

中国地质科学院

宜昌地质矿产研究所所刊

第 10 号

地质出版社

中国地质科学院
宜昌地质矿产研究所所刊
第10号

责任编辑：孙旭荣 徐涛

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：783×1092¹/₁₆ 印张：8⁵/₈ 字数：201,000
1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷

印数：1—1,596册 定价：2.00元

统一书号：13038·新177

目 录

纬向构造体系成生发展的波动力学原理.....	邹达人 (1)
腹足类口盖化石在中南地区早第三纪地层中的分布及其意义.....	关绍曾 (13)
鄂西荆当盆地 <i>Sphenozamites</i> 植物的研究.....	孟繁松 (25)
论湘西北小溪峪组的地质时代.....	王振贤 张采繁 (35)
华南二叠纪含煤地层与植物群的新认识.....	冯少南 (47)
广东阳春盆地岗尾-石菴型花岗岩类中包体的岩石特征及其成因	马大铨等 (59)
广东阳春地区两类花岗岩类岩石化学成分的对比较研究.....	涂绍雄 (73)
广东阳春地区两类花岗岩类的铷-锶、氧同位素组成及其成因探讨.....	赵子杰等 (89)
花岗岩型钨矿床.....	谭运金 (99)
粤北大宝山层状多金属矿床的铅、硫、氧同位素地球化学研究.....	陈好寿 (111)

BULLETIN OF THE YICHANG INSTITUTE OF GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF THE CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.10

CONTENTS

The Wave Theory of the Growth and Development of Latitudinal Tectonic System	Zou Daren (12)
The Distribution of Gastropod Opercula in the Early Tertiary Strata from Central South China and Their Significance.....	Guan Shaozeng (21)
A Study on <i>Sphenozamites</i> from Jingmen-Dangyang Basin, Western Hubei	Meng Fansong (30)
On the Geological Age of the Xiaoxiyu Formation, Northwestern Hunan.....	Wang Genxian, Zhang Cai fan (46)
New Knowledge on the Permian Coal-Bearing Strata and Plant Assemblages in South China	Feng Shaonan (57)
Petrographical Study of the Enclaves from the Gangwei-Shilu-Type Granitoid in Yangchun Basin of Guangdong and a Discussion on Their Genesis.....	Ma Daquan et al. (71)
Comparison of Chemical Compositions of Two Granitoid Types from yangchun Region, Guangdong Province	Tu Shaoxiong (87)
Rubidium-Strontium and Oxygen Isotopic Composition of the Two Types of Granitoid in Yangchun Area, Guangdong Province and Discussion on Their Origin.....	Zhao Zijie et al. (98)
The Granites-Type Tungsten Deposits.....	Tan Yunjin (109)
Geochemical Investigations on the Lead, Sulphur and Oxygen Isotopes of the Dabaoshan Stratiform Polymetallic Deposit, Northern Guangdong.....	Chen Haoshou (124)

Edited by the Bulletin Editorial Department,
Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS
(P. O. Box 502, Yichang Hubei)

纬向构造体系成生发展的波动力学原理

邹 达 人

〔内容提要〕 本文从波动方程式出发,用波动地质力学的观点,探讨了全球纬向 构造成生发展问题。证实了“小等距性”找矿规律,并对“大等距性”预测找矿 的远景,寄予了期望。

论证了纬向构造发生发展波形,具有衰减振荡特征,多期活动具有“超前”效应,从而揭示了“成带”规律。进一步解决了纬向构造运动定向性问题。理论计算结果与亚洲 的地质资料吻合。并预测了两半球各有主要纬向带10条。

李四光教授总结了全球纬向构造体系的存在^{〔1〕}。之后,他指出:今后地质力学的首要任务之一,还必须解决大规模地壳运动的定向性;运动的定时性;运动的周期性等基本规律的问题。

近年来,我国地质力学工作者、澳大利亚及苏联地质工作者,对利用“等距性”在地质找矿方面的实例和应用,都作过较详尽的讨论。但对“等距性”及其他有关方面的理论研究,似乎还是一个薄弱环节。本文试图用统一的理论,对纬向构造的成生发展,进行初步的探讨。

本文以波动力学为基础,从波动地质力学的观点,建立了“等距性”、“周期性”……等由丰富的野外工作经验中所归纳出来的有效预测手段的理论依据。深入讨论了多期活动的内在联系。在此基础上,阐明了纬向构造体系成“带”的规律性。除此之外,文中还预测了北半球 83°N 极圈内,应有高纬度纬向构造或纬向断裂带的存在,与文献中的资料吻合^{〔2〕}。由于本文立论,对南、北半球均能适用,因此,还能预测南极洲 83°S 极圈内,会有对应的纬向构造或断裂带的存在。

一、球坐标下的波动方程及其通解

波动力学方程^{〔3〕〔4〕},取下面形式:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2}$$

在我们现在讨论的情况下,上式 Φ 可称为应变函数, v 为波传播速度。对于 横波^①, $v^2 = \frac{\mu}{\rho}$, μ 为剪力模量, ρ 为介质密度。

