

半干旱黄土丘陵区退耕地林草植被 恢复对土壤质量影响评价

王月玲¹, 王思成², 蔡进军¹, 马 璠¹, 董立国¹, 李生宝¹

(1. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏农业综合开发办公室, 宁夏 银川 750011)

摘要: [目的] 探讨退耕还林还草对土壤质量的综合影响, 为半干旱黄土丘陵区退耕地植被恢复与建设提供理论依据。[方法] 选择半干旱黄土丘陵区的宁夏回族自治区彭阳县白阳镇中庄村示范区不同退耕地林草植被恢复样地为研究对象, 采用 AHP 决策法对不同林草植被恢复下土壤理化因子进行综合评价。[结果] 土壤水分是影响土壤环境状况的最主要因子, 其权重值达到了 0.210, 其次为土壤的总孔隙度和土壤有机质含量, 其权重值分别达到 0.136, 0.108, 同时土壤的毛管持水量、土壤碱解氮含量和土壤脲酶含量也对土壤环境具有十分重要的作用, 其权重值分别达到 0.085, 0.071 及 0.064。[结论] 通过对影响土壤环境的化学性质、物理性质和生物活性的综合评价, 认为林地、人工草地和天然草地不同程度地改善和提高了土壤的环境质量, 以林地改善程度最大。

关键词: 半干旱黄土丘陵区; 退耕地; 植被恢复; 土壤质量; 综合评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)05-0022-05

中图分类号: S152, S153

文献参数: 王月玲, 王思成, 蔡进军, 等. 半干旱黄土丘陵区退耕地林草植被恢复对土壤质量影响评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 22-27. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.004; Wang Yueling, Wang Sicheng, Cai Jinjun, et al. Effects of revegetation on soil quality in semi-arid loess hilly region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 22-27. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.004

Effects of Revegetation on Soil Quality in Semi-arid Loess Hilly Region

WANG Yueling¹, WANG Sicheng², CAI Jinjun¹, MA Fan¹, DONG Liguol¹, LI Shengbao¹

(1. Institute of Desert Administration, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry

Sciences, Yinchuan, Ningxia Hui Autonomous Region 750002, China; 2. Ningxia Agricultural

Comprehensive Development Office, Yinchuan, Ningxia Hui Autonomous Region 750011, China)

Abstract: [Objective] The effects of grain for green project on soil quality was explored in order to provide theoretical bases for revegetation and reconstruction of abandoned farmland in semi-arid loess hilly region. [Methods] Comprehensive evaluation of soil physio-chemical factors sampled in different revegetated farmlands was conducted by AHP method in the demonstration area at Zhongzhuang village of Pengyang County, Ningxia Hui Autonomous Region of loess hilly area. [Results] Soil moisture was the main factor that affected soil environment, its weighted value reached 0.210. Followed by soil total porosity and soil organic matter content, their weighted values reached 0.136 and 0.108, respectively. Meanwhile, soil capillary capacity, soil available nitrogen content and soil urease content had also played very important roles on the soil environment, their weighted values were 0.085, 0.071 and 0.064 respectively. [Conclusion] Through comprehensive evaluation on the environmental impacts in terms of soil chemical properties, physical properties and biological activity, to some degree, woodland, terraces, artificial and natural grassland have been improved regarding to soil environmental quality. Among which, terraced field was observed been improved as the greatest type.

Keywords: semi-arid loess hilly area; abandoned farmland; vegetation restoration; soil quality; comprehensive evaluation

收稿日期: 2016-05-28

修回日期: 2017-04-14

资助项目: 国家重点研发计划重点专项“黄土梁状丘陵区林草植被体系结构优化及杏产业关键技术与示范”(2016YFC0501702); “十二五”国家科技支撑计划课题(2015BAC01B01); 宁夏“十三五”重大攻关项目“宁夏多功能林业分区域研究与示范”; 宁夏农林科学院科技创新先导资金项目“宁南山区撂荒地土壤理化性质对植被自然恢复的响应”(NKYJ-17-11)

第一作者: 王月玲(1980—), 女(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 硕士, 副研究员, 主要从事黄土高原水土保持与生态环境建设方面的研究。E-mail: wylxnky@163.com。

