


3S技术在辽宁水利中的实践

李 趋 王振颖 孟晓路 主编

 辽宁科学技术出版社
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

GPS
RS
GIS

3S 技术在辽宁水利中的实践

李 趋 王振颖 孟晓路 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

3S技术在辽宁水利中的实践 / 李趋, 王振颖, 孟晓路主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2011.12

ISBN 978-7-5381-7306-2

I. ①3… II. ①李… ②王… ③孟… III. ①水利遥感—辽宁省 ②地理信息系统—应用—水利调查—辽宁省 ③全球定位系统—应用—水利调查—辽宁省 IV. ①TV211

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第278957号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

幅面尺寸: 145mm × 210mm

印 张: 8.5

字 数: 200千字

印 数: 1 ~ 1000

出版时间: 2011年12月第1版

印刷时间: 2011年12月第1次印刷

责任编辑: 李伟民

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 辛 晶

书 号: ISBN 978-7-5381-7306-2

定 价: 50.00元

前 言

21 世纪的中国，经济、社会以及信息技术日新月异。水利信息化在这股浪潮的推动下，得到飞速发展，并推动了水利现代化的进步。水利信息化的实质是要充分利用现代信息技术，深入开发和广泛利用信息资源，促进信息交流和资源共享，实现各类水利信息及其处理的数字化、网络化、集成化、智能化，全面提升水利为国民经济和社会发展服务的能力和水平。水利信息化可以提高信息的实时采集与处理能力，提高信息资源的应用水平，并辅助决策分析，全面提高水利建设的效率，在防汛抗旱、水资源管理、水土保持、农村水利等方面的应用有巨大的潜力。

2000 年后，随着信息化发展进程的加快，以应用遥感（RS）、地理信息系统（GIS）及全球定位系统（GPS）为基础的 3S 技术在水利行业中的应用越来越普遍。在全国水利信息化整体加速发展的带动下，辽宁省也结合自身的特点与优势，以《辽宁省水利信息化规划》为依据，全面开展了水利信息化建设。3S 技术已成功应用于辽宁省水利行业的方方面面，如防汛抗旱、水资源管理、水利工程管理、水质水量调度、水污染突发事件应急管理等，3S 技术为辽宁省水利行业更好地服务于人民生活提供了强大的技术支持。

本书以辽宁省水利信息化中取得的进展为背景，简要介绍了 3S 技术的理论基础，选取辽宁省水利行业近年来所建立的一系列

服务于水利比较有特色的管理系统为案例，阐述了3S技术应用于这些系统中所发挥的作用及应用手段等。在案例的选择上，本书有意选取了与辽河流域、太子河流域相关的管理系统，展示了辽河流域水质水量优化调配技术及示范研究的一些成果。本书旨在抛砖引玉，为普及3S技术在水利行业中的实践及应用等提供可借鉴的素材。

本书由李趋、王振颖策划、组织和协调，孟晓路负责组稿。具体章节编写人员为：第1章由董婷婷、孟晓路、于梅艳等编写，第2章由马涛、任聃、雷炎、李伟等编写；第3章由董婷婷、张勤、王志坤、杨洵等编写；第4章由曹丽娜、武玉峰、黄猛、尉光等编写；第5章由曹丽娜、黄猛、雷明、赵博等编写；第6章由雷宏军、徐建新编写；第7章由刘晓波、吴文强、孟晓路等编写。

本书集合了国家水体污染控制与治理科技重大专项（水专项）河流主题：辽河流域水污染综合治理技术集成与工程示范项目（2008ZX07208）辽河流域水质水量优化调配技术及示范部分研究成果，并得到了国家水专项办公室的资助，在此表示感谢。在本书的编写过程中，辽宁省水利水电科学研究院、中国水利水电科学研究院、华北水利水电学院、辽宁省水文水资源勘测局均给予了大力支持，在此对有关单位及人员表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编写人员水平有限，书中难免有不妥之处，敬请批评指正。

