

文章编号: 1000-0550(2007) 02-0283-10

新疆博格达山北缘晚古生代—中生代古水流 样式转折及其构造意义

李 玮¹ 胡健民¹ 黎敦朋¹ 刘金侠² 孙宜朴² 梁积伟³

(1. 中国地质科学院地质力学研究所 北京 100081; 2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探研究院 北京 100083;
3. 西北大学大陆动力学教育部重点实验室 西安 710069)

摘 要 新疆准噶尔盆地南缘博格达山北缘地区古水流方向在晚古生代到中生代期间发生过三次重要的转变。晚石炭世晚期以前指南,晚石炭世晚期到二叠纪期间指向东、南东东向,三叠纪—侏罗纪指南,白垩纪及其以后指向北。结合盆地物源和沉积环境分析,博格达山北缘自晚古生代以来可划分为四个构造演化阶段,古流向转折期为盆地各期构造演化的分界线,它们是盆地对周缘造山带构造演化沉积响应的重要记录。另一方面,古水流转折时间资料的获得,对准噶尔盆地周缘不同构造带的隆升时代是一个非常重要的限定。晚石炭世晚期至二叠纪,古水流资料指示沉积物主要来自准噶尔盆地西部,准噶尔盆地西—西北缘强烈隆升,自三叠纪早期开始到侏罗纪晚期,准噶尔盆地北缘抬升,博格达山北缘沉积物主要来自北方;侏罗纪晚期到白垩纪,古水流指示沉积物主要来自盆地南部,博格达山隆起并遭受剥蚀。然而,什么原因造成石炭纪末以来,准噶尔盆地周缘几个造山带顺时针方向依次隆起,有待进一步研究。

关键词 新疆 准噶尔盆地 古水流 沉积环境 盆山耦合

第一作者简介 李玮 男 1973 年出生 在读博士研究生 沉积学及盆地分析 E-mail liwei2007@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

博格达山位于东天山北侧,呈近东西向展布,是准噶尔盆地与吐哈盆地的分界(图 1)。由于在博格达山前吉木萨尔县南勘探井具有较好的油气显示,我国石油部门已经加大了对博格达山前盆地的石油地质研究。

博格达山地区早、中石炭世海相火山岩的地球化学特征表明,该地区在石炭纪时为以陆壳为基底的大陆裂谷^[1,2]。研究区发育的晚古生代辉绿岩,也被认为是裂谷闭合后初始拉张阶段的产物^[3,4]。尽管前人对博格达山前二叠纪—中生代沉积地层的沉积相^[5~8]、构造环境等进行了研究^[10~13],但至今对盆地构造演化阶段及盆地构造发展过程的认识存在比较严重的分歧。晚古生代以来,准噶尔盆地被不同的研究者认为经历了不同的过程,如:(1)二叠纪断陷,三叠纪断陷—坳陷,侏罗纪至古近纪坳陷和新近纪以后萎缩上隆阶段^[14];(2)二叠纪裂陷盆地,三叠纪至古近纪克拉通盆地,新近纪以来为冲断山前坳陷盆

地^[15];(3)晚石炭世至二叠纪碰撞前陆坳陷发育阶段,三叠纪至侏罗纪古造山带复活期前陆坳陷继承发展阶段,白垩纪至古近纪天山山前统一前陆坳陷均衡沉降阶段,新近纪以来天山山前统一前陆盆地强烈沉降阶段^[16];(4)石炭—二叠纪前陆盆地、三叠—侏罗纪陆内坳陷、白垩纪—新生代复活前陆盆地三个阶段^[17];(5)二叠纪至三叠纪前陆盆地、侏罗纪至古近纪陆内坳陷和新近纪至第四纪再生前陆盆地三个阶段^[18];(6)盆地的前陆盆地阶段只是在晚古生代石炭纪—二叠纪发育,三叠纪开始已经进入坳陷沉降阶段,而一直到新近纪才重新进入再生前陆盆地演化阶段^[19]。造成这种对盆地演化阶段和各阶段性质分歧的一个很重要的原因是缺乏对盆地沉积环境和沉积物扩散方向、物源分析等的系统研究。

区域构造活动对盆地内的古水系格局、沉积物扩散方向和样式有着深刻的影响^[20],本文将通过对博格达山北缘不同部位进行详细的剖面研究,恢复晚古生代到中生代古水流、沉积环境特征,分析准噶尔盆地南缘沉积充填过程,反演盆地构造演化历史。

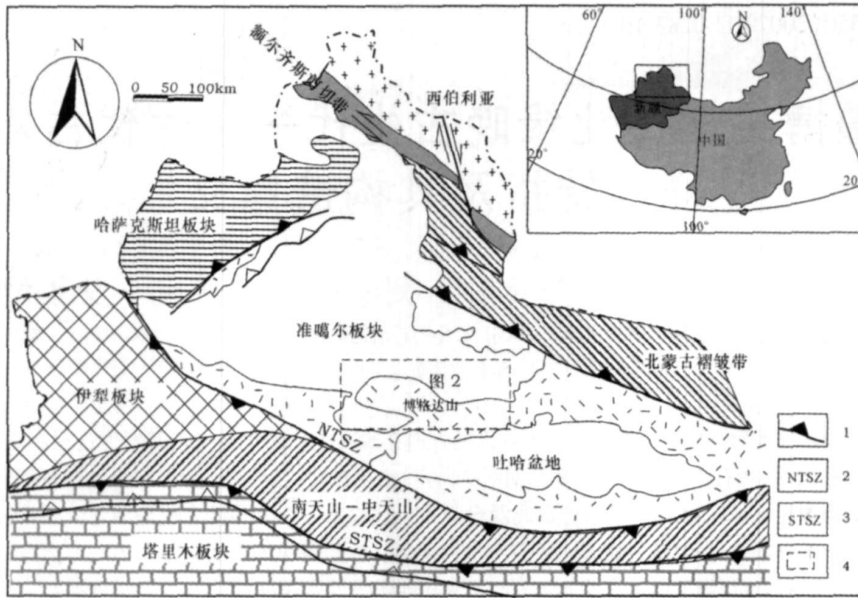


图 1 博格达山及邻区构造简图 (由参考文献 [20]改编)

1 板块边界; 2 北天山缝合带; 3. 南天山缝合带; 4 图 2 的位置

Fig 1 Simplified structural map of the Bogda Shan and adjacent region (modified from [20])

2 区域地质概况

博格达山是一个自早中石炭世开始裂陷, 晚石炭世闭合的晚古生代陆内裂谷带^[1-4, 22, 23], 于侏罗纪末—白垩纪初开始隆升成山, 并将中石炭世以来的晚古生代地层向南、北两侧分别逆冲到吐鲁番—哈密盆地北缘和准噶尔盆地南缘中、新生代地层之上, 从而

