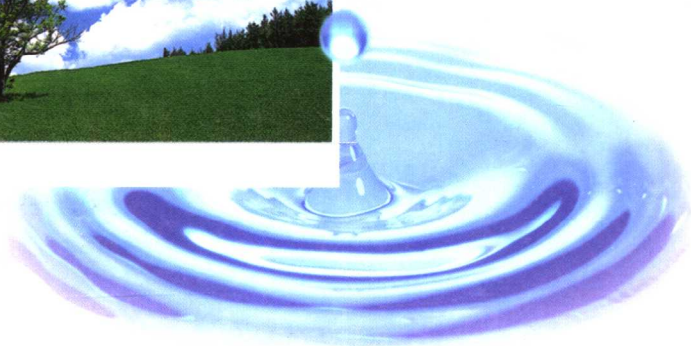




城市绿地节水技术

◎刘洪禄 吴文勇 郝仲勇 等著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家高技术研究发展计划（863计划）资助项目
北京市“十五”科技攻关计划资助项目

城市绿地节水技术

◎ 刘洪禄 吴文勇 郝仲勇 等著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 简 介

本书论述了城市绿地节水的关键技术途径、城市绿地耗水规律与灌溉制度、城市绿地雨洪集蓄与利用技术、城市绿地再生水灌溉技术、城市绿地非工程节水技术、城市绿地节水灌溉自动控制技术、城市绿地节水灌溉工程设计、城市绿地节水效益评价指标与方法等。全书从城市绿地水分过程入手,较为系统地探讨了城市绿地节水的工程措施与非工程措施,兼具理论性、资料性与实践性。

本书可供从事节水灌溉、园林、市政、规划设计等领域的广大科技工作者、工程技术人员与大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市绿地节水技术 / 刘洪禄等著. —北京: 中国水利水电出版社, 2006

ISBN 7-5084-3830-2

I. 城... II. 刘... III. 城市—绿化地—节约用水—技术 IV. ①TU985.1②TU991.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 071933 号

书 名	城市绿地节水技术
作 者	刘洪禄 吴文勇 郝仲勇 等 著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 20 印张 450 千字
版 次	2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	50.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编写人员名单

主 编 刘洪禄 吴文勇 郝仲勇

主要著者（以姓氏笔画为序）

丁跃元（北京市水利科学研究所）

刘洪禄（北京市水利科学研究所）

任晓力（河北工程大学）

杨培岭（中国农业大学）

吴文勇（北京市水利科学研究所）

张书函（北京市水利科学研究所）

武菊英（北京草业与环境研究发展中心）

冒建华（北京市水利科学研究所）

周连第（北京市农林科学院）

郑文刚（北京农业信息技术研究中心）

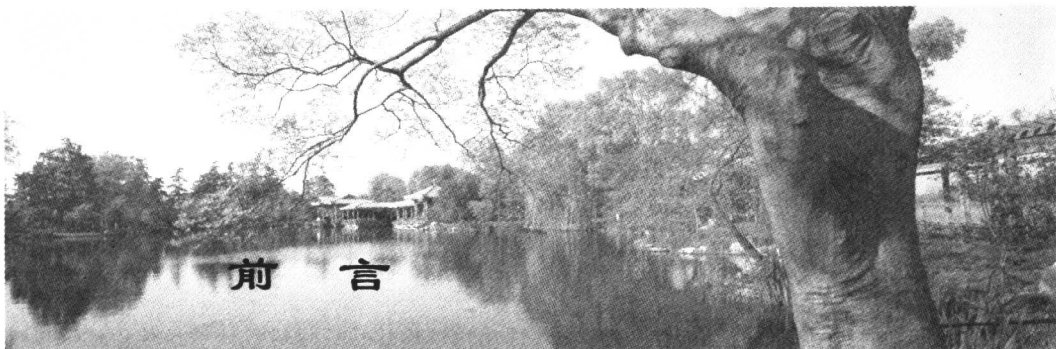
赵 华（国家节水灌溉北京工程技术研究中心）

郝仲勇（北京市水利科学研究所）

高本虎（国家节水灌溉北京工程技术研究中心）

高占义（中国水利水电科学研究院水利所）

廖平安（北京市水务局）



前言

城市绿地是城市生态环境及可持续发展的重要基础,具有显著的生态、社会和经济效益,随着城市的迅速发展,城市的水资源短缺形势日趋严峻,节水成为实现城市水资源供需平衡的重要途径。据预测,到2030年全国城市绿地灌溉年需水量为82.7亿 m^3 左右,城市绿地的节水问题逐步受到关注,城市绿地节水技术成为研究的热点。

