



移动阅读

吉宏泰,孙建国,孟令伟,等. 内蒙古地区聚煤规律、赋煤构造格局的基本特征[J]. 煤炭学报,2020,45(S2):965-975.

Ji Hongtai, SUN Jianguo, MENG Lingwei, et al. Basic characteristics of coal accumulation law and occurrence tectonic pattern in Inner Mongolia[J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(S2): 965-975.

内蒙古地区聚煤规律、赋煤构造格局的基本特征

吉宏泰^{1,2}, 孙建国¹, 孟令伟², 梁璐³

(1. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130061; 2. 内蒙古煤炭建设工程(集团)总公司 地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010000; 3. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要:以占内蒙古煤炭资源99%的7个煤炭勘查区域的勘查资料为基础,研究内蒙古地区赋煤特点。从内蒙古地区地层、构造地质历史时期的阶段性特点、主要成煤时期聚煤特征和赋煤构造单元划分方面,分析了在经历海西、印支、燕山和喜马拉雅运动后,不同时期、不同区域大地构造历史事件下,内蒙古地区石炭—二叠世、早—中侏罗世、早白垩世3个主要成煤时期典型盆地在不同沉积层序期和不同沉积体系下聚煤特点;以及该地区3个一级赋煤构造单元(赋煤构造区),11个二级赋煤构造单元(赋煤构造带)的构造特征,同时介绍了不同赋煤构造带内煤矿或煤产地煤炭产出比例以及主要含煤地层情况。通过分析研究总结出内蒙古地区聚煤、赋煤构造在空间上的分布特点,说明了受到多次构造运动影响,聚煤盆地的形态和位置发生不同程度的变化。东北赋煤构造区内聚煤盆地类型主要为断陷型,受盆缘主干断裂控制NE—NNE向展布。华北赋煤构造区总体呈不对称的环带结构,北部阴山地区以近E—W向控煤构造为主,西缘挤压带以多条近N—W走向的逆冲断裂构造为主,南部简单的单斜构造控制且断裂不发育。西北赋煤构造带以早—中侏罗世特大型聚煤盆地为主,受后期构造运动的改造,盆地周缘构造较复杂,断裂发育,地层倾角较大,盆地内部为宽缓的褶曲构造,倾角变缓。以构造作用为研究核心,揭示含煤盆地构造演化形成的特定沉积体系、含煤岩系后期改造和煤炭资源的聚集和赋存规律,推演出古环境下该地区不同成煤时期控煤特征。

关键词:内蒙古地区;赋煤构造区;赋煤构造带;聚煤特征;构造特征

中图分类号:P54

文献标志码:A

文章编号:0253-9993(2020)S2-0965-11

Basic characteristics of coal accumulation law and occurrence tectonic pattern in Inner Mongolia

Ji Hongtai^{1,2}, SUN Jianguo¹, MENG Lingwei², LIANG Lu³

(1. College of Geo-exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. Geological Survey Institute of Inner Mongolia Coal Construction Engineering (Group) Corporation, Hohhot 010000, China; 3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the exploration data of seven coal exploration areas which accounting for 99% of Inner Mongolia's coal resources, the characteristics of coal occurrence in Inner Mongolia was investigated in this study. From the strata of Inner Mongolia, the stage characteristics of structural geology in historical period, the characteristics

of coal accumulation in main coal forming period and the division of coal occurrence tectonic units, the coal accumulation characteristics of three typical basins in the Carboniferous-Permian, early Middle Jurassic and early Cretaceous in different sedimentary sequences and systems in Inner Mongolia were analyzed at different periods and areas in the historical events of geo-tectonics, i. e., the Hercynian, Indosinian, Yanshanian and Himalayan movement. Also, the tectonic characteristics of three primary coal occurrence tectonic units (coal occurrence tectonic areas) and eleven secondary coal occurrence tectonic units (coal occurrence tectonic belts) were analyzed. The coal production proportion and main coal bearing strata of coal mines or coal producing places in different coal occurrence tectonic belts were introduced. Through analysis and research, the spatial distribution characteristics of coal accumulation and coal occurrence tectonics in Inner Mongolia were summarized. It shows that the coal accumulation is influenced by multiple tectonic movements, and the shape and location of coal accumulating basins change to different degrees. The main types of coal accumulating basins in the northeast coal occurrence tectonic areas are faulted type. Controlled by the main fracture of basin margin, it spreads in NE-NNE direction. The north coal occurrence tectonic areas are in an asymmetric banded structure, and the North Yinshan area is dominated by the coal control structure in the direction of near E-W, and the West margin extrusion belt is dominated by a number of thrust faults structure in the N-W direction, and the South is simple monoclinical structure controlled and undeveloped fault. The northwest coal occurrence tectonic areas are large coal accumulating basins in early Middle Jurassic, reformed by later tectonic movement, and the structure around the basins are complex and fracture development and the formation dip angles are large and the interior of the basins are a wide and gentle fold structure and the inclination angles become slow. Taking the role of structure as the core of research, it shows a specific sedimentary system formed by the structural evolution of coal bearing basins and later transformation of coal bearing strata and accumulation and occurrence of coal resources, and the characteristics of coal control in different coal forming periods in Inner Mongolia under paleo-environment are inferred.

Key words: Inner Mongolia; coal occurrence tectonic areas; coal occurrence tectonic belts; features of coal accumulation; structural features

内蒙古自治区煤炭资源分布广,是我国蕴藏煤炭资源富集省区之一,聚煤期多,煤类较齐全。经统计已查明和预测的含煤盆地面积 11.81 万 km²,约占全区国土面积的 10%。截止 2009 年底根据内蒙古自治区煤田地质局统计内蒙古煤炭探获按地质可靠程度(现行资源储量类型)分析,内蒙古地区煤炭保有资源储量为 8 904.38 亿 t;其中探明的资源储量为 414.56 亿 t,控制的资源储量为 961.56 亿 t,推断的资源储量为 2 800.24 亿 t,预测的资源储量为 4 728.03 亿 t。共划分 106 个矿区,勘查面积 83 527 km²,现有生产煤矿 604 座,已形成 7.92 亿 t 的年生产能力。鄂尔多斯、二连和海拉尔三大片区累计探明的煤炭资源储量占全区总量的 90% 以上。

1 地层及构造格局概述

内蒙古地区地层沉积类型多,各时代地层发育齐全。太古代地层分布广泛,中部地区发育最好。元古代地层发育齐全。古生代地层发育较完整,其中寒武系、奥陶系分布广泛,依据沉积类型和生物群面貌不同,分为南部稳定型和北部活动型地层。志留系仅在阴山山脉以北的东西部和北东部呈条带状展布。泥

盆系发育完全,多属滨-浅海相沉积。石炭系地层分布广、发育好、沉积类型齐全、具有多种沉积相,是重要的含煤岩系。二叠系以阴山北麓为界分为南、北两大区,南部为稳定型的板内盆地沉积为一套河、湖、沼泽相的含煤碎屑岩建造并含有典型的华夏植物群,北部为西伯利亚板块和华北板块之间的活动型沉积。中生代受印支和燕山运动影响,地层总体特征由南北分异转向东西分异。其中三叠系地层分布有限仅鄂尔多斯地区地层层序完整,在东北部地区为活动型或过渡型沉积类型,其余地区均为正常沉积岩系。侏罗系地层分部广泛,含煤岩系普遍发育,依据岩性、岩相的不同分为东部和西部类型:东部主要为巨厚的火山岩夹沉积岩,西部为稳定的内陆盆地由陆相沉积岩组成。白垩系发育齐全,分布广泛,为陆相沉积,多数含煤、石油及天然气等资源。东部火山活动带形成北北东、北东向断陷盆地火山岩,西部稳定沉积盆地以红色碎屑沉积为主。全区古近系、新近系以二连地区发育最好,第四系发育齐全,均为陆相沉积^[1-8]。

