

The development status and trend of filling mining technology in mining coal mine

Shouping Lv

National Energy Group Ningxia Coal Industry Co., LTD. Transportation and Marketing Company, Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

With the development of mining technology, the application of filling mining technology in underground coal mines is becoming more and more widespread. This article will focus on describing the current status of different filling mining technology developments, analyze the advantages and disadvantages of various filling techniques, and conduct research and discussions on future development trends.

Keywords

filling mining; coal mine; development status and trend

浅谈井工煤矿充填开采技术发展现状与趋势

吕守平

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司运销公司，中国·宁夏 银川 750000

摘要

随着开采技术的发展，充填开采技术在井工煤矿中的应用越来越广泛。本文将重点描述不同充填开采技术的发展现状，分析各类充填技术优缺点，并对未来发展趋势进行研究与探讨。

关键词

充填开采；井工煤矿；发展现状；趋势

1 引言

充填开采工艺是一种有效减少采空区造成的地表下沉、地面建筑物损坏等问题的开采技术。在井工煤矿中，充填开采工艺不仅可以提高资源回采率，降低环境污染，还能提高煤炭开采的安全性。目前，充填技术使用与分类方法多种，主要分为干式废料充填技术、采空区上覆岩体离层注浆技术、冒落矸石间隙注浆充填技术、膏体（新材料）充填技术、高水充填技术和连采连充充填技术。

2 充填技术的发展现状

2.1 干式废料充填技术

干式废料充填技术主要有溜井充填、机械充填、风动充填和人工充填四类。溜井充填仅能在急倾斜煤层充填中应用，在我国如安徽、北京、辽宁、贵州等煤矿企业曾使用过溜井充填开采方法；风动充填对充填开采工艺系统、充填设备和充填材料的技术参数要求较高，适用范围有限，国外在

20世纪80年代针对干式废料充填技术展开过研究，国内早在20世纪80年代以前就已进行过干式废料充填技术对采空区充填的试验并形成相应成果，成果表明干式废料充填技术产生的地面沉降系数基本维持在0.5左右。以往的干式废料充填工程实践表明，由于充填使用的机械设备技术落后且充填效果较差，致使对地面沉降控制效果不理想，并且缺乏井下覆岩结构控制理论的指导和改善升级的充填机械设备的支持，干式废料充填技术落后，充填作业对井工煤矿正常生产影响重大，生产效率降低，工人劳动强度提高，造成了干式废料充填技术无法得到大力发展和推进。然而，干式废料充填技术具有充填材料来源广泛，井下煤矸石无需升井和充填开采成本低等显著优势，使国内许多技术研究人员开始加大对干式废料充填技术的工艺、方法、覆岩结构控制理论、废料充填核心设备等问题的研究。

2.2 采空区上覆岩体离层注浆技术

采空区上覆岩体离层注浆技术是指对采空区采用一种特定的注浆方式，即通过注入浆液使上覆岩体离层裂隙充填，达到提高采空区稳定性、防止地表沉陷的目的。该技术广泛应用于井工煤矿的开采中，是一种重要的采空区治理技

【作者简介】吕守平（1988—），男，中国辽宁大连人，本科，工程师，从事采矿工程研究。

术,是一种以上覆岩体内部位移规律为研究发起点,提出的煤矿注浆充填减沉开采新技术。采空区离层注浆技术在20世纪80年代早期在波兰发展,国内在20世纪80年代末,由辽宁抚顺矿务局第一次采用采空区上覆岩体离层注浆减缓地表沉降的试验并取得成功,后此项采空区上覆岩体离层注浆技术引起国内从事井工采空区沉陷及“三下”采煤专家、学者及企业技术人员的关注,先后在辽宁、河北、北京等地煤矿等进行上覆岩体离层注浆技术减缓地面沉降的现场监测与试验,取得了一定的技术成果和效果。

上覆岩体离层可以实现井下开采与地面注浆充填工作的同步实施,互不干扰,具有工艺简单易实现,经济合理投资低等技术优势,普遍受到人们的重视,但盲目采用上覆岩体离层注浆充填极大可能无法达到预期效果,主要原因在于以下两点:第一,上覆岩体离层位置的准确判断,离层空间大小的准确计算,离层变化的动态监测过程等技术理论尚未完全成熟,采空区上覆岩体离层注浆技术的适用条件及范围需深入研究;二是目前对采空区上覆岩体离层充填地面沉降效果尚处于争论之中。

