塔里木板块二叠纪构造演化的古植物群(大植物、孢粉)响应

朱怀诚
(中国科学院南京地质古生物研究所)

摘 要 塔里木板块二叠纪的构造演化导致板块古地理位置、古地貌和古环境的演变(包括气候条件的改变),相应地塔里木板块的植物群在区系性质方面发生了重要变更。该板块二叠纪植物群演替历史分为 3 个演化阶段:①欧美植物群阶段(阿赛尔期-罗德期);②欧美-安加拉混生植物群阶段(沃德期-吴家坪期)早期;③安加拉植物群阶段(吴家坪期中晚期-长兴期)。

关键词 古植物群 响应 构造演化 二叠纪 塔里木板块

二叠纪是全球地壳运动较为活跃的时期之一,海西运动导致世界各地许多地槽陆续转化为高峻山系,且出现大型内陆盆地,总趋势是陆地面积扩大和浅海面积显著缩小。这种自然地理环境的巨变,引起陆相、泻湖相沉积广泛发育,干旱现象的不断增强和气候的迅速分异。这一过程导致石炭纪占优势的鳞木类衰落,并使有节类和种子蕨类成分发生更替(苔藓植物、银杏植物、苏铁植物),特别是松柏植物在有些地方开始具有重要意义。植物界自晚石炭世起因能适应不同气候地理条件逐步形成的植物地理分区,到了二叠纪各区植被逐渐发展有它本区的特殊性,并具特有的标志植物。二叠纪时,全球植被明显地分为 4 个区,即:安加拉区、欧美区、华夏区和冈瓦纳区。

塔里木板块是一个在古生代独立向北漂移的小型陆壳板块。在二叠纪,该板块在持续地北漂过程中与哈萨克斯坦板块拼合、碰撞成为联合大陆(泛大陆)的一个重要组成部分(Nie et al.,1990;李永安等,1990;卢华复等,1996)。塔里木板块的构造演化及其相应的板块古地理位置、古地貌和古环境的演变,包括气候条件的改变,必然在其上生长的且分布受古环境和古生态条件制约的植物群的演变记录中得到反映。研究显示,二叠纪时塔里木板块上的植物群区系发生了重要的演替现象(方宗杰等,1996;吴秀元等,1997;朱怀诚,1997a,1997b)。

1 塔里木板块二叠纪构造演化

塔里木盆地是塔里木板块的核心稳定部分,是一个具有古老陆壳基底和由古生界克拉通盆地和中、新生界前陆盆地组成的大型叠合-复合盆地,经历了多次沉降隆升的复杂构造演化。在石炭-二叠纪,塔里木盆地处于克拉通边缘坳陷和克拉通内裂谷发育阶段(贾承造,1999)。在古生代,塔里木是一个独立向北漂移的小型陆壳板块,晚古生代—中生代与欧亚大陆板块拼贴。从古板块的运动历史来看,塔里木板块在早古生代是古特提斯洋中的一个微大陆,为一小板块;伊犁是古特提斯海洋中的岛屿,为一地体。塔里木板块在石炭纪北缘为活动大陆边缘,西北侧为残余海洋。石炭纪—早二叠世,残余洋向塔里木板块俯冲,自 NE 向 WS(现在方位)剪刀式闭合,造成了塔里木盆地石炭系东薄西厚的格局。这一残余洋最后在早二叠世俯冲到塔里木下形成塔里木北缘岩浆弧,即古天山构造带,构造带的形成标志着塔里木已经完成了与伊犁地体的联合。此时,准噶尔洋也俯冲完毕,开始在天山北缘产生周缘前陆盆地(卢华复等,1996)。塔里木板块南缘在石炭纪为被动大陆边缘,二叠纪转为活动大陆边缘,板块南侧的特提斯洋向北俯冲,形成塔里木南缘岩浆弧和弧后的克拉通裂谷,发育了陆相火山岩系(贾承造等,1999)。按照卢华复等的板块构造演化模式,至晚二叠世,南天山原有的向北俯冲带再次活动,只

