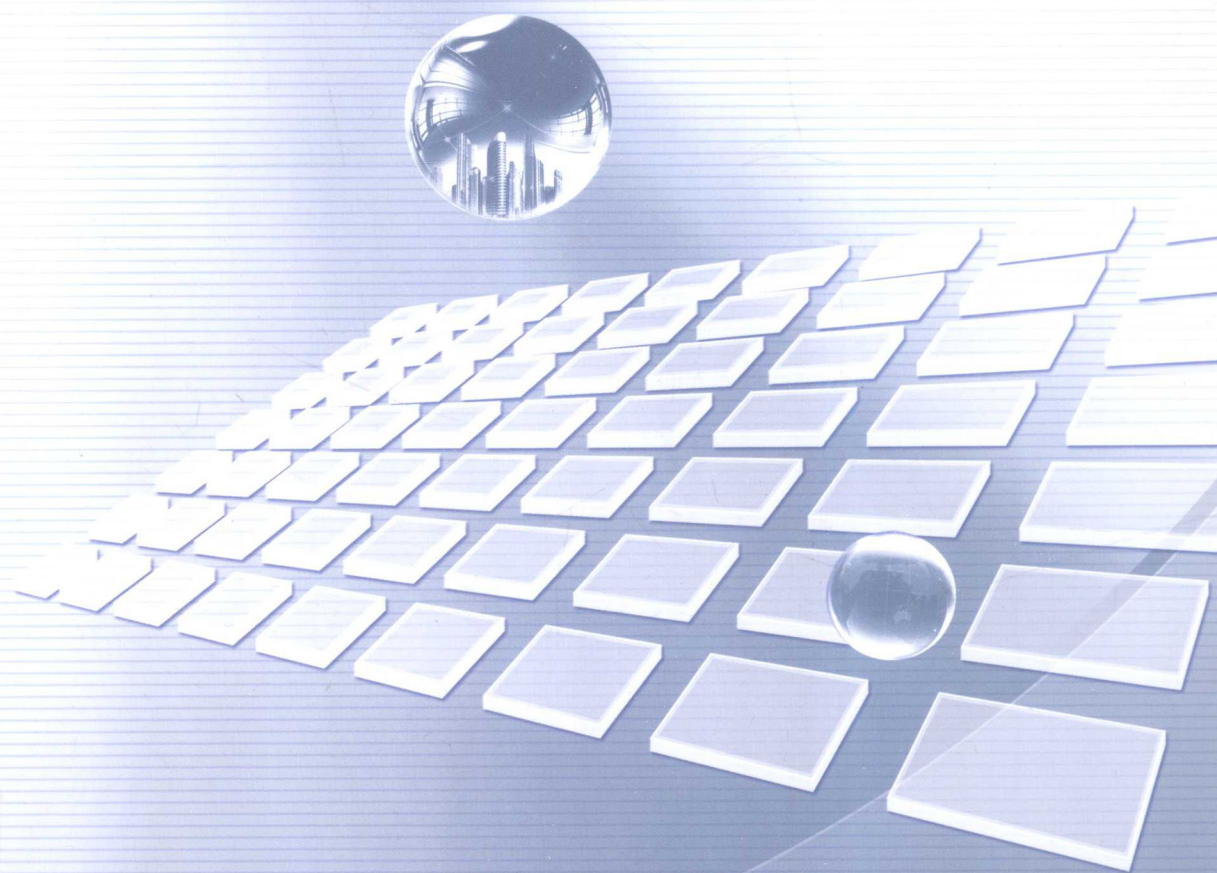


高等学校教材

地质信息系统原理与方法

● 吴冲龙 主编



地质出版社

中国地质大学（武汉）十二五重点教材建设基金资助

地质信息系统原理与方法

主 编：吴冲龙

副主编：刘 刚 张夏林 何珍文

参 编：田宜平 翁正平 刘军旗 徐 凯

李新川 张志庭 李章林 孔春芳

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书从地质信息科学的理论体系、方法论体系及其技术体系入手,依次着重介绍了地质信息系统的结构、组成和设计原理,地质数据的采集、整理与加工,地质数据的组织、管理及其数据库设计与实现,地质图件计算机辅助编绘原理与方法,三维数字地质建模与空间分析,地质数据挖掘与勘查决策支持,以及地质信息系统集成的原理与应用。其内容涵盖了基础地质、矿产地质、工程地质和水文地质和灾害地质等领域的勘查信息化问题。

本教材适用于地质工程一级学科下的二级学科“地球信息科学与技术”专业,以及计算机科学与技术一级学科下的二级学科“空间信息与数字技术”专业的本科教学,也可作为地质类理工科各二级学科的本科生和研究生的教学参考书。本教材侧重于理论与方法的阐述,建议学时为60学时。在实际使用的时候,对学时和内容的安排,可根据专业培养目标的实际需求,以及前导课程和后续课程的情况,做适当调整并有所侧重。

图书在版编目(CIP)数据

地质信息系统原理与方法 / 吴冲龙主编. —北京:
地质出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-116-09499-4

I. ①地… II. ①吴… III. ①地质-信息处理系统-
高等学校-教材 IV. ①P5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 275044 号

Dizhi Xinxi Xitong Yuanli yu Fangfa

责任编辑:李凯明

责任校对:张冬

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010)66554528(邮购部);(010)66554581(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)66554582

