

城市地下管线综合信息管理系统浅述

方承佳

城市地下管线是城市建设管理的重要信息也是城市赖以生存和发展的物质基础，亦称为城市的“生命线”，它是城市管理基础设施建设中最重要的一环。

21 世纪将是信息化的时代，科技领域的竞争已成为各国综合国力竞争的一个焦点。现代科技革命的核心是信息技术的进步。作为信息化产业重要支柱之一的地理信息系统（GIS）产业，已成为国家科技部战略发展的主流方向。

地理信息系统（GIS）是一种特定而又十分重要的空间信息系统，它是以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球表面与空间和地理有关的数据的空间信息系统。它是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、信息科学和管理科学为一体的新兴边缘科学。GIS 把这些技术与学科有机地融合在一起，并与不同数据源的空间和非空间数据相结合，通过空间操作和模型分析，提供对规划、管理和决策有用的信息产品。

广东省佛山市是一个历史悠久的中等城市。占地面积 78 平方公里，改革开放 20 年来，它就象雨后春笋一样蓬勃发展，高楼大厦拔地而起，居民生活日益提高。然而，城市负载越来越重，城市发展对地下管线的依赖也越来越强，地下管线的人工管理已跟不上形势的需要。佛山市供水总公司领导认识到利用 GIS 和计算机技术对供水管网进行管理的重要性。而供水管网及附属设施等一些基础资料、属性数据是一项最基本的管理环节，也是最繁杂的数据管理。佛山市 1:500 地形图就有 1678 幅，其它比例尺也有一百多幅，管线总长 3000 多公里，再加上管道上的各种附属设施，以及测流、测压数据等，数据量非常庞大。如果全凭人工上图、改图、人工记录和统计是难以掌握其管网现状的，尤其是一旦发生管道故障或爆裂时，全凭有多年经验的老工人或现查资料来确定阀门所在位置和需关闭那些阀门的话，这无疑会延误时间和浪费大量的水资源，必将影响企事业单位生产和居民的生活用水。要改变佛山水司这种人工管理；人工查询资料和资料更新慢的落后面貌，就必须尽快建立起“佛山市供水管网综合信息管理系统”，势在必行刻不容缓。1997 至 1998 年，佛山水司经过多方面考察和调研。与武汉中地信息工程有限公司签署了建立“佛山市供水管网综合信息管理系统”合约。

“佛山市供水管网综合信息管理系统”（以下简称 GISPipe 系统）于 1999 年 10 月正式提交，通过试用基本上满足了用户的需要，已正式验收。得到专家的一致好评。

目前国内有不少机构和单位引进了国外的软件，如 RAC/INFO、MAPINFO 等，大部分使用效果不佳。存在维护系统不方便，要求使用人员计算机专业水平素质高和软件价格高等问题。而中地公司在上述问题方面则具有很多的优势和与众不同的特点。

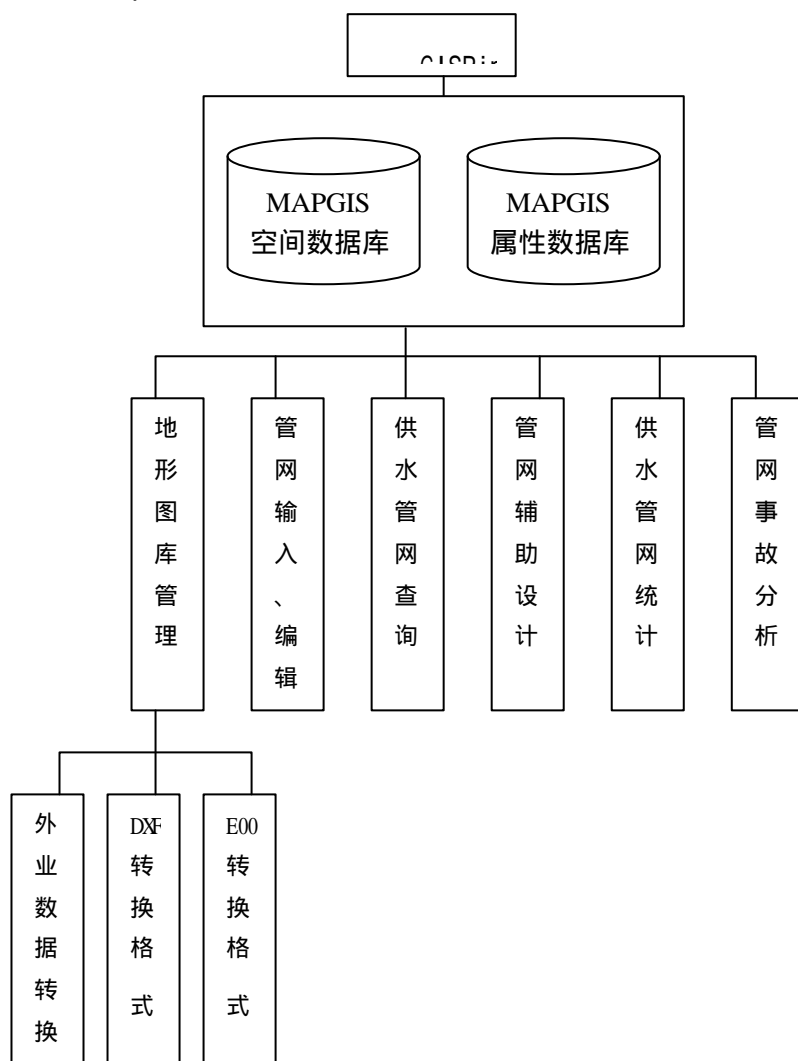
GISPipe 系统是在国产品牌软件 MAPGIS 的基础上开发出来的。MAPGIS 问世以来，他表现出强劲的技术优势，1995 年该软件被评为具有国际先进水平的国产软件，并列入国家级科技成果重点推广计划项目；1996 年该软件在国家“九五”的第二次全国 GIS 国产软件综合测评中，名列榜首，并成为国家科委向全国推重中的重点科技攻关项目，获得国家科委支持；是 1997 年由国家科委主持推荐的唯一国产 GIS 软件开发平台。1998 年推出网络版，在全国 GIS 软件测评中再次夺魁。正是这强劲的技术优势孕育出了城市综合管线信息管理系统 GISPipe 和其他各类应用软件系统。

GISPipe 系统是一个集空间数据管理与属性数据管理于一体的功能强大的运用管

理系统，所有系统从 16 位升级到 32 位，支持 Windows95/98 和 WindowsNT 操作系统，支持网络功能。

GISPipe 网络版的空间数据库引擎可在标准关系数据库环境下实现客户机/服务器结构，允许多用户并发访问同一空间数据，采用数据镜像方法，解决了空间数据在网上运行速度问题。支持多种硬件网络服务器平台，支持大型超大型关系数据库管理空间和属性数据；完善的安全机制保证用户对空间数据的访问权限，具有单个图元记录的共享和独占，以及多个图元记录的共享和独占锁定机制；遵循开发式系统标准，支持运用 TCP/IP 协议的 LAN 和 WAN 环境的访问，支持 UNIX 和 PC 平台混合配置；GISPipe 互联网开发软件包允许用户在 ActiveX 控制支撑下，开发脱离 GISPipe 环境在标准的 WWW 浏览器上独立运行的地理信息查询浏览系统。

