

不同抽样比例的土壤侵蚀因子调查精度比较

赵维军,朱清科*,马欢,姚文俊,刘蕾蕾,王瑜

(水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室(北京林业大学),北京 100083)

摘要:利用 RS、GIS 等遥感技术对 2009 年陕北吴起县 SPOT 多光谱波段遥感影像进行目视解译,获取全县及 4% 抽样比例的土地利用、坡度及坡长因子等土壤侵蚀因子调查精度,结合 2009 年以 1%、0.25%、0.062 5% 抽样比例实地调查的数据,分析不同抽样比例下土壤侵蚀因子的精度损失。结果表明:1) 4%、1% 抽样比例与全县相比,土地利用类型分布相似度均达到 95% 以上,0.25% 和 0.062 5% 抽样比例下精度损失率最大达到 -19.49%、-10.03%;2) 4% 和 1% 抽样比例下,与全县坡度分布相似度均达到 99% 以上,0.25% 和 0.062 5% 抽样比例下精度损失率最高达 -4.42%;3) 4 种抽样比例下与全县坡长因子分布相似度均在 95% 以上。总之,吴起县按照 1% 的抽样比例调查土壤侵蚀因子既能保证调查精度又能减少工作量。

关键词:土壤侵蚀;抽样比例;精度

中图分类号:S157.1

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2013)03-0168-04

Comparison in Survey Precision of Soil Erosion Factors among Different Sampling Ratios

ZHAO Wei-jun, ZHU Qing-ke*, MA Huan, YAO Wen-jun, LIU Lei-lei, WANG Yu

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combat, Ministry of Education,
Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The degree of survey precision of soil erosion factors is important for the estimation of the amount of soil loss. Taking Wuqi County in Shaanxi as research object, a new soil erosion survey method was proposed. Different sampling ratios were adopted, such as 4%, 1%, 0.25% and 0.062 5%. According to the visual interpretation of SPOT images of Wuqi County with RS and GIS remote sensing technologies, and the data of field survey by 1% uniform sampling ratio in 2009, land use types were classified and the survey precisions of soil erosion factors by different sampling ratios were compared. The results showed that: the similarity of distribution of land use types was greater than 95% between the data of the whole county and those of 4% and 1% sampling ratios, but the maximum loss rates of 0.25% and 0.062 5% sampling ratios were -19.49% and -10.03%, respectively; the similarity of distribution of slope reached 99% under the sampling ratios of 4% and 1% in the whole county, however, the maximum loss rate of 0.25% and 0.062 5% sampling ratios was -4.42%; the similarity of the slope length factor distribution was more than 95% with four sampling ratios. It was concluded that 1% sampling ratio in the survey of soil erosion factors was reliable, which could meet the survey precision with minimum workload.

Key words: soil erosion; sampling ratio; precision

1997 年以来,利用 RS 和 GIS 技术对土壤侵蚀进行监测预报逐步成为热点^[1-5]。我国基于遥感影

像数据已开展 3 次调查,但该方法仅根据土地利用(耕地和非耕地)、植被覆盖度和坡度等因子进行评

收稿日期:2013-02-12 修回日期:2013-03-20

基金项目:“十二·五”国家科技支撑计划项目(2011BAD38B 0601)。

作者简介:赵维军,男,在读博士,研究方向:生态恢复。E-mail: zwj_0920@126.com

* 通信作者:朱清科,男,教授,博士生导师,研究方向:生态恢复与复合农林系统。E-mail: zhuqingke@sohu.com

价,并不能完整地反映侵蚀影响因子^[6],其调查结果是基于解译人员的认知对调查斑块进行的土壤侵蚀定性、分类、分级,误差较大,精度难以保证^[7]。而在实际工作中,抽样调查既可保证一定精度,又可减少工作量,是较为合理的方法^[8]。但在土壤侵蚀普查工作中,不同的抽样方法对普查精度具有较大影响^[9-10]。2011 年,我国“第一次全国水利普查”方案充分应用了地面系统抽样、遥感解译、模型计算等技术方法和手段^[11],对于不同侵蚀类型区采用不同均匀抽样比例,全国除水蚀风蚀交错区以 1%、水冻侵蚀交错区以 0.25%、风冻侵蚀交错区和特殊重点治理区以 0.062 5%抽样以外,其他均按 4%抽样比例抽取小流域单元^[11]。选取合理抽样调查比例需要研究精度损失。杨存建^[12]等将各尺度下各土地利用类型的面积与其基准面积进行比较,从而得到不同尺度下各地类的损失面积。现有的精度损失分析方法多是运用在不同空间尺度转换时土地利用数据的精度损失分析^[12-13],本研究运用此方法分析在不同抽样比例下土地利用、坡度、坡长因子等土壤侵蚀因子的精度损失,从而得出更为合理的陕北黄土区土壤侵蚀因子调查抽样比例。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

吴起县位于陕西省延安市西北部(108°12'48"—108°13'7"E, 36°53'58"—36°54'25"N),总面积 3 791.5 km²,海拔 1 233 m~1 809 m,属于黄土丘陵沟壑区,是我国土壤侵蚀最严重的区域之一。全县 1957—2009 年平均降水量 466 mm,属暖温带大陆性干旱季风气候。由于长期的人为经济活动,原生植被几乎全部被破坏,1998 年退耕还林政策实施以来,境内的林草覆盖面积明显增长,形成以落叶阔叶及灌木草丛为主的次生植被类型。

1.2 数据来源与处理

基于 ArcGIS9.3 软件平台,利用吴起县 1:10 000 矢量化地形图生成 5 m×5 m 分辨率的 DEM,并分别以 5、10、20、40 km 为边长,将吴起县划分正方形网格,在每个正方形中心或附近勾绘一个小流域或小流域的一部分作为一个抽样单元,即按 4%、1%、0.25%、0.062 5%比例抽取面积 1 km²左右的小流域单元,分别抽取 153 个、39 个、12 个、4 个抽样单元(图 1)。

