

分类号: TU986
密 级: 公开

单位代码: 10086
学 号: 2008525

城市绿地节水灌溉设计研究

Research on Design of Water-saving Irrigation in Urban Greenbelt

学位申请人: 张 芳

指 导 教 师: 申曙光 高级工程师

刘桂林 高级工程师

学 科 专 业: 园林植物与观赏园艺

学 位 类 别: 农学硕士

授 予 单 位: 河北农业大学

答 辩 日 期: 二〇一一年五月二十九日

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 河北农业大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：张芳

签字日期：2011年5月15日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 河北农业大学 有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权 河北农业大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：张芳

导师签名：申曙光 刘桂林

签字日期：2011年5月29日

签字日期：2011年5月29日

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：

电话：

通讯地址：

邮编：

摘 要

随着我国社会经济的持续快速发展、科学技术的大幅度提高和城市化步伐的不断加快,人们对人居环境提出了新的更高的要求,寻求建立安全、健康、舒适的城市环境已成为绝大多数城市居民的共识。城市的绿化环境质量已成为衡量一个城市发展状况的重要指标。城市生态系统中具有自净能力的城市绿地,在维护城市生态平衡、美化城市景观、提高城市品位、改善城市生态环境等多方面发挥着十分重要的作用,这是城市生态系统中其他基础设施所无法替代的。城市绿地被视为维系城市可持续发展的重要因素之一,它绝对不是可有可无的景观装饰物,也不是仅供满足人们休憩、娱乐、活动所需要的游憩场所,而是维护城市居民生存所必需的物质环境空间。然而,随着国民经济的发展和公民环境意识的提高,社会发展城市化和城市建设园林化的趋势日益明显,用于城市绿地灌溉用水量也在逐年增加,导致城市绿地养护成本越来越高。

植物存活和生长离不开水,而我国许多地区的多次干旱、频繁的沙尘暴现象、严重的沙漠化、供水失调和地下水位下降等事实,已经尖锐地促使全世界来关注缺水问题。就在人类生存用水日益紧缺的情况下,城市绿地节水灌溉技术在园林中的应用得到重新的认识。目前我国园林用水管理中再生水的利用技术研究较为落后,普遍以自来水或地下水为主要水源,园林用水水资源利用率低,节水体系构建不完善,水资源浪费现象非常严重,加剧了城市用水的紧张程度。因此,研究城市绿地节水灌溉设计将进一步改善生态环境,可有效提高灌溉用水的利用率和利用效率,为城市绿地灌溉达到真正意义上的节水具有现实意义。

本文将城市绿地灌溉技术作为切入点,运用 SWOT 分析法对目前城市绿地节水灌溉项目发展状况,城市绿地节水灌溉自身优势和劣势、发展机遇和面临的威胁进行分析,找出城市绿地灌溉现存的问题。并以此作为突破点,通过对原有技术的改进和新技术的引进对城市绿地节水灌溉设计进行研究,其主要包括灌溉方式的选择、灌溉设备的选择和喷灌景观化设计三个方面的内容。在理论分析与实践相结合的基础上,总结出目前城市绿地节水灌溉的一些技术、管理措施,探索性地归纳出城市绿地节水灌溉设计的原则,以期为今后更好地推广和发展城市绿地节水灌溉做出一点微薄之力。

关键词: 城市绿地; 节水灌溉; SWOT 分析

Research on Design of Water-saving Irrigation In Urban greenbelt

Postgraduate: Zhang Fang

Specialty: Landscape Plant and Ornamental Horticulture

Supervisor: Shen Shu-guang;Liu Gui-lin

Abstract

Along with our country social sustained rapid economic development, science and technology greatly improved and accelerating the pace of urbanization, people on the residential environment puts forward the new higher requirements, sought to establish safe, healthy and comfortable urban environment has become most of the city residents consensus. City's green environmental quality has become the measure of a city development status of important indexes. Urban ecological system has the self-purification urban green space, in maintaining ecological balance, and beautify the city urban landscape, improve the urban grade and aspects of improving urban ecological environment plays very important role, this is of urban ecosystem, other infrastructure is unable to substitute. Urban green space sustaining urban sustainable development is regarded as one of the important factors, it absolutely is not an option, not the landscape decoration only for meet the people have a rest, entertainment, recreation activities need, but maintaining the city residents place necessary for survival to the physical environment space. However, with the development of national economy and the improvement of environmental awareness citizens of urbanization and social development trend of urban construction activities, used for urban greenbelt is more and more obvious in irrigation requirement increasing year by year, lead to more urban greenbelt maintenance cost is high.

Plants survival and growth cannot leave the water in China, and many areas of many drought, frequent sandstorms phenomenon, severe desertification, water supply disorders and ground water levels fall facts and so on, has pointedly prompted the world to pay attention to the problem of water shortage. Human survival in case of increasing scarcity of water, water-saving irrigation of urban green space in the Landscape by re-understanding. At present ,our country garden water management in renewable water use technology research is comparatively backward, generally with water or ground water, garden water for main water utilization rate is low, water-saving system construction is not perfect, water resources waste phenomenon is very serious, intensifies the municipal water strain degree. Therefore, the research of urban greenbelt water-saving irrigation optimization design will effectively improve the ecological environment, which can effectively improve the utilization rate of irrigation water and use efficiency of urban greenbelt, the true sense of the irrigation water to be practical.

This article will urban greenbelt irrigation technology as a starting point, SWOT analysis on current urban greenbelt development status of water-saving irrigation projects of urban greenbelt water-saving irrigation itself, the advantages and disadvantages, opportunities and the threat to the analysis, find out the existing problems of urban greenbelt irrigation. And so as a breakthrough, through to the original technology improvement and the introduction of new technology of urban greenbelt water-saving irrigation optimization design research, its main including irrigation modes of selection and sprinkler irrigation equipment selection and the design of landscape three aspects. Theoretical analysis and practice in the basis of the combination of the urban greenbelt, summarized the current water-saving irrigation some technology, management measures and exploratory induces urban greenbelt water-saving irrigation optimization design guideline for the future, in order to better promotion and development of urban greenbelt make razor-thin water-saving irrigation of the force.

Key words: Urban greenbelt; Water-saving irrigation; SWOT analysis

目 录

1 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	4
1.2.1 国外研究现状	4
1.2.2 国内研究现状	4
1.3 研究内容及研究框架	6
1.3.1 研究内容	6
1.3.2 研究框架	7
1.4 研究方法	7
2 城市绿地节水灌溉相关概念阐述	8
2.1 园林灌溉	8
2.1.1 灌溉	8
2.1.2 园林灌溉	8
2.2 城市绿地节水灌溉	8
2.2.1 节水灌溉	8
2.2.2 城市绿地节水灌溉	8
2.3 城市绿地节水灌溉与传统农业节水灌溉的比较	9
2.3.1 涵义的比较	9
2.3.2 灌溉特点的比较	9
3 城市绿地节水灌溉的发展状况及现存的问题	10
3.1 SWOT 分析	10
3.1.1 SWOT 分析法简述	10
3.1.2 城市绿地节水灌溉的 SWOT 分析	10
3.2 城市绿地节水灌溉现存的问题	11
3.2.1 灌溉缺乏人性化考虑	12
3.2.2 专业的园林灌溉设计人员和施工队伍缺乏	12
3.2.3 对节水灌溉系统自动化控制认识不够	12
3.2.4 灌溉设备后期管理和灌溉用水管理薄弱	13
4 城市绿地节水灌溉设计研究	14
4.1 城市绿地节水灌溉设计的原则	14
4.1.1 充分考虑节水灌溉设计影响因素	14
4.1.2 重点考虑生态因素和社会因素	14
4.1.3 系统分析影响节水灌溉设计的因素	14
4.2 城市绿地节水灌溉设计	14

4.2.1 节水灌溉方式的选择	15
4.2.2 节水灌溉设备的选择	19
4.2.3 喷灌景观化设计	28
5 案例分析——以天津市友谊公园绿地节水灌溉设计为例	32
5.1 工程概况	32
5.2 设计指导思想	32
5.3 系统规划布置图	33
5.4 灌溉设备的选择	33
5.5 水量平衡计算和水源工程规划	34
5.6 灌溉制度的拟订和灌溉用水量设计	34
5.7 典型地块的喷头组合	35
5.8 管网及阀门布置	35
5.9 灌溉系统控制方式	36
5.10 社会经济效益评价	36
5.11 工程预算	38
6 结论与展望	40
6.1 结论	40
6.2 展望	41
参考文献	42
在读期间发表学术论文	44
作者简介	45
致 谢	46

1 引言

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

(1) 我国水资源将面临巨大危机

水与人类生活息息相关。水资源的严重短缺,已成为长期困扰全人类生存的关键问题之一。据统计,我国水资源量约为 2.8 万亿 m^3 ,按 1997 年人口统计,我国人均占有水资源量为 2200 m^3 ,约为世界人均占有量的 1/4,耕地单位面积占有水资源量 21600 m^3/hm^2 ,仅为世界平均值的 2/3^[1,2]。同时受到季风影响,降雨分布存在西北少、东南多、夏秋多、冬春少、丰枯年悬殊的特点,导致水土资源匹配严重失调。长江以北水系流域面积占全国国土总面积的 64%,水资源量却只占全国的 19%,人均占有量仅为 517 m^3 ,相当于全国人均量的 1/5 和世界人均量的 1/20^[3,4],干旱缺水已成为我国北方地区的主要自然灾害^[5]。京、津、冀的水资源总量仅占全国的 1%,人均水资源量不足 300 m^3 ,仅相当于全国的 1/8 和世界的 1/32,远低于国际公认的人均 1700 m^3 的水资源紧张标准^[6,7]。目前,全国 670 座建筑城市中将近有 400 座城市出现不同程度的出水状况,其中有 108 座城市是严重缺水,全国乡村中还有 6000 万左右的人饮水困难^[8]。

从上面的数据统计我们可以看出,我国人多地广,水资源紧张问题严重,已成为长期困扰全人类的主要环境问题,尤其是我国大多数的北方城市,干旱少雨的形势不容忽视且愈加严峻。然而与我国贫水状况极不协调的是,我国的灌溉水利用率仅有 40%,而发达国家利用率早已达到 80%~90%。

(2) 城市生活用水面临巨大挑战

目前,我国城市园林绿化陷入了进退两难的僵局中,生态园林城市和森林城市的建设被大力倡导,城市绿化力度也随之加大,使之与社会用水资源紧张的矛盾越来越明显。城市生活用水尚不富裕,园林绿化用水的保证更是无从谈起。随着绿地面积的增加,水资源的消耗也愈加严重,我国大部分城市绿地灌溉用水仍以自来水为主,且水利用率低,这更加剧了城市水环境的恶性循环。如何充分合理的利用灌溉用水,提高园林灌溉用水率和灌溉效果,在实现大地园林化的同时走上健康、可持续发展的道路是园林乃至我国各个行业亟需解决的问题。因此,在北方园林城市设计中更要把节水放在首位,最大限度的减少城市园林绿地灌溉水分的支出,提高水分的利用率。节水灌溉势在必行。

随着社会经济的飞速发展,城市化进程也日益加剧。世界绝大多数的城市都是资源依赖型,而水资源成为其依赖的主要特征。目前我国一些城市因严重超采地下水,已成为地下漏斗。一些大中城市纷纷用水告急,如石家庄市年均缺水约 10.4 亿 m^3 ,市区内漏斗区面积已达 402 km^2 ,漏斗区中心深度已达 50.08m,城区内浅层地下水正面临干涸的危险。而且约有 100 多个县级以上的城市限时限量用水。这使工农业的生产均受到严重影响,致使每年工业总产值损失约 2000 亿,农业损失约 1500 亿。2010 年以后全国都将进入严重缺水时期,估计到 2030 年人均水资源占有量将减少 20%,达到严重缺水的高峰期。到 21 世纪中叶,全国城市绿化率预

计将达到 70%，这也使城市缺水矛盾更加突出。专家指出，受自然环境的影响和高强度人类活动的影响，北方的水资源会进一步减少。

(3) 水资源浪费加剧生态环境恶化

在水资源紧缺的今天，灌溉用水极度粗放，造成水资源的严重浪费。这不仅加剧了我国水资源的供需矛盾，还引发了严重的生态问题。例如，在水资源匮乏的内陆河流区域，由于上游无计划的超量用水导致下游绿洲面积萎缩甚至消失、沙漠化面积扩大等；在引水条件较为优越的自流灌区，过量的灌溉造成大面积土壤次生盐碱化；在地表水资源短缺的地区，无规划、无节制的开采地下水致使地下水位逐年下降，引起海水入侵、地面沉降等一系列环境问题。

综上所述，干旱缺水是我国的基本国情，具有极大节水潜力的传统灌溉用水，无论是农业还是园林行业对现代化园林节水灌溉模式的迫切需求，均告诉我们只有把节水灌溉当做一项重大的革命性措施来抓，才能在不增加灌溉用水的前提下，不断提高人居生活环境的品质，克服水危机带来的巨大困难。

1.1.2 研究意义

人口、资源、环境与可持续发展是当今世界面临的重大问题^[9]。作为三大战略资源的水资源将成为影响我国基本民生的重要问题。城市绿地作为城市生态系统中唯一具有自净能力的系统，在维护城市生态平衡、美化城市景观、提高城市品位、改善城市生态环境等多方面起着相当重要的作用，其在城市可持续发展过程中具有的不可替代性，已被人们所认同^[10]。近年来，随着城市园林绿地建设面积不断地扩大和大多数地区气候干旱、降水偏少等因素的影响，城市园林绿地的用水量正在逐年增加，并使之成为城市用水大户之一，这种趋势带来一个严重的问题，就是城市居民生活用水和城市园林绿化用水之间的矛盾愈加突出。

城市绿地灌溉用水是近几年发展起来的又一用水大户。目前我国园林用水管理中再生水的利用技术研究较为落后，普遍以自来水或地下水为主要水源，园林用水水资源利用率低，节水体系构建不完善，水资源浪费现象非常严重，加剧了城市用水的紧张程度。北方城市绿地灌溉用水主要包括三大水源分别是：地下水、自然降雨和河道水。据一些调查显示，实际上目前一些城市园林植物灌溉用水主要是地下水和河道水，特别是依靠自来水。自然降水的有效利用率却逐年递减，渐渐被人们忽视，随着城市绿地灌溉用水量的逐年上升，给城市用水带来很大的压力。预计到二十一世纪中叶，我国的城市绿化率将达到 70% 左右，城市缺水问题将变得更加尖锐。因此，城市绿地节水灌溉的发展对城市的发展起着十分重要的作用。与传统园林灌溉相比，节水灌溉可有效提高水的利用率，减少灌溉用水和灌溉回归水的排放，增加生态环境用水，减少地下水的开采，可广泛利用多种水源，如中水、雨水等，从而遏止生态环境的恶化。因此，对城市绿地节水灌溉设计进行研究可有效提高灌溉用水的利用率和利用效率，改善城市生态环境，做到真正意义上的节水，在我国具有普遍的现实意义：

(1) 提高城市绿地的生态效益

生态效益是自然界的生物系统对人的生活环境、生存条件 and 生产活动所产生的有益效益。生态效益，位居园林绿地三大效益之首，它直接关系到人类生活和健康。要充分发挥园林绿地生态效益，就要形成稳定的人工植物群落，植物可以以“自然更新”的方式净化环境、增加空

气湿度。同时,植物灌溉的水流和蒸腾作用释放的水分,也提高了空气相对湿度。环境的恶化使人们对园林绿地的需求越来越多,正与城市用地紧张这一问题相矛盾,因此如何在有限的城市绿地面积上提高绿地生态效益改善城市生态环境,成为人们关注的问题。科学有效的节水灌溉设计可以提高城市绿地的质量,更最大限度地发挥其城市“生态绿肺”的功能。同时,先进的灌溉技术和设备为城市绿地环境带来降温 and 增湿的作用,对生态园林城市的建设发挥了重要的作用。

因此,只有科学、合理、有效的城市绿地节水灌溉设计才能最大限度的发挥城市绿地生态效益,进而达到改善环境、美化城市、节约资源的目的。

(2) 降低绿地养护成本,增加经济效益

节水灌溉未能在城市绿地灌溉中被广泛推广和普及主要有两个原因,一是它的节水效能没有被人们真正地了解 and 认可,二是它的造价成本较高。城市绿地节水灌溉设计的另一目的就是通 过科学、有效的方案最大程度的降低工程造价,达到满意的灌溉效果,带来直接的经济效益。

如果能将喷灌、微灌、雾灌等多种灌溉方式,在灌溉时的效果升华到水景的效果,也将会给城市绿地带来一定的经济效益。如在农业观光园、采摘园等具有生产功能的绿地,运用科学的灌溉方式为园林植物提供科学地养护,同时优美、灵动的水景场面也会为观光游览者提供良好的视觉效果,这对长期处于紧张忙碌环境中的人们来说无疑是很好地享受,也会因此为经营者带来一定的经济效益。

(3) 创造极大的社会效益

社会效益主要是指能够最大限度地利用有限的资源满足人们日益增长的物质和精神文化需求。城市绿地作为人们日常生活中休闲、交谈、娱乐、锻炼所必不可少的场所,可减轻城市紧张生活所带给人们的巨大压力,增加人们的生活情趣,从而有益于身心健康和平衡人们紧张的生活节奏。节水灌溉中的喷灌、微灌和雾灌都具有一定的景观功能,在实现灌溉功能的前提下兼顾其景观功能是城市绿地节水灌溉设计的另一目的。科学合理的节水灌溉设计会使城市绿地景观更加优美、舒适,创造出极大的社会效益。如喷灌那跳动的水柱在空中形成丰富的线条,打破了草坪、建筑等静态景物的沉寂感,给人以美的视觉感受和心灵体验。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

西方发达国家的水资源拥有量虽然远远大于我国，但是他们早就开始注意水资源的节约利用。不管是从生产还是到人们生活的各个方面，都体现了强烈的节水意识，尤其是在城市绿地中更是如此，城市绿地的植物灌溉采用节水、节能的灌水方式是全世界灌溉技术发展的总趋势，这是值得我们借鉴的。

自 20 世纪 60 年代以来，喷灌技术作为最主要的技术，一直被用作机械化大面积来解决灌溉问题。到了 20 世纪 80 年代，微灌技术开始发展起来。随着设施农业的发展，微灌技术和设备更是如虎添翼，已趋于完善的地步。同时，国外的节水还十分注重渠道防渗工程。近十几年来，世界上兴起了研究新型地下灌溉热潮。地下灌溉技术被认为是最有发展前途的节水灌溉技术，其不仅表现在技术、机理、经济方面，而且还表现在城市生态环境保护和水资源保护等多方面。这种地下灌溉技术主要用在花卉、草地、果园、小麦、玉米、蔬菜、棉田等作物上。地下灌溉技术在美国、法国、日本、俄罗斯、德国、意大利及我国等研究较多，并且发展较快，面积也在稳定增加。美国节水滴灌和喷灌每年都在增加，喷灌面积约 0.87 亿 hm^2 ，占总灌溉面积的 37%。美国推广节水的滴灌和喷灌技术，滴灌可节水 30%~50%；喷灌比地面灌可节水 20%~30%。滴灌技术是美国从以色列引进的，并在美国得到了充分发展^[11]。以色列是微灌技术发展最具有典型性的国家，他们的微灌技术除了在大田作物很少应用外，几乎将应用到有作物的各处，包括花园、阳台、林园甚至应用于室内的装饰植物。以色列由于地形北低南高，农业灌溉首先面临水的调度问题就是必须北水南调。因而不得不提水灌溉，专用混凝土管输水，管道都埋设在地面下。以色列为了节约用水，采用滴灌和雾喷，现已基本滴灌化^[12]。西班牙干旱少雨的穆尔西亚市，其干旱缺水的程度和我国西北比较相似，除少数管道输水方式尚待改造外，大部分采用滴灌；农民的温室大棚蔬菜和露地甜瓜，多用滴灌或微灌^[13]。

1.2.2 国内研究现状

国内的节水灌溉技术在农业方面应用的研究已经比较成熟，形成了低压管道灌溉、渠道防渗、喷灌、微灌、小管出流等节水灌溉技术，并已在生产中得到广泛推广。随着水源的供需矛盾日益加剧，国内一些学者开始围绕节水灌溉的节水潜力、技术指标与评价理论及方法进行了研究，取得了一些成果，对推动我国节水灌溉科学与健康的发展起到了积极的作用^[14,15]。

