

城市绿色屋顶生物栖息生境设计与营建研究

贺 坤^{1,3}, 项耿铭², 韦捷峰³, 吴 威³, 章银柯⁴, 李小平^{1*}

(1. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062; 2. 浙江德信控股集团有限公司, 浙江 杭州 310014;
3. 上海应用技术学院 生态技术与工程学院, 上海 201418; 4. 杭州植物园, 浙江 杭州 310013)

摘 要:城市化进程影响了生物对栖息地的利用。绿色屋顶具有营建城市野生动物栖息生境的极大潜力, 可为鸟类、昆虫等在城市中迁徙提供栖息地和“踏脚石”。在相关研究的基础上, 探讨了绿色屋顶与动物栖息生境的关系, 从技术流程的构建、景观规划设计等方面阐述了绿色屋顶栖息生境营建的关键技术, 并结合研究成果进行了具体的屋顶栖息生境营造实践。

关键词:屋顶花园; 栖息生境; 景观设计; 城市野生动物

中图分类号: TU986 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2015)01-0263-05

Urban Green Roof Habitat Designing and Construction

HE Kun^{1,3}, XIANG Geng-ming², WEI Jie-feng³, WU Wei³, ZHANG Yin-ke⁴, LI Xiao-ping^{1*}

(1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
2. Zhejiang's Techfaith Holding Group Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 310014, China; 3. The Ecological Technology and Engineering School, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China;
4. Hangzhou Botanical Garden, Hangzhou, Zhejiang 310013, China)

Abstract: The urbanization process has affected the use of biological habitats. The green roof however, can provide habitats and stepping stones for birds and insects. There exist great potentials for the construction of green roof for the wildlife habitats. Based of the related researches, the relationship between the green roof with wildlife habitats was discussed. The key technologies about the technical process and landscape planning and design of green roof habitat were explained. Furthermore, some examples for the construction of green roof were put forward.

Key words: green roof; habitat; landscape design; urban wildlife

城市化是自然土地向城市用地转化, 人造景观尤其是高大建筑和硬化路面逐渐取代自然景观的过程^[1]。城市化进程使原本完整的自然生态系统被人工设施侵占并分隔成缺乏联系的生境斑块^[2], 影响了生物对栖息地的利用, 导致了城市物种生存环境趋于单一化和破碎化, 影响到鸟类等城市生物的生存环境^[3]。绿色屋顶作为高密度人居环境中增加绿地, 提高绿化覆盖率的有效手段, 被认为是城市中营建高质量栖息斑块的一种潜在解决方案和途径^[4]。

近年来, 国内对于绿色屋顶研究主要集中在对国外屋顶绿化先进国家的有关法规政策、技术经验

等进行解读, 以及结合具体的屋顶绿化案例, 对屋顶绿化的设计、施工过程、植物选择等进行了阐述, 部分学者还从城市生态角度出发对屋顶绿化的生态效益以及屋顶绿化工程的绿色价值的评价方法进行研究, 对于如何设计和营造绿色屋顶栖息生境, 为鸟类等在城市中迁徙提供“踏脚石”还缺乏深入研究。国外科学家的相关研究发现, 通过关注绿色屋顶增加城市生物多样性的潜力, 将绿色屋顶作为城市生物多样性战略的一部分, 指导和创建多样化的屋顶绿地, 可以为野生动物提供更加多样的城市栖息地^[4], 设计得当的绿色屋顶能为不同的鸟类和高达 254 种

甲虫提供栖息地^[5]。在对相关绿色屋顶栖息生境概念界定的基础上,从城市屋顶栖息地建设的关键技术入手,结合具体的案例对绿色屋顶栖息设计和营建进行研究,以期为城市野生动物和原生植物提供更好的庇护所和栖息地。

