ESRI 公司 ArcGIS 系列产品在

水利信息化中的应用



ESRI 中国（北京）有限公司
ESRI China (Beijing) Limited

2005 年 3 月

目　　录

前　言 1

第一章 ESRI 为水利行业提供的 GIS 系列产品 3

第二章 水利信息化系统建设对 GIS 的要求 12

第三章 ESRI 公司 ArcGIS 系列产品的技术特点 14

第四章 水利行业 GIS 应用的配置建议 34

初级配置： 36

升级配置一： 37

升级配置二： 38

升级配置三： 38

第五章 ESRI 产品在水利行业的应用 40

一、防汛减灾 42

二、水资源管理 60

三、水土保持 70

四、水环境监测 77

五、水利工程规划 84

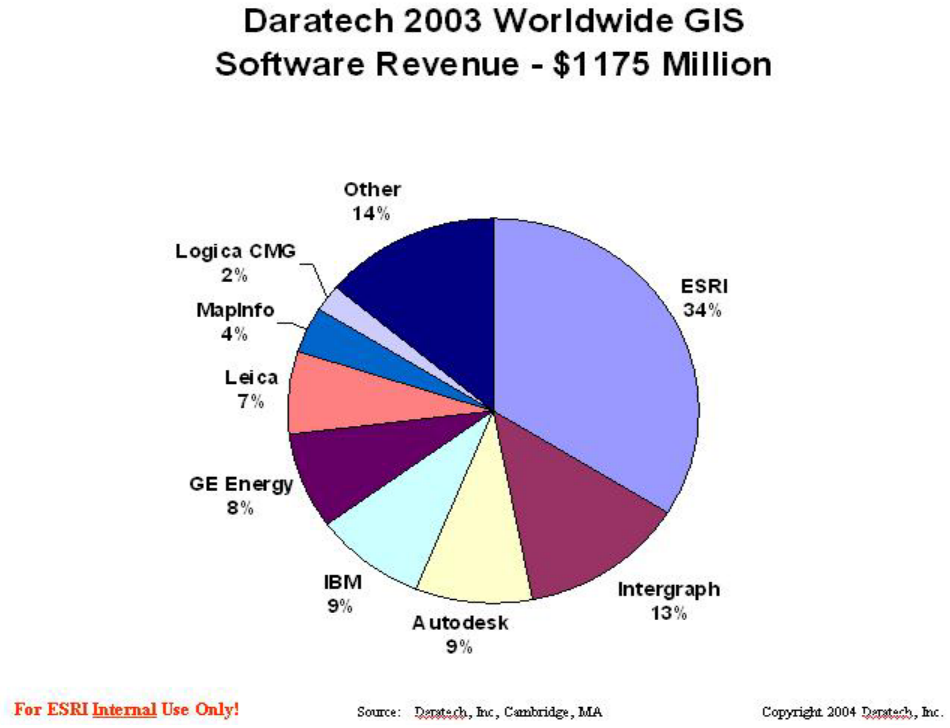
第六章 ESRI 的资源 86

前　言

信息化是当今世界经济和社会发展的大趋势。水利信息化是水利现代化的基础和重要标志。在水利现代化建设中，要大力推进水利信息化进程，利用水利信息化推动水利现代化。汪恕诚部长在 2001 年全国水利厅局长会议上明确指出：“要充分利用科学技术发展创造的有利条件，坚持用高新技术对水利传统行业进行技术改造，特别要注意采用计算机技术、微电子技术、现代通信技术、遥感技术、地理信息系统（GIS）、全球定位系统及自动化技术等，实现水利信息化。”

在水利信息化系统建设中，地理信息系统（GIS）是系统构建的框架，是辅助决策的工具，是成果展示的平台。国内水利行业应用 GIS 技术始于 90 年代初期，大致经历了认识了解、初步应用和结合 GIS 技术进行深入研究三个阶段。最早接触 GIS 技术的主要是一些科研院所和高等院校，当时的应用只注重数据的可视化，主要发挥它的查询、检索和空间显示功能，即只发挥了 GIS 的最低层次的功能。近年来，随着 GIS 在水利领域的应用范围不断扩大，应用层次也逐渐深入，一些部门将它作为分析、决策、模拟甚至预测的工具，其社会经济效益也比较明显地显示了出来。

美国环境系统研究所有限公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称 ESRI）成立于 1969 年，是全球最大的 GIS 技术提供商。作为 GIS 的拓荒者及当今 GIS 技术的领导者，ESRI 公司一直致力于为全球各行各业的用户提供先进的 GIS 技术和全面的 GIS 解决方案。ESRI 公司的多层次、可扩展、功能强大的 ArcGIS 全系列产品已遍布全球二百多个国家、超过百万个用户单位、几乎所有的 GIS 应用领域。2003 年，作为世界软件 50 强之一的 ESRI 公司销售额达到三亿九千九百万美元，占全球 GIS 软件市场的 34%，连续几年保持市场份额第一。



1991 年富融科技有限公司成为 ESRI 和 ERDAS 在中国地区的总代理。多年来，富融公司为国内各行业用户提供的 ArcGIS/ERDAS IMAGINE 软件及相关服务得到了中国用户的普遍认可，与国内许多政府单位建立了良好的合作关系，如：国家测绘局系统、国家环保局系统、中国地质调查局系统、国家海洋局系统、国土资源系统、水利系统、地震系统、城市规划、市政、土地、房产、电力、电信、农业、林业、交通、能源、公安、消防、气象、航空/航天、军事、统计、金融保险等。

2003 年 4 月 15 日，ESRI 中国（北京）有限公司正式成立。ESRI 中国（北京）有限公司的成立是中国 GIS 市场稳定快速发展的必然结果，表明了 ESRI 公司对中国市场的一贯重视，并把与中国的合作提升到一个新的高度。ESRI 中国（北京）有限公司将延续富融公司的所有业务，将更多、更直接、更长久地注重和投入中国市场，加强与各界的合作关系，完善技术支持与服务，共同促进中国 GIS 事业的发展。ESRI 中国（北京）有限公司将以开放、合作、以人为本和对社会负责为经营宗旨，禀承一贯的探索精神和独树一帜的管理风格，不仅为广大 GIS 用户提供满足今天需要的服务，更为用户将来的发展奠定坚实的基础。

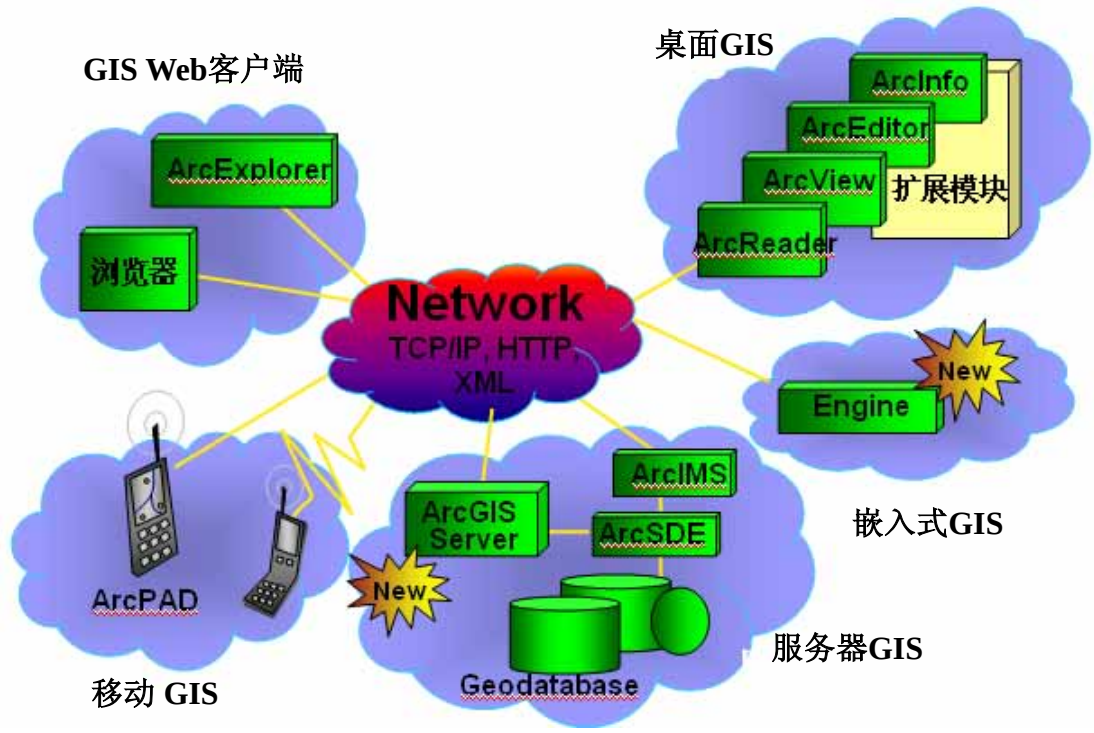
ArcGIS 在我国水利行业的应用已经颇具规模，在许多水资源管理、防汛抗旱、水土保持监测、水环境监测评估、水文地质、农田灌溉、水利工程规划等项目中得到了广泛的应用并产生很大影响，在我国的水利信息化建设中发挥了重大作用。目前，ESRI 的产品已经成为中国乃至全球用户群体最大，应用领域最广的 GIS 平台。

第一章　ESRI为水利行业提供的GIS系列产品

ArcInfo 是 ESRI 系列产品中最经典的、功能最强大的专业 GIS 产品，它是 ESRI 公司实力的标志，经受了时间的考验，其许多先进的设计思想和概念被其他产品借鉴和采纳，成为引导全球 GIS 发展方向的旗帜。目前，ESRI 公司积累了三十多年的 GIS 理论研究和产品开发经验，对其产品结构及技术进行了优化和重构，顺应信息技术发展的潮流，全面引入 COM 技术、分布式数据库的概念、多层体系结构、全面开放的技术、面向对象技术、组件式 GIS 技术、WEB 技术、JAVA 技术等计算机主流技术，成功地推出了代表 GIS 最高技术水平的全系列 GIS 平台——ArcGIS 系列软件。ArcGIS 系列产品除保留了原有产品的强大功能外，还融合了最先进的 IT 主流技术，尤其它灵活、可扩展的 C/S 与 B/S 结合的体系结构，为用户多层次的应用需求提供了更加完善、更加开放、可扩展性更强的解决方案。

ArcGIS 不是一个孤立的 GIS 软件，而是具有统一、严整、完备、可伸缩集成体系结构的系列 GIS 平台，它可以适应 GIS 用户由低到高的广泛需求。ArcGIS 由几个重要部分组成：服务器端软件、ArcGIS 桌面软件、嵌入式 GIS 软件、移动 GIS 软件。

分布式的ArcGIS 体系结构



服务器端软件：

ArcSDE——空间数据管理中心

ArcSDE是一个高效的海量空间数据库引擎。ArcSDE在企业级的GIS应用中扮演了一个重要的基础角色。ArcSDE将所有空间数据（包括矢量数据、影像数据、DEM、三维数据等）和相关的属性数据统一放在工业标准的DBMS下进行管理，支持分布式管理和多用户并发访问操作。ArcSDE支持Oracle，SQL Server，DB2和Informix等基于工业标准的数据库平台。

ArcIMS——空间信息网络发布中心

ArcIMS是基于Internet/Intranet提供空间信息网络发布的WebGIS软件。用户可以通过标准的浏览器（如 IE）来访问地图服务，也可以通过ESRI免费提供的ArcExplorer专用地图浏览器来访问发布的信息。所有的ArcGIS桌面端软件（ArcInfo，ArcEditor，ArcView，ArcReader）都可以通过Web从ArcIMS服务器上动态地获取矢量数据流。这些新的图层类型可以象本地数据一样完成符号化，制图，查询，简单编辑和分析工作。

ArcGIS Server——企业级的 WebGIS 应用平台

ArcGIS Server 是一个以工业标准搭建的平台，用于构建可集中管理的、支持多用户的、具备高级 GIS 功能的企业级 GIS 应用与服务。开发者使用 ArcGIS Server 可以构建 Web 应用、Web 服务、以及其它运行在标准的.NET 和 J2EE Web 服务器上的企业应用，客户端通过标准的浏览器来访问。另外，ArcGIS Desktop 也可以 C/S 的模式，通过局域网或 Internet 来访问 ArcGIS Server。我们也可以形象地称之为“运行在服务器上的 ArcObjects”。

桌面软件：

ArcGIS桌面软件是一个一体化的高级GIS应用平台，包括ArcInfo、ArcEditor、ArcView、ArcReader、ArcGIS扩展模块等。其核心模块分三级：ArcView、ArcEditor、ArcInfo，它们具有相同的操作界面，一样的代码基础，通用的扩展模块和统一的开发环境，功能由简到繁。它们由一组相同的应用环境构成：ArcMap、ArcCatalog、ArcToolbox和ModelBuilder。通过这几个应用的协调工作，可以完成从简单到复杂的GIS工作，包括查询检索、制图、数据管理、空间统计、空间分析和空间处理。还包括与Internet地图和服务的整合，地理编码，高级数据编辑，高质量的制图，动态投影，元数据管理，对65种数据格式的直接支持等。

ArcReader

ArcReader是一个免费的浏览GIS服务的软件，提供了开放地访问GIS数据的方式。它支持.pmf格式的地图文件，可以在高质量的专业地图中展现信息，完成浏览、查询、制图打印等操作。

ArcView

ArcView 提供了核心的制图和GIS功能。可以完成数据的创建、编辑、显示、查询、符

号定制、制作专题图、数据分析、动态的投影转换，提供对Shape文件和基于Access数据库的个人化Geodatabase的编辑工具，以及二次开发环境等；

ArcEditor

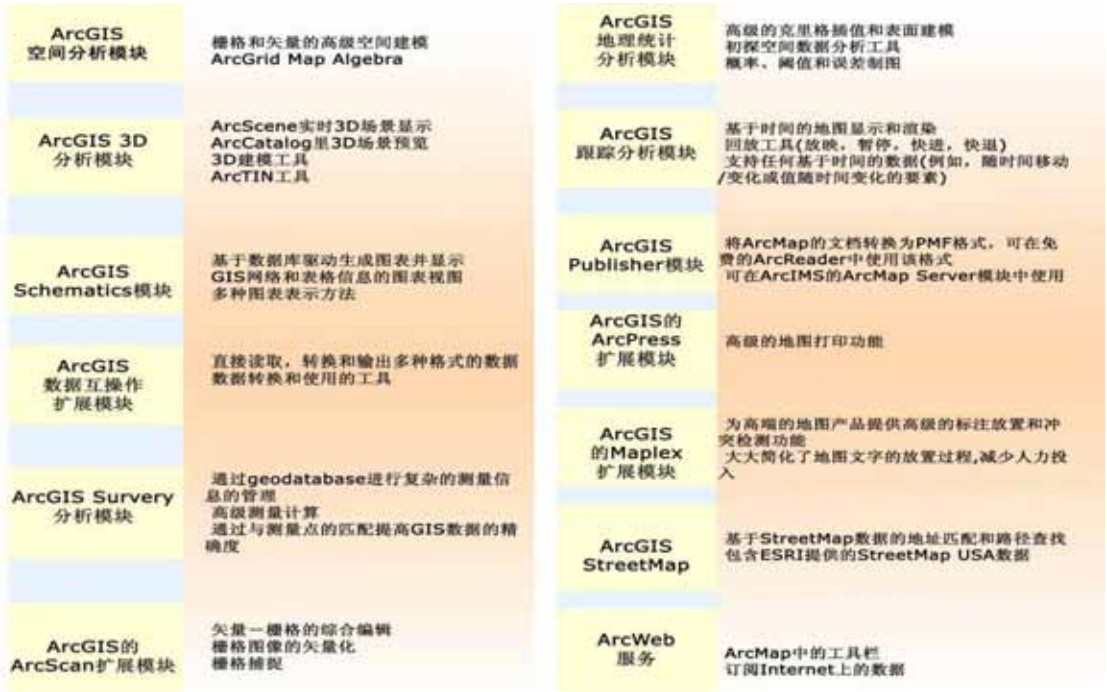
ArcEditor包含了ArcView的所有功能，还增加了对Geodatabase的定义、管理和高级编辑能力。增加的功能包括：支持多用户编辑，版本管理，元数据创建，数据操作规则定义等。

ArcInfo

ArcInfo除了包括ArcView和ArcEditor的所有功能外，还在完整版的ArcToolbox中提供了一个综合的工具集合，用来进行高级的空间处理和多边形处理，包括数据批处理、Coverage数据的空间处理、线性参考等。此外，产品中还包括了Workstation部分。ArcInfo是一个功能完整的GIS数据创建、转换、更新、查询、制图和分析系统。

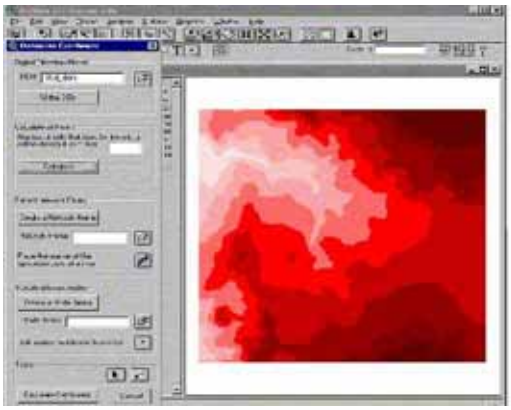
ArcGIS扩展模块

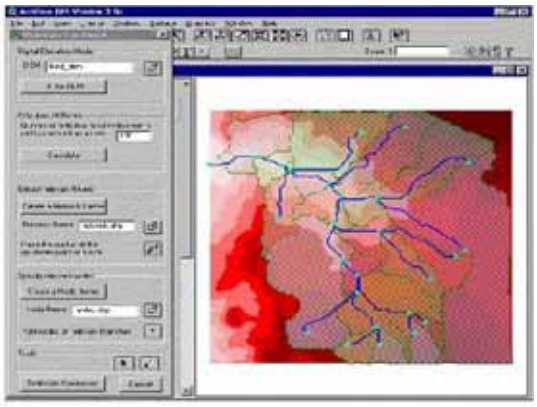
ArcGIS扩展模块的主要特点是它们可以和任一级别的核心模块配合使用。



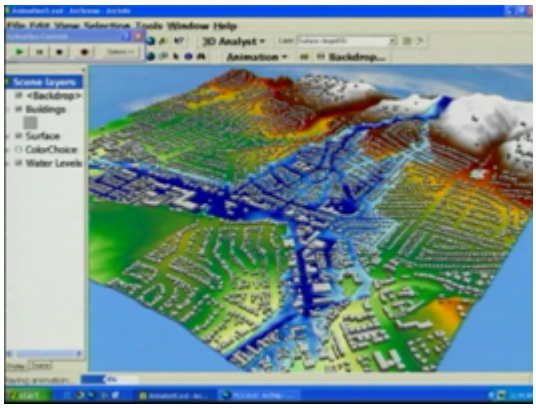
Spatial——空间分析模块：

Spatial 空间分析模块提供了高级的栅格建模和分析功能。包括：矢量数据与栅格数据的转换，基于格网的栅格数据的创建、查询、制图、分析等，如：等值线/等值面生成（离散点内插成连续表面）、汇水分析、径流分析、追溯分析、选址分析、点密度图生成、坡度/坡向图生成、地形光照模型生成、区域分析、代价分析等功能。





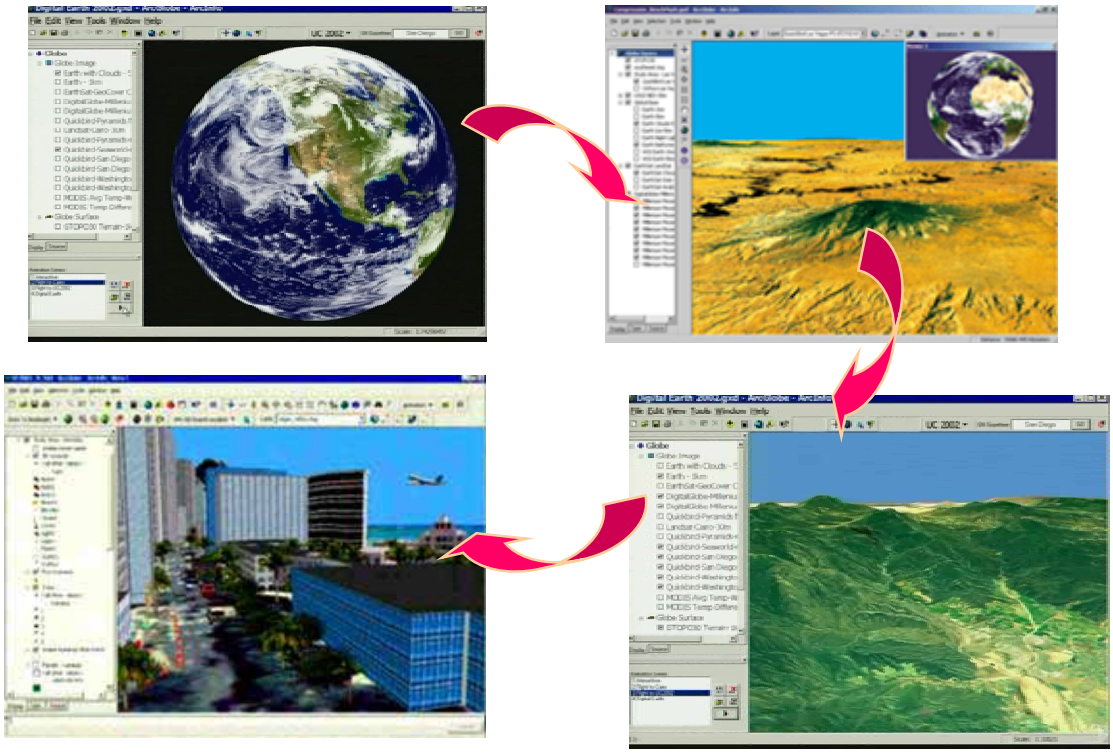
3D——三维可视化与分析模块：



3D扩展模块可以对表面数据进行高效率的三维可视化及分析。

3D扩展模块通过插值算法生成TIN、生成等值线、生成DEM、坡度/坡向图；可进行真实三维地表建模，叠加矢量数据和影像实现三维景观可视化，支持漫游、飞行、查询、多媒体挂接等操作；另外还可完成通视分析、透视分析、填方、挖方计算等功能。

ArcGIS 9 中，ArcGIS 3D 扩展中提供了一个新的 ArcGlobe 应用程序，有用户形象地称其为“数字地球仪”。ArcGlobe 支持海量地理数据的交互式三维显示，速度惊人。用户可以方便地在三维环境中漫游地球，可以快速、平滑地从整个地球的视图“钻”到一个高分辨率、近距离的视图，实现不同精度影像地图间的平滑缩放，并可以查询相关的属性。

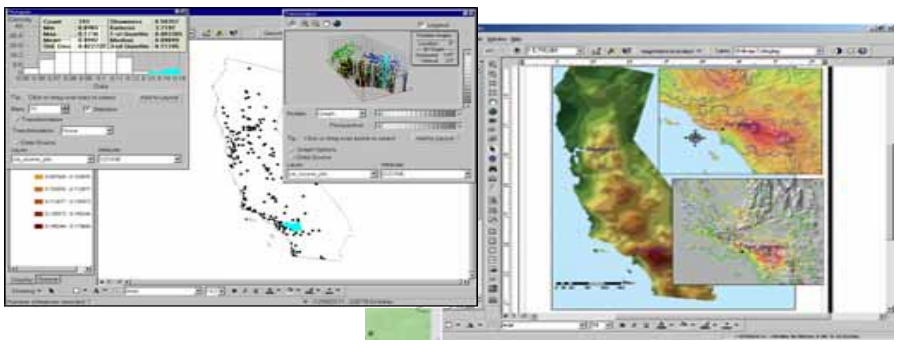


通过 3D 模块可以实现电子沙盘应用，既可以从宏观的角度作数字流域三维景观再现、也可以完成局部三维仿真，实现诸如防洪调度电子沙盘显示、洪水演进模拟、在三维地球环境中显示水资源、土壤类别、水利工程等的分布，并提供交互式查询功能。

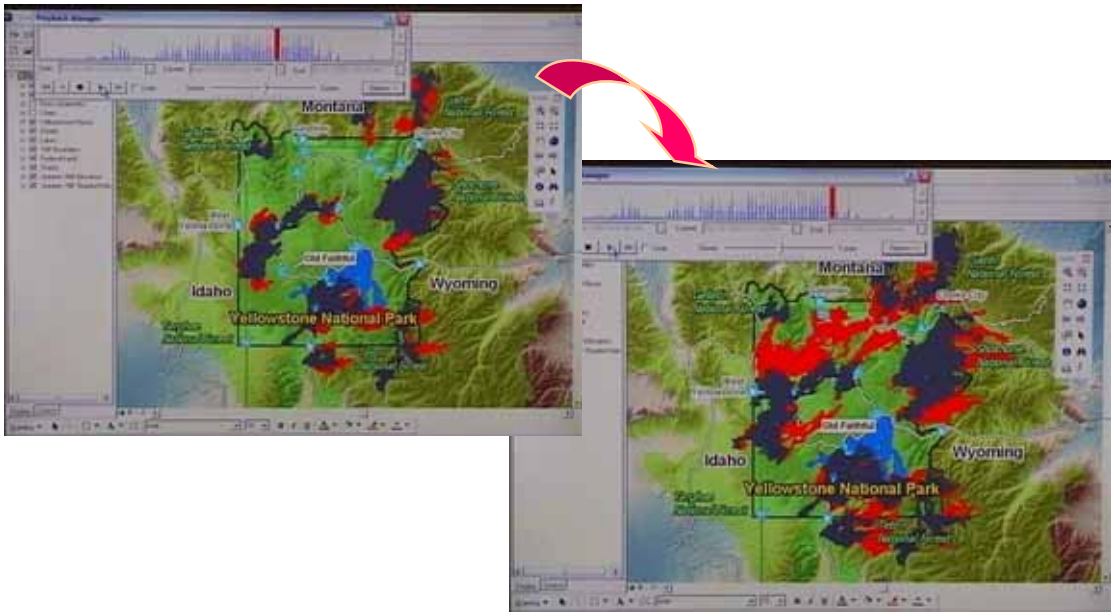
Geostatistical——地理统计模块

地理统计模块提供了基于空间数据的统计学工具，用于对三维空间离散点插值生成连续表面，并进行概要统计、趋势分析及图形化显示预测表面等。此模块可以实现预测表面的生成，并对预测表面的预测结果进行误差估计。同时，也可以通过实际采样值，对预测模型进行评价。地理统计模块可以帮助用户掌握及使用克里格（Kriging）和其他高级的数学方法来生成表面，并能够让用户回答诸如这样的问题：“在特定的地方臭氧超过 EPA 标准的概率是多少？”所有操作均以菜单驱动的方式完成，十分直观方便。

Tracking——追踪分析模块



追踪分析模块为复杂的跟踪应用提供了基于时间数据的可视化和分析工具。此模块允许用户对历史数据库中或实时采集的时间数据进行观察和分析，并且能够随着时间变化显示追踪要素的移动轨迹，以及某个时间段特定位置的关键值的变化。可以应用在很多领域，如：显示和分析台风登陆轨迹及风力变化；某一区域的土壤侵蚀趋势；车辆或飞机跟踪；人口流动趋向；扩散变化等。此模块提供互动式的回放管理器（开始、停止、暂停、重放），用来浏览窗口中的事件。



Data Interoperability——数据互操作模块

ArcGIS数据互操作扩展模块是由ESRI和Safe Software共同开发的。Safe Software是全球GIS互操作的领头人。这个扩展模块建立在Safe Software广受欢迎的FME（Feature Manipulation Engine）产品之上，可以直接读取超过65种空间数据，包括GML、XML、DWG/DXF、DGN、MapInfo MID/MIF和TAB、GeoMedia Warehouse等；还支持50多种数据格式的输出。

ArcIMS也有一个数据分发的扩展模块（ArcIMS Data Delivery），可以基于网络直接发布多种空间数据，无需转换。

ArcPress——地图打印模块

ArcPress 提供地图输出的栅格化转换，即将地图转换成符合标准的打印文件，这样当有大数据量地图输出时，对输出设备端内存的需求降至最低。

Maplex——智能标注模块

Maplex 在 ArcMap 中增加了高级的标注放置和标注冲突检测的方法，保证用户快速、规范地制作出高质量的地图。

Publisher——地图分发模块

ArcGIS Publisher 通常用于公开发布 ArcGIS 桌面系统制作的数据和地图。Publisher 能够为任何一个 ArcMap 的地图文档产生一个可供发布的（*.pmf）格式的地图文件。pmf 文件可以在免费的 ArcReader 中使用，这样可以自由的与许多用户共享你的 ArcMap 文档。pmf 格式还可以通过 ArcMapServer 和 ArcIMS 在网上部署地图。

