

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

塔里木北部周缘前陆盆地早二叠世快速迁移与 沉积相突变:俯冲板片拆沉的响应

张传恒^{1,2)}, 杜维良^{3,4)}, 刘典波¹⁾, 汪剑⁴⁾, 王梦华⁴⁾

1) 中国地质大学地质过程与成矿作用国家重点实验室和岩石圈构造、深部过程及探测

技术教育部重点实验室, 北京, 100083

2) 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京, 100083

3) 成都理工大学, 610059; 4) 中国石油华北油田物探研究院, 河北任丘, 062552

内容提要: 塔里木北部周缘前陆盆地发育于泥盆纪末至早三叠世期间,完整地记录了南天山造山带的发育过程。该盆地在早二叠世由复理石盆地转化为磨拉石盆地,同时发生快速南移。同期幔源物质加入,有山根地壳熔融的岩浆活动、南天山造山带的整体隆升、热液成矿作用集中发育和变形、变质作用的激化使俯冲岩片的拆沉成为盆地转化与迁移的最佳机制。相同的转化过程及深部机制在其他造山带中也明显存在,表明俯冲岩片拆沉是造山作用一个不可或缺的一环。

关键词: 前陆盆地;早二叠世;快速迁移;盆地转化;俯冲板片拆沉;塔里木;新疆

复理石向磨拉石转化是周缘前陆盆地演化的一个重要环节(Homewood et al., 1986; Sinclair, 1997a, 1997b; Galewsky et al., 1997),其控制机制及造山意义研究备受关注。传统上,岩石圈有效弹性厚度和/或充填速率的增大被认为是控制这种转化的两个关键因素(Homewood et al., 1986; Sinclair, 1997a, 1997b; Galewsky et al., 1997; Covey, 1986)。最近,个别学者提出碰撞结构变化的作用更大(Sinclair, 1997a, 1997b),但未从造山带整体角度阐明机制、提出证据。塔里木北部周缘(以下简称塔北周缘)前陆盆地在早二叠世末完成了从复理石阶段向磨拉石阶段的转化(Allen et al., 1992; Carroll et al., 1995; 刘本培等, 1996; 周宗良等, 1999),并伴随盆地明显南移、剧烈火山活动和中央变质带内一系列重要地质事件的发生,为查清关键时期造山带结构、揭示造山作用内幕提供了契机。本文通过研究盆地转化、迁移的时空特征及其与相伴生的重大地质事件之间的成因联系,探讨南天山造山带盆地转化的深层机制,提出俯冲板片拆沉是控制塔北前陆盆地从复理石型向磨拉石型转化的可能机制。

1 区域地质背景

南天山造山带出露于伊犁—巩乃斯盆地、吐哈盆地一线以南、巴楚隆起—沙雅隆起—孔雀河断裂一线以北地区,由中央核心带和塔北周缘前陆盆地两个构造单元组成(图1)。中央核心带夹持于中天山南缘断裂和柳树沟—阔克沙尔逆冲断裂之间,主要由伊宁古陆南缘活动沉积建造及同期侵入岩体组成。塔北周缘前陆盆地沉积出露于柳树沟—阔克沙尔逆冲断裂带以南地区(图1)。前陆盆地沉积北与长阿吾子—库勒—大山口弧—沟沉积系呈断裂接触,向南超覆于不同时代盖层,甚至基底之上。南天山南缘断裂(刘本培等, 1996; 张传恒等, 1998, 2002)将盆地沉积分成北、南两个带:北带以浊积岩等深水沉积为主,为欠补偿沉积期产物;南带以陆相或近源海相磨拉石沉积建造为主,为过补偿沉积期的产物。

南天山陆间造山带是随着南天山洋消亡、塔北被动陆缘俯冲于伊宁古陆之下开始发育的(Allen et al., 1992; Carroll et al., 1995; 刘本培等, 1996)。库米什、铜花山、科克苏河等地高压变质岩系形成于泥

注:本文为国土资源部国土资源大调查项目(编号 200313000055)资助的成果。

收稿日期:2005-10-19; 改回日期:2006-01-25; 责任编辑:郝梓国。

作者简介:张传恒,男,1962年7月生。中国地质大学(北京)教授,主要从事地层学、构造地质与大地构造学、盆地分析科研和教学工作。通讯地址:100083,北京学院路29号,中国地质大学地球科学与资源学院;电话:010-82321580;Email: zhangch@cugb.edu.cn。

