

现代成矿分析的 思路·途径·方法

——以胶东金矿为例

IDEAS, APPROACHES AND
METHODS FOR MODERN
METALLOGENIC ANALYSIS

张 均 著



矿产勘查与定量评价丛书
SERIES ON MINERAL
EXPLORATION AND
QUANTITATIVE
ASSESSMENT

中国地质大学出版社

《矿产勘查与定量评价 丛书》简介

《矿产勘查与定量评价丛书》是以赵鹏大教授为学术带头人，经国家教委正式批准的全国高等学校重点学科“矿产普查与勘探”的教学和科研集体在数学地质、矿产普查与勘探、地质经济管理等相关学科领域的系列专著。本丛书着重反映该领域的新理论、新方法及其实际应用。丛书内容涉及面广、实践指导性强，具有重要的学术价值和实用意义。

中国地质大学出版社将陆续出版本丛书的各分册，以展现我校上述各学科领域中的研究成果。我们深切期待广大读者提出批评和宝贵意见。

中国地质大学出版社
1994年1月

内容提要：本书以我国最著名的胶东金矿化集中区为例，介绍了现代成矿分析中的系统分析思路、时空结构分析途径、构造几何及多参数计算机模拟方法。全书共分6章。第一章绪论，主要介绍了现代成矿分析的思路、途径、方法、研究区工作现状及存在问题；第二章简要介绍了研究区的成矿地质背景；第三章至第五章分别叙述了胶东西北部地区金的成矿系列、灵山-双目顶矿带金矿化时空结构特征和金牛山金矿床矿体空间定位规律及机制分析；第六章归纳总结了主要结论，并提出了进一步工作的建议。

本书所介绍的内容作为新一轮矿产勘查中对典型矿化集中区开展不同层次成矿分析和成矿预测的成功范例，可供从事矿产勘查的科技人员和地质、矿产类大学生、研究生参考。

中国地质大学出版社

1994年1月

责任编辑：赵颖弘

ISBN 7-5625-0925-5/P·314

定价：6.00 元

前 言

工作在矿产勘查领域内的每一位勘查者，在自己的有限实践空间内都能够对具体勘查对象有所认识而形成经验思维，但经验思维只能认识简单的、个别的事物和现象，不能揭示和认识成矿的本质规律。成矿作用的复杂性和矿产勘查的风险性要求人们去更深刻地揭示和认识成矿规律，由经验思维走向公理思维，以集中体现和反映找矿经验，从经验思维的具体性上升为抽象思维的普遍性。公理思维虽在一定程度上揭示和反映了成矿客体的本质特性，但仍远远满足不了现代矿产勘查中成矿分析对思维形式的需求。尤其是当前，随着找矿主体对象由地表矿、浅部矿、易识别矿向隐伏矿、深部矿、难识别矿的逐步转变，现代矿产勘查的难度、广度和深度日趋增大，亟需人们的分析思路从传统的经验思维、公理思维走向辩证思维、系统思维和创造性思维，并在思维方式的变革中探索成矿分析的新思路、新途径、新方法。

成矿分析是一个借助科学概念、运用理性方法整理感性材料，以揭示成矿现象本质，反映成矿时空规律的动态认识过程，贯穿于成矿预测和勘查评价的始终，是研究成矿规律，进行成矿预测的最基本途径和最有效方法。大量的矿产勘查实践证明，科学的成矿预测实质上是在正确的成矿分析基础上的合理推断。预测水平的高低和预测效果的优劣在很大程度上取决于成矿分析的深入程度，而对成矿规律的认识深度和成矿预测的准确程度在很大程度上取决于成矿分析思路、途径、方法的正确性和有效性。

成矿分析是一项探索性、技艺性很强的研究工作。探索性表现为，成矿分析常常是在成矿信息不完整和不确定条件下的解析与研究，故结论具有明显的不确定性特点。技艺性表现为，对分析思路、途径、方法的选择与应用，就象使用同样原材料进行生产的工人会因技艺差别制造出不同质量的工件一样，不同的预测者运用相同的资料对同一对象进行成矿分析时，会因分析思路、途径、方法的不同而获得大相径庭的认识与结论。因此，成矿分析过程实质上是一个资料、信息与思路、途径、方法相结合的过程。其中，资料、信息是基础和前提，思路、途径、方法的选择、应用则是核心与关键。正确掌握思维规律，运用先进的思维方式和分析方法，可以有效地提高成矿分析的能力和水平。

科学的成矿分析以揭示成矿规律的本质属性为目的。成矿作用过程及矿化产物空间展布的系统性、结构性、整体性、自组织性和层次性特征是成矿分析的最主要内容，并构成成矿分析的认识观和方法论。科学的成矿分析要求透过复杂纷纭的成矿现象，揭示出成矿作用内在的本质规律；成矿分析的作用与意义具体表现为：①区分事物的真象与假象，撇开事物外部的、非本质的联系，让其内部的、本质的联系和过程暴露出来；②撇开与找矿无关的内容，抛开次要的过程和干扰因素，从纯粹的形态上考察其演化过程和展布规律；③区分基础的东西和派生的东西，深入事物的内层，把决定事物性质的、隐蔽的本质属性抽象出来；④从成矿客体的本质特性出发，将其各种属性和关系综合起来，从系统整体性、时空结构性、等级层次性等方面揭示出成矿系统完整的、本质的规律，以指导成矿预测实践。

众所周知，新一轮矿产勘查工作仍将以已知的重要成矿区（带）为主要对象。而在这些研究程度较高的已知成矿区（带）内，要想取得新的找矿突破，就必须探索和运用新的观念

和理论,采用新的技术和方法,取得新的信息和认识,形成新的思路和途径。因为,国内外一些地质找矿中的重大突破,特别是一些大型、巨大型矿床的发现实例告诉我们,每一种新思路、新途径、新方法的应用,都可能导致矿产勘查在新的基础上再次开始,并常常意味着又一批新矿床的发现。

