

露天透镜状铝土矿开采与地质圈定的综合研究

吴斌

遵义铝业股份有限公司，贵州 遵义 563125

摘要： 本研究综合探讨了露天铝土矿的开采和地质圈定技术，包括成因、特征、矿物组成分析，以及地质调查、勘探和资源评估。文章详细介绍了露天开采工艺、爆破技术和设备选择，并讨论了选矿加工和环境保护。通过案例分析，强调了地质圈定对提高开采效率的重要性，并对铝土矿的可持续利用提出了展望。

关键词： 露天透镜状；铝土矿；地质圈定；开采技术；选矿加工

A Comprehensive Study of Open Pit Lenticular Bauxite Mining and Geological Circling

Wu Bin

ALUMINUM CORPORATION OF ZUNYI LIMITED, Guizhou, Zunyi 563125

Abstract： This study comprehensively discusses the mining and geological circling techniques of open-pit bauxite, including the genesis, characterization, and analysis of mineral composition, as well as geological investigation, exploration, and resource assessment. The article describes in detail the open pit mining process, blasting technology and equipment selection, and discusses beneficiation processing and environmental protection. A case study emphasizes the importance of geological circling to improve mining efficiency and provides an outlook on the sustainable use of bauxite.

Keywords： open pit lenticular; bauxite; geologic circling; mining technology; beneficiation processing

引言

露天透镜状铝土矿作为一种重要的铝资源，在我国经济发展和工业化进程中扮演着重要的角色。铝土矿的开采与利用对于满足我国对铝金属的需求具有重要意义。然而，露天透镜状铝土矿的开采与地质圈定具有一定的复杂性和挑战性，需要综合考虑地质特征、技术方法、环境保护等多个方面。

一、露天透镜状铝土矿的成因与特征

中国铝土矿资源比较丰富，但储量分布相对集中。其中华北陆块和扬子陆块是铝土矿成矿地质条件最好的，也是铝土矿资源最丰富的地区。山西、广西、贵州和河南 4 省区铝土矿资源量和矿区数均位居全国前列，4 省区铝土矿保有资源量合计超过全国保有资源量的 90%^[1]，其中露天透镜状矿体大部份位于贵州省境内，透镜状矿体主要特征为，矿体规模小、走向延伸不长但厚度厚，厚度甚至会大于走向长度，传统 50 米的勘探程度无法控制及不能发现矿体，但加密勘探网距会增加勘探成本，经济性不强。

（一）铝土矿的成因

铝土矿的形成是一个与风化作用密切相关的地质过程。在热带和亚热带的湿润气候环境中，含有丰富铝元素的岩石，如玄武岩和花岗岩，经历了长时间的风化剥蚀和化学分解。这些岩石中的铝矿物在风化过程中被释放出来，随着水流迁移，并在特定的地质条件下，如沉积盆地的静水环境，沉淀积累，最终形成了具

有经济价值的铝土矿床。这一过程不仅涉及物理和化学的风化作用，还受到气候、地形和生物活动等多种因素的共同影响，经过数百万年的地质演变，形成了我们今天所开采的铝土矿资源^[2]。

（二）透镜状矿体的地质特征

透镜状矿体，形似透镜，中部厚实，向边缘逐渐减薄，两端呈弧形或尖灭。这种独特的形态是矿体在沉积或交代过程中，受周围岩石制约的结果。大小不一，从小型到巨型的都有，这取决于成矿作用的规模和强度，以及矿体的保存状况。

矿体的倾向和倾角通常与周围地层保持一致，这是由于它们共同经历了沉积作用和地质力量的影响。内部结构复杂多变，如层状、带状、条纹状等，这些都是矿体形成过程中沉积、成岩和变质作用的见证。

矿石的成分和质量在矿体中可能会有显著变化，中心部分通常较为富集，而边缘则相对贫瘠。矿体的形成多与沉积、交代或热液作用相关，可能形成于古代河流、湖泊、海洋环境，或者是地下水热水活动的影响。

