

文章编号:1671-251X(2018)10-0090-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17332

水文在线监测系统在锦界煤矿的应用

王永军

(神华集团有限责任公司 锦界煤矿, 陕西 神木 719319)

摘要:针对人工观测煤矿地下水位的方式无法全面、实时获取水文参数变化的问题,锦界煤矿采用水文在线监测系统获取水文观测孔水位数据。应用表明,该系统可实时监测矿井水文参数变化,可用于指导煤矿合理布置工作面疏放水孔、精确预测工作面涌水量、指导工作面排水系统优化,有效降低了煤矿疏放水工程成本。

关键词:煤矿水害;防治水;水文在线监测;疏放水;疏放水孔布置;涌水量预测;排水系统优化

中图分类号:TD745 文献标志码:A

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180827.1721.001.html>

Application of online hydrological monitoring system in Jinjie Coal Mine

WANG Yongjun

(Jinjie Coal Mine, Shenhua Group Co., Ltd., Shenmu 719319, China)

Abstract: For the problem that manual observation method of underground water level in coal mine could not obtain variation of hydrological parameters overall and real-timely, an online hydrological monitoring system was used in Jinjie Coal Mine to obtain water level data of hydrological observation hole. The application shows that the system can monitor variation of coal mine hydrological parameters real-timely, which can be used to guide reasonable distribution of water discharging hole in working face, predict water inrush of working face with high precision and guide optimization of drainage system in working face, so as to decrease cost of water discharging engineering of coal mine.

Key words: coal mine water disaster; water prevention; online hydrological monitoring; water discharging; distribution of water discharging hole; water inrush prediction; optimization of drainage system

0 引言

煤矿水害治理一直是煤矿安全管理的重要内容。为了预防水害发生,对开采层位地下水位的长期观测是目前煤矿普遍采用的手段之一。以前大多采用人工采集地面水文观测孔数据的方式对地下水位进行观测,对于井田面积较大的矿井来说,该方式无法全面、实时掌握水文参数变化,满足不了安全生

产要求^[1]。

锦界煤矿位于陕西省陕北侏罗纪煤田榆神矿区二期规划区范围内,井田面积为141.778 3 km²。以前完全依靠人力采集并整理水文观测孔数据,费时费力。由于井田面积较大,测量时间间隔较长,无法实现全矿区水文数据的实时、准确采集。2012年,该矿建设并投运水文在线监测系统。该系统通过传感器自动采集水文数据,采用现代通信技术传输数

收稿日期:2018-05-07;修回日期:2018-08-13;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0801800)。

作者简介:王永军(1970—),男,内蒙古乌拉特前旗人,高级工程师,工程硕士,现主要从事煤矿企业管理和安全生产技术研究工作,E-mail: wangyj2@shendong.cc。

引用格式:王永军.水文在线监测系统在锦界煤矿的应用[J].工矿自动化,2018,44(10):90-93.

WANG Yongjun. Application of online hydrological monitoring system in Jinjie Coal Mine[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(10): 90-93.

据,并利用上位机处理、分析数据,实现了对矿井地下水水位、温度等数据的采集、传输、计算、存储、共享、预警等功能,可及时反映矿井水文条件的动态变化,为矿井防治水提供决策依据^[2-3]。

1 锦界煤矿水文地质概况

锦界煤矿是中国少有的大水煤矿,水文地质类型划分为极复杂型矿井。矿井开采初期,涌水量随着产量增加逐渐增大,最大时达5 499 m³/h,随后缓慢下降,逐渐趋于稳定,目前为3 400 m³/h左右。

1.1 地质地貌特征

井田大部分被第四系风积沙覆盖,为典型的风成沙丘及风沙滩地地貌,以半固定沙及固定沙为主,植被覆盖较好,地势平坦开阔,有利于降水入渗补给地下水。东南部为黄土冲蚀地貌,梁顶较平缓,沟谷受水力冲蚀较深,一般为10~40 m。基岩仅在青草界沟、河则沟一带零星出露。目前开采的31煤层较稳定,倾角为1~2°,其覆盖层厚度为90~120 m,基岩厚度小于60 m,主要特征概括为浅埋深、薄基岩、厚松散覆盖层,为典型的浅埋煤层^[4]。

井田内地表水系主要包括青草界沟、河则沟。根据近年来的观测结果可知,青草界沟流量为330~650 m³/h,河则沟流量为151~480 m³/h;在薄基岩段,采空区塌陷裂缝可能会将地表水体与井下连通,使其成为直接充水水源。