为进一步发展成矿预测理论,优化预测思路,探索预测途径,完善预测方法和提高预测成果的可靠性与实效性,作者以我国最著名的胶东金矿化集中区为研究对象,从80年代初期开始,结合多项科研课题的具体实施,针对研究区乃至整个金矿地质研究领域中的若干前沿问题,特别是在金的成矿系列,金矿化分带性特征,金矿化时空结构和矿体空间定位规律及其产状模式等方面,进行了一些初步而有益的探索,并经实践验证取得了较显著的找矿实效。本专著为上述研究工作与认识的初步总结,为在研究程度较高的典型地区开展区域、矿带、矿床(体)的多层次成矿规律研究和靶区优选、定位预测提供了一个较成功的范例。

最后,需要强调的是,该项研究工作是在前人所做大量工作的基础上进行的。作者曾极大地受益于前人的辛勤劳动和工作积累,并参考、引用了前人的有关成果与认识。工作始终得到卢作祥教授、范永香教授、胡家杰教授的亲切指导和曹新志、程小久、王燕等同志的通力协作。中国地质大学(武汉)矿产系80—86级本科生靳西祥、郭福清、吴珍汉、沈镛、李玲业、秦根柱、郭百创、李国斌、王国强、薛艺星、张秋文等先后参加了野外资料收集及室内样品、数据的初步整理。野外工作期间,还曾先后得到招远金矿、招远市黄金公司、牟平县黄金公司、蚕庄金矿、北截金矿、纪山金矿、焦家金矿、金牛山金矿等单位领导和地测人员,特别是宫润潭高级工程师和刘宏闻高级工程师的大力支持与帮助。湖北地质矿产局地质实验中心、宜昌地质矿产研究所同位素室、中国地质大学(北京)探针室、中国地质大学(武汉)测试中心、矿产系包裹体和同位素室帮助完成了有关样品的加工、分析与测试工作。作者谨向上述单位和个人表示崇高的敬意和衷心的感谢!限于水平与篇幅,书中不足及疏漏之处,敬希读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
一、加强成矿分析是提高成矿预测水平的重要途径	(1)
二、大思路——现代成矿分析的方法论	(2)
三、胶东金矿研究现状、存在问题及工作思路	(4)
第二章 成矿地质背景概述	(6)
一、地层	(6)
二、岩浆岩	(6)
三、构造	(7)
四、矿产	(8)
第三章 胶东西北部金的成矿系列的初步建立	(10)
一、概述	(10)
二、区域金矿成因类型的初步划分及其主要成矿特征	(10)
三、不同成因类型金矿床内在成生联系的地质-地球化学依据	(10)
四、金的成矿系列建立及其一般特征	(16)
五、小结	(18)
第四章 “灵-双”矿带的金矿化时空结构研究	(20)
一、“灵-双”矿带的一般地质特征	(20)
二、金矿化的时间结构特征	(24)
三、金矿化的空间结构特征	(35)
四、成矿模式的建立及几点启示	(56)
第五章 金牛山金矿矿体空间定位规律及机理分析	(60)
一、构造几何方法的基本原理及思路	(60)
二、控矿断面产状形态对矿体空间定位的控制	(62)
三、金牛山金矿矿体空间定位规律及产状模式	(66)
四、控矿断层面波状起伏的成因及矿体空间就位机制初析	(67)
第六章 结论与建议	(70)
主要参考文献	(72)
英文摘要	(73)

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 A important way of metallogenic prodiction—metallogenic analysis	(1)
1.2 Synthetic thinking—methodology of modern metallogenic analysis	(2)
1.3 Previous work, problems and way of thinking in Jiaodong region	(4)
Chapter 2 Metallogenic geological setting of Jiaodong gold deposits	(6)
2.1 Strata	(6)
2.2 Magmatite Rocks	(6)
2.3 Structures	(7)
2.4 Ore minerals	(8)
Chapter 3 Metallogenic series of northwestern Jiaodong gold deposits	(10)
3.1 Survey	(10)
3.2 Genetic types and basic characteritics of gold deposits	(10)
3.3 Geology and geochemistry interrelationship among various type gold deposits	(10)
3.4 Metallogenic series and essential features	(16)
3.5 Summary	(18)
Chapter 4 Spatio-temporal structure of gold mineralization in Lingshan-Shuangmuding ore belt	(20)
4.1 General features of geology	(20)
4.2 Temporal sturcture of gold mineralization	(24)
4.3 Spatial sturcture of gold mineralization	(35)
4.4 Metallogenic model and enlightenments	(56)
Chapter 5 Localization regularities and mechanism of gold ore body in Jinniushan mine	(60)
5.1 Principle and way of thinking of structural-geometric method	(60)
5.2 Wave structures of ore-controlling fault and their affects on ore body localization	(62)
5.3 Ore body localization regularities and model	(66)
5.4 Genesis of wave ore-controlling fault and ore body localization mechanism	(67)
Chapter 6 Conclusions and suggestions	(70)
References	(72)
Abstract	(73)

第一章 绪 论

一、加强成矿分析是提高成矿预测水平的重要途径

成矿分析就是指对成矿过程、成矿机理及其形成环境、控矿条件、矿化信息及矿化时空结构特征的系统解析与研究,它不仅是探索和揭示成矿规律的最基本途径,亦是开展成矿预测的最主要方法。成矿分析在矿产勘查中的地位与作用早已为人们所共识,重视和加强成矿环境(背景)分析、条件(因素)分析、信息(线索)分析,以总结成矿规律、揭示和建立预测准则和预测标志等传统成矿分析思路、途径与方法亦早为人们所熟知,并一直被充分地关注和高度地重视。但如何从更高层次去揭示和探索成矿的本质性规律,怎样从具体研究区的实际出发,有效地提高成矿分析水平,增强人们对预测对象的认识能力和预测能力,仍是一个亟待研究的前沿性课题。

