

近 10 年甘肃玛曲县主要生态环境退化的遥感监测

王伟红 (甘肃省环境科学设计研究院, 甘肃兰州 730020)

摘要 以 2000、2005 和 2010 年的 Landsat 系列卫星数据为主要数据源, 利用遥感和 GIS 技术, 对甘肃省玛曲县近 10 年主要生态环境退化进行了监测。研究表明, 2000~2010 年间, 该区主要生态环境退化趋势得到了初步遏制, 土地退化程度有所减轻; 植被覆盖以轻度恢复为主, 占总面积的 45% 以上; 沼泽湿地的面积呈减少的趋势, 减少的面积主要转变为草地; 沙漠化面积减少、程度减轻。然而, 玛曲县生态环境退化的潜在因素仍然存在, 其中过度放牧和人口增加是导致该地区生态环境恶化的主要因素。

关键词 玛曲; 植被覆盖度; 湿地萎缩; 土地沙漠化

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)11-04967-04

Remote Sensing Monitoring on Major Eco-Environmental Degradation of Maqu County, Gansu Province in Recent 10a

WANG Wei-hong (Gansu Environmental Science Design Institute, Lanzhou, Gansu 730020)

Abstract Based on RS and GIS technique, Landsat images in 2000, 2005 and 2010 were used to monitor the status of ecological environment of Maqu County in Gansu Province. The results showed that the ecologic environment has been deteriorated, but the degree has been reduced. The area of the vegetation coverage of mild recovery is accounted for more than 45% of the total area. Desertification area reduced, and the degree of it decreased. The area of marsh wetland has been reduced, which has been mainly into the grassland. The eco-environment deterioration was mainly caused by both over grazing and population increasing.

Key words Maqu; Vegetation coverage; Wetland shrinkage; Land desertification

玛曲县位于黄土高原与青藏高原的中间, 在我国大地貌单元中处于第二和第三阶梯交界地带, 受到高原气候和东部季风的影响, 是我国一级环境敏感带的一个组成部分^[1-2]。在全球气候变暖的背景下, 玛曲的气候变化表现为干旱化的趋势; 地表径流减少、地下水位下降, 同时随着人口的不断增长和畜牧业的迅速发展, 沙漠化急剧发展、植被破坏、草场严重退化, 生态环境的恶化致使草地等植被涵养水源功能大为降低; 此外, 玛曲县分布着大面积的高寒沼泽湿地, 湿地所释放的 CH₄ 以及 CO₂ 可对全球气候产生重大影响^[3-6]。因此, 对该区域生态环境现状及其变化趋势进行及时的监测和分析, 为区域生态环境保护及其政策的制定提供科学依据。笔者以 Landsat 系列卫星数据作为主要数据源, 利用遥感和 GIS 技术, 分析玛曲县近 10 年生态环境现状及其变化趋势, 并对其驱动力进行了分析。

1 研究区概况

玛曲县位于甘南藏族自治州的西南部, 青藏高原的东端, 是甘肃、青海、四川的交界处, 处于 33°06'30"~34°30'15" N, 100°45'45"~102°29'00" E 之间, 总面积 9 460 km² (图 1)。玛曲县是以藏族为主的纯牧业县, 位于黄河第一弯曲部, 蕴含着众多世界上独特的土著生物和物种资源, 被誉为“亚洲第一优良牧场”和“高原水塔”^[7-9], 是黄河中下游地区的天然生态屏障^[10]。全县草地类型主要有高寒草甸草地和山地草甸草地, 以莎草科牧草为建群种^[11]。根据玛曲站气象资料数据统计, 玛曲县最冷月为 1 月, 温度为 -8.7 °C; 最热月为 7 月, 温度为 11.3 °C; 极端低温达 -27.3 °C, 极端高温达 22.5 °C; 年平均气温为 1.1 °C, 年平均降水量为 615 mm, 属典型高原大陆性气候, 四季差异不明显。

