

现代地质找矿系统及其结构初探

王雪曼

(冶金部地质局)

控制论、信息论、系统论等崭新的系统理论从不同侧面揭示了客观物质世界的本质联系和运动规律,为现代科学技术的发展提供了新思路、新方法。笔者用系统科学的理论和方法对现代地质学的发展和地质找矿的实际需要进行客观地分析,提出了现代地质找矿系统及其结构的初步设想,以适应找矿新形势,为增强寻找隐伏、深盲和难辨矿的能力开阔思路。



工作研究

20世纪70年代以来,人类认识自然和改造自然的能力空前提高。现代科学技术一系列惊人的发现和发明,使社会生产力迅猛发展,开始了一场遍及全球的科学技术革命。这场革命的重要标志之一,就是解放人类的智力,它对当代科学技术的发展和人们的思维方法产生了深远的影响。科学与技术、各门学科之间彼此渗透,紧密联系,既高度分化又高度综合,形成了完整的科学体系,使每门学科只有在整个科学体系的相互联系中才能得到发展,从而导致了现代科学发展的整体化趋势。

控制论、信息论、系统论等崭新的系统理论,从不同的侧面揭示了客观物质世界新的本质联系和运动规律,为现代科学技术的发展提供了新思路、新方法,沟通了自然科学与社会科学的联系。它使人们摆脱了传统方法的束缚,摒弃那种把本来是运动着的、活的有机体的动态问题,看成是静止的、孤立的、死的东西,把某些复杂系统硬性分为互不联系的简单系统,企图用简单系统来解释复杂系统。它如实地把对象视为完整的有机体和复杂系统;找到了解决具有行为目的的通讯系统和控制系统,以及复杂系统的方法,成功地把定量分析的方法引入迄今只进行定性考察的学科中,使科学研究方法产生了质的飞跃。

处在现代地质学应用领域最前沿的地质找矿学及

找矿方法学正由孤立、局部、静止的思维方法,向整体、联系、发展、综合、系统的思维方法转化。一个由多学科、多专业、多参数、多信息、多方法组成的完整的找矿—研究体系正在逐步形成。这一系统由相互作用、相互依赖的若干要素组成,是具有确定性功能和动态发展的有序结构体系。“四化”建设对资源和环境保护的需求,以及随着工作程度不断加深,找矿难度越来越大,给找矿学家提出了更艰巨的任务。地质找矿学已从地表露头找矿和就矿找矿的传统方法,推向了更高层次——寻找隐伏、深盲、难辨矿的弱信息、多干扰的找矿新阶段。因此,寻求找矿体系的最佳结构和模式,是找矿学家和管理学家现阶段密切关注的问题。本文试图用系统科学的理论和方法,对这一实际问题进行初步分析,以期抛砖引玉。笔者深信,应用系统学和系统方法学将为解决新阶段的难题提供依据。

与地质找矿系统有关的几个基本概念

1. 系统

系统是由若干部分(要素)以一定的结构相互联系而成的有机整体。这一整体具有不同于各组成部分的新的功能。我们把这种由相互作用和相互依赖的若干要素组成的、具有确定功能的有机整体,称为系统。

为了对系统进行深入的研究,人们往往根据不同的需要对客观存在着的系统进行分类:按组成系统的根本内容可分为物质系统和观念系统;按系统的规模可分为小型系统、中型系统、大型系统、巨大系统;按系统的构成或与环境的关系可分为开放系统和封闭系统;按组成系统的要素性质可分为自然系统、人造系统以及两者结合的复合系统;按系统的运动状态与时间关系可分为静态系统和动态系统;按系统具体对象可分为工程系统、管理系统、操作系统,等等。

