淮北临涣矿区平原水库建设及水资源保护利用

严家平[1],程方奎[1],宫传刚[1],谷得明[1],范廷玉[1],刘 杰[2],孟 浩[2],喻怀君[2],张 冰[3]
(1. 安徽理工大学 地球与环境学院,安徽 淮南 232001; 2. 淮北矿业(集团)有限责任公司,安徽 淮北 235000;
3. 日照职业技术学院,山东 日照 276826)

摘 要: 针对淮北采煤沉陷区水资源综合利用问题,研究了该区水资源补给与储蓄条件,总结分析了该区平原水库建设的可行性。结果表明,该矿区因多煤层开采,且累计开采厚度大,从而造成地表大面积大幅度沉陷。加之该区良好的地貌与第四系水文地质条件,沉陷盆地可为雨洪资源提供良好的蓄水空间。此外,由于矿区内较高的浅层地下水水位和较大的开采沉陷幅度,枯水季节浅层地下水会越流补给沉陷区,因此沉陷区内形成常年稳定的积水区。矿区的雨洪资源、浅层地下水和相邻区域天然水系的整合可成为库区稳定的补给源。有利的水文条件和环境保护措施可以使库区水质得到有效控制,良好的平原水库建设条件使该区水资源得到有效保护利用,大幅促进了地区经济发展。

关键词: 采煤沉陷区; 平原水库; 水资源; 水质控制; 临涣矿区
中图分类号: TD167; X524 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2015)08-0158-05

Plain reservoir construction and water resources protection and utilization of Linhuan Mining Area in Huaibei

Yan Jiaping[1], Cheng Fangkui[1], Gong Chuangang[1], Gu Deming[1], Fan Tingyu[1], Liu Jie[2], Meng Hao[2], Yu Huaijun[2], Zhang Bing[3]
(1. *School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan* 232001, *China*;
2. *Huaibei Mining Group Company, Huaibei* 235000, *China*;
3. *Rizhao Polytechnic, Rizhao* 276826, *China*)

Abstract: According to the problem of comprehensive utilization of water resources in Huaibei mining subsidence area. The paper studied the water supply and saving condition in the area and analyzed the plain reservoir construction feasibility in this area. Results showed this area was coal seam mining and accumulated large mining thickness, thus causing significant surface subsidence. Meanwhile, the good landscape, quaternary hydrogeological conditions and subsidence basin could provid favourable water storage space for rain and flood resources. What's more, due to the higher shallow groundwater level and larger mining subsidence, shallow groundwater resources in dry season would flow to supply the subsidence area. Thus, the subsidence area formed stable water zone. The rain and flood resources, shallow groundwater and the integration of adjacent natural water system could be the stable reservoir supply source. Favorable hydrological condition and proper environmental protection measures could effectively control the reservoir water quality. Good construction conditions of plain reservoir made the water resources obtain effective protection and utilization and greatly promoted the regional economic development.

Key words: mining subsidence area; plain reservoir; water resource; water quality control; Linhuan Mining Area

0 引 言

煤炭是我国的主体能源,约 96%的煤炭为井工开采,4%为露天开采[1],井工开采万吨原煤造成的沉陷地面积为 0.20~0.33 hm^2,煤炭开采量伴随着煤炭需求量的急剧升高而大幅增加,进而引起大面积地表沉陷,改变了微地貌形态及采矿区的地表水文条件[2-3]。笔者以淮北临涣矿采煤沉陷积水区为

收稿日期: 2015-01-01; **责任编辑:** 赵 瑞 **DOI:** 10.13199/j.cnki.cst.2015.08.032
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41202242)
作者简介: 严家平(1954—),男,安徽淮南人,教授,博士生导师,硕士。Tel: 0554-6668590, E-mail: jpyan@aust.edu.cn
引用格式: 严家平,程方奎,宫传刚,等.淮北临涣矿区平原水库建设及水资源保护利用[J].煤炭科学技术,2015,43(8):158-162.
Yan Jiaping, Cheng Fangkui, Gong Chuan gang, *et al*. Plain reservoir construction and water resources protection and utilization of Linhuan Mining Area in Huaibei[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(8): 158-162.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

