

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

华北中生代地壳运动解释的新尝试

——真极移模式

李 普

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京)



根据地球真极移和地壳运动关系的规律, 以华北为例, 阐明中国大陆南移的观点。从200Ma到180Ma的真极移, 应在我国中部或西部。根据真极移引起地球形状调节的假说, 大陆块从高纬度地区沿真极移面向赤道道运动时一般成为碎片, 这和所见的地质现象一致。

关键词 古地磁学 真极移 中生代地壳运动

50年代, 古地磁的视极移路径用在板块构造上, 取得了一些成就。对用古地磁学成果确定古地壳运动方向和边界的问题, 有一些争议^{①②}。从古地磁学界来说, 为了探索地块运动的参考系, 曾研究了30多年, 得到的认识是地球有“真极移”^[1,2,3], 它是地幔相对地轴运动的反映, 其数值尚不能定量应用。图1是欧亚大陆的200Ma以来的视极移路径图, 图2是真极移路径图。本文以华北为例, 摸索怎样利用真极移路径进行研究解释全球构造问题。

1 真极移在研究地块位移中的作用

固体地球分几个圈层, 它们各有自己的运动规律, 相邻圈层之间又有相互作用。因此用古地磁学方法测出的“可靠”的磁偏角和磁倾角, 是各圈层运动总和的反映, 即视极移路径=真极移+平均岩石圈移动+地壳或局部岩石圈移动+其它因素引起的移动。岩石圈的这样划分是便于计算, 括号中的一项表示暂不考虑的因素。显然, 若不知道真极移的数值, 就求不出地壳对下部岩石圈的移动。

2 用真极移模式研究大地构造

真极移的研究虽然开始很早(1969年), 但结合全球构造来研究(1987年), 或用真极移模式研究大陆离散(1990年)却是近几年的事。

2.1 J. 伯塞(J. Besse)和V. 库尔蒂约(V. Courtillot)(1990年)^[1]修改了他们于1987年提出的真极移路径数值。并把地磁场倒转频率、真极移年均值、大陆离散事件和地磁古强度等四

① Lev Zonenshan, 构造地质学向何处去? 国外地质情报, 1987, 9(2), 23—25.

② B. B. 别洛多索夫, 板块构造和构造综合, 国外地质情报, 1991, 8: 43—48.

本文1992年8月收到。1993年2月改回, 王毅编辑。

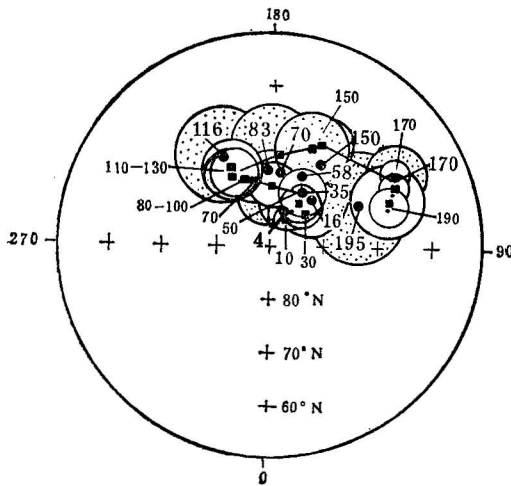


图 1 200Ma以来欧亚板块的视极移路径图
(据J. Besse和V. Courtillot, 1991)

Fig. 1 Apparent polar wandering paths (APWP) for the Eurasian plate, from the present back to 200 Ma. (after J. Besse and V. Courtillot, 1991). 连接方块的线是主路径 (每10Ma的距离用20Ma的流动窗平均)。用实体字标出年龄。实圆点, 只是欧亚古地磁数据的平均极, 用大两号的字体标出年龄

Connected squares; master APWP. (averages every 10 Ma with a 20-Ma sliding [window], ages indicated by solid digits. Solid circles; mean poles for Eurasian palaeomagnetic data only, ages indicated by open digits

