

固体充填采煤充实率设计与控制理论研究

兖矿能源集团济宁三号煤矿综采工区 高博 韩涛 张旭

摘要:在煤矿开采工作中,充填采煤是重要的工作内容。随着国家对环境保护力度的不断增加,绿色采煤也成为煤矿行业关注的重点。为了实现绿色采煤的目标,本文具体分析影响充实率设计的各种因素,并根据制约固体充填采煤发展的因素提出相应的解决对策,旨在促使采煤行业的可持续发展。

关键词:固体充填;绿色采煤;控制

当前,我国矿业研究者对充实率的研究主要集中在固体充填采煤方面。在煤矿采煤技术中,固体充填采煤技术是较有效的采煤工艺,通过充填体的充实率可以直观了解固体充填采煤矿层的移动情况。通常情况下,开展固体充填采煤工程时,首先需要初步设计好充填采煤充实率,然后在具体施工过程中实时监测。在设计充实率时,要结合地面建筑物和地底岩层的实际情况以及工程要求的采高标准等方面进行设计。当前,经过多年发展,煤矿充填采煤技术已成为有效解决环境保护与开采煤炭的重要手段之一,在推广与应用过程中,得到了国家的大力支持,可以说,对促使煤矿开采和提高煤炭利用率具有重要的现实作用。

一、国内外矿山充填采煤技术的发展情况

早在1915年,澳大利亚采用废石充填矿房的方法,成为世界上较早计划充填采矿的国家,此后,国内外的煤矿与矿山都开始尝试使用充填进行开采,根据充填材料的类型,矿山充填主要经历以下阶段:

第一阶段,二十世纪四十年代前,充填采煤技术主要以废石干式充填为主,由于技术尚未成熟,普遍存在劳动强度大、生产能力低与效率不足等问题,因此无法在煤矿领域中得到广泛推广。

第二阶段,二十世纪四十到五十年代,废石干式充填技术应用比例下降,充填采煤较应用水砂充填技术,运输时会使用运输管道,可以大幅提升充填效率,其中,波兰水砂充填采煤技术超过了50%,不过,这种方法同样也存在一些不足,较突出的问题是成本高、系统复杂、需要脱排水等,所以充填采煤技术发展后期,此技术的使用频率在逐渐降低。

第三阶段,二十世纪六十到七十年代,此时,衍生出一种低浓度尾砂胶结充填技术,在充填采煤工作中,

由于充填体具备胶结体自立能力、减少排水量等优势,在使用过程中,依旧存在较严重的泌水问题,因此尚未得到广泛推广。

第四阶段,二十世纪八十年代以后,基于先前的充填采煤技术,研发出一种浓度高、膏体充填的材料,固结体强度得到进一步提升,也减少了泌水问题。2021年以来,智能高效与功能性充填成为该阶段的主要研发目标,充填开采技术自身智能升级,作为较成熟的技术,拓展用于地热与煤炭资源协同开采、储能、储热及二氧化碳封存等为典型代表的功能性充填方向,即拓展至矿山采热、CO₂地质封存等领域,且逐渐优化与完善了充填技术。

国外矿山与国内金属矿较早应用到充填采矿技术,随着充填开采技术的不断深入,矿井应用充填技术的力度加大,为充填采煤研究提供了便捷。1967年,波兰利用水砂充填法开采多个城镇下的压煤。德国利用风力充填开展了开采试验,随后DMT公司研发出一种高浓浆“尾管”充填技术,提高了采煤效率。南非在开采地面建筑物压煤时,主要以粉煤灰作为充填物,然后通过房柱法进行分层充填与开采,进一步保障了建筑物的稳定性。二十世纪七十年代,我国招远金矿等采用细砂胶结充填,提高了煤矿采出率与质量。九十年代末,国内不少煤矿企业看到了充填采煤技术带来的实际效益,研发出一套膏体充填泵送系统,被湖田铝土矿、铜绿山铜矿、克拉同科铜矿等所使用。随着充填采煤技术的不断深入,逐渐在煤矿行业得以推广和应用,也为煤矿行业的发展作出了一定贡献。

二、我国充填采煤技术的进步

进入二十一世纪以来,我国的充填采煤技术得到了进一步发展。随着全民环保意识的不断增强,充填开采技术作为绿色开采手段中逐渐被人们重视。2002年,煤炭行业由低谷期走向正轨并得到迅速发展,促使煤矿充填技术得以推广和使用。2018年,基于煤矸分选与井下就地充填的研究主题获批国家重点研发计划深地资源勘查开采重点专项立项,并于2021年经科技部验收通过。2022年,多个研究团队与矿山企业联合攻关,在冀中能源股份有限公司邢东矿建成全国首个固体智能充填采煤工作面,实现了煤基固废充填开

