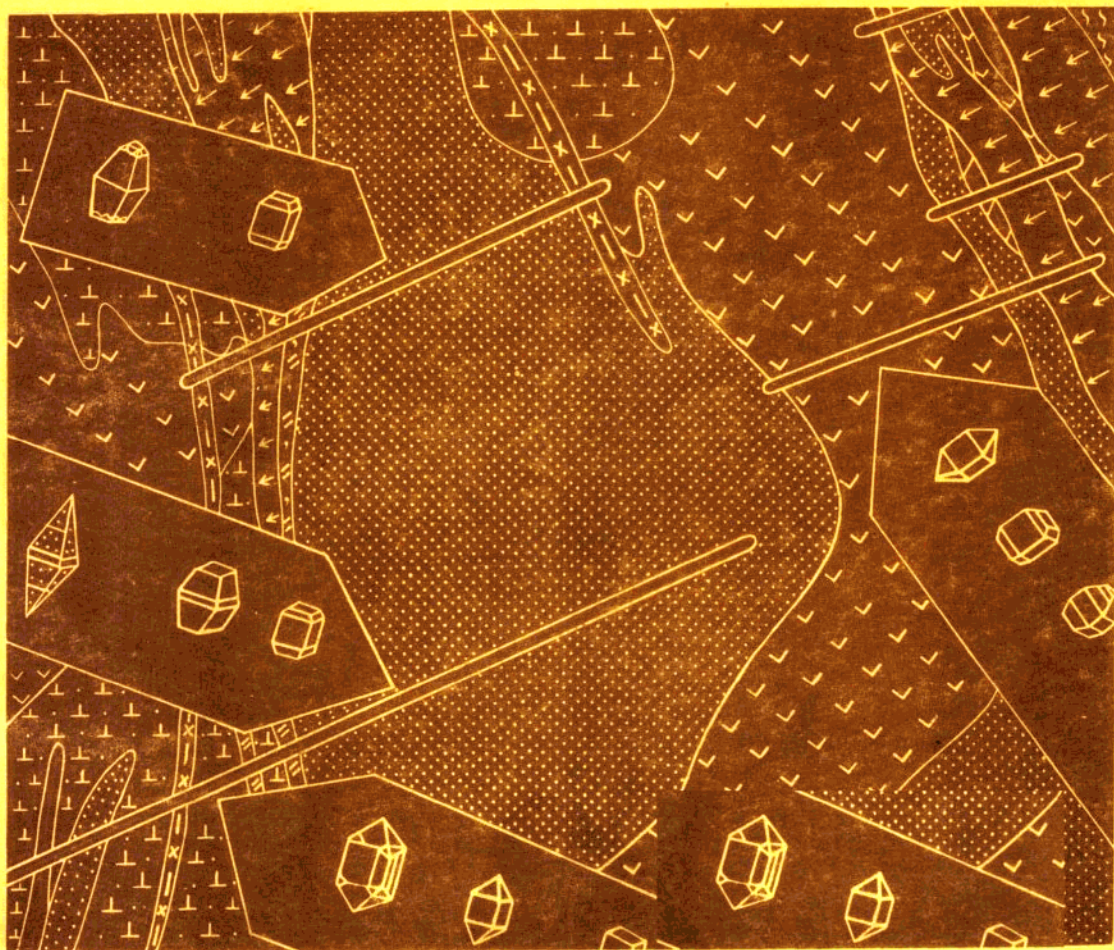


找矿矿物学与矿物学填图

地质矿产部情报研究所 编译



福建科学技术出版社

前 言

为适应我国开展大比例尺地质测量和新一轮矿产普查工作的需要，在地质矿产部科学技术司的指导下，开展了找矿矿物学方法研究，并将其列为部级科研项目。本书的编译和出版是这个项目的重要组成部分之一。

当前，各国在普查找矿工作中都面临着难度增大、成本提高、效果下降的严峻挑战。为寻求对策，提高地质找矿工作，特别是深部找矿工作的地质效果，各国都在大力发展理论找矿，开发和应用新技术、新方法。于是，矿物学找矿理论和方法，便在原来的矿物-地球化学找矿基础上迅速地发展起来，而且受到了越来越广泛的重视。

近年来，国内外在大量分析金属矿床的找矿标志及评价准则的基础上，指明了矿物学方法，特别是矿物标型学说在地质找矿中具有很大的潜力，并已在铜、金、钨、锡、钼、多金属及稀有金属等矿床的普查勘探工作中取得了无可置疑的成就。在这方面，尤以苏联一些研究人员的工作成就更为卓著。他们为了获得更大的普查勘探工作效果，提高地质经济效益，在1:5万比例尺地质测量工作中，对有远景地区重点进行了局部矿物学研究；在地球化学异常基础上，采用矿物学填图方法，发现新的矿床和矿化点，对矿床进行定量预测；在含矿区、矿田、矿床、矿体及矿段的不同范围内，查明矿石矿物和指示矿物的空间分布规律，圈定矿物学分带性和矿化交替区，以扩大找矿远景。苏联在七十年代末期以来的系统研究工作中，已经建立和积累了一套比较成熟的工作方法，并召开了多次会议进行专题讨论和经验交流。1981年在哈萨克加盟共和国的阿拉木图召开了题为“在矿床预测、普查和评价中矿物学方法的应用”会议；1982年苏联地质部通过了在编制1:5万地质图中要求采用各种普查方法，其中包括矿物学方法的决议；1983年在塞克提夫卡尔的米阿斯城召开了题为“矿物学填图——含矿区的调查方法”会议，中心任务就是为了解决苏联国内矿物原料基地的扩大等问题，并拟1986年再次召开同类性质会议。此外，为了配合矿物学普查工作，苏联在不久前召开了第二次区域性的有关普查矿物学现代野外方法的会议。从工作内容来看，目前，正在对乌拉尔提曼含矿区广泛地进行着矿物学填图的经验总结；苏联科学院乌拉尔科学中心已经完成的矿物学填图是含矿区调查方法的专题研究成果；在乌拉尔斯维尔德洛夫斯克矿业学院开展了金矿、祖母绿矿、水晶矿、硫化物矿等矿床的矿物学填图方法的研究和实际工作，这项工作目前仍在继续进行；莫斯科地质勘探学院等单位进行的矿床工艺-矿物学填图，已经收到了明显的效果；1982~1986年，拟定完成“克里沃罗格盆地应用矿物学”综合性专题研究；此外，还将对不同地区的一系列大型金属矿区开展矿物学研究，以便制定新的矿产普查和评价的矿物学准则。特别是在哈萨克斯坦地区，目前已经有许多单位正在从事矿物学找矿及其填图的研究工作，而且囊括各个方面的问题。苏联地质部技术局负责人B.Ф.罗戈夫在1984年作的《苏联地质勘探工作中的科学技术进步》报告中指出：在新的科学方法基础上，地质-矿物学填图这种新的区域调查模式已经制定，并已在采用；当今，找矿矿物学、工艺矿物学和成因矿物学取得了进一步的发展。

