

# 准噶尔内陆盆地沉积物通量 变化与周边山体隆升

王龙樟

(地质矿产部成都地质矿产研究所)

[内容提要] 本文根据地层厚度资料,对准噶尔内陆盆地晚二叠世—早第三世的沉积物通量进行了计算。计算结果表明,晚二叠世的沉积物通量( $18.297 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ )比中生代—早第三纪( $1.735 \times 10^6 - 3.142 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ )高出近一个数量级,因而推测晚二叠世是内陆盆地的主要成盆期。对盆地不同部位的沉积物通量进行比较发现,盆地南部沉积物通量最高,西北部次之,东北部最低。因此,古天山山系的升降作用较之其他山系更为强烈,可能与其频繁的升降历史和塔里木陆块的推挤作用有关。

关键词:准噶尔内陆盆地 沉积物通量 山体隆升

准噶尔盆地是一个大型内陆盆地,自晚古生代末期结束了洋盆的演化历史,进入内陆湖泊演化阶段。盆地的沉积充填离不开周边山系的隆升,东、西准噶尔界山和天山山脉的隆升为盆地充填提供了丰富的物源供给。因此,利用沉积物总量变化的研究可以推断盆地基底的沉降和盆地周边山系隆升之间的依存关系和机制。

在石油勘探开发过程中,业已证实准噶尔盆地在其沉积充填过程中发育了巨厚的陆源碎屑沉积岩系。大量的物探、钻探和露头资料被用于地层、岩相古地理、盆地构造及其演化规律等方面的研究工作。盆地的地层厚度、构造、岩相配置及油气聚积规律等方面已获得比较清楚的认识。但是,在盆地的沉降、盆地周边山系的隆升及其动力机制等方面的研究尚显欠缺。已有的研究多侧重于槽台的均衡、地球物理场等方面的研究,从定性的角度阐述天山的隆升与准噶尔盆地沉降的均衡演化模型,对于东、西准噶尔界山和天山山脉的隆升与盆地沉降的关系未获得清楚的认识,对于陆内造山作用缺乏量的概念。本文将从沉积物总量和通量变化研究入手,定量地剖析盆地不同部位的沉降速率的差异,从而得到天山及东、西准噶尔界山的隆升及其演化规律的信息,建立山体隆升的动态模型,揭示盆地周边山体隆升和盆地充填的地球动力背景。

## 1 沉积物通量的计算

自晚二叠世以来,准噶尔盆地是一个内流型盆地,盆地周边已被造山带包围。盆地的充填与周边山系的隆升同步进行,山体的剥蚀总量(向盆一侧)与盆地的充填总量处于一种动态平衡的过程。因此,计算盆地充填总量的意义,不仅仅局限于恢复盆地的沉降历史,而且还可以推测盆地周边山系的隆升强度以及不同时期的隆升率。沉积物通量的计算是研究山体

隆升的重要途径。在这一点上, G. Einsele 等(1994)<sup>[1]</sup>提供了很好范例:通过喜马拉雅剥蚀总量和孟加拉湾扇堆积总量的计算,阐述了构造对沉积作用的控制,运用沉积物通量反映构造运动序列方程,揭示出山体隆升与盆地充填的耦合关系。在计算沉积物通量时,值得注意的几个问题有:

### 1.1 沉积物分区

准噶尔盆地在地貌上呈三角形形态,周边的山系可粗略地划分为东准噶尔、西准噶尔和北天山等三个主要山系。相应地盆地的充填也包括了三个大的沉积区,每个沉积区有相应的山系作为物源供给。沉积物分区首先要根据沉积作用、构造活动特点,对各沉积物分区在不同时代所保存下来的沉积物及其组合特点作具体分析,然后对各沉积物分区的边界作出判断,才能进行较客观的划分。各沉积物分区有如下特点:(1)沉积相带变化。从盆地边缘向盆地中心,由盆地边缘相带(如洪积扇、扇三角洲、河流等)向盆地中心相带(如浅湖、半深湖—深湖)变化,反映了其环境从暴露到浅湖和深湖的变化;(2)盆地基面地形坡度。如果基面坡度平缓,其沉积相带展布较宽。反之,陡倾的基面坡度,其沉积相带展布较窄;(3)沉积体厚度变化。沉积物向盆地搬运过程中,由于湖水的阻尼和顶托作用,沉积物在盆地边缘湖水面附近卸载,在其卸载的地方,沉积体厚度巨大,向两侧和盆地中心方向厚度变小。另外,盆地中心地势较低,沉积物可以通过盆地周缘斜坡以水下重力流方式搬运,因此盆地中心的沉积厚度也会加大。因此,要综合考虑上述几个因素,才能对各时期的沉积物分区作出正确划分。