1 相关概念界定

栖息地又称生境,是指生物生活的空间和其中全部生态因子的总和,是动物在环境中的取食、活动、筑巢、隐蔽的具体地点^[6]。现存的主要城市栖息地主要包括公园、湿地、林地等,也包括各类校园绿地、城市河道、道路绿带、居住区绿地等。

“踏脚石”生境是指一些生态小斑块,他们可以帮助动物个体向较远的地方扩散,同时也方便个体在各个生境斑块之间的运动。城市中的各类栖息地斑块通过廊道的沟通和运输相互连通构成生境网络,是维持城市生态系统稳定的基础。然而,人类活动及高密度城市中建筑、城市道路等的阻隔,导致城市野生动物在绿地栖息之间中的迁徙受到了影响,自由传播和流动受到严重限制^[7]。在无法提供大量规模化绿化用地的情况下,通过设置小尺度绿地斑块,提供动物自由移动的“踏脚石”和“中转站”,增加城市的景观连接度是十分必要的^[8]。

绿色屋顶高出地面以上,周边不与自然土层相连接^[9],单块面积小但在城市空间中分布广泛,且较少

受到人为干扰。已有研究成果表明,通过系统化的景观设计和生境营建可使绿色屋顶成为一个有效的生态整体,在城市局部区域形成微气候环境,降低当地的热岛效应,为蝴蝶、蜜蜂等提供栖息、繁殖或暂时停留的中继站,为小型两栖或哺乳动物提供短暂的“避难所”,为鸟类提供迁徙的踏脚石和庇护条件^[10-12],可以成为野生动植物新的活动场所。此外,作为潜在的生物多样性场地,绿色屋顶较公园绿地等需要更少植物和能源,可在“水泥森林”中承担“小绿洲”的作用,建立鸟类等在城市绿地中迁徙的踏板^[4]。

2 绿色屋顶栖息生境营建关键技术

城市绿色屋顶野生动物栖息生境营建应结合城市屋顶的环境特点,从动物营巢、觅食、停栖、活动等习性出发,采用近自然的景观设计手法,进行环境的整合式生态设计,浓缩中大型栖息地的做法,通过积极干预促进自然环境的优化,为野生动物提供食物、遮蔽物、繁育场地等,吸引本地鸟类、蜜蜂、蝴蝶和其他野生动物进入其中,让屋顶空间变得鸟语花香。

在绿色屋顶建设的初始阶段,应该结合现状环境首先制定绿色屋顶栖息生境建设的技术流程,然后再从绿色屋顶的场地选址、生境潜力评价、目标物种的选择以及目标物种生境构成(包括植物构成、结构、绿色设施、构件空间等)等方面制定详细的营建技术导则,以用于指导栖息生境的营建(图 1)。

