

基于 RS 和 GIS 的乌伦古河流域植被覆盖度时空变化研究

许应达, 高凡*, 何兵, 朱秋菊, 奎国嫻, 王黎黎, 高延荣 (新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要 [目的]研究乌伦古河流域植被覆盖度时空动态变化特征。[方法]选取乌伦古河流域为研究区,以6期(分别为1989、1998、2002、2006、2011和2015年)不同时相的遥感影像成果为数据源,采用像元二分法模型计算归一化指数(NDVI)来定量分析研究区1989—2015年植被覆盖面积的时空变化规律。[结果]从时间方面看,1989—2015年研究区的植被覆盖面积整体呈微弱减少趋势,减少了32.4 km²,年变化率为-0.01%;从空间方面看,研究区上、中游河段植被覆盖度波动变化较为频繁,主要表现在劣盖度与低盖度植被覆盖面积间的相互转变。[结论]该研究为合理开发利用乌伦古河流域水资源、保护并逐步恢复流域生态功能提供依据。

关键词 植被覆盖度;时空分布;遥感;地理信息系统;乌伦古河流域

中图分类号 X 87 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)34-0056-04

Temporal and Spatial Variation of Vegetation Coverage in the Ulungu River Basin Based on RS and GIS

XU Ying-da, GAO Fan, HE Bing et al (College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

Abstract [Objective] The research aimed to study the temporal and spatial dynamic changes of vegetation coverage in the Ulungu River Basin. [Method] The Ulungu River Basin was selected as the study area, and the remote sensing image results of different phases in 6 phases (1989, 1998, 2002, 2006, 2011 and 2015, respectively) were used as data sources, and the normalized index (NDVI) was calculated by the pixel dichotomy model to quantitatively analyze the temporal and spatial variation of vegetation coverage in the study area from 1989 to 2015. [Result] From the time point of view, the vegetation coverage area of the study area showed a slight decrease trend from 1989 to 2015, which was reduced by 32.4 km², and the annual change rate was -0.01%. From the spatial aspect, the vegetation coverage fluctuations in the upper and middle reaches of the study area are more frequent, mainly reflected in the mutual change between the inferior coverage and the low coverage vegetation coverage. [Conclusion] This study provides a basis for rational development utilization and protection of water resources in the Ulungu River Basin, and gradual restoration of ecological functions in the basin.

Key words Vegetation coverage; Space-time distribution; Remote sensing; Geographic information system; Ulungu River Basin

植被是构成全球陆地生态系统的主要部分,与地质、地貌、气候、水文、土壤、动物以及微生物共同构成了自然地理环境,在地球上土壤圈与大气圈的物质、能量交换和信息流动过程中承担着不可或缺的生态角色^[1]。植被覆盖度指的是植被(包括叶子、茎、枝等)在地面的垂直投影面积占统计区域面积的百分比,是衡量地表植被长势和评价区域生态系统健康程度的重要指标,也是全球及区域气候数值模型重要的生态气候参数,可以用来表示植被的茂密程度以及植物进行光合作用面积的大小^[2-3]。获取区域地表植被覆盖变化信息,对于探讨和揭示地表植被空间变化规律及植被动态变化趋势,分析与评价区域生态环境具有重要的理论和实践意义^[4]。获取植被覆盖度的方法有很多,以往是使用传统的基于地面实测数据的植被覆盖度估算方法,其缺点在于只能得到小区域和特定植被类型的植被覆盖度,且费时、费力、精度低,无法适应和满足大范围区域植被覆盖度的动态变化监测需要^[5-6];随着遥感技术(RS)和地理信息系统(GIS)的不断发展与应用,为区域范围(尤其是大范围)内生态环境研究提供了一种新的技术支持,利用多时相、多波段遥感影像数据进行植被覆盖监测逐渐成为近年来研究热点^[7-10]。