编者

2011年12月

目 录

1	3S技术理论基础	001
1.1	3S技术基础	001
1.1.1	全球定位系统	001
1.1.1.1	全球定位系统的组成	002
1.1.1.2	全球定位系统的工作原理	006
1.1.1.3	全球定位系统的特点	012
1.1.2	遥感	013
1.1.2.1	遥感及其特点	013
1.1.2.2	常用的遥感软件	015
1.1.3	地理信息系统	021
1.1.3.1	地理信息系统及其功能	021
1.1.3.2	地理信息系统开发	029
1.1.3.3	网络地理信息系统 (WebGIS)	034
1.1.3.4	地理信息系统中常用的软件介绍	043
1.2	3S技术在水利行业中的应用	052
1.2.1	全球定位系统在水利行业中的应用	052
1.2.1.1	防汛减灾	052
1.2.1.2	水资源信息实时监控	054
1.2.1.3	在河道演变和滩区开发方面的应用	054
1.2.1.4	在水土保持和生态建设方面的应用	055

1.2.1.5	在水利水电工程中的应用	058
1.2.2	RS技术在水利行业中的应用	062
1.2.2.1	在防洪减灾中的应用	062
1.2.2.2	在旱情监测中的应用	070
1.2.2.3	在土壤侵蚀监测中的应用	077
1.2.3	地理信息系统在水利行业中的应用	083
1.2.3.1	在防汛抗旱中的应用	084
1.2.3.2	在水资源管理中的应用	089
1.2.3.3	在水环境中的应用	093
1.2.3.4	在水土流失中的应用	098
1.2.3.5	在水利工程中的应用	102
1.3	3S技术在辽宁水利中的应用现状	105
1.3.1	辽宁省概况	105
1.3.1.1	地理位置	105
1.3.1.2	地形地貌	106
1.3.1.3	河流水系	107
1.3.1.4	气候特征	109
1.3.1.5	社会经济	110
1.3.1.6	水利工程	111
1.3.2	3S技术在辽宁省水利信息化中的应用现状	112
1.3.2.1	防汛	112
1.3.2.2	抗旱	113
1.3.2.3	水资源管理	113
1.3.2.4	水利工程管理	115
1.3.2.5	水质水量联合调度	116

2 辽宁省防汛信息管理系统	117
2.1 研究背景	117
2.1.1 项目背景	119
2.2 系统建设	121
2.2.1 系统总体结构	121
2.2.2 系统建设内容	122
2.3 系统功能	127
2.3.1 地图操作	127
2.3.1.1 基本操作	127
2.3.1.2 保存图像	128
2.3.1.3 图层控制	128
2.3.2 信息查询	128
2.3.3 管理分析	129
2.3.3.1 统计分析	129
2.3.3.2 测量换算	129
2.3.4 辅助管理	129
2.3.4.1 事务管理	129
2.3.4.2 信息管理	129
2.3.5 信息维护	130
2.3.6 权限管理	130
2.3.7 打印输出	130
2.4 技术创新	131
3 辽宁省旱情监测管理系统	132
3.1 研究背景	132
3.2 系统建设	134
3.2.1 系统建设目标	134

3.2.2	系统建设内容	136
3.2.2.1	基于水文站的旱情监测子系统	136
3.2.2.2	基于遥感的旱情管理子系统	138
3.2.2.3	农业旱情监测预警子系统	140
3.2.2.4	城市旱情监测管理子系统	141
3.2.2.5	因旱饮水困难监测管理子系统	143
3.2.2.6	生态旱情监测管理子系统	144
3.2.2.7	抗旱业务管理子系统	145
3.3	数据库建设	145
3.3.1	基于水文站的旱情监测管理数据库	146
3.3.2	旱情监测预警遥感数据库	147
3.3.3	专题数据库	147
3.3.4	抗旱基础数据库	149
3.4	模型库建设	150
3.4.1	目标干旱指标评价	150
3.4.2	土壤湿度反演模型	152
3.4.3	农业旱情评估	159
3.4.4	城市干旱缺水率	162
3.4.5	生态核心区缺水率	163
3.5	实施效益	163
4	辽宁省水利工程管理信息系统	165
4.1	研究背景	165
4.2	系统总体设计	166
4.2.1	系统建设结构	166
4.2.2	系统建设内容	167
4.3	数据库构建技术	168