注:国家自然科学基金和中国科学院南京地质古生物研究所创新基金资助
改回日期:2000-10-18;责任编辑:宫月萱
作者:朱怀诚,男,1957 年生,博士、研究员,主要从事古生代孢粉学和地层学研究,邮编:100044
万方数据

是此时已无洋壳,可以造成'A'型俯冲,在南天山也产生了周缘前陆盆地的二叠纪磨拉石沉积。南天山南缘的向北'A'型俯冲和天山北缘向南的'A'型俯冲联合在一起构成古天山山脉。李永安等(1990)和聂上游等(1990)也都认为塔里木板块与哈萨克斯坦板块的碰撞、拼合在早二叠世已经完成。

总之,石炭纪塔里木与哈萨克斯坦板块的伊犁地体旋转缝合,石炭纪末至早二叠世塔里木-伊犁板块再与哈萨克斯坦板块碰撞,准噶尔洋消减完毕,最终哈萨克斯坦板块和塔里木板块成为联合古陆北部安加拉大陆之南缘(卢华复等,1996;贾承造,1999)。

2 植物群演替阶段

2.1 大植物化石

塔里木盆地二叠纪大植物化石在过去的 15 a 内得到了较详细的研究,该区植物群总貌及其特征已有了较全面的了解(吴秀元等,1997;杨基瑞等,1986),植物群可分为 4 个组合,依据植物群性质分为 3 个发展阶段(表 1)。

欧美植物群阶段 该阶段包括栖霞期(空谷期

表 1 塔里木板块二叠纪大植物、孢粉组合序列

Table 1 Permian plant and miospore assemblages of the Tarim Plate

系	统	阶		组		植物组合	孢粉组合	植物区系演化阶段
		国际阶	中国南方阶					
二叠系	乐平统	长兴阶	长兴阶		杜瓦组	*"Callipteris" zeilleri-Yavorskyia mungatica*	*Piceaepollenites-Gardenasporites*	安加拉植物群阶段
		吴家坪阶	吴家坪阶	沙井子组	普司格组		*Lueckisporites-Protohaploxypinus*	
							Apiculatisporis-Verrucosisporites	欧美-安加拉混生植物群阶段
	瓜达卢佩统	卡皮丹阶	茅口阶	开派兹雷克组 上亚组		*Sphenophyllum verticillatum-Paracalamites* sp.-*Cordaites* (*Noeggerathiopsis*) *subangusta*		
		沃德阶						
		罗德阶	栖霞阶	开派兹雷克组 下亚组		*Pecopteris hemitelioides-Annularia stellata-Rhachiphyllum* sp.	*Potonieisporites-Vestigisporites*	欧美植物群阶段
				库普库兹满组		*Pecopteris hemitelioides-Lepidodendron* sp.-*Autunia conferta*		
	乌拉尔统	空谷阶						
		阿丁斯克阶	隆林阶	康克林组	克孜里奇曼组		*Striolatospora-Qipanapollis*	
		萨克马尔阶	紫松阶					
		阿赛尔阶						

-罗德期)的 2 个植物组合,即产于库普库兹满组的 *Pecopteris hemitelioides-Lepidodendron* sp.-*Autunia conferta* 组合和开派兹雷克组下亚组的 *Pecopteris hemitelioides-Annularia stellata-Rhachiphyllum* sp. 组合(吴秀元等,1997)。这两个组合植物群面貌十分相似,但后者比前者繁盛得多,均以欧美型植物分子占优势。华夏植物群的一些重要代表属,如 *Gigantopteris*, *Gigantonoclea*, *Cathaysiopteris*, *Emplectopteris* 和 *Emplectopteridium* 等在当前植物群均未出现(沈光隆,1995),说明其植物群性质不属于早期认为的华夏植物群。总之,这一植物群显示了较强烈的欧美植物群面貌,应属欧美植物群范畴。

