

公路绿化植物定向滴灌技术研究进展

郑琳 江昊鸿

上海市政养护管理有限公司 上海 200023

【摘要】：公路绿化是交通基础设施建设的重要部分，兼具生态保护、景观营造和保障交通安全等多重功能。定向滴灌技术作为先进节水灌溉技术，为公路绿化养护提供新方案。其核心原理是根据植物需水规律精准滴灌，系统由水源、首部枢纽、输配水管网和滴头构成。该技术优势显著，节水效能可达60%以上，能为植物创造良好生长环境，降低养护成本（包括人工、设备成本且减少交通干扰），应用场景丰富（如边坡、中央分隔带、行道树绿化等），还可结合雨水收集系统拓展应用。施工上注重科学设计与规范安装，管理时需做好系统维护与监测。目前该技术已取得显著进展，与道路雨水收集系统结合作用积极，未来两者融合将更紧密，助力可持续发展。

【关键词】：公路绿化；定向滴灌技术；节水灌溉；雨水收集系统

DOI:10.12417/2811-0536.25.09.053

滴灌技术最早在农业领域大量应用，因其能依据农作物需水规律，精准地将水和养分送达作物根部，极大提升水资源利用率，减少水分蒸发与渗漏，还能维持土壤透气性与结构，助力作物根系生长，提高产量和质量，实现自动化控制以降低人工成本，在干旱、半干旱及缺水地区优势显著^[1]。

随着城市化与交通基础设施建设推进，公路绿化规模不断扩大且养护要求提升。鉴于滴灌技术在农业中的突出优势同样契合公路绿植灌溉需求，可根据公路绿化植物需水特性精准供水，提高植物成活率与生长质量，降低养护成本，适应多样地形环境并减少对交通干扰，因而逐渐被引入公路绿植灌溉领域，不断发展完善，成为公路绿化养护的关键技术手段之一。

公路绿化作为交通基础设施建设的重要组成部分，具有多重功能。在生态保护方面，公路绿化植物能够吸收二氧化碳、释放氧气、吸附空气中的污染物，改善公路沿线的空气质量，同时还能减少水土流失，保护土壤资源。从景观营造角度看，精心设计和养护的公路绿化可以美化路域环境，为驾乘人员提供舒适宜人的视觉体验，提升城市与区域的整体形象。此外，合理的公路绿化还能起到防眩、降噪、引导视线等作用，保障交通安全。

定向滴灌技术作为一种先进的节水灌溉技术，为公路绿化养护带来了新的解决方案。它能够根据植物的需水特性，将水分精准地输送到植物根部附近，极大地提高了水资源的利用效率。通过减少水分的蒸发和渗漏损失，定向滴灌技术不仅节约了水资源，还为植物生长创造了更为适宜的土壤水分和通气条件，有利于提高植物的成活率和生长质量，降低公路绿化的养护成本，对实现公路绿化的可持续发展具有重要意义

义^[2]。

1 公路绿化植物定向滴灌技术原理

定向滴灌技术的核心原理是根据植物的需水规律，通过低压管道系统将水输送到安装在植物根部附近的滴头，使水以点滴的方式缓慢、均匀地滴入土壤，浸润植物根系最发达的区域。这种灌溉方式能够精确控制灌溉水量和时间，最大限度地满足植物生长对水分的需求，同时避免了水分的浪费和无效蒸发^[3]。

一个完整的定向滴灌系统主要由水源、首部枢纽、输配水管网和滴头四部分构成（见图1）。水源可以是河流、湖泊、水库、井水等，为灌溉系统提供充足的水量。首部枢纽是整个系统的控制中心，主要包括水泵、过滤器、施肥器、压力表、流量调节器等设备。

水泵负责将水源中的水提升到一定压力，以满足滴灌系统的运行要求。

过滤器用于去除水中的杂质和悬浮物，防止滴头堵塞。

施肥器则可根据植物的营养需求，将肥料均匀地混入灌溉水中，实现水肥一体化灌溉。

压力表和流量调节器用于监测和调节系统的压力和流量，确保系统稳定运行。

输配水管网由干管、支管和毛管组成，其作用是将经过首部枢纽处理后的水按照设计要求输送到各个灌溉区域，并分配到每个滴头。

滴头是定向滴灌系统的关键部件，其性能直接影响灌溉效果。常见的滴头类型有压力补偿式滴头、非压力补偿式滴头、滴箭等，它们能够根据不同的工作压力和土壤条件，将水以稳定的流量滴出。