包头市是位于中国西北的城市，其年均降雨量仅为 300mm，而年均蒸发量却达到了 2300mm，就在这种形势下，包头市采用喷灌和滴灌技术取代漫灌，利用中水解决部分绿化用水，并通过栽植大量耐旱植物，使城市绿化覆盖率逐年上升，在 2002 年达到了 31%^[16]。被联合国人居署授予“2002 年联合国人居奖”。

目前，城市绿地节水灌溉用的最多的灌溉方式是喷灌。20 世纪 70 年代我国开始发展喷灌技术，最初是用于农田灌溉，后来随着喷灌技术的不断改进，相继也用于园林绿地灌溉。但是

由于受喷头性能的影响,喷灌技术未能在园林灌溉领域得到很好的发展。“七五”期间,水利部引进了国外一些先进产品进行大量研究,到90年代喷灌技术大量用于园林灌溉。节水灌溉技术在园林行业得到快速发展^[17]。

郭震宇,王晓明,刘军旗在“城市园林节水灌溉研究”中指出了园林节水灌溉的特点,通过科学选用灌溉设备和改善灌水技术来提高水的利用率,并展望我国城市园林灌溉的发展^[18]。

刘洪禄,吴文勇,郝仲勇在“都市绿地综合节水技术体系探讨”一文中对国内外研究现状进行阐述,主要从乔灌草品种筛选、城市再生水利用、综合节水技术、城市雨洪利用等方面进行研究,并对其存在的问题进行分析,提出北方半干旱区都市绿地灌溉节水综合技术体系以及它所要达到的目标^[19]。

刘鸿俊在“堆山造景绿化灌溉系统的规划设计与应用”中探讨了节水灌溉技术在山体景观植物灌溉管理中的规划设计与应用。针对筑垃圾堆山的土壤结构与自然山体的不同情况,对灌溉系统提出了多方面的特殊要求。最后通过总结经验,对于不同坡度的山体 and 植物的灌溉方式提出了一些解决方案^[20]。

苏德荣,韩烈保,尹淑霞,史小丽在“解决城市生态绿地灌溉用水的途径”中讲到,以城市污水的再生利用作为生态绿地供水的稳定水源,以城市雨水收集利用作为城市生态绿地供水的补充水源,配合搞节水灌溉技术与城市绿地水管理技术,实现以城市水资源培育城市绿地生态系统^[21]。

郝井虎,何丽平,陶雷在“园林绿地喷灌系统的设计”中提到,园林绿地具有美化环境、净化空气的作用。同时由于园林绿地地形多变,乔灌草相结合,要求在喷灌设计过程中充分考虑地形特点,因地制宜又要兼顾喷灌系统运行中的景观效果^[22]。

王荣岩,李文太,刘洋在“园林节水新技术应用效果分析”中提到,地埋升降式喷灌系统,水帘造型漂亮,可提高景观效果。根据喷嘴结构不同,水帘可分为柱形和扇形两种造型,在节约用水的前提下大大地提高了景观效果^[23]。

张培冀在“浅析喷灌在自然式园林绿地中的布置”中提到,将ZP-2型喷头的立管选用白色UPVC管材,距地面60cm的顶端是红色喷头,色彩艳丽。喷水时圆形水膜似牵牛花盛开,形态十分优美,配以绿色的草坪基底和稀疏的花灌木,形成一道别具一格的园中动态景观^[24]。64个折射型喷头或聚或散的随机分布,也恰如其分地契合了游园的自然式布局。

丁文铎在《城市绿地喷灌》一书中提到,在喷灌系统规划设计中,根据地形、地貌和种植条件,以及周边的人文环境,在满足喷灌强度和喷灌均匀度的条件下,将不同水形的喷头按照一定的方式排列组合,当喷灌系统启动时,常常会呈现出意想不到的景观效果^[25]。

《雨鸟公司的喷灌培训教程——草坪喷灌设计基础》中提到,喷灌系统满足草坪需水要求的同时,还需充分注意环境和景观效果。精心设计的喷灌系统,通过正确选择喷头和进行喷点的布置,不仅能满足草坪需水,而且在灌水时可以形成水动景观效果。

钟振民在“现代水景喷泉工程设计”中谈到,对于喷灌系统,如何做到既能达到景观喷灌的目的,又能达到喷灌的景观效果是一个亟待解决的问题。

黄兴军,周禾,严学兵在“城市园林节水灌溉技术的应用现状及发展趋势”中,以园林节水灌溉三项基本措施为出发点,分析了不同措施在园林节水灌溉中的应用现状和存在问题,提出了园林节水灌溉措施的发展趋势和应用范围,提出了相关技术建议^[26]。

1.3 研究内容及研究框架

1.3.1 研究内容

城市绿地节水设计主要包括两方面的内容，即开源和节流。开源从表面意思讲就是广开水源，扩大水源使用类型，扩大取水范围。节流也就是通过采取各种技术措施节约水资源。本文的研究范围主要是针对城市绿地中的“节流”措施进行研究，属于城市绿地节水的微观层面，是对绿地节水灌溉系统的优化设计的思考和定位。

按照中华人民共和国建设部颁发的《城市绿地分类标准 CJJ/T85-2002》中所规定的，城市绿地主要包括公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地和其它绿地五种类型绿地^[27]。

由于本人理论水平和实践经验有限，论文的研究尚未达到十分深入的层次，这有待在日后的实践工作中继续努力。

本论文主要研究内容如下：

（1）结合国内外城市绿地节水灌溉的发展现状和研究成果，提出城市绿地节水灌溉建设的重要意义。通过对城市绿地节水灌溉的相关概念和背景资料地分析比较，总结出城市绿地节水灌溉和传统农业节水灌溉的差异。

（2）运用 SWOT 分析法系统地分析城市绿地节水灌溉发展的优势、劣势及其面临的机遇和威胁，指出目前城市绿地节水灌溉现存的问题。

（3）通过对城市绿地节水技术进行研究，探索性地归纳出城市绿地节水灌溉的设计原则，分别对节水灌溉方式的选择、节水灌溉设备的选择和喷灌景观化设计三方面内容进行研究，本章作为全文的重点。

（4）通过对天津市友谊公园一期绿地节水灌溉设计的实例进行分析，为城市绿地节水灌溉设计提供参考和依据。

1.3.2 研究框架

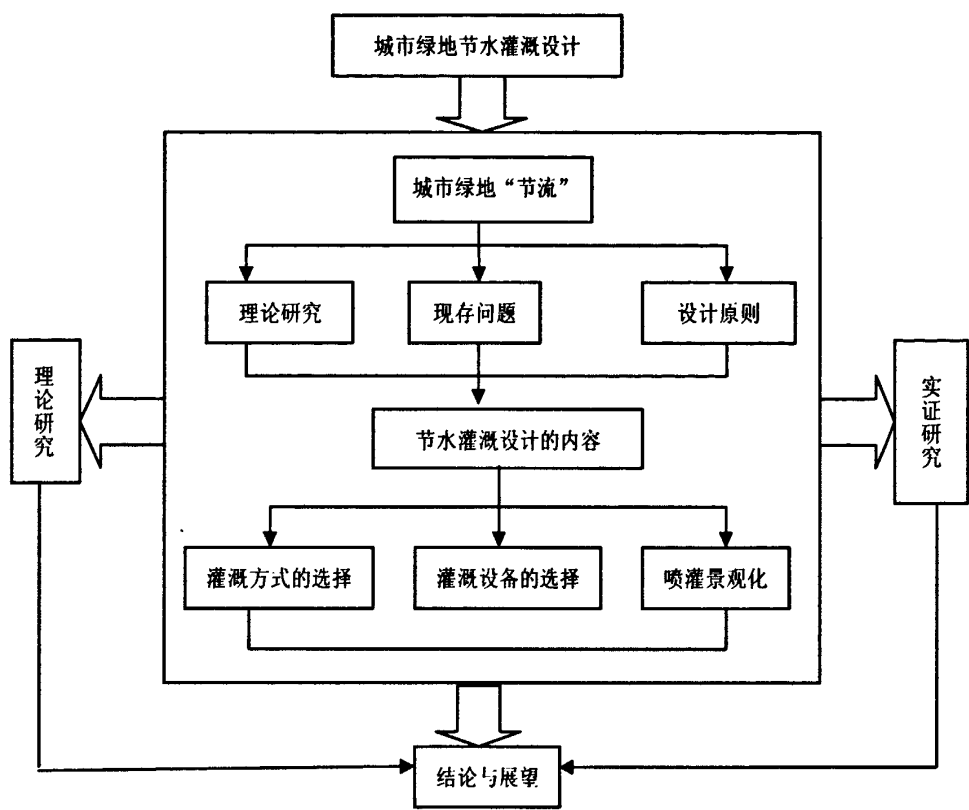


图 1-1 技术路线

Fig.1-1 The technical route of the study

1.4 研究方法

(1) 资料收集方法

文献调查法是通过阅读、选择、整理、考证有关城市绿地规划设计、城市绿地喷灌、水利工程等相关领域的文献、期刊和专著，对国内外城市绿地节水灌溉研究现状进行总结，为城市绿地节水灌溉设计的深入研究提供一个详实的前期资料。

(2) SWOT 分析法

SWOT 原本是对企业竞争战略进行综合分析时常用的一种分析方法。本文借鉴此方法对城市绿地节水灌溉的推广和发展作 SWOT 分析，充分利用项目的自身条件和外部环境因素，进行系统评价，并选择最佳实施方法，从而推进城市能源集约化，促进建立和谐的人居环境。运用该方法对城市绿地节水灌溉的项目推广应用做出了背景分析。

(3) 比较分析法

运用比较、分析、综合、概括等一系列逻辑方法，对搜集及调查的资料作出综合的分析比较。

2 城市绿地节水灌溉相关概念阐述

2.1 园林灌溉

2.1.1 灌溉

在《中国大百科全书》水利章节中对灌溉的解释是：灌溉是指利用人工设施，将符合质量标准的水，输送到农田、草场、林地等处，补充土壤水分，以改善植物的生长发育条件。

人类进行灌溉的历史距今已有 5000 多年，以往主要的灌溉对象是农作物，故常被称为农田灌溉。

2.1.2 园林灌溉

园林灌溉是指用于某一类型的场所并满足园林植物生长需求的灌溉形式，这些场所主要包括风景区、游乐场、公园、校园、广场、住宅区、别墅、街头绿地等具有休闲、观赏功能的绿地。

根据喷头的出水类型不同可将园林灌溉分为喷灌和微灌。喷灌是通过专用设备将具有压力的水喷到空中，散成水滴降落到田间，供给植物水分的一种灌溉方式。微灌是通过特制灌水器将植物所需的水分以较小的流量，准确、均匀的直接输送到植物根部附近土层或土壤表面的一种灌溉方法。

2.2 城市绿地节水灌溉

2.2.1 节水灌溉

节水灌溉作为一个系统概念，它并不追求个别地块单位产量的最大，而是为取得灌区或区域较大的农作物产出而实施的一种灌溉模式。它是在现有的经济和技术条件下，为取得较大的农作物产出，对现有灌溉水资源进行地一种优化配置^[28]。节水灌溉是根据作物需水规律及当地供水条件，为获取农业最佳经济、社会和生态环境效益而采取的多种有效利用水资源的措施之总称^[29,30]。其实质是减少灌溉用水过程中水资源的无效损耗，而不是简单地减少灌溉用水。

2.2.2 城市绿地节水灌溉

城市绿地节水灌溉是根据园林植物的需水规律和城市当地的供水条件，为充分有效地利用自然降水和灌溉水，获取城市绿地的最佳生态环境效益、经济效益和社会效益而采取的多种措施的总称^[31]。城市绿地节水灌溉是在农业节水灌溉的基础上发展起来的，但农业节水灌溉设备在某种程度上难以满足城市绿地的美化以及与景观相协调的要求。它具有丰富的内涵，包括水资源的合理开发和利用，管道输水过程中的节水，绿地灌溉过程中的节水，园艺技术节水和管

理用水方面的节水等^[32]。其最主要的目的是通过采用水利、园艺、管理等专业措施，最大限度的减少整个灌溉系统中由输水、灌水直至植物耗水的过程中水资源的损失，在获得社会效益、生态效益的同时最大限度地提高水的利用率和利用效率。

2.3 城市绿地节水灌溉与传统农业节水灌溉的比较

2.3.1 涵义的比较

在我国传统农业节水灌溉认为在农田灌溉过程中采用各种工程措施，包括工程的或非工程的措施，在满足农作物生长、发育的基础上，最大限度减少水分由水源地流入农田并被农作物吸收利用过程水分的流失^[33]。它的目的是以等量灌溉水资源投入获取尽可能多的农产品产出，或者是获得等量的农产品而消耗最少的水资源量。传统农业节水灌溉的实质是最大限度地减少灌溉用水过程中水资源的无效损耗，而不仅仅是减少灌溉用水^[34]。

城市绿地大都建在政治、经济、文化相对较发达，人口、技术较密集，各种资源相对集中的城市中，灌溉水源也要依托城市用水。因此，城市绿地节水灌溉是在维持绿地内植物生长需求和观赏特性的前提下尽量减少灌溉用水量^[35]。

2.3.2 灌溉特点的比较

传统农业灌溉在我国有着悠久的发展历史，各方面的研究也比较完善。而城市绿地节水灌溉是近几年才被逐渐重视和普及的节水技术，相对研究也比较少，工程设计中也存在一些问题。因此，对城市绿地节水灌溉技术的研究我们可以借鉴一些农业灌溉的技术和经验。在借鉴过程中二者也不能混为一谈，在设计过程中要认清它们各自对象和本质。其不同点主要有以下三点：

(1) 灌溉对象不同。传统农业灌溉主要是针对农作物来设计的，如小麦、玉米等。而城市绿地灌溉的对象大多是以观赏为目的的草坪、花卉等其它园林植物。若灌溉不均匀极易对景观造成破坏，因此对灌水的均匀度要求较高。

(2) 灌溉目的不同。传统农业灌溉是为了保证农作物的高产出，以经济效益为主要目的。而城市绿地灌溉在满足植物生长供水的需求的同时还要兼顾良好的景观效果，城市绿地建设的目的是以社会和生态效益为主，它的经济效益并不明显。

(3) 地形环境不同。传统农业灌溉一般在农田中，地形平缓，地况也较为简单，灌溉形式较为单一，灌溉工程也相对较简单。而城市绿地为了满足不同人群的游憩需求和景观本身的形成，往往地形营造也比较丰富。尤其是自然风景区、公园等地形起伏多变，时直时曲，时高时低，并伴有园林建筑和小品，传统的灌溉方式极易造成地面积水或地表径流，或是灌溉不均使同一区域内草坪生长不均，从而破坏整体景观效果。所以对于城市绿地的灌溉在规划设计和施工方面都有较高的要求^[36]。

3 城市绿地节水灌溉的发展状况及现存的问题

3.1 SWOT 分析

3.1.1 SWOT 分析法简述

SWOT 分析法又可称为自我诊断法，1971 年哈佛商学院 K·J·安德鲁斯在《公司战略概念》一书中首次提出的^[37]。SWOT 是优势（Strendth）、劣势（Weakness）、机遇（Opportunity）、威胁（Threat）4 个要素的缩写。这是一种能够客观准确地研究和分析一个企业现实情况的方法。其中 S 代表的是企业内部的优点（Strendth）、W 代表的是企业内部的弱点（Weakness）、O 代表的是企业面临的外部环境的机遇（Opportunity）、T 代表的是企业面临的外部环境的威胁（Threat）。通过 SWOT 分析法对企业发展的有利因素和不利因素进行分析，发现企业存在的问题，从而为企业家分析企业在某一特定时期在同行中所处的位置提供一个广阔的框架，便于其充分认识、利用、掌握和发挥有利的条件，控制化解不利因素和威胁，从而达到扬长避短，争取最好发展的旨意(图 3-1)^[38]。

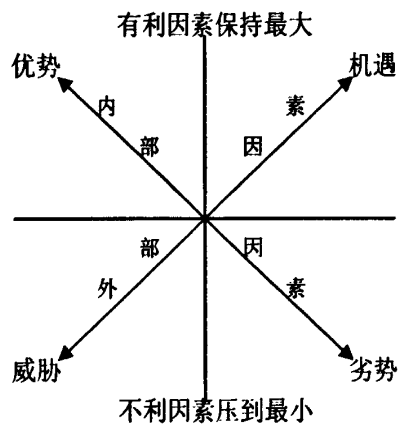


图 3-1 SWOT 分析示意图

Fig. 3-1 Sketch map of SWOT analysis

3.1.2 城市绿地节水灌溉的 SWOT 分析

城市绿地节水灌溉是根据植物的需水要求和当地供水情况，充分有效的利用灌溉水和自然降水，从而获取城市绿化最佳经济效益、社会效益和生态效益而采取的多种措施的总称。本研究中将城市绿地节水灌溉技术的普及和发展作为一个运作项目，运用 SWOT 分析法系统的总结其自身的优势、弱点和面临的机遇和威胁，目的是为城市绿地节水灌溉事业的发展寻找一些有利对策。

(1) 优势（Strength）

我国传统农业节水灌溉历史悠久，节水技术经验丰富。从 20 世纪 70 年代开始发展农业节水灌溉，距今已有 30 多年。在此期间国家相关部门组织建设了 300 多个节水灌溉示范重点县和

节水型井灌区建设以及 12 个节水灌溉示范城市建设^[39]。在我国不同类型的地区都已形成适合的节水灌溉工程模式, 农业节水灌溉技术得到了大范围的推广, 这也为城市绿地节水灌溉的发展和普及起到了示范作用。

现代农业节水灌溉技术的发展呈现多元化, 它在传统农业技术中融入了计算机模拟, 电子信息、生物、高分子材料等一系列高新技术, 呈现出多种单项技术相互渗透、多学科相互交叉的明显特征, 这也为绿地节水灌溉项目的推广提供了充分的技术保证。

(2) 劣势 (Weakness)

缺少自主知识产权的产品使得项目实施费用偏高。城市绿地节水灌溉处于发展的初期, 在产品的工艺设备技术与技术性能质量以及生产手段等方面, 与发达国家相比仍存在很大的差距^[40]。因此很多节水灌溉新产品国内的生产设备还要依赖于进口, 导致项目实施费用居高不下, 这在一定程度上制约了城市绿地节水灌溉项目的发展。

专业配套技术与服务脱节, 导致节水产品效能不能真正良好地发挥。由于我国城市绿地节水灌溉发展时间较短, 目前国内在这方面还没有形成一套较为完整的体系, 节水灌溉产品与技术的研发、节水灌溉工程设计和实施、节水灌溉产品的营销等各个阶段相脱节。在已完成节水灌溉铺设的城市绿地中, 由于缺乏规范的设计和严格的施工, 其灌溉水平普遍偏低, 这不仅影响了灌溉设备的使用寿命也达不到园林灌溉的标准, 同时也影响了城市绿地的整体景观效果, 使人们对节水灌溉设备的能效产生误解^[41]。

(3) 机遇 (Opportunity)

①为促进社会经济与人口、环境、资源的可协调发展, 党的十五届五中全会中提出“水资源可持续利用是我国经济社会发展的战略问题, 核心是提高用水效率, 要把节水放在突出位置”。这一有利条件为城市绿地节水在政策和资金方面提供了切实有利的保证。

②国家已经在城市水资源开发与利用方面加大管理力度。“十五”期间, 科技部首次将“现代节水农业技术体系及新产品”列入到国家“863”计划重大专项中, 推动和促进了全国节水灌溉技术的普及和推广。因此, 给城市绿地节水灌溉设计的研究打下坚实的基础。

③“节水型”园林城市的提出, 使园林界开始重新审视“适用、经济、美观”的现代绿地设计理念。城市绿地节水灌溉也成为节水型园林城市建设的重要着手点, 城市建设决策者和城市园林建设工作者对城市绿地节水灌溉也有了突破性的认识, 为节水灌溉在城市新建绿地中的发展提供了重要保证。

(4) 威胁 (Threat)

