

巨厚煤层带压开采防治水技术研究与实践

尹宏昌 王宏伟

准矿西部煤矿投资管理有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

[摘要] 针对煤矿复杂的水文地质条件, 开展了水文地质条件分析、水害威胁分析, 通过实施综合物探、钻探探查验证以及注浆等防治水措施, 实现工作面在底板断裂构造、垂向导水通道发育的条件下, 通过对其注浆改造隔水层隔水性能实现安全生产, 对完善准格尔煤田带压开采防治水技术体系具有重要意义。

[关键词] 防治水; 突水分析; 长度钻孔结合; 研究与实践

Research and Practice of Water Prevention and Control Technology in Thick Coal Seam with Pressure Mining in Tang Jiahui mine

yinhongchang1, wanghongwei1

(1. Huai Mine West Mine Investment Management Co., Ltd., Inner Mongolia 017000, China)

Abstract: In view of the complex hydrogeological conditions of the Tang Jia Hui coal mine in Zhungeer coal field, the analysis of hydrogeological conditions and the threat analysis of water damage have been carried out. Through the implementation of comprehensive geophysical prospecting, drilling exploration and verification and grouting, the water grouting and other measures are carried out to realize the working face under the condition of the fracture structure of the floor and the development of the vertical guide water passageway and the grouting by the grouting. It is of great significance for improving the water prevention and control technology system of Zhungeer coalfield to improve the water separation performance of the aquifer and achieve safe production.

Keywords: Prevention and control of water; analysis of water bursting; combination of length and borehole; research and Practice

引言

准格尔煤田位于鄂尔多斯盆地东缘北端, 准格尔旗东南部黄河西岸, 主采石炭—二叠系煤层, 煤层厚度平均 16.0m。由于构造发育和水文地质条件复杂, 底板奥灰水害事故频发。煤层底板奥陶纪灰岩水害已成为制约准格尔煤田矿井安全生产的重大隐患。而准格尔煤田针对煤炭资源安全开采开展的奥灰水文地质及其水害防治工作十分有限。该地区边缘埋深在 380m 以下, 基本为奥灰水带压开采, 煤层埋深越深, 带压越高, 条件越复杂, 水害威胁越大。煤田东、南、西缘构造发育, 受断层、陷落柱等垂向构造作用, 易发生奥灰水突出事故。且东缘奥灰水与黄河水力联系密切, 水源丰富。2014 年 5 月 28 日, 该地区某矿发生过一起底板突水淹井事故。此后, 该矿高度重视奥灰水害防治工作, 针对奥陶纪灰岩水带压开采防治技术开展一系列等研究。

1 矿井及水文地质概况

1.1 矿井概况

井田位于准格尔旗薛家湾镇西北约 4km 处, 矿区面积 28.5724km², 资源量为 7.66 亿吨。矿井主采煤层 6 号煤为全区可采的较稳定煤层, 平均厚约 18.93m, 属于特厚煤层。采用综采放顶煤方法回采。设计生产能力 500 万吨/年, 系统能力满足 1000 万吨/年。

1.2 地质及水文地质条件

井田含煤地层为石炭系—二叠系地层, 含可采煤层 5 层, 即: 4、5、6、9 上、9 下煤层, 其中太原组 6 煤厚 9.64~30.01m, 平均 18.93m, 埋深 302~546m, 平均 486m, 为全区可采、赋存较稳定的巨厚煤层, 亦为矿井的主采煤层; 其余为局部可采、赋存不稳定中厚煤层。区内构造发育, 根据三维地震勘探成果报告, 井田内解释断层 108 条, 其中落差 15m 以上断层 18 条。这些张性断层切割到灰岩地层, 将奥灰水和煤层顶、底板砂岩水导通, 为含水断层。

