

基于非线性理论的绿色空间和建设用地竞争关系研究

——以北京市为例

谢正磊, 许学工

(北京大学 环境学院 资源环境与地理系教育部地表过程分析与模拟重点实验室, 北京 100871)

摘要: 土地利用类型之间的竞争关系是土地变化科学研究的重要问题, 通过建立绿色空间和城市建设用地之间的非线性竞争模式, 分情景模拟并预测了绿色空间与建设用地之间随着时间发展的竞争机制。研究结果表明: 如果按照目前的建设用地和绿色空间的发展态势, 绿色空间在未来的 20 a 内将大幅度下降, 不利于北京市建设宜居城市的目的, 前 3 种情景是不可取的。为了维持生态环境的不断改善, 建设用地增加率应该减少一半, 绿色空间面积变化率保持在年均增长 0.47% 的水平上, 建议北京市加大绿色空间的面积, 既能保证经济发展所需要的建设用地增长, 又能保持绿色空间规模不减少, 这是一种比较好的发展模式。建议北京市在土地利用总体规划中, 确保绿色空间规模不能减少。同时还表明非线性竞争模式对于模拟绿色空间发展变化的动力学机制, 对于合理安排各项用地规模具有一定的科学指导意义。

关键词: 绿色空间; 竞争模式; 北京市

中图分类号: F323.212; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)06-0223-04

The Competition Mechanism Between Green Space and Urban Land Based on Nonlinear Model

——a Case Study of Beijing

XIE Zheng-lei, XU Xue-gong

(The Main Lab of Ministry of Education Research on Analysis and Simulation of the Earth's Surface Process, College of Environment, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: A nonlinear competition model has been set up to research the relationship between green space and urban construction land. Different scenes of change state were carried out to simulate the tendency of green space. The result indicates that there exists complex nonlinear relationship between green space and urban construction land and the growth rate of urban construction land should decrease half compared with before scenes. In order to harmonize the relationship between human and nature, it suggests that the change rate of green space should rise and should not continue to decrease in future land plan. Nonlinear competition model is useful tool to research the inner mechanism between green space and urban construction land.

Key words: green space; competition mechanism; Beijing

1 引言

土地变化科学是当前科学研究的重要问题, IGBP 和 IHDP 等科学计划都提出了发展土地变化科学的建议。近年来, 在分析土地利用/覆被变化与其驱动因子(解释变量)的关系时, 使用比较普遍的是简单线性回归和多元线性回归等相关分析模型。这类模型在某些情况下有一定的应用价值, 如大致了解不同驱动因子对土地利用/覆被变化的影响, 为此, 近年来研究者构建了新的模型, 如 Verburg 等提出的 CLUE 模型^[1]。该模型的主要特点是可用来对空间上多尺度的土地利用变化进行定量分析, 特别是能模拟在未来不同情景下土地利用的可能变化。CLUE 模型在哥斯达黎加、厄瓜多尔、印尼、菲律宾和中国等地的初步应用表明具有较好的灵活性和一定的预测功能^[1-3]。但是它们在应用上存在局

限性。这是因为土地利用/覆被变化与其驱动因子的关系十分复杂, 且这种关系一般呈非线性关系; 这类模型基本属于静态模型, 缺乏土地利用/覆被变化的预测功能; 缺乏动态模拟不同土地利用类型之间竞争的能力; 而这种竞争是土地利用/覆被变化中的常见现象^[4-5]。竞争理论是在生物学领域提出的, 最初用在生物物种争夺有限资源的竞争上, 然而运用竞争理论来研究各种土地类型之间竞争关系的还不多见。以北京市域范围为研究对象, 尝试通过建立非线性动力学竞争模式研究各种土地利用类型之间的竞争驱动机制, 目的是试图提供一种研究土地利用变化的内在驱动机制以及它们之间相互作用机制的新方法。该文所指绿色空间包括园林绿地、城市/城郊森林、立体空间绿化、都市农田、绿色廊道和水域湿地等构成的绿色网络系统^[1]。根据 1996 年和 2004

*收稿日期: 2006-12-09

基金项目: 北京市自然科学基金项目(8062018)