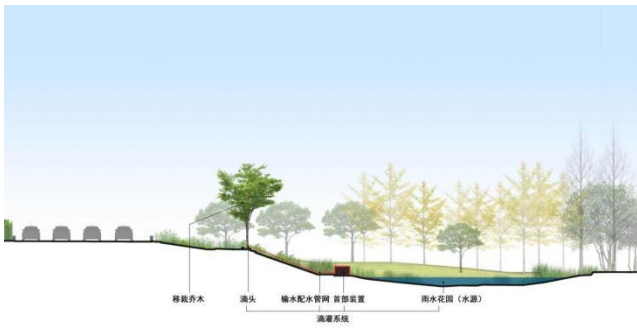


图 1 定向滴灌系统示意图

Fig.1 Schematic diagram of the directional drip irrigation system

2 定向滴灌技术的优势

2.1 与其他公路绿植浇灌技术比较

定向滴管技术与喷灌、漫灌、滴灌带等公路绿植浇灌技术相比各有优劣。相较于喷灌，其灌溉精度更高，能精准供水至植物根部，水分利用效率高，对植物和土壤影响小；与漫灌相比，定向滴管节水效果显著，劳动强度低且易实现自动化，不受地形限制；和滴灌带技术相比，它抗堵塞能力强、使用寿命长。不过，定向滴管技术设备成本较高。综合来看，在对灌溉要求高、水资源匮乏的公路绿植养护场景中，定向滴管技术优势明显，但实际应用时需结合具体情况抉择。具体内容见表 1。

表 1 各种公路绿植浇灌技术比较

Tab.1 Comparison of various irrigation technologies for road green plants

浇水方式	原理	优点	缺点
大水漫灌	将水通过沟渠或管道引到公路绿植区域，让水在地面自然流淌浸湿种植区域	设备简单，初期投资成本低，适合大面积灌溉	水资源浪费严重，易造成土壤板结、水土流失，植物根系吸收利用率低
喷灌	通过喷头将水喷射到空中形成细小水滴均匀洒落在绿植上	灌溉均匀性较优，可调整喷头角度和射程适应不同绿化区域	风力影响下水分蒸发和漂移损失大，设备维护成本高，喷头易堵塞损坏，对复杂地形适应性差 ^[4]

定向滴灌技术	根据植物需水规律，经低压管道系统将水通过滴头点滴到植物根部附近土壤	节水效能达 60%以上，创造良好土壤环境利于根系发育，可自动化减少人工投入，运行成本稳定，对交通干扰小，适应多种复杂绿化场景，能与雨水收集系统结合	初期投资成本高，对水质要求高需配备过滤设备，系统维护需专业知识和技能
--------	-----------------------------------	---	------------------------------------

2.2 定向滴灌技术的优势

2.2.1 节水效能显著

与传统的大水漫灌和喷灌方式相比，定向滴灌技术的节水效果十分显著。大水漫灌时，大量水分在地面径流和蒸发过程中被浪费，真正被植物吸收利用的水量较少。喷灌虽然能够将水分均匀喷洒在植物表面，但在风力作用下，水分蒸发和漂移损失较大，且难以保证灌溉均匀性。

定向滴灌技术通过将水分直接输送到植物根部附近，减少了水分在传输过程中的蒸发和渗漏损失。例如，在西营河灌区，智能化定向滴灌系统通过精准控制灌溉量和时间，相比传统水车喷洒灌溉，节水效能提高了 70%^[5]。在水资源日益短缺的今天，定向滴灌技术的高节水效能对于公路绿化的可持续发展具有重要意义。

2.2.2 植物生长保障

定向滴灌技术能够为植物生长创造良好的土壤环境。传统灌溉方式容易导致土壤水分分布不均，过度灌溉可能造成土壤板结、根系缺氧，而灌溉不足则会影响植物的正常生长。定向滴灌系统将水分缓慢、均匀地滴入植物根部土壤，使土壤始终保持适宜的湿度和通气性，有利于植物根系的生长和发育。

2.2.3 养护成本降低

定向滴灌技术在降低公路绿化养护成本方面具有多重优势。首先，在人工成本方面，传统灌溉方式需要大量的人力进行浇水、施肥等作业，而定向滴灌系统可实现自动化控制，大大减少了人工投入^[6]。

其次，在设备成本方面，虽然定向滴灌系统的初期投资相对较高，但从长期来看，其运行成本较低。传统灌溉方式需要频繁使用洒水车等设备，设备购置、燃油消耗和维修成本较高。而定向滴灌系统一旦安装调试完成，除了定期维护和更换易损件外，运行成本相对稳定。

此外,定向滴灌技术还能减少对交通的干扰。在公路养护作业中,传统灌溉方式如洒水车作业可能会对交通造成一定影响,增加交通拥堵和安全风险。而定向滴灌系统的灌溉作业相对隐蔽,对交通的干扰较小。综合来看,定向滴灌技术能够有效降低公路绿化的养护成本。