节水意识淡薄, 节水灌溉技术认识度不高。我国水资源短缺对国民经济的发展和生态环境的影响还未能引起人们足够的认识, 再加上人们对节水灌溉的认识度不高, 为节水灌溉技术在城市绿地中的普及带来一定的阻碍。此外, 城市绿地节水灌溉涉及的相关部门较多, 造成利益与职权的交叉, 这也为其推广带来一定的阻力, 影响了项目的实施操作。

3.2 城市绿地节水灌溉现存的问题

城市园林绿化用水, 是继工业、生活用水之后的第三大用水产业。因此, 由“耗水型园林”向“节水型园林”发展的趋势势不可挡。然而, 我国的节水灌溉现还处于推广普及的阶段, 对

于园林设计者和城市管理者来说，虽然对节水园林的重要性已有所认识，但我国在城市绿地节水灌溉的发展远落后于美国，美国是第一个发展节水灌溉的国家。据介绍，美国的拉斯维加斯几乎整个城市的园林灌溉全部都换成了节水型灌溉设备；日本、以色列等国家也不断突破水资源节约的极限。我国的城市绿地节水灌溉主要存在以下几方面的问题：

3.2.1 灌溉缺乏人性化考虑

目前，很多城市绿地灌溉缺乏人性化考虑，灌溉的同时却忽视了对人行道的保护。一些形式比较复杂的地块，由于喷头的布置方式欠缺必要地考虑和调整，致使喷头肆无忌惮地喷洒到人行道上，影响路人正常行走（图 3-2）。对城市绿地灌溉来说，不但不能自成景观，还严重影响了城市绿地的整体景观美化效果，更重要的是造成水资源的严重浪费，也违背了城市建设过程中提倡发展节水型园林的理念。

3.2.2 专业的园林灌溉设计人员和施工队伍缺乏

近几年，喷灌、微灌等先进的城市绿地节水灌溉技术，以其节水、节能、省工等优点被越来越多的人所认识和认可，但是，这种节水技术在国内的发展时间还比较短，目前还没有形成一套较为完整的体系。专业灌溉配套技术与施工脱节，导致节水灌溉设备效能不能真正良好地发挥。此外，据调查在很多城市中缺少较为专业的城市绿地灌溉规划设计人员和优秀的施工队伍，在已完成铺设灌溉设备的城市绿地中，因其规划设计不合理和施工不规范，不仅造成灌溉设备使用寿命缩短，而且还使城市园林绿地灌溉的标准达不到要求。具体表现在以下几个方面：

（1）灌溉设计人员对城市绿地绿化工程现场勘察不够，导致灌溉系统在实际应用中出现过喷和漏喷等现象；

（2）管材、管件类型选择、配置不当，不但会使城市绿地灌溉工程费用增加，而且给施工带来一定难度；

（3）城市绿地灌溉采用微灌技术时，由于灌溉人员对整个过滤系统重视程度不够，导致喷头堵塞，甚至严重影响灌溉系统致使瘫痪；

（4）有关城市绿地灌溉技术参数，如灌水均匀度，喷灌强度等，没有达到国家规范的要求。

此外，在一些已建成的城市绿地灌溉工程中，灌水器（喷头等）没有选用园林灌溉专用设备或忽略安全保护装置等，造成灌溉工程达不到理想的灌溉效果，甚至导致工程失效。

3.2.3 对节水灌溉系统自动化控制认识不够

随着社会的进步和科学技术的发展，园林绿化灌溉水平也有了一定地提升，智能控制装置和中央自动控制系统也在部分城市绿地灌溉中得到应用，但国内对于节水灌溉系统自动化控制认识还不够。它利用遥感技术、全球定位系统等自动化控制技术进行人为控制，可以自动获取土壤湿度、雨量和风速等数据，根据这些数据自动编制灌溉周期和灌水量，以实现园林灌水的精度，更重要的是它在很大程度上提高了灌溉水的利用率和利用效率。另外，还可以自动监测

水泵、电磁阀、管道等设备故障并报警，做到真正意义上的节水、节能，保护系统正常稳定的运行。

3.2.4 灌溉设备后期管理和灌溉用水管理薄弱

城市绿地灌溉设备铺设后缺少后期管理，设备或自然损坏或人为破坏。园林植物素有“三分栽，七分管”的说法，然而城市绿地灌溉设备后期管理也是相当重要的。目前，城市园林绿化管理工作现在已比较完善，自成系统，有专门的绿化管理体制和专业的养护管理人员，但园林灌溉缺少专业的水利人员，达不到管理的要求。因此，在城市绿地灌溉用水管理上存在着不协调、不统一、管理制度不完善等问题，造成了城市绿地用水的耗费，尤其是水资源极度匮乏的北方城市园林工程中更应该加强城市绿地灌溉用水管理体制的建设，完善规范制度。

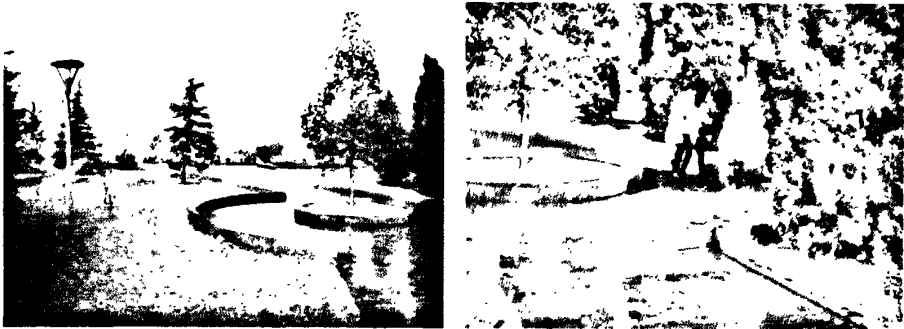


图 3-2 喷灌的尴尬

Fig.3-2 The awkward of sprinkler irrigation

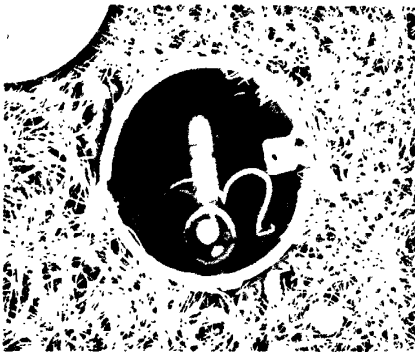


图 3-3 被人为破坏的控制阀

Fig.3-3 Artificially damaged control valve



图 3-4 孩子们嬉戏转动喷嘴

Fig.3-4 Children play rotating nozzle

4 城市绿地节水灌溉设计研究

城市绿地节水灌溉设计的实质是通过一系列的技术措施,将原有节水技术和新技术相融合,有效发挥城市绿地的生态效益、经济效益和社会效益,协调并平衡好三者之间的关系,以生态效益为前提、以经济效益为基础、以社会效益为目的,将三个效益从线性排列转换为环形互动的排列模式,最终形成良性循环,在满足绿地灌溉要求的基础上,使城市绿地综合效益得到最大的发挥。城市绿地节水灌溉设计就是通过设计手段,以节水为主要目的,综合考虑各方面因素,合理布置灌溉系统,结合场地现状定位灌溉模式,确定绿地节水灌溉的方法与方式。

4.1 城市绿地节水灌溉设计的原则

城市绿地节水灌溉方案设计是否合理,直接关系到工程的投资和绿地效益的发挥。如何合理进行节水灌溉的设计,应遵循以下原则:

4.1.1 充分考虑节水灌溉设计影响因素

城市绿地节水灌溉采用何种灌溉技术、灌溉设备如何选择,主要取决于绿地的自然条件、经济条件、管理条件和社会、生态因素。为提高节水灌溉工程的科学水平,满足城市绿地的景观要求,应全面分析节水灌溉设计的科学性,遵循最经济、最可行、最适合当地条件的原则。

4.1.2 重点考虑生态因素和社会因素

传统节水灌溉设计方案的选择往往主要考虑“技术—经济”原则,而忽视“环境—社会”原则,从而使节水灌溉设计存在严重缺陷。不合理的经济和技术浪费将会导致环境恶化和资源枯竭,对人类的健康和环境造成极大的破坏。因此,在进行工程设计方案决策时,不仅仅要考虑到“技术—经济”原则,同时也要考虑“环境—社会”这一非技术准则,保证城市绿地的可持续发展。

4.1.3 系统分析影响节水灌溉设计的因素

对节水灌溉系统而言,它是一个错综复杂的系统。在城市绿地节水灌溉方式选择前,要对它所涉及的自然、社会、生态、管理、技术等多方面进行综合指标的衡量和分析,以科学的方法权衡各个方面的利害关系,从而选择最佳的节水灌溉方式。因此,采用更合理、更科学的方法,对影响城市绿地节水灌溉设计的各个因素科学地进行“软”、“硬”性指标综合评价,具有重要的现实和理论意义。

4.2 城市绿地节水灌溉设计

4.2.1 节水灌溉方式的选择

科学灌溉是园林绿地养护的关键之一,传统的灌溉方式在水资源匮乏的大环境下已经不适应绿地灌溉,它不仅在很大程度上造成水资源和人工劳力的浪费,更严重的是灌水不均匀、不及时,影响植物生长,造成土壤板结等问题。

节水灌溉设计是运用先进的技术设备和更科学合理的设计,以更先进、更节约、更美观的方式完成城市绿地灌水,提高园林绿地养护的质量。作为一种科学的设计理念,打破灌溉方式的界限,在灌溉区域中也包括滴灌、微喷灌、滴箭、涌泉灌和树木根部灌溉等不同的微灌方式,通过不同灌溉方式的组合,将其纳入同一个灌溉系统,使不同种类不同高度的植物得到充分合理的灌水,以更先进的方式提高城市绿地养护质量。灌溉技术的选择要因地适宜、因树适宜、因花适宜、因草适宜,应综合考虑各方面因素,最终选择最为合理的灌溉方式。例如,城市绿地中的乔木、灌木实行滴灌、地下滴灌方式,其中较高的灌木区实行微灌方式,丛植的植物小群落或竹林可采用雾灌方式,大面积草坪可采用喷灌方式等。城市绿地中不同的园林植物有不同的根系层深度,因此具有不同的吸水范围,在灌溉区域中采取地上灌、地面灌、浅层灌、深层灌等多种灌溉方式相结合的方式,将降水、灌溉水和地下水进行统一调配,进而形成综合的绿地水分管理体系。

(1) 主要影响因素

影响节水灌溉方式选择的因素众多,根据城市绿地的功能,本文将节水灌溉技术的选择所考察的因素分为四人类,分别是自然因素、技术因素、社会因素、经济因素。

① 自然因素

不同灌溉方式对自然情况要求不同,对灌溉方式影响最广泛的包括以下几个因素:

a. 地形适应性

由于园林绿地类型复杂多变,有高有低,有规则的也有不规则的,选择灌溉方式时应因地制宜。地面的平整程度对入渗水分在灌区内的分布状况和深层渗漏损失影响较大^[42]。各灌溉方式对地面平整度的适用程度不同,如喷灌可以建在地形起伏较大或有坡度的绿地中。

b. 气候适应性

我国北方大部分地区为干旱半干旱情况,这里考虑气候适应性着重考虑风的影响。喷灌在风强度大的地区不宜使用,滴灌和渗灌受风力影响不大。

c. 土壤入渗率

土壤分为壤土、粘土、砂土和壤粘土,土壤的类型不同水分入渗率也不同,因此节水灌溉方式选择也不同。如透水性较好的土壤选用喷灌技术最好。

② 技术因素

技术因素主要包括四个关键因子:

a. 灌水均匀度

灌水均匀度是指灌区范围内土壤湿润的均匀情况,灌水均匀度越高,水分入渗率也高。灌水均匀度主要取决于灌水器性能好坏,也和地面平整程度有关。喷灌均匀度表示喷灌面积上水量分布的均匀程度,它是衡量喷灌灌水质量的主要技术指标之一,一般常用克里斯琴(Christensen)公示来表示。均匀程度值越大表示喷洒面积上的水量分布越均匀,均匀程度值

越小表示喷灌越不均匀,对于草坪来讲,一般要求均匀程度值范围在 75%以上。

b. 灌水强度

灌水强度是指单位时间内单位面积上灌溉水量。不同的灌溉方式灌水强度也不相同,如喷灌和漫灌,前者灌水强度较小,后者灌水强度较大。

如喷头的喷灌强度是指单喷头全圆喷洒时的喷灌强度,是一种计算喷灌强度。用单位时间内喷洒到单位面积上水的体积或单位时间内喷洒湿润圆的平均喷洒水深表示,单位为 mm/h,计算公式如下:

$$\rho_s = \frac{1000q}{S}$$

式中: ρ_s ——喷头的喷灌强度 (mm/h);
 q ——喷头流量(m³/h);
 S ——喷头喷洒控制的面积 (m²)。

c. 灌溉水利用率

灌水利用率是指单位时间内灌区灌溉面积上有效利用的水量与管道进水总量的比值,它反映的是灌溉系统管道输水损失和绿地中水利用状况^[43]。与传统地面节水技术相比,喷灌可节水 30%~50%,微灌技术水利用程度比喷灌还要高 15%~20%。因此,应该把微灌方式在城市绿地节水灌溉中大力推广和普及。

d. 水质要求

灌溉用水根据绿地内植物生长状况和水质要求,一般是在最近水源处取水。水中可能会含有泥沙或杂质,泥沙和杂质的多少决定着选取何种灌溉方式。如泥沙和杂质较多不适应采用喷灌和滴灌技术。越是先进的灌溉技术对水质的要求越高,因此要在再生水的利用技术上加大研究的力度。

③社会因素

社会因素包括两方面的因素,主要是节水方式的安全可靠性、便于使用程度。

a. 节水方式的安全可靠性

主要反映的是节水灌溉设备与景观地形结合的好坏。灌溉工程的实施必须对各阶段进行质量监测,以确保工程的顺利进行。可靠性是指灌溉工程可以在规定的条件下完成规定的功能。

b. 便于使用程度

便于使用程度主要是指日常管理工作的方便程度。自动化灌溉系统相较于手控灌溉系统要方便操作和管理。

④经济因素

发展城市绿地节水灌溉必须考虑经济因素,要达到节水的目的,必须有一定的资金并且建设必要的设备,如实施滴灌或喷灌需要安装滴、喷头,还要铺设塑料管道等。

经济因素主要是指一定面积绿地上灌溉设备的建设运营成本,包括水成本、设备成本、施工成本和养管成本 4 个因素。城市绿地节水灌溉设计可以有效降低设备成本、施工成本和养管成本。

(2) 节水灌溉的类型

城市绿地节水灌溉是根据植物需水规律和当地供水条件,充分有效地利用自然降水和灌溉水,获取城市绿地的最佳生态环境效益、社会效益、经济效益而采取的多种措施。相关调查显

示，目前园林灌溉应用较多是喷灌^[44]，但是单一的灌溉方式往往不能满足绿地的灌水要求，有时甚至会对灌区内的植物造成一定的损害。城市绿地灌溉用水从水源到绿地，到被植物吸收、达到需水要求形成景观效果，主要包括水资源调配、输配水、绿地灌水和植物吸收四个环节。通过优化设计，在各个环节采取相应的节水措施，形成一个完整的节水灌溉体系，包括水资源的优化调配、节水灌溉工程优化设计、园艺节水技术和节水技术后期维护管理，其中节水灌溉工程的优化设计是该体系的核心，该技术在农业节水灌溉中应用已相对成熟并得到普及，但是在城市绿地中的应用还有待加强开发和推广应用。

研究城市绿地节水灌溉设计首先要确定各节水灌溉技术的特点和使用范围。对各节水灌溉类型进行比较（表 4-1），并对园林绿地节水灌溉常用的喷灌和微灌技术进行详细介绍。

表 4-1 不同节水灌溉类型的比较

Tab.4-1 Comparison of different types of water-saving irrigation				
种类	型式	优点	缺点	适用
喷灌	固定管道式	节水、效率高、节省劳力，投资较高、耗用管材用水保证率高	多	园林、运动场
	半固定管道式	节水、效率较高、投资较低	劳动强度较大	多用于农业灌溉
	轻小型机组	一次投资低、轻便灵活，适用面宽	易损坏、保有率低	小面积绿地
微灌	滴灌	最节水、节省劳力、效率高	灌水不直观、投资较高、最易堵塞	花卉、灌木、绿篱、树木
	微喷灌	有景观、改善环境、效率较高	投资较高、易出故障、易堵塞	花卉、园林
	喷水带	操作简单、有景观、可改善环境	尚无标准规范	花卉、苗木、园林
田间仍是地面灌，流速低易淤积、管径不宜过小				
管道输水		投资较低、节能、较省水	若标准高，则投资较	多用于农业灌溉
渠道防渗		一般投资最小、简单、实用、大。土石方工程较大、可结合原灌区渠系改造	不适宜地形起伏大的地区	多用于农业灌溉

①喷灌

喷灌是喷洒灌溉的简称，它是借助一套专门设备将具有压力的水喷到空中，散成水滴降落到田间，供给作物水分的一种先进的灌溉方法。绿地喷灌是根据植物品种和土壤、气候状况，适时适量地进行喷洒，不易产生地表径流和深层渗漏，是一种模拟天然降水而对植物提供控制性灌水^[45]，是一种高效节水的灌溉技术，比地面灌溉可省水约 30%~50%，不仅节省劳力，工效也较高，几乎适用于所有的园林绿地，对地形、土壤等条件适应性强。喷灌除具有灌溉的主要功能外，还可以形成意想不到的景观效果，创造和改善绿地小气候，调节空气湿度。喷灌根

据管道可否移动分为固定管道式、半固定管道式、轻小型机组。轻小型机组投资较少但是灌溉管理较为麻烦。喷灌特别适合于密植、低矮的植物(如草坪、灌木、花卉)的灌溉。在花灌木、灌木等较为集中的绿地中,喷灌若与其它类型的灌溉方式相结合,灌溉效果更佳,也能达到节水的目的。

城市绿地喷灌的优点是节水、保土、省工省时、适应性强、景观效果好和提高养护质量等。城市绿地喷灌的缺点是受气候影响明显、前期工程投入较大、设计和管理要求严格等。

②微灌

微灌是一种新型的灌水技术,按照作物需水要求,通过低压管道系统与安装在末级管道上的特制灌水器,将水和作物生长所需的养分以较小的流量,均匀、准确的直接输送到作物根部附近的土壤表面或土层中的灌溉方法。微灌多用于农业灌溉,最近几年逐渐在园林灌溉中应用。微灌主要包括滴灌(流量 $2\sim 12\text{L/h}$)、微喷灌(流量 $20\sim 250\text{L/h}$)、涌泉灌和地下渗灌,是现代化、精细高效的节水灌溉技术,灌水效率可达90%以上^[46]。

微灌相对于喷灌和地面灌而言,微灌属于局部灌溉,水的利用程度也相对较高,但是其工程投资也高,在国外被成为昂贵的灌水技术^[47]。微灌在城市绿地中可用于乔木、灌木、花卉等植物的灌溉,但由于其造价高并未得到广泛应用。因此,在城市绿地灌溉设计中可以考虑将其与喷灌技术相结合达到节水的目的,既可以降低工程造价,也能提高灌溉的景观效果。

微灌的优点是节水、灌水均匀、适应性强、省土省力,比喷灌更节能。缺点是管道易堵塞、投资高、技术复杂等。微灌按出流方式可分为滴灌、微喷灌和喷水带等。

a. 滴灌

滴灌是一滴一滴的灌水方式,又称为滴水灌溉(图4-1)。研究表明,滴灌除具有喷灌的主要优点外,比喷灌更节水约40%、节能50%~70%^[48],它是把管网放在作物地表附近的土壤中,是一种最为节水的局部灌溉方法。滴灌可以使植物根系附近的土壤经常保持湿润状态,也可以使养料一起输送到植物根系,提高养料的利用率,灌溉压力小,耗能少。目前,在城市园林绿地中,滴灌主要应用在灌木、花卉及行道树的灌溉上,而在草坪及其他密植植物上应用较少,还可以用于古树名木等较为珍贵花卉的灌溉。然而,滴灌因其管道系统分布范围大而增大了造价和运行管理的工作量,对水质要求严格容易堵塞,影响植物的根系分布。