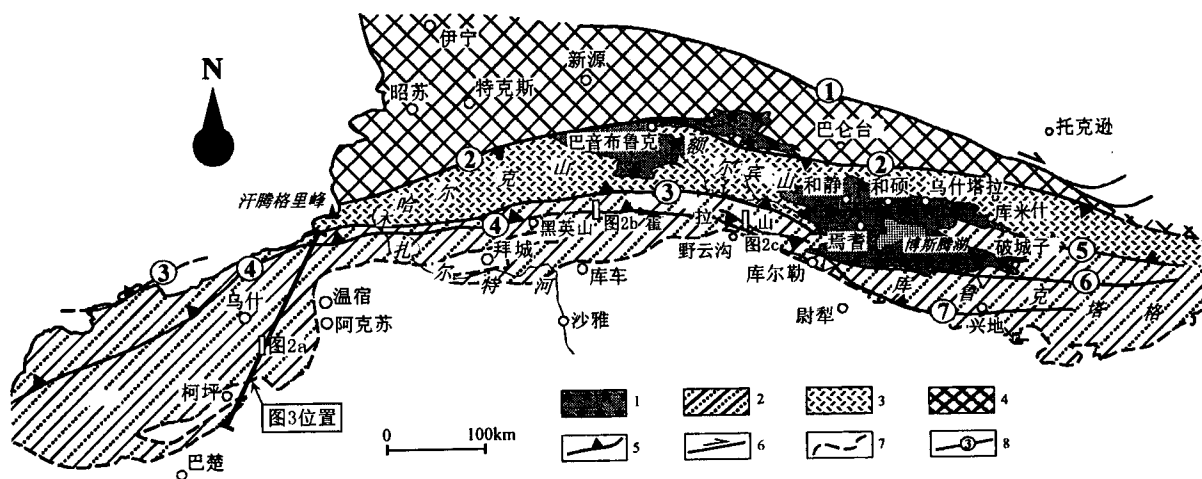


图 1 西南天山地区地质略图(示塔里木北部周缘前陆盆地位置及其构造关系)

Fig. 1 Schematic geologic map of southwest Tianshan Mts.

(showing tectonic position of North Tarim peripheral foreland basin)

1—现代山间盆地;2—塔里木北部周缘前陆盆地;3—南天山变质核心带;4—伊宁古陆;5—逆冲断裂;6—走滑断裂;7—现代塔里木盆地边界;8—断裂编号:①—中天山北缘断裂;②—中天山南缘断裂;③—柳树沟—阔克沙尔逆冲断裂带;④—南天山南缘断裂带;⑤—克孜勒塔格断裂;⑥—辛格勒断裂;⑦—兴地塔格断裂

1—Current orographic basin; 2—North Tarim peripheral foreland basin; 3—South Tianshan Mts. metamorphic core; 4—Yining paleo-continent; 5—thrust; 6—strike-slip fault; 7—borderline of recent Tarim basin; 8—fault number: ①—north margin fault of Central Tianshan Mts.; ②—south margin fault of central Tianshan Mts.; ③—Liushugou-Kuokshaer thrust belt; ④—south margin thrust belt of south Tianshan Mts.; ⑤—Kiziltag fault; ⑥—Xingger fault; ⑦—Xingditag fault

盆纪—石炭纪转换之际,变质年龄集中在 350~314 Ma 范围内,应是南天山碰撞造山带启动年龄(Gao et al., 1994; 肖序常等, 1994)。古地磁研究结果揭示,塔里木、伊宁两陆块以斜向碰撞方式拼合,东部首先拼合,然后向西扩展。乌什、阿合奇地区处于塔北周缘前陆盆地的前隆带内(Carroll et al., 1995),该地区最早的前陆不整合发育在岩关期^①,据此推测南天山西段古陆拼合在石炭纪早期启动。尽管对塔里木、伊宁两陆块拼合启动时间仍认识不同,南天山造山带各区段启动时间也确实存在差异,但可以肯定南天山陆间造山带在早石炭世已开始发育。

南天山地区出露的塔北前陆盆地沉积主要为缓坡带沉积,垂向上表现为“二元”结构:下部为台地碳酸盐岩沉积,以霍拉山地区的野云沟组为代表;上部为陆源碎屑浊积岩,斜层理测定结果显示沉积物扩散方向指向北西^②。陡坡带沉积还未被广泛确认,只在中国—吉尔吉斯边界地区发现一套骨架颗粒成分以硅质岩、凝灰岩、片岩为主的石炭纪浊积岩,被解释为塔北周缘前陆盆地近源带沉积(Allen et al., 1999)。

与塔北周缘前陆盆地同期的沉积还发育于南天山北部地区。在该地区,自东向西沉积环境由陆相逐

渐过渡到海相。额尔宾山西南缘中、晚石炭世发育浊积岩系和台地碳酸盐岩。查汗沙拉地区,石炭纪发育碳酸盐台地及深水钙质滑塌沉积。这些地区的海相沉积环境一直延续至石炭纪末,局部地区可延入早二叠世早期。最早的陆相沉积始自二叠纪中、后期,主要为零星的近源、原地碎屑岩沉积。