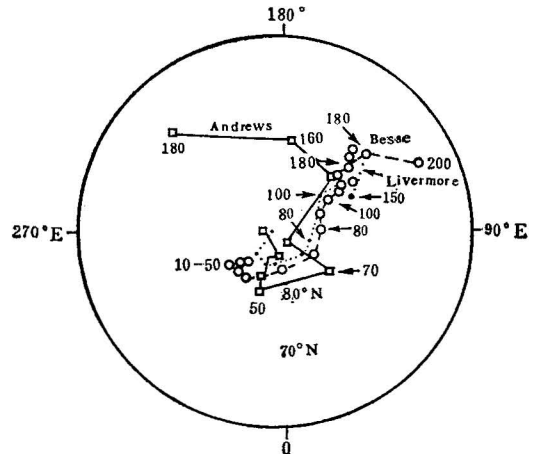


图 2 几个真极移路径的比较图
(据J. Besse和V. Courtillot 1991)

Fig. 2 Comparison between several true polar wander paths. (after J. Besse and V. Courtillot, 1991)

Andrew[1985]的是方框, Livermore[1984] 的是实圆点。J. Besse和V. Courtillot[1991]的是圆圈。等面积投影

Open squares are after Andrews[1985], solid circles after Livermore[1984], open circles after J. Besse and V. Courtillot[1991]. Equal area projection

个参数联系起来。真极移速率快和慢的时期同地磁年表中的磁扰带和磁静带相对应。以这个关系为主要线索, 提出真极移机制的理论。他们认为地幔最低部D''层的厚度变化将控制地核对于地幔的热流。当D''层厚度最大时, 传导热流则达到最低点, 另外地磁场倒转频率减小。例如白垩纪长正向期内, 下地幔最低部D''最厚, 随后地核运动变得不稳定, 在地核的某些地点将其热柱释放到地幔中。当D''层的厚度减小时, 核幔交界上热流急剧增加, 使地磁的倒转重新开始。此外, 热柱还引起地幔对流加剧, 观测到的真极移速率增大。

2.2 R. C. 博斯特罗姆 (R. C. Bostrom) (1990年)^[2]研究了真极移时期内冈瓦纳大陆离散的问题。他采用晚古生代到40Ma期间总的真极移方向, 约60°W—120°E的地球经圈为真极移面, 大陆离开南极向北流散。他根据的理论是: 由于地球内部地幔对流的不均匀性, 引起地球内部质量分布不均匀。由精确的大地重力异常图上可以明显看到重力异常的地方, 在其下方就存在质量分布不均匀。假若地球内部质量不均匀性随时间变化很大时, 将会引起地球赤道变迁。他把所需地球形状调节和地下压强变化与大地构造记录进行比较后指出, 冈瓦纳大陆由南极地区向北漂移的理论和实际观察具有类似性。冈瓦纳大陆由高纬度向中、低纬度运动属离散运动, 地球内部深处物质向上流动, 大陆散开。赤道的另一侧北半球的大陆运动属收敛运动, 经平衡作用其上部物质向下流动, 使大陆收敛。

以地球自转为机制的大地构造学说有大陆集中在赤道带的缺点。上述地球形状调节的假说没有这个缺点。但R. C. 博斯特罗姆用晚古生代以来到40Ma前的冈瓦纳大陆流散作为例子, 笔者认为有点过于简化。据笔者了解中国印支构造阶段和燕山构造阶段, 中国大陆壳开始解体, 还有大

