

地质 矿床

初论构造成矿动力学及其隐伏矿定位 预测研究内容和方法

韩润生^{1,2}

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放室, 贵阳 550002; 2. 昆明理工大学, 昆明 650093)

[摘 要]在总结构造与成矿关系的基础上,提出构造成矿动力学的含义及其研究对象,认为构造成矿动力学应用于隐伏矿预测研究是在成矿地质背景的基础上,从矿田构造地球化学、矿田构造、成矿构造应力场、构造流体动力学和金属矿床流体地球化学等方面着手,结合实验模拟,借助电子计算机应用技术,进行综合信息提取(成矿环境—成矿作用过程—构造条件—构造地球化学条件—构造动力条件—流体动力学条件)—模型建立(矿床成矿模式—构造控矿模式—构造地球化学场—构造应力场、能量场—流体运移势场—构造成矿动力学模型)—模型检验和优化—矿床(体)定位预测的研究,从而构成了构造成矿动力学研究内容的基本框架。实践表明它对隐伏矿定位预测和评价具有重要的指导意义。

[关键词]构造成矿动力学 隐伏矿定位预测 动力成岩成矿作用

[中图分类号]P612 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2003)01-0005-05

在整个成矿过程中,构造是控制一定区域中各地质体间耦合关系的主导因素,是驱动成矿流体运移的主要动力,又是矿体最终定位的场所,它与成矿流体、成矿作用构成了密切联系的系统^[1]。构造—流体驱动形成的矿床(体)不乏其例,例如法国阿尔卑斯石英—重晶石硫化物矿脉^[2]、易门式铜矿床^[3]、陕西铜厂铜金多金属矿田^[4]等。综合归纳代表性专家学者^[5~6]的研究和笔者的实践,构造与成矿作用的关系主要表现在 10 个方面:

- 1) 构造可作为矿床形成的地质构造环境;
- 2) 构造动力是成矿流体运移的重要驱动力,同时构造活动中释放的能量为成矿作用提供能源;
- 3) 构造常成为成矿流体的主要通道,也常是矿床(体)就位的主要场所;
- 4) 不同类型的构造发生不同的成矿方式,从而形成不同的矿床(体)类型;
- 5) 构造活动的多期次、多阶段是热液矿床成矿的多期、多阶段的重要原因;
- 6) 成矿流体的状态及其物理化学条件常因构造状态的变化而发生变化;
- 7) 构造是形成各种规模矿化分带(矿体(垂直)

分带、矿床分带及区域分带)和矿床(体)等间(深)距分布的重要控制因素;

8) 构造在改造型矿床的形成过程中具有双重作用:一方面古构造控制了矿源层的形成,另一方面构造作用改造矿源层和矿源岩,使成矿物质活化迁移、富集形成矿床;

9) 成矿后的构造对成矿也有双重作用:它既可以破坏已成矿体的连续性与稳定性,也可以使一些类型的矿体变富、变厚;

10) 有些金属矿床的形成就是构造动力作用的结果。

可见,构造是成矿的基本控制因素,是成矿作用的重要组成部分。因此,构造成矿作用及其动力学的研究对于受构造控制的金属矿床更显重要。

关于这方面的研究,国内外有关专家和学者从不同的侧面已有涉及。在国内,强调了构造与流体在成矿中的重要作用及其成矿作用过程的动力学^[1,6~16];在构造控矿作用研究及其隐伏矿预测方面,已取得显著效果^[17~22],特别是已逝的孙家骢教授为此做出了不懈的努力,并取得了成效。在国外,通过研究构造控矿特点、构造流体包裹体、同位素

[收稿日期]2002-01-30;[修订日期]2002-11-26;[责任编辑]余大良。

[基金项目]云南省中青年学术和技术带头人培养经费(编号:99D0003G)、中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室基金及云南省院省校合作项目(编号:2000YK-04)联合资助。

[作者简介]韩润生(1964年-),男,1986年毕业于昆明工学院,1998年获博士学位,研究员,现为博士后,主要从事构造成矿动力学及隐伏矿预测、流体地球化学研究工作。

(主要是 S、Sr 同位素)、构造岩蚀变及构造和流体与成矿的关系^[23~27];研究构造动力与流体流动的关系,并模拟成矿流体沿断裂迁移和沉淀的特征^[28~30]。

