

# 万福矿井充水水源分析及矿井涌水量预计

别立珍<sup>1,2</sup>

(1. 山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东 泰安 271000; 2. 山东泰山地质勘查公司, 山东 泰安 271000)

**摘要:**通过对井田水文地质特征及矿井充水因素的分析,认为矿井的主要充水水源为3煤层顶底板砂岩裂隙含水层及三灰岩溶裂隙含水层。采用“大井法”对矿井涌水量进行了预算,确定矿井的正常涌水量为279 m<sup>3</sup>/h,预算结果为矿井的设计提供了科学依据。

**关键词:**万福井田;水文地质条件;矿井涌水量预算;大井法;山东菏泽

中图分类号:TD742

文献标识码:B

## 1 井田概况

万福井田位于山东省菏泽市巨野、成武两县境内,其中心距山东省菏泽市约45 km,距离菏泽市巨野县近32 km。其范围北起邢庄断层,南、西至奥陶系顶界露头,东至田桥断层,南北长约18 km,东西宽约0.5~10 km,面积129.86 km<sup>2</sup>。井田为全隐蔽的华北型石炭、二叠系煤田。新生代地层厚度大,钻探揭露厚度631.70~780.00 m,平均714.73 m,呈东北部厚度小、向西南部厚度渐大。煤系以中、下奥陶统为基底,沉积了石炭纪本溪组、太原组,二叠纪山西组、石盒子组,其上被新近系和第四系所覆盖。主要含煤地层为二叠纪山西组和石炭纪太原组。井田首采煤层为3煤层,煤层平均厚5.27 m,其埋藏深度较大,一般在655~1055 m。井田基本为E倾的单斜构造,走向总体呈NNE-NE向,地层倾角20°左右,变化较大。井田内共解释断点472个,组合断层52条,其中落差50 m以上的10条,落差20~50 m的22条,落差10~20 m的12条。其总体构造程度中等。因此,正确的分析矿井充水水源及涌水量的预计对矿井的安全生产具有重要的指导意义<sup>[1-3]</sup>。

## 2 井田水文地质特征

井田为巨厚新生界松散层覆盖的全隐蔽煤田,

其北以人为边界与龙固井田为界,东界为田桥断层,井田内的煤系含水层与对盘的二叠纪地层对口,对盘无强含水层,因此可能是阻水的,南、西至奥陶系顶界露头,各基岩含水层深埋于巨厚松散层之下,仅接受新生界底部砂砾层水的补给,与大气降水无关。

### 2.1 含水层

区内含水层自上而下主要有第四纪砂砾层、新近系砂层、山西组3煤层顶底板砂岩、太原组三灰、十灰、奥陶纪灰岩等含水层。

#### 2.1.1 第四纪砂砾层孔隙含水层

第四纪地层为河湖相沉积广布全区,由粘土、砂质粘土和粉、粗砂组成,厚119.45~163.70 m。含水的砂、砾层与隔水的粘土、砂质粘土层相间沉积,地下水呈多层赋存状态,含水砂层以中、细砂为主,局部有粉砂和粗砂。含砂层3~25层,砂层累厚19~108 m,据梁宝寺井田L6-1号孔抽水试验资料,抽水段砂层累计厚度13.60 m,单位涌水量0.6396 L/s·m,属中等富水松散孔隙含水层,浅部直接接受大气降水的补给。

#### 2.1.2 新近纪砂砾层孔隙含水层

井田内新近系厚483.00~650.75 m,由东北向西南逐渐增厚。可分上、下两段,其中上段(N<sub>上</sub>)平均厚265.13 m。由中、细砂层与杂色粘土、砂质粘土相间沉积而成。含砂层13~43层,砂层累厚58~190 m,上部砂层连续性较差,下部砂层变多,且连

续性增强,砂层较松散,富水性较强,含松散孔隙承压水。下段( $N_F$ )平均厚310.33 m。砂层中、细砂为主,砂质不纯,多含泥质成分,含砂层7~51层,砂层累厚13~290 m。精查阶段在W-6,W-17号孔下段( $N_F$ )底部砂层进行抽水试验,抽水段砂层累厚36.25~46.88 m,水位标高33.48~35.67 m,单位涌水量0.109 68~0.632 02 L/s·m,富水性中等。

### 2.1.3 二叠纪石盒子群砂岩含水层

该群保留不全,主要分布于井田东部,含水层为中、细砂岩,砂岩单层厚度2.70~17.50 m。据L7-3号孔抽水试验资料,单位涌水量0.0141 L/s·m,富水性弱。

