

文章编号: 1004-8227(2009)09-0819-06

城市景观生态网络规划的空间模式应用探讨

王云才, 刘悦来

(同济大学建筑与城市规划学院景观学系, 上海 200092)

摘要: 城市景观生态网络空间模式研究是生态城市和景观规划设计现今研究的重要领域之一, 目的在于依据景观生态网络模式的应用建立起生态城市规划建设的基本框架和技术途径。在探讨城市景观生态系统特征和城市景观生态网络结构的基础上, 总结景观生态网络空间模式并重点分析了水景树的空间生态模式、森林-道路-住宅复合网络模式、平原城市农田-灌木丛-河流交叉网络模式、岛屿城市的绿地-道路生态网络模式 4 种城市景观生态网络典型模式的图示特征及其生态意义。依此为理论指导基础, 以都江堰为例, 在继承都江堰大地景观格局并结合都江堰市灾后重建需求的前提下, 研究都江堰市城市景观生态格局和生态过程, 探讨在不同尺度和不同维度上运用 4 种网络图示进行都江堰城市景观生态网络优化调整的空间模式和对策。(1) 依据“水景树图式”优化调整纵向维度景观生态格局;(2) 依据“森林-道路-住宅”和“农田-灌木丛-河流”网络调整横向维度景观生态格局;(3) 依据岛屿城市的“绿地-道路”景观生态网络调整城市组团景观生态格局。

关键词: 城市景观生网络; 空间生态模式; 优化调整; 灾后重建; 都江堰市
文献标识码: A

城市景观生态网络研究是近年来城市景观生态学发展及其应用的重要领域。在城市与区域规划、城市绿地系统规划、生态城市规划中如何建立具有可持续特征的城市景观生态网络框架, 为城市发展和城市规划提供不同维度和尺度空间上的依据成为现今重要的研究课题。在国际景观生态研究的过程中, 不少学者试图通过对景观生态格局和景观生态网络进行典型片区的典型图样研究归纳总结景观生态空间生态模式, 以得到理想的景观生态组合^[1~7]。但从景观生态学研究进展来看, 景观生态空间模式研究大多都处在理论模式的探讨中, 更多探讨的是理论模式的科学意义, 但理论模式离实践应用和指导还具有一定的距离。正是基于景观生态理想模式的研究, 结合规划设计学科的技术途径, 将景观生态理想模式应用到城市规划之中, 成为生态规划设计的重要理论基础和实践应用。

1 城市景观生态网络及基本形态特征

F Ratzel 认为“城市是地处交通便利的环境, 占

据一定地域面积, 由密集的人群、建筑和建筑设施组成的集合体”。广义上讲城市景观生态系统是一个无穷维的生态系统空间, 物流、能流、信息流、人口流和资金流的时空跨度较大, 空间分布不一定连续, 空间边界具有模糊性和抽象性。城市景观生态系统中城市自然、社会、经济交织在一起, 形成城市整体人文生态系统的复杂运动^[8]。城市景观生态系统形成以人为核心的具有高度聚集性、不稳定性、开放性和协调需求的系统特征^[9]。城市景观生态网络的基本形态特征如下。

1.1 不同驱动力下的城市景观生态网络形式

能量是网络形成或变化的内在因素。在城市景观生态网络形成中, 结点是网络形成的关键环节。如结点是生态网络向外扩张的源头, 则形成向外爆破状的景观生态网络形态特征; 反之则形成向内部结点收拢的内收式生态网络特征。树枝状网络是由分散或汇集的水流形成, 分枝多出现在基质遇到阻碍或其他因素变化的地方。直线网或不规则网通常是由横轴的力度过弱或有多方力量牵制却没有一个占主导地位所形成的。基于驱动力和图论理论,

收稿日期: 2008-08-22; 修回日期: 2008-12-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(项目编号: 50878162); 国家科技支撑计划(项目编号: 2008BAJ10B02)。

作者简介: 王云才(1967~), 男, 陕西省勉县人, 教授, 博士生导师, 主要从事生态规划和旅游规划设计等领域的研究。

E-mail: wyc1967@sina.com

1984 年 Forman 和 Baudry 提出“十”、“T”、“L”3 种空间连接类型。1986 年 Forman 结合英国 Devon 郡中世纪农田中的树篱模式绘出了拓扑空间上的具有不同连通性和环通度的 2 个空间网络模式。1989 年 Hellmund 进一步提出分枝网络和环形网络 2 种空间形式,成为景观生态网络的基本形态特征^[10]。