研究对象,地势北高南低,坡降较小,年降水总量 22.6 亿 m^3,但降水时空分布差异较大[4],加之缺乏有效地蓄水工程,从而造成大量过境水资源流失,导致干旱频繁发生[5]。研究区可采煤层多,累计采煤厚度大时,地面下沉幅度随之增大,沉陷盆地外围的浅层地下水以越流方式补给下沉盆地,成为开采沉陷盆地的稳定补给水源[6]。同时,第四系松散层较厚,内部存在稳定的隔水层,地下潜水位较高,采煤沉陷盆地为地表水资源蓄积的形成创造了良好条件。经大气降水、河流汇入及较高的新生界含水层地下水位等作用下,形成了不同格局的采煤沉陷积水区[7-8],通过科学规划和采用适当的工程措施可有效调整水资源。笔者通过分析总结该区的采矿条件和第四系水文地质条件,评价了该区平原水库建设的优越条件,为矿区水资源保护与综合利用与保护提供了一定科学依据。

1　矿区概况

1.1　自然地理及水文条件

临涣矿区位于安徽省淮北市西南部的濉溪县境内,北距淮北市 40 km,东距宿州市约 20 km,东西长 12 km,南北宽 9 km,面积约 100 km^2。区内地势平坦,地面标高 +23—+28 m,年平均降水量 831.5 mm,年水面平均蒸发量 1 045 mm[9]。区内的天然水系为浍河,是流经矿内的最大地表水系。浍河属淮河水系,属中小型季节性河流,它自西北流向东南,穿过矿区[10]。区内含煤地层平均埋深为 215 m,上部新生界松散层含多个稳定的含水层与隔水层。地下水潜水位较高,一般自地表垂深为 3~4 m。当地下开采 2 个以上煤层时,地表下沉区形成积水水域。

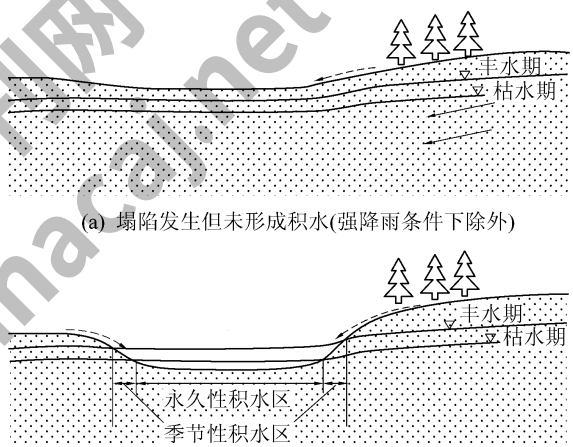
1.2　矿井及煤炭资源赋存条件

矿井于 1985 年底建成投产,设计生产能力 180 万 t/a,设计服务年限 121 年。近年来,该矿井已通过改扩建与技术改造,实际年生产能力接近 300 万 t/a。井田范围含可采煤层 4 层,累计可采厚度 10 m 以上[11]。区内地质构造为一不规则开阔向斜,地层倾角平缓。由于地下煤层开采,矿区已形成多个地面沉陷区,其中最大的地面沉陷区已形成东西长和南北宽分别约为 1.5、1.0 km 的地面水域,面积约为 1.5 km^2。沉陷水域外围土地利用类型主要为农业用地和工业用地。通过规划,该沉陷水域为邻近的一个工业园区的主要供水来源。

2　地面沉陷与库区蓄水条件

2.1　开采沉陷与地表盆地的形成

井工开采的矿井开采活动结果必然导致地表下沉[12]。在平原地区,当第四系松散层较厚,尤其是存在稳定的隔水层和浅层地下水水位较高时容易形成地表积水盆地。研究区淮北平原属于我国东部平原的一部分,松散层厚度大、隔水层发育稳定,地下水水位较高。由于区内可采煤层多,累计可采厚度大,加之煤层产状平缓,煤层开采后极易造成地表大面积沉陷,为地表蓄水盆地的形成创造了良好条件[13]。在大气降雨、地表径流及浅层地下水的综合作用下,形成沉陷积水区(图 1),并随着煤炭开采,积水区面积不断扩大[14]。



(a) 塌陷发生但未形成积水(强降雨条件下除外)

(b) 稳沉后形成塌陷湿地(虚线表示降雨形成的地表径流)

图 1　采煤沉陷积水区形成示意

Fig. 1　Mining subsidence ponding area formation

2.2　库区水资源储蓄水条件分析

2.2.1　大气降水对沉陷区补给

就区内气候条件而言,年平均降水量 831.5 mm,属于我国降雨量中等的地区之一[15]。由于区内地势平坦,且地表天然面状水体少,雨洪资源除入渗地下外,多成为地表径流进入河流而流失,从而造成区内雨洪资源得不到有效保存和直接利用。