上式在球坐标下,可以写为:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} \quad (1)$$

① 本文只讨论地表情况

式中 θ 为余纬度, φ 为经度, r 为向径。求(1)式的通解。以

$$\Phi(r, \theta, \varphi, t) = R(r) \Theta(\theta) \Psi(\varphi) T(t)$$

代入方程(1), 得:

$$\frac{1}{r^2} \Theta \Psi T \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + R \Psi T \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + R \Theta T \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} = R \Theta \Psi \frac{1}{v^2} \frac{d^2 T}{dt^2}$$

将上式两端, 同除以 $R \Theta \Psi T$ 得:

$$\frac{1}{R} \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \frac{1}{\Theta} \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \frac{1}{\Psi} \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} = \frac{1}{T} \frac{1}{v^2} \frac{d^2 T}{dt^2}$$

从上式可见, 等式左端为空间的函数, 而右端是时间的函数。要使其相等, 必须分别令它们等于某一常数。现令该常数为 $-K^2$, 则:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{R} \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \frac{1}{\Theta} \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \frac{1}{\Psi} \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} &= -K^2 \end{aligned} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{T} \frac{1}{v^2} \frac{d^2 T}{dt^2} &= -K^2 \quad (K=1, 2, 3, \dots) \end{aligned} \right. \quad (3)$$

从(3)式得:

$$\frac{d^2 T}{dt^2} = -K^2 v^2 T$$

其通解为:

$$T(t) = A e^{iKvt} \quad (K=1, 2, 3, \dots) \quad (4)$$

下面按同样的方法, 分离(2)式。处理之前, 先将(2)式两端, 逐项乘以 r^2 。于是得:

$$\frac{1}{R} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \frac{1}{\Theta} \frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \frac{1}{\Psi} \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} = -K^2 r^2$$

经移项后, 得:

$$\frac{1}{\Theta} \frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \frac{1}{\Psi} \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} = -\frac{1}{R} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) - K^2 r^2$$

同样的理由, 因上式右端为空间向径的波函数, 而左端为空间角度的波函数。令它们分别等于另一常数 $-l(l+1)$ 。则:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{R} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dR}{dr} \right) + K^2 r^2 - l(l+1) &= 0, \quad (l=1, 2, 3, \dots, n) \end{aligned} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{\Theta} \frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \frac{1}{\Psi} \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} &= -l(l+1) \end{aligned} \right. \quad (6)$$

(5)式简化后, 得:

$$r^2 \frac{d^2 R}{dr^2} + 2r \frac{dR}{dr} + [K^2 r^2 - l(l+1)]R = 0. \quad (l=1, 2, 3, \dots, n) \quad (7)$$

(7) 式是 $\left(l + \frac{1}{2}\right)$ 阶球贝塞尔微分方程。为了清楚这点, 用 $x = Kr$ 代入上式, 因而 $R(r) =$

$$R\left(\frac{x}{K}\right) = y(x).$$

经简化后, 得:

$$x^2 \frac{d^2 y(x)}{dx^2} + 2x \frac{dy(x)}{dx} + [x^2 - l(l+1)]y(x) = 0 \quad (8)$$

(7) 式和 (8) 式, 在形式上是类似的。但还看不出是标准型的 $\left(l + \frac{1}{2}\right)$ 阶贝塞尔方程。因而还必须进一步代换。

以 $y(x) = x^{-1/2} g(x)$, 代入方程(8), 经过较繁的计算并简化后, 最后可得:

$$x^2 \frac{d^2 g(x)}{dx^2} + x \frac{dg(x)}{dx} + [x^2 - \left(l + \frac{1}{2}\right)^2]g(x) = 0$$

这就是典型的 $\left(l + \frac{1}{2}\right)$ 阶球贝塞尔微分方程。它的通解为:

$$g(x)_l = BJ_{l+1/2}(x) + CJ_{-(l+1/2)}(x)$$

因此 $y(x)$ 的通解为:

$$y(x)_l = x^{-1/2} g(x) = \sqrt{\frac{1}{x}} [BJ_{l+1/2}(x) + CJ_{-(l+1/2)}(x)]$$

由于已令 $x = Kr$, 代入(7)式后, 即得球贝塞尔方程的通解:

$$R(r)_l = \sqrt{\frac{1}{Kr}} [BJ_{l+1/2}(Kr) + CJ_{-(l+1/2)}(Kr)]. \quad (l=1, 2, 3, \dots, n) \quad (9)$$

下面我们继续考虑(6)式。首先将(6)式两端, 逐项乘以 $\sin^2 \theta$ 后, 再分离变量。得:

$$\frac{1}{\Theta} \sin \theta \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + l(l+1) \sin^2 \theta = -\frac{1}{\Psi} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2}$$

同样的理由, 因为上式左端为余纬度的函数, 而右端为经度的函数, 故分别应等于另一常数 m^2 。于是得:

$$\begin{cases} -\frac{1}{\Psi} \frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} = m^2, & (m=0, 1, 2, \dots, l) \\ \frac{1}{\Theta} \sin \theta \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + l(l+1) \sin^2 \theta = m^2 \end{cases} \quad (10)$$

$$\frac{1}{\Theta} \sin \theta \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + l(l+1) \sin^2 \theta = m^2 \quad (11)$$