1 构造成矿动力学的含义

成矿作用的多期、多阶段性与矿床在空间上的不均匀分布性是成矿动力系统在时间和空间演化上的复杂性,它们构成了成矿作用的时空耗散结构。於崇文(1998)^[31]创造性地提出了前沿学术方向——成矿作用动力学,将耗散结构理论引入矿床地球化学研究中,主要从物理化学流体动力学、化学动力学等角度研究矿床成因的核心问题,即成矿作用的速率、机制及其过程,从而揭示了成矿作用的本质,使矿床成因研究从静态上升到动态、从定性走向定量。笔者认为,构造成矿动力学就是该方向的一个重要的分支领域,又是构造成矿理论及其应用中的一个新的学术方向,它无疑可以丰富构造—流体—成矿作用的理论,对传统的构造成矿理论将有所突破。同时,将构造成矿研究不断深化,尤其对隐伏矿的定位预测和评价具有重要意义,因此,构造成矿动力学研究具有重要的理论意义和实际指导意义。

为了系统地论述构造成矿动力学的有关理论及其隐伏矿预测的方法,首先有必要给构造成矿动力学赋予新的含义。所谓“构造成矿动力学”(Dynamics of Tectonic ore-forming Processes)有区域、矿田(矿床)及微观 3 个不同的尺度。这里主要阐述矿田(矿床)尺度的构造成矿动力学。它是指在矿田构造、矿田构造地球化学(orefield Tectono-geochemistry)、矿田构造应力场、构造流体动力学(Tectonic Fluid Dynamics)、流体地球化学等学科研究的基础上发展起来的分支方向,主要研究在动力(主要指构造动力)作用下,岩浆侵入和成矿流体的“(来)源、(成)生、(迁)移、聚(集)、(分)散、(成)矿”的过程及动力学机制,探讨隐伏矿定位预测的关键问题。即研究动力成岩成矿和动力驱动流体成岩成矿的过程及其动力学机制与隐伏矿的预测问题。它与基础性、理论性、技术性学科及边缘和交叉性等学科具有密切的联系(图 1)。

2 构造成矿动力学的研究内容

从构造成矿动力学的基本含义出发,它的研究对象主要是成矿构造和其中的流体,以及构造—流体与岩石(矿物)的相互作用的机理,逐步实现隐伏

矿定位预测。因此,隐伏矿定位预测是构造成矿动力学的主要目的。所以,构造成矿动力学研究可在成矿地质背景的基础上,从矿田构造地球化学、矿田构造、构造应力场、构造流体动力学和矿床流体地球化学等方面着手,结合实验模拟,借助计算机应用技术,进行综合研究,从而构成了构造成矿动力学研究内容的基本框架(图 2),旨在阐述在有利的成矿地质背景下,运用构造成矿动力学的方法实现预定目标。

