

“三下”压煤安全开采综合技术研究思考

卢晋敏

(山西兰花科技创业股份有限公司技术中心)

摘要:本文系统的介绍了“三下”压煤开采技术在国内的研究及部分应用情况,如果能够保证地表沉陷符合国家规定的前提下,最大限度地回收“三下”压煤,将为公司带来显著的经济效益和社会效益。

关键词:“三下”压煤;开采技术

1 前言

煤炭占中国一次能源的 70%左右,而且在未来几十年内,我国以煤为主的能源结构不会改变,随着国民经济的迅速发展,对能源的需求日益增加,致使采矿规模不断扩大。为了保证煤炭的持续供给,现有易采可采的资源枯竭,必然使难采煤层、城市和村庄(镇)建(构)筑物下、铁路下、水体下(简称“三下”)压煤的开采成为矿区发展的趋势。

我公司下属各煤矿井田范围内,村庄下、铁路下、水体下有大量的压煤,均为较为优质的无烟煤,初步调查统计仅大阳、伯方、唐安三个生产矿井总计约 8914 万吨压盖储量。不仅影响采区的布置和回采的连续性,而且大大降低了煤炭资源采出量,影响矿井经济效益。如果能够在保证地表沉陷符合国家规定的前提下,最大限度地回收“三下”压煤,将为公司带来显著的经济效益和社会效益。

2 “三下”压煤开采技术

目前,国内外在解决“三下”压煤问题时,选择的开采技术主要分为以下几类:(1)部分开采技术;(2)长壁式充填开采技术;(3)条带开采、充填相结合开采技术;(4)充分采动覆岩离层注浆开采技术。

2.1 部分开采技术

部分开采与长壁式全部陷落法开采不同,由于仅有部分煤炭被开采,而留设了保护煤柱,以支撑上覆岩层,从而达到减少控制地表沉陷和变形,实现对地面建筑物、地形、地貌及地下结构保护的目。在所有开采方法中,部分开采法相对最简单、成本低,但最大的缺点是采出率低,大约为 40%,越是厚煤层和煤层群,采出率越低。常用的方法包括:条带开采、房柱式开采、刀柱法等。

(1)条带开采方法属于部分采矿法,也叫压矿采矿法,是控制地表移动、变形和覆岩破坏的一种有效措施。该方法的实质是将开采煤层按一定的尺寸划分成比较正规的条带状,采一条,留一条,用留设部分的条带煤柱来支撑煤层的上覆岩层。条带开采使用现有设备,不需任何额外投资,而且可以根据现场条件,研究留设宽条带开采,生产效率也可以适当提高,并且为煤柱的二次开采创造了条件。设计将连续采煤机引入条带式开采工艺,提高了条带式开采的机械化水平。连续采煤机可实现采掘合一,成功解决了条带式开采巷道掘进长度大的采掘矛盾。

(2) 房柱式开采是在开采煤层内掘一系列宽 5~7m 左右的煤房，煤房间用联络巷相连，形成近似于长方形的煤柱，煤柱宽度由数米到十多米不等。美国是世界上采用连续采煤机房柱式开采最早和产量最高的国家，回采率在 50~60%，地表下沉系数在 0.35~0.68。我国神府东胜矿区大柳庄煤矿、陕西黄陵矿、兖州南屯煤矿等都曾采用房柱式开采方法，但由于缺乏配套的技术设备，总体而言，我国房柱式开采方法应用相对较少。

(3) 刀柱法指工作面每推进一定距离，留下一一定宽度(4~6m)的煤柱支撑上覆坚硬顶板。主要适用于当煤层顶板极为坚硬时，采用强制放顶垮落法有困难时的中厚煤层开采。其主要缺点是工作面搬家频繁，不利于机械化生产，目前除大同矿区部分煤矿采用外，其它地区极少采用。

2.2 长壁式充填开采技术

长壁式充填开采，即在长壁式开采过程中，利用充填技术将物料充填入工作面后方采空区，最大限度的开采煤炭资源，并且达到控制岩层运动及地表沉陷的目的。按照所用充填材料的分类，主要有固体物充填、膏体充填以及高水材料充填。

(1) 固体物充填

在地面将矸石等固体物与粉煤灰混合后通过投料钻孔投放到井下，采用胶带输送机将其运送到充填开采工作面的采空区。固体物充填需要根据不同的开采技术，选择不同的充填设备，从而前期投入费用会有所不同。采区回收率达 75% 以上，采空区充实率达 85% 以上。

