

Estimation of Regional Available Mine Water Quantity and Its Application

Haolin Mao¹, Xinfeng Fu^{2*}, Xiaowei Gu², Hongmou He²

¹Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Zhengzhou, Zhengzhou Henan

²Yellow River Institute of Hydraulic Research, Key Laboratory of Soil and Water Loss Process and Control on the Loess Plateau of the Ministry of Water Resources, Zhengzhou Henan

Email: *xf77@163.com

Received: Feb. 22nd, 2019; accepted: Mar. 24th, 2019; published: Apr. 15th, 2019

Abstract

In order to estimate available mine water resources, the basic concepts of mine water resources and available water resources are clarified, and the relationships between them are analyzed. Taking Ningxia as an example, the mine water resources and available mine water resources in a single coal mine and Ningdong coal base (or other mining area) are estimated based on mine water data from local investigation. The mine water resources and available mine water resources are calculated. The mine water resources quantity of Ningxia is 43.7 million m³, and the available mine water resources quantity is 29.54 million m³. These results are reasonable based on comparative analysis, which is useful for mine water resources utilization and water resources allocation in Ningxia.

Keywords

Mine Water, Water Resources, Available Water Resources, Ningxia

区域矿井水可利用量估算方法及应用实例

毛豪林¹, 付新峰^{2*}, 谷晓伟², 何宏谋²

¹河南省郑州水文水资源勘测局, 河南 郑州

²黄河水利科学研究院, 水利部黄土高原水土流失过程与控制重点实验室, 河南 郑州

Email: *xf77@163.com

收稿日期: 2019年2月22日; 录用日期: 2019年3月24日; 发布日期: 2019年4月15日

摘要

为估算矿井水可利用量, 本研究明确矿井水资源量和可利用量的基本概念, 分析其之间的关系, 提出相应的估

作者简介: 毛豪林(1983-), 男, 河南商水县人, 本科, 工程师, 主要从事水文水资源方面的研究。

*通讯作者。

算方法。以宁夏为例,以实地调查为基础,进行单个煤矿、宁东煤炭基地(或其它矿区)矿井水资源量和可利用量估算。在此基础上,结合统计年鉴煤炭产量数据,计算出银川市(或其它地市)矿井水资源量和可利用量,经加和得出宁夏矿井水资源量和可利用量。经计算,宁夏矿井水资源量为4370万 m^3 ,可利用量为2954万 m^3 。经宁夏及各地市矿井水资源量与煤炭产量、矿井水可利用量与矿井水资源量、富水系数和处理损失率、估算值与实际值对比分析表明,该估算结果具有一定的合理性,可为宁夏矿井水利用和水资源配置提供参考。

关键词

矿井水, 矿井水资源量, 可利用量, 宁夏

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是煤炭生产大国,2002年以来,我国煤炭产量和增长速度也迅速增加,且煤炭生产总量在14亿t/a以上。由于我国煤炭开采方式主要以井工为主,大规模的煤炭生产伴随着外排大量的矿井水,据国家发展改革委、国家能源局联合印发《矿井水利用发展规划》[1],2015年煤矿矿井水排放量约71亿 m^3 ,黄河流域矿井水排水量约56亿 m^3 ,占全国矿井水排放量的79%。全国七成以上矿井水来自缺水地区和严重缺水区的大型煤炭基地。“十二五”期间我国规划建设14个大型煤炭基地,其中有11个煤炭基地位于降雨量400mm以下的干旱区或降雨量200mm以下的极度干旱区,区域水资源供需矛盾十分尖锐,矿井水资源的开发利用对缓解区域水资源供需矛盾具有重要意义[2]。