在我国，随着地质工作程度的提高，在许多地区，矿产普查评价工作的难度亦逐渐加大。鉴于中国目前正在全国范围内进行1:20万区域化探扫面和其它更大比例尺的化探工作，我们认为，如果能给有关单位配备相应的便于野外使用的仪器设备，则矿物学家、找矿工作者有可能配合找矿进行相应的矿物学研究，定会取得更加丰富的找矿信息，从而提高地质找矿效果。

本书是在系统了解、广泛搜集国外有关文献资料的基础上精选编译而成的。为便于读者了解矿物学找矿及其填图工作的国外发展现状，编写了一篇综合论述文章供读者参考。

本书的选题和编审工作由地质矿产部情报研究所王贵安同志负责。辽宁地质实验中心陈文焕和南京地质矿产研究所刘万余二同志曾对选题提出重要建议。本书脱稿之后，承蒙吴昌功、罗永国同志审阅，并提出了宝贵意见。

参加编写、编译或翻译工作的同志有：王贵安、吴振寰、邱郁文、白伟、吴传璧、陈秀英、项仁杰、石宏仁、刘吉成、卢星、王绍全、赵东高以及于志鸿、刘万余、董振信。

参加译稿校对工作的同志有：罗永国、马万钧、王贵安、秦国兴、吴传璧、崔林沛、顾承启、贾跃明以及刘万余、陈文焕。担任插图清绘工作的同志有赵秀兰、魏智如等。

在本书完成过程中，得到了地质矿产部科学技术司曾家松、汪美凤二同志的大力支持。江西省地质矿产局汤树清、黄烈勋二同志负责了全书的出版责编工作。

谨向对本书作出贡献的上述同志以及其他有关同志一并表示感谢！由于水平有限，不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 译 者

一九八六年五月于北京

目 录

找矿矿物学与矿物学填图研究工作的重大进展 王贵安 (1)

第 一 篇

找矿矿物学理论基础

矿物标型学说的理论基础 В.И.帕夫利森 (15)
近矿晕的矿物学研究 А.Г.扎宾等 (33)
原生分带性对寻找隐伏热液矿体的意义 О.Д.列维茨基等 (56)

第 二 篇

矿物学方法在矿床普查勘探 工作中的应用

矿床普查勘探的矿物学方法和原理 С.А.鲁坚科 (67)
矿物学普查总论 Н.П.尤什金 (81)

第 三 篇

晶体形态法在找矿和 填图中的应用

黄铁矿和金的晶体形态演化问题 Н.З.叶夫济科娃 (121)
热液矿化普查和评价的晶体形态方法 Н.З.叶夫济科娃 (140)

第 四 篇

矿物学填图理论及方法

在地质找矿实践中建立和利用空间-矿物学模型问题 В.Г.费克利切夫 (161)
有关立体矿物学问题 Н.П.尤什金 (170)
矿物学填图原则和方法 Н.П.尤什金等 (179)
热液交代产物的填图 Е.В.普柳谢夫等 (213)

矿体的地质填图和矿物学填图	Г.Ф.亚科弗列夫 (225)
乌拉尔祖母绿矿床的矿物学填图经验	Г.Н.韦尔图什科夫等 (232)
矿物学填图是一种评价矿区远景的方法	Б.В.切斯诺科夫 (237)
硫酸钾镁盐类沉积物的矿物学填图原则	В.И.鲍里先科夫 (245)

第五篇

矿物学找矿的几种专门方法和 某些特征矿物的找矿意义

温压地球化学普查方法	Н.П.叶尔玛科夫 (255)
根据黄铁矿的电物理性质评价含硫化物矿带及预测金矿化的方法	Ю.Д.热列布佐夫等 (274)
脉石英的标型特征及其在找矿中的应用	Г.А.尤尔根松 (280)
矿物中的结合水是矿化的指示标志	П.В.科玛洛夫 (292)
应用岩石含水性测量法寻找热液蚀变带	Г.В.谢列布里亚科夫等 (297)
利用绿泥石普查铅锌矿床的实例	Н.С.萨姆索诺娃等 (302)
根据金红石的分布勘查斑岩金属矿床	Е.Р.福斯等 (310)
电气石及其在找矿勘探中的意义	吴振寰 (316)

找矿矿物学与矿物学填图 研究工作的重大进展

王 贵 安

当代应用矿物学研究的重要领域之一——找矿矿物学，是七十年代以来随着固体物理学和晶体化学的迅速发展以及许多新的技术方法引入矿物学所开拓的新领域。矿物学填图工作，当前被认为是现代矿物学方法学上的一项重大成就。在苏联，这两方面的研究工作经过最近十多年的探索总结，已经获得了可喜的成果，现就其发展动向概述如下。

一、找矿矿物学——一门值得重视的

新兴应用科学

矿物学普查方法，其中包括重砂测量、河流碎屑法和冰川-漂砾法，在地质测量中对岩石蚀变带和矿体露头的研究以及对一定地区的构造和岩浆活动性质的研究等等，迄今一直都是找矿工作的基础。然而，近几十年来出现了许多新情况：

