

城市林业概述与发展趋势

陆耀东¹ 温达志^{2*} 陈宏通¹ 李松锋³ 谭家得¹ 胡羨聪¹

(1. 广东省佛山市林业科学研究所, 广东 佛山 528222; 2. 中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650;

3. 广东省佛山市农业局, 广东 佛山 528000)

摘要 随着社会经济的快速发展和城市化进程的加快,城市环境问题日益成为社会各界关注的焦点,城市林业在城市建设与发展中的地位 and 作用越来越受到重视。从自然属性与社会属性、地域范围与层次的角度介绍了城市林业的基本概念和内涵,并比较了城市林业与传统林业、现代园林在属性、经营管理和功能方面的差别。借助已有的研究数据和成果,阐述了城市林业在城市发展中的作用,提出了现代城市林业面临的机遇和挑战以及未来发展趋势。

关键词 :城市林业;传统林业;概念;功能

中图分类号 :S731.2

文献标识码 :A

文章编号 :1005-3395(2003)04-0379-07

Urban Forestry :An Overview and Trends

LU Yao-dong¹ WEN Da-zhi^{2*} CHEN Hong-tong¹ LI Song-feng³ TAN Jia-de¹ HU Xian-cong¹

(1. Forestry Institute of Foshan, Foshan 528222, China; 2. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 3. Agricultural Bureau of Foshan City, Foshan 528000, China)

Abstract: With the development of the society and economy as well as the urbanization, city problem has been becoming the focus in the social and scientific communities. Urban forestry therewith has received a growing concern due to its function and contribution in the construction and development of cities and towns. In this paper, we start with the basic concept and contents of urban forestry in terms of its natural and social attributes, scopes and levels, and then compare the differences between urban forestry and traditional forestry, modern gardens in aspects of research fields, functions and properties, aims and levels of management. Based on the research data and results available, the role of urban forestry and its potentials in solving problems from urbanization are also demonstrated. According to the current status and existent problems, we propose the opportunities and challenges, and future trends of modern urban forestry.

Key Words :Urban forestry; Traditional forestry; Concept; Functions

人口急速增长与经济快速发展给城市、区域发展带来了机遇和挑战,同时也给生态环境带来了巨大破坏和潜在危机。1950年全世界的城市人口有7亿,1985年增加到19.8亿,1990年为21.7亿。世界城市人口占总人口比例,1900年为13.6%,1925年为21%,1960年为34.2%,1980年为42.2%。澳大利亚目前有超过85%的人生活在大城市中^[1]。目前世界上有50%的人口居住在城市,预计到2025年世

界城市人口将从1995年的24亿猛增到50亿,将占全世界总人口的61%。改革开放以来,我国城市化进程也十分迅速,城市化水平从1990年的18.96%提高到2000年的36.1%,预计到2010年及21世纪中叶将分别达到45%和65%^[2]。另一方面,由于乡镇企业的迅速发展,农村也出现了工业化和城镇化的势头。在没有强有力的控制条件下,城市化不可避免地导致城市生态退化^[3],最具代表的是

收稿日期 2003-07-07 接受日期 2003-09-17

基金项目 :广东省佛山市科学技术局科技发展专项资金(0102007A);广东省环境保护局科技开发项目(200010)联合资助

* 通讯作者 Corresponding author

生境破碎化、环境污染和能源短缺等。

在探索改善城市环境的实践中,人们认识到树木或森林在维护城市生态环境、改善人类生存空间中发挥了重要作用。20世纪60年代初,美国政府的一项调查报告率先提出“城市森林”的说法,随后加拿大多伦多大学 Jorgensen 教授首先使用“城市林业”一词,并开设了城市森林的课程。随着全球特别是欧美国家经济迅猛发展、城市化进程的加快,城市林业发展很快,并渐渐成为林业与城市发展研究领域的重要内容。经过40多年的建立、巩固和发展,城市林业已成为现代林业的重要分支,越来越受到各国的重视。我国城市林业研究始于20世纪80年代中后期,随着改革开放、社会经济发展和城市化进程的加快,城市林业的认识、研究和实践也日愈受到关注和重视。迄今,我国在城市林业的产生与发展、内涵与外延、方向与效益、范围与体系、实践与规划等方面都有不同程度的研究和阐述,并得到逐步完善。本文就城市林业的概念与内涵、城市林业与传统林业、现代园林的差异等研究动态进行了分析和讨论,提出了城市林业未来的发展趋势和前景。

