

变质岩矿区石英脉型金矿的构造控矿机制与找矿预测

刘 永

陕西地矿第六地质队有限公司 陕西 西安 710077

摘要: 变质岩矿区石英脉型金矿的构造控矿机制复杂, 涉及地层控矿、断裂控矿及岩浆活动等因素。地层中的复理石沉积富含Au等成矿物质, 变质作用形成的裂隙为含金石英脉提供了容矿空间。断裂构造控制矿体形态与分布, 而岩浆活动则对成矿过程有显著影响。本研究通过综合分析, 提出找矿预测策略, 旨在指导矿区高效勘探。

关键词: 变质岩矿区; 石英脉型金矿; 构造控矿机制; 找矿预测

引言: 变质岩矿区石英脉型金矿是全球重要的金矿类型之一, 其构造控矿机制的研究对于指导找矿预测具有重要意义。本研究聚焦于变质岩矿区的石英脉型金矿, 探讨其构造控矿机制, 包括地层、断裂及岩浆活动等对成矿过程的影响, 旨在为矿区找矿预测提供理论依据和实践指导。

1 变质岩矿区地质背景

1.1 区域地质概况

变质岩在地球上分布广泛, 遍布从太古宙至新生代的各个地质时期。太古宙和元古宙的地壳大部分由变质岩构成, 它们形成了各大陆的结晶基底。在前寒武纪地层中, 大约有70%到80%的岩石是变质岩。全球变质岩分布面积最广的地区是加拿大东部, 面积达到250万平方公里, 其次是芬兰、挪威、乌克兰、巴西、澳大利亚西部、印度和中南美洲等地, 分布面积均在数万至数十万平方公里。在中国, 变质岩广泛分布于山东、辽宁、河北、山西、内蒙古等地区。变质岩是由地壳中原有的岩浆岩或沉积岩, 在环境条件改变时, 经历了一系列复杂的物理和化学变化而形成的。这些变化使得变质岩在矿物成分、化学成分以及结构构造上都发生了显著的变化。变质岩既保留了原岩的一些特征, 又因为经历了不同的变质作用而获得了新的特性。根据变质作用的不同条件, 变质岩可以分为热接触变质岩、区域变质岩和动力变质岩。而根据其形成过程, 变质岩又可以分为正变质岩(由岩浆岩形成)和副变质岩(由沉积岩形成)。

1.2 矿区地质特征

变质岩矿区通常具有独特的地质特征, 这些特征对于理解矿区的形成和矿产资源的分布具有重要意义。变质岩的矿物成分相当复杂, 一方面, 包含了许多与岩浆岩或沉积岩共有的矿物, 如石英、长石、云母等; 另一方面, 也产生了许多新的特有变质矿物, 如红柱石、硅线石、蓝晶石等, 这些矿物是变质岩区别于其他岩石的

重要标志。还有一些标准变质矿物, 如绿泥石和绢云母常出现在浅变质带, 蓝晶石代表中变质带, 而硅线石则象征深变质带^[1]。在变质过程中, 由于矿物的重结晶和新矿物的生成, 变质岩会形成一些新的结构, 如碎裂结构、粒状变晶结构、鳞片状和纤维状变晶结构等, 这些结构反映了岩石的变质程度、颗粒大小以及矿物的连接方式。变质岩还具有独特的构造类型, 如板状构造、千枚状构造、片状构造、片麻状构造和块状构造等, 这些构造类型有助于区分不同的变质岩类型, 也是判断岩石变质程度和成因的重要依据。在变质岩矿区, 由于经历了复杂的变质作用, 岩石的物理和化学性质发生了显著变化, 这为矿产资源的形成提供了有利条件。在变质岩系中, 发现了世界上各种矿床的记录, 尤其是前寒武纪变质岩系中矿床尤为丰富。

2 石英脉型金矿的构造控矿机制

2.1 构造对金矿的控制作用

石英脉型金矿的形成与地质构造环境密切相关, 构造对金矿的控制作用主要体现在以下几个方面: 第一, 断裂构造是金矿形成的关键控制因素, 石英脉型金矿通常产于断裂带中, 特别是主干断裂伴生或派生的小规模次级断裂, 这些断裂为含金热液的运移和沉淀提供了通道和空间。在压扭性断裂为主的区段, 黄铁绢英岩带发育, 常常产出蚀变岩型金矿; 而在扭性断裂占主导地位的区段, 则以石英脉型和蚀变岩型两者的混合型金矿为主。张性或扭张性断裂为主的区段, 主要发育石英脉型金矿。这些断裂的性质、规模和强度直接影响了金矿的形成和分布。第二, 褶皱构造也对金矿的形成有一定影响, 褶皱构造可以改变岩石的层理和节理, 从而影响含金热液的运移和沉淀。在某些情况下, 褶皱的核部或翼部可能成为金矿富集的有利部位。第三, 构造活动还影响了金矿体的形态和规模, 石英脉型金矿的矿体规模相对较小, 形态复杂, 矿化连续性不好, 组分变化剧烈。

