

水资源

信息监测及传输应用技术

编著 ◎ 姚永熙 章树安
杨建青 方 瑞
杨桂莲



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

水资源信息监测及传输应用技术

姚永熙 章树安 杨建青 方 瑞 杨桂莲 编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书在《全国水资源监测站网规划》基础上,针对最严格水资源管理制度对水资源监测的要求,广泛收集与系统整理当前水文水资源监测与传输主要技术方法和应用成果,较为全面系统的介绍了水资源监测要素和基本技术要求、水资源监测方法分类、水资源监测与传输设施设备配置,总结了各类监测方法的原理及主要优缺点,归纳整理了各类监测仪器的适用条件,对水资源水量水质监测仪器的计量检定进行了阐述,给出了各类水资源监测站建设的基本要求。

本书具有较强的理论性和实用性,可供从事水文水资源监测、管理和有关系统集成等人员使用,也可供水资源管理与科研人员、有关高校相关专业的高年级本科生和研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源信息监测及传输应用技术 / 姚永熙等编著.

—南京:河海大学出版社,2013.4

ISBN 978-7-5630-3345-4

I. ①水… II. ①姚… III. ①水资源—监测
IV. ①TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 065215 号

书 名 / 水资源信息监测及传输应用技术

书 号 / ISBN 978-7-5630-3345-4/TV·352

编 著 / 姚永熙 章树安 杨建青 方 瑞 杨桂莲

责任编辑 / 谢业保 张秋霞

封面设计 / 黄 煜

出版发行 / 河海大学出版社

地 址 / 南京市西康路 1 号(邮编:210098)

电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

网 址 / <http://www.hhup.com>

经 销 / 江苏省新华发行集团有限公司

排 版 / 南京紫藤制版印务中心

印 刷 / 南京玉河印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 14.75

字 数 / 375 千字

版 次 / 2013 年 4 月第 1 版

印 次 / 2013 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 40.00 元

前言

当前,水资源正日益影响着我国区域经济社会发展与生态环境改善。我国水资源总量较为丰富,多年平均年水资源总量为 28 124 亿 m^3 ,其中河川径流约占 94%,低于巴西、前苏联、加拿大、美国和印度尼西亚,约占全球径流总量的 5.8%,居世界第 6 位。但是,我国水资源人均占有量低、时空分布不均、与国土资源和经济布局不相匹配,开发利用难度大,总体上面临着旱涝灾害严重、供需矛盾突出、用水方式粗放、水生态环境压力大等水问题。随着我国人口不断增长、城市化进程加快、经济社会发展、人民生活水平提高和全球气候变化,我国水资源面临的矛盾与问题会不断加剧,特别是北方地区,由于气候持续干旱和人类活动的影响,水资源问题更加突出。

2011 年,中共中央、国务院《关于加快水利改革发展的决定》中明确提出实行最严格的水资源管理制度,并把实施严格水资源管理作为加快转变经济发展方式的战略举措。2012 年,国务院《关于实行最严格水资源管理制度的意见》提出了一系列针对实行最严格水资源管理制度的具体措施和意见,并要求健全水资源监控体系。

开展水资源监测是水资源管理一项重要的基础性工作,是实行最严格水资源管理制度量化考核的前提和保障。经过多年的建设与发展,我国各类水文监测站网基本覆盖了全国主要江河湖库和主要平原区,根据区域经济社会发展需要开展的水资源监测工作已有一定的基础,为水资源管理和环境、生态保护提供了大量信息,发挥了重要信息支撑作用。但总体来说,目前我国的水资源监测工作还比较薄弱,水资源监测站网布设还明显不足,自动化监测技术应用还不广泛,不能满足支撑实施最严格水资源管理制度的需求,因此,迫切要求进一步加强水资源监测站网建设,提高水资源监测能力和自动化水平。

《水资源信息监测及传输应用技术》一书由水利部水文局组织有关专家编写。作者在《全国水资源监测站网规划》基础上,针对最严格水资源管理制度对水资源监测的要求,广泛收集与系统整理了当前水文水资源监测与传输的主要技术方法,较为全面系统地介绍了水资源监测要素和基本技术要求、水资源监测方法分类、水资源监测设施设备及其应用范围,分析和探讨了各类监测方法的原理及其优缺点,归纳和整理了各类监测仪器的适用条件,提出了水资源监测一些新的技术要求与改进建议,并对水资源水量水质监测仪器的计量检定进行了阐述。全书系统全面、内容丰富,针对性强、实用性好,相信能为开展水资源监测等各项工作提供应用技术方面的参考,对提高水资源监测工作人员的技术水平和应用能力将有所帮助。

