

矿山地质学发展方向

彭 觥

矿山地质学是地质科学中的重要分支之一，它是一门直接为矿山服务的应用地质学。概括地说，矿山地质学主要是研究矿床开发过程中的地质问题及其有关的矿产资源技术经济问题的理论和方法。

地质学发展史表明，有许多学科，如矿床学、矿物学、矿相学、找矿勘探学和煤田地质学、石油地质学的建立与发展，都是与近代采掘工业的发展分不开的，但是它们都远远比不上矿山地质学与采矿（以及选矿、冶金）的密切依存关系。找勘探工作和各种理论地质学研究的成果，是不能满足矿山生产的全部需要的，而且不能、也不应该要求一个专业地质勘探队按开采顺序进行探矿、提高储量级别，更不能为编制矿山采掘计划和采场设计提供具体地质资料。要把找矿勘探与矿山开采工作衔接好，只能由矿山地质工作来完成。再者为改进选矿工艺提高回收率而进行的矿物、岩石性质的研究，也要由矿山地质工作来承担。所以矿山地质学也称为采矿地质学。

尽管在历史上很早就存在着直接为矿山开采服务的地质工作，但是矿山地质学作为一门独立的学科出现则比较晚，直到 20 世纪三四十年代才有矿山地质学专门著作发表，50 年代以来矿山地质学的论著则逐步增加。

A. M. Bateman(1950)在《矿床学》第一章中，把矿山地质学称为“经济地质学的一个特殊分支”。他在谈到矿山地质工作任务时列举了以下几项：在矿山的开采准备阶段，确定矿床的形状、规模、延深，进而对矿床作出详细的经济的和地质的评价；在采矿进行的阶段，矿山地质人员与采矿人员密切合作去布置和管理开拓和采矿工程，寻找断层错失的矿体，提高储量的可靠性，解决采场工程地质问题，并运用地质知识帮助解决矿山和金属的提炼问题。矿山地质学则是这些实践的经验总结，并以其理论来指导实践。

M. H. 阿尔波夫等人（1956 年）的《矿山地质学》，主要叙述了矿山地质工作的具体方法。

1960 年 B. M. 克列特尔在其《矿床的普查与勘探》一书中，把矿山地质工作的主要目的概括为两点：（1）在尽可能不降低矿山企业的生产率的情况下延长其寿命；（2）帮助矿山日常开采工作提高技术和经济效益。这些也是矿山地质学研究的内容。

五六十年代矿山地质工作主要是围绕矿山生产进行生产勘探和矿床地质编录、取样以及储量计算，所应用的技术手段和测试方法基本上是“传统的”（例如生产勘探主要是采用坑探和少量钻探）。

60 年代中期人们开始研究利用电算技术计算矿石储量，发表了《在金属储量计算中使用基本数字计算机》的文章，初步把电算技术引入矿山地质工作。

W. C. Peters（1978）在《勘探与矿山地质学》一书中，较系统地介绍了矿山投产前和投产后的各项地质工作。他列举了巴布亚新几内亚的潘古那（Panguna）铜矿在投产的主要地质工作程序，即在找矿评价基础上进行勘探；在勘探工作的后期进行可行性研究，在前述工作基础上进行矿山开拓工作。关于矿山投产后的矿山地质工作，作者以加拿大凯德克公司为例，归纳为以下 8 项内容：

- （1）露天矿爆破炮孔取样和地质观察；
- （2）露天矿钻孔的表土和基岩编录，岩矿鉴定和微量元素分析，为剥离工作提供地质资料；
- （3）进行生产探矿（用金刚石钻进对矿体做二次评价）和控制开采品位、防止贫化损失；
- （4）做采掘（剥）工程地质编录并进行资料对比，按施工单位要求编写岩石力学素描图；
- （5）计算储量，包括全面的和阶段（中段）的；
- （6）地质研究工作（岩矿及化学分析）；
- （7）本区（大范围）找矿探矿工作（包括物探）；
- （8）总公司探矿处下达的专门任务。

为了有助于了解地质与采矿时关系和进一步分析矿山地质学的发展背景,下面简单地介绍一下采矿工业的发展现状。

随着人类对矿物原料(包括能源)需要量的增长,采矿量正在持续地迅速增加。据统计,70年代以来全世界每年的采矿总量达到50亿吨,平均每年增长3%以上,其中金属矿采矿量已超过21亿吨,每年递增4.1%。有人预计到20世纪末每年全世界的采矿总量将达到300亿吨。

