

充填采矿法中胶结材料配比对采场稳定性的作用机制

陈建

华电煤业集团工程技术有限公司，陕西榆林，719000；

摘要：随着充填采矿法在矿业中的广泛应用，胶结材料的配比对采场稳定性的影响日益成为研究的重点。不同配比的胶结材料在强度、流变性及粘结性方面的差异，直接决定了充填体的稳定性和采场的安全性。本文通过实验研究，分析了胶结材料配比对采场稳定性的作用机制，揭示了材料在不同条件下的力学性能变化及其对采场结构的影响。研究结果表明，合理优化胶结材料的配比不仅能够有效提高采场的稳定性，还能在矿山开采过程中降低风险、提高经济效益。该研究为充填采矿法的安全施工作业提供了重要的理论依据和技术支持。

关键词：胶结材料配比；充填采矿法；采场稳定性；作用机制；矿山安全

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.069

引言

充填采矿法作为一种有效的矿山开采技术，其应用范围在近年持续扩大。胶结材料作为充填体的关键成分，其配比不仅关系到充填体的抗压强度、粘结性及流变性，还对采场的长期稳定性产生深远影响。在采矿过程中，充填材料的稳定性直接关系到采场的安全性，尤其是在深部矿山开采中，充填体的质量与配比决定了采场结构的抗变形能力和对外力的承载能力。胶结材料的配比及其对采场稳定性的作用机制仍然是一个亟待解决的问题。本文将从胶结材料的配比入手，探讨其对采场稳定性的影响，试图为矿山开采提供更加科学的指导和理论支持。

1 胶结材料配比与采场稳定性关系的理论分析

胶结材料的配比直接影响着充填采矿法中采场的稳定性。充填体作为采矿过程中不可忽视的结构，其性能与胶结材料的组成密切相关。材料的抗压强度、粘结力、流变性等物理性质，在一定程度上决定了充填体的强度及稳定性。通过理论分析，胶结材料的组成成分和配比调整，不仅能优化充填体的机械性能，还能有效提升采场的安全性。

在胶结材料中，水泥和骨料是最主要的成分。水泥的类型、比例与骨料的粒径、种类都能显著影响充填体的力学性能。水泥的水化反应是一个复杂的化学过程，其生成的水化产物决定了充填体的强度和耐久性。水泥配比过高，会导致材料硬化过快，产生裂缝，影响整体稳定性；过低则会使充填体强度不足，难以承受外部压力。在骨料方面，粒径分布的合理性对充填体的密实度起着关键作用，合理的骨料配比能够提高充填体的抗压

强度和抗变形能力。胶结材料的流变性也对充填过程及其后期稳定性产生影响。流变性决定了充填材料在采场内部的流动性和填充效果。胶结材料的流动性过强或过弱都会影响充填体的质量。流动性过强，材料在填充过程中可能会形成空洞或沉降不均；流动性过弱，则可能导致充填体无法充分填满采空区域，留下较大的空隙，降低充填体的承载力。

粘结性是另一项重要性能，它直接关系到充填体的附着力和稳定性。适当的胶结材料配比能够增强填充物与周围岩体之间的粘结力，有效避免采场由于地层沉降或其他外部压力导致的塌陷。在地下开采过程中，采空区的稳定性是维持整个矿山生产安全的关键，合理配比的胶结材料能够确保采空区的支撑力，减少开采过程中可能出现的风险。胶结材料配比的合理调整，不仅关系到充填体的强度、密实度、流动性、粘结性等力学性能，也直接影响到采场的整体稳定性。深入分析胶结材料配比与采场稳定性之间的关系，能够为矿山安全生产提供更加科学的依据，并为充填采矿法的优化提供重要指导。

2 不同胶结材料配比的力学性能测试

在充填采矿法中，不同胶结材料配比的力学性能对于采场的稳定性具有至关重要的作用。为了深入探讨这一影响，实验研究成为了必不可少的环节。通过系统的力学性能测试，能够定量评估胶结材料的强度、流动性、粘结性等关键性能参数，为优化胶结材料配比提供科学依据。在实验过程中，胶结材料的组成和配比的变化，直接影响到其力学性能的表现，尤其是在不同的工作环境下，配比的微小调整也能带来显著的变化。