混生植物群阶段 该阶段植物群以开派兹雷克组上亚组的 *Sphenophyllum verticillatum-Paracalamites* sp.-*Cordaites* (*Noeggerathiopsis*) *subangusta* 组合为代表,显示了欧美植物群与(亚)安加拉植物群分子共生的特点。

这一组合的一个显著特点是科达类的 *Cordaites* (*Noeggerathiopsis*)较为发育,开派兹雷克组下亚组植物组合中的大多数分子在当前组合中均不复存在,而具(亚)安加拉植物群色彩的 *Paracalamites* 和 *Cordaites* (*Noeggerathiopsis*)少量出现(吴秀元等,1997;

万方数据

沈光隆,1995)。这一植物群仍以欧美植物群分子为主,伴之以少量的(亚)安加拉分子,在性质上与哈萨克斯坦南部早二叠世植物群较为相似,说明在茅口期(沃德期-卡皮丹期)(亚)安加拉植物群分子与欧美型植物群分子在开派兹雷克组上亚组已经相互交混。

(亚)安加拉植物群阶段　植物群以种子蕨纲占优势,没有石松纲的成员,可以塔里木盆地北缘的比尤勒包谷孜组植物化石为代表,称为"*Callipteris* *zeilleri-Yavorskia mungatica* 组合(方宗杰,1996),时代为晚二叠世长兴期。

这个时期的植物群与栖霞-茅口期的植物群相比有了明显的变化,主要表现在欧美植物群分子已不复存在,几乎完全被(亚)安加拉植物群分子所替代,如"*Callipteris*", *Yavorskyia*, *Comia* 和 *Cordaites*(*Noeggerathiopsis*)等。虽未发现安加拉植物群内部的重要成员(如 *Vijnovskia*, *Nephropsis*, *Rufloria* 等)和(亚)安加拉植物群常见的分子(如 *Zamiopteris*, *Pursongia* 等),但(亚)安加拉植物区晚二叠世特有的以具大型小羽片为特征的美羊齿类植物,如"*Callipteris*" *acutifolia* Radczenko,"*C.*" *zeilleri* Zalessky 等在比尤勒包谷孜组中很发育,说明这一植物群与新疆北部的同期植物群一致,同属(亚)安加拉植物群范畴(吴秀元等,1997)。

2.2　孢子与花粉

塔里木板块二叠系除茅口阶(沃德阶-卡皮丹阶)外,都产有丰富的孢粉化石,经过十多年来的研究(朱怀诚,1997a－e;侯静鹏,1990a、b;王蕙,1989),已经建立适合全盆地的孢粉组合序列(表 1),孢粉植物群面貌及其性质已基本清楚。孢粉化石不仅在地层划分与对比上具有重要的作用,而且作为植物的生殖细胞,在研究植物群区系性质等方面可以弥补植物大化石保存记录不全的不足。塔里木板块二叠纪孢粉植物群依据其性质可分为 3 个发展阶段。

2.2.1　欧美植物群阶段

该阶段包括早二叠世的 2 个孢粉组合,即 *Striolatospora-Qipanapollis*(SQ)组合和 *Potonieisporites-Vestigisporites*(PV)组合。SQ 和 PV 孢粉组合在层位上分别与克孜里奇曼组和棋盘组相当,属种类型非常相似,其区别主要表现在一些孢粉类型的数量关系上。SQ 带孢子在百分含量值分异度方面均高于 PV 带。SQ 带出现的花粉类型多数延续到 PV 带,说明它们之间的关系比较密切,具有同一植物群的特点。该阶段孢粉植物群以具气囊花粉占绝对优势为特征,百分含量值一般可达 85% 以上,单囊粉、无缝双囊粉、单缝双囊粉和具肋双囊粉均有发现。其中,无肋双囊粉在数量上占明显优势,具肋双囊粉占总数的 10% ~ 20%,孢子含量 10% 左右。

