

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 05 - 0550 - 04

赵各庄矿深部带压开采评价

李建民¹, 张壮路², 张瑞玺¹

(1. 开滦 (集团) 有限责任公司, 河北 唐山 063000; 2. 煤炭科学研究总院 西安分院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 通过对赵各庄矿底板隔水层厚度及其阻隔水能力的研究, 采用突水系数法及弹塑性力学理论分析法, 论证了赵各庄矿深部资源在煤层底板完整、突水系数小于 0.15 MPa/m 的区段可进行带压开采, 创造了我国煤炭资源开采深度 - 1 200 m 的记录。

关键词: 赵各庄矿; 深部带压开采; 突水系数法

中图分类号: TD823.84 **文献标识码:** A

Evaluation of mining under safe water pressure of aquifer in deep Zhaogezhuang coal mine

LI Jian-min¹, ZHANG Zhuang-lu², ZHANG Rui-xi¹

(1. Kailuan Group Corp., Tangshan 063000, China; 2. Xi'an Branch, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on the study of the thickness and impemeability of coal floor aquiclude, using inrush coefficient method and mechanic method to evaluate the feasibility of mining in deep above aquifer, it is found that mining is feasible in area where the coal floor aquiclude is whole and the inrush coefficient is smaller the 0.15 MPa/m at - 1 200 m level in zhaogezhuang coal mine, and the depth of mining will make the record in China

Key words: Zhaogezhuang coal mine; deep mining above aquifer; inrush coefficient method

赵各庄矿建于 20 世纪初叶。赵各庄矿十四水平标高 - 1 200 m, 奥灰水压 11.76 MPa。深部开采较浅部开采地应力大, 煤层采动破坏深度加大; 水压力增大, 突水威胁更大, 且一旦突水比浅部危害大, 常引起突水淹井事故, 加大了矿井防治水工作的技术难度, 因此, 进行深部带压开采研究具有重要意义^[1~3]。

1 矿井水文地质特征

1.1 含水层与隔水层结构

赵各庄矿含水层从上至下分为 7 层 (图 1)。其中第四系冲积层孔隙承压含水层 () 及 A 层以上砂岩裂隙承压含水层 () 与深部煤炭资源开采联系不密切, 从矿床水文地质角度来看, 该含水层组不作为重点研究对象。深部资源开采主要影响因素是 ~ 层含水层。其中 ~ 层含水层在回采阶段主要增加矿井排水量, 一般不会造成淹井事故。威胁深部煤炭开采的主要因素是奥陶系石灰岩岩溶裂隙承压含水层 (), 该含水层为煤系地层基底, 距最下一个可采煤层 (12₂ 煤层) 105 ~ 140 m。该含水层岩溶发育, 含水性强, 联通性好, 是一个巨大的含水体, 在十四水平水压达 11.76 MPa, 是威胁安全生产的主要含水层。

1.2 构造特征

赵各庄矿地质构造比较复杂, 构造形式以断裂为主, 其次为褶皱。十四水平地质构造总体特征仍沿袭

收稿日期: 2005 - 05 - 12

作者简介: 李建民 (1957 -), 男, 河北丰润人, 硕士, 教授级高级工程师。Tel: 0315 - 3021621, E-mail: ljianmin@kailuan.com.cn

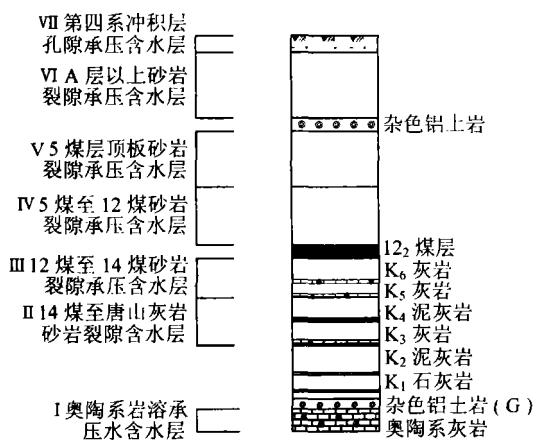


图 1 含、隔水层垂向示意

Fig. 1 The vertical sketch map of aquifer and aquiclude

对开采和开拓施工影响不大。

(2) 奥灰岩溶裂隙含水层 矿井深部开采受煤系地层基底高压奥灰水的威胁，存在奥灰水突水的危险性，该含水层是威胁深部煤炭资源开采的主要含水层。

(3) 地质构造 根据上巷实际揭露资料，井田内已揭露并延展到十四水平的大中型断层，除东断层外，其余断层均不导水和含水。但东断层在九东一石门开采 12 煤层第 2 分层时，由于采动对煤层底板及断层带的影响，奥灰水经断层破碎带及煤层底板裂隙进入巷道和工作面，发生突水事故。

