

海域煤层防水安全煤柱估算方法评述

——以山东省黄县煤田梁家煤矿扩大区(西海域)为例

曹艳玲,田振环,王琳

(山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

摘要:山东省黄县煤田梁家煤矿位扩大区位于龙口湾内,水文地质条件与陆地不同,通过海域钻孔资料分析,划分出松散层及煤层和顶底板含隔水层,结合伺服试验结果进行充水因素分析,计算导水裂隙带高度和防水煤柱高度,从而合理留设防水安全煤柱,为安全采煤提供重要依据。

关键词: 海域煤层;充水因素;导水裂隙带;防水安全煤柱;山东黄县

中图分类号: TD823.83 **文献标识码:** B

引文格式: 曹艳玲,田振环,王琳.海域煤层防水安全煤柱估算方法评述——以山东省黄县煤田梁家煤矿扩大区(西海域)为例[J].山东国土资源,2016,32(2):73-76. CAO Yanling, TIAN Zhenhuan, WANG Lin. Estimation Method of Waterproof Coal Pillar in Sea Area—Setting Enlarged Area in Liangjia Coal Mine in Huangxian Coal Field of Shandong Province as an Example[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(2): 73-76.

近年来陆地煤层防水煤柱的计算较为广泛^[1,2],但海域尚较罕见。山东省黄县煤田梁家煤矿扩大区(西海域)位于山东半岛的西北部,濒临渤海,矿区位于龙口湾内,与之相近的北皂煤矿位于渤海湾内,借鉴北皂煤矿海域采煤的经验^[3],山东省第一地质矿产勘查院根据海域钻孔(水文孔)资料和三维地震勘探结果,通过计算分析推导出梁家煤矿海域煤层在海底的安全煤柱留设范围。虽然梁家煤矿扩大区和北皂煤矿海域部分都位于海水以下,但是水域和地质条件仍有较大差异。龙口湾内采煤具有一定的特殊性。

1 陆地水文地质条件

矿区陆地部分经过详、精查勘探和矿井的多年开采后,已有大量地质、水文地质资料,陆地部分水文地质条件为中等。

2 海域水文地质条件

2.1 根据钻孔资料分析

根据该次施工的海域钻孔资料分析,第四系中

粘土,砂质粘土隔水性能好,中、上部砂质粘土,粘土层层位稳定,厚度较大,可有效阻隔海水向下渗透补给。第四系底部砂层含微承压水,但富水性弱(XH4, XH5 钻孔单位涌水量 $q < 0.1 \text{ L/s} \cdot \text{m}$)。煤₁顶板泥岩能阻隔其上部含水层水向下渗透补给煤₁含水层,煤₁之上砂岩含水层富水性弱,煤₁层含裂隙水。煤₂及顶、底板砂岩含水层充水空间较差,富水性可能较弱。煤₄充水空间不发育,其富水性可能弱。

2.2 根据伺服试验分析

该次伺服试验,也就是全应力—应变过程渗透性试验采用有渗透装置的岩石力学电液伺服系统(美国 MTS 公司生产的 815-02 型)进行。试验全过程由计算机控制,包括数据采集和处理。伺服试验中起始渗透率 k_m 和临界抗渗强度 σ_m 是描述岩样变形过程渗透率—应变关系的 2 个重要参数。岩样渗透性达到应力 σ_m 时发生突变,反映出其内部结构出现了质的变化,剪切裂隙相互贯通,裂隙性渗流通道基本形成,岩样阻水能力发生质的变化,其物理意义可表述为导致岩样开始形成裂隙性渗流的临界

