

校园垃圾和园林废弃物堆腐物作为花卉栽培基质可行性研究

李世好^{1,2}, 蒋云霞^{1,2}, 温林川^{1,2}, 杨博闻^{1,2}, 张军^{1,2*}

(1. 桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西桂林 541004; 2. 广西环境污染控制理论与技术重点实验室, 广西桂林 541004)

摘要 [目的]研究校园垃圾和园林废弃物堆腐物作为花卉栽培基质的可行性。[方法]应用 50 L 仓式高温好氧堆肥装置,以桂林理工大学的校园垃圾和园林废弃物为原料,采取氧气-温度联合反馈连续通风的控制方式进行堆肥,并测定堆肥前后堆料的含水率、VS、TP、TN 和 pH。并将堆肥腐熟产品和土壤按 $m:m=1:4$ 混匀作为花卉栽培基质与原土壤(空白组)进行盆栽对比试验。[结果]通风量为 80、72、48、60、72 和 60 L/h, 氧气含量控制值为 10% 时,堆肥效果较好;添加堆肥产品的万寿菊各项生长指标优于空白组,且生物量增加了 20.4%。[结论]校园垃圾和园林废弃物堆腐物作为花卉栽培基质具有较好的可行性和广阔的应用前景。

关键词 校园垃圾; 园林废弃物; 堆肥; 花卉栽培基质; 可行性

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)03-273-04

Feasibility Study for Compostable Refuse of Campus Garbage and Garden Waste as Flower Substrate

LI Shi-hao^{1,2}, JIANG Yun-xia^{1,2}, WEN Lin-chuan^{1,2}, ZHANG Jun^{1,2*} et al (1. College of Environmental Science and Technology, Guilin University of Engineering, Guilin, Guangxi 541004; 2. Guangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control Theory and Technology, Guilin, Guangxi 541004)

Abstract [Objective] The research aimed to study feasibility for compostable refuse of campus garbage and garden waste as flower substrate. [Method] The experiment used campus garbage and garden waste of Guilin University of Technology as raw materials for composting with 50 L of warehouse thermophilic aerobic composting reactors under auto-control continuous ventilation system, and moisture content, VS, TP, TN and pH for composting product before and after compost were determined. Potted plant experiments were run with the mixture composting products and soil ($m:m=1:4$) as flower substrate, and the blank experiment with native soil as the substrate. [Result] Composting quality was better when aeration volume was 80, 72, 48, 60, 72 and 60 L/h, and oxygen content was 10%. Growth indexes of marigold which was added with composting products were all better than blank group, and the biomass of marigold increased by 20.4%. [Conclusion] Compostable refuse of campus garbage and garden waste as flower substrate had good feasibility and wide application prospect.

Key words Campus garbage; Garden waste; Composting; Flower substrate; Feasibility

大学校园垃圾产生量大,对环境危害比较严重。垃圾中有机物所占比例很大,填埋处理不仅费用高也未实现资源的回收利用,而堆肥作为垃圾减量和资源化的一个重要手段,目前已在很多校园中应用推广。校园垃圾具有“种类多、价值高和产量大”的特点,是一种潜在资源。2012 年我国普通高等学校在校学生人数超过 3 000 万人,按照人均垃圾产量 0.5 kg/d 计算^[1],校园垃圾产量每天约为 1.5 万 t,而且其中可利用成分含量较高,可回收类物质为 15% 左右,可堆肥类物质为 80% 左右^[2]。校园垃圾是由校园内的厨余垃圾、生活垃圾和绿化垃圾等组成,其中厨余垃圾有机物成分高,产生量大,是校园堆肥最重要的原料;生活垃圾主要包括果皮、零食、纸张等;园林废物包括落叶、修整掉的树枝和草等。园林废弃物可用作堆肥过程中的添加剂,调节碳氮比、孔隙度、含水率等。国外校园成熟的技术堆肥方法主要有 5 种,即定期翻堆条垛式、通风静态垛式、被动通风条垛式、反应器式和蠕虫系统。该试验采取的是反应器式堆肥,但关于校园堆肥产品作为花卉栽培基质的研究报道较少。