1.2 基于景观形态特征的空间生态网络

依据景观形态特征,哈佛大学 Margot D Cantwell 和 Richard T T Forman 提出了 8 种城市景观生态网络图式(图 1)^[11]。“项链”是道路、灌木篱墙、输电线廊道、道路和河流等的典型线性模式。“蜘蛛”是一个中心结点并有多于 4 条连接线与其他景观元素相连的模式。“图样细胞”是构成项链网络的区域或单元。“十字架”模式有 4 个极性键连接远离中心交叉点的 4 个圆周结点。“卫星”模式由一种单一元素类型围绕的孤立的斑块。一个结点仅有一条连接线。网络模式描述 3 个或者更多在规模上类似的反复出现的元素类型。网络中每个结点的连线数大致相同。“枝状”模式描述了一个中心景观元素在一侧与多个元素相连而另一侧与一种元素相连情况。“刚性多边形”模式出现于当 4 个或更多结点与一个点相连的情况,表现为在一个正方形中 4 个完全相连的结点。

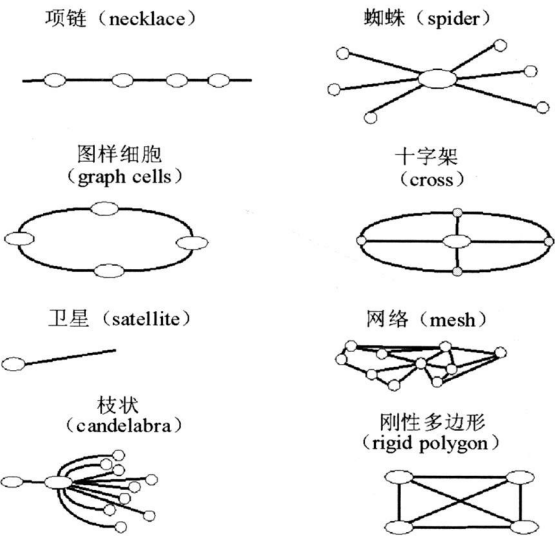


图 1 8 种常见和不常见的图样模式^[13]
Fig. 1 Eight Usual and Unusual Models of Network

2 城市景观生态网络的典型图式

城市景观生态网络的基本形态是构成城市复杂

网络的基本单元和图式基础。在复杂的城市景观生态系统中不同空间和作用机制下形成由不同的基本形态进一步复合成为复杂镶嵌的综合网络模式。

2.1 典型图式 1: 市域尺度上的水景树空间生态模式

在空间形态上,水景树是枝状模式的具体体现,是以纵向维度为主展开的空间网络形式。水景树的空间生态模式可以从 2 个层面展开。一是大尺度的区域生态网络结构。完整的水景树空间在区域范围内保持完整的生态过程和格局,通过河流网络实现对区域功能性空间的划分和生态网络的建立。二是城市内部的河流网络系统空间。城市中存在的不同等级的河流水系将城市生态形成一个不可分割的整体,对城市空间进行分割,这种分割奠定了城市中多样化镶嵌状态的土地单元,为城市功能区规划奠定了自然空间格局。该格局既是大地景观的母体,也是城市生态规划必须尊重的基本格局(图 2)。