为评价区域矿井水资源量,促进矿井水利用,国内有关学者进行矿井水资源量的研究,倪深海等[3]利用综合利用潜力计算方法,推算出2020年我国煤矿矿井水资源综合利用潜力。张海丰等[4]利用富水系数计算了鄂尔多斯市煤矿矿井水水量。赵耀东等[5]利用煤炭产量、矿井生产能力、富水系数等数据研究了神府榆矿区矿井现状和未来排水量。综合上述研究,本文理清区域现状矿井水资源量及可利用量的基本概念和估算方法,并通过宁夏回族自治区(简称宁夏)银川市宁东煤炭基地和其它地市矿区典型煤矿调查,分别依次计算出典型单个煤矿、宁东煤炭基地(矿区)、银川市和其它地市以及宁夏的现状矿井水资源量及可利用量。本研究对于促进区域矿井水资源安全高效利用、减少矿井水排放、切实保护水环境具有重要的现实意义[6]。

2. 概念与方法

2.1. 基本概念

矿井水资源量: 矿井涌水量从矿井投产开始,一般要经历逐步增大、衰减和相对稳定等三个阶段,从资源利用角度分析,矿井水资源量应为相对稳定阶段的矿井涌水量。

矿井抽水量: 根据煤炭开采过程,小部分矿井涌水滞留于矿井,用于矿井井下生产用水;其余大部分矿井涌水通过水泵和管道输送至地表,该部分矿井水量为矿井抽水量,可通过煤矿企业计量设施准确获取。

矿井水可利用量: 从资源利用的角度,通过水泵和管道等方式输送至地表且经过处理后的矿井水,扣除处理损失和矿井井上煤炭洗选等自用水量后的富裕水量,为矿井水可利用量。

富水系数: 一定时期内矿井水资源量与同时期内煤炭产量之比。

2.2. 估算方法

根据矿井水资源量、矿井抽水量和矿井水可利用量的基本概念,通过相互之间的关系,确定其计算公式如下:

$$W_1 \approx W_2 \quad (1)$$

式中: W_1 为矿井水资源量,即矿井涌水量, m^3 ; W_2 为矿井抽水量, m^3 。

$$W_3 = W_1 - W_4 - W_5 \quad (2)$$

式中: W_3 为矿井水可利用量, m^3 ; W_4 为矿井水处理损失量, m^3 ; W_5 为矿井自用水量(包括井下和井上用水量), m^3 。

$$K_p = W_1/P_0 \quad (3)$$

式中: K_p 为富水系数, m^3/t ; P_0 为煤矿煤炭产量, t 。

3. 应用实例

3.1. 研究区基本情况

宁夏回族自治区(简称宁夏)位于黄河上游地区,南北相距约 456 km,东西相距约 250 km,总面积为 6.6 万 km^2 。宁夏矿产资源以煤炭为主,煤炭探明储量 300 多亿 t ,预测储量 2020 多亿 t 。全区含煤地层分布面积 1.7 万 km^2 ,占宁夏总面积的 25%。全区 22 个县(区)中,除银川市的永宁县、固原市的隆德县、泾源县、西吉县和吴忠市利通区 5 县(区)以外,其余 17 个县(区)均分布有煤炭资源。同时,宁夏是我国水资源量最少的省区,大气降水、地表水和地下水都十分贫乏。且水资源特点为空间分布不均,时间变化大。过境水资源有黄河干流地表水,其中宁夏多年平均耗水量指标为 40 亿 m^3 。中部干旱高原丘陵区最为缺水,不仅地表水量小,且水质含盐量高,多属苦水。南部半干旱半湿润山区,主要河流有清水河、苦水河、葫芦河、泾河和祖厉河等。

3.2. 矿井水可利用量估算

宁夏矿井水可利用量由各地市矿井水可利用量加和得出,各地市矿井水可利用量由煤炭基地(或矿区)和其他煤矿矿井水可利用量加和得出。煤炭基地(或矿区)矿井水可利用量由单个煤矿矿井水可利用量加和得出,单个煤矿矿井水可利用量由矿井水资源量和可利用量关系公式计算得出,单个煤矿矿井水资源量通过实测资料获取。

