参 考 文 献

- 1 桑隆康. 大别山前寒武纪变质地体基本组成. 见: 索书田、桑隆康等主编. 大别山前寒武纪变质地体岩石学与构造学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 5~ 32
- 2 Cong bolin, Wang Qingchen, Zhai Mingguo, et al. Ultrahigh pressure metamorphic rocks in the Dabie-Su-Lu region, China: their formation and exhumation. The Island Arc, 1994, 3: 135~ 50
- 3 You Zhendong, Han Yujing, Yang Weiran, et al. The high pressure and ultrahigh pressure metamorphic belt in the east Qinling and Dabie Mountains, China. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996. 47~ 67
- 4 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 等. 大别山的构造格局和演化. 北京: 科学出版社, 1994. 175
- 5 张国伟, 郭安林、刘福田, 等. 秦岭造山带三维结构及其动力学分析. 中国科学, D 辑, 1996, 26(增刊): 1~ 6
- 6 河南省地矿局. 河南省区域地质志. 北京: 地质出版社. 1989
- 7 Ellis D J, Green E H. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. Contrib Mineral Petrol. 1979, 71: 13~ 22
- 8 Searle M P, Waters D J, Martin H N, et al. Structure and metamorphism of blueschist-eclogite facies rocks from the northeastern Oman Mountains. J Geol Soc, 1994, 151: 555~ 576
- 9 Carswell D A. Eclogites and the eclogite facies: Definition and classification. In: Carswell D A, ed. Eclogite Facies Rocks, Blackie, 1990. 1~ 13
- 10 Graham C M, Powell R. A garnet hornblende geothermometer: Calibration, testing and application to the Pelone Schists, Southern California. J Metamorphic Geol, 1984, 2: 13~ 31
- 11 Green T H, Hellman P L. Fe-Mg partitioning between coexisting garnet and phengite at high pressure, and comments on a garnet-phengite geothermometer. Lithos, 1982, 15: 253~ 266
- 12 Massonne H J, Schreyer W. Stability field of the high pressure assemblage talc+ phengite and two new phengite barometers. European J Mineral, 1989, 1: 391~ 410
- 13 叶伯丹, 简平, 许俊文, 等. 桐柏-大别造山带北坡苏家河地体拼接带及其构成和演化. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 81
- 14 Zhai X, Day H W, Hacker B R. Paleozoic metamorphism in the Qinling orogen, Tongbai Mountains, central China. Geology, 1998, 26(4): 371~ 374

(1998-11-11 收稿, 1999-03-26 收修改稿)

由造礁珊瑚重建南海西沙海区近 220 a 海面温度序列

聂宝符 陈特固 彭子成^④

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301; ④中国科学技术大学地球和空间科学系, 合肥 630026)

摘要 在已建立的南海北部滨珊瑚(*Porites*) 生长率温度计和成功后报近百年来海面温度(SST)的基础上, 用滨珊瑚重建西沙海区近220 a的SST序列, 并分析该时段气候变化的基本特征. 结果表明, 在近220 a间, 西沙海区的SST冷暖变化存在世纪尺度的阶段性差异和准周期变化; SST的年代际变化幅度呈增大趋势; 近百年来SST呈轻微上升趋势.

关键词 滨珊瑚 海面温度 西沙海区

热带海洋的珊瑚以其对环境记录的准确性、样品的普遍性和定年的优越性引起了地球科

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-17-1885>

学家的重视,其效果也得到一致赞同.世界气候研究计划(WCRP)1993年推出的气候变率和可预报性研究(CLIVAR)^[1]计划中明确指出,在低纬度海区,应该使用珊瑚重建年际到年代际的气候序列.曾在南海北部钻取珊瑚岩芯一批,建立了滨珊瑚生长率温度并成功后报出近百年来SST序列^[2].新近,作者完成了用珊瑚重建西沙海区1778~1993年SST序列工作.本文简介该海区近220 a SST序列及该时段的气候变化特征.

1 资料和方法

1994年6月在西沙永兴岛海洋站(16°50'N, 112°20'E, 1960年10月建站)附近钻取一批珊瑚样品,本文所用的Sy-7号样品,是活体连续生长的滨珊瑚,岩芯的长度>250 cm,沿生长轴量得其逐年生长带宽共2429 mm,珊瑚生长率序列的建立与后报SST方法见文献[2].由于Sy-7样品在1930~1946年的岩芯断碎,无法切厚片做X射线照像,所缺数据,用其邻近样品Sy-8和Sy-9,通过同步对比,交叉定年,进行插补.

用Sy-7样品的年平均生长率后报生长地年平均SST的公式为

$$SST = 24.772 + 0.225 \times L^{[2]}. \quad (1)$$

用上式后报出1778~1993年SST序列,序列中1961~1993年后报值与同期西沙海洋站实测值的差别如图1.图1中SST序列的1961~1990年30 a气候值是27.2℃;两序列的相关系数为0.875;后报序列误差的标准差为±0.14℃.同一海区的Sy-8和Sy-9两个样品序列误差的标准差也都在±0.2℃以内^[2].为此用Sy-7样品及式(1)后报出来的近220 a SST序列是可信的.