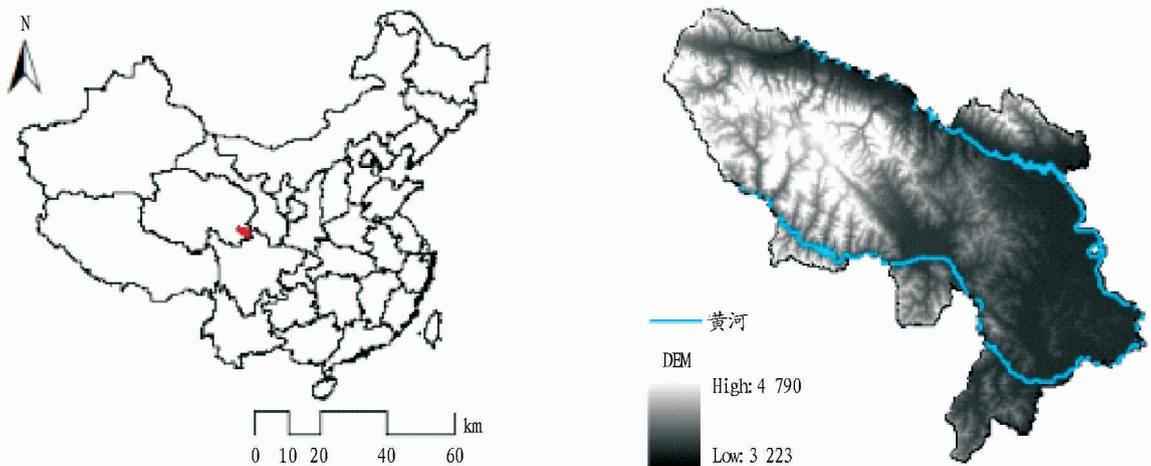


图 1 区域位置图

作者简介 王伟红(1968-), 男, 河南漯河人, 工程师, 从事生态环境及大气环境研究, E-mail: 767337027@qq.com。

收稿日期 2013-03-26

2 数据源与方法

2.1 数据源及其预处理 笔者选用 Landsat 系列数据(来源于 <http://glovis.usgs.gov>)作为主要的数据源, 并有辅助

数据 Aster 30m 的 DEM 数据(来源于 <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem-wist.asp>)以及由 DEM 经过空间分析得到的坡度数据。数据采用统一的投影系统,即投影坐标系为 WGS_1984_Albers,地理坐标系为 GCS_Krasovsky_1940。在遥感图像处理软件中对数据进行波段合成、几何精校正、图像融合和拉伸等处理,最终获得研究区 2000 年的 15 m 分辨率 ETM+ 数据以及 2005 和 2010 年的 30 m 分辨率 TM 数据。利用 eCognition 软件自动提取玛曲县 2000、2005 和 2010 年 3 个时期的沼泽湿地分布数据;通过空间叠加分析建立动态变化数据库。

2.2 覆盖度计算 植被覆盖度的计算利用像元二分法的原理^[12],假设一个像元的信息由土壤所贡献的信息和植被所贡献的信息两部分构成,得到植被覆盖度的计算公式: $fc = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$ 。式中, $NDVI_{soil}$ 为全土壤覆盖时像元的最小值,其理论值为 0,但由于大气以及地表温度、湿度等因素的影响, $NDVI_{soil}$ 的值发生改变;受土壤类型、粗糙度等的影响, $NDVI_{soil}$ 的值会随着空间维发生变化,变化范围为 $-0.1 \sim 0.2$ 。 $NDVI_{veg}$ 为全植被覆盖时像元的最大值,理论上其值为 1,但由于植被类型的不同以及季节、叶冠背景等的影响, $NDVI_{veg}$ 的值也发生改变。

