

青海省生态环境分区的遥感应用研究

孙延贵^{1,2} 张国伟¹ 王冬青² 张显廷² 李冬玲²

(1.西北大学地质学系,陕西 西安 710069;2.青海省地质调查院遥感中心,青海 西宁 810012)

提要:地处青藏高原东北部的青海省,地形地势独特,生态环境多样。但由于地域辽阔,环境条件恶劣等原因使得对其生态环境总体现状特征了解甚少。笔者利用多时像、多元遥感数据,在计算机图像处理系统支持下,通过不同图像处理方法实验,优选使用了美国 Landsat-5TM7.4.1 图像提取了反映生态环境综合特征的遥感因子,参考过渡因子以及非遥感因子特征,对青海省生态环境进行了遥感分区,共划分出 2 个生态环境大区,7 个亚区和 31 个小区。通过这一生态环境分区性遥感应用研究,不仅对青海省生态环境现状有了宏观性的了解,而且还达到了对应用中的相关技术方法进行了讨论的目的。

关键词: 青海省;遥感;生态环境区;分区因子

中图分类号: X146, TP179 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2003)02-0214-06

晚新生代以来,青藏高原的快速隆升不仅使自身的生态环境发生了一系列的巨大变化,而且对其周边乃至全球环境产生了重要的影响^[1-4],更有意义的是其变化在全球变化中具有一定的“预警”作用^[1,5]。为此,在人们已深刻认识到生态环境对人类的生存和社会可持续发展至关重要的今天,青藏高原生态环境现状、变化趋势以及目前已被公认为处在极其脆弱状态下的生态环境对全球变化将预示着什么等问题已引起社会的普遍关注。地处青藏高原东北部的青海省,南北跨越高原腹地和边缘造山带,由西向东自高原向山地与盆地相间分布的地貌格局过渡。地形地势独特,生态环境多样,在青藏高原生态环境研究中具有良好的标型意义。由于青海省生态环境综合性系统研究程度较低,对其现状特征了解甚少。目前针对不同专业诸如水资源、森林植被、土地利用现状、地质灾害、矿产能源资源等,由相关部门及科研单位进行了调查,并已取得了较多的研究成果,但对生态环境的综合研究仅仅是局限性的。显然,充分利用迅速发展起来的遥感技术,发挥其探测范围大,获得资料快,受地面条件限制少,获取信息量大和用途广的技术优势^[6,7],对青海省生态环境进行总体

系统了解应是一条有效的途径。通过两年多的遥感技术应用性研究发现:利用不同遥感信息源,以生态环境研究为目的,在计算机图像处理系统支持下进行不同图像处理的方法试验;在反映生态环境特征信息量最大的图像上,提取生态环境与遥感图像相应的有效因子进行生态环境分区;在遥感分区的基础上,以生态小区为分析的基本单元,使用过渡因子和非遥感因子进一步检验遥感分区的合理性,是遥感技术具体应用于生态环境现状调查中的一条较好的技术路线。当然在应用中也存在着某些局限性,其中受时像制约而对生态环境综合信息量所反映的程度以及图像处理系统中的专家子系统的可信度对生态环境分区研究具有较大的影响。二者并不完全是由通常所说的图像数据质量引起的,在高等级数据质量的情况下,他们同样能够造成一些虚假信息而使生态环境分区具有较多的主观性。所以在生态环境分区的遥感应用研究中,非遥感因子不仅可以检验分区的合理性,同时也是图像处理系统中修正专家子系统的重要参考因素,而且多时像、多元数据的综合使用以及进行必要的实地验证是保证正确应用的前提。

收稿日期:2001-11-25;改回日期:2002-12-05

基金项目:国土资源部地质大调查项目(J8.4)资助。

作者简介:孙延贵,男,1959 生,博士生,高级工程师,从事区域地质调查与遥感地质研究工作;E-mail: ygzx@publsc.sn.qh.cn。

1 生态环境遥感信息特征及分区因子选择

1.1 生态环境遥感图像处理

在复杂的遥感技术系统中,因应用的多目的性而出现了多种信息获取的技术方法,即使是同一种方法也常因地域自然环境的不同而造成信息在属性、数量和质量上存在很大的差异。因此在选取可以满足研究所需要的分辨率后,在计算机图像处理系统支持下进行满足于不同研究目的的方法试验是非常关键的。笔者分别选择使用了美国 Landsat-5TM 和中巴资源卫星(CBERS)数据以及部分法国 Spot 数据,辅以黑白航片、彩红外照片,并对 TM 中不同波段组合进行图像合成。通过大量对比发现 TM7.4.1 假彩色合成图像在反映青海省域生态环境特征上具有良好的效果,尤其是在反映控制生态环境构型的主导因素地貌、水体、植被以及地质灾害上是最佳的。TM7.4.1 卫星影像自然成为青海省生态环境宏观研究的首选基础遥感图像。

