

doi: 10.3969/j.issn.1005-8141.2014.06.012

北京城市绿化水资源合理利用研究

——基于理论供水量与实际供水量的视角

孙红¹ 刘智丹¹ 彭强² 米锋¹ 田明华¹

(1. 北京林业大学 经济管理学院 北京 100083; 2. 北京市园林绿化局 北京 100029)

摘要: 基于城市绿化用水资源合理利用的视角, 借鉴相关学者对具体绿化品种生态需水量的研究, 通过尺度扩展法计算北京城市绿化年生态需水量, 进而结合北京市有效降雨利用量求得理论供水量。利用实地调研所获取的北京市城市绿化实际供水量与理论供水量进行估算研究, 分析得出北京市城市绿化用水存在 1.79 亿 m³ 的节水空间。因此, 提高绿化水资源的利用效率, 保障北京城市供水安全与水资源可持续利用, 是当前城市绿化建设和研究的重要课题。

关键词: 城市绿化; 生态需水量; 尺度扩展法; 供水量; 有效降雨利用量

中图分类号: P968; P641.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8141(2014)06-0687-04

Study on Water Resources Rational Use for Urban Green Space in Beijing

——Based on Perspective of Theoretical Water Supply and Actual Water Supply

SUN Hong¹, LIU Zhi-dan¹, PENG Qiang², MI Feng¹, TIAN Ming-hua¹

(1. School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Landscaping Administration of Beijing, Beijing 100029, China)

Abstract: This paper based on the rational use of water resources for urban green space, drawing on relevant academic study of ecological water demand of specific greening varieties, through scale expansion method to calculated Beijing urban greening of ecological water demand, and then combined with theoretical effective rainfall use obtained water supply of Beijing. Acquired by using the field investigation of Beijing urban greening estimation of actual water supply and water supply theory research, analysis of Beijing urban greening water was 179 million cubic meter water saving space. Therefore, how to improve the efficiency of greening water, guarantee the urban water supply security and sustainable utilization of water resources in Beijing, it was an important subject of urban greening development and research.

Key words: urban green space; ecological water demand; scale expansion method; water resource supply; effective rainfall utilization

城市绿化是衡量城市文明程度和综合服务功能的重要指标。北京作为国际化大都市, 城市绿化建设卓有成效, 基本形成了乔灌草结合、宿根花卉搭配、四季皆有景观、错落有致的城市绿化景观。但城市绿地面积的不断增长导致绿化用水量逐年攀升, 给城市用水带来很大的压力。北京属资源型重度缺水地区, 长期以来依赖于“应急水源”, 过度开采地下水, 水资源紧缺成为制约北京市经济社会可持续发展的主要瓶颈。

本文旨在了解和掌握绿化品种的理论需水规律和绿化用水实际供给量, 为北京市城市绿地的水资源管理提供理论基础, 同时使绿地水资源利用更节约、更经济, 缓解北京市水资源紧张的状态, 实现北京城市绿化与水资源合理配置的共同发展与进步, 达到持续的良性循环, 为城市建设助力。

1 概念界定及研究区概况

1.1 概念与内涵

城市绿地: 所谓“绿地”, 《辞海》译为“配合环境创造自然条件, 宜植乔木、灌木和草本植物而形成一定范围的绿化地面或区域”; 或指“凡是生长植物的土地, 不论城市、自然植被或人工栽培, 包括农、林、牧、水产用地, 均可称为绿地”^[1, 2]。城市绿地为居民提供舒适的生活环境, 为生物提供适宜的生态环境, 增强城市景观的自然性、城市与自然的和谐, 是发展建设现代宜居城市的重要标志。本文研究的城市绿地采用《城市绿地分类标准》(GJJ/T85-2002) 中的定义, 即公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地、其他绿地共五大类, 研究范畴包括北京市 16 个区县所辖市区的城市绿地。

生态需水量: 对需水量的定义主要包含两个方面:

①指能维持生物自身生存所需水量和生物体赖以生存的环境需水量, 即保存在作物根系层中用于满足作物蒸发蒸腾需要的那部分水量; ②包括自然降雨形成的被植物截留、蒸腾、生长和土壤蒸发所利用的降雨量, 即降雨有效利用量。一般来说, 生态需水量是指单位边际面积或单位面积树冠投影的液流量。但王华

收稿日期: 2014-04-16; 修订日期: 2014-05-14

基金项目: 北京市水科学技术研究院重点研究项目(编号: 20130301); 北京林业大学大学生创新训练项目(X1310022141)。

第一作者简介: 孙红(1990-), 女, 天津市宝坻人, 硕士研究生, 主要研究方向为林业技术经济与城市林业。

通讯作者简介: 米锋(1976-), 女, 山东省泰安人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为林业技术经济与城市林业。

