

● 主编 阎凤增

武警黄金部队 金矿地质勘查论文集 (第一集)

WUJING HUANGJIN BUDUI
JINKUANG DIZHI KANCHA LUNWENJI

地质出版社

武警黄金部队金矿地质勘查论文集

(第一集)

阎凤增 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

论文集收录了武警黄金部队专业技术干部近年来在公开出版物上发表的论文,体现了部队近期取得的地质勘查成果,其内容涵盖了矿产地质、矿物岩石、地球物理、地球化学、遥感地质、探矿工程、分析测试、信息技术等多个方面。

论文集可供从事金矿床勘查和研究的人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

武警黄金部队金矿地质勘查论文集. 第1集/阎凤增主编. —北京:地质出版社, 2008. 1
ISBN 978-7-116-05565-0

I. 武… II. 阎… III. 金矿床-地质勘探-中国-文集
IV. P618.510.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 201491 号

责任编辑:李 莉
责任校对:李 玫
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083
电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324567 (编辑室)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传 真:(010) 82310759
印 刷:北京地大彩印厂
开 本:889 mm × 1194 mm^{1/16}
印 张:32.25
字 数:1000 千字
印 数:1—1200 册
版 次:2008 年 1 月北京第 1 版·第 1 次印刷
定 价:80.00 元
书 号:ISBN 978-7-116-05565-0

(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)

矿产勘查的技术主导方式

——《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》总序

最近，温家宝总理在一个批示中指出：“多年来，武警黄金部队为国家发现和探明金矿作出了重要贡献，也积累了宝贵经验”。温总理的批示对黄金部队官兵职工是个极大的鼓舞。黄金部队组建近30年来，发现和探明超大型金矿2处，特大型7处，大型15处，中小型216处，累计探明金资源量/储量1779 t。编辑这套论文集，就是要总结我们这些年来的找矿经验，以期对今后的工作有所指导，也为业内同行提供参考和借鉴。

矿产勘查是一项有其自身特色和规律的复杂工作。总结发现和探明矿产资源的经验，不仅仅是矿床地质研究方面的内容，矿床发现过程、思想方法和工作方法、勘查工作管理等均在矿床的发现和探明过程中起着重要的作用，要给予全面地总结。因此，我们把这套文集定名为《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》。计划是第一、二集为一线找矿人员历年来发表在国内外刊物上的论文，内容集中在矿床地质研究和找矿方法方面。以后诸集以当年在国内外学术交流会上宣读的优秀论文为主，全面反映部队地质找矿的成果和经验。

多找矿、找大矿、找国家急需的矿，是矿产勘查工作的不二目标。但怎样从技术的角度更有效地实现这个目标，在矿产勘查界历来有不同的看法和做法，而且相互之间有着明里暗里的争论。这实际上可以看做是“矿产勘查技术主导方式”上的派别之争。为了讨论的方便，我这里初步将其分为“经验方式”、“成因方式”、“技术方式”和“信息方式”，相应的也可以称之为“经验派”、“成因派”、“技术派”和“信息派”。

人类的找矿活动是起于经验的。历史上各地的找矿人是经验方式的鼻祖，各个时期的采矿人是经验派的同道。到了现代，矿产勘查成为一个专门行当，在学校中设置了专业教育，但以找矿为业的勘查地质学家，在很长时间内，大多仍秉承经验方式。

经验方式找矿主要依靠从实际观测中发现和总结出的直接或间接的找矿标志。所谓直接标志是指矿化露头、生产矿山、采矿遗迹等，间接标志则指那些与矿化有密切伴生关系的岩性、蚀变、风化、地形地貌等和用各种技术方法获得的异常。经验派把找矿的主要工作放在寻找和确定找矿标志上，而不问或很少问及其何以成为标志。

P. 乔拉尔蒙(1974)认为历史上经验方式发现的矿比谁都多。洛林(1997)认为这种方式仍然是21世纪寻找矿床最适宜的方法。这是有事实为证的。但在露头矿、浅部矿越来越少，找矿难度越来越大的今天，经验方式遇到了困难并招致一些批评。经验派的缺点是太过于依赖自己熟悉的东西，不敢超越已知事实的范围，不愿意作大胆地假设。经验方式发现过很多有价值的矿床，也忽略掉一些本应该被发现的矿床。

