

文章编号: 1009-3850(2004)04-0076-05

罗布泊盐湖环状影像成因解释

谢连文^{1,3}, 李 锋², 李兵海³, 全旭东³

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 河北省科技大学, 河北 石家庄 050031; 3. 核工业航测遥感中心, 河北 石家庄 050002))

摘要: 根据遥感影像信息特征和盐湖气候变化模型, 结合盐湖沉积特征和现代盐湖演化理论, 通过对环状影像的成因进行解译和分析, 将环状影像反映的 1000 年来盐湖气候变化的信息与北半球同期气候变化曲线对比, 认为罗布泊盐湖是现代沉积形成的, 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发生规律性变化的结果。

关键词: 罗布泊盐湖; 环状影像; 气候变化; 成因

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

1 前言

罗布泊盐湖一直以其特殊的人文地理景观和神奇的传说引人瞩目, 荒凉的地貌、丰富的矿产和许多未解之谜, 使其成为科学研究的热点。卫星及遥感技术的出现使我们能够一览罗布泊盐湖的全貌, 并惊奇地发现罗布泊盐湖影像酷似人耳状图案, 在惊叹大自然的鬼斧神工之时, 人们更想探究其成因和意义, 不同色调的环状影像带是怎样形成的? 与罗布泊盐湖的演化有什么作用和联系? 前人在这方面做了一些有益的探索和推测, 有人认为是河流入湖后, 在定向风力作用下形成的沿岸流泥沙沉积痕迹, 认为是湖滨堤^[1]; 有人认为是湖泊在演化过程中, 在一个地方停滞的时间久暂不一, 而形成厚薄不等、色调不一的盐壳^[2]; 也有人认为是湖泊干枯萎缩的记录^[3]。但这些推断都没有解释为什么出现明暗相间的环带。

2 区域概况及影像特征

罗布泊位于塔里木盆地的东端, 是塔里木盆地



图 1 罗布泊地区 TM 图像

Fig. 1 TM images of the Lop Nur salt lake area

收稿日期: 2004-07-04

第一作者简介: 谢连文, 1959 年生, 高级工程师, 博士生, 遥感应用、沉积专业。

的最低洼处,面积约 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$,地势南部高于北部,东、西两端略高于中部干涸的河、湖床洼地。北部山前平原海拔830~900m,南部山前平原海拔835~2000m,中部罗布泊洼地海拔780~800m。

盐湖北侧为库鲁克塔格山脉,属中低山及丘陵地貌;东侧为北山断隆;南侧为阿尔金山北坡的倾斜台地洪冲积地貌、沙漠地貌;西部是库鲁克沙漠即塔里木河冲积平原的前缘。湖区长期遭受风蚀,在湖区北部、西部及西南部形成独特的风成雅丹地貌,湖区中部主要是各种盐壳地貌,如新湖区、罗北洼地呈较为平坦的盐壳地貌;罗南地区等呈强烈起翘的盐壳地貌。湖区地势总体呈四面高、中心低,为典型的封闭内陆干盐湖,环状影像区位于盐湖的南部(图2),可分为新湖区、南小团(10号异常区)、北山罗东区和罗南耳轮区,调查表明不同形态的盐壳构成盐湖内的微地貌特征。盐壳区总体地势平坦,自北东向南西缓慢降低,坡度小于1‰。

罗布泊盐湖在遥感图像上有非常典型的影像特征,特别是在盐湖南部,有一酷似人耳,色调明暗相

间、宽窄大致相同的近圆形环带状影像,并且这些环形条带基本都是同心的,其范围涉及到罗南耳轮区、罗东区和中部十号异常区(图1)。

3 环状影像与现代盐湖的演化

3.1 盐湖演化历程

现代盐湖指的是现在仍在进行成盐作用的一些盐湖,在我国主要分布在中西部和内蒙古地区^[4]。研究表明,现代盐湖在成盐过程中,经历了淡水—半咸水—咸水—干盐湖—成盐等阶段。在这连续的演变中,湖面不断缩小,盐水浓度增高,当达到饱和点后,石盐结晶沉淀,在没有淡水补给的情况下,石盐在湖中心(成盐洼地)沉积;在有淡水补给的情况下,从河口到远离河口的岸边盐水浓度呈现梯度带分布,在远离河口的岸边湖水中盐的浓度最高,石盐结晶沉淀后,在干旱条件下湖水退缩,形成与岸平行的盐沉积带,即干盐滩^[5]。罗布泊现在已经演化至干盐湖—成盐阶段,地表水在1972年完全干枯,成盐作用仍在地下晶间卤水中进行^[6]。