形成双向扇状逆冲的陆内造山带^[13]。

博格达地区主要出露晚古生代石炭系以及中生代地层。石炭系为双峰式火山岩—沉积岩系^[1], 晚石炭世地层发生褶皱, 并被早二叠世陆相磨拉石建造不整合覆盖^[23, 24]。中、晚二叠世—中生代地层出露在乌鲁木齐—吉木萨尔一带, 主要为一套湖泊—河流相沉积建造 (图 2)。

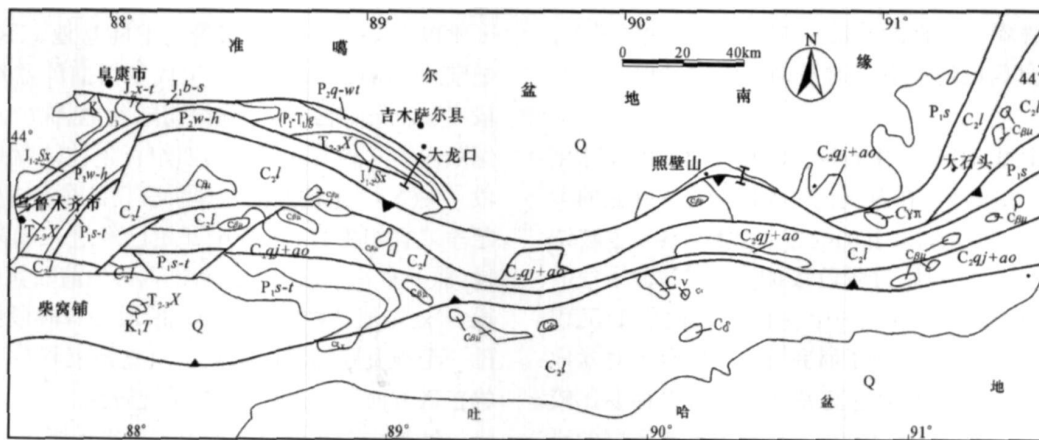


图 2 博格达地区地质简图 (据 1 : 50 万新疆地质图改编)

Q 第四纪堆积物; K₁ 吐谷鲁群; J₃q-h 奇古组 and 喀拉扎组并层; J₂x-t 西山窑组和头屯河组并层; J₁-₂sv 水西沟群;

J₁b-s 八道湾组 and 三工河组并层; T₂-₃x 小泉沟群; (P₂-T₁)g 锅底坑组; P₂q-w 泉子街组 and 梧桐沟组并层;

P₂w-h 乌拉泊组、井井子沟组、芦苇沟组、红雁池组并层; P₁s 石人子组 C₂qj+ao 祁家沟组 and 奥尔吐组并层; C₂l 柳树沟组; C₂v 石炭纪石英斑岩;

C₈o 石炭纪石英闪长岩; C₈μ 石炭纪辉绿玢岩; C₇v 石炭纪辉长岩; C₇ 石炭纪花岗岩

Fig 2 Simplified geologic map of the Bogda region (modified from the 1 : 500000 geologic map of Xinjiang)

3 博格达山北缘晚古生代—新生代沉积环境

3.1 石炭纪沉积环境

博格达地区早—中石炭世主要为海相环境下的火山岩相和深水复理石沉积建造;晚石炭世变为海陆交互相沉积环境^[26-28]。

博格达东部石炭系发育较全,下石炭统齐尔古斯套群自下而上依次为玄武岩建造、类复理石建造,沉积碎屑岩—中酸性火山岩建造^[26],含有海相生物化石,该组为滨海—浅海相沉积。中石炭统居里得能组自下而上依次为沉积碎屑岩—中基性火山岩建造、硅质岩—辉绿岩建造和上部玄武岩—安山岩—英安岩建造,含有海相生物化石,为浅海相沉积环境。上石炭统分为四个组,自下而上依次为沙雷塞尔克组、杨布拉克组、沙玛尔沙依组和缪林托凯陶山组,沙雷塞尔克组为沉积碎屑岩—火山岩建造;杨布拉克组为沉积碎屑岩—橄榄玄武岩—安山岩建造;沙玛尔沙依组为碎屑岩建造;缪林托凯陶山组为沉积碎屑岩—火山岩建造。上石炭统主体为滨海—浅海相沉积,在晚石炭晚期缪林托凯陶山组相变为陆相淡水湖盆沉积。

博格达西部地区未见下石炭统及更老的地层;中石炭统柳树沟组的时代主要据其上覆的祁家沟组和奥尔吐组化石组合限定^[9]。

3.2 二叠纪沉积环境

二叠系在乌鲁木齐附近出露最全,向东出露层位减少,在吉木萨尔附近以出露上二叠统为主,博格达东部七角井一带则为下二叠统火山碎屑沉积(图 2)。

博格达山东部下二叠统库莱组与下伏上石炭统呈角度不整合接触^[25],上部岩性为橄榄玄武岩夹石英斑岩,顶部为泥岩及灰岩;下部为砾岩和砂砾岩夹酸性火山角砾岩及安山岩。沉积环境为海陆交互,由三角洲相过渡到—浅海相沉积^[25]。

上二叠统呈带状出露在吉木萨尔以西地区,以芦草沟组、泉子街组、梧桐沟组地层为主。芦草沟组下部为灰黑色、黑色、褐灰色含粉砂泥晶灰岩、粉砂岩、含钙岩屑细砂岩,发育水平层理,可见季节性纹层;上部为黄绿色、深灰色含钙岩屑砂岩,具滑塌构造,顶部为发育水平层理的深灰色、灰色泥岩夹粉砂岩薄层。本组含鱼化石: *Chichia* sp., *Tufania* sp. *Tianshamisaurus* sp., 两栖类: *Urungia* sp. 及叶肢介、双壳类^[29], 等,厚 712 m, 未见底,为深湖—三角洲相沉积(图 3)。泉子街组厚约 263 m,与下伏芦草沟组为平行不

