

# Evolution and Later Reformation of Early-Middle Jurassic Coal-Bearing Basins in Western Mongolia

—A Case Study from the Shinejinst Basin

Genyao Wu

Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing  
Email: wugenyaoyao@mail.iggcas.ac.cn

Received: Mar. 12<sup>th</sup>, 2013; revised: Apr. 1<sup>st</sup>, 2013; accepted: Apr. 17<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Genyao Wu. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Owing to variation of the basement structures, syn-orogenic stress fields and regional tectonic evolution, the Early-Middle Jurassic coal-bearing basins in western Mongolia show different geometric and kinematic features from the simultaneous molasse basins in eastern Mongolia. The west segment of the Mongolia-Okhotsk suture is a NW-striking transfer zone, which constraints two transpressional fracture belts developing in western Mongolia. The transpressional fracture consists of the oblique thrust with NWW- to nearly E-W-striking, and the NW-orientated oblique thrust-strike slipping fault. The front fault of the oblique thrust controls a coal-forming basin in its lower plate. The basin-controlling fault thrusts north(east)wards, with the basin dynamics resulting from a northward push-compression caused by closure of Tethyan ocean in the end of Early Jurassic in western China and followed continent-continent collision. The evolution of the Shinejinst Basin can be divided into three stages, which experiences four episodes of reformation after its reversion. The coal-search direction for the Lower-Middle Jurassic large coal fields in western Mongolia should be a kind of the South Sub-Basin of Shinejinst Basin, which could be indicated by three characters: 1) the basin-controlling faults being NWW- to nearly E-W-striking oblique thrust as well as NE-striking sinistral shearing fault, 2) to be situated at upper side of normal fault in Early Cretaceous extension, and 3) to be located along the piedmont belt of thrust or foothill of range in the Cenozoic uplifting.

**Keywords:** Basin-Controlling Fracture; Basin Evolution; Later Reformation; Regional Tectonic Differentiation; Coal-Search Direction; Early-Middle Jurassic; Western Mongolia

## 蒙古国西部早 - 中侏罗世含煤盆地的演化和后期改造

—以希奈金斯盆地为例

吴根耀

中国科学院地质与地球物理研究所, 北京  
Email: wugenyaoyao@mail.iggcas.ac.cn

收稿日期: 2013年3月12日; 修回日期: 2013年4月1日; 录用日期: 2013年4月17日

**摘要:** 因基底构造、同造山应力场和区域演化的不同, 蒙古东、西两部早 - 中侏罗世含煤盆地有不同的几何学和运动学特征。控制中带磨拉石盆地西段发育的是两条近北西向的压扭性断裂带, 与蒙古 - 鄂霍次克缝合线西段的走向一致。近北西向断裂由北西西 - 近东西向的斜冲段和北西向的斜冲 - 走滑段组成, 前者的前锋断层控制了中带的含煤盆地发育。这些控盆断裂向北(东)斜冲, 成盆动力来自中国西部特提斯洋早侏罗世末闭合和嗣后的碰撞产生的向北推挤。希奈金斯盆地演化可分为三个阶段, 后期经历了四期改造。西部寻找下 - 中侏罗统大煤田的方向是希奈金斯盆地南次盆类型的构造盆地; 其主要特征, 一是成煤期盆地发育受北西西 - 近东西向

斜冲断层及近北东向左行剪切断层控制, 二是早白垩世的拉张事件中处于正断层的上盘, 三是新生代隆升时位于山前或山麓地区。

**关键词:** 控盆断裂; 盆地演化; 后期改造; 区域构造分异; 找煤方向; 早 - 中侏罗世; 蒙古西部

## 1. 引言

下 - 中侏罗统是蒙古国的四个主要含煤地层之一(其它三者为上石炭统、上二叠统和下白垩统)。它分布广, 兼之已经受多期改造, 故前人研究未能恢复出早 - 中侏罗世原生盆地的面貌, 对盆地构造背景的认识也是众说纷纭<sup>[1,2]</sup>(并可参阅[1,2]的后附文献), 成为研究分析煤层赋存规律和保存特点的瓶颈。

笔者已著文<sup>[2]</sup>提出下列认识: 1) 早中生代蒙古及相邻俄罗斯地区的主控构造是蒙古 - 鄂霍次克洋的演化, 它在早侏罗世末 - 中侏罗世初消减闭合<sup>[3]</sup>; 蒙古国早 - 中侏罗世盆地的发育受该消减型造山作用制约。2) 因构造位置不同, 早 - 中侏罗世盆地有两种构造背景。因洋盆总体上向北消减<sup>[3]</sup>, 洋盆以北地区(蒙古北部)处于弧后张裂状态, 发育近 20 个孤立的地堑<sup>[1]</sup>, 之后被一个统一的断(坳)陷上叠, 称鄂尔浑 - 色楞格盆地。3) 洋盆以南是一个由多个克拉通和地块经印支运动最终拼合而成的中国 - 东南亚次大陆<sup>[4]</sup>; 拼合大陆内部的古缝合线是构造薄弱带, 常被拼合大陆外侧的板间造山运动激活而发生陆(板)内的造山运动<sup>[5,6]</sup>。在内蒙古自治区及邻区有 3 条古缝合线, 自南至北分别称巴音查干 - 温都尔庙 - 柯丹山、索伦山 - 二连 - 贺根山和海拉尔 - 呼玛缝合线<sup>[7]</sup>, 因蒙古 - 鄂霍次克洋的消减被激活而发育燕山期的陆内造山带<sup>[8,9]</sup>。这三者中尤以阴山-燕山造山带著称, 部分欧美学者在对该地进行详细研究后也赞同它是与蒙古 - 鄂霍次克洋消减造山有关的陆内造山作用的产物<sup>[10,11]</sup>。4) 内蒙及邻区的这 3 条燕山期陆内造山带各控制了一个磨拉石盆地发育, 自南至北分别称阴山 - 燕山盆地(西段即阿拉善地区也称银根盆地)、二连盆地和海拉尔盆地。它们均西延(或北延)入蒙古境内, 称蒙古的南带磨拉石盆地、中带磨拉石盆地和北带磨拉石盆地(图 1)。5) 南带磨拉石盆地、中带磨拉石盆地东段和北带磨拉石盆地东段与内蒙的 3 个磨拉石盆地

有相同的几何学和运动学特征, 都呈北东东向或近东西向延伸, 控盆断裂位于盆地北侧且都向南冲断, 盆地呈北深南浅的楔形, 随冲断的持续盆地向南扩大且沉降 - 沉积中心向南迁移。6) 中带磨拉石盆地的西段和北带磨拉石盆地的西段的几何学特征不同于东段, 它们呈北西走向, 且中带东段的宽盆在西段变成 2 条窄盆。西段的运动学特征与东段也有不同, 即: 控盆断裂位于盆地南侧且发生向北(偏东)的斜冲, 如本文讨论的希奈金斯盆地; 位于南亚带中段的泽雷格(Dzereg)盆地是一个两侧均以斜冲断层为边界的压扭性盆地, 两侧均有物源区为盆地供应碎屑, 砾岩(厚 640 m)则主要堆积在盆地南侧<sup>[12]</sup>, 表明主控盆断裂位于盆地南(西)侧, 向北(东)斜冲。

笔者在之前的文章中已指出了北带和中带磨拉石盆地的西段与其东段有不同的几何学和运动学特征, 但没有展开讨论。本文拟在简要介绍蒙古西部地球动力学背景的基础上, 重点剖析中带磨拉石盆地西段南亚带东部的希奈金斯(Shinejinst, 有的文献写作 Shin Jinst, 中译为新金斯特)盆地的演化和后期改造, 总结蒙古西部早 - 中侏罗世含煤盆地的运动学特征, 以期对指导煤田的勘探和开发有所裨益。

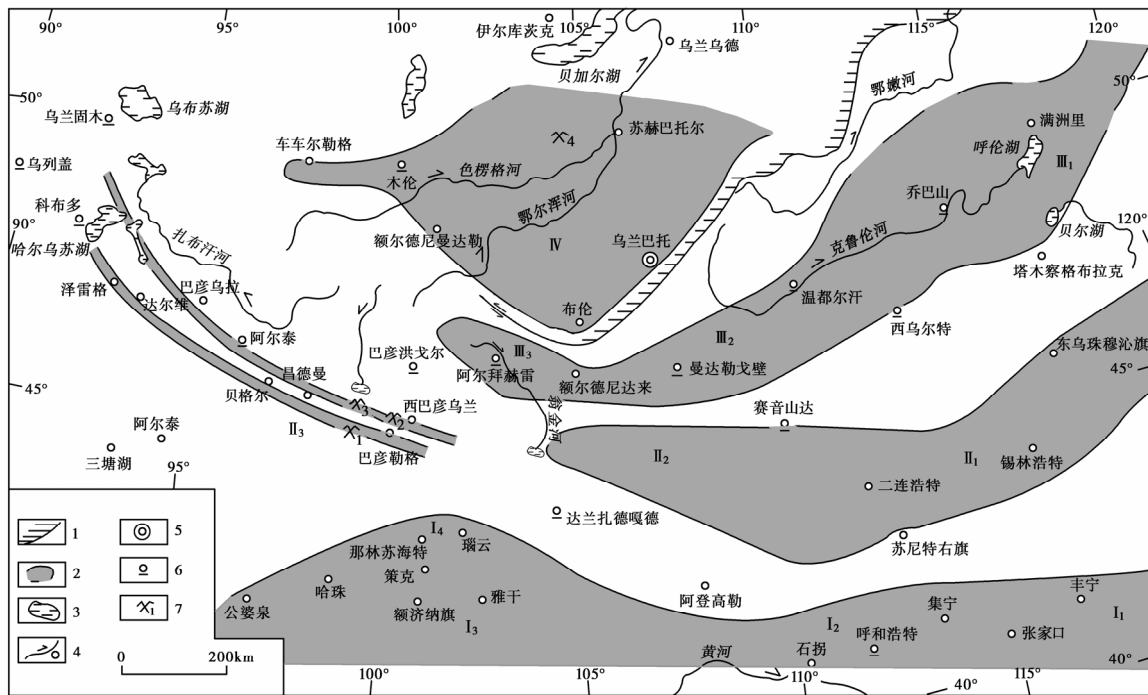
## 2. 蒙古西部地球动力学背景

蒙古东、西两部的地球动力学背景有明显不同, 可从以下三方面予以简要总结。

### 2.1. 基底构造

蒙古位于中亚造山带的核心部位, 北为西伯利亚次大陆, 南为中朝次大陆。夹于这两个次大陆之间的(即中亚造山带的前身)曾经是一个开阔的古亚洲洋, 内散布有大小不等的洋岛和陆岛(古老克拉通的残块), 构成典型的多岛洋格局。在新元古代至古生代的漫长地史期间, 古亚洲洋的洋壳曾多次发生过不同方向的消减, 伴以多期和多个方向的陆 - 弧碰撞或弧 - 弧碰撞。由于至二叠纪末洋壳已经消失<sup>[13]</sup>, 侏罗纪盆地的基底岩石是变质的古生代沉积岩和火成岩, 及前