2 盆地转化与迁移的地质记录

南天山西部柯坪塔格剖面、中部库车河剖面和东部霍拉山野云沟剖面记录了复理石向磨拉石转化过程(图 2)。在柯坪塔格地区,上石炭统为一套海相沉积,以角度不整合盖在泥盆系或下古生界之上,向上渐变为早二叠世磨拉石沉积(图 2a)。晚石炭世海相沉积物源于南部,垂向上构成一向上变深的沉积序列、横向上向北相变为浊积岩(Carroll et al., 1995)。早二叠世磨拉石沉积物源在北部,总体构成一向上变浅的沉积序列。海相沉积与陆相沉积之间发育一套玄武岩,其⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 277.53 ± 0.46 Ma(Carroll et al., 1995)、 278.5 ± 1.4 Ma(Allen et al., 1999)。在库车河地区,石炭纪—早二叠世沉积序列内未见明显的角度不整合,中二叠世—早三叠世沉积与下伏地层呈递进不整合接触(图 2b)。石炭

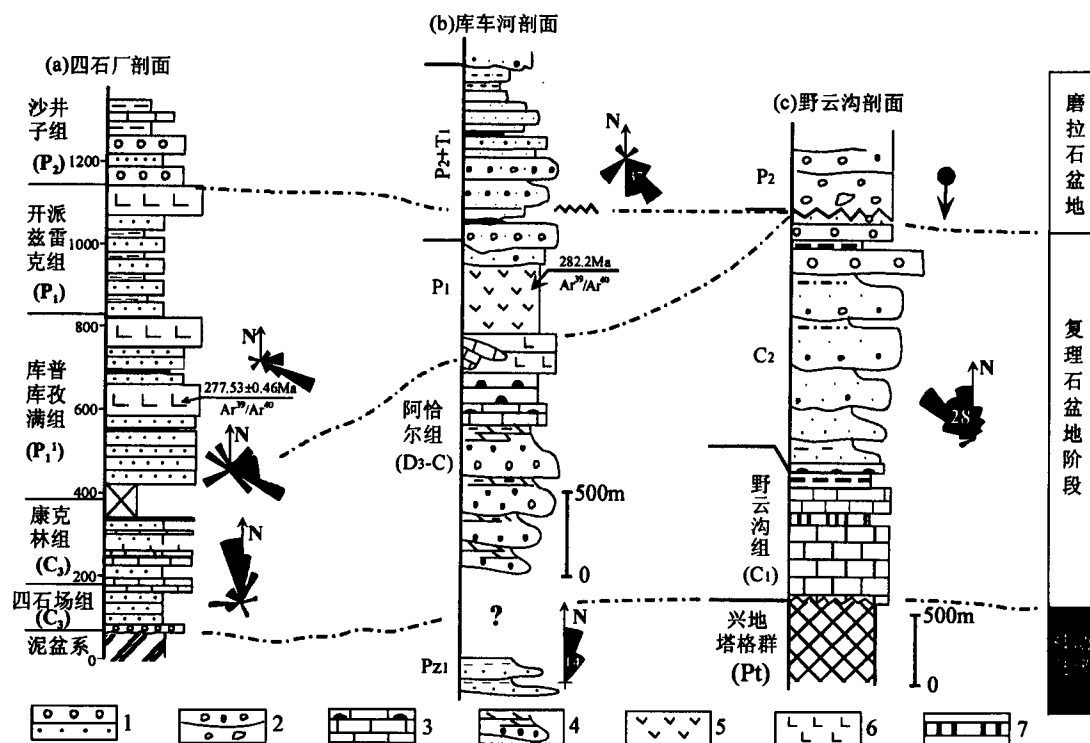


图2 塔北周缘前陆盆地典型地区地层层序与沉积序列图(剖面位置见图1,未标数字的玫瑰花图据 Carroll et al., 1995)

Fig. 2 Stratigraphy and depositional sequences in the typical areas of North Tarim peripheral foreland basin (section locations shown in Fig. 1; rose diagrams of the cross-beddings without numbers after Carroll et al., 1995)

- 1—砂岩、砾岩; 2—分选差砾岩; 3—灰岩、硅质条带灰岩; 4—钙质浊积岩; 5—流纹岩; 6—玄武岩; 7—石膏
1—Sandstone and conglomerate; 2—poorly-sorted conglomerate; 3—limestone and chert-banded limestone;
4—carbonate turbidite; 5—rhyolite; 6—basalt; 7—gypsum