西欧是欧美植物群的典型发育地区,下二叠统下部奥登阶的孢粉植物群可分为 2 个组合带(Clayton,1977)。塔里木盆地早二叠世孢粉植物群与西欧奥登期孢粉植物群具有许多共性,两地可以进行对比,说明孢粉植物群性质和地质时代应大致相当。

这一孢粉植物群与华夏植物区早二叠世孢粉植物群和以具肋花粉(*Hamiapollenites*, *Protohaploxypinus*)和单气囊花粉 *Cordaitina* 占明显优势的新疆北部(亚)安加拉植物区的孢粉组合(侯静鹏等,1990)差异十分明显,更没有发现王蕙(1989)报道的多个植物群混生的证据。综上所述,早二叠世早、中期,塔里木盆地孢粉植物群仍属于欧美植物区范畴,而非以往所说的华夏植物区,也没有发生与华夏植物群的混生。

2.2.2　混生植物群阶段

这一阶段孢粉植物群以阿克苏沙井子组和和田普司格组中上部的 *Apiculatisporis-Verrucosisporites*(AV)孢粉组合带为代表。孢粉组合内蕨类孢子数量占明显优势,多为欧美植物群和华夏植物群共有的一些孢子化石。在杜瓦剖面 AV 组合我们还发现了常见于北疆(亚)安加拉植物群的孢子 *Kraeuselisporites spinulosus* Hou et Wang。裸子植物花粉含量颇低,主要有:*Cycadopites*, *Cordaitina*, *Vitreisporites*, *Protohaploxypinus* 和 *Vittatina* 等,在化石属种类型方面与以 SQ 和 PV 为代表的早期孢粉组合相似,但远不及后者丰富多彩。这一孢粉植物群在区系性质上仍以欧美植物群为主,伴有少量的(亚)安加拉植物群渗透分子。

2.2.3　(亚)安加拉植物群阶段

孢粉植物群以 *Lueckisporites-Protohaploxypinus*(LP)孢粉组合和 *Piceaepollenites-Gardenasporites*(PG)孢粉组合为代表。

LP 组合产于普司格组顶部,底界以 *Lueckisporites* spp. 和 *Gardenasporites xinjiangensis* Hou et Wang 开始出现为标志。PG 组合产于杜瓦组和比尤勒包谷孜组,以 *Gardenasporites xinjiangensis*, *Piceaepollenites* spp. 和 *Protohaploxypinus* spp. 占高百分含量为特征。PG 组合与 LP 组合在属种组成方面相似,共同分子很多,它们同属晚二叠世孢粉植物群。在该孢粉植物群中,具肋双气囊花粉占绝对优势,孢子很少。在北疆下苍房沟群泉子街组始有出现的 *Gardenasporites xinjiangensis* Hou et Wang 在当前两组

万方数据

合，尤其在 PG 组合中异常丰富。另外，*Kraeuselisporites*，*Cordaitina*，*Alisporites*，*Vesicaspora*，*Potonieisporites*，*Vittatina*，*Protohaploxy pinus* 和 *Hamiapollenites* 等属的一些种在天山南北完全可以对比，表明在晚二叠世时塔里木盆地的孢粉组合已明显具有(亚)安加拉区的特征。

综上所述，塔里木板块二叠纪植物大化石和孢粉组合均明显地分为 3 个发展阶段，即：阿赛尔期—罗德期的欧美植物群阶段、沃德期—吴家坪期早期的欧美区-安加拉区混生型植物群阶段和吴家坪期晚期—长兴期的安加拉植物群阶段(表 1)。

3 塔里木板块漂移的古植物群响应

从事塔里木盆地二叠纪大植物化石研究的许多学者注意到塔里木板块漂移对植物群的影响，认为二叠纪植物群的演化历史从一侧面反映了塔里木板块的漂移、拼合历程(樊太亮，1998；朱怀诚，1997a，1997b；吴秀元等，1997；方宗杰等，1996；刘训等，1995)。笔者(1997)依据孢粉植物群的演替历史对塔里木板块的演化进行过初步探讨，提出塔里木板块的北向漂移是塔里木二叠纪植物群区系演替的主要驱动力。