为了更经济有效地利用矿产和改善采矿条件,提高劳动生产率,采矿新技术和采选冶联合生产工艺流程不断出现。不少国家在改进传统采矿方法(如凿岩、爆破、装运使用了连续采矿机)。

化学溶浸采矿法自1958年应用以来已有很大发展。早期主要采取池浸法和堆浸法,用于回收低品位矿石(如品位低于0.3%的铜矿石)、老矿井残柱和含矿围岩以及矿坑水中的金属。近年新发展了原地浸出法,即把钻孔打入深部矿体和难采矿体,以高压注入酸或水的溶液,使矿石中金属(或矿物)溶解,再从邻近的其他钻孔抽出含矿质的溶液,由溶液中提取金属(矿物)。如美国萨费尔特铜矿区就曾打过直径254mm、深1500m的钻孔,用溶浸法开采深部贫矿。目前美国用溶浸法生产的铜占其铜产量的20%~25%。对铀、镍等矿床的溶浸开采也在发展。

此外,开采洋底金属矿产也已展示出前景。如美国已着手开采洋底锰结核。开采技术方法的变化必然对矿山地质工作提出新的课题。例如对矿体和围岩的化学性质、溶解性能以及岩(矿)体工程地质力学性质、岩组结构的研究等等。

矿山采掘工业的发展和地质科学以及相关学科的渗透,正有力地推动矿山地质学的迅速发展。

近年来国外矿山地质工作和矿山地质学的进展,归纳起来主要有以下几点。

第一,生产矿区深部及外围的隐伏矿体的寻找与研究取得不少重要的进展。

(1)运用地球化学-矿物学方法在井下找盲矿体。70年代以来由于生产矿山深部找矿工作的需要,大大促进了化探井下应用的研究进程并取得了较好的效果。如苏联盖依含铜黄铁矿床的井下,发现在已知盲矿体附近有规律性地分布着地球化学—矿物晕带:矿化晕可分为内带(标型矿物是黄铜矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿与萤石及大量黄铁矿等)、中带(黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、局部有赤铁矿等)、外带(主要是斑铜矿)。一般晕长300~400m。运用上述晕带与矿体伴生的规律预测盲矿体收到了良好的效果。其具体做法是,系统地采集坑内钻孔岩心样品和坑道样品进行元素查定和标型矿物鉴定,编制矿物晕图圈出矿化晕,并进一步按标型矿物系列详细划分内带、中带和外带,进而展开对盲矿体的探矿工作。据称从1974~1978年共查明100多个矿物晕的剖面,经过工程揭露晕带下部均赋存有盲矿体。

(2)运用对已开采矿床的研究成果(成矿模式、矿化蚀变特征等)指导矿区外围找矿。例如:美国亨德逊大型隐伏斑岩钼矿床的发现是个典型实例。它位于世界上最大的钼矿克莱梅克斯矿区外围。距生产矿段30km,矿体埋藏在地表以下1000m深处,地表仅有微弱矿化蚀变现象。老矿区(即克莱梅克斯),矿床地段研究和找矿工作曾经长期(50多年)一直受“一次成矿论”的观点支配(认为该矿床是随一次大的岩浆侵入活动形成的)。后来经过约10年矿山地质的综合研究,总结提出了“多期-多阶段成矿模式”新观点,即该区共有4次岩浆侵入,其中伴随成矿作用(第四次侵入无矿),因而形成自上而下3个矿带(采列斯科矿带、上部矿带和下部矿带),每个矿带都在侵入体顶部呈不规则的圆帽状分布。在这个新的观点指导下,根据在亨德逊附近地表发现的小矿点和岩脉中含钼异常以及具有与老矿区相同的围岩蚀变现象,经与克莱梅克斯成矿模式进行对比,认为该处地质成矿条件与之十分相似,推测深部可能有隐伏矿床存在,结果打了第一钻孔就发现了亨德逊钼矿床。已探明钼矿床储量3亿多吨(品位0.49%),使美国钼矿储量猛增了40%。

美国克拉马祖大型隐伏斑岩铜矿的发现也是个成功实例。该矿床位于已开采20多年的圣马纽埃斑岩铜矿床西南方向0.8km处,在40年代曾打过钻但未能发现。后来通过对圣马纽埃生产矿山的系统研究,发现该矿床有明显的矿化蚀变分带,即内蚀变带(黑云母、一钾长石带)→石英—绢云母蚀变带→青盘石蚀变带。这三个蚀变带应以内蚀变带为中心呈同心圆状分布,在空间上形成圆筒状的对称结构。但圣马纽埃矿床蚀变带在平面上的实际情况都呈半圆形,即与其对称的另一半缺失,从而,引起了疑问,进而又研究了切过矿区的条主要断层的性质与产状(判明为一低角度的正断层),并推测所缺失的一半可能因断层而向下错动隐伏在西南方向。再经过详细地质填图和钻探终于找到了克拉马祖盲矿体,现已探明