探索矿床的成因既是找矿活动的现实需要，又是找矿思维的逻辑结果。找矿人、采矿

人以及其他一些矿产勘查者，都渴望能弄清矿床形成的来龙去脉以求获得更多更大的找矿效果。研究人员要对研究对象作出解释以使自己满足和别人满意。学校教育要教给学生有关矿床的系统知识，而不是一堆杂乱无章的实际观测资料。这些都催生了成因派的发展。成因派在依靠实际观测资料总结找矿标志上与经验派没有什么不同，但他们比经验派走得更远，更加注重对标志的成因解释以使其具有更普遍的意义。

在地壳类似的地质环境中，相同的成矿作用在不同地质时期、不同区域会反复出现的认识是成因派指导矿产勘查的思想基础，即所谓类比勘查。矿床地质学家对这些重复出现的成矿事件进行详细的研究和解释，把矿床分成了不同的成因类型。矿产勘查就是用这种类比的方法选择成矿有利的地质体，并从中寻找已知矿床类型的类似物。实践证明，这也是一种成功的找矿方法。但问题是我们对矿床成因的认识远未完善，即便对一些典型的矿床也有很多不同观点，叫人莫衷一是。而且，还有很多矿床等待被发现，对他们的成因当然也就无从谈起。下一个被发现的矿床可能是以前从未遇见过的成因类型，也可能是以前的勘查者曾经工作过，但囿于成因类型的知识局限而选错了对比模型，从而漏掉了的矿床。成因方式最犯忌的是被有关成矿作用过程（甚至概念）迷住，醉心于能够自圆其说地回答“如何”的问题而忽视了矿产勘查的最终目的。那样就会走进死胡同。毕竟，查明矿床的成因在目前要比发现矿床更难。

“二战”以后，物探、化探、遥感、探工、分析测试、信息处理等一系列矿产勘查技术快速发展，收到不菲的找矿效果。这多少改变了技术手段在找矿中的从属地位，逐渐形成了矿产勘查的技术学派。他们的信念是，一个有价值的矿床——特别是在可采深度的金属硫化物矿体——会明显地有别于周围物体，可以通过一定的技术手段而使其昭然若揭（洛林，1997）。他们解决找矿问题的思路是侧重于研制某种适当的观测技术（方法）获取矿床的信息，建立矿床与地表异常的联系，借此指导找矿。这个派别的有些人认为，要完全了解深部矿床的地质特征及其成矿作用的演化是不可能的，也是不必要的。重要的是研究“容器”的输入输出变化，从而找出深部“容器”区别于其周围环境的特征，而不深究“容器”的内部结构，即所谓黑箱模型。在这一派的某些人看来，只要把数据输进去，把模型建起来，找矿的问题就解决了，地质学家就只管工程编录和布样而不用瞎忙活别的了。

矿产勘查者们期盼着各种勘查技术的不断进步，憧憬着“异常既是矿体”能成为现实，或者至少是真与假的比率比现在提高一大步。但目前看来，这一方向仍然有很长的路要走。

1999年，谢学锦院士在一篇文章中指出：“我们预感到一个信息找矿时代即将来临”。他认为在矿产勘查每一阶段都能迅速掌握全局，逐步缩小靶区，高效率取得大量有用的找矿信息，特别是直接信息的大幅度增加，是这一时代的主要标志。

矿产勘查信息派的先驱是技术派。数学地质、物探、化探、遥感、测量等有大量的数据要处理，这促使计算机首先在这些矿产勘查技术中得到广泛应用。接着，在20世纪80

年代, GIS 技术在矿产资源评价领域中真正开始使用, 它的典型代表是证据权法, 实际上就是传统勘查方法的数字化“版本”。然而, 矿产勘查的信息方式并不只是计算机、GIS 等信息技术在矿产勘查中的应用。在信息派看来, 矿产勘查工作从野外数据的采集, 到室内数据的整理、管理、应用, 再到对工作成果的保存、管理、使用和出版印刷, 以及科学管理与决策等诸多方面, 本质上都是信息的获取、存储、检索、分析、显示以及应用的过程。他们认为, 将地质信息作为专门的研究对象, 既说明地质科学的成熟, 也说明信息科学和技术已经发展到足以影响地质科学的程度。他们要致力于对地质学和信息科学进行交叉融合, 探索地质信息本质特征及其运动规律, 研究计算机和通讯网络技术在地矿工作的应用过程中所提出的一系列理论、方法和技术问题, 最终形成崭新的地质信息科学。目前主要是设计和采用各种勘查信息系统, 对传统的地矿勘查工作主流程进行充分改造, 实现全程计算机辅助化, 使数据在各道工序间流转顺畅、充分共享, 最大限度地发挥出各种信息的作用(吴冲龙, 2007)。矿产勘查的信息主导方式才刚刚兴起, 它的成熟也还需时日, 但无疑, 它对矿产勘查已经并将继续产生日益深远的影响。