<sup>1</sup> 吴根耀, 2013。蒙古国早 - 中侏罗世含煤盆地的分布、构造背景和地层。



1. 蒙古 - 鄂霍次克洋; 2. 早 - 中侏罗世盆地(虚线示推测边界); 3. 湖泊; 4. 河流/城镇; 5. 都; 6. 省会; 7. 煤矿; 盆地名称: I<sub>1</sub>. 燕山; I<sub>2</sub>. 阴山; I<sub>3</sub>. 银根; I<sub>4</sub>. 南带磨拉石盆地(蒙古); II<sub>1</sub>. 二连; II<sub>2</sub>. 中带磨拉石盆地东段; II<sub>3</sub>. 中带磨拉石盆地西段; III<sub>1</sub>. 海拉尔; III<sub>2</sub>. 北带磨拉石盆地东段; III<sub>3</sub>. 北带磨拉石盆地西段; IV. 鄂尔浑 - 色楞格; 煤矿名称: 1. 希奈金斯; 2. Lhk Bogd; 3. Alug Tsaluir; 4. 乌兰包包(近国境)。

Figure 1. Distribution of the early-middle Jurassic primary basins in Mongolia and neighboring areas  
图 1. 蒙古国及邻区早 - 中侏罗世原生盆地的分布(按现今地理位置表示)

寒武纪变质岩, 它们见于被断裂围限的块体(地体)中。

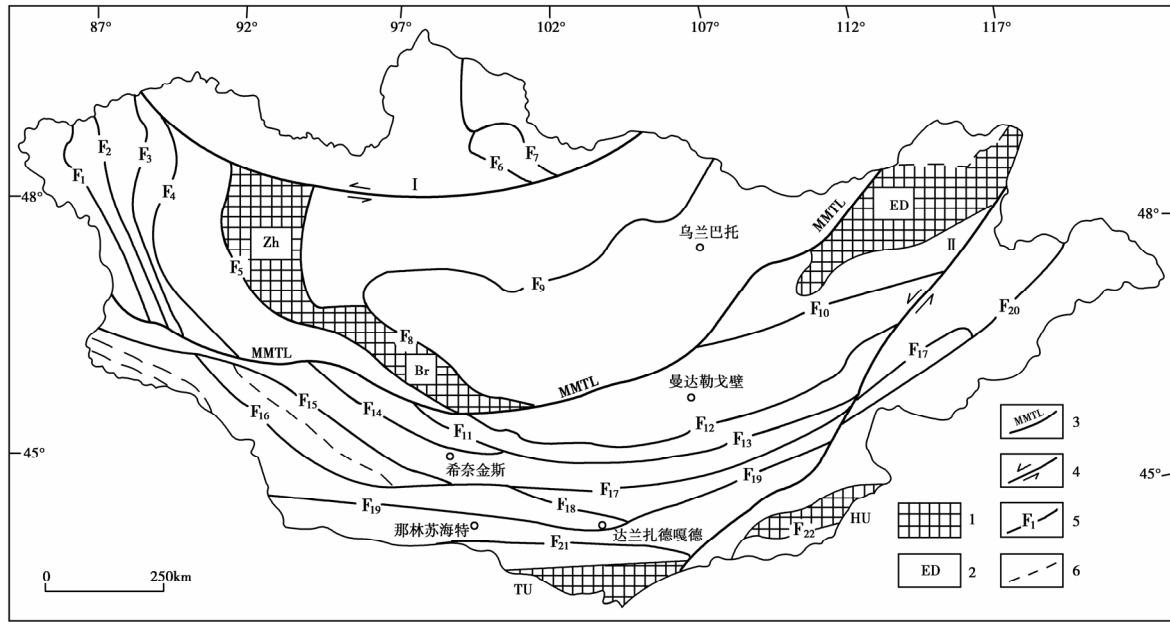
图 2 示蒙古国主要的基底断裂(地体边界)<sup>2</sup>和克拉通残块<sup>[14]</sup>。可以看到: 在蒙古东部基底断裂呈北东东走向, 西延变为近东西向、近北西向再变为北北西向。这可能与克拉通原始的延伸方向有关, 它们制约了消减及与之有关的岛弧岩浆岩带、弧前(后)盆地带的走向。

在蒙古东部及相邻的中国北部有两个相隔较远的带状克拉通。北边的称 Ereen Davaa 地块, 以古元古代的黑云母片麻岩和花岗片麻岩为地质记录, 称 Haichiin Gol 岩套<sup>[15]</sup>。它曾被称为克鲁伦地块(因沿克鲁伦河出露), 总体呈北东东向, 东延至中、俄交界处称额尔古纳地块, 总长度约 2000 km<sup>[9]</sup>(可参阅[9]的图 2)。南边的克拉通在内蒙的狼山北部 - 锡林浩特一线出露较好, 曾称宝音图群<sup>[16]</sup>, 已测到 2915.9 Ma 的 Rb-Sr 等时线年龄<sup>[17]</sup>。西延入蒙古称 Hutag Uul 地块, 由古元古代和新元古代的岩石组成, 含叠层石<sup>[15]</sup>。对进一步的西延尚有不同认识。本文认为: 内蒙西部的雅

干及相邻的蒙古境内出露的雅干 - 翁奇海儿汗(Onch Hayrhan)变质核杂岩的结晶岩系是达角闪岩相变质级的中 - 酸性火山岩及沉积岩, 属元古界<sup>[18]</sup>。它在古生代末 - 中生代早期受到大规模冲断 - 推覆构造的改造<sup>[19,20]</sup>(如前所述, 冲断作用向南发生), 早白垩世因区域伸展和正断层活动而被向北(偏东)抬到地表成为变质核杂岩<sup>[21]</sup>。该变质核杂岩报道有 0.92 Ga 的 U-Pb 法年龄, Hutag Uul 地块有 0.95 Ga 的 U-Pb 法年龄<sup>[22]</sup>, 看来两者曾是同一构造单元, 后期被祖恩巴彦(Zuunbayan)断层的左行剪切活动错开。即: 锡林浩特地块西延入蒙古后大致沿中、蒙边境展布, 东西走向长逾 1000 km, 但西段(图 2 称 Tsagaan Uul 克拉通)已遭受较强烈改造。因这两个克拉通的发育, 古亚洲洋的洋壳分别向北和向南消减于其下, 在蒙古东部留下的基底构造线分别为北东东向和近东西向。

西部的不同在于: 在蒙古中 - 西部曾发育过一个范围大且呈面状的克拉通, 称图瓦 - 蒙古(Tuva-Mongolia)微大陆或中蒙克拉通<sup>[23,24]</sup>。图 2 上所示的只是它遭受多期拉张解体后现见于蒙古中部的两个主要残留块。东边的称拜德雷格(Baidrag)地块,

<sup>2</sup>Tomurtogoo O (ed. in chief). 2003. Tectonic zonation of the territory of Mongolia (1:7,000,000).



1. 克拉通残块; 2. 克拉通残块名称: Br-拜德雷格; ED. Ereen Davaa; HU. Hutag Uul; TU. Tsagaan Uul; Zh. 扎布汗; 3. 蒙古中央构造线(Mid Mongolian Tectonic Line); 4. 走滑断裂: I. 杭爱; II. 东蒙; 5. 基底断裂(地体边界); 6. 未名的(次)地体边界; 断裂名称: F<sub>1</sub>. Toblo 湖; F<sub>2</sub>. 科布多; F<sub>3</sub>. Tsagaan Shuvuut; F<sub>4</sub>. Baatar Hairhan; F<sub>5</sub>. 扎布汗; F<sub>6</sub>. 图内勒; F<sub>7</sub>. Eg-Uri; F<sub>8</sub>. Zag; F<sub>9</sub>. Tariat Bayan Gol; F<sub>10</sub>. 克鲁伦; F<sub>11</sub>. 大博格多; F<sub>12</sub>. Undur Shil; F<sub>13</sub>. 乌兰湖; F<sub>14</sub>. Gichgene; F<sub>15</sub>. 布尔干; F<sub>16</sub>. Aj Bogd; F<sub>17</sub>. 赛汗都兰; F<sub>18</sub>. Sevrei; F<sub>19</sub>. 戈壁天山; F<sub>20</sub>. 贝尔湖; F<sub>21</sub>. Borzon; F<sub>22</sub>. Sulin Heer.