为使图像所提供的生态环境信息和地理信息系统更好地复合匹配,通过图像与地理底图的配准、校正,得到与地理底图基本匹配的 1:100 万青海省 TM7.4.1 波段合成假彩色卫星影像图。该图像不仅可用作生态环境分区、环境区影像特征对比以及选择其他遥感信息源对特殊生态环境区进行信息增强处理的指导性用图,而且还可以和地形图配合对过渡因子进行大量的统计,间接实现遥感因子的定量测定和地理位置的套合。

1.2 生态环境遥感因子提取以及与其他因子的关系

大量研究表明,生态环境分区是受地貌控制的,不同高度、类型的地貌边界成为不同生态环境分区的自然界限^[9],在高海拔的青藏高原,这种界限尤为明显,并由此产生变化多样的高原生态环境构型。每一个生态环境区,地貌类型、水体类型、植被特征以及地质灾害类型共同组成其主导结构,任一因素的变化都有可能引起生态环境构型的改变,变化的易发程度远远高于中国其他地区,这也是青藏高原“生态环境极其脆弱”的原因之一。这些因素恰恰正是遥感影像上反映最为清晰的那一部分信息,是进行生态环境遥感分区的主导因子,本文称之为遥感因子。在对青海省生态环境遥感分区中,笔者共选择了地貌、水体、植被、地质灾害四大类型,包括了 15 个具

表 1 青海省生态环境分区综合因子
Table 1 Factors of eco-environment districts in Qinghai Province

类别	类型	因子名称	类别	类型	因子名称	类别	类型	因子名称
遥感因子	地貌	盆地、山脉、河谷、高原丘陵	过渡因子	地势	高程高差起伏变化率	非遥感因子	气候	降雨量
								气温
	水体	河湖冰流湖泊川		水资源量	湖泊面积			
					淡水总量			
植被	乔灌木、草耕地	植被量	森林覆盖率					
			灌木覆盖率					
地质灾害	沙漠、崩塌、滑坡、泥石流、盐渍化、活动构造	地质灾害程度	沙漠化面积					
			崩、滑、流量					
				盐渍化面积		社会	人口密度	
				活动构造密度		经济	交通	
						环境	生产总产值	
							财政收入	
							人均耕地	
							人均淡水	
							水量	
							畜牧业	
							水质	
							大气	

体因子(表 1)。对遥感因子进行详细的目视解译并附之计算机图形、图像处理是实现遥感技术具体应用于生态环境现状调查与监测的基础。

众所周知,生态环境是一个非常复杂的系统,包含了众多相互关联的因素,其中很多因素是遥感技术无法直接进行观测的,如气候、社会经济因素等,本文称之为非遥感因子(表 1)。另一类因子属遥感因子地面数据测定的补充,也是遥感因子和非遥感因子复合检验的中介,这里称这类因子为过渡因子(表 1)。因为遥感因子本身是在遥感图像对生态环境特征的客观反映中提取,所以过渡因子的数据统计和结果与生态环境区的划分是一致的。遥感技术在青海省生态环境的应用研究中,遥感因子特征及其组合分析起着主导作用。但分析仅是定性的,通过过渡因子实现定量分析,并使遥感信息与非遥感信息之间进行复合印证,这样不仅可检验生态环境遥感分区的合理性,而且还可给建立以遥感技术系统为主体,应用于生态环境分析研究的地理信息系统提供一条可行的途径。同时还可避免因过分强调非遥感信息而造成反客为主的现象。因为非遥感因子更多地属于生态环境评价性因子,而评价应是在正确分区的基础上进行,评价结果不能作为分区的标准,仅是分区的参考因素。

