

文章编号:1001-4810(2004)04-0311-06

罗布泊盐湖过去2000a气候变化曲线的全球对比^①

谢连文^{1,2}, 黄思静¹, 李 锋³, 张建永²

(1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室、成都理工大学地球科学学院, 四川 成都, 610059;

2. 核工业航测遥感中心, 河北 石家庄 050002; 3. 河北科技大学, 河北 石家庄 050018)

摘 要:根据近年来对过去2000a气候变化研究成果,通过遥感方法将罗布泊盐湖近2000a气候变化记录与不同地区、不同类型的气候变化曲线进行对比分析,探索了现代盐湖对气候事件的响应机制,并证明了罗布泊盐湖沉积物的气候变化曲线具有明确的古气候意义。研究表明在公元1300~1500a区间,罗布泊盐湖气候记录与北半球千年来地面空气温度变化的相关性大于0.8;千年尺度变化与古利雅冰芯曲线较一致,气候变化趋势是缓慢上升;600a以来,与北京石花洞石笋微层记录曲线有较好的相关性;相对于北半球区域气候,在公元13世纪前后出现过滞后现象。

关键词:罗布泊盐湖; 过去2000a气候变化; 全球对比

中图分类号:P532 **文献标识码:**A

过去2000a的气候研究是国际古全球变化[PAGES]计划的重点时间尺度之一,除了要求有高分辨率和精确定年,还要求有明确的古气候意义。近年来,过去2000a来的气候变化研究,取得了极大的进展,国内外都有许多成果相继发布,为全球变化的对比研究提供了条件。过去气候变化曲线的对比分析,就是利用不同区域、不同类型资料的结果进行比较,寻找过去全球气候变化的联系和规律。

笔者应用遥感方法对罗布泊盐湖进行了过去2000a气候变化的研究。应用遥感技术提取过去气候变化的信息,无论是方法应用还是代用资料的选择都是一种新的探索和尝试。虽然该研究所建立的曲线具备较高的分辨率,但是对于年代控制和古气候意义的确定还需要已发表的曲线来佐证。本文选取了北半球1000a来地面气候温度变化曲线、北京石花洞的石笋微层记录的气候变化曲线、古利雅冰芯2000a气候变化记录,与罗布泊盐湖记录进行对比分析,探索现代盐湖演化对气候事件的响应机制,以确立罗布泊盐湖过去2000a气候变化曲线的古气候意义。

1 罗布泊盐湖过去气候变化曲线

罗布泊盐湖位于塔里木盆地的东部,遥感图像展示为一幅典型的盐湖萎缩、干枯、消亡的影像。罗布泊盐湖南部的酷似人耳状的环状影像非常醒目,是进行遥感研究的理想区域。依据环状影像的色调、形状及分布特征又可分为内环区、中环区和外环区。内环区的环带以宽而不规则、色调深为特征;中环区以形状规整、环带分布均匀为特点;外环区由于地形原因,环带宽窄变化较大。环状影像由明暗相间、宽窄大致对应的同心环带组成,单环的宽度约在几百米到几公里之间,在罗东区受阿奇克河谷影响,其宽度可达十多公里以上(图1)。

实地调查表明:影像上不同色调的地带,是盐湖表层沉积物成分中的含盐量不同所决定。盐、泥沙沉积物相间的排列形成了图像上明暗相间、宽大致相同的环带。剖面样品分析表明:可溶性盐类和泥砂不溶物占样品总量的90%以上(盐类成分含量的变化范围在10%~30%,泥质物含量在50%~90%以上),其它盐类矿物不到10%。

^① 第一作者谢连文(1959—),男,高级工程师,1983年成都地质学院放射性地质勘察专业毕业,研究方向为遥感应用研究。

收稿日期:2004-09-10

环状影像中明暗相间的环带是现代盐湖向干盐湖的演化历程中,由于气候冷暖交替变化而使盐湖沉积物成分发生规律性变化的结果。盐湖演化记录了过去气候变化的信息,而盐湖表层沉积物成分变化又导致环状影像的色调变化。因此,盐湖环状影像上的典型剖面的亮度信息,可作为反映过去气候变化的代用指标。这种信息可在遥感图像上或在相对应的实地剖面进行采集,经过图像处理、时空转换和修正、验证后,从而建立可表达的、有确切时空对应关系的气候变化曲线。