矿石储量 4.55 亿吨，铜的品位为 0.7%。

再一个例子是前苏联诺里尔斯克镍矿。它经过 30 年开采后已“峒老山空”。近 10 年来一些地质人员
对矿床进行了深入研究，查明该区含矿侵入体呈链条状沿区域性深断裂分布，矿床与暗色岩、特别是辉
长—辉绿岩体有成因和空间关系，富矿体往往在岩体的底部。运用这些新认识指导找矿工作，终于在老
矿区东西两端仅几公里的同一深断裂的延长部位找到了两个新的隐伏大富矿（铜品位 3% ~ 3.5%，镍品
位 1.5% ~ 2%，铂族元素的平均品位为 5g/t 以上）。

(3) 在生产矿区开展新矿种和新类型矿床的找矿及研究工作。如澳大利亚西部卡姆巴尔达是个已开
采 80 多年的老金矿区，曾对金矿床做过充分的找矿勘探工作。但却对区内绿岩带内的镍矿未予注意。
1962 ~ 1966 年进行详细地质填图和物化探工作，才在基性、超基性岩中发现了大型硫化铜镍矿床的存在，
矿石总储量约 1 亿吨，镍平均品位高达 0.6% 以上，在一个矿区内存在着不同类型矿床的情况，近年还有
不少发现。如在美国西部的莫伦锡和比兹比矿区，都是一部分是斑岩铜矿床，一部分是矽卡岩型铜矿床。

第二，工艺矿物研究工作的兴起随着矿冶生产新技术的发展和矿产资源综合利用水平的提高，要求
矿山地质人员为生产提供更多的岩矿的微观、微区、微粒研究的数据资料。因此在广泛应用电子探针和
电子显微镜等仪器进行岩矿鉴定基础上，出现了一门新的边缘学科——工艺矿物学。A. И. 金兹堡
(1974) 把工艺矿物学的研究任务概括为下列 4 项：

(1) 研究矿物学在工艺处理过程中的性能和状态。着重研究在各种选矿药剂作用下矿物的浮游性能，
在不同温度、压力条件下矿物在酸性、碱性或有机化合物中的溶解度，在焙烧和烧结时以及在真空中加
热到高温时矿物性状的变化，矿物的离子交换、萃取性等。

(2) 研究矿物工艺性质与成分、结构关系。在矿山生产中常常遇到同一矿体不同部位的矿石在选矿
冶金过程中其工艺性质有很大差异，这是因为矿物的粒度成分及其结构不同所造成的。深入地进行矿物
的电、磁、重、浮的工艺特性研究，可以为选矿生产提供可靠的科学依据。

(3) 应用新技术定向地改变矿物性质的实验研究。如用加热法、化学法、机械法和超声波等处理矿
物，改变其性质，以便分离和选矿。

(4) 为综合利用采选冶矿物废料进行废石、尾砂和炉渣的工艺矿物研究。这是为重复开发利用矿产
资源（美国等国家称之为第二次矿产原料工业）服务，也是为治理“三废”做好环保工作的一项基础研
究工作。

欧美各国工艺矿物研究中，注意以先进的仪器逐步代替传统的手工操作方法，以促使选矿过程中的
矿物分析由定性逐步向定量发展。据 70 年代以来加拿大、澳大利亚一些矿冶企业（及其所属研究部门）
使用电子探针、扫描电镜等，有的仪器配有电子计算机组成矿物测定系统（比不装电子计算机的扫描电
镜效率提高 6 倍），大大提高矿物研究质量，加快了速度。如加拿大伯利亨矿山使用上述仪器测定浸染状
铅锌矿石在磨矿时矿物单体与连体，查明闪锌矿集中于细粒部分，黄铁矿集中在粗粒部分进而确定了合
理的磨矿细度。

第三，矿山环境地质调查及废料问题受到重视。

矿山环境地质调查研究的重点是：调查矿物废料（废石、尾矿、矿坑和尾矿水等）、井下地热、矿石
自然灾害和矿井有害气体排入大气等对矿山环境与附近居民健康的影响以及矿山开发与周围农作物和动
植物生态平衡的关系。