陆向南移动的证据。所以用中国地质资料解释古地磁学中的真极移,比较恰当。

3 古纬度、剩磁偏角及古地磁极位置的确定

3.1 山西太原及中国东部的古纬度及剩磁偏角

图1用的是古地磁参考系。据该图所获信息以山西太原(37.8°N , 112.4°E)为参考点,求出其古纬度的变化如下:开始从 57°N (200Ma)上升到 60°N (190Ma),然后下降到 58°N (180Ma),再急剧下降到 31°N (130Ma),保持大体不变到80Ma,然后缓慢增加到 43°N (50Ma),最后缓慢下降到现代纬度上。而它的剩磁偏角变化情况是:开始从 -1° (200Ma到190Ma)急剧偏东到 25° (150Ma),然后又向西偏到 10° (120Ma),再缓慢向西偏到 7° (50Ma),最后向西偏到现代轴向地心偶极子场的方向 0° 。

中国东部目前还没有公认的古地磁视极移路径,在纬度方面,其白垩纪的数据比较一致^[3,4],没有早侏罗世的数据,只有中侏罗世和晚侏罗世的数据,较分散。根据文献[5]资料而推算的中国东部剩磁偏角由 -22° (晚三叠世,对应同位素年表上的210Ma,下同),向东偏为 -1.5° (由内插法得到的数值约为190Ma),再往东偏至 24° (晚侏罗世,150Ma),最东达到 29° (早白垩世,120Ma,和晚白垩世,80Ma)。以后没有数据。

根据文献[6]的古气候变迁图,认为中国东部古纬度和方位角变化的情况,同图1大体一致,而且该文献中给出的陆块运动速率增减的趋势同真极移速率增减的趋势一致,但滞后30Ma。

3.2 古地磁极位置的确定

由图2中J. Besse和V. Courtillot的真极移路径得到的信息,这个图用的是固定非洲参考系(例如以刚果(0° , 20°E)为参考点,在大陆漂移的历史中被认为其经度和纬度的数值不变)。事实上,非洲相对地球自转轴或地球中间圈都在运动。这样一来,在真极移的每个阶段内,由刚果观察到的古地磁极位置就可以标定出来。在文献[1]中未列出J. Besse和V. Courtillot真极移路径的数据表。笔者只好由图2上估计出三个有代表性的位置数值:真极移速率最大的200Ma(65°N , 110°E)到180Ma(75°N , 130°E),接近180Ma到110Ma真极移停滞期末尾而且纬度最低的为120Ma(70°N , 135°E)。

(1) 由于这条真极移路径尚缺200Ma以前的数据,所以这个真极移速率最高的移动总方向不能完全确定。笔者姑且取200Ma到180Ma的真极移方向为总方向。利用吴尔夫网,在图2上指定以 110°E 为基线,量出200Ma到180Ma的弧长为 12° ,与基线的夹角为 $\angle 22^{\circ}$ 。再以 130°E 为基线,量出180Ma到120Ma的弧长为 5° ,与基线的夹角为 $\angle 160^{\circ}$ 。(2) 第一个坐标转换操作是让200Ma的数据点沿着经线(110°E)上升 25° 就到地轴的北端,因为 $110^{\circ}\text{E}-70^{\circ}\text{W}$ 大圆的极点恰好在刚果(0° , 20°E),所以坐标转换后这条经线仍是 110°E 。然后让地球中间圈沿着 $88^{\circ}\text{E}-92^{\circ}\text{W}$ 的大圆向东半球转动 12° 。(3) 第二次坐标转换操作是让180Ma的数据点沿着 $130^{\circ}\text{E}-50^{\circ}\text{W}$ 的大圆向上移动 15° 到地轴北端,这次转换坐标的极点为 0° , 40°E ,所以这个大圆的经度数值稍有变化。再让中间圈沿着与这条大圆成偏西 $\angle 20^{\circ}$ 的角向西半球转动 5° 。(4) 按照球面三角形的关系,原来在 112.4°E 上的太原古纬度,由于真极移的原因,相应地先下降 11° 后上升约 4.6° 。