2. 系统科学

系统科学是研究系统的类型、性质和运动规律的科学。系统科学作为一个完整的科学体系包括系统学、系统方法学和系统工程学。三者之间的关系是理论、方法、应用的关系。即系统学是系统科学的基础理论,它研究一般系统的概念、性质和基本规律;系统方法学提供认识和解决各种实际系统问题的思考方式和方法论;系统工程学是系统科学的实用领域,提供管理技术的“软科学”,包括系统的最佳设计、最佳控制和最佳管理的决策、方案和程序等。这些学科又分别引进和应用了现代科学技术的新理论、新方法。如:系统学涉及到系统论、耗散结构论、协同学、超循环理论、资源物理学、统一场论等;系统方法学包括信息论、控制论、系统动态论、大系统论、灰色系统论、模糊系统论、泛系统方法论等;系统工程学是系统方法+运筹学+计算机技术,其中运筹学就涉及到线性规划论、非线性规划论、对策论、排队论、库存论、决策论、可靠性理论,等等。

3. 系统方法

系统方法是按照事物本身的系统性,把对象放在系统的形式中加以考察的一种方法。具体说,就是从系统的观点出发,始终着重从整体与局部之间、整体与外部环境的相互关系、相互作用、相互制约的关系中,综合地、精确地考察对象,以达到最佳地处理问题的一种方法。它的显著特点是整体性、综合性、最佳化。

整体性是系统方法的基本出发点,它把整体作为研究对象,认为世界上各种对象、事件、过程都不是杂乱无章的偶然的堆积,而是一个合乎规律的由各要素组成的有机整体,从整体和部分相互依赖、相互结合、相互制约的关系中揭示系统的特征和运动规律。

任何系统都是以各要素为特定目的而组合的综合体,因而必须从它的成分、结构功能、相互联系方式、历史发展等方面综合地、系统地考察。

最佳化是运用系统方法达到的目标,它可以根据需要和可能,为系统定量地确定最优目标,并运用最新技术手段和处理方法把整个系统逐阶分级,分成不同等级、层次结构,在动态中协调整体与部分的关系,使部分的功能和目标服从系统整体的最佳目标,以达到总体最佳。

系统方法是研究与协调复杂系统的有效工具,是进行综合平衡的科学手段,是科学决策的重要武器,为现代科学研究和科学理论整体化提供新思路,为现代科学技术的发展开辟新途径,因此,广大的地质工作者应当努力开拓系统科学应用于地学的新领域。

现代地质学发展的整体化趋势及其特点

近20年来,由于科学技术的发展,高灵敏、高精度的各种测试方法和仪器的使用,尤其是计算机及计算技术的飞速发展和广泛应用,促使长期以学科分化研究为主的传统地质学发生了根本的变化。基础学科和地球科学之间的交叉渗透、紧密联系、系统综合,逐渐形成了完整的地学体系,导致了现代地质学总体化发展的趋势,开创了现代地质学发展的新时期。现代地质学具有如下几个特点:

1. 现代地质学最明显的特点,就是哲学思维上的大变革。一条以全局整体→联系发展→系统综合→概念模型→实验模拟→科学理论的系统思维路线,逐步替代了局部孤立→繁琐描述→归纳类比→直观思辨→逻辑推理→理论假说的传统思维路线。图1所示“成矿—成晕研究思维模式”正是在系统方法的指导下,对多参数、多信息、多方法的综合找矿系统进行研究案例。系统方法是现代地质学发展的基因。

2. 新理论、新观点层出不穷,老学科发展更新,边缘学科相继诞生。基于系统思想而展开的规模空前的地区性、洲际性、全球性对比研究,创立了板块构造、大陆地体、深部地质等新的理论以及各种代表性较强的系统成矿理论和模式。图2概略表示了基础学科、工程学科及经济学科与地质学的联系交叉,导致