2.2.4 应用场景丰富

定向滴灌技术在公路绿化常见场景中的应用不断丰富。在边坡绿化中,其能适应复杂地形,通过精准滴灌保证植物在恶劣条件下获取足够水分,促进植被生长,稳固边坡。中央分隔带绿化方面,定向滴灌避免了对过往车辆的干扰,且能有效利用有限水资源,维持景观效果。行道树灌溉中,滴灌优势显著^[7]。黄州区公路事业发展中心采用“挂袋滴灌”技术,在行道树干根部悬挂大容量储水袋,扎细微孔洞使水缓慢渗入树根,极大缓解行道树旱情^[8]。相较于传统洒水车喷灌,该方式水蒸发损失小、浇灌时间长、对土壤结构破坏小,抗旱保树效果突出。

2.2.5 结合雨水收集系统拓展新应用

道路雨水收集系统收集的雨水经沉淀、过滤等简单处理后,可作为定向滴灌的水源应用于公路绿化^[9]。在一些城市的公路环岛绿化中,将环岛内设置的雨水收集装置与定向滴灌系统连接,利用收集的雨水对环岛内植物进行滴灌。这不仅解决了环岛绿化灌溉用水问题,减少了对市政供水的依赖,还降低了绿化养护成本。在公路服务区绿化中,也可利用服务区屋面及地面雨水收集系统,结合定向滴灌技术,为服务区内的绿化植物提供稳定水源,营造优美的休憩环境。

2.2.6 施工、管理优化

在施工环节,滴灌技术应用越发注重方案设计科学性与设备安装规范性。以高速公路绿化项目为例,从滴灌方案设计、设备安装到后期养护管理,全流程

呈现智能化、精细化特征。滴头采用精准定位滴箭,确保灌溉精准无死角^[10]。同时,在应用滴灌技术时,合理布局灌溉系统,依据公路绿化区域实际地形、植物分布选择适配的滴灌设备与安装方式,有效提升施工效率与质量,减少对交通的影响。在一些狭窄路段施工中,采用小型化、便携化的滴灌设备,通过预制管道模块,快速完成安装工作,缩短施工周期^[11]。

在管理方面,对滴灌系统维护与监测至关重要。需定期检查过滤装置,防止杂质堵塞滴头影响灌溉效果;实时跟踪滴灌效果,及时调整灌溉参数以契合植物生长需求。将滴灌系统与道路雨水收集系统协同管理时,要建立联合监测机制。监测雨水收集系统水质变化,当水质不满足滴灌要求时,及时启动净化流程或切换至其他水源。同时,根据雨水收集量动态调整滴灌计划,如雨水充足时增加灌溉频率或时长,雨水不足时则适当减少,保障公路绿化植物稳定生长的同时,实现水资源的高效利用与合理调配。

3 结论与展望

公路绿化植物定向滴灌技术在智能化、应用范围、施工管理等方面取得了显著进展,并且与道路雨水收集系统结合后展现出诸多积极作用。智能化发展实现了精准灌溉与水资源智能调配;应用范围拓展至多种公路绿化场景并借助雨水收集系统开辟新领域;施工管理优化提升了项目实施质量与系统运行稳定性。滴灌技术对道路雨水收集系统在提高利用率、减轻负担、改善水质管理等方面的贡献,进一步凸显了两者的协同发展在公路绿化养护中的重要性。

未来,随着技术的持续创新与完善,公路绿化植物定向滴灌技术与道路雨水收集系统的融合将更加紧密,在提升公路绿化水平、节约水资源、保护生态环境等方面发挥更大作用,为可持续交通发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 李广宇.滴灌技术在农田水利灌溉中的应用[J].现代农村科技,2025,(02):83-84.
- [2] 曹广军.滴灌技术在高速公路绿化养护中的有效应用[J].现代园艺,2018,(18):138.
- [3] 赵晓晓.公路工程养护中滴灌技术的应用[J].交通世界,2020,(12):38-39.
- [4] 吕东,李韵,张铁刚.喷灌技术发展趋势分析[J].山东农机化,2025,(01):46-47.
- [5] 汪海东.西营河灌区农田水利高效滴灌节水技术的应用[J].农业技术与装备,2024,(12):40-42.
- [6] 郭巧玲,马志华,杨云松.城市道路雨水收集就地利用系统研究[J].绿色科技,2017,(12):191-192+195.
- [7] 刘忠厚.高速公路黄土地区边坡绿化滴灌养护施工技术探讨[J].中华建设,2024,(11):124-126.