应用盐湖遥感信息重建过去气候变化曲线,涉及到气候影响罗布泊盐湖演化的模式、代用指标反映气候变化的机制、时间标尺的确定等问题,对此我们已另文进行了探讨^[1],这里仅引用其初步结果。罗布泊盐湖气候变化曲线如图 2 所示,纵坐标是由影像反射率转换得到的温度变化,单位是度;横坐标是由空间距离转换的公元纪年,单位是年,起点时间是公元初,终点时间为公元 1950 年,反映了罗布泊盐湖近 2000 年来的气候变化状况。

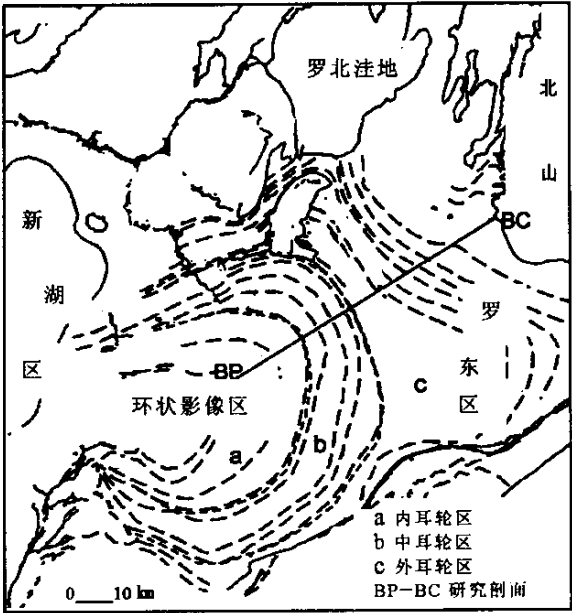


图 1 罗布泊盐湖遥感影像轮廓图
Fig. 1 The interpretation map of remote sensing image of Luobupo

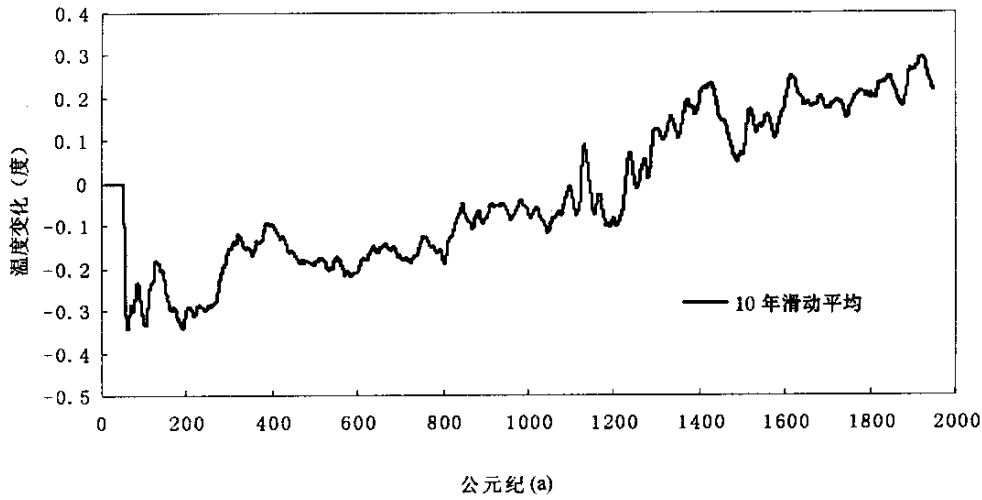


图 2 罗布泊盐湖近 2000a 气候变化曲线
Fig. 2 The climate change curve in Luobupo during the latest 2000 years

2 与北半球 1000 年气候变化曲线对比

Mann, Corowley, Lowry, Jones, brifla^[2,3]等发表的北半球过去气候变化曲线,包括器测记录对比,形成不同的北半球千年气候变化序列。王绍武等在 20 世纪 90 年代先后根据代用资料研究了近千年的气温变化^[4],并对千年来的气候变化序列进行了评述,认为在低频范围内,各序列是相近的。因此本文选