在科技部、北京市科委的大力支持下,北京市水利科学研所在“十五”期间承担了国家863项目“北方半干旱都市绿地灌溉区节水综合技术体系集成与示范(北京)”、北京市科技攻关项目“北京市绿地灌溉节水综合技术体系集成与示范”等重大科研项目。项目研究从开源与节流两方面入手,较为系统地研究与探讨了城市绿地耗水规律、节水抗旱品种筛选、城市绿地雨洪集蓄与利用、城市绿地再生水灌溉利用、城市绿地非工程节水措施、城市绿地节水灌溉系统设计、城市绿地灌溉自动控制系统、城市绿地评价指标与评价方法等内容,取得了一批重要的科研成果,为节水型城市绿地的建设与管理提供技术依据,促进了城市水资源的可持续利用与节水型城市的建设。

本书以项目研究中获取的大量第一手实验数据与相关研究成果为编写基础,系统论述了节水型城市绿地建设的工程措施与非工程措施。全书共分八章。第一章为绪论,本章从城市绿地的功能作用、城市水问题入手论述了城市绿地节水的必要性,在深入分析了城市绿地水分运动过程的基础上,提出城市绿地节水的关键技术问题。第二章为

城市绿地耗水规律与灌溉制度,本章重点阐述城市绿地草坪草、观赏草、常见树木耗水规律及其抗旱机理,引入园林系数概念,计算出不同水平年条件下典型绿地植被形式需水量,制定出相应的灌溉制度。第三章为城市绿地雨洪集蓄与利用技术,本章研究了不同下垫面的降水径流关系,分析了径流水质特征与绿地灌溉可行性,探讨了下凹式绿地施工工艺及其节水效果,提出不同下垫面条件下城市雨洪集蓄与绿地灌溉利用模式。第四章为城市绿地再生水灌溉技术,本章深入分析城市再生水的水质特征及其灌溉的可行性,研究了再生水灌溉对作物根冠结构、土壤物理、土壤化学的影响,探讨了再生水灌溉条件下病原微生物对公众健康的影响,提出了城市绿地再生水灌溉工程建设与管理措施。第五章为城市绿地非工程节水技术,本章以近年来的主要研究成果为基础,系统阐述了国内外保水剂、旱地龙等节水抗旱制剂的研究应用现状、节水机理、施用效果与施用方法。分析了不同覆盖保墒措施对绿地耗水的影响,探讨了防风林带对绿地腾发量的影响特征,初步形成城市绿地非工程节水技术模式。第六章为城市绿地节水灌溉自动控制技术,本章主要介绍了城市绿地节水灌溉自动控制系统的类型与组成,分析了节水灌溉监测与控制器结构与功能,开发出城市绿地节水灌溉控制软件,取得较好的应用效果。第七章为城市绿地节水灌溉工程设计,本章系统介绍绿地节水灌溉系统的类型与基础知识,提出不同绿地植被类型的节水灌溉模式,从设计步骤、绘图、灌水器选型与布置、管网水力计算、园林绿地灌溉制度等几个方面系统阐述了城市绿地节水灌溉系统规划与设计的主要步骤;第八章为城市绿地节水效益评价指标与方法,本章从社会、经济、生态、技术等多种要素出发,丰富与完善现状城市绿地节水评价指标体系,制定科学、合理、易于实施的评价方法,推动了我国城市绿地高效节水技术体系的建立。

本书由参与上述项目研究的科研人员共同撰写而成,全书由吴文勇、郝仲勇统稿,最后由刘洪禄审定,全书著者分工如下:

第一章	刘洪禄	吴文勇	郝仲勇	廖平安
第二章	第一、四节	刘洪禄	吴文勇	郝仲勇
	第二节	武菊英	王庆海	左海涛
	第三节	周连第	李淑英	郝仲勇
第三章	张书函	丁跃元	冒建华	陈建刚
	任晓力	胡浩云	郭凤台	祁兴会
第四章	第一、四、五节	吴文勇	刘洪禄	
	郝仲勇	杨培岭		
	第二、三节	杨培岭	任树梅	师彦武
第五章	第一、二节	杨培岭	任树梅	李云开
	第三、四节	刘洪禄	郝仲勇	吴文勇
第六章	郑文刚	赵春江	刘洪禄	吴文勇
第七章	第一节至第四节	刘洪禄	吴文勇	郝仲勇
	顾永钢			
	第五节至第八节	高本虎	高占义	杨继富
	郝仲勇			
第八章	赵 华	高占义	杨继富	吴文勇
	郝仲勇			

