

太岳井田 2 号煤带压开采评价*

张辉

山西省煤炭地质局, 山西省地质学会

太岳井田开采的 2 号煤为稳定主采煤层, 平均厚度 2.2m 左右。大部分煤层处在奥灰静止水位以下, 承受奥灰水压达 0.043MPa, 因此, 受奥灰水害威胁比较严重。为防止奥灰水害, 保证矿井采掘接续和安全生产, 本文从矿井现实开采条件出发, 对 2 号煤实施带压开采进行了评价, 探讨实施带压开采的可能性。

1 矿井水文地质概况

本区位于霍山隆起东翼, 沁水盆地西缘。地貌形态为剥蚀的中山区。区内主要河流为柏子河, 自西向东从区内中部穿过, 其流量受大气降水影响很大, 雨季时暴涨, 通常无水。

1.1 含水层和隔水层

根据区内含水介质性质特征及地下水的赋存条件等因素, 井田内主要含水层。

奥陶系中统岩溶裂隙含水层井田隐伏于煤系地层之下, 厚 545m 左右。由石灰岩、泥质灰岩及白云岩等组成。发育有一定的岩溶裂隙, 该处岩溶裂隙发育。中奥陶统峰峰组 and 上马家沟组含水层属富水性中等一强的岩溶裂隙含水层。石炭系太原组碎屑岩夹岩溶裂隙含水层为碎屑岩夹碳酸盐岩岩溶裂隙含水层组。主要包括 K2、K3、K4 等岩溶裂隙含水层。各基岩含水岩组之间泥质岩类及岩溶、裂隙不发育的碳酸盐类岩层均起到隔水作用, 使各含水岩组之间无水力联系或水力联系微弱, 为隔水层或相对隔水层, 当其完整性、连续性未破坏时, 隔水性能良好。2 号煤层底板隔水层厚度为至奥灰顶界面的隔水层。

1.2 含水层的补给、径流、排泄条件

区内主要出露地层为二叠系地层。第四系地层广泛分布于山间、河谷地带。其它地层在区外西北部有出露。二叠系砂岩裂隙含水层, 除接受大气降

水补给外, 还可接受其它含水层的补给。在浅部风化裂隙较发育, 随埋深的增加而减弱。地下水常顺岩层倾向向深部运移, 富集成具有承压性的地下水, 遇阻水部位在地形低洼处以泉的形式排泄出来。山西组、太原组含水层在区内埋藏较深, 与上覆各含水层及下伏含水层均有隔水层相隔, 水力联系微弱。该层主要接受区外裸露岩层大气降水的补给。地下水沿岩层倾向向深部迳流。受地形切割或构造影响, 会沿构造面运移。排泄区不明显。

奥陶系岩溶裂隙含水层在区内埋藏较深, 地表无露头。据 19-1 钻孔岩溶裂隙资料, 上部峰峰组岩溶裂隙发育一般, 发育的裂隙也多为方解石脉充填, 含水层本身连通性较差, 迳流微弱, 含水性较差。上马家沟组地层岩溶裂隙较发育, 且具溶洞、溶隙, 具有一定的储水空间, 富水性较好。奥灰水由北东向南西方向缓慢径流, 流出区外。

2 沉矿井水文地质概况

2.1 煤层带压开采充水含水层分析

矿井批采 1、2 号煤层, 2 号煤层为井田主采煤层, 先期开采地段也仅赋存 2 号煤层, 2 号煤层底板赋存太原组碎屑岩夹碳酸盐岩裂隙含水层水及奥灰含水层水。

2 号煤层开采过程中, 底板采动破坏带将揭露太原组上部的砂岩裂隙含水层, 该含水层单位涌水量 0.015L/s·m, 渗透系数为 0.055m/d, 说明该含水层富水性弱。

井田内 2 号煤层底板突水的主要水源为奥灰含水层水。据井田奥灰水文地质条件分析, 岩溶水位标高在 869~902m 左右。而井田内 2 号煤层底板标高在 420~840m, 先期开采地段底板标高 620~840m, 因此, 井田内 2 号煤层全部位于奥灰岩溶水头以下, 开采煤层受到奥灰岩溶水的威胁, 属于全井田带压