### 2.1.4 3煤层顶底板砂岩裂隙含水层

主要由深灰、绿灰、灰白色细、中粒砂岩和粗粒砂岩组成,砂岩累厚8.70~40.11 m,局部裂隙发育,被方解石充填。赋水空间不发育,水位标高为36.668 m,钻孔单位涌水量为0.000 285~0.000 485 L/s·m,富水性极弱,渗透系数为0.000 668~0.001 695 m/d。

### 2.1.5 太原组三灰及十灰岩溶裂隙含水层

岩层厚2.90~9.60 m,灰、灰褐色,岩心致密完整,局部具少量裂隙及溶隙,但多被方解石充填。浅部三灰富水性较强,水位标高为+35.409 m,单位涌水量为0.001 167 L/s·m,富水性极弱,三灰富水性差异较大,浅部或断层附近裂隙发育,富水性中等,深部裂隙不发育,富水性弱。十灰含水层井田内揭露厚度6.05~7.66 m,浅部裂隙发育,局部有溶蚀现象,充填方解石与泥质。据井田北部龙固井田抽水试验资料,单位涌水量0.2617 L/s·m,富水性中等,渗透系数7.442 m/d。

### 2.1.6 奥陶纪灰岩岩溶裂隙含水层

井田内揭露厚度3.69~52.54 m。岩性为浅灰至棕灰色,厚层状石灰岩,见有裂隙及小溶洞,有的被方解石充填或半充填。据井田北部龙固井田L-14号孔抽水试验资料,单位涌水量0.0038 L/s·m,富水性弱,渗透系数0.007 22 m/d,水位标高36.05 m。

## 2.2 隔水层

### 2.2.1 第四纪、新近纪粘土隔水层组

粘土、砂质粘土层与含水的砂、砂砾层相间沉积,分布广,隔水性能好,阻隔了大气降水,地表水向

深部含水层的渗透补给。

### 2.2.2 二叠纪石盒子群泥岩隔水层

该组厚0~498.60 m,平均230.25 m,以泥岩、粉砂岩为主,其隔水性能较好,进一步阻隔了上部含水层与煤系直接含水层的水力联系。

### 2.2.3 17煤到奥陶系顶界压盖隔水层组

17煤与奥灰间的泥岩、铝土岩及粉砂岩具一定的隔水性能,厚24.00~55.07 m,平均34.34 m。

## 2.3 含水层间的水力联系

第四系含水层因该地区地势平缓,以垂直交替为主,通过越流补给下层含水层。新近系含水层地下水为承压孔隙淡水,天然条件下深层地下水与其上的微咸水层之间,一般都有多层粘土阻隔,与区内的大气降水无直接水力联系,因地层坡降很缓,向上的越流补给微弱,与直接覆盖在基岩上的各含水层之间均有水力联系。由于井田为全隐蔽深埋型,全井田基本为一E倾的单斜构造,各基岩含水层在西、南部隐伏于新生界之下,接受新生界底部含水层的补给,各含水层之间垂向上除微弱的越流补给外,无直接水力联系。井田东部边界断层——田桥断层西升东降,使井田内的煤系含水层与对盘的二叠纪地层对口,形成阻水边界,与煤层开采关系密切的含水层补给条件较差。

## 3 矿井充水因素分析

根据已有生产矿井的开采实践,3煤开采的主要充水途径为直接揭露含水层的井巷工程、受采动影响而造成的顶板冒裂导水带、底板破坏裂隙带,以及导水的断裂构造。其主要充水方式为采动裂隙导水带范围内煤层顶底板砂岩水涌入矿井,因此要评价煤层开采的充水因素首先必须分析煤层开采的导水裂隙带的影响范围。

井田内首采煤层为3煤层,按照国标GB12719-91《矿区水文地质工程地质勘探规范》推荐公式, $H=100M/(3.3n+3.8)+5.1$ ,计算首采煤层的导水裂隙带高度。式中: $H$ —导水裂隙带高度(m); $M$ —累计采厚(m); $n$ —煤层分层厚度(m)。

3煤层累计可采厚度最厚为10.46 m,冒裂高度84.61 m,其中有5个钻孔冒裂带影响至新近系下段( $N_F$ ),其冒裂高度可进入新近系16.75~66.33 m,且均分布于露头附近。因此,在3煤层冒裂高度影

响范围之内,新近系底部砂层将成为开采3煤层的直接充水含水层。考虑在井田露头煤柱将在矿井生产期间科研、实测之后才能开采,故从全井田考虑不将新近系底部砂层评价为3煤层直接充水含水层。

三灰上距3煤层33.55~88.73 m,按GB12719-91推荐公式  $T_s = P/(M - Cp)$ , 式中:  $T_s$ —突水系数(MPa/m);  $p$ —隔水层承受的水压(MPa);  $M$ —底板隔水层厚度(m);  $Cp$ —采矿对底板隔水层的扰动破坏厚度(m)。即使三灰与3煤层间距取最大值88.73 m,计算得突水系数0.1154 MPa/m(采煤对底板隔水层的扰动破坏厚度取8 m、水压为9.31 MPa),也大于临界突水系数0.1 MPa/m。因此,三灰为3煤层开采时底板进水的直接充水含水层。

