

综放工作面缩小防水煤柱的可行性研究

杨本水 王广军 (淮南工业学院 232001)
梁广玲 高怀海 (皖北煤电公司 宿州 234000)
张启国 (安徽省煤田地质局一队 淮南 232060)

摘要 任楼矿主采煤层上方直接覆盖着 5~15 m 的砾石含水层,严重威胁矿井安全生产,设计留设垂高为 80 m 的防水煤岩柱。为论证所留煤柱是否安全合理,进行了矿区水文地质和上覆岩层岩石力学性质、水理性质试验。结果表明砾石层的含粘量较高,垂直渗透能力较弱;工作面浅部基岩泥岩类属较弱及中硬岩类型;基岩风化带内粘土矿物含量较大,吸水后体积膨胀,再生隔水能力强,受采动影响后,具阻水和抑制导水裂隙继续发展的双重作用;还进行了相似材料模拟,计算机模拟和公式计算。据以上研究结果,将防水煤岩柱缩小为 65 m。1998 年 5 月已回采完毕,回收煤炭 4.6×10^4 t。

关键词 防水煤岩柱 水文地质条件 可行性

中国图书资料分类法分类号 P641.4

作者简介 杨本水 男 36 岁 硕士研究生 工程师 采矿工程

1 引言

任楼煤矿为两淮新区采用放顶煤技术开采浅部厚煤层的第一对矿井,设计生产能力 1.5 Mt/a 由于主采煤层上方覆盖着约 300 m 厚的巨厚冲积含水层,特别是其底部厚 515 m 的砾石含水层,直接覆盖在煤系露头之上,可对煤系直接渗透补给,给矿井安全开采构成了严重威胁。所以在矿井设计时留设了垂高 80 m (分层开采)的防水煤岩柱,积压着 28 Mt 的煤炭资源。尽管如此,若采用高产高效的综采放顶煤技术,尤其是上提了 17 m 的 γ_{12} 综放工作面,所留设的煤岩柱是否合理,安全机理何在,已成为任楼煤矿乃至“两淮”新区开采浅部厚煤层理论上和技术上亟待解决的突出难题之一。

2 上提工作面的采矿及水文地质特征

2.1 采矿技术条件

上提工作面位于中二采区,其地质构造中等至简单,含煤地层为石炭二叠系,开采煤层为 7 煤,煤层赋存稳定,倾角 17° ;采用走向长壁综放采煤法。采放高度平均 5.3 m。

2.2 松散层的沉积结构及水文地质特征

井田内 50 多个钻孔资料表明,第四系松散层平均厚 290 m,分为 4 个含水层组,3 个隔水层组。其沉积结构特征见表 1,上部的第一、第二和第三含水层因其下分别有厚度较大的第一、第二和第三隔水层存在,对矿井生产无直接影响。第四含水层厚度较大,富水性较强,且直接覆盖在煤系露头之上,因而

表 1 任楼煤矿第四系松散层结构特征

岩层	厚度 /m	水文参数	岩性	水化学特征
一含	39	$q=0.482\sim1.673$ $k=3.09\sim5.87$	砂质粘土	$\text{HCO}_3\text{-Na、Mg}$
一隔	26	$I_p=19.8\sim20.2$	粘土	
二含	34	$q=1.424\sim2.583$ $k=1.1\sim8.98$	粉砂 细砂	$\text{SO}_4\text{、HCO}_3\text{-Na}$
二隔	15	$I_p=18\sim26$	粘土	
三含	48	$q=0.278\sim1.832$ $k=1.85\sim2.82$	粉砂 中细砂	$\text{Cl、SO}_4\text{-Na、Ca}$
三隔	98	$I_p=21\sim32$	粘土	
四含	10	$q=0.00325\sim0.377$ $k=0.066\sim2.53$	中细砂 砂砾混粘土	$\text{Cl、SO}_4\text{-Ca、Na}$

注: q 的单位为 $\text{L}/(\text{s}\cdot\text{m})$; k 的单位为 m/a ; I_p 为塑性指数。

对煤层开采,尤其是浅部煤层开采构成明显威胁。

井田内煤系砂岩含水层主要为可采煤层顶底板中的砂岩及粉砂岩,均属弱含水的砂岩裂隙含水层,是整个采掘工作面和整个矿坑充水的主要、直接水源,但一般对井下安全影响不大。

石炭系太原组灰岩和煤系基底奥陶系灰岩是矿区的主要水体。太灰上距煤层 150 m,奥灰距煤层更远,故在一般情况下,若无断裂和陷落柱沟通,亦不致威胁矿井安全生产。

2.3 第四系松散层底部含隔水性分析

通过采样对“四含”结构进行土工试验,获得“四含”层段结构特征见表 2。

由表 2 可知,第四含水层本身由上向下,砾石、中粗砂含量降低,细砂、细粘土的含量则显著增加,由于四含本身具有上述微观组合特征,决定了该含

表 2 第四含水层结构特征表

四含	结构岩性	砾石中粗砂/%	细砂细粘土/%	胶粒/%
上段	砂砾	66.98	30.13	3.89
中段	粉砂	47.89	48.02	4.00
下段	粘土质砂	15.83	78.26	5.91