图1 西沙海域SST实测值(实线)与由Sy-7样品后报值(点线)比较

2 近220 a西沙海区SST序列的气候变化特征

图2给出Sy-7样品的年平均生长率序列.由式(1)后报出来的(5点Gauss滤波后)SST距平曲线见图3(a).距平是对1961~1990年30 a气候值的偏差.钮智旺^[3]的研究指出,当代西沙海区SST变化与赤道东太平洋NINO区的SST变化有关.为比较两海区近200a来SST变化差异,图3(b)给出赤道东太平洋NINO 3区东边界附近Galapagos群岛海域由珊瑚 $\delta^{18}\text{O}$ 重建的SST距平曲线.该海域的当代SST气候值约为24℃.

对一系列的数据和图件统计分析后,得出近220 a来西沙海域SST序列的气候变化存在下列基本特征:

(1) SST冷暖变化存在世纪尺度的阶段性差异.近220 a来,大体上可划为两个阶段:1880s(年代)以前为持续暖期;以后为相对冷期.在1778~1889的112 a中,SST正距平年占87.5%,年平均SST变化于27.0~27.9℃之间,变化幅度为0.9℃.在1890~1997年间,SST正距平年仅占39%,年平均SST变化于26.3~28.2℃之间,变化幅度为1.9℃,较之Galapagos群岛海域的SST变化幅度稍小.

图2 Sy-7样品的年平均生长率曲线

图3 由 Sy-7 样品后报的(5 点 Gauss 滤波后) SST 距平曲线(虚线为西沙海洋站观测 SST)(a) 和由 Galapagos 群岛珊瑚重建的 $\delta^{18}\text{O}$ 与 SST 曲线(b)(据文献[4]图 8 修改)

(2) 年代际 SST 变化幅度呈增大趋势. 由珊瑚后报近 220 a SST 原始序列的年代际值见表 1. 全序列最冷 10 a 为 27.04 °C(1890 s), 最暖为 27.58 °C(1860 s), 变化幅度为 0.54 °C. 1880 s 以前, SST 年代际的平均值及变化幅度分别为(27.40 ± 0.10) °C 与 0.34 °C; 以后分别为 27.24 (± 0.16) °C 与 0.47 °C, 年代际平均值下降 0.8 °C, 而变化幅度增大 0.13 °C.

表 1 西沙海区 1780~ 1997 年 SST 年代际值^{a)}(单位: °C)

年代际(s)	1780	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850
SST	27.38	27.40	27.34	27.36	27.38	27.24	27.34	27.51
年代际(s)	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930
SST	27.58	27.51	27.29	27.04	27.20	27.18	27.24	27.13
年代际(s)	1940	1950	1960	1970	1980	(1990~ 1997)		
SST	27.51	27.24	27.18	27.11	27.42			
			(27.08)	(27.09)	(27.45)	(27.48)		

a) 括号内为西沙海洋站观测值

(3) SST 存在准周期变化. 最大熵谱分析得出, 西沙海域 220 a SST 序列中含有 107, 36, 17.8, 11.9, 8.9 和 5.6 a 等周期, Dunbar 等人^[4]根据 Galapagos 群岛 347 a SST 系列分析, 得出含有 34, 22, 17, 11, 8, 6 和 3.3 a 等周期. 西沙群岛与 Galapagos 群岛海域的 SST 序列变化周期有相似之处.

(4) 近百年来 SST 呈轻微上升趋势. 由直线回归得出 1890s 以来 SST 上升率为 0.26 °C/ha, 1900s 以来的上升率为 0.20 °C/ha (信度都达 0.01), 与 IPCC(1996)^[5]给出的近百年来全球温度上升值(0.3~ 0.6 °C)的下限接近. 表明西沙海区 SST 变化受全球变暖的影响.

1890 s 以来, 西沙海区 SST 的变化趋势大体上可分 3 个阶段: 19 世纪末 20 世纪 40 年代趋向增温, 本世纪 50~ 70 年代趋向降温, 80 年代以来趋向增温.

美国气候中心(NCDC) Robert 等人^[6]给出的 1900~ 1997 年全球 SST 距平值序列显示, 本世纪 80 年代以来增暖趋势明显, 1980~ 1997 年较气候值高 0.14 °C, 其中 1997 年高 0.41 °C, 为本世纪以来最暖年. 西沙海区 1980~ 1997 年的 SST 较气候值高 0.25 °C, 超过同期全球平均增温值, 但未达到该区历史上最高水平. 近 220 a 来年代际最高 SST, 西沙海区和赤道东太平洋都出现于 1860 s. 这些事实支持了任振球^[7]和 White 等人^[8]的观点; 近百年来气候变暖不能全部归于温室气体的影响, 太阳活动等自然变化仍然起着重要甚至主要的作用.