大量的国内外勘查实践表明,已知成矿区(带)的新一轮矿产勘查工作必须加强“四新”指导,才有可能取得大的突破,即运用新的观念和理论,采用新的技术与方法,取得新的信息和认识,形成新的思路与途径。因为国内外一些地质找矿中的重大突破,特别是一些大型、巨大型矿床发现的实例告诉我们,成矿理论的发展与完善对矿产勘查实践有着极其重要的指导意义。每一种新的成矿理论、勘查技术、勘查方法或找矿思路的出现和应用,都将导致矿产勘查在新的基础上再次开始,并常常意味着又一批新矿床的发现。

培根曾指出:“科学就是用理性的方法去整理感性的材料”。恩格斯亦指出:“一个民族要想站在科学的最高峰,就一刻也不能没有理论思维”。当前,随着找矿主体对象由地表矿、浅部矿、易识别矿向隐伏矿、深部矿、难识别矿逐步转变,地质找矿的难度也日益加大,已有的传统思维方式、研究途径和分析方法因其局限性已难以满足形势发展的需求;大量的预测找矿实践证明,由于成矿作用的复杂性,矿产分布的不均匀性,成矿理论的假说性,预测信息的多解性以及预测理论、思路、途径、方法的不成熟性,常常导致预测工作的强探索性和大风险性,并在一定程度上限制了预测成果的推广与应用。因此,怎样正确选择和应用预测思路、途径与方法,并逐步增强新思路、新途径、新方法的预测找矿功能,已成为深化成矿预测研究的重要方向。

新一轮矿产预测的成效在很大程度上取决于能否运用新思路、新途径、新方法进行更深层次的成矿分析并获取新信息和新认识。研究视域和思维方式的革新已是迫在眉睫!作者认为,在新一轮矿产勘查中的成矿分析,虽仍需重视和加强基础资料的搜集,但更需重视和加强资料的整理与分析。因为资料需要经过思维加工才能成为认识,而思维方式的差异会严重影响成果质量。信息具有客观性,即对同一资料或数据,不同的人由于思维方式、分析方法和认识能力的差异会从中获取不同的信息、认识和结论,从而得出截然不同的使用价值。

大量的成矿预测实践表明,预测过程是一个资料、技术和分析的结合过程。资料是基础和出发点,预测技术方法的应用是核心,分析则贯穿于预测的全过程。可以说,没有分析,就不成其预测。在整个成矿预测过程中,对预测的成败影响最大的是两个分析和处理。一个是

对搜集到的资料进行分析和处理,这直接影响到整体概念和预测模型的建立。整体概念和预测模型是否能反映出事物发展的规律性,不仅取决于其所用资料的质量,而且取决于所用思路、途径和方法;另一个是对利用概念和模型所求得的预测结果进行分析和处理,因为它是对预测结果的最后检查和确定,所以它直接决定着预测的质量。这两个分析和处理是最能体现预测者水平的两个步骤,它们的质量完全取决于预测者对所预测对象及各种客观条件的熟悉程度、知识面的广度、对事物的观察能力、逻辑推理和分析判断的能力及处理技巧,就象使用同样的原材料进行生产的工人会制造出不同质量的工件一样,不同的预测者在运用相同资料对同一预测对象进行成矿预测时,也会因成矿分析思路、途径、方法的不同而得出认识和质量差异很大的预测结论,而这种差异往往就产生于上述预测过程中这两个分析和处理的步骤上。人们在实践中愈来愈认识到预测是一项“技艺”性的工作,它既要求预测者掌握丰富的知识和经验,又要求预测者具有灵活的思维技巧、分析途径和研究方法。由于成矿预测工作中研究的对象及其所表现规律的复杂性,预测者的技艺水平就愈加显得重要。无论是收集和处理资料、选择预测理论和方法,还是对预测模型和预测结果的分析和处理,都需要预测者进行主观的判断和灵活的处理。预测水平的高低、预测效果的优劣在很大程度上取决于成矿分析的水平、技巧和深度。

常言说:“工欲善其事,必先利其器”。成矿分析中的“事”,就是成矿预测,而成矿分析中的“器”,就是进行成矿分析的思路、途径与方法。众所周知,在成矿分析过程中,我们面对的是大量的、复杂的实际现象,从不同角度和不同尺度去观察和衡量这些复杂的实际现象时,可得到大量离散或连续的信息。实际上,这些信息从不同角度反映了被研究系统的实际现象或状态。根据“随机性原理”和“约束性原理”可知,这些现象或状态的单个出现具有随机性,但所有这些现象或状态的出现又都受到一定条件的制约,而这些条件实际上是系统本质的必然表现。因此,如何才能从大量离散或连续的随机变量的分析中找出成矿系统中运动、变化与发展过程中固有的本质联系,揭示和总结成矿规律,指导成矿预测,应当是现代成矿分析所要研究和解决的主要问题。

二、大思路——现代成矿分析的方法论

成矿分析是一项涉及面广、难度大、要求高的综合性研究工作。迄今,成矿分析的思路和途径还不够成熟,研究的方法也尚在不断探索和完善之中。但作者认为,衡量成矿分析效果的优劣和水平的高低,首先应考察成矿分析思路、途径、方法是否具有科学性、实用性、有效性,是否能客观地揭示和反映研究对象的本质规律性,是否能正确有效地指导成矿预测工作。

愈来愈多的人认识到,在成矿预测中,规律是基础,信息是依据,结构是途径,分析是核心。任何预测工作都是按照一定的思维方式进行的,即按照一定的思路,通过一定的途径,采用一定的方法进行分析、综合、推理与判断。现代哲学观认为,分析与综合是思维的基本过程,分析即解析与研究,分析是基础,综合是升华,分析与综合贯穿于思维的全过程,只有通过研究对象内部矛盾和外部环境的各个方面进行具体而深入的系统分析,才能真正揭示其本质规律。