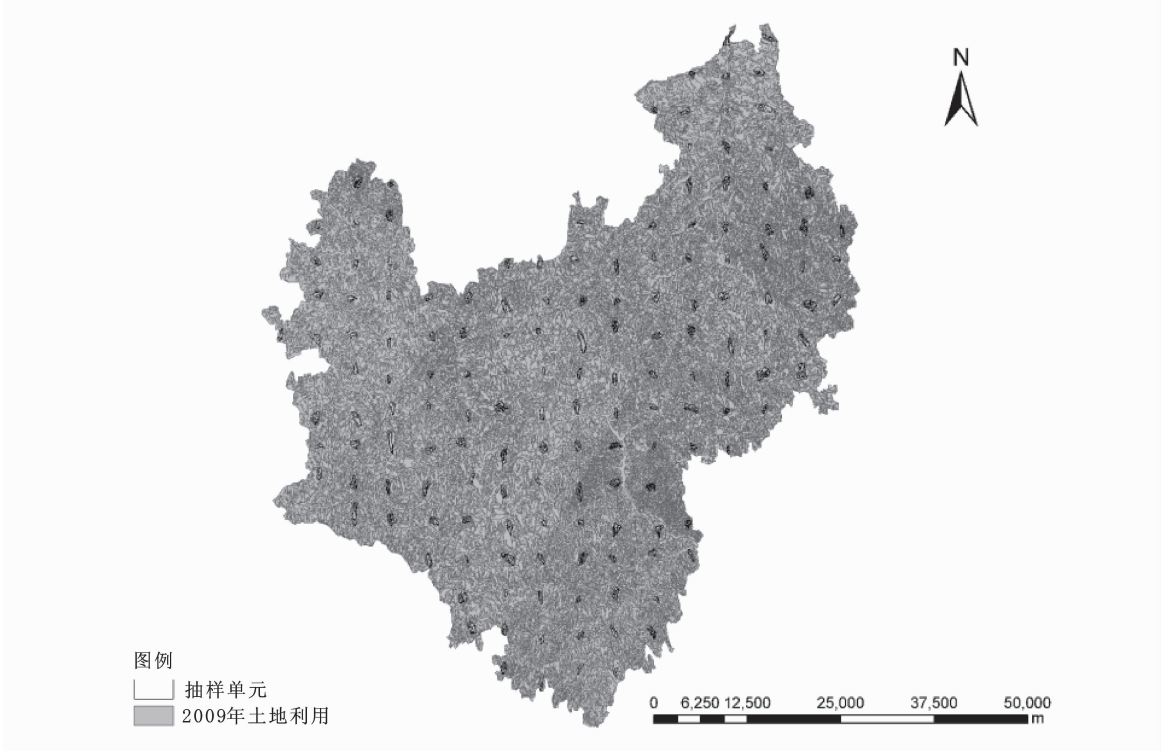


图 1 4%抽样比例抽取小流域单元分布

Fig. 1 Distribution of watersheds by 4% sampling ratios

采用 5 m×5 m 分辨率的 DEM 分析吴起县坡度分布,并将全县按照 0~5°、5~8°、8~15°、15~25°、25~35°以及>35°划分为 6 个坡度级^[14]。

由 1:10 000 地形图计算的坡长明显长于实际

坡长,这是由于黄土沟壑区浅沟密度较大,能够截断坡面水流为集中水流。而这些浅沟在万分之一地形图上无法表现出来。结合实地调查,实际坡长不超过 80 m^[7],当坡长因子>2.0 时,被视作>2。因此,

坡长因子值被分为 0.0~0.5、0.5~1.0、1.0~1.5、1.5~2.0、>2.0 5 个等级。

利用陕北吴起县 2009 年 SPOT 多光谱波段遥感影像目视解译处理,进行土地利用分类^[15],然后将按照 4% 抽样比例抽出的 153 个小流域单元矢量图层与遥感解译的土地利用类型图层、坡度分级图层、坡长因子图层分别叠加,获得 4% 抽样比例下每个抽样单元中地块的土地利用类型、坡度级、坡长因子值,再分别进行统计。

运用相同的方法可以获取 1%、0.25% 以及 0.062 5% 比例抽取的 39 个、12 个、4 个抽样单元的坡度级以及坡长因子值,而这 3 种抽样比例下小流域单元的土地利用类型采用 2009 年实地调查数据。

1.3 精度评价

以全县不同土地利用类型所占百分比、坡度分级以及坡长因子数据为基准值,将 4%、1%、0.25%、0.062 5% 4 种抽样比例获取的数据与该基准数据进行比较,从而得到不同抽样比例下,土壤侵蚀因子的精度损失情况。其计算公式为 $S_i' = S_i - R_i$,其中 $i=1$ 表示土地利用、 $i=2$ 表示坡度、 $i=3$ 表示坡长因子, S_i' 表示土地利用、坡度、坡长因子所占比例的损失值, S_i 表示全县不同土地利用类型、坡度段以及坡长因子所占百分比, R_i 表示 4%、1%、0.25%、0.062 5% 抽样比例下不同土地利用类型、坡度段以及坡长因子所占百分比。

利用 EXCEL2010、Origin8.0 等软件进行统计分析 与图件的绘制。

2 结果与分析

2.1 不同抽样比例下土地利用类型分布精度比较

城镇用地、工交建设用地、河渠、农村居民点用地、其他林地以及水库等土地利用类型在 4 种抽样比例的结果基本相同,与全县土地利用类型比例分布基本一致,损失精度均在 1% 以下;低覆盖度草地、高覆盖度草地、灌木林地、疏林地以及中度覆盖度草地等土地利用类型在 1%、4% 抽样比例下的分布情况与全县的分布情况极其相似,精度损失在 5% 以内,然而在 0.25%、0.062 5% 抽样比例下则损失值较大,精度损失最大值分别达到 -19.49%、-10.03%。因此,1% 与 4% 抽样比例下获得的所有土地利用类型所占百分比与全县各类土地利用类型所占百分比的差值均 < 5%,损失值较小,而 0.25%、0.062 5% 抽样比例下精度损失过大(图 2),因此,就土地利用而言,吴起县 1% 与 4% 的抽样比例与全县土地利用类型分布基本一致。