### 1.2 沉积物总量计算

在石油勘探开发过程中有比较详细可靠的物探、钻探资料可供利用,从这些资料中获得详尽的地层厚度资料。根据不同时代的地层厚度资料,分别编绘一整套地层等厚图件。利用地层等厚图计算不同时代不同沉积物分区的沉积物体积,从而获得各时代各沉积物分区的沉积物总量(表1)。

### 1.3 剥蚀量

在准噶尔盆地,不同的时间单位之间都出现过沉积间断,即各“系”和“统”之间存在不整合接触关系。不整合的存在意味着各沉积单元形成之后,有较长时间的剥蚀和沉积物的重新分配现象。那么,如何对待剥蚀量的问题呢?换句话说,在

计算沉积物总量的时候是否要对剥蚀量进行估算呢?仔细分析后发现,尽管各地层单元之间存在沉积间断和沉积单元的抬升剥蚀作用,但是沉积物被抬升剥蚀的部分重新沉积在同一时间间隔的沉积单元内(图1),各沉积单元的沉积物总量并没因此而发生变化。因此,在计算沉积物总量的时候,无需进行剥蚀量的估算。

### 1.4 沉积物压实校正

沉积物压实过程中,不同深度、不同时代的地层体积变化较大。在横向对比计算沉积物总量时,由于埋藏深度上的差别,压实量也存在差别;在纵向对比计算沉积物总量时,不同时代的地层埋藏深度和埋藏时间不同,因此压实量变化也很大。在计算沉积物总量时,要消除因为地层的压实所造成的总量的变化,要进行压实校正。压实校正的方法采用 R. Perrier 和

表1 准噶尔内陆盆地沉积物总量统计表(单位:km<sup>3</sup>)

Table 1 Statistics of accumulated sediment bulk in the Junggar Inland Basin (in km<sup>3</sup>)

时代 沉积物分区	晚二叠世	三叠纪	侏罗纪	白垩纪	早第三纪
南部	74,525	46,700	81,275	59,025	29,888
西北部	32,200	27,838	42,400	70,550	24,100
东北部	14,125	10,225	26,375	17,575	6,050
总计	120,850	84,763	150,050	147,150	60,038

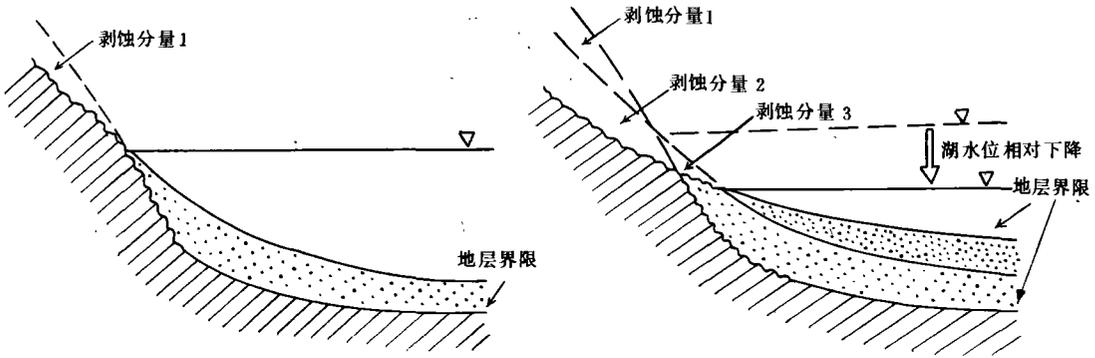


图 1 湖水位相对下降过程中沉积物的重新分配  
(沉积物总量=剥蚀总量=剥蚀分量 1+剥蚀分量 2)

Fig. 1 Redistribution of the sediments during relative falling stage of lake level

(accumulated sediment bulk=eroded sediment bulk=erosional fraction 1+erosional fraction 2)