1) 单个煤矿矿井水可利用量估算

单个煤矿以宁东煤炭基地灵新煤矿为例。经调查,宁东煤炭基地灵新煤矿现状煤炭产量为 376 万 t/a ,矿井涌水量(即矿井水资源量)为 351 万 m^3/a ,煤矿自身用水量为 33 万 m^3/a ,处理损失量为 16 万 m^3/a ,则矿井水可利用量为: $351 - 33 - 16 = 302$ 万 m^3/a

2) 宁东基地矿井水可利用量估算

收集宁东煤炭基地 12 个煤矿的煤炭产量和矿井涌水量等现状资料,经调查,宁东基地 12 个煤矿煤炭产量为 6017 万 t/a ,矿井水资源量为 2979 万 m^3/a ,自用水量为 778 万 m^3/a ,处理损失量为 110 万 m^3/a ,则该 12 个煤矿矿井水可利用量为: $2979 - 778 - 110 = 2091$ 万 m^3/a 。

3) 地市矿井水资源量和可利用量估算

a) 矿井水资源量和可利用量计算思路

以银川市为例,计算其矿井水资源量。实地调查表明,银川市煤矿主要集中在宁东煤炭基地,但宁东煤炭

基地的煤矿从数量和煤炭产量上均不能全部覆盖银川市。在宁东煤炭基地矿井水资源量和可利用量计算的基础上,采用富水系数法估算银川市其他煤矿的矿井水资源量,结合银川市其他煤矿矿井水资源量和可利用量估算结果,计算出宁东煤炭基地矿井水资源量和可利用量。

b) 矿井水资源量和可利用量估算过程

根据《银川市统计年鉴》(2015年)[7],银川市煤炭产量为6131.3万t,根据调查,宁东煤炭基地煤炭产量为6017万t,占银川市煤炭总产量6131.3万t/a的98.14%。则银川市其他煤矿煤炭产量为114.3万t。

根据收集的宁东煤炭基地的煤矿煤炭产量和矿井水资源量,计算出宁东煤炭基地富水系数,并近似为估算其他煤矿矿井水资源量的富水系数。其中宁东煤炭基地的富水系数为: $2979 \div 6017 = 0.4951 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

根据宁东煤炭基地已调查煤矿的富水系数0.4951,结合银川市其他煤矿煤炭产量114.3万t,计算出银川市其他煤矿矿井水资源量为: $114.3 \times 0.4951 = 57 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。

根据宁东煤炭基地12个煤矿自用水量和处理损失量的计算结果。估算银川市其他煤矿自用水量为26万 m^3/a ,处理损失量为2万 m^3/a 。则银川市其他煤炭矿井水资源可利用量为: $57 - 26 - 2 = 29 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。

根据已估算出的宁东煤炭基地12个煤矿矿井水资源量和可利用量,计算出银川市煤炭基地矿井水资源量和可利用量分别为: $2979 + 57 = 3036 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 和 $2091 + 29 = 2120 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。

4) 宁夏矿井水资源量和可利用量估算

宁夏由银川、吴忠、石嘴山和固原等地市组成,通过对各地市矿井水资源量和可利用量估算结果进行加和,得出宁夏矿井水资源量和可利用量(详见表1)分别为: $3036 + 503 + 660 + 171 = 4370 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 和 $2120 + 306 + 439 + 89 = 2954 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。

Table 1. Mine water resources and available water resources in Ningxia

表 1. 宁夏矿井水资源量和可利用量估算表

自治区或地市	基地	煤炭产量(万 t/a)	矿井水资源量(万 m^3/a)	处理损失量(万 m^3/a)	自用水量(万 m^3/a)	矿井水可利用量(万 m^3/a)
	宁东基地	6017	2979	110	778	2091
银川市	其他	114.3	57	2	26	29
	小计	6131.3	3036	112	804	2120
吴忠市	宁东基地	330	68	3	8	57
	其他	751.7	435	13	173	249
	小计	1081.7	503	16	181	306
石嘴山市	贺兰山煤田	292	351	11	138	202
	其他	257.2	309	13	59	237
	小计	549.2	660	24	197	439
固原市	宁南煤田	453	144	4	57	83
	其他	91.4	27	0	21	6
	小计	544.4	171	4	78	89
宁夏		8306.6	4370	156	1260	2954