ArcGIS Publisher 包括可编程的 ArcReader 控件，可通过 Visual Basic，C++，.NET，或者 Java 进行开发，将 ArcReader 嵌入到一个已有的应用程序中或对 ArcReader 进行客户化。另外，在公开发布.pmf 文件的地图压缩数据时，你可以选择在 ArcReader 工程文件中设置用户名和密码，这样就可只与合法的用户安全地共享地图和数据了。

ArcSurvey——测量分析模块

测量分析模块是在 GIS 系统中存储和管理测量观测数据的解决方案，并通过与测量点的匹配提高 GIS 数据的空间精度。

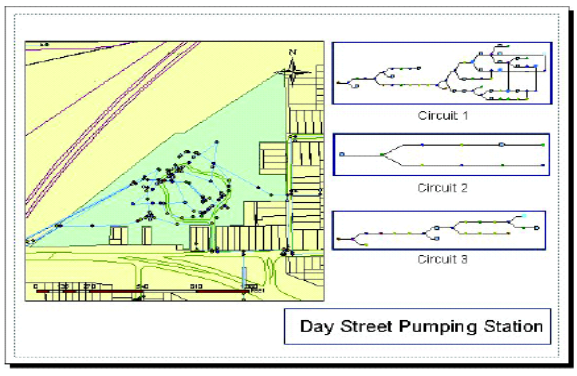
测量分析数据库与地理数据库的一体化可以加快基础地理数据的的生产和更新速度，除提高了野外测量的自动化程度，减少了内业工作量外，还缩短了过去由测量到地图到数字化地理数据的过程。通过地理数据进行更新，提高已有数据的精度，对某些用户来说，可以大大降低重测的成本。由于测量数据的数据管理水平提高，可以提高数据的使用效率。

ArcScan——扫描矢量化模块

ArcScan 为 ArcEditor 和 ArcInfo 增加了栅格编辑和扫描数字化等能力。它通常用于从扫描矢量地图和手画地图中获得数据。使用 ArcScan 模块，能够实现从栅格到矢量的转换任务，包括栅格编辑，栅格捕捉，手动的栅格跟踪和批量矢量化。

Schematics——逻辑分析模块

ArcGIS Schematics 模块可以实现基于 GIS 网络数据生成网络逻辑图或示意图，并与设施的空间位置相关联。可广泛应用于电力、电信、燃气、自来水等网络设施应用中。



Image——影像分析模块

ArcGIS 图像分析扩展模块是 ERDAS 公司为 ESRI 开发的一个扩展模块，基于 COM 机制，目前运行在 ESRI ArcGIS V8.3 上。ArcGIS 图像分析扩展模块是为 GIS 准备图像的工具，如将卫片和航片制作为 GIS 可用的图像、从图像中提取信息、图像分析从中央到地方提取空间和非空间信息。ArcGIS 图像分析扩展模块使 ArcGIS 专家从存储在地理空间数据库的

图像中实时提取信息而增强了 ArcGIS 的功能。

Stereo——影像立体分析模块

ArcGIS 影像立体分析模块是 ERDAS 为 ESRI 开发的一个扩展模块，基于 COM 机制，目前运行在 ESRI ArcGIS V8.3 上。该模块允许用户使用立体影像进行三维地理信息的收集、更新、解译和可视化，可以直接创建和更新维护存储在 GeoDatabase 中的 GIS 数据和信息，还可以实现分析、数字化制图和三维可视化等功能。

嵌入式 GIS 软件——ArcGIS Engine

ArcGIS Engine 是由一组粒度适中的核心 ArcObjects 包组成的控件开发工具，其对象是与平台无关的，能够在各种编程接口中调用，（如：COM，Java，.NET 和 C＋＋），开发人员能够通过它提供的工具来构建定制 GIS 和制图应用。这个新产品为开发人员提供了一种新的部署策略和资源，构建的程序能够部署在 Windows Intel 个人计算机上，也可以部署在 UNIX（SUN-Solaris，IBM-AIX 和 HP-UX）和 Linux（Red Hat）上。

Engine 产品包括三部分：

1、SDK——开发包

2、runtime——分发 license（对 Geodatabase 只读）

3、option——三个扩展（需运行在 runtime license 之上），包括：

- ✓ Spatial——空间分析
- ✓ 3D——三维分析
- ✓ GDB update——对 Geodatabase 写操作的分发 license

移动 GIS 软件——ArcPad



ArcPad 是移动 GIS 软件，通过手持和移动设备为野外用户提供数据访问、制图、GIS 分析及与 GPS 集成功能。运行的平台包括 Windows CE、95/98/Me、NT、2000、XP、Pocket PC 2002/2003。

ESRI 公司的其他产品：

MapObjects for Windows (MO-WIN) 控件开发工具

MO-WIN 是一组供应用开发人员使用的制图与 GIS 功能的 ActiveX 控件，它由一个 OLE 控件和一系列可编程 ActiveX Automation 对象组成。

MapObjects 地图控件可以直接插入到许多标准开发环境的工具集中，可与其它的 MIS、OA 等系统轻松地进行集成。MapObjects 支持的开发环境包括流行的 .NET 、VB、VC++、Delphi、Visual Foxpro 等。

MapObjects for Java（MO-Java）控件开发工具

MO-Java 是一个包括将近 900 个 Java 组件的开发包，开发者可以构建一个定制的、高性能的 GIS 客户端应用程序或 Applets。可以在任何标准的 Java 开发环

境中使用 MapObjects Java 版，开发者能够创建一个专业应用，允许用户执行显示、查询和数据存取等操作。

第二章　水利信息化系统建设对GIS的要求

地理信息是水利工作的重要基础信息之一，85%以上的信息都跟地理信息相关。传统的对地理信息的手工处理方式已经被科学技术的进步所淘汰，水利行业需要运用先进的信息管理手段来提高工作效率，推进信息化建设进程。地理信息系统（GIS）技术为水利行业信息管理的标准化、网络化、空间化提供了有效的工具。

水利部十五规划中明确指出：“建设水利信息系统时，要以地理信息系统(GIS)为框架。”水利部领导也同时指出：“创新是科技发展的动力，对于水利系统的科技人员，当务之急不但要迅速掌握 GIS 这种新技术，还要不断追踪 GIS 的新发展，高质量地为水利各项业务服务。”由于国家政策上的引导，加上国内水利用户的技术储备和技术需求都达到了一定的层次，同时又借助世界上最先进和成熟的 GIS 技术，所以 GIS 技术在国内水利行业的应用虽然起步较晚，但是发展势头迅猛，应用水平甚至超过了某些传统领域。

GIS 在水利行业的应用非常广泛，包括：防汛抗旱决策支持、水资源规划与管理、水环境保护、水土保持监测、流域规划、水利设施管理、水利工程规划、农田水利等多个方面。

由于水利应用的行业特点，要求在开展信息化工作、建设信息化系统时，要着重考虑以下几个方面：

1．系统要具有良好的可扩展性

水利信息化系统建设要遵循“统筹规划、统一管理、合理利用资金、可持续发展”的原则。

由于经费、现阶段的应用需求，以及当前信息技术的发展等各种条件的制约，使得任何一个系统在设计和规划之初，都无法做到“一步到位”。因此，水利信息化系统建设要从宏观、长远、发展的角度来统筹规划，同时根据现有的条件，有计划有步骤地分步实施，而且要求可持续发展。系统建设初期，应以实现常用的迫切的基本功能为主，以后再逐步进行功能扩展，逐渐将系统建成功能完善的决策支持系统，为领导决策服务。因此，要求基于GIS的系统建设要具有良好的可扩展性，由初级搭建到构架完善，可以无缝扩展，系统数据和程序能够平滑移植。

2．系统要以数学模型和决策分析为支撑

“水利信息系统要以数学模型和决策分析为支撑”。 对于水利工作者来说，应用 GIS 仅进行简单的浏览、查询和空间数据显示是没有太大意义的，这种电子地图式的应用仅仅实现了纸介质地图向计算机的转移，满足了用户的一些初级、表面的要求。而水利行业更迫切需

要的是深层次的，带有辅助决策支持的系统。这就要求 GIS 平台具有强大的空间分析功能，以便对各种水利数据进行深层次的研究与分析，使系统起到辅助决策的作用，为有关部门和领导提供科学的计算结果和决策依据。

3．系统要求界面友好、工具丰富

图文并茂的界面是 GIS 系统的特点，在系统拥有强大功能的同时，也要求使用简单，易于操作。系统要提供丰富的数据编辑工具和专业的制图功能。

4．系统要应用最先进技术，并具有良好的开放性

水利信息化系统建设过程中要涉及到计算机技术、数据库技术、通信技术、GIS 技术、遥感技术（RS）、GPS 技术以及网络技术等，从长远、整体、可持续发展的角度看，系统的技术先进性与开放性问题十分重要。因此要求 GIS 平台一定要遵循国际通用标准，结合最先进的 IT 技术，既保证系统的先进性、可发展性，又保证系统的资源共享和开放。

5．系统要能够管理海量数据

由于行业的特殊性，水利信息系统综合数据库是由水文数据库、实时水雨情库、工程信息库、社会经济信息库、基础地形图库、动态影像库、历史数据库、方法库、超文本库等多个数据库组成。庞大的数据量要求 GIS 具有海量数据管理功能，同时还要求具有高效、安全、分布式管理等功能特点，确保系统基础的稳定性。

6．系统要支持综合信息的网络发布

在网络技术和环境日趋成熟和完善的时代，水利部门要借助网络技术，充分利用网络资源，实现资源共享，这就要求 GIS 系统支持 B/S 模式，支持 Internet/Intranet 技术，能够结合最先进的网络技术，提供综合信息的网络化服务。

7．系统要应用成熟的技术

为了确保系统的稳定性，系统要应用具有成熟技术的 GIS 平台。这样既保证系统能够长期、稳定、安全地运行，而且成熟软件的国内外用户众多，可借鉴的成功经验多，选用成熟软件也为系统的资料收集、技术交流、成果应用等方面提供了数据基础和应用基础。

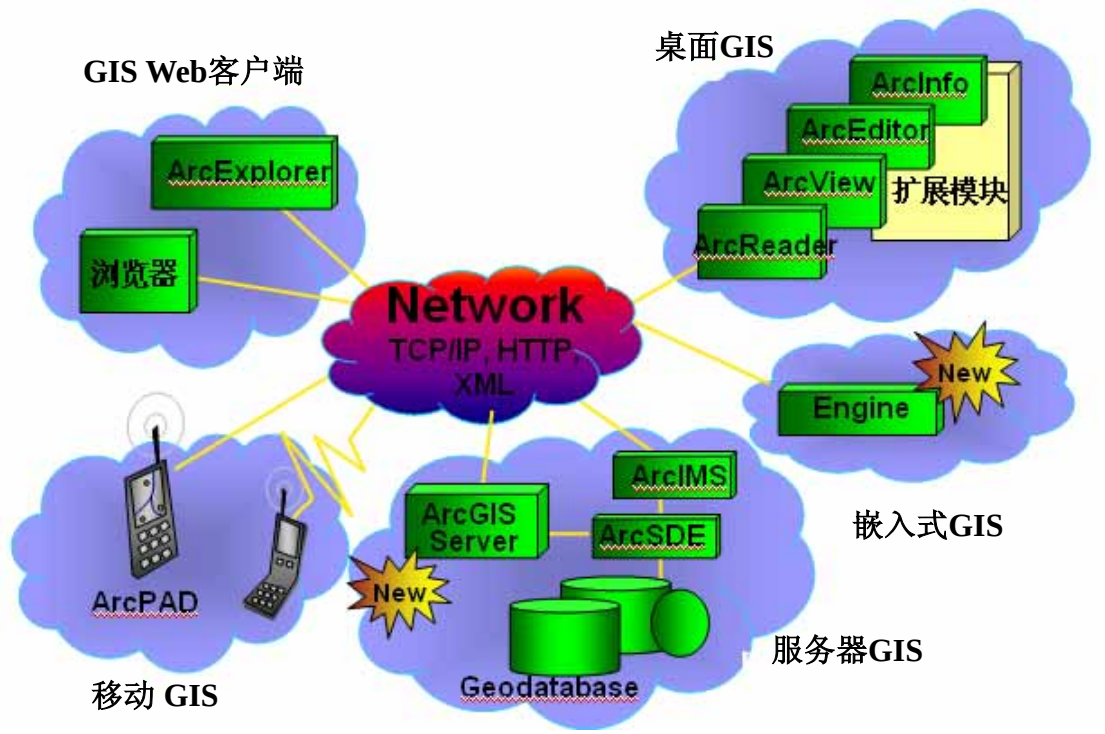
第三章　ESRI公司ArcGIS系列产品的技术特点

ArcGIS 在水利行业的应用具有以下特点：

1．可伸缩扩展的体系结构

由于经费、现阶段的应用需求，以及当前信息技术等各种条件的制约，使得任何一个系统在设计和规划之初，都无法做到“一步到位”。所以水利信息化建设也要从宏观、全局、长远的角度来统筹考虑，根据现有的条件，有计划有步骤地进行。所以，系统建设初期，应以满足基本功能、实现常用的迫切的基础功能为主，以后再逐步进行功能扩展，使系统成为决策支持系统，为领导决策服务。而要做到这一点，系统所依赖的GIS平台的可伸缩性、可扩展性则是关键。

分布式的ArcGIS 体系结构



ArcGIS 不是一个孤立的 GIS 软件，而是具有统一、严整、完备、可伸缩集成体系结构的系列 GIS 平台，可提供具备相同核心技术的高、中、低多层次的产品及配置方案：服务器端可以配置 ArcSDE、ArcIMS，客户端可以选用 ArcInfo、ArcEditor、ArcView、Spatial/3D 等扩展模块、ArcReader、ArcExplorer、MO-WIN、MO-JAVA、ArcPAD、ArcIMS Viewer

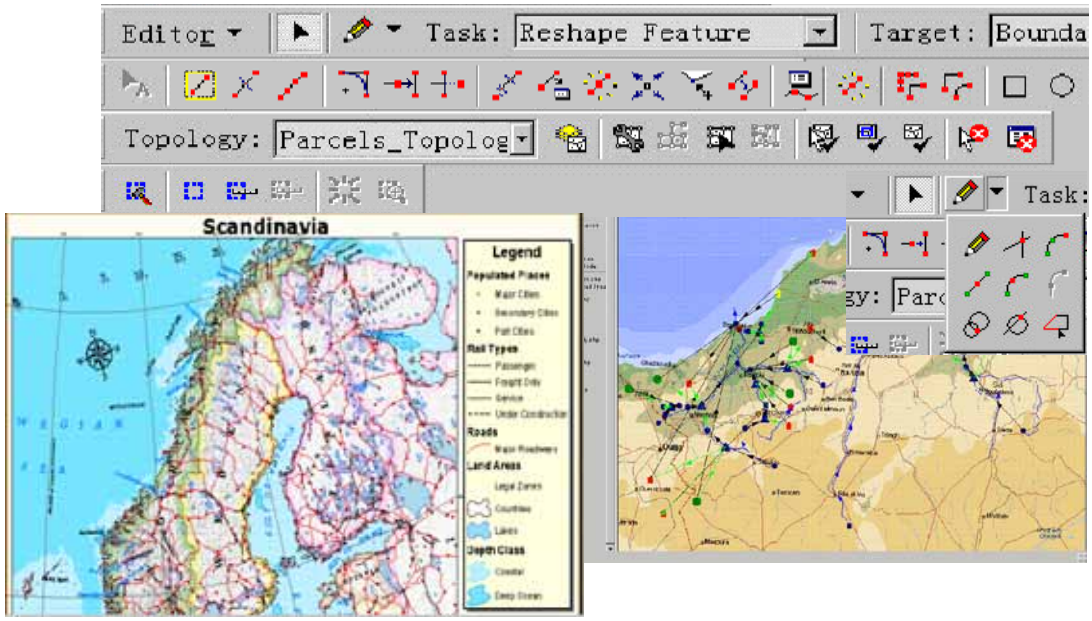
（IE 等通用浏览器）等。由于 ArcGIS 系列产品具备相同的核心技术，为系统资源的共享、系统规模的无缝升级、数据和应用功能的平滑移植提供了有力的保障。这样用户可以综合考虑需求、资金、技术等因素，根据不同应用阶段的需求，分步进行系统建设，可持续发展，从而充分地保护用户的前期投资和前期工作，保证系统的分步实施不会因为平台的提升和系统规模及功能需求的扩展而陷入两难的境地，避免了系统“升级即重建”的尴尬，使构建的系统从整体上具有极大的延展性和灵活性。

因此，基于 ArcGIS 的水利信息化系统建设可以在“统筹规划、分步实施、逐步完善”的原则下，根据投资规模、需求层次和实施步骤等条件，逐步无缝扩充系统规模和增加系统功能。构建的系统既可以是一个独立的应用，也可以建成跨越全球的分布式网络应用。

2．系统功能强大

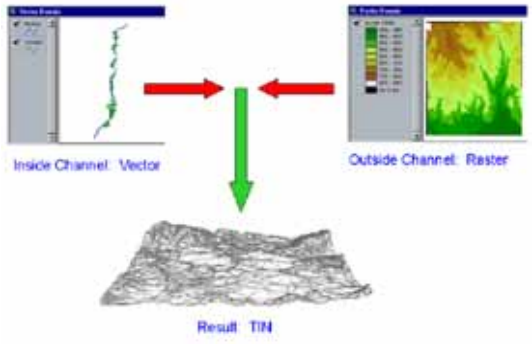
在 GIS 领域里，ESRI 公司的 ArcInfo 软件一直以具有强大的制图和分析功能著称。在全面继承了原有功能，并整合了 COM 技术、分布式数据库的概念、多层体系结构、全面开放的技术、面向对象技术、组件式 GIS 技术、WEB 技术、JAVA 等计算机主流技术之后，ESRI 成功地推出了代表 GIS 最高技术水平的全系列 GIS 平台——ArcGIS 系列，提供更加完善、更加开放、可扩展性更强的解决方案以解决目前用户多层次的应用需求。

ArcGIS 具有友好的操作界面、丰富的图形数据编辑工具和强大的专业制图功能：

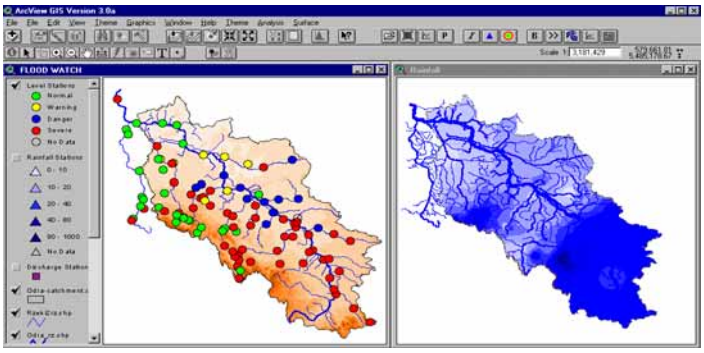


另外，“水利信息系统要以数学模型和决策分析为支撑。” 对于水利工作者来说，应用 GIS 仅进行简单的浏览、查询和空间数据显示是没有太大意义的，这种电子地图式的应用仅仅实现了纸介质地图向计算机的转移，满足了用户的一些初级、表面的要求。而水利行业更迫切需要的是深层次的，带有辅助决策支持的系统。这就要求 GIS 平台具有强大的空间分析

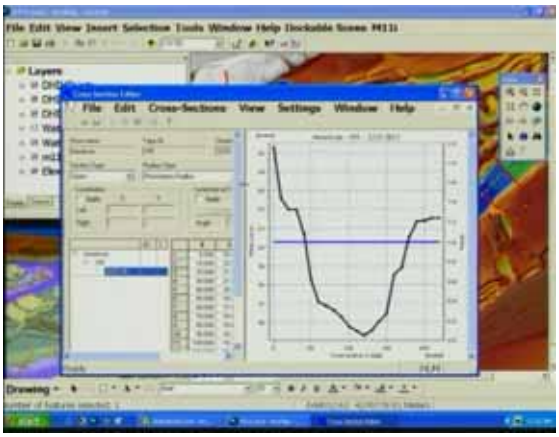
功能，以便对各种水利数据进行深层次的研究与分析，使系统起到辅助决策的作用，为有关部门和领导提供科学的计算结果和决策依据。



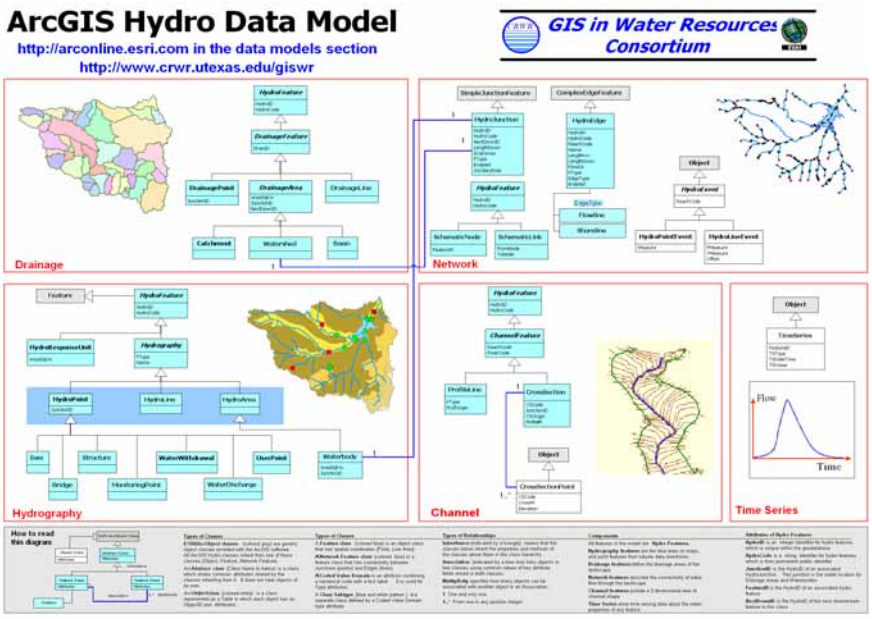
ArcGIS 系列软件除支持各种数据的输入、输出、编辑、地图分层叠加显示、多种方式查询统计，生成等值线图、流域分布图、防汛风险图、土壤侵蚀图等专题图制作的基本功能外，还提供了大量专业的地学分析功能，例如：动态分段分析、拓扑分析、缓冲区分析（Buffer），叠加分析（Overlay）、网络分析、三维地形建模与可视化分析、栅格分析、动态追踪分析、空间统计分析等。用户可以直接应用 ArcGIS 所提供的专业算法，完成诸如：汇水分析、径流分析、污染源扩散分析、流域追溯分析、河道剖面分析、坝址分析、趋势分析等专业研究工作；或使用可视化工具如：CASE 和标准的可视化建模语言 UML 来创建和定制数据模型，如：流域模型、扩散模型、洪水淹没模型、水资源模型等。



ArcGIS 也允许专业人员将满足特定要求的水利学模型与 GIS 相结合，完成更深一步的研究工作。著名的丹麦水利研究所（**DHI**）就在其 MOUSE, MIKE NET, MIKE SWMM, MIKE 11, MIKE SHE 以及 MIKE BASIN 系统中应用 ESRI 的 GIS 技术定义了流域模型、洪水淹没模型、水资源模型、排水模型等专业的水利模型。



另外，ESRI 和美国德克萨斯大学水资源中心应用 ArcGIS 共同开发了一系列相关水利模型，可以到如下网址下载详细资料：http://www.crwr.utexas.edu

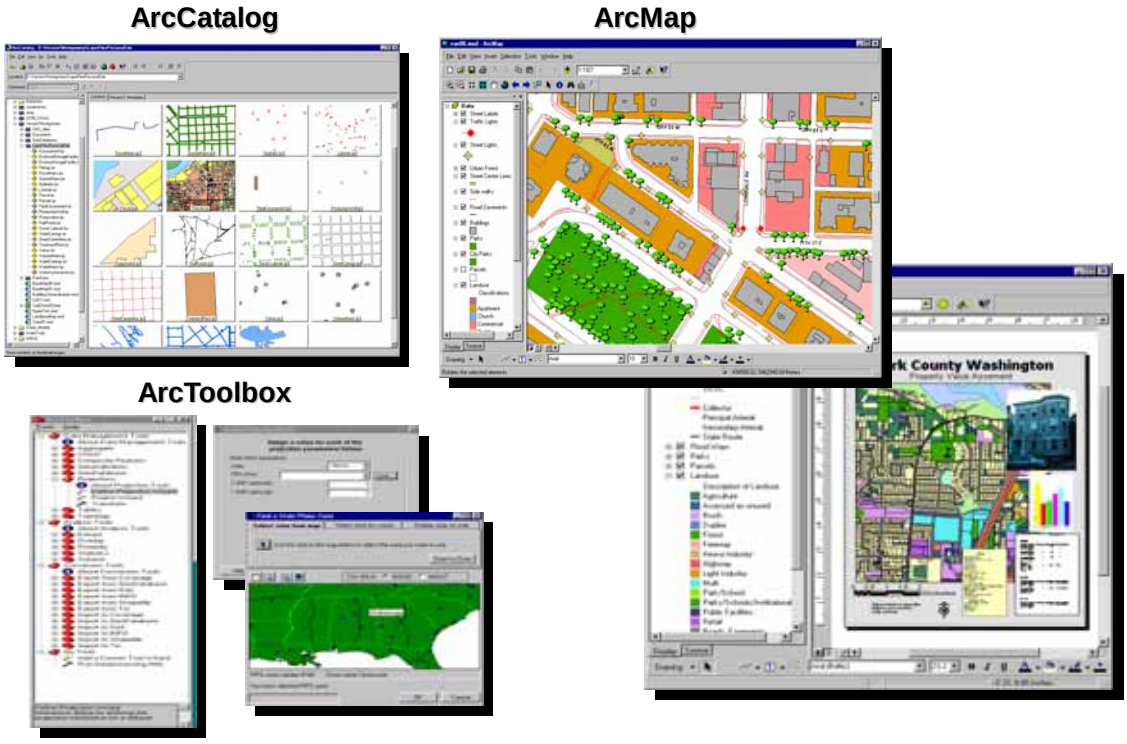


可以说 ArcGIS 为水利信息系统提供了一个非常好的基础平台，将信息系统真正建成了决策支持系统。

3．界面友好，操作简便

自从ArcGIS 8系列软件登台亮相以来，让全球用户为之振奋。全新的ArcGIS系列软件不仅有着完善的可扩展的体系结构，而且在保留了原来强大功能的基础上，彻底改变了界面风格，增强了编辑功能，使用ArcGIS变得异常简单！

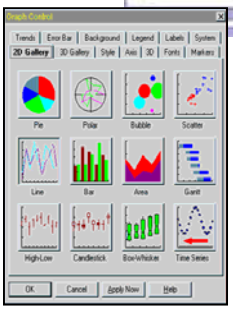
ArcGIS操作界面



ArcGIS系列软件引入了组件对象模型（COM）技术，基于Windows的用户界面标准（GUI），整个操作界面完全窗口风格，菜单驱动，界面友好，操作简便。为了使广大中国用户更好地使用世界上最先进的GIS技术，经过努力，我公司正式推出软件**汉化版**和一套6本的中文使用手册。这样一来，ArcGIS的易用性大大增强了！









4．系统的技术先进性与开放性

水利信息化系统建设过程中要涉及到计算机技术、数据库技术、通信技术、GIS 技术、遥感技术（RS）、GPS 技术以及网络技术等，从长远、整体、可持续发展的角度看，系统的技术先进性与开放性问题十分重要。因此要求 GIS 平台一定要遵循国际通用标准，结合最先进的 IT 技术，既保证系统的先进性，又保证系统的资源共享和开放。

ArcGIS 是一个适应 IT 主流标准的、开放的系统，在技术标准、运行环境、开发方式等方面的先进性、通用性和标准性，可以确保基于之上构建的系统技术先进、开放，具有良好的延续性和可持续发展性。

➢ **先进技术及主流标准**

ESRI 一直引领全球 GIS 技术潮流，目前 ArcGIS 全面引入 IT 主流技术，遵循国际通用标准，引入了 COM 技术、分布式数据库的概念、多层体系结构、全面开放的技术、面向对象技术、组件式 GIS 技术、WEB 技术、JAVA 技术等。