1.2 含水层水文地质特征

按地下水赋存条件、水力联系及含(隔)水层的纵向分布特征,依次将含水层划分为第四系河谷冲积层潜水含水层、第四系上更新统萨拉乌苏组松散层孔隙潜水含水层、第四系上更新统萨拉乌苏组松散层和风化基岩孔隙裂隙潜水含水层、风化基岩裂隙承压含水层、烧变岩含水层及延安组承压含水层^[5]。煤层顶底板为延安组孔隙裂隙承压极弱含水层^[6]。

矿井主要含水层包括:第四系上更新统萨拉乌苏组潜水含水层,主要分布于青草界沟以北,青草界沟以南呈条带状和零星片状分布,厚度为10~30 m,单位涌水量为0.067 0~0.387 5 L/s·m,渗透系数为0.813~1.089 m/d,富水性中等;中侏罗统直罗组风化基岩孔隙裂隙潜水-承压含水层,除青草界沟外,基本全区分布,厚度变化较大,为20~40 m,单位涌水量为0.040 2~0.666 0 L/s·m,渗透系数为0.142~0.882 m/d,富水性属于弱富水-中等富水^[6]。

井田内的主要隔水层包括第四系中更新统离石

组黄土与第三系红土隔水层,以及中侏罗统延安组正常基岩隔水层。土层隔水层有10块缺失区,主要分布在青草界和河则沟古冲沟附近,约占整个井田面积的8%。大部分地段的土层厚度为10 m以上。正常基岩隔水层基本全井田分布。

2 水文在线监测系统组成

水文在线监测系统由投入式液位温度一体传感器、分站仪、上位机等构成,如图1所示。其在水文观测孔内的安装如图2所示。分站仪采集各类传感器的输出信号,经计算后以GSM短信方式发送至上位机服务器,由其完成数据存储、分析和发布。系统通过对水文观测孔某一含水层水文参数(水位、温度)进行长期观测,判断该区域水文地质条件变化情况^[7]。

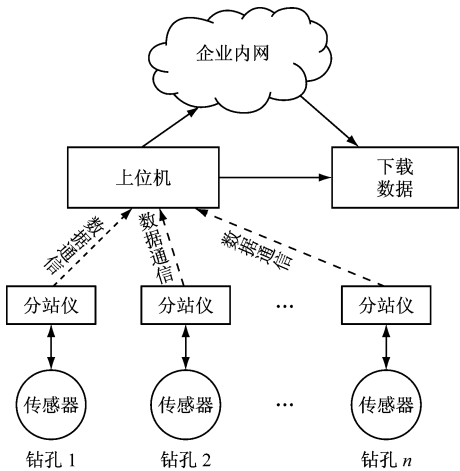


图1 水文在线监测系统组成

Fig. 1 Construction of online hydrological monitoring system

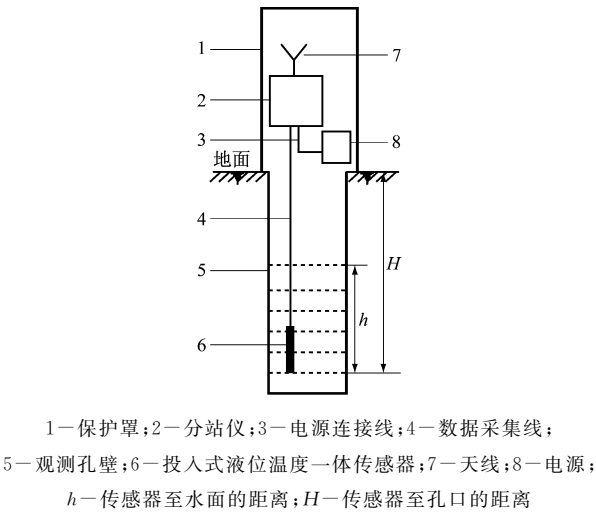


图2 系统在水文观测孔内的安装

Fig. 2 Setup of the system in hydrological observation hole

3 水文在线监测系统的应用

3.1 系统应用方案

锦界煤矿根据开采需要,在全井田范围内布置了 26 个在线观测孔,主要分布在河则沟、青草界沟流域两侧,以及萨拉乌苏组潜水含水层和直罗组风化基岩孔隙裂隙潜水—承压含水层。通过传感器实时监测该区域的水位变化情况,利用分站仪每天采集 2 次数据并发送给上位机,上位机通过预设的钻孔深度、缆线长度、地面标高等数据计算出水位埋深、水位标高等,实现水文地质基础参数的在线监测。