以多旋回构造观^[9]、大地构造观^[10]、板块构造观^[11]为指导思想,依据板块构造动力学、地层划分对比、沉积建造、火山岩建造等地质记录为基础,以特定

区域主构造事件形成的大地构造相的时空结构和存在状态为划分构造单元,采用“地理名称+大地构造相”命名构造单元^[12-13]。内蒙古地区划分为天山—兴蒙造山系(I)、华北陆块(II)、塔里木陆块(III)和秦祁昆造山系(IV)四大I级构造单元。以中生代以来形成的断块为基础,将四大构造单元进一步分为12个II级构造单元以及29个III级构造单元,如图1所示。

和秦祁昆造山系(IV)四大I级构造单元。以中生代以来形成的断块为基础,将四大构造单元进一步分为12个II级构造单元以及29个III级构造单元,如图1所示。

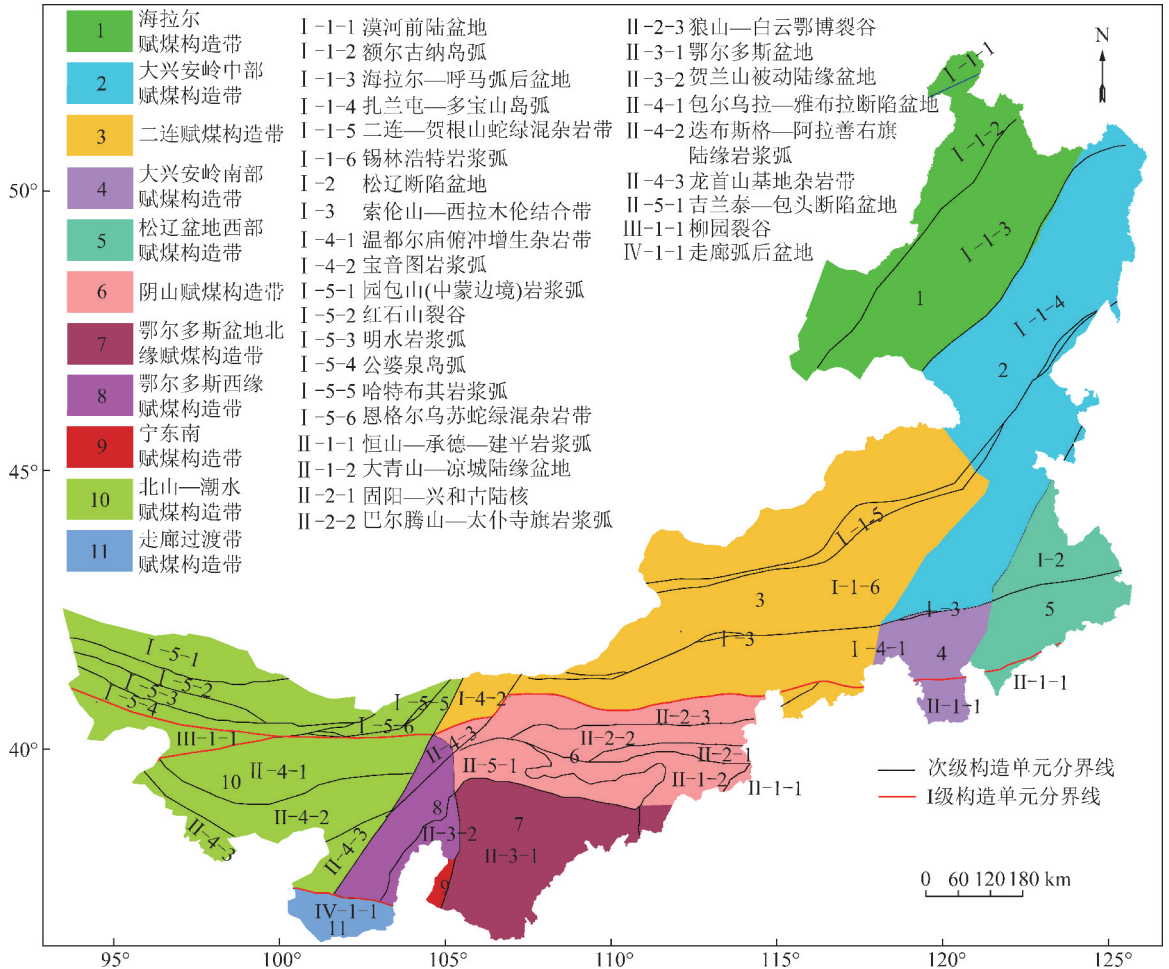


图1 内蒙古11个赋煤构造带和区域构造(根据文献[3]修改)

Fig. 1 Eleven coal occurrence tectonic belts and regional structure in Inner Mongolia(modified after reference[3])

内蒙古地区构造地质历史时期重大的阶段性特点:古生代的地史主要是兴蒙靠山系的兴衰史,是华北板块与西伯利亚板块之间的运动发展、消亡的过程,兴蒙造山系的多旋回发展最后使西伯利亚板块和华北板块向洋增生的地壳对接,形成统一的古亚洲大陆;中生代地史最显著的特征是兴蒙造山系持续陆内会聚,形成一系列逆冲推覆构造;晚中生代至新生代以大规模裂陷为基本特征,形成以东北—北北东向为优势的一系列内陆盆地。

2 聚煤和控煤特征

内蒙古将聚煤时期分为:石炭—二叠世、侏罗世、早白垩世、新近世4个时期^[3]。晚古生代石炭—二叠纪的聚煤作用主要发生在阴山以南、贺兰山西麓断裂以东的鄂尔多斯地区和阴山中段的大

青山地区;中生代侏罗纪的聚煤作用发生范围亦较广,阴山南北均有发生,但阴山以南和阴山以北的含煤盆地在规模、构造类型以及聚煤作用的强度等方面各不相同;虽然同属内陆盆地型沉积,但阴山以南的鄂尔多斯盆地为特大型的内陆拗陷盆地,含煤地层沉积厚度不大,平均只有200余m,但聚煤强度大,现为我国煤炭储量最丰富的第一大煤田;阴山及阴山以北地区,主要为中-小型的山间谷地式含煤盆地,沉积厚度较大,聚煤作用相对较弱。白垩纪的聚煤作用主要发生在阴山以北和阴山地区,含煤盆地的类型为拉张性断陷盆地,彼此分隔又有成因联系的大小断陷盆地成群出现,在内蒙古自治区范围内组成了海拉尔盆地群、二连盆地群和银根盆地群,包括松辽盆地群同属东北亚晚中生代断陷盆地系的一部分。白垩纪的聚煤作用强度比

较大,在某些盆地沉积了200 m以上的厚煤层。新生代古近系的聚煤作用在内蒙古发生的范围比较小,含煤盆地主要以山间盆地的形式分布在阴山地区,聚煤作用强度不大,在内蒙古不占主要地位。

2.1 晚石炭—早二叠世

内蒙古地区石炭—二叠时期聚煤作用主要发生在鄂尔多斯(华北聚煤区的一部分)和阴山地区。阴山地区受后期构造改造作用十分强烈,难以恢复原型盆地的面貌及聚煤中心。本文主要以鄂尔多斯地区准格尔煤田为例进行说明。

准格尔煤田位于鄂尔多斯盆地东北缘^[14]分为3个层序沉积时期^[3],层序I沉积期包括太原组9号煤底板至本溪组之底全部地层,其中本溪组中几乎不含具有工业价值的煤层,主要煤层为太原组下部的10号煤。该时期煤层总厚度较小,一般在1.4 m以内,主要集中于刘三圪旦井田附近,主要沉积环境为三角洲平原,另外龙口镇、榆树湾一带也有少许煤层发育,厚度均在1.2 m以内。

