

矿产勘查靶区圈定的基础地质分析方法

邵九龙

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110001

DOI:10.61369/ETQM.2026030003

摘 要： 矿产勘查靶区圈定是矿产勘查工作的核心与起点，其精准度直接决定了后续勘查工作的成败与效益。在多种现代勘查技术并存的今天，基础地质分析作为一切工作的根基，其重要性非但没有削弱，反而在综合研究与科学决策中愈发凸显。本文深入探讨了以地层学、构造地质学、岩石学及矿化蚀变分析为核心的基础地质分析方法体系。文章系统阐述了如何通过地层与岩相古地理分析厘定成矿的“物质基础”与“空间场所”，如何通过构造解析揭示成矿的“驱动机制”与“就位空间”，如何通过岩浆岩分析辨识成矿的“热动力源”与“物质来源”，以及如何通过矿化蚀变研究直接追踪“成矿踪迹”。本文旨在强调，只有将扎实的基础地质研究与现代勘查技术深度融合，构建起系统、动态的成矿模型，才能实现从“经验找矿”到“科学找矿”的跃升，从而高效、精准地圈定出具有高找矿潜力的勘查靶区。

关 键 词： 矿产勘查；靶区圈定；基础地质分析；成矿系统；成矿预测

Basic Geological Analysis Method For Delineating Mineral Exploration Target Areas

Shao Jiulong

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning 110001

Abstract： The delineation of mineral exploration target areas is the core and starting point of mineral exploration work, and its accuracy directly determines the success or failure and benefits of subsequent exploration work. In today's world where multiple modern exploration techniques coexist, the importance of basic geological analysis as the foundation of all work has not weakened, but has become increasingly prominent in comprehensive research and scientific decision-making. This article delves into the fundamental geological analysis methodology system centered around stratigraphy, structural geology, petrology, and mineralization alteration analysis. The article systematically explains how to determine the "material basis" and "spatial location" of mineralization through geological and lithological paleogeographic analysis, how to reveal the "driving mechanism" and "positioning space" of mineralization through structural analysis, how to identify the "thermal power source" and "material source" of mineralization through magmatic rock analysis, and how to directly track the "mineralization trace" through mineralization alteration research. The purpose of this article is to emphasize that only by deeply integrating solid basic geological research with modern exploration technology and constructing a systematic and dynamic mineralization model can we achieve a leap from "empirical prospecting" to "scientific prospecting", and efficiently and accurately delineate exploration target areas with high prospecting potential.

Keywords： mineral exploration; target area delineation; basic geological analysis; mineralization system; metallogenic prediction

引言

矿产资源是现代工业社会的“粮食”与“血液”，其勘查与开发事关国家经济安全与战略发展。在矿产勘查这一漫长而复杂的链条中，勘查靶区的圈定作为所有后续工作的先导与基础，扮演着“决策大脑”的角色。一个成功的靶区圈定，能够极大缩短勘查周期，降低投资风险，提高找矿成功率。随着遥感、地球物理、地球化学等高新技术在勘查领域的广泛应用，找矿技术手段日益丰富^[1]。然而，技术的进步并未改变一个根本事实：所有矿床的形成、改造与保存，都严格受制于其所处的地质环境与地质作用过程。任何脱离地质背景的物化探异常，都可能成为“无本之木”，导致勘查工作的误判与资源的浪费。因此，基础地质分析——这一看似传统的研究方法，始终是矿产勘查靶区圈定中不可动摇的基石。它不仅是解读各种间接信息的“金钥匙”，更是构建合理成矿模型、指导勘查部署的“总蓝图”。本文不追求面面俱到，而是力求深入，聚焦于地层、构造、岩浆岩及矿化蚀变这四大核心要素，系统论述其在靶区圈定中的分析方法、内在逻辑与实践意义，以期对地质找矿实践提供一份具有深度洞察力的理论参考。