除上述参编人员以外,先后参加本项目研究的人员还有许翠平、马明、马福生、李淑勤、原桂霞、胡淑彦、韩文龙、高念东、刘雪峰、张超品、王勇、彭致功、齐志明、吴文彪、韩玉国、李冬杰、王玉昆、习华勇、刘世虹等同志,本书也包含上述同志的工作成果。另外,本书还参考了其他单位及个人的研究成果,均已在参考文献中注出,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,水平有限,文中欠妥或谬误之处,敬请读者批评指正,不吝赐教。

编者

2006年6月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 城市绿地的功能作用	2
第二节 城市水问题与绿地需水预测	7
第三节 城市水循环与城市绿地水分过程	11
第四节 城市绿地节水的技术途径	18
第二章 城市绿地耗水规律与灌溉制度	21
第一节 城市绿地草坪草耗水规律	22
第二节 节水抗旱型观赏草品种筛选及其耗水规律	34
第三节 城市绿地乔木、灌木耗水规律	45
第四节 城市绿地灌溉需水量估算方法	61
第三章 城市绿地雨洪集蓄与利用技术	69
第一节 城市降水特性与城市水循环	70
第二节 城市不同下垫面产汇流规律研究	77
第三节 城市不同下垫面径流水质变化特征研究	86
第四节 城市绿地消纳雨洪的试验研究	97
第五节 城市小区雨洪集蓄系统设计	111
第六节 城市绿地雨洪集蓄利用技术模式	122
第四章 城市绿地再生水灌溉技术	129
第一节 再生水水质指标与水质评价	130
第二节 再生水灌溉对城市绿地观赏品质的影响	142
第三节 再生水灌溉对土壤理化性质的影响	151
第四节 城市绿地再生水灌溉对人群健康的影响	154
第五节 城市绿地再生水灌溉工程建设与管理	162
第五章 城市绿地非工程节水技术	167
第一节 保水剂对城市绿地耗水特性的影响	168

目 录

第二节	旱地龙对城市绿地耗水特性的影响	179
第三节	城市绿地覆盖保墒技术	184
第四节	建植形式对绿地耗水的影响	188
第六章	城市绿地节水灌溉自动控制技术	191
第一节	城市绿地节水灌溉自动控制系统类型	192
第二节	城市绿地节水灌溉自动控制系统研制	194
第三节	城市绿地节水灌溉自动控制软件开发	204
第七章	城市绿地节水灌溉工程设计	215
第一节	设计基础知识	216
第二节	设计步骤、原则与绘图	227
第三节	喷灌灌水器选型与布置	232
第四节	微灌灌水器选型与布置	236
第五节	城市绿地节水灌溉模式	241
第六节	绿地灌溉工程设备选型与配套	245
第七节	管道水力计算	250
第八节	园林绿地灌溉制度制定	257
第九节	系统维护与管理	259
第八章	城市绿地节水效益评价指标与万法	263
第一节	城市绿地节水效益评价指标的筛选与制定	264
第二节	城市绿地节水效益综合评价技术与方法	276
第三节	城市绿地节水效益评价指标与评价方法的应用	291
参考文献		301



第一章

绪论

城市绿地以改善城市生态环境、提高生活质量和促进社会发展为主要目的,是现代城市生活和生产不可缺少的组成部分。城市绿地可以分为公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地和其他绿地。本章从城市绿地的功能作用、城市水问题入手论述了城市绿地节水的必要性,在深入分析了城市绿地水分运动过程的基础上,提出城市绿地节水的关键技术途径。

第一节 城市绿地的功能作用

“绿地”在《辞海》里注解为“配合环境创造自然条件,适合种植乔木、灌木和草本植物而形成一定范围的绿化面积或区域”。城市绿地是城市环境美化与社会进步的共同需要,具有显著的社会效益、环境效益和经济效益。

一、社会效益

城市绿化不仅可以美化城市,陶冶情操,促进社会进步,还能够防灾、减灾,具有明显的社会效益。城市的不断发展使得城市内刚性建筑不断增加,城市绿化是柔和的软质景观。两者相得益彰,能丰富城市建筑群体的轮廓线,形成街景,成为风景如画的景观街、花园广场和滨河绿带。沿海、沿江城市绿化可以形成优美的城市轮廓骨架。