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:23.25

字 数:600千字

印 数:1—2000册

版 次:2016年1月北京第1版

印 次:2016年1月北京第1次印刷

定 价:45.00元

书 号:ISBN 978-7-116-09499-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

本教材适用于地质工程一级学科下的二级学科“地球信息科学与技术”专业，以及计算机科学与技术一级学科下的二级学科“空间信息与数字技术（地质信息科技方向）”专业的本科教学，也可作为地质类理工科各二级学科的本科生教学参考书。教材侧重于理论与方法的阐述，学时安排为 60 学时。对于教学学时和内容的安排，可根据实际需求，适当调整。

伴随着计算机科学技术的发展，以及地球空间信息学（Geomatics）、地理信息科学（Geographic Information Science）和地球信息科学（Geo - Information Science）的兴起，以及信息技术在基础地质调查、矿产资源勘查和工程勘察中的应用，一个地质工作信息化的热潮正在世界范围内兴起，一个崭新的学科领域——地质信息科学与技术领域应运而生。为了推动地质工作信息化过程的健康发展，繁荣地质信息科学与技术领域的研究与开发，需要培养出一大批既懂地质学、又懂信息科技的复合型人才。我国的计算机科学与技术一级学科下的二级学科“空间信息与数字技术（地质信息科技方向）”，以及地质工程一级学科下的二级学科“地球信息科学与技术”专业，正是在这种形势下创办起来的。但是，由于专业创办时间短，至今缺乏适用而成熟的教材。

编者团队从 20 世纪 80 年代开始，就进行这方面的探索性研究，先后承担了 50 余个包括国家重点攻关项目、重大科技专项、重大科技支撑项目和 863 计划、973 计划等的课题或子课题，以及国家自然科学基金项目、省部级重点科技项目和特大型企业重点科技项目的研究与开发任务，并且参与了多个地矿行业的地质工作信息化建设工程。在科学研究、技术开发和信息化工程建设的实践中，逐步形成了主题式点源地质信息系统的概念，对地质信息科学的理论体系、方法论体系及其技术体系的框架做了初步的概括和论述。为了适应当前地质工作信息化高潮中对人才培养的需求，我们在原有的《资源信息系统教程》的基础上，结合地质信息科技及其发展情况，编写了本教材。

本教材在编写过程中力求体现系统性、先进性、实用性和实践性的特色。原有的《资源信息系统教程》侧重于信息科技的应用，比较适合于地质类本科生教学。“空间信息与数字技术（地质信息科技方向）”和“地球信息科学与技术”专业，侧重于培养地学信息科技研发与应用并重的人才，作为该专业主干课程的教材，需要加强信息科技原理与设计方面的内容。因此，本教材中基于地质信息系统框架，从地质信息科学的理

论体系、方法论体系及其技术体系开始,依次介绍了地质信息系统的结构、组成和设计原理,地质数据的采集、整理与加工,地质数据的组织、管理及其数据库设计与实现,地质图件计算机辅助设计原理与方法,三维数字地质建模与空间分析,地质数据挖掘与勘查决策支持,以及地质信息系统集成的原理与应用。所涉及的内容涵盖了基础地质调查、矿产地质勘查和工程勘察等领域主流程的信息化作业。教材参考、借鉴和吸取了空间信息学(Geomatics)、地球信息科学(Geo-Information Science)、地理信息系统(Geographic Information System)、地理信息科学(Geographic Information Science)和大数据领域,以及国内外地质信息科技领域的成熟理论和最新技术成果。本教材根据三届本科教学的实际使用情况,进行不断的修订与完善。然而,由于所涉及的内容十分丰富,而地质工作信息化的实际需求和地质信息科技学科本身都处于迅速发展的过程中,本教材的结构、内容和体例等,都还有待于以后的教学实践进一步完善和优化。

本教材的整体框架和各章节内容纲要由吴冲龙提出,各参编人员分别完成初稿后,再由吴冲龙进行统一编撰。其中,各章节初稿执笔人员分工如下:第一章,吴冲龙;第二章,刘刚、吴冲龙;第三章,张夏林、李章林;第四章,翁正平、何珍文;第五章,李新川、刘刚;第六章,何珍文、翁正平;第七章,徐凯、吴冲龙;第八章,张志庭、田宜平。

本教材得到中国地质大学(武汉)十二五教材出版基金的资助。在教材的编写过程中,得中国科学院院士赵鹏大教授和国际数学地球科学协会主席成秋明教授的指导,还得到中国矿业大学(北京)武强院士、北京大学潘懋教授、中国地质大学(北京)陈建平教授、中山大学周永章教授、中国矿业大学(徐州)谭海樵教授、成都理工大学杨武年教授和中南大学毛先成教授等的热情支持和帮助。值此教材出版之际,谨向他们深表谢意。

由于编者水平和经验所限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2015年6月16日

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 地质信息系统的概念	(1)
一、信息的概念	(1)
二、信息系统的概念	(3)
三、地质信息系统的概念	(6)
第二节 地质工作信息化与地质信息科学	(9)
一、地质工作信息化的含义	(9)
二、地质工作信息化的途径	(10)
三、地质信息科学的兴起	(16)
第三节 地质信息系统的开发方法	(21)
一、信息系统开发的一般方法	(22)
二、地质信息系统开发的基本方法	(29)
第二章 系统规划、系统分析与总体设计	(34)
第一节 地质信息系统规划	(34)
一、地质信息系统规划的概念	(34)
二、地质信息系统规划方法	(35)
三、地质信息系统规划的实施	(37)
第二节 地质信息系统分析	(38)
一、原型求真	(39)
二、需求分析	(39)
三、业务现状分析	(42)
四、数据现状分析	(44)
五、代码体系的选择	(48)
六、系统开发目标与保护策略	(50)
第三节 地质信息系统概念模型的构建	(55)
一、概念模型的构建要领	(55)
二、概念模型的构建方法	(56)
第四节 地质信息系统总体设计	(59)
一、系统逻辑模型的建立	(59)
二、系统总体架构的设计	(61)
第三章 地质数据的数字化采集子系统	(65)
第一节 地质数据采集的原则与方法	(65)