2 青海省生态环境遥感分区及其主要特征

在青海省 TM7.4.1(1:100 万)卫星影像图上,以地

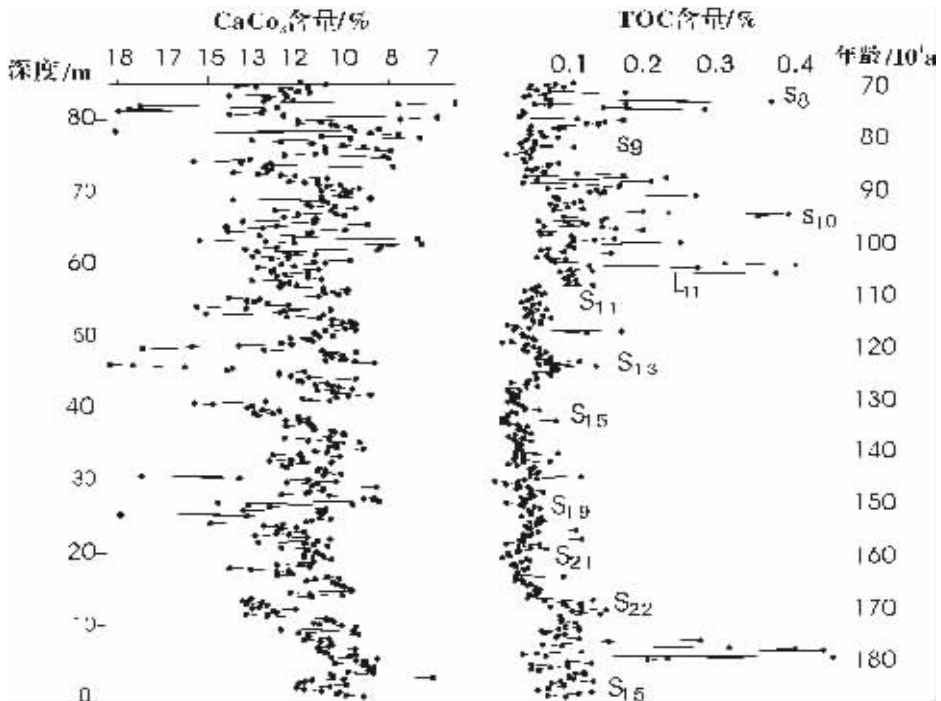


图1 青海省生态环境遥感分区图

I—青北盆、山大区；I₁—祁连山地、宽谷亚区；I₁₋₁—花海子高山、盆地小区；I₁₋₂—哈拉湖高山、宽谷小区；I₁₋₃—疏勒南山高山小区；I₁₋₄—北祁连极高山小区；I₁₋₅—青海湖盆地小区；I₁₋₆—门源盆地小区；I₁₋₇—西宁盆地小区；I₁₋₈—民和中山、盆地小区；I₁₋₉—化隆中山、河谷小区；I₂—柴达木盆地区；I₂₋₁—柴达木西部风蚀残丘盆地小区；I₂₋₂—柴达木中部平原湖盆地小区；I₂₋₃—柴达木东部冲洪积平原小区；I₂₋₄—柴北缘残山丘陵小区；I₂₋₅—东昆仑西段盆缘极高山、谷地小区；I₂₋₆—东昆仑中段极高山河谷小区；I₂₋₇—东昆仑东段盆缘高山、谷地小区；I₃—西倾山高山河谷亚区；I₃₋₁—共和盆地小区；I₃₋₂—贵德中山、盆地小区；I₃₋₃—同仁中山、河谷小区；I₃₋₄—兴海中高山区河谷小区；I₃₋₅—泽库中山河谷小区；II—青南高原大区；II₁—黄河源亚区；II₁₋₁—黄河源丘状山原盆地小区；II₁₋₂—阿尼玛卿极高山小区；II₁₋₃—巴颜喀拉山北坡高山河谷小区；II₂—长江源亚区；II₂₋₁—长江源头高山山原冻原小区；II₂₋₂—长江源高山山原寒漠小区；II₂₋₃—曲麻莱高山深谷小区；II₂₋₄—巴颜喀拉南坡高山河谷小区；II₂₋₅—玉树高山、极高山深谷小区；II₃—澜沧江源亚区；II₃₋₁—澜沧江源头高山、极高山河谷小区；II₄—高原冻原亚区；II₄₋₁—可可西里冻原湖盆地