作者简介：邵九龙（1988-），男，汉族，辽宁省沈阳市人，学历本科，高级工程师，研究方向：地质矿产。

一、地层与岩相古地理分析：成矿的物质与空间基础

（一）地层含矿性与地层层序的厘定

不同地质时代的地层，由于其形成时的古气候、古构造和古地理环境差异，其固有的地球化学背景和成矿专属性截然不同。例如，全球范围内的前寒武纪条带状铁建造（BIF）是巨型铁矿的母体；华南地区的泥盆系碳酸盐岩是层控型铅锌矿的赋矿层位；而二叠系的煤系地层则是煤炭和伴生稀有金属的载体。在靶区圈定中，首要工作便是建立工作区精确的地层柱状图，通过与已知成矿区的标准地层剖面进行对比，识别出具有潜在含矿性的“目标层位”^[2]。这一分析不能停留在简单的岩性描述和时代划分上，而应深入到元素地球化学层面。通过对不同层位系统采样，分析其主量、微量元素含量，特别是成矿元素及其共生组合的背景值与富集规律，可以圈定出“地球化学块体”或“矿源层”。例如，在勘查卡林型金矿时，富含有机质和细粒黄铁矿的碳酸盐岩或硅质岩层位，因其对金具有显著的吸附和还原能力，往往被视为高优先级的找矿目标层。因此，地层含矿性分析的本质，是寻找成矿作用的“物质仓库”，为靶区圈定提供最基础的“候选名单”^[3]。

（二）岩相古地理与成矿空间的耦合

矿床并非均匀分布于整个目标层位中，而是严格受控于特定的沉积环境与古地理格局。岩相古地理分析的目的，就在于重建地层沉积时期的古环境，预测矿体在三维空间中的有利赋存部位。以沉积型铝土矿为例，其形成需要湿热气候条件下的强烈风化（红土化作用）和就近沉积的局限盆地环境。通过岩相分析，识别出代表古风化壳的残积相、代表潟湖或沼泽的局限台地相，以及它们与代表正常浅海的开阔台地相之间的时空配置关系，就能够精准预测铝土矿矿体的展布范围与富集地段。同样，对于砂页岩型铜矿床，其矿体往往赋存于河流相或三角洲相中的河道砂体与泛滥平原泥岩的过渡部位，这里具备了氧化-还原地球化学障的条件，使得铜矿物得以沉淀富集^[4]。因此，通过编制关键成矿时期的岩相古地理图，可以将广阔的目标层位范围，聚焦到若干个特定的“成矿相带”内。这些相带构成了成矿流体运移的通道、物理化学条件剧变的界面，或是矿物沉淀的“圈闭”，是圈定具体靶区不可或缺的空间依据。

二、构造地质分析：成矿的驱动与定位机制

（一）成矿构造体系的识别与解析

矿床它们通常是区域性或局部性构造应力场作用的产物，并构成有规律的“成矿构造体系”。这个体系通常包含三个层次：导矿构造、配矿构造和容矿构造。导矿构造通常是深大断裂、区域性剪切带或板块缝合带，它们切穿地壳较深，为含矿流体从深部源区向上运移提供了主干通道。在靶区选区阶段，识别与厘定这类大型构造的展布、性质、压性、张性、扭性及多期活动历史至关重要。配矿构造是导矿构造与容矿构造相衔接的次级断裂、裂隙带或层间滑脱面，它们分散地、输移地将成矿流体输移到具体的成矿部位。容矿构造是矿体最终沉淀、富集的空间，尺度较

小，如断裂交叉处、断裂弯曲部位、背斜轴部的张性裂隙、火山机构的环状与放射状断裂等^[5]。野外工作中要通过系统的地质填图、构造剖面测量和应力场分析，厘清不同级次、不同期次构造间的生成关系，建构起工作区的“构造格架”。若将已知的矿点、矿化线索投绘到该格架上，往往能揭示出清晰的规律性，例如矿床等间距分布、沿断裂带串珠状分布或集中于背斜的倾伏端等。依据这种规律，能够有效地在未知区预测圈定新靶区。