作者简介: 谢正磊(1978-), 男, 博士研究生, 主要从事土地变化科学研究。

通信作者: 许学工。

年北京市土地现状图,其土地利用类型可以分为:耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通运输用地、水利设施用地和未利用地。城市绿色空间具有社会、经济和环境等多方面的功能^[6-11],目前关于城市绿色空间的研究多是在分析绿色空间结构的基础上,制定评价及规划指标,以城市绿色空间功能的最大化作为目标优化绿色空间布局,进而合理地规划城市空间^[12-17]。

2 研究区域

该文研究区域为北京市域所属范围,近年来北京市各项建设事业突飞猛进,各种土地利用类型变化非常显著。经济的迅速发展导致建设用地侵占大量的耕地。北京市域范围内还承担着法定的基本农田保护任务,这也是有关国家粮食安全和“三农”政策的问题;北京的生态环境建设必须要抓好,因此绿色空间的规模也应在一定水平之上^[6],这样才能改善北京的生态环境。北京市各项事业用地随着经济的迅速发展而竞争非常激烈,这种竞争包括建设用地和绿化用地之间的竞争、建设用地和农业用地之间的竞争、农业用地和绿化用地之间的竞争等。但在市场经济条件下,这 3 种用地之间的竞争力是不同的,基本的趋势是建设用地挤占绿化和农业用地,绿化用地挤占农业用地,农业用地迅速减少。该文主要研究基于非线性机制的建设用地和绿色空间之间的竞争。

3 模型建立

该文所指竞争机制问题是在外力驱动下一种土地类型对另一种土地利用类型的侵占和占用,从而造成各种土地类型的彼此消长。驱动机制包括自然驱动力和人文驱动力,前者是指驱动土地利用/覆被变化的自然环境要素及其过程,如气候变化、地形演化、植物演替、土壤过程、排水格局变化等;后者的涉及面更广,如人口变动、产业结构变化、科学技术进步、政策法规、市场与价格,乃至个人和社会群体的意愿、偏好等等。在多数情况下,自然驱动力主要引起土地覆被的变化,而不直接引起土地利用的变化,即使有影响也是间接地起作用;反之,社会经济驱动力可通过影响人们在土地利用上的决策对土地利用的变化直接产生影响。各种用地之间的竞争一般来说是不公平的,这种不公平性表现在耕地常常被转换为建设用地,而建设用地一旦被占用,很难转化为耕地。

可以认为影响各个土地利用类型面积变化的广义动力可以是常数形式、线性形式,也可以是各种非线性形式。假设 p_i 为某种土地利用类型对土地总面积占有的比率(小于 1 而大于 0); c_i 为该土地类型 i 的面积增长率,也就是由于驱动机制的存在导致该种土地类型面积的增减($c_i > 0$ 表示增加, $c_i < 0$ 表示减少),各种土地利用类型消长的实质就是该类型对土地总面积比率 p_i 的变大或变小。在不考虑竞争和环境容量约束的前提下,各种土地类型最简单的线性动力模式是

$$\frac{dp_i}{dt} = c_i p_i \quad (1)$$

在实际的土地利用变化中,各种土地利用类型的增长率 c_i 不可能是常数,而是随着该土地类型占有率的多少而变化。假设北京市土地资源总量为 1,在初始时各种土地利用类型占有份额的总和是 $\sum_{i=1}^n p_i$,则剩余总量为 $(1 - \sum_{i=1}^n p_i)$,很显然,剩

余总量越大,越有利于该类土地利用类型的增长。所以,考虑环境容量对土地利用影响后,应该把模式(1)修改为

$$\frac{dp_i}{dt} = c_i p_i (1 - \sum_{i=1}^n p_i) \quad (2)$$

不平等竞争机制就是建设用地可以占用绿色空间用地,而绿色空间不能占用建设用地,总体上土地利用之间的竞争是不平等竞争机制,即在市场经济发展的情况下,一般来说建设用地效益要比农用地高,建设用地可以容易占有耕地,因此部分耕地被转化为建设用地,而耕地很难转化为建设用地。所以,各种用地类型的竞争模式为

$$\frac{dp_i}{dt} = c_i p_i (1 - \sum_{i=1}^n p_i) - p_i \times \sum_{j=1}^{i-1} c_j p_j \quad (3)$$

