

文章编号: 0451-0712(2007)03-0165-05

中图分类号: X172

文献标识码: A

# 人工湿地处理桥面径流的试验研究

袁 平<sup>1,2</sup>, 陈济丁<sup>1</sup>, 孔亚平<sup>1</sup>, 李 楠<sup>1</sup>

(1. 交通部科学研究院交通环保与安全研究中心 北京市 100029;

2. 北京师范大学环境学院水环境模拟国家重点实验室 北京市 100875)

**摘 要:** 针对广东渝湛高速公路人工湿地对路(桥)面径流处理的效果进行了试验研究。首先对路面径流试验的内容、方法及技术路线进行了设计,并结合实际情况确定了试验方案。然后,根据方案进行了试验观测,并得出相关试验数据。最后,根据数据进行分析 and 总结,得出人工湿地处理路面径流的相关规律和特点,并指出人工湿地技术是一种集经济效益、环境效益及社会效益为一体的生态式路面径流处理技术,具有较好的实用和推广价值。

**关键词:** 人工湿地; 路面径流; 渝湛高速公路; 试验; 生态式处理技术

近年来,随着高速公路建设的飞速发展,公路路面径流水污染防治成为公路环保的重要问题之一。路面径流一般不会对水体造成大面积的污染。但当道路距水源保护地、生活饮用水源和水产养殖水体较近时,由雨水形成的路面径流是地表和地下水体的再次污染源,地面径流因其污染负荷高且难于控制,此时应重视路面径流对水环境的污染防治,路面排水不能直接排入这些水体,应将路面径流收集并引入处理设施进行处理后排放。

目前,国内外对路面径流的水污染规律及处理方法有一定的研究和实践。如对地表径流雨水的水质特性、地表水体的影响评价、地表径流污染排放规律的数学模拟以及污染控制措施等都进行了大量的工作<sup>[1~4]</sup>。然而,此前在国内虽然对公路路面径流污染有一定的研究,但是真正进行路面径流污染治理实践的很少,且对是否与生态景观相协调没有过多考虑。在我国采用生态式方法处理路(桥)面径流尚未付诸实践,更未曾开展过研究。

本研究之前,国内有采用人工湿地处理工业污水和生活污水的范例<sup>[15~17]</sup>,但没有用于高速公路路面径流处理。广东渝湛高速公路在国内首次采用了人工湿地的处理方法处理路(桥)面径流污水,为国内生态式方法处理桥面径流研究提供了一个有益的尝试。笔者曾在“人工湿地在路面径流污水处理中的应用”一文中,对处理路面径流的人工湿地的机理和

设计方法进行了详细阐述。本研究将继续对人工湿地建成后的径流处理效果和生态效果开展的试验进行观测,以进一步检验建成的人工湿地实践是否成功,为该技术方法的实践可行性和可推广性提供理论依据和数据支持。

## 1 试验主要内容

人工湿地和生态水沟处理污水效果的好坏是本试验工程成功与否的关键,影响处理效果的因素很多,主要是填料、水力负荷、有机负荷、水生植物的种类、温度等因素。着眼于实际工程的需要,本次试验将对一些因素进行充分的试验研究,主要试验内容如下。

### (1) 不同降雨量对污水处理效果的影响

由于进水管道的路面径流水量决定其水力负荷,而路面径流水量又是由降雨量决定的。同时,路面径流的污染物浓度决定其有机负荷,而降雨初期和后期的变化的雨量决定其污染物浓度。降雨量的强度变化是决定污水处理效果的关键因子。本试验主要观测在不同时段、不同降雨强度时的桥面径流处理效果差异。

### (2) 水生植物的生长适应性及景观生态效果

观测所选取植物在当地的气候和水文条件下的生长状况,以此确定所选水生植物在该桥面径流污水的环境下的生长适应性。同时,也观测人工湿地的景观生态效果。

## 2 试验观测指标

根据北京师范大学、长安大学和浙江省交通规划设计研究院<sup>[18]</sup>分别对北京市某城市道路、西安市二环路、西安至临潼高速公路及杭金衢高速公路路面径流做的调查和分析,路面径流主要超标的指标有:SS、COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub>和石油类物质。因此,本试验在借鉴前人研究成果的基础上,拟定 SS、COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub>和石油类物质为观测指标。此外,需要对比不同降雨量和流量下的处理效果以及水生植物的条件适应性,需要观测的指标还有:降雨量、所种植植物的生长密度和高度。

