

文章编号: 1007-4619(2008)04-0640-07

青藏高原湖泊和 NDV 变化反映的生态地质环境问题

李远华, 姜琦刚, 赵 静, 王 坤, 张继承

(吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

摘 要: 分析湖泊源区生态地质环境对湖泊变化的影响, 建立湖泊变化、源区归一化植被指数 (NDVI) 变化与生态地质环境演变的关系, 提出“湖泊、NDVI 遥感动态监测的生态地质环境评价”方法 (“L-N”)。基于 20 世纪 90 年代初 (TM) 至 2000 年初 (ETM) 的湖泊遥感调查数据, 结合相应 NOAA/AVHRR NDV 数据, 利用 L-N 方法完成青藏高原生态地质环境评价。研究结果表明: 青藏高原生态地质环境总体呈恶化趋势, 高原北部的边缘地带、长江水系上游, 特别是柴达木盆地较为明显, 雅鲁藏布江流域、高原东南部情况较好; L-N 方法有助于提高遥感环境监测效率, 湖泊、NDVI 遥感监测具有重要的生态地质环境意义。

关键词: 青藏高原; 湖泊; NDVI; 遥感; 生态地质环境

中图分类号: TP79/Q14 文献标识码: A

1 引 言

青藏高原是孕育中华文明两河的发源地, 是中国境内湖泊和湿地分布最为集中的地区, 被喻为“中华水塔”、世界“第三极”^[1]。青藏高原的生态地质环境变化, 直接关系到中国西部的生态环境安全, 甚至影响全球气候, 青藏高原已成为当下研究热点。但是, 青藏高原生态地质环境现状不容乐观, 表现出“水土流失严重、土地沙漠化和水资源枯竭”趋势, 令人担忧^[2]。

遥感技术具有宏观性强、信息量丰富、动态监测能力突出等特点, 是生态环境调查中重要的技术方法之一。在青藏高原幅员辽阔、交通不便、地广人稀、高海拔的地区, 开展生态地质环境遥感调查与研究, 更能发挥遥感技术的优越性。随着生态环境评价研究的深入, 以及景观生态学在生态环境评价中的应用, 遥感与 GIS 技术在空间信息获取与数据分析方面的优势充分体现出来, 运用遥感和 GIS 技术开展生态环境评价已然成为生态环境评价的重要手段之一^[3,4]。

目前生态环境 (生态地质环境) 的评价类型众多, 比较重要的有生态安全评价、生态风险评价、生

态稳定性评价、生态系统健康评价、生态服务功能评价、生态承载力评价和生态环境影响评价。它们的基本思想是基于理论模型, 建立指标体系, 利用综合评价、AHP 景观生态学分析等方法展开评价。虽然生态环境评价研究不断深入, 方法多样, 然而却存在诸多问题: 对环境质量监测缺乏灵活性、动态性; 缺乏宏观性、综合性、普适性; 指标选择多样, 复杂, 体系庞大; 层次不一, 尺度不一; 指标不易量化, 数据难获取, 可操作性差; 对生态环境保护工作缺乏指导性, 重点不突出。这些问题会影响生态环境的动态监测与标准化评价^[5]。

作为一种简单而有效的环境参考量, NDVI 等植被指数广泛应用于生态环境问题评价与监测。20 世纪 90 年代以来, 很多学者在 NDVI 与气候变化 (温度、降水量) 关系等方面开展大量研究工作, 取得了丰硕成果^[6,7]。将 NDVI 和湖泊结合进行环境质量评价, 有利于对生态地质环境进行动态的快速监测。