显而易见, (10) 式的通解为:

$$\Psi_{(\varphi)} = De^{im\varphi} \quad (m=0, 1, 2, 3, \dots, l) \quad (12)$$

现在只剩下(11)式。将它两端同乘以 $\frac{\Theta}{\sin^2 \theta}$, 经移项后得:

$$\frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d\Theta}{d\theta} \right) + \left[l(l+1) - \frac{m^2}{\sin^2 \theta} \right] \Theta = 0. \quad \begin{pmatrix} m=0, 1, 2, \dots, l \\ l=1, 2, 3, \dots, n \end{pmatrix} \quad (13)$$

方程 (13) 如果以 $x = \cos \theta$ 代入, 因而 $\theta_{(\theta)} = \theta_{(\cos^{-1} x)} = y(x)$ 。经简化后, 得:

$$(1-x^2) \frac{d^2 y(x)}{dx^2} - 2x \frac{dy(x)}{dx} + \left[l(l+1) - \frac{m^2}{1-x^2} \right] y(x) = 0$$

经这一代换, 立即看出, 这个方程是有名的连带勒让德方程。据此, 可知 (13) 式系球坐标下的连带勒让德方程。在物理学上, 习惯于把 (10) (11) 两式的通解, 用球面谐函数表示:

$$Y_{(\theta, \varphi), l, m} = \sqrt{\frac{2l+1}{4\pi} \cdot \frac{(l-m)!}{(l+m)!}} P_l^m(\cos \theta) e^{im\varphi} \quad (m \leq l; l=1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

至此, 可知球坐标下波动方程的通解为:

$$\Phi_{(r, \theta, \varphi, t), l, m} = \sum_{l=1}^n \sqrt{\frac{2l+1}{4\pi} \cdot \frac{(l-m)!}{(l+m)!}} P_l^m(\cos \theta) \cdot \sqrt{\frac{1}{Kr}} \cdot [BJ_{l+1/2}(Kr) + CJ_{-(l+1/2)}(Kr)] \cdot e^{im\varphi} \cdot e^{ivKt} \quad (15)$$

($m=0, 1, 2, \dots, l$) ($l=1, 2, 3, \dots, n$)

值得提出的是, 上列通解中 l 及 m 的取值, 都是方程式本身要求的。只有这样的取值, 才能使方程式的解有界, 而且具有周期性的解。我们并没有引入任何人为的限制。

二、边界条件的确立与方程式的特解

在制订边界条件求特解时, 应注意研究的主要课题是地球表面的构造体系, 而不是地球深部的运动情况。因此, 当:

1. $r \leq P$ (P 表示地球半径) 时, 波函数应等于 0;

2. $r \rightarrow \infty$ 时, 从常识出发也很明显, 那里不应有纬向构造体系存在。因此, 在这种情况下, 波函数也应该等于 0。

本文虽然只讨论北半球问题, 不言而喻, 一切结果, 同样适用于南半球。而且南北两半球纬向构造是同时成生发展的。多期次活动亦然。讨论北半球, 只是为了有国内资料可以核对的缘故。

(一) 径向空间波函数的边界条件及特解

根据上面的讨论, 可订径向空间波函数的边界条件如下:

$$R(r) \Big|_{r \leq P} = 0 \quad (P \text{ 表示地球半径}) \quad (a)$$

$$\lim_{r \rightarrow \infty} R(r) = 0 \quad (P \leq r < \infty) \quad (b)$$

径向空间波函数, 系指 (9) 式。即:

$$R(r)_l = \sqrt{\frac{1}{Kr}} [BJ_{l+1/2}(Kr) + CJ_{-(l+1/2)}(Kr)] \quad (l=1, 2, 3, \dots, n) \quad (9)$$

根据边界条件 (a), 并注意到 $K \neq 1$, K 只能取 2, 3, 4, ... 等值。

在 $K \neq 1$, $r = P$ 的条件下, 上式中的常数 C 必须等于 0。

根据边界条件 (b), 则 B 不能等于 0。其中 B 是任意常数。不失一般性, 可令 $B = 1$ 。因

此, (9)式的特解为:

$$R(r)_l = \sqrt{\frac{1}{Kr}} J_{l+1/2}(Kr). \quad (l=1, 2, 3, \dots, n); (K=2, 3, 4, \dots, l) \quad (16)$$

(二) 余纬度空间波函数的边界条件及特解

在求余纬度空间波函数特解之前, 我们先讨论一下 $e^{im\varphi}$, 它是按经度分布的波函数。

由于球对称性, 本征值 $m=0$, 因此本征函数 $e^{im\varphi}=1$ 。故在(14)中, 空间余纬度波函数, 取下面形式:

$$\theta_{(e)_l} = \sqrt{\frac{2l+1}{4\pi}} \cdot P_l(\cos\theta) \quad (l=1, 2, 3, 4, \dots, n) \quad (17)$$

由于我们只讨论北半球问题, 上式中 θ 取 $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ 等一系列值, 式中 θ 为余纬度。

其次, 我们在制订余纬度空间波函数边界条件之前, 还必须注意到地质上的两个基本事实。即:

1. 地球自转轴与南、北极点接触处, 没有纬向构造体系的存在, 即 $\theta=0$ 时, $\theta_{(e)_l}$ 必须等于0;

2. 地球赤道上, 同样也不存在纬向构造体系, 这意味着当 $\theta=90^\circ$ 时, $\theta_{(e)_l}$ 也必须等于0。

只有这样, 才不会抛掉全部北半球(或南半球)的所有纬向构造。

因此, 我们可以制订余纬度空间波函数的边界条件如下:

$$\left. \begin{aligned} \theta_{(e)_l} &= 0. \\ \theta &= 0^\circ \\ \theta &= \frac{\pi}{2} \end{aligned} \right\}$$