J. Quiblier(1974)<sup>[2]</sup>、C. Doglioni 和 R. K. Goldhammer(1988)<sup>[3]</sup>方法(图 2)。由于本区地层厚度较大,因此上述方法要适当外推。

在地层的压实校正过程中,考虑到埋藏深浅以及地层厚度在盆地不同部位的差别,应该分别按埋藏深度对地层厚度进行校正。但是,地层厚度和埋藏深度的资料在盆地不同部位差别较大,在盆地边缘可能来自露头、钻井和物探等资料的综合,因而这种资料比较精确,而盆地腹部主要来自物探(地震反射资料),只有个别钻井资料,因而比较粗略的。所以地层厚度和埋藏深度的资料本身就有一定的误差。再者,压实校正笼统地按“碎屑岩”这一大类进行校正,而盆地的不同部位岩相变化很大,粗碎屑的百分含量大小不一,因而压实校正是一种比较粗略的计算。从压实校正的精度要求出发,埋藏深度和地层厚度这两个参数取其平均埋藏深度和平均厚度,求出沉积物总量(表 2)。

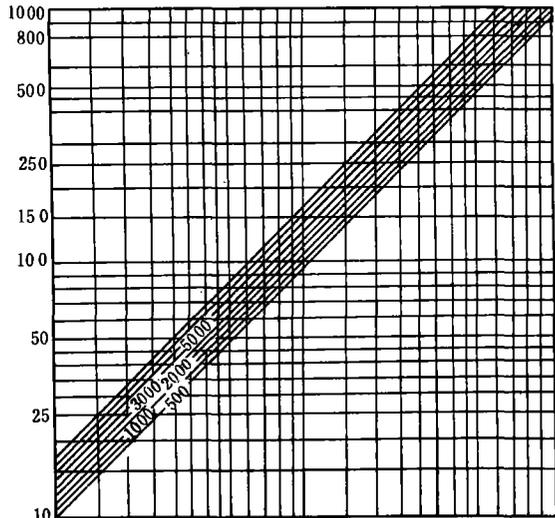


图 2 碎屑岩压实校正厚度与埋深关系  
(据 C. Doglioni 等,1988 修改)

Fig. 2 Present thickness of the clastic rocks as a function of initial thickness and burial depth  
(modified from C. Doglioni et al., 1988)

### 1.5 沉积物通量计算

沉积物通量是盆地周边抬升剥蚀和盆地沉降充填过程中,周边剥蚀总量与盆地充填总量的平衡关系的度量。剥蚀区的剥蚀总量与盆地充填总量是大致相等的,这一点 G. Einsele 等(1994)进行了充分的论证<sup>[1]</sup>。为了便于在垂向上对不同时代的盆山系统及其特点进行比较,沉积物通量的概念建议用相同的时间单位,也就是说,沉积物通量用以表示单位时间内剥蚀区剥蚀总量与盆地充填总量的平衡关系。沉积物通量用单位时间内沉积物总量来表示,

表 2 压实校正后沉积物总量统计表(单位:km<sup>3</sup>)Table 2 Statistics of accumulated sediment bulk after compaction correction(in km<sup>3</sup>)

时代 沉积物分区	晚二叠世	三叠纪	侏罗纪	白垩纪	早第三纪
南部	120,000	79,600	113,670	79,120	37,080
西北部	43,350	39,480	49,400	84,600	28,105
东北部	19,620	12,900	28,440	18,900	7,200
总计	182,970	131,980	191,510	182,620	72,385

即用沉积物总量与形成该沉积物总量的时间间隔的比值来表示(表 3、图 3)。因此,本文所计算出来的沉积物通量实际上是在地质年代中“纪”或“世”这样一种时间间隔内的平均沉积物通量。在每个“纪”或“世”内部因没有足够精确的等时界面,在此未加以进一步细分和计算。理论上,只要有足够的等时界面,平均沉积物通量所代表的时间间隔就可以无限地逼近现代沉积物通量计算过程中所用的时间单位,平均沉积物通量便逼近瞬时沉积物通量。但是,按“纪”或“世”计算出来的平均沉积物通量,可大致反映盆山系统的演变历史。

表 3 准噶尔内陆盆地沉积物通量统计表(单位:×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/a)Table 3 Statistics of sediment flux in the Junggar Inland Basin (in 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/a)