田^[3]认为,用蒸腾耗水量替代边际液流量作为树木耗水性的指标和维持生物赖以生存的需水量,更能反映绿化植物耗水的生理生态学意义。由于研究条件所限,本文所指的生态需水量仅包含能维持生物自身生存所需水量和自然降雨形成的量。

供水量: 供水量包括理论供水量和实际供水量两部分。理论供水量是指为绿化植物维持自身生存和生长需要所提供的供水量,即生态需水量减去有效降雨量的部分;实际供水量是指各种绿化水源工程为绿化提供的包括输水损失在内的毛供水量。实际供水量数据将通过实地调研获取,与上述理论供水量进行比较,从而得出北京市城市绿地的节水空间,进而进行节水潜力分析。理论供水量和实际供水量的调查与估算既是研究北京市城市绿地水资源节水潜力的基础性工作,探求提高水资源利用效率的有效途径,也是北京城市绿地水资源合理配置研究的重要内容。

尺度扩展法: 尺度扩展法是估算北京城市绿化品种生态需水量的主要方法。在植物需水特性研究中,通常以单位边际面积、单株(大树)或单位叶面积(苗木)为空间尺度,以某一时间段为时间尺度,而本文需要林分尺度或更大范围、整个季节乃至全年的需水信息。尺度扩展原理是将需水研究的结果进行尺度扩展,包括空间尺度和时间尺度。本文主要采用空间尺度扩展方法。

1.2 北京城市绿化发展现状分析

截止 2012 年,北京市的绿地面积总计约为 65539.76hm²,比 2005 年增长了 59.56%。其中,公共绿地面积为 21178.36hm²、附属绿地为 28102.73 hm²、防护绿地面积为 15022.03hm²、生产绿地为 1236.64hm²。全市共有城市绿化植株 11165.25 万株,其中乔木 3372.54 万株、灌木 4663.17 万株,三种类型植株分别占总植株数的 30%、42%和 28%。全市共有草坪 9435.31 万 m²。北京市城市绿地系统日益完备,但距离北京市预定绿化目标“城市绿化覆盖率达到 50%,人均公共绿地面积达到 15m²”还有一定的距离^[4]。

城市绿地面积持续扩大导致城市绿化用水量大的现状已引起社会各界关注,尤其是政府部门通过立法的形式鼓励使用节水型绿化品种。此外,国内学者对园林植物的耗水特性展开了大量研究和实验,推荐使用低耗水、易养护的绿化品种^[4]。随着北京市人们的环保意识逐步增强,公众对绿化用水量大的也有了认识。

2 北京城市绿地水资源合理利用分析

对北京市城市绿地水资源合理利用分析应从实际

供水量和理论供水量两方面进行比较、评价与分析。实际供水量是通过实地调研中获取的相关数据,而理论供水量是从绿化植物本身所需水量和有效降雨利用量的角度来研究。

2.1 理论供水量估算模型计算公式

根据相关概念界定,本文所指的理论供水量即为植被生态需水量与有效降雨利用量之差,计算公式为:

$$W_c(t) = Q_{总} - P_{Gi}(t) \dots\dots\dots (1)$$

式中, $W_c(t)$ 为 2012 年北京城市绿化的年理论供水量(m³); $Q_{总}$ 为北京市城市绿化的年生态需水量(亿 m³); P_{Gi} 为绿地年有效降雨利用量(亿 m³)。

生态需水量: 目前,对生态需水量计算方法研究较少,计算方法多为面积定额法,以植物耗水量(植物蒸腾量)来代替植物需水量。在对北京城市绿化中乔木、灌木、草坪的年生态需水量进行估算时,需要将单株乔木或灌木(草种单位面积)的需水量进行空间尺度扩展。在进行尺度扩展时,只需将单株(单位面积)扩展到北京市该绿化品种的实有植株(面积)。本文所研究的绿化品种为北京城市绿化实有乔木、灌木和草坪的生态需水量,因此北京城市绿化品种年生态需水量的公式为:

$$Q_{生态} = Q_{乔} + Q_{灌} + Q_{草} \dots\dots\dots (2)$$

式中, $Q_{灌}$ 为北京城市绿化灌木的年生态需水量(m³); $Q_{草}$ 为北京城市绿化草坪的年生态需水量(亿 m³)。

乔木生态需水项计算公式为:

$$Q_{乔} = Q_{乔绿} + Q_{乔落} \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_{乔绿} = \left(\sum_{i=1}^m Q_i / i \right) \times N_{乔绿} \dots\dots\dots (4)$$

$$Q_{乔落} = \left(\sum_{j=1}^n Q_j / j \right) \times N_{乔落} \dots\dots\dots (5)$$

