

J16

TU985.14
D58



城市绿地喷灌

丁文铎 编著



A0940257

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市绿地喷灌/丁文铎 编著. —北京:中国林业出版社, 2000. 9
(绿地空间)
ISBN 7-5038-2536-7

I. 城… II. 丁… III. 城市-绿化地-园林灌溉 IV. TU986.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 51439 号

城市绿地喷灌

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 三河市富华印刷包装有限公司

版次 2001 年 1 月第 1 版

印次 2001 年 1 月第 1 次

开本 787mm×960mm 1/16

印张 15.5 插页: 4

字数 278 千字

印数 1~5000 册

定价 27.90 元

第一章

绿地喷灌概论

绿地喷灌是一种模拟天然降水而对植物提供的控制性灌水。这种灌水方式以其节水、保土、省工和适应性强等诸多优点，正在得到人们普遍的重视，逐渐成为园林绿地和运动场草坪灌溉的主要方式。评价绿地喷灌质量的技术要素与农业喷灌基本相同，但由于绿地喷灌施水对象和使用环境的不同，在系统配置、设备选型和施工要求等方面则有别于农业喷灌。

第一节 喷灌的特点

作为一种先进的灌水方式，喷灌在许多国家的推广应用是因为它的省工、省时的优点。在我国，喷灌首先是因为它在节水方面的优势而得到社会的普遍认可和应用。随着城市人口和绿化面积的同步增加，居民生活用水和绿化用水之间的矛盾日益突出。所以，提倡科学用水，推广喷灌方式，无疑有着重要的现实意义。

1.1 喷灌的优点

1.1.1 节水

保护水利资源是当今世界最重要的课题之一。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。在我国，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。这种趋势带来一个严重的问题，就是居民生活用水和绿化用水之间的矛盾更加突出。在园林绿地和运动场草坪养护方面，积极推广喷灌是解决这个矛盾的有效途径之一。

最充分地利用现有或可能开发的水利资源，就必须以可能达到的最高效率来使用水。喷灌在输水过程和灌水过程中都能避免或减小水的损失。喷灌采用管道输水，可有效地避免输水过程中因土壤渗漏和蒸发造成的损失；在规划设计中，根据土壤质地和结构合理确定喷灌强度和灌水制度，避免因过

量喷洒形成地面径流和无效下渗造成的损失。一般地讲,采用喷灌方式可将水的利用率提高到75%以上,比地面灌水方式节水50%左右。另外,在喷灌控制系统中采用湿度或降水传感装置,将土壤湿度和天然降水纳入监控范围,避免无效喷洒。

1.1.2 保 土

土的流失太普遍了。综合措施对全面控制土的流失是非常必要的。喷灌以它不形成径流的设计原则,对达到这一重要目标是有帮助的。在陂陀起伏地和坡地,要采取土壤保持措施,以缩小水对土壤的冲蚀。使用喷灌是没有困难的,因为它不致于破坏台地形式、等高作业或其他重要的保土措施。

沿公路占用的地带布置喷灌系统,利用附近水源,能帮助公路部门建立控制冲蚀的和美化的绿带。这样,植物可以迅速成长,在公路新填及开挖部分形成护坡植被。喷灌系统也可用于栽植河岸防护带。

1.1.3 省 工

提高劳动生产率,是喷灌在农业上得以迅速发展的原因之一。同样的原因,喷灌在绿地养护方面也具有广阔的应用前景。浇灌方式费时、费工,甚至无法完成大面积绿地的养护工作。喷灌系统操作简单,便于实现自动控制,可有效地进行经常性微量喷水,以满足植物不同的需水要求。此外,配有计量泵的喷灌系统,可以完成施肥、施药等特殊任务。此外,因为灌水制度是由管理人员决定而不是由操作人员决定,所以,可以雇用非熟练劳动力操作喷灌系统。

1.1.4 适应性强

喷灌对于土壤性能和地形、地貌条件没有苛刻的要求。喷灌是将有压水流经喷嘴喷洒到植物和土壤表面的控制性灌水,其灌水均匀度只与喷头性能和喷头布置方式有关,与土壤透水性和地形没有直接关系。在绿地喷灌系统的规划设计中,只要喷头选型合理,将喷灌强度和喷灌时间控制在一个合理的范围内,在土壤透水性较强的区域同样不会造成过量渗漏损失,在地形坡度较大的场合,也不会造成径流和冲蚀。

1.1.5 提高养护质量

采用喷灌方式便于实现绿地的机械化和自动化管理,提高养护质量。凭借喷灌系统,可在不同季节里,根据土壤和气象条件,按照植物的生长习性及时补充水分,保证植物在最佳供水条件下生长。如果采用自动喷灌系统,操作人员可以根据不同的种植区域制定灌水制度,增加了绿地养护的科学性和对气象条件的适应性,减少人为因素对绿地养护的不利影响。