2 研究方法的理论基础

2.1 青藏高原的湖泊变化特点及其引发的思考

近几十年来青藏高原湖泊总体上表现为萎缩趋势。高原内部湖泊面积和个数明显增加, 而高原

收稿日期: 2007-10-08 修订日期: 2008-02-10
基金项目: 中国地质调查局“青藏高原生态地质环境遥感调查与监测” (编号: 200315100002)。
作者简介: 李远华 (1979—), 男, 博士研究生, 吉林大学地球探测科学与技术学院在读博士研究生。主要从事环境遥感与地理信息系统方向的研究, 发表学术论文 4 篇, 参编专著 1 部。
(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

周边,特别是东部和北部地区湖泊面积和数量明显减少。青藏高原湖泊变化主要受气候(降水和温度)、新构造运动控制的地形地貌等因素影响^[8,9]。降水量增加自然会引起湖泊扩张,但调查发现,扩张的湖泊也并非完全处于降水量增加的区域,温度升高的地区也未必代表着湖泊萎缩。

湖泊是重要的生态地质环境因子,但湖泊水量增加或减少不一定代表生态地质环境好转或加重。

通常进行生态地质环境评价时,需要考虑湖泊变迁与各生态环境因子的关系,例如湿地、荒漠化、冰川、地质灾害等环境要素,同时还要考虑降水、温度的影响及地形地貌等因素的控制作用。然而如此大面积地开展遥感监测,其指标体系过于庞大、复杂,工作量大。

植被条件的好坏与生态地质环境密切相关,同时植被又是遥感观测、记录的第一表层。归一化植被指数(NDVI)是植被生长状态和植被覆盖度的最佳指示因子^[10]。它能在某种程度上反映某区域在气候、地质、人为等因素作用下的下垫面情况,湖泊

的变化也是重要的生态地质环境影响因子。那么,可以将 NDV 与湖泊的变迁联系起来,分析湖泊变化和 NDV 变化背后所隐含的生态地质环境问题。

2.2 湖泊供水源区 NDV 监测意义

通过对遥感影像的动态对比,不难发现湖泊、湿地和荒漠化等生态地质环境因子变化对 NDV 影响主要有两种表现类型:

2.2.1 急剧变化型

湖泊水域变迁引起的 NDV 变化是这种类型的代表。由于湖泊面积的增加或减小,水域的变化会导致两期 NDV 值的急剧变化,主要表现为 NDVI 值的上升或下降幅度“较大”。虽然这种变化受地理位置的影响非常大,却又简单地集中于湖泊周边(图 1 A)。

2.2.2 级别转换型

这种类型的代表是湿地或荒漠化。由于湿地、荒漠化的级别转换,引起 NDV 值的变化,当转换较强时 NDV 变化幅度高,反之则相对较低(图 1 B)。

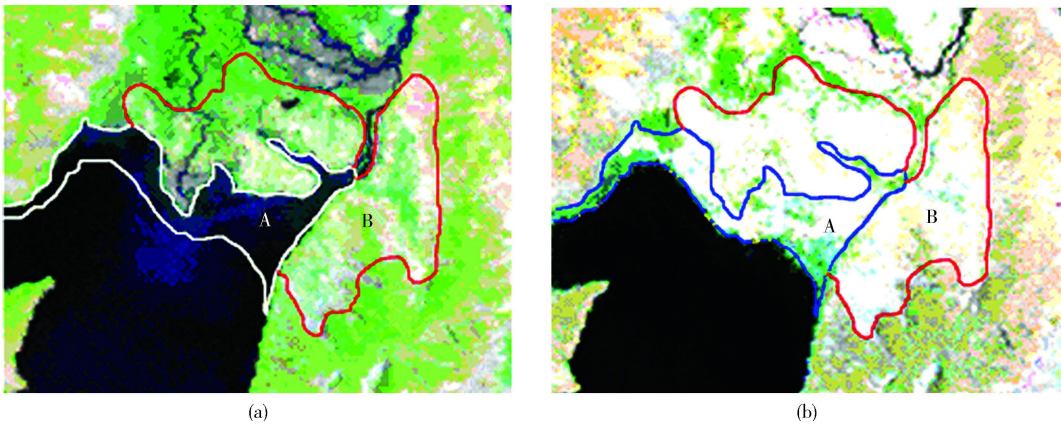


图 1 两期遥感影像中湖泊、湿地和荒漠化的演变
Fig 1 Change of lake wetland and desertification in two temporal Remote Sensing images