通讯作者: 李生宝(1958—), 男(汉族), 本科, 宁夏回族自治区石嘴山市人, 研究员, 主要从事水土保持及林业生态恢复等方面的研究。E-mail: nxnlkxy-lshb_hi@163.com。

黄土高原是中国水土流失最为严重的地区,也是西部大开发中生态环境建设重点实施区域之一^[1]。黄土高原独特的地貌特征是造成该地区水土流失的重要原因,但人为的对土地资源的不合理利用是造成该地区水土流失的主要原因。土地利用和管理是影响土壤变化的最普遍最直接最深刻的因素^[2]。土地利用和管理活动将在很大程度上影响土壤质量的时空变化。土壤质量是全球生物圈可持续发展的重要因素之一,亦是农业发生发展、土壤管理和土地利用可持续评估指标和判断准则。研究土地利用和管理措施对土壤质量变化的影响已是现代土壤学的主要任务之一^[3]。

生态环境建设的成效在很大程度上取决于生态恢复重建过程中土壤质量的演化及其环境效应,只有系统中的土壤能够不断形成发育、正向演替,土壤质量逐步得到提高并保持在较高水平,才能使已经退化的生态系统达到生态平衡和良性循环^[4]。了解不同土地利用方式导致土壤物理化学性质的差异,是合理利用土地资源、改进土地利用方式、发展持续农业的前提。黄土高原土地不合理利用主要表现为对坡地的掠夺式经营,黄土高原的坡耕地占耕地面积的70%以上^[5],由此造成土壤贫瘠,水土流失加重、环境恶化,因此土地资源的合理利用是西部地区生态环境建设的重点。退耕还林还草对实现黄土高原地区生态环境建设具有深远的意义^[6]。由林地、草地、农田等几种土地利用及其相互转变过程中土壤质量的变化受到越来越多的关注^[7]。随着“退耕还林”政策的实施,人工林草在黄土高原水土保持及生态环境建设中的作用日益突出^[8],如何科学、合理、实用地评价土壤环境,为指导农业生产提供理论依据,显得尤为重要。为了科学地实施退耕还林还草,促进退耕还林还草事业的顺利发展,本文拟采用影响土壤环境因子的多项指标对半干旱黄土丘陵区退耕地不同植被恢复措施后的土壤质量做一个客观的评价具有十分重要的意义。

1 研究区概况

研究区位于宁夏回族自治区彭阳县东北13 km处的白阳镇中庄村,地貌类型属于黄土高原腹部梁峁丘陵地,地形破碎,地面倾斜度大,平均海拔在1 600~1 700 m。该村年平均气温7.6℃,≥10℃的积温为2 200~2 750℃,境内年蒸发量较大,干燥度(≥0℃的蒸发量)为1.21~1.99,无霜期140~160 d。降雨是雨水资源量的决定因素,项目区多年平均年降水量420~500 mm,降水量集中且年内分配不均,主

要集中在7—9月,而且降水的年际变差系数较大,雨量集中月份常以暴雨形式出现,易发局地暴雨洪水。土壤以普通黑垆土为典型土壤,土层深厚,土质疏松。植被类型以草原植被为基础,生长有长芒草、角蒿、铁杆蒿、星毛委陵菜等;其次还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃、沙棘、山杏、山杨等为主,林草覆盖率在50%以上。

2 材料与方法

2.1 试验点的选择及布设

选择研究区退耕地不同林草植被类型包括7年生水平沟山杏林地、6年生退耕苜蓿地、6年生水平梯田、天然草地为对照(伴生有长芒草、西山委陵菜等,盖度为30%)为研究对象,合理布局供试样地土壤水分监测点、土壤取样点,全面调查样地的立地类型条件,包括海拔、坡度、坡位、坡向、植被等自然因子。

2.2 土壤水分的动态测定

采用德国产的TDR时域反射仪(time domain reflectometry)法,对所选样地土壤水分进行持续监测,每月3次,分别为上旬、中旬、下旬;土层深度根据样地类型分为0—100和0—200 cm,每20 cm为一层,一般林地、草地测深0—200 cm,其他如农田测深0—100 cm。

