

环境质量自动监测系统运行管理技术丛书

水质自动监测系统 运行管理技术手册

SHUIZHI ZIDONG JIANCE XITONG

YUNXING GUANLI JISHU SHOUC

罗 彬 张 丹 / 编著



西南交通大学出版社

环境质量自动监测系统运行管理技术丛书

水质自动监测系统运行管理 技术手册

罗 彬 张 丹 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

水质自动监测系统运行管理技术手册 / 罗彬, 张丹
编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2019.3
(环境质量自动监测系统运行管理技术丛书)
ISBN 978-7-5643-6581-3

I. ①水... II. ①罗... ②张... III. ①水质监测 - 自
动化监测系统 - 运行 - 管理 - 手册 IV. ①X832-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 258820 号

环境质量自动监测系统运行管理技术丛书
水质自动监测系统运行管理技术手册
罗 彬 张 丹 编著

责任编辑	陈 斌
封面设计	墨创文化
	西南交通大学出版社
出版发行	(四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川煤田地质制图印刷厂
成品尺寸	170 mm× 230 mm
印 张	18.75
字 数	336 千
版 次	2019 年 3 月第 1 版
印 次	2019 年 3 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-6581-3
定 价	72.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《水质自动监测系统运行管理技术手册》

主编单位 四川省环境监测总站
参编单位 眉山市环境监测中心站
泸州市环境监测中心站
内江市环境监测中心站
宜宾市环境监测中心站
乐山市环境监测中心站
攀枝花市环境监测中心站

《水质自动监测系统运行管理技术手册》

编写人员（以姓氏拼音为序）

邓国海	段 慧	范 力	季浩宇	姜茂林
刘小方	柳 强	罗 彬	罗 俊	罗晓慧
唐 毅	吴建军	肖开煌	薛京洲	颜 华
杨 渊	张 丹	曾 容	宗贵仪	

前 言

实施水质自动监测，能达到及时掌握主要流域重点断面水质状况、预警流域性水污染事故、解决跨行政区域的水污染纠纷，以满足流域内水环境管理和监测预警的需要。水质自动监测系统已越来越成为我国水环境监测中的一个重要组成部分。为了更好地做好水质自动监测系统运行管理工作，四川省环境监测总站组织编写了《水质自动监测系统运行管理技术手册》。本手册内容主要包括七个部分：第一部分介绍了水质自动监测系统现状、组成及功能；第二部分介绍水质自动监测系统（采水系统、分析系统以及辅助系统等）操作规程；第三部分介绍水质自动监测系统管理（运行管理、质量控制、运行监督、子站建设与验收等）；第四部分介绍数据统计分析；第五部分介绍四川省水质自动监测系统；第六部分是数据应用与案例分析；第七部分是数据记录。

本书邀请了眉山市环境监测中心站、泸州市环境监测中心站、内江市环境监测中心站、宜宾市环境监测中心站、乐山市环境监测中心站、攀枝花市环境监测中心站参与编写，主要成员有（按姓氏拼音为序）：邓国海、段慧、范力、季浩宇、姜茂林、刘小方、柳强、罗彬、罗俊、罗晓慧、唐毅、吴建军、肖开煌、薛京洲、颜华、杨渊、张丹、曾容、宗贵仪。谨以此书献给从事水质自动监测的同行，希望能给大家的工作提供参考。由于水质自动监测系统处于快速发展过程中，限于作者的学识和水平，书中疏漏和不当之处在所难免，尚祈广大同仁批评指正。

作 者

2018 年 7 月

目 录

1	水质自动监测系统概述	1
1.1	地表水连续自动监测	1
1.2	我国地表水水质自动监测系统	2
1.3	水质自动监测系统组成及功能	4
2	水质自动监测仪器操作规程	11
2.1	高锰酸盐指数	11
2.2	氨 氮	20
2.3	总磷总氮	28
2.4	五参数 (pH、温度、溶解氧、电导率、浊度)	37
2.5	生物毒性	47
2.6	重金属 (铅、镉、铜、锌、砷、汞、硒)	55
2.7	高氯酸盐	62
2.8	总砷	65
2.9	六价铬	71
2.10	叶绿素	76
2.11	站房及配套系统	79
3	系统管理	84
3.1	运行管理	84
3.2	质量控制	90
3.3	运行监督	94
3.4	年度考评	97
3.5	水质预警	98
3.6	培训与考核	101

