

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

研究进展

华北陆块冈瓦纳大陆亲缘性的古地磁证据

杨振宇

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081)

Y. Otofujii

(神戸大学地球惑星科学系, 日本, 657)

黄宝春

(中国科学院地球物理研究所, 北京, 100101)

孙知明

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081)

内容提要 通过对不同大陆寒武纪—奥陶纪磁性地层对比研究, 确定了华北陆块早古生代位于南半球低纬度地区。世界各大陆块早古生代视极移曲线的相似性表明这一时期发生较快的真极移。将不同陆块的视极移曲线绕不同的欧拉极旋转, 使之基本一致, 便可重建寒武纪和奥陶纪世界各陆块的古位置。

关键词 冈瓦纳 华北陆块 早古生代 古地磁

冈瓦纳裂解和亚洲增生研究中的一个重要问题就是确定中国一些主要陆块, 如华北、扬子和塔里木陆块的起源, 以及何时增生到古亚洲大陆上的。华北陆块晚前寒武纪以及早古生代早期与东、西冈瓦纳大陆的亲缘性长期以来众说纷纭。从三叶虫生物古地理研究出发, 认为华北、扬子陆块与澳大利亚在寒武纪时同属亚澳生物古地理大区, 但又分属不同的生物地理区^[1]; 至中、晚奥陶世, 华北与扬子、塔里木分别属于不同的生物古地理大区, 而与西伯利亚同属原特提斯生物古地理大区, 但又分属不同的生物地理区。牙形石生物古地理分析认为, 华北陆块与北美劳亚大陆相近, 而扬子陆块在寒武纪—奥陶纪处于低纬度的热带、亚热带地区, 难以提供定量的依据。古地磁研究则从定量上给出了华北陆块在寒武纪—奥陶纪时可能处于赤道至南纬15°左右^{[2,3]①}。然而, 古地磁研究由于地心偶极子假说, 使得在古地磁重建研究中, 出现古经度的不确定性现象。近年来, 早古生代时期真极移、以及一些主要陆块的古地磁研究取得了重要成果, 这些进展有可能对古大陆再造从经度上提供更准确的制约。

注: 本文为原地质矿产部“百人计划”资助项目。

① Huang B C, Yang Z Y, Zhu R X. Early Paleozoic paleomagnetic poles from the western part of the North China Block and their implication. Tectonophysics, 1999(in press).

本文1998年11月收到, 1999年3月改回, 任希飞编辑。

1 华北陆块及一些主要陆块早古生代古地磁新结果

我们在华北陆块河南、河北、山西、陕西和宁夏等地采集了大量早古生代灰岩样品^[4],经详细的古地磁研究获得了寒武纪和奥陶纪一组较可靠的古地磁数据(表 1),这些数据不仅数量多,采样区的分布范围广,且这些数据均通过了野外褶皱检验或区域性一致性检验,其中晚寒武世、寒武纪—奥陶纪、早奥陶世和中奥陶世还通过了地磁场倒转检验。

表 1 主要陆块的古地磁南极数据

Table 1 The paleomagnetic south-pole of the major continental blocks

	年龄 (Ma)	φ	λ	A95	dp	dm	资料来源		年龄 (Ma)	φ	λ	A95	dp	dm	资料来源
冈瓦纳大陆	372	291	-28	10				华北陆块	D	48.7	-34.2	8.8			
	408	356	-30	10					S	48.4	-26.2	8.2			
	450	356	25	10					O ₂	135.8	-29.7	13.8			
	475	11	36	7					O ₁	144.3	-37.4	8.5			
	510	1	17	18			[5,6]		←O	114.6	-32.9	4.0			[2,3,9,10]
	530	351	2	18					← ₃	149.6	-31.7	5.4			①
	547	319	-29	5					← ₂	146.7	-37.0	5.5			
	550	333	-23	11					←	155.2	-21.2	12.4			
	550	343	-12	13					← ₂	154.5	-26.8	8.9			
劳亚大陆	D ₁₋₂	288	-24	23				西伯利亚陆块	← ₁	161.9	-18.5	6.5			
	S—D	277	-4	9					449	289	21		9	18	
	S ₂	307	-18						464	319	32		2	3	
	O ₂ —S	326	-18	13			[5,7]		468	317	25		5	9	
	O ₁	332	-17	23					480	318	40		7	13	
	505	344	-3	12					495	313	32		2	3	
	550	345	13	15					538	342	46		3	5	[11]
	580	305	45	8					538	1	46		3	5	
波罗的地盾	408	315.0	-3.0	10					590	359	32		4	7	
	440	6.5	-5.0	5.4					590	353	31		6	11	
	459	35.0	3.0	13.4					590	356	32		4	8	
	465	34.0	5.0	4.8					650	360	20		5	9	
	471	49.0	14	4.4					① Huang B C, Yang Z Y, Zhu R X. Early Paleozoic paleomagnetic poles from the western part of the North China Block and their implication. Tectonophysics, 1999(出版中).						
	476	54.0	18.7	6.8			[7,8]								
	481	55.0	30	9											
	481	46.0	18	5.1											
	481	46.0	30	2.2											
	550	51.0	-11	10											

