

复杂条件下薄煤层综采方案研究

温兴林^{1,2}, 段西亮³, 于飞⁴, 李传磊²

(1. 山东科技大学 矿山灾害预防控制教育部重点实验室, 山东 青岛 266510;

2. 山东科技大学 资源与环境工程学院, 山东 青岛 266510;

3. 淄博矿业集团 葛亭煤矿, 山东 济宁 272053; 4. 煤炭工业济南设计研究院有限公司, 山东 济南 250031)

摘要: 葛亭煤矿 1160 采区地面有密集建筑物, 其煤层含有一层硫化铁硬夹矸, 底板距奥灰较近。针对这些实际情况, 通过理论分析和计算确定 1160 采区条带法开采工作面采出宽度: 基岩厚度 30 m 以下区域, 条带采出宽度 30 m, 基岩厚度 30 m 以上区域条带采出宽度为 40 m。工作面选用 MG200/456-QWD 型采煤机但是对其做了相应的改造: 滚筒为强力滚筒, 滚筒直径为 1 100 mm, 截齿采用国外凯南麦特加强型镐型截齿。通过对底板承压水突水情况的分析, 认为煤层开采的安全性较高, 正常情况下无突水危险。

关键词: 葛亭煤矿; 薄煤层; 综采工作面; 硫化铁硬夹矸; 条带开采

中图分类号: TD823.251

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2011)04-0029-05

The Fully Mechanized Mining of Thin Seam under Complex Conditions

WEN Xinglin^{1,2}, DUAN Xiliang³, YU Fei⁴, LI Chuanlei²

(1. Key Lab of Mining Disaster Prevention and Control, Ministry of Education, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China; 2. College of Resources and Environmental Engineering, Shandong

University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China;

3. Geting Coal Mine, Zibo Mining Group Co. Ltd, Jining, Shandong 272053, China;

4. Coal Industry Jinan Design & Research Co. Ltd, Jinan, Shandong 250031, China)

Abstract: Aiming at present situation of winning-district 1160 of Geting coalmine, where there are lots of buildings on the surface, and the coal seam contains a layer of Fe₂S hard band and the coal floor is close to Ordovician limestone, the mining width of strip method in the district was determined by theoretical analysis and calculations; the scrip width is 30 m in the area where the bedrock thickness is less than 30 m, while the scrip width is 40 m in the area where the bedrock thickness is more than 30 m. The MG200/456-QWD shearer was selected for the face but it was updated; the cutting drums were changed into strong ones with a diameter of 1 100 mm and the strong Kennametal conical picks were selected. The water inrush on mining floor was analyzed and there is no danger of water inrush under normal mining activities.

Key words: Geting Coalmine; thin seam; fully mechanized face; ferrous disulfide hard band; strip mining

我国煤炭储量大且赋存多样化, 其中薄与极薄煤层资源丰富, 分布广泛^[1]。薄煤层赋存条件差, 机械化开采难度大, 生产效率低, 产量低, 开采方法比较传统单一。每年从薄煤层中采出的煤量远远低于其储量所占的比例^[2]。如何在薄煤层特殊的地质与技术条件下, 提高开采技术水平和生产效率、增大采出率和产量一

收稿日期: 2011-03-01

作者简介: 温兴林(1966—), 男, 山东招远人, 副教授, 博士, 主要从事特殊开采方面的研究和教学工作。

E-mail: xlwen@sdust.edu.cn.

直是一个技术难题^[1]。随着我国煤炭产量和需求量日趋增大,老矿区的厚煤层资源储量日渐贫乏^[2-4],为了提高薄煤层的开采效率和经济效益,许多煤矿开展了薄煤层综采技术研究^[4-6]。由于葛亭煤矿1160采区薄煤层中含有硬夹矸且地面村庄分布密集,为实现该采区安全高效的生产,必须研究合理的综采方案。