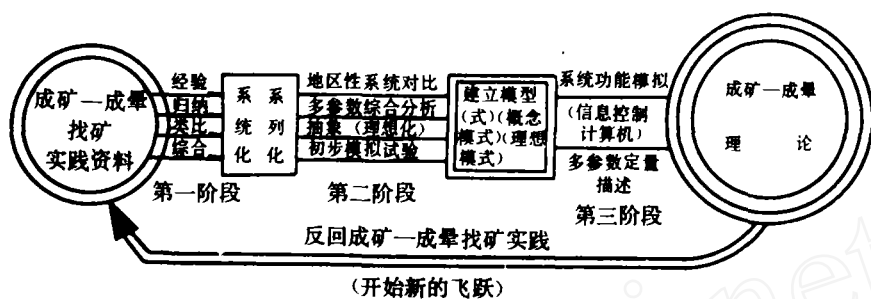


图1 成矿—成矿模式研究思维图式

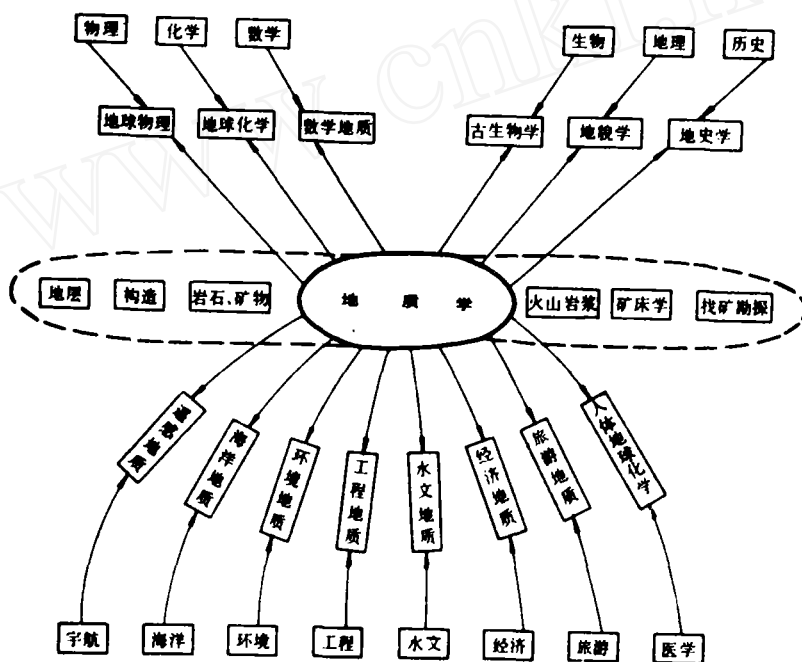


图2

学科更新、边缘学科诞生的关系图。图中清晰地表达了系统思维方法在科学发展上的作用。可以预料，这种多学科之间的交叉渗透、联系发展的规律，随着科学时代的进展将越来越深入，地学的研究领域也将越来越宽广。

3. 多学科、多专业、多方法、多参数、多信息的综合研究，使地学进入了现代科学技术研究综合化、信息化、定量化的行列。现代地质学找矿和研究，特别注意获取完整的基础参数，以期建立地质、物探、化探“场”的概念。对一个地质找矿问题的判断，往往需要研究几十到上百种不同参数变量和信息。计算机的使用和计算技术的发展，开始将长期处在定性一半定量的传统地质学推向了似定量一定量化的科学阶段。地质学家的每一个观点和结论都必须有精确严密

的科学数据作为支持。定量化、信息化的研究已经积累了许多定量计算程序，并建立了多种类型的数据库、图形库、地质模型库等。

4. 思维上的变革，理论上的进展，方法上的提高，扩大了地质科学的适应能力，提高了社会效益。近二十年间，应用地质新理论和新技术方法发现了许多大型、特大型的金属矿床。如密西西比型铅锌矿床、火山岩型块状硫化物矿床、斑岩型矿床以及卡林型、霍姆斯德克型、麦克劳林型等大型金矿床，还有应用多信息找到深部盲矿的奥林匹克坝多金属矿床等。这些矿床的发现，充分证实了由系统思想指导现代地质学发展的社会效益。更重要的是，现代地质学在控制和治理人类生存环境和生态平衡方面，具有特殊的功效。经济地质为大型综合基地的开发规划提供了多

