

基于祁连山冰川与植被演化的遥感数值影像分析

王玲, 黄景春, 李喆

(河南省地质环境监测院, 河南 郑州 450006)

摘要:祁连山冰川和植被演化是河西走廊水资源问题的根源.通过对20世纪80年代和21世纪前10年的遥感数据进行解译,认为30年来在全球变化背景下,祁连山的冰川面积明显减少,呈退缩之势;植被覆盖度下降,裸地增加.说明祁连山的生态已经发生变化,不仅影响着水资源的变化,而且将会对河西走廊的生态产生深远影响.图2,表1,参12.

关键词:祁连山;冰川;植被;遥感

中图分类号:TP751 **文献标识码:**A

河西走廊是我国重要的商品粮生产基地,其生态问题不仅关系着当地居民的生存,而且影响着甘肃省乃至我国的生态安全和粮食安全,已经引起社会各界的高度重视.该问题的根源在于水资源的资源性短缺和有序开采,而其深层次的原因则在于在全球演化背景下祁连山冰川和植被变化影响下的水文循环发生的变化,研究证明近数10年来祁连山的气候变化明显受全球变化的影响^[1-3].因此,作者运用遥感数字技术对近30年来祁连山的冰川与植被的演化进行分析.

1 遥感数据的获取

选取研究区内20世纪80年代与2010年代两个时期共25景遥感数据.80年代数据为Landsat MSS数据,共14景,时相为1983~1985年.2010年代的数据为Landsat TM、ETM+数据,共11景,时相为2008~2011年.将两期数据分别在ERDAS IMAGINE 9.1中进行几何校正、辐射校正和镶嵌加工.根据祁连山所处的空间范围,对两个时期已镶嵌好的遥感数据进行了边界剪裁.

2 植被指数及植被覆盖度的计算

2.1 植被指数

遥感图像上的植被信息,主要是通过绿色植物叶子和植被冠层的光谱特性及其差异、变化而反映的,不同光谱通道所获得的植被信息与植被的不同要素或某种特征状态有各种不同的相关性,如可见光中绿光波段 $0.52\sim 0.59\ \mu\text{m}$ 对区分植物类别敏感,红光波段 $0.63\sim 0.69\ \mu\text{m}$ 对植被盖度、植物生长状况敏感等^[4].选用多光谱遥感数据,经分析运算加、减、乘、除等线性或非线性组合方式,产生某些对植被长势、覆盖度、生物量等有一定指示意义的数值—即所谓的“植被指数”.由于植被光谱受到植被本身、土壤背景、环境条件、大气状况、仪器定标等内外因素的影响,植被指数往往具有明显的地域性和时效性.目前,国内外学者已研究发展了几十种不同的植被指数模型.大致可归纳为以下几类:比值植被指数(RVI)、归一化植被指数(NDVI)、调整土壤亮度的植被指数(SAVI、TSAVI、MSAVI)、差值植被指数(DVI)、穗帽变换中的绿度植被指数(GVI)、垂直植

被指数(PVI)等.在植被遥感中,应用最为广泛的是归一化植被指数(NDVI),它被定义为近红外波段(NIR)与可见光波段数值(R)之差和这两个波段数值之和的比值^[5]:

$$NDVI = \frac{DN_{NIR} - DN_R}{DN_{NIR} + DN_R} \quad (1)$$

由于NDVI是植被生长状态及植被盖度的最佳指示因子,与植被密度呈线性相关.许多研究表明,NDVI与植被覆盖度、绿色生物量、叶面积指数、光合作用强度等植被参数密切相关.而且,NDVI中的比值处理可以部分消除与太阳高度角、卫星观测角、地形、云阴影和大气条件相关的辐照度条件变化大气程辐射的影响,增强对植被的响应能力^[6].因此,研究选取NDVI作为植被解译的一个依据.

对于MSS数据,近红外波段(NIR)为第4波段,可见光波段(R)为第2波段,因此NDVI应按数学模型进行计算:

$$NDVI = \frac{band4 - band2}{band4 + band2} \quad (2)$$

而对于2010年左右的TM和ETM+数据,近红外波段(NIR)为第4波段,可见光波段(R)为第3波段,NDVI应按数学模型进行计算:

$$NDVI = \frac{band4 - band3}{band4 + band3} \quad (3)$$

利用ERDAS IMAGINE 9.1软件,按以上方法,分别对两个时期的遥感数据进行NDVI值的计算,得到不同时期的NDVI专题图,为灰度图像,较亮的部分表明其植被长势较好,覆盖度较高.

