

老采空区治理技术现状及展望

贾新果, 陈清通

(煤炭科学研究总院矿山安全技术研究分院 北京 100013)

摘要:从采空区覆岩破坏规律及采空区稳定性评价研究、治理技术等方面,详细介绍了老采空区治理技术现状。针对存在的不足,提出了老采空区治理技术发展的研究方向。

关键词:老采空区, 勘察, 注浆治理工艺, 超高水材料, 质量检测

中图分类号: X752

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2012)05-0012-04

矿山开采沉陷不仅对矿区的正常生产造成严重影响,而且带来一系列社会和环境问题,如地面塌陷、建筑物、道路、地面和地下水系破坏,农作物和森林植被损害等。尤其老窑采空区的存在,给工程建设带来了巨大的隐患,具有隐蔽性、复杂性、突然性和长期性等显著特点^[1,2]。近年来,随着我国人口的增长和经济的发展,用地越来越紧张,对采煤塌陷土地加以充分利用就显得十分必要^[2]。因此,很多工程项目都要面对老采空区治理的问题。目前,对老采空区注浆治理问题的研究主要集中在采空区覆岩破坏规律、老采空区注浆治理技术工艺和老采空区地表建筑抗变形设计等几个方面。

1 老采空区治理技术研究现状

1.1 采空区覆岩破坏规律及采空区稳定性评价研究

六十年代以来,煤炭科学研究总院唐山分院、枣庄、本溪矿务局根据我国建筑物的特点,提出了建筑物受采动影响的破坏程度与地表变形值的相互关系。近几十年来在煤矿采空区塌陷力学机理研究、运用相似材料模拟和数值分析等试验及开采沉陷预计理论研究等方面均取得了可喜成果^[3-5]。

随着对老采空区地表利用增加,越来越多学者对老采空区稳定性的机理进行了深入的研究,对老采空区稳定性的机理进行了比较全面的分析,获得了老采空区“活化”机理、规律、地基评价

方法和老采空区处理方法等研究成果,并且进行了老采空区上方的建筑实践^[2,6-8]。

老采空区稳定性受老采空区内因素和外部(地面建筑)荷载作用因素两大方面的影响。地面建筑荷载对采动破裂岩体地基的扰动是浅部采动破碎地基或老采空区活化的重要原因之一。在地面建筑荷载作用下,地基土体中将产生附加应力,并按一定规律向下传递,改变老采空区上方破裂岩土体地基的受力状态。地面建筑的类型、基础形式、荷载大小不同,其作用于地基上的附加应力的分布形式、地基沉降量、地基扰动深度也不同。有的学者提出,在没有其它外力作用时,只要地面建筑地基附加应力不直接波及到老采空区冒落裂缝带时,地面建筑荷载就不会造成老采空区的活化。

1.2 老采空区治理技术研究

对老采空区上方地表进行合理利用,在采取一定措施下,才可能保证地表建构筑物的安全。目前,对老采空区治理技术的研究主要集中在老采空区综合地质勘察技术、采空区治理工艺研究和老采空区治理质量检测技术研究等几个方面。建(构)筑物下采空区的处理措施主要有直接处理方法和间接处理方法。直接处理方法主要有全部充填采空区、局部支撑覆岩或地面建构筑物、注浆加固和强化采空区围岩结构、提前释放老采空区沉降潜力;间接处理方法采用抗变形方法和后期修补方法。

(1)老采空区综合地质勘察技术研究^[9-12]

对采空区的形态及性质研究,即准确把握场地的工程地质条件,如采空区的分布形态、覆岩垮落情况、采空区充填压密情况、覆岩岩土体工程地质性质特征等。这些条件的查明能为后续老采空

收稿日期:2012-06-18

基金项目:国家自然科学基金青年基金(51004065)。

作者简介:贾新果(1980-),男,汉族,河北邢台人。硕士,助理研究员。现在煤炭科学研究总院矿山安全技术研究分院,从事“三下”采煤和开采沉陷损害与综合防治技术研究工作。

区稳定性研究、采空区治理技术等提供准确的基础资料。

国内近年来在利用地球物理勘探技术查明地下采空区方面作了大量的工作,有些技术如瞬态瑞利波法、地质雷达、弹性波 CT、超声成像测井等,均达到了国际水平。随着我国物探技术测量精度和信息处理速度的提高,工程物探越来越成为探明地下老采空区的一项重要的有力勘探手段。工程钻探是以“点”的方式有效揭露地层及地下开采情况的勘探方法。借助钻探能详细查明钻孔剖面上的岩性特点、岩芯采取率、RQD 值、冲洗液漏失情况及数量、掉钻、卡钻现象、煤芯采取率、冒落物特点等,根据这些资料能有效地了解“三带”分布、冒落物的密实程度、采空区充水性和连通性等。通过对比钻探和物探资料,修正物探结果,以点度面,综合判断地下开采情况。