3.3. 结果分析

3.3.1. 估算误差分析

经分析,宁夏矿井水资源量和可利用量估算误差可能存在如下方面:

1) 估算方法产生的误差。由于煤矿开采过程中,矿井水资源量是一个动态变化的量,其与煤炭产(开采)量的关系(即富水系数)随着开采过程而变化。因此利用富水系数方法估算的矿井水资源量与实际值存在一定的误差。

2) 实际调查煤矿数量与区域煤矿总数量的差异。根据宁夏和各地市统计年鉴,可以得到宁夏和各地市煤炭产量,但是受各种因素的影响,各地市实际煤矿数量很难准确获取或者统计不完全。此外,受实际情况的影响,能够开展具体调查工作的煤矿数量与各地市实际煤矿数量存在一定的差异。因此,实际调查煤矿数量与区域煤矿总数量的差异必然导致矿井水资源量估算存在一定的误差。

3) 其他因素带来的误差。根据实际调查,用水计量误差、矿井涌水量的稳定性、同一地区不同煤矿富水系数差异等致使矿井水资源量和可利用量估算结果存在一定的误差。

3.3.2. 估算结果合理性分析

1) 矿井水资源量与煤炭产量对比分析

据估算,宁夏矿井水资源总量为 4370 万 m^3/a ,其中银川市矿井水资源总量为 3036 万 m^3/a ,占 69.5%;吴忠市矿井水资源总量为 503 万 m^3/a ,占 11.5%;石嘴山市矿井水资源总量为 660 万 m^3/a ,占 15.1%;固原市矿井水资源总量为 171 万 m^3/a ,占 3.9%。从宁夏及各地市煤炭产量看,宁夏煤炭产量为 8306.6 万 t/a ,其中银川市煤炭产量为 6131.3 万 t/a ,占 73.8%;吴忠市煤炭产量为 1081.7 万 t/a ,占 13.0%;石嘴山市煤炭产量为 549.2 万 t/a ,占 6.6%;固原市煤炭产量为 544.4 万 t/a ,占 6.6%。通过各地市矿井水资源量和煤炭产量与宁夏的占比可以看出,各地市矿井水资源量和煤炭产量占比情况总体一致;银川市矿井水资源量和煤炭产量占比在 70%左右,为各地市最高;吴忠、石嘴山和固原等地市占比明显较小;详见图 1。从宁夏和各地市矿井水资源量和煤炭产量的散点图可以看出,二者相关系数 $R^2 = 0.9877$,表明二者具有很强的相关性,详见图 2。在各地市煤炭埋藏水文地质条件差别不大的情况下,各地市矿井水资源量与煤炭产量占比情况的一致性和相关性表明估算结果是合理的。

2) 矿井水可利用量与矿井水资源量对比分析

据估算,宁夏矿井水可利用量为 2954 万 m^3/a ,其中银川市矿井水资源总量为 2120 万 m^3/a ,占 71.8%;吴忠市矿井水资源总量为 306 万 m^3/a ,占 10.1%;石嘴山市矿井水资源总量为 439 万 m^3/a ,占 14.9%;固原市矿井水资源总量为 89 万 m^3/a ,占 3.0%。通过各地市矿井水可利用量和矿井水资源量与宁夏的占比可以看出,各地市矿井水可利用量和矿井水资源量占比情况总体一致;银川市矿井水可利用量和矿井水资源量占比在 70%左右,为各地市最高;吴忠、石嘴山和固原等地市占比明显较小,其占比情况与各地市矿井水资源量和煤炭产量与宁夏占比情况基本一致,详见图 1。从宁夏和各地市矿井水可利用量和矿井水资源量的散点图可以看出,二者相关系数 $R^2 = 0.9994$,表明二者具有很强的相关性,详见图 3。根据宁夏煤炭开采和矿井水利用现状,其矿井水可利用量和矿井水资源量估算结果具有一定的合理性。

