

## 水利地理信息系统 解决方案

## 前 言

水是人类生存不可缺少的重要元素，它对我们生活的重要性是不言而喻的。中国是个水资源缺乏的国家，人均水资源的拥有量远远低于世界的平均水平。在建国之初，政府为了更好的加强我国的水利工作，在国务院下属成立了水利部来统一管理我们国家的水力资源。提起水利治理，在中华民族有着悠久的历史，传说中远古时代大禹治水的故事就是为百姓减少每年洪涝之苦。两千多年前，由李冰父子在岷江上建设的都江堰水利工程，至今仍造福于成都平原的千千万万百姓们。新中国成立以来，政府投入了很大的人力物力治理我们的江流大川使之更好地造福国人，例如黄河的治理，红旗渠，引滦入津等伟大的工程。

在近20年间，计算机科技迅速发展并逐渐成熟，这为各行各业的信息化工作提供了重要的保障。在水利行业的现代化建设中，水利信息化同样也起到了至关重要的作用。在最近的十年几乎所有的大型水利建设中，信息化都发挥着非常重要的作用。特别是地理信息系统，遥感，全球定位（GIS，RS，GPS 统称3S）技术近年来日趋成熟并广泛使用在水利行业后，水利事业的发展又增添了更加可靠的工具。随着水利信息化建设的推广和深入，GIS在水利领域的应用也越来越普遍。到目前为止，GIS在几乎所有水利领域的大型项目中都起着很重要的作用，其中包括，防汛减灾，水资源管理，水土保持，水资源监测，和水利工程规划等。

美国环境系统研究所有限公司（Environmental Systems Research Institute, Inc 简称ESRI公司）是全球最大的GIS软件企业，在九十年代初就通过其独家代理富融科技有限公司，积极将GIS的概念和应用在中国各个行业推广。ESRI公司为了更好的服务于中国的GIS市场，在2003年成立了ESRI中国（北京）有限公司（简称ESRI中国）。ESRI中国秉承了富融科技有限公司的优良传统，并得到了ESRI总公司更大的支持。今天ESRI中国在中国已经拥有最大和最广泛的用户群体。定期举办的用户大会更是中国GIS界的盛会。

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>地理信息系统在水利行业的应用 .....</b>	<b>1</b>
第一节	防汛减灾 .....	1
应用论文 1	黑龙江省防汛指挥决策支持系统——基于 ArcIMS 平台的系统集成实践 .....	3
应用论文 2	基于 WebGIS 技术的大庆市防汛指挥系统 .....	9
第二节	水资源管理 .....	15
应用论文 3	黄柏河流域及东风渠灌区水资源管理系统 .....	16
应用论文 4	基于 ArcIMS 的城市水资源管理信息系统的设计与实现 .....	21
第三节	水土保持 .....	27
应用论文 5	基于遥感数据的黄土高原泾河流域水沙异源浅析 .....	28
应用论文 6	基于 GIS 的中小流域土壤侵蚀快速评估方法 .....	32
第四节	水环境与水资源监测 .....	37
应用论文 7	水资源实时监控系统中的 WebGIS 技术研究与应用 .....	38
应用论文 8	基于 ArcGIS/SPSS 的深圳湾水环境时空分析 .....	44
第五节	水利工程规划 .....	50
应用论文 9	基于 ArcObjects 的南水北调工程动态地图打印系统开发 .....	51
应用论文 10	基于 ArcGIS 可视化建模技术的水淹分析 .....	54
<b>第二章</b>	<b>水利行业的通用数据模型 .....</b>	<b>58</b>
第一节	ArchHydro 概述 .....	58
一、	什么是 ArchHydro? .....	58
二、	ArchHydro 的组成 .....	58
第二节	ArchHydro 数据模型 .....	58
一、	ArchHydro 数据模型的组成 .....	58
二、	与时间序列相关联表现点要素的四种方法 .....	62
第三节	ArchHydro Tools 介绍 .....	63
一、	ArchHydro Tools 介绍 .....	63
二、	ArchHydro Tools 的组成 .....	63
三、	ArchHydro Tools 的目标 .....	64

<b>第三章 ESRI 产品简介 .....</b>	<b>65</b>
第一节 桌面 GIS .....	66
第二节 服务器 GIS .....	67
第三节 移动 GIS .....	68
第四节 ESRI 产品在水利部门发挥的作用 .....	69
<b>第五章 来自 ESRI 的资源 .....</b>	<b>70</b>
一、 ESRI 用户大会 .....	70
二、 GIS 专业网站 .....	70
三、 专业化培训 .....	70
四、 用户论坛 .....	71
五、 合作伙伴计划 .....	71
六、 齐备的期刊资料 .....	71
七、 User Group .....	71
八、 丰富的人力资源 .....	71
九、 丰富的基础数据 .....	71
十、 数据模型下载 .....	72

# 第一章 地理信息系统在水利行业的应用

地理信息系统（简称GIS）是一门多学科综合的边缘学科，它以计算机科学为工具集成了地理系统测量学、地图学、空间学、数学、统计学、信息科学等多门学科。GIS起源于上世纪60年代，加拿大政府就将GIS的技术运用到国家自然资源管理方面。美国的ESRI公司自成立起，一直致力于GIS技术的研究和发展，经过了近40年的努力，已经把GIS成功的推向国民生活的各个领域。

水利建设是关系着国计民生的重要工作，随着GIS和计算机科技的不断发展，GIS在水利行业信息化的应用也越来越深入，越来越广泛。目前，GIS在我国水利行业的应用和研究已经相当成熟，水利行业对GIS的功能要求已经由早期的查询，检索和空间显示等可视化功能，发展到将它作为分析，决策，模拟甚至预测的工具并且成为综合应急系统的重要组成部分。遥感（RS）技术的日新月异使我们可以更加准确地判定由卫星传来的遥感图像，GPS技术的突飞猛进也使我们的定位更加精确。这些技术的发展使GIS包括水资源管理，防汛抗旱，水土保持监测，水环境监测评估，水文地质，农田灌溉，水力工程规划等各水利应用领域得到更加广泛深入的应用。

由于水利行业的重要性，在过去的十几年间，国内大多数水利部门都会采用在全球GIS业技术领先的ESRI软件产品。到目前为止，ESRI在全国水利行业的用户涵盖了水利部，水规总院，七个流域委员会，全国三十一个省及下属城市的各水利机构，是国内水利领域使用最广泛的GIS软件产品。

## 第一节 防汛减灾

我国是自然灾害频发的国家，仅洪涝灾害在近几年所造成的损失就高达数千亿元。国家和各级政府对防洪减灾十分重视，各生产和科研部门也投入了大量人力和物力研究防洪减灾的各种措施，其中包括水利信息化在防洪减灾中的作用。

80年代中后期开始，中国科学院资源与环境系统国家重点实验室开发了中国主要供泛区的洪水管理与灾情评价信息系统。90年代初期，国家遥感中心等几个机构使用遥感、电信和GIS技术，成功建立了国家防洪遥感信息系统。该系统在1991年江淮地区发生的重大洪涝灾害中得到应用，并取得了很好的效果。

在美国，突发事件管理委员会（FEMA）已将GIS技术使用在淹没灾害管理和灾害预测等灾害应急和决策系统中，为决策者提供相关信息。如洪水峰值时间，洪水高度，城市安全水量调配等；灾害发生后还可以辅助政府部门和保险公司进行损失评估和灾后重建。

根据防汛减灾的各个环节，GIS 支持下的信息系统在工作中的应用主要包括：

### 1) 灾害工作预测

DEM (关于高度的地理坐标方格) 数据与全国七大流域地区的水情、雨情和所在地区的人文和经济信息相结合，用于预测全国和局部流域的洪水发展趋势、洪水淹没范围、淹没损失。这些预测可以帮助我们在物资贮备，人员配置和救灾措施等方面预先做好准备，以缩短救援时间，减少灾害损失。

### 2) 灾害现场指挥

将各种有关和即时的空间和文字信息在 GIS 支持下的系统中通过图形的方式迅速和直观地表现出来，及时、准确地为现场指挥人员提供辅助决策信息。主要包括：重要城镇、道路、铁路、人口分布、经济设施分布、水利设施等人文空间信息数据；自然资源分布及相关的自然空间信息数据；以及气象，洪水水位，洪峰位置等即时信息数据。帮助决策者在最短的时间内作出最有效的决定，例如人员撤退及安置区域，撤退路线，救援工作的安排调度等。

### 3) 灾情评估，灾后重建

将各种数据集成在 GIS 系统之中，再利用 GIS 系统中的统计和分析功能快速和准确地计算出灾区面积，灾区人口，灾区损失等信息。为了灾后重建，保险赔偿，救灾款发放提供科学依据。

下面的两篇论文分别介绍了省级和市级的防汛指挥系统，从两级政府的职能角度来介绍 GIS 在防汛指挥决策支持系统中的应用，希望能给大家提供参考。

## 应用论文 1

# 黑龙江省防汛指挥决策支持系统——基于 ArcIMS 平台的系统集成实践

刘东民<sup>1</sup> 陈煜<sup>2</sup> 刘舒<sup>2</sup> 逯波<sup>1</sup> 闫继军<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省防汛抗旱指挥部办公室 哈尔滨 150001; 2. 中国水利水电科学研究院 北京 100044)

随着计算机应用系统规模的不断扩大, 其复杂程度也愈来愈高, 系统集成的重要性也因之而与日俱增, 已经逐渐成为影响系统研发建设成败的关键。黑龙江省防汛指挥决策支持系统是基于多学科研究成果开发建设的大型专用信息化应用系统, 其系统的规模之大、功能结构之复杂、性能要求之严格, 对于系统集成提出了更高和更加全面的技术要求。

黑龙江省防汛指挥决策支持系统基于 WebGIS 技术设计研发, 采用 U 字模型, 基于 ArcIMS 平台实施系统集成。在功能集成、数据集成、界面集成和平台集成等方面都采用先领技术, 取得了良好成果。

### 1 系统概况

黑龙江省防汛指挥决策支持系统的整体架构与该省防汛指挥行政机构层次相对应, 系统纵向分为省、(地)市、县(或重点防洪工程)三级应用平台, 下级平台是上级平台的功能子集(见图 1)。

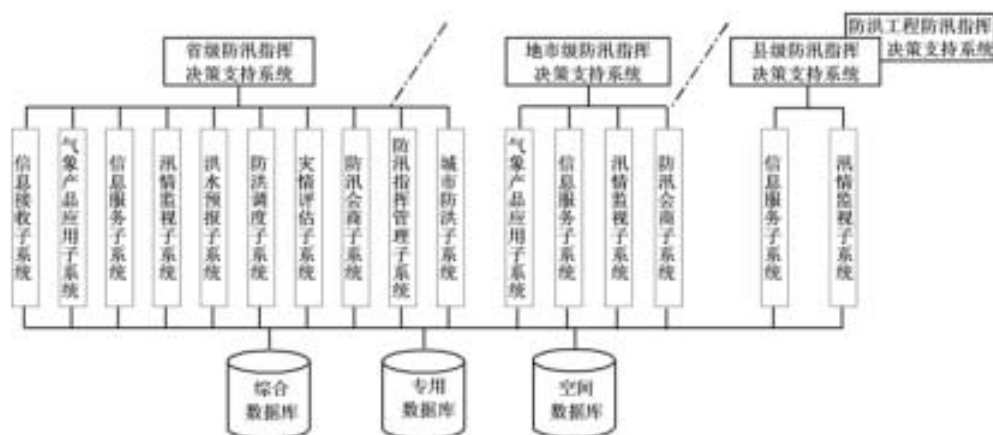


图 1 “黑龙江省防汛指挥决策支持系统”的整体架构

黑龙江省防汛指挥决策支持系统在功能上由十大专业子系统组成：

(1) **信息接收子系统**负责接收来自防汛指挥分中心、农业部门、工程管理机构等的各类雨情、水情、工情、灾情等信息，根据信息的不同类型采用相应方式进行数据预处理，再经过分类后将其存入数据库中，并将有关信息及时转发给其他应用子系统使用；

(2) **气象产品应用子系统**在气象部门提供的卫星云图、气象观测资料、数值预报产品和雷达测雨资料基础上，结合短、中、长期天气预报信息，针对水利行业特点和防汛指挥需要，进行局部修正和实时校正等综合加工处理，为水文预报提供专题信息，同时密切监视天气和雨情发展变化趋势，提供及时、定量、定点专题气象信息查询服务；

(3) **信息服务子系统**在数据库支持下，提供气象、雨情、水情、工情状况，洪水预报、防洪调度和灾情评估成果，以及各类基本信息的查询，并主动向相关用户发布成果信息和提供会商支持；

(4) **汛情监视子系统**面向防汛值班人员，自动运行于在线模式，以实时采集的雨情、水情、工情信息为依据，参照防汛背景资料、历史资料、经验参数和专业模型，自动进行汛情实时监视和汛情预警，并提供汛情发展趋势预测成果的查询显示服务；

(5) **洪水预报子系统**根据实时水情信息和降雨预报过程，进行主要河流、重点水库和湖泊的洪水预报，并对预报结果进行会商和分析，提出综合性的洪水预报成果，为防洪调度和防汛部署提供依据；

(6) **防洪调度子系统**以河流、水库、蓄滞洪区等重大防洪工程和重点防洪城市为对象，在防洪形势分析的基础上，运用数学模型进行洪水仿真模拟计算和防洪调度方案后果的分析比较，通过设定或调整防洪工程运用参数，生成多个可供选择的调度方案，并对各方案进行可行性分析和洪灾损失初步估算，提出多种方案的综合评价和比较结果，提供会商讨论和指挥决策参考；

(7) **灾情评估子系统**包括灾前评估、灾中评估、灾后评估。灾前评估针对不同防洪调度方案预估洪涝灾害的影响范围和损失程度，灾中评估在洪涝发生过程中根据预报调度结果和洪水淹没实测资料实时评估洪涝灾害影响和损失程度，灾后评估根据实际发生的灾害损失统计情况，针对各种防灾减灾方案实施情况进行分析和评估，总结经验，以提高防灾减灾决策能力；

(8) **防汛会商子系统**对各子系统的分析成果进行重组和综合加工，为水情分析和洪水量级估计提供水情、雨情、工情、灾情的动态详细资料、背景资料和会商信息，支持对决策预案的动态修正，建立会商条件，记录会商过程，提供会商支持环境；

(9) **防汛指挥管理子系统**针对防汛人员、防汛部门、抢险队伍、防汛文档、防汛物资、防汛组织、防汛经费、工程项目和值班日志等指挥管理项目，提供信息管理、浏览、查询，文字处理、数据统计、电报译释、报表生成和人力、物资、经费的分配与实时调度模型等决策支持功能，用以提高防汛指挥管理工作效率和质量；

(10) **城市防洪子系统**基于嵌入模型技术，提供面向重点防洪城市的防洪预案设定、洪水仿真模拟、城市洪涝灾情评估、城市防洪信息服务、应急指挥调度、城市防洪抢险救灾等城市防汛指挥辅助决策功能。



十个子系统之间的业务流程相对独立，平行运行。系统内外部以及各子系统之间的数据通过综合数据库和专用数据库进行交换，系统的人机交互和信息显示在空间数据库的支持下基于 WebGIS 技术实现。

2 ArcIMS 平台和系统集成模型

利用高效、便捷的 Internet/Intranet 网络资源和基于 GIS 技术的地图操作功能，实现防汛指挥的全局化、实时化、可视化是当今防汛指挥工作信息化和现代化的发展方向。在实时采集、传输、存储和管理汛情信息的基础上，综合运用计算机、网络、通信、数据库、专业模型和 3S (RS、GIS、GPS) 等一系列新技术，提供与防汛指挥决策相关的信息层面和模型层面的决策支持，以提高指挥调度的正确性、实时性和有效性，追求最大限度地避免和减少人员伤亡，减轻灾害损失和保护生态环境。

将企业级的 WebGIS 技术应用于防汛指挥系统的应用开发和系统集成，不仅研发速度快、效率高，并且能够基于网络资源将 GIS 功能与应用系统的其他功能紧密结合，使汛情信息在 WebGIS 平台及其相关技术的支持下，更好地进行组织、管理、分析、发布和模拟演示，有助于促进防汛指挥向更加科学、高效、准确、可靠的方向发展。

ArcIMS 是 ESRI 公司的 WebGIS 平台产品。它提供基于 Intranet/Internet 的 GIS 应用，能够集中建立大范围 GIS 地图、数据和应用的管理，并将处理结果传送给网络用户。黑龙江省防汛指挥决策支持系统即基于 ArcIMS 平台进行规划、设计、研发和集成。该支持基于地图操作的 WebGIS 技术运用，为全省范围的防汛指挥提供强有力的网络化、集成化、可视化、标准化的先进技术支持。

黑龙江省防汛指挥决策支持系统研发建设过程中，采用 U 字模型进行系统集成。该集成模型的核心是采用有计划分步实施的方法进行复杂大系统的分层集成，并将各层系统集成内容及集成目标与系统设计的各阶段约定目标相对应，其操作流程形如字母“U”的形状，故称其为 U 字模型（见图 2）。

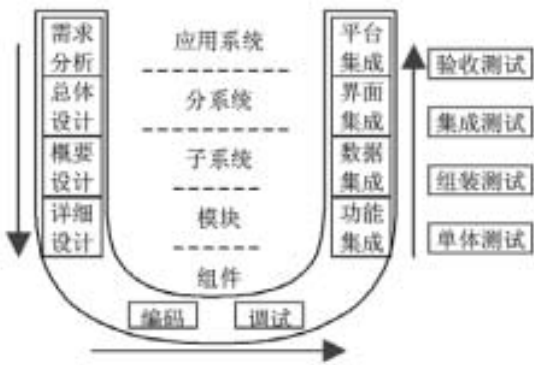


图 2 U 字模型系统集成示意

对于功能复杂的大型信息应用系统而言，一般可将其自上而下划分成为 5 个实体要素层次：即应用系统、分系统、子系统、模块、组件，每一层实体都是组成其上一层实体的基本要素。系统设计过程沿“U”字左侧竖划自顶向下进行，经过需求分析、总体设计、概要设计、详细设计等步骤逐步细化，最终达到能够直接指导程序编码（或要素制作）的程度；而系统集成过程则是沿“U”字右侧竖划自底向上进行，先后经过功能集成、数据集成、界面集成、平台集成等步骤，最终完成整个应用系统

的集成。每一个层次的集成成果与相应阶段的系统设计目标相对应。在U字模型中，其底部的横划自左至右表示软件的编码和调试过程，在U字下部的左右两个拐点进行程序代码与软件文档的结合，也在此进行程序设计和代码功能的确认，从而实现软件质量的关键控制。U字模型比之稍早些时期应用的V字模型，具有集成层次结构更加明晰和更加便于进行成果质量控制的优点。系统测试是确保系统集成质量的重要环节。在U字模型中，系统测试与系统集成同步进行，沿“U”字右划自底向上进行，经过单体测试、组装测试、集成测试、验收测试等步骤而逐步完成。系统测试的每一个步骤都证实系统设计相应阶段目标的实现情况，从而确认系统集成相应层次步骤的完成质量。

系统集成模型的选择是影响集成效果的决定性因素，黑龙江省防汛指挥决策支持系统基于ArcIMS平台采用U字模型，进行了成功的系统集成。

### 3 系统集成 实践

黑龙江省防汛指挥决策支持系统是一个超大规模信息化应用工程，采用多家联合、协同会战的形式开展设计开发工作。这种以分散式的子系统或子系统集合为单位独立研发的模式，不可避免会存在各种问题，影响系统整体的功能发挥、性能保障和运行稳定，也影响系统投入运行之后的管理、维护和应用推广。

系统集成的实践过程遵循确保功能原则、高性能原则、高可靠性原则、经济原则和灵活性原则，统筹确定技术路线，科学选择技术方法，认真进行集成操作。

(1) **确保功能原则**：是指在系统集成过程中，不允许以减少或降低运行平台和各子系统成果的原有功能为代价。采用相应的技术和手段，进行系统集成时，应保障集成后的统一平台功能不会比集成之前的多个分散式平台的整体功能弱；同样，也应保障集成后的软件系统功能也不会比集成之前在各个平台上分别运行的软件功能总和差。系统功能包括平台功能和应用功能两个方面，平台功能是指系统运行平台集成之后的总体处理能力，应用功能是指与防汛指挥业务密切相关的各个应用子系统的实用功能。任何情况下，都不能以牺牲或限制系统平台和应用功能为代价，进行系统的组装和整合。

(2) **高性能原则**：是指在系统集成过程中，应尽可能采用相应的技术手段以提高而不是降低系统的性能指标，集成后的整体系统性能应该不低于集成之前分散运行的各子系统的平均性能。如果在集成过程中遇到需要牺牲系统性能的处理时，应该慎重考虑。

(3) **高可靠性原则**：是指在系统集成过程中，应尽可能采取相应技术手段来提高而不是降低系统的可靠性。

(4) **经济性原则**：是指在系统集成过程中，应尽可能采用技术手段降低而不是提高系统的开发建设和运行维护成本。

(5) **灵活性原则**：是指在系统集成过程中，应尽可能采用灵活的技术手段来实现系统集成的目标，而具体运用何种方法和技术并没有一成不变的约束规则。系统集成的灵活性原则，还允许随着运行环境的变更，灵活机动的调整和修正系统集成的方案，以提高系统集成方案的适用性。另外，也允许在不违背其它系统集成原则的基础上，最大限度的优化集成过程和简化集成技术，以降低系统集成本身的成本。

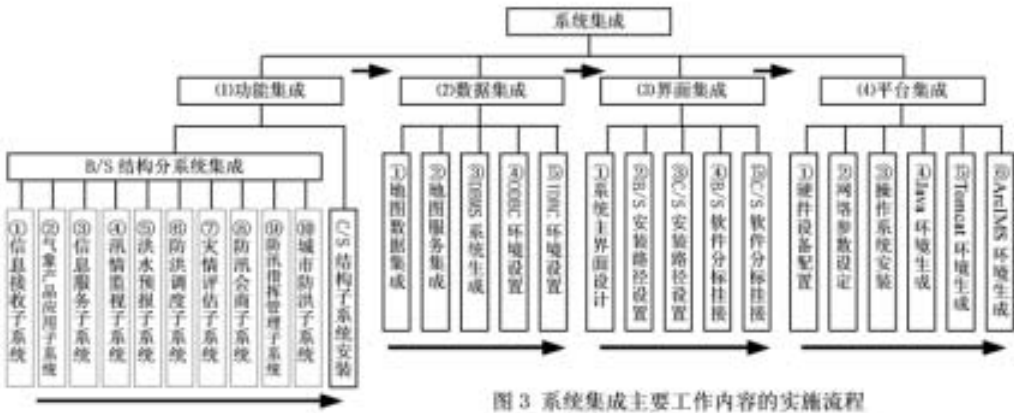
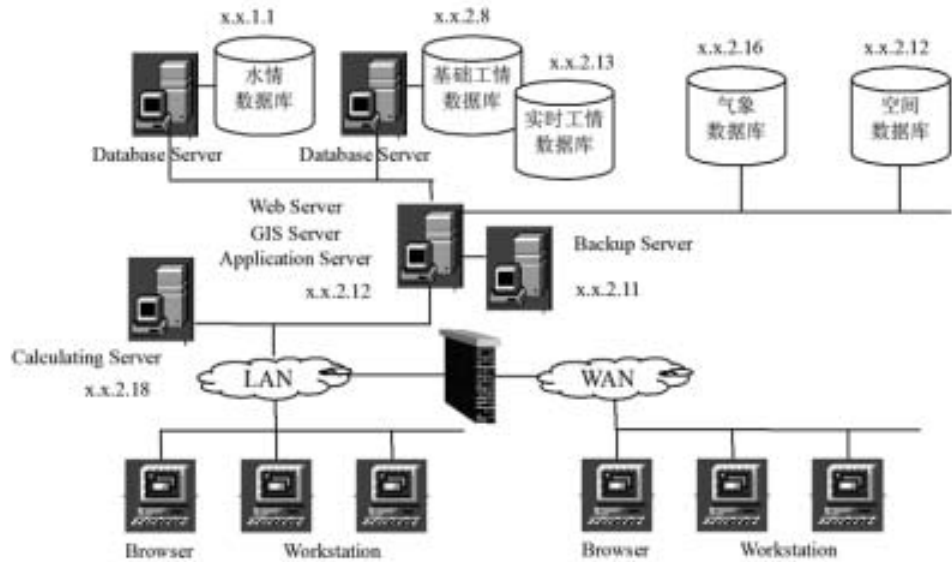


图3 系统集成主要工作内容的实施流程

黑龙江省防汛指挥决策支持系统的集成过程按照图3所示，分为功能集成、数据集成、界面集成、平台集成等4个基本阶段的工作流程实施。

通过功能集成将分散运行的若干应用子系统整合成为一个完整系统，提高系统的内聚度，降低系统运行平台和设备现场升级的难度，简化应用软件升级更新过程，降低系统日常维护的成本，提高系统应用推广的可行性，从而有效提高系统的综合性能和可维护性。通过数据集成将空间数据进行整合，同尺度数据使用统一数据源，所有属性数据也都采用统一数据源（不再另外保存副本），从而彻底解决数据一致性问题，消除由此造成的系统应用隐患，确保系统应用功能正确实现，并有效提高了系统数据的使用效率。通过界面集成将各子系统的人机交互接口整合在一个统一系统界面下进行管理，有效统一了系统操作界面风格，整合并简化了系统各部分的控制流程，强化了系统异常处理能力，进一步完善了系统在线帮助体系，从而有效提高了系统的易用性和可维护性，确保系统稳定运行并获得良好效益，使系统便于在更大范围推广应用。在总控界面管理下进行系统的各类操作，有效提高了系统易用性。同时避免了越权操作和超限维护等操作级的安全性问题，用户授权也可统一管理，提高了系统操作的可靠性和安全性。通过平台集成将应用服务器进行整合，系统总控和各子系统的应用功能集中在同一台应用服务器上运行，信息交互和控制转移均无需通过网络而在应用服务器本地（内部）实现，使系统内部的信息交换摆脱了网络资源的局限，从而有效提高系统运行效率。集成后的系统仅保留一台Web服务器，以往多台Web服务器相互干扰造成的各种弊端也就迎刃而解。待条件成熟时，还可以集中资金进行中心服务器的硬件升级，进一步提高系统整体的运行效率。将应用系统整合到一起集中安装，使之统一运行于一个WebGIS平台上，从而降低了系统运行平台的建设成本，同时确保系统成果向地（市）级移植推广的可行性。将多个应用服务器整合在一起，不但常规的系统备份与恢复处理流程可以大大简化（仅需考虑对服务器进行集中式的定时备份），还可以利用节省下来的服务器设备建立联机冷备份或“双机热备”机制，有效提高系统整体运行的可靠性（见图4）。