1、随着有计划地开展地质测量和普查工作，出露地表的和容易寻找的矿床和矿点越来越少，因而导致必须寻找盲矿和隐伏矿，找矿工作进入了一个新时期。

2、每年各国都有越来越多的大型矿床投入工业开采，但是，许多呈微细浸染矿化的大型矿床相对较贫，在地质测量过程中很容易被漏掉。

3、近年来，诸如地球物理学、地球化学这类科学得到蓬勃发展，新出现的一些找矿方法使人们可以发现未出露地表的矿床，并且可以揭示出肉眼难以鉴别，往往无法看到的矿化。地球物理探矿和地球化学探矿成为找矿工作的重要组成部分。特别是，化探样品简便易采，仪器分析灵敏快速，资料处理可以通过计算机进行以及提出了三维地球化学场具有分带性等等，使地球化学方法得到广泛利用。

但是，在大量化探异常中，有许多或者是由造岩矿物中元素的偏高含量引起的，或者是由小矿点引起的。每年为了检查化探异常，往往增加昂贵的钻探工作量，费用多，时间长。因此，对于找盲矿、隐伏矿和地表不易识别的矿来说，无疑必须使用新的普查方法。

当前，找矿工作的特点之一是应用新理论、新技术和新方法，全面地、系统地、典型地对成矿区、矿田和矿床进行研究和总结，得出矿床形成的地质环境、物理-化学条件等规律，在这里矿物学起着十分重要的作用。近年来，苏联在大量分析金属矿床的矿物标型及评价准则的基础上，已经揭示了矿物学方法，特别是矿物标型学说在地质找矿中具有很大的潜力，并已在铜、金、钨、锡、钼、多金属及稀有金属等矿床的普查-勘探工作中取得了明显的成就。当然，理论找矿除矿物学找矿方法外，还有成矿模式-成矿预测法、岩石-地球化学法、控矿构造和层控构造分析法等等。但是，不论哪一种找矿方法，其找矿信息基本上都来源于矿物本身，并都以矿物标型反映出来。

找矿矿物学是现代应用矿物学的新兴领域，最先由苏联地球化学家 A. E. 费尔曼和 B. И. 维尔纳茨基创建。他们把矿物学找矿方法与地球化学找矿方法联系起来，提出矿物-地球化学找矿研究方向，并以详细研究物质、分析矿物共生组合、查明矿化指示矿物为基础，与矿物标型学说紧密相关，特别是把元素的富集与矿物生成作用的不同阶段、元素一定的迁移规律及当物理-化学条件发生变化时元素在各种地球化学障中的沉淀联系起来进行研究。近年来，随着理论找矿工作的兴起，苏联地质学家 A. И. 金兹堡、H. П. 尤什金等人将其进一步发展，并明确地将这门学科称之为找矿矿物学。于是，矿物学找矿理论和方法便在原来的矿物-地球化学找矿基础上迅速地发展起来，而且受到了越来越广泛的重视。发展找矿矿物学的目的，在于为地质普查勘探工作的各个阶段建立普查-评价的矿物学准则和提出矿物学找矿方法的科学依据。这一学科的理论基础是有关矿物标型特征、矿化指示矿物、矿物共生组合、矿床分带性、矿体和近矿围岩蚀变以及表生带中矿石矿物和伴生矿物性状的学说。其主要观点是：

1、如果一种矿物局限于较窄的严格固定的物理-化学条件内，并只见于一种成因类型的矿床中，那么，这种矿物的出现本身就可作为这些条件的指示性特征。在这种情况下，矿物本身就是标型，并可起找矿标志的作用，如氧化带矿物孔雀石、赤铜矿等。

如果矿物存在的物理-化学条件较宽，并且该矿物见于几种类型的矿床中，那么，起找矿标志作用的既可是矿物本身，亦可是与其伴生的颇为固定的矿物组合。如指示变质相的标志矿物就是如此。

如果分布广泛的矿物是贯穿矿物，并在不同的条件下与其它矿物共生，那么，起主要标型作用的应该是其成分、结构和性质的特点，据此很容易查明该矿物的成因。

2、如果矿物形成于同一条件中，并在其进一步发展过程中发生了相同的变化，那么，它就具有相同的组成、结构和性质特征。这种观点，是从矿物学角度对沉积岩、变质岩和侵入岩进行对比的基础。对于区分标志地层、对比和追索哑地层来说，矿物可以起到动物化石的作用。根据副矿物成分和数量对比喷出岩体的方法曾多次被 B. B. 利亚霍维奇所补充。通过对比砂矿及其周围基岩中的矿物，可以查明剥蚀源地，并据此得出重要的找矿结论。通过对变质岩副矿物的研究常常可以恢复变质岩的原岩成分。

3、如果同样的矿物见于各种成因类型和建造类型的矿床中，那么，它们会有一些彼此不同的特点，根据这些矿物的典型的标型特征可以确定矿床的成因类型。例如，根据晶体形态、颜色和杂质元素，我们可以区分伟晶岩中、石英脉中和硫化物矿石中的锡石。目前对许多矿石矿物和造岩矿物查明了可以解决这方面问题的特点，并把这些资料收入专门的矿物标型手册中。

4、在同一矿床范围内不同矿物形成时期和阶段所出现的同种矿物之间必然有所区别，据此可以划分矿物世代，进而揭示最有远景的成矿阶段和确定成矿过程的地球化学演化特点；还可以追索在一个统一的矿物形成过程中某种矿物一定的替代倾向。

