

分层充填开采在水库下采煤的安全可行性分析

刘辉

(山东公信安全评价有限公司, 山东 枣庄 277100)

摘要:以某矿拟采工作面为例,通过分析工作面的水文地质条件和采矿条件,确定采用分层充填开采方案.根据岩层移动理论,计算分层充填开采条件下防水安全煤岩柱高度为30.64 m,分层充填开采下F3断层防水安全煤岩柱宽度为60 m.通过计算和分析,采用分层充填开采和F3断层防隔水煤岩柱宽度留设60 m的综合防治措施下,可以大大降低采动破坏对F3断层的“活化”影响,最终确认该矿水库下采煤具有安全可行性.

关键词:分层充填开采;水库下采煤;防水安全煤岩柱;安全可行性

中图分类号:TD823.83 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2016)01-0054-04

Security feasibility analysis of coal mining under reservoir with the hierarchical filling technology

LIU Hui

(Shandong Gongxin Safety Evaluation Co. Ltd., Zaozhuang 277100, China)

Abstract: Taking a working face in a coal mine as example, this paper uses the hierarchical filling technology by analyzing the geological and mining conditions of the working face. According to the theory of strata movement, it calculates the height of waterproof coal and rock pillars is 30.64 m by the hierarchical filling technology, and the height of waterproof coal and rock pillars is 60 m under F3 fault conditions. After calculation and analysis, if the mine uses the hierarchical filling technology and remaining 60 m coal block is adopted, it can greatly reduce “activation” effect of the F3 fault by mining damage, thus mining under the reservoir is feasible in security.

Key words: hierarchical filling technology; mining under reservoir; height of waterproof coal and rock pillars; security feasibility

据相关统计,各煤矿受地表水体、砂层含水体和煤系地层水体威胁的煤炭储量达25 Gt以上,水体下采煤具有严重安全隐患.水体下采煤条件的复杂性和特殊性增加了其开采的危险性,既要防止水体沿顶板裂隙溃入矿井,又要保护具有经济价值的水资源.有些矿区经过十多年的高强度开采,煤炭资源已开采殆尽,为了挖掘矿井生产潜力、延长矿井服务年限,水体下煤炭资源的安全开采成为矿井亟需解决的现实问题.自20世纪60年代以来,一批煤矿技术研究通过对煤炭上覆岩层的破坏规律和水体下采煤应用技术的研究^[1-6],取得了水体下采煤技术及安全技术措施、顶板岩层破坏规律等方面的成果,这些成果在某些矿区得到了成功应用,积累了丰富的水体下采煤实践经验.

本文以某矿拟开采的工作面为例,通过对工作面水文地质和工程地质条件分析,确定影响该工作面水

体下安全开采的导水通道主要为导水裂隙带和导水断层. 针对上覆岩层的隔水性能、分层充填开采下防水安全煤岩柱、分层充填开采下 F3 断层防水安全煤岩柱、断层阻隔水煤岩柱宽度安全性校验等方面, 对该工作面水库下采煤的安全可行性进行分析.

1 工作面概况

某矿拟开采的工作面位于水库正下方, 工作面走向长 273 m, 倾向长 132 m, 煤层标高 $-80 \sim -110$ m, 煤层平均厚度 5.5 m, 平均倾角 15° . 工作面开采范围的西部为 F3 边界断层, 为不导水断层, 正断层, 倾向 NW, 倾角 75° , 落差 67~100 m. 水库蓄水量约 31×10^4 m³, 主要用于周围村庄的防洪和供水. 库底最低标高约为 +171.7 m, 第四系松散层最大厚度 18 m 均按透水层考虑, 水库水体底界将下移 18 m, 库底最低标高降低为 +153.7 m. 水库与开采煤层的最小间距为 233.7 m. 水库与煤层空间关系参见图 1.