黑龙江省防汛指挥决策支持系统于2005年汛前完成系统集成并投入试运行（见图5），在汛期防汛指挥工作中发挥了重要作用。该系统集成的成果目前已经在黑龙江省防办和哈尔滨、大庆、齐齐哈尔、佳木斯等4个市防办，以及依兰县等松、嫩干沿江重点防洪县（市）联网运行，并将逐步推广至全省范围应用。其理论和实践成果可在我国各级防汛指挥系统建设中推广应用，其成功经验亦可供其他大型水利信息化应用系统建设参考。



图5 黑龙江省防汛指挥决策支持系统应用界面

## 应用论文 2

### 基于 WebGIS 技术的大庆市防汛指挥系统

邵志荣<sup>1</sup> 闫继军<sup>2</sup> 赵振宇<sup>1</sup> 吴华赞<sup>2</sup> 高金伟<sup>1</sup>

(1. 大庆市防汛指挥办公室 大庆 163311;

2. 中国水利水电科学研究院 北京 100044)

防治洪水, 防御和减轻洪涝灾害, 是维护人民生命财产安全, 保障国民经济和社会发展的重要任务。在建设和利用堤防、水库、蓄滞洪区等防洪工程进行保护和调蓄的同时, 加强非工程措施的建设和运用, 是现代防汛指挥管理的重要特征。利用现代信息技术, 在以往多年洪水预报、防洪调度和防汛指挥管理工作的经验基础上, 研究并建立现代化的防汛指挥系统, 对于提高应急指挥能力, 及时、正确、科学、合理地实施防汛抢险救灾指挥调度, 有效地减轻洪涝灾害损失, 具有重要意义<sup>[1]</sup>。

利用高效、便捷的 Internet/Intranet 网络资源和基于 GIS 技术的地图操作功能, 实现防汛指挥的全局化、实时化、可视化是当今防汛指挥工作的信息化和现代化发展方向。在实时采集、传输、存储和管理汛情信息的基础上, 综合运用计算机、网络、通信、数据库、专业模型和 3S (RS、GIS、GPS) 等一系列新技术, 提供与防汛指挥决策相关的信息层面和模型层面的决策支持, 以提高指挥活动的正确性、实时性和有效性, 追求最大限度地避免和减少人员伤亡, 减轻灾害损失和保护生态环境。

将企业级的 WebGIS 技术应用于防汛指挥系统的应用开发, 不仅研发速度快, 而且能够基于网络资源将 GIS 功能与应用系统的其他功能进行紧密结合, 使汛情信息在 WebGIS 平台及其技术的支持下, 更好地进行组织、管理、分析、发布和模拟演示, 有助于促进防汛指挥向更加科学、高效、准确、可靠的方向发展<sup>[2]</sup>。

大庆市防汛指挥系统从大庆市防汛工作实际出发, 针对该市防汛指挥特点, 采用 ESRI 的 ArcGIS 产品, 基于 WebGIS 技术进行平台构建和应用研发。系统功能包括防汛信息的实时采集、传输、管理, 汛情发展的动态监视、查询、发布, 基于汛情资料、知识 (指挥经验) 和模型 (科学分析) 提供防汛会商和指挥调度的决策支持, 以及防汛指挥管理等。对于提高大庆市防汛指挥的科学性、准确性和有效性, 提高防汛指挥工作的现代化水平, 具有重要意义。

#### 1. 大庆市概况和防汛工作特点

大庆市位于黑龙江省西部, 松辽盆地中央坳陷区北部, 松嫩平原中部。南临松花江, 西临嫩江, 北有乌裕尔河、双阳河, 东有明青坡水, 地势北高南低、东高西低, 属安肇新河流域。市区地理位置在北纬 45° 23' 至 47° 29', 东经 123° 45' 至 125° 47' 之间, 东与绥化地区相连, 南与吉林省隔松花江相望, 西部、北部与齐齐哈尔市接壤。东南距哈尔滨市 159 公里, 西北距齐齐哈尔市 139 公里。现辖肇州、肇源、林甸、杜尔伯特四个县, 萨尔图、让胡路、龙凤、红岗、大同五个区, 总面积 2.12 万平方公里, 人口 262.2 万人, 其中市区面积 5107 平方公里, 城市人口 121.2 万人。全市耕地面积 56.8 万公顷, 草原 68.9 万公顷, 水面 32 万公顷, 湿地 120 万公顷, 地热 183 平方公里。301 国防公路和滨洲国际铁路两条重要交通干线从市区穿过 (图 1)。大庆市名列全国百强城市前列, 是我国重要的石油石化生产基地, 在进入百强的资源型城市中雄居榜首, 人均 GDP4.8 万元, 在全国名列前茅。市内拥有年产 5000 万吨石

油、48 万吨乙烯、52 万吨尿素、5 万吨腈纶、20 万吨醋酸、25 万吨润滑油、炼油能力 750 万吨级的特大型企业若干。

大庆市不但经常遭受松、嫩两江洪水威胁，而且还经常遭受双阳河、乌裕尔河洪水、东北部明青坡水和林甸南部涝区尾水的危害。城市洪水威胁主要来自双阳河，明青坡水和当地降雨径流。保护城区安全的重要防洪工程安肇新河从市区的东、南边界流过，东起王花泡滞洪区，南经古恰闸入松花江，全长108 公里，流经四个大型滞洪区（王花泡、北廿里泡、中内泡和库里泡）总调蓄水量可达 7 亿立方米。

历史上大庆市洪水灾害频繁，解放前 1932 和 1945 年两次特大洪水给当地人民造成严重的经济损失，解放后 1962、1969、1983、1984、1986、1987、1988 和 1998 年都发生了大洪水，特别是 1986—1988 年连续 3 年大洪水，造成直接经济损失约 6 亿元，1998 年的大洪水造成直接经济损失达 8.4 亿元。大庆市洪涝灾害的主要特征是：洪涝灾害发生频繁；各种洪水同频发生的机率大；外侵内患，以外为主；洪水量大，洪峰平缓，持续时间长，洪水传播速度慢。



图 1 大庆市概况

为了彻底根除洪涝灾害对大庆市的影响，从 1989 年起，政府集资兴建了大庆地区防洪工程，1996 年 10 月竣工。该工程上游修建双阳河水库，控制洪水进入大庆地区，中下游扩建王花泡、北廿里泡、中内泡、库里泡等大中型滞洪区和开挖安肇新河，提高洪水调蓄、排泄能力，使该地区洪水于肇源县古恰闸排入松花江。大庆地区按照保护对象的重要程度分级确定不同防洪标准：大庆市主城区、王花泡滞洪区、北廿里泡滞洪区的防洪标准按百年一遇洪水设计；中内泡滞洪区和库里泡滞洪区按五十年一遇洪水设计，百年一遇洪水校核；安肇新河上游段（王花泡至北廿里泡）右堤按百年一遇洪水设计，下游段（库里泡至古恰闸）按五十年一遇洪水筑堤，中游段（北廿里泡至库里泡）按二十年一遇洪水筑堤。大庆地区一、二期防洪工程建成后，大庆市主城区防洪标准达百年一遇，农田和草原达二十年一遇，保护农田 86 万亩、草原 207 万亩、人口 114.9 万。

非工程措施是工程措施的重要补充，在以往多年防洪预报、调度和指挥管理工作经验基础上，利用现代计算机技术、网络通讯技术、数值模拟技术、系统控制技术和遥感遥测技术，研究和建设大庆市防汛指挥系统。通过对各种防汛信息的在线采集、实时传输、综合分析和智能处理，为防汛指挥提供科学有效的决策依据，能够有效提

高防汛指挥的现代化水平，提高防汛工作效益和质量。

2. 大庆市防汛指挥系统组成结构

大庆市防汛指挥系统的建设目标是：根据市政府防汛指挥的需要，以防洪指挥经验和现代IT 技术为基础，充分利用先进的科学技术手段，建立面向全市防汛指挥应用的现代化决策支持体系。该系统应具有防汛信息的实时接收、动态管理、综合服务和基于模型与知识的信息加工处理能力，支持在全市尺度上实现可视化的实时汛情监视、洪水预报、灾情评估、防洪调度、电子会商和防汛、抢险、救灾指挥管理等专业处理逻辑，实时完整地进行防汛信息的收集、存储、分析和处理，快捷灵活的以图、文、声、像一体化的多媒体和超文本方式，密切结合本市应用实际，提供雨情、水情、工情、险情、灾情等防汛指挥背景资料、历史资料和动态资料，提供汛情动态分析、异地会商和指挥决策支持机制。从而，有效提高洪水和险情预报的科学性、准确性和及时性，改善防洪调度手段，支持避险迁安决策；及时向重点地区发布汛情警报，收集反馈信息；提供现代化的防洪减灾管理和决策手段，提高防汛指挥及其相关管理工作的效率、质量、效益和综合水平。

大庆市防汛指挥系统采用5-3-6-4 体系结构，即由5 库、3 层、6 个平台、4 大应用功能组成（参见图2）。5 库是指提供系统支撑基础资源的数据库、模型库、方法库、知识库、档案库，其中数据库包括综合数据库和专用数据库，前者管理系统共用数据，后者管理子系统专用数据，档案库采用全文搜索引擎技术。3 层是指系统的控制层、功能层和支撑层，其中功能层又分为4 大功能和12 个应用子系统。支撑层由支持系统运行的6 个平台构成，它们是信息采集平台、通信传输平台、计算机网络平台、GIS 平台、Web 平台和数据库平台。

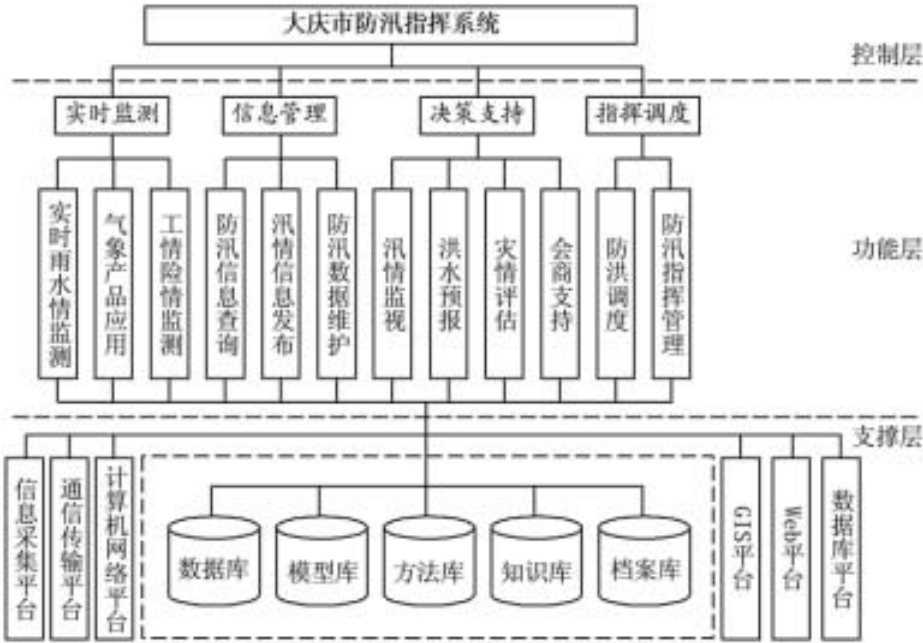


图2 “大庆市防汛指挥系统” 组成结构

(1) 实时雨水情监测子系统采集水文、气象部门在大庆市境内及其上游相关地区设置的雨量站、水文站/ 水位站、水库水情站的实时水雨情信息，信息类型包括降水量、河道水情（水位/ 流量）、水库水情（水位/ 出、入库流量）等，信息采集方式包括自动采集和人工监测拍报；

(2) **气象产品应用子系统**在气象部门提供的卫星云图、气象观测资料、数值预报产品和雷达测雨资料基础上,结合短、中、长期天气预报信息,针对水利行业特点和防汛指挥需要,进行局部修正和实时校正等综合加工处理,为水文预报提供专题信息,同时密切监视天气和雨情发展变化趋势,提供及时、定量、定点的专题气象信息;

(3) **工情险情监测子系统**采集堤防水坝安全监测系统的实时监测信息和视频监控资料,为水利工程的安全评判提供实时信息;

4) **防汛信息查询子系统**基于数据库技术,提供气象、雨情、水情、工情实况信息和历史资料,以及洪水预报、防洪调度和灾情评估成果信息的查询功能,通过信息接口提供会商支持;

(5) **汛情信息发布子系统**基于Web技术通过Internet/Intranet网络平台,面向防汛相关人员和公众发布不同种类和层级的防汛信息资料;

(6) **防汛数据维护子系统**提供安全、简便、易于操作的防汛数据库维护功能,用于对各类防汛数据信息进行统一管理、更新和日常维护;

(7) **汛情监视子系统**面向防汛值班人员,自动运行于在线模式,以实时采集的雨情、水情、工情信息为依据,参照防汛背景资料、历史资料、经验参数和专业模型,自动进行汛情实时监视和预警,并提供汛情发展趋势预测成果显示服务;

(8) **洪水预报子系统**根据实时水情信息和降雨预报过程,进行主要河流、重点水库和湖泊的洪水预报,并对预报结果进行会商和分析,提出综合性的洪水预报成果,为防洪调度和防汛部署提供依据;

(9) **灾情评估子系统**包括灾前评估、灾中评估、灾后评估。灾前评估针对不同防洪调度方案预估洪涝灾害的影响范围和损失程度,灾中评估在洪涝发生过程中根据预报调度结果和洪水淹没实测资料实时评估洪涝灾害影响和损失程度,灾后评估根据实际发生的灾害损失统计情况,针对各种防灾减灾方案实施情况进行分析和评估,总结经验,以提高防灾减灾决策能力;

(10) **防汛会商子系统**对各子系统的分析成果进行重组和综合加工,为水情分析和洪水量级估计提供水情、雨情、工情、灾情的动态详细资料、背景资料和会商信息,支持对决策预案的动态修正,建立会商条件,记录会商过程,提供会商支持环境;

(11) **防洪调度子系统**以河流、水库、蓄滞洪区等重大防洪工程和重点防洪城市为对象,在防洪形势分析的基础上,运用数学模型进行洪水仿真模拟计算和防洪调度方案后果的分析比较,通过设定或调整防洪工程运用参数,生成多个可供选择的调度方案,并对各方案进行可行性分析和洪灾损失初步估算,提出多种方案的综合评价和比较结果,提供会商讨论和指挥决策参考;

(12) **防汛指挥管理子系统**针对防汛人员、防汛部门、抢险队伍、防汛文档、防汛物资、防汛组织、防汛经费、工程项目和值班日志等指挥管理项目,提供信息管理、浏览、查询,文字处理、数据统计、电报译释、报表生成和人力、物资、经费的分配与实时调度模型等决策支持功能,用以提高防汛指挥管理工作效率和质量。

系统中的十二个子系统之间的业务流程相对独立,平行运行。系统内外部以及各子系统之间的数据通过数据库及其中间件进行交换,系统的人机交互和信息显示基于大庆市全境1:10万电子地图及其相关空间资料,采用WebGIS技术实现。本系统通过网络平台和信息交换体系,与省级防汛指挥系统和松花江、嫩江干流重点防洪县(农



场、防洪工程）的防汛信息管理系统相衔接，构成三级防汛指挥应用平台，下级平台是上级平台的功能子集[3]。

3. 基于WebGIS技术的系统运行平台建设

“大庆市防汛指挥系统”的运行平台建设包括系统体系结构、运行模式、研发与运行环境设计、开发工具选择以及系统硬软件平台的建设等，是该系统研究、开发和运行管理的基础和重要支撑。基于WebGIS技术的系统运行平台建设，是大庆市防汛指挥系统基础建设任务之一。该平台支持系统的技术设计、应用研发和运行维护，从而成为系统建设的重要基础。

洪水汛情的突发性、历史不重复性、相关环境的复杂性及洪水造成灾害的严重性，决定了防汛指挥是难度大、时效性强、风险度高的决策过程。防汛指挥决策是否正确、是否及时，将关系到防汛救灾工作的成败，并将直接影响经济发展和人民生命财产安全，影响社会经济高速协调可持续发展。采用先进技术为防汛指挥提供科学依据和实时、准确、可靠、直观的情报支持，是现代防汛指挥系统的重要特征之一。

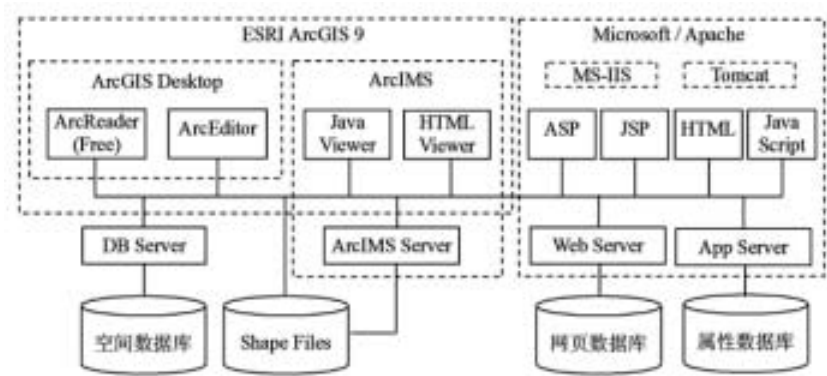


图3 大庆市防汛指挥系统WebGIS平台结构

GIS技术提供了属性数据与空间数据的双向关联和综合处理技术，从而支持实现在基于地理要素综合分析汛情实况及其发展趋势的基础上，参照资源、环境、地理、社会经济等因素，最大限度地降低洪涝灾害损失，同时追求最佳的经济、社会和生态环境效益的系统目标。WebGIS技术是随着Internet/Intranet技术的社会化发展，由GIS技术与Internet技术相结合而产生和发展起来的一种新技术，对于大范围广泛分布的多客户端应用具有显著优越性。基于WebGIS技术研发建设地市级防汛指挥系统，具有系统通用性和稳定性好、应用功能强、开发成本低、使用维护和扩充方便等许多优越性。

大庆市防汛指挥系统基于WebGIS技术的运行平台体系结构如图3所示。系统平台由数据库服务器、Web服务器、地图服务器和应用服务器等构成主体框架，数据库服务器管理系统中的全部防汛相关对象的属性数据资料（包括基础信息和实时数据），以及模型库、方法库、知识库、档案库中的所有数据，既包括数值、文本、超文本信息，也包括图形、图像、音视频等多媒体信息；Web服务器采用与操作系统紧密耦合的Microsoft IIS产品，支持HTML、ASP和Java Script应用；应用服务器采用Apache Tomcat产品，支持Java Server Page (JSP)、Java Servlet、JavaBean应用开发；地图服务器采用ESRI ArcIMS 9产品，支持空间信息管理和基于WebGIS技术的地图应用功能，采用Java Viewer和HTML技术可以支持多种标准的开发语言，例如，JAVA、.Net、ASP、JSP、XML等等进行网站和应用的开发；还配置了ESRI ArcGIS 9系列的ArcEditor 9桌面产品，支持地图加工和空间数据的更新与维护。

大庆市防汛指挥系统结合大庆市防汛指挥工作的应用需求, 基于WebGIS 平台和数据库技术进行设计, 采用.NET、Java 和XML 编程技术进行开发, 系统注重实现数据的有效性与实时性、模型的针对性与综合性、决策的科学性与可靠性和系统的拓展性和兼容性, 以实时信息服务、模型分析、知识参考和电子会商等手段, 在防汛指挥过程中向省级防汛指挥体系的各层次用户提供情报收集、预案设计、方案选择、执行实现和情况反馈等各个防汛指挥决策阶段的全面支持。该系统部分成果于2005 年汛期开始分期分批陆续投入运行, 整体系统功能计划分阶段逐步完成。其中的WebGIS 平台、防汛专业网站和汛情监视等成果现已投入运行, 并在防汛指挥实际工作中发挥了重要作用。

大庆市防汛指挥系统平台的设计和建设过程中采用了目前国内外一系列先进技术, 系统网络体系由大庆市防汛专网 (LAN)、大庆市城域网 (MAN)、黑龙江省防汛专网 (LAN) 和Internet 广域网 (WAN) 等网络系统互联组成 (图4)。

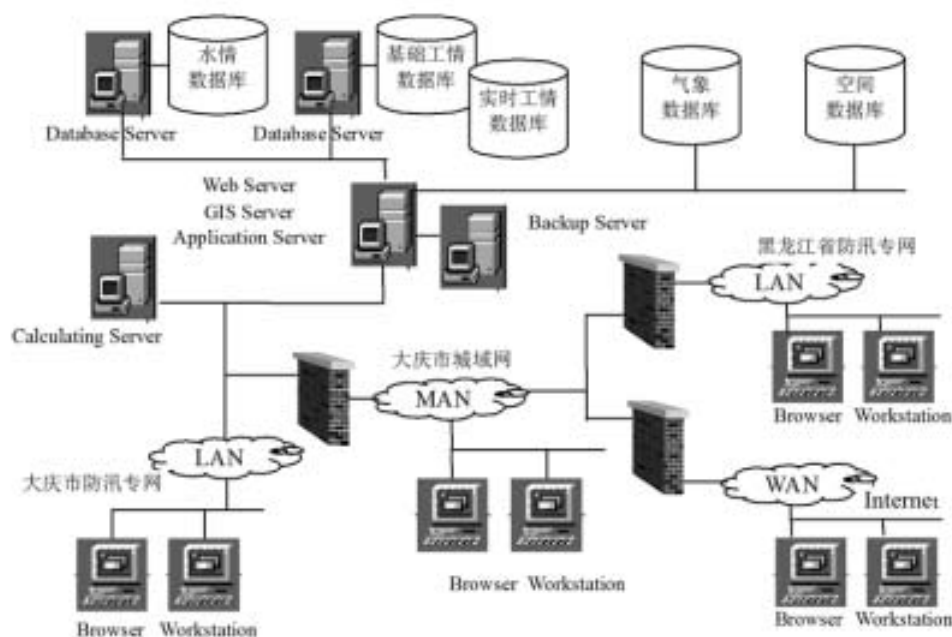


图4 大庆市防汛指挥系统网络体系结构

大庆市防汛指挥系统的体系结构、设计方案和研发建设技术, 在我国北方地区的地市级防汛指挥应用领域具有广泛的推广价值。系统研发过程中提出并运用的系统化的概念模型、应用需求、功能结构、信息流程、运行环境, 基于WebGIS 技术的平台结构和实现技术, 以及开发建设过程中运用的一系列管理方法等, 对于我国各级防汛指挥系统的建设均具有一定的指导意义。系统整体成果特别是基于WebGIS 技术的开发与运行平台架构, 对于我国北方沿江(河)重点防汛地级市的防汛指挥系统建设, 尤其具有积极的参照和推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 闫继军, 徐泽平等. 省级防汛指挥决策支持系统的建设与管理[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2004, 1: 73-80.
- [2] 闫继军, 徐泽平, 赵春等. 黑龙江省实时汛情监视子系统概要设计[R]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2002.
- [3] 逯波, 刘东民, 闫继军, 陈煜. 基于WebGIS 技术的省级防汛指挥决策支持系统平台研究与建设实践[A]. 2004ESRI 中国用户大会论文集[C], 2004: 274-279.