透镜状矿体的分布往往与特定的地质结构或地层有关，常沿断层、褶皱轴或地层界面排列。掌握透镜状矿体的特征对于矿产勘探和开发至关重要，它们为地质学家提供了预测矿体位置、规模和矿石质量的关键线索，从而提高矿产资源评估和开采的效率。

（三）铝土矿的矿物组成与矿石类型

铝土矿的矿物学特征主要由三水铝石、一水软铝石、一水硬铝石、高岭石、伊利石等矿物构成，它们的相对含量和分布决定了铝土矿的多样性和利用价值。这些矿物的不同组合形成了多种类型的铝土矿，包括三水铝石型、一水铝石型、高岭石型和伊利石型等。每种类型的铝土矿都有其独特的物理和化学性质，这些性质直接影响着选矿和加工过程中的效率和成本^[9]。例如，三水铝石型铝土矿通常具有较高的铝含量，适合于提取氧化铝；而一水铝石型、高岭石型铝土矿则可能需要更复杂的加工步骤来提高铝的纯度。

二、地质圈定方法与技术

地质圈定在铝土矿的开采过程中扮演着关键角色，它包括对矿床的识别、评估和资源量的精确估算。

（一）地质调查与勘探方法

地质调查与勘探是铝土矿地质圈定的基石，其目的是深入理解铝土矿的地质特征、分布规律和资源潜力。这一过程涉及对矿区进行详尽的地质测量、系统采样和精确分析，以准确判定铝土矿的矿化程度和品位。在勘探阶段，地质填图、钻探、物探和化探等多种技术手段被广泛应用，以收集矿区的基础地质数据和样本。

（二）地质填图与数据处理

地质填图在铝土矿的地质圈定中扮演着核心角色，它通过对矿区的系统测绘，为我们提供了铝土矿的分布、形态和结构特征的全面视角。这一过程涉及对地层、岩性、构造和矿化带的详尽描述和精确标注，同时还包括对矿区地形地貌的详细测量和绘制^[10]。然而，地质填图本身只是第一步，其后还需对收集到的数据进行深入地处理和解析。借助 GIS 等先进软件进行空间分析和图像处理，我们能够更深入地解读铝土矿的地质特征和规律，从而为资源评价和开采设计提供更加精准的指导。

（三）地质建模与资源量估算

地质建模是地质圈定中的关键环节，它基于地质调查和勘探所积累的大量数据，通过构建地质模型来模拟铝土矿的分布和特征。这一过程可以采用传统的地质统计方法，如克里格法，也可以运用现代的数值模拟技术，如指示克里格法和支持向量机等。地质建模的核心目的是对铝土矿的资源量进行准确估算，从而为铝土矿的开采和利用提供科学依据。同时，地质圈定也是铝土矿资源管理和环境保护的重要手段，可以帮助实现铝土矿资源的可持续利用^[11]。

三、露天透镜状铝土矿的开采技术

本节将探讨露天开采铝土矿的关键技术，包括开采流程、爆

破技术和设备选择，为实际操作提供技术指导。

（一）露天开采工艺流程

露天开采是铝土矿开采中最常见的方法，其工艺流程涵盖了勘探、钻探、爆破、采装、运输和堆存等多个环节。地质勘探和钻探是确定矿床位置、品位和储量的基础工作。根据矿床的特性和地形条件，制定合理的开采方案，包括确定开采顺序、剥离和采掘的比例等。在开采过程中，还需进行土地复垦和环境治理，以减少对生态环境的影响^[12]。

（二）爆破技术与应用

爆破是露天开采中重要的环节之一，它通过使用炸药将矿石从矿体上分离。在选择爆破技术时，需要考虑矿石的物理性质、矿床的结构和地形条件等因素。常用的爆破方法包括钻孔爆破、槽沟爆破和预裂爆破等。

（三）采装与运输设备的选择

采装与运输设备的选择对露天开采的效率和成本有着直接影响。根据矿床的特性和开采规模，选择合适的采装和运输设备是至关重要的。常用的采装设备包括液压挖掘机、装载机和推土机等。目前，矿山使用的主要运输设备为卡车。在选择设备时，需要综合考虑设备的生产能力、适用性、维护成本和能源消耗等因素，以实现高效、经济和安全的开采^[13]。