乌伦古河流经阿勒泰地区的青河、富蕴、福海县和农十师182团,是3县1团场农牧业生产在乌伦古河河谷带的唯

一用水源^[11],也是新疆第二大淡水湖——乌伦古湖的补给水源。近年来,受气候变化和人类活动影响,乌伦古河下游河段连年出现断流现象,乌伦古湖水位下降及湖水矿化度升高、河谷一带出现沙漠化,植被退化问题趋于严重^[12-13]。基于此,笔者选取乌伦古河流域1980—2015年合计6期(1989、1998、2002、2006、2011和2015年)Landsat系列遥感影像数据,综合利用RS、GIS、GPS等技术,采用空间数据处理、信息提取解译、海量数据建库、集成管理分析等方法,监测并研究近36年来乌伦古河流域植被覆盖度时空动态变化特征,为合理开发利用乌伦古河流域水资源、保护并逐步恢复流域生态功能,促进经济社会可持续发展提供决策依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 乌伦古河为新疆阿勒泰地区第二大河流,发源于阿尔泰山东段海拔3 550 m的达拉大坂,位于87°05'~90°45'E、46°10'~47°28'N。乌伦古河流域由大、小青格里河、查干河、布尔根河等4条河流由北向南流入二台水文站以上合流,沿途再无支流汇入,最后流入福海县的布伦托海。乌伦古河河源至湖口河流总长821 km,流域面积为6.14×10⁴ km²,二台水文站以上集水面积(国内)为1.84×10⁴ km²。河水水源完全靠高山季节性融雪和降水补给,径流量季节变化及年际变化极为明显,多年平均径流量11.12×10⁸ m³,是新疆年际变化最大的河流。该流域气候特点主要表现为夏季炎热、春旱多风、秋季凉爽、冬季严寒漫长、降水较少、蒸发量大等。

1.2 数据来源及研究方法

1.2.1 数据来源及处理 该研究选取地理空间数据云网址

基金项目 国家自然科学基金项目(51409226, 51769036);新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2017D01A43)。

作者简介 许应达(1997-),男,新疆塔城人,研究方向:水土保持与荒漠化防治。*通讯作者,副教授,博士,硕士生导师,从事水资源系统工程与河流生态保护研究。

收稿日期 2018-07-15;修回日期 2018-07-25

(<http://www.gscloud.cn/>)下载的 Landsat 系列卫星影像为基础影像源,所用传感器类型为 TM/ETM+,空间分辨率为 30 m×30 m,影像时相分别为 1989、1998、2002、2006、2011 和 2015 年共 6 个时期。时相选取过程中,由于该流域天然植被一般在 5 月中旬返青,10 月中旬干枯,6—9 月为主要生长期,生物量峰值一般在 7 月,因此,选择 7—8 月时相有利于地物识别及植被覆盖度信息提取,若 7—8 月不能满足,则选择 6 月或 9 月。同时,结合乌伦古河流域实际情况,6 期乌伦古河流域遥感影像数据的专题信息提取范围为自河道向两岸延伸 20 km,基于此结合 1:100 000 地形图和土地利用专题图,利用 ArcGIS 10.2、ERDAS IMAGINE 2013 软件,进行乌伦古河不同时期的植被覆盖度的信息提取,其中,遥感影像处理包括几何精校正与影像配准、影像融合、影像镶嵌与裁剪、大气校正等步骤。

1.2.2 研究区植被覆盖度分类体系划分。植被覆盖度是全球及区域性气候数值模型中的重要参数,是描述生态系统的重要基础数据,可揭示地表植被动态变化趋势,对进行区域生态环境评价具有重要意义^[14]。该研究的研究区植被覆盖度划分参考相关研究分类成果^[14],结合乌伦古河流域实地勘察,将研究区植被覆盖度分为 4 种类型(表 1)。

表 1 乌伦古河流域植被覆盖度类型划分

Table 1 Classification of vegetation coverage type in the Ulungur River Basin

植被覆盖度类型 Vegetation coverage type	植被覆盖度范围 Vegetation coverage range//%	对应地物描述 Corresponding feature description
劣盖度 Inferior coverage	0~10	地表主要为裸沙、砾石、裸土等
低盖度 Low coverage	10~30	地表主要由沙和砾石组成,土地严重退化;植物有枯死芦苇、零星灌木和杂草生长等
中盖度 Medium coverage	30~60	土壤为沙质,具有优良耕地;植物有胡杨、怪柳、灌木等,长势较好
高盖度 High coverage	60~100	土壤为沙土;具有大量草本、灌、乔木等植物,且长势较好

1.2.3 遥感信息提取。鉴于乌伦古河流域地貌类型相对单一,植被指数最大值与最小值较均一旦像元值易寻找,归一化植被指数(normalized differential vegetation index,NDVI)综合了 EVI、DVI 和 DDV 等算法的优点,可间接反映地表植被长势和生长量,且与植被覆盖分布密度存在线性关系。该研究采用 NDVI 进行研究区植被覆盖度信息提取。