综上所述,开采上组煤的直接充水含水层为3煤层顶底板砂岩裂隙含水层及三灰岩溶裂隙含水层。

### 4 矿井涌水量预算

根据煤矿设计部门初步设计方案,该井田首采煤层为3煤层,该文仅对开采首采煤层时的矿井涌水量进行预算。根据充水因素分析,3煤层直接充水含水层为3煤层顶底板砂岩(简称3砂)、三灰。

#### 4.1 顶底板砂岩涌水量预算

##### 4.1.1 公式的选择

由于首采区范围内无延展较长、落差 > 50 m 的断层,故可采用无限边界、大井法承压-无压公式<sup>[4-5]</sup>,但计算大井引用影响半径  $R = r + 10S\sqrt{K} = 2251.90$  m,超出3煤层露头,由于3煤层露头隐覆于新生界松散层之下,抽水试验新生界底部砂层富水性中等,因此,最终将3煤层露头概化为直线供水边界(图1),采用直线供水边界大井法承压-无压公式:

$$Q = \frac{\pi K [(2S - M)M - h_0^2]}{\ln 2b - \ln r} \quad (1)$$

式中:  $Q$ —预计矿井涌水量,  $m^3/h$ ;  $S$ —水位降低值, m;  $K$ —渗透系数,  $m/d$ ;  $M$ —含水层厚度, m;  $h_0$ —含水层底板以上动水位,取0;  $b$ —大井至供水边界距离, m;  $r$ —大井半径, m。

##### 4.1.2 参数选择及计算结果

根据矿井设计第一水平为-1000 m,首采区概化面积( $F$ )取  $1 \text{ km}^2$ ,顶底板砂岩含水层厚度( $M$ )取

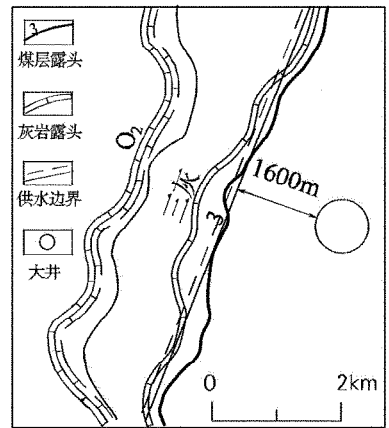


图1 3砂边界条件概化示意图

首采区钻孔揭露厚度的平均值31.94 m;为尽可能准确地预算顶底板砂岩含水层矿井涌水量,渗透系数采用该井田及其他三矿井(同一煤田的龙固、郭屯和赵楼矿井)的砂岩含水层抽水试验计算的渗透系数平均值,即  $K = (0.0275 + 0.053 + 0.024 + 0.001695)/4 = 0.0265 \text{ m/d}$ ;根据W-22号孔水位标高36.668 m,计算第一水平降深  $S = 36.668 - (-1000) = 1036.668 \text{ m}$ ;  $b$ 取大井至3煤露头的距离1600m;大井半径  $r = \sqrt{F/\pi} = 564.33 \text{ m}$ 。采用上述参数及公式(1)预算3煤顶底板砂岩进入矿井的涌水量为  $217 \text{ m}^3/h$ 。

#### 4.2 三灰涌水量预算

##### 4.2.1 公式的选择

采用无限边界计算出的大井影响半径  $R = r + 10S\sqrt{K} = 5269.49 \text{ m}$ ,远远超出三灰露头,由于三灰露头隐伏于新生代松散层之下,因此,将三灰露头概化为直线供水边界(图2),采用直线供水边界大井

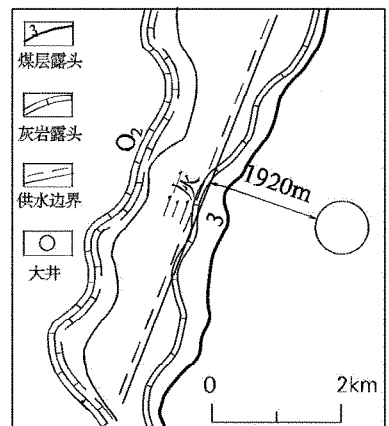


图2 三灰边界条件概化示意图

法承压水公式:

$$Q = \frac{2.73KMS}{\ln 2b - \ln r} \quad (2)$$

式中:  $Q$ —预计矿井涌水量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $S$ —水位降低值,  $\text{m}$ ;  $K$ —渗透系数,  $\text{m}/\text{d}$ ;  $M$ —含水层厚度,  $\text{m}$ ;  $b$ —大井至供水边界距离,  $\text{m}$ ;  $r$ —大井半径,  $\text{m}$ 。