## 第二节 水资源管理

随着国内经济的迅速发展，对于水的需求越来越大，而我们水资源是有限的，水资源分配和使用不均所引发的冲突时有发生，因此水资源管理对我们来说就越来越重要。水资源管理是“水资源开发利用的组织、协调、监督和调度。运用行政、法律、经济、技术、和教育等手段，组织各种社会力量开发水利和防治水害；协调社会经济发展与水资源开发利用的关系，处理各地区之间的用水矛盾；监督、限制不合理的开发水资源，破坏水源的行为；制定供水系统和水库工程的优化调度方案，科学合理的分配水源。

GIS 技术在水资源管理中扮演重要角色，具体可以应用在以下几个方面，

### 1) 建立水资源管理的空间数字模型

在 GIS 的系统中建立以点、线、面、体为要素的空间数据模型，一个专题层就是一个有关点、线、面、体的专业数据模型。通过空间数字模型我们可以预先模拟各种水资源管理的情况，减少项目实施的风险。例如模拟水资源分配，将各种数据叠加，通过计算各地区的水资源供应量和用量，从而找到最合理的水资源分配方案。

### 2) 建立水资源管理的空间数据库

单纯的数据库只能对属性数据进行管理，空间数据库可以将属性数据很直观的用空间图形的方式表现出来。不仅如此，空间数据库还可以同时对属性数据和空间数据进行有效的统一管理。用户用鼠标点击地图上某一空间要素，系统能够通过唯一的标识码检索出属性数据，并以表格或密度图、过渡色等形式直观形象地呈现给用户。同样用户可以根据属性数据项，查询图形位置及信息。

### 3) 在水资源管理和决策系统中的应用

GIS 的可视化功能将用户的属性信息更加直观的表达出来并加以分析。空间分析功能是通过矢量图层的叠加生成新的特性信息。例如灌区分布图、雨量分布图及每个雨量站的降雨资料，利用 GIS 的空间分析功能就可以得到每个灌区的降雨分布。用同样的方法可以得到不同时段地下水可开采分布图。以上的数据结合灌区的不同作物种植结构机不同作物的用水函数，就可以得到不同灌区的阶段需要量，全过程可以通过程序自动实现。

下面的两篇论文比较具体和全面的阐述了 GIS 在水资源管理的应用。

## 应用论文 3

### 黄柏河流域及东风渠灌区水资源管理系统

王喜春

(长江勘测规划设计研究院 航测信息工程院 430010)

黄介生

(武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室 430072)

**摘 要:** 介绍了黄柏河流域及东风渠灌区水资源管理系统的设计与实现。该系统采用 ArcIMS 作为 GIS 的设计平台。采用 ArcSDE 作为空间数据的管理引擎, 面向对象的空间数据模型 Geodatabase 作为系统逻辑设计的基础。该系统综合考虑黄柏河流域及东风渠灌区的防洪、灌溉、供水和发电功能, 以效益最大为目标, 实现了系统的实时优化调度, 并为领导提供决策支持。

#### 一、前言

上世纪 90 年代以来, 三峡工程的兴建有力地带动了宜昌市社会经济的发展, 国民经济快速增长, 城区人口大幅度增加, 人民生活水平大大提高。随着三峡工程的建成, 宜昌市社会经济的发展进入了一个新的时期。但另一方面, 国民经济的发展使得各部门各行业对水资源的需求也越来越大, 水资源供需矛盾日益突出, 如何适应国民经济的发展、合理高效地利用好现有水资源成为该市社会经济发展的重要课题。

作为宜昌市城区的主要供水水源和该市最重要的商品粮基地——东风渠灌区的灌溉水源, 黄柏河流域占有举足轻重的地位。该流域分东西两条支流, 目前主要的开发利用是在东支。黄柏河东支已建成天福庙、西北口和尚家河三座梯级水库, 目前正在天福庙水库上游施工兴建第四座水库——玄庙观水库。该水库建成后, 黄柏河东支将形成一个完整的以防洪、灌溉、供水和发电为主要功能的水资源综合利用梯级水库群系统。

东风渠灌区是宜昌市的主要商品粮油基地, 是湖北省重要的大型灌区之一, 有效灌溉面积近 100 万亩。由于当地水资源不足, 尚需由黄柏河流域补充一部分灌溉用水。黄柏河流域的水资源在经过梯级水库群调节后, 由尚家河水库经东风总干渠引入灌区, 与灌区内的中小型水库和塘堰连接而形成一个复杂的水资源综合利用系统。

目前该系统分别由黄柏河流域管理局和东风渠灌区管理局管理。黄柏河流域管理局下设三个管理处, 分别管理天福庙、西北口和尚家河三座水库以及相应的水电站。东风渠灌区管理局负责尚家河水库东风渠渠首以下骨干工程的管理, 下设普溪河、宋家嘴等 6 个管理处。该系统目前存在的最大问题是分散管理、分散调度, 特别是黄柏河流域上的三座水库本来是一个梯级水库群, 尽管有一个黄柏河流域管理局, 但在水量的调度上并没有实行统一调度, 而是以各水库管理处为单元, 各自独立调度, 严重影响了现有工程效益的发挥。将黄柏河流域和东风渠灌区作为一个统一的水资源系统进行联合调度, 不仅对于宜昌市社会经济的发展具有重要的战略意义, 而且对于提高水资源的利用效率、充分发挥现有水利工程的效益也具有明显的现实意义。

## 二、系统设计

### 2.1 总体目标

本系统的总体目标是在建立黄柏河流域和东风渠灌区水资源综合管理数据库系统的基础上，利用地理信息系统技术、WebGIS 等技术，结合雨量、水情遥测系统和天气雷达系统，进行来用水的预测预报，开发黄柏河流域梯级水库群和东风渠灌区联合调度软件系统，为系统的实时优化调度提供决策支持工具。

### 2.2 系统组织结构

系统对不同的使用者授予不同的权限，不同权限的用户可使用系统的部分或全部功能。系统的用户群定位于宜昌市水利水电局及其管辖下的东风渠灌区管理局和黄柏河流域管理局以及下属的管理站。用户的基本组成情况见图 1：

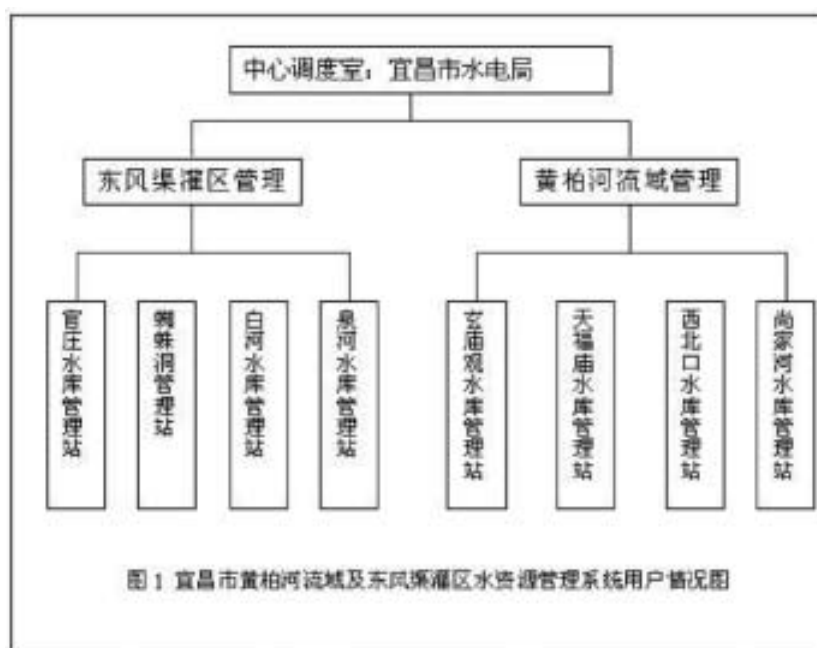


图 1 宜昌市黄柏河流域及东风渠灌区水资源管理系统用户情况图

### 2.3 系统总体框架

黄柏河流域和东风渠灌区水资源综合管理系统不但服务于黄柏河流域和东风渠灌区两个管理局，同时还需要服务于各级管理局的业务系统，所以系统在总体框架上，需要在各局间的数字网络的基础上，利用成熟的多层 C/S 或者 B/S 分布式计算模式，将黄柏河流域和东风渠灌区的各级业务系统集成起来，所以系统的总体框架分基础设施层、信息管理层、业务处理层等三个层面，分别对应水利水电数据采集的基础设施、数据库及地理信息系统、业务处理系统和业务应用系统等 4 部分，如图 2 所示。

基础设施层为系统硬件平台，包括黄柏河流域和东风渠灌区水利数据采集的配套设施、通信调度系统、计算机网络以及联网的各局的计算机硬件系统等四个部分，它主要为信息管理层和业务应用层提供信息存储和传输通道；数据库及地理信息系统包括：①水利综合数据库、②信息接收处理系统、③地理信息、以及打包的各种水利模

型应用服务系统等三个部分；业务处理系统包括防汛决策支持、网络信息发布、各级水库的水资源开发管理、各级水库联合调度、水利工程管理和办公自动化等六个方面，它是直接面对指挥决策者、业务分析人员和社会公众等。



图2 系统总体框架

2.4 系统流程设计

黄柏河流域和东风渠灌区水资源综合管理系统的逻辑流程如图3所示：

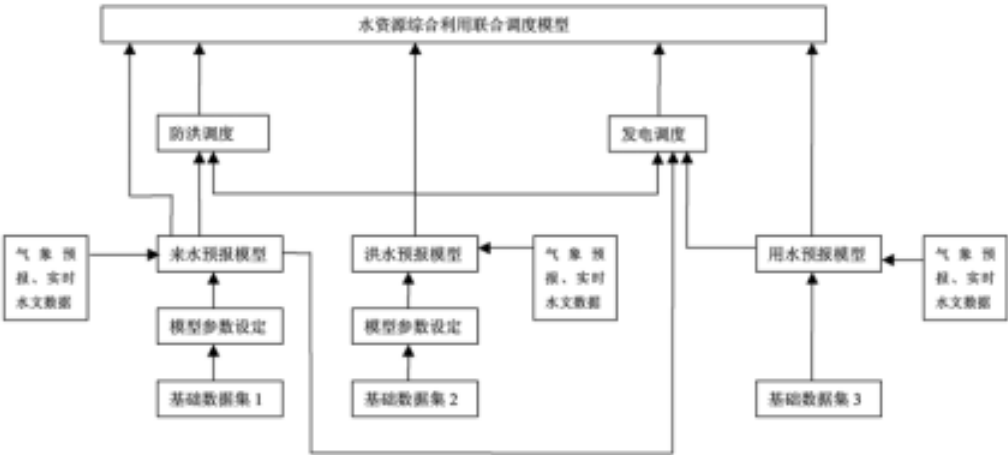


图3 宜昌市黄柏河流域及东风渠灌区水资源管理系统信息流程图

三、系统实现

3.1 空间数据引擎和空间数据模型

考虑到与宜昌市防洪指挥调度系统的衔接，我们采用SQL Server2000 作为数据库的基础平台。

空间数据引擎的目标是整合黄柏河流域和东风渠灌区所有与空间位置相关的空间数据与属性数据，使得空间数据得以在 SQL Server 关系型服务器中存储，使水库来水、调水、发电等属性数据与空间关联起来，以面向对象的数据模型将它们有机的“整合”起来，在空间上够采用空间位置作为索引，并增强数据之前的关系或者约束机制使数据这个“有机的整体”能够成为具有“自主行为”的对象，为应用逻辑层提供强大的空间二维与水利属性数据的服务。

为整合黄柏河流域和东风渠灌区与空间位置相关的所有数据，系统采用 ArcSDE 作为空间数据的管理引擎，面向对象的空间数据模型 Geodatabase 作为系统逻辑设计的基础。

### 3.2 WebGIS 平台

WebGIS 发布采用 ESRI 的 ArcIMS 系统。ArcIMS 是 ESRI 推出的新一代的基于 Web 的网络地图发布的 GIS 软件。对于最终用户来说，它提供了一种更为快速、廉价的方式以获取地理信息。由于 Web 浏览器容易理解并被广泛使用，Web 环境成为获取地理信息的一个令人振奋的途径。越来越多的用户希望通过 Web 获得高质量的地图信息。而 ArcIMS 则是一个功能强大且方便易用的工具，它为建立及发布地图信息提供了便捷的解决方案。对于高级用户，它还提供了更为复杂的客户和服务器配置方案及管理工具用来建立更加安全的、可靠的、可缩放的、高效的站点。

经过充分考虑我们在 WebGIS 的设计平台选用了 ArcIMS。ArcIMS 包括了客户端和服务端两方面的技术。它扩展了普通站点，使其能够提供 GIS 数据和应用服务。

ArcIMS 为交换在 Web 上能发布的数据和服务建立了一个公共的平台。ArcIMS 不仅仅是一个 Internet 地图解决方案——它是通过 Internet 发布 GIS 功能的框架。作为发布技术，ArcIMS 以支持多种多样 ESRI 客户端为特色。作为服务技术，ArcIMS 包含多种多样的 ESRI 服务器端技术以及为数据结合提供机会。

系统的部分界面见图 4 —— 图 6。



图 4 流域整体概况图

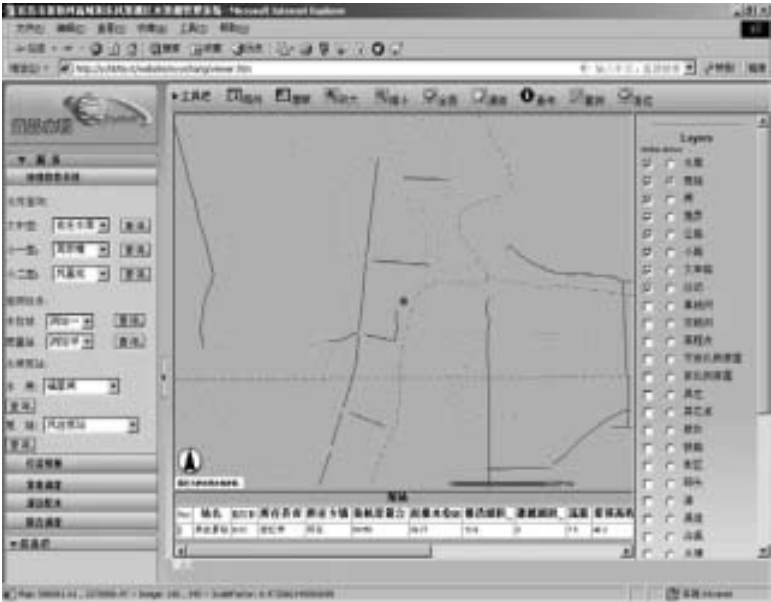


图 5 泵站查询

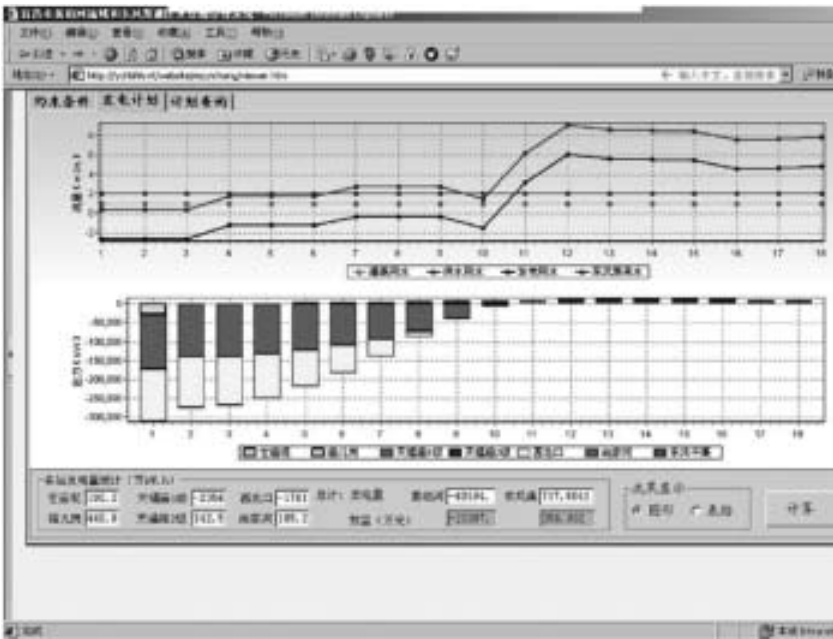


图 6 长期调度

四、结论

黄柏河流域及东风渠灌区水资源管理系统的开发、设计与应用，实现了整个系统的实时优化调度。在为宜昌市水利局领导提供决策支持的同时，实现了黄柏河流域及东风渠灌区的防洪、灌溉、供水和发电功能效益最大的目标。这再一次地说明，ESRI公司的产品 ArcIMS 以及 ArcSDE 在水利水电行业有着十分重要、宽广的作用。

附：

第一作者联系方式：

王喜春，1973，博士，主要研究方向:GIS、水利水资源管理  
武汉市解放大道1863号 长江勘测规划设计研究院 航测信息工程院 430010  
E\_MAIL:wxc73@sohu.com



## 应用论文 4

## 基于 ArcIMS 的城市水资源管理信息系统的设计与实现

孟 辉

(山东省济宁市任城区水利局 272100)

孟丽, 杨伟铭

(解放军信息工程大学测绘学院 450052)

**摘 要:** 城市水资源管理信息系统采用 ArcIMS 作为系统开发平台, 结合 WebGIS、数据挖掘、空间分析、Grid 建模与分析、三维建模等技术实现了城市水资源信息的管理与发布。本文结合山东省城市水资源管理信息系统, 通过分析该系统的需求分析、系统结构、功能及数据库设计等方面, 对城市水资源信息 Web 发布和服务的应用集成与实现进行了详细的阐述。

**关键字:** ArcIMS; WebGIS; 水资源管理

## 引言

水资源管理是“水资源开发利用的组织、协调、监督和调度。运用行政、法律、经济、技术和教育等手段, 组织各种社会力量开发水利和防治水害; 协调社会经济发展与水资源开发利用之间的关系, 处理各地区、各部门之间的用水矛盾; 监督、限制不合理的开发水资源和危害水源的行为; 制定供水系统和水库工程的优化调度方案, 科学分配水量”。

随着社会经济的不断发展, 水资源问题变得日趋突出; 建设节水城市, 加强节水工程建设, 有效利用水资源, 科学调度, 优化水资源配置, 实现水资源的再利用已经成为当务之急。尤其近年来黄河流域气候异常, 降雨稀少, 因此, 黄河下游水资源管理重点在于对有限水资源的合理分配使用。山东省地处黄河下游, 为解决上述问题实现城市水资源的统一规划和综合管理, 我们采用 ArcIMS 作为系统开发平台, 结合 WebGIS、数据挖掘、空间分析、Grid 建模与分析、三维建模等技术实现了城市水资源、水文地质、水利工程等各种必要信息的管理与发布, 为城市水资源综合管理规划、管理评价以及城市防洪等提供决策信息, 对各城市的水资源保护、管理、开发、利用等都有重大的实用价值, 可以大大提高水资源的开发利用效能, 为城市的可持续发展提供必要的支撑。

## 1 系统需求分析

城市水资源管理信息系统紧密结合山东省, 黄河下游流域水资源管理实际需求, 遵循科学性、实用性、可扩展性和开放性原则进行开发。该系统总体需求为:

(1) 建立城市水资源全数字化空间数据库平台, 实现对各种水源数据和其他空间数据的管理和实时数据的动态加载。

(2) 以多种方式直观地可视化表达各类信息的空间分布及动态变化过程, 提供给本地数据查询、检索、统计分析、专业制图功能。

(3) 以功能强大的软件工具和专业模型对水资源开发管理和各个方案进行模拟、分析和研究,并在可视化的条件下提供决策支持,增强决策的科学管理性和预见性。

(4) 实现信息的互传功能、Web 信息发布功能,能通过广域网实现异地的信息同步共享,为水资源主管部门提供方便、及时、全面的信息服务,大大提高办公效率和准确率,降低办公成本。

(5) 实现水资源专题信息的地图显示,并在此基础上通过 Web 数据挖掘算法对城市水资源信息进行相应的分析,提供地下管线安装、维修等的决策支持。

## 2 系统开发平台的选择

基于以上需求分析,首先对系统开发平台进行了相应的选择评估。

### WebGIS 软件的选择

WebGIS (网络地理信息系统)是 GIS 技术与 Internet 技术相结合而产生,并且随着 Internet 技术的社会发展而迅速发展起来的一种新技术,它基于网络资源存储、分析和表达现实世界中各种对象的属性信息及其相关空间定位特征信息,与传统的 GIS 技术相比,具有客户端分布广泛、平台独立性强,系统成本低/计算负载平衡高效等显著优势。

当前的 WebGIS 软件一般分为三类:一是基于服务器端的,如 ESRI 公司的 ArcIMS, MapInfo 公司的 MapXtreme for .NET,第二种是基于浏览器端的,如 Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map 和 Autodesk 公司的 MapGuide,第三种是同时基于服务器和浏览器端的,如国内的吉奥公司的 GeoSurf 和奥发公司的 AFINetGIS,以及 MapInfo 公司的 MapXtreme for Java。

构建一个空间信息 web 发布和服务系统,必须要有一个高效、安全的地图服务应用平台。ArcIMS 提供了多方位的 WebGIS 解决策略,允许用户在 Internet 和 Intranet 环境下通过浏览器访问 GIS 应用和地图数据,并应用了 JavaApplet、JavaServlet、XML 等技术,总体结构比较符合系统开发的需求,在功能和效率上也优于其他同类产品(尤其是在数据传输和浏览器端地图操作等方面),因此用 ArcIMS 作为原型系统的地图服务平台是比较理想的选择。

### ArcIMS 的技术特点

ArcIMS (Internet Map Server)主要用于在 Web 上分发地图、GIS 数据和服务,由客户端组件、网络连接器和服务器端组件构成的分布式系统。它允许集中建立大范围的 GIS 地图、数据和应用,并将这些结果提供给企业内部的 Internet 上的广大用户。通过 ArcIMS 可以很容易地制作地图服务,扩展普通站点,开发 Web 页面,并且进行站点管理,使其能够提供 GIS 数据和应用服务。

### ArcIMS 与其他 WebGIS 技术相比:

☆ 支持多平台: WindowsNT4、W2K、Solaris 等系统平台;

☆ 支持多 Web 服务器: Microsoft 公司的 IIS、Netscape 公司的 iPlanet、Apache 等;

☆ 支持多浏览器: IE 和 Netscape 等通用浏览器和专用 Java 浏览器;

☆ 支持Servlet 引擎：Servlet、Tomcat 等；

☆ 支持多客户端：瘦客户端（传到客户端的地图为栅格数据）包括HTML Viewer，胖客户端（传到客户端地图为矢量数据）包括JAVA Viewer、ArcGIS Desktop、ArcExplore（Java 版）、无线设备（如蜂窝电话、PDA）等。

城市水资源管理信息系统主要采用 WebGIS 服务的三层架构，即：表示层、功能层、数据层来设计实现该系统总体架构。

表示层是通用的界面应用，它可以根据操作员的权限动态，配置业务菜单，实现业务组件的调用，并可根据操作员的需求对输入 / 输出功能模块进行不同的配置。本系统的表示层包括B/S（Browse Server）及C/S(Client Server)两种模式，一种是 Internet Explorer，标准的网页浏览器即B/S 模式，另一种是GIS 客户端即C/S 模式。

功能层为业务逻辑层，是由各自的业务组建组成，按照组件调用标准，将业务逻辑编号为业务组件、接受表示层的调用请求，调用启动相应的业务组件进行处理，并将结果返回给表示层。本系统业务逻辑层除了 ArcIMS9.0 还包括开发的COM+ 或者 Web Service，共同构成了城市水资源管理信息系统的业务逻辑。

数据层为功能层与业务数据之间的接口提供基础数据库及信息，对功能层的数据访问进行统一的调度和管理。本系统数据库包括基础地理数据库、水资源专题数据库以及属性数据库。

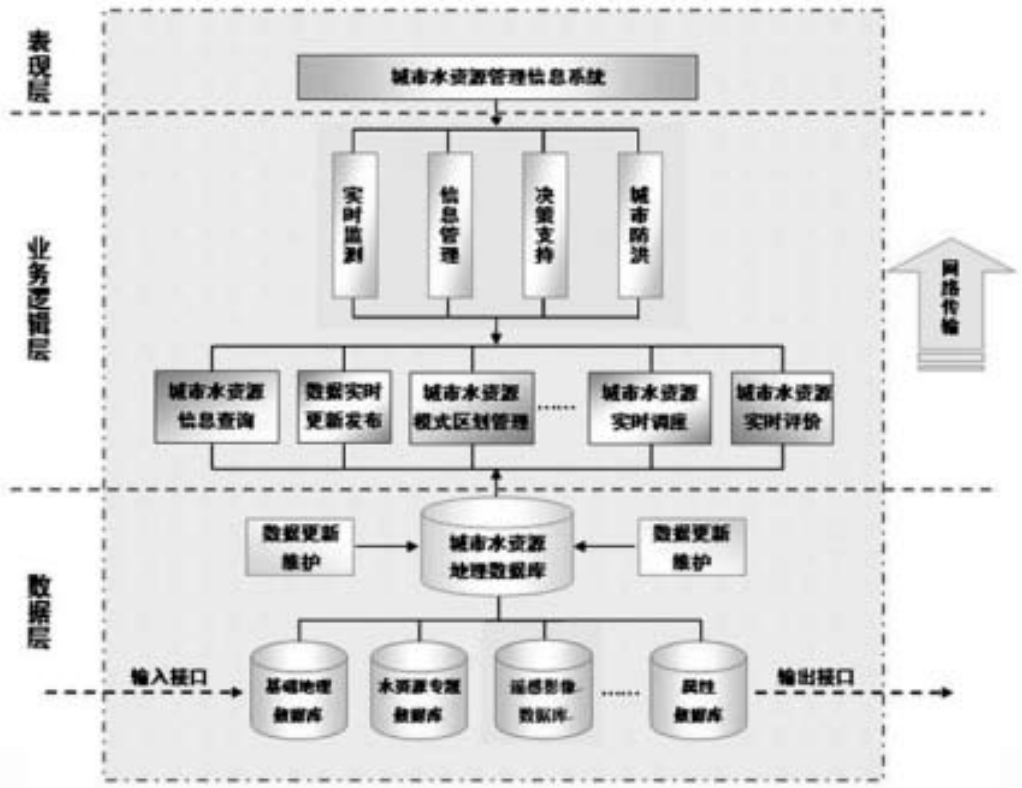


图 1 系统体系结构图

4 系统功能设计

城市水资源管理信息系统在软件设计上采用 C / S 和 B / S 结构相结合的混合模式。C / S 结构面向内网用户群，具有高效的 GIS 数据处理能力；B / S 结构具有维护数据和浏览权限的各级 Web 用户。

系统的 B/S 结构选用 ArcIMS9.0 和 ArcSDE9.0 作为 GIS 开发的基础平台，利用 Servlet Connector 和 HTML Viewer ,采用 ASP 和 JavaScript 语言进行开发，MacroMedia 公司的 Dreamweaver MX 和微软的 Visual InterDev6.0 网站开发工具进行二次开发，实现了水资源数据管理，查询检索、统计分析、空间分析、数据显示和网络发布等功能。系统整体功能结构如图 2 所示：