1.2.3.1 归一化植被指数(NDVI)计算。NDVI 也称生物量指标变化,能消除部分与太阳高度角、卫星观测角、地形、云影等相关参数与大气条件有关辐射的变化。NDVI 的取值范围在[-1,1],可避免数据太大和太小为使用带来的不便。计算公式为:

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

式中,NIR 为近红外波段的反射率;R 为红光波段的反射率。

1.2.3.2 基于像元二分法反演植被覆盖度。假设一个像元的 NDVI 值由完全是植被覆盖的地表和完全没有植被覆盖的地表组成,所观测到的光谱信息则是由这 2 种地表的面积比例加权的线性组合。其中,各因子权重即为各自面积在像元中所占比率,全植被覆盖部分地表在像元中所占的面积百分比即为此像元的植被覆盖度。

计算公式可表示为:

$$f_{NDVI} = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (2)$$

式中, f_{NDVI} 为植被覆盖度; $NDVI_{veg}$ 为全植被像元的 NDVI 值,即完全被植被覆盖的部分; $NDVI_{soil}$ 为无植被像元的 NDVI 值,即完全裸地的部分。

计算公式也可表示为:

$$f_{NDVI} = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

式中, $NDVI_{max}$ 、 $NDVI_{min}$ 分别为最大、最小 NDVI 值^[8]。有植物像元为 NDVI 最大值,无植物像元为 NDVI 最小值,考虑遥感影像中存在不可避免的噪声,对 $NDVI_{max}$ 、 $NDVI_{min}$ 取值时,取置信度区间的最大值与最小值,其中置信度取值主要由图像大小、图像清晰度等情况来决定^[15]。

综合考虑研究区 6 个时相遥感影像,决定在 NDVI 概率累计表上取概率为 99.5% 的值为 $NDVI_{max}$,取概率为 0.5% 的为 $NDVI_{min}$,并利用 ERDAS IMAGINE 2013 软件中的 Modeler 实现植被覆盖度定量转换模型,得到 1989—2015 年 6 期植被覆盖度专题图。

2 结果与分析

2.1 植被覆盖度提取结果 通过 ArcGIS 10.4.1 软件对乌伦古河流域 1989—2015 年 6 期(1989、1998、2002、2006、2011、2015 年)影像数据进行统计分析,得到 6 期植被覆盖度各类型面积及比例统计结果(表 2)。

表 2 1989—2015 年乌伦古河流域植被覆盖度提取结果

Table 2 Results of vegetation coverage in the Ulungur River Basin from 1980 to 2015

类型 Type	面积 Area//km ²						面积变化 Area change//km ² (1989—2015 年)	年变化率 Annual gradient %
	1989 年	1998 年	2002 年	2006 年	2011 年	2015 年		
劣盖度 Inferior coverage	3 711.6	964.4	380.9	1 988.4	1 626.8	2 372.2	-1 339.4	-1.34
低盖度 Low coverage	3 744.1	4 252.0	3 673.8	3 112.2	4 180.7	4 033.8	389.7	0.37
中盖度 Medium coverage	391.2	538.7	1 574.1	431.3	1 634.0	891.1	499.9	4.56
高盖度 High coverage	773.4	617.8	804.8	422.1	1 228.5	1 290.9	517.5	2.39
总盖度 Total coverage	8 620.3	6 372.9	6 433.6	5 953.9	8 670.0	8 587.9	-32.4	-0.01

2.2 植被覆盖度时间变化特征 从表1可以看出,1989—2015年整体上研究区的总体植被覆盖度呈微弱的减少趋势,即总植被覆盖从1989年的8 620.3 km²减少至2015年的8 587.9 km²,减少了32.4 km²,年减少率为0.01%。其中在1989—2006年呈明显减少趋势,即植被覆盖面积从1989年的8 620.3 km²减少至2006年的5 953.9 km²,减少了2 666.4 km²,且在2011—2015年也减少了82.1 km²,而1998—2002、2006—2011年总植被覆盖面积均呈增加趋势,分别增加了60.7、2 716.1 km²。从各个时期来看,研究区4种植被覆盖度类型面积变化情况中,1989—1998年劣盖度植被覆盖面积急剧减少,减少了2 747.2 km²,低、中盖度植被覆盖面积分别增加了507.9、147.5 km²,但高植被覆盖的面积减少了155.6 km²;1998—2002年,劣盖度和低盖度面积均呈下降趋势,分别减少了583.5、578.2 km²,中、高盖度植被覆盖面积均呈增加趋势,分别增加了1 035.4、187.0 km²;2002—2006年,除劣盖度面积有所增加(增加了1 607.5 km²),其他3种植被覆盖面积均呈下降趋势,分别下降了561.6、1 142.8、382.7 km²。其下降原因是由于人口的不断增加,当地人民努力发展生产,在乌伦古河附近不断地兴修水库、水渠等水利设施,大面积地将草地开辟为农田,部分耕地由于肥力较低而弃耕,造成草地退化加剧,生态环境恶劣^[16];2006—2011年,劣盖度下降了361.6 km²,而低、中、高盖度在这一时期都呈上涨趋势,分别上升了1 068.5、1 202.7、806.4 km²,植被覆