Figure 2. A simplified map showing main fractures and cratons in Mongolia  
图 2. 蒙古国的主要断裂和克拉通残块简图

曾测得其混合岩化灰色片麻岩的锆石 U-Pb 法年龄  $2646 \pm 45 \text{ Ma}$ <sup>[25,26]</sup>, 之后又测得其锆石 U-Pb 法年龄  $2.89 \text{ Ga}$ <sup>[27]</sup>; 其北西的扎布汗(Zavhan)地块内见  $1868 \text{ Ma}$  的长英质火山岩<sup>[15]</sup>。该微大陆在新元古代 - 二叠纪一直起着中央陆核的作用, 火山弧、洋岛和其它增生杂岩不断地围绕它发生拼贴和增生<sup>[14]</sup>, 因而基底构造线环之呈弧形展布, 在蒙古中部呈北西西向, 至蒙古西北部呈北北西向。

## 2.2. 同造山构造应力场

蒙古 - 鄂霍次克缝合线在蒙古境内明显可分为两段: 东段在肯特(Khentey)山脉以东, 呈北东向, 向南西延至阿达察格(Adaatsag)后折为近北西向进入杭爱山<sup>[3]</sup>。后来的研究者<sup>[28,29]</sup>普遍赞同该缝合线的位置, 但没有讨论西段为何呈近北西向及对区域构造的影响等问题。

东段显然是蒙古 - 鄂霍次克洋(造山带)在蒙古境内的主体段, 洋壳在志留纪形成后曾经历了多次消减, 洋盆闭合后沿之发生碰撞造山。晚侏罗世, 因造山带坍塌出现北东向的裂谷盆地, 属新生构造<sup>[2]</sup>, 充分反映了它在区域构造演化中的作用。早 - 中侏罗世

尽管区域上没有形成北东向构造, 但消减造山激活了蒙古东部及邻区基底中的构造薄弱带(古缝合线)并引发陆内的造山运动, 是蒙古东部侏罗纪盆地的成盆动力机制。

西段近北西向(与中亚造山带中规模最大的蛇绿岩带即巴彦洪戈尔带的走向一致), 与东段几乎成正交。该段的蛇绿岩仅见于阿达察格, 时代为早石炭世晚期( $325.4 \pm 1.1 \text{ Ma}$ ), 二叠纪洋盆已闭合, 早 - 中侏罗世发生左行走滑<sup>[30]</sup>, 构成挤压冲断系中的剪切变换构造带(transfer zone)<sup>[31,32]</sup>。它控制了蒙古西部形成一组近北西走向的以走滑为主的压扭性断裂, 对盆地发育有一定贡献, 但沿之并未形成剪切型盆地, 故左行走滑不是成盆的动力源。下文将说明西部盆地的发育与其南的侏罗纪特提斯洋盆的闭合及嗣后的碰撞有关。

## 2.3. 区域构造演化

中国大陆大地构造的一大特征是东、西两部有明显分异: 新生代西部是挤压隆起区, 盆地长轴近北西西向, 东部是拉张凹陷区, 盆地长轴近北北东向; 两者间的界线在六盘山 - 贺兰山褶皱冲断带、龙门山断

裂带和横断山断裂带<sup>[33]</sup>。之后进一步提出这条分界线北延通过蒙古中部和俄罗斯远东地区直达北冰洋<sup>[34]</sup>。东、西两部发生分异的原因是地球动力学系统的变换而造成两地晚中生代 - 新生代构造格局的不同<sup>[7]</sup>。在中国西部,新特提斯(有人细分为中特提斯和新特提斯)与古特提斯的演化有相似的运动学过程,即:洋壳向北消减,随洋盆闭合冈瓦纳大陆发生大规模的向北位移并与欧亚大陆发生强烈的陆 - 陆碰撞。因而,自晚古生代以来,曾多次发生向北的强烈推挤。蒙古西部早 - 中侏罗世盆地受向北斜冲的压扭性断裂控制,实际上是对中国西部侏罗纪造山作用的远程陆内响应。

中国大陆东部晚侏罗世开始因一系列移置地体沿北东向的郯庐断裂和长乐 - 南澳断裂增生拼贴到亚洲大陆的边缘而发生斜向汇聚 - 剪切造山运动<sup>[35]</sup>。简言之,中国大陆东、西两部侏罗纪开始的构造分异表现为:西部的构造演化表现出明显的继承性,东部出现北东向的新生构造并在区域构造演化中起着主导作用。

蒙古的区域构造演化也自侏罗纪开始东、西两部发生分异,尽管早 - 中侏罗世蒙古 - 鄂霍次克洋盆以南地区都因消减造山而处于挤压应力场中,东部因古缝合线活化控制了近东西至北东东向的宽阔磨拉石盆地发育,控盆断裂位于盆地北侧,向南冲断,成盆动力是蒙古 - 鄂霍次克洋(东段)的消减,盆地发育与蒙古 - 鄂霍次克造山带(东段)的演化耦合。西部则发育一组近北西走向的压扭性断裂,控制了相对狭窄的压扭性盆地形成,控盆的斜冲断裂主要见于盆地南侧,向北(东)冲断,与其南的广大地区(如中国北山地区<sup>[36]</sup>)侏罗纪的大规模逆冲属同一运动学系统,盆地发育实际上与侏罗纪的特提斯造山作用耦合。

以下将以希奈金斯盆地为例说明,它位于蒙古西南,行政上属巴彥洪戈尔省,在省会城市以南 200 km,希奈金斯镇西北 4 km,距中蒙边境的 Shivee Khuen/策克口岸 290 km。因地处戈壁沙漠的西南,相对平坦,南侧的萨曼町山(Samandin Nuruu)海拔约 2000 m。现存盆地近三角形,煤层沿近东西向的“底边”出露,走向长约 7.5 km。山前见含煤地层露头为一单斜,以 30° 倾角向北倾,其上直接覆以现代冲积扇堆积。该煤田于 20 世纪 70 年代发现,之后一直有小窑季节性露天开采。现戈壁煤炭能源公司(Gobi Coal & Energy Limited, 以下简称 GCE)有一个在建矿,称考特高

(Khotgor)煤矿。

### 3. 希奈金斯区域构造和地层

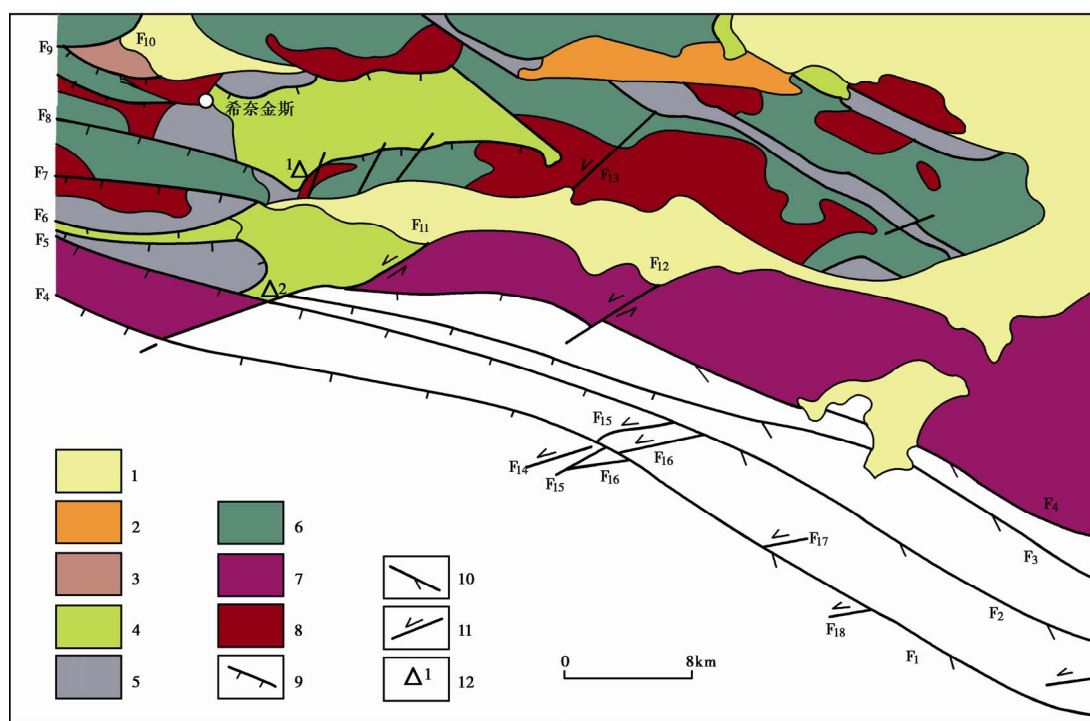
#### 3.1. 区域构造

北纬 44°21'~44°32'、东经 99°25'~99°35'地区的地质 - 构造示于图 3(据 Lamb 等的地质图和卫片解译图等<sup>[37]</sup>综合并简化);希奈金斯盆地位于该区西北角。图 3 清楚地显示:以横贯该区中部的二叠纪花岗岩带为界,可把该区分南、北两个变形区。

南区是一个近北西向的压扭性断裂带,主要特征如下:1) 断裂延伸长度大,每条断裂均由北西向段和北西 - 近东西向段组成,前者是斜冲 - 走滑断层,后者是斜冲断层。2) 金斯(Jinst, 图 3 中的 F<sub>1</sub>)断裂的上盘岩石主要是上奥陶统,其下盘即毛刀(Modot, 图 3 中的 F<sub>2</sub>)断裂的上盘岩石主要是志留 - 泥盆系, F<sub>3</sub> 和 F<sub>4</sub> 的上盘岩石主要是变质的志留 - 泥盆系和下石炭统, F<sub>4</sub> 的下盘是二叠纪花岗岩。因冲断层作用老地层被抬至地表且见于南部(向北地层和岩石变年轻),地层被限于断裂间而呈窄长条带状出露。3) 金斯断层是主冲断层,断距最大,活动性最强,控制了两侧都有近东西向的小型剪切断层发育。

