

Robertson-walker 宇宙度规为

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t)[dx^2 + \sin^2 x(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)] \quad (4)$$

对式(1)的作用量变分,得到下述 Einstein 场方程

$$3(a^2 + 1)/a^2 = T_0^0 \quad (5)$$

$$2\dot{a}/a + \dot{a}/a^2 + 1/a^2 = T_1^1 = T_2^2 = T_3^3 \quad (6)$$

其中“·”表示对 t 求导.在场方程中,我们考虑正曲率封闭宇宙.

非线性标量场的能动张量为

$$T_{\nu}^{\mu} = g^{\mu\rho} \varphi_{,\nu} \varphi_{,\rho} / \sqrt{1 - \lambda \varphi_{,\mu} \varphi_{,\nu} g^{\mu\nu}} - \delta_{\nu}^{\mu} L_{\phi} \quad (7)$$

该标量场的运动方程可由对式(1)的变量得到

$$\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x^{\nu}} \left[\frac{\sqrt{-g} g^{\mu\nu} \cdot \varphi_{,\mu}}{\sqrt{1 - \lambda \varphi_{,\mu} \varphi_{,\nu} g^{\mu\nu}}} \right] = 0 \quad (8)$$

考虑到宇宙度规是均匀的,所以 φ 仅是 t 的函数.在式(8)中考虑式(4)给出的度规,并对 t 积分一次,可将 φ 的运动方程简化为

$$\varphi = c / \sqrt{a^6 + \lambda c^2} \quad (9)$$

这里 c 是积分常数.由此,式(7)可具体地变成

$$T_0^0 = \left(\frac{1}{\lambda}\right) [\sqrt{a^6 + \lambda c^2} / a^3 - 1] \quad (10)$$

$$T_1^1 = T_2^2 = T_3^3 = \frac{1}{\lambda} [1 - a^3 / \sqrt{a^6 + \lambda c^2}] \quad (11)$$

于是从式(5)与式(10),在 $\lambda > 0$ 时可得

$$a = \sqrt{(1/3\lambda) [a^2 \sqrt{1 + \lambda c^2 a^{-6}} - a^2] - 1} \quad (12)$$

从式(12)可求得 $a_{\min} = 0$.由此我们设 $a(t)|_{t=0} = 0$.下面研究当 a 接近奇性时的解.此时可以认为 $a(t) \ll 1$.精确到 a 的一次项时,有

$$a \approx \sqrt{\frac{c}{3a\sqrt{\lambda}}} \quad (13)$$

于是有

$$a^{3/2} = \frac{3}{2} (\sqrt{c/3\sqrt{\lambda}}) t \quad (14)$$

由此可见,此时宇宙的初始膨胀比线性标量场情况下的膨胀(此时 $a^3 \approx t$)要快.

当 $\lambda < 0$ 时,对应于式(12)有

$$a = \sqrt{(a^2/3|\lambda|) [1 - \sqrt{1 - |\lambda| c^2 a^{-6}}] - 1} \quad (15)$$

由此可得 $a_{\min} = (|\lambda| c^2)^{1/6}$.当 a 接近于该最小值时

$$a \approx \sqrt{(a^2/3|\lambda|) - 1} \quad (16)$$

于是

$$a(t) = \left(\frac{1}{2c_1}\right) \{ c_1^2 \exp[\sqrt{1/3|\lambda|} |t|] + \quad (17)$$

$$3|\lambda| \exp[-\sqrt{1/3|\lambda|} |t|] \}$$

积分常数 c_1 可由初始条件 $a(0) = [|\lambda| c^2]^{1/6}$ 得出

$$c_1 = [|\lambda| c^2]^{1/6} + \sqrt{(|\lambda| c^2)^{1/3} - 3|\lambda|} \quad (18)$$

这里的 c 应满足 $c^{2/3} \geq 3|\lambda|^{2/3}$.

可见在经典 Einstein 场方程所决定的宇宙演化中,当 λ

> 0 时宇宙存在奇性;当 $\lambda < 0$ 时宇宙没有奇性.然而,当 $\lambda < 0$ 时,相应的非线性标量场的能动张量并不满足强能量条件.本文的结果与 Hawking 和 Penrose 宇宙奇性定理一致.