煤矿开采沉陷区为水资源的滞蓄提供了空间,为水资源储存利用创造了条件。由于研究区第四系松散层较厚,且上部有一层厚度 10~15 m 以上的稳定黏土隔水层,故渗漏损失较小,有利于水资源储存。目前,矿区地面沉陷面积已达 13 216 435 m^2。这一区域,包括外围一定范围的区域成为积水区的大气降水直接补给区域。积水区的面积目前已达 3 532 893 m^2,积水量约 12 188 480 m^3,平均水深约

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

3.45 m。由于矿井开采的持续进行，开采沉陷区域将会不断扩大且深度加深。根据该矿的近期开采计划，截至 2015 年底，临涣矿仅西南部矿区开采引起的沉陷水域库容变化将大幅增加(表 1)。

表 1　矿区下沉盆地库容变化

Table 1　Capacity changes of mining subsidence basin

年份	年度库容/($10^4 m^3$)	累计库容/($10^4 m^3$)
2011 年	80.947	80.947
2012 年	64.848	145.795
2013 年	95.501	241.296
2014 年	143.952	385.248
2015 年	67.489	452.737

2.2.2　浅层地下水对库区地表的补给

临涣矿区内新生界松散层厚度较大，且由多个含、隔水层组成。位于上部的一、二含含水层受地表水及大气降水补给，具有较强的富水性，二含含水层通常是矿区内供水水源地。第一、第二隔水层主要由黏土、砂质黏土组成，由于其厚度小于 10 m，具有微弱的透水能力，因此一含、二含 2 个含水层存在层间的越流[16]。

由于区内煤层可采厚度在 10 m 以上，煤层充分开采后导致的最大地表沉陷深度一般在 7 m 以上，而矿区浅层地下水埋深一般为 3 m 左右。因此，当地表沉陷深度大于浅层地下水埋深时，浅层地下水会作为水源越流、侧向补给沉陷区。这样，沉陷区内则形成常年稳定的积水区，大气降水和浅层地下水侧向补给就构成了沉陷区积水的主要来源。随着采煤活动的持续进行，沉陷深度和面积会随之增大，沉陷积水区的深度和面积也会逐渐增加[17]。

研究表明，华北平原类似的采煤沉陷区地下水互补关系随着季节的变化波动，补给量与降雨量关系密切[18]。丰水季节的沉陷区水域表现为侧向排泄补给周围地下水，枯水季节则相反，地下水补给沉陷区地表水域。因此，沉陷区作为平原水库建设后，补给来源可以得到保证。沉陷区的地下水补给如图 2 所示。

2.2.3　天然水系与开采沉陷区水资源整合

区内流经临涣矿区的有天然水系浍河，该河流属淮河水系，为中小型季节性河流，流向自西向东。若将该河流水资源与临涣矿开采沉陷区水域水资源通过一定的水利工程整合，它将可以对平原水库的水资源起到调节作用。为此，基于该区有利的水文地理条件，构建了以采煤沉陷水域与浍河水资源的整合规划。库区水资源整合利用模式如图 3 所示。图中沉陷水域Ⅱ为平原水库主体水域，浍河位于库区主体水域的北侧，水域Ⅰ为临涣相邻煤矿海孜矿的一个开采沉陷水域。连接开采沉陷区水域与浍河的是人工水渠香顺沟。