早古生代古地磁研究的一个重要问题,就是如何正确判断古地磁场极性。华北陆块早古生代地磁场极性长期以来存在较大争议。我们从寒武纪—奥陶纪界线附近的磁性地层学研究入手^[3],通过对比北欧、西伯利亚、澳大利亚等地同时期的研究结果,以及目前发现早、中奥陶世(Arenig 和 Llanvirn 阶)存在一较长时间的反极性期,这些事实较准确地确定了在寒武纪—奥陶纪,从华北陆块大部分地区岩石中分离出的 NNW 向偏角/负倾角的磁化方向应为正向极性期获得的磁化方向。由此获得了华北陆块早古生代较准确的视极移曲线(图 1)。从中寒武世至寒武纪、奥陶纪界线时期,视极移曲线表现为顺时针极移(约 45°),而在纬向上无明显的变化。

寒武纪—奥陶纪界线时期至早、中奥陶世,则表现为逆时针的极移,这两段视极移曲线构成一条回形曲线。

我们收集了冈瓦纳、劳亚、西伯利亚和波罗的地盾等大陆陆块最新的、较可靠的早古生代古地磁数据(表 1)。冈瓦纳大陆研究的最新结果表明,早寒武世(550 Ma 左右)时,以印度、澳大利亚和南极洲为主体的东冈瓦纳大陆就与以非洲和南美洲为主体的西冈瓦纳拼合成一整体的冈瓦纳大陆^[5]。冈瓦纳超级大陆早古生代早期(早寒武世至早奥陶世)的视极移曲线呈现约 45°左右的顺时针极移(以非洲为参考系)。从早奥陶世至志留纪—泥盆纪界线时(约 408 Ma)又表现为一快速的逆时针极移。综观早古生代早期(早寒武世至早奥陶世)几个主要陆块的视极移曲线(图 1),可以发现几个主要陆块均具有相似的极移规模:劳亚大陆的极移约 35°,西伯利亚陆块极移约 35°,波罗的地盾的极移约 40°(图 1)。

2 早古生代早期的真极移(现象)

真极移(true polar wander)是地质时期地球主体位置相对地球旋转轴位置的变化。若地磁场为地心偶极子场,真极移应能在地表各陆块古地磁视极移曲线上表现为明显的曲线相似性,并且通常情况下,其极移量要大于块体间的相对运动。有人利用地表上热点作为地幔参考系,通过它相对于地球旋转轴的移动过程来研究真极移。然而,对于前侏罗纪,由于缺少热点运动轨迹的记录,而无法获得真极移资料,所以人们则通过对比地表各陆块一定时期的视极移曲线,粗略地估计真极移量。我们知道每一视极移曲线是描述古地磁偶极子的运动(或地球旋转轴相对于地表陆块的运动),它是两个运动向量的合矢量(或陆块相对于地幔的旋转运动和整个地幔相对于地球旋转轴的运动)。然而,通常只有当真极移以比各个陆块运动量大得多的速率发生时,它才能在视极移曲线上构成一个明显的、足够的量。

早古生代早期各主要大陆视极移曲线在形态,以及长度上均表现为良好的一致性,可以看成是真极移的表现。这也更好地解释了冈瓦纳超级大陆以 40°/50 Ma $\approx$ 0.8°/Ma 的速率旋转的原因,这一时期的真极移与 50~110 Ma 期间从热点移动轨迹所估算的速率相近。

3 早古生代早期大陆古地理重建

既然可能存在早古生代早期真极移,我们可以简单地将主要陆块的视极移曲线绕一定的欧拉旋转极旋转(表 2),使之基本重叠(图 2),由此,可以更明显地看出,从早寒武世至早奥陶世早期的视古地磁极移轨迹,各大陆块具有相似的较快的极移量,显然,难以用岩石圈板块,如巨大的冈瓦纳板块相对于地磁偶极子场的移动来解释,这一现象应是早古生代早期真极移的结果。