1 工程概况

葛亭煤矿位于山东省济宁市任城区,是淄博矿业集团有限责任公司在济北矿区建设的第三对现代化矿井。1160采区地面位于工业广场西北,地面平均标高+40.5 m,地面有4个村庄、2个砖厂、1个造纸厂和1所中学;井下位于矿井西翼-386 m水平,开采石炭系太原组16煤,17煤层。北到17煤层露头、向西、向南至矿井边界,东以 F_2 和 $F_{3支1}$ 断层为界;煤层局部赋存较稳定,煤层厚度可达1.4 m。煤层可采指数100%,变异系数5.1%,煤层平均倾角 12° 。

十_下灰含水层为16煤层直接顶板,是影响16煤层开采的直接充水含水层。根据工作面附近奥灰钻孔资料,16煤下距奥灰平均65.8 m,16煤底板至奥灰之间发育有十一灰、十二灰、十三灰和十五灰等薄层灰岩。十一灰、十二灰和十五灰厚度薄且不含水;十三灰厚2.72~4.19 m,平均厚3.29 m,从 O_{xg3} 钻孔资料看十三灰不含水且不漏水,故正常情况下对开采16煤层威胁不大。工作面含硫化铁结核硬夹矸多分布在距顶板0.34 m左右处,厚度在0~0.4 m之间,其中厚度在0.2~0.4 m的占29%,呈层状不均匀分布规律,局部不含硬夹矸,硫化铁结核呈鹅卵石状,多分布在夹矸中。

2 综采方案设计

2.1 村庄下压煤开采方案设计

2.1.1 开采方案确定

根据矿井地质开采条件以及矿区不搬迁村庄下采煤的实践经验,1160采区建筑物下煤层的开采应采用走向条带法,如图1所示。

2.1.2 条带法设计

确定条带开采的合理采、留尺寸是条带开采能否取得成功的关键。保留煤柱的宽度过大,采出率就低,宽度过小,则煤柱容易破坏,达不到预期目的,因此必须结合开采地质条件,正确设计条带煤柱的尺寸。

首先根据条带开采的经验和矿山生产的要求,初步选取采出条带宽度和保留条带宽度,然后进行强度稳定性、抗滑稳定性(倾斜煤层走向条采)和变形稳定性分析。目前条带开采尺寸设计(强度稳定性分析)的方法有单向应力法、三向应力法、弹塑性椭圆孔法和刚塑性滑移线法等。

试验表明,其他条件相同时,柱体的抗压强度随其高度的增大而减小,条带开采时,一般选用煤柱的宽高比大于5;采出率相同的条件下,国内设计的条带开采宽度变化在10~160 m之间,宽深比为0.043~0.347,即为采深的 $1/23 \sim 1/2.9$ 。国内外成功的条带开采实例表明,回采率最好为40%~65%,即条带煤柱面积占总开采面积的35%~60%,回采率过高,将难以保证煤柱的稳定性^[7-8]。

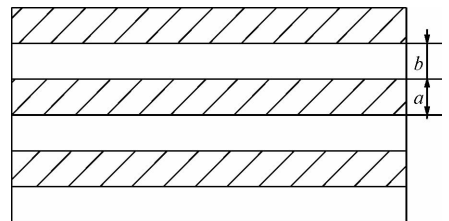
2.1.3 基岩厚度对条带尺寸的影响

一定采厚条件下,基岩厚度与采宽比对地表移动变形影响较大。葛亭煤矿1160采区基岩厚度较小,为31.2~40.6 m(其中风化带厚度10~14 m),故设计的采出宽度尺寸不应过大,以有效地控制地表变形并保证保留煤柱有足够的强度和稳定性。