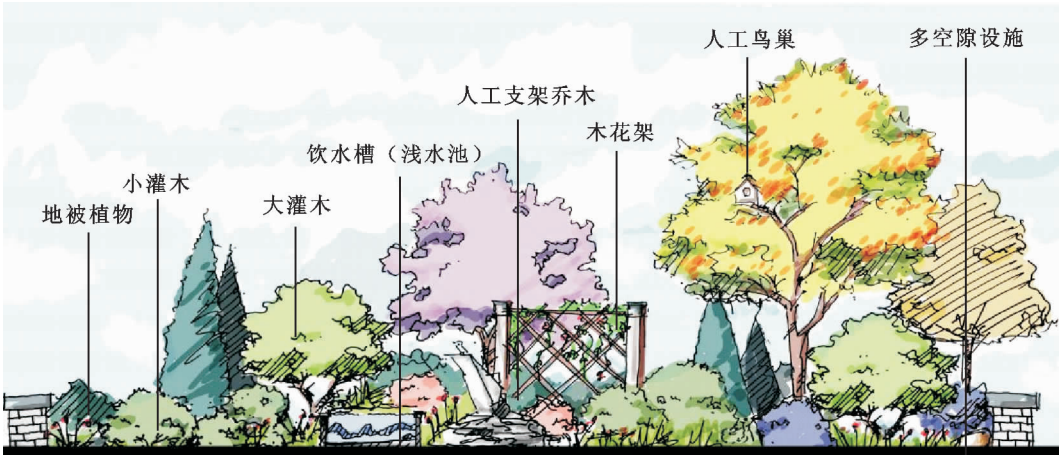


图 1 绿色屋顶栖息生境景观设计示意图

Fig. 1 The landscape design of urban green roof habitat

2.1 绿色屋顶栖息生境营建技术流程

参考自然保护区生物栖息地保护和修复的经验,结合城市绿地设计的技术规范(GB50420-2007,沪绿[2008]25号),绿色屋顶栖息生境设计及营造的流程应该包括:场地的选择及现状调查—目标物种的设定—绿色屋顶的景观规划与设计—生境施工

建设—监控与管理等几个关键阶段(图 2)。

绿色屋顶生境营建的所有阶段都要根据需要进行各种调查和反馈,并依据现状生境的状态,通过目标分析和环境潜力分析,构建适宜的目标生境模型或设计导则,用以指引生境营建的顺利实施。

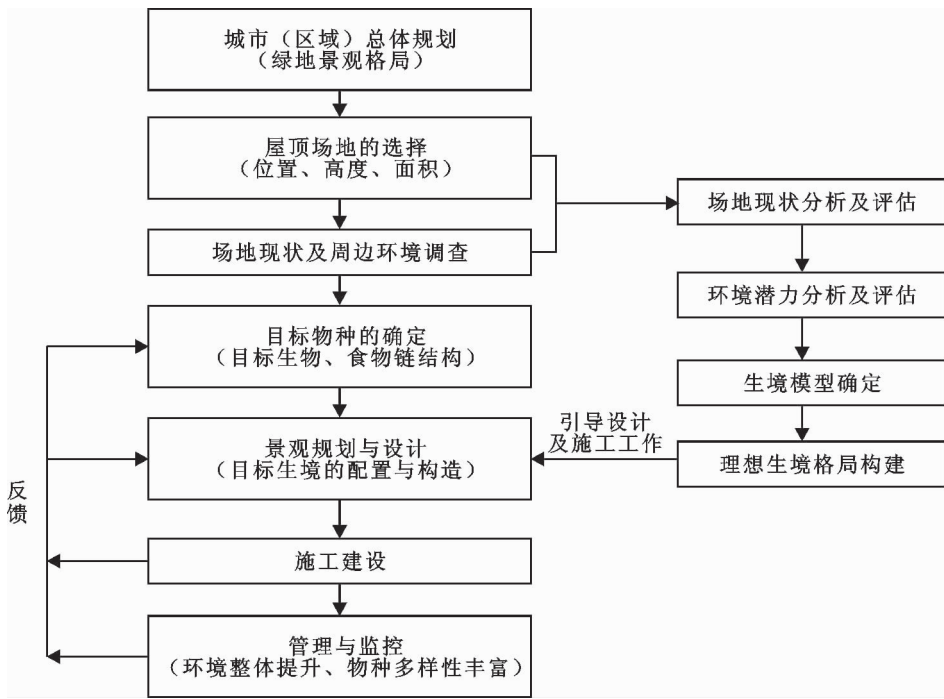


图 2 绿色屋顶栖息生境营造技术流程

Fig. 2 The technical process of green roof habitat construction

2.2 场地选址及生境评价

2.2.1 位置选择 适合于栖息地营建的屋顶应位于大型城市绿地和城郊自然生境之间的广阔区域内，屋顶周边应该有一定区域的绿色环境，场地比较僻静。但视野应比较开阔，便于目标物种能发现，具有充足的阳光照射，风力较小，如学校、企事业单位、政府部门、居社区等。此外，野生动物多将道路绿带和滨河绿地作为在城市中迁徙的主要通道，因此，靠近城市主要道路和河流附近的屋顶更可能成为合适的动物栖息地或者“踏脚石”。