由于湖泊与 NDV 存在这种急剧变化关系,如果仅监测湖泊周围变化区域的 NDV 变化,实无具体意义,也无法剖析湖泊变迁与 NDV 变化的真正关联,其受限于湖泊的空间分布情况。因此,开展湖泊供水源区的 NDV 变化研究更具实际与理论意义。

2.3 湖泊源区 NDV 条件与湖泊变迁反映的环境问题

2.3.1 源区生态地质环境对湖泊水量变迁的影响

生态地质环境一般受多种因素影响。在良性生态环境中,水循环系统良好,地下水、地表水、天降水稳定补给,让湖泊与其滨湖湿地总体水量变化呈现“增加或稳定”趋势(图 2)。在恶劣生态环境

下,水循环系统遭到破坏,地下水、地表水、天降水

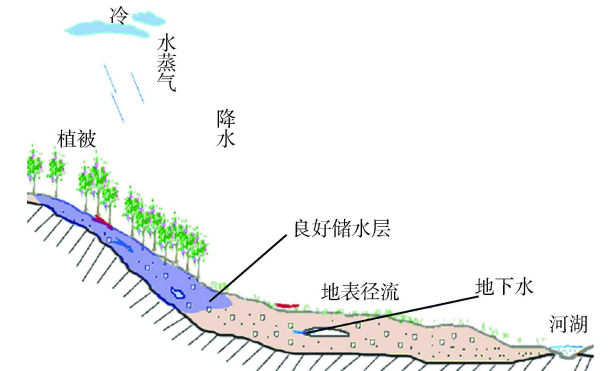


图 2 良好植被条件下的水循环系统
Fig 2 Water cyclic system in favourable vegetation condition

的补给不稳定,湖泊与其滨湖湿地总体水量变化整体上表现为“下降”趋势。此时,湖泊与其滨湖湿地总体水量的增加主要受季节性降雨或突然的冰川融水事件影响(图 3)。可见,上游生态地质环境恶

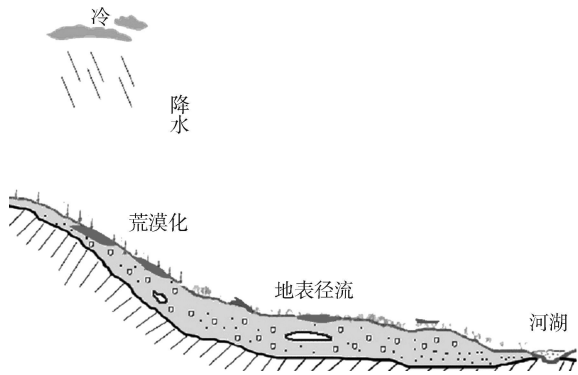


图 3 恶劣植被条件下的水循环系统

Fig 3 Water cyclic system in wicked vegetation condition

劣,“三水循环”就会遭受破坏,造成源区储水能力下降,突降暴雨易引发洪灾,天气干旱易导致湖面萎缩,河流断流^[11,12]。

2.3.2 湖泊源区 NDV 条件与湖泊变迁反映的环境问题

植被条件的好坏与生态地质环境密切相关,同时植被又是遥感观测、记录的第一表层。归一化植被指数(NDV)是植被生长状态和植被覆盖度的最佳指示因子。它也能在某种程度上代表湿地、荒漠化和外部气候条件的综合作用下的下垫面状况。依据前述分析,假设源区生态地质环境好坏与 NDV 成正比关系,且与“湿地、荒漠化、植被覆盖等级和外部气候条件的综合作用”有关,那么源区 NDV 变化、湖泊水域变化(水量)存在表 1 所述的响应关系,各类型间有不同的影响因素。