我这里不是要对上述各种方式作褒贬评价。万不可随意指认谁是某某学派或自己对号入座。那样是无谓的。现实中各派常是你中有我, 我中有你的。且各种方式在矿床发现上都有所建树, 国内外均有人对此作过统计, 此不赘述。这里只谈一些个人从对各派分析中得到的一些启发。

1. 关于成矿理论的研究和运用

成矿作用是极其复杂的地质作用过程, 找矿又是一项复杂的系统工程, 有不同的矿床成因观点, 也有不同的找矿技术主导思想, 争论在所难免。矿床常是在争论中被发现的。

按照目前矿床学的主流观点, 成矿作用是成岩作用的伴随物, 矿石不过是特殊的岩石。循此思路, 在研究成矿作用时, 要考虑它的地质背景(构造、岩浆、沉积、变质等), 要考虑各种地质作用的演化进程和相互关系, 要考虑具体成矿作用的特点、演化(包括矿质和矿液的来源、搬运、沉淀, 以及上述作用的期次等)及其与其他地质作用的耦合关系, 各种地质作用又可能多期次发生, 有叠加有改造, 对成矿的影响可能有利可能不利……, 凡此种种, 绞到一起, 看似乱作一团。而且对这些作用及其复杂关系从表面看不知道谁重要谁不重要, 只好一个也不能少, 一项也不能丢, 一方面也不容忽视。而面对着如此复杂的研究对象, 人们又受到直接观察的限制和方法手段的制约, 有时不得不借助想象和臆测。成矿作用研究的现状是在小比例尺层面(如区域成矿和找矿布局)的成就和作用要比中、大比例尺层面(如矿区详查、勘探)更大些、明显些; 对一般现象(如常规矿产、普通类型)的概括和解释要比个别现象(如非传统矿产和特殊类型)更细致、深刻些; 对简单成矿作用(如单一成矿)的认识要比复杂成矿作用(如复合成矿)更准确、成熟些。这要求无论是进行矿床成因研究, 还是运用成矿理论指导找矿, 都要取一个正确的态度。有三点特别值得注意。

第一, 我认为矿床成因研究目前主要还是一项探索性极强的基础研究。它每次大的突

破，不仅需要长期的成功的积累，还需要大量的失败的积累，在任何找矿阶段都不该忽视。勘查者对矿床的成因研究既不能苛求，也不能急功近利，而应客观地评价它，恰当地运用它。矿床研究者对自己的研究成果也要有正确的评价，既要认识到它的理论价值，又要认识到它的应用局限性。

第二，地质学在讨论问题时离不开对象的位置和尺度。世界上没有两个完全一样的矿床。因此，在作矿床类比时，既要注意他们的共性，更不能忽视他们的个性。不要一发现矿就简单地把它归为某某类型，甚至被现有的成因类型套牢。毕竟“此地矿不是彼地矿”是个基本事实，也是最把握的判断。还有，矿床成因理论大多是一些小比例尺和根本无比例尺的抽象，而矿产勘查从预查到勘探的控制程度越来越高，所采用的工作比例尺越来越大，容易出现所用理论与实际工作“不合体”的现象。当我们接受一种成因观点来指导找矿工作时，一定要了解其产生的区域背景和认识尺度。在很多情况下，某个地区内或某个尺度上的真理，生搬硬套到另一个地区和尺度就可能成为谬误。

第三，在应用某个成矿理论时，一定要弄清其中我在前面说到的想象和臆测成分。在想象基础上的想象和在臆测基础上的臆测，不仅会出现谬误，甚至会造成荒唐。C. J. 霍奇森（1990）在谈到矿床建模所用原始资料确实性的问题时曾说过，模式的初始研究者和使用者还知道它的“软肋”，传到第二代、第三代等等的使用者手里就可能稀里糊涂地照抄照搬了。这极可能会与真理渐行渐远。

2. 关于矿产勘查技术主导方式的选择标准和衡量尺度

各种技术主导方式在矿产勘查不同阶段有不同的作用，适用是选择的标准，找矿效果是衡量的尺度。

从认识事物的角度看，矿产勘查的每个阶段都是一个从假设开始所进行的证实（或证伪）过程。但假设的依据和求证的方式在不同勘查阶段是有所不同的。预查阶段是对到哪儿去找什么矿作出设定，也就是勘查的战略选区。为此，经验的、成因的、技术的、信息的各种方式都要用到。这是因为作出选区决策是非常困难的，在没有神算，没有十拿九准方法的情况下，最稳妥的就只能是什么方法都尝试一下。