奥陶系石灰岩喀斯特承压含水层中统马家沟组 (O₂m) 为煤系地层基底, 厚度一般小于 250m, 岩性为浅灰色石灰岩、白云质灰岩 (图 1)。本区处于黑岱沟以北奥陶系喀斯特水强径流带, 裂隙、溶孔和溶洞发育, 是 6

煤开采间接充水含水层, 根据补勘资料, 单位涌水量 $0.6095\text{L}/\text{m} \cdot \text{s}$, 富水性中等。矿井范围内 6 煤层底板标高 $750 \sim 800\text{m}$, 奥灰水位标高为 $867 \sim 869\text{m}$, 6 煤底板承受奥灰水压最大值为 1.2MPa , 全区带压开采。附近黄河水位标高 920m , 奥灰含水层受到黄河水的侧向补给。

2 矿井突水分析

带压开采发生突水主要受承压含水层富水性及水压, 隔水层的厚度、岩性及组合关系, 地质构造, 采掘活动等影响。在底板完整情况下奥灰水一般不会对煤系地层进行补给。但井田范围内断层较为发育, 落差大于 5m 的断层较多。且存在导水陷落柱或断层, 奥灰水可通过导水陷落柱或断层等通道进入矿井, 或者补给石炭系砂岩含水层再进入矿井, 造成矿井突水。

2.1 含水层富水性

井下施工的底板隔水层厚度钻孔进入奥灰即出水, 以 61201 工作面为例, 施工的 21 个孔中 5 个水量小于 $5\text{m}^3/\text{h}$, 7 个水量 $5 \sim 20\text{m}^3/\text{h}$, 7 个水量大于 $20\text{m}^3/\text{h}$, 终孔水压 $0.22 \sim 0.85\text{MPa}$, 说明底板奥灰水富水性不均一, 局部见断层或裂隙, 富水性强, 部分区域钻孔进入奥灰系灰岩之间即出水。工作面回采一旦发生突水, 水量大且不易衰减。

2.2 采掘活动破坏

煤层开采对底板的变形破坏主要表现在隔水层上部形成的矿压破坏带, 从而影响隔水层有效厚度, 为突水创造条件。采用理论分析、现场实测等研究方法对 61101 首采面 6 煤底板岩层在采动过程中变形与破坏特征进行研究。理论上采用经验公式计算 6 煤开采底板破坏深度为 $25.85 \sim 29.57\text{m}$, 平均 28.5m , 将破坏到 9 下煤底板泥岩、砂质泥岩层段。现场采用底板超前钻孔方式, 利用光纤应变、电法综合测试方法对采动条件下底板破坏特征及深度进行实测, 得到开采扰动影响最大深度为 26.8m (表 1), 位于 6 煤回采工作面下部 9 煤下方的细砂岩层位内。

表1 监测断面测试结果汇总表

监测 断面	分 区	光纤测试结果	电法测试结果	综合判断
5#站场	破坏区深度	7.2m	10.5m	10.5m
	扰动影响深度	21.5m	23.1m	23.1m
2#站场	破坏区深度	6.6m	7.2m	7.2m
	扰动影响深度	26.3m	26.8m	26.8m

根据《煤矿防治水规定》关于突水系数的定义可知, 突水系数综合考虑了底板隔水层厚度和承压水压对底板突水的影响, 是分析底板突水可能性的一种方法。计算公式:

$$T_s = p/M$$

式中: T_s 为突水系数 (MPa/m); P 为奥灰水作用在隔水层上的水压 (MPa); M 为 6 煤底板至奥灰顶界面间隔水层厚度 (m)。

井下奥灰最大水压为 1.2MPa , 隔水层厚度 $33.69 \sim 88.79$ 。以此计算, 6 煤开采底板突水系数最大为 $0.014 \sim 0.036\text{MPa}/\text{m}$, 小于《煤矿防治水规定》构造破坏带临界突水系数 $0.06\text{MPa}/\text{m}$, 在底板隔水层完整的情况下 6 煤开采不会发生奥灰水突水, 但存在底板隔水层厚度不够、底板裂隙发育带、断层及陷落柱等情况下, 底板隔水层失去了隔水能力, 奥灰突水可能性很大。

