

# 北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层沉积模式研究

王明明<sup>1</sup> 张发德<sup>2</sup> 鲁 静<sup>1</sup> 陈 飞<sup>1</sup> 祝铠甲<sup>2</sup> 邵龙义<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院, 北京 100083; 2. 青海煤炭地质物探测量队, 青海 西宁 810007)

**摘 要:** 为揭示北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层沉积模式及聚煤规律, 采用野外露头观察、钻孔岩心描述、测井分析及综合作图等方法对其进行研究, 识别出太原组砂砾岩段发育河流相、羊虎沟组和太原组含煤段发育潟湖相、潮坪相、碳酸盐台地及沼泽相; 沉积环境经历了陆源碎屑体系发育、泥炭沼泽体系发育、碳酸盐体系发育、陆源碎屑体系复活4个阶段。研究表明: 成煤期主要发育潟湖—潮坪沉积模式, 厚煤层主要形成于潟湖泥炭沼泽环境, 在潮坪成煤环境煤层较薄或不发育; 太原组含煤段发育M5、M6和M3、M4两套主采煤组, 聚煤中心分布在东部的日旭—青羊沟—阿力克一带和西部的五林沟—野马泉滩一带。

**关键词:** 北祁连西段; 石炭—二叠纪; 含煤地层; 沉积模式

中图分类号: TD167

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2014)10-0101-05

## Study on Depositional Model of Permo - Carboniferous Coal - bearing Strata in West Section of Northern Qilian Mountains

WANG Ming-ming<sup>1</sup> ZHANG Fa-de<sup>2</sup> LU Jing<sup>1</sup> CHEN Fei<sup>1</sup> ZHU Kai-jia<sup>2</sup> SHAO Long-yi<sup>1</sup>

(1. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Geophysical Prospecting and Surveying Team, Qinghai Bureau of Coal Geological Exploration, Xining 810007, China)

**Abstract:** In order to reveal the depositional mode and coal accumulation law of Permo - Carboniferous coal - bearing strata in western part of the Northern Qilian Mountains, based on outcrop section, borehole cores, logging analysis and comprehensive mapping method, fluvial facies was recognized in the sandy conglomerate member of the Taiyuan Formation, and four types of facies including lagoon facies, tidal flat facies, carbonate platform and swamp facies were recognized in the Yanghugou Formation and the coal - bearing member of the Taiyuan Formation. The sedimentary environments had experienced four stages, including terrigenous clastic system, peat swamp system, carbonate system and revival of terrigenous clastic system. The results showed that the lagoon - tidal flat coal - forming mode was proposed for the coal accumulation in the study area. The thick coal seam was mainly formed in the lagoon peat swamp, while the coal seam formed in the tidal flat coal - forming environment was thinner. The coal - accumulation center of the primary mineable coal groups of M5, M6 and M3, M4 which were formed in the coal - bearing member of Taiyuan Formation were mainly distributed in the area of the eastern Rixu - Qing Yang Gou - ALike belt and the western Wulingou - Yemaquantan belt.

**Key words:** west section of Northern Qilian Mountains; Permo - Carboniferous; coal - bearing strata; depositional model

## 0 引 言

北祁连西段位于青海省东北部祁连赋煤带, 北侧紧邻甘肃省河西走廊, 为青海省重要的石炭—二叠纪含煤区, 且分布面积较广。研究区煤田地质工作起步较早, 但由于地处高寒山区、交通不便且地质

构造复杂, 早期仅省内地勘单位和科研单位进行了一些踏勘、矿点检查、科学考察等工作, 并提交了部分地区的普查、详查报告; 相对于整个石炭—二叠纪含煤区而言, 煤炭勘查工作不系统且缺乏系统科学的专题性研究, 对未研究的地区则停留在野外露头观察阶段; 同时研究北祁连石炭—二叠纪含煤地层

收稿日期: 2014-03-19; 责任编辑: 杨正凯 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2014.10.024

基金项目: 国家科技重大专项资助项目(2011ZX05033-002); 国土资源大调查资助项目(1212011121043)

作者简介: 王明明(1987—), 男, 山西大同人, 硕士研究生。通信作者: 邵龙义, E-mail: shaol@cumt.edu.cn

引用格式: 王明明, 张发德, 鲁 静, 等. 北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层沉积模式研究[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(10): 101-105.