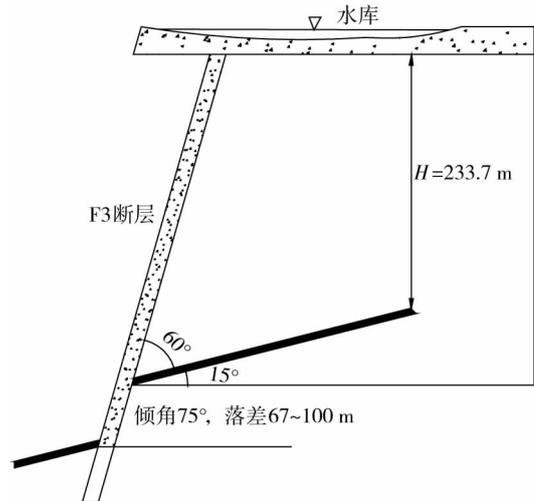


图1 水库与煤层空间关系

2 工作面水文地质条件分析

根据水库周围的钻孔资料, 煤层顶板岩性分别为砂质页岩、炭质页岩和粉砂岩为主. 从煤层顶板含水层、隔水层组合关系可知(表1), 煤层上覆岩层有3个隔水层, 具有良好的隔水性, 各含水层之间在正常地质条件下没有水力联系. 特别是隔水层1以浅色泥页岩、粉砂岩、细砂岩、粗砂岩、砂质页岩为主, 隔水性好, 厚度大, 有利于水库下采煤. 山西组砂岩裂隙含水层岩性以中砂岩、细粒砂岩为主, 胶结程度较好, 单位涌水量 $0.0034 \sim 0.0037$ L/(s·m), 渗透系数 $0.0065 \sim 0.0146$ m/d, 属富水性弱的裂隙承压含水层. 但水库下方存在 F3 断层, 由于采动影响可能引起断层“活化”, 导致水库与开采工作面之间产生水力联系. 正常开采条件下, 水库下采煤具有一定的危险性, 需要谨慎对待.

表1 煤层顶板含水层、隔水层组合关系

名称	厚度/m	岩性特征
第四系孔隙含水层	6.6~26.0	砂砾石、红色卵石
隔水层1	87.9	浅色泥页岩、粉砂岩、细砂岩、粗砂岩、砂质页岩
上石盒子组砂岩裂隙含水层	10.0	细砂岩、中砂岩、粗砂岩及砂砾岩
隔水层2	39.1	以灰白色砂质页岩、中细砂岩为主, 含有铝土质页岩.
下石盒子组砂岩裂隙含水层	3.0~22.0	细砂岩、中砂岩及少量粗砂岩
隔水层3	43.6	以灰色砂质页岩、细砂岩、粉砂岩、中细砂岩为主
山西组砂岩裂隙含水层	12.0~20.0	中砂岩、细粒砂岩
煤层	5.5	
隔水层4	41.2	以灰黑色炭质页岩、细砂岩、砂质页岩为主

3 水库下采煤方案的确定

经过大量的理论研究和实际开采经验表明分层充填开采对顶板岩层的破坏程度明显小于相同条件下自由跨落管理顶板模式^[7-10]. 采用分层充填开采方法可以降低由于采动引起的上覆岩层破坏和 F3 断层“活化”的影响. 该矿建有完整的膏体泵运送充填系统, 已有多个工作面实现了分层充填开采. 经过多年的分层充填开采实践, 该矿已掌握了分层充填开采的关键技术与方法, 积累了比较丰富的现场施工经验, 充填率可以达到 85%.

4 水库下采煤安全可行性分析

水库主要为附近村庄供水和农田灌溉, 属于文献[2]中要求保护的一类采动等级水体, 不允许导水裂

隙带波及到地面水库,需要留设防水安全煤岩柱.在进行水库下采煤安全可行性分析时,关键是确定防水安全煤岩柱的留设高度.由于开采深度较大,地表移动缓慢,工作面开采范围内不考虑地表裂缝深度.故防水安全煤岩柱高度应大于或等于导水裂隙带最大高度加上保护层厚度.由于煤层顶板岩层中硬且松散层底部黏土层厚度大于累计开采厚度,保护层厚度取3倍的开采厚度.

4.1 分层充填开采下防水安全煤岩柱

根据煤层埋藏条件及上覆岩性,采用文献[2]中给出的缓倾斜条件下厚煤层分层开采时的垮落带和导水裂隙带高度的计算公式进行计算,选取中硬覆岩的冒落带和导水裂隙带高度的计算公式.煤层平均厚度为5.5 m,充填率按85%计算,故开采煤层等效厚度为0.825 m.