正如刚才所说, 制订这样的边界条件, 是为了包括北半球(或南半球)的所有纬向构造体系, 使它既符合地质的客观实际, 也没有引入任何人为的限制和臆造。

但是, 要满足这样的边界条件, 并不是轻而易举的。

第一, 由(17)式中我们察觉到, $P_l(\cos\theta)$ 是 $\cos\theta$ 的函数。 $\cos\theta$ 本身就是一个周期性的连续函数。从数学和物理意义上说, 连续函数不产生分立谱, 从地质意义上说, 不可能产生分立的纬向构造体系。

第二, 就 $P_l(\cos\theta)$ 来说, 两极处余纬度 $\theta=0$, 但不论 l 取什么值 ($l=1, 2, 3, \dots$), $P_l(\cos\theta)=1$, 也就是说 $\theta_{(e)_l} \neq 0$ 。这在地质上, 意味着两极处有纬向构造体系的存在。显然是违背两条基本事实之一的。

第三, 就 $P_l(\cos\theta)$ 而言, 在赤道上余纬度 θ 等于 90° , 我们根据边界条件要求, $P_l(\cos 90^\circ)$ 应该等于0, 这时在赤道上才不会出现纬向构造体系。可是, 我们深刻了解到, l 为奇数时, $P_l(\cos 90^\circ)$ 才等于0; 当 l 为偶数时, $P_l(\cos 90^\circ) \neq 0$ 。当这种情况出现时, 显然。它时而能满足第二条基本事实; 时而又会违背它。

在满足上述边界条件下, 我们试图一举解决这些困难。

我们可以借鉴于物理学上处理点电荷的办法, 引入 δ 函数。它的特性是: 当 $\theta=\theta_0$ 时,

$\delta(\theta, \theta_0) = 1$; 当 $\theta \neq \theta_0$ 时, $\delta(\theta, \theta_0) = 0$ 。除注意到 δ 函数这一特性外, 我们还应该进一步要求它, 当 $\theta = 0$ 时, 保证 $\theta_0 \neq 0$, 这样两极轴处就不会出现纬向构造; 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 保证 $\theta_0 \neq 90^\circ$, 这样就使赤道上不存在纬向构造体系。

要做到这一点, 显然是不困难的, 只要取 $\theta_0 = e^0$ 即可。这样 $\theta = 0$ 时, $\theta_0 = e^0 = e^0 = 1$, 保证了 $\theta_0 \neq 0$; 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 又保证了 $\theta_0 = e^0 = e^{90} \neq 90^\circ$,

$\theta_0 = e^0$ 指出, θ_0 必须具有等角螺线的特性。由于 δ 只取 0 和 1 两个值, 在我们情况下, 它用 0 值只限制了两极及赤道不出现余纬度波函数, 因此, 任何波函数特解形式上的变化, 不影响特解的实质。

经研究得出, 当 $\theta_0 = 6.87 e^{\ln[1+1.8d+(l-1)\cdot\Delta\theta] - (l-1)\cdot\Delta\theta}$ 时, 这时 δ 取下列形式:

$$\delta\{\theta_{l,d}, 6.87 e^{\ln[1+1.8d+(l-1)\cdot\Delta\theta] - (l-1)\cdot\Delta\theta}\} \\ (l=1, 2, 3, \dots, n); (d=0, 1, 2, \dots, 9).$$

则上述第一至第三项困难, 一举全部解决。

据此, 满足边界条件: $\Theta_{(e)l} \Big|_{\substack{\theta=0^\circ \\ \theta=90^\circ}} = 0$ 的余纬度空间波函数(17)式的特解, 取如下形式:

$$\Theta_{(e)l,d} = \sqrt{\frac{2l+1}{4\pi}} \cdot P_l(\cos\theta_{l,d}) \cdot \delta\{\theta_{l,d}, 6.87 e^{\ln[1+1.8d+(l-1)\cdot\Delta\theta] - (l-1)\cdot\Delta\theta}\} \quad (18) \\ (l=1, 2, 3, \dots, n); (d=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$$

上式中 $\Delta\theta$ 为余纬增量, d 为计算方便而引入的一个有限变量。

三、解的地质意义及若干推论

(一) 纬向构造体系活动的多期次性

纬向构造体系活动具有多期次特性, 以上推导的特解中, 必须反应这一客观实际。我们回头考察(16)和(18)式。见到 $R(r)_l$ 及 $\Theta_{(e)l,d}$ 中均有脚标 l , 而 l 的取值为 $1, 2, 3, \dots, n$ 。据此可知, 空间解的确具有多期次活动的特征。 $l=1$ 时, 意味着纬向构造体系的第一期次活动和活动规律。此外, 从 l 取值看, 纬向构造的活动期次, 不仅是多期的, 而且是没有终止的。因而从这一理论所导出的结果, 是符合地质历史事件的客观规律的。

(二) 径向波函数 $R(r)_l$ 单期次活动的空间展布特征

径向波函数系指(16)式, 它是 $J_{l+1/2}(Kr)$ 的函数, $J_{l+1/2}(Kr)$ 有一个特点, 它的图象波峰较陡, 波峰之外, 其他地方却较平缓。这种图象宜于医学上应用, 对地质体的形变, 却不合适。