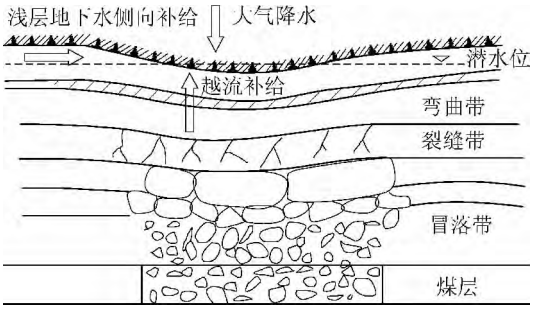


图 2　沉陷区地下水补给示意

Fig. 2　Groundwater recharge of subsidence area

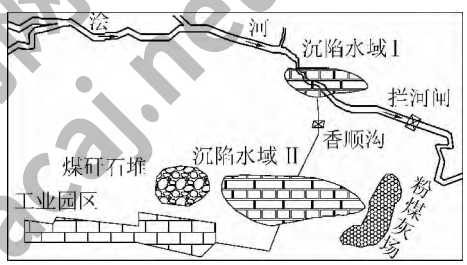


图 3　水资源整合利用模式示意

Fig. 3　Schematic of water resources integrated utilization model

由于浍河规模较小，且为季节性河流。根据浍河的水文条件在下游建设水闸，枯水季节关闸可以挡水并提高水位。这时，浍河的水可以通过香顺沟为主库区补给。

3　库区水质控制与水资源保护

3.1　地面环境

临涣沉陷区平原水库目前总库容已达 1 000 万 m^3，有效库容 280 万 m^3。随着煤矿开采沉陷范围的扩大和开采煤层数量的增加，每年增加库容 40 万 m^3。沉陷区外围 1 km 内基本无集中居民区，西部和北部为农耕用地，主要种植作物为小麦、玉米、黄豆等。西南方约 1 km 以外为临涣工业园区，该库区西部曾为煤矸石堆积场，东部为临涣燃煤电厂的储灰场。为使沉陷水域的水质得到有效保护，该煤矸石场地正在搬迁。粉煤灰场与水库之间亦采取了严格的防渗措施，外围区域面源污染基本得到控制。

3.2　水质特征

沉陷区及浍河水环境功能规划均为农业用水区，水质目标均为Ⅳ类。受季节等因素影响，丰水期

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

水质略优于枯水期,水质在Ⅲ~Ⅳ类水之间波动。与研究区相连的香顺沟规划为农业用水区,水质目标为Ⅴ类。

水域中氯离子、总硬度、硫酸根、氰化物和重金属等含量均低于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类限值。矿化度冬季最高,地下水与浍河矿化度夏季>秋季。受人工控制,水域水量波动较小,水域的矿化度值比较稳定。整体上,沉陷水域的水质波动情况主要受水量、水力循环条件、外源汇入等因素的影响,随着沉陷水域库容的扩大以及水力循环条件的提高,水质趋于改善状态[19]。

3.3　环境保护对库区水质的控制作用

通过沉陷水域的内部及周边环境整治,库区的水质得到有效控制。主要包括: 对库区东侧粉煤灰场进行防渗设计,并采取铺设土工布与黏土等防渗措施,减少粉煤灰场渗滤液对沉陷水域的影响。该库区西侧原为煤矸石堆放场,经水库建设项目论证实施后,该煤矸石堆已转移,减少煤矸石经过长期淋滤与浸泡等作用对沉陷水域及周边地下水资源造成的影响。此外,对库区南侧的景观环境开展了工程整治,包括植树等堤岸人工覆绿,以及其他沉陷地土地复垦等综合治理工程,保护库区周边生态环境,涵养水源。通过上述库区环境整治工程,库区的水质得到了一定的控制,使得库区的水质基本满足位于该区南部的临涣工业园企业用水要求。

4　结　　论

1) 淮北临涣矿区具有良好的煤层开采地质条件、第四系地质条件及地表环境条件,使煤层开采后地表容易形成范围较广深度较大的下沉盆地。良好的上部隔水层以及较高的地下水位可为雨洪资源提供良好的蓄水空间。

2) 矿区的雨洪资源、相邻区域的天然水系和浅层地下水等资源可以成为平原水库稳定的补给源。通过合理的规划和实施一定的水利工程可将天然地表水系与沉陷区水资源整合而建成一定规模的平原水库。

3) 煤矿开采沉陷区地面环境良好。通过矿区环境综合整治,沉陷水域或平原水库的水质可以得到有效控制。水质可常年保持在Ⅲ类水。

4) 实践证明,淮北临涣矿区乃至淮北类似矿区的煤层开采后通常形成较大范围的地面积水水域,具备平原水库的建设条件。在水资源条件紧缺的淮北地区,平原水库的建设可缓解决工农业用水问题。临涣矿区平原水库的建设基本可满足工业园用水要求,大幅促进了地区经济发展,为地方经济的可持续发展起到积极的作用。

参考文献:

[1] 李新举,胡振琪,李　晶,等.采煤塌陷地复垦土壤质量研究进展[J].农业工程学报,2007,23(7):276-280.
Li Xinju,Hu Zhenqi,Li Jing,*et al*. Research progress of reclaimed soil quality in mining subsidence area [J]. Transactions of the CSAE,2007,23(7):276-280.

