

房柱式采空区下长壁工作面覆岩宏观变形特征研究

解 兴 智^{1 2}

(1. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013; 2. 煤炭科学研究总院 开采设计研究分院, 北京 100013)

摘 要: 基于鄂尔多斯矿区房柱式采空区下长壁工作面回采实际情况, 采用理论分析、现场实测和数值模拟相结合的方法, 对该条件下工作面覆岩宏观变形特征进行了研究。结果表明, 房柱式采空区下长壁工作面顶板结构呈现上部大结构和下部小结构的特征, 大结构和小结构交互影响, 导致支架循环末阻力和来压判据较实体煤下和长壁采空区下都大, 遗留煤柱下方工作面煤壁处存在应力集中异常区, 工作面片帮和切顶危险增加, 更易导致采场支架失稳。

关键词: 房柱采空区; 长壁工作面; 顶板结构; 宏观变形特征; 煤柱稳定性

中图分类号: TD325.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336 (2012) 04-0023-03

Study on Micro Deformation Features of Overburden Strata Above Longwall Coal Mining Face Under Goaf of Room and Pillar Mining

XIE Xing-zhi^{1 2}

(1. Mining and Design Department, Tiandi Science and Technology Company Ltd., Beijing 100013, China;

2. Mining and Design Branch, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract: Based on the actual mining of the longwall coal mining face under the goaf of the room and pillar mining in Ordos Mining Area, a method combined with a theoretical analysis, site measurement and numerical simulation was applied to study the micro deformation features of the overburden strata above the coal mining face under the goaf of room and pillar mining. The results showed that the roof structure above the longwall coal mining face under the goaf of room and pillar coal mining would have a feature with a large structure in the top roof and small structure in the bottom roof. The reciprocal effect between the large structure and small structure would cause the circulated terminal resistance of the powered support and the roof pressurization judging data higher than at the bottom of the coal seam and at the bottom of the longwall mining goaf. There would be a stress concentrated abnormal zone existed in the coal wall of the longwall coal mining face under the coal pillar left in the goaf. Thus the spalling from the coal mining face and the roof breaking danger would be increased and the powered supports would lost its stability.

Key words: goaf of room and pillar mining; longwall coal mining face; roof structure; micro deformation features; stability of coal pillar

鄂尔多斯矿区是国家规划的大型煤炭基地, 该矿区众多煤矿均存在房柱式采空区, 随着采法改革的推进, 下部煤层目前多采用长壁式回采, 若上部煤层采用房柱式采煤法开采, 上部煤层房柱式开采后残留的煤柱在底板形成集中应力, 导致下部煤层开采区域的顶板结构和应力环境发生变化^[1], 从而使下部煤层开采与单一煤层开采相比出现了许多新特点。从国内的研究来看, 攀枝花矿区^[2-3]较早进行了上覆房柱式采空区下长壁开采的相关研究,

太原矿区^[4-5]、大同矿区^[6-7]和兖州矿区^[8]针对房柱式开采条件下煤柱的稳定性和参数等问题进行了相关研究, 神东矿区石圪台矿^[9]对房柱式采空区下综采顶板控制问题进行了相关研究, 文献 [10] 对鄂尔多斯矿区房柱式采空区煤柱稳定性问题进行了研究。伊泰集团凯达矿回采 6^{-2} 煤层, 厚度 1.9~2.6 m, 采用倾斜长壁一次采全高综采。 6^{-2} 煤层上方为 5^{-1} 煤层房柱式采空区, 5^{-1} 煤层厚度 1.7~1.8 m, 曾采用“采 6 煤留 8 煤”的方式进

收稿日期: 2011-11-26; 责任编辑: 曾康生

作者简介: 解兴智 (1976—), 男, 山西运城人, 高级工程师。Tel: 13910700502

网络出版时间: 2012-04-17 09:53:16; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120417.0953.006.html>

引用格式: 解兴智. 房柱式采空区下长壁工作面覆岩宏观变形特征研究 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (4): 23-25, 29.

行房柱式开采。本文以内蒙古鄂尔多斯矿区房柱式采空区下长壁开采的典型条件作为案例,对该条件下的覆岩宏观变形特征进行分析研究。

1 房柱式采空区下长壁开采顶板结构分析

房柱式采空区下长壁开采时,由于长壁工作面顶板中存在房柱式开采后遗留的煤柱,在工作面上方有不连续的岩(煤)层结构,房柱式采空区上部的覆岩在一定的采高范围内形成上部大结构,综采工作面顶板及上方煤柱形成小结构,小结构支撑大结构,大结构的垮落对小结构产生影响(图 1)。