水层水平渗透能力比垂直渗透能力强。

3 煤岩柱质量结构分析及评价

3.1 岩体力学测试结果与分析

为了获得上提工作面煤岩柱尤其是基岩风化带的力学强度指标,分别采用了 3 种测试方法,对试采岩覆岩岩体及岩块试样进行力学强度试验:

a. WQCZ-1 型围岩触探仪的测试结果表明,上提采区煤层浅部,距基岩层 6.8~28.0 m 范围内,泥岩类的平均抗压强度为 11.4 MPa,砂岩类的平均抗压强度为 21.2 MPa,说明上提采区煤层浅部顶板岩层属于软弱岩层。

b. 通过取样进行的 68 次岩块室内抗压、抗拉强度试验得出:距煤层 4.9~29.1 m 的范围内,泥岩类平均抗压强度为 16.8 MPa,平均抗拉强度为 0.82 MPa,砂岩类抗压强度为 26.7 MPa,平均抗拉强度为 2.0 MPa,属于软弱岩。

3.2 岩石干燥饱和吸水率试验结果与分析

为了研究上覆岩层,尤其是基岩风化带的含隔水性及其再生隔水能力,通过勘探取样,进行了岩石的水理性质试验,结果表明:

a. 无论岩性如何,未风化的岩石干燥饱和吸水率小于 8%,其崩解类型为不变型及微开裂型。并且随着岩石的含泥量减小干燥饱和吸水率也减小。

b. 随着风化程度的加深,岩石干燥饱和吸水率逐渐增大,说明岩石风化后吸水量增大,膨胀性能增强。

c. 风化岩石的干燥样品浸水后主要呈碎裂型,严重风化的泥岩及泥质胶结的砂岩浸水后呈泥化型。即处于风化带的岩石具有较好的隔水性及再生隔水能力。

3.3 岩石矿物微观分析

为了研究风化带岩石的隔水性能,评价煤岩柱的质量,在“两带”观测孔施工中距基岩面 0~35 m 范围内采取了 10 个岩石样本(其中 7 个为风化岩石),分别采用电子显微镜、X 光衍射对岩石的组分及显微结构进行了分析,结果表明:

a. 风化带岩石质地均匀、致密、细腻,干燥时较坚硬。岩石类型主要为粘土质粉砂岩、砂质粘土岩。此类岩石中含碎屑矿物比一般砂岩少,粘土矿物含量大。

b. 岩石中的碎屑矿物主要为石英、长石及云母碎片,碎屑粒度较细。岩石中的矿物碎屑间充填有较多的粘土矿物,碎屑间互不接触,形成了岩石的基底式粘土胶结形式。

c. 岩石中粘土矿物主要为蒙脱石、高岭石及水白云母等,这些矿物颗粒极细,颗粒多为细鲜片晶体集合体。此类粘土矿物具有吸水性强、吸水后体积膨胀的特性。

d. 岩石的显微结构多为泥质或粉砂泥质结构,遇水后垂直与平行层理方向膨胀量都较大。

e. 岩石中未见易溶于水于水的矿物且微孔洞与微裂隙不发育。

3.4 防水煤岩柱质量评价

a. 根据钻孔柱状资料统计可知,7₂12 综放工作面煤层顶板以泥岩类岩石为主,统计的 6 个钻孔中,泥岩类最少在 68% 以上,煤层直接顶板较软,多以泥岩及砂质泥岩为主,且厚度较大,容易冒落,防水煤岩柱为软弱至中硬型。

b. 室内试验表明,基岩风化带厚 30 m 以上;风化带内的岩石平均抗压强度为 14.8 MPa,属于软弱岩层,当导水裂缝带处于风化带中时,它可以抑制导高的发展。从岩样的矿物组分及微观结构分析可知,风化带岩石粘土矿物含量很大,均在 60% 以上。试验表明,岩石中未见易溶于水的矿物,且微孔洞及微裂隙不发育,风化带的岩石具有较好的隔水性。岩石的浸水试验证明,岩石风化后,隔水能力及再生隔水性能都较未风化的岩石强。

综上所述,风化带岩石的隔水性能较好,并且有较好的抗裂性。国内相似条件的矿井实测资料表明,当导水裂隙带进入到风化带时,裂高比正常条件下要小的多。

4 综放工作面提高回采上限的可行性分析

4.1 回采上限提高后防水煤岩柱情况

7₂12 综放面原定回采上限 -350 m,煤岩柱高度 80 m,现风巷标高 -333 m,机巷标高 -374 m,回采上限提高后,其防水煤岩柱实际高度约为 63 m。

4.2 相似材料模拟试验导水裂隙带高度

模拟材料为石膏、碳酸钙、砂、水泥和粉煤灰等,在铺设模型时撒云母粉作为分层界面。

采用平面应变应力模型,模型比例为 1:100,并在模型上设置 5 组垂向位移测线和 4 组层向应力测线 使用 Ybs 微型压力盒和位移传感器获取信息,通过计算机数控自动巡回检测系统记录并打印。