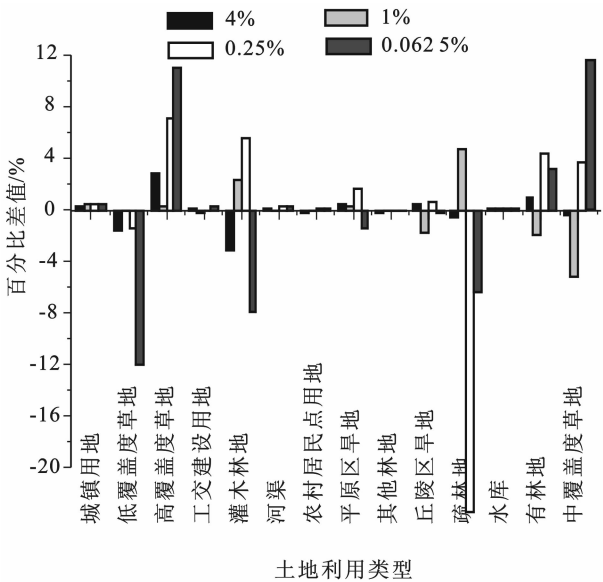


图 2 4 种抽样比例下土地利用精度损失

Fig. 2 Loss rates of land use with different sampling ratios

2.2 不同抽样比例下各级坡度比例变化

用 1~6 数字分别代表 0~5°、5~8°、8~15°、15~25°、25~35° 及 >35° 6 个坡度级,4%、1%、0.25% 以及 0.062 5% 4 种抽样比例下的各坡度级所占百分比与全县各坡度级所占百分比精度损失均小于 5%,但 1% 与 4% 抽样比例的坡度分布精度损失值均 < 1.0%,而 0.25% 和 0.062 5% 抽样比例下在 15~25°、25~35° 及 >35° 的坡度级上与全县坡度分布相比,其精度损失值最大为 -4.42% (图 3)。因此,吴起县土壤流失量估算中以 1% 抽样比例的坡度数据代替 4% 抽样比例的坡度数据是合理的。

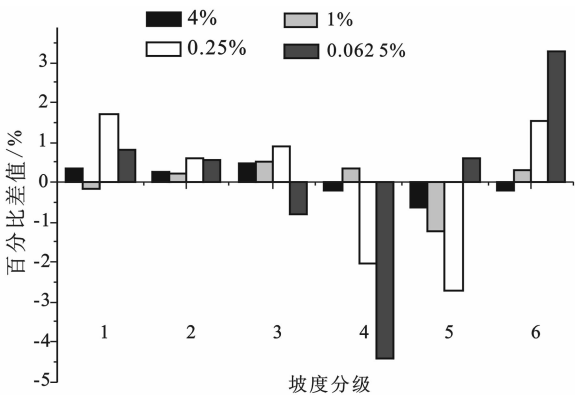


图 3 4 种抽样比例下各坡度段精度损失

Fig. 3 Loss rates of slope with different sampling ratios

2.3 不同抽样比例下坡长因子分布情况

分别以 0、1、2、3、4 代表坡长因子值 0.0~0.5、0.5~1.0、1.0~1.5、1.5~2.0、>2.0 5 个分级。4%、1%、0.25% 以及 0.062 5% 4 种抽样比例下的坡长因子各级所占百分比与全县坡长因子各级所占百分比的精度损失均 < 5% (图 4),其中,4 种抽样比

例在 1.0~1.5 坡长因子等级上,与全县坡长因子分布相似度达到 96% 以上,而在 >2.0 的坡长因子等级上 4 种抽样比例下的分布与全县坡长因子分布相似度达到 99%。因此,4 种抽样比例下的坡长因子值均与全县的相似度较高,在吴起县土壤侵蚀实地调查中为保证调查精度、减少工作量,采用 1% 的均匀抽样比例比 4% 的抽样比例更为合理。

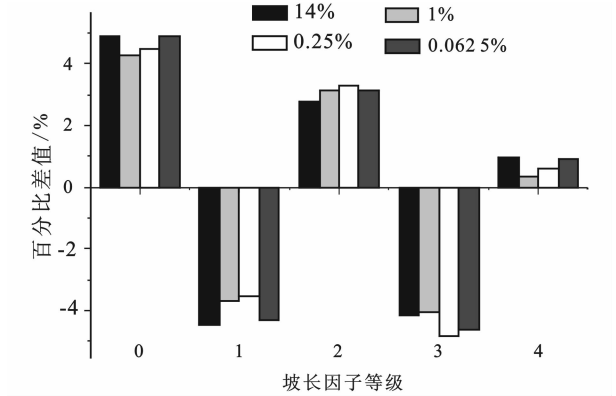


图 4 4 种抽样比例下坡长因子精度损失

Fig. 4 Loss rates of slope length with different sampling ratios

3 结论与讨论

陕北吴起县土壤侵蚀因子研究表明,1% 与 4% 抽样比例与全县土地利用类型分布的相似度均达到 95% 以上,而 0.25% 和 0.0625% 抽样比例下精度损失率大,分别达到 -19.49%、-10.03%;在坡度与坡长因子值分级情况中,1%、4% 抽样比例与全县坡度分布相似度达 99.0% 以上,0.25% 和 0.0625% 抽样比例下坡度调查精度损失率最高达到 -4.42%,而坡长因子在 4 种抽样比例下的精度损失基本一致,均在 5% 以内;为使综合效益最大化,在保证土壤侵蚀因子调查精度的前提下,应适当降低抽样比例。经研究,认为在陕北吴起县的土壤侵蚀普查中,采用 1% 的抽样比例调查土壤侵蚀因子更为合理。

参考文献:

[1] 李智广,杨胜天,高云飞,等. 土壤侵蚀遥感监测方法及其思考[J]. 中国水土保持科学,2008,6(3):7-12.
LI Z G,YANG S T,GAO Y F,et al. Remote sensing monitoring for soil erosion and its thinking[J]. Science of Soil and Water Conservation,2008,6(3):7-12. (in Chinese)

[2] 范建容,刘飞,郭芬芬,等. 基于遥感技术的三峡库区土壤侵蚀量评估及影响因素分析[J]. 山地学报,2011,29(3):306-311.

[3] 柳艺博,常庆瑞. RS 与 GIS 在东北黑土区土壤侵蚀研究中的应用[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):166-170.
LIU Y B,CHANG Q R. Application of RS and GIS on soil erosion research in black soil region of Northeast China[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(5):166-170.