系以硅质岩、泥灰岩和钙质浊积岩组成的复理石沉积为主,顶部发育中、酸性火山岩(时代可延入早二叠世)。早二叠世以发育中、酸性火山岩、砂砾岩为特征,火山岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄为 $282 \pm 2.0 \text{ Ma}$ (Hendrix et al., 1992)。中二叠世—早三叠世以陆相砂砾岩、巨砾岩沉积为主,属典型的磨拉石沉积组合 (Hendrix et al., 1992; 刘本培等, 1996)。在霍拉山地区,石炭系以超覆不整合盖在兴地塔格群之上,其上被晚二叠世陆相砾岩、砂砾岩沉积以高角度不整合覆盖(图2c)。石炭系由下部的前隆台地碳酸盐岩和上部浊积岩组成,两者中夹厚约2~5 m的碳质泥岩、薄层硅质岩(图2a)。该沉积序列表明,该地区石炭纪为欠补偿复理石前陆盆地,而晚二叠世则为过补偿磨拉石盆地。以上沉积记录显示,复理石向磨拉石转化的时间在各地虽略有差异,但都发生在早二叠世,而且转化期间均伴生一套火山岩。火山岩同位素年龄表明转化发生在早二叠世紫松期。

基于多个剖面沉积序列分析,再造出塔北周缘

前陆盆地等时地层剖面框架图(图3)。从图3看出,塔北周缘前陆盆地的建造类型在早二叠世由复理石转化成为磨拉石。同时,盆地位置向南快速迁移。这种迁移表现在三个方面:①主控断裂由柳树沟—阔克沙尔逆冲断裂带转为南部的南天山南缘断裂;②前渊带由南天山转移至皮羌、柯坪、阿瓦提一线;③前隆带由阿合齐、乌什、老虎台、黑英山、野云沟、库尔勒一线转移至巴楚、沙雅隆起,形成了在沙雅隆起地区广泛发育的早二叠世晚期同构造退覆沉积。

综上所述,塔北周缘前陆盆地在早二叠世紫松期完成了复理石向磨拉石的转化。与此同时,盆地位置也发生快速南移。这种同时性是塔北周缘前陆盆地发育的一个基本特征。

3 盆地转化伴生的地质事件及其指示意义

复理石向磨拉石的转化是周缘前陆盆地发育的一个基本环节,其控制因素传统上主要考虑俯冲岩

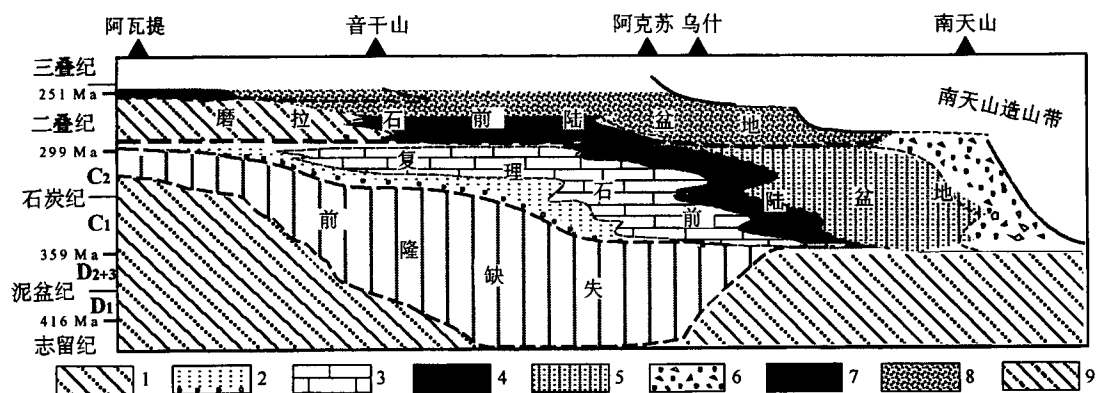


图 3 塔里木北部周缘前陆盆地复理石、磨拉石两阶段沉积发育特征图(剖面位置见图 1)

Fig. 3 Interpretive stratigraphic section of North Tarim peripheral foreland basin showing the spatial distribution of the sediments during the flysch and molasse stages (section location shown in Fig. 1)

1—被动陆缘沉积;2—前隆不整合面上的碎屑岩;3—前隆碳酸盐岩;4—泥岩;5—浊积岩;6—近源粗粒碎屑岩;7—磨拉石阶段前渊带沉积;8—磨拉石阶段近源带沉积;9—磨拉石阶段远源带沉积

1—Sediments in the passive continental margin;2—detrital rock onlapping the forebulge unconformity;3—forebulge carbonate;4—mudstone;5—turbidite;6—proximal coarse-grained detrital rocks;7—foredeep sediments during the molasse stage;8—proximal detrital sediments during the molasse stage;9—distal detrital sediments during the molasse stage