整合接触。主要岩相为紫红色、灰绿色砾岩、砂砾岩,夹泥质粉砂岩和粉砂质泥岩透镜体(图 3),含植物: *Callipteris zeilleri*, *Camisia dentate*, 脊椎动物: *Dicynodon tianshanensis* 及孢粉、双壳类等^[29]。底部砾岩块状基质支撑,基质为细砾或粗砂,砾石砾径最大可达 20 cm,一般 2~6 cm,大小混杂堆积,底部砾石具叠瓦构造,分选较差,呈次棱角—次圆状,成分以粉砂岩、凝灰岩、闪长岩为主。泥岩呈透镜体夹杂在砾岩中,以上特征表明其为冲积扇相粗碎屑沉积。梧桐沟组厚约 523 m,与下伏地层为整合接触。主要岩相为灰绿色砂砾岩、砂岩、粉砂岩、紫红色泥岩不等厚互层,剖面上砂砾岩与粉砂岩、泥岩组成多个由粗到细的沉积旋回。砂砾岩底部具滞留砾石,上部发育大型板状交错层理,它与粉砂岩、泥岩层共同指示曲流河沉积体系。含植物: *Callipteris zeilleri* 及双壳类、介形类等化石^[29]。

3.3 三叠纪沉积环境

三叠系自下而上依次为韭菜园子组、烧房沟组,白杨河组和黄山街组(图 4)。

韭菜园子组以紫红色泥岩、粉砂岩、黄绿色砂岩为主,含介形虫及古脊椎动物化石。相对粗粒的砂岩中发育大型板状、槽状交错层理,细粒的粉砂岩、泥岩中具水平层理,两者表明其为曲流河沉积环境。

烧房沟组厚约 559 m,与下伏地层为整合接触。该组下部为灰色、深灰色、灰绿色厚层粉砂质泥岩夹薄层粉砂岩,发育水平层理,夹透镜状菱铁矿薄层,为滨浅湖相细碎屑沉积;上部为中厚层灰绿色砂岩、粉砂岩夹棕红色粉砂质泥岩,向上粒度变粗,含丰富的钙质砂球夹灰色巨厚层白云质灰岩透镜体,为三角洲相沉积环境。含少量孢粉及介形类化石。

白杨河组厚约 443 m,与下伏地层为整合或假整合接触。底部为灰绿色、黄绿色砾岩、砂砾岩,砾岩与下伏岩层呈冲刷面接触。中、上部为灰绿色、黄绿色砂岩、粉砂岩夹互灰绿色泥岩,砂岩中可见垂直钻孔,含硅化木化石,发育斜层理,具二元沉积结构,为曲流河沉积环境。含脊椎动物: *Parakanmeyeria*; 植物: *Danaeopsis*。

白杨河组底部为灰绿色、黄绿色砾岩、砂砾岩,底部可见底冲刷面,中上部为灰绿色、黄绿色砂岩、粉砂岩夹互灰绿色泥岩,砂岩中可见垂直钻孔,含硅化木化石,发育斜层理,具二元沉积结构,含脊椎动物: *Parakanmeyeria*; 植物: *Danaeopsis*, 为曲流河沉积环境;厚约 443 m;与下伏地层为整合或假整合接触。