1 材料与与方法

1.1 物料来源与性质 校园生活垃圾取自桂林理工大学学生宿舍楼,厨余垃圾取自桂林理工大学雁山校区 1、2 号食

堂,园林废弃物取自桂林理工大学风雨操场附近的园林。供试土壤选自桂林理工大学校门口左侧的小山丘的土壤,供试植物万寿菊幼苗选自桂林市尧山苗圃。

1.2 反应装置 50 L 仓式高温好氧堆肥装置由反应器、气泵、比例球阀、气体流量计、温度实时检测仪、氧气实时检测仪和控制柜构成(图 1)。发酵设备通过上位机和组态软件对堆肥进程进行联合控制。设备采用一主两从的工作模式,即主控制柜上设置一总电源开关,先打开主控制柜上的电源,然后开启从控制柜电源。从控制柜上设有人机操作界面,可直接对堆肥进程进行监视和控制,整个系统之间的数据通过以太网传输,工作上接入以太网中,使用组态软件对各罐进行监视和控制及数据存储。

1.3 试验设置

(1) 将生活垃圾/厨余垃圾/园林废弃物($m:m:m=3:3:1$)充分混匀后,装入 50 L 发酵仓中。采用连续式自动控制工艺将堆肥进程分为 4 个时间:准备期、快速升温期、高温持续期和物料脱水期。在连续自动式控制模式下,对通风量及通风时间进行设定。设置 4 个温度控制点 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 分别为 30、50、55、60 °C;设置 3 个时间主控点 t_1 、 t_2 、 t_3 分别为 1、8、3 d,即堆肥处于快速升温期、高温持续期和物料脱水期。堆肥整个过程设定 6 个不同的通风流量(q_1 、 q_2 、 q_3 、 q_4 、 q_5 、 q_6),如表 1 所示;设定 O_{21} (氧气含量)控制值为 10%, O_2 为第 2 路氧气在氧气泵工作时的实测值。 O_2 采样时间为每 2 h 从堆体内采样 5 min, O_2 浓度取最后 1 min 测量值。

(2) 盆栽试验:堆肥产品与土壤($m:m=1:4$)充分混匀与无投加土壤分别栽种万寿菊幼苗。定期浇水,种植 60 d 后,

基金项目 国家自然科学基金项目(41161075);广西“八桂学者”建设工程专项;广西自然科学基金项目(2013GXNSFEA053002, 2014GXNSFBA118210)。

作者简介 李世好(1991-),男,安徽马鞍山人,硕士研究生,研究方向:固体废弃物资源化。* 通讯作者,讲师,博士,从事有机固体废弃物资源化利用研究。

收稿日期 2014-12-05

测定花卉的生长指标,进行对比。

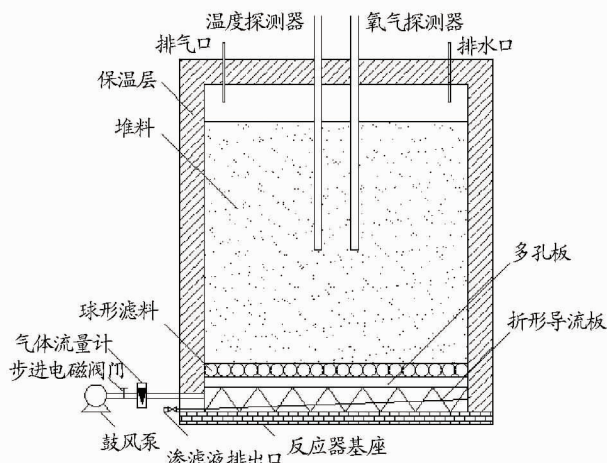
1.4 分析指标与方法 堆料的分析指标及方法^[3]:含水率采用 105 ℃ 烘干法(24 h)测定;pH 采用 1:10(m/v)水浸提液,电极法测定;VS 采用 550 ℃ 马弗炉灼烧法(4 h)测定;C/N测定用元素分析仪(型号 PE 2400 II);TP 采用高氯酸-硫酸消解-钼锑抗比色法测定;TK 采用氢氧化钠熔融,火焰光度法测定。