另外,太原方位角变化的情况主要是利用图2的坐标位置,并假定在200Ma到120Ma时期内太原和刚果的经度差变化不大。令200Ma的古地磁极位置(65°N , 110°E)为A点。离开A点向南 33° (太原的预期古余纬度)定出“太原”的第一个位置(57°N , 112.4°E)为B点,AB弧取向为起始方位。再令180Ma的古地磁极位置(75°N , 130°E)为C点。离开C点向南 32° (太原的预期古余纬度)定出“太原”的第二个位置(58°N , 112.4°E)为D点,测出真磁偏角校正值

$\angle ADC$ 为 4° 。第三次令120Ma的古地磁极位置($70^\circ N$, $135^\circ E$)为E点。离开E点向南 59° (太原的预期古余纬度)定出“太原”的第三个位置($31^\circ N$, $112.4^\circ E$)为F点, 测出真磁偏角校正值 $\angle AFE$ 为 8° 。

计算“预期太原”在中间圈上的运动。

由视极移数值中扣除真极移的数值, 差值就是陆块在地球中间圈上的绝对运动。但我们在转换坐标时认为刚果的经度值($20^\circ E$)不变, 所以陆块所在位置的经度仍有相对意义。根据前面求出的各种数值, 先得出南北方向上的绝对运动: 从200Ma到180Ma“预期太原”向北移动($1^\circ + 11^\circ =$) 12° 。从180Ma到120Ma“预期太原”又向南移动($27^\circ + 4.6^\circ =$) 31.4° , 净向南移动 19.4° 。后得出绝对转动: 从200Ma到180Ma偏西($7^\circ - 4^\circ =$) 3° , 从180Ma到120Ma偏转($4^\circ - 4^\circ =$) 0° , 净反时针方向转了 3° 。

4 讨论

4.1 200Ma到180Ma的真极移面在什么地方

(1) 真极移的地球形状效应最明显的现象是赤道变迁。恰好文献[7]讨论这一问题, 该文认为在195Ma前地球赤道变迁, 使喜马拉雅山脉(前身)所处的古坐标值(0° , $90^\circ E$)变成新坐标($30^\circ N$, $90^\circ E$)。这和本文推出的真极移在时间、地点和表面量值上都吻合。(2) 已知在地球纬度 45° 带上有地下压强变化引起的效应, 而在真极移面上纬度数值变化最大, 所以在它们的交叉区上, 会出现特殊的构造现象。从陈焕疆和朱夏的《中国东部白垩纪—第三纪板块运动示意图》^[9]上分析, 在 $105^\circ E$ 上的安加拉克拉通(亚洲板块的核心), 其南方出现弧形构造。笔者认为安加拉克拉通离开 $88^\circ E$ 很近, 它的真极移量为 11.5° 。安加拉克拉通本身坚硬, 南方比较零散, 在快速真极移的作用下会产生弧形构造。

4.2 华北地壳运动模式

1) 预期模式。基本格局是太平洋板块-安加拉克拉通-印度板块是中国大陆的三个方向上的近邻。200Ma前, 在地轴坐标系里太原坐落在($63^\circ N$, $112.4^\circ E$)上。从200Ma到180Ma期间, 在 $88^\circ E$ 带上发生大而快的赤道变迁, 使向北运动的欧亚板块东部调头向南运动。华北陆块除进行先向北后向南的运动外, 还向反时针方向旋转 3° 。从180Ma到150Ma期间, 欧亚板块东部急速向南运动, 对面的印度板块又向北挺进, 两板块相撞之后形成青藏高原。同时华北陆块还向反时针方向旋转了($17^\circ - 2^\circ =$) 15° 。从150Ma到120Ma期间, 因为发生速度不大的向西半球转动的真极移, 华北陆块向南运动的速度由放慢到表观速度接近零(陆块向南运动的速度等于当地的真极移向北的速度); 同时由于太平洋板块的作用, 华北陆块调头向顺时针方向旋转($13^\circ + 2^\circ =$) 15° , 恢复到原来的方位上。总之, 达到暂时的平衡状态。