- 支持Windows的用户界面标准（GUI）；
- 引入了基于工业标准的组件对象模型（COM）技术；
- 支持任何与COM兼容的编程语言，如：Visual Basic、Visual C++、.NET、Delphi的定制和扩展；
- 提供了工业标准的Microsoft Visual Basic for Application(VBA)环境，用于所有的脚本编程和定制工作；
- 允许用户使用计算机辅助工程（CASE）工具来设计自己的地理信息系统应用；
- 允许使用标准的可视化建模语言UML来定制数据模型；
- 支持最著名的地理元数据标准（FGDC和ISO）；
- 支持面向对象的空间数据存储和管理；
- 支持分布式空间数据库管理；
- 支持Web上标准的XML语言及网络标准（HTTP、TCP/IP）；
- 率先将全新的Web Service概念引入GIS；
- 支持JAVA技术等。

➢ **系统运行环境**

水利信息化地理信息系统应该是一个全方面的开放系统，选择 GIS 平台时，需要考虑其

在硬件平台、操作系统、数据库环境、开发工具等方面的通用性和多选择性，以便根据实际情况选择最适合自己的运行模式。

ESRI是唯一能够支持全系列操作系统的GIS厂商，ArcGIS能在多种软硬件平台上运行，如Windows NT/2000/XP、SUN-Solaris、HP-UX、IBM-AIX、HP-Tru64、Linux-RedHat等，是跨平台的地理信息系统软件。

ArcGIS 支持多种大型商用数据库，如：Oracle、SQL Server、DB2、Informix 等，并支持空间数据库的分布式存储和管理。

- **开发方式**

ArcGIS 引入了基于工业标准的组件对象模型（COM）技术，它允许将组件插入其他支持 COM 的应用中。ArcGIS Desktop 全面采用 COM（组件对象模型）技术，它提供了超过 1,100 个独立的 COM 组件，它的组件集合组成了 ArcObjects。任何 COM 兼容的编程语言，如：.NET、VB、VC++、Delphi 都能用来定制和扩展 ArcGIS。

ArcGIS Engine 是一个基于 ArcObjects 的开发工具，为开发人员提供了一种新的部署策略和资源。它是由一组核心 ArcObjects 包组成，其对象是与平台无关的，能够在各种编程接口中调用，（如：COM，Java，.NET 和 C＋＋），开发人员能够通过它提供的强大的工具构建定制的 GIS 和制图应用。

另外，ArcGIS 还提供了工业标准的 VBA 环境，用于所有的脚本编程和定制工作。由于基于工业标准，ArcGIS 是一个适应 IT 的开放的系统，所以，它很容易与同样采用 COM 技术的决策支持模型库，及支持 COM 技术的办公自动化系统、管理信息系统等其他系统结合。

ArcGIS 系列产品还融合了其他定制方法，如：允许用户使用计算机辅助工程（CASE）工具来设计自己的地理信息系统应用;支持使用标准的可视化建模语言 UML 来定制数据模型，如：流域模型、扩散模型、洪水淹没模型、水资源模型等。

ESRI 公司在采用新技术方面一直站在 GIS 界的前沿，其产品思想先进，紧跟 IT 主流技术，ArcGIS 的两个 Server 端产品：ArcSDE 和 ArcIMS 的定制、扩展也都如此。

ArcSDE 做为空间数据管理中心，除支持传统的点线面简单要素模型外（该模型为大多数的 GIS 系统采用），同时引入了一种全新的面向对象的空间数据模型（Geodatabase）。Geodatabase 是作为对标准关系数据库技术的扩展来设计的，除了空间要素类以外，Geodatabase 中还可以建立关系类、几何网络、定义要素子类型、值域及规则（如拓扑关系规则）等。所有的要素类均可以借助通用的 CASE 工具（如：Visio、Rational Rose 等）进行模型定义和扩展。此外，ArcSDE 还提供了可以在各种平台上使用的 C API，Java API，通过数据访问接口，可以实现与其他任何系统间的数据交换。

ArcIMS 作为空间信息网络发布中心，全面支持各种标准的网络技术，如：HTTP 协议、XML 及 J2EE 等。ArcIMS 支持多种开发语言(java、javascript、vbscript)，为 ASP 和 JSP 站点均提供了解决方案。其中利用 ArcIMS 的 Java Connector 提供的 JavaBeans 或者 JSP 标签库可以开发全功能的 JSP 地图站点、更高级的 JavaBeans 以及 Java Servlet。XML 是扩展的 HTML 语言，是新的 Internet 语言标准。ArcIMS 底层功能的调用都是通过 XML 语言（ArcXML）实现，这为在全新的 Web Service 技术下解决 GIS 问题埋下伏笔。在主流 IT 领域，现在有一个正在迅速传播并日益被人们所广泛认同的概念，就是 Web 服务（Web Services）。Web Services 在 Internet 环境中提供了一种与平台无关、与语言无关，在机器与机器之间可以共享数据和服务的模式。目前 ESRI 首先将 Web Services 概念引入 GIS 领域，并率先推出了基于 Web Services 的产品 ArcWeb USA。这意味着 ESRI 公司在采用新技术方面再一次走在了前面。

此外，ESRI 还提供了两种控件开发工具 MO-WIN / MO-Java：

MO-WIN 是一个提供制图与 GIS 功能的 ActiveX 控件，它包含了超过 46 个可编程 ActiveX Automation 对象。MapObjects 地图控件可以直接插入到许多标准开发环境的工具集中，可与其它的 MIS、OA 等系统轻松地进行集成。MapObjects 支持的开发环境包括流行的 VB、.NET、VC++、Delphi、Visual Foxpro 等。

MO-Java 是一个包括将近 900 个 Java 组件的开发包，开发者可以构建一个定制的、高性能的 GIS 客户端应用程序或 Applets。可以在任何标准的 Java 开发环境中使用 MapObjects for Java，开发者能够创建一个专业应用，允许用户执行显示、查询和数据存取等操作。

因为 MO-WIN / MO-Java 所提供的都是标准的 ActiveX/Java 组件，所以可以为任何一个应用提供标准的 C/Java 组件接口。

以上 ArcGIS 多种标准的开发方式为开发人员提供了灵活的选择，保证了系统的开放性和与其他系统的兼容性。

- **数据接口**

ArcGIS可以支持多种GIS，以及RS、GPS的数据，实现3S统一，同时也支持CAD数据（dwg、dxf、dgn）。ArcGIS数据互操作扩展模块（Data Interoperability）可以直接读取超过65种空间数据，包括GML、XML、DWG/DXF、DGN、MapInfo MID/MIF和TAB、GeoMedia Warehouse等；还支持50多种数据格式的输出。

ArcIMS也有一个数据分发的扩展模块（ArcIMS Data Delivery），可以基于网络直接发布多种空间数据，无需转换。

ArcSDE基于工业标准的DBMS（如：Oracle、SQL Server、DB2、Informix等），它支持各种格式包括OpenGIS联盟和国际标准化组织以及其他软件厂商的格式，如Oracle

Spatial，Informix Spatial DataBlade和IBM Spatial Extender的格式。除了可以提供ArcGIS的组件访问ArcSDE的数据外，ArcSDE还提供了可以在各种平台上使用的C API，Java API，通过数据访问接口，可以实现与其他任何系统间的数据交换。

另外，由于ESRI公司在GIS领域的技术权威性，其产品的数据格式及技术发展思路已经成为GIS界默认的技术标准和发展方向，其Coverage、E00、shapefile数据格式经常被作为默认的数据交换格式。因此，几乎任何一种国内外GIS软件，甚至一些著名的虚拟现实软件、遥感图像处理软件也都有对ArcGIS的接口。尤其是ArcGIS与ERDAS遥感图像处理软件的技术互融，使得通过遥感技术提取的信息和分析的结果可以直接进入GIS系统；同时ERDAS也可以从空间数据库中直接读取GIS矢量数据，与遥感影像叠加分析，从而实现矢量数据、属性数据、影像数据、DEM等多信息的统一管理和资源的充分利用。

5．系统的海量空间数据管理功能

目前水利信息化系统除了包括工情、雨情、水情、旱情、气象、社会经济信息等属性数据外，还包括大量的1：25万、1：5万、1：1万，甚至1：2000等不同比例尺的基础地形图数据、水利工程图、DEM（数字高程模型）、遥感卫星影像、三维地形及视频数据等信息。旧的GIS系统是以文件方式管理这些图形和栅格数据的，但是随着应用水平的提高，以及图形数据随着时间的积累越来越多，文件管理方式逐渐遇到了无法解决的问题：访问效率，数据一致性，数据安全性，并发操作等等。

数据是系统的基础，如何将这所有的数据统一并且高效地组织和管理起来呢？——建空间数据库。

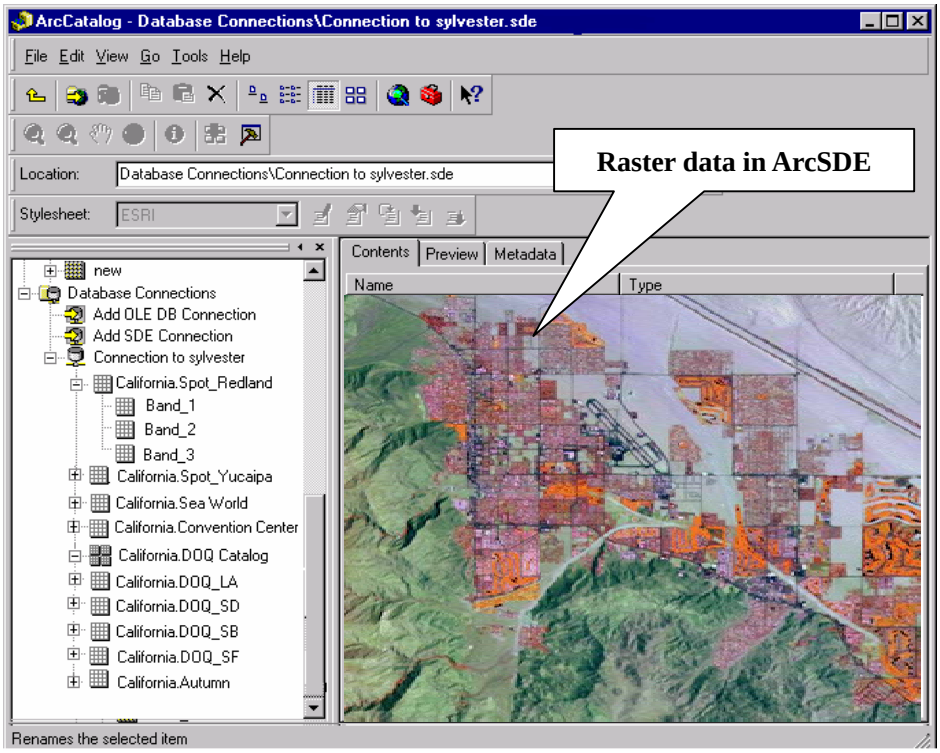
ArcGIS采用空间数据库引擎（ArcSDE）管理和驱动空间数据。

ArcSDE基于RDBMS，不仅可以将地图数据、属性数据存放到大型商用数据库中（如：Oracle、SQL Server、DB2、Informix等），而且还支持元数据、栅格数据（包括DEM、遥感影像/航片）及三维地形数据的存储，这样整个系统的所有数据都存放在数据库中统一管理，保证了数据的一致性、安全性和管理的高效性。同时ArcSDE还提供了长事务处理和版本管理功能，支持数据的在线编辑/离线编辑，完成数据库的更新。

ArcSDE作为空间数据库管理中心，ArcSDE与数据库及ArcGIS客户端产品构成了一种Client/Server的三层体系结构，具有以下特点：

- **支持海量多元数据的统一存储和管理**

包括矢量数据、属性数据、栅格数据（遥感影像、航摄影像、图片、DEM）、三维地形等；



ArcSDE 对海量数据的存储和管理以及多用户的并发访问性能在国内外众多用户现场都得到了很好的验证和考验。例如，美国 NIMA（影像制图局）用 ArcSDE 存储管理全美的各类空间数据，数据量高达 5TB（1TB=1000GB），目前是全球最大的空间数据库；中国国家基础地理信息中心用 ArcSDE 管理全国 1：25 万空间数据库约 210GB，全国 1：25 万 DEM 数据库约 110GB，全国 1：5 万 DEM 数据库约 130GB，在建全国 1：5 万空间数据库已经入库的数据量达 160GB。

- **空间数据模型Geodatabase，提供数据一致性保证**

ArcSDE除支持传统的点线面简单要素模型外（该模型为大多数的GIS系统采用），同时引入了一种全新的面向对象的空间数据模型（Geodatabase）。Geodatabase是作为对标准关系数据库技术的扩展来设计的，除了空间要素类以外，Geodatabase中还可以建立关系类、几何网络、定义要素子类型、值域及规则（如拓扑关系规则）等，如：河流不能穿过建筑物；地块之间不能有重叠；地下电缆不可能架在电杆上；电杆的高度必须在10m-30m之间；高于100米建筑物的材料不能为砖木等规则。这样在数据录入时，系统自动进行基于规则的验证，遇到不符合规则的数据时，系统自动提示，保证了数据的一致性和数据质量。所有的要素类均可以借助通用的CASE工具（如：Visio、Rational Rose等）进行模型定义和扩展。这样用户可以根据不同应用要求来定义自己的数据模型，使数据智能化。



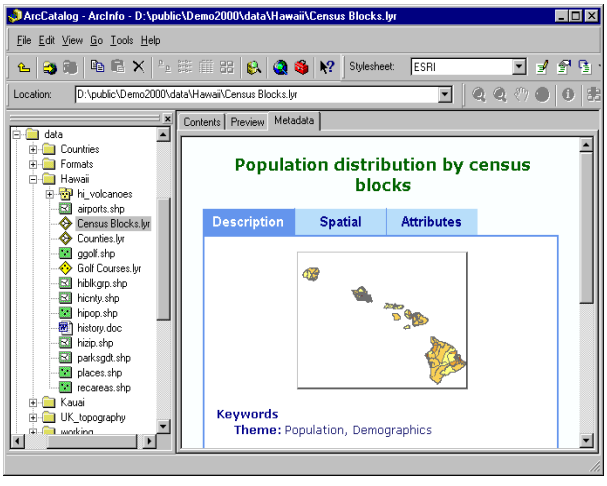
➢ **支持拓扑关系的表达和管理机制**

上面提到，Geodatabase 中可以定义拓扑关系。那么，什么是拓扑关系？拓扑关系是反映空间要素与要素类之间关系的数据模型或格式，是空间数据保证数据质量的完整性规则。由此拓扑关系信息，我们可以得知多边形是哪些弧段（线）组成、弧段（线）由哪些点组成、两条弧段（线）是否相连以及一条弧段（线）的左或右多边形是谁？这就是通常所说的“平面拓扑”。ESRI 早在 1981 年第一个实现了拓扑关系信息的建立与存储，这使得 Coverage 数据模型在 GIS 界家喻户晓，并成为此后二十年的空间数据模型标准。

拓扑关系规则的建立与应用在水利数据管理中有着非凡的意义。可以对水文数据进行拓扑关系建立，使数据智能化，如：支流的水应流向干流，而干流的水不能流向支流（网络拓扑）；大坝与水库的关系（线与面相切）；不同类别的地块不能互相压盖（相邻多边形间不能重叠）；河道与行政区划界线的关系（线必须被多边形边线覆盖）；阀门与供水管线的关系（点是线上结点）等。ArcGIS Desktop 提供了一组（编辑）工具，可以通过选择若干规则的组合，构成对空间数据必须满足的拓扑关系的灵活指定；同时还可以进行拓扑关系校验，帮助用户及时发现可能存在的拓扑关系错误。这种拓扑关系校验可以定义在初始创建数据之后、每次编辑之后、或进行定期拓扑关系验证（一周一次、一天一次等），这样保证了水文地图数据的数据质量，保证数据的完整性和一致性，保证空间数据的有效利用。

➢ **支持元数据管理；**

元数据（Metadata），顾名思义就是“描述数据的数据”，即对数据集的内容、质量、类型、创建和空间信息进行详细描述的归纳性文档。元数据可以以多种格式存储，如文本文件，HTML页面，数据库记录等。因为元数据很小，而且存储格式兼容性强，具有很高的共享性，方便管理。元数据可以和数据集一起存储，也可以单独存储，通过外部链接和数据集相连。元数据通过创建和共享，可以提供给其他人查询，这样，就非常有助于数据挖掘，并且减少数据冗余，提高效率。



➢ **支持长事务处理和版本管理**

在水利应用中，水利设计与勘测部门经常需要对地图数据进行更新和维护，这种针对地理信息数据的编辑工作有的可以几分钟做完，有的很可能要用几天，甚至几个月，这种情形

即所谓“长事务处理”。这种操作带来的最大问题在于如何保障数据的一致性和并发操作的效率。通常 GIS 平台的做法是采用“锁定-修改-释放”的策略，只不过锁定的对象粒度大小不同，从而分出优劣。只能锁住整层（layer）数据的，自然很差。能够锁定到要素一级，就算很好。然而，在多用户并发的环境中，锁定毕竟不是上佳的选择。一个人锁定了一片区域，其他人在其被解锁之前就只能看而不能改了。极端情况下，我们假定此人忘了去做解锁的动作，那这片数据就永远被“冻结”了。ESRI 管这种方法叫做“悲观锁定”。而 ESRI 对多人同时操作同一区域的数据可能产生的后果采取了乐观的态度——不一定会发生冲突而产生数据不一致性。

于是，ESRI 引入了版本管理的概念。用户在对数据库进行编辑时，不用对数据进行锁定，而是由 ArcSDE 为其建立“增量记录”，即版本。任何人对数据的操作都可以在各自生成的“版本”上进行，版本之下还可以生成新的版本，如此逐级繁衍，形成一棵“版本树”。用户在这个数据版本进行编辑修改时，并不用关心其他用户是不是也在对同一数据进行操作。事务处理结束提交数据时，由系统自动对数据的一致性进行检查即可。如果没有冲突，就直接更新数据；如果遇到冲突，再交互解决冲突。从而大大提高了并发操作的效率。

版本管理的思想，不但为解决多用户并发操作和长事务处理中存在的问题提供了切实有效的途径，还对下面将要谈到的离线编辑问题提供很好的技术保障。

- **支持数据的离线编辑；**

水利勘测部门经常要频繁地将空间数据带到野外，进行修测或补测后再回存到数据库。怎样才能高效地解决这个问题呢？ESRI 基于 ArcSDE 和 Geodatabase 提出了针对离线编辑的解决方案。

先选定数据库中要修改编辑的内容，将其“检出”（“check-out”），取到本地数据库，（可以是基于 DBMS 的 Geodatabase，也可以是存在 MDB 文件中的 Personal Geodatabase，）随后断开网络连接，对其进行编辑修改，被修改的部分被记录为“Delta”版本。修改完成后，接通网络连接，然后再“检入”（“check-in”）。

在所有的离线编辑解决方案都必须对取出对象进行不同粒度的锁定时，ESRI 全新的离线编辑方案却可以不用数据锁定，而是全面发挥了她的版本管理技术优势，将取出的空间对象置于独立的特定版本中，并在客户端对取出的数据完成离线编辑修改之后，在放回时自动对版本的一致性进行检查，以确保不同的“检出”动作在随后的操作中不会造成数据的不一致。

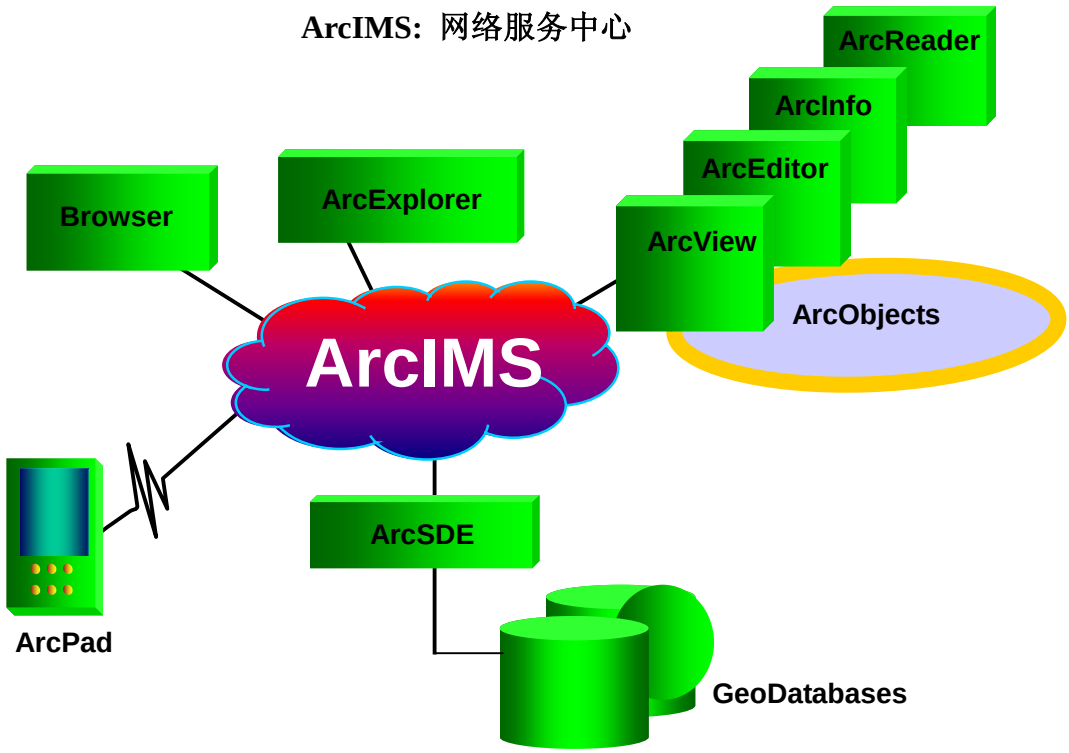
不仅如此，这种新的解决方案还可以延伸到对空间数据库同步的处理。当不同的空间数据库之间要求定期或不定期地保持内容同步时，ESRI的解决方案是，在“检出”的空间对象中，记录被修改的部分，生成所谓“Delta”版本，即由变化部分组成的数据版本，然后在同步时仅将此“Delta”版本（实际上可以是XML描述的文件，也可以是存在MDB文件中的

Personal Geodatabase ）以任意通讯方式（如：ftp，e-mail等）发到需要同步的节点处，再由该节点将“Delta”版本更新到数据库中。这种方式，可以避免通常基于数据库的同步操作给网络通讯带来的巨大压力，也不需要完成数据修改和编辑的终端一定要与空间数据库服务器端处于联机状态，从而轻松实现多数据库之间的同步。

- 提供了多种快速访问机制， 包括：异步缓冲机制，多线程并发体系，空间坐标整数量化、增量压缩存储计算，减少浮点运算等，保证了数据安全性及访问数据的高效性；
- 提供了可以在各种平台上使用的C API，Java API，通过数据访问接口，可以实现与其他任何系统间的数据交换；
- 支持数据的分布式存储和管理；
- 通过TCP/IP可以支持同构或异构数据库。

6．系统的综合信息网络发布功能

在网络技术和网络环境日趋成熟和完善的时代，Internet使得人们实现远程访问数据成为可能。所以水利信息化系统建设要求充分利用网络资源，以浏览器/服务器（B/S）模式实现系统的网络化，提供基于网络的综合信息服务。

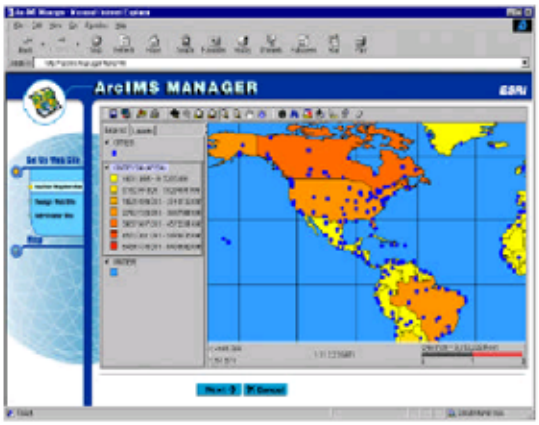


ArcIMS 是 ESRI 推出的新一代的基于 Web 的制图和 GIS 软件。对于最终用户来说，它提供了一种更为快速、廉价的方式以获取地理信息。由于 Web 浏览器容易理解并被广泛使

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。

ArcIMS特点：

- **使用简便**



ArcIMS首要的设计思想是使用方便，用户可以在很短的时间内进行安装和配置，然后使用向导或模版制作和发布地图，在无需编程的情况下就能够满足大多数用户的需求，如发布、浏览、查询等功能。除了操作界面通俗友好以外，客户化界面也很友好，基于Frame结构组织的Web页面使得程序的结构清晰明了，开发人员可以根据需要随意调整各个Frame的位置，或者在Frame中添加自己的内容，增加了灵活性。另外，ArcIMS有众多的连接器，每一种连结器都提供相应的开发接口，从而使更多的程序员都能开发基于地图的网站程序。

- **图形可视化效果好**



大家都知道，网络上发布的地图很难达到桌面软件达到的制图效果，但ArcIMS 的ArcMap Server 却很好的实现了在网络上发布高质量的地图这一难题。通过ArcMap Server 发布的地图充分支持ArcMap 所有的数据源，包括专业符号、图式图例、图廓格网、遥感影像/航片、DEM等，完全满足网上浏览高质量专题地图的需求。

- **支持图像模式和矢量模式的信息发布**

当前网上发布的地图主要以两种方式实现，一种是图像模式，一种是矢量模式。两种模式各有优缺点，互相补充：图像模式因为每次传输的数据量小，不需要特别的插件，支持浏览器广泛而在互联网上广泛应用；矢量模式，因为在客户端可以实现更多、更好的功能，所以在企业内部网上广泛使用。ArcIMS对这两种模式的发布都支持，并且对每种模式都有相应的开发工具。

- **支持多平台**

ArcIMS在Windows NT/2000/XP、SUN-Solaris、HP-UX、IBM-AIX、Linux-RedHat环境下都可以运行。

- **可定制**

通过诸如JavaScript和VBScript这样的编程语言用户可以定制WEB页。还允许用户通过FrontPage，Visual InterDev，Cold Fusion Studio和HauteSite这类产品建立客户化的用户界面。这些脚本程序可以在浏览器端执行，也可以通过标准应用服务器，如：Active Server Pages，Cold Fusion和NetDynamics在服务器端执行。

- **支持XML语言**

XML是扩展的HTML语言，是新的Internet语言标准，ArcIMS支持XML语言。

- **支持J2EE**

现在，随着对JAVA2平台企业版（J2EE）第三方支持的增多，JAVA被广泛接纳为开发企业级服务器端解决方案的首选平台之一。J2EE平台由一整套服务（SERVICES）、应用程序接口（APIS）和协议构成，它对开发基于WEB的多层应用提供了功能支持。

利用ArcIMS的Java Connector 提供的JavaBeans 或者Jsp 标签库可以开发全功能的JSP 地图站点、更高级的JavaBeans以及Java Servlet。ArcIMS底层功能的调用都是通过XML语言（ArcXML）实现，这为在WebService技术下解决GIS问题埋下伏笔。

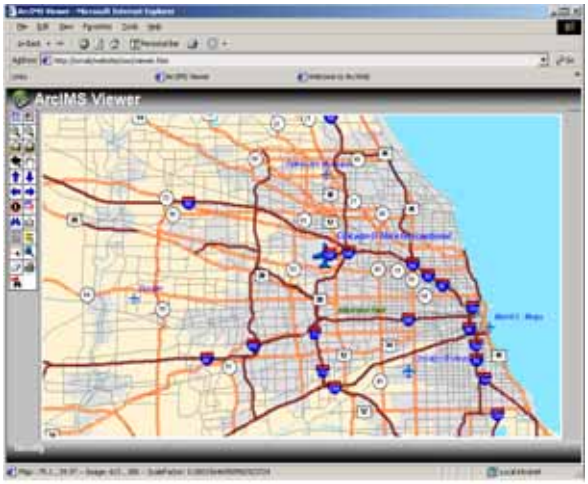
- **支持动态本地数据和网上数据的叠加**

作为网络程序，涵盖的用户群体相当广泛，不同的用户对数据和应用的需求不尽相同。用户从网上得到的是一个公共的数据，但相当的用户有自己的数据需要和网上的数据进行叠加(overlay) 进而进行各种分析，得到和用户切身需求相关的结果。ArcIMS的Java Viewer以及多种custom viewer都可以实现本地数据和网上数据的叠加分析。无论是本地还是网络上的数据都可以与远端的ArcIMS站点上的数据集成在同一浏览器的图形窗口中。

- **并发访问效率**

网站的访问效率是网站建设必须要面对的问题，因为网站的潜在客户数量的不确定性又注定这是一个难题：一方面，因为估计不足导致软硬件环境配置过低，导致系统响应太慢，引起用户的抱怨，导致项目失败。另一方面如果过高估计访问量，导致软硬件环境配置过高，又会造成巨大的资源浪费。如何平衡这矛盾的两方面呢？这就要求系统在访问效率上可以调节，可以无缝扩展。ArcIMS可以实现多级的无缝的扩展，多级是指可以在Instance级别上和spatial Server 级别上分别进行扩展，无缝是指在现有服务不受影响的情况下，理论上ArcIMS的扩展是无限制的。