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。

作者简介: 张辉, 男, 1982 年生。工程师, 主要从事煤炭地质技术和管理工作。Email: zhanghui790@163.com。

开采矿井。根据井田内 19-1 号钻孔对 O_2s+O_2f 地层进行了混合抽水试验, 单位涌水量 $0.237L/s\cdot m$, 渗透系数为 $2.621m/d$, 该含水层富水性中等, 但由于该孔未完全揭露该含水层, 同时该抽水资料因受施工条件及抽水设备因素限制, 出水量偏小。结合临近水源井资料及区域资料分析: 中奥陶统含水层属富水性中等一强的岩溶裂隙含水层。该含水层厚度较大, 富水性强, 对 2 号煤层开采影响较大。

2.2 奥灰水进入矿井通道分析

2 号煤层沉积稳定, 不存在沉积阶段的原生导水结构, 如古河床、古冲沟等。地下水进入矿井的通道主要为后期的构造破坏和采矿活动产生的地下水通道, 如采矿活动产生的导水破坏带、断层带、岩溶陷落柱、勘探阶段不良封孔和探放水钻孔的失控等。对地下水进入 2 号煤层矿坑的通道详见下述。

2.2.1 煤层底板“下三带”分析

煤层底板导水破坏带、隔水层带、承压水导升带, 通称煤层底板“下三带”, 现分述如下:

(1) 采矿活动产生的导水破坏带: 根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》附录六统计公式计算 2 号煤层开采产生的导水破坏带深度为 $17.93\sim 21.51m$ 。

井田内 2 号煤层底板到 K_7 砂岩的平均距离为 $7.60m$, 由此可以看出, 在部分地段开采 2 号煤层产生的底板扰动破坏裂隙将沟通 K_7 砂岩含水层, 但 K_7 砂岩裂隙含水层富水性弱, 未来对 2 号煤层开采的影响仅限于部分地段矿井涌水量有所变大, 但一般不会发生突水事故。煤层开采产生的底板扰动破坏裂隙与下覆含水层之间的联系见图 1。

(2) 承压水导升带: 根据临汾、井田各矿的测试资料及本矿的具体地质条件, 断裂地带采用 $10m$, 作为本矿区断裂带岩溶水导升高度。

(3) 隔水层带: 隔水层带位于导水破坏带之下, 承压水导升带之上, 为 2 号煤层底板到奥陶系顶界面的厚度减掉导水破坏带、承压水导升带的厚度。本井田 2 号煤层底板到奥陶系顶界面的厚度为 $154.00\sim 175.02m$, 减掉导水破坏带深度 $17.93\sim 21.51m$, 承压水导升带高度 $10m$, 隔水层带厚度为 $128.99\sim 146.01m$ 。本井田隔水层带厚度较大, 受采掘影响后能保持采前的连续性, 阻水能力较强, 为 2 号煤层底板良好的隔水层带。

2.2.2 断层破碎带

在煤系地层中, 断层非常发育, 特别是影响生产和安全的小断层密度大而延展长度大, 断层面往往形成有一定宽度的断层带, 一般情况下, 断层带是一个非均质体, 其宽度和组成物质与断层的落差和两盘的岩性有关。断层落差越大, 断层的宽度也越大; 断层错动距离内的岩性越软, 则断层带的宽度越大。所以, 断层带不同部位的富水性和导水性亦是不同的。除了断层带以外, 断层两盘的次生节理带亦具有富水性和导水性, 所以, 矿井绝大多数突水均与断层有关。

井田内目前为止仅发现有 9 条小型断裂构造, 但不能排除井田内存在隐伏断裂构造。

2.2.3 岩溶陷落柱

岩溶陷落柱从地史条件分析应是在古代岩溶基础上, 于上覆地层同时形成的古代岩溶陷落柱, 其特点是胶结程度比较好, 后期多不再继续发育; 所以, 其富水性和导水性比较差。

井田内目前为止发现有陷落柱 12 个。在今后的生产中矿方严格按照“预测预报、有掘必探、有采必探、先探后掘、先探后采”的水害防治原则, 防止突水事故的发生。

2.2.4 勘探孔不良封孔和井下水文孔的失控

勘探阶段大量的地面勘探孔分布在采煤区, 如封孔质量不好会造成突水事故, 这在采矿过程中是很普遍存在的问题。井田内钻孔都未进行过钻孔封孔质量启封检查, 封孔质量无法验证, 所以, 当掘进工作面 and 采煤工作面接近钻孔位置时, 应做好预防准备工作。