《水资源信息监测及传输应用技术》一书由南京水利水文自动化研究所姚永熙教授级高

工、水利部水文局章树安、杨建青教授级高工、江苏省水文水资源勘测局方瑞高工、水利部水文局杨桂莲高工等编著,由姚永熙、章树安完成了全书统稿。在编著过程中,得到了有关单位和专家的大力帮助,特别是河海大学的陈喜教授、江苏省水文水资源勘测局的孙永远教授级高工、长江水利委员会水文局李海源教授级高工、黄河水利委员会水文局张留柱教授级高工、淮河水利委员会水文局王式成教授级高工、海河水利委员会水文局柳华武教授级高工对书稿提出了宝贵意见,南京水利水文自动化研究所的陈敏高工对本书的出版给予了大力支持,在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

2012年12月

目 录

第一章 综述	1
1.1 概述	1
1.2 水资源监测基本内容与意义	2
1.2.1 水资源监测基本内容	2
1.2.2 水资源监测的意义	3
1.3 发达国家水资源监测现状概述	4
1.3.1 地表水监测	4
1.3.2 取用水监测	5
1.3.3 地下水监测	6
1.4 我国水资源监测现状与存在的主要问题	7
1.4.1 水资源监测现状	7
1.4.2 水资源监测存在的主要问题	9
1.5 水资源监测与传统水文监测的主要差异	9
1.5.1 站网布设的原则不尽相同	10
1.5.2 站网布设的目的要求不尽相同	10
1.5.3 监测要素和时效性要求不尽相同	11
1.5.4 监测控制要求不尽相同	11
1.5.5 监测要素基本相同,但监测手段不同	12
第二章 水资源监测基本要求和方法	13
2.1 水资源监测要素和基本技术要求	13
2.1.1 水资源监测要素	13
2.1.2 水资源监测要素基本技术要求	13
2.2 水资源监测方法分类	15
2.2.1 明渠流量监测方法	15
2.2.2 管道流量监测方法	15
2.2.3 水质测量方法	16
2.2.4 水位测量方法	16

2.2.5 蓄水量、降水量、水面蒸发量监测方法·····	16
2.3 水资源监测设备分类·····	16
2.3.1 水资源监测设备的应用范围·····	16
2.3.2 水资源监测设备类别·····	16
第三章 流速面积法流量测量 ·····	18
3.1 测量原理和应用场合·····	18
3.1.1 测量原理·····	18
3.1.2 应用场合·····	18
3.2 过水断面面积测量·····	19
3.2.1 水深测量·····	19
3.2.2 断面起点距测量·····	23
3.2.3 断面水位测量·····	24
3.3 断面平均流速测量方法·····	24
3.3.1 测量点流速计算断面平均流速·····	24
3.3.2 测量水面流速计算断面平均流速·····	24
3.3.3 测量剖面流速计算断面平均流速·····	25
3.4 点流速测量仪器·····	25
3.4.1 转子式流速仪·····	25
3.4.2 电磁点流速仪·····	32
3.4.3 声学多普勒点流速仪·····	33
3.5 剖面流速测量技术·····	36
3.5.1 声学时差法测速系统·····	36
3.5.2 走航式声学多普勒剖面流速仪·····	41
3.5.3 固定式声学多普勒剖面流速仪·····	47
3.5.4 电磁剖面流速仪·····	49
3.6 水面流速测量技术·····	50
3.6.1 电波流速仪测速·····	50
3.6.2 浮标测速·····	54
3.7 流速面积法流量测量准确性·····	54
3.7.1 应用点流速仪的流量测量准确性评估·····	54
3.7.2 应用声学多普勒剖面流速仪的流量测量准确性评估·····	57
3.7.3 应用声学时差法测流的流量测量准确性评估·····	58
3.8 流速面积法流量测量应用情况·····	58
3.8.1 各种方法应用情况 ·····	58
3.8.2 仪器设备应用情况·····	59
3.8.3 水文测验设备应用情况·····	60