喷灌模仿天然降水效果,不破坏土壤结构,保持土壤肥力,为植物根系

生长创造了良好的土壤状况。喷灌可以调节小气候,增加近地层空气的湿度,调节温度和昼夜温差,可避免干热风 and 霜冻对植物的危害。另外,地埋式喷头普遍采用,使绿地养护的无障碍作业成为可能,有利于实现绿地的机械化和自动化管理。

1.1.6 景观效果好

作为一种灌水方式,喷灌不仅可以满足园林绿地和运动场草坪的养护需要,而且也为人们的生活环境增添了一道靓丽的景观。良好的雾化效果和优美的水形,是喷头生产者不断追求的目标。这个事实给绿地喷灌系统增加了一个辅助功能——景观效果。在喷灌系统的规划设计中,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方式排列组合,当喷灌系统启动时,常常会呈现出意想不到景观效果。

1.1.7 其他优点

另外,喷灌方式还具有以下优点:

- (1) 可以有效地进行经常性微量喷水。
- (2) 可以有效地利用小量连续水流。
- (3) 可以有效地淋洗土壤中的盐分,降低表土盐分深度。
- (4) 通过采用特殊设计来增加湿度,为植物降温 and 减轻受冻程度,减小极端性天气对植物生长的影响。
- (5) 清洗植物叶面积尘,加强叶面的透气性和光合作用。
- (6) 通过喷灌系统对植物施加肥料、杀虫剂和其他有益的溶水性化学品。
- (7) 也可通过喷灌系统对土壤实施改良计划。

1.2 喷灌的缺点

1.2.1 气候影响明显

在大风和极为干旱的地区,喷灌的灌水效率明显降低。来自美国得克萨斯州西南大平原研究中心的试验资料表明,对蒸发损失起重要影响的因素有两个,一个是风速,一个是空气湿度。当风速小于 4.5 m/s (相当于 3 级风),灌水损失在 10% 以下,风速增至 9 m/s 时 (相当于 5 级风),损失达到 30%。若空气湿度过低,蒸发损失增大,喷灌水利用率就要减小。

风力大于 3 级时,一般不宜进行喷灌作业。当风速达到 5.0 m/s 以上,风不但能吹散水滴,还会改变喷头布水形式,降低喷灌均匀度,影响灌水质量。当白天空气相对湿度过低时,可考虑在夜间喷灌,夜间风小、相对湿度高,这样可以获得较好的喷灌效果。另外,风速随高度降低而减小,因此可

选用低射角喷头和短射程喷头以减小风对水量分布的影响。

对于喷灌季节多风的地区,喷灌系统规划设计时可根据当地的主风向和平均风速资料,在喷头选型和布置等方面作必要的考虑,以减小风对灌水效果的不利影响。

1.2.2 前期投资大

建立喷灌系统需要一定数量的设备和材料,基建投资一般高于其他灌溉方法。虽然,在后期的使用过程中,喷灌能够在省水、省工和提高植物的存活率等方面,让用户获得明显的经济效益。但是前期投资较大,仍然是许多用户暂时不能接受喷灌的主要原因。因此,需要研究和生产经济、耐用、高效的喷灌设备,开发低成本、易普及的喷灌系统,尽可能降低喷灌系统的前期投资,为全面推广节水灌溉创造条件。

1.2.3 设计和管理要求严格

喷灌系统必须由能够对有效灌水、经济流速、投资成本和运行费用等因素,做出全面考虑的专家进行设计。设计人员必须了解土壤知识和不同植物的生长习性,确保喷灌系统能够满足不同植物的需水要求;设计人员应该掌握水力学基本原理,能够独立地进行喷灌系统的管网计算和动力配置;设计人员需要具备优化设计和技术经济分析的能力,力求获得性能经济比最佳的喷灌系统;设计人员还应该充分了解各类喷灌工程的施工过程,以增加设计方案的合理性和可行性。

为了获得喷灌方式潜在的效率、降低能耗和水耗,必须制定详细的灌水制度,对喷灌系统进行精心管理。

1.2.4 其他缺点

喷灌方式还有以下不足:

(1) 不太适合入渗率小于 4.0 mm/h 的土壤。

(2) 由于盐分可以被有些植物的叶片吸收,所以咸水喷灌可能对植物生长带来问题。

第二节 绿地喷灌系统的构成和分类

喷灌设备由管材和管件等按照一定的方式连接构成了喷灌系统。不同的喷灌设备、按照不同的方式连接,形成了不同的系统分类。了解绿地喷灌系统的一般构成和分类,对于规划设计人员是十分必要的。