2.3 条带开采冒落区注浆充填技术

条带开采冒落区注浆充填技术是一种针对条带开采引起的冒落区进行治理的技术,通过在冒落区进行注浆充填,提高采空区的稳定性和安全性,防止地表沉陷。该技术通常采用注浆材料对冒落区进行充填,如水泥浆、膨润土浆等,同时采用注浆设备对冒落区进行注浆处理,确保注浆效果和安全性。该技术在2000年前后在国外如美国、加拿大初步使用,由于技术的局限性,一直无法进行推广,主要限制因素是注浆效果的控制技术无法精准把控。

2.4 膏体(新材料)充填技术

膏体(新材料)充填技术通常采用固体废弃物和部分水等作为充填材料,经过处理和加工,形成具有一定强度和流动性的膏体。膏体充填技术的核心是将井工煤矿产生的煤矸石以及工业垃圾等废物在地面破碎站和搅拌站加工制成无临界流速且无需脱水的膏状填充材料,利用充填泵站或井下运输管道输送到煤矿井下采空区完成实体充填。膏体充填技术是一种采煤技术与环境保护相结合的充填技术,它以膏体充填为基本形式,通过膏体充填采煤系统实现煤炭资源的有效开采,同时达到减少采煤破坏土地、减少矸石排放量、降低环境污染等目的。

步入21世纪以后,随着“三下”采煤回收资源的利好政策及国家对生态环境保护相关要求的提高,膏体充填技术在行业得到了越来越多的重视。随着环境保护意识的提高和资源综合利用的要求,膏体充填技术作为一种新型的充填技术,逐渐得到了广泛应用和推广。膏体充填技术可以有效地减少采煤破坏土地、减少矸石排放量、降低环境污染等,符

合国家可持续发展战略和绿色发展的要求。同时,膏体充填技术的发展也得到了相关政府部门和企业的支持,不断加强技术研发和推广应用,成为煤矿开采领域的重要发展方向之一。总之,膏体充填技术在社会上的重视程度不断提高,成为煤矿开采领域的重要技术之一。

2.5 高水充填技术

由于充填开采材料来源问题难以解决,国内在2010年前后相继提出高水与超高水充填技术,与此同时其高水充填技术的新型材料随之应运而生。高水充填使用的充填材料类似一种水灰比维持在3.0左右的新材料,由两种成分构成,分别注水调配制成充填浆液,经搅拌均匀后采用相应的物理化学反应使其快速固化凝结成固体充填材料,高水充填材料诞生之初主要用于充填沿空留巷。

超高水充填材料由两种材料制成,第一种材料主要由石膏和铝土矿分散炼制,同时添加超缓凝剂;第二种材料由石灰、石膏和速凝剂构成,两种材料各以50%比例配制,其强度可根据实际使用情况修改调配。由于高水充填材料使用初期主要用于沿空留巷技术实现不留设煤柱开采,应用于村庄、公墓、重要建筑物等下面形成的大面积充填采空区,控制地面变形与沉降,其长久稳定性和地面沉降控制效果仍需进一步验证。同时,由于高水充填材料浓度较低,在开采工作面实施仰采时可以利用,但在俯采时受堵漏墙施工技术难度高等因素而产生一定局限性;另外,井下采空区若实现大面积充填,则需消耗巨大的材料用量,充填成本较高,需进一步论证其经济合理性。

2.6 连采连充技术

连采连充技术由煤矿原煤运输系统和充填运输系统组成,分别独立使用运行,原煤运输系统包括采区支巷回采和原煤运输,充填系统包括充填物的运输和回采工作面结束后支巷的充填,两套系统各自独立运行,互不影响,可实现空间与时间上的平行施工作业。

对于煤层平均倾角在8°~15°范围内的煤层,适合采用连采连自流充填工艺,充填物与浆料分离运输,在充填支巷上口形成自然耦合,利用煤层倾角自上而下形成自流充填并接实上下顶底板,实现连续充填作业。

连采连充技术是近几年发展且成熟起来的一种新型的充填开采技术,采用新发展成熟起来的第二代连采连充近水平充填开采装备,是一种矸石和浆料分离运输,在近水平支巷内任意地点通过专用混合装置充分混合,利用连续带式输送系统,前进式铺底,后退式接顶,上三角使用高密度胶结料浆采用注浆的方式结实顶板,实现分层充填,连续作业,密实接顶。

