

# 井下疏水降压防治水措施的适宜性分析

王新军<sup>1</sup>, 潘国营<sup>2</sup>, 翟加文<sup>1</sup>

(1. 平顶山天安煤业股份有限公司 朝川矿, 河南 平顶山 467523; 2. 河南理工大学, 河南 焦作 454000)

**摘要:** 为有助于华北岩溶充水煤矿的疏放水工作, 采用均衡原理分析了矿井疏放水时涌水量的构成, 总结出矿井疏放水常见的3种水位动态变化曲线, 即弱富水但补给充沛含水层的快速下降和快速稳定型曲线、富水性差和缺乏补给含水层的近直线状下降曲线、强富水性和强补给含水层的平缓分段下降曲线。结合河南省4个大型岩溶充水煤矿防治水实例, 以大型放水试验取得的降深和涌水量之比作为评价指标, 研究了矿井疏水降压的适宜性, 可为矿井疏放水提供参考。

**关键词:** 底板承压水; 水害防治; 疏水降压; 放水试验

**中图分类号:** TD12 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2012)11-0108-04

## Analysis on Suitability of Water Prevention and Control Measures with Water Pumping and Pressure Releasing in Underground Mine

WANG Xin-jun<sup>1</sup>, PAN Guo-ying<sup>2</sup>, ZHAI Jia-wen<sup>1</sup>

(1. Chaochuan Mine, Pingdingshan Tian'an Coal Mining Corporation Ltd., Pingdingshan 467523, China;

2. Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** In order to be favorable to water drainage and pumping in coal mines of North China karst water filling, the balanced principle was applied to analyze the composition of the mine water inflow during the mine water drainage and pumping. Three water table dynamic variation curves normally occurred in the mine water drainage and pumping were summarized, including the rapid reduced and rapid stable type curve of the watery aquifer with weak rich water filled, the vertical dropped curve of the aquifer with poor watery and less water filled and a stable sectional reduced curve of the aquifer with high watery and high water filled. In combination with the mine water prevention and control cases of four large karst filling mines, based on the water table drop and the water inflow value ratio obtained from the large water pumping test as the evaluation index, the suitability of the mine water drainage and water pressure drop was studied and could provide the references to the mine water drainage and water pumping.

**Key words:** pressurized water under seam floor; water disaster prevention and control; water pumping and pressure releasing; water drainage test

我国华北石炭—二叠纪岩溶型煤田, 煤层底板分布有石炭系薄层灰岩、奥陶系巨厚层灰岩、寒武系厚层灰岩岩溶含水层, 承压水头高, 富水性强, 对开采构成突水威胁。疏水降压是这类煤田防治煤层底板岩溶承压水突水的重要方法和措施<sup>[1-3]</sup>。疏水降压有2个目的, 其一, 要把充水含水层中的水疏排出去, 使富水的含水层变为贫水层甚至被疏干; 其二, 通过疏放降低含水层水位和作用在煤层底板的承压水头, 实现不带压开采或在安全水头压

力下开采。矿井采取疏水降压措施能否实现上述目的, 必须研究待疏放的含水层是否具有可疏放性, 并确定疏放水量和水位降深间的关系。

### 1 疏水降压条件下地下水的均衡

按照地下水循环和水量均衡原理, 地下水资源由补给量、储存量和排泄(消耗)量3部分所组成。补给量指天然状态或开采条件下, 单位时间从各种途径进入单元含水层的水量, 包括降水渗入、

收稿日期: 2012-06-12; 责任编辑: 王晓珍

作者简介: 王新军(1955—), 男, 河南平顶山人, 高级工程师。Tel: 13937588810, E-mail: zjw2789309@163.com

网络出版时间: 2012-11-16 11:08:01; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20121116.1108.028.html>

引用格式: 王新军, 潘国营, 翟加文. 井下疏水降压防治水措施的适宜性分析[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(11): 108-111.