择 Mann 1999 发表的北半球 1000a 来地面空气温度变化曲线进行对比(图 3)。

由图 3 可以看出,两条曲线在 1000~1100a、1330~1530a 间的变化趋势相近,其它时间段可比性也很强。将两曲线进行相关性分析,分别取子序列为 50a、100a 和 200a 做逐年滑动相关,求得结果如表 1,在公元 1300~1500 年区间的相关系数大于 0.8。

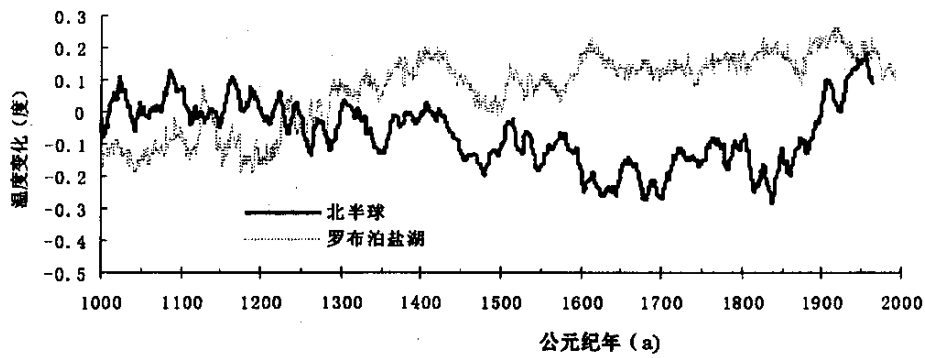


图 3 罗布泊盐湖与北半球过去 1000a 气候变化对比曲线

Fig. 3 The comparison of the climate change curve in Luobupo and that in the Northern Hemisphere in the past 1000 years

表 1 罗布泊盐湖与北半球 1000a 气候变化相关分析结果

Tab. 1 The relativity between the climate change data from Luobupo and the Northern Hemisphere during the past 1000a

子序列	相关区间	相关系数	相关区间	相关系数
50	1041~1091	0.679758263	1416~1456	0.90998706
100	1013~1113	0.640318979	1388~1488	0.90149044
200			1330~1530	0.82316654

从公元1000~1600a,除了变化趋势不同外(罗布泊温度缓慢升高,北半球温度缓慢降低),气候冷暖变化的波峰、波谷基本对应,罗布泊盐湖在 12 世纪的冷期出现了一个波峰,表现了一次冷暖期的快速波动。在 13 世纪末期,罗布泊提前十年左右变暖,在公元 1330~1530a 的 200a 间,气候变化又趋于一致(图4)。

从公元 1540 年开始,罗布泊的气候变化出现了

差异,比北半球区域气候变化推迟了25a。将罗布泊曲线向左平移 25a,对曲线进行 11a 平均移动,应用两组数据以 50a 子序列为区间进行 25a 滞后相关性分析,在公元 1584~1659a 间,最大相关系数达 0.865(表 2)。

表 2 1000a 来北半球与罗布泊盐湖气候变化滞后 25a 相关分析结果

Tab. 2 The relativity between the climate change data that lagged behind 25 years in Luobupo and the climate change data in the Northern Hemisphere since the recent 1000 years

子序列	北半球曲线 相关区间	罗布泊曲线 相关区间	相关系数
50	1540~1590	1565~1615	0.701465612
50	1584~1634	1609~1659	0.864957542
100	1580~1680	1605~1705	0.681599354
200	1611~1811	1635~1835	0.45649

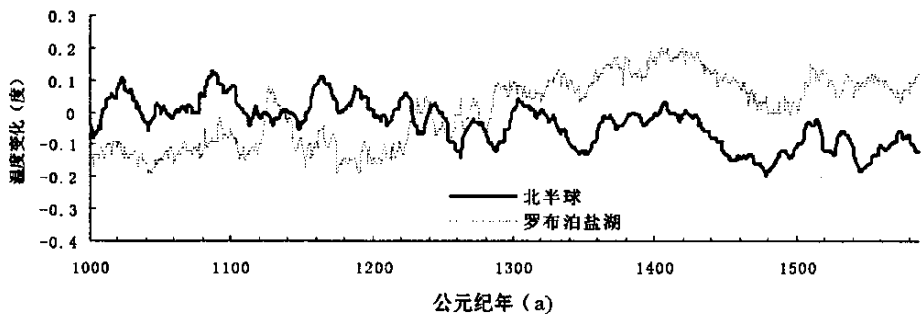


图 4 公元 1000~1600a 间罗布泊盐湖与北半球气候变化的对比曲线

Fig. 4 The comparison of climate change curve in Luobupo and that in the Northern Hemisphere from A. D. 1000 to A. D. 1600

