

国家骨干高职院校建设项目教材

水 信 息 技 术

主 编 刘青娥

副主编 杨 芳 郑冬燕



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

要 容 内

国家骨干高职院校建设项目教材

水 信 息 技 术

主 编 刘青娥

副主编 杨 芳 郑冬燕



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书结合水文测验学基本原理与方法,根据水文勘测工岗位任务和职业能力的分析,构建了8个学习情景,设立了8个技能实训项目,内容涵盖了水文信息采集、数据处理、传输及信息管理的理论及实践指导。学习情境包括:水文站网与测站建设,降雨、水位、流量、蒸发及泥沙信息采集与处理,水文调查与水信息系统。

本书可作为高等职业教育水政水资源专业、水文与水资源工程专业的教材,亦可作为水利类其他专业本科生、研究生的选修教材或参考书,还可供从事水文、水资源、水环境及有关水利工程等方面的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水信息技术 / 刘青娥主编. -- 北京:中国水利水电出版社, 2013. 12
国家骨干高职院校建设项目教材
ISBN 978-7-5170-1618-2

I. ①水… II. ①刘… III. ①信息技术—应用—水文
学—高等职业教育—教材 IV. ①P33-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第318371号

书 名	国家骨干高职院校建设项目教材 水信息技术
作 者	主编 刘青娥 副主编 杨芳 郑冬燕
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
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 8.75印张 207千字
版 次	2013年12月第1版 2013年12月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	19.00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

前言

近代水文观测技术、计算机技术、通信技术等高新技术的应用,使水文信息的采集、处理、传输、发布已走向自动化、现代化的道路。为了适应水文测验工作这一发展的要求,在过去教学一直沿用的《水文测验学》基础上,编写适合高职类水资源专业的《水信息技术》教材,力求在理论上尽量反映国内外水文信息技术的发展水平和趋势,在技能实训方面尽量做到任务细化分解,操作规范可行。

《水信息技术》课程是水政水资源管理专业的职业核心能力课,以培养职业技能为核心,但是并不采用以职业为导向的技能模块课程,而是定位于以工作为导向的工作过程课程。工作过程课程在教学上强调综合情境与项目化单位,采用项目教学及情景教学。项目导向的教学法其理论基础是建构主义以及美国教育家杜威提出的“从做中学”的教学原则。

通过对水文勘测工工作岗位任务和职业能力的分析,与珠江水利科学研究院、珠江水利委员会信息中心、广东省水文局三水水文观测站等企业合作制定课程标准,选取教学内容,确定教学情景,构建学习项目。依托广东水利电力职业技术学院水信息技术综合实训中心提供的模拟工作条件,以降雨、流量、水位、蒸发、泥沙要素的信息采集、传输、分析及应用等职业活动为导向,以真实的校园水文气象监测系统及山洪灾害防治非工程措施建设项目为案例,构建了8个学习情景;基于工作过程把8个学习情景分解为相应的工作任务。将完成工作任务所需的知识、能力、素质目标融入教学内容,并在教学中贯以行业规范、企业标准。做学结合,培养学生基于工作岗位的职业技术技能。每个教学情景均设有理论教学和实践教学两部分。

本书由广东水利电力职业技术学院刘青娥,珠江水利委员会杨芳、郑冬燕、赵旭升、杨跃共同编写。绪论、情景1、2、3、4、5由刘青娥编写,情景6由杨芳编写,情景7由郑冬燕编写,情景8由赵旭升、杨跃编写。全书由刘青娥统稿和修改定稿。本书编写过程中,得到了珠江水利科学研究院、珠江水利委员会信息中心、广东省水文局等部门及广东水利电力职业技术学院有

关领导、老师和实验技术人员的大力支持和帮助，在此表示谢意。武汉大学魏文秋教授和张利平教授，三水水文站何兰对本书的编写给予了大力支持，谨表特别感谢。在本书中引用了有关书刊的内容和资料，在此向有关作者致谢。