为了解决宇宙最初的奇点问题(此时经典的广义相对论场方程会失败),必须择用量子化的方法^[2,4].在[5]中,我们发现本文中的宇宙奇性问题可以用量子宇宙学的方法得到解决. (1998年7月10日收到)

- 1 伊万enko Д. Д., Соколов А. А. *Классическая Теория Поля*, М.-Л. Гостех-издат, 1951
- 2 Hawking S. W. *Nucl. Phys.*, 1984; B239: 257
- 3 Vilenkin A. *Phys. Rev.*, 1989; D39: 1116
- 4 Lende A. D. *Lett. Nuovo. Cimento.*, 1984; 39: 401
- 5 冯承天, 陆惠卿. *自然杂志*, 1998; 20(3): 181

A Cosmic Model with a Non-Linear Scalar Field as Its Matter Field

Feng Cheng-tian^①, Lu Hui-qing^②

① Department of Physics, Shanghai Normal University, Shanghai 200234

② Department of Physics, Shanghai University, Shanghai 201800

Key words cosmology, non-linear scalar field

西藏南部中白垩世 Cenomanian-Turonian 缺氧事件研究

王成善^① 胡修棉^① 万晓樵^② 陶然^③

① 成都理工学院沉积地质研究所, 成都 610059

② 中国地质大学地矿系, 北京 100083

③ 铁道部第二勘察设计院, 成都 610000

* 国家杰出青年基金(49625203)和国家自然科学基金资助(04877005)项目

关键词 大洋缺氧事件 塞诺曼-土伦期 西藏南部 黑色页岩

自1976年 Schlanger 和 Jenkyns^[1] 提出“大洋缺氧事件”(oceanic anoxic events)模式用于解释中白垩世全球性分布的富有机质的黑色页岩的成因以来,黑色页岩和大洋缺氧事件成为地学研究热点之一,并先后在许多地区得到广泛证实.但这次事件是否波及到特提斯喜马拉雅地区,迄今一无所知.而且,缺氧事件形成的沉积物被认为是世界上最好的烃源岩^[2].随着青藏高原地区油气勘探工作的进一步深入,也有必要进行黑色页岩及其成因的研究,以了解特提斯喜马拉雅地区中生代地层的生烃潜力.

特提斯喜马拉雅地区中白垩世 Cenomanian-Turonian 期主要发育一套泥质岩类.岗巴地区泥岩类表现出两种特征的岩

相类型:一是暗色页岩,规则纹层状,少见生物扰动和遗迹化石构造, CaCO_3 含量为 18% ~ 37%, 有机质含量在 0.54% ~ 1.67% 之间(78 件样品);二是泥岩(部分泥灰岩),不规则纹层状及块状构造,弱生物扰动及少量遗迹化石. 泥岩中的 CaCO_3 含量波动在 14% ~ 70% 之间,有机碳为 0.4% ~ 0.5% (47 件样品). 经 X 射线衍射分析,泥质岩类的粘土矿物以伊利石(42% ~ 71%)、绿泥石(21.5% ~ 24.4%)和高岭石(12% ~ 15%)为主. 江孜地区主要发育一套黑色页岩为主夹放射虫硅质岩、硅质页岩、火山熔岩及滑塌堆积层. 其中,富含有机碳(平均值为 1.2%), CaCO_3 含量很低(平均值 17%), 构成了典型的富碳黑色岩层. 上述沉积背景和岩相特征明显地反映了藏南中白垩世沉积环境以贫氧—缺氧的还原环境为主.

确定藏南中白垩世 Cenomanian-Turonian 缺氧事件的主要证据有:

(1) 岩性上表现为黑色页岩与泥岩(泥灰岩)旋回组合. 黑色页岩相对富含有机质,颜色极暗. 江孜地区还发育有极为丰富的、具有很强耐久性的均分潜迹(chondrite)遗迹化石.

(2) 堆积速率与原始生产率计算表明,藏南经历了一次堆积速率与原始生产率快速变化旋回,在 C/T 界线附近两者均达到最高值. 岗巴地区 CaCO_3 堆积速率在 Albian 期基本上趋于稳定,平均值为 $0.91 \text{ g/cm}^2 \cdot 10^3 \text{ a}$, Cenomanian 期变化最大,平均为 $4.10 \text{ g/cm}^2 \cdot 10^3 \text{ a}$,至 C/T 界线处达到最大值 $13.0 \text{ g/cm}^2 \cdot 10^3 \text{ a}$. 陆源组分堆积速率(non- CaCO_3)与 CaCO_3 堆积速率相同,总体来看向上逐渐增高,与海平面变化一致. 岗巴地

区中白垩世陆源物质的堆积速率一直较大,对有机质和 CaCO_3 的稀释作用较强,表现为泥岩与灰岩(或页岩)的比率远小于 1. 有机碳堆积速率 Cenomanian 期平均值 $1.66 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^2 \cdot 10^3 \text{ a}$, C/T 界线处上升到 $1.0 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^2 \cdot 10^3 \text{ a}$,至 Turonian 期又复归 $0.55 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^2 \cdot 10^3 \text{ a}$. 岗巴地区原始生产率在 Albian 期一直很低,仅为 $11.5 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$, Cenomanian-Turonian 过渡期原始生产率最大($56.0 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$),至 Turonian 期又与 Cenomanian 期相当($34.0 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$). 江孜地区中白垩世原始生产率平均为 $19.0 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$,仅为岗巴地区同期的 1/3 左右,但与西特提斯、大西洋和太平洋相当($14 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{a}$)^[3].

