

高速公路边坡植被重建过程中群落组成特征

崔丹娜¹, 张显国², 成克武¹, 温静¹, 黄大庄¹

(1. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省高速公路管理局, 河北 石家庄 050000)

摘要: [目的] 对河北省西柏坡高速公路 4 种不同边坡类型进行调查, 旨在选择合适的边坡植被恢复技术。[方法] 通过随机取样调查进行不同边坡群落组成结构分析。[结果] 4 种边坡类型的物种多样性差异显著。自然恢复土质边坡植被盖度最低, 自然恢复石质边坡的物种多样性最差, 人工恢复生态袋技术边坡的物种多样性和植被盖度最高。[结论] 人工恢复生态袋技术和挂网喷播技术对高速公路边坡复绿都有明显的改善, 而生态袋技术对边坡复绿改善最为明显。

关键词: 边坡复绿; 生态袋技术; 植物多样性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)05-0257-05

中图分类号: S732

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.113

Community Composition Characteristics of Vegetation on Highway Slope During Recovery Process

CUI Danna¹, ZHANG Xianguo², CHENG Kewu¹, WEN Jing¹, HUANG Dazhuang¹

(1. College of Garden and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;

2. Hebei Provincial Expressway Management Office, Shijiazhuang, Hebei 050000, China)

Abstract: [Objective] We aimed to investigate the characteristics of vegetation community along different slopes in Xibaipo highway of Hebei Province in order to choose the optimal slope vegetation restoration technology. [Methods] A random sampling method was conducted to investigate the community composition and structure on 4 different types of slopes. [Results] Species diversity showed significant differences among 4 different types of slopes. The vegetation coverage on soil slope was the lowest and the species diversity in rocky slope was the least under spontaneous recovery. In contrast, the species diversity and vegetation coverage was the highest on slopes by using ecological bags vegetation recovery technique. [Conclusion] Both ecological bags recovery and net-suspended spray seeding techniques can improve the vegetation recovery on highway slope, and ecological bags recovery is the most effective method.

Keywords: vegetation restoration; ecological bags; plant diversity

近年来,高速公路飞速发展,促进了各地区间的物资、信息交流和发展,但同时由于高速公路的建设,给沿线环境带来了一定不良影响^[1]。高速公路不可避免的对山体进行破坏,植被面对了毁灭性的威胁,对地表造成了较大的伤害,水土流失较为严重,自然恢复植被难以生长,这些都对高速公路边坡植被重建提出了挑战^[2]。为了改善由高速公路带来的影响,政府对高速公路边坡植被恢复投入大量人力物力。河北省西柏坡高速沿线气候干燥,受水土流失,汽车尾气污染等因素影响,目前,关于人工植被重建后续研究,主要集中在生态环境改善与群落特征方面^[3]。高

速公路设计上的传统边坡防护型式多样,绿化防护一般用于对结构要求不高的土质、石质边坡路段,其绿化效果较好。挂网喷播技术广泛应用于高速公路边坡植被恢复绿化工程^[4]及废弃矿山的植被恢复而生态袋是在充分考虑材料力学、水利学、生物学、植物学等诸多学科要求的前提下,对其厚度、单位质量、物理力学性能、外形、纤维类型、受力方式、方向、几何尺寸和透水性能及满足植物生长的等效孔径等指标,广泛应用于水利^[5]、公路、铁路、航道^[6]、采矿、垂直绿化^[7]等岩土边坡生态防护工程,在水土保持与环境建设领域具有广阔的应用前景,其生态性、快速性、整体性、

收稿日期:2014-07-22

修回日期:2014-09-16

资助项目:河北省邢衡高速公路筹建处项目“高速公路边坡生态防护与植物选择”(20137863)

第一作者:崔丹娜(1990—),女(汉族),河北省石家庄市人,硕士研究生,研究方向为园林植物应用。E-mail:cuidanna@126.com。

通信作者:黄大庄(1963—),男(汉族),河北省保定市人,博士,教授,主要从事园林植物应用研究。E-mail:huangdazhuang@126.com。

环保性的特点,改变过去单一硬性护坡导致景观不佳,生态功能退化的弊端,实现了工程建设和环境保护的完美结合。

本文选取河北省西柏坡高速公路边坡为研究对象,通过对不同边坡类型的植物种类、盖度及多样性进行研究,探讨不同边坡类型的植被多样性及植被复绿情况,拟为高速公路边坡复绿的植被多样性恢复以及复绿技术的合理选择提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区自然概况