2.3 土壤理化性质的测定

采用野外取样调查和室内分析相结合法,在选取好的典型地块,挖掘100 cm深的土壤剖面,用铝盒和环刀分层采取0—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm深度的土壤样品,用烘干—称重法和浸水法测定土壤的各项理化指标,包括土壤的容重、最大持水量、毛管持水量、最小持水量、总孔隙度及化验土壤有机质、N、P、K等。土壤有机质采用重铬酸钾外加热容量法;土壤全氮采用凯氏定氮法;土壤水解氮采用扩散吸收法;土壤全磷采用氢氧化钠熔融钼锑抗比色法;土壤速效磷采用Olsen法;土壤全钾采用氢氧化钠熔融火焰光度计法;土壤速效钾采用中性醋酸铵浸提火焰光度计法。

2.4 评价方法计算

2.4.1 各个评价指标权重的确定 采用AHP决策法,同时运用模糊隶属函数和综合指数法对影响土壤因子的各个指标进行综合评价分析^[7]。依据(图1)的递阶层次结构(stepping hierarchy),评价要素设置和构造各层次之间的两两比较判断矩阵,计算判断矩阵的特征根和特征向量。判断矩阵是针对层次结构中上层次的某要素,把本层次中的各要素排在矩阵的行与列上,对各元素进行两两比较,对其相对重要性

进行量化,并选取适当的数值(权重)对该量化的重要性加以表示。依据层次分析法(AHP),构造两两比

较判断矩阵,两元素的权重之比为 $a_{ij} = \omega_{ki} / \omega_{kj}$, a_{ij} 的计算参照表 1。

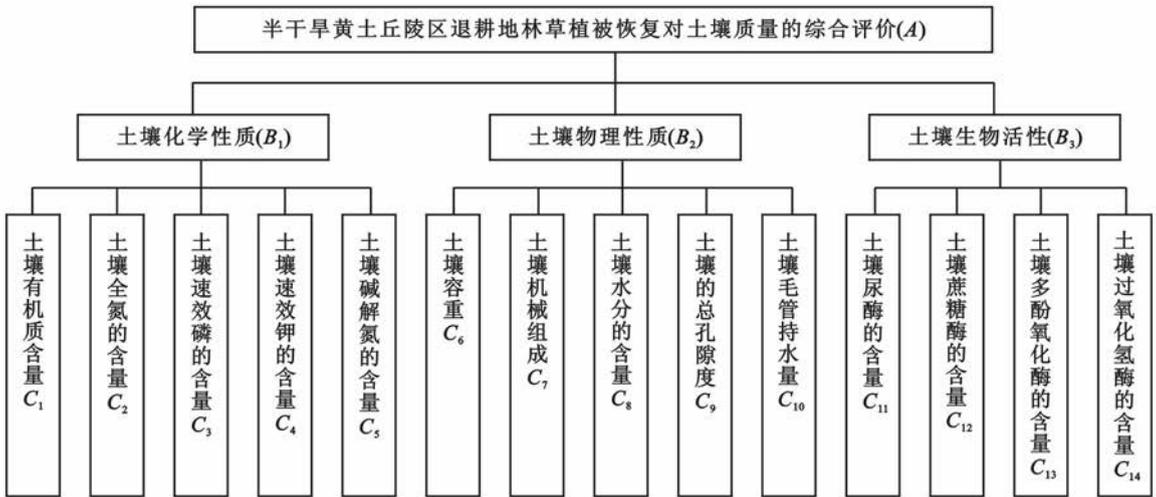


图 1 半干旱黄土丘陵区土壤环境因子评价指标层次结构

表 1 研究区各个评价指标相对比较比例标度

ω_{ki}	1	3	5	7	9
ω_{kj}	1	1/3	1/5	1/7	1/9
同层 C_i 比 C_j 比较等级	同等重要	稍微重要	重要	非常重要	绝对重要

2.4.2 土壤质量中各评价因子数学模型的建立 容重和土壤颗粒组成等性质隶属度的确定采用三角形隶属函数;有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾评价指标为第二种情况。当它们的实测数值高时,土壤质量就好,反之就差。设该类评价指标的上、下限数值及实测值分别为 b, a, x , 则其标准化函数表达式为:

$$F(x) = \begin{cases} 100 & (x \geq b) \\ \frac{x-a}{b-a} & (a < x < b) \\ 0 & (x \leq a) \end{cases}$$