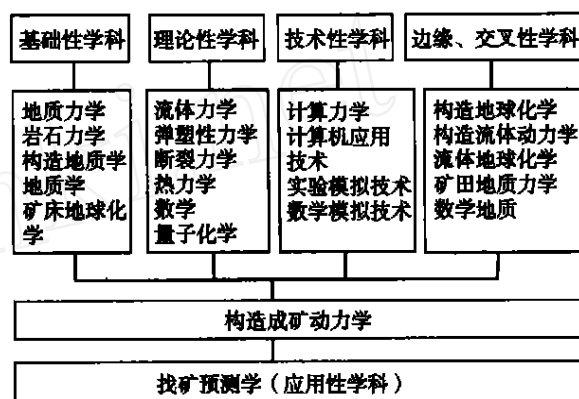


图 1 构造成矿动力学与其它学科的关系简图

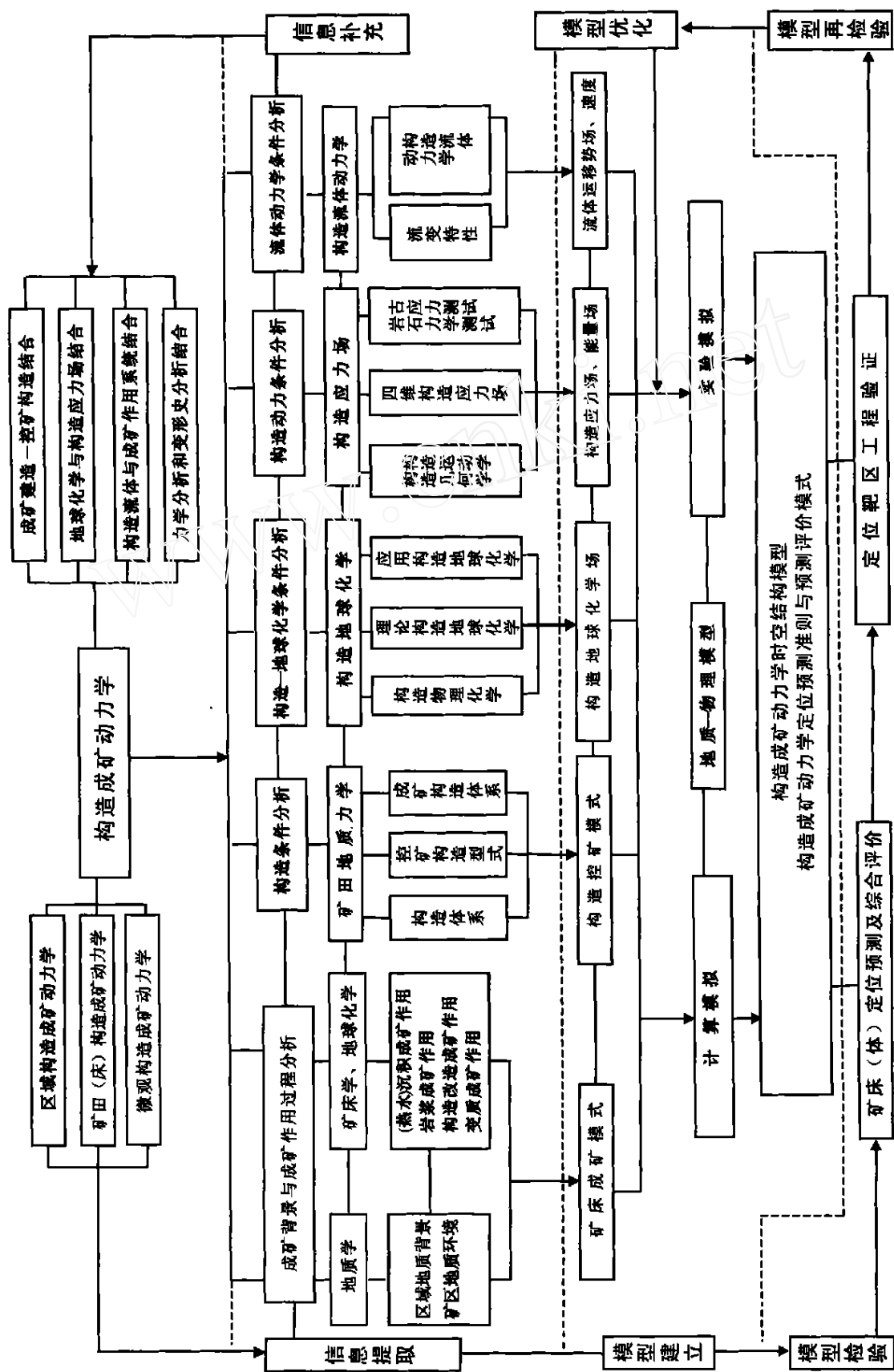
3 构造成矿动力学的研究方法

总结过去的工作实践和前人的研究成果^[10,32~34],认为构造成矿动力学及其隐伏矿定位预测研究大致可分 4 个阶段(图 2):

1) 综合信息提取阶段:通过成矿地质背景、矿床地球化学、矿田地质力学(矿田构造)、构造应力场、构造流体动力学的多学科研究,获得第一手信息。主要进行成矿地质环境—成矿作用过程—构造条件—地球化学条件—动力条件—流体动力学条件的综合研究,这是构造成矿动力学研究的基础和关键。

2) 模型建立阶段:系统分析,进行一番去粗取精、去伪存真的深入研究,分别建立矿床成矿模式→构造控矿模式—构造地球化学场—四维构造动力场(空间—时间)、能量场—构造流体运移势场。在此基础上,建立构造成矿动力学的时空结构模型。该阶段是构造成矿动力学研究的核心。