2.3 矿井奥灰水突水量预测

2.3.1 矿井充水状况

太岳煤矿充水水源主要为顶板砂岩裂隙含水层水和底板奥灰突水。矿井自开工建设以来, 未发生大的突水、涌水状况, 矿井正在进行一、二采区巷道的开拓, 涌水量在 $35m^3/h$ 左右, 随着矿井巷道掘进面的扩大及工作面的回采, 矿井涌水量还会增加, 但矿井排水设施能力满足矿井涌水量要求, 只要正常抽排, 一般不会影响矿井生产。

2.3.2 矿井顶板含水层矿井底板奥灰水突水量预测

当太岳矿井生产能力达年产量 150 万吨, 开采 2 号煤层的正常涌水量 $2001m^3/d$, 最大涌水量为

3123m³/d。本矿井 2 号煤层为全井田带压开采，奥灰水是矿井主要充水水源，对矿井底板奥灰水含水层突水量预算采用狭长地沟法中承压水完整井公式计算： $Q=2BKMS/R$ ，通过狭长地沟法预算矿井奥灰水突水量为 4857 m³/d。因钻孔未完全揭露奥灰含水层，矿井实际突水量值要大于该预算值。

3 带压开采安全性评价

根据井田奥灰水文地质条件分析，全井田带压开采矿井。2 号煤层底板至奥灰顶界面各岩层缺少其岩石物理力学性质试验资料，无隔水层的平均重度及平均抗拉强度资料，因此，本次对 2 号煤层煤层带压开采受底板水的威胁程度，仅按《煤矿防治水规定》中的突水系数计算公式进行计算。

从 2 号煤层底板奥灰突水系数计算结果中可看出，井田内 2 号煤层最大突水系数为 0.043MPa/m，先期开采地段最大突水系数为 0.027MPa/m。而井田仅发育一些宽缓的褶皱，矿井开拓中也未发现有较大的断裂构造，属于构造简单。但从带压开采安全角度的考虑，突水系数临界值按 0.06MPa/m 考虑。因此，矿井内 2 号煤层处于奥灰水带压开采相对安全区。

本论文中相对安全区是相对的，不是绝对，也有发生突水的可能，主要是隐伏的导水陷落柱或断层引起的。因此，未来矿井生产过程中应重视隐伏构造的探测研究，必须坚持“预测预报、有掘必探、有采必探、先探后掘、先探后采”的开采原则，以防引发奥灰突水事故发生。

4 矿井防治水措施

4.1 建设可靠的排水设施

本矿井计划采用直接排水系统，在副斜井水平井底附近设有主水仓及主排水泵站。根据井田涌水量预测：当太岳矿井生产能力达年产量 150 万吨，开采 2 号煤层的正常涌水量 2001m³/d，最大涌水量为 3123m³/d，目前排水设施能够满足 2 号煤层排水要求，但该涌水量不包括矿井内突水量。在带压区矿井如发生奥灰突水，则目前的排水能力不能够满足要求，需进一步完善矿井排水设施，增设强排水系统。

4.2 防水煤（岩）柱的留设

井田内未进行过三维地震勘探，在采掘过程中揭露 9 条小型断裂构造及 12 个陷落柱，都为不导

水或弱导水。但不排除井田内隐伏的大型导水断裂及陷落柱的存在，在未查明断层、陷落柱及其导水性的情况下进行采掘活动，一旦与导水或富水断层、陷落柱穿透，就可能造成底板下奥灰水而造成突水，因此在断层、陷落柱必须留设防水煤柱。通过计算，本井田含水或导水断层防水煤（岩）柱留设宽度为 $20\text{m} \leq L \leq 29\text{m}$ 。

(1) 煤层位于含水层上方且断层导水时防水煤（岩）柱的留设

在煤层位于含水层上方且断层导水的情况下，防水煤（岩）柱的留设应当考虑 2 个方向上的压力：一是煤层底部隔水层能否承受下部含水层水的压力；二是断层水在顺煤层方向上的压力。