河北省西柏坡高速公路地理坐标为东经 $114^{\circ}00' - 114^{\circ}44'$,北纬 $38^{\circ}10' - 38^{\circ}40'$,全长 71.36 km。西柏坡低山群落植被稀少,土层较薄,水土流失严重。坡度为 $60^{\circ} - 80^{\circ}$ 。土壤母质以花岗岩、片麻岩为主,有少量石灰岩和页岩分布。西柏坡地处暖温带,属半干旱大陆性季风气候,四季分明,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,年平均气温 12.5°C 。年最热月份是 7 月,平均气温 26.3°C ;最冷月份是 1 月,平均气温 -8.2°C 。年较差 29.5°C 。各月平均气温除最热的 7 月和最冷的 1 月外,其余 10 个月可以 7 月为轴分为对称的 5 对近似月。太阳年总辐射量 $547.58 \sim 568.48 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。无霜期平均 $140 \sim 180 \text{ d}$ 。

1.2 工程概况

西柏坡高速植被恢复边坡以石质为主,两侧多为裸露岩石,部分为土质边坡,但土层较薄。岩石边坡主要由片麻岩和页岩构成,不同位置风化程度不同。人工植被恢复措施有挂网喷播技术和生态袋技术。

1.3 调查方法

1.3.1 样地基本情况 采样研究于 2013 年 7 月开始进行,通过现场考察植被长势以及收集的资料,了解研究区域概况,自然植被恢复情况和人工植被恢复技术的应用及效果。根据高速公路不同植被恢复边坡类型进行分类,分为 4 种类型:土质边坡、石质边坡、挂网喷播植被恢复技术边坡、生态袋植被恢复技术边坡。土质边坡和石质边坡的植被恢复时间是 2010 年 8 月,挂网喷播植被恢复技术边坡的植被恢复时间是 2011 年 8 月,生态袋植被恢复技术边坡的植被恢复时间是 2013 年 5 月。沿河北省西柏坡高速公路路段选取不同边坡进行调查,随机采样,每种类型边坡分别在 2, 4 和 6 m 垂直高度的位置各取 2 个样方,同时设置 3 个重复,共调查样方 72 个。调查采用样方法,所有边坡植被多为草本,极少数为藤本和灌木,设置样方大小: $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 为 1 个样方。

1.3.2 调查内容及方法 于 2013 年 7 月中旬和 2014 年 5 月下旬对各样方进行采样,植被处于生长期,现场分别鉴定不同边坡类型中每个样方中的物种类别,并采集标本带回标本室进行重复鉴定,同时记录种数、盖度、频度、个体数、高度等植物特征。

1.3.3 统计内容

(1) 盖度。盖度为某物种投影面积占样地面积的百分比;相对盖度为某物种的盖度占样地内所有物种盖度之和的百分比,其公式为:

$$\text{相对盖度} = \frac{\text{某物种盖度}}{\text{所有物种盖度之和}} \times 100\%$$

(2) 重要值。在对野外调查原始数据进行初步分类整理的基础上,统计植物的密度、频度,并计算相对密度、相对频度及重要值,计算公式为:

$$\text{① 草本层物种相对重要值} = \frac{\text{相对频度} + \text{相对盖度}}{2}$$

$$\text{② 相对密度} = \frac{1 \text{ 个种的密度}}{\text{所有种的密度}} \times 100\%$$

$$\text{③ 相对频度} = \frac{1 \text{ 个种的频度}}{\text{所有种的频度}} \times 100\%$$

(3) α 多样性指数。根据钱迎倩等^[8]评述植物群落多样性测定方法,选择物种多样性分析选取 Shannon—Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数 3 个指标进行测定:

① Shannon—Wiener 指数(SW):

$$\text{② } SW = - \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i$$

式中: N ——群落中全部种的总个体数; $P_i = N_i/N$, N_i ——样方中第 i 种物种的个体数。

(4) Simpson 生态优势度(C):