现代成矿分析的重要特点是要求树立“系统-整体观”、“时空-结构观”和“层次-对应观”。成矿分析做为一项极为复杂的思维活动,是一个具有综合性、多维性、动态性的思维过程。这种高级的理性思维活动贯穿于整个矿产勘查与评价活动的始终。实践证明,成矿分析

的每一步都离不开理论思维的指导,有效而先进的地质思维途径与方法可扩大我们的思维视域、优化我们的思维导向。当前,随着系统科学的发展和系统思维方式的引进,地学思维正由单一走向综合,由实体走向结构与联系,由静止走向动态,由内部联系走向与环境的相关分析,由线性走向非线性,由二维平面走向三维立体,由单维定势走向多维旋转。这种思维方式的变革和思维视域的拓展已极大地提高了人们的思维艺术和思维能力,并已成为提高成矿分析水平和认识预见能力的重要途径。

1. 成矿分析中的系统观

系统观是从整体上揭示和把握客观事物的本质联系和运动规律的现代科学认识论和方法论,它为现代科技发展提供了崭新的思维方式和方法。成矿预测中引入和应用系统思维方式和系统分析方法已成为学科发展的必然趋势,也是当前成矿预测实践的迫切需要。思维方式的革新和思维技巧的提高,有助于形成具有普遍适用性、实效性、科学性的成矿分析系统。

按照系统论的基本分析思路,整体的功能不是各部分功能的简单叠加,而是整体大于或小于部分之和,系统分析的关键在于通过揭示各部分之间的内在生成联系来提高整体研究水平。

成矿作用是一个由多因素构成,并受多条件制约与影响的复杂系统。其中,各个组成部分(要素)相互作用、相互制约,在成矿过程中共同发挥作用。成矿分析的过程,就是研究和揭示成矿系统内部诸要素之间以及成矿客体与周围环境之间的相互联系和相互作用,以求对分析对象本质属性的最佳整体认识的过程,而系统思维方式和系统分析方法是成矿分析最基本的途径。

从系统论的整体分析角度出发,将区域成矿作用视为一个系统,矿床的类型、形态、产状、蚀变、组构等做为系统的要素,控制矿床形成的地质背景视为成矿环境,从系统、要素、环境的相互关系中探求成矿系统的内在生成联系和时空构型及对应匹配关系,可以从更深层次揭示并把握其成矿规律。

2. 成矿分析中的时空观

时间和空间是运动着的物质的最基本存在形式。客观世界的任何物质运动都是在时间和空间中的运动,一切物质现象和过程都有一定的时间和空间结构。因此,时空观是研究和分析成矿现象和成矿过程,揭示和总结成矿规律的重要途径和方法。空间是三维的,时间是一维的,可构成四维的时空统一体。空间概念反映的是各种成矿现象的“彼此并列”,即它们的相互位置、距离和广延,而时间概念把握的则是各种成矿作用的“先后相继”,即成矿事件的序列、不同过程阶段的间隔及过程的绵延。辩证时空观认为,任何分析和预测都必须从时空坐标角度出发,研究预测对象的时空结构特征,并对有限的时空范围作出宏观分析和微观分析、定性分析和定量分析。

因为,勘查对象的结构性是客观存在的,通过对勘查对象的内部组成、外部环境、矿化信息显示及其相互关系的分析和认识,可对其进行结构划分,并以此为基础对勘查对象的内部组成及外部环境进行系统剖析,考察诸要素的时空结构特征,即从不同角度和用不同尺度揭示和刻划勘查对象的结构特征,所以,成矿时空规律的研究,一般应采用系统分析方式和结构分析方法。客观世界的任何物质,任何现象都不是偶然的和混杂的堆积,而是有结构、有系统、有层次的。所谓系统,就是由事物间相互依赖、相互作用的若干组成要素组成的具有特定功能的有机整体。它是从动态角度去观测勘查对象整体结构间的内在联系。研究成矿系统应注重勘查对象的整体性和层次性。研究成矿系统的诸要素时,尤应注重其时空结构特

征。

3. 成矿分析中的辩证思维方式和逻辑思维方法

认识的规律表明,人们根据对事物的相互联系及其内在的必然性分析可以形成一定的概念并做出判断和预测。科学的成矿分析就是以实践为基础,把感性认识上升到理性认识,并运用概念、判断和推断等思维形式把握事物的本质联系,预测事物的变化趋势。因此,通过分析使认识形成概念是成矿分析的最基本目的之一。因为“概念这种东西已经不是事物的现象,不是事物的各个片面,不是它们的外部联系,而是抓住了事物的本质、事物的全体、事物的内部联系”。概念是分析综合,抽象概括的结果。要使认识形成概念,就得对感性材料进行去粗取精、去伪存真、由表及里、由此及彼的加工处理,揭示事物的本质属性,形成系统认识。

分析和综合是从感性认识上升到理性认识的基本方法。恩格斯说:“没有分析就没有综合”。现代科学中的三大方法论之一的系统论,对科学预测有十分重要的意义,原因就在于它的全部效力几乎都是产生于分析和综合。分析和综合能对科学预测起作用,根本原因仍是通过分析可以揭示事物的相关性和因果关系。

三、胶东金矿研究现状、存在问题及工作思路

胶东西北部的栖霞(霞)—招(远)—掖(县)地区是我国著名的金矿化集中区,它以富饶的黄金资源和独特的成因类型吸引着广大的地学工作者。近10多年,众多的生产、科研、教学单位云集该区,分别从不同角度(地层、构造、矿物、岩石、矿床、地化、地力、勘探、数学地质、同位素地质及矿山地质等)和用不同尺度(招掖金矿带、典型矿田、矿床、矿脉等)对本区金矿成因及其相关的一些地质问题(诸如胶东群地层含金性及其与成矿的关系、断裂构造特征及其控矿作用、花岗质岩石成因、成岩时代及其与金矿的关系、金矿床成因、成矿时代及其成矿规律等)进行了卓有成效的研究,取得了一批学术水平较高、具有一定理论、实用价值的科研成果,并发表了大量的论著。这些研究成果不仅在较大程度上提高了本区金矿地质的研究水平,而且对本区金矿的地质找矿工作起到了积极的促进作用。