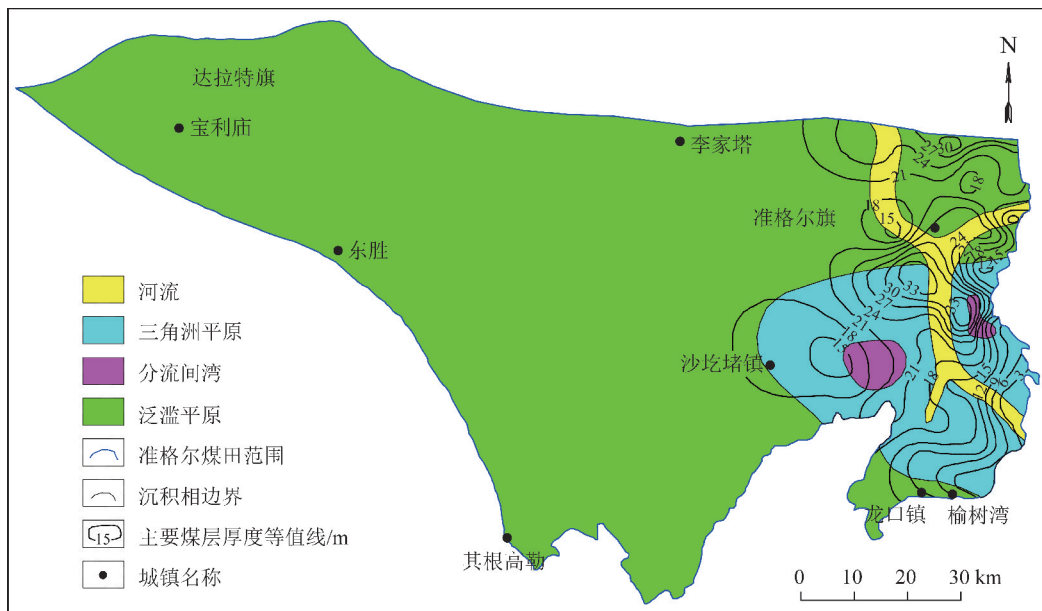


图2 准格尔煤田晚石炭—早二叠世层序II聚煤规律

Fig. 2 Coal accumulation patterns of Late Carboniferous-Early Permian sequence II in Zhungeer coalfield

层序III沉积期主要包括山西组的全部地层,由于地壳整体抬升,该层序已经从先前的三角洲—潮坪沉积体系逐渐转变为陆相克拉通河流—三角洲沉积体系,煤层分布南厚北薄。

晚石炭世太原组、山西组均有典型主植物群,沉积类型和生物群特征反映该时期泥炭沼泽中煤层明显富集作用。同时大地构造背景,控制了该时期陆源区和沉积区、海陆分布及海岸线位置等,控制了体系内的沉积格局,盆地内次级隆起和坳陷控制富煤区的展布,引起煤层由东向西、由北向南的迁移。煤层

层序II沉积期主要包括太原组9号煤底板至北盆沟砂岩之底的全部地层,该层序含有准格尔煤田最为重要的煤层:6号^[14-15]和9号煤层。该层序煤层厚度较大,平均值达到20.7 m,富煤中心1个位于黑岱沟—酸刺沟—西蒙蒙达一带,呈E—N方向,另1个为孔兑沟一带。煤层主要发育在在河流—三角洲沉积体系背景下,有利的泥炭聚集区位于三角洲平原、分流间湾附近。6号煤层的厚度变化如图2所示,东西方向上规律性更强,在6号煤底板砂岩厚度增大时,煤层显著变薄,而在底板砂岩薄或尖灭地带,则煤层厚度增大,这种东西向的厚度变化规律显然受南北向的河流控制。在河流活动期间,河道两侧的泛滥盆地率先泥炭沼泽化,沉积了一定厚度的泥炭,随着时间的推移,河道整体废弃,泥炭沼泽扩展到废弃河道上。由于河道砂的压实率远低于泛滥盆地的细碎屑沉积物,所以泛滥盆地的地形比较低洼,沉积了巨厚的煤层,而在原河道地形相对较高处,煤层变薄。

在东西向的变化受活动河道和分流河道的控制,煤层发育在河道和分流河道两侧的泛滥盆地中,煤层朝河道方向变薄、分叉。

2.2 早—中侏罗世

内蒙古自治区侏罗纪的聚煤作用主要发生在鄂尔多斯盆地、阴山地区、阴山以北的锡盟地区以及阿拉善盟的潮水盆地等地。以此时期鄂尔多斯盆地的聚煤规律为主进行说明。鄂尔多斯盆地(内蒙古范围)分为3个层序沉积期^[3]。层序I沉积期发育的煤层厚度在1.37~17.75 m,平均7.81 m^[3]。该时期

主要发育 3 个大的富煤带,东北部富煤带、北部富煤带和西部富煤带。东北部富煤带主要位于东胜区、鄂尔多斯市、伊金霍洛旗、札萨克镇、图克镇,主要发育在河流泛滥平原和泛滥湖泊环境;北部富煤带主要位于杭锦旗锡尼镇、泊尔江海子镇及其西北部地区,也主要发育在河流泛滥平原和泛滥湖泊环境;西部富煤带主要位于棋盘井镇、鄂托克旗乌兰镇、阿尔巴斯苏木等地区,主要发育在河流泛滥平原环境。

层序 II 该时期发育的煤层厚度在 1.15 ~ 19.55 m,平均 7.68 m^[3]。该时期主要发育 3 个大的富煤带,即西北部富煤带、东部富煤带和中部富煤带如图 3 所示。西北部富煤带主要分布在伊和乌素苏木及其南部地区,主要发育在泛滥湖泊区域;东部富

煤带主要分布在鄂尔多斯市、札萨克镇等地区,主要发育在泛滥平原和泛滥湖泊过渡的区域;西部富煤带主要分布在鄂托克旗乌兰镇周围,主要发育在泛滥平原环境。该时期富煤带主要发育在地层厚度在 70 ~ 110 m 的地区。西北部富煤带和东部富煤带与沉积中心分布一致,中部富煤带的背部与沉积中心分布较一致,南部与沉积中心分布吻合较差。西北部和东北部富煤带主要分布在泛滥湖泊区,与泥岩厚度大的区域(沉降中心)分布范围较为一致,泥岩厚度在 50 ~ 70 m 较利于聚煤作用发生;中部富煤带位于河流泛滥平原,与泥岩厚度大的区域(沉降中心)分布范围吻合性较差,泥岩厚度在 40 ~ 60 m 的地区利于聚煤作用的发生。