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

式中: S ——样方面积群落中总植物种数; N ——群落中全部种的总个体数; N_i ——样方中第 i 种物种的个体数。

(5) Pielou 群落均匀度指数(E):

$$E = \frac{- \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i}{\ln S}$$

式中: S ——样方面积群落中总植物种数; N ——群落中全部种的总个体数; $P_i = N_i/N$, N_i ——样方中第 i 种物种的个体数。

2 结果与分析

2.1 不同植被类型科属特征

2014 年 5 月下旬所采集样方的植物种类与 2013

年 7 月中旬采集样方的植物种类基本一致。2014 年 5 月下旬各植被恢复的边坡样方中新生植物处于生长期。因此,以 2013 年 7 月采集的不同边坡植被恢复类型样方的植被数量及植物科属分布特征为研究对象(表 1—2)。

表 1 不同边坡类型植物数量及科属特征 个

边坡类型	植物种数	植物数量	科	属
土质边坡	9	288	7	9
石质边坡	12	168	8	12
挂网喷播	14	696	8	12
生态袋	14	837	7	12

表 2 不同边坡类型植物科属分布特征 个

植物科别	土质边坡	石质边坡	挂网喷浆技术	生态袋技术
禾本科(Poaceae)	2	3	4	3
菊科(Asteraceae)	1	4	1	5
藜科(Chenopodiaceae)	0	1	2	0
葡萄科(Vitaceae)	2	1	1	1
豆科(Leguminosae)	0	0	2	2
桑科(Moraceae)	1	0	0	1
玄参科(Scrophulariaceae)	1	0	0	0
紫草科(Boraginaceae)	1	0	0	0
马齿苋科(Portulacaceae)	1	1	0	0
蓼科(Polygonaceae)	0	1	0	0
旋花科(Convolvulaceae)	0	1	0	1
锦葵科(Malvaceae)	0	0	1	1
苋科(Amaranthaceae)	0	0	2	0
凤仙花科(Balsaminaceae)	0	0	1	0

由表 1—2 可知,于 2013 年 7 月时,各种类型植被恢复边坡特征如下:土质边坡主要由 9 种植物组成,隶属 7 科 9 属,以葡萄科和禾本科植物为主要组成物种,植物个体数为 288;石质边坡主要由 12 种植物组成,隶属 8 科 12 属,以菊科和禾本科植物为主要组成物种,植物个体数为 168;挂网喷播植被恢复技术边坡主要由 14 种植物组成,隶属 8 科 12 属,以藜科,苋科和禾本科植物为主要组成物种,植物个体数为 696;生态袋试验边坡主要由 14 种植物组成,隶属 7 科 12 属,以豆科,禾本科和菊科植物为主要组成物种,植物个体数为 837。

2.2 不同边坡植被类型盖度

盖度可以在直观上更能反映边坡植被恢复效果,是反映植物种群地上生存空间的重要指标,其中总盖度在一定程度上能够反映植物种的多度、频度和生活型等特征,在本文中所指的盖度均指的是投影盖度^[9]。

从图 1 可见,2013 年 7 月时,挂网喷播技术植被盖度最低,为 88%;生态袋技术植被盖度最高,为 100%。自然恢复边坡中,石质边坡比土质边坡植被盖度高,分别是 93%和 90%。2014 年 5 月时,边坡多为枯草覆盖,挂网喷播技术植被盖度最高,为 56%;生态袋技术植被盖度最低,为 20%。自然恢复边坡中,石质边坡比土质边坡植被盖度高,分别是 48%和 35%。2 个月份对比,生态袋技术植被盖度相差量最多,为 80%;挂网喷播技术植被盖度相差量最少,为 32%。