但随着研究工作的逐步深入,人们在研究、探讨和解决已有问题的同时,又不断地发现和揭示出新的问题。经对前人研究成果的系统收集、学习、分析和把其同野外的现场观测进行对比,发现前人在研究地域和研究对象上存在着较明显的不平衡现象,在研究内容上亦存在着较明显的薄弱环节。具体表现为:

(1)侧重于玲珑、焦家等大型、特大型金矿床的研究,而对在本区黄金资源结构和黄金生产中占居重要地位的众多中小型金矿床重视不够;

(2)侧重于“玲珑式”、“焦家式”两种“端员”矿化类型中典型金矿床的矿化特征研究,而对兼具双重矿化特征的“灵山沟式”过渡型金矿床重视不够,致使在对一些重要成矿规律(诸如不同矿化类型内在联系及区域性矿化分带规律等)的认识上出现大相径庭的多解认识;

(3)侧重于与混合岩化-重熔岩浆作用有关、产于花岗质岩石中的“招掖型”金矿的研究,而对与早期区域变质作用有关、产于胶东群区域变质岩系中的“盘马型”金矿和与晚期外生风化沉积作用有关、产于近、现代沉积物中的砂金矿重视不够,对不同成因类型金矿之间的内在生成联系,更是几乎无人提及;

(4)侧重于某一控矿因素或某一局部规律的专题研究,而对不同控矿因素的综合控矿作用及其合理匹配关系、金矿化时空规律的整体性研究重视不够;

(5) 侧重于金矿床成因及其相关联的一些基础地质问题的研究,而对成矿本身的诸多理论问题(诸如矿化阶段划分、矿化时空结构特征、矿化分带性、丛聚性和成矿系列等)和与地质找矿直接相关的某些实际问题(诸如矿体空间定位规律及其厘定与表征方法等)重视不够,从而使一些研究成果转化为生产力仍有困难。

鉴此,作者根据专业研究方向和研究区黄金生产的实际需要,从前沿性、科学性、实用性的选题原则出发,针对当前本区乃至整个金矿地质研究领域中金矿的成矿系列、矿化时空结构和矿体空间定位规律三大前沿课题,采用系统整体分析思路、时空结构分析途径和构造几何方法,分层次、递进式地进行了探索性研究。

工作中,作者以成矿规律和成矿预测学的理论和方法为基础,学习和应用系统理论和系统分析方法,从“分层次研究、整体性综合”角度出发,采用“点上深入、面上展开、掌握特征、总结规律、逐步逼近、动态趋优”的研究程式和“点、面结合,野外、室内结合,宏观、微观结合,科研、生产结合,预测、验证结合”的工作方法,围绕所选课题有计划、按步骤、分层次地开展了一系列的野外和室内研究工作。具体就是:

(1) 在研究地域和研究对象上,对典型矿床、典型矿带以至整个胶东西北部地区进行了多层次的整体研究,即①从典型矿床的重点剖析入手,先后解剖了玲珑西山金矿床、金牛山金矿床、灵山沟金矿床和黄埠岭金矿床,其中玲珑西山金矿床是“玲珑式”金矿的典型代表,灵山沟金矿床是“灵山沟式”金矿的典型代表;②选择地处矿化集中区中部,位于“玲珑式”、“焦家式”金矿化区域性分带过渡地段,各种矿化类型齐全、被誉为招掖金矿带整体“缩影”,因以中小型金矿床为主而地质研究薄弱、后备储量、基地十分紧张的灵山-双目顶矿带为对象,进行了金矿化时空结构的整体性研究;③利用区域范围内数十个金矿(化点)的检查评价和对近20个主要金矿床的比较观测,结合对有关资料的收集、整理,拓展研究视域,进行了整个胶东西北部地区金的成矿系列的初步探索。

(2) 在研究内容上,充分考虑前人工作程度、存在问题,在系统研究基础上,对①内生热液期金矿化的矿化阶段划分及成岩成矿演化系统的时间结构特征;②金矿化空间展布的丛聚性、分带性、等距性结构特征;③成矿系列及成矿模式;④矿体空间定位规律及产状模式;⑤沿矿带进行整体成矿规律研究和成矿预测实践的理论与方法等当前本区乃至整个金矿地质研究中的前沿性课题进行了重点研究和探讨。

上述研究不仅有助于弥补前人在研究地域、研究对象和研究内容上的不足,进一步揭示和深化本区金矿化时空分布规律的整体性认识,促进金矿成矿理论的完善与发展,而且直接、有效地指导了具体的预测找矿实践,有助于本区金矿生产的持续稳定发展,并为相似地区的成矿规律研究和成矿预测实践提供了有益的借鉴,因此,具有一定的理论意义和实际意义。

第二章 成矿地质背景概述

一、地层

研究区位于华北地台胶东隆起的西北部，沂沭深大断裂东侧。区域内出露地层主要为太古宙胶东群以及元古宙粉子山群、蓬莱群和第四系（古隆起相邻的中生代断陷盆地中可见侏罗—白垩系地层）。其中胶东群地层为一套原岩属海相中基性火山喷发-沉积碎屑建造的区域变质岩系，总体属角闪岩相，局部为绿片岩相或麻粒岩相。岩石类型主要为黑云母斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云变粒岩和黑云片岩等。地层中金的平均丰度为 19.06×10^{-9} （46个样品平均）。区域内金矿床（点）的空间分布对其有明显的依附关系（图 2-1）。其它地层岩性综见表 2-1。