堆肥样品发芽指数的测定:1:10(m/v)水浸提液,取上述浸提液 8 ml 于垫有滤纸的培养皿中,同时设对照(蒸馏

水),每个培养皿内置 10 粒饱满白菜种子,然后将其放置在(20±1)℃培养箱中培养,分别在 24 和 96 h 时测定发芽率及根长,每个样品重复 4 次,计算发芽率指数(GI)^[4-5]:发芽率指数(GI)=样品发芽数×样品根长度/(对照发芽数×对照根长度)×100%。堆肥土壤与空白土壤的分析指标及方法:pH 采用 1:10(m/v)水浸提液电极法测定;有机质采用水合热重铬酸钾氧化-比色法测定;TN 测定用元素分析仪(型号 PE 2400 II);TP 采用高氯酸-硫酸消解-钼锑抗比色法测定;TK 采用氢氧化钠熔融,火焰光度法测定。



装置现场照片



堆肥装置示意图

图 1 堆肥装置

表 1 通风量的设置

t	$T/^\circ\text{C}$	$\text{O}_2/\%$	流量//L/h
$>t_1$	$30 < T \leq 50$	< 10	$q_1(80)$
$>t_1$	$30 < T \leq 50$	> 10	$q_2(72)$
$<t_2$	$T \leq 55$		$q_3(48)$
$<t_2$	$55 < T \leq 60$		$q_4(60)$
$<t_2$	$T > 60$		$q_5(72)$
$<t_3$			$q_6(60)$

植物生理指标测定:培养期 60 d,对比株高、花朵朵数、花朵直径、鲜重、枝条长度和叶绿素。植株的鲜重采用称重法:将植物地上、地下部分用蒸馏水清洗干净,擦干后在天平上称取鲜重,然后放到 105 ℃ 烘干箱内杀青 30 min 后,将烘箱的温度调至 80 ℃,烘干直至恒重,从烘箱取出,分别称量地上部分和地下部分。使用的电子天平的误差为 0.01 g,随后将各个部分放入自封袋中。株高测定:从花盆内至植株顶端,取 3 个植株的平均值。植株叶绿素的测定^[6]:将新鲜的 0.2 g 叶片放入研钵中,研钵装有少量的碳酸钙和石英砂,然后再加入 95% 乙醇,研磨至叶片无色,最后将提取液过滤定容 25 ml,将定容的提取液放入石英比色皿中,进行比色测定,在波长 649 和 665 nm 条件下测定吸光度值,空白对照采用 95% 的乙醇溶液。叶绿素含量的计算公式:

$$C_a(\text{叶绿素 a}) = 13.95A_{665} - 6.88A_{649}$$

$$C_b(\text{叶绿素 b}) = 24.96A_{649} - 7.32A_{665}$$

$$C_T(\text{叶绿素总浓度}) = \frac{C \times V_T}{FW \times 1\,000} \times n$$

式中, C_a 为叶绿素 a 浓度(mg/L), C_b 为叶绿素 b 浓度(mg/L); A_{665} 和 A_{649} 分别为相应波长下的吸光度值; V_T 为提取液总体积(ml); FW 为鲜重质量(g); n 表示稀释倍数。

2 试验结果与分析

2.1 堆肥温度和氧气的动态变化 堆肥温度变化特性如图 2 所示,堆体经历了升温期、高温期和降温期 3 个阶段。堆体的温度变化主要是堆肥微生物和保温效应综合作用的效果^[7]。堆体在第 2 天达到了 50 ℃ 以上并且持续了 7 d。有研究表明,堆体温度在 50 ℃ 以上维持 5~7 d 或 55 ℃ 条件下维持 3 d 以上时,可以杀灭病原菌和杂草种子^[8]。

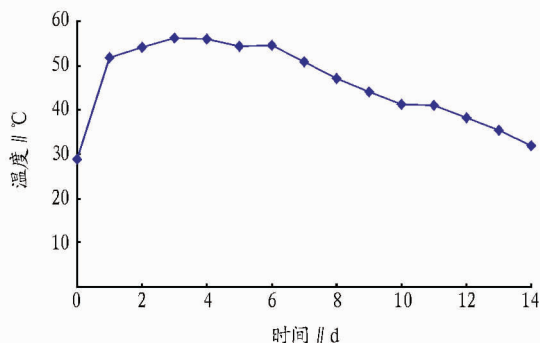


图 2 堆肥过程中温度动态变化

堆肥过程中氧气含量随时间的变化如图 3 所示。氧气含量的动态变化可以反映堆肥有机物的降解和发酵的进程,且氧气含量的变化与温度的变化过程密切相关^[9]。图 3 中各阶段的氧气含量 > 10%,符合李国学等认为堆肥时最低氧浓度不