GISPipe 系统结构如下图：



GISPipe 系统提供友好的中文窗口界面。整个系统结构已模块化，模块间相互独立也相互关连。系统具有无级放大窗口；海量无缝图库管理；高性能的空间数据库管理；灵活的地形图、管线分层技术；三维图式操作；多种类型；多种输入方式、多种输出方式、多种查询方式、多种统计方式。系统具有更新方便，易于系统数据维护；灵活方便的窗口编辑功能，使得各种地物、建筑及管线的属性查询、修改方便易行；灵活的条件查询、可视化剖面及三维改变视角和视点查看，结果一目了然；输出手段多样化可任意裁剪一幅或按图幅号裁剪地形图、综合管线图、专题管线图；单管线属

性、多种管线属性输出，可在各种输出设备上输出操作；完美的管线统计，具有各种方式统计出多种图形和详细数据，可任意修改图形和数据并输出打印。

GISPipe 系统有多种数据录入功能可利用数字化仪输入、扫描矢量化输入、键盘输入点坐标方式、GPS 输入和其他数据源直接转换；利用鼠标在图形窗口中定位成图；对于已经存储于文件中的图形、点、线坐标信息可以读入并自动成图；对于多种图形格式文件及各种 GIS 软件系统的输出图形文件均可以被转换成系统可以接收的格式；同时，系统中的图形也可以通过格式转换为其它软件接收。系统提供一套完整的国标图式、线形、颜色、图层（256 层）、汉字库、图案填充库，用户也可根据自己的需要任意修改和添加系统服务库。数字化输入点、线图元过程中，对图中的要素进行分类、分层操作，对输入数据进行修改、删除、剪断等编辑操作，并对输入完后的数据进行校正。扫描矢量输入，通过矢量追踪，确定空间实体的空间位置。对于矢量化数据是一种省时、高效方式。那么 GPS 是一种快速定位工具，他根据一组卫星的接收信号，快速地计算地球表面特征的位置。由于 GPS 测定的三维空间位置用数字坐标表示，因此不需要作任何转换，可直接输入数据库。

本系统具有强大的图形编辑功能。对点、线、面的空间位置及其图形属性、可随时增加或删除，并适时自动校正拓扑关系。图形编辑子系统可对图形数据库中的图形进行编辑、修改、检索、造区等，从而使输入的图形更加准确、丰富、漂亮。它以先进的可视化定位检索功能，提供移动窗口，开窗口，无级放大窗口等手段。有着灵活和方便的线元、点元、面元编辑功能，具有连接、组合、增加、删除、修改、剪裁、提取、平滑、移动、复制、方向、旋转、生成平行线、修改参数、替换等手段。它们是地形图编辑管理模块中不可缺少的部分，也是一个重要的维护管理工具。

图形数据输出是一种成果变换产品根据各种用途的需要与其它系统进行交换，它是 GIS 应用中不可缺少的一部分。本系统可对各种图形、图象、图表、文本、报表等进行输出；POSTSCRIPT 输出；光栅处理。

图库管理在整个系统中负责整个图形基础数据信息的管理，它是所有系统的根本基础，直接关系到本系统运作的稳定和数据信息的准确来源。图形库管理主要是针对多幅图的空间数据管理，用于储存和管理地图信息，属于专用的地图数据库管理系统。

库管理系统以帧为单位来管理图形数据，并实现图幅漫游；为用户提供了灵活直观的数据入库手段；多种强有力的数据查询途径；方便的帧与帧之间的接边功能，消除相邻帧间的接合误差；对已不是严格的标准图幅提供了便利；提供图幅检索功能构造裁剪框，形成新的图幅。

MAPGIS 数据转换功能为 MAPGIS 系统和其他 CAD、CAM 软件系统间架设了一道桥梁，实现了不同系统间的数据转换，从而达到数据资源的共享。本系统可将 ARC/INFO 的 *.E00 数据格式、AutoCAD 的 *.dxf 数据格式、DLG 数据格式转换成本系统内部文件格式，也具有反向转换格式的功能。

供水管网系统可直接读取外业探测数据；也可人工输入管线；对管网各个实体所对应的数据库属性结构及内容进行修改；对管网进行设计及整饰。还具有灵活完备的查询、检索、分析手段，如：裁剪、三维观察、量算、条件检索等。可根据网络实体的空间位置来检索提取数据；也可根据网络实体的属性来检索提取数据；还可根据条件表达式来检索提取数据。查询按照条件进行过滤查询；按照所在的区域位置进行分区查询；按照属性种类进行查询。统计可针对某个区域、某类管线或所有管线进行统计，最终不仅可以得到表现统计结果的各种统计图，而且可以得到各种所需的统计数据。最后可将该结果存盘或打印。管网分析功能是：查找最短路径；管点连通检查；分析爆管、漏水和阀门失灵的处理方法。管网辅助设计是直接从底图中把所需要设计

部分区域裁剪下来,在此区域上进行管线平面图设计,并能自动生成管线轴测图,作出管线材料统计表、设计说明、节点详图等。最终将施工后的最新竣工图管线自动替换老的管线系统,使管网系统始终保持最新数据信息。管网查询响应时间和数据精度如下:

管网全条件查询响应时间	< 4 秒
单项查询响应时间	< 2 秒
地形图数据的精度	< 0.2 mm
管线数据精度	< 0.3mm
管线属性数据入录精度	< 0.3mm
打印输出图件速度,取决于打印输出设备。	

系统具有以下特性:

先进性—采用国际上主流的体系结构。其独特在于采用 GIS 的原理和方法对地下管线网络数据分析和建模,并采用大型商业数据库来存储、管理数据。

实用性—系统将地下管线网络数据实现可视化,便于维护、更新、管理;并结合业务流程,满足各类人员的使用习惯及日常工作的需要,它是“人---软件---业务流程”的有机统一。

可扩充性—系统的信息编码、系统功能和数据库结构,留有充分的扩充余地。

安全性—采用数据库的安全控制系统,操作系统的安全机制,以及扩展的用户管理系统多级化安全机制,保证数据库的安全并维护数据的一致性。

规范性—直接引用现有国家标准和行业标准与实际工作标准。

数据的可交换性—系统与其他类似功能的系统具有数据交换能力。根据用户原有的管线资料管理系统的特点,系统提供对各种类型 GIS 的文件转换能力。

可靠性—采用大型商用数据库的数据管理。备份功能及时补充、更新、备份已变动的数据,图形数据和属性数据准确可靠。

《供水管网综合信息管理系统》的建立能确保管网信息资料完整、准确、现势性强,管理维护方便。同时也促使供水企业的管理工作更加科学化、规范化,必将给企业带来巨大的社会效益和一定的经济效益。以高起点、高规划我国自主开发出的“供水管网信息管理系统”,必将全面推动城市管理领域向前发展,为实现我国提出的“科教兴国”做出更大贡献。

