

青藏高原北部柴达木块体晚二叠世古地磁结果及其构造意义*

许伟¹ 孙志明^{1,2**} 裴军令^{1,2} 潘家伟^{2,3} 李海兵^{2,3} 李傲竹⁴ 赵越¹ 任晓娟¹

XU Wei¹, SUN ZhiMing^{1,2**}, PEI JunLing^{1,2}, PAN JiaWei^{2,3}, LI HaiBing^{2,3}, LI AoZhu⁴, ZHAO Yue¹ and REN XiaoJuan¹

1. 中国地质科学院地质力学研究所古地磁实验室,北京 100081

2. 大陆构造与动力学国家重点实验室,北京 100037

3. 中国地质科学院地质研究所,北京 100037

4. 中国地质大学地球科学院,武汉 430074

1. Paleomagnetic Laboratory, Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China

2. State Key Laboratory for Continental Tectonics and Dynamics, Beijing 100037, China

3. Key Laboratory for Continental Dynamics of MLR, Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China

4. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2011-06-10 收稿, 2011-09-20 改回.

Xu W, Sun ZM, Pei JL, Pan JW, Li HB, Li AZ, Zhao Y and Ren XJ. 2011. New Late Permian paleomagnetic results from Qaidam block and tectonic implications. *Acta Petrologica Sinica*, 27(11):3479–3486

Abstract We present paleomagnetic results on the Late Permian rocks in the Qaidam block near localities of Zuhema (37.49°N/99.07°E). A total 13 sites have been sampled from Late Permian sediments. Stepwise thermal demagnetizing has revealed a characteristic remanent magnetization (ChRM). Both normal and reversal polarities were observed in studied section, and the high-temperature components pass reversal tests at the 95% confidence level. This indicates the possibly primary magnetization. The tilt-corrected mean directions for the Late Permian is $D/I = 333.9^\circ/41.7^\circ$ with $a_{95} = 6.2^\circ$ and $N = 9$ sites, corresponding to a paleopole at 64.0°N , 345.4°E , $dp/dm = 4.7/7.6$. Compared with the Late Carboniferous and Late Permian poles from the Tarim block, insignificant post-Late Permian northward motion may have occurred between the Qaidam block and the Tarim block. Also, on the basis of the similarity of rocks of basement and the paleontology for the Qaidam block and Tarim block, the Qaidam block may be a part of the Tarim block, or the two blocks were in close proximity since the Late Permian. This Late Permian paleogeographic reconstruction indicates that the Altyn Tagh fault between the Tarim and Qaidam blocks may begin to form, at least until Late Permian.

Key words Late Permian; Qaidam block; Paleomagnetic; Paleogeographic reconstruction; Altyn Tagh fault

摘要 通过对柴达木地块天峻县组合玛地区晚二叠世 13 个采点的系统古地磁测定,揭示了一组高温特征剩磁分量。实验结果表明,采样剖面获得的晚二叠世古地磁结果具有正、反极性,其特征剩磁方向为: $D_g = 333.7^\circ$, $I_g = 37.3^\circ$, $\kappa_g = 35.4$, $N = 9$, $\alpha_{95} = 8.8$; $D_s = 333.9^\circ$, $I_s = 41.7^\circ$, $\kappa_s = 69.9$, $\alpha_{95} = 6.2^\circ$, 相对应的古地磁极位置为: 64.0°N , 342.4°E , $A_{95} = 5.9^\circ$, 古纬度为 24.0°N 。这一高温分量通过了倒转检验,我们认为这一高温特征剩磁分量很可能代表了研究区晚二叠世时期的原生特征剩磁。通过对比塔里木地块晚石炭-晚二叠世古地磁结果,发现两块体在晚石炭世存在明显的古纬度差 ($16.6 \pm 9.3^\circ$),而在晚二叠世其古纬度差 ($3.5 \pm 5.4^\circ$) 在古地磁误差范围内并没有明显差别,从构造意义上说,说明柴达木地块在晚二叠世已是塔里木地块的一部分,结合地质资料,认为柴达木地块在晚二叠世时古地理位置处于塔里木地块的南缘或西南缘,这表明柴

* 本文受中国地质调查局基础研究项目(1212011121267)、行业基金项目(201011034)、国家自然科学基金(40921001)和中国石化股份有限公司项目(YPH08110)联合资助。

第一作者简介:许伟,男,1985年生,硕士生,古地磁学专业,E-mail: xuwei850403@163.com

** 通讯作者:孙志明,男,1966年生,博士,研究员,主要从事古地磁学与区域构造研究,E-mail: sunzml209@yahoo.com.cn

柴达木/塔里木地块间的古阿尔金断裂的形成时代不可能早于晚石炭世时,很可能形成于晚二叠世以后。

关键词 晚二叠世;柴达木地块;古地磁;古地理重建;阿尔金断裂

中图法分类号 P318.44

1 引言

柴达木地块位于青藏高原的东北部,北以阿尔金断裂为界与塔里木地块相邻,南以昆仑断裂带与昆仑地块接壤,处于诸地块的包围之中(图1a)。长期以来,许多学者从古生物、岩相古地理资料出发,探讨了柴达木地块晚古生代古地理位置和构造归属,虽然取得了一些认识,但仍然没有达到共识。如刘本培和全秋琦(1996)认为晚古生代时期柴达木与华北地块相连或接近,葛肖虹和刘俊来(2000)提出柴达木地块晚古生代与塔里木地块接近,为西域板块的一部分,与华北地块相隔一定距离,罗志立等(2006)则认为柴达木地块晚古生代时期为“塔里木-扬子古大陆”的组成部分。

Heubeck (2001)提出柴达木、塔里木、阿拉善块体在中泥盆前已拼合在一起,Metcalf (2006)基于柴达木地块与塔里木地块基底属性的相似性,认为柴达木地块原本可能是塔里木地块的一部分,后来由于阿尔金断裂晚白垩世-早第三纪的走滑运动才分开达到现今位置(Allen *et al.*, 1994)。