模式(3)式右边分别表示:某种土地利用类型对土地面积的占有,由于竞争因素,某种土地类型原有的某些被竞争能力强的所取代而导致的对土地面积份额占有减少。该文主要研究绿色空间和建设用地以及未利用地之间的竞争机制问题,假设 $i=1$ 代表建设用地,是竞争的主动者, $i=2$ 代表绿色空间规模,绿色空间很容易被建设用地所占用,在不平等竞争机制下,由模式(3)可以写出发展动力模式分别为

$$\frac{dp_1}{dt} = c_1 p_1 (1 - p_1) \quad (4)$$

$$\frac{dp_2}{dt} = c_2 p_2 (1 - p_1 - p_2) - p_2 (c_1 p_1) \quad (5)$$

某种土地利用类型的增长率 c_i 的取值与自然条件和当前经济发展水平有关。具体取值既可做一般性的假设,也可以根据历史资料计算出。我们根据土地利用变更资料来计算它们的增长率。

在不平等竞争假设下,上述模式就是我们所提出的描写在不平等竞争情景下绿色空间用地和建设用地的动力学模式。只要对不同土地利用类型取不同的参数,就能模拟出绿色空间用地和建设用地的变化,进而可以做出有关的预测,并制定相应的土地利用和绿色空间发展规划。

4 模拟结果

为反映土地利用类型初始面积的状态,根据 1996 年和 2004 年土地利用类型图,利用地理信息系统软件 ArcView 的面积表功能可以计算出 1996 年和 2004 年 2 个时段的绿色空间和建设用地在土地总面积中的比例,其结果如下表所示:

表 1 北京市绿色空间和建设用地所占比例

年份	绿色空间	建设用地
1992	0.715	0.144
1996	0.695	0.161
1997	0.695	0.161
1998	0.696	0.163
1999	0.694	0.165
2000	0.692	0.166
2001	0.684	0.175
2002	0.680	0.188
2003	0.681	0.188
2004	0.675	0.195

数据来源:北京市国土资源局(北京市各年土地利用变更调查表)。

从表 1 看到,1992-2004 年间北京市绿色空间用地所占的比例为 0.715,建设用地所占比例 0.144,2004 年绿色空间所占比例为 0.675,建设用地所占比例为 0.195。近年来由

于北京市经济的迅速发展建设用地规模呈现增加趋势, 绿色空间的规模呈现下降趋势。1992- 2004 年绿色空间的年均减少率为 0.466 7%, 建设用地的年均增长率为 2.95%, 依据上述模式当绿色空间和建设用地增长率取不同的数值时会取得不同的模拟结果。

在以下模拟中以 2004 年绿色空间和建设用地所占土地总面积的比例为初始矩阵进行分情景模拟, 情景的设定是假定建设用地和绿色空间的增长率依据社会经济发展水平取不同的数值时而进行模拟。

情景 1 建设用地和绿色空间的变化率不变

如果建设用地和绿色空间的变化率保持在过去的增减水平上, 即建设用地面积的年增加率保持在年 2.95%, 绿色空间年减少率保持在 0.466 7%, 依据上述竞争模式可以模拟出如图 1 所示的建设用地和绿色空间的发展趋势图, 表 2 给出了其预测值。

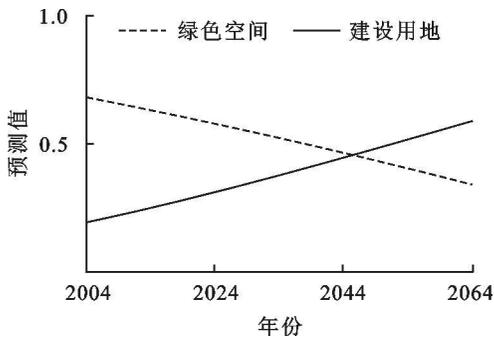
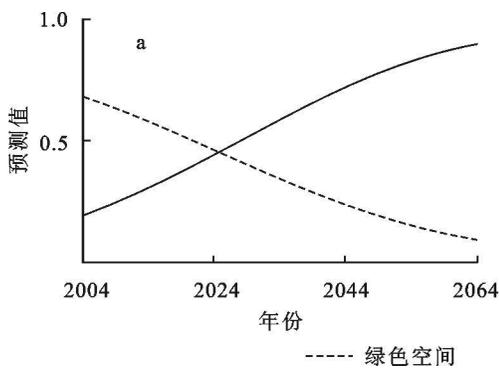