《佛山市供水管网综合信息管理系统》简介

佛山市供水总公司 杨舒灵 方承佳

摘要 本文介绍了《佛山市供水管网综合信息管理系统》建立概况、系统设计特点、基本结构和功能以及系统建立过程中的体会。

关键词 供水管网 地理信息 电子地图 空间数据 属性数据 管网信息

一、引言

佛山市供水总公司始建于 1963 年,当时供水管道不足 20 公里,改革开放以来佛山市的供水事业得到了空前发展,新建了供水设施,增强了供水能力,适应了佛山市经济大发展的需要。佛山市供水总公司现有两个水厂,最大日供水量为 72 万 m^3 ,供水面积达到了 80 Km^2 ,管径为 DN80mm 以上的供水管道约 700 公里,供水管道遍布佛山市每个角落,组成了一个庞大的供水管网。这些管网和供电、邮电等其它地下管线交错在一起,错综复杂。由于原有的供水管网资料不全和准确度有限,采用的又是人工管理和纸介质存储的管理方式,因此随着年代的久远,使其查找、更新困难。对现有管线的使用状况、走向、埋深等也不能很好地掌握。供水管道被外单位基建时挖断的情况曾有发生;在新建管道驳接时,连关了几个阀门也不能很好地断水驳接;一旦出现爆管等事故,也不能及时作出处理方案;因此造成了大量的水白白流失,给市民日常生活带来了一定的困难,同时也给企业本身造成了极大的经济损失。随着计算机技术的发展,新兴的信息产业越来越受到人们的重视。具有空间特征的地理信息系统就是一门近年来迅速发展起来的科学、技术和信息产业。建立以 GIS 技术和计算机技术为支撑的城市管网 GIS 应用系统来代替传统的管网资料管理方式,是我国管网资料管理领域的一场意义深远的变革,是管理观念的革新与发展。近几年来供水管网电脑化管理已越来越被各水司的领导所重视。要想真正提高管理水平,适应社会和企业的发展,就必须跟上时代的步伐,将现代化管理手段引用到企业管理中来。为了改变上述情况,更好地适应现代化城市发展的需要和满足佛山市人民日益提高的生活水平的需求,进一步发展我们的供水事业,97 年,我公司便开始着手建立《佛山市供水管网综合信息管理系统》。

二、“系统”建立概况

《佛山市供水管网综合信息管理系统》建立的目的是:利用地理信息和计算机技术对佛山市供水管网数据(含管网图形、管线、阀门等重点设施和用户情况等资料)作全面而准确的综合管理,能随时掌握全市供水系统的最新资料,供管网管理、规划设计、运行调度、决策使用。所以建立起来的“系统”必须与本公司的实际情况相结合,因此围绕“系统”的建立我们派员分别到广州、深圳、中山等水司学习取经和进行广泛的咨询、考察调研。通过对市场上的优秀 GIS 供水管网软件对比后,我们决定采用武汉中国地质大学中地公司开发的 MAPGIS 供水管网软件。然后就是购买佛山市 1:500 的电子地图,佛山市 1:500 的电子地图是建立《佛山市供水管网综合信息管理系统》的最关键、最基础的资料。巧妇难做无米之炊,没有它,“系统”就犹如空中楼阁难以实现。由于种种原因,我们最终还是花了 150 万元,总算从佛山市建委地理信息中心处购买到了 1687 幅佛山市 1:500 的电子地图。由于这个原因,使得“系统”的建立整整往后推迟了一年。

在购进电子地图的基础上,我们与地大中地公司共同制定了《佛山市供水管网综合信息管理系统》的总体设计方案,确定了系统的设计原则是:实用性、可

靠性、完备性、科学性、规范性、经济性、可扩展性和开放性、可操作性等。因此 MAPGIS 首先须完成佛山市 1:500 地形图 ARC / INFO 格式到 MAPGIS 格式的双向转换,形成完整的地形图库。提供管线数据入库功能和建立管网拓扑结构,实现系统软件的集成,来达到《佛山市供水管网综合信息管理系统》所要求的功能。同时我们也开展了对佛山市供水管网的普查工作。我们首先以同济区为试点,聘请深圳市大深公司管网探测队对管网进行了探测,全面收集该区管网、阀门、水表等有关的地理信息数据和属性数据,经整理后输入电脑进行模拟运行、管理。至 1999 年 11 月底该区已调试完毕投入运行。试点是成功的。我们在总结经验和教训的基础上准备以点带面,全面推广。我们公司在 99 年 7 月也组织了一个管网探测队伍,和聘请的外单位管网探测队伍一道分区收集上述有关管网信息,使能尽快完成管网的普查和原始资料的收集、整理、录入工作,争取“系统”到 2001 年年底能全部投入使用。

