

中国数学地质

中国地质学会数学地质专业委员会 主编

3

地质出版社

中 国 数 学 地 质

3

中国地质学会数学地质专业委员会 主编

地 质 出 版 社

中国数学地质

3

中国地质学会数学地质专业委员会 主编

*

责任编辑：杨友爱

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：17.5 字数：416000
1991年6月北京第一版·1991年6月北京第一次印刷
印数：1—1000册 国内定价：11.50元

ISBN 7-116-00820-9/P·702

前 言

第四届全国数学地质学术会议于1990年4月3日至7日在四川省成都市召开。会议由中国地质学会数学地质专业委员会、成都地质学院和四川省地质学会数学地质专业委员会共同主持。来自全国各行业的191位数学地质工作者出席了会议，共提交学术论文226篇。

本书是这次学术会议的论文集，共选入论文41篇，由于一些客观原因，还有很多优秀论文未选入本书。敬请作者和读者原谅。

中国数学地质 3

编辑小组

1990年8月

目 录

数学地质发展概况以及对数学地质学科特点的分析.....	刘承祚 (1)
综合信息矿产预测理论体系.....	王世称 王于天 刘少华 (8)
腾冲锡矿带找矿靶区圈定及定量预测方法研究.....	朱章森 (15)
“均方误差比”正交逐步判别与矿床预测.....	王学仁 张进 (22)
太极序列的数学地质意义.....	徐道一 黄建发 (30)
关于化探中应用正态变量因子分析若干基本问题的讨论.....	武耀诚 (36)
一个微型机上的斑岩铜矿矿床模式数据库处理系统.....	沈忠民 冯祖钧 任启江 (43)
求导理论与无模型预测.....	朱章森 张庆希 杨丽清 (49)
差值趋势面分析的数学探讨及其在重力勘探中的应用.....	 阎汉杰 刘学桢 王捷 邹传堂 (56)
黄山矿区成矿预测的共享近邻法研究.....	徐人桢 (70)
PRZS油气资源评价专家系统.....	王伟元 王明君 刘大有 孟兆龙 (74)
正交逐步回归判别法对滇中东川式铜矿矿床的统计预测.....	王学仁 张进 (79)
成矿关系网多目标定量预测.....	刘宴霖 朱章森 (86)
承压井涌水量与水压、放水时间关系的有限元分析.....	张菊明 邓孝 (95)
CLMN——打印综合地层柱状图程序包.....	李公时 刘让潢 (101)
地球化学数据的稳健主分量分析.....	周蒂 陈汉宗 王文质 (105)
黔中铝土矿勘探网度的地质统计学研究.....	成桃江 (114)
构造地球化学场空间分布机制研究初探.....	罗晓春 (120)
判别分析各种模型的模拟比较及其意义.....	宋伯庆 潘恩沛 (125)
原生晕与次生晕的定量关系研究及应用.....	王玉兰 (131)
矿产资源预测评价的系统工程分析原则.....	桂宝林 (137)
压实对寻找隐蔽油藏的重要意义.....	徐朝凤 (143)
油气资源勘探规划的数学模型及优化算法.....	常云岫 黄莲芳 冯恩民 杨淑华 (150)
冀北丰宁一带金矿资源量定量预测.....	檀国平 卫万顺 (155)
河北省宽城县牛心山金矿床大比例尺成矿预测.....	郭东炯 王晓霖 刘秉眉 (164)
GM (1, 1) 数列预测模型剖析及其扩展.....	郑黎明 李秉生 韩会增 (170)
点评价的探索和实践.....	潘汉军 侯景儒 (174)
模式识别成矿预测技术及应用.....	徐驰 邓少汉 (183)
蚌埠地区中比例尺金矿综合信息成矿预测.....	丁延生 刘玲 王于天 马英 (191)
东秦岭花岗岩类主元素多元统计的地质意义.....	张正伟 (199)
豫西登封煤田白坪井田山西组二煤层厚度分布模型的建立及影响地质因素分析.....	 邓寅生 陈书龙 刘植恒 姚庚云 陈江峰 谢洪波 (203)
有序样品分割法的进一步研究与探讨.....	杜明亮 高德秀 姚宁 (211)

估计渗透率的空间分布的方法

——顺序指示模拟.....周 叶 王家祥(219)

珠江口盆地定量生物地层学研究.....王 平 方 青(224)

石油数学地质的系统工程趋势

——兼论石油数学地质专业教育与人才培养.....祁大圣(234)

新疆棋盘剖面达里约尔组沉积相研究中的马尔可夫链分析.....

.....刘绍平 田时芸 郭成贤(239)

多元统计分析方法在非背斜油气藏地质研究中的应用.....

