

# 青海省杂多—囊谦地区构造演化与聚煤作用分析

毛耀保

(中国煤炭地质总局 航测遥感局, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 结合近年来在青藏高原取得的区域地质调查成果, 利用卫星图像遥感解译, 对青海省杂多—囊谦地区进行了煤田地质遥感综合分析, 建立了区域构造格架, 分析了构造演化和成煤古地理环境, 探讨了构造对聚煤作用和赋煤状态的控制与影响。结果表明: 研究区煤层聚集和赋存与羌塘地体构造演化密切相关, 构造演化经历了 5 个阶段, 区域构造活动较强; 煤聚集场所分布于拗陷边缘地带, 局部形成富煤带; 煤系除遭受复杂的错断、变形外, 同时还遭受较强的剥蚀作用; 华力西运动对本区煤系改造影响最为强烈; 石炭纪聚煤中心地带位于解曲大型区域断裂带北岸, 共圈定了早石炭世含煤远景区 3 处, 晚石炭世含煤远景区 6 处。

**关键词:** 遥感解译; 构造演化; 聚煤作用; 赋煤规律; 远景区; 青海省

**中图分类号:** P627; P542; P618.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)03-0225-09

## Tectonic Evolvment and Coal Accumulation in Zaduo-Nangqian Area of Qinghai Province

MAO Yao-bao

(Aerial Photogrammetry and Remote Sensing Bureau, China National Administration of Coal Geology, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract** Combining geological investigation in Qinghai-Tibet Plateau, coal geology was analyzed by remote sensing interpretation in Zaduo-Nangqian Area of Qinghai Province, regional tectonic structure was built, tectonic evolvement and coal-forming paleo-geographical environment were analyzed, the control and influence of tectonics on coal accumulation and occurrence were discussed. The results showed that coal accumulation and occurrence were related to tectonic evolvement of Qiangtang Block, tectonic evolvement experienced 5 phases, regional tectonic activity was strong; coal was accumulated in the edge of depression and partly enriched; coal series were under strong erosion, complicated fracture and distortion; the influence of Hualixi movement on the alteration of coal series was greatest; the center of coal accumulation in Carboniferous located in the northern of Xiequ regional fault zone, three and six coal bearing prospective areas were selected in Early and Late Carboniferous Epoches, respectively.

**Key words:** remote sensing interpretation; tectonic evolvement; coal accumulation; coal occurrence; prospective area; Qinghai Province

## 0 引言

青海省南部杂多—囊谦地区地处青藏高原东北部, 自然地理环境独特。由于自然条件恶劣, 交通困难, 经济发展缓慢, 煤炭资源地质调查、勘探和开发程度很低, 基本生活用煤和动力用煤十分缺

乏, 当地农牧民以灌木、草甸根植土、牛粪等为主要燃料, 对业已十分脆弱的江河源生态环境造成直接影响及潜在威胁。开展煤炭资源调查评价, 寻找出一定数量的煤炭资源, 将对促进该区社会经济发展、保护“三江源”生态环境等具有重要意义。1990—1996 年, 青海省政府曾安排地方地质调查项

收稿日期: 2010-01-14

基金项目: 中国地质调查局项目(200010100104)

作者简介: 毛耀保(1965—), 男, 山西平遥人, 高级工程师, 从事遥感地质、煤田地质、环境地质研究。E-mail: yaobaomao@hotmail.com

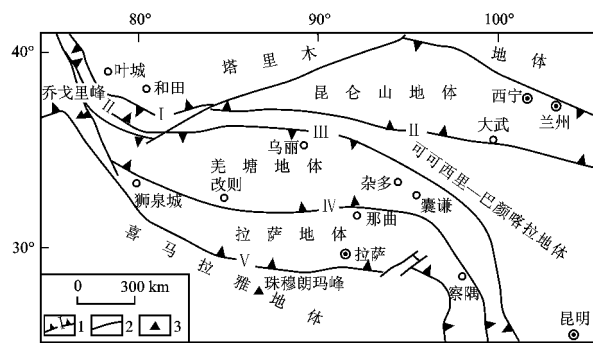
© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

目,在该地区开展了一定找煤工作<sup>[1]</sup>,但系统性的煤田地质调查未曾开展。近 10 年来,国家和地方在整个青藏高原投入了大量经费进行地质调查和综合研究,实现了 1 : 250 000 比例尺全覆盖<sup>[2-5]</sup>。以往利用遥感技术曾在边远地区找煤中发挥了常规手段不可替代的作用,如在推覆构造解译<sup>[6]</sup>、含煤盆地解译方面<sup>[7]</sup>和煤田预测、普查找煤、煤田地质填图等方面<sup>[8]</sup>显示了独特的优势。笔者参加了 2001 年中国地质调查局国土资源大调查青海省南部地区煤炭资源调查项目,在总结 1 : 100 000 煤炭资源遥感调查成果基础上,结合近年来地质调查新成果,对该地区进行了煤田地质遥感综合分析,对聚煤盆地聚煤规律及后期改造作用进行了系统阐述,并圈定了含煤远景区,为今后钻探验证和进一步开展煤田地质工作提供了“靶区”。