应 <8% 的要求^[10]。从图 3 可知,①在堆肥升温阶段,易分解的有机物含量较高,微生物可以快速利用,其微生物活性就随之升高,所以氧含量下降较快。②进入持续高温期后,由于高温对微生物的抑制作用,同时易分解的有机物含量减少和水分的大量挥发因素的综合作用下,氧含量变化不大,但在堆肥后期一些难分解有机物(如木质素、纤维素)开始分解,所以仍处于耗氧阶段^[11-12]。③在降温期,氧含量逐渐升高且趋于平稳。

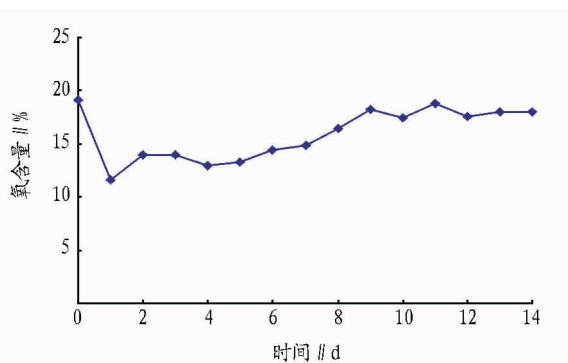


图 3 堆肥过程中氧含量动态变化

2.2 原料的可堆肥性及堆肥后腐熟度评价 有学者认为,理想的堆肥原料含水率为 55% ~ 75%, C/N 为 20 ~ 30^[13]。从表 2 可知,原堆料的含水率、C/N 基本符合要求,且总氮磷钾含量较高,含有丰富的营养。堆肥后含水率减小,这是由于高温和通气作用,随气体的排放和热量损失,将部分水分带走。高温堆肥一般以堆料 C/N 作为评价腐熟度的重要参数,一般认为 C/N < 20 时堆肥腐熟^[14]。该试验堆肥后 C/N 为 14:1,满足要求。许多研究认为 pH 可以作为堆肥腐熟的指标^[15],牛俊玲等认为腐熟的堆肥一般呈弱碱性^[16]。该研究堆料的 pH 由原有的酸性变为弱碱性,基本符合要求。Zucconi 等认为利用堆肥水浸提液对植物种子的毒性试验检验腐熟度是最精确和最有效的方法^[17]。一般如果 GI(24 h) > 50%,就可认为堆肥基本无毒性,当 GI 达到 80% ~ 85% 时,该堆肥可以认为对植物没有毒性^[18],所以该堆肥满足要求。

表 2 堆料理化性质的变化

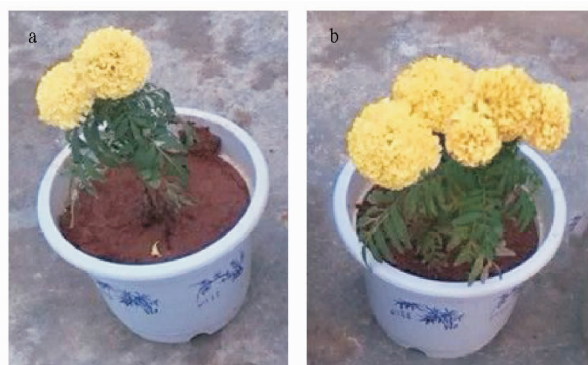
时间	含水率	VS	C/N	pH	TK	TP	GI
	%						
堆肥前	62.3	81.41	19:1	6.20	8.4	6.3	-
堆肥后	51.4	73.59	14:1	7.11	11.2	8.1	83.3

2.3 种植基质理化性质的改变 种植基质的各项理化性质如表 3 所示。土壤的 pH 影响着基质养分的形态和植物生长,不同的植物有着不同的 pH 适应范围,一般在 6 ~ 7 之间^[19]。土壤有机质是土壤的肥力和质量的重要因素,其含量的多少对植物的生长有明显的影晌^[20]。从表 3 可知,添加了堆肥产品的土壤有机质含量增高,是由于堆肥过程中产生了大量腐殖质。且土壤中各种营养元素都增高,说明堆肥产品添加到土壤中,各营养元素的含量得到改善。