- **安全机制**



内置的安全机制可以构建限定特定用户访问的站点。

- **支持均衡负载**

在多地图服务器的情况下，支持负载均衡，合理分配客户请求，提高系统响应速度。

- **支持内存回收**

地图站点的复杂性和访问的频繁性要求系统有一种自动的内存回收，系统重置的功能，这样能有效防止随着系统的使用，访问效率下降的可能性，保证系统常年稳定运行。ArcIMS的服务器回收技术（server recycling）通过如下机制保障了这一点：在虚拟服务器(virtual server)层次上设置服务器回收，由用户设置回收频率和开始时间，当到达设定时间时，该虚拟服务器上的空间服务器(spatial server)会依次进行回收，当一个空间服务器进行回收时，其他空间服务器依然响应客户端的请求，所以用户不会受太多影响。

- **支持元数据管理和发布**

元数据（Metadata），是“描述数据的数据”，即对数据集的内容、质量、类型、创建和空间信息进行详细描述的归纳性文档。元数据可以以多种格式存储，如文本文件，HTML页面，数据库记录等。因为元数据很小，而且存储格式兼容性强，具有很高的共享性，方便管理。元数据可以和数据集一起存储，也可以单独存储，通过外部链接和数据集相连。元数据通过创建和共享，可以提供给其他人查询，这样，就非常有助于数据挖掘，并且减少数据冗余，提高访问效率。

水利信息化系统要涉及到若干个部门，很多专题数据还是由各专业部门自己管理。这就要求系统能提供相应的元数据管理和发布机制：即各专业部门将元数据到管理中心注册，由中心提供数据搜寻和检索的统一入口。专业数据仍由各部门自己负责维护更新。

ArcGIS 的元数据服务器提供了元数据的集中在线存储。ArcIMS 元数据服务通过 Internet 提供在线服务。它就像一个搜索引擎，特殊性在于仅针对地理数据搜索，对于任何一个检索到的数据集，你都可以浏览该数据集的全部元数据，也可以交互地浏览地图，甚至可以下载数据。通过 ArcGIS 的元数据服务器，中心可以构建自己的 Geography Network。

元数据服务器由 ESRI 三个产品构成：ArcIMS，ArcGIS 和 ArcSDE。其中 ArcIMS 提供元数据服务器运行的框架和体系结构；ArcGIS 的 ArcCatalog 模块提供创建和发布元数据的工具；ArcSDE 提供元数据的存储，它将发布的元数据存储到关系型数据库的记录中。最后可以通过嵌入到标准浏览器中的元数据浏览器查询，检索空间数据。

- **G.net概念**

Geography Network 是 ESRI 提出的建立在美国和其他国家的地理空间数据交易所（Geospatial Data Clearinghouse）概念之上，提供一种全球范围内发布和获得 GIS 数据和服务的机制。建立 Geography Network 的目的就是要通过 Internet 建立一种简单的、即时的、远程的连接到各组织机构，将分散在各处的、各类数据叠加在一起，能够使你综合分析有关这个区域的信息，从而把这些有价值的数据共享给广大用户。



ArcIMS 是所有希望在他们的工作中使用地理数据的地理信息提供者和消费者的全球性网络。因为 ArcIMS 可以集成不同站点发布的数据，而不管数据是在本地硬盘还是在世界上的其他任何地方。ArcIMS 体现了 Geography Network 的概念。

- **通过Web Service扩展系统功能**

在主流 IT 领域，现在有一个正在迅速传播并日益被人们所广泛认同的概念，就是 Web 服务（Web Services）。Web Services 在 Internet 环境中提供了一种与平台无关、与语言无关，在机器与机器之间可以共享数据和服务的模式。由于信息中心是政府的职能机构，负责为各政府部门提供信息资源。原有的部门可能存在不同的 GIS 平台，Web Services 为不同的平台之间共享数据和服务提供了更好的途径。

ESRI 公司在采用新技术方面一直站在 GIS 界的前沿，它首先将 WEB 服务概念引入 GIS 领域。目前 ESRI 已经率先推出了基于 Web Services 的产品 ArcWeb USA。这意味着，应用开发者可以利用多个分布式的 GIS 服务（如制图，地理编码，数据流）构建一个供任何人使用的新的应用。该 Web 层基于 XML/SOAP 标准，因此为不同厂商的地理信息服务的集成提供了一个基于标准的框架。ESRI 的产品可以从不同的支持 Web 服务标准的 GIS 厂商动态集成分布式的 GIS 服务。通过 GIS 和 Web Services 的结合，使得不同地域、不同平台、使用不同格式空间数据的服务可以在网上任意节点上分别实现并对外提供服务。人们可以自由地根据自己应用的需要，请求网上的 GIS WEB 服务。也可以将不同的 GIS WEB 服务通集成为一个满足自己需要的应用，或提供功能更强大的服务。

- **客户端产品多样**

除了通用的IE、Netscape浏览器外，所有的ArcGIS桌面客户端（ArcInfo、ArcEditor、ArcView、ArcReader、ArcExplorer、ArcPAD）都可以通过WEB方式，从ArcIMS 服务器动态地访问栅格和矢量数据，并可以与本地数据进行叠加、处理。

ArcGIS Server 是提供给企业和网络应用开发者的一个具有丰富 GIS 功能的服务器 GIS 产品。它用来构建分布式的、多层的企业信息系统配置。

ArcGIS Server的特点：

- 跨平台支持（Win, UNIX, Linux）
- 支持J2EE， .NET系统构架
- 可与工业标准的企业应用服务器中间件无缝集成
- 系统可按需要在服务器端进行扩展，以满足高级GIS计算能力
- 实现纯B/S结构的大型GIS系统构建

7．系统应用的技术成熟，可交流性强

美国环境系统研究所有限公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称ESRI）成立于1969年，是世界最大的地理信息系统（GIS）技术提供商。公司自创建之初就一直引领着全球地理信息系统技术的潮流，在竞争激烈、发展迅速的GIS软件领域，一直扮演着技术领先者的角色。2003年，作为世界软件50强之一的ESRI公司销售额达到三亿九千九百万美元，占全球GIS软件市场的34%，连续几年保持市场份额第一。ESRI公司作为全球最大的GIS软件提供商，从事GIS理论研究、产品开发以及应用拓展三十余年，在全球拥有数以百万计的用户群体，其产品经历了数十年的应用考验，技术成熟，成功范例多，稳定性强。

ESRI 公司的系列软件进入中国已有十多年的时间，ArcGIS 完善的体系结构和强大的系统功能得到了中国用户的普遍认可，得到了广泛的应用，并在某些行业应用上形成了相当规模，如：

测绘系统：

- 国家测绘局基础地理信息中心：全国 1：5 万、1：25 万 DEM 数据库系统；
- 全国 1：5 万、1：25 万空间信息数据库系统；
- 全国各省级测绘单位：1：1 万空间信息数据库系统；

环保系统：

- 国家环保局及全国 30 多个省/市/自治区和 150 多个城市的环保局信息中心：
- “数字环保”中国环境网络信息系统；

国土资源系统：

- 国土资源部信息中心：国家级土地规划管理信息系统；

- 国土资源部信息中心：全国 1：50 万土地利用现状数据库系统；
- 全国十多个省国土厅、几十个市国土局：空间信息数据库系统、地籍管理系统；

地质调查系统：

包括原地矿部地调局、中国地质调查局、原地矿部信息院、各省市地矿局、地调院等有关单位：全国 1：20 万数字地质图空间数据库系统；

地震系统：

- 国家地震局：首都圈防震减灾示范区系统工程项目；
- 国家地震局、北京、天津、河北地震局：首都圈防震减灾系统工程；

国家统计局及全国 31 个省统计局：全国第五次人口普查地理信息系统；

国家林业局：建立国家-省-市-县多级的 ArcGIS、ERDAS 森林资源管理，国家森林防火管理系统，防护林管理系统；

农业部：建立国家-省级-县级草原监测系统；建立国家动物卫生管理系统；

公安部：《警用地理信息系统系列标准规范》，ESRI 携合作伙伴共同参与完成。

北京、天津、上海、重庆、深圳、广州、海口、宁波、杭州、南京、福州、厦门、成都、沈阳、大连、哈尔滨、吉林、武汉、长沙、昆明等地的城市规划、市政、土地、房产、电力、电信、农业、林业、交通、能源、公安、消防、气象、统计、金融保险等。目前，ESRI 的 GIS 产品已经成为中国乃至全球用户群体最大，应用领域最广的 GIS 平台。

ArcGIS 在水利行业的应用已经颇具规模，目前在国内许多大型水资源管理与评价、水土保持监测与治理、防汛抗旱决策支持、水文地质、水环境监测评估、水利工程规划等项目中得到了广泛的应用并产生很大影响：

全国水资源综合规划系统：

包括水利部水利水电规划设计总院、七个流域委以及全国三十一个省厅的 72 个用户单位，应用 ArcGIS 作为处理有关电子地图的 GIS 平台，并首次以 Geodatabase 这一全新的数据模型为数据汇总标准，完成了水资源综合规划中地理信息的收集、管理和分析工作。

全国水土保持监测网络系统建设项目：

一期包括水利部水土保持监测中心、西部十三个省水保监测总站，及长江流域、黄河流域、海河流域、松辽流域水保监测中心站均采用 ArcGIS 和 ERDAS 作为基本监测和信息管理的平台。

防汛抗旱指挥系统项目：

水利部水利水电规划设计总院　全国防洪规划管理系统项目；

松辽流域、长江流域、海河流域、黄河流域、太湖流域、淮河流域、北京、上海、深圳、黑龙江、广东、安徽、江苏、吉林、河北、湖南、湖北等防汛抗旱指挥系统.

著名的丹麦水利研究所（DHI）的 MIKE 系列，以及美国德克萨斯大学水资源中心等都应用了 ArcGIS。

目前，ArcGIS 已经成为水利信息化建设应用最广的 GIS 平台。

数据是系统的基础，水利信息化建设需要用到 1：25 万、1：5 万、1：1 万等比例尺的基础地形图，这些数据基本上是由国家基础地理信息中心或各省测绘局提供的。而国家基础地理信息中心的 1：25 万、1：5 万空间数据库系统是基于 ArcGIS 建立的，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，所以提供的数据格式为 ArcGIS 的数据格式 Coverage、E00。这样，基于 ArcGIS 的水利信息化系统就可以直接利用以上基础地理信息数据，不需要经过数据转换，避免了数据在转换过程中的信息丢失和出错，保证了现有资源的充分利用。

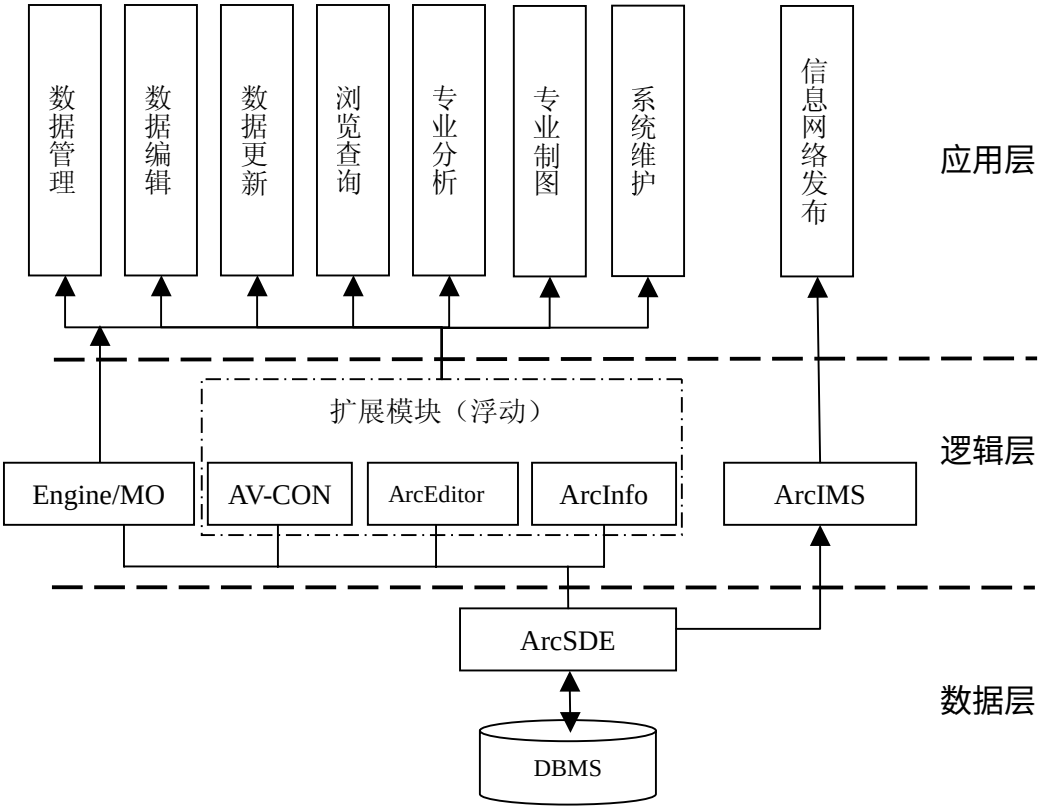
另外，由于ESRI公司在GIS领域的技术权威性，其产品的数据格式及技术发展思路已经成为GIS界默认的技术标准和发展方向，其Coverage、E00、shapefile数据格式经常被作为默认的数据交换格式。因此应用ArcGIS作为水利信息化系统的基础平台可以保证系统成果能够更好地服务于将来的工作，避免了提供成果时的数据转换和信息丢失。

由于ArcGIS在国内水利行业有众多用户，具有良好的应用基础和数据基础，所以选用ArcGIS这种成熟的技术，对于用户系统的资料收集、成果推广、工作交流都十分有利。

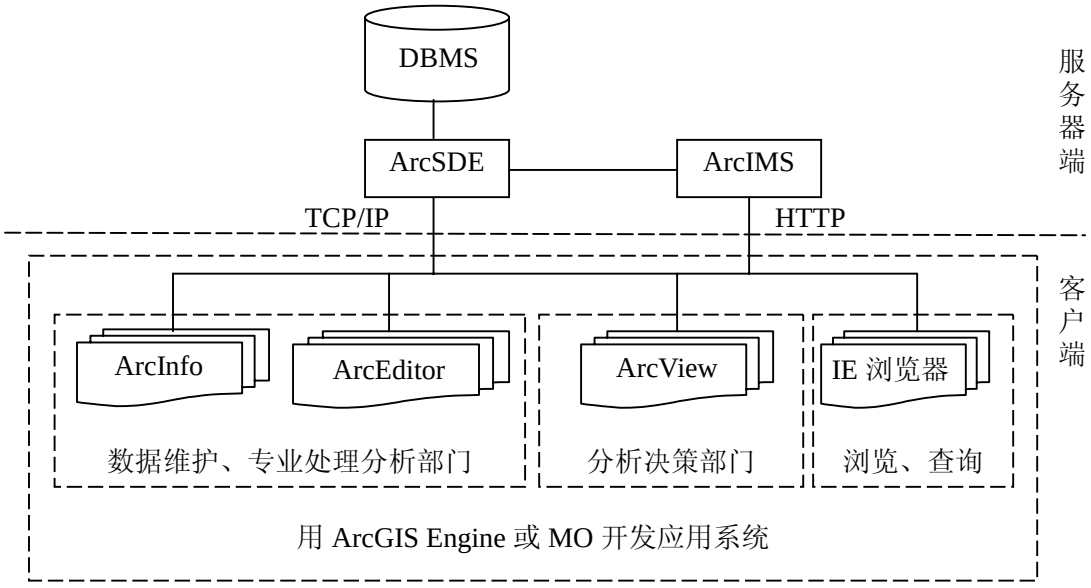
自从 1999 年 ArcGIS 8 系列产品推出以来，其完善的体系结构、先进的技术理念、强大的分析功能让众多用户兴奋不已。每两年一届的 ArcInfo 中国用户大会是公司为中国用户提供的 GIS 技术交流盛会。在 2004 年 10 月召开的第六届用户大会上，到场人数达到 3000 人！这种规模在同类技术交流会中实属罕见。雄厚的资金基础和技术积累使得 ESRI 每年推出一个新版本，紧跟 IT 最新发展潮流，相信不断发展的 ArcGIS 将会赢得更多用户的关注。

第四章　水利行业GIS应用的配置建议

由于 ESRI 公司的 ArcGIS 系列产品采用的是全面的、可伸缩集成的体系结构，从低端到高端具有良好的扩充性，提供的是一个可伸缩扩展的解决方案。用户可以综合考虑技术条件、现阶段应用需求、配套资金等诸多因素，选择当前的配置方案；随着功能需求和资金投入的增加，再逐步进行系统完善。这样，系统构建可以统筹规划、分布实施，从整体上具有极大的延展性和灵活性，并且可以充分地保护用户的前期投资和前期工作，保证系统可持续发展。



基于水利行业的应用需求及业务特点，可以采用客户/服务器（Client/Server）和浏览器/服务器（Browser/Server）相结合的方式，将系统建成资源共享、又可灵活扩展的实用的 GIS 系统。



服务器端：

在服务器端，将通过ArcInfo导入的海量数据（包括图形数据、属性数据，以及影像栅格数据等）统一存放在大型数据库中，用ArcSDE进行管理；然后借助ArcIMS在Internet/Intranet上发布数据。

客户端基本模块：

因为各水利部门工作分工不同，对水文数据的应用程度也不同，本着资源共享和合理投资的原则，建议客户端可根据不同需求，配置不同层次的软件：

对于只需简单浏览、查询的科室，基于B/S模式，客户端机器上无需安装GIS软件，用通用的IE浏览器查看ArcIMS发布的数据即可；

对于要一定查询、分析功能，但不需要高级的空间处理功能和对空间数据库进行数据维护（即对Geodatabase进行写操作）的部门，均可考虑采用ArcView作为其应用平台。

ArcEditor和ArcInfo适合安装在对系统进行维护、对数据进行更新的部门，因为ArcEditor可对Geodatabase空间数据进行交互编辑，主要面向那些对空间数据交互编辑具有特别需求的客户端。而ArcInfo在ArcEditor基础上又增加了强大的空间处理功能，增加了对计算机辅助软件工程（CASE）工具的支持，可以方便、同时也是工程化地对空间数据模型进行定义和扩展。

ArcView、ArcEditor的操作界面、开发环境、底层COM对象等与高端的ArcInfo完全一致，因此，各客户端所使用的操作界面都一样，经过二次开发的应用系统也可以通用在不同功能级别的软件上。有利于不同使用级别用户的统一培训，更有利于系统的进一步扩展。

客户端扩展模块：

ArcGIS的一些专业分析算法以及一些数据处理的功能集成在不同的扩展模块中。对于以上客户端，也可以根据具体需求，从ArcGIS的十多个扩展模块中选择需要的来使用。

用于系统客户端的ArcGIS桌面软件，包括了功能递增的核心模块和十余种扩展模块，这样的体系结构让用户在选择时可以“量体裁衣”，保证了软件配置的科学性和合理性，在满足所有技术需求的同时，有效地保证了资金的合理利用。

应用系统开发：

有些水利用户应用 GIS 不仅是将其当作分析、处理数据的工具，及进行部分功能的定制；而且还需要经过系统的二次开发，结合业务应用构建成部门内部甚至跨部门的应用系统。除了通过 WebGIS 软件构建 B/S 系统外，基于 C/S 模式，客户端可采用控件开发工具来开发应用系统，如：用 MapObjects（MO），或 ArcGIS Engine；

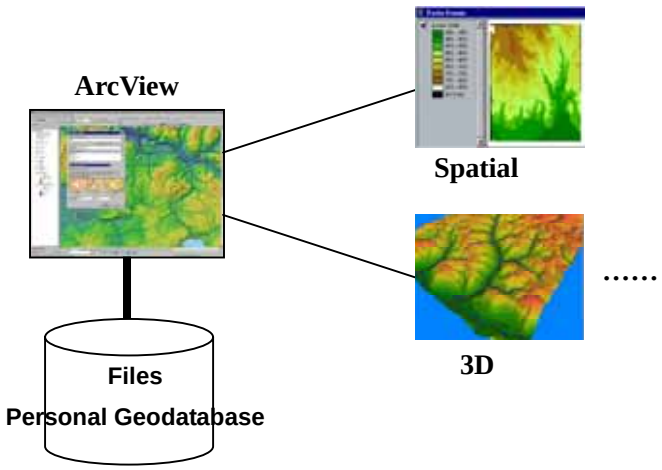
与 MapObjects（MO）相比，ArcGIS Engine 的特点如下：

- 基于 ArcObjects（AO），可以全部覆盖 MO 的功能，并且大大超越；
- 由于将 spatial、3D 的 AO 打包成 Engine option，可以完成相关分析功能；
- 支持读写 Geodatabase，可以应用拓扑等数据操作规则；
- 跨平台，支持 COM、.NET、JAVA、C++开发；
- 支持 SDE 中的栅格数据；
- 与 ArcGIS 其它产品拥有共同的底层对象库-AO，所以方便系统扩展和系统移植。

初级配置：

初级配置-单机版：

此方案为初级GIS系统，空间数据采用文件管理方式（shapefile），或采用基于Access的Personal Geodatabase，适合于数据量小的单机版应用，配置Spatial、3D扩展模块，可以做一些水利专业分析，如：径流分析、追溯分析等。

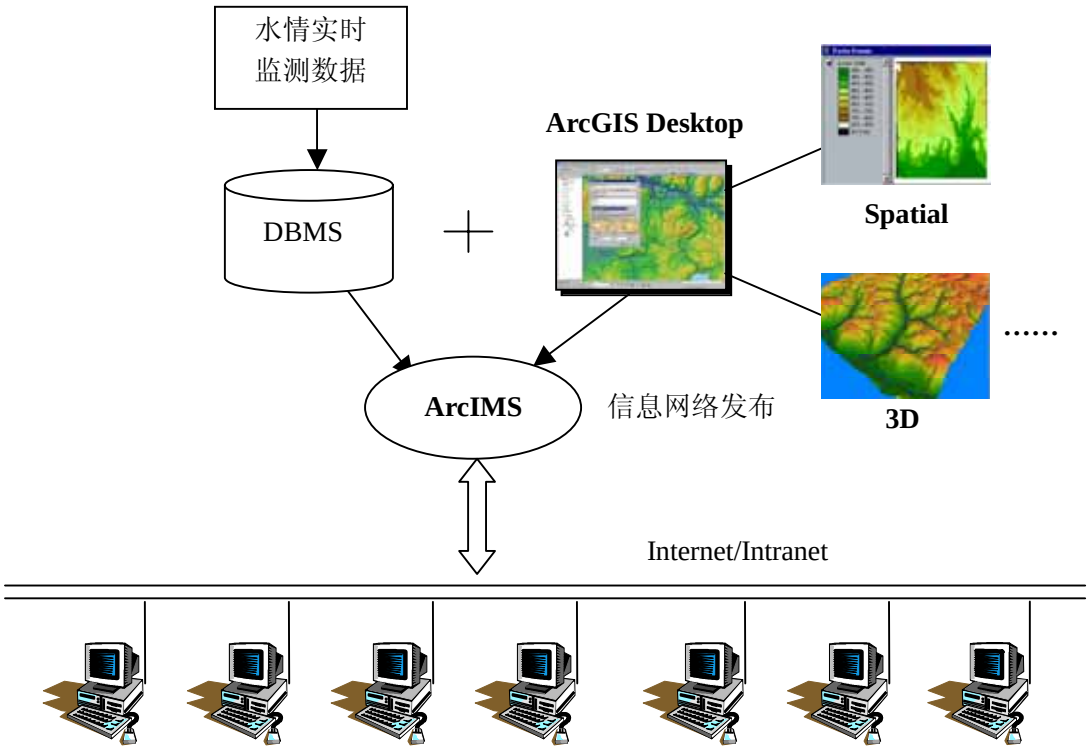


初级配置-多客户端的应用系统：

可用MO，或ArcGIS Engine来进行二次开发，开发好的程序通过软件分发使用许可进行应用分发。

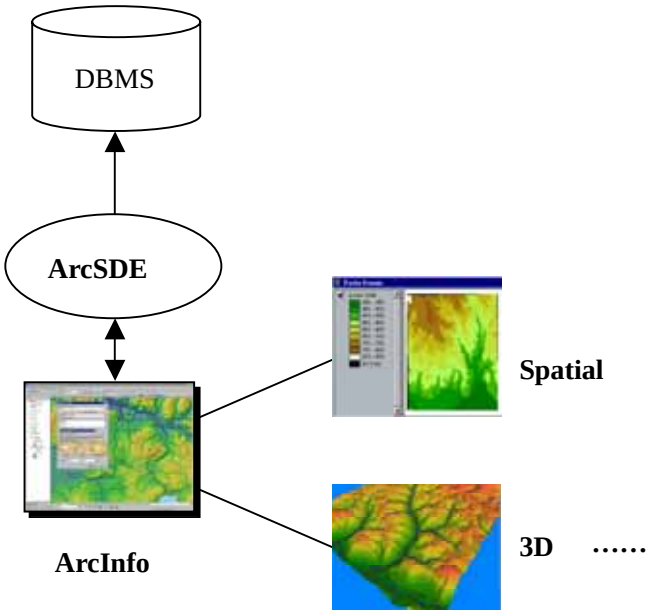
升级配置一：

此配置在初级配置的基础上，增加了GIS信息网络发布功能。该系统可将水情监测数据实时地发布到网上，客户端只需普通的IE等浏览器即可；



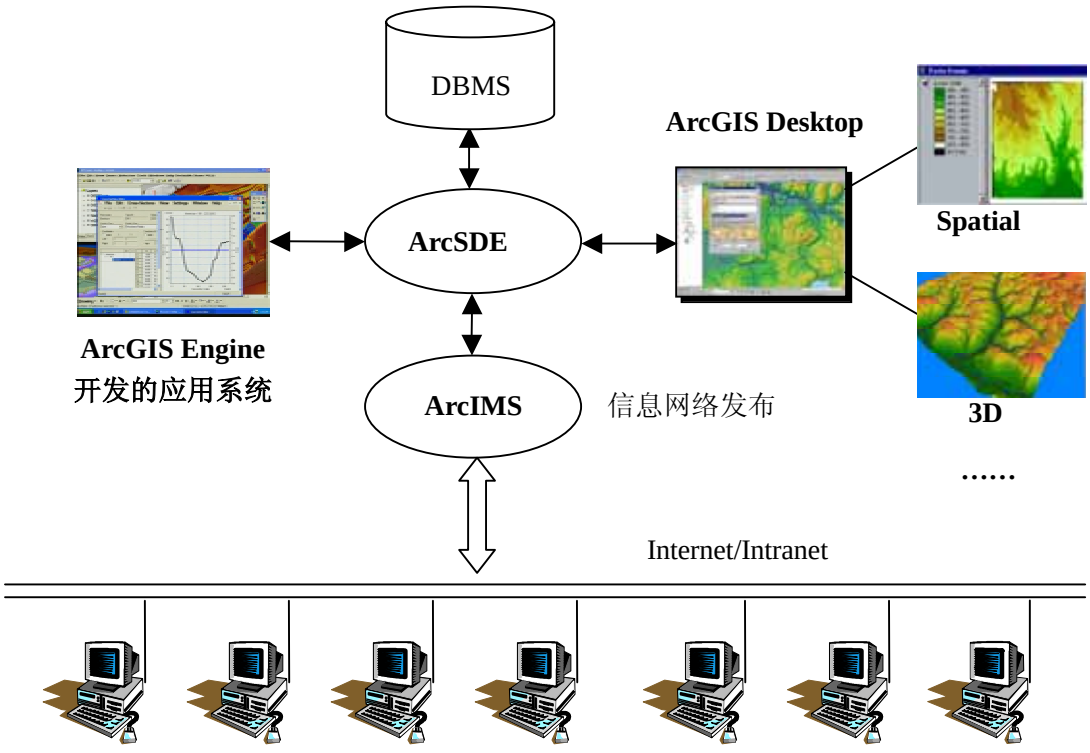
升级配置二：

此配置方案采用数据库管理方式，通过ArcSDE将空间数据统一放到大型商用数据库中，适合管理海量空间数据，使系统构成Client/Server结构。



升级配置三：

在上一配置的基础上，增加ArcIMS，将系统构成C/S、B/S结合的体系结构，同时根据不同客户端的功能需求，增加不同层次的客户端软件及Licenses个数，（即增加ArcInfo、ArcEditor、ArcView及相关扩展模块的Licenses）。另外也可以用ArcGIS Engine来开发出相应的应用系统，如：防汛指挥系统、水资源管理系统、水土保持监测系统、水利工程管理系统、旱情监测系统等。