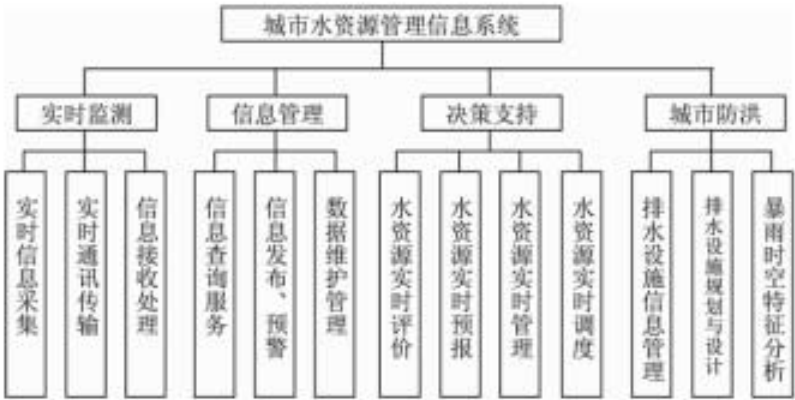


图 2 . 功能结构图

系统主界面以及查询界面分别如图 3 、 图 4 所示：



图 3 . 系统界面图



图 4 . 系统信查询界面图

5 数据库设计

城市水资源管理系统数据库由基础地理数据库、水资源专题数据库、遥感影像数据库以及属性数据库组成。基础地理数据库，包括城市边界、行政区划、水系（河流、渠道、水库）、居民地分布、地形、交通等数据，主要作为背景显示；水资源专题数据库包括，水情监测站点分布数据、水资源功能区划数据、水资源行政管理数据、水资源开发利用方案数据以及水资源评价数据、城市地下管网分布数据、地表水资源和地下水资源数据等；遥感影像数据库主要由遥感影像数据组成，用于遥感影像与数字线画图的叠加，以形成逼真的水资源环境分布效果；属性数据库，包括城市社会经济数据、水情监测站点基本信息、城市地下管网属性信息、水情汛情统计数据等。

针对上述市水资源管理信息系统数据类型复杂，从空间特性，包括结构化数据和非结构化数据；从存储方式，包含数据库数据和文件数据；从数据关系，包括结构化数据和非结构化数据等。如何使这些数据得到有效的管理和应用，是空间数据库设计的关键因素。对基于以上考虑，我们选用ESRI 公司的空间数据库引擎ArcSDE 作为数据管理引擎。ArcSDE 是ESRI 公司ArcGIS 家族的一个成员，可用关系数据库（RDBMS）管理空间数据。在RDBMS 中融入空间数据后，ArcSDE 可以提供对空间、非空间数据进行高效操作的数据库服务，大大提高了城市水资源管理信息系统数据库设计的合理性及信息检索速度，

6 结束语

城市水资源管理信息系统将WebGIS 技术与水资源管理工作通过B/S 模式的系统开发有机的结合在一起，综合运用计算机、水文水资源、地理信息系统、网络通信等多方面技术，将基础信息的管理、区域水资源规划、局部地表与地下水运动的数值模拟、图形显示等融为一体，集成水资源管理信息系统，实现基本信息查询、水量水质计算、污染物的监测与控制、水环境评价等功能，为水资源的科学管理、合理配置等

决策提供技术支持服务，是一个集易操作性、交互性、开放性、可扩充性、智能化等优点于一身的水资源管理辅助决策支持系统。

### 参考文献：

- [1] 张正兰, 刘耀东, 张明. 基于 ArcIMS 的 WebGIS 系统开发[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004
- [2] 周涛, 吴志伟, 刘波. 基于 ArcIMS 的交通基础设施信息系统研建. 地理信息论坛, 2004
- [3] 李纪人. 地理信息系统在水利中的应用
- [4] ESRI 公司 ArcGIS 系列产品在水利信息化中的应用, <http://www.esrichina-bj.cn/>
- [5] 王世容, 周新志. 都江堰灌区基于 GIS 的水资源管理信息系统, 四川省都江堰水利工程网, 2004
- [6] 曹建成. GIS 在水资源空间分析与管理中的应用. 测绘技术装备. 2002
- [7] 阮本清, 梁瑞驹. 流域水资源管理. 科学出版社. 2001

### 第三节 水土保持

我国七大江河流域的水土流失和土壤侵蚀是关系到流域生态环境、经济发展，甚至是七大流域实现可持续发展的大问题。水土流失的类型复杂多样，包括水蚀、风蚀、冰川侵蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀等各种类型，并且有大量的滑坡、泥石流、崩岗等山地灾害。因此流域的水土保持工作是一项长期而艰巨的任务。

80年代以来，日趋严重的水土流失问题引起了全社会的高度重视，先后在主要江河流域实施了多个水土流失综合治理工程，并在重点防治区建成了水土保持监测站网，同时利用GIS强大的信息管理和分析功能结合RS技术的周期性和视域广的特点以及全球定位（GPS）的精度定位特点，使流域内的有关水土流失的大量信息得到统一管理，并应用GIS技术来管理动态监测数据、进行水土流失预测、生态环境效益分析，从而提供及时可靠的决策依据。

地理信息的功能在水土保持中可以具体做到以下几个方面

#### 1) GIS 的查询功能在水土保持中的作用

由于水土保持系统需要大量的数据支撑，水土保持系统通常都是用数据库管理方式管理数据，GIS可以使用户在查询空间数据和属性数据时将数据叠加，使属性信息直接在载有空间信息的图形中展示。

#### 2) GIS 的统计分析功能在水土保持中的作用

分析统计功能是GIS的又一大特点，水土保持系统通过GIS的统计分析功能可以快速了解土地结构、利用状况及区域分布特征，为水土保持的统一规划提供数据依据。

#### 3) GIS 的数据编辑功能在水土保持中的作用

土地利用的状况随时都会发生变化，即地类、面积发生的变化。GIS的强大空间数据编辑功能使用户可以直接在数据库中编辑空间数据并直接用图形数据反映出来。另外，GIS中强大的拓扑功能可以随时验证空间数据中所存在的冲突，减少人为失误。

#### 4) GIS 的制图显示和输出功能在水土保持中的作用

GIS将空间信息以分层的形式管理，用户可以根据需要来显示所需的图层数据，缩短系统的查询时间，提高系统效率。用户还可以根据需要利用GIS功能输出所需的数据，报表，图表等一系列和空间数据有关的信息。

## 应用论文 5

### 基于遥感数据的黄土高原泾河流域水沙异源浅析

王兮之

(佛山大学旅游与资源环境系 广东省佛山市江湾一路18号 528000)

洪军 索安宁 毕晓丽 王秀春

(北京师范大学生命科学学院 100875)

#### 前言

黄土高原由于其特殊的地理位置和地质地貌条件,成为全国乃至世界上水土流失最严重的地区。据联合国《世界资源》一书统计,黄河的年输沙量位于世界9大河流之首,水土流失一方面直接造成土地贫瘠,生态环境恶化,土壤含水量减少,土地生产力下降,导致粮食减产和地区贫困;另一方面则造成河水含沙量普遍提高,使河道下游河床抬高,淤塞水库,加剧洪涝灾害的威胁,因而使黄河成为世界上最难治理的河流(黄自强,2002)。水土流失是环境退化最主要的表现形式之一,直接制约着社会经济的可持续发展,如何改变黄土高原水土流失“局部好转,整体恶化”的发展趋势,已成为我国西部生态环境建设中一个迫在眉睫的重大议题。

本文以黄土高原中部的泾河流域为例,利用ArcGIS 8.3以及ARC/VIEW 3.2软件,分析了泾河及其子流域的地表覆盖类型的分布格局并结合流域水沙变化的特征,从区域尺度上揭示泾河流域水沙异源的特点。

#### 1 泾河流域概况

泾河发源于宁夏回族自治区泾源县六盘山东麓的老龙潭,由西北向东南流经宁夏、甘肃、陕西三省(区),在陕西高陵县陈家滩与渭河相汇,该流域位于东经 $106^{\circ}14' \sim 108^{\circ}42'$ ,北纬 $34^{\circ}46' \sim 37^{\circ}19'$ 之间。泾河流域地处黄土高原中部,干流全长455.1km,流域总面积45421 km<sup>2</sup>,其中水土流失面积33220 km<sup>2</sup>,占流域面积的73.1%。泾河流域多年平均降雨量532.7mm,多年平均径流量为17.988亿m<sup>3</sup>,多年平均输沙量为2.54亿t。多年平均汛期(5~9月)降雨量占年降雨量的73.4%,洪水径流量占年径流量的44.6%,洪水输沙量占年输沙量的96.5%(冉大川和吴永红,2003)。

泾河流域是由泾河干流(集水区面积为14657 km<sup>2</sup>)、马莲河(19078 km<sup>2</sup>)以及泾河下游(11547 km<sup>2</sup>)三部分组成(图1)。据黄委会资料统计,泾河流域水沙来源差异显著,泾河干流杨家坪水文站(控制面积14124 km<sup>2</sup>)径流量占张家山径流量的43.2%,输沙量只占张家山输沙量的34.3%;马莲河流域雨落坪水文站(控制面积19019 km<sup>2</sup>)径流量占张家山径流量的24.3%,输沙量却占张家山输沙量的48.9%;泾河下游至张家山水文站(43216 km<sup>2</sup>)径流量占32.5%,输沙量占16.8%。



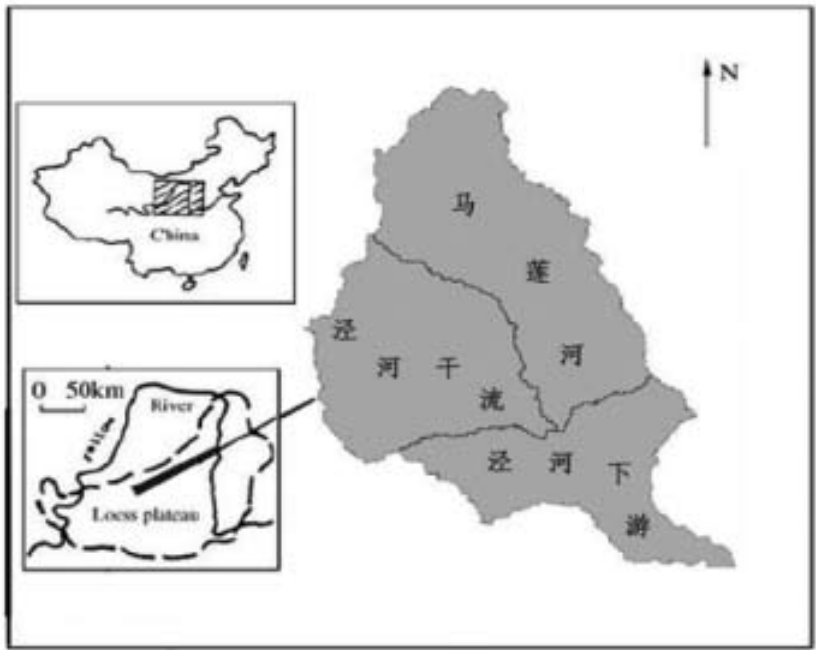


图1 泾河流域位置示意图

2 研究方法

利用1:25万的地形图在ArcGIS软件以及其中的GRID模块，首先生成流域DEM并进行平滑与填洼处理，形成无洼地DEM、水流方向矩阵和水流积累矩阵等三个基本水文数字矩阵；其次，在上述三个水文数字基础上，进行流域边界确定与河网的生成。根据选取集水区阈值不同，最终生成泾河流域与子流域的边界。

泾河流域及其子流域的格局特征分析使用2002年MODIS（分辨率为500m）遥感数据。首先使用生成的泾河及其子流域的边界裁剪相应研究区MODIS数据，然后通过遥感软件的非监督分类模块进行无监督分类，最后根据野外实地调查数据对无监督分类结果合并处理，从而形成最终的分类结果。

3 结果与讨论

3.1 泾河及其子流域地表覆盖类型特征

对泾河及其子流域景观格局特征分类结果可以看出，泾河流域地表覆盖类型分布地带性明显，类型层次比较分明，这主要是受气候的地带性影响，泾河流域的植被在水平分布上呈明显的地带性特点，自南向北依次分布了落叶阔叶林、森林草原带、草原带等大的植被类型带。泾河及其子流域地表覆盖类型分为：稀疏草地、草地、农草交错区、农田、稀疏灌丛、郁闭灌丛、林地、灌溉农田、城镇9种类型（图2、3、4），具体面积统计如表1所示。

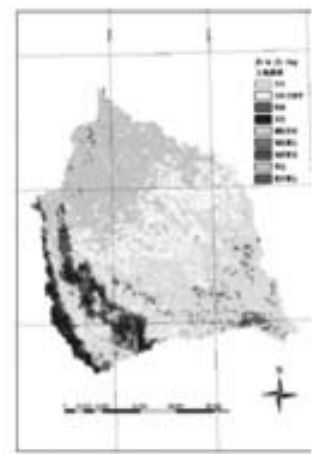


图2 泾河干流地表覆盖类型分布图

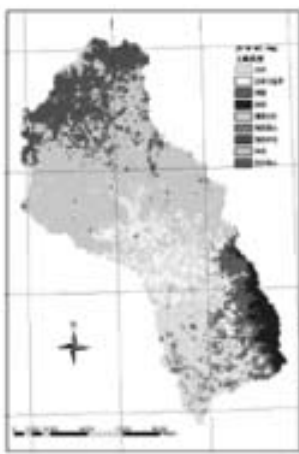


图3 马莲河流域地表覆盖类型分布图

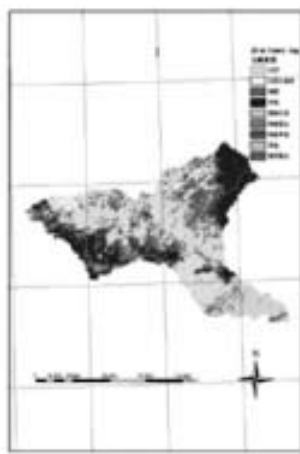


图4 泾河下游地表覆盖类型分布图

表1 泾河流域2002年MODIS数据分类面积统计： (单位：平方公里)

	泾河干流流域	马莲河流域	泾河下游流域	泾河流域
稀疏草地	30.75	2376.67	0	2407.42
草地	4119.37	8886.99	47.09	13053.84
农草交错区	3585.24	2725.03	524.08	6834.46
农田	4810.26	2715.34	4430.19	11957.63
灌溉农田	5.5	0	969.53	975.03
稀疏灌丛	484.03	443.31	1391.49	2319.15
郁闭灌丛	940.22	1158.23	2086.85	4185.30
林地	672.33	769.23	2091.39	3532.95
城镇	9.33	3.67	6.75	19.75
合计	14657.03	19078.47	11547.37	45285.53

3.2 泾河及其子流域水沙变化特征

泾河流域最严重和最为人所关注的是水土流失的问题，具体表现为河流的径流量小、输沙量大、泥沙含量高，泾河年均流量仅为渭河的1/2，输沙量却为渭河的2.35倍，含沙量为渭河的4.57倍（截至1997年）。据对泾河及其子流域的面积、径流量和输沙量等数据的统计，如表2所示，流域及其子流域的水少沙多、水沙异源的特征十分明显。例如泾河流域南部的达溪河和合水川面积和多年平均降雨量基本一样，达溪河的输沙量是合水川的1倍多，而径流量却是合水川的近8倍。

表2 泾河3子流域面积以及多年平均径流量和输沙量（1952—1996）统计：

	径流量	输沙量	面积
泾河干流（杨家坪）	43.2%	34.3%	32.4%
马莲河流域（雨落坪）	24.3%	48.9%	42.1%
泾河下游	32.5%	16.8%	25.5%
泾河流域（张家山）	17.998 亿 /m <sup>3</sup>	2.54 亿 t	45285.53 km <sup>2</sup>

## 结论

整个泾河流域地表覆盖类型分布地带性明显，类型层次比较分明，这主要是受气候的地带性影响，泾河流域的植被在水平分布上呈明显的地带性特点，自南向北依次分布了落叶阔叶林、森林草原带、草原带等大的植被类型带。泾河及其子流域地表覆盖类型分为：稀疏草地、草地、农草交错区、农田、稀疏灌丛、郁闭灌丛、林地、灌溉农田、城镇9种类型。

黄河流域的水沙异源特征十分显著，自古就有“泾渭分明”之说，千百年来泾清渭浊或渭清泾浊互相交替。泾河流域的三个子流域水沙异源也比较明显，除了地形、降水、土壤、面积大小等自然条件不同以外，地表覆盖类型及其空间配置的差异也是造成水沙异源的主要原因。泾河干流流域的草地、农草交错带和农田占流域面积的85.4%，马莲河流域的稀疏草地、草地、农草交错带和农田占流域面积的87.6%，泾河下游流域的农田、郁闭灌丛和林地占流域面积的74.6%。

## 参考文献：

- [1] 黄自强. 2002. 黄土高原水土保持近期方略. 水土保持学报, 16 (5): 82—85
- [2] 冉大川, 吴永红. 2003. 泾河流域水土保持生态环境建设与治理方略刍议. 水土保持研究, 10 (2): 58—59
- [3] 王中根, 刘昌明, 左其亭等. 2002. 基于DEM的分布式水文模型构建方法. 地理科学进展, 21 (5): 430—439

## 应用论文 6

### 基于 GIS 的中小流域土壤侵蚀快速评估方法

—以杏子河流域为例

史学建 王玲玲 王昌高 彭 红  
(黄河水利科学研究院 河南 郑州 450003)

**摘 要:** 本文利用 RS 与 GIS 相结合的技术手段, 快速提取流域下垫面覆盖信息和地形信息; 在对土壤侵蚀评价因子进行合理筛选以后, 参考国家土壤侵蚀分级分类及其参考指标, 利用遥感图像处理软件提供的专家分类器, 实现对土壤侵蚀强度及其空间差异的快速、精确评估。并以杏子河流域为例, 水文站的观测数据进行验证。

**关键词:** 土壤侵蚀; 快速评估; 专家分类器

严重的水土流失不仅造成当地土地退化, 甚至整个生态环境的恶化, 严重制约着当地经济的发展, 而且还导致其下游河床不断淤积抬高, 排洪能力减弱, 使水库库容减少, 洪水调节功能减弱, 加剧洪水威胁。基于遥感 (RS) 和地理信息系统 (GIS) 的、能够反映流域下垫面空间差异的水土流失评价, 可以进一步揭示水土流失发生发展规律, 为水土保持生态环境建设规划等工作提供科学依据。

上世纪 80 年代中期, 水利部利用遥感技术对全国土壤侵蚀状况进行了第一次普查, 90 年代末, 水利部又组织各省市技术力量, 开展了全国第二次土壤侵蚀调查, 同时, 一些流域机构也自行开展了土壤侵蚀调查与评价工作。在已经进行的这些土壤侵蚀调查中, 每一次都耗用大量人力物力, 而且也耗用比较长的时间。本文试图探讨利用现代科技手段, 提高土壤侵蚀调查的数据可靠性的同时, 提高调查速度和效率。

#### 一、研究地区的基本情况

杏子河地处黄河流域黄土高原中部, 位于黄河中游多沙粗沙区, 为延河的一级支流, 发源于靖边县境内的白云山南麓, 自西北流向东南, 流经安塞县和志丹县, 全长 102.8km, 流域面积 1486.1km<sup>2</sup>, 流域内属于黄土丘陵地貌, 沟谷密集, 地形起伏较大, 水土流失强烈。为了将土壤侵蚀评估的结果与水文站观测数据进行对比, 我们特选择了杏河水文站控制范围 (470.65km<sup>2</sup>) 进行了研究。

#### 二、土壤侵蚀评估因子的选择及假设条件

从侵蚀机理分析, 一般认为影响土壤侵蚀发生的因素有: 降雨因素、地形因素、地表组成物质因素、植被因素和人为因素[1~5]。

宏观的, 大区域降雨量与侵蚀量关系研究可以点绘不同区域的年降雨量与相应的输沙量的关系, 可看出在大区域降雨量与侵蚀量的统计关系是非线性关系, 呈现类似非对称的正态曲线, 并不是降雨量越大, 侵蚀量就越大。降水量大的地区, 而侵蚀量反而小了, 这主要受到抗蚀力的制约。由于该研究地区范围较小, 区域范围内降水空间差异不大, 降水、气候因素等对该地区土壤侵蚀空间差异的影响较小, 我们以对土壤侵蚀空间差异的快速评估为主要目的, 暂且不考虑降水因素。

流域下垫面覆盖状况与土壤侵蚀强度的关系密切。植被覆盖度既是影响土壤侵蚀的重要因素，同时也是土壤侵蚀或者水土保持结果的重要表现，土壤侵蚀强烈的地方，土地肥力低，植物生存生长条件差，植被覆盖就差一些，反之，植被覆盖就好一些。

地形也是影响土壤侵蚀的重要的自然因素之一。影响土壤侵蚀的地形因素比较多，如地形坡度、坡长、坡型、坡向、相对高度、沟谷密度等。但目前国内外大多数土壤侵蚀研究者在侵蚀地形因素研究中多数集中坡面要素研究，尤其是坡度与侵蚀关系的研究。一般研究认为，坡度愈大，侵蚀愈强。

地表抗御降雨侵蚀力的强度，主要取决于地表组成物质的特性，在其他条件相似情况下，相同的降雨侵蚀力落在粉沙地面上和粗沙地面上可以产生不同的侵蚀效果。因此地表组成物质是影响侵蚀的重要因素。

考虑研究区域范围内降水空间差异不大，地表组成物质均为典型黄土，区域内差别不大，该研究主要目的是对土壤侵蚀空间差异进行评估方法研究，因此，暂且不考虑降水因子和地表组成因子。即该方法的前提是：假设区域内降水是均匀的，地表组成物质均为黄土。

三、土壤侵蚀快速评估的关键技术

土壤侵蚀快速评估的关键技术包括两个方面：一是影响土壤侵蚀强度的环境因子信息的快速获取，二是快速有效的土壤侵蚀模型的建立。

1、流域下垫面土地覆盖信息的快速获取

1). 信息源的选择

由于不同季节的水热条件和物候变化对植被等有特殊意义，图像在不同时期呈现不同的图像效果。本研究需要利用卫星图像提取水土保持措施和土地利用情况，植被及土地利用因子在夏秋时相的遥感图像反映较为清楚，因此，我们选择了1997年6月13日的TM图像和1:5万地形图作为主要信息源。

2) 植被覆盖度信息的快速提取

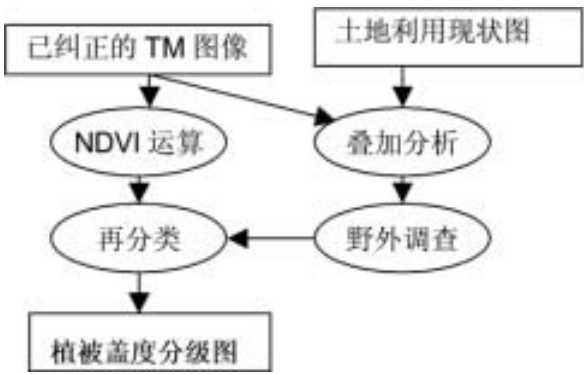


图1 植被盖度分级数据的快速获取过程示意图

对于流域下垫面覆盖信息，我们利用遥感图像处理软件，采用植被指数（NDVI）的方法，提取地表植被覆盖度。具体方法如图 1。

土地利用方式在卫星图像上是以土地覆盖表现出来，但是不同的土地利用方式，对土壤侵蚀发生的重要影响，如果不深入分析，就有可能被表面现象掩盖，如在农作物生长茂盛的季节，从卫星上反映出植被盖度一般是比较高的，其实，农作物不同于林草植被，不仅生长期短，而且由于人为耕种，地表土壤一般较为疏松，与其它非耕地地区相比更容易遭受侵蚀，因此，黄委会在开展黄河流域第二次水土保持遥感调查工作中规定：在目视解译时，对于农耕地不论从卫星图像上看到的植被覆盖率有多高，覆盖度一律按“中低覆盖”处理。本研究中也采用这一方法对植被盖度分级数据进行特别处理。

2、地形信息快速获取

用购买的纸质地形图，进行数字化，生成计算机中的高程数据。首先对扫描入计算机的彩色地图图像进行几何纠正，赋予其地理坐标；其次，对彩色图像进行分版，得到只含有地形等高线的二值图像，并对二值图像进行细化、短线删除、断线连接等预处理；最后在预处理后的图像上进行线划的自动跟踪得到矢量数据，参照原原图赋予等高线的高程值，便得到以文件形式存储的地形三维数据，再生成DEM，并可以利用ArcGIS 软件计算得到地形坡度数据。

3、土壤侵蚀因子的集成与专家分类

土壤侵蚀各影响因素必须统一在同样的地理坐标系下，转换为同样分辨率的栅格数据，这样便于运用GIS 进行建模和栅格计算。土壤侵蚀信息数据集成程序如图 2 所示。

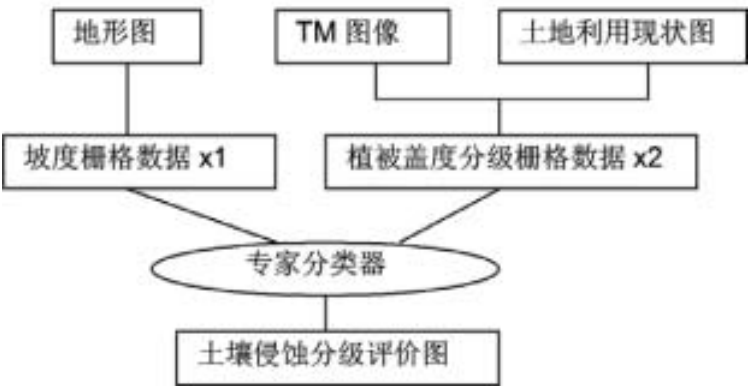


图2 土壤侵蚀因子数据集成程序

尽管目前关于土壤侵蚀量的计算模型有许多，但是由于其影响因素的复杂性，这些模型的应用还存在很大的局限性。本研究根据野外实地调查和以往专家经验，参考国家土壤侵蚀分级分类标准及其参考指标，主要利用土地覆盖因子和地形因子，建立专家规则表（见表 2），采用逻辑模型，即以逻辑判断为基础，进行直截了当的集合运算。

表 1 土壤侵蚀影响因素和侵蚀强度编码

黄河水利委员会，黄河流域水土保持遥感普查技术规程，1998 年 12 月

编码	植被盖度	坡度	土壤侵蚀强度
1 高覆区	80~90%	<5°	微 度
2 中高覆区	70~80%	5° —8°	轻 度
3 中覆区	45~70%	8° —15°	中 度
4 中低覆区	30~45%	15° —25°	强 度
5 低覆区	10~30%	25° —35°	极强度
6 裸地	0~10%	>35°	剧 烈

