

# 充填采矿技术在金属矿山采矿工程中的应用

栾文成

山东烟台鑫泰黄金矿业有限责任公司 山东 烟台 264000

**摘要:** 充填采矿技术作为现代采矿工程的关键技术之一,尤其在金属矿山开采中展现出广阔的应用前景。该技术通过利用尾砂、废石等废弃物进行矿井充填,不仅提高了资源利用率,还有效缓解了地表塌陷等环境问题。本文深入探讨了充填采矿技术在金属矿山中的应用意义、技术分类、现存问题及其优化措施,旨在为金属矿山采矿工程提供科学依据和实践指导,推动采矿行业的可持续发展。

**关键词:** 充填采矿技术; 金属矿山; 技术分类; 问题; 优化措施

**引言:** 随着全球金属矿产资源的不断消耗,矿山开采面临着资源枯竭、环境破坏和安全隐患等多重挑战。充填采矿技术作为一种高效、环保的采矿方法,因其能够减少地表塌陷、提高资源回收率等优势,在金属矿山采矿工程中逐渐崭露头角。本文将从充填采矿技术的应用意义、技术分类、存在问题及优化措施等方面进行深入探讨,旨在为矿山开采提供新的思路和方法,推动采矿技术的创新与发展。

## 1 充填采矿技术在金属矿山采矿工程中的应用意义

### 1.1 提高矿井稳定性,保障安全生产

金属矿山开采过程中,随着矿石的采出,矿井内部会形成大量的空区。这些空区若不及时处理,极易导致地表塌陷、岩层移动等地质灾害,严重威胁矿山的安全生产。充填采矿技术通过将尾矿、废石等废弃物填充到矿井空区中,可以有效地支撑矿井结构,提高矿井的稳定性。这不仅减少了地质灾害的发生概率,还为矿山的安全生产提供了有力保障。此外,充填材料还能吸收和分散开采过程中产生的地压,进一步增强了矿井的抗压能力。

### 1.2 减少环境问题,实现绿色开采

金属矿山开采往往伴随着大量的废弃物排放,如尾矿、废石等。这些废弃物若处理不当,不仅占用大量土地资源,还可能对周边环境造成污染<sup>[1]</sup>。充填采矿技术通过将废弃物转化为充填材料,实现了废弃物的资源化利用。这既减少了废弃物的排放,又避免了环境污染问题。同时,充填材料还能有效隔绝空气和水分,防止矿石氧化和地下水污染,进一步保护了矿山周边的生态环境。因此,充填采矿技术是实现金属矿山绿色开采的重要途径。

### 1.3 提高资源回收率,降低开采成本

金属矿山开采过程中,往往存在大量的低品位矿石

和边角料。这些矿石和边角料若被丢弃,将造成资源的极大浪费。充填采矿技术通过将低品位矿石和边角料作为充填材料,实现了资源的再利用。这既提高了矿产资源的回收率,又降低了开采成本。此外,充填材料还能作为矿井的支撑体,减少了支护材料的消耗,进一步降低了开采成本。因此,充填采矿技术在提高资源回收率和降低开采成本方面具有显著优势。

## 2 充填采矿技术分类

充填采矿技术,作为现代采矿工程中的重要组成部分,其分类主要基于填充材料的不同。根据这一标准,充填采矿技术可以大致分为干式充填法、水砂充填法和胶结充填法等多种类型。每种方法都有其独特的优势和适用场景,为金属矿山采矿工程提供了多样化的选择。

### 2.1 干式充填法

干式充填法是最早被采用的充填采矿技术之一。该方法主要利用露天采石场或废石场提供的充填材料,如碎石、炉渣等,通过机械或人力将其输送到矿井空区中。这些材料在输送前通常需要进行破碎、筛分和混合,以确保其符合填充要求。干式充填法的优点在于其操作简单、成本相对较低。然而,该方法也存在一些明显的缺点。首先由于干式充填材料的密度较大,运输过程中需要消耗大量的能源。其次干式充填体的强度相对较低,容易受到矿井地压的影响而发生变形或破坏。另外干式充填法还容易产生粉尘污染,对环境和工人的健康造成威胁。尽管存在这些缺点,但干式充填法在特定条件下仍具有一定的应用价值。例如在开采厚度较小、矿石和围岩比较稳固的矿体时,干式充填法可以有效地支撑矿井结构,防止地表塌陷。同时该方法还可以用于处理一些难以利用的水力充填材料,如含有大量泥质成分的尾砂等。