地表水渗入、地下水侧向径流、垂向越流, 以及各种人工补给等。计算时应区分天然状态和开采条件下2种情况进行。储存量是指储存在单元含水层中的重力水体积, 包括潜水含水层的容积储存量和承压含水层的弹性储存量。由于地下水的水位是随时间变化的, 地下水的储存量也是随时而异。消耗量指单位时间流出含水层的地下水量, 它包括天然消耗量和允许开采量2部分。依照习惯把补给量称作动储量, 把储存量称作静储量。

对于一个地下水系统来说, 任意一个均衡时间段内, 补给量与排泄量之差等于该均衡时段内地下水储存量变化<sup>[4]</sup>, 即有:  $Q_b - Q_p = \pm \Delta Q_c$ , 其中:  $Q_b$ 为天然状态下补给量;  $Q_p$ 为天然状态下排泄量;  $\Delta Q_c$ 为储存量变化量(“+”号表示储存量增加, “-”号表示储存量减少)。

在一个均衡时段内, 如果补给量大于排泄量, 储存量增加, 表现为水位上升; 排泄量多于补给量, 储存量减少, 表现为水位下降。

当煤矿疏放地下水时, 水均衡方程变为  $Q_s = (Q_b + \Delta Q_z) - (Q_p - \Delta Q_j) + \Delta Q_c$ , 其中:  $\Delta Q_z$ 为疏放条件下补给增量;  $\Delta Q_j$ 为疏放条件下天然排泄量减少值;  $Q_s$ 为矿井疏放水量。

在天然状态下, 地下水补给量与排泄量一般处在均衡状态, 水位多年保持稳定, 即  $\Delta Q_c = 0$ , 则  $Q_b = Q_p$ 。由于疏放地下水前, 天然补给量和天然排泄量是相等的, 所以有:

$$Q_s = \Delta Q_z + \Delta Q_j + \Delta Q_c \quad (1)$$

式(1)表明, 矿井疏放水时, 疏放水量来自于3部分: 因疏放地下水而激发的补给量增量、因疏放地下水而减少的排泄量、疏放地下水所消耗的静储量。补给量增量可能是: 水位下降导致的越流补给量增加、袭夺外系统地下水的侧向径流补给等。排泄量减少量可能是: 水位下降导致的蒸发排泄量减小、水位下降导致的泉流量减小甚至消失、开采井出水量减少、流向外系统的侧向径流量减少等。消耗的静储量是因水位下降所消耗的地下水储量。煤矿疏放水是以较小排水量和最大幅度降低充水含水层水位为目标的, 煤矿在考虑以疏水降压为核心的防治水措施时, 首先要确保含水层具有可疏放性, 疏放水必须能明显消耗含水层的静储量, 否则, 盲目实施疏放水, 可能难以达到降低水压目的或排水成本非常大。

## 2 疏放水时常见地下水动态类型

煤矿疏放水能否最大限度地降低水压, 因水文地质条件的差异, 常会出现以下3种情况。

1) 强补给型。矿井疏放水时, 会导致含水层补给量增加和排泄量减少, 疏放水量由补给量增量、排泄量减少量和消耗储存量组成, 均衡状态可用式(1)表示。当疏放水量和三者之和达到平衡时, 被疏放的含水层水位才会稳定。地下水位不会出现持续下降的状态, 而是随疏放量增加呈阶梯状下降, 欲进一步降低水位, 必须再加大疏放水量(图1)。

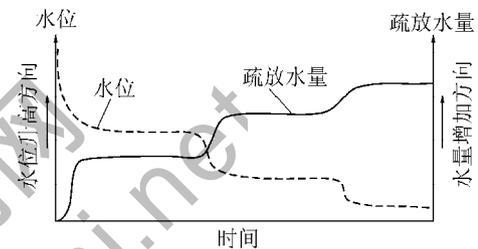


图1 强补给型水位-疏放水量关系曲线

2) 纯消耗型。矿井疏放水条件下, 含水层补给量没有增加, 排泄量也没有减少, 疏放水量主要来源于消耗含水层的储存量, 即  $Q_s = \Delta Q_c$ 。在这种条件下, 被疏放的含水层水位将会持续似直线状下降(图2a)。疏放难易程度取决于含水层的导水性和富水性, 富水性差, 水位下降速度快, 疏水降压很容易实现; 富水性强, 水位下降缓慢, 疏水降压较为困难。华北石炭一二叠纪岩溶型煤田中, 煤层顶板砂岩裂隙含水层和煤层底板石炭系上段薄层灰岩岩溶含水层因露头面积有限, 接受降水入渗补给量小, 没有其他的补给来源, 以静储量为主, 都是比较容易疏放的。