几十年来,虽然一些学者用古地磁资料对柴达木地块的运动史进行了初步探讨,但绝大多数古地磁数据主要集中在白垩纪-第三纪地层(李朋武等,2001; Dupont-Nivet *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2002; Sun *et al.*, 2006; Fang *et al.*, 2007),主要探讨了柴达木地块中新生以来在印度板块/欧亚大陆碰撞挤压下的构造运动形式。虽然现有的古地磁研究对柴达木地块晚古生代的构造演化和古地理重建提供了重要的资料,但由于古地磁数据有限且可靠性局限,不同学者提出了不同的认识。如李燕平等(1989)通过柴达木地块石

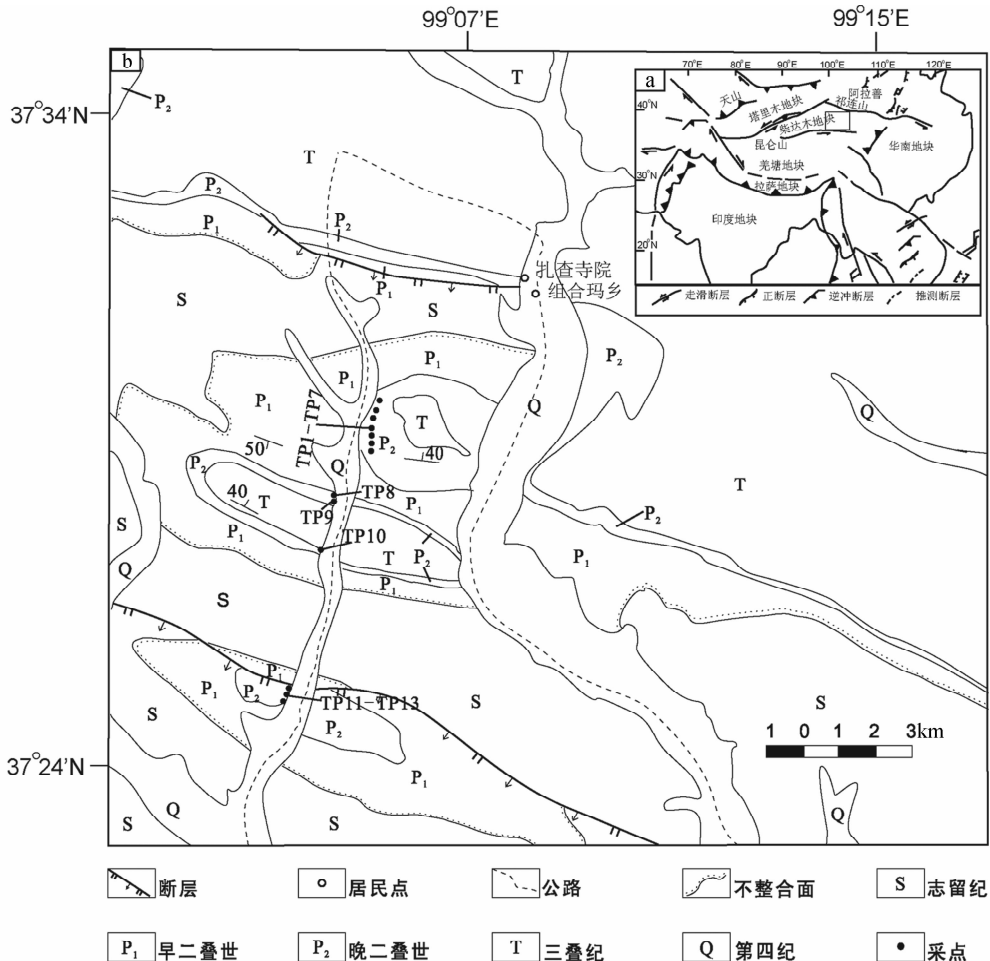


图1 中国西部地质构造纲要图(a)和青海天俊组合玛地区地质简图(b)

图中显示采样点位置

Fig. 1 Schematic tectonic map of West China (a) and simplified geological map of the studied area (b)

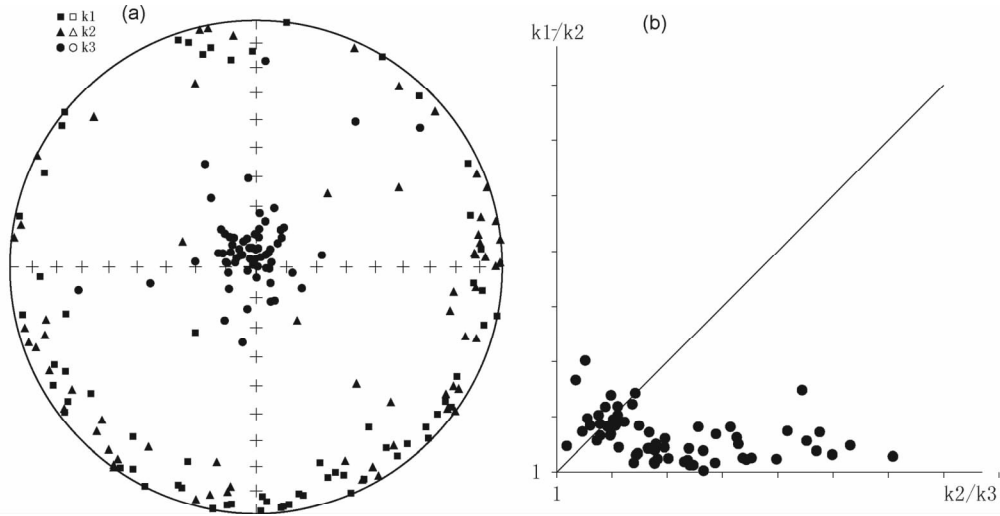


图2 晚二叠世磁化率各向异性赤平投影图(层面坐标下)