由于编者水平所限，书中不妥或错误之处，欢迎读者批评指正。

编者

2013年10月

目录

前言

绪论	1
0.1 水文信息技术研究内容	1
0.2 水文信息技术发展简史	3
0.3 本课程的主要任务及学习方法	4
情景1 水文站网与测站建设	7
1.1 水文站网规划	7
1.2 水文测站分类	11
1.3 水文测站的建站	11
1.4 水文测站的日常工作内容	13
1.5 水文信息收集的基本途径	13
情景2 降雨信息采集与处理	16
2.1 降雨量表示方法	16
2.2 降雨量观测方法	17
2.3 降雨观测场地	20
2.4 降雨观测信息采集	22
2.5 降水量观测误差及控制	22
2.6 降雨量资料整编	24
实训项目1 虹吸式雨量计	26
实训项目2 翻斗式雨量传感器	32
实训项目3 遥测雨量站点建设	40
实训项目4 降水信息数据整理与分析	49
情景3 水位信息采集与处理	51
3.1 水位观测基面	51
3.2 水位观测方法	52
3.3 水位观测设备	53
3.4 水位观测信息采集	56
3.5 水位观测的误差来源与控制	57
3.6 水位观测数据整理分析	58
实训项目5 水位信息整理分析	62

情景4 流量信息采集与处理	64
4.1 基本概念	64
4.2 流量观测方法	66
4.3 流量测验的工作内容	68
4.4 流量信息整理分析	68
实训项目6 流速面积法测流	75
情景5 蒸发信息采集与处理	85
5.1 水面蒸发	85
5.2 土壤蒸发	89
5.3 植物散发	90
5.4 流域总蒸发	91
情景6 泥沙信息采集与处理	92
6.1 泥沙基本概念	92
6.2 泥沙信息采集方法	95
6.3 泥沙观测误差	100
实训项目7 悬移质水样处理	102
情景7 水文调查	105
7.1 洪水调查	105
7.2 暴雨调查	108
7.3 枯水调查	109
情景8 水信息系统	113
8.1 水信息系统基本概念	113
8.2 水雨情自动监测系统	114
8.3 山洪灾害防治预警系统	116
实训项目8 水雨情自动监测系统	121
参考文献	133

绪 论

水文学是地球物理科学的一部分,它研究自然界各种水体(大气水、地表水、地下水)的存在、分布、循环、物理化学性质,以及水体对环境的影响和作用,包括对生物特别是人类的影响。按照水体所处的位置和特点的不同,水文学可分为水文气象学、河流文学、湖泊水文学、海洋水文学(海洋学)、地下水文学等。

水文要素是指构成某一地点在某一时间水文状况的必要因素,包括描述水文现象的各种水文变量。由自然界中各种水体的循环变化所形成的自然现象称为水文现象。例如:降雨、蒸发、下渗、径流等。水文变量主要包括,降雨、水位、流量、蒸发量、下渗量、含沙量、水温、冰凌和水质等。

水文信息技术是水文学的重要组成部分,它是研究如何测定自然界的水循环于陆地过程中各种水文要素变化规律的一门科学,属于测定技术的范畴。有人作出“没有测定技术就没有科学”的评语,不是没有道理的。水文信息技术的前身称为水文测验学。随着测验技术和信息技术的结合与发展,逐渐形成了以水文测验为基础的水文信息技术。

0.1 水文信息技术研究内容

水文信息技术也叫水文要素信息采集与处理技术,是研究各种水文要素信息的测量、计算、数据处理与管理的原理及方法的一门学科。它的任务是:根据国民经济发展的需要,进行水文站网的规划与测站布设;通过定位观测、巡回测验、自动遥测、水文调查等方法,对各种水文要素(如水位、水温、冰凌、流量、泥沙、降雨、蒸发、水质等)进行定量观测和分析;按照行业规范,对测量(采集)的水文信息进行计算、处理;将整编好的水文信息以水文年鉴或电子水文年鉴的形式进行发布;通过水信息系统对水文信息加以管理和应用。

水文信息技术所研究的内容主要有以下几方面。

0.1.1 站网规划理论

站网规划理论包括站网规划和测站布设。为了能收集到大范围内的基本水文资料,为国民经济各部门建设服务,必须科学而经济地规划布设足够数量的水文测站,开展对水文要素的定位观测。这些水文站点构成了“探索区域性水文规律的控制观测体系”,称之为水文站网。合理地规划布设水文站网,是水文测验工作首先要解决的重要问题。

我国水文站网于1956年开始统一规划布设,经过多次调整,布局已比较合理,但尚难完全符合客观的水文规律和国民经济不断发展的需要,还必须不断加以调整、补充,使之日趋完整、合理。