数学物理方法上, 习惯于将 $\sqrt{\frac{1}{Kr}} J_{l+1/2}(Kr)$ 再乘上一个常数因子 $\sqrt{\frac{\pi}{2}}$, 并用 j_l 表示, 此时才称为球贝塞尔函数, 即:

$$j_l = \sqrt{\frac{\pi}{2Kr}} J_{l+1/2}(Kr)$$

故径向波函数 (16) 式, 可写为:

$$R(r)_l = j_l(Kr) \quad (19)$$

(19) 式对描述地质体的形变波形是非常有利的。

下面, 我们根据此式, 绘出了纬向构造体系第一期活动 ($l=1$) 及第二期活动 ($l=2$) 空间展布的波形 (图1)。

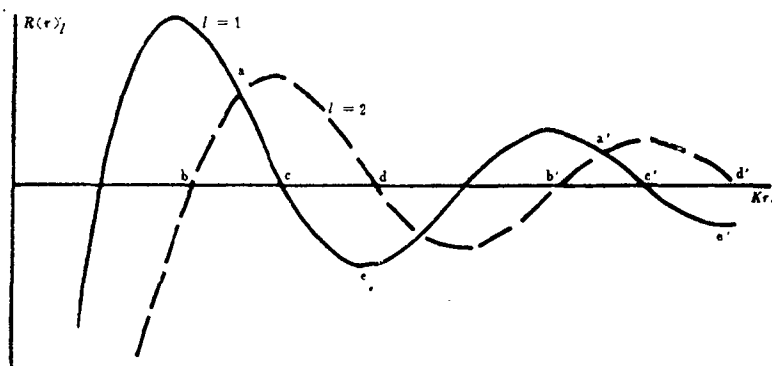


图 1 纬向构造体系 $R(r)_l$ 活动空间 (径向) 及其内在规律展布曲线
($l=1$, 第一期活动; $l=2$, 第二期活动)

Fig. 1 Spatial distribution of single and multi-stage movement, and the intrinsic regularity of $R(r)_l$

($l=1$, first-stage movement; $l=2$, second stage movement)

从图 1 看出:

1. 纬向构造空间展布具有明显的衰减规律。其衰减程度由 Kr 的倒数决定。
2. 其空间展布, 具有鲜明的周期性。其周期依 Kr 的正弦和余弦的组合而定。
3. 纬向构造体系生成发展过程中, 具有严格的“等距性”(图上仅绘两个周期), 无论波峰与波谷均是如此。暂称它为“大等距性”。这种单期活动所显示的大等距性, 目前在地质预测找矿方面, 还没有被应用。

从下面的讨论我们将会看出, 纬向构造的大等距性, 是大约以纬度 8° 为间距的。

4. 从图 1 分析矿床发育情况, 我们认为波峰区 (隆起地带), 一般易受侵蚀, 古老岩系及壳源或幔源岩浆岩容易出露, 同时这些地区对变质及岩浆矿床, 发育有利。

(三) 径向空间波函数多期活动空间展布的内在规律, 及成岩成矿有利部位的推断

为了研究纬向构造径向空间展布的多期活动内在规律, 我们用 (17) 式绘制了第二期活动 ($l=2$) 空间展布曲线 (图1)。

从图 1 看出:

1. 不仅单期活动具有衰减规律特征。多期次活动之间, 也具有这一规律。
2. 对纬向构造体系而言, 相邻两期次的活动, 它们并不重迭。后期活动对前期活动相对说来, 有“趋前”现象。下面, 我们将会看到, 正是这一“趋前”现象, 才揭示了为

什么纬向构造体系, 会成“带”的道理。

3. 第一期活动波峰(或波谷)与第二期活动对应波峰(波谷)之间, 具有明显的“等距性”(图上仅绘出两个周期)。这种等距性, 为多期活动必然产物, 是趋前现象的结果。为了区别于上面提过的“大等距性”, 我们称由于多期活动所产生的这种等距性, 为“小等距性”。它已为预测找矿所证实, 地质力学工作者简称它为“等距性”。

纬向构造体系多期活动的这种内在规律, 在找矿预测方面, 具有一定的地质现实意义。

纵视图1, 在abc及a'b'c'区, 是第一期纬向构造活动与第二期活动的重迭部位。对第一期活动讲, 它们分别是隆起地带的基底部位。由于多期活动的“趋前”现象, ac及a'c'在K τ 轴上的投影部分, 在第二期活动中被抬高成波峰, 因此这些部位容易形成断裂, 我们暂借用板块构造名称, 叫这些部位为缝合带。缝合带地区, 是相邻两期活动岩浆侵入的有利部位, 这里内生矿床发育。而cd和c'd'与第二期活动波峰形成的三角形地区, 对第一期活动来说, 它们原来是ce和c'e'盆地地区(波谷地区), 这些地区, 在漫长的地质历史时期, 由于沉积作用, 外生矿床发育, 由于第二期活动关系, 它们上升为第二期活动隆起地带的中下部。因此这一隆起带含有较丰富的外生矿床。在第三期活动的作用, 这些地区, 形成了第二级缝合带。因此, 纬向构造的多期活动, 造成了内生及外生矿床发育的有利地质条件。