（二）构造控矿的物理化学过程

构造控矿不仅提供空间，更深入地影响着成矿的物理化学过程。断裂带在活动中，岩石在破碎研磨作用下，会形成具有高孔隙度和渗透率的构造岩如角砾岩、碎裂岩，为流体流通和矿物沉淀创造了优越的物理条件。更重要的是，由于构造活动引起的压力骤降会引起流体的“沸腾作用”。促使气体（如CO₂、H₂S）从流体中逸出，改变流体的pH值、氧逸度等参数，导致金属络合物失稳而沉淀。此外，不同性质断裂的交汇处，常常是不同来源、不同性质流体发生混合的地方，流体的混合是导致矿质沉淀的极为有效的机制。因此，深入的构造分析需要结合矿相学、流体包裹体研究，反演成矿期构造活动的动力学过程及其引发的物理化学效应。只有理解了“为何在此成矿”，而不仅仅是“在此有矿”，才能从机理上提升靶区预测的科学性与准确性^[6]。

三、岩浆岩与成矿专属性分析：成矿的热引擎与物质源

（一）岩浆岩成矿专属性的判别

并非所有的岩浆岩都成矿，特定的矿床类型与特定成分、特定成因的岩浆岩有着密切的“亲缘关系”，即“成矿专属性”。例如，与斑岩铜钼矿相关的，通常是中酸性、高氧逸度、具斑状结构的钙碱性浅成-超浅成小岩体；与伟晶岩型锂铍矿相关的，往往是高分异的花岗岩；而与金刚石矿相关的，则是来自地幔深部的金伯利岩或钾镁煌斑岩。在分析中，需要从宏观和微观两个层面入手。宏观上，要查明岩体的产状、规模、形态及其与围岩的接触关系。微观上，则要通过岩石学、矿物学和地球化学研究，确定岩石的类型、系列、成因类型，以及关键的地球化学指标，如分异指数（DI）、锆石Ce⁴⁺/Ce³⁺比值、全岩Fe₂O₃/FeO比值等，这些指标是判断岩浆分异程度和氧逸度的有效探针。一个经历了充分结晶分异、富含挥发分的高氧逸度小岩体，通常被视为寻找斑岩型矿床的极佳标志^[7]。

（二）岩浆活动与成矿系统的时空耦合

成功的靶区圈定，还需要将岩浆活动置于更广阔的成矿系统中，分析其与地层、构造等要素的时空耦合关系。在时间上，需要确定岩浆侵位与成矿作用是同期的，还是存在先后关系。在空间上，需要分析岩体与控矿构造的空间配置，例如岩体是否位于区域性断裂的交叉点或转折部位。尤其重要的是对“岩体-围岩”接触带的研究。接触带本身就是一个物理化学条件剧变的界面，是矽卡岩型矿床的典型产出位置。此外，岩浆热液系统会驱动大规模的对流循环，将围岩中的成矿物质活化、萃取，并在有

利部位再沉淀，形成远程热液矿床。因此，靶区圈定不应仅仅局限于岩体内部，而应围绕岩体，根据地层岩性、构造发育情况，划分出“内接触带”、“外接触带”和“远接触带”等不同的成矿潜力区，进行分层次、有重点的勘查^[8]。

四、矿化与蚀变分析直接成矿踪迹

（一）矿化样式的识别与解译

矿化样式是矿石矿物的共生组合，结构构造及其空间分布特征。矿化样式：矿床类型不同，矿化样式具有特征性。如斑岩型矿床一般有“中心式”分带，可能由内向外有钾化带伴生浸染状黄铜矿、黄铁矿，向外有绢英岩化带过渡，再到外围的青磐岩化带。同时对地表露头、探槽、老洞中出现的矿化类型、矿物组合、不同矿化间的穿插关系等进行系统观察和记录，从而有助于确定矿化期次，推断深部可能存在的主矿体类型。一条带有多金属硫化物的石英脉，本身或可构成经济矿体，也可能是深部隐伏斑岩系统或矽卡岩系统“前缘晕”标志^[9]。