2.1 绿地喷灌系统的构成

从喷嘴喷出的水雾沿喷灌系统上溯到水源,可以看到绿地喷灌系统通常

由喷头、管材和管件、控制设备、过滤装置、加压设备及水源等部分构成。如果采用市政供水作为喷灌水源,并且管网水压能够满足设计要求,系统中无需加压设备;如果水源的水质能够满足喷灌要求,系统中无需过滤装置。图 1-1 为一无加压设备和过滤装置的绿地喷灌系统的示意图,中、小型绿地喷灌系统多属于这种情况。

2.1.1 喷头

喷头是喷灌系统中的重要设备。它的作用是将有压水流破碎成细小的水滴,按照一定的分布规律喷洒在绿地上。为了达到喷灌系统的设计和使用要求,选用喷头应符合以下条件:

- (1) 在设计工作压力下,能够将连续水流破碎成细小水滴,具有良好的雾化能力。
- (2) 在设计工作压力和无风条件下,具有一定的水量分布规律。
- (3) 喷头材质具有良好的抗老化、耐锈蚀和抗机械冲击等性能。
- (4) 结构合理、使用简便、经久耐用。

2.1.2 管材和管件

管材和管件构成了喷灌系统的输水管网。其作用是将有压水流从水源按照一定方式输送到系统中每个喷头底部。用于绿地喷灌系统的管材和管件应该保证在规定的工作压力下不发生开裂和爆管现象,同时,还应具有抗老化、不锈蚀、便于安装的性能。

随着材料工业和塑料加工技术的发展,在市政和建筑给排水方面,塑料管正逐渐取代金属和其他材质的管道。塑料管比金属管更适合绿地喷灌,这是因为塑料管具有以下优点。

(1) 化学性能稳定:耐化学腐蚀性强,不锈蚀,使用寿命长达 50 年。喷灌系统属于水的间歇性用户,采用金属管道容易在管内壁形成氧化层,使用几年后,管内壁严重腐蚀,管内壁粗糙,摩擦阻力增加,输水能力减小。并且形成氧化物阻塞,给喷灌系统的使用和维护带来不便。

(2) 水力性能好:塑料管内壁光滑,摩擦阻力小,输水能力高,有利于降低管网成本和运行费用。

(3) 材质轻:搬运装卸便利,节约运输和施工费用,塑料管的质量密度为 $1.36 \sim 1.46 \text{ g/cm}^3$, $\Phi 20 \sim 315 \text{ mm}$ 的塑料管每米的质量仅为镀锌管的 14%~20%。