3.7	水站建设	102
3.8	水站验收	105
3.9	资产管理	107
4	数据统计分析	109
4.1	评价内容	109
4.2	断面水质评价	111
4.3	流域水质评价	134
4.4	饮用水源生物毒性预警评价	142
4.5	水质预警分析评价	143
5	四川省水质自动监测系统介绍与管理	145
5.1	四川省八大流域基本情况	145
5.2	四川省水质自动监测系统介绍	147
5.3	运行管理要求	166
5.4	基于自动监测结果的水质预警	178
6	数据应用与案例分析	182
6.1	四川省行政区水质评价	182
6.2	四川省全流域水质评价	193
6.3	案例分析	205
7	数据记录	274
	参考文献	290

1 水质自动监测系统概述

1.1 地表水连续自动监测

水是宝贵的自然资源，也是人类社会的紧缺资源。从人类生存发展需要的方面来说，水资源是不可再生的，特别是用于生产生活的淡水资源。日益严重的水资源短缺和严重的水环境污染困扰着国计民生，而且也成为制约社会经济可持续发展的主要因素。据不完全统计，目前全世界有一百多个国家缺水，其中严重缺水的国家已达四十多个。我国同样面临水资源紧缺的现实。我国人均占有水资源 $2\ 700\ \text{m}^3$ ，仅相当于世界平均值的 $1/4$ 。我国水资源分布时间上存在不均匀性，空间上也存在巨大的差异。

地表水体作为水资源的重要组成部分，不仅是主要的饮用水源和工农业生产的原料，又是重要的环境要素，对支撑生态系统、维持水系统良性循环有着突出的作用。地表水是指陆地表面存在的水，即河水、湖水等。相对于地表水的是地层水（地表面下的土壤水和地下水的总称）。随着社会经济发展、用水量迅速增加，水污染加剧，淡水资源日益枯竭，水资源和水污染对我国国民经济的制约作用已经凸现。地表水体水质安全问题，直接关系到广大人民群众的生产、生活和健康。

地表水体污染事件复杂多样，有些工业污水成分复杂，排放没有规律，农业面源污染随生产时节变化明显，同时水质的变化还受汛期洪水、降雨的影响，许多因素都会导致水质频繁变化。传统的水质监测方法多是人工在某些断面定时定点取样，然后将样品带回实验室分析，难以保证所测数据的准确性和时效性，无法及时、准确地反映水质污染变化过程，很难适应现代水源地水质保护的要求。通过对地表水水质的连续自动监测可掌握水环境的污染情况，如果在连续自动监测过程中发现异常值，可及时采取措施防止发生严重后果，如停止下游的工业用水、农业用水和生活用水等。

水质自动监测在国外起步较早。1959 年美国开始对俄亥俄河进行水质自动监测；1960 年纽约州环保局开始着手对本州的水系建立自动监测系统；1966

年美国安装了第一个水质监测自动电化学监测器；在 20 世纪 70 年代初期欧美和日本等发达国家就对河流、湖泊等地表水开展了自动在线监测，同时对城市和企业的污水处理厂排水也实行自动在线监测。所采用的方法有实时在线监测和间歇式在线监测两种。在监测设备方面，水质自动监测广泛应用现代尖端的微电子技术、嵌入式微控制器技术，并做到智能化的数据采集、分析和运算，完全实现了自动化。目前，世界上已建成的自动监测系统，既有全自动联机系统，也有半自动脱机系统，大部分是以监测水质污染的综合指标为基础的，包括水温、浑浊度、pH 值、电导率、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、总需氧量和总有机碳等。