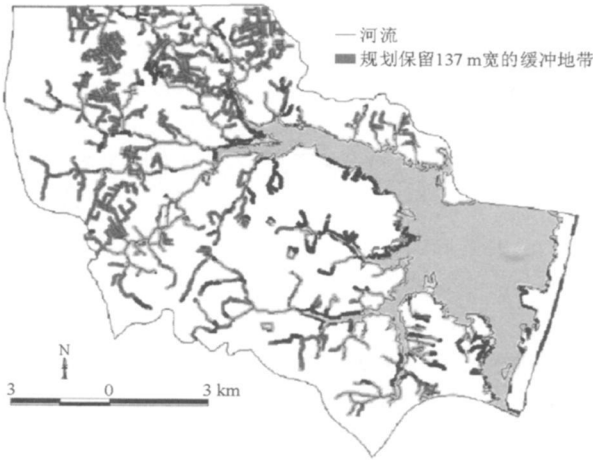


图 2 水景树的空间生态格局
Fig. 2 Ecological Model of Water-Scape Tree

水景树空间生态模式的要点不仅仅是奠定完整空间生态的基本格局,同时水景格局的存在也在一定程度上限制了人类活动的空间范围和活动方式^[12]。在水景树的框架中,水系体系分割的半包围和包围空间都是镶嵌在整个水景树结构中的特殊用地类型,为人类活动提供了必要的相对集中的区域,同时也使人与水的作用达到安全前提下的最大化。水系体系的存在将区域生态连接为一个完整过程和格局的同时,也具有自身的完整性和稳定性。在 2 个被分割的生态空间中,河流从中穿过成为作用于两个空间的重要的景观生态界面。该界面不仅要保持完整性、延伸性和自然性,还要保持一定宽度的缓冲性,从而才能够在自然稳定的前提下有效发挥区

域的生态功能。因此, 水景树空间生态模式要求: (1) 保护各级水系的连续性和完整性; (2) 对不同级别水系设置不同宽度的生态缓冲空间。 (3) 在城市中生态缓冲空间不仅仅提供足够的生态效应, 还成为重要的公共游憩休闲空间, 还是重要的城市防灾避灾空间。在区域生态格局中, 界面往往不是安全的人居空间, 只有在半包围和包围空间的内部才是安全和稳定的区域。水景树的空间生态模式为城市景观生态规划和格局建立提供了全新的模式。

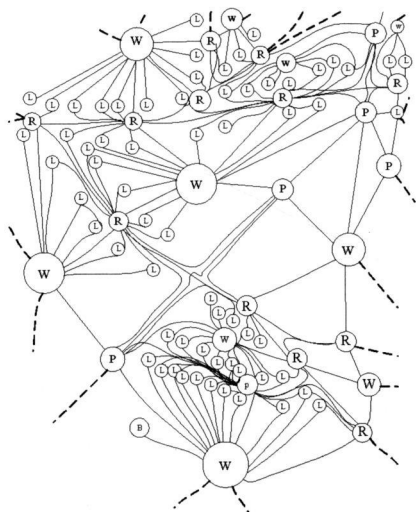
2.2 典型图示 2: 以居住为核心的“森林-道路-住宅”复合网络

Margot D Cantwell 和 Richard T T Forman (1993) 在对美国南方马萨诸塞州的研究中提出的一个森林-道路-住宅复合网络(图 3)^[13]。该景观图样表达“居住-田园森林”景观区域。结点代表景观元素, 连线代表 2 个元素间共有的边界和指向。景观元素为 W(森林)、F(农田)、L(住宅空旷地)、R(道路)、P(输电线)、B(沼泽), 虚线表示图片区域外可能存在的连接。在图样中项链模式阐明对角线输电线和道路, 蜘蛛模式表达森林; 图样细胞模式说明道路和输电线围成的三角形的区域。而卫星模式表达孤立的沼泽。该网络中共有道路 12 个、住宅空旷地 64 处、森林 11 片、输电线 12 条, 农田 1 片、湖泊 1 个。从网络空间上看, 形成了以 4 片较大面积森林为依托, 以 2 条主干道路为轴线的“4 片 2 廊”的网络结构; 同时在片区内部。依托较小面积的森林绿地形成了次级居住组团的镶嵌特征。从图中可以看

出连接性最好的森林可以和所有景观类型相连。既可以在纵向维度上沿河流等大型廊道和道路通道延伸, 也可以在横向维度上依托多条廊道向外渗透, 为人类活动和居住提供了良好景观环境、便捷交通条件和高品质人居空间和生态安全的人居环境。