5、在同一矿物形成阶段，某种矿物由于温度、压力和挥发组份逸度会随深度的增加而发生变化，首先是其中杂质元素和杂质中心的数量发生变化，使矿物组成总随深度的加大而异。由于挥发组份逸度的变化，在矿体顶部地段挥发分过剩，矿体根部及矿下地段则不足，这正说明矿物首先是硫化物和硫酸盐的组成具有化学计算的结构。在近地表处，由于氧化电位的升高，变价离子的氧化度也相应提高。生长晶面上杂质数量的变化也决定着晶形随深度增加而发生变化，此乃近年来由И.Б.柯斯托夫、И.И.沙弗拉诺夫斯基、И.З.叶夫济科娃等发现的规律。随着深度的增加，由于存在地热梯度差异，气-液包裹体的均一化温度也发生变化。矿物组成随深度增加所发生的变化致使矿物组合发生替代，出现矿体顶部和根部特有的矿物及矿物组合。地球化学家查明的地球化学场的三维分带性表明，矿体的矿物成分及个别矿物的成分随深度及沿横向发生规律性变化。而现在所查明的矿物标型特征发生变化的垂向分带性，实际上是评价矿体侵蚀截面水平及其远景的基础。

6、由于矿化是发生于地球化学障中，即发生在温度和压力急剧变化、酸-碱度发生变化、氧化-还原电位及组份活动性改变的环境中，所以矿体和非矿体中的同种矿物，首先是造岩矿物应当有某些区别。这些区别主要表现为矿物的个体发生、结构-构造特点、矿物中气-液包裹体以及矿物的准稳定和有序结构上。根据上述原则可以制定筛选矿体和划分有远景矿体的标准。

7、由于规模大的矿床同小矿点相比，是形成于另一种饶有差别的条件（受特殊容矿构造控制的特殊的挥发组份系统、多期产物、成矿组份浓度和活性均高）中，大矿床中的矿物在某些特点上应当有别于小矿床和矿点中的矿物。事实上，在深度很大，垂向矿化幅度也很大的大型矿床中，沿矿体倾斜在一般不大的间距（50~100米）内，矿物成分的变化是不明显的，或者没有变化。而规模小的矿床或矿点，矿物成分的变化却是十分明显的。由于大多数大型矿床是属于多成因的，具有漫长的形成过程，所以许多其它特点，特别是晶体化学特点也应当是不同的。因此，应当存在能够确定矿床规模的，可以将小的、无价值的矿点筛选出去的矿物标志。

8、在找矿矿物学中拥有重要意义的是物质作用法则。在与矿化伴生的矿物中，成矿混入元素的含量偏高就是这种作用以矿物形式表现出来的结果。因此，根据造岩矿物和副矿物中成矿元素含量偏高的现象，便可以发现矿床。例如，在古老的变质岩中，巨大的层状铅锌矿床不仅伴生有锆尖晶石，并且在矿床周围的这些岩层中十字石亦富含锌。铈榴石伟晶岩同与其类似的、但不含铈榴石的伟晶岩相比，其特点是在锂云母和微斜长石中铈的含量急剧增高。含锡矽卡岩的特点是石榴石中锡的含量偏高，含锡硫化物-硅酸盐建造的特点则是电气石中锡的含量较高，等等。

以上述找矿矿物学的主要观点为基础，可解决许多在大比例尺地质测量过程中和在普查-勘探工作的各个阶段出现的问题，其中包括：

- (1) 在地质测量过程中对比哑地层，划分标准层；
- (2) 在地层剖面中划分有利于赋存矿床的层位；
- (3) 根据变质程度划分变质层、同时区分变质相和亚相，有助于一定类型矿床的预

测，

- (4) 区别动力变质和冲击变质；
- (5) 根据重砂矿物的标型特征，查明原生的剥蚀源地；
- (6) 查明各类侵入杂岩的建造属性，对其进行对比，并确定潜在的含矿性；
- (7) 根据碎屑、漂砾、重砂或人工重砂的矿物颗粒，确定矿床成因类型，在某些情况下，根据砂矿的矿物学分带性可以查明这些矿床的侵蚀截面水平；
- (8) 根据矿物学准则发现有利于矿化存在的交代蚀变岩石的局部带和地段，并将它们从区域蚀变岩石中划分出来；
- (9) 根据氧化带和风化壳的矿物确定原生矿石成分；
- (10) 根据矿物-矿化的直接和间接标志，圈定有找矿远景的地段；
- (11) 通过研究在地球化学晕中矿化存在的矿物学形式，筛选地球化学异常；
- (12) 大致确定重砂中 useful 矿物距原产地的距离；
- (13) 制定区分矿体与成分近似的无矿产物的准则；
- (14) 确定所发现的矿化的成因类型，并据此评价其远景；
- (15) 确定矿体的侵蚀截面水平及其向深部的延伸情况；
- (16) 区分岩石蚀变的矿上晕和矿下晕；
- (17) 评价所发现的矿化规模；
- (18) 查明矿物组成随深度的变化，矿化分布的分带性，并以此为依据，预测在纵向上的矿化状况。

上述任务主要是在分析矿物及其共生组合的标型特征基础上完成的。近年来，研究矿物标型的工作仍在继续发展，在 27 届国际地质会议期间，曾被列为“矿物学”分组会议的专题研究项目。1983 年，在苏联由全苏矿物协会莫斯科分会组织召开了矿物标型会议。这次会议内容十分丰富，讨论了如何发展矿物标型学的问题；提出了对已经积累起来的资料进行总结和对许多地质产物（首先是矿石和岩石建造）要建立起矿物标型特征系统的任务；强调了查明成矿作用的时-空演化系列的重要性。会议还明确指出要对地幔成因岩石、简单和复杂硫化物予以特殊的重视，并详细审查了多源矿床的指示矿物及其在研究西西伯利亚和中亚矿田过程中的利用情况。显而易见，近年来苏联众多的矿物学家的研究成果进一步发展了矿物标型学说，并肯定了许多在找矿工作中最便于采用的经验，构成了新的寻找内生矿床，特别是隐伏内生矿床的方法，主要是：