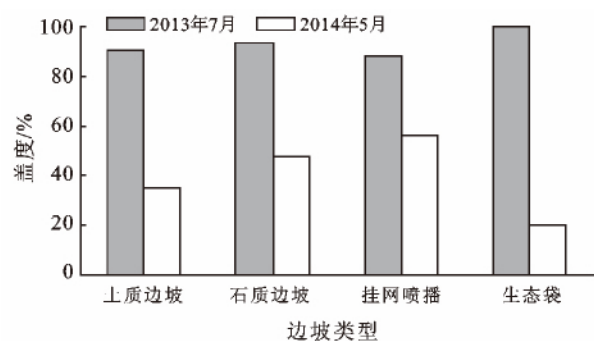


图 1 不同类型边坡植被类型盖度比较

2.3 不同边坡植被类型多样性分析

全面衡量物种多样性需要从物种丰富度、均匀度和生态优势度 3 个方面进行比较,它们都从不同的角度反映群落物种组成结构水平,三者具有一定的联系^[10]。其中,植物 Shannon—Wiener 物种多样性指数的大小反映植物种类的多少和植物种类所占比例的变化,Shannon—Wiener 物种多样性指数越大,表示植物种类越复杂。Pielou 均匀度指数的大小反映个体在种间的分配均匀程度,Pielou 均匀度大,表示没有明显的优势个体类型,个体类型在群落中均匀分布。Simpon 生态优势度指数反映了各物种种群数量的变化情况,Simpon 生态优势度指数越大,说明群落内物种数量分布越不均匀,优势种的地位越突出^[11]。试验数据分别来自 2013 年 7 月和 2014 年 5 月所采集样方。

通过图 2—4 可得知,4 种不同类型边坡中,各边坡 Shannon—Wiener 物种多样性指数、Simpon 生态优势度、Pielou 群落均匀度指数在 2013 年 7 月与 2014 年 5 月之间差异不明显,整体趋势相同。土质边坡的 Shannon—Wiener 物种多样性指数最低;Simpon 生态优势度最高;石质边坡 Pielou 群落均匀度指数最高;生态袋技术边坡的物种多样性指数最高,生态优势度最低。

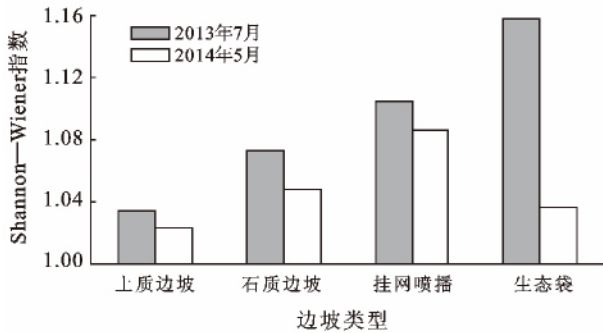


图 2 不同类型边坡植被 Shannon—Wiener 物种多样性指数比较

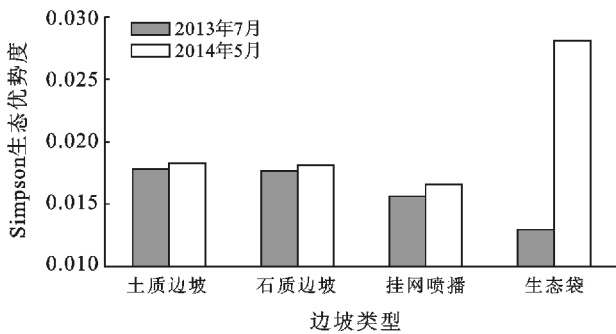


图 3 不同类型边坡植被 Simpon 生态优势度指数比较

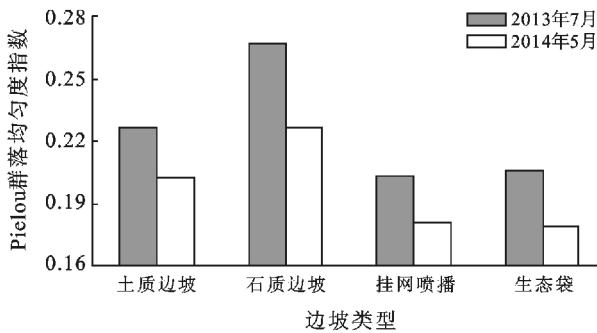


图 4 不同类型边坡植被 Pielou 群落均匀度指数比较

通过用 SPSS 17.0 分析不同边坡类型的的数据得知,2013 年 7 月样方:Shannon—Wiener 物种多样性指数方差分析结果中的 p 值为 0.012, Simpon 生态优势度指数方差分析结果中的 p 值为 0.013, Pielou 群落均匀度指数方差分析结果中的 p 值为 0.002。2014 年 5 月样方:Shannon—Wiener 物种多样性指数方差分析结果中的 p 值为 0.011, Simpon 生态优势度指数方差分析结果中的 p 值为 0.012, Pielou 群落均匀度指数方差分析结果中的 p 值为 0.002, p 值均小于 0.05。因此否定 H_0 假设,不同边坡类型对植物多样性有显著性意义,结论是不同边坡类型的植物多样性有明显不同。