1 概念与内涵

1.1 自然属性和社会属性

较早时期、最具代表性的定义是由 Jorgensen 提出的“城市林业并非仅指城市树木或森林的管理,更应指受城市居民活动影响以及资源土地利用的整个地区的林地管理”^[4],强调城市林业所包含的自然属性和主体对象。随后, Hudson^[5]提出“城市林业是在城市及其周边地区生长的以乔木灌木为主体的绿色植物总称”,侧重的也是其自然属性,即将自然生长的绿色植物作为城市林业的研究对象。

多数学者认为城市林业概念应该兼有自然属性和社会属性。《加拿大不列颠哥伦比亚省林业手册》将城市林业定义为“城市林业是林业的一个专业化分支,是对树木和森林进行培育和管理,为城市居民的心理健康、社会福利和经济繁荣发挥作用的一种高尚事业”,其经营管理目标是美观、安全和效率,着眼于城市林业自然属性基础之上的社会功能^[6]。类似地,美国林学家协会于1972年成立了一个城市林业工作组,该学术团体将城市林业定义为“林业的一个专门分支,是一门研究潜在的自然、社会和经济福利学的城市学,其目标是栽培和管理对

城市社会的生态和经济具有实际和潜在效益的树木,任务是综合设计城市树木和相关植物以及培训市民的生态保护意识,范围包括城市水域、野生动物栖息地、户外娱乐场所、园林设计、地表污水再循环、树木管理和木质纤维的生产等”^[7],该定义既强调了城市林业的自然属性,如林木栽培与管理,又强调了其社会属性,即娱乐与生产等。Helms^[8]认为“城市林业是城市生态系统中及其附近树木和森林资源管理的一门艺术和科学技术,使树木能为社会提供生理学、社会学、经济学和美学效益”,该定义突出了城市林业的社会经济福利,其社会属性更加明显。Grey^[9]从功能目标的角度给出了一个简短定义,认为“城市林业是使树木能与城市环境和谐共存,并发挥其改善环境功能的必要的经营管理的一门学科”,Bradley^[10]则从景观的角度提出了城市林业是致力于探讨与城市土地利用和满足城市其它需要相关的城市景观的经济、社会和环境方面的价值,涉及的问题包括城市绿色带和森林遗迹的管理、野生生物生境的规划、高效能景观、水保护和火安全景观的设计、城市森林景观的持续发展以及相关的政策、管理制度和法律法规等。可见,城市林业具有的社会属性开始越来越突出,强调人为活动在林业设计、规划与管理中的作用。

我国学者在定义城市林业时,也充分考虑了其自然属性和社会属性。陈美高和黄奕炳^[11]提出,所谓城市生态林业是指根据森林生态经济学的原理,充分利用当地自然资源,在促进林地产出的同时为城市生存和发展创造最佳状态的环境林业。孙冰等^[12]认为城市林业是通过系统工程措施改善城市生态系统的能流和物流传递,发挥城市树木和其它绿色植物的社会、生态和公共卫生价值,营造安全、美观、效率的城市环境,促进城市文化的理性运行,提高城市居民的生活质量。蒋有绪^[13]将其定义为改善城市环境(为净化城市环境污染、减少风沙、阻滞尘埃、缓解热岛效益、提高大气质量等)、美化城市风景、增加身心享受、舒缓心理压力,全面服务于城市生活质量,主要强调其社会功能。类似的定义还有王木林^[14]的“城市林业是建设和经营、利用城市森林生态系统的行业,它是城市-社会经济-自然复合生态系统中重要的生物组分,具有改善城市生态环境、稳定生态功能的子系统,即城市林业生态系统”。刘森茂^[15]认为“城市林业是城市内及周围的树木和相关植物的栽培和管理,是城市居民生活和生