这主要是由于构造活动导致的岩石破碎和裂隙发育,使得含金热液在运移过程中不断沉淀和富集,形成了形态各异的矿体。

2.2 岩浆活动与金矿的关系

岩浆活动与金矿的形成具有紧密的联系。在石英脉型金矿的形成过程中,岩浆活动扮演了重要角色。岩浆活动为含金热液的生成提供了物质来源,地下深处的岩浆活动使得高温、高压的含矿液体(主要是水和挥发性气体,如二氧化硅、二氧化碳等)被带到地壳的浅部。这些富含金元素的热液在运移过程中与周围岩石发生化学反应,金从热液中沉淀出来,逐渐聚集在裂隙、断层和空隙中,形成了金矿脉。岩浆活动还影响了含金热液的运移和沉淀,岩浆活动导致的岩石破裂和裂隙发育为含金热液的运移提供了通道。岩浆冷却过程中释放的热量和化学能量也促进了含金热液的沉淀和富集^[2]。岩浆活动还与金矿的成矿深度和温度条件密切相关。较深的成矿深度意味着开采需要面临更高的压力和温度,对设备和技术要求更高。而高温环境可能影响工人的工作条件和设备的运行效率。

2.3 围岩蚀变与金矿化的关系

围岩蚀变是金富集的一个重要因素,在含金热液运移和沉淀过程中,周围岩石会发生一系列的化学反应和矿物重结晶作用,形成新的矿物组合。这些蚀变作用不仅改变了岩石的化学成分和结构构造,还为金的富集提供了有利条件。围岩蚀变还是找矿的重要线索,在石英脉型金矿的勘探过程中,通过观察围岩的蚀变类型和强度可以判断金矿化的存在和富集程度。一些特定的蚀变矿物组合如硅化、黄铁矿化等往往与金矿化密切相关,可以作为找矿的标志。围岩蚀变还反映了成矿作用的类型和强度,不同的蚀变类型反映了不同的成矿环境和条件,对于理解金矿的形成机制和演化过程具有重要意义。蚀变的强度和范围也反映了成矿作用的规模和强度,为评估金矿资源量提供了重要依据。

3 石英脉型金矿的找矿标志与预测方法

3.1 找矿标志

石英脉型金矿的找矿标志是地质勘探过程中识别矿化带、预测矿体位置和规模的重要依据。首先,地质构造标志是石英脉型金矿找矿的关键,断裂构造,特别是次级断裂和裂隙发育带,是含金热液运移和沉淀的主要通道。这些断裂带往往控制着金矿体的形态、规模和产状。在地质勘探中,应重点关注断裂构造的发育情况,特别是那些与金矿化密切相关的断裂带。其次,岩石特征标志也是重要的找矿线索,石英脉本身就是金矿化的

直接表现,其形态、产状、厚度和矿物组合等特征可以反映金矿化的强度和类型。含金石英脉往往与特定的围岩相伴生,如花岗岩、片麻岩等。这些围岩的特征也可以作为找矿的间接标志。蚀变作用标志在石英脉型金矿找矿中同样不可忽视,蚀变作用不仅改变岩石的化学成分和结构构造,还为金的富集提供有利条件。常见的蚀变类型包括硅化、绢云母化、黄铁矿化等。这些蚀变作用往往与金矿化密切相关,可以作为找矿的重要线索。地球物理和地球化学异常标志也是石英脉型金矿找矿的重要手段,地球物理勘探,如重力勘探、磁法勘探和电法勘探等,可以揭示地下岩体的分布、形态和产状,为找矿提供间接证据。地球化学勘探,如土壤地球化学测量、岩石地球化学测量和水系沉积物地球化学测量等,则可以直接检测含金热液活动留下的地球化学异常,为找矿提供直接线索。

3.2 找矿预测方法

石英脉型金矿的找矿预测方法主要包括地质类比法、地球物理勘探法、地球化学勘探法和综合信息法等。地质类比法是基于已知金矿的地质特征和控矿因素,通过类比推理预测未知地区的金矿潜力。这种方法需要收集和分析大量的地质资料,建立地质模型,并根据模型预测新的找矿靶区。地球物理勘探法是利用地球物理场的变化来探测地下岩体和矿体的分布,在石英脉型金矿勘探中,常用的地球物理勘探方法包括重力勘探、磁法勘探和电法勘探等。这些方法可以揭示地下岩体的形态、产状和深度,为找矿提供重要依据。地球化学勘探法是通过检测地表或地下岩石、土壤、水系沉积物等介质中的地球化学异常来预测金矿的位置。在石英脉型金矿勘探中,常用的地球化学勘探方法包括土壤地球化学测量、岩石地球化学测量和水系沉积物地球化学测量等^[3]。这些方法可以直接检测含金热液活动留下的地球化学异常,为找矿提供直接线索。综合信息法是将地质、地球物理和地球化学等多种信息综合起来,建立找矿模型,进行多源信息融合和综合分析,以提高找矿的准确性和可靠性。