这一时期真极移现象一方面说明了大陆间的相对运动减弱,另一方面又为陆块相对地幔或地球旋转轴的古位置重建提供了重要的参考系。由图 2 可以看出,冈瓦纳大陆的视极移曲线相对于非洲固定,各大陆视极移曲线的重叠,显现了寒武纪各大陆之

表 2 主要陆块中寒武世重建的
欧拉极(非洲大陆固定)

Table 2 Euler poles of Middle Cambrian
reconstruction for the major continental
blocks(African co-ordinate)

大陆	纬度(°)	经度(°)	旋转角(°)
劳亚大陆	1.7	170.7	-132.3
南极洲	19.7	157.7	-58.7
澳大利亚	-25.0	300.3	52.6
印度	-28.2	219.7	60.1
南美洲	-42.1	151.5	-58.1
西伯利亚	-25.0	167.3	149.5
波罗的地盾	-62.8	202.8	-66.5
华北陆块	5.4	71.6	-145.8
马达加斯加	-11.9	313.4	14.4

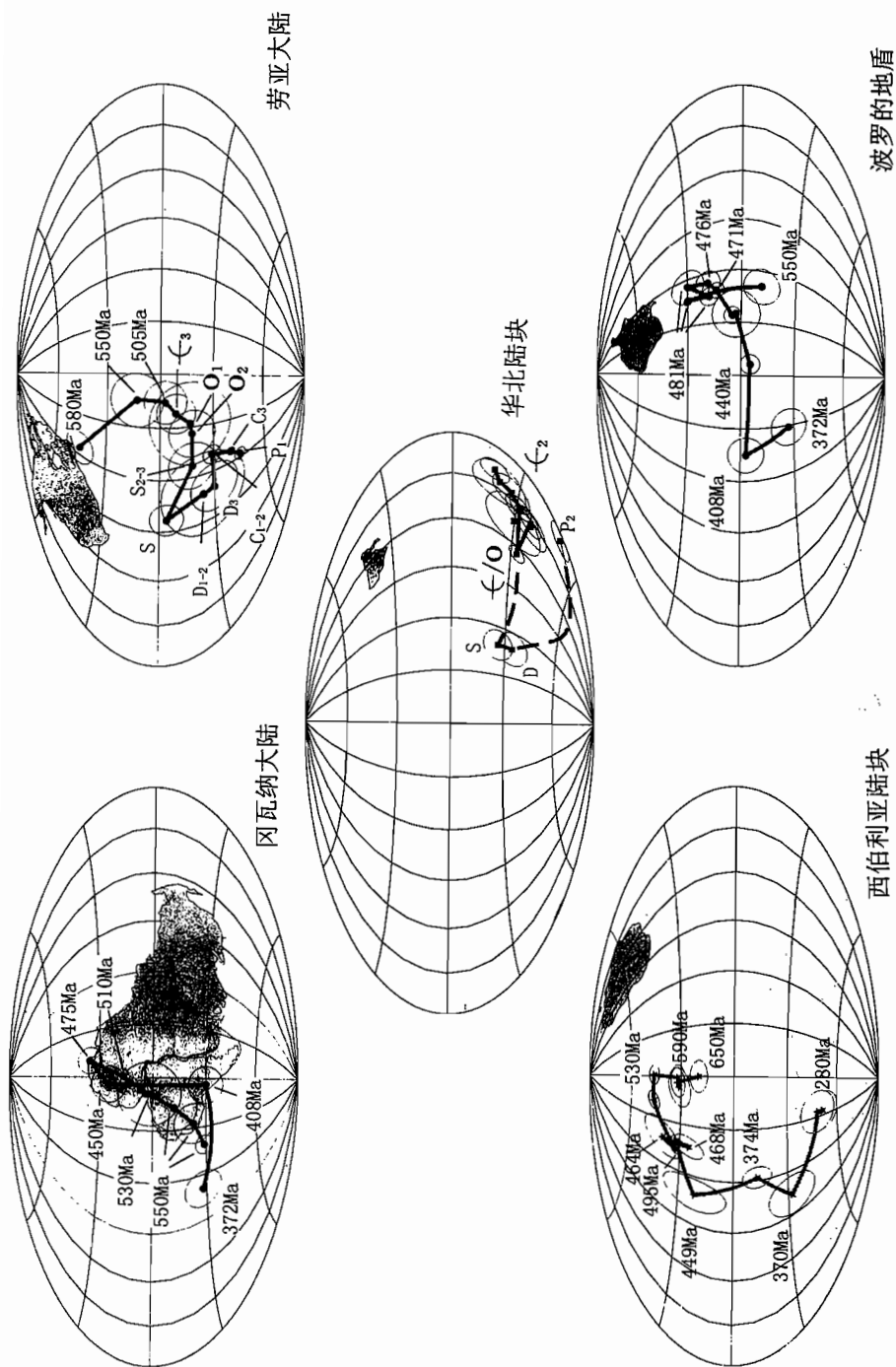


图 1 冈瓦纳大陆、劳亚大陆、西伯利亚陆块和波罗的地盾及华北陆块早古生代视极移曲线