普查的主要任务是在设定的勘查区寻找评价目标，包括矿体、矿化、蚀变、异常等，并作出有矿、无矿的判断。这个阶段最常用也是最不可缺少的方法是地质填图，各种技术方法将会根据其地方适用性而作出取舍。这里要指出的是，有大量基础地质工作在这个阶段要做，并且要对实际观测资料进行归纳、总结、概括、推测，有人把它混同于成因研究，这是不对的。虽然这也是成因研究的基础工作。至于把一些经验形态的找矿认识看做是成矿理论，则更是大谬不然。

详查和勘探是对已发现矿体的品位、吨位、形态、规模进行控制。假设的依据是品位和产状，以及必要的物化探结果，求证的方法主要是探矿工程，辅以矿床构造分析和测量。除非勘探陷入山穷水尽的境况，成因方式不是完全被抛诸脑后也是退居到次要的地位，此即为常说的“工程找矿”。

矿产勘查是发现导向性的。勘查仅仅是发现矿床的手段，其合理性仅能在其最终结果中得到证明。长期不能发现可经济开发的矿床就会令人沮丧，甚至公司会破产、个人会丢饭碗。目的的明确性导致了方式方法选择的有效性及其效能判断的即时性，首先想到和采用的自然是直接证据，经验方式必为首选。而且，一般来说，只要用某种方式找到了矿，只要用这种方式还继续能找到矿，勘查者就很少能顾及其他方式及更久远的问题。虽然这被一些人批评为肤浅和短见。

前面说过，矿产勘查工作远非只是成矿作用研究，矿床的经济评价、环境评估、过程管理、领导风格，甚至一个国家的经济体制等非技术因素都影响着勘查技术主导方式的选择和找矿效果。

3. 关于信息科学和技术对矿产勘查技术主导方式的影响

矿产勘查是个有着不断反馈过程的复杂系统，其技术主导方式选择是个反复比较的决策过程，现代信息科学和技术在矿产勘查中的应用是历史的必然。

矿产勘查并不是一个起于预查止于勘探的简单的单向过程，而是一个有不断反馈过程的复杂系统。在这个大系统中，前述的各种勘查方式的选择是不断地变化着的。它们视需要、效果和勘查工作的进展而改变，或单独地、或部分联合地、或全部联合地主导着矿产勘查工作。但要做到这点又谈何容易。这倒不仅是因为打破门户之见需要从更本质的角度来认识矿产勘查工作，还需要有一个能对各派兼收并蓄、恰当选用、各展其长的技术平台。信息方式不仅给矿产勘查带来了思想上的突破，使人们从更广阔的角度，更本质的深度来理解矿产和矿产勘查，为各派提供整合的思想基础，而且飞速发展的信息技术也为整合各种技术主导方式提供了强有力的手段和工具。

首先，在矿产勘查实践中，我们不能以偏私的门户之见刻意拒绝某种方式，而是要兼收并蓄、综合运用。澳大利亚勘查地质学家 R. 伍德尔（1994）在论述经验勘查和概念勘查时曾说过“勘查与发现的成功之路并不是单靠经验或概念铺成的，它是理论与观测、概念与经验的混合体”。在这方面，证据权法那种定量分析和综合多源专题地学数据层的思路和方法，显示出现代信息科学和技术改造传统矿产勘查思路和方法的强大能力。现代矿产勘查不仅要应用信息技术，更要接受信息科学基本理论的指导。只有这样，才能够充分开发与找矿有关的各方面信息，充分借鉴和利用各种经验的、成因的、技术的观点和方法，建立并完善矿产资源勘查综合信息评价系统，有效地开展矿产勘查工作，把矿产勘查从方法到理论再到实践提高到一个新的阶段。

其次，在整个矿产勘查过程中，技术主导方式是要因时、因地、因势、因需（甚至因人）而变的。勘查者要有一种“有矿常思无矿”的忧患意识，对任何自己还不熟悉的技术主导方式都不能作肤浅观。那些没能成为主导的技术方式，常常是因为其有关的信息还不充分的缘故。随着工作的进展、信息的积累，后来可能会成为主导方式。例如，成因方式在详查和勘探阶段可能不被作为主导方式，但当被勘探矿体圈闭后需要发现新的勘探目标时，或找矿工作又重陷困境时，成因方式可能会成为主导方式。这一方面要求在矿产勘

查的任何阶段都要注意多种勘查技术主导方式的信息积累，还需要有对海量勘查信息的强大储存和显示技术，以便于反复地开发利用，供不同勘查方式、不同勘查目的和不同勘查阶段共享。这只能在矿产勘查信息系统技术的开发并逐渐成熟之后才得以实现。