石圈弹性厚度变化和沉积物供给等因素上,而较少涉及更深层次控制因素的探讨。随着南天山造山带研究的深化,一些与塔北周缘前陆盆地转化同期的重要地质事件得以确认,这为多角度、深层次探讨周缘前陆盆地沉积转化机制提供了机遇。

(1) 南天山造山带内沉积序列显示,泥盆纪—早二叠世为半深海、浅海沉积,中、晚二叠世则全部转化为陆相山间盆地沉积。早二叠世海变陆不仅发生在周缘前陆盆地中,而且波及整个天山造山带。因此,控制这种隆升的因素具有更广阔的背景。

(2) 早二叠世南天山及塔北地区广泛发育基性、中酸性火山岩,并在柯坪塔格地区伴有煌斑岩脉侵入。该套火山岩曾被解释成为短暂的裂谷,但至今未发现同期的伸展断裂,也与天山地区整体沉积环境变浅相矛盾。基性火山岩和石英正长岩稀土元素配分模式显示,不发育或仅发育弱的 Eu 负异常(Allen et al., 1999)。这些证据表明,该时期的岩浆直接源于有山根、分异程度低的地幔(Davies et al., 1994)。

(3) 南天山地区多金属层控热液矿床定位于早二叠世,如萨瓦亚儿顿金矿、查汗沙拉梯(金)矿等。这些早二叠世晚期的矿脉中大量发育幔源包体(叶锦华等,1999),表明成矿热液的形成与地幔物质的上涌密切相关。因此,早二叠世的南天山地区处于热液活动高峰期。

(4) 塔北周缘前陆盆地复理石沉积系的变形、

变质伴随着磨拉石前陆盆地的发育。仓格洛马克约里递进角度不整合发育于晚二叠世早期(Allen 等, 1992; 刘本培等, 1996),是复理石、磨拉石两前陆盆地阶段转化的地质记录。与此相对应,伊犁盆地在晚二叠世初转化成为向北超覆的磨拉石前陆盆地,其下伏地层的变形显示由南向北的逆冲,表明这些构造事件是南天山造山的组成部分(张国伟等, 1999)。因此,南天山造山带在晚二叠世期间以扇形双向、整体隆升为特征。

由上可见,塔北周缘前陆盆地早二叠世末期的转化与快速迁移是与南天山整体抬升、岩浆活动强烈、幔源热液大量上涌和造山带扇形双向逆冲这样一些地质时间同时发生的,清楚地显示塔北周缘前陆盆地转化与迁移受控于更深层的大地构造因素,应与碰撞结构转化密切相关。综合分析上述地质事件的构造意义及相互联系,结合板块构造研究的最新进展,提出俯冲板片拆沉是盆地转化的内在机制(图 4)。

如图 4 所示,在碰撞造山过程中,当岩石圈俯冲到一定深度后,玄武岩因相变为榴辉岩而使密度增大(Wyllie, 1984; Sacks, 1984; Doin et al., 2001),自身重力形成了下拽力 F_1 (图 4a)。随着俯冲岩石圈结构由伸展变薄的被动陆缘型转化为正常陆壳型,俯冲“门槛”效应使俯冲阻力 F_2 增大, F_1 和 F_2 联合作用使俯冲岩片处于伸展状态(图 4b)。俯冲岩片在伸展作用下沿薄弱面(继承古伸展断裂系)拉断,高