钻孔注水试验是野外测定岩(土)层渗透性的一种方法。根据注水试验的原理,获得某地质条件下的注水速率及注水量,从而得出岩土层的渗透性参数。根据其渗透性大小用来探查岩层的完整性及煤层采空区的垮落和压密情况,渗透性小,说明上覆围岩垮落较彻底,采空区被冒落岩土体充填较密实;反之,渗透性大,说明采空区内空隙较多,不够密实。

(2)采空区治理工艺研究^[2,4,7,9-14]

对老采空区上方地表进行合理利用,在采取一定措施下,才可能保证地表建构筑物的安全。目前,建(构)筑物下采空区的处理措施主要见表 1 所示。

1)全部充填采空区,以彻底消除地基沉陷隐患,采用注浆充填、水力充填和风力充填等,其中以注浆法应用最广泛、效果最好。

传统的注浆材料主要为水泥粉煤灰。其加固

表 1 采空区综合治理方法

处理方式	治 理 方 法
直接处理	充填法 注浆充填 水力充填 干砌片石充填 浆砌片石充填 开挖回填法
	局部支撑法 注浆柱支撑 井下砌墩柱支撑 钻孔桩柱支撑
间接处理	覆岩离层注浆 注浆加固和强化采空区围岩结构
	释放沉降潜力法 井下复采或爆破 高能级强夯法 水诱导沉陷法
间接处理	采用抗变形方法和后期修补方法

机理主要是利用水泥水化及水解反应产生的碱性环境,激发粉煤灰的活性,发生火山灰反应,生成水化硅酸钙、水化铝酸钙和水化铁铝酸钙,充填胶结颗粒间空隙,使混合料最终硬结成具有水稳定性、一定强度和整体性的结石体,充填采空区空洞及上覆岩土体裂隙裂缝,达到充填目的。

如山西省平定县西郊一旧关段柏井采空区、寿阳一西郊段冶西联营煤矿采空区、福建省漳龙高速公路下伏煤矿采空区、锦州至阜新高速公路煤矿采空区、太祁高速公路采空区段、京珠高速公路来宜段下伏采空区、唐津高速公路采空区等视各工程具体条件利用水泥浆、水泥粉煤灰、水泥砂浆和水泥/水玻璃浆液等材料进行采空区处理,效果十分良好。

(超)高水材料充填采空区,其与传统的水泥粉煤灰浆液材料具有以下明显特性:固水能力强,其水硬化体的体积比含水率高达 90%,重量水固比 2.57:1;速凝性强,甲、乙浆液混合后,24 h 强度可达 4.0 MPa 以上;具有良好的可泵性能,即甲、乙两种浆液单独存放或输送能保持 1 d 以上不结底、不凝固;在充填系统上,完全采用了国产的灌浆泵和搅拌机或液压双作用充填泵构成充填系统。与水沙、矸石、膏体三种充填材料相比较,高水材料还具有以下鲜明的特点:容易输送。高水材料呈液体状态,采用管道自流输送,不需动力,任意成形;具有良好的流动性,使充填材料不受采空区几何形状的限制。2007 年始,在冀中能源邯矿集团陶一矿 701 工作面试验成功高水材料沿空留巷技术;至 2010 年 2 月底,陶一矿已累计充填采出 3 个工作面,采出煤量 21.3 万 t,充填量 108 070 m³,取得了明显效益。

2)局部支撑覆岩或地面建构筑物。对采空区进行局部充填或支护,减小采空区空间跨度,防止顶板垮落。常用的方法有注浆柱、井下砌墩柱和大直径钻孔桩柱或直接采用桩基法,即将建筑物的基础桩穿过采空区,使之位于稳定岩层内,从而使建筑物不受采空区影响;

3)注浆加固和强化采空区围岩结构,即覆岩离层注浆。对采深相对较大、煤柱稳定性较好的采空区,可采用注浆加固采空区上部破裂带和弯曲带的措施,使之形成一个刚度大、整体性好的岩板结构,有效抵抗老采空区“活化”,使地表只产生相对均衡的沉陷,以保证地表构筑物的安全;

4)提前释放老采空区沉降潜力。在采空区地

表未利用前,采取强制措施加速老采空区活化和覆岩沉陷过程,消除对地表安全有较大威胁的地下空洞,在沉陷基本稳定后再开发利用地表土地。具体方法有井下复采或爆破、堆载预压法、动力挤压法、高能级强夯法和水诱导沉陷法等。