.....陈立平 董敏淑 高 宏 汪慕道 李志良(245)

太原西山矿区地下水环境质量现状评价及预测.....祝天惠(251)

汾泉河流域降雨径流模型及早涝灾害综合治理...戴云凯 林满意 刘新建 刘晓莉(256)

层状矿床储量计算方法的研究.....张瑞新(263)

建立残煤矿床模型的新途径.....杨树才(270)

数学地质发展概况以及对数学地质学科特点的分析

刘 承 祚

(中国科学院地质研究所)

摘 要 本文从十个方面介绍了近年来数学地质在国内外的发展概况和主要进展,并对进一步的发展趋势作了评述。介绍了1978年以来国内的主要数学地质学术活动以及第28届国际地质大会上的数学地质学术活动,对数学地质学科的特点进行了研究和分析。

关键词 数学地质。

数学地质是地质学中较新的分支学科,它是由地质学、数学和计算机科学互相结合而产生的边缘学科,数学地质的产生是地质学向量化发展的必然结果。地质学和数学的首次结合大约开始于150年以前,英国地质学家莱伊尔首先应用数理统计方法研究第三纪地层中的古生物用以解决地层划分问题。计算机在现代地质学中的应用开始于本世纪50年代末期。此后,数学方法和电子计算机技术逐渐应用到地质学的各个分支领域,1968年8月在布拉格召开的第23届国际地质大会上,正式成立了国际数学地质协会(International Association for Mathematical Geology,简称IAMG),并第一次组织了数学地质学术活动。以后,在每隔四年召开一次的国际地质大会上,都组织专门的数学地质分组活动。至此,数学地质和地质学的其他分支学科一样,在重要的国际地质学术活动中占有一席之地。

我国地质工作者在60年代初期开始介绍国外的一些数学和计算机科学在地质学中应用的动态,同时也做了一些简单数学方法在地质学中应用的工作,60年代中期开展了早期的数学地质研究工作,70年代数学地质在我国得到了迅速发展,1978年成立了国家科委地质专业组数学地质分组。1981年中国地质学会数学地质专业委员会正式成立,在它的组织和领导下开展了一系列的数学地质学术活动。

一、近年来数学地质在国内外取得的主要进展

1. 分形(Fractal)理论在地质学中的应用

分形理论为当代法国数学家B. B. Mandelbrot所创立,他在1975年创立了分维几何学(fractal geometry),其中包括了“分形”和“分维”(fractal dimension)的一系列问题。“分形”一词的原文来源于拉丁文的fractus和英文的fractional,含意为“不规则的”、“支离破碎的”、“分数的”等,通常指具有自相似性(self-similarity)或膨胀对称性的几何对象,将定量描述上述自相似性的参数称为“分数维”或简称“分维”。

分形和分维具有下列几个基本性质:

(1) 自相似性是指事物的局部(部分)与整体在形态、功能和信息等方面具有统计

意义上的相似性。

(2) 适当放大或缩小分形对象的几何尺寸, 整个结构并不改变, 这种性质称为标度不变性。

(3) 自然现象的分形特征只有在一定的尺度范围内和在一定的层次中才能表现出来, 这个具有自相似性的范围称为“无标度区”, 在此区之外, 自相似性不复存在。

(4) 在欧氏几何学中, 维数是普通维数, 只能是整数。但在分维几何学中维数可以是整数或分数。

(5) 自然界中的分形是具有自相似分布特征的随机现象, 必须采用概率统计的方法来处理。

在自然界中和社会中广泛存在着具有分形特性的研究对象, 例如: 海岸线、云朵、树、肺脏以及描述经济现象的图形等。

近年来分形和分维在地质学中得到了一定的应用, 例如: 地质断层的分数维解析、岩体破裂的分数维、地表水系的分数维特性、地震强度和时空分布的分维特性, 将分维和计算机绘图技术结合起来可以描述地质过程(矿物生长、岩石中节理和孔隙的形成等)。此外, 在石油开采过程中, 应用分数维研究和描述流体的流线, 可以发现更多的可采石油等。

国际数学地质协会的两种主要杂志:《国际数学地质协会志》(1988年, 20卷第6期)和《计算机与地球科学》(1989年, 15卷第2期)分别刊登了“分形和地球科学”的专号, 报导了国际上的最新研究成果。