## 3 试验技术路线

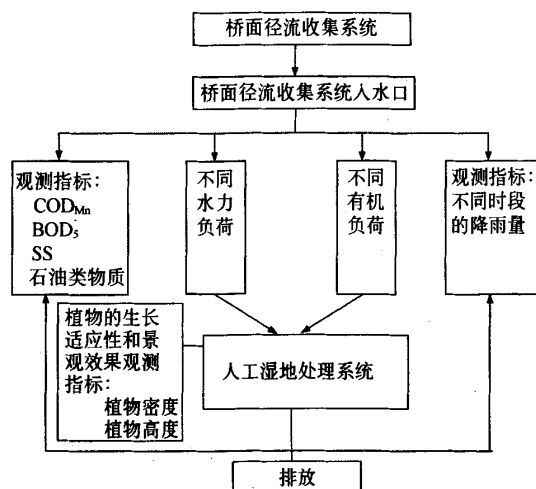


图1 试验技术路线

## 4 试验主要方法

(1)化学需氧量 COD<sub>Mn</sub> 测量方法:酸性高锰酸钾法。

(2)生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)测量方法:五天培养法(20℃)。

(3)固体悬浮物(SS)测量方法:固体残渣称重法。

(4)石油类物质测量方法:红外分光光度法。

(5)雨量测量方法:雨量计法。

(6)植物密度测量方法。

这里的植物密度主要是指单位面积(一般为每 m<sup>2</sup>)的植物量。本试验采用目测法和卷尺测量法来测量密度。用卷尺测量出一个单位面积,计算出单位面积内植物的数量,选取不同区域的单位面积 3 次,

最后取平均算出植物密度。

(7)植物高度测量方法。

植物高度是说明植物长势好坏的重要数量指标。一般地,对于同一种植物来说,植物高度越高,证明植物生长情况越好。

本试验同样采用样点度量法的办法,该方法使用卷尺来测量个体植株。测量时将卷尺从植冠伸到地面,记载卷尺所测量的个体的高度。分别随机取 10 颗植株进行测量,最后取其平均值,据此算出植物高度。

前 5 项方法详见国家标准测量方法。

## 5 试验实施方案

由于本试验需要在有桥面径流的情况下才能进行检测,在实际实施中,必须要满足该前提条件。鉴于此,本试验提出以下试验实施方案。

等待降雨以形成桥面径流:完全以天然降雨进行试验,更符合自然情况。但问题是降雨难以控制,在降雨时间、雨量和形成径流流速等方面都无法人为控制。

根据对湛江地区近年来的降雨资料分析(选取了 3 个典型年,2001 年为丰水年,2004 年为平水年,2005 年为枯水年),雨季基本分布在 5 月~9 月之间,7 月~8 月降雨最多,其余月份湛江气候比较干旱,详见图 2。降雨是路面径流试验所需的基本条件,但是连续降雨冲刷后径流污染逐渐减少,再继续多次采样检测意义不大。所以选取进入雨季的 5 月~6 月份进行人工湿地观测试验,此时刚要进入雨季,有路面径流产生,但降雨尚不是非常频繁,路面尚未被冲刷干净。

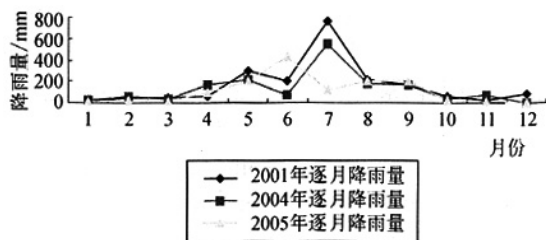


图2 湛江3个典型年的降雨量逐月分布

试验需要观测的时段主要应集中在降雨初期,因为初期的桥面径流污染比较严重,而到后期经过不断的雨水冲刷,桥面径流污染已经比较小了,所以此时再测处理效果意义不大。因此,进水口处从开始进水后每隔 5 min 取样一次,出水口(位于距湿地底

部 0.3 m 处的穿孔细管)处从开始出水后每隔 5 min 取样一次,取样到满 30 min 为止(称进水口和湿地出水口的取样点分别为 1 和 2,采样点位置示意图见图 3。).