由于 ArcGIS 是一套由多层次、多功能产品组成的系列软件，其系统配置可以做出多种方案。在做软件配置时，需要掌握以下两点：一、根据实际需要，做到“量体裁衣”；二、考虑到系统的扩展性和延续性。这里仅举出几个常用配置，给大家做个参考。

第五章　ESRI产品在水利行业的应用

水利建设是关系着国计民生的重要工作，随着 GIS 技术的不断发展，GIS 在水利行业的应用也越来越深入、越来越广泛。目前，ArcGIS 在我国水利行业的应用已经颇具规模，在水资源管理、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、水利工程规划等应用领域中得到了广泛的应用并产生很大影响，用户包括：水利部水土保持监测中心、水利部信息中心、水利部规划计划司、水利部水规总院、水利部遥感中心、中国水利水电科学研究院、长委长科院、长委勘测局、长委水土保持监测中心、三峡总公司、黄委信息中心、黄委设计院、黄委水科院、黄委测绘总队、黄河上中游管理局、黄委水调局、塔河管理局、松辽委防办、松辽委水资源保护局、松辽委水文局、淮委数字淮河办、海委水土保持监测中心、珠委信息中心、珠委勘测院、太湖局信息中心等七个流域委单位，以及三十一个省厅。著名的丹麦水利研究所（DHI）的 MIKE 系列，以及美国德克萨斯大学水资源中心（http://www.crwr.utexas.edu）等都应用了 ArcGIS。目前，ArcGIS 已经成为水利信息化建设应用最广的 GIS 平台。

实施的系统包括：

水利部水规总院：全国防洪规划管理系统

水利部水规总院、七个流域委以及全国三十一个省厅的 72 个用户单位：

全国水资源综合规划系统

水利部水土保持监测中心：全国水土流失本底数据库系统

全国水土保持监测网络系统建设项目（一期）

长江水利委员会水保监测中心：丹江口水库水土保持监测系统

长江水利委员会长江科学院：荆江地区防汛决策支持系统

海河水利委员会水保监测中心：官厅、密云上游水土保持监测系统

黄河水利委员会水量调度管理局：黄河水量调度管理信息系统

黄河上中游管理局：黄河流域水土保持监测系统

松辽水利委员会防汛抗旱指挥部办公室：松辽流域防汛抗旱指挥系统

淮河水利委员会数字淮河办公室：淮河流域水资源系统

珠江水利委员会勘测院：珠江流域重点堤防空间数据库

三峡总公司：三峡地区梯度水库调度系统

北京、上海、深圳、黑龙江、广东、安徽、江苏、吉林、河北、湖南、湖北等防汛抗旱指挥系统；

塔里木河流域管理局：塔里木河流域水量调度管理系统；

作为分析、预测、决策、模拟的工具，ArcGIS 在我国的水利信息化建设中发挥了重大作用，GIS 所带来的社会效益和经济效益也逐渐被大家所认识。下面我们收集了一些水利行业的具有代表性的成功案例和系统介绍，以供参考。

一、防汛减灾

我国是自然灾害频发的国家，随着国民经济的发展和人民生活水平的提高，灾害造成的损失也越来越严重，仅洪涝灾害在最近几年造成的损失就高达每年平均 2000 亿元左右。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工程和非工程措施。在非工程措施中，不少流域先后都建设了防洪决策支持系统，在 GIS 技术和先进的通讯手段的支持下，进行洪水预报、调度、灾害损失评估、减灾措施和水利工程效益分析等，并向灾民避险迁安、抢险和救灾物资输送最佳路线等更进一步的应用发展。

成功案例：

全国防洪规划信息管理系统

防洪规划经常要处理很多半结构化、不确定性问题，协调各种关系和矛盾，以确定保护对象、治理目标和任务、防洪措施和实施方案，划定洪泛区、蓄滞洪区和防洪保护区的范围，规定蓄滞洪区的使用原则，为国家宏观决策提供科学的依据。为满足以上要求，水利部水利水电规划设计总院组织中国水利水电科学研究院和水利天津水利水电勘测设计研究院等单位，运用新技术和新手段，以标准化、网络化、空间化为主要特征，建立了基于 GIS 的全国防洪规划信息管理系统。

防洪规划信息管理系统包括两大组成部分，即信息库系统和网络系统。在信息库系统中包括属性数据库系统（含基础数据库、中间数据库和结果数据库）及地理信息系统两部分。

信息表现形式包括数据、图形、图象、声音、文本等多媒体信息。网络系统将形成覆盖全国，流域、省、重点城市分级设站，全国统一管理的防洪规划信息网络系统。网络系统和信息库系统互相配合运行，在此基础上结合逐渐形成的一整套模型构成的问题处理系统，最终建成防洪规划决策支持系统，为防洪规划工作提供决策支持服务。

中芬合作项目"长江防洪智能应急响应系统"

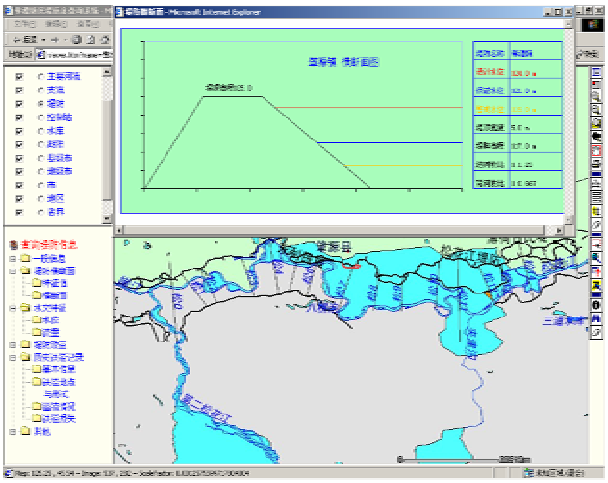
该项目总目标是通过设计和开发一个基于地理信息系统的长江流域防洪决策支持和应急响应系统，帮助长江流域防洪管理决策者正确决策以减少洪水造成的损失。第一阶段的目标是完成“智能洪水应急响应系统（IFERS）”的总体设计并开发一个演示性的 IFERS 系统原型。项目的长期目标是建立长江流域信息管理和决策支持系统，帮助决策者制订流域开发规划，推动对洪水和环境灾害的预防工作。项目成果将对建立和完善现代化的长江防汛指挥系统具有重要的指导意义。

IFERS 系统是一个洪水控制的决策支持和应急响应系统，是长江防汛指挥系统的有机组

成部分，包括综合 GIS 数据库、数学模型系统和 5 个集成应用模块，可与防汛指挥系统的所有模块和子系统进行数据通讯。在数字流域系统概念中，智能洪水应急响应系统（IFERS）就是其中一个应用程序包。

在 IFERS 中引用了信息发布系统中所谓的“三重”结构（用户界面、信息服务器和数据管理系统）。系统结构中空间数据处理软件完全基于 ESRI 的 ArcGIS 软件。项目研究运用空间信息技术、计算机网络技术和现代通讯等高新技术，解决防洪救灾中的重大技术难题。

黑龙江省防汛指挥系统



系统的总体设计和研发工作由黑龙江省水利厅、黑龙江省防办、中国水利水电科学院、大连理工大学共同合作。系统采用 C/S 和 B/S 混合体系结构，根据防洪工作内容和流程，决策支持系统结构框架可分为三个层次：人机接口层(系统总控)、系统应用层和系统信息支撑层。系统应用层通过人机接口与决策分析人员和决策者交互，在系统信息支撑层和系统应用层众多分析功能的支持下，完成防汛抗旱决策过程中各个阶段，各个环节的多种信息需求和分析功能。

系统应用层包括信息接收处理、气象产品应用、洪水预报、防洪调度、灾情评估、信息服务、汛情监视、会商、防汛抗旱管理和抗旱信息处理等十大功能子系统。各子系统间不进行直接的相互控制，可独立运行，期间的联系通过综合数据库进行。系统应用层还加入了主要城市防洪和重点防洪地区洪水演进子系统。

系统信息支撑层包括实时水雨情库、工程信息库、社会经济信息库、图形库、动态影像库、历史大洪水库、方法库、超文本库、历史台风数据库和作为系统外部库的省水文数据库等十大信息库，组成系统的综合数据库(公用数据库)。

现代化防汛指挥系统的建成，可以真正做到运筹帷幄，决策千里，实现防洪工程体系与非工程体系的最优联合运用。依靠现代化的信息采集、传输、处理工具与手段，大幅度地提高防汛信息收集、洪水预测、防汛指挥决策的科学性和快速反应能力，充分发挥现有防洪工程体系的作用，达到最大限度地防洪减灾目的。从而减小洪水对人民生命财产的威胁，为保障全省经济和社会的可持续发展发挥重要作用。

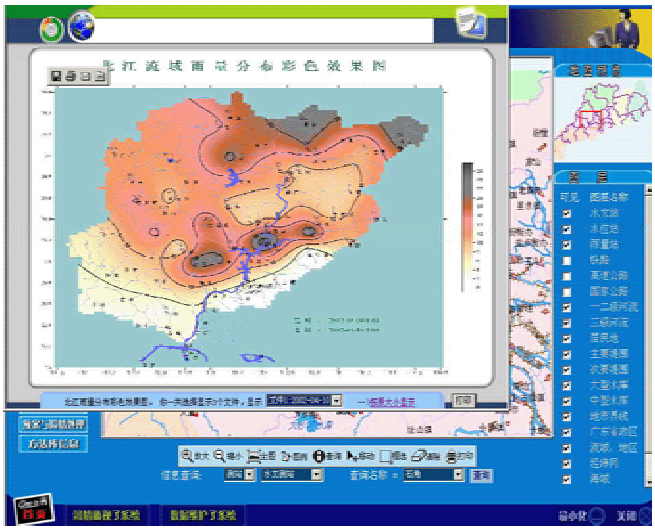
安徽省防汛抗旱决策支持系统



此项目是分布式空间型综合防汛抗旱决策支持系统，为防汛抗旱提供功能完善的信息查询和决策支持。系统以 WEB 服务为主体，GIS 技术为支撑，结合遥感图像和多媒体数据，以水文、气象、地理信息为依据，空间数据和属性数据为基础，集数据采集、管理、分析、表达为一体，利用数据库管理技术和高级编程语言，以防汛抗旱决策为主要目的，实现图、文、表一体化。系统建成后，将为全面、迅速、及时、准确地掌握全省主要江河、大中型水库、大型水闸、重点堤围、重点地区、暴雨中心的水雨风情状况提供方便；为流域洪水预报、灾情评估提供及时的基础资料；为防洪抗旱调度决策和指挥抢险救灾提供有力的技术支持和科学依据；为实现工程自动化管理提供信息基础。

系统以省防办为中心，放置 GIS 服务器、WEB 服务器和数据库服务器。全省 17 个地市以独立的 IP 地址通过专线与之连接，各县水利部门、各工程组织通过拨号方式接入地市，以通信专线方式接入国家防总，以城域网方式与省水文局、气象局共享数据。在信息网络中对所有数据的写操作和机密数据的读写操作设置权限控制。

广东省三防信息查询系统



广东省三防信息查询系统的建设目标，主要是在整合广东省水利厅现有的内部计算机网络条件、三防信息源的基础上，建立对现有三防信息资源进行自动汇集、整理、集中存储、以统一的操作界面在广东省水利厅内部计算机网上提供汛情自动监视、信息查询和演示服务的软件系统。

广东省三防信息查询系统采用 B/S 结构，主要由信息服务子系统、汛情监视子系统和数据维护转换子系统三个子系统组成。

湖南省防汛会商系统



防汛会商系统是一项重要的综合性非工程防洪减灾措施，是实现防汛指挥决策科学化和现代化的重要手段。防汛会商系统是“防汛决策支持系统”的核心部分，其它业务系统的处理成果最终都要通过该系统与决策者进行交互。防汛会商系统充分利用先进的计算机网络技术、数据库技术、中间件技术、地理信息系统和信息可视化等技术将信息采集、预测预报、分析决策过程有机地结合在一起，为决策人员提供强有力的信息支持与辅助决策工具，以使方案的实施能够真正达到“确保防洪工程安全、充分发挥防洪工程效益、尽可能减少洪涝灾害损失和对环境生态的不利影响”的目的。



松辽委洪水风险评估

松辽水利委员会采用 ARC/INFO 和 MapObjects 软件，进行了国家科委的 95 攻关课题——“利用 GIS 和 RS 技术进行洪水风险评估、分析洪水泛滥经过地区范围”的研究，并初步通过了专家评定。该项目所建立的辽河下游地区洪泛区基础图库，图库属性以村为最小建库单位，这在国内比较少见。

洛杉矶选择 ESRI 的软件进行洪水管理

洛杉矶城市暴风雨管理部门(SMD)选择 ESRI 的软件进行洪水管理系统，经过两年时间，SMD 协同 Psomas and Associates 建立了整个洛杉矶市暴风雨排水系统。从 1996 年起，SMD 充分利用 ESRI 的桌面 GIS 软件及网上服务技术 IMS，开发出简单易用的用户界面，从而使专业、非专业人员都可以访问所属权限的应急洪水边界信息。

应用论文：

基于 GIS 的上海市防汛决策支持系统研制

郑晓阳，胡传廉
（上海市防汛信息中心，上海 200002）

摘　要：针对威胁上海的三大水灾，开发了风暴潮数值预报模型、城市暴雨积水预报模型、河网水动力模型和洪涝灾害损失评估模型，在 GIS 支持下建立了上海市防汛决策支持系统，实现了对处于平原感潮河网地区的上海市洪涝灾害的实时监控、分析预报、风险评估和网上发布。本文对系统的总体设计、功能模块、关键技术和特色进行了阐述，并着重分析了 GIS 在整个系统中的应用领域和作用。

关键词：决策支持系统；城市防汛；上海市；GIS

1　前言

上海地处长江三角洲东缘，居太湖流域下游，东面临海，南接杭州湾，地势低洼，属典型的平原感潮河网地区。受特定地理环境和气候因素的影响，上海市防汛情况比较复杂，灾害性天气时有发生[1]。对上海防汛威胁最大的主要有台风暴潮叠加天文大潮造成的高潮位、中心城区的暴雨积水、区域性洪水等水灾，有些年份甚至并发“三碰头”或“四碰头”的严重灾害，给这座人口密集、经济发达的特大城市造成重大经济损失。作为国际化大都市的上海，无论从城市防汛保障的社会经济绝对值或相对值而言，还是加强生态环境建设和现代化管理都对建设现代化的防汛决策支持系统提出了迫切要求。

已基本建成的上海市防汛决策支持系统是上海防汛减灾非工程措施的重要组成部分，该系统为各级防汛指挥部门提供准确及时的水情、气象、工情和灾情等信息，并对洪涝灾害发展趋势作出预测预报，为防汛调度决策和指挥抢险救灾提供有力的技术支持和科学依据。系统集成了当前世界先进的信息技术成果，无论在高精度的自动测量仪器和卫星、微波、超短波通信遥测技术、宽带计算机网、多媒体自动控制系统等硬件系统，还是在 GIS、遥感、水动力学数值模拟技术、互联网技术等软件系统方面均得以运用和尝试。

上海市防汛决策支持系统建立在 GIS 平台上，有强大的后台数据库作为信息支撑，嵌入了上海市三大水灾的仿真模型及灾害损失评估模型，从空间数据管理、信息查询、模型结果可视化，到灾情评估、网上信息发布，充分体现了 GIS 的技术思想，完成了各类模型在功能级的整合。

2　总体设计

结合上海防汛的特点，我们将防汛决策支持系统设计了信息采集系统、综合数据库、水动力学模型库（包括风暴潮数值预报模型、城市暴雨积水预报模型、河网水动力模型和洪涝灾害损失评估模型）和防汛网站四部分。四者构成一个有机的整体，实现了对防汛信息的自动采集、实时传输、综合分析、预测预报和网上发布，准确及时地为防汛指挥调度提供决策依据。

系统以市防汛指挥部办公室、市防汛信息中心为中心，放置 GIS 服务器、Web 服务器、数据库服务器、模型库服务器、大屏幕显示系统；以通信专线、数字数据网、帧中继等方式，连接国家防汛抗旱总指挥部、水利部、太湖流域管理局、市政府等上级部门；19 个区县防汛指挥部通过光纤或拨号方式接入；与气象局、水文总站等部门连网共享数据。在信息网络中对所有数据的写操作和机密数据的读写操作设置权限控制。主系统软件平台选用美国 ESRI 公司的 ArcGIS、ArcSDE、ArcIMS 等 GIS 系列产品。

3 主要模块及关键技术

3.1 信息采集系统

水情自动测报系统由 1 个中心站、10 个集合转发站、79 个遥测站组成，采集水位、雨量、风速风向等数据。系统具有以下特点：1）专用通信网（微波、超短波、卫星）与公用通信网（数字数据网、帧中继）互为备份；2）自动采数、储存、传输；3）采用先进的自动测量仪器，如代表当今世界先进水平的气泡式水位计、压阻式水位计。4）远程测站诊断、报警、实时监视、存储数据恢复；5）自报与召测结合，自动入库与 Web 发布。

气象卫星云图接收系统每小时接收一幅 GMS 卫星云图，反映天气变化的大趋势。与气象局合作，实时获取多普勒雷达图像和短、中、长期天气预报，并利用气象卫星云图和多普勒雷达图像转译降雨的落区、历时、强度、致害等级的定量定性分析。实时下载中央气象台、上海中心气象台、香港、日本、美国公布的最新台风信息。与太湖流域管理局连网，获取太湖流域重要站点的水文信息。与排水管理处、城市排水公司连网，了解防汛排水设施运行情况，获取其雨水泵站处雨量和积水数据。我们在数字化视频监控方面也进行了尝试，能实时获取吴淞路闸桥、堡镇、芦潮港、金山等重点地段工情和灾情的视频信息，在中心站可对摄像头进行控制（光圈、焦距、缩放、云台等）。

3.2 综合数据库

综合数据库包括基础数据和专业数据两方面的信息：

基础数据：包括道路、桥梁、河流、行政区划、重要单位和设施、遥感影像、DEM、人口、社会经济信息等。基础地图采用测绘部门提供的 1：2000 和 1：500 全要素数字地形图，遥感影像采用全市 5.8 米分辨率卫星遥感影像和 1：50000 航空遥感影像。

专业数据：包括水雨情信息（实时水雨情、历史水雨情、水位预报、模型预报成果库等）、

天气信息（天气预报、雷达测雨、卫星云图、台风路径图等）、工情信息（河道、湖泊、水闸、防汛墙、海塘、泵站、管网、水文站、险工险段等）、灾情信息（历史暴雨积水灾情库、历史台风灾情库等）、防汛指挥信息（防汛抢险预案、防汛组织机构、防汛物资分布等）。

综合数据库管理系统在 ArcInfo 8.1 Desktop 和 ArcSDE 8.1 for MS SQL Server 基础上开发，设计了以下主要功能：1）管理和维护各类数据库；2）实时水雨情显示、查询和分析：水雨情数据查询、水雨情分布图、水位曲线分析、雨量直方图、雨量等值线图、不同降雨量级笼罩面积及面平均雨量计算、与历史水雨情比较、超警戒水位预警；3）工情信息查询统计；4）GIS 与遥感影像复合；5）台风路径图动态生成、与历史相近台风路径比较；6）通过 GIS 对水文模型的结果进行分析和动态演示。

3.3 水动力学模型库

3.3.1 风暴潮数值预报模型

台风暴潮叠加天文大潮造成的高潮位是上海市最主要的水灾之一。开发的上海市风暴潮数值预报模型采用了美国最新一代台风暴潮漫滩模式（SLOSH－Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes）。设计的计算域采用均匀伸展的极坐标网格绘制，共 148479（101×147）个格点，覆盖渤、黄海和几乎全部东海及其邻近区域，还包括了长江口、黄浦江等内陆水域，长江口、杭州湾位于计算域的中部，在整个计算域中网格分辨率最高。模型完整地考虑了海岸、海峡、岛屿、水下山脊对风暴潮的影响，能客观地计算上海沿海地区的风暴潮，特别是对台风过后由自由边缘波引起意想不到的高潮位有相当好的预报能力。模型输入 13 组台风数据（包括每 6 小时的台风中心位置、中心气压和最大风速半径），可模拟出每间隔 30 分钟的每个格点和单站的风暴潮值、风向、风速及最大风暴潮值，并可以进一步计算不同强度类型的台风（或不同重现期强度的台风）以不同速度和可能的路径袭击所造成的最大风暴潮位。

GIS 在与模型结合中的作用为：1） 将模型计算域格点进行坐标转换和地图数字化；2）将模型计算结果转入数据库；3） 用颜色梯度动态显示沿海岸线的风暴潮位情况；4） 查询沿海岸线和重要站点的潮位曲线；5） 与遥感影像、工情、社会经济、人口分布等图层叠加，如查询海塘的堤顶高程、防御标准、结构类型等。

3.3.2 城市暴雨积水预报模型

暴雨积水是中心城区最主要的自然灾害之一，影响暴雨积水的因素非常复杂，主要包括以下方面：1）地势平坦低洼，目前大部分地区已没有趁低潮自流排水条件，主要靠泵站抽排，河道多采用防潮闸进行控制，显著影响泵站的排涝过程；2）现行排水标准偏低，排水管网建立很早，管道系统存在环流、回流、压力流等复杂水流条件；3）平原感潮型河网地区，受上游洪水、黄浦江潮位、市区排水的众多影响，水流顺逆不定；4）土地利用类型众多，产流和坡面汇流特点复杂；5）城市建设发展快，城市化对水文特性影响比较明显。

针对这些特点，建立的城市暴雨积水预报模型以美国城市雨洪管理模型（SWMM）为基础，结合地形、管网、泵站、河网、历史暴雨积水、雨型统计等资料进行改进，具有模拟多种降雨条件下的地面产流、管渠排水和地面淹水过程。模型将中心城区划分为 4 个排水片和 1763 个径流小区，并与水情自动测报系统关联，获取中心城区 20 个雨量站的实时数据。在得到气象部门发布的暴雨天气预报后，利用该模型可对暴雨产生的地面积水地点、最大积水深度和积水持续时间作出预报。

在二者结合过程中，GIS 主要作用总结为：1） 为模型提供基础空间数据；2） 连接水情信息采集系统，生成模型的雨量输入文件，并将模型计算结果转入数据库；3） 生成雨量直方图和等值线图；4） 查询任意时刻、任意地点的积水深度、历时和淹水过程；5） 动态模拟积水和退水过程，统计积水路段和受影响人口、单位、设施，初步评估灾情（见图 1）。

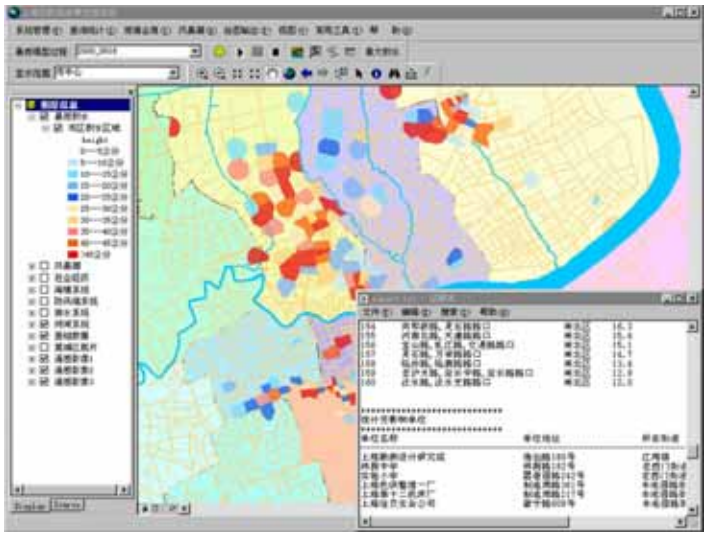


图 1 GIS 动态模拟和统计暴雨积水情况

3.3.3 河网水动力模型

上海市属于典型的平原感潮河网地区，河网干支流系统复杂，边界条件多样，水位受堤防、水闸、泵站、圩区等防洪除涝工程的影响较大。建立计算准确、预报快速的河网水动力模型相对复杂，要综合考虑降雨径流、太湖流域来水、长江口潮汐和水利工程调控等因素。

河网水动力模型以美国国家气象局的流域洪水预报模型（NWS FLDWAV）1998 年 11 月的版本为基础，结合上海地区河网的水文、地形、水利工程等特点进行改进，扩展了闸门、泵站等多种运行控制方式的模拟、往复流糙率的处理、产汇流计算、计算结果 GIS 显示等功能，并经过 7 组同步实测水位、雨量、流量资料对模型参数进行了率定。模型设计为四大模块：数据文件模块、产汇流模块、主计算模型模块和结果显示模块。数据文件模块由基本参数、边界条件、河网地理特征和水工建筑物等子模块组成。计算结果在 GIS 平台上实现了水位和流量变化在上海市河网图上的动态显示。该模型为防洪除涝规划、水资源调度、河道整治等提供依据，并对骨干河道、重要城镇的水情时空变化进行实时预报。

3.3.4 洪涝灾害损失评估模型

在分析了上海市洪涝灾害成灾机理的基础上，研制出基于风暴潮、暴雨积水、区域性洪水三种致灾类型及其不同组合的洪涝灾害损失评估模型，并在 GIS 平台上开发了损失评估系统，快速评估洪涝灾害所造成的经济损失及其分布状况。

模型利用社会经济信息、地理信息、历史灾情信息，将洪涝灾害的自然属性和社会属性结合起来，构建了层次性和逻辑性较强的评估指标体系，确立了损失率和淹没水深及淹没历时的函数关系，并采用区县和街道乡镇两种尺度的评估模式。评估系统预留了与风暴潮预报模型、城市暴雨积水预报模型、河网水动力模型的接口，对于不同的水灾，系统调用不同的损失评估模型。系统还设计了水情方案的实时添加功能，可对任意指定范围的积水或溃决情况下的损失进行评估，如实时划定积水区域后，输入淹没水深、淹没历时等水情特征，系统调用积水损失评估模型计算损失情况。

3.4 防汛网站

在信息采集系统、综合数据库和水动力学模型库的支持下，将防汛新闻、气象、水情、工情、灾情信息和洪涝预报结果、灾情评估结果、工程运行情况、防汛指挥信息在上海防汛网站上发布，提供灵活快捷的在线查询和业务处理等服务，为各级防汛指挥部门提供及时准确的信息。发布的主要为实时或准实时的信息，并通过直观形象的地图、图表、GIS 加以表现。如采用 HTML、ASP、ActiveX 技术开发的水雨情信息发布系统、台风路径图系统、动态云图显示系统、防汛物资管理系统、数字视频监控系统、暴雨积水和台风灾情系统等系统。又如选用 ArcIMS 3.1 开发的的防汛工情灾情 WebGIS 系统，各级防汛指挥部门可通过浏览器进行图层叠加、缩放移动、查询统计、专题地图制作等（见图 2）。



图 2　上海市防汛 WebGIS 系统

4 系统特色

1) 大规模技术集成：系统集成了水情自动测报、数字视频监控、GIS、遥感、大型数据库、水动力学数值预报、Web 等技术，实现了对处于感潮河网地区的上海市三大水灾的实时监控、分析预报和风险评估。

2) 模型的创新性：如具有模拟回水、环流、管网压力流等复杂水流条件下的城市暴雨积水预报模型；在复杂的闸门调控条件下，考虑壅水、暴雨、潮汐等影响的河网水动力模型；双模式、多灾种的洪涝灾害损失评估模型。

3) 实时性和动态性：系统实时获取气象水情等信息，模型可对三大水灾进行预测预报、模拟仿真，并通过 GIS 进行空间分析、灾情评估，系统在最短时间内动态反映汛情。

5 结语

决策支持系统在防汛减灾领域中的应用已成为一个必然的趋势。我们在防汛决策支持系统的研究方面进行了有益的探索和实践，系统的设计思想、体系结构和关键技术对处于城市地区、感潮地区或河网地区的防汛决策支持系统研究具有借鉴意义。GIS技术在系统研制中起到了重要作用，展示了GIS在防汛信息化工作中的美好前景。本系统经受了2000年“派比安”台风、“桑美”台风、8月17-19日特大暴雨和2001年8月5-9日特大暴雨的严峻考验，收到较好的效果。随着全市水情、工情、灾情信息采集系统的全面建成和各水文模型的不断完善，该系统将在上海防汛指挥决策的科学化、及时性方面发挥更大的作用。

致谢—本系统得到了中国水利水电科学研究院、上海四通摩天计算机系统工程公司、上海城市地理信息系统发展有限公司、河海大学、国家海洋环境预报中心的指导和参与，在此表示衷心感谢！

