

煤矿开采沉陷分析及其防治措施研究

孟 波

河北冀中邯峰矿业有限公司万年矿 河北 邯郸 056300

摘要: 本文深入分析了煤矿开采导致的沉陷灾害类型,包括地表塌陷坑、地裂缝、山体滑坡、地质构造活化及动力灾害等,并探讨了这些沉陷对土地资源、水资源和地表建筑的严重影响。针对这些问题,本文提出了充填开采、离层带注浆充填、“采—注—采”开采方式、全尾砂充填胶结技术及沉陷区整治等防治措施,旨在为煤矿开采的可持续发展提供有效支持。

关键词: 煤矿; 开采沉陷; 治理措施

引言

随着煤矿开采的深入进行,地表沉陷问题愈发严重,给社会经济发展和环境安全带来了巨大挑战。本文首先概述了煤矿开采常见的沉陷灾害类型,如地表塌陷坑、地裂缝等,这些灾害不仅影响土地资源的使用,还对水资源和地表建筑构成威胁。因此,研究煤矿开采沉陷的防治措施显得尤为重要。本文旨在通过深入分析沉陷原因和影响,提出切实可行的防治策略,以推动煤矿开采的绿色发展。

1 煤矿开采常见的沉陷灾害类型

1.1 地表塌陷坑、地裂缝

在煤矿开采所引发的地质灾害中,地表塌陷坑无疑是最具毁灭性的。这种塌陷坑的形成主要归因于煤炭开采过程中,覆岩层内部形成的不稳定临时结构发生崩溃。而地裂缝也是常见的地质灾害之一,它们多出现在开采煤层多、开采深度较浅、地表覆盖层较厚且上覆岩层风化严重的区域。这些地裂缝纵横交错,有时甚至形成台阶式的错落,给周边环境和居民带来严重的影响。

1.2 山体滑坡、崩塌

山体滑坡和崩塌灾害常由煤层露头部位的山体所引发,其支撑能力在采空区煤柱自燃和风化效应的影响下逐渐丧失。基于此,地表会经历显著的变形或位移,导致山体结构的稳定性大幅下降。长时间的山体自重和持续的风化作用会加剧这种不稳定状态,最终触发山体滑坡和崩塌等严重灾害。

1.3 地质构造活化

煤层采掘之后,地质构造常因岩层的移动与破裂而进入活化状态,显著提高了地质灾害的潜在风险。这些地质构造活化现象中最具代表性的是古滑坡稳定区的再活跃和断层的重新活动,特别是断层活化对地表沉降的影响尤为显著。断层活化受到多种因素的共同影响,包括断层带

内岩体的内聚力、断层的倾斜角度、煤层的厚度、岩层的摩擦角、工作面的推进长度以及煤柱的宽度等。

1.4 动力灾害

在深煤层开采的严峻环境中,岩层运动往往容易触发一系列极具破坏性的动力现象,如冲击地压、岩爆、瓦斯突出等。这些现象发生时,伴随着震耳欲聋的巨响,煤岩体被猛烈抛出,并产生强烈的气浪,其破坏力巨大,足以导致采场结构变形、生产设备遭受严重损坏、巷道损毁,甚至对人员安全构成严重威胁^[1]。更为严重的是,这些动力现象还可能进一步引发地表塌陷,甚至局部地震等灾害,对周边环境及居民安全造成严重影响。

2 煤炭开采沉陷所造成的影响

2.1 地表沉陷对土地资源的影响

煤炭开采造成的地面塌陷,对农田耕地构成严重威胁。特别是在低洼区域,塌陷导致的积水使土地长期无法耕种,土地逐渐荒废。这种破坏具有长期性和难以逆转性,若不及时采取整治措施,肥沃的土壤将永久丧失利用价值。因此,必须立即行动,通过科学规划和有效治理,防止土地资源的进一步流失,确保农田的可持续利用。

2.2 地表沉陷对水资源的影响

煤矿开采对地下岩层和水层造成破坏,对地下水进行大量排放,可能导致地下水位急剧下降,水资源匮乏。地下水流向和流量的改变会导致水资源流失和地下水矿化度增加,给水资源带来长期影响。

2.3 地表沉陷对地表建筑的影响

煤炭开采引发的地表下沉、变形和倾斜等问题会对地表建筑和农田水利设施造成影响。这可能给人们的生产生活带来不便,严重时甚至会对人们的生命财产安全构成威胁。因此,必须采取相应的措施来控制煤矿开采带来的地表沉陷对建筑物和设施的影响。

3 煤矿开采沉陷防治措施

3.1 充填开采

开采沉陷是由于采煤过程中形成的采空区所导致的地表下沉现象。为避免沉陷的发生和减少地质灾害的风险,对采空区进行充填是一种有效的方式。在采矿结束后,通过充填材料填补采空区,可以减少地表下沉量。