Fig.2 Anisotropy of magnetic susceptibility data in stratigraphic coordinates from Late Permian

灰沟剖面 5 个采点 20 块样品晚石炭世古地磁结果,认为柴达木地块在晚石炭世位于北纬 26°N,与当时的塔里木地块相邻或是塔里木地块的一部分。杨惠心等(1992) 仅依据柴达木地块 1 个采点 17 块早石炭世钙质页岩样品的古地磁数据,提出柴达木地块在石炭纪时位于赤道附近的低纬度地区(4.4°N);吴汉宁等(1997)认为柴达木地块在石炭纪-二叠纪时纬度位于北纬 12°N 度左右,总体上处于比塔里木地块更靠南的古地理位置。因此,基于这些为数非常有限的晚古生代古地磁数据,重建柴达木地块晚古生代时期的古地理位置和构造归属具有很大的局限性。本文在柴达木地块天俊地区开展了晚二叠世古地磁研究,获得了该地区晚二叠世古地磁极数据,试图重建柴达木地块晚二叠世的古地理位置,探讨其与周边块体的构造关系以及古阿尔金断裂的形成时代,为柴达木盆地油气勘探提供重要的古地磁资料。

2 地质背景与古地磁采样

柴达木地块西北以阿尔金断裂带为界与塔里木地块相邻,南以昆仑断裂带与昆仑地块接壤,柴达木块体的基底主要由早元古变质基底和晚元古-古生代沉积盖层组成(青海省地质矿产局,1991)。本次研究的采样剖面位于天峻县组合玛乡(37.49°N/99.07°E)。天峻县组合玛乡地区二叠纪地层出露完整,岩性主要为粉砂岩、灰岩互层,采样地层为上二叠统砂岩和灰岩,地层中生物化石丰富,含有瓣鳃: *Nuculapsis cf. yargtyeensis*, *Wilkingia elegans*, *Palaednodonda sp* 等,腕足: *Waagenites cf. convexa Yang et Ting* 等,其地质时代为晚二叠世(青海省地质矿产局,1991)。

本文选择天峻县组合玛乡(37.49°N/99.07°E)晚二叠世剖面(图 1b),用轻便古地磁钻机采集古地磁定向样品,每个采点采集 10 块左右,共计 13 个采点,采集定向岩心标本

132 块,样品在室内加工成 2.54cm 长的标准样品。

3 古地磁测试与分析

3.1 剩磁特征分析

古地磁样品的系统剩磁测试均在中国地质科学院地质力学研究所磁实验室 2G-755R 超导磁力仪上进行,样品的系统热退磁处理是利用美制 TD-48 大型热退磁炉完成。样品的热退磁处理和剩磁测试均在磁屏蔽空间中进行,以避免周围磁场对样品测试数据的影响,热退磁温度在低温段间隔大(50~100℃),高温段则较密(10~20℃),全部样品均经过了 13 步以上的系统热退磁处理。样品的剩磁组分利用主向量法(Kirschvink, 1980),最后以采样点为单位进行统计分析(Fisher, 1953)。

我们选择了 65 块代表样品进行了岩石磁化率各向异性测试,大部分样品的磁化率各向异性度(p')处在 1.007~1.064 之间,全部样品的磁化率各向异性度平均值为 1.012(图 2b)。磁化率最大轴 K1 呈分散状无明显优选方向(图 2a),这些特征表明样品没有受到岩石形成后变形作用的影响。代表样品的三轴等温剩磁的热退磁实验结果表明(图 3),强磁成分、中间磁成分在 680℃左右衰减到零,而软磁成分的热退磁在 580℃左右衰减到零,说明样品中的携磁矿物主要为赤铁矿和磁铁矿。

晚二叠世的热退磁结果表明,其总体退磁特征相似。图 4 给出了部分代表样品的系统热退磁矢量正交投影图。从图可以看出,大部分样品的热退磁结果表明样品中存在 2 个磁分量:低温分量(0~360℃)和中、高温分量(480~680℃)。其中低温分量接近现代地磁场方向或为一凌乱的粘滞剩磁;中、高温分量可以从大多数样品中获得,并随着温度增高,逐渐趋向原点(图 4a-f)。由于灰岩样品磁性较弱,部分样品在

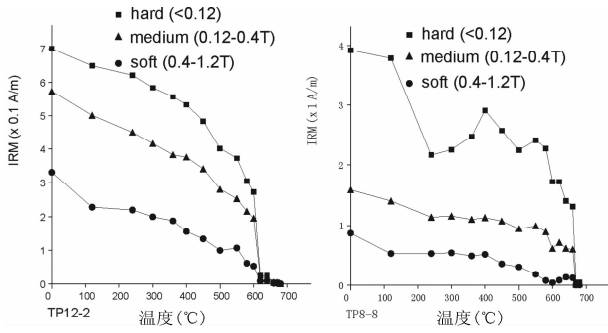


图3 晚二叠世代表样品三轴等温剩磁的热退磁曲线
Fig.3 Thermal demagnetization of a three-component IRM of representative rocks

退磁过程中表现相对不稳定,很难分离出可靠的高温特征剩磁分量,最终在13个采点中有9个采点获得了较可靠的高温剩磁分量。

3.2 数据统计结果和分析

样品的高温分量经主向量分析后,最后以采样点为单位进行平均,获得采样剖面晚二叠世的平均磁化方向(表1、图5)。从图5可以看出,9个采样点获得的高温剩磁方向平均值在地理坐标下与现代地磁场方向有显著差别,且通过了倒转检验($r_c = 12.6$; $r_{obs} = 6.9$; 通过C级)(McFadden and