## 1 区域大地构造背景

根据地体构造理论,青藏高原是由 6 个地体相继增生到亚洲大陆上的一个组合体,这些地体之间的边界被 5 条缝合带所限定<sup>[9]</sup>。地体的拼合从南向北依次完成,昆仑山地体与塔里木地体在奥陶纪拼接,缝合带为西昆仑—阿尔金—北祁连大断裂;可可西里—巴颜喀拉地体与其北的昆仑山地体及其南的羌塘地体于二叠纪末碰撞拼接,缝合带分别为昆仑山南缘大断裂和金沙江大断裂;拉萨地体与羌塘地体在侏罗纪末拼接,缝合带为班公湖—怒江大断裂;喜马拉雅地体与拉萨地体在第三纪末拼接,缝合带为雅鲁藏布江大断裂。以上各时期地体运动特征决定了本区构造单元及区域大断裂的逆断层性质和北西西向展布格局<sup>[10-11]</sup>(图 1)。根据 1 : 250 000 地质填图成果,木孜塔格—玛沁缝合带和金沙江缝合带均是华力西缝合带,不存在从古生代一直延续到三叠纪的大洋盆地,即不存在所谓古特提斯或永久特提斯;以雅鲁藏布江为主洋盆带的特提斯洋,是一个中生代海洋,从二叠纪晚期开始,至第三纪初期结束发展,经历了印支、燕山、喜马拉雅 3 个脉动式板块汇聚造山过程。羌塘地体构造上分为南羌塘拗陷、中央隆起和北羌塘拗陷 3 个一级构造单元。隆起和拗陷内部又被次一级凸起和凹陷复杂化,具有断凸断凹特征<sup>[2-3]</sup>。

杂多—囊谦地区处于羌塘地体羌北拗陷东北部。伴随金沙江缝合带的成生发展,构造演化经历了被动陆缘克拉通盆地、裂陷海盆地、陆缘海盆地



1—地体缝合线及编号; 2—断裂; 3—山峰; I—西昆仑—阿尔金—北祁连缝合带; II—昆仑山南缘缝合带; III—金沙江缝合带; IV—班公湖—怒江缝合带; V—雅鲁藏布江缝合带; 据文献[10]

图 1 青藏高原地体构造区划

Fig. 1 Tectonic Section of Qinghai-Tibet Plateau Block  
发育、弧后前陆盆地发育和挤压—抬升构造发育等 5 个阶段<sup>[3,5]</sup>。

## 2 遥感解译方法

遥感调查中以 TM 图像为信息源,选择最佳波段组合(TM7、TM4、TM3)进行假彩色合成,经过几何精校正、图像镶嵌,制作成遥感解译基础影像图。煤田遥感地质解译的方法是依据煤田地质理论结合地貌、色调、影纹差异在分析、推理与判断的基础上对含煤地层和控煤构造进行解译。解译过程中遵循先从地质研究程度高、地质资料丰富的地区开始,再延及地质研究程度低、地质资料较少的地区;从区域性宏观解译逐渐向局部性微观问题过渡;从直观信息提取逐渐向隐晦信息提取过渡;循序渐进、反复解译的原则<sup>[12-13]</sup>。针对解译过程中遇到的疑点、难点,通过数字图像处理进一步突出煤系和构造信息后予以判别。

## 3 煤田地质概况

### 3.1 含煤地层

杂多—囊谦地区属于华南地层大区羌北—昌都—思茅地层区唐古拉—昌都地层分区<sup>[3]</sup>。区内出露地层由老至新有石炭系、二叠系下中统、三叠系上统、侏罗系中统、白垩系下统、第三系和第四系。地层总体走向与区域构造线方向基本一致,呈北西、北西西向展布,构造复杂,褶皱发育,岩性、岩相变化较大。区内含煤地层为上石炭统含煤碎屑岩组( $C_1z^3$ )和下石炭统杂多群含煤碎屑岩组( $C_1zd^3$ ),属于海陆交互相含煤碎屑岩沉积建造。杂多群最早由青海省第二区队创名<sup>[14]</sup>,自下而上

分为下部碎屑岩组、下部碳酸盐岩组和上部碎屑岩组、上部碳酸盐岩组。牛志军等<sup>[4]</sup>在杂多群下部新发现一套碳酸盐岩, 认为具有三分性, 从而划分出 3 个非正式组级单位——下碳酸盐岩组、碎屑岩组和上碳酸盐岩组, 同时把碎屑岩组分为三段, 并认为煤层位于碎屑岩组一段, 但并未正式命名, 因而仍采用原有地层代号。在 TM 图像上, 该组煤系分布区地势相对低缓, 风化严重, 色彩呈褐、浅棕、暗红色, 冲沟细短而稀疏, 解译程度较好。煤层层数多, 厚度变化大(图 2)。

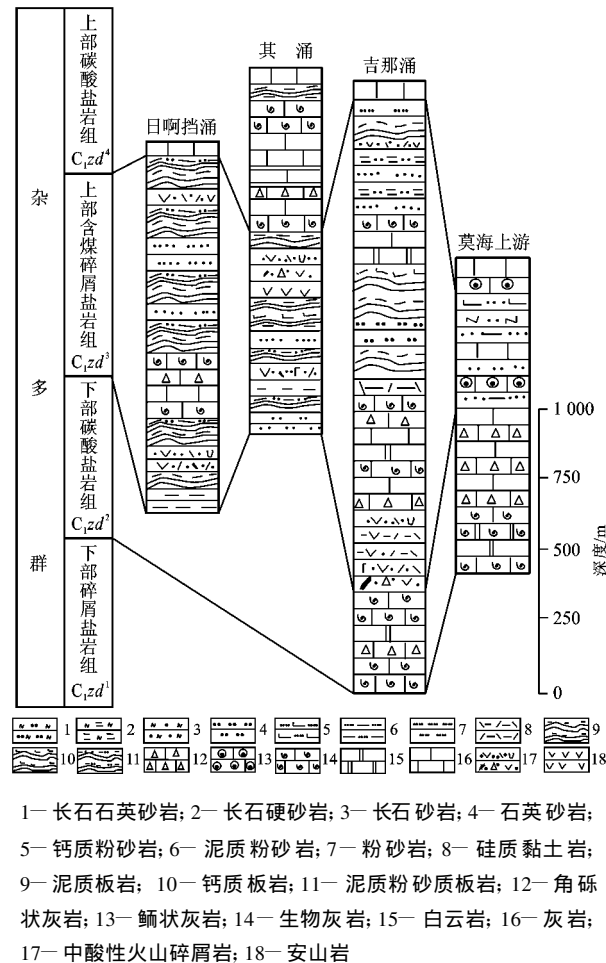


图 2 杂多—囊谦地区下石炭统地层柱状对比

Fig. 2 Contrast of Lower Carboniferous Strata Columniation in Zaduo-Nangqian Area