日本学者馆穗等人（1972）指出，金属矿山废水中含的主要有害物质是 Cu、Zn、Cd、As 等重金属离
子，煤矿和油气开采中污染环境的主要是硫化物盐类和有机质微粒等。1958 ~ 1965 年间，日本对某些矿
山曾进行过初步治理，但目前有些金属矿山周围的水系和农田中含 Cd、Cu、Pb 等有害物质的积累量仍然
很高。

70 年代苏联人认为，矿冶企业的环境研究应从减少废料产生和扩大废料利用入手，因此需要工艺矿
物研究的密切配合。

李鸿业等（1979）综合有关资料归纳出金属矿山井下粉尘与引起矿工各种疾病的关系，对开展矿山
井下环境地质调查研究有一定参考意义。

第四，数学地质在矿山地质学中的应用广泛发展。

60 年代中期数学地质诞生以来，它在多元分析方法（数字处理）、地质数据处理系统和地质作用的数学模拟三个方面都有了迅速发展，其中与矿地质学关系最密切的是地质数理统计学（即克里金法）。国外已有许多矿山采用克里金法进行储量计算。侯景儒等对我国某铁矿床也试用克里金法计算了储量，目前还在把克里金法应用于评价矿区资源远景、研究勘探网度和取样方法等方面。

第五，注意矿山资源的保护。

近十几年来由于采矿量的增加和高效率采矿工艺和设备的推广，开采中的矿量损失、贫化有所上升，因此，成为矿地质学一项重要的研究课题。1976 年苏联和东欧国家的矿地质学者在东德召开了一次矿山开采损失经济评价专门学术讨论会。会上许多人从技术经济角度讨论了保护措施并提出了一些研究课题。如保加利亚的 Н. Дарвек 提出：究竟是投入较低的成本利用资源使损失率较高为好，还是投入较高成本使损失率降低为好，还需要用定量的方法来研究解决。

东德 H. Balmann 指出，矿石储量的损失是与地质的开采技术工艺和经济管理等各种问题交织在一起的，但首先要求矿地质人员从降低损失率的角度准确验证矿体与围岩的界线，验证矿化变弱（矿体变贫变小）的部位，查明构造断裂、矿石质量、起伏变化以及影响开采的工程地质水文地质条件。

地质人员与开采人员还应共同注意研究改进生产工艺、降低不可避免的储量损失的下限。

针对我国目前资源损失浪费很大的实际情况，加速制定和颁发我国的矿产资源法是十分必要的。

第六，矿地质经济研究取得新进展。

人们常说矿床（矿产资源）是具有经济价值的地质体，矿地质学的研究无疑包括了技术经济问题。国外矿山企业为了提高竞争能力和经济效益，近年来在矿地质学研究中更加重视了矿地质与技术经济的密切结合。例如，目前一些国家对铁矿石的评价已改变过去单独按含铁量（自然丰度）作为指标，而采用按矿石成本乃至炼铁成本为指标的计算方法。

矿产勘探和开发利用是密切联系的。如果不考虑采选各环节，不区别不同矿石加工类型和品位，就难于取得好的经济效益。用动态的观点去研究矿石的边界品位是矿地质经济研究的一项重要进展。过去对一个矿区：不论矿石或采选技术发展有了什么变化依然用一个固定的指标的做法，是很值得考虑的问题，因为在矿山开采过程中，矿石的质量乃至开采技术条件都是不断改变的，因此品位指标理应随之加以调整。例如，开拓矿量的局部品位比勘探储量的品位略低，但考虑到已有现成的开拓工程系统可以利用，因此适当降低边界品位也是可行的。

H. K. Taylor 在《边际品位指标的理论基础》中，主张把不同开采类型矿区的可变边际品位加以区别，并用边际点图说明三种类型矿山的开采过程与边际品位的一般关系。例如，对不稳定薄层矿体（即 A 类井下矿），因对储量做出准确评价需要用大量井巷工程，而这些工程大部分可在以后的开采作业使用，因此这时的边际品位指标往往就决定了有待回采的矿块。对囊状或厚层矿体（即 B 类井下矿），矿体中的井巷工程主要用于回采或崩落已经圈出的矿块，因此最早拟定的边际品位（区段边际品位），主要用于事前选定开拓的对象，而在正式回采时往往还需再次研究在可能时宽边品位。对斑岩矿体（即 C 类露天矿），初步的边际品位（预定入选原矿边际品位）有助于预定采场边界和最合适的开采顺序，而进一步需要按入选原矿边际品位来确定爆破堆中哪些矿石可运往选矿厂。

Taylor 提出的边际品位理论是与市场经济理论相联系的，上述观点是可供参考的。

（地质部情报研究所 1980 年出版）