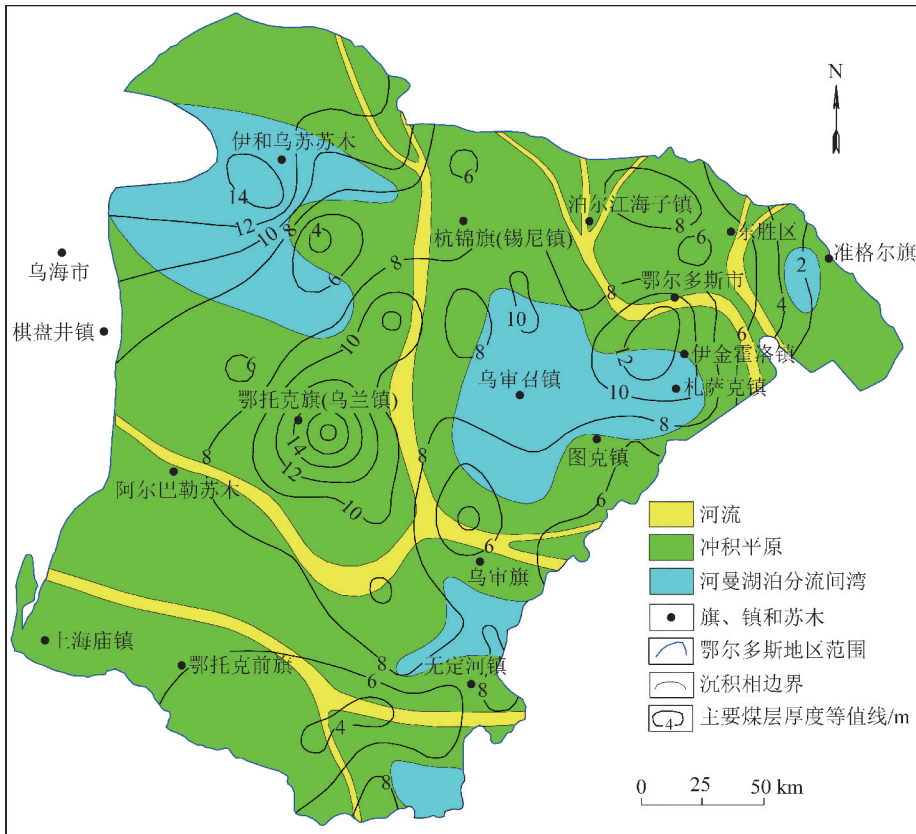


图 3 内蒙古鄂尔多斯地区中侏罗世延安组层序 II 聚煤规律

Fig. 3 Coal accumulation patterns of sequence II of Middle Jurassic Yan'an Formation in Ordos area in Inner Mongolia

层序 III 该时期发育的煤层厚度在 0.60 ~ 13.86 m,平均 4.97 m^[3],主要发育 3 个富煤带,即东北部富煤带、西部富煤带和北部富煤带。东北部富煤带主要分布在扎萨克-纳日松地区,北部富煤带位于泊尔江海子镇周围,西部富煤带位于鄂托克旗乌兰镇西北部,3 个富煤带均发育在河流泛滥平原环境。该时期富煤带分布于沉积中心吻合较差,富煤带主要分布在地层厚度在 60 ~ 90 m 的地区。富煤带分布区与泥岩和砂岩沉积中心吻合性均较差,主要分布在砂岩

和泥岩厚度适中的地区。

鄂尔多斯盆地成煤植物以木本植物为主,孢粉组合反映这一时期良好的成煤气候。盆地早、中侏罗世地层发育完好,且保持近水平产状,地层厚度由东北部向西南部递增,大地构造背景是相对稳定的不平衡沉降,也是燕山期构造运动在该区域的表现形式。侏罗纪盆地处于整体的沉降状态,没有强烈构造变动的地质记录,影响富煤带或厚煤带的构造条件是弱的次级构造,因此以河流沉积体系为主的拗陷带成为聚煤

的最有利地段。

2.3 早白垩世

本文选择二连—海拉尔盆地群内工作程度较高、煤炭资源量多的若干盆地,综合研究此时期的聚煤规律和控煤因素。研究发现内蒙古地区早白垩世的断陷盆地普遍含煤,含煤性和富煤带的展布受构造、古环境以及沉积环境综合作用。本次选择了二连盆地群的霍林河盆地、白音华盆地,海拉尔盆地群的伊敏盆地等做为重点研究对象分别通过对典型盆地的分析、对比,建立相应的成煤模式,以达到预测其它盆地的目的。

霍林河盆地在大磨拐河组沉积中晚期主要发育冲积扇、三角洲、河流和滨浅湖沉积。图4显示,霍林河矿区富煤带主要发育在矿区东北部滨浅湖沉积区和中部三角洲间湾地区。盆地南部河流发育区以及周缘冲积扇法语区,不利于成煤作用大强度发生。

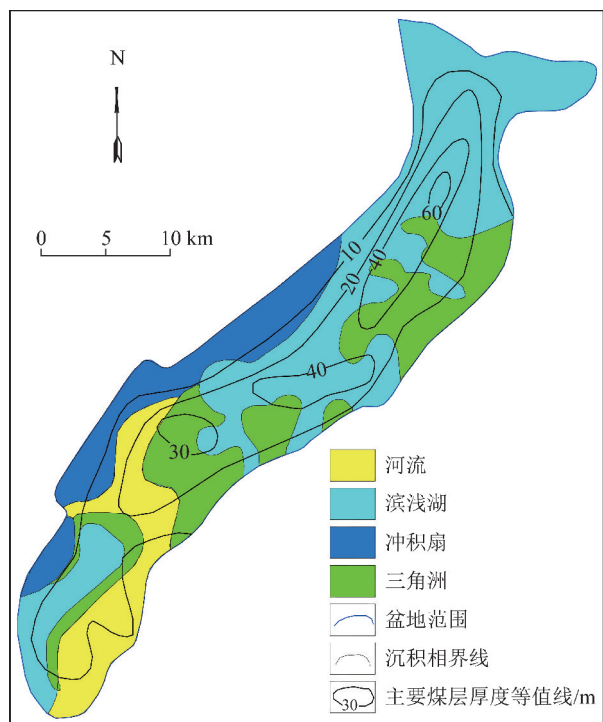


图4 霍林河盆地地下白垩统层序II聚煤规律

Fig. 4 Coal accumulation patterns of Lower Cretaceous sequence II in Huolinhe Basin

白音华盆地伊敏组沉积期主要发育冲积扇、辫状河、三角洲、扇三角洲和滨浅湖沉积。图5说明该盆地主要有3个富煤带,分别发育在矿区北部、中部及南部三角洲和滨浅湖交界处;盆地西部洪积扇和东部扇三角洲不利于煤层发育。三角洲间湾和三角洲平原是利于聚煤的地带。

伊敏盆地在伊敏组沉积期主要发育三角洲、滨浅湖沉积。图6说明该时期富煤带主要发育在盆地

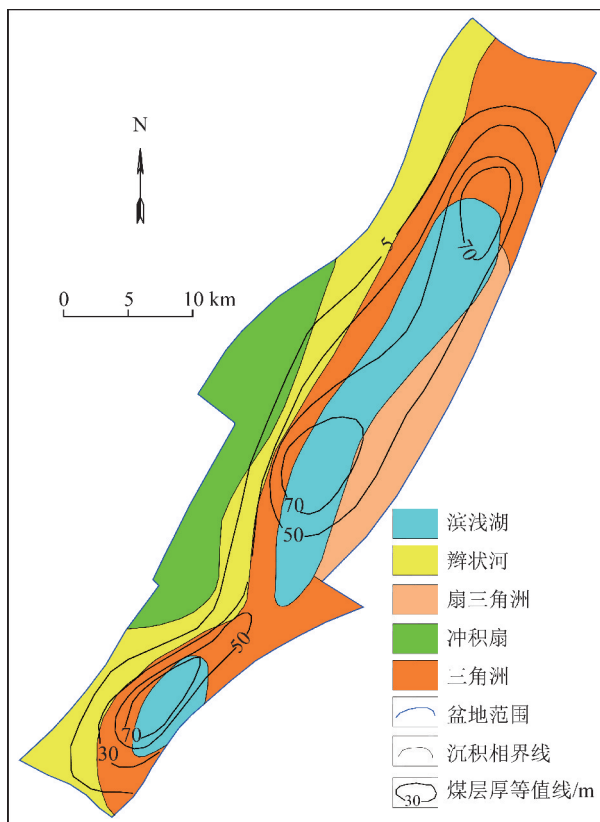


图5 白音华盆地地下白垩统层序III聚煤规律

Fig. 5 Coal accumulation patterns of Lower Cretaceous sequence III in Baiyinhu Basin