第四章 应用水位流量关系的流量测量技术	61
4.1 测量原理和应用场合	61
4.1.1 测量原理	61
4.1.2 应用场合	61
4.2 水位测量仪器	62
4.2.1 水位测针	62
4.2.2 浮子式水位计	63
4.2.3 压力式水位计	67
4.2.4 超声波水位计	75
4.2.5 雷达水位计	78
4.2.6 电子水尺	79
4.2.7 人工观读水尺	81
4.2.8 水位观测设施应用情况	83
4.3 水位测量准确性评估	84
4.3.1 水位仪器标准要求	84
4.3.2 水位测量仪器实际应用性能评估	86
4.3.3 人工观测水位的准确性	87
4.4 堰槽法测流	89
4.4.1 常用堰槽	89
4.4.2 堰槽测流技术要求	100
4.4.3 堰槽测流准确性评估	102
4.4.4 测流堰槽的选用	104
4.5 水工建筑物测流	107
4.5.1 测流水工建筑物类型和测流原理	107
4.5.2 水工建筑物测流的应用	109
4.5.3 水工建筑物测流流量计算简介	111
4.5.4 水工建筑物测流的准确性评估	116
4.6 比降面积法测流	117
4.6.1 比降面积法测流原理	117
4.6.2 比降面积法测流的流量计算	117
4.6.3 比降面积法测流的应用和测流准确度评估	118
第五章 其他明渠流量测量方法	119
5.1 示踪法测流	119
5.1.1 示踪法测流的原理和方法	119
5.1.2 示踪法测流应用的设施	120
5.1.3 示踪剂法测流的应用	121

5.2	流速仪流量计	121
5.2.1	流速仪流量计的工作原理和仪器类型	121
5.2.2	应用仪器介绍	122
5.2.3	流速仪流量计的流量系数率定	124
5.2.4	流速仪流量计的特性	124
5.3	其他流量测量仪器、方法	125
第六章	管道流量测量技术	126
6.1	管道流量测量概述	126
6.1.1	满管流量测量技术	126
6.1.2	非满管流量测量技术	126
6.2	管道流量计	127
6.2.1	电磁管道流量计	127
6.2.2	声学时差法管道流量计	129
6.2.3	声学多普勒管道流量计	130
6.2.4	管道流速仪流量计	132
6.2.5	冷水水表和电子远传水表	133
6.2.6	涡街流量计	134
6.2.7	非满管管道流量计	135
6.3	管道流量计应用注意事项	136
第七章	水质监测技术	137
7.1	水质监测方法	137
7.1.1	人工采样分析法	137
7.1.2	现场人工直接测量法	137
7.1.3	水质自动监测法	138
7.2	水质自动监测仪器	138
7.2.1	电极法水质直接测量仪	138
7.2.2	水质自动分析仪	141
7.3	水质采样仪器	143
7.3.1	地表水采样器	143
7.3.2	地下水采样器	146
第八章	地下水资源监测技术	150
8.1	地下水资源监测要素	150
8.2	地下水资源监测要素技术要求	150
8.2.1	地下水水位监测要求	150
8.2.2	地下水水质监测要求	150
8.2.3	地下水出水量监测要求	150

8.2.4 地下水水温测量要求	150
8.2.5 地下水监测数据的传输要求	151
8.3 地下水水位的监测	151
8.3.1 地下水水位的表示和监测方法	151
8.3.2 地下水水位监测井井口设施	151
8.3.3 地下水水位的人工观测方法和仪器	152
8.3.4 地下水水位自动监测仪器	163
8.4 地下水水质的监测和采样	167
8.5 地下水水温监测	168
8.5.1 地下水水温的测量方法	168
8.5.2 地下水水温监测仪器	168
8.5.3 水温测量仪器的检定	171
8.6 地下水出水量的监测	172
8.7 地下水遥测系统介绍	172
8.7.1 地下水遥测系统的组成	172
8.7.2 遥测站	172
8.7.3 中心站	173
第九章 蓄水量、降水量、水面蒸发量的监测技术	174
9.1 蓄水量监测	174
9.1.1 蓄水量监测方法	174
9.1.2 水下地形测量方法	174
9.2 降水量监测	176
9.2.1 翻斗式雨量计	176
9.2.2 称重式雨量计	181
9.2.3 光学雨量计	182
9.2.4 雨雪量计	183
9.3 水面蒸发量监测	187
9.3.1 E601B 型水面蒸发器	187
9.3.2 20 cm 口径蒸发器	190
9.3.3 自动蒸发器	190
第十章 水资源水量水质监测仪器的计量检定	194
10.1 水量水质计量概述	194
10.1.1 水文仪器计量检定	194
10.1.2 计量认证资质	194
10.1.3 测量方法的评估	195
10.2 转子式流速仪的计量检定	195
10.2.1 转子式流速仪的计量检定方法	195