上海市区防汛决策辅助系统的设计

吴朝钧

（上海市城市排水有限公司，上海，200070）

上海市城市排水有限公司承担着上海市区的排水和污水处理重任，尤其是汛期的防汛排涝工作，根据上海市区的实际情况，采用当今最先进的信息技术和GIS（地理信息系统）技术，提供上海市区防汛决策辅助，以提高汛期的实时防汛能力，是上海城市城市排水有限公司的目标之一。建设实时并且有效的管理信息系统和决策辅助系统，为市区防汛、污水输送和污水处理以及排水等实时管理提供科学决策的依据，将会对防汛减灾作出更大的贡献。

为了提高公司的实时排水运行管理能力和工作效率，决定采用先进的信息技术，来建立上海市区防汛决策辅助和污水排放及处理信息系统。

这个系统以 GIS，实时数据采集和排水设施管理为基础，具有实时操作、强大的综合信息分析和有用信息提取、多种数学模型拟合功能，并有报告、报表生成能力以及图形和图象显示编辑能力，以达到日常管理和实际应用操作的目标。为了实际操作和决策者对系统的运用，信息可视化也是系统的特点之一。

为了获得全面的实时信息和发送有关信息，必须连接公司各个部门和基层的子系统，乃至其它相关部门，以形成信息交流和服务网络。为此，需建立一个综合信息网络系统，系统结构见图 1 所示。

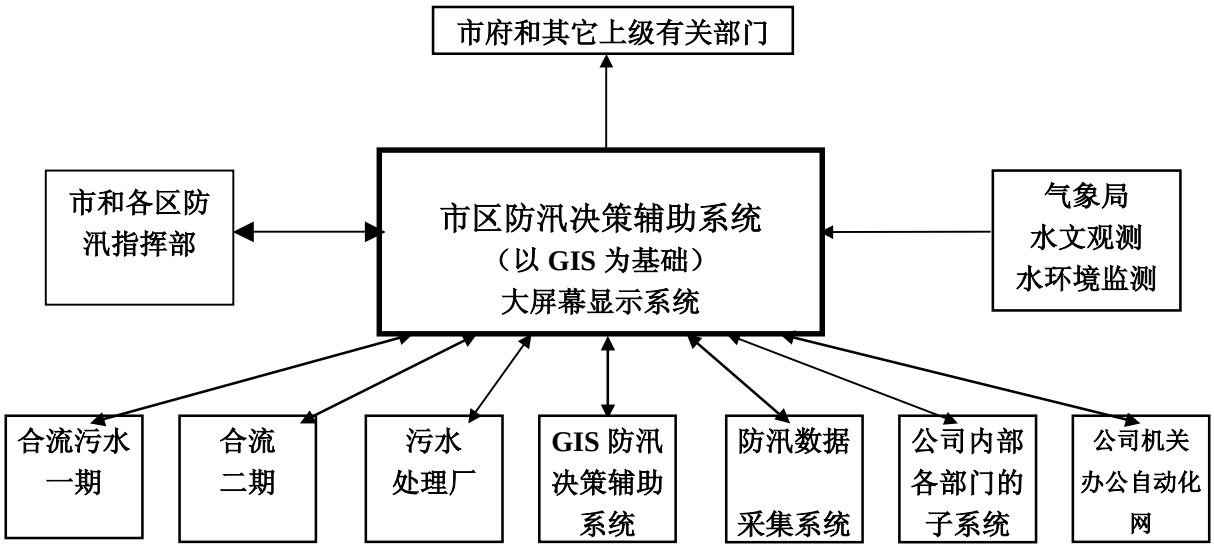


图 1 排水公司防汛排水信息系统的网络系统结构示意图

为了系统的扩展和更广泛的应用，并适用于不同的计算机硬件产品，这个系统拟采用 ESRI 的 ArcInfo 8.02，ArcSDE，ArcFM water 和其它相关的专业模块作为基础软件；同

时建立 Oracle 公共数据库，来储存公司各部门的公共信息，在 Windows NT 或 Windows 98 平台下进行二次开发，形成排水公司实际实用的市区决策辅助系统。

上海市市区排水信息系统运用 GIS 和 SCADA 等技术，对全市范围内的排水工程设施进行调查、测量和数字化，并建立排水设施实时数据采集系统，最终全面建成具有中央信息查询、分布式实时数据采集、分层数据传输、辅助决策支持的大型综合信息系统，作为上海市排水管理决策的指挥核心。

系统具备强大的实时监控与综合信息分析能力，集成了 SCADA 系统、防汛采集系统、天气情报、泵站设施信息、管线设施信息、污水处理厂信息和水利模型，提供多种数字模型拟合功能，并以图形、报告、报表的形式，通过 Internet 向社会和相关方面进行信息发布。

系统分为四个部分：

1、 防汛数据采集系统：

包括防汛监测中心、防汛监测分中心及分布在全市的 135 个远程监测点，将各雨水泵站的主要运行信息传输到市区排水信息系统主站，供相关子系统使用。

2、 合流污水治理工程监控系统

现包括 2 个监控中心和 50 多个远程支线泵站监测点，由主控中心将各泵站的主要运行信息输到市区排水信息系统主站，供相关子系统使用。

3、 排水 GIS 及市区防汛信息系统

提供排水设施信息、实时运行信息和相关城市信息的查询，综合信息的提取，数学模型的计算和图形化显示，历史事件的显示分析，排水系统的评估与规划，专题图的制作打印，报告、报表的形成并输出等功能。

4、 市区排水信息系统主站

主站通过防汛监测中心、监测分中心及中央监控系统实时采集信息，并发送到中央数据库，进行相关的数据交换，上联政府相关部门及气象单位，下接排水公司各部门及基层单位，供不同子系统使用。

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

逯波 刘东民
（黑龙江省防汛抗旱指挥部办公室 哈尔滨市南岗区文中街 4 号 150001）
闫继军 陈煜
（中国水利水电科学研究院 北京市车公庄西路 20 号 100044）

我国属于洪涝灾害多发国家。建设国家、流域、省、地（市）等四级防汛指挥系统对于科学合理地实施防汛抢险救灾指挥调度、有效减轻洪涝灾害损失、保障人民生命财产安全，确保国民经济稳定协调的可持续发展，具有重大意义。省级防汛指挥系统是介于国家、流域与地（市）系统之间的关键系统。为了配合国家防汛指挥系统建设和提高省级防汛指挥工作的现代化与信息化水平，在加强防洪工程建设、适当提高防洪标准的同时，研究并建立符合各省实际的，技术先进、功能全面、性能优越、运行可靠的省级防汛指挥系统，十分必要。

非工程措施是工程措施的重要补充，防汛指挥决策支持系统是各级防汛指挥系统的重要组成部分。在以往多年防洪预报、调度和指挥管理工作的经验基础上，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，研究和建设各级防汛指挥决策支持系统，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，从而为防汛指挥提供科学有效的辅助决策依据，提高防汛指挥的现代化和信息化水平。

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。

“省级防汛指挥决策支持系统”是省级防汛指挥系统的重要组成部分，它基于 WebGIS 技术，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五个阶段的全面决策支持。

1．省级防汛指挥决策支持系统的功能特点

省级防汛指挥系统主要由四大部分组成：信息采集、通信传输、计算机网络和决策支持。其中决策支持系统是防汛指挥系统的核心，是在其他相关系统的设备、通信、信息和计算机网络等资源支持下，实现对全省防汛指挥多方位和全过程的决策支持，因而是提高省级防汛指挥决策水平的关键部分。

省级防汛指挥决策支持系统基于 WebGIS 技术以实时信息服务、模型分析、知识参考和电子会商等手段向省级防汛指挥体系的各层次用户（防汛值班员、专业分析人员、高级参谋、决策者等）提供对防汛指挥过程各阶段的全面决策支持，与其他诸如国家级、流域级和地（市）级的防汛指挥决策支持系统相比，该系统更加注重情报提供的全面性、预案设计的实时性、

模型分析的准确性和会商支持的实用性。

根据多年以来在该领域的科学研究和系统建设实践的经验，我们认为“省级防汛指挥决策支持系统”采用“三层五库十机”系统框架的功能结构（见图 1）较为合理。所谓“三层”是指由人机交互层、应用模型层和系统支撑层组成系统结构；所谓“五库”是指支撑系统运行的数据库、模型库、方法库、知识库、文本库等系统基础部件；所谓“十机”是指数据接收、气象产品应用、汛情监视、信息服务、洪水预报、防洪调度、灾情评估、防汛管理、会商支持、城市防洪等应用功能子系统（也称“处理机”）。

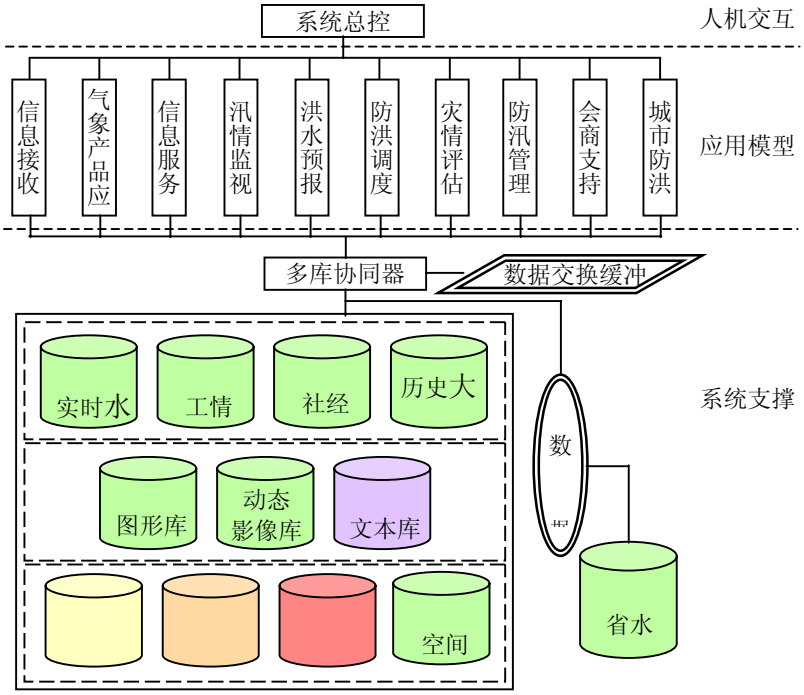


图 1　省级防汛指挥决策支持系统逻辑结构

系统交互界面是使用者与应用系统之间的人机接口，总的作用是通过建立总控程序来构筑系统运行的操作和监控环境。具体功能包括应用软件运行管理、运行控制参数的输入和运行结果的表达等。在决策支持系统的研发过程中，除了建立各种模型以外，系统交互界面的设计和开发是最为重要的内容之一，其功能的优劣将直接影响到整个系统的实用性、安全性和可靠性。

应用模型层通过人机接口与决策分析人员、高层指挥决策者进行交互，在系统支撑层的数据、模型、方法、知识、图形、图像、空间信息等各种应用分析基础功能的支持下，完成防汛指挥决策过程中各个阶段、各个环节的多种信息需求和分析处理。应用模型层是决策支持系统的核心，基于模型库中的各类应用模型提供防汛指挥决策过程中所需要的各种业务分析、处理和信息管理功能。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，决定了防汛决策是难度大、时效性强、风险度高的决策。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，并将直接影响国民经济发展和人民生命财产安全。因此，基于指挥经验、专业模型和专家知识的各种应用子系统，形成了省级防汛指挥决策支持系统的核心。针对防汛指挥决策属于群体决策这一专业特点，应用模型层还应特别强调提供对决策会商的有效支持。

系统支撑层包括数据支撑、设备支撑和平台支撑。数据支撑层的功能是指存储和管理防汛指挥决策过程中应用模型层各子系统共用的所有数据。按数据获取的时程来划分，包括实时的和历史的数据；按信息类型来划分，包括数值型数据、图形、图像、文本、程序、音频、视频信息和数字化的空间信息、模型、方法、知识、指令等。根据数据类型、来源、用途及获取时间等因素的综合分析，系统数据支撑层由实时水雨情库、工情信息库、社会经济信息库、图形库、动态影像库、历史大洪水库、省水文数据库以及模型库、方法库、知识库、超文本库（含成果、预案等）等组成系统综合数据库和专用数据库。设备支撑是指各种专用设备及其硬、软件接口，平台支撑则是指包括硬件平台、软件平台、网络平台等在内的系统运行环境。

2．基于 WebGIS 技术的系统平台框架

地理信息系统（GIS）通常泛指用于获取、储存、查询、综合、处理、分析、显示和应用地理空间数据及其与之相关信息的计算机系统。它把空间的逻辑思维延伸到了形象思维。其技术核心与其它传统意义上的信息技术的根本差异在于，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定位特征，并将空间信息和属性信息有机地结合起来，从空间和属性两个方面对现实世界进行描述、管理和分析处理。并将处理结果以直观的形式，形象而不失精确地表达出来。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，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点。

防汛指挥决策是参照地理信息、汛情发展变化信息，基于指挥调度模型、经验和知识的群决策。因此，空间信息与属性信息的关联处理具有特别重要的作用和意义。省级防汛指挥决策支持系统的人机交互和应用模型的功能都应该在统一的 WebGIS 平台上进行设计、开发和建设。基于 WebGIS 的信息管理、应用模型和电子会商是省级防汛指挥决策支持系统的关键技术。

在省级防汛指挥决策支持系统中 WebGIS 技术目前主要应用于以下几个方面：

（1）防汛指挥决策支持系统平台：包括空间数据管理；利用空间分析能力为防汛指挥决策提供辅助支持；为各类应用模型提供数据支持；优化模型参数；预报预测；防汛信息及决策方案的可视化表达等。

（2）灾情评估应用：包括基础背景数据管理；空间和属性数据查询、检索、统计、显示；洪水演进的基础平台；灾情数据的提取和分析；灾情状况的可视化表达；辅助决策工具等。

（3）洪涝灾害风险分析与区划：包括多源、多尺度数据管理；空间数据叠加与综合处理；图形处理的特殊功能等。

（4）城市和蓄滞洪区防洪调度辅助决策：包括区域积水、退水预报预测；现有排水设施和相关设施信息管理；排水设施规划设计；透水面积及位置规划；暴雨时空特征分析；空间单元社会经济数据空间展布；暴雨分布及积水分布的可视化显示；高分辨率、多层次、多源以及更新频繁的数据存储、维护和管理等。

以 ESRI 的 WebGIS 产品为例，构建省级防汛指挥决策支持系统的推荐方案为一典型的 B/S 企业级平台架构（见图 2）。系统推荐配置至少包括 ESRI 的 4 个主要产品：ArcGIS

Desktop、ArcSDE、ArcIMS、ArcRead。

ESRI 的桌面产品 ArcGIS Desktop 包括 ArcView、ArcEditor、ArcInfo 三级桌面 GIS 软件产品，它们共用通用的结构、通用的编码基础、通用的扩展模块等统一的开发环境。从 ArcView 到 ArcEditor 再到 ArcInfo，功能由简单到强大。三级桌面 GIS 软件都由一组相同的应用环境构成，它们是 ArcMap、ArcCatalog 和 ArcToolbax，通过这三种应用环境的协调工作，可以完成各种 GIS 分析和处理操作，包括数据编辑、地理编码、数据管理、投影变换、数据转换、元数据管理、地理分析、空间处理和制图输出等。

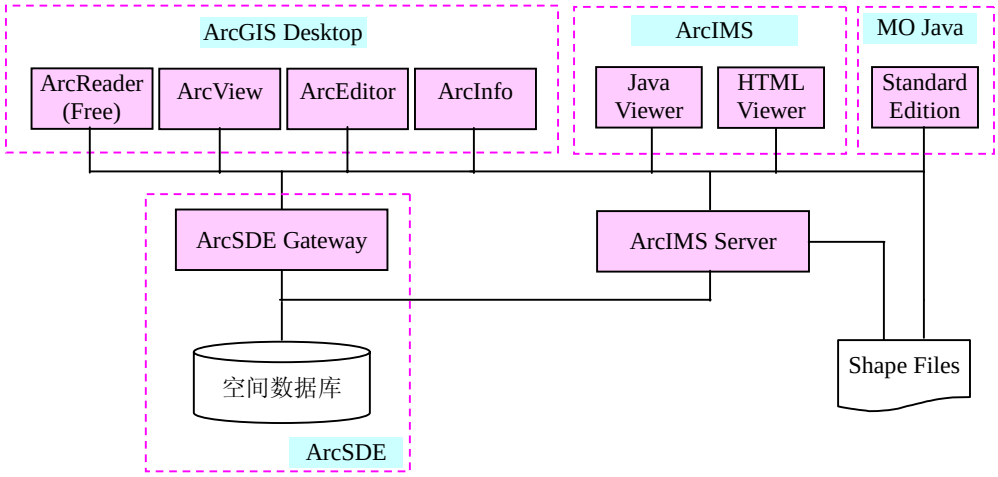


图 2 基于 Web GIS 技术的系统平台框架结构示意图

ESRI 的数据通路产品 ArcSDE 是在关系数据库管理系统（RDBMS）中存储和管理多用户空间数据库的通路。从空间数据管理的角度来看，ArcSDE 是一个连续的空间数据模型，借助这一空间数据模型，可以实现使用 RDBMS 来管理空间数据库的应用需求。在 RDBMS 中融入空间数据之后，ArcSDE 就能够提供对空间和非空间数据进行高效率操作的数据库服务。由于 ArcSDE 采用的是 C/S 体系结构，大量用户能够同时并发地对同一数据源进行操作。ArcSDE 还提供了应用程序接口（API），开发人员由此即可将空间数据的检索和分析功能集成到自己的应用系统中去。

ArcIMS 是一个基于 Internet 的地理信息系统，借助于 ArcIMS 能够建立大范围的 GIS 地图、数据和应用，并将这些结果提供给组织内部和 Internet 上的广大用户。ArcIMS 运行在一个分布式的环境中，由客户端和服务器端两方面的技术组成，并扩展了普通站点，使其具备 GIS 数据和应用服务的功能。同时，ArcIMS 还提供 HTML 和 Java 浏览器，能够通过在 Internet 上发布 GIS 数据和服务来同时满足多个用户的 GIS 请求。

以上基于 WebGIS 技术的平台架构，能够满足省级防汛指挥决策支持系统的应用需求。

3．黑龙江省防汛指挥决策支持系统建设实践

黑龙江省防汛指挥决策支持系统建设项目是省水利发展“十五”计划和 2010 年规划的重点工程项目，由黑龙江省防汛抗旱指挥部办公室、大连理工大学、中国水利水电科学研究

院等单位联合进行研究与建设。系统主体功能现已投入运行。

黑龙江省防汛指挥决策支持系统以省防办为中心，基于 WebGIS 技术建立系统平台并在该平台基础上设计开发面向全省防汛指挥决策支持的应用系统。目前已经建立起了包括人机交互、应用模型、系统支撑三个层次的系统框架；并在此基础上建设完成了包括基础地理信息、实时雨水情、工情、险情、水文、气象、社会经济、防汛指挥管理信息等内容的综合数据库、专用数据库以及相关的图形图像库、模型库、方法库、知识库、超文本信息库等；完成或部分完成了信息采集、气象产品应用、信息服务、汛情监视、洪水预报、防洪调度、灾情评估、城市防洪、会商支持、防汛管理等应用模型设计和应用子系统开发。

系统平台的主体构架由数据库服务器、Web 服务器、WebGIS 服务器、应用服务器和客户端应用系统等构成（见图 3）。数据库服务器（SUN 5500）选用 Solaris 8 Sun 5.8 操作系统，从而最大限度的发挥 SUN 硬件平台的 64 位功效，并追求系统最佳的综合性能，以实现主数据库系统的安全可靠。Web 服务器（HP-6000）选用 Microsoft 2000 Server 操作系统 + Service Pack 4，以追求最佳的可管理性和开发、维护、升级的方便性；WebGIS 服务器（HP6000）Microsoft 2000 Server 操作系统 + Service Pack 4，在实现系统最佳综合性能的同时追求更优的可管理性和系统开发、维护、升级的灵活性。

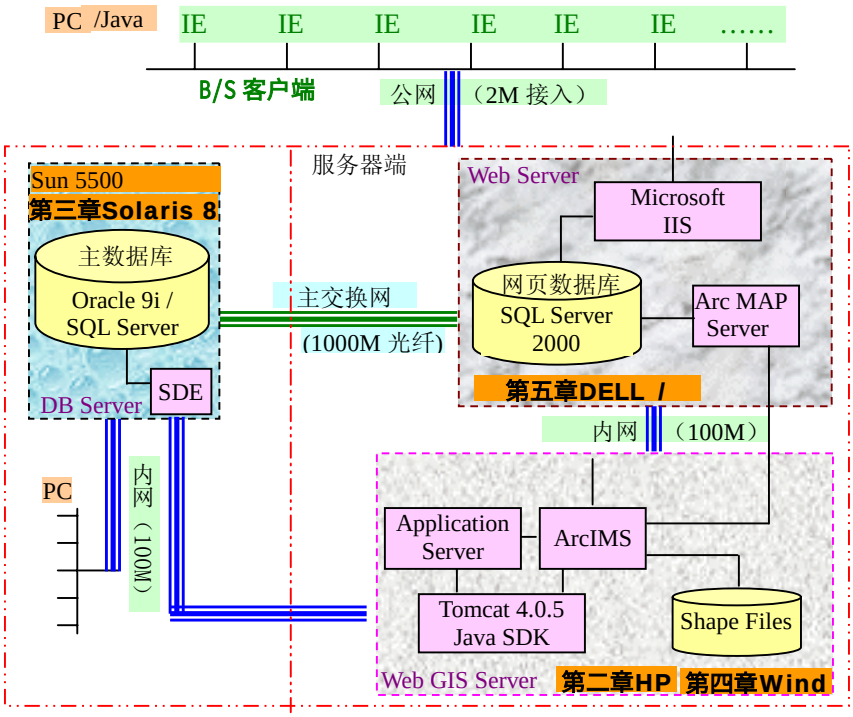


图 3 黑龙江省防汛指挥决策支持系统平台架构示意图

地理信息系统软件平台由 ESRI 的 ArcGIS Desktop、ArcSDE、ArcIMS 等组成，开发工具选用 ESRI MO for Java；系统综合数据库和专用数据库的 DBMS 均采用 Oracle 9 产品，实时水情库的 DBMS 采用 Sybase 11，气象产品和局部实时水情库（部分地区或流域）的 DBMS 采用 MS SQL Server 2000；Web 服务器选用 MS IIS，应用服务器选用 Apache

Tomcat 4；软件开发主要采用 Java（包括 J2SE、JSP、JavaBean、Servlet、Applet、JavaScript）、XML 和 ESRI MO for Java 等编程工具。

根据防汛指挥决策过程中对业务分析、信息管理、信息服务和辅助决策的实际需求，系统的应用模型层具体划分为信息接收、气象产品应用、信息服务、汛情监视、洪水预报、防洪调度、灾情评估、防汛管理、会商支持、城市防洪等十个功能子系统。各子系统之间无相互直接控制，各自独立运行；子系统之间的数据信息（包括数值、文本、超文本、多媒体以及数字化的模型、方法、知识等形式）交换通过中间件技术和数据交换缓冲区进行，控制联系通过 XML 技术以模型引用和消息传递的方式实现。

系统运行界面采用 Web 页面模式设计（见图 4）。系统界面尽量采用直观的图形用户界面技术（GUI），信息表达尽可能形象、简洁、直观；以 1:25 万全省电子地图作为系统背景（大江大河沿线采用 1:5 万电子地图，重点湖库区域、重要城市和蓄滞洪区采用 1:5000 电子地图），实现系统的分布式表达和可视化信息查询；各个模型与系统界面控制程序之间的接口平滑连接；系统操作以菜单、图形、标像等形象化的界面元素为操控对象，大多数操作通过鼠标点击完成，对话框尽可能简化，以追求更加方便快捷的操作步骤和操作方法；尽可能采用超文本和多媒体形式的信息表达手段，灵活运用电子地图、图形、图像、声音、音乐及视频信息处理技术，实现图、文、声、像一体化的综合表达效果。



图 4　黑龙江省防汛指挥决策支持系统局部应用界面

“黑龙江省防汛指挥决策支持系统”的研发过程中，大量运用了目前国际上较为先进的软件技术，采用软件生命周期法与原型开发法相结合的模式，针对不同应用子系统的需求特征和业务处理流程的特点，选择黑龙江省防汛指挥决策中的关键问题结合专业模型进行深层次的专题研究和应用软件开发。研发成果基于 Web-GIS 技术实现，重视基于 GIS 的网络化数据管理和模型管理，在努力通过有效提高数据处理能力来追求对决策工作的积极支持的同时，进一步强调了模型和知识应用的重要性，强化了模型管理和知识管理对于省级防汛指挥决策的支持作用，使系统成果具有更强的科学性、适用性和实用性。

二、水资源管理

水利部门在地表水资源的空间分布和调配中采用 GIS 技术，此外，还应用 GIS 研究地下水资源。这些系统在地下水的埋深、蕴藏量、地表水补给等大量信息的基础上，为何处、何时在多大量级上开采地下水进行科学的分析，对保护地下水资源、合理开发地下水资源具有重大的决策支持作用。

成功案例

全国水资源综合规划项目

水资源是我国国家发展中的三大战略资源之一，水资源可持续利用已经成为我国经济社会发展的战略问题。因此，由水利部规划计划司、水资源司负责组织、由水利部水利水电规划设计总院承担技术负责的全国水资源综合规划编制工作在在全国范围内组织展开。

该项工作的参与单位还包括七个流域机构和全国 31 个省（自治区、直辖市）水利厅、局，并选定 ArcGIS 为处理有关电子地图的 GIS 平台，并首次以 Geodatabase 这一全新的数据模型为数据汇总标准，同时与水利部水利水电规划设计总院为 72 个用户单位的 130 余人联合举办了 ArcGIS 软件使用培训班，保证了水资源综合规划中地理信息的收集、管理和分析工作的正常开展。

上海市水资源普查管理 GIS 系统

上海市水资源普查联席会议办公室与上海四通摩天计算机系统工程有限公司签约，正式启动上海市水资源普查管理 GIS 系统。该项目不但包括上海市徐汇区等中心城区，而且含盖宝山、嘉定、闵行、金山、松江、青浦、奉贤、浦东等 10 个区县。该系统综合运用 GIS 技术，以 ArcInfo、MapObject 等 GIS 软件为平台，结合 Microsoft SQL Server 数据库，对水资源普查所涉及的各级河道、湖泊、水文测站、水质、底质测量断面等大量空间要素及其相关属性信息等进行综合管理，形成以河道为中心的、按水利应用为目的的、空间要素分层明确的水资源普查 GIS 系统。

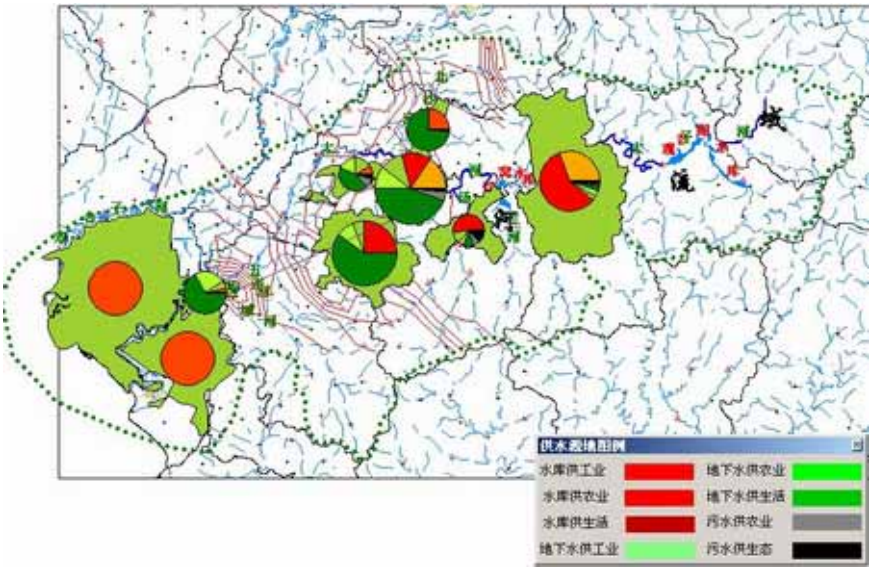
系统采用 Client/Server 结构，将分别针对服务器端和客户端的具体需求，提供相应的功能，以满足不同部门的管理需求。系统不但能形成各类水利专题应用图，更重要的是具备完善的水利应用分析，如水质污染分析、排污影响范围分析、库容容量及曲线分析、河道淤积状况计算等等。

辽宁省太子河流域水资源实时监控管理系统

该系统是水利部立项“辽宁省区域水资源实时监控管理系统研究与示范”项目的一部分，由中国水利水电科学研究院与辽宁省水利厅联合承担，历经两年的研究开发工作，于 2003