### 3.2 控煤构造

本区内断层褶皱十分发育, 构造非常复杂。其变形在平面上具有明显的方向性、多期性、分带性和等距性; 在剖面上具有差异性、不协调性。

#### 3.2.1 断裂构造

杂多—囊谦地区位于两条北西西向贯穿整个青海南部的特大型区域断裂带, 即子曲断裂带和解

曲断裂带之间, 属于乌丽—囊谦华力西褶皱带二级构造单元范围。区内断裂主要为逆断层和平移断层, 按照延伸方向分为北西西向、北西向、南北向、北东向及 X 型 4 组断裂, 具有明显的分带性和等距性。按照断裂规模及其对煤系的聚集和后期改造的影响程度, 可将区内断裂划分为 3 个级别断裂。断裂在遥感影像上线性形迹解译标志非常明显, 在地貌、岩性、色彩、纹理等方面差异显著。

(1)一级断裂 8 条, 其特点是活动强烈、规模巨大、贯穿全区, 对构造格局及煤系宏观展布具有重要控制作用, 主要包括北西向及北西西向区域大断裂, 多数形成于华力西晚期, 结束于印支—燕山期或喜马拉雅期, 具有多期性和复杂性的特点。这 8 条断裂包括冷切达—加纳刊多断裂、稿富拉才断裂、右那龙—杂给穷肖大断裂、切毛卡—叶欠弄断裂、洛索贡俄赛—赛群断层、结多—牟玛若日吾断裂、优日阿仁麻—再涌断裂和波仔公欧—帮昂拉断裂。这些断裂基本上属压性断裂, 表现为逆断层性质, 且多数以高角度逆断层出现, 在断裂带附近往往形成较宽的挤压破碎带, 断层经过处多为负地形, 两侧地貌地势差异显著。

(2)二级断裂 18 条, 多形成于华力西期, 延伸方向与一级断裂一致, 呈北西西或北西向延伸, 是长度较小的逆断裂, 也有形成于燕山期、喜山期南北向及北东向压扭性断裂。该级断裂位于一级断裂之间, 呈分支或与之交切, 对全区影响较小, 仅对局部地层出露有一定的控制作用, 造成含煤地层重复、缺失。

(3)三级断裂 24 条, 除延伸长度 3 km 左右的北西、北西西向断裂外, 还有南北向断裂及北东向及 X 型断裂, 属燕山晚期—喜马拉雅期构造运动的产物, 呈压扭性质。它可以对含煤地层进行进一步的改造, 但影响较一、二级断裂要小得多。

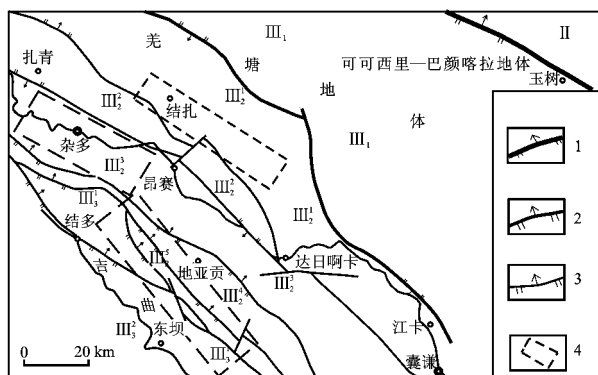
#### 3.2.2 褶皱构造

本区内褶皱构造十分发育, 形成时期不尽相同, 其规模、形态、紧密程度、复杂程度及完整性差别很大, 但总体延伸方向受断裂构造控制, 呈北西西向、北西向展布, 断裂活动同时破坏了褶皱形态的连续性和完整性。其复背斜和复向斜发育, 均为纵弯褶皱, 多数为近直立水平开阔短轴褶皱。由于不同期次、不同方向褶皱叠加, 褶皱轴发生弯曲, 呈短轴穹窿状褶皱。区内褶皱平面上展布具分带性, 褶皱展布和组合形态对含煤地层的展布、赋存和煤层的富集性有重要控制作用。煤层赋存受后期构

造运动影响,形态更趋复杂,往往保留不完整。

### 3.3 构造单元划分

杂多—囊谦地区位于羌塘地体北部乌丽—囊谦华力西褶皱带二级构造单元范围,通过具体分析本区沉积建造、主干断裂及构造变形特征,着重考虑煤系沉积及后期改造构造背景,将本区及其外围遥感影像范围所包含区域,又划分出 5 个三级构造单元:结扎—果茸涌断隆、错米日—查牙赛断陷、杂多—尼仁突加—拉涌断隆、着晓断陷、曲那亮赛—牟玛若儿吾断隆。断隆区煤系出露良好,易于勘探开采,但由于切割剥蚀强烈,煤层连续性差;断陷(拗)区中新世盖层之下仍有煤系存在且保存较好,但埋藏较深,开采难度大(图 3)。