Fig. 1 Eco-environmental remote sensing divisions in Qinghai Province

I—northern Qinghai basin-range region；I₁—Qilian mountain-broad valley subregion；I₁₋₁—Huahaize high mountain-basin district；I₁₋₂—Har Lake high mountain-broad valley district；I₁₋₃—Shule South Mountain high mountain district；I₁₋₄—North Qilian very high mountain district；I₁₋₅—Qinghai lake basin district；I₁₋₆—Menyuan basin district；I₁₋₇—Xining basin district；I₁₋₈—Minhe middle mountain-basin district；I₁₋₉—Hualong middle mountain-river valley district；I₂—Qaidam basin subregion；I₂₋₁—western Qaidam deflation monadnock basin district；I₂₋₂—central Qaidam plain-lake basin district；I₂₋₃—eastern Qaidam alluvial-diluvial plain district；I₂₋₄—northern Qaidam marginal residual mountain-hill district；I₂₋₅—western East Kunlun basin-margin very high mountain-valley；I₂₋₆—central East Kunlun very high mountain-valley district；I₂₋₇—eastern East Kunlun basin-margin high mountain district；I₃—Xiqingshan high mountain-valley subregion；I₃₋₁—Gonghe basin district；I₃₋₂—Guide middle mountain-basin district；I₃₋₃—Tongren middle mountain-valley district；I₃₋₄—Xinghai middle-high mountain-valley district；I₃₋₅—Zeku middle mountain-valley district；II—southern Qinghai Plateau region；II₁—Yellow River source subregion；II₁₋₁—Yellow River source hummocky plateau mountain-basin district；II₁₋₂—A' nyemaqeng very high mountain district；II₁₋₃—northern Bayan Kar Mountains slope high mountain-valley district；II₂—Yangtze River source subregion；II₂₋₁—Yangtze River source high mountain-plateau mountain-tundra district；II₂₋₂—Yangtze River source high mountain-plateau mountain-cold desert district；II₂₋₃—Qumarleb high mountain-deep valley district；II₂₋₄—southern Bayan Har slope high mountain-valley district；II₂₋₅—Yushu high mountain-very high mountain-deep valley district；II₃—Lancang River source subregion；II₃₋₁—Lancang River source high mountain-very high mountain-valley district；II₄—plateau tundra subregion；II₄₋₁—Hoh Xil tundra lake basin district