年 8 月 20 日在辽宁省水利信息中心安装调试，投入试运行。

系统的应用目标是：重点研究和解决三座水库的防洪与兴利统一调度、地表水与地下水联合运用管理等问题，实现太子河流域水资源的优化配置与科学管理，从而支持该区域社会经济的可持续发展，同时追求最佳的环境效益。为我国北方地区的水资源实时监控管理，提供理论技术支持和政策法规、实践经验等方面的参考。



黄河下游水资源管理空间决策支持系统

黄委设计院以实用为导向，基于地理信息系统（GIS）建立了黄河下游水资源管理决策支持系统（WRDSDSS）。将 GIS 纳入传统的 DSS 中，大大增强了数据管理和可视化水平、系统空间分析能力和友善性，从而提高决策者的决策水平。采用全新的方案管理思路，能够进行多方案的制作和比选。

1．软硬件开发环境设计

(1)． 软件环境

采用微软公司的编程软件 Visual Basic 6.0，进行功能模型开发。采用美国环境系统研究所（ESRI）的 GIS 软件 ArcInfo，建立空间数据库。采用 ESRI 公司的桌面地理信息系统 ArcView 进行系统集成，以管理空间数据库、属性数据库和所有的功能模型。

(2)． 硬件环境

硬件设备主要有计算机、扫描仪、打印机和绘图仪。

2．系统结构及功能设计

(1)． 结构设计。WRDSDSS 是基于 GIS 的水资源管理辅助决策工具，人机交互简捷方便，面向水资源管理高层决策。系统结构如图 1 所示。

(2). 功能设计

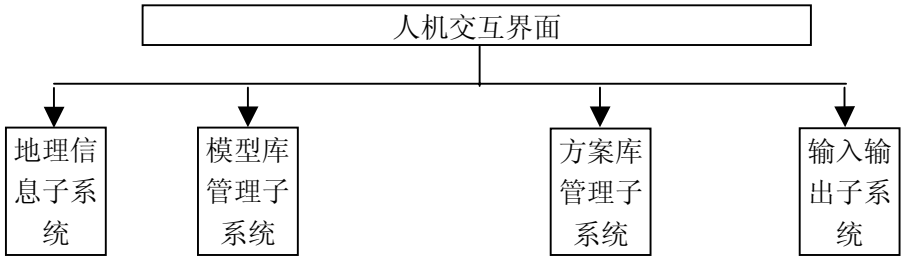


图 1 WRDSDSS 结构图

- GIS 子系统

GIS 子系统负责各类专题地图和有关属性数据库的管理，以图形方式形象生动地表达方案计算结果，同时它还是用户和 DSS 对话的主渠道。属性数据库操作，如记录增加、修改、删除、查询、统计和检索等，都是基于专题地图进行的。GIS 利用人们对图形信息的喜爱，使用户和 DSS 之间通讯通过专题地图进行，方便用户参与。

- 方案库子系统

方案库中存放已建立的所有水资源调度方案。方案库管理子系统可以进行方案建立、方案打开、方案复制、方案删除、方案查询、方案比较等操作,还可以对方案数据进行增加、删除、修改等。

- 模型库子系统

模型库是 DSS 的核心部分，包括各类支持决策的分析计算模型。模型库管理子系统可对库内各模型进行统一管理，按功能需要进行模型组装、联接、生成等。WRDSDSS 模型库子系统中模型按功能可分为五类：水库调度模型、河段配水模型、用水需求分析模型、径流预报模型和风险分析模型。水库调度模型包括优化调度模型和模拟调度模型；河段配水模型包括同倍比配水模型、按权重配水模型和用户协商配水模型。

- 结果输出子系统

对方案的输入数据和计算结果以图形和报表方式，通过计算机屏幕、文件或打印机等形式输出。

应用论文

基于遥感和 GIS 技术的水资源与生态环境评价管理信息系统

蒋云钟　赵红莉　韩素华
（中国水利水电科学研究院水资源研究所）

摘 要 遥感技术、GIS 技术、管理信息系统技术以及互联网技术的综合运用体现了系统分析的原则，构成了高度自动化、实时化和智能化的信息系统。基于遥感和 GIS 技术的水资源与生态环境评价管理信息系统系统采用了 GIS 组件技术，体现了面向对象的设计原则，使地理信息系统和管理信息系统的结合实现了无缝连接，并具有更强的可推广性。

一、引言

社会经济发展、生态环境保护和水资源开发利用三者之间是矛盾的统一体，需要科学技术支撑才能协调好它们的关系。以遥感技术（Remote Sensing，RS）、地理信息系统（Geographical Information System，GIS）和全球定位系统（Global Position System，GPS）即 3S 技术为核心的数字地球有助于人们对地球环境的了解，目前数字地球的概念已被广泛地运用于处理地球问题和最大限度地利用信息资源。数字化流域是数字地球概念在水资源领域中的应用，对水资源的可持续利用同样有很大的作用。

由于水资源与生态环境评价牵涉面广泛，涉及数据信息来源多，因此需要运用多种手段和技术进行分析研究。遥感技术、GIS 技术和管理信息系统技术在水资源与生态环境评价中的综合应用是未来发展的趋势。RS 用于实时、快速地提供大面积地表物体及其环境的几何与物理信息和各种变化；MIS 是综合处理非空间数据的平台，同时也为空间数据提供了属性信息；GIS 则是对多种来源时空数据的综合处理分析和应用以及展示的平台。其综合运用将在大范围内对改善可控制水资源与生态环境之间的关系发挥巨大的作用。

二、 基于遥感和 GIS 技术的水资源与生态环境评价管理信息系统的建设

基于遥感和 GIS 技术的水资源与生态环境评价管理信息系统是遥感技术、GIS 技术和管理信息系统技术的综合应用，由于三种技术都还处于不断发展的过程中，因此系统的建设有其特殊性。

2.1 系统总体结构

系统总体结构框图如图 1 所示

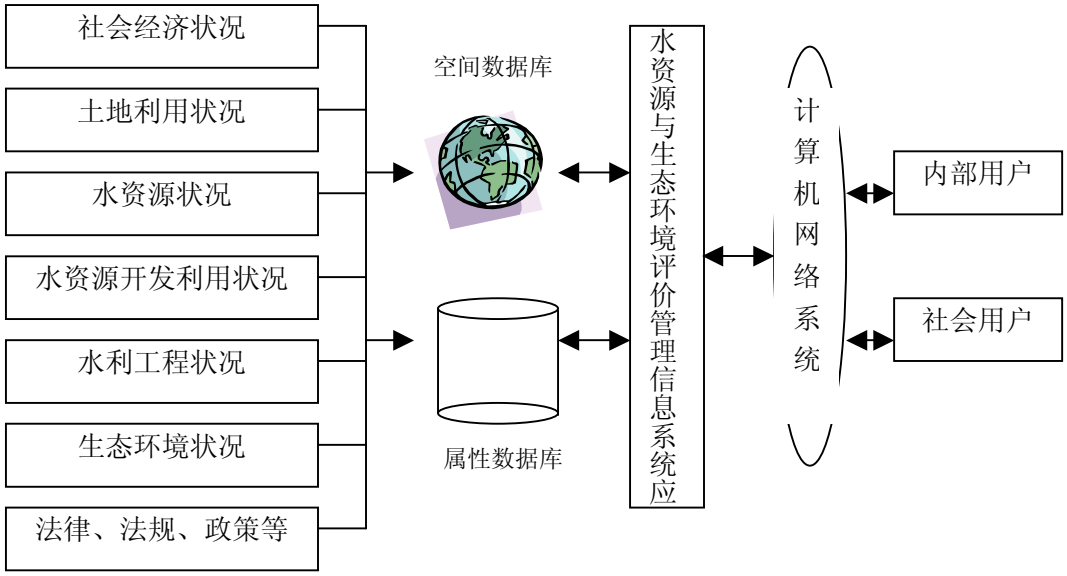


图 1 系统总体结构框图

“水资源与生态环境评价管理信息系统”采用“三库三系统”的应用体系结构，整个系统由“属性数据库”、“空间数据库”、“遥感信息库”三个基础数据库支撑，由“属性数据库管理系统”、“基于 GIS 方式的水资源与生态环境评价管理信息系统”、“基于 Web GIS 方式的水资源与生态环境评价综合信息查询系统”三种方式的面向用户的前台应用系统组成。组成结构如图 2 所示。

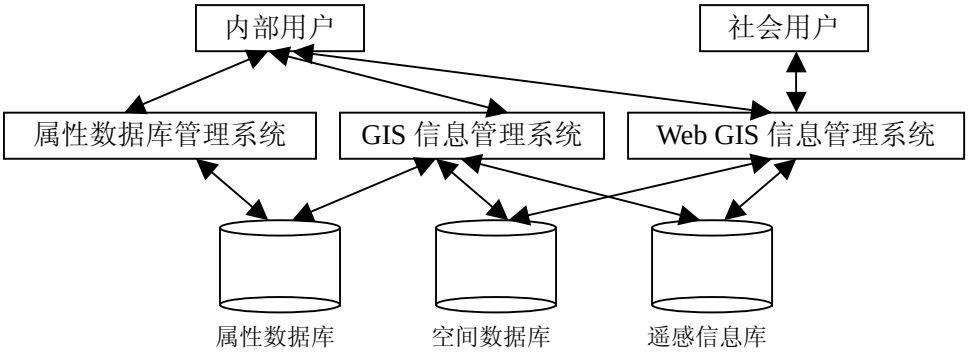


图 2 系统体系结构框图

系统网络结构如图 3 所示。

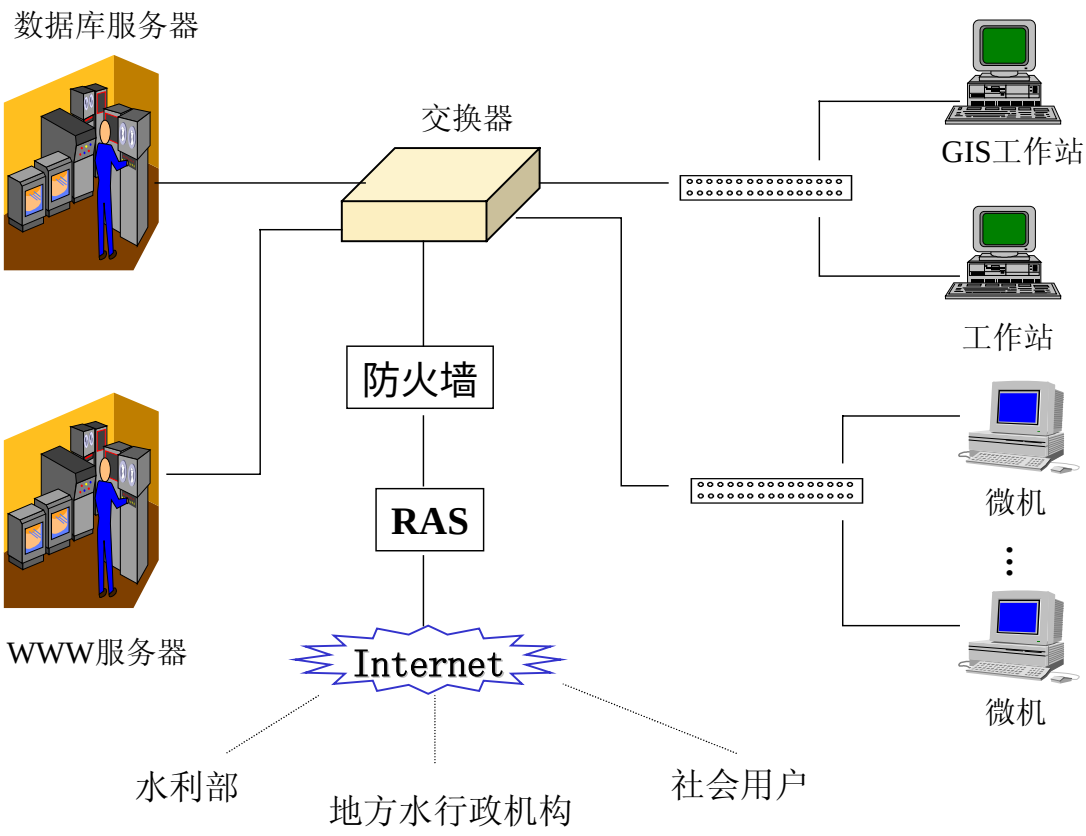


图 3 系统网络结构图

2.2 系统建设内容

水资源与生态环境评价管理信息系统的建设内容包括地理信息空间数据库、遥感信息库、属性数据库的建设以及与各类数据形式管理相应的计算机应用软件的开发。

1．基础电子地图的建设：基础电子地图数据均采用国家现有的 1：25 万系统数据。主要内容包括行政区边界、城市、居民点、河流、湖泊、水库、公路、铁路等信息。

2．专业电子地图的建设：专业电子地图数据是在基础电子地图的基础上，结合水资源信息描述的需要，将专业地理数据数字化，与基础电子地图相匹配并进行叠加。主要内容包括各类水利工程的分布、各级流域分区（水资源分区）的边界、水文站、雨量站、蒸发站、水质监测站、排污口、水体功能区等信息。

3．遥感信息库的建设：遥感信息库是利用遥感遥测得到的数据进行解译等加工处理，形成能与基础地理数据相匹配的数据。主要内容包括 20 世纪 70 年代土地利用遥感影像、90 年代土地利用遥感影像、2000 年土地利用遥感影像以及生态系统变化图等等信息。

4．属性数据库的建设:水资源与生态环境综合信息属性数据库是本系统的基础数据库，是查询的对象。数据库的内容包括社会经济状况、水资源状况、水资源利用状况、水利工程状况、水环境状况以及土地利用状况等。

5．基于 GIS 方式的“水资源与生态环境评价管理信息系统”软件系统的建设：结合水资源综合信息管理的需要，基于数据库，采用嵌入式 GIS 开发技术建设基于 GIS 方式的“水资源与生态环境评价管理信息系统”软件系统。主要功能包括属性数据库的管理、空间数据的管理以及属性数据和空间数据相结合的信息管理等内容。系统的主要应用对象为内部用户。

6．基于 WebGIS 方式的水资源与生态环境综合信息查询系统的建设：基于 WebGIS 方式的水资源与生态环境综合信息查询系统的主要应用对象是外部用户，可以通过 Internet 访问 WWW 服务器进行水资源与生态环境信息的综合查询。

2.3 系统设计框架

结合水资源与生态环境评价的需要，水资源与生态环境评价管理信息系统的主要框架可分为 6 大块内容，包括跟水资源与生态环境密切相关的社会经济情况、土地利用状况、区域水资源状况、水资源利用状况、水利工程分布及工程指标情况、水环境状况等，如图 4 所示。

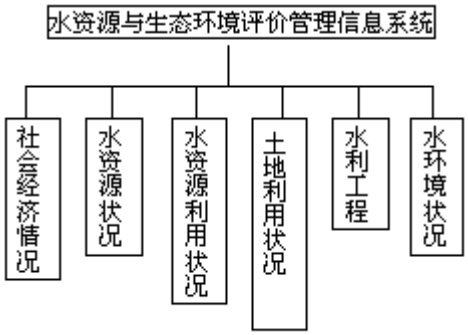


图4 系统建设结构

每大块内容又可细分为若干子块，并结合空间实体，组成若干专题，以达到数据信息的分层、分类有序管理，专题的管理采用树状结构，既可以层层展开，也可以组合形成完整的体系结构。整个系统的建设正是建立在每一个专题的基础上，并通过专题之间的有机联系，共同组成一个完整的水资源与水环境评价管理地理信息系统。

2.4 系统开发与集成环境

（一）、系统集成环境

1．网络体系：网络体系采用 NT 平台的客户服务器结构。

2．操作系统和网络工具软件：操作系统拟采用 Microsoft Windows 2000 平台的高级服务器版建立网络系统运行环境，客户端不限操作系统。操作系统及其支持工具软件包括：

Microsoft Windows 2000 Serevr 中文版。

Microsoft IIS（Internet Information Server）4。

Microsoft IE（Internet Explorer）5。

3. 数据库管理系统软件：考虑应用软件的通用性和易维护性，采用 Microsoft SQL Server 7.0 数据库管理系统。服务器端选用 SQL Server 集成产品，客户端应用开发选用 Delphi 5.0、Sybase PowerBuilder 等集成工具，SYBASE SQL Anywhere 5.0 桌面数据库。

4．GIS 应用开发工具软件：ArcInfo 是 GIS 系统开发工具。具有地图编辑和显示功能，支持 DXF、ARC/INFO、Atlas GIS、Intergraph MGE 等地图格式，具有数据可视化功能和地理分析能力。

Arcview 是 GIS 应用工具。可用于构造特定的 GIS 应用.

Mapobject 是 OCX 控件，与其它软件工具（如 Power Builder 和 C++等）集成使用，通过 Mapobject 还具有能够集成 Arcview 的功能，使用 DDE（Dynamic Data Exchange）与其它软件包进行通讯和调用 DLL（Dynamic Link Libraries）例程等开发能力。

IMS 是 ESRI 公司推出的提供真正的 Internet 支持的 GIS 软件产品。IMS 提供灵活服务体系结构支持，同时 MapObjects 为 IMS 提供 GIS Server 配置方案。 每个 Web Server 可配置一个或多个同样或不同样 GIS 服务的服务器，GIS 服务还可以和 Web 服务放在同一台主机上，ESRIMAP 能够在 GIS Server 间动态地分配客户请求，所以不管采用哪种服务器网络结构都可充分利用服务器资源，达到服务器网络最优化。

5．客户端应用开发工具软件

客户端应用开发工具选用基于 Microsoft Windows X(95/98/NT4/2000)中文版环境下的开发工具，包括数据库、Web、GIS、DSS 和专业应用程序等开发工具。

（二）、地理信息系统组件技术

GIS 组件技术是当前 GIS 发展的三个重要发展方向（即 GIS 组件技术、空间数据库管理系统、Internet/Intranet GIS）之一，也是综合应用遥感技术、GIS 技术和管理信息系统技术的关键技术。

组件是一段可重复使用的程序代码和数据，它由一个或多个对象组成。组件技术是一种新型的软件开发技术。组件是迄今为止最成功的软件重用手段。组件是具有某种特定功能的软件模块，采用组件开发软件系统就像搭积木一样容易，它几乎可以完成任何任务。GIS 软件厂商已由原来向用户提供系统转为提供控件 OCX 或 Active X；用户则可根据控件自选组装成一个系统，还可以根据需要自行开发部分控件，与 GIS 软件厂商提供的控件一起使用。用户还可以很容易地使用 VB、VC 或 Delphi 等开发工具开发自己的应用系统。水资源与生态环境评价管理信息系统正是用专业开发工具和 GIS 组件技术开发完成的，并不是建立在某个桌面 GIS 平台上。

三、水资源与生态环境评价管理地理信息系统

基于 GIS 的水资源与生态环境评价管理信息系统的主要用户对象是系统内部用户，目前 GIS 组件技术已相当成熟，并且由于 C/S 结构的设计不受 B/S 开发方式的限制，可以将 GIS 的分析功能发挥至极致，因此是系统的核心部分。

水资源与生态环境评价管理地理信息系统由专题管理系统、空间数据管理系统及空间数据编辑系统三部分组成。系统结构如图5所示。

专题管理系统是水资源与生态环境评价管理地理信息系统的核心部分，其主要任务是提供空间数据与属性数据进行连接的工具，建设专题信息，将空间数据和水资源与生态环境评价所需的属性数据结合成为有机的整体，使空间数据信息为水资源与生态评价服务，并在此基础上，完成对空间数据和属性数据进行双向查询，即既可以对属性库进行各类查询，并将查询结果直观地在地图上表示出来，也能以地图为工具，查询图上各空间要素的详细资料，通俗的说，也就是从表到图、从图到表的双向信息查询，使信息达到既形象直观又详尽具体的完美统一。专题管理系统还提供对空间信息进行量算、数据显示和输出及其他辅助功能。

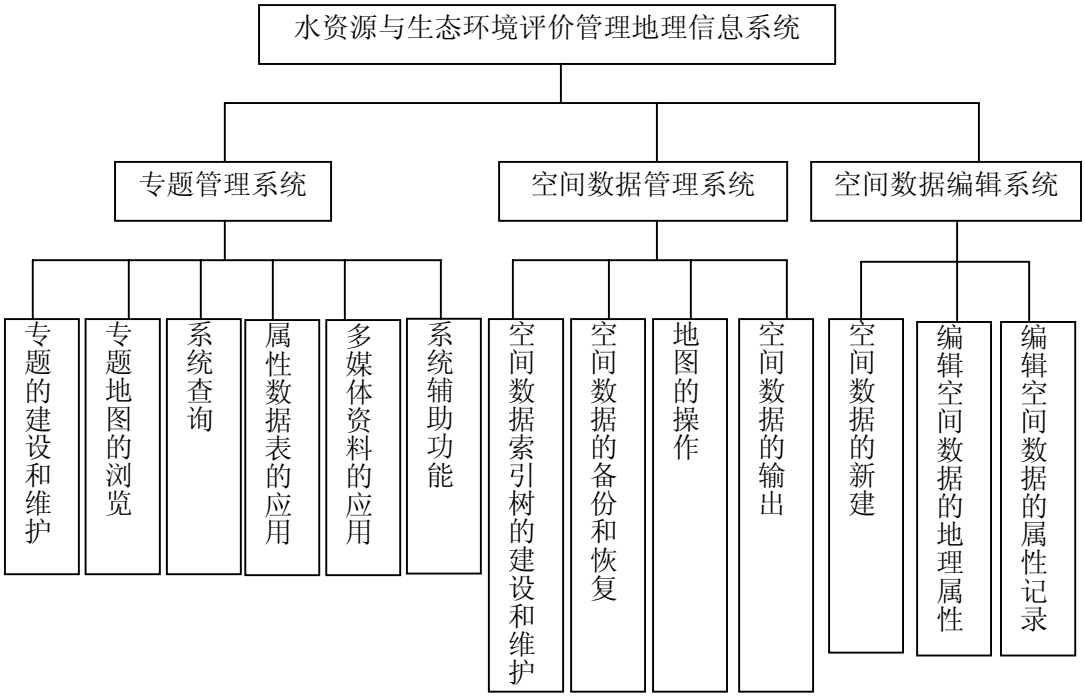


图5 水资源与生态环境评价管理地理信息系统组成结构图

四、小结

遥感、地理信息系统和管理信息系统的综合运用是一种新的技术，也是一门交叉性学科。它们之间的结合一方面可以克服传统管理信息系统表述方式不够丰富，比较呆板以及数据采集方式单一的缺点，管理信息系统的数据信息配合遥感图像、地理信息系统空间数据信息，可以生动直观、清晰明了地得到展示，同时借助于 GIS 空间分析功能，还可以扩展属性数据

的应用，并获取新的信息；另一方面也克服了单一地理信息系统缺少人性化信息以及动态性差的缺点。集遥感、地理信息系统和管理信息系统技术的功能于一体，构成高度自动化、实时化和智能化的信息系统，是空间信息和属性信息适时采集、处理、更新及动态过程的现势性分析与提供决策辅助信息的有力手段，也是未来遥感技术、GIS 技术和管理信息系统技术的发展方向。

基于遥感和GIS技术的水资源与生态环境评价管理信息系统的研究主要取得了以下六个方面的成果：

1．提出了基于遥感和 GIS 技术的水资源与生态环境评价管理信息系统的建设方法；

2． 研制了具体体现遥感技术、GIS 技术、管理信息系统技术以及多媒体技术综合运用的水资源与生态环境评价管理信息系统；

3． 研制了体现遥感技术、GIS 技术、管理信息系统技术和互联网技术综合运用的水资源与生态环境综合信息查询系统；

4． 应用所研制的基于遥感和GIS技术的西北地区水资源与生态环境评价管理信息系统进行了西北地区生态环境变迁分析和生态耗水（需水）量的研究；

5． 建立了包括遥感图像在内的西北地区水资源与生态环境空间数据库；

6． 建立了地区水资源与生态环境属性数据库，并与相应的空间数据库建立了连接。

三、水土保持

我国七大江河流域的水土流失和土壤侵蚀问题是关系着流域生态环境、经济发展，甚至是七大江河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。可见，流域的水土保持工作是一个长期而艰巨的任务。进入 80 年代以来，日趋严重的水土流失问题引起党和国家及全社会的高度重视，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，同时利用遥感技术（RS）的周期性和视域广的特点、地理信息系统（GIS）强大的信息管理和分析功能以及全球卫星定位系统（GPS）的高精度定位的特点，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。

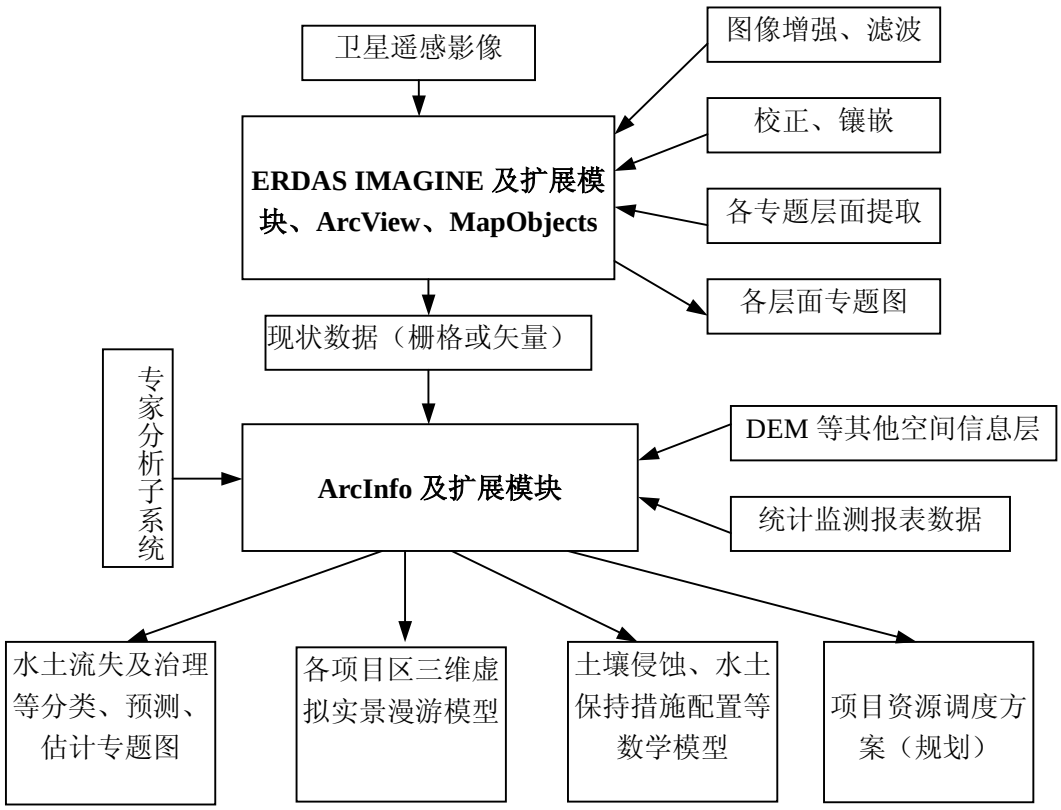
成功案例

全国水土保持监测网络和信息系统建设项目

全国水土保持监测网络和信息系统建设一期工程经国家发展计划委员会批准，于 2004 年 9 月正式公开招标。此次项目包括水利部水土保持监测中心，长江水利委员会、黄河水利委员会 2 个流域机构监测中心站，山西、内蒙古、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、湖北、湖南、重庆、四川、云南和贵州等 13 个省（自治区、直辖市）监测总站的建设，分为水土流失观测设施、信息采集系统、通信系统、计算机网络系统和信息管理系统等。其中 ArcGIS 和 ERDAS 作为主要的 GIS 和遥感图像处理工具，在此次招标中统一安排采购。

长江流域水土保持动态监测系统

长江是我国第一大河，长江流域也是我国七大江河中水土流失面积和年土壤侵蚀总量最大的流域。自 1990 年来，长江流域已建成了由流域监测中心站、各省监测总站、监测分站、监测点组成的综合动态监测网络。长江水利委员会水土保持局建成了包括长江流域水土流失、水土保持治理、滑坡、泥石流及其他监测信息在内的本底数据库，此数据库是整个长江流域水土保持监测网络系统的基础，对全流域与水土流失有关的信息观测、统计、影像、基础资料等数据进行统一管理、分析和处理。



官厅密云水库上游水土保持监测系统

经水利部海河水利委员会信息化工作领导小组办公室招标审批通过，由中科院遥感所承担的“官厅密云水库上游水土保持监测系统”选择 ArcGIS 为系统平台。该系统的开发工作由中科院遥感所负责，遥感影像处理将采用 ERDAS 软件。数据采集工作将与水利部天津勘测院合作承担。