1.2 我国地表水水质自动监测系统

为了实时监控地表水体的环境质量，发挥实时监视和预警功能，在跨界污染纠纷处置、污染事故预警、重点工程项目环境影响评估及保障公众用水安全方面发挥重要作用，20 世纪 90 年代，我国开始引进水质自动监测技术，自 1999 年 9 月，环保部分别在松花江、淮河、长江、黄河及太湖流域的重点断面开展了地表水水质自动监测站的试点工作，共建设了 10 个水质自动监测站。从此水质在线监测技术开始在我国广泛推广及应用。

2000 年 9 月起，经过“十五”“十一五”期间的努力，陆续在全国 31 个省区市（不含港澳台地区）各个流域的重点断面、大型湖库以及国界出境河流上建成了 149 个水质自动监测站。自动监测站选址原则是：重要河流的干支流省界、重要支流汇入口及入海口、重要湖库湖体及出入湖河流、国界河流及出入境河流、重大水利工程项目影响区。建设特点是：“十五”期间侧重于污染防治任务艰巨的主要流域重点断面，如三河三湖等；“十一五”期间侧重于国界河流、省界断面和未涉及的流域，初步形成了覆盖全国主要水体的地表水水质自动监测网络。地表水水质自动监测已成为我国水环境监测中的一个重要组成部分。

目前，国家水质自动监测站（以下简称“水站”）的监测项目包括水温、pH 值、溶解氧、电导率、浊度、高锰酸盐指数、总有机碳和氨氮。部分湖泊水站的监测项目还包括总氮、总磷和叶绿素。有些站正在开展生物毒性、挥发性有机污染物（VOCs）的试点监测。今后可能还要拓展重金属监测项目。目前使用的分析方法主要参照环境保护部以及美国环保局（EPA）和欧盟（EU）

认可的仪器分析方法，仪器基本性能指标执行环境保护部批准的水质自动监测技术规范。部分水质自动监测仪器的测定方法与国家有关技术要求一览表见表 1-1。

表 1-1 水质自动监测仪器的测定方法与国家有关技术要求一览表

序号	项目	主要参照方法	参照标准	国家有关技术要求	标准号
1	水温	NTC 温度探头法、PT100 电极法	GB/T 13195-1991	—	—
2	pH	玻璃电极法	GB/T 6920-86	pH 水质自动分析仪技术要求	HJ/T 96-2003
3	电导率	电导池法	—	电导率水质自动分析仪技术要求	HJ/T 97-2003
4	浊度	散射光法	—	浊度水质自动分析仪技术要求	HJ/T 98-2003
5	溶解氧	膜电极法、荧光法	HJ 506-2009	溶解氧（DO）水质自动分析仪技术要求	HJ/T 99-2003
6	高锰酸盐指数	酸性氧化法、光度法	GB 11892-89	高锰酸盐指数水质自动分析仪技术要求	HJ/T 100-2003
7	氨氮	氨气敏电极法	—	氨氮水质自动分析仪技术要求	HJ/T 101-2003
8	总磷	钼酸铵分光光度法	GB 11893-89	总磷水质自动分析仪技术要求	HJ/T 103-2003
9	总氮	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	HJ 636-2012	总氮水质自动分析仪技术要求	HJ/T 102-2003
10	叶绿素 a	荧光法	—	—	—
11	流量	固定式声学多普勒法	SL337-2006	声学多普勒流量测量规范	SL337-2006

国家水质自动监测站采用每 4 h 采样分析 1 次的频次，每天每个监测项目有 6 个监测结果。自动监测数据由控制系统自各台分析测试仪器采集存储之后，采用 VPN 方式传送到各水质自动站的托管站和总站，通过互联网实现实时发布。托管站也可以通过 VPN 和电话拨号两种通信方式，实现对所托管子站的实时监视、远程控制及数据采集。各省级环境监测中心站及其他经授权的部门可以随时从总站的数据库中调阅各水站的历史监测数据。