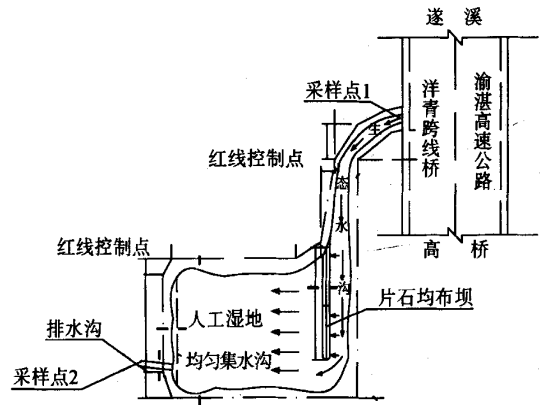


图 3 试验取样点位置示意

本试验选取了进入雨季初期的 3 次降雨进行取样并检测,主要目的是为了验证人工湿地的处理效果。由于桥面径流污染的特殊性,即干旱一段时间后降雨形成的桥面径流污染较大。因此,3 次采样时间每次间隔在 5 d 以上。进入 6 月下旬后,湛江进入暴雨台风季节,经过雨水多次冲刷后桥面径流污染逐渐减少,再继续多次采样检测意义不大。

6 试验测试结果与分析

将 3 次监测结果求平均值,比较进口和出口的水质,从而得出人工湿地的处理率。由数据计算可知,整个降雨过程中 COD<sub>Mn</sub> 处理率达到 82%, BOD<sub>5</sub> 处理率达到 94%, SS 处理率达到 75%, 石油类物质处理率达到 97% (取 6 个时段处理率的平均值)。表 1 计算出了降雨不同时段各个指标的处理率情况,图 4 表现了单次降雨不同时段桥面径流各个指标平均处理率的变化情况。

表 1 降雨不同时段桥面径流处理率数据表

时间/s	累积降雨量/mm	COD <sub>Mn</sub> 处理率/%	BOD <sub>5</sub> 处理率/%	SS处理率/%	石油类物质处理率/%
0~300	1.6	76	90	87	100
300~600	3.7	89	91	85	93
600~900	6.1	85	99	75	100
900~1 200	7.6	73	99	72	100
1 200~1 500	8.4	83	99	58	95
1 500~1 800	8.9	85	87	72	100

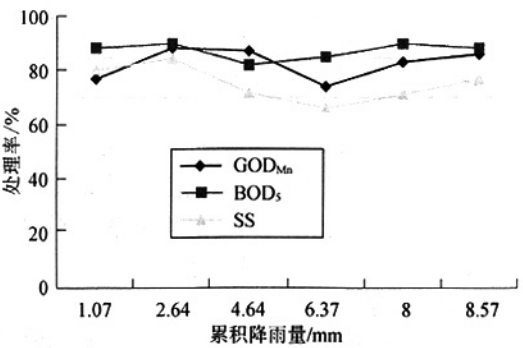


图 4 降雨不同时段桥面径流各个指标处理率变化

通过水质监测数据可以看出,渝湛高速公路路面径流有一定污染,但是程度不大。污染不大的原因主要有两个:一是渝湛高速公路处于广东粤西经济相对不发达区域,再加上刚通车不久,交通量较小,所以造成污染较小,随着运营时间逐渐增长,交通量

逐渐增大,污染将会有所加重;二是经过几次降雨冲刷,导致桥面径流污染相对较小。其中径流中石油类物质数值较低,基本没有超标,主要原因是油类泄漏比较偶然,因此污染较小;而出水水质的石油类物质指标基本未能检出,因此石油类物质的处理率基本可以看作 100%。

从图 4 中可以看出,降雨不同时段桥面径流各个指标处理率是有变化的。同一场降雨中,处理率首先升高,到一定时候又降低,但到后来又有升高的趋势。主要原因是:人工湿地出水水质基本接近,所以处理率就主要取决于进水水质。降雨初期,污染物尚未完全冲刷出来,此时进水中污染物浓度是不断增大的,导致处理率也在不断增大。随着降雨量逐渐增多,当冲刷到一定程度,污染物浓度开始减小,导致处理率也在开始减小。但是到后期降雨逐渐减少,稀释的水少了,污染物浓度又有增加的趋势,因此处理

率也呈增加的趋势。



图5 人工湿地周边植物总体生长情况



图7 人工湿地荷花和浮萍生长情况



图6 人工湿地千屈菜和水花生生长情况



图8 人工湿地芦苇生长情况

表2 人工湿地主要植物生长数据

测量指标	千屈菜密度/(棵/m <sup>2</sup> )	千屈菜高度/m	芦苇密度/(棵/m <sup>2</sup> )	芦苇高度/m	荷花密度/(棵/m <sup>2</sup> )	荷花高度/m
10次平均值	29	1.0	11	0.9	21	0.7

从水生植物数据和生长情况来看,千屈菜和荷花长势很好,基本达到了设计的景观效果,但是芦苇的长势未能达到预期效果。芦苇是北方湿地中最常见且最茂密的水生植物之一,但是却不是很适宜在湛江生长。

7 结论

(1)人工湿地处理系统总体处理效果较好,达到了预期的设计目标。路面径流人工湿地系统目前没有相关的设计规范,良好的运行和处理率也印证了当初的设计是合理的,本试验研究可以为今后的人工湿地设计和建造提供借鉴参考。