图 1 绿色空间和建设用地的变化率保持不变时其发展变化趋势

表 2 绿色空间和建设用地变化率保持不变时预测值

	2007	2010	2015	2020
建设用地	0.209	0.224	0.251	0.280
绿色空间	0.662	0.648	0.624	0.598



从图 1 的模拟结果和表 2 可以看出如果绿色空间和建设用地的变化率保持不变, 建设用地规模会继续增大, 而绿色空间面积会继续下降, 到 2045 年左右绿色空间和建设用地面积将达到一致。这就说明如果保持目前发展态势的话, 绿色空间的持续减少将不符合北京建设宜居城市, 建设绿色奥运的宗旨。

情景 2 假定建设用地变化率增大一倍或为原来的一半

近年来由于北京市域经济的迅速发展, 城市建设用地规模迅速扩大, 大量的建设用地占用了农用地, 假如建设用地面积变化率比原来大一倍或为原来的一半, 在不平等竞争机制下它们的发展态势如图 2 所示, 表 3, 4 的数值是其预测值。

表 3 当建设用地变化率增大一倍时建设用地和绿色空间面积的预测值

	2007	2010	2015	2020
建设用地	0.224	0.256	0.316	0.383
绿色空间	0.649	0.621	0.569	0.512

表 4 当建设用地变化率为原来一半时建设用地和绿色空间面积的预测值

	2007	2010	2015	2020
建设用地	0.202	0.209	0.222	0.235
绿色空间	0.668	0.661	0.648	0.636

从图 2(a) 和表 3 可以看出当建设用地变化率增加一倍时, 即年均增加率达到 0.9%, 总的来说, 建设用地的规模在上升, 绿色空间规模在下降。建设用地和绿色空间的面积将在 2025 年面积相等, 随后在竞争机制的影响下绿色空间用地面积下降速度明显, 到 2024 年左右绿色空间面积占土地总面积的比重为 0.415, 建设用地所占比例 0.5。这种方式也是不可取的。北京要建设宜居城市应该保持目前的绿色空间面积下降不能太快, 要保证建设用地的规模在一定的合理范围内, 建设用地规模不能过快增长, 否则预测的绿色空间用地就不能维持北京这么大大城市的生态需求。

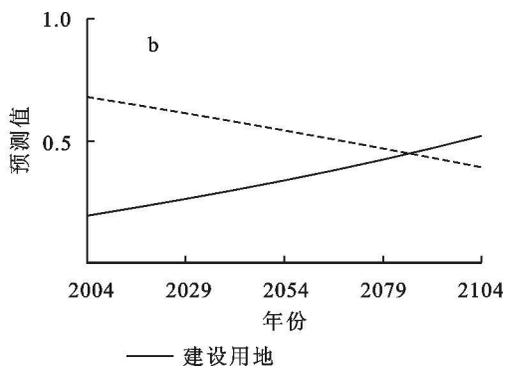


图 2 建设用地的变化率增加一倍(a)、为原来的一半(b)时, 建设用地和绿色空间的规模变化趋势

当建设用地面积的增长率减少一倍, 从图 2(b) 可以看到绿色空间的下降速度就不如图 2(a) 明显, 虽然建设用地和绿色空间的变化总体趋势不变, 但是这种变化比较缓慢, 这种情景比较容易接受, 剧烈的土地格局变化不符合人类可持续发展的要求, 会对经济和社会的可持续发展产生负面影响。也说明了建设用地的变化对绿色空间的变化具有决定性作用, 其面积变化率的大小依据社会经济发展水平和政策等因素, 因此要协调好绿色空间和建设用地的变化率, 要严格控制建设用地转为绿色空间用地。