表 3 栽培基质的理化性质

基质	pH	有机质 // %	TN // mg/g	TP // mg/g	TK // mg/g
堆肥土壤	6.72	17.53	5.72	1.90	3.87
原土壤	6.62	3.51	0.82	0.35	2.04

2.4 植物生长指标的对比 万寿菊又名臭芙蓉,为菊科万寿菊属的植物。原产地墨西哥,因其花大、花期长,故常用于花坛布景。由于其抗性强,对土壤要求不高,生长迅速,栽培容易和对比性强等特点,适合该试验要求。从图 4 和表 4 可知,堆肥组万寿菊的花朵朵数和质量上要优于空白组,这可能由于堆肥组中的 P、K 多于空白组,对花朵开放有影响^[21]。从鲜重来看,堆肥组万寿菊的生物量比空白组增加了 20.4%。总的来说,添加堆肥产品组的万寿菊各项生长指标要好于空白组。表 5 表示不同施肥处理对万寿菊叶绿素含量的影响。从表 5 可知,添加堆肥组与无投加组叶绿素含量差异不显著。



注:a.空白组;b.堆肥组。

图 4 不同基质万寿菊生长情况

表 4 不同基质对万寿菊生长的影响

基质	植株增高量	花朵	花朵直径	枝条长度	鲜重
	cm	朵数	cm	cm	g
堆肥肥料	22.3	5	7.2	12.5	52.9
空白组	16.1	2	5.1	8.6	42.1

表 5 不同基质对叶绿素的影响

基质	叶绿素 a	叶绿素 b	总叶绿素
堆肥肥料	0.55	0.12	0.67
空白组	0.54	0.19	0.73

3 结论

以桂林理工大学的校园垃圾和园林废弃物为原料进行高温好氧堆肥,当通风量为 80、72、48、60、72、60 L/h,氧气含量控制值为 10% 时,堆肥效果较好。以堆肥产品为供试基质进行盆栽,万寿菊各项生长指标要好于空白组,且万寿菊的生物量比空白组增加了 20.4%,但叶绿素含量差异不大。

参考文献

- [1] 吴文涛,庆承松,彭书传.合肥工业大学校园生活垃圾现状调查与分析[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2005,28(11):1424-1426.
- [2] 郭延柱,王艳艳,王聪杰.绿色学校垃圾分类回收体系的建设及运行[J].环境科学与管理,2008,33(1):181-183.
- [3] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:25-49.

- [4] 李国学. 用水芹菜种子发芽特性评价污泥堆肥的腐熟度和生理毒性[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(4): 109-116.
- [5] 汤江武, 朱利中. 不同堆肥条件对种子发芽指数影响的研究[J]. 浙江农业科学, 2008(5): 583-586.
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 287.
- [7] MASON I G. Mathematical modeling of the composting process: A review[J]. Waste Management, 2006, 26(1): 3-21.
- [8] 陈同斌, 黄启飞, 高定, 等. 中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J]. 环境科学学报, 2003, 23(5): 561-569.
- [9] 刘斌, 陈同斌, 郑国砥, 等. 污泥堆肥处理过程中氧气消耗的动态变化与分布特征[J]. 环境科学学报, 2009, 29(5): 968-973.
- [10] 李国学, 李玉春, 李彦富. 固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(2): 252-256.
- [11] 周晓宏, 陈洪章, 李佐虎. 固态发酵中纤维素基质降解过程初步研究[J]. 过程工程学报, 2003, 3(5): 447-452.
- [12] 牛俊玲, 李国学, 崔宗均, 等. 堆肥中高效降解纤维素林丹复合菌系的构建及功能[J]. 环境科学, 2005, 26(4): 187-190.
- [13] HAUG R T. The Practical Handbook of Compost Engineering[M]. USA: Lewis Publishers, 1993.
- [14] BERNAL M P, PAREDES C, SANCHEZ - MONEDERO M A, et al. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes[J]. Bioresource Technology, 1998, 63(1): 91-99.
- [15] USEPA. Compost of municipal wastewater sludge mixed with rice hulls[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1981, 27(4): 477-486.
- [16] 牛俊玲, 崔宗均, 李国学, 等. 城市生活垃圾堆肥的成分变化及腐熟度评价[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 249-253.
- [17] ZUCCONI F, MONACO A, FORTE M, et al. Phytotoxins during the stabilization of organic matter[C]//GASSER J K R. Composting of agricultural and other wastes. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985: 73-86.
- [18] RIFFALDI R, LEVI - MINZI R, PERA A, et al. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses[J]. Waste Management and Research, 1986, 4(4): 387-396.
- [19] 金义兰, 左群, 陈建祥, 等. 4种药材对不同土壤酸碱度适应性研究初报[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(13): 5707-5709.
- [20] 任意, 张淑香, 穆兰, 等. 我国不同地区土壤养分的差异及变化趋势[J]. 中国土壤与肥料, 2009(6): 13-17.
- [21] 刘凤玲, 刘金山, 冯秋扬, 等. 不同栽培方式和营养液磷钾水平对万寿菊生长和开花的影响[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(3): 50-53.