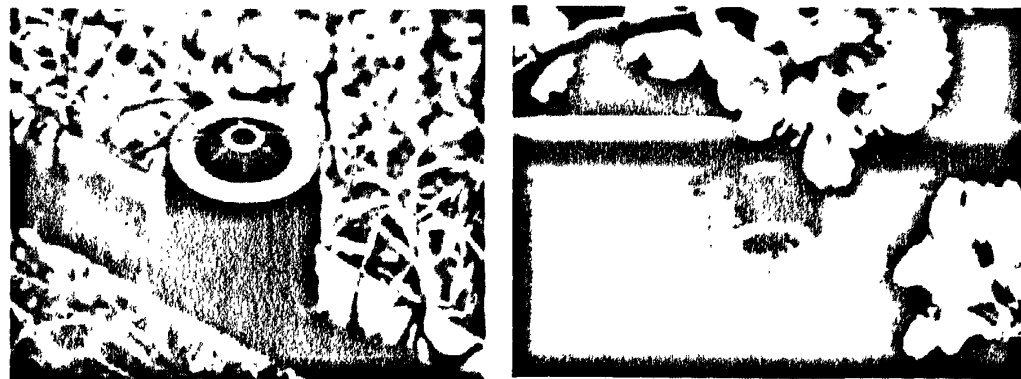


图4-1 滴灌

Fig.4-1 Drip irrigation

b. 渗灌

渗灌是目前国际上最为先进、经济又节水的灌溉技术,它利用埋在地下的透水管,将灌溉用水直接送到植物根层土壤的灌水方法。它克服了喷灌、滴灌和漫灌等灌溉方式造成的水土流失和地表蒸发的现象。渗灌可使土壤疏松、肥力提高、地表温度增加,有效提高农作物的产量,成为国外近年来普遍发展和推广的高效节水灌溉新技术,在我国的农业中应用才刚刚起步。因此,在城市绿地中几未见到,如何将渗灌在城市绿地中推广应用是节水灌溉研究的另一方向。

渗灌的特点是地表不见水,土壤不板结,能改善生态环境等。据有关资料统计显示,渗灌的绿地水利用率可达 95%,比喷灌节水 25%,比漫灌节水 75%^[49]。

微灌技术在我国的发展还比较落后,设备种类较少,技术水平落后,产品性能差,材质不耐老化;水净化技术不能完全满足它对水质的要求;植物对微灌的适应性还存在一些争议;后期管理维护跟不上。

4.2.2 节水灌溉设备的选择

园林专业灌溉设备的使用,是今后城市绿地节水灌溉发展的主流。园林节水灌溉方式,主要有喷灌、滴灌和渗灌等,其中喷灌是应用最多的。为了使节水灌溉在城市绿地中发挥更好的作用,对园林用水技术进行改革,在新建城市绿地中推行喷灌技术,同时也尝试使用滴灌技术。滴灌是直接将水分送到植物根部,可以有效减少单位绿地面积用水量达 50%~70%,大大提高了水的利用率,达到节水的目的。随着社会的进步和科学技术的发展,园林绿化灌溉水平也飞速提升,智能控制装置和中央自动控制系统也在城市绿地节水灌溉中得到应用,它利用遥感技术、全球定位系统等,可以自动获取土壤湿度、雨量和风速等数据,根据这些数据自动编制灌溉周期和灌水量,以实现园林灌水的精度。另外,还可以自动监测水泵、电磁阀、管道等设备故障并报警,做到真正意义上的节水、节能,保护系统正常稳定的运行。城市绿地节水灌溉能有效降低投资成本,主要包括灌水器的优选与布置、管材与管道的选择、管网布置和灌溉系统控制装置方式设计 4 个方面的内容。

(1) 喷灌

一个完整的园林喷灌系统一般由喷头、管网、首部和水源 4 部分组成^[50]。

① 喷头的选择

正确选择灌水器是现代园林灌溉系统成功的第一步。现代园林主要由草坪、花卉、灌木、绿篱和树木等组成,对于不同植物的灌溉应使用不同的灌水器,可以达到城市绿地节水灌溉的优化。对于喷灌系统来说,选择喷头性能的好坏将直接影响灌溉效果和水利用率。喷头选择时应注意的事项是喷头的组合强度要不超过土壤的允许灌溉强度。根据园林植物的类型选择合适的喷头,避免植物受损和土壤板结。在同一轮灌区域内,应该选择同样规格和类型的喷头,使其具有相同的工作压力,从而获得较高的喷灌度^[51]。目前应用的进口和国产喷灌设备,按喷头的使用方式可分为地埋式和地上式两种。

地埋式喷头,喷头在不工作的时候隐蔽在地面下面,不会妨碍绿地养护和绿地景观。地埋式喷头具有较强的可调性,喷洒半径、喷水较多、出水量和覆盖角度都可以根据设计要求和现场情况来调节,能较好的满足复杂地形的喷灌要求。在未来绿地喷灌系统中具有很大的发展空

间。以下是美国托罗公司的地理式散射喷头性能的比较（表 4-2）：

表 4-2 喷头性能的比较

Tab.4-2 The comparison of Nozzle performance

		T5 地理齿轮 旋转型	LPS 系列	570Z 标准型	XF 型-带自 动截止阀	PRX 型-压力自 动调节且带自 动截止阀
技 术 参 数	射程 (m)	7.6~15.2	2.2~5.5	0~5.5	0~5.5	0~5.5
	流 量 范 围 (m ³ /h)	0.17~2.19	0.08~1.02	0.01~1.04	0.01~1.04	0.01~1.04
	工 作 压 力 (Kg/cm ²)	1.7~4.5	1.4~4.8	1.4~5.2	1.4~5.2	1.4~5.2
	弹 升 高 度 (mm)	5	50、100	50、75、100、 150、	100、150、300	100、150、300
特 点	侧 进 水 口 (mm)	否	150、300	150、300	150、300	150、300
	止溢阀	是	是	是	是	是
	中水标识	是	是	是	是	是
	灌木型	是	否	是	是	是
	自动截止阀	是	否	否	是	是
	压力调节	是	否	否	否	是
应 用	花卉	是	是	是	是	是
	草坪	是	是	是	是	是
	灌木	是	是	是	是	是
	树木	是	否	是	是	是
	坡地	是	是	是	是	是

T5 型喷头是美国托罗公司的新型产品，属于中等射程的园林绿地灌溉专用喷头。适用于城市绿化带、公园、住宅小区、学校、厂矿企业草坪绿地的灌溉。喷头顶部具有扇形调节，带 8 种标准仰角雨帘式喷嘴和 4 种低仰角雨帘式喷嘴，喷水形状优美，喷洒均匀。

地上式喷头，可以分为摇臂式和景观喷头。摇臂式喷头喷洒角度、喷洒半径、喷射仰角都是可以调节的。地上摇臂式喷头常装于地上，受风的影响较大。飘逸损失、蒸发损失大。由于装于地上，特别不适用于园林草坪灌溉。一方面损失大，灌水不均匀。另一方面妨碍剪草机工作，并严重影响景观效果。

景观喷头根据需要可以喷洒各种水形，造型独特或色彩鲜艳，能够起到增强园林景观效果的作用，要根据不同的造景需求来进行喷头选择。例如可对较规则小型灌木景区进行灌溉的雷欧牌 SAN、SVSN 景观喷头和具有环境美化效果的 S4AN 雾化喷头等等。相较于地理式喷头，地上式喷头的后期管理较为麻烦，它立于地面之上，容易丢失或人为破坏。

②喷头的组合方式

喷头的喷洒视喷头的类型和附属设备的不同其组合方式也不同，如矩形喷洒、全圆喷洒、扇形喷洒、带状喷洒等。在广阔的草坪、运动场、高尔夫球场多使用全圆喷洒，在自然式绿地、路旁或建筑物附近可使用扇形喷洒。

喷头的组合方式也称布置形式，一般用相邻 4 个喷头组成的平面图形表示。喷头的基本布置形式有两种，矩形组合和平行四边形组合。矩形组合用喷头沿支管布置的间距 a 、相邻两支管的布置间距 b 表示(图 4-2)。平行四边形组合除用喷头间距 a 及支管间距 b 外，还需增加两相邻支管上喷头偏移的距离 e (图 4-3)。

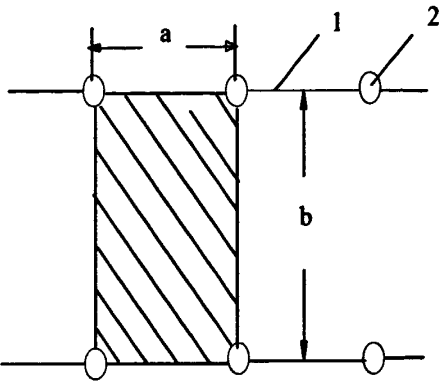


图 4-2 矩形组合

Fig.4-2 Rectangular combination

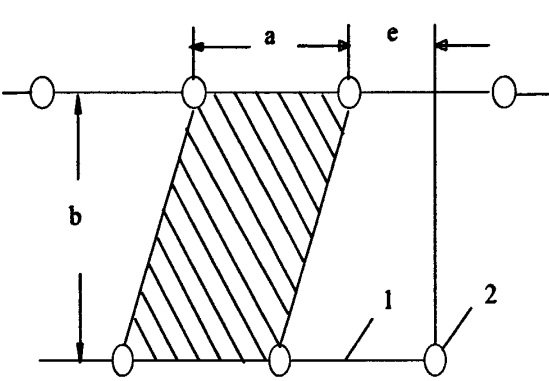


图 4-3 平行四边形组合

Fig.4-3 Parallelogram combination

一般情况下，无论是矩形组合还是平行四边形组合，应尽可能使支管间距 b 大于喷头间距 a ，以利于节省支管（对固定式喷灌系统），或避免频繁移动支管（对于半固定式、移动式喷灌系统）。在有稳定风向时，宜采用 $b > a$ 的组合并使支管垂直风向布置，支管与风向的夹角大于 45° 。当风向多变时，应采用等间距，即 $a = b$ 的组合，矩形布置变成了正方形布置(图 4-4)。当平行四边形布置的 $e = a/2$ ，则平行四边形分为两个面积完全相等的等腰三角形，亦称等腰三角形组合(图 4-5)。

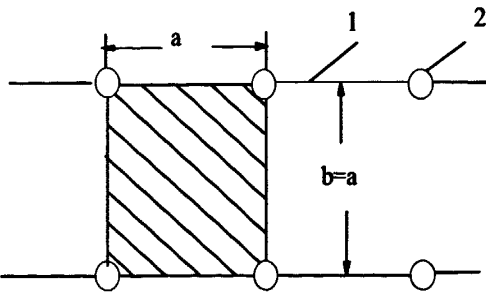


图 4-4 正方形组合

Fig.4-4 Square combination

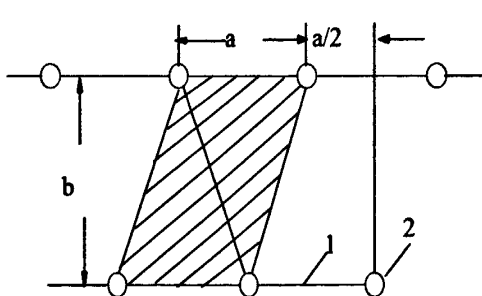


图 4-5 等腰三角形组合

Fig.4-5 Combination of an isosceles triangle

园林草坪的喷头布置，一般原则为两喷头之间的间距等于喷头设计工作压力下此喷头的射程 R。不同布置方式和有风地区，布置间距可参考（表 4-3）：

表 4-3 喷头的布置间距

Tab.4-3 The arrangement of sprinklers spacing			
风速	正方形	三角形	单排布置
无风情况	1.1R	1.2R	R
7 公里/小时	1R	1.1R	R
13 公里/小时	0.9R	1R	0.9R

③管材及管径的选择

a. 管材的选择

管材在园林喷灌设计中起着纽带的作用，它将加压设备、过滤设备、喷头和控制设备等连接在一起从而构成整个系统的输水管网。管材的选择应当根据当地的具体情况如地质、地形、气候、运输、供应以及使用环境和工作压力等条件，结合各种管材的特性以及使用条件进行选择。

管件和配件的选择也会直接关系到节水的效果。首先，在管材的选择上应选择质量较好且柔韧度高的 PVC 或 PE 管，管材的老化、冻裂、人为破坏等情况都可能使其密闭性遭到破坏，产生漏水现象。其次，水压调节器的使用对节水灌溉也有很大的帮助，如将入水口水压保持在同一最佳范围内，会产生更为均匀地灌溉效果，使灌水器在最佳工作压力下工作。最后，喷灌系统的后期维护和自动化程度的不断优化也是节水喷灌努力的方向。

用于喷灌地埋管道的塑料管最好选用硬聚氯乙烯管、聚乙烯管等，这类硬塑料管的优点是耐腐蚀，使用寿命长，一般可用 20 年以上；重量轻，搬运容易；内壁光滑、水力性能好，过水能力稳定；有一定的韧性，能适应较小的不均匀沉降。缺点是材质受温度影响大，高温发生变形，低温变脆；受光、热老化后，强度逐渐降低，膨胀系数大等。

表 4-4 聚氯乙烯管与聚乙烯管管材性能比较

Tab.4-4 The tube performance comparison of PVC pipe and polyethylene pipe		
管材	优点	缺点
聚丙烯管	耐热性强，短期最高可达 100℃	费用高
聚氯乙烯管	具有良好的承压能力和抗冲击性，刚性好	耐高温性能差，易氧化，对地形适应性差
高压低密度	管壁厚对地形的适用性较好，抗冲击能力很高，重量轻、韧性好	不耐磨，耐高温性能差，抗张强度低
聚乙烯管	性好、耐低温性能强，抗老化性能较好	
聚乙烯管	管壁较厚，耐磨性好	对地形适应能力差，耐高温性能差，易氧化

在管材的选择上还要求聚氯乙烯管道内外壁均应光滑平整、无气泡、裂口、波纹及凹陷，

对直径为 40mm~200mm 的管道的挠曲度不得超过 1%，管道同一截面的壁厚偏差不得超过 14%；为减缓老化进程，增强抗老化性能，要求聚乙烯管为黑色。外观光滑平整、无气泡、裂口、沟纹、凹陷及杂质等。

喷灌管道通常采用铝合金管（农业移动喷灌）、钢管（农业喷灌）、PVC 管（聚氯乙烯管）、PE 管（聚乙烯管）、PP 管等。微灌通常采用塑料管道，以防金属管道锈蚀堵塞。

国标 PVC、PE 管公称直径有：25mm、32 mm、40 mm、50 mm、63 mm、75 mm、90 mm、110 mm、125 mm、160 mm、200 mm、250 mm 等等，通常 90 mm 以上的 PVC 管采用承插连接，75 mm 以下管采用 PVC 胶粘接。粘接管牢固，但无活动余量，大口径管不易拐弯。大口径 PE 管通常采用焊接法连接，小口径 PE 管可采用倒钩内插式和螺纹锁紧连接两种接头连接。

b. 管径的选择

干管管径的选择

干管是指支管以上的各级管道。干管管径的选择是在满足下一级管道流量和压力的前提下按年费用最小的原则来选择的，因此又称为经济管径。由于喷灌管道系统投资比例较大，而工作年小时水少，在满足喷灌所需压力的条件下，选用尽可能小的管径，管中流速应该控制在 2.5~3m/s。对于规模不大的喷灌工程，一般可用如下经验公式来估算干管管径。

当 $Q < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ 时， $D = 13\sqrt{Q}$

当 $Q \geq 120 \text{ m}^3/\text{h}$ 时， $D = 11.5\sqrt{Q}$

式中：D——管径（mm）；

Q——设计流量（ m^3/h ）；

支管管径的选择

支管是指连接树管和喷头的一级管道，也称为喷洒支管。支管管径选的越大，同一支管上喷头的压力差也就越小，各喷头的喷水量也越接近，但管径越大，支管造价投资越高，对于移动支管来说，也会增加拆装、搬移的人工费。然管径选得越小，各喷头压力差和喷水量差别就会越大，影响喷灌质量。

对于一般规模的的绿地喷灌系统，如采用塑料管材，可利用以下公式进行计算确定管径：

$$D = 22.36 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

式中：D——管道的公称外径（mm）；

Q——设计流量（ m^3/h ）；

v——设计流速（m/s）；

经验公式的使用条件是，设计流量 $Q = 0.5 \sim 200 \text{ m}^3/\text{h}$ ，设计流速 $v = 1.0 \sim 2.5 \text{ m/s}$ 。由于园林绿地地形起伏变化较多，鉴于同样流速下，管道的水力坡度随管径的减小而增加，建议当管径 $D \leq 50 \text{ mm}$ 时，管道中的设计流量不要超过（表 4-5）所规定的数值。

表 4-5 管道的最大流速 (m/s)

Tab.4-5 The maximum flow rate of pipeline

公称外径 (mm)	15	20	25	32	40	50
最大流速 (m/s)	0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1

管径选择应注意的事项如下：任何喷头的实际工作压力不得低于设计喷头工作压力；同一条支管上任意两个喷头之间的工作压力差应在设计喷头工作压力的 20%以内；喷灌系统工作压力变化较大时，应划分压力区域，并分区进行计算；为了减小干管中的水锤，严格控制管中流速在 1.3~1.7m/s 范围以内，支管是多孔出流管，控制其支管入口流速不大于 2.3m/s。

④管网布置

a. 影响因素

管网布置受地形形状、地形条件和风向风速的影响。影响绿地喷灌系统管网布置的因素很多，而且各因素间又相互制约。为了更好的满足绿地的供水需求，选择优化方案，就要对管网布置的主要因素进行了解和分析。

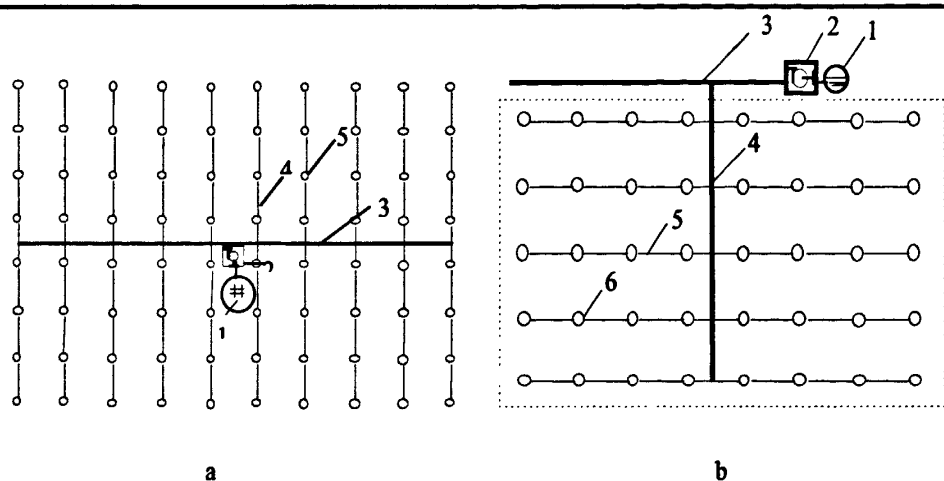
地块形状不仅关系到喷头的选型，也影响着喷灌系统干管的布置。一般情况下，干管的布置应与地块轴线保持一致，当地块形状接近正方形时，干管布置往往取决于轮灌区支管的布置形式，尽量使干管与轮灌区支管正交。

城市绿地地形地貌较为复杂，对于有地形的喷灌区，应尽量使支管与等高线平行，干管顺坡而下。如果地形坡降远远大于干管的水力坡降，则应该在适当位置设置减压阀或采用小管径管道，以增加水头损失，消耗多余的压力水头。如果上一级的管道只能布置在低处的情况，逆坡铺设的管道不宜太长。如果干管无法沿坡敷设，应尽量使其位于坡地的底处，便于冬季泄水。

