设备预算及运行费用估算	(75)
第 7 章	水质在线监测仪器在选型和安装中应注意的问题	(77)
7.1	选 型	(77)
7.2	准备工作	(80)
7.3	仪器安装调试	(81)
7.4	验 收	(82)
7.5	日常管理维护	(82)
第 8 章	国外典型水质自动监测系统	(83)
8.1	国外水质自动监测技术发展概况	(83)
8.2	国外典型水质自动监测系统举例	(85)
8.3	国外水质自动监测仪器简介	(87)
第 9 章	国内新开发的几种水质自动监测系统	(101)
9.1	蓝星在线自动监测仪	(101)
9.2	长江安庆水质自动监测站	(101)
9.3	顺序注射自动监测水中 COD、氨氮和 pH 集成仪器	(102)
9.4	XHWS-90A 型地表水质连续自动监测系统	(102)

9.5	TW-6000 型 COD_{Cr} 水质在线监测仪	(103)
9.6	TB-A-2003.2 型 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 氨氮在线自动监测仪	(105)
9.7	四川嘉陵江流域水质自动监测系统	(105)
9.8	北京晟德瑞公司研发的水质自动监测系统	(106)
9.9	欧陆科仪的水质自动监测系统	(107)
9.10	黄埔江水质连续自动监测系统	(108)
9.11	鲁台子水质自动监测站	(108)
9.12	厦门奥林特环保科技有限公司研发的水质在线自动 监测系统	(109)
9.13	广东茂名市小东江水质自动监测系统	(110)
第 10 章	黄河水质自动监测站技术与实践	(114)
10.1	概 述	(114)
10.2	自动监测站建设的必要性	(114)
10.3	自动监测存在的问题	(116)
10.4	黄河自动监测站存在的特殊困难	(117)
10.5	水质自动监测站建设目标	(117)
10.6	自动站开发与建设	(120)
第 11 章	黄河花园口水质自动监测站测试比测	(159)
11.1	主要功能、技术指标设计要求	(160)
11.2	主要功能与技术指标测试	(163)
11.3	水质自动监测站检测分析与中心实验室的比测	(176)
11.4	数据处理传输系统技术指标测试	(184)
11.5	自动站系统测试与比测结论	(194)
第 12 章	黄河水质自动监测站操作手册	(198)
12.1	监测站概述	(198)
12.2	水样采集和前处理部分	(199)
12.3	水质参数监测和分析仪	(203)
12.4	数据采集及控制部分	(206)
12.5	电源供应部分	(211)
12.6	监测站操作说明	(213)

12.7	系统维护与保养	(232)
第 13 章	水质监测移动实验室	(234)
13.1	水质监测移动实验室建设	(234)
13.2	移动监测仪器验证对比测试研究	(255)
13.3	运行管理	(271)
第 14 章	自动监测、应急监测在水资源保护监督管理中的应用	(272)
14.1	水资源保护的法律法规与主要职能	(272)
14.2	水质监测与水资源保护监督管理的关系	(275)
14.3	黄河流域水资源保护局在监督管理方面开展的主要 工作	(276)
14.4	自动监测在水资源保护监督管理中的应用	(278)
14.5	应急监测在水资源保护监督管理中的应用	(281)
第 15 章	环境空气质量自动监测	(285)
15.1	概 述	(285)
15.2	环境空气质量自动监测系统	(285)
15.3	污染源排气的自动监测系统(CEMS)	(296)
参考文献		(302)

第 1 章 环境监测技术发展概况

1.1 概 述

目前,我国已形成了国家、省、市、县 4 级环境监测网络,共有专业、行业监测站 4 800 多个,其中环保系统监测站 2 200 多个,行业监测站 2 600 多个。国控的空气质量监测网站 103 个、酸雨监测网站 113 个、水质监测网站 135 个。此外,还建有噪声监测网、辐射监测网、区域监测网等。

2005 年,国控环境监测网络调整为:环境空气监测网站 226 个,测点数 793 个;酸雨监测网站 239 个,测点数 472 个;水质监测网站 197 个,监测断面 1 074 个;生态监测网站 15 个。

目前,我国已制定各类国家环境标准 410 项,覆盖了大气、水质、土壤、噪声、辐射、固体废物、农药等领域。我国已开展了环境质量监测、环境质量周报和日报、预报监测以及污染源监测、污染事故应急监测、污染物总量控制监测、污染源解析监测、环境污染治理工程效果监测等,需监测的污染因子达百余种。

1.2 环境监测及监测仪器发展趋势

环境监测由目前以人工采样和实验室分析为主,向自动化、智能化和网络化为主的监测方向发展;由劳动密集型向技术密集型方向发展;由较窄领域监测向全方位领域监测的方向发展;由单纯的地面环境监测向与遥感环境监测相结合的方向发展;环境监测仪器将向高质量、多功能、集成化、自动化、系统化和智能化的方向发展,向物理、化学、生物、电子、光学等技术综合应用的高技术领域发展。