一、地质数据来源及其采集原则	(65)
二、地质数据的质量与数据标准化	(67)
三、地质数据采集的基本方法	(71)
第二节 地质数据的加工与图形编辑	(76)
一、地质数据加工的概念与方法	(76)
二、空间数据的编辑与转换	(82)
第三节 野外地质数据采集系统设计及应用	(92)
一、野外露头属性数据采集模块	(92)
二、野外露头空间数据采集模块	(97)
三、固体矿产勘查钻孔数据采集模块	(103)
第四章 地质数据的计算机管理	(112)
第一节 地质数据管理模式及其数据库设计要领	(112)
一、地质数据管理模式概述	(112)
二、主题式地质点源数据库设计要领	(114)
第二节 主题式点源地质属性数据库设计	(115)
一、主题式点源地质属性数据库的数据概念模式	(115)
二、主题式点源地质属性数据库的逻辑模式	(119)
三、主题式点源地质属性数据库功能设计	(128)
第三节 地质属性数据库数据字典设计	(129)
一、数据字典的基本概念	(129)
二、模型数据字典	(130)
三、代码数据字典	(134)
四、方法数据字典	(140)
五、综合数据字典	(142)
六、数据字典在数据库程序设计中的应用	(146)
第四节 主题式点源地质空间数据库设计	(148)
一、地质空间数据库的结构与功能	(148)
二、空间数据库的总体设计	(149)
三、空间数据库的详细设计	(155)
第五节 基于对象关系型数据库的地质数据管理	(162)
一、对象关系模型与对象关系型数据库	(163)
二、基于对象关系型数据库的地质数据存储管理	(163)
三、基于对象关系型数据库的应用程序开发	(166)
第五章 地质图件计算机辅助编绘	(169)
第一节 地质图件计算机编绘原理	(169)
一、地质图件机助编绘概述	(169)
二、地质图件机助编绘系统的设计	(180)
第二节 二维地质图件编绘方法	(191)
一、钻孔柱状图编绘	(192)
二、勘探线剖面图编绘	(194)

三、等值线类平面图编绘	(199)
第三节 立体地质图编绘方法	(202)
一、立体地质图编绘系统设计原理	(202)
二、面三维立体地质图软件系统的设计与实际应用	(205)
第六章 地质数据三维建模与空间分析	(212)
第一节 三维地质空间数据模型	(212)
一、三维地质建模的技术层次与方法类型	(212)
二、三维地质空间对象数据模型	(214)
三、地质空间三维属性数据模型	(223)
第二节 三维地质建模的技术方法	(231)
一、三维地质建模的插值算法	(231)
二、三维地质建模的实现方法	(241)
第三节 三维地质模型的剪切分析	(253)
一、三维地质实体剪切的基本算法	(253)
二、基于 B-Rep-体元的三维模型剪切分析	(255)
三、基于 BSP 树的实体模型剪切分析	(257)
第四节 三维地质空间分析方法与应用	(264)
一、三维地质空间分析方法原理	(264)
二、三维地质空间分析法的应用	(270)
第七章 地质数据挖掘与决策支持	(274)
第一节 地质数据仓库与数据集市	(274)
一、数据仓库与数据集市的概念	(274)
二、地质数据仓库的结构与功能	(275)
三、地质数据仓库的构建方法	(278)
第二节 数据挖掘与空间数据挖掘	(286)
一、数据挖掘的概念和分类	(286)
二、空间数据挖掘的内容与方法	(288)
三、文本数据挖掘的方法与应用	(299)
第三节 地质勘查决策支持系统的设计	(305)
一、地质勘查决策支持系统的总体结构	(305)
二、基于数据仓库的联机分析处理技术	(307)
三、地质勘查决策支持系统的实现	(312)
第八章 地质信息系统的集成	(324)
第一节 地质信息系统集成概述	(324)
第二节 地质信息系统的技术集成	(326)
一、技术集成的基本内容	(326)
二、“多 S”集成的主要方式	(327)
第三节 地质信息系统的集成	(329)
一、云技术的概念与数据集成	(329)
二、数据集成的若干解决方案	(330)

三、数据集成的预处理问题 (335)

第四节 地质信息系统的网络集成 (337)

一、WebGIS 的借鉴与应用 (338)

二、地质信息系统网络集成的优化 (341)

三、地质信息系统的网格集成技术 (345)

第五节 地质信息系统的应用集成 (352)

一、地质信息系统应用集成的方式与方法 (352)

二、金属矿山地质信息系统集成方案 (355)

参考文献 (360)

第一章 绪 论

地质信息系统的理论与方法是地质信息科学的基础，其技术则是地质调查研究、矿产勘查开发和工程勘察设计，以及地矿资源管理领域的信息技术基础。为了使大家对地质信息系统有一个全面的认识，首先介绍一些相关的基本概念和基本知识。