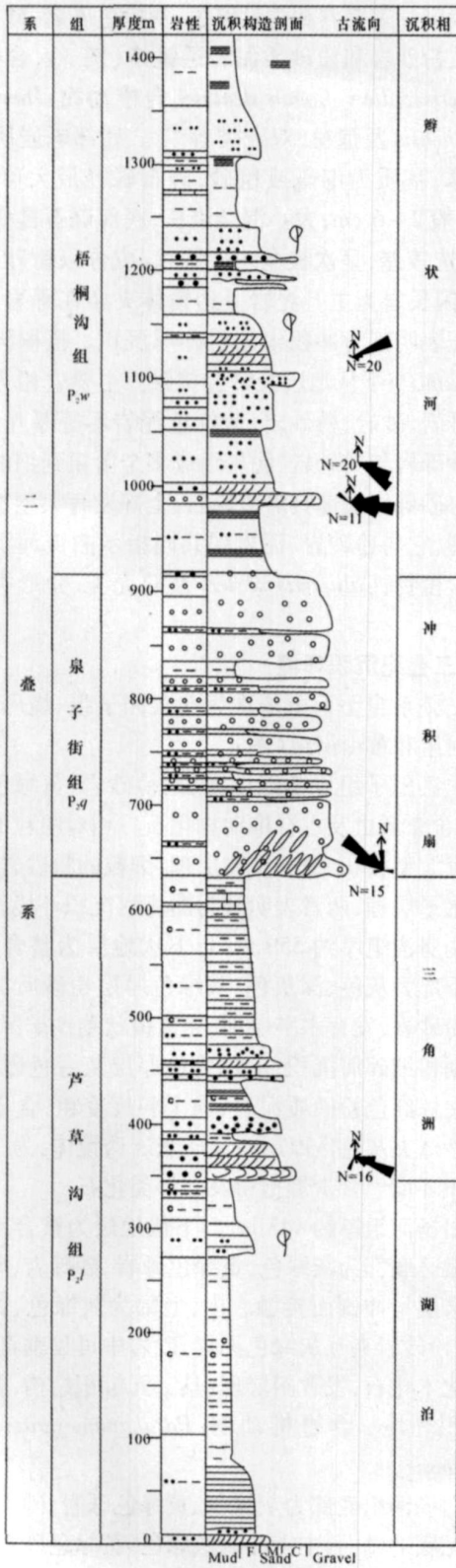


图 3 二叠系地层综合柱状图

Fig. 3 The comprehensive stratigraphic column of the Permian

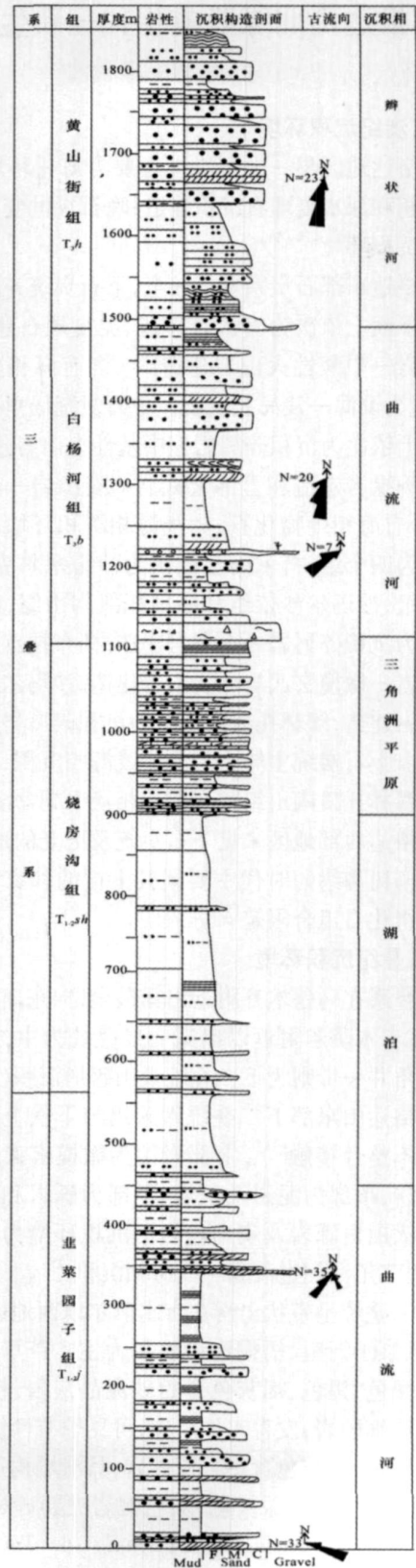


图 4 三叠系地层综合柱状图

Fig. 4 The comprehensive stratigraphic column of the Triassic

黄山街组厚 360 m, 与下伏地层为整合接触。主要岩相为灰色、灰黄色、灰绿色砂岩、粉砂岩夹互薄层泥岩, 粉砂岩中发育小型对称波痕, 砂岩一般呈底凸上平的形态, 可见底冲刷, 发育大型斜层理, 心滩砂体发育, 为辫状河沉积环境。含鱼化石: *Fukangichthys fukangolopis* 两栖类 *Bogdania* 及植物: *Danaeopsis* 等。

3 4 侏罗纪沉积环境

侏罗系在博格达山前出露不全, 吉木萨尔一带主要出露侏罗系下统。

八道湾组厚度约 515 m。主要岩相为暗色泥岩、黄绿色粉砂岩、粉砂质泥岩不等厚互层, 泥岩较厚。含多层煤线、煤层和菱铁矿扁豆体, 发育水平层理, 为三角洲—湖泊相沉积环境(图 5)。

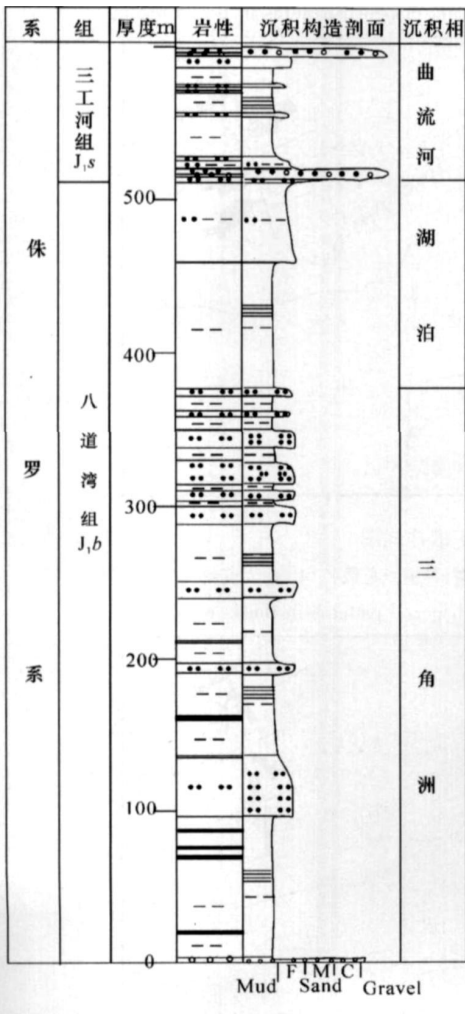


图 5 侏罗系下统地层综合柱状图

Fig 5 The comprehensive stratigraphic column of the Lower Jurassic

三工河组出露厚度约 85 m。主要岩相为黄绿色、暗红色粉砂质泥岩、砂岩、炭质泥岩, 夹菱铁矿薄层, 具有二元沉积结构, 为砂质曲流河沉积环境(图 5)。

3 5 白垩纪沉积环境

由于剥蚀强烈, 博格达北缘地区没有见到保留比较完整的白垩系剖面。在博格达南部的达坂城北部地区和北部的阜康、头屯河地区, 白垩系由厚层块状灰黑色、紫红色杂砾岩、砂砾岩夹泥岩组成, 以砂砾岩为主, 为冲积扇—辫状河—湖相沉积体系。

4 博格达山北缘古水流样式与沉积物扩散方向分析

古流向分析是确定沉积物搬运方向的常用方法, 也是了解盆地构造演化及确定物源区的有效手段^[30]。本文首先通过系统测量露头区地层中指示古水流的斜层理和砾岩中的叠瓦状砾石最大扁平面的产状及其背景岩层的产状; 其次通过计算机程序对古水流数据校正, 得到原始古水流方向, 同时获得古水流玫瑰花图; 最后分析古水流和沉积物扩散方向。

4 1 晚石炭世古流向分析

我们对博格达山前木垒一带石炭系上统沙雷塞尔克组 (C_{3s}) 和沙玛尔沙依组 (C_{3sh}) 进行了野外地质剖面实测, 在卡扎果勒沟沙雷塞尔克组砂岩中测得斜层理数据 30 组, 进行水平校正分析可知上统沙雷塞尔克组古流向优势方位 169° , 南南东向。在一碗泉南沙玛尔沙依组厚层砂岩中测量了大型斜层理的数据 18 组, 古流向优势方位为 82° 近东向(图 6)。

前人在乌鲁木齐—阜康一带做的石炭纪早中期古流向分析显示石炭纪早中期古流向为南南东向^[13](图 6)。

4 2 二叠纪古流向分析

吉木萨尔县南韭菜园子大龙口剖面中, 测得二叠系各组斜层理和砾岩中叠瓦状砾石最大扁平面数据 82 组, 经过水平校正处理后得到晚二叠纪古流向总体为近东向, 在乌鲁木齐附近早二叠纪古流向为南东东向(图 7)。其中, 二叠纪芦草沟组古流向优势方位 115° , 为南东东向; 泉子街组砾岩叠瓦状砾石最大扁平面倾向优势方位 300° , 古流向为 120° , 为南东东向; 梧桐沟组斜层理倾向平均 104° , 古流向优势方位近东向。