四、铝土矿的选矿与加工

铝土矿的选矿与加工是将原矿转化为具有经济价值的铝金属的关键步骤。本节将介绍铝土矿的物理性质与化学成分、选矿工艺与方法，以及氧化铝的提取与铝的制备，以便更好地理解铝土矿资源的综合利用过程。

（一）铝土矿的物理性质与化学成分

铝土矿的物理性质和化学成分对其选矿和加工过程有着重要影响。铝土矿通常呈白色或淡黄色，有时因含有杂质而呈红色或灰色。它具有硬度较高、密度较大、耐磨性好等特点。化学成分方面，铝土矿主要含有氧化铝（ Al_2O_3 ），此外还含有一定量的硅酸盐、铁氧化物和钛氧化物等杂质。了解铝土矿的物理性质和化学成分，有助于选择合适的选矿方法和加工工艺^[14]。

（二）选矿工艺与方法

选矿是提高铝土矿品位和去除杂质的关键步骤。常用的选矿方法包括物理选矿和化学选矿。物理选矿方法主要包括洗矿、筛分、重选和磁选等，通过物理方法可以去除部分杂质和获得较高品位的铝土矿。化学选矿方法主要包括浸出、沉淀和焙烧等，通过化学反应可以进一步提纯铝土矿并去除杂质。根据铝土矿的特性和选矿目标，选择合适的选矿工艺和方法是至关重要的。

（三）氧化铝的提取与铝的制备

氧化铝的提取是铝土矿加工的核心环节，常用的方法包括拜耳法和霍尔-埃鲁法。拜耳法是通过高温高压条件下使铝土矿与氢氧化钠反应，生成氧化铝和硅酸钠。然后通过过滤、洗涤和干燥等步骤，获得高纯度的氧化铝^[15]。霍尔-埃鲁法则是通过电解熔融的氧化铝，在电极上析出纯铝。

五、环境与生态保护

在铝土矿的开采与加工过程中，环境保护和生态修复是至关重要的环节。本节将讨论铝土矿开采对环境的影响、生态修复与土地复垦的重要性，以及环保法规与可持续发展之间的关系。

（一）铝土矿开采对环境的影响

铝土矿开采活动对环境有着显著的影响。开采过程中会产生大量的废石和尾矿，若处理不当，可能会对土壤和水资源造成污染。露天开采会破坏地形地貌，导致植被破坏和生态系统破坏。开采和加工过程中产生的扬尘、噪音和废水等也会对周围环境和居民生活造成影响。在铝土矿开采中，需要采取有效措施减少对环境的负面影响。

（二）生态修复与土地复垦

生态修复与土地复垦是铝土矿开采后恢复生态环境和土地功能的重要措施。在开采过程中，应制定合理的开采方法减少土地破坏面积以及生态修复和土地复垦计划，包括植被恢复、土壤改良、水资源保护和生态系统重建等。通过采取植物固土、土壤侵蚀控制、水资源循环利用等技术，可以有效地修复受损的生态环境，恢复土地的生产力和生态功能。

（三）环保法规与可持续发展

环保法规在铝土矿开采与加工中起着重要的约束和指导作用。各国政府和地区都有相应的环保法规和政策，规定了铝土矿开采和加工过程中的环境保护标准和要求^[10]。遵守环保法规不仅是企业的法律责任，也是实现可持续发展的基础。通过实施环保法规，可以推动企业采取环保技术和措施，减少对环境的负面影响，同时促进资源的合理利用和经济的可持续发展。在铝土矿开采与加工过程中，应注重环境保护和生态修复，遵守环保法规，以实现资源的可持续利用和环境的长期健康。