第一节 地质信息系统的概念

在地质调查、矿产勘查和工程勘察过程中，人们每时每刻都在采集大量的资料和数据，工作中所面对的是一个“数据海洋”。怎样管理好这些数据并迅速、有效地利用这些数据去解决各种复杂的地质问题，开展地质评价、资源开发和灾害防治，是摆在地质工作者面前的一个重要任务。根据国内外的成功经验，完成这一任务的最优途径，是采用“多S”结合与集成化技术来建立完善的地质信息系统。为了便于介绍和理解，我们将这个概念分为信息、信息系统、地质信息系统等三个层次。对于所涉及的一些新概念，本书将从地质学、矿产勘查学、工程勘察学和地质信息科学的角度来定义。

一、信息的概念

信息是一个复杂的综合体。由于专业领域的差异和理解上的差异，人们在许多场合中常把数据、知识与信息等同看待，结果使初学者无所适从。为着更好地进行信息的采集、管理、处理和应用，有必要对数据、信息、知识等概念做明确的区分。

（一）数据

数据是客观事物（包括概念）的数量、特征、性质、时空位置及其相互关系的抽象表示。它可以是单个的符号、数字、字母、文字和术语，也可以是它们以某种形式和规则的集合，例如一个数组、一段文字、一句话、一篇文章或者是一幅图。总之，一切能为人感知的抽象表示都可以称为数据。在地矿勘查过程中所获得的数据，包括地球物理勘探与遥感数据、地球化学勘探数据、野外露头观测数据、室内化验测试数据、地形地物的三角测量数据、综合整理与图件数据，就是地质信息系统将要存储、管理和处理的数据。数据和数据载体是两个不同的概念，数据是逻辑概念，而载体是物质概念。载体有时又称为媒体、媒介或介质。一批数据可以记录在多种媒体上，同样，一种媒体也可以记录多种不同的数据。

（二）信息

信息是数据的含义或约定，表示事物运动状态和存在方式。数据是信息的载体，信息寓于数据之中。只有准确地表达了数据的真正含义的信息，才是完整的和有价值的信息。例

如，在一个地区出现的重力异常，可能是岩石圈结构异常特征的反映，也可能是地壳深部结构异常特征的反映，还可能是在当地的地壳浅部存在某种矿床的反映。如果我们无法用另外的方法或从另外的地方进一步查清它们的真实含义，那么我们在实际上并没有得到完整的信息，其价值就很有限。从这个意义上讲，信息需要通过数据的分析和解译来获取。而各种实物媒体是数据的物质载体，就像多波段遥感数据是地貌、植被、水体和某些地下地质信息的逻辑载体，而磁带（或卫星照片）是多波段遥感数据的物质载体。正因为三者密不可分，在特定情况下，人们常将数据和信息甚至数据载体当作同义词看待。

一般地说，数据结构越复杂，所表达的信息量越大。为了便于计算机对信息的存储、管理和处理，可以将数据分解成一组属性及其属性值，即（属性 1：值 1，属性 2：值 2，…，属性 n ：值 n ）。这种数组形式可以完整地描述一件事情、一个物体、一种现象、一条信息或一个概念（统称为对象）的存在状态和行为方式（统称为属性，例如时间、地点、程度等）。例如“辽宁抚顺盆地是古近纪的断陷盆地，其含煤岩系出露面积 60km^2 ”，这一信息可表达为“地点：辽宁省；盆地名称：抚顺盆地；形成时代：古近纪；盆地性质：断陷盆地；盖层类型：含煤岩系；出露面积： 60km^2 ”，也可以表达为表 1-1 所示的二维数表。

表 1-1 辽宁省抚顺盆地信息二维数表

地点	盆地名称	形成时代	盆地性质	盖层类型	出露面积
辽宁省	抚顺盆地	古近纪	断陷盆地	含煤岩系	60km^2

（三）知识

知识是信息的集合，是通过多个信息的关联和组合而表达的认识、规则和经验，它来自于人类改造客观世界的实践中。例如，“上盘下降下盘上升”，“正断层”，“ SiO_2 含量高于 65%”，“岩浆岩”，“花岗岩”等分别是一些孤立的信息或原子事实。如果我们用表示因果关系的关联词“如果……则……”把其中两个或两个以上的孤立信息关联起来，就构成了一条知识。例如，“如果断层的上盘下降而下盘上升，则为正断层”；“如果岩浆岩的 SiO_2 含量高于 65%，则为花岗岩”。这两条都是简单的地质学知识。



图 1-1 信息处理的层次
（据李之棠等，1996，有修改）

根据以上定义和论述，数据、信息、知识之间存在着明显的层次关系（图 1-1）。如果要分别对它们加以处理，则对应的处理便构成了包含的层次关系：知识（处理）依赖于信息（处理），而信息（处理）依赖于数据（处理）。随着由下往上层次的上升，需要存储和处理的对象越来越多，也越来越复杂。

地质信息是自然过程和人类在地矿勘查、研究、开发、利用和管理过程中各种状态的客观显示，也是人和自然资源在相互作用的过程中所交换的内容。它们有时表现为物质形态，有时表现为非物质形态，既反映了这些事物在运动中的各种差异及规律，又反映了这些事物之间的相互作用和相互联系。信息在把地质体性质、特征及其形成、分布、演化规律转化为人类意识的过程中，甚至在人类社会与大自然的相互联系、相互作用和协调发展过程中，始终起着中介作用。可靠而健全的地质信息，可以消除人类在地矿开发利用领域对社会可持续发展问题认识的不确定性——导致由