为了便于逻辑计算，我们将植被盖度和地形坡度的栅格数据，进行重分级编码，分级编码方法如表 1。

利用遥感软件的专家分类器，将坡度和植被盖度分别设为变量 x1 和 x2，建立基于该变量的逻辑规则和假设，当条件满足时，直接赋予新图像象元值，即土壤侵蚀等级值。评价结果见图。

表 2 土壤侵蚀分级编码规则表

坡度分级编码		1	2	3	4	5	6
植被	覆盖编码	1	1	1	1	2	3
覆盖度分级	2	1	2	2	2	3	4
	3	1	2	3	3	4	5
	4	1	2	3	4	5	6
	5	1	3	4	5	6	6
	6	2	3	4	5	6	6

四、结果、验证与评析

模型计算结果（见表 3）表明：杏子河流域杏河水文站控制区总面积 470.65km2，其中，微度至剧烈侵蚀各级面积分别为 25.18km2、14.6 km2、50.21km2、109.76 km2、151.63 km2 和 119.27 km2。

为了与该流域控制水文站（杏河站）观测数据进行对比分析，验证模型评估的正确性，我们按照土壤侵蚀各个等级所对应的侵蚀模数下限、上限和中值分别计算了该流域土壤侵蚀量，见表 3，该地区下限年总侵蚀量为 3696030.1t，上限年总侵蚀量为 7043320.5t，中值年总侵蚀量为 5319306.8t。

根据杏河水文站 1990 年到 2001 年间观测的输沙率计算，该地区年平均输沙量为 5685570.9t，该数值正好位于上述计算的上、下限年总侵蚀量之间，而且与中值年总侵蚀量接近。

表 3 杏河站控制区侵蚀强度分级结果及侵蚀量计算表

土壤侵蚀等级		面积 (km <sup>2</sup> )	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> .a)			年侵蚀量 (t)		
			下 限	上 限	中 值	按下限 计算	按上限 计算	按中值 计算
1	微度	25.18	200	1000	500	5036.0	25180.2	12590.1
2	轻度	14.60	1000	2500	1750	14604.3	36510.8	25557.5
3	中度	50.21	2500	5000	3250	125529.8	251059.5	163188.7
4	强度	109.76	5000	8000	6500	548800.0	878080.0	713440.0
5	极强度	151.63	8000	15000	11350	1213040.0	2274450.0	1721000.5
6	剧烈	119.27	15000	30000	22500	1789020.0	3578040.0	2683530.0
合 计		470.65				3696030.1	7043320.5	5319306.8

五、两点体会

利用 ArcGIS 与遥感图像处理软件相结合，可以快速获取遥感图像、纸质地图上与土壤侵蚀评价有关的地理信息，大大提高了信息的采集、处理的速度和准确性。

利用 ArcGIS 空间分析功能和遥感图像处理软件的专家分类器，与专家经验相结合或者利用已有的土壤侵蚀评价模型，建立基于 GIS 的土壤侵蚀评价系统，可以快速准确地对流域下垫面的土壤侵蚀强度进行评估，揭示土壤侵蚀的空间差异，为开展流域面上水土流失治理提供科学依据。

参考文献：

[1] 蔡强国. 坡长在坡面侵蚀产沙过程中的作用. 泥沙研究. 1989. 4

[2] 王占礼. 黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响. 西北农业大学学报. 1998, 26 (4): 101~105

[3] 陈云明, 侯喜禄, 刘文兆. 黄土丘陵半干旱区不停类型植被水土保持生态效益研究. 水土保持学报. 2000. 14 (3): 57~61

[4] 陈浩, 蔡强国, 陈金荣等. 黄土丘陵沟壑区人类活动对流域系统侵蚀、输移河沉积的影响. 地理研究. 2001. 20 (1): 69~76

[5] 李有利, 郑纲, 杨景春. 人类活动与土壤侵蚀. 水土保持研究. 1999. 6 (4): 105~110



## 第四节 水环境与水资源监测

水资源和水环境监测在水利信息化的工作中是非常重要的环节，因为只有掌握了供水和需水的有关信息，才能科学、准确地进行水资源有效的配置和调度。水质变化的信息对环境质量进行动态评价和有效监督也是非常重要的，有了准确的水质变化信息，我们就可以在水污染事件发生时，尽快找到污染源避免影响的扩大。3S 技术特别是 GIS 和 RS 的发展为我们提供了快捷有效的监测手段，监测的内容不仅包括水质和水量等信息，还包括水资源配置的相关信息。

运用 GIS 对水质信息进行管理，可以帮助规划部门合理地选择出能代表具体各流域和各地地区的地表和地下水水质总体状况的监测站点位置，以便进行水质水量连续自动实时的监测、水量调度和水污染控制。水污染类型的类型是多种多样的，主要包括水体富营养化、泥沙污染、石油污染和废水污染及热污染和固体漂流物污染等。这些污染类型在光线下的反射率存在差异。我们利用 RS 技术的光谱分析技术就可以辨别水污染的类型，再通过处理过的遥感影像图和 GIS 数据库中基本地图数据进行叠加我们就可以找到迅速找到受水污染的位置和其污染范围。利用对污染物的实时动态监控我们就可以得到水污染的扩散过程情况。有了这些数据，GIS 强大的统计和分析功能，可以帮助我们预测未来污染的扩散可能范围和路径，为应急指挥的决策提供依据。

GIS 不只具有强大的图形展示和统计分析功能，还具有很强大的建模功能，开发公司可以根据具体的空间信息数据来建立水流演进和调度系统等空间信息模型。决策者可以利用 GIS 和 RS 的技术对地表水和地下水资源量进行估算，并结合估算的灌溉水资源的分布及供应量情况，通过用 GIS 建立的水流演进和调度系统模型，直观演示过程，模拟不同的水量调度方案，为水利水资源开发利用和调度管理提供科学的决策依据。

应用论文 7

水资源实时监控系统中的 WebGIS 技术研究与应用

闫继军<sup>1</sup> 谢新民<sup>1</sup> 范宏<sup>2</sup> 刘倩<sup>3</sup> 张闻波<sup>2</sup> 赵洪武<sup>2</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院 北京 100044; 2. 辽宁省水利信息中心 沈阳 110000;  
3. 清华同方人环工程公司 北京 100083)

**摘 要：**社会经济的快速发展对水资源及其管理水平提出了新的、更高的要求，有效处理和解决好水资源问题，实现水资源的现代化管理和可持续利用是建设现代化社会的重要任务。基于 WebGIS 技术的水资源实时监控系統，能够方便的组织水资源监测数据资料及其相应的空间特征信息，灵活集成各种专业模型，整合专家知识，实现综合分析机制，实现区域水资源的信息管理、预测预报、优化调度和远程监控，是实现水资源合理配置、优化调度、科学管理和保障用水安全的重要技术手段。基于 ESRI ArcGIS/ArcIMS 平台，采用 Java 和面向对象技术开发建设水资源实时监控系統，在确保系統质量、提高系統研发效率和追求更佳性能 / 成本比等方面具有突出优势。本文介绍了利用 WebGIS 技术基于 ESRI 平台研究建设辽宁中部区域水资源实时监控系統的成功经验。

**关键词：**水资源；实时监控；水资源实时监控系統；辽宁中部；WebGIS

水资源实时监控系統是指采用监测、通信、网络、计算机等技术和水资源评价、预报、管理、调度模型，对水源地和供水、用水、排水体系进行整体监控，集水资源实时监控、信息服务、辅助决策和远程监控等功能于一体的为水资源管理和调度服务的综合系統。水资源实时监控系統是实现水资源合理配置、优化调度、科学管理和保障用水安全的重要手段。

GIS 技术提供了属性数据与空间数据的双向关联处理能力，从而能够有效支持基于地理要素的信息加工处理；WebGIS 技术支持大范围广泛分布的多客户端 GIS 应用，对于大型分布式应用系統具有明显优势。基于 WebGIS 技术的水资源实时监控系統，能够有效组织和充分利用水资源信息的空间特征和相关属性，提高系統的标准化、可视化、集成化程度，提高系統的实用价值。

1 水资源实时监控系统的功能结构

水资源实时监控系統由信息采集系統、通信与计算机网络系統、辅助决策系統、远程监控系統和监控中心等 5 部分组成（见图 1）。

信息采集系統包括传感器、信息存贮转发装置和测控单元等，实时采集水资源监测信息并将其传递到系統监测控制单元；通信与计算机网络系統包括信息传输通信网和监控中心、分中心的计算机网络，以及与其上级水行政主管部门及当地政府计算机网络的互联，将采集到监测控制单元的水资源信息实时传输到分中心和中心，提供系統内部的信息交互并建立系統与外部交换信息的接口；决策支持系統包括数据库、信息服务、业务应用等部分，利用水资源实时评价、预

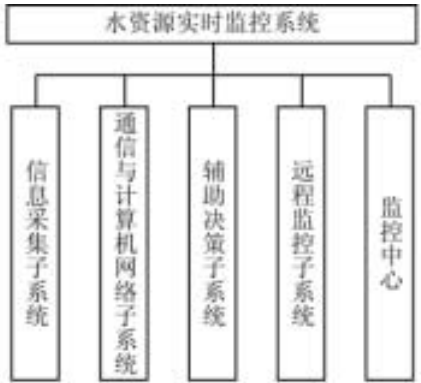


图 1 水资源实时监控系统的组成

报、管理和调度模型以及会商支持机制等，合理制定供用水计划和水资源调度方案，为水行政主管部门科学决策提供依据；远程监控系统包括监视和控制两部分，对重要监控对象实施远距离的图像、视频等实时监视，并采用手工、半自动和自动化等手段对重要工程设施的闸门、泵等进行控制；监控中心包括支撑系统运行的硬件环境和软件环境等，是监测、监视信息的最终汇集中心和决策中枢，也是控制指令的发布中心。

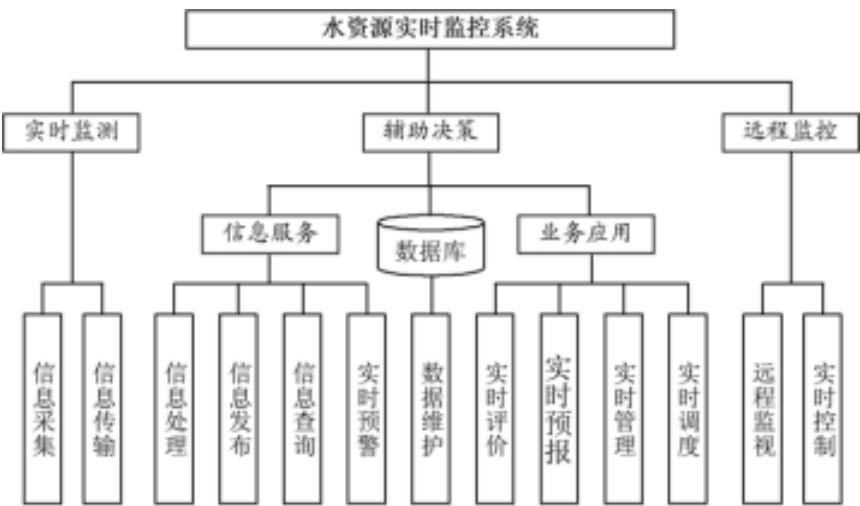


图 2 水资源实时监控系统的功能结构

水资源实时监控系统的主要功能包括实时监测、信息服务、业务应用和远程监控等（见图 2），其中信息服务和业务应用构成辅助决策系统的主要内容。实时监测包括水资源信息采集、传输、交互等功能，由信息采集系统和通信与计算机网络系统实现；信息服务包括水资源信息处理、发布、查询和实时预警等功能，由辅助决策系统实现；业务应用包括水资源实时评价、预报、管理、调度等功能，由辅助决策系统实现；远程监控包括远程监视和实时控制等功能，由远程监控系统 and 通信与计算机网络系统实现。

2 水资源实时监控系统中的 WebGIS 技术应用

地理信息系统（GIS）与传统信息系统的差异在于它不仅能够存储、分析和表达现实世界中各种对象的属性信息，而且能够处理其空间位置特征，能够将空间信息和属性信息有机结合在一起，从两个方面进行查询、检索和分析，并将结果以各种直观的形式，形象而精确地表达出来。因此，GIS 技术的优势就在于其对地理空间数据的管理及其分析处理能力。水资源信息的空间特征尤其重要，在水资源实时监控系统中，GIS 技术的应用主要体现在空间数据库管理以及电子地图、空间分析和网络分析、数字高程模型（DEM）、WebGIS 等技术应用方面。

空间数据管理主要包括：

- （1）方便、统一地管理地理空间数据和相应的属性数据；
- （2）决策支持系统中各个应用子系统能够通过空间 SQL（SSQL）语言或其它方法共享空间数据，以保持空间数据的一致性并降低子系统之间地图数据采集的工作量；
- （3）通过丰富的应用编程接口（API）支持能力，提供方便和强有力的系统应用软件集成能力。

电子地图技术应用主要包括：

- (1) 分层分级地图的叠加显示及其显示次序的调整;
- (2) 各层显示属性的灵活设置;
- (3) 图形的缩小、放大、开窗、漫游、导航等常规地图操作;
- (4) 属性数据的分布式表达 (表达方式可以是数据、文本、表格、图形等);
- (5) 基于空间位置的分布式属性查询;
- (6) 基于空间位置执行可运行模块或连接外部程序。

空间分析与网络分析技术应用主要包括:

- (1) 不同图层之间的空间叠加;
- (2) 缓冲区 (Buffer) 分析 (例如水、旱灾害和突发性水污染事故的辐射区域分析);
- (3) 网络分析, 包括最佳调水方案分析、确定最近距离的水源和设施、确定最优服务范围等。

数字高程模型 (DEM) 技术主要应用于水旱灾害的灾情评估, 包括灾前评估、灾中评估和灾后评估。

WebGIS 技术是由 GIS 技术与 Internet/Intranet 技术相结合而产生和发展起来的新技术, 对于大范围广泛分布的多客户端 GIS 应用具有操作简单、管理方便和运维成本低等明显的优越性。水资源实时监控是一种典型的大范围广泛分布的多客户端 GIS 应用系统, 基于 WebGIS 技术研发构建此类系统, 能够方便地嵌入已有的专业模型和专家知识, 在丰富系统功能和提高系统性能的同时, 更加有效地提高系统的标准化、可视化、集成化程度, 缩短建设周期、降低开发成本、提高研发效率, 大幅度提高系统的实用价值和综合效益。

### 3 基于 WebGIS 技术的辽宁中部区域水资源实时监控

辽宁中部区域位于东经  $121^{\circ} 05' - 125^{\circ} 30'$ , 北纬  $40^{\circ} 36' - 43^{\circ} 31'$  的地区范围, 覆盖铁岭、沈阳、抚顺、本溪、辽阳、鞍山、营口、盘锦八大城市, 总面积 6.86 万  $\text{km}^2$  (见图 3)。

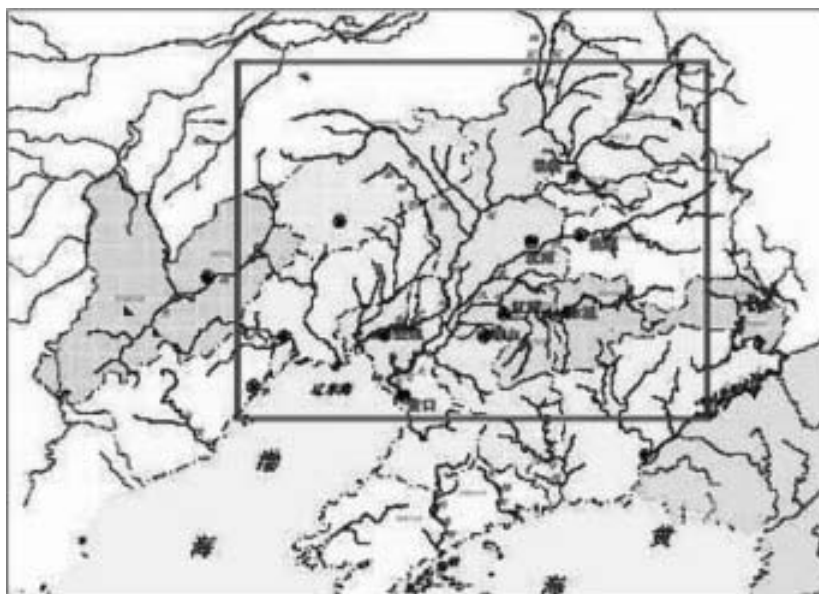


图 3 辽宁中部区域地理位置

辽宁中部区域内的水系主要包括辽河干流、浑河、太子河、大辽河、绕阳河和大凌河入海口部分，现有水库工程 312 座，其中大型水库 10 座，中型水库 29 座，担负着该区域内的防洪、灌溉、城市供水等主要任务。该区域是辽宁省最重要的城市群、工业基地和粮食主产区，从而成为全省政治、经济、文化、科技、交通等各项事业的中心和重点，水资源开发利用已经超过了 75%，继续依靠工程措施开发水资源、增加供水量已经没有太大的潜力。因此，充分利用现代化的科技手段和科学管理措施，进行区域水资源的实时监控、优化配置、合理调度和科学管理，才能够实现区域水资源的可持续利用，从而确保区域内社会经济的可持续发展。

辽宁中部区域水资源实时监控系统的建立是以现代 IT 技术和水资源管理科学为基础，面向辽宁中部地区水资源管理应用的分布式决策支持系统。该系统的建立和推广，对于推动辽宁中部地区乃至辽宁全省范围的水利信息化建设，促进传统水利向现代水利的发展和过渡，实现区域内水资源的可持续利用，从而确保社会经济的可持续发展，有着重大的现实意义。据初步测算，系统投入运行后可增加水库多年平均调节水量约 3.81 亿  $m^3$ ，相当于总库容 11 亿  $m^3$  水库的调节水量，其经济效益十分显著，并且拥有巨大的社会效益和环境效益。

该系统采用“五库四机”的体系结构（见图 4），“五库”是指支持系统运行的数据库基础，包括监测数据库、空间数据库、专用数据库、模型库（包括方法库）和知识库等，“四机”是指组成系统核心的 4 个关键功能，即水资源实时监控、信息服务、业务应用和远程监控。集成后的系统中枢设在辽宁中部区域水资源实时监控中心。

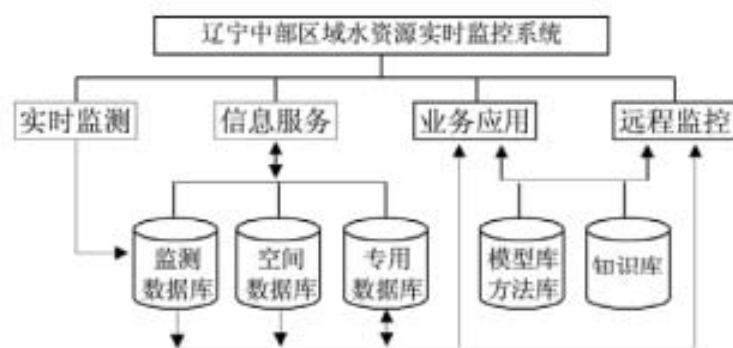


图 4 辽宁中部区域水资源实时监控系统框架

实时监控包括水资源信息采集、通信与计算机网络等功能，支持水资源信息的实时采集、传输和交换。

信息服务包括水资源信息处理、发布、查询和实时预警等功能。其中信息处理包括信息接收、信息转换和信息存储；信息发布通过自由选择分析数据、定义分析角度，充分利用图形化方式显示分析结果，对于发布的信息可以基于人员、组织和权限等管理进行自动分发，用户通过浏览的方式进行信息查看和利用；信息查询包括精确查询、模糊查询等方式，具有统计汇总功能，查询结果采用列表、图形等表达方式，并与地理信息系统相结合，提供显示、保存、打印等输出方式；实时预警对超标、异常的敏感信息提供报警功能，根据预报、预测、预警信息的级别进行筛选、分类、重组，按照相应方式进行分级报警。

业务应用包括水资源实时评价、预报、管理、调度等功能。其中实时评价是指根

据水资源管理的业务要求，通过对水汽输送、降水、蒸发、地表水、地下水的实时数据分析，按水资源分区及行政分区进行水资源实时水量水质评价；实时预报包括来水预报和需水预测，来水预报是指对地表水和地下水的数量和质量进行预报（其中地表水包括汛期径流预报和枯季径流预报），需水预测是指对生活、生产、生态需水进行预测；实时管理是指利用水资源评价和预报成果，通过水资源管理模型的计算分析，结合领域专家和决策者积累的知识、经验以及分水协议等进行综合分析，形成水资源管理预案；实时调度通过制定的水资源管理预案，确定水资源优化调度的规则和依据，根据各时段水资源的丰枯情况和污染态势，通过建立水资源优化调度模型，确定水资源调度方案。

远程监控系统包括远程监视和实时控制两部分。远程监视部分通过由摄像采集前端、视频传输网和后台控制处理等组成的远程视频监视系统，对水资源调配工程的重点场景进行实时远程视频监视，并与其他自动化系统建立接口，相互传递视频信息和控制指令；实时控制部分根据水资源实时监测信息反映的情况，参照视频监视结果，遵照确定的管理调度方案，下达给系统监控对象实施控制操作的指令，并将监控操作过程和效果以及监控对象的动态状况等实时反馈到监控中心。

监控中心包括硬件环境和软件环境等部分，是系统的信息监控、数据交换、辅助决策和指挥调度等的管理中心，也是支撑系统运行的平台。

系统运行平台采用ESRI ArcGIS/ArcIMS 产品，其组成结构如图 5 所示。操作系统选用Sun Solaris + MS Windows 2000 Server 方案，Web 服务器选用Microsoft IIS (Internet Information Server) 产品，数据库管理系统 (DBMS) 选用Sybase/Oracle + SQL Server 2000 的组合方案，应用开发工具以基于 Java 技术的 JSP + XML + HTML + JavaScript 等编程技术为主，局部功能采用 .NET 技术配合开发实现。

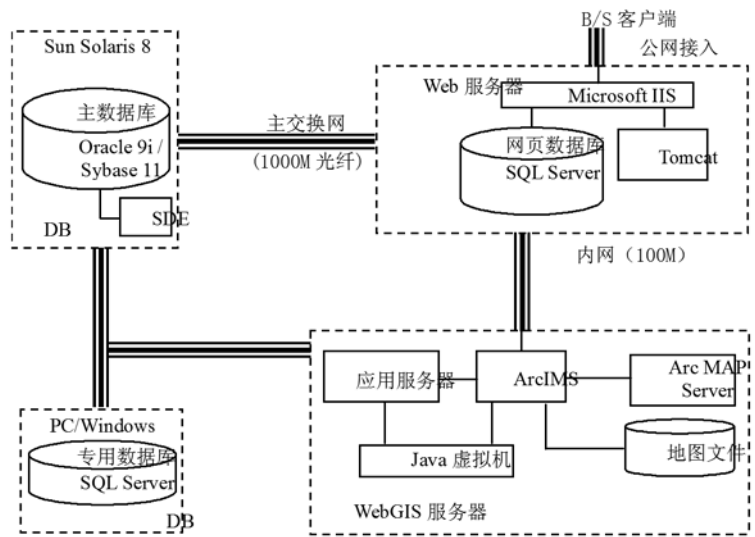


图 5 辽宁中部区域水资源实时监控系统的 WebGIS 运行平台结构

该系统的界面示例如图 6 所示，包括主控界面、信息服务、业务应用、视频监视、远程监控等。人机交互统一采用 Web 页面形式的超文本用户界面，成果输出采用基于电子地图的动态数值显示、监测站点染色、区域填色、超文本链接常规报表、统计曲线和分析图示等形式，预测预报和信息查询成果实现基于电子地图的交互查询、成果图与基础图迭加显示等。通过显示接口可支持计算机常规屏幕和监控中心的大屏幕（电视墙）显示。



图 6 辽宁中部区域水资源实时监控系统显示界面

4 结论

基于 WebGIS 技术的水资源实时监控系统，能够方便的组织水资源监测数据资料及其相应的空间特征信息，灵活集成各种专业模型、整合专家知识实现综合分析机制，动态进行区域水资源的信息管理、预测预报、优化调度、科学管理，实现对区域水资源状态的实时监控。基于 ESRI ArcGIS/ArcIMS 平台，采用 Java 和面向对象技术开发建设水资源实时监控系统，在确保系统质量、提高系统研发效率和追求更佳性能 / 成本比等方面具有突出优势。

参考文献：

[ 1 ] 董哲仁,陈明忠,闫继军,谢新民等. 建设水资源实时监控管理系统—水利现代化的技术方向[J]. 中国水利,2000(7):27-28,38.

[ 2 ] 杨小庆,邹广岐,闫继军等. 区域水资源实时监控系統框架设计[R]. 中国水利水电科学研究院,2001,3.

[ 3 ] 闫继军,赵洪武等. 辽宁中部区域水资源实时监控系統总体设计[R]. 中国水利水电科学研究院,2001,5.

[ 4 ] 谢新民,蒋云钟,闫继军等. 水资源实时监控管理系统理论与实践[M]. 中国水利水电出版社,2005,2.

[ 5 ] 闫继军,谢新民,范宏等. 太子河流域水资源实时监控系統平台建设[A]. 2004ESRI 中国用户大会论文集[C],2004:314-319.