3.3 找矿预测模型

石英脉型金矿的找矿预测模型是基于对已知金矿地质特征和控矿因素的认识,结合地质类比、地球物理勘探、地球化学勘探和综合信息等多种方法和技术手段,建立的用于预测未知地区金矿潜力的数学模型或概念模型。找矿预测模型通常包括地质模型、地球物理模型、地球化学模型和综合模型等。地质模型主要描述金矿的地质特征和控矿因素,如断裂构造、岩石特征、蚀变作

用等；地球物理模型主要揭示地下岩体的形态、产状和深度；地球化学模型则直接检测含金热液活动留下的地球化学异常；综合模型则是将多种模型和信息综合起来，进行多源信息融合和综合分析，以提高找矿的准确性和可靠性。在建立找矿预测模型时，需要充分考虑地质背景、控矿因素和勘探技术手段的综合作用。通过对已知金矿的深入研究和分析，建立合理的地质模型和控矿机制；结合地球物理勘探和地球化学勘探等手段，收集和分析大量的数据和信息；最后，运用数学方法和计算机技术进行综合分析和预测评价，建立可靠的找矿预测模型。

4 实例分析

4.1 实例矿区概况

本实例选取的是位于我国某省的一个典型石英脉型金矿矿区，该矿区地处山区，地形复杂，地势起伏较大。矿区所在的区域地质背景以古老的变质岩系为主，这些变质岩经历了长期的地质演化，形成了复杂的构造格局。矿区内的主要岩石类型包括片麻岩、石英岩和花岗岩等，这些岩石为金矿的形成提供了丰富的物质来源。矿区内的气候属于温带季风气候，四季分明，降雨充沛，有利于地表水和地下水的循环，也为金矿的形成和富集提供了有利条件。

4.2 控矿机制分析

首先对该石英脉型金矿的控矿机制进行深入分析，发现断裂构造在金矿的形成中起到了至关重要的作用。矿区内的主要断裂带呈北东向展布，这些断裂带不仅控制了含金热液的运移方向，还为金的沉淀和富集提供了有利的空间。在断裂带的交汇处或次级断裂发育的地区，往往形成了富厚的金矿体。岩浆活动也为金矿的形成提供了热源和物质来源。矿区周围存在多处花岗岩体，这些花岗岩体在冷却过程中释放出的热量和化学能量促进含金热液的运移和沉淀^[4]。岩浆活动带来的挥发分和金属元素也为金矿的形成提供必要的物质条件。在蚀变作用方面，硅化、绢云母化和黄铁矿化等蚀变作用与

金矿化密切相关，这些蚀变作用不仅改变了岩石的化学成分和结构构造，还为金的富集提供有利的化学环境。

4.3 找矿预测实践

基于对该石英脉型金矿控矿机制的认识，开展了一系列的找矿预测实践。利用地质类比法，根据已知金矿的地质特征和控矿因素，建立找矿地质模型。通过类比推理，预测未知地区的金矿潜力，并确定重点勘探区域。运用地球物理勘探方法，如重力勘探和电法勘探等，揭示地下岩体的形态、产状和深度，为找矿提供重要的地球物理依据。同时还进行地球化学勘探，通过检测地表土壤、岩石和水系沉积物中的地球化学异常，直接追踪含金热液活动的痕迹。最后将地质、地球物理和地球化学等多种信息综合起来，建立综合找矿预测模型。通过多源信息的融合和综合分析，提高找矿的准确性和可靠性，并在实践中发现多个具有潜力的金矿体。这些找矿预测实践不仅验证我们对控矿机制的认识，也为后续的矿产勘查和开发提供有力的支持。

结束语

通过对变质岩矿区石英脉型金矿的构造控矿机制与找矿预测的深入研究，揭示了断裂构造、岩浆活动及地层条件在金矿形成中的关键作用。本研究不仅为理解金矿的成矿过程提供新视角，也为矿区找矿实践提供科学依据。未来，将继续深化相关研究，优化找矿预测模型，以期在复杂地质条件下实现更精准、高效的金矿勘探，推动矿产资源可持续开发与利用。

参考文献

- [1]徐国雄.地质找矿构造控矿理论应用[J].世界有色金属,2020(09):121-122.
- [2]李伟.地质找矿中构造控矿理论的应用[J].世界有色金属,2021(19):72+74.
- [3]陈智明,董全孝,任运华.浅析地质找矿中构造控矿理论的应用[J].世界有色金属,2020(09):291-292.
- [4]余庭举.构造控矿理论在地质找矿中的应用探讨[J].资源信息与工程,2022,32(01):18-19.