人类和自然界所组成的人-地系统的有序性增加,即负熵增加。失真而残缺的地矿信息,必然增加人类对社会可持续发展问题认识的不确定性——导致由人类和自然界所组成的人-地系统的有序性减少,即熵增加。现代信息资源管理的主要标志之一,是以计算机为基础的各种信息系统的建立。信息资源计算机管理技术的发展和运用,不仅大大地改善了信息工作的条件,有力地推动信息工作向产业化方向发展,而且能够促进数据→信息→知识的快速转化,提高知识创新和技术创新能力。

二、信息系统的概念

信息系统是计算机技术和信息资源管理学相结合的产物,由计算机硬件、软件、数据、方法和人组成,是对数据进行采集、整理、存储、管理并提供查询、检索和处理功能的一种综合性技术系统。信息系统有多种多样,其中包括办公自动化系统、数据处理系统、信息检索系统、管理信息系统、决策支持系统(含专家系统)、通信网络,等等。所谓信息资源管理,就是运用管理科学的一般原理和方法,对信息活动中的各种要素(信息、人、技术、设备、机构等)进行科学的规划、组织、协调和控制,以确保信息资源的充分开发和合理利用,从而有效地满足社会对信息需求的过程(胡继武,1995)。

(一) 信息系统工程学的发展

研究、开发和建设信息系统的学科,称为信息系统工程学。这是20世纪70年代末、80年代初在国外伴随着计算机技术的发展而兴起的信息科学分支。信息资源管理学、信息系统和信息系统工程学的兴起,有其深刻的背景。首先是信息经济的迅速崛起。信息作为一种资源,使生产力的要素更加丰富,而作为一种经济商品,又使信息交换与信息服务行业蓬勃兴起。其次是信息技术的高速发展。现代信息技术的高速发展,使信息存储介质的密度、信息处理及利用效率和信息传递速度越来越高,有力地提高了信息资源管理的效能。计算机技术和远程通信技术的结合,又推动了信息网络技术的发展,特别是全国性和全球性计算机互联网的建成,使信息的远距离大规模传输和共享成为可能。

总之,科学和技术的发展及其所带来的各种问题,要求对信息采取全新的管理思想和管理方式,从而促进了信息资源管理学、信息系统和信息系统工程学的产生和发展,进而推动信息资源管理学的形成。

信息系统结构功能的发展水平取决于内在的数据环境。一般信息系统的数据环境可分为数据文件、应用数据库、主题数据库和网络数据库、信息检索系统和数据仓库等5种。5种数据环境与各行业计算机应用及地质信息系统建设的几个阶段相对应(表1-2),反映了有关信息技术水平和理论方法体系的发展过程。应用数据库的建设方式大多数是简单地利用现成的商业化软件来装载数据,其显著特点是:①以功能处理为核心,功能软件为基础,设计依据是某个企业、业务管理部门或研究单位的当前需求——为了编制某些专用图表、解决某些专门问题、实现某些功能处理、分析某些市场规律或编制某些工作设计与研究报告等;②只从主管部门的决策需要出发,较少顾及基层生产单位和研究单位的当前和未来需求,或者只是为了快速组建信息网络而人为地规定入库内容,数据项和数据模式不是经过深入的系统分析来选择和制定的,导致许多有用信息丢失;③缺乏统一的概念模型、数据模型、数据标准和数据代码,缺乏统一的硬、软件平台和接口。

表 1-2 信息系统建设的发展阶段划分及其标志性特征

发展阶段划分		萌芽阶段		初级阶段		中级阶段		成熟阶段
		起步	蔓延	控制	集成	优化	兼容	融合
数据存储类型		属性，一维			空间－属性，二维		空间－属性，三维	
数据管理环境		数据文件	应用数据库		主题数据库		信息检索系统	数据仓库
技术特征	核心问题	数据处理			数据管理			数据挖掘
	追求目标	数据处理功能			数据利用价值			知识发现
通信方式		无		邮寄软盘	局部网络	远程网络		无线网络
发展时序	北美	1950 年	1960 年	1970 年	1980 年	1990 年	2000 年	今后
	中国	1970 年	1980 年	1980 年	1990 年	1990 年	2000 年	今后

应用型数据库和图形库优点是系统简洁, 易于掌握和应用; 缺点是无法实现信息共享和多用户交叉访问, 形成许多“信息孤岛”, 信息既不完整又有冗余, 许多数据和图件资料被重复存储、重复加工, 无法实现交叉访问, 不能支持未来的再开发、再提高, 难以满足迅速增长的信息处理要求, 也难以被接纳到地质信息系统网络中去。西方发达国家在 20 世纪 70~80 年代曾采用“系统集成”的方式来将“信息孤岛”连接成“信息大陆”, 但修改管理软件、重新组织数据和编制接口软件所耗费的成本, 大大超过重建系统。