北区也有北西 - 近东西向斜冲断层发育(图 3 上的 F<sub>5</sub> 至 F<sub>9</sub>),其前锋冲断层 F<sub>9</sub>(以下称萨曼町山前断裂)控制了北盘有磨拉石盆地发育,即希奈金斯盆地。与南区的不同之处是以下三点:1) 北西 - 近东西向断层的断距小,被卷入斜冲的地层相对年轻,地表大面积出露二叠系。这是一套含植物化石的砂、页岩互层,属河流相沉积,年龄约为 260 Ma<sup>[38,39]</sup>,本文在图 3 上表示为中二叠统和上二叠统。2) 尽管也有近北西向断裂发育,规模明显逊于南区,造成二叠系与志留 - 泥盆系之间断层接触。3) 由于断裂较为稀疏,地层呈面状出露,褶皱是北区地层变形的另一重要方式,即使是中 - 上二叠统也已发生强烈的平卧褶皱,伴有劈理发育(参阅[37]的图 9)。

除北西向和北西 - 近东西向断裂外,希奈金斯地区发育一组近北东向(-北东东向)断裂,主要特征如下:1) F<sub>11</sub>、F<sub>12</sub> 等对二叠纪花岗岩的错移表明它们是左行剪切断层。2) 大致以 F<sub>12</sub> 和 F<sub>15</sub> 为界,其西是北西 - 近东西向斜冲断层,其东是北西向的斜冲 - 走滑断层,因而它们实际上是伴随区域上压扭性斜冲



1. 现代冲积物；2. 下白垩统；3. 下 - 中侏罗统(希奈金斯盆地)；4. 上二叠统；5. 中二叠统；6. 变质的志留 - 泥盆系；7. 二叠纪花岗岩；8. 泥盆 - 石炭纪花岗岩；9. 斜冲断层；10. 斜冲-走滑断层；11. 走滑断层；12. 采样位置。

Figure 3. A geological and structural map of the Shinejinst region in western Mongolia  
图 3. 蒙古西部希奈金斯地区地质 - 构造简图

带发育的剪切变换构造带。在北西西 - 近东西向斜冲断层控制盆地发育时，它可能成为次控盆断裂，制约了盆地在走向上的延伸。3) 希奈金斯以南，近中、蒙边界处有著名的北东 - 北东东向陶斯特(Tost)断裂(位于东经 100°线两侧，具体位置见[37]的图(2)，是左行剪切断层<sup>[40]</sup>；希奈金斯的近北东向左行剪切断层可能与之属同一运动学系统。

### 3.2. 地层概述

除中志留统外，希奈金斯地区上奥陶统至下石炭统的海相沉积发育较好，是古亚洲洋演化阶段的地质记录。缺失晚石炭 - 早二叠世的沉积，从中 - 上二叠统为陆相沉积判断该时期是岛弧发育和弧 - 弧(陆)碰撞阶段，该地的古亚洲洋在此时闭合，伴有花岗岩侵入和变质作用。来自图 3 采样点 1 的角闪片麻岩的  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  年龄为  $295.22 \pm 2.73 \text{ Ma}$ <sup>[37]</sup>，表征了早二叠世发生的热事件。区内缺失三叠系，应与古亚洲洋全面闭合后的陆(弧) - 弧(陆)碰撞导致的大面积隆升有关。来自图 3 采样点 2 的样品的  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  年龄为  $230.63 \pm 5 \text{ Ma}$ ，其东的 Mushgai(位于达兰扎德嘎德以北)的样

品测到  $231.54 \pm 10 \text{ Ma}$  的  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  年龄<sup>[37]</sup>，表征了三叠纪发生的构造 - 热事件，它使古亚洲洋闭合后出现的大陆地壳进一步趋于成熟，在此基础上发育早 - 中侏罗世含煤盆地。

盆内残留的下 - 中侏罗统厚逾 1100 m，包括下列 3 部分：1) 钻孔揭露在最上部的可采煤层(L 煤组)之上有厚逾 500 m 的煤上地层。2) 煤系地层自身可厚达 250 m。3) 近年里在盆地北部有一个孔钻达基底(详见下述)，表明煤系地层之下的沉积地层厚近 350 m。

煤系地层位于下 - 中侏罗统的中部，共有 5 个具经济价值的煤组，自上而下编为 L、M、N、O 和 P 煤组，其间的沉积夹层分别可厚达 46.5 m 至 77.8 m。其中，L 煤组常见 4 层煤，自下而上编为 L0、L1、L2 和 L3 煤层；L0 可分为 2 小层，称 L0A 和 L0B。在局部地区，因褶皱转折端处的虚脱，还可分叉出 LOC 小层。L3 煤层可分为 3 个小层，自下而上称 L3A、L3B 和 L3C。M 煤组和 N 煤组各由 3 层煤组成，自下而上分别称 M1、M2、M3 和 N1、N2、N3 煤层。O 煤组仅 1 层煤。P 煤组有 6 层煤，自下而上称 P1、P2、P3、P4、P5 和 P6 煤层。

煤系地层发育的空间特点如下: 1) O 煤组和 P 煤组仅限于盆地中西部(图 4 中)。P 煤组的下 4 个煤层(P1~P4)走向上延伸的距离最短, P 煤组的上 2 个煤层(P5~P6)较下 4 个煤层有更远的向东延伸; O 煤组较 P 煤组向东延伸更远。这说明随煤层的堆积盆地逐步向东扩大, 至 N 煤组堆积时今日所见的盆地面貌才出现。2) 各煤组或各煤层之间的沉积夹层或夹矸, 均有西厚东薄之势(即煤层向东收敛汇聚)。在盆地西部(图 4 左), 不仅 L 煤组、M 煤组与 N 煤组间均被数十米厚的沉积地层分开, 各煤组内的夹矸层也较发育。P 煤组由 6 层独立的煤层组成, 煤组厚度可达 50~70 m。N 煤组和 M 煤组内因有夹矸, 各发育 3 个煤层。L 煤组的几层煤之间相距较大, L1 与 L2 之间的夹矸层可厚达 20 m, LOA 与 LOB 之间和 LOB 与 L1 之间的夹矸常厚数米, 局部可增厚至 10 m; L3 煤层则被夹矸分为 3 个小层。在盆地中部(图 4 中), 不仅下 4 个煤组(即 M、N、O 和 P 煤组)已十分靠近, 煤组内的夹矸也明显变薄。P3 和 P4 已合并成一层煤, N 煤组和 M 煤组各只有一层煤。L 煤组虽然仍由 4 层煤组成, 但煤组厚度已由西部的近 50 m 减为不足 20 m。至盆地东段, O 煤组和 P 煤组已尖灭, M 煤组和 N 煤组进一步汇合并, L 煤组的 L0 和 L1 合并成一层煤, L2 和 L3 合并成一层煤(图 4 右)。3) 尽管煤层发育有向东收敛汇聚的趋势, 仍可发现 L 煤组具相对“独立”性, 即与下 4 个煤组明显分开。在盆地中 - 西部, 它与 M 煤组间被 50~70 m 厚的沉积地层分隔; 至盆地

东部, 起分隔作用的沉积地层随煤系地层厚度的剧减而减薄为十余米乃至数米, 但并未尖灭。据此可把希奈金斯盆地的成煤阶段分为两个亚阶段: P 煤组至 M 煤组为主成煤亚阶段, L 煤组为再次成煤亚阶段。这是我们重塑萨曼町山前断裂多阶段的冲断活动史的基础。4) 就 P 煤组至 M 煤组的煤层发育而言, 在地层柱上可以清楚地看到: 越向上, 夹矸的层数越少, 厚度越薄, 相应地, 煤层发育变好且厚度增大。这说明在主成煤亚阶段有向晚期煤层发育变好的趋势, 可能主要与更充分的成煤物质供应有关。

与煤系地层西厚东薄相应的是整套下 - 中侏罗统西厚东薄, 碎屑颗粒西粗东细, 相应地, 西部地层具更好的水文地质条件。这充分说明西部有一条同沉积的边界断裂协助主控盆断裂(下述)共同控制了希奈金斯盆地的发育, 这条次控盆断裂近北东走向, 称考特高西断裂, 图 3 上编为 F<sub>10</sub>。

## 4. 盆地的断裂、时代和演化

### 4.1. 主控盆断裂和盆内断裂

如图 3 所示, 萨曼町山前断裂(F<sub>9</sub>)向北冲断, 其下盘是希奈金斯盆地, 上盘是变质的志留 - 泥盆系和泥盆 - 石炭纪花岗岩, 属盆地的基底岩石。盆内沉积主要为长石岩屑砂岩, 见大量云母屑, 显然物源区在其南的萨曼町山。即: 萨曼町山前断裂把基底岩石冲断至地表成为其下盘盆地的物源区, 因而是主控盆断裂。

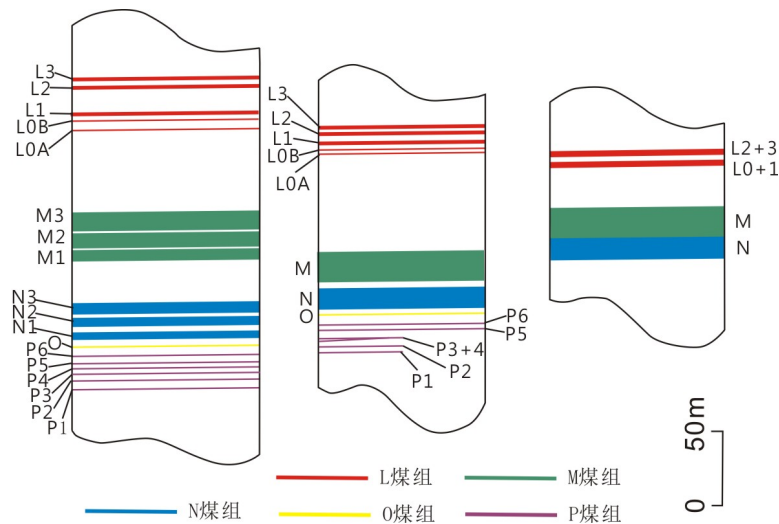


Figure 4. Schematic stratigraphic columns of coal measures strata in west (left), middle and east (right) sectors of the Shinejinst basin  
图 4. 希奈金斯盆地西段(左)、中段(中)和东段(右)煤系地层示意柱状图

