

# 冶金地质系统岩矿工作的回顾与展望

孙延绵

岩矿鉴定是冶金地质工作的一个重要组成部分，也是地质科研的一项基础工作。

建国以来，冶金地质系统的岩矿人员，配合矿产资源勘探，做了大量工作，取得了一定成绩。

## 一

解放初期，冶金地质系统几乎没有岩矿专业人员，仪器设备也很少。为适应地质勘探工作发展的需要，1954年在沈阳举办了第一期岩矿训练班，培养了40多名岩矿人员，使岩矿工作的开展，有了初步基础。1959年、1963年又相继举办了两期训练班。各省地质勘探公司也陆续举办了不同形式的短期训练班，培养出一大批岩矿人员，这样就使冶金地质系统的岩矿工作者发展到数百人。目前，各研究所、勘探公司、大多数勘探队都设立了岩矿室（组），配备了基本鉴定手段：如偏、反光显微镜、双筒显微镜、大多数勘探公司研究所（室）还有旋转台、旋转针台、折光仪、显微光度仪、显微硬度计以及X—射线、差热分析等仪器。冶金部地质研究所还配备有电子探针，增加了微区测试手段。

同时，冶金地质系统的一些单位在自力更生的基础上自制了一批仪器、设备，如分离矿物的振动流槽、电磁选机、介电分离、粘附面分离、电化学分离以及电磁重液分离仪等；鉴定矿物的仪器有，双变油浸法、显微硬度计—光度计联合装置，激光光谱仪和小型切片机以及测定矿物气液包裹体等仪器，并建立了成岩成矿实验室。所有这些使岩矿鉴定和矿石物质成分研究的仪器、方法、手段等方面，不断有了扩大和发展。

## 二

冶金地质系统的岩矿工作，在紧密配合矿产资源的找寻与勘探、综合利用与科学研究，以及岩（矿）石物质成分的查定和研究等方面，取得了不少成果，为发展冶金地质事业做出了贡献。

**1. 岩矿鉴定直接为找矿提供了重要依据，收到很好效果** 例如，五十年代中期，辽西地区一个斑岩钼矿的发现，首先是从岩矿工作得到了重要启示。该区的斑岩，解放前有的资料误认为变质砂岩。后经岩矿鉴定发现石英有熔蚀现象和岩石具斑晶结构等特点，确定是花岗斑岩，给寻找斑岩钼矿提供了重要依据。经进一步工作证实，是一个规模可观的钼矿床。某地镍矿的发现，岩矿鉴定也起到了重要作用。该区含矿岩石曾被误认为白云岩，后经岩矿鉴定认为是滑石菱镁岩并恢复其原岩是超基性岩，从而为找镍矿提供了重要依据。七十年代在江南某地勘探的富钽矿床，首先是由岩矿鉴定确定是钠长石化花岗岩并进行了详细的物质成分查定，发现了细晶石、富锰铌钽铁矿以及含钽锡石等工业矿物后，经勘探证实是一个规模可观的富钽矿床。

近年来为配合铁铜等矿产的找矿、科研工作，开展了变质岩、火山岩和斑岩等方面的研究，也取得了可喜的成果。

**变质岩的研究** 对鞍山地区鞍山群原岩恢复的研究，划分出三个原始建造：下鞍山群为基性火山岩建造；中鞍山群为沉积—火山岩建造；上鞍山群为沉积岩建造。这项科研成果，对鞍山式铁矿成矿规律、沉积环境及其找矿方向的探讨，具有重要意义。从鞍

本地区目前已勘探的储量来说,三个建造含矿情况不同,基性火山岩建造占2.4%;沉积—火山岩建造占39.7%;沉积岩建造占57.9%。这就为找矿方向的确定提供了重要依据。最近对海南岛石碌群含矿岩系的变质岩原岩恢复综合了各种测试数据,并带动了岩组分析这一新方法,使变质岩工作又有了新的提高。

**火山岩的研究** 近年来,配合铁、铜矿产的找矿开展了陆相和海相火山岩的研究,取得了重要进展。

在陆相火山岩方面,重点研究了我国南方陆相火山岩的分布、类型、成矿特征及其找矿方向。划分出2个晚古生代玄武岩分布区、3个中生代火山岩带、65个中生代火山岩盆地、9个新生代玄武岩分布区,并编制出1:400万《中国南方陆相火山岩分布图》,提出我国南方陆相火山岩区铁矿地质特征及其找矿方向。