盖面积上涨迅速是由于植被经过前一时期的破坏,当地政府和人民意识到生态破坏所带来的后果,已经采取相应的治理措施^[16];2011—2015年,劣盖度植被覆盖面积又增加了745.4 km²,而低、中盖度植被覆盖面积又开始减少,分别减少了146.9、742.9 km²,但高盖度植被覆盖面积从2011年的1 228.5 km²增加至2015年的1 290.9 km²,增加了62.4 km²。

2.3 植被覆盖度空间变化特征 从图1可以看出,1989—2015年研究区6期的植被覆盖面积在空间上总体呈逐渐减少的趋势。其中1989年上、中、下游河段植被覆盖度总体为劣盖度(红色部分),植被覆盖度类型单一。1989—1998年,上游河段(河流方向为东南至西北)劣盖度植被面积减少最为明显,中游河段低盖度植被面积增加最为明显(黄色部分),下游河段中盖度(浅黄色)和高盖度(绿色)植被面积均有所增加,总体而言该流域总植被覆盖面积呈减少趋势。1998—2002年,上、中、下游河段4种植被覆盖类型都有分布,其中上游河段劣盖度植被面积明显减少;中游河段低盖度植被面积减少,中盖度植被面积增加;下游河段高盖度植被面积增加较为明显。2002—2006年,上游河段中盖度植被面积明显减少,大部分转变为劣盖度植被面积;中下游河段中、高盖度植被面积也在不同程度地减少,且下游河段大部分为低盖度植被面积。2006—2011年,上、中游河段低盖度、中盖度植被面积均呈上升趋势,而劣盖度植被面积明显减少,特别是在中游地区劣盖度植被面积基本没有,下游大部