1、晶体形态方法

H.3. 叶夫济科娃称之为“找矿晶体形态学”。近年来，通过大量的观察统计表明，在矿田范围内，同种矿物的各种结晶形态在分布上具有一定的纵向和横向分带性；因此，根据基岩和疏松沉积物中矿物晶形的发育情况，便可以预测矿化地段，确定矿化的建造属性，圈定侵蚀截面水平和纵向延伸长度。此法对金刚石特别有意义，只要根据其结晶习性的比例关系，便可以查明金伯利岩筒的含矿程度。从普查观点来看，研究重砂矿物的晶体形态的标型特征前途极大，因为根据矿物晶体形态，能够预测原生矿化带的建造属性。例如，根据 B. B. 利亚霍维奇的资料，信封状楣石晶体常见于花岗岩类岩石发育区，而细柱状楣石晶体则常见于碱性岩发育区。最近在苏联，研究了阿塞拜疆的高温硫化物矿石，并查明是以立方体和八面体黄铁矿晶体为特征；而中温矿石中，黄铁矿晶体形态则为五角

十二面体。E. M. 扎哈洛娃研究了黄铁矿的简单形态以及呈黄铁矿假象的褐铁矿，并对冲积层中立方体、八面体和五角十二面体黄铁矿的分布区进行了填图。

2、以定量测定交代蚀变岩石的矿物含量为基础的方法

在矿田范围内，围岩通常发生蚀变，其中新生成的矿物如黑云母、白云母（绢云母）、微斜长石、钠长石、冰长石、石英、高岭石、绿泥石、绿帘石等广泛发育。对岩石中的这些矿物和指示矿物（黄玉、萤石等）进行定量测定，并用等值线圈出其分布范围，就可以查明矿田的交代分带，并指示矿体的可能位置。利用矿物相衍射测定、快速量子光学分析法和热分析法能进行矿物的定量测定。

3、以内生矿田中有蒸发晕存在为基础的方法

由于矿田中的围岩多次遭受热液作用，围岩的矿物中就会产生大量次生液态包裹体。而在远离矿田的类似岩石中则没有这种包裹体。将岩石加热后产生的爆裂曲线记录在爆裂记录仪上，就可以查出蒸发晕，根据这种晕可以圈出矿田，发现未出露地表的盲矿。这种找矿方法是苏联人 H. П. 叶尔马科夫首先提出来的，已在实际工作中得到广泛承认。他还提出了所谓古温度找矿法，其原理是利用围岩矿物中的气-液包裹体，通过沿剖面进行选线温度测量和对钻孔进行“爆裂测井”，确定爆裂强度的变化和包裹体均一化温度下降情况，进而确定矿床应当位于哪一个地段。

4、以在重砂轻组份中查明次生蒸发晕为基础的重砂爆裂法

内生热液矿床及与其伴生的蒸发晕，在受到机械破坏之后，进入疏松沉积物中的矿物，其气-液包裹体的爆裂温度不同于无矿地段的矿物。因此利用重砂测量过程中分离重组份时获得的轻组份，用爆裂法测定包裹体爆裂温度及强度是一种简便有效的找矿方法。

5、以测定岩石含水量为基础的方法

在热液作用发育地段，围岩一般富含水，这些水赋存在云母、绿泥石和粘土矿物中以及所有其它矿物的大量次生包裹体中。将岩石标本加热到 110°C 以上，测出岩石中释放出的总水量，将所得数据填到地质图上，即可根据岩石含水量等值线圈出热液蚀变作用最发育的地段。此方法在找内生矿床，特别是隐伏内生矿床时起了极好的作用。苏联哈萨克斯坦矿物原料研究所已经使用此方法来测定岩石的变质作用，在寻找脉状和网脉状稀有金属矿床中也起了明显作用。这种找矿方法已由苏联国家一级予以承认；同时他们研制生产了一种“全岩水测量仪”，于 1984 年通过实验鉴定，并列入了苏联国家计量器具登记注册。

6、热发光法

矿田范围内的岩石屡次受热，其热状态不同于远离矿体的岩石，因而热发光曲线也不同。这种特征在矿上带、隐伏花岗岩钟、网脉带、岩石交代带和矿体之上应有明显表现。找矿实践说明，利用这种方法能够在含石英、长石、碳酸盐的岩石中查明含矿地段。

7、以查明矿物中辐射缺陷为基础的方法

在分析电子顺磁共振谱的基础上，可以查明矿物形成的温度和压力条件。顺磁中心浓度的分布情况是含矿石英脉的标型特征。含矿石英的波谱形式，由于其混入了大量微量元素而比无矿石英的波谱形式复杂得多。采用这种方法研究重砂中轻矿物部分，会有助于查明原生“含矿”石英的剥蚀源地。这就是所谓的通过查明与微量杂质的带入有关的结构缺陷筛选石英法。

8、查明矿物分带性法

矿物成分随深度加大发生有规律的变化,有时会出现矿物共生组合的替代。这些特点决定了金属矿床和其周围以及矿上带具有地球化学分带性,它是迄今广泛采用的地球化学找矿方法的基础。而对某些矿物进行分带性的研究,尽管较之从整体上研究岩石更为复杂,但却能获得对比度更强的结果。实际上,化探工作的进一步发展,在很大程度上要取决于对金属矿物浸染带成因的研究,对浸染带与交代岩相之间的关系的研究以及对交代柱生成过程的研究。而这些正是要通过研究物质结构中矿物这一级来实现的。大量资料证实,在近矿晕空间内,有99.99%的化学元素都具有矿物形式,而不是呈原子、离子或分子形式存在的。因此,在评价地球化学异常的过程中,对一定矿物的成分进行研究就更为重要,此乃介于矿物学和地球化学之间发展起来的新的研究方面。

9、矿物结构标型方法

矿物的结构特点可以广泛用作矿床普查和评价准则。这在进行下列工作时尤为重要,如确定岩石建造属性、分析变质相、区分含矿的岩石蚀变带和圈定矿上的岩石蚀变地段,等等。

矿物最富于信息意义的结构特点有:矿物特别是长石等造岩硅酸盐类的有序度;受成分的非化学计算结构所决定的矿物的缺陷情况;层状硅酸盐的多形变体;矿物的混层结构等,在许多情况下起着矿化指示作用。