2) 实测模式。中生代华北陆块上的古地磁资料解释, 取决于华北和蒙古陆块同西伯利亚陆块对接的年代是什么。从现有的古地磁数据出发, 有些学者认为对接的年代是中侏罗世、晚侏罗世, 甚至是早白垩世。笔者根据文献[5]的古地磁数据, 从剩磁偏角变化的趋势上估计, 华北和蒙古陆块有可能在距今190Ma前后同西伯利亚陆块对接, 因为从这时起一直到150Ma, 实测剩磁偏角和预期的数值一致。因此, 这段时期内华北陆块的运动情况, 可以纳入欧亚板块运动的格局中。

3) 对几个问题的见解。(1) 根据真极移的观点, 从200Ma到150Ma期间, 地球中间圈主要是向东半球转动, 假若华北陆块不在190Ma前后到位, 以后再向北行就难克服逆行之势。(2) 因为从200Ma到180Ma的赤道变迁, 仅使青藏(前身)的古纬度向北升高 12° 。所以文献[7]所持

的理论不一定能成立。

总之, ①用真极移的观点解释华北陆块从200Ma到120Ma前的运动史, 在地质资料上说是相容的; 但是运动情节上同只考虑板块之间相互作用的模式不大相同。

②从图2上看出, 真极移和赤道变迁是在不停的进行着, 所以造成地壳波浪式的运动。

③笔者用尚不完善的真极移路径定出的真极移面和地质现象吻合。因此不但用实际检验了理论, 而且今后有可能用地质现象充实真极移理论。

本文在修改过程中, 谭承泽教授和邓乃恭研究员提出了宝贵的意见, 在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 Besse J. Courtillot V. Revised and Synthetic apparent polar wander paths of the African, Eurasian, North American and Indian plates and true polar wander since 200 Ma. *J. Geophys. res.*, 1991, 96 (B3): 4024—4055.
- 2 Bostorm R C. Figure adjustment and tectonics during polar wander, the flowing-apart of Gondwana. *Tectonophysics*, 1990, 182 (3/4): 392—402.
- 3 傅承义等. 地球物理学基础. 北京: 科学出版社, 1985.
- 4 Lin J L et al. Preliminary Phanerozoic polar wander paths for the North and South China blocks. *Nature*, 1985, 331: 444—449.
- 5 吴汉宁, 常承法, 刘椿, 钟大赉. 依据古地磁资料探讨华北和华南块体运动及其对秦岭造山带构造演化的影响. *地质科学*, 1990, 3: 201—214.
- 6 费琪. 中生代中国及邻区板块碰撞、旋转及离散模式初探. *地球科学 (武汉)*, 1987, 12(5): 463—475.
- 7 王青山. “古陆环球, 赤道变迁”机理. *阴山学刊 (自然学报)*, 1992, 11(1): 1—11.
- 8 陈焕疆, 朱夏. 中国东部白垩—第三纪板块运动示意图. 见: 杨森楠, 杨巍然主编, 中国区域大地构造学. 北京: 地质出版社, 1985.

INTERPRETATION OF MESOZOIC CRUSTAL MOVEMENTS IN NORTH CHINA

—True Polar Wander Model

Li Pu

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

According to the law of relationship between true polar wander and crustal movement, the idea of southward movement of the Chinese continent is expounded with reference to the North China example. It is found that the 200 Ma to 120 Ma old wander plane should be situated in central or western China. On the basis of the hypothesis of earth shape adjustment, the continent that moved along the wander plane from high-latitude regions to the equator was fragmented. This is in accordance with the tectonic record.

Key words: paleomagnetism, true polar wander, Mesozoic crust movement

作 者 简 介

李普, 生于1927年11月。1955年毕业于西北大学物理系物理专业。毕业后分配到北京大学地球物理系工作。1962年调到中国地质科学院地质力学研究所工作。长期从事于古地磁学。现任地质力学所研究员。通讯地址: 北京民族学院南路11号, 邮政编码: 100081。