McElhinny,1990)。据此我们认为研究剖面晚二叠世地层中由磁铁矿和赤铁矿携带的高温特征剩磁很可能代表岩石形成时的原生剩磁。晚二叠世平均特征剩磁方向为: $D_g = 333.7^\circ$, $I_g = 37.3^\circ$, $\kappa_g = 35.4$, $N = 9$, $\alpha_{95} = 8.8$; $D_s = 333.9^\circ$, $I_s = 41.7^\circ$, $\kappa_s = 69.9$, $\alpha_{95} = 6.2^\circ$, 相对应的古地磁极位置为: $64^\circ N$, $342.4^\circ E$, $A_{95} = 5.9^\circ$, 古纬度为 $24.0^\circ N$ 。

4 讨论与结论

根据国际古地磁数据的可靠性判据,我们将目前柴达木地块及周边主要地块晚二叠世古地磁极数据列于表2和图6。从图6可以看出,羌塘地块和华南地块晚二叠世古地磁极在古地磁误差范围内已重叠在一起,说明两地块晚二叠世以来在动力学意义上已碰撞拼合在一起,并不存在显著的纬向缩短和水平旋转。而柴达木地块、塔里木地块、柴达木地块、西伯利亚地块、华南地块晚二叠世古地磁极仍存在较大差别,说明上述诸块体在晚二叠世以来存在明显的相对运动。

根据本次研究获得的柴达木地块晚二叠世古地磁结果,结合前人古地磁和古生物研究资料,对柴达木地块及周边主要地块晚二叠世的古地磁位置进行了重建(图7)。大量的古地磁资料表明,华南地块晚二叠世徘徊于赤道附近(参考点: $30^\circ N$, $105^\circ E$ 处古纬度为 $2.4^\circ N$)(吴汉宁等,1998),而同

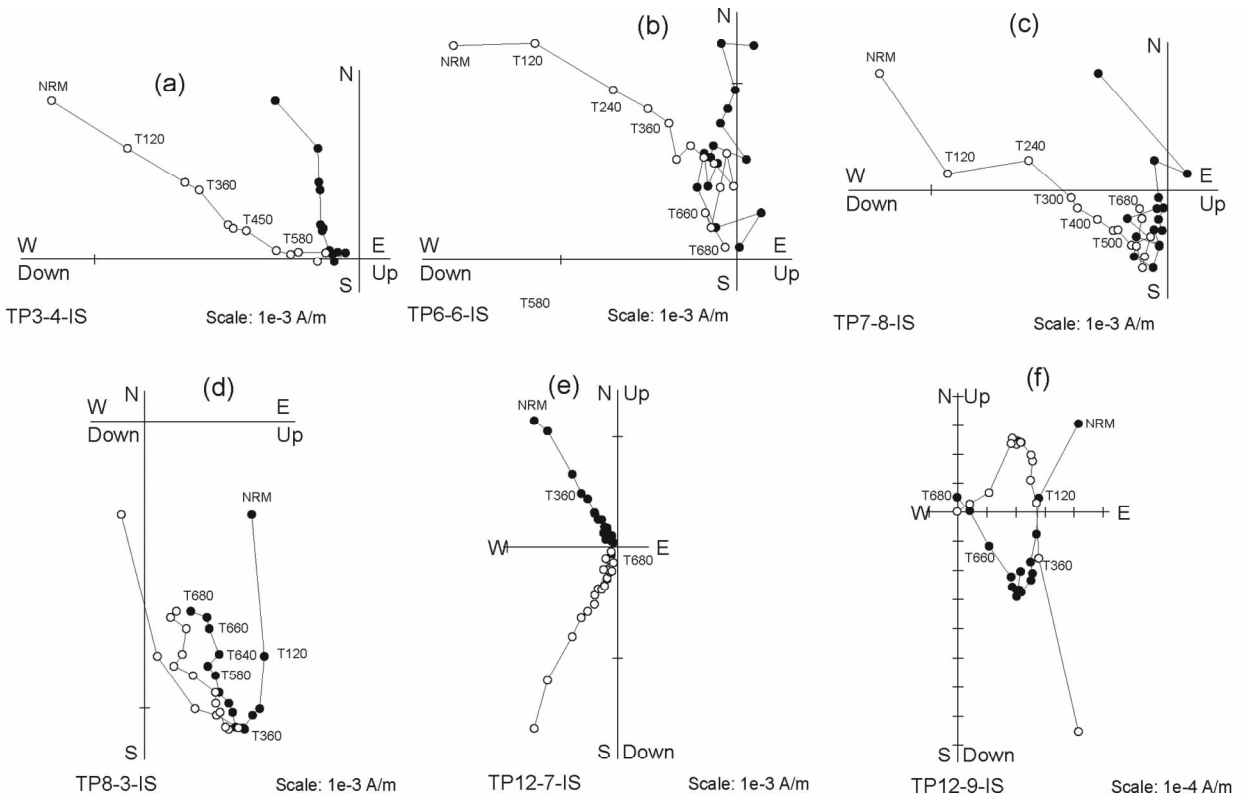


图4 晚二叠世代表样品的Z矢量图(地理坐标下)
Fig.4 Orthogonal demagnetization diagrams of representative rocks

表 1 柴达木地块天峻晚二叠世古地磁结果一览表(参考点:37.49°N/99.07°E)

Table 1 Late Permian paleomagnetic results from Zuhema area in the eastern northern Qaidam block