[2] 胡振琪,肖　武,王培俊,等.试论井工煤矿边开采边复垦技术[J].煤炭学报,2013,38(2):301-307.
Hu Zhenqi,Xiao Wu,Wang Peijun,*et al*. Concurrent mining and reclamation for underground coal mining [J].Journal of China Coal Society,2013,38(2):301-307.

[3] 范廷玉,严家平,王　顺,等.采煤沉陷水域底泥及周边土壤性质差异分析及其环境意义[J].煤炭学报,2014,39(10):2075-2082.
Fan Tingyu,Yan Jiaping,Wang Shun,*et al*. Difference between sediment samples from coal mine subsidence water and soil samples around it and its environment significance [J].Journal of China Coal Society,2014,39(10):2075-2082.

[4] 姜利民.临涣矿区东南缘瓦斯赋存构造控制特征及防治技术研究[D].徐州: 中国矿业大学,2014.
Jiang Limin. Research on characteristics of structure controlled gas occurrence and prevention technology in the southeast margin of Linhuan Coalfield [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology,2014.

[5] 胡巍巍,王式成,王根绪,等.安徽淮北平原地下水动态变化研究[J].自然资源学报,2009,24(11):1893-1901.
Hu Weiwei,Wang Shicheng,Wang Genxu,*et al*. Study on the groundwater dynamic of the huaibei alluvial plain in anhui province [J]. Journal of Natural Resources,2009,24(11):1893-1901.

[6] 曹志国,何瑞敏,王兴峰.地下水受煤炭开采的影响及其储存利用技术[J].煤炭科学技术,2014,42(12):113-116,128.
Cao Zhiguo,He Ruimin,Wang Xingfeng. Coalmining affected to underground water and underground water storage and utilization [J]. Coal Science and Ttechnology,2014,42(12):113-116,128.

[7] 谢　凯,张雁秋,易齐涛,等.淮南潘一矿塌陷水域沉积物中磷的赋存和迁移转化特征[J].中国环境科学,2012,32(10):1867-1874.
Xie Kai,Zhang Yanqiu,Yi Qitao,*et al*. Phosphorus fractions and migration in the sediments of a subsided water area in Panyi Coal Mine of Huainan [J]. China Environmental Science,2012,32(10):1867-1874.

[8] 陈小凤,章启兵,王振龙. 采煤沉陷区水资源综合利用研究与水生态修复方案[J].中国农村水利水电,2014(4):6-8.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

Chen Xiaofeng, Zhang Qibing, Wang Zhenlong. Water resources utilization research and water ecological restoration scheme of coal mining subsidence areas [J]. China Rural Water and Hydropower, 2014(4): 6-8.

[9] 王婷婷,易齐涛,胡友彪,等. 两淮采煤沉陷区水域水体富营养化及氮、磷限制模拟实验 [J]. 湖泊科学,2013,25(6): 916-926.
Wang Tingting, Yi Qitao, Hu Youbiao, *et al*. Eutrophication and nutrient enrichment bioassays in the waters of the Huainan and Huaibei coal mining subsidence areas, Anhui Province [J]. Journal of Lake Sciences, 2013, 25(6): 916-926.

[10] 乔丛林,史明礼,苏　娅,等.淮北平原地区水文特征 [J]. 水文,2000,20(3): 55-58.
Qiao Conglin, Shi Mingli, Su Ya, *et al*. Hydrological characteristics of the Huaibei plain area [J]. Journal of China Hydrology, 2000, 20(3): 55-58.

[11] 许延春,耿德庸,申宝宏.淮北临涣矿区地层非采动沉降分析 [J]. 岩土工程学报,1994,16(6): 140-146.
Xu Yanchun, Geng Deyong, Shen Baohong. General trend of non-mining-induced subsidence and deformation in Linhuan Coal Production Areas [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1994, 16(6): 140-146.

[12] 张和生,吕　强,霍官印.矿区开发不同阶段土地复垦与生态系统重建 [J]. 煤矿环境保护,2002,16(1): 15-17.
Zhang Hesheng, Lyu Qiang, Huo Guanyin. Land reclamation and ecological rehabilitation of development different stage in mining areas [J]. Energy Environmental Protection, 2002, 16(1): 15-17.

[13] 范廷玉.潘谢采煤沉陷区地表水与浅层地下水转化及水质特征研究 [D]. 淮南: 安徽理工大学,2013.
Fan Tingyu. Water quantity transportation and water quality character between surface water and shallow groundwater in coal mining subsidence in Panji and Xieqiao Area [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2013.