3 工作面带压开采防治水技术研究

开采煤层 6 号煤属特厚煤层, 平均厚约 18m , 工作面宽 240m , 6 煤底板隔水层厚度约 50m 。底板隔水层的完整性和足够的阻水性能是实现安全带压开采的必要条件, 但由于受沉积条件及构造破坏的影响, 在隔水层中一般存在薄弱带或垂向导水构造发育区段, 对带压开采的安全性构成威胁。为此要实现带压安全开采, 必须查清开采煤层底板 35m 以下至奥灰顶 (即底板采动影响带 26.8m 以下) 裂隙发育带、断层及陷落柱等情况, 并对其进行注浆加固 (改造), 封堵可能存在的垂向导水通道和增加隔水层强度。

3.1 底板奥灰水防治技术路线

针对工作面可能存在导水断层或其他垂向导水构造, 一旦突水就会严重威胁矿井安全。根据矿井水文地质条件提出“以 6 煤底板至奥灰顶部岩层为目标层, 综合探查水文地质条件, 超前治理隔水层薄弱区域和垂向导 (含) 水构造发育区域, 增强隔水层隔水性能, 实现安全开采的底板奥灰水防治技术路线。

3.2 奥灰水防治方法

3.2.1 物探方法

矿先后使用槽波地震、无线电坑透、高分辨电测深、瞬变电磁、音频电透视等多种物探方法在现场进行物探试验,通过接收信号情况、探测物探异常区验证情况等综合分析,确定工作面形成后,必须采用槽波地震对工作面及底板构造发育情况进行探查;另外采用音频电透视、高分辨电测深、瞬变电磁中的一种方法对工作面底板富水异常情况进行探查。

3.2.2 钻探方法

对未查明的断层和陷落柱等异常体采用传统的普通回转穿层钻进探查,存在钻孔轨迹可控性差、钻进距离短、目标层位遇钻率低(点状)等不利因素,制约煤层底板异常探查效果。为此采用目前较成熟的,可施工多个分支孔的近水平定向钻探技术,实现了超前施工、探查距离长、钻孔轨迹可控,最大限度地揭露底板裂隙和构造发育层段。对于已查明的两顺槽附近的断层和陷落柱等异常体治理,短钻孔可以在巷道就近异常体施工,不受巷道断面和钻场大小的限制,且有针对性的治理,注浆效果好。为此提出了“长短钻孔结合的探注”奥灰水害防治技术。

(1) 定向顺层长钻孔

一是对工作面6煤底板35m以下隐伏导水构造发育情况进行探查和底板全面注浆加固外,二是对物探圈定异常区性质进行验证和治理。钻孔沿工作面走向、平面上水平间距按40~60m合理开分支孔超前对工作面6煤底板35m以下隐伏导水构造发育情况进行探查,垂向上在6煤底板35m以下砂岩层位,做到工作面底板全覆盖探查。(2) 穿层短钻孔

1) 物探异常区

对物探异常区性质验证和治理,终孔层位为奥灰底板风化壳,每个异常区至少布置2个探查验证孔,在平、剖面上呈扇形布置,并至少有50%钻孔贯穿整个异常区。非异常区域适当布孔。若探查发现地质、水文地质异常,则对异常区域加密布孔注浆治理,治理钻孔按照7.5m注浆扩散半径设计,对异常区及外围20m范围煤层底板以下30至奥灰顶界面(即底板采动影响带26.8m以下)注浆加固(改造)。