我国最早应用分数维研究地质问题的是彭志忠教授; 他在1986年应用分数维研究了准晶体的微粒结构模型。

2. 人工智能和专家系统在地质学中的应用

专家系统是人工智能领域中的一个分支研究方向, 它是一种用以解决专家级水平的、适度规模的各种科学技术问题的计算机智能程序系统。

地质学是专家系统的一个重要应用领域。世界上最早建立的三个专家系统之一便是地质专家系统(PROSPECTOR), 它首先建立于美国斯坦福大学研究所。近年来地质专家系统研究取得了一系列进展, 以下是国外已建立的新的专家系统:

(1) 资源评价者专家系统: 为美国G. S. Koch所建立, 仅含高岭土一个矿种, 对美国和亚洲高岭土资源进行了评价。该系统用LISP语言编写, 在IBM微机上实现。

(2) 数字图象处理专家系统: 主要处理遥感数字图象, 从中提取岩石类型信息, 并以岩性图的形式输出处理结果。

(3) 岩石薄片鉴定专家系统。

(4) 石油钻孔电法地球物理测井分析专家系统。

国内已建立的专家系统有: 油气资源评价专家系统, 地下水勘探专家系统, 南岭花岗岩含矿性判别专家系统, 风化壳离子吸附型稀土矿床找矿专家系统等, 金矿找矿勘探专家系统, 煤炭勘探成果审查专家系统, 知识库系统的初级模型, 地质类比推理及不确定性知识处理等。

3. 固体矿产资源的统计预测

自从1976年建立IGCP第98项“资源研究中计算机应用的标准”以来, 固体矿产资源

的统计预测一直是数学地质中的一个很活跃的分支方向。在 26 届和 27 届国际地质大会的数学地质论文中矿产预测论文分别占 30% 和 21.6%。

国内的矿产统计预测工作也开展得很好,已由引进应用国外方法阶段,进入比较成熟的独立发展阶段。在方法上出现了多方法叠加、方法的有序渐进深入、多层次方法组合等。在资源预测方面,由单矿种单矿床类型到多矿种多矿床类型的多目标预测,由在资料水平较高地区的模型定量类比预测到资料水平不高地区的无模型预测,由预测信息的单一应用,到多种信息的综合应用等建立了一整套综合信息矿产预测方法。

目前在国际上很重视地质数据的合成(integration of geological data)和特异值(outlier)研究,是两个值得注意的新动向。

4. 地质统计学

地质统计学是数学地质中的一个分支方向;是在地质分析和统计分析互相结合的基础上形成的一套分析区域化地质变量的理论和方法。地质统计学最初应用于矿产品位计算和储量评价,近年来扩展应用于地质学的其他分支学科(石油地质、煤田地质、地球物理和地球化学探矿、水文地质、工程地质、环境地质等)。

近年来,地质统计学在国际上取得了下列新进展:对于含有特异值的、接近高斯分布的数据,提出了稳健克立格方法;应用条件概率分布估计空间分布用以解决可恢复储量的估计和预报区间的确定问题;G. Matheron 提出了泛随机函数模型,由点支撑的信息估计块段分布;A. G. Journel 对指示克立格法提出了新的解法等。

国内地质统计学工作也开展得较好,1989年11月在江西省九江市召开了“第一届全国地质统计学学术讨论会”,交流了近期成果,并指出了发展方向。

5. 数学方法和电子计算机技术在石油地质勘探和资源评价中的应用

在这一领域近年来国外取得的主要进展有:应用数学地质方法评价石油和天然气资源总量,复杂石油油藏的资源评价、应用计算机技术进行盆地分析以寻找石油和天然气矿床、沉积盆地的数学模拟及其在石油和天然气勘探中的应用。此外,微机在这一领域应用的最新进展为:钻井可采储量计算,石油发展远景评价,石油勘探风险评价,石油微机数据库等。

在第四届全国数学地质学术会议上,沉积盆地模拟的论文占有较大比重(共5篇),除此之外,尚交流了以下几个方面的最新成果:应用风险模拟方法进行勘探决策,寻找探区有利地带软件包,断层裂隙的数学力学模拟,大型油藏三维数值模拟,差值趋势面分析等。

6. 地质数据库

地质数据库具有很强的实用性,近年来得到了稳步发展。在国际上建立了很多新的地质数据库,例如:加拿大矿物收藏数据库(MINIDENT),矿物学文摘数据库(MINABS)等。在国内也建立了很多的、不同规模的、不同应用目的的数据库。例如:成矿区带地质数据库、地质测试数据库、露天勘探点源数据库、石油天然气化探数据库、斑岩铜矿矿床模式数据库、石油天然气文摘库、地质科研管理数据库等。

7. 地质应用软件和绘图程序

地质应用软件和绘图程序在国际上和国内都取得了可喜进展。在国际上出现了下列新的地质应用软件:绘图软件包(Program Comparison Evaluation),在Apple Macintosh机(512K)上开发了绘制地质剖面、岩相图、碳酸盐百分含量图等应用软件。在国内开

发了一系列地质应用软件包,在多种图形工作站(微机图形工作站、101 数字图形处理系统、VAX图形工作站)上实现物化探数据的多种图形生成和图形处理。

8. 稳健统计学和成分数据统计学在地质中的应用

在地质数据处理中,下列两个问题常常给数学地质工作者的工作带来困难。

(1) 应用传统方法处理数据时要求总体服从正态分布,当由于某种原因,数据总体偏离正态分布时该如何处理?