塔里木是一个古生代独立向北漂移的小型陆壳板块(卢华复等，1996)，该板块自泥盆纪发生快速北向漂移并作顺时针方向旋转，向哈萨克斯坦靠近(李永安等，1990)，晚泥盆世—早石炭世与哈萨克斯坦板块的伊犁地体旋转缝合，石炭纪末至早二叠世塔里木板块-伊犁板块再与哈萨克斯坦板块碰撞。在早二叠世(Sakmarian 期 – Artinskian 期)，塔里木板块四周完全被海水包围，与哈萨克斯坦板块之间为浅海(水深 0 ~ 200 m)相隔。在 Sakmarian 期，塔里木板块大致位于北纬 28°，至 Artinskian 期漂至北纬 35°左右(Ziegler，1997)(图 1)。尽管在这个时期塔里木板块已经与哈萨克斯坦板块发生碰撞，但两板块仍是隔海相望，其间的浅海环境仍是植物迁移扩散的主要障碍，加之受海洋潮湿气候的影响，塔里木板块上的早二叠世孢粉植物群基本继承了石炭纪欧美植物群的面貌，它与欧洲大陆 Autunian 期孢粉化石组合特征相符。虽然这个时期孢粉化石研究表明，孢粉植物群中出现了一些欧美植物群和华夏植物群的共有分子(朱怀诚，1997a、d；王蕙，1989)，但并不能说明此时塔里木板块上的植物群与华夏植物群发生了交流或出现了华夏植物群色彩的分子。在 Asselian 期—Artinskian 期，塔里木板块所发育的地

