

# 西北五省(区)的煤炭资源 水资源及生态环境

叶贵钧 (煤炭工业技术委员会地质分会 北京 100713)

**摘要** 分析了西北五省(区)煤炭资源与水资源分布特征。西北东部黄土高原区内的各煤矿区开发面临贫乏的水资源与脆弱的生态环境问题。本文针对该区的煤炭资源开发、水资源合理利用和生态环境保护,提出了一些建议。

**关键词** 煤炭资源 水资源 生态环境 西北五省(区)

**中国图书资料分类法分类号** P641.8 P618.11

**作者简介** 叶贵钧 男 65岁 教授级高级工程师 水文地质

## 1 引言

西北五省(区)系指陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆五省(区),总面积约 $310\text{万 km}^2$ ,占全国土地面积的32%,是我国主要干旱、半干旱内陆盆地、黄土高原和沙漠分布区。

区内蕴藏着丰富的自然资源,是21世纪西北经济发展的有利因素,但不利因素除了原有经济相对落后、交通不便外,西北地区处于干旱、半干旱区,降雨量小,蒸发量大,水资源贫乏,生态环境十分脆弱,这严重地制约着西北地区经济发展。本文试图根据西北五省(区)煤炭资源、水资源和生态环境特征,对西北东部黄土高原区开发煤炭资源、保护与合理利用水资源、保护生态环境等提出一些初步看法。

## 2 西北五省(区)煤炭资源与水资源分布特征

### 2.1 煤炭资源丰富 水资源贫乏

- a. 可以同时计算出含水层介质的有效孔隙率,减少野外试验项目;
- b. 不一定需要完整的 $c-t$ 曲线,因此可以适当缩短野外试验时间;
- c. 求参计算过程可以完全程序化,由计算机完成,从而可以消除人为因素对计算结果精度的影响。

据第三次全国煤田预测资料,西北五省(区)煤炭资源总量为 $26\ 734.3 \times 10^8\text{t}$ ,占全国的58%,是全国煤炭资源最丰富区。煤炭质量优良,鄂尔多斯盆地榆神府矿区为优质动力用煤,桌子山—贺兰山赋存部分炼焦用煤,新疆准噶尔、伊犁、哈密等大型含煤盆地侏罗纪含煤性好,以低变质烟煤为主,资源规模极大。但是这五省(区)水资源总量仅 $2\ 335.20 \times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ ,占全国水资源总量的8.3%;地下水天然资源 $1\ 160.58 \times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ ,占全国地下水天然资源总量13.3%,地下水可采资源量 $438.76 \times 10^8\text{m}^3/\text{a}$ ,占全国地下水可采资源总量14%,除山西省外,本区是全国水资源最贫乏区,这严重制约着该区煤炭工业的建设与发展。

### 2.2 西北地区的东部与西部煤炭资源与水资源存在显著差异

东部煤炭资源较丰富,水资源贫乏;西部煤炭资源丰富,水资源亦较丰富。

### 参考文献

- 1 王秉忱,杨天行等.地下水污染与地下水水质模拟方法.北京:北京师范大学出版社,1985
- 2 陈崇希,李国敏.地下水溶质运移理论及模型.武汉:中国地质大学出版社,1996
- 3 Bear J著.许绢铭,李俊亭等译.地下水水力学.北京:地质出版社,1986
- 4 卢崇飞,高惠璇等.环境数理统计应用及程序.北京:高等教育出版社,1988

(收稿日期 1999-12-21)

## THE INVERSE FUNCTION METHOD FOR ANALYZING THE DATA OF QUASI-STEADY RADIAL DISPERSION TEST

Guo Jianqing Li Yunfeng Wang Hongsheng (Xi'an College of Engineering Science)

**Abstract** Inver function transformation has been conducted on the approximation analytical solution describing the quasi-steady radial flow dispersion in this paper. Based on the transformed expression, the liner equations in the case of being of  $c-t$  and  $c-r$  data have been established. The dependent and independent variables in those equations are the functions of test data, and the linear constants include the parameters to be estimated. So if the test data are conversed suitably, the linear constants may be computed by the means of linear regression method or linear graphical method, and finally the longitudinal disperse coefficient and effect porosity of aquifer may be computed. The practical example shows that the results of the method presented here is of high accuracy.