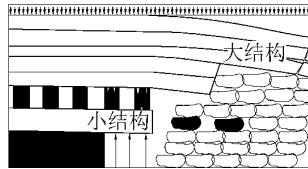


图 1 房柱式采空区下长壁开采垮落法顶板结构示意图

煤柱的存在产生集中载荷,从而使得下层煤开采的长壁开采工作面采场应力重新分布,特别是工作面前方煤壁的超前支承压力和采场支架受力明显不同于普通长壁开采工作面,对于近距离煤层影响将更为明显。最终表现为该条件下长壁开采的矿压显现明显异于普通长壁工作面。

2 房柱式采空区下长壁开采工作面应力

采用 PASAT 煤岩内部物理特性层析成像系统,对试验工作面的煤层与顶板中的应力分布情况进行分析。PASAT 软件主要用于煤岩体内部结构和特性探测,其原理是基于地震波层析成像技术,根据地震波波速或地震波场观测数据对煤岩介质进行反演,获取探测区域的波速、密度或衰减系数等参数,从而识别探测区域的结构和特性,如应力集中区、陷落柱、断层及破碎带等。

试验综采工作面煤层中的波速分布如图 2 所示,可以看出,工作面前方顶板中有片状的应力波高速区域存在,经分析为超前支承压力在顶板中的传播,工作面前方煤体中有更大面积的应力波高速区域存在,具体位置在工作面的中下方,经分析为煤体超前支承压力影响区域,越靠近工作面下方,支承压力越明显,影响区域越大。同时还可以得出,工作面超前应力影响区以外,无论是煤体中还是顶板岩层中,都有集中应力异常区存在,越靠近

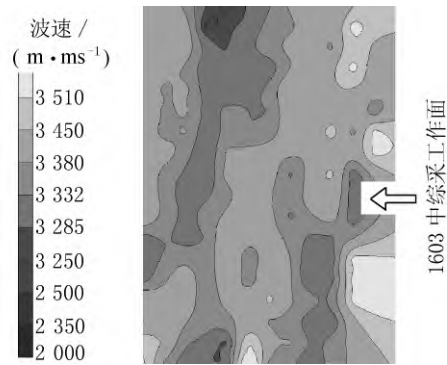


图 2 试验综采工作面煤层中波速分布示意图
工作面,应力集中程度越明显。

3 矿压显现特征分析

该研究分别对实体煤下开采的 4602 工作面 (I)、长壁采空区下开采的 2602 工作面 (II)、房柱式采空区下开采的 1603 工作面 (III) 等 3 个工作面进行了长期的矿压监测,对循环末阻力、初撑力、工作面来压判据、动载系数、来压步距等主要参数进行了统计对比分析,表 1 为不同煤层赋存条件下工作面支架工作参数对比,从表 1 中可以看出,房柱式采空区下开采支架的循环末阻力和来压判据最大,其次为长壁采空区下开采,实体煤下开采支架的循环末阻力和来压判据最小。房柱式采空区上方存在煤柱容易造成应力集中,长壁采空区对覆岩产生二次扰动,顶板垮落高度大等都是造成工作面矿压显现强烈的重要原因。

表 1 不同煤层赋存条件下工作面支架工作参数对比

编号	类别	循环末阻力/kN	初撑力/kN	来压判据/kN	动载系数	来压步距/m
I	实体煤下	4 791	3 701	5 506	1.28	9.62
II	长壁采空区下	4 962	3 342	5 467	1.10	7.28
III	房柱式采空区下	5 446	3 907	6 050	1.24	8.82

从表 1 中可以看出,实体煤下开采支架的动载系数和来压步距最大,其次为房柱式采空区下开采,长壁采空区下开采支架的动载系数和来压步距最小。实体煤下开采顶板覆岩更容易在低位形成结构,造成顶板来压步距大,垮落后相应的动载系数也大;而采空区下开采时,上、下采空区间的基岩较薄,不容易在支架后方形成悬顶,所以顶板周期性折断时的来压步距小,相应的动载系数也小。

工作面支架合理工作阻力的确定应以维持顶板

岩层稳定为基准,同时防止采空区冒落的矸石涌入回采空间,以保证采场足够的工作空间,满足正常的安全、高效生产。1603 工作面液压支架工作阻力采用自动记录仪连续监测,工作面使用 ZY6800/14/31 两柱掩护式支架,支架高 1.4~3.1 m,中心距 1.5 m,初撑力为 5 066 kN,额定工作阻力为 6 800 kN,试验中记录仪显示的支架工作阻力呈交错分布,工作面支架的工作阻力随顶板的垮落呈周期性起伏,来压步距呈不等距分布。