表 1 源区生态地质环境与湖泊、NDV 变化响应关系

Table 1 The relationship among ecological-geological environment, lake change and NDV I change in lake source area

源区可能影响因素	变化类型	湖泊变化	NDV 变化
①植被本底条件无明显变化,温度升高,降水量下降,湿地缩小。短时性降水导致源区水覆盖面积扩大。	3(一般)	水量增加、稳定	值下降
②植被本底条件下降明显,温度升高,降水量下降,湿地缩小、源区荒漠化有扩张或升级现象。短时性降水导致源区水覆盖面积扩大。			
③其他气候因素引起水量补给,例冰川融化(若存在)。			
①植被本底条件下降明显,荒漠化扩张或升级,伴有降水量下降、温度升高、湿地缩小。	4(略差)	水量减少	值下降
②短时降水。			
源区生态地质环境好转明显,湿地扩大,荒漠化减少,降水量增加或处于平衡状态。	1(好)	水量增加、稳定	值上升
①生态地质环境好转明显,荒漠化减轻、湿地扩大、降水量增加或处于平衡状态。	2(较好)	水量减少	值上升
②生态地质环境稳定,短时性干旱导致源区水覆盖面积短期缩小, NDV 值上升。			

3 青藏高原湖泊变化和 NDV 变化反映的生态环境问题

基于上述理论和分析,将青藏高原湖泊变化与 NDV 变化联系起来,基于表 1 的思想,对青藏高原的生态地质环境状况进行影响评价(无权重)。本文将这种方法称之为“基于湖泊、NDV 遥感动态监测的生态地质环境评价”,简称“L-N”评价(Assessment of Ecological-Environmental Base on Remote Sensing Dynamic Changes Information of Lakes and NDVI)。

3.1 遥感技术应用与数据处理

3.1.1 湖泊遥感调查的技术保障

以 20 世纪 90 年代初 Landsat TM 至 2000 年初 Landsat ETM 数据为数据源。遥感影像经合成、

多次校正、地形高差大的地区正射校正,空间上完全重合的两期遥感图像,再经增强处理后,进行人机交互解译。由于湖泊水体在遥感图像上易于识别,根据不同时相、不同地区湖泊水体分别建立解译标志。TM-ETM 图像上湖泊,以 4 个像素为标准,即面积大于 4 个像素的湖泊均予以解译。解译时放大图像,力求准确、细致勾画湖泊水体边界。人机交互解译结果,在 GIS 技术支持下,进行湖泊各种属性补充和完善,包括名称、成因类型、高程、湖水性质等,完成湖泊属性数据库(源于项目数据)。

3.1.2 湖泊数据处理

利用区域统计分析的方法,将 TM-ETM 的湖泊变化在空间上离散化,从而划分出湖泊的广义变化区域,而不是将单个湖泊周边的水面增减区域视为变化区域。这样就可以将之与 NDV 的变化结合起

来进行分析,当然,如果能精确划分各湖泊流域,效果最佳,但其工作量相当大。

3.1.3 在 NDV 处理方面

由于青藏高原面积巨大,工作区面积达 260 多万平方公里,涉及 TM EIM数据各 130 多景,所以很难克服时相、图像质量和气候影响等方面带来的困难,选择到合适的 TM EIM数据进行 NDV 计算和对比 (与湖泊数据同源)。因此选择 NOAA/AVHRR 的 8 km 全球归一化植被指数进行研究。首先将 NDV 数据反算出 NDVI 值,以免数据处理时

因转换带来误差;接着,将两期 NDV 数据进行差值运算,将绝对变化量超过 0.03 的变化视为有效变化;最后,将之由 Goode 投影转为 Lamber 投影,与青藏调查数据匹配,进行评价^[13 14]。