(in Chinese)

[4] 贾俊姝,计文琦,周心澄,等. 基于 GIS 和 RS 技术的辽宁省土壤侵蚀强度空间分析[J]. 西北林学院学报,2009,24(4):46-49,61.
JIA J M,JI W Q,ZHOU X C,et al. Spatial analysis on soil erosion in Liaoning Province based on GIS and RS[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(4):46-49,61. (in Chinese)

[5] 刘艳锋,陈学华,贺秀斌,等. 岷江上游土壤侵蚀与土地利用的耦合关系研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):161-165,185.
LIU Y F,CHEN X H,HE X B,et al. Studies on the coupling relationship between soil erosion and land use in the upper reaches of Minjiang River[J]. Journal of Northwest Forestry University,2009,24(5):161-165,185. (in Chinese)

[6] 杨勤科,李锐,刘咏梅. 区域土壤侵蚀普查方法的初步讨论[J]. 中国水土保持科学,2008,6(3):1-7.
YANG Q K,LI R,LIU Y M. Discussions on methods of national regional soil erosion survey[J]. Science of Soil and Water Conservation,2008,6(3):1-7. (in Chinese)

[7] 张岩,刘宪春,李智广,等. 利用侵蚀模型普查黄土高原土壤侵蚀状况[J]. 农业工程学报,2012,28(10):165-171.
ZHANG Y,LIU X C,LI Z G,et al. Surveying soil erosion condition in Loess Plateau using soil erosion model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE),2012,28(10):165-171. (in Chinese)

[8] 任洪玉. 基于 GIS 的中国水蚀区土壤侵蚀后果危险度研究方法[J]. 水土保持通报,2007,27(4):136-140.

[9] 王玲燕,钟永辉. 基于不同抽样方法的安义县土地资源遥感监测精度评价研究[J]. 测绘通报,2010(9):32-34,41.
WANG L Y,ZHONG Y H. The impact of sampling method on accuracy assessment result of land resources remote sensing monitoring[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2010(9):32-34,41. (in Chinese)

[10] STEHMAN S S,CZAPLEWSKI R L. Design and analysis for thematic map accuracy assessment: fundamental principles[J]. Thematic Map Accuracy Assessment,1998,64:331-344.

[11] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室. 第一次全国水利普查培训教材之六—水土保持情况普查[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011.

[12] 杨存建,刘纪远,张增祥,等. 土地利用数据尺度转换的精度损失分析[J]. 山地学报,2001,19(3):258-264.

[13] 黄秋华,张新长,张文江. 土地利用数据在不同空间尺度下的精度损失分析[J]. 测绘通报,2007(2):44-47,60.
HUANG Q H,ZHANG X C,ZHANG W J. Study on the loss of precision using land-use data of different spatial scale[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2007(2):44-47,60. (in Chinese)

[14] 中华人民共和国水利部. SL190-2007 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:2008.

[15] 马晶,毕强,鹿鹏. 基于遥感技术的大安市土地利用现状分析[J]. 测绘通报,2009(11):60-63.
MA J,BI Q,LU P. Analysis of land use based on remote sensing in Da'an[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2009(11):60-63. (in Chinese)

金安桥水电站弃渣场不同部位土壤质量定量对比

姚红胜,陈奇伯*,黎建强,贺莉莎,姜文达

(西南林业大学 环境科学与工程学院,云南 昆明 650224)

摘要:选取金安桥水电站2[#]、3[#]弃渣场不同部位土壤为研究对象,以其周边灌草地土壤作为参照,在土壤理化性质分析基础上,选定土壤质量评价指标,运用相关系数法确定评价指标的权重,对土壤质量进行定量评价与分析,以期为弃渣场的植被恢复提供理论依据。土壤理化性质分析结果表明,弃渣场土壤有机质、全氮、水解氮含量与周边灌草地土壤相比都相对较低;全磷、有效磷、全钾含量,弃渣场与灌草地无显著性差异;速效钾含量,2[#]弃渣场与灌草地差异显著,3[#]弃渣场与灌草地差异不显著;2弃渣场的土壤均为弱碱性土。土壤质量综合评价结果表明,2[#]弃渣场的边坡中部>平台>边坡上部>边坡下部,3[#]弃渣场的平台>边坡上部>边坡中部>边坡下部;弃渣场平台的土壤质量相对较好,边坡下部最差;弃渣场各个部位土壤质量均低于附近灌草地土壤质量,除2[#]弃渣场边坡上部和3[#]弃渣场边坡下部表层土壤质量较下层差外,弃渣场不同部位上层土壤质量均优于下层土壤。

关键词:金安桥水电站;弃渣场;灌草地;土壤质量

中图分类号:S151.9

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2013)03-0172-05

Quantitative Comparison on the Soil Quality of Different Parts of Abandoned Dreg Field in Jin'anqiao Hydropower Station

YAO Hong-sheng, CHEN Qi-bo*, LI Jian-qiang, HE Li-sha, JIANG Wen-da

(College of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China)

Abstract: In order to provide theoretical basis for vegetation restoration of abandoned dreg field, soils from different parts of No. 2 and No. 3 abandoned dreg fields in Jin'anqiao Hydropower Station were selected as the research objects, soils from the surrounding shrub-herb lands were used as the control. Based on the analysis of soil physical and chemical properties, indices for the soil assessment were determined and weighted by the correlation coefficient method to be used to evaluate analyze the soil quality. The results of analyses of the soil physical and chemical properties showed that the contents of soil organic matter, total nitrogen, and hydrolyzed nitrogen in abandoned dreg fields were relatively low compared with the soils from surrounding shrub-herb lands. However, differences in the contents of total phosphorus, available phosphorus, total potassium between those from shrub-herb land and abandoned dreg fields were not significant. Differences in the contents of available potassium between the soils from No. 2 field and shrub-herb land was significant, but not significant between No. 3 field and shrub-herb land. Soils from abandoned dreg fields were weak alkaline earth. The results of soil quality comprehensive evaluation showed that in No. 2 field, soil from the middle part of the slope was the best, worst from slope bottom. In No. 3 field, soil from the platform was the best, slope bottom was the worst. Soil quality of platform in two abandoned dreg fields was relatively good, surface layer was better than sub layer. In addition, soil quality of all parts

收稿日期:2012-10-13 修回日期:2012-11-06

基金项目:国家自然科学基金(31060093);西南林业大学生态学重点学科建设项目(XKX200902)。

作者简介:姚红胜,男,在读硕士,研究方向:土壤侵蚀。E-mail:409332081@qq.com

*通信作者:陈奇伯,男,教授,博士,研究方向:水土保持及生态修复。E-mail:chengqb@swfu.edu.cn

of abandoned dreg fields was lower than the soil quality of shrub-herb land. The quality of upper soil was better than lower soil in different parts of abandoned dreg fields except for those from upper slope in No. 2 field and slope bottom from No. 3 field.