3) 模型检验阶段:通过计算机模拟和实验模拟对已建立的模型(型)进行检验和优化,不断补充相关信息,获得更接近实际的构造成矿动力学模型,并提出构造成矿动力学预测隐伏矿的准则及其预测评价模式。对于矿田和矿床,常采用不同的预测评价模式。对矿田,建立地质方法—构造地球化学—构造应力场



等找矿方法模式和“面上研究—靶区优选—异常解释”的矿区找矿模式;对矿床,建立矿床地质方法—矿田构造预测方法—构造地球化学方法—构造应力场方法的找矿方法模式和“重点解剖—点面结合—综合评价—工程验证”的矿床找矿模式。

4) 隐伏矿床(体)定位预测阶段:根据已检验的构造成矿动力学准则,确定成矿流体运移趋势及其聚散部位,对未知或已知区的深部及外围隐伏矿定位和矿化类型预测及评价,提出重点找矿靶区,为工程验证提供依据,深化构造成矿理论,进一步完善构造成矿动力学及其隐伏矿定位预测的研究内容和方法。

4 方法验证

通过应用构造成矿动力学中构造地球化学方法,对云南会泽铅锌矿、易门铜矿及陕西勉略阳铜金多金属矿田进行了隐伏矿定位预测,特别是在会泽

铅锌矿、易门铜矿的实践中取得显著的经济效益和社会效益,证明该方法进行隐伏矿定位预测是可行的^[32~34]。

在云南会泽麒麟厂铅锌矿深部的找矿预测中,在成矿地质条件深入研究的基础上,根据构造地球化学特征和构造控矿规律,结合矿山长期的勘探实践总结,提出 1571 中段 44 - 64 号勘探线间的重点找矿靶区,通过验证,发现 8 号隐伏矿体(罗霞, 2000)。并与会泽铅锌矿合作预测 1571 中段 100 - 130 勘探线间下石炭统摆佐组中—上部的粗晶白云岩的有利部位有隐伏矿体赋存。88 - 100 号线间也是重要的找矿靶位(图 3)。通过工程验证,在 1571 中段 102 - 130 线间发现 10 号隐伏矿体,矿体走向延长 350 余 m。

致谢:有色金属矿产地质调查中心方维萱研究员对本文观点提出了有益的建议和意见,特表感谢!

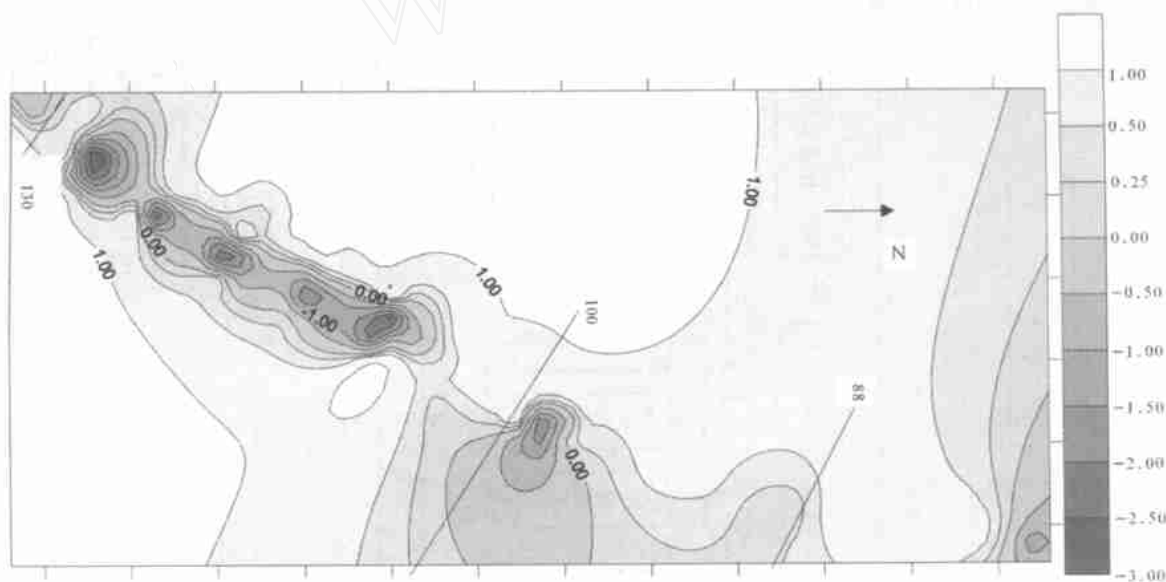


图 3 会泽麒麟厂铅锌矿区 1571 中段 SW 段构造地球化学异常图

(矿化元素组合: Zn - As - Sb - Cd - Pb - Tl - Mo)