3 充填开采方式的特点及技术对比

各充填开采工艺技术对比详见下表。

表1 充填方式特点及技术对比

充填方式	充填率	下沉系数	优点	缺点	适用条件
干式废料充填技术	0.7-0.8	0.2-0.3	工艺简单,充填材料充足,实现固体废物的循环利用	工人技术要求较高	中厚煤层
采空区上覆岩体离层注浆充填技术	0.3-0.5	0.5-0.6	适应性强,成本较低,操作简单	离层位置、大小预计存在难度,减沉不理想	薄及中厚煤层
条带开采冒落区注浆充填技术	0.4-0.6	0.5-0.7	系统简单,适应性强,便于大面积连续充填,机械化程度高	施工工序复杂,工序时间影响因素多	薄煤层
膏体(新材料)充填技术	0.8-0.9	0.1-0.2	适用范围广,减排、减沉效果显著	输送浓度有限,离析分层严重,管道磨损严重,成本高	中厚煤层
高水充填技术	0.8-0.9	0.3-0.5	充填接顶较好,降低了劳动强度,生产效率高	受地质条件影响较大,成本高	薄煤层
连采连充充填技术	0.95-0.99	0.01-0.2	系统简单,充填接顶率高,采充分离、矸浆分离、连续带式输送系统进入支巷内充填,充填效率高、减排、减沉效果显著	需要新设备投入、有经验的施工队伍组织施工。	中厚煤层

4 充填开采未来发展趋势

随着科技的发展和环保要求的提高,未来的充填开采工艺将朝着以下几个方向发展:

连采连充充填技术优势明显:2017年12月连采连充充填开采技术研究及应用纳入中国煤炭工业协会促进煤炭行业转型升级先进技术。2020年3月连采连充充填技术被国家煤矿安全监察局列入煤矿安全生产先进适用技术装备推广目录(第四批)。该技术的开发成功和推广应用对推动我国煤矿矸石、洗煤厂废弃物井下处置、提高矿井资源采出率及绿色矿山建设具有重要指导意义,对促进我国煤炭绿色开采技术进步及环境建设具有重要的推动作用。连采连充充填工艺,已在鄂尔多斯市和乌海市等多家煤矿实施成功,在近年来在开采实践中,不断在开采、充填、支护、运输及地表控制等方面进行改进优化,使连采连充充填工艺具备了可移植性、可推广性,有效解决了近水平煤层和上三角接顶问题,并且试验成功。连采连充工艺投资少,产能高,适合中厚、厚煤层,减沉效果好。连采连充技术通常采用先进的自动化和智能化技术,可以提高采煤作业的精度和效率,同时也为煤矿企业的智能化转型提供支撑。

数字化:利用大数据、人工智能等技术,实现充填开采工艺的智能化管理,提高充填效率和质量。相关数据显示,智能化充填开采工艺将提高充填速度约30%,降低人工成本约20%。

绿色化:研发环保型充填材料,降低充填过程对环境的影响,实现绿色开采。据相关报道,一些矿区已经开始尝试使用生物质充填材料,如秸秆等废弃物。这种材料来源广泛、可再生、无害环境。

高效化:提高填充材料的强度和稳定性,降低充填成本,提高企业经济效益。相关研究表明,新型的聚合物填充材料可以提高填充材料的强度和稳定性,降低充填成本约20%。

地域化:根据不同矿区的地质条件和资源特点,研发适合的充填技术,提高煤炭开采的适应性。目前,一些矿区已经开始尝试使用井下巷道充填技术,这种技术可以减少地面影响、提高资源回收率。

5 结语

通过对井工煤矿各类充填开采技术特点和发展现状的总结分析,得出不同充填开采技术的适用性、局限性、限制因素和优缺点,总体凸显出连采连充充填技术优势明显,具有提高生产效率、降低充填成本、减少环境污染、适应性强和安全性高多种技术特点,国内充填开采技术未来发展和使用中将以连采连充技术为推广主流。连采连充技术的发展和应用,为煤矿企业带来了生产效率、成本、安全性和环保等多方面的优势,是未来煤矿充填开采技术的主要发展方向。另外,井工煤矿充填开采技术未来将结合智能化、绿色化、高效化、地域化多方面协同发展。

参考文献

- [1] 中国煤矿充填开采的发展前景与技术探讨.许家林; 赖文奇; 钱鸣高.第八届国际充填采矿会议论文集.2004 (06).
- [2] 资源与环境协调绿色开采及其技术体系.钱鸣高; 缪协兴; 许家林.采矿与安全工程学报.2006 (03).
- [3] 我国目前煤矿充填开采技术现状.闫少宏; 张华兴.煤矿开采.2008 (06).
- [4] 充填开采技术在煤矿中的实践.赵琦.山东煤炭科技.2012 (06).