存的需要,它是森林引入城市,让城市坐落在森林中,充分协调人类与森林的关系”。而李吉跃、常金宝^[16]则从广义的角度定义“城市林业是研究林木与城市环境(包括物质环境、人与空间环境、社会及商业环境、政治与法律环境等)之间的相互关系,综合设计与合理培植、管理林木及其它植物,改善城市环境,繁荣城市经济,维持城市可持续发展的一门学科”。

我们认为不论何种定义,有一点是相通的,即城市林业是城市现代化建设和管理的一个重要组成部分,是实现城市社会、经济与环境可持续发展不可缺少的,相关的定义都力求从不同侧面表现出城市林业是为城市服务的宗旨,承认它在城市生态环境建设及城市可持续发展中会发挥越来越重要的作用,因而将其纳入城市建设、规划与管理的大系统中去。由于其涉及到包括环境的、经济的以及社会的各方面因素,城市林业作为城市生态环境中最具活力、最有潜力的发展要素,必然成为城市生态环境建设的核心。其最终目标是实现城市林业多功能(生态的、社会的和经济的)的充分发挥和资源利用,体现城市林业的典型性、示范性、生态性和功能服务性等特点。

1.2 地域范围与层次

国内外学者对城市林业的范畴或地域范围仍没有一致的看法,但基本观点是一致的。Jorgensen认为,城市林业并非仅指对城市树木的管理,而是对受城市居民影响和利用的整个地区的树木的管理,这个地区包括服务于城市居民的水域和供游憩、娱乐的场所,也包括行政上区划属于城市范围的区域^[4]。由于城市林业是以城市森林的可持续生产为目的,不仅仅是单一的环境美学,它包括土壤修复、社会环境的改善以及直接、间接的回报^[17],因此有学者提出城市林业通常应包括受城市人口影响的整个区域内的全部树木^[9]。Grey和Deneke则从学科的角度,提出城市林业是在城市规划、风景园林、园艺、生态学等许多学科的基础上建立的,因此包括了对城市内及其周围所有的树木和相关植被的综合设计、营造和管理^[18]。这个论点大大丰富了城市林业的内涵,促进城市林业的认识的进一步深入。Falck's也认为将城市林业定义广一点有助于加强城市林业与其它交叉学科领域的联系,以减少不同管理部门对城市林业管理看法上的分歧^[19],明确提出城市林业范围包括城市近郊、城市中心和城市

远郊所有的森林树木。此外,有些学者还从游览时间上给城市林业划定范围^[20]。例如,美国学者提出乘小汽车从市内出发,当天到达并能返回范围内的游览地都属于城市林业的范围^[21]。我国学者则从林学的角度,提出城市林业是指生长在人工环境中的城市植被,它分为公园、园艺式生境和森林生境^[22],其总的概念应包括城市公园、花园、植物园、动物园、街道树、水旁树、庭院绿化、郊区森林、国家森林公园和旅游胜地^[23],或包括风景林、道路河流两旁的防护林、水源涵养林、经济林、公园绿地及自然保护区等^[24]。

关于城市林业的层次目前普遍认为应包括:(1)远郊部分,其主要作用是城市提供生态屏障,同时可以结合林业生产,可以和同郊区县市区域联系在一起;(2)近郊部分,包括各种网、带、片、点的防护林、风景林、经济林,可以形成以游憩、休闲、森林旅游为主的产业化体系;(3)市区部分,以城市绿地为主,辅以小游园、小花园、绿径、绿岛等,主要功能是绿化、美化、香化、净化环境。以福建三明市为例^[10],在其市区周围沙溪河两岸、东牙溪水库周围规划了森林公园、自然保护区约有1.3万hm²的林地,其中城市景观林占14.3%,为城市提供森林景观和游憩场所;在城市近郊规划了面积4万hm²的多功能林,用于林、茶、果等开发性生产,满足城市居民对林业多样性的需求;远郊约4万hm²的林地则作为商品用材林基地,以高投入、高产出为目标营造高标准、高质量的用材林基地,期望达到最佳的经济效益,同时兼顾生态效益和社会效益。可见,城市林业可以用环、网、带(市内带、过渡带、居民区带、郊区带)、片(森林公园、自然保护区、风景名胜古迹林)和点(居民点公共绿地、机关、厂矿、学校庭院绿化)等构成一个纵横交错的立体网络,从而提供了良好的生态环境、游憩场所和生产性收入。

