

矿山地质学的新进展

(讲稿)

彭 觥 张 轸 阎树魁

四川省金属学会冶金地质专业委员会编印

1981年 成都

10
3

写在编者之前

四川省金属学会冶金地质专业委员会于一九八一年四月在成都举办矿山地质讲习班。来自全省黑色、有色、辅助原料矿山、冶金地质勘探、设计、建设、科研和管理部門共五十二个单位的冶金地质会员和地质技术干部七十二人参加学习。

这期讲习班的讲授内容包括矿山地质学的发展、任务和展望，矿山生产勘探、生产地质、地质资料编制、储量计算、损失贫化等七个专题。

应邀讲学的有北京矿冶研究总院综合处长彭觥工程师、长沙冶金工业学校张轸付教授、辽宁杨家杖子矿务局阎树魁工程师。

学习时间较短，但由于作了比较好的准备，学习内容针对性强，突出了矿山地质基本内容，学员很感兴趣，学习认真，收获不小。普遍反映，不仅学到了理论，基本方法，增长了不少新的技术知识，还学到了宝贵的经验，启发了思想，开阔了视野。

由于是挤点时间来脱产学习，时间太短，大家又想多听老师讲授，讨论质疑的时间很少，有的高、新东西一时未能消化，也未进行考试。为了弥补这些不足，讲习班领导小组决定：学员回单位后，结合工作、生产实际进一步消化，并在1~2个月内写出一篇论文资料，作为考卷，经审阅及格，发给结业证书。

学习班结束时，省冶金局付局长、金属学会付理事长夏威逊到会讲了话，讲了当前的政治经济形势和冶金生产情况，勉励大家回去在工作中刻苦学习，努力提高技术水平，为完成冶金工业的调整与改革任务，为四化建设作出新贡献。

这次讲习班承蒙北京矿冶研究总院、长沙冶金工业学校、辽宁杨家杖子矿务局和三位老师及有关单位的大力支持，特此致谢。

四川省金属学会冶金地质专业委员会

1981年7月于成都

说 明

本讲义是 1981 年 4 月我们在成都矿山地质人员学习班讲课的底稿整理而成，其内容包括七十年代国内外矿山地质学的一些新的进展和矿山地质学的基本知识，目的是普及与提高兼顾。担任讲课的人员分工是：

第一、二、七讲：彭 觥

第三讲、五讲：张 轸

第四讲、六讲：阎树魁

在讲课和讲稿编印过程中承蒙四川省金属学会、省冶金局和冶金地质勘探公司有关领导同志的大力支持，尤其是郭廷新、蒋维垣和詹必达等同志热情帮助，在此表示衷心的感谢。

由于我们业务水平所限和时间仓促，不妥之处难免，希望同志们批评指教。

编 者

1981 年 6 月于北京

目 录

第一讲	地质与矿业发展史简述	(1)
第二讲	我国矿山地质的任务和取得的成就	(11)
第三讲	开发阶段的勘探	(16)
第四讲	矿山基本地质资料的编制	(33)
第五讲	矿山储量计算及管理	(81)
第六讲	采矿贫化与损失的计算和管理	(112)
第七讲	矿山地质学的发展趋势	(135)

第一讲 地质与矿业发展史简述

矿山地质学有着源远流长的历史。在古代，矿山地质活动是做为矿业生产的一个重要组成部分。它对地质学和矿冶技术发展做出了很大贡献。但是，在一些地质学和矿业史著作中却缺少专门论述。矿山地质工作者应把本学科史的研究任务担当起来。