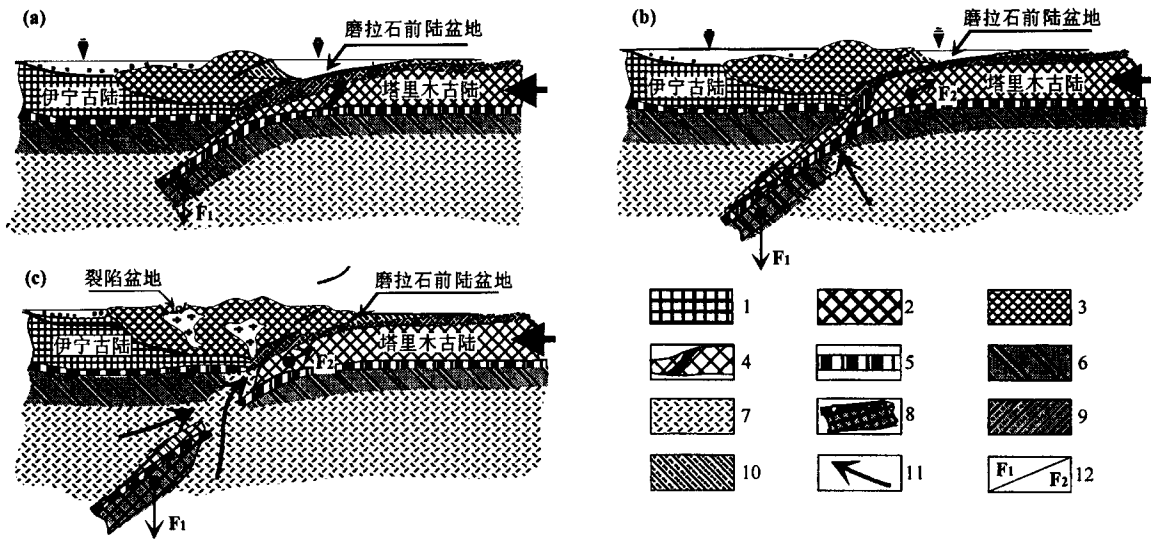


图4 俯冲板片拆沉机制及其对盆地转化与迁移、山带隆升、岩浆活动的解释

Fig. 4 Hypothetical breakoff mechanism of a subducted slab explaining the migration and flysch-to-molasses transition of the peripheral foreland basin, and related orogenic uplift and magmatic activity

1—伊宁古陆; 2—塔里木古陆; 3—造山带; 4—地壳薄弱带; 5—下地壳; 6—上地幔; 7—软流圈; 8—榴辉岩化的俯冲岩片; 9—被动陆缘沉积; 10—前陆盆地沉积; 11—地幔物质上涌方向; 12—俯冲板片因榴辉岩化而增加的下拽力/俯冲陆壳增厚而加大的摩擦力
1—Yining paleo-continent; 2—Tarim paleo-continent; 3—orogenic belt; 4—easily-faulted zone within crust; 5—lower crust; 6—upper mantle; 7—asthenosphere; 8—subducted slab changed to eclogite; 9—sediments in passive continental margin; 10—sediments in foreland basin; 11—upwelling direction of mantle mass; 12—downgoing force resulted from eclogitization/friction resistance resulted from change of crust thickness

密度化岩石圈下沉产生“沉船”效应,使炙热的幔源物质上涌,形成大量岩浆和热流体。去根的造山带因整体均衡隆升使造山带膨胀,垂向上向高原化发展;横向上向两侧快速扩展。造山带扇形、双向逆冲作用导致磨拉石周缘前陆盆地和后陆盆地同时快速发展(图4c)。

从俯冲岩石圈拆沉机制来看,塔北周缘前陆盆地复理石向磨拉石的转化主要受控于俯冲岩片的高密度化程度、“门槛”效应和抗张强度3个因素。其中,高密度化程度与俯冲“时间”有关,“门槛”效应取决于岩石圈结构的变化,而抗张强度则与岩石圈早期伸展过程有关。因此,过渡壳俯冲向正常陆壳俯冲转化期是俯冲板片拆沉的易发期。这可能就是磨拉石前陆盆地大多数以正常陆壳为基底的原因。

4 结论与讨论

以上地质事实分析和控制因素探讨得出以下3点结论:

(1) 塔里木北部周缘前陆盆地在早二叠世完成了复理石盆地向磨拉石盆地的转化和快速的向南迁移。

(2) 盆地的转化和迁移与强烈岩浆活动、造山带整体抬升、热液成矿等地质事件共生。

(3) 俯冲岩片拆沉机制可以较好地解释南天山造山带在早二叠世发生的各主要地质事件。俯冲岩片拆沉是南天山造山过程中一个重要环节,是连接造山带各圈层地质作用的纽带。

在塔北周缘前陆盆地早二叠世转化和快速迁移过程中,俯冲岩片的拆沉可能起主要控制作用,这可以很好地解释为什么不同层次的地质事件集中、同时发育。相类似的情况可以在现今的滇藏造山带中发现。作为一个典型的活动陆间造山带,其液化下地壳的发现(Chen et al., 1996)和以此为基础的成功地貌模拟(Clark et al., 2000)显示,青藏高原的强烈隆升和前陆盆地由复理石型转化为磨拉石型,以及与此相关的高热流场和中亚陆内压性盆地形成的相继出现与南天山晚古生代末发育的“拆沉”效应具有异曲同工之效。从这个意义上讲,俯冲岩片拆沉可能是造山作用一个不可或缺的一环,其间歇性发育与岩石圈持续俯冲塑造了造山过程的阶段性、长期性(张传恒等,1997)两个基本时间特征。

注 释

- ① 颜仰基, 张传恒, 周铭魁, 等. 2000. 南天山古生代盆地演化与层控多金属矿成矿条件研究(96-915-04-01)专题结题报告. 36~58.