Key words:Jin'anqiao Hydropower Station; abandoned dreg field; shrub-grass land; soil quality

水电资源开发对经济和社会的发展产生了巨大的影响,但同时随之出现的环境污染、遗留废渣堆积等问题也严重影响了当地生态环境、经济和社会的健康发展。水电站工程建设过程中形成大量的岩土渣场,这些弃渣场主要由废弃块石、碎石和覆盖层风化物堆积而成,具有土壤极少、水分及养分渗漏快等特点,由于不具备植物生长所需的基本条件,不仅造成水土流失,同时影响沿河群众生产、生活安全和河流水系安全^[1]。因此,根据金安桥水电站弃渣场的具体条件了解其土壤状况,对于采取何种有效措施恢复植被,促进土壤结构与肥力的恢复,减少水土流失,改善区域小气候和生态环境具有重要意义^[2]。选取金安桥水电站 2[#]、3[#] 弃渣场不同部位土壤为研究对象,以周边灌草地土壤作为参照,进行土壤质量定量对比研究,以期为弃渣场的植被恢复提供理论依据。

1 研究区概况

金安桥水电站位于云南省丽江市境内,工程区周边属亚热带季风气候区,光照充足、热量充沛,干湿季分明,河谷区“焚风效应”明显。多年平均降水量 938 mm,最大日降水量 127.6 mm,多年平均蒸发量 2 200 mm,多年平均气温 13℃ 左右,全年无霜。岩石主要有碳酸盐岩、碎屑沉积岩、板岩、大理岩和变质火山岩。周边土壤类型主要有红壤、棕壤和紫色土。自然地带性植被为暖温性针叶林和稀树灌木草丛,以紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、山黄麻(*Trema tomentosa*)、接骨木(*Sambucus williamsii*)、矮黄栌(*Cotinus nana*)、滇榄仁(*Terminalia franchetii*)、滇虎榛(*Ostryopsis nobilis*)等为主。

2[#] 渣场位于坝址下游 3.5 km 的右岸岸坡台地上,有效容积为 310×10⁴ m³,主要堆置导流洞洞身开挖、导流洞出口明渠等工程的土石方开挖弃渣及下游土石围堰拆除弃渣,边坡坡度约 34°。3[#] 渣场位于坝址下游约 4.9 km 的左岸岸坡台地上,有效容积 410×10⁴ m³,主要堆置砂石料场剥离土石方、砂石加工系统开挖及进场交通洞身开挖的弃渣,边坡坡度约 40°。2 渣场内的植被分布极为稀疏。

2 研究方法

2.1 土样采集及测定

由于弃渣场的特殊环境,加上雨水淋溶及地表径流的作用,其土壤不同部位上下层可能存在一定的差异,因此在弃渣场边坡上部、中部、下部、坡下平台以及附近灌草地的土壤剖面对 0~10、10~20 cm 土层进行采样,各点重复 3 次取样,并进行土壤理化性质的测定。

土壤理化性质采用常规方法进行测定,pH 值用电位电极法,有机质用重铬酸钾氧化外加热法,全氮用硫酸-高氯酸消化-碱解扩散法,水解氮用碱解扩散法,全磷用酸溶钼锑抗比色法,速效磷用碳酸氢钠浸提分光光度法,全钾用碱溶火焰光度法、速效钾用乙酸铵浸提火焰光度计法测定^[3]。

2.2 土壤质量评价方法

在土壤理化性质分析基础上,参照前人研究结果^[4-8],结合金安桥水电站弃渣场的实际情况选取有机质、全氮、水解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾、pH 值作为基本评价指标。其次运用相关系数法确定评价指标的权重,具体的计算方法为:首先计算单项指标之间的相关系数,然后求某项指标与其他指标间相关系数的平均值,并以该平均值占有评价指标相关系数平均值绝对值的总和的比作为该项评价指标的权重^[9-10]。再确定评价指标所属的隶属度函数并计算相应的隶属度值,以此来表示各评价指标的状态值^[6],根据研究区的实际情况,氮、磷、钾、有机质都属于戒上型隶属度函数,表达式为:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \leq x_1 \\ 0.9(x-x_1)/(x_2-x_1)+0.1 & x_1 \leq x \leq x_2 \\ 1.0 & x \geq x_2 \end{cases} \quad (1)$$

式中最小值 x_1 和最大值 x_2 为函数的转折点。pH 值隶属度的确定不能简单地用戒上型或戒下型隶属度函数来确定,因为土壤的 pH 值在 6.5~7.5 之间最适宜作物生长,过高或过低都会抑制农作物的生长,所以,采用经验法计算 pH 值的隶属度^[11]。

最后根据评价指标的权重和隶属度计算各采样部位土壤质量指标分值,表达式为:

$$IQI = \sum W_i \times N_i \quad (2)$$

式中 W_i 指标权重值, N_i 指标隶属度。

3 结果与分析

3.1 土壤理化性质定量分析

各评价因子的测定数据(表 1)看出,坡下平台土壤有机质含量相对于其他部位较高,上下层土壤有机质的含量存在一定差异,上层比下层最多高1.41倍;与附近灌草地土壤相比,弃渣场各部位土壤有机质都较低,2[#]弃渣场上层为 5.00%~16.51%,下层为 3.80%~15.23%,3[#]弃渣场上层为 18.73%~29.87%,下层为 9.24%~13.53%。弃渣场土壤有机质含量低对植被恢复具有很大限制作用。

与附近灌草地土壤相比,弃渣场各部位土壤全氮、水解氮的含量都极低,2[#]弃渣场上层分别为 7.95%~13.64%、7.83%~14.28%,下层分别为

12.50%~20.83%、5.87%~20.94%,3[#]弃渣场上层分别为 27.03%~55.41%、25.31%~40.74%,下层分别为 5.26%~15.79%、8.40%~16.60%。弃渣场土壤不能满足植被正常生长的氮素需求。

土壤磷、钾也是评定土壤肥力的重要指标,对植物生长具有极其重要的作用。全磷、有效磷、全钾含量方面,弃渣场各部位土壤与周边灌草地土壤差异不显著;速效钾含量方面,3[#]弃渣场各部位土壤与其周边灌草地差异不显著,2[#]弃渣场各部位土壤与灌草地土壤差异显著,上层为灌草地土壤的12.76%~26.58%,下层为 21.09%~30.45%。说明,弃渣场土壤速效钾含量会影响其植被正常生长。