参数、多变量的评价方案和开发模式，为国土整治提供了科学依据和实施方案。旅游地质为人类精神文明提供了美好的环境和指南。

总之，现代地质学在其思维、理论、方法、效益、科学化社会化等方面，都发生了质的飞跃。这一点不能不引起现代地质学家、尤其是现代找矿地质学家的关注。在我们分析现代地质学找矿系统及其结构的同时，不能不注意现代地质学发展的总趋势和总特征。

现代地质找矿系统及其结构分析

如前所述，现代地质学是一个完整的大系统，而地质找矿是其中重要的子系统。找矿效果的好坏，直接取决于找矿系统的优劣；决定着一个地质勘探指挥部门在竞争环境中的成败。因而，现阶段需要有更多的地质学家和管理学家深入到地质找矿的各个过程，进行系统的识别、分析和确定，并建立合理的结构和模型，为数量化表征打好基础，以期实现精确、定量、优化的目标。这是一个需要各方面专家共同动作，相当长时间才能完成的系统工程。作者仅从地质找矿的实际和现状出发，试图用系统方法进行分析和对比，对现代地质找矿系统的识别、结构和整体优化的方法原则，以及系统管理等问题提出粗浅的看法。

1. 系统及系统结构的认识和确定

地质找矿是一个完整的系统。它是一个有一定目

的、一定环境前提条件、由各找矿要素组成的，彼此联系、运动发展，形成一定层次结构，具备确定功能的有机整体。因此，我们在认识和确定系统时，必须遵循“目的→环境→要素→分析→综合→联系→运动→结构→功能→系统”这样一条思维路线和认识链。

现代地质找矿系统具有以下几个特点：

①找矿系统处在严峻的环境之中。现实社会发展对资源需求的迫切性；人类生存对环境保护、生态平衡的紧迫性；面临第二层次找矿（找寻隐伏、深盲、难辨矿）技术上的艰难性；以及国内外越来越激烈的找矿竞争性，决定着现代地质找矿必须采取有力的系统对策。图3表示了找矿系统和环境的关系。由图可见，地质找矿系统被包围在复杂的社会环境、紧迫的资源环境、艰巨的技术环境和激烈的竞争环境之中，显示了当今的找矿形势的艰巨和环境的严峻。

②找矿系统具有明确的目的。系统的目的决定着一个系统发展的方向和要求。为了满足社会和人类对资源和环境的迫切要求，我们规定了尽可能以最少的投入、最短的时间、最优的管理，取得最大的找矿成果，达到最佳找矿经济效益为系统的目的。

③找矿系统必须选择和配置合理的要素集。就整体而言，一个现代地质找矿系统应选择配置四个层次的要素集：I. 为了确定最佳地区、最佳成矿类型，必须研究基础地质，例如，与成矿有关的地层、构造、火山、岩浆、矿物、同位素年代、矿床成因，等等，可称为成矿研究基础集。II. 最佳地区、类型、系列确定以后，为了进一步圈定成矿靶区，取全、取准多种信息和数据，就必须配备地质测量、物探、化探、遥感、测试分析、山地工程等要素，这可称为方法集。III. 应用不同的方法测定不同的参数，按测定参数及其组合又组成了参数集。IV. 各种数据、信息通过接收、贮存、加工、处理、反馈形成了信息集。

这些要素集根据系统的总目的，各自分布在不同层次上（图4）。这种要素的组合和分布，不是以人们主观意志为转移和偶然堆砌的，而是按系统整体优化的客观规律“各就各位，各尽其职”的。

④必须建立以信息为基础的综合和联系。有了要素集和层次分布，并不等于形成了系统。整体的形成在于找出各要素之间、要素与系统之间、系统和环境之间客观存在的、起着关键作用的“内在联系”。有联