(2)不同的降雨强度对人工湿地处理系统的处

理效果有一定的影响。同一场降雨中,处理率首先升高,过一段时间后开始降低,但到降雨后期又有升高的趋势。了解路面径流污染的变化规律能够反过来指导人工湿地的设计和建造,使人工湿地处理系统更加科学和实用。

(3)选择水生植物时除了应该满足去污效果好的条件之外,还应具有较好的生长适应性,最好是本土植物,能够给公路带来美丽的景观效果。本研究中人工湿地中种植千屈菜、荷花和芦苇等水生植物,实践证明,在广东湛江的气候条件下,千屈菜和荷花等水生植物都生长良好,而且具有较好的污水处理效果。但是芦苇的长势不是很好,可见芦苇不是很适合在湛江地区生长,因此反过来也说明选取乡土植物

的重要性。

人工湿地达到了处理路面径流的效果,保证了饮用水源的安全,较好地保护了水环境,达到了其应有的环境效益;同时,避免了饮用水安全事故的发生,为高速公路创造了优美的湿地景观,体现了高速公路建设者“和谐生态公路”的理念,起到了良好的社会效应;人工湿地污水处理系统投资和运营费用都较普通污水处理设施低,还具有较好的经济效益。

实践证明,该技术具有缓冲容量大、处理效果好、工艺简单、投资省、运行费用低、维持技术低等特点,既节约了投资,又达到了保护饮用水源的效果,还营造了“生态和谐”的美丽自然景观,是一种集经济效益、环境效益及社会效益为一体的生态式路面径流处理技术,具有较好的实用和推广价值。

#### 参考文献:

- [1] Herricks E E. Stormwater runoff and receiving system——impact, monitoring and assessment[M]. USA: Lewis Publishers, 1995.
- [2] Pitt R, Field R. Water-quality Effects from Urban Runoff[J]. Journal AWWA, Aug, 1997.
- [3] Wu J S, Allan C J, et al. Characterization and Pollutant Loading Estimation for Highway Runoff[J]. J. Envir. Engrg., ASCE, 1998, 124(7).
- [4] Barrett M E, Jr Irish L B, Jr Malina J F, et al. Characteristics of highway runoff in Austin, Texas, area [J]. J. of Envir. Engrg. ASCE, 1998, 124(2).
- [5] Deletic A B, Maksimovic C T. Evaluation of Water Quality Factors in Storm Runoff from Paved Areas [J]. Journal of Environment, ASCE, 1998, 124(9).
- [6] Giovanna Mangani, et al. Evaluation of the Pollutant Content in Road Runoff First Flushwaters [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2005, 160(1).
- [7] Millar R G. Analytical determination of pollutant wash-off parameters [J]. J. of Envir. Engrg., ASCE, 1999, 125(10).
- [8] Dilek G, Turer J, Barry Maynard. Heavy metal contamination in highway soils [J]. Clean Techn Environ Policy, 2003, (4).
- [9] Dilek G Turer, J Barry Maynard. Comparison of Corpus Christi, Texas and Cincinnati, Ohio shows organic matter is key to mobility [J]. Clean Techn Environ Policy, 2003, (4).
- [10] H D Van Bohemen, W H Janssen. The Influence of Road Infrastructure and Traffic on Soil, Water, and Air Quality [J]. Environmental Management, 2003, 31(1).
- [11] 赵剑强, 刘珊, 邱立萍, 等. 高速公路路面径流水质特性及排污规律 [J]. 中国环境科学, 2001, 21(5).
- [12] 赵剑强, 闫敏, 刘珊, 等. 城市路面径流污染的调查 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(1).
- [13] 赵剑强. 公路交通与环境保护 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [14] 赵剑强, 王春生. 山区高速公路环境影响及减缓措施探讨 [J]. 公路环境保护, 2005, (4).
- [15] 刘衍君. 人工湿地在污水处理中的应用及其展望 [J]. 云南环境科学, 2003, 22(4).
- [16] 韩志强, 许志鸿. 初期路面径流的收集与处理 [J]. 公路, 2004, (10).
- [17] 于少鹏, 王海霞, 万忠娟, 等. 人工湿地污水处理技术及其在我国发展的现状与前景 [J]. 地理科学进展, 2004, 23(1).
- [18] 王一斌, 邵坚达, 桂炎德, 等. 公路交通水环境污染防治技术的研究 [J]. 公路, 2004, (1).