最后，在很多矿产勘查问题的解释和处理上，专家的知识 and 经验格外受到重视，人们都期望能像专家那样工作，从而提高矿产勘查效果。这使得以“知识库”和“推理机”为支撑的矿产资源勘查专家系统的研发受到关注，并在一些矿种和矿床类型的勘查中取得较好效果，显示出其广阔的前景。

总之，信息科学和技术对矿产勘查的冲击是全方位的，正在成为一种新的技术主导方式。矿产勘查的信息时代已经到来，矿产勘查者必须积极地予以响应。

很多勘查地质学家都认为，成功的矿床发现除了前述各种技术主导方式的正确选择和运用外，勘查者的信心和毅力也起着重要作用。发现矿床的人首先是那些相信有矿的人。正是这种坚定的信念支持着他们锲而不舍、百折不挠地去探寻地下宝藏。怀疑论者或半信半疑者很难有所发现，更难发现大矿。这在矿产勘查史上的教训屡见不鲜。有不少人曾对中国的金矿资源潜力作过测算，目前发现和探明的还不到其一半。况且，矿产资源是一个受地质认识、开发技术、市场供需等诸多因素制约的动态概念，它的实际潜力肯定会比当下测算的要多得多。黄金矿产开发在中国既古老又年轻。我国还有很多金矿勘查的空白区或工作程度极低区不说，就是在目前勘查开发的热点区带，由于种种原因，地质认识还欠深入，勘查开发方式还欠成熟，找矿潜力也还很大。

《国务院关于加强地质工作的决定》中提出要“切实加强重要矿产资源勘查，努力实现地质找矿新的重大突破，为全面建设小康社会提供更加有力的资源保障和基础支撑”，并把金列为重点勘查矿种之一。黄金部队是国内唯一一支以金矿勘查为主的地勘队伍，肩负着为我国经济社会安全发展提供黄金矿产资源保障任务。时代造就了黄金部队，黄金部队也要努力开创金矿地质勘查的新时代，以实际行动落实《决定》，回报温总理的关心与鼓励。

本序所涉及的诸多文献，限于成文格式，难以一一列出，成文之际又与业内同行有过很多有益讨论，谨此一并致谢。

武警黄金指挥部总工程师

阎凤璋

2008年1月20日

前 言

为总结和宣传黄金部队地质勘查工作学术成果、加强部队专业技术干部队伍建设、促进技术人员了解并掌握黄金地质勘查行业的新理论、新技术、新方法,根据《武警黄金部队学术委员会章程》和部队实际,对部队近年来在公开出版物上发表的论文进行了收集,并以论文集形式编辑出版。

《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》(第一集)共收集论文80余篇,内容涉及区域成矿、矿物岩石、构造地质、矿床地质、地球物理、地球化学、遥感地质、岩矿分析测试、工程地质、水文地质、环境地质、测量和信息技术应用等领域,较全面地反映了部队近年来在地质勘查工作中取得的成果。论文集主要有以下特点:

(1) 贴近生产、贴近实际。论文集文章主要为黄金部队近年来在甘肃文县阳山、黑龙江东宁金厂、甘肃岷县寨上、山东大磨曲家等大中型重点勘查区,以及延边-东宁、西秦岭、胶东等重点成矿带所取得的基础地质成果及综合研究成果,这些成果为部队解决勘查生产疑难问题并取得找矿突破奠定了良好的基础,具有很强的针对性和实用性。

(2) 新技术、新方法、新仪器得到广泛应用,学科交叉、渗透越来越强。从传统的地质研究,到高精度深部地球物理探测技术、现代矿产勘查地球化学、高精度遥感等多学科的综合研究;从地表露头到找矿,到隐伏矿定位预测;从地表填图,到深部立体地质填图,部队地勘工作发生了巨大变化。新型物化探设备、测试设备、探矿设备、信息化装备等在部队地勘工作中发挥着重要作用。

(3) 研究领域越来越广。从传统的矿产勘查到矿产经济、工程技术、环境风险评估等,以国家和社会需求为目标的研究工作全面展开,在部队地勘工作拓展方面呈现出良好的发展态势。

(4) 信息化技术的推广促进了部队地勘工作数字化进程。以数字化填图、“3S”技术、SD法储量/资源量估算等为代表的信息化技术在部队地勘工作中发挥了积极作用。

《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》(第一集)收集的论文有较高的学术水平,部分研究成果已达国内前沿。论文集较真实地反映了黄金部队目前地质找矿水平,并从一个侧面反映了我国黄金地质勘查工作的成就和动向。