2.1.4 条带法开采的采宽、留宽尺寸计算

1) 采出宽度 b 的确定

根据井下煤层的实际地质开采条件以及对基岩厚度与地表移动关系的实际分析^[9],选取1160采区条带



a. 保留宽度; b. 采出宽度。

图1 走向条带开采方案示意图

Fig. 1 The schematic diagram of strip mining on the strike

法开采工作面采出宽度为:基岩厚度 30 m 以下区域,条带采出宽度 30 m;基岩厚度 30 m 以上区域,条带采出宽度为 40 m。

2)留设宽度 a 的确定

留设煤柱宽度 a 应满足有效、稳定和长期支撑上覆岩层的要求^[9],根据研究区条件,计算如下。

a 值应满足方程组(1)的要求:

$$\begin{aligned}
 a &= 6.56 \text{ m}H \times 10^{-3} + \frac{b}{3} - \frac{b^2}{3.6H} \\
 \frac{a}{m} &\geq 5 \\
 a &\geq 0.01 \text{ m}H + 8.4 \\
 q &= \frac{a}{a+b} \times 100\% \leq 70\%
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

其中: H —采深,m; m —采厚,m; q —工作面回采率。

通过计算,综合分析煤柱支撑效应,确定基岩厚度 30 m 以下区域,条带留设煤柱宽度 30 m;基岩厚度 30 m 以上区域,条带煤柱留设宽度 40 m。

2.1.5 条带稳定性评价

1)单向应力法

煤柱的单向抗压强度应大于煤柱实际承受的荷载,可得煤柱的安全系数为:

$$S_t = \frac{R_c a (0.778 + \frac{0.222 a}{h_a})}{\gamma H (a + b)} = 2.641 \sim 10.584.$$

其中: S_t —安全系数; R_c —煤柱原位临界立方体单轴抗压强度,Pa; γ —上覆岩体的平均容重, kg/m^3 ; h_a —岩柱高度,m。

2)三向应力法

煤柱承压安全系数为煤柱能承受的极限荷载与煤柱实际承受的荷载之比,可得煤柱的安全系数为

$$K = \frac{4\gamma H (a - 4.92 \text{ m}H \times 10^{-3})}{\gamma \left[H a + 0.5 b \left(2H - \frac{b}{0.6} \right) \right]} = 1.87 \sim 2.15.$$

3)条带煤柱稳定性评价

在进行条带开采时,为了保证煤柱有足够的强度,在煤柱受力状态下,安全系数大于 1.6 可保证煤柱有长期的支撑稳定性。从单向应力法和三向应力法的安全系数的计算可以看出,以上设计能够满足条带开采法的煤柱稳定性要求。

2.2 含硫化铁结核薄煤层综采方案设计

葛亭煤矿 16 煤位于太原组的中下部,1160 采区 16 煤厚度 0.79~1.40 m,平均厚度 1.1 m 左右,煤层稳定,结构较复杂,含硬夹矸,且夹矸含有较硬的硫化铁结核,硫化铁结核普氏系数高达 11,煤层倾角 $4^\circ \sim 15^\circ$ 。

首次采用综采的 11604 工作面地层整体形态为宽缓的向斜构造,轴向近东西,向东倾伏,倾角较小,平均 9° 。煤层厚 1.10~1.47 m,平均 1.22 m。葛亭煤矿采用天地科技上海分公司的 MG200/456-QWD 型采煤机,其主要参数如表 1 所示。

表 1 MG200/456-QWD 型采煤机主要参数表

Tab. 1 The main parameters of MG200/456-QWD type shearer

采高范围/m	适应倾角/(°)	煤质硬度	装机功率/kW	滚筒直径/m	截深/m
1.1~2.1	≤ 35	3~4	456	1.0	0.6

从表 1 可见,采煤机正常结构的煤质硬度为 3~4,而葛亭煤矿 16 煤含有夹矸,硬度较大,因此对

MG200/456-QWD型采煤机在原设计方面存在的不足提出了改进方案,并进行了相应的改造,滚筒为强力滚筒,滚筒直径为1100 mm,截齿采用国外凯南麦特加强型镐型截齿。该采煤机能够满足薄煤层工作面“三机”选型配套原则,基本解决了工作面采煤机的选型问题。