3) 富水系数与处理损失率对比分析

根据宁夏和各地市煤炭产量和矿井水资源量,计算出各地市(含基地或矿区)煤矿富水系数;根据矿井水资源量和处理损失量,分析其处理损失率,见表 2。经分析,宁夏和各地市煤矿富水系数为 0.2061~1.2021,富水系数最小值出现在吴忠市宁东基地,最大值出现在石嘴山市贺兰山煤田。宁夏富水系数为 0.5261,与银川市富水系数接近 0.4952,主要是因为银川市煤炭产量和矿井水资源量与宁夏的占比高。矿井水资源处理损失率结果表明,宁夏和各地市矿井水资源处理损失率为 0~0.441,宁夏矿井水资源处理损失率为 0.0357,与银川市、吴忠市和石嘴山市等各地市矿井水资源处理损失率接近,这表明宁夏和各地市矿井水处理方式差别不大。

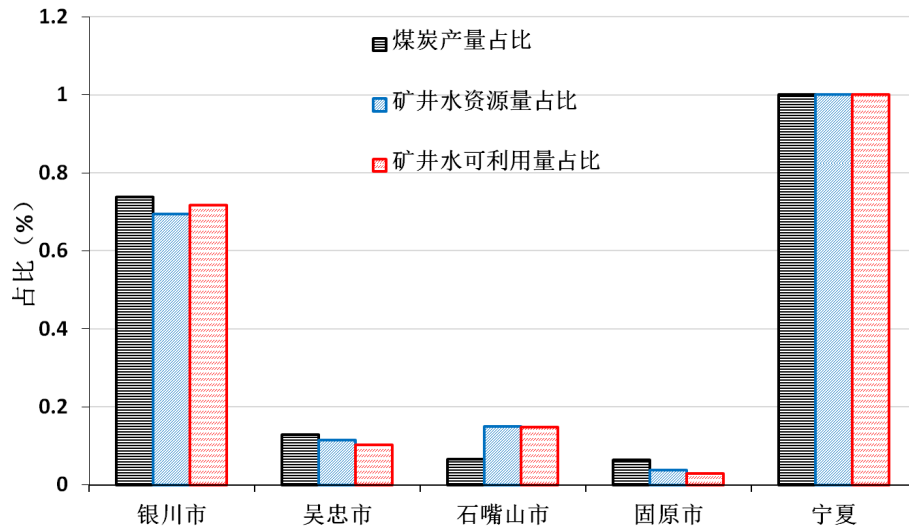


Figure 1. Ratio of coal production, mine water resources and available water resources
图 1. 宁夏及各地市煤炭产量、矿井水资源量和可利用量占比图

