

高速公路中央分隔带绿化渗灌技术研究

米刚¹, 王昊^{2*}

(1. 山东高速集团有限公司枣庄分公司, 山东 枣庄 277000; 2. 山东高速集团建设集团有限公司, 山东 济南 250002)

摘要:结合国家3号高速公路枣庄段中央分隔带绿化灌溉工程,试验研究了渗灌技术在高速公路中央分隔带绿化灌溉中的应用问题。进行了室内微孔渗管渗水性能试验和渗灌条件下土壤水分运动实体模型试验,研究了渗管出流规律和土壤水分运动规律,并给出了渗灌设计主要参数。研究表明,对于平均流量为2.5 L/h的渗管,适宜的最低水头为6 m,渗管长度为50 m;对于平均流量为6.0 L/h的渗管,适宜的最低水头为5 m,渗管长度为35 m;渗管的埋深为45 cm,双排布设间距为1 m。

关键词:高速公路;环境工程;渗灌技术;中央分隔带

中图分类号:U418.9 **文献标志码:**A

Research on a subsurface drip irrigation system of a highway median strip

MI Gang¹, WANG Hao^{2*}

(1. Zaozhuang Branch, Shandong Expressway Group Co. Ltd, Zaozhuang 277000, China;
2. Shandong Expressway Group Construction Management Company, Jinan 250002, China)

Abstract:Based on a median strip irrigation project at the Zaozhuang section of National Highway No. 3, the application problem of irrigation technology in highway median strip irrigation was experimentally studied. Dripping performance of micro-porous pipe laboratory test and the physical model test of soil water movement under the irrigation condition were put forth. The dripping law of the pipe and the movement of soil water were studied in these experiments. And then, the irrigation design parameters were given. In consideration of the flow rate, the stability and the limited time, the proper water stress was 6m and the proper length of the rubber pipe was 50m for the 2.5 L/h pipes, the proper water stress was 5 m and the proper length of the rubber pipe was 35 m for the 6.0 L/h ones. The proper depth of dripping pipes was 45 cm, and the proper layout spacing was 1 m.

Key words: highway; environment engineering; drip irrigation; median strip

0 引言

高速公路中央分隔带绿化具有夜间行车防眩、分隔对向车流、诱导行车视线,以及美化、改善路容环境等诸多功能。为保证绿化功能的实现,定期灌溉是中央分隔带绿化初期养护的关键环节和日常养护的重要工作。目前洒水车和人工漫灌浇水是高速公路中央分隔带绿化灌溉的主要方式。这种灌溉方

式,浇灌劳动强度高,难度大,费用高,而且造成水资源的极大浪费,灌溉效果也不理想。洒水车在高速公路上慢行作业更不利于高速公路的安全营运,国内因洒水车作业而导致的交通事故时有发生。另外,中央分隔带漫灌导致的下渗水还会影响路面结构的稳定性。渗灌技术是一种地下微灌技术,通过埋在地下的微灌系统(渗管)将水分慢慢的渗透到土层中,然后利用土壤毛细管的渗吸作用慢慢的将水分扩散到周围的土壤中,供作物吸收利用^[1]。与

收稿日期:2010-10-21

基金项目:山东省交通科技基金资助项目(2008T010(2))

作者简介:米刚(1967 -),男,山东栖霞人,高级工程师,主要研究方向为高速公路养护工程和技术. E-mail:sdgsmg@126.com

* 通讯作者:王昊(1971 -),男,江苏丰县人,高级工程师,主要研究方向为高速公路建设与管理. E-mail:wll19991101@yahoo.com.cn

传统浇灌方式相比渗灌水资源的利用的有效率达90%以上,不仅可以有效节约水资源,而且可以有效避免传统灌溉的弊端^[2]。因此,探讨渗灌在高速公路中央分隔带绿化中的应用技术,具有重要的经济和社会意义。