时代 沉积物分区	晚二叠世	三叠纪	侏罗纪	白垩纪	早第三纪
南部	12.000	1.895	1.557	1.130	0.889
西北部	4.335	0.940	0.676	1.208	0.673
东北部	1.962	0.307	0.389	0.270	0.172
总计	18.297	3.142	2.622	2.608	1.734

## 2 山盆体系模型

盆地周边山系的隆升与盆地的充填是统一的地质过程,利用沉积物充填的研究是探讨盆地周边山系隆升的有效途径之一。山系在其隆升过程中本身很少留下地质记录,抑或曾经留下大量的诸如风化、构造变形等记录,也因持续的隆升和剥蚀作用而消失殆尽。相反,盆地充填却有效而真实地记录了毗邻山系的隆升和变化。盆地充填囊括了许多内容,如沉积物碎屑成分的变化,反映毗邻山系所出露岩石类型的变化;沉积物粒度变化,反映毗邻山系隆升与夷平的相关效应。沉积物通量变化是反映盆地充填的一个方面的内容,同时也体现毗邻山系的隆升和夷平进程,反映出山体隆升对盆地充填的控制作用。

用上述方法计算沉积物通量,其结果表明,晚二叠世是准噶尔盆地周边山系强烈隆升和盆地快速充填时期,盆地的沉积物注入量达  $18,297 \times 10^6 \text{m}^3$ ;中生代一早第三世盆地的沉积物年注入量显著减少,仅为晚二叠世的  $1/6$ (三叠纪)— $1/10$ (早第三纪)(表 3)。由此可以推断,晚二叠世是准噶尔内陆盆地的主要成盆期,在此期间,盆地周边山系强烈隆升,盆地强烈下陷并迅速充填。

从沉积物通量的直方图上(图 3)可以看出,除了晚二叠世的通量与中生代之间的差别比较悬殊以外,中生代一早第三纪各个纪之间的平均沉积物通量差别较小,而且呈缓慢下降的趋势。由此可以推断,中生代一早第三纪与晚二叠世比较,其盆地基底沉降以及周边山体的升降机制可能是不同的。晚古生代准噶尔地区经历了重要的海陆变迁历史,泥盆纪—石炭纪曾一度发育的洋盆,在早二叠世发展成为残留的海陆交互环境,晚二叠世便成为内陆湖

盆。在这样一个迅速演变的古地理格局中,发生了强烈的造山作用,并伴随着强烈的火山活动和岩浆侵入,其中以华力西期最为发育,晚二叠世以来岩浆活动趋于衰落。因此,晚二叠世盆地基底可能以热收缩和塑性挠曲为主,是盆地形成演化过程中的主要成盆期,这种推断与D. Mckenzie(1978)<sup>[4]</sup>的观点一致。该阶段伴随着周边山系的强烈隆升。在盆地演化的第二阶段,是在盆地基底较充分冷却之后,并保存相当数量的沉积负载之后的基底刚性挠曲阶段,此时往往伴随盆地周缘的同生断裂活动。准噶尔盆地中生代一早第三世可视为典型例子:沉积物通量相差甚小,在 $1.735 \times 10^6$ — $3.142 \times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ 之间小幅波动(表3),盆地基底的刚性挠曲是对沉积负载作用的小幅调整,热收缩的作用已不重要,而是以均衡作用为主要动力机制。此时,夷平作用是主要的外动力作用,内动力造山作用退居从属地位。

