

文章编号：1006-6616(2004)04-0344-06

云南高原典型湖泊演化及环境变化初步考察

史正涛¹, 明庆忠¹, 张虎才²

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 昆明 650092;

2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要: 本文对云南省境内7个典型湖泊系统和湖区地貌的科考, 湖芯取样140米, 同时对部分湖泊采集了底泥样品。对湖区湖岸阶地、层状地貌和相关地层考察研究表明, 存在着2~3次明显的高湖岸; 湖泊中分布着多层高于落水洞的形成于更新世晚期的螺壳层; 蛇山顶部开挖的剖面沉积特征及前人的测年资料表明, 蛇山组沉积结束于末次冰期晚期。

关键词: 湖泊演化; 环境变化; 云南高原

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

湖泊是十分理想的古环境信息库。湖泊沉积物水-土界面生物地球化学作用及其附近发生的在生物参与下的物理-化学过程, 是控制和调节湖泊水体和沉积物之间物质输送和交换的重要途径。云南高原是我国五大湖区之一, 有大小湖泊近百个, 其中大于1km²的37个^[1]。这些湖泊连同其所在的盆地是人们赖以生存的基础和栖息地, 是当地政治、经济、文化活动中心。但是, 由于湖区人口数量的大量增加, 经济的快速发展及对湖泊环境保护不够重视, 大量生产生活活动中产生的废水、废弃物被毫无顾及地排入湖中或随意堆放在湖岸等处, 造成了湖水严重污染, 环境质量急剧恶化, 大量湖泊面积在快速缩小、消失。湖区土壤植被严重退化, 入湖河流流量锐减, 含沙量剧增, 湖泊严重淤积以及干旱和暴雨灾害同时增多。这些严重的环境问题已给当地人民的生产、生活和身心健康造成了重大损失和危害损失, 具有巨大的潜在威胁。

湖泊是一个相对独立的自然有机体。它的发展变化与大气圈、岩石圈、生物圈和水圈相互作用的密切相关, 对于自然过程的变化有着敏感的反应, 是气候、环境、生物的理想信息库, 湖泊的形成与演化完整地记录了自然环境的变迁过程。同时, 湖泊具有沉积速率快、分辨率高、沉积稳定且连续性强, 保存信息量丰富、地理覆盖面广等优势。因而通过湖泊沉积高分辨率、多环境指标分析, 湖区各种地貌的研究, 可以重建湖泊环境发育历史, 恢复湖区历史时期气候变化、生态、水文状况。依此为背景, 结合湖泊现代过程的研究, 剖析湖泊演化过程中的人类活动影响分量及湖泊的富营养化历史, 湖泊的演化趋势及其与气候、环境的

收稿日期: 2004-11-20

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 40161002), 云南省自然科学基金(编号: 200300034M)和中国科学院南京地理与湖泊研究所“百人计划”资助。

作者简介: 史正涛(1964-), 男, 博士后, 教授。主要从事环境变化与遥感应用教学和科研工作。

E-mail: shizhengtao@163.com. 电话: 0871-5516101.