貌、水体、植被和地质灾害等遥感因子为生态环境分区的主因子,并依据它们组合共同构成的总色调和纹形等影像单元特征,结合过渡因子分析结果以及非遥感因子

总值,参考其他遥感信息源对青海省生态环境区进行了圈定和划分(图1)。结果以昆仑山南缘为界构成两大生态环境区,即北部盆、山生态环境区和南部青

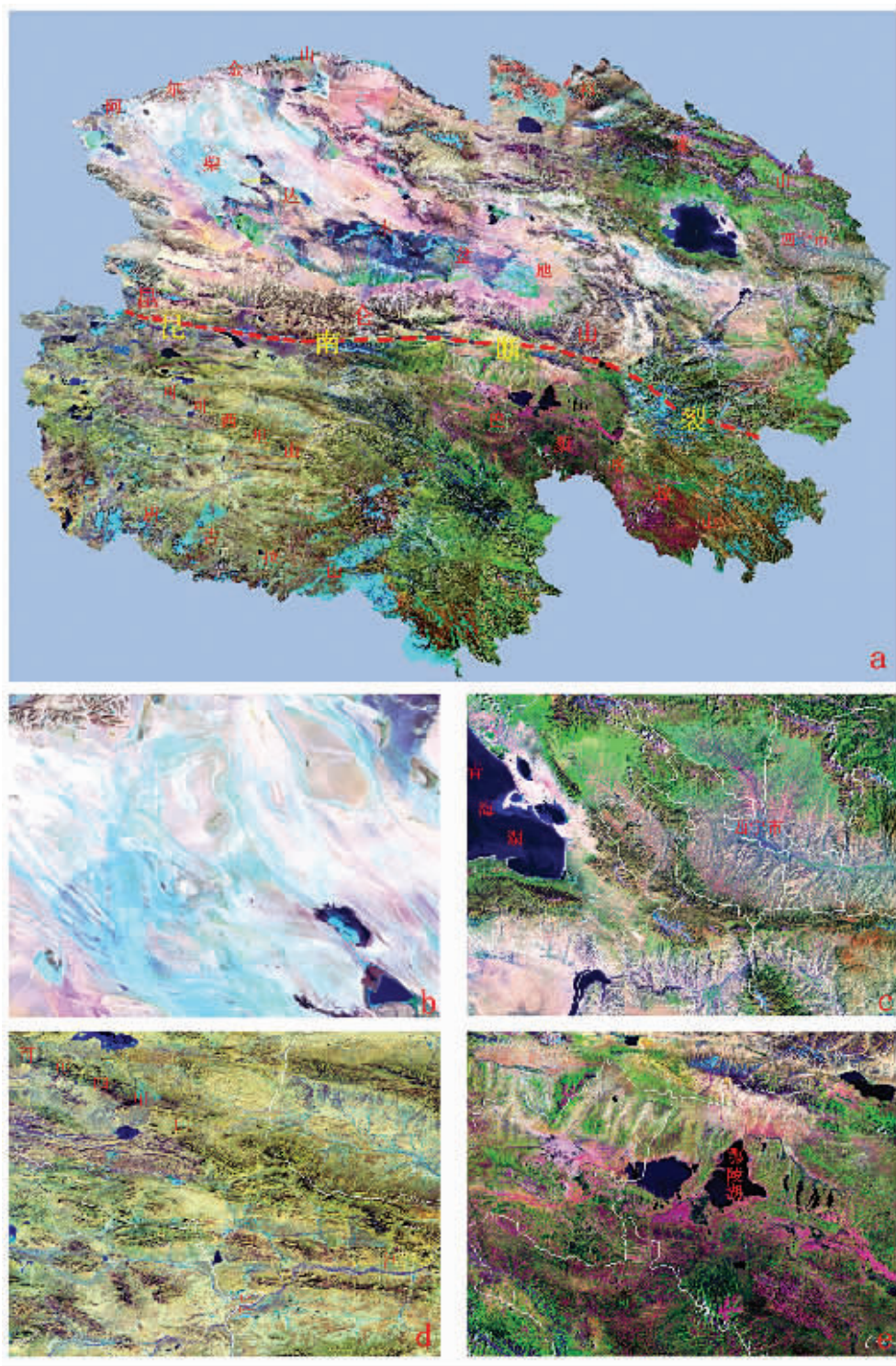


图 2 青海省及典型地区生态环境卫星图像景观

a—青海省卫星图像(TM7.4.1); b—柴达木盆地西部风蚀残丘景观; c—青海省东北部盆、山地貌景观;
d—长江源区寒漠冻原景观; e—黄河源区高原草甸景观

Fig. 2 Landsat images of eco-environment in Qinghai Province and some typical areas

a—Landsat images (TM7.4.1) in Qinghai Province; b—Deflation monadnock landscape in the western part of the Qaidam basin;
c—Basin-range landscape in the northeastern part of Qinghai Province; d—Cold desert tundra landscape in the Yangtze River source region; e—Plateau meadow landscape in the Yellow River source region

藏高原腹地生态环境区。在北部大区中盆地和山系分别构成相对独立的3个生态环境亚区,包含了21个生态环境小区;南部大区内以流域生态环境^①为主要特征,构成4个生态环境亚区、10个生态环境小区组成,著名的“三江源生态环境自然保护区”基本覆盖了本区。值得注意的是,在已有的有关青海省地貌研究^[10]和生态环境调查^①中,常以柴达木盆地南缘,即昆仑山北缘作为界限把昆仑山作为青藏高原腹地生态环境大区的一部分。事实上,在影像特征上昆仑山与青海北部盆山区非常相似,具有一致的生态环境遥感信息组合。再者,昆仑山主脊线已接近山体南部边缘,山体的绝大部分向柴达木盆地倾斜构成盆地的南部盆缘,水系一般均横向切穿昆仑山脉而注入柴达木盆地,故昆仑山脉应是青海省北部盆、山生态环境大区不可分割的一部分,这与一些新的研究成果^[11,12]是一致的。在利用遥感技术对青海省生态环境分区的研究中还发现,柴达木盆地内部生态环境存在三分性,即可划分为西、中、东三段,它们的生态环境特征各具特色,这种同一地貌单元的东西分区性在祁连山脉、昆仑山脉、巴颜喀拉山脉以及唐古拉山脉同样存在,在平面上常构成一系列近南北向展布的带状生态区,这种现象值得进行更深入的研究,其形成可能与青藏高原最新的深部动力学状态有关。