三、系统设计特点

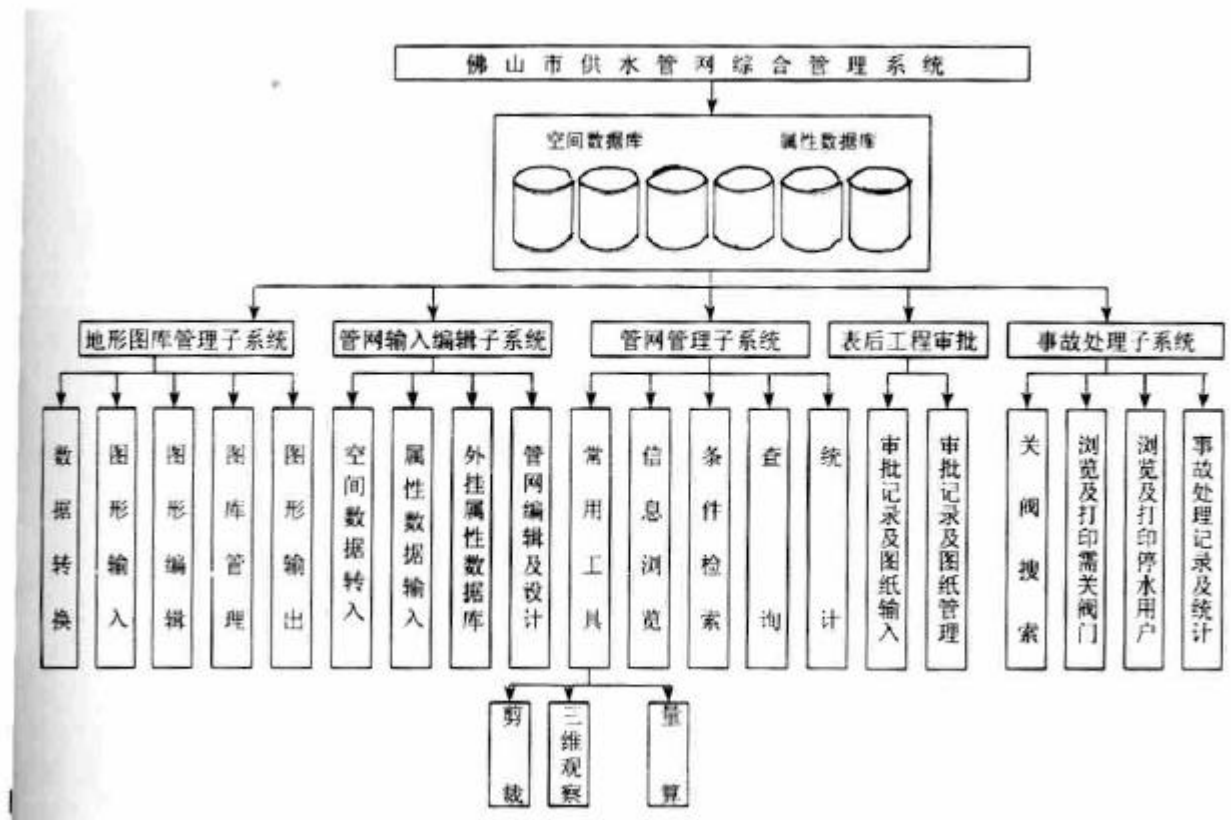
1、先进性:MPGIS 是具有国际先进水平的完整的地理信息系统,它分为“输入”、“图形编辑”、“库管理”、“空间分析”、“输出”以及“实用服务”六大部分,共计十六个子系统。根据地学信息来源多种多样、数据类型多,信息量庞大的特点,该系统采用矢量和栅格数据混合的结构,力求矢量数据和栅格数据形成一整体的同时,又考虑栅格数据既可以和矢量数据相对独立存在,又可以作为矢量数据的属性,以满足不同问题对矢量、栅格的不同需要。根据不同的需要,可以选择六大部分内的各个子系统。一般的处理过程是:先用输入系统采集图形、图象、属性等数据,然后通过图形整饰和服务系统将数据进行整饰和校准,通过库管理进行入库和库维护,接下来就可以通过空间分析来进行各种查询、分析、统计等操作,需要输出的图形、图象、报表等数据通过输出系统进行输出。所以 MAPGIS 是较成熟的软件平台。在此软件平台上进行二次开发定能实现对佛山市供水管网的科学管理,真正提高我公司的管理水平、适应社会和企业的发展。

2、实用性:从实际出发,根据公司的管理现状和队伍的素质,该系统主要解决目前急需解决的管网抢修智能决策和对管网设施规范化管理需要,同时具有良好的用户界面,方便日常操作和维护,系统能实现我公司对供水管网的科学化管理。

3、拓展性:系统具有良好的接口和方便二次开发的工具,以便系统能不断地扩充、求精和完善;系统在输入输出方面具有较强的兼容性,能进行各种不同数据格式的转换。因此,系统可根据我公司管理需要,增加、扩充功能,以适应不断发展的需要。

四、系统的基本结构和功能

1、系统总体结构如下图所示:



整个系统概括起来可分为五大功能子系统。分别是地形图库管理子系统、管网输入子系统、管网管理子系统、表后工程审批、事故处理子系统，每个子系统由数个功能模块组成。“系统”采用网络版接口形式（共设十个网卡），可满足本公司领导和公司下属业务部门对供水管网现状的各种有关查询。

2、各个子系统和其模块的主要功能：

、地形图库管理子系统：本系统提供了分别对点、线、区三种图元的空间数据和图形属性进行编辑的功能，同时还集成了矢量化和图形输出功能，最主要的是能够对图库灵活管理和方便的数据转换，是一个具有很强功能的图形编辑管理系统。它包括图形输入、图形编辑、图形输出、图库管理、数据转换等功能。

、管网输入编辑子系统：本系统提供了方便地管理供水网络的手段，迅速直观地构造整个网络，建立与网络元素相关的属性数据库，提供丰富有力的网络输入手段，除了直接的手动输入外，还对大批量的数据采取了外挂数据库的方式，大大方便了信息录入。它包括供水管网各组成成分的属性数据输入、对外业探测的供水管网空间数据的转入、管网编辑及设计以及外挂数据库等功能。

、管网管理子系统：本系统是通过一些有效的方法快速对目前的管网信息进行全面的了解和详细的分析，从而能够指导管理人员高效率正确地进行管理和抉择，另外通过所提供的查询工具的各种查询方法，方便地得到想要的数据和信息。它包括常用工具、信息浏览、条件检索、查询、对管线信息进行分类统计（统计是对所选文件属性（或表格）的某个字段或用户指定统计分类数与各分类段的范围，统计图元总数，该字段或分类的总和、最大值、最小值、平均值以及所统计图元（或表格）数。并将统计结果保存在表格数据缓冲区中，可用直方图、饼图等多种形式显示，最后可将结果存盘或打印。）等功能。在这模块中用户除了可以分析、查询、浏览、打印之外，不能改动其它的网络数据。

、表后工程审批系统主要功能是对水表后的给水工程的图纸审批和记录进行管理。

、事故处理子系统：这里所说的事故是指管网中突发的爆管等漏水事故。该系统在事故发生后，只要用户指定漏水处，系统就能够制定出合理的处理方案以便及时排除故障。它的功能 a、关阀搜索及扩大关阀搜索：当指定漏水处时，它会选择最优关阀方案，列出需关阀门和显示停水用户信息，如果当现场发现其中某些阀门损坏或失灵时，则能扩大搜索范围，继续寻找需关哪些阀门。b、浏览及打印需关阀门：根据分析结果和关阀方案显示出需关阀门的位置和属性，打印输出抢修单及阀门卡片，选择和保存事故处理记录。c、浏览及打印停水用户：根据分析结果和关阀方案显示出关阀后将要停水的位置、名称和属性，打印停水通知和用户列表。d、阀门检修：当需检修某些阀门时，则需利用扩大搜索寻找需关哪些阀门，以便进行检修。

3、信息类别

、空间数据：地形图空间数据（X、Y 坐标等）和供水管网各组成成分{如水表、阀门、管网节点（三通、四通、弯头、堵头等）}的 X、Y 坐标。

、属性数据

- 1) 管线信息：管段编号、长度、管径、管材、埋深、埋设时间。
- 2) 阀门信息：编号、安装地点、型号、口径、结构型式、驱动种类、连接形式、开启方向、开启转数、生产厂家、安装日期等。
- 3) 水表信息：编号、用户名称、用户地址、用水性质、收款方式、水表型号、口径、水表位数、安装日期等。