#### 4.2.2 参数选择及计算结果

三灰为开采3煤层时井巷工程可能揭露的含水层,按设计部门初步开拓方案,主要大巷将会靠近三灰,受到三灰底鼓水的威胁。设大巷断面宽4m,在长100m的范围内发生涌水,则此种情况的有效充水面积为 $400\text{m}^2$ ,以此概化为大井面积( $F$ )。渗透系数取该井田及同一煤田龙固矿井的三灰含水层抽水试验计算渗透系数的平均值,即: $K = (0.278 + 0.01515)/2 = 0.147\text{m}/\text{d}$ ;  $W-28$ 号孔水位标高 $35.409\text{m}$ ,计算水位降深 $S = 35.409 - (-1000) = 1035.409\text{m}$ ;首采区范围内三灰含水层平均厚度 $M = 7.97\text{m}$ ;  $b$ 取大井至三灰露头的距离 $1920\text{m}$ ;大井半径 $r = \sqrt{F/\pi} = 11.28\text{m}$ 。采用上述参数及公式(2)预算三灰进入矿井的涌水量为 $62\text{m}^3/\text{h}$ 。

#### 4.3 计算结果分析

通过上述计算,井田开采3煤层的直接充水含水层为3煤层顶底板砂岩含水层和三灰含水层,矿井正常涌水量为二者之和,故该井田矿井正常涌水量为 $217 + 62 = 279\text{m}^3/\text{h}$ 。根据区域同类型矿井观测资料<sup>[6,7]</sup>,以及邻近矿井涌水量多年观测资料,矿井正常涌水量与最大涌水量的比值为 $1.2 \sim 2.8$ 倍。该井田3砂含水层上覆巨厚的第四系与新近系,与大气降水没有直接联系,结合实际揭露资料综合分析,确定最大涌水量与正常涌水量之比取 $1.5$ ,预算

矿井最大涌水量为 $419\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 5 结语

通过对井田内水文地质条件及充水因素的分析,认为3砂含水层和三灰含水层是矿井的直接充水水源,也是矿井涌水量的主要组成部分。利用大井法预测矿井正常涌水量 $279\text{m}^3/\text{h}$ ,利用比拟法确定最大矿井涌水量为 $419\text{m}^3/\text{h}$ ,可以作为矿井设计依据。根据煤田勘探及邻近矿井开采经验,3砂和三灰含水层的富水性极不均一,一般浅部或断层附近,富水性较强,矿井涌水量偏大。另外初揭含水层时,矿井涌水量较大,经过一定时间的疏排后,涌水量逐渐变小,并趋于正常涌水量。因此,在断层附近或初揭含水层时,应充分做好防排水及含水层动态观测工作,以防发生突水灾害。

## 参考文献:

- [1] 杜敏铭,邓英尔,许模. 矿井涌水量预测方法综述[J]. 四川地质学报, 2009, 29(1): 70-74.
- [2] 刘琰,孙贵,何孝海. 淮北煤田花沟井田水文地质特征及矿井涌水量预算[J]. 中国煤炭地质, 2011, 23(7): 41-44.
- [3] 华解明. “大井法”预测矿井涌水量问题探讨[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(6): 45-47.
- [4] 薛禹群. 地下水水力学[M]. 北京:地质出版社, 1979.
- [5] 郑世书,陈江中,刘汉湖. 专门水文地质学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 1999.
- [6] 王书荣,崔伟宏,张民. 滕州郭庄煤矿十二采区第十下层灰岩水赋存规律及涌水量预测[J]. 山东国土资源, 2009, 25(8): 34-36.
- [7] 朱昌元,李文东. 滕州崔庄煤矿矿井涌水量研究[J]. 山东国土资源, 2007, 23(6-7): 64-66.

## Analysis on Water Filling Sources and Mining Water Inflow Predication of Wanfu Mine Field

BIE Lizhen<sup>1,2</sup>

(1. Shandong Planning and Exploration Institute of Coal Geology, Shandong Tai'an 271000, China; 2. Taishan Geological Exploration Company, Shandong Tai'an 271000, China)

**Abstract:** Through analysis on hydrogeological characters and mine water infilling factors of coal mine, it is considered that main water filling sources are sandstone fissure aquifer of roof and floor in No. 3 coal stratum and the third section of limestone karst fractured aquifer. By using "big well method", water inflow amounts of coal wells have been estimated, and normal mine inflow is determined as  $279\text{m}^3/\text{h}$ . It will provide believable basis for mine design.

**Key words:** Wanfu mine field; hydrogeological condition; mine inflow estimation; groundwater dynamic method; Heze in Shandong province