1.3 重点发展的环境监测仪器

1.3.1 空气和废气监测仪器

(1)污染源烟尘(粉尘)在线监测仪。用于在线监测污染源烟尘、工艺粉尘排放量(浓度或总量),包括测量相关参数:流量、 O_2 、含湿量、温度等,是实现污染源排放总量监测的必备监测仪器。

(2)烟气 SO_2 、 NO_x 在线监测仪。用于在线监测烟气中 SO_2 、 NO_x 含量,通过流量测量,实现总量监测。

(3)环境空气地面自动监测系统。用于空气质量周报、日报监测,主要监测项目有 SO_2 、 NO_x 、CO、 O_3 、PM10 等。

(4)酸雨自动采样器。自动采集降水样品,以便测定降水的 pH 值。

(5)PM10 采样器。用于采集环境空气中空气动力学当量直径 $10\mu m$ 以下的颗粒物。

(6)固定和便携式机动车尾气监测仪。用于测定机动车排放尾气中 CH_4 、CO 等含量。

1.3.2 污染源和环境水质监测仪器

(1)污染源在线监测仪器。污染物排放的总量监测要求浓度与流量同步连续监测,在线测流和比例采样是总量监测的基本技术手段,对于重点污染源还需要配备在线监测仪器。

(2)流量计。用于规范化的明渠污水排放口流量的在线连续监测仪器。

(3)自动采样器。用于污染源排放口具有流量比例和时间比例两种方式的在线自动采样装置。

(4)在线监测仪器。用于工业污染源或污水排放口的在线监测分析仪器。监测主要项目有 COD、TOC、UV、 NH_3-N 、 NO_3-N 、氰化物、挥发酚、矿物油、pH 等,应具有自动校正和自动冲洗管路的功能。

(5)环境水质自动监测仪器。用于地表水环境质量指标的在线自动监测。水质自动监测项目分为水质常规五参数和其他项目。水质常规五参数包括温度、pH、溶解氧(DO)、电导率和浊度;其他项目包括高锰酸盐指数、总有机碳(TOC)、总氮(TN)、总磷(TP)及氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)。

(6)总有机碳(TOC)测定仪。总有机碳(TOC)是反映水体有机物含量的指标,可用于污染源或地表水的监测。

1.3.3 便携式现场应急监测仪器

便携式现场应急监测仪器用于突发性环境污染事故监测,其主要特点为体积小、便于携带及快速监测。

(1)便携式分光光度计。用于现场监测的便携式分光光度计,测试组件一般包括氰化物、氨氮、酚类、苯胺类、砷、汞及钡等毒性强的项目。

(2)小型有毒有害气体监测仪。用于现场有毒有害气体监测的小型便携式仪器,主要监测项目有 CO 、 Cl_2 、 H_2S 、 SO_2 及可燃气体监测等。

(3)简易快速检测管。用于快速定量或半定量检测水中或空气中有害成分的现场用简易装置,主要监测项目有 CO 、 Cl_2 、 H_2S 、 SO_2 、可燃气体、氨氮、酚、六价铬、氟、硫化物及 COD 等。

1.3.4 电磁辐射和放射性监测仪器

(1)全向宽带场强仪。用于测量某频率范围内的综合电磁场强。

(2)频谱仪。用于测量不同频率电磁辐射的场强及谱分布。

(3)工频场强仪。用于测量 50 Hz 工频电磁场强度。

(4)大面积屏栅电离室 α 谱仪。测量环境介质中 α 放射性元素的浓度。

(5)全身计数器。用于监测职业工作者或公众的全身污染情况。

(6)环境辐射剂量率仪。用于监测环境贯穿辐射水平。

1.4 重点研究的环境监测系统和环境标准样品

(1)环境遥感监测系统。用于监测大范围的环境污染状况与生态环境状况。如监测河上、海上溢油,监测各排污口排污状况,远距离监测污染源烟尘、烟气排放情况以及发生赤潮的面积、程度等,实现环境预报监测。

(2)有机污染物自动连续监测系统。

(3)光化学烟雾监测系统。

(4)有机物环境标准样品,包括:①挥发性卤代烃混合标样;②挥发性芳香烃混合标样;③多环芳烃混合标样;④苯胺类混合标样;⑤酞酸酯类混合标样;⑥有机磷农药混合标样;⑦有机氯农药混合标样;⑧含N、含P的有机农药混合标样;⑨半挥发性有机物混合标样;⑩挥发性有机物混合标样等。