(3) 地球化学研究表明,江孜地区绝大部分样品 S/C 比大于 0.36, DOP 指数为 0.60 ~ 0.75,平均为 0.68,为缺氧—贫氧富 H_2S 环境. 岗巴地区由于陆源物质大量供给, Fe^{2+} 浓度升高, H_2S 含量很低,产生菱铁矿沉积,为一种既缺氧又缺 H_2S 的环境.

(4) 微晶灰岩碳同位素组成大体呈现自 Cenomanian 到 Turonian 逐渐变重趋势,向上逐渐旋回上升,至顶部出现骤增,正偏移量 1.56‰, Turonian 期又回归与晚 Cenomanian 相当值(图 1a). 这一变化与中白垩世 Cenomanian-Turonian 期全球海相碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 正偏移 1.5‰ ~ 2.0‰ 变化一致^[4]. 氧同位素组成在 C/T 界线之下先负偏移 2.03‰,随后在上部相当于 $\delta^{13}\text{C}$ 正偏移处, $\delta^{18}\text{O}$ 又正偏移 1.86‰(图 1b). 极有可能的情况是:中白垩世 Cenomanian 晚期,岗巴地区受全球海平面及气候影响, $\delta^{18}\text{O}$ 负偏移,随后,由于热盐卤体的入侵和陆源组分的稀释作用,造成了 $\delta^{18}\text{O}$ 迅速正偏移.

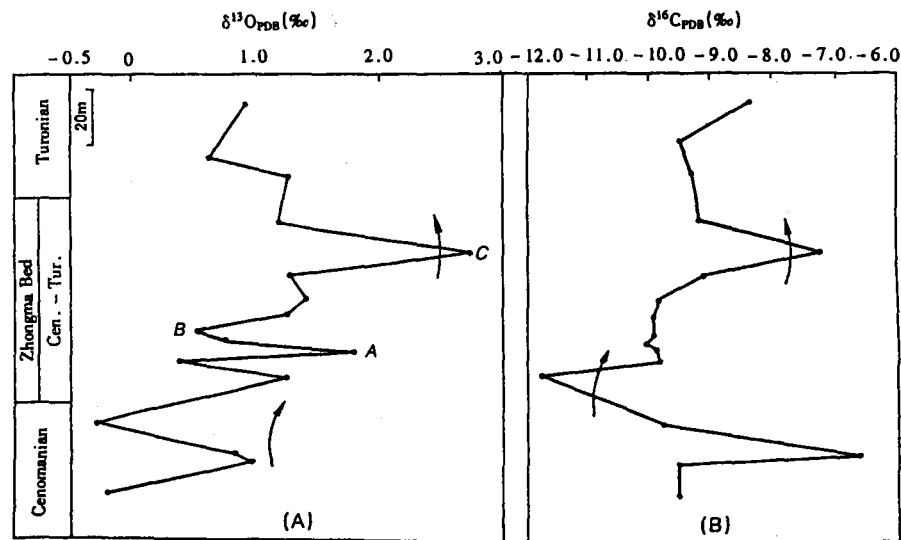


图 1 西藏南部岗巴地区 Cenomanian-Turonian 界线碳和氧同位素组成

(5) 岗巴地区中白垩世微体古生物基本上呈现分带明显的三个阶段,在 C/T 界线附近表现为明显的突变,各类群有

孔虫均一度大规模绝灭,离开界线趋于正常(见图 2). 界线处底栖有孔虫仅限于个别层位少量出现,近于完全绝灭. 绝灭

事件呈阶段性,大致可分为三次.浮游有孔虫绝灭率达 50%~70%,底栖有孔虫绝灭率达 90%以上,局部高达 100%,属于 ID—M 型,即中—深水中期绝灭事件^[5].

③ 碳有可能以其他形式存在,包括有机碳的转化;④ 陆源物质的输入.