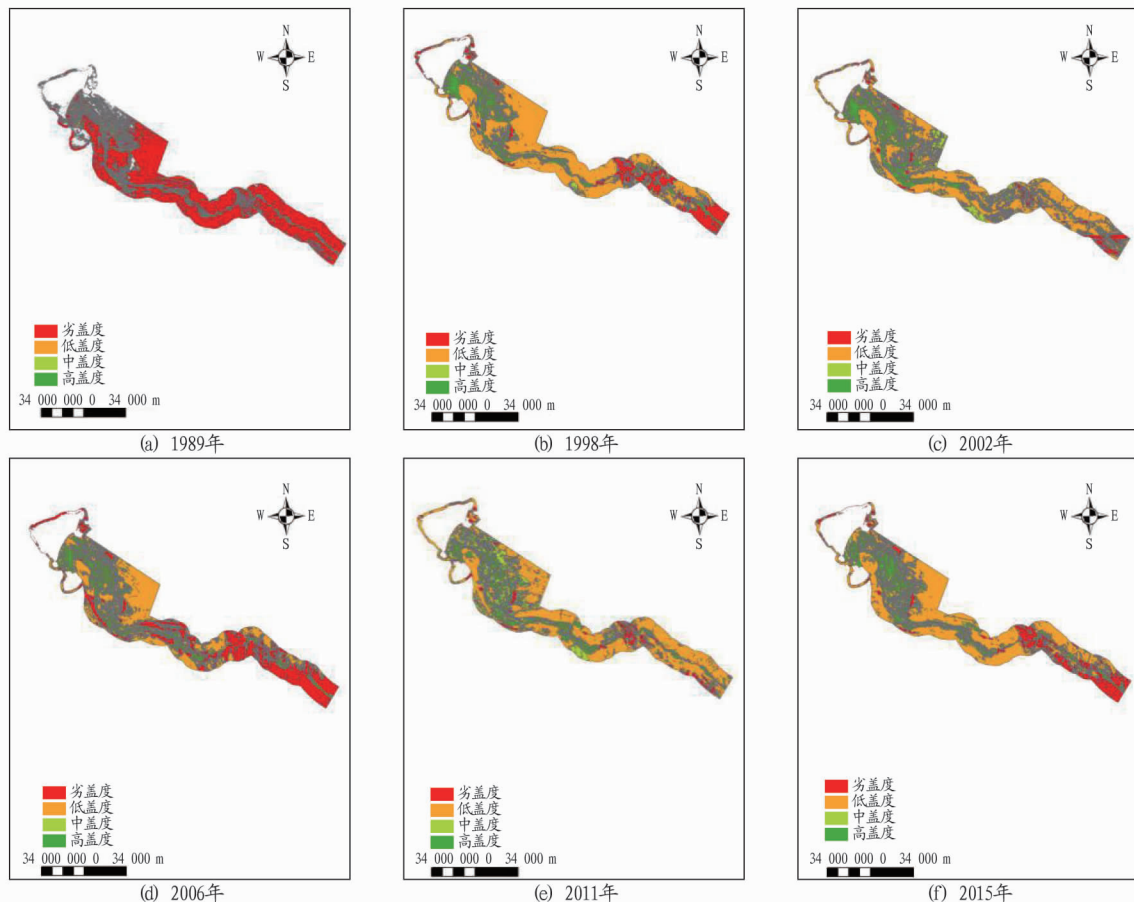


图1 研究区不同时期植被覆盖度

Fig.1 Vegetation coverage in different periods of the study area

分以中盖度和高盖度植被为主。2011—2015 年,上游河段低盖度植被面积明显减少,而劣盖度植被面积明显增加;中、下游河段植被覆盖面积变化较小。总体而言,1989—2015 年乌伦古河流域植被覆盖面积变化呈微弱的减少趋势。

3 结论

本研究基于 RS 和 GIS 技术,以乌伦古河流域 6 期(分别为 1989、1998、2002、2006、2011 和 2015 年)不同时相的遥感影像成果为数据源,运用像元二分法模型计算归一化植被指数(NDVI),以定量分析研究区 1989—2015 年植被覆盖面积时空变化规律,结果如下:

(1) 乌伦古河流域植被覆盖度在时间分布上总体呈减少趋势,其中低盖度植被面积分布最多。总植被覆盖面积在 1989—1998、2002—2006、2011—2016 年呈明显减少趋势,即植被覆盖面积从 1989 年的 8 620.3 km² 减少至 1998 年的 6 372.9 km²,减少了 2 247.4 km²,植被覆盖面积从 2002 年的 6 433.6 km² 减少至 2006 年的 5 953.9 km²,减少了 479.7 km²,植被覆盖面积从 2011 年的 8 670.0 km² 减少至 2015 年的 8 587.9 km²,减少了 82.1 km²;总植被覆盖面积在 1998—2002、2006—2011 年分别呈增加趋势,植被覆盖面积分别增加了 60.7、2 716.1 km²。总体而言,1989—2015 年乌伦古河流域植被总面积呈少量减少,减少了 32.4 km²,年变化率为-0.01%。

(2) 乌伦古河流域植被覆盖度在空间分布上,上游河段劣盖度植被面积和低盖度植被面积相互转化较为明显。1989—1998 年,上中游河段劣盖度植被面积减少最为明显,而低盖度植被面积增加较为明显;1998—2002 年,上、中游河段劣盖度低盖度植被面积均有所减少;2002—2006 年,上游河段低盖度植被面积明显减少,而劣盖度植被面积明显增

加;2006—2011 年,上、中游河段低盖度、中盖度植被面积均呈上升趋势,而劣盖度植被面积明显减少;2011—2015 年,下游河段低盖度植被面积明显减少,而劣盖度植被面积明显增加;中、下游河段植被覆盖面积变化较小。