(2) 所处理数据的所有组分之和为“定和”(闭合效应)该怎么办?例如,岩石化学全分析,每一样品的所有组分值的和为1,其组分的取值区间为 $[0, 1]$ 。而大多数统计模型建立在 $(-\infty, \infty)$ 区间内,直接应用这些方法会产生错误结果。

近年来稳健统计学的发展解决了上述第一个问题,成分数据统计学的发展有效地促进了上述第二个问题的解决。

9. 模糊数学和突变论在地质学中的应用

模糊数学在地质学中的应用越来越广泛,主要有模糊分类、模糊集合隶属度、模糊综合评判等。例如:在国外G. Graneth将模糊分类理论发展为地球化学找矿的有用方法。在国内将模糊数学应用于矿产预测、天然气储层分析、铁路边坡稳定性分类、地下水水质评价等。

突变理论是法国著名数学家勒·汤姆提出的一种新的理论,是微分拓扑学的进一步发展。突变理论可用于描述断层运动和古生物灭绝等地质现象。

10. 其他方面

系统工程、灰色系统、方向性数据统计学、投影寻踪等理论和方法均在地质学中有所应用。

二、国内主要数学地质学术活动综述

自1978年以来由中国地质学会数学地质专业委员会为主要主持单位的数学地质学术会议共召开了11次,其中全国数学地质学术讨论会共4次,数学地质专题学术讨论会共7次(表1)。这些学术会议的特点如下所述。

1. 由于重视数学地质最新发展动态研究,注意掌握学科的最新发展趋势,所以会议主题新颖、明确,有论文的会议代表比例较高。

2. 上述学术活动对国内数学地质的发展起到了推动、促进作用。

3. 加强了不同部门同行专家的联系。

4. 通过认真和深入的学术交流和讨论,开拓了思路,交流了信息,发现了问题,对今后工作提出了建议。

5. 在会议组织方式方面,没有照搬国外做法,适合国情,受到会议代表的欢迎。

6. 会上认真评选优秀论文,会后积极组织出版工作。目前“数学地质专辑(一)、(二)、(三)”,“中国数学地质1、2”已出版。

表 1 1978年以来的国内主要数学地质学术活动

会议名称	时 间	地 点	参加 人数	论文 篇数	主 持 单 位
全国数学地质学术讨论会	1978. 10	浙江省杭州市	195	131	中国科学院地质所 中国地质科学院矿床所
第二届全国数学地质学术会议	1981.4	湖南省长沙市	300	213	中国地质学会数学地质专业委 员会筹备组
数学地质最新动态和趋势座 谈会	1982.10	北 京 市	24		中国地质学会数学地质专业委 员会
数学地质在石油资源评价和 地质勘探中的应用学术讨论会	1983.4	四川省乐山市	157	117	中国石油学会石油地质学会 中国地质学会数学地质专业委 员会
第一届地质矿产数据库学术 讨论会	1984.10	江苏省南京市	73	32	中国地质学会数学地质专业委 员会 地质矿产部资料局电算处
数学地质在煤田地质勘探中 应用学术讨论会	1985.4	广东省广州市	128	102	中国地质学会数学地质专业委 员会、煤田地质专业委员会
第三届全国数学地质学术会议	1986.11	湖北省宜昌市	214	272	中国地质学会数学地质专业委 员会
第一届全国青年数学地质学 术讨论会	1987.10	山东省泰安市	123	152	中国地质学会数学地质专业委 员会
全国铀、金矿产资源评价学 术讨论会	1988.10	河北省石家庄市	83	97	中国地质学会数学地质专业委 员会 中国核学会铀矿地质学会
第一届全国地质统计学学术 讨论会	1989.11	江西省九江市	47	28	中国地质学会数学地质专业委 员会 中国金属学会冶金地质学会
第四届全国数学地质学术会 议	1990.4	四川省成都市	191	226	中国地质学会数学地质专业委 员会、成都地质学院、四川省地 质学会数学地质专业委员会