渗灌技术起源于美国,在果园、温室等灌溉中的应用已比较广泛,先后在不同国家得到推广和应用。国外对渗灌技术的研究主要集中于渗管材料的研发,且主要应用于农业灌溉领域^[3-11]。对于渗灌过程中的渗管出流规律、渗管的合理长度及作用水头范围、渗灌条件下水在土壤中的运动情况缺乏系统研究。国内自80年代后期引进渗灌技术,对渗灌管材进行了初步开发,并在农业领域进行了渗灌技术的初步尝试,对于渗灌灌溉设计大多仍处于经验性水平^[12-19]。渗灌技术在高速公路绿化灌溉方面的研究尚未见报道。

本研究依托国家3号高速公路枣庄段中央分隔带绿化灌溉工程,通过微孔渗管渗水性能试验和渗灌条件下土壤水分实体运动模型试验,提出高速公路中央分隔带渗灌技术参数。

1 渗管渗水试验研究

传统灌溉设计一般依据经验确定渗管长度及其他设计参数。为了分析渗灌管的出流规律,确定灌溉时合理的渗灌管水头压力和渗管管长,进行了室内渗管的自由渗流试验。

1.1 试验装置与试验方法

已有的研究表明,适宜的单长出流量是在一定灌水定额情况下,既能保证灌水均匀不产生深层渗漏,又能提高孔眼流速有利于防堵的单长出流量,一般应选用湿锋轮廓为近似圆形的较大单长出流量作为适宜单长出流量。单长出流量过小会导致时间过长,且浸润范围过小。根据高速公路中央分隔带灌溉特点,选择国内某公司生产的甲、乙2种渗管,外径为15.54 mm,内径为9.52 mm,壁厚为3.01 mm。甲管的平均流量为2.5 L/h,乙管平均流量为6.0 L/h。

试验通过0~7 m水头的恒压水箱供水,采用收集槽和量筒收集渗水,量筒间距为0.9 m。渗管的首部以及尾部装有测压管、水表,检测试验过程中渗管的首尾压力变化、水头损失情况,以及整个渗水过程中的总流量。

甲管长度分别选取18 m、35 m、50 m,考虑乙管35 m长度时出流已不均匀,故乙管50 m长度不进行试验,分别选取18 m、35 m长微孔渗管进行试验。

1.2 试验结果及分析

渗水量随着渗水历时的延长而明显减小,在渗水初期2 h内,各管段流量变化比较显著,出流不均匀;出水口附近位置的渗流量与尾部渗流量相差集中于5%~15%;3 h左右,各段渗流量开始基本达到稳定状态,但渗流量仍继续缓慢降低。在5 m左右水头作用下,渗管达到稳定最快,仅需要2 h左右,之后渗流均匀性较好。渗水能力是随着渗水试验次数的增加、试验阶段的延长明显地降低或减弱,最终趋于相对稳定。不同水头条件下甲、乙2种渗管的出流规律见图1和图2。甲、乙2种渗管沿程水头损失参见表1和表2。

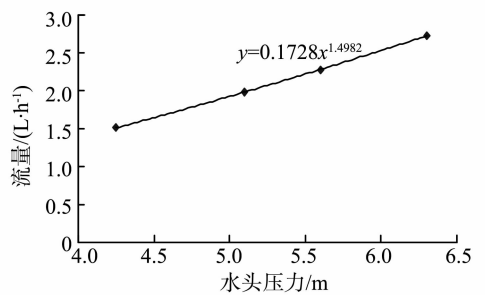


图1 甲管的出流规律

Fig. 1 The flow rule of first pipe

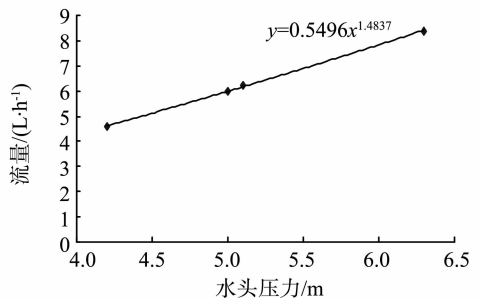


图2 乙管的出流规律

Fig. 2 The flow rule of the second pipe

表1 甲管不同长度管段沿程水头损失

Table 1 Water stress along the first pipe at different length

渗管长度/m	稳压水箱压力水头/m	尾部压力水头/m	差值/cm	损失百分比/%
18	2.591	2.520	7.1	2.74
	4.765	4.602	16.3	3.42
	5.462	5.253	20.9	3.83
	6.275	5.985	29.0	4.62
35	3.821	3.551	27.0	7.08
	5.070	4.612	45.8	9.04
	5.655	5.084	57.1	10.10
	6.353	5.646	70.7	11.13
50	4.300	3.878	42.8	9.81
	5.096	4.462	63.4	12.45
	5.635	4.836	63.4	14.18
	6.314	5.342	97.2	15.40