2.2.2 场地高度 屋顶栖息地的物种多样性很大程度上取决于建筑物的高度^[13]，屋顶栖息地的高度应满足两个基本条件：一是，应较少受到地面人类活动影响，可以为野生动物提供较为安静的栖息环境；二是，要满足目标物种的筑巢习性和飞行能力，例如，大多数小型鸣禽在城市中的飞行高度一般不超过 300 m，一般鸟类的盘旋高度在 50~200 m 之间^[14]，一般昆虫的飞行高度则主要集中在几米到数十米之间。因此，满足动物栖息要求的绿色屋顶的高度应该集中在 10~100 m (3~30 层楼) 之间较为合适。

让更多的城市动物在绿色屋顶中栖息，还可以在屋顶与地面绿地之间建设具有链接作用的绿色墙体等迁移走廊，为昆虫和小蜥蜴等动提供一条绿色通道，帮助他们更好的拓展绿色屋顶使用空间。

2.2.3 场地面积 场地的大小与鸟类、两栖和昆虫

的多样性和密度呈正相关^[15]，尺度较大的绿地有利于物种的持久性，可以提供大量多样性的栖息地，满足不同物种的栖息需求。尺度较小的斑块拥有更高的周转率，通过增加生境的复杂性(多变的景观类型和复杂的植被结构)，可以成为高品质的“踏脚石”。因此，作为栖息地的屋顶并不一定需要相当大尺度的面积，但景观和生境的类型应该尽可能的复杂多样，以满足尽量多的物种生存需求(图 1)。

2.3 目标物种选择

城市中包含数以百计的动物种类，栖息生境应以“指示物种”对理想生存空间的要求及其生活习性作为设计和建设的指南^[16]。由于条件限制(屋顶高度、面积、气候条件)，屋顶栖息地通常选取鸟类、昆虫等具有较大活动能力的目标物种，一些小型的哺乳类和两栖类动物也可以引入绿色屋顶空间。目标物种还应从城市生态，居民审美、心理等角度出发，多选取城市居民喜欢、常见的动物种类，直观的向居民传达栖息地营建和环境保护的意义。

此外，创建屋顶生境的目的是在绿色屋顶中创造、再生高密度的生物栖息空间，从环境自然化的角度来看，还应该考虑微生物、植物、昆虫和鸟类的食物网结构，通过健全屋顶的基础生态环境(土壤、微生物)，增加无脊椎动物以及蜘蛛、甲虫、蚂蚁、蜜蜂等昆虫类的数量^[6]，使高等生物拥有丰富的食物基础，吸引鸟类等肉食性动物前来，以形成稳定的食物链结构，达到促进生物多样化的目的。

2.4 目标物种生境构成设计

2.4.1 土壤及地形设计 研究表明,95%以上的昆虫与土壤有或多或少的关系,通过增加土壤孔隙度和设计复杂的地形,可以有效增加生物多样性^[5]。

绿色屋顶的土壤应选用来自场地附近的自然土壤,也可以选用具有较大的孔隙度、较高保水性的轻型有机土壤,以减少屋面载荷,并提供水分、养分需求,使土壤可以容纳更多的微生物。在较大尺度的绿色屋顶中,塑造大尺度、多变化的地形环境结合多样的植被类型可以产生各种不同的小环境区域,创造各种小气候,在局部形成集水区,为多种生物提供栖息环境。而在较小尺度的屋顶中,结合景观构筑物的高差变化,进行小尺度的竖向营造,可为某些小型动物创造特殊的微栖息地,增强生物生存环境的多样性。