3 与北京石花洞石笋记录气候变化曲线对比

已有研究证明,石笋微层是极好的气候记录地质材料,其时间跨度可达数十万年,分辨率可以到年,且不会因为时代久远而降低。谭明、秦小光等(1997)对北京石花洞石笋进行了研究,并分析石笋薄片样品的微层灰度显微特征和利用灰度信息研究古气候变化,获得了 1300a 来的北京地区气候变化资料^[5],2003 年,利用石笋微层信息,重建了北京地区 2650a 来的温度变化^[6]。

为了便于比较,将两条曲线取相等时间段,并进行 11a 的滑动平均(图 5)。公元 1300 年以前,总体趋势表现出地域的差别,但在公元 1300 年以后,百年和双百年周期上有较好的对应,在 9~12 世纪,北京地区

出现持续的温暖阶段,而罗布泊则出现不稳定的波动,其中有 11、12 世纪的冷期。

选择 50a、100a 和 200a 三个子序列进行相关分析,其峰值都出现在公元 1300 年左右(表 3),也就是说公元 1300 年以后,罗布泊与北京地区的气候变化趋势,可以很好的拟合,中国西部盐湖的沉积韵律与中国北部溶洞中的石笋生长微层,表现出令人惊奇的一致性,说明此时段中国不同地域对气候事件的响应是一致的,两地受相同的气候变化机制制约。

北京石花洞石笋气候变化曲线是根据北京地区丰富的器测资料进行重建的,与北半球不同来源的资料记录 1000a 来的冷暖变化一致,因此,可证明遥感方法表达的罗布泊盐湖沉积韵律具有明确的气候意义。

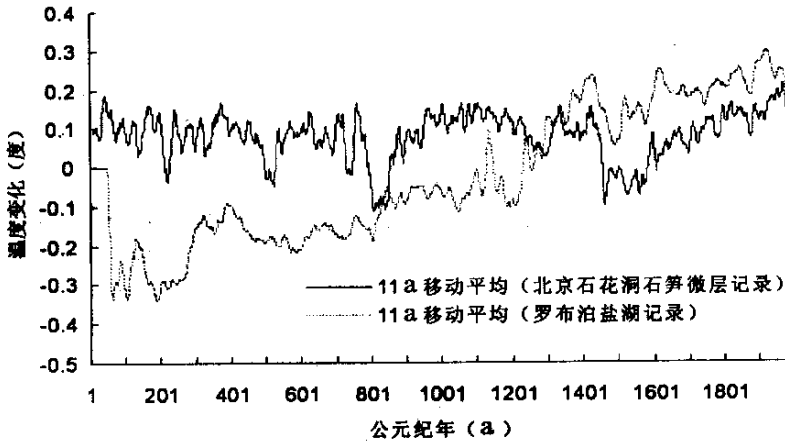


图 5 罗布泊盐湖与北京石花洞石笋微层近 2000a 气候变化曲线对比

Fig. 5 The climate change curve in Luobupo and that in the stalagmite from Shihua Cave in Beijing in the latest 2000 years

表 3 2000a 来北京石花洞与罗布泊气候
变化相关分析结果

Tab. 3 The relativity between the climate change
data from Luobupo and that from Shihua Cave
in Beijing since the recent 2000 years

子序列	相关区间	相关系数
50	752~802	0.711134
50	1413~1463	0.608166
50	1838~1888	0.659307
100	1251~1351	0.510449
100	1402~1502	0.652164
200	1352~1552	0.529295