地质工作所面对的是数量极大、极复杂的数据集合。这些数据是随着地矿勘查工作的进行而逐渐积累的, 经常被目的不同的用户同时使用。用户对数据检索、查询、显示、处理等总是要求尽可能方便、迅速、准确。不难想象, 没有一个结构合理、信息齐备的点源信息系统, 既难以应对日常的检索、查询和处理功能, 也无法建立区域性或全国性的综合信息系统, 即使建立起来也无法实现综合数据的动态管理并保证信息的准确性和完整性。解决这些问题的途径是采用主题数据库 (Subject Data Bases) 的设计思路与方法, 即不是以功能处理为核心, 而是以数据管理为核心; 实行数据模式标准化、代码标准化与图式图例标准化, 兼顾各行业的当前需求与未来需求; 通过严格的数据分析和模型构筑来形成与各业务主题相关联的点源数据库、图形库, 进而通过网络联结发展成为完善的信息检索系统。主题式地矿点源数据库是地质信息系统的基础。

(二) 信息资源管理的基本原则

信息资源管理是一个新的管理领域, 是关系到国家和社会组织在争夺信息资源的国际竞争中能否处于有利地位的关键。由于信息资源涉及信息、设备、人、政策、法律、技术、经济等多种因素, 并且广泛渗透到社会政治、经济、军事、文化及科技等领域, 所以它是一项十分复杂的管理活动。搞好信息资源管理必须遵循一定的原则, 才能维护主体的最高利益并符合信息运动的客观规律。一般说来, 信息管理必须遵循以下基本原则, 这也是信息系统建设所要遵循的基本原则。

1. 共享原则

这是信息资源管理的目标和归宿。国土资源信息是国家的宝贵财富, 理应为社会各阶层、各单位和各人民团体所共同利用。实践结果表明, 信息利用越广泛, 其“资源”作用发挥就越充分。实现资源共享, 是时代和科学发展的必然。同时, 信息交流活动本身的社会化和集约化, 也要求使全社会的信息资源实现共享。根据共享原则, 必须开展信息系统建

设，建立完备的社会化的信息资源保障体系和高效率的信息流通、传播及利用体系，并且通过有效的管理，保证信息资源能为全社会众多用户最大限度地利用。当然，共享性不等于效益性，推动信息资源共享的机制是市场。只有当信息及其产品被作为信息商品推向市场之后，信息共享原则才能得到完全的实现。

2. 系统原则

按照系统论的整体效应观点，即整体大于部分之和。信息资源管理系统的整体功能不同于各个组成部分功能的简单相加。系统的规模越大，结构越复杂、越合理，它所具有的超过个体性能之和的性能就越明显。换句话说，应当使国土资源的信息资源，包括各相关行业、各方面、各种类型以及以各种渠道所获得的信息资源，按照系统科学的要求形成一个相互联系、相互作用的系统，才能真正发挥出“资源”的作用。要做到这一点，一方面必须重视系统分析，有的放矢地进行信息系统设计和信息采集；另一方面必须打破部门之间和单位之间的相互封锁，打破条块分割、各自为政的局面。只有这样才能使信息资源管理真正做到“整体大于部分之和”。系统观点是信息资源管理不同于以往信息管理的最大特点，它将使信息管理获得新的生命和新的活力。随着社会信息化水平的提高，信息环境将会更加复杂，影响因素也会随之增多，在信息资源管理中坚持系统原则也就更加重要。

3. 科学原则

科学原则是指信息资源管理应当遵循信息运动的客观规律，体现信息资源管理的特殊性。信息的效能和生命，就在于它能准确和真实地反映客观事物及其运动变化的特征和差异。信息资源管理要使信息服务于社会，发挥其“资源”作用，就必须要求整个信息运动过程，即从信息源选择到信息的收集、处理、储存、管理、传递、利用乃至反馈，都是严谨的和高保真的，尤其是在“信息污染”日益严重的情况下，保持信息的准确性和可靠性显得更加重要。信息又具有很强的时效性，过了一定的期限，其效用就会减少、丧失乃至出现负值。加紧研制最新的现代信息技术并且迅速地将其应用于信息管理，是解决这些问题的的重要途径。这些就是信息管理的基本科学原则。

4. 安全原则

随着信息资源共享的推进，信息的安全问题日趋严重，成为信息资源管理所面临的重要问题。形形色色的电子犯罪触目惊心，各种信息资源都面临着被侵害、被窃取的危险，还有计算机病毒的蔓延，等等，使人们日益感到不安和恐慌。信息安全问题涉及领域广泛、因素众多，单从技术上以传统的密码学为基础的计算机专门防护措施已显得力不从心，人们需要寻求新的途径、运用新的手段、从全新的角度进行综合防范和治理。信息资源管理作为信息管理的新发展，从诞生之日起就面临严重的安全问题，在信息系统建设中，应当将信息安全原则作为重要的管理原则之一，高度地关注并进行综合治理。

（三）信息系统的分类

目前各行各业所使用的信息资源管理系统，都是利用计算机技术建立的，通常称为计算机信息系统，或简称为信息系统。它们是计算机技术和信息资源管理学相结合的产物，是由计算机硬件、管理软件及其中所包容的各种数据所组成的一种综合性技术系统。计算机硬件包括主机及各种输入输出装置（外围设备）；管理软件包括各种数据库、图形库、模型库和方法库的管理系统。数据库是这些信息系统的核心。由于服务对象、性质、内容以及数据本身的特点差异，随着应用领域的扩大，信息系统的类型逐步增多。目前还未见到有关信息系