《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》（第一集）约 100 万字，在编辑过程中，力求保持文章原貌，对文中不清晰的图件重新进行了清绘。对极个别图件，在不影响作者观点和文章整体内容的前提下做了删减。

希望《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》（第一集）的出版对我国黄金地质工作者有一定启示，同时希望论文集能够激励部队技术人员取得更大成果。

由于时间紧，内容多，论文集难免存在错误和不足，请读者批评指正！以便我们把后续论文集做得更好。

编委会
2007 年 12 月

目 次

综述·评述

矿产勘查的技术主导方式——《武警黄金部队金矿地质勘查论文集》总序

前 言

- 发现含金流体充填律 关连绪, 王美娟 (3)
- 秦岭大陆碰撞金成矿机制与金矿带时空定位 关连绪, 王科强, 黄 辉等 (9)
- 西藏冈底斯地块中新世代酸性侵入岩浆活动与构造演化 葛良胜, 邓 军, 杨立强等 (20)
- 南苏鲁高压变质带南岗-高公岛韧性剪切带特征及 EBSD 石英组构分析
..... 齐金忠, 戚学祥, 陈方远 (30)
- 甘肃阳山金矿带地球动力学体制与多因耦合成矿作用 雷时斌, 齐金忠 (39)
- 甘肃阳山金矿带构造岩浆演化与金矿成矿 齐金忠, 杨贵才, 罗锡明 (47)
- 镇甸盆地金矿成矿规律研究 史光德, 刘新会, 张永文等 (57)

矿床地质

- 哀牢山浅变质岩带红土型金矿的地质特征和成矿机理 邹依林, 郭晓东, 袁仕松等 (65)
- 大兴安岭漠河砂金富集区岩金找矿思路 陈 满, 刘 涛, 徐伦先等 (72)
- 丁家山-古楼山金矿床成矿流体储运规律 刘新会, 刘 爽, 李 渊等 (77)
- 甘肃舟曲一文县一带卡林型金矿地质特征及找矿标志 文成敏 (82)
- 高松山金矿区地质、物化探特征及找矿方向 王艳忠, 郎利国, 于明军 (87)
- 河北王林口金矿地质特征与控矿机制分析 赵国荣, 张新勇, 张志臣 (92)
- 河南省狮子庙金矿田金矿成矿特征及找矿方向 侯红星, 聂凤莲 (95)
- 胶东大磨曲家金矿 302 号脉下盘次级断裂构造资源潜力分析 耿书杰, 张文钊, 吕兵团 (101)
- 胶东大磨曲家金矿床矿石及金矿物特征 张志臣, 曲少翠 (107)
- 胶东大磨曲家金矿控矿断裂及成矿规律 徐述平, 朱洪岭, 张华全 (112)
- 胶莱盆地北缘金矿特征及找矿前景分析 刘金友, 段留安 (123)
- 胶莱盆地西谭格庄地区金成矿前景分析 朱洪岭, 张华全 (129)
- 鲁西关山头-车往峪地区隐爆角砾岩群地质特征及成矿前景 李普红, 宋贺民 (134)
- 乳山西涝口金矿床地质特征及找矿标志 张志臣, 曲少飞, 丁宪华等 (141)
- 山东省乳山市西涝口金矿床地质特征及找矿方向 张华全, 朱洪岭 (146)
- 四川壤塘代隆金矿成矿地质特征及找矿前景 何 雁 (150)
- 松潘-摩天岭金成矿带控矿特征及找矿标志 郭俊华, 孙彬, 杨福立等 (154)
- 西藏崩纳藏布砂金矿中金的来源研究 王春宏, 葛良胜, 郭晓东 (161)
- 西藏一个与火山-次火山岩有关的金矿——林周县森布棍巴金矿点
..... 邹依林, 葛良胜, 张学军等 (172)
- 西秦岭寨上金矿区岩(矿)石孔隙度研究 刘新会, 刘爽, 郭宏乐 (178)