进行定位观测的水文站,是在有关河道上经过选择而布设的有关河段。各水文站的地理位置在站网规划时已大致被确定。但是,水文站落实到哪一段河道,尚需经过勘测并根据地形、地貌、河床稳定情况、水流流向以及测站控制原理所要求的条件来选定。

0.1.2 水文测验技术标准的拟定和修订

对上述水文站网所属各水文站,必须拟定统一的观测技术标准(如各种水文要素的测算方法,仪表设备使用的技术规程、观测时制和精度要求等),使之按此标准去搜集资料,所得成果才能起到站网控制观测的作用。否则,各站观测成果精度不一、项目不全、时制不同等等,用这样的资料就难以分析出区域的水文规律,也就失去了布站进行控制观测的作用。

我国在 20 世纪 50 年代就拟定了水文测验规范,并经过 60、70 年代的两次修订,该技术标准对保证我国 20 世纪 50~80 年代的国家基本水文资料的质量起到了重要作用。随着科学技术的发展,国民经济建设对水文资料的要求不断变化,以及国际水文测验技术的交流,原有的技术标准就难以与新形势相适应,将它进行修订、改革是完全必要的。国际间已成立有“国际标准化组织”(简称 ISO)和“世界气象组织”(简称 WMO)都从事水文观测技术标准的研究。我国在 20 世纪 80 年代以后,积极研究和引进有关国际标准,结合我国的实际情况和科学技术发展的要求,不断修订我国的水文测验规范,为发展我国水文测验技术起到了促进作用。

0.1.3 水文信息采集

水文信息采集的项目有:水位、流量、泥沙、降雨、蒸发、冰凌、水温、地下水位以及有关的气象信息等。

水文信息采集有两种情况:一种是对水文事件当时发生情况下实际观测的信息,另一种是对水文事件发生后进行调查所得的信息。

在水文站上定位观测的信息属于对水文事件当时发生情况下实际观测的信息。为此,需要研究观测各种水文要素的适用仪器设备及其使用技术,水文要素的测算原理和施测方法等。搜集原始水文资料的主要目的,在于能用它整编出理想的水文年鉴,以提供给有关部门应用。因此,在日常观测工作中,必须根据水文年鉴整编方案的要求,采取技术措施去获取理想的原始资料。由于水文要素之间的关系或单个水文要素都随着时间和影响因素的变化而变化,若不能测出整个变化过程,则需采用“抽样”测法,以取得代表该变化转折点的资料,来满足进行年度整编所需要的理想资料。为此,除采取上述有关技术措施外,尚需研究所谓“测次”和“施测时机”问题。

由于自然界地理环境的平面变化大和水文现象的随机性强等特点,仅靠站网布局的定位观测,有时难以观测到全面而切实的基本水文资料。以暴雨观测为例,由于暴雨中心的降落位置游移不定,因此雨量站网所布局的雨量站,不一定能观测到每场暴雨的最大暴雨量,特别在缺乏雨量站网的历史时期,漏测最大暴雨量的情况就更为严重。但暴雨资料非常宝贵,这就需要辅以水文调查的办法,去取得资料,以弥补定位观测的不足。暴雨观测如此,其他水文要素的观测亦同样需要开展相应的水文调查工作。水文调查是对水文事件



发生后进行调查,以获取水文信息。

0.1.4 水文信息数据处理

各种水文测站采集的水文信息原始数据,都要按科学的方法和统一的格式整理、分析、统计、提炼成为系统、完整且有一定精度的水文信息资料,供有关国民经济部门应用。这个水文信息数据的加工、处理过程,称为水文信息数据处理。

水文信息数据处理的工作内容包括:收集校核原始数据,编制实测成果表,确定关系曲线,推求逐时、逐日值,编制逐日表及水文信息要素摘录表,进行合理性检查,编制整编说明书。

0.1.5 水文信息的传输与管理

布置在流域(区域)上的雨量站、水位站和水文站,采集了大量的水文信息资料,如何将这些信息迅速、实时地传输到流域(区域)或全国的水文信息中心,又如何将这些信息供给有关部门应用,这就涉及水文信息的传输和管理。目前,水文部门采用了多种通信手段(有线与无线的,微波与卫星通信等)进行水文信息的传输,研制了不同功能的信息管理系统对水文信息进行管理,并正在形成全国、流域和省(市、区)计算机网络中心,统一进行水文信息传输、交换和管理。