(5)PM_{2.5}采样器。

1.5 环境监测仪器生产及技术现状

为了引导和促进我国环境监测技术产业的发展,提高环境监测仪器的技术水平,特编制环境监测仪器发展指南。

环境监测是环境管理的基础和技术支持,随着我国环境保护工作的发展,我国环境监测技术也取得了较大的进步,环境监测仪器生产形成了一定的规模。

目前,我国环境监测仪器的生产企业有140余家,年产值4.8亿元,约占全国环保产品产值的2.3%。环境监测仪器的主要产品是各种水污染和大气污染监测、噪声与振动监测、放射性和电磁波监测仪器。我国生产的烟尘采样器、烟气采样器、总悬浮微粒采样器、油分测定仪、污水流量计等环境监测仪器已接近或达到国际先进水平,在国内市场上占有很大比例。国内大型实验室用原子吸收、紫外可见分光光度仪、气相色谱仪等监测仪器自动控制技术采用程度较低,关键零部件

尚依赖进口。

我国环境监测仪器多是中小型企业生产,产品基本集中在中低档,远不能适应我国环境监测工作发展的需要。主要表现为:

(1)技术档次低,低水平、重复生产严重,规模效益差;

(2)产品质量不高,性能不稳定,一致性较差,使用寿命短,故障率高;

(3)研究开发能力较低,在线监测仪器的系统配套生产能力较低,不能适应市场的需要。

第 2 章 水质自动监测技术

2.1 概 述

2.1.1 水质自动监测系统的特点

水质自动监测系统是一套以在线自动分析仪器为核心,运用现代自动监测技术、自动控制技术、计算机应用技术以及相关的专用分析软件和通讯网络所组成的一个综合性的在线自动监测系统。

2.1.2 水质自动监测系统的任务

实现水质的实时、连续监测和远程监控,达到及时掌握主要流域重点断面水体的水质状况、预警预报重大或流域性水质污染事故、解决跨行政区域的水污染事故纠纷、监督总量控制制度落实情况和排放达标情况等目的。

2.2 水质自动监测系统的构成

水质自动监测系统主要由采水单元、配水单元、水质监测分析单元、控制单元、辅助单元几大部分组成。

(1)采水单元:包括水泵、管路、供电及安装结构部分。在设计上必须对各种气候、地形、水位变化及水中泥沙等提出相应解决措施,能够自动连续地与整个系统同步工作,向系统提供可靠、有效的水样。

(2)配水单元:包括水样预处理装置、自动清洗装置及辅助部分。配水单元直接向自动监测仪器供水,具有在线除泥沙和在线过滤、手动和自动管道反冲洗与除藻装置;其水质、水压和水量应满足自动监测仪

器的需要。

(3)水质监测分析单元:由一系列水质自动分析和测量仪器组成,包括水温、pH、溶解氧(DO)、电导率、浊度、氨氮、化学需氧量、高锰酸盐指数、总有机碳(TOC)、总氮、总磷、硝酸盐、磷酸盐、氰化物、氟化物、氯化物、酚类、油类、金属离子等自动监测仪器以及水位计、流量/流速/流向计和自动采样器等。

(4)控制单元:包括系统控制柜和系统控制软件,数据采集、处理与存储及其应用软件,有线通讯和卫星通讯设备。

(5)辅助单元:包括站房主体和配套设施。

一套完整的水质自动监测系统能连续、及时、准确地监测目标水域的水质及其变化状况;中心控制室可随时取得各子站的实时监测数据,统计、处理监测数据,可打印输出日、周、月、季、年平均数据以及日、周、月、季、年最大值和最小值等各种监测与统计报告及图表(柱状图、曲线图、多轨迹图、对比图等),并可输入中心数据库或上网;收集并可长期存储指定的监测数据及各种运行资料、环境资料备检索;具有监测项目超标及子站状态信号显示、报警功能;自动运行,停电保护、来电自动恢复功能;维护检修状态测试,便于例行维修和应急故障处理等功能。

在水质自动监测系统网络中,中心站通过卫星和电话拨号两种通讯方式实现对各子站的实时监控、远程控制及数据传输功能,托管站也可以通过电话拨号方式实现对所托管子站的实时监控、远程控制及数据传输功能,其他经授权的相关部门可通过电话拨号方式实现对相关子站的实时监控和数据传输功能。

每个子站是一个独立完整的水质自动监测系统,一般由 6 个子系统构成,包括:采样系统,预处理系统,监测仪器系统,PLC 控制系统,数据采集、处理与传输子系统及远程数据管理中心(监测站房或监测小屋)。目前,水质自动监测系统中的子站的构成方式大致有 3 种:

(1)由一台或多台小型的多参数水质自动分析仪(如 YSI 公司和 HYDROLAB 公司的常规五参数分析仪)组成的子站(多台组合可用于测量不同水深的水质)。其特点是仪器可直接放于水中测量,系统构成灵活方便。