10.2.2 检定转子式流速仪需注意事项	195
10.3 水位测量仪器的计量检定	196
10.3.1 水位测量仪器的计量检定方法	196
10.3.2 检定水位测量仪器需注意事项	196
10.4 水深测量仪器的计量检定	196
10.5 声学时差法测速仪器的计量检定	197
10.6 声学多普勒流速仪的计量检定	197
10.7 电磁点流速仪的计量检定	198
10.8 管道流量计的计量检定	198
10.9 测流堰槽计量检定	199
10.10 水工建筑物测流的计量检定	200
10.11 水质测量仪器的计量检定	201
第十一章 水资源移动监测和工程监控设备	202
11.1 水资源移动监测设备	202
11.1.1 水资源移动监测设备的分类	202
11.1.2 移动监测车船的基本要求	202
11.1.3 移动监测车、船的仪器设备配备	202
11.2 水资源工程监控监测设备简介	203
11.2.1 概述	203
11.2.2 状态监控	203
11.2.3 管道压力监测	204
11.2.4 电量监测	205
第十二章 水资源监测信息的采集	206
12.1 水资源监测信息的采集方式	206
12.1.1 自动监测记录自动传输方式	206
12.1.2 自动监测记录方式	206
12.1.3 人工监测方式	206
12.2 站点功能要求	206
12.2.1 自动监测记录自动传输站的设备功能要求	206
12.2.2 自动监测记录站的设备功能要求	207
12.2.3 人工监测设备功能要求	207
12.2.4 监测监控站点功能要求	207
12.3 水资源信息监测监控系统	207
12.3.1 系统的站点	207
12.3.2 系统的功能	208
12.3.3 系统的组成	208
12.3.4 信息采集	209

12.3.5 远程监控系统	209
12.3.6 水资源信息监测系统的监控终端机	209
12.3.7 水资源信息监测系统的通信	211
第十三章 水资源监测站常用仪器设备配置	212
13.1 水资源监测站的分类与基本要求	212
13.1.1 水资源监测站的分类	212
13.1.2 自动监测站监测基本要求	212
13.1.3 巡测站监测基本要求	212
13.1.4 驻测站监测基本要求	213
13.1.5 水资源监控站基本要求	213
13.2 监测仪器设备选型	214
13.2.1 降水与蒸发仪器	214
13.2.2 水位仪器	214
13.2.3 流量仪器	215
13.2.4 水质仪器	217
13.2.5 泥沙仪器	217
13.3 水资源监测站仪器配置方案	218
13.3.1 自动监测站仪器配置	218
13.3.2 驻测站仪器配置	219
13.3.3 巡测站仪器配置	219
13.4 观测设施设备配置	220
13.4.1 雨量观测设施设备配置	220
13.4.2 水位观测设施设备配置	220
13.4.3 流量测验设施设备配置	220
13.4.4 遥测站设施设备配置	220
参考文献	221