变化的关系，为保护和治理湖泊污染提供科学依据。

作者对云南高原从南到北、由低至高分布的 7 个代表性湖泊（图 1）进行了系统考察^①，主要开展了以下几项工作：

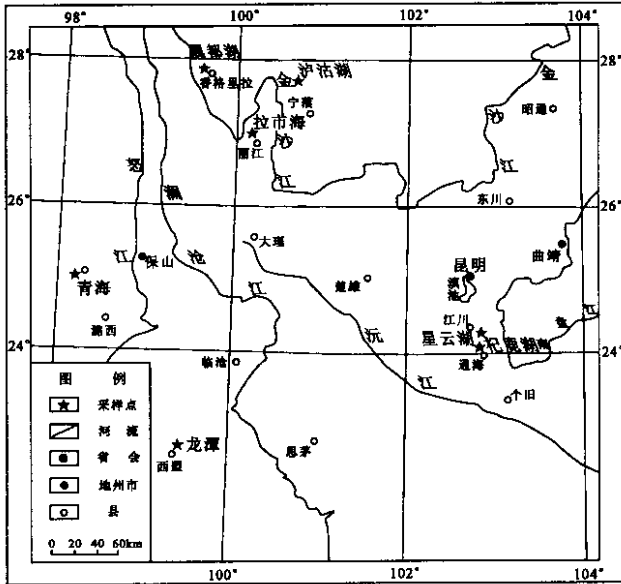


图 1 研究区及湖泊位置

Fig.1 Location of the study area and lakes

1 钻取了高质量连续沉积的高分辨率湖岩芯

本次科考利用活塞钻对杞麓湖、星云湖、拉市海、泸沽湖、属都湖、龙潭和青海 7 个湖泊进行了钻探取样，各湖的主要特征见表 1。为了取得高质量的岩芯，钻孔布置在没有河流进入、水深变化不大、沉积物稳定的湖一侧或中心部位（图版-1）。钻取的岩芯最长 12.5m（泸沽湖），最短 5.5m（拉市海），一般 7~9 米，共获得湖岩芯 140m。根据前人对该区（如杞麓湖²¹）研究结果估算，这些岩芯主要是晚更新世以来形成的。为了保证岩芯具有较高的分辨率和良好的连续性，每个湖泊都钻取 2~3 个平行岩芯（图版-2）。

对这些岩芯的沉积学、孢粉学、地球化学及年代学（AMS）等多学科交叉研究，集成各种代用指标并与石笋、湖岸线（螺壳层）年代序列结合起来，将会建立湖区晚更新世至全新世气候、环境变化的高分辨率时间序列，揭示研究区晚更新世-全新世以来构造演化、气候环境和植被生态的时空变迁、规律和西南季风的时空变化规律。

人类活动不同程度的影响湖泊物理过程、生物过程和地球化学-生物地球化学过程，因此湖泊沉积也记录了人与自然相互作用的演变过程，弥补了历史记载中的不足。作者将通过湖沉积环境指标的研究，揭示流域环境变化的重要事件，探讨人类活动在湖泊演化中及湖泊富营养化过程的作用。借鉴前人的研究成果，如洪泽湖沉积记录反映了 2ka 年人类活动和洪水灾害双重影响下的湖泊演化过程^[2]，山东南四湖沉积物的研究揭示了湖泊变迁与黄河

① 本文系 2004 年 4—5 月作者对云南 7 个典型湖区的科考初步成果。

泛滥的关系^[3],北京房山东甘池沉积记录中碳屑含量反映了火灾与植被、气候以及人类活动的关系^[4],抚仙湖沉积中记录了地震历史^[5]及滇池现代湖泊沉积研究反映了湖泊富营养化、重金属污染的历史过程^[6],作者对青海岩芯的分析可能揭示全新世以来该区腾冲火山活动的历史(图版-3)。

不论是气候变化、历史事件的研究,还是生物-环境过程研究,高精度的年代标尺的建立是至关重要的一步。在湖泊研究中,年代的不确定性一直影响区域气候环境的对比和模式的建立。本次工作中,在野外钻探和室内分样时作者都发现岩芯中有许多可以用于¹⁴C测年的陆生树叶和树枝、树皮^①。这为本次研究建立可靠的时间标尺的建立奠定了基础,从而保证研究成果可以进行区域对比,研究结论具有普遍意义。

表 1 研究湖泊的主要参数

Table 1 The main proxies of the study lakes

湖名	位置	海拔 (m)	pH 值	面积 (km ²)	平均水深 (m)	最大水深 (m)
杞麓湖	通海县	1797	8.78	36.9	4	6.8
星云湖	江川县	1725	8.82	34.7	7	11.3
拉市海	丽江县	2400		0.7	5	10.0
泸沽湖	宁蒗县	2690		50.5	40.3	93.5
属都湖	香格里拉县	3600		1.8	7	11
龙潭	西盟县	1100		2.0	20	37
青海	腾冲县	1950	5.8	0.25	5	8.0