## Experimental Research on Highway Runoff Pollution Treated by Artificial Wetland

ZHONG Ping<sup>1,2</sup>, CHEN Ji-ding<sup>1</sup>, KONG Ya-ping<sup>1</sup>, LI Nan<sup>1</sup>

(1. Research Center for Environment Protection and Transportation Safety, China Academy of Transportation Science, Ministry of Communications; 2. State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Artificial wetland is used to treat highway runoff pollution for Yu-Zhan Expressway in Guangdong Province in this experimental research. Firstly, the content and technical ways of the experiment are designed, and the experimental scheme is confirmed in accord with the facts. Secondly, the

文章编号: 0451-0712(2007)03-0170-02

中图分类号: U418.9

文献标识码: B

# 耐盐碱地被植物白刺在公路绿化中的应用

张世綏

(河北省沧州市公路管理处 沧州市 061000)

**摘 要:** 白刺极耐盐碱, 适应性强, 根系发达, 覆盖能力极强, 是盐碱地区优良的生物护坡地被植物。本文讲述了白刺在盐碱地区, 尤其是在土壤含盐量在 0.6%~1.0% 的滨海重盐碱路段公路绿化中的应用方法, 介绍了该树种育苗、栽植等方面的技术要点。

**关键词:** 白刺; 盐碱地; 公路绿化

沧州市地处河北省东部沿海, 属半干旱性气候, 年平均无霜期 183~195 d 左右, 年平均降水量 500 mm 左右, 多集中在夏季。沧州市管养国、省干线公路里程 1 496.1 km, 其中不同程度的盐碱路段 500 多 km, 占列养路线总里程的 33%。由于绿化难度大, 成本高、见效慢, 多年来盐碱路段的绿化问题一直是各级领导和专业技术人员面对的技术难题, 尤其是渤海沿岸的几个县市的路段绿化难度更大, 采用传统的耐盐碱树种如刺槐、臭椿、国槐、白蜡等树种, 如不进行特殊的土壤改造, 在这些路段依然无法存活, 即使当时成活, 后来也会逐渐死去。我们改变思路, 以“不用高投资的工程治盐, 不用远调淡水浇灌”为原则, 大力开发乡土树种, 挖掘野生植物资源, 筛选出了几个具有利用价值的树种, 白刺就是其中最适宜盐碱地公路绿化, 最有开发和利用价值的一种野生地被植物。

## 1 白刺的生物学特性

白刺为蒺藜科, 属匍匐性小灌木, 俗称地枣、地榭子、沙樱桃等。常匍匐地面生长, 株高 30~50 cm, 多分枝, 少部分枝直立, 树皮淡黄色, 小枝灰白色, 尖

端刺状, 枝条无刺或少刺; 叶互生, 密生在嫩枝上, 4~5 簇生, 倒卵状长椭圆形, 叶长 1~2 cm, 表面灰绿色, 背面淡绿色。聚伞花序顶生, 萼绿色, 花瓣黄白色。果实近球形, 果径 5 mm 左右, 果实成熟时初为红色, 后为黑色, 酸、涩, 有甜味, 可食, 含多种人体需要的微量元素。花期 5 月~6 月, 果熟期 7 月~8 月。

白刺在渤海湾地区的物候期, 3 月中旬叶芽形成萌动膨大, 4 月中旬新梢开始生长并进入展叶盛期, 部分出现花蕾, 5 月上旬为开花盛期, 6 月下旬果实由绿变红、变紫直至紫黑色开始成熟, 7 月果实成熟并开始脱落, 11 月下旬为落叶期, 植株进入休眠状态。

白刺的适应性极强, 耐旱、喜盐碱、抗寒、抗风、耐高温、耐瘠薄, 为荒漠地区及荒漠平原典型植物, 是我国寒温、温和气候区的盐渍土指示植物。白刺为旱生型阳性植物, 不耐庇荫、不耐水湿积涝。自然生长于盐渍化坡埂高地和泥质海岸滩涂光板裸地上, 耐盐性能极强。多生长在干燥、多风、盐碱重、土壤贫瘠、植物稀疏的严酷环境中, 往往自成群落, 伴生植物较少, 在土壤含盐量 1.2% 以上的地方偶见有盐地碱蓬、翅碱蓬、怪柳、中华补血草等混生。

收稿日期: 2006-10-25

experiments are carried out, and the data are gained. Last, the experimental data are analyzed and the laws and characteristics of highway runoff pollution treated by artificial wetland are summed. It is emphasized that the artificial wetland technique is an ecological treatment technique for highway runoff pollution treatment, and it is also proved that the artificial wetland technique can be applied and extended.

**Key words:** artificial wetland; highway runoff; Yu-Zhan Expressway; experiment; ecological treatment technique