第一章 综 述

1.1 概述

水是人类赖以生存和生产发展不可替代的宝贵资源,是实现经济社会可持续发展的重要基础,是落实科学发展观、构建和谐社会的基本保障。水资源是基础性的自然资源,是生态环境的控制性因素之一,同时又是战略性经济资源,是一个国家综合国力的组成部分,水资源正日益影响或制约着区域经济发展和生态环境保护。我国水资源总量为 28 124 亿 m^3 ,人均占有量仅约 2 100 m^3 ,相当于世界平均的 1/4,地区分布不均且与生产力布局不相匹配,年内、年际变化大,水资源开发利用难度大。据分析预测,全国按目前的正常需要和不超采地下水,缺水总量约为 300 亿~400 亿 m^3 。一些地区由于缺水,造成工农业争水、城乡争水、地区之间争水、超采地下水和挤占生态用水。但与此同时,用水效率不高、用水浪费现象也普遍存在。据统计,我国的用水总量和美国基本相当,但 GDP 为美国的 40%左右;全国农业灌溉水的利用系数平均约为 0.4~0.5,而先进国家为 0.7~0.8;工业用水的重复利用率据统计为 50%左右,实际可能更低,而发达国家为 75%~85%。全国多数城市用水器具和自来水管网的浪费损失率估计在 20%以上。水资源的紧缺与用水的浪费并存。我国水资源人均占有量低,水资源空间分布不均,与国土资源和经济布局不相匹配,总体上面临着旱涝灾害严重、供需矛盾突出、水体质量下降、生态环境退化等严峻的水问题。随着我国人口不断增长、经济快速发展、城市化进程加快、人民生活水平逐步提高,对水资源安全保障提出了更高的要求,因此,水资源问题将更加突出。

2011 年中共中央、国务院《关于加快水利改革发展的决定》(中发[2011]1 号)和中央水利工作会议,提出把严格水资源管理作为加快转变经济发展方式的战略举措,实行最严格的水资源管理制度,即“建立用水总量控制制度、建立用水效率控制制度、建立水功能区限制纳污制度”三项制度;确定水资源开发利用总量控制、用水效率控制、水功能区限制纳污“三条红线”;围绕“三条红线”控制目标,建立“水资源管理责任和考核制度”。2012 年 2 月国务院出台的《关于实行最严格水资源管理制度的意见》(国发[2012]3 号),对实行最严格水资源管理制度明确了具体目标和要求,提出了具体措施和意见,要求健全水资源监控体系,抓紧制定水资源监测、用水计量与统计等管理办法,健全相关技术标准体系;加强省界等重要控制断面、水功能区和地下水的水质水量监测能力建设;流域管理机构对省界水量的监测核定数据作为考核有关省、自治区、直辖市用水总量的依据之一,对省界水质的监测核定数据作为考核有关省、自治区、直辖市重点流域水污染防治专项规划实施情况的依据之一;加强取水、排水、入河湖排污口计量监控设施建设,加快建设国家水资源管理系统,逐步建立中央、流域和地方水资源监控管理平台,加快应急机动监测能力建设,全面提高监控、预警和管理能力,及时发布水资源公报等信息。

截至 2011 年底,全国水利(水文)部门共有各类水文测站 45 000 余处,其中国家基本水文站 3 219 处,有 359 处水文站可作为省界站;地下水基本监测站 13 489 处,主要以水位监测为

主。取用水监测还是采用分散、零星监测,全国约 38% 的工业用水和 70% 的农业用水没有进行计量监测,主要依靠逐级上报的方式统计。目前地表水、地下水监测主要以人工监测为主,其技术手段不能满足实施最严格水资源管理制度的要求。为探索实施最严格水资源管理制度的做法,积累相关经验,水利部确定天津、河北、上海、山东等省(市)为实施最严格水资源管理制度试点省份。2011 年,山东省人民政府颁布了《用水总量控制管理办法》,明确设区的市、县(区)水行政主管部门负责本行政区域内取用水户实际取水量的监测工作,监测数据应向省水文部门汇交;省水文部门负责地表水、地下水和区域外调入水开发利用量及水功能区水质的监测,监测数据应当作为确定区域年度用水控制指标的主要依据。

水资源监测是水资源管理中一项不可或缺的基础性工作,是实行最严格水资源管理制度的基本前提和技术支撑。经过多年的建设与发展,我国的水文站网以及水资源监测工作已有了一定的基础,具有一定的技术标准作支撑,具备较为完整的管理监测机构和人员队伍作保障,为历年的防汛抗旱、水资源管理与保护、水工程建设与管理、科学研究等提供了重要的科学依据和支撑。近年来,围绕为水资源管理提供服务,水利部门强化了地表水、地下水的水量水质监测,加强了水资源评价和分析论证,开展了城市水资源实时监控与管理系统试点建设等工作。但是,总体来说,我国的水资源监测工作还比较薄弱,尚未形成以水资源监测、计量为基础,水资源信息管理与服务为支撑的较为完整的水资源监控系统,与实施最严格水资源管理制度要求差距较大。为此,在已有的水文站网基础上,应加强省界等重要控制断面、水功能区和地下水的水量水质监测能力建设,加强取水、排水、入河湖排污口计量监控设施建设,抓紧制定水资源监测、用水计量与统计等管理办法和相关技术标准,健全水资源监控体系,以此作为支撑实行最严格水资源管理制度的重要保障措施。