系统包括：

1、信息采集与处理：采集“两库”上游遥感数字图象和 1：5 万比例尺的地形数据资料，12 个县的土壤普查和土地利用调查资料，33 个雨量站、12 个水文站、5 个泥沙观测站的雨、水情及泥沙周年实测资料，径流小区实测资料，标桩实测资料，GPS 系统实测 8 条小流域资料等内容；

2、进行土壤侵蚀遥感调查；

3、建设数据库管理子系统；

4、建设水土流失定量监测模型子系统；

5、建立官厅密云水库上游三维数字模型子系统；

6、建设密云水库上游水土保持监测系统。

应用论文

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 ERADS 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^2，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^2）进行了研究。

* 基金项目：黄委会水土保持科学研究基金项目

作者简介：史学建，男，（1963－）博士，高级工程师，现主要从事遥感技术及 GIS 在水土保持工作应用研究。

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侯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

对于流域下垫面覆盖信息，我们利用 ERADS 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。

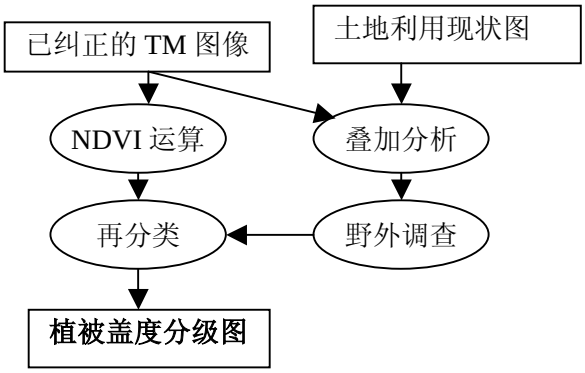


图 1　植被盖度分级数据的快速获取过程示意图

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[1]：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

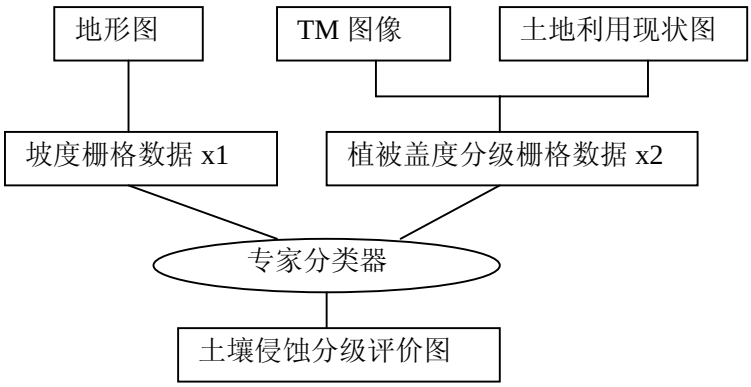
用购买的纸质地形图，进行数字化，生成计算机中的高程数据。首先对扫描入计算机的彩色地图图像进行几何纠正，赋予其地理坐标；其次，对彩色图像进行分版，得到只含有地形等高线的二值图像，并对二值图像进行细化、短线删除、断线连接等预处理；最后在预处理后的图像上进行线划的自动跟踪得到矢量数据，参照原原图赋予等高线的高程值，便得到以文件形式存储的地形三维数据，再生成 DEM，并可以利用 ArcGIS 软件计算得到地形坡度数据。

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。

[1]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

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

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 ERDAS 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 / 覆盖编码		1	2	3	4	5	6
植被覆盖度分级	1	1	1	1	1	2	3
	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 470.65km^2，其中，微度至剧烈侵蚀各级面积分别为 25.18km^2、14.6 km^2、50.21km^2、109.76 km^2、151.63 km^2 和 119.27 km^2。

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^2）	侵蚀模数（t/km^2.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 ERADS 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 ERADS 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保生态效益研究 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

四、水环境监测

成功案例

闽江流域水环境地理信息系统

“闽江流域水环境地理信息系统” 是福建省环境信息中心开发的，以 GIS 为开发平台，面向管理和决策层的实用数据可视化信息系统，系经充的目标是全面收集、管理、 存贮闽江水环境信息，用直观显示、查询、分析空间信息的方法来了解水环境现状和背景、评价水环境质量、模拟拟水污染过程，为流域水资源开发、社会经济持续发展提供信息技术支持。

GIS 的系统建设数据是最关键的因素之一。MJGIS 的空间数据是由我国 1:100 万电子地图产品和环境专题图组成。1:100 万电子地图产品采用正轴等角圆锥投影，共有水系、居民点、铁路、公路、植被、等高线，境界等 17 层点、线、面状图层。MJGIS 的环境专题图是在 1:100 万福建行政区域图上勾画出闽江流域境界、监测点位、水坝位置和污染源等位置，通过 PC ARC/INFO 3.4.2 的 ADS 模块操纵数据字化仪录入，这些数据要根据点、线、面属性建立起拓扑关系，经 EDIT 模块修改后生成 COVERAGE 空间数据文件，再将 COVERAGEDE 的 DOS 格式转化成 UNIX 格式，通过局域网输到 SGI 图形工作站上。

“水质规划”和“水质动态模拟”是采用 GIS 的动态分段技术进行开发设计的。“水质规划”能分别显示闽江主要河流不同河段水质现状（1995 年）、功能区划、近期规划（1996-2000 年）、中期规划（2001-2005 年）和长期规划（2006-2010 年）的示意图，而且还可以在同一画面上对以上各种功能进行比较。“水质动态模拟”分别模拟闽江干流平水期和枯水期水质沿程变化规律。它详细描述了一污染带随河水向下推移过程中，到达某一位置的时间和此时污染物的浓度值。

应用论文

水质分析模型与 GIS 集成评价吉林省西部地下水质

吴雨航　何海舰　刘湘南

（东北师范大学城市与环境科学学院，吉林，长春，130024）

摘要：地下水分析模型能够表征地下水质特征，GIS（地理信息系统）则具有强大的空间数据处理与分析功能，建立地下水分析模型与 GIS 集成系统，将有助于对地下水质评价模型的推广应用和决策分析。本文在探讨地下水质评价模型基础上，论述 GIS 与水质分析模型的几种集成模式及 GIS 支持下的地下水质分析模型的建立。将该集成模型系统应用于吉林省西部地下水质评价中，对吉林省西部地下水进行多指标综合分析，结果表明：虽然工业污染少，但吉林省西部地下水总体污染较严重。

关键词：水质分析模型；组件式 GIS；MapObjects；完全整合

随着人类对地下水开采量和污染物排放量的增加，地下水已经不同程度受到污染。地下水污染是普遍存在的环境问题，地下水水质分析对利用地下水、治理地下水等具有重要意义。地下水水质分析模型是表征地下水系统的一种有效工具，它能复制和再现地下水水质的实际状态。GIS（地理信息系统）应用于地下水研究，可用来获取、操作、显示与模型有关的空间数据和所得的成果，使模型进一步细化，从而深入认识地下水质变化情况。在地下水质评价中，将地下水模型与 GIS 集成，充分发挥模型在表征和再现地下水系统方面的分析评价能力，同时借助 GIS 的数据管理和空间分析能力,将为地下水水质评价提供强有力的工具。然而 GIS 与地下水水质分析系统是两个独立的个体，需要耦合起来才能更有效地利用相关的地理信息和专业知识，从而改进地下水水质分析模型的建模效率和可视化程度。

地下水水质分析模型与 GIS 的集成大多是基于 GIS 平台的二次开发。而从目前研究水平和应用现状看，地下水分析模型与 GIS 集成模式都比较简单，很多系统只是建立了模型与 GIS 间的连接桥梁，实现了基本的数据交换，但没有实现 GIS 与专业模型的有机结合。随着组件式 GIS 的发展和成熟，基于组件的二次开发，可以方便地将模型与 GIS 功能有机集成，并能脱离 GIS 平台，因此，基于组件的专业信息系统开发是一种发展趋势。

1．地下水水质评价模型

地下水质量是指地下水是否对生态环境造成危害、是否可以利用与开发。描述地下水水质的指标是多方面的，如矿化度、pH 值、总硬度等。地下水水质评价就是根据某些水质指标值，通过所建立的数学模型，对地下水的水质进行综合评价。

地下水水质采用综合指数评价法：

$$p=\sum_{i-1}^{n}\frac{C_i}{S_i} \tag{1}$$

式中P为地下水水质综合指数；C_i为评价指标 i 的实测值（mg/L）；S_i为评价指标 i 的初值（mg/L，即国家标准值）；n为某监测点水质评价指标监测项目数。由式（1）可知只要给出水质各个指标的初值，同时根据测得的水质实测值即可得到地下水水质质量。

2. GIS 与水质分析模型的集成

2.1 水质分析模型与 GIS 集成模式

地下水水质分析模型与 GIS 系统的集成，根据数据流向可分为数据集成和系统功能集成。数据集成是以数据为纽带，利用 GIS 空间数据管理的强大功能为模型提供基础数据；系统功能集成则是使模型计算结果通过 GIS 实现空间数据管理、空间分析和可视化表达等。完整的集成系统应同时实现数据集成和功能集成，一般可通过三种方式实现：嵌入式集成、松散连接和完全整合。

嵌入式集成可以是专业模型软件中集成 GIS 功能，也可以是 GIS 软件中扩展专业模型。由于地下水水质分析模型不仅需要地下水水文数据还需要空间数据和地理底图，一些地下水分析软件中便开发了 GIS 功能，而且提供 GIS 数据接口，实现对地理底图和空间数据的输入输出管理。同时，一些 GIS 软件商也将水质分析模型嵌入到 GIS 软件包中。但无论是专业模型软件中集成 GIS 还是 GIS 中扩展专业模型，由于缺乏专业人员参与，嵌入式集成软件相对简单，不能满足高精度用户需要。松散连接是 GIS 软件包与地下水分析模型软件通过某种接口，以数据流方式进行数据交换，GIS 与水质分析模型是两个独立的系统，有各自独立的数据库和管理方式，没有共同的用户界面。由于数据需要在不同软件系统间传输，运行不稳定，很容易出错。完全整合是基于组件式 GIS，通过某种编程语言使 GIS 和水质分析模型共用一个数据库，将水质分析模型直接嵌入到 GIS 系统中。完全整合是水质分析模型与 GIS 集成的最佳模式，它不仅提高了建模效率，而且充分利用了 GIS 的分析功能和水质分析模型的专业知识，是水质分析模型与 GIS 集成研究的发展趋势。

2.2 基于 MapObjects 的地下水水质分析模型

基于 MapObjects 的地下水水质分析模型是 GIS 系统与水质分析模型的完全整合，它是以 GIS 技术为依托，以地下水水质数据为依据，以水质监测数据库为基础，利用成熟的评价方法（本文采用综合评价法）实现地下水水质的综合评价。GIS 作为一种空间变化数据的收集、存储、管理、空间分析和表达的工具，已在地下水决策支持系统、地下水管理与规划系统等多领域得到应用。而组件式 GIS 是基于组件对象平台，以一组具有标准通信接口的、允许跨越语言应用的组件提供的 GIS。GIS 组件间以及 GIS 组件与其他组件间可以通过标准的

通信接口实现交互。MapObjects 把 GIS 功能分解为可操作的，可管理的软件构件方法，其优点在于用户可以方便地利用 GIS 构件，构建需要的 GIS 应用程序，从而大大提高开发效率。水质分析模型与 GIS 集成作为地下水水质分析的重要组成部分，在 Delphi 7.0 环境下采用 ESRI 公司的 MapObjects，通过编程实现地下水水质分析模型的集成开发。其集成模型流程如图 1 所示。首先将地下水水质分析模型与 MapObjects 通过 Delphi 7.0 进行集成开发生成集成模型，同时将地下水相关数据进行处理后形成地下水水质数据库。而集成模型程序则建立在集成模型和水质数据库基础上。

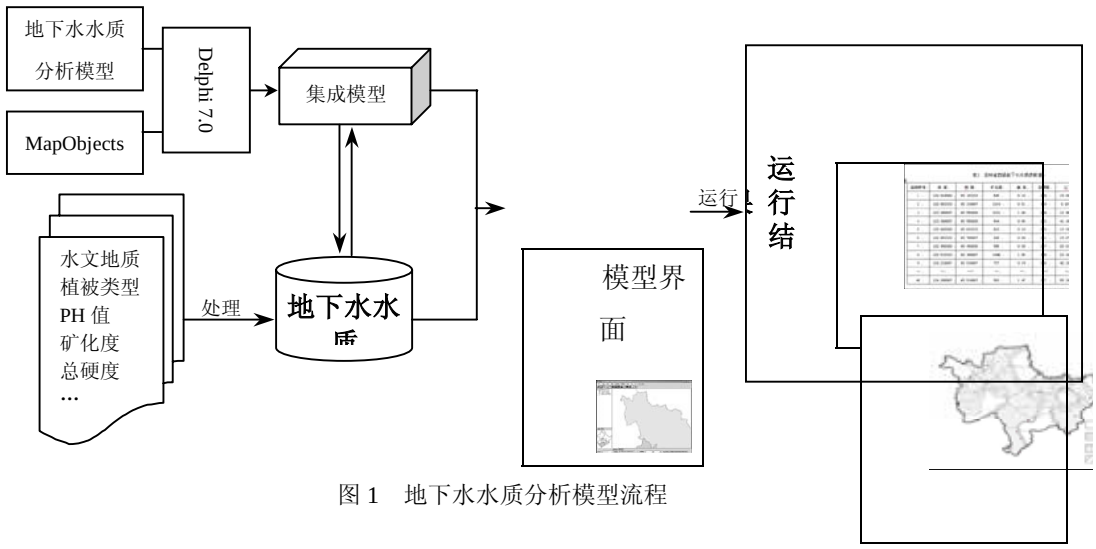


图 1　地下水水质分析模型流程

3．模型应用

将地下水分析模型与 GIS 集成系统应用于吉林省西部地下水水质分析。吉林省西部位于松嫩平原的西端，主要包括白城市、松原市的全部和四平市的双辽市，共 11 个县（市、区），如图 2 所示。地理位置 43° 22′ N～46° 18′ N，121° 38′ E～126° 11′ E，总面积 50922 km^2。



图 2　研究区范围

吉林省西部处于暖温带半干旱、半湿润气候的过渡带上，区内气候、植被、土壤等具有明显的过渡性，由东南向西北，降水量逐渐减少，蒸发量逐渐增大，年均气温 4.8 ℃，平均

降雨量 450 mm，干燥度为 1.0～1.49。原生自然景观由森林草原、草甸草原向干旱草原过渡，土壤由黑土、淡黑钙土、向风沙土和碱土过渡。吉林省西部总人口 497.7 万，其中农业人口 343.7 万,是经济欠发达地区。因此吉林省西部地下水多呈碱性，且由于经济不发达，工业污染少，尤其重金属污染几乎没有。

3.1 地下水水质初值

根据实际监测得到的数据分析，影响吉林省西部地下水水质质量的主要指标有矿化度、总硬度、氯化物、硫酸盐、氨氮、碳酸盐以及 pH 值等，而铅、砷、锰等重金属含量较少，在此将不对这些评价指标进行评价计算。根据式（1）可知，评价地下水水质应首先确定地下水水质初值，它是评价地下水水质质量的参照，是进行污染评价的标准。根据中华人民共和国地下水质评价标准，得到地下水水质初值如表1。根据水质指标取值范围，将地下水质量划分为四个等级，如表2。

表1　地下水水质参数国家标准值

水质参数	氨氮 (NH_4,mg/L)	Cl^-(mg/L)	矿化度 (mg/L)	总硬度(以 $CzCO_3$ 计，mg/L)	…
初值	0.02	50	300	150	…

表2　地下水水质评价标准

污染程度	未污染	轻度污染	中度污染	重度污染
水质综合指数	P<1	1=<P<15	15=<P<30	P>=30

在吉林省西部地区均匀选取40个采样点作为研究对象，进行地下水水样分析，对每一个采样点进行矿化度、氨氮、总硬度、氯化物、硫酸盐、pH 值、碳酸盐等的水质指标化验，得到吉林省西部地下水水质数据，如表3所示。

表3　吉林省西部地下水水质参数值

监测序号	经 度	纬 度	矿化度	氨 氮	总硬度	Cl^-	：
1	122.816660	45.183333	645	0.10	229	15.8920	：
2	122.883333	45.316667	1014	0.51	418	8.8292	：
3	123.366667	45.550000	1031	1.08	249	12.9680	：
4	123.366667	45.550000	644	0.66	223	41.4857	：
5	122.800000	45.633333	623	0.18	274	12.2870	：
6	122.883333	45.766667	436	0.09	211	15.6770	：
7	122.450000	45.450000	586	0.08	217	22.8150	：
8	122.533333	45.366667	1896	1.05	358	23.4910	：
9	124.216667	45.516667	727	0.19	243	40.2400	：
…	…	…	…	…	…	…	：
40	124.266667	45.516667	593	1.47	217	55.2800	：

由表 3 可以看出，吉林省西部地下水 pH 值均大于 7；总硬度在 170 mg/L 以上；矿化度远远高于国家标准值；氯化物含量变化较大，在 4 至 160 mg/L 之间；氨氮含量也普遍高于国家标准值，在 0.05 至 4.17 mg/L 间变化；硫酸盐和碳酸盐含量也普遍偏高。

3.2 评价结果输出及分析

将表3中的地下水水质数据输入至地下水水质分析模型与GIS集成系统中，运行地下水水质分析模块，即得到吉林省西部地下水污染情况。图3、图4为集成系统输出成果图。



图 3　地下水水质质量等值线图



图 4　地下水污染分析结果图

由图 3 和图 4 可知，吉林省西部地下水虽然重金属污染小，但其他污染较严重，基本上大部分地区属于污染严重地区。吉林省西部地区地下水碱性大，硫酸盐及氨氮含量较高，矿化度污染严重，总硬度值普遍偏高。吉林省西部地区地下水虽然总体污染严重，但由于多是硫酸盐、碳酸盐、氯化物等污染物，经一定处理该区地下水可进行各种用途的应用。

4．结语

了解地下水水质特点，对合理开发和使用地下水有着重要意义。采用面向对象开发技术，使模型从数据准备、建立、运行到方案管理都运行于 GIS 内部，实现了 GIS 和地下水分析模型的整体集成，拓宽了地下水质分析的方法。地下水水质分析模型与 GIS 集成不仅使地下水水质分析简单易行，而且精度满足要求。应用水质分析模型与 GIS 集成系统研究吉林省西部地下水质，分析结果表明：吉林省西部虽然工业污染少，重金属污染不多，但总体污染严重。

参 考 文 献

⑴ 宋关福，钟耳顺.组件式地理信息系统研究与开发[J].中国图像图形学报，1998，3（4）:313－317

⑵ 魏加华，王光谦，李慈君，邵景力.基于 GIS 的地下水资源评价[J].清华大学学报（自然科学版） 2003, 43（8）:1104－1107

⑶ James H．Doan P E. Hydrologic model of the buffalo bayou using GIS [OL],

2000

⑷ Melloul A. and Azmon B. A graphic expression of salinization and pollution of groundwater: the case of Israel's groundwater [J]. Environmental Geology 1997, 30/1-2: 126-136

⑸ 金菊良，刘丽，丁晶，付强.地下水评价的逻辑斯谛曲线模型[J]. 环境污染与防治 2003, 25（1）：46－48

⑹ Programmer's Reference. MapObjects-GIS and mapping components [M]. ESRI Inc, 1999

⑺ Paul E. Albertson and Gary W. Hennington. Groundwater analysis using a Geographic Information System following finite-difference and –element techniques [J]. Engineering Geology 42(1996) 167-173

五、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、土地特性分类图外，大多发挥了 GIS 的分析和决策功能，如进行土地流失预测，自动进行容积、面积量算，洪水演进模拟，统计洼淀淹没损失等。GIS 在水利勘测、规划、设计、管理部门的应用，大大提高了工作效率，节省了大量的人力物力，提高了规划设计和管理决策的科学性，从而产生了巨大的经济效益与社会效益。

成功案例

珠江流域重点堤防数据库系统

“珠江流域重点堤防数据库系统”是水利部珠江委员会结合珠江流域重点堤防普（复）查工程，建立基于 GIS（地理信息系统）的珠江流域重点堤防数据库，使珠江流域的堤防基本数据规范化、数字化，发挥信息的巨大的价值；为珠江流域堤防工程的管理、决策提供形象直观的技术依据，为珠江堤防工程的设计、建设、管理、汛期防洪决策、抢险、堤防质量检测与处理提供服务。

系统涉及的数据有珠江流域的 1：100 万矢量地图；珠江流域重点堤防的 1：1 万矢量地形图；县级以上行政区（ 各行政区总面积（平方公里）、人口、工业、农业产值）、水系情况、河流情况、堤防基本情况、堤防保护范围、堤防历史决溢记录和气象、水文情况、堤段情况、堤段地质情况、堤防工程地质平面图（比例：1：1 万 或 1：5000 ）、堤防工程地质剖面图（比例：1：5000 或 1：2000 ）、堤段治理情况、穿堤建筑物情况。

“珠江流域重点堤防数据库系统”是一个以数据库系统为主，具有 GIS 特性的工程应用管理系统。

小浪底运用方式库区地理信息系统

黄河小浪底水库是一座以防洪（防凌）、减淤为主，兼顾供水、灌溉、发电、除害兴利、综合利用的水利枢纽工程，在治理开发黄河的总体布局中具有重要的战略地位。1997 年小浪底水利枢纽工程顺利截流，并于 1999 年底发电，并将在 2001 年全部建成投入运行。该水库的投入运行，关系着黄河下游数千万人民生命和财产的安全，并减缓了被称之为“悬河”的黄河下游段的加高速度，为黄河这一世界上泥沙问题最严重的河流综合治理争取了时间。因此，小浪底水库运用方式的研究是非常重要的。

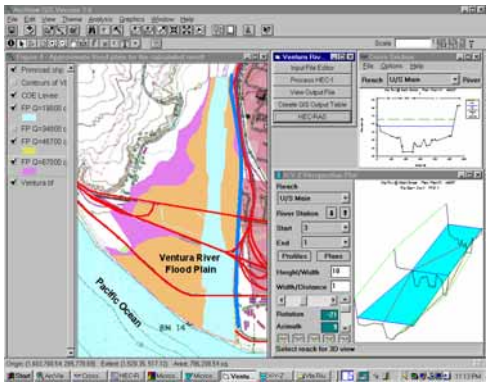
黄委会设计院规划处根据实测资料分析和理论计算，结合物理模型试验成果，提出水库前 3～5 年运用的成果。小浪底运用方式研究是一项涉及面广、内容复杂的工作，需要大量的数据准备。同时经过各种方案的研究运算，又会产生庞大的结果信息。对于这些信息如何加工处理，直接影响人们对计算结果的认识。而图形是人们了解事物最直观、最全面的一种方

式。因此，将小浪底库区的地理图形用计算机显示出来，并且将小浪底水库运用方式研究的成果与相应的地图结合，就能更加直观的反映小浪底水库运用过程，提高对计算结果了解的程度。黄委会设计院的工程师们选择了 ESRI 的 ArcView 软件及其扩展模块。

ArcView GIS 3.1 是基于 GIS 的桌面制图系统，所谓桌面制图系统是指利用 ArcView 可以方便地制出各种专题地图，而所谓“基于 GIS”则指 ArcView 具有较强的空间查询和分析功能，利用 ArcView 的 GIS 功能可以使桌面制图更加灵活。另外 ArcView 的数据编辑、空间分析和可视化功能也很强。因此，我们选择 ArcView 为平台显示查询小浪底水库 3～5 年运用的成果，称之为小浪底库区地理信息系统。



土耳其利用 GIS 辅助幼发拉底河及底格里斯河水坝、水电站规划



1995 年，土耳其东南安那托利亚工程区域发展委员会（GAP-RDA）和 Psomas & Associates 引进 GIS 技术，利用 ARC/INFO 和 ArcView 进行工程规划管理及论证系统的可行性分析。

东南安那托利亚工程是土耳其最大的工程，也是全球最大的工程之一，包括 13 个基于灌溉与水电的主要工程，涉及幼发拉底河、底格里斯河及其支流的 22 个水坝和 19 个水电站，超过 170 万公顷的灌区及年 270 亿度发电量，占土耳其灌区总面积的 17%，年发电量为全国的 22%。

除灌溉和水利水电外，该工程包括相关的社会经济因素如工业、交通、采矿、通讯、医药卫生、教育、旅游和基层。1993 年，世界基金组织把它列入当今世界的七大奇迹之一。

ARC/INFO 在该工程中重点用于规划和管理工程勘漏信息。ARC/INFO 可支持 GAP-RDA 接受众多来源的信息，其中涉及工程区域和城市规划的数据，包括 1：25 万地图、相关属性数据库等。ARC/INFO 利用相关数据确定区域的发展趋向、影响及未来发展需求，此外利用 ARC/INFO，对乡村和城市的土地利用和宗地规划进行管理，包括资金预算的优化管理。

GIS 在水电工程管理中的应用，对大型工程的评估、优化及实施具有重大意义！

第六章　ESRI的资源

美国环境系统研究所有限公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称 ESRI）成立于 1969 年，是全球最大的 GIS 技术提供商。作为 GIS 的拓荒者及当今 GIS 技术的领导者，ESRI 公司一直致力于为全球各行各业的用户提供先进的 GIS 技术和全面的 GIS 解决方案。雄厚的实力基础使 ESRI 公司每年可以投入巨资进行产品的研发，不断用最新的技术带动行业发展，以满足用户的应用需求。目前 ESRI 公司的多层次、可扩展、功能强大的 ArcGIS 全系列产品已遍布全球二百多个国家、超过百万个用户单位、几乎所有的 GIS 应用领域。

1991 年富融科技有限公司成为 ESRI 和 ERDAS 在中国地区的总代理。多年来，富融公司为国内各行业用户提供的 ArcGIS/ERDAS IMAGINE 软件及相关服务得到了中国用户的普遍认可，与国内许多政府单位建立了良好的合作关系，如：国家测绘局系统、国家环保局系统、中国地质调查局系统、国家海洋局系统、国土资源系统、水利系统、地震系统、城市规划、市政、土地、房产、电力、电信、农业、林业、交通、能源、公安、消防、气象、航空/航天、军事、统计、金融保险等。

2003 年 4 月 15 日，ESRI 中国（北京）有限公司正式成立。ESRI 中国（北京）有限公司将延续富融公司的所有业务，将更多、更直接、更长久地注重和投入中国市场，加强与各界的合作关系，完善技术支持与服务，共同促进中国 GIS 事业的发展。

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。

1．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。

ArcGIS 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“第五届 ArcGIS 暨 ERDAS 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。

2．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。

3．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。

4．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。

5．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。

6．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。

7．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。

8．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。

9．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。

10．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。

ESRI 中国（北京）有限公司

美国环境系统研究所公司（Environmental Systems Research Institute, Inc. 简称 ESRI）成立于 1969 年，是世界最大的地理信息系统（Geography Information System，GIS）技术提供商。公司自创建之初就一直引领着世界地理信息系统技术的潮流，在竞争激烈、发展迅速的 GIS 软件领域，一直扮演着技术领先者的角色。全球每天都有超过一百万人使用 ESRI 公司的 GIS 技术，用于提高组织和管理业务的能力。

ESRI公司始终将GIS视为一门科学，并坚持运用独特的科学思维和方法，开发出丰富而完整的产品线。目前，ESRI公司所提供的GIS解决方案已经迅速成为提高政府部门和企业服务水平的重要技术手段。全球有超过三十万个分布于政府部门、测绘部门、石油公司、健康机构，以及电力、国防、航空航天、商业等各个领域的用户单位使用ESRI公司的GIS技术。

ESRI中国（北京）有限公司将禀承ESRI公司一贯的探索精神和独树一帜的管理风格，并结合多年来为中国用户技术支持与集成的经验，为广大中国用户提供满足今天需要的服务，更为其将来的发展奠定坚实的基础。

ESRI 中国（北京）有限公司
ESRI China (Beijing) Limited

北京办事处：
北京市东城区朝阳门北大街 8 号
富华大厦 A 座 12 层 D 室　邮编：100027
Tel: 010-65541618　Fax: 010-65544600
技术服务热线：010-65542881
Email: info@esrichina-bj.cn　http://www. esrichina-bj.cn

上海办事处：
上海市徐汇区天钥桥路 30 号
美罗大厦 611 室　邮编：200030
Tel：021-64268423/24/25/26
Fax：021-64268184
email: info@esrichina-bj.cn

广州办事处
广州天河北路 233 号
中信广场 3316 室　邮编：510613
Tel：020-38772335/36/37
Fax：020-38772350
Email：info@esrichina-bj.cn

Trademarks Provided Under License from ESRI