统分类的完善定义和标准,我们暂时根据系统服务对象、性质、内容以及数据本身的特点,大致地把信息系统分为面向金融经济、面向业务过程和面向数据资料三大类。

1. 面向金融经济的信息系统

这类信息系统通常由各国政府或集团公司按地区、按行业建立,主要用于收集、处理和汇总各地区、各行业的经济信息。金融信息系统、股市信息系统、税收信息系统和国家经济信息系统都属于此类。我国原国家计划委员会和经济贸易委员会在 20 世纪 90 年代所建立起来的国家经济信息系统,是我国目前最大的信息系统。该系统是一种由国家级主系统与若干部门分系统组成的全国性多级信息系统,可为国民经济的统计、预测、规划、计划、调度及指挥等提供依据。从纵向上看,它分为 5 个层次:中央级、省级、中心城市级、县级和企业级。其中包含了 31 个省(区、市)、几百个中心城市、几千个县和几千个骨干企业。从横向上看,除了由国家经济部门组成的主系统外,还有若干个与国民经济关系密切的部门系统,如金融、财政税收、物资、商业、外贸、能源、交通运输、农业、工业和国土资源信息系统。

2. 面向业务过程的信息系统

这类信息系统以各级业务管理和决策人员为服务对象,主要着眼于“(物质或精神)产品生产过程”和“产品流通过程”的信息收集、存储、管理和处理,为产品结构调整、产量和质量控制、品种更新、新产品设计以及日常生产管理,提供自动化工具和决策依据。目前用于业务管理的、基于计算机的信息系统有 4 类:事务处理系统(TPS, Transaction Processing System)、办公自动化系统(OA, Office Automation System)、企业管理信息系统(MIS, Management Information System)和决策支持系统(DSS, Decision Support System)。从 TPS 到 MIS,再到 DSS,代表了面向业务过程的信息系统发展的 3 个阶段。

3. 面向数据资料的信息系统

这是以第一线工作人员和科研人员为服务对象,主要着眼于自然数据资料的收集、存储、管理和处理的信息系统。由于面向数据资料的信息系统所存储的是人类活动的某种“产品”本身——描述客体的特征和性质的数据资料集合,它所做的处理则是对这种“产品”进行再加工,因此从某种意义上说,面向数据资料的信息系统本身既是“原材料”与“产品”的管理工序,也是“产品”的生产工序。勘查数据处理系统(EDPS, Exploration Data Processing System)、地理信息系统(GIS)、地质信息系统(GMIS, Geological and Mineral Information System)和文献资料检索系统(LIS, Literature Information System)等,都属于这一类。随着社会信息化和信息社会化的发展,上述三类信息系统出现了相互交叉渗透的情况。

三、地质信息系统的概念

地质信息系统是指建立于基层勘查单位、矿山、油田、水利水电工程、城市(数据采集点)的基础信息系统。具体地说,是计算机技术和地质信息资源管理学相结合的产物,由计算机硬件、软件、数据、方法和人组成,是对地质数据进行采集、整理、存储、管理并提供查询、检索、建模和处理功能的一种综合性技术系统。由于其信息源具有点源性质,因此也称点源地质信息系统。一个完整的地质信息系统,由勘查数据管理、勘查数据处理和地矿资源预测评价 3 大部分组成。它既是基层勘查单位对资料数据进行收集、存储、管理、处理和使用的综合性技术系统,也是上级主管部门(公司、省局和部委)组建信息网络系统、

开展地矿信息服务的基础。对于信息源所在处或基层地矿勘查单位而言，它们是功能强劲的微型工作站；而对于国家或省局级地质信息系统而言，它们是数据齐备的网络结点。

（一）地质信息系统的特点

作为信息系统，地质信息系统与其他信息系统有许多共同点，但也存在一些显著的差异，甚至是涉及服务对象、服务性质和服务内容方面的本质差别。

与一般企业信息系统相比较，差别在于一般企业信息系统的服务对象是企业内各级管理人员和上级机关管理人员，而地质信息系统的服务对象除此之外，更主要的是第一线的技术人员。一般企业信息系统主要着眼于“物质产品生产过程”和“物质产品流通过程”的信息收集、存储、管理和处理，为产品结构调整、产量和质量控制、品种更新、新产品设计以及日常生产管理，提供自动化工具和决策依据。因此，企业信息系统是“原材料”、“产品”及其“生产、流通过程”的管理工具；地质信息系统则主要着眼于“地质体和矿产（类似于企业的原材料）的自然属性和时空特征”的信息收集、存储、管理和处理，不但为地质体和矿产价值的综合评价及其利用方式、方向的决策提供依据，同时也为揭示地质体和矿产形成的自然规律提供依据。而且，由于地矿勘查的“产品”是勘查报告（或称调查报告、勘探报告）——描述被勘查对象的特征和性质的数据资料集合。因此，从某种意义上说，地质信息系统本身既是“原材料”与“产品”的管理工具，也是“产品”的生产工具。

与一般的地矿资源勘查数据处理系统相比，地质信息系统的特点也很显著。一般地矿资源勘查数据处理系统的服务对象，只是基层勘查单位内部或科研机构内部的技术人员，通常不存在单位之间数据共享问题；而地质信息系统的服务对象除了基层勘查单位内部或科研机构内部的技术人员之外，还包括内部各级管理人员和上级机关管理人员，以及不同单位的科技人员，因此必须考虑单位之间数据共享问题。一般地质数据处理系统都以处理功能为核心，其软件开发的重点是各种数据处理功能（数据分析、统计、计算和编图），通常利用数据文件或简单的应用数据库来组织数据，很少花大力气对数据库管理系统平台做二次开发。地质信息系统与一般数据处理系统的最大区别，就在于它以主题式点源地质数据库为核心，数据处理功能的开发围绕数据库展开。为此，要求对所选用的数据库管理系统平台进行大量的二次开发，并开展深入的系统分析和系统设计。