1—一级单元界限; 2—二级单元界限; 3—三级单元界限; 4—研究区范围; II—可可西里—巴颜喀拉地体; III<sub>1</sub>—索莫不久—石曲印支褶皱带; III<sub>2</sub>—结扎—果茸涌断隆; III<sub>3</sub>—错米日—查牙赛断陷; III<sub>4</sub>—杂多—尼仁突加—拉涌断隆; III<sub>5</sub>—着晓断陷; III<sub>6</sub>—曲那亮赛—牟玛若儿吾断隆; III<sub>7</sub>—那青多普—巴浪嘎断隆; III<sub>8</sub>—东坝断拗

图 3 杂多—囊谦地区构造单元区划

Fig. 3 Tectonic Unit Partition Sketch of Zaduo-Nangqian Area

## 4 聚煤作用分析

煤的聚集规律受古气候、古植物、古地理和古构造等多种因素的控制,这些因素既相互独立,又相互制约,构成一个复杂的聚煤作用系统<sup>[5]</sup>。其中区域构造格局对聚煤作用、煤形成后的改造作用以及赋煤状态都起着重要的主导作用<sup>[16-17]</sup>。

### 4.1 基底构造及古地理背景

羌塘地区沉积环境和古地理格局明显受金沙江缝合带成生发展的影响。泥盆纪—早二叠纪为隆起—开裂阶段。泥盆纪时羌塘地区由于地幔上涌发生隆起,地壳开始处于拉张环境,海水侵入,形成陆表海。石炭纪拉张活动加强,海域扩大,沉积

了一套稳定性的浅水陆棚碳酸盐岩和碎屑岩建造。石炭纪晚期—早中二叠世拉张活动进入高潮,形成东西向具洋壳性质的裂谷,金沙江洋达到鼎盛,沉积了一套陆源细碎屑岩—碳酸盐岩建造、硅质岩建造和基性火山岩建造。其北侧邻近裂陷地带沉降较深,形成浅海—深海相沉积,南侧则邻近大陆边缘大陆架和大陆基,聚煤前古地理环境除局部地段为孤立的古陆隆起外,总体表现为台原地貌特征,显示为稳定陆块克拉通基底上发育而成的被动陆缘。

石炭纪含煤盆地基底构造主要受控于他念他翁北坡解曲大型区域断裂带,石炭系沉积主要限于该断裂北部,而聚煤中心地带位于解曲北岸。

### 4.2 聚煤期构造及古地理条件

#### 4.2.1 聚煤期构造

早石炭世晚期聚煤盆地为被动大陆边缘型拗陷盆地,其沉积主体为杂多群的上含煤碎屑岩组及上碳酸盐岩组,其下界为杂多群下碳酸盐岩组最大海浸等时面,上界则为上石炭统底部的沉积间断面。聚煤盆地北部和东部边界均被二叠系、三叠系掩盖,仅在玉树县上拉秀乡东部的尕笛考附近见到一处奥陶系和泥盆系的基底隆起,而在囊谦县东南则出现一小块来自断层带中的元古界露头。推测它们可能是沉积期间的岛屿,而非陆地边缘,南部边界则被侏罗系覆盖。根据现今地层展布和当时地体漂移的位置看,该沉积盆地的范围北至乌兰乌拉湖—玉树—金沙江一带,南至他念他翁北缘解曲区域断裂带,聚煤中心位于地牙坎多—杂多—查然宁北西西向条带,在这一条带内, C<sub>1+2</sub>d<sup>3</sup> 含煤碎屑岩组厚度可达 1 000 m 以上,一般含煤可达 5 层。聚煤期构造相对稳定,褶皱和断裂构造不发育,主要表现为大面积升降运动。影响聚煤的主要因素为沉积区地形地貌、海平面变化以及沉降速度、幅度、强度、广度。从研究区向北煤层逐渐变薄,自然尖灭于杂多县城北侧的扎青、俄青龙至囊谦县西侧山轰西(香达河上游)一带,向南延至白扎以东。在该自然尖灭线北东的子曲河两岸地带,上碎屑岩组的厚度一般不足 300 m,仅偶见煤线,而海相碳酸盐岩夹层增多,至上拉秀地区含煤地层沉积缺失。早石炭世末期,该盆地发生了大范围海浸并沉积了上部碳酸盐岩海相地层,早石炭世成煤作用结束。

晚石炭世时,区内西部地势抬升降起,海水有自西向东退缩的趋势,沉积盆地范围有所缩小,上石炭统沉积范围限于地牙坎多以东区域。从现今

出露的  $C_2$  地层分布范围看,明显小于  $C_1$  地层分布范围,聚煤中心偏于南侧解曲两岸地带。解曲一带  $C_2$  地层分布范围较广,沉积厚度大,可分为含煤碎屑岩组、灰岩组、碎屑岩组,而结扎一带  $C_2$  地层只见到含煤碎屑岩组、灰岩组。从煤层层数和厚度看,结扎一带一般可见4层煤,总厚度不到4 m,其中仅2层可采,而囊谦东坝一带最多可见7层煤,总厚度达6 m以上。

#### 4.2.2 古地理条件

早石炭世晚期及晚石炭世早期海相地层中珊瑚类和大型浮游腕足类如长身贝、石燕等生物的大量富集繁衍,说明当时研究区所处的玉树东南部位于湿热的雨林气候带中,气候总体温暖潮湿,生物繁多,具备成煤条件。

石炭纪时期,受西南部他念他翁古隆起影响,研究区整体地势表现为南高北低、西高东低。从上下石炭统沉积建造和岩相变化分析,本区当时为陆缘滨浅海相沉积环境,海水主要由东北部侵入,在频繁的海水进退过程中,形成多个沉积旋回及含煤建造,聚煤作用主要发生在维宪期海退至再度海浸初期的滨海平原地带。