致谢 王有强、钟晋梁、杨雪舞和余克服等协助海上采样, 特此致谢. 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49376268)和中国科学院重大课题(批准号: KZ951-A1-402)资助项目.

参 考 文 献

- 1 WCRP, CLIVAR. A Study of Climate Variability and Predicability_Science Plan. WCRP 89, WMO/TD no. 690, WMO, Geneva, 1995. 157
- 2 聂宝符, 陈特固, 梁美桃, 等. 近百年来南海北部珊瑚生长率与海面温度变化的关系. 中国科学, D 辑, 1996, 26(1): 59~ 66; Science in China, Series D, 1997, 40(2): 173~ 182
- 3 钮智旺. 南海表层水温的长振荡及其与 El-Niño 的关系. 海洋学报, 1994, 16(2): 43~ 49
- 4 Dunbar R B, Wellinto G M, Colgan M W, et al. Eastern Pacific sea surface temperature since 1600 A. D.: the $\delta^{18}\text{O}$ record of climate variability in Galapagos corals. Paleoceanography, 1994, 9(2): 291~ 315
- 5 IPCC. The science of climate change contribution of working group I to the second assessment report of the IPCC. Cambridge: Cam-

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-17-1885>

bridge University Press, 1996. 141~ 143

6 Robert G Q, Perterson T C, Basist A N, et al. The NCDC global temperature index. *Ear Sys Mon*, 1998, 8(3): 6~ 8

7 任振球. 当代气候变化若干问题商榷. *地球科学进展*, 1996, 11(5): 504~ 507

8 White W B, Lean J, Cayan D R, et al. Response of global upper ocean temperature to changing solar irradiance. *Jour Geo Res*, 1997, 102 (c2): 3255~ 3266

(1998_10_19 收稿, 1999_03_09 收修改稿)

地震短临预报的小卫星系统的建议

强祖基 马蔼乃^④ 陈芳允^④ 张俊荣

林来兴 陆镇麟 戈风沙

(中国地震局地质研究所, 北京 100029; ④北京大学遥感地理信息研究所, 北京 1009871; ④国家国防

科学技术工作委员会, 北京 100045;

中国科学院地理研究所, 长春 200022; 中国空间技术研究院, 北京 100080;

北京系统工程研究所, 北京 100080)

摘要 此系统的主要目的是为了地震短临的预报. 按照强祖基的理论和长期的实践, 通过对由地层内部释放的某种辐射物质和气体所引起的大气低层的增温及其移动趋向的观测, 可以及时前期预报较强的地震. 在实验中系利用气象卫星的远红外敏感器来探测温度上升的. 但有时云和雨会阻碍这样的探测, 建议的系统使用毫米波辐射计一般可以克服掉那些影响. 设计中重点考虑的是卫星的平台结构和姿态控制系统要适合辐射计的扫描天线. 系统中卫星的轨道设计和光学小卫星系统一样, 做到一天可以观测世界上任何一地两次.

关键词 地震预报小卫星系统 临震预报 卫星热红外

陈芳允等人^[1]曾提出一个带可见光和红外谱段敏感器的多颗小卫星系统. 该系统具有中等空间分辨率, 并且可以缩短重复观测周期, 做到每天两次观测世界上的任何一个地方. 该思路可以进一步扩展到微波遥感卫星系统. 按照强祖基及其同事的理论和长期实践^[2], 在可能发生强烈地震的周围地区, 地层内部挤压会放出甲烷、二氧化碳等气体和某些射线, 气体分解时释放的能量和射线的辐射能, 可使大气地层温度增加. 强祖基等人利用气象卫星上的远红外敏感器探测大气的增温及其动向预报地震, 并取得了多次成功, 如 1990 年 2 月 10 日发生在常熟的 $M5.1$ 级地震, 1991 年 3 月 12 日台南的 $M6.0$ 级地震, 1992 年 4 月 20 日花莲的 $M6.8$ 级地震, 1992 年 9 月 14 日东沙的 $M5.9$ 级地震和 1998 年 4 月 14 日唐山的 $M4.7$ 级地震, 以及文献[3, 4]中提到的地震. 而且, 马蔼乃和强祖基为地震预报建立了遥感信息模型, 该模型被证实在地震的判断上更加及时准确^[5]. 由于红外光谱有时会受到云和降雨等气象的影响, 因此我们提出使用毫米波辐射计来提高能见度. 同时, 为了跟踪状态的变化, 较高的空间分辨率和较短回访周期也是必要的. 本文的主要目的是要用一个小卫星星座来满足上述要求. 卫星上也包括一些其他用于观测大气状态、土壤和农作物的微波辐射计. 所得到的数据可和有红外光谱的小卫星取得的数据合用, 以提高地震预报的可信度.

1 频率设置和卫星轨道

按照使用气象卫星上的红外敏感器来探测大气圈温度变化的经验, 需要约 10 km 的空间

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-17-1885>