五、几点体会

供水企业建立《供水管网综合信息管理系统》势在必行。在建立《供水管网综合信息管理系统》的过程中我们认为该系统是一项投资大和费时费力的工程。

1、领导重视是系统能顺利进行的关键。我们总公司的领导班子非常重视，一把手亲自抓，并多次和上级有关领导部门磋商购买电子地图问题。我们组织了一个专职领导小组，该小组由总公司的主管领导、公司技术部门的领导、计算机信息科、供水管理科的有关技术人员组成。

2、建立系统最基础的资料是城市的地形图（或电子地图），但地形图价格昂贵。城市地形图的掌握部门应以最优惠的价格提供给供水公司，因为城市地下给水管线进入 GIS 系统后，将为整个城市的地下管线管理和城市规划创造巨大的价值，况且供水公司完成的地下管线 GIS 信息又都要无偿提供给城市规划部门，所以城市有关领导部门应协调统筹给予解决，尽量给地下管线单位提供方便。

3、选择合适的软件平台是系统能真正满足本单位的需要和实现其功能的关键。目前国际国内都有不少 GIS 方面的优秀软件，但各有千秋。例如西门子利多福软件系统庞大、功能全，比较适合大城市的供水公司（例如广州自来水公司就采用了此软件）。美国的 8M 系统相对专业性比较强，但 GIS 的功能稍弱一些，表现为输出图纸速度比较慢。而 MAPGIS 可管理海量数据，查询检索方便、迅速；由于系统图形和属性数据保持严格一致所以事故处理功能实用而且简单快捷；系统设计符合行业规范；三维处理功能强，可灵活实时生成横断面图、纵剖面图和具有真实感的三维立体图，在图中可任意查询管点、管线的专业属性数据，可调整观察角度、投影方向；运行稳定可靠；具有功能扩展空间；价格适宜。跟我们的实际情况相符，所以 MAPGIS 特别适合于中、小城市的供水企业。

3、管网原始和基础数据的齐全和正确是建立系统成功的根本。因此管网原始和基础数据的质量是第一位的，所以必须聘请素质高责任心强的探测队伍。同时供水公

司最好也应有自己的探测队伍，因为他们的责任心相对起来比聘请的探测队伍强，更重要的是可以随时更新管网信息，使管网信息永远处在最新状态。

5、建立供水管网综合信息管理系统是一项较大的工程，也是一项非常烦琐而复杂的工程。因此自始至终必须认真细致地做工作，不得马虎，要严格质量控制。而且公司属下各部门一定要服从统筹安排，主动积极配合搞好原始资料的收集整理确保系统的准确真实性。

6、选择一个小区建立一个小系统先运行起来，在试验区进行试点的基础上建立规范，积累经验，然后在全市管网推广应用，也是建立供水管网综合信息管理系统的有力保证。

《佛山市供水管网综合信息管理系统》建立以后，我们将在运行过程中逐步完善，充分发挥其巨大功能，促进佛山的供水事业更大发展。

2000/5/16

地理信息资源的开发利用与数字地球

韩慎友 班效章

(河南省地质测绘院 郑州 450006)

一、引言

随着知识经济时代的到来,地理信息资源进一步演化为信息资源综合开发利用的综合性产业。地理信息是经济、资源、环境、人口和社会可持续发展决策的重要信息,地理信息的运用几乎涉及社会经济的各个领域。人们在长期从事生产实践、科学实验等社会活动中,创造和积累了无比丰富的地理信息资源,地理信息资源的增长率和绝对积累数量已达到惊人的程度,具有重大的开发和利用价值。地理信息资源的开发利用是数字地球核心所在。数字地球在解决社会、经济及可持续发展等复杂问题中的应用有着十分重要价值。但是,由于社会信息意识、科学技术及其他方面的原因,地理信息资源的开发和需求之间存在着巨大的差距。如何加快开发利用地理信息资源,建立地理信息资源的数字化生产、传播流通和消费系统,更有效地为促进科技进步和经济发展服务,是摆在我们面前的重大课题。

二、地理信息资源开发利用理论初探

1、地理信息资源的开发利用

概括地讲,地理信息资源是指地理信息和与操作地理信息有关的物理设施、人力、机构、资金和运行机制、技术等总称。它的内容十分广泛,产品极其丰富,形式多种多样,已成为了一种十分重要的社会资源。地理信息资源开发是按照用户或潜在用户的需要把大量的原始的、初级的地理信息,进行必要的加工处理,从大量的地理信息源及相关数据库中抽取准确、先前未知并且具有潜在用途的非平凡的信息,生成新信息或二次信息并对其集成优化的过程,从地理信息中发现和理解新的信息,并在决策过程应用这些它。它是地理信息源的建设、生产和提供,提供给用户使用,或方便用户查找并获取这些信息。它集成“3S”技术、网络技术、信息技术、人工智能、统计理论、数据库技术和决策理论等概念,理解和分析在大量地理信息中所隐含的复杂关系,获取新的信息和知识。

通过对各种地理信息资源的解释,了解地理信息资源的运行状况和状态,可建立地理信息资源过程的模型描述。通过地理信息的表示和获取,建立数字地球信息模型,构造我们对客观世界的信息表示,我们就可以开阔视野、增强智能。

2、地理信息资源的特性

不同类型的地理信息资源有不同的具体特性,从总体上看,它们又有共同的特性,这些特性与地理信息系统结合,可反映出它们自己的规律性,明确地认识这些特性,对人们合理开发利用地理信息资源有着重要意义。

1) 体性。笔者认为,地理信息是社会、自然、人的思维综合系统的整体有机反映,随着全球信息化步伐的加快,地理信息系统日益显露出其重要性,由于它可以将地理空间数据与各类信息有机地集成在一起,提供直观、精确的决策信息,因此在国防、通信、交通、金融以及政府部门等领域有着广泛的应用前景。

1. 区域性。地理信息资源分布在各个部门、地区、行业,依存于各种不同类型的

信息系统上，其分布和组合有明显的区域性，从而呈现出很大的信息差异性，这个特点是它们与各自的环境相适应的产物，也是进行区域研究、开发利用的依据，这对地理信息系统的发展是十分重要的。

2. 多用性。地理信息资源具有多种用途和多种功能，这是它的另一特点。随着科技的不断发展，其多用性的特点越来越明显，并为人们综合利用信息资源提供了可能，同时又带来了利用上的复杂性。
3. 有限性。地理信息资源是发展地理信息产业的基础，人们对地理信息资源需求的无限性与地理信息资源本身的有限性之间的尖锐矛盾，是当前地理信息系统发展中普遍存在的客观现实。
4. 潜隐性。宇宙有两种形态，即显序宇宙和隐序宇宙；与此相应，地理信息也有两种形态：显在地理信息和潜在地理信息。潜在的地理信息世界是无限的，显在地理信息只是潜在地理信息世界的有限部分。地理信息资源的开发利用本质就是地理信息的逐级或不同角度、层次显化的过程。
5. 增殖性。当地理信息资源作用于一定的社会经济资源时，便可使其增值，产生新的信息价值。当大量零散的、片面的、互不相干的信息，经过综合处理而成为相关信息的序集合时，信息本身就发生增值。