2.3 典型图示 3: 平原城市自然半自然景观为主的“农田-灌木丛-河流”交叉网络

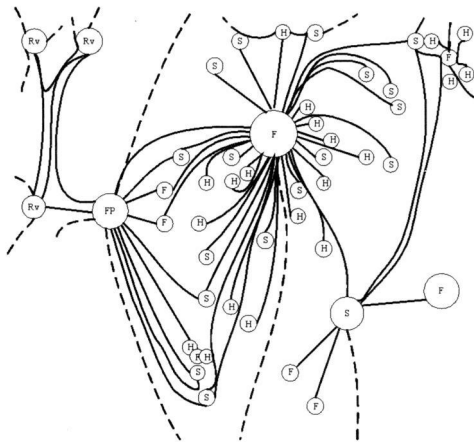
Margot D Cantwell 和 Richard T T Forman (1993) 在对美国西部大平原普兰特河区域(The Platte River area)研究后提出的平原城市郊区形成的农田-灌木丛-河流交叉网络(图 4)^[17]。该景观图样表示半自然的农田景观、河流漫滩和灌木林地 3 种景观融合交叉的区域。景观元素为 RV(河流)、FP(漫滩)、F(农田)、H(灌木篱墙)和 S(灌木丛/森林)。在图样中灌木丛斑块围绕的农田基质的蜘蛛模式是该图样的中心。卫星模式描述了一个仅与基质相连的孤立的灌木丛斑块, 右侧是一片很大的相交叉的由一系列灌木丛围绕的农田。枝状模式描述了与左侧河流相连并与右侧其它元素相连的漫滩。该网络共有交叉农田 3 片、交叉灌木丛 1 片, 独立农田 3 片, 残余灌木丛 17 片、灌木篱墙 15 个、河流 3 条。从图式可以看出城市、河道景观、农田-灌木丛-森林景观 3 大景观单元相对独立又相互依托形成一个整体。在城市外围主体上形成了以农田为中心, 农田外围是灌木丛或森林景观, 河流及其形成的大片湿地漫滩在城市和农田之间形成了宽阔的生态通道。该模式可以作为城市中心残余自然和半自然景观以及城市郊区广泛存在的城市生态缓冲空间的规划模式。以农业生产为主, 高度融合河流漫滩、湿地、



W(森林);F(农田);L(住宅空旷地)
R(道路);P(输电线);B(沼泽)

图 3 森林-道路-住宅复合网络^[13]

Fig.3 Mosaic of Forest+Road+Houses



RV(河流);FP(漫滩);F(农田)、
H(灌木篱墙);S(灌木丛/森林)

图 4 农田-灌木丛-河流交叉网络^[13]

Fig.4 Mosaic of Farmland+Forest+River

灌木林地和低密度居住的生态景观空间,形成具有较高连接性特征的城市绿色空间。

2.4 典型图示 4: 岛屿城市的绿地——道路生态网络

王海珍等在厦门本岛绿地系统规划的基础上,并参考图 1 中的网络类型,构建了相对封闭环境下的岛屿景观生态网络(图 5)^[14]。在岛屿特殊的空间形态和生态联系中,将岛屿绿地系统进行空间分析,对生态网络存在的主要问题归类,其中岛屿主要存在的问题是生态网络 A 和 B 没有形成封闭的环。若将生态网络 B 中的主通道闭合,通过网络设计可构建为生态网络 C。再者,该网络中廊道数量较少。通过有效连接,在生态网络 C 的基础上,运用主通道和次通道理论将所有结点连接起来,构建具有较高复杂性的生态网络 D。在生态网络 D 的基础上,结合现状,将一些廊道由短直线分散连接设计为沿道路干线连接的绿化廊道,而与结点相连的廊道设计为与边界连接,经调整后得到生态网络 E。从 A 到 E 的过程揭示了先环路链接,再主次廊道连接;先自然格局调整,再人工道路优化的规划过程,从而完成岛屿城市绿地——道路相结合的网络模式。

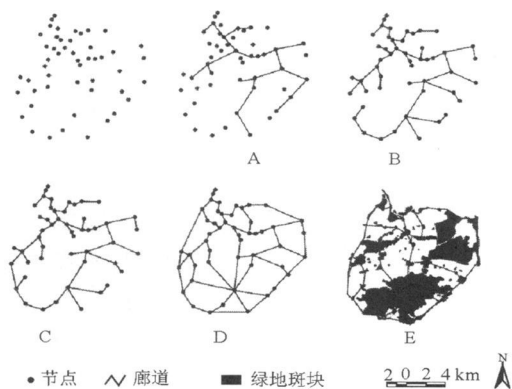


图 5 岛屿环线的绿地-道路生态网络^[15]

Fig. 5 Greenland-Road Ecological Network of Island

3 都江堰市城市景观生态网络优化调整

3.1 大地景观格局与生态网络特征

岷江在通过紫平铺,穿茶坪山后进入出山口,展现出一泄千里的奔流格局,塑造了以都江堰工程为顶点自西北向东南倾斜的巨大山前冲击平原,地面上堆积厚达数十米的第四季冲积物。都江堰灌区由 1949 年前的 186 667 hm^2 发展到目前的 533 333~666 667 hm^2 。灌渠以都江堰渠首为节点,经过一分二,二分四,四分八等等的分解,形成了遍布冲击扇