一、矿产地质知识的萌芽时期

在远古人类出于自己的生产和生活需要，对于自然世界的各种石头性质就有了初步认识。在旧石器时代就开始利用石头制做各种简单的工具和器具。采集、选择和鉴别石头的优劣活动，可以说已具有矿山地质概念的萌芽与开端。中国是地质学发展最早的国家之一。在旧石器时代，距今约六十万年的兰田人和距今约五十万年的北京猿人能选择质地坚硬的石英岩、燧石等，加工制成粗糙的石器(石片、石核等)。新石器时代的半坡人和青莲岗文化(距今约六千年至四千年)，不仅能磨制精细石器(包括玉石和玛瑙制作的环、镯、珠等装饰品)，并能烧制彩陶，绘制彩陶的颜料有赤铁矿和含锰矿物。说明人们进一步扩大和提高了选择石器原料的知识水平。进入新石器时代晚期人类，开始利用金属矿物，首先是铜；如甘肃广通县齐家文化遗址发现红铜器与石器陶器并存。这是认识与利用自然铜的开端等自然金属矿物。在此前后巴比伦人、埃及人和希腊人对人类文明也做出了贡献。青铜时代(约公元前二十一至八世纪)标志着人类认识和改造自然的能力前进了一大步。随着青铜(铜锡合金、铜锌合金)生产技术的发展，人们识别和寻找金属矿产的知识更加丰富了。湖北大冶铜绿山古铜矿的采冶遗址的考古资料表明我国青铜时代矿冶生产技术当时已达到较高的水平。根据1974年和1976年现场发掘调查，那时开凿的竖井深达50多米并与平巷、斜井联成开拓系统，有效地解决了井下的通风、排水、提升、照明和支护等一系列的开采技术问题。在古炼铜场遗址发现三座炼铜竖炉，炉高约1.8米，内径0.6米，据估计每天能处理矿石1,000—1,500公斤。现存炉渣约40万吨。

铜绿山考古发掘队1975年在简报中指出铜绿山老窿处在破碎带中，这里铜矿富集部分属于矿床氧化带，主要有孔雀石、自然铜、赤铜矿等(兰铜矿次之)。由此可见找富矿体、富矿石在最初的金属矿山地质活动中就占有重要位置。从公元前六、七世纪进入铁器时代后，矿冶和地质活动更广泛了。据考古学者研究，我国最早利用的铁的资源是陨铁，其后才是开发铁矿床。周圣生1980在其编制的《全国部分大型铁矿床开发史表》指出，先秦时期开采利用的铁矿床，主要有吕梁山地区沉积变质型铁矿床，邯鄹一带“矽卡岩”型铁矿床以及淄河的铁帽型褐铁矿床。

随着社会生产力的发展和客观需要，有关矿产地质研究和著作也就应运而生。如公元前四世纪希腊自然科学家兼哲学家亚里斯多德(Aristotel)认为金属矿床(金、铜、铁等)是

地下喷气充填到岩石裂缝而形成的。他学生西奥弗拉司图斯(Theophrastus)著有《石头志》，其中记载了十六种矿物。

我国古代学者根据矿业生产实践积累的丰富经验总结并撰写了一系列的有关矿产地质文献。例如，先秦古笈《尚书·禹贡》就记载了有关金、银、铜、铁、铅五种金属矿物和十二种矿物的出产地。《山海经·五藏山经》是公元前五世纪著作，比上述西方的最古老的《石头志》问世要早上百年。《山经》把矿产分为金、玉、石、土四大类，记载了有用矿物达七、八十种，矿产地三百多处。其中产铁之山有34处、包括著名的邯鄲铁矿等，产铜之山19处，其中有湖北铜绿山铜矿等著名矿区。同时还记述了某些矿物的共生关系，如金—铁共生“商前之山……其上有金，下有赭（赭即土状赤铁矿）”等。

秦汉时期文献《管子·地数》对于多种金属矿产共生特征又有进一步论述：凡天下名山五千二百七十，出铜之山四百六十七，出铁之山三千六百有九。山上有赭，其下有丹，山上有磁石，其下有金也。《韩非子》是最早记录我国古代开采砂金的古笈，其中曾写道：“荆南之地，丽水之中生金，人多窃采金”。丽水即金沙江，从先秦以来一直是我国南方重要砂金矿之一。之所能历代不衰，是与当时的丰富的找矿和探矿知识不无关系。

二、两汉以来有关地质矿物的几部有代表性的文献辑要

据后世又重辑的汉代成书的《神农本草经》片断记载矿物性药物已有四十六种（无机物），即有：丹砂、云母、曾青（碳酸铜），太一余粮（赤铁矿），矾石、滑石、消石、白石英、雄黄、雌黄、石硫黄、水银、磁石、阳起石、石胆（硫酸铜）、白青（兰铜矿）、铅丹（四氧化铅）、铁、粉锡、青琅玕（孔雀石）等。

