

文章编号: 0451—0712(2006)07—0228—07

中图分类号: X173

文献标识码: B

人工湿地在路面径流污水处理中的应用

黄少雄¹, 衷平², 石翔¹

(1. 广东渝湛高速公路有限公司 湛江市 524005; 2. 交通部科学研究院 北京市 100029)

摘 要: 对采用人工湿地进行高速公路路面径流处理的方法进行了探讨。首先分析了路面径流的主要污染成分, 论证了人工湿地处理此类污水的适用性。然后, 对人工湿地的处理原理进行了阐述。最后, 结合广东渝湛高速公路(粤境段)的实际情况, 对处理路面径流的人工湿地的设计方法进行了探讨, 突出体现了其与普通城市污水处理的差异性。设计方法可以为国内路面径流的人工湿地处理设计提供参考借鉴。

关键词: 路面径流; 人工湿地; 处理; 设计方法; 渝湛高速公路

近年来, 高速公路作为国家发展战略中重点建设的基础设施得到了飞速的发展, 而水资源保护问题成为高速公路建设过程中需要给予重点关注的问题。随着高速公路的飞速发展, 公路路面径流水环境污染防治成为环境污染防治的重要问题之一。公路路面径流水环境污染, 是指公路营运期, 客货运输过程中在路面的抛撒, 汽车尾气中微粒在路面的降落, 汽车燃油在路面上的滴漏及轮胎与路面的磨损物等。一般说来, 路面径流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对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再排放。

国外对公路建设和运营造成的水污染及处理方法研究和实践较多。早在 20 世纪 70 年代初期, 美国国家环保部门就开始了对大规模的公路路面径流污染的调查和研究, 开发了许多适用于路面源污染防治的技术及方法。概括起来主要有以下 4 种: 植被控制、湿式滞留池、渗滤系统及湿地。2000 年美国实施《新清洁水法》后, 又对公路路域排出水的质量指标提出了明确要求。公路管理部门在增设路域沉淀池和过滤装置的同时, 还鼓励那些低廉的小型生物工

程技术的应用, 强调发挥植物在表面防护和清洁水方面的功能。

此后, 加拿大、德国、澳大利亚等发达国家对此问题也都相继给予高度的关注, 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^[3~12]。目前, 路面径流在世界许多国家发展成为相对独立的研究领域, 并逐步形成了理论体系。

我国对路面径流的研究工作起步较晚, 直到 1996 年, 《公路建设项目环境影响评价技术规范》(JTJ 005—96)才把路面径流造成的环境污染作为评价地表水环境污染的因素之一。对公路建设和运营造成的水污染及处理方法的研究近几年才开始。长安大学的赵剑强等^[18~21]以及浙江省交通规划研究院王一斌等^[16]分别对西安市二环路、西安~临潼高速公路和杭金衢高速公路的降雨径流水质进行了监测研究, 指出了我国公路路面径流主要的污染指标, 并表明路面雨水径流的微生物降解性较差, 而且污染物的浓度集中在降水初期。北京市也曾对地面雨水径流污染情况进行实测, 并对实测雨水水质与典型城市生活污水及国外路面雨水径流水质进行了比较, 但并未采取治理措施^[14]。

我国目前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。在

公路工程的环境影响评价报告中,多数公路只是被建议采用好氧塘进行沉淀和净化,但实际并未实施。其他国内部分公路有的全线采用沉淀池等简易处理方式,如山西大运路和湖北十漫路等,但对是否与生态景观相协调没有过多考虑。

可见,在我国采用生态方法处理路(桥)面径流尚未付诸实践,更未曾开展过研究。本研究希望为国内生态方法处理路(桥)面径流研究提供一个有益的尝试。

1 路面径流的主要污染特性

通过对国内外的一些公路的路面径流污染物进行调查和类比,可以总结出高速公路路面排水具有一定的污染强度,其污染主要特点有以下几点。

(1)公路路面雨水径流中的主要污染物是SS、石油以及其他一些有机污染物,其浓度不低于典型生活污水的污染物浓度,有必要进行处理。

(2)公路路面雨水径流中 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS及石油类物质浓度高于《污水综合排放标准》的限值,而重金属Pb及Zn的浓度低于限值。美国及荷兰的研究结论与此基本一致,所以重金属污染并不严重。