1.2 水资源监测基本内容与意义

1.2.1 水资源监测基本内容

根据联合国教科文组织和世界气象组织 1988 年的定义,水资源是指可供利用或有可能被利用,具有足够数量和可用质量,并可适合某地对水的需求而能长期供应的水源,其补给来源主要为大气降水。与此相应,水资源监测则是对水资源的数量、质量、分布状况、开发利用保护现状进行定时、定位分析与观测的活动。由于水资源管理、调度和优化配置涉及城乡生活和工业供水、农业灌溉、发电、防洪和生态环境等诸多方面,以及上下游、左右岸、地区之间、部门之间的调度,因此,我国的水资源管理涉及面广、问题复杂,管理难度很大,与之相应的水资源监测同样是问题复杂、难度大。

我国现阶段的水资源监测主要包括自然河道(湖泊)、输水渠道的行政区界、主要取用水户(口)、地下水以及供水水源地与供水管道、入河(湖)排污口等的监测,监测要素主要有水量、水位、水质、水温等。《水资源实时监控体系建设技术导则》(SL/Z349—2006),对水资源实时监控测系统信息提出了较为具体的内容,主要包括以下三个部分信息资源。

(1) 水资源信息。包括降水量、蒸发量、水位、流量、取水量、用水量、排(退)水量、水厂的进出厂水量、地下水开采量、水质等监测要素。

(2) 水资源工程信息。包括泵站、闸门、水电站等水利工程运行的闸位,闸门、泵站、工程

机械启动停止信息,管道内压力等信息。

(3) 水资源远程监控信息。包括对河流断面、水源地、水厂、污水处理厂、渠道、涵闸和取、排(退)水口等重要对象,实施远距离的视频监视信息;采用手工、半自动和自动等手段对重要闸门、水泵实施控制运行及运行后的反馈信息。

但是,并不是所有的水资源监测系统都具有采集以上所有信息的功能,水资源监测的核心是流量、总水量、水位、水质、降水、蒸发、水温等信息。而水资源工程信息和水资源远程控制信息则是水资源监控系统建设中实现水资源自动化监测所必需的信息资源。所以在水资源监控系统建设中包含了上述三个方面的信息资源。

需要指出的是,目前国内外有一些学者提出水资源应包括三个部分:地表水资源、地下水资源和土壤水资源。但由于土壤水易蒸发或转换为地下水,在传统的水资源监测与评价中,并未将土壤水作为水资源监测与评价的一部分,在实际工作中,土壤水分监测主要作为旱情监测的内容。所以本书所指的水资源监测主要是对地表水、地下水的数量和质量监测技术方法,不涉及土壤水分监测技术方法。

1.2.2 水资源监测的意义

水资源在自然界中不断地进行着循环往复,但其总量是有限的,且受到气候和地理条件的影响,不同地区的水资源量相差很大,即便是在同一地区,也存在年内和年际变化。如北非和中东很多国家(埃及、沙特阿拉伯等)降雨量少、蒸发量大,导致径流量很小,人均及单位面积土地的淡水资源拥有量非常少;相反,冰岛、印度尼西亚等国家,以每公顷土地计的径流量比贫水国家高出1000倍以上。在我国,水资源分布的特点是南多北少,且降水大多集中在夏、秋两季中的三四个里。由于水资源的不可替代性和用途的多样性,包括生态系统在内的各用水环节,在利用水资源时往往会出现各种矛盾(如不同地区、部门之间争夺水资源的使用权、单一用水部门的水资源需求与供给的矛盾等),为了妥善解决用水矛盾,协调人类社会不同用水地区、部门之间以及人类社会和生态系统之间的水量分配,在促进人类社会发展的同时,为实现人与自然和谐发展的目标,保证水资源可持续利用,就需要对水资源进行监测,为水资源评价、保护、规划和管理等工作提供科学依据,使水资源开发利用尽可能满足和发挥出更大的社会效益、经济效益和生态效益。