0.2 水文信息技术发展简史

回顾历史,水文信息技术的发展主要经历了萌芽、奠基、应用水文及现代水文四个阶段。

0.2.1 萌芽时期(远古至1400年)

人们开始进行原始的水文观测,积累原始的水文知识,标志着水信息技术开始萌芽。我国水文信息技术有着悠久的历史。早在4200多年以前的夏禹治水,是观察了河流的水文变化情势,认识到“顺水之性”,采用了疏导之策取得成功。公元前3世纪的《吕氏春秋·圉道》中准确而朴素地对水文循环的定性描述,与后世的定量证明完全相符,为后许多史学家推崇备至。公元前3世纪,李冰父子在四川修建的都江堰水利工程,设置了3个石人水则,分别观测内江、外江和渠首的水位,并巧妙地利用当地地形,合理解决了分洪、排沙和灌溉、航运等水文问题。

0.2.2 奠基时期(1400—1900年)

近代水文仪器的发明使水文观测进入了科学定量观测阶段。1663年,C.雷恩发明了翻斗式自记雨量计;1687年,E.哈雷发明了水面蒸发器;1790年,E.沃尔特曼发明了流速仪;1870年,T. G.埃利斯发明了旋桨式流速仪;1882年,W. G.普赖斯发明了旋杯式流速仪。

随着观测技术的改进,这一时期近代水文科学理论开始逐步形成。1762年,意大利



P. 弗里西著《河流水文测验方法》。19 世纪末,一些国家开始出版年鉴。

0.2.3 应用水文学时期(1900—1950 年)

进入 20 世纪,在观测方法、理论体系及研究领域(实用方面)都取得了新成就。

我国现代水文测验工作始于 19 世纪中叶。帝国主义为控制我国沿海和内河航运,于 1865 年在汉口等地设站观测水位和雨量;并在之前的 1841 年在北京开始了雨量观测;始建于 1910 年的海河小孙庄水文站最先采用浮标法测流;最早使用流速仪测流的测站是 1915 年设站的淮河蚌埠水文站;1919 年在黄河设站观测水位、流量和含沙量。

0.2.4 现代水文学时期(1950 年至今)

在中华人民共和国成立以前,我国水文站网缺乏统一规划,设备落后,至 1949 年全国各种水文站点仅 2600 处(未包括台湾省的数字,下同),其中水文站仅 148 处,且分布很不合理,资料残缺不全,未经整编,无法使用。

中华人民共和国成立后,随着国家建设的发展,水文测验工作有了很大的进步和提高,全国已建立起较为完整和科学的站网体系。据不完全统计,全国现有基本水文站 3040 处,水位站 1093 处,雨量站 14190 处,水质站 2572 处,实验站 60 处,观测蒸发的 1500 处,测冰凌的 1100 处。同时,水文测验规范也在不断充实和完善。在 1955 年制定的《水文测站暂行规范》基础上,经过几次修订,统一了全国水文测验技术标准,推动了水文测验技术的不断发展。测验仪器设备不断更新改造,测验技术和方法明显提高。目前,水位或雨量自记站、水文测流缆道已占较大比例,长期水位或雨量自记、水位或雨量遥测、超声波测流、同位素测沙、光电测沙测流等新技术相继问世。我国从 20 世纪 80 年代初始建的水文自动测报系统和卫星数据采集与传输系统已有了很大发展,在大江大河的重点河段和 150 座大中型水库库区相继建立了 180 个水文自动测报系统,遥测站 1800 个;在四川渔子溪和大宁河两个流域进行了无人值守水文站和利用日本 GMS 卫星传输水文信息的试点工作;规划设计了用我国“风云 2 号”卫星采集和传输水文信息的方案;已建立了以水利微波干线组成的全国水文无线电通信网,水利卫星通信也在试点建设,各流域机构已配备了 Inmarsat(海事卫星)移动站。过去,我国水文测验资料都是以《水文年鉴》的形式刊印并发布,截至 1985 年,已刊印和发布年鉴 2200 册;1988 年后,全国各流域和省(市、区)水文机构都已配备了计算机,通用整编程序已鉴定并推广应用,全国分布式水文数据库正在逐步建设和完善,与观测手段相衔接,将形成完整的全国水文信息系统。现在,水文信息技术正朝着采集自动化、传输网络化、计算科学化、整编规范化的方向发展。