(3)公路路面雨水分布较分散,形不成集中污染源,不会造成很大的污染危害,污染物浓度比工业污水低(突发事故除外)。

(4)路面污染物的浓度集中在降水初期,一般在降水15~30 min内污染物随降水时间增加浓度增大,随后污染物浓度逐渐降低,通常称之为初期淋洗效应。

(5)路面雨水径流的微生物降解性较差。研究认为路面雨水中 $\text{BOD}_5:\text{COD}_{\text{Cr}}$ 约在1:10~1:6之间,并认为由于路面雨水中含有对生物有抑制作用的毒性物质,使得检测出的 BOD_5 较低。路面径流雨水中实际含有可被生物降解的有机物数量占 COD_{Cr} 的50%,所以采用传统的微生物处理方法效果并不理想。

2 路面径流处理方案选择

通过对路面径流主要污染物的分析,需要处理的污染物有SS和石油类等一些有机物。

对于固体悬浮物SS,主要是路面磨损的一些废渣和汽车抛洒的固体颗粒和尾气微粒等,一般采取物理沉淀的方法将其去除。

有机物一般可以选取微生物降解的方法进行处

理,目前使用较多的是生物氧化塘法。可在附近将取土坑或洼池适当整修为生物塘。生物塘是一种构造简单、管护容易、处理效果稳定可靠的污水处理方法。污水在塘内经较长时间的停留和储存,通过微生物(细菌、真菌、藻类、原生物等)的代谢活动和分解作用,对污水中的有机污染物进行生物降解,最后达到稳定。也可采用成套污水处理设备,全部地埋式,具有处理效率高、二次污染小的优点。

然而,路面径流处理采取微生物降解的方法并不合适,其原因主要有三:一是公路路面雨水径流的生物降解性较差,采用微生物降解效果并不很好;二是微生物降解需要寻找合适的菌种,并进行长时间的培养和试验,投资较大,时间耗费多;三是采用微生物降解需要大量的设备,资金消耗相对较大。

近20年来,人工湿地处理系统被证明是一种低投资、低能耗、低成本的新型污水处理技术,在国外广泛应用于小社区和家庭生活污水处理。在北京西郊开展的城市污水人工土快滤处理与利用系统,经两年的运行试验也被证明是一种投资低、能耗低和成本低的城市污水处理代用技术。

人工湿地处理系统主要是采用一些广泛分布在江河湖泊等各种水体中的大型水生植物来消纳和降解污水。它们在水体中的生态功能使其在水污染防治中具有很大的应用价值。20世纪70年代起,随着水污染的加剧,为了寻找高效低耗的水污染处理技术,水生植物开始受到人们的关注,许多这类植物的耐污及治污能力被研究发现,多种以大型水生植物为核心的污水处理和水体修复生态工程技术也相继被开发。大量工程实践表明,这项技术具有低投资、低能耗等优点,因此近年来已成为环境领域的研究热点之一。有关研究结果表明,在进水浓度较低条件下,一般人工湿地对 BOD_5 的去除率可达85%~95%, COD_{Cr} 的去除率可达80%以上,出水中 BOD_5 的浓度在10 mg/L左右,SS浓度小于20 mg/L。湿地对N、P的去除率可分别达到60%、90%以上,而城市二级污水处理厂对N、P的去除率仅达到20%~40%^[15,17]。

人工湿地是一个综合的生态系统,具有缓冲容量大、处理效果好、工艺简单、投资省、耗电低、运行费用低、维持技术低等特点,它应用生态系统中物种共生、物质循环再生原理,结构与功能协调原则,在促进废水中污染物质良性循环的前提下,充分发挥资源的生产潜力,防止环境的再污染,获得污水处理

与资源化的最佳效益。人工湿地污水处理系统是一种集环境效益、经济效益及社会效益为一体的污水处理方式,比较适合于处理水量不大、水质不是很差、管理水平不用很高的污水。表1 对处理路面径流

的生物氧化塘方法和人工湿地的方法做了对比,可见无论是从技术性能、投资管理还是景观效果的角度来看,人工湿地都是最适宜进行路(桥)面径流污水处理的方法。

表 1 高速公路服务区污水处理工艺技术性能比较

比选条件		目标要求	技术性能	
			生物氧化塘	景观型人工湿地
技术性能	进水类别	路面径流污水	工业污水和生活污水	低污染水
	技术特点		适用各种类型的污水处理	要求进水水质是微污染水或二级处理水进行深度处理。
	出水水质	达到国家标准	一级	一级
	出水回用	最好可以回用	出水可以回用	一般能够回用
投资与运行管理	初期投资运行费用	总投资小,运行管理费用低,管理维护简单,尽量不要配备专业人员。	约 2.5 元/t	湿地一般性维护
	人员要求		要专业人员管理维护	不需要专业人员
	管理要求		要及时进行冲洗、及时投放药剂,并对出水回流量、浓度进行监控。	需及时清理沟渠,维护系统正常运行。
占地及景观效果	用地规范	占地面积小,用地不影响服务区及公路正常运行,不影响环境美观,有一定景观效果更佳。	选择灵活,可选择普通生物氧化塘(占地大),也可选择塔式生物氧化塘(占地小)。	处理同样多的污水量,占地面积比较大。
	景观效果		对周边环境影响比较大,容易滋生蚊、蝇。	景观效果好,与周围景观相协调。