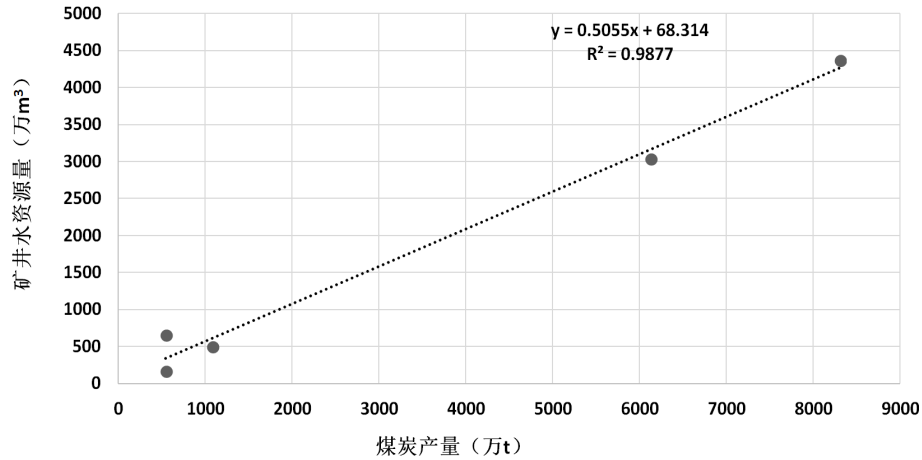


Figure 2. Scatter plot of coal production and mine water resources in Ningxia
图 2. 宁夏及各地市煤炭产量和矿井水资源量散点图

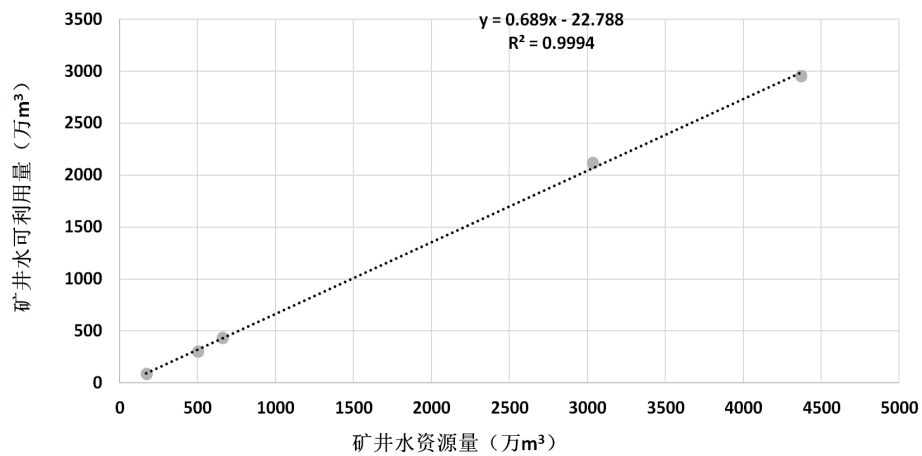


Figure 3. Scatter plot of mine water resources and available water resources
图 3. 宁夏及各地市矿井水资源量和可利用量散点图

Table 2. Results of mine water content coefficient and water loss ratio**表 2.** 宁夏及各地市煤矿富水系数和处理损失率计算结果表

自治区或地市	基地	煤炭产量(万 t/a)	矿井水资源量(万 m ³ /a)	处理损失量(万 m ³ /a)	富水系数	处理损失率
	宁东基地	6017	2979	110	0.4951	0.0369
银川市	其他	114.3	57	2	0.4987	0.0351
	小计	6131.3	3036	112	0.4952	0.0369
	宁东基地	330	68	3	0.2061	0.0441
吴忠市	其他	751.7	435	13	0.5787	0.0299
	小计	1081.7	503	16	0.4650	0.0318
	贺兰山煤田	292	351	11	1.2021	0.0313
石嘴山市	其他	257.2	309	13	1.2014	0.0421
	小计	549.2	660	24	1.2017	0.0364
	宁南煤田	453	144	4	0.3179	0.0278
固原市	其他	91.4	27	0	0.2954	0
	小计	544.4	171	4	0.3141	0.0234
宁夏		8306.6	4370	156	0.5261	0.0357

4) 估算值与实际值对比分析

基地层面，宁东基地矿井水可利用量为 2091 万 m³/a，由于宁东基地 12 个煤矿的矿井水有关数据均通过实地调查得出，因此，估算结果与实际值一致。地市层面，银川市和吴忠市的宁东基地矿井水数据、石嘴山市贺兰山煤田和固原市宁南煤田的矿井水数据由实地调查得出，其他煤矿矿井水数据结合当地煤炭产量统计数据和富水系数推算。经分析，在区域水文地质条件相同的情况下，富水系数较为接近，因此，估算出的各地市矿井水资源量、矿井水可利用量与实际值差别不大。省区层面，宁夏矿井水资源量 4370 万 m³/a、矿井水可利用量 2954 万 m³/a 由各地市加和得出，不考虑误差累积影响的情况下，其估算值较为合理。综上，基地、地市和省区层面估算结果均具有一定的合理性。