在海相火山岩方面,对我国西北、西南等海相火山岩发育地区的地质构造、岩石建造、含矿地质特征、岩石类型、矿床围岩蚀变和矿床类型等进行了比较系统的研究,提出了我国海相火山岩铁铜矿床的成矿特征及找矿标志。

这两项成果,不仅丰富了冶金地质系统岩矿工作的内容,提高了认识,而且具有找矿意义。

**斑岩的研究** 围绕着斑岩铜矿的找矿开展了含矿岩体构造、岩石类型、围岩蚀变与矿化的关系、蚀变岩石与赋矿部位的地球化学标志等方面的研究,提出了矿化岩体与非矿化岩体的岩石类型、成矿时代(划分出斑岩铜矿、斑岩钼矿、斑岩金矿、斑岩锡矿等类型),并提供了区域找矿的评价标志。编著出版了《我国斑岩铜矿蚀变岩石结构构造图册》。这些成果,对近年来找到一批斑岩矿床、矿点起到了重要作用。

此外,为勘探冶金辅助原料和铝土矿以及稀有金属矿产资源,曾先后进行过我国北方粘土矿物和广西平果铝土矿及其伴生组分的研究。在稀有元素矿物原料方面,曾对新疆、内蒙伟晶岩,辽宁凤城碱性岩,南岭地区花岗岩以及若干地区的海滨砂矿的稀有元

素矿物种类、成分、分布、工业价值等进行过研究,取得不少有实际应用价值的科研成果,为发展冶金辅助原料工业和铝金属、稀有金属工业做出了贡献。

**2. 围绕综合找矿、勘探、评价和综合利用选冶试验,开展了矿石物质成分研究,提出一批稀有、稀有、稀土金属矿物原料物质成分研究成果,在矿业生产、科学试验方面发挥了作用** 例如,为配合白云鄂博铁矿的稀土、铈(钽)综合利用、选冶试验,进行了选矿物质成分研究,为拟定合理的选冶流程提供了重要依据。1962年在查定金川镍矿物质成分时首先找到了砷铂矿,为该矿铂族元素综合利用及其赋存状态,提供了较详细的物质成分资料。在西华山钨矿重稀土(钇族稀土)的综合利用及其赋存状态的研究中,在粗钨精矿和含钨石英脉、云英岩、钾微斜长石岩、钠长岩里,发现了比较丰富的硅铍钇矿、磷钇矿、钇萤石以及钇族稀土铈钽矿物。为矿山提高钨精矿质量,分选除磷,变害为益,综合回收稀土,提供了详细的物质成分资料。在广西锰矿石铜钴镍综合利用物质成分研究中,发现了硬锰矿。它是锰矿石中的铜钴镍元素的主要载体矿物,为选冶试验、综合利用提供了重要依据。

此外,还为解决难选矿石、查明难选因素、拟定合理流程、提高精矿品位和回收率起到了重要作用。例如,寿王坟铜矿难选矿石经物质成分查定发现墨铜矿,是难选的重要因素之一。广西屯秋宁乡式铁矿,经物质成分查定、电子探针分析证实,赤铁矿中榍核成分并非为单一石英,而是有相当数量的硅、铁混合物,是精矿中硅高的重要原因。

**3. 出版一批岩石矿物研究的专著和岩矿鉴定手册** 这是广大岩矿工作者、地质工作者的共同劳动成果。据不完全统计,从五十年代末到现在共编著、翻译出版的有《岩矿鉴定文集(第一辑)》、《岩石和矿物的制片操作》、《金属矿物显微镜鉴定表》、《矿物分子式计算方法》、《氧化矿石矿物研究方法》、《岩矿鉴定与物质成分研究参考手册》、《我国斑岩铜矿蚀变岩石结构构造图册》、《岩矿鉴定图表及成分计算方法》等数十种图书。