此外, 值得一提的是, 第一期活动的波谷地带, 由于第二期活动的“趋前”效应, 使第一期活动的原有盆地, 发生萎缩。由下面即将讨论的纬向构造体系的“成带”规律可知, 这种由于纬向构造运动所产生的波谷盆地, 是由高纬度向低纬度而萎缩的; 即由北向南而萎缩的。李四光教授长期以来所欲解决的构造运动的定向性, 对纬向构造运动体系而言, 它们是由北向南发生发展的。这就是本文对这一问题的回答。

(四) 纬度空间波函数的空间展布特征

纬度波函数系指(18)式, 式中 θ 为余纬度。从上面的讨论, 我们知道它现在已经不是 θ 的连续函数, 而是具有分立的波谱。因此, 用强度来研究这些分立的波谱, 顺便还可以了解纬向构造体系强度按纬度的分布特征。

众所周知, 波函数的平方意味着强度。

根据(18)式取平方, 绘出了图2。

图2中4, 5, 6, 7, 8分别代表阿尔单-安加拉纬向带; 唐努-肯特纬向带; 阴山-天山纬向带; 秦岭-昆仑纬向带; 及南岭纬向带的第一期($l=1$)活动的所在纬度(λ^0)或余纬度(θ^0)的位置, 垂直线条的长短, 严格表示该纬向构造第一期活动强度的大小。就我国境内而言, 阴山-天山纬向带比秦岭-昆仑, 或南岭纬向带均强。这在地质上意味着强度小的南岭纬向带, 容易受到后期其他构造体系的干扰和复合改造, 例如, 南岭纬向带容易受到新华夏构造体系的复合改造。故在讨论南岭构造成岩成矿问题时, 决不能忽视新华夏构造体系的复合改造作用。

此外, 强度小在地质意义上还意味着完整性较差。

从图2还看出, 高纬度强度大; 低纬度强度小这一事实。

这一结论可能是会有争议的。但我们早已指出, 制订的边界条件, 是从整个北半球

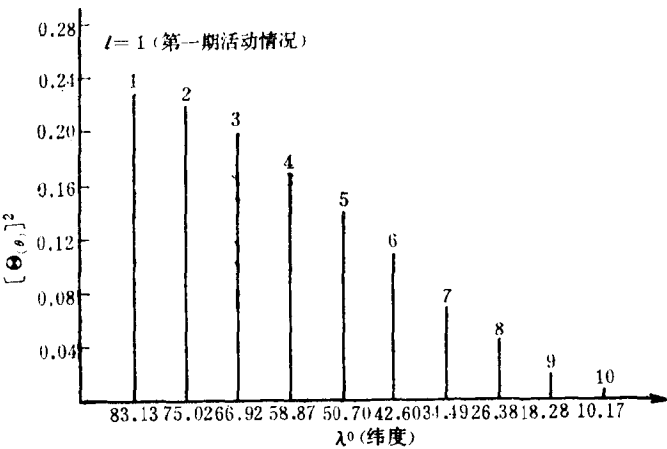


图 2 北半球纬向构造按纬度展布的空间强度
($l=1$,第一期活动)

Fig 2 The spatial intensity of distribution of latitudinal structures by latitude over northern hemisphere
($l=1$,first stage movement)

(或南半球)出发的,并基于地质上的两点公认事实:极地无纬向带;赤道无纬向带。因此,理论的计算结果,必然是高纬度强度大,而不可能是其它。

(五) 纬向构造体系的成“带”规律

为了较细致地研究纬向构造体系的成“带”规律,必须分两步走。(1)单期活动时,纬向构造的纬度位置,并与文献资料比较,以证吻合程度;(2)从理论上计算各期活动的所在纬度,研究“带”的展布规律。

下面,我们按图 2 所示,列表(表 1)总结第一期活动时各纬向构造体系所在的纬

表 1 北半球主要纬向构造分布
 $l=1$,第一期活动)

Table 1 The distribution of main latitudinal structures over northern hemisphere
($l=1$, means first stage movement)

纬向带名称	纬 度(°)	本文计算的纬度 ($l=1$)	备 注
阿尔单-安加拉 唐努-肯特 天山-阴山 秦岭-昆仑 南 岭 未署名纬向带	57°~59°N 49°~51°N 40.5°~42.5°N 32.5°~34.5°N 24°~26°N ~15.5°N	83.13°N	本文预测,与(2)中的资料吻合。 本文预测。 本文预测,
		75.02°N	
		66.92°N	
		58.87°N	
		50.70°N	
		42.60°N	
		34.49°N	本文预测。
		26.38°N	
		18.28°N	
		10.17°N	

度,以解决(1)所提出的问题。

从表1看出:

1. 理论计算值 ($l=1$, 第一期活动)与资料对比结果,能令人比较满意,只有南岭值偏离 0.38° 。

2. 根据第一期活动计算的理论值为资料的上限。因此似乎可以估计,纬向带的成生发展,是由高纬度指向低纬度的。

3. 由于资料仅限于亚洲地区,尚有三条纬向带未被证实。

为了进一步解决(2)所提出的问题,根据(18)式计算了三期活动所在的纬度位置,用以研究纬向构造体系的成“带”规律。

为了计算结果醒目起见,我们示例的把余纬度 θ 的增量 $\Delta\theta$ 定为 0.2° 。地球平均半径为6378公里,以 $\Delta\theta=0.2^\circ$ 计算,地表距达22.323公里。这个数字显然太大,不符合多期活动实际情况。但是却能帮助我们意识到多期活动按纬度展布的空间规律性。下面根据计算列出表2。