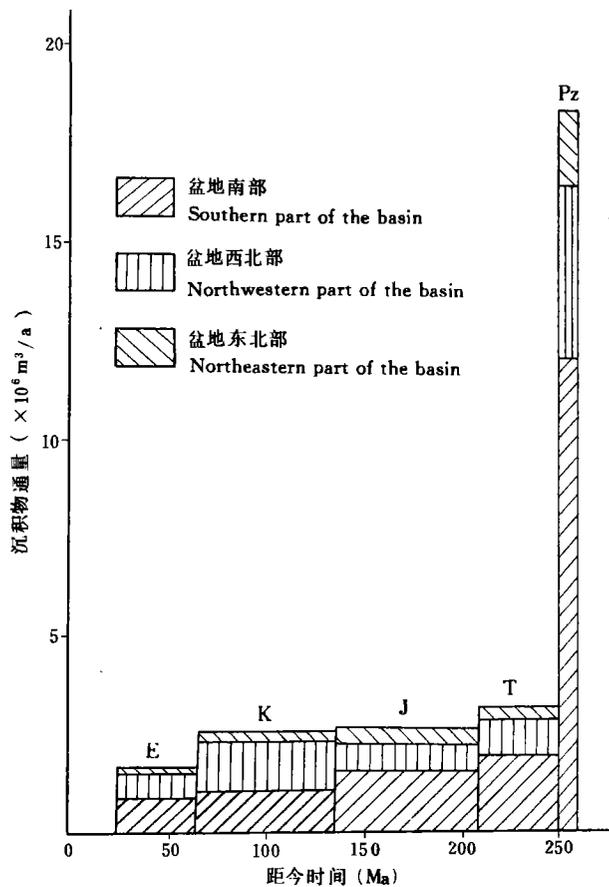


图3 准噶尔内陆盆地沉积物通量直方图

Fig. 3 Histograms of sediment flux in the Junggar Inland Basin

上述分析与天山山体的演化基本一致。中国科学院新疆地理研究所(1986)<sup>[5]</sup>概略地把天山造山带的形成和天山山体的隆升分为三个主要的演化阶段:第一阶段自震旦纪至二叠纪末,为古天山的海域沉积和全面褶皱隆起阶段(二叠纪末全面褶皱隆起);第二阶段自三叠纪至早第三世末,古天山的剥蚀与夷平阶段;第三阶段自晚第三纪至今,为现代天山的断块隆升阶段。可见其演化阶段与沉积物通量计算非常一致,本文所缺少的是第三个演化阶段,即现代天山的断块隆升阶段。第三个演化阶段的沉积物通量计算可以通过上第三系底面构造等值线图 and 现代地形图的叠加来计算,这项工作有待于进一步工作。

### 3 造山升降作用的不均衡性

从现代地貌景观可以看出,天山山脉高高耸立在盆地的南侧,而东、西准噶尔的山体显得矮小而趋于夷平。从这一点可以看出,第三个演化阶段是以天山的隆升为特征,山体的隆升是不均衡的,沉积中心和沉降中心已明显地向盆地南部转移(图4)。山体隆升的不均衡性反映出板块作用的不均衡性,有可能为印度板块向北漂移和对接的远程效应,在此不深入研究。

在早第三纪及以前的地质时期,准噶尔内陆盆地的基本形态非常相似,也比较匀称,属

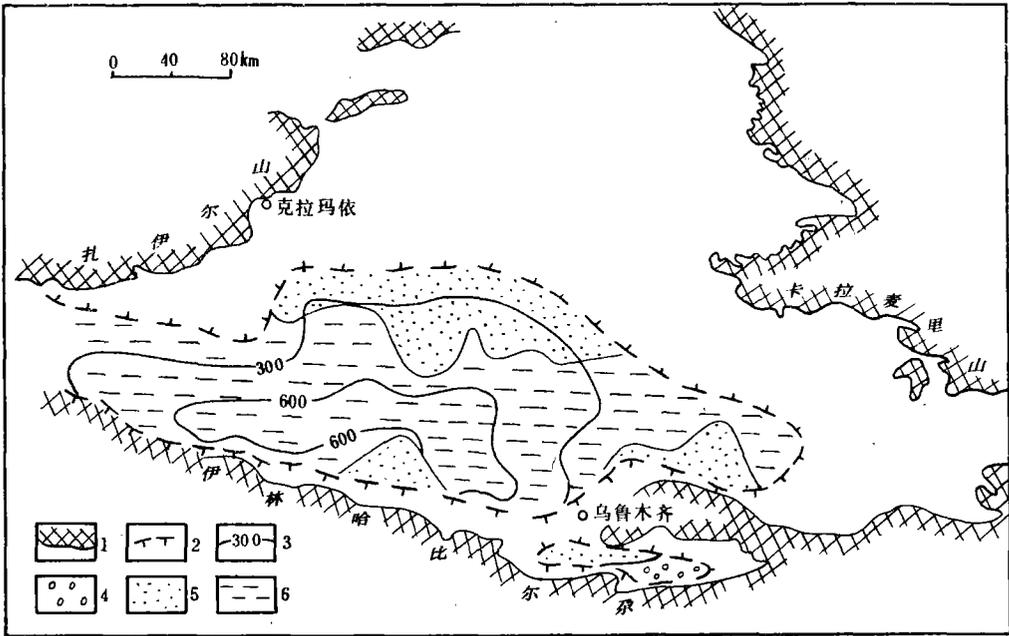


图4 准噶尔盆地渐新世安集海期岩相古地理图(据新疆石油管理局,1986,简化)