2.2 植被覆盖度的估算

采用像元二分模型法,利用得到的NDVI值,对植被覆盖区的植被覆盖度进行估算,以进一步划分植被覆盖区的植被等级.根据像元二分模型,利用NDVI估算植被覆盖度的数学模型可为:

$$f_c = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (4)$$

式中, f_c 为植被覆盖度; $NDVI_{soil}$ 为裸土或无植被覆盖区域的NDVI值,即无植被像元值,这里选择区分植被和裸地的阈值; $NDVI_{veg}$ 代表完全被植被所覆盖的像元的NDVI值,即纯植被像元的NDVI值^[7,8].

利用ERDAS IMAGINE 9.1软件,按以上方法建

立模型,分别得出两个时期的植被覆盖区的植被覆盖度图.根据植被覆盖度将植被覆盖象元为以下几个等级:(1)植被覆盖度为0~10%,为植被稀疏区,是植被分布稀疏的荒漠;(2)植被覆盖度为10~30%,为植被较少区,一般为稀疏的草地;(3)植被覆盖度为30%~60%,为植被密度适中区,一般为灌丛和高山草甸;(4)植被覆盖度>60%,为植被茂密区,以森林为主.

在ERDAS IMAGINE 9.1软件中,对两个时期植被覆盖进行分级,赋予不同的颜色,生成植被覆盖等级图(见图1,2),并分别统计进算出两个时期各等级的面积(见表1).

可以看出,植被面积变化非常明显,植被茂密区的全区来看面积减少了3 111 km²,尤其是东部地区减少1 261 km²,西部面积减少面积异常严重达1 850 km²;植被中等区、较少区也呈明显的下降趋势,反之植被稀疏区则上升明显.

3 冰川面积计算

遥感数据识别冰川有一下主要方法:目视判别法;多光谱图像运算法;亮度阈值法;雪盖指数法(Normalized Difference Snow Index, NDSI)法;辐射传输模型法等.目前广泛适用的有3种:亮度阈值法、基于雪在可见光波段的高反射率和近红外波段的地反射率组成的雪盖指数法及以多光谱图像运算法为基础的图像监督分类法^[9,10].

3.1 20世纪80年代冰川解译

本研究选取亮度阈值法进行冰川的提取.分析MSS遥感数据可知,第1波段对冰川的反射率很高,且与其它地物的对比度明显,因此本研究选取第1波段数据进行冰川的提取.根据前人的研究和研究区的试验,亮度阈值为60.亮度大于60的为冰川覆盖区,而小于60的为非冰川区.经过密度分割,提取冰川,得到冰川分布图(见图1),并统计冰川分布面积见表1.解译得出得出20世纪80年代冰川面积为3.376 3×10³ km².