李约瑟在《中国科技史》第五卷第25章中评论说，这是中国在公元一世纪前后的药物——矿物表，它不仅讲了矿物，也记录了“经济地理产品”。在其后的各朝代编撰的约有200种，“本草”书类中都有大量篇幅专门论述各种矿物及其医药作用。明代李时珍的《本草纲要》是该领域的最高成就。据夏湘蓉等（1980）统计汉武帝时，全国四十个郡开采51处铁矿，其中49处设置了铁官。以山东为最多达12处。在《史记·货殖列传》、《汉书·地理志》《续汉书·郡国志》《盐铁论》等都有许多开采金、银、铜、铁矿产的记载，当时，不仅开发了黄河流域（武安、运城、莱芜等铜铁矿）和长江流域（当阳、波阳等金属矿），而且开发了云南的哀牢山区、新疆和田玉石矿及叶尔羌阿《汉书·东方朔传》所载：“夫南山（郡南部阿尔金山）……出玉、石、金、银、铜、铁”。因此，夏湘蓉等（1980）认为：“秦和西汉是我国封建社会前金属矿开采极盛的时期”。南北朝时，南梁人撰写的《地境图》一书中论述了植物找矿方法。

隋唐时代是我国古代矿业又一个繁荣时期，《隋书·地理志》中说，当时在陕、川、豫设立冶官四处。其重点是全力开发铜矿。《新唐书·食货志》记载“凡银、铜、铁、锡之冶一百六十八”。元和年间（约公元806年）铁的年产量为207万斤，大中年间（公元847—859年）铜的年产量为655,000斤。在矿物学研究方面也有进展，如，《唐新修本草》对胆矾（石胆）

($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 做了比较详细的描述：“石胆，此物出铜矿处有，形拟曾青（指孔雀石），兼绿相间，味极酸苦，磨铁作铜色，此是真者”。唐朝中期（约公元800年），段成式在《酉阳杂俎》中进一步谈论了地植物学与找矿关系。如：“山上有慈，下有银，山上有薤，下有金。”

宋代的《宣和石谱》、《云林石谱》以及各种《砚谱》、《砚史》是对岩石分类工艺彩石原料分类有了新发展，李约瑟说：“在十一世纪开始时，中国在玉石的分类系统方面已领先了两百年”。

三、明清两代矿冶生产及地质采矿科技的发展简介

从十四世纪至十九世纪我国是处于封建社会末期，社会生产力有些缓慢发展，尤其在矿冶方面出现了若干资本主义萌芽。例如全国铁铜等矿冶产品产量均有增加，明朝洪武年间（1368年）官铁的年产量达1,840万斤（约合9,000吨），清朝乾隆年间（1763—1772年），当时主要产铜的云南平均年产量达1,290万斤（约合6,000多吨），有开采的铜30多个，银矿18个。地质学和矿冶工程方面也有一批新的著作问世。如李时珍的《本草纲目》（1596年），宋应星的《天工开物》（1637年），《徐霞客游记》（著于1641年，出版于1776年），方以智的《物理小识》（1644年）著。

在《天工开物》中，宋应星提出了矿床分类的概念，如把砂锡矿床分为“山锡”和“水锡”两类，他写道：“凡锡有山锡、水锡两种，山锡中有锡瓜、锡砂两种。锡瓜块大如小冬瓜，锡砂如豆粒，皆穴土甚深而得之。间或土中生脉充牣，致山土自憩，姿人拾取者。水锡衡永出溪中，广西则出南丹州河内。其质黑色，粉碎如重罗面。”

“南丹河出者，居民旬前从南海至北，旬后又从北淘至南，愈经淘取其砂日长，百年不竭”。他这段记载把残坡积砂矿（山锡）和冲积砂矿（水锡）的矿床产状特征和采选工艺等都做了生动概括的描述。

李时珍在《本草纲目》中对217种矿物进行了描述。除了对矿物形态、性质和医药作用等作了叙述之外，还记载了全国的主要产地。如书中关于菱锌矿（炉甘石）产地的记载：“川蜀、湘东最多，而太原、泽州（晋城）、阳城、高平、灵立、融县及云南为胜”。李时珍还把矿物（及部分岩石）划分为四大类：