3.2 青藏高原生态环境的初步 L-N 评价

利用 GIS 技术将湖泊变化、NDV 变化数据进行空间叠加分析,依据事先设定的变化码归类评价级别,从而得到青藏高原的生态地质环境无权评价。结果分析如表 2 图 4。

表 2 变化代码与聚类表达式
Table 2 Change code and clustering expression

湖泊与 NDV 变化	变化代码	评价级别	聚类表达式 (LC 湖泊变化, NC NDV 变化)
减少 (下降)	1	一级	(LC= 3 或 LC=2), 且 NC=3
稳定	2	三级	LC= 1 且 NC= 3
增加 (上升)	3	三级	其他
		四级	(LC= 3 或 LC=2), 且 NC= 1
		五级	LC= 1 且 NC= 1

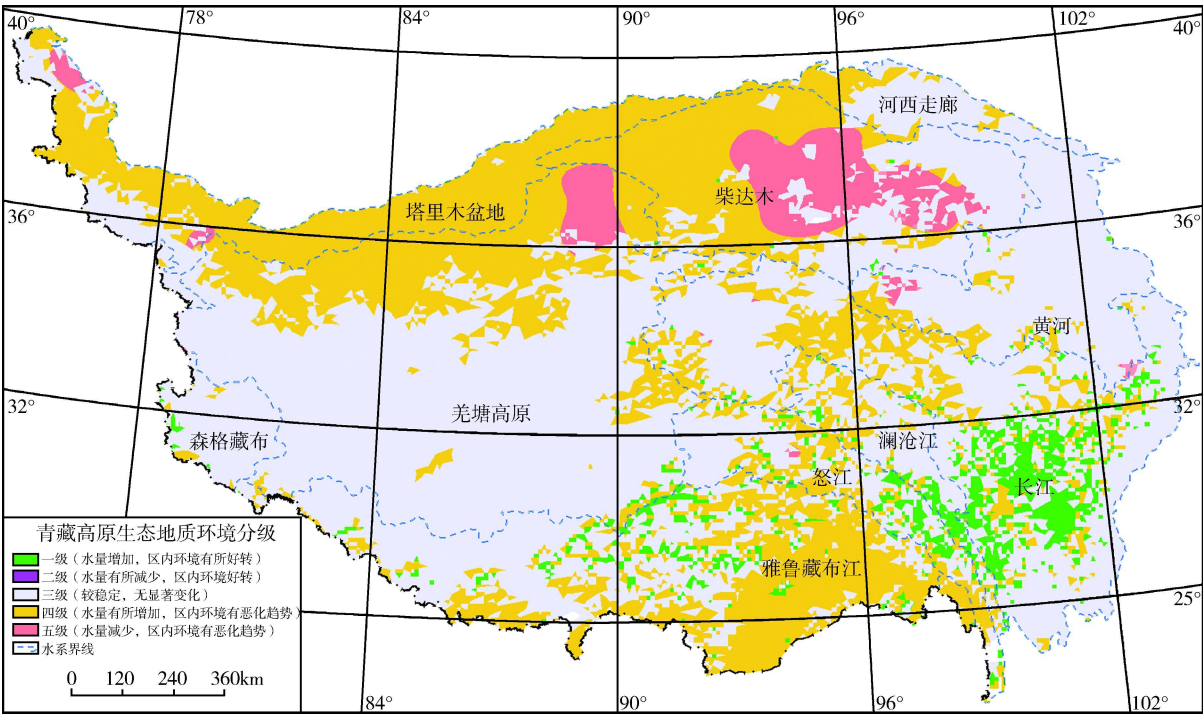


图 4 青藏高原初步 L-N 评价结果
Fig 4 Primary evaluating results of QingZang Plateau by L-N

从表 2 可以看出,每一级所代表的生态地质环境变化意义有所不同。一级:水量增加,区内生态地质环境有所好转;二级:虽然水量有所减少,但区内生态地质环境有所好转;三级:较稳定,无显著变化;四级:水量有所增加,区内生态地质环境有恶化