根据第二次全国土壤普查的分级标准实际情况,确定该 5 种评价指标的上下限数值(表 2)。

表 2 5 种评价指标的上下限数值

项目	评价因子				
	有机质/ ($g \cdot kg^{-1}$)	全氮/ ($g \cdot kg^{-1}$)	速效磷/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	速效钾/ ($mg \cdot kg^{-1}$)	碱解氮/ ($mg \cdot kg^{-1}$)
上限	25.00	2.00	40.00	250.00	150.00
下限	2.00	0.25	0.50	25.00	15.00

土壤容重为:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 0.80 \text{ 或 } x \geq 1.40) \\ 4(1.40 - x) & (1.15 < x < 1.40) \\ \frac{20}{7}(x - 0.80) & (0.80 < x \leq 1.15) \\ 1 & (x = 1.15) \end{cases}$$

(3) 土壤物理性质隶属度的确定采用升半梯形隶属函数:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & (x \geq x_0) \\ \frac{x}{x_0} & (x < x_0) \end{cases}$$

式中: x_0 ——上临界值。其中土壤物理性质上临界值分别为土壤机械组成(0.002~0.2 mm)粒径的含量 90,土壤总孔隙度为 65,土壤水分为 30,土壤毛管持水量为 45。

3 结果与分析

3.1 层次分析的综合排序结果

通过对半干旱黄土丘陵区退耕地不同林草植被恢复后影响土壤环境因子的 14 个主要指标的 AHP 决策分析(表 3),结合图 1 可以看出:土壤水分含量是影响土壤环境状况的最主要因子,其权重值达到了 0.210,其次为土壤的总孔隙度和土壤有机质含量,其权重值分别达到 0.136,0.108,同时土壤的毛管持水量、土壤碱解氮含量和土壤脲酶含量也对土壤环境具有十分重要的作用,其权重值分别达到 0.085,0.071 及 0.064。

3.2 各因子数值的标准化及综合指数分析

通过对各因子数值的标准化,就影响土壤环境因子中化学性质的 5 个指标而言(表 4),退耕还林地土壤化学性质的综合指数最高达到了 0.229,其次为水

平梯田,其综合指数为 0.196,最差为苜蓿地和天然草地,其综合指数为 0.163。总体排列顺序为:山杏林>水平梯田>苜蓿地≈苜蓿地。这就说明通过退耕还林总体上改善并提高了土壤的化学性质,而实施人工种草措施后土壤的化学性质呈下降趋势,主要是由于人工牧草对土壤养分消耗大,建议实施人工种草应该注意及时进行人工补肥。

表 3 层次总排序结果

A	B ₁	B ₂	B ₃	贡献值(W _i)	排序
B	0.297	0.540	0.163		
C ₁	0.362			0.108	3
C ₂	0.179			0.053	8
C ₃	0.126			0.037	11
C ₄	0.095			0.028	13
C ₅	0.238			0.071	5
C ₆		0.092		0.050	9
C ₇		0.111		0.060	7
C ₈		0.388		0.210	1
C ₉		0.251		0.136	2
C ₁₀		0.158		0.085	4
C ₁₁			0.391	0.064	6
C ₁₂			0.276	0.045	10
C ₁₃			0.195	0.032	12
C ₁₄			0.138	0.022	14

表 4 化学性质指标的标准化值

林草类型	化学性质指标				
	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)
山杏林	0.321	0.263	0.055	0.225	0.158
苜蓿地	0.204	0.204	0.020	0.132	0.158
水平梯田	0.306	0.238	0.019	0.150	0.111
天然草地	0.127	0.242	0.018	0.206	0.217

对于影响土壤环境因子中物理性质的 5 个指标进行综合评价看出(表 5),山杏林的综合指数最高为 0.734,其次为梯田的综合指数最高达到了 0.726,苜蓿地和天然草地的差别不是很大,总体排列顺序为:山杏林>水平梯田>天然草地>苜蓿地。这就说明通过不同恢复措施后土壤的物理性质得到极大的改善,尤其是水平沟林地和水平梯田提高了土壤蓄水能力和植物对水分的利用效率。