（二）蚀变分带模型与深部预测

围岩蚀变的范围通常比矿体本身要大得多，蚀变岩是找矿的更为醒目的标志。蚀变分析主要建立“蚀变分带模型”。通过对蚀变矿物组合，蚀变强度及其空间关系的研究，可以得到一个三维的蚀变晕结构。现代短波红外（SWIR）光谱矿物扫描技术的帮助使这项工作更具高效性和精确性。如绢云母、绿泥石、绿帘石、高岭石等蚀变矿物的快速识别及填图，可以很好地找出热液系统的中心与边界。譬如，绢云母结晶学特征可以指示其形成温度，从而判断其在蚀变系统中的位置。一个完整和对称的蚀变分带模

式，通常标志着一个保存较好，剥蚀程度适中的成矿系统。反之，若地表仅出露大范围青磐岩化带而缺失高温内核蚀变，则可能意味着剥蚀较浅，深部有盲矿体的潜力；若地表直接出露钾化核，则可能意味着剥蚀过深，主矿体已被破坏。因此，蚀变分析不仅仅是“发现”矿化的工具，也是“评估”矿床保存完整性和预测深部矿体的战略手段^[10]。

五、结论

矿产勘查靶区的圈定是一项信息综合与科学推理的复杂决策过程。在技术手段日新月异的今天，我们也应清醒地认识到，基础地质分析永远是这一过程的灵魂与根基。地层与岩相古地理分析为我们界定了成矿的“物质基础”与“空间场所”；构造地质分析为我们揭示了成矿的“驱动机制”与“定位空间”；岩浆岩分析为我们指明了成矿的“热动力源”与“物质来源”；矿化蚀变分析则为我们提供了最直接的“成矿踪迹”。这些方法不是孤立的，而是互相关联、互相印证的有机整体。一个成功的勘查靶区，往往是多种有利地质条件在时空上高度耦合的产物。未来的矿产勘查，必然走向更深、更隐蔽的地区，这要求地质工作者必须摒弃“唯技术论”或“经验主义”的倾向，坚持系统论的思维，将扎实的野外观察、精细的室内测试与先进的技术手段深度融合，构建起符合地质实际的、动态演化的“成矿系统模型”。唯有如此，我们才能在广袤的地球上，更有效地锁定那些珍贵的矿产资源，实现从“碰运气”到“有依据”的科学找矿跨越，为保障国家资源安全做出切实的贡献。

参考文献

- [1] 成永生, 曾德兴. 近十几年来构造地球化学研究进展及其矿产勘查应用现状 [J]. 地质学报, 1-21.
- [2] 于乐. 多金属矿产勘查中地质矿产勘查及找矿技术研究 [J]. 冶金与材料, 2025, 45(10): 142-144.
- [3] 俞兆龙. 地质工程测绘在矿产资源勘查中的重要意义研究 [J]. 新疆有色金属, 2025, 48(05): 65-66.
- [4] 周志强, 张承伟, 谢启鹏. 矿产资源综合利用与绿色勘查技术研究 [J]. 中国金属通报, 2025, (10): 103-105.
- [5] 孟健, 刘智荣, 黄静宜, 薛怀宇. 面向复合型找矿人才培养的“矿产勘查学”实践体系改革与探索 [J]. 科技风, 2025, (28): 47-49.
- [6] 班金彭, 宋继伟, 黄明勇, 彭坤, 文国江, 方青. 贵州省固体矿产绿色勘查钻探典型问题及技术对策 [J]. 钻探工程, 2025, 52(S1): 244-249.
- [7] 陈喜峰, 唐金荣, 施俊法, 陈秀法, 杨宗喜. 新世纪以来非洲大陆主要矿产勘查新进展 [J]. 中国矿业, 2025, 34(10): 242-253.
- [8] 陈宇, 杨华本, 籍哲羽, 鹿传磊, 宰俊文, 刘占辉, 闫永生. 中国东北浅覆盖区地质矿产绿色勘查实践与应用研究 [J]. 黑龙江国土资源, 2025, 23(09): 46-54.
- [9] 钟强生, 赵凯莉, 张航飞, 何永刚, 梁成. 四川乐山地区战略性矿产勘查研究进展和找矿突破策略 [J]. 四川地质学报, 2025, 45(03): 484-490.
- [10] 肖广玲. 三维建模技术在深部金属矿产资源勘查中的应用和优化建议 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(09): 61-63.