选择适宜的充填材料可以降低充填开采技术对环境造成的污染,促进可持续发展。充填开采技术也有助于减少地表水资源的严重流失,为生态环境保护提供保障^[2]。此外,充填开采可以减少岩层移动对地表水资源的影响,确保地表水的储存。研究表明,采用充填开采技术能够将开采沉陷量降低约60%。

而充填开采技术已经在煤矿领域逐渐推广应用,并取得了较好效果。充填开采可以减少保护煤柱的需求和减少工作面的迁移次数,提高煤矿的生产效率,降低经济成本。

3.2 离层带注浆充填

随着煤矿开采活动的深入,采空区的范围日益扩大,这不可避免地导致上覆岩层中出现离层带。当离层带的面积持续扩张,最终可能触及地表,从而引发地表沉陷问题。为应对这一挑战,采用了离层带钻孔注浆的先进技术。

该技术通过精准钻孔,将注浆材料注入离层带中,不仅能够有效地填充离层空间,还能与受损的岩层紧密结合,形成稳定的支撑结构。这种结构类似于传递梁,能够有效地支撑采空区留下的空间,显著减轻地表沉陷的风险。

实施这一技术时,必须确保上覆岩层具有足够的厚度,并且在选择的离层层位下方,岩层厚度应大于导水裂隙带,以确保注浆过程中浆液不会在高压作用下流入矿井,对井下作业造成安全隐患。

最佳的注浆时机通常出现在煤层开采后的一段时间,此时离层开始形成,注浆效果最为显著。覆岩离层注浆技术,作为一种有效的地层变形和移动控制方法,已经在多个矿区的薄煤层和中厚煤层中得到了广泛应用,为煤矿的安全生产和环境保护做出了重要贡献,并带来了显著的经济效益和社会效益。

3.3 “采—注—采”开采方式

“采—注—采”开采法独特结合条带开采与注浆充填。操作过程包括先开采小条带,接着注浆加固采空区岩体,确保稳固后再开采剩余煤柱。此法关键在于先开采窄条带,注浆稳固其断裂与垮落带,随后开采宽条带。此法通过置换荷载原理,精细控制上覆岩层应力,

有效阻止地表下沉。虽然它集多技术于一体,对技术要求高,工艺复杂且成本不菲,但采煤效率并非其强项。然而,其在环境保护及资源利用上的潜力不容忽视,为煤矿开采提供了创新且可持续的解决方案。

3.4 全尾砂充填胶结技术及应用

为显著提高尾砂的利用效率,科研团队积极投入研发全尾砂胶结充填技术。自20世纪80年代起,该技术经历了严格的试验阶段,并在取得显著成果后逐步进入实际应用。该技术基于物理化学和胶体化学的原理,通过精细的脱水工艺,确保尾砂浆浆的高浓度利用。具体而言,尾砂浆首先经过高效浓密机的初步脱水,再借助真空过滤机实现二次深度脱水,最终使得砂浆浓度提升至70%以上^[3]。

而这些高浓度的尾砂与适量水泥和微量水在强力机械搅拌装置的辅助下均匀混合,形成均质胶结料。这种胶结料通过管道高效地输送至矿区,极大地提升了尾砂的利用效能,达到了近95%的高利用率。

随着研究的深入,全尾砂胶结充填技术不仅关注材料的利用率和充填强度,还进一步探讨了充填体的稳定性及其与岩层的相互作用机制。为进一步优化充填体的性能,研究者们还积极探索了外加剂的应用及其潜在影响。

全尾砂胶结充填技术的持续发展和完善,不仅有效缓解了充填原料短缺的困境,还在保护环境、维护生态平衡方面发挥了积极作用。

3.5 沉陷区整治

在矿井采煤地表沉陷区的土地整治过程中,需遵循一系列具体原则以确保有效性和可持续性。土地复垦需紧密配合矿井的开采计划,实现开采、复垦与利用的同步进行,确保资源的合理利用和土地的有效恢复;复垦工作需结合当地的农业发展规划,与气候、土壤条件相协调,确保农作物的生长需求得到满足;复垦工作不仅要关注土地的恢复与再利用,还需与城镇建设、道路铺设等基础设施项目紧密结合,同时重视生态环境保护,确保综合治理效果。此外,这项工作应与土地利用总体规划保持一致,以促进地区布局科学合理,进而改善生产生活环境,美化城乡景观,并有力推动生态的良性循环发展。

在沉陷区的复垦过程中,应以非充填复垦为主导策略,通过综合整治手段,如充填裂缝、平整土地、植树造林及植被绿化等,来恢复土地的使用能力,保障土地的生态功能和经济价值。这些措施旨在实现土地资源的可持续利用,促进地区经济的健康发展。