此外，地理资源信息还具有下列特征：广泛性、时效性、空间性、传递性、共享性、有用性、转化性、寄载性、时效性、开发性、无限性、知识性、多样性、分布性、多层次性等。

地理信息资源在具体运用过程中，随着科学技术水平的提高，可为人类生存和发展服务的信息愈来愈多，地理信息运用范围也越来越广，而且随着应用过程的不断深入，信息也得以不断丰富、完善和发展。在其运用过程中，为了提高效率，人们必须对收到的信息进行分析、归纳和总结，使信息内容更加集中、简明，特点和本质更加突出，更加符合人们对信息的需要。

在社会经济活动中，地理信息资源的传播和流动过程往往产生新的地理信息产品和新思想，新的地理信息资源传播和流动又可能产生更新的地理信息资源，如此循环。显然，我们不能把地理信息资源的丰裕程度简单第看成数据库等基本构成要素的总量，它还应与传播、储存和处理地理信息资源的能力密切相关，这也是地理信息资源发展潜力的具体体现。

3 地理信息资源与数字地球

地理信息资源的特征无疑对数字地球的建立着重要影响。随着现代通讯技术、计算机技术、数据库技术、网络技术、“3S”技术、虚拟技术等的发展，使得数字地球具有以下的特点：

开放性--数字地球是一个高度开放的系统。

社会性--数字地球是一个社会性的实体系统。

动态性--数字地球是一个不断变化和发展的系统。

复杂性--数字地球是一个多学科、多结构、多层次以及内容复杂的系统。

集成性--数字地球是一个高度集成的综合性大系统。

标准性--数字地球是一个向国际化、规范化、程序化、通用化方向发展的综合性系统。

自动性--数字地球是一个高度自动化的综合性大系统。

实用性--数字地球是一个提供多功能、多层次、全方位信息服务的大型综合系统。

全息性--数字地球是一个对自然系统、社会系统、经济人文系统信息模拟的全息信息模型。

从宏观上,我们可视地理信息资源为一个有机、充满无限生命力、动态的生态信息资源系统,整个地球或区域为一个庞大、复杂的地理信息源,我们把各类地理信息资源看成是它的有机成分,以“3S”技术、网络技术等众多信息技术为神经中枢系统,通过地理信息人员以及运用它的各类人员按一定规则、方法程序操纵。数字地球的发展为地理信息资源信息融合提供了技术基础,随着地理信息资源的日益增长,地理空间信息和各种属性信息的融合,二者相互影响、相互促进。由于地理信息资源研究的对象是一个十分复杂的综合性信息资源系统。数字地球系统中为数众多的信息之间,存在着直接和间接的相互依存、相互作用的关系,为了揭示系统内部的运动规律,合理地开发、利用地理信息资源,既要研究描述系统中各信息资源之间的关系,又需要开展综合研究,进行信息的优化集成、信息融合和知识挖掘。

地理信息资源开发应以数字地球的技术系统为支撑,要有目标明确、特定功能结构及高度开放性。进行最佳的资源开发利用,就必须进行系统综合分析和信息融合,把各种地理信息资源有机统一起来,应用系统论的整体性、目的性、有序性、层次性、有效性以及环境适应性等系统原则,从整体出发,用系统论的观点和方法解决问题,找出其运动规律,建立各种信息模型,针对其结构和模型从整体出发进行开发,寻找最优方法以达到最佳目标。

在地理信息资源中各种信息资源及其因子都是中间层次的全息元,每种信息资源的分布、状况、活动都直接影响着其他的信息资源,它们共同组成信息资源的综合体及信息系统。同时,各种的信息资源及其因子之间存在着全息效应。各种信息资源及其因子相互影响,一个信息资源的好坏(有序或无序),直接影响着其他系统的信息资源,且它们之间相互渗透交错成一个不可分割的地理信息资源全息网络。实质上任一信息资源都与其他信息资源处于这样的全息联系中。然而即使从这简单而直观的图表中已看出地理信息资源系统的轮廓,而其中的任一地理信息资源都与其他所有信息资源处于相互作用中,同时每个地理信息资源与其他所有地理信息资源的交错点又构成了新的二级地理信息资源,甚至三级、四级地理信息资源。虽然其复杂,但这也给我们提供了对各种地理信息资源广阔的应用前景、崭新的视野,深刻的启发。

如何使各类地理信息资源的融合,以下的数字地球系统模型给了我们产生新信息资源的原理,后面还有大量工作有待我们去处理。如我们把基础地理信息资源做为其他信息的生长点和凝聚点,在此基础信息上,进行多维分析,派生、添加、嵌入和生长出我们需要的信息。

将分散的地理信息资源联合起来,进行信息资源的综合开发利用,建立各个子系统之间的有机进化机制,以取得整体最佳,是融合和升华数字地球过程的关键。主要方式有以下五种:技术联合、功能联合、信息联合、产品联合及智力联合。技术联合使整个技术系统通过综合集成达到最优;功能联合使现有功能与其他系统相互匹配、联合作战,以整合作用的结果产生优势;信息联合使信息资源得到充分发挥和利用;产品联合把相关产品功能与技术融合在一起,推出新型产品,开拓新领域;智力联合使人力资源配置达到最优化。

数字地球的建立,使人们从认识自然规律走向管理自然资源,或从纯自然科学走向关心我们的未来,将影响人们认识世界的理论视野和思维方法。数字地球本身就是一个综合集成各门学科、各种技术的巨大复杂的信息系统。环境恶化、资源短缺、人口膨胀等现实问题,使各级政府对建立数字地球有了新的认识和重视。在促进科技、经济和社会发展中发挥着重大作用。

4 数字地球的系统功能

数字地球具有一定结构及功能，是各类地球资源信息的有序整体，不同的地球资源信息依存于不同的子信息系统，它们之间相互依存、相互关系、相互影响，这决定了它具有不同于机械系统的许多功能，是具有强大生命的生态信息系统。这些功能主要表现在以下几个方面：