2 城市林业与传统林业、城市园林与城市森林的比较

城市林业是现代林业和园林融合而成的,是城市复合生态系统的子系统■城市森林生态系统,它的宗旨是建造、经营、利用市区和郊区以树木为主体的包括花草、野生动物、微生物组成的生物群落及其中的建筑设施,包含公园、街头和单位绿地、垂直绿化和行道树、疏林草坪、片林、林带、草地、水域、花圃、果园、菜地农田等绿地,广泛参与城市生

态系统中物质和能量的高效利用以及社会、自然的协调发展和系统的自我调节。它与现代园林和传统林业既有关联,又不完全相同。

在涵盖范围方面,城市林业是从城市整体结构和长远规划来考虑林业的结构和功能,不仅包括城市内部各种类型的绿地,也包括城市周围城乡结合的城市郊区林业,即以树木或森林为主体的绿色地带。园林建筑的重点区域是在城市内部,传统林业和乡村林业的范围一般在山区、丘陵和平原的林地或可利用的林地,很少考虑城市的区域。

在功能方面,城市林业给城市提供潜在的环境效益、社会效益和经济效益,包括对环境总体的改良、对城市居民娱乐和满足一般心理需求的美学价值。可见,城市林业是社会经济学和自然科学发展的必然产物,其最终宗旨是稳定城市生态系统,协调人类、森林与环境的关系,这与自然林和乡村森林是完全不同的^[25]。

在经营方面,传统林业主要是为了取得木材和其他产品,兼有保持水土,改良气候和环境等生态效益,经营利用要求森林生产力高,根据目的和资源可利用程度,可以是集约经营也可以是粗放经营。而城市林业绝大部分是人工植物群落,经营城市林业主要是取得改善生态环境、美化城市等综合效益,获得林产品是第二位的,不一定要高生产力,但通常要求较高的经营管理水平。而且,城市林业要求植物种类复杂多样,往往是一林多用,追求森林的长期稳定性和生态环境效益的持续性。

在生长环境方面,乡村树木或森林以生长在自然环境中为主,受污染和人为干扰少,城市林业所

处的环境主要是人工环境或受人类干扰后的半自然环境,存在局部气候和地理环境的差异。例如,热岛效应可能改变通过土壤温度改变生物营养循环和动植物生境,从而引起某些种类的迁移;环境污染导致土壤中的盐、碱及土壤中的有害物质含量的升高,电磁波、灯光、热辐射等对花草的生长发育和植物群落的生命活动都有复杂的影响。

关于城市林业与传统林业、城市园林与城市森林的简单对比见表 1 和表 2。

3 功能与效益

学术界越来越注重城市森林生态系统的功能及其发挥过程的探索。根据现有的资料,我们将城市林业的功能归纳为三个方面。

3.1 调节小气候和缓解城市能源危机

据资料表明,城市附近的森林能节约能源的消耗,减少大气中库存的 CO₂,使局部地区的气温降低 3–5℃,最大可降低 12℃,提高相对湿度 3%–12%,甚至 33%^[28]。据美国林业协会的估算,仅就树木的降温增湿功能一项每年就为美国节约了约 20 亿美元的空调耗能,从而减少城市对化石能源的总体需求。城市森林的节能效应主要是通过减少城市居民住宅和办公场所空调的使用量来实现的^[29–31]。澳大利亚首都堪培拉的 40 万棵树木每年节能产生的效益高达 157 万美元^[32]。我国南京是长江沿岸著名的“火炉”城市,1940 年以来在市区和近郊植树 3 400 万株,使夏季平均温度由 32.2℃降到 29.4℃^[33],可见城市森林的生态效益是明显的。可见,森林在缓解