1. 现代山系; 2. 地层分布线; 3. 地层等厚线; 4. 砾质沉积; 5. 砂质沉积; 6. 泥质沉积

Fig. 4 Sedimentary facies and palaeogeography of the Junggar Basin during the Anjihaian (Oligocene)

1=modern mountain system; 2=boundary of the strata; 3=isopach of the strata;

4=gravelly sediment; 5=sandy sediment; 6=muddy sediment

拗陷型盆地,盆地的沉降中心基本上在盆地的中心部位。但是,从沉积物通量计算结果(表3)可以发现,周边山体的升降作用在地史时期同样是不均衡的(图5)。从图5中可以看出,总体上说盆地南部沉积物通量最高,盆地东北部沉积物通量最低,盆地西北部介于两者之间。由此可以推断,古天山山体的造山隆升作用较之其他山系更为强烈。

由于造山作用是一个复杂的过程,是壳幔作用及重力负荷等地应力的综合效应,在这里不能多加推测。但从地质历史的角度和空间上看,古天山有可能是构造相对活跃和应力相对集中的部位。首先,中天山在晚古生代构造升降相对活跃,泥盆纪属隆起区,石炭纪为稳定沉降区,二叠纪又成为隆起区。这种反复的升降运动,表明其基底的变形较之其它造山带更为强烈。由此推断,天山地区的基底是很不稳定的,为其后来强烈的造山隆升作用创造了条件。其次,古地磁资料证实,塔里木地块(陆块)从泥盆纪到早二叠世向北漂移了近 $18^{\circ}$ ,在晚石炭世一早二叠世与哈萨克斯坦地块(陆块)碰撞、拼合(李永安等,1990;李永安等,1992)<sup>[6,7]</sup>。在板块碰撞、拼合过程中,存在强烈的水平推挤力,塔里木陆块与天山造山带的推挤力较之其他山系更为强烈。晚二叠世天山的强烈隆升可能与这种强大的推挤力有关。由此可见,不管从地质历史的角度,还是从空间上,天山地区都有可能发生强烈的挤压隆升作用。

#### 4 结论

通过准噶尔盆地晚二叠世以来沉积物通量的计算,确定了盆地的沉积充填与周边山系隆升夷平的对立统一关系。准噶尔内陆盆地中的沉积物通量变化有两个特点:其一,晚二叠世沉积物通量比三叠纪一早第三纪高出近一个数量级,且后者呈缓慢下降趋势;其二,盆地