实验设计通常包括对不同胶结材料配比的试样进

行抗压强度、抗拉强度、剪切强度等方面的力学测试。在进行抗压强度测试时，随着水泥含量的增加，充填体的抗压强度表现出一定的上升趋势，但这一增幅在水泥含量达到一定比例后逐渐趋于平缓。过高的水泥配比可能导致材料的硬化速度过快，产生裂纹，从而降低整体结构的抗压能力。在抗拉强度方面，胶结材料的粘结性起到了至关重要的作用。粘结性能较强的材料，能够增强颗粒之间的黏附力，使得拉伸试样在拉伸过程中表现出更高的抗拉强度。除了常规的抗压和抗拉性能外，充填体的流变性测试同样不可忽视。流变性实验主要测试材料的流动性和充填效果，这对于充填体的均匀性及密实度有直接影响。流动性过强的胶结材料可能导致沉降不均和充填不完整，而流动性不足则使得材料在充填过程中难以完全填满采空区，影响整体的稳定性。通过对不同配比的材料流变性实验结果，能够优化胶结材料的流动性，确保充填体的质量达到要求。

随着骨料粒径分布的变化，胶结材料的力学性能也会发生显著变化。较大的骨料颗粒往往能提升充填体的抗压强度，但可能导致流动性变差。通过实验数据的积累，能够根据矿区的实际情况调整骨料的种类和粒径，找到最佳的配比方案，确保充填体在满足强度要求的同时，具有足够的流动性和填充性。通过对不同胶结材料配比的实验测试，综合考察了其对充填体力学性能的影响，为充填采矿法提供了有力的理论支撑和实验依据。实验研究不仅揭示了胶结材料配比与力学性能之间的密切关系，也为充填采矿技术的安全高效应用提供了重要参考。

3 胶结材料配比对采场稳定性的作用机制

胶结材料的配比对采场稳定性具有重要的作用机制，这一过程主要通过影响充填体的力学性能来实现。在充填采矿法中，采场稳定性依赖于充填体对外力的承载能力与稳定性，胶结材料的配比通过改变材料的物理化学特性，直接作用于采场的支撑系统。不同的胶结材料配比不仅影响充填体的强度和流变性，还对采场的长期稳定性产生深远影响。胶结材料的水泥含量是影响其粘结性和抗压性能的关键因素。水泥的水化反应产生的水化产物决定了充填体的硬化过程及其最终的强度。过多的水泥会加速水化反应，但过高的水泥比例会导致材料脆性增加，容易在外力作用下产生裂缝，从而影响采场的稳定性。而水泥配比过低时，胶结材料的粘结性和

强度无法满足采场稳定性的要求，充填体无法有效承受采场的地层压力，易发生塌陷或变形。因此，合理调节水泥与骨料的配比，既能保证充填体的强度，又能避免因过度水化引起的裂缝。

骨料的粒径及其分布对充填体的稳定性同样有着重要的影响。骨料颗粒的大小、形状及其相互之间的配比，决定了充填体的密实度和承载力。较大的骨料颗粒能够增强充填体的抗压强度，若粒径过大，则可能导致充填体的流动性变差，无法均匀地填充采空区，造成充填体的不均匀性，进而影响采场的稳定性。适当的骨料粒径与水泥的配比能够保证充填体既具有较高的强度，又具备良好的流动性和填充效果，从而提高采场的稳定性。胶结材料的流变性是另一个重要的影响因素。流变性决定了充填材料在采场中流动与填充的效果，过高的流动性可能导致材料无法维持稳定的结构，形成空洞或不均匀沉降；过低的流动性则可能导致充填体无法完全填充采空区，增加采场的变形风险。在设计胶结材料的配比时，必须综合考虑流动性和力学性能，确保充填材料能够在充填过程中均匀分布，保证采场的稳定性。

粘结性也在胶结材料配比对采场稳定性的作用机制中占据重要地位。较强的粘结性能能够有效增强充填体与周围岩体的附着力，提高充填体对外部压力的承受能力，避免采场因外力作用而发生局部坍塌。材料粘结性能的提升，有助于充填体的整体稳定性，确保矿区的长期安全运营。胶结材料配比对采场稳定性的作用机制是通过多方面的力学性能调控实现的。合理的配比设计能够提升充填体的抗压强度、流动性、粘结性和密实性，从而有效保障采场的稳定性与安全性。

4 优化胶结材料配比以提高采场稳定性的方法

优化胶结材料配比是提高采场稳定性的关键方法之一。通过科学调整胶结材料的组成，可以有效提升充填体的力学性能，增强采场对外力的承载能力，从而保障矿山开采过程中的安全性。在优化胶结材料配比的过程中，综合考虑水泥、骨料、添加剂等成分的选择和比例，是提升充填体质量的核心。调整水泥和骨料的比例是优化配比的基本途径之一。过多的水泥虽然能够提高充填体的早期强度，但过量水泥也会导致水化热过大，造成裂纹的生成，影响充填体的长期稳定性。适当减少水泥的用量，增加骨料的比例，能够提高充填体的密实性，并避免裂纹的出现。骨料的粒径和粒度分布对充填