国家地表水水质自动监测网的建设和运行，体现了中国水环境监测技术手段的科学化和现代化，对国家环境保护决策部门及时做出有效的水污染防治

治和管理对策等方面均具有重要意义。自动监测频次高、数据传输速度快，在国家主要流域水质状况常态预警、重大水污染事件跟踪监测、重大自然灾害预警、重大国际活动预警等方面都发挥了重要的作用。

各省区市也逐步建立了本地的跨区跨界水质自动站，以及城市重点饮用水源地水质自动站，近几年，江苏、浙江、河南、山东、广东、四川发展很快，在交界断面与饮用水源地大规模建设了水质自动监测站。据不完全统计，全国地表水水质自动监测站的数量已经达到了 2 000 多个。

1.3 水质自动监测系统组成及功能

水质自动监测系统是一套以在线水质自动分析仪器为核心，运用现代传感器技术、自动测量技术、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信网络所组成的综合性水质在线自动监测体系。实施水质自动监测，能达到及时掌握主要流域重点断面水质状况、预警流域性水污染事故、解决跨行政区域的水污染纠纷，以满足流域内水环境管理和监测预警的需要。

1.3.1 水质自动监测系统组成

地表水水质自动监测系统由系统中心站和水站组成，各水站由采水系统、水样预处理及配水系统、控制系统、辅助系统、检测系统、数据采集及通信系统以及水站站房等组成。

1.3.1.1 采水系统

采水系统一般包括采水构筑物、采水泵、采水管道、清洗配套装置、防堵塞装置和保温配套装置、航道安全设施、反冲洗装置及自动采样设备等。其功能主要是在任何情况下确保将采样点的水样引至站房中，为系统提供连续、稳定的水样，满足配水系统和检测系统的需要。由于各地的水文状况、地理及周边环境的差异，需要在实地考察并结合实际情况后才能确定一个可靠方案。常用的采水方式有栈桥+浮筒方式、吊臂方式及管道取水方式。

1. 采水构筑物

采水构筑物是指靠近取水点处的河道内或河岸上的建筑，其主要作用为：

固定浮筒、固定水位计，便于水泵、浮筒的维护维修工作，或放置自吸泵等。

下面介绍几种常用的采水方式：

栈桥式采水方式适用于采水点距离岸边小于 20 m，水位变化小于 2 m 的情况，取水点深度不应低于 2 m。

锚式或固定桩采水方式可用于取水点距离岸边较远(大于 50 m)的情况，取水点深度不应低于 2 m，并且适用于河道中水流不是非常急的水域中。

吊臂式采水方式可用于取水点岸边陡峭、水流较急的情况。

2. 采水泵

采水泵是采水单元的动力单元，分为潜水泵和自吸泵两种，主要功能是把样品水从河道或湖中输送到站房中以供分析。

自吸泵：主要是依据真空离心作用使液体、气体甚至固体产生位移的原理设计制造的。当水泵的引流体内注满引流液并接通电源时，水泵叶轮转动，使水泵引流体内形成真空离心状态，排空管路中气体后使液体在真空离心作用下产生移动，达到抽水目的。

由于自吸泵的工作原理决定其吸程高度不可能太高，从目前国际上自吸水泵的技术水平来看，自吸泵的吸程最高只能为 9 m，并且还需要考虑管路的长度、材料和角度等因素对吸程的降低。因此，自吸泵适用于自吸泵距取水点落差小于 9 m，距离小于 50 m 的系统。

潜水泵：直接放置在水中取水的水泵。适用于远距离、大落差的取水条件，但是由于其在室外水中工作，因此其维护量较大，需额外增加安全保护措施。

3. 采水管道

采水管道为取水点到站房内前处理及配水系统之家的管路。其主要功能是为样品水的传输提供途径，并且在传输过程中，对样品的物理、化学性质产生尽可能小的影响，最好不产生影响。建议选用采水管道的材质应有足够的强度，可以承受内压和外载荷，具有化学稳定性好、质量小、耐磨耗和耐油性强等特点，适用于管路铺设，同时避免污染所采水样。应根据相关管道设计规范进行管道材质和管径的选择，确保管内流速和管道压力损失在合理范围之内。