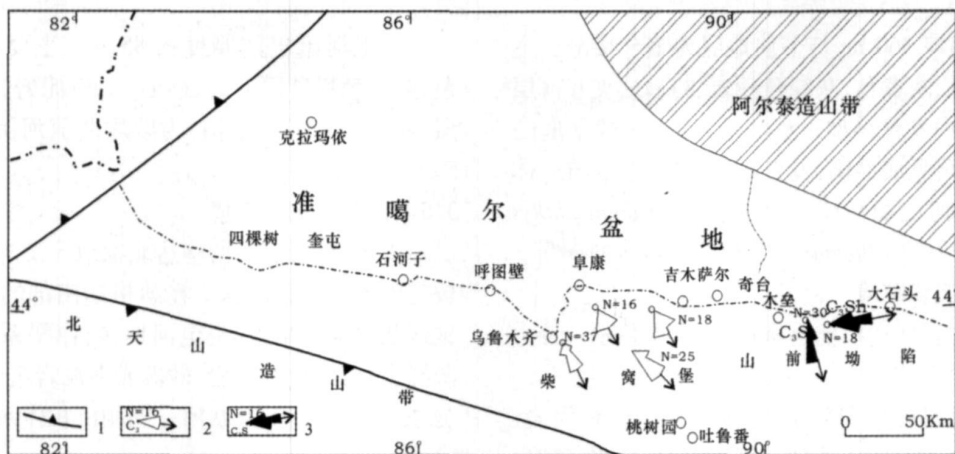


图 6 晚石炭世古流向与沉积物扩散样式图

- 1. 汇集板块边界 2. 前人资料^[13] 3. 古水流玫瑰花图(N测点总数)

Fig. 6 Late Carboniferous paleocurrent directions and sediment dispersal patterns in Bogda region

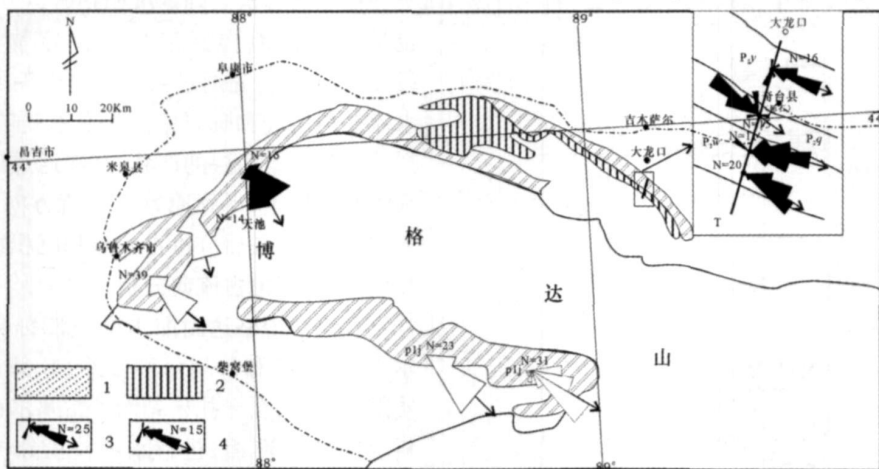


图 7 二叠纪古流向与沉积物扩散样式图

- 1. 早二叠世沉积 2. 晚二叠世沉积 3. 古流向玫瑰花图(N测点总数) 4. 前人资料^[13]

Fig. 7 Permian paleocurrent directions and sediment dispersal patterns in Bogda region

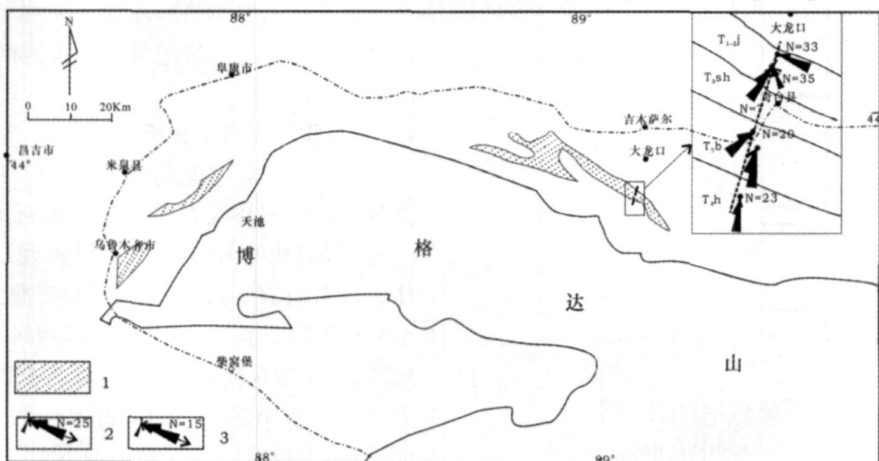


图 8 三叠纪古流向与沉积物扩散样式图

- 1. 三叠世陆相沉积 2. 古流向玫瑰花图(N测点总数) 3. 前人流向资料

Fig. 8 Triassic paleocurrent directions and sediment dispersal patterns in Bogda region

4 3 三叠世古流向分析

在大龙口剖面中,测得三叠纪各组斜层理数据 118 组,进行水平校正处理后得到,三叠纪古流向总体为早三叠纪早期为南东东向,中晚期转为南南西向(图 8)。其中,早三叠世韭菜园子组下部斜层理倾向平均 109° ,古流向指向南东东方向;韭菜园子组上部斜层理倾向平均 196° ,古流向优势方位为南南西向;白杨河组斜层理倾向平均 210° ,古流向优势方位为

南南西向;黄山街组斜层理倾向平均 191° ,古流向优势方位也为南南西向。

4 4 侏罗纪与白垩纪古流向

张传恒等曾对博格达北缘乌鲁木齐附近、吉木萨尔一带侏罗系和白垩系做了比较详细的古流向测量,其中,侏罗纪地层古流向总体近南向,沉积物扩散方向由北向南^[13](图 9A);白垩纪地层古流向为北北东—北北西向,沉积物扩散方向由南向北^[13](图 9B)。

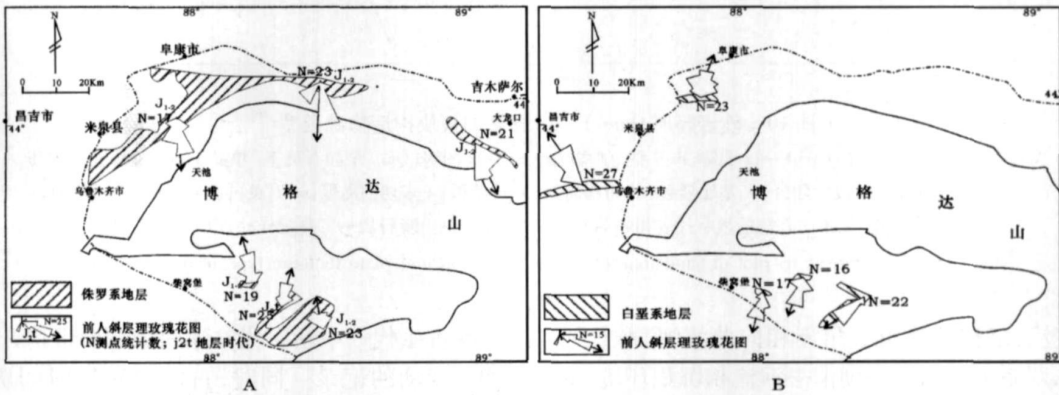


图 9 侏罗纪、白垩纪古流向与沉积物扩散样式图^[13]