在遥感图像(图2-a)上可以看出,昆仑山南缘巨型左行走滑断裂对青海省生态环境的自然区划具有十分重要的作用,南北两大分区基本以此断裂为界限,形成了两个特征截然不同的生态环境大区。北部以祁连山、柴达木盆地(图2-b)—共和盆地、昆仑山—西倾山为主要特征组成较典型的盆、山相间的地貌格局(图2-c)。在每一个生态环境亚区内,河流、湖泊、地质灾害类型、植被类型及其覆盖率均具有明显的差异,过渡因子和非遥感因子值差别很大。青海省南部具有典型的青藏高原腹地生态环境景观,相对高差小,冰川、河流、湖泊发育;东部长江、黄河以及澜沧江上游森林发育,向源头由草地向高原草甸(图2-e)过渡,至长江源头出现高原寒漠以及冻原环境(图2-d),主体构成以流域生态环境亚区为主结构的東西向生态环境分带特征。通过遥感信息综合分析还可以发现,在可可西里冻

原湖盆区内,尽管湖泊星罗棋布,但并不具有湿地类型的生态环境区特点,属独特并典型的高原冻原湖盆区,其中大部分湖泊汇水域很小,部分几乎不存在入湖水系,湖水仅靠有限的冰川和地下冰冻层消融作用补给,而且湖水面积逐渐萎缩,部分已趋于干涸的影像特征非常明显。湖水萎缩应主要与该地区冻土层以及冰川的快速萎缩有关。使用不同时段遥感数据对可可西里北部布哈达板峰南坡——冰川进行对比研究,1969~2000年,该冰川平均以每年近100m的速率消融后退。同时还可以发现,受上述两种因素影响,长江上游荒漠化程度也正逐年加剧,在通天河、楚玛尔河地区已有大量的新月形、链状沙丘以及沙垅出现。

3 结 论

从上述应用性研究结果可以看出,对于青藏高原东北部地域辽阔而自然条件又十分恶劣的青海省,使用遥感技术对生态环境进行快速的调查与了解是行之有效的。但多时像、多元数据的综合使用是正确应用的前提,针对生态环境特征的图像处理方法实验并选择好符合研究目标的主应用图像是正确应用的基础,而在主图像上合理提取生态环境遥感因子并通过过渡因子达到利用非遥感因子检验遥感因子在生态环境分区中的客观性是正确应用的关键,最终实现通过合理分区而深入了解生态环境现状特征的目的。遵循这一原则,在比例尺为1:100万TM7.4.1卫星图像上,青海省域内存在以昆仑山南缘为界的南北两个生态环境大区,包含7个亚区和31个小区。北部生态环境区以盆、山地貌格局为特征,而南部则以流域生态环境为标志。生态环境小区不仅各自有其较为独特的遥感因子组合特征,而且过渡因子和非遥感因子特征对每一小区的分区合理性可以给予很好的支持。

参考文献(References):

- [1] 潘保田,李吉均.青藏高原:全球气候变化的驱动机与放大器[J].兰州大学学报(自然科学版),1996,32(1):108~115.
Pan Baotian, Li Jijun. Qinghai-Tibet Plateau: Drive machine and enlarge instrument of globe climatic change[J]. Journal of Lanzhou University, 1996, 32(1): 108~115 (in Chinese with English abstract).

① 青海省环境保护局. 青海省生态环境现状调查报告, 2001.