3.2 实地调查认识

实地调查表明,同一色调的地带,含盐量决定其深浅变化。盐、泥沙相间的地带排列形成了图像上明暗相间、带宽大致相同的环带。根据盐类和泥沙等物质的波谱曲线,进行图象分类,可得到相近的结果。剖面样品分析表明:可溶性盐类和泥沙不溶物占样品总量的90%以上,石盐含量的变化范围在10%~30%,泥质物含量在50%~90%以上,其它盐类矿物不到10%(图3,表1)。

3.3 环状影像形成与气候旋回

明暗相间的环带影像反映的是泥、盐沉积的旋回,记录了盐湖的演化历程。罗布泊地区南有车尔臣河,北有孔雀河从西部流入盐湖区,从影像形状分析,环状影像在北、东和南三面清晰、连续而完整,在西面车尔臣河、孔雀河入湖口处呈敞开状态,一方面说明盐湖演化过程中河水对盐湖起着补充和淡化的作用,另一方面也说明车尔臣河的作用对耳轮区影响较大。罗布泊盐湖的环状影像特征是由河流塑造的,不同色调的环状影像反映了河流携带泥沙沉积物多少的变化,这种变化反映了气候的冷热旋回^[7]。

由于上新世末,青藏高原的大幅度上升,阻挡了湿润气流的进入,罗布泊地区气候从更新世以来就以干旱为主,前人研究表明干旱是罗布泊地区的主导气候类型,四千年以来干旱趋势加剧。现代盐湖

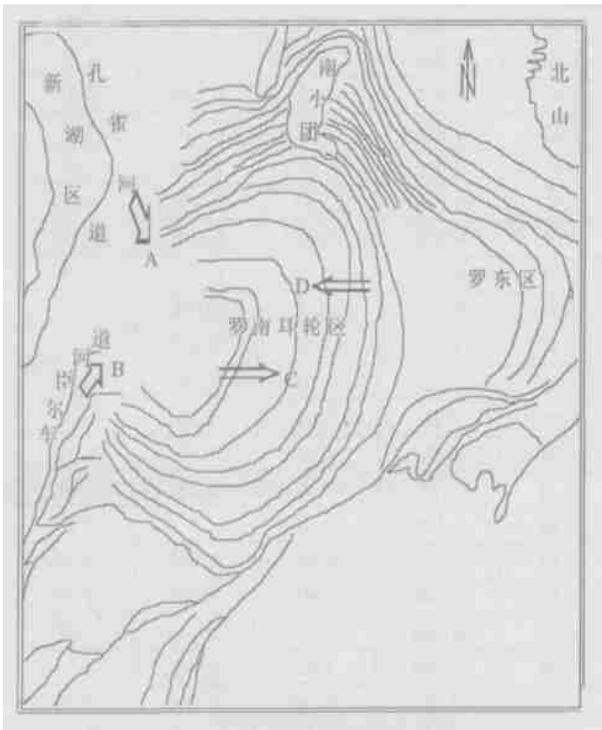


图2 罗布湖现代盐湖演化模式示意图

A. 孔雀河入湖方向; B. 车尔臣河入湖方向; C. 盐浓度增加方向; D. 盐湖萎缩方向

Fig. 2 Sketch to show the model for the evolution of the present-day Lop Nur salt lake

A. Inlet of the Konqi River; B. Inlet of the Qarqan River; C. Increase of the salt concentration; D. Collapse of the Lop Nur salt lake