(4) 密封性能好:不论采用承插胶圈柔性接口或黏接,均具有良好的水密封性。

(5) 施工期短:塑料管材的连接方便,施工迅速,故施工期短,有利降

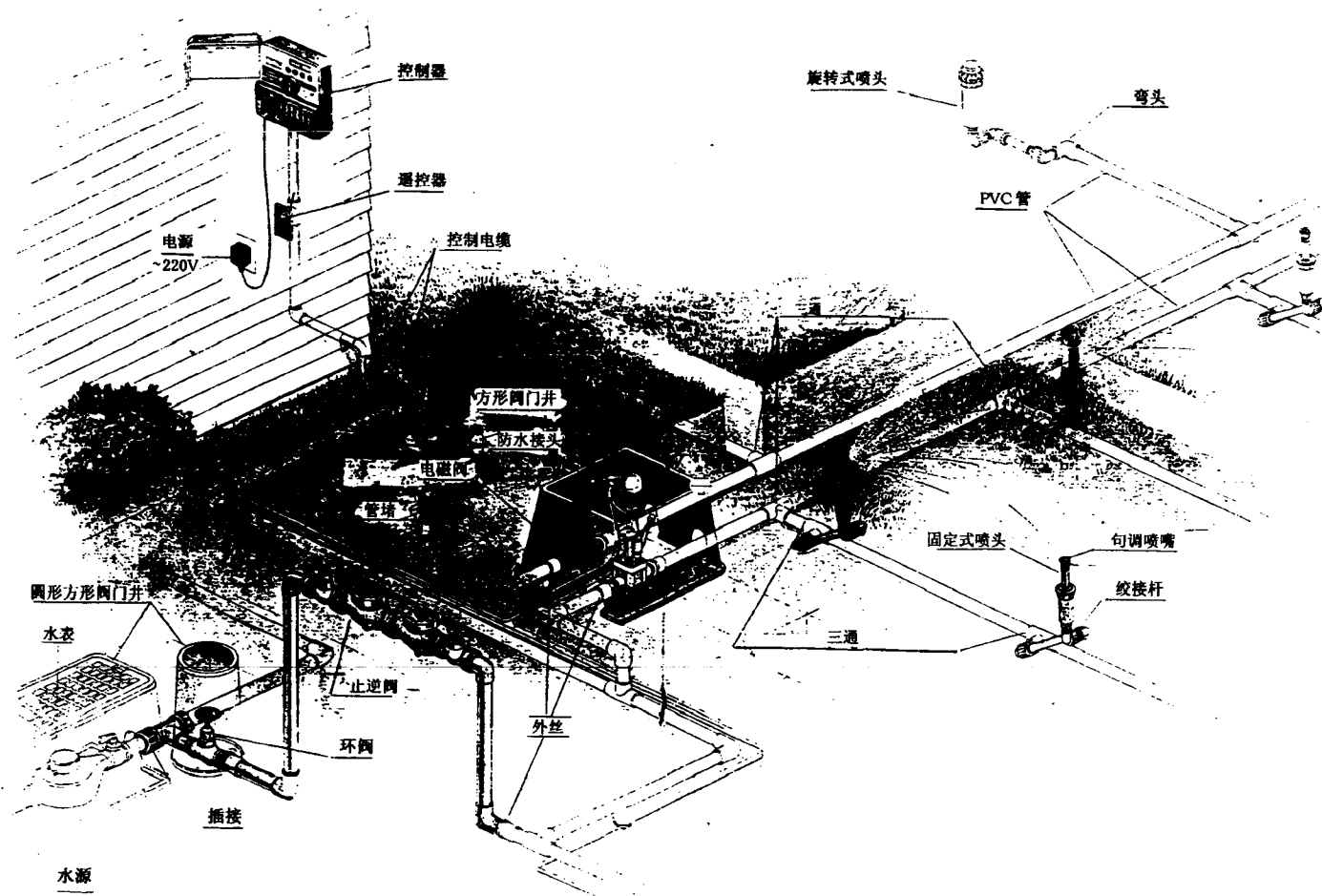


图 1-1 绿地喷灌系统

低工程造价。

管件的作用是连接管道，形成管网。管件包括弯头、直通、三通、异径管、堵头和各种转换件等。

2.1.3 控制设备

喷灌系统的运行靠各种控制设备来实现。按照控制设备的使用功能，可将其分为状态性控制设备、安全性控制设备和指令性控制设备。

状态性控制设备的作用是控制管网水流方向、流量和压力等状态参数，如各种球阀、闸阀、电磁阀和水力阀等。

安全性控制设备的作用是保证喷灌系统的运行安全和正常维护，如减压阀、逆止阀、空气阀、水锤消除阀和自动泄水阀等。

指令性控制设备包括各种自控阀门的控制器、遥控器、传感器、气象站和中央控制系统等。

2.1.4 过滤器

当喷灌用水中含有固体悬浮物或有机物时，需采用过滤器对水中的杂质进行分离和过滤，以免堵塞系统中的阀门和喷头。按照不同的工作原理，可将过滤器分为离心过滤器、砂石过滤器、网式过滤器和叠片过滤器。

利用地表水或含沙量较大的地下水作为喷灌水源时，经常会用到过滤器。使用处理后的生活或生产废水作为喷灌用水，也有可能需要过滤设备。过滤器的使用会增加喷灌系统的工程造价，但确实会给系统的运行和管理带来许多方便。

2.1.5 加压设备

加压设备的作用是确保喷头能够在设计压力下工作。在许多情况下，即使喷灌水源有一定的压力水头，但也不足以克服管道的摩擦损失，给喷头提供足够的工作压力。这时借助加压设备提高喷灌系统的供水压力是十分必要的。加压设备包括各类水泵、变频供水装置和高位水箱等，规划设计时应根据具体情况选用。

2.1.6 水源

绿地喷灌的水源有多种形式，市政或局域供水管网、处理后的生活及生产废水、井、泉、湖泊、池塘、河流和渠道等都可能为喷灌系统提供良好的水源。无论采用哪种水源，首先应该满足喷灌系统对水质和水量的要求。

水源条件对于喷灌系统的规划设计是至关重要的。进行喷灌系统的规划设计时，必须通过现场勘察，对不同的水源进行分析和比较，选择技术上可行、经济上合理的供水方案。

2.2 绿地喷灌系统的分类

为了便于描述和比较,需要按照一定的方式对绿地喷灌系统进行分类。绿地喷灌系统的分类方法有许多,常用的有按照管道敷设方式、控制方式和供水方式进行分类。

2.2.1 按管道敷设方式分类

(1) 固定型喷灌系统

指管网的支、干管均为地下敷设的喷灌系统。固定型喷灌系统具有操作方便、易于维护管理和便于实现自动化控制等优点。对系统设计水平的要求较高。这类喷灌系统的一次性投入较大,但运行管理十分方便。