体的强度和流变性有着重要影响。骨料粒径过大可能导致流动性不足，无法均匀填充采空区，而粒径过小则可能影响充填体的抗压强度。通过选择合适的粒径范围和合理的配比，能够优化充填体的流动性及其抗压性能，提高充填效果。

添加剂的使用是进一步优化胶结材料配比的有效手段。通过引入不同类型的添加剂，如减水剂、早强剂或缓凝剂，可以调节胶结材料的流动性、凝固时间以及强度发展。减水剂能够在减少水泥用量的同时，保持充填体的流动性，避免因过多水泥使用带来的不利影响。早强剂的使用可以加速充填体的强度增长，确保早期施工的稳定性。缓凝剂则有助于延长材料的工作时间，避免材料在高温环境下过快硬化，导致充填不均匀或出现裂缝。

胶结材料的流变性控制对提高采场稳定性同样重要。通过调整胶结材料的水胶比、骨料分布及添加剂的使用，可以优化其流动性，确保充填材料能够顺利填充采空区，避免因流动性过差导致的空洞和不均匀沉降。控制流变性不仅能够提高充填体的质量，还能减少施工过程中的问题，提高充填效率和质量。在实际应用中，矿区的地质条件、采空区的形态、施工环境的不同，也要求针对性的配比优化。结合不同矿区的具体情况，设计合适的胶结材料配比方案，以确保充填体在不同环境下的稳定性和可靠性。通过对各项因素的综合考虑和优化，不仅能够提高采场的安全性，还能增强矿山开采过程中的经济效益，减少潜在的地质风险。

5 胶结材料配比优化对充填采矿法的应用意义

胶结材料配比的优化在充填采矿法中的应用意义深远，直接影响到矿山开采过程的安全性和经济性。充填采矿法广泛应用于矿山深部开采，充填体的质量和稳定性对采场的长期安全起着至关重要的作用。合理优化胶结材料配比，不仅能够提升充填体的力学性能，还能有效提高矿山开采的资源回收率，减少环境风险。

优化胶结材料配比的核心目标是提高充填体的强度和稳定性。不同矿区的地质条件、矿体结构和采空区形态各不相同，合适的胶结材料配比能更好地适应不同条件下的施工要求，确保充填体在各种环境下都能提供足够的支撑力。这种优化能够显著降低矿山采场发生塌

陷、变形等地质灾害的风险，从而提高矿山的作业安全性。充填体的强度与稳定性密切关联，只有通过合适的胶结材料配比，才能确保充填体长期处于稳定状态，从而保证矿井的安全开采。

在经济效益方面，胶结材料配比优化同样起到了重要作用。合理的配比不仅能提升充填体的抗压强度和耐久性，还能减少材料浪费，降低矿山生产成本。在配比优化过程中，合理选用水泥、骨料及添加剂，能够在满足力学性能要求的前提下，减少水泥的用量，从而降低生产成本。优化后的胶结材料能够提高充填效率，缩短施工周期，提高矿山的整体生产效率，进而增加经济效益。

环境方面，充填采矿法的应用依赖于合理的胶结材料配比，优化后的配比能够显著降低矿山开采过程中对环境的负面影响。充填体的稳定性能够有效避免采空区的长期沉降或塌陷，防止可能引发的地表沉降和土壤破坏。合理的胶结材料配比可以减少过多水泥的使用，降低二氧化碳排放，符合绿色矿山建设的要求，减少环境污染，促进矿山开采的可持续发展。通过优化胶结材料配比，充填采矿法能够实现资源回收与环境保护的双赢。

6 结语

优化胶结材料配比对于充填采矿法的应用具有重要意义。通过合理调整胶结材料的组成，能够有效提升充填体的力学性能，确保采场的长期稳定性，同时降低矿山开采过程中的环境风险和经济成本。随着技术的不断发展和矿区条件的变化，进一步优化胶结材料的配比仍将是充填采矿法持续发展的关键环节，为矿山安全、环境保护及经济效益提供更加稳固的保障。

参考文献

- [1]路燕泽,王立杰,王社光,等.钢渣基复合充填胶凝材料开发及配比优化[J].中国矿业,2022,31(11):123-128.
- [2]韦寒波,巴蕾,温震江,等.基于熵权多属性决策的镁渣胶结料开发及料浆配比优化[J].中国有色金属学报,2022,32(07):2126-2137.
- [3]温震江,高谦,王永定,等.基于模糊综合评判的复合胶凝材料开发及料浆配比优化[J].中国有色金属学报,2020,30(03):698-707.