情景 3 假如加大绿色空间的建设力度, 建设用地面积增长率下降一倍, 绿色空间增长率增加一倍, 其发展变化趋势如图 3 所示:

图 3 表明当建设用地面积增长率下降一倍, 绿色空间增长率增加一倍情况下, 虽然总的发展趋势不变, 建设用地增加的幅度减少, 绿色空间减少的速度变慢。绿色空间面积由于受到建设用地的不平等竞争, 导致面积呈现减少趋势, 大概到 2061 年左右绿色空间和建设用地的面积达到平衡。其发展态势不剧烈, 能确保经济发展所要求的建设用地规模, 也能保

证绿色所要求的面积规模。北京经济要发展,所以建设用地规模应该增加,但是也要保留一定的绿色空间用地,这种状态

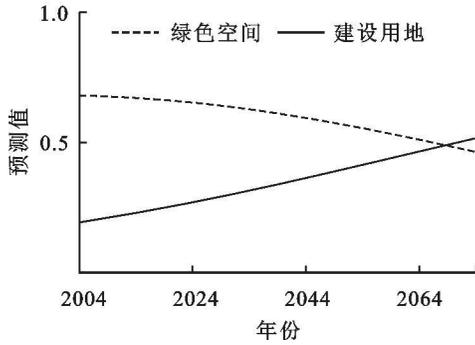


图 3 当建设用地面积增长率下降 50%, 绿色空间增长率增加一倍时发展趋势

表 5 情景 3 下建设用地和绿色空间面积变化预测值

	2007	2010	2015	2020
建设用地	0.205	0.216	0.234	0.254
绿色空间	0.674	0.672	0.667	0.659

情景 4 假设建设用地变化率减少一半,绿色空间面积增加率为 0.47% 时的发展变化趋势。

表 6 情景 4 下建设用地和绿色空间预测值

	2007	2010	2015	2020
建设用地	0.202	0.222	0.222	0.235
绿色空间	0.676	0.676	0.677	0.677

为了保证绿色空间的面积不减少或者减少速度在一定程度之上,同时经济发展不可避免要占用土地资源,在上述情景基础上假定建设用地变化率减少一半,绿色空间面积增加率为 0.47% 情况下进行模拟,得到如图 4 所示的模拟结果。在建设用地要占用绿色空间用地,而绿色空间用地不能占用建设用地的不平等竞争条件下,从图 4 模拟结果可以看出绿色空间的规模基本保持不变,这种模拟结果和前面 3 种情景不一样之处在于绿色空间规模不减少,从而保证了稳定态势。建设用地变化率在以往基础上减少一半,可以看到其规模变化不如前面几种情景剧烈,这种情况既能保证绿色空间规模的不减少,也能保证建设用地所需土地,因此建议北京的建设用地和绿色空间的面积变化采用这种方式。

5 结论与讨论

非线性竞争模式可以模拟不同土地利用类型之间的竞争关系,还具有一定的预测功能,各地类之间的竞争关系是土地利用变化研究中的重要科学问题,本文依据非线性理论建立了动力学模式,模拟了绿色空间用地和建设用地之间的非线性竞争机制。分情景模拟了北京市绿色空间和建设用地之间的变动趋势。情景 1 的模拟结果表明如果保持目前的绿色空间和建设用地变化率,到 2020 年绿色空间在土地利用中的比例将减少到 0.598,而建设用地也将增加到 0.28。这种情景下绿色空间规模减少过快,不符合北京建设宜居城市的宗旨。情景 2 的模拟结果也表明单纯的使建设用地变化率增大一倍或减少一倍的模拟也是不可取的。情景 3 假定减慢目前的建设用地发展速度,而增大绿色空间的