3) 补给-消耗型。矿井疏放水条件下, 含水层的补给条件没有因疏放水而发生明显改变, 即没有获得额外的补给量, 但疏放水改变了地下水的排泄条件, 如造成泉水断流、其他矿井排水量减少量  $\Delta Q_p$ 、流向外界的侧向径流量减少等, 在这种条件下, 地下水的均衡方程就可写成:  $Q_s = \Delta Q_p + \Delta Q_c$ 。在这种情况下, 疏放水量大小及降压效果取决于被疏放含水层的储水能力和排泄量的变化, 含水层面积大、厚度大、岩溶发育、渗透性和导水性强等情况均不利于疏水降压。疏放水时, 水位也会出现如图1所示的阶段性下降曲线, 但每个阶段水位下降

速度较为缓慢,水位下降曲线表现为平缓地分段性下降(图2b)。

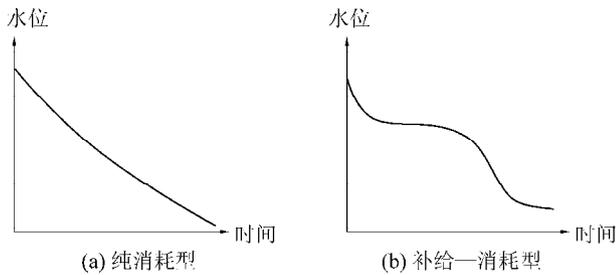


图2 水位下降曲线

### 3 疏水降压可行性评价

疏水降压能否顺利实施,可以用降深与涌水量比值  $s_0$  进行评价。 $s_0 = s/Q$ , 其中:  $s$  为疏放范围的水位降深,  $m$ ;  $Q$  为疏放范围的涌水量,  $m^3/min$ 。

据邢台矿大青灰岩岩溶水疏放可行性评价<sup>[5]</sup>, 将可疏放性划分为3级: ①  $s_0 \geq 10$ , 表示补给较弱, 易于疏放; ②  $3 < s_0 < 10$ , 表示补给较强, 可以疏放; ③  $s_0 \leq 3$ , 表示补给很强, 不能疏放。上述标准虽然不能作为全国性的统一标准, 但仍有较高参考价值。

需要说明的是, 单孔放水(抽水)试验获得的降深与涌水量通常不能真实反映含水层的富水性和补给条件, 群孔大流量放水试验或群孔抽水试验<sup>[6-8]</sup>获得的降深与涌水量数据最为可靠, 因此, 应根据放水试验成果评价疏水降压的可行性。

### 4 涌水量大煤层底板岩溶承压水防治实例

#### 4.1 朝川矿寒武系灰岩岩溶水的疏水降压

朝川矿位于河南省汝州市, 整个矿区属于一个基本封闭的水文地质单元。矿区南部石炭系灰岩及寒武系灰岩、白云岩出露面积  $15 \text{ km}^2$ , 构成补给区, 大气降水通过灰岩露头渗入补给是岩溶水的主要补给来源, 多年平均补给量为  $850 \sim 900 \text{ m}^3/h$ 。矿井主采二<sub>1</sub>煤, 煤层底部岩溶水是矿井主要突水水源, 底板隔水层裂隙(包括采动裂隙)和小断层是主要突水通道。数十年来岩溶水补给条件及补给量没有实质性的变化, 矿井排水是排泄岩溶水的唯一方式。在这种条件下, 疏放水量来源于补给量和消耗的静储量, 由于补给量有限, 岩溶较发育且连通性好, 疏水降压易于实现; 而且建井初期进行

了疏排水试验, 稳定排水量  $1000 \text{ m}^3/h$ , 水位降幅  $150 \text{ m}$ , 降深与涌水量比值  $s_0$  为  $9.0$ , 从而证明矿区岩溶水具有较好的可疏放性。据此, 朝川矿将疏水降压作为防治煤层底板岩溶水突水的主要措施<sup>[9]</sup>, 先后在一水平、二水平布置了大量泄水巷及泄水孔, 疏放量最低  $900 \text{ m}^3/h$ , 最高达到  $1800 \text{ m}^3/h$ , 经过多年疏放, 整个矿区灰岩水位大幅下降, 采掘生产实现了不带压开采。