4.3.1	数据库建设标准	168
4.3.2	数据库建设原则	171
4.3.3	数据库总体设计	172
4.3.4	数据库编码	172
4.3.5	数据库安全	182
4.3.5.1	物理安全	182
4.3.5.2	逻辑安全	183
4.4	系统功能	184
4.4.1	河流数据管理	184
4.4.2	水库数据管理	185
4.4.3	水文控制站管理	185
4.5	成果推广	186
5	太子河流域重点城市水资源与节约用水信息管理系统	187
5.1	研究背景	187
5.2	辽阳市水资源管理基本情况	188
5.3	系统总体设计	190
5.3.1	系统建设结构	190
5.3.2	系统建设内容	191
5.3.2.1	实时监测信息管理子系统	191
5.3.2.2	行政许可和审批子系统	194
5.3.2.3	取水许可监督管理子系统	195
5.3.2.4	总量控制与计划用水子系统	196
5.3.2.5	节约用水及定额管理子系统	197
5.3.2.6	水功能区划与纳污总量管理子系统	198
5.3.2.7	城乡水务管理子系统	199
5.3.2.8	水资源费征收管理子系统	200

5.3.2.9	地热水管理子系统	201
5.3.2.10	水资源管理机构及专家管理子系统	201
5.3.2.11	水资源政策法规管理子系统	202
5.4	关键技术应用	203
5.4.1	系统开发平台	203
5.4.2	GIS平台	203
5.5	功能展示	205
5.5.1	场景展示	205
5.5.2	功能展示	206
5.5.2.1	系统界面	206
5.5.2.2	图形处理功能	209
5.6	技术创新	211
6	太子河流域水质水量联合调度管理系统	214
6.1	研究背景	214
6.2	太子河流域基本概况	215
6.3	系统总体设计	217
6.3.1	系统建设结构	217
6.3.2	系统建设内容	217
6.3.2.1	仿真模型管理模块	217
6.3.2.2	方案管理模块	224
6.3.2.3	空间分析模块	224
6.3.2.4	数据管理模块	226
6.4	系统功能	228
6.4.1	数据查询与统计	228
6.4.2	水质水量联合调度方案生成	229
6.4.3	调度效用评价	230

6.4.4	三维飞行浏览	231
6.4.5	水质状况动态演示	232
6.5	实施情况	233
7	太子河流域水污染突发事件应急调度管理信息系统	234
7.1	研究背景	234
7.2	系统总体设计	235
7.2.1	系统建设结构	235
7.2.2	系统建设内容	237
7.2.2.1	应急调度基础信息数据库	237
7.2.2.2	风险源识别成果库	243
7.2.2.3	水质仿真模型	244
7.2.2.4	水力调度管理	245
7.2.2.5	模型库管理	245
7.3	系统功能	248
7.3.1	空间数据管理	248
7.3.2	属性数据管理	249
7.3.3	河流断面编辑	252
7.3.4	模型成果分析	252
7.3.5	三维仿真平台功能	253
7.4	实施情况	254
	参考文献	256

1 3S 技术理论基础

遥感 (RS)、全球定位系统 (GPS) 和地理信息系统 (GIS) 共同组成了“3S”技术,“3S”技术在当今的水利信息化建设中发挥了不可估量的作用。在3S技术中,遥感与全球定位系统主要功能是获取数据,地理信息系统用来处理和分析,因此前两者被比喻为眼睛,后者被比喻成大脑。

1.1 3S 技术基础

1.1.1 全球定位系统

全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 是美国从20世纪70年代开始研制,历时20年,耗资200亿美元,于1994年全面建成,具有在海、陆、空进行全方位、实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。