三、第28届国际地质大会上的数学地质学术活动评价

第28届国际地质大会于1989年7月9日至19日在美国华盛顿会议中心举行。共分14个专题进行学术交流，数学地质是其中的第13个专题。在整个会议期间，共进行了10次数学地质分组交流，分组交流的主题如下：

1. 地质数据合成及图象分析；
2. 数学地质 I 和 II；

3. 微机在地质学中的应用;
4. 资源(储量)的地质统计学评价;
5. 矿物学中的数据库和电算;
6. 区域资源评价的定量方法;
7. 特异值统计处理在遥感、矿床、污染、地球化学、水文地质和工程地质中的应用;
8. 巨型电子计算机在地质学中的应用 I 和 II。

向第28届国际地质大会共提交数学地质论文90篇, 论文的分类及每一类论文的篇数见表2。

表 2 第28届国际地质大会数学地质论文的分类和数目

论 文 分 类	论文数目	论 文 分 类	论文数目
地质数据合成	3	计算机程序系统和自动绘图	3
数字图象分析	3	遥感地质的应用	2
地质数据统计分析	2	微机在地质学中的应用	8
地质统计学	12	地质过程的数学模拟	14
矿物鉴定	2	地球动力学	9
矿产统计预测	8	行星地质学	2
地质数据特异值	5	其 他	7
地质数据库	8		
人工智能、专家系统	2	总 计	90

第28届国际地质大会指出了90年代的发展方向: 地质科学将成为更定量的科学, 将广泛应用信息科学的成果模拟各种地质过程, 利用数值模拟寻找油气和固体矿产, 遥感、数据库、计算机绘图将得到更广泛应用。

四、对数学地质学科特点的分析

按照一般的传统习惯看法, 一门独立的学科(分支学科)有下列三个标志:

1. 有比较固定的、界限比较清楚的研究对象和领域;
2. 有比较成熟的和完整的理论;
3. 有专用的技术和方法。

随着现代科学技术的发展以及传统学科和现代科学技术互相结合, 产生了一些新的边缘分支学科。根据这种新的情况, 可以将地质学的分支学科划分为下列三类。

第一类: 历史较久, 应用传统研究方法较多。如果将整个地质学总体比喻为一座“大厦”的话, 则这一类分支学科处于“大厦”的基础部位。属于此类的分支学科有: 地层学、岩石学、古生物学等。

第二类: 历史较短, 应用高技术, 是边缘学科, 处于“大厦”的层次较高部位。数学地质即属于这一类的地质学分支学科。

第三类: 处于第一类和第二类之间具有过渡性质的分支学科, 如: 地球物理、地球化学等。

数学地质学科具有下列特点:

1. 由第一类分支学科向第二类分支学科过渡, 上述的学科的三个标志逐渐变模糊;
2. 学科的历史较短, 成熟程度较低;
3. 应用数理化较多, 定量化和现代化程度较高;
4. 应用高技术;
5. 生命力较强, 具有广阔的发展前景。

五、结 束 语

1. 目前无论从国际或国内看, 数学地质作为一个独立的分支学科在地质学中已占有一席之地, 但数学地质是一个年轻的边缘分支学科, 作为地质学中的“第二类分支学科”, 它有一些特点, 应值得注意。

2. 我国数学地质已经由引进和应用国外方法的阶段发展到比较成熟的阶段, 能够结合我国的实际地质情况, 创造出一些理论和方法, 并在地质找矿勘探中见到了实效, 逐渐形成了自己的一些特色。

3. 目前, 在数学地质中出现了实用性很强的分支(如矿产统计预测、地质统计学等), 今后应大力开展这方面的工作, 以取得更大的进展。

4. 今后应注意加强的环节为: 地质数据库、专家系统、计算机绘图、数字图象分析、遥感数据处理等。

5. 在数学地质发展中今后应注意全面性, 避免片面性。既注意解决实际问题, 又注意理论研究。既注意微机应用, 又注意巨型机应用, 使数学地质朝着更全面、更深入和更健康的方向发展。

参 考 文 献

- 刘承祚 1978 数学地质发展概况 国外地质 第6期 1—12页
刘承祚 1981 数学地质研究的进展 国外地质 第2期 7—15页
刘承祚、李裕伟 1987 数学地质和计算机在地质工作中的应用 在“当代地质科学动向”中 284—286页
地质出版社 北京

综合信息矿产预测理论体系

王世称 王于天 刘少华

(长春地质学院综合信息矿产预测研究所)