(上接第182页)

表4 2013年延边朝鲜族自治州村庄房屋建设情况

地区名称	住宅		公共建筑			
	本年建房户数//户	人均住宅建筑面积//m ²	年末实有建筑面积//m ²	混合结构以上面积//m ²	本年竣工建筑面积//m ²	混合结构以上面积//m ²
延边朝鲜族自治州	3 766	21.37	34.02	12.03	1.80	0.90
汪清县	648	24.87	2.82	2.12	0.42	0.02
安图县	662	21.91	15.11	2.82	0.11	0.11
延吉市	271	23.17	1.66	0.92	0.22	0.10
图们市	229	25.75	0.03		0.03	
敦化市	799	19.10	5.20	3.51	0.42	0.42
珲春市	245	22.73	1.75	1.75	0.09	0.09
龙井市	558	20.02	7.21	0.78	0.51	0.16
和龙市	354	20.44	0.24	0.13		

注: 数据来源于延边州建设局2013年村镇统计年报。

评议, 避免低品质的作品充斥民族环境风貌。

2.2 保护生态景观, 完善公共设施, 创造宜居环境 为了建设好延边州农村宜居景观, 提高对人居环境的治理。政府可以帮助改善农村处理废物的设备; 改善村庄环境卫生; 借鉴欧洲农村社区建设方法, 建设集中的雨水排放水系统、家庭化粪池、污水处理系统, 100%的农村社区生活垃圾由市政当局集中收集和處理。通过对公共空间布局, 为村民提供良好的活动场所。

2.3 合理规划朝鲜族村落景观 在设计过程中, 可通过建筑、小品、娱乐设施等作为展现朝鲜族文化的基本载体, 将朝鲜族文化用各自不同的景观元素加以体现。在景观设计中借用朝鲜族传统聚落的布局、朝鲜族传统的建筑材料、民族特色颜色等, 体现其民族特征。

2.4 建立朝鲜族村落符号形象 树立朝鲜族村庄的民族理念与发展目标。在建筑方面, 首先要保护好原有的朝鲜族建筑, 在原有的基础上改建或新建建筑, 要尊重已有的自然环

境与民族特征。在街道、景观、建筑、节点标志等方面充分体现朝鲜族的民族特点, 构建具有代表性的民族符号。在人文方面, 尊重和保留朝鲜族村民的生活、行为、沟通、语言方式, 将民族精神有形化。从旅游者的角度出发, 构建具有民族特色的氛围, 使旅游者能够在情景中得到深度体验。

3 结语

我国少数民族丰富, 农村区域广阔, 做好少数民族地区的新农村景观规划设计, 不仅可改善少数民族农村的人居环境, 提高其居住的舒适性, 更能使我国少数民族丰富的文化得以传承, 丰富我国乡村建设的类型。

参考文献

- [1] 郑明媚, 邱爱军, 文辉, 等. 一个美国小城镇规划对我国的启示[J]. 国际城市规划, 2010, 25(6): 97-101.
- [2] 彭一刚. 传统农村聚落景观分析[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.
- [3] 刘黎明. 乡村景观规划[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [4] 罗瑜斌. 历史文化村镇行政管理体制探讨[J]. 小城镇建设, 2012(5): 92-96.