2.3 沙漠化程度计算 研究区域沙漠化程度对区域防沙治沙工作的开展具有重要的意义。土地沙漠化程度计算采用公式^[13-14]: $DGt = (k1 \times Mt + k2 \times SMt + k3 \times SFt + k4 \times Ft) / At$ 。其中, DGt 为研究区沙漠化程度, Mt 为研究区内极重度沙漠化土地的面积, SMt 为重度沙漠化土地面积, SFt 为中度沙漠化土地面积, Ft 为轻度沙漠化土地面积, At 为研

究区总面积, t 为某一时刻, $k1$ 、 $k2$ 、 $k3$ 和 $k4$ 为待定权重因子(分别为 1.0、0.6、0.3 和 0.1)。

3 研究区生态环境评价

玛曲县土地覆盖类型以草甸为主,占区域总面积的 50% 以上。在自然因素和人类活动的干扰下,玛曲县生态环境出现一系列的生态问题,威胁人类的生存。笔者从湿地萎缩、植被覆盖度变化以及土地沙漠化 3 个方面来分析研究区的生态问题及其程度,为生态环境治理提供科学依据。

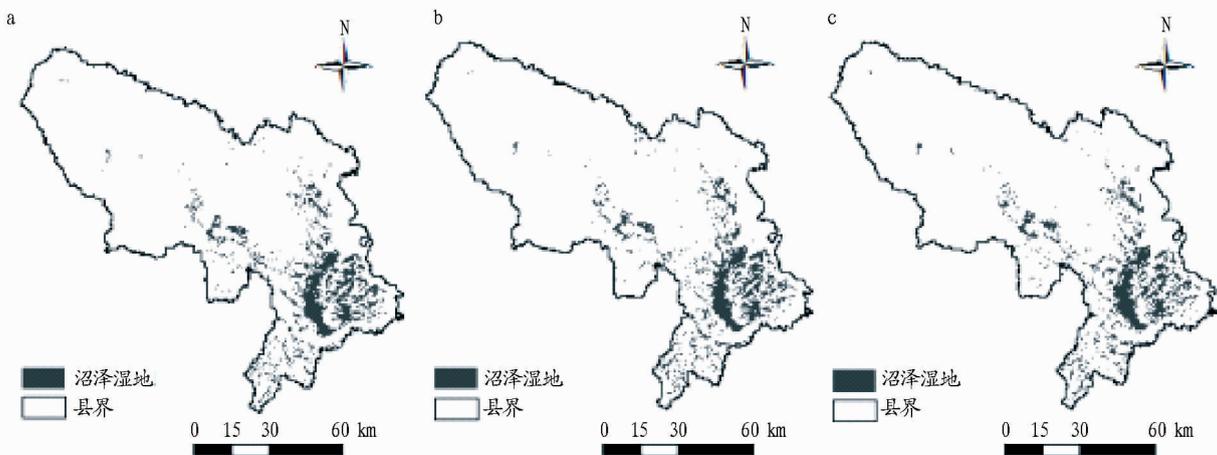
3.1 覆盖度变化 利用计算出的 3 个时期植被覆盖度数据,对相邻两期做差值计算,统计分析研究区 fc 的时空变化,揭示研究区草地的退化过程和程度,并将差值计算的结果进行分级:第 I 级代表重度退化草地,其值范围为 $-1.00 \sim -0.50$;第 II 级代表中度退化草地,其值范围为 $-0.50 \sim -0.25$;第 III 级代表轻度退化草地,其值范围为 $-0.25 \sim 0$;第 IV 级代表轻度恢复草地,其值范围为 $0 \sim 0.25$;第 V 级代表中度恢复草地,其值范围为 $0.25 \sim 0.50$;第 VI 级代表完全恢复草地,其值范围为 $0.50 \sim 1.00$ (表 1)。

结果表明,玛曲县植被覆盖度总体呈现持续恢复的趋势,2000~2010 年植被覆盖度均以轻度恢复为主。其中 2000~2005 年间轻度恢复区面积占总面积的 47.08%,其次为轻度退化面积占总面积的 30.97% 和中度恢复区面积占 9.39%;2005~2010 年间轻度恢复区面积占总面积的 45.18%,其次为中度恢复区面积占总面积的 27.91% 和轻度退化面积占 14.31%。2005 年后区域植被覆盖恢复良好。