#### 4.2 平禹一矿寒武系灰岩岩溶水的疏水降压

平禹一矿位于河南省禹州市, 该区域岩溶水系统是一个藤椅状的汇水盆地, 西部、北部和南部多是寒武系灰岩露头区, 也是岩溶水补给区。矿井处在汇水盆地最低端, 主采二<sub>1</sub>煤底板寒武系灰岩岩溶发育, 富水性和导水性强, 历史上发生  $45$  次突水, 造成  $4$  次淹井和采区事故, 最大突水量达  $38065 \text{ m}^3/h$ 。井田岩溶非常发育, 注浆孔单孔水泥消耗量最大可达  $1.5$  万  $t$ 。由于井田水文地质条件复杂, 带压开采突水危险大, 必须对寒武系灰岩岩溶水疏水降压。根据抽水试验和均衡计算发现, 多年补给量最大为  $2000 \text{ m}^3/h$ , 采取疏水降压措施对煤层底板高压岩溶水进行治理是可行的。该矿为了疏放寒灰岩岩溶水, 在生产井三采区和技改井车场附近施工了  $50$  多个放水孔, 自  $2010$  年  $5$  月  $3$  日  $16$  时开始, 进行了大流量疏放岩溶水工业性试验<sup>[10-11]</sup>, 疏放水量从试验初期的  $1250 \text{ m}^3/h$  (第一落程)、 $2150 \text{ m}^3/h$  (第二落程), 到目前已达到  $3200 \text{ m}^3/h$ 。降压效果十分显著, 水位标高由  $+125 \text{ m}$  降至目前的  $-30 \text{ m}$ 。

#### 4.3 平顶山十一矿薄层灰岩水的防治

平顶山十一矿位于平顶山市西北部, 靠近平顶山岩溶水系统补给区, 大气降水、地表水通过石炭系与寒武系灰岩直接或隐伏露头入渗补给岩溶水。矿井开采二<sub>1</sub>煤层底板石炭系灰岩岩溶水是矿井直接充水水源, 寒武系灰岩岩溶水是间接充水水源。尽管岩溶水补给条件一般, 动储量不大, 以静储量为主, 但由于太灰和寒灰岩溶普遍不发育, 连通性也差, 依靠疏放水实现水压下降也存在难度, 因为难以找到富水性好且连通性强的适合放水地段, 所以降压目的难以实现。十一矿为疏放太灰岩岩溶水, 在不同水平沿  $L_2$  灰岩布置了多条泄水巷, 但泄水量不大, 也没能达到预期降压效果, 二<sub>1</sub>底板承受的最大岩溶水水压  $3.5 \text{ MPa}$ 。

#### 4.4 焦作矿区岩溶水的防治

焦作矿区裂隙岩溶水系统是我国北方岩溶区发育比较典型的系统之一,区内奥陶系灰岩出露面积广,厚度大,裂隙岩溶发育,富含岩溶水。奥灰构成煤层基底,上距二<sub>1</sub>煤底板110~120 m,水压高,是造成煤矿突水淹井的间接补给源。焦作矿区是全国著名的涌水量大的矿区,自1949年曾发生上千次突水,其中大于1 m<sup>3</sup>/min的突水600余次,大于10 m<sup>3</sup>/min的突水76次,50 m<sup>3</sup>/min以上的突水15次,最大突水量320 m<sup>3</sup>/min,曾发生淹井事故17次,直接经济损失达数亿元。但岩溶水疏放性差,如岗庄水源地1980年6月30日群孔抽水试验,总抽水量0.989 m<sup>3</sup>/s,抽水后7 d水位稳定,漏斗中心水位降仅13.33 m,单位涌水量744 L/(m·s);演马矿于1979年3月9日在二一轨道掘进时揭露断层而发生奥灰水突水,水量4 m<sup>3</sup>/s,如此大的突水量仅产生最大1.79 m的水位降深。

因此,焦作矿区的奥灰水是绝对不能疏放的。各矿对煤层底板高承压的奥灰水普遍采取了以堵水为核心的防治措施,即对受奥灰水突水威胁的采煤工作面,采取底板预注浆加固的措施,对于露头面积有限、动补给量小和疏放条件好的太原组八灰岩溶水,则普遍采取了以疏水降压为主以及防水、堵水、截流相结合的综合防治措施<sup>[12]</sup>。各矿在奥灰水压5~7 MPa的条件下实现了安全生产,连续20多年没有出现影响生产的水害事故。