**Keywords** radial dispersion test; inverse function method; hydrogeological parameters

西北五省(区)煤炭资源的自然分布,依据主要含煤地质时代的成煤大地构造单元,大致以东经 104°30' 为界,划分为东、西部两个赋煤区。西部为西北赋煤区,其范围包括新疆、青海北部与甘肃六盘山以西,该区煤炭资源量为  $19\ 900.60 \times 10^8$  t,占五省(区)的 74.40%。(主要分布在新疆,占西北五省(区)的 71.72%)东部为华北赋煤区,其范围包括陕西、宁夏与甘肃陇东与陇西高原部分,其煤炭资源量  $6\ 833.7 \times 10^8$  t,占西北五省(区)资源总量的 25.56%。(主要分布在陕西,占五省(区) 13.41%)

西北赋煤区与华北赋煤区分布在不同的大地构造背景下,其气候、水文、地形、地质构造、地层分布和岩性结构等均不相同,正是这些因素控制着地下水的形成和分布,故 104°30' 经线也是水文地质分区界线。东西两区的自然地理、地貌、地质与水文地质条件存在差异,其地下水资源形成条件不同,两区的水资源差异很大。

### 2.2.1 西区典型干旱内陆盆地地区

西区降水量一般小于 200 mm,柴达木盆地和塔里木盆地及其外围多小于 100 mm,盆地中部则小于 25 mm;年蒸发量高达 2 500~3 000 mm,但本区水资源相对较丰富,主要特征是:

a. 分布有巨大的第四系松散岩类储水层。区内地势高亢,起伏多变,分布有昆仑山、巴颜喀拉山、阿尔金山、祁连山、唐古拉山、天山等高山,它们的海拔多在 4 000~6 000 m,在这些山脉之间分布有大型封闭的内陆盆地(如准噶尔盆地、柴达木盆地、塔里木盆地等)。这些盆地为第四纪山前坳陷或新生代断陷盆地,第四纪以来继续下沉,盆地和山前倾斜平原区沉积了巨厚砂砾石含水层,形成了巨大的地下水储水系统。

b. 存在巨大的储水层地下水补给水源。区内降水量受地形控制,具有明显的垂直分带性。降水量由盆地中心向四周逐步增加,盆地四周高山区可达 400~600 mm,个别地区可达 600~800 mm,并终年积雪形成山岳冰川区。融雪期间,这些融化水会形成地表径流并汇流成河,在河流出口处,流经山前平原顶部洪积扇时,80%~85%的地表径流下渗补给砂砾层地下水。

c. 区内分布常年有水的内陆河流。这些河流发源于降水充沛的高山区,主要由融冰雪水、降水或地下水补给,据不完全统计,年径流量大于  $10 \times 10^8$   $m^3/a$  的内陆河流有 17 条,  $1 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8$   $m^3/a$ ,的有 90 条。(表 1)

西部水资源约  $1\ 617.64 \times 10^8$   $m^3/a$ ,占全区水

表 1 年平均径流量大于  $10 \times 10^8$   $m^3/a$  的内陆河

流域	河名	测站名	年均径流量/ $10^8 m^3$
伊犁河	哈什河	乌拉斯台	32.20
		托海	43.37
	巩乃斯河	则克台	22.68
	特克斯河	卡甫共海	80.00
准噶尔盆地	乌伦古河	二台	11.78
	玛纳斯河	红山咀	12.60
塔里木盆地	五龙喀什河	同克孜勒克	23.10
	喀拉喀什河	乌鲁互提	22.00
	叶尔羌河	卡群	64.50
	盖孜河	克勒克	11.37
	克孜勒河	卡拉贝利	19.57
	托什罕河	沙里兰克	26.10
	库马拉河	协合拉	44.90
	里马力克河	千佛洞	28.90
	渭干河	大山国	23.80
	开都河	邦尔基	34.56
柴达木盆地	那仁郭勒河	那林郭勒	10.29
河西内陆	黑河	莺落峡	12.85