摘 要 本文介绍了综合信息矿产资源预测理论体系,概述了它的主要论点和工作步骤。综合信息预测理论从我国的具体实际出发,强调矿产预测必须利用地质、物探、化探、遥感等综合信息,研究信息间的关联与转换,编制综合信息成矿预测图,以地质体为单元代替网格法,建立综合信息找矿模型,运用有效的数学方法和计算机处理系统、定位、定量地提供最佳矿化靶区,计算资源潜力。数年实践已证明它是一种极为有效的矿产预测方法。

关键词 综合信息,找矿模型,矿产资源预测。

综合信息矿产预测是一项以找矿模型为基础,应用矿产的地质、地球物理、地球化学和遥感地质等综合信息开展的综合性矿产预测工作。

综合信息矿产预测是在常规矿产预测的基础上发展起来的统计预测方法。常规矿产预测是以成矿模式为基础,以成矿理论为指导,通过成矿规律的研究进行矿产预测。它是矿床学走向实用阶段的重要标志,是矿床学家非常重视的发展方向之一。常规矿产预测主要应用地质矿产资料进行矿产预测,对其他信息应用较少或未成系统地应用。另外,矿床成因问题是矿床学长期争论的焦点,矿床学本身需要在争论中得到发展,但由于受不同矿床成因观点的影响,成矿模式的建立也必然带来不统一性。不同的矿床地质学家从不同的研究经验角度出发,往往采用不同的成矿模式开展矿产预测工作,预测的结果有时也是迥异的。

综合信息矿产预测是以地质体为单元,研究地质体对矿产资源体的控制作用,侧重于矿产资源体的空间分布规律研究。它以矿化系列理论为指导,研究在不同区域地质环境(沉积岩区、火山岩区、侵入岩区、变质岩区)中系列矿产的分布规律。以地质为先验前提,以地质体和矿产资源体(矿体、矿床、矿田、矿带)为单元,研究各种信息(地质、物化探、遥感)同地质体和矿产资源体的关联及信息之间的转化规律;以计算机为手段,把直接找矿信息同间接找矿信息进行系统化关联,查明信息转化规律,应用间接信息进行矿产预测。

从综合信息矿产预测角度分析,矿产预测及地质勘察工作有以下特点:

1. 地质观察研究的不统一性

地质工作的基本工作方法是地质调查研究。由于专家们的经历不同,他们所持的观点不同,他们的科研生产地质成果的不统一性也是必然的。

2. 物探、化探、遥感信息的多解性

各种物、化探的场和异常是由于岩石的物理性质和化学性质差异所引起,只要地质体具有相同的岩石物性和化学性质差异条件,就能产生相似的异常和场型。

3. 地质体和矿产资源体的共性与个性

地质体和矿产资源体均有它们自身的特性，没有完全相同的地质体和矿产资源体。同类的地质体和矿产资源体又存在着共同的特征，故地质体和矿产资源体的模型均属于统计性模型。

4. 矿产普查勘探工作 研究程度的不平衡性

各种信息的分布永远是不平衡的。矿产普查勘探工作的布署受经济规律所制约，总是把有限的投资应用在最有希望的地区。这是形成研究程度不平衡性的根本原因，故此客观规律具有普遍性。

5. 矿产资源体具有矿化系列性

矿产资源体的矿化系列性受地球化学规律制约。程裕祺、陈毓川提出了矿化系列概念，即“在一定的地质环境中，在统一的地质成矿作用下形成的，在时间、空间和成因上有密切联系的一组矿床。”

6. 数学模型应用的目的性

矿产预测工作现已由定性预测阶段走向定量预测阶段，这是总的发展趋势。综合信息矿产预测以计算机为工具，以各种数学模型为手段，充分开发各类控矿信息，有利于提高矿产预测的科学性，实现矿产资源的立体化预测。但要注意各种数学模型的应用必须遵循各学科的基本原理。