A 侏罗纪古流向玫瑰花图; B 白垩纪古流向玫瑰花图

Fig 9 Jurassic and Cretaceous paleocurrent directions and sediment dispersal patterns in Bogda region

5 博格达山北部盆地构造演化分析

博格达山北缘晚古生代—中生代盆地的沉积环境及各阶段沉积物流向与物源分析结果,清楚的反映出盆地经历了几个明显不同的发展阶段,每个演化阶段都是对周缘山体隆升及裂解等构造过程的响应。

中、晚石炭世博格达陆内裂谷盆地发育阶段,早期发育大量火山熔岩,晚期发育火山碎屑质浊积岩和玄武岩、生物碎屑灰岩夹层;古流向为南南东向,沉积物扩散方向由北北西向南南东方向扩散,准噶尔盆地当时的沉积中心位于博格达地区,表明准噶尔盆地西北及东北缘为博格达北缘地区的主要物源区。

晚石炭纪晚期—二叠纪陆源碎屑充填期,古流向为南东东向,砂岩碎屑 Qm—F—Lt 图解表明(图 10A),物源区为再循环造山带,碎屑成分以岩屑为主,石英含量较高,砂岩样品投点主要落在石英再循环和过渡再循环造山带,表明具前陆盆地构造背景^[31],分析认为物源来自准噶尔盆地西部造山带,此时的沉积物扩散方向主体指向东。二叠系中上统芦草沟组中下部为湖相沉积环境,表明该时期博格达地区为盆地沉积中心,上部为三角洲沉积,水体变浅,到

了泉子街组,沉积环境突变为冲积扇相,表明为盆地边缘相沉积,而古流向仍然为南东东向,表明当时博格达地区北西西方向持续隆升,提供物源,沉积中心向东迁移;梧桐沟组沉积时,沉积环境逐渐变为辫状河沉积,而古流向并未变化,表明盆地为水进过程,盆地范围增大,盆地西缘不再隆升,为剥蚀夷平过程。该阶段的古流向和沉积相变化可能与古生代晚期西准噶尔造山带强烈地自西向东逆冲有关^[14]。

三叠—侏罗纪陆相潮湿环境中的河、湖相沉积期,形成了厚层陆相煤系地层。三叠系以整合或沉积不整合覆于二叠系之上,这一时期为拗陷沉积阶段,古流向发生了急剧变化,变为南南西向,沉积物扩散方向由南东东转变为向南南西扩散。三叠纪砂岩碎屑 Qm—F—L 图解表明,物源来自再循环造山带,岩屑组分含量高,可细分为岩屑再旋回造山带沉积背景(图 10B)。结合古流向分析,物源主要由东北缘阿勒泰、克拉美丽造山带提供。三叠系韭菜园子组下部为曲流河沉积,向上变为湖泊相沉积,水体不断加深,沉积范围不断扩大;烧房沟组下部为湖相沉积,到了上部相变为三角洲沉积环境,水体逐渐变浅,古流向未发生变化,物源由北北东方向供给,三叠系中上部水

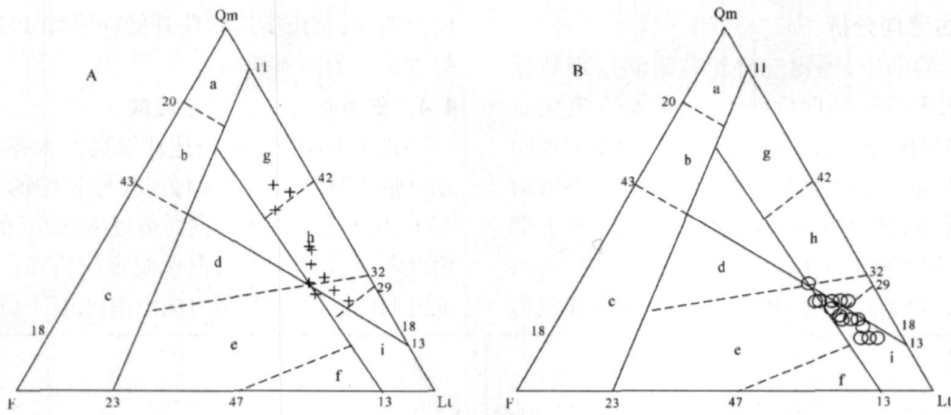


图 10 砂岩碎屑 Qm—F—Lt 图解的板块构造物源类型^[31]

A 晚石炭—二叠纪砂岩 Qm—F—Lt 图解; B 三叠纪砂岩 Qm—F—Lt 图解 (Qm, 单晶石英; F, 单晶长石; Lt, 多晶质岩屑, a 克拉通内陆, b 过渡大陆区, c 基底隆起, d 切割岛弧, e 过渡弧, f 未切割岛弧, g 石英再旋回, h 过渡再旋回, i 岩屑再旋回, 三角图外侧的数字代表相邻单元相对百分比, +, 晚石炭—二叠纪样品; O, 三叠纪样品)

Fig 10 Qm—F—Lt tri-plot of sandstone clastic composition and plate tectonic type of provenance^[31]

体继续变浅, 沉积环境由三角洲相向曲流河、辫状河过渡。侏罗系为三角洲—湖泊—河流相沉积环境, 继承三叠系沉积格局, 物源由北缘供给。

白垩纪—新生代山间盆地充填期, 发育干旱型陆相沉积, 由近源火山质碎屑岩夹紫红色泥岩组成。该阶段古流向又一次发生急剧变化, 转变为由南向北, 沉积物扩散方向由南向北扩散, 表明博格达地区已隆升成山。构造地质学的研究也得出相似的结论, 即石炭纪地层被推覆在晚侏罗世地层之上, 并被白垩系不整合覆盖。因此, 从侏罗纪末到白垩纪早期开始, 博格达山分割了准噶尔盆地和吐哈盆地, 控制了博格达山两侧的沉积格局, 并为两侧盆地提供物源。

以上研究表明, 自石炭纪末以来, 准噶尔盆地边缘几个造山带依次隆起, 什么原因造成了这种隆升过程、隆升序次的大地构造演化背景有待进一步研究。

6 结论

通过系统测量博格达山北缘地区晚古生代以来各时期古流向和分析各时期沉积特征, 砂岩碎屑颗粒骨架分析得出以下认识。

(1) 晚古生代以来博格达山北缘古流向发生三次大的转变, 分别发生在晚石炭纪晚期、三叠纪初和侏罗纪末。中晚石炭纪古流向指向南南东向; 晚石炭纪晚期—二叠纪古流向为南东东向; 三叠纪—侏罗纪古流向为南南西或近南向, 白垩纪—新生代古流向为指向北。