在 Shannon—Wiener 物种多样性指数和 Simpon 生态优势度指数方差分析中:土质边坡与石质边

坡的之间存在显著差异;石质边坡与挂网喷播和生态袋边坡之间存在显著差异;挂网喷播边坡与石质边坡之间存在显著差异;生态袋边坡与石质边坡之间存在显著差异。在 Pielou 群落均匀度指数方差分析中:土质边坡与挂网喷播和生态袋边坡之间存在显著差异;石质边坡与挂网喷播和生态袋边坡之间存在显著差异;挂网喷播与土质边坡之间存在显著差异;生态袋边坡与土质边坡之间存在显著差异。

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 从物种科属组成结构分析 试验数据表明,挂网喷播技术及生态袋技术对于边坡植被种类和数量的增加有明显效果。自然恢复的土质边坡和石质边坡植物种数较少,种类多为自播能力较强的野生草本和藤本,植物类型较其他两种人工植被恢复边坡较单一,挂网喷播植被恢复技术边坡和生态袋技术边坡植物的植物种数和植物数量明显偏多,植物多样性丰富,但人工植被恢复边坡植物多为 1 和 2 年生草本,且自播能力较自然恢复边坡类型差,从而为来年边坡景观和后续的植被复绿的工作量提出一定的挑战。

3.1.2 从不同类型边坡植被盖度分析 2013 年 7 月生态袋技术边坡的植被盖度最高,挂网喷播技术边坡最低。而造成这种现象的原因,主要是因为水土保持的问题。挂网喷播技术的边坡喷的泥浆受重力影响,上边坡较下边坡土层厚度薄,导致不容易保持水土,植物无法生存,已有部分区域形成冲刷沟。而生态袋具有透水不透土的过滤功能,生态袋的立体网状纤维结构吸收了雨水冲击所产生的能量,能有效地减小雨水形成的径流对土壤地表的冲刷力^[12]。石质边坡的盖度较土质边坡大,单位面积内植物数量却比土质边坡小,分析为植物的种类的原因造成的:石质边坡的优势种为五叶地锦,五叶地锦叶大且攀援性强。

2014 年 5 月生态袋技术边坡的植被盖度最低,挂网喷播技术边坡最高。造成这种现象的原因是植物种类的不同,生态袋技术边坡的植物种类多为 1 年生,植物大面积枯亡,而 5 月份时 1 年生植物并无生长,只有少量灌木类植被处于生长期,造成生态袋技术边坡的植被盖度明显降低。而自然恢复边坡盖度变化不大。

3.1.3 从不同类型边坡植被多样性分析 2013 年 7 月,根据试验数据表明,4 种植被恢复边坡类型的对比:土质边坡和石质边坡单位面积内植物种类较少,群落内物种数量分布不均匀,优势种明显;挂网喷播技术边坡和生态袋技术边坡单位面积内植物种类较多,群落内物种数量分布均匀,优势种的地位不突出。

2014年5月,根据试验数据表明,4种植被恢复边坡类型的对比:土质边坡、石质边坡以及生态袋技术边坡单位面积内植物种类少,群落内植物数量分布不均匀,优势种明显;挂网喷播技术边坡单位面积内植物种类较多,群落内物种数量分布均匀,优势种的地位不突出。