因此,葛亭煤矿含硬夹矸薄煤层实现综采的基本途径是采用大功率滚筒式采煤机,并改进截齿与滚筒以适应复杂的地质条件。

2.3 底板承压水条件下薄煤层综采方案设计

2.3.1 1160采区水文地质条件及岩性组合

1160采区西部、北部边界为煤层露头,直接和第四系底部接触,因第四系底部有一巨厚粘土层,且本采区开采煤层为薄煤层,故不受第四系水影响,开采时只需留足第四系岩柱,保证工作面顶板完整即可;DF₁断层以东的F₂断层为正断层,倾角70°~75°,落差0~125 m,矿井内延展长度2750 m,断层北端为本采区边界,延展长度为600 m;1160采区所在水文地质单元东南边界为F_{3支1}为一正断层,落差0~70 m,走向NE(北东),倾向SE(南东),延展长度600 m;F₁₁作为南部边界为一正断层,倾角50°~67°,落差30~240 m,走向SEE(南东东),倾向NNE(北北东),采区内延展长度500 m;1160采区内褶曲和小断层较发育,因而其次生的裂隙应发育。另外1160采区三维地震勘探发现3个陷落柱,这些小断裂和陷落柱成为底板隐伏水构造,所以,以上构造使区内下灰和奥灰含水层存在垂直和侧向水力联系的可能性。

16煤至17煤间距2.92~11.32 m,平均9.2 m,其间多以泥岩、砂岩和灰岩组成,主要以砂岩为主,砂岩又分为细砂岩和粉砂岩;17煤至十三灰间距15.45~25.31 m,平均20.93 m,其间主要由泥岩、粉砂岩、细砂岩和灰岩组成;十三灰厚度在0.32~4.51 m之间,平均2.62 m,以灰—灰褐色为主,质纯、坚硬、裂隙发育,被方解石脉充填;十三灰至奥灰间距17.77~46.30 m,平均28.69 m,其间岩性主要为杂色泥岩和铝质泥岩;奥灰揭露厚度为6.20~155.03 m,大多在60 m以上。

2.3.2 底板奥灰突水系数与带(水)压开采安全性评价

分别计算16煤、17煤的奥灰突水系数^[10],如表2所示。根据2009年12月实施的《煤矿防治水规定》,底板受构造破坏块段突水系数一般不大于0.06 MPa/m,正常块段不大于0.1 MPa/m。从表2中可以看出1160采区16煤奥灰突水系数低于0.06 MPa/m,故从突水系数看采区内16煤处于安全开采范围内。17煤奥灰突水系数低于或接近0.06 MPa/m但小于0.1 MPa/m,故从突水系数看采区内17煤基本处于安全开采范围内。

通过分析认为,奥灰水针对16煤1160采区开采而言底板突水威胁不大,但在局部奥灰富水地段也要采取一定有效的防治水措施,在1160采区的浅部17煤奥灰突水系数小于0.1 MPa/m,可以直接带压开采;而采区深部突水系数大于0.1 MPa/m,可采取疏水降压以保证安全开采。

表2 16煤、17煤奥灰突水系数表

Tab. 2 The inrush coefficient of Ordovician water in seams 16,17

位置	x	y	水压/ MPa	16煤与奥灰 间距/m	17煤与奥灰 间距/m	16煤突水系数/ (MPa·m ⁻¹)	17煤突水系数/ (MPa·m ⁻¹)
O _{x12}	3 932 376.986	39 453 583.977	3.581	/	53.00	/	0.068
O _{x13}	3 932 373.759	39 453 431.618	3.597	72.51	61.11	0.050	0.059
O _{x14}	3 932 354.399	39 453 252.788	3.510	/	66.91	/	0.052
O _{x15}	3 932 135.086	39 453 670.818	3.583	/	57.34	/	0.062
O _{sg2}	3 932 399.299	39 454 103.404	4.682		56.47		0.083
O _{sh1}	3 933 477.938	39 454 455.344	2.688	/	40.30	/	0.067
O _{shV}	3 931 397.560	39 453 327.882	2.891	66.90	54.74	0.043	0.053
L _{10-I}	3 933 337.714	39 453 218.274	3.149	60.31	49.90	0.052	0.063
L _{10-III}	3 931 478.46	39 453 124.490	3.067	72.01	60.16	0.043	0.051