[参考文献]

- [1] 翟裕生. 关于构造—流体—成矿作用研究的几个问题[J]. 地学前缘, 1996, 3(4): 230~236.
- [2] Marc Polliand, Robert Moritz. Basement - hosted quartz - barite sulfide veins in the French Alps: a record of Alpine tectonic fluid expulsion in external crystalline massifs - structural, fluid inclusion and isotopes (S and Sr) evidences[J]. Economic Geology, 1999, (94): 37~56.
- [3] 韩润生, 刘丛强, 孙克祥, 等. 易门式铜矿床的多因复成因[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(2): 146~154.
- [4] 韩润生, 金世昌, 刘丛强, 等. 陕西勉略阳地区铜厂矿田矿床(化)类型及其特征[J]. 地质与勘探, 2000, 36(4): 11~15, 40.
- [5] 翟裕生, 林新多. 矿田构造学[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [6] 孙家骢. 矿田地质力学方法[J]. 昆明工学院学报, 1988, 13(3): 120~126.
- [7] 杨开庆. 动力成岩成矿理论的研究内容和方向[A]. 中国地质科学院力学研究所所刊. 北京: 地质出版社, 1986(7): 1~13.
- [8] 杨开庆, 董树文. 论地壳物质的构造动力调整作用[A]. 中国地质科学院力学研究所所刊. 北京: 地质出版社, 1987(7): 15~22.
- [9] 沈淑敏, 郑芳芳, 刘文英. 应力驱动与岩内流体三维运移势场[A]. 地质力学与地壳运动. 北京: 地震出版社, 1994, 37~42.
- [10] 邓军, 杨立强, 翟裕生, 等. 构造—流体—成矿系统及其动力学的理论格架与方法体系[J]. 地球科学, 2000, 25(1): 71~78.
- [11] 陈红汉, 李思田. 活动热流体与成藏成矿动力学研究进展[J].