3.2 TM和ETM+遥感数据(2010年代)冰川的解译

雪盖指数是植被指数的应用推广,是基于雪在

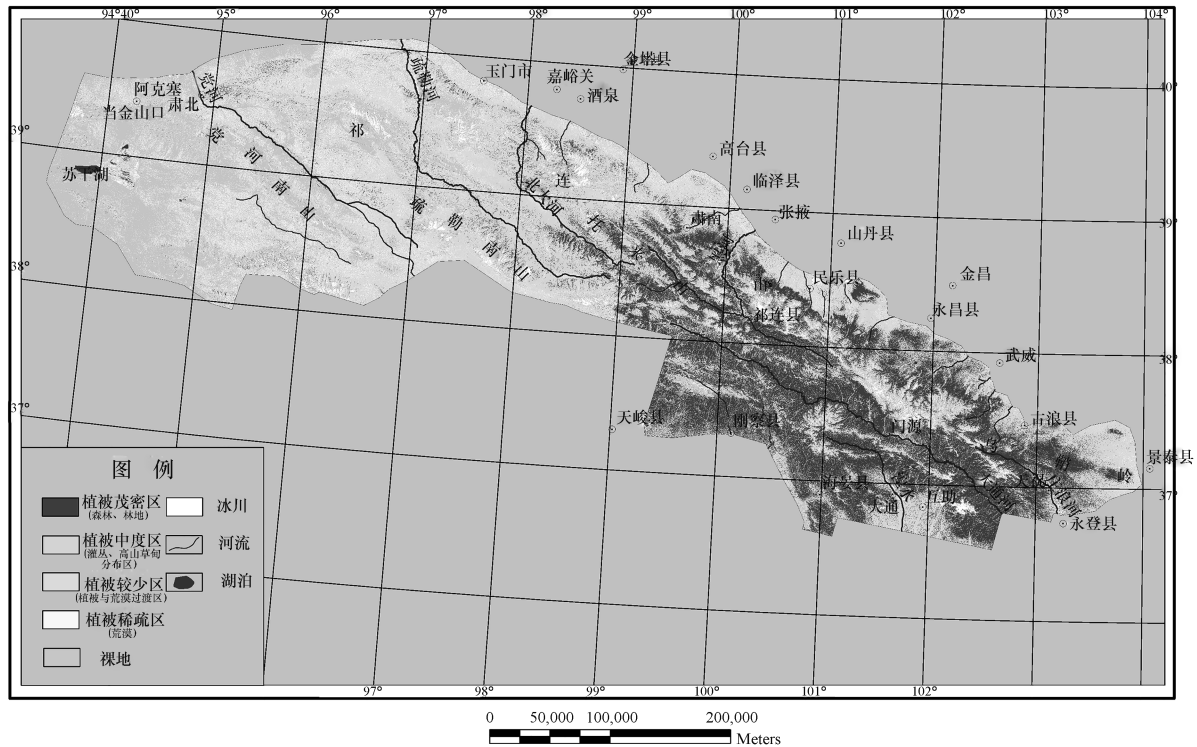


图1 祁连山植被、冰川遥感数字解译图(20世纪80年代)

Fig.1 The remote sensing digital interpretable map of vegetation and glacier in Qi Lian Mountain (The 80 decades of 20 century)

表1 冰川、植被解译结果统计表

Tab.1 The statistical table of glacier and vegetation interpretation result

类型	20世纪80年代						2010年代					
	东部		西部		全区		东部		西部		全区	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
植被茂密区	25 017	39.66	2 397	2.93	27 414	18.94	23 756	37.66	547	0.67	24 303	16.79
植被中等区	15 173	24.05	5 846	7.16	21 019	14.52	16 101	25.53	3 821	4.68	19 922	13.76
植被较少区	13 521	21.44	21 246	26.02	34 767	24.02	9 167	14.53	5 690	6.97	14 857	10.27
植被稀疏区	3 593	5.70	14 904	18.25	18 497	12.78	9 718	15.41	28 299	34.65	38 017	26.27
裸地	4 319	6.85	35 341	43.28	39 660	27.4	3 145	4.99	41 172	50.42	44 317	30.62
冰川	1 449	2.30	1 927	2.36	3 376	2.34	1 185	1.88	2132	2.61	3 317	2.29
合计	63 072	100.00	81 661	100.00	144 733	100.00	63 072	100.00	81 661	100.00	144 733	100.00

某一波段的强反射与另一波段的强吸收特性,计算数学模型如下:

$$NDSI = \frac{CH_{(n)} - CH_{(m)}}{CH_{(n)} + CH_{(m)}} \quad (5)$$

式中, n 为强反射的光谱波段号; m 为强吸收的光谱波段号.

对于 TM 和 ETM+影像一般选用 2 波段和 5 波段^[11,12].对于 TM 和 ETM+资料,因为第 5 波段数据

具有区别积雪与云的功能.在这个波段,由于云仍保持较高的反射率,而积雪的反射率则骤降,因此,可通过一个阈值就能从第 5 波段图象上区分积雪与云.但是由于积雪主要分布在山区,而积雪覆盖较多的季节,也是太阳高度角相对较低的季节,当从 TM 图象上提取雪盖信息时,地形的阴影将对其准确性产生严重影响.为此,可利用其第 2 波段和第 5 波段的光谱特性,采用比值法可消除其阴影的影响.而雪