表 1 2000~2010 年研究区植被覆盖度变化统计

时间	重度退化	中度退化	轻度退化	小计	时间	轻度恢复	中度恢复	完全恢复	小计
2000~2005 年	297.20	761.12	2 930.09	3 988.40	2000~2005 年	4 453.96	888.48	129.17	5 471.60
2005~2010 年	90.85	206.55	1 353.26	1 650.66	2005~2010 年	4 274.42	2 640.21	894.71	7 809.34

km²



注:a. 2000 年;b. 2005 年;c. 2010 年。

图 2 玛曲县 2000~2010 年沼泽湿地分布

3.2 湿地变化 玛曲湿地是最具代表性的高原沼泽湿地,被喻为“黄河蓄水池”。笔者利用 Arcmap 绘制研究区

2000、2005 和 2010 年湿地分布现状图(图 2),并对每两年的数据分别进行空间叠加分析。通过对湿地面积的时空动

态变化研究,揭示若尔盖湿地萎缩的程度和速度。研究表明,2000~2010年间,玛曲县沼泽湿地面积呈持续减少的趋势,年变化率为0.32%。其中2000~2005年间,沼泽湿地面积净减少13.40 km²,占2000年沼泽湿地面积的1.60%,主要表现为沼泽湿地与草地间的转变;2005~2010年间,湿地面积净减少13.58 km²,变化速度与前5年相同,减少的沼泽湿地主要转变为草地和荒漠。

3.3 沙漠化变化 在沙漠化研究中,了解不同时期的沙漠化现状至关重要。只有从沙漠化现状出发,才能发现存在的问题,从而确定研究的方向,进而对沙漠化的发展过程与

发展趋势有正确的对待与展望^[15-17]。通过对2000、2005和2010年沙漠化现状数据集(表2)进行空间分析和沙漠化程度计算(图2),了解2000~2010年间研究区土地沙漠化的发展状况及速率。研究表明,玛曲县土地沙漠化程度总体呈减轻的趋势,且沙漠化土地的面积也呈减少的趋势。2010年沙漠化土地面积总体减少166.91 km²,占2000年土地沙漠化面积的36.37%;其中轻度沙漠化土地面积呈增加的趋势,而中度、重度和极重度沙漠化土地面积均呈减少的趋势。

表2 2000~2010年研究区沙漠化面积统计

类型	2000年		2005年		2010年	
	面积// km ²	百分比//%	面积// km ²	百分比//%	面积// km ²	百分比//%
轻度沙漠化	112.64	1.19	131.95	1.39	146.49	1.55
中度沙漠化	191.52	2.02	156.00	1.65	97.24	1.03
重度沙漠化	50.49	0.53	0.78	0.01	5.79	0.06
极重度沙漠化	104.28	1.10	93.72	0.99	42.52	0.45
总计	458.94	4.85	382.45	4.04	292.03	3.09