万方数据

4 与古利雅冰芯记录对比

古利雅冰川和罗布泊盐湖,都位于中国西部,一个代表青藏高原的山地气候,一个代表青藏高原边缘盆地气候。

古利雅冰芯中的 $\delta^{18}\text{O}$ 和冰川积累量记录为青藏高原近 2000a 来的气候变化提供了一幅详细的图式:在这一段时间内共出现过 8 次相对暖的时期和 7 次冷的时期。其中最冷时期是在公元 11~12 世纪;小冰期中的 3 次冷期在古利雅冰芯记录中也十分明显。在千年尺度背景下,罗布泊盐湖与古利雅冰芯记录的过去气候变化有一致的规律,都有总体变暖的趋势,气候变化趋势呈缓慢上升,在百年尺度下,冷暖周期有相同变化趋势,特别是在公元 13 世纪前后,百年和双百年气候波动相同,十年和双十年的冷暖峰值也有很好

的对应。图 6 是罗布泊盐湖与古利雅冰芯^[7]100a 时间尺度上的气候变化对比图,图中矩形框表示两者冷暖变化一致的时间段。

统计对比表明:在百年尺度上,有 7 个冷谷和 5 个暖峰大致对应,冷谷时段分别是公元 322~366 年、450~500 年、665~750 年、1150~1230 年、1490~1600 年、1675~1725 年和 1850~1900 年;暖峰时段分别是公元 800~850 年、1270~1315 年、1380~1450 年、1585~1650 年、1760~1782 年。虽然对比是基于

图形,取值范围和精度有一定误差,但其结果在于说明罗布泊盐湖曲线有明确的古气候意义。

从罗布泊盐湖曲线与古利雅冰芯记录气候变化对比可以看出,在公元 13 世纪以后,曲线拟合更好。这现象说明在 13 世纪前后,可能发生了制约气候变化的事件,使得不同纬度、不同高度的局地气候对区域气候的响应一致。当然因为以上对比是基于图形而不是基于数据,可能会出现误差;但也足以说明罗布泊盐湖的萎缩,对区域上的气候变化是十分敏感的。

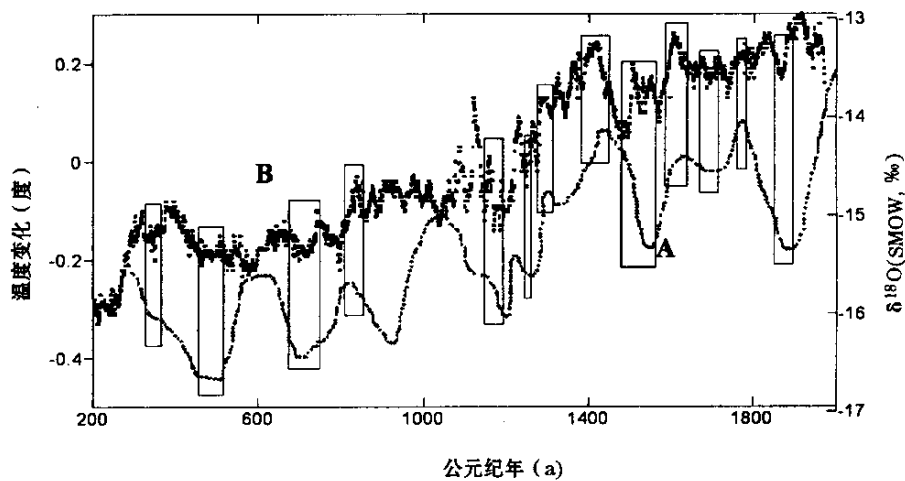


图 6 罗布泊盐湖与古利雅冰芯 100a 时间尺度上的气候变化对比

A. 古里雅冰芯 2000a 来氧同位素值曲线(根据姚檀栋(1997)发表的曲线进行数字化);B. 罗布泊盐湖 2000a 来气候变化曲线

Fig. 6 The comparison between the climate change curve in Luobupo and that in Guliya ice core on centennial scale

5 结 语

曲线对比分析表明:罗布泊盐湖 2000a 来的气候变化曲线有明确的古气候意义;与北半球千年来地空气温度变化的相关性在公元 1300~1500 年区间大于 0.8;千年尺度与古利雅冰芯曲线较一致,气候变化趋势是缓慢上升。通过对比分析,发现罗布泊盐湖曲线在公元 13 世纪前后,对北半球区域的气候响应出现滞后现象,而与北京石花洞和古利雅冰芯曲线有较好的相关趋势。这是一个值得关注的问题。这个时期的地质和气候事件的研究,将有助于局地气候对区域气候响应机制问题的探讨。当然,罗布泊盐湖近 2000a 的气候变化曲线的建立,仍处在探讨研究阶段,许多工作有待完成,对比分析不仅是相互印证,重要的是从中发现问题,使研究方法不断完善。

参考文献

[1] 谢连文,黄思静,李锋. 罗布泊盐湖近 2000a 气候变化的高分辨率遥感研究[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2004, (3): 301—306.