WANG Ming-ming, ZHANG Fa-de, LU Jing et al. Study on Depositional Model of Permo - Carboniferous Coal - bearing Strata in West Section of Northern Qilian Mountains[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(10): 101-105.

的相关文献较少,且大多将研究区作为西北地区、青海省或者祁连山地区的一部分概述说明,较其南侧的中祁连和柴北缘及北侧的河西走廊研究程度低。近几年,随着青海省煤炭地质局加大煤炭地质勘探力度,青海煤炭地质物探测量队正逐步开展对北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层系统的煤炭地质勘探工作,特别是新一轮的全国煤炭资源潜力评价<sup>[1]</sup>对研究区煤炭资源的科学预测。在前人研究的基础上,笔者通过野外露头观察、岩心编录及测井相综合研究,应用沉积学和层序地层学理论知识,由点到面分析北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层的沉积相及成煤模式,提出研究区沉积模式及聚煤规律,填补研究区石炭—二叠纪含煤地层沉积专题研究的空白,以期丰富祁连山褶皱带石炭—二叠纪含煤地层沉积的整体研究成果,对青海省北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层进一步勘探及有利靶区的选取提供科学依据,对青海省能源规划和煤炭资源的合理开发起到重要的指导作用。

## 1 工程概况

研究区西至苏里—尕斯库勒河以西,东至阿柔—俄博,行政区划跨天峻县、祁连县;地处青藏高原北部,属祁连山脉腹地,区内自南向北分布走向为NW—SE的疏勒南山、托莱南山、托莱山及走廊南山四座山脉和疏勒河流域、黑河流域两大水系。研究区大地构造位置总体位于北祁连褶皱带,其北部为走廊过渡带—阿拉善地块、东部为华北板块、南部为中祁连—陇西隆起带、西为阿尔金裂隙带;受区域构造深大断裂的影响,区域构造线主要为北西西(NWW)向;3条主要的深大断裂自南向北依次为中祁连北缘深断裂、北祁连中央深断裂(昌马—黑河断裂)及北祁连北缘深断裂<sup>[2-4]</sup>。

研究区含煤地层为晚石炭世羊虎沟组( $C_{2y}$ )和晚石炭世—早二叠世太原组( $C_{2t}$ — $P_{1t}$ ),共含10层煤,自上而下编号为M1—M10,其中太原组含煤段含M1—M8煤组,为主要含煤地层;主采煤层为分布于富含蜓科化石H2灰岩下的M5、M6煤组及分布于H2与含燧石条带或结核H1灰岩之间的M3、M4煤组,M5、M6煤组全区发育较稳定,为大部分可采,M3、M4煤组为局部可采。含煤地层特征自下而上分述如下:①羊虎沟组,岩性特征以灰色—深灰色泥岩、细砂岩、粉砂岩夹石灰岩和薄煤层互层为主,含动植物化石及黄铁矿、菱铁矿结核;与臭牛沟组地层

为平行不整合接触或与早古生代地层为角度不整合接触。②太原组分2段:上段为砂砾岩段,其底部的灰—灰白色、灰绿色石英粗砂岩为与含煤段分界标志层;下段为含煤段,以灰色—深灰色泥质岩、粉砂岩、石英砂岩、石灰岩和可采煤层为主,局部夹黄铁矿结核、菱铁矿层,灰岩中含蜓科、有孔虫、腕足、珊瑚和海百合等化石及燧石条带或结核,泥质岩及粉砂岩层中含植物化石,与下伏羊虎沟组为整合接触,其顶界为大黄沟组底部紫灰—紫红色、灰绿色等杂色碎屑岩,呈侵蚀平行不整合接触。