(2) 这三次重要的转折, 是准噶尔盆地博格达地

区晚古生代—中生代盆地周缘造山带抬升、裂解等构造变动的记录。同时, 古流向转折时间资料的获得, 对准噶尔盆地周缘不同构造带的隆升时代是一个非常重要的限定。晚石炭晚期准噶尔盆地西缘向东强烈逆冲推覆、隆升造山, 为准噶尔盆地提供物源; 三叠纪早期克拉美丽、阿尔泰造山带向南推覆隆升造山, 为准噶尔盆地博格达地区提供物源; 侏罗纪末期博格达山隆升, 向南北两侧逆冲推覆, 分隔了准噶尔盆地和吐—哈盆地, 并为两侧盆地提供物源。

致谢 王成善老师和评审人对本文提出了重要的修改意见和建议, 在此致以衷心感谢!

参考文献 (References)

- 顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境. 岩石学报, 2000, 16(3): 305-316 [Gu Lianxing, Hu Shouxij, Yu Chunshui et al. Carboniferous volcanites in the Bogda orogenic belt of eastern Tianshan. Their tectonic implications. Acta Petrologica Sinica, 2001, 16: 305-316]
- 顾连兴, 于春水, 李宏宇, 等. 博格达上大河沿岩体铷锶同位素年龄及其地质意义. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(1): 19-21 [Gu Lianxing, Yu Chunshui, Li Hongyu et al. Rb-Sr isotope age of the Shangdaheyan intrusion in the Bogda orogenic belt and its geological implications. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2000, 19(1): 19-21]
- 顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 博格达陆内碰撞造山带挤压—拉伸构造转折期的侵入活动. 岩石学报, 2001, 17(2): 187-198 [Gu Lianxing, Hu Shouxij, Yu Chunshui et al. Intrusive activities during compression-extension tectonic conversion in the Bogda intracontinental orogen. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(2): 187-198]

- 4 顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 论博格达俯冲断裂型裂谷的形成与演化. 岩石学报, 2001, 17(4): 585-597 [Gu Lianxing, Hu Shouxi, Yu Chunshui, *et al*. Initiation and evolution of the Bogda subduction-tom-type rift. *Acta Petrologica Sinica*, 2001, 17(4): 585-597]
- 5 周统顺, 李佩贤, 杨基端, 等. 中国非海相二叠—三叠系界线层型剖面研究. 新疆地质, 1997, 15(3): 211-216 [Zhou Tongshun, Li Peixian, Yang Jiduan, *et al*. Stratotype section of non-marine Permian-Triassic boundary in China. *Xinjiang Geology*, 1997, 15(3): 211-216]
- 6 楼章华, 赵霞飞, 刘志刚, 等. 大龙口地区仓房沟群的沉积环境及其演化. 石油与天然气地质, 1995, 16(1): 31-39 [Lou Zhanghua, Zhao Xiafei, Liu Zhigang, *et al*. Sedimentary environment and its evolution of Cangfanggou group in Dalongkou region. *Oil & Gas Geology*, 1995, 16(1): 31-39]
- 7 喻春辉, 蒋宜勤, 刘树辉. 准噶尔盆地与吐哈盆地侏罗纪沉积边界的讨论. 岩相古地理, 1996, 16: 482-541 [Yu Chunhui, Jiang Yiqin, Liu Shuhui. Jurassic sedimentary boundary between the Junggar and Turpan-Haniban basin in Xinjiang. *Sedimentary Facies and Paleogeography*, 1996, 16: 48-54]
- 8 廖卓庭, 刘陆军, 张维. 博格达山西南缘早二叠世磨拉石相沉积组合—桃西沟群. 地层学杂志, 1999, 23(3): 190-195 [Liao Zhuoting, Liu Lujun, Zhang Wei. Early Permian molasses facies assemblage on the southwestern slope of Bogda Mountain. *Journal of Stratigraphy*, 1999, 23: 190-195]
- 9 廖卓庭, 周宇星, 王克良, 等. 新疆博格达山宽沟地区的石炭系. 地层学杂志, 1992, 16(2): 105-110 [Liao Zhuoting, Zhou Yuxing, Wang Kejiang, *et al*. Carboniferous of Kuangou area on the southern slope of Bogda Mountain. *Journal of Stratigraphy*, 1992, 16(2): 105-110]
- 10 王宗秀, 李涛, 周高志, 等. 博格达山晚石炭世造山活动的变形地质记录. 地学前缘, 2003, 10: 632-691 [Wang Zongxiu, Li Tao, Zhou Gaozhi, *et al*. Geological record of the late Carboniferous orogeny in Bogda Shan, northern Tianshan Mountains, northwest China. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10: 63-69]
- 11 武致中, 郭富贤. 再论博格达推覆构造与油气. 新疆地质, 1991, 9(1): 40-49 [Wu Zhizhong, Guo Fuxian. Second discussion of Bogda nappe tectonic and its oil-gas accumulation. *Xinjiang Geology*, 1991, 9(1): 40-49]
- 12 陈宪. 试论新疆博格达山脉的特征及成因. 新疆地质, 2003, 21(3): 356-357 [Chen Xian. A preliminary discussion on the character and cause of Bogda mountain. *Xinjiang Geology*, 2003, 21(3): 356-357]
- 13 张传恒, 刘典波, 张传林, 等. 新疆博格达山初始隆升时间的地层学标定. 地学前缘, 2005, 12(1): 294-302 [Zhang Chuanheng, Liu Dianbo, Zhang Chuanlin, *et al*. Stratigraphic constraints on the initial uplift age of Bogda Shan, Xinjiang, northwest China. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(1): 294-302]
- 14 赵白. 准噶尔盆地的形成与演化. 新疆石油地质, 1992, 13(3): 191-196 [Zhao Bai. The formation and evolution of Junggar Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1992, 13(2): 191-196]
- 15 蔡忠贤, 陈发景, 贾振远. 准噶尔盆地的类型和构造演化. 地学前缘, 2000, 7(4): 431-440 [Cai Zhongxian, Chen Fajing, Jia Zhenyuan. Types and tectonic evolution of Junggar basin. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 431-440]
- 16 张功成, 刘楼军, 陈新发, 等. 准噶尔盆地结构及其圈闭类型. 新疆地质, 1998, 16(3): 221-229 [Zhang Gongcheng, Liu Loujun, Chen Xinfu, *et al*. Structure and trap types of Junggar basin. *Xinjiang Geology*, 1998, 16(3): 221-229]
- 17 孙肇才. 中国中西部中—新生代前陆盆地及其含油气性—兼论准噶尔盆地内部结构单元划分. 海相油气地质, 1998, 4(3): 16-30 [Sun Zhaocai. Mesozoic-Cenozoic foreland basin of the western China and its hydrocarbon exploration prospect with a comment on the division of tectonic units in Junggar basin. *Marine Petroleum Geology*, 1998, 4(3): 16-30]
- 18 陈新, 卢华复, 舒良树, 等. 准格尔盆地构造演化分析新进展. 高校地质学报, 2002, 8(3): 257-267 [Chen Xin, Lu Huaifu, Shu Liangshu, *et al*. Study on tectonic evolution of Junggar Basin. *Geological Journal of China Universities*, 2002, 8(3): 257-267]
- 19 吴孔友, 查明, 王绪龙, 等. 准噶尔盆地构造演化与动力学背景再认识. 地球学报, 2005, 26(3): 217-222 [Wu Kongyou, Zhang Ming, Wang Xulong, *et al*. Further research on the tectonic evolution and dynamic setting of the Junggar basin. *Acta Geoscientia Sinica*, 2005, 26(3): 217-222]
- 20 Allen M B, Windley B F, Zhang C. Paleozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tianshan, central Asia. *Tectonophysics*, 1992, 220: 89-115
- 21 Hendrix M S, Davis G A. Paleozoic and Mesozoic Tectonic Evolution of Central Asia: From Continental Assembly to Intracontinental Deformation. *Geological Society of America Memoir*, 2001, 194: 317-340
- 22 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994. 1-437 [He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, *et al*. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang of China. Urumqi: Xinjiang People's Publication House, 1994. 1-437]
- 23 杨浩, 顾连兴. 东天山造山带中吐哈地块的认识及意义. 南京大学学报(地球科学版), 1989, 25: 82-86 [Yang Hao, Gu Lianxing. Preliminary discussion on the Turpan-Haniban block in the East Tianshan orogenic belt. *Journal of Nanjing University (Earth Sciences Edition)*, 1989, 25: 82-86]
- 24 周济元, 茅燕石, 黄志勋, 等. 东天山古大陆边缘火山地质. 成都: 成都科技大学出版社, 1994. 1-280 [Zhou Jiyuan, Mao Yanshi, Huang Zhixun, *et al*. Volcanic Geology on the Verge of Paleozoic East Tianshan. Chengdu: Chengdu Science and Technology University Press, 1994. 1-280]
- 25 陈哲夫, 梁云海. 新疆天山地质构造几个问题的探讨. 新疆地质, 1985, 3(2): 1-13 [Chen Zhefu, Liang Yunhai. Research on several problems of structural geology in Tianshan. *Xinjiang Geology*, 1985, 3(2): 1-13]
- 26 新疆地质局区域地质测量大队. 七角井幅区域地质调查报告 (1:20000). 1971. 5-48 [Xinjiang Geology Bureau Area Geology Survey Team. Area Geology Report of Survey in Qijiaoing Region (1:20000). 1971. 5-48]