表 5 物理性质指标的标准化值

林草类型	物理性质指标				
	容重/ (g·cm ⁻³)	0.2~0.002 mm 粒径的含量/%	土壤水分 含量/%	总孔 隙度/%	毛管持 水量/%
山杏林	0.880	0.879	0.493	0.892	0.885
苜蓿地	0.520	0.860	0.409	0.795	0.764
水平梯田	0.640	0.853	0.579	0.870	0.816
天然草地	1.000	0.885	0.381	0.859	0.477

对于影响土壤环境因子中的生物活性的 4 个指标的综合评价看出(表 6),土壤酶活性指数最高的为人工牧草 0.465,其次为梯田其指数为 0.365,最差的为隔坡天然草地其指数为 0.335,总体排列顺序为:苜蓿地>水平梯田>山杏林>天然草地。

表 6 生物活性指标的标准化值

林草类型	生物活性指标			
	尿酶/ (mg·g ⁻¹)	蔗糖酶/ (mg·g ⁻¹)	多酚氧化/ (ml·g ⁻¹)	过氧化氢/ (ml·g ⁻¹)
山杏林	0.204	0.304	0.528	0.627
苜蓿地	0.244	0.720	0.504	0.528
水平梯田	0.071	0.480	0.600	0.633
天然草地	0.158	0.400	0.504	0.471

通过对影响土壤质量的化学性质、物理性质和生物活性的综合评价(表 7),可以看出通过退耕还林还草不同程度地改善和提高了土壤的环境质量,其排列顺序为:山杏林>水平梯田>苜蓿地>天然草地。

表 7 评价指标的综合指数

林草类型	化学性指数	物理性指数	酶活性指数	综合指数
山杏林	0.229	0.734	0.353	0.522
苜蓿地	0.163	0.622	0.465	0.460
水平梯田	0.196	0.726	0.365	0.510
天然草地	0.163	0.629	0.335	0.443

4 讨论与结论

植被建设是保持水土、改善生态环境的最重要手段之一,是生态环境建设的重要内容。通过应用层次分析法和模糊综合评价及综合指数法相结合的方法对半干旱黄土丘陵区退耕地不同植被恢复对土壤质量的综合评价,反映出当前退耕地不同植被恢复对土壤综合质量有较大的影响。植被恢复有一定的土壤培肥作用,退耕还林总体上改善并提高了土壤的化学性质,而实施人工种草措施后土壤的化学性质呈下降趋势,主要是由于人工牧草对土壤养分消耗大,建议实施人工种草应该注意及时进行人工补肥。退耕后土壤的物理性质也得到极大的改善,尤其是水平沟林地和机修水平梯田提高了土壤蓄水能力和植物对水分的利用效率。另外,人工种草、梯田和林地对土壤的酶活性具有显著提高作用。这与李生宝等^[9]在生态恢复初期得出的结论基本是相吻合的。

但是由于生态恢复的演替是一个漫长的阶段,而且生态环境综合治理是一项复杂的社会工程,受到多种自然因素和人为因素的影响,而这些因素都会直接或间接地影响到综合效益。因此在半干旱黄土丘陵

沟壑区植被建设和生态恢复中,应以恢复生态学和景观生态学原理为指导,广泛乔灌草相结合的方式进行植被恢复。因地制宜,以种植乡土灌木和牧草为主,引进抗旱和强适应性品种,乔灌草结合,但不宜大面积栽植乔木,逐步改善区域生态环境。通过自然和人工植被恢复,进行小流域综合治理,减少水土流失,培肥地力,逐步改善区域生态环境条件,促进生态环境建设的经济、生态和社会效益的统一,最终建立具有较高生态、社会、经济效益的可自我维持的生态系统,促进全球生物圈的可持续发展。为此,必须进一步长时期地对不同植被恢复后土壤的理化性质、土壤侵蚀及气候效应进行系统测定分析研究,从而为该地区的植被恢复措施做一个客观的评价。使得半干旱黄土丘陵区生态恢复治理真正做到以恢复生态为中心,发展经济为基础,实现生态效益、经济效益和社会效益的协调发展和综合效益的稳步提高。

[参 考 文 献]

[1] 杨朝飞. 加强禽畜粪便污染防治迫在眉睫[J]. 环境保

护,2001(2):32-35.