资源量 69.27%;地下水天然资源量  $967.42 \times 10^8$   $m^3/a$ ,占全区 83.36%,其中山前平原区  $511.82 \times 10^8$   $m^3/a$ ,占 52.90%。

### 2.2.2 东部干旱黄土高原区

本区主要由高原、山地及平原组成。高原包括陕北、陇东与陇西高原,鄂尔多斯高原灵盐台地,山地包括六盘山—宁中山地、贺兰山—桌子山山地,平原包括关中平原、银川平原。

高原绝大部分为黄土所覆盖,经水流冲刷形成了塬、梁、峁等黄土地貌景观。黄土下覆下白垩统志丹群碎屑岩类裂隙孔隙含水层,这些岩层组成黄土基岩丘陵、山地丘陵区。

区内降水量由北向南增加,多年平均降水量一般在 200~600 mm。

本区水系多属黄河流域的外流河。黄河流经银川平原,河套平原,自托克托南流至风陵渡折回东流,此段黄河较大的支流由北至南有黄甫川、窟野河、秃尾河、无定河、清涧河、延河等,渭河为其二级水系,较大的三级水系有乌兰木伦河、悖牛川、榆溪河、泾河、洛河等。

区内主要有 4 种地下水类型:

#### 2.2.2.1 松散岩类孔隙水

分布于鄂尔多斯高原四周的断陷盆地,包括西侧银川平原、卫宁平原,南侧关中平原及山间河谷阶地。含水层主要为第四纪砂砾卵石层,厚度在银川平原和关中平原可超过 1 000 m,银川平原最厚可达 1 700 m,卫宁平原第四系最厚不超过 200 m。地下水淡水开采深度一般不超过 200~300 m,单井出水量一般 500~1 000  $m^3/d$ 。关中平原地下水主要接受

大气降水补给;银川平原和卫宁平原地下水主要接受农田灌溉和灌渠渗漏补给,补给量达 89%。

### 2.2.2.2 碳酸盐岩岩溶水

隐伏的寒武、奥陶系灰岩岩溶裂隙水分布于鄂尔多斯盆地西缘与南缘。西缘:北起桌子山、贺兰山—青铜峡固原断层与青龙山—平凉断层之间(官厅—平凉—华亭矿区—陇县),富水性中等,单井出水量一般  $100\sim200 \text{ m}^3/\text{d}$ ,水质较差,矿化度  $2\sim4 \text{ g/L}$ ,局部地段如彭阳县—平凉一带,灰岩埋藏浅,岩溶裂隙发育,富水性较强,水质好,矿化度  $<1 \text{ g/L}$ ,单井出水量  $>200 \text{ m}^3/\text{d}$ 。南缘:西起凤翔—乾县—淳化—耀县—韩城—黄河谷地,富水性强,水质好,矿化度  $<1 \text{ g/L}$ ,单井出水量可达  $4000\sim7000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。地下水主要接受大气降水面状渗入补给,其次是河流、水库点线状补给。

### 2.2.2.3 基岩裂隙水

分布于鄂尔多斯盆地陕北、陇东与陇西黄土高原,鄂尔多斯高原灵盐台地。主要以陕甘宁区下白垩统志丹群含水岩组孔隙裂隙水为主。该含水岩组自上而下可分为 3 个含水岩组,6 个含水岩段。(表 2)

在灵盐台地这 6 个含水岩段均有分布。陇东高原分布有第六、第五、第四和第三含水岩段,在西峰—镇原一带施工了 5 个钻孔,单井出水量  $1166\sim3895 \text{ m}^3/\text{d}$ ,水质较差。陕北黄土高原分布有第四、第三、第二、第一含水岩段,在黄陵矿区第三含水岩段(洛河砂岩含水层)进行供水,其单孔涌水量均在  $1000 \text{ m}^3/\text{d}$  以上,获得 B 级允许开采量  $28000 \text{ m}^3/\text{d}$ ,目前已建立水源地,供水能力合计达  $3\times10^8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。地下水主要接受大气降水的渗入补给,上游承压水侧向补给和地表水、潜水的越流补给。