2) 断层

① 巷道掘进期间过断层治理原则

断层的超前治理至少留设30~50m的安全煤柱;按照7.5m的注浆扩散半径布置钻孔,对断层前后不少于20m及巷道周围不少于20m范围全方位加固

② 回采工作面断层治理原则断层治理前,必须探明断层的产状和破碎带发育情况,控制断层在走向线上的变化规律,以及断层切割含水层情况,分析其含(导)水性,评价断层威胁程度;断层治理应结合岩性、水压、断层产状、落差大小等因素,必须对断层破碎带及其附近一定范围内的岩层进行注浆加固;钻孔按照7.5m的注浆扩散半径,平面上对断层上下盘不少于30m范围,当断层延展到工作面外侧时,工作面外侧不少于20m范围注浆加固(改造)。(如图1)垂向上根据6煤底板“下三带”探测成果破坏深度,确保“下三带”以下不少于20m的范围注浆加固(改造)。

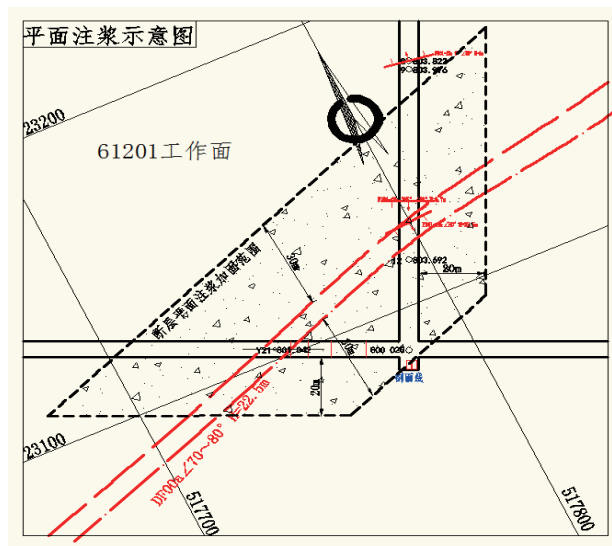


图1平面注浆范围示意图

3.3 注浆结束标准及效果检验

3.3.1 注浆结束标准

要求注浆钻孔经透孔必须连续两次同时达到以下条件方可结束①钻孔出水量小于 $1\text{m}^3/\text{h}$ ；②注浆终压达到 $9 \sim 15\text{MPa}$ 且稳压半小时以上；③钻孔吃浆量小于 $1.2\text{m}^3/\text{h}$ 。

3.3.2 治理效果检验

所有注浆孔施工结束后施工效果检验孔。即选取在富水区、注浆盲区、注浆薄弱带布置检验孔，数量不少于注浆孔数量的 10%，且不少于 3 个。以效检孔出水量小于 $1\text{m}^3/\text{h}$ ；注浆（封孔）终压达到 $9 \sim 15\text{MPa}$ 且稳压半小时以上；吃浆量小于 $1.2\text{m}^3/\text{h}$ 。同时达到上述条件视为注浆治理合格。

4 奥灰水害防治技术实践

61103 工作面采前采用音频电透视和槽波地震两种物探方法对工作面内地质构造赋存情况及工作面底板 $0 \sim 80\text{m}$ 范围富水异常分布情况进行了探查。其中音频电透视在工作面内圈定了 2 处较大的富水异常区及 10 处小的异常区，槽波地震圈定 2 处异常区，且与音频电透视 2 处较大的异常区基本重合。2 号异常区经钻孔探查验证后，分析为疑似陷落柱（ $26.2 \times 24.5\text{m}$ ），为了确保工作面安全开采，采用长、短钻孔结合探注防治水技术对陷落柱进行治理。共施工井下探查治理钻孔 25 个，工程量 2834m，其中穿层短钻孔 24 个，工程量 1947.2m；底板下 35m 顺层长钻孔（D1）1 个，工程量 480m。探查孔最大出水点发生在底 2# 孔，水量为 $93.1\text{m}^3/\text{h}$ （揭露奥灰），qt6 出水量 $25.7\text{m}^3/\text{h}$ ，D1 顺层长钻孔出水量 $12\text{m}^3/\text{h}$ ，其余出水量均较小。共注入水泥 926t，其中 18 个底板穿层孔注入水泥 468.5t，D1 底板顺层孔注入水泥