石类：丹砂（ HgS ）、石胆（ $\text{CuO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）等，

金类：生金（自然铜）、生银（自然银）等，

玉类及卤石类（盐类）。

方以智在《物理小识》在前人成就的基础上论述了金属矿床与各种指示植物关系。如：“透山根，似蔓菁而紫，含金气；石杨柳含银气；马齿苋含汞气；艾蒿、粟、麦含铅锡之气，酸芽、三叶酸含铜气”。夏湘蓉等（1980）评论说上述这段文字“可能是有实践根据”。

四、现代地质科学的发展及其在中国的传播

欧洲的近代地质科学是十九世纪下半叶发展起来的。英国产业革命、近代矿业的建立对地质学尤其矿产地质方面的发展起了很大的促进作用。十九世纪三十年代英国学者 C. 赖伊尔的《地质学原理》被认为是代地质学理论体系形成的重要标志。恩格斯评价说：“赖伊尔破天荒第一次把理性带进地质学中来”。有的科学史研究者把这个时代称为地质学的“英雄时代”。到了四、五十年代石油地质学、金属矿床学等经济地质学科相继诞生。到了二十世纪初在欧美一些矿山企业建立了矿山地质工作（如美国安那康达公司1900年在所属矿开展矿

山地质工作)。根据矿山开采所揭露和积累的丰富的地质矿床资料,矿床学理论有了新的发展,如林格伦和艾孟斯提出了矿床分类法把热液矿床分为高温、中温和低温三大类,到三十年代初艾孟斯又发表著名的关于金属矿床围绕花岗岩体呈带状分布的概念,这是一个至今仍影响的理论。相反的水成学派凡海兹(Van Hise)等认为多数矿床是地表水下降到深处变热,溶解了围岩中金属,再上升在裂隙中金属沉淀而成的。

矿业的发展和科学技术的进步在本世纪上半叶地质科学发展的重要趋势之一就是学科之间交叉渗透,新的分支不断出现,如地球化学、地球物理学和矿山地质学等等。

近代地质科学的传播和应用是在清末民初开始的。据章鸿钊的《中国地质学发展小史》一书记载最早出版的近代地质矿物学的书籍是1873年华蘅芳翻译的赖伊尔的《地学浅识》(即“地质学原理”)和德纳的《金石识别》(即“矿物学”)。1910年出版了邝荣光绘编的《直隶省矿产图》。辛亥革命后南京临时政府成立了实业部地质科章鸿钊丁文江先后担任科长。1920年翁文灏发表《中国矿产志略》。1922年中国地质学会成立之后,在其主办的《中国地质学会会志》和《地质论评》上发表许多矿产地质文章,反映了中国矿产地质成就的一个侧面,其中重要的有谢家荣关于铁矿床的分类(按成因、时代和成分等将我国铁矿分为“五大类十七式”),朱照人关于铜矿床分类(共分为气成、接触交代、深造和中温热液、基性岩和水成等七类);南延宗关于铅锌矿床分类(气水、接触交代、深造热液、中一浅温热液及水成五类);徐克勤、丁毅对江西钨矿床的专著等。

我国地质工作者在解放前对生产矿区的矿床地质研究也做许多工作,如水口山铅锌矿区、锡矿山锑矿区、个旧和富贺钟等锡矿区、东川、铜梁等铜矿区、大冶、龙烟等铁矿区等。在开展矿床地质的同时也对矿山开采地质工作也给予了帮助。这里应该称赞的是熊秉信工程师,他在三十年代至四十年代为我国最大锡矿区——一个旧的矿山地质事业做出了很大贡献。他进行了大量的找矿探矿设计和矿区地质填图工作,同时还参予采掘设计,马拉格矿的老竖井也是他当年设计的。可以说是一位精明的“矿山地质师”。解放后他又担任过多年个旧冶金地质队的总工程师,在个旧矿床地质研究和找矿探矿工作上有很大成就。

五、国外矿山地质学发展现状

(一) 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、石油地质学等的建立与发展,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与采矿(以及选矿、冶金)的密切依存关系。找矿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，直到本世纪三十、四十年代才有矿山地质学专门著作发表，五十年代以来矿山地质的论著则逐步增加。