表2 乙管不同长度管段沿程水头损失

Table 2 Water stress along the second pipe at different length

管段长度/m	稳压水箱压力水头/m	尾部压力水头/m	差值/cm	损失百分比/%
18	4.120	3.885	23.5	5.71
	5.170	4.844	32.6	6.31
	6.200	5.703	49.7	8.02
35	4.187	3.723	46.39	11.08
	5.085	4.452	63.31	12.45
	6.292	5.334	95.8	15.23

表1显示,对于甲管,18 m管段沿程水头损失较小,最大仅为4.62%;35 m管段沿程水头损失有所增大,最大为11.13%;6.314 m工作水头下,50 m管段沿程水头损失最大可达15.40%,满足微灌所需要的水头偏差不得大于灌水器工作压力20%的限制。试验表明,进一步延长渗管长度,或50 m管长时进一步增大工作水头,渗管首、尾压力差过大,流量均匀性很差。故甲管适宜的渗管长度为50 m。

表2表明,对于乙管,18 m管段中沿程水头损失最大为8.02%;6.292 m工作水头下,35 m管段沿程水头损失最大为15.23%。与甲管相似,进一步延长渗管长度,或35 m管长下进一步增加工作水头,渗管首、尾压力差过大,流量十分不均匀。故乙管适宜的渗管长度为35 m。

实验表明,甲、乙2种渗管均在5 m以上工作水头快速稳定出流,因此,最低工作水头不宜小于5 m。考虑到甲管流量较小,为缩短一次灌水时间,最小工作水头取6 m。

2 渗灌条件下土壤水分运动实体模型试验及入渗规律分析

为了分析渗管在土壤中的出流和水分运动规律,确定渗管埋置深度、渗管排数及间距,进行了室内渗灌条件下的土壤水分运动实体模型试验。

2.1 设计灌水定额

设计灌水定额按照式(1)计算。

$$m = 0.1\gamma zP(\theta_{\max} - \theta_{\min})/\eta, \quad (1)$$

式中, m 为设计灌水定额(mm); γ 为土壤容重(g/cm^3); z 为计划土壤湿润层深度(m)。根据中央分隔带相关植物类型,根系在土壤中垂直分布主要集中在15~90 cm的土层中,计划土壤湿润层深度取0.9 m; P 为湿润比(%),地表以下30 cm处湿润面积占作物种植面积的比。参照微灌土壤湿润比^[20],根据中央分隔带土质、树木株距、行距,湿润

比取45%; θ_{\max} 、 θ_{\min} 为适宜植物生长的土壤含水率上、下限(占干土重的百分比),取田间持水率的90%和60%。根据高速公路中央分隔带典型土体,田间持水率可取壤土与黏土之间值28%; η 为灌溉水利用系数,取90%。

根据式(1),国家3号高速公路枣庄段中央分隔带绿化渗灌设计灌水定额为43.21 mm。

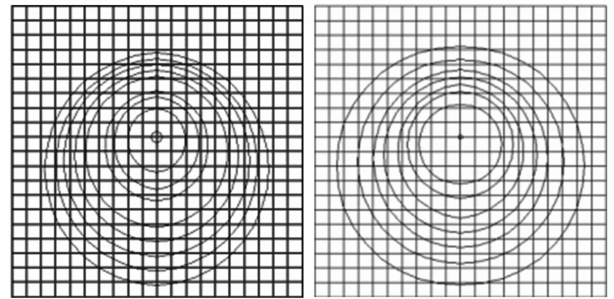
2.2 试验装置与试验方法

试验装置由恒压水箱、试验土槽组成。恒压水箱可在0~7 m范围内任意调节。试验土槽为高速公路中央分隔带1:1仿真模型。中央分隔带植被种植宽度取2 m,为梯形土槽,受路基及下部通讯管道的限制,中央分隔带填土厚度取1.0 m。土槽前、后两面为有机玻璃,可观察槽内水分的运动。在槽的中心偏上5 cm打孔,安装渗管。试验用土取自高速公路中央分隔带的典型亚黏土,其初始密度为 $1.527 \text{ g}/\text{cm}^3$,含水量为13.5%,模拟现场土体密度进行压实。