表2 多期活动按纬度的展布

(设 $\Delta\theta=0.2^\circ$)

Table 2 The distribution of multi-stage movement by latitude

(suppose $\Delta\theta=0.2^\circ$)

d	纬 度 值 (λ°)			相邻三期活动成“带”规律	构造带名称
	$l=1$, 第一期活动	$l=2$, 第二期活动	$l=3$, 第三期活动		
0	83.13°N	81.96°N	80.78°N	$80.78^\circ\sim 83.13^\circ\text{N}$	本文预测
1	75.02°N	73.85°N	72.68°N	$72.68^\circ\sim 75.02^\circ\text{N}$	本文预测
2	66.92°N	65.74°N	64.58°N	$64.58^\circ\sim 66.92^\circ\text{N}$	本文预测
3	58.87°N	57.64°N	56.46°N	$56.46^\circ\sim 58.87^\circ\text{N}$	阿尔卑-安加拉
4	50.70°N	49.53°N	48.36°N	$48.36^\circ\sim 50.70^\circ\text{N}$	唐努-肯特
5	42.60°N	41.42°N	40.25°N	$40.25^\circ\sim 42.60^\circ\text{N}$	阴山-天山
6	34.49°N	33.32°N	32.14°N	$32.14^\circ\sim 34.49^\circ\text{N}$	秦岭-昆仑
7	26.38°N	25.21°N	24.04°N	$24.04^\circ\sim 26.38^\circ\text{N}$	南岭
8	18.28°N	17.10°N	15.93°N	$15.93^\circ\sim 18.28^\circ\text{N}$	未署名
9	10.17°N	9.00°N	7.82°N	$7.82^\circ\sim 10.17^\circ\text{N}$	本文预测

从上表,值得注意的有以下几点:

1. 表中同一个 d 的横行,代表相邻不同期次的活动纬度。它们是等距的。如 d 是0的横行中, $83.13^\circ-81.96^\circ=1.17^\circ$; $81.96^\circ-80.78^\circ=1.18^\circ$ 。它们构成了相邻期次之间等距性的精细结构。

2. 每期次直行中,代表同一期活动。它们相隔的纬度约为 8° 。如 $83.13^\circ-75.02^\circ=8.01^\circ$ 。这就说明了上述“大等距性”约为 8° 的事实。

3. 从相邻三期活动成“带”规律一行看,活动期次增加时,北半球由高纬度指向低纬度(相对于第一期活动说)。因此,李四光教授所欲探讨的纬向构造运动的定向性,从而获得解决。它是由高纬度指向低纬度(即指向赤道)而成生发展的。例如南岭,其纬度范围目前为 $24^\circ-26^\circ\text{N}$,本文已说明 26°N 是南岭的上限,它是第一期活动的形迹。却不能

武断 24°N 是南岭的下限。因为构造运动是无止境的。(南半球相反)。

四、结 束 语

本文从波动力学方程式出发,用波动地质力学的观点,建立了纬向构造体系运动规律的普遍原理,使地质力学工作者从野外实践工作中总结出来的“小等距性”预测找矿原理,得到了本文理论的证实和支持。除此之外,本文还指出,“大等距性”的存在。并在利用它作为预测找矿手段方面,同样寄予了期望。

本文还揭示了单期活动的周期性、等距性、衰减振荡性;及多期活动的内在规律、成“带”规律,这些有用的规律,决非数学模拟所能解决的。特别是从这些规律中,满意地解决了纬向构造运动的定向性问题。本文指出,北半球纬向构造运动是由高纬度指向低纬度,即由北指向赤道的。从而,对纬向构造体系的成生发展的认识,有了一定的深化。

除此之外,值得提出的是:李四光教授曾提到斯托伐斯等人,从引力势出发,解拉普拉斯方程,曾指出有纬向带的存在。众所周知,拉普拉斯方程在球坐标下求解时,诚然也出现 $P_1(\cos\theta)$ 函数。正如本文上面已指出,这函数是 θ 及 $\cos\theta$ 的连续函数,它不能产生分立的纬向构造体系。当然,更无法去解决定向性、等距性,多期活动的内在规律及成“带”规律等一系列客观存在而又缺乏理论研究的一系列问题。

纬向构造具有多期活动性,对国内各地质学派而言,认识上都是一致的。但对纬向构造体系自从成生发展以来,到底活动过多少期次,在这样一个具体问题上,回答却并不能完全统一。

本文根据上面讨论过多期活动的内在规律,及成“带”规律,似乎有可能从理论上探讨这一有兴趣的问题。但这种探索,尚有待野外工作的证实。

从上几节的讨论,使我们了解到,多期活动的存在和内在规律及成“带”规律,反过来,这些事实又揭示了“趋前”现象的存在。“趋前”现象在地质构造上的产物,是缝合带的出现。两相邻期次的构造活动,产生一次缝合带;相邻三期次的构造活动,产生两次缝合带。因此,从缝合带出现的多少,理论上可判断构造活动的期次。但对缝合带个数的确定,不能掉以轻心,不仅应从整条纬向带着手,而且应该在比较不同纬向带之后,由统一的个数得出。否则,局部地区的其他因素所造成的“似缝合带”,将会干扰我国三条纬向带构造缝合带的统一个数的认识,以致对某条纬向带活动的期次,作出贸然不正确的错误判断。