[14] 谷得明,严家平,范廷玉,等.淮南潘集采煤沉陷区地表水中氮、磷特征 [J]. 环境化学,2014,33(9): 1495-1500.
Gu Deming, Yan Jiaping, Fan Tingyu, *et al*. Characteristics of nitrogen and phosphorus in surface water of coal mine subsidence area in Panji of Huainan [J]. Environmental Chemistry, 2014, 33(9): 1495-1500.

[15] 陈陆望,桂和荣,殷晓曦,等.临涣矿区突水水源标型微量元素及其判别模型 [J]. 水文地质工程地质,2010,37(3): 17-22.
Chen Luwang, Gui Herong, Yin Xiaoxi, *et al*. The standard type trace elements and the discriminant model of water bursting source in the Linhuan coal district [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2010, 37(3): 17-22.

[16] 桂和荣,陈陆望.矿区地下水水文地球化学演化与识别 [M]. 北京: 地质出版社,2007: 37-38.

[17] 易齐涛,孙鹏飞,谢　凯,等.区域水化学条件对淮南采煤沉陷区水域沉积物磷吸附特征的影响研究 [J]. 环境科学,2013,34(10): 3894-3903.
Yi Qitao, Sun Pengfei, Xie Kai, *et al*. Impact of regional water chemistry on the phosphorus isothermal adsorption of the sediments in three subsidence waters of the Huainan Mine Areas [J]. Environmental Science, 2013, 34(10): 3894-3903.

[18] 费宇红,张兆吉,张凤娥,等.气候变化和人类活动对华北平原水资源影响分析 [J]. 地球学报,2007,28(6): 567-571.
Fei Yuhong, Zhang Zhaoji, Zhang Fenge, *et al*. An analysis of the influenceof human activityand climate change onwater resources of the North China Plain [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2007, 28(6): 567-571.

[19] 张　冰.淮北临涣采煤塌陷区水环境特征及污染性状研究 [D]. 淮南: 安徽理工大学,2012.
Zhang Bing. Research of water environment and pollution characteristics of Linhuan coal-mine subsided area in Huaibei [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2012.

(上接第 128 页)

[21] 魏迎春,张傲翔,姚　征,等.韩城区块煤层气排采中煤粉产出规律研究 [J]. 煤炭科学技术,2014,42(2): 85-89.
Wei Yingchun, Zhang Aoxiang, Yao Zheng, *et al*. Research on output laws of pulverized coal during coalbed methane drainage in Hancheng Block [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(2): 85-89.

[22] 张晓玉,王安民,张傲翔,等.韩城区块构造煤类型及其产出煤粉特征分析 [J]. 中国煤炭地质,2014,26(8): 91-94.
Zhang Xiaoyu, Wang Anmin, Zhang Aoxiang, *et al*. Tectonoclastic coal types and characteristic analysis of coal fines in Hancheng Block [J]. Coal Geology of China, 2014, 26(8): 91-94.

[23] 孟召平,刘珊珊,王保玉,等.晋城矿区煤体结构及其测井响应特征研究 [J]. 煤炭科学技术,2015,43(2): 58-63,67.
Meng Zhaoping, Liu ShanShan, Wang Baoyu, *et al*. Study on feature of coal structure and logging response in Jincheng Mining Area [J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(2): 58-63, 67.

[24] Ogolo N, Olafuyi O, Onyekonwu M. Effect of nanoparticles on migrating fines in formations [C]. The SPE International Oilfield Nanotechnology Conference, Society of Petroleum Engineers, 2012: 1-12.

[25] 张遂安,曹立虎,杜彩霞.煤层气井产气机理及排采控压控粉研究 [J]. 煤炭学报,2014,39(9): 1927-1931.
Zhang Suian, Cao Lihu, Du Caixia. Study on CBM production mechanism and control theory of bottom-hole pressure and coal fines during CBM well production [J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(9): 1927-1931.

[26] 綦耀光,刘　冰,张芬娜,等.煤层气井负压射流快速排煤粉装置研究 [J]. 中国矿业大学学报,2014,43(1): 72-78.
Qi Yaoguang, Liu Bing, Zhang Fenna, *et al*. Study of coal particles vacuuming cleanout jet pump in coalbed methane wells [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2014, 43(1): 72-78.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net