- 地质前缘,1996,3(3~4):259~261.
- [12] 王成金.构造应力场控矿原理及控矿规律的实验研究[J].地质力学学报,1995,1(2):28~34.
- [13] 王小凤,朱永余,周显强,等.岩石的流动与元素的聚散[A].地质力学与地壳运动.北京:地震出版社,1994,119~131.
- [14] 吕古贤,李晓波.成矿规律与构造物理化学研究[J].地质力学学报,1996,2(3):38~40.
- [15] 方维萱,李亚林,黄转莹.小秦岭地区金矿床成矿构造地球化学动力学研究[J].大地构造与成矿学,2000,24(2):155~162.
- [16] 邓军,翟裕生,杨立强,等.剪切带构造—流体—成矿系统动力学模拟[J].地质前缘,1999,6(1):115~126.
- [17] 翟裕生,邓军,杨立强,等.山东夏甸金矿及其外围隐伏矿体定位预测[J].地质前缘,1999,6(2):230.
- [18] 孙家骢,吴学益.全国第三届构造地球化学学术讨论会论文集[C].昆明:云南科技出版社,1994.
- [19] Sun Jiacong, Jiang Zhuwei, Lei Yueshi et al. Study of interrelation on the fracture geochemistry and the field structural stress in the structural system of metallogenesis at Malage Orefield of the Gejiu Mine Area, Yunnan [J]. 昆明工学院学报,1988,13(3):191~201.
- [20] Sun Jiacong. Structural control of the Etouchang - type stratabound iron deposit in central Yunnan[J]. 昆明工学院学报,1988,13(3):148~161.
- [21] 孙家骢.云南省主要构造体系的成生发展及某些矿产的分布规律[J].昆明工学院学报,1988,13(3):88~111.
- [22] 沈远超,曾庆栋,谢宏远,等.山东乳山地区石英脉型金矿矿体侧伏规律及找矿方向[J].黄金地质,1999,5(3):1~5.
- [23] David C E. Fluid evolution and Au - Cu genesis along a shear zone: a regional fluid inclusion study of shear zone - hosted alteration and gold and copper mineralization in Kautokeino greenstone belt Finnmark, Norway[J]. Journal of Geochemical Exploration,1993,49:233~267.
- [24] Parry W T. Fault - fluid compositions from fluid - inclusion observations and solubilities of fracture - sealing minerals[J]. Precambrian Research,1998,290(1~2):1~26.
- [25] Bierlein F P et al. Origin of hydrothermal Cu - Zn - Pb mineralisation in the Olary Block, south Australia: evidence from fluid inclusions and sulphur isotopes[J]. Precambrian Research, 1996,79(3~4):281~305.
- [26] Kieran D Fluid - rock interaction in crustal shear zone: a directed percolation approach[J]. Geology, 1994,22:843~846.
- [27] James P Evans, Frederick Mchester. Fluid - rock interaction in the San Andres system: inferences from San Gabriel fault rock geochemistry and microstructures[J]. J G R,100(B7),1995,13007~13020.
- [28] John Ridley. The relations between mean rock stress and fluid flow in the crust: with reference to vein - and lode - style gold deposit[J]. Ore Deposit Review,1993:23~37.
- [29] Sibson R H. Crustal stress, faulting and fluid flow[A]. Parnell J, ed. Geological Special publications[C]. Bath, The Geological Special publications House, 1994,69~84.
- [30] Campbell Mccuaig T. P - T - deformation - fluid characteristics of lode gold deposits: evidence from alteration system [J]. Ore Geology Review,1998,12(6):381~454.
- [31] 於崇文,岑况,鲍征宇,等.成矿作用动力学[M].北京:地质出版社,1998,1~45.
- [32] 韩润生,陈进,李元,等.云南会泽麒麟厂铅锌矿床断裂构造地球化学及定位预测[J].矿物学报,2001,21(4):667~673.
- [33] Han Runsheng. Metallogenic Dynamics of the Yimen - type Copper Deposits and Prediction of Concealed Ores[J]. Chinese Science Bulletin (KEXUE tongbao),1999,44,(2):250~252.
- [34] 韩润生,金世昌,刘丛强,等.铜厂矿田陈家坝地区断裂构造地球化学特征及定位预测[J].地质与勘探,2000,36(5):66~69.
- [35] 罗霞.会泽铅锌矿深部找矿获重大突破—预测新增铅锌储量近百万吨潜在产值数十亿元[N].云南日报,2000,181(12).

PRELIMINARY DISCUSSION ON RESEARCH CONTENTS AND METHODS OF TECTONO - METALLOGENIC DYNAMICS AND CONCEALED ORE ORIENTATION PROGNOSIS

HAN Run - sheng^{1,2}

(1. Open Laboratory of Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093)

Abstract :On the basis of summarizing the relationship between structure and ore - forming processes, the conception of tectono - metallogenic dynamics and its studying object have been put forward. It is proposed that applications of metallogenic dynamics in prognosis of concealed ores are based on ore - forming geologic background. By the aids of computer application and experimental simulation technology, orefield tectonic geochemistry, ore - field tectonics, ore - forming tectonic stress field, structure fluid dynamics and fluid geochemistry must be studied firstly to collect the integrated information (e. g. ore - forming condition, ore - forming processes, structural condition, tectono - geochemistry condition, structural dynamics condition, and fluid dynamics condition), to build models (e. g. ore - forming model of deposit, structure - controlling model, tectono - geochemistry field, structural stress field, energy field, the fluid migrating trend fields, dynamics model of tectonic ore - forming processes), to checkout and optimize the models, and lastly to study orientation prognosis of ore deposits. Those constitute of basic framework of metallogenic dynamics. It is indicated practically that tectono - metallogenic dynamics plays important role in orientation prognosis of concealed ores and evaluation.

Key words :tectono - metallogenic dynamics, orientation prognosis of concealed ores, petrogenesis and metallogenesis dynamics