A.M.贝特曼(1960)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(1956)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深和少量钻探）。克列特尔(1960)说，苏联“在固体矿产的开采勘探阶段很少采用地球物理测量方法”。这个时期欧美一些国家的情况也大体类似，不过对某些矿床（如金矿床）用的钻探工程较多。

六十年代中期R.B.鲁宾逊等人在科隆内申铜矿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，开始把电算技术引入矿山地质工作。

W.C.派特尔斯(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铜矿在投产前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，作者以加拿大凯德科克公司为例，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。

在澳大利亚的一些大型生产矿山的矿山地质工作，还承担矿区外围的找矿勘探工作，如哈默斯利铁矿公司就规定以矿山为中心，在四十公里范围以内由生产矿山负责找矿勘探工作。其经费由铁矿公司拨给。四十公里以外的地质找矿工作则由铁矿公司所属勘探部门负责。

(二) 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稳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。七十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。例如, 据 A.H. 西拉也夫 (1979) 报导, 在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的分布着地球化学——矿物晕带: 矿化晕可划分为内带 (标型矿物是黄铜矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、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—400 米。运用上述晕带与矿体伴生的规律予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山晕, 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 至 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 30 公里, 矿体埋藏在地表以下 1000 米深处, 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)。后来经过约十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, 即该区共有四次岩浆侵入, 其中三次伴随成矿作用 (第四次侵入无矿); 因而形成自上而下三个矿带 (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园帽状分布。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, 推测深部可能有稳伏矿床存在, 结果打了第一钻孔就发现了亨德逊钼矿床, 已探明钼矿石储量 3 亿多吨 (品位 0.49%), 使英国铜矿储量猛增了 40%。

美国克拉祖大型隐伏斑岩铜矿的发现也是个成功实例。该矿床位于开采 20 多年的圣马纽埃斑岩铜矿床西南方向 0.8 公里处, 在四十年代曾打过钻但未能发现。后来通过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—钾长石带) → 石英—绢云母蚀变带 → 青盘蚀变带。这三个蚀变带应以内蚀变带为中心呈筒心园状分布, 在空间上形成筒状的对称结构。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一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%。

再一个例子是苏联诺里尔斯克镍矿。它经过 30 年开采后“塌老山空”。近十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, 富矿体往往产在岩体的底部。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 5 克/吨以

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, 近年也有不少发现。如在美国西部的莫伦锡和比兹比矿区, 都是一部份是斑岩铜矿床, 一部份是矽卡岩型铜矿床。

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科学工艺矿物学。A.N. 金兹堡(1974)把工艺矿物学的研究任务概括为下列四项:

1. 研究矿物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、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一次矿产原料工业)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。

据报导七十年代以来加拿大、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 GeoscMinic 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, 查明闪锌矿集中在粗粒部分, 黄铁矿集中在粗粒部分进而确定了合理的磨矿细度。

第三、矿山环境地质调查日益受到重视

矿山环境地质调查研究的重点是: 调查矿物废料(废石、尾矿、矿坑水和尾矿水等)、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、动植物生态平衡的关系。

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

苏联 И.Н. 阿列托夫(1978)等认为: 矿冶企业的环境研究应从减少废料生产和扩大

废料利用入手，因此需要地质矿物研究的密切配合。

李鸿业同志等(1979)综合国外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简表(见附表)，对展开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中应用广泛发展

六十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方面都有了迅速发展，其中与矿山地质学关系最密切的是地质数理统计学(即克里格法)。国外已有许多矿山采用克里格法进行储量计算。侯景儒等对我国某铁矿床也试用克里格法计算了储量。目前还把在克里格法试用评价矿区资源远景。研究勘探网度和取样方法等方面。这个方面另有专门文章介绍，这里不多赘述。

第五、注意矿产资源的保护

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，因此成为矿山地质学一项重要的研究课题。1976年苏联和东欧国家的矿山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H.查尔夫斯克提出，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.伯尔曼指出，矿石储量的损失是与地质的、开采技术工艺的和经济管理等各种问题交织在一起的，但首先要求矿山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。

地质人员与采矿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。

第六、矿山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。矿山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果，近年来在矿山地质学研究中更加重视了矿山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果。用动态的观点去研究矿石的边际品位是矿山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.泰勒在《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类坑下矿)，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类坑下矿)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，在可能时放宽边际品位，对囊状或斑岩矿体（即 C 类露天矿），初步的边际品位（预定入选矿边际品位）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。