## 2 含煤地层沉积相

综合野外露头剖面观察、钻孔岩心描述及钻孔资料分析,识别出砂岩、粉砂岩、泥岩、碳酸盐岩、煤层5种岩相,16种岩相类型,2种煤岩组合类型<sup>[5-11]</sup>。

1) 河流相。沉积亚相以河道和河漫滩为主;岩相主要为砂岩相和粉砂岩相2种,其中河道岩性以灰—灰白色、灰绿色中—细粒岩屑长石砂岩为主,河漫滩则以灰—灰绿色泥质粉砂岩为主;河流相发育初期,由于河流改道频繁,导致河漫滩不发育,厚度较小,但整体表现为向上变细的正粒序(图1a)。

2) 潮坪相。沉积亚相主要包括潮间坪、潮下带及潮上带;岩相主要为砂岩相、粉砂岩相和泥质岩相3种,其中潮间坪的砂坪发育灰—灰白色羽状交错层理的中—细粒石英砂岩;混合坪发育浅灰—灰色潮汐层理的细粒石英砂岩及灰色粉砂岩;泥坪以灰色、深灰色水平层理泥岩为主;潮下带的潮道发育灰—灰白色双向交错层理的中—粗粒石英砂岩,底部发育冲刷面;潮上泥坪则以灰色、灰黑色块状无层理的泥岩为主,且具有暴露标志(图1b)。

3) 潟湖相。沉积亚相包括潟湖本体及淡化潟湖泥炭沼泽;岩相主要为粉砂岩相、泥质岩相及碳酸盐岩相3种,其中潟湖本体的粉砂岩相以深灰色—黑色薄层状水平层理的泥质粉砂岩为主,泥质岩相则为灰黑色—黑色水平层理的泥岩或页理发育的页岩,二者都含菱铁质结核、黄铁矿结核和植物化石;碳酸盐相则以灰色—深灰色的泥晶灰岩和灰黄色泥灰岩为主,常呈薄层状或透镜状夹于泥质岩之间(图1c)。