样品号	n/n ₀	R/N	地理坐标		层面坐标		k	α ₉₅	虚地磁极	
			D _g	I _g	D _s	I _s			φ _p	λ _p
tp3	7/7	4/7	152.3	-30.1	146.5	-44.1	12.1	13.1	356.5	59.4
tp4	4/8	0/4	347.1	48.3	340.3	58.1	88.2	9.8	199.9	74.5
tp6	4/7	0/4	342.8	18.2	343.5	40.2	14.2	26.7	327.9	69.7
tp7	7/7	0/7	334.9	30.6	331.2	45.9	12.6	12.9	354.6	63.8
tp8	8/8	4/8	143.0	-29.0	140.4	-40.4	15.4	11.0	357.4	53.2
tp9	8/8	4/8	149.7	-53.8	154.8	-38.6	9.8	12.0	340.3	63.2
tp10	4/4	1/4	320.9	51.5	327.7	37.0	13.6	27.3	347.1	57.4
tp12	7/8	2/7	336.6	40.2	162.8	-38.0	20.0	13.8	326.5	68.0
tp13	7/7	3/7	153.5	-32.1	158.3	-30.5	12.5	17.9	327.2	61.5
平均	9(56)	—	337.7	37.3	—	—	35.4	8.8	345.4	64.0
		—	—	—	333.9	41.7	69.9	6.2	—	—

注:n/n₀, 参加统计平均的样品数/退磁样品数;R/N:反极性/正极性样品数;D_g, I_g, (D_s, I_s)分别为地理坐标下(层面坐标下)特征剩磁的偏角,倾角;κ, α₉₅分别为 Fisher 统计精度参数和平均方向的 95% 置信圆锥半顶角;φ_p和 λ_p分别为虚古地磁极的经度和纬度

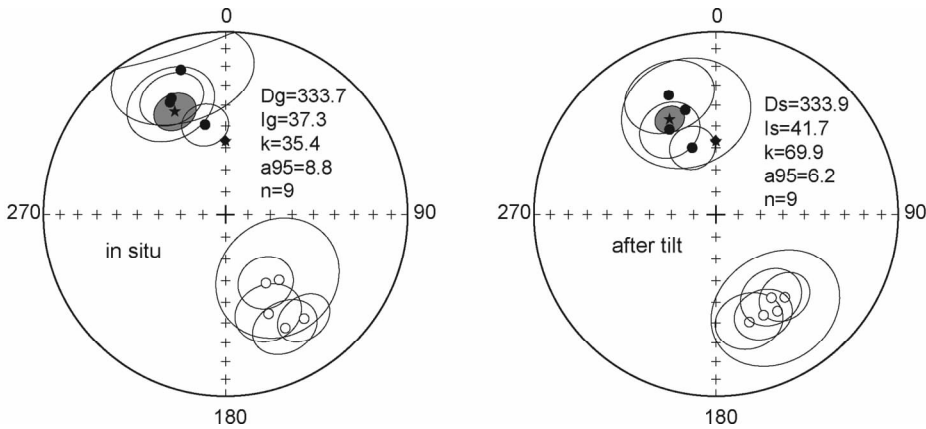


图 5 高温特征剩磁磁化方向立体投影图

五角星代表样品平均方向的位置,实心圆、空心圆分别代表上、下球面投影

Fig.5 Stereo-plots of site-mean direction calculates using characteristic high temperature component from each sampling sites

表 2 柴达木地块及周边地块晚二叠世古地磁极数据表

Table 2 Late Permian Paleomagnetic Poles for the Qaidam block and adjacent blocks

地块	N	Φ _p /(°)	λ _p /(°)	A ₉₅	古纬度	资料来源
华北地块	11	353.1	50.3	5.7	14.2N	Yang <i>et al.</i> , 1998
华南地块	13	243.6	55.3	5.2	2.4N	吴汉宁等,1998
塔里木地块	2	183.6	60.0	4.5	26.8N	方大钧和沈忠悦,2001
柴达木地块	1	345.4	64.5	5.9	24.0N	本文
西伯利亚地块	1	149.6	50.8	9.4	67.4N	Kravchinsky <i>et al.</i> , 2002
羌塘地块	1	231.7	54.4	6.1	3.4N	Huang <i>et al.</i> , 1992

注:N-参与统计的古地磁极数量;Φ_p/λ_p-古地磁极位置的经度和纬度;A₉₅:95%置信圆

时期华北地块位于北半球低纬度(14.2°N)地区(参考点:38°N,112°E),二叠纪古生物面貌也表明华北块体处于北纬低纬度温带地区(Shi, 2006),对比两地块在东部参考点的古纬度在 95% 置信范围内已经没有差别(2.2°),然而两地块记录的磁偏角仍存在较大差异(>60°),说明两地块晚二

叠世首先在东部发生碰撞(Zhao and Coe R, 1987; Enkin *et al.*, 1992; Zhu *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 1998)。晚二叠世羌塘地块和华南地块一样也位于赤道附近(Huang *et al.*, 1992),古生物资料表明了羌塘地块与华南地块在晚二叠世距离较近(刘艳和孙克勤,2008)。与此同时,西伯利亚地块

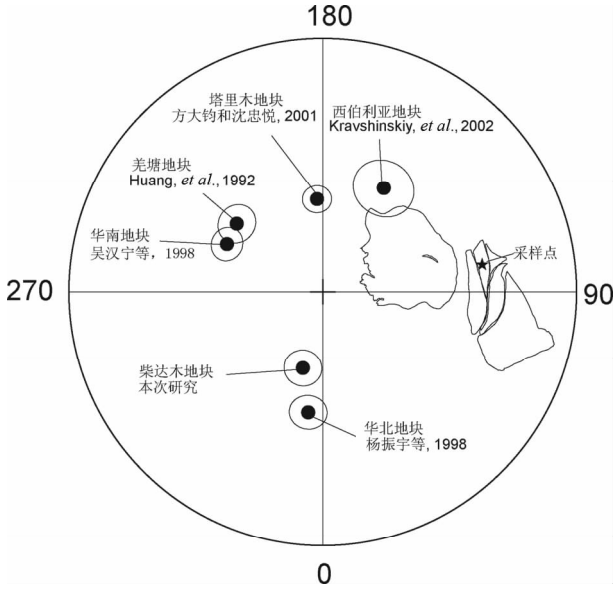


图6 柴达木地块及周边地块晚二叠世古地磁极赤平投影图

Fig. 6 Comparison of the Late Permian poles between the Qaidam block and the adjacent blocks