综采工作面固体充填技术，即将固体充填物输送上悬挂在综采支架后部的充填溜子，再由充填溜子的漏矸孔将矸石充入采空区，综采矸石充填支架与普通综采支架的区别在于后部不设掩护梁，取而代之的是较短的平直尾梁，并在尾梁上悬挂充填溜子。充填溜子是由刮板输送机底部开设漏矸孔方式设计而成。如运用自夯式充填开采液压支架、输送机等配套设备进行矸石与粉煤灰的采空区充填，并进行夯实。

充填材料为破碎后的煤矸石或固体废料，或加煤灰、黄土等材料。

充填设备主要有矸石粉碎机、充填溜子、投料管、投料缓冲装置以及专用支架，另外井下需开掘专用储料仓。前期投入，综采约为 2000 万元，普采所需费用则较少。

其中冀中能源运用固体充填技术月产量达 5.0 万 t 以上；

(2) 膏体充填

膏体充填，是一种胶结充填技术，是将骨料、惰性材料、胶凝材料与水混合，搅拌加工成为具有良好稳定性、流动性和可塑性的牙膏状胶结体(膏体)，在重力或泵压作用下，以柱塞流的形态输送到采空区完成充填作业的过程。膏体充填具有 5 个方面的优点：充填体压缩率最低，减沉效果好；煤炭采出率高，适用范围广；充填体密实并有一定的抗压强度，采空区无明显漏风，十分有利于防治采空区自燃发火；输送管道占据空间小，布置方便，管道输送效率高；充填材料不沉淀、不泌水、不离析，管道输送可靠。缺点是初期投资大，充填成本高。

膏体充填的骨料是粉碎的煤矸石，占 70% 左右，矸石粒度一般小于 25mm；添加的惰性材料为水泥、粉煤灰，一般占 25% 左右；胶凝材料是一种化学材料，占 5% 左右。

膏体充填所需设备较多，有矸石粉碎机、充填泵、充填管道以及地面泵站，然后根据开采工艺的不同，工作面还需布置相应的充填设备。采用综采需配置专用充填支架，初期投资约为 5000 万元；而普采则需要单体支护设备，相比之下，普采成本略低。

煤矿膏体充填技术还处于发展阶段，其中由中国矿业大学与淄博矿业集团合作，已经在现场开展了膏体充填回收条带煤柱项目，以及地面管输膏体巷旁充填厚煤层无煤柱开采项目。另外冀中能源运用膏体充填技术月产量达 4.5 万 t 以上；

(3) 高水材料充填

整个充填工作按环节可分为材料供应、地面搅拌、井下充填等部分。充填工艺采用水力

泵送、挂包充填。充填的主要成本为高水胶结固化材料，但其主要原料为硫酸铝盐、石灰、石膏、石灰石等。在当地及邻近地区有丰富的资源，可就近取材。其产品成本约为 300 元/t。高水材料中添加剂用量为高水材料的 3%，价格为 1200 元/t；充填骨料采用矿井废弃的矸石进行破碎，不仅来源广，成本低，而且可变害为利，变废为宝。改善环境。矸石破碎的加工费为 2 元/m³。充填每立方米采空区约需胶结固化材料 85kg（高水材料含量按 5%）、矸石 1m³。

2.3 条带开采、充填相结合开采技术

在一些开采条件较差、地面下沉量要求比较高的矿区，进行“三下”开采时，可以采用部分开采与充填开采相结合的开采方式。充分发挥两种开采方式的优点，达到煤炭资源利用的最大化，同时又能保证地表下沉在合理的范围内。

(1) 矸石充填置换条带煤柱

针对条带开采后留设煤柱的状况，结合围岩条件和地面建筑物结构情况，通过在条带开采后所留设的大煤柱中合理布置巷道，利用掘进的方法采煤，然后利用井下产生的矸石对该巷道进行回填，并通过其它一些必要的加强采空区原条带开采后的煤柱置换开采后的煤柱条带煤柱内的充填巷和注浆加固技术措施，保证进行充填开采后所留的煤柱，与原条带开采留设煤柱相比，仍具有较强的承载能力，这样就不会出现巷道上覆围岩的大面积垮落，从而实现将地表变形控制在规定的 I 级范围之内，既可采出部分条带开采后留设的大煤柱，增加煤炭的产出，也不会造成地面建筑物的变形破坏，同时可以处理井下矸石，使其不上井。可以在条带开采的基础上，煤炭采出率提高约为 10%~20%。