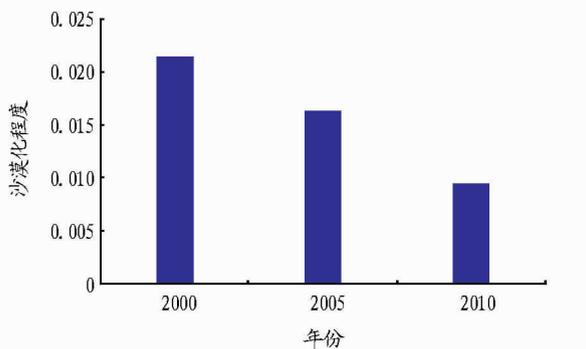


图3 2000~2010年研究区地沙漠化程度统计

4 驱动力分析

4.1 气候因素 玛曲站气象资料数据表明,近45年玛曲县平均气温呈现持续升高的趋势,从1967年的0.9℃增加到2010年的3.3℃。尤其是在20世纪90年代后期,气温显著增加,1995~2010年年平均气温变化率达0.15℃。在气温持续增加的同时,玛曲县年降水量呈波动略微减少的趋势,气候倾向率为8.8 mm/10a。此外,玛多县20 cm地温也呈明显的上升趋势。地温升高一方面造成了冻土环境退化,另一方面增加了大气获得的热量。冻土环境退化改变了土壤的物理性质与营养元素的含量,表现为土壤颗粒粗化,容重增加,孔隙度增加。土壤的粗粒化与孔隙度的增加使得土壤的饱和和导水率显著降低,将促使水分下渗增加,加大了地表水和土壤水分的渗漏^[18]。另外,全球变暖带来的黄河上游径流量减少、蒸发量增加减弱了湿地水量的补给,造成地表土壤干旱化,出现了湿生植物向旱生、超旱生植物演替的现象,结果导致湿地退化。

遥感监测表明,近几十年来青藏高原NDVI明显增加。杨元合等认为这是由于气温升高引起的^[19]。1995~2010年年平均气温升高了0.15℃,这可能是造成玛曲县植被盖

度增加的原因之一。逯军峰等研究发现,从2000年开始,玛曲县沙漠化面积减小,沙漠化面积主要转为草地^[20]。在该研究中,轻度沙漠化面积增加,中度、重度和极重度面积减小,沙漠化逆转与气候变暖后植被生长盖度增加相关。

4.2 人为因素 随着社会的快速发展,人类对自然资源和环境的影响越来越大。玛曲县人口数量呈持续增加趋势,到2005年玛曲县人口达4.49 × 10⁴,人口自然增长率高达12.62%^[21-23]。随着玛曲县人口的急剧增加,对土地的需求也随之扩大。首先,耕地和建设用地的扩张主要来源于对草地的占用。其次,玛曲县是一个纯牧业县,畜牧业是当地的主要经济支柱,牧民为了提高生活水平,增加经济收入,扩大养殖规模,增加草场面积,对沼泽湿地进行大面积的开沟排水,从而导致了沼泽湿地的萎缩。从2003年开始,玛曲县实施了退牧还草工程。遥感监测和野外调查数据表明,退牧还草工程实施两三年后,植被盖度可增加5.6%~6.8%^[24]。禁牧措施的实施可以避免牲畜对草地的践踏,减轻土地沙漠化的程度。

5 结论

玛曲县2000~2010年区域生态环境仍呈现恢复的趋势现象,但退化程度有所减轻,主要表现为:区域植被覆盖度以轻度恢复为主,占总面积的45%以上,尤其是2005年后,区域植被覆盖度表现为较显著的恢复趋势。沙漠化的程度减轻,2010年沙漠化土地面积总体减少166.91 km²,主要是中度、重度和极重度沙漠化土地面积的减少。这与2000年后玛曲县全民行动保护区域生态环境,建立了生态保护区有关。但是沼泽湿地面积仍呈现减少的趋势,2010年沼泽湿地面积减少26.98 km²,占2000年湿地总面积的3.22%,减少的沼泽湿地主要转变为草地。

影响该区域生态环境的因素主要有自然因素和人为因素,自然环境条件的变化为玛曲县生态环境的恶化创造了

条件,暖干的气候条件导致湿地萎缩、草地退化和沙化。但是在长时间尺度上,自然因素对区域生态环境的影响缓慢,而人类干扰加剧了这一过程。玛曲县超载严重,草场不堪重负,草地退化和沙化;为了扩大草场面积对沼泽湿地进行开沟排水,导致沼泽湿地萎缩。因此,呼吁人类在利用大自然的同时要保护自然环境,制定合理的资源管理制度。