表 1 城市林业和传统林业比较^[26]

Table 1 The comparison between urban forestry and traditional forestry

	城市林业 Urban forestry	传统林业 Traditional forestry
所处的位置 Locality	城市中心及其附近,距城市中心 10–20 km 范围内	距城市很远,多数地处农村地区
主要功能 Main functions	休闲和保护,林产品生产处于次要地位	以提供林产品或其它生物资源为主
与当地居民的冲突 Conflicts with local residents	比传统森林要多,其焦点是城市发展与娱乐休闲之间的冲突比较激烈	也有冲突,但频率和紧张程度低
问题与压力 Problems and pressures	由于城市压力和社会需求的不同,其主要问题不同于一般林业	其问题不带有城市的色彩,艺术美观和休闲压力等不是主要问题
在政策制定中的作用 The role in policy making	在政策制定中扮演重要角色,很多决策都以此为基础	在地区和全国范围内其主要作用,被当地居民干扰的程度很低
政策手段 Policy strategies	每公顷的货币投入高,公众的参与性高	每公顷货币投入低,公众的参与性不高

表 2 城市园林与城市森林
Table 2 The comparison between city gardens and urban forests

	城市园林 City gardens	城市森林 Urban forests
目标 Goal	侧重于改善城市居民的生活环境	侧重于改善城市生态环境和生物生境
属性 Attribute	是理山、理水、理植物的艺术,注重美学价值和内涵	广义地指城市区域内的生物群落,侧重对城市环境的总体改良及功能的持续性
效益特点 Benefit	追求社会、生态效益,以社会效益为主	兼具社会生态效益,以生态效益为主
景观性质 Landscape aspect	多数为人工景观	多数为自然或半自然景观
结构特点 Structure	相对比较简单,规模较小	可以是单一的,也可以是复杂多样的,类型、规模与土地利用、城市发展的需要密切相关
稳定性及管理强度 Stability and management intensity	不稳定,人工管理强度高	较稳定,有一定的自我调节能力
经济耗费 Cost	成本高,花费大	成本低,花费少
空间特征 Spatial feature	以市区为主,向郊外发展	以市郊、县郊为主,向市区辐射

* 在文献[27]的基础上修改而成。This table is modified on basis of reference [27].

城市“热岛效应”,调节温度、湿度和局部大气环流方面具有不可替代的作用,并且为城市生态系统的物质能量转化提供了动力。

3.2 缓解大气污染,提高环境质量

大气污染如 SO_2 、 CO_2 和各类氮氧化物 (N_2O 、 NO 、 NO_2) 的排放是城市发展面临的主要环境问题之一,城市热岛效应就是人类直接或间接活动导致温室气体浓度不断上升的结果^[34]。城市树木能明显改善城市的环境质量,在减少城市颗粒降沉污染物中发挥了积极的作用^[35,36]。例如城市树木能有效吸收 O_3 和 SO_2 , 吸收率分别达到 21% 和 20%^[36]。McPherson^[31]测算了 1991 年 Chicago 市树木对 PM_{10} 降尘的去除效果,大约为 234 t a^{-1} ,折合经济效益为 9.2 百万元。随后,Nowak 等人^[37]计算了宾西法尼亚市的树木每年能将大气质量提高 0.72%, 机会成本达到 1 900 百万美元。树木通过叶面气孔进行气体交换,直接吸收 CO_2 、 O_3 、 NO_x 等气态污染物,也可以通过冠层拦截和阻挡大气粉尘,经雨水冲刷到地面。城市化石燃料的燃烧和人群呼吸使城市大气中的 CO_2 浓度显著高于农村地区。它的影响主要体现在产生温室效应和导致气候环境变化、危害人类健康。当 CO_2 浓度达到 0.05% 时人的呼吸将受到影响,0.6%–0.7% 时健康明显下降,3% 或以上的浓度将引起窒息,甚至死亡。据估计,每公顷阔叶林在生长季每年可吸收 1.0 t CO_2 , 释放 0.7 t 的 O_3 ; 每公顷