六、案例分析与研究

（一）露天透镜状铝土矿的开采实践

在实际开采过程中，露天透镜状铝土矿的开采实践需要根据矿床的具体特征和地质条件进行。例如，在某个具体案例中，通过对矿体揭露，发现该透镜状矿体形态与前期矿床的地质调查和勘探具有较大的变化，需对矿体进行二次圈定，用以指导后续开采。矿体圈定根据揭露断面结合矿体周边岩石走向/倾向以及地质层位，采用矿山常用的潜孔钻对矿体倾向及埋深进行初步探测，运用RTK仪器测量上图，重新对矿体周边进行地质填图，来判定矿体边界及走向，确定铝土矿的分布范围和品位。然后，根据矿床的形态和结构特征，依据矿山安全设施设计的参数编制单体设计，以揭露探明圈定的矿体范围为采用自上而下的开采方式留设边坡坡度最小安全平台宽度，根据开采后形成的揭露面情况采用上述方法判定是否继续依次轮替开采，用来节约大量的征地成本及无效剥离。

（二）地质圈定与资源评价的应用

地质圈定与资源评价在铝土矿开采中起着关键作用。在某案

例中，通过对矿区揭露断面结合矿体周边岩石走向/倾向以及地质层位，采用矿山常用的潜孔钻对矿体倾向及埋深进行初步探测，运用RTK仪器测量上图，进行地质填图、采用矿山常用的潜孔钻钻探和样品分析，确定了铝土矿的品位和资源量。利用地质建模和资源量估算方法，如克里格法和支撑向量机等，对矿床进行了详细的资源评价。这些结果为开采计划的制定和资源利用提供了科学依据。

（三）成本控制与经济效益分析

在铝土矿开采过程中，成本控制与经济效益分析是至关重要的。在某案例中，通过综合考虑矿体为透镜状矿体，矿体小、运用物探、化探、以及大型专业钻探设备投资大、盲目征地极可能导致土地大量闲置以及破坏，矿山运营成本、人工成本和市场价格等因素，进行了成本控制和经济效益分析。通过优化开采方案、提高生产效率和降低成本，实现了铝土矿开采的经济效益最大化。通过对案例分析与研究的介绍，可以看到露天透镜状铝土矿的开采实践、地质圈定与资源评价的应用，以及成本控制与经济效益分析的重要性。

结束语

通过综合研究露天透镜状铝土矿的开采与地质圈定，深化了对铝土矿成因、特性及地质圈定重要性的理解，并掌握了实际的开采、选矿和环境生态保护关键技术。未来，我们应持续关注露天透镜状铝土矿的开采技术、地质圈定方法和环境保护研究，以实现资源可持续发展和高效利用。同时，关注国际动态，借鉴先进技术和管理经验，助力我国铝土矿产业发展。

参考文献

- [1] 杨武, 梁小山, 胡盛, 等. 河南省巩义铝土矿地球化学特征分析[J]. 地质与资源, 2023, 32(06): 699-704. DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2023.06.006.
- [2] 周让. 浅析几内亚博凯-博法地区红土型铝土矿降低矿石损失率和贫化率[J]. 甘肃科技, 2023, 39(12): 40-44.
- [3] 陈伟文. 一种溶出铝土矿矿浆的方法[J]. 有色金属材料与工程, 2023, 44(06): 78.
- [4] 高美科. 铝土矿开采矿柱参数数值模拟分析[J]. 能源与节能, 2023, (11): 171-174. DOI: 10.16643/j.cnki.14-1360/td.2023.11.011.
- [5] 衣玉林, 张磊. 架起中非铝土矿海上“运输桥”[N]. 烟台日报, 2023-11-18(003). DOI: 10.38267/n.cnki.nytrb.2023.002993.
- [6] 姚兰, 付勇, 潘忠飞, 等. 华南铝土矿矿床矿物组合特征及指示意义[J]. 地质论评, 2023, 69(06): 2161-2178. DOI: 10.16509/j.georeview.2023.06.022.
- [7] 刘瑾, 陈立. 浅谈铝土矿截排水沟工程设计[J]. 四川水泥, 2023, (11): 54-56.
- [8] 何莹于. 探讨铝土矿选矿新设备和新技术的应用[J]. 世界有色金属, 2023, (21): 31-33.
- [9] 简永军. 人工矿柱置换矿石矿柱在铝土矿中的应用[J]. 世界有色金属, 2023, (21): 172-174.
- [10] 张海涛. 铝土矿特殊地段综掘壁采三机配套方案优选[J]. 中国矿业, 2023, 32(S2): 182-185.