2 湖面变化及湖区地貌考察研究

湖滨阶地、螺壳层等是指古湖泊水面位置的良好标志,是确定过去湖面变化的直接证据。生活在湖泊水体波动的滨岸带软体动物螺蚌类遗骸埋藏后往往成为古湖岸线的良好指示,同时也是划分地层的一种生物标志。本次工作中作者对杞麓湖、星云湖、抚仙湖和滇池周围埋藏螺蚌层进行了较系统的考察。

根据螺壳的风化程度和分布的海拔高度,这几个湖泊周围的螺壳层可以分为 2~3 大期。老的一期螺壳受到较强的风化,相对较脆易碎,分布位置高。例如杞麓湖周围分布在高于现今湖面 50m 左右处,凤山、虎山东侧、二街、兴义村一带和七街后山均有该期螺壳堆积。星云湖、抚仙湖该期堆积拔湖 100 米左右,典型分布地点如江川县螺蛳山、黑龙潭、候家咀、石岩村村公所对面山上等地。而滇池该期螺壳分布在拔湖 30m 左右的高度,乌龙山、金沙山、晋城石寨山等地都能清楚的看到这层螺壳堆积。新一期螺壳在杞麓湖和星云湖分布在高于现今湖面 10~20 米的高度,至少包含三个螺壳层(图版-4);在滇池高于湖面约 10m。而在界鱼石附近观音寺和龙门螺壳层的出现,说明星云湖、抚仙湖曾经在高湖面期自然相连。杞麓湖的凤山、虎山、小铺子及周围湖区,星云湖的李忠村后卫小学、职业学校、石岩村,滇池南面的石寨山、官渡、石子河、河泊所、兴旺村都有很好的剖面。有些剖面纯螺壳堆积厚度达十多米,可见当时的环境多么适合螺壳繁殖生长。

杞麓湖周围海拔 1900 米的台地上分布着大量磨圆度和球度都很高的砾石层,见有少量

① 样品已被送往德国基尔大学等国际著名加速器(AMS)实验室进行分析测年。

的螺壳。海西水泥厂后 1900 米的台地上存在砾石层、较多螺壳和湖相沉积。砾石直径一般 2~5cm, 最大 15cm, 磨圆度好, 球度高。由于遭受人为破坏(修梯田)砾石层厚度无法确认。湖相层厚 1.5m, 前者覆于后者之上, 代表湖退过程。在二街、四家村、马家湾后的 1900 台地上和虎山上也有大量的砾石分布, 砾石磨圆度好。这些砾石和螺壳指示的是更老的湖岸线的位置, 在其它地方尚未发现同期沉积。前人^[8]曾对这些湖岸作过调查和测年, 并在杞麓湖周围辨认出 4 条古湖岸。但当时的工作条件和技术手段有限, 作者认为有必要对其进行进一步研究。通过大量的测年分析, 在给出可靠的年代序列后, 再基于精确的海拔高度测量来探讨湖泊水位变化及其与构造运动的关系。

3 蛇山组沉积特征及时代研究

丽江盆地蛇山组是一套河湖相沉积, 记录了丽江古湖消亡和滇西北地区新构造运动及环境变化历史。该套地层在滇西北地区分布较广, 具有广泛的代表性, 因此早就引起了有关专家学者的注意并进行了大量的研究工作。一些研究者认为该套地层时代属于早、中更新世^[9-10], 另有一些人认为属晚更新世^[11-12]。造成分歧的原因在于: 地层时代是通过化石及其组合确定的, 而不同研究者采集的化石种类及化石完整程度不同, 因而对化石鉴定有误; 另外, 蛇山组是一套河湖相沉积, 相变很快, 地层分布连续性很差, 几乎没有较好的露头, 在其不同部位的露头上看到的沉积相差别很大, 客观上为研究增加了困难, 容易产生争议, 而没有经过较精确的年代学研究是不能准确确定该套地层时代的根本原因(图版-5)。