### 三

近年来岩石、矿物研究的发展很快,领域不断扩大,出现了许多新的分支。就矿物学而言就有:地壳矿物学、地幔矿物学、海洋矿物学、宇宙矿物学、遥感矿物学、区域矿物学、成因矿物学、找矿矿物学、工艺矿物学等等。

由于近代科学互相渗透,边缘杂交,尤其是固体物理、热力学、量子理论、晶体场理论、化学、数学等在矿物学和岩石学中的应用,使岩石矿物的基本理论得以迅速的发展,出现新的理论,代替或发展了传统概念。

例如,热力学理论在实验岩石和实验矿物学上的应用,化学和生物学在研究沉积岩中的应用,对三大岩类和地幔物质的成岩成矿机理产生了新的理论;对基性、超基性岩石的研究,提出具有岩相韵律,来源于地幔的“层状火成岩”理论,在指导找矿方面具有良好的效果。近年来对火山岩相、火山岩石分类及其成矿机理的研究,提出原属于沉积变质型或夕卡岩型矿床是火山作用的产物,这也影响到成矿理论的重新认识。对长期争论的花岗岩化问题,由于近十年来加强了实验岩石学的工作,六十年代出现重熔学说,对与花岗岩化有关的矿床成因产生了新的认识。对沉积岩成岩机理的研究,也有新的发展和突破。如对深海沉积搬运方式,提出了浊流等深线流概念,代替传统的浮游生物分解成因概念;碳酸盐的生物碎屑沉积成因,取代了传统的化学沉积论,而且在浅、深海中均可形成。这些新概念的建立,将影响到沉积成矿规律和岩相古地理的传统概念的改变。随着海洋地质研究和板块学说的的发展,对变质岩提出大洋脊的一定深度上是玄武岩和辉长岩变成的沸石相、绿片岩相和角闪岩相的岩石。远离洋脊轴的变质岩是由于海底扩张向两侧迁移的结果,从而认为大洋壳主要是由变质岩组成的。

在岩矿测试技术方法上,近年也有很大的发展,其主要标志是现代波谱学和电子技术在岩石、矿物研究方面得到了广泛的应用。

出现了穆斯鲍尔光谱、X—射线光谱、电子衍射、中子衍射、红外光谱、拉曼光谱、电子顺磁共振、核磁共振、电子探针、扫描电镜、超高压电子显微镜、离子探针、质子探针以及定量自动影像分析等新技术、新手段、新方法。

这些技术方法的特点是:快速、灵敏、精确、微区、微量。如离子探针感量达 $10^{-19}$ 克;微区可达到1微米,甚至可测定1/1000微米的物质。测试仪器与电子计算机联用,进入到自动化、数学化的水平。例如,过去应用X—射线测定一个矿物的晶体结构,需要几个月的时间;而现在应用X—射线衍射仪与电子计算机自动控制,只需要几个小时就可完成全部工作。

岩矿鉴定的基础方法,光学显微镜经过多年的发展,已成为精密复杂的仪器。从近年来的产品来看,主要发展趋势是零件标准化和一机多用。即一台基本的显微镜架,安装各样的附件后,即可供生物、偏光、矿相、金相、萤光、相差、干涉差、干涉、浸没差等观察测定之用。如利用干涉差显微镜测定矿物折光率,利用椭圆旋转补色器快速测定反射率,利用穿孔目镜精确测定非均质体的可见旋转角;精确测定双折射;精确确定消光位和进行干涉法观察。不透明矿物鉴定增加了六种光学常数:可见旋转角、可见旋转角色散、椭圆色散、相差、相差符号、旋转方向。

我们对这些新理论、新技术、新方法,要结合冶金地质工作特点和需要,有选择地吸收和进行。笔者认为冶金地质岩矿工作应着重发展三个学科,七种方法。三个学科是找矿矿物学、找矿岩石学、冶金工艺矿物学;七种方法是光学显微镜方法、X—射线分析方法、差热分析方法、电子探针分析方法、红外光谱分析方法、穆斯鲍尔光谱分析方法以及同位素测试方法等。同时,相应地要做好人材培养工作。