Fig. 1 The Early Paleozoic apparent polar wander paths (APWP) of Gondwana, Laurentia, Siberia, Baltica and North China block

图中的极位置均为南极, 冈瓦纳大陆视极移曲线以现今非洲大陆为参照系

The paleopoles are south pole, the APWP of Gondwanaland is referred to present Africa

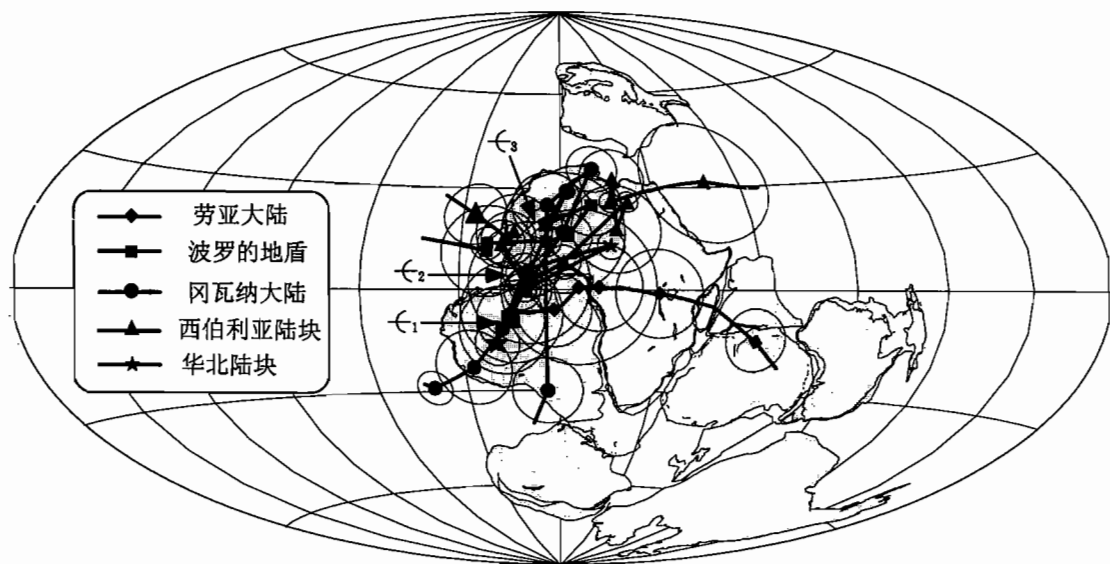


图 2 寒武纪古大陆重建图(各陆块复原欧拉旋转极见表 2)

Fig. 2 Cambrian reconstruction for the major continents(Eular poles is shown in Table 2)

间的相对运动明显加快,以及西伯利亚陆块、劳亚大陆和波罗的地盾开始逐渐远离冈瓦纳大陆。

华北陆块视极移曲线从寒武纪至寒武纪—奥陶纪界线时期明显地与冈瓦纳大陆相似,至早奥陶世,两者的视极移曲线明显分开,这一事实说明了华北陆块至少在寒武纪,就为冈瓦纳大陆的一部分,位于南极大陆西南部,很可能与西伯利亚、劳亚大陆相邻。需要提出的是西伯利亚陆块还缺乏可靠的早、晚寒武世数据,而劳亚大陆则急需寒武纪数据。至早奥陶世,华北与冈瓦纳大陆视极移曲线的分离,说明了华北此时已开始从冈瓦纳大陆东部裂离。