城市绿地是一个城市或单位的宣传橱窗,可开展多种形式活动,是向群众进行文化宣传、科普教育的场所,使游人在游玩中受到教育、接受知识、提高文化修养。在公共绿地中可经常开展群众性活动,使人们在优美的自然环境中交流思想感情、互帮互助、团结友爱,增进友谊,促进社会的安定团结。城市园林绿地有助于成年人消除疲劳、恢复体力、调剂生活、振奋精神、提高工作效率;可培养青少年的勇敢、活泼、伶俐,有益于身心健康成长;老年人则可在此环境中尽情享受阳光空气,增进生机,延年益寿。据测定,人在绿色环境中脉搏次数比在城市空地中每分钟减少4~8次,有的甚至少14~18次。日本曾研究公园绿地对居民健康的影响。我国于20世纪80年代进行了“绿与消除人体疲劳的探讨”,其结果为:绿化好的环境,人耐力持久度为1.05~1.42,绿化差的为1.0,平均提高11%。而且绿化好的环境,人的明视持久度有所提高,消除视力疲劳,听力、脉搏和血压等较稳定,易恢复正常。在绿化差的环境,上述人体健康指标不稳定(胡长龙,2003)。

二、生态环境效益

城市绿地被称为“城市的肺脏”,不仅可以调节温度、湿度,净化空气、水体与土

壤，而且还可以防风、减噪，对于维护城市生态平衡起到重大作用。

1. 净化空气

空气是人类赖以生存和生活的重要外环境因素之一。城市化带来的空气污染问题越来越严重，温室气体的排放导致全球气候变暖，带来一系列环境生态问题。据统计，1hm² 落叶阔叶林、常绿阔叶林和针叶林每年可以释放氧气 10t、22t 和 16t。北京城近郊建成区的绿地，每天释放 2.3 万 t 氧气，全年可释放 295 万 t，对于维持空气中碳氧平衡起到重要作用（陈自新等，1998）。

城市绿地还可以吸收有害气体，吸滞粉尘。在一定浓度范围内，园林植物对二氧化硫、氟化氢、氮氧化物、氯、氯化氢、一氧化碳、臭氧、汞、铅等有害气体有显著的吸收效果。

李嘉乐等（1977）对 0.048~0.559mg/m³ 浓度范围内，不同树木对二氧化硫（SO₂）的适应性进行了研究，并且根据污染区树木的受害症状和长势表现分为以下三类：

- （1）吸收量大于 1.5% 以上的有构树、白蜡、馒头柳、海棠、新疆杨。
- （2）吸收量中等（1.08%~1.38%）的有合欢、丁香、连翘、侧柏、黄栌、元宝枫、白玉棠、木槿、加杨、国槐、臭椿、杨槐、立柳。
- （3）吸收量较小（0.52%~0.84%）的有桧柏、黄栌、云杉、柿子、泡桐、黄刺梅、白皮松、华山松。

氟化氢是无色有毒气体，具有强烈的刺激性和腐蚀性，绿地对氟化氢有较强的吸收作用，北京市环境保护研究所 1977 年对北京地区树种吸收氟化氢大小进行了分类：

- （1）吸收量大（5kg/hm²）以上的有侧柏、臭椿、桑树、白皮松、华山松。
- （2）吸收量中等（1~5kg/hm²）的有泡桐、加杨、立柳、刺槐、白蜡、葡萄等。
- （3）吸收量小（<1kg/hm²）的有苹果、油松等。

氯气是一种有强烈臭味而令人窒息的黄绿色气体，对人、畜及植物的毒性很大。植物对氯气有一定的吸收能力。对氯气抗性强的树种有黄杨、油茶、山茶、柳杉、日本女贞、枸骨、锦熟黄杨、五角枫、臭椿、高山榕、散尾葵、樟树、北京丁香、怪柳、接骨木等。

大多数植物能吸收臭氧。其中银杏、柳杉、日本扁柏、樟树、海桐、青冈栎、日本女贞、夹竹桃、栎树、刺槐、悬铃木、连翘、冬青等净化臭氧的作用大。据国外报道，有苏铁、美洲槭等 40 多种植物具有吸收二氧化氮的能力。栓皮栎、桂香柳，加拿大白杨等树种能吸收空气中的醛、酮、醇和致癌物质安息香吡啉等毒气。