收稿日期:2012-10-29;修订日期:2016-01-06;编辑:陶卫卫

作者简介:曹艳玲(1979—),女,山东胶州人,高级工程师,主要从事地球探测与信息技术专业工作;E-mail:yanling_ouc@163.com

压力及相应的渗透强度(图1)。

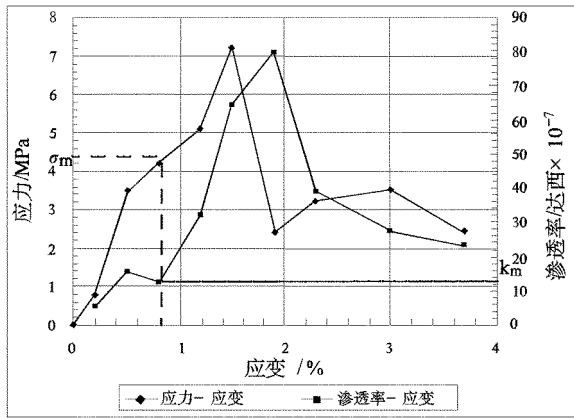


图1 起始渗透率 k_m 和临界抗渗强度 σ_m 图

根据试验结果(表1)大部分岩样的临界抗渗强度大致与其单轴抗压强度相当,且起始渗透率比较低。表明煤层顶板岩层具有较强的抗渗透性和较好的阻水性。

表1 XH4 钻孔岩样起始渗透率 k_m 和临界抗渗强度 σ_m

试样编号	初始渗透率 k_m/Darcy	临界抗渗强度 σ_m/MPa	岩性
11	3×10^{-6}	1.1	泥岩
13	4×10^{-6}	4.2	泥岩
15	6×10^{-6}	3.1	泥岩
22	2×10^{-7}	1.3	泥岩
38/39	1×10^{-6}	1.0	泥岩
42	10×10^{-5}	3.2	泥岩
55	15×10^{-7}	1.2	泥岩
66	2×10^{-6}	2.0	泥岩
17	2×10^{-6}	1.8	含油泥岩
44	15×10^{-6}	2.1	含油泥岩
40	6×10^{-7}	3.7	粉砂岩
65	3×10^{-6}	6.8	粉砂岩
21	5×10^{-6}	4.6	细砂岩
27	10×10^{-6}	5.1	细砂岩
29	4×10^{-6}	2.1	细岩
31-1	1×10^{-6}	1.2	细砂岩
31-2	3×10^{-7}	4.2	细砂岩
60	6×10^{-7}	0.8	细砂岩
20	2×10^{-7}	2.1	含砾粗砂岩
26	9×10^{-6}	3.2	含砾粗砂岩
28	5×10^{-6}	1.1	含砾粗砂岩
30	6×10^{-6}	2.7	含砾粗砂岩
32	5×10^{-6}	2.6	含砾粗砂岩
67	12×10^{-6}	1.7	含砾粗砂岩
10-1	3×10^{-6}	4.1	砂砾岩
10-3	8×10^{-7}	0.4	砂砾岩
12	4×10^{-6}	2.6	砂砾岩
61	9×10^{-7}	2.4	砾岩

另外,根据伺服渗透曲线,即便是裂隙带,岩层产生一定幅度的开裂变形情况下,也较难形成集中的渗流通道。随着下沉变形的进一步发展,开裂变形的岩层的裂隙性会降低,比较有利于隔水。从岩样渗透性测试结果看,煤层顶板岩性变形破坏后主要是细微裂隙发育,由于连通性较差,即便在较高的压力水头下,由于岩层的渗透性相对较弱,也较难形成溃水通道。

2.3 水文地质类型

根据该区主要充水含水层的容水空间特征,充水矿床属于裂隙含水层充水为主的矿床,属二类;另外,主要矿体位于侵蚀基准面以下,矿床主要充水含水层和构造破碎带富水性弱,但由于煤层之上隔水层能有效阻隔海水,水文地质条件定为中等型,即为第二型。故该区水文地质类型为裂隙含水层充水为主水文地质条件中等型,即二类二型。

3 充水因素分析

海域内直接充水含水层与陆地相同,水文地质条件相似。梁家煤矿地层的岩性成分除第四纪砂砾层、泥灰岩和粗砂岩外,均以第四系砂质粘土和煤系地层中的泥岩、含油泥岩、油页岩等隔水层为主。这些岩层颗粒细而质软,有的遇水有一定的膨胀性和可塑性,可视为良好的隔水层。

根据伺服试验结果分析,煤层顶板为隔水层。含煤地层的底部无大的强含水层。三维地震勘探区内断层少,裂隙率小补给量不大,深部因地压加大,富水性弱。该次及以往海域施工的钻孔质量均为甲,但由于海域施工的特殊性,未进行钻孔封闭启封检查,对将来施工埋下了安全隐患。

4 防水安全煤柱

根据地震勘探资料和地质分析,山东省黄县煤田梁家煤矿扩大区(西海域)可采煤层为煤₁和煤₂。其露头线存在永久防水煤柱增加的问题,而且由于受煤层埋藏浅及海水的影响,合理确定开采上限对煤矿生产安全和合理利用煤炭资源非常重要,防水煤柱留设过大,浪费大量的煤炭资源。防水煤柱留设不足,给煤矿安全生产带来巨大隐患。

煤层顶板至第四系底界间距为 50.14~51.27 m,用综采放顶煤法计算回采后冒落裂隙带的高度。

煤层采厚取 4.0 m。

4.1 根据裂隙高与采厚比计算导水裂隙带高度

根据梁家矿 1206 面观测站资料,裂隙高与采厚比值取最大值 8.70。煤厚 $M=4.0$ m 时, $H_1=8.7 \times 4.0=34.8$ m

4.2 根据经验公式计算导水裂隙带高度

采空煤层顶板岩层冒落形成的导水裂隙带易造成第四纪上部砂砾孔隙含水层越流补给。根据《矿区水文地质工程地质勘探规范》(GB12719—1991),以及勘查区煤层顶板天然抗压强度基本小于 20 MPa(表 2,表 3)等工程地质特征,煤层地层为软弱岩层。煤层可采厚度 $M=4.00$ m。煤层倾角一般小于 15° ,导水裂隙带高度采用公式 $H_2=100 \sum M/(3.1$