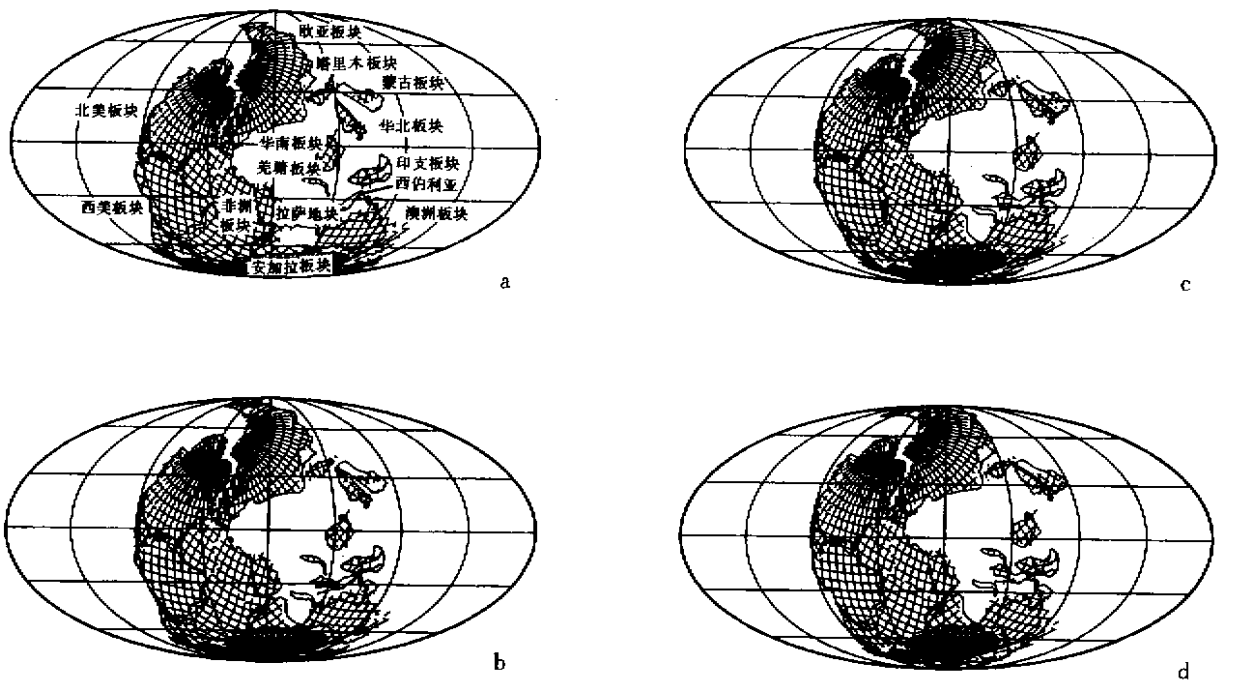

图 1 二叠纪全球古地理重建图

Fig. 1 Permian Paleogeographic reconstruction

(引自 Ziegler et al.，1997)

a-Sakmarian 期(281 Ma)；b-Artinskian 期(260 Ma)；c-Kazanian 期(253 Ma)；d-Tatarian 期(247 Ma)

万方数据

层均为海相沉积,不利于大植物化石的保存,只有孢粉化石得以保存下来。自栖霞期(相当于 Kungurian-Roadian 期)开始,塔里木板块开始接收陆相沉积,大植物和孢粉化石均有很好的保存记录(朱怀诚,1997a;方宗杰等,1996)。在栖霞期,塔里木发育了包括石松类、有节类、真蕨-种子蕨类和少量的科达类并以欧美型植物分子占优势、且显示了较强烈的欧美植物群面貌的植物群(吴秀元等,1997;孙柏年等,1991),这与先前(Asselian—Artinskian 期)所指示的孢粉植物群性质一致。栖霞期孢粉组合基本保持了 Asselian—Artinskian 期孢粉组合的特征,组成分子未发生明显的变化,仍属于欧美植物群范畴,同期海相薄层夹层所产的牙形刺、腕足类化石亦与早期的化石面貌惊人地相似,指示早二叠世塔里木环境处于相对平缓的地质发展阶段。随着塔里木板块西北侧残余洋俯冲的不断推进(卢华复等,1996),塔里木板块与哈萨克斯坦板块间的海水逐渐退出,海洋阻隔渐渐消失(Ziegler,1997),两板块上的植物群交流渐趋明显,北半球气候的旱化又强化了这一进程。此外,塔里木板块不停地向北漂移又导致了塔里木板块古纬度的不断增高,有利于安加拉植物群向塔里木板块的渗透。这种海陆环境和古纬度的变化导致塔里木板块在 Kazanian 期(相当于茅口期)至 Tartarian 早期发育了具有欧美区-安加拉区混生型植物群。在 Kazanian 期,古地理图显示塔里木板块与哈萨克斯坦板块之间海水已完全退出,陆地相连;塔里木板块位于北纬 36.5°左右,塔里木板块北侧的残余洋完全消失,古天山构造带形成,山体高度 1 000 ~ 2 000 m。至 Tatarian 期,准噶尔板块绝大部分已经转化为陆地,存在于两板块间的海洋阻隔也已不复存在,塔里木板块通过古天山与准噶尔板块相连,安加拉植物群分子可以直接向塔里木板块扩散。此时,塔里木板块的古纬度较 Kazanian 期更高,约为北纬 40°,气候环境更适合于安加拉植物群分子的生长,同时原先生长于塔里木板块上的残余欧美植物群分子因其所适应的生态环境的不利变化而逐步退出,直至全部消失。在二叠纪末,塔里木板块的沉积(二叠系阿恰群顶部和杜瓦组顶部)出现了由红转黑的现象,说明这个时期塔里木板块的古气候曾发生过明显的变凉事件。在双壳类方面,曾经广布于塔西南的二叠系泛大陆型 *Palaeanodonta-Palaeomutela* 动物群在二叠纪末普遍被安加拉温带分子(如 *Eolimnadia gennadiyi*)所取代(方宗杰,1996,1997),说明其时古气候曾经发生过变化。气候的凉化和地理阻隔的消失进一步推动了安加拉植物群在塔里木板块的渗透进程。塔里木板块的大植物化石和孢粉化石证据都表明,在 Tatarian 中-晚期该板块上生长的植物群完全可以与准噶尔(亚)安加拉植物群比较(吴秀元等,1997;朱怀诚,1997b),属于安加拉植物群的范畴。