从杂多群上部含煤碎屑岩组岩性纵横向变化来看,研究区  $C_{1zd^3}$  岩性复杂,厚度变化大,相变明显。扎曲河两岸  $C_{1zd^3}$  中泥质板岩含量较高,石膏夹层较少,火山碎屑岩夹层一般有3到4层,说明当时沉积时伴随有间歇性的火山活动;而莫海上游  $C_{1zd^3}$  中钙质板岩、灰岩含量明显增加,说明这一地带海水相对较深;多改措—果茸涌一带岩石粒度较粗,颜色也变为杂色,普遍夹有石膏层,说明这一地带有可能出现潟湖环境。早石炭世煤层主要沉积在海退相序的潟湖沉积与河口湾细碎屑沉积的过渡段。

晚石炭世时期羌塘地体西侧地势进一步抬高,海水东退,导致地牙坎多以西上石炭统含煤碎屑岩组沉积缺失。从上石炭统岩性组合看,吉曲一带发育较为完整的三段沉积,  $C_2^a$  煤层厚度大,层数较多;而结扎一带  $C_2^b$  碎屑岩色调以紫色、灰色为主,普遍夹有火山岩,煤层厚度小而且层数少,说明晚石炭世时吉曲一带靠近滨海平原,成煤条件较好。结扎一带由东南向西北,火山活动由强变弱,但所夹灰岩和泥灰岩有减少的趋势。在莫海下游,沉积物以泥灰岩、石英砂岩、砾岩和火山岩为主,说明这一带沉积环境不稳定,水动力条件较强。上石炭

统构成一个完整的沉积旋回,形成了碎屑岩—碳酸盐岩沉积建造。而在碎屑岩组沉积过程中,沉积环境不稳定,又有次级的海退—海进沉积旋回,形成了鲕状灰岩和角砾状灰岩。

囊谦一带晚石炭世煤层顶底板一般为富含铝土质的泥质—粉砂质岩类且煤层结构较为简单,说明成煤沼泽的水动力条件微弱,成煤期地势总体较平缓,高差不大,仅在局部地段差异升降较为悬殊,成煤环境为海进相序的河口湾细碎屑沉积与潟湖沉积的过渡段(图4)。

通过以上分析可知,杂多—囊谦地区石炭纪聚煤作用和煤层富集具有如下特点:

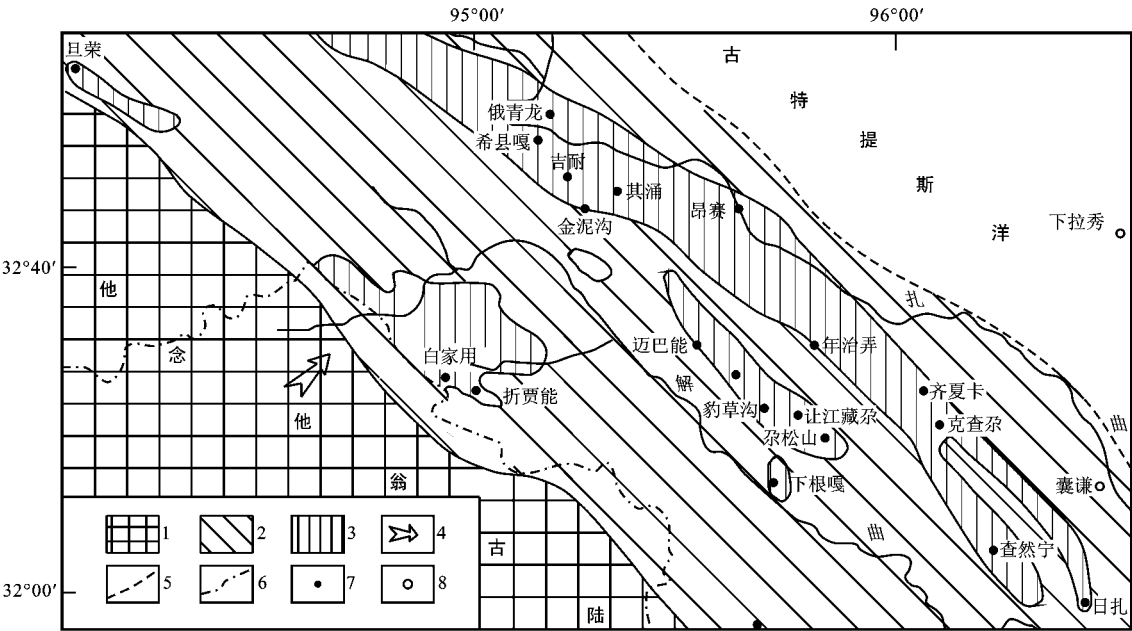
(1)从时间上看,石炭纪该区有2次重要的聚煤期。第一次发生于早石炭世杂多群上含煤碎屑岩组沉积期,即维宪晚期;第二次发生于晚石炭世早期即上石炭统含煤碎屑岩组沉积期,即晚石炭世早期纳缪尔期。

(2)从空间上看,早石炭世聚煤盆地范围应较晚石炭世聚煤盆地范围大,而且聚煤中心有自西北向东南迁移的趋势。

(3)从煤层富集规律看,下石炭统杂多群中煤层主要富集于含煤碎屑岩组上部含煤段,而上石炭统煤层富集于下部含煤碎屑岩组下部含煤段,煤层主要发育于靠近陆地一侧的区域,这里沉降稳定,火山活动较少,容易形成良好的聚煤场所;从岩相分析看,一般泥质板岩发育的层序中,多伴有较厚煤层,而钙质板岩、泥灰岩和火山岩发育的层序中煤层不发育,多为煤线。