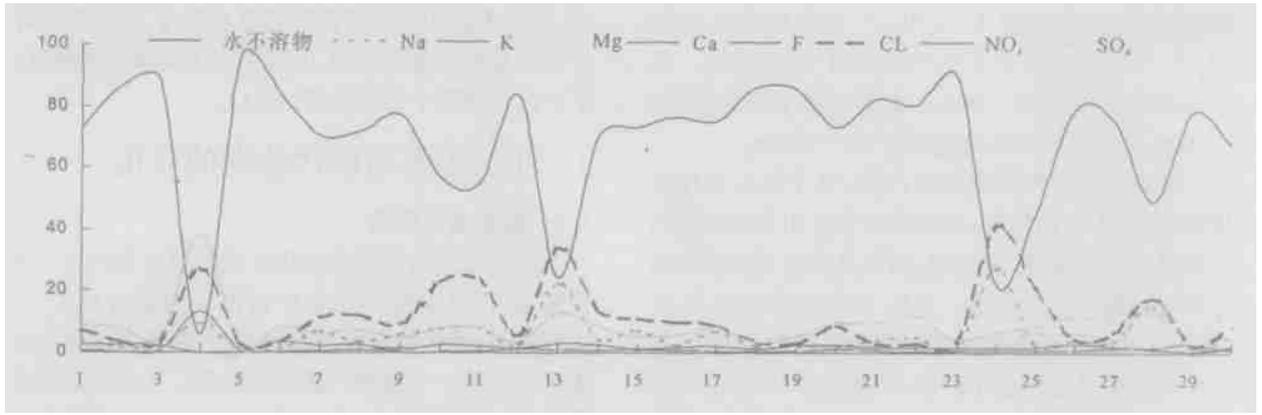


图 3 某剖面样品成分曲线

Fig. 3 Curves showing the content percentage for the compositions in the samples from a section

表 1 罗布泊盐湖某剖面样品化学分析表

Table 1 Chemical analyses of the samples from a section of the Lop Nur salt lake

样品编号	水不溶物	Na ⁺	K ⁺	Mg ₂ ⁺	Ca ₂ ⁺	F ⁻	CL ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
1	72.9	3.35	0.52	1.23	2.69	0.012	7.44		8.92
2	86.2	1.63	0.25	0.42	2.73	0.008	3.33		7.98
3	88.4	1.88	0.36	0.69	1.95	0.006	3.25	0.006	4.73
4	6	9.41	13.12	9.18	0.2	0.101	27.13		38.62
5	96.2	0.93	0.24	0.51	0.19	0.004	3.08		1.489
6	84.2	0.96	0.29	0.51	3.63	0.006	3.23		8.69
7	70.6	7.08	0.34	0.19	2.06	0.027	11.07	0.019	5.81
8	71.8	3.5	1.05	2.41	2.43	0.026	12.22	0.026	7.48
9	77.2	6.05	0.52	0.21	1.15	0.023	8.98	0.026	4.63
10	57	7.8	0.63	4.04	2.51	0.026	22.81	0.003	8.35
11	54.8	8.04	0.58	4.42	2.09	0.028	23.64	0.011	8.18
12	83.9	2.65	1.48	0.21	1.13	0.013	5.57	0.011	3.29
13	24.4	22.5	1.05	0.75	2.94	0.055	34.1	0.016	12.79
14	70.6	4.39	0.96	2.66	2.47	0.06	13.53	0.011	8.39
15	73.2	7.14	0.75	0.22	1.45	0.024	11.14	0.01	5
16	77	2.56	0.66	2.18	1.65	0.02	9.91	0.01	5.38
17	75.6	7.08	0.41	0.21	2.02	0.02	8.91	0.04	8.79
18	86.5	2.05	0.38	0.21	1.35	0.01	3.4	0.006	3.32
19	85.9	2.07	0.32	0.55	2.66	0.008	2.95		5.66
20	73.2	1.97	1.11	2.49	2.52	0.022	8.44	0.015	10.07
21	83	4.22	0.69	0.1	1.51	0.009	2.95	0.013	9.39
22	80.6	4.94	0.63	0.09	1.79	0.009	2.81		11.94
23	90	1.41	0.69	0.18	1.88	0.008	3.62	0.011	4.11
24	22.2	27.4	1.03	0.13	1.61	0.083	40.99	0.046	6.89
25	45.2	2.75	1.07	6.68	1.63	0.037	21.13	0.028	8.75
26	79.6	4.17	0.73	0.35	3.04	0.017	4.69	0.103	11.84
27	76	3.99	1.68	1.04	1.95	0.017	6.23	0.09	10.6
28	49.2	15.43	1.21	0.53	1.54	0.048	17.9	0.09	13.32
29	79	1.65	0.29	0.61	2.79	0.016	2.78	0.031	8.91
30	67.8	5.49	1.69	2.17	0.72	0.022	8.5	0.13	12.15