盖指数正是解决了这个问题,因此对于 TM 和 ETM+ 遥感数据,本研究选择雪盖指数法来提取冰川。

利用 ERDAS IMAGINE 9.1 软件,按以上方法,计算 NDSI,得到雪盖指数 NDSI 专题图,选定阈值,提取冰川。从 NDSI 图象上提取雪盖面积,其阈值是根据美国蒙大拿州经验确定,经研究表明:当阈值选在 0.10~0.50 之间时,雪盖面积的变化在

10%以内。通过对天山地区的研究结果表明,当阈值选取从 0.10 到 0.50 时,所得雪盖面积百分比从 59.48%~47.89%之间变化,相差不到 12%,由此可见,即使阈值的选取范围比较宽,面积误差也不大。本研究阈值为 0.12。经过密度分割,可提取冰川,得到冰川分布图(见图 2),并统计冰川分布面积见表 1。解译得出 2010 年代,冰川面积为 $3.316 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。

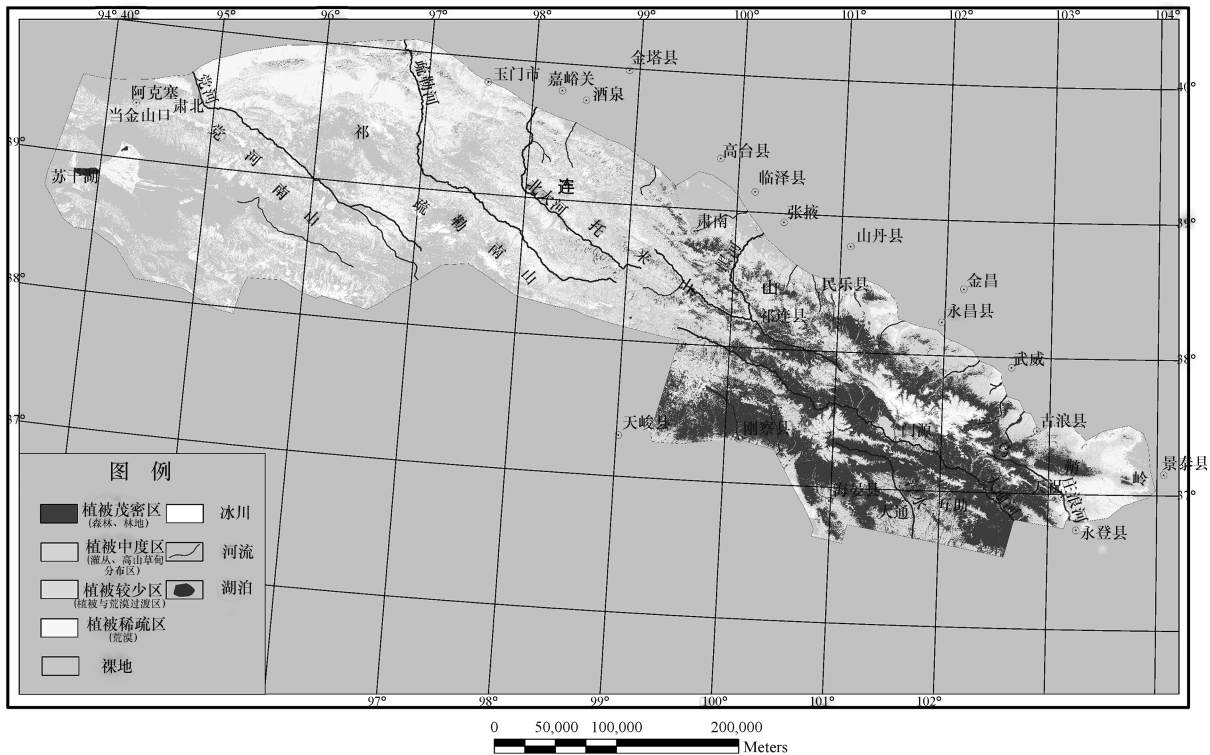


图 2 祁连山植被、冰川遥感数字解译图(2010 年代)

Fig.2 The remote sensing digital interpretable map of vegetation and glacier in Qi Lian Mountain (The 2010 decades)

4 结果分析

按东经 99°线将祁连山地区分为东部和西部两个部分,将解译结果分别进行统计,统计结果如表 1 所示:

4.1 冰川面积的变化

根据遥感数据统计,祁连山区(包括青海的部分)20 世纪 80 年代的冰川面积为 $3.376 \times 10^3 \text{ km}^2$, 2010 年代冰川面积为 $3.316 \times 10^3 \text{ km}^2$,整体呈现出减

少趋势。具体到各流域而言,石羊河流域的冰川变化幅度是最大的,庄浪河上游的冰川在 20 世纪 80 年代还清晰可见,到 2010 年时已化为近乎荒漠的稀疏草地;黑河流域的变化也非常明显,冰川资源丰富的祁连县和黑河上游地区的冰川都发生明显的退缩,部分地方业已成为植被稀疏的半荒漠地带;而疏勒河流域并不像一些学者所言,冰川处于稳定状态,甚至部分地区还有发展的趋势,从图中可以看出,其变化幅度较东部和中部而言略小,但仍处于退缩之中,尤其在浅山区其退缩幅度非常明显,一些零星的冰川在 20 世纪 80 年代还清晰可辨,到

2010年时则无迹可寻,甚至变为裸地。

4.2 植被的变化

从20世纪80年代到2010年代的30年来,祁连山区的植被发生了明显变化,无论是森林还是灌丛和草甸的面积都有所减少。森林主要分布在祁连山东部地区,以石羊河流域为主,面积明显减少。而石羊河流域又是生态问题最突出、出山径流变化最大、水资源供需矛盾最突出的地区,这可以说明随着植被覆盖度的变化,流域单位面积的产流量也在发生变化,植被的水分含蓄能力也在发生变化。从图中可以看出,该流域天祝藏族自治县到古浪县之间植被退化比较严重,与当地的冰川退化和人类活动有关。疏勒河(包括党河)流域的植被在高海拔是以灌丛、草甸为主,到出山口附近时则以草地为主,30年的变化使得灌丛、草甸的覆盖度下降,而稀疏的草地面积则翻了一番,说明植被的变化总体向退化的趋势发展,人为的破坏(比如放牧、修建水电站等)则加剧了这种趋势,说明随着植被的退化,流域产流量开始下降、植被的水分含蓄能力也开始下降。黑河位于祁连山中部,植被的垂直分带规律明显,冰川下是草甸和森林,往下是灌丛、草甸,接近出山口时以草地为主,其变化也呈下降趋势,径流和植被的涵养能力变化与其它流域基本一致。但从图中可以看出,流域内从民乐到肃南一线植被的退化明显,尤其是肃南县地区植被已经从稀疏的草地基本退化成裸地,其原因必然与水资源的变化和生态的退化有关。

5 结 论

(1)近30年来在全球演化背景下,20世纪80年代的冰川面积为 $3.376 \times 10^3 \text{ km}^2$,2010年代为 $3.316 \times 10^3 \text{ km}^2$,明显呈退化趋势,尤其是祁连山东部退化速度较快;

(2)植被茂密区30年来面积减少了 3111 km^2 ,尤其是东部地区减少 1261 km^2 ,西部面积减少面积异常严重达 1850 km^2 ,反之植被稀疏区上升,这说明随着冰川的退缩,祁连山的植被生态也在发生变化;

(3)冰川的退缩影响着植被的变化,而冰川与植被的变化则直接影响水资源的变化。

参考文献:

- [1] 陈仁升,康尔泗,杨建平,等.甘肃河西地区近50年气象和水文序列的变化趋势[J].兰州大学学报(自然科学版),2002,38(2):162-170.
Chen Ren-sheng, Kang Er-si, Yang Jian-ping, et al. Variance tendency in the 50-year annual meteorological and hydrological series of Hexi region of Gansu Province[J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences),2002,38(2):162-170.
- [2] 贾文雄,何元庆,李宗,等.祁连山区气候变化的区域差异特征及突变分析[J].地理学报,2008,63(3):257-269.
Jia Wen-xiong, He Yuan-qing, Li Zong-xing, et al. The Regional difference and catastrophe of climatic change in Qilian Mt. Region[J], Acta Geographica Sinica, 2008, 63(3):257-269.
- [3] 王胜,王亚明,王润元,等.近10年来祁连山地区气候及水资源研究现状[J].干旱气象,2007,25(3):82-87.
Wang Sheng, Wang Ya-ming, Wang Run-yuan, et al. Review of climate change and water resource research in Qilian mountain region in recent ten years[J]. Arid meteorology, 2007, 25(3):82-87.
- [4] 田庆久,闵祥军.植被指数研究进展[J].地球科学进展,1998,13(4):327-333.
Tian Qing-jiu, Min Xiang-jun. Advances in Study on Vegetation Indices[J]. Advance in Earth Sciences, 1998, 13(4):327-333.
- [5] 田静,阎雨,陈圣波.植被覆盖率的遥感研究进展[J].国土资源遥感,2004,(1):1-5.
Tian Jing, Yan Yu, Chen Sheng-bo, THE ADVANCES IN THE APPLICATION OF THE REMOTE SENSING TECHNIQUE TO THE ESTIMATION OF VEGETATION FRACTIONAL COVER[J], REMOTE SENSING FOR LAND & RESOURCES, 2004, (1): 1-5.
- [6] 丁艳梅,张继贤,王坚,等.基于TM数据的植被覆盖度反演[J].测绘科学,2006,31(1):43-45.
Ding Yan-mei, Zhang Ji-xian, Wang Jian, et al. Vegetation fraction estimation based on TM data[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(1):43-45.
- [7] 顾祝军,曾志远.遥感植被盖度研究[J].水土保持研究,2005,12(2):18-21.

- Gu Zhu-jun, Zeng Zhi-yuan, Overview of Researches on Vegetation Coverage in Remote Sensing [J], Research of Soil and Water Conservation, 2005, 12(2): 18-21.
- [8] 马志勇,沈涛,张军海,等.基于植被覆盖度的植被变化分析[J].测绘通报,2007,(3): 45-48.
- Ma Zhi-yong, Shen Tao, Zhang Jun-hai, et al. Vegetation Changes Analysis Based on Vegetation Coverage [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2007, (3): 45-48.
- [9] 王建.卫星遥感雪盖制图方法与对比与分析[J].遥感技术与应用,1999,14(4): 29-36.
- Wang Jian. Comparison and Analysis on Methods of Snow Cover Mapping by Using Satellite Remote Sensing Data [J]. REMOTE SENSING TECHNOLOGY AND APPLICATION, 1999,14(4): 29-36.
- [10] 冯学智,李文君,柏延臣.雪盖卫星遥感信息的提取方法探讨[J].中国图像图形学报,2000,5(10): 836-839.
- Feng Xue-zhi, Li Wen-jun, Bai Yan-chen. Research on the Methods of Obtaining Satellite Snowcover Information [J]. Journal of Image and Graphics, 2000, 5(10): 836-839.
- [11] 张世强,卢健,刘时银.利用TM高光谱图像提取青藏高原喀喇昆仑山区现代冰川边界[J].武汉大学学报·信息科学版,2001,26(5): 435-440.
- Zhang Shi-qiang, Lu Jian, Liu Shi-yin. Deriving Glacier Border Information on Qinghai Tibet by TM High Spectrum Image [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2001, 26(5): 435-440.
- [12] 郝晓华,王建,李弘毅.MODIS雪盖制图中NDSI阈值的检验-以祁连山中部山区为例[J].冰川冻土,2008,30(1): 132-137.
- Hao Xiao-hua, Wang Jian, Li Hong-yi. Evaluation of the NDSI Threshold Value in Mapping Snow Cover of MODIS—A Case Study of Snow in the Middle Qilian Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(1): 132-137.

Remote Sensing Image Analysis based on Glacier and Vegetation Change of Qilian Mountains

WANG Ling, HUANG Jing-chun, LI Zhe

(Geo-Environmental Monitoring Institute of Henan Province, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: It is the problem of Gansu Corridor water resource that the glacier and vegetation change in Qilian Mountains. With interpreting remote sensing data on 1980s and 2010s, it was shown that the glacier area decreased obviously with bare land increased, and vegetation coverage degree declined with global change during the past 30 years. It demonstrated that the ecology had been changed in Qilian Mountains which was not only affecting the change of water resources, but carrying out a profound impact on the ecology in Gansu Corridor. 2figs., 1tab., 12refs.

Keywords: Qilian Mountains, Glacier, Vegetation, Remote Sensing

Biography: WANG ling, female, born in 1973, engineer, research in hydrogeology and ecological geology.