4) 碳酸盐台地。沉积亚相主要包括碳酸盐台地浅滩、开阔台地和碳酸盐台地潮下带;岩相主要为碳酸盐岩相,其中碳酸盐台地浅滩以灰色—深灰色,

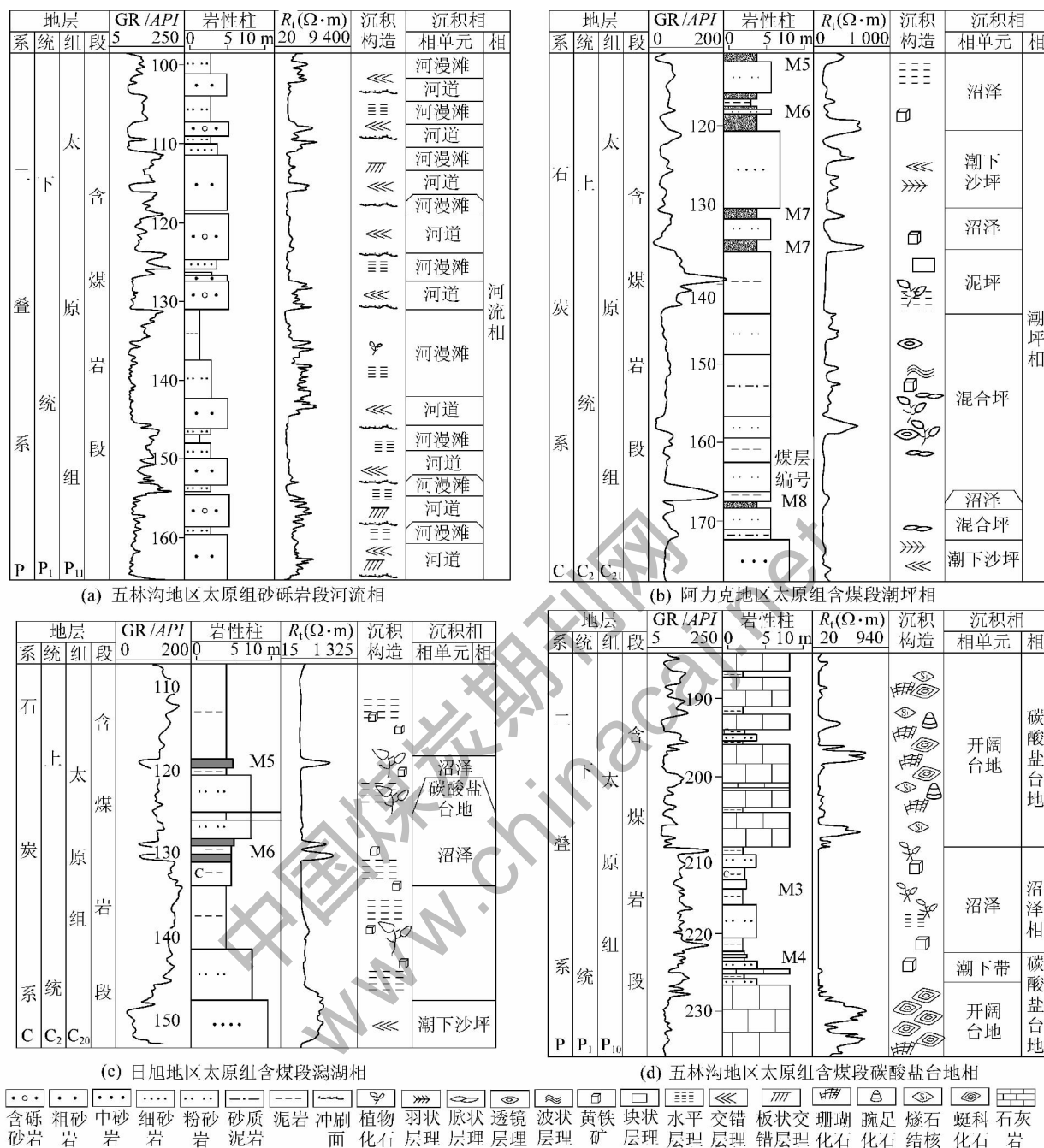


图 1 不同地区的沉积及沉积亚相

厚层状,含大量生物碎屑化石的生物碎屑灰岩为主;开阔台地以灰色-深灰色、厚层状,产腕足、蜓科、有孔虫、珊瑚等化石或含燧石条带或结核的泥晶灰岩为主;碳酸盐台地潮下带则以灰-灰黄色、泥状结构、呈薄层状或透镜状夹于石灰岩或黏土岩层之间的泥灰岩为主(图1d)。

5) 沼泽相。岩相包括泥质岩相和煤层 2 种,其中泥质岩相以灰黑色水平层理或块状的炭质泥岩或页理发育的页岩为主,多伴随煤层产出,含黄铁矿结核及植物化石;成煤模式主要为潟湖成煤和潮坪成

煤 2 种,在温暖潮湿的气候条件下,因河流的注入,沉积物的淤积,动植物繁盛,潟湖逐渐淡化淤浅发育泥炭沼泽,进而形成煤层,此类煤层分布面积广,厚度大且连续性好,同时在潮坪的潮上带也发育泥炭沼泽,所形成的煤层在沉积倾向上向潟湖方向煤厚增大,反之煤层变薄尖灭。

### 3 含煤地层沉积模式

### 3.1 沉积环境演化

应用层序地层学分析含煤地层沉积环境演化:

①早期,当基准面上升速率不大于碎屑物供给速率时,潟湖—潮坪沉积的陆源碎屑体系发育。随着基准面上升速率减慢达到远小于碎屑物供给速率时,海岸线向盆地方向迁移发生正常海退,沉积界面暴露,陆源碎屑沉积废弃;②中期,即成煤期,当基准面上升速率又一次增大,但基准面上升速率小于泥炭堆积速率,泥炭最先在覆水较深的潟湖环境沉积,即发育泥炭沼泽沉积,当基准面上升速率不大于泥炭堆积速率,泥炭沉积中心向潮坪方向迁移;③晚期,随着基准面上升速率的不断增大,当基准面上升速率大于泥炭堆积速率时,泥炭沼泽废弃,海岸线向陆地方向迁移发生海侵,进而发育碳酸盐台地沉积的碳酸盐体系;基准面上升后期其上升速率又减慢,达到基准面上升速率不大于碎屑物供给速率,即陆源碎屑体系复活;通过上述陆源碎屑体系发育、泥炭沼泽体系发育、碳酸盐体系发育、陆源碎屑体系复活 4 个阶段完成了含煤地层的沉积演化。

### 3.2 聚煤作用控制因素

志留纪末至早泥盆纪的祁连运动使祁连造山带褶皱回返,奠定了祁连山区古构造的构造格局,总体上呈一系列 NWW 向平行的断块山和断陷盆地相间排列,虽经历了泥盆纪的剥蚀填平作用,但仍保持了隆拗相间的基本轮廓,构成了石炭系沉积的基底,即祁连加里东褶皱带基底<sup>[12-14]</sup>;石炭纪沉积期,构造运动和岩浆侵入活动都比较微弱,为祁连山地区相对安定的时期,但同沉积断裂继承或改造了早古生代形成的深大裂隙带而继续活动,连同上述断块隆起和断陷盆地共同活动,直接控制着石炭纪含煤构造的沉积作用<sup>[15]</sup>。

成煤期研究区古地理位置位于祁连海,其北部为走廊过渡带—阿拉善古陆,南部为中祁连—陇西古陆;物源主要来自中祁连—陇西古陆,其次为阿拉善古陆,海侵主要包括东、西 2 个方向,即东部的秦岭海槽的海水向北通过静宁—天水侵入本区和西部的昆仑海水向北经由柴达木台地、南祁连侵入<sup>[16]</sup>。

石炭—二叠纪含煤地层沉积期,在基底古构造、地壳运动、海平面及沉积物供给共同控制下<sup>[17-19]</sup>,完成了陆源碎屑体系发育、泥炭沼泽体系发育、碳酸盐体系发育、陆源碎屑体系复活 4 个阶段的沉积演化;同时,在泥炭沼泽体系发育期控制了含煤地层聚煤作用,即煤层首先在靠近同沉积断层下降盘的断陷盆地内覆水较深的潟湖环境形成,该类煤层分布面积广且厚度大,之后聚煤中心向同沉积断层上升

盘的断块隆起及其过渡带发育的潮坪环境迁移;在基底古构造格局的控制下,煤层走向展布为 NWW 向,在沉积倾向上向潮坪方向煤厚变薄尖灭。

### 3.3 沉积模式

综合分析古构造特征、古地理位置、沉积相及沉积演化特征<sup>[20]</sup>,建立了北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层成煤期“潟湖—潮坪沉积模式”,即在同沉积断层上升盘的断块隆起及其过渡带发育潮坪相,而靠近同沉积断层下降盘的断陷盆地内发育潟湖相,并推测物源区附近发育三角洲及滨海平原沉积相;该沉积模式下厚煤层主要形成于潟湖泥炭沼泽环境,并向潮坪成煤环境发生变薄尖灭(图 2)。