本次科考作者有幸在蛇山顶部看到基建开挖的深达 11.6 米的基坑(图版-6)。底部 1 米为水平产状的青灰色的湖相沉积, 向上为褐红色含大量红色土的冲洪积沙砾, 砾石粒径大部分在 1.0cm 以下, 靠近下部有两层厚度 30cm 左右的黑色条带并夹有细条带状的有机质层; 顶部为厚约 1.5 米的红色土。根据沉积物特征判断, 其形成时代不会太老(作者共采集的 3 个¹⁴C 年代样品, 正在测试中)。这个剖面说明, 丽江古湖的出水口很晚才被切开, 蛇山组沉积一直延续到晚更新世晚期才结束, 现在的蛇山台地是丽江古湖沉积物被侵蚀的残留部分。可以作为佐证, 在丽江造纸厂后山坡中种小队的一冲沟口剖面中采集的碳质粘土的¹⁴C 年代为 26970 ± 400 年^[12], 鹤庆湖盆被切开的时间是 1.42ka BP 前后^[13]。滇池周围台地上湖相沉积的¹⁴C 年代主要集中在 2.5~4 万年, 滇池北部普吉厚层湖相层中泥炭的¹⁴C 年代为 28900 ± 1920 年^[14], 这些地层业已遭受强烈的褶皱变形。杞麓湖、文海、拉市海等的落水洞形成时代也可能是最近几万年以内的事件, 因为被落水洞口高的位置存在着不止一层很新的螺壳层, 这说明落水洞的形成时代晚于这个时代。而导致丽江古湖消亡并与鹤庆盆地贯通、杞麓湖等湖中落水洞的形成与地下河贯通是发生在晚更新世晚期的一次相当强烈的, 以上升运动为主, 同时伴随强烈下切侵蚀作用的构造运动。

4 结论与讨论

云南高原西南部是典型的西南季风区, 是连接东亚季风、西南季风和高原季风的桥梁, 也是探讨人类起源与进化的理想场所和区域环境的长尺度演化与青藏高原隆升的关键地区, 因此, 开展该区湖泊演化和高分辨率环境变化时间序列和空间分布规律的研究, 对于解决许多青藏高原隆升、自然环境变迁等重大科学问题至关重要。

本次工作的成果将能够在解决高精度湖相地层年代测定,晚更新世晚期以来高精度环境演化序列,环境演化的空间分布特征,古湖泊的形成、消失及其与环境的关系,水系发育、阶梯地貌和构造-气候旋回事件等方面有新的发现和结论。石笋是研究高分辨率气候变化的重要材料,在古气候环境研究中得到广泛应用。在进行湖泊古气候记录研究的同时,本次工作中作者在湖泊周围地区还采集了石笋样品。通过对石笋记录的古气候研究并与湖岩芯古气候记录进行对比、相互补充,重建更加可靠的、具有广泛代表意义的高精度、高时间分辨率和空间分辨率的云南高原晚更新世晚期以来气候环境变化的历史和西南季风的时空变化历史。

湖泊沉积物是湖泊营养盐的重要蓄积库,在适当的条件下,沉积物营养盐释放进入湖泊水体,加剧湖泊的有机污染,富营养化严重的湖泊,其沉积物中营养盐的含量也高,湖泊沉积物中的氮、磷释放是浅水湖泊富营养化的关键因素之一。杞麓湖是一个严重污染和富营养化严重的典型湖泊。通过对湖泊底泥的研究,结合湖岩芯的分析结果,认识该湖区的污染和富营养化的历史、过程和机理,揭示流域环境变化的重要事件,探讨人类活动在湖泊演化及湖泊富营养化过程中的作用,为湖泊的治理提供科学依据。