盆地内曾沿煤层走向打了一排深孔(剖面线位置见图 5 的 CD), 除 BM0080 孔和 BM0079 孔外孔深均大于 700 m 小于 750 m), 都钻过了上述的 5 个煤组, 但未遇基底, 也未见其它煤层。沿 BM0073 孔还布置了一条倾向方向的勘探线(位置见图 5 的 AB), 孔深均未超过 200 m, 既未见煤也未见基底。即: 以往的工作未发现盆内有重要断裂, 并据此推测 5 km 宽的盆地范围内煤层能以 30° 倾角连续地下插北延。

我们在现场野外考察时, GCE 的专家介绍 2012 年钻探成果时说: 盆地南部已钻了深度超过 750 m 的钻孔, 仍未钻达盆地基底; 盆地北部的深孔见 1 层薄煤层, 且在 385 m 深度钻遇基底。这使我们相信有一条重要的盆内断裂(暂称考特高北断裂)把希奈金斯盆地分为南、北两个次盆地, 南次盆因赋存具重大经济价值的煤系地层而可称希奈金斯主盆地, 具体认识可叙述如下, 参阅图 5。

1) 区域上看, 下 - 中侏罗统底部为砾岩沉积, 向上变细为砂岩粉砂岩后可见薄煤层、煤线或断续发育的煤层<sup>[21]</sup>, 因而 TB05 孔中所见的这层薄煤层应老于 P 煤组(层位在 P 煤组之下), 暂称 Q 煤层。因埋深大, 以往的勘探中钻透 P 煤组后即终孔, 故一直未被揭露。

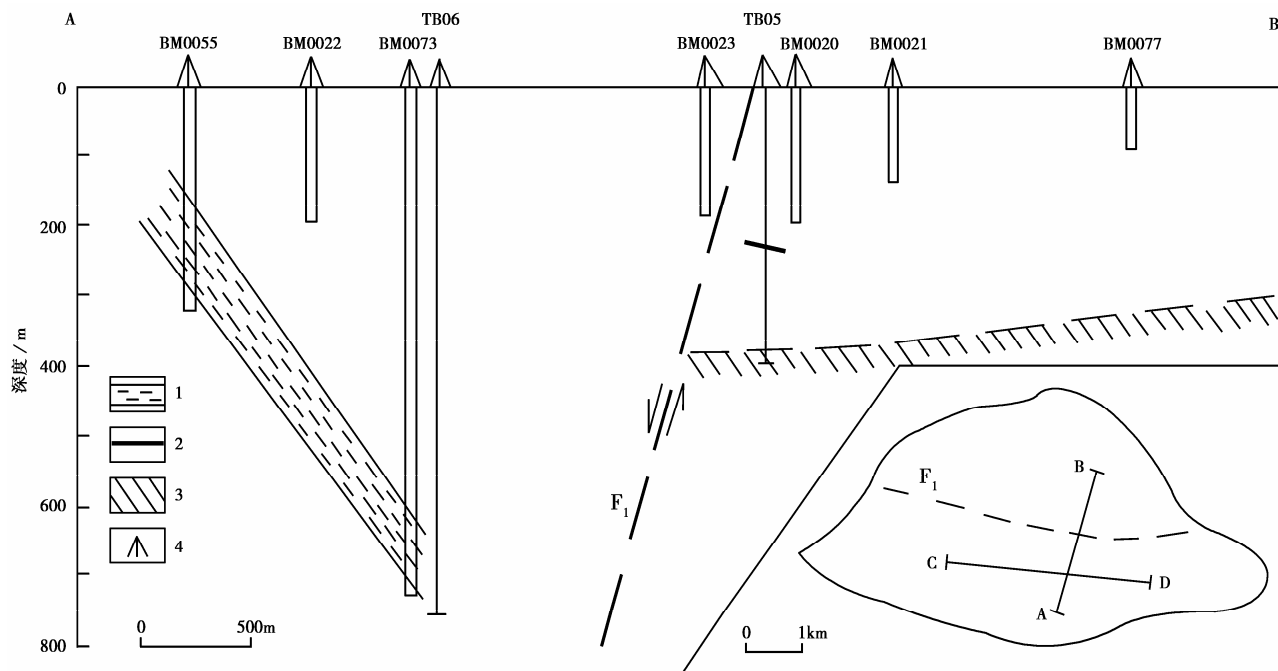
2) 钻孔至今未能钻遇这条断裂说明它朝南倾, 位于上盘的钻孔还不够深; 北盘即下盘的基底已发生抬升说明是正断层活动造成了现今的面貌(活动时代见下述)。断层的露头位置应在 TB05 孔和 BM0020 孔以南。

3) 希奈金斯主盆地的煤系地层中, 煤层和煤小层、沉积夹层和夹矸的厚度沿倾向较为稳定, 沉积岩的岩性和煤质空间分布也较稳定, 说明当时煤系地层的发育不受考特高北断裂制约; 但由于该断裂后期的正断活动, 下盘地层抬升, 北次盆的这套煤系地层已遭剥蚀。

考特高北断裂的厘定有两方面的意义: 一是为区域构造演化和煤层后期改造提供了重要信息, 二是为计算希奈金斯主盆地深部(300 m 深度以下)的资源量提供了边界制约条件。

#### 4.2. 发育时代

一度曾认为希奈金斯盆地是晚侏罗 - 早白垩世的裂谷盆地, 现大多数研究者认同该盆地的时代为早 - 中侏罗世。本文结合区域研究成果对之作进一步说明。



1. L 煤组-P 煤组; 2. Q 煤层; 3. 盆地基底(古生代花岗岩和变质沉积岩); 4. 钻孔(TB05 孔和 TB06 孔为投影位置); 角图示剖面位置, 图中 CD 为走向深孔剖面, 虚线为推测的考特高北断裂位置。

Figure 5. A cross profile of the middle part of Shinejinst basin, showing the North Khotgor fault  
图 5. 希奈金斯盆地中部的横剖面, 示考特高北断裂(F<sub>1</sub>)



前人研究<sup>[37,41]</sup>已指出：蒙古西部和其南地区侏罗纪的向北冲断由特提斯洋盆的闭合及嗣后的碰撞产生的向北推挤引起。中国西部的班公湖 - 丁青带是著名的侏罗纪特提斯造山带。丁青蛇绿岩的玄武岩中所夹的放射虫硅质岩的时代是早侏罗世<sup>[42]</sup>，指示洋盆在早侏罗世发育；中侏罗统不整合覆于丁青蛇绿岩之上<sup>[43]</sup>，表明该洋盆在早侏罗世末闭合。之后发现沿班公湖缝合线有原先没有认识到的变质作用、岩浆活动和构造折返，高级变质作用和花岗岩类侵位发生在距今 185~170 Ma<sup>[44]</sup>。无独有偶，陶斯特断裂开始活动的时代为距今 180 Ma<sup>[45]</sup>。希奈金斯盆地的主控盆断裂和次控盆断裂分别与前者 and 后者属同一运动学系统，意味着盆地在早侏罗世晚期形成。

希奈金斯地区中 - 上泥盆统海相灰岩中夹凝灰岩，从中分离出来的透长石的  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  年龄为  $167.86 \pm 20 \text{ Ma}$ <sup>[37]</sup>。中侏罗世其实并无岩浆活动，该年龄纪录的应是强烈的剪切活动、摩擦生热导致的局部熔融事件，表征了该压扭性断裂带活动的加剧。在含煤地层中还发现了约距今 170 Ma 的植物化石<sup>[37]</sup>。这意味着中侏罗世巴柔期可能是希奈金斯盆地的一个重要扩展期。距今 150 Ma 是陶斯特断裂活动的高峰期<sup>[45]</sup>，标志着区域上的一期挤压和抬升幕。希奈金斯盆地在中侏罗世末反转闭合，盆内沉积在晚侏罗世中晚期发生挤压变形。

### 4.3. 三阶段演化

受构造(堆积空间)和气候(成煤物质供应)的双重控制，蒙古国早 - 中侏罗世盆地的演化可分为三个阶段<sup>[21]</sup>，希奈金斯盆地亦同，简述如下。

第 I 阶段是成煤前阶段，时代为早侏罗世晚期至中侏罗世初，萨曼町山前断裂和考特高西断裂活动使盆地出现。由于冲断作用强烈，地形反差大，碎屑物搬运不远，故以粗碎屑岩为地质记录且常见砾岩为红色。尽管晚期已出现煤层堆积的场所，但盆地较窄，盆内河床的宽度不大，植物生长或泥炭沼泽发育的范围有限，故只形成不具经济价值的薄煤层(本文命名的 Q 煤层，图 6(a))。

第 II 阶段是成煤阶段，时代为中侏罗世中期(以巴柔期为主)。随山前凹陷迅速向北扩展，盆地宽度迅速变大，在大盆地内出现大河，远离活动河道的冲积平原上广泛发育泥炭沼泽(图 6(a))。合适的气候则为

植物的空前繁茂提供了条件。侏罗系煤的特点是镜质体高，达(87.3~96.6) vol.%，壳质组高(Tsagaan Owoo 煤矿为 11.7 vol.%)，反映当时年降雨量大，气候湿润<sup>[1]</sup>。地下水位上升导致沼泽化频频发生，沼泽中的成煤物质在厌氧环境下得到保存。该阶段可分为主成煤和再次成煤两个亚阶段。