2[#]、3[#]弃渣场的土壤 pH 值平均分别为 8.23 和 8.26,2 渣场的土壤都属于弱碱性土。

表 1 各评价指标的测定数据

Table 1 Measured data of evaluation indices

采样部位/cm		有机质 /(g·kg ⁻¹)	全氮 /(g·kg ⁻¹)	水解氮 /(mg·kg ⁻¹)	全磷 /(g·kg ⁻¹)	有效磷 /(mg·kg ⁻¹)	全钾 /(g·kg ⁻¹)	速效钾 /(mg·kg ⁻¹)	pH
2 [#] 渣场	坡下平台 0~10	9.21	0.12	4.85	1.93	9.46	15.68	68.15	7.83
	坡下平台 10~20	5.93	0.07	5.39	1.91	9.67	15.57	61.15	8.42
	边坡上部 0~10	2.79	0.07	2.66	1.46	4.07	18.77	32.72	8.13
	边坡上部 10~20	3.23	0.06	7.49	1.46	5.43	19.16	51.36	8.11
	边坡中部 0~10	6.83	0.09	3.13	1.78	6.79	19.78	32.72	7.93
	边坡中部 10~20	5.55	0.10	4.06	1.80	7.05	20.40	56.02	8.03
	边坡下部 0~10	3.57	0.11	2.71	1.74	7.33	19.37	58.82	8.73
	边坡下部 10~20	1.48	0.06	2.10	1.70	4.68	19.01	42.35	8.71
	附近灌草地 0~10	55.79	0.88	33.97	1.41	10.12	22.65	256.44	7.95
	附近灌草地 10~20	38.92	0.48	35.77	1.62	4.27	20.68	200.82	8.16
3 [#] 渣场	坡下平台 0~10	10.73	0.41	13.63	1.86	46.81	20.89	226.14	7.99
	坡下平台 10~20	13.47	0.15	8.96	1.90	31.49	17.21	227.23	8.36
	边坡上部 0~10	12.22	0.21	10.87	2.09	35.52	17.80	256.44	8.16
	边坡上部 10~20	9.58	0.19	8.89	2.04	34.11	21.26	174.87	8.30
	边坡中部 0~10	7.80	0.20	8.47	2.46	15.86	20.24	132.77	8.36
	边坡中部 10~20	9.20	0.08	6.30	2.12	20.50	15.56	120.80	8.40
	边坡下部 0~10	12.44	0.20	9.99	1.49	10.02	19.93	124.07	8.21
	边坡下部 10~20	10.35	0.24	12.46	1.98	8.91	21.38	138.99	8.40
	附近灌草地 0~10	41.65	0.74	33.46	1.32	19.44	23.19	288.12	7.26
	附近灌草地 10~20	99.55	1.52	75.04	1.04	7.05	12.71	126.41	7.69

3.2 不同部位土壤质量对比评价

利用相关系数法求得的各评价指标之间的相关系数平均值和各评价指标的权重见表 2。氮、磷、钾各指标隶属度曲线转折点取值见表 3,然后利用公式(1)求得相应的隶属度。pH 值的隶属度值见表 4。再利用公式(2)求得 2 弃渣场及周边灌草地土壤不同部位及层次的土壤质量分值(表 5)。

土壤质量分值的高低即代表土壤质量的高低。在土壤质量方面,2[#]弃渣场土壤上层:坡下平台>边坡中部>边坡上部>边坡下部,下层:边坡中部>边坡上部>坡下平台>边坡下部,综合上下层:边坡中部>坡下平台>边坡上部>边坡下部。3[#]弃渣场土壤上层:坡下平台>边坡上部>边坡中部>边

表 2 各评价指标的相关系数平均值和权重系数

Table 2 Average correlation coefficients and weight values of soil evaluation indices

评价指标	相关系数平均值	权重系数
有机质	0.553 0	0.174 7
全氮	0.534 7	0.168 9
水解氮	0.544 3	0.172 0
全磷	0.403 9	0.127 6
有效磷	0.202 8	0.064 1
全钾	0.147 4	0.046 6
速效钾	0.385 7	0.121 9
pH	0.394 2	0.124 2

坡下部,下层:边坡上部>坡下平台>边坡下部>边坡中部,综合上下层:坡下平台>边坡上部>边坡中

部>边坡下部。由于弃渣场的特殊环境,其土壤受边坡坡度、坡长、地理位置、降雨量、地表径流及人为因素等的综合作用,养分分布被影响,而导致弃渣场各部位上下层土壤环境及土壤质量存在一定差异。

表 3 隶属度曲线转折点取值

Table 3 Turning point values of membership curve

评价指标	有机质	全氮	水解氮	全磷	有效磷	全钾	速效钾
	/(g · kg ⁻¹)	/(g · kg ⁻¹)	/(mg · kg ⁻¹)	/(g · kg ⁻¹)	/(mg · kg ⁻¹)	/(g · kg ⁻¹)	/(mg · kg ⁻¹)
<i>x</i> ₁	1.48	0.06	2.10	1.04	4.07	12.71	32.72
<i>x</i> ₂	99.55	1.52	75.04	2.46	46.81	23.19	288.12

表 4 pH 值的隶属度值

Table 4 Memberships values of pH value

pH	<6.50	6.50~7.00	7.01~7.50	7.51~8.00	8.01~8.25	8.26~8.50	>8.50
隶属度	0.5	1.0	0.9	0.7	0.5	0.2	0.1

表 5 各采样部位土壤质量分值

Table 5 Soil quality scores of sampling sites

2# 弃渣场 各采样部位/ cm	土壤质 量分值	3# 弃渣场 各采样部位/cm	土壤质 量分值
坡下平台 0~10	0.305 4	坡下平台 0~10	0.490 1
坡下平台 10~20	0.229 2	坡下平台 10~20	0.363 7
边坡上部 0~10	0.212 2	边坡上部 0~10	0.445 0
边坡上部 10~20	0.233 5	边坡上部 10~20	0.370 1
边坡中部 0~10	0.280 2	边坡中部 0~10	0.354 5
边坡中部 10~20	0.270 8	边坡中部 10~20	0.294 6
边坡下部 0~10	0.208 7	边坡下部 0~10	0.311 1
边坡下部 10~20	0.183 5	边坡下部 10~20	0.330 3
附近灌草地 0~10	0.588 6	附近灌草地 0~10	0.596 2
附近灌草地 10~20	0.476 2	附近灌草地 10~20	0.682 8