致谢:李庆雷、雷国良、类延斌同志参加了野外考察,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 叶文,明庆忠.云南山水景观论[M].云南科技出版社,1991.
- [2] 宋学良,等.云南中部石灰岩地区高原湖泊古湖沼学研究[M].云南科技出版社,1994.
- [3] 杨达源,王云飞.近2000年淮河流域地理环境的变化与洪灾——黄河中游的洪灾与洪泽湖的变化[J].湖泊科学,1995,7(1):1~7.
- [4] 张振克,王苏民,沈吉,等.黄河下游南四湖地区黄河河道变迁的湖泊沉积记录[J].湖泊科学,1999,11(3):231~236.
- [5] 张佳华,孔昭宸,杜乃秋.北京房山东甘池15000年以来碳屑分析及对火发生可能性的探讨[J].植物生态学报,1997,21(2):161~168.
- [6] 李杰森,宋学良,马成大,等.用环境学磁化率方法研究历史地震[J].地震研究,2000,23(4):444~451.
- [7] 吴瑞金,项亮,钱君龙,等.云南滇池近代环境恶化的沉积记录[A].中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊,第13号[C].北京:科学出版社,1995.1~10.
- [8] 韩慕康,柴天俊,冬兴权.云南南部杞麓湖的全新世变迁及其与通海震区新构造运动的关系[J].地质论评,1981,27(6):491~495.
- [9] 赵国光.滇西北大理-丽江地区新生代地层及构造的初步观察[J].地质论评,1965,23(5):345~355.
- [10] 李鼎荣,黄兴根,王安德,等.滇西北第四系德划分[J].地质论评,1987,33(2):105~114.
- [11] 李有恒.云南丽江盆地一个第四纪哺乳类化石地点[J].古脊椎动物与古人类,1961,5(2):143~149.
- [12] 宗冠福.关于丽江蛇山组的时代问题[J].地层学杂志,1989,13(1):68~70.
- [13] 蒋雪中,王苏民,羊向东.云南鹤庆盆地30ka以来的古气候与环境变迁[J].湖泊科学,1998,10(2):10~16.
- [14] 中国科学院南京地理与湖泊研究所等著.云南断陷湖泊环境与沉积[M].科学出版社,1989.

(下转第365页)

the construction of high-type highways in northern Shaanxi , a series of numerical simulations have been made using the elasto-plastic finite-element method to illustrate the influences of various factors , including the slope form , rainfall and earthquakes , on the stability of sand loess slopes under the conditions of excavation by different engineering works . The simulation results indicate that : with increasing slope angle or slope height , a slope becomes gradually less and less stable ; a slope with a stepped form is more stable than that with a linear form , and is favorable for protection ; rainfall tremendously influences the stability of a sand loess slope , and especially in the case of water logging at the slope foot , the stain value of the slope foot increases nearly 20 times than that in a normal state ; earthquakes can make the values of both the stress and strain at the slope foot increase obviously with the growth of seismic acceleration . The simulation results provide a scientific basis for the high sand loess slope design and hazard control .

Key words : sand loess ; high slope ; loess slumping ; numerical simulation

(上接第 348 页)

INVESTIGATION OF THE EVOLUTION AND ENVIRONMENT CHANGE OF TYPICAL LAKES IN YUNNAN

SHI Zheng-tao¹ , MING Qing-zhong¹ , ZHANG Hu-cai²

(1. *Tourism and Geographic College , Yunnan Normal University , Kunming 650092 , Yunnan , China ;*

2. *Nanjing Institute of Geography and Limnology , Chinese Academy of Sciences , Nanjing , 210008 , Jiangsu , China)*

Abstract : This paper introduces the primary results of investigations of seven lake systems and geomorphology of the lake areas in Yunnan . A total of 140 m of drilling cores were recovered from the wells in the seven lakes and bed mud samples were taken from some of the lakes . Investigation and study of the lake terraces , layered geomorphology and related strata indicate that there exist two to three distinct highstand banks and that many conch layers are distributed in the lakes , which are higher than dolinen and formed during the later Pleistocene . The sedimentary characteristics of the section at the top of Snake Mountain and previous dating data suggest that the deposition of the Sheshan Formation ended in the late part of the last glacial epoch .