趋势;五级:水量减少,区内生态地质环境有恶化趋势。

从评价结果可以看出,青藏高原 20 世纪 90 年代初至 2000 年初,其生态地质环境总体呈恶化趋势,其中高原北部的边缘地带、长江水系上游、特别

是柴达木地区较为明显。而高原腹地、高原东部较为稳定,雅鲁藏布江流域、高原东南部有明显的好转(图 4)。

上述结果与“青藏高原生态地质环境遥感调查与监测”调查结果一致。在此期间,这些地区降水量下降,温度上升,荒漠化加重、冰川加速消融,环境趋于恶化;青藏高原荒漠化调查显示,荒漠化的增加主要在高原的边缘,青藏高原冰川调查显示:

“现代冰川重度退缩区范围包括境内冈底斯山脉、喜马拉雅山脉、帕米尔高原和横断山。冰川退缩变化率为 15.07%—16.20%,雪线呈退缩趋势;现代冰川中度退缩区分布在青藏高原的北部,包括阿尔金山、祁连山、喀喇昆仑山三大山脉。冰川退缩变化率为 9.40%—10.56%,其中阿尔金山为 10.56%,祁连山为 10.53%,喀喇昆仑山为 9.40%。雪线呈退缩趋势”。

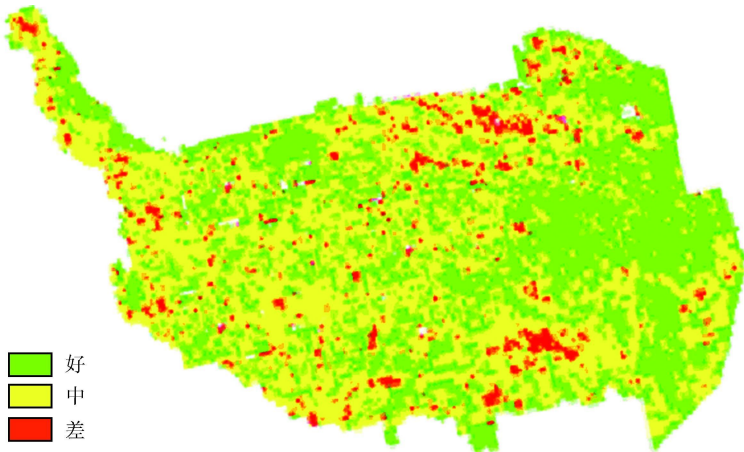


图 5 “青藏高原生态地质环境遥感监测系统”生态地质环境综合评价

Fig 5 The comprehensive assessment of QingZang Plateau environmental and geological information monitoring system

此外,评价结果与“青藏高原生态地质环境遥感监测系统”给出的青藏高原综合评价结果相对较(AHP模型),二者情况基本相符(源于项目数据资料)。一、二级与“好级”基本对应,四、五级与“中、差级”对应(图 5)。青藏高原综合评价基于冰川、湖泊、湿地、荒漠化和地质灾害等生态地质环境因子及气象数据的综合性评价,其资料更为全面,评价更为准确。能与其结果类似,可见 L_N评价方法具有一定的科学性,同时它需要的因子数量只有两个,在节省工作量的同时,亦提高了效率。

4 结论与讨论

湖泊源区生态地质环境的好坏,对湖泊的变迁有着重要影响,它能在某种程度上反映某区域在气候、地质、人为等因素共同作用下的下垫面情况。因此,将 NDV 与湖泊的变迁联系起来,有助于分析湖泊变迁所隐含的生态环境问题。

青藏高原 20 世纪 90 年代初至 2000 年初,其生态地质环境总体呈恶化趋势,其中高原北部的边缘地带、长江水系上游、特别是柴达木地区较为明显。而在高原腹地,高原东部则较为稳定,雅鲁藏布江