弃渣场坡下平台的土壤质量相对较好,边坡下部最差,这与刘世梁^[19]等研究的结果类似,从地形方面来看,坡下平台的位置不同于上中下坡位,其他坡位的养分经过淋溶等,集中到坡下平台,导致土壤养分如全氮、水解氮、有效磷、速效钾在坡下平台处的含量高,所以其土壤质量分值也相对高于其他部位。

除 2# 弃渣场边坡上部和 3# 弃渣场边坡下部上层土壤质量较下层差外,弃渣场其他部位上层土壤质量均优于下层土壤。这是由于除 2# 弃渣场边坡上部、3# 弃渣场边坡下部外,弃渣场其他部位均为多数指标值上层比下层高。

弃渣场各个部位上下层土壤的土壤质量均低于附近灌草地的土壤质量。有机质、全氮、水解氮的权重系数位列前 3 位,总权重系数为 0.515 6(表 2),然而弃渣场土壤这 3 个指标的含量又极低,其为导致 2 弃渣场各部位上下层土壤质量低的主要原因。另外,2# 弃渣场土壤速效钾含量低也是导致其土壤质量低的主要原因。

4 结论与讨论

土壤理化性质直接影响土壤质量,它的好坏直接影响着土壤的水、肥、气、热等状况,进而影响植物

的生长发育^[12]。土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标,它能增加土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,可促进团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增加土壤的缓冲性^[13]。全氮量通常用于衡量土壤的基础肥力,与有机质存在显著线性相关关系^[14],而可供植物直接吸收的土壤水解氮的含量则体现了土壤中的氮素供应水平^[15-16]。土壤溶液的 pH 是影响土壤养分的重要因素之一,它直接影响土壤中养分存在的状态、转化和有效性^[17]。碱性土壤易结皮,水力特性较差,通透性不良,较易发生水土流失现象^[18],而加剧植被恢复的难度。

弃渣场土壤有机质、全氮、水解氮含量与周边灌草地土壤相比都相对较低;全磷、有效磷、全钾含量,弃渣场与灌草地无显著性差异;速效钾含量,2# 弃渣场与灌草地差异显著,3# 弃渣场与灌草地差异不显著;pH 值,2#、3# 弃渣场土壤分别为 8.23 和 8.26,均为弱碱性土。

弃渣场平台的土壤质量相对较好,边坡下部最差,2 弃渣场各部位上下层土壤的质量均低于附近灌草地的土壤质量,2 弃渣场多数部位上层土壤质量比下层土壤质量好。土壤有机质、全氮、水解氮含量低为 2 弃渣场各部位上下层土壤质量差的主要原因,速效钾含量低也是 2# 弃渣场各部位上下层土壤质量相对较差的主要原因。

弃渣场土壤质量分值高低也说明了其植被恢复的难易程度,分值越高越易于植被恢复,分值越低植被恢复越困难。要加速弃渣场植被与生态环境恢复必须综合考虑边坡坡度、坡长、地理位置、降雨量、地表径流等因素的相互作用,针对导致弃渣场土壤质量差的主要原因、植被恢复的难易程度,结合当地实际情况采取相应有效的措施进行基质改良,尽量减少人为活动的干扰,逐步改善土壤理化性质,提高土壤质量,恢复植被,实现生态系统良性循环,从而