10、矿物颜色定量测定方法

这是一种极为重要的标型特征。近年来借助光谱对矿物进行颜色定量评价已经成为可能。利用这种方法分析了镁铝榴石类中石榴石,并从中划分出可以作为金刚石矿化指示标志的石榴石变体。

11、矿物热电性测定方法

在各种硫化物型金矿床中,在许多情况下可以确定偏高含金量与空穴导电型及电子导电型黄铁矿之间的联系。发现空穴导电型黄铁矿随着从矿体根部向顶部、从高温向低温产物的过渡,出现规律性的向电子导电型黄铁矿转变的现象。根据黄铁矿热电性,还对矿床侵蚀截面深度作出了评价。大量研究结果表明,这与圈定和评价矿体侵蚀截面的地质-地球化学资料十分吻合。对黄铁矿热电动势进行大量测量,是一种花费不大而又富有成效的方法。国外,在硫化物型矿床实际勘探工作中,尤其是在普查金矿过程中,这一方法被建议广泛采用。

所有上述方法在地质-勘探工作中均可带来较大的经济效益。在运用这些矿物学找矿方法时,应当注意使野外地质人员能直接在野外条件下或实验室内进行,并且速度要快。苏联于1983年召开了有关找矿矿物学现代野外方法专题讨论会,并指出上述各项方法在今后要重点发展。

二、矿物学填图是提高普查勘探和 矿床开采效益的重要手段

矿物学填图与区域矿物学的发展,关系十分密切。前者是矿物学研究领域中的重要方

法。最近发表的资料提出，区域矿物学的任务是对较大区域内的不同矿物学特点的研究和表征。近年来，随着区域矿物学研究的深入发展，在矿物学领域内，将对宇宙体的研究（宇宙矿物学）、地幔的研究（地幔矿物学）和地壳的研究（地壳矿物学）加以区分，分别进行。与此同时，在进行局部性矿物学调查中，也有岩体、岩层、矿床、矿田以及矿带的区别。

在对有工业价值的矿化区和矿化带进行大比例尺局部矿物学调查过程中，矿物学填图是查明矿田分带和岩体构造的重要方法，并已广泛应用于找矿实践，特别是研究含矿区、矿田和矿床的实践，在苏联已被确认为现代矿物学重大的方法学成就之一。由于矿物学填图工作的开展，而使矿物学这门学科有效地实现了“地质化”，促进了矿物学与地质找矿工作的密切结合，为地质目的开展矿物学研究进而得到了加强。如今，把矿物不仅作为一种物理体和化合物加以研究，而且首先是作为地壳的组成单元和地质成矿过程的产物加以研究的。

矿物学填图方法的科学基础是一套密切关联的方法与任务，可归结为一个体系：目的——填图要素——填图比例尺——填图对象的成因类型研究——面积填图或立体填图——确定采样网度——样品数量（或观测点数量）——各种定量的或定性的矿物学分析和测定——分析和测定数据资料的处理方法——各种资料的填图方法——经济因素（工作价值）——工作完成日期。

鉴于上述各项方法任务已在本书有关译文内详细介绍，故在此不多赘述，仅就下列四方面问题做些说明。

1、在苏联特殊强调了矿物学填图的意义

局部矿物学调查的目的就是总结在一定地区内遇到的矿物的全部资料，或者说是确定矿物及矿物共生组合在不同规模的地质体系内形成和分布的规律性。为了预测新矿床，为了提高普查工作效果和实现矿产利用的集约化，必须了解重要的矿石矿物和指示矿物的空间分布规律。这项重要任务应当用矿物学填图方法来完成。

在苏联，由于下述两种情况而特殊强调了矿物学填图的意义。第一种情况是，现已查明，矿物本身蕴含着很多信息，被称之为“成因记忆”，许多矿物都能起矿化标志的作用，常常在野外条件下用成本低、速度快的方法对矿物进行研究，就可以取得对正确确定普查工作方向有重要意义的资料。第二种情况是，1982年苏联地质部通过了关于编制重要矿区1:5万比例尺国家地质图的决议，并强调与其同时进行大量普查工作，包括地球物理的、地球化学的、构造的、岩石学的和矿物学的普查工作。通过这些工作应当估算测区 P_1 和 P_2 级预测资源量。这样，区域或局部矿物学调查任务就与找矿矿物学的工作紧密结合起来了。这就是近年来被苏联地质-矿物学家在许多文献中指出的区域或局部矿物学新的发展方向、新的工作任务的全部所在——编制同样比例尺的矿物学图，查明矿物组合、矿石矿物、矿化指示矿物以及具有一定标型特征的一些矿物的空间分布规律。

2、编制矿物学图件的比例尺

目前，比较一致的意见是，矿物学测量最好按三种基本比例尺进行，编绘三种类型的图件，且各有不同的目的。

(1) 配合1:5万比例尺地质测量的中比例尺矿物学填图。这种图件应当能用来发现矿化显示和新矿床，有助于估算 P_2 级预测资源量。这种比例尺的矿物学图件实际上应当与地

球化学图件相匹配，因为只根据地球化学异常，而不晓得元素赋存的矿物形式，实际上不可能作出任何定量预测。

(2) 矿田或有远景岩体的大比例尺矿物学图件，基本上为1:1万比例尺，只有当矿田范围很大的时候，才采用1:2.5万比例尺。这种图件应当是确定P₁级预测资源量的基础，可用以查明矿田的分带、矿化交替，扩大矿区远景。

(3) 工艺-矿物学图件，根据矿床范围的大小，可采用1:5,000~1:500比例尺，常用的是1:2,000比例尺。编制这种图件的目的在于在进行详细勘探的矿床范围内，确定矿化的空间分布规律，划分矿石的工艺类型和矿石品级，并查明扩大矿床远景的可能性。