全球定位系统的用途主要包括以下三方面内容:①陆地应用。主要包括车辆导航、应急反应、大气物理观测、地球物理资源勘探、工程测量、变形监测、地壳运动监测、市政规划控制等;②海洋应用。包括远洋船最佳航程航线测定、船只实时调度与导航、海洋救援、海洋探宝、水文地质测量以及海洋平台定位、海平面升降监测等;③航空航天应用。包括飞机导航、航空

遥感姿态控制、低轨卫星定轨、导弹制导、航空救援和载人航天器防护探测等。

全球定位系统在水利信息化中的用途主要是直接获取时间、经度、纬度和高程信息，这些信息在防汛减灾、水资源信息实时监控、河道变迁、滩区开发、水土保持、生态建设、水利水电工程等方面均发挥了重要的作用。随着全球定位系统技术的日益更新和水利信息化需求的不断提升，全球定位系统在水利信息化中应用的领域将不断拓宽、定位和导航的精度逐渐提高、普及程度也将随之提高。

1.1.1.1 全球定位系统的组成

全球定位系统主要包括三大组成部分，它们是空间星座部分、地面监控部分和用户设备部分（图1-1）。这三个部分对全球定位系统的正常工作所起的作用各不相同，缺一不可。

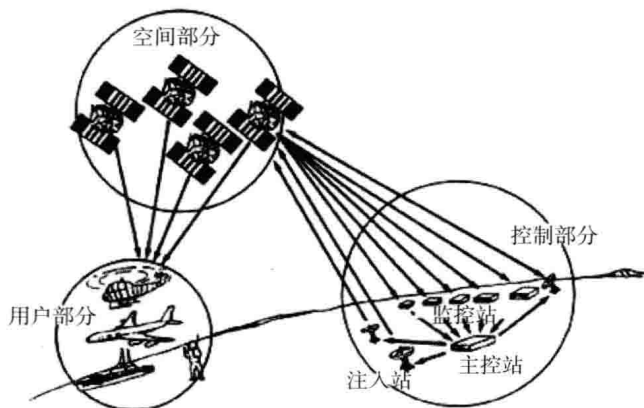


图1-1 全球定位系统组成

1. 空间星座部分

1974年美国发射了第一颗GPS导航技术实验卫星，随后在

1978—1985年间先后发射了11颗Block I型实验卫星；1989年发射了第一颗Block II型工作卫星，到1994年3月累计将9颗Block II型和15颗Block II A型工作卫星送入轨道，从而建成了由24颗卫星组成的GPS星座，其中包括21颗工作卫星和3颗在轨备用卫星，记作(21+3)GPS星座。它们分布在离地高约20 200km的6个近似于圆形的轨道上，每个轨道4颗，轨道面倾角为 55° ，各轨道间的交角为 60° ，即轨道的升交点赤经各相差 60° ，每个轨道平面内各颗卫星之间的升交角距相差 90° ，一轨道平面上的卫星比两边相邻轨道平面上的相应卫星超前 30° ，轨道的长半轴为26 560km，卫星运行周期为11小时58分，即每颗卫星每天绕过您的头顶两次，每次在观测者可视范围内的运行时间约为5小时。由于每个轨道上的卫星不是均匀分布的，且在轨道的不同位置的运行速度也不相同，所以同时出现在地平线以上的卫星数目随时间和地点而异，最少为4颗，最多可达11颗。在我国境内全天有50%的时间能见到7颗，29%的时间能见到6颗，17%的时间能见到8颗，4%的时间只能见到5颗。GPS卫星在空间上的配置，保障了在地球上任何地点、任何时刻均至少可以同时观测到4颗卫星，加之卫星信号的传播和接收不受天气的影响，因此GPS是一种全球性、全天候的连续实时定位的系统。空间星座中的3颗备用星可在必要时根据指令替代发生故障的卫星，这对GPS系统的高效、稳定运行起到了保障作用。