与地理信息系统相比较，地质信息系统的特点也很显著。二者都是面向数据资料的，但在管理内容、系统结构和系统功能方面差异很大。现行地理信息系统具有强大的二维空间数据管理、分析、提取、转换、叠加、图示和评价等功能，也能够很方便地处理各种二维空间数据，并且从中提取大量的有用信息。它通常只关心地形地貌而不关心地下结构和成分，无须管理和处理大量属性数据，其内置的关系数据库仅为满足空间信息处理的需要而设，因而数据结构都是拟三维的，仅支持面三维建模，难以面对复杂的地质属性数据。地质信息系统则需要同时关心地形地貌和地下地质结构和成分，而且地下地质结构和成分为主，其内置数据库必须同时管理和处理具有多源、多类、多量、多维、多尺度、多时态和多主题的地矿空间数据和属性数据，数据结构必须是真三维的、能够支持体三维建模及其空间分析，因此需要集强大的空间数据库与强大的属性数据库系统于一身，还需要具备“多S”集成特征。

（二）地质信息系统结构与功能

地质数据管理、地质数据处理和地矿资源预测评价3大功能，是一个完整的地质信息系

统所必备的。地质数据管理功能由勘查数据库子系统来实现；地质数据处理功能由地质数据综合整理子系统和勘查图件机助编绘子系统来实现；地矿资源预测评价功能则由决策支持子系统来实现，其中包括地质成矿过程数学模拟、地矿资源预测和地矿资源评价等工作模块。根据结构－功能一致性准则，系统的功能要求是系统结构组织的依据，而系统结构组织是系统功能要求的体现。这种一致性准则将通过系统设计来体现。

地质信息系统的结构从技术方法体系角度可分为内、中、外3层（图1-2）。内层为数据管理层，是整个系统的核心，它贯穿于系统运作的全过程，也贯穿于系统功能应用的各个层次。数据管理层包括下部的主题式点源数据库和上部的数据仓库（或数据集市），职能是实现数据组织、存储、检索、转换、传输、交叉访问、数据挖掘和知识发现。外层是技术方法层，是整个系统的手足，可为功能应用层的各个层次及数据管理层服务。它包括各种高功能的硬、软件平台，以及GIS、多媒体技术、人工智能和人工神经网络技术。中层是功能应用层，是整个系统的躯干，它由下而上分为综合整理、编图及建模、决策支持等3个层次。功能应用层的职能是实施系统的全部功能处理。

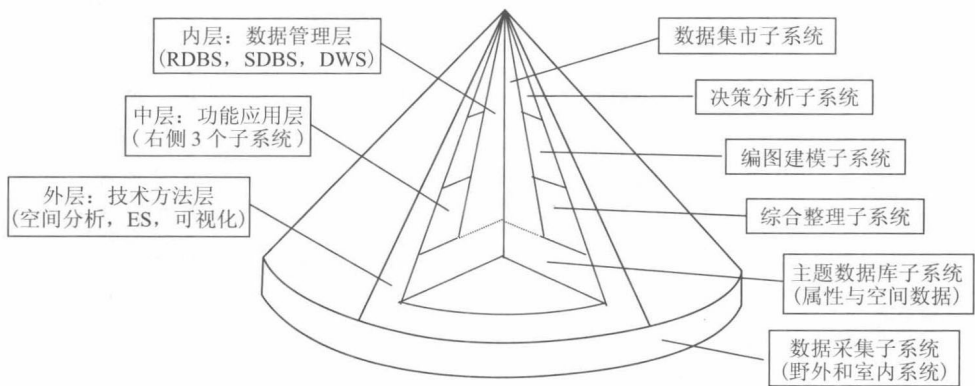


图1-2 以主题式点源数据库为核心的地质信息系统结构
（据吴冲龙等，2005，修改）

数据采集子系统处于地质信息系统的底层，是整个系统的基础，可实现野外与室内各种属性数据和空间数据的手工和机助入库。

主题数据库子系统处于数据采集子系统之上，是整个地质信息系统的核心。在本系统中，各种功能处理软件的开发都有共同的数据库基础——主题数据库。该数据库子系统以数据管理为根本，采用专题关联的先进设计技术，实现数据模型与代码标准化，并且有强大的数据存储、管理和操作功能；有信息齐备、功能齐备、安全高效、应用方便的特点，在为各个功能应用层提供原始数据支持的同时，能为区域性和全国性地矿信息网络提供点源数据服务。主题数据库还与架构于其上的数据仓库（或数据集市）紧密相连，支持实现数据的充分共享，并保证系统的数据挖掘、知识发现和全部功能应用的实现。

综合整理子系统处于点源信息系统的第三层，包括野外资料整理、专题资料汇总、日常数据处理、储量计算、多元统计分析和地质规律分析等次级子系统。该子系统既可直接为地勘单位的日常生产管理和报告编写服务，又为地质规律、成矿规律及找矿勘探方法的研究服务。地质规律分析主要包括勘查区（研究区）的构造作用、岩浆作用、沉积作用、变质作用和成矿作用的规律分析，由于涉及参数多、关系复杂，通常采用人工专家系统和人工神经网络技术来实现。