建设速度,预计到 2020 年绿色空间的面积将达到 0.659,建

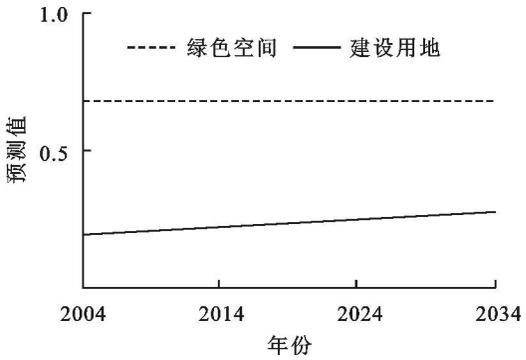


图 4 建设用地变化率减少一半,绿色空间变化增加率为 0.47% 发展变化趋势

设用地规模达到 0.254。这种情况下绿色空间的规模也将不可避免地减少,而建设用地规模也将增加,只不过它们变化的速度变慢。情景 4 假定建设用地增加率减少一半,绿色空间变化率保持增长态势,到 2020 年建设用地和绿色空间所占比例分别为 0.235, 0.677。该情景模拟结果既能保证经济发展所需要的建设用地增长,又能保持绿色空间规模不减少,这是一种比较好的发展模式。建议北京市在土地利用总体规划中,确保绿色空间规模不能减少。

绿色空间和建设用地之间的竞争关系是随着经济发展而呈现不同的竞争关系,有关绿色空间变化机制随着 GDP 的变化而变化的科学问题,将另文研究。虽然非线性竞争模式能够模拟它们之间的内在竞争关系,并具有一定的预测功能,但是也应该看到该模式模拟的结果有一定的局限性,模拟的时间尺度不宜过大,该模式不包含空间关系,不可否认该非线性竞争模式是模拟土地利用变化的另一种有效方法。

参考文献:

- [1] Peter V, Veldkamp W, Limpida R, et al. Modeling the spatial dynamics of regional land use? the CLUE-S model[J]. Environmental Management, 2002, 30(3): 391- 405.
- [2] Verburg P H, Koning G H, Kok K, et al. A spatial explicit allocation procedure for modeling the pattern of land use change based upon actual land use[J]. Ecological Modeling, 1999, 116: 45- 61.
- [3] Verburg P H, Veldkamp A. The role of spatially explicit models in land use change research: a case study for cropping patterns in China[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2001, 85: 177- 190.
- [4] 倪绍祥. 土地利用/覆被变化研究的几个问题[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 932- 937.
- [5] 吴群, 郭贯成, 万丽平. 经济增长与耕地资源数量变化: 国际比较及其启示[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 45- 51.
- [6] 王如松, 王丰年. 北京绿色奥运的生态学研究[J]. 清华大学学报: 哲学社会科学版, 2001, 16(2): 68- 71.
- [7] 李锋, 王如松, Juergen Paulussen. 北京市绿色空间生态概念规划研究[J]. 城市规划汇刊, 2004, 152(4): 61- 64.

13:30–16:30 人体感到很不舒服,测点 2 在 14:30, 15:30, 17:30 和测点 2 在 14:30–17:30 时刻人体感到很不舒服。综上可以看出,怀九河一渡段抛石+植物生态护岸测点 1 和 1 比四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸有较好的人体舒适度;一渡河段抛石+植物生态护岸测点 1 比其它 3 个测点有较好的人体舒适度;两生态护岸近水边测点比护坡处测点 THI 值低,有较好的人体舒适度。说明护岸结构的不同,对人体舒适的影响也不同,在近水边和护坡处等居民游人休闲活动区栽植植物可以有效地提高人体舒适度。

4 结论及建议

根据怀柔区怀九河抛石+植物和浆砌石+大块石+植物两种生态护岸温湿度效应的研究与对比,得出以下结论:

(1) 怀九河一渡河段抛石+植物生态护岸比四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸的温度低,其中近水边测点比浆砌石+大块石+植物生态护岸近水边测点日平均温度低 0.7°C ,护坡处测点比浆砌石+大块石+植物生态护岸护坡处测点日平均温度低 0.3°C ,说明植物对降低周围气候温度有明显效果。

(2) 怀九河一渡河段生态护岸近水边测点相对湿度比四渡河段生态护岸低 1.3%,护坡处测点比四渡河段低 2.4%,说明在研究河段植物对空气湿度的影响不大,水体和周围土地利用方式对测点空气相对湿度的影响为主要因素。