平原的辐射状与枝状结构为一体的水景体系,大地景观格局呈现出一幅巨大“水景树”格局^[15]。从动力学因素来看,河流上游到下游呈现的是逐步汇集的过程,而都江堰灌渠水景树则呈现出的是由上游到下游的逐级分流的过程。在这幅反过程的水景树体系中依托沿灌渠分布的大小湖泊,形成串珠状结构和细胞状结构。城市与村镇是水景体系中重要的节点,灌渠除都江堰穿城而过外,大多数村镇都形成与灌渠相邻的格局。在大地景观格局中,灌渠多以扇形纵向延伸为主,由于灌渠水流快,成为向灌区输送灌溉用水的重要通道。纵向结构和联系较为发达,但横向联系缺乏必要的形态,只能依靠农田将相互分割的横向生态过程连接起来。从农耕经济特征和社会格局来看,发达的纵向生态过程和灌溉形成的横向生态联系形成纵向显形和横向隐形的生态网络联系体系。

3.2 快速城市化对景观生态网络扰动与冲击

在纵向显形和横向隐形的生态网络体系中,城市和村镇的大规模发展,逐步改变了城镇与灌渠的关系。在灌渠穿越村镇和城市的同时,出于防洪功能的考虑,灌渠的驳岸逐步硬化,并将灌渠塑造成为输水的管道。因此,在降低了灌渠纵向生态联系的同时,随着城市占地范围的扩大,将原本完整的隐形生态过程隔断,使横向生态过程不能完整的存在。因此快速和连片化的城市发展成为都江堰灌区和城市沿纵向空间的连片化景观生态网络破坏的重要因素。都江堰老城区的建设就是一个典型,所有的灌渠都纵向发展,横向缺乏联系的途径,且灌渠的水枯期以 3 m/s、丰水期以 6 m/s 的速度快速穿城而过。城市中的公园建设、绿地建设、湿地等都呈现出孤立的分布特征,在城市景观生态网络格局中缺乏有机的联系^[17~19]。

3.3 都江堰城市景观生态网络优化与调整

3.3.1 依据“水景树图式”优化调整纵向维度景观生态格局

纵向维度是都江堰城市景观生态格局的重要特征,优化调整集中在:(1)在纵向空间上对不同等级灌渠两侧建设生态缓冲带,在岷江两侧形成各 300 m、1 级灌渠两侧各 100 m、2 级灌渠两侧各 50 m、3 级灌渠两侧各 30 m 的生态空间,不仅提供足够的多样性的生态环境和生态空间,而且成为防灾减灾和城市游憩休闲的重要景观空间。在穿越城区的较高级别灌渠的驳岸设计上,可以通过加深灌渠,扩大灌渠断面和建设防洪的自然驳岸的方式,拓

展灌渠的生态功能和生态空间,通过营造河道生态系统,推动城市景观生态网络建设和生态城市建设;(2)同时在城市道路规划设计4级(3~5 m)或5级(0.5~1.0 m)渠道,成为绿地灌溉和道路景观的重要组成部分,并成为将全市渠道连接成为一体的重要部分。在连接成为一体的同时于关键点建设以水闸为关键的水渠控制设施,成为控制溢水和水体污染的重要控制环节;(3)在纵向空间上沿灌渠增加相应的节点,强化以湖体、林地、草地、湿地和荒地景观单元的景观空间,增强串珠状结构的特征。