泰勒提出的边际品位理论是与市场经济理论相联系的，其中有些观点是可供参考的。

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

可能产生有害粉尘的金属矿石与疾病关系简表

金属	矿 物	说 明
铝	矾土	引起矾土病，有一些肺部瘢痕
砷	辉砷钴矿、硫砷铜矿、雄黄、砷黄铁矿、砷钴矿等	使皮肤、粘膜局部受到刺激；引起贫血（溶血剂）癌症、血红蛋白尿
铍	绿柱石、金绿宝石、硅铍石	造成铍中毒、肺部慢性病、肺部损伤、内牙肿、局部急性肺炎
铬	铬铁矿	在开采铬铁矿的矿工中，有一些肺癌病例，但大部分病例发生在加工处理这类矿石的工人中，在这类矿石中也包含有其它一些物性活泼的矿物（如温石棉）
钴	砷钴矿、硫钴矿、辉钴矿、钴华	有一些肺癌及气管癌症病例；引起“硬金属病”
铁	赤铁矿	可造成铁尘肺，肺部瘢痕的增加取决于矿石中石英含量
汞	辰砂	在矿工和加工工员中发现患有各种人体系统的疾病，可引起肾病变（肾损）。唾液过多症、头晕、瘫痪症、矿工疟疾、机能亢进、口炎、汞中毒、鼻中隔穿孔。
镍	镍黄铁矿、红砷镍矿、针硫镍矿、硅镁镍矿	在坚硬矿石矿区工作的镍矿矿工中，肺癌发病率比一般高
锡	锡石	k 光检查，矿工肺部有严重病变，引起锡尘肺
钛	金红石、榍石、钛铁矿	肺部有严重瘢痕、引起钛尘肺
钨	黑钨矿、钨华	矿中发现有肺瘢痕，引起钨尘肺
铀	黑铀矿、钒钾铀矿、沥青铀矿	可造成放射病
锌	闪锌矿	造成呼吸急促，有一些微小的肺部病变，根据报导有造成的死亡的尘肺病例
钒	钒铅矿、钒钾铀矿	造成永久性肺部瘢痕；直接反应是对呼吸道的刺激；对眼也有刺激性

第一讲 参考文献

1. 李约瑟：中国科学技术史（第五卷，地学）科学出版社，1976年。
2. 天工开物：注释 科学出版社，1976年。
3. 云南省历史研究所：云南矿冶史论文集，1965年。
4. 章鸿钊：中国地质学发展小史，商务印书馆，1955年。
5. 夏湘蓉等：中国古代矿业开发史，地质出版社，1980年。
6. B. B. 齐霍米罗夫等：地质学简史，地质出版社，1959年。
7. Д. И. 戈尔杰叶夫：地质学史中的革命和危机形式，《自然科学哲学问题》，第1期，1980年。
8. 彭觐：关于矿山地质学理论与实践发展的评述，《矿山地质》第1期，1980年。

第二讲 我国矿山地质的任务和取得的成就

一、矿山地质工作的主要任务

自从五十年代我们冶金系统建立矿山地质机构以来，对矿山地质工作的方针和任务都以规章形式作了明确规定。例如：

重工业部地质局1956年编印的《矿山地质暂行操作规范》第二章矿山地质职能机构的任务与目的第五条规定任务有18项。

- 1) 以工业矿量保证矿山不断生产，尽力为了赢利。
- 2) 进行生产探矿。
- 3) 综合研究：一切生产条件及外围找矿条件，如地质、水文、矿山开采技术及其他条件。
- 4) 确定探矿、采准掘进方向并按其成果制订开采计划。
- 5) 精确地进行矿石成分研究，为改进采选工艺提供依据。
- 6) 计算开采的贫化损失。
- 7) 根据探采资料研究储量误差原因。
- 8) 监督开采质量签署采空区文件。
- 9) 提供品位厚度资料参予选择采矿方法。
- 10) 研究成矿规律及予测。
- 11) 研究矿石、围岩对开采的影响。
- 12) 矿床水文地质工作。
- 13) (寻找) 建筑材料及工程地质工作。
- 14) 矿区及外围勘探。
- 15) 按规定计算储量。
- 16) 有关安全的地质工作。
- 17) 向上级呈报地质报告及(有关)统计报表。
- 18) 研究总结(地质工作)经验。