在恒定水头作用下,每隔2 h观察水在土中的浸润范围,并在玻璃上标注出浸润范围,分析土壤的渗水情况^[21]。

2.3 试验结果及分析

甲、乙渗管土壤水分运动规律见图3。



(a) 甲管的湿润轮廓(16 h) (b) 乙管的湿润轮廓(10 h)

注:图中每格5 cm,深度宽度各为100 cm。

图3 不同渗水速率条件下的湿润轮廓

Fig. 3 Moisture profile with of different seepage rates

图3显示,随渗水速率增大,渗灌所需时间减少。且在较大渗水速率下土体水平方向湿润范围相对较大,整个浸润范围比较均匀。甲管在16 h内完成灌溉定额,并且浸润范围达到稳定,水分在渗管上方的浸润范围为30 cm,下方的浸润范围为50 cm左右,水分在横向的浸润范围为80 cm左右。乙管在10 h内完成灌溉定额并达到稳定,水分向渗管上、下方的浸润范围与甲管基本相同,横向浸润范围则略大,为85 cm左右。

高速公路中央分隔带绿化树木的根系在土壤中的垂直分布集中在15~90 cm范围内,甲、乙两种渗

管的浸润深度范围均达到 80 cm,基本满足灌溉要求。甲、乙渗管的上下浸润范围不同,埋深取 45 cm,可以将分隔带植物根系完全包括在渗管的浸润范围之内,确保灌溉的效果,并保证高速公路路基不受灌溉水的侵蚀。达到灌水定额(43.21 mm),甲、乙渗管的一次灌水延续时间分别为灌溉 16 h 和 10 h。

水分横向浸润范围两侧均匀,宽度在 80 cm 左右。国家 3 号高速公路枣庄段中央分隔带宽度为 3 m,中央分隔带灌乔木横向种植间距为 1.0 m,布置两排渗管,渗管间距取 1.0 m,可确保灌溉要求。

3 结论

(1)根据高速公路中央分隔带绿化灌溉特点,渗灌管的单长出流量不宜过小,选择平均流量为 2.5 L/h 以上的渗管,满足高速公路中央分隔带绿化渗灌要求。

(2)甲(平均流量为 2.5 L/h)、乙(平均流量为 6.0 L/h)两种渗管的出流规律表明,渗管在 5~6 m 水头作用下,达到稳定最快(2 h),之后渗流均匀性较好。乙渗管工作水头不宜小于 5 m;甲管流量较小,为缩短一次灌水时间,最小工作水头取 6 m。甲、乙渗管的适宜长度分别为 50 m 和 35 m。

(3)室内渗灌土壤水分运动实体模型试验显示,完成灌溉定额,甲、乙渗管的一次灌水延续时间分别为灌溉 16 h、10 h。渗管在土壤中的上、下浸润范围不同,水分在渗管上方的浸润范围为 30 cm,下方的浸润范围为 50 cm 左右,埋深取 45 cm,可以获得理想的灌溉效果,并保证高速公路路基不受灌溉水的侵蚀。水分横向浸润范围两侧均匀,每侧在 40 cm 左右。

(4)根据国家 3 号高速公路枣庄段中央分隔带宽度、土质和植被情况,分别采用了甲、乙渗管铺设分两排布置,横向间距取 1 m,可满足灌溉要求。

参考文献:

[1] 王忠波,王晓斌,肖建民. 渗灌技术研究[J]. 农机化研究,2004(5):115-116.
WANG Zhongbo, WANG Xiaobin, XIAO Jianmin. Irrigation technology research [J]. Farm Machinery Research, 2004(5):115-116.