3.2 系统应用效果

3.2.1 系统对顶板疏放水的指导

锦界煤矿目前开采的 31 煤层主要充水水源为上覆基岩裂隙水和松散层水,主要防治措施为井下施工疏放水孔,疏降含水层水。根据不同区域含水层厚度布置疏放水孔,含水层较厚区域布置较密,其他区域布置较稀疏。工作面疏放水孔分布见表 1。由于切眼区域靠近古冲沟,含水层较厚,回撤通道区域风化基岩含水层也较厚,所以疏放水孔布置密度较大,一般每 50 m 布置 1 个或 2 个孔,其他区域每 50~200 m 布置 1 个孔^[8]。

表 1 工作面疏放水孔分布

Table 1 Distribution of water discharging hole in working face

工作面	切眼区域/个	工作面区域/个	回撤通道区域/个	总计/个
31202	4	63	6	73
31203	13	55	6	74
31204	8	39	5	52
31205	7	41	6	54

31202,31203 工作面施工的疏放水孔较多。这 2 个工作面采用人工方式观测含水层水位,观测频率较低,无法及时掌握含水层水位变化情况。为了确保安全,施工了大量疏放水孔,最大限度地疏降含水层水位,疏放水工程量较大,成本高。31204,31205 工作面采用水文在线监测系统自动采集含水层水位数据,使得工作人员能够及时掌握含水层水位变化情况,并根据含水层水位施工疏放水孔,很大程度上减少了疏放水工程量,节约了成本。

以 31205 工作面疏放水为例说明水文在线监测系统对顶板疏放水的指导作用。31205 工作面水文观测孔水位观测值见表 2。31205 工作面切眼区域

靠近河则沟,地面水源补给充足,含水层厚度相对工作面其他区域较厚,因此疏放水孔布置较密。从 2014-02-08 开始,在切眼区域施工疏放水孔,每隔 50 m 布置 1 个孔,共施工 7 个孔,10 d 后水位开始明显下降。随后在工作面区域逐段施工疏放水孔,根据观测的水位值逐段调整疏放水孔间距至 100~200 m。2014-05-06 施工完毕,共施工 54 个孔。之后根据水位变化情况验证疏放效果,如果某一区域水位降深缓慢或变化不大,可增加疏放水孔数量。由水文在线监测系统观测的 31205 工作面水文观测孔水位可看出,工作面含水层水位在未施工疏放水孔时,受邻近采掘的影响降深缓慢,在施工疏放水孔后降深明显,疏放 6 个月左右后降深变缓并逐渐趋于稳定,水位较施工前降低约 10 m,说明工作面疏放水工程成功,有效疏降了工作面含水层水位。利用水文在线监测系统直接获取水文观测孔水位值,为同一地区疏放水孔的布置、施工及疏放水时间提供了依据,避免了不必要的工程浪费,有效节约了成本。

表 2 31205 工作面水文观测孔水位观测值

Table 2 Observed water level value of hydrological observation hole in 31205 working face

日期/ (年—月—日)	观 43(切眼区域) 水位/m	J1008(工作面 中部)水位/m
2014-01-25	1 163.08	1 165.64
2014-02-03	1 163.06	1 165.63
2014-02-08	1 163.05	1 165.64
2014-02-19	1 162.99	1 165.60
2014-03-06	1 162.01	1 165.37
2014-04-07	1 160.36	1 162.27
2014-04-20	1 158.48	1 161.48
2014-05-06	1 157.05	1 160.57
2014-06-01	1 155.80	1 158.03
2014-07-01	1 155.02	1 155.90
2014-08-01	1 154.78	1 155.37
2014-09-07	1 154.24	1 154.92
2014-10-08	1 153.89	1 154.55

3.2.2 系统对涌水量的预测

矿井涌水量主要包括探放水、工作面水、采空区水,这些水几乎全部来源于上覆含水层水。通过分析工作面充水因素、涌水规律及影响涌水量的主要因素,认为上覆含水层富水性、导水通道的发育程度及采空区面积为影响矿井涌水量的主要因素^[9]。锦界煤矿水文观测孔分布在井田范围内地表水丰富和松散层、风化基岩含水层富水性强的区域,一定程度

上能够得出井田范围内含水层水位变化情况。以31205工作面为例,煤层埋深约为110 m,厚松散层,薄基岩,属于典型的浅埋煤层。开采后随着基岩破裂,裂隙几乎沟通整个含水层,含水层的水都有可能进入矿井,成为矿井涌水。采用水文地质条件比拟法预测31205工作面回采时涌水量:

$$Q = Q_0 \frac{M}{M_0} \sqrt{\frac{F}{F_0}} \quad (1)$$

式中: Q_0 为邻近工作面回采时的平均涌水量或最大涌水量,本文取31204工作面回采时平均涌水量250 m³/h,最大涌水量为367 m³/h; M 为31205工作面基岩风化带含水层平均厚度,为37.7 m; M_0 为邻近已采工作面含水层平均厚度,本文取31204工作面含水层平均厚度25.2 m; F 为31205工作面开采区域面积,为1.09 km²; F_0 为邻近工作面开采区域面积,本文取31204工作面开采区域面积1.35 km²; m 为面积在涌水量计算中的影响因子,根据已有工作面涌水量、含水层厚度和开采面积数据统计,本文取1。