针对开采活动造成的采空区地表塌陷问题,需要采

取一系列生态恢复治理措施。首先,应建立专门的地形监测机制,如设立地测部门,持续观测地形变化,并及时划定变化范围,设置明显标识。一旦发现有塌陷现象,应立即设置围栏,避免人员和设备误入,同时及时填堵塌陷区四周的裂缝,防止空气进入井下,引发煤层自燃。

对于塌陷影响范围内的建筑物和天然地物,应谨慎处理。新建永久性建筑物应避开这些区域,而已有的建筑物和地物,如能拆迁则尽量拆迁,不能拆迁的,其下方应设立保护煤柱,以确保安全。

对于小型塌陷坑,若其通达条件良好,可以利用生产期的矸石进行人工充填整治,以恢复其原有的使用功能。而对于大型塌陷坑,若同样具备良好的通达条件,应将生产期的矸石集中堆放在塌陷坑稳定一侧的边缘,再用推土机推入坑下,进行局部充填复平。

当然,也有一些塌陷坑在运营期末仍无法完全人工充填复平。对于这些区域,应保持其自然状态,仅在其周围设置永久性围栏和标识,以确保安全。

在开采活动结束,地形变化稳定后,才能考虑恢复这些区域的原有使用功能。通过这些措施,能够在保证安全的前提下,尽可能减少开采活动对环境的负面影响。

应对预测将发生的塌陷区,提前将表层的土壤推到可能陷落的两侧,地面塌陷后,可以利用矸石等进行充填,待塌陷区稳定后平整地表,将表土盖覆,以恢复自然植被。对没有充填的塌陷坑,应尽可能的削平边坡,或至少平整一面边坡为斜坡。塌陷区的平整复土,自然植被的恢复率应达到在90%以上^[4]。

参照附近对采煤沉陷治理经验,结合地表沉陷对土地的破坏的影响控制和减缓措施,应立足于土地复垦工作的大力开展,实施的土地复垦规划,采取合理的土地复垦模式。

土地复垦的策略应着重于人工与机械复垦方法,辅以生态恢复措施。在工程复垦过程中,重点在于裂缝的填补与土地的平整,同时结合适当的水土保持措施。从复垦工艺的复杂性出发,可将其分为两大类别:简易人工复垦和机械复垦。

在采煤初期或多煤层开采阶段,由于沉陷的不稳定性,通常采用简易的人工复垦方式。这种方法涉及直接从附近挖掘土石,填补受损土地,以减少初期损失。待

采煤作业完成且沉陷稳定后,将采用机械回填方案进行进一步复垦。主要工作包括从附近取土填补裂缝,并根据地形特点平整土地,以恢复其农业生产能力。

机械复垦则更多地依赖于推土机和铲运机械等大型设备。由于涉及的土方工程量大,这种复垦方法常与区域生态综合整治工程相结合。经过机械复垦后,土地的类型和土壤的物理化学性质可能会发生变化。常见的机械复垦技术包括剥离式治理和生熟土混堆法,适用于矿区的重度及轻度破坏区,以及河谷地带。

针对裂缝的处理,根据地层构造和土层厚度的不同,采取了多种方案。对于轻度破坏、土层较厚且裂缝未贯穿土层的土地,采用黄土填堵法,即挖开裂缝,填土夯实。这种方法适用于裂缝较浅、密度低且坡度在10度以下的缓坡地。对于中度和重度破坏、裂缝透穿土层的土地,依据反滤层原理进行填堵。首先用粗砾石填堵孔隙,再用次粗砾,最后用砂、细砂、土逐层填堵。这种方法能有效防止水土流失,促进生态环境的逐步恢复,特别适用于裂缝宽深、坡度在10度以上的山坡区。

对于少量水道及排水部位出现的裂缝,会根据其对矿井生产和环境的具体影响,采取相应的处理措施。若裂缝对矿井生产和其他方面影响轻微,将采取一般处理方法;若影响中度以上,将采用矸石堵塞后黄土填充的处理方式。

结束语

综上所述,煤矿开采沉陷的防治工作至关重要。通过实施充填开采、注浆充填等技术手段,结合沉陷区整治措施,可以有效减少地表沉陷的发生,保障土地资源、水资源和地表建筑的安全。未来,应进一步探索新技术、新方法,不断提高防治效果,实现煤矿开采与环境保护的和谐共生。

参考文献

- [1]马亚民.煤矿开采沉陷地质灾害分析及控制措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(12):143-144.
- [2]郑海山,周建.煤矿深层开采地质沉陷灾害信息整合技术[J].灾害学,2020,35(02):22-25.
- [3]暴毅伟.充填采矿技术在煤炭开采中的应用[J].能源与节能,2020(5):169-170.
- [4]任晓娇.关于中国煤矿地质灾害的分析与防治研究[J].能源与节能,2020(05):12-13.