[2] 刘洪禄,齐志明. 高速公路绿化隔离带灌溉系统优化设计研究[J]. 节水灌溉,2005(2):18-20.
LIU Honglu, QI Zhiming. Optimization design research of highway greening belt irrigation system [J]. Water-saving Irrigation, 2005(2):18-20.

[3] 许一飞. 国外农业高用水的研究应用及发展趋势[J]. 节水灌溉,1998(2):30-31.
XU Yifei. Application and development trend of foreign agricultural efficient water use research [J]. Water-saving Irrigation, 1998(2):30-31.

[4] 张志新. 新疆微灌发展现状、问题和对策[J]. 节水灌溉,2000(3):8-10.
ZHANG Zhixin. The problems and countermeasures of present development situation of xinjiang microirrigation [J]. Water-saving Irrigation, 2000(3):8-10.

[5] 薛志诚. 国内外田间节水灌溉新法[J]. 节水灌溉,1998(6):36-37.
XUE Zhicheng. The new method of field water-saving irrigation at home and abroad [J]. Water-saving Irrigation, 1998(6):36-37.

[6] SHEVACH Y, KOHEN G. Water scarcity and advanced irrigation technology [J]. International Water and Irrigation, 1996, 16(2):4.

[7] JAVAD Torkamanid, SHAHROKH Shajari. Adoption of new irrigation technology under production risk [J]. Water Resources Management, 2008, 22(2):229-237.

[8] 程亨曼. 渗灌技术的现状分析及发展措施[J]. 农机使用与维修,2005(5):14-15.
CHENG Hengman. The current situation analysis and development measures of irrigation technology [J]. Farm Machinery Using and Maintenance, 2005(5):14-15.

[9] 辛科. 高效节水农业灌溉新技术[J]. 中国科技产业,2001(7):75-78.
XIN Ke. New technology of high-efficiency water-saving agriculture irrigation [J]. China Science and Technology Industry, 2001(7):75-78.

[10] 乔艺. 节水灌溉技术——渗灌[J]. 吉林蔬菜,2007(4):88.
QIAO Yi. Water-saving irrigation technologies-infiltrating irrigation [J]. Jilin Vegetables, 2007(4):88.

[11] 晓晨. 美国渗灌在中国——引智成果推广项目报道之二[J]. 国际人才交流,2004(6):54-55.
XIAO Chen. The United States irrigation in China—the second report of engineering outcome promotion project [J]. International Exchange of Talents, 2004(6):54-55.

[12] 高胜国,张祖新. 新型抗堵塞地下灌溉系统技术方案[J]. 节水灌溉,2001(4):21-22.
GAO Shengguo, ZHANG Zuxin. New technology solutions of anti-clogging underground irrigation system [J]. Water-saving Irrigation, 2001(4):21-22.

[13] 王彦军. 一种新型的节水灌溉技术——渗灌[J]. 节水灌溉,1997(2):3-7.
WANG Yanjun. A new type of water-saving irrigation technology—subirrigation [J]. Water-saving Irrigation, 1997(2):3-7.

- [14] 余杨, 王穗. 地下渗灌方法在农业灌溉上的应用研究[J]. 云南农业大学学报, 2003(12):422-425.
YU Yang, WANG hui. The study of underground subirrigation application on the agricultural irrigation [J]. Yunnan Agriculture University Press, 2003(12):422-425.
- [15] 杨光, 王晓东, 刘庆华. 渗灌——一种新型节水灌溉技术[J]. 农业与技术, 2004, 24(3):129-130.
YANG guang, WANG Xiaodong, LIU Qinghua. The infiltrating irrigation—a new type of water saving irrigation technology [J]. Agriculture and Technology, 2004, 24(3):129-130.
- [16] 张海峰, 逢德霞. 渗灌技术在公路绿化带中应用的探讨[J]. 内蒙古科技与经济, 2003(12):298-299.
ZHANG Haifeng, FENG Dexia. The discussion of the irrigation technique applications in highway green belts [J]. Inner Mongolia Science Technology and Economy, 2003(12):298-299.
- [17] 黄刚. 高速公路中央分隔带绿化渗灌技术研究[D]. 山东:山东大学, 2008.
- HUANG Gang. Research of highway central space irrigation technology [D]. Shandong:Shandong University, 2008.
- [18] 赵京运. 华北、东北公路工程造价管理络网会论文集[C]. 北京:人民交通出版社, 2007.
- [19] 殷昭峰. 渗灌在高速公路中央分隔带绿化灌溉中的试验研究[J]. 公路交通科技:应用技术版, 2011, 7(1):195-199.
- [20] 中国灌溉排水发展中心, 中国农业大学. GB/T 50485-2009, 微灌工程技术规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2009.
- [21] 李道西, 罗金耀, 彭世彰. 地下滴灌土壤水分运动室内试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2002, 23(4):26-28.
LI Daoxi, LUO Jinyao, PENG Shizhang. Laboratory test research of soil water movement in subsurface drip irrigation [J]. Irrigation and Drainage Water Journal, 2002, 23(4):26-28.