水文在线监测系统根据式(1)计算出工作面涌水量,输入相关参数得出31205工作面回采时正常涌水量为302 m³/h,最大涌水量为443 m³/h。工作面回采时实际平均涌水量为289 m³/h,最大涌水量为377 m³/h。预测值与实际值相差不大,可见利用水文在线监测系统预测工作面涌水量可得出较准确的结果,从而有效指导工作面排水系统的布置。

3.2.3 系统对排水系统优化的指导

水文在线监测系统能够预测矿井涌水量,也可以间接指导排水系统的优化。锦界煤矿受萨拉乌苏组松散层水和直罗组风化基岩孔隙裂隙水影响,开采时涌水量较大,最大可达5 499 m³/h。矿井排水系统按最大涌水量的2.5~3倍建设,极为复杂,管路设备运行和维护成本极高^[10]。随着开采范围的增大,含水层厚度缓慢下降,矿井涌水量逐渐变小并趋于稳定,目前涌水量为3 400 m³/h左右。以31205工作面为例,该工作面优化前排水系统为2趟DN400mm、4趟DN300mm、1趟159 mm PVC软管、7个接力水仓,排水能力为3 400 m³/h。31205工作面实际最大排水量为755 m³/h,排水能力富裕较多。

以与31205工作面条件相近的31211工作面为例,优化后的排水系统为4趟DN300mm、1趟159 mm PVC软管、5个接力水仓,排水能力为1 800 m³/h,完全满足预测涌水量的排水能力要求。

针对一些富水性强的区域,可分段增加1趟DN200mm管路,以提高排水能力。优化后的排水系统较优化前减少了2趟DN400mm,节省费用约950万元。每年3个工作面排水系统建设节约费用约2 850万元。

4 结语

水文在线监测系统能够自动获取矿井水文参数,大大降低了人力、物力消耗。根据水文在线监测系统在锦界煤矿的应用可知,采用该系统获取的水文观测孔水位数据,可指导煤矿合理布置工作面疏放水孔,有效降低含水层水头高度,减少了疏放水工程量,节约了成本;根据系统数据,结合作面基本数据,可采用水文地质条件比拟法预测工作面涌水量,预测准确性较高;根据系统预测的工作面涌水量,可指导工作面排水系统优化,有效降低了成本。

参考文献(References):

- [1] 林雪礼,赵兴良,徐小良.水文动态观测系统在矿井防治水中的应用[J].煤矿现代化,2009(增刊1):17-18.
- [2] 赵璇.矿井水文监测系统研究与设计[D].焦作:河南理工大学,2015.
- [3] 李鑫,秋兴国.基于WebGIS的矿井水文监测信息发布系统[J].科技信息(学术版),2007(34):293.
- [4] 范立民,王国柱,刘社虎.浅析榆神矿区矿井水及其利用[J].煤炭工程,2008,40(1):56-59.
- [5] 王丽欣.梅花井煤矿首采区水文地质特征研究及富水性分区[D].西安:西安科技大学,2017.
- [6] 煤炭科学研究总院西安研究院,神东煤炭集团公司.锦界煤矿水文地质补充勘探报告[R].西安:煤炭科学研究总院西安研究院,2012.
- [7] 刘罗.矿井水文监测与预警系统[D].淮南:安徽理工大学,2016.
- [8] 孙长斌.锦界煤矿顶板疏放水设计优化研究[J].能源与节能,2014,10(10):144-149.
- [9] 张耀文,李海君,张莉丽,等.陕西某煤矿涌水量预测[J].工矿自动化,2016,42(7):66-69.
- [10] ZHANG Yaowen, LI Haijun, ZHANG Lili, et al. Prediction of water inflow of a coal mine of Shaanxi [J]. Industry and Mine Automation, 2016, 42(7): 66-69.
- [10] 杨茂林,许峰,庞乃勇,等.锦界煤矿工作面排水系统优化设计研究[J].煤炭工程,2016,48(增刊1):16-19.
- YANG Maolin, XU Feng, PANG Naiyong, et al. Working face water drainage system design in Jinjie Coal Mine[J]. Coal Engineering, 2016, 48(S1):16-19.