采技术的进一步升级,经过多年的发展,基本形成井下充填开采模式,有效推动了我国煤矿充填采煤技术的发展,也有不少研究成果已达到国际领先水平。

(一)固体充填材料

随着充填采煤技术的不断推进,固体充填材料被使用的频率也逐渐增多,对于固体充填材料的使用,实际上是对符合粒径要求的固体块体使用,此材料的优势是成本低、系统简单。当前,在应用充填材料中使用最多的是矸石,其次是粉煤灰与建筑垃圾等材料,由于众多学者分析了固体充填材料的压缩性,所以在所得到的结论中,大体相同。以矸石为例,可以分为三个阶段:首先,初步压实阶段,尽管载荷较低,不过矸石之间存在较大空隙,通过相互挤压,空隙会慢慢缩小,压缩速度也会加快;其次,破裂压密阶段,矸石块体发生变形,压碎矸石随即会填充细小的空间,达到压密的效果;最后,整体稳定压实阶段,随着应力的不断增加,矸石的压缩变形量也会发生改变,最终趋于平稳。

(二)超高水充填材料

超高水材料主要由石膏、铝土矿、石灰等加水组成,在实际应用中,由于超高水充填体含水量大、需要固体材料少等优势,能弥补传统开采依赖大宗固体物料的缺陷。同时,超高水材料具有速凝性,有助于工作面充填,超高水材料凝固后,抗压强度较高,可以消除采煤工作中存在的一些安全隐患,为采煤人员的开采工作提供便捷。不过,超高水材料固体中含有钙矾石等物质,如果置于干燥或高温等环境中,容易被释放,不利于开采工作。由于超高水材料充填工艺使用双浆输送系统会将相关浆液充填到工作面,因此要想充分混匀浆液,在混匀物料时,一般会结合混合管、混合器或混合三通使用,以此确保超高水固体材料的性能,为下一步的充填开采工作奠定基础。

(三)膏体充填材料

膏体充填材料按照一定比例,混合好凝胶材料、骨料与水等物质,制定的膏体充填材料质量约为80%,即使在管路输送中也不会发生离析、沉淀等现象,甚至达到充填区域后泌水现象也不会严重,充填体凝固后,具有很强的抗压性,特别是在多轴的共同作用下,可以稳固支撑覆岩与顶板,确保开采人员的安全。不过,根据现有研究可知,原材料来源范围广,易造成材料特性差异较大,不能很好地控制膏体指标,且在学术界中,尚未形成对膏体、似膏体与高浓度的统一区分标准。同时,膏体充填材料普遍存在先浆体后固体的状态,较适合控制覆岩移动与地表沉陷。因此,膏体充填材料的配比要满足实际施工要求,充填

体强度要满足开采标准,以免发生沉陷、塌方等事故。

三、充实率设计的原理

充实率设计并不是随意进行的,在实际充填采煤工艺中,要想达到良好的充填开采效果,需要结合矿区实际情况以及各种设备参数等内容,在了解矿区地质的基础上,设计并确定固体充填采煤充实率,以此提升采煤效率,提高采煤质量,确保采煤人员的安全。

(一)影响充实率设计的因素

在设计充实率时,往往会受到各种内外部因素的影响,例如实施的充填工艺、覆岩结构、压煤类型等。充实率设计的采高主要由地表建筑物与压煤类型决定,但覆岩结构也会影响采煤充实率。在保障充实率的安全性方面,根据充填采煤液压支架设计,同时在控制管理上,科学管理地质条件,以此较好地控制与调整充实率,另外,要采用有效的充填技术提高采煤质量。在固体充填采煤工程中,采煤充填体的压缩量与稳定性由充填体的力学特性决定,如果固体充填材料的力学特性较好,表明其稳定性更好,关于充实率的各个因素也都会在一定程度上影响充实率的设计,这些设计因素既相互影响又独立存在,每个设计因素都发挥着一定的作用,在实际应用中促使各项设计因素相结合,才能更好地发挥充实率设计的作用与效能。

(二)地质条件充实率的设计

在了解地质条件的基础上,明确密实充填体的下沉量,根据前人的密实充填概念得出充实率,同时结合物料的接顶量等因素,得出充填体的最终压缩量表达式:充填体最终压缩量=(采高-顶板最终下沉量)×充填材料的压缩率。根据采高与最终压缩量可以计算顶板的最终压缩量,结合选定条件,了解基于地质条件的充实率设计原理,即选定固体充填材料后,同时控制好制顶板提前下沉量,并减少对顶板最终下沉量的影响,以此得到基于地质条件下的充实率设计,为充填开采工作提供便利,由于顶板下沉量等因素严重影响充实率设计,所以,要尽量得到精准的下沉量,明确获得各个相关参数后,确保地质条件充实率的设计。