主成煤亚阶段形成 P 煤组至 M 煤组，盆地在向北扩展时还逐步向东延伸变长。冲断活动在西部先发生，控制了山前凹陷内 P1~P4 煤层发育。随萨曼町山前断裂的左行斜冲活动，兼之考特高西断裂活动的影响，山前凹陷向东延伸，故 P5~P6 煤层的堆积范围向东扩大。之后，山前凹陷进一步向东延伸，O 煤组的堆积范围进一步向东扩大；至 N 煤组沉积时现今盆地的面貌已出现，并在其上连续堆积了 M 煤组。除南界断裂西强东弱的斜冲活动外，西界断裂(考特高西断裂)的活动对盆地发育既向北变浅也向东变浅的这一空间特征也有贡献，故煤层向东汇聚靠拢。垂向上的变化规律是：越向该亚阶段的晚期成煤物质供应越丰富，煤层厚度越大；相应地，沉积夹层和夹矸层的厚度变小。

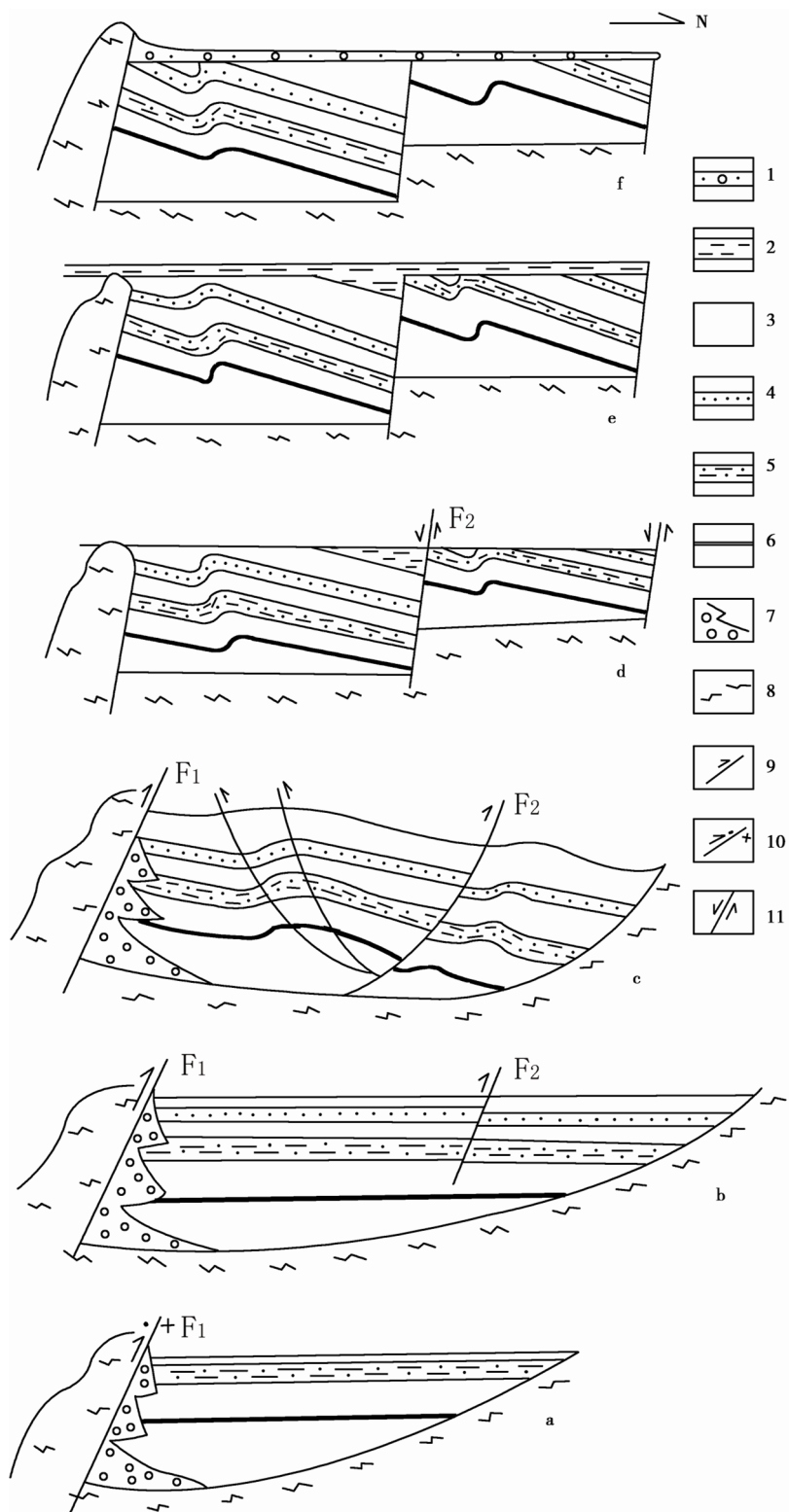
M 煤组堆积后，可能受山前冲断层活动加剧的影响，盆地进一步向北扩展，沉降 - 沉积中心随之向北迁移，原来的沉积格局被打破，相应地，成煤作用中止了一段时间，之后因重又广泛发育泥炭沼泽而堆积 L 煤组，称再次成煤亚阶段(图 6(b))。L 煤组的 4 层煤也有向东汇聚靠拢的空间发育规律，反映主控盆断裂和次控盆断裂的活动方式未变。

L 煤组之上有厚逾 500 m 的沉积地层，属第 III 阶段即成煤后阶段的记录，时代为中侏罗世晚期。该阶段尽管盆地范围进一步向北扩大(考特高北断裂可能也在此阶段形成，图 6(b))，但未见有煤层堆积，这可能与气候变化有关。蒙古的上侏罗统为红层<sup>[15]</sup>，内蒙的上侏罗统也普遍为红色沉积，反映气候炎热干旱。植物发育对气候的变化更为敏感，可能在中侏罗世晚期成煤物质的供应已开始发生明显变化；地下水位明显下降导致沼泽化难以发生，故在 L 煤组堆积后再无煤层发育。

## 5. 后期改造和煤层保存

### 5.1. 四期改造概述

中侏罗世末，希奈金斯盆地反转闭合，之后经历



1. 现代冲积扇; 2. 下白垩统; 3. 下 - 中侏罗统; 4. L 煤组; 5. M-P 煤组; 6. Q 煤层; 7. 早 - 中侏罗世冲积扇; 8. 基底岩石; 9. 冲断层(为主); 10. 具左行走滑的斜冲断层; 11. 正断层; F<sub>1</sub>. 萨曼町山前断裂; F<sub>2</sub>. 特高北断裂; (a) 盆地建造期的成煤前阶段和主成煤亚阶段; (b) 盆地建造期的再次成煤亚阶段和成煤后阶段; (c) 第 I 期改造; (d) 第 II 期改造; (e) 第 III 期改造; (f) 现今(经新生代剥蚀后)。

Figure 6. A schematic diagram showing evolution and later reformation of the Shinejinst basin  
图 6. 希奈金斯盆地演化和后期改造示意图

了四期重大的改造。

第 I 期重大的改造是晚侏罗世的挤压变形, 它对希奈金斯盆地的改造表现在两个方面。一方面是本文提出的考特高北断裂发生强烈的冲断, 它把希奈金斯盆地分为南、北两个次盆; 因后期经受的改造不同, 这两个次盆中煤层的保存情况完全不同。另一方面, 该期变形使盆内地层发生掀斜, 伴以褶皱和断裂发生。南次盆中的逆断层均向北倾, 构成考特高北断裂的次级背冲断层(图 6(c)); 它们主要表现为沿层间的软弱夹层发生, 局部地段断层倾角大于地层倾角, 造成煤层重复出露。也有小型的褶皱形成, 煤层在褶曲的转折端部位发生次生加厚和分叉, 尤以盆地西段 L 煤组的褶皱为典型。

在希奈金斯地区, 金斯断裂两侧都见倾向北(东)的小型逆断层(平面图和剖面图见[37]的图 4 和图 6), 分别构成金斯断裂和毛刀断裂的次级背冲断层。金斯断裂的背冲断层地表倾角较陡, 向下延伸倾角变缓。此外, 走向近东西的 F<sub>15</sub> 是向北陡倾的冲断层(参阅[37]的图 7 上), 可能也在此时活动(图 3 中所示的左行走滑发生在新生代)。

该期变形在区域上广泛发育。在南戈壁省的那林苏海特(Nariin Sukhait)煤田(位置见图 2), 见一组走向近东西、向南倾的逆断层, 倾角中等, 上盘的二叠系和三叠系因逆冲而出露地表, 下盘的下 - 中侏罗统则得到掩埋。在希奈金斯西北 130 km 的席格(Zeegt)煤矿(行政上属阿尔泰省), 矿田的北东边界是一组北西走向的逆冲断层, 向北东倾, 它在晚侏罗世的逆冲造成两方面的效果: 一是使层位上较席格煤组(相当上二叠统煤系的上部煤组)低的上二叠统煤层上冲, 并与席格煤组平行出露, 构成北东席格区块, 扩大了席格矿田的资源量; 二是使下伏的石炭系逆冲至地表, 石炭系中的薄煤层与北东席格区块的上二叠统煤层发生斜接。席格煤组中也见向北东倾的小型逆冲断层发育, 煤层发生错断。

该期变形还伴有下 - 中侏罗统的隆升剥蚀。对蒙古南部冷却史的研究表明区域上发生两次大的抬升降温事件, 一次在侏罗纪, 地壳垂直运动幅度可达 2000 m, 另一次在新生代<sup>[46]</sup>。普遍认为这一强烈的隆升与蒙古 - 鄂霍次克洋盆闭合后蒙古地区(已属中国 - 东南亚次大陆)与西伯利亚次大陆的强烈碰撞有关

<sup>[3,47]</sup>, 甚至西伯利亚南部地区该期隆升降温也有明显反映<sup>[48]</sup>, 因而它在大区域内造成下 - 中侏罗统的剥蚀量是不可忽视的。