## 应用论文 8

## 基于 ArcGIS/SPSS 的深圳湾水环境时空分析

袁中智

(重庆市国土资源和房地产信息中心 重庆 400015)

**摘 要:** 本研究基于 ArcGIS/SPSS, 使用由香港理工大学韦永康等人运用泥沙输移模型模拟的 1997 年 10 月 8 日 1 时至 16 时深圳湾悬浮泥沙浓度、水流流速、水流方向、水深等水环境数据, 采用空间内插、曲线拟合等方法, 研究了深圳湾悬浮泥沙浓度、水流、单位面积单位时间泥沙输移量等在一个潮周期的时空分布特点。

**关键字:** ArcGIS、SPSS、水环境、时空分析

## 一、研究背景

近岸海域是波浪、潮流和泥沙相互作用的区域, 人类活动, 如大规模的海岸建设工程涉及泥沙的开挖和填埋, 产生泥沙输移, 泥沙输移过程对海洋环境和海岸工程都有重要影响, 如, 在海岸与河口区域, 在波浪和水流作用下产生的泥沙输移和再悬浮对河口、海岸、海洋沉积等产生影响。同时, 在海岸工程应用上, 如河口航道、港口、码头和系船池, 还需要对细颗粒泥沙运动定量化, 由于河口悬沙浓度随深度迅速变化, 因此, 悬沙浓度的垂向变化研究也十分关键, 垂向悬沙浓度研究可以加深对潮汐河口近底水——泥相互作用的认知, 这种相互作用控制整个潮汐河口细颗粒泥沙的输移过程。波浪、潮流等产生的水流对三角洲的形成、沉积物分布、海洋浮游生物的分布也有重要影响, 而且水流作用于海岸, 还可能产生侵蚀或形成淤泥质海岸。所以关于近岸悬浮泥沙、水流、泥沙输移量的研究对保护近岸海域水环境十分重要。由此本研究将以深圳湾为研究对象, 对深圳湾悬浮泥沙、水流、单位面积单位时间泥沙输移量等在水平上和垂向上的动态变化进行系统研究。

深圳湾位于香港新界西部与珠江口相接处, 三面为陆, 西南与伶仃洋相通。为珠江口伶仃洋东侧中部的一个外窄内宽的海湾。海湾湾长 17.5 km, 湾宽各处不等, 湾中腰最宽, 自北岸深圳大学至南岸坑口村, 水面宽达 10 km; 东角头至白泥断面最窄, 水面宽为 4.2 km。深圳湾的自然水深一般小于 5 m。海底地形比较平缓, 深圳湾湾顶为深圳河下游的冲积和海积平原。深圳湾区域属亚热带海洋性季风, 全年盛吹偏东风。深圳湾湾口水域宽阔, 湾口朝向西南, 所以西南风对深圳湾有着直接的影响, 另一方面, 由于与深圳湾相接的伶仃洋海湾的岛屿的屏障作用, 以及本海区浅滩的影响, 深海涌浪难以传递到深圳湾。所以, 深圳湾水域基本上受风浪控制。但无论风向如何, 风浪与潮汐的相互作用, 都将使水体的含沙量增加。伶仃洋潮流基本上呈往复流动, 主流向接近南北向。在深圳湾湾口伶仃洋的潮流部分从侧向进入深圳湾, 由于湾内水深变浅, 同时受湾内地形的约束, 潮流基本上呈西南—东北向往复流动, 涨潮流进入湾内后, 潮流流向逐步偏向东北, 落潮流方向大致呈西南, 涨落潮方向基本与水道走向一致。汇入深圳湾的陆域河流有深圳河、元朗河和大沙河, 上述诸河为深圳湾陆域泥沙的主要来源。

## 二、数据与方法

## 2.1 数据介绍

由香港理工大学土木与结构工程学系韦永康、陈勇等开发的泥沙输移模型可以模拟在波浪和水流作用下, 复杂地形泥沙的侵蚀与沉积, 预测具有复杂构造的大的海岸



带区域的真实物理现象。该模型已成功应用于珠江口海域，试验结果精确、有效。使用该模型，韦永康等又模拟了1997年10月8日1时至16时深圳湾悬浮泥沙浓度、水流大小方向、潮高等状况，模拟范围为 $30\text{km} \times 40\text{km}$ ，节点数为5263个（见图1），水体在垂直方向划分为11层。最后使用了南京水动力研究所提供的有关潮高、水流速度、悬浮泥沙浓度等实测数据进行验证，结果表明，模拟值与实测值具有较好的一致性。本研究将使用韦永康等模拟的1997年10月8日1时至16时深圳湾悬浮泥沙浓度、水流大小方向、潮高等数据，对深圳湾水环境时空变化进行研究。



图1 深圳湾数值模拟节点图

## 2.2 研究时段的确定

从图2，深圳湾16小时平均潮高变化图中可以看出，深圳湾在第1小时至第7小时为涨潮，第7小时至第8小时为平潮，第8小时至第16小时为落潮。从图3，悬浮泥沙浓度16小时变化图中可以看出，悬浮泥沙浓度在一个潮周期中，涨潮和落潮泥沙浓度都较高，其中落潮时浓度最高，平潮时泥沙浓度最低。从图4，深圳湾水流16小时变化图中可以看出，水流流速在涨潮落潮时较高，平潮时最低。从图5，深圳湾单位面积单位时间悬浮泥沙输移量16小时变化图可以看出，悬浮泥沙输移量在涨潮落潮时较高，平潮时最低。由此，为了掌握深圳湾悬浮泥沙、水流等在一个潮周期的时空变化规律，根据潮高、流速、泥沙浓度、泥沙输移量等在一个潮周期的大致变化规律，对潮周期的第1小时、第2小时、第5小时、第8小时、第12小时、第16小时等6个关键时刻进行研究，分别研究6个时刻潮高、流速、流向、泥沙浓度、泥沙输移量的空间变化规律，以及流速、流向、泥沙浓度、泥沙输移量在垂直方向的变化规律，从而把握深圳湾水环境在一个潮周期的变化规律。

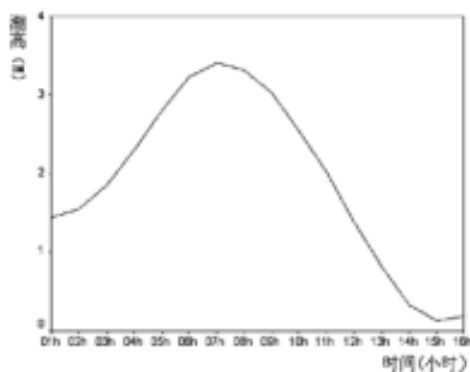


图2 深圳湾16小时平均潮高变化图

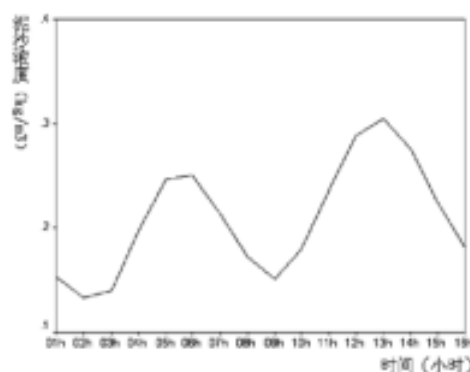


图3 深圳湾泥沙浓度16小时变化图

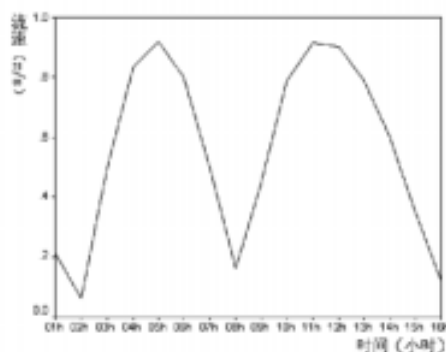


图4 深圳湾水流 16 小时变化图

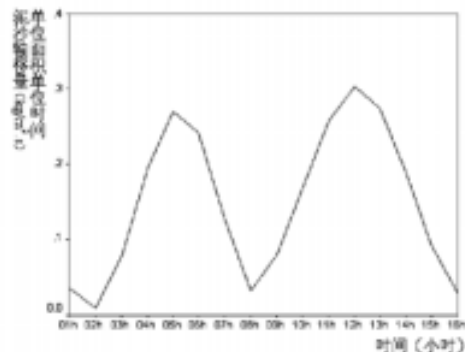


图5 深圳湾悬浮泥沙输移量 16 小时变化图

### 2.3 趋势面分析

为了研究深圳湾泥沙、水流、泥沙输移量等水环境要素的空间分布，根据模型数据特点，本研究使用趋势面分析方法研究深圳湾水环境时空分布规律，使用空间插值方法对每一层的 5 2 6 3 个节点数据进行空间插值，以此了解深圳湾泥沙、水流、泥沙输移量等水环境要素的空间分布特点。

常用的插值算法中，最近距离插值，距离反平方插值两点间的影响与距离成平方反比关系，算法比较简单而且效率很高。三角形法与多边形法都是以面积大小的几何相关性来决定待测点的权重系数。但是以上算法对空间数据分布的特征未做考虑，另外不能给出插值精度，无法检验插值结果。

Kriging 估值技术是一种用于空间估计的统计方法，Kriging 插值不仅可以获得预测结果，而且能够获得预测误差，这样有利于评估预测结果的不确定性。克里格法从统计的意义上说，是从变量相关性和变异性出发，在有限区域内对区域化变量的取值进行无偏、最优估计的一种方法；从插值的角度讲是对空间分布的数据求线性最优、无偏内插估计一种方法。它的核心技术就用半变异函数模型代表空间中随距离变化的函数，再以无偏估计与最小估计变异数的条件下，决定各采样点的权重系数，最后再以各采样点与已求得的权重线性组合，来求空间任意点或块的内插估计值。克里格法的适用条件是区域化变量存在空间相关性。鉴于 Kriging 的以上优点，由此本研究使用 Kriging 对水环境要素进行空间内插。

克里格法基本包括普通克里格法、简单克里格法、泛克里格法、概率克里格法、指示克里格法、析取克里格法和协同克里格法。为了确定具体的克里格法，本研究随机选取 50 组数据分别用普通克里格法、简单克里格法、泛克里格法、概率克里格法、指示克里格法、析取克里格法等做比较研究，同时制作标准误差预测图（图 6 为其中一组数据标准误差预测图），结果表明，使用简单克里格法插值时，整个研究海域插值误差最小，由此本研究选取简单克里格法进行空间插值。

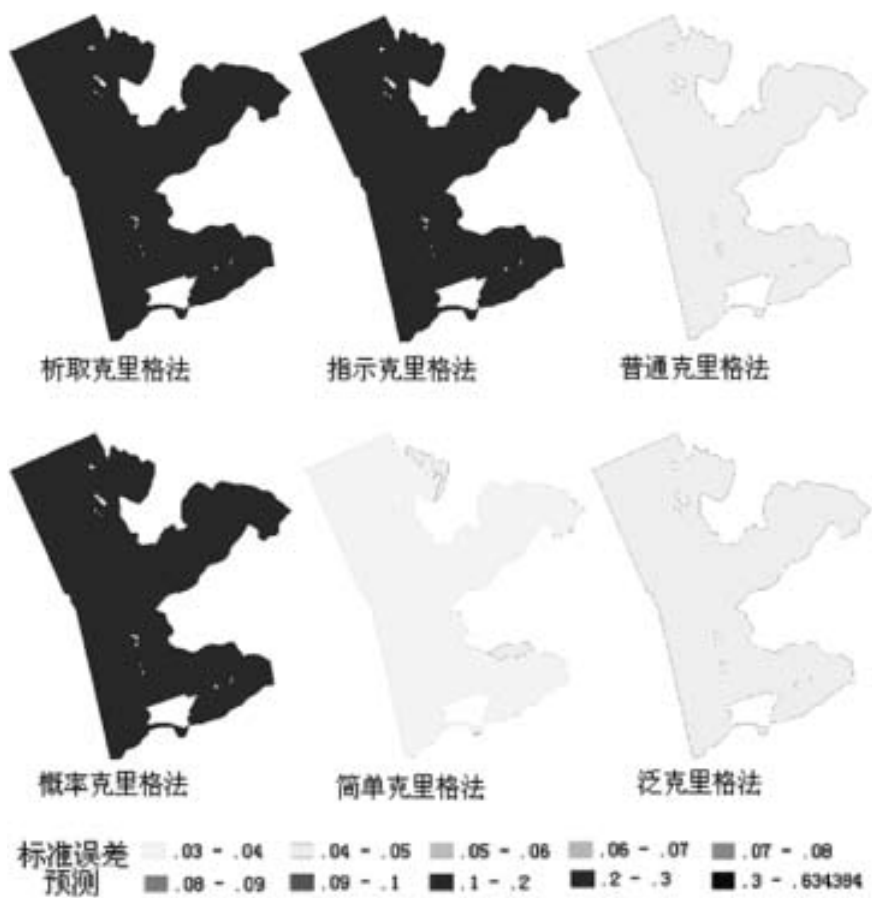


图6 标准误差预测图

2.4 垂向分析

为了研究深圳湾水环境在垂向上的变化规律，本研究对每一个研究时刻的5263个节点数据（垂向上分为11层）进行曲线拟合，通过拟合曲线的变化趋势了解深圳湾水环境要素在垂向上的变化规律。最后通过比较曲线拟合结果，找出水环境垂向变化在水平空间上的区域差异。

进行曲线拟合，首先是拟合模型的选择，在选择曲线拟合模型时，考虑到R<sup>2</sup>高并不表示模型选择是否正确，所以在建立回归方程之前，对每一水环境要素分别随机选取了100组数据，通过做散点图观察以确定各水环境要素合适的模型。本研究对随机选取的100组数据分别用linear、logarithmic、inverse、Quadratic、cubic、power、compund、S、logistic、Growth、exponential等共11个模型进行拟合，经过图形比较，分别选出拟合较好的前3个模型，然后根据选择最简单模型原则，确定最终拟合模型。

2.5 涨落潮变化分析

为了研究深圳湾潮高、悬浮泥沙浓度、水流流速、单位面积单位时间泥沙输移量等在一个潮周期内总体变化规律，通过计算潮高、悬浮泥沙浓度、水流流速、单位面积单位时间泥沙输移量等所有层在各个时刻的平均值、比较计算值的方法，了解各水环境要素在一个潮周期内的总体变化规律。

三、数据处理与验证

3.1 数据处理

为了得到深圳湾整个水体水深、悬浮泥沙浓度、水流大小、单位面积单位时间泥沙输移量等水环境特征随时间的空间分布规律，根据模型数据特点，分别对第1、2、5、8、12、16小时等时刻各层模拟数据进行空间内插，以此研究水环境要素的空间分布规律，同时，为了便于比较同一水环境要素在不同时间不同深度空间分布特征，分别对水深、悬浮泥沙浓度、水流大小、单位面积单位时间泥沙输移量等进行等级划分，分别划分为9、17、17、14个等级。在研究同一水环境要素在相邻空间的变化差异时，还分别对每一插值结果图，用ArcGIS的表面分析功能做坡度图进行分析。最后，利用泥沙输移模型模拟的水流方向数据，运用ArcGIS研究各时刻深圳湾水流方向。

在研究水环境要素垂向变化规律时，针对不同水环境要素使用了不同的曲线拟合方法，对各个时刻的5263个节点数据（垂向上分为11层）做垂向上的曲线拟合，对拟合较好的节点，根据其坐标，找出其在研究区域的相应位置，进而找出拟合较好 ( $Rsq>0.8$ ) 曲线的分布区域；对拟合较差 ( $Rsq<0.8$ ) 的曲线，用求所在层平均值的方法研究其垂向变化规律，最后用同样的方法，找出拟合较差曲线的分布区域。另外，本研究还用计算各层在所有时刻的平均值的方法，研究整个深圳湾泥沙、流速、泥沙输移量等在一个潮周期内总的垂向变化趋势（图7—9）。

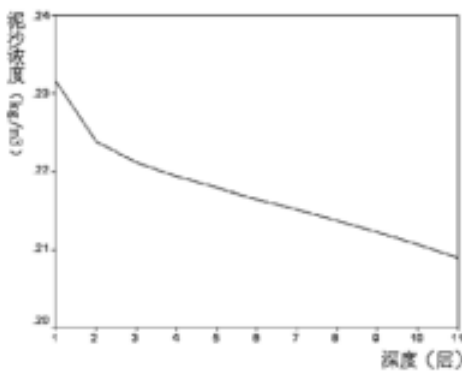


图7 深圳湾悬浮泥沙垂向变化

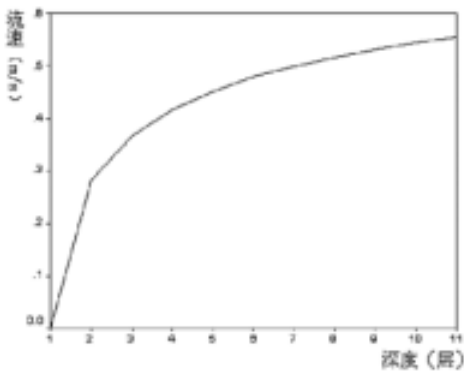


图8 深圳湾水流垂向变化

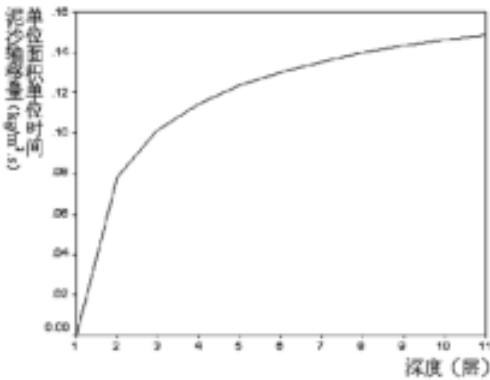


图9 深圳湾悬浮泥沙输移量垂向变化

### 3.2 数据验证

为了验证上述数据的准确性，本研究分别对泥沙插值图和流速插值图，选取相应时间监测数据进行验证。利用 ArcGIS，在统一空间参考下，将监测站与插值图叠加，通过比较监测站悬浮泥沙（或流速）监测值与相同时间对应位置的悬浮泥沙（或流速）内插值，计算绝对误差和相对误差，以此验证研究结果的准确性与研究方法的正确性。在本研究中，悬浮泥沙选取了 11 个监测站，水流流速选取了 8 个监测站，以此对悬浮泥沙和流速进行验证。

悬浮泥沙验证结果表明，11 个验证结果中，有 6 个验证结果的相对误差小于 0.2，占 54.5%，其中最小相对误差为 0.157，最大相对误差为 0.45，11 个验证结果的平均相对误差为 0.236，由此判断本研究结果精度约为 76.4%，所以本研究结果是可接受的。

流速验证结果表明，8 个验证结果中，有 2 个验证结果的相对误差小于 0.2，占 25%，其中最小相对误差为 0.183，最大相对误差为 0.454，8 个验证结果的平均相对误差为 0.248，由此判断本研究结果精度约为 75.2%，所以本研究结果是可接受的。

## 四、水环境时空分析

在一个潮周期内，深圳湾悬浮泥沙、水流、泥沙输移量、水深等水环境要素随时间变化明显。在涨潮初期，水流速度和泥沙浓度都较低，单位面积单位时间泥沙输移量也较小；但随涨潮的进行，泥沙浓度、流速、泥沙输移量都逐渐增大，在涨潮中途达到最大，以后又逐渐降低；当到平潮时，泥沙浓度、流速和泥沙输移量达到最小；随即在落潮时，泥沙浓度、流速和泥沙输移量开始增大；在落潮中途又达到一个高峰；在落潮结束时又降低到最低。研究还发现，泥沙浓度与单位面积单位时间泥沙输移量在水平分布规律上具有较强的一致性。在涨潮初期和落潮结束时期，泥沙、泥沙输移量空间分布规律也具有一定相似性。在一个潮周期内，深圳湾泥沙浓度及泥沙输移量大部分时间由西北向东南降低。深圳湾纵向流速变化规律是湾外流速大于湾口流速，湾口流速略大于湾内流速，湾内流速沿程有逐渐减弱的趋势；涨潮流速普遍大于落潮流速。在研究区域内，暗示顿水道流速在任何时刻都最大，由此流速在暗示顿水道两侧变化率通常较大。就水流方向而言，香港海域西北区和深圳湾水流方向在潮周期内变化相反。在涨潮时，深圳湾是水流由湾外流向湾内，而西北区则是由湾内流向湾外；落潮时西北区水流是由湾外流向湾内，深圳湾恰好相反；在平潮时，由于流速较低，水流方向不是十分明显。另外，由于在平潮时整个研究区域流速较低，泥沙浓度和泥沙输移量都较小，所以泥沙浓度、泥沙输移量和流速的空间变化率都较低；同理，在涨潮中途和落潮中途，由于流速、泥沙浓度和泥沙输移量都达到最大，所以此时它们的空间变化率也较低。从垂向变化来看，流速和泥沙输移量在垂向变化趋势上具有较强的一致性，其变化均符合 Inverse ( $Y=b_0+b_1/X$ )，即均由底层向上逐渐增大，而泥沙浓度的变化正好相反，垂向变化上符合对数方程 ( $Y=b_0+b_1\ln X$ )，即从底层向上逐渐降低。

## 五、结论

研究表明，将 ArcGIS 与 SPSS 进行集成，充分利用 ArcGIS 强大的空间分析能力及 SPSS 强大的数理统计分析能力，能很好实现对水环境的时空分析，从而在时间和空间上把握水环境要素的分布与变化情况，发现水环境的变化规律，同时为政府提供重要决策信息。

## 第五节 水利工程规划

GIS 在工程规划中的应用，除了利用 GIS 的功能，自动生成规划所需的水利工程位置图、土地利用图、行政区划图、土地特征分类图外，还充分发挥了 GIS 的分析和决策功能。如南水北调选线，水库选址规划，库区建设评估，和工程设施监测等。

南水北调选址是在 DEM 数据的基础上，对地质情况进行分析，并结合 GIS 中的有关地质环境和地型环境等空间数据再加上沿途社会人文等属性数据进行合理的选线分析。

水库选址是利用 GIS 中有关 3D 和 Spatial 的功能，根据备选地区的专题数据建立有效的淹没模型，进行大型水库淹没区和灌溉区灌溉面积的有效估算，模拟水库水位高度和淹没范围，并自动进行容积和面积量算为规划部门提供科学数据。

在库区建设评估中，利用 GIS 建立的库区 DEM，可以直观、快速、准确地计算出各种库容和淹没面积及开挖土石方量，为施工方提供预算依据，提高工作效率，节省大量人力物力，提高了施工设计和管理的科学性和合理性。

GIS 与 RS 和 GPS 结合还可以对大坝和堤防等水利工程进行变形监测。科学准确的监测有利于水利工程的维护管理，并建立与 DEM 密切结合的水利工程管理系统，有助于工程管理，决策和工程效益评估等。

## 应用论文 9

## 基于 ArcObjects 的南水北调工程动态地图打印系统开发

齐建怀<sup>1</sup> 申先龙<sup>2</sup> 秦娜<sup>3</sup>

(1. 水利部海委水利委员会信息中心 天津 300170 2. 水利部海委引滦工程管理局 河北 唐山 063000 3. 天津市龙网科技发展有限公司 天津 300170)

**摘 要:** 为通过地图的动态变化, 实现对调水工程建设情况的动态管理, 基于 ArcObjects 开发南水北调工程动态地图打印系统。该系统综合利用 ESRI 的 ArcObjects (AO) 和计算机信息技术, 设计制作南水北调工程建设变化地图, 用户可选择定制化直接打印, 同时也可选择再编辑后打印。

**关键词:** AO; 调水工程; 地图; 打印

## 一、引言

南水北调工程线路长、投资大、范围广, 工程项目类型多, 在工程建设过程中运用“3S”集成技术对工程空间数据进行管理, 充分利用 RS 动态获取大量多源遥感数据, 利用 GPS 来精确定位在线监测到的与工程相关的各种参数, 然后将 RS、GPS 搜集来的数据传递给 GIS, 利用其强大的空间分析能力, 将二维数字化地图、遥感正射影像图 (DOM) 与数字高程模型 (DEM) 叠合, 制作南水北调工程动态地图。对于属性数据, 采用数据库管理系统进行管理。通过两者的紧密结合来实现信息查询、工程专题图制作、数据统计、编辑报表等功能, 为实现南水北调工程各种比例的地图、工程建设进展情况的属性信息 (文档、表格、图片及多媒体等信息) 的整体结合, 高质量图形表现与打印输出, 基于 ArcObjects 开发南水北调工程动态地图打印系统, 既可充分利用 ArcGIS 工具软件对空间数据库的管理、分析功能, 又可以利用其它可视化开发预言具有的高效、方便等编程优点, 不仅能提高地图打印系统的开发效率, 而且使用可视化软件开发工具开发出来的应用程序具有更好的外观效果、更强大的数据库功能。

## 二、软件开发工具的选择

ArcObjects 是有 GIS 功能和可编程接口的软件组件集合。ArcObjects 技术是基于 COM 协议。可以使用内置 VBA 脚本语言进行开发或采用支持 COM 编程的开发工具如 VB, VC++ 或 Delphi 进行定制。Arcobjects 已经提供了许多底层的基本功能, 是基于微软的 COM 技术来构建的, 它的开放性和扩展性很强大, 开发人员可以很方便地实现制图和 GIS 功能。

我们采用面向对象的高级程序设计语言 Visual Basic 开发基于 ArcObjects 的南水北调工程动态地图打印系统。系统采用 Client/Server 模式, 在客户端为基于 ESRI 的 ArcGIS 组件 ArcObjects 开发的应用系统, 服务器端采用大型数据库管理系统 Oracle 9i。系统通过南水北调工程空间数据库和属性数据库的信息提取, 自动产生 AO 对象, 并按照南水北调工程建设管理输出地图要求, 实现南水北调工程动态地图打印输出。

## 三、系统主要功能

## 1. 空间数据库建设

南水北调工程地图输出, 根据需要按照工程施工的年、月、旬的时间进度和工程进展, 分别输出大幅面的挂图、报告的附图 (小到 A4 幅面)。需要分别建设多比例尺

的基础底图，对线路、泵站、枢纽等工程的比例尺可达到1：2000、1：1000、1：500施工图。依据地图比例尺、定位和投影方式、数据精度与格式等，按国家标准采集、加工处理、录入各种与调水工程相关的空间信息数据，包括有数字地形图（DLG）、数字高程模型（DEM）、数值正射影像图（DOM）（卫星影像，部分重点工程采用航拍影像）。

2．工程属性数据库建设

对南水北调工程沿线的自然、经济、社会、生态环境以及调水工程施工过程中的各类数据，包括有工程特性数据、工程进展情况、工程投资情况等数据，建立南水北调工程的属性数据库。