北山地区红柳河—明水一带金成矿规律及找矿方向探讨	李文辉, 薄科武, 张学洲等 (183)
甘肃岷县寨上金矿床地质特征及成因初探	刘新会, 于岚, 张复新等 (188)
甘肃省两当县寺合金矿床地质特征与找矿方向	刘建春, 刘新会 (196)
黑龙江砂宝斯金矿床成矿物理化学环境研究	王晓勇, 贾伟光, 张春辉等 (202)
焦家金矿田断裂构造控矿特征及控矿机理浅析	刘于旺 (208)
金厂特大型金矿床的地质特征与成因研究	贾国志, 陈锦荣, 杨兆光等 (214)
金龙山—丘岭金矿床成矿流体的储运规律及区域找金方向	刘新会, 刘 爽, 李 渊等 (226)
陕川丁家林—太阳坪金矿床黄铁矿标型特征	刘 爽, 刘新会, 魏宽义 (232)
陕川丁家林—太阳坪金矿区金的赋存状态及主要特点分析	周新春, 贾小梅, 刘 爽等 (237)
西藏冈底斯地块北缘甲岗雪山钨—钼—铋—铜—金多金属矿床地质特征及成因初步研究	葛良胜, 邓 军, 邹依林等 (244)
西藏冈底斯地块中新世中酸性侵入岩特征与构造环境	李汉光, 葛良胜, 邹依林等 (251)
新疆哈密红山金矿床找矿标志探讨	张 巍, 魏俊浩, 李己华等 (263)
新疆卡拉麦里山变质碎屑岩型金矿地质特征及成矿条件分析	薄科武, 李文辉, 赵 军等 (272)

地球化学

甘肃省肃北县鸡叫沟金矿流体包裹体特征研究	范俊杰, 张学军, 常春郊等 (281)
甘肃岷县寨上金矿地质地球化学特征及成因	路彦明, 李汉光, 陈勇敢等 (286)
甘肃省肃北县鸡叫沟金矿床地球化学特征及成因探讨	范俊杰, 张学军, 常春郊等 (296)
甘肃寨上金矿床含金石英脉中锆石 SHRIMP 法 U—Pb 同位素测定及地质意义	李文良, 陈勇敢, 赵玉锁等 (303)
胶东大磨曲家金矿地球化学异常模式及找矿意义	宋贺民, 张文钊, 徐述平 (308)
西藏申扎西南部甲岗雪山钨钼(铋)矿区嘎若二长花岗岩体的地球化学特征	王治华, 吴兴泉, 王科强等 (319)
甘肃省阳山金矿床石英脉中锆石 SHRIMP U—Pb 年代学研究	齐金忠, 李 莉, 袁士松等 (324)

成矿及找矿预测

南秦岭金龙山金矿远景资源量预测	刘新会 (335)
岳家庄—虎头崖构造杂岩带金成矿地质条件及找矿预测	刘金友, 刘于旺, 高池兴 (338)
山东大磨曲家金矿深部盲矿定位预测的构造叠加晕理想模型	张文钊, 徐述平, 宋贺民 (343)

物探·化探·遥感

寨上金矿区电法应用效果	郑振云, 陈力子, 陈彩华 (351)
化探在金龙山金矿勘查中的应用	华曙光, 王君宪, 刘新会 (358)
新疆托里金矿带矿化蚀变体系及遥感混合蚀变信息分解-复合提取研究	韩先菊, 葛良胜, 张惠玉等 (362)
综合电法在新疆哈西金矿区寻找隐伏矿的应用	于爱军, 黄 辉, 徐德利等 (371)

分析测试

Z—5000 石墨炉原子吸收光谱法测定痕量金升温程序研究	艾晓军, 聂凤莲 (379)
------------------------------------	----------------

Z-5000 原子吸收分光光度计测定金	聂凤莲, 艾晓军, 逯艳军 (384)
金对原子荧光法测汞化学干扰机理的实验研究	杨理勤, 李玄辉 (387)
矿石中金的快速测定	薛光, 孙鹏 (390)
泡塑吸附-原子吸收法测定微量金	王红 (393)
添加亚硫酸钠焙烧-氰化提高金、银回收率的试验研究	薛光, 任文生 (395)
中国当代金的经典分析技术	杨理勤, 冯亮, 李玄辉等 (399)
EXCEL 在 1:5 万化探样品分析质量管理中的应用	刘玖芬, 刘自娟 (402)
焙烧-氰化工艺中含氰废水处理新方法的研究与应用	薛光, 于永江 (405)
负载泡沫塑料富集发射光谱测定化探样品中痕量金、铂、钯	李承元, 李蓉, 赵刚等 (409)
内蒙古虎拉林金矿化验样品制备流程的改进	武洋, 谢菊梅, 王云玲等 (413)
湿法从氰化金泥中提取金、银、铜、铅工艺试验研究	薛光, 于永江 (417)
双硫脲泡塑吸附-化学光谱法定量测定痕量金	刘涛, 刘永生, 刘自娟 (420)
提高含砷铜金精矿焙烧-氰化工艺金、银、铜回收率的试验研究	薛光, 于永江 (424)
岩矿鉴定在金定量分析中的应用	杜少文, 武洋, 王云玲等 (429)