参考文献

- [1] 韩海涛,祝小妮. 气候变化与人类活动对玛曲地区生态环境的影响[J]. 中国沙漠, 2007(4): 608-613.
- [2] 马媛,黄翀,郑巍. 玛曲县土地利用变化分析与预测[J]. 干旱区研究, 2012(4): 735-741.
- [3] 王根绪,沈永平,程国栋. 黄河源区生态环境变化与成因分析[J]. 冰川冻土, 2000, 22(3): 200-205.
- [4] 王根绪,李琪,程国栋,等. 40a 来江河源区的气候变化特征及其生态环境效应[J]. 冰川冻土, 2001(4): 346-352.
- [5] 张龙生,马立鹏. 黄河上游玛曲县土地沙漠化研究[J]. 中国沙漠, 2001(1): 87-90.
- [6] 王素萍,宋迎春,韩永翔,等. 玛曲气候变化对生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 556-561.
- [7] 陈文业,戚登臣,李广宇,等. 甘南高寒退化草地生态位特征及生产力研究[J]. 自然资源学报, 2010(1): 80-90.
- [8] 戚登臣,陈文业,郑华平,等. 甘南黄河上游水源补给区“黑土滩”型退化草地现状,成因及综合治理对策[J]. 中国沙漠, 2008, 28(6): 1058-1063.
- [9] LEE S H, CHANG K S, SU M S, et al. Effects of some Chinese medicinal plant extracts on five different fungi[J]. Food Control, 2007, 18(12): 1547-1554.
- [10] 李文龙,薛中正,郭述茂,等. 基于 3S 技术的玛曲县草地植被覆盖度变化及其驱动力[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2010(1): 85-90.

(上接第 4966 页)

- [18] NOLUNG J, BRETON G, OMELCHENKO M V. Genome sequence and comparative analysis of the solvent-producing bacterium *Clostridium acetobutylicum*[J]. Bacteriol, 2001, 183(16): 4823-4838.
- [19] 徐芳. 丙酮丁醇梭菌生产丁醇及代谢调控的初步研究[D]. 无锡:江南大学, 2009.
- [20] 闰永亮,刘宏娟,张建安. 代谢工程在生物丁醇生产中的应用及研究进展[J]. 现代化工, 2012, 32(4): 25-30.
- [21] HARRIS L M, WELLKER N E, PAPOUTSAKIS E T. Northern. morphological and fermentation analysis of spoOA inactivation and overexpression in *Clostridium acetobutylicum* ATCC 824 [J]. J Bacteriol, 2002, 184(2): 3586-3597.
- [22] 顾阳,蒋宇,吴辉,等. 生物丁醇制造技术现状和展望[J]. 生物工程学报, 2010, 26(7): 914-923.
- [23] THADDEUS CHUKWUEMEKA EZEJI. Bioproduction of butanol from biomass: From genes to bioreactors[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2007, 18: 220-227.
- [24] EZEJI T C, QURESHI N, BLASCHEK H P. Production of acetone, butanol and ethanol by *Clostridium beijerinckii* BA101 and in situ recovery by gas stripping[J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2003, 19: 595-603.
- [25] 金万勤,刘公平,徐南平. 渗透汽化在丙酮-丁醇发酵制备燃料丁醇中的研究进展[J]. 膜科学与技术, 2011, 31(3): 25-31.
- [26] 杨立荣,岑沛霖,朱自强. 丙酮/丁醇间歇萃取发酵[J]. 浙江大学学报, 1992, 26(4): 388-398.
- [27] EZEJI T C, QURESHI N, BLASCHEK H P. Acetone butanol ethanol (ABE) production from concentrated substrate: Reduction in substrate inhibition by fed-batch technique and product inhibition by gas stripping