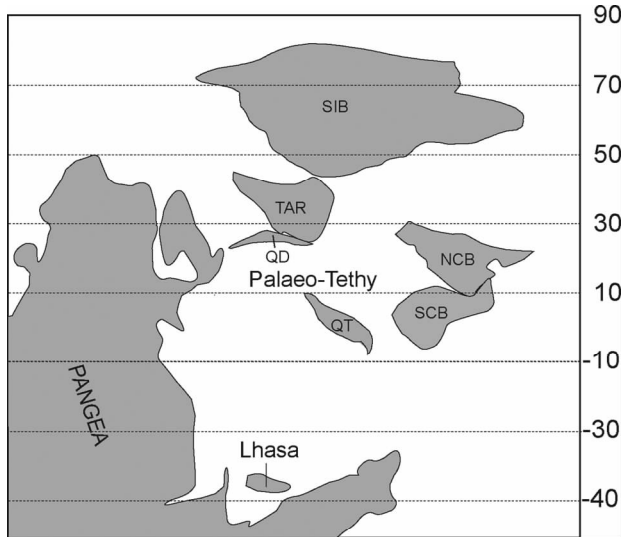


图7 柴达木地块及周边地块晚二叠世古地理重建图(经度任意)(据 Metcalfe, 2006 修改)

Fig. 7 Late Permian paleogeographic reconstruction for the Qaidam block and the adjacent blocks(after Metcalfe, 2006)

在晚二叠纪时则位于北半球高纬度(67.4°N)地区(参考点: 64.6°N, 114.7°E)(Kravchinsky *et al.*, 2002)。

此前柴达木地块缺少可靠的二叠纪古地磁数据,因而无法定量地确定其古纬度。长期以来,柴达木地块古生代的古地理位置及其构造归属存在争议,特别是它与相邻块体塔里木地块的构造关系一直缺少可靠的古地磁资料佐证。Heubeck (2001)认为柴达木、塔里木、阿拉善块体在中泥盆

前已拼合在一起,但 Metcalfe (2002)提出阿拉善和柴达木块体在早、中古生代时期仍然为分开的二个构造单元,估计两者二叠纪时才连结在一起。

已有的古地磁结果表明,塔里木地块最先从南半球往北半球漂移,至晚石炭世已漂移到北纬27°左右,并和哈萨克斯坦地块相碰撞,约于晚二叠世与西伯利亚地块碰撞和拼合(Zhao *et al.*, 1990;黄宝春等,2008)。Huang *et al.* (2001)通过对比华北地块与蒙古地区的晚石炭世-二叠纪古地磁数据,认为至晚石炭世华北-蒙古联合地块尚未形成。到晚二叠世华北地块、蒙古在二叠纪发生碰撞并拼合,形成了华北-蒙古联合地块(Yang *et al.*, 1998)。

通过选择塔里木块体参考点(参考点:37.5°N, 82.5°E),推算塔里木块体晚二叠世位于北半球中纬度(26.8°N)地区,基于本次研究新的柴达木地块晚二叠世古地磁数据,推算柴达木地块晚二叠世古纬度为24.0°N(参考点:37.5°N, 93°E),由此可见两地块晚二叠世古纬度较一致。根据已有的柴达木地块和塔里木地块晚石炭世古地磁结果(李燕平等,1989;Gilder *et al.*, 1996),以参考点(37.5°N, 93°E)推算出柴达木地块和塔里木地块在晚石炭世仍存在较大的古纬度差(16.6 ± 9.3°),说明上述两地块在晚石炭世时并没有拼合在一起,为分开的二个构造单元。而对比柴达木地块(本次研究)和塔里木地块晚二叠世古地磁结果(方大钧和沈忠悦,2001),表明两地块晚二叠世以来发生了明显的旋转运动(63.6 ± 6.2°),但两者在古地磁误差范围内并不存在明显的古纬度差(3.5 ± 5.4°),从构造意义上,表明两地块在晚二叠世已经拼合在一起,柴达木地块在晚二叠世以来已是塔里木地块的一部分。

从古生物资料来看,塔里木地块晚二叠世已与哈萨克斯坦板块拼合,原先生长的欧美植物群完全被安加拉植物群所替代(朱怀诚,2001)。在祁连山西段,晚二叠世石千峰组地层中含安加拉和华夏混生植物群(刘本培和全秋琦,1996),这说明晚二叠世生长在塔里木地块上的安加拉植物群已迁移扩散到柴达木地块上来。大量的地质资料研究表明,中生代以来阿尔金断裂左行走滑了400~800km(崔军文等,1999;李海兵等,2006),结合本次研究新获得的柴达木地块晚二叠世古地磁数据,认为柴达木地块晚二叠世应当位于塔里木地块的南缘或西南缘(图7),这表明柴达木/塔里木地块间的古阿尔金断裂只有在两地块拼合在一起后形成,即其形成地质时代不可能早于晚石炭世,可能在晚二叠世时才形成。