西侧南部2个三角洲之间的三角洲平原地带,其次为西侧北部的2个三角洲构成的三角洲间湾区及其与三角洲平原过渡带,另一个小的富煤带位于东部三角洲平原分流河道间。该盆地三角洲平原、三角洲间湾为主要的聚煤场所。

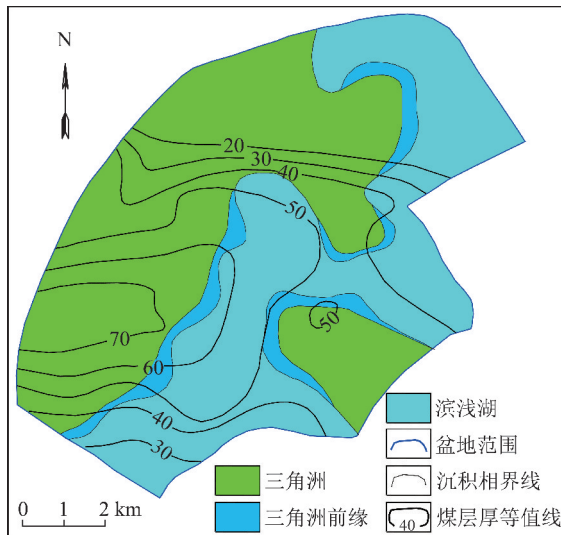


图6 海拉尔盆地伊敏矿区早白垩统层序II聚煤规律

Fig. 6 Coal accumulation patterns of Early Cretaceous sequence II in Yimin mining area, Hailar Basin

早白垩时期以裸子类为主,通过孢粉组合在垂向

及横向的变化规律,反映古气候的变化和迁移规律,以苏尼特隆起为界,聚煤作用由东开始随古气候变化向西扩展,东部的聚煤作用强度比西部强,出现西部无下含煤段的规律。盆地群内不同构造类型盆地中,以单断式、双断式、坳陷式和断陷-坳陷式 4 类盆地聚煤作用最典型,同时地堑式含煤盆地聚煤作用强于半地堑式。煤层展布方向一般平行于沉积相带,浅湖、扇三角洲、三角洲等沉积物上均有煤层发育,冲积扇、辫状河平原等沉积物上难以发现可采煤层赋存。通过二连-海拉尔盆地群早白垩世不同类型的断陷盆地分析研究发现,富煤带一般均叠加在古浅湖的分布范围上,最重要的成煤环境为滨浅湖、河流、(扇)辫状河三角洲环境。

3 赋煤构造单元划分

本文引用“赋煤构造单元”^[16-22]是在一套相同或者相近的含煤地层系统内,在煤系聚集特征基础上,结合区域大地构造划分的基础,从煤系赋存角度划分的构造单元,阐明各个地区的赋煤构造位置及其含煤岩系构造特征,反映出煤炭资源现今构造特征。内蒙古横跨中国三大赋煤构造区^[17-20],以阿拉善右旗—乌拉特后旗—化德—赤峰大断裂和贺兰山—六盘山为界,划分出东北、华北和西北三大赋煤构造区。根据区域地质、大地构造特征、成煤时代、含煤盆地的地理分布等煤炭资源分布条件,将内蒙古赋煤构造单元划分为 11 个赋煤构造带(图 1)(东北赋煤构造区:海拉尔、大兴安岭中部、松辽盆地西部、大兴安岭南部、二连;华北赋煤构造区:阴山、鄂尔多斯盆地北缘、鄂尔多斯西缘、宁东南;西北赋煤构造区:走廊过渡带、北山—潮水)^[3]。

东北赋煤构造区内聚煤盆地类型主要为断陷型,受盆缘主干断裂控制 NE—NNE 向展布,含煤地层以早白垩世为主。华北赋煤构造区总体呈不对称的环带结构^[23],北部阴山地区以近 E—W 向控煤构造为主,西缘挤压带以多条近 N—W 走向的逆冲断裂构造为主,南部简单的单斜构造控制且断裂不发育。西北赋煤构造带以早—中侏罗世特大型聚煤盆地为主,受后期构造运动的改造,盆地周缘构造较复杂,断裂发育,地层倾角较大,盆地内部为宽缓的褶曲构造,倾角变缓。

3.1 东北赋煤构造区中 5 个赋煤构造带

3.1.1 海拉尔赋煤构造带

该赋煤构造带以 NE、NNE 向断裂构造为主^[24]、EW 向为辅、NW 向次之,组成的断裂网状格架的控制和影响多个相对独立的断陷盆地群组成,其基底为古

生界浅变质岩。古生代晚期即华力西期,兴安造山系褶皱回返,逐渐隆升成陆。三叠纪晚期进入强烈造山期,侏罗纪大规模的火山活动,地幔隆起引起地壳强烈伸展,晚侏罗至早白垩世形成大范围坳陷,盆地展布的总体格局为二隆三坳,自西向东为扎赉诺尔断陷带、嵯岗隆起带、贝尔湖断陷带、巴彦山隆起带和呼和湖断陷带。总体陷多凸少,断陷盆地多且呈右行雁行排列,大多盆缘受断裂的控制,断裂多为正断层。盆地基本为两边断裂,亦有单边断裂,为拉张型断陷盆地^[3]。盆地接受大磨拐河组沉积,后期剥蚀较小。各个孤立盆地沉积厚度不一,具有相似构造发展史和沉积史。其凹陷的性质主要为半地堑(箕状断陷)和地堑(双断式断陷)。已有红花尔基(31.5%)、呼和诺尔(24.5%)、伊敏(12.1%)、宝日希勒(6.6%)、乌尔逊(4.9)、扎赉诺尔(5.1%)、胡列也吐(4.1%)、特兰图(3.7%)等 21 个煤矿区^[3],括号百分数为煤矿区或煤产地占该赋煤构造带煤炭资源量比例。含煤地层为白垩系下统白彦花群^[3]大磨拐河组(K_1d)和伊敏组(K_{1y}),主要有扎赉诺尔煤田、巴彦山煤田、呼和诺尔煤田。

3.1.2 大兴安岭中部赋煤构造带

大兴安岭中段赋煤构造带为贫煤多金属区域。大兴安岭大地构造单元布局主要是古亚洲洋演化期间形成。古亚洲洋是古生代期间发育于西伯利亚板块和华北板块之间的一个复杂的多岛洋,以大规模的岛弧体系发育和陆缘增生为特征^[25]。受南凸出的蒙古陆弧影响^[26],大兴安岭各构造单元和主构造线方位由 S 到 N,由 EW 向,转为 NEE 向、NE 向,直至最北部的德尔布干构造带转为 NNE 向^[27]。以二叠纪时期二连至贺根山构造带作为大兴安岭地区古亚洲洋演化的最后主缝合构造带。大兴安岭的形成与中生代大规模构造岩浆活动有关,动力学背景认为与太平洋板块俯冲有关^[28-34]。区内已知牯牛海(50.1%)、大杨树(23.8%)、联合屯(14.9%)、黄花山(5.6%)等 6 个煤产地^[3]。含煤地层北部为白垩系下统大磨拐河组(K_1d),南部为侏罗系中统新民组(J_2x)。

3.1.3 二连赋煤构造带

二连赋煤构造带所处区域构造位置为东起大兴安岭隆起,西至索伦山隆起,南为温都尔庙隆起,北为巴音宝力格隆起。其构造格局特征除 NW 和 SE 边界隆起外,总体格局为两坳夹一隆,中部 NE 向展布的苏尼特隆起上分布少数小规模盆地。苏尼特隆起的东北为马尼特坳陷,西南乌兰察布坳陷和川井坳陷;隆起的南东为乌尼特坳陷和腾格尔坳陷。在南部