参 考 文 献

- 刘本培, 王自强, 张传恒, 等. 1996. 西南天山构造格局与演化. 武汉: 中国地质大学出版社, 19~107.
- 肖序常, 汤耀庆, 王军, 等. 1994. 中国南天山造山带蓝片岩及其构造意义. 地球学报, (3~4): 54~64.
- 叶锦华, 叶庆同, 王进, 等. 1999. 萨瓦亚尔敦金(锑)矿床地球化学特征与成矿机理探讨. 矿床地质, 18(1): 63~72.
- 张传恒, 王自强, 贾维民. 1997. 论造山作用时间特征. 地质学报, 71(1): 18~26.
- 张传恒, 周洪瑞, 王自强, 等. 1998. 南天山造山带中段推覆体内部变形及其与逆冲构造的关系. 新疆地质, 16(4): 307~314.
- 张传恒, 周洪瑞, 刘本培, 等. 2002. 南天山东段古生界构造地层研究新进展. 地质论评, 48(1): 9~14.
- 张国伟, 李三忠, 刘俊霞, 等. 1999. 新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化. 地学前缘, 6: 203~214.
- 周宗良, 高树海, 刘志忠. 1999. 西南天山造山带与前陆盆地系统. 现代地质——中国地质大学研究生院学报, 13(3): 275~280.
- Allen M B, Windley B F, Zhang C. 1992. Paleozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien Shan (Tianshan Mts.), central Asia, Tectonophysics, 220: 89~115.
- Allen M B, Vincent S J. 1999. Late Cenozoic tectonics of the Kepingtage thrust zone: interactions of the Tien Shan and Tarim basin, northwest China. Tectonics, 18: 639~654.
- Carroll A R, Graham S A, Hendrix M S, et al. 1995. Late Paleozoic tectonic amalgamation of northwestern China: Sedimentary record of the northern Tarim, northwestern Turpan, and southern Junggar Basins. GSA Bulletin, 107: 571~594.
- Chen L, Booker J R, Jones A G, et al. 1996. Electrically conductive crust in southern Tibet from INDEPTH magnetotelluric surveying. Science, 274: 1694~1696.
- Clark M K, Royden L H. 2000. Topographic ooze: building the eastern margin of Tibet by lower crustal flow. Geology, 28: 703~706.
- Covey M. 1986. The evolution of foreland basins to steady state: evidence from the western Taiwan foreland basin. In: Allen P A, Homewood P, eds. Foreland Basins. Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., 77~90.
- Davies J H, von Blanckenburg F. 1994. Slab breakoff. A model of lithospheric detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. Earth and Planetary Science Letters, 129: 85~102.
- Doin M P, Henry P. 2001. Subduction initiation and continental crust recycling: the roles of rheology and eclogitization. Tectonophysics, 342: 163~191.
- Galewsky J, Silver E. 1997. Tectonic controls on facies transitions in an oblique collision: the Western Solomon sea, Papua New Guinea. Geological Society of America Bulletin, 109: 1266~1278.
- Gao J, Tang Y Q, Zhao M, et al. 1994. Blueschists discovered in Kumishi, south Tianshan and their tectonic significances. In: Coloman R G, ed. Reconstruction of the Paleo-Asian Ocean. The Netherlands: VSP International Science Publishing, 115~118.
- Hendrix M S, Graham S A, Carroll A R, et al. 1992. Sedimentary record and climatic implications of recurrent deformation in the Tianshan: evidence from Mesozoic strata of the North Tarim, South Junggar and Turpan. GSA Bulletin, 11: 127~146.
- Homewood P, Allen P A, Williams G D. 1986. Dynamics of the Molasse basin of western Switzerland. In: Allen P A, Homewood P, eds. Foreland Basins. Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., 8: 199~217.
- Liu Benpei, Wang Ziqiang, Zhang Chuanheng, et al. 1996. Tectonic Framework and evolution of Southwest Tianshan Mts. Wuhan: China University of Geosciences Press, 19~107 (in Chinese with English abstract).
- Sacks I S. 1984. The subduction of young lithosphere. Journal of Geophysical Research, 88: 3355~3366.
- Sinclair H D. 1997a. Flysch to molasses transition in peripheral foreland basins: the role of the passive margin versus slab breakoff. Geology, 25: 1123~1126.
- Sinclair H D. 1997b. Tectonostratigraphic model for Underfilled peripheral foreland basins: A Alpine perspective. GSA Bulletin, 109: 324~346.
- Wyllie P J. 1984. Constraints imposed by experimental petrology on possible and impossible magma sources and products. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A310: 439~456.
- Xiao Xuchang, Gao Jun, Tang Yaoqing, et al. 1994. Blueschist belts and their tectonic implications of the S. Tianshan Mts., N. W. China. Acta Geoscientia Sinica (Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences), (3~4): 54~64 (in Chinese with English abstract).
- Ye Jinhua, Ye Qingtong, Wang Jin, et al. 1999. Geochemistry and metallogenic mechanism of the Sawayaerdun gold-antimony deposit. Mineral Deposit, 18(1): 63~72 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Chuanheng, Wang Ziqiang, Jia Weimin. 1997. On orogenic timing. Acta Geologica Sinica, 71(1): 18~26 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Chuanheng, Zhou Hongrui, Wang Ziqiang, et al. 1998. The internal deformational structures and their relationship with thrust in the middle part of South TianShan orogenic belt. Xijiang Geology, Special Issue on the Geology of Tianshan, 16(4): 307~314 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Chuanheng, Zhou Hongrui, Wang Ziqiang, et al. 2002. New progress in the tectonostratigraphic study of the Paleozoic in the central sector of the south Tianshan orogenic belt. Geological Review, 48(1): 9~14 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guowei, Li Sanzhong, Liu Junxia, et al. 1999. Structural feature and evolution of Yili basin, Xinjiang. Earth Science Frontiers, 6: 203~214 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Zongliang, Gao Shuhai, Liu Zhizhong. 1999. West-south Tianshan mountain orogenic belt and foreland basin systems. Geosciences (Journal of Graduate School, China University of Geosciences), 13(3): 275~280. (in Chinese with English abstract).