区仪器记录的年蒸发量和年降雨量之比大于一百,成为世界极干旱地区之一^[8,9],这决定了盐湖演化萎缩的方向在空间上由东向西,直至河道断流,湖水干枯。以上情况表明,环状影像反映的环状沉积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份发生规律性变化的结果。

4 认识的检验

检验方法有取样分析、测试定年的直接验证法和与已知的气候变化曲线对比、应用特殊历史气候事件标定的类比法,本文采用已知曲线对比方法。

首先在不同图像的相应剖面进行数据采集和信息提取,对特征影像数据进行傅立叶变换,色彩均衡和直方图统计等,将盐湖环状影像光谱信息转换为过去气候变化曲线,为便于对比罗布泊盐湖数据取值范围从公元1000—1972年,如(图4曲线A)。罗布泊盐湖过去气候的研究方法已另文讨论。

北半球1000年来的地面平均空气温度变化曲线(图4B)^[10],具备三个明显的特点:其一是从公元10世纪开始,地球经历了一个相当漫长的缓慢的降

温时期,降幅大约为 $0.1 \sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 。其二是到了20世纪,温度迅速上升了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。IPCC据此指出:1998年是千年记录中的最高点,90年代是最暖的10年,20世纪是千年来最暖的百年。其三是存在气候周期的变化。在图4中,纵坐标(Y)轴代表北半球地面平均空气温度,横坐标(X)轴表示公元纪年,从公元1000年到2000年,对数据进行了11年的滑动平均处理,矩形框表示变化趋势一致的峰和谷,有6个暖峰和4个低谷变化趋势一致。1600—2000年时间段的曲线经修正后也能很好地对应两条曲线的形状在1000—1100年、1350年—1550年间几乎一致,取子序列为200年做逐年滑动相关,在1330—1530年区间最大相关系数为0.82316654,不同之处是1000年来罗布泊的气候变化趋势是缓慢升高,20世纪的温度的突变没有得到反映。

5 结论

研究表明:罗布泊盐湖环状影像记录了过去气候变化的信息,并且在大尺度上可与北半球1000年来气候变化进行对比,所反映的冷暖事件和变化趋势的一致性,证实我们对环状影像的成因解释,即罗