3、矿物学填图在整个地质测量工作过程中的位置

值得探讨的一个问题是：要进行矿物学填图或矿物学调查，在何时进行才是适宜的？在1:5万比例尺地质测量之前，之中，还是之后？根据A.И.金兹堡等人意见，这类工作在地质测量工作的各个阶段都应当进行。重砂测量，象取不同岩石组合的人工重砂样一样，应与地球化学工作类似，在地质测量之前进行；在这一段工作中，必须解决能否根据矿物学资料划分和对比岩石的问题。在查明重砂矿物组合，并对其进行填图过程中，不仅要利用主要矿石矿物，而且还要利用有指示意义的重砂伴生矿物及其在疏松沉积层中的分布特点的全部资料。因为有些原生矿石矿物在表生带内不很稳定，但与原生矿石矿物有成因联系的伴生矿物在机械晕中都保存完好，所以利用这种伴生矿物，便可以有效地发现矿床，从而使重砂找矿的作用得以充分发挥。区域或局部矿物学调查的其它主要工作一般应与地质测量阶段同时进行，特别是在这一阶段应当进行岩石蚀变带的矿物学填图，有可能的话，要从矿物学角度深入解释已经发现的地球化学异常。在地质测量之后，应当借助矿物学和地球化学方法筛选已发现的矿化和矿点。

4、国外有关研究矿物空间变化规律，建立各种矿物空间分带模型，采用矿物学方法评价矿床的一些情况

有关这方面的资料目前已经积累很多，在这里只能做些简单介绍。

矿物空间分带模型是在对含矿区、矿田或矿床成矿特点全面了解的基础上，通过研究其不同部位矿物组合和矿物个体的特点而建立起来的。编制这种能够反映具有找矿意义的矿物学特点（矿物学普查标志）的模型的实用性很强。国外在老矿区外围找矿，通常都要首先研究已知开采区的矿化规律，研究矿物的空间变化规律；然后，借助于对这些规律的认识在同一矿带进行找矿，均收到了很好的效果。据文献记载，五十年代以来，北美发现的斑岩铜矿，其中绝大部分都是靠这种方法在已知地区附近找到的。例如，美国的卡拉马祖大型斑岩铜矿床就是凭这种经验找到的。国外很注意一个矿带、一个矿田某一成因类型矿床的矿物空间分布规律的研究。1979年在英国召开的“酸性岩与成矿作用”的国际性讨论会上，讨论某个成矿区带矿物的时间、空间变化规律的论文是相当多的。

在苏联，“矿物学填图”这一术语最初是由苏联地质-矿物学家H.Б.彼得罗夫斯卡娅于1959年提出的。按她的意见，应将此术语理解为“在野外条件下（藉助山地工程）追索和在图上圈定出有规律地重复出现的具有不同成分、不同结构和不同成因特征的矿物生成物的发育区”。她据此为乌拉尔黄铁矿型矿床编制了矿物学平面图和剖面图。

鲁德内阿尔泰多金属-黄铁矿型矿床的矿物学填图，也是五十年代由H.M.米特里娅耶娃最先从尼古拉耶夫矿床开始进行的。填图成果被用于论证矿床向深部和两翼的远景评

价。此后，在许多矿床上运用这种填图方法进行研究的还有哈萨克加盟共和国科学院地质研究所的矿物学家们。他们与东哈萨克斯坦地质生产联合体、列宁诺格勒地质勘探大队共同从事了这方面的工作。在研究各个矿床中，通过矿物学填图查明了不同类型矿石的带状分布情况。在多数矿床的矿体中出现了象在阿尔泰和其它黄铁矿型矿床中常见的那种沿矿体厚度的分带性。这种分带性既与成矿条件的变化有关，也与成矿阶段有关。通过填图证实了在矿体下盘主要发育浸染状矿化。目前已对填图工作经验做了总结。

近二十年来，斯维尔德洛夫斯克矿业学院的矿物-岩石教研室，在Г.Н. 韦尔图什科夫领导下，开展了对不同研究对象（主要是金矿、水晶、祖母绿、硫化物等矿床）所做的矿物学填图的重要方法研究和实际工作。这类工作目前仍在继续进行中。由于将矿物学填图视为一种独立的研究工作，而且提高了矿物学在普查、勘探及评价地质体等方面的作用，因而使地质工作更加深入了。这一点在象乌拉尔那样一些勘探程度很高的地区表现得尤为明显。

在Н.П. 尤什金领导下，亦正在对乌拉尔和提曼含矿区进行矿物学填图的广泛的经验总结。这里的古热液构造通过矿物构成（结构、成分、性质）上的特点表示出来。其界线则是依据沸石、云母、方解石和石英的标型圈定的，内部结构及其分带性则是由“贯通式”矿物显示的。据称，为了查明矿化分布规律和解决预测-普查任务，在这里利用矿石矿物本身的和与其具有同源结构的矿物的特点取得了成功。

苏联还在其它一些地区和矿田进行了矿物学填图。在稀有金属伟晶岩和稀有金属花岗岩区，根据岩体中石英的Li、Be、Sn含量，填制出地质-矿物学图，从中找出稀有元素矿化最有远景的地段。乌拉尔一套微细浸染型金矿床，矿体中的金与黝铜矿-砷黝铜矿系列中的砷含量呈直线关系。在这个矿物系列中的砷、锑含量又与矿物晶胞参数 a 有直线关系，并用电子计算机算出了矿田内428块标本中这种矿物的 a 值。而黝铜矿含砷量，从矿田边缘到中心地带有明显的变化；于矿田中心地带划分的含砷黝铜矿最多的地段，正是金矿化垂直幅度最大的部位。对这一金矿床深部层位进行矿物学填图的专题研究取得的成果证明，评价工业发达地区正在开采中的矿床的远景具有特殊的意义，对矿田作综合性研究是非常重要的，而在这一整套工作中，矿物学填图应当起相当大的作用。

Н.З. 叶夫济科娃等人根据晶体形态分析，评价了苏联滨海地区锡-金热液矿床的矿化深度和剥蚀程度。采用同样的方法，也就是按照黄铁矿的晶体形态的空间变化规律，完成了阿穆尔河（黑龙江）流域的含金石英脉矿床的评价工作。