**1. 找矿矿物学的研究** 这是矿物学与矿床学之间的一门边缘性学科,已引起国内外的重视。它研究标型矿物、指示矿物、矿石共生组合以及内生、外生矿床的矿物性状和若干典型元素的赋存形式、比值变化等,直

接为成矿预测、找矿评价提供科学依据。

实践证明,找矿矿物学在确定找矿标志、评价矿床、划分成因类型、矿床分带、近矿与远矿围岩蚀变以及变质岩原岩恢复等方面,具有重要作用。例如,根据天然重砂、人工重砂和堆积物中的矿物,圈定矿床和追索盲矿体已是众所周知的行之有效的途径。根据副矿物组合及其形态特征,划分与成矿作用有密切关系的原地(混合)花岗岩和岩浆花岗岩。A.B.西多连科曾统计过100多个岩体,认为原地(混合)花岗岩中的副矿物主要是榍石、磁铁矿、磷灰石、褐帘石、锆石等;而岩浆花岗岩中的副矿物为磷铝锂石、晶质铀矿、铌钽矿物以及黑钨矿、白钨矿、辉钼矿、锡石等。我国岩矿工作者也统计过山东、辽宁、山西等十六个太古代混合花岗岩体的副矿物种类、含量,其结果与A.B.西多连科的统计是一致的。

从冶金工业需要来看,找矿矿物学还有另一个重要任务,就是鉴定和发现优质的冶金工业矿物原料(如各种高品位的金属矿石)及优质辅助原料(如菱镁矿、耐火粘土、高铝矿物、红柱石、硅线石、蓝晶石、蓝线石、硅石、白云岩、石灰岩)等。因为这些矿物或岩石,是普遍的、大量的、常见的,往往不精心鉴定,易于忽略。

**2. 找矿岩石学的研究** 这是岩石学的一个新分支。从找矿来说,当前要着重研究的如前寒武系变质岩的含矿性问题。众所周知,前寒武系变质岩中蕴藏着丰富的矿产资源,以铁而言,世界上富铁矿储量有70%以上是属于前寒武系硅铁建造类型。加强区域性变质岩的变质相群、相系和建造的研究以及恢复原岩类型,确定含矿层位,指导找矿是有重要意义的。

其次,原地(混合)花岗岩与岩浆侵入花岗岩的鉴别标志的研究,不仅关系到区域地质工作问题,也是普查找矿方向的一个重要问题。目前,这类岩石鉴定极为混乱,命名也颇不一致。这类岩石的地质产状、区别标志,岩体空间关系和原岩的残余特征、岩相特点的研究就具有现实意义;某些矿物区别标志的研究,可用牛来正夫的斜长石双晶法、副矿物组合及形态特征对比;某些地球

化学的区别标志,利用K、Rb、Ba含量和K/Rb、Ba/Rb及Ba/K比值以及金属元素、稀有元素平均含量对比等研究;还应研究岩相学区别标志,观察岩石结构构造,原岩残余结构构造,新生长石或有关的交代现象,暗色矿物交代变化等等。

斑岩、火山岩、次火山岩的含矿岩体与非矿化岩体区别特征的研究,可为寻找斑岩铜矿、斑岩钼矿、斑岩金矿、斑岩钨矿、斑岩锡矿以及与火山岩有关的铁铜矿产等,提供岩石学方面的依据。

**3. 冶金工艺矿物学的研究** 这是地质、采矿、选矿、冶金、化工等几门学科杂交在一起的边缘性学科。它是研究天然矿石和人造矿石中的有益有害元素的赋存形态、矿物种类、矿石物理化学性质、矿石结构构造、嵌布粒度、解离特性等,为采、选、冶和矿石综合利用提供矿石物质组成资料。可从以下几方面入手:

(1) 加强勘探矿区综合利用元素赋存状态及其配分比例的研究 过去勘探一个矿区往往只注意主金属,对具有综合利用价值的伴生组分没有注意或没有进行工作,造成第二次上山勘探或做矿石物质成分查定的补充工作。不少矿山都有这方面的教训。

查定元素赋存状态及配分比例,对选冶试验具有重要意义。根据现有的测试手段,已发现元素有四种赋存状态,即组成独立矿物(包括微粒或显微结构)以及呈细小包裹体存在于其他矿物之中;以类质同象形式存在其他矿物之中;以杂质形式存在于晶格缺陷和裂隙之中;以吸附形式吸附于矿物表面。在查明赋存形式的基础上,才能计算出元素的配分比。提出那些元素组成独立矿物,可以通过机械选矿方法回收,并可根据配分比计算出理论选矿指标,那些元素由于粒度细微或处于分散状态不能用机械选矿方法,而要通过火法或湿法冶金处理,才能提取金属。