2.4.2 植物及群落设计 而城市空间的植物和动物构成相互关联的复杂食物网,生物多样性与栖息地的植被群落结构成正相关^[17]。因此,屋顶栖息地的植物选择应该在满足屋顶环境要求的前提下应尽量多样,主要的原则如下:原生树种是屋顶栖息地植物首选,在长期的进化过程中原生物已经与当地的动物建立了一种共生关系,成为他们可以识别的食物来源;其次,从目标物种的习性如招引、觅食、遮蔽等方面考虑,一些昆虫及其幼虫对取食植物有专一性,它们的分布和数量多依赖于一些芳香类或者蜜源植物。此外,鸟类喜欢浆果或者坚果类树种,特别是在冬季和早春食物短缺季节能够挂果的植物。两栖类动物和鱼类更喜欢相对潮湿的草丛或水草丛生的环境。

植物群落的空间结构为动物等提供了良好的遮蔽环境,减轻风和其他不良因素的影响,绿色屋顶应采用近自然的方式营造复层植物群落,绿化植物的配置要做到尽量密集,减少开放区域的面积。要避免植被结构及功能单一,尽量构建稳定的、多物种长期共存的立体植物群落,提高屋顶环境的多样性和自然度。在立地条件较差的屋顶上,通过茂密的灌木种植和花卉草本植物也可以增加场地的空间异质性,为鸟类、蝴蝶、蜜蜂等提供产卵和繁殖的场地。

2.4.3 水体设计 水体可供野生动物饮用、洗浴和繁殖,对生物多样性起着重要的作用。水池、溪流等水体环境可以在场地中创造多样的生境空间,为不同的动物提供栖息地。许多昆虫和两栖类动物也需要水体作为生命史的过渡空间。因此,在屋顶设计一定的水体空间,无论从景观效果,还是动物需求方面都是十分必要的。

为满足野生动物需求,可在屋顶建设水深在 15 cm 以内的浅水池,既能保持水体干净、减少维护次数,又能更好的吸引鸟类和其他昆虫类等动物来饮用。此外,各类景观化制作的水钵、水槽、水箱等盛水装置以及喷泉和类似的结构,也可以在绿色屋顶中使用。

2.4.4 人工设施 绿色屋顶的景观设施应从野生动物停留、筑巢的习性出发,在满足使用和观赏功能的前提下设计成多空腔的结构,比如防腐木搭建的花架或者竹子制成的棚格,利用碎石或空心砖搭建的挡土墙,透空的砖砌景墙等设施均能为动物提供停留或者筑巢的环境。

从招引鸟类的角度出发,利用天然树枝经防腐处理的人工支架,显得自然舒适,又不与周围环境相抵触;而固定区域设定的水槽、食槽通过景观化的处理也可成为有效的招引设施。为方便鸟类的繁殖,人工鸟巢是必不可少的,因为鸟类在巢箱内筑巢的成功率比在自然环境中要高很多。对蜜蜂等则可以在花木集中的树枝间设置人工蜂巢或者其他多孔的装置进行招引。

3 基于生物栖息生境的绿色屋顶建设实践

3.1 现状及环境分析

场地位于上海市西南侧的闵行区紫竹幼儿园。幼儿园的南、西、北三侧均为居住区和高等院校校园,东侧为未开发土地,现状为农田,在距离幼儿园 5 km 的范围分别有紫竹科学园绿地和 2 所大学的集中性绿地,绿地面积较大。

上海属于北亚热带海洋性季风气候,四季分明,日照充足。根据 2007 年上海市城市绿地野生动物调查结果,上海市共有野生动物种类超过 120 种,其中大部分为鸟类,有 110 多种。

3.2 场地生境潜力分析

屋顶花园选择在幼儿园主楼的三楼阳台,场地的总面积大约 400 m²,屋顶周边为教师办公区,较少受人工活动干扰,屋顶高度为 12 m。根据以上所列的场址选择及评价指标,本场地的位置、面积和高度均满足屋顶栖息地的条件。幼儿园内部及周边环境均较为安静,周边的高校和农田有大片的集中绿地,此处屋顶花园正好作为几片绿地之间的踏脚石。因此,场地具备建设绿色屋顶栖息生境的潜力。