在无风的状态下，喷灌系统的灌水质量取决于单个喷头的雾化程度，喷头的雾化程度越好，喷灌系统的灌水质量就会越高，但是雾化程度好的喷头，灌水质量受风的影响就越大。在灌溉季节若是喷灌区内主风向超过 2m/s 以上的风速，应尽量使支管垂直于主风向布置，这样就可以通过加密支管上的喷头来弥补喷头喷射距离受风的影响，否则就需要减小支管的间距，增加管材的费用。通过加密喷头还是减小支管间距来满足灌溉的要求，要根据具体的喷灌区域进行不同的设置，最终获得最佳的布置方案。

b. 布置形式

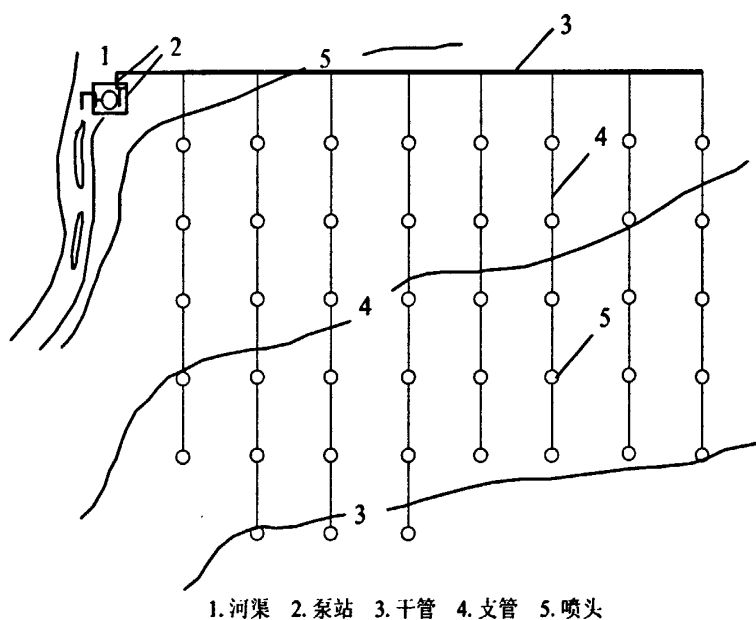
绿地喷灌系统的管网布置形式有丰字型(图 4-6)和梳子型(图 4-7)。在设计时应根据水源的位置来选择管网的布置形式。如水源位置不变的情况下，丰字型布置会带来更好的的压力均衡，但缺点是会增加干管的用量。



a: 1. 井 2. 泵站 3. 干管 4. 支管 5. 喷头
b: 1. 蓄水池 2. 泵站 3. 干管 4. 分干管 5. 支管 6. 喷头

图 4-6 管网丰字形布置

Fig.4-6 The layout of pipeline with feng-shaped



1. 河渠 2. 泵站 3. 干管 4. 支管 5. 喷头

图 4-7 管网梳子形布置

Fig.4-7 The layout of pipeline with comb-shaped

(2) 微灌

典型的微灌系统通常由水源工程、首部枢纽、输配水管网和灌水器四部分组成。

① 灌水器的选择

灌水器是微灌设备中最关键的部件，是直接向植物施水的设备，其作用是消减压力，将水流变为水滴或细流或喷洒状施入土壤，包括微喷头、滴头、滴灌带等。滴头的主要作用就是通过曲折的流道将管道中的水压降低（又叫能耗），以滴水形式灌溉植物。滴头的出水量很小，一般在 1~10 升/小时范围内。滴头的流量与工作压力及流态指数有关。在入口压力相同的情况下，采用压力补偿滴头的毛管（或滴灌带、滴灌管）铺设长度长。压力补偿滴头出水均匀，有利于

植物健康生长，提高植物品质。

在选择灌水器时应遵循的原则如下：

灌水器流量应满足灌溉制度的要求。在水量平衡的前提下，如在规定的灌水周期内和系统日最大允许小时数内，不能将整个灌溉面积灌完，就需调大滴头流量或重新选择流量比较大的灌水器；满足设计湿润比的要求。在毛管和灌水器布置方式确定的情况下，选择合适的灌水器类型和流量，使其满足设计湿润比的要求；应尽可能选用紊流型灌水器；应选用制造偏差系数 C_v 值小的灌水器；在温度变化大的地区，宜选用流量受水温变化影响小的灌水器；选择抗堵塞性能强的灌水器；选择寿命长而价格低的灌水器；选择易清洗、更换方便的灌水器。

然而，一种灌水器不可能满足所有的要求，在选择灌水器时，应根据当地的具体条件选择满足主要要求的品种和规格的灌水器。

②毛管和灌水器布置

毛管和灌水器的布置方式取决于城市绿地中植物种类、生长阶段和所选用灌水器的类型。毛管均沿植物行向布置，在有地形灌溉区一般采用等高种植，故毛管是沿等高线布置的。毛管的长度取决于灌水器的流量和均匀度的要求，并且影响工程费用，毛管长度越大，支管间距越大，支管数量越少，工程投资越少，但灌水均匀度越低。因此，毛管长度铺设应控制在允许的最大长度以内，而允许的最大毛管长度应满足设计均匀度的要求，应由水力计算确定。

③干、支管的布置

干、支管的布置取决于地形、水源、植物分布和毛管的布置。应达到管理方便，工程费用少的要求。在有地形区域，干管多等高线布置。支管则垂直于等高线向两边的毛管配水。在平地，干、支管应尽量双向控制，两侧布置下级管道，以节省管材。当地形为平地，采用丰字形布置时，干、支管可分别布置在支管和毛管的中部。当沿毛管方向有坡度时，支管应向上坡方向移动，使上坡毛管长度短于下坡毛管。

(3) 灌溉系统控制方式

城市绿地节水灌溉除了需要合理的灌溉系统设计外，还需要先进的自动控制设备。如中空控制器及中控系统，中控系统全名为中央计算机控制系统。目前较为流行是解码器系统和卫星站系统。解码器系统（图 4-8），解码站数一般为 1~4 站，计算机进行编程，解码器指挥电磁阀工作。

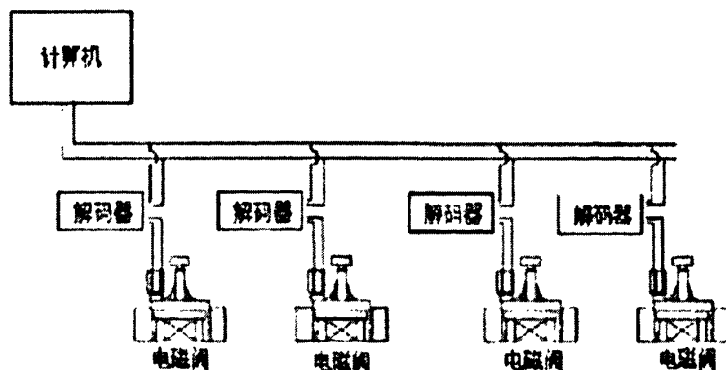


图 4-8 解码器系统

Fig.4-8 Decoder system

卫星站中控系统一般由一台电脑，若干卫星站和若干传感器组成。卫星站系统（图 4-9）一般比解码器系统安全，适合于开放式公园、绿地等。

解码器系统电线用量小，在窄长项目上使用，造价低。解码器系统如果两条主线某处被挖断，系统会终止工作。比较适合应用于封闭的公园、高尔夫球场等。

此外，还有全无线中控系统，从电脑到控制器，再到电磁阀所有路径上均无电线连接。这种系统在开阔地区，沙漠防风林带区使用效果很好，可有效的减少电线投资，减少安装和维护的费用。

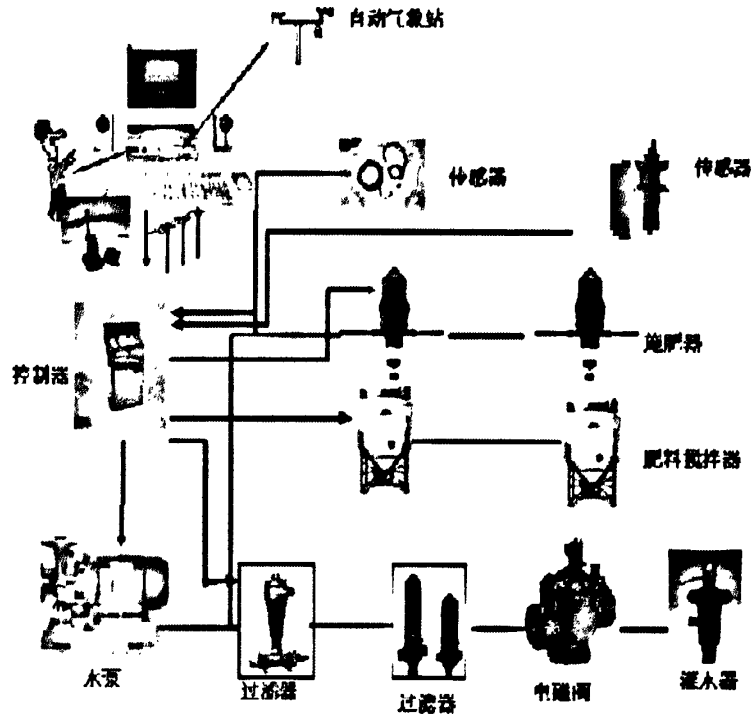


图 4-9 卫星站系统

Fig.4-9 Space station system

4.2.3 喷灌景观化设计

我国目前处于一个工业与后工业化过程并进的社会阶段。在这个科技日新月异、经济飞速发展的中国聚居环境建设中,景观的规划设计也就愈加显得举足轻重。近年来,在一些新兴建设的城市广场绿地和公园中出现了一股“亲水热”,尤其是动态水景被越来越多的应用于园林景观中,人们对水体艺术的视觉享受充满期待。各种不同形式的喷泉在景观环境中被大肆建造,可谓花费巨大的财力人力。水景也渐渐从环境的点缀过渡成为环境的重要组成部分,从过去以水而建到现在的大面积人工水景的建设。据笔者调查发现存在以下一些问题:

水体景观用水管理制度不完善,水资源利用率低;

水体景观设计项目单一,没有充分发挥水体应有的环境功效;

在寒冷地区或北方地区的冬季,水景设计会成为一种摆设,造成各种资源的浪费。

这些问题的存在使人们更迫切寻求更节约、更合理的水景设计。因此,水景生态化设计引起景观设计师的关注,尤其是对于缺水的中国更应朝着这个方向努力,实行水体景观环境优先的原则。这为节水灌溉中具有景观效果的喷灌、雾灌景观化提供广阔的发展空间。城市绿地节水灌溉方式中有一些是具有景观美化功能的,在满足灌溉的前提下,通过合理的方案组合提升它们在园林中的景观效果^[52]。如果喷灌能够景观化,它既能完成灌溉的功能又能丰富园林水景观,可谓是集灌溉功能与美观为一体的多功能水体景观。在水资源紧缺的今天,有效利用各种具有美的功能的水,对于丰富园林中的水景具有重要的研究意义。

(1) 景观化设计原则

园林绿地景观丰富多彩,或是开阔敞亮的大草坪,或是层次分明的乔灌木组成的复合群落配置。俗话说“无水则枯不得生”,可见水对植物生长有多么重要。不同的植物种植模式要求有不同的灌溉组合方式,因此根据不同的城市绿地类型选择喷灌、微灌、雾灌等不同的灌溉类型,在实现其灌溉基本功能的基础上,满足城市绿地自身要求,提高绿地景观效果。如喷灌、雾灌在实现灌溉的过程中,它本身也可以成为城市绿地中一道绚丽多彩的风景线,展现出层次丰富、高低错落的水动场景。

园林喷灌、雾灌景观化设计中对景观的功能要求主要是满足观赏者的视觉要求,因此从园林景观设计的一般原则着手,通过对设计对象的分析,归纳总结了以下几点设计原则:

① 节约性原则

伴随着水资源危机和全球环境保护浪潮的兴起,节水节能,保护环境成为人们的共识,人们的节水意识不断提高,贯穿于生活的各个方面。在园林喷灌景观化设计中,也要进行科学的灌溉规划设计,通过选择寿命长、节水、低能耗的灌溉设备,设计合理的喷头布置和管网布置,以质胜量,发挥喷灌的最大效益和景观效果。

科学选用喷灌设施是喷灌景观化的首要问题。当前,国内生产的喷灌设备质量和性能都在不断提高。

② 安全性原则

由于城市绿地中游人流流量较多,有些喷头是裸露在地面上的,这些都具有潜在的危险性。因此,在喷头的选择上我们应该多考虑应用目前市场上较为流行的地面式喷头,这种喷头只有

在喷水的时候才会弹伸出地面，喷水后又会自动弹回，不但安全可靠而且还美观耐用，不会影响城市绿地的整体景观效果。

③生态性原则

生态性原则的本意，是要求景观设计师更多的了解生物，从而认识到所有自然环境下生物互相依赖的生存方式，将各种生物的生存环境彼此联系起来。这实际上是要求我们看待事物就要整体意识，不能把生态理念仅仅简单的理解为大量种树、提高绿量^[53]。另外，生态性原则要求我们尊重自然，顺应自然，减少盲目地人工改造环境，降低城市绿地景观的养管成本；根据绿地的性质来营造喷灌的景观，尊重场地中其它生物的需求，减少水资源的浪费。

同时，在城市绿地节水灌溉优化设计中，我们要运用生态学原理，结合绿地中的植物生理、生态习性，研究各种灌溉方式对生态环境的影响，选择最为合理灌溉方式，形成最佳的景观效果。

(2) 喷灌景观化设计

明代袁中郎曾说过：“水突然而趋，忽然而折，天回云昏，顷刻不知其千里，细则为罗谷，旋则为虎眼，注则为天坤，立则为岳玉；矫而为龙，喷而为雾，吸而为风，怒而为霆，疾徐舒整，奔跃万状。”这段话表明，水景的艺术形式是多种多样的，水景是城市发展中一个重要的活跃元素，填补了枯燥的城市空间。而人工喷泉作为水景艺术的一种表现形式，它的整体效果主要取决于喷出水的形状，包括射流的可达稳定高度、稳定范围、观赏性和运动的力度。

喷灌是通过压力降水细碎成水珠、水雾或水帘等形式，可以形成有节奏、有规律的灌水，形成层次丰富、高低错落的动态水场景（图 4-10）。有些喷灌的喷头出水效果与喷泉有些微的相似，但应用目的却有着本质的区别。雾灌产生的景观效果与喷泉中的喷雾相似，雾灌多用于低矮灌木群、花镜、花带或是苗圃、果园的灌溉，给人如临仙境的感觉。由于雾灌形式较为单一本文不对其做主要介绍。

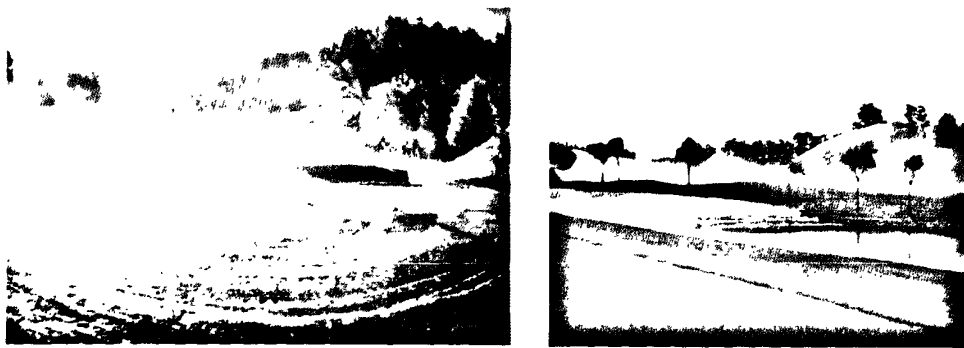


图 4-10 喷灌动态水景

Fig.4-10 Dynamic waterscape of sprinkler irrigation

①喷头水形艺术表现

园林喷灌的主要目的是满足绿地中植物生长的需水要求，产品的开发与研制重点在于节水。不过随着节水行业的不断发展和进步，园林喷灌的设备在质量和性能上都得到了极大的改善，设计者们在开发产品时除了要满足植物需水的同时，也开始关注喷头射水的景观效果和控制系

统的提升，使园林喷灌景观化成为可能。

园林喷灌的基本水形（图 4-11）呈抛物线状。下面将园林喷灌的几种水形与喷泉的水语言进行比较，找到喷灌水形艺术化的依据。

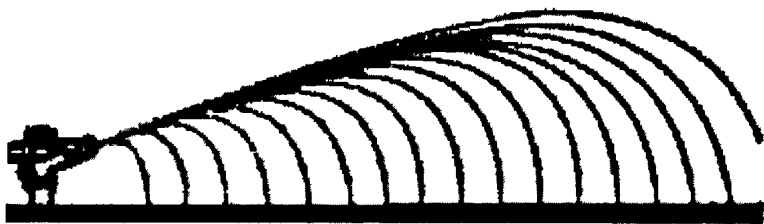


图 4-11 园林喷灌基本水形图

Fig.4-11 The basic form water diagram of sprinkler irrigation

a. 内环抛水形

内环抛的水形（图 4-12）喷头齐向内部中心射流形成一个内聚向心的水形。这种水形由于向中心聚集，具有较强的爆发力。同时形成较强的视觉冲击力，给人带来愉悦、兴奋的感觉。

b. 喇叭花状水形

喇叭花状水形（图 4-13），顾名思义喷出的水形形状就如同一朵朵盛开的喇叭花，给人以生命的希望。每次浇水以一个固定的模式定期出现，呈现一种序列，如同一支支美妙的随想曲迎合着人们的节拍感和兴奋感。这种微灌的形式不仅节约水资源，而且养护质量极佳，景观效果也好，适用于小型绿地的养护。

c. 蝶形水形

蝶形水形（图 4-14），就如它的名字一样生动形象，在不同的环境中，蝶形水形由多条水柱组成，像一只只展翅飞翔的蝴蝶。

d. 射线水形

射线水形（图 4-15）在喷泉的喷水形式中属于单线喷，由下而上或是侧面单孔直喷，形成独立的抛物线形，犹如袅袅升起的浓烟；园林喷灌的射线水形，属于基本的喷灌水形，射流与竖向呈现一定的倾斜角度，具有一定的气势且覆盖范围广。

对于园林喷灌来说，高喷品质喷头不仅使喷头喷射的水形具有景观性设备本身也可以具有景观属性。如美国雨鸟公司生产的 ZP-2 型喷头，立管选用的是白色 UPVC 管材，距地面 60cm 的顶部用的是红色喷头，色彩鲜艳。喷水时圆形的水帘好似盛开的牵牛花，形态十分优美，配以绿色的草坪背景和稀疏的花灌木，从而形成一道别具风格的园中动态景观。



图 4-12 内环抛水形

Fig.4-12 Inner-ring toss water



图 4-13 喇叭花状水形

Fig.4-13 Morning glory-shape water



图 4-14 蝶形水形

Fig.4-14 Butterfly-shaped water

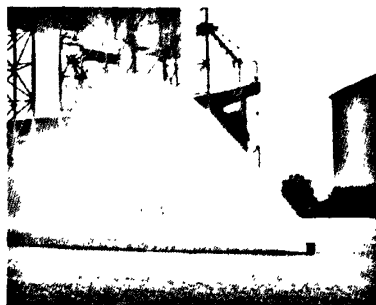


图 4-15 射线水形

Fig.4-15 Rays water form

②喷灌系统控制方式

园林喷灌景观化除了喷头射水的艺术化设计之外，还需要有先进的自动控制设施使得喷头喷水时可以具备一定的规律和节奏，使身处其中的人获得视觉的冲击和身心的愉悦。

根据自动化控制系统自身的组成和反馈机理，喷灌系统自动化控制系统一般可以分为闭路自动控制系统和开路自动控制系统。闭路自动控制系统主要是通过传感器的数据反馈、软件分析，从而确定喷灌系统的开始和关闭时间。开路自动控制系统则是按照预先设定的时间开启、关闭系统。闭路自动控制系统一般是中央自动控制系统，开路自动控制系统是独立的喷灌自动控制器。

闭路自动控制系统较开路自动控制系统要先进，一般在大型高品质绿地喷灌中经常采用，它可以通过先进的控制技术控制喷水的形式，形成丰富的喷水景观，但是这会使喷灌系统的造价升高，因此在一般的绿地中可采用开路自动控制系统。

对于面积较多或地块较分散的城市绿地，可以同时采用多个喷灌自动控制器进行控制，各控制器间相互独立，没有反馈关系。喷灌自动控制器可以根据每个控制站设定开启和关闭时间、喷灌强度、喷灌周期、喷灌方向、喷灌节奏等参数，从而实现园林喷灌景观化的目的。