(2) 研究矿石表面的变化 这对采、选来说是极其重要的。因为矿石表面次生薄膜影响矿石破碎性能和浮选流程的拟定。要测定矿石表面变化的比例。如果矿石风化或氧化较重,则要分出单独矿石工艺类型,以

便分采分选。

### (3) 矿石化学性质和溶解度的研究

目前采矿学出现了一种新的采矿方法——化学采矿法或称溶液采矿法。这是由地质学、矿石学、采矿学以及核爆破技术杂交在一起的一门新型采矿学科。这对冶金工艺矿物学提出了新的要求：除提供地质构造条件，矿石组成、结构构造、粒度表面特性之外，更重要的是要提供矿石矿物的化学性质、溶解性能的资料。

此外，在水冶工艺中利用细菌溶蚀法、离子交换法提取金属已引起冶金工作者的注意。要求冶金工艺矿物学研究细菌和矿物的相互作用关系以及矿物间的离子交换性质。

(4) 人造富矿矿石学的研究 由于钢铁工业的发展，对于人造富矿——烧结矿、球团矿的需要日益增多。让高炉吃熟料、吃精料，已成为发展钢铁工业的一个重要方面，不仅我国是这样，世界上一些主要产钢国家也都在发展人造富矿——烧结、球团工业。如美国在1960年的高炉熟料入炉比为50%，到1975年增长到75%；法国在1960年的熟料入炉比为15%，到1975年增长到85%；苏联1975年熟料入炉比已达到90%以上。因而，提高烧结矿、球团矿的质量，已成为发展钢铁工业中的一个重要的研究课题，要求冶金工艺人员和岩矿人员合作，研究烧结矿、球团矿的工艺矿物学，从矿石组成、矿物化学成分、物理特性、结构构造等去研究、探索和改善工艺性能。

(5) 冶金炉渣的鉴定 目前冶金工艺人员迫切要求岩矿人员配合研究冶炼炉渣物质成分，提供冶炼过程物理化学状态和开辟炉渣综合利用，查定炉渣的矿物组成、化学成分、结构构造，以便变害为益，变废为宝。

**4. 建立新方法，发展新技术** 这是开展找矿矿物学、找矿岩石学、冶金工艺矿物学的重要措施，是发展岩矿工作的重要组成部分。今后值得注意建立和发展的有如下几种：

**光学显微镜方法** 采用贾明—列别特夫型干涉差显微镜法（简称JLP干涉差显微镜），测定矿物折光率。这种方法，在六十

年代中期国外已普及推广。它的优点是，与一般油浸法、双变油浸法比较，其折光率测定范围，可以测定所有矿物，不受浸油折光率或折光仪量程的限制，但要求配备一套可以测量较大程差范围的补色器。现已生产从 $30\lambda$ 到 $1/30\lambda$ 的各类补色器，基本上满足了这一要求。干涉差法与旋转针台联用，可使晶体定向，大大地提高了测定精度。

**反光显微镜方法** 偏光图的发现丰富了不透明矿物的光性内容，增加了如前所述的六种光学常数，对鉴定高硬度、高反射率的不透明矿物以及旋光性质的研究，颇为有用。这些矿物的物理性质相似，浸蚀反应差别不大，鉴定相当困难，而用旋转性质则易于区别。

**物理方法** 应用和发展X—射线衍射、差热分析、X—射线微区分析（包括电子探针、扫描电镜）以及红外光谱、穆斯鲍尔光谱等分析测试技术以及充实和完善高温高压成矿实验方法。

X—射线分析、差热分析方法已有一定基础。X—射线分析除广泛地应用粉晶法鉴定矿物外，晶胞参数测定和晶体结构分析是发现新的矿物原料和选冶试验理论研究的不可缺少的数据，也应重视。差热分析虽是老方法，但近年来国外有许多改进，采用了新技术，如光电系统控温、增设加热干涉显微镜和测定挥发组份，因而更加广泛地应用在粘土矿物和含水矿物、铌钽矿物的鉴定研究方面。现已开始研究微量热重分析，利用微分、积分脱水曲线，查明重量变化的细微效应。