(2) 移动型喷灌系统

指管网的干管为地下或地上敷设,支管均为地上敷设的喷灌系统。移动型喷灌系统的前期投资小,但不便使用和维护,难以实现自动化控制。

2.2.2 按控制方式分类

(1) 程控型喷灌系统

指闸阀的启闭是依靠预设程序控制的喷灌系统。程控型喷灌系统操作简单、省时、省力,有利于提高绿地的养护质量,实现绿地的高效管理;系统的运行程序由园林专家根据植物的需水要求和气象条件事先设置,从而在使用中可以有效地避免人为因素对绿地养护的不利影响。目前的程控型喷灌系统是未来区域性喷灌系统的雏形或子系统,只有不断地建立和完善能够独立运行的程控型喷灌系统,将来逐步实现区域性喷灌系统的集中化和智能化管理才有可能。另外,程控型喷灌系统能够轻松地做到夜间运行。提倡夜间喷灌的主要原因是:① 白天空气湿度低,蒸发损失大,夜间喷灌更有利于节水;② 白天多为用水高峰期,管网水压较低,夜间喷灌有利于保证喷头的工作压力。

(2) 手控型喷灌系统

指人工启闭闸阀的喷灌系统。手控型喷灌系统的投资成本略小于程控型喷灌系统,但这种系统不便于操作管理,绿地的养护质量受个人因素影响较大,不便实现智能化控制和区域性集中控制。

2.2.3 按供水方式分类

(1) 自压型喷灌系统

指水源的压力能够满足喷灌系统的设计要求,无需进行加压的喷灌系统。自压型喷灌系统常见于以市政或局域管网为喷灌水源的场合,多用于小规模园林喷灌系统。

(2) 加压型喷灌系统

当水源是具有自由表面的水体,或水压不能够满足喷灌系统的设计要求时,需要在喷灌系统中设置加压设备,以保证喷头足够的工作压力。这样的喷灌系统称为加压型喷灌系统。加压型喷灌系统常见于以江、河、湖、溪、井等水体作为喷灌水源的场合,使用管网水源但水压不足时,也应采用加压型喷灌系统。大规模园林绿地和运动场草坪的喷灌多采用加压型喷灌系统。

第三节 喷灌的主要技术要素

喷灌技术要素是衡量喷灌系统灌水质量的技术指标。喷灌系统规划设计中涉及到的技术要素主要有喷灌强度、喷灌均匀度和水滴打击强度。在规划设计时,只有以地形、土壤、植被、气象和水源等设计条件为基础,以喷灌技术要素为依据,认真做好设备选型、喷头布置和管网设计等工作,才能充分发挥喷灌的优势。

3.1 喷灌强度

3.1.1 喷灌强度的定义

喷灌强度是指单位时间内喷洒在喷灌区域上的水深,或单位时间内喷洒在单位喷灌面积上的水量,一般用 mm/min 或 mm/h 表示。喷灌强度的大小不仅与时间有关,而且与面积有关。在同一瞬时,不同地点的喷灌强度不同;在同一面积上,不同瞬时的喷灌强度也是变化的。所以,在确定喷灌强度时,选用不同的单位面积或不同的单位时间,得到的喷灌强度数值也不相同。所以,在对喷灌强度做深入研究时,有必要引入点喷灌强度和瞬时喷灌强度的概念。

(1) 点喷灌强度和瞬时喷灌强度

点喷灌强度是指单位时间内喷洒在无限小面积上的水量,即:

$$\rho_i = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t \cdot \Delta A} = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1-1)$$

式中: ρ_i ——点喷灌强度, mm/min 或 mm/h;

ΔV ——喷洒水量, mm³;

ΔA ——喷洒面积, mm²;

Δh ——水深, mm;

Δt ——时段, min 或 h。

瞬时喷灌强度是指在无限短的时间内喷洒到某一点的水深,即:

$$\rho = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1-2)$$

式中: ρ ——瞬时喷灌强度, mm/min 或 mm/h;

Δh ——水深, mm;

Δt ——时段, min 或 h。

点喷灌强度和瞬时喷灌强度的意义在于用数学方法描述喷灌强度在时间和空间上的极限概念。这种描述方式严谨、形象, 但不便于应用。在实际中, 经常引入平均喷灌强度的概念。

(2) 平均喷灌强度

常用的平均喷灌强度包括: 点平均喷灌强度、单喷头平均喷灌强度、组合平均喷灌强度和全灌区平均喷灌强度。不同的平均喷灌强度的定义表达不同的概念, 被用于喷灌理论研究和实际工程的不同场合。

① 点平均喷灌强度: 点平均喷灌强度是喷洒范围内某点在测试时间内的平均喷灌强度, 计算公式如下:

$$\bar{\rho} = \frac{\Delta V}{\Delta t \cdot s} \quad (1-3)$$

式中: $\bar{\rho}$ ——点平均喷灌强度, mm/min 或 mm/h;

ΔV ——雨量计承接的喷洒水量, mm³;