Key words : lake evolution ; environmental changes ; Yunnan Plateau

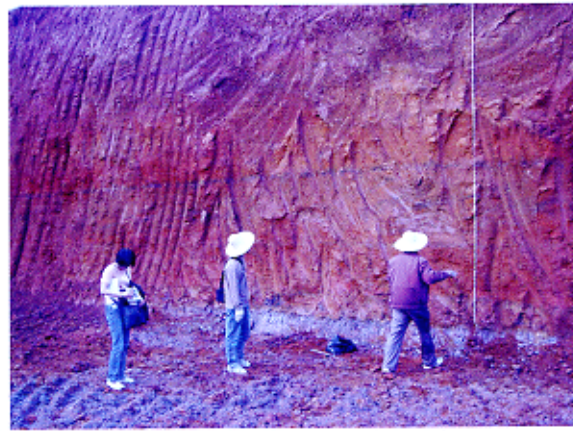
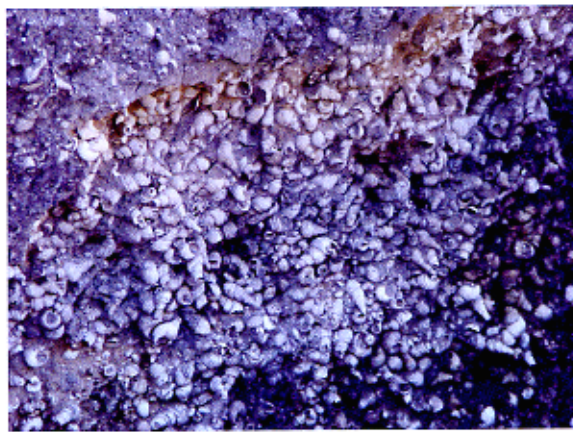
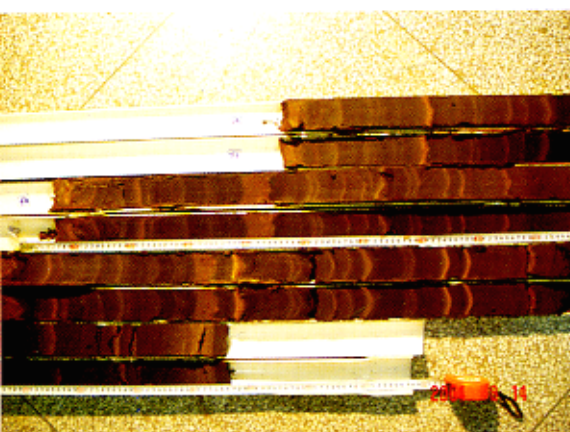
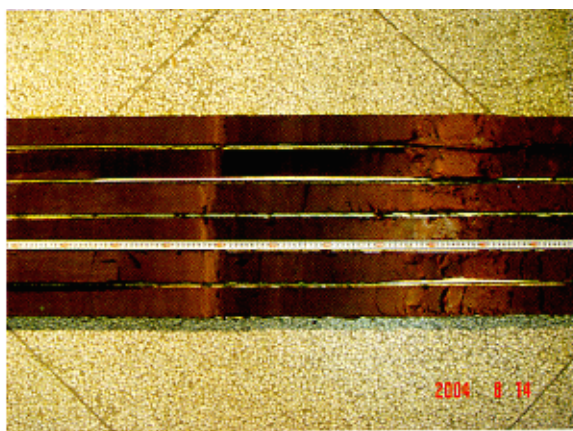