当考虑底部压力时，应当使煤层底板到断层面之间的最小距离（垂距），大于安全煤柱的高度（ H_s ）的计算值，并不得小于 20 m。井田目前在采掘过程中揭露 9 条小型断裂构造，导水性为不导水或弱导水，但井田内未进行三维地震勘探，不排除大型隐伏导水断裂的存在，现在以井田内水头压力最大处（ $P=6.037\text{MPa}$ ，倾角取 70° ）发育导水断层计算其防水煤柱留设宽度，通过计算，其防水煤柱留设宽度为 $20\text{m} \leq L \leq 75\text{m}$ 。

(2) 陷落柱防水煤柱的留设

含水或导水陷落柱防水煤（岩）柱的留设可参照经验公式 1 计算：本井田含水或导水陷落柱防水煤（岩）柱留设宽度为 $20\text{m} \leq L \leq 29\text{m}$ 。

4.3 矿井带压开采安全技术措施

4.3.1、加强矿井物探工作

针对太岳井田断层、陷落柱等构造情况未查明，应选用三维地震等物探方法，探测和确定断层、陷落柱和裂隙密集带等地质异常体的位置、大小、分布范围和赋水情况。

在以后勘探或者开采时，遇到断层或陷落柱等构造，要对其进行探放水。在水压大于 1 Map 的地点探水时，预先固结套管并在管口安装闸阀，孔口管长度按《煤矿防治水规定》执行。在钻进时应有防喷装置，及防止钻具突然被水顶出的措施。

4.3.2、做好日常防排水工作

确保防排水设施的正常运行，应对水泵、水路定期检查和维修，发现问题及时处理；加强对技术管理人员与生产一线职工的技术与素质培训，切实提高防治水意识及其避灾与自救能力。巷道穿过含

水构造和岩层时,应做好排水准备工作;严密监测回采工作面顶板水情变化,严密监测可能出现的出水前兆,并做好应急预案;加强排水管理。

4.3.3、建立地下水动态观测网

地下水动态观测主要以观测钻孔为主。观测钻孔的布置应在整体控制采区、构造部位、边界重点监控地段的基础上,可在奥陶系和其它相邻含水层中布置少量钻孔,以查明它们之间的水力联系,控制降落漏斗的范围,形成地下水动态长期观测网。

5 矿井防治水措施

经过对太岳井田 2 号煤下山带压开采研究,井田内开采 2 号煤层时奥陶系灰岩含水层突水系数最大为 0.043MP/m,在临界突水系数 0.06 MP/m 以下,矿井内 2 号煤层处于奥灰水带压开采相对安全区。

在带压开采安全区内也应有必要的防预措施,只有这样,才能做到有备无患,保证矿井安全生产。

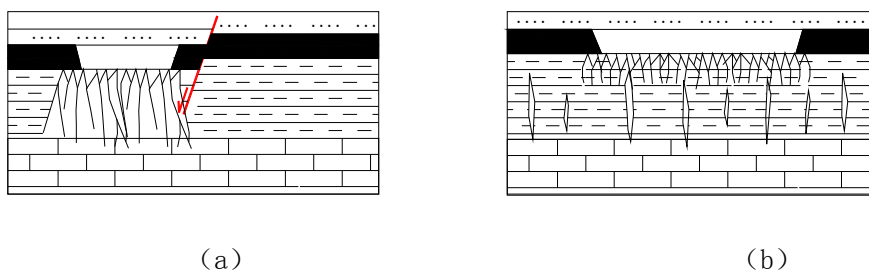


图 1 采动裂隙与下覆含水层之间联系示意图

参 考 文 献 / References

黄存捍. 2010. 采动断层突水机理研究. 中南大学.

王永红, 沈文著. 1996. 中国煤矿水害预防及治理. 煤炭工业出版社.

杨贵. 2004. 综放开采导水裂隙带高度及预测方法研究. 山东科技大学.

岳建华, 姜志海. 2006. 矿井瞬变电磁探测技术与应用. 能源技术与管理, (05).

张茂林, 尹尚先. 2007. 华北型煤田陷落柱形成过程研究. 煤田地质与勘探, (06).