3.3 目标物种选择

根据上海市城市绿地重要野生动物分别情况,保持与周边环境的景观连接度和生物链结构,选择

以鸟类麻雀 (*Passer montanus*)、喜鹊 (*Pica*)、珠颈斑鸠 (*Streptopelia chinensis*) 和昆虫类动物作为目标物种。

3.4 目标物种生境设计

3.4.1 植物配置 选择的植物品种多为花灌木和小乔木,其中浆果类植物有垂丝海棠 (*Malus halliana*)、杨梅 (*Myrica rubra*)、樱桃 (*Cerasus avium*) 以及火棘 (*Pyracantha fortuneana*) 等;蜜源性植物有山茶 (*Camellia japonica*)、含笑 (*Michelia figo*)、栀子 (*Gardenia jasminoides*)、薰衣草 (*Lavandula*)、桂竹香 (*Cheiranthus cheiri*)、薄荷 (*Mentha haplocalyx*) 等;为创造多样的生境条件,在花园一角设计了一处蔬菜园,种植各类时蔬。

3.4.2 景观设施 考虑到建筑承重和防水等要求,较大型的植物均种植在特制容器中,容器采用多空隙的结构模型制作,通过容器的组合形成多变的空间结构,可为昆虫等动物提供了生长空间;为方便鸟

类饮水和昆虫的繁殖,增加花园的观赏特性,在屋顶一侧建造一处小型水景,水深仅 10 cm 左右,在水池底部用干净卵石作为铺底,种植盆栽的水生植物;道路铺装采用多空隙的木铺装和汀步铺装,木铺装的局部地段抬高为昆虫等提供穿行的通道,保证道路两侧的生境形成一个整体;在靠近墙体区域设计攀援植物种植棚格,而在场地的西侧设计一处镂空的珠算景墙,以上构筑物成为鸟类停留的最爱;屋顶花园建成后,组织小朋友制作了人工鸟巢、蜂巢等招引设施,放置在花园的小乔木和人工构筑物上。

3.4.3 结果观测 项目 2013 年 5 月建成后对花园进行了定期的管理和检测。在建成后以一周就发现有麻雀和喜鹊停留其中,冬季来临前栖息地的鸟类种类逐渐增加,垂丝海棠、火棘等植物的果实则为麻雀等留鸟在冬季提供了食物;蝴蝶、蜜蜂等昆虫在夏季大量出现。

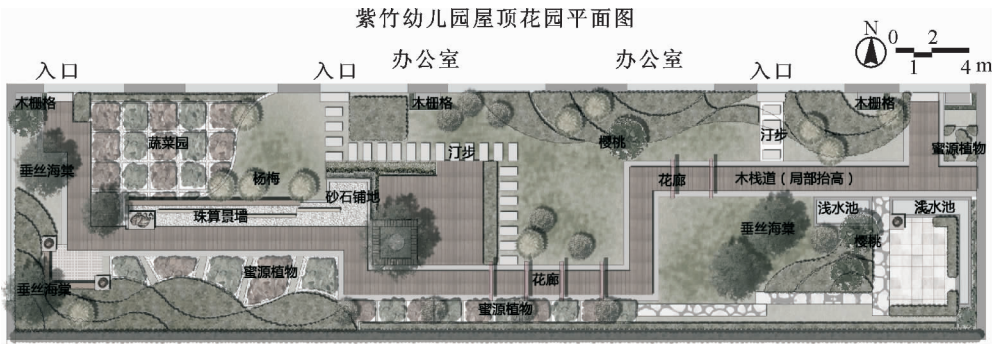


图 3 幼儿园屋顶花园平面图

Fig. 3 Master plan of the green roof habitat in the nursery

4 结论

绿色屋顶作为增加城市绿地面积,提高城市园林生态效益的有效手段,可以为城市生物提供更加多样的栖息生境。屋顶栖息生境的构建应从绿色屋顶的设计和营建流程体系构建出发,对绿色屋顶的场地选址和生境潜力进行评价,最后对绿色屋顶生物栖息生境的目标物种的选择和目标物种的生境构成进行深入研究,其中,项目的前期研究和设计导则的制定对于绿色屋顶栖息地营建至关重要,而合理的景观设计则屋顶栖息地建设的关键所在。

参考文献:

[1] ESTEBAN F-J, JUKKA J. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and Northern Europe[J]. Biodiversity & Conservation, 2001, 10(12): 2023-2043.