1.3.1.2 水样预处理及配水系统

水样预处理及配水系统负责完成水样的一级、二级预处理，将采水系统

采集到的水样根据所有分析仪器和设备的用水水质、水压和水量的要求分配到各个分析单元和相应设备，并采取必要的清洗、保障措施以确保系统长期运转。一般分为流量和压力调节、预处理及系统清洗三个部分。

1. 技术要求

(1) 常规五参数（包括样品的 pH、水温、溶解氧、浑浊度和电导率 5 个监测项目）的分析使用未经过预处理的样品。

(2) 流量和压力调节。

配水系统应当能够通过对流量和压力的调配，满足所选用仪器和设备对样品水流量和压力的具体要求。

(3) 预处理。

① 配水系统应尽可能满足标准分析方法中对样品的预处理要求。

② 配水系统可以根据不同仪器采取恰当的过滤措施。在不违背标准分析方法的情况下，可以通过过滤达到预沉淀的效果，也可以通过预沉淀替代过滤操作。

2. 系统清洗及辅助功能

(1) 应当设置清洗和杀菌除藻功能。该功能应当能够遍及全部系统管路和相关设备，但不能损害仪器和设备，也不能对分析结果构成影响。

(2) 不能对环境造成污染。对分析单元排放的废液应当回收处理。

(3) 能够在停电时自我保护，再次通电时自动恢复。

1.3.1.3 控制系统

控制系统是水质自动监测系统的核心单元，主要由 PLC、控制柜、工业 PC 机以及一些控制元件构成。控制系统按照预先设定的程序完成系统采水、预处理、配水、启动、测试、清洗、除藻、反吹等一系列动作的同时可以监测系统运行状态，并根据不同状态对系统动作做出相应的调整。

1.3.1.4 辅助系统

辅助系统是保障水质自动监测系统正常稳定运行所不可或缺的重要组成部分。辅助系统包括压缩空气设备、防雷设备、UPS 电源、除藻设备、纯水供给设备、废水收集处理设备以及视频监控设施等。

1. 压缩空气设备

压缩空气设备的气源主要依靠设备中的空气压缩机及减压过滤二联件等设备来提供。空压机为无油型，不会对分析结果造成影响，同时保证水站内自动反吹清洗系统的正常运行。

2. 防雷设备

防雷设备是自动监测站自动运行的重要保证。防雷设计采用避雷针与地网接牢，避雷针与无线通信天线分开，避雷针的最高点比无线通信天线顶高出 3 m 以上，并保证站房和其他受保护设施在以避雷针为顶点的 $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 角椎体保护范围内。此部分应在站房建设中完成。

3. UPS 电源

水质自动站大多地处偏远、电压波动范围较大、无人 24 小时值守，因此需要配置适宜的 UPS 不间断电源，对系统起到停电保护作用。配置的 UPS 电源应具有在线可控、正弦波、断面保护、自动恢复、过载保护、故障诊断记录等功能。在停电状态下能够保存、传输数据；在恢复供电后，系统可以自动恢复工作。

4. 除藻设备

对于水质较差，特别是夏季水体中有大量藻类繁殖，会堵塞管道，并且改变采样水水样的性质，严重使水样失去代表性，特别是使氨氮和总磷仪器测定值偏低。工作原理如下：

（1）催化原理。

光催化剂 TiO_2 在一定波长的紫外线作用下，吸收 100 ~ 400 nm 波长范围的紫外光后产生羟基，然后羟基在催化剂表面通过强氧化作用分解有机物。

（2）氧化技术和陶瓷催化氧化技术。

一定波长的紫外线能把 O_2 氧化成 O_3 ， O_3 具有很强的氧化能力，臭氧在水中首先光解产生 H_2O_2 ， H_2O_2 在紫外光的照射下产生 OH ，而进入水中的 OH 再进行进一步循环反应；同时， O_3 和 H_2O_2 结合，其氧化能力不是简单的相加， H_2O_2 可强化水中羟基自由基（ OH ）的产生，而 OH 是水中氧化能力最强的氧化剂（氧化还原电位 2.8），其氧化能力远强于 O_3 和 H_2O_2 。在 A 型陶瓷催化版的作用下迅速生成羟基自由基，在 B 型陶瓷催化版作用下能迅速产生超氧自由基，使水负离子化，负离子化的水能够高效地灭菌除藻。