(编辑:孙培芹)

(上接第137页)

- MU Shigang, FENG Xianying, YAN Zhiwen, et al. Study on unbalanced signal extraction from a dynamic balancing machine based on wavelet analysis [J]. Journal of Shandong University:Engineering Science, 2011, 41(3):62-67.
- [11] 高辉, 徐龙祥. 主动磁悬浮轴承系统拍振现象分析[J]. 机械工程学报, 2011, 47(13):104-112.
GAO Hui, XU Longxiang. Analysis of beat vibration for active magnetic bearing system [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(13):104-112.
- [12] SCHWEITZER G, BLEULER H, TRAXLER A. Active magnetic bearings [M]. Switzerland: vdf Hochschulverlag AG, 1994:75-77.
- [13] LIU Shuqin, BIAN Zhongguo, YIN Chunlei. The application of high speed and optimal control in electromagnetic bearing system based on DSP [C]//BENTLY D E, GOSIEWSKI Z. Proceedings of The Second International Symposium on Stability Control of Rotating Machinery. Gdansk: Bently Pressurized Bearing Press, 2003:4-8.
- [14] WEAVER W Jr, TIMOSHENKO S P, YOUNG D H. Vibration problems in engineering [M]. New York: Wiley-Interscience, 1990:76-78.
- [15] 卞斌, 刘淑琴. 基于 DSP 的磁悬浮轴承电主轴数据监测系统 [C]//于溯源, 徐咏. 第二届中国电磁轴承学术会议论文集. 北京:原子能出版社, 2007:27-30.
BIAN Bin, LIU Shuqin. DSP-based amb spindle data monitoring system [C]//YU Shuyuan, XU Chang. The Second China Magnetic Bearing Conference Proceedings. Beijing:Atomic Energy Press, 2007:27-30.
- [16] BIAN Bin, LIU Shuqin, LI Deguang, et al. Backstepping-based nonlinear robust controller for AMB spindle [J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 150(1):133-138.
- [17] 陈世坤. 电机设计 [M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [18] ROBINSON R C. Line-frequency magnetic vibration of AC machines [J]. Power Apparatus and Systems, 1962, 81(4):675-679.
- [19] 刘淑琴, 刘庆亮, 陈大融. 基于 DSP 的快速最优 PID 控制在磁悬浮轴承中的应用 [J]. 机械设计与研究, 2003(5):43-45.
LIU Shuqin, LIU Qingliang, CHEN Darong. The application of high speed and optimal control in magnetic suspension bearing system based on DSP [J]. Machine Design and Research, 2003(5):43-45.
- [20] 虞烈. 可控磁悬浮转子系统 [M]. 北京:科学出版社, 2003.
- [21] 赵雷, 丛华, 赵鸿宾. 可控磁悬浮轴承刚度与阻尼特性研究 [J]. 清华大学学报:自然科学版, 1999, 39(4):96-99.
ZHAO Lei, CONG Hua, ZHAO Hongbin. Study on stiffness and damping characteristic of active magnetic bearing [J]. J T singhua Univ: Sci & Tech, 1999, 39(4):96-99.

(编辑:孙培芹)