式中, $Q_{乔绿}$ 为北京城市绿化常绿乔木年生态需水量(亿 m³); $Q_{乔落}$ 为北京城市绿化落叶乔木年生态需水量(亿 m³); Q_i 为第 i 种常绿乔木品种单株年生态需水量(kg); i 为常绿乔木的品种数目(种); $N_{乔绿}$ 为北京城市绿化常绿乔木实有株数(万株); Q_j 为第 j 种落叶乔木品种单株年生态需水量(kg); j 为落叶乔木的具体品种数目(个); $N_{乔落}$ 为北京城市绿化落叶乔木实有植株数(万株)。

灌木生态需水项计算公式为:

$$Q_{灌} = Q_{灌绿} + Q_{灌落} \dots\dots\dots (6)$$

$$Q_{灌绿} = Q_{单绿} \times Q_{总落} \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_{灌落} = Q_{单落} \times Q_{总落} \dots\dots\dots (8)$$

式中, $Q_{灌绿}$ 为北京市城市绿化常绿灌木的年生态需水量(亿 m³); $Q_{灌落}$ 为北京市城市绿化落叶灌木的年生态需水量(亿 m³); $Q_{单绿}$ 为北京市城市绿化常绿灌木

城市绿化乔木实有植株年生态需水量约为 6.81 亿 m³，灌木生态需水量约为 0.78 亿 m³，草坪约为 0.51 亿 m³。此外，对实际调研数据按照绿地类型进行空间尺度扩展求得北京城市绿化年实际供水量约为 6.86 亿 m³。

表 1 北京市城市绿化品种年生态需水量估算结果表

绿化品种		单株年生态需水量(kg/a)/单位面积年生态需水量(kg/m ² ·a)	单株乔木年均生态需水量(kg/a)/单位面积年均生态需水量(kg/m ² ·a)	实有乔木株数(万株)/实有灌木叶面积(10 ⁶ m ²)/实有草坪面积(万m ²)	年生态需水量(亿m ³)
乔木	油松	899.78			
	侧柏	1003.82	951.80	890.37	0.08
	其他常绿乔木	951.80			
	元宝枫	1822.10			
	银杏	3101.08			
	刺槐	2294.15			
	栾树	27812.58			
	臭椿	25412.8			
	落叶乔木				
	白蜡	31374.09	27086.86	2482.16	6.72
	悬铃木	38003.11			
	垂柳	35549.33			
	国槐	43795			
	毛白杨	17641.19			
	泡桐	58220.4			
其他落叶乔木	40016.45				
常绿灌木	大叶黄杨	68.06			
	小叶黄杨	36.44			
	铺地柏	59.17	55.71	796.82	0.44
	沙地柏	59.17			
	其他常绿灌木	55.71			
灌木	丁香	200.53			
	榆叶梅	224.86			
	木槿	342.04			
	金银木	225.17			
	紫薇	351.73			
	椴棠	288.10			
	紫荆	237.57	263.21	126.49	0.33
	丰花月季	312.70			
	珍珠梅	459.58			
	锦带花	152.80			
	小檗	143.09			
	连翘	220.35			
	其他落叶灌木	263.21			
	高羊茅	605.39			
	草	冷季型			
草地早熟禾		575.16			
黑麦草		567.37			
其他冷季型草		582.64	537.51	9435.31	0.51
野牛草		495.76			
草坪	暖季型				
	结缕草	458.93			
其他暖季型草	477.35				
合计(年总生态需水量)					8.09

注：单株年生态需水量、单位叶面积生态需水量数据引自《北京城区绿地主要乔灌木年耗水量的估算》；实有株数、实有面积数据引自北京市绿地报告；常态下水的密度为 1 kg/m³；结果数值采取四舍五入方法。