$\sum M+5)+4$,经计算得 $H_2=26.99$ m。

即冒落裂隙带高度为 26.99 m,由此可见如果仅考虑煤₁顶板至第四系底界的煤岩层段为隔水保护层,显然防护带是不够的,但是第四纪底界粘土层厚度达 6.4 m,是隔水层,该厚度已大大超过煤₁开采厚度(1.36 m)的四倍以上。由此可见,该采区范围内防水煤岩柱留设可保守的考虑为:

$$H \geq H_2 + L_{\text{保}}$$

$L_{\text{保}}$ 一般可考虑为 2~4 倍煤厚 A ,该处保护带为塑性粘土层,故取 2 倍煤厚 A 。而 $M=2 \times A$,故有: $H \geq 26.99+2 \times 4.0=34.99$ m,取 35 m。

而梁家煤矿已开采部分导水裂隙带最大为 $34 \sim 35$ m^[4],由此可知计算结果较为合理。

表 2 煤 1 顶、底板抗压强度

岩性	抗压强度 MPa 单块值	伺服试验 单轴抗压 强度 MPa	抗剪强度(自然状态)MPa						内摩擦 角 Φ°	凝聚力 MPa	备注
			45°		50°		55°				
			单块值 α	单块值 τ	单块值 α	单块值 τ	单块值 α	单块值 τ			
泥岩	15.1~22.1	5.8~6.4	4.8	4.8	3.4	4.0	2.3	3.3	31.1	1.9	煤 ₁ 顶
含油泥岩	27.7	0.8	9.9	9.9	3.6	4.2	2.5	3.5	41.0	1.3	煤 ₁ 顶
含油泥岩	14.0										煤 ₁ 底
泥岩	20.3										煤 ₁ 底

表 3 煤 2 顶、底板抗压强度

岩性	抗压强度 MPa 单块值	伺服试验单轴 抗压强度 MPa	备注
泥岩	20.3	1.5	煤 ₂ 顶
粘土岩	19.6		煤 ₂ 底
粗砂岩与泥岩互层	10.1		煤 ₂ 底

4.3 防水安全煤柱的计算

考虑到基岩风化的影响,防水岩柱高度应为导水裂隙带高度与基岩风化带厚度之和,基岩风化带厚度 $h_{\text{基}}$ 取 25 m;则防水岩柱高度 $h=H+h_{\text{基}}=60$ m。

5 防水煤柱留设

对海下采煤构成威胁的水体主要为海水和与之有水力联系的第四系上部砂砾孔隙含水层。海域第四纪地层底部为较厚的含砂砾粘土层,是很好的隔水层。由于它的阻隔,海水不会透入第四系以下岩层,应以该隔水层的上界作为海下采煤威胁性水体下界。

与梁家煤矿相邻的北皂煤矿基岩标高为 -60 m^[5]。第四系加新近纪地层厚约 80 m。梁家煤矿陆地部分根据多年开采经验,防水煤柱留设是基岩下垂深 80 m,根据防水煤柱高度估算结果和伺服试验结果,同时考虑北皂煤矿海域生产矿井开采上限和设计、生产部门的要求,为安全起见,该次防水煤柱留设采取与陆地部分一致,即基岩下垂深 80 m。根据三维地震勘探结果,煤层露头部位标高为 -60 m,故将各煤层露头部分至 -140 m 范围划为防水安全煤柱。

6 结语

该文分析了梁家煤矿扩大区(西海域)水文地质条件和充水因素,对含水层的特征及含、隔水性,水力联系特征进行了系统研究,在此基础上计算导水裂隙带高度和防水煤柱高度,结合三维地震勘探结果确定了海域煤层防水安全煤柱留设范围。该文的研究对类似条件下近海及海下安全采煤合理留设煤岩柱具有重要参考价值。

参考文献:

- [1] 朱广生,张吉东,王洪伟.济宁何岗煤矿风化氧化带内煤层安全开采之探讨[J].山东国土资源,2005,21(9):77-78.
- [2] 邹海,桂和荣,陈兆炎.导水裂隙带高度预测途径探讨[J].中国煤田地质,1997,9(2):53-56.
- [3] 孙洪星,康永华,刘武章,等.龙口矿区近海厚冲积层下综放采煤防水煤岩柱的留设研究[J].煤炭科学技术,1999,27(6):6-9.
- [4] 薛忠臻,张文.龙口矿区近海含水层下采煤实践[J].煤矿开采,2000,39(2):13-14,21.
- [5] 王琪.龙口北皂海域煤炭开发可行性论证[J].江苏煤炭,1996,(4):43-46.

Estimation Method of Waterproof Coal Pillar in Sea Area

—Setting Enlarged Area in Liangjia Coal Mine in Huangxian Coal Field of Shandong Province as an Example

CAO Yanling, TIAN Zhenhuan, WANG Lin

(No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Liangjia coal mine in Huangxian coal field of Shandong Province lies in Longkou Bay. its hydrogeological condition is different from land. Through analysis on drilling data in this sea area, loose layers, coal seam and water resisting layers in roof and floor have been divided. Combining with the servo test results of water filling factors, guiding height of water flowing fractured zone and waterproof coal pillar height have been measured. Thus reasonably waterproof coal pillars have been remained. It will provide important basis for the safety of coal mining.

Key words: Coal seam in sea area; water-filling factors; water flowing fractured zone; waterproof safety coal pillar; Huangxian county in Shandong province