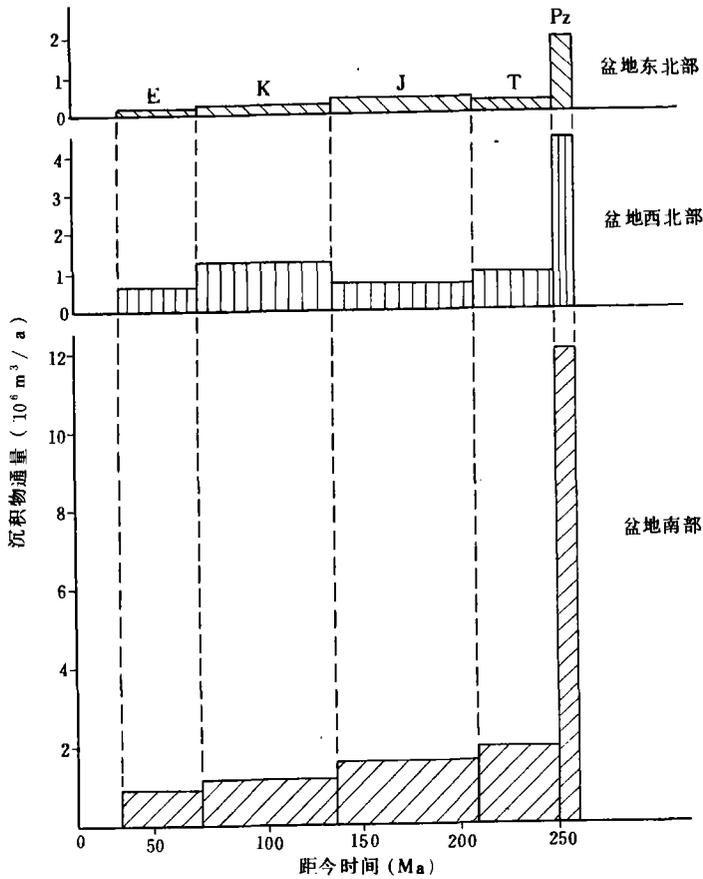


图5 盆地不同部位沉积物通量比较

Fig. 5 The comparison of sediment flux in different parts of the Junggar Basin

不同部位沉积物通量相差较大,以南部最高,西北部次之,东北部最低。由此得出两个重要的推论:(1)准噶尔内陆盆地形成于晚二叠世,周边山体强烈隆升,三叠纪—早第三纪,周边山体剥蚀夷平;(2)天山山体的隆升作用较之其他山系更为强烈,推测与其基底升降历史及塔里木陆块的推挤作用有关。

许效松研究员审阅了全文,并提出宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

### 参 考 文 献

- Einsele, G., Ratschbacher, L. and Wetzel, A. The Himalaya-Bengal fan denudation-accumulation system during the last 20 Ma. 14th International Sedimentological Congress (abstract). 1994, Brazil, F-9
- Perrier, R. and Quiblier, J. Thickness changes in sedimentary layers during compaction history; methods for quantitative evaluation. A. A. P. G. 1974, 58(3): 507-520
- Dogliani, C. and Goldhammer, R. K. Compaction-induced subsidence in margin of a carbonate platform. Basin Research, 1988, 1(4): 237-246
- Mckenzie, D. Some remarks on the development of sedimentary basins, Earth and Planetary Sci. Letters, 1978, 40: 25-32
- 中国科学院新疆地理研究所. 天山山体演化. 北京, 科学出版社, 1986
- 李永安、高振家等. 塔里木地块古地磁研究及与周围地块关系的探讨. 《新疆地质科学》, 1990, 第2辑, 北京, 科学出版社

7 李永安,李燕平等.新疆北部古地磁研究.新疆地质,1992,第10卷,第4期,309—328

## SEDIMENT FLUX AND MECHANISM FOR THE UPLIFTING OF THE MOUNTAIN SYSTEM AROUND THE JUNGGAR INLAND BASIN

Wang Longzhang

*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources,  
Chinese Academy of Geological Sciences*

### ABSTRACT

Based on the thickness of the strata, the Late Permian-Eogene sediment flux of the Junggar Inland Basin is calculated in this paper. The results have revealed that the Late Permian is the main basin-forming stage in the light of the Late Permian sediment flux ( $18.297 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ ) higher by nearly one magnitude than that of Mesozoic and Eogene ( $1.735 \times 10^6$  to  $3.142 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ ). The comparison of the sediment flux in different parts of the basin suggests that the sediment flux is highest in the southern part, higher in the northwestern part, and lowest in the northeastern part in the basin. It is deduced that the uplifting of the Palaeo-Tianshan mountain system is much stronger than that of other mountain systems, which may be related to the history of the frequent rises and falls of its basement, and to the pushing and extruding of the Tarim continental block.

**Key words:** Junggar Inland Basin, sediment flux, uplifting of the mountain system

(Continued from page 15)

tivities and well-developed fan-deltaic sediments; the second stage by mixed and low-density turbidity current deposits of carbonates and siliciclastics, and the early time of the third stage by the development of submarine fans. It is important that the features of recycling orogenesis in many basins are indicated by the terrigenous clastic sediments of quartzitic mylonite. There is a typical example for arc-arc collision between the Yidun island arc and Shalulishan magmatic arc, or even throughout eastern Tethys. The growth of the Yidun island arc records the transition from immature to mature arc on the basis of the early rift, whereas the Shalulishan magmatic arc was developed on an ancient landmass. The subduction and collision of the two arcs stimulated the uplifting of the Korlondo-Yajin zone. The orogenesis not only brought westwards about a vast amount of mylonite clasts, but also resulted in the formation of the lag-type granitoids in the Cuojiama-Cuomolong zone and of Sn polymetallic metallogenic zones in the west of Yidun. Besides, the arc-continent collision may be served as an additional model for orogenesis. Finally, the common features are also described for the basins and island arcs on the plate convergent margins in the eastern Tethyan tectonic domain.

**Key words:** eastern Tethys, convergent margin, island-arc orogenesis