4 房柱式采空区下开采覆岩变形模拟分析

4.1 工作面推进过程中应力场分布

针对房柱式采空区长壁开采工作面的特殊顶板结构,采用 UDEC 数值计算软件对试验工作面的应力场进行分析。工作面推进过程中应力场矢量分布如图 3 所示,从图 3 可以看出,在工作面后方,顶板内部形成了一个应力释放区域。当工作面从房柱式采空区下方推过后,房柱式采空区煤柱连同煤层顶底板同时垮落并充填采空区。图 3b 为试验工作面推进到房柱式采空区煤柱左下方时的应力场分布,受煤柱压力传递的影响,工作面上方出现了应力集中,由于底板基岩比较薄,很容易发生架前冒顶事故。图 3c 为试验工作面推进到房柱式采空区煤柱下方时的应力场分布,工作面出现煤壁应力异常集中,并向煤层底板传递。在这种情况下,极有可能出现片帮和切顶的危险。图 3d 为试验工作面

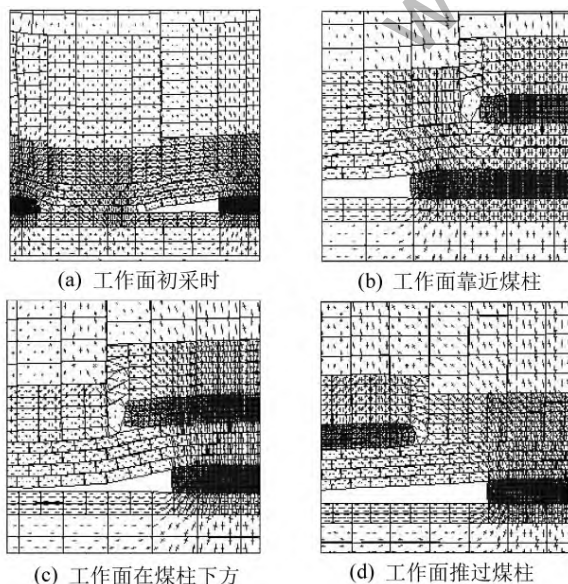


图3 工作面推进过程中最大主应力场分布

推过房柱式采空区煤柱时的应力场分布,工作面推过煤柱后,工作面前方煤体出现了大面积卸压,支承压力高峰区向前方煤壁深处转移。

4.2 房柱式采空区煤柱受力情况分析

煤柱受到回采引起的侧向支承压力作用后,一般可分为破裂区、塑性区和弹性区。上部煤层开采后残留的煤柱,一般处于两侧采空状态,煤柱长期承受支承压力的作用,支承压力形态与煤柱的宽度有关。当煤柱宽度非常宽时,煤柱两侧支承压力不叠加,煤柱中央存在一个弹性核,处于弹性应力状态。图 4 为煤柱内距煤层底板不同位置的应力分布,从图 4 中可以看出,工作面上方房柱式采空区遗留煤柱体内应力呈现马鞍形分布。

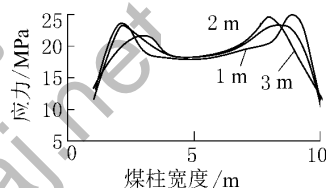


图4 煤柱内距煤层底板不同位置应力分布

煤层开采引起回采空间围岩应力重新分布,不仅在回采空间周围的煤柱上形成应力集中,而且该应力会向底板深部传递,图 5 为上部煤层底板不同深度最大主应力分布,可以看出,距煤柱深度越深,应力集中程度越大,但应力集中范围越小。煤柱应力集中程度还受煤柱尺寸、赋存状况和围岩性质的影响。煤柱尺寸不同,赋存状况和围岩性质不同,所产生的应力集中程度不同,由此造成传递到底板中的应力分布各异。下方长壁工作面开采要承受上方房柱式采空区残留煤柱的集中载荷影响,煤柱集中应力在底板岩层中的应力分布情况决定着房柱式采空区中柱的稳定性。

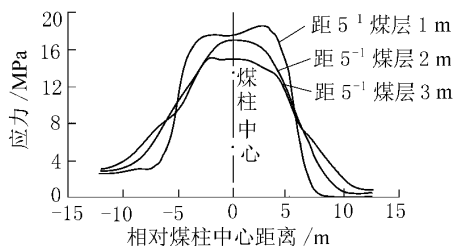


图5 上部煤层底板不同深度最大主应力分布

1) 房柱式采空区长壁开采顶板结构不同于普通顶板结构,为含煤柱覆岩顶板结构,顶板边界条件为集中载荷条件。

(下转第 29 页)

行项目法管理,掘进队采用掘进班组和机电设备包机组相结合的综合队形式,直接采用打眼、出矸、清底、打灰专业班组“四六”制作业,机电及其他辅助工种采取“三八”制作业,项目管理、技术人员实行24 h跟班制。