国家经济委员会和国家计划委员会1964年颁发的《矿山生产地质和测量工作暂规定》第一章第三条规定了九项任务：

- 1) 在地质勘探以及充分研究了现有井、巷及其有关地质资料的基础上进行生产地质工作。及时提供采掘设计所需地质资料，并参与编制开采设计、采矿计划工作。
- 2) 在占有各种勘探资料、井巷坑道的地质资料的基础上，进行综合分析研究。掌握生产矿山的地质规律，定期补充或修改矿山的地质报告。

- 3) 进行水文地质及工程地质工作, 解决生产方面的水地质和工程地质有关问题。
- 4) (略)
- 5) (略)
- 6) (略)
- 7) 掌握矿山企业矿产资源的合理利用情况对各级矿产储量、质量、贫化损失及三级矿量(开拓、采准、备采矿量)定期进行计算和分析, 按规定及时编制矿产储量平衡表等。
- 8) 根据国家矿产资源保护条例及有关技术政策, 对矿产资源的开采, 进行监督检查。
- 9) 结合生产, 开展矿山生产地质和测量的学科研究。

冶金工业部分别于1978年和1980年颁发了新的黑色冶金矿山和有色金属矿山地质工作条例。这些条例根据过去的丰富经验和四个现代化的新形势, 对矿山地质工作任务提出新的要求。概括地说就是找矿、探矿和保矿以及开展相应地科学研究。但根据各矿山企业不同的实际情况在不同的时期其工作任务侧重面应有所不同。

二、我国的矿山地质学是在新中国诞生后发展起来的。三十年来, 矿山地质工作随着矿山生产建设的大发展而得到了迅速地全面地发展。已经培养了一支数千计的矿山地质专业科技队伍, 进行了大量的矿山地质工作, 同时还与地质勘探部门共同开展了老矿区的找矿探矿(尤其是寻找盲矿体)和成矿规律的研究。总之, 矿山地质工作在大打矿山之仗和为地质科学开拓新的领域中都取得了很大成就。矿山地质学现已成为我国地质科学的一个重要分支。我国冶金系统矿山地质工作的主要成就简述如下:

1. 建立了一支矿山地质科技队伍

各重点有色矿山从五十年代以来就成立了地质测量机构, 开展了有关采掘地质工作。为了加强生产矿区及其外围找矿工作, 七十年代以来, 又有四十多个矿山先后发展和壮大了矿山地质队伍, 成为地质战线上的一支新军。在老矿山及外围找矿探矿战场上, 他们与专业地质队伍并肩战斗, 大大加快了冶金地质工作的进展速度。仅1975年, 就开动钻机达百台, 完成进尺20多万米, 这对扩大老矿山的地质资源和扭转矿量不足, 都起了积极作用。许多单位在建立和壮大矿山地质队伍过程中, 克服了只顾采矿, 不顾探矿的倾向, 认真贯彻采探兼顾和地质工作为矿山生产服务的原则, 坚持自力更生和勤俭办企业的方针。例如湖南潘家冲矿, 过去长期存在矿量危机, 坐等专业勘探队上山, 结果越等危机越重, 生产也越被动。通过召开矿山地质人员座谈会和发动群众挖掘企业内部劳动力和设备材料的潜力, 1969年自力更生办起了70人的小型勘探队, 六年来在老矿区新探明的储量达100万吨以上, 不仅扭转了矿山危机, 而且为矿山扩建提供了资源条件。又如山东张店铝厂矿山地质队, 由于领导重视, 已由原来24人迅速发展到了140人, 探矿成果也成倍增长。