(4)聚煤盆地的原始沉积范围比现在出露的下石炭统和晚石炭统分布范围更为广阔,只是在后期多次构造改造以后,才形成目前的分布格局。

总之,杂多—囊谦地区成煤的有利条件为:晚古生代时处于低纬度的热带、亚热带,气候湿热,古植被的大量繁殖为泥炭的持续发育提供了丰富的物质基础,具备聚煤作用的基本条件。被动大陆边缘拗陷盆地的形成又为泥炭的堆积提供了必要的场所。而成煤的不利条件为:一是处于南北两大构造活动带之间,构造活动相对较强,较难形成厚度大、分布广的工业煤层;二是煤层的形成并非发生在沉积体系域的转换期,而是在高位体系域内准层序(组)的转换期<sup>[18]</sup>,这就决定整个盆地不存在厚度大、分布广的全盆型煤层,煤聚集场所仅局限在拗陷边缘地带,煤层分布范围有限,同时在垂向上虽



1—古陆; 2—沉积区; 3—石炭纪煤系分布区; 4—物质供给方向; 5—推测边界; 6—省界; 7—煤矿点; 8—地名

图 4 杂多—囊谦地区石炭纪古地理环境

Fig. 4 Carboniferous Paleo-geographical Environment in Zaduo-Nangqian Area

多次形成泥炭沼泽沉积体系,但其总体受控于活动碎屑环境,未形成独立的泥炭沉积体系,只能形成局部的富煤带,煤层总体活动不稳定,且灰分相对较高。

4.3 聚煤期后构造对煤系赋存的改造作用

受华力西期以来历次构造运动影响,区内煤系改造作用强烈并表现在 2 个方面:一方面由于构造活动使煤系褶皱或断裂而破坏其连续性;另一方面由于聚煤期后构造活动导致地壳差异沉降,断隆区强烈上升,煤系剥蚀严重,断陷区沉积巨厚的中新生代盖层对煤系起着掩埋深藏的作用。

从宏观范围而言,羌塘地体构造变形介于喜马拉雅地体与昆仑地体之间,一般情况下构造面比较对称,以复向斜、复背斜形式出现;冲断面亦较对称,更接近于对挤形式。

研究区早二叠世沉积了“火山岛沉积体系”的碳酸盐岩、碎屑岩夹火山岩建造,物源区构造背景以活动陆源为主,总体显示出火山岩产出多、沉积类型多样、沉积厚度大的特征,表明该时期裂谷活动强烈,显示研究区由稳定型向活动型演化,晚石炭世—早二叠世在拉张背景下转变成裂陷盆地<sup>[5]</sup>;中二叠世金沙江洋开始闭合,构造活动渐趋平静,形成碳酸盐岩或以其为主的较稳定型的沉积;晚二叠世羌塘地体向北开始与可可西里—巴颜喀喇地

体对接碰撞,北羌塘地区发生大面积海退,导致研究区普遍缺失晚二叠世及早中三叠世的地层<sup>[5, 19-21]</sup>,金沙江洋俯冲闭合,金沙江缝合带对羌塘地体演化的控制趋于结束。这一过程对应于华力西运动,导致石炭纪—早中二叠世地层全面褶皱回返,并伴生北西向、北西西向区域性逆断裂,形成本区基本构造框架,伴随褶皱断裂活动有少量岩浆侵入。

中三叠世末发生构造反转,强烈的拉张机制使班公湖—怒江海盆逐步打开,晚三叠世沉积了巨厚的陆棚—台地相的碎屑岩、碳酸盐岩夹火山岩建造,盆地的物源区构造背景较为复杂,包括被动陆缘、活动陆缘和大陆岛弧,此时羌塘地体一隆两拗格局基本形成。羌塘地体向北运动,并向北俯冲于可可西里—巴颜喀喇地体之下。此时,研究区处于陆缘海盆地环境,印支运动两地体进一步相互作用从而导致晚三叠世地层褶皱上升而出现较紧密的线型褶皱,除北西—南东向断裂活动复活外,还出现了北西西向断裂。

侏罗纪是羌塘前陆盆地发育鼎盛时期,羌北演变为弧后前陆盆地,侏罗系也成为羌塘地体内发育最全、分布最广泛的海相沉积岩系<sup>[22]</sup>。表现为解曲两岸大片侏罗系不整合在石炭系之上。燕山运动对应于拉萨地体与羌塘地体相互碰撞的过程,中侏罗世末期,两地体完全拼结抬升,使中侏罗统褶皱

上升,出现了较紧密的线型对称褶皱,除北西—南东向断裂复活或发生外,可能还出现了南北向、北东向或X型断裂,伴随褶皱断裂活动在研究区外周吉曲南侧发生了大规模的岩浆侵入活动。

白垩纪—第四纪为挤压—抬升构造发育阶段。白垩系—第四系零星分布于一些山间盆地中,属磨拉石建造,与下伏侏罗系普遍为角度不整合,反映研究区当时处于南北向强烈挤压—抬升环境。特提斯主洋盆对应于雅鲁藏布江缝合带,喜马拉雅运动导致喜马拉雅地体与拉萨地体拼合,至古近纪始新世海洋消亡,新近系中新统褶皱上升,同时相继出现了大小不一、数目较多的拗陷、断陷盆地,且多以平缓开阔对称型褶皱形式存在,最后形成现今地貌景观。

总之,本区煤系沉积之后受后续地体碰撞拼接影响,共经历了华力西、印支、燕山、喜马拉雅4次构造运动,后期改造运动期次繁多、形式复杂、变形强烈,结合研究区具体情况,后期构造对煤系的改造作用可概括为:

(1)由于后续地体的持续碰撞拼接,研究区实际上长期处于南北向持续的挤压应力作用下,目前存在的强烈挤压冲断、走滑与剪切、正断与拉伸等都是在这统一应力场中的不同表现形式。

(2)华力西运动对本区煤系改造影响最为强烈,它不仅形成了本区基本构造格局,而且其之后的构造运动多具继承性、递进性、统一性特征。

(3)后期构造变形以逆冲挤压性质的收缩型为主,致使煤系赋存范围均有不同程度缩小,煤系除遭受强烈挤压、次级断层褶皱发育错断外,同时遭受较强的剥蚀作用。

(4)通过区域资料对比分析及野外调查所见煤系变形程度,认为构造变形强度有南强北弱、西强东弱的特点。

(5)研究区岩浆活动对煤层煤质影响不明显。

## 5 含煤远景区圈定

从区内三级构造单元地层出露和展布来看,各断陷区主要由下二叠统、上三叠统和白垩系等较新地层组成,下石炭统杂多群上部含煤碎屑岩组和上石炭统含煤碎屑岩组埋藏深度一般大于800 m,暂时不具备进一步工作价值,因而石炭纪含煤远景区的圈定主要在各断隆区开展。杂多含煤远景区圈定目标层位为杂多群含煤碎屑岩组( $C_{12}d^3$ ),结扎、囊谦研究区含煤远景区圈定目标层位为上石炭

统含煤碎屑岩组( $C_2^3$ )。共圈定石炭纪含煤远景区9处,其中早石炭世含煤远景区( $C_{12}d^3$ )3处,晚石炭世含煤远景区( $C_2^3$ )6处(图5)。

## 6 结语

通过煤田地质遥感综合分析,结合近年来地质大调查成果,对研究区构造演化与聚煤作用得出如下认识:

(1)杂多—囊谦地区处于羌塘地体羌北拗陷东北部,伴随金沙江缝合带的成生发展,构造演化经历了被动陆缘克拉通盆地、裂陷海盆地、陆缘海盆地发育、弧后前陆盆地发育和挤压—抬升构造发育等5个阶段。

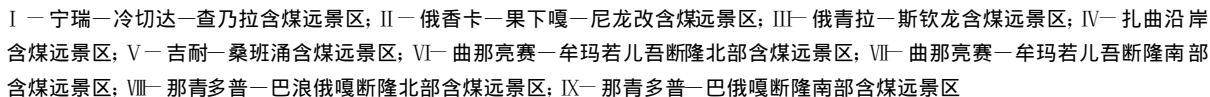
(2)研究区位于羌塘地体北部乌丽—囊谦华力西褶皱带二级构造单元范围,可划分出5个三级构造单元。断隆区煤系出露良好,易于勘探开采,但由于切割剥蚀强烈,煤层连续性差;断陷(拗)区中新世盖层之下仍有煤系存在且保存较好,但埋藏较深,开采难度大。

(3)聚煤前古地理环境除局部地段为孤立的古陆隆起外,总体表现为台原地貌特征。石炭纪含煤盆地基底构造主要受控于他念他翁北坡解曲大型区域断裂带,石炭系沉积主要限于该断裂北部,而聚煤中心地带位于解曲北岸。

(4)成煤当时古地理、古气候、古植被等聚煤作用基本条件具备,但由于总体处于南北向巨大挤压应力作用下,构造活动相对较强,较难形成厚度大、分布广的工业煤层,从沉积体系域分析,煤聚集场所仅局限在拗陷边缘地带,煤层分布范围有限,只能形成局部的富煤带。

(5)羌塘地体构造演化对煤系赋存影响巨大,煤系沉积之后受后续地体碰撞拼接影响,共经历了华力西、印支、燕山、喜马拉雅4次构造运动,后期改造运动期次多、形式复杂、变形强烈,其中华力西运动对本区煤系改造影响最为强烈,且其后的构造运动多具继承性、递进性、统一性特征。后期构造变形以逆冲挤压性质的收缩型为主,次级断层、褶皱十分发育,致使煤系赋存范围均有不同程度缩小。其变形在平面上具有明显的方向性、多期性、分带性和等距性;在剖面上具差异性、不协调性。煤系除遭受复杂的错断、变形外,同时还遭受较强的剥蚀作用。

(6)含煤远景区主要位于断隆区,杂多一带圈



**Fig. 5 Coal Bearing Prospective Area in Zaduo-Nangqian Area**

[ 1 ] 白生海, 余存莲, 李喜萍. 青海南部地区煤炭资源勘查思路 [ J ]. 青海地质, 1997(1): 55-57.

[ 2 ] 任纪舜, 肖黎薇. 1 : 250 000 地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱 [ J ]. 地质通报, 2004, 23(1): 1-11.

[ 3 ] 黄继钧. 藏北羌塘盆地构造特征及演化 [ J ]. 中国区域地质,

- [ 4 ] 牛志军, 段其发, 王建雄, 等. 青海南部治多—杂多—一带下石炭统杂多群[ J ]. 地层学杂志, 2005, 29(增刊): 490-499.
- [ 5 ] 赵小明, 王建雄, 牛志军, 等. 青海南部治多—杂多地区石炭纪—三叠纪砂岩地球化学特征与构造背景探讨[ J ]. 沉积学报, 2008, 26(1): 11-20.
- [ 6 ] 吕录仕, 毛耀保, 吴军虎, 等. 青海大武煤田推覆构造遥感分析与含煤远景区预测[ J ]. 中国地质, 2001, 28(6): 43-46.
- [ 7 ] 伍跃中, 陈守建, 毛耀保, 等. 云南腾冲—瑞丽地区构造控煤及煤层聚积特征分析[ J ]. 中国煤田地质, 2003, 15(6): 85-87.
- [ 8 ] 管海晏. 遥感技术在煤田地质工作中的应用研究[ J ]. 地质学报, 1989, 63(1): 36-49.