[2] Jones P D, et al. The evolution of climate over the last millennium[J]. Science, 2001, 292:662.

[3] Mann, M. E. and Jones, P. D. 2003, Global Surface Temperatures over the Past Two Millennia, Geophysical Research Letters, Vol. 30, No. 15, 1820, August 2003. millennium: Inferences, uncertainties, and limitations. Geophysical Research Letters, 1999, 26(6):759—762.

[4] 王绍武,谢志辉,蔡静宁,等. 近千年全球平均气温变化的研究[J]. 自然科学进展,2002,(11):1145—1149.

[5] 谭明,侯居峙,程海. 定量重建气候历史的石笋年层方法[J]. 第四纪研究,2002,(3):209—219.

[6] Tan, M., T. S. Liu, J. Hou, X. Qin, H. Zhang, and T. Li, 2003, Cyclic rapid warming on centennial—scale revealed by a 2650—year stalagmite cord of warm season temperature, Geophysical Research Letters, Vol. 30, No. 12:1617.

[7] 姚檀栋. 古利雅冰芯近 2000 年来气候环境变化记录[J]. 第四纪研究,1997,(1):52—61.

GLOBAL COMPARISON ON PALAEOCLIMATIC CHANGE IN THE
SALINE LUOBUPO DURING THE PAST TWO THOUSAND YEARS

XIE Lian-wen^{1,2}, HUANG Si-jing¹, LI Feng³,ZHANG Jian-yong²

(1. State Key Laboratory of Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation, Sedimentary Institute of Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. The Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang, Hebei 050002, China; 3. Science and Technology University of Hebei, Shijiazhuang, 050018, China)

Abstract: According to the research result on the climate change during the past 2000a, the authors have compared the climate change record during the past 2000a in Luobupo with the climate change records in different regions and of different types by means of remote sensing, exploring the responding mechanism of climatic event in modern saline, and having proved that the climatic changing curve in the deposits in Luobupo is of definite paleoclimate meaning. The research result shows that the relativity between the air temperature variation data in the Northern Hemisphere during the past 1000a and that in Luobupo during the past 1300~1500a is 0.82, and that the climatic change in millennium scale is consistent with the curve of Guliya Ice Core with the rising tendency in temperature. It also shows that there is better relativity with the record in the stalagmite from Shihudong in Beijing since in the past 600 years, but in contrast to the local climate in the Northern Hemisphere around the 13th century the climatic change in Luobupo was lagged behind during that time.

Key words: Luobupo saline; Climatic change during the past 2000a; Global comparison



书 讯

由广西师范学院周游游博士等撰写的《中国西南岩溶生态系统及其生态环境建设》一书日前已由广西师范大学出版社正式出版。该书在努力阐明我国西南岩溶地区生态及其自然资源特征的基础上,深入地剖析了研究区生态系统退化机制及其退化过程,提出了若干有个人见地并符合岩溶山区资源、生态系统特点的生态环境建设对策和技术途径。该书内容丰富,既有理论研究,又有生态环境治理实例;资料翔实,文字图表相得益彰,尤其是书中给出的桂中旱片干旱程度

类型分区图、桂中旱片旱灾脆弱度分区图及桂中旱片综合区划图等 8 幅彩图,很有参考使用价值,可供从事生态学、地质学、农学及环境保护等领域的工程技术人员、大专院校师生及地方决策管理层阅读参考。

该书为大 16 开本,胶封,彩色封面,84 页,定价 18 元。如有需要本书者,请与《中国岩溶》编辑部联系。联系电话:(0773)5812949;联系地址:(541004)广西桂林市七星路 50 号。

(星 光)