Δt ——时段, min 或 h。

s ——雨量计的承雨面积, mm², 对于圆形的雨量计: $s = \pi R^2$;

R ——雨量计上沿半径, mm。

点平均喷灌强度是进行喷头水量分布测定时常用的概念。对于固定式喷头, 点平均喷灌强度与瞬时喷灌强度大致相同。对于旋转喷头, 两者差别则较大。因为旋转喷头在某一时刻的喷洒范围有限, 对于同一点来说, 某一时刻的喷灌强度或者为某个确定值, 或者是零。

② 单喷头平均喷灌强度: 单喷头平均喷灌强度是指单喷头在整个湿润面积上的平均喷灌强度, 可以用 (1-4) 式计算:

$$\rho_0 = 1000 \times \frac{\Delta V}{\Delta t \cdot S} = 1000 \times \frac{q \cdot \Delta t}{\Delta t \cdot S} = 1000 \times \frac{q}{S} \quad (1-4)$$

式中: ρ_0 ——单喷头平均喷灌强度, mm/h;

S ——单喷头湿润面积, m²;

Δt ——时段, h;

ΔV —— Δt 内的喷洒水量, m³;

q ——喷头出水量, m³/h。

确定喷头的湿润面积时, 不能将最远点水滴到喷头的距离作为射程, 而是应当按照国家标准《旋转式喷头试验方法》关于喷头射程的定义为依据,

即：以雨量计收集的水量为 0.3 mm/h （喷头流量低于 $15 \text{ m}^3/\text{h}$ 时为 0.15 mm/h ）的那一点到喷头的距离。

式（1-4）是不考虑蒸发和飘移损失的计算结果。单喷头平均喷灌强度经常用于喷头性能的研究和产品开发。

③ 组合平均喷灌强度：组合平均喷灌强度是若干个工作压力相同的喷头，按一定组合形式组合排列喷洒情况下的平均喷灌强度。一般是取一个典型面积或单喷头的有效控制面积来进行分析。由于组合情况下湿润面积要有部分重叠，所以，组合平均喷灌强度总是大于单喷头平均喷灌强度。

组合平均喷灌强度是规划设计中喷头选型和布置的重要依据。

④ 全灌区平均喷灌强度：全灌区平均喷灌强度是设想全灌区所有喷头，按设计工作制度工作后的组合平均喷灌强度。由于喷灌系统中管道的压力顺水流方向递减，每个喷头的工作压力不完全相同，所以，全灌区平均喷灌强度与组合平均喷灌强度也不可能完全相同。全灌区平均喷灌强度主要用于评价整个系统的喷灌强度，以检验系统在管网设计上的合理性。

3.1.2 喷灌强度在规划设计中的作用

有压水流经喷嘴射出，形成细小的水滴洒落在土壤表面，再经由土壤孔隙渗入土壤到植物根系层，才能被植物吸收。喷灌作业时，要求降落到土壤表面的水分能立即渗入到土壤中去，而不要产生地面径流和积水，以免造成土壤冲蚀和过多的蒸发损失。为了达到这个目的，要求喷灌系统的组合喷灌强度不得超过土壤的入渗率。

渗吸速度指的是地表形成水层时的入渗速度，这时的土壤表层处于饱和状态，而喷灌是不允许出现这种状况的。由于土壤表面有水层和无水层的渗吸过程不完全相同，加之影响渗吸速度的因素较多，除了土壤质地和土壤结构外，还有土壤内腐殖质含量、土壤前期含水量、喷灌强度和水滴直径等。所以，目前尚无完全的理论公式来确定土壤的渗吸过程。在喷灌系统规划设计时，通常是粗略地根据土壤类别、地形坡度及植被条件，根据经验来选定设计条件下的允许喷灌强度，这是喷头选型和布置的依据。

3.2 喷灌均匀度

喷灌均匀度是指在喷灌面积上水量分布的均匀程度。它直接关系到绿地养护的质量，是衡量喷灌质量的主要指标。影响喷灌均匀度的因素很多，主要有喷头结构、旋转均匀性、单喷头水量分布、供水压力、喷头布置、竖管倾斜度、地面坡度和风速、风向等。

3.2.1 喷灌均匀度的描述

描述喷灌均匀度的方法很多，绿地喷灌规划设计中常用喷灌均匀系数和

水量分布图来描述喷灌均匀度。《喷灌工程技术规范》GBJ85-85中,采用美国克里斯琴森(Christiansen)1942年提出的公式:

$$C_u = \left[1.0 - \frac{\sum x}{m \cdot n} \right] \times 100 \quad (1-5)$$

式中: C_u ——喷灌均匀系数, %;

x ——每一个观测值与平均值之差;

m ——观测值的平均值;

n ——观测值的总数。

当我们研究的是用喷灌强度计算的均匀系数时,此观测值应为喷灌强度;而当研究的是用水深表示的均匀系数时,此观测值为水深值,式(1-5)又可表示为:

$$C_u = \left(1.0 - \frac{|\Delta h|}{h} \right) \times 100 \quad (1-6)$$

式中: C_u ——喷灌均匀系数, %;