据以上的六个特点提出综合信息矿产预测的基本方法（图1）。

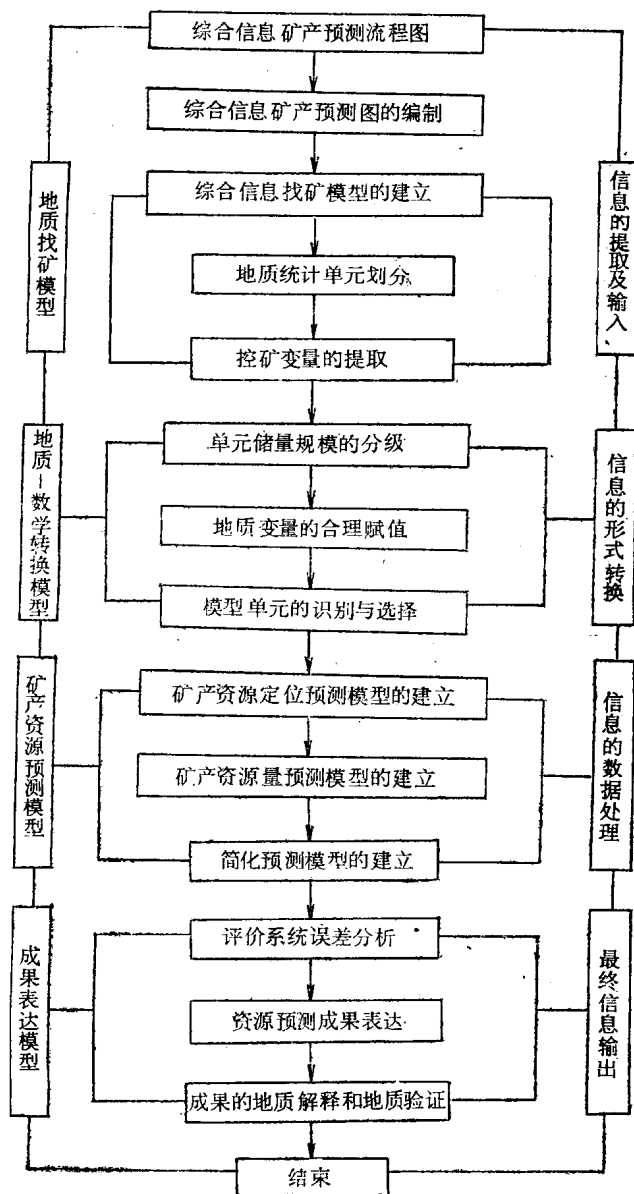


图 1

一、编制综合信息矿产预测图

由于地质观察研究的不统一性，必然表现在地质图编制观点的不统一。为了客观地进行矿产预测，必须认真分析各种地质图系和各种信息，编制综合信息矿产预测图。争取达到信息提取和输入具有客观矿产分布规律的特点。

综合信息矿产预测图的编制是矿产预测必要的工作步骤。成矿规律的分析是通过各种信息图件系统分析编制实现的,综合信息矿产预测图是表达各种信息的一套图系,它可以分为表达各种信息的基础图件和表达成矿规律、圈定靶区及估算资源量的目的性图件。综合信息矿产预测图的编制,在综合信息矿产预测中占有举足轻重的地位。合理地编制好预测图系,充分开发信息,对深化成矿规律的认识有重要意义。随着找矿难度的增加,围绕盲矿和隐伏矿床的预测,这种重要性更加明显。

综合信息矿产预测图编制的指导思想是以地质为先验前提,广泛研究不同地质学派不同矿床成因观点对成矿规律的认识,并对它们合理地继承。如控矿层对比,岩体类型划分及控矿规律的研究成果等。在地质先验前提下,开展地球物理、地球化学和遥感等资料的综合地质解释,提取信息,建立地质体和矿产资源体的地质、物化探、遥感地质找矿标志,实现综合信息找矿标志的模式化。通过地质直接找矿标志和间接找矿标志的合理信息转换,指导综合信息矿产预测图的编制。

为了编制综合信息矿产预测图,需要预先编制一系列单一信息的基础图件和中间结果图件,主要有物探构造纲要图、推断地质图、构造化探图和构造重砂图等,在此基础上,编制综合信息矿产预测图。

重、磁勘探是金属地球物理勘探的基本手段和方法。岩石的磁性和密度,是描述岩石物理性质的两个基本参数,借助于岩石学地质理论,它们可作为分析地质、地球物理前提的依据。重磁解释的地质、地球物理前提是建立区域重磁标志层和重磁标志体,明确重磁目标物和目的物(预测对象)。确定重磁目标物(找矿标志)和目的物的特点,选择相应的数据处理方法,进一步深化对控矿规律的认识。

各种重力和磁法图件所反映的是不同性质、不同等级、不同深度的密度体和磁性体的叠加场或异常。重磁数据处理的目的之一是通过分解叠加场和异常,恢复异常源,区分不同特点的密度体和磁性体,实现它们的立体化解释。

在重、磁地球物理解释的基础上,以地质体和矿产资源体为单元进行它们的地质解释,研究地质体和矿产资源体同密度体和磁性体的关联。这种关联关系十分复杂,与地质先验前提关系十分密切,有直接关联和间接关联两种方式。这种解释的重点是建立控矿的基本构造格架及控矿规律。根据不同岩区(沉积岩区、火山岩区、侵入岩区、变质岩区)及其矿化系列的地质特点的不同,有不同的地质解释方法,形成不同的构造纲要图及推断地质图(详见有关的综合信息成矿预测图)。