(4) 采矿活动因素 由于采矿的作用，可使煤层顶、底板产生破坏，并降低强度或形成人工裂隙，造成突水事故以及连续采矿活动不断加剧对上覆地层及塌陷带的破坏，增加了大气降雨通过补给奥灰而进入矿井的涌水量。

2 带压开采的可行性分析

赵各庄矿煤系基底为奥陶系厚层灰岩岩溶含水层，由于埋藏深为 1 250 m，地应力为 26.1 MPa，水压为 11.76 MPa，对开采威胁大。虽然深部高压水存在，若充分利用隔水层的防护作用，可消减部分水压值，在不进行或很少进行疏水降压的情况下将可实现带压开采。

2.1 底板采动深度的确定

目前，国内在 - 1 200 m 以深尚无成功带压开采的先例，因此底板采动破坏深度只能根据浅部经验或浅部实测数据得出。通过对开滦多个矿井的观测资料进行回归分析，得 $h_1 = 0.008 5H + 0.165 + 0.107 9L - 4.357 9^{(4.5)}$ ，其中 h_1 为底板采动导水破坏带深度，m； H 为开采深度，m； L 为壁式工作面斜长，m； α 为煤层倾角。可计算出经验值 $h_1 = 19.27$ m。赵各庄矿在 - 960 m 的 1237 工作面进行压水试验及井下岩移的观测，测得一分层采动破坏深度为 19 m。根据赵各庄矿经验，影响采动破坏深度的因素主要有 3 条，最大的因素是工作面斜长（20 ~ 200 m），工作面斜长每增加 10 m，破坏深度约增加 1 m；其次是采深，采深每增加 100 m，平均破坏深度增加 0.8 m；再者是煤层倾角，倾角每增加 5 破坏深度增加 0.8 m。

十四水平标高 - 1 200 m，比 1237 工作面深度深 240 m，根据以上分析预计在十四水平一分层开采过程中，底板导水破坏带深度在 21 m，大于按经验公式计算的结果，因此取 - 1 200 m 十四水平开采一分层底板破坏深度 21 m，五分层为 33 m。

2.2 底板导升高度的确定

(1) 原始导高带 指含水层中的承压水沿隔水层底板中的裂隙或断裂破碎带上升的地层。赵各庄矿奥陶系灰岩上覆有厚约 10m 的铝土岩。该岩层裂隙很少，不利于原始导高带的发育。在赵各庄矿揭露奥

上巷格局，并受矿井总体构造格架的控制。整个水平煤层产状变化很大，分为 3 个块段：东翼倾斜区，地质构造简单，无大中型地质构造，但各可采煤层原生沉积变化较大，且东边界附近受开平向斜的影响。井口及西翼缓倾斜—倾斜区，在井口保护煤柱西侧形成宽缓向斜。地质构造复杂，主要发育有东断层、东断层和东断层等大中型断层。西翼急倾斜区，地质构造较复杂，发育西断层、西断层和 F2 断层 3 条大中型断层，造成煤层局部重复。

1.3 深部煤炭资源开采充水条件

(1) 煤系地层顶、底板含水层 以 5、7 煤层顶板砂岩裂隙含水层含水性较强，特别是在构造发育部位涌水较大。9、12 煤层底板及 14 煤层顶板含水层含水性较弱，在井巷工程揭露断裂或裂隙发育地点时会有少量渗水至涌水，对

灰的钻孔及巷道中, 在地层完整地段, 钻进至奥灰顶面左右时, 水位基本未发生变化, 见表 1。

钻孔水位、水量的变化说明正常区原始导高带基本不存在或局部存在, 但一般小于 5 m, 只有极少数大于 10 m。因此, 将正常区原始导高带定为 10 m。井下受构造影响进入奥灰的钻孔共有 33 个。从揭露情况来看, 在构造影响区原始导高发育极不均匀, 一般仅 5 ~ 10 m, 但在 400112 孔, 由于断层影响, 导水高度为 25 m。因此在构造带内原始导高定为 25 m, 在一些特殊构造区, 导水高度应更高。

(2) 采动导升带 指在煤层开采过程中, 其底板含水层中的承压水在矿压作用下, 沿其原始导高向上再升高的地层。根据 1237 工作面的底板位移监测, 1237 工作面一分层开采时, 没有明显的岩层移动, 整个过程移动量仅 5.01 和 3.71 mm。因此正常矿压作用不会引起原始导高的再导升, 采动导升高度为零。