第 II 期改造是早白垩世的正断层活动。在希奈金斯盆地, 考特高北断裂的倾向未变(朝南倾), 此时发生正断(倾角可能变陡), 使下盘(希奈金斯北次盆)的下 - 中侏罗统发生抬升, 遭受剥蚀(图 6(d)), 上盘(南次盆)的煤系地层中也见有小的正断层发育。希奈金斯地区该期正断层活动的证据是: 在图 3 的 F<sub>14</sub>(浅部一条近水平产出的左行剪切断层)之下有一条向南西缓倾的隐伏正断层(参阅[37]的图 7 上), 其几何学和运动学特征都与前述控制雅干 - 翁奇海尔汗变质核杂岩<sup>[21]</sup>出露的低角度正断层一致。

该期正断层活动的区域背景是早白垩世蒙古境内普遍发生伸展断陷, 它在使下盘的下 - 中侏罗统抬升并遭到剥蚀的同时也使上二叠统煤系地层抬升到浅部。这期变形对煤田地质勘探的重要意义是: 由于上石炭统、上二叠统和下 - 中侏罗统的含煤地层已经受了晚侏罗世逆冲断层的改造, 叠加的这期正断层作用最后圈定了今日勘探所见的各矿(井)田的边界。

第 III 期改造是白垩纪的沉陷和深埋(图 6(e)), 在蒙古东部和西部有不同的特点。与东部的断陷盆地群相比, 西部地区尽管沉陷时间相对较短(仅有早白垩世中 - 晚期沉积<sup>[46]</sup>), 碎屑粒度相对较细(为砂岩粉砂岩泥岩, 未见砾岩), 地层厚度相对较小(这可能还与早白垩世的后期的剥蚀有关), 但大多数盆地内发育的祖恩巴彦(Zuunbayan)群岩石组合与东部的该群(含油页岩和煤, 厚 1800 m)相似。未见祖恩巴彦群发育的盆地, 如泽雷格盆地, 残留的下白垩统厚 600 m, 且下白垩统内部及与上覆地层间均有不整合面指示地层剥蚀<sup>[12]</sup>。现存的沉积记录指示当时下 - 中侏罗统顶面的埋深大于 1000 m。

第 IV 期改造发生在新生代, 此时蒙古的东部与西部进一步发生分异, 出现“西山东盆”的构造 - 地貌格局。蒙古西南部及邻区因印度板块在帕米尔地区的楔入而导致古缝合线或古深断裂活化, 形成线性的山体, 如中国的昆仑山、天山和蒙古的阿尔泰山、戈壁阿尔泰山。阿尔泰山的形成受一组右行的斜冲断层控制, 相应地, 戈壁阿尔泰山区则发育左行的斜冲断层<sup>[49]</sup>。戈壁阿尔泰山的隆升发生在距今约  $5 \pm 3 \text{ Ma}$ <sup>[46]</sup>,

即始自上新世。因此, 仅少数山间盆地(如泽雷格)内的白垩系可能较好保存, 广大山区的白垩系在新生代的块状隆升中受到强烈剥蚀, 甚至被全部剥蚀掉(图 6(f))。

伴随隆升在希奈金斯地区有剪切变形发生。金斯断裂和毛刀断裂新生代活动过, 且可能继承了侏罗纪兼有斜冲的左行走滑的活动方式<sup>[50]</sup>。在金斯断裂两侧有较多小型的北东东 - 近东西向左行剪切断层(图 3), 除个别(如 F<sub>15</sub>)为侏罗纪断裂重新活动外(但活动方式已从冲断变为剪切或斜冲 - 剪切), 大部分是新生代出现的, 故切割浅, 断距小, 对煤层的保存和开采无明显影响。

## 5.2. 煤层保存

下 - 中侏罗统煤层的保存直接取决于上覆下白垩统被剥蚀的程度, 可分为三种情况。

第一种情况见于山地或山区, 下白垩统已被全部剥蚀, 下 - 中侏罗统也已遭受强烈剥蚀, 煤系地层可能被全部剥蚀掉, 也可能还残留一部分下部的 1~2 个煤组。残留的下 - 中侏罗统的下部地层(煤下地层及下部煤系地层)现今出露于新生代的山间盆地中。山前(麓)地区发育的正断层下盘也见这一情况, 如本文讨论的希奈金斯盆地的北次盆。

第二种情况见于山前(麓), 因下白垩统剥蚀殆尽, 下 - 中侏罗统现已被隆升或抬升至地表(被现代冲积扇覆盖)或近地表, 煤上地层及部分最顶部的煤系地层尽管可能遭到剥蚀, 煤系地层基本得到保存, 成为既具经济价值又易于开采的煤田。如本文讨论的希奈金斯主盆地, 仅沿着山前见 L 煤组遭到剥蚀。

第三种情况见于相对远离山地的谷地(如大湖谷地), 尽管下 - 中侏罗统在晚侏罗世遭受过剥蚀, 现今仍上覆有厚度不等的下白垩统。煤层的可采性(或煤田的经济价值)直接取决于煤层倾角和上覆沉积层(包括煤上的下 - 中侏罗统和下白垩统)的厚度。要注意的是: 下白垩统之下隐伏有下 - 中侏罗统并不意味着隐伏有煤田。如图 3 中, 希奈金斯以东见大面积的下白垩统出露, 但该地早 - 中侏罗世是北西向断裂发育区, 含煤地层似不可能东延至此。

## 6. 结束语

1) 受早前寒武纪克拉通发育和古亚洲洋消减方

向这两大因素影响, 蒙古东、西两部的大地构造演化在新元古代 - 古生代即有不同的特点。侏罗纪开始其东、西两部的区域构造发生分异, 这与中国大陆东、西两部的大地构造演化侏罗纪起发生分异具同步性。蒙古东、西两部早 - 中侏罗世盆地发育具不同的几何学和运动学特征实际上是东、西两部区域构造演化分异的直接反映, 揭示了两地有不同的成盆动力学机制。东部磨拉石盆地的发育是蒙古 - 鄂霍次克洋消减的造山作用的产物, 尽管控盆断裂的走向(近东西向)由拼合大陆内古缝合线的继承性活动决定, 与蒙古 - 鄂霍次克缝合线东段的走向(北东向)不同; 这一成盆动力学系统制约了中国北部的早 - 中侏罗世盆地发育。蒙古 - 鄂霍次克缝合线的西段是北西走向的剪切变换带, 控制了蒙古西部形成北西走向的压扭性断裂, 成盆动力来自中国西部特提斯洋早侏罗世末闭合及嗣后的碰撞产生的向北推挤。

2) 蒙古西部早 - 中侏罗世中带磨拉石盆地西段的发育受 2 条近北西走向的压扭性断裂带控制, 故盆地分为南、北两个亚带。对南亚带的希奈金斯盆地的详细研究表明: 这一压扭性断裂呈波状弯曲, 由北西西 - 近东西向的斜冲段和北西向的斜冲 - 走滑段组成, 仅斜冲段的前锋断裂控制了其下盘有相对开阔的盆地发育。因此, 对煤田勘探而言, 首先要寻找以北西西 - 近东西向斜冲断层为主控盆断裂的盆地, 有近北东向左行剪切断层为次控盆断裂的这类盆地成煤性尤好, 因为它们相对宽而深, 能为煤层堆积提供更大的空间。北西向的斜冲 - 走滑断层控制的压扭性盆地常呈窄长条状, 尽管有下 - 中侏罗统沉积但煤层堆积的空间相对狭小, 不利于大煤田形成。

3) 蒙古西部早 - 中侏罗世含煤盆地的演化可分为成煤前、成煤和成煤后三个阶段, 这与蒙古东部相同, 但斜冲断层控制发育的成煤盆地显然小于东部的磨拉石盆地, 故西部下 - 中侏罗统的成煤性显然逊于东部。论煤层的保存条件, 西部远比东部差, 因为晚侏罗世、晚白垩世和新生代都处于大面积隆升剥蚀中。西部寻找下 - 中侏罗统大煤田的方向, 应是希奈金斯盆地南次盆类型的构造盆地; 这类盆地具三个主要特征: 一是成煤期盆地发育受北西西 - 近东西向斜冲断层及近北东向左行剪切断层控制, 二是早白垩世的拉张事件中处于正断层的上盘, 三是在新生代隆升