0.3 本课程的主要任务及学习方法

《水文信息技术》课程是高职高专类水政水资源管理专业的职业核心能力课,目标是为学生进行水文要素观测、数据信息分析及管理等专业活动,提供必备的专业知识和技能。学习完本课程的学生通过短期培训可申请《水文勘测初级工技能鉴定》考试。



虽然该课程以培养职业技能为核心,但是并不采用以职业为导向的技能模块课程,而是定位于以工作为导向的工作过程课程。工作过程课程在教学上强调综合情境与项目化单位,采用项目教学及情景教学。项目导向的教学法其理论基础是建构主义以及美国教育家杜威提出的“从做中学”的教学原则。

通过对水文勘测工工作岗位任务和职业能力的分析,与珠江水利委员会珠江水利科学研究院、广东省三水水文观测站等企业合作制定课程标准,选取教学内容,确定教学情景,构建学习项目。依托广东水利电力职业技术学院水文信息技术综合实训中心提供的模拟工作条件,以降雨、流量、水位、蒸发、泥沙要素的信息采集、传输、分析及应用等职业活动为导向,以真实的校园水文气象监测系统及山洪灾害防治非工程措施建设项目为案例,构建了八个学习情景;基于工作过程把八个学习情景分解为相应的工作任务。将完成工作任务所需的知识、能力、素质目标融入教学内容,并在教学中贯以行业规范,做学结合,培养学生基于工作岗位的职业技术技能。

每个学习情景均设有理论教学和实践教学两部分。学生必须同时完成理论知识点学习和实践项目操作两方面的教学任务。课程内容与学时分配见表0-1所列。

表0-1 本课程教学内容与学时分配

序号	学 习 情 景	知 识 要 求	参考课时
0	绪论	1. 掌握水文信息技术研究内容 2. 了解水文信息技术发展简史 3. 了解本课程教学内容及学时分配	2
1	水文站网与测站建设	1. 了解水文测站类型 2. 了解水文测站日常工作 3. 熟悉水文观测方法	4
2	降雨信息采集与处理	1. 了解降雨基本概念 2. 掌握降雨观测方法 3. 掌握降雨观测仪器及原理 4. 掌握降雨数据整理分析	16
3	水位信息采集与处理	1. 了解水位观测方法 2. 掌握水位观测仪器及原理 3. 掌握水位数据整理分析	4
4	流量信息采集与处理	1. 了解流量基本概念 2. 掌握流量观测方法 3. 掌握流量观测仪器及原理 4. 掌握流量数据整理分析	8
5	蒸发信息采集与处理	1. 了解蒸发观测方法 2. 了解蒸发观测仪器及原理 3. 掌握蒸发数据整理分析	4
6	泥沙信息采集与处理	1. 了解泥沙观测方法 2. 了解泥沙观测仪器及原理 3. 掌握泥沙数据整理分析	4



续表

序号	学习情景	知识要求	参考课时
7	水文调查	1. 了解水文调查内容 2. 了解水文调查方法	4
8	水信息系统	1. 了解水文信息系统构成原理 2. 了解校园水文信息监测系统 3. 了解山洪灾害防治预警系统	8
合 计			54

水文信息是水利工程建设、运行、管理、决策的重要依据。随着水文信息技术的不断发展，水文信息系统的建设和应用越来越广泛。水文信息系统是指利用现代信息技术，对水文信息进行采集、处理、存储、传输、展示和应用的系统。水文信息系统的建设和应用，对于提高水文工作的效率和质量，对于水资源的合理开发和利用，对于水灾害的防治和预警，都具有重要的意义。

水文信息系统的建设和应用，需要大量的水文数据。水文数据的采集，是水文信息系统建设的基础。水文数据的采集，可以通过人工观测、自动观测、遥感观测等多种方式进行。水文数据的处理，是水文信息系统建设的关键。水文数据的处理，包括数据的清洗、校正、转换、存储等操作。水文数据的存储，是水文信息系统建设的重要组成部分。水文数据的存储，可以采用数据库、数据仓库等多种方式进行。水文数据的传输，是水文信息系统建设的必要环节。水文数据的传输，可以采用有线传输、无线传输等多种方式进行。水文数据的展示，是水文信息系统建设的最终目的。水文数据的展示，可以采用图表、表格、地图等多种方式进行。