Δh ——各测点喷洒水深的平均偏差, mm;

h ——各测点平均喷洒水深, mm。

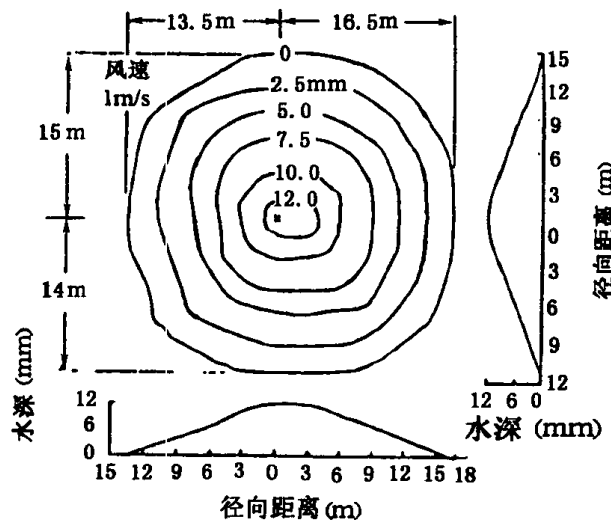


图 1-2 水量分布曲线

水量分布图就是等水深线图。图 1-2 是一实测的单喷头喷洒水量分布图,它能够准确、直观地表示出哪里水多,哪里水少。但是没有指标,不便比较。

以上两种表示喷灌均匀度的方法都是在假设不发生径流条件下,只考虑水量在土壤表面的分布情况。有人曾提出应考虑水在土壤表面的流动、水进入根系层后的横向运动,以及植物根系分

布范围内的相互补充等因素,但因过于复杂,不便计算和比较,而很少采用。在实际应用中,采用最多的还是 C_u 值。《喷灌工程技术规范》GBJ85-58 中规定:“在设计风速下,喷灌均匀系数不应低于 75%。”

3.2.2 喷灌均匀系数的计算范围

喷灌均匀系数的大小一般是针对某一确定的范围而言的。常见的喷灌均

匀系数计算范围有单喷头，典型组合面积和全喷灌区域。

(1) 单喷头均匀系数

单喷头喷灌均匀系数是指当只有一个喷头单独喷洒时，在湿润面积内喷洒水量分布的均匀系数。在实际应用中，单喷头工作的喷灌系统几乎没有，总是若干个喷头按照一定的组合方式布置。所以，单喷头均匀系数没有任何实用价值。另外，单喷头均匀系数大小并不表明整个喷灌区域内水量分布的均匀度。相反，如果单喷头沿径向的水量分布呈三角形，即单喷头水量分布均匀系数较低，反而可能获得较高的组合均匀系数。

(2) 组合均匀系数

组合均匀系数是若干个相同工作压力的喷头按一定的组合方式（三角形或矩形）布置，并同时喷洒在典型区域内的均匀系数。组合均匀系数可以通过实测获得，也可以根据单喷头水量分布规律叠加后得到。实践表明，两种不同的方法得到的结果基本一致。

喷灌系统的规划设计中常用的是组合均匀系数。一般要求喷头的组合均匀系数大于喷灌系统的设计均匀系数。

(3) 全区域均匀系数

全区域均匀系数是指在整个喷灌区域中，按照设计规定的工作制度，在一次等时间的喷灌后，整个喷灌区域内水量分布的均匀系数。由于喷灌系统管网存在着沿程阻力和局部阻力，以及喷灌区域地形起伏等原因，系统内各喷头的工作压力不可能完全相等。所以，在系统未建成之前，全区域均匀系数不易确定，在规划设计时，都是以组合均匀系数为依据。

3.3 水滴打击强度

水滴打击强度是另一个衡量喷灌质量的技术要素。它反映了喷洒水滴对绿地植物和表面土壤影响和作用。

3.3.1 水滴打击强度的定义

水滴打击强度是指单位受水面积内水滴对土壤或植物的打击动能，也就是单位时间内，单位受水面积所获得的水滴撞击能量。它与水滴大小、降落速度和密集程度有关。水滴打击强度太大，会损坏植物，破坏土壤团粒结构，造成土壤板结。所以，在喷灌系统的规划设计中，对水滴打击强度的要求是不损害植物和不破坏土壤团粒结构。