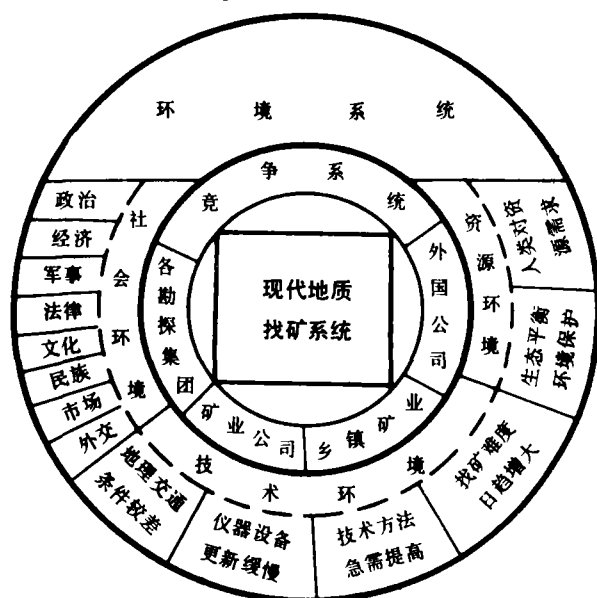


图3 现代地质找矿系统环境示意图

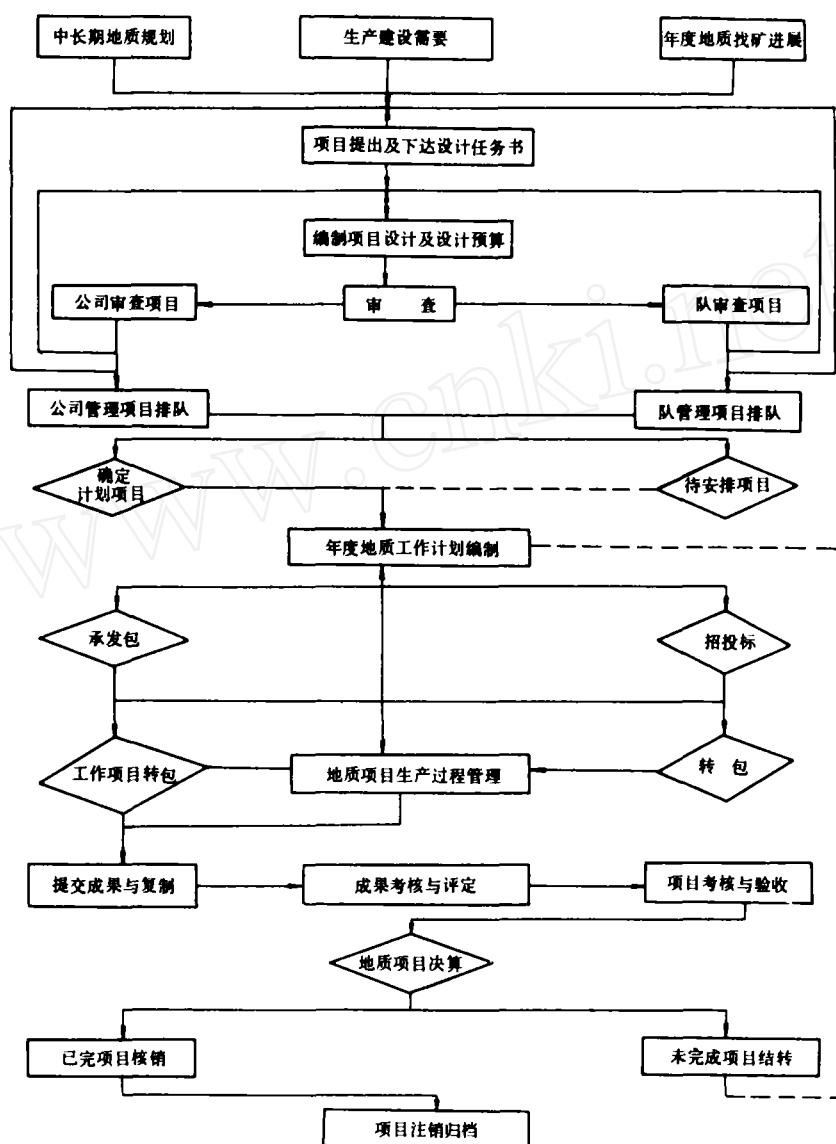


图6 地质工作项目管理示意图

系才有发展，才能运动，在运动中进行动态协调，从而形成有序的系统。因此，我们要认真细心分析，寻找它们之间的相互关系。联系又是以信息为基础的，所谓相关也是信息相关。因而，信息在找矿系统的确定和形成过程中占有特殊的地位。要素在相关中实现信息联系，探索信息的数量化表征及定量处理，是系统确立和优化的重要环节，也是系统找矿和传统找矿的本质差别。