1. 数字地球是一个动态功能系统。由于地球资源的信息及结构是随着时间、空间不断发展变化的，并同外界各类信息不断进行信息的传递和交换，使数字地球总是处于不断发展、进化和演变之中，这就意味着数字地球具有内在的动态变化能力。
2. 数字地球具有一定的区域特征。我省的数字地球是主要以河南省作为它的特定空间相联系的，因此它是一个包含一定地区和范围的空间概念。这种空间存在着不同的地球资源信息和与之相适应的信息系统。地球资源与社会经济的相互作用及其长期适应的结果，使数字地球的结构和功能反映了一定的地区特性。这就要求数字地球工程要具有特色，建设具有河南省特色的数字地球工程，才能更好地为社会经济服务。
3. 数字地球是一个开放的“自持信息系统”。地球信息资源的获取、管理、更新、开发利用是一个往复循环的动态过程。作为一个整体向外部全方位开放。既从外部系统输入人力、资金、信息、技术、产品，也向外部输出。
4. 数字地球是一个高度综合集成的超系统。由于数字地球的涉及面广和系统要求的综合性，它的内容牵涉到许许多多专业信息系统，是对各专业信息系统综合集成。它所包含的各类专业信息系统之间存在着十分复杂不可分割的联系，研究任何问题，都牵涉到其他系统的某些内容，而且每一个专业系统又可分许多子系统，这是客观存在及需要。
5. 数字地球信息资源的分散性与信息共享。数字地球不可能存储在一个单一的数据库中，因为它的数据来源是多方面的，应用也是多方面的，只能分布式存放，用超高速网络链接这些散布在各处的信息资源，实现信息共享和互操作。
6. 数字地球是一个由许多专业子信息系统组成的信息网络系统。数字地球的功能由各种地球资源信息流在其关系网络中的运行状况体现，并由子系统提供支持。通过信息和信息系统之间对各类地球信息资源利用过程中的相互作用与联系，以实现地球信息资源的最充分利用。

5 数字地球的复杂性

地球系统是在一定时空条件下自然-社会-经济复合的、开放的复杂巨系统，它又由一系列层次化的复杂子系统相互作用、相互联系构成的。地球信息资源的非平衡性、多尺度性、层次性、开放性、动态性、不确定性、非线性、突变性、自组织性、自相似性、随机性、综合性、高维性等特点决定了数字地球是一个复杂性的问题。

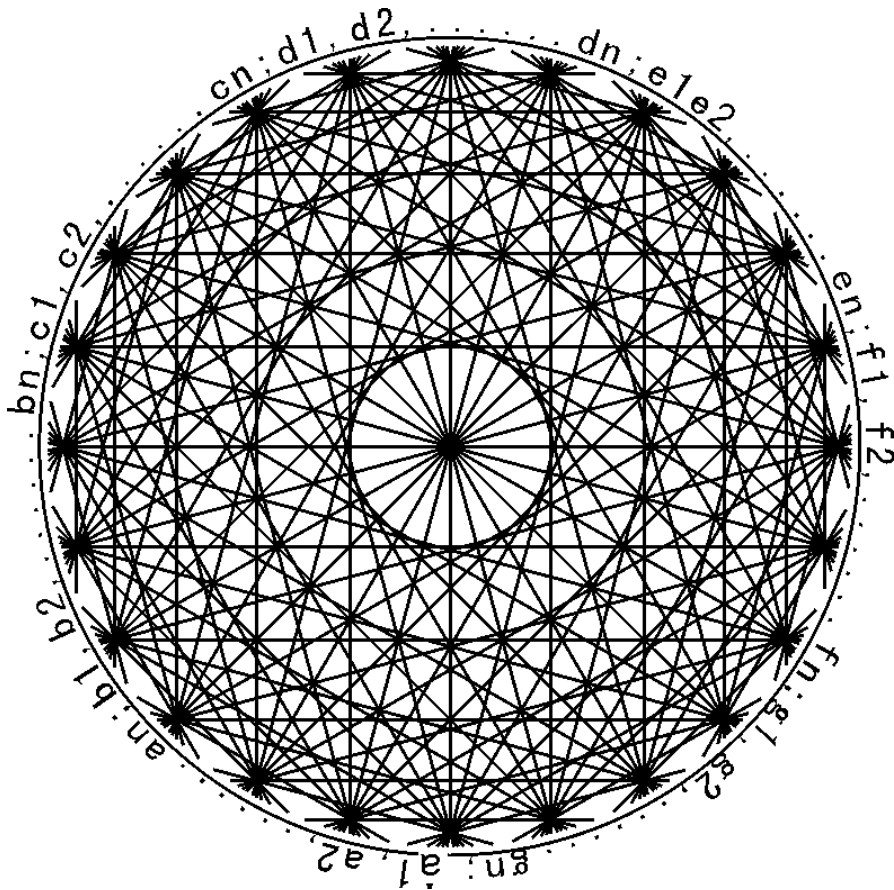
如数字地球空间特征具有整体性、层次性、差异性和可变性。整体性是数字地球空间内部各组成部分之间的内在联系，这些内在联系之间相互渗透、融合，从而形成了一个不可分割、网络化的统一整体。层次性是指数字地球空间是有等级差别的，任何区域上的某一数字地球空间都可以与同等级的其他区域上的数字地球空间一起组成更高级别的数字地球空间，而每一个数字地球空间又都可以进一步划分出低一级的数字地球空间。差异性是指同等级别的数字地球空间之间存在着差异性。可变性是指数字地球空间边界的模糊性、空间内部组成成分随划分方案的变化以及划分方案的变

化及各组成成分相关指标数值随时间的变化。由此可见,数字地球具有高度的复杂性。

6 数字地球系统模型的建立

数字地球作为一个新概念,国内外还没有一个统一标准,要准确地对其描述还很难。笔者根据信息论、系统论、全息论的原理,把数字地球分成以下七个方面,把它们的各种信息属性集合在一起,组成一个由多维信息标构成的全方位的信息反应场,在数字地球中各种信息系统及其因子都是中间层次的全息元,每种信息资源的分布、状况、活动都直接影响着其他的信息资源,它们共同组成数字地球的综合体及信息系统。同时,各种的信息资源及其因子之间存在着相互影响、相互渗透的全息效应,出现复杂性、层次性、交互性和整体性的立体系统交合网络,即数字地球系统模型(图1)。这样一来,数字地球系统模型的全貌就会展现在我们面前了。

1. 数字地球应用层次:按不同区域对象可分成乡镇级、县级、地区级、省级、国家级、跨区域级及世界级等($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$);
2. 数字地球应用领域:地球资源调查与管理、环保、灾害管理、城市规划、地下管线管理、市政设施、房地产、交通管理、工商业、电信等($b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$);
3. 数字地球技术系统:“3S”技术、地球物理与地球化学勘探技术、信息技术、计算机网络技术、虚拟技术、空间分析技术、多媒体技术等($c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$);
4. 数字地球自然信息资源:基础地理、土地、矿产能源、自然灾害、海洋、森林、水资源、环境等信息($d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$);
5. 数字地球理论体系:地理科学、测绘科学、地质科学、空间信息科学、土地科学、海洋科学、环境科学、生态科学等($e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$);
6. 数字地球相关系统:经济系统、能源系统、交通系统、商业系统、工业系统、农业系统、人口系统等($f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$);
7. 数字地球社会信息资源:经济、社会、人口、统计数据、工商业、农林牧副渔业、交通、市政、环保、水利、人力资源、法律法规、国家政策、产业结构与规模、资金等($g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$)等。