- 20000), 1971: 5-48]
- 27 新疆地质局区域地质测量大队编. 吉木萨尔县幅区域地质调查报告 (1: 20000). 1976: 4-42 [Xinjiang Geology Bureau Area Geology Survey Team. Area Geology Report of Survey in Jimusaer Region (1: 20000), 1976: 4-42]
- 28 地质部新疆维吾尔自治区地质局. 木垒哈萨克自治县区域地质矿产报告 (1: 20000). 1970: 4-20 [Xinjiang Geology Bureau Area Geology Survey Team. Area Geology Report of Survey in Mulehasake Autonomous County Region (1: 20000), 1970: 4-20]
- 29 程政武, 吴绍祖, 方晓思. 新疆准噶尔南缘和吐鲁番盆地二叠-三叠系. 新疆地质, 1997, 15(2): 155-173 [Cheng Zhengwu, Wu Sha-
ou, Fang Xiaosi. The Permian-Triassic Sequences in the Southern Margin of the Junggar Basin and the Turpan Basin, Xinjiang Xinjiang Geology, 1997, 15(2): 155-173]
- 30 王成善, 李祥辉, 主编. 沉积盆地分析原理与方法. 北京: 高等教育出版社, 2003. 70-83 [Wang Chengshan, Li Xianghui. Sedimentary Basin: From Principles to Methods. Beijing: Higher Education Press, 2003. 70-83]
- 31 Dickinson W R, Beal L S, Brackenridge G R, et al. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. Geological Society of America Bulletin, 1983, 94: 225-235

Analysis of the Late Paleozoic and Mesozoic Paleocurrents and Its Constructional Significance of the Northern Bogdashan, Xinjiang

LI Wei¹ HU Jianmin¹ LIDun-peng¹ LU Jin-xia²
SUN Yi-pu² LIANG Ji-wei³

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

2. Exploration & Production Research Institute SINOPEC, Beijing 100083;

3. Key Laboratory of Continental Dynamics, Ministry of Education Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract The northern Bogdashan is located in the south of the Junggar Basin and in the north of Tian Shan. Paleocurrents analysis reveals that paleocurrent direction had three important abrupt transformations from the Neopaleozoic to the Cenozoic. Before the Late Carboniferous, the paleocurrent directions were from north to south. During the Permian, the paleocurrent directions were from west to east or from northwest to southeast. From the Triassic Period to the Jurassic, the paleocurrent directions were from north to south. From the Cretaceous to the Cenozoic, the paleocurrent directions were from south to north. The northern Bogdashan may be divided four tectonic evolution stages from the Neopaleozoic to the Cenozoic by integrated analysis paleocurrent provenance and sedimentary environment. The transition phase of paleocurrent directions was not only the boundary of each stages of basin tectonic evolution but also important sedimentary record of orogenic belt evolution around the area. Furthermore, the transition time of the paleocurrent directions may restrict when structural belt around Bogdashan had uplifted. At the end of the late Carboniferous, the northwestern Junggar Basin had been intensity uplift and subsequently sediments fluxes into the basin from west to east. At the beginning of the Triassic Period, the northern Junggar Basin was uplifted and it provided clastic sediments for basin from the Triassic to the Jurassic. At the end of the Jurassic, the Bogdashan began to be uplifted and provided clastic sediments for besides of the Bogdashan. Why had the orogenic belt be uplifted clockwise around of the Junggar Basin? It would be researched further.

Key words Xinjiang the Junggar Basin, paleocurrent, sedimentary environments, basin-mountain coupling