[2] 戚仁海. 生境破碎化对城市化地区生物多样性影响的研究-以苏州为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.

[3] 晏华, 袁兴中, 刘文萍, 等. 城市化对蝴蝶多样性的影响: 以重庆市为例[J]. 生物多样性, 2006, 14(3): 216-222.

[4] SHEILA R C, ERIN W, LAURENCE P. Can green roofs provide habitat for urban bees[J]. Cities and the Environment, 2009(2): 1-12.

[5] BAUMANN N. Ground-nesting birds on green roofs in Switzerland: preliminary observations[J]. Urban Habitats, 2006 (4): 37-50.

[6] 乔·布莱恩·布雷, 杨云峰. 动物栖息地结构、场地整治方法论证-溪红点鲴栖息地适宜性指标案例研究[J]. 风景园林, 2011, 8(4): 140-148.

[7] 陈波, 汪科继. 高速城市化时代的城市生物多样性保护和规划[J]. 现代园林, 2006(1): 15-19.

CHEN B, WANG K J. Biodiversity conservation and planning in the time of rapid urbanization [J]. Modern Gardens, 2006 (1): 15-19.

[7] NILSSON J, KIHLEÉN A, NORELL L. Are traditional cooperatives an endangered species? About shrinking satisfaction, involvement and trust[J]. International Food and Agribusiness Management Review, 2009, 12(4): 103 - 123.

[8] 谢启超,郑华. 发达地区土地股份合作社社员满意度影响因素分析[J]. 西部论坛,2011(5):19-24.

XIE Q C, ZHENG H. Analysis of influential factors on farmers' satisfaction of the land joint stock cooperative in developed areas [J]. West Forum,2011(5):19-24. (in Chinese)

[9] 戴兴安,张小罗. 集体林权改革驱动因素探讨[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(3): 210-213.

DAI X A, ZHANG X L. Accord development in the reform of the collective forest owns hip[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(3): 210-213. (in Chinese)

[10] 崔凤,赵俊亭. 参合农民对新型农村合作医疗的满意度分析——对山东省青州市谭坊镇农民的调研[J]. 人口学刊, 2012(1):68-77.

[11] 王桂涛,胡申,康凯丽,等. 影响农户参与林业合作经济组织的因素分析——基于北京市农户的实证[J]. 林业经济问题, 2011(2):110-114.

WANG G T, HU S, KANG K L, *et al.* Analysis on the factors influencing farmers participate in forestry cooperation; based on an empirical analysis of farmers in Beijing[J]. Issues of Forestry Economics,2011(2):110-114. (in Chinese)

[12] 张静,支玲,段庆书,等. 云南省林业专业合作经济组织发展及对策研究[J]. 林业经济,2011(8):42-44.

ZHANG J, ZHI L, DUAN Q S, *et al.* Studies on the forestry cooperative economic organization development and countermeasure in Yunnan[J]. Forestry Economics,2011(8):42-44. (in Chinese)

[13] 兰思仁,郑天汉. 关于福建省林业合作经济组织发展的思考[J]. 林业经济,2010(12):31-34.

LAN S R, ZHENG T H. Development of Fujian forestry economic cooperation organizations[J]. Forestry Economics, 2010(12):31-34. (in Chinese)

[14] DOLEN W V, LEMMINK J, MATTSSON J, *et al.* Affective Consumer responses in service encounters; the emotional content in narratives of critical incidents[J]. Journal of Economic Psychology, 2001,22(3): 359-376.