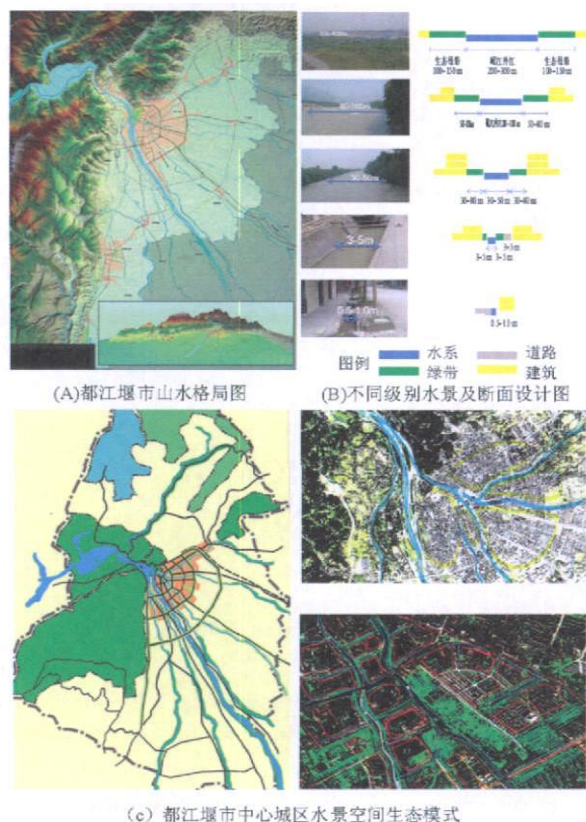


图6 都江堰市城市景观生态网络优化调整的概念设计

Fig.6 Urban Landscape Ecological Network

Adjustment Conceptual Design of Dujingyan City

3.3.2 依据“森林-道路-住宅”和“农田-灌木丛-河流”网络调整横向维度景观生态格局

在都江堰市以水景树模式进行纵向维度调整的基础上,横向维度是都江堰市景观生态格局的隐形生态联系,是最需要加强的生态联系空间之一。(1)灌渠与灌渠在横向联系上通过设计中小型湖泊、带状延伸的湿地、生态林地和保留大规模的灌溉水田成为横向景观生态过程持续稳定发展的重要途径,有助于建立完整连续的横向生态过程;(2)在城市内部上,灌渠之间的土地上可以适当增加部分中小型

湖泊,一方面相对于快速通过的渠道系统建立城市生态的蓄水系统;同时成为优化和调整城市景观生态系统的重要类型和途径;(3)依托灾后重建形成的新的道路系统,在横向上建设融合城市绿地和景观生态水系的生态城市生态通道;(4)在城市内部的街区形成中依托水景树体系重点发展城市公园、广场、运动性公共空间,将街区或社区建设成为生态绿地、公园和公共性空间环绕的典型空间模式。

3.3.3 依据岛屿城市的“绿地-道路”景观生态网络调整城市组团景观生态格局

在纵向河流和横向森林-农田-灌木丛-住宅形成的网络空间中,城市和村镇成为网络中具有岛屿特征的绿地-道路网络系统。这种岛屿存在于都江堰市域和都江堰城区两个层面。城市和村镇是网络生态系统中的阻隔因素,通常与周围景观生态形成对比和差异较大的不同的景观生态系统。因此,城市和村镇网络生态的规划设计成为融合于纵向和横向生态过程与格局的关键。(1)在纵横网络格局中通过中心绿地、带状绿地、楔型绿地以及各级城市公园、道路绿化带等类型对城市组团内部进行生态网络建设;(2)充分利用都江堰河网功能,在组团内部依托公园、道路建设3~5、2~3和0.5~1 m的不同类型的水网系统,通过水网和坑塘、湖泊、湿地的建设,丰富城市组团内部的景观多样性和生境多样性;(3)在都江堰城市组团内部可以尝试水网、绿网和道路网的一体化建设。在组团内部道路采用不对称道路断面和结构,在单侧扩大防护绿地宽度的同时,实现水网和绿网的统一并进一步与道路建设一体化。

4 结论与讨论

都江堰是一个水资源丰富的城市,在传统农耕社会时期,在洪积扇上建设的辐射状灌渠与广阔的水浇地之间形成了纵向上流动和横向上漫渗的水网和水域湿地的面状水生态过程,创造了川西坝子整体人文生态系统特有的景观生态特征。但与区域生态体系相比,都江堰城市的建设则缺乏区域生态的联系和内部景观生态的完整。都江堰的水体多以管道形式快速通过城区,城市景观生态没有能够形成有效的体系。同时,在纵向上快速连片的城市发展将横向生态过程分割,成为都江堰传统区域完整生态体系的挑战。因此,都江堰城市景观生态体系的优化调整是灾后城市发展和重建中应重点解决的长远问题。通过纵向、

横向和组团景观生态网络的优化、调整和建设是延续都江堰大地景观和文化的重要特征。

参考文献:

- [1] 孔繁花, 尹海伟. 济南城市绿地生态网络构建[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1 711~ 1 719.
- [2] 戚仁海, 熊斯頓. 基于景观格局和网络分析法的崇明绿地系统现状和规划的评价[J]. 生态科学, 2007, 26(3): 208~ 214.
- [3] 于秀波, 付超. 美国长期生态学研究网络的战略规划——走向综合科学的未来[J]. 地球科学进展, 2007(10): 1 087~ 1 093.
- [4] 赵士洞. 美国长期生态研究计划: 背景、进展和前景[J]. 地球科学进展, 2004, 19(5): 840~ 844.
- [5] 魏培东. 构建可持续发展的城市生态网络[J]. 中国人口资源与环境, 2003, 13(4): 78~ 81.
- [6] 杨学军, 许东新. 上海城市森林生态网络系统工程体系建设初探[J]. 上海农学院学报, 2000, 18(2): 132~ 137.
- [7] 吴末, 郭洁. 城市生态网络与效能规划[J]. 地域研究与开发, 2000, 19(2): 51~ 53.
- [8] 王云才. 巩乃斯河流域游憩景观生态评价及持续利用[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 645~ 655.
- [9] 王云才. 论都市郊区游憩景观规划与景观生态保护——以北京市郊区游憩景观规划为例[J]. 地理研究, 2003, 22(2): 324~ 333.
- [10] 王云才, 韩向颖. 城市景观生态网络连接的典型范式[J]. 系统仿真技术, 2007(4): 238~ 241.
- [11] GOOSSENS R, HALUIN E D, LARNOE G. Satellite image interpretation (SPOT) for the survey of the ecological infrastructure in a small scaled landscape [J]. Landscape Ecology, 1991: 175~ 182.
- [12] 王云才. 景观生态规划原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007: 160~ 185.
- [13] MARGOT D C, RICHARD T T F. Landscape graphs: Ecological modeling with graph theory to detect configurations common to diverse landscapes[J]. Landscape Ecology, 1993, (4): 239~ 255.
- [14] BRITTA B. Connectivity in urbanizing landscapes: The importance of habitat configuration, urban area size and dispersal[J]. Urban Ecosystems, 2007(3): 29~ 42.
- [15] 王海珍, 张利权. 基于 GIS、景观格局和网络分析法的厦门本岛生态网络规划[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 144~ 152.
- [16] 王云才, 陈田, 郭焕成. 江南水乡区域景观体系特征与整体保护机制[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(6): 708~ 712.
- [17] 王云才, 石忆邵, 陈田. 生态城市评价体系对比与创新研究[J]. 城市问题, 2007(12): 17~ 21.
- [18] 肖笃宁, 高峻. 景观生态学在城市规划和管理中的应用[J]. 地球科学进展, 2001, 16(2): 813~ 820.
- [19] 张健, 濮励杰, 彭补拙. 基于景观生态学的区域土地利用变化特征[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(5): 578~ 583.

RESEARCHES ON SPATIAL MODEL APPLICATION OF URBAN LANDSCAPE ECO-NETWORK PLANNING

WANG Yun-cai, LIU Yue-lai

(Department of Landscape Studies, College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Urban landscape ecological network research is one of important fields of eco-city and landscape planning researches. It aims to set a framework and technical ways to eco-city planning and constructions according to applications of landscape eco-network spatial models. In this paper, based on the discussions of characteristics of urban landscape ecosystem and the structure of urban landscape eco-network, four typical models of urban landscape eco-network which are water-scape tree model, the mosaic of forest-road-houses, the mosaic of farmland-forest-river and greenland-road eco-network of island were chose, and the pattern, ecological functions and applications of four typical models of urban landscape eco-network were analyzed. Under the condition of earth-scape conservation and development after earthquake disaster, combined with Dujiangyan City reconstructions after earthquake disaster, as a practical study we discussed the new landscape patterns and eco-networks of Dujiangyan City with the applications of four typical models at different level and at different scale. As results, some corresponding countermeasures of the landscape eco-network planning are as following: (1) optimizing and adjusting the landscape ecological pattern at dimension of river system according to the model of water-scape tree; (2) optimizing and adjusting the landscape ecological pattern at vertical dimension with the river system according to the model of forest-road-houses mosaic and the model of farmland-forest-river mosaic; (3) optimizing and adjusting the landscape ecological pattern at the dimension of neighbor of city according to the model of greenland-road eco-network of island.

Key words: urban landscape ecological network; spatial models; optimization and adjustment; reconstructions after earthquake; Dujiangyan City