2.3 有效隔水层厚度及阻水性能评价

有效保护层带是指底板岩层保持采前完整状态及其具有阻水性能的部分。它是抵抗底板突水的关键因素。有效保护层带的存在与否及其厚度大小, 主要取决于底板隔水层总厚度及其上下两带的厚度。赵各庄矿煤层底板岩柱厚度最小厚度为 105 m, 在煤层底板正常区, 底板采动导水破坏带最大厚度为 33 m (五分层), 导升高度为 10 m, 有效隔水层最小厚度为 62 m。

(1) 正常区的评价 在现场用钻孔水力压裂法实测煤层底板阻水能力, 压裂完整岩体的临界液体压力 p_c 与原始地应强度 T 及岩体孔隙水压力 p_0 存在下列关系^[6]: $p_c = 3 \sigma_{h-} - \sigma_{y-} + T - p_0$, 其中 σ_{h-} 为作用于岩体的最小水平主应力, MPa; σ_{y-} 为作用于岩体的原始最大水平主应力, MPa。测得 $p_c = 13.3$ MPa, 最大水压 $p_w < p_c$, 故不具备压裂岩层的条件。同时, 室内三向围压水力压裂试验在模拟其平均破裂压力值为 15.83 MPa, 远大于 p_w 。因此, 在 -1 200 m 处水压不可能压裂岩层。

(2) 断裂构造带的评价 对断裂构造带的阻水能力的评价要具体分析, 可分两种情况讨论: 充水、导水断层。既是水源, 又是通道, 必须留设足够的煤柱。不导水断层。一般充填物较软, 强度就低, 断裂带附近地应力值也低, 因此阻水能力也大大降低。据室内相似材料模拟证实: 断层处的应力及软弱充填物的强度降低到最小值的 1/2 左右, 断裂带的阻水系数可取 $Z_f = Z_{min} / 2$, 其阻水能力为 9.5 MPa, 小于最大水压 p_w (11.76 MPa), 故有突水可能。即开采煤层时若遇断裂带, 其突水的危险性是存在的。

3 深部带压开采的评价研究

煤层底板突水的预测预报是承压水上安全开采的关键, 用于预测煤层底板突水的方法主要有: 经验公式; 理论公式; 理论公式与经验公式相结合。由于煤层底板突水的多因素性, 因此, 很难采用一种方法较准确地预测煤层底板突水。

3.1 理论分析法

煤层开采后, 底板有效隔水层受到矿压的影响, 其影响程度较小, 不产生破坏性裂隙。由于其下部为承压含水层, 在水压力的作用下, 隔水层将产生弯曲变形。对于长壁全陷采煤工作面, 煤层底板有效隔水层上部受底板导水断裂带重力为 h_2 , 下部受均布水压力的作用, 隔水层的体力看成是以 $(h - h_2 - h_d)$ 作用的力, 如图 2 所示。由于有效隔水层未受到采动破坏, 所以它仍可看成是连续介质。假设隔水带是均质各向同性的, 符合弹塑性力学的假设条件。

表 1 钻孔揭露奥灰情况

Table 1 Statistics of Ordovician limestone exposed by borehole

类别	水文情况			
	无水	进奥灰前后水量无变化	进奥灰后见水或水量增大	奥灰上出水
钻孔数	35	9	19	2
所占百分比 / %	55.2	13.4	28.4	3.0
合计 / %		97.0		3.0

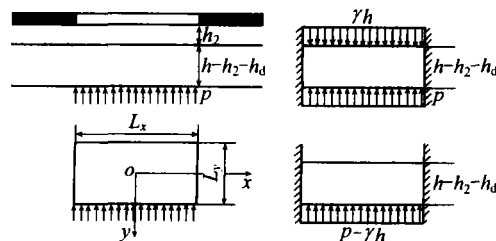


图 2 底板隔水层力学模型

Fig. 2 Mechanical model of floor aquiclude

根据弹塑性力学理论分析^[7], 煤层底板所能够承受的极限水压力应大于底板所承受的实际水压力 (p_w), 对于底板完整区有

$$p_{10} = A_{10} (h - h_2 - h_d)^2 \sigma_0 + h, \quad p_{20} = A_{20} (h - h_2 - h_d)^2 S_t + h, \quad (1)$$

$$A_{10} = \frac{1}{6} [3(L_x^4 + L_y^4) + 2L_x^2 L_y^2] / 6L_x^2 L_y^2 (L_x^2 + L_y^2), \quad A_{20} = 12L_x^2 / L_y^2 (\sqrt{L_y^2 + 3L_x^2} - L_y)^2, \quad (2)$$