上述分析表明,板块构造演化所引起的海陆环境变迁,塔里木板块的北漂所产生的古地理位置位移和气候条件的改变直接导致了易受气候环境影响的植物群发生一系列的演变。植物大化石和孢粉化石证据显示,塔里木板块植物群在二叠纪发生了由欧美植物群向安加拉植物群的转变。

4　结　论

(1)在石炭纪末至二叠纪,塔里木板块在北漂过程中与哈萨克斯坦板块拼合、碰撞成为联合大陆(泛大陆)的一个重要组成部分。板块的漂移导致塔里木板块的古地理位置和古气候特征在二叠纪发生了重要的改变,进而导致原先生长的欧美植物群完全被安加拉植物群所替代。塔里木板块二叠纪构造演化事件在植物群演替中得到充分反映。

(2)根据大植物和孢粉化石证据,塔里木板块二叠纪植物群的演替历史可分为 3 个发展阶段:①欧美植物群阶段,地质时代为阿赛尔期(Asselian)—罗德期(Roadian),相当于中国的紫松期—栖霞期;②欧美-安加拉混生植物群阶段,地质时代为沃德期(Wordian)—吴家坪期(Wuchiapingian)早期,大致相当于俄罗斯的卡赞期(Kazanian)—鞑靼期(Tatarian)早期和中国的茅口期—吴家坪期早期;③安加拉植物群阶段,地质时代为吴家坪期(Wuchiapingan)中晚期—长兴期(Changhsingian)。

参 考 文 献

方宗杰,朱怀诚,吴秀元,朱自力,陈中强,罗　辉,曹美珍,虞子冶.1996.塔里木地块二叠系研究的新进展.见:童晓光等(主编).塔里木盆地石油地质研究新进展.北京:科学出版社,41 ~ 53.

方宗杰.1997.二叠纪末安加拉分子南侵塔里木和全球气候变凉事件.古生物学报,36(增刊):65 ~ 76.

樊太亮.1998.塔里木盆地北部古生界密集段分布型式与海平面变化的关系.地球学报,19(3):299 ~ 308.

侯静鹏.1990a.新疆和田杜瓦地区晚二叠世孢粉组合.新疆地质,8(1):47 ~ 55.