2) 机电设备管理。纳林河施工中机电设备维修保养实行包机制,根据设备性质和不同作用,把人员分成伞钻组、抓岩机组、提升吊挂绞车组、压风组等。包机组由维护工和操作司机组成,利用工序转换的空闲时间或平行作业时间进行检修,做到超前维护保养,确保设备处于正常完好状态。

4 结 语

通过在纳林河矿区超大直径深立井机械化配套快速施工技术的成功应用,在大直径立井施工中,必须推行机械化综合配套,以大井架、大(多)绞车、大吊桶、中心回转抓岩机、大伞钻、大模板和集中混凝土搅拌站为主要配套设施的综合机械化作业线,才能保障超大直径、深立井安全、优质、快速施工,这也是今后超大直径、深立井施工的主要组织方式。与此同时,需要提升现场施工组织管理,与机械化配套相适应。在超大直径深立井机械

(上接第25页)

5 结 论

1) 煤柱在长壁工作面顶板中的存在,使得工作面易出现应力集中区,工作面顶板容易发生破坏,集中表现为架前冒顶、切顶与煤壁片帮。

2) 煤层开采引起回采空间围岩应力重新分布,不仅在回采空间周围的煤柱上形成应力集中,而且该应力会向底板深部传递;而应力在顶板中的分布情况将直接影响着煤柱的稳定性。

3) 工作面顶板上部大结构与下部小结构失稳的不同周期性,会引起工作面周期来压的不等距和来压强度的不等强性,其动载通过房柱式采空区煤柱传递给采场支护结构,是造成采场支架失稳的重要原因。

参考文献:

[1] 冯国瑞,张绪言,李建军,等. 刀柱采空区上方遗弃煤层上行开采可行性判定理论及方法 [J]. 煤炭学报,2009,34

化配套快速施工技术应用中,通过合理优化选择设备配套施工可以有效降低工人劳动强度,提高施工速度。使用配套设备的程序化标准化,形成既定的工序和固定的作业方式,可以减少人为影响,保证工程质量,实现本质安全施工,显著提高社会效益和经济效益。

参考文献:

- [1] 张 馨. 深竖井快速施工成套新技术研究和推广应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社,2004.
- [2] 张 伟. 立井普通机械化连续快速施工 [J]. 中州煤炭,2006 (2): 35-36.
- [3] 马金录,王成恩,卢新华. 立井井筒机械化配套快速施工技术 [J]. 煤炭科技,2011 (1): 74-75.
- [4] 黄跃东,徐福林. 大直径深立井井筒基岩段快速施工技术 [J]. 煤炭技术,2006,25 (9): 107-108.
- [5] 羊群山,何杰兵. 双联钻机在大断面竖井井筒施工中的应用 [J]. 煤炭科学技术,2010,38 (10): 42-44.
- [6] 万援朝. 千米立井大冻深快速凿井施工技术 [J]. 煤炭科学技术,2010,38 (12): 43-46.
- [7] 王志刚. 大断面深竖井深孔爆破与机械化配套技术研究 [D]. 淮南: 安徽理工大学,2004.
- [8] 王成博. 张集矿超大直径厚表土钻井法施工的关键问题 [J]. 煤炭技术,2007,26 (1): 92-94.
- [9] 胡仲国,杨金顺,彭小元,等. 极近距离煤层刀柱采空区下走向长壁开采的探讨 [J]. 煤炭科学技术,2000,28 (4): 43-46.
- [10] 吴士良,秦乐尧. 刀柱采煤法采空区下长壁采场顶板控制研究 [J]. 山东科技大学学报: 自然科学版,2000,19 (4): 102-104.
- [11] 朱 涛. 极近距离煤层刀柱采空区下长壁开采矿山压力及其控制研究 [D]. 太原: 太原理工大学,2007.
- [12] 李玫斯,李全胜. 近距离上覆煤层刀柱开采后下覆煤层长壁开采技术 [J]. 煤矿现代化,2005 (2): 19-20.
- [13] 孟 达,王家臣,王进学,等. 房柱式开采上覆岩层破坏与垮落机理 [J]. 煤炭学报,2007,32 (6): 577-580.
- [14] 杨 斌. 刀柱采煤法在厚煤层开采中的应用 [J]. 煤炭工程,2004 (10): 10-11.
- [15] 卫建清. 房柱式开采煤房与煤柱参数的合理确定 [J]. 矿山压力与顶板管理,2003,20 (1): 106-108.
- [16] 屠世浩,窦凤金,万志军,等. 浅埋房柱式采空区下近距离煤层综采顶板控制技术 [J]. 煤炭学报,2011,36 (3): 366-370.
- [17] 付武斌,邓喀中,张立亚,等. 房柱式采空区煤柱稳定性分析 [J]. 煤矿安全,2011,42 (1): 136-139.