3 人工湿地的处理机理

人工湿地对污水的净化机理:净化污水主要是通过人工基质、水生植物和微生物共同完成的。人工基质为微生物的生长提供稳定的依附表面,为水生植物提供载体和营养物质,并通过一些物理和化学途径净化污水;水生植物的主要作用是吸收利用污水中的营养物质以及吸附、附集一些有毒有害物质;微生物的代谢作用是污水中有机污染物降解的主要机制。他们相互联系,互为因果,形成一个系统。废水可以在人工基质缝隙中流动或在床体的表面流动。床的表面种植具有污水处理机能好、成活率高、抗水性能强、生长周期长、美观及经济价值高的水生植物。当废水流经时,固体物被人工基质及植物根系阻拦截留,有机质通过生物膜的吸附、同化及异化作用而得以去除。因湿地植物根系对氧的传递释放,湿地床层及其周围的微环境中依次呈现出好氧、缺氧和厌氧状态,有利于硝化、反硝化作用及微生物对磷的过量积累作用,达到除氮磷的效果,最后通过湿地基质的定期更换或植物收割使污染物质最终从系统中去除。一般污水中不溶性有机物通过湿地的沉淀、过滤作用,可以很快地被截留而被微生物利用;污水中可溶性有机物则可通过植物根系生物膜的吸附、吸收及生物代谢降解过程被分解去除。

人工湿地处理污水最关键的是对水生植物的选择,当前国内外研究认为大型水生植物比较适宜于污水处理。大型水生植物是一个生态学范畴上的类群,是不同分类群植物通过长期适应水环境而形成的趋同性适应类型,主要包括两大类:水生维管束植物和高等藻类。水生维管束植物具有发达的机械组织,植物个体比较高大,通常具有 4 种生活型:挺水、漂浮、浮叶和沉水。

表 2 大型水生植物的 4 种生活型及去污功能

生活型	生长特点	代表种类	污染物去除功能
挺水植物	根茎生于底泥中,植物体上部挺出水面。	芦苇、香蒲	吸收降解酚、氰等有机物;去除 BOD ₅ 、氮等。
漂浮植物	植物体完全漂浮于水面,具有特化的适应漂浮生活的组织结构。	凤眼莲、浮萍	抑制藻类生长;富集镉、铬、铅、汞、砷、铜等。
浮叶植物	根茎生于底泥,叶漂浮于水面。	睡莲、荇菜	吸收降解酚、氰等有机物;抑制藻类生长;富集镉、铬、铅、汞等。
沉水植物	植物体完全沉于水气界面以下,根扎于底泥或漂浮于水中。	狐尾藻、金鱼藻	吸收 TNT、DNT 等结构相近化合物。

大型水生植物可通过光合作用将光能转化为有机能,并向周围的环境释放氧气,在水生生态系统中处于初级生产者的地位,能够发挥多种生态功能,

如:短期储存N、P、K等水体中的植物营养物质,净化水中的污染物,抑制低等藻类的生长和促进水中其他水生生物的代谢。与藻类相比,大型水生植物的特点是易于人工操纵。植物的生长带来的适宜的栖息环境,使多样化的生命形式在系统中的生存成为可能,并且正是植物和这些生物的联合作用使污染物得以降解。

4 渝湛高速公路(粤境段)路面径流污水处理人工湿地的设计

处理路面径流的人工湿地与普通城市污水处理的人工湿地具有相似性,但是又具有其独特的特点。路面径流具有天然性和不可控制性(降雨强度、时间和速度都不能控制),这是与普通城市污水最大的差别。因此,对于处理路面径流的人工湿地设计应具有其独特性。本文以广东渝湛高速公路路面径流处理为案例,对人工湿地设计方法进行阐述。

4.1 研究区概况

广东渝湛高速公路路线跨越青年运河,将修建洋青跨线桥。青年运河是我国建国以后建设的最大的人工运河,于1960年5月14日建成通水,是上游鹤地水库的配套工程,最高功能为饮用水。运河由南至北经过廉江市、遂溪县、湛江市及雷州市,总长271 km。运河分出大小渠道4 039条,总长5 000多km。