图 1 龙潭取样

图 2 湖泊平行取样岩芯

图 3 青海岩芯

图 4 杞麓湖螺壳层

图 5 丽江人工露头取样

图 6 丽江蛇山顶基坑剖面

1	2
3	4
5	6

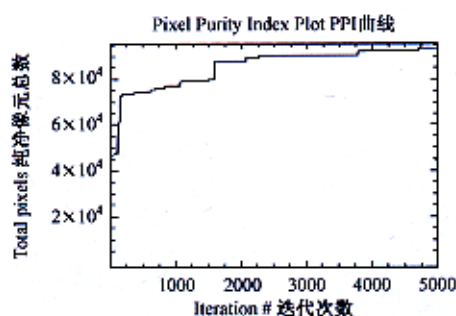


图2 若尔盖高原遥感数据纯净像元指数 (PPI) 曲线剖面图

Fig.2 Curve of the pixel purity index (PPI) on the Roigé Plateau

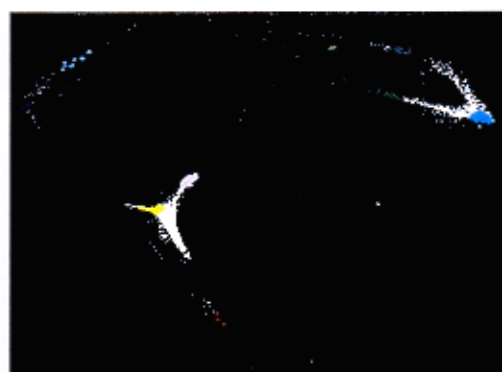
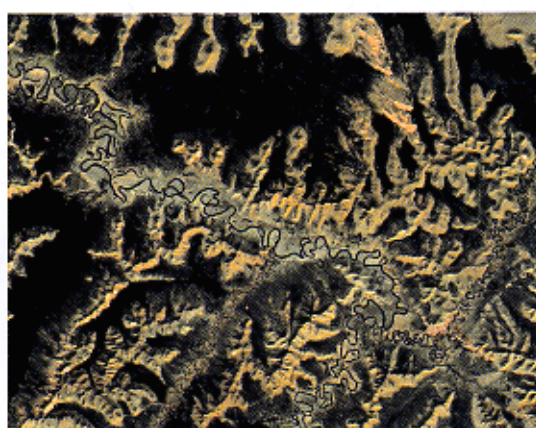


图3 若尔盖高原遥感数据 n-D 散度法样本重组图

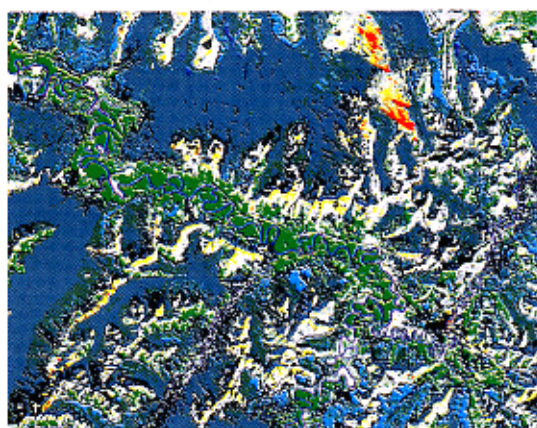
Fig.3 Recombining swatch map of n-dimensional visualizer method of remote sensing from the Roigé Plateau

1- 沙、石漠化类; 2- 草地严重退化区; 3- 草地一般退化区; 4- 草地类; 5- 林地类; 6- 水体类; 7- 雪覆盖类; 8- 沼泽类; 9- 沼泽退化区; 10- 未分类

1-sand and stone expansion; 2-serious degeneration of meadows; 3-generic degeneration of meadows; 4-meadows; 5-woodland; 6-water-body; 7-covered by snow; 8-swamp; 9-swamp degeneration; 10-unclassified



A. ETM融合影像图



B. 波谱角分类图



图5 若尔盖高原地物遥感波谱角分类图

Fig.5 Spectral angle mapper classification of surface features on the Roigé Plateau

1- 沙、石漠化类; 2- 草地严重退化区; 3- 草地一般退化区; 4- 草地类; 5- 林地类; 6- 水体类; 7- 雪覆盖类; 8- 沼泽类; 9- 沼泽退化区; 10- 未分类

1-sand and stone expansion; 2-serious degeneration of meadows; 3-generic degeneration of meadows; 4-meadows; 5-woodland; 6-water-body; 7-covered by snow; 8-swamp; 9-swamp degeneration; 10-unclassified