时位于山前或山麓地区。

## 7. 致谢

蒙古的野外考察得到戈壁煤炭能源公司(GCE)的大力协助, GCE 专家在现场的赐教和讨论使作者获益匪浅, 谨致衷心谢忱。

## 参考文献 (References)

- [1] B. Erdenetsogt, I. Lee, D. Bat-Erdene, et al. Mongolian coal-bearing basins: Geological settings, coal characteristics, distribution and resources. *International Journal of Coal Geology*, 2009, 80: 87-104.
- [2] G. Y. Wu. Palinspastic reconstruction and geological evolution of Jurassic basins in Mongolia and neighboring China. *Journal of Palaeogeography (English Ed.)*, 2013, 2(3), in printing.
- [3] Y. A. Zorin. Geodynamics of the western part of the Mongolia-Okhotsk collision belt, Trans Baikal region (Russia) and Mongolia. *Tectonophysics*, 1999, 306: 33-56.
- [4] G. Y. Wu. Tethyan evolution in South China and its environs. In: X. C. Xiao, H. F. Liu, Eds., *Global Tectonic Zones, Supercontinental Formation and Disposal*. Utrecht: VSP, 1997: 55-76.
- [5] G. Y. Wu. Rejuvenation of fossil sutures and related Mesozoic intracontinental orogens in South China. *Acta Geologica Sinica (English Ed.)*, 2000, 74(2): 194-200.
- [6] 吴根耀. 燕山运动和中国大陆晚中生代的活化[J]. *地质科学*, 2002, 37(4): 453-461.
- [7] 吴根耀. 白垩纪: 中国及邻区板块构造演化的一个重要变换期[J]. *中国地质*, 2006, 33(1): 64-77.
- [8] 吴根耀. 造山带古地理学——重建区域构造古地理的若干思考[J]. *古地理学报*, 2007, 9(6): 635-650.
- [9] 吴根耀, 马力, 梁兴等. 从郯庐断裂带两侧的“盆”“山”耦合演化看前白垩纪“郯庐断裂带”的性质[J]. *地质通报*, 2008, 27(3): 308-325.
- [10] B. J. Darby, G. A. Davis and Z. Zadong. Structural evolution of the southwestern Daqing Shan, Yinshan belt, Inner Mongolia. In: M. S. Hendrix, G. A. Davis, Eds., *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia—From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 199-214.
- [11] G. A. Davis, Y. Zheng, C. Wang, et al. Mesozoic tectonic evolution of the Yinshan fold and thrust belt, with emphasis on Hebei and Liaoning provinces. In: M. S. Hendrix, G. A. Davis, Eds., *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia—From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 171-197.
- [12] J. P. Howard, W. D. Cunningham, S. J. Davies, et al. The stratigraphic and structural evolution of the Dzereg Basin, western Mongolia: Clastic sedimentation, transpressional faulting and basin destruction in an intraplate, intracontinental setting. *Basin Research*, 2003, 15: 45-72.
- [13] C. Heubeck. Assembly of central Asia during the middle and late Paleozoic. In: M. S. Hendrix, G. A. Davis, Eds., *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia—From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 1-22.
- [14] G. Badarch, W. D. Cunningham and B. F. Windley. A new terrane subdivision for Mongolia: Implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2002, 21: 87-110.
- [15] Geological Survey, Mineral Resources Authority of Mongolia, Institute of Geology and Mineral Resources, Mongolian Academy of Sciences. Geological map of Mongolia (1:1000000). Ulaanbatar, 1998.
- [16] 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: 9-71.
- [17] 李文国(主编). 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-344.
- [18] 王涛, 郑亚东, 李天斌等. 中蒙边界区亚干变质核杂岩的组成与结构[J]. *地质科学*, 2002, 37(1): 79-85.
- [19] Y. Zheng, Q. Zhang. The Yagan metamorphic core complex and extensional detachment fault in Inner Mongolia. *Acta Geologica Sinica (English Ed.)*, 1994, 68(2): 125-135.
- [20] Y. Zheng, S. Wang and Y. Wang. An enormous thrust nappe and extensional metamorphic core complex newly discovered in Sino-Mongolian boundary area. *Science in China (Series B)*, 1991, 34(9): 1146-1152.
- [21] L. E. Webb, S. A. Graham, C. L. Johnson, et al. Occurrence, age, and implications of the Yagan-Onch Hayrhan metamorphic core complex, southern Mongolia. *Geology*, 1999, 27(2): 143-146.
- [22] A. Demoux, A. Kröner, D. Liu, et al. Precambrian crystalline basement in southern Mongolia as revealed by SHRIMP zircon dating. *International Journal of Earth Sciences*, 2009, 98: 1365-1380.
- [23] J. J. Traynor, C. Sladen. Tectonic and stratigraphic evolution of the Mongolian People's Republic and its influence on hydrocarbon geology and potential. *Marine and Petroleum Geology*, 1995, 12: 35-52.
- [24] V. I. Kovalenko, V. V. Yarmolyuk, V. P. Kovach, et al. Sources of Phanerozoic granitoids in central Asia: Sm-Nd isotope data. *Geochemistry International*, 1996, 34(8): 628-640.
- [25] I. K. Kozakov, A. B. Kotov, V. P. Kovach, et al. Crustal forming processes in geological development of Baidrag block of Central Mongolia: Sm-Nd isotope data. *Petrology*, 1997, 5(3): 227-235. (in Russian)
- [26] F. P. Mitrofanov, E. V. Bibikova, T. V. Gracheva, et al. Archaean isotope age of tonalite (“gray”) gneisses in Caledonian structure of central Mongolia. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 1985, 284(3): 671-674. (in Russian)
- [27] A. Demoux, A. Kröner, G. Badarch, et al. Zircon ages from the Baydrag Block and the Bayankhongor ophiolite zone: Time constraints on late Neoproterozoic to Cambrian subduction- and accretion-related magmatism in central Mongolia. *Journal of Geology*, 2009, 117: 377-397.
- [28] Q.-R. Meng, J.-M. Hu, J.-Q. Jin, et al. Tectonics of the late Mesozoic wide extensional basin system in the China-Mongolia border region. *Basin Research*, 2003, 15: 397-415.
- [29] D. Bussien, N. Gombojav, W. Winkler, et al. The Mongol-Okhotsk belt in Mongolia—An appraisal of the geodynamic development by the study of sandstone provenance and detrital zircons. *Tectonophysics*, 2011, 510: 132-150.
- [30] O. Tomurtogoo, B. F. Windley, A. Kröner, et al. Zircon age and occurrence of the Adaatsag ophiolite and Muroon shear zone, central Mongolia: Constraints on the evolution of the Mongol-Okhotsk ocean, suture and orogen. *Journal of Geological Society of London*, 2005, 162: 125-134.
- [31] J. E. Faulds, R. J. Varga. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes. In: J. E. Faulds, J. H. Stewart, Eds., *Accommodation Zones and Transfer Zones: Segmentation of the Basin and Range Province, Boulder (Colorado)*: Geological Society of American Special Publishing, 1998, 323: 73-76.
- [32] C. K. Morley, R. A. Nelson, T. L. Patton, et al. Transfer zone in the east African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts. *AAPG Bulletin*, 1990, 74(8): 1234-1253.
- [33] 张文佑, 钟嘉猷. 中国断裂构造体系的发展[J]. *地质科学*, 1977, 12(3): 197-209.
- [34] 张文佑, 吴根耀. 裂谷构造与成矿作用[J]. *大自然探索*, 1982, 1(2): 13-33.
- [35] 吴根耀, 矢野孝雄. 东亚大陆边缘的构造格架及其中-新生代演化[J]. *地质通报*, 2007, 26(7): 787-800.
- [36] Y. Zheng, Q. Zhang, Y. Wang, et al. Great Jurassic thrust sheets

- in Beishan (North Mountains), Gobi areas of China and southern Mongolia. *Journal of Structural Geology*, 1996, 18: 1111-1126.
- [37] M. A. Lamb, G. Badarch, T. Navratil, et al. Structural and geochronological data from the Shin Jinst area, eastern Gobi Altai, Mongolia: Implications for Phanerozoic intracontinental deformation in Asia. *Tectonophysics*, 2008, 451: 312-330.
- [38] M. A. Lamb, G. Badarch. Paleozoic sedimentary basins and volcanic arc systems of southern Mongolia: New geochemical and petrographic constraints. In: M. S. Hendrix, G. A. Davis, Eds., *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia—From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 117-150.
- [39] C. L. Johnson, J. Amory, D. Zinniker, et al. Sedimentary response to arc continental collision, Permian, southern Mongolia. In: A. Draut, P. Clift and D. Scholl, Eds., *Formation and Application of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones*, Geological Society of American Paper, 2008, 436: 363-390.
- [40] M. S. Hendrix, S. A. Graham, J. Y. Amory, et al. Noyon Uul syncline, southern Mongolia: Lower Mesozoic sedimentary record of the tectonic amalgamation of central Asia. *Geological Society of America Bulletin*, 1996, 108(10): 1256-1274.
- [41] S. J. Vincent, M. B. Allen. Sedimentary record of Mesozoic intracontinental deformation in the eastern Junggar Basin, northwestern China: Response to orogeny at the Asian margin. In: M. S. Hendrix, G. A. Davis, Eds., *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia—From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 341-360.
- [42] 李红生. 西藏丁青地区早侏罗世放射虫[J]. *微体古生物学报*, 1988, 5: 323-330.
- [43] 李秋生, 王建平. 西藏东部丁青 - 怒江蛇绿混杂岩带的地质特征[A]. 张旗(主编). *蛇绿岩与地球动力学研究*[C]. 北京: 地质出版社, 1996: 195-198.
- [44] J. H. Gynn, P. Kapp, A. Pullen, et al. Tibetan basement rocks near Amdo reveal “missing” Mesozoic tectonism along the Bangong suture, central Tibet. *Geology*, 2006, 34: 505-508.
- [45] T. A. Dumitru, M. S. Hendrix. Fission-track constraints on Jurassic folding and thrusting in southern Mongolia and their relationship to the Beishan thrust belt of northern China. In: M. S. Hendrix, G. A. Davis, Eds., *Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia—From Continental Assembly to Intracontinental Deformation*, Geological Society of America Memoir, 2001, 194: 215-229.
- [46] R. Vassalo, M. Jolivet, J.-F. Ritz, et al. Uplift age and rates of the Gurvan Bogd system (Gobi-Altay) by apatite fission track analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 2007, 259: 333-346.
- [47] N. Halim, V. Kravchinsky, S. Gilder, et al. A palaeomagnetic study from the Mongol-Okhotsk region: Rotated Early Cretaceous volcanics and remagnetized Mesozoic sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 1998, 159: 133-145.
- [48] J. DeGrave, P. Van den Haute. Denudation and cooling of the Lake Teletskoye region in the Altai Mountains (South Siberia) as revealed by apatite fission track thermochronology. *Tectonophysics*, 2002, 349: 145-159.
- [49] D. Cunningham. Active intracontinental transpressional mountain building in the Mongolian Altai: Defining a new class of orogrn. *Earth and Planetary Science Letters*, 2005, 240: 436-444.
- [50] L. A. Owen, B. F. Windley, W. D. Cunningham, et al. Quaternary alluvial fans in the Gobi of southern Mongolia: Evidence for neotectonics and climate change. *Journal of Quaternary Science*, 1997, 12: 239-252.