- [2] 施雅风,李吉均,李炳元,等.晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[J].地理学报,1999,54(1):10~21.
Shi Yafeng, Li Jijun, Li Bingyuan, et al. Uplift of the Qinghai-Tibet Plateau and East Asia environmental change of during later Cenozoic Era[J]. Journal Geographical Sciences, 1999, 54(1): 10~21 (in Chinese).
- [3] Dianfa Zhang, L. Fengquan, B. Jianmin. eco-environmental effect of the Qinghai-Tibet Plateau uplift during the Quaternary in China [J]. Environmental Geology, 2000, 39(12): 1352~1358.
- [4] 张兰生,方修琦,任国玉.全球变化[M].北京:高等教育出版社, 2000.273~285.
Zhang Lansheng, Fang Xiuqi, Ren Guoyu. Global Change [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000, 273~285 (in Chinese).
- [5] 胡东升,张华京,李炳元,等.青藏高原腹地湖泊沉积序列与古气候变化[J].地质学报,2000,74(4):363~370.
Hu Dongsheng, Zhang Huajing, Li Bingyuan, et al. Lacustrine sedimentary sequences and palaeoclimatic change in the Hinterland of the Qinghai-Tibet plateau [J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(4): 363~370 (in Chinese with English abstract).
- [6] 张超,陈丙咸,邬伦.地理信息系统[M].北京:高等教育出版社, 1995.102~113.
Zhang Chao, Chen Bingxian, Wu Lun. Geographic Information System [M]. Beijing: Higher Education Press, 1995, 102~113 (in Chinese).
- [7] 周日平.遥感技术在西部生态环境建设和找水中的应用研究[J].遥感技术与应用,2001,16(1):45~48.
Zhou Riping. Remote sensing application research in ecological environment construction of the west China [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2001, 16(1): 45~48 (in Chinese with English abstract).
- [8] 高庆华,马宗晋,苏桂武.环境.灾害与地学[J].地学前缘,2001,8(1): 9~14.
Gao Qinghua, Ma Zongjin, Shu Guiwu. Environment, disaster and earth science [J]. Earth science frontiers, 2001, 8(1): 9~14.
- [9] 尚宗波,高琼.流域生态学——生态学研究的一个新领域[J].生态学报,2001,21(3):468~473.
Shang Zongbo, Gao Qiong. Watershed ecology—a new research area of ecology [J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(3): 468~473 (in Chinese with English abstract).
- [10] 青海省第四地质队,中国科学院地理研究所.青海省地貌图[M].北京:测绘出版社,1988.
Fourth Geological Party of Qinghai Province, Institute Geography of academy of Science. Geomorphologic Map of Qinghai Province [M]. Beijing: Plotting Press, 1988 (in Chinese).
- [11] 张国伟,柳小明.关于“中央造山带”几个问题的思考[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,23(5):443~447.
Zhang Guowei, Liu Xiaoming. Some thoughts on “Central Orogenic Belts” [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(5): 443~447 (in Chinese with English abstract).
- [12] 李长安,殷鸿福,于庆文,等.昆仑山东段的构造隆升、水系响应与环境变化[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,23(5):457~459.
Li Chang'an, Yin Hongfu, Yu Qingwen, et al. Tectonic uplift, water system response and environment evolution in the eastern part of the Kunlun mountains [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(5): 457~459 (in Chinese with English abstract).

Applications of the remote sensing technique in eco-environmental division in Qinghai Province

SUN Yan-gui^{1,2}, ZHANG Guo-wei¹, WANG Dong-qing²,
ZHANG Xian-ting², LI Dong-ling²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. Remote Sensing Center, Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, Qinghai, China)

Abstract: Qinghai Province is located in the northeastern Qinghai-Tibet Plateau. It is characterized by unique relief and highly varied eco-environments. However, owing to the vast expanse of the province and harsh environmental conditions, the present general features of the eco-environment of the province are little understood. The authors used multi-time-image data and multivariate remote data for image processing methods, and supported by the computer image processing system and through experiments with different image processing methods, they selected the U.S. Landsat-5TM7.4.1 images for extracting remote sensing factors that reflect the integrated features of eco-environment; by referring to the features of the transitional factor and non-remote sensing factors, the authors made eco-environmental division in Qinghai. The whole province is divided into two eco-environmental regions, seven eco-environmental subregions and 31 districts. Through this study, the authors have got a macroscopic understanding of the present state of the eco-environment in Qinghai and also reached the aim of discussing the relevant techniques used in the application.

Key words: Qinghai Province; remote sensing; eco-environmental division; district factor