从表 2 可见：①北京市公共绿地、附属绿地、防护绿地、生产绿地类型的年实际供水量分别为 0.43 亿 m³、4.91 亿 m³、1.46 亿 m³、0.06 亿 m³。②公共绿地主要采用人工灌溉、喷灌、微喷灌等先进灌溉方式，对绿化品种的灌溉不仅呈现多样化，更具有针对性。如大型综合性公园、动物园和植物园等多采用喷灌、微喷灌，而街旁绿地多采用人工灌溉和洒水车灌溉。这样既有利于绿化水资源的节约与有效利用，也促进了节水技术的发展。而附属绿地主要以人工灌溉为主，喷灌为辅，灌溉方式上较粗放，这就导致了单位面积附属绿地的绿化用水量较大，造成了对水资源的浪费。因此，影响城市绿化年供水量的因素不仅包括绿化品种本身的生态需水量和绿地面积，还应考虑灌溉方式的选择。2012 年北京市总用水量为 36 亿 m³，而城市绿化年实际供水量达到了 6.86 亿 m³，占全市总供水配额的 19.01%，可见北京城市绿地每年需消耗大量的城市水资源。

表 2 北京市不同绿地类型年实际供水量估算

绿地类型	灌溉方式编码	实地调研		单位面积年实际供水量(m ³ /hm ²)	尺度扩展	
		绿地面积(hm ²)	年实际供水量(m ³)		绿地面积(hm ²)	年实际供水量(亿m ³)
公共绿地	1 2 3 6	5560.24	13196490.7	2373.37	18069.74	0.43
附属绿地	1 2	65.38	1165000	19348.42	27531.36	4.91
防护绿地	1	53.36	525000	9838.83	14870.59	1.46
生产绿地	1 2 4	59.90	280836	4688.41	1223.66	0.06
合计					6.86	

注：1——人工灌溉(由工作人员操作水管对植物进行浇灌)；2——喷灌(利用喷头等专业设备把水喷洒到空中，形成水滴落到地喷灌面和植物表面)；3——微喷灌(通过管道将水送到作物植株附近并用专门的小喷头向作物根部土壤或作物枝叶喷洒细小水滴的一种灌水方法)；4——漫灌(通过挖沟渠，植物在陇沟中排成行或在苗床上生长，水沿着渠道进入农田，顺着陇沟或苗床边沿流入)；5——滴灌(用专门的管道系统和设备将低压水送到灌溉地段并缓慢地滴到作物根部土壤中的一种灌溉方法)；6——洒水车灌溉(由工作人员操作洒水车对植物进行浇灌)。

综上所述，北京城市绿化水资源的实际供给量为 6.86 亿 m³，理论供给量为 5.07 亿 m³，北京城市绿化水资源实际供给量同理论供给量之间存在的节水空间达到了 1.79 亿 m³。因此，从北京城市绿化水资源实际供给量较大的现状出发，如何尽量缩小实际供给与理论供给量之间的差值，提高绿化用水的利用效率，减少绿化用水资源的浪费，成为城市可持续发展的一个重要课题。

3 结论

本文对北京城市绿地实际供水量和理论供水量进行了估算研究和分析，给出了城市绿化水资源存在 (下转第 768 页)

情况,首先国家要建立向西部偏远地区和少数民族地区倾斜的教育政策来实现教育资源的合理配置,要在财政拨款、校园建设、师资队伍等方面继续向这些地区倾斜,加快缩小区域教育差距。其次,要完善教师管理制度,加快形成一支师德水平高、专业素质强的优质教师队伍。第三,要适时采取“走出去”的方式,主动与中东部地区学校合作,积极学习成功经验,在扩大教育规模的同时,注重教育质量的提升。

受到保守的思想观念影响,很多城市居民一直遵从“量入为出、勤俭持家”的生活准则,“收支相抵、略有结余”的传统消费观念根深蒂固,消费心理相对保守,消费意识也比较淡薄,绝大部分的收支结余都被存入银行,以备未来之需,很多家庭即使有钱也不敢经常外出旅游,更不会选择消费高档的旅游休闲度假产品。为了转变城市居民的消费观念,促进城市居民国内旅游需求的增长,首先要对城市居民进行消费观念引导教育,尤其要向西部省份及少数民族地区的城市居民大力宣传正确的、理性的、合理的消费观,引导城市居民关注旅游消费领域,体验旅游休闲度假产品。其次,要加快开发一批优质的度假休闲旅游产品,提升旅游购物在旅游消费中的比重,进一步规范旅游购物经营活动,营造诚信舒适的旅游购物环境,鼓励旅游目的地城市开发一批融入本地传统文化、彰显景区特色的旅游商品。第三,国家要大力完善社会保障制度,逐步减轻城市低收入群体在养老、医疗、失业等方面的压力,逐步改变部分城市居民“不得不减少消费、延缓消费、甚至不敢消费”的现象,解决城市居民旅游消费的后顾之忧,让城市居民“愿意旅游、敢于旅游、乐于旅游”,最终达到促进城市居民国内旅游需求不断增长的目的。

参考文献:

- [1]杨兴柱,陆林.城市旅游地居民感知差异及其影响因素系统分析——以中山市为例[J].城市问题,2005(2):44-50.
[2]马耀峰,李天顺.中国入境旅游研究[M].北京:科学出版社,1999:177-178.