勘察地球化学方法内容丰富,有原生晕、次生晕、水系沉积物和重砂等不同工作方法,它们组成了一个系统工程。原生晕和次生晕的研究是识别矿体、矿床特征的主要手段。不同类型矿体,其矿床的矿石建造不同,矿石的矿物成分及其主要矿化阶段的矿物组合标志和地球化学标志也不同。它们是研究地球化学信息的基础。以矿体和矿床为单元,原生晕、次生晕将形成不同等级的异常,显示水平分带、走向分带和垂向分带规律。由于成矿的多阶段性,所形成异常的分带性往往是叠加的。

重砂水系沉积物是勘察地球化学区域性工作的基本手段。目前我国许多地区已完成1:20万化探、重砂扫面工作,这些资料的解释和应用,是矿产预测图编制的重要内容之一。重砂、水系沉积物是不可分割的整体,它们代表矿化信息的不同侧面。在表生作用下,稳定性矿物、半稳定性矿物形成重砂,而不稳定性矿物和半稳定性矿物形成水系沉积物,

只有综合解释方能正确提取信息，其根本目的是反映主矿化阶段的地球化学信息。水系沉积物和重砂研究，还总要借助于矿石建造、原生晕、次生晕的研究成果进行解释，并研究它们之间的信息转化规律。

各种勘查地球化学信息来源于矿体、矿床的矿石建造。原生晕在表生作用下形成次生晕、水系沉积物和重砂。地球化学信息的解释，应该以多级汇水盆地网系图为基础追溯异常源，这些异常因其分布受制于地形、地貌的影响，要以具有相同组合异常的最小汇水盆地为单位，确定成矿的典型重砂、矿物组合及元素组合的空间分布规律，进而推断异常汇水盆地的分带规律。各种地化信息同构造的关系极为密切，为研究导矿构造、散矿构造和储矿构造提供重要信息。根据地球化学信息识别主矿化阶段的控矿构造，是矿产预测的关键，也是综合信息成矿预测图要解决的重要问题。控矿构造的等级性和配套性、系列性，构造的演化、发展和继承关系是从构造角度评价异常的重要信息。为了验证异常评价的有效性，可以通过不同类型矿化信息同已知不同等级矿产资源体的关联，建立构造化探、构造重砂模型。依据这种指导思想，编制构造化探和构造重砂图。

综合信息成矿预测图的编制，应在合理的最新地质理论指导下进行。程裕祺、陈毓川提出的矿化系列理论较全面地反映了同一地区有关矿产的共生组合规律，有利于预测系列矿种或难识别矿。编图中，应根据不同区域地质环境，按不同类型矿化系列建立相应的综合信息找矿模型，以具体指导成矿预测图的编制工作。编图中要注意研究矿源层和赋矿层、侵入岩体和控矿岩体、控岩、控矿构造等的地质、地球物理和地球化学标志及其信息转换规律。

各种资料所提供的信息特点差异较大，它们从不同角度，不同水平反映了矿产形成环境和控矿特征。地质信息、遥感信息直观性较强，通常反映了地表观测的结果，是综合解释的重要地质前提。重、磁信息具有明显的透视性，是不同深度和不同规模地质体水平投影的显示。在地质先验前提下，通过异常分解和重磁异常源识别，解决研究区的基本构造格架，奠定成矿的构造控矿前提。地球化学信息来自不同规模和埋深的矿产资源体和地质体，往往是地表信息与深部信息的总体反映。它们明显地受区域内基本构造格架所控制，因此把地球化学信息的解释放在构造格架中进行，通过典型矿化信息与地质、地球物理、遥感信息的有机关联，来解决成矿期构造的识别问题。

综合信息成矿预测图编制，必须在充分考虑上述各种信息特点和各个学科的基本原理的前提下，正确实现成矿信息的综合与关联，才能达到客观表达矿产成矿规律的目的。

二、综合信息找矿模型

成矿模式是以一定矿床的成因观点为基础，在直接观察前提下进行的理论分析。因而，带有较大的推断性和不统一性，难以适应隐伏矿床和盲矿床预测。找矿模型是从发现和寻找矿床的角度出发，总结客观存在的成矿标志，并通过直接与间接找矿信息的关联，实现找矿标志模式化。

建立综合信息找矿模型，要以矿田、矿床、矿体为对象，研究不同等级矿产资源体的找矿标志，研究相应的地质、物化探、遥感信息的有机联系及其信息间的转换规律。

矿床的矿石矿物、围岩蚀变和围岩特征是研究综合信息找矿模型的基础。首先，是矿物学和岩石学研究。要从找矿角度出发，着重于找矿标志的研究，特别是成矿主矿化阶段