2.3.3 基于“下三带理论”^[11]的底板安全煤岩柱计算

底板突水的地点分为巷道突水和采场突水,巷道突水多以构造破坏为主,承压水通过断裂或构造破碎带进入底板,形成充水,一旦巷道揭露出来后,承压水迅速涌入。采场突水多以采矿破坏为主,矿山压力破坏削弱了底板隔水层的厚度和强度,造成与含水层的密切联系。底板突水原因主要是煤层底板受力及变形,是否突水取决于底板岩层中下三带的高度总和。

1) 导水破坏深度

底板采动导水破坏深度为

$$h_1 = 0.0085H + 0.1665\alpha + 0.1079L + 4.3579。$$

其中: h_1 —底板破坏深度, m; L —工作面长度, 取 40 m; H —煤层埋深, 399 m; α —煤层倾角, 9° 。

计算得出底板破坏深度为 13.56 m。

2) 阻水带厚度

底板阻水带厚度为 $h_2 = \frac{p}{z}$ 。其中: h_2 —底板阻水带厚度, m; p —作用在底板上的水压力, 3.65 MPa; z —阻水系数, 0.2 MPa/m。

计算得出底板阻水带厚度为 18.25 m。

3) 导升带高度

与石灰岩邻接的岩层中存在着原始的节理和裂隙,岩溶承压水进入后成为导水层。底板承压水导水层指底板承压含水层的水在水压力和矿压作用下上升到其顶板岩层中的范围,记为 h_3 。根据葛亭煤矿 1160 采区柱状图特征可知导升带高度最大不超过 10.50 m。

底板安全煤岩柱高度 h_a 应满足 $h_a \geq h_1 + h_2 + h_3$ 。

16 煤下三带之和为 $13.56 + 18.25 + 10.50 = 42.31$ m。

16 煤距奥灰含水层的最小距离为 43.55 m,一般情况下不存在突水危险性;17 煤部分区段下三带之和大于其距奥灰含水层的最小距离(37.31 m)。因此,对于 17 煤距底板奥灰含水层间距小于 42.31 m 的区段建议采区局部疏水降压的措施。同时,对于断层等地质破碎带及阻水系数变小的区段,加强探测的同时要采取措施。

总体来说,除去少部分特殊区段存在突水的安全隐患,16 煤 1160 采区整体开采的安全性相对较高。正常情况下,安全开采是可行的。

通过对村庄下采煤方案设计、含硫化铁与硬夹矸薄煤层由炮采转为机械化开采方案设计及底板承压水等条件下开采的安全性验证分析,确定葛亭煤矿 1160 采区薄煤层综采方案。

3 结论

1) 根据葛亭煤矿 1160 采区地面的实际情况,结合矿井地质开采条件以及矿区不搬迁村庄下采煤的实践经验,确定 1160 采区建筑物下煤层的开采应采用条带法开采的方案:基岩厚度 30 m 以下区域,条带采宽 30 m,留宽 30 m;基岩厚度 30 m 以上区域条带采宽 40 m,留宽 40 m。

2) 根据煤层含硫化铁结核,硬度较高的实际情况,采用天地科技上海分公司的 MG200/456-QWD 型采煤机,并进行了优化,滚筒为强力滚筒,滚筒直径为 1 100 mm,截齿采用国外凯南麦特加强型镐型截齿。

3) 通过对底板承压水突水情况的分析,确定 16 煤、17 煤层开采的安全性较高,正常情况下无突水危险。

参考文献:

- [1] 陈忠良, 刘帆. 薄煤层综采工艺方式及其适应性[J]. 能源与技术管理, 2010(5):70-72.
- [2] 温庆华. 薄煤层开采现状及发展趋势[J]. 煤炭工程, 2009(3):60-61.
- [3] 梁洪光. 薄煤层综采技术发展现状[J]. 煤矿开采, 2009, 14(1):9-11, 24.

LIANG Hongguang. Current development status of full-mechanized mining in thin coal seam[J]. Coal Mining Technology, 2009, 14(1):9-11, 24.