⑤各个环节在联系和运动中综合协调，就可以形成稳定的有序结构（图4）。图4所表达的系统仅仅是初步的，离一个精确定量化的找矿系统结构还有很大

差距。但笔者认为，这种系统结构的研究，将为现代找矿学家和管理学家的思维和决策提供科学的依据。

2. 系统的整体优化

系统的结构分析和处置，是实现系统总目标，达到系统最优功能的手段。结构分析的目的是确定系统的合理结构，协调系统及其组成要素，提高系统整体效果及功能。我们可以把系统的目的性，作为决定系统结构的出发点，把系统的集合性、相关性、层次性作为系统结构主体骨架的内涵特征，把整体性和适应性作为内部和外部协调的表征。蒋志提出的“地质经济过程模型及定量理论”（图5）是应用系统思想、

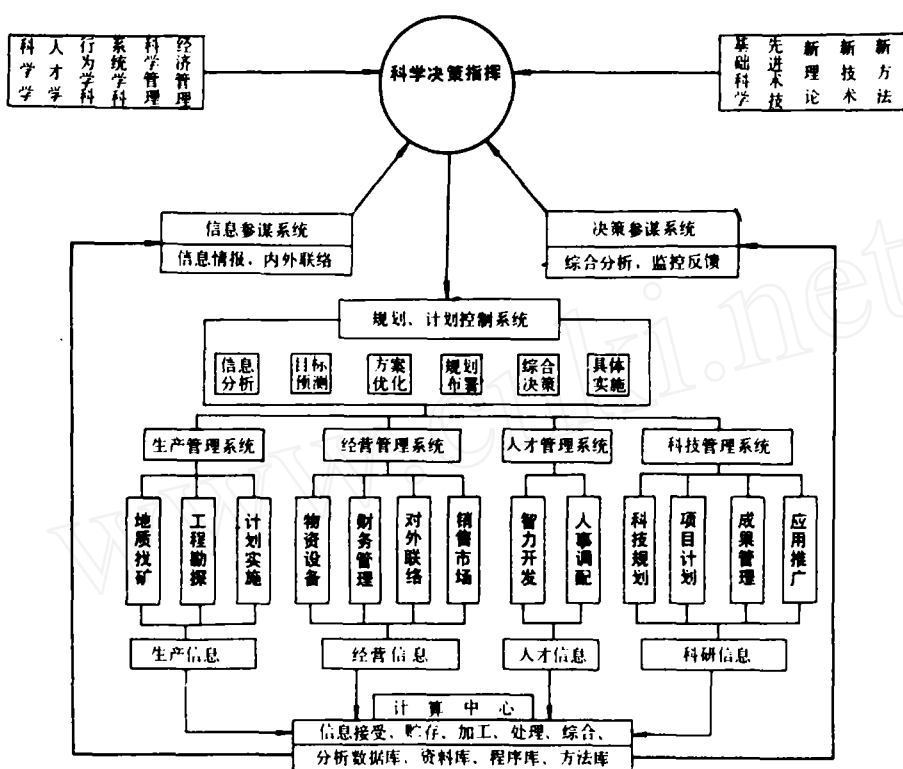


图 7

系统方法,对地质勘探系统进行定量评价的一个案例。他将找矿勘探的全过程划分为九个阶段,引入了不同要素集和不同阶段上的60多个参量,用以进行获取最好地质成果、最大经济效益的系统整体最优评价。又如:西南冶金地质勘探公司编拟的地质项目管理程序(图6),也是应用系统思想进行整体优化的尝试。