(3) 总的来说,护岸结构设计的不同(主要是植物栽植位置的不同),对游人活动区温度和相对湿度的影响也不同,从而影响到人体舒适度,怀九河一渡河段抛石+植物生态护岸近水边和护坡处测点到柳树的距离都较四渡河段近,在柳树的遮阴范围内,其日各时刻 THI 值比四渡河段浆砌石+大块石+植物生态护岸相应测点低,有较好的人体舒适度。近水边是人们最愿意休闲驻足的地点,所以在近水边栽植植物可以有效地提高人体舒适度。

植物设计在护岸结构的设计中有很重要的作用,它不仅起到提高景观性的作用,还能影响游人休闲活动区的温度和湿度,影响到人体的舒适度。建议在今后生态护岸的设计中

应考虑这一因素,为游人创造舒适的休闲娱乐环境。本研究从环境角度探讨了生态护岸的设计,以人为本,为探索新的治河理念及生态护岸的设计提供了一个新的观点,具有积极的变革作用,对今后生态护岸的设计具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 高甲荣,肖斌,牛建植. 河溪近自然治理的基本模式与应用界限[J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 84–91.
- [2] 高甲荣. 近自然治理: 以景观生态学为基础的治理工程[J]. 北京林业大学学报, 1999, 20(1): 78–82.
- [3] 朱国平. 山东省招远市城东河河道近自然治理设计初探[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 160–162.
- [4] 李锦育. 台湾溪流生态工法的研究综述[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(3): 98–102.
- [5] 杨海军,李永祥. 河流生态恢复的理论与技术[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2005.
- [6] 何元塘,陆明生. 新型景观护岸结构设计[J]. 水运工程, 2005(4): 39–41.
- [7] 夏继红,严忠民. 国内外城市河道生态型护岸研究现状及发展趋势[J]. 中国水土保持, 2004, (3): 20–21.
- [8] 蔡庆华,唐涛,邓红兵. 淡水生态系统服务及其评价指标体系的探讨[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1): 135–138.
- [9] 鲁春霞,谢高地,成升魁. 河流生态系统的休闲娱乐功能及其价值评估[J]. 资源科学, 2001, 23(5): 77–81.
- [10] 陈向红. 金口大峡谷旅游气候资源研究[J]. 乐山师範大学学报, 2004, 19(12): 118–120.
- [11] 董蕙青等. 南宁市“人体舒适度”预报系统[J]. 广西气象, 1999, 20(3): 37–40.
- [12] 申欢迎,秦萍,董军. 环境因素对 PMV 指标的影响分析[J]. 制冷与空调, 2003(4): 27–29, 39.
- [13] 刘梅,于波. 人体舒适度研究现状及其开发应用前景[J]. 气象科技, 2002, 30(1): 11–14.
- [14] 杨凯,等. 上海中心城区河流及水体周边小气候效应分析[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2004(3): 105–114.
- [15] Christopher A. De Sousa. Turning brownfields into green space in the City of Toronto [J]. Landscape Planning, 2003, 62: 181–198.
- [16] Manfred K. Greenbelt and Green Heart: separating and integrating landscapes in European city regions Landscape and Urban Planning, 2003, 64: 19–27.
- [17] Fábos J. G. Greenway planning in the united states: its origins and recent case studies [J]. Landscape Planning, 2004, 68: 321–342.
- [18] 陈爽,王进,詹志勇. 生态景观与城市形态整合研究[J]. 地理科学进展, 2004, 23(5): 67–77.
- [19] 曹勇宏. 城市绿地系统建设的生态对策: 以长春市为例[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(5): 9–11.
- [20] Shivanand Balam, Suzana Dragicevic. Attitudes toward urban green spaces: integrating questionnaire survey and collaborative techniques to improve attitude measurements[J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 71: 147–162.
- [21] 李延明,郭佳,冯久莹. 城市绿色空间及对城市热岛效应的影响[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(1): 1–4.
- [22] 王佐. 城市公共空间环境整治[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 223–231.
- [23] 王祥荣. 生态与环境: 城市可持续发展与生态环境调控新论[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000: 157–160.
- [24] Karen Attwell. Urban land resources and urban planting: case studies from Denmark [J]. Landscape Planning, 2000, 52: 145–163.

(上接第 226 页)