拗陷受内蒙地轴的影响,呈 NEE 向,内部次级凹陷仍呈 NE 向展布。该赋煤构造带内凹陷的性质主要为单断式的半地堑(箕状断陷)为主和地堑(双断式断陷)发育较少。

二连盆地群内所形成的含煤地层多以宽缓褶皱和近水平产状为主,煤层在盆地内保留完整,连续性好,基本保留原貌。区域内形成了早—中侏罗世的断—拗型盆地、早白垩世的断陷盆地群及晚白垩世的拗陷型小湖盆等不同的盆地类型,已圈定的含煤盆地共有 100 多个^[3],呈 NEE—NE—NNE 向雁行排列,盆地边缘多有同沉积断裂,形成堑垒相间多凸多凹的构造格局。已有胜利(15.6%)、巴彦胡硕(10.0%)、白音华(9.1%)、五间房(9.0%)、霍林河(8.2%)、巴其北(6.3%)、白彦花(6.2%)、巴彦宝力格(5.3%)等 41 个煤矿区或煤产地^[3]。含煤地层主要为白垩系下统白彦花群大磨拐河组(K_1d)和伊敏组(K_1y)。

3.1.4 大兴安岭南部赋煤构造带

大兴安岭南部赋煤构造带主要位于兴蒙造山系内,局部位于华北陆块区。带内断裂褶皱比较发育,以断裂构造为主,总体呈 NE—NNE 向展布,南部为平庄元宝山等断陷聚煤盆地。盆地构造以盆缘张性断裂为主,盆内有次级断裂,将盆地分割成次级隆起的凹陷,控制岩相和煤层的发育。盆内背、向斜不发育,地层总体为向西倾单斜构造或不对称向斜构造,倾角一般 $10^\circ \sim 15^\circ$,局部到 30° 左右^[3]。已有元宝山(59.4%)、平庄(29.4%)、亿合公(9.1%)等 7 个煤矿区或煤产地。含煤地层白垩系下统为阜新组(K_1f)和九佛堂组(K_1j)。

3.1.5 松辽盆地西部赋煤构造带

松辽盆地西部赋煤构造带是在晚华力西期褶皱基底上发育的中、新生代断陷、拗陷盆地贫煤地区。以侏罗纪为断陷期,侏罗—白垩纪为拗陷期,沉积了含煤碎屑岩建造及红色建造。由不均衡的升降运动,在开鲁至舍伯吐一线构成两拗夹一隆即东西向小型隆起和两侧同方向拗陷的构造格局,以 NNE 向和 EW 向张性断裂较为发育,一般属于单斜构造或宽缓向斜。西部绍根矿区在造山系发育期呈岛链状展布,向东隐没于中生代火山岩系之下,为海相和海陆交互碎屑岩和火山岩建造。已有绍根(73.9%)、双辽(16.2%)、宝龙山(5.9%)等 6 个煤矿区、煤产地^[3]。含煤地层主要是白垩系下统为阜新组(K_1f)。

3.2 华北赋煤构造区 4 个赋煤构造带

3.2.1 阴山赋煤构造带

该赋煤构造带位于华北陆块北缘,北与古生代天山—兴蒙造山系相接。阴山—燕山造山带经过强烈

造山改造,其北缘曾受到加里东和华力西增生事件的影响,其南缘在中生代发生过薄皮挤压变形,新生代早期发生过裂陷。由于南北水平挤压作用,中生代印支期地壳构造变形形成了一系列呈东西向展布的褶皱构造和逆冲推覆断层,控制了该地区主体构造格架,印支运动表现为西强东弱^[35],控煤断裂构造走向以 110° 为主, $60^\circ \sim 90^\circ$ 次之^[36]。中部为阴山板内造山带,南部为河套断陷盆地—前套盆地(呼包盆地)和后套盆地(临河盆地)。区域航磁和重力异常走向同样呈东西,并以呼包盆地为界由北向南呈现布格重力异常低高低,磁异常高低高异常特征^[37],揭示了北部造山机制和南部稳定陆块沉积特点。阴山赋煤构造带大致可以分为太古界组成的南带和北带及分隔两者的侏罗系石拐煤田^[3]。已有大青山(41.7%)、集宁(31.1%)、供济堂(8.7%)、固阳(5.2%)等 10 个煤矿区或煤产地^[3]。东部集宁矿区含煤地层为新近系汉诺坝组(N_1h)和宝格乌拉组(N_1b),巴音胡都格矿区为白垩系下统巴音胡都格组(K_1b),阴山地区为白垩系下统李三沟组(K_1l)和固阳组(K_1g),大青山煤田为侏罗系下统五当沟组(J_1w)。

3.2.2 鄂尔多斯盆地北缘赋煤构造带

鄂尔多斯盆地北缘赋煤构造带位于阴山赋煤构造带之南,华北陆块区西北部,属鄂尔多斯盆地北缘,主要包括了伊盟隆起(乌审旗东西线以北)和陕北斜坡西北部分地区。鄂尔多斯盆地为叠合改造形成构造盆地,不同时期不同类型的盆地相互叠加,早古生代—晚古生代为华北陆缘海—滨浅海盆地,中生代晚三叠世—早白垩世为残延内克拉通盆地,晚白垩世以来进入盆地整体抬升,周边断陷阶段^[38-40]。盆地经历了燕山和喜马拉雅期构造运动的改造,形成盆地现今以断裂为主的构造格局,盆地基底构造总貌深度、形态、延展方向,均受基底断裂的控制,从而呈现出凸凹相间、北高南低、东高西低的特点^[41],基底断裂以 NE 向为主,北部发育部分 NW 向断裂^[42]。鄂尔多斯盆地北缘主体构造性质稳定,在地质历史的演化中长期处于沉积盆地的北部高部位^[43]。盆地北缘晚古生代沉积—构造格局主要受控于盆地北缘兴蒙海槽演化,逐渐由早期 EW 向格局转变为晚期 NE—SW 向格局^[44],经多次构造变动,该区域处于稳定的构造环境中,未受到构造变动的冲击,构造的发生、发展主要受 EW 向(或 NEE 向)断裂的控制,地层没有发生强烈的褶皱,基本上呈水平状(倾角 $1^\circ \sim 3^\circ$),断裂不十分发育,多以同生断裂产生,火成岩也不发育。已有东胜深部(67.8%)、东胜国家规划(25.4%)和准格尔(6.2%)等 5 个煤矿区^[3]。含煤地层主要侏罗系

中下统延安组(J_{1y}),准格尔矿区石炭系上统太原组(C_2t)和二叠系下统山西组(P_1s)。

3.2.3 鄂尔多斯盆地西部赋煤构造带

赋煤构造带位于鄂尔多斯北部赋煤构造带以西,该区域褶皱逆冲带由 10 余条近 NS 向逆冲断裂、数条同向正断层及近 EW 向平移断层组成构造骨架,基本构造形态总体由东向西扩展的逆冲断裂组合,与鄂尔多斯盆地呈向西缓倾的大单斜形成对比。逆冲断裂沿走向断续延伸,三五成束,相互平行,大致以等距离出现在同一地段,被 EW 向断层所隔,一般均具有向“S”逆冲和右行滑动性质。褶皱逆冲作用使鄂尔多斯盆地西缘石炭—二叠纪和侏罗纪两套含煤地层受到强烈改造,失去原始连续性和完整性,被割成许多大小不等,形状各异的块段。根据构造发育特征及其对煤系变形的影响,并考虑成因机制,大体以马家滩—青铜峡一线(黄河断裂)为界,将鄂尔多斯盆地西缘褶皱逆冲带分为南、北 2 段。已有桌子山(73.3%)、二道岭(11.2%)、乌达(8.0%)和呼鲁斯太(7.5%)4 个煤矿区^[3]。含煤地层主要为上石炭统太原组(C_2t)、下二叠统山西组(P_1s),二道岭矿区为侏罗下统延安组(J_{1y})。