生长良好的草坪每年吸收 0.36 t CO_2 ^[38]。城市森林植被还能防止有毒气体的毒害。据南京园林处的测定资料表明,当 SO_2 随气流通过高 15 m 宽 15 m 的响铃木林带时,浓度降低了 47.7%; 广州的测试结果表明丛林可使该市某化工厂周围空气 Cl_2 浓度下降 59.1%; 北京环保所的测算表明,80–100 m 宽的果树林使空气中 HF 的浓度比同样距离的空旷地减少了 22.21%^[39]。

树木根系是吸收土壤和水中重金属和有机污染的另一重要途径。有研究表明 3 a 生旱柳林在生长季节内对土壤 Cd 的吸收量是非 Cd 污染区的 130 倍,在污染的土地上营造杨树林,5 a 生杨树林每年吸收 Cd 1.45 kg hm^{-2} ^[40]。杂交杨 (*Populus charkowiensis* × *incrassata*) 在环境修复与环境管理中的贡献也有报道^[41]。

3.3 营造良好的环境

树木由于其形状、大小、颜色、季节变化在景观中占有重要的作用,是城市环境中最受人关注的活要素。不同搭配的树木能为人们提供四季鲜明的景观,使人心旷神怡。同时城市森林还能为城市居民提供庇荫和休闲场所。在瑞士,每年有 80%–90% 的人至少要去森林中旅行一次^[42]。北美近来的研究表明,人与自然环境的交流能增强人体的健康状况,舒缓心理压力^[43]。自然植被对人形成健康的心理具有重要的作用,研究人员发现城市森林中的古树能

帮助人恢复记忆,增强自信心^[44]。

4 存在问题与展望

城市森林生态系统在调节城市的生产生活和生态服务功能中发挥了极其重要的作用。数十年来,与城市林业相关的研究往往侧重于其形成与发展史、概念与内涵、性质与组成体系以及规划设计与经营管理方面的探讨,而且多数停留在理论性和描述性水平,缺乏实验设计和实证研究,对其功能及这些功能的经济价值的评价资料十分有限,对城市林业实践中出现的许多问题还未找到解决的依据。因此,我们有必要重新思索未来城市林业研究中亟待加强的一些问题。

4.1 加强城市森林生态系统的功能探索

城市森林景观类型、规模以及空间格局与土地利用类型、城市发展的需要密切相关,包括野生生物生境的保护、水资源保护、火防护、多功能高效森林景观等。不同类型生态系统的功能不完全相同,发挥程度也有差异。此外,关于城市森林对环境的影响效应仍然有争议和不确定性。城市树木、森林在改善城市环境中确实发挥了重要作用,但也可能带来负面影响,如树木中某些挥发性有机物在高浓度的 NO_x 情况下参与光化学反应形成 O_3 ,引起大气污染,且反应过程受众多复杂环境因素的影响。过去多数研究仍停留在规划、设计与格局配置等水平,对城市森林的经济价值、多用途的评估,或某些负面影响的研究缺乏尝试。因此,有必要确立合理的研究方案,通过调查、实验观测和研究建立合理的指标体系,用于评价特定类型的城市森林所发挥的特殊功能、功能发挥的程度。

4.2 重视城市森林维持过程与机制的基础研究

和远离城市的乡村或山区森林相比,城市森林面临前所未有的人为干扰和压力,具有相对不稳定和脆弱性,如因土地利用导致自然森林景观的片段化大大缩小了生境单元,打破了单元间的连接性和延续性,其后果是极可能导致某些种群数量的大大减少,甚至消失。此外,矿物燃料的大量使用导致 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 和其它有毒污染物浓度的增加,引起环境质量的恶化,如土壤酸化、生物迁移和营养循环的破坏,最终导致生物多样性减少和系统稳定性下降。因此,有必要加强城市树木、森林生态系统与环境因子相互作用的关联性研究,包括城市森林功