获得更高的环境效益、社会效益和经济效益。

参考文献：

- [1] 李林欣,曾谋. 某水电站弃渣边坡植被恢复工程实例[J]. 四川建筑,2007,(Supp. 1):92-93.
- [2] 彭少麟. 恢复生态学与植被重建[J]. 生态科学,1996,15(2):26-31.
PENG S L. Restoration ecology and vegetation reconstruction [J]. Ecological Science,1996,15(2):26-31. (in Chinese)
- [3] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [4] 冷疏影,李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展[J]. 地理学报,1999,54(2):177-185.
LENG S Y,LI X B. New progresses of international study on land quality indicators[J]. Acta Geographica Sinica,1999,54(2):177-185. (in Chinese)
- [5] 陈龙乾,邓略中,徐黎华,等. 矿区复垦土壤质量评价方法[J]. 中国矿业大学学报,1999,28(5):449-452.
CHEN L Q,DENG K Z,XU L H,*et al.* Method of quantitative evaluation of quality of reclaimed soil [J]. Joural of China University of Mining & Technology,1999,28(5):449-452. (in Chinese)
- [6] 王伟,杨晓东,曾辉,等. 土地整理综合效益评价指标与方法[J]. 农业工程学报,2005,21(10):70-73.
WANG W,YANG X D,ZENG H,*et al.* Method for comprehensive benefit evaluation of land consolidation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2005,21(10):70-73. (in Chinese)
- [7] 张心昱,陈立顶. 土壤质量评价指标体系与评价方法研究进展与展望[J]. 水土保持研究,2006,13(3):30-33.
ZHANG X Y,CHEN L D. The progress and prospect of soil quality indicators and evaluation methods[J]. Research of Soil and Water Conservation,2006,13(3):30-33. (in Chinese)
- [8] 齐伟,张凤荣,牛振国,等. 土壤质量时空变化一体化评价方法及其应用[J]. 土壤通报,2003,34(1):1-5.
QI W,ZHANG F R,NIU Z G,*et al.* An assessment method of soil quality: spatial-temporal changes and its application[J]. Chinese Journal of Soil Science,2003,34(1):1-5. (in Chinese)
- [9] 李新举,刘宁,张雯雯,等. 黄河三角洲土壤质量自动化评价及指标体系研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):145-148.
LI X J,LIU N,ZHANG W W,*et al.* Evaluation index systems of soil quality in the Yellow River Delta[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2007,15(1):145-148. (in Chinese)
- [10] 王军艳,张凤荣,王茹,等. 应用指数和法对潮土农田土壤肥力变化的评价研究[J]. 农村生态环境,2001,17(3):13-16,20.
WANG J Y,ZHANG F R,WANG R,*et al.* Application of integrated fertility index method in evaluating changes in soil fertility [J]. Rural Eco-Environment,2001,17(3):13-16,20. (in Chinese)
- [11] 张雯雯,李新举,陈丽丽,等. 泰安市平原土地整理项目区土壤质量评价[J]. 农业工程学报,2008,24(7):106-109.
ZHANG W W,LI X J,CHEN L L,*et al.* Soil quality evaluation of plain land consolidation projects in Taian [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2008,24(7):106-109. (in Chinese)
- [12] 方晰,田大伦,谢荣秀. 湘潭锰矿矿渣废弃地植被修复前的土壤诊断[J]. 生态学报,2006,26(5):1494-1501.
FANG X,TIAN D L,XIE R X. Soil physical and chemical properties of the wasteland in Xiangtan manganese mine[J]. Acta Ecologica Sinica,2006,26(5):1494-1501. (in Chinese)
- [13] 王月玲,蔡进军,张源润,等. 半干旱退化山区不同生态恢复与重建措施下土壤理化性质的特征分析[J]. 水土保持研究,2007,14(1):11-14.
WANG Y L,CAI J J,ZHANG Y R,*et al.* Soil physical and chemical properties during different ecological restoration or reconstruction in Semi-arid degraded mountain area[J]. Research of Soil and Water Conservation,2007,14(1):11-14. (in Chinese)
- [14] 阿守珍,卜耀军,温促明,等. 黄土丘陵区不同植被类型土壤养分效应研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(6):58-62
A S Z,BU Y J,WEN Z M,*et al.* Research on effect of different types of vegetation on nutrient changes in loess hilly region[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(6):58-62. (in Chinese)
- [15] 叶彦辉,宋西德,张永,等. 黄土丘陵区林草景观界面土壤养分分布特征和空间变异性研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(3):1-6.
YE Y H,SONG X D,ZHANG Y,*et al.* Distribution characteristics and spatial variability of soil nutrients at the forest-land-grassland interface in hilly region of Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University,2007,22(3):1-6. (in Chinese)
- [16] 张源润,蔡进军,董立国,等. 半干旱退化山区坡改梯地土壤养分变异特征研究—以宁夏彭阳县为例[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(3):121-124.
ZHANG Y R,CAI J J,DONG L G,*et al.* Research on variation characteristics of soil nutrient after slope land changed into the terrace in semi-arid degenerated mountainous area—taking Ningxia Pengyang Country as example [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2007,21(3):121-124. (in Chinese)
- [17] 周永斌,张飞,殷鸣放,等. 白石砭子自然保护区不同森林类型土壤化学性质与养分状况分析[J]. 中国农学通报,2010,26(11):118-122.
ZHOU Y B,ZHANG F,YIN M F,*et al.* Analysis of the different forest types on soil chemical property and nutrient status in National Nature Reserve of Baishilazi [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2010,26(11):118-122. (in Chinese)
- [18] GUARNIERI A,FABBRI A,MOLARI G. Influence of sodicity and salinity on the mechanical properties of two Italian soils [J]. Bio-systems Engineering,2005,91(2):239-243.
- [19] 刘世梁,傅伯杰,吕一河,等. 坡面土地利用方式与景观位置对土壤质量的影响[J]. 生态学报,2003,23(3):414-420.
LIU S L,FU B J,LU Y H,*et al.* Assessment of soil quality in relation to land use and landscape position on slope [J]. Acta Ecologica Sinica,2003,23(3):414-420. (in Chinese)

张掖黑河湿地国家级自然保护区气候调节功能价值评估

张 灏¹, 孔东升^{2*}

(1. 甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 河西学院, 甘肃 张掖 734000)

摘 要:地处内陆干旱区的张掖黑河湿地国家级自然保护区是西北典型的内陆河流湿地生态系统, 其调温增湿的气候调节功能是湿地重要的生态功能之一。根据保护区湿地周围 3 个气象观测点的数据, 分析了其调温效应, 并通过计算保护区湿地年水汽蒸发和植被蒸腾量, 得出每年气候调节功能的价值为 3.29 亿元; 表明保护区湿地在该区域的气候调节中发挥了至关重要的作用, 而直观的货币价值为正确评价湿地改善小气候的能力、湿地的保护和开发及可持续利用提供科学的依据。

关键词:生态; 价值评估; 黑河; 湿地; 自然保护区

中图分类号: S759.93

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2013)03-0177-05

Evaluation on the Value of Climatic Regulation Function in the Heihe Wetland National Nature Reserve in Zhangye

ZHANG Hao¹, KONG Dong-sheng^{2*}

(1. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: Located in the inland of arid region of northwestern China, the Heihe Wetland National Nature Reserve of Zhangye is a typical ecological system of inland river wetland. Its climatic regulation function is one of the important services of wetland ecosystem. The temperature regulation effect of the reserve was analyzed according to the observation data from meteorological stations around the reserve. It was concluded that the value of temperature regulation of the reserve was 329 million Yuan RMB from the calculation of moisture evaporation and vegetation transpiration within the reserve. The results showed that the reserve played a crucial role in climatic regulation in arid region. The monetary value provides a scientific basis for the correct evaluation of the ability of improving the microclimate as well as the conservation and reasonable development of the region.

Key words: ecology; value evaluation; Heihe; wetland; nature reserve

湿地作为陆地生态系统与水域生态系统相互作用形成的过渡地带, 是地球上具有多种功能的独特的生态系统, 是最富有生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一^[1-2], 也是地球上最具生产力的生态系统, 被誉为“地球之肾”^[3]。近年来, 生态系统服务功能的价值评估研究已成为生态学和经济学研究的热点^[4-5]。气候调节功能是湿地重要的生态服务功能之一, 湿地具有明显的“冷湿效应”, 宝

日娜^[6]等通过不同季节湖滨湿地小气候与周围气候的比较, 初步揭示了湖滨湿地的“冷湿效应”; 聂晓^[7]等通过沼泽湿地及其周围旱田的对比分析表明沼泽湿地近地层气温低、湿度大, “冷湿岛”效应显著; 管伟^[8]等研究了红树林湿地的小气候特征, 王育光^[9]等对林甸湿地降雨、气温等气候特征进行了初步分析; 韩慧丽^[10]等对深圳市梅林水库调节小气候的研究表明, 湿地生态系统有一定的降温、增湿和净

收稿日期: 2012-11-04 修回日期: 2012-12-16

基金项目: 甘肃省科技支撑计划项目(1104FKCG160)。

作者简介: 张灏, 女, 在读硕士, 研究方向: 水土保持与荒漠化。E-mail: zhanghao112717@163.com

* 通信作者: 孔东升, 男, 研究员, 博士, 研究方向: 湿地生态学。E-mail: kongdsh@sohu.com