- [2] 据彤军,刘普灵,郑世清,等. 黄土丘陵区生态恢复重建过程中流域降雨及其水沙变化特征研究[J]. 水土保持学报,2005,19(2):57-60.
- [3] 巩杰,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(12):2292-2296.
- [4] 李生宝,王占军,王月玲,等. 宁南山区不同生态恢复措施对土壤环境效应影响的研究[J]. 水土保持学报,2006,20(4):20-22.
- [5] 李庆康,吴雷,等. 我国集约化养殖场粪便处理利用现状及展望[J]. 农业环境保护,2000,19(4):251-254.
- [6] 郝仕龙,安韶山,李壁成,等. 黄土丘陵区退耕还林(草)土壤环境效应[J]. 水土保持研究,2005,12(3):29-30.
- [7] 曾昭霞. 半干旱黄土高原不同景观位置下不同退耕还草方式对土壤质量的影响[D]. 兰州:兰州大学,2009.
- [8] 许明祥,刘国彬,卜崇峰. 黄土丘陵区人工林地土壤肥力评价[J]. 西北植物学报,2003,23(8):1367-1371.
- [9] 李生宝,季波,王月玲. 宁南山区不同恢复措施对土壤环境效应的综合评价[J]. 水土保持研究,2007,14(1):51-53.

(上接第 21 页)

- [4] 彭晓彤,周怀阳,叶瑛,等. 珠江河口沉积物粒度特征及其对底层水动力环境的指示[J]. 沉积学报,2004,22(3):488-493.
- [5] 吴创收,黄世昌,罗向欣. 瓯飞浅滩及附近海域表层沉积物粒度特征及其水动力响应[J]. 海洋通报,2015,34(4):400-406.
- [6] 刘红,何青,孟翊,等. 长江口表层沉积物分布特征及动力响应[J]. 地理学报,2007,62(1):82-90.
- [7] 程鹏,高抒,李徐生. 激光粒度仪测试结果及其与沉降法、筛析法的比较[J]. 沉积学报,2001,19(3):449-455.
- [8] 张明义,孙娟,戚印鑫. 悬移质模型沙级配的模拟计算方法探讨[J]. 泥沙研究,2003,12(1):75-78.
- [9] 赵连军,谈广鸣,韦直林. 天然河流床沙级配的计算[J]. 武汉大学学报,2005,38(2):26-29.
- [10] 刘静玲,包坤,李毅,等. 滦河流域水库对河流表层沉积物粒度空间分布影响的研究[J]. 农业环境科学学报,2015,34(5):955-963.
- [11] 陈沈良,杨世伦,吴瑞明,等. 杭州湾北岸潮滩沉积物粒度的时间变化及其沉积动力学意义[J]. 海洋科学进展,2004,22(3):300-304.

- [12] 梁志勇,李文学. 论黄河干支流悬移质粒径与含沙量关系[J]. 泥沙研究,2004(7):51-54.
- [13] 吴月英,彭立功. 长江入海悬移质泥沙粒度与流量、含沙量的关系[J]. 泥沙研究,2005(1):26-31.
- [14] 许炯心. 黄河中游支流悬移质粒度与含沙量、流量间的复杂关系[J]. 地理研究,2003,22(1):40-47.
- [15] 高抒. 沉积物粒径趋势分析:原理与应用条件[J]. 沉积学报,2009,27(5):826-836.
- [16] 戴志军,陈吉余,程和琴,等. 南汇边滩的沉积特征和沉积物输运趋势[J]. 长江流域资源与环境,2005,14(6):736-739.
- [17] 何华春,丁海燕,张振克,等. 淮河中下游洪泽湖湖泊沉积物粒度特征及其沉积环境意义[J]. 地理科学,2005,25(5):590-596.
- [18] 吴建华,安娜,季颀. 西拉木伦河流域降水和径流特征分析[J]. 内蒙古气象,2014,23(4):23-24.
- [19] 谢花林,李波,刘黎明,等. 基于空间统计学和 GIS 的农牧交错带土壤养分空间特征分析:以内蒙古翁牛特旗为例[J]. 水土保持学报,2006,20(2):73-76.
- [20] 王妍春,左剑恶,肖晶华. EGSB 反应器内厌氧颗粒污泥性质的研究[J]. 中国沼气,2002,20(4):3-7.