此外，鉴定细小矿物、环带、包裹体的固液体成分，查定矿石中的有益、有害元素赋存状态、分布特点的不可缺少的微区测试方法，发展电子探针和扫描电镜X射线微区分析技术，也应提到日程上来了。红外线光谱在矿物鉴定方面，颇有前途，有“矿物指纹”之称；它对研究成分，确定类质同象、同质多象以及含水矿物等很有效果。美国已出版了各种矿物的标准红外图谱。穆斯鲍尔光谱，从目前研究成果看，对研究Fe、Mn、Sn矿物，尤其是对含铁矿物很有效果，它在

（下转第55页）

系。物探、化探、遥感技术在判别控矿构造、隐伏岩体和含矿性、圈定成矿区范围等方面都有帮助,利用航卫影像研究矿田构造将是今后发展的新课题。利用数学分析及电算技术定量地认识构造的控矿意义,并预测成矿区的存在和规模,有着光辉的前景,能发挥更大的作用。实验工作是矿田构造研究的一个方面,应该把构造与成矿结合起来考虑,模拟含矿构造-物理方法研究,以便进一步阐明成矿的构造条件。

纵观之,矿田构造学在国内外发展还是不完备和成熟的,缺乏一套完整的体系和独特的理论,现在还处于积累和发展阶段。摆在我们面前的任务,是要把构造和成矿两者紧密地联系起来,研究一定构造单元和构造体系与矿产形成的内在关系和分布规律;查明成矿区域的地质构造-成矿过程发展历史,

调查控岩控矿构造条件,探讨成矿物质的来源、运移和富集过程;研究形成不同类型矿床矿田的地质构造要素和控矿因素;划分矿田、矿床构造类型;进一步完善研究矿田、矿床构造的科学方法,注意构造分析和其他方法的配合,特别要引进和利用数学、力学、动力学、地球化学、物理化学等学科;根据综合研究的结果建立科学的成矿和矿田构造标准模式;在地质构造分析基础上,进一步发展矿田、矿床远景评价的有效预测方法。看来,今后提高矿田构造研究的根本在于:一是、构造活动与成矿作用的有机结合,二是、从数、理方面突破。我们坚信,在实现四化的长征中,我国广大地质工作者必将普遍而全面地深入开展矿田构造的研究工作,为发展我国地质科学事业作出应有的贡献。

(上接第70页)

研究晶体中铁离子价态、配位数、对称、畸变、类质同象以及应用热力学性质、测定古地磁和地质年龄等很有前途,亦应重视和着手研究。

在同位素测试技术方面利用放射性同位素年代学方法:K—Ar法、Rb—Sr法、U—Th—Pb法测定岩石年龄;利用稳定同位素S、O同位素研究和区分不同成因类型的岩浆花岗岩和混合花岗岩;用Sr同位素研究岩浆岩演化,指示矿物物质来源;用 $O^{18}/O^{16}$ 和 $C^{13}/C^{12}$ 的比值变化,研究碳酸盐类岩石的沉积历史、形成机理;用O、S、C、Sr研究变质作用过程等都有助于找矿岩石学的发展。

**5.培养人材、壮大队伍是发展冶金地质系统岩矿工作的一个重要措施** 目前我们岩矿人员不论是在数量和质量上同冶金地质事业的发展是不相适应的。为加强冶金地质找矿勘探和科研工作,岩矿人员应按比例有所增加。除大中专院校培养外,可“以老带新”,边工作、边学习,可举办各种类型训练班以加速出入材。同时可委托大专院校和研究所讲授岩矿方面的新理论、新技术、新方方,以提高原有岩矿人员的业务水平。

在迎接建国三十周年之际,让我们团结一致,奋发图强,努力工作,献身四化,为发展冶金工业寻找更多更好的矿产资源做出新的贡献。

#### 代 邮

冶金工业部地质研究所照象室有全国资源卫星底版,可为需用单位洗放1/100万~1/50万卫星照片。需用者可凭公函与该室联系。单位地址:广西桂林市。