水文信息系统的建设和应用，需要大量的专业人才。水文专业人才的培养，是水文信息系统建设的重要保障。水文专业人才的培养，需要加强水文基础理论的教学，需要加强水文信息技术的教学，需要加强水文工程实践的教学。水文专业人才的培养，还需要加强水文专业与其他相关专业的交叉融合，需要加强水文专业与国际先进水平的交流与合作。

水文信息系统的建设和应用，需要大量的资金投入。水文资金投入的不足，是制约水文信息系统建设和应用的主要因素。为了加大水文资金投入，需要政府、企业、社会等多方共同努力。政府可以通过财政拨款、设立专项基金等方式，加大对水文事业的投入。企业可以通过技术创新、成果转化等方式，加大对水文事业的投入。社会可以通过捐赠、志愿服务等方式，加大对水文事业的投入。

0.3 水文信息系统的任务及学习方法

水文信息系统的任务，是收集、处理、存储、传输、展示水文信息，为水文工作提供决策支持。水文信息系统的任务，可以分为数据采集、数据处理、数据存储、数据传输、数据展示五个方面。水文信息系统的任务，需要大量的专业人才和资金投入。水文信息系统的任务，需要政府、企业、社会等多方共同努力。

水文信息系统的学习方法，是学习水文信息系统的理论知识、实践技能、职业素养。水文信息系统的理论知识，包括水文基础理论、水文信息技术、水文工程理论等。水文信息系统的实践技能，包括水文数据采集、水文数据处理、水文数据存储、水文数据传输、水文数据展示等。水文信息系统的职业素养，包括水文专业精神、水文职业道德、水文团队协作等。

情景 1 水文站网与测站建设

水文工作是国民经济建设和环境保护的一项前期工作和基础工作，以水文信息的采集、处理、传输和发布为主要任务。在流域内一定地点（或断面）按照统一标准对所需要的水文要素作系统观测以获取信息并处理为即时观测信息，这些指定的水文观测地点称为水文测站。水文测站在地理上的分布网称为水文站网。广义的站网是指测站及其管理机构所组成的信息采集与处理体系。

1.1 水文站网规划

水文测站设立的数目与当时当地的经济发展情况有关，如何以最少站数来控制广大地区水文要素的变化，与水文站布设位置是否恰当有着密切关系。研究水文站在地区上分布的科学性、合理性、最优化等问题，就是水文站网规划的任务，其目标应当是以最小的代价、最高的效率，使水文站网具有最佳的整体功能。所以，水文站网的规划是研究水文工作战略布局的学科，是水文科学中最为复杂的领域之一，其内容与方法，涉及水文科学的各个方面，并与社会经济问题密切相关。

为制定一个地区（或流域）水文测站总体布局而进行的水文站网规划，其基本内容有：进行水文分区；确定站网密度；选定布站位置；拟定设站年限，各类站网的协调配套；编制经费预算，制定实施方案。水文站网规划的主要原则是根据需要和可能，着眼于依靠站网的结构，发挥站网的整体功能，提高站网产生的社会效益和经济效益。

1.1.1 水文站网的分类

水文站网的分类，按测验项目可分为水位站网、流量站网、雨量站网、蒸发站网、泥沙站网、水质站网以及实验站网等；按管理体制和经办单位可分为国家站网、群众站网；按测站性质可分为基本站网和专用站网。

基本站网是综合国民经济各方面需要，由国家统一规划而建立的。这种站网依靠长期站和短期站观测所提供的信息样本，可以实现对水文情势在时间上和空间上的全面控制，满足国民经济建设对水文信息的需求。基本站的工作应根据国家颁布的水文测验技术规程进行观测、测验，获取的信息必须整编刊印或以其他方式长期存储。

基本站按其性质和任务的不同，可分为控制站、区域代表站、小河站和实验站。按各站测验精度的不同，又可分为三类，即Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类精度站。控制站是为探索水文特征值及其沿河长的变化规律和满足防汛需要而在大江大河上布设的水文站。区域代表站是为探索中等河流水文特征地区规律而在有代表性的中等河流上布设的水文站，用以解决中等河流水文信息在地区上的移用问题。小河站是为探索各种下垫面条件下小河径流变化规律而