致谢 野外工作中得到了裴军站和孙海林的大力协助;张世红教授和王喜生研究员对本文提出了宝贵意见;在此一并致谢。

References

Allen MB, Windley BF and Zhang C. 1994. Cenozoic tectonics in the

- Urumqi-Korla region of the Chinese Tien Shan. *Geol. Rundsch.*, 83:406 – 416
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. 1991. *Regional Geology of Qinghai Province*. Beijing: Geological Publishing House, 115 – 138 (in Chinese)
- Chen Y, Gilder S, Halim N *et al.* 2002. New paleomagnetic constraints on central Asian kinematics: Displacement along the Altyn Tagh fault and rotation of the Qaidam Basin. *Tectonics*, 21(5): 1042 – 1061
- Cui JW, Tang ZM, Deng JF *et al.* 1999. *The Altyn Tagh Fault System*. Beijing: Geological Publishing House, 1 – 249 (in Chinese)
- Dupont-Nivet G, Butler RF, Yin A *et al.* 2002. Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of the Qaidam Basin in North Tibet during Indo-Asian Collision. *Geology*, 30(3):263 – 266
- Enkin R, Yang Z, Chen Y *et al.* 1992. Paleomagnetic constraints on the geodynamic history of main Chinese blocks from the Permian to the present a review. *Journal of Geophysical Research*, 97: 13953 – 13989
- Fang DJ and Shen ZY. 2001. Phanerozoic apparent polar-wander paths of Tarim and plate motion. *Journal of Zhejiang University (Sciences Edition)*, 28(1):100 – 106 (in Chinese with English abstract)
- Fang XM, Zhang WL, Meng QQ *et al.* 2007. High resolution magnetostratigraphy of the Neogene Huaitoutala section in the eastern Qaidam Basin on the NE Tibetan Plateau, Qinghai Province, China and its implication on tectonic uplift of the NE Tibetan Plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, 258: 293 – 306
- Fisher RA. 1953. Dispersion on a sphere. *Proc. R. Soc London, Ser. A*, 217: 295 – 305
- Ge XH and Liu JL. 2000. Broken “Western China Craton”. *Acta Petrologica Sinica*, 16(1): 59 – 66 (in Chinese with English abstract)
- Gilder SA, Zhao XX, Coe RS *et al.* 1996. Paleomagnetism, tectonics and geology of the southern Tarim Basin, northwestern China. *Journal of Geophysical Research*, 101:22015 – 22031
- Heubeck C. 2001. Assembly of central Asia during the middle and Late Paleozoic. *Geological Society of America Memoir*, 194: 1 – 22
- Huang BC, Otofujii Y, Zhu RX *et al.* 2001. Paleomagnetism of Carboniferous sediments in the Hexi corridor: Its origin and tectonic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 194: 135 – 149
- Huang BC, Zhou YX and Zhu RX. 2008. Discussions on Phanerozoic evolution and formation of continental China based on paleomagnetic studies. *Earth Science Frontiers*, 15(3):348 – 359 (in Chinese with English abstract)
- Huang K, Opdyke ND, Peng X *et al.* 1992. Paleomagnetic results from the Upper Permian of the eastern Qiangtang terrane of Tibet and their tectonic implication. *Earth and Planetary Science Letters*, 111: 1 – 10
- Kirschvink JL. 1980. The least-squares line and plane and analysis of paleomagnetic data. *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 62: 699 – 718
- Kravchinskiy VA, Konstantinov KM, Courtillot V *et al.* 2002. Palaeomagnetism of East Siberian cratons and kimberlites: Two new poles and palaeogeographic reconstructions at about 360 and 250 Ma. *Geophysical Journal International*, 148:1 – 33
- Li HB, Yang JS, Xu ZQ *et al.* 2006. The constraint of the Altyn Tagh fault system to the growth and rise of the northern Tibetan Plateau. *Earth Science Frontiers*, 13(4): 59 – 79 (in Chinese with English abstract)
- Li YP, Michael MW, Tan CZ *et al.* 1989. Geographic position of the Qaidam Block in Late Carboniferous. *Geoscience*, 3(1): 27 – 32 (in Chinese with English abstract)
- Liu BP and Quan QQ. 1996. *Tutorials of Historical Geology*. Beijing: Geological Publishing House, 147 – 175 (in Chinese)
- Liu Y and Sun KQ. 2008. Study on the Permian paleophytogeographical provinces in Tibet. *Geological Review*, 54(3): 289 – 295 (in Chinese with English abstract)
- Luo ZL, Yong ZQ, Liu SG *et al.* 2006. Discussion on reconstruction of Tarim-Yangze paleocontinent. *Earth Science Frontiers*, 13(6):131 – 138 (in Chinese with English abstract)
- McFadden PL and McElhinny MW. 1990. Classification of the reversal test in palaeomagnetism. *Geophysical Journal International*, 103(3): 725 – 729
- Metcalfe I. 2002. Permian tectonic framework and palaeogeography of SE Asia. *J. Asian Earth Sci.*, 20: 551 – 566
- Metcalfe I. 2006. Palaeozoic and Mesozoic tectonic evolution and palaeogeography of East Asian crustal fragments: The Korean Peninsula in context. *Gondwana Research*, 9: 24 – 46
- Shi GR. 2006. The marine Permian of east and northeast Asia: An overview of biostratigraphy, palaeobiogeography and palaeogeographical implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 26:175 – 206
- Sun ZM, Yang ZY, Pei JL *et al.* 2006. New Early Cretaceous paleomagnetic data from volcanic and red beds of the eastern Qaidam Block and its implications for tectonics of Central Asia. *Earth and Planetary Science Letters*, 243: 268 – 281
- Wu HN, Liu CY, Zhang XH and Ren ZL. 1997. A study of evolution of Qaidam in the view of paleomagnetic. *Science in China (Series D)*, 27(1): 9 – 14 (in Chinese)
- Wu HN, Zhu RX, Bai LX *et al.* 1998. Revised apparent polar wander path of the Yangtze Block and its tectonic implications. *Science in China (Series D)*, 28 (Suppl.): 78 – 90
- Yang HX, Yu HM and Li PW. 1992. Palaeomagnetic study of Qaidam plate and its evolution. *Journal of Changchun University of Earth Sciences*, 22(4): 420 – 426 (in Chinese with English abstract)
- Yang ZY, Ma XH, Huang BC *et al.* 1998. Apparent polar wander path and tectonic movement of the North China Block in Phanerozoic. *Science in China (Series D)*, 41(Suppl.): 51 – 65 (in Chinese)
- Zhao XX and Coe R. 1987. Paleomagnetic constraints on the collision and rotation of North and South China. *Nature*, 327: 141 – 144
- Zhao XX, Coe R, Zhou YX *et al.* 1990. New paleomagnetic results from northern China, collision and suturing with Siberia and Kazakhstan. *Tectonophysics*, 181: 43 – 81
- Zhu HC. 2001. The floral response to the Permian tectonic evolution in Tarim Plate. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(1): 67 – 72 (in Chinese with English abstract)
- Zhu RX, Yang Z, Wu HN *et al.* 1998. The APWPs of main Chinese blocks since the Phanerozoic and its tectonic movements. *Science in China (Series D)*, 41(Suppl.): 1 – 19