2. 吸滞粉尘

树木叶片滞尘量的大小与叶片的形状、性质及滞尘方式有关，植物叶片蒙尘的方式有停着、附着和粘着。叶片狭小、小枝开张度小、叶片较光滑者多为停着，如柳树、白蜡、刺槐、银杏等。叶片宽大平展、小枝开张度大、叶片粗糙、有绒毛，则表现为附着，如臭椿、卫茅、红叶李、毛白杨、核桃等。枝叶能分泌树脂、粘液等者表现为粘

着，如侧柏、圆柏以及其他松柏类植物。停着的尘易被风吹走，附着的尘经较大的风或雨淋亦被带走，粘着的尘要在大雨冲击下才能被部分清洗。研究人员将太原市园林植物滞尘能力可以分为三类（张秀梅等，2001）：树木叶片单位面积的滞尘能力在 $50\text{g}/\text{m}^2$ 以上的阔叶树木有泡桐、红叶李、榆叶梅、卫茅；滞尘能力在 $10\sim 30\text{g}/\text{m}^2$ 的树木有臭椿、国槐、山荞麦、小叶黄杨、紫叶小檗、大叶黄杨、火炬树；滞尘能力在 $10\text{g}/\text{m}^2$ 以下的树种有银杏、白蜡、法国梧桐、垂柳、榆树、刺槐、毛白杨、海棠、连翘、丁香、绣线菊、珍珠梅、桃树、皂荚、五角枫、栾树、忍冬等。

3. 调节温度

城市绿地可有效缓解“热岛效应”，绿地通过蒸腾和光合吸收热量，降低气温。每公顷生长旺盛的森林，每年需要蒸腾 8000m^3 的水，吸收 167.5 亿 kJ 的热量。蔓藤攀缘植物葡萄和紫藤遮阴效果好于行道绿化树木，其日平均气温较未绿化空地对照降低 $8.6\%\sim 12.4\%$ ，降低温度 $2.7\sim 3.9^\circ\text{C}$ ，三种行道绿化树木遮阴下的降温效果顺序为：法梧 $>$ 高干女贞 $>$ 中槐（杜克勤等，1997）。不同类型绿地的降温效果有显著差异，绿化面积越大降温效果越显著。阔叶林的降温作用最大，其次为藤生植物，水泥地面等对城市热岛有加强作用（见图 1-1）（文远高等，2003）。

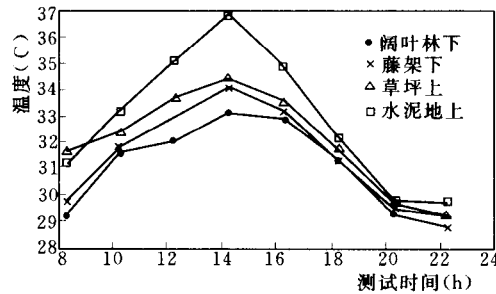


图 1-1 不同绿化形式下气温随时间变化趋势

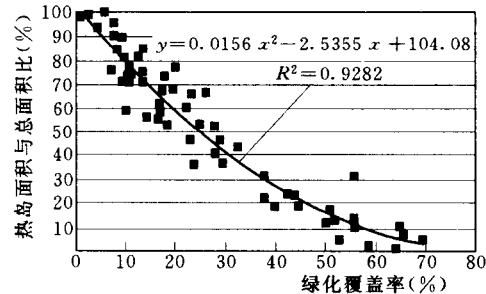


图 1-2 热岛强度与绿化覆盖率之间的关系

李延明等（2004）对城市现状遥感影像和热岛影像进行了抽样量统计，并进行了绿化覆盖率与热岛强度的回归分析。结果表明：绿化覆盖率与热岛强度成负相关，绿化覆盖率越高，则热岛强度越低，当一个区域绿化覆盖率达到 30% 时，热岛强度开始较明显的减弱；绿化覆盖率大于 50% 时，热岛的缓解现象极其明显（见图 1-2）。

4. 增加湿度

人们感觉最舒适的空气相对湿度为 30%~60%，园林植物可以通过叶面蒸腾增加小气候湿度。一株胸径为 20cm 的槐树（国槐）总叶面积为 209.33m^2 ，在炎热的夏季每天的蒸腾放水量为 439.46kg，蒸腾吸热为 $83.9\text{kW}\cdot\text{h}$ ，约相当于 3 台功率为 1100W 的空调工作 24h 所产生的降温效应（陈自新等，1998）。对上海市几处公园的研究表明，绿地不同种植结构的降温效果有显著差异，趋势是：乔木林 $>$ 乔冠草 $>$ 草坪，主要是由于不同乔冠草配置结构蒸腾效果不同，叶面积大的配置结构蒸腾效果增加湿度最为显著（见表 1-1）。