5 案例分析——以天津市友谊公园绿地节水灌溉设计为例

5.1 工程概况

天津市友谊公园位于天津市友谊路与乐园道交口，于 2008 年建成，面积约 5.6 万 m^2 ，其中绿地面积 4.8 万 m^2 ，园内共栽植乔灌木 7000 株，栽种草花 18 万株，是天津市中心城区最大公共绿地。公园地理位置优越，环境设计优美。公园绿地土壤构成较好，建设过程中为使土壤更适合植物生长，进行了大量的改土工作，公园内的土壤构成以壤土和接近于壤土的砂壤土为主，完全满足植物的生长要求，土壤 pH 值在 6.5~8.0 之间，土壤容重为 $1.40\text{g}/\text{cm}^3$ 。

本工程为友谊公园一期绿地节水灌溉改造工程，涉及改造面积达 1.3 万 m^2 。改造区域以开阔的草坪为主，乔木、灌木、草本花卉为辅，绿地内现有水源 De110PVC 管道接口，并合理布设了浇花井。

天津市属于暖温带半湿润大陆季风型气候，季风显著、四季分明。春季多风沙，干旱少雨；夏季炎热，雨水集中；秋季寒暖适中；冬季寒冷，干燥少雪。多年平均降雨量约 500~690 mm，在季节分布上，夏季降水量最多，占全年降水量的 75%以上，冬季最少，仅占全年总降水量的 2%，雨季平均开始日期为 6 月底或 7 月初，平均结束日期为 8 月底，持续时间约两个月。暴雨日多出现在 7、8 月。全年平均暴雨日数为 2 天左右。多年平均水面蒸发量为 1683~1912mm，最大蒸发量为 2673.3 mm，全年以 5 月份蒸发量最为强烈。最大冻土层深度为 0.8m，平均冻土层深度为 0.7m。春、秋季节多风，风速平均为 2~5m/s，风速大于等于 17m/s 的大风一般年份在 30~53 天之间。多年平均日最大耗水量约 5.4mm/d。

由于天津市本是一个水资源十分匮乏的地区，城市绿地如果仍沿用传统的大水漫灌和人工喷洒方式，不但会对水资源造成极大的浪费，而且往往由于不能及时灌水、过量灌水或灌水不足，难以控制灌水均匀度，对草坪的正常生长产生不良影响。所谓城市绿地的“三分种、七分养”，而养护的关键之一就是如何能做到科学灌溉。因此，选择一种造价低廉、耐用又便于管理的节水灌溉方式就显得十分必要和迫切。

5.2 设计指导思想

友谊公园灌溉系统设计方案以绿色、科技、人文为指导思想，经济、可靠、适用、先进为原则，节水、节能、节约运行成本为目的。通过自动化、智能化控制的喷灌、微灌技术，大幅度提高水的利用率、节约淡水资源、保障节水效率。根据植物需要进行供水，保持植物生长良好，满足园林造景需求。

由于这些原则之间存在相互制约的关系，要想同时得到满足有时具有一定的难度。在这种情况下，本灌溉设计首先考虑满足节水性原则。因为在城市绿地灌溉规划设计的原则中，节水是最重要的。通过合理的规划设计，可以降低总体造价，体现节水灌溉工程资金投入的最直观的意义和目的。

5.3 系统规划布局图

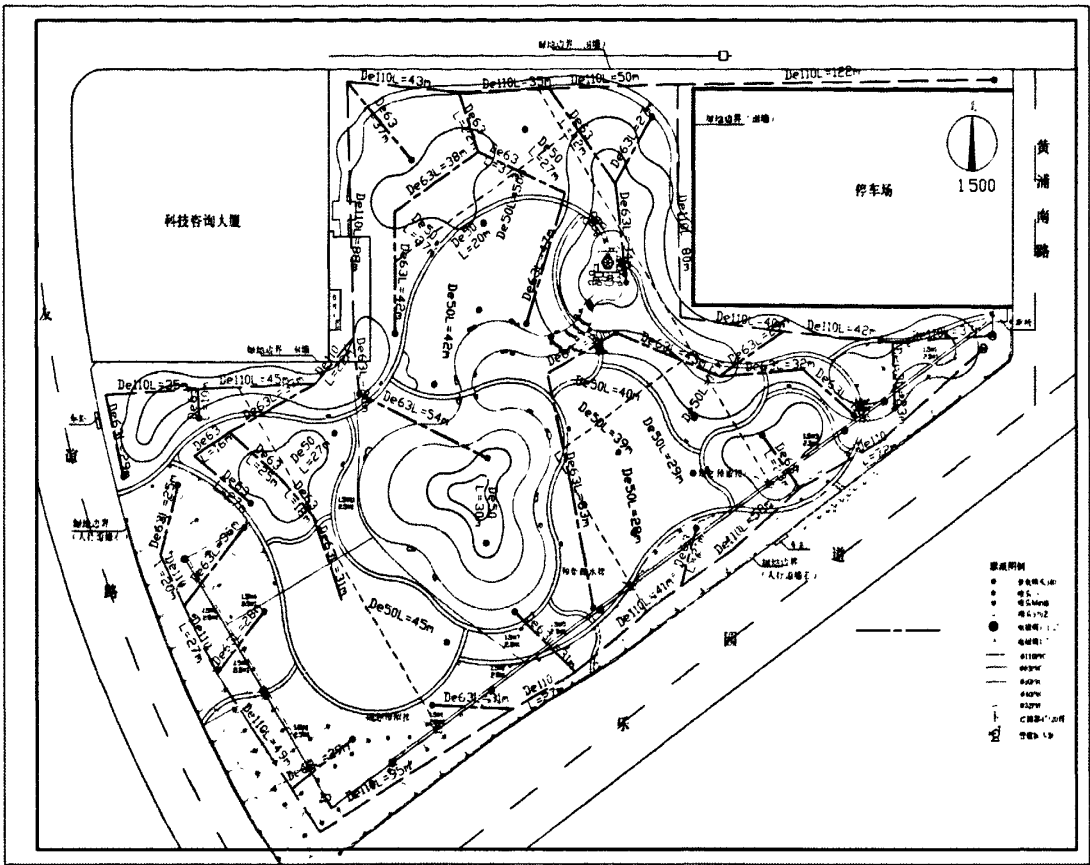


图 5-1 管网及系统布局图

Fig.5-1 The pipe network and system laid

5.4 灌溉设备的选择

友谊公园灌溉示范工程结合原地形的基本情况选用地埋式喷灌，主要采用 TOROT5 和 300 系列地埋旋转式景观喷头，工作压力 $3\sim3.5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，流量 $0.85\sim1.6\text{m}^3/\text{h}$ 。

T5 喷头特点：喷洒角度 $40^\circ\sim360^\circ$ 可调，更为便捷；根据地形选择射程 $8\sim13\text{m}$ 不同型号的喷嘴，喷水量适中，不同的喷嘴型号射程选择范围大，是 TORO 最新的经济耐用型喷头（图 5-2），现场试验故障率仅为 $1/10000$ 。它属于中等射程的园林绿地灌溉专用喷头，适用于城市化带、公园、住宅小区、学校、厂矿企业草坪绿地的灌溉。

300-340 系列地埋旋转景观喷头特点：具有水景功能，射线型喷洒，适合各种土壤和斜坡灌溉带等喷灌强度功能，喷洒均匀，带行星齿轮驱动，水润滑，经久耐用，角度 $45^\circ\sim360^\circ$ 可调。

T5 型地埋式齿轮旋转喷头具有旋转角度记忆功能，路边的喷头灌水时要避开路面以免影响游人和车辆通行，采用 T5 可满足这一要求。开阔的地形和重点观光区域采用 300 系列景观的喷头，形如草坪上的喷泉。



图 5-2 最新型 T5 喷头

Fig.5-2 Latest T5 nozzle

5.5 水量平衡计算和水源工程规划

友谊公园一期绿地内现有水源 De110PVC 管道接口，供水能力为 $50\sim 80\text{m}^3/\text{h}$ ，满足现有绿化面积的灌溉需求。水源首部系统工程包括动力设备、水泵、过滤器、施肥器、泄压阀、逆止阀、水表、压力表，自动灌溉控制器、水源水质处理过滤系统等。

根据友谊公园地形坡度，每处喷灌支管最低点安装放水阀，利于冬季前放水。喷灌水源要求 $30\sim 50\text{m}$ 水头压力，过滤器采用 $4''\sim 80$ 目金属网式过滤器。设计中采用 TMC212 可编程室内型控制器，并由控制器启动管道加压机。电磁阀控制线为 12#和 14#园林灌溉专用直埋线。灌溉首部的加压机和过滤器等设备加装融合景观的防护罩，兼顾安全、防雨和散热的功能。

此外，根据友谊公园灌溉系统发展需求，有可能利用园内湖水作为灌溉水源，因此现设计的灌溉管路将来可以转换到湖水灌溉的水源接口。如采用湖水灌溉方案，建议使用自动清洗组合过滤器。采用湖水灌溉方案时，也可将新建输水管路与原有浇花井供水管路相连，提供临时补水灌溉。

5.6 灌溉制度的拟订和灌溉用水量设计

根据天津气象资料，多年平均降雨量为 760mm ，降水主要集中在 $6\sim 8$ 月。最大冻土层深度为 0.8m ，春、秋季节多风，日耗水强度多年平均最大值 $5.4\text{mm}/\text{d}$ ，出现在 $6\sim 7$ 月。土壤为沙壤土，稳定入渗速度 $15\text{mm}/\text{h}$ ，持水率 20% ，凋萎系数 60% 。

(1) 灌溉用水量

灌溉用水量包括作物需水量和灌溉过程中渗漏及蒸发损失。

$$W_{\text{日}} = AE_p / \eta$$

草坪灌水临界期日需水量 $E_p = 4.5$ (mm/d)

树木灌水临界期日需水量 $E_p = 5\sim 7$ (mm/d)

(2) 灌溉制度

设计灌水定额 m

$$m = 0.1r(\eta_1 - \eta_2) / \eta = 22.97\text{mm}$$

式中： m ——设计灌水定额，mm；
 r ——土壤干容重， $1.34\text{g} / \text{cm}^3$ ；
 H ——草坪计划湿润层深度为20cm
 β_1 ——土壤含水量的上限
 β_2 ——土壤含水量的下限
 η ——喷洒水利用系数0.7

设计轮灌周期 T

$$T=m/ET=22.97/4.5=5$$

干热月份，草坪灌水周期为1~2天

5.7 典型地块的喷头组合

友谊公园灌溉设计项目中喷头组合形式的选择，充分考虑到一期绿地是一块地形规则、平整的绿地，结合天津市的气象条件（平均风速为 $2\sim5\text{m/s}$ ），设计中使用喷头的组合形式主要采用矩形形式（图 5-3），支管与主风向垂直。这种组合形式的优点是设计简单，容易布置，在风向改变频繁的地区喷洒效果较好；矩形布置方式还具有抗风的优点，并且适合灌溉有直线边界和角落的绿地。

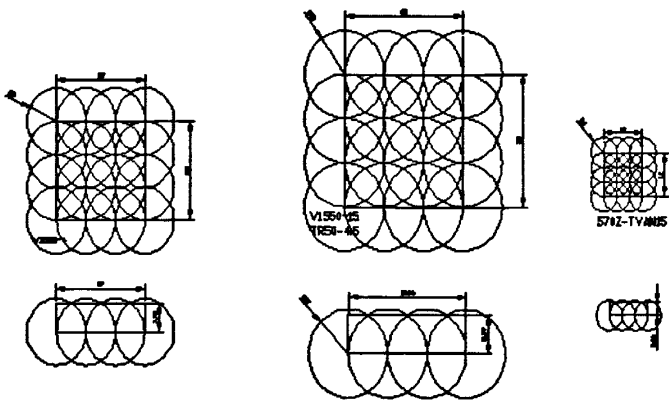


图 5-3 喷头的组合方式

Fig.5-3 The nozzle of combined form

5.8 管网及阀门布置

管网布置时充分考虑到友谊公园的地形条件、路和水渠等地物的影响，使管道总长度尽量短，这可使造价减少，也有利于水锤防护。干管、分干管尽量沿公园园路边缘铺设，便于将来公园管理人员巡视、管理和维修，管道在可能的情况下做到尽量少穿障碍物。在有高差的山丘地，管网沿主坡方向布置；在地形条件允许时，输配水管尽量布置在地势较高处，便于排水。为了施工和维修方便，尽量不使管径规格变化太多。

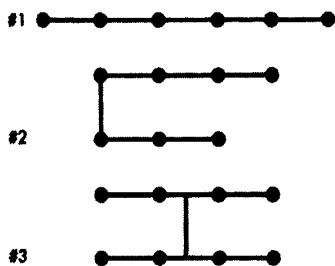


图 5-4 管网布置

Fig.5-4 Pipeline layout

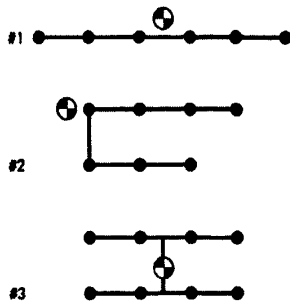


图 5-5 阀门布置

Fig.5-5 Valve layout

5.9 灌溉系统控制方式

灌溉控制系统采用 TMC212 系列模块控制器。控制器特点为输出有 2 到 12 站型，每块扩展模块为 2 站；可编程启动水泵，可接无线型雨量传感器；3 套独立程序，每套程序有 4 个不同开始时间；10%~200%的灌水百分比调节，当季节程序参数超过 100%时，干电池控制器可自动分段灌溉，以避免地表径流。具有可靠稳定的记忆器，保留所有的程序和实施数据，适用于公园、住宅小区、商业区庭院等绿地系统。

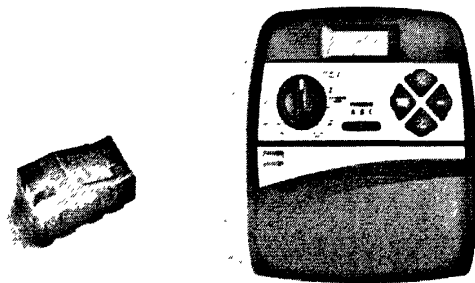


图 5-6 TMC212 系列模块控制器

Fig.5-6 TMC212 Series Module Controller

5.10 社会经济效益评价

该节水灌溉设计项目采用了自动控制节水灌溉系统，在植物用水高峰时期增加了灌溉次数，却减少了总耗水量 40%；提高了管理水平，节约了更多的灌溉养护人力，平均灌水利用率提高到 92%以上。由于精确的灌溉和灌溉系统形成的局部湿润气候，提高了植物成活率，增加了植物品种选择范围，提高了景观的观赏性，给游人创造了更好的游览环境。

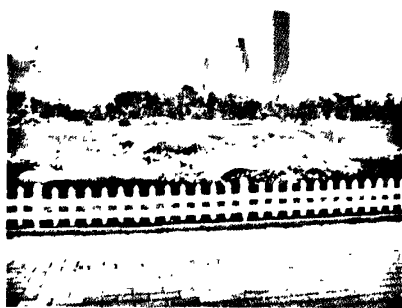


图 5-8 花灌木间的高位景观喷头

Fig.5-8 The high landscape nozzles between flowering shrubs

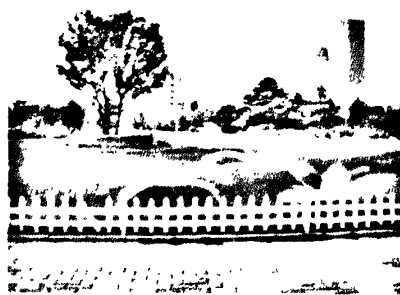


图 5-9 喷泉般绚丽的景观喷头

Fig.5-9 Like a beautiful landscape fountain nozzles



图 5-1 不同的景观效果

Fig.5-1 Different landscape effect

5.11 工程预算

表 5-1 友谊公园灌溉工程预算书

Tab.5-1 The Engineering budget of Friendship park irrigation project

序号	工程或费用名称	单位	数量	预算价值（元）			
				材料单价	材料金额	工料合计	总价
1	电磁阀美国 TORO EZP 1 ”	个	1	430.00	430.00	559.44	559.44
2	电磁阀美国 TORO 100P 1 1/2”	个	9	680.00	6120.00	852.79	7675.11
3	圆型阀门 10”	个	10	95.00	950.00	193.79	1937.90
4	圆型阀门 6”	个	12	32.00	384.00	110.69	1328.28
5	阀门 VB1419	个	1	178.00	178.00	302.35	302.35
6	进排气阀 APV-1（美国 TORO）	个	2	176.00	352.00	226.18	452.36
7	控制器 TMC212	台	1	1200.00	1200.00	2582.54	2582.54
8	控制器模块	台	5	164.00	820.00	298.57	1492.85
9	电磁阀直埋线缆 12#	10M	700	5.10	3570.00	8.34	5838.00
10	电磁阀直埋线缆 14#	10M	3400	4.50	15300.00	7.61	25874.00
11	泄水阀	个	18	5.00	90.00	11.30	203.40
12	喷头美国 TORO T5	个	82	128.00	10496.00	166.73	13671.86
13	喷头美国 TORO 340	个	35	133.00	4655.00	172.26	6029.10
14	喷头美国 TORO Mini8	个	2	98.00	196.00	133.53	267.06
15	喷头美国 TORO 570Z-17	个	3	40.00	120.00	67.68	203.04
16	喷头美国 TORO 570Z-15	个	2	40.00	80.00	67.68	135.36
17	喷头美国 TORO 570Z-10	个	5	40.00	200.00	67.68	338.40
18	PVC 管 De110	10M	308	29.70	9147.60	38.50	11858.00
19	PVC 管 De90	10M	106	17.50	1855.00	23.94	2537.64
20	PVC 管 De75	10M	60	12.90	774.00	18.56	1113.60
21	PVC 管 De50	10M	970	8.19	7944.30	12.28	11911.60
22	PVC 管 De40	10M	390	6.40	2496.00	9.70	3783.00
23	PVC 管 De32	10M	330	4.90	1617.00	7.75	2557.50
24	PVC 管 De25	10M	80	3.84	307.20	6.43	514.40

城市绿地节水灌溉设计研究

25	PE 管 De25	10M	10	724.00	7240.00	50.31	503.10
26	PVC 给水管件	套			4550.00		6378.00
27	蝶阀 De110	个	3	294.00	882.00	457.47	1372.41
28	活法兰接头 110	个	6	92.98	557.88	133.00	798.00
29	活接头 63	个	5	50.70	253.50	69.15	345.75
30	活接头 50	个	12	33.66	403.92	48.96	587.52
31	螺栓	个	98	5.86	574.28	12.84	1258.32
32	PVC 胶 0.5kg	桶	30	28.00	840.00	28.00	840.00
33	管道加压泵	台	1	3500.00	3500.00	5177.65	5177.65
34	过滤器 4"	台	1	2800.00	2800.00	3432.77	3432.77
35	配电箱	台	1	1890.00	1890.00	2320.40	2320.40
36	水泵联动电器配套	台	1	790.00	790.00	1036.41	1036.41
37	首部防护罩	台	1	1700.00	1700.00	3219.43	3219.43
38	镀锌钢管 DN150	10M	24	85.00	2040.00	169.34	4064.16
39	阀门井	座	9	210.00	1890.00	588.17	5293.53
40	主控阀井	座	1	450.00	450.00	1114.81	1114.81
41	管沟开挖	m ³	800	14.00	11200.00	15.60	12480.00
42	管沟回填	m ³	800	3.13	2504.00	3.73	2984.00
43	小计				113347.68		156373.05

6 结论与展望

6.1 结论

随着城市园林建设的发展,城市绿地环境不断得到改善,城市绿地面积在城市用地中所占的比重不断上升,城市绿化用水和居民生活用水的矛盾也日益突出。在这种情况下,城市绿地节水灌溉问题愈来愈受到人们的关注。

本文通过研究城市绿地灌溉存在的现实问题,指出城市绿地节水灌溉的必要性及意义。以节水灌溉技术研究作为切入点,将园林、水利工程等学科作为理论支撑,有效解决了传统城市绿地灌溉存在的问题,对于节约型园林城市和节水型园林绿地的可持续发展具有重要的意义。通过对天津市友谊公园一期绿地节水灌溉示范工程进行实例分析,为城市绿地节水灌溉设计提供参考和依据。结合前人的研究成果和本人实践经验,对其进行归纳总结:

(1) 节水灌溉设计是运用先进的技术设备和更科学合理的设计,以更先进、更节约、更美观的方式完成城市绿地灌水,提高园林绿地养护的质量。作为一种科学的设计理念,应打破灌溉方式的界限,在灌溉区域中通过不同灌溉方式(包括滴灌、微喷灌、滴箭、涌泉灌和树木根部灌溉等微灌方式)的组合,将其纳入同一个灌溉系统,可使不同类型不同高度的植物得到充分合理的灌水,以更先进的方式提高城市绿地养护质量,达到节水灌溉的目的。

(2) 灌溉技术的选择要因地制宜、因树适宜、因花适宜、因草适宜,应综合考虑各方面因素,最终选择最为合理的灌溉方式。例如,城市绿地中的乔木、灌木实行滴灌、地下滴灌方式,其中较高的灌木区实行微灌方式,丛植的植物小群落或竹林可采用雾灌方式,大面积草坪可采用喷灌方式等。

(3) 由于天津友谊公园绿地节水灌溉设计涉及到园林、水利工程、美学、环境保护等多门学科,不同于传统的灌溉方式。通过资料收集、比较分析和实地调研等方法,根据其自身特点选择科学的灌溉方式、灌溉设备,并合理地进行管道布线,同时考虑喷灌的景观美化效果,在满足植物需水要求、达到节水目的的同时形成水动景观效果,给公园景观增加一道靓丽的风景,美化城市景观,提高城市的观赏价值。城市绿地节水灌溉设计,摒弃了以往仅仅浇湿地面就达到灌水要求的方法,上升到更节水、更科学、更规范的节水灌溉方式的应用。

(4) 节水型园林绿地,需要有科学、合理、经济有效的灌溉系统布局,这不仅仅是提高供水效率、灌溉水利用率、降低管理费用的重要保证,也是提高城市景观效果和观赏价值的必要前提。

(5) 城市绿地节水灌溉要加大自主产品的开发,将国外的新技术引进来,结合我国的国情,将其开发成能够满足地方要求的新型的灌溉设备,有效带动我国城市绿地节水灌溉技术的发展和推广普及。

由于城市绿地节水灌溉是一个综合性的研究课题,研究内容涉及喷灌技术、水利工程等多方面学科,再加上现有的研究和文献资料较少,笔者学术水平有限,自身一直实践于园林景观设计,对园林灌溉工程的了解有限,因此对城市绿地节水灌溉设计研究难免会差强人意,论文的字里行间彰显论述的力不从心。

6.2 展望

城市绿地节水灌溉成为一个独立行业的趋势日益明显。随着我国园林化城市建设速度的加快,大面积的休闲绿地和观赏草坪在城市中逐渐建起,绿地原有的违背节水原则的灌溉方式会逐渐被放弃,城市建设中基础建设的绿地面积也要求达到一定的比例,这对于人居环境的改善具有重要的意义,因此也引起了普通百姓的共鸣。人们越来越重视体育健身,足球、高尔夫球等运动场地的建设也逐年在增加,这些都为绿地节水灌溉的发展创造了有利的机会。

(1) 节约淡水资源历来得到社会的大力提倡。我国正处于国民经济快速发展的阶段,农村劳动力不断向城市集中、靠拢,居民生活用水量不断上升,给市政供水带来极大的压力。然而,除了阳光之外,水也是植物消耗的唯一自然资源。兴建绿地,美化生活,使城镇居民用水和绿化用水的矛盾更加突出。所以,全社会必须行动起来,全面推广科学的用水方式。城市绿地节水灌溉是绿地建植和管理中有效的用水方式之一,运用科学、合理、有效的灌溉设计方案,最大限度的达到节水的目的,对于缓解城镇居民用水和绿化用水的矛盾能起到积极的作用。

(2) 节水灌溉的专业化形象正在树立。节水灌溉的技术含量高,涉及面广,节水灌溉系统的规划设计、设备选型、施工安装和运行管理均需要专业知识和技术。在今后的市场竞争中,具有专业化规划和施工能力的企业将会立于不败之地。

(3) 节水灌溉的设备和器材性能已经得到许多改进。新型灌溉设备的使用,智能型控制器材的引入,轻质塑料管材的发展和革新,不但提高了灌溉系统的技术含量,也简化了施工过程,缩短了工期。高品质的设备和器材使绿地节水灌溉的优化设计成为可能,进而保证了园林绿地的专业化灌溉。

(4) 喷灌等灌溉方式所具有的景观功能已经逐渐受到重视。国内外一些灌溉设备生产商已经开始开发研制一些既能满足灌溉要求,又具有景观效果的喷头。如美国雨鸟公司生产的 ZP-2 型喷头,立管选用的是白色 UPVC 管材,距地面 60cm 的顶部用的是红色喷头,色彩鲜艳。喷水时圆形的水帘好似盛开的牵牛花,形态十分优美,配以绿色的草坪背景和稀疏的花灌木,从而形成一道别具风格的园中动态景观。如何使具有景观功能的灌溉方式更好的发挥其这一功能也是节水灌溉今后发展的另一趋势。

参考文献

- [1]许晓峰,肖翔. 建设项目后评价[M]. 北京:中国工商联合出版社,2000.
- [2]张仁田,肖玉清,章劲秋. 大型排灌工程项目后评价理论及方法[J]. 灌溉排水,2001(2):39-41.
- [3]李宗植. 干旱地区摆脱缺水困境须综合治理[N]. 光明日报, 1999(2):1.
- [4]康绍忠. 新的农业科技革命与 21 世纪我国节水农业的发展[J]. 中国农村水利水电, 1997(增刊):63-66.
- [5]许静,雷声隆. 基于人工神经网络的灌区改造评价[J]. 灌溉排水, 2001(2):1-4.
- [6]陈美章,等. 水利建设项目社会评价指南[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1999.
- [7]叶兴平,等. 可持续发展战略下的环境经济评价程序和方法[J]. 环境保护科学, 2001(1):30-33.
- [8]秦华联,李士峰,郭宝顺. 21 世纪我国面临水资源危机及发展策略[J]. 东北水利水电 2000(11):44-45.
- [9]天津市水利局. 天津市节水灌溉“十五”发展计划及 2015 年发展规划[R]. 1999. 5.
- [10]侯玉玲,张艳红,李春辉. 城市雨水资源利用现状及发展建议[J]. 水科学与工程技
术, 2002, (6):11-13.
- [11]黄晓鸾,王书耕. 城市生存环境绿色量值群研究[J]. 中国园林,1998, 14(3):57-59.
- [12]陈自新,苏雪痕,刘少宗,等. 北京城市园林绿化生态效益研究[J]. 中国园林,1998,14(1):57-58.
- [13]王向荣. 生态园林与城市环境保护[J]. 中国园林,1998,14(2):14-16.
- [14]罗金耀. 节水灌溉技术指标与综合评价理论及应用研究[D]. 武汉:武汉水电大学,1997.
- [15]姚崇仁. 农川节水灌溉节水潜力及其综合评价的理论与应用研究[D]. 西北农业大学,1995:
2-14.
- [16]管东生,陈玉娟,黄芬芬. 广州城市绿地系统碳的储存、分布及其在碳氧平衡中的作用[J]. 中国
环境科学,1998, 18(5):437-441.
- [17]黄兴军,周禾,严学兵. 城市园林节水灌溉技术的应用现状及发展趋势[J]. 草坪园
艺. 2005(6):28-30.
- [18]郭震宇,王晓明,刘军. 城市园林节水灌溉研究[J]. 黄河水利职业技术学院学
报. 2008, 7(3):8-11.
- [19]刘洪禄,吴文勇,郝仲勇. 都市绿地综合节水技术体系探讨[J]. 水利科学研
究. 2003(6):9-11.
- [20]刘鸿俊. 堆山造景绿化灌溉系统的规划设计与应用[J]. 节水灌溉. 2007(3):84-85.
- [21]苏德荣,韩烈保,尹淑霞等. 解决城市生态绿地灌溉用水的途径[J]. 节水灌
溉. 2005(4):10-13.
- [22]郝井虎,何丽平,陶雷. 园林绿地喷灌系统的设计[J]. 研究探讨,2007(2):30-32.
- [23]王荣岩,李文太,刘洋. 园林节水新技术应用效果分析[J]. 广西水利水电, 2010(4):36-37.
- [24]张培冀. 浅析喷灌在自然是园林绿地中的布置[J]. 天津农学院学报, 2006, 2(13):48-51.
- [25]丁文铎. 城市绿地喷灌[M]. 中国林业出版社,2002(3):169.

- [26]黄兴军,周禾,严学兵.城市园林节水灌溉技术的应用现状及发展趋势[J].草坪园艺,2005(6):28-30.
- [27]CJJ/T85-2002 城市绿地分类标准,2-23.
- [28]张文亮,李从民.节水灌溉的概念和技术指标[J].山西水利科技,1996(3):73-76.
- [29]李远华.节水灌溉理论与技术[M].武汉:武汉水利电力大学出版社,1998.
- [30]杨天.节水灌溉技术手册(一)[M].北京:中国大地出版社,2002.
- [31]冯广志.我国节水灌溉发展的总体思路[J].中国农村水利水电,1998(11):1-2.
- [32]李英能.我国现阶段发展节水灌溉发展应注意的几个问题[A].北京:中国水利水电出版社,1999:159-160.
- [33]廖永松.灌溉效率与增长潜力[J].中国农村水利水电,2005(3):43-49.
- [34]邓绍云,文俊.节水灌溉的迫切性及其评价指标与分析[J].云南农业大学学报,2004,19(4):52-55.
- [35]苏德荣.解决城市生态绿地灌溉用水的途径[J].节水灌溉,2005(4):10-13.
- [36]王霞,孙仕军,于威.关于发展节水型园林绿地的思考[J].中国园林,2004(2):38-39.
- [37]龚小军.作为战略研究般分析方法的SWOT分析[J].西安电子科技大学学报(社会科学版),2003(3):49-50.
- [38]陈昭楠.SWOT形势分析法简介[J].报理论与实践,1995(3):13.
- [39]冯广志.正确认识大中型灌区特点,深化灌区体制改革[J].中国水利,1999(4):15-16.
- [40]王留运.我国工程节水灌溉器材设备简况与综合评价[J].节水灌溉,2004(1):40-41.
- [41]王霞,孙仕军,于威.关于发展节水型园林绿地的思考[J].中国园林,2004(2):41-44.
- [42]刘涵,黄强,王剑等.干旱年关中西部灌区水资源优化调配研究[J].西北农林科技大学学报,2005(1):139-140.
- [43]Peira L S,Trout T J. Irrigation Methods[A]. In:Handbook of Agricultural Engineering,Lan and Water[C]. CIGR,1998(1):297-379.
- [44]Awit Zerihum, Zhi Wang,Suman Rimal,et al.Analysis of surfance irrigation perfomance terms and indices[J]. Agricultural Water Management,1997,34:25-46.
- [45]丁文铎.城市绿地喷灌[M].中国林业出版社,2002(1):1-3.
- [46]朱丽.节水水灌溉技术简介[J].山东水利,2002(9):29.
- [47]杨少俊.介绍几节水灌溉技术[J].农村经济与科技,1998(10):13-14.
- [48]何运航.中国印楝产业化发展国际研讨会[J].2001(9):46-49.
- [49]海生.微喷灌技术[J].农村机电,2004(1):18-19.
- [50]许一飞,许炳华.喷灌机械原理·设计·应用[M].北京:中国农业机械出版社,1989:531-532.
- [51]T. E. Bilderback and M. A.Powell Extension Horticulture Specialist. Efficient Irrigation[J]. North Carolina Cooperative Extension Service Publication Number: AG-508-6.
- [52]周世峰.喷灌工程学[M].北京工业大学出版社,2004.
- [53]宋希强.风景园林绿化规划设计与施工新技术实用手册[M].北京:中国环境科学出版社,2002.

在读期间发表学术论文

- [1] 张芳, 申曙光, 李凡, 刘桂林, 冀亚伟等. 开放式城市公园景观安全性及其设计对策[J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (1) :354-356.
- [2] 张芳, 刘哲民, 李凡等. 耐践踏地被植物在园林绿化中的应用[J]. 现代农业科技, 2010 (20) :250, 252.

作者简介

张芳，女，1983年1月出生于河北省邯郸市。

教育背景

2003年9月至2006年6月就读于河北农业大学园林与旅游学院城市园林与花卉专业。2006年9月至2008年6月就读于河北农业大学园林与旅游学院园林专业，获学士学位。2008年9月至2011年6月攻读河北农业大学园林植物与观赏园艺农学硕士学位。

社会实践

研究生期间在河北省邯郸市园林设计院实习一年。2009年9月至2010年12月在邯郸实习期间，参与设计所的各种设计项目。其中有，河北省邯郸市“丛台公园”的改造设计、“南湖公园”二期规划设计、邯郸市东环路南段改造设计、邯郸市309国道道路绿化设计等诸多道路、游园和小区绿化设计。

致 谢

硕士研究生三年的学习时光将近尾声，回首走过的岁月，心中倍感充实，感慨良多。首先，诚挚感谢我的导师申曙光老师、刘桂林老师对我的悉心教导和关心。导师渊博的专业知识、严谨的治学态度、精益求精的工作作风、诲人不倦的高尚师德、平易近人的人格魅力对我影响深远，并将使我终生受益。在三年的研究生学习期间，从研究论文选题、构思、资料收集、写作、修改直至最后定稿无不倾注了导师的心血和汗水。在论文完成之际，谨向尊敬的导师申曙光老师、刘桂林老师表示崇高的敬意和衷心地感谢！

其次，感谢园林与旅游学院园林教研室所有老师，尤其感谢聂庆娟老师在我论文写作过程中提出的宝贵建议和意见。

再次，感谢邯郸市园林设计所的所有同事，在我论文的撰写过程中，为我提供了大量的相关资料，并提出了许多宝贵意见，在我实习期间给予我很多支持和帮助，给我留下了许多美好的回忆。

最后，感谢我的家人，我的舍友齐秀静、冀亚伟、张树楠和我的好友王惠、张敏，他们是我生活中的精神支柱和动力源泉，一直与我做伴，分享我的快乐和悲伤，在我成长中的每一个足迹里都倾注了他们的关怀。

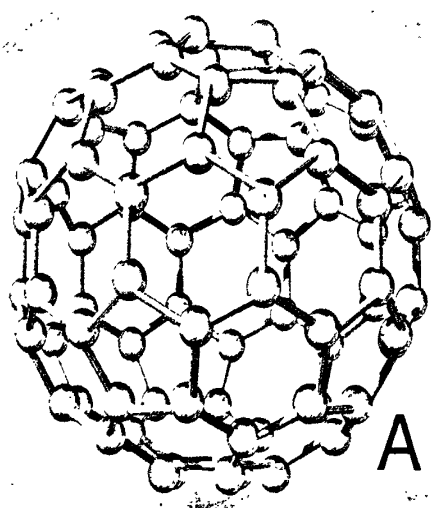
感谢所有关心、爱护和帮助过我的老师、同学和朋友们！

被美国化学文摘 (CA) 收录期刊
 被全球最大的农林数据库 CABI 和 AGRIS 收录期刊
 被全国中文核心期刊
 被中国科技论文统计与分析源核心期刊 (中国科技核心期刊)
 被中国科学引文数据库 (CSCD) 来源期刊
 被第四届全国优秀农业期刊一等奖
 被第四届华东地区优秀期刊
 被第五届安徽省优秀科技期刊一等奖
 被第五届全国农业期刊金犁奖学术类一等奖



安徽农业科学

2011 1



JOURNAL
 OF
 ANHUI
 AGRICULTURAL
 SCIENCES

ISSN 0517-6611



9 770517 661001

01>



基于游客认知的古村镇旅游吸引力因素研究	韦东海(352)
开放式城市公园景观安全性及其设计对策	张芳 申曙光 李凡等(354)
西安市乡村旅游资源调查与规划开发研究	张洁 李同昇(357)
北京通州新通国际花园景观设计	曹峰 王倩(361)
克拉玛依市乌尔禾区生态农业观光园总体规划探析	肖国增 曹峻峰 安运华(363)
历史商业步行街区景观营造研究——以温州五马街为例	李翔 李圣潮 刘益曦(366)
高速公路路线设计与沿线景观协调性研究	汤振兴 朱晓娟(369)
基于 ERDAS 的贵州省水城县三维地形可视化与应用研究	马士彬 刘兴荣 湛洪星(373)
乡村低碳旅游发展路径分析——以浙江湖州为例	杜宗斌(375)
我国环境养生旅游发展探讨	颜节礼(377)
城乡统筹背景下少数民族县域乡村旅游保障体系构建——以云南省元江县为例	罗辉(380)

◆资源与环境

基于灰色系统理论的宁夏万元 GDP 用水量预测	张鹏程 张维江 陆军等(384)
泰山与泰安城区交错带过度城市化问题研究	赵敬民 刘肖梅 乔晓红(386)
河北省农业结构调整的水资源分析	李滢 赵邦宏 王俊芹(389)
河北省山区湿地的类型与成因分析	陈利江 徐全洪 李庆辰(391)
湖泊湿地富营养化模型的研究进展	李燕子 赵运林 董萌(395)
基于最大熵原理的区域水资源短缺风险综合评价	韩宇平 王永兵 冯小明(397)
紫云英对镉富集效应研究	王文军 郭熙盛(400)
石家庄市环境治理措施对大气质量的影响	胡引翠 孙凯军 王国舟等(402)
不同温度热解残余物质半焦对磷的吸附	彭峰 何丕文(405)
太原崛围山人工植被群落区系成分与物种多样性研究	王佳 李素清(408)
江苏海洋资源综合开发与推进措施研究	刘波(412)
跌水复氧影响因素研究	晁雷 胡成 陈苏等(414)
污水中内分泌干扰物去除方法的研究现状	夏晗 王荣昌 赵建夫(417)
三峡库区国土生态屏障用地规划探讨	洪斌城 邱道持 贾雷(421)
发酵法制氢的原理·工艺和挑战	桂鑫 吴洪达(423)
水位变化对三峡库区低位消落带狗牙根种群的影响	李强 曹优明 朱启红等(427)
西昌邛海湖官坝河入湖口枯水期水质调查研究	张万明(309)
陶粒-海绵铁混合填料 BAF 深度处理酱油废水研究	张贺飞 刘艳娟 曹正中(585)
太阳能-生物反应器处理厨余垃圾的研究	张玉成 朱建林 李兵(588)
华中地区 3 种蔬菜对 Zn 的耐性和累积特性差异研究	周建利 黄芬肖 吴启堂等(431)
微生物絮凝剂廉价制备的研究进展	张艳君 张志强 戴晓晴等(434)
生长调节剂 Primo MAXX 对狗牙根草坪草生长的影响	李战胜 陈勇(437)
海南椰子种质资源研究综述	毛或 傅国华(439)
重金属胁迫培养对 2 种细菌生长曲线的影响	李淑英 苏亚丽 周元清等(443)
1 株高效聚磷杆菌的分离鉴定及其聚磷特性研究	陈燕 杨小龙 曹郁生(447)
安徽省石台县水土保持研究	耿士锁 王海卉(451)
县域空间管治区划的理论与方法	黄金川 肖磊 孙贵艳(453)
用于水处理的聚偏氟乙烯中空纤维膜抗氧化性研究	曾令强 王志强 陈文清(458)
秦岭北麓地区生态治理中生态私有对策实证分析——以宝鸡市凤县双石铺镇双石铺村为例	高天凝 程世娇 焦原磊等(548)

◆农业信息

玛纳斯垦区农业生产地域专门化遥感制图方法	车炳友 赵文茹(462)
苹果近红外光谱采集影响因素研究	樊景超 周国民(464)
基于文献计量分析的我国食品安全研究现状与发展趋势	谢建华 申明月 李昌(468)
PLC 在大棚自动生产控制系统中的应用与实践	孙文志(471)
湖州农民工就业信息平台的构建研究	刘金英(473)
农村社区图书馆人事管理信息系统分析与设计	孙兵(475)
我国粮食安全科研文献的定量分析与模型预测	孔晔晗 申鹏(478)
基于文献计量学的国内冷杉研究专题文献分析	秦峰 兰希 杨小华(480)
基于 AHP 法对甘肃内陆河流域水资源可持续利用的评价	魏素娟 张钰(483)

◆农业气象

高要市暴雨天气气候特征分析及其对农业生产的影响	唐洁 曹明会 周静(486)
晋城市雷电时空分布特征分析	任鹏娟 肖稳安(488)
一次层状云人工增雨催化条件分析	李铁林 尹彬 郭献林等(490)

开放式城市公园景观安全性及其设计对策

张芳¹, 申曙光^{2*}, 李凡², 刘桂林¹, 冀亚伟¹

(1. 河北农业大学园林与旅游学院, 河北保定 071000; 2. 邯郸市园林局, 河北邯郸 056000)

摘要 对开放式城市公园各类景观的安全性进行研究, 并针对不同成因采取相应的设计对策, 以保障人群在开放式城市公园中活动的安全性, 最终使城市公园系统达到一个更为稳定、安全的运行状态。

关键词 安全性; 开放式城市公园; 景观; 设计对策

中图分类号 TU 986 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2011)01-0354-03

The Security and the Design Countermeasures of Free Admission Parks Landscape

ZHANG Fang et al (College of Landscape Architecture and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071000)

Abstract The security of different kinds of landscape in free admission parks was researched, and aiming at different causes, the corresponding design countermeasures were adopted to ensure people activities safety in free admission parks, finally, the more stable and safety operation state of the city parks system were achieved.