(1999年3月4日收到)

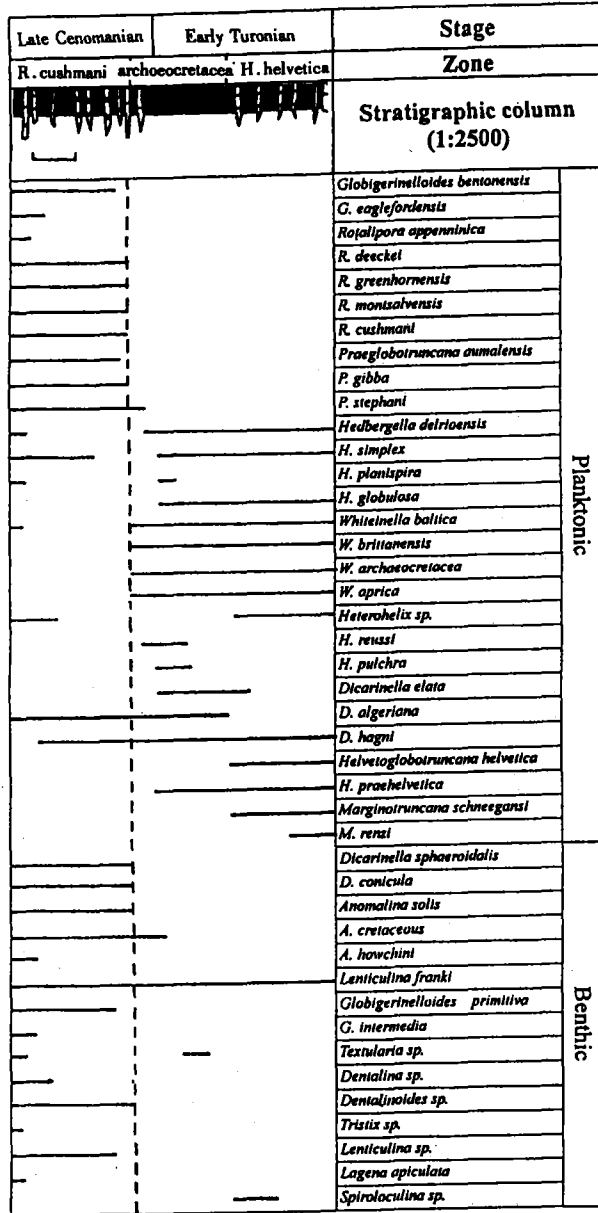


图2 西藏南部岗巴地区中白垩世浮游和底栖有孔虫演化及其绝灭

值得注意的是,藏南黑色页岩有机碳含量(岗巴地区平均为 0.83%,江孜地区平均为 1.2%)远远低于世界其他地区的同期水平^[6].造成藏南黑色页岩有机碳含量偏低的原因至今尚不完全清楚.推测可能的因素有:① 青藏高原自新生代以来的持续隆升,使有机质受到风化和破坏;② 中白垩世藏南气候及海洋的特殊条件,影响和决定有机质供给和保存;

- Schlanger S. O., Jenkyns H. C. Cretaceous oceanic anoxic events: cause and consequence. *Geol. Mijnbouw*, 1976;55:179-184
- Arthur M. A., Schlanger S. O., Jenkyns H. C. The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event. II, Palaeoceanographic controls on organic-matter production and preservation. In: Brooks J. Fleet A. J. eds. *Marine Petroleum Source Rocks*, Geological Society Special Publications. 1987;26:401-420
- Bralower T. J. Organic carbon and transition metal accumulation rates in Holocene and mid-Cretaceous marine sediments: Data and techniques. Scripps Institution of Oceanography Reference Series, 1984
- Arthur M. A., Dean W., Pratt L. M. Geochemical and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian/Turonian boundary. *Nature*, 1988;335:714-717
- Kaiho K. Planktonic and benthic foraminiferal extinction events during the last 100 My. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 1994;111:45-71
- Farrimond P., Eglinton G., Brassell S. C. The Cenomanian-Turonian anoxic event in Europe: an organic geochemical study. *Mar. and Petrol. Geol.*, 1990;7:75-89

Mid-Cretaceous Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event in South Tibet

Wang Cheng-shan^①, Hu Xiu-mian^①, Wan Xiao-qiao^②, Tao Ran^③

① Chengdu University of Technology, Chengdu 610059

② China University of Geosciences, Beijing 100083

③ The Second Surveying and Designing Institute, Ministry of Railway

Key words oceanic anoxic events, Cenomanian/Turonian boundary, southern Tibet, black shale

关于加权全最小一乘的探讨*

吴可法^① 梁怡^② 徐宗本^①

① 西安交通大学理学院,理科研究中心,西安 710049

② 香港中文大学环境研究中心

* 国家自然科学基金资助项目(19771065)

关键词 全最小乘,必要条件

近来我们研究了加权全最小一乘问题,即:寻找适当的 $a \in R^1$ 和 $\mu \in R^k$,使 $S = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \subset R^k$ 中各点到超平面 $\mu^T v + a = 0$ 的垂直距离之加权和 $Q(a, \mu) = \sum_{i=1}^n q_i |\mu^T v_i + a| / (\mu^T \mu)^{1/2}$ 达到最小,其中“ μ^T ”表示 μ 的转置, $q_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$,是预先给定的权.由于问题的非线性、非光滑性,其最优解的解析表达很难找到,甚至可能不存在.