表 1-1 上海市不同类型种植结构的增湿效果 单位：%

种植结构	乔木林	乔冠草	乔冠草	灌木林	草 坪
西郊公园	10.7~11.5	6.9~11.9			4.5~6.0
长风公园		3.5~4.6	4.8~5.4		1.5~3.0
中山公园		2.2~5.2	0.4~2.4		1.3~4.5
人民公园		3.5~4.4		4.2~6.0	1.2~0.5
光启公园		1.5~4.2		2.1~4.5	0.2~1.7
曹溪公园		3.4~4.1		3.2~3.8	2.0~2.5
康乐小区		3.4~9.5		1.3~7.0	0.5~5.1
杨高路		9.5~11.2	6.0~7.9	1.5~2.4	

注 引自中国园林，2000。

5. 杀灭细菌

城市绿地减少空气中的细菌含量主要有两个方面的原因：一是树木吸附和过滤空气中的尘埃，从而减少了细菌含量；二是有些树木分泌的挥发物质（有人称之为杀菌素）具有杀菌作用（花晓梅，1992）。例如，1hm² 的柏树林每天能分泌出杀菌素 30kg，可杀死白喉、肺结核、伤寒、痢疾等病菌。桦木、桉树、梧桐、冷杉、毛白杨、臭椿、核桃、白蜡等都有很好的杀菌能力。

不同绿地种植类型（乔灌草型、灌草型和草坪）和非绿地对空气中的含菌数有一定影响，图 1-3 显示几种不同类型绿地空气中的含菌量明显少于非绿地

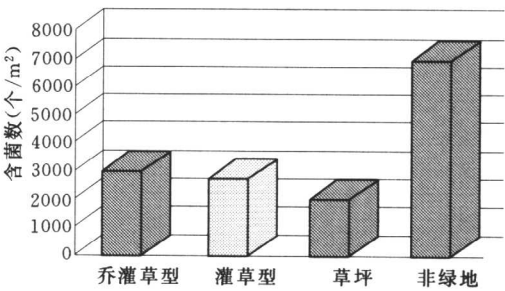


图 1-3 居住区三种不同类型绿地与非绿地空气细菌量比较图

（张新献等，1997）。而四类绿地之间空气中含菌量差异并不大，含菌量最低的为草坪，平均为 2025 个/m³，而非绿地空气中含菌量平均高达 7009 个/m³。

为了进一步了解常用园林植物杀菌作用的强度差异，有关科研人员于 1994 年就 66 种园林植物对两种最常见的病原细菌，即金色葡萄球菌和铜绿假单胞杆菌的杀菌力进行了测定分析（刘常富，2003），并将其分为 4 类：

- （1）对杆菌和球菌的杀菌力均极强的园林植物既能杀死某些球菌，又能杀死某些杆菌，如油松、核桃、桑树等。这类园林植物可以作为医院、居住区等绿化的首选植物。
- （2）对两菌种的杀菌力均较强或对其中一个菌种的杀菌力强而对另一个菌种的杀菌力中等的园林植物全部是北方城市园林绿化中最常见的植物，包括常绿树木：白皮松、桧柏、侧柏、洒金柏；落叶乔木：紫叶李、栾树、泡桐、杜仲、槐树、臭椿、黄榆；落叶灌木：紫穗槐、棣棠、金银木、紫丁香；攀缘植物：中国地锦、美国地锦以及球根花卉美人蕉等。
- （3）对球菌和杆菌的杀菌力中等的园林植物有常绿乔木类的华山松，落叶乔木类的

构树、绒毛白蜡、银杏、绦柳、馒头柳、榆树、元宝枫、西府海棠，灌木类的北京丁香、丰花月季、海州常山、腊梅、石榴、紫薇、平枝荀子、紫荆、盒叶女贞、黄刺玫、木槿、大叶黄杨、小叶黄杨及草本植物的鸢尾、地肤、山养麦等。

(4) 对球菌和杆菌的杀菌力均弱的园林植物有加杨、洋白蜡、玫瑰、报春刺玫、太平花、营草、毛白杨、樱花、玉兰、榆叶梅、鸡麻、野蔷薇、美蔷薇、山楂、迎春共 15 种。

