

采矿工程中充填采矿技术及应用

郭继龙

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司综掘服务分公司 宁夏 银川 750001

摘要: 充填采矿技术作为采矿工程领域的重要技术手段,对推动行业安全、高效、绿色发展意义重大。本文阐述了采矿工程中充填采矿技术的重要性,包括保障采矿安全、保护生态环境、提高资源回收率及提升企业经济效益。接着介绍了关键技术,有水砂、胶结、高水、膏体充填技术,各有优缺点。还说明了该技术在不同地质条件薄、中厚、厚及特厚、地质构造复杂煤层,不同开采方式长壁、房柱式、放顶煤采煤法,以及特殊煤层易自燃、高瓦斯煤层中的应用,均能提升开采安全性与效率,实现煤炭资源高效开采利用,降低安全风险。

关键词: 采矿工程; 充填采矿技术; 应用

引言

在采矿工程领域,随着开采深度增加与地质条件复杂化,传统采矿方法面临诸多挑战,安全、环保、资源回收等问题亟待解决。充填采矿技术作为一种先进的采矿手段应运而生,它不仅能够有效保障采矿安全,降低地面塌陷、瓦斯积聚等风险,还能保护生态环境,提高资源回收率,提升企业经济效益。本文将深入探讨采矿工程中充填采矿技术的重要性,详细阐述水砂、胶结、高水、膏体等关键技术,并分析其在不同地质条件、开采方式及特殊煤层中的具体应用。

1 采矿工程中充填采矿技术的重要性

一是保障采矿安全方面,在煤矿采矿工程中,安全始终处于首要地位。随着开采深度不断增加以及地质条件日益复杂,传统采矿方法遭遇诸多安全挑战,诸如地面塌陷、巷道支护困难、瓦斯积聚等情况频繁出现。而充填采矿技术能够及时对采空区进行填充,有效控制围岩的变形与位移,降低顶板冒落和地面塌陷发生的可能性。同时,该技术还可对巷道起到良好的支护作用,增强巷道的稳定性,为井下作业人员打造安全的工作环境,保障其生命安全。二是保护生态环境上,煤矿开采对生态环境造成的负面影响较为显著。传统采矿方法往往会引发地表沉陷、水土流失、地下水污染等一系列问题。充填采矿技术通过将废弃物或特定材料填充至采空区,能够减少地表沉陷的范围和程度,保护地表建筑物和农田不受破坏。并且,合理选择充填材料以及科学设计充填工艺,还能降低对地下水的污染,从而实现对环境保

护。三是提高资源回收率方面,资源回收率是衡量采矿工程效益的关键指标。由于传统采矿方法受开采技术限制以及安全方面的考量,难以将煤炭资源完全回收。充填采矿技术可以改善采场的支撑条件,使得矿柱回采更加安全可行,进而提高煤炭资源的回收率。对于地质条件复杂、开采难度较大的煤层,该技术也提供了有效的开采手段,有助于提升资源的利用率,避免资源的浪费^[1]。四是提升企业经济效益上,尽管充填采矿技术在初期投资和运营成本上可能高于传统采矿方法,但从长远来看,其经济效益十分显著。一方面,提高资源回收率以及降低安全事故发生率,使企业能够获取更多的煤炭资源,同时减少事故处理成本,从而提升整体经济效益。另一方面,随着环保法规日益严格,公众环保意识不断提高,企业采用充填采矿技术可减少环保罚款和治理成本,提升企业的社会形象,增强其在市场中的竞争力,为企业的可持续发展奠定坚实基础。

2 采矿工程中充填采矿技术的关键技术

2.1 水砂充填技术

水砂充填技术作为采矿工程中传统的充填采矿方法,操作原理是先将自然界中分布广泛、储量丰富且获取容易、成本较低的砂、石等骨料与水按特定比例混合,配制成具有一定浓度的砂浆,再借助管道把砂浆输送到采空区完成填充。这一技术在工艺操作上优势明显,无需复杂设备和烦琐流程,操作过程简单易懂,采矿现场的技术人员和工人易于掌握与实施,便于广泛开展和推广应用,能有效降低采矿工程在充填材料上的成本投入,对控制整体采矿成本有积极意义。然而,该技术也存在局限性,因砂浆流动性较大,填充到采空区后难以在短时间内形成稳定、坚固的充填体结构,导致采空区支撑效果欠佳,无法单独依靠它充分保障采矿作业安全。所