技术方法

黄金地质勘查信息系统设计	白清, 董建乐, 李永生等 (435)
HJX 钻井液在复杂地层中的应用研究	汪富国, 王剑武, 王政敏等 (441)
SD 法确定矿产勘查工程间距的初步探讨	皮清明 (445)
改装 G-2 型钻机用于藏北砂钻施工	谢亮 (448)
基于 GIS 的云南哀牢山成矿带南段铜矿资源预测	张峰, 张桂林, 郭晓东等 (452)
基于 WebGIS 的地质勘查项目数据库的建立	黄辉, 刘红毅, 李宇昕 (458)
钻探深孔钻进技术与经验	张成德, 李三军, 汤志吉等 (463)
DT-1 型高效通风系统在独头平巷通风系统改造工程中的应用	王剑武 (468)

其他

甘肃阳山金矿带安坝矿段地下水流的基本特征	刘多林, 李石桥, 李建忠 (475)
甘肃阳山特大型金矿床水文地质条件和环境地质问题研究	李石桥 (479)
我国黄金矿产资源特点、勘查进展与可持续发展建议	王科强, 李汉光, 王春宏 (484)
我国矿产资源综合利用现状及对策	侯万荣, 李体刚, 赵淑华等 (491)
浅析西部大开发中矿山环境地质问题及防治	李石桥 (497)

综述·评述

发现含金流体充填律

关连绪 王美娟

(武警黄金地质研究所 河北 廊坊 065000)

摘 要 舒缓波状断层形成于构造动力脉冲作用以及由初始波向近相似波依次发育地区。并根据同构造期含金流体在舒缓波状断层中充填的主要影响因素(充填空间、流体和驱动方式)分析结果和金矿脉地质变量(含脉率、成矿温度、地球化学异常等)在多级裂隙介质中、一条和一组舒缓波状断层中的分布规律,发现含金流体充填律,充填先后顺序由多级裂隙介质的**大裂隙→中裂隙→小裂隙,到一条舒缓波状断层的初始波→第一对近相似波→……→第 n 对近相似波,再到一组舒缓波状断层的中心舒缓波状断层→第一对侧翼舒缓波状断层→……→第 n 对侧翼舒缓波状断层。进而获得充填律理论结构模型(扇形结构),可用于理论找矿和生产实践等方面。

关键词 舒缓波状断层成因 含金流体 充填律

通过我国 80 个大型—超大型金矿床数千条控矿断裂构造及其矿脉在平面和剖面上展布形态的统计得出,舒缓波状断层(F_b)是含金流体(以下简称流体)充填的主要空间类型。推测这类充填运动和其他物质(体)运动一样必有其规律,主要是充填的顺序性。有关深部或上地幔流体与成矿作用、成矿流体(含油气)的形成、演化、迁移和输运、物理化学流体动力学以及流体对构造活动的影响等方面已有广泛和深入的研究^[1~11]。V. I. Starostin 认为,成矿流体在具孔隙和破碎的地质媒体中运移的一般规律,是**以其积极参与构造形成和成矿物质迁移为特征的^[12]。然而,有关 F_b 形成问题和流体在其中充填顺序问题的文献迄今未见报道。笔者主要依据小秦岭金矿田的工作成果,并借助地质力学、岩石力学和地下流体力学等的基本理论对此问题进行讨论。

1 F_b 成因

野外断层面形态及其分形总是波状起伏的。起伏角 i 为剪应力作用方向与波状面滑动方向的夹角(图 1)。由岩石力学可知波状面上的剪切强度:

$$\tau = \tau_i = \sigma \operatorname{tg}(\psi_j + i) \quad (1)$$

式(1)在正应力小和小剪切位移时是正确的,这时的摩擦角为 $\psi_j + i$ (图 2);随着正应力和位移量的增加,断层面的波状部分被剪断,这时摩擦角为 ψ ,断层面的抗剪强度为

$$\tau_f = C_j + \sigma \operatorname{tg}\psi \quad (2)$$

(内摩擦角 ψ 与基本摩擦角 ψ_j 的数值接近,研究地质问题可视为相等)

图 2 和式(1)、式(2)证明,当构造动力小时(剪切位移量也小),两盘块体在滑动过程中才可能平行波状轮廓滑动;当构造动力大时(剪切位移量也大),两盘块体在滑动过程中才可能剪磨掉这些

第一作者简介:关连绪(1936—),男,教授级高级工程师,顾问,金矿预测专家组首席专家,主要从事黄金地质构造研究和金矿预测研究工作。

本文曾发表于《地学前缘》,2007 年,第 3 期。