4. 结语

1) 本研究在明确矿井水资源量和可利用量等基本概念的基础上，提出估算典型单个煤矿、基地(矿区)、地市及省区矿井水资源量和可利用量估算方法。

2) 以宁夏为例，利用富水系数法结合实际调查对灵新煤矿、宁东煤炭基地、银川市及其它地市矿井水资源量依次分别进行估算，各地市矿井水资源量加和得出宁夏矿井水资源量为 4370 万 m³；根据矿井水资源和可利用量的内在关系，估算得出灵新煤矿、宁东煤炭基地、银川市及其它地市矿井水可利用量，各地市矿井水可利用量加和得出宁夏矿井水可利用量为 2954 万 m³。

3) 宁夏矿井水资源量和可利用量估算结果合理性分析表明，宁夏和各地市矿井水资源量和煤炭产量、矿井水可利用量之间具有很强的相关性；宁夏和各地市煤炭富水系数与实际情况相符，且在宁夏和各地市矿井水处理方式差别不大的情况下，矿井水资源量处理损失率接近。因此，本估算结果具有一定的合理性。

基金项目

国家重点研发计划项目(20017YFC0403505)；水资源节约管理与保护项目(126201580001170003 & 126201580001170002)。

参考文献

- [1] 《国家发展改革委、国家能源局关于印发矿井水利用发展规划的通知》(发改环资[2013]118号, 2013).
National Development and Reform Commission/National Energy Administration, Utilization of Mine Water Development Planning [2013], No. 118, 2013. (in Chinese)
- [2] 彭书萍, 张博, 王佟, 等. 煤炭资源与水资源[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
PENG Shuping, ZHANG Bo, WANG Dong, et al. Coal resources and water resources. Beijing: Science Press, 2014. (in Chinese)
- [3] 倪深海, 彭岳津, 张楠, 等. 煤矿矿井水资源综合利用潜力研究[J]. 煤炭加工与综合利用, 2018(11): 78-81.
NI Shenghai, PENG Yuejin, ZHANG Nan, et al. Study on comprehensive utilization potential of mine water resources. Coal Processing and Comprehensive Utilization, 2018(11): 78-81. (in Chinese)
- [4] 张海丰, 曾峰, 崔长勇. 鄂尔多斯市矿井水评价与开发利用研究[J]. 人民黄河, 2014, 36(9): 70-72 + 75.
ZHANG Haifeng, ZENG Feng, CUI Changyong. Study on evaluation and utilization of mine water in Erdos. Yellow River, 2014, 36(9): 70-72 + 75. (in Chinese)
- [5] 赵耀东, 张朝逢, 杨建, 等. 神府榆矿区矿井排水量现状分析及远期预测[J]. 地下水, 2016, 38(6): 87-89 + 131.
ZHAO Yaodong, ZHANG Chaofeng, YANG Jian, et al. Present situation analysis and long-term prediction of mine water discharge quantity in Shenmu-yulin-fugu mining area. Groundwater, 2016, 38(6): 87-89 + 131. (in Chinese)
- [6] 牡丹, 朱仲元, 王义, 等. 神东矿区污水净化处理现状和生态应用研究[J]. 人民黄河, 2010, 32(5): 46-47.
DU Dan, ZHU Zhongyuan, WANG Yi, et al. Study on sewage purification and processing status in and ecological applications in Shendong mining area. Yellow River, 2010, 32(5): 46-47. (in Chinese)
- [7] 银川市统计年鉴[R]. 银川: 银川市统计局, 2015.
Statistical Yearbook of Yinchuan city. Yinchuan: Statistical Office of Yinchuan City, 2015. (in Chinese)