表 2-1 胶东西北部综合地层略表

地质时代	地层系统	厚度 (m)	岩 性 建 造	构造运动	
新生代		1000	海、湖、河相沉积及玄武岩	喜山运动	
中生代		19000	碎屑岩及中基、中酸性火山岩	燕山运动	
古生代				印支运动	
元古宙	蓬莱群	4210	石英岩、砂砾岩建造	蓬莱运动	
	粉子山群	>7000	含泥砂质沉积碳酸盐建造		
太古宙	胶东群	富阳组	1838	黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩	栖霞运动
		民生组	2260	黑云片麻岩、变粒岩、大理岩	
		蓬乔组	12000	斜长角闪岩、黑云变粒岩	泰山运动
					

（据山东地质六队资料缩编，1986）

二、岩浆岩

区域出露岩石主要为一些在成因上和时代上都存在争议的花岗质岩石（目前趋向性认识是属于混合岩化-重熔再生岩浆成因），是本区绝大部分内生热液金矿床的直接赋矿围岩。根据出露岩石的矿物成份和结构构造特征，大致可分为两大类型：①花岗岩类：包括片麻状黑云母花岗岩（玲珑花岗岩）和中粗粒花岗岩（滦家河花岗岩）；②花岗闪长岩类：主要指似斑状花岗闪长岩（郭家岭花岗闪长岩）。其中，玲珑花岗岩以中细粒结构、似片麻状构造为特征，呈大规模岩基形式出露；滦家河花岗岩为玲珑花岗岩进一步被改造重熔作用的产物，以暗色矿物极少，中粗粒花岗结构、块状构造为特征；郭家岭花岗闪长岩呈岩株形式产出，以发育大量微斜长石斑晶和暗色矿物角闪石及其典型的似斑状结构为特征。据野外观察发现，郭家岭花岗闪长岩和玲珑花岗岩中胶东群残留体广泛见及，规模大小不等，且交代现象较为发育，而滦家河花岗岩中则几乎见不到胶东群残留体，交代现象亦大为减少。上述岩体在空间分布

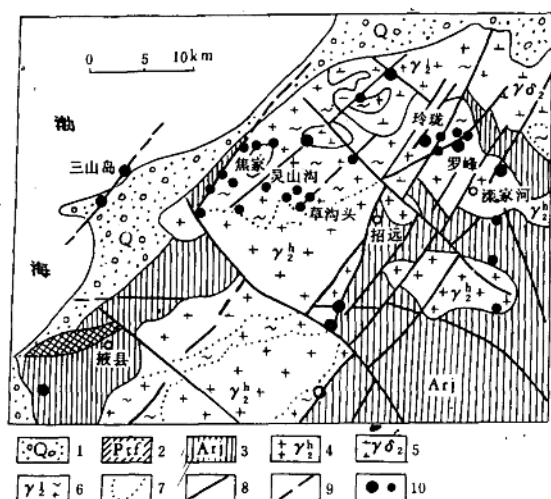


图 2-1 山东招掖地区地质略图

(据山东地质六队资料修编, 1986)

1. 第四系; 2. 粉子山群; 3. 胶东群; 4. 中粗粒花岗岩 (滦家河型); 5. 钾长变斑花岗岩闪长岩 (郭家岭型); 6. 片麻状花岗岩 (玲珑型); 7. 玲珑花岗岩与滦家河花岗岩的分界线; 8. 断裂; 9. 推测断裂; 10. 金矿床 (点)

上具有一定规律性, 即郭家岭花岗闪长岩和玲珑花岗岩主要分布于栖霞复背斜翼部, 而滦家河花岗岩主要分布于栖霞复背斜的核部, 三者皆沿栖霞复背斜轴向呈近东西向带状展布, 并显示渐变过渡关系, 构成与金矿化空间展布相一致的东西向构造-岩浆-矿化带 (图 2-1), 岩体与胶东群变质岩呈和谐的渐变过渡关系或断层接触关系。据桑隆康 (1984)、余汉茂 (1986) 等研究认为, 上述两类岩石都是以胶东群地层为物质基础, 经区域变质-混合岩化-重熔作用发展演化而成, 是同一混合岩化-重熔作用过程中不同演化阶段的产物, 属同一成岩系列。其中, 玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩为混合岩化作用中由选择性交代形成的原地型交代花岗岩, 二者属异质同相产物, 而滦家河花岗岩则为重熔再生岩浆作用下形成的半原地重熔花岗岩, 其与玲珑花岗岩是自体异相产物。结合原岩恢复, 将

本区花岗质岩石划分为两大成岩演化系列, 即:

- (1) 黑云斜长片麻岩 $\xrightarrow{\text{交代作用}}$ 片麻状黑云母花岗岩 $\xrightarrow{\text{重熔作用}}$ 中粗粒花岗岩
黑云变粒岩 (玲珑花岗岩) (滦家河花岗岩)
- (2) 斜长角闪岩 $\xrightarrow{\text{交代作用}}$ 似斑状花岗闪长岩
(郭家岭花岗闪长岩)

作者认为, 上述两大成岩系列基本上反映了本区花岗质岩石的成岩机理和演化过程。

三、构造

区域范围内构造十分发育, 按方位可分为 EW、NE、NNE、NEE、NW、SN 等, 但对金矿化有明显控制作用的主要是 EW 向构造和 NE、NW 向构造 (图 2-1)。其中, EW 向构造以栖霞复背斜为主体, 纵贯全区, 与发育在其上的 NE、NW 向断裂构造一起构成区域构造的基本骨架, 从总体上控制了区内胶东群地层、花岗质岩石和金矿床 (点) 的空间展布。这种古老的基底构造具有形成时间早, 活动历史长, 并有逐步由褶皱为主演化成以断裂为主的特征, 且由于受到晚期 NE 向构造的复合、改造, 使其向 NE 方向转折, 形成一系列 NNE 向压扭性断裂及与其相配套的 NEE 和 NW 向张扭性断裂, 对本区内生热液金矿床 (点) 起整体性的控制作用, 在区域范围内形成三山岛-焦家-灵山沟-玲珑-马家窑的近 EW 向成矿带 (图 2-1)。NE 向构造以断裂为主, 自西至东由 5 条区域性主干断裂带组成。即:

(1) 三山岛断裂: 位于研究区西部的三山岛一带, 两端延入渤海。产状走向 NE40°、倾向 SE。宽 20~200m 的构造破碎带已强烈绢英岩化, 长数百米的脉状工业矿体赋存于该断裂断层泥下盘的构造碎裂岩中, 断层泥对矿体起明显的屏蔽作用, 属压扭性断裂。

(2) 黄 (县) -掖 (县) 断裂: 位于研究区西部, 沿低山丘陵向沿海平原过渡带发育, 长达 70 余公里, 平面呈一开阔的“S”型, 走向 NE, 倾向 NW, 倾角 27°~43°, 宽 40~200m,

有连续的主断裂面和一套发育完整的构造蚀变岩带,脉状、似层状矿体赋存于主断裂面下盘并明显地为断层泥遮挡,属压扭性断裂。

(3) 灵(山)-双(目顶)断裂:位于研究区中部,沿高山区向低山丘陵区发育,长达 30 余公里,走向 NE40°,倾向 SE,倾角北东端陡(65°~87°),南西端缓(40°~54°),宽 5~140m。断裂以挤压破碎带形式出现,由断层泥、角砾岩、碎裂岩及碎裂状花岗岩组成,属压扭性断裂。

(4) 招(远)-平(度)断裂:位于研究区中偏东部,沿高山区向低山丘陵区发育,延长近百公里,走向 NE,倾向 SE,倾角 35°~47°,宽 20~200m。断裂性质及特征同(2)。

(5) 马(家窑)-上(庄头)断裂:位于研究区东部的胶东群区域变质岩系中,长达 30 余公里,走向 NE30°,倾向 NW,倾角 65°~79°,宽 5~80m,属压扭性断裂。

上述 5 条区域性主干断裂,尽管规模、产状不一,但它们在展布方位、发育程度、断裂性质以及对金矿床(点)的控制等方面则是类同的。若考虑位于(3)、(4)之间的草头沟-埃子王家断裂(走向 NE、倾向 NW),则可以认为上述区域性主干断裂为 NW—SE 向挤压条件下形成的 3 组平面上近平行,剖面上似共轭的压扭性构造(图 2-2)。由主干断裂和伴、派生的次级分支断裂所构成的断裂构造系统控制了区内绝大部分金矿床(点)的空间产出及形态、产状。

四、矿产

区内发育金、银、铅锌、萤石等多种矿产,但以金矿为主。已发现的金矿床(点)达 300 余处,已普查勘探的大、中、小型金矿共 43 个,其中大型 9 个,中型 24 个,小型 10 个。在空间上,这些金矿床(点)主要沿古老的栖霞复背斜的北翼及轴部呈近东西向展布,主体集中分布于长 70km、宽 20km 的狭长带状范围内,构成著名的招掖

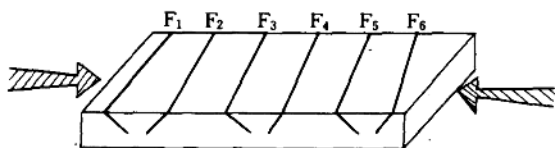


图 2-2 胶东西北部地区区域性断裂构造产状示意图

F₁: 三山岛断裂; F₂: 黄(县)-掖(县)断裂;
F₃: 灵(山)-双(目顶)断裂; F₄: 草(头沟)-
埃(子王家)断裂; F₅: 招(远)-平(度)断裂;
F₆: 马(家窑)-上(庄头)断裂

金矿带。在不同地质体的接触地带,NE 向断裂构造和 EW 向构造的复合部位往往形成金矿床(点)的集中发育地段,而金矿脉(体)的具体分布及其形态产状则主要受 NE 向断裂控制。按区域内主要金矿床(点)的空间展布位置、矿化特征及其与前述区域性主干断裂的空间关系和成生联系,由西至东可将其大致划分为以下 5 个矿带:

(1) 三(山岛)-苍(上)矿带:受三山岛断裂控制,矿带内已产出有三山岛、苍上两个特大型、大型金矿床和若干个金矿(化)点。

(2) 焦(家)-新(城)矿带:受黄(县)-掖(县)断裂及其旁侧次级分支断裂(望儿山-上庄断裂)控制,矿带内已产出有焦家、新城、马塘、红布、河东、河西、上庄、望儿山等特大、大、中、小型金矿床和若干金矿(化)点。

(3) 灵(山)-双(目顶)矿带:受灵(山)-双(目顶)断裂及其旁侧次级分支断裂控制,矿带内已产出有黄埠岭、灵山沟、北截、纪山、石棚等大、中、小型金矿床和数十个金矿(化)点。

(4) 玲(珑)-罗(峰)矿带:受招(远)-平(度)断裂及其旁侧次级分支断裂控制,矿带内已产出有玲珑、罗峰、罗山、大尹格庄、姜家窑、夏甸等大、中、小型金矿床和众多的金矿(化)点。

(5) 盘(子洞)-马(家窑)矿带:受与马(家窑)-上(庄头)断裂相伴生的 NW 向断裂控制,矿带内目前已产出有马家窑、盘子洞等小型金矿床和若干金矿(化)点。

第三章 胶东西北部金的成矿系列的初步建立

一、概述

众所周知,成矿系列的概念是随着区域地质矿产研究的发展,由我国学者程裕淇先生(1978)提出并倡导的。成矿系列研究是系统思维方式和系统分析方法在矿床学和成矿规律学研究中的具体体现。按照系统论观点,成矿系列是一个系统,它是特定的地质-成矿作用发展演化的产物。随着本区金矿地质研究的逐步深入,从系统论的整体性角度考虑本区不同类型金矿床间成矿地质背景的统一性和具体成矿条件的差异性以及区域成矿作用发展的全过程,“有必要将一些生成条件虽有不同,而在成因上有相互联系的类型分别纳入几个共同的类型组,以表达其形成的全过程”。提出和重视金的区域成矿系列研究,可使我们摆脱过去孤立研究某一类型矿床的束缚,找出一定成矿地质条件下形成的不同类型金矿床的共生规律及其内在成生联系,从而使区域成矿规律能更全面地反映客观实际,更有效地指导预测找矿实践。