### 2.2 水砂充填法

水砂充填法是利用水力将充填材料（如砂子、碎石、炉渣等）输送到矿井空区中的一种方法。该方法通过构建水力充填系统，将充填材料与水混合成砂浆，然后利用管道或钻孔等自流输送到待充填地点（如图1）。在充填过程中，水作为输送物料的载体，充入矿井空区后逐渐渗滤出去，留下充填材料形成支撑体<sup>[2]</sup>。水砂充填法的优点在于其充填能力强、系统工艺简单且投资较小。该方法可以充分利用矿山附近的河砂资源，降低充填成本。并且水砂充填体具有一定的抗压能力，可以有效地支撑矿井结构。此外，水砂充填法还可以用于防火、隔热和密闭等矿井安全工程。然而，水砂充填法也存在一些局限性。第一，该方法需要大量的水资源，对矿井的供水能力和排水能力提出了较高要求。第二，水砂充填体的强度相对较低，容易受到矿井地压和地下水的影 响。第三，水砂充填过程中还容易产生废水污染问题，需要采取有效的废水处理措施。

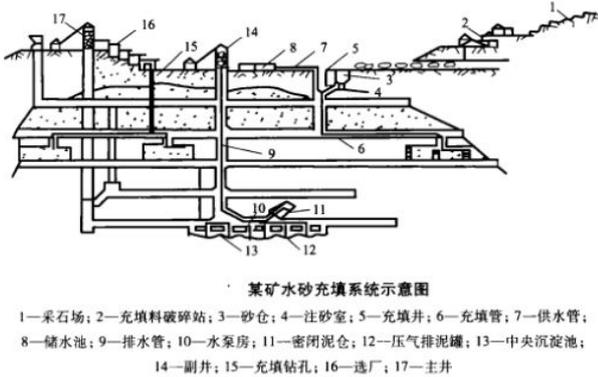


图1 水砂充填系统示意图

### 2.3 胶结充填法

胶结充填法是一种将充填材料（如碎石、河砂、尾砂等）与水泥、石灰等胶结剂混合后形成高强度充填体的方法（如图2）。该方法通过构建胶结充填系统，将充填材料与胶结剂混合均匀后，利用管道或自身重力输送到矿井空区。在充填过程中，胶结剂逐渐固化形成高强度的充填体，为矿井提供稳定的支撑。胶结充填法的优点在于其充填体强度高、稳定性好且适用范围广。该方法可以充分利用矿山附近的废弃物资源，实现资源的再利用。同时胶结充填体可以有效地抵抗矿井地压和地下水的影 响，为矿井提供长期的稳定支撑。此外胶结充填法还可以减少地表塌陷等地质灾害的发生概率，保护矿山周边的生态环境。然而，胶结充填法也存在一些挑战。首先，该方法需要消耗大量的胶结剂资源，增加了充填成本。其次，胶结充填体的制备和输送过程相对复杂，需要高精度的设备和技术支持。此外，胶结充填过

程中还可能产生粉尘和废水等污染物，需要采取有效的环保措施进行处理。

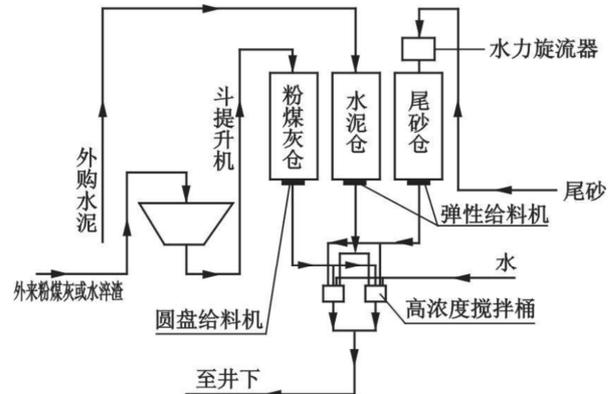


图2 胶结充填法示意图

### 3 充填采矿技术存在的问题

尽管充填采矿技术在金属矿山采矿工程中展现出了显著的优势，如提高矿井稳定性、减少环境问题、提高资源回收率等，但在实际应用过程中，该技术仍面临着一系列的问题和挑战。

#### 3.1 对矿山地质环境要求较高

充填采矿技术的一个显著问题是它对矿山地质环境的要求较高。由于充填材料需要填充到矿井空区中，因此要求矿山地质环境必须相对稳定，且岩石力学性质符合要求。然而在实际开采过程中，许多矿山的地质条件复杂多变，存在断层、褶皱等地质构造，导致充填材料的填充效果和稳定性难以保证。另外一些矿山还存在地下水丰富、地压较大等问题，进一步增加了充填采矿的难度和风险。

#### 3.2 能耗与成本相对较高

充填采矿技术的另一个问题是其能耗和成本相对较高。在充填过程中，需要消耗大量的能源来输送和压实充填材料，同时还需要投入大量的资金来购买和维护充填设备<sup>[3]</sup>。此外由于充填材料的质量和来源不同，其价格也存在较大差异，导致充填采矿的总成本难以控制。这不仅增加了矿山的运营压力，还限制了充填采矿技术的广泛应用。