6. 减少噪音

植树绿化对噪声具有吸收和消声的作用，可以减弱噪声强度。前苏联 B·A·奥辛提供在莫斯科一些干道上对不同种植方式作了研究，见表 1-2（摘自参考文献 [10]），树木前面的噪声强度较高，而树木后面有叶时期又低于无叶时期。因此，随着城市中树种、布置方式、街道绿带的宽度及其接近噪声源的程度、树木的状态以及乔木和灌木树冠的浓密程度等方面的差异，城市中树木降低总噪声强度 6~13.2dB。同样，这些树木在无叶簇时期降低噪声 2~6dB。因而，可以认为叶簇物质本身降低噪声 3~7dB。

表 1-2 莫斯科一些干道上各种绿化方式对来往车辆总噪声强度的降低情况

观测地点	测定的总噪声强度 (dB)						绿带宽度 (m)	绿带高度 (m)	种植 方式	树木 状态	绿带的组成 树种
	无叶时期			有叶时期							
	绿带 前面	绿带 后面	强度 降低	绿带 前面	绿带 后面	强度 降低					
土库查夫 斯基	73.9	71.6	2.3	76.7	69	7.7	10	5.5	两行树木 和绿篱	良好	椴树、丁香
红场	78	76	2	80	74	6	6~10	8	一行树木	良好	椴树
列宁斯基 大街	75	69.3	5.7	77.7	66.1	11.6	36	3~12	几丛树木	良好	阔叶树和灌木
列宁格勒 大街	81.8	77.4	3.4	83	75	8	10	7~9	两行绿篱	良好	桦树、相思树
拉祖莫夫 斯基滨河 路右侧	31.8	78	3.8	73.6	65.6	8.1	20	4~5	几丛树木 和绿篱	良好	桦树、杨树、 槭树榆、丁香、 相思树
拉祖莫夫 斯基滨河 路左侧	31.8	78.5	3.3	73.6	66.2	2.4	20	4~5	几丛树木 和绿篱	良好	桦树、杨树、 槭树榆、丁香、 相思树
克拉姆列 夫斯基滨 河路	79.8	73.4	6.4	83.4	70.2	13.2	32~36	8~9	两行椴树	良好	椴树

7. 防灾避难功能

城市园林绿化具有防灾避难、保护城市人民生命财产安全的功能。第一，园林植物具有盘根错节的根系，长在山坡上具有防止水土流失作用，自然降雨时，将有 15%~40% 水量被树冠截留或蒸发，50%~80% 的水量被林地上厚而松的枯枝落叶层吸收，逐

渐渗入土壤中,形成地下径流,减少地表径流与洪水的发生,Gross 等的研究(1991)表明,在 30min 降水强度为 76mm/h 的暴雨条件下,城市绿地土壤侵蚀量为 10~60kg/hm²,裸地土壤侵蚀量约为 223kg/hm²。第二,城镇周围的防风林带,可防止台风的袭击。据测定,城郊防风林冬季可以降低风速 20%,夏秋可以降低风速 50%~80%。第三,园林植物能过滤、吸收和阻隔放射性物质,减低光辐射的传递和冲击杀伤。第四,绿色植物的枝叶含有大量水分,可以阻止火灾蔓延,它是地震、火灾的避难地。如 1923 年 1 月日本关东发生大地震,同时引起大火灾,而在城市公园绿地则挽救了很多人的生命。

三、经济效益

城市绿地不但具有显著的社会、生态效益,而且具有显著的经济效益。随着市场经济的发展,城市园林绿化经济效益分直接经济效益和间接经济效益。直接经济效益是指园林绿化产品、门票、服务的直接收入;间接经济效益是指园林绿化所形成的良性生态环境效益和社会效益,城市绿地间接效益比直接效益要大得多。R. Costanza 等(1997)在 Nature 上发表了《全球生态系统服务功能价值和自然资本》,测算出每年整个生物圈产生的生态服务价值平均为 33 万亿美元,此后关于生态系统生态服务价值的研究逐渐增多。在我国,刘丛等(1997)对甘肃省三北防护林森林资源资产进行了评价,欧阳志云等(1999)对生态系统服务功能及其生态经济价值评价理论与方法作了分析,黄兴文等(1999)对中国生态资产区划的理论与应用问题进行了探讨。周冰冰等(2000)对北京市森林资源的价值进行了核算。但城市园林绿地不同,其生存环境和生态效益也与自然森林有很大差异。冷平生等(2004)以北京市建成区城市园林绿地生态效益量化数据为基础,采用生态效益经济评价中常用的方法,对园林绿地的生态价值进行评价,北京市建成区城市园林绿地一年创造的生态价值达 34.902 亿元。其中,固碳释氧的价值为 26.21 亿元,净化空气的价值为 7.209 亿元,蒸腾吸热的价值为 1.169 亿元,涵养水源的价值为 0.314 亿元。