（3）紫外线灭藻原理。

细菌、病毒等微生物体内的 DNA 分子能吸收紫外光线照射的能量（特别

是 254 nm 的紫外线),当吸收的能量达到一定的计量时,DNA 分子发生变异、结构受到破坏(键断裂或光化学反应),微生物便失去活性,从而在不使用任何化学药物的情况下杀灭水中的细菌、病毒以及其他致病体。对大多数细菌、病毒接收相对较低强度的紫外光照射,在达到 $10\,000\ \mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ 的剂量时,便会被破坏其结构而死亡。

5. 纯水供给设备

纯水系统分二级出水。第一级出水满足清洗仪表管路的要求;第二级出水可用于配制试剂。纯水系统水源为合格水质的自来水,经过两级过滤后,进入离子交换树脂,得到的水为第一级纯水,再经过纯水泵送入精度更高的反渗透装置后,进行紫外杀菌,即为第二级纯水,送入纯水罐中备用。纯水罐均配有专用的纯水管道、高低液位监控、纯水泵启动控制等装置。纯水罐内还设有低水位报警装置,当可编程控制器(PLC)采集控制系统收到低液位报警信号后,立即启动纯水泵开始制纯水。

6. 废水收集处理设备

为防止仪器产生废液对环境造成二次污染,系统需设计独立的废水收集处理设备,即通过专用的防腐蚀管路与仪器废液管路连接,配备专用的废液收集桶,通过电磁阀控制开关,废液收集桶避光保存。即原水进取水管路,不与仪器试剂有任何的直接接触,保证“原水进入,原水排出”。

1.3.1.5 检测系统

检测系统是水质自动监测系统的核心部分,由满足各检测项目要求的自动检测仪器及辅助设备组成。辅助设备包括:过滤器、自动进样装置、自动清洗装置、冷却水循环装置、清洁水制备装置等。根据各检测仪器运行的要求,选配或加装所需的辅助设备。

1.3.1.6 数据采集及通信系统

数据采集及通信系统由现场数据采集模块和远程传输模块组成,负责完成监测数据从各水质自动监测站到监控中心的通信传输工作。

1. 数据采集模块

数据采集模块由监控机、数据采集模块、现场总线等组成,以现场监控软件包为核心,配合模拟量和数字量采集模块、串口模块、485 模块实现采集功能,完成对水质监测数据、监测仪器工作状态数据、报价数据的采集、显

示和处理。

2. 数据传输模块

远程数据传输模块由通信服务器、通信设备以及通信网络组成，数据传输以有线电话、无线 GPS/CDMA、光纤等方式为主，完成各水站与中心站的数据传输、远程控制及远程诊断功能。

1.3.1.7 水站站房

水站站房包括供水、供电、空调、通信、防雷、站房环境控制、防盗设施，保障水站仪器设备安装和运行环境；选址能采集具有代表性的水样。

1.3.2 水质自动监测系统的功能

1.3.2.1 在线自动监测

在线自动监测能及时、准确地监测目标水域的水质及其变化状况；中心站可随时取得各监测站的实时监测数据，统计、处理监测数据，可以打印输出日、周、月、季、年平均数据以及最大值、最小值等各种表格、统计报表及图表（柱状图、曲线图、多轨迹图、对比图等），并可以输入中心数据库或上网；收集并可以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。系统具有监测项目超标及测站状态信号显示、报警功能，以及自动运行、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。如图 1-1 所示。



图 1-1 水质自动监测系统