3.3.2 水滴打击强度的间接表示方法

从现有的技术手段来看，实测水滴打击强度比较困难，一般常采用水滴直径和雾化指标间接地反映水滴打击强度，为规划设计提供依据。

(1) 水滴直径

水滴直径是指落在地面上或植物叶面上水滴的直径,以 mm 为单位。高压水流经喷嘴喷出,以射流的形态进入大气。最初,由于射流内部的湍流作用,光滑的气液界面受到破坏,进而由于空气的参混和阻力作用,射流断面扩大,产生细小的水滴(空气阻力和流速的平方及射流断面面积成正比)。这个过程沿射流轴线是渐变的,沿射流剖面是随机的。因此,从喷头喷洒出来的水滴大小远近不一,在同一地点水滴的直径也大小各异。常用水滴平均直径或中数直径来描述这些随机分布的水滴群。

水滴平均直径是指在喷洒范围内某一点观测到的所有水滴直径的平均值,中数直径是指在该点大于和小于它的水滴总体积相等的直径。

水滴的平均直径和射流与周围空气的相对速度成反比。所以,靠近射流表面的水总是形成较小的水滴,散落在靠近喷头的地方;靠近射流核心的水与空气的相对速度较低,从而形成较大的水滴,散落在距喷头较远的地方。因此,中数直径沿喷头射程的径向分布规律是随距离的增加而增加。

由于在最远处水滴直径最大,因此对植物和土壤的损害也就最大。一般以最远处的中数直径作为设计依据。对于绿地喷灌系统,根据不同植物的要求,喷洒水滴的直径应控制在 1~2 mm 以内。

(2) 雾化指标

雾化指标是指喷头的设计工作压力和主喷嘴直径之比。雾化指标在某种程度上反映了水滴打击强度,便于实际应用。但是,雾化指标不能如实地反映不同的喷嘴形状和不同的粉碎装置之间的差异。我国《喷灌工程技术规范》GBJ85—85 中明确规定了该值的使用条件,即:“对喷嘴为圆形且不带碎水装置的喷头,设计雾化指标应符合表 1-1 的要求。”

表 1-1 雾化指标

种 类	Hp/d 值
蔬菜及花卉	4000~5000
粮食作物、经济作物及果树	3000~4000
牧草、饲料作物、草坪及绿化林木	2000~3000

注: 1. Hp 为喷头工作压力水头, m; 2. d 为喷头主喷嘴直径, m。

第四节 喷灌系统施工技术要求

喷灌系统的施工安装是实现设计意图、保证喷灌质量的重要环节。喷灌系统的规划设计工作完成之后,只有严格按照施工技术要求进行管道和设备安装,才能得到满足喷灌技术要求的喷灌系统,最大限度地发挥喷灌的优

势。喷灌系统一般的施工程序是：图纸放样、沟槽开挖、管道安装、水压试验、沟槽回填、喷头安装、加压及其他设备安装、系统调试等，各个环节的施工技术要求有所不同。

4.1 图纸放样

将喷灌系统管线图按照一定比例放大到实际现场的过程称为图纸放样。图纸放样应遵守以下原则：

(1) 当设计图纸与实际现场完全吻合时，应完全按照设计图纸放线，不折不扣地体现设计意图。

(2) 因其他原因出现设计图纸与实际现场不符时，在满足绿化要求的前提下，可根据现场情况对设计方案进行适当调整。

(3) 如果出现方案调整，必须进行管网压力或喷洒范围复核，以保证喷灌系统的喷灌强度和喷灌均匀度。

4.2 沟槽开挖

喷灌系统的管道敷设在沟槽内，沟槽的开挖深度和宽度应根据管径和敷设位置而定，一般原则如下：

(1) 沟槽深度应同时满足外部承压、冬季泄水和设备安装的要求。

(2) 在满足设备安装的前提下，沟槽应尽量窄些。

(3) 沟槽应顺直，槽床向阀门井或泄水井找坡。

(4) 必要时可将挖出的土在管沟的下风向一侧分层堆放。

(5) 沟内不应有坚硬杂物，如坚硬杂物难以清除，应回填 10 cm 厚沙土。

(6) 过路沟槽的深度应符合路基承压要求。

4.3 管道安装

喷灌系统的管道安装包括：验货、下料、切割、黏接等。绿地喷灌系统常用的管材是塑料管，包括聚氯乙烯管（PVC）、聚乙烯管（PE）和改性聚丙烯（PP）管。管道安装时，应根据选用管材的特性和安装要求，严格操作程序，保证安装质量。具体要求如下：

(1) 安装前应对管材和管件进行外观检查，排除有破损、裂纹和变形的产品。

(2) 横管与槽床应良好结合，避免悬空。

(3) 竖管的安装角度应符合要求（见第四章有关内容）。

(4) 多管同沟时，应避免管道之间直接搭接交叉。

(5) 根据管网的工作压力大小，较大规格管道的弯头、三通等部位应做混凝土墩加故。