流域、高原东南部有明显好转。

L_N评价方法节省了生态地质环境遥感监测参数,能在一定程度上提高监测效率,尽管它不能高精度地反映生态地质环境状况,但在遥感技术监测青藏高原湖泊、NDV 的宏观变化上具有重要生态地质环境意义。

如果能进一步完善理论方法,划定区域,利用差值法等遥感图像处理技术监测湖泊变化,利用 L_N评价方法,就可以快速地、宏观地、较为准确地监测青藏高原的生态地质环境状况。随着 2005 年左右的 CBERS 数据遥感调查工作即将完成,可以进一步探讨近几年来青藏高原生态地质环境的变化与趋势。深化研究气象资料、生态地质环境因子调查资料与其他相关资料(各类指数)之间的关系,得出可靠的评价方法,利用遥感监测方法,提出合理性监测方案,对青藏高原的环境保护、资源保护和合理开发具有重要意义。

参考文献 (References)

[1] Lu C X, Xie G D, Cheng S K, et al. The Tibetan Plateau as Water Tower [J]. Journal of Mountain Research, 2004, 22 (4): 428—432 [鲁春霞, 谢高地, 成升魁等. 青藏高原的水塔功能 [J]. 山地学报, 2004, 22 (4): 428—432]

- [2] Luosan L Z D J Utilization and Protection of Water Resources in the Qinghai Tibet Plateau [J]. Resources Science, 2005, 27(2): 23—27 [洛桑·灵智多杰. 青藏高原水资源的保护与利用 [J]. 资源科学, 2005, 27(2): 23—27]
- [3] Chen R Y Qi P R Discussion on the Progress of the Research on Chinese Ecological Environment Evaluation [J]. Sci Tech Information Development & Economy, 2006, 16(20): 169—170. [陈润羊, 齐普荣. 浅议我国生态环境评价研究的进展 [J]. 科技情报开发与经济, 2006 16(20): 169—170]
- [4] Wang W J The Elementary Principle of Eco-geological Environment Assessment and Its Application: Example from Transect of the Anning River [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2003 [王文俊. 生态地质环境评价的基本原理及其应用——以长江上游安宁河流域为例 [D]. 成都: 成都理工大学, 2003]
- [5] China National Environmental Monitoring Center. Study on Assessment of China's Eco-Environmental Quality [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2004 [中国环境监测总站. 中国环境质量评价研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004]
- [6] Tan D B Hu Y X ia F et al. Application of MODIS Data in Ecologic Environment Dynamic Monitoring of the Yangtze Basin [J]. Yangtze River, 2006, 37(4): 5—8 [谭德宝, 胡艳, 夏帆等. MODIS 数据在长江流域生态环境监测中的应用 [J]. 人民长江, 2006 37(4): 5—8]
- [7] Zhang Y D Xu Y T Gu F X et al. Correlation Analysis of NDVI with Climate and Hydrological Factors in Oasis and Desert [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2003 27(6): 816—821. [张远东, 徐应涛, 顾峰雪等. 荒漠绿洲 NDVI 与气候、水文因子的相关分析 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 816—821.]
- [8] Lu A X Wang L H Yao T D The Study of Yamzho Lake and Chencuo Lake Variation Using Remote Sensing in Tibet Plateau from 1970 to 2000 [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2006 21(3): 173—177. [鲁安新, 王丽红, 姚檀栋. 青藏高原湖泊现代变化遥感方法研究 [J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(3): 173—177.]
- [9] Jiang Q G Fang H B Li Y H Research on Spatio-Temporal Change of Lakes and Its Geological Mechanism in Qinghai Tibet Plateau Base on Remote Sensing Technology [A]. Collection of Thesis of the 16th National Remote Sensing Technology Seminar [C]. Beijing: Geological Publishing Press, 2007. [姜琦刚, 方洪宾, 李远华等. 基于遥感技术对青藏高原湖泊时空变化研究及其地质机理探讨 [A]. 第十六届全国遥感技术交流会论文集 [C], 2007.]
- [10] Zhao Y S et al. Remote Sensing Application Analysis and Theory [M]. Beijing: Science Press, 2003 [赵英时等. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2003]
- [11] Zhang Z H Zhang G H The Evolution of Continental Water Cyclic System and Its Environmental Significance [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2004, 22(4): 289—292 [张宗祜, 张光辉. 大陆水循环系统演化及其环境意义 [J]. 地球学报, 2004 22(4): 289—292]
- [12] Li Y S Effects of Forest on Water Circle on the Loess Plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2001, 16(5): 427—432 [李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究 [J]. 自然资源学报, 2001 16(5): 427—432]
- [13] Lu L Li X Cheng G D Analysis on the Seasonal Phenological Characteristics of the Heihe River Basin with AVHRR NDVI Data Set [J]. Journal of Desert Research, 2002 22(2): 187—191 [卢玲, 李新, 程国栋. 利用 NOAA AVHRR 植被指数数据集分析黑河流域季候特征 [J]. 中国沙漠, 2002 22(2): 187—191]
- [14] Steinwand D R Mapping Raster Images to the Interrupted Goode Homologous Projection [J]. Int J Remote Sens, 1994 15 3463—3472