数字地球系统模型 图 1

7 数字地球框架

建立数字地球系统，并使其长期运行，要受到计算机硬件、计算机软件、数据、应用、

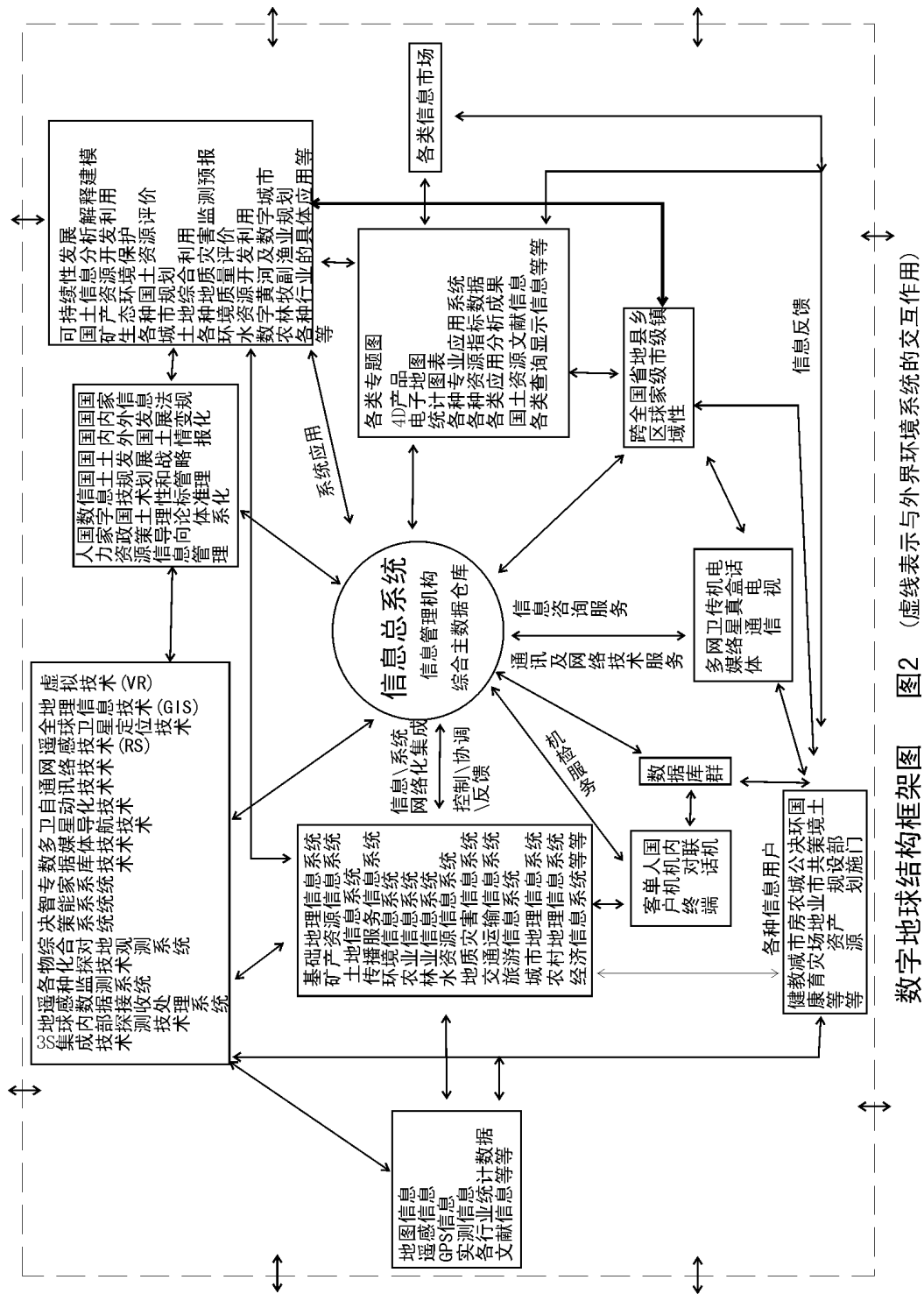


图2 (虚线表示与外界环境系统的交互作用) 数字地球结构框架图

人才、组织管理、宏观与微观环境等多种因素的制约，缺一不可。其中应用处于核心地位。系统所用计算机硬件大都为通用产品，因此其技术集中于软件。这几个因素相互影响，不能只重视技术，二忽视应用目标、数据收集、人才培养、组织机构之间的相互协调等非技术问题，否则就无法使系统长期稳定地发挥作用。必须结合本省的实际情况、实力，有目的有重点地建立有河南省特色的数字地球系统，不能脱离现实环境，应做好总体规划及分布实施的计划。它应是一个以人为中心、以各种技术为工具、以多种理论为指导、以信息为生命线、以实际应用为根本目的的综合性人机信

息系统，而不单单是一个技术系统。

为了清楚地了解数字地球框架结构，见图 2 所示：

8 应用前景

随着科学的发展，人们愈来愈深刻地认识到，当代社会是一个丰富多彩、变化无穷的“四维存在”，其结构性和矛盾性比以往任何时候都显得更为庞杂和复杂，人们已把世界看成互有联系、互为因果的超巨型网络结构。这种结构实际上是一种人为系统中信息的传递及形式、模式、关系和“程式”的组织。因此，加强地理信息资源的开发利用与诸多学科的联系，选取广阔的社会自然、政治经济、科学文化的视角，从整个社会、自然、人的思维的整体系统以及与其他子系统的联系中，从传统与创新、理论与现实需求等一系列矛盾的撞击中去寻求重新认识和评价数字地球的途径。使数字地球和地理信息资源研究由单一思维向多路思维发展，由表面思维向深层思维发展、由平面思维向立体思维、全方位思维发展，从静态走向动态、从平行走向交错，从内外割裂走向时空合一。使多样化、丰富性、整体性既成为认识的出发点，又成为认识的归宿点，这也是信息时代赋予我们的使命及意识。我们相信：随着许多边缘学科、横断学科的兴起，我们会对数字地球和地理信息的运动及其发展、结构、功能作用等方面的规律有一个崭新的认识。

参考文献：

- [1] 许成祥、段子清等，河南省国土资源开发利用与保护，西安地图出版社，2000.3
- [2] 王存臻等，宇宙全息统一论，山东人民出版社，1998，P100
- [3] 符福垣，信息资源学，海洋出版社，1999，P300
- [4] 张文奎，人文地理学，东北师范大学出版社，1993
- [5] 许国泰，产品构思畅想曲，上海人民出版社，1985，P4
- [6] 承继成等，国家空间基础设施与数字地球，清华大学出版社，1999.10
- [7] 沈清基等，城市生态与城市环境，同济大学出版社，1998.12

（作者地址：河南省郑州市文化宫路 31 号，河南省地质测绘院数字化，电话：0371-7438823）