第二节 城市水问题与绿地需水预测

随着我国城市社会经济的快速发展,城市需水量不断增加,城市水资源供需矛盾日益突出,城市污水排放导致水体污染加剧。城市水问题成为制约我国城市发展的瓶颈之一。预计到 2030 年,全国城市绿地需水量将达到 82.7 亿 m³,节水潜力巨大。

一、城市缺水现状与成因

1. 城市需水量不断增加,供需矛盾突出

近年来,我国城市化水平不断提高,已由 1978 年的 17.92% 提高到 2003 年的 40.53% (见图 1-4),20 世纪 90 年代以来,我国城市缺水范围不断扩大,缺水程度不

断加剧。京津沪是重度缺水城市，北京市人均水资源不足 300m^3 ，上海市人均水资源不足 200m^3 ，天津市更属生态缺水城市，人均水资源仅 153m^3 。目前我国 669 座城市中，有 400 多座城市缺水，其中 110 多座城市严重缺水。全国城市日缺水量达 1600万 m^3 ，全年因城市缺水影响产值在 2000 亿元以上，影响城市人口约 4000 万（黄鹄等，2001）。近年来，城市供水量持续增长，2004 年末，城市人口 34088 万，城市供水总量 489 亿 m^3 ，比 2003 年增长 2.84%。

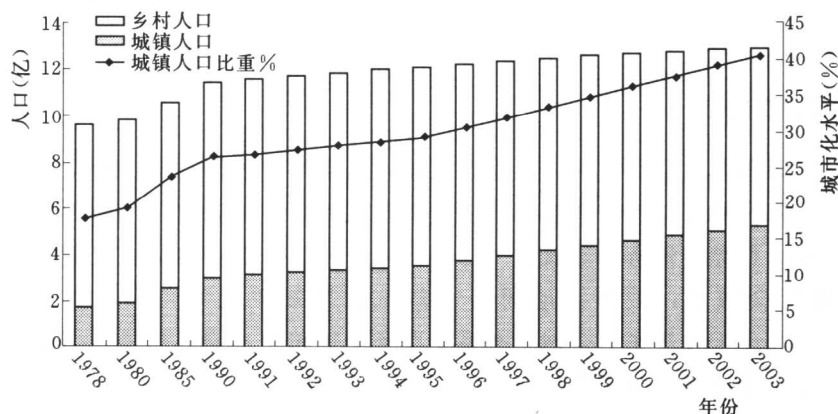


图 1-4 我国城市化水平发展趋势

1982 年以前数据为户籍统计数；1982~1989 年数据根据 1990 年人口普查数据有所调整；
1990~2000 年数据根据 2000 年人口普查数据进行了调整；2001~2003 年数据
为人口变动情况抽样调查推算数。

钱易等（2002）在“中国城市水资源可持续开发利用”研究中预测，到 2010 年、2030 年和 2050 年，全国城市人口分别达到 5.5 亿、7.5 亿与 9.5 亿，预计城市需水量将达 910 亿 m^3 、1220 亿 m^3 、1540 亿 m^3 ，见表 1-3。

表 1-3 全国城市需水量分区预测成果

分区	预测内容	规划基本年	规划水平年		展望年
		1997 年	2010 年	2030 年	2050 年
北方	总人口（亿）	5.85	6.3	7.0	7.5
	城市化水平（%）	30	40	49	57
	城市人口（亿）	1.8	2.5	3.4	4.3
	人均综合需水量（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）	150	155	155	155
	总需水量（亿 m^3 ）	270	390	530	670
南方	总人口（亿）	6.51	7.5	8.0	8.5
	城市化水平（%）	29	40	51	62
	城市人口（亿）	1.90	3.0	4.1	5.3
	人均综合需水量（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）	190	175	169	165
	总需水量（亿 m^3 ）	360	520	690	870
城市总需水量（亿 m^3 ）		630	910	1220	1540