### 2.2.2.4 黄土地下水

分布在黄土高原和黄土台塬,一般富水性弱。在黄土塬区塬面平坦、宽阔,沟谷切割较弱,有利于大气降水渗入和地下水的富集。地下水主要补给来源是大气降水渗入,台塬区尚有部分地表水入渗补给,山区侧向径流和越流顶托补给。

东部水资源量  $717.56\times10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占西北全区水资源量 30.73%;地下水天然资源量  $193.14\times10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占全区地下水水资源量 16.64%。

## 3 西北五省(区)煤炭资源开发与水资源和生态环境关系

西北区西部典型干旱内陆盆地的新疆自治区水资源丰富,其水资源量  $959.68\times10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占全区 41%;地下水天然资源量  $571.62\times10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占全区

表 2 志丹群含水岩组表

第三含水岩组	第六含水岩段(泾川组 $k_1 zh^6$ )
	第五含水岩段(罗汉洞组 $k_1 zh^5$ )
第二含水岩组	第四含水岩段(环河组 $k_1 zh^4$ )
	第三含水岩段(华池组 $k_1 zh^3$ )
第一含水岩组	第二含水岩段(洛河组 $k_1 zh^2$ )
	第一含水岩段(宜君组 $k_1 zh^1$ )

49%,该区煤炭资源也最丰富。但远离煤炭市场,又受交通条件制约。是 21 世纪煤炭资源后备区。

东部黄土高原区的鄂尔多斯盆地,是我国迄今探明的最大煤盆地。尤其是侏罗系动力煤,煤质优良,储量丰富,地质构造及水文地质条件简单,煤层埋深浅且较稳定。区内分布有神北、榆神、黄陵、焦坪、彬长、灵武、华亭、靖远等矿区,为新建、在建和规划拟建矿区,是 21 世纪西北地区煤炭工业建设的主要基地。但这些矿区水资源贫乏,地下水天然资源量为  $35.74\times10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占西北五省(区)地下水天然资源总量的 3%,占东部区的 18.5%。矿区水资源勘探滞后,大部分矿区没有进行过系统的供水水源勘探与统一的水资源规划,现有水源一般是在边建设、边生产过程中逐渐建成,迄今为止区内各矿区经水源勘探提交 B+C+D 各级允许开采量仅  $0.94\times10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占矿区分布区内地下水天然资源量 2.6%,这加剧了矿区水源供需矛盾。同时黄土高原是我国水土流失最严重地区,其北部又处于毛乌素沙漠东缘,生态地质环境条件脆弱,使本区煤炭资源开发面临较大的环境压力。区内环境问题众多,其中主要是土地沙漠化、水土流失和水环境问题,由于各煤矿区所处位置不同,受自然条件、地质和水文地质因素控制,本区存在的主要环境地质问题具有如下差异。

### 3.1 神北、榆神矿区的保水采煤与沙漠化问题

该区处于毛乌素沙漠前缘草滩与陕北黄土高原的接壤地区,整个矿区以中度、轻度沙漠化土地为主,次为强度沙漠化土地,潜在沙漠化土地最少。(表 3)矿区及其西部大面积分布有第四系上更新统萨拉乌苏组含水层,水资源比较丰富,水质优良,是矿区主要供水水源。但该含水层覆盖在含煤地层上部,开采煤层将导致地下水位下降,这部分水资源遭到破坏,并加剧矿区土地沙漠化与水土流失,故矿区开发存在着保水采煤问题。

### 3.2 陕北黄土高原的水土流失问题

该区的侵蚀模数高达  $5000\sim10000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。区内的黄河支流均是产沙的主要河流,黄甫川、窟野河、无定河、清涧河、延河、泾河支流马莲河、渭河支流葫芦河及北洛河等,均流经矿区。区内煤矿区都存在不同程度的水土流失问题。(表 3)各矿区煤