这些治理方法中全部充填采空区法因为能彻底消除地基沉陷隐患,因而在采空区治理中得到了广泛应用。全部充填采空区法主要有注浆充填、水力充填和风力充填等,其中以注浆法应用最广泛、效果最好。注浆充填是我国目前进行老采空区地基处理的重要方法之一,但对高水材料+粉煤灰浆液注浆区域和注浆工艺研究等问题并没有进行充分研究。

(3)老采空区治理质量检测技术研究^[15,16]

现行检验注浆效果的方法主要是通过钻探、地面物探、孔内物探、钻孔水文试验及处治后变形观测等。但每种方法都有其适应性及局限性,任何一种单一的方法都很难对空洞处理质量效果进行准确评价。地面物探虽然方便、快捷,但直观性差,精度较低,在没有钻探配合情况下,只能进行定性评价;水文试验、孔内物探等都需与钻探配合;钻探方法虽然直观、可以通过取样了解采空区的充填情况,但检查孔数目有限。

因此,对老采空区治理工程治理效果检测方法尚须进一步研究。

(4)老采空区地表构筑物抗变形结构设计^[2,4-7,17]

早在19世纪末,德国就利用井下填充法来大大降低地表移动变形值,波兰从1945年起开始大规模的建筑物下采煤;英国对新建的抗变形建筑采用带滑缝的双板基础,以减小水平变形的影响;前苏联进行了楔形基础的试验;S.S.Peng等建议新建建筑物设计采用对称结构。

我国从20世纪50年代末开始对村庄及矿区下采煤建筑物保护进行开采试验研究,取得了大量数据,积累了经验。如在新建建筑物中设置水平滑动层。从1978年湖南资江煤矿建造抗变形俱乐部以来,就地重建抗变形结构房在我国徐州、峰峰、阳泉、兖州、平顶山等多个矿区得到推广,其中有农村平房、楼房、窑洞等,总建筑面积达数十万平方米。如徐州庞庄矿在拾西村采用煤研石垫高地基就地重建抗变形农村住宅取得圆满成功,既避免了征地和搬迁带来的一系列社会经济问题、改善了农民居

住条件,又解放了大量煤炭资源、延长了矿井服务年限,取得了显著的社会、经济和环境效益。

2 老采空区治理技术发展方向

尽管我国在老采空区地表治理方面取得了丰富的理论和实际成果,但在老采空区覆岩破坏规律、老采空区探测、地表注浆治理工艺、采空区注浆治理质量检测和质量控制及其理论研究中还不完善为此,本文提出以下几点:

(1)深入研究和掌握老采空区覆岩破坏规律。长期研究表明:老采空区虽然经过了长时间自然压实,但是由于开采所形成的地下空洞、冒落岩块的欠压密、岩体中的离层、裂缝等现象(问题)仍将长期存在。在自然力或外力扰动时,可能打破覆岩中原有的相对应力平衡状态,形成采空区及其破裂覆岩的二次移动和变形,导致地面出现不均衡沉降现象,对地面建筑物安全构成危害。在老采空区上方进行建设时,掌握其覆岩破坏规律,合理判定老采空区内地下空洞、冒落岩块压密情况和岩体中离层、裂缝发育情况,正确估计老采空区上方地表的残余沉降,对于合理确定地表注浆治理方案,进行建筑物抗变形结构设计、保障建筑物安全是非常必要的。

(2)深化注浆理论研究

浆液流动的过程是浆液和被注介质协同作用的结果。岩体孔(裂)隙是浆液流动的通道,由于岩体结构的不同,造成浆液流经方式和途径差异,从而产生不同的注浆效果。目前,岩体结构理论主要有多孔介质理论、拟连续介质理论、裂隙介质理论以及孔隙和裂隙双重介质理论;在注浆渗透理论方面主要有马格理论(球形扩散理论)、柱形扩散理论、卡罗尔理论、单平板裂隙注浆渗透模型、Baker公式等。而对注浆加固后岩体力学特性的研究只有一些定性的结论,还没有上升到理论的高度,很难用于指导注浆治理工艺设计。

(3)优化地表注浆治理工艺,加强新型注浆材料的研究。

超高水材料采空区充填开采技术具有充填工艺简单,初期投资低,劳动强度低,充填成本低,机械化程度高,实际应用与操作方便,对煤矿地质条件适应性强等显著优点。理论上,超高水材料制浆系统可置于井下或地面上,能生产出连续的超高水材料浆液。