在有代表性的小河上布设的水文站,并可解决小河水文信息在地区上的移用问题。实验站是为对某种水文现象的变化过程或某些水体进行全面深入的实验研究而设立的一个或一组水文测站,如径流实验站、湖泊水库实验站等。在国外,还有实验流域和水文基准站。前者是研究一个天然流域经过不同程度不同措施的人工治理后对水循环的影响;后者是研究在自然情况下水循环各因素长期变化的趋势。

基本站的精度等级与所在测站的水流特性、测验方法和精度控制指标有关。

专用站网是为某项工程或某专门目的而设立的,其观测项目、要求及测站的撤销与转移,可由该部门自行规定。

基本站网与专用站网相辅相成。专用站在面上是基本站的补充,而基本站在时间系列上辅助专用站。

基本站网建立后,其站址变动应慎重考虑,但不是一成不变的,而是应当根据经济发展的需要和测站的实际作用不断加以补充和调整,以满足经济建设和科学研究对水文信息的需要。

1.1.2 基本水文站网布设原则

基本水文站网布设的总原则是最经济、最合理的测站数,采集流域中各种水文信息,经过整理分析后,达到可以满足内插流域中任何地点水文要素特征值的需要。

基本水文站网中,流量站网是最重要的站网,也是各种站网的基础。因此,重点介绍流量站网,并简要地介绍水位站网、泥沙站网。

1. 基本流量站网布设的原则

(1) 线的原则。

适用于流域面积超过 5000km^2 的大河(南方河流大于 3000km^2 可作为大河)干流。沿河相邻站址距离要满足径流特征值沿河长插补的精度要求,并满足沿河长进行水文情报预报的要求。

由于实测流量均含有误差,因此,上、下游相邻站之间应有适当间距。其所增加的区间径流量,不小于上游测站径流量的 $10\%\sim 15\%$ 。如图 1-1 所示,

R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 及 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 分别代表 1、2、3、4 站的径流量及其所控制的集水面积。则

$$\frac{R_2 - (R_1 + R_3 + R_4)}{R_1 + R_3 + R_4} > (10\% \sim 15\%) \quad (1-1)$$

如果流域产流比较均匀,自然地理条件比较一致,可用流域面积来代替区间径流量进行估算:

$$\frac{A_2 - (A_1 + A_3 + A_4)}{A_1 + A_3 + A_4} > (10\% \sim 15\%) \quad (1-2)$$

规划时应从河流上游开始。布设测站时,按上游稀下游密的原则进行。在河流水量最大的地方或沿河长水量有显著变化处应设站。预计将修建水利工程的地段,一般应布站观



测。例如河流下游在入汇口之前的水量最大处,应布设测站。

(2) 区域原则。

根据气候、下垫面等自然地理因素或年降水与径流关系以及流域模型的产、汇流参数等因素综合考虑进行水文分区,在水文分区内选择代表性较好的流域布设测站,这就是区域原则。适用于流域面积为 $200 \sim 5000 \text{ km}^2$ (南方河流可为 $200 \sim 3000 \text{ km}^2$) 的中、小流域。这些测站的资料,可以用来进行相似河流的水文计算或移用到下垫面条件相似的无资料地区。

在进行具体分区时,要根据各地实际情况而定。以下一些地点,是较好的水文区界:高的分水岭,对潮湿空气起阻碍作用,使迎风面与背风面的降水发生明显变化;地形转折点,如平原、丘陵、山区的分界处;植被条件变化界,如林区、草原区、农业区等分界处;地质条件显著变化界及较大面积的湖泊区、沼泽区的区界等。

(3) 分类原则。

适用于流域面积小于 200 km^2 的小河。这类河流数目不少,用区域原则布站不经济。虽然这类小河流域特性差异较大,但小流域的植被、土壤、地质等因素比较单一,占主导地位的某单项因素,可较灵敏地直接影响径流的形成和变化。流域越小,单项因素的影响越显著。因此,应按下垫面分类原则来布站,即按自然地理条件如湿润地区、沙漠、黄土高原等划分大区;按植被、土壤、地质等下垫面因素进行分类;同一类型按流域面积大小分级,并考虑流域坡度、形状等因素进行布站。布站的数量,以能妥善确定产、汇流参数的要求为准。据此布设的小河站所收集的资料,可移用到无水文资料的相似小河上。