厚煤层分层开采且岩性中硬时,冒落带高度的计算公式:

$$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2. \quad (1)$$

岩性中硬且缓倾斜煤层时,导水裂隙带高度的计算公式:

$$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6; \quad (2)$$

$$H_{li} = 20 \sqrt{\sum M + 10}. \quad (3)$$

式中, H_m :垮落带高度,m; H_{li} :导水裂隙带高度,m; $\sum M$:累计采厚,m.

式(1)~式(3)代入数据计算得,分层充填开采下顶板冒落带高度5.9 m;导水裂隙带最大高度28.16 m.保护层厚度为2.475 m.故分层充填开采下防水安全煤岩柱高度30.64 m.水库与开采煤层的最小间距为233.7 m,即实际煤岩柱厚度远大于30.64 m.导水裂隙带高度仅破坏至隔水层3,上覆还有隔水性能良好的2个隔水层,因此分层充填开采下开采煤层不会与水库形成水力联系.

4.2 分层充填开采下F3断层防水安全煤岩柱

根据相关研究^[11,12],在断层影响下,导水裂隙带发育高度比相同条件下有较大增长.本文综合分析相关研究成果^[13]和煤矿实际测试资料,在断层影响下的导水裂隙带高度将增加50%.经计算,在断层影响下煤层开采时导水裂隙带最大高度42.24 m,小于水库与开采煤层的最小间距,不会波及到水库.但采动破坏可能导致F3断层“活化”进而导通水库,对水库下安全采煤构成威胁.煤矿拟采用分层充填开采和留设断层防水安全煤岩柱来降低采动破坏对F3断层“活化”的影响.在分层充填开采条件下,断层防水安全煤岩柱宽度的留设成为水库下安全采煤的关键.

以断层最低破坏点与导水裂隙带最高点的最小间距满足承受水库静水压力的要求为基准,煤层和F3断层倾角分别按15°和75°计算,岩层塌陷角 $\delta = 60^\circ$ 考虑,进行F3断层防隔水煤岩柱宽度的留设计算.图2为计算F3断层防隔水煤岩柱宽度留设示意图.

其计算公式为

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = H_a \csc \theta + H_L \cot \theta + H_L \cot \delta. \quad (4)$$

式中, L :防隔水煤岩柱宽度,m; L_1, L_2, L_3 :防隔水煤岩柱各分段宽度,m; H_a :断层安全防隔水煤岩柱宽度,m; H_L :最大导水裂隙带高度,m,按43 m计算; θ :断层倾角,(°),按75°计算; δ :岩层塌陷角,(°),按60°计算.

由于F3断层为不导水断层,开采前断层防隔水煤岩柱不承受静水压力,即 $P = 0$. H_a 按下列公式计算:

$$H_a = \frac{p}{T_s} + 10. \quad (5)$$

式中, p :防隔水煤(岩)柱所承受的静水压力,MPa; T_s :临界突水系数,MPa/m.

经计算,F3断层防水安全煤岩柱宽度为46.05 m.为了最大限度地降低采动对断层的“活化”影响和

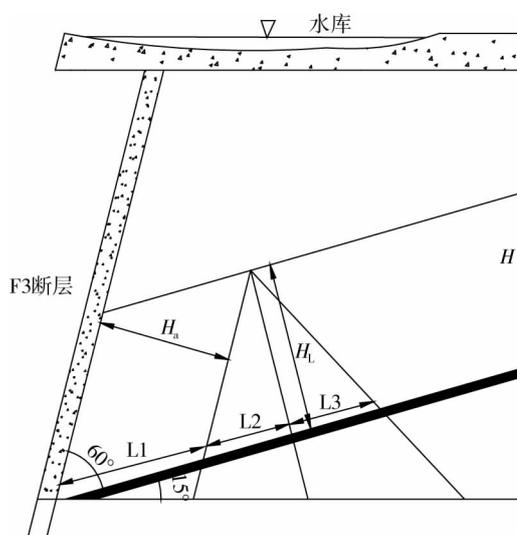


图2 F3断层防隔水煤岩柱宽度留设

避免顶板水害的发生,实际开采时 F3 断层防水安全煤岩柱宽度留设为 60 m.