试验结果如表 3 所示。

表 3 不同推进步距导水裂隙带高度 m

推进步距	60	100	140	180	220	260	300
导水裂隙带高度	25.6	33.8	40.1	48.1	58.5	56.0	56.0

4.3 计算机数值模拟导水裂缝带高度

根据 7₂12 综放工作面地质采矿条件,建立计算机数值计算模型,并利用 FLAC 计算出综放开采后其导水裂缝高度为 58.0 m。

4.4 用公式计算导水裂隙带高度

$$H = 100 \Sigma M / (1.6 \Sigma M + 3.6) \pm 5.6$$

式中 M——煤厚,当 M=5.3 时,H=55.1 m

4.5 7₂12 综放面的有利条件

根据水文补勘资料与大量试验数据表明,7₂12 综放面具有以下有利条件:

a. 风化带厚度为 30 m 左右,其中风化强烈段 15 m 左右,致使工作面内煤系地层上方基岩面附近普遍形成一层风氧化壳。加之地层倾角较为平缓,风化程度比较均匀,使风氧化壳具有较好的稳定性,形成了具有独立隔水能力的岩层段,为提高开采上限创造了良好的客观条件。

b. 风氧化带内岩层多以泥岩、砾质泥岩为主,采动影响前,此类岩石在覆岩的重载荷作用下处于固结状态,当受开采扰动影响后,亲水性的粘土矿物一旦吸水后,即快速崩解、泥化膨胀。经采动覆岩下沉施加载荷二次固结,固结后的风氧化段岩层渗透系数进一步降低,塑性程度大大提高,抗拉伸变形能力显著增强,所形成的再生隔水能力能够阻止四含水垂直下渗与抑制采动裂缝向上扩展,为综放工作面提高开采上限提供了内在保证。

c. 有本矿区百善、刘桥等矿近 20 年含水松散层下安全开采的成功经验可以借鉴。

根据以上可行性分析可以看出,提高回采上限后,导水裂缝带不会进入底含,只是将基岩风化带的一部分作为保护层来利用,因此可以保证安全开采。

5 成果与效益

根据上述分析研究,7₂12 综放面于 1997 年 10 月开始试采,到 1998 年 5 月底止,已安全顶水回采完。共从原定防水煤柱中回收煤炭 4.6×10⁴ t,创经济效益 805 万元,并取得了顶水综放开采的成功经验,扩大了综放开采范围,对推动两淮新区浅部厚煤层的高产高效开采具有较高的参考价值。

6 结论

通过对煤岩柱取样进行的物理、力学和水理性质试验分析,得出如下认识与结论。

a. 实验结果表明,底砾石层的含粘土量较高,水平渗透能力比垂直渗透能力强,为缩小防水煤柱开采创造了条件。

b. 7₂12 工作面浅部基岩面 4.0~30.7 m 范围内,泥岩类的平均抗压强度为 11.8 MPa,砾岩的平均抗压强度为 24.9 MPa,属软弱及中硬覆岩类型。

c. 7₂12 试采区基岩风化带内岩石的粘土矿物含量较大(均大于 60%),这些粘土矿物具有吸水性,吸水后体积膨胀,再生隔水能力较强的特征,对提高煤岩柱的隔水性及抗裂性很有利。

d. 基岩风化带的岩石受采动影响后,具有阻隔底含水层下渗和抑制导水裂隙继续向上发展的双重作用,为提高上限开采提供了内在保证。

e. 生产实践证实,任楼煤矿综放开采工作面可以将原定的 80 m 煤岩柱缩小到 65 m。

参考文献

1 煤炭科学研究总院开采所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用. 北京:煤炭工业出版社,1981
(收稿日期 1999-09-22)

FEASIBILITY STUDY ON THINNING SAFETY PILLAR UNDER WATER-BODIES IN COMPREHENSIVE OVERHEAD CAVING WORK FACE

Yang Benshui Wang Guangjun (Huainan Technological college)
Liang Guangling Gao Huaihai (Wanbei Coal and Electrical Power Company)
Zhang Qiguo (The First Coalfield Exploration Team of Anhui Province)

Abstract The main target coal seam of Renlou Mine is directly covered with a 5~15m thick gravel aquifer, which seriously threatens the safety of mine, so that 80m vertically high safety pillar under water-bodies are designed to retain. To demonstrate the safety and reliability of the pillar, the tests for hydrogeological conditions of mining area, rock mechanics, water-rock physical properties are conducted. In result, the gravel layer is of higher volume of cementing clay materials, weak ability of vertical permeation; the mudstone near basement of work face belongs to loose-medium rock type; the content of clay minerals in weathered zone of basement is relatively high, resulting strong regenerating watertightness, due to volume dilatation after water absorbing, which is of double functions of watertight and restraining continuous development of producing fractures under mining impact conditions. The analogy simulation, computer simulation and formula calculation are conducted, too. Based on above stated results, the safety pillar is thinned to 65m. The withdrawal was finished in May, 1998. The sum of produced coal is up to 4.6×10⁴ t.

Keywords safety pillars under water-bodies; hydrogeological conditions; feasibility study