作者简介: 郭继龙,1992年9月,男,汉族,宁夏西吉人,本科,助理工程师,研究方向主要从事煤矿掘进技术管理工作,大断面掘进的支护方式的研究。

以,在实际采矿工程应用中,水砂充填技术通常需与其他支护措施相结合,如采用锚杆、支架等方式进行辅助支护,通过多种手段共同增强采空区稳定性,为井下作业人员创造安全工作环境,确保采矿工程顺利推进,实现安全、高效生产目标。

2.2 胶结充填技术

胶结充填技术是基于水砂充填发展出的新型充填方,它的操作是在砂浆里添加水泥或其他胶凝材料,待充填体凝固后,便具备一定强度与稳定性。在采矿工程应用中,该技术优势突出。一方面,能有效控制围岩变形和位移。在采矿过程中,围岩受开采活动影响易发生变形,而胶结充填体可起到约束作用,增强采场整体稳定性,降低顶板冒落、巷道坍塌等安全事故发生的风险,保障井下作业安全^[2]。另一方面,胶结充填体可作为巷道支护的一部分。它能与巷道周边围岩共同作用,形成稳定的支撑结构,减少单独设置支护结构的数量,进而降低支护成本。不过,胶结充填技术也存在不足。其成本相对较高,添加水泥等胶凝材料增加了材料费用,且对施工工艺要求严格,从材料配比、搅拌到输送、填充等环节,都需要精准控制,这需要专业的施工队伍来操作。同时,为保证施工质量和效率,还需配备专门的设备,如高效的搅拌设备、精准的输送管道等,这些因素都限制了该技术的大规模快速推广应用。

2.3 高水充填技术

膏体充填技术是把煤矸石、粉煤灰等固体废弃物制成类似牙膏的高浓度浆体,经管道输送到采空区填充的方法。在充填效率上,这种高浓度浆体流动性适中,能在管道内顺利输送,快速到达采空区并完成填充,可有效缩短作业时长,加快整体采矿进度。材料利用上,固体废弃物经加工后得到充分利用,避免资源闲置浪费,提升了资源利用效率。环保方面,将原本可能污染环境的煤矸石、粉煤灰转化为充填材料,减少了固体废弃物的排放和堆积,降低了对土地的占用,也减少了可能引发的环境污染问题,实现了资源的循环再利用。安全性上,膏体充填体凝固后强度和稳定性良好,能有效约束采空区围岩,控制围岩的变形和位移,防止顶板冒落、地面塌陷等安全事故发生,为采矿作业提供安全保障。然而,膏体充填技术对加工工艺和设备要求较高。加工过程中,要精准控制浆体的浓度、成分等参数,以此保证充填体的质量符合标准。同时,还需配备专业的输送设备,确保膏体能够顺利输送到采空区。这对企业的技术水平和设备投入都是不小的挑战,企业需要具备相应的技术能力和资金实力来满足这些要求。

2.4 膏体充填技术

膏体充填技术是将煤矸石、粉煤灰等固体废弃物加工成类似牙膏状态的高浓度浆体,再经管道输送到采空区开展填充作业的方法。在充填效率上其高浓度浆体流动性恰到好处,能在管道中顺畅输送,快速抵达采空区并完成填充,有效缩短作业时间、提升整体采矿进度;在材料利用率方面,固体废弃物经加工后充分应用,避免资源浪费,提高利用效率;环保效果上,把原本可能污染环境的煤矸石、粉煤灰转化为充填材料,减少固体废弃物排放与堆存,降低对土地的占用及可能引发的环境污染,实现资源循环利用;安全性上,膏体充填体凝固后强度和稳定性高,能有效的约束采空区围岩,控制其变形和位移,防止顶板冒落、地面塌陷等安全事故,为采矿作业提供安全保障^[3]。不过,该技术对加工工艺和设备要求严格,加工时需精准控制浆体浓度、成分等参数以保证充填体质量,还需配备专业输送设备确保膏体顺利输送至采空区,这对企业技术水平和设备投入都提出了较高挑战。