3．地图设计

(1) 按调水工程出图的幅面大小，分别设计南水北调工程的挂图、报告附图（A1、A3、A4等），制作相应的地图模板，由用户根据需要选择相应的模板出图。

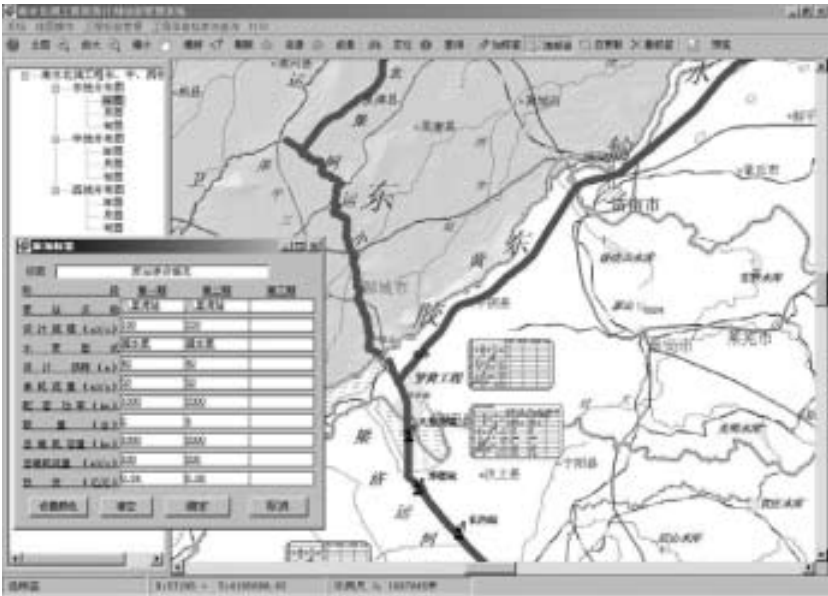
(2) 按调水工程建设情况，依据地图幅面分别设计年图、月图、旬图、其它工作用图的年变化图、月变化图、旬变化图，对工程线路、泵站、控制枢纽建设的动态变化以地图专题符号、文字、图片、柱状图、图表、对比图等多种方式灵活的表示，各个工程的变化数据通过属性数据库直接更新。

4．图形基本操作

图形的基本操作包括地图的浏览、放大、缩小、漫游、全图显示，通过PageLayoutControl，将地图输出到指定的输出设备上，建立图形数据连接，实现地图的放大和缩小，图形漫游和显示。

5．动态图表的编辑

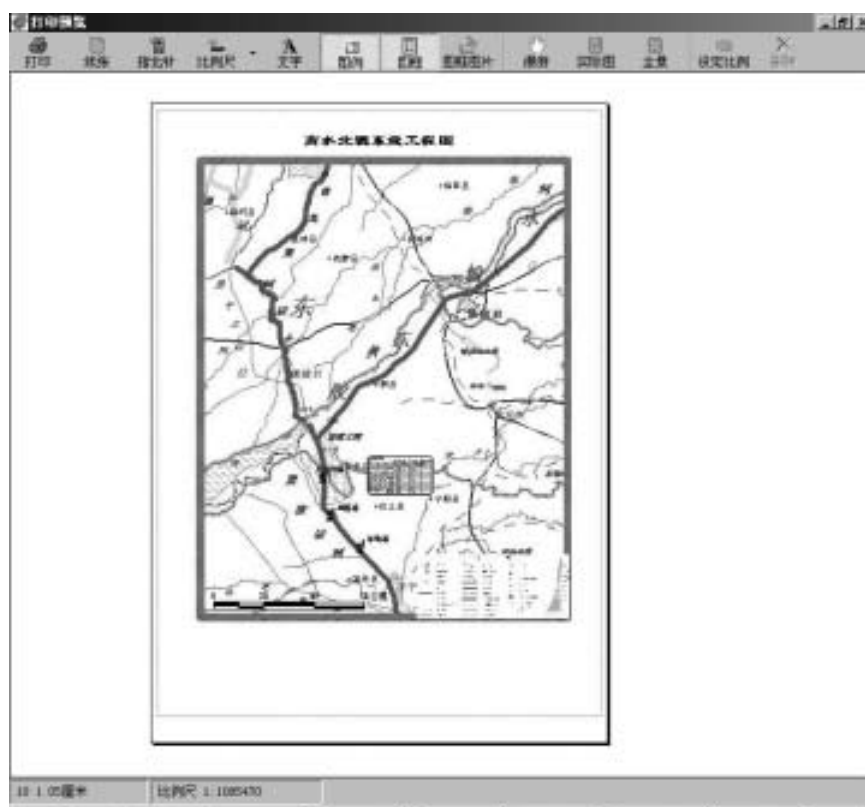
动态的表示调水工程的变化情况，以工程专题图为基础，采用动态图表（文字、图片、对比图等）辅助表示工程的变化，工程变化数据通过数据库进行更新，这些在地图设计时，都是以自动加载的方式标注。同时提供用户进行编辑功能，用户使用鼠标对图表进行添加、位移、删除，对数据也可以修改保存。系统部分功能见下图。





## 6. 地图整饰

一个完整美观的南水北调工程地图都应该有地图整饰。内容包括图名、图廓整饰、图例、比例尺、指北针、制图日期等。针对要打印输出的内容（年图、月图、旬图）和地图幅面大小，设计相应的图例、图廓、制图说明。地图打印输出界面见下图。



有了上述的功能, 就可以制作南水北调工程年、月、旬的动态地图, 用户可以根据用图需要打印输出美观的挂图或报告附图等。

#### 四、结束语

将GIS技术用于南水北调工程建设的动态管理，还是一个比较新的领域，系统围绕专业美观的地图展现、便捷有效的图纸输出为主要目标进行建设。采用ArcObjects组件开发南水北调工程动态地图打印系统具有简单、快捷、高效、方便等诸多优点，通过本系统，可以极大的提高南水北调工程建设中的地图管理水平。虽然系统在某些方面还不十分成熟，但利用ArcObjects组件的基本功能可以实现复杂地图打印，提高工作的效率。

## 参考文献:

- (1) 刘春生等 “3S” 搭建数字南水北调——南水北调工程计划管理数字化系统初探 2004 年 3 月

## 应用论文 10

### 基于 ArcGIS 可视化建模技术的水淹分析

赵冬泉<sup>1</sup>，佟庆远<sup>2</sup>，杜鹏飞<sup>1</sup>，陈吉宁<sup>1</sup>

(1. 清华大学环境科学与工程系，北京 100084 ；

2. 北京清华城市规划设计研究院环境与市政所，北京 100084)

**摘 要：**近年来利用 GIS 技术为手段进行水淹分析一直是一个研究热点，各种文献中报道的分析方法都需要编写程序或通过复杂操作实现。利用 ArcGIS 9 提供的先进的可视化建模工具，可以根据 GIS 操作流程快速建立复杂的 GIS 分析模型。本文利用这种技术建立了水淹分析模型，并在滇池湿地生态规划中进行防浪堤拆除后水淹范围的分析。利用这种方法建立的模型具有使用简单、扩充性强、便于和数据同时发布等特点。该方法适用于各种包含复杂 GIS 操作的模型构建。

**关键字：**GIS，空间分析，可视化建模，水淹分析

#### 1. 引言

20 世纪 90 年代以来，利用 GIS 技术为手段进行水淹分析一直是一个研究热点，许多学者在这方面做过研究，并取得一定的进展。如葛小平等人的 GIS 支持下的洪水淹没范围模拟，丁志雄等人的基于 GIS 格网模型的洪水淹没分析方法。这些方法的实现，都需要在 GIS 环境中编写相应的程序。刘小生等利用 ArcMap 的自带功能，无需编程实现了低于一特定高程的区域计算。但是该方法的实施需要手工执行多个 GIS 操作步骤，只有对 GIS 熟悉的人员才能使用。而在 ArcGIS 9 提供的统一的地理处理 (Geoprocessing) 框架下，可以利用可视化建模工具，将数据和相应的空间处理工具按照操作流程快速组织建立复杂的 GIS 分析模型。本文将以 ArcGIS 9 中数据叠加和 3D 分析处理工具为基础，快速构建一个水淹分析模型，并在滇池湿地生态规划中应用，分析防浪堤拆除后的水淹范围。

#### 2. ArcGIS9 中的 可视化建模工 具介绍

ArcGIS 9 是美国环境系统研究所公司 (Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称 ESRI) 公司最新推出的 GIS 平台。ArcGIS 9 提供了 400 多种空间处理工具，包括数据管理、数据转换、矢量分析、栅格分析、3D 分析等。同时，在 ArcGIS 9 中还提供了可视化建模工具 (ModelBuilder)。在 ModelBuilder 中，可以使用多种类型的 GIS 数据和各种空间处理工具可视化地构建 GIS 分析模型，从而快速设计和实现复杂地理处理模型的过程，并建立相应的地理处理工作流。另外这个模型可以保存到 Geodatabase 中，最终将数据和处理模型同时发布，用户可以修改和重新执行这个模型，从而实现了 GIS 数据和操作方法的统一发布。

#### 3. 水淹分析 模型建立

##### 高程数据准备

要进行水淹分析，相关区域的高程数据是必不可少的。在根据地面高程计算给定水位条件下的淹没区时，应当区分一下两种情形：1) 凡是高程值低于给定水位的点，

---

作者简介：赵冬泉，1978.10，博士研究生，汉，甘肃兰州，Email: zdq01@mails.tsinghua.edu.cn，研究方向：GIS 在环境规划中应用。

皆计入淹没区；2）需考虑淹没区域的“连通性”，即洪水只淹没它能流到的地方。例如对于环形山（一种中间低洼、四周环形隆起的地形）需要考虑如果水位低于山顶标高，则只能在山环外形成淹没区。

在 ArcGIS 中，高程数据可以采用栅格数据结构（GRID）或者不规则三角网（TIN）表达。但是考虑的 ArcGIS 提供了多种栅格分析的工具，而且栅格数据具有数据结构简单，进行地图代数运算快等特点，因此本文采用的高程数据为栅格数据结构，并将研究区域涉及的地面标高点数据、等高线数据通过 TIN 模型插值生成 GRID 文件。

### 模型构建

利用 GIS 可视化建模工具的关键是制定切实可行的 GIS 操作流程。在本文中采用了如下所示的 GIS 操作流程：



图 1 水淹分析 GIS 操作流程

figure 1 GIS operation process of submerge analysis

按照图 1 所示的操作流程，在 ArcCatalog 中选定数据所在的 Geodatabase 文件，新建一个工具箱（ToolBox），然后新建一个 GIS 操作工具（Tool），按照操作顺序从 ArcToolBox 中拖拽相应的工具到模型构建窗口中，并建立这些操作和数据之间的对应关系以及操作之间的先后顺序。如图 2 所示为在 ArcGIS 中建立的水淹分析模型。

在模型的建立过程中，考虑了淹没区域的“连通性”。模型将首先利用用户指定的水面高度对地面高程图层进行逻辑比较计算，将水面以上的区域设为 0，将水面以下的区域设为 1；然后只保留其中水面以下的区域，并将该 GRID 文件转换为多边形矢量文件。接着将防浪堤破损的多边形区域和防浪堤图层进行裁剪（Clip）操作，获得防浪堤破损的确切位置，并与水面以下的区域进行相交运算，只保留与防浪堤破损位置相互连通的淹没区域，即保证了淹没区域的连通性，消除了环形山和孤岛等因素的影响。最后计算淹没区图层中的面积字段，以获取各个淹没区域的面积大小。如果用户还有该区域的土地利用图层，可以扩充这个模型，继续添加相应的 GIS 操作方法，以获取淹没区的土地利用情况。

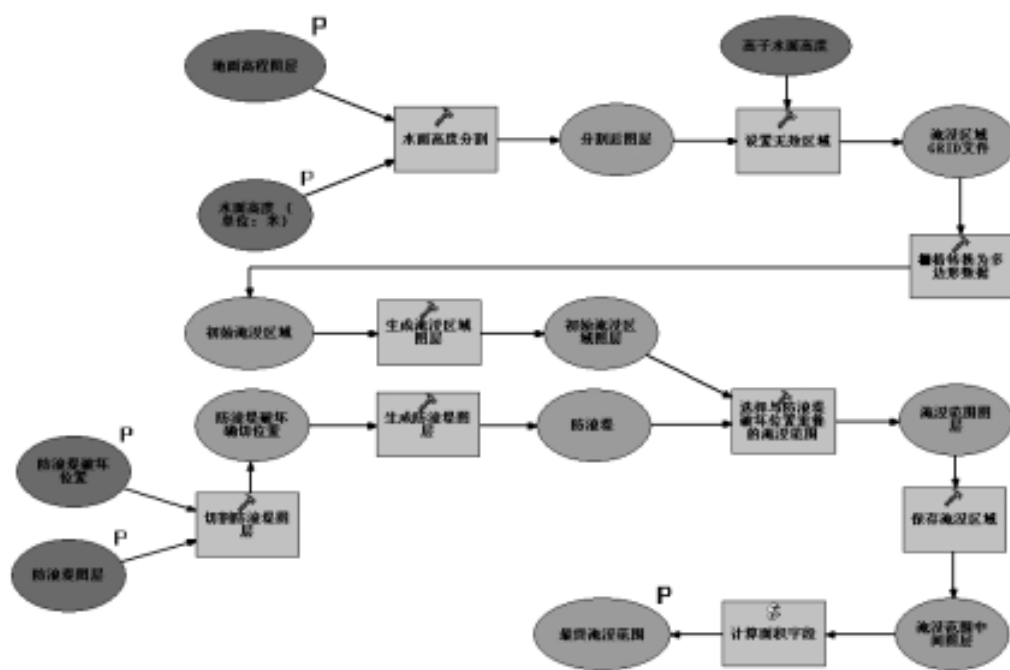


图 2 在 ArcGIS9 中建立的水淹分析模型  
figure 2 Submerge analysis model in ArcGIS9

4. 实例应用

在滇池湿地生态规划中，需要了解防浪堤拆除对周围环境的影响。利用以上构建的模型，准备相关数据，就可以在 ArcGIS 9 中直接运行这个模型分析计算防浪堤拆除后的淹没区。在分析过程中，用户不需要了解模型的内部结构，也不需要掌握很多的 GIS 知识，只要选择相应的图层、设定相应的参数就可以运行这个模型，如图 3 所示为模型执行界面。



图 3 水淹模型执行界面  
figure 3 Submerge model implement interface

在项目中，计算了多个水位高度和不同地区防浪堤拆除的水淹情景，下图所示为在滇池水位高度为 1887.4 米的情景下，防浪堤全部拆除和部分拆除后对淹没区域的覆盖范围。

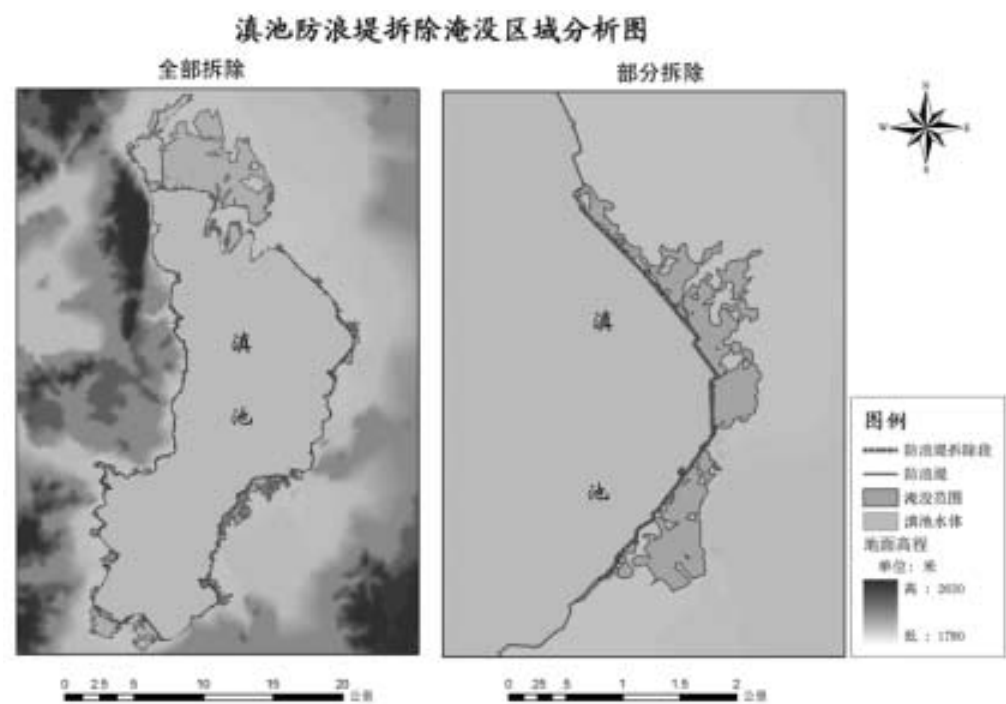


图 4 滇池防浪堤拆除淹没区域分析图  
figure 4 Submerge analysis map of Dianchi lake with all breakwater removed

5. 结论

传统的水淹模型的实现都需要编写程序实现特定的算法或者通过一系列的手工操作实现。本文利用 ArcGIS 9 中提供的先进的可视化建模技术，通过一系列的 GIS 操作实现了水淹区域的分析模型。该模型可以在 ArcGIS 9 的体系下与数据捆绑在一起通过 Geodatabase 发布，从而实现数据和 GIS 操作的同时共享。另外建立的模型应用简单方便，普通用户不需要掌握很多 GIS 知识就可以通过选择数据图层和设置相关参数执行这个模型；同时这个模型也具有好的扩充性，可以根据淹没区域后期分析的要求在 ArcGIS 9 提供的 ModelBuilder 中添加相应的 GIS 操作方法。这种模型建立的方法不仅适用于水淹模型，而且也可应用于其他与 GIS 操作紧密相关的模型建立。

参考文献：

[1] 丁志雄，李纪人，李琳．基于 GIS 格网模型的洪水淹没分析方法．水利学报，2004，6(6)：56-61  
[2] 葛小平，许有鹏．GIS 支持下的洪水淹没范围模拟．水科学进展，2002，13(2)：456-460．  
[3] 刘小生，黄玉生．基于 Arc/Info 的洪水淹没面积的计算方法．测绘通报，2003，(6)：46-48  
[4] ESRI．What's New In ArcGIS Desktop 9.0. 2004  
[5] ESRI 中国（北京）有限公司．What is ArcGIS. 2004  
[6] 赵冬泉，贾海峰，郭茹等．图片资料的矢量和栅格处理方法比较．测绘通报，2003，(3)：57-58

## 第二章 水利行业的通用数据模型

### ArcHydro —— ArcGIS 水利数据模型介绍 第一节 ArcHydro 概述

#### 一、什么是 ArcHydro?

ArcHydro 是基于 ArcGIS 开发的，适用于水资源应用的支持系统。

系统由美国得克萨斯州立大学开发研制

ArcHydro 数据模型和 ArcHydro Tools 集成在通用的应用程序框架中，提供基础的数据库设计和一系列的用于水资源领域的分析工具。

ArcHydro 提供一系列初始化的功能，用户能够基于不同的应用和需求通过增加新的数据结构以及新的函数进行功能的扩展。

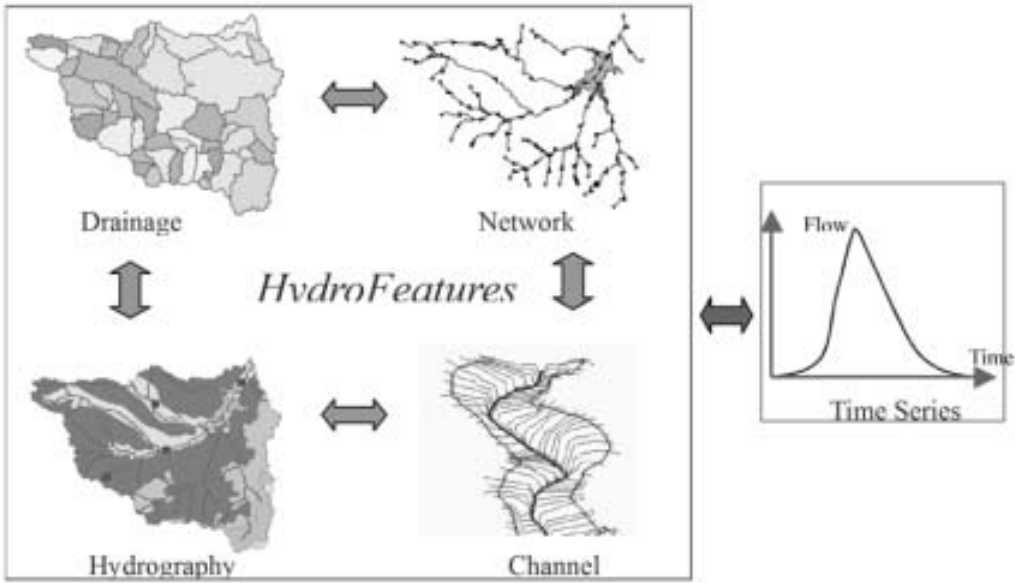
#### 二、ArcHydro 的组成

ArcHydro 数据模型

ArcHydro Tools

### 第二节 ArcHydro 数据模型

#### 一、ArcHydro 数据模型的组成：



## a、Drainage Datasets:



地表的排水系统根据地表坡度定义了水的流向。

排水分水界 (Drainage divides) 是通过分水岭定义的。

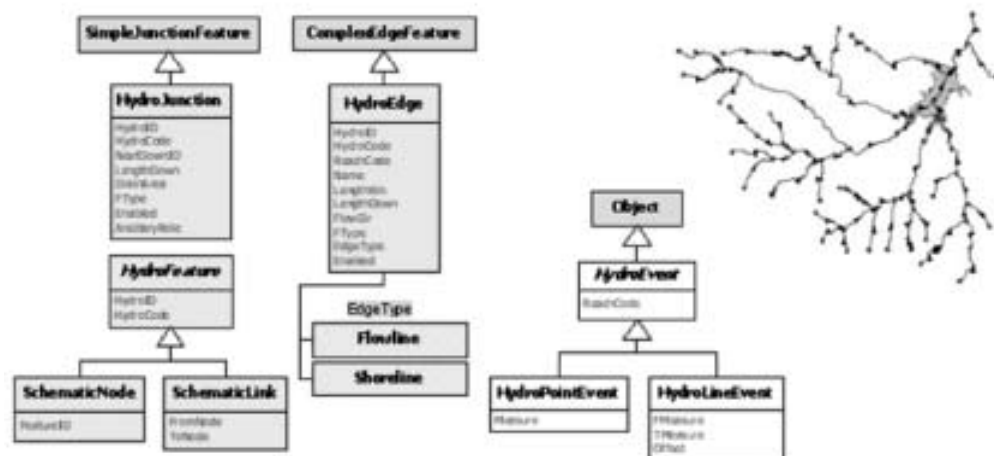
排水区域是用于描述区域中的水排放到指定河流的特定区域。

排水区域边界可以用拓扑图形描述，并由数字化栅格地图获取，或者由数字高程模型演算而来。

作为使用数字高程模型进行地形分析的一部分，排水线 (DrainageLines) 被定义为地表排水网络，排水点 (DrainagePoints) 被定义为排水区域通过排水线的排放的出口。

在水网中，排水线 (DrainageLines) 与水网边界在空间上虽然没有必然的联系，但二者是紧密相关的。事实上，如果难以获得合适的水网，可以用排水线 (DrainageLines) 构建一个很好的水网 (Hydro Network)。

## b、Network Datasets:



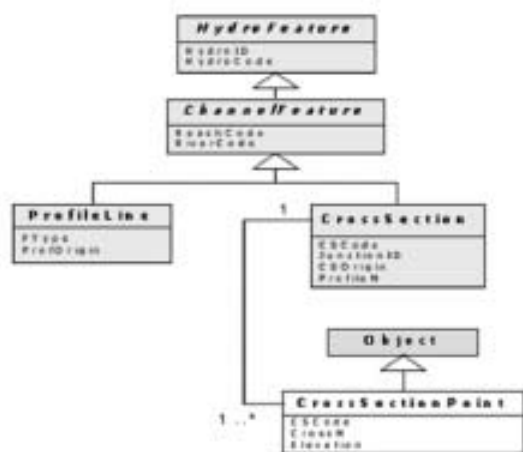
Network 要素数据集描述了地表水系之间的连通性。Network 要素数据集中最重要的要素类是被称之为 HydroNetwork 的 ArcGIS 几何网络类。该要素数据集是与 HydroEdges 和 HydroJunctions 两个要素类紧密相关的。水流沿着 HydroEdges 并且 HydroEdges 由 HydroJunctions 连接。

HydroNetwork 要素类描述水流沿着河流和小溪的流向以及水体的中心线。

SchematicLink 和 SchematicNode 要素类被用于符号化排水区域 (drainage area) 和水网节点 ( HydroJunctions ) 之间的关系。并且提供一个地表水流的简化视窗。