此外,在站网规划时,还应考虑国民经济开发远景,水源开发价值及设站历史较长测站的处理等。布站时的一般原则是:边远地区、暂不开发地区的站网密度可稀些;洪水组成复杂地区可密些;尽可能保留历史较长的站,以利于资料系列的延长。布站时还应注意雨量站与流量站的配合。

2. 基本水位站网布设原则

在河流的中、上游,除因所布流量站的站距太长,需增设水位站外,一般不布设基本水文站。但在堤防段、潮水河段、水网地区及水库湖泊地区,由于不需要或不宜布设流量站,为掌握水情的变化,需要规划布设基本水位站。

河流上布设基本水位站的地点有:拟建而尚未建立基本流量站,设水位站作为过渡性测站的地区;大支流入汇后的干流上;经常发生洪水的、众多支流入汇后的干流上,堤防段和重要工矿、城镇需要进行洪水预报的地区,有大量泉水或地下水补给河段的下游;河流纵比降有明显转折处及较大水上建筑物的上、下游。

3. 基本泥沙站网布设原则

河水挟带的泥沙主要来自两岸地表,其含沙量的多少与流域土质、坡度、植被等有密切关系,在布设泥沙站网时,必须充分考虑流域的产沙特性及规律。

对于年平均含沙量在 $0.05 \sim 0.1 \text{ kg/m}^3$ 以上的河流,可考虑布设基本泥沙站,并结合流量站网布设。为了满足绘制侵蚀模数等值线图的要求,基本泥沙站在流域上宜均匀分布,但沙量大的地区可密些,沙量小的地区可稀些。对已建、拟建水库或灌区引水口上游



的基本流量站,应考虑布设基本泥沙站。

水质监测站的布设,应以监测目标、人类活动对水环境的影响程度和经济条件这三个因素作为考虑的基础。

1.1.3 水文站网的调整

由于大规模的人类活动影响改变了天然河流的产流、汇流、蓄水及来水量等条件,水文站网应进行适当的调整和补充。近十多年来的大量研究提出了一些调整的方法和途径。

1. 水库站作区域代表站

对一些库形条件好,库面整齐,库水位具有代表性的水库站,在改善观测部署和提高测验精度的条件下,能使水库观测资料通过某种途径和方法,转化为天然河道情况下的径流资料时,可将这种水库站作为区域代表站。

2. 大型水库建成后的站网布设

可按坝址上、下游分别考虑布站。在坝址以上为满足水库管理运用、改进规划设计的要求,布设入库站及其他水文站;在坝址下游布设出库站及其他专题研究站。

3. 平原水网区水文站网的布设

按水量平衡原则,将整个水网区用测验、巡测封闭线分成若干小区。在测验、巡测线上流量变化较大,反应灵敏,有代表性处建立基本站,长期驻测;在线上其他进出口上设立巡测站,按变化情况分级测验,再与基本站建立相关关系,以推算流量。

4. 对上游受水利工程影响较大的区域代表站与控制站的站网调整

根据上游工程建设实际情况,按产生影响程度的大小增设专用站及巡测站,并配合开展定期水文调查,取得径流还原资料。

1.1.4 站网布设中存在的问题

我国水文站网于1956年开始统一规划布站,经过多次调整,布局已比较合理,取得了显著成绩,对国民经济发展起着积极作用。但随着我国水利水电发展的情况,大规模人类活动的影响,不断改变着天然河流产汇流、蓄水及来水量等条件,致使现有的水文站网布设中,还存在一些问题有待解决。

1. 优化站网布设的研究

优化站网布设是指在站网布设中,使不同职能的基本站点,不论在数量、空间分布、相互搭配上,还是在观测时限、观测手段和信息传递上,都能以最小的代价、最高的效率,搜集质量合格的水文信息。按我国站网的现状和经济发展水平,在今后较长时期内仍需增站。因此,及早研究优化站网途径,以减少增站的盲目性是很重要的。

2. 基本站网不足,密度较低

我国水文站网密度仅为 3.5 站/万 km^2 ,而世界的均值为 4.0 站/万 km^2 。世界气象组织建议的容许最稀站网密度,在平原地区为 $1000\sim 2500\text{km}^2/\text{站}$,山区为 $300\sim 1000\text{km}^2/\text{站}$ 。我国尚未达到这个要求,而且站点分布很不均匀,特别是西部地区,每 1 万 km^2 站数不足 1 个,不能满足生产的需要。