3 采矿工程中充填采矿技术的应用

3.1 在不同地质条件下的应用

充填采矿技术在煤矿开采领域展现出强大的地质适用性。在薄煤层与中厚煤层开采场景中,需紧密结合煤层具体特性,精准选定适宜的充填方法,并科学搭配合理的支护措施。鉴于此类煤层空间相对狭小,合理充填可有效填充采空区,为开采作业构筑起稳定的环境基础,而支护措施则进一步筑牢安全防线,二者协同发力,达成安全高效开采的目标。当面对厚煤层和特厚煤层时,充填采矿技术的作用愈发凸显。这类煤层开采时,顶板冒落和地面塌陷的风险显著增大,通过向采空区填充材料,能够形成有力的支撑体系,有效控制顶板下沉,大幅降低地面塌陷的可能性。与此同时,该技术还能显著提高资源回收率,避免煤炭资源的无端浪费,进而提升整体开采效益。对于地质构造复杂、断层和褶皱发育的煤层,充填采矿技术同样提供了行之有效的开采手段。在复杂地质条件下,开采难度与安全风险陡增,而充填材料可填充不稳定区域,增强煤层整体的稳定性,减少开采过程中的安全隐患,切实保障作业人员的安全。借助充填采矿技术,原本因地质条件复杂而难以开采的煤层得以有效开发利用,煤炭资源的可采储量得以提高。充填采矿技术凭借其灵活性与适应性,在不同地质条件的煤矿开采中均发挥着关键作用,助力解决开采难题,提升开采的安全性、效率与资源利用率,推动煤炭行业持续健康发展。

3.2 在不同开采方式下的应用

充填采矿技术具有广泛的适用性,并非仅局限于传统长壁采煤法,在房柱式、放顶煤等多种采煤法中均有着关键应用。在长壁采煤法中,开采后采空区常出现顶板下沉、巷道变形等问题,影响开采安全与效率,而充填采矿技术能及时向采空区填充材料,形成稳定支撑体系,有效控制顶板下沉幅度、降低巷道变形风险,保障开采作业持续稳定进行;房柱式采煤法会留下矿柱并产生残留煤炭资源,充填采矿技术可用于回采矿柱环节,填充矿柱采出后的空间以增强围岩稳定性,同时回收残留煤炭资源,提高资源利用率、减少资源闲置浪费,使煤炭资源得到更充分利用;在放顶煤采煤法中,顶煤回收率受多种因素限制,充填体可充当人工假顶,改变顶煤的应力状态与运动规律,使顶煤更易破碎和放出,进而提高顶煤回收率、避免资源浪费,有助于实现煤炭资源的高效开采利用、提升煤炭开采的整体效益。充填采矿技术可根据不同开采方式的特点和需求合理应用,在不同开采方式下均能发挥重要作用,有效解决开采过程中遇到的问题,提高开采安全性、效率和资源利用率,推动煤炭行业持续健康的发展。

3.3 在特殊煤层中的应用

充填采矿技术在特殊煤层开采中意义重大,特殊煤层涵盖易自燃煤层、高瓦斯煤层等类型,该技术能有效提升此类煤层开采的安全性及效率。于易自燃煤层而言,煤炭本身具备易自燃特性,开采过程中与空气接触面积增大,自燃风险随之攀升,一旦自燃便会引发火灾,严重威胁井下人员生命安全及设备财产安全。而采用不燃或难燃的充填材料开展充填采矿作业,当这些材料填充至采空区后,能够隔绝煤炭与空气的接触,切断煤炭自燃所必需的氧气供应,从根源上杜绝煤炭自燃的可能

性,进而降低火灾事故的发生概率。在高瓦斯煤层中,瓦斯积聚和突出构成重大安全隐患,瓦斯积聚到特定程度,遇明火或高温就会发生爆炸,瓦斯突出则会瞬间释放大量瓦斯和煤岩,造成极大破坏。充填体填充采空区后,可改变瓦斯运移通道,减少瓦斯在局部区域的积聚,降低瓦斯浓度,同时增强煤层整体稳定性,抑制瓦斯突出的动力来源。凭借这些作用,充填采矿技术能够减少瓦斯积聚和突出问题,提高井下作业环境的安全性,在特殊煤层开采中运用充填采矿技术,可有效应对不同特殊煤层带来的开采难题,保障采矿工作顺利推进,为煤炭资源的安全高效开采提供坚实有力的支持。

结语

综上所述,充填采矿技术在采矿工程中意义重大,不仅能保障采矿安全、保护生态环境、提高资源回收率,还能提升企业经济效益。其关键技术多样,各有优劣,适用于不同场景。在不同地质条件、开采方式以及特殊煤层开采中,该技术均展现出强大的适应性与有效性,有效解决了诸多传统采矿方法难以应对的难题。随着采矿工程不断发展,对安全、环保、高效的要求日益提高,充填采矿技术凭借其独特优势,必将在未来采矿领域发挥更为关键的作用,持续推动采矿行业朝着绿色、安全、可持续发展的方向迈进,为矿业发展注入源源不断的动力。

参考文献:

- [1]占汪妹.矿山充填采矿技术安全分析[J].奥秘,2025,46(24):245-247.
- [2]严鑫鑫.充填采矿技术在煤炭开采中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2025(17):112-114.
- [3]金紫龙.充填采矿技术应用分析[J].黑龙江科学,2024,15(18):154-157.