侯静鹏,王　智.1990b.新疆北部二叠纪孢粉组合.新疆北部二叠纪—第三纪地层及孢粉组合.北京:中国环境科学出版社.12 ~

万方数据

36.
贾承造.1999.塔里木盆地构造特征与油气聚集规律.新疆石油地质.20(3):177~183.
李永安,高振家,李 强,张正坤,翟永健,李燕平.McWilliams M,Sharps R,Cox A.1990.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.(2):142~157.
卢华复,贾 东,蔡东升,吴世敏,陈楚铭,施央申.1996.塔里木和西天山古生代板块构造演化.见:童晓光等(主编).塔里木盆地石油地质研究新进展.北京:科学出版社.235~245.
刘 训,王 永.1995.塔里木板块及其周缘地区有关的构造运动简析.地球学报,16(3):236~246.
沈光隆.1995.二叠纪植物群.见:李星学(主编),中国地质时期植物群.广州:广东科技出版社.94~173.
孙柏年,沈光隆.1991.塔里木盆地北缘二叠纪植物地理区系探讨.见:贾润胥(主编),中国塔里木盆地北部油气地质研究.第一辑,地层沉积.武汉:中国地质大学出版社.186~193.
吴秀元,孙柏年,沈光隆,王永栋.1997.塔里木盆地北缘二叠纪植物群.古生物学报,1997.36(增刊):1~37.
王 蕙.1989.塔里木盆地棋盘-杜瓦地区早二叠世孢粉植物群及生态环境.古生物学报.28(3):402~414.
杨基瑞,李子舜,张景华,曲立范,詹立培.1986.我国二叠—三叠系界线和事件研究的新进展.中国地质科学院院报,14:126~133.
朱怀诚.1997a.塔里木盆地二叠纪孢粉及生物地层.古生物学报.36(增刊):38~64.
朱怀诚.1997b.塔里木盆地二叠纪孢粉植物群区系性质及塔里木地块演化探讨.微体古生物学报.14(3):315~320.
朱怀诚.1997c.新疆皮山杜瓦普司格组晚二叠世孢粉的发现.地层学杂志.21(3):219~223.
朱怀诚.1997d.塔里木盆地南部早二叠世孢粉组合及植物区系.新疆石油地质.18(2):142~146.
朱怀诚.1997e.塔里木西南早三叠世早期孢粉组合及二叠系/三叠系界线研究.科学通报.42(3):301~303.
Clayton G, Coquel R, Doubinger J, Gueinn K J, Loboziak S, Owens B, Streel M.1977.Carboniferous miospores of western Europe: illustration and zonation. Meded. Rijks. Geo. Dienst. 29:1~71.
Nie Shangyou, Rowley D B, Ziegler A M.1990.Constraints on the locations of Asian microcontinents in Palaeo-Tethys during the Late Palaeozoic. In: Palaeozoic, Palaeogeography and Biostratigraphy (edited by McKerrow, W. S. and Scotese, C. R.). Geological Society Memoir. 12: 397~409.
Ziegler A M, Hulver M L, Rowley D B.1997.Permian world topography and climate. In: I.P. Martini (editor), Late glacial and postglacial environmental changes - Quaternary, Carboniferous - Permian and Proterozoic. New York, Oxford: Oxford University Press. 111~146.

The Floral Response to the Permian Tectonic Evolution in Tarim Plate

Zhu Huaicheng
(*Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract The Tarim plate drifted constantly northward and collided with the Kazakhstan Plate during Permo-Carboniferous. In Carboniferous, the Tarim Plate was pieced together with the Yili Terrane of the Kazakhstan Plate. Then the Tarim-Yili Plate collided with the Kazakhstan Plate, and the Junggar Ocean finished subduction during Late Carboniferous and Early Permian. At last, the two plates were united into the southern part of the Angaran Land of the Pangea. The plate drifting resulted in the disappearance of the ocean between the Tarim Plate, the Kazakhstan Plate and the Junggar Plate. The plant distribution is mainly controlled by the climatic condition, and the geographic barriers also have an effect on the plant migration. The northward drift of the Tarim Plate led to the elevation of the plate and the cooling of climate there. As a result, the Euramerican flora of the plate was replaced by the exotic flora during the Permian. The northward drift of theTarim Plate is thought to be the principal impetus to the floral provincial succession of the plate. The Permian dry climate inthe northern hemisphere and the plant migration might have played positive roles in this succession. The whole floral succession of the Tarim Plate from the Euramerican stage to the Angara stage as described in this paper was recorded in the Permian deposits. The Permian floral succession of the Tarim Plate was controlled by the tectonic setting then and reflected the corresponding history of the plate drift. Three developing stages of the floral succession of the Tarim Plate have been recognized, viz.,①the Euramerican flora stage (Asselian-Roadian);②the Euramerican and Angara mixed flora stage (Wordian-Early Wuchiapingian);③the Angara flora stage (Middle-Late Wuchiapingian-Changhsingian).

Key words flora response tectonic evolution Permian Tarim Plate

万方数据