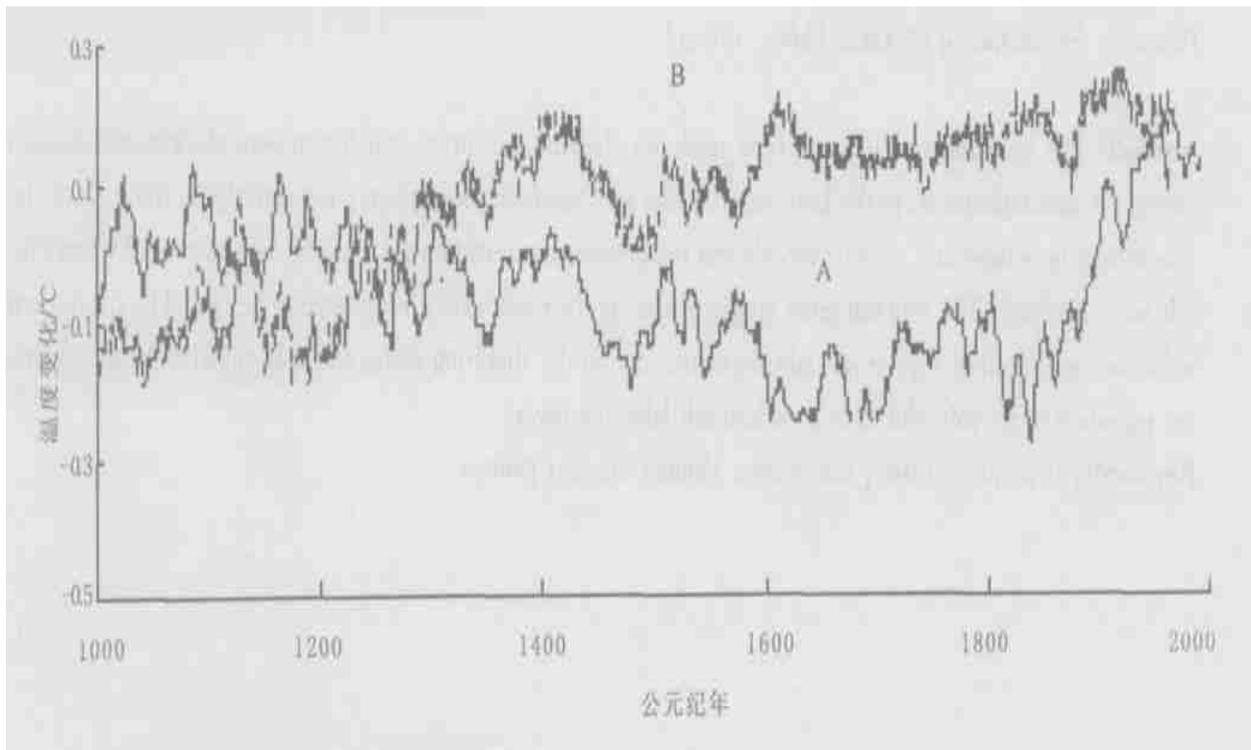


图4 罗布泊盐湖与北半球1000年来气候变化对比

A. 北半球; B. 罗布泊盐湖

Fig. 4 Curves showing the climatic correlation of the Lop Nur salt lake and Northern Hemisphere during the past millennium

A. Curves for the Northern Hemisphere; B. Curves for the Lop Nur salt lake

布泊盐湖的环状影像是现代盐湖沉积形成的,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发生规律性变化的结果。

罗布泊盐湖为遥感研究提供了得天独厚的条件,盐湖内无地表水、无植被、很少有人为活动,可排除许多干扰信息。随着现代高技术的应用和发展,尤其是遥感方法的深入研究,罗布泊的神秘面纱将被层层揭去,干旱条件下现代盐湖演化的信息使我们能更深入地了解过去。

参考文献:

- [1] 濮静娟,等.利用卫星遥感资料研究河口三角洲[J].地理学报,1979,(1):43-54.
- [2] 樊自立,等.罗布泊的盐壳[A].罗布泊科学考察与研究[C].北京:科学出版社,1987.
- [3] 王学佑,等.罗布泊钾盐矿遥感技术应用分析[J].化工矿产地质,1997,6(2):129-134.
- [4] 郑绵平.论中国盐湖[J].矿床地质,2001,20(2):181-189.
- [5] 杨谦,吴必豪,等.察尔汗盐湖钾盐矿床地质[M].北京:地质出版社,1993.
- [6] 刘成林,王弼力,焦鹏程.新疆罗布泊盐湖氢氧锶硫同位素地球化学及钾矿成矿物质来源[J].矿床地质,1999,18(3):268-275.
- [7] 谢连文,李锋,邓国武.罗布泊盐湖古环境信息遥感研究方法[J].遥感信息,2003,(4):2-6.
- [8] 王弼力,刘成林.罗布泊盐湖钾盐资源[J].北京:地质出版社,2001.
- [9] 严富华,叶永英,麦学舜.新疆罗布泊罗4井的孢粉组合及其意义[J].地震地质,1983,5(4):75-80.
- [10] MANN M E, BRADLEY R S, HUGHES M K. Northern Hemisphere temperature during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations[J]. Geophysical Research Letters, 1999, 26(6): 759-762.

The genesis of the ring salt crust images of the Lop Nur salt lake, Xinjiang

XIE Lian-wen^{1,3}, LI Feng², LI Bing-hai³, QUAN Xun-dong³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 3. Airborne Remote Sensing Centre for Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, Hebei, China)

Abstract: The comparative study has been made for the climatic curves which represent the climatic changes during the past millennium in the Lop Nur salt lake and Northern Hemisphere, respectively on the basis of the remote-sensing images and climatic models and the genetic interpretation for the ring salt crust of the Lop Nur salt lake, Xinjiang. The ring salt crust images of the Lop Nur salt lake is interpreted to be caused by the modern sediments as a result of regular salt lake deposition due to the altering warm and cold climatic changes during the transition of the salt lake from a modern salt lake to a playa.

Key words: Lop Nur salt lake; ring image; climatic change; genesis