但是,其在地面注浆治理老采空区中还没有应用过,无论在理论方面还是在实际应用中均缺乏系统研究,如浆液在老采空区垮落岩块和覆岩裂隙中的流动规律就很少涉及到。理论和实际应用的缺乏,导致地面高水材料注浆工艺设计只能根据经验进行,盲目性大,注浆治理方案实施后或者达不到既定充填效果,或者造成注浆材料的较大浪费,达不到预期治理目的。因此,对采用(超)高水材料注浆工艺从地面注浆治理老采空区加强研究很有必要,重点是采空区地面注高水材料浆液的注浆理论模型、注浆材料、施工工艺等问题。

(4)深化质量检测和质量控制技术,控制注浆治理效果

国内外还没有一种行之有效的采空区治理质量检测手段,大都通过多种检测手段进行综合评价。比如采用电法、浅层地震反射波法、地震波CT、钻探等多种物探检测手段对采空区注浆前后进行对比检测试验。注浆前后,通过地层电性变化能基本反映注浆范围及其注浆加固效果,加上电法造价相对较低、技术成熟、受场地干扰小等优点,可作为注浆质量检测主要方法之一;地震波CT和钻探检测效果最直观,也最准确,但其成本过高,且检测工期慢,可在重点区域或质量存疑地段使用。

参考文献

[1]王甫勤.我国小煤矿发展问题及政策分析.中国地质大学学报

(社会科学版)[J],2006,6(6):61~67.

[2]郭广礼.老采空区上方建筑地基变形机理及其控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,2001.

[3]何国清,杨伦,凌赓娣.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1991.

[4]周国铨,崔继宪,刘广容,等.建筑物下采煤[M].煤炭工业出版社,1983.

[5]北京开采所.煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用[M].北京:煤炭工业出版社,1982.

[6]峰峰矿务局,中国矿业大学,煤科总院开采所.采动区民房受力理论分析和结构措施优化设计与试验-峰峰矿区抗采动试验房技术研究报告[M],1991.

[7]煤炭科学研究总院唐山分院,平顶山矿务局.抗变形房屋村庄下采煤研究报告[M],1989.

[8]魏志勇,赵同谦.浅部采空区地基处理方法的研究及其在工程上的应用.焦作工学院学报[J],1996,15,(6):29~34.

[9]白冰,周健.探地雷达测试技术发展概括及其应用现状[J].岩石力学与工程学报,2001,20,(4):527~531.

[10]董立元,刘松玉,邱钰.高速公路下伏采空区危害性评价与处治技术[M].南京:东南大学出版社,2006.

[11]《岩土注浆理论与工程实例》协作组编著.岩土注浆理论与工程实例[M].北京:科学出版社,2001.

[12]杨米加,陈明雄.注浆理论的研究现状及发展方向[J].岩石力学与工程学报,2001,20,(6):839~841.

[13]冯光明,孙春东,王成真,等.超高水材料采空区充填方法研究[J].煤炭学报,2010,35(12):1963~1968.

[14]孙春东,冯光明.新型高水材料巷旁充填沿空留巷技术[J].煤矿开采,2010,15(1):58~61.

[15]张俊英,王金庄.采空区地表新建建筑地基稳定性评价技术研究[J].矿山测量,2003,(3):28~30.

[16]张俊英,王金庄.建筑地基采空区注浆充填及检测技术[J].西安科技学院学报,2004,24,(2):151~154.

[17]张永波.老采空区建筑地基稳定性评价理论与方法[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.

(上接第5页)

在国家现行的税费收益分配政策规定中,中央对新疆的倾斜扶持虽然有所体现,但总体上倾斜扶持力度不大,长期以来新疆财政投入总是在全国排名靠后位次,属于财政收入较低的省区。因此,国家对新疆实行并体现有区别的差异化政策时,要加大对新疆共享税种费种及其他收益分配的倾斜扶持力度,以利改善新疆低财政收入的现实,使新疆各族人民群众真正充分享有矿产资源开发的经济实惠。

5.5 中央与新疆对石油、石化企业所得税分享

石油、石化的发展对新疆经济社会发展至关重要,特别是新疆作为资源型大区,资源优势转化为经济优势需要特殊政策,新疆在支持石油、石化

企业发展的同时,理应分享相应的发展成果。新疆直接参与石油石化企业所得税的分享,或作为一项特殊因素,由中央财政给予专项转移支付补助,还可以参照西藏做法,规定新疆驻区外企业所得税回疆缴纳。

参考文献

[1]新疆统计年鉴[Z].中国统计出版社,2011.

[2]梁钰.煤炭资源开发的环境影响调控[J].煤炭经济研究,2009,1.

[3]薛晟旗.内蒙古煤炭开采对环境的影响的评价研究[J].消费导刊,2009(07)

[4]曹金亮.山西省煤炭资源开发对生态环境损害评估[J].地质通报,2009(05)

[5]杜恩社,周红升.矿区资源开发的环境影响及其经济损益评价[J].资源科学,2008,3.