式中, p_{10} , p_{20} 分别为弹性及塑性力学条件下底板所能承受的极限水压力; σ_0 为底板岩层的平均抗剪强度; h 为底板岩层的厚度; h_2 为底板采动导水断裂带深度; h_d 为底板原始导升高度; ρ , μ 分别为底板岩层的容重及泊松比; L_x , L_y 分别为工作面的长及宽; S_t 为底板岩体的平均抗拉强度。

当满足式 (1) 时不会发生底板突水, 否则会发生底板突水。根据赵各庄矿地质及开采条件可算出: $p_{10} = 12.64 \text{ MPa} > p_w$, $p_{20} = 13.30 \text{ MPa} > p_w$ 。可以看出, 在煤层底板完整地段, 赵各庄矿煤层底板有效隔水层可以阻挡其高压水的作用, 因此可以实现对完整区段的带压开采; 在有断层或其它地质构造区段, 由于岩层破裂后的强度大大降低, 煤层底板强度将不能够阻挡 11.76 MPa 的高压水, 因此在构造区进行开采, 将造成突水。

3.2 突水系数法

根据《矿井水文地质规程》计算突水系数。在十四水平 (-1100 ~ -1200 m) 12₂ 煤层东翼大部及西翼局部底板破裂区, 突水系数大于 0.06 MPa/m , 建议留设防水煤柱, 暂不开采。在煤层底板正常区, 突水系数小于 0.1 MPa/m 的区段, 根据开滦 (集团) 有限责任公司已有的防治水经验, 在查明底板完整的情况下, 可以实施安全开采; 对于突水系数大于 0.10 MPa/m 但小于 0.15 MPa/m , 在采取综合手段查明底板完整后, 进行采区布置。进行试掘试采, 实施先探后掘, 先探后采或实施局部疏水降压将采区突水系数降至 0.10 MPa/m 以下等技术手段, 在回采阶段严密监测底板以及奥灰水压; 对突水系数大于 0.15 MPa/m 的区段暂不开采。

4 结 论

(1) 根据赵各庄矿的资料对开采十四水平及以深煤炭资源受到的灰岩水威胁的水患类型及特征进行了深入分析, 认为在 -1200 m 处煤层底板完整区段, 水压不可能压裂岩层; 有效隔水层能有效抵抗奥灰水压, 因此进行深部煤炭资源带压开采是可行的。

(2) 采用理论分析及突水系数法对深部煤炭资源开采进行突水预测预报, 在突水系数大于 0.06 MPa/m 的底板破裂区, 突水威胁较大, 建议留设防水煤柱, 暂不开采。在煤层底板正常区段, 煤层底板可以抵抗 11.76 MPa 的奥灰水压; 对于突水系数小于 0.1 MPa/m 的区段, 根据开滦局已有的防治水经验, 在采用综合探查手段查明底板完整的情况下, 可以实施安全开采; 对于突水系数大于 0.10 MPa/m 但小于 0.15 MPa/m , 在采取综合手段查明底板完整后, 进行试掘试采, 实施先探后掘, 先探后采或实施局部疏水降压将采区突水系数降至 0.10 MPa/m 以下等技术手段, 且在回采阶段严密监测底板以及奥灰水压; 对突水系数大于 0.15 MPa/m 的区段暂不开采。

参考文献:

- [1] 钟亚平, 张志强. 实施疏水降压工程安全开采受底板奥灰水威胁的煤炭资源 [J]. 中国矿业, 1996, 5 (4): 31 ~ 33.
- [2] 武 强, 金玉洁. 华北型煤田矿井防治水决策系统 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.
- [3] 张金才, 刘天泉. 论煤层底板采动裂隙带的深度及分布特征 [J]. 煤炭学报, 1990, 15 (1): 46 ~ 54.
- [4] 张金才, 张玉卓. 应力对裂隙岩体渗流影响的研究 [J]. 岩土工程学报, 1998, 20 (2): 20.
- [5] 钟亚平, 洪益清. 巨厚奥灰含水层煤系基底的安全开采技术 [J]. 煤炭科学技术, 2002, 30 (1): 55 ~ 57.
- [6] 许学汉, 王 杰. 煤矿突水预报研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [7] 张金才, 张玉卓, 刘天泉. 岩体渗流与煤层底板突水 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.