- [9] 吉 雄. 地体大地构造理论及其分析、应用[J]. 大地构造与成矿学, 1985, 9(3): 271-287.
- [10] 潘裕生. 青藏高原的形成与隆升[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 153-163.
- [11] 蒋忠惕. 青藏高原地区的“特提斯”性质、演化及区域构造发育特征[C] //中国地质科学院 562 综合大队. 中国地质科学院 562 综合大队集刊(第 11-12 号). 北京: 地质出版社, 1994: 122-134.
- [12] 陈华慧. 遥感地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [13] 张廷斌, 唐菊兴, 刘登忠. 卫星遥感图像空间分辨率适用性分析[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(1): 79-82.
- [14] 青海省第二区调队. 1:200 000 杂多县幅区域地质调查报告[R]. 西宁: 青海省地质局, 1982.
- [15] 韩德馨, 杨 起. 中国煤田地质学(下册)[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1980.
- [16] 黄克兴, 夏玉成. 构造控煤概论[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.
- [17] 宋维刚, 宋生春, 董 琳, 等. 青海东北部木里煤田江仓矿区构造特征及其对煤系地层、煤层的控制[J]. 西北地质, 2008, 41(3): 79-85.
- [18] 徐水师, 谭克龙, 曹代勇, 等. 中国煤炭资源遥感调查评价理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [19] 牛志军, 徐安武, 王建雄, 等. 青海南部二叠纪罗甸期火山岛沉积相模式及对蜓类动物群分布的制约[J]. 中国科学(D 辑), 2008, 38(2): 145-156.
- [20] 牛志军, 段其发, 王建雄, 等. 青海南部治多—杂多—二叠系尔笛组[J]. 地层学杂志, 2006, 30(2): 109-115.
- [21] 王 辉, 张 峰, 王冰洁, 等. 羌塘盆地晚三叠世构造属性与层序地层格架下聚煤特征[J]. 西北地质, 2009, 42(4): 92-101.
- [22] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原大地构造特征及盆地演化[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(上接第 224 页)

- [44] 宋叔和. 中国矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [45] 陈毓川, 朱裕生, 龚羽飞. 中国大型超大型矿床的基本特征和勘查现状[J]. 中国地质, 1994(1): 22-26.
- [46] 芮宗瑶, 施林道, 方如恒, 等. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [47] 裴荣富, 熊群尧. 中国特大型金属矿床成矿偏在性与成矿构造聚敛(场)[J]. 矿床地质, 1999, 18(1): 37-46.
- [48] Хэ И. Региональная, Промежуточная и Локальная Зональности Au, Mo, W, Sn-Оруденений на Приме Рудных Районов России и Китая[J]. Геология и Разведка, 1998(1): 154-156.
- [49] 邢作云, 邢集善, 赵 斌, 等. 华北地区两个世代深部构造的识别及其意义——燕山运动与深部过程[J]. 地质论评, 2006, 52(4): 433-441.
- [50] 徐义刚. 华北岩石圈减薄的时空不均一特征[J]. 高校地质学报, 2004, 10(3): 324-331.
- [51] 闫 峻, 陈江峰. 华北地块东部晚中生代至新生代岩石圈不均一减薄与改造模式[J]. 地质论评, 2005, 51(1): 16-26.
- [52] 周新民, 徐夕生, 董传万, 等. 中国东南活动大陆边缘的矿物标志: 钙长石质斜长石[J]. 科学通报, 1994, 39(11): 1011-1014.
- [53] 牛宝贵, 和政军, 宋 彪, 等. 张家口组火山岩 SHRIMP 定年及其重大意义[J]. 地质通报, 2003, 22(2): 140-141.
- [54] 邵济安, 李之彤, 张履桥. 辽西及邻区中-新生代火山岩的时空对称分布及其启示[J]. 地质科学, 2004, 39(1): 98-106.
- [55] 苏尚国, 周昀若, 顾德林. 山东沂水郯庐断裂带中段中生代火山岩特征及其演化[J]. 地质论评, 1999, 45(增刊): 565-571.
- [56] 张本仁. 地球化学省和壳-幔再循环与成矿的关系[C] //裴荣富, 翟裕生, 张本仁. 深部构造作用与成矿. 北京: 地质出版社, 1999: 121-130.
- [57] 赫 英, 岳可芬, 董振信, 等. 再论金伯利岩同周围找寻金矿床的可能性[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊): 388-389.
- [58] 邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [59] 汤中立, Barnes S J. 岩浆硫化物矿床成矿机制[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [60] 赫 英, 王定一, 祝总祺, 等. 胜利油田非烃气藏区火山岩的含金性及其意义[J]. 矿床地质, 1995, 14(3): 291-292.
- [61] 王义天, 毛景文, 卢欣祥, 等. 河南小秦岭金矿区 Q875 脉中深部矿化蚀变岩的 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  年龄及其意义[J]. 科学通报, 2002, 47(18): 1427-1431.
- [62] Wang L G, Qiu Y M, McNaughton N J, et al. Constraints on Crustal Evolution and Gold Metallogeny in the Northwestern Jiaodong Peninsula, China, from SHRIMP U-Pb Zircon Studies of Granitoids[J]. Ore Geology Reviews, 1998, 13(1): 275-291.
- [63] 胡受奚, 孙景贵, 凌洪飞, 等. 中生代苏-鲁活动大陆边缘榴辉岩、煌斑岩、金矿及富集地幔间的成因联系[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 425-435.