457.5t（如图 2），工作面安全采过陷落柱。

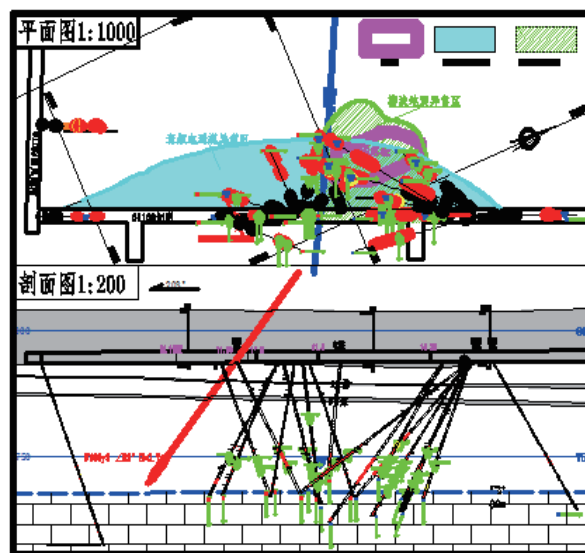


图2 物探异常区探查（底板）

61201 工作面采前仍然采用音频电透视和槽波地震两种物探方法对工作面内地质构造赋存情况及工作面底板 $0 \sim 80\text{m}$ 范围富水异常分布情况进行了探查。音频电透视在工作面内圈定 3 处富水异常，槽波地震查明工作面内共解释断层两条，均为修正断层，未发现其他异常。钻探验证异常区为垂向导水裂隙。针对地面物探探查的 DF047 断层，进行探查与治理。施工探查钻孔 21 个，工程量 2216m，注水泥 12.9 吨。根据探查孔资料分析，DF047 断层落差最大为 3.7m，对该断层进行注浆加固治理，治理范围为断层 6 煤底板下 40、50m。共注浆加固治理孔 25 个 5023m，共注水泥 70.35 吨，回采过断层期间无出水现象。61103、61201 两工作面的安全回采，说明对综合物探圈定的直径小于 30m 陷落柱、落差小于 5m 的断层，采用长、短钻孔探注结合技术进行治理后，导水通道得到有效的封堵和加固，达到了预期的效果。

5 结论和建议

（1）目前采用综合物探、钻探相结合的方式适合工作面底板薄弱带或垂向导水构造的探查。综合物探可以对工作面内隐伏构造及底板富水异常实现全覆盖探查；定向顺层长钻孔探查技术解决了工作面中部底板探查治理，增

大了探查孔与异常层段接触面，扩大了钻孔控制范围、提高了探查精度。

(2) 开采煤层底板隔水性能较好，在正常区段一般不会对采掘工作造成不利影响。但在薄弱带或垂向导水构造发育区段，底板隔水层的完整性受到不同程度的破坏，底板可能发生突水，通过采用长、短钻孔结合治理方法大大提高了治理效果。其中定向长钻孔通过控制钻孔轨迹可以实现远距离对底板薄弱带或垂向导水构造发育区段等富水异常等进行注浆加固（改造）；穿层钻孔对工作面顺槽附近异常区存在易施工、治理针对性强、注浆效果好等优点。长、短钻孔的结合对底板薄弱带注浆加固后，增加隔水层隔水性能，工作面能够实现安全开采。

[参考文献]

[1] 张正浩. 煤矿水害防治技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.

[2] 武强. 煤矿防治水手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2013.

作者简介: 尹宏昌, (1980-), 男, 吉林长春人, 汉族, 高级工程师, 从事水文与水资源专业。王宏伟, (1988-), 男, 内蒙古赤峰人, 满族, 工程师, 从事地质工程专业。