附中文参考文献

- 崔军文,唐哲民,邓晋福等. 1999. 阿尔金断裂系. 北京:地质出版社. 1 – 249
- 方大钧,沈忠悦. 2001. 塔里木地块各时代视磁极及板块漂移. *浙江大学学报(理学版)*, 28(1):100 – 106
- 葛肖虹,刘俊来. 2000. 被肢解的“西域克拉通”. *岩石学报*,16(1): 59 – 66
- 黄宝春,周秀,朱日祥. 2008. 从古地磁研究看中国大陆形成与演化过程. *地学前缘*,15(3): 348 – 359
- 李海兵,杨经绥,许志琴等. 2006. 阿尔金断裂带对青藏高原北部生长、隆升的制约. *地学前缘*,13(4): 59 – 79
- 李朋武,崔军文,高锐等. 2001. 柴达木地块新生代古地磁新数据及其构造意义. *地球学报*, 22(6): 563 – 568

李燕平, McWilliams M, 谭承泽等. 1989. 柴达木地晚石炭世的古地理位置. 现代地质, 3(1): 27-32

刘本培, 全秋琦. 1996. 地史学教程. 北京: 地质出版社, 147-175

刘艳, 孙克勤. 2008. 西藏二叠纪植物古地理分区研究. 地质评论, 54(3): 289-295

罗志立, 雍自权, 刘树根等. 2006. 试论“塔里木-扬子古大陆”再造. 地学前缘, 13(6): 131-138

青海省地质矿产局. 1991. 青海省区域地质志. 北京: 地质出版社, 115-138

吴汉宁, 刘池阳, 张小会等. 1997. 用古地磁资料探讨柴达木地块构

造演化. 中国科学(D辑), 27(1): 9-14

吴汉宁, 吕建军, 朱日祥等. 1998. 扬子地块显生宙古地磁视极移曲线及地块运动特征. 中国科学(D辑), 28: 69-78

杨惠心, 禹惠民, 李鹏武. 1992. 柴达木地块古地磁研究及其演化. 长春地质学院学报, 22(4): 420-426

杨振宇, 马醒华, 孙知明等. 1998. 华北地块显生宙古地磁视极移曲线与地块运动. 中国科学(D辑), 28: 44-56

朱怀诚. 2001. 塔里木板块二叠纪构造演化的古生物群(大植物, 孢粉)响应. 地球学报, 22(1): 67-72

简讯

孙贤鉢基金会换届; 中国地质大学(北京)朱弟成教授获第六届孙贤鉢奖

2011年10月14号,孙贤鉢基金会在陕西宾馆10号楼3-3会议室召开会议。出席会议的委员有:孙枢院士(主持)、李曙光院士、莫宣学院士、翟明国院士、郑永飞院士、陈骏教授、李惠民研究员、李献华研究员、牛耀龄教授、孙敏教授、孙卫东研究员、徐夕生教授、姚玉鹏处长、张有学教授等14位委员。

1. 会议投票评选了孙贤鉢奖。决定授予中国地质大学(北京)的朱弟成教授第六届(2011年度)孙贤鉢奖,以表彰他在青藏高原和特提斯演化方面的重要贡献。

2. 根据《孙贤鉢基金会章程》有关规定进行换届:会议同意汪品先院士不再担任基金会副主任,推选李曙光院士为副主任;同时更换了6名委员:增选侯增谦研究员,胡瑞忠研究员,金巍教授,孙勇教授,邢宝山教授,徐义刚研究员为新的委员;汪品先院士,简平研究员,罗清华教授,潘懋教授,周新民教授,周义明博士不再担任委员职务。与会委员对卸任委员的贡献表示了充分肯定和感谢,希望大家一如既往地支持孙贤鉢基金的发展做出贡献。

3. 2012年启动孙贤鉢纪念讲座,邀请著名学者来华讲座,国际旅费由孙贤鉢基金会提供,报告人由“岩石学与地球动力学会”主办单位提名,经讨论后由基金会决定。

4. 会议讨论了其它一些有关孙贤鉢基金发展的议题:增加获奖人数、增加环境领域、重视在 Goldschmidt 国际地球化学年会上颁奖等议题。同时还通报了有关财务方面的最新情况。

5. 获奖人简介:朱弟成,男,1972年7月生,中国地质大学(北京)地球科学与资源学院教授,博士。主要学术成果有:(1)提出并证明拉萨地块裂离自澳大利亚大陆北缘,而不是传统认为的印度大陆北缘;(2)从岩浆岩岩石学和地球化学角度,揭示了拉萨地块的中生代岩石圈结构,论证了班公湖-怒江特提斯岩石圈的南向俯冲及其发育时限,重塑了拉萨地块的中生代构造岩浆演化过程;(3)发现并命名了 Comei-Bunbury 大火成岩省,证实了 Kerguelen 地幔柱在 132Ma 左右就开始大规模活动。这些成果不但为研究拉萨地块裂离、新特提斯开启和拉萨地块构造岩浆演化等一系列重大基础地质问题提出了新认识,而且也从岩浆岩岩石学、岩石地球化学和锆石 U-Pb 同位素地球化学角度,研究冈瓦纳大陆北缘其它微陆块的岩石圈结构、构造岩浆演化过程和古地理重建提供了重要科学依据。