3.2.4 宁东南赋煤带

该赋煤带地质构造基本向东倾斜的单斜构造,桌子山东缘大断裂为区内最主要的控煤构造。断裂是一条自西向东推覆的逆冲断层,控制了中生代地层的沉积,垂直断距达 5 km,切割错段了石炭系与二叠系的煤系地层。断层形成较早,活动时间长,中生代活动最强烈,后被新华夏系利用,直至新生代仍有活动。已有上海庙(100%)1 个煤矿区^[3]。含煤地层为上石炭统太原组(C_2t)、下二叠统山西组(P_1s)和侏罗下统延安组(J_{1y})。

3.3 西北赋煤构造区 2 个赋煤构造带

3.3.1 北山—潮水赋煤构造带

该赋煤构造带位于华北板块西缘与塔里木板块东缘结合部位,北邻兴蒙造山带,是多构造单元的结合部。由北至南存在两条重要断裂:恩格尔乌苏断裂带和阿拉善北缘断裂带。以恩格尔乌苏断裂为界,划分南北两大构造区^[1]。南区的构造单元为阿拉善微陆块,由南向北为阿拉善陆块陆缘区、查干础鲁边缘海盆、宗乃山—沙拉扎山岛弧带;北区构造单元属南蒙古微陆块边缘带。已有潮水(85.9%)、北山(12.9%)和希热哈达(1.2%)3 个煤矿或煤产地^[3]。含煤地层为侏罗系中下统龙凤山组(J_2l)。

3.3.2 走廊过渡带赋煤构造带

青山—牛首山深断裂是划分鄂尔多斯地块与河

西走廊弧后盆地的断裂,是华北板块与鄂尔多斯盆地西缘二级构造单元的重要分界。加里东期该断裂东北属大陆边缘陆棚浅海环境,西南侧为活动性沉积,深海复理石沉积厚度巨大,有火山活动,香山群是典型代表。构造分析表明,香山群形成于弧后盆地环境,盆地西缘和本部属相对稳定的大陆边缘斜坡和台地环境。笔者认为沿走向向西北与河西走廊北侧的龙首山深大断裂相连,形成阿拉善古陆与河西走廊弧后盆地的分界。已有黑山(93.0%)和喇嘛敖包(7.0%)2 个煤矿区^[3]。黑山矿区含煤地层为上石炭统羊虎沟组(C_2h),喇嘛敖包矿区含煤地层为石炭系上统太原组(C_2t)。

4 结 论

(1)通过对聚煤规律及其控制因素进行总结,反映该地区聚煤期的古环境、古构造格局和沉积构造的活动特征。

(2)沉积体系的形成很大程度上依赖于盆地形态和层理构造的恢复,对内蒙古地区赋煤构造特点的研究中发现,厚煤层发育在碎屑体系最不活跃的地带,如冲积扇的扇前湿地,河流体系的泛滥盆地,三角洲分流河道间的泛滥平原以及分流间湾等等。而碎屑体系比较活跃地带如冲积扇的扇面河道、辫状河平原、曲流河道以及三角洲平原的分流河道等均不利于泥炭的堆积与保存。

(3)以内蒙古地区大地构造划分为基础,依据内蒙古构造对煤系的控制与煤系的分布特征,将该地区赋煤构造单元划分为 3 个一级赋煤构造单元(赋煤构造区),11 个二级赋煤构造单元(赋煤构造带),以地质构造控制煤系赋存为特征,对煤田构造空间分布规律进行研究,揭示煤系赋存规律的地质构造基础,体现不同构造条件下煤系赋存状况的差异。

(4)内蒙古地区的煤炭地质构造、聚煤特征不仅仅反映出该地区煤炭富集的特点,也为进行煤层气勘查提供了重要、翔实的基础资料。在以绿色能源开发利用为主的今天,针对地区性煤炭勘查资料的综合研究也尤为重要。

参考文献(References):

- [1] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991:1-725.
- [2] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 北京:中国地质大学出版社,2008:1-344.
- [3] 内蒙古自治区煤田地质局. 内蒙古自治区煤炭资源预测与评价报告[R]. 呼和浩特,2011.
- [4] 曹珂. 中国陆相白垩系沉积特征与古地理面貌[D]. 北京:中国

- 地质大学(北京),2010:28-50.
- CAO Ke. Cretaceous continental sedimentology and paleogeography in China[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2010:28-50.
- [5] 席党鹏,万晓樵,李国彪,等. 中国白垩纪综合地层和时间框架[J]. 中国科学:地球科学,2019,49(1):257-288.
- XI Dangpeng, WAN Xiaoqiao, LI Guobiao, et al. Cretaceous integrative stratigraphy and timescale of China[J]. Science China Earth Sciences, 2019, 62:256-286.
- [6] 沈鸿章. 内蒙古区域地质概要[J]. 中国区域地质, 1988(4): 297-306.
- SHEN Hongzhang. Resume of regional geology in Inner Mongolia[J]. Regional Geology of China, 1988(4):297-306.
- [7] 郑丁,王伟峰,卓胜广. 内蒙古中—新生代盆地构造特征及划分[J]. 山东煤炭科技, 2007, 5(1):51-52
- ZHENG Ding, WANG Weifeng, ZHUO Shengguang. Structural characteristics and division of Mesozoic-Cenozoic basins in Inner Mongolia[J]. Shandong Coal Science, 2007, 5(1):51-52.
- [8] 葛肖虹,刘俊来,任收麦,等. 中国东部中—新生代大陆构造的形成与演化[J]. 中国地质, 2014, 41(1):19-38
- GE Xiaohong, LIU Junlai, REN Shoumai, et al. The formation and evolution of the Mesozoic-Cenozoic continental tectonics in Eastern China[J]. Geology in China, 2014, 41(1):19-38.
- [9] 黄汲清,任纪舜,姜春发,等. 中国大地构造基本轮廓田[J]. 地质学报, 1977(2):117-135.
- HUANG Jiqing, REN Jishun, JIANG Chunfa, et al. An outline of the tectonic characteristics of China[J]. Acta Geologica Sinica, 1977(2):117-135.
- [10] 王鸿祯. 中国地壳构造主要发展的阶段[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1982(3):155-177.
- WANG Hongzhen. The main stages of crustal development of China[J]. Earth Science-Journal of Wuhan College of Geology, 1982(3):155-177.
- [11] 李春昱. 中国板块构造的轮廓[J]. 中国地质科学院院报, 1980, 2(1):11-20.
- LI Chunyu. A preliminary study of plate tectonics of China[J]. Bulletin Chinese Academy of Geological Sciences, 1980, 2(1):11-20.
- [12] 潘桂堂,肖庆辉,陆松年,等. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 2009, 36(1):1-28.
- PAN Guitang, XIAO Qinghui, LU Songnian, et al. Subdivision of tectonic units in China[J]. Geology in China, 2009, 36(1):1-28.
- [13] 潘桂棠,陆松年,肖庆辉. 中国大地构造阶段划分和演化[J]. 地学前缘, 2016, 23(6):1-23.
- PAN Guitang, LU Songnian, XIAO Qinghui, et al. Division of tectonic stages and tectonic evolution in China[J]. Earth Science Frontiers, 2016, 23(6):1-23.
- [14] ZHANG Yanzhong, XIAO Lin. Petrographic characteristics and depositional environment of No. 6 coal from Xiaoyugou Mine, Jungar Coalfield, China[J]. International Journal of Coal Science & Technology, 2014, 1(4):395-401.
- [15] BAI Xiangfei, WANG Yue, LI Wenhua. Mineralogy, distribution, occurrence and removability of trace elements during the coal preparation of No. 6 coal from Heidaigou mine[J]. International Journal of Coal Science & Technology, 2014, 1(4):402-420.
- [16] 童玉明,陈胜早,王伏泉,等. 中国成煤大地构造[M]. 北京:科学出版社, 1994:1-81.
- [17] 程爱国,曹代勇,袁同星,等. 煤炭资源潜力评价技术要求[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2010:1-78.
- [18] 李焕同. 华南赋煤区煤系构造变形特征及其构造演化[D]. 北京:中国矿业大学(北京), 2014:41-73.
- LI Huantong. Structural deformation of coal measures characteristics and tectonic evolution of South China coal occurrence district[D]. Beijing: China University of Mining and Technology(Beijing), 2014:41-73.
- [19] 曹代勇,谭节庆,陈利敏,等. 我国煤炭资源潜力评价与赋煤构造特征[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(7):5-9.
- CAO Daiyong, TAN Jieqing, CHEN Limin, et al. Coal resources potential evaluation and coal occurrence tectonics in China[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(7):5-9.
- [20] 宁树正. 中国赋煤构造单元与控煤特征[D]. 北京:中国矿业大学(北京), 2013:5-12.
- NING Shuzheng. The coal occurrence tectonic units and coal controlling characteristics in China[D]. Beijing: China University of Mining and Technology(Beijing), 2013:5-12.
- [21] 宁树正,曹代勇,郭爱军. 中国东北地区赋煤构造单元与控煤特征[J]. 煤田地质与勘探, 2014, 42(6):1-7.
- NING Shuzheng, CAO Daiyong, GUO Aijun. Tectonic units of coal occurrence and their characteristics of controlling coal in Northeast China[J]. Coal Geology & Exploration, 2014, 42(6):1-7.
- [22] 曹代勇,宁树正,郭爱军,等. 中国煤田构造格局及其基本特征[J]. 矿业科学学报, 2016, 1(1):1-8.
- CAO Daiyong, NING Shuzheng, GUO Aijun, et al. Basic characteristics of coalfield tectonic framework in China[J]. Journal of Mining Science and Technology, 2016, 1(1):1-8.
- [23] 王桂梁,琚宜文,郑孟林,等. 中国北部能源盆地构造[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2007:1-540.
- [24] ZHENG Han, SUN Xiaomeng, ZHU Defeng, et al. The structural characteristics, age of origin, and tectonic attribute of the Erguna Fault, NE China[J]. Science China Earth Sciences. 2015, 58:1553-1565.
- [25] 任纪舜,牛宝贵,刘志刚. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用[J]. 地学前缘, 1999, 6(3):85-93.
- REN Jishun, NIU Baogui, LIU Zhigang. Soft collision, superposition orogeny and polycyclic suturing[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(3):85-93.
- [26] 李述靖,张维杰,耿明山. 蒙古弧地质构造特征及形成演化概论[M]. 北京:地质出版社, 1998:1-145.
- [27] 刘建明,张锐,张庆洲. 大兴安岭地区的区域成矿特征[J]. 地学前缘, 2004, 11(1):269-277.
- LIU Jianming, ZHANG Rui, ZHANG Qingzhou. The regional metallogeny of Da Hinggan Ling, China[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(1):269-277.
- [28] 蒋国源,权恒. 大兴安岭根河、海拉尔盆地中生代火山岩[A]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所[C]. 沈阳:中国地质学