HydroEvents 则用于存储与水网相关的、可通过线性参考表现得点和线的事件列表信息。

### C、Channel Datasets:



Channel 要素数据集提供河流和溪流的三维表现，这种三位表现常用于洪水泛滥研究、溪流生态学和形态学研究。

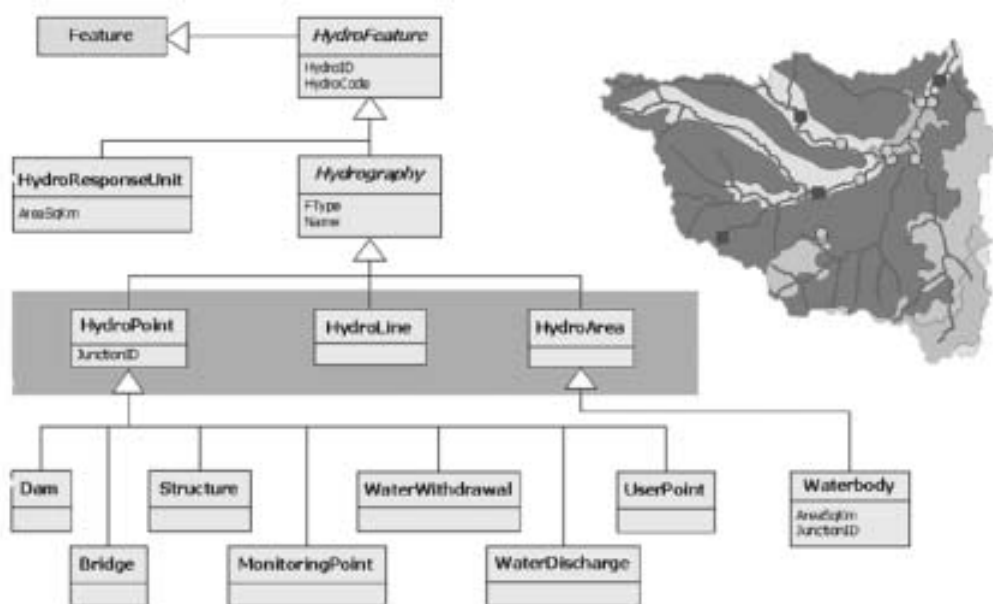
在 Channel 要素数据集包括两个要素类：ProfileLine 和 CrossSection 以及一个对象类 CrossSectionPoint。ProfileLines 类是一个平行与水流的线组成的线状要素类，例如最深谷底线以及河岸线；CrossSections 类则是描述水流横断面的要素类。

这两个类都是继承自 ChannelFeature 这个抽象类（ChannelFeature 类又继承自 HydroFeature 类）。

Channel 信息能够通过测绘技术采集，也能够通过数字地形模型 (DTMs) 和数字高程模型 (DEM) 构 TIN 获取。

### d、Hydrography Datasets:

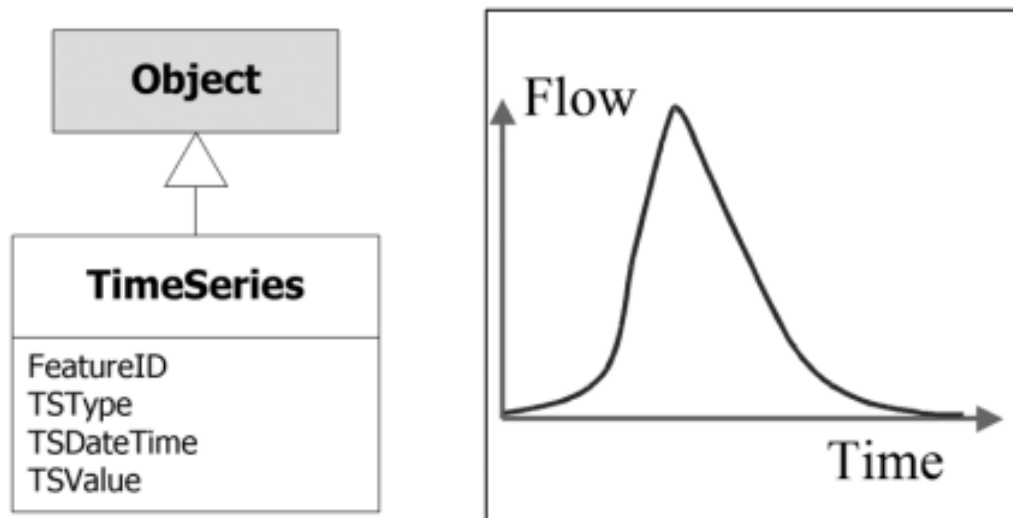




Hydrography 要素数据集包含地表水系要素的地图表现。包含以下几种点、线、面的简单要素类：

- HydroPoint, HydroLine 和 HydroArea 要素类源自“蓝线”或者拓扑几何地图水系图层。
- 水体要素类 (waterbody feature), 例如湖泊、海湾、河口等。
- 点要素类, 例如大坝、桥梁、监测点、建筑物等。还包括一些其他用途的要素类, 例如 water withdrawal、water discharge、user points 等。经度和纬度作为属性信息存储, 用于定位点的位置。
- HydroResponseUnit 要素描述地表水平衡的特性。可以按照土壤分类分区, 可以均匀分区, 也可以根据其他的属性数据分区。

e、Time series :



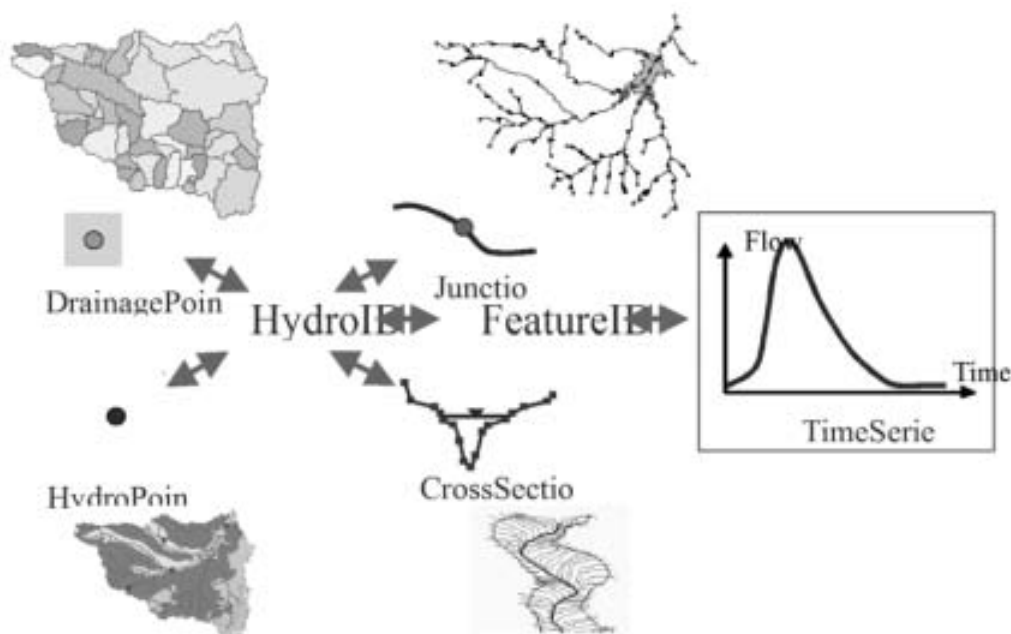
ArcHydro 数据模型的地理空间要素描述水环境的状况，包括水环境的各种属性：水流量、水面高程、水质等。这些属性包括在数据模型的时间序列组件中。

当前，这种组件组成一个单一对象来表达时间序列。

任何数量、任何要素的时间数据都能够存储在这个对象中。

ArcGIS 的扩展模块 Tracking Analyst 实际上是以此为基础开发出来的。

## 二、与时间序列相关的点要素的四种方法：



(时间序列的FeatureID 关键字就是时间序列描述的要素类的HydroID 字段)

- HydroPoint —要素的经纬度坐标位置
- DrainagePoint — drainage path 的数字高程模型 (DEM) 单元中心 DEM drainage path cell center
- Junction —在Hydro Network 中的位置
- CrossSection —三维 (3-D) channel 外观上的点的位置

点要素四种的表现方式通过一个通用的 JunctionID 相关联

## 第三节 ArcHydro Tools 介绍

### 一、ArcHydro Tools 介绍

ArcHydro Tools 的概念：

ArcHydro Tools 是一系列建立在水利数据模型（ArcHydro data model）之上的工具。这些工具运行在 ArcGIS 环境中。

其中一些功能需要用到空间分析扩展模块（Spatial Analyst extension）。这些工具通过 ArcHydro Tools 的工具条调用。

### 二、ArcHydro Tools 的组成

ArcHydro Tools toolbar 是由五个菜单和六个按钮组成的。

五个菜单包括：

- Terrain Preprocessing。此菜单下的功能主要用于处理数字高程模型（DEM）相关功能实现。此工具常常用于空间分析前的空间信息的获取。

- Watershed Processing。此菜单下的工具用于处理分水岭（watershed）和子分水岭水（subwatershed）的描述以及盆地（basin）的地貌特征。这些工具的操作紧跟着第一个菜单的运行之后。

- Attribute Tools。此菜单工具用于在 ArcHydro data model 中生成一些关键属性字段。某些工具的需要几何网络的存在。

- Network Tools。此菜单工具用于生成或操作几何网络。

- ApUtilities。用于管理 ArcHydro 工程属性。通常很少用这个工具。

ArcHydro Tools toolbar 是由五个菜单和六个按钮组成的。

六个工具包括：

- Flow Path Tracing

- Point Delineation

- Batch Point Generation

- Assign Related Identifier

- Global Delineation

- Trace By NextDownID Attribute

### 三、ArcHydro Tools 的目标

ArcHydro Tools 的主要目标有两个：

- 对 ArcHydro 数据模型中的关键属性进行操作。这些属性构成了进一步分析的基础。包括关键字段（HydroID、DrainID、NextDownID 等）以及量测属性字段（LengthDown）。
- 提供一些在水资源应用中常用的核心功能。包括基于 DEM 的分水岭描述、网络生成、以及基于属性字段的追踪等功能。

总之，我们可以利用 ArcHydro 所提供的基本模型和一系列的工具结合科学的方法来构建水利行业中所需要的切实有效的数据模型，从而来帮助我们完成复杂的工作，为决策提供强有力的支持。

## 第三章 ESRI 产品简介

ESRI 公司的 ArcGIS 是构建完整地理信息系统的一整套产品的总称。ArcGIS 产品帮助用户将 GIS 功能部署到任何需要的地方，无论是桌面端使用，还是通过 Web 提供服务，或者在野外应用，ArcGIS 产品为用户提供了全面的、可定制的、可伸缩的 GIS 软件平台。

在整个 ArcGIS 软件产品中，Geodatabase 技术贯穿于每个产品。Geodatabase 是 ArcGIS 的一个定义完善的数据模型，用于管理和存储各种各样的空间信息，通过 Geodatabase 技术用户可以：

- 处理丰富的数据类型
- 应用数据之间复杂的规则和关系
- 访问存储与数据库或文件中的海量地理信息

Geodatabase 不仅仅是一个地理信息的管理器，也可以通过它实现商业逻辑，例如，建立拓扑或网络这样的数据之间的关系，验证数据的完整性和有效性以及对访问的控制等。

ArcGIS 为部署 GIS 应用提供了一系列基础框架：

- 桌面 GIS 棗 一个用于编辑，设计和使用地理信息和知识的专业 GIS 系列产品
- 服务器 GIS 棗 一个在应用服务器上集中运行，通过网络为大量用户提供 GIS 能力的 GIS 平台
- 移动 GIS 棗 一个为野外工作人员提供显示，获取，更新，存储和分析地理信息的便携式 GIS 产品

## 第一节 桌面 GIS

ArcGIS Desktop 是运行标准桌面计算机上的一套软件产品。使用 ArcGIS Desktop 可以创建，导入，编辑，查询，制图，分析以及发布地理信息。ArcGIS 的桌面系列中包含四个产品，它们分别是：

- ArcReader：一个免费的地图浏览器，而地图是使用其它 ArcGIS 桌面产品设计创建的。ArcReader 可以浏览，打印地图并能够进行查询和搜索操作。

- ArcView：提供了丰富的制图，数据应用和分析能力，用户也可以使用 ArcView 进行简单的数据编辑和地理处理。

- ArcEditor：除了全部 ArcView 功能外，还包含了高级的 Shapefile 和 Geodatabase 的编辑能力。

- ArcInfo：是一个完整功能的 GIS 桌面产品。在 ArcEditor 基础上，ArcInfo 还提供了复杂的地理处理功能，并且包含了原有的 Workstation 版本。

所有的桌面产品拥有完全一致的底层构架，所以用户可以在各个级别的桌面产品间实现工作成果的共享。地图，数据，符号，图层配置，地理处理模型，定制的工具和界面，报表，元数据等等，都可以互相交换。

ArcView 以上级别的桌面产品还用于设计，配置地图，设计，配置地理处理模型以供服务器 GIS 发布服务。这些地图和地理处理过程将通过 Web 服务使互联网用户访问。另外，这些桌面产品还可以应用于服务器 GIS 管理。

ESRI 通过一系列扩展模块来为桌面产品提供特殊的功能。例如扩展模块可以帮助用户实现影像的处理，三维可视化，地理统计分析等能力。

所有桌面产品都是基于 COM 开发，这套组件称为 ArcObjects。用户可以通过使用 ArcObjects 来扩展桌面应用程序的用户界面以及功能。ESRI 将 ArcObjects 独立成一个产品以供开发人员从底层灵活的进行桌面应用开发和定制，这个产品叫做 ArcGIS Engine。ArcGIS Engine 可以和开发人员常用的开发环境集成，比如 Visual Studio 2005, Visual Basic, Visual C++, 以及 Eclipse Java 等。

## 第二节 服务器 GIS

服务器 GIS 用于地理信息集中部署和集中处理的计算机环境。GIS 软件可以集中在应用服务器端，通过网络向大量的用户提供 GIS 的功能。企业级的 GIS 用户可以通过传统的桌面 GIS 应用程序连接 GIS 服务器，也可以仅仅使用浏览器，移动终端来访问。

服务器 GIS 必须能够提供全面 GIS 功能以支持各种类型的需求。服务器 GIS 可以用于：

- 管理大型 GIS 数据库
- 通过 Internet 发布地理信息
- 提供 GIS 的 Web Portal 满足信息的发现和使用
- 分布式的 GIS 技术（如分布式的数据管理和分析）
- 通过 Internet 提供丰富的 GIS 功能

ESRI 的服务器 GIS 产品完全符合 IT 规范并且与其它企业级软件具有良好的互操作性（例如 Web 服务器，数据库系统以及 Java 或者 .Net 的企业级应用框架）。这将帮助 GIS 与大量的信息系统技术和标准完美集成在一起。

ESRI 的服务器产品包括：ArcGIS Server，ArcIMS 和 ArcGIS Image Server。

- ArcGIS Server：一个完整的基于服务器的 GIS。它为最终用户提供了即拿即用的应用和服务，包括：空间数据管理，可视化以及空间分析。

- ArcIMS：一个可伸缩的 Internet 地图服务器。其可以广泛的用于地图，数据以及元数据的发布。

- ArcGIS Image Server：一个用于影像的管理，实时处理和分发的 GIS 平台。为用户提供了一个快速而开放的影像访问形式，使得用户可以极大的利用其在影像数据上的投资。

## 第三节 移动 GIS

通过将 GIS 带到野外以及与周围世界直接交互的能力，移动计算正发生着根本性的改变。移动 GIS 包括一系列的技术的综合：

- 地理信息系统 (GIS)
- 移动硬件设备包括轻便设备和野外个人电脑
- 全球定位系统 (GPS)
- 可以接入到网络 GIS 的无线通讯设备

许多基于野外的利用地理信息的工作从移动 GIS 日益增强的高效和准确中获益良多，包括：

- 经常要求野外数据整理和绘图的资产评估
- 经常要求更新属性信息和 GIS 要素几何信息的资产维护
- 野外资产巡视
- 事故报告——例如，与空间相关的事件
- GIS 分析和辅助决策

这些基于野外的工作在许多 GIS 应用中都非常常见，像自然资源调查和维护、自然资源地图绘制、矿藏探查、事故记录、野外巡视、野外火情绘图等许多方面。

一些野外任务只需要简单的地理工具完成简单操作。相反的，一些任务需要完成复杂的操作，相应的，需要复杂的地理工具。ArcGIS 及其应用满足了上述两种要求：

- ArcPad 侧重于需要简单地理工具的野外工作。这些工作通常在手持设备（运行微软 Pocket PC 或者 Windows Mobile 操作系统）上完成
- ArcGIS Desktop 和 ArcGIS Engine 侧重于需要更高级的地理工具的野外工作。这些工作通常在高端的平板电脑上 (Tablet PC) 上完成

野外 GIS 经常通过应用的定制来简化移动任务。同时以无线方式连接中心 GIS Web 服务器获取实时的数据信息，这些站点通常由 ArcIMS 和 ArcGIS Server 构建。



## 第四节 ESRI 产品在水利部门发挥的作用

ArcGIS 系列产品在水利信息化建设中起着非常重要的作用。服务器端产品 ArcGIS Server，是业界第一个具有全面 B/S 功能的 WebGIS 产品，可以用于管理，分析和统计水利决策系统中的所需的海量空间数据和相关的属性数据，并选择需要的数据部分通过互联网(Internet)及时发布信息。

ESRI 的桌面端产品为用户提供更加强大的统计运算、分析、数据和模型处理等一系列 GIS 及其相关功能。21 世纪的水利信息化建设中，数字模型的建立是非常重要的。这些模型可以帮助验证决策的可行性，也可以为我们提供大量的模拟数据。辅助决策者进行判断。特别是桌面端 ArcInfo 产品，是业界公认的功能最为强大，技术最成熟的桌面产品。在使用 ArcInfo 产品中，用户可以真正体验到，ESRI 产品只有“想不到，没有做不到”这句话。

ArcGIS 中的在 ESRI 的相关模块也可以极大地加强 ESRI 其它产品的功能。例如 Tracking 模块可以将气象，洪水水位，洪峰位置等即时数据反映到决策者手中，为抗灾提前做好准备。在 ESRI 的 3D 模块支持下，技术人员可以根据地形特点建立的淹没数字模型，预先计算损失和疏散面积。Network Analyst 模块可以为决策系统提供救灾和疏散的最佳路径分析。Spatial 模块可以帮助为决策系统提供有关空间信息的分析的功能，例如淹没地点的选择等。

除此之外，ArcGIS 中的移动 GIS 产品也为水利信息化的数据采集提供了可靠的工具。

## 第五章 来自 ESRI 的资源

前面提到了很多 ArcGIS 软件新的技术以及新的技术体系，这些是实施水利领域应用系统建设的必要前提；同时我们所提供的客户服务以及客户可利用的资源是保证系统能够顺利实施与完成的有力保障。

### 一、ESRI 用户大会

用户大会是一个用户之间、用户与厂商之间相互交流、共享技术成果的机会，其中 ESRI 的许多软件的开发思路及需求来自于全球众多的用户。

全球用户大会每年由 ESRI 在美国主办，2004 年的“ArcGIS 全球用户大会”上，来自世界各地的用户达 1.2 万余人，成为全球 GIS 界规模最大的盛会。会程历时 7 天，有上百个技术讲座。除了 ESRI 的产品和技术讲座外，还有许多硬件、通讯、网络等厂商以及 ESRI 合作伙伴和用户的应用展示，另外还开辟了不同行业的用户研讨会等。

ESRI 中国用户大会由我公司每两年一次在国内举办。在 2002 年 9 月召开的“2002ESRI 中国用户大会”上，参加人数超过 2000 人。会上除了提供近十个新技术及产品讲座外，还提供了 GIS 在水利、地震、数字城市、自然资源、环保、公安等行业应用的专题研讨会、合作伙伴解决方案以及用户的应用展示等。

### 二、GIS 专业网站

Internet 应用的普及为用户获得快速丰富的信息资源提供了方便快捷的渠道。我们提供诸多网址为广大 ESRI 用户提供电子化服务。包括：

<http://www.esri.com/>（英文）

<http://www.esrichina-bj.cn/>（中文）

<http://support.esri.com/>（提供 ArcGIS 软件的技术在线服务，英文）

<http://support.esrichinaobj.cn/>（提供 ArcGIS 软件的技术在线服务，中文）

以上网站上包含了大量的信息，包括产品简介、技术文档、开发例程、应用集锦、配置方案、市场活动、新闻简报、用户论坛、在线培训等。

### 三、专业化培训

中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室是美国 ESRI 公司授权在中国地区的 ArcGIS 技术咨询与培训中心（简称“ACTC”），于 1994 年 9 月成立，经过多年的积累，目前拥有先进的大容量交换设备和由此构成的高速、宽带内部网络系统，配备以 SGI Origin 2000 为 Unix 服务器的工作站网络系统和以 HP 为微机服务器的 Windows NT 微机网络系统；师资力量全部由拥有博士、硕士学位的优秀科研人员构成，具有扎实的专业基础和全面的素质，并有多年培训与教学经验。ACTC 自成立以来，先后编译了 ESRI 的各类培训教材共数十本，常年开设几十门培训课程，已为社会培训了逾千人次的专业 GIS 人才。

除此之外，我们的合作伙伴也可以提供用户技术支持以及技术培训，众多的大专院校也可以提供培训等服务。

#### 四、用户论坛

全球数以百万计的ESRI用户以及正在世界各地运行的应用系统对于我们广大用户来说是一个宝贵的资源财富。ESRI充分利用这些资源，通过Internet开辟一个用户之间互相交流的空间，即用户论坛。用户只需要直接在网上注册即可加入论坛，通过Internet与全球百万用户一起进行技术讨论以及寻求技术支持等。一方面用户可以将自己使用ESRI产品的心得与疑问于全球用户进行交流，同样，对于你遇到的问题，也可以收到来自世界各地其他用户的响应与支持。

在国内，由我公司和ArcGIS中国培训中心共同维护的用户论坛也是国内用户使用ArcGIS的一个非常方便的交流中心。

#### 五、合作伙伴计划

合作伙伴计划是近几年来我们大力推行的一项政策，我们联合诸多国内拥有资深行业背景和丰富应用经验的公司，为水利、国土资源、城市规划、交通、电力、电信、公安等各个行业的用户提供系统集成、应用开发、技术培训等全方位的解决方案。这一计划受到了用户的一致好评，我们的合作伙伴旨在让我们的合作伙伴在ESRI的GIS软件平台之上建立并融合自己的应用系统，为最终用户构建具有世界水平的实用化的应用系统。

今后我们将继续推广合作伙伴计划，同时加强与合作伙伴的交流与配合。为此，我们专门成立了合作伙伴部，加大对合作伙伴的技术培训与支持力度，编汇合作伙伴的应用集锦，配合合作伙伴的市场活动以及提供相应的软件等。

#### 六、齐备的期刊资料

ESRI将不定期地向用户提供多种资料，包括：Arc China News（ArcInfo中国用户通讯）、ArcUser、ArcNews、ESRI产品简介、行业解决方案、用户大会论文集。

通过上述资料，我们将及时向用户介绍国内外GIS的最新发展动态，最新的GIS技术，相关行业的应用与发展，以及介绍国内外用户的成功应用经验等。

#### 七、User Group

为了提供面对面更加直接的用户之间交流，由ESRI和广大用户联合成立了行业用户组织。这些用户组织除了通过INTERNET进行技术交流、通报业界最新讯息，还将组织一些技术研讨会、行业的用户大会等等，用户之间可以通过这个组织来共享信息、数据、软件使用和开发的技巧等。

#### 八、丰富的人力资源

ESRI一直致力于中国的GIS教育事业，协助大专院校培养了一大批GIS相关专业人才，这些院校包括北京大学、清华大学、武汉大学、南京大学、浙江大学、吉林大学、中山大学等百余所高校。丰富的人力资源是应用开发的最基本的技术保证。

#### 九、丰富的基础数据

基础数据是从事各种GIS应用的基础，八十年代初ESRI就与国家测绘局合作，生产和建立国家基础地理信息库，目前提供的中国1:100万、1:50万、1:25万、1:5万全要素地形图和DEM数据都是以ArcInfo数据格式提供的。全国各省级测绘单位在统一采购了ArcGIS之后，也要将1:1万空间数据库建在ArcGIS之上。除此之外，包

括北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、南京、杭州等城市在内的一百多个城市已经具备了各种大比例尺的 ArcInfo 数据格式的基础地形图，为 GIS 在各个应用领域的发展打下了坚实的基础。

### 十、数据模型 下载

ESRI 日前正在与众多用户紧密合作，共同开发一些基于应用的数据模型以及应用规则。该项工作主要是从大多数 GIS 项目中寻找共性的专业模型和规则库，根据这些再来建立基于不同行业应用的数据模型。

我们的目的是希望能够通过我们的工作尽可能地简化开发过程，提高开发效率。另外，ESRI 提供的基于行业应用的数据模型能够提供给不同行业的用户一定的解决方案。

目前在我们的网页上可以免费下载如下几种数据模型：水资源模型、污水处理、输电管理、配电管理、煤气管理、自来水、人口管理等。ESRI 还将陆续推出新的其他行业的数据模型。

帮助用户取得成功  
是ESRI不变的目标和责任

ESRI——全球最大的GIS技术提供商

- GIS技术的领导者
- 完整、可伸缩的企业级GIS解决方案
- 遍布全球的合作伙伴和用户网络

## ESRI中国（北京）有限公司

网站: [www.esrichina-bj.cn](http://www.esrichina-bj.cn) 技术支持网站: [support.esrichina-bj.cn](http://support.esrichina-bj.cn)

ESRI中国社区: [bbs.esrichina-bj.cn](http://bbs.esrichina-bj.cn) 技术支持热线: 010-65542881 E-mail: [info@esrichina-bj.cn](mailto:info@esrichina-bj.cn)

### 北京办事处

地址: 北京市朝阳区门北大街8号 富华大厦A座12层D室 邮编: 100027  
电话: 010-65541618 传真: 010-65544600

### 广州代表处

地址: 广州市林和西路3-15号 耀中广场B座3012-3014单元  
邮编: 510620 电话: 020-86007565 传真: 020-86007565-102

### 上海办事处

地址: 上海市徐汇区天钥桥路30号 美罗大厦606-607室 邮编: 200030  
电话: 021-64268423 传真: 021-64268423-229

### 成都代表处

地址: 四川省成都市提督街88号 四川建行大厦2517室 邮编: 610016  
电话: 028-86080839 传真: 028-86080839-212

### ESRI中国（北京）培训中心

地址: 北京市朝阳区大屯路甲11号 中国科学院地理科学与资源研究所1302室 邮编: 100101  
电话: 010-64855687 传真: 010-64855685 E-mail: [actc@reis.ac.cn](mailto:actc@reis.ac.cn) 主页: [training.esrichina-bj.cn](http://training.esrichina-bj.cn)