#### 3.3 回填材料缺乏与质量控制难题

回填材料的缺乏是充填采矿技术面临的又一个重要问题。在实际应用中，许多矿山难以获得足够的、质量稳定的回填材料。一些矿山甚至需要长距离运输回填材料，这不仅增加了运输成本，还可能对周边环境造成破坏。同时，由于回填材料的质量和成分差异较大，其物理和化学性质难以满足充填采矿的要求。这导致充填体的强度和稳定性难以保证，进而影响了矿井的安全生产。

### 3.4 环保问题亟待解决

充填采矿技术还存在一定的环保问题。在充填过程中,可能会产生大量的粉尘和废水等污染物。这些污染物若处理不当,不仅会对周边环境造成污染,还可能对工人的健康构成威胁。另外一些矿山在回填材料的选择和处理上缺乏环保意识,导致回填材料中含有大量有害物质,进一步加剧了环保问题。因此,如何有效处理充填采矿过程中产生的污染物,保护矿山周边的生态环境,成为制约充填采矿技术发展的重要因素。

### 3.5 技术瓶颈与创新能力不足

充填采矿技术还面临着技术瓶颈和创新能力不足的问题。尽管近年来充填采矿技术取得了显著的进步,但在实际应用中仍存在一些技术难题,如充填体的强度和稳定性难以保证、充填设备的可靠性和效率有待提高等。同时,由于充填采矿技术的研发投入不足,缺乏创新性的解决方案和新技术,导致充填采矿技术的发展速度相对缓慢。

## 4 充填采矿技术优化措施

针对充填采矿技术在金属矿山采矿工程中存在的问题,采取一系列优化措施,不仅能够提升充填采矿技术的效率和效果,还能降低能耗和成本,推动金属矿山采矿工程的可持续发展。

### 4.1 合理选择充填技术

针对充填采矿技术对矿山地质环境要求较高的问题,应合理选择充填技术。首先,需要对矿山的地质条件、岩石力学性质等进行全面评估,确保所选充填方法能够适应矿山实际情况。例如在地质条件复杂、断层褶皱多的矿山中,可以选择强度更高、稳定性更好的胶结充填法;而在地质条件相对稳定的矿山中,则可以选择成本更低、操作更简单的干式充填法或水砂充填法<sup>[4]</sup>。通过合理选择充填技术,可以确保充填采矿技术在不同地质条件下的有效应用。

### 4.2 提高充填采矿技术的自动化水平

为了提高充填采矿技术的整体运行效率和项目的经济效益,应引入自动化技术。通过自动化技术的应用,可以实现充填材料的精确计量、输送和压实,提高充填体的质量和稳定性。并且自动化技术还可以降低人工操作的难度和风险,提高充填采矿过程的安全性和可靠性。如可以引入智能控制系统,对充填设备的运行状态

进行实时监测和调控,确保设备在最佳状态下运行。

### 4.3 建立完善的充填采矿技术管理体系

为了加强充填采矿技术的规范化管理,应建立完善的充填采矿技术管理体系。该体系应包括充填材料的选择、制备、输送、压实等各个环节的规范和标准,以及充填采矿过程的安全管理和环保措施。通过制定和执行这些规范和标准,可以确保充填采矿技术的有序进行,提高充填体的质量和稳定性。还应加强充填采矿技术的培训和宣传,提高矿山工作人员的技术水平和环保意识。此外,还应建立充填采矿技术的质量监督和考核机制,对充填采矿过程进行定期检查和评估,确保各项措施得到有效落实。

### 4.4 推广新技术、新工艺和新装备

为了推动充填采矿技术的发展,降低矿山开采的能源消耗,应积极推广新技术、新工艺和新装备。例如,可以研发更高效的充填材料制备和输送设备,提高充填材料的利用率和输送效率;可以开发更先进的充填体压实技术,提高充填体的强度和稳定性;还可以引入更环保的充填材料和工艺,减少充填采矿过程对环境的污染。通过推广新技术、新工艺和新装备,可以不断提升充填采矿技术的水平和效果,为金属矿山采矿工程的可持续发展提供有力支持。

## 结语

充填采矿技术在金属矿山采矿工程中具有重要的应用意义。通过合理选择充填技术、提高自动化水平、建立完善的管理体系以及推广新技术等措施,可以不断优化充填采矿技术,提高其在金属矿山采矿工程中的应用效果。未来,随着科学技术的不断进步和矿山开采需求的不断提高,充填采矿技术将在金属矿山采矿工程中发挥更加重要的作用。

## 参考文献

- [1]王大川,周密林.采矿中充填采矿技术的应用及存在的问题[J].当代化工研究,2020(19):46-47.
- [2]王云.现代采矿理念与充填采矿研究[J].能源与节能,2020(09):92-93.
- [3]陈莉.露天采矿技术及其采矿设备的发展思考[J].世界有色金属,2020(18):51-52.
- [4]朱玉峰,韩伟.采矿工程中采矿技术和施工安全研究[J].河南科技,2020(19):86-88.