GPS卫星的基本功能如下：

- (1) 执行地面监控站的控制指令，接收和储存由地面监控站发来的导航信息。
- (2) 向GPS用户发送导航电文、年代导航和定位信息。
- (3) 通过高精度原子钟（铷钟和铯钟）向用户提供精密的时

间标准。

(4) GPS卫星上设有微处理机,可进行必要的数据处理工作。并可根据地面监控站指令,调整卫星姿态、启动备用卫星。

2. 地面监控部分

用户是根据GPS卫星为动态已知点来进行导航定位的,卫星位置的提供、卫星上各种设备是否正常工作、各颗卫星是否处于同一时间系统,这些都需要地面控制系统进行监测和控制。地面监控系统包括一个主控站、3个注入站和5个监控站。主控站位于美国科罗拉多州的空军基地;3个注入站分别位于大西洋、印度洋和太平洋;5个监控站除了与主控站和注入站同设一处的4个站外,还有1个设在夏威夷。另外,美国国防制图局还在中国、澳大利亚、英国、阿根廷等世界7个地方设立了GPS跟踪站。

主控站是整个GPS系统的“中枢神经”。主控站除了协调和管理所有地面站监控系统的工作外,其主要任务是:

(1) 根据该站和其他监测站的所有观测资料推算和编制各卫星星历、卫星钟差和大气层的修正参数等,并把这些数据传送到注入站。

(2) 提供GPS系统的时间基准、各监测站和GPS卫星的原子钟均应与主控站的原子钟同步或测出其间的钟差,并把这些钟差信息编入导航电文送到注入站。

(3) 调整偏离轨道的卫星,使之沿预定的轨道运行。

(4) 启用备用卫星以代替失效的工作卫星。

注入站的主要设备包括一个大型天线、一台C波段发射机和计算机。它的主要任务是在主控站的控制下,将主控站推算和编制的卫星星历、钟差、导航电文和其他控制指令等注入相应的卫星存储系统,并监测注入信息的正确性。

监测站是主控站直接控制下的数据采集中心。它的主要作用是对 GPS 卫星数据和当地的环境数据进行采集、存储并传送给主控站。站内设有双频 GPS 接收机、高精度原子钟、计算机各一台和若干台环境数据传感器。接收机用于对 GPS 卫星进行连续观测，以采集数据和监测卫星的工作状况；高精度原子钟用于提供时间标准；环境传感器用于收集有关当地的气象数据；计算机用于对所有观测资料进行初步处理并储存和传送到主控站，用以确定卫星的精密轨道。

3. 用户设备部分

作为被动式的定位技术，GPS 用户必须通过专用信号接收设备才能达到定位的目的，这就需要用户设备。GPS 用户设备的任务是捕获到按一定卫星高度截止角所选择的待测卫星的信号，并跟踪这些卫星的运行，对所接收到的 GPS 信号进行变换、放大和处理，以便测量出 GPS 信号从卫星到接收机天线的传播时间，解译出 GPS 卫星所发送的导航电文，实时计算出测站的三维位置，甚至三维速度和时间。用户设备主要由 GPS 接收机组成的，它是一种特制的无线电接收机。

GPS 接收机是由天线单元和接收单元两大部分组成的，其类型很多。按照接收机的用途可分为 3 类：第一类，导航型接收机。主要用于运动载体的导航，它可以实时给出载体的位置和速度。这类接收机一般采用 C/A 码伪距测量，单点实时定位精度较低，一般为 $\pm 25\text{mm}$ ，有 SA 影响时为 $\pm 100\text{mm}$ 。这类接收机价格便宜，应用广泛。根据应用领域的不同，此类接收机还可以进一步分为：车载型、航海型、航空型、星载型。第二类，测地型接收机。测地型接收机主要用于精密大地测量和精密工程测量。这类仪器主要采用载波相位观测值进行相对定位，定位精度高，仪器