二、区域金矿成因类型的初步划分及其主要成矿特征

根据中国地质学会矿床专业委员会贵金属组关于中国金矿床成因类型划分方案,结合区域金矿的具体成矿特征,以成矿作用为分类基础,考虑成矿物质来源和赋矿岩石建造等特点,可将区内金矿初步划分为以下3种成因类型(表3-1):

(1) 变质热液型(盘马型):指与早期区域变质作用有关,产于栖霞复背斜北翼的胶东群区域变质岩系中的金矿床。该类矿床以研究区东部栖霞县境内的盘子洞、马家窑金矿床为代表,简称盘马型。

(2) 混合岩化-重熔岩浆热液型(招掖型):指与混合岩化-重熔岩浆作用有关,产于研究区中西部招远—掖县境内花岗质岩石中的众多金矿床(点),简称招掖型。

上述两种成因类型金矿之成矿特征差异见表3-2。

(3) 外生风化沉积型:这一类型目前仅见于招远县境内的诸流河及辛庄入海口一带,为产于近、现代河流冲积物或滨浅海沉积物中的砂金矿。砂金矿常呈不规则砂包状、透镜状分布,品位变化较大。

上述3种成因类型金矿中,目前以招掖型金矿工业意义最大,其储、产量皆占全区黄金储、产量的95%以上。相对于著名的招掖型金矿,形成于早、晚阶段的盘马型金矿和外生风化沉积型砂金矿虽工业意义不大,但具有重要的成因意义,是本区金的成矿系列的重要组成部分。

三、不同成因类型金矿床内在成生联系的地质-地球化学依据

1. 区域地质演化与不同成因类型金矿床的形成

整个胶东西北部地区是一个金的地球化学富集区,具备形成大量金矿床的成矿物质前提,

表 3-1 胶东西北部地区金矿成因类型简表

成因类型	矿化型式	大地构造位置	成矿时代	容矿岩石	控矿构造	近矿围岩蚀变	成矿流体	矿体形态	主要矿物组合	成矿作用	实例
变质热液型 (盘马型)	含金石英英脉	胶东隆起西北缘的栖霞复背斜北翼及核部	Pt ₂ >9.5~113Ma	胶东群区域变质岩(黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩)	穹窿顶部NW向张扭性断裂	硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化(电气石化)	变质热液	脉状	银金矿、石英、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、黑钨矿、白钨矿、菱铁矿、方解石	以充填为主	1. 马家窑金矿床 2. 留村金矿床
混合岩化-重熔岩浆热液型 (招掖型)	玲珑式		Pt ₂ —Pt ₃ >71~95Ma	钾化的花岗岩质岩石(片麻状黑云母花岗岩、钾长斑花岗岩)	穹窿顶部NE向张扭性断裂	钾化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化	混合岩化-重熔岩浆热液	脉状	银金矿、石英、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、方解石	以充填为主	1. 玲珑西山金矿床 2. 石榴金矿床 3. 纪山金矿床
	焦家式				穹窿翼部沿不同地质体接触带生成的NE向压扭性断裂、破碎带			细脉、网脉、浸染状	银金矿、石英、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、方解石	以交代为主	1. 焦家金矿床 2. 罗峰金矿床 3. 新城金矿床
	灵山沟式				出现垂向构造分带的次级断裂构造			上部脉状向下渐变为细脉浸染状	银金矿、石英、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、方解石	上部以充填为主,下部以交代为主	1. 灵山沟金矿床 2. 望儿山金矿床 3. 黄埠岭金矿床
风化沉积型	滨(浅)海沉积砂金 河流冲积砂金		Q	现代滨(浅)海沉积物和现代河谷及阶地底部砂砾层				似层状、透镜状	自然金、黄铁矿、石英、锑石	冲积	1. 辛庄民采金矿点 2. 官庄民采金矿点

而在漫长的地史发展过程中所经历的多次地质热事件以及由此产生的热动力作用又使之具备了在不同演化阶段形成不同成因类型金矿床的地质前提。

本区金的成矿地质-地球化学演化是以太古宙的海相中基性火山喷发-沉积作用为起始和基础的。所形成的胶东群地层,金的原始丰度值普遍较高(表3-3),构成本区金的初始矿源层。其后所经历的几次大的地质热事件以及由此产生的热动力作用导致了相应成矿作用的发生和不同成因类型金矿床的形成。按胶东群地层成矿作用与地史演化阶段的匹配关系和形成的先后顺序,大致可将其分为3个大的成矿作用过程:

(1) 变质热液成矿作用:成矿作用主要发生于区域变质作用晚期,与太古宙末期区域变质作用晚期相伴生的变质热液活动有关。随着区域变质作用的发生和栖霞复背斜的形成,在一定的温(度)、压(力)、热动力作用下,金从原始矿源层中随变质水,Na、K等活动组分组成的碱性变质热液中活化出来,向温度、压力梯度低的扩容部位迁移,一部分矿液沿有利的张扭性断裂构造充填富集,形成小规模以含金石英英脉为特征的盘马型金矿。

(2) 混合岩化-重熔岩浆热液成矿作用:成矿作用主要在岩浆期后热液阶段。在区域变质作用基础上发展而形成的超变质作用,即混合岩化-重熔岩浆作用过程中,金随混合岩化热液和花岗岩化热液从胶东群区域变质岩层中进一步活化出来,以混合岩化热液、重熔岩浆热液