#### 5 结 论

煤矿要将疏水降压作为防治煤层底板岩溶水水害的主要措施,实施前需要分析论证水文地质条件,进行大流量的放水试验,以正确评价含水层是否具备疏水降压的实施条件。矿井疏放水时,疏放水量由补给量增量、排泄量减少量和消耗的储存量3部分所组成。2个极端情况均不利于疏放:①含水层补给充沛、厚度大、岩溶发育、富水性强、储水性好时;②含水层富水性和连通性很差,补给不充沛,虽疏放水可以获得较好的降压效果,但很难找到合适的疏放水地点,因含水层连通性差,也难以实现大面积降低水压的目的。各煤矿的疏放水治理水害经验证实,在含水层岩溶较发育且连通性好、补给量有限的条件下,疏水降压是最容易实现的,矿井排水量不大,也能取得理想的降压效果。

#### 参考文献:

- [1] 胡娇敏,汤友谊,吴明新,等.平煤四矿寒武系灰岩水突水性分析及疏水降压实践[J].中州煤炭,2009(8):119-120.
- [2] 杜文堂.矿床疏水降压开采的风险分析[J].河北建筑科技学院学报,2001,18(4):62-64.
- [3] 李扬.平煤八矿寒武系灰岩水疏放降压实践[J].中州煤炭,2009(2):58-59.
- [4] 房佩贤,卫中鼎,廖资生,等.专门水文地质学[M].2版.北京:地质出版社,1987,92-94.
- [5] 靳德武,董书宁,胡宝玉.邢台矿大青灰岩水文地质条件及疏水降压可行性研究[J].煤田地质与勘探,2008,33(S):92-95.
- [6] 王中明.单侯煤矿奥灰含水层放水试验及带压开采疏水降压技术研究[J].中国科技博览,2011(36):455-456.
- [7] 许光泉,张连福.矿井大型放水试验及其意义[J].地下水,2002,24(4):200-201.
- [8] 张敦伍,杨靖.新集三矿1煤底板灰岩水放水试验研究[J].能源技术与管理,2009(6):56-58.
- [9] 王新军,翟加文,潘国营.朝川矿水文地质特点与防治水对策[J].煤矿安全,2006,38(5):53-55.
- [10] 潘国营,于继华,常俊涛,等.基于平禹一矿突水的水文地质条件分析和涌水量预测研究[R].禹州:河南平禹煤电有限责任公司一矿,2009:151-182.
- [11] 潘国营,王佩璐.基于群孔大型放水试验的寒灰水疏放可行性研究[J].河南理工大学学报,2011,30(6):674-677.
- [12] 刘白宙.焦作矿区防止突水淹井事故的对策[J].煤田地质与勘探,2007,35(3):49-51.

#### (上接第68页)

- [5] 张春华.石门揭突出煤层围岩力学特性模拟试验研究[D].淮南:安徽理工大学,2010:60-67.
- [6] 贾书祥,徐守仁.突出厚煤层交叉钻孔强化抽放快速揭煤技术[J].煤炭科学技术,2008,36(12):40-42.
- [7] 曹桂林.井筒(石门)揭煤防突措施的探讨[J].煤矿安全,2010,41(8):98-100.
- [8] 鲜学福,辜敏,李晓红,等.煤与瓦斯突出的激发和发生条件[J].岩土力学,2009,30(3):577-581.
- [9] 刘泽功,蔡峰,肖应祺.煤层深孔预裂爆破卸压增透效果数值模拟分析[J].安徽理工大学学报,2008,28(4):16-20.
- [10] 石必明,俞启香.低透气性煤层深孔预裂控制松动爆破防突作用分析[J].建井技术,2002,23(5):27-30.
- [11] 刘健,刘泽功,蔡峰.石门揭煤深孔预裂爆破增透效果试验研究[J].煤炭科学技术,2011,39(6):30-32.
- [12] 刘健,刘泽功.深孔预裂爆破技术在井筒揭煤中的应用研究[J].煤炭科学技术,2012,40(2):19-24.
- [13] 刘健,刘泽功,石必明.低透气性突出煤层巷道快速掘进的试验研究[J].煤炭学报,2007,32(8):827-831.