- [11] 董高生. 玛曲县鼠害草地综合治理途径的研究[J]. 青海草业, 2004(2): 11-13.
- [12] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]. 北京:中国科学院, 2003.
- [13] 常学礼,高玉葆. 区域沙漠化研究中的沙漠化数量表征[J]. 中国沙漠, 2003(2): 8-12.
- [14] 陈雅琳,常学礼,崔步礼,等. 库布齐沙漠典型地区沙漠化动态分析[J]. 中国沙漠, 2008(1): 27-34.
- [15] 朱震达. 中国荒漠化问题研究的现状与展望[J]. 地理学报, 1994, 49(S1): 650-659.
- [16] 朱震达. 土地荒漠化问题研究现状与展望[J]. 地理研究, 1994, 13(1): 104-113.
- [17] 王涛,赵哈林. 中国沙漠科学五十年[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 145-165.
- [18] NIU T, CHEN L, ZHOU Z. The characteristics of climate change over the Tibetan Plateau in the last 40 years and the detection of climatic jumps[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2004, 21(2): 193-203.
- [19] 杨元合,扑世龙. 青藏高原草地植被覆盖度变化及其与气候因子的关系[J]. 植物生态学报, 2006, 30(1): 1-8.
- [20] 逯军峰,董治宝,胡光印,等. 甘肃省玛曲县土地沙漠化发展及其成因分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(3): 604-609.
- [21] 赵雪雁. 黄河首曲地区草地退化的人文因素分析——以甘肃省玛曲县为例[J]. 资源科学, 2007(5): 50-56.
- [22] 尚焱,秦建宏,尚小生,等. 玛曲县草地畜牧业存在的问题及可持续发展对策[J]. 青海草业, 2006, 15(2): 28-30.
- [23] 玛曲县统计局. “十一五”玛曲县农业与农村发展情况分析[EB/OL]. (2011-07-19) <http://www.gstj.gov.cn/doc/ShowArticle.asp?ArticleID=11891>.
- [24] 郭铤,韩天虎,王静,等. 玛曲退牧还草工程生态效果的遥感监测[J]. 中国沙漠, 2010, 30(1): 154-160.

- [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2004, 63(6): 653-658.
- [28] EZEJI T C, QURESHI N, KARCHER P, et al. Butanol production from corn[M]//MINTTEER S D. Alcoholic fuels: Fuels for today and tomorrow. New York: Taylor and Francis, 2006: 99-122.
- [29] YANG X, TSAO G T. Enhanced acetone-butanol fermentation using repeated fed-batch operation coupled with cell recycle by membrane and simultaneous removal of inhibitory products by adsorption[J]. Biotechnol Bioeng, 2004, 47: 444-450.
- [30] EZEJI T C, QURESHI N, BLASCHEK H P. Process for continuous solvent production; U. S. NO. 60/ 504, 280[P]. 2005.
- [31] 顾阳,蒋宇,吴辉,等. 生物丁醇制造技术现状和展望[J]. 生物工程学报, 2010, 26(7): 914-923.
- [32] BYUNG HONG KIM. Control of carbon and electron flow in *Clostridium acetobutylicum* fermentations: Utilization of carbon monoxide to inhibit hydrogen production and enhance butanol yields[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1984: 764-770.
- [33] 童灿灿,杨立荣,吴坚平,等. 丙酮-丁醇发酵分离耦合技术的研究进展[J]. 化工进展, 2008, 27(11): 1782-1788.
- [34] 李科,靳艳玲,甘明哲,等. 木质纤维素生产燃料乙醇的关键技术研究现状[J]. 应用与环境微生物学报, 2008, 14(6): 877-884.
- [35] 高凯,李云,杨秀山. 影响丙酮丁醇发酵的主要因素及解决方案的研究进展[J]. 生物质化学工程, 2011, 45(2): 45-50.
- [36] 孙超,谢达平. 丙酮丁醇梭菌中丁醇脱氢酶的分离纯化及酶学性质研究[J]. 湖南农业科学, 2011(7): 18-20, 25.
- [37] 胡翠英,李良智,朱文静,等. 同化玉米芯酸解液为丁醇[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(33): 20459-20461.