Eco logical Geological Environment Problem Indicated by Monitoring Lakes and NDVI with Remote Sensing in QingZang Plateau

LI Yuan-hua, JIANG Qi-gang, ZHAO Jing, WANG Kun, ZHANG Ji-cheng

(College of Geop Exploration Science and Technology, Jilin University, Jilin Changchun 130026, China)

Abstract There are many problems in eco-geological environment evaluation, such as being short of macro, difficulty of data acquisition, trouble of indicator quantitative analysis and operation. Consequently, eco-geological environment evaluation and its dynamic monitoring is influenced by them. In order to solve this problem, this paper discusses the feasibility of eco-geological environmental evaluation with NDVI and lakes changes and open out practice in QingZang Plateau.

Firstly, analyzing lake changes by considering the influence of eco-geological environment in lake source area, the relationship among eco-geological environment, lake change and NDVI change in lake source area are established. Secondly, a method of eco-geological environment assessment which is named as “Assessment of eco-geological environment base on Remote Sensing Dynamic Changes Information of Lakes and NDVI”, for short “L-N”, is given. Finally, based on the survey data of lake by Remote Sensing technique with Landsat TM in 1990's and Landsat ETM in 2000's with contemporaneous NDVI data from NOAA/AVHRR sensor, the eco-geological environment assessment of QingZang Plateau is accomplished by “L-N”.

The results show that: The eco-geologic environment of QingZang Plateau has been worsening, it is obvious in the fringe area of north Plateau, Rivers Sources of Yangtze River, specially Qaidam Basin. On the contrast, environment situation is preferable in southeast of the Plateau and Yarlung Tsangpo river basin. From the evaluation result of QingZang Plateau, “L-N” way obtains closely consistent outcome and its needful index is consumedly decreasing, at the same time, with nicer and easy operation. Utteriorly, in virtue of powerful monitoring ability of Remote Sensing technology, it is beneficial to develop dynamic eco-geological environment evaluation investigating in QingZang Plateau.

In conclusion, it is helpful to promote efficiency of environment monitoring by “L-N” with Remote Sensing technology having the characteristic of reducing many evaluating index, expediently being investigated by Remote Sensing technology and feasibility. In addition, it is a significant for eco-geological environment to monitor lake and NDVI data in QingZang Plateau.

If correlative theory can be advanced, plotting out fixed area and surveying lakes will change by Remote Sensing image processing technique. Therefore, it is possible that we can improve eco-geological environment status of a region in macroscopical scale.

Key words: QingZang Plateau, lakes, NDVI, remote sensing, ecological-geological environment