黑色金属矿山也健全了机构, 壮大了队伍。如60个重点矿山有42个已健全了地测科, 其它各矿山设有专业组。重钢矿山和唐山矿建等单位正组建矿山地质队。

2. 为矿山生产和深入矿床地质提供了系统的可靠的基础地质资料

紧密围绕采掘工程进行经常性地质编录、取样和储量计算是矿山地质工作基本任务之一。

最近几年, 一些单位与矿山协作还共同开展了专题性地质科研工作, 如江西冶金学院与江西冶金局及所属钨矿对重点钨矿深部和外围成矿规律的研究等都是很有成绩的。

由于重视地质基础资料工作而保证矿山正规开采,也发展和丰富了勘探阶段对矿床地质规律性的认识。

3. 改革生探手段并开展综合研究工作

生产勘探也叫开发勘探,其目的是按开采顺序在一定区段进行加密探矿工程提高储量级别,为编制采掘计划提供可靠地质依据。我国地下有色金属生产矿山的矿床地质较为复杂,一般生探坑道工程量较大,据重点矿山统计占矿山总掘进米数的30—45%,少数老矿山达到50%以上。五十年代后期各矿山认识到使用单一坑探的缺点,六十年代以来积极开展了技术革新,因地制宜试验以坑内钻探代替部分坑探。进行坑钻结合探矿效果良好,这不仅对加快探矿速度,降低成本,减少凿岩爆破和废石量,而且改善了井下作业条件,取得较多地点(钻孔)的地质资料。如湖南香花岭矿从1960年以来一直坚持坑探、钻探相结合,每年平均完成坑内钻探10000多米,收到很好的效果。

黑色矿山也重视生探手段多样化,露天矿除了抓岩心钻探之外,还注意用爆破钻孔的资料来指导探矿和圈定矿体的作用。一些地下开采的矿山为了加强生探还配备了水平钻,大搞坑钻结合,提高了生探地质效果和经济效果。

七十年代以来各矿山不断总结经验。根据矿床(矿体)特点不同和采矿方法不同,灵活运用生探网度提倡生探手段多样化,坑内钻探逐年增加。辽宁华铜矿创造了以坑内钻探和凿岩机相配合的“组合勘探”方法。他们提出凡是可以用水平钻和YG—80型、YG—65型等中深钻孔凿岩机(取岩、矿粉)进行探矿的地方就不用坑探。这样不仅提高了地质效果而且采掘比也有明显下降,由以前的600—700米万/吨降为400米/万吨。江西荡坪矿地测科根据该矿围岩与矿脉黑白颜色分明,黑钨矿品位高而且稳定等特点研制成功了钻孔(炮孔)光电测脉仪,经与岩心对比仪器测定准确,误差很小(一般位置和厚度误差在1—2厘米以内)。其原理是射进光导管的光强弱转化为电阻大小通过电线反映在孔外电流表读数上。

新近几年随着人造金刚石钻探技术的发展,国产新型钻石—100型水平钻机及其相应配套的金刚石钻头研制成功和成批生产,自1974年以来全国已有二十多个矿山推广了人造金刚石钻探技术。

目前有些矿山对生产勘探的研究又有新的进展,不仅注意把生探网度、手段同矿体形态特点和采掘顺序结合起来,而且注意生探区段划分同采准设计区段划分的关系注意探矿设计同采准、回采施工配合。寻找深部矿体和盲矿体也是生产勘探的一项任务,尤其老矿山更为突出。在这方面抓了以下四点:①发现新的含矿构造扩大找矿远景,如吉林夹皮沟和湖南黄沙坪矿等;②发现新类型的矿床或矿种,如江西、湖南黑钨矿山在深部找到了钨—稀有金属矿床以及其他类型钨矿床;③发现新的含矿层位,如云南某铜矿菜园河矿床等;④大量的已知矿体的平行脉和错断部分。这些对于延长生产矿山服务年限和扩大矿山生产能力起了很大作用。

各露天矿和砂矿生产勘探工作也积累了很多经验,勘探手段不断改进,现在除用老式岩心钻外已有一些移动方便的汽车钻机并充分利用各种穿孔钻机(牙轮钻和潜孔钻)采取岩粉(岩泥),提高了生探的速度和质量,在圈定矿体边界和划分矿石类型、品级的同时注意观测岩石矿体地质构造以及与边坡有关的水文工程地质条件,重视了探矿钻孔一孔多用等。黑色矿山还狠抓地测监督,加强矿石质量管理。各矿山按照矿山地测监督条例和采掘质量管理制,充分发动群众制定质量标准。建立了工人与技术人员相结合的质量管理网,目前已有20个