表 3 主要煤矿区土地沙漠化和水土流失现状

矿区 名称	开发现状	地形地貌	地层岩性	土地沙漠化/%					水土流失	
				强度	中度	轻度	潜在	评价	侵蚀模数/t·(km <sup>2</sup> ·a) <sup>-1</sup>	流失程度
神府	已开发	盖沙黄土丘陵地貌, 地形破碎, 沟壑密集, 岩土体结构疏松	第四系风积沙、第三系红土, 侏罗系含煤砂岩	8.08	34.04	35.04	22.49	轻—中度	5 000~10 000, 部分地带>10 000	强—极强
榆神	未开发	矿区西部为风沙滩地, 地形平坦, 矿区东部地形破碎, 沟壑密集, 为盖沙黄土梁峁地貌	第四系风积沙黄土、侏罗系含煤砂岩	29.9	26.68	22.42	21.1	中—强度	西部<1 000, 东部2 500~5 000	微度—中等
华亭	小规模开发	地处陇东黄土高原西部。为土石质丘陵地貌, 冲沟发育, 地势西北高, 东南低	主要为黄土, 另有第三系、白垩系零星分布				位于非沙漠化区		1 000~2 500	轻度
彬长	未开发	地处陇东黄土高原南缘, 黄土塬梁破碎, 沟壑纵横	主要为黄土, 沟中有第三系和白垩系出露				位于非沙漠化区		5 000~10 000	强度
黄陵	小规模开发	地处陕北黄土高原子午岭山地丘陵区。地势西高东低	主要为黄土和白垩系				位于非沙漠化区		>1 000	微度
焦坪	已开发	地处陕北黄土高原子午岭地区	主要为第三系和白垩系				位于非沙漠化区		<1 000	微度

系上部白垩系下统洛河组砂岩裂隙孔隙含水层个别地段水量较丰富, 可建立小型水源地, 但无法满足本区煤炭工业发展的需要。区内地表水系较发育, 有较多流经矿区及其边缘的三、四级以上水系, 多为季节性河流, 开发程度低, 曾采用遥感技术评价地表水过境流量的原理与方法, 结合其含沙量值与地表水利用率, 估算了区内各矿区可利用的过境地表水径流量为  $19 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

#### 4 东部黄土高原区煤炭资源开发的建议

**4.1** 开展各矿区供水水文地质调查、水资源量及保证程度分析, 进行区内水资源规划, 在此基础上加快矿区供水水源勘探。

**4.2** 解决矿区水源问题必须充分利用流经矿区及其边缘三级以上水系的过境地表径流量, 实行地表水、地下水联合调度, 缓解矿区水源供需矛盾。

**4.3** 各矿区煤炭资源开发应根据相应的地质、水文

地质条件, 采取不同的保水采煤措施, 防止因煤层开发而造成矿区范围地下水位大幅度下降, 降落漏斗大面积的扩展。

**4.4** 在认真分析各矿区所处生态地质环境背景及存在的主要环境地质问题基础上, 研究矿区采煤引起的矿区及其周围生态环境变化, 其发展趋势和需采取的相应防治方法; 正确处理开发煤炭资源、保护水资源、保护生态环境三者的关系。

**4.5** 充分认识区内煤炭资源合理开发的重要性, 应将煤炭开发规划纳入本区水资源保护和生态环境保护的宏观调控规划, 开发要统筹进行。

#### 参考文献

- 籍传茂, 王兆馨. 地下水资源与可持续利用. 北京: 地质出版社, 1997
- 中国煤田地质总局. 中国煤炭资源预测与评价. 北京: 科学出版社, 1999

(收稿日期 2000-07-05)

## STATUE OF COAL, WATER RESOURCES AND ECOLOGIC ENVIRONMENT IN FIVE PROVINCES, NORTHWESTERN CHINA

Ye Guijun (Geological Branch, Technical Committee of Coal Industry)

**Abstract** The distribution features of coal and water resources in northwestern five provinces are analyzed. In the east part every coal mining areas, located in loess plateau, are confronted with poor water resources and weak ecologic environment. In accordance with coal resource development, water resource utilization and environment protection in these areas, some proposes are provided.

**Keywords** coal resources; undergroundwater resources; ecological environment; northwestern five provinces