通过下面收集的水资源评价、水资源保护、水资源规划、水资源管理的内容概述,可以看出水资源监测工作的意义和重要性。

(1) 水资源评价是对一个国家或地区的水资源数量、质量、时空分布特征和开发利用情况作出的分析和评估。它是保证水资源可持续利用的前提,是进行与水相关的活动的基础,是为国民经济和社会发展提供供水决策的依据。水资源评价工作最早见于19世纪中期美国对俄亥俄河和密西西比河的河川径流量进行的统计。经过一百多年的发展,水资源评价工作已经得到了长足的发展,评价方法也在不断地完善。水资源评价工作已经从早期只统计天然情况下河川径流量及其时空分布特征,发展到目前以水资源工程规划设计所需要的水文特征值计算方法及参数分析、水资源工程管理及水源保护等,特别是对水资源供需情况的分析和预测,以及在此基础上的水资源开发前景展望为主要内容的新阶段。此外,对水资源开发利用措施的环境影响评价,也正在成为人们关注的新焦点。

(2) 水资源保护是通过行政、法律、工程、经济等手段,保护水资源的质量和供应,防止水

污染、水源枯竭、水流阻塞和水土流失,以尽可能地满足经济社会可持续发展对水资源的需求。水资源保护包括水量保护与水质保护两个方面。在水量保护方面,应统筹兼顾、综合利用、讲求效益,发挥水资源的多种功能,注意避免过量开采和水源枯竭,同时,还要考虑生态保护和环境改善的用水需求。在水质保护方面,应防止水环境污染和其他公害,维持水质的良好状态,特别要减少和消除有害物质进入水环境,加强对水污染防治的监督管理。总之,水资源保护的最终目的是为了保证水资源的永续利用,促进人与自然的协调发展,并不断提高人类的生存质量。

(3) 水资源规划是以水资源利用、调配为对象,在一定区域内为开发水资源、防治水患、保护生态系统、提高水资源综合利用效益而制定的总体计划与措施安排。水资源规划旨在合理评价、分配和调度水资源,支持经济社会发展,改善环境质量,以做到有计划地开发利用水资源,使经济发展与自然生态系统保护相互协调。水资源规划的主要内容包括水资源量与质的计算与评估、水资源功能的划分与协调、水资源的供需平衡分析与水量科学分配、水资源保护与灾害防治规划以及相应的水利工程规划方案设计及论证等。

(4) 水资源管理是指对水资源开发、利用和保护的组织、协调、监督和调度等方面的实施,是水资源规划方案的具体实施过程。水资源管理是水行政主管部门的重要工作内容,旨在科学、合理地开发利用水资源,支持经济社会发展,保护生态系统,以达到水资源开发利用、经济社会发展和生态系统保护相互协调的目标。水资源管理内容主要包括运用行政、法律、教育等手段,组织开发利用水资源和防治水害;协调水资源的开发利用与经济社会发展之间的关系,处理各地区、用水部门间的用水矛盾;制定水资源的合理分配方案,处理好防洪和兴利的调度,提出并执行对供水系统及水源工程的优化调度方案,对来水量变化及水质情况进行监测,并对相应措施进行管理。

1.3 发达国家水资源监测现状概述

1.3.1 地表水监测

发达国家水文监测站网大都由国家或州政府进行建设和管理,同时也允许企业和个人开展监测,实行资料共享。发达国家的监测站以无人值守为主,监测方式多采用遥测、巡测和委托观测。其信息采集方面,水位以长期自记为主,采用自报(召测)方式传送数据,或者由技术人员定期到现场下载;流量主要靠水位-流量关系进行推流或水工方法测量,水位-流量关系不稳定的站,一般采用流速仪、ADCP 等进行测流。如测站仪器正常,则水文巡测人员每年应定期到测站检查,并通过实测流量来校准水位-流量关系线;对非实时(报讯)站平常由委托人员管理。采集的数据经处理后,所有数据被存入数据库,通过网络等提供授权用户进行水文数据的查询和使用,并通过公共媒体对信息成果进行发布。总体来说,发达国家重视水文测站的稳定性和水文资料的长期性、连续性,水文站网发展比较稳定,监测站网密度、自动监测程度和信息共享程度普遍很高。全球及部分大洲水文站网密度统计见表 1.3-1。