(三)充实率的设计

结合现有研究成果得出,在充实率设计的理论基础,以建筑物下的固体充填采煤充实率设计为例,具体设计流程按照压煤类型与覆岩结构,根据地面保护对象的抗变形能力明确极限采厚,以此获得充实率的控制参数,接着由控制参数筛选充填设备,再优化工作面的布置与设计,减少沉降问题,并评估影响地质条件的相关因素,最终判断实施充填工艺后的效果。同时,在充填率工程中,要实时监测各项参数,及时反

馈异常问题,以供管理人员调整和优化指标参数,从而实现充实率的设计,为充填采煤工作带来效益和方便,推动煤矿产业的可持续发展。

四、充填采煤技术的发展和展望

随着充填开采理论研究的不断深入,煤矿充填开采理论与技术已取得了不错的进展,在我国,煤矿行业中的充填开采技术一直处于领先水平,甚至有的已与国际水平相接近。近年来,不断推出采煤充填技术的应用,可见,在煤矿领域中充填开采技术具有较高的行业价值。相信在未来发展中,随着人们绿色环保意识的不断加强以及机械化、智能化程度的不断加深,充填采煤技术的应用也会越来越广泛。其中,创新发展高效及安全的充填采煤技术和设备时,可以从以下几方面出发:

(一)控制成本

在研究如何加强煤矿充填采煤技术方面,往往会投入一定的人力、物力与财力,具体研究充填材料的特性时,研究者为了探究适合充填采煤环境的充填材料,会创建一套较完善的充填效果评价体系,以便为充填采煤工程带来便捷,同时为了减少成本投入,煤矿企业可以联系实际开采需求,对比衡量各指标后选出最佳的充填采煤方法,深入研究充填采煤技术相结合的控制理论,在满足标准需求的前提下,减少充填材料的需求量,以此在一定程度上降低成本,提高开采效率,为企业的有序发展提供保障。

(二)拓展充填技术的适用范围

充填开采技术在不断进步与发展,为我国的经济发展与社会稳定作出贡献。在组成我国的经济结构体系中,煤炭产业具有推动作用,煤炭经济对国家经济发展的重要性不容忽视,充填采煤技术的推广和应用推动了经济发展。目前,随着自动化采煤设备、充填采煤设备的优化与完善,充填技术的应用范围得到进一步拓展,除了日常被应用到采煤采矿等领域外,还能延伸到其他金属等物质的开采工作中。同时,随着充填采煤技术的不断升级与进步,将会带来更高的经济效益,因此应积极研发与探究相关充填开采技术。

(三)保护绿色生态环境

煤炭资源所处的环境往往较复杂多样,有些煤矿企业在不恰当的开采作业中,不仅难以达到高效开采的目的,还会严重破坏赖以生存的生态环境,危害人们的健康。例如,以地下水资源保护与煤矿开采为例,在水体下开采煤矿时,易出现的是水体污染,所以,在实际开采过程中,要兼顾到地下水资源环境和充填采煤工艺的协调性,以此实现绿色采煤。煤矿企业要注重经济效益和绿色发展,使充填采煤走上可持续发展的道路,促进我国经济的稳定发展。

五、结语

综上所述,本文重点揭示充实率设计的依据与理论,由于充实率不同,充填体对地表变形的抑制程度也不同,不同覆岩压煤条件承受的变形指标对充实率提出的要求不同。通过理论研究得出,充实率指标会受到固体充填材料、关键充填采煤装置与成本等因素影响,所以在具体应用中,需要作出精准设计。结合理论分析得出,充实率的设计会受到矿区地质条件、覆岩结构、压煤类型、固体充填材料类型与充填工艺等因素影响,本文基于理论研究,创建设计的流程与方法,明确提出控制充实率的影响因素。在实际工程应用中,固体充填采煤阶段不同,控制充实率应用的方法也不同,例如,在工程实施阶段,要控制好顶板下沉量、动态监测采空区的充实率,以此更好地指导施工实践,进一步确保采煤安全。

参考文献:

- [1]黄艳利,张吉雄,张强,等.充填体压实率对综合机械化固体充填采煤岩层移动控制作用分析[J].采矿与安全工程学报,2020,29(02):162-167.
- [2]周跃进,张吉雄,聂守江,等.充填采煤液压支架受力分析与运动学仿真研究[J].中国矿业大学学报,2019,41(03):36-37.
- [3]缪协兴.综合机械化固体充填采煤矿压控制原理与支架受力分析[J].中国矿业大学学报,2020,39(06):79-80.
- [4]黄艳利,张吉雄,杜杰.综合机械化固体充填采煤的充填体时间相关特性研究[J].中国矿业大学学报,2020,41(05):69-79.
- [5]张吉雄,李剑,安泰龙,等.矸石充填综采覆岩关键层变形特征研究[J].煤炭学报,2019,36(10):35-36.