Key words Security; Free admission parks; Landscape; Design countermeasures

随着我国经济的持续增长和城市化进程的不断加快, 人们对公园环境的要求也越来越高, 不再满足于简单的环境绿化、美化, 而是更侧重于城市公园的安全与品质。在开放式城市公园的使用中, 安全对人们而言无疑是至关重要的。许多城市公园的衰败, 在很大程度上是因为它们不具有安全的游园环境。开放式城市公园并不是指在管理上对游人不管不问, 而是把对人的尊重、对生命的关注融入到设计的每一个细节。如今开放式城市公园景观设计对“以人为本”的重视, 则更需要首先做到基本的安全性, 这将关系到城市的品质及可持续发展。

1 开放式城市公园的安全性

安全性是人类生存的必要前提, 而开放式城市公园的安全性是公园活力得以保证的一个必要条件。对于开放式城市公园景观设计而言, 首先应该考虑的是它作为一个整体系统在运行时的安全性。设计的主要任务是将园林建筑及其周围环境与游人活动于其中的感受联系起来, 借助景观设计手段提高公园的安全性, 消除游人在活动中对于安全问题的顾虑, 并按照人的心理行为特点, 创造安全、舒适、方便和优美的物质空间环境。

2 城市公园开放后带来的问题

较之过去封闭管理的公园, 开放式城市公园使得人们能更方便地享用身边的“第二自然”, 其“城市氧吧”的作用越来越明显。然而, 就在这表面看似稳定的景观环境系统中, 却存在着许多安全隐患制约着开放式城市公园的健康发展。

城市公园的免费开放带来了许多问题: 游人数量骤增、活动空间紧张、缺乏相应的场地服务设施、裸地化状况加剧、无障碍设计缺乏、安全提示不足、卫生和治安管理难度加大等。人们在这样的公园中活动, 常会发生摔倒、跌落、碰撞、擦伤、溺水、坠落、触电类事故。这些事故的发生, 不仅仅是因为游人的疏忽所致, 与公园环境质量及景观设计的安全性也有很大的关系。这些问题的存在直接影响到开放式城市

公园的发展及其景观环境的品质。

3 安全性研究的对象及其设计对策

3.1 道路系统

3.1.1 组织形式。随着游园人数的增加, 开放式城市公园园路的功能已经从“简单浏览”向“可参与性”发展, 园路不仅具备着最原始的步道功能, 还承担起了活动场地的角色。园内道路组织得当, 不仅能减少对公园绿地不必要的破坏, 实现对不同人群的分类管理, 而且在很大程度上能避免碰撞以及各种交通事故的发生。

为了保证开放式城市公园的交通联系和安全性, 设计时应注意: ①把握好道路“曲”、“幽”的程度, 避免设计成缺乏公共性、安全感的死角; ②园路应避免布置成迷宫似的缺乏导向性的线路, 其取向及位置应该清晰可辨, 可在道路转折、交叉口与终点处安排有吸引注意力的目标物, 也可运用植物、标识牌或小品等, 以强化其环境特征及方向性; ③园内必须设置便捷的应急车行路线, 以应对紧急事件的发生。倘若出现安全问题, 救护车或消防车也能及时到达, 以缩短急救时间; ④在开放式城市公园规划设计时, 除了规划蜿蜒曲折的赏景游线外, 还可根据公园中人流去向, 有意识地设置快速步行通道, 方便游人穿行, 减少其对公园的破坏和对游园活动的影响, 营造安全、和谐的氛围。

3.1.2 尺度设计。城市公园的道路是人群聚集活动的多发地, 设计师在重视道路组织形式设计的同时, 应把握好园路的尺度, 以便安全地集散人流。开放式城市公园规划设计应摒弃对于园路宽度的死板要求, 如那些仅仅能允许一人通过的小路(0.6~0.9 m), 其设置的位置和引导的区域稍不留心就会被游人人为地拓宽。因此, 开放式公园的游步道至少应够2人通过(1.2 m), 较长的游步道可选点放大空间, 以供游人驻足或休息^[1]。

3.1.3 铺装设置。

(1) 铺装材质。①雨雪天的防滑效果是选择铺装材质的关键因素, 应选择防滑且撞击比较小的材料; ②眩光材质的应用易破坏环境、产生污染而危害人们的身心健康。应避免大面积使用同材质的眩光材料, 以防止游客感到头晕、恶心, 或引起事故; ③须选择耐磨、抗损性好的材料, 避免寿命期

作者简介 张芳(1983-), 女, 河南焦作人, 硕士, 研究方向: 园林设计与植物造景, E-mail: bulseaxgz@163.com。*通讯作者, 高级工程师, 硕士, 硕士生导师, 从事城市园林绿化建筑设计研究。

收稿日期 2010-09-28

短,需要经常养护、易出现腐蚀、破裂等现象的材料,防止因材料误用而造成人员伤亡。

(2)施工方面。园路施工的平整度与舒适度是安全性的保证。施工粗糙容易造成路面塌陷、凹凸不平,可能使行人因摔倒或碰撞而受到伤害。设计中不宜大量运用弧线形状,以免加大施工难度,尤其在工期较紧张的情况下,弧度过大的设计会导致许多细节被忽略,最终造成不可预测的隐患。路面的边缘应注意加固并避免设计成尖锐棱角形式。铺装形式应注重环保,避免对环境造成破坏,影响路面的透水性等。

(3)盲道设置。盲道是用来给特殊人群提供生活帮助、确保其人身安全的,并非为装饰环境而出现的道路铺装。①盲道的路线选择尤其需要慎重,尽量选取障碍物最少的路段空间铺设盲道;②盲道设计应考虑人的“省能心理”,减少盲道在设施、构筑物之间的来回转折;③盲道铺设要具有完整性,否则会在一定程度上引起交通事故。

3.2 水体系统 城市公园中的水体是景观设计的主体元素,它以活跃性和穿透力成为景观设计中富有灵性和生机的元素。虽然水体对人群的吸引力很强,但受活动空间限制,安全隐患也最突出,可能引起碰撞、落水、摔倒类事故等。

3.2.1 安全栅。为防止游人落水,保障其人身安全,根据场地需要可以设置安全栅等相关设施:①在与河(湖)岸线间距2 m 远的地方,设置水下安全栏杆。栏杆基础砸入地下一般为1.5 m 深。当局部水位较深或埋入水下的竖管不稳固时,栏杆埋深应加长。埋入地下的具体长度应视现状而定;②在存在落水危险的地方,可采用灌木列植和设置配景石等手法标明分界,以防落水事故发生^[2],确保游人安全。这样,在丰富开放式城市公园景观的同时,也起到界定范围的作用。

3.2.2 水边部位。从安全角度考虑,水边部位的形状可以采取以下几种形式:①将水边部位设计为阶梯状的场合,使踏步一直延伸至河床;②在采用坡面状态时,要以缓斜坡的形式将水边部位及与其相接的水面以下部位连接在一起,以利于两栖动物出行,更有利于冬季防冰,并结合水生植物种植,凸显自然生态感;③缩小水面以下部位的落差,并将自河岸向前延伸的一定范围内水域做浅水区处理^[2]。

3.3 活动空间 城市公园开放后,入园游人数量骤增,甚至超出了公园所能承载的范围。尤其是每逢节假日,在地处闹市的公园中,游人布满了公园的每个空间,无法获得足够的活动场地,影响了正常游园活动的开展,带来安全隐患。要想减少事故的发生,就应该着手解决活动空间紧张的问题。①通过对活动空间的组织设计,消除具有安全隐患的环境因素,如过密的植物、暗淡的光线等,以此减少犯罪行为的发生;②以建立丘陵起伏的地形和大面积的疏林、耐践踏的地被植物为主,在节约水资源的同时也能提高生态效益,进而缓解活动空间紧张的问题;③避免布置大面积的花坛、花境等华而不实的景观,以降低成本,增加游人活动空间;④考虑场地实际所发挥的作用。例如将活动场地布置在人们容易到达的位置,同时注意夏季遮阴、冬季透光。在适当位置增设必要的休息设施,并将设施占地面积控制在最小范围,注意场地的舒适性,提高使用率;⑤充分利用开放式城市公园

中一切可以利用的边缘,为游人增添活动空间。例如:公园入口、凹处、转角,或靠近树木、路灯、广场、草坪的边缘都是人们喜欢停留聚集的地方。边界处于线型的展开线,具有一定的秩序引导作用,外围的依靠物可以提高后防的安全性,边界闭合时形成的围合空间则可产生领域性^[3],能满足人类自我保护的心理。

3.4 设施设置

3.4.1 休憩设施。休憩设施是开放式城市公园中利用率最高的设施,是保证游人长期停留的必要工具,如亭、廊、花架、座椅、座凳等。

不同类型的设施其布设位置有别,恰当的布设位置可以给游人带来更大程度上的安全保障,从而使安全、舒适、有效的设施利用成为可能。休憩设施可设置在有灌木、花池、树阵遮挡围合的区域,在开敞空间中创造新空间,给人以心理上的凭靠和安全感;休憩设施也可设置在更具有安全感的空间边缘,布置在转角处和其他空间凹凸处,这些边界区域更能吸引游人。座椅的长度需容纳2~4人,适当的交流场所能使人们既不相侵犯私人空间,又足以方便交谈^[4]。在休憩设施的选择上,座椅较之座凳更舒适,因其备有扶手和靠背,靠背后需设置防护设施,令人感觉更加安全可靠。布局方式上可选用角或曲线型,避免一字排开或面对面地设置,讲究人性化设计。

3.4.2 活动设施。活动设施以运动娱乐为主,如运动健身器械、儿童游乐设施等,最重要的因素是安全,功能、外观、新颖性及刺激性等因素必须无条件服从安全性。开放式城市公园中所提供的活动设施需要具备安全性和宜人性,应加强对儿童及老年人活动过程中的安全保护措施,设置必要的防护设备。活动设施应放置在可达性好、阳光充足的平整场地;游戏场地的表层应当没有任何锐利的零件或任何危险的凸出部分;放置活动器械的地面铺装应当选用渗水防滑软性防护材料;在显著位置安置安全标志牌,标明使用年龄段、安全事项及使用方法;相关管理人员应注重对活动设施的检修和保养,一旦出现问题,应立即警示,禁止使用,并及时进行维修;游戏场地边缘还应设置必要的座椅等休息设施,遵循以人为本的设计原则^[5]。

3.4.3 标识设施。标识设施作为信息传递的途径,在免费开放的城市公园中显得尤为重要,其安全性关系着公园人群的安危以及公园的有序有效管理。良好的标识设施能为游人提供安全的心理平台,使游人摆脱不确定的、茫然的心理状态,保证人们在公园中有明确的空间认知。它既能保证活动的有序进行,在灾难发生时也有利于管理人员按正确的方向安全有序地疏散人群。然而,开放式城市公园中往往由于警示标识不明显或缺失而造成人员伤亡。因此,开放式公园应根据需要在公园各道路交叉口、花坛、小品、草坪树立温馨提示的宣传、警示标识;在一些存在隐患的环境中,尤其是在河、湖水位较深以及不希望游人接近的地方设置引导标识和提示等,以对人们的行为提出警示或禁止,让广大市民和游客安全、文明游园。

3.4.4 照明设施。城市公园照明不仅是营造现代化开放式城市公园夜环境的主要方法,还是保障游人安全游园的前

提。在适当位置设置良好的人工照明,可以增加城市公园夜间的可见度,从而提升场地的安全性,也能减少犯罪、意外事件的发生,以确保游人安全。

3.5 植物配置 公园的开放拉近了市民与公园的距离,以及游人与公园里植物的距离。开放式城市公园的管理力度弱于封闭式城市公园,因此,应通过选择低成本、适合粗放管理的造景材料和合理的景观规划方式,创造节约型的开放式城市公园景观^[6]。

植物造景材料的选择应坚持安全性、经济性、实用性、景观性的原则,以无毒无害,扬絮少、尖刺少的种类为佳,优先选择一些耐践踏、成本低、适合粗放式管理、节约用水的植物品种。①乔木。以生态效益大、省水、游人可以进入活动的高大乔木为主,尤其是具有地方特色、易成活、低维护性、成本低而观赏价值高的乡土树种;②地被植物。优先考虑采用耐践踏品种,因其具有可践踏性、可进入性以及低维护性等特点,正好满足了开放式城市公园绿地空间的需求,不仅能很好地保持景观效果,起到省工省力的作用,更重要的是它在促使城市公园绿化更加人性化、自然化的同时,也保证了园林植物自身的安全性;不仅满足了人类游园的需要,也无形地扩大了游人的活动范围,缓解了游人任意践踏草坪给植被造成破坏的问题,迎合了现代开放式的城市公园建设以人为本的生态园林需求。

在植物品种组合上,应建立一种生态型植物景观,以形成结构合理、功能稳定的复层群落,将乔木、灌木、草本植物按生态原理结合起来进行配置,最终形成能自我演替的城市公园自然景观,减少管理维护成本,以节约的造景方式实现人与自然的和谐共生。

(上接第 353 页)

力因素 C 进行综合评价。当仅从单纯的数量上考虑时,就以上述 3 个因子的方差贡献率为权数,于是得到古村镇旅游吸引力因素 C 计算公式为:

$$C = 36.158\% \times F_1 + 32.458\% \times F_2 + 6.464\% \times F_3 \quad (4)$$

3 结论与建议

在对现实古村镇游客进行调查的基础上,借助因子分析法获得基于游客感知的古村镇旅游吸引力因素,也为古村镇经营者测量古村镇对游客的吸引力提供了计算依据,为古村镇旅游资源及市场开发提供理论依据。

(1) 当地经营环境、旅游产品因素及保健因素 3 个因素包含的因子是游客最为重视的 3 个因子,这要求古村镇经营管理者在开展古村镇旅游资源开发时,努力构建好这 3 个要素。

(2) 旅游产品因素 F_2 反应了游客对古村镇就餐环境、旅游线路、当地民俗活动、当地文化气息、民俗风情、农耕文化、知名度等因素的关注,有助于经营者进行游客偏好的识别和

3.6 安全设计的整体性 开放式城市公园的景观安全性设计是对公园系统整体进行的全面的、多要素的设计,而不是孤立地对某一景观元素进行安全模式设计。为满足人类需要,设计应将安全性巧妙地融入到开放式城市公园景观的设计中去,最终形成一个处于动态平衡之中的全新的完整系统,实现设计的最终目标,即整体优化。

4 结语

开放式城市公园的景观设计不是单纯的工程设计,也不是平面构成、造型独特的环境艺术设计,其目的在于为游玩于城市公园中的人们创造一个安全、和谐、舒适的物质空间环境,将安全性设计概念细化。为实现动植物需要,且更为满足人类需要,设计应把对人的尊重、对生命安全的关注融入到开放式城市公园景观设计的每一个细节。只有安全、和谐的游园氛围,才能使开放式城市公园发挥出其应有的魅力,从而提升城市公园的整体景观品质,使其更好地为大众服务。

参考文献

- [1] 彭莉. 开放式城市公园游人破坏性行为及其设计对策研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [2] [日] 河川治理中心. 滨水地区亲水设施规划设计[M]. 苏利英, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [3] 钟峻. 物质环境设计与空间中的活动——空间中的边界效应[J]. 华中建筑, 2003, 2(11): 47-53.
- [4] 鲁娜. 综合公园设计导向——以使用者行为活动为依据[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [5] 章文姣, 张红艳, 王飞, 等. 城市开放式公园社会向心空间使用状况评价——以保定市竞秀公园为例[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(36): 15848-15850, 15935.
- [6] 陈尚玲. 城市公园植物造景特色之挖掘与探讨[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9681-9682, 9926.

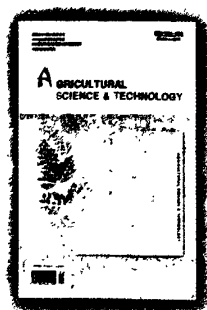
细分。

(3) 在分析过程中, 由于关系系数而被剔除的“农家活动丰富”“古村镇人造景观”“当地美誉度”“特色菜肴”及“旅游纪念品”等 5 个题项, 反应了受调查游客对古村镇是否有农家活动体验、人造景观、旅游纪念品及饮食等不太在意。从侧面反映了到古村镇旅游的游客更注重古村镇的文化体验。

(4) 由于受时间和地域的限制, 未能到更广泛的古村镇旅游地进行调查, 因此调查对象地域较为集中, 调查结果必然具有一定的片面性, 在今后的研究中需进一步注意。

参考文献

- [1] 钟玉峰, 张汶伊. 基于 TIS 的旅游地形象塑造研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9808-9810, 9844.
- [2] 薛薇. SPSS 统计分析方法与应用[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2010: 327-338.
- [3] 唐代剑, 翟媛. 乡村旅游选择行为的年龄分异研究[J]. 旅游学刊, 2008, 23(10): 68-71.
- [4] 李玺. 城市商务旅游竞争力: 评价体系及方法的创新研究[J]. 旅游学刊, 2010, 25(3): 27-31.
- [5] 陶文荣. 基于因子分析法的建筑业竞争力评价[J]. 江西建筑, 2009, 35(5): 196-197.



AGRICULTURAL SCIENCE & TECHNOLOGY

征稿启事

《Agricultural Science & Technology》是我国第一家农业综合类英文期刊，袁隆平院士（编委会成员中包括陈文新、方智远、官春云、李学信、吴明珠、袁隆平 6 位中国科学院和中国工程院院士以及爱尔兰皇家科学院 Dr.Dawen SUN 院士），湖南省农业科学院主办。国内统一刊号 CN43-1422/S，国际标准刊号 ISSN1009-4229。该刊旨在提高我国农业科研的国际影响力，在国际上有良好的声誉，与世界 100 多个国家和地区的农业科研教育和推广机构及著名的国际农业组织建立了长期、稳定、友好的信息交流关系。现已被国际权威检索工具 CABI Full Text 数据库、AGRIS 文摘数据库、美国化学文摘 CA 以及国内中国期刊网、万方和维普三大数据库全文收录，并被中国科学技术信息所评为“中国科技核心期刊”。

据统计，2008 年刊物的即年指标（影响因子）已达 1.639，基金论文比 0.841（其中大部分为国家级项目）。为进一步提高刊物质量和影响力，2008 年和 2010 年，该刊编辑部人员两次访问美国科学信息研究所（ISI），并会见了负责《科学引文索引》（SCI）农业科学期刊审稿的高级编辑 Ms.Maureen Handel 及其主管 Ms.Margana Boleita，为刊物进军 SCI 作了铺垫。

刊物设农业基础科学方法、植物生理生化、农业生物技术、农艺、动物科学、植物保护、园艺·园林·中草药、资源与环境、土壤肥料、农业信息等栏目。2010 年改为月刊，进一步缩短了刊物的出版周期，加快了我国高科技成果在国际上的传播速度。欢迎广大科研工作者订阅投稿！

联系地址：

安徽省合肥市农科南路 40 号安徽农业科学院情报研究所
《农业科学与技术》编辑部安徽办事处（邮编 230031）
电话：0551-5148113，5145651；传真：0551-5145651
E-mail: agricultural2008@163.com

或 湖南长沙市芙蓉区湖南省农业科学院情报研究所（邮编 410125）
电话：0731-84691326；传真：0731-84691323
E-mail: yuanaast@yahoo.cn

《Agricultural Science & Technology》编辑部