能维持的基本过程与机制、树木或生态系统抗干扰能力和干扰后的自我恢复能力等,为城市森林生态系统结构的稳定性和功能的持续发挥提供科学基础。

参考文献

- [1] Australian Bureau of Statistics (2000). Australia now: a statistical profile. Available at: <http://www.abs.gov.au>.
- [2] Wu L Y (吴良镛). Urbanization and urban modernization [A]. The 3rd Forum of Jiangsu Science and Technology[C]. Nanjing, 2003. (in Chinese)
- [3] Chen C D (陈昌笃), Bao S X (鲍世行). The urbanization and its development tendency in China [J]. Acta Ecol Sin (生态学报), 1994, 14(1):84–89. (in Chinese)
- [4] Jorgensen E. Urban forestry in Canada[M]. Toronto: Shade Tree Research Laboratory, Faculty of Forestry, University of Toronto, 1970.
- [5] Hudson C. Promoting urban forestry through the urban planning process [J]. J Arbor, 1987, 13(3):86–88.
- [6] Worrall J G. Forestry Handbook for British Columbia [M]. 4th ed. Canada, 1983.
- [7] Grey G W, Deneke F J. Urban Forestry [M]. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [8] Helms J. Dictionary of Forestry [M]. Bethesda: Society of American Foresters, 1998.
- [9] Grey G W. The Urban Forest: Comprehensive Management [M]. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- [10] Bradley G A. Urban Forest Landscapes: Integrating Multidisciplinary Perspectives [M]. Seattle, WA: University of Washington Press, 1995.
- [11] Chen M G (陈美高), Huang Y B (黄奕炳). A probe on establishment of urban ecological forestry [J]. For Econ Issue (林业经济问题), 1994, (1):58–60. (in Chinese)
- [12] Sun B (孙冰), Su J (粟娟), Xie Z Z (谢左章). Current state and perspective of urban forestry [J]. J Nanjing For Univ(南京林业大学学报), 1997, 2: 83–87. (in Chinese)
- [13] Jiang Y X (蒋有绪). The tendency and characteristics of urban forestry development [J]. World Sci Tech Res Develop (世界科技研究与发展), 2000, 22(5):16–18. (in Chinese)
- [14] Wang M L (王木林). The research and development of urban forestry [J]. Sci Silv Sin (林业科学), 1995, 31(5):460–466. (in Chinese)
- [15] Liu S M (刘森茂). Opinions on urban forestry [J]. For Econ Issue (林业经济问题), 1999, 5:40–43. (in Chinese)
- [16] Li J Y (李吉跃), Chang J B (常金宝). Urban forestry in new century: Review and prospects [J]. Word For Res (世界林业研究), 2001, 14(3):1–8. (in Chinese)
- [17] Collins K D. A strategy for urban forestry in Ireland [M]. ECO, Report, Dublin. 1995.
- [18] Sima Y K (司马永康), Xu T (徐涛). Historical review on the development of urban forestry [J]. For Inven Plan (林业调查规