4.3 断层阻隔水煤岩柱宽度安全性校验

通过计算,当 F3 断层阻隔水煤岩柱宽度留设为 60 m 时,顶板导水裂隙带与 F3 断层间距(H_a)为 26.05 m. 即使采动引起 F3 断层“活化”而沟通水库,断层最低处承受水库的静水压力为 2.11 MPa,厚度 26.05 m 的岩层可以抵抗 2.11 MPa 的静水压力,不会引起水库进入井下工作面. 在此可以假设采动已引起 F3 断层“活化”,将断层导水视为“老空水”进行校验. 导水断层的阻隔水煤岩柱的留设可参照下列经验公式计算:

$$L = 0.5KM \sqrt{\frac{3p}{K_p}} \quad (6)$$

式中, L :隔水岩柱宽度,m; K :安全系数,一般取 2~5,取 5; M :开采厚度,m,按充填等效采高按 0.825 m 计算; p :水头压力,MPa,取 2.11 MPa; K_p :煤的抗拉强度,MPa,按煤矿经验值 0.22 MPa 计算.

经计算,导水断层的阻隔水煤岩柱宽度为 11.06 m,小于实际断层阻隔水煤岩柱宽度 26.05 m,满足水库下采煤安全性要求.

综上所述,在煤层进行分层充填开采和 F3 断层阻隔水煤岩柱宽度留设 60 m 的综合防治措施下,可以大大降低采动破坏对 F3 断层的“活化”影响,进而最大限度地消除水库对采煤安全性的影响.

5 结论

1)通过钻孔岩性资料,煤层上覆岩层具有良好隔水性,在分层充填开采及受断层影响下水库采煤形成导水裂隙带高度和阻隔水煤岩柱高度距水库底均在 160 m 以上,为水库下对采煤安全可行性提供了必要条件.

2)通过假设采动已引起断层“活化”,将断层导水视为“老空水”进行校验,F3 断层阻隔水煤岩柱宽度留设 60 m 满足水库下采煤安全性的要求.

3)在 F3 断层为不导水断层,按充填率为 85% 要求进行分层充填开采和 F3 断层阻隔水煤岩柱宽度留设 60 m 的综合防治措施下,水库下采煤具有可行性.

4)采煤前应对 F3 断层进行预注浆加固,并适当减小工作面宽度,进一步减小采动破坏对断层活化的影响,并加强水质分析和涌水量观测.

参考文献:

- [1] 煤炭科学研究院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用[M]. 北京:煤炭工业出版社,1981.
- [2] 国家煤炭工业局. 建筑物,水体,铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.
- [3] 武雄,汪小刚,段庆伟,等. 大型水库库区下压煤开采研究[J]. 煤炭学报,2007,32(12):1273-1276.
- [4] 陈俊杰,郭文兵,邹友峰. 大型水体下顶水安全开采的可行性研究[J]. 中国安全科学学报,2011,21(2):57-62.
- [5] 郭文兵,邵强,尹士献,等. 水库下采煤的安全性分析[J]. 采矿与安全工程学报,2006,23(3):324-328.
- [6] 孙亚军,徐智敏,董青红. 小浪底水库下采煤导水裂隙发育监测与模拟研究[J]. 岩石力学与工程学报,2009,28(2):238-245.
- [7] 胡炳南. 我国煤矿充填开采技术及其发展趋势[J]. 煤炭科学技术,2012,40(11):1-5.
- [8] 陈雪啸,周华强,孔祥辉,等. 承压水下膏体充填开采顶板破断的数值模拟[J]. 煤炭技术,2011(4):72-74.
- [9] 杨宝贵,李永亮,宋晓波,等. 充填开采工作面矿压显现规律数值模拟分析[J]. 煤炭工程,2013(3):69-70.
- [10] 许凯. 固体充填综采地表沉陷规律研究[J]. 煤矿安全,2013,44(4):55-57.
- [11] 彭苏萍,孟召平,李玉林. 断层对顶板稳定性影响相似模拟试验研究[J]. 煤田地质与勘探,2001,29(3):1-4.
- [12] 胡戈. 综放开采断层活化导水机理研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2008.
- [13] 谭志祥,周鸣,邓喀中. 断层对水体下采煤的影响及其防治[J]. 煤炭学报,2000,25(3):256-259.