3.2 结论

通过对4种不同类型边坡的各项指标分析,说明人工参与的挂网喷播技术和生态袋技术相对于自然植被恢复来说,均可以明显增加边坡植被盖度及丰富物种多样性。2013年7月生态袋技术的盖度及物种多样性较挂网喷播技术高,同时生态袋技术对边坡状况要求比挂网喷播技术低。因此,生态袋技术对高速公路边坡复绿有更明显的效果。但难以在第二年春季保持良好的盖度和植物多样性,多需人工重新播种。且因生态袋技术的施工成本本就较挂网喷播技术的成本更高,目前在植物选择上也存在一定缺陷,在考虑高速公路边坡复绿需要使用的技术时,还要合理选择植物种类,乔灌木结合,完成可持续的景观绿化,分析具体情况,合理使用,也可两者相互结合。

[参 考 文 献]

[1] 王英宇,宋桂龙,韩烈保,等.京承高速公路岩石边坡植

被重建3a期群落特征分析[J].北京林业大学学报,2013,7(4):74-80.

- [2] 谷金锋,蔡体久,杨业.高寒山区采矿迹地植被恢复研究[J].水土保持学报,2014,28(3):29-36.
- [3] 刘军,史秀华,张武文.祁连山水源地植被恢复过程中植物多样性研究[J].内蒙古农业大学学报,2009,9(3):95-98.
- [4] 李忠元.镀锌铁丝挂网喷播技术在台缙高速公路边坡绿化景观上的应用[J].道路工程,2012,11(35):231-233.
- [5] 张荣.生态袋挡墙护坡技术在河道整治工程中的应用[J].中国水运,2013,5(13):127-128.
- [6] 钟吉祥.新型生态袋边坡治理技术在某矿区滑坡体的应用[J].黄金,2015,1(36):67-69.
- [7] 王美盛,王传福.“生态袋”垂直绿化技术在城市建设中的意义与前景探析[J].福建热作科技,2011,4(36):65-68.
- [8] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.
- [9] 李博.生态学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [10] 王国宏.再论生物多样性与生态系统的稳定性[J].生物多样性,2002,10(1):126-134.
- [11] 白永飞,许志信,李德新.内蒙古高原针茅草原群落 α 多样性研究[J].生物多样性,2000,8(4):353-360.
- [12] 汪殿蓓,暨淑仪,陈飞鹏.植物群落物种多样性研究综述[J].生态学杂志,2001,20(4):55-60.

(上接第256页)

- [7] 布仁仓,胡远满,常禹,等.景观指数之间的相关分析[J].生态学报,2005,25(10):2764-2775.
- [8] 何鹏和,张会儒.常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J].林业科学研究,2009,22(4):470-474.
- [9] 王晓,陈海,顾铮鸣.土地利用规划对区域景观格局的影响:陕西省蓝田县为例[J].山东农业大学学报:自然科学版,2014,45(3):399-402.
- [10] 杨永峰,孙希华,王百田.基于土地利用景观结构的山东省生态风险分析[J].水土保持通报,2010,30(1):231-235.
- [11] Wang Xiuhong, Zheng Du, Shen Yuancun. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990—2000[J]. Catena, 2008,72(1):56-66.
- [12] 王景伟,王海泽.景观指数在景观格局描述中的应用:以鞍山大麦科湿地自然保护区为例[J].水土保持研究,2006,13(2):230-233.
- [13] 李雪梅,邓小文.基于景观指数的滨海新区景观格局变化分析[J].环境保护与循环经济,2011(7):38-40.
- [14] Saura S., Pascual-Hortal L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study[J]. Landscape and Urban Planning, 2007,83(2):91-103.
- [15] Saura S, Rubio L. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape[J]. Ecography, 2010,33(3):523-537.
- [16] Saura S, Torne J. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity[J]. Environmental Modelling & Software, 2009,24(1):135-139.
- [17] 熊春妮,魏虹,兰明娟.重庆市都市区绿地景观的连通性[J].生态学报,2008,28(5):2237-2244.
- [18] 孙贤斌,刘红玉.土地利用变化对湿地景观连通性的影响及连通性优化效应:以江苏盐城海滨湿地为例[J].自然资源学报,2010,25(6):892-903.
- [19] 李金玺,姜栋.浅谈平度市土地利用的特点及利用方向[J].山东国土资源,2009,25(07):11-13.
- [20] 李玉军.基于RS与GIS的平度市土地利用时空变化分析[D].山东泰安:山东大学,2008.