充填材料主要有：矸石、固体废弃物和少量注浆材料；

所需设备主要有：连续采煤机、皮带运输机、矸石粉碎机、抛矸机和注浆设备。初期投资大约 700 万元。

(2) 条带开采冒落区部分注浆充填

条带开采冒落区部分充填模式可以实现采充均衡，该技术是一个可行的建筑物下压煤开采技术思路，相对于条带开采，不但可以减缓地表沉陷，而且提高煤炭采出率约 20%，同时可以处置粉煤灰和矸石粉等煤电企业固体废弃物。

注浆充填系统由地面设施（厂房、设备仪表等）和井下输送管网组成。注浆材料经管路运输至回风充填巷道，在充填钻孔硐室由充填钻孔向冒落区注浆。充填系统占地面积小，布置紧凑，充填料流经各工序的时间短，工艺流程合理，便于实现机械化和自动化生产，系统充填生产能力设计为 50m³/h~80m³/h。该系统有如下优点：工艺密封式运输、储存粉煤灰，对环境污染小，工人作业环境好；工艺可靠，自动化程度高，易实现连续生产；系统计量准确。主要缺点是：运输及粉煤灰储料仓基建工程量大，造价较高。

注浆材料可以选择粉煤灰、矸石粉和水泥，按一定比例混合，并加水搅拌均匀配制成浆液。

2.4 充分采动覆岩离层注浆开采技术

充分采动离层注浆减沉技术的发展，是基于覆岩离层发育规律而提出。现阶段，比较先进的离层注浆技术主要是全段高多离层、大流量高浓度、连续注浆技术。其主要优点：首先，煤炭资源回采率高。其二，可以适应地层变化。第三，可以避免注浆钻孔损坏，多层位注浆，注浆量大，上覆岩层沉陷变形量小，注浆钻孔所承受的变形量较小，因而能更好地保障注浆钻孔不破坏。第四，可以避免单层位注浆时的岩层短期闭合。第五，在井下高强度开采的条件下，可以实现长期连续注浆，注浆量提高 5~7 倍，减沉效果突出。

根据注浆减沉机理，注浆量越大地表减沉率也就越大，沉陷控制效果越好，单从这方面而言，注浆量（注灰量）越大越好。但是，注浆量的大小还存在技术可行性和经济合理性的制约。

减沉技术需要地面布置钻孔和加压泵站。加压泵站由中压泵、高压泵、蓄浆搅拌池及稳压装置。注浆工艺主要包括：灰浆配制、加压、输送和注入等环节。

灰浆配制是将电厂来浆加入适量粉煤灰，经搅拌配制成合乎注浆要求的浓度。灰浆浓度越高，注入的灰量也就越大，注浆效率也就越高。

3 分析比较

在开采“三下”压煤时，部分开采技术未对采空区进行充填，其开采成本最低，相应的煤炭资源回收率也最小；长壁式充填开采技术，采用前采后充的开采方式，对采空区进行了及时的、大范围充填，充填率达到 85% 以上，煤炭采出率大约为 75%，且设备投入费用也较高；而充分采动覆岩离层注浆开采技术的应用，理论上能使得煤炭采出率达到最大，但前期投入比较高，且国内外应用较少，技术尚不成熟；相比而言，目前国内外应用较为广泛的，多为条带开采、充填相结合的开采技术，也是目前适用于我公司下属煤矿的开采技术。能充分发挥两种开采方式的优点，达到煤炭采出率最大化的同时，又能保证地表下沉在合理的范围内，最终实现煤炭资源的绿色开采。

4 结 论

随着煤炭资源价格的不断上升，我公司获得新的整装资源的难度越来越大，如何提高公司现有技术条件下提高资源回收率、延长矿井的服务年限，开展“三下”采煤技术研究与探索是非常必要的。

目前从国内外大量的实践研究表明，在一定的地质采矿条件下，只要采取适当的采矿方法和保护措施，开采“三下”压煤是完全可行的，我公司开展“三下”采煤技术研究与实践可以取得显著的经济效益及社会效益。