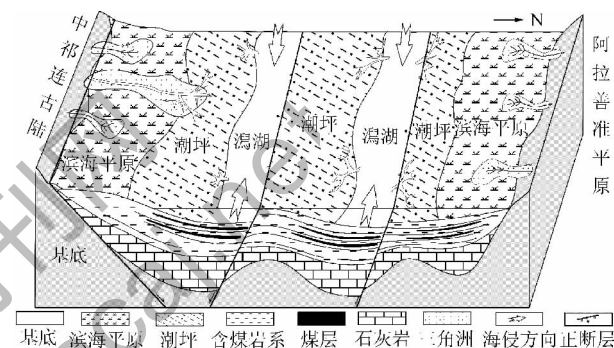


图 2 北祁连西段石炭—二叠纪含煤地层沉积模式

## 4 聚煤规律分析

通过分析不同地区主采煤层 M5、M6 和 M3、M4 两套煤组的成煤模式、煤厚及稳定性等内容,结果表明:总体上 M5、M6 煤组厚度较 M3、M4 煤组厚且分布稳定,为全区大部可采煤层;M5、M6 煤组主要成煤模式为潟湖泥炭沼泽和潮坪泥炭沼泽,且潟湖成煤性优于潮坪(图 3);平面分布整体而言,东、西煤层较中部厚且分布较稳定,聚煤中心共 2 个,即东部日旭—青羊沟—阿力克一带和西部的五林沟—野马泉滩一带,其中五林沟、野马泉滩、青羊沟以潟湖成煤为主;M3、M4 煤组成煤模式相同,但二者成煤性相差不大,主要形成于潟湖与潮坪的过渡带,平面分布整体而言,马房沟一带

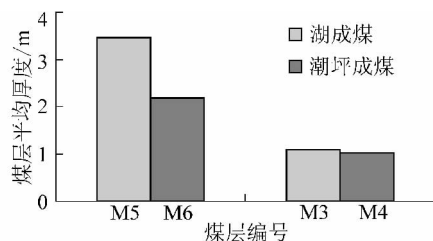


图 3 不同成煤模式下煤组平均厚度对比

较厚,但连续性较差,东、西部厚度适中且分布较稳定,聚煤中心东部为青羊沟-阿力克一带,西部仍为五林沟-野马泉滩一带。

## 5 结 论

1) 北祁连西段石炭-二叠纪成煤期主要发育“潟湖-潮坪沉积模式”,厚煤层主要形成于潟湖泥炭沼泽环境,在潮坪成煤环境煤层较薄或不发育。

2) 研究区太原组含煤段发育 M5、M6 和 M3、M4 两套主采煤组,聚煤中心分布在东部的日旭-青羊沟-阿力克一带和西部的五林沟-野马泉滩一带。

### 参考文献:

- [1] 邵龙义. 青海省煤炭资源潜力评价报告[R]. 西宁: 青海省煤炭地质局, 2010: 68-183.
- [2] 葛肖虹, 刘俊来. 北祁连造山带的形成与背景[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 223-229.
- [3] 徐亚军. 北祁连造山带晚加里东-早海西期造山过程的沉积响应[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2010.
- [4] 冯益民, 何世平. 祁连山及其邻区大地构造基本特征: 兼论早古生代海相火山岩的成因环境[J]. 西北地质科学, 1995, 16(1): 92-102.

(上接第 100 页)

在着直接的水力联系,验证了侏罗系砂砾岩裂隙水为矿井突水水源的判断。

## 4 结 语

由于水化学能反映地下水最本质的特征,利用水质资料判断突水水源具有快速、准确、经济的特点,当有 2 种或 2 种以上水源化学特征相似时,可利用地面钻孔开展水化学示踪试验进一步判断突水水源。前者指导后者选择目标含水层,后者验证前者的结论。利用水化学资料判定突水水源时仅用到几种主要离子浓度数据,但并不是只有这几种离子可以利用,当主要阴阳离子的浓度及其组合都比较接近而不易区分时,还可比较、利用矿化度、pH 值、硬度等其他化学参数,也能达到预期目的。

### 参考文献:

- [1] 李燕, 徐志敏, 刘勇. 矿井突水水源判别方法概述[J]. 煤炭技术, 2010, 29(11): 87-89.
- [2] 杨海军, 王广才. 煤矿突水水源判别与水量预测方法综述[J]. 煤田地质与勘探, 2012, 40(3): 48-54.
- [3] 高卫东, 何元东, 李新社. 水化学法在矿井突水水源判断中的