[15] 王登举,李维长,郭广荣. 我国林业合作组织发展现状与对策[J]. 林业经济,2006(5):65-68.

WANG D J, LI W C, GUO G R. Current status and countermeasures for forestry cooperation organization in China[J]. Forestry Economics,2006(5):65-68. (in Chinese)

[16] 何安华,孔祥智. 林业专业合作社发展与林权抵押贷款担保——以浙江丽水市创新竹木专业合作社为例[J]. 林业经济问题,2009(4):331-335.

HE A H, KONG X Z. Forestry development and forest rights of professional cooperative mortgage loan guarantees; a case of study in innovative bamboo specialized cooperatives of Lishui City[J]. Issues of Forestry Economics,2009(4):331-335. (in Chinese)

[17] MILLER K L, MONGE P R. Participation, satisfaction and productivity: a meta-analytic review[J]. Academy of Management Journal, 1986,29(4): 727-753.

[18] 李大治,王二平. 公共政策制定程序对政策可接受性的影响[J]. 心理学报,2007(6):1093-1101.

[19] 吴明隆. 结构方程模型——AMOS 的操作与应用[M]. 重庆:重庆大学出版社,2009:212-247.

[20] FORNELL C, LARCKER D F. Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error[J]. Journal of Marketing Research, 1981(1): 39-50.

(上接第 267 页)

[8] 王贤,段溯古. 北京市域绿道网构建的思考[J]. 西北林学院学报,2012,27(6):194-200.

WANG X, DUAN Y G. Thoughts on building Beijing greenway network[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012,27(6):194-200. (in Chinese)

[9] 吉文丽,李卫忠,王诚吉,等. 屋顶花园发展现状及北方屋顶绿化植物选择与种植设计[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(3): 180-183188.

JI W L, LI W Z, WANG C J, *et al.* A study on present situation of roof garden, plant select and planting design in northern roof garden[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005,20(3):180-183. (in Chinese)

[10] STEPHAN B. Space for urban wildlife: designing green roofs as habitats in Switzerland[J]. Urban Habitats, 2008, 4(1), 27-32.

[11] 赵晓英,金晓玲,胡希军,等. 国外屋顶绿化政策对我国的启示[J]. 西北林学院学报,2008,23(3):204-207.

ZHAO X Y, JIN X L, HU X J, *et al.* The enlightenment of foreign roof garden policies to China[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(3):204-207. (in Chinese)

[12] FERNANDEZ-CANERO R, GONZALEZ-REDONDO P. Green roofs as a habitat for birds: a review[J]. Journal of Animal and Veterinary Advances,2010,9(15),2041-2052.

[13] 隋金玲,胡德夫,李凯,等. 北京市区不同绿化带内夏季鸟类的群落特征[J]. 林业科学,2006,42(7):66-72.

SUI J L, HU D F, LI K, *et al.* Characteristics of bird communities at different green belts of Beijing Urban Area in Summer[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006,42(7):66-72. (in Chinese)

[14] 鸟博士. 鸟类迁徙的飞行高度[EO/OL]. 鸟类网,2008(9). (<http://niaolei.org.cn/posts177>)

[15] 肖琨. 北京紫竹院公园不同结构绿地的生物多样性研究[D]. 北京:中国农业大学,2007.

[16] 赵明远,刘章璐. 国内外城市生物多样性保护规划发展现状及其规划途径、方法的探讨[J]中国人口·资源与环境,2009(19):662-666.

[17] 隋金玲,李凯,胡德夫,等. 城市化和栖息地结构与鸟类群落特征关系研究进展[J]. 林业科学, 2004,40(6):200-205.

SUI J L, LI K, HU, D F, *et al.* Progresses of studies on biodiversity of urban birds[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(6):200-205. (in Chinese)