现有的古地磁数据、古生物地理以及沉积相研究表明寒武纪扬子陆块很可能与西澳大利亚相邻(或可能是冈瓦纳大陆的一部分)^[12]。也就是说华北与扬子陆块在寒武纪很可能是毫不相连的块体。这一结论与三叶虫古地理研究比较一致。华北与扬子及澳大利亚同属亚澳生物大区,但华北与扬子彼此之间又有明显的差别^[1]。华北陆块在奥陶纪已逐渐裂离冈瓦纳大陆,也就使得它有别于亚澳生物大区,而与西伯利亚大区相近。牙形石以及碳酸盐沉积相研究进一步证实了华北与西伯利亚这一时期的亲缘性远高于亚澳大区^[13]。

参 考 文 献

- 1 杨家骥. 中国及邻区寒武纪生物古地理和古大陆再造. 见:王鸿祯主编. 中国及邻区构造古地理和生物古地理. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1990. 265~285.
- 2 杨振宇, 马醒华, 孙知明, 周焯秀, 董金明, 黄宝春, 朱鸿. 豫北地区早古生代古地磁研究的初步结果及其意义. 科学通报, 1997, 42(4): 401~406.
- 3 杨振宇, Otofui Y, 孙知明, 马醒华, 徐树金. 河北唐山寒武系与奥陶系界线磁极性序列. 科学通报, 1998, 43(17): 1881~1885.
- 4 杨振宇, 马醒华, 黄宝春, 孙知明, 周焯秀. 华北地块显生宙视极移曲线及地块运动. 中国科学(D辑), 1998, 28(增刊): 44~56.
- 5 Meert J G, Van der Voo R. The assembly of Gondwana 800~550 Ma. J. Geodynamics, 1997, 23: 223~235.

- 6 Grunow A M. Implications for Gondwanaland of new Ordovician paleomagnetic data from igneous rocks in southern Victoria Land, East Antarctica. *J. Geophys. Res.*, 1995, 100: 12598~12604.
- 7 Van der Voo. Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys, and Iapetus Oceans. New York: Cambridge Univ. Press, 1993. 441.
- 8 Torsvik T H, Smethurst M A, Meert J G. Continental break-up and collision in the Neoproterozoic and Paleozoic—a tale of Baltica and Laurentia. *Earth Sci. Rev.*, 1996, 40: 229~258.
- 9 Zhao X, Coe R S, Liu C. New Cambrian and Ordovician paleomagnetic poles for the North China Block and their paleogeographic implication. *J. Geophys. Res.*, 1992, 97(B2): 1767~1788.
- 10 Zhao X, Coe R, Wu H, Zhao Z. Silurian and Devonian paleomagnetic poles from North China and implications for Gondwana. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1993, 117: 497~506.
- 11 Smethurst M A, Meert J G, R. Van der Voo. The Neoproterozoic and Paleozoic paleomagnetic data for the Siberia Platform: from Rodinia to Pangea. *Earth Sci. Rev.*, 1998, 43: 1~24.
- 12 Lin J L, Fuller M, Zhang W. Preliminary Phanerozoic polar wander paths for the North and South China Blocks. *Nature*, 1985, 313: 444~449.
- 13 安太庠, 张放, 向维达, 张又秋, 徐文豪, 张慧娟, 姜德标, 杨长生, 蔺连弟, 崔占堂, 杨新昌. 华北及邻区牙形石. 北京: 科学出版社, 1983.

Paleomagnetic Evidence of the Affinity of the North China Block with Gondwana

Yang Zhenyu

(*Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081, China*)

Otofuji Yo-ichiro

(*Department of Earth and Planet Sciences, Kobe University, 657, Japan*)

Huang Baochun

(*Institute of Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China*)

Sun Zhiming

(*Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081, China*)

Abstract

The magnetostratigraphic correlation for the Cambrian—Ordovician boundary and lowest Ordovician among different continents indicates that the North China block was located in the low-latitude (around 15°) region of the Southern Hemisphere during Early Paleozoic. The similar Early Paleozoic Apparent Polar Wander Paths (APWP) obtained from major continents favor the true polar wander hypothesis. The positions of various Cambrian and Ordovician paleocontinental blocks can be reconstructed when the APWPs of these blocks that rotate around the Euler poles are superimposed.

Key words: Gondwana; North China block; Early Paleozoic; paleomagnetism

作者简介

杨振宇,男,1963年生。1984年毕业于长春地质学院,1992年获法国巴黎第七大学博士学位。现为中国地质科学院地质力学研究所研究员,主要从事古地磁学、岩石磁学和大地构造学研究工作。通讯地址:100081,北京市海淀区民族学院南路11号;电话:68422365;E-mail: yangzy@public3.bta.net.cn。