- [3]Manuel Vanegas,Robert Ico Sr,Croes R. Evaluation of Dem and US Tourists to Aruba[J].Annals of Tourism Research,2000,27(4):946-963.
[4]Kevink F,Wong Haiyan,Song Kaye,et al. Bayesian Models for Tourism Demand Forecasting[J].Tourism Management,2006,(27):773-780.
[5]Joapuin Alegre,Lloren Pou. The Length of Stay in the Demand for Tourism[J].Tourism Management,2006,(27):1343-1355.
[6]Fong Linchu. Forecasting Tourism Demand: A Cubic Polynomial Approach[J].Tourism Management,2004,25(5):209-218.
[7]Kuan Yu Chen,Cheng Huawang. Support Vector Regression with Genetic Algorithms in Forecasting Tourism Demand[J].Tourism Management,2007,(28):215-226.
[8]翁钢民,徐晓娜,尚雪梅.我国城市居民国内旅游需求影响因素分析[J].城市问题,2007(4):31-35.
[9]徐晓娜,翁钢民.城市居民旅游需求差异影响因素的灰色关联分析[J].资源开发与市场,2007,23(1):21-24.
[10]徐晓娜,翁钢民.基于SOM网络的城市居民旅游需求区域差异研究[J].统计与决策,2007(24):107-109.
[11]张建辉,毕燕,张颖.中国城市居民旅游需求空间差异及变化研究[J].旅游学刊,2010,25(2):29-35.
[12]徐晓娜,翁钢民.基于Kohonen网络的城市居民国内旅游需求分类研究[J].软科学,2007,21(1):14-16,21.
[13]雷平,施祖麟.我国国内旅游需求及影响因素研究[J].人文地理,2009,24(1):102-105.
[14]陈胜可.SPSS统计分析从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2010:362-371.
[15]刘思峰,郭天榜,党耀国.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,1999:4-18.
[16]王学萌.灰色系统分析及使用计算程序[M].武汉:华中理工大学出版社,2001:8-10.
[17]苏发金.我国城乡居民旅游消费与收入之间关系的比较研究[J].暨南学报(哲学社会科学版),2012,34(10):139-145.

(上接第690页)

1.79亿m³节水潜力空间的结论。研究在以模型计算和实地调研数据的基础上,对2012年北京城市绿化水资源供水量的合理性进行了分析,认为应从绿化植物本身生态需水特性的角度出发,对城市绿地合理供水,改进绿化灌溉方式,合理配置水资源。根据北京城市园林绿化发展规划,未来年份绿地面积仍将呈现增加的趋势,提高乔、灌木比例。因此,城市绿地生态需水量将进一步增加,保证城市绿地合理供水对优化水资源配置显得尤为重要。

参考文献:

- [1]王保忠,王彩霞,何平.城市绿地研究综述[J].城市规划汇刊,2004(4):62-68.
[2]车生泉,王洪轮.城市绿地研究综述[J].上海交通大学学报(社会科学版),2001,19(3):229-234.
[3]王华田.树木耗水性研究述评[J].世界林业研究,2003,16(2):23

-27.

- [4]金笙.北京市节水草坪用水量预测及推广对策研究[D].北京:北京林业大学博士论文,2010.
[5]徐鹤.城市绿地生态系统合理供水辨识分析[J].中国人口·资源与环境,2012,22(6):136-139.
[6]陈自新,苏雪痕,刘少宗,等.北京城市园林绿化生态效益的研究[J].中国园林,1998,14(2):51-55.
[7]车文瑞.北京城区绿地主要乔灌木年耗水量的估算[D].北京:北京林业大学硕士学位论文,2008.
[8]张俊民,张莉楠,李芳.北京城市不同类型绿地单位面积年灌溉需水量的估算[J].北京园林,2004(4):44-49.
[9]张新民,胡林.北方常用草坪草的蒸散量差异及耗水特性评价[J].草业科学,2004,13(1):79-83.
[10]北京市水务局.北京市历年水资源公报[R].2009-2012.
[11]北京市园林绿化局.北京市城市园林绿化未来发展趋势[EB/BOL].http://www.51landscape.com/blfz.htm.
[12]John Cairns Jr. Protecting the Delivery of Ecosystem Service[J].Ecosystem Health,1997,3(3):185-194.