Early Permian Flysch to Molasse Transition and a Quick Migration of North Tarim Peripheral Foreland Basin: Response to Subducted Slab Breakoff

ZHANG Chuanheng^{1,2)}, DU Weiliang^{3,4)}, LIU Dianbo¹⁾, WANG Jian⁴⁾, WANG Menghua⁴⁾

1) State Key laboratory of Geological Processes and Mineral Resources & Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobe Technology of Ministry of Education, Beijing, 100083

2) College of Geosciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083

3) Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059

4) Institute of Geophysical Exploration of Huabei Oil Company, China National Petroleum Corporation, Renqiu, Hebei, 062552

Abstract

North Tarim peripheral foreland basin, developed from early Carboniferous to early Triassic, recorded the development course of South Tian shan orogenic belt. This basin transited from flysch to molasse, and migrated southward for a long distance at the end of early Permian. Moreover, at the same time, magmatic activity forming the igneous rock with no Eu-anomaly and mantle materials, whole uplift of South Tian shan orogenic belt, hydrothermal deposits, and intensive metamorphism and deformation took place simultaneously. The coincidence of these geologic events suggests they are all related to a same geologic mechanism: subducted slab breakoff. So, it is thought that the flysch to molasse transition of North Tarim foreland basin may be one response to slab breakoff. Many other orogens, such as Qinghai and Tibet orogen, all exhibited those characteristics, suggesting that slab breakoff may be an integral part in orogenic movement.

Key words: foreland basin; early Permian; basin conversion; a quick migration; subducted slab breakoff; Tarim; Xinjiang

中国辽宁早白垩世华夏翼龙(翼龙目:翼手龙亚目) 一新种及古神翼龙科的系统分类

吕君昌¹⁾, 金幸生²⁾, D. M. UNWIN³⁾, 赵丽君²⁾, 东洋一^{2,4)}, 季强¹⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037, 中国; 2) 浙江自然博物馆, 杭州, 310012, 中国

3) Institut für Paläontologie, Museum für Naturkunde, Zentralinstitut der Humboldt-Universität zu Berlin, D-10115 Berlin, Germany; 4) 日本福井恐龙博物馆, 胜山市911-8601

根据中国辽西早白垩世九佛堂组一几乎完整头骨及头后骨骼建立古神翼龙类一新种:具冠华夏翼龙。具冠华夏翼龙以前上颌骨上具有一斧状矩形突起为特征,该突起的短轴垂直于前上颌骨的前边缘,除了该突起之外,其他的头骨特征比如眼眶前孔的前边缘和前上颌骨的前边缘之间的吻部宽度均与季氏华夏翼龙的相似。华夏翼龙和中国的另一个古神翼龙类中国翼龙与古神翼龙共享有一些独特的头骨特征,并且这3个属看起来彼此之间的关系要比与其他神龙类密切

的多。中国的古神翼龙(中国翼龙和华夏翼龙)具有相对长的头骨和弱的头骨嵴,而且似乎要比头骨短高和具有大的头骨嵴的古神翼龙原始。Tupuxuarids (*Tupuxuara* 和 *Thalassodromeus*)经常和古神翼龙类被放在古神翼龙科中,但是这一关系由于一些支序系统关系分析支持古神翼龙类和 tupuxuarids 在神龙翼龙科中形成成对关系而引起争议。我们提议古神翼龙科仅包括古神翼龙属、中国翼龙属和华夏翼龙属。