表 1.3-1 全球及部分大洲水文站网密度统计表

地区	欧洲	北美	澳洲及大洋洲	亚洲	全世界	中国
密度(km ² /站)	1 750	1 000	2 600	3 600	2 650	3 003

美国国土面积和我国国土面积接近,美国现有水文站 10 240 处,水位站 2 048 处,地下水监测站 32 031 处,水质监测站 9 954 处。美国的水文测验方式以自动化仪器采集和巡测相结合为主,根据实际情况也可采用委托观测的方式。在大洪水地区进行流量测验时,美国地质调查局(USGS)会调用其他地区的外业人员支援发生洪水地区的工作,或者在本地临时雇用人员协助工作。通常一个工作人员需要承担 10~20 个测站的野外测验任务。

在美国的 10 240 个地表水水文站中,有 7 426 个为连续记录的流量站,全年任何时段都可提供流量数据;2 814 个站为定期监测站点,只有在汛期当水位上涨到一定高度时才进行数据采集与记录。大部分水文站的流量都根据水位-流量关系自动计算,所以美国测流次数远低于我国。据统计,美国地质调查局每年测流次数为 6.2 万次,折合平均每个站约 11 次/a,测次要求远不如我国严格。但是,美国在测流的垂线布设方面较为严格,每条测流垂线控制的部分流量不超过断面流量的 5%。在野外流量测验记录表上,每次测验都要求现场算出流量,并根据当时的水流状况、河段河道条件、水位变幅和测流垂线布置等情况,对测验结果按优秀、良好、及格与不及格四个等级进行评定。

美国水文测验实行自动监测和巡测相结合的管理模式,测站没有固定驻守人员。水文站的概念与我国不同,其“测站”用“测验断面”称之也许更准确些。因此,各种流量测验仪器设备也不按测站配置。测站固定设施也很少,大部分测站只有一个数据采集平台(DCP)、测验断面和一组水准点。流量测验大多利用桥梁进行,个别站设有简易的过河缆道,测站没有站房、供水、供暖等基础设施。测站的水位、雨量实行自记和遥测,水位监测采用最广泛的是浮子式和气泡式压力水位计。浮子式水位计通过专用数据转换器进行模数转换,输出为数字信号;气泡式水位计能满足恶劣环境要求,安装时可以不建专用测井,易于安装和维护。自记水位一般具有水位数据存贮和满足实时水情信息传输的要求自动发送传输功能,有的还具备自动报警功能。有泥沙、水质监测的一般也采用自记或巡测取样监测,测站无人值守,各测站管理运行由外业办公室负责,这样测站每年的运行管理费用也较低。水位、雨量等信息在绝大多数测站实现了自动采集与传输,水文信息传输主要通过公共通信网,其中 60%以上通过卫星,可每半小时自动传输信息,或通过召测方式随时收集水文信息。

美国有 400 个洪水自动预警报系统,有 165 个多普勒雷达测雨站,控制面积覆盖全国,且每 15 min 收集一次信息,用于监测降雨和面雨量估算,并以雷达测雨信息计算的面平均雨量作为基本资料,对面雨量进行有效的修正和检验。

水资源及相关方面的管理是联邦政府资源管理的一个组成部分。全美国几乎所有江河湖泊历史的和最新的水文水质信息均可从国际互联网上以单个数据、表格或曲线图形等形式查到,信息公开、共享程度高。

1.3.2 取用水监测

经过多年的发展,发达国家通过调整工农业结构、降低成本以及对废水排放的严格限制,用水结构已基本趋于稳定,目前增长较快的就是城市居民和服务业用水。为此,政府多鼓励采取节水措施,推广家庭节水器具,改革水价,开展节水宣传等。

在取用水水量分配上,许多国家一般根据用水优先权来决策,一般规定家庭用水优先于农业和其他用水,在时间上则根据申请时间的先后被授予相应的优先权。当水资源不能满足所有需求时,水权等级低的用户必须服从于水权等级高的用户的用水需要。在美国等一些西方