- [5] 郭宏莉, 朱如凯, 邵龙义, 等. 中国西北地区石炭纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2002, 4(1): 25-34.
- [6] 阎存凤, 袁剑英, 赵应成. 北祁连东部石炭纪岩相古地理[J]. 沉积学报, 2008, 26(2): 193-199.
- [7] 佟再三, 李汉业. 北祁连东段石炭纪岩相古地理基本特征[J]. 沉积学报, 1994, 12(1): 89-95.
- [8] 邵龙义. 青海省含煤地层沉积环境及聚煤规律研究[R]. 西宁: 青海省煤炭地质局, 2010: 1-160.
- [9] 朱迎堂, 田景春, 白胜海, 等. 青海省石炭纪-三叠纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2009, 11(4): 384-392.
- [10] 毛明陆, 刘驰洋, 赵重远. 河西走廊东部石炭系展布及找煤方向[J]. 煤田地质与勘探, 1994, 22(6): 1-4.
- [11] 佟再三. 北祁连东段石炭纪古地理与构造关系初探[J]. 甘肃地质学报, 1993, 2(2): 61-65.
- [12] 冯益民, 吴汉泉. 北祁连山及其邻区古生代以来的大地构造演化初探[J]. 西北地质科学, 1992, 13(2): 61-71.
- [13] 周良仁, 蔡厚维. 祁连山旋回及其地史意义[J]. 西北地质, 1988(2): 1-9.
- [14] 赵生贵. 祁连造山带特征及其构造演化[J]. 甘肃地质学报, 1996, 5(1): 16-28.
- [15] 晁吉祥, 何宝珍. 北祁连山及河西走廊区构造体系与石炭纪含煤建造的关系[J]. 煤田地质与勘探, 1979, 7(5): 33-41.
- [16] 朱如凯, 许怀先, 邓胜微, 等. 中国北方地区石炭纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2007, 9(1): 13-24.

应用[J]. 矿业安全与环保, 2001, 28(5): 44-45.

- [4] 潘国营, 王素娜, 孙小岩, 等. 同位素技术在判别矿井突水水源中的应用[J]. 矿业安全与环保, 2009, 36(1): 32-34.
- [5] 李玉宝. 水化学方法在煤矿防治水中的探讨[J]. 煤炭科学技术, 1989, 17(9): 44-45.
- [6] 王钦东, 褚振江. 矿井涌水来源综合分析及其防治对策[J]. 煤炭科学技术, 2005, 33(12): 70-73.
- [7] 张许良, 张子戎, 彭苏萍. 数量化理论在矿井突(涌)水水源判别中的应用[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(3): 251-254.
- [8] 顾士铃. 逐差加权法在水源判别中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2007, 17(23): 164-165.
- [9] 梁俊勋. 用灰色关联度分析法判别矿井突水水源[J]. 煤田地质与勘探, 1993, 21(6): 42-44.
- [10] 高卫东. 灰色局势决策方法在矿井突水水源判别中的应用[J]. 矿业安全与环保, 2007, 34(6): 47-49.
- [11] 卜昌森, 张希诚. 综合水文地质勘探在煤矿岩溶水害防治中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(3): 32-34.
- [12] 孙亚军, 杨国勇, 郑琳. 基于 GIS 的矿井突水水源判别系统研究[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(2): 34-37.
- [13] 杨永国, 黄福臣. 非线性方法在矿井突水水源判别中的应用研究[J]. 中国矿业大学学报, 2007, 36(3): 283-286.
- [14] 刘峰. 矿井水害水源的水文地球化学探测技术[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(4): 62-64.
- [15] 郑克勋. 地下水人工化学连通示踪理论及试验方法研究[D]. 南京: 河海大学, 2007: 5-15.