- 划), 2002, 27(1): 16-19. (in Chinese)
- [19] Falck J. Pre-commercial thinning in urban forests [A]. In: Randrup T B, Nilsson K. Urban Forestry in the Nordic Countries [C]. Proceedings of a Nordic workshop on urban forestry held in Reykjavik, Iceland, 1996. 28-31.
- [20] Konijnendijk C C. A short history of urban forestry in Europe [J]. *J Arbor*, 1997, 23:31-39.
- [21] Wang M L (王木林). The scope and management strategies of urban forestry [J]. *Sci Silv Sin (林业科学)*, 1998, 34(4):39-47. (in Chinese)
- [22] Li J Y (李吉跃), Luo H Y (罗红艳), Liu Z (刘增). State of air pollution in Beijing and selections of anti-pollution tree species [A]. In: Liu P W (刘培温), Song X Y (宋希友). Capital Virescence in 21 Century [C]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999. 249-251. (in Chinese)
- [23] Luo H Y (罗红艳), Li J Y (李吉跃), Liu Z (刘增). Effects of purifying SO₂ in atmosphere by greening tree species [J]. *J Beijing For Univ (北京林业大学学报)*, 2000, 22(1):36-43. (in Chinese)
- [24] Gao J (高峻), Yang M J (杨名静), Tao K H (陶康华). Analysis of the pattern of urban greening features in Shanghai [J]. *Chin Gardens(中国园林)*, 2000, 16(1):53-56. (in Chinese)
- [25] Clark J R, Roger K K. Conceptual and management considerations for the development of urban tree plantings [J]. *J Arbor*, 1989, 15(10):229-236.
- [26] Konijnendijk C C. Urban forestry in Europe: a comparative study of concepts, policies and planning for forest conservation, management and development in and around major European cities [D]. Joensuu: Faculty of Forest, University of Joensuu, 1999.
- [27] Yang X J (杨学军). On urban forestry and its research [J]. *J Shanghai Agri Coll (上海农学院学报)*, 1999, 17(1):34-39. (in Chinese)
- [28] Miller R W. Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces [M]. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1988.
- [29] Akbar H, Roserfeld A H, Taha H. Cooling urban heat islands [A]. In: Rodbell P D. Proceedings of Forth Urban Forestry Conference [C]. St Louis, Missouri, 1989. 50-57.
- [30] Huang Y J, Akbari H, Taha H, et al. The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings [J]. *J Climate Appl Meteorol*, 1987, 26(9):1103-1116.
- [31] McPherson E G. Energy saving potential of trees in Chicago [A]. In: McPherson E G, Nowak D J, Rowntree R A. Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project (General Technical Report NE-186) [C]. USDA Forest Service, Radnor, Pennsylvania, USA, 1994. 115-133.
- [32] Brack C L. Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest [J]. *Envir Poll*, 2002, 116: S195-S200.
- [33] Carter E J. The potential of urban forestry in developing countries: a concept paper [J]. FAO, 1994.
- [34] Moll G. Using geographic information systems (GIS) to analyse the value of urban ecosystems [A]. In: Urban Trees-costing the Benefits [C]. Conference proceedings. Chartered Institute of Water and Environmental Management. London, 1996.
- [35] Beckett K P, Freer-Smith P H, Taylor G. Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution [J]. *Envir Pollut*, 1998, 99:347-360.
- [36] Freer-Smith P H, Holloway S, Goodman A. The uptake of particulates by an urban woodland: site description and particulate composition [J]. *Envir Pollut*, 1997, 95:27-35.
- [37] Nowak D J, McHale P J, Ibarra M, et al. Modeling the effects of urban vegetation on air pollution [A]. In: 22nd NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Applications [C]. NATO/CCMS, Brussels, 1997. 276-282.
- [38] FAO. An annotated bibliography on urban forestry in developing countries [M]. 1995.
- [39] Zhang C X (张春霞), Cai J H (蔡剑辉). Urbanization and development of urban forestry [J]. *For Econ (林业经济)*. 2001, (7):45-48. (in Chinese)
- [40] Gao Q (高清). Urban Forestry [M]. Taipei: Taiwan Edition and Translation Bureau, 1984. 50-58. (in Chinese)
- [41] Chappell J. Phytoremediation of TEC using *Populus* [A]. In: Status Report Prepared for the U.S. EPA Technology Innovation Office under a National Network of Environmental Management Studies Fellowship [C]. 1997.
- [42] Lindhagen A. Forest recreation in Sweden: Four case studies using quantitative and qualitative methods [D]. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Environmental Forestry, 1996.
- [43] Hartig T, Stokols D. Towards an ecology of stress and restoration [A]. In: Man and Nature, Odense University, Working paper [C]. 1994. 53.
- [44] Konijnendijk C C. Adapting forestry to urban demands: role of communication in urban forestry in Europe [J]. *Landscape Urban Planning*, 2000, 52:89-100.