参考文献

- [1] 孟古别克·布布拉依汗,贾尔恒·阿哈提,程艳,等.乌伦古河断流原因分析及对策[J].水电能源科学,2014,32(9):139-142.
- [2] 苏娜,王志杰.基于遥感和 GIS 的陕南地区近 20 年植被覆盖时空变化特征[J].水土保持研究,2018,25(1):250-256.
- [3] 姜春玲,曲春风.基于 RS 和 GIS 技术的新生湿地与植被覆盖度动态分析[J].安徽农业科学,2016,44(28):77-80.
- [4] 贾坤,姚云军,魏香琴,等.植被覆盖度遥感估算研究进展[J].地球科学进展,2013,28(7):774-782.
- [5] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.
- [6] 佟斯琴,包玉海,张巧凤,等.基于像元二分法和强度分析方法的内蒙古植被覆盖度时空变化规律分析[J].生态环境学报,2016,25(5):737-743.
- [7] 高凡,黄强,闫正龙.基于 3S 的塔里木河干流生态水平动态监测及生态需水研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(1):188-194.
- [8] 努尔兰·哈再孜.乌伦古河流域水文特征[J].干旱区研究,2014,31(5):798-802.
- [9] 王航,钟锦英.基于 RS 与 GIS 的揭阳市植被覆盖度分析[J].福建林业科技,2015,42(4):48-52.
- [10] 蔡宏,何政伟,安艳玲,等.基于 RS 和 GIS 的赤水河流域植被覆盖度与各地形因子的相关强度研究[J].地球与环境,2014,42(4):518-524.
- [11] 杨帆,赵冬至,马小峰,等.RS 和 GIS 技术在湿地景观生态研究中的应用进展[J].遥感技术与应用,2007,22(3):471-478.
- [12] 付素静,王伟,万宝春.基于 RS 和 GIS 的河北省生物丰度和植被覆盖度归一化系数研究[J].中国环境管理,2014,6(2):27-31.
- [13] 陈涛,徐瑶.基于 RS 和 GIS 的班戈县植被覆盖度动态变化分析[J].物探化探计算技术,2011,33(6):669-672.
- [14] 吴先赋,贾宏亮,李永树.基于遥感技术的植被覆盖度估算与变化实验分析[J].测绘,2016,39(6):247-251.
- [15] 彭飞,范闻捷,徐希孺,等.2000—2014 年呼伦贝尔草原植被覆盖度时空变化分析[J].北京大学学报(自然科学版),2017,53(3):563-572.
- [16] 李合运.乌伦古河下游农业生态现状及保护措施[J].中国农村水利水电,2001(S1):66-67.

(上接第 45 页)

- [2] 张国庆,田明中,刘斯文,等.地质遗迹资源调查以及评价方法[J].山地学报,2009,27(3):361-366.
- [3] 方世明,李江凤,赵来时.地质遗迹资源评价指标体系[J].中国地质大学学报,2008,33(2):285-288.
- [4] 李翠林,孙宝生.新疆奇台硅化木——恐龙国家地质公园地质遗迹景观评价及整合开发[J].地球学报,2011,32(2):233-240.
- [5] 武红梅,武法东.河北迁安—迁西国家地质公园地质遗迹资源类型划分及评价[J].地球学报,2011,32(5):632-640.
- [6] 王铠铭,武法东,张建平.北京延庆地质公园主要地质遗迹评价[J].地球学报,2013,34(3):361-369.
- [7] 方建华,张忠慧,章秉辰.地质公园管理、建设现状、存在的问题及对策

- [C]//旅游地理与地质公园建设——旅游地理论文集:第十七集.北京:中国林业出版社,2011:3-8.
- [8] 陈英玉,龚明权,张自森.青海省互助北山国家地质公园地质遗迹及其综合评价[J].地球学报,2009,30(3):339-344.
- [9] 王璐琳,武法东.青海省青海湖国家地质公园主要地质遗迹类型及其地学意义[J].地球学报,2012,33(5):835-842.
- [10] 肖景义,曹广超,侯光良.青藏高原地质公园生态旅游产品开发研究:以坎布拉国家地质公园为例[J].地球学报,2011,32(2):225-232.
- [11] 李小林,马建青,高忠咏,等.走进青海坎布拉国家地质公园[J].青海国土经略,2004(3):44-46.
- [12] 保继刚.旅游开发研究:原理·方法·实践[M].北京:科学出版社,2005.

科技论文写作规范——缩略语

采用国际上惯用的缩略语。如名词术语 DNA(脱氧核糖核酸)、RNA(核糖核酸)、ATP(三磷酸腺苷)、ABA(脱落酸)、ADP(二磷酸腺苷)、CK(对照)、CV(变异系数)、CMS(细胞质雄性不育性)、IAA(吲哚乙酸)、LD(致死剂量)、NAR(净同化率)、PMC(花粉母细胞)、LAI(叶面积指数)、LSD(最小显著差)、RGR(相对生长率)、单位名缩略语 IRRI(国际水稻研究所)、FAO(联合国粮农组织)等。对于文中有些需要临时写成缩写的词(如表及图中由于篇幅关系以及文中经常出现的词而写起来又很长时),则可取各主要词首字母写成缩写,但需在第一次出现处写出全称,表及图中则用注解形式在下方注明,以便读者理解。