参 考 文 献

- [1] 李四光, 1973, 地质力学概论。科学出版社。
- [2] A. В. Вистелиус, 1980, Основы Математической Геопогим.
- [3] 钱伟长、叶开源, 1980, 弹性力学。科学出版社。
- [4] Adel S. Saada, 1974, Elasticity Theory and Application, Pergamon press inc.
- [5] 中国地质科学院亚洲地质图编图组, 1978, 亚洲地质发展和构造轮廓。国际交流地质学术论文集, (1) 区域构造、地质力学。

THE WAVE THEORY ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF LATITUDINAL TECTONIC SYSTEM

Zou Daren

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS)

Abstract

Based on the wavy dynamic equation, from the wavy-geomechanical point of view, this paper deals with the regularities of the growth and development of latitudinal tectonic systems, and makes some predictions. The theoretical existence of multi-stage movement of a tectonic system is elaborated, and the characteristics of attenuation on the propagation waves produced by the material deformations, periodicity and the large or small "equidistance" are revealed. Meanwhile, we lay our hope on the possibility of searching for mineral resources by making use of large "equidistance".

In addition, the intrinsic regularity of the multi-stage movement of latitudinal tectonic systems and the regular patterns of "zonation" are brilliantly expounded. Furthermore, the speculations of favourable positions for rock- and mineral-formation are made. The knowledge concerning the origin and development of latitudinal tectonic systems is deepening to some extent.

At the same time, we also put forward the method of theoretical inference for the frequency and the number of stages of the latitudinal tectonic systems, since their growth and development.

腹足类口盖化石在中南地区早第三纪地层中的分布及其意义

关 绍 曾

〔内容提要〕 在非海相早第三纪地层中腹足类口盖是保存最丰富的化石门类之一，在中南地区分布颇为广泛（图1）。常见的有 *Mirolaminatus*, *Assiminea*, *Bithynia* (*Pseudemmericia*), *Parafossarulus* 等属，其中以前者较重要。此属在国内外仅出现在下第三系，而且主要富集在上古新统和下、中始新统。本区发现13种（表1），从成分上看（表2），似多繁衍在始新世早期。像 *M. lamelloides*, *M. obliquus* 主要见于下始新统，*M. multicircus*, *M. trilamellatus* 只在下始新统赋存。以此推论，确定为晚古新世或者早始新世的蒙古人民共和国纳兰布拉克组、苏联哈萨克斯坦斋桑盆地обайлыкский组的有争议地层，划归早始新世更为合适。

腹足类口盖易于保存为化石，在非海相早第三纪地层中常与介形虫、轮藻、孢粉和鱼类等化石共生，其数量甚为丰富，有时能单独成层。口盖的壳层厚实，壳质致密，常能保存完整，有时在粉砂岩、细砂岩等不利于保存化石的岩层中也能见到。因此，在其它化石缺乏的情况下，口盖化石能起着划分地层的独特作用。笔者在湖南沅麻盆地藏江县五里牌、洞庭盆地澧县望夫台、衡阳盆地衡南县车江豆腐塘及湖北江汉盆地宜都等地即遇到这种情况。

口盖化石的研究不多，近年来在苏联、蒙古人民共和国和北美有些报导^[1,2]。在我国自1965年王惠基^[3]首次发表“江苏新生代腹足类的一些口盖化石”以来，有不少文章专门或附带的介绍了这方面的材料^[4-9]。它的作用逐渐被引起注意。

中南地区下第三系的口盖化石分布很广，北自豫、晋交界的垣曲盆地，南至海南岛的临高盆地都能见及，是保存最为丰富的化石门类之一（图1）。

口盖化石中常见的是 *Mirolaminatus*, *Assiminea*, *Bithynia* (*Pseudemmericia*), *Parafossarulus* 等属，以 *Mirolaminatus* 较为重要。此属由王惠基命名^[4]，由于此类口盖总是单独保存，一直未发现附着口盖的壳体，于是著者认为壳体的组成成分为霏石，遇酸易被溶解，或壳体薄不易保存，只留下口盖。

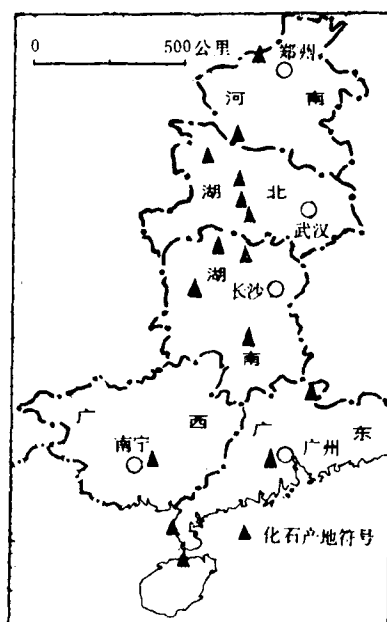


图1 中南地区早第三纪腹足类口盖化石分布

Fig.1 Distribution of the Early Tertiary Gastropod opercula in Central South China