- 会,1988:78.
- JIANG Guoyuan, QUAN Heng. Mesozoic volcanic rocks of Genhe and Hailar Basins in Da Hinggan Ling Range [A]. Shenyang institute of Geology and mineral resources, Chinese Academy of Geosciences [C]. Shenyang: Geological Society of China, 1988:78.
- [29] 赵一鸣,张德全. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价 [M]. 北京:地震出版社,1997:1-156.
- [30] 马家俊,方大赫. 黑龙江省中生代火山岩初步研究 [J]. 黑龙江地质,1991,2(2):1-16.
- MA Jiajun, FANG Dahe. A preliminary study of Mesozoic volcanic rocks in Heilongjiang Province [J]. Geology of Heilongjiang Province, 1991,2(2):1-16.
- [31] 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,1996:1-110.
- [32] 朱勤文,路凤香,谢意红,等. 大陆边缘扩张型活动带火山岩组合-松辽盆地周边中生代火山岩研究 [J]. 岩石学报,1997,13(4):551-552.
- ZHU Qinwen, LU Fengxiang, XIE Yihong, et al. Volcanic rocks assemblages in active belt of spreading type in continental margin study on Mesozoic volcanic rocks around Songliao basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 1997,13(4):551-552.
- [33] 吴福元,孙德有,张广良,等. 论燕山运动的深部地球动力学本质 [J]. 高校地质学报,2000,6(3):379-388.
- WU Fuyuan, SUN Deyou, ZHANG Guangliang, et al. Deep geodynamics of Yanshan Movement [J]. Geological Journal of China Universities, 2000,6(3):379-388.
- [34] 李英康,高锐,姚聿涛,等. 大兴安岭造山带及两侧盆地的地壳速度结构 [J]. 地球物理学进展,2014,29(1):73-83.
- LI Yingkang, GAO Rui, YAO Yutao, et al. The crust velocity structure of Da Hinggan Ling organic belt and the basins on both sides [J]. Progress in Geophysics, 2014,29(1):73-83.
- [35] 刘正宏,徐仲元. 阴山地区印支期地壳构造变形研究 [J]. 吉林大学学报(地球科学版),2003,33(1):1-6.
- LIU Zhenghong, XU Zhongyuan. Research of indosinian crust structural deformation at Yinshan area [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003,33(1):1-6.
- [36] 林中月. 华北赋煤区煤田构造与构造控煤作用研究 [D]. 北京:中国矿业大学(北京),2012:43-68.
- LIN Zhongyue. Coalfield structural and tectonic coal controlling of north China coal hosting area [D]. Beijing: China University of Mining and Technology (Beijing), 2012:43-68.
- [37] 王谦身,滕吉文,王光杰,等. 内蒙古阴山地区特异区域重磁场与深部构造 [J]. 地球物理学报,2005,48(2):314-320.
- WANG Qianshen, TENG Jiwen, WANG Guangjie, et al. The region gravity and magnetic anomaly fields and deep structure in Yinshan mountains of Inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2005,48(2):314-320.
- [38] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律 [M]. 北京:石油出版社,2002:1-244.
- [39] 赵重远,刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存 [M]. 西安:西北大学出版社,1990:1-189.
- [40] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京:石油出版社,2003:1-390.
- [41] 魏文博,刘天佑,王传雷. 鄂尔多斯盆地构造演化和古构造运动面的地球物理研究 [J]. 地球科学-中国地质大学学报,1993,18(5):643-652.
- WEI Wenbo, LIU Tianyou, WANG Chuanlei. Geophysical study on tectonic evolution and paleotectonic moving surface of Ordos Basin [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1993,18(5):643-652.
- [42] 李明,闫磊,韩绍阳. 鄂尔多斯盆地基底构造特征 [J]. 吉林大学学报(地球科学版),2012,42(S3):38-43.
- LI Ming, YAN lei, HAN Shaoyang. The basement tectonic characteristics in Ordos Basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2012,42(S3):38-43.
- [43] 李江涛. 鄂尔多斯盆地北部加里东期后构造演化及其与古生界天然气的关系 [J]. 现代地质,1997,11(4):488-495.
- LI Jiangtao. Tectonic evolution and its relation to Paleozoic gas reservoirs since Caledonian movement in northern Ordos Basin [J]. Geoscience, 1997,11(4):488-495.
- [44] 乔建新,邓辉,刘池洋. 鄂尔多斯盆地北部晚古生代沉积-构造格局及物源分析 [J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2013,28:12-17.
- QIAO Jianxin, DENG Hui, LIU Chiyang. Sedimentary-tectonic framework and provenance analysis of the late Palaeozoic in the northern Ordos Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2013,28:12-17.