1983年10月在苏联米阿斯城召开了题为“矿物学填图是含矿区的调查方法”的会议。会上论及的矿物学填图范围主要是含矿区、矿田、矿床、矿体及矿段。会议强调指出，必须进一步发展矿物学填图方法，并推广到生产实践中去。从会议的报告内容看，矿物学填图的目的明确是为了应用，包括在成因-信息、预测-普查和工艺-评价三个方面。通过这次会议，还使工艺-矿物学填图发展的基本方向得到统一，就是：①划分和圈定矿石的工艺品级；②使矿床工艺取样达到最优化；③控制可采矿石的质量和使其平滑化的界线。

总之，近年来，在矿床普查、评价和勘探过程中，进一步利用矿物学研究成果的趋势得到了稳步的发展。从矿物学找矿和矿物学填图的大量应用实例中可以令人信服地看到，加强矿物学填图工作对提高地质-普查勘探工作效果确有积极的促进作用。尽管矿物学找矿还有待进一步发展，但只要将其方法与地质、物探以及化探等方法密切结合，在普查金刚

石、金、铂族元素、稀有和稀土元素、多金属矿产以及萤石、辰砂、宝石等多种矿产方面已经并将进一步显示其重要作用。

主要参考文献

1. Gorden, L. Nord Jr., Mineralogy, 1980, «Geotimes», Vol. 25, № 2, Mineralogy, 1981, «Geotimes», Vol. 26, № 2; Mineralogy, 1982, «Geotimes», Vol. 27, № 2.
2. Rondquist, D. V., Metallization Associated with Acid Magmatism, pp. 279-290.
3. Volume V of Abstracts Presented for the 27th International Geological Congress, Sections 10-11, pp. 55-58, 205-208.
4. Выборв, А. И., Рентгенолюминесценция флюорита как элемента минералогического картирования. «Минералогический журнал», т. 6, № 1, 1984.
5. Гинзбург, А. И., Минералогические методы и критерии при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. «Записки ВМО», вып. 4, 1982.
6. Гинзбург, А. И., Основные проблемы и задачи региональной минералогии. «Минералогический журнал», т. 5, № 2, 1983.
7. Гинзбург, А. И., Основные направления современной прикладной минералогии. «Минералогический журнал», т. 6, № 3, 1984.
8. Гинзбург, А. И., Развитие идей А. Е. Ферсмана о минералого-геохимических методах поисков. «Минералогический журнал», т. 5, № 3, 1983.
9. Ермаков, Н. П., Флюидные включения в минералах и их роль в изучении гидротермального рудообразования. «Тезисы 27-го международного геологического конгресса», тт. 10, 11, с. 206-207.
10. Евзикова, Н. З., Поисковая кристалломорфология. Недра, 1984, с. 82-126.
11. Евзикова, Н. З., Минералогические критерии оценки рудоносности. 1981.
12. Жабин, А. Г. и Самсонова, Н. С., Минералогические методы при исследовании околорудных ореолов. «Записки ВМО», вып. 1, 1981.
13. Жернаков, В. И., Минералогия и петрография Урала. Свердловск, 1976, с. 80-82.
14. Исмаилов, М. И., Типоморфизм главнейших минералов вольфрамовых и золоторудных месторождений Узбекистана и его поисково-оценочное значение. «Тезисы 27-го Международного геологического конгресса», тт. 10, 11, с. 58-59.
15. Левицкий, О. В. и Смирнов, В. И., Значение первичной зональности для поисков рудных тел гидротермального происхождения невыходящих на поверхность. «Советская геология», № 2, 1959.
16. Махимова, З. М., Установление перспектив оруденения по термоэлектрическим свойствам пирита. «Разведка и охрана недр», № 4, 1984.
17. Овчининко, Л. Н., Акцессорные минералы магматических и метаморфических пород. Наука, 1982, с. 3-5.
18. Павлишин, В. И., Типоморфизм кварца, слюда и полевых шпатов в эндогенных образованиях. Научная думка, 1983.

19. Петровская, Н.В., Минералогические признаки и критерии оценки рудных месторождений гидротерм гевезиса. «Минералогические критерии оценки рудоносности», 1982.
20. Плюшев, Е.В. и др., Картирование гидротермально-метасоматических образований. «Методика изучения гидротермально-метасоматических образований», 1981.
21. Попова, В.И., Минералогическое картирование рудоносных территорий. Свердловск, 1985.
22. Серебряков, Г.В. и др., Петрогидрометрический метод поисков зон гидротермального метаморфизма. «Разведка и охрана недр», № 12, 1984.
23. Сидоренко, А.В., О значении физических теории и методов при изучении минералогического вещества. «Известия АН СССР, Серия геологическая», № 4, 1977.
24. Чесноков, Б.В., Минералогия и петрография Урала. Свердловск, 1976, с. 80-82.
25. Чекалин, В.М., Поиски и разведка скрыто-погребенных полиметаллических месторождений. «Разведка и охрана недр», № 1, 1982.
26. Чернов, В.И. и др., Распределение связанной воды в осадочно-метаморфогенных породах. «Разведка и охрана недр», № 7, 1983, с. 28-31.
27. Чухоров, Ф.В. и Пемровская Н.В., Советская минералогия в период между 26-м и 27-м международными геологическими конгрессами. «Минералогический журнал», т. 6, № 3, 1984.
28. Юргенсон, Г.А., Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. Наука, 1984.
29. Юшкин, Н.П., Типоморфизм минералов и минералогическое картирование палео-гидротермальных рудообразующих систем. «Тезисы 27-го международного геологического конгресса», тт. 10, 11, с. 208.
30. Юшкин, Н.П. и Матиас, В.В., Минералогическое картирование. «Минералогический журнал», т. 6, № 3, 1984.
31. Яковлев, Г.Ф., Геологические структуры рудных полей и месторождений. Изд-во Москов. ун-та, 1982.