3. 地质找矿系统管理

找矿系统结构分析的目的,是实现找矿系统整体最佳效能。如果仅建立了最佳结构,没有最佳的系统管理相适应,那么,结构分析将前功尽弃,系统的总目标也将成为泡影。可见系统的管理是至关重要的。为了实现找矿勘探最优效果,根据地质找矿系统的实际,作者提出了如图7所示的管理系统流程框图。这个管理系统的特点,一是强化指挥决策系统。决策必须建立在科学基础之上,称为“科学决策”。要求领导者提高自己的科学文化水平,掌握现代科学方法,把经济决策提高到科学决策的阶段,把领导艺术变成领导科学。掌握一套现代科学决策的理论和方法,提高科学素养,按照科学决策的程序办事,善于使用专家咨询机构,才能把决策经验系统化、理论化,并上升

为科学。二是加强信息的接收—汇总—处理—传输反馈系统。信息不畅或不准确,往往导致指挥决策的失误,其教训屡见不鲜。三是建立决策参谋情报系统,以协助指挥决策机构正确规划决策并担负控制、监督、反馈的职能。四是计划系统的改造和强化。从系统层次上来看,它处于高于生产管理、科研开拓、经营管理的位置,是系统整体长远效能的关键部位,计划的失误有时会导致全局的失败。五是在经营管理系统内增设外部联络系统,它是连接环境与系统的桥梁及获取外部信息的窗口。

管理系统必须坚持系统思想,强调各居其位,各尽其职,但又要防止各自为政、目标分散、增加内耗。为了保证整体最优,局部应服从整体。不管局部有多么充足的理由,也不能损害整体。抑制局部有时正是为了整体的伸展。注意协调整体与部分的连接环节,并经常从动态中调整修改管理系统。

今后的研究方向

系统思想和系统方法在地质找矿勘探中的应用研究,是地学发展的系统工程,有着广阔的前景和丰富的内容,初步考虑有以下几个方面:

1.从地质找矿系统的复杂性出发,进行从找矿技术方法到系统管理的研究,深入到各专业、各层次中,建立不同类型系统的结构和模式。现阶段应尽快研究地质找矿勘探宏观经济评价系统的模式和方法,以供各级领导机构决策分析之用。

2.应用系统科学、研究各种确定型、统计型、模糊型的数学模型、数学表达式及计算机程序。以实现找矿—勘探系统的整体分析。

3.探索建立方法库、信息库、图形库、资料库及检索系统的可行性,为扩大信息流通、及时反馈、计算机模拟等现代化管理手段做技术准备。

4.配合地质找矿系统的研究,开展系统管理的研究,提出理论依据和具体办法,以及实施步骤和措施。文中不妥和错误之处在所难免,恳请批评指正。

参考文献

- [1] 魏宏森:《系统论、信息论、控制论与现代科学方法》,北京自然辩证法研究会、北京系统信息控制科学研究会编印,1981年
- [2] 魏宏森:《系统科学方法导论》,人民出版社,1982年
- [3] “潜科学”武汉研究组编:《科学学管理学人才学未来学简明教程》,知识出版社,1981年
- [4] 叶雅图:《科学学与科学技术管理》,1985,第9期
- [5] 姚德民:《系统工程理论与实践》,1985,第2期
- [6] 朴昌根:《系统工程理论与实践》,1985,第2期
- [7] 许国志等:《系统工程理论与实践》,1985,第1期
- [8] 蒋志:《地质与勘探》,1980,第1期
- [9] 刘泉清:《桂林冶金地质学院学报》,1983,第1期

A Preliminary Discussion on Modern Geological Exploration System and Its Structure

Wang Xueman

(Geological Bureau, Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

The completely new systems theory from kybernetics, information theory and system science has revealed in different aspects the law of link in things and the law of movement in objective world. It provides a new train of thought and new working methods for the development of modern science and technology. On the basis of theory and method of system science, the author, after making an objective analysis on the development of modern geology and the practical requirements of mineral exploration, puts forward her tentative ideas about the modern geological exploration system and its structure, in order to suit the new trend of mineral exploration and widen our thinking for intensifying the capability in search of concealed or deep-seated orebodies.