洋青跨线桥跨越的运河水为饮用水源,根据《中华人民共和国水污染防治法》(1996年5月15日修正)第二十条规定:“禁止在生活饮用水地表水源一级保护区内新建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目”。又根据《湛江市环保规划》(2001年修订)规定,“青年运河主干渠两侧50 m处设立铁丝网,禁止任何与维护运河和自来水厂供水无关的人员进入该铁丝网所围区域内”。因此需对其水质进行特殊保护。法规规定,一级保护区水域两岸河堤外坡脚向外50 m内的陆域范围内禁止排放污水,因此,应将桥面径流污水引到水源区50 m以外进行处理和排放。

由于该桥所跨水源距离相对较长,而从桥梁设计中来看附近也没有什么现成的排水和处理设施,因此重点对该桥桥面径流进行收集和处理。由于人工湿地处理在高速公路路面径流处理中具有一定的优势,因此在此桥建桥面径流人工湿地处理试验工程。

4.2 设计方法

4.2.1 尺寸参数

水在人工湿地中的停留时间是影响去除效率的

关键因素。由前文分析可知,路面污染物的浓度集中在降水初期,一般在降水15~30 min内污染物随降水时间增加浓度增大,随后污染物浓度逐渐降低。因此,可将污水在湿地中的滞留时间设为0.5 h。当降雨历时低于0.5 h时,人工湿地能够容纳所有的雨水径流,所蓄积的雨水在人工湿地中逐渐降解和处理;当降雨历时高于0.5 h时,湿地已经蓄满,此时继续流入的雨水径流可以让它溢出直接排入截水沟。因此,基于此点考虑,将湿地出水管设在湿地的有效高度之上,其管径和流速同入水管。目前需要建造的人工湿地占地面积只有通过最大暴雨量来进行估算,即最大暴雨持续0.5 h时所需要蓄集的水量。(本研究假设雨水为最大暴雨,当雨水强度小于最大暴雨时,人工湿地能够容纳更长降雨历时的雨水)。

人工湿地有效容积 $V=Q \times T$

式中: V 为人工湿地有效容积, m^3 ; Q 为处理污水的流量, m^3/s ; T 为污水在人工湿地内的停留时间, s 。

污水处理的人工湿地表面积 A_s 可用下式计算^[9]:

$$A_s = Q_1 (\ln C_0 - \ln C_e) / K_T$$

式中: A_s 为湿地的表面积, m^2 ; C_e 、 C_0 为进水、出水 BOD_5 含量, mg/L ; Q_1 为平均设计流量, m^3/d ; K_T 为温度 T 时湿地中植物根系充分发展后的速率常数, d^{-1} 。

根据英国人Kitkuth的研究,一般 $1/(K_T h)$ 推荐取5.2。有效深度 h 一般须根据所栽种植物的种类及根系的生长深度确定,以保证湿地床中必要的好氧条件。床横截面面积与温度、有机负荷无关,只受填料的水力学特性影响。在借鉴有关经验的基础上专家建议,通过填料横截面的平均流速 Q_1/A_s 以不超过8.6 m/d为宜,以避免对填料根茎结构造成破坏。因此,通过总结国内外一般路面径流的情况,将进入湿地的 BOD_5 的平均值和要求处理后达到的 BOD_5 标准值代入计算,就可以对需要建造的人工湿地占地面积 A_s 和有效深度 h 进行计算和设计。

根据渝湛高速公路洋青跨线桥的设计资料,可计算得出人工湿地有效容积 V 为 504 m^3 ,有效深度 h 为1.5 m,保护高度 h_1 和缓冲高度 h_2 共0.3 m,总高度 H 为1.8 m。为体现其天然性,人工湿地底面设置为不规则圆弧形,底面积 S 为 336 m^2 。

4.2.2 内部结构

为了保证进出水的顺畅与底部布水均匀,湿地

床底设置1%的坡度。为了防止污水的渗漏,对地下水以及其他湿地系统造成影响,在湿地床的底部铺设1 mm厚聚乙烯卷材。在安装填料和修理边坡时应防止扎破卷材,因此在湿地床的内部铺设20 cm开挖出来的粉质土壤,在墙体的地基下部增铺2层油毡。对人工湿地的边坡与池底进行夯实,其边坡用30 mm水泥砂浆镶嵌粒径为60~80 mm的豆砾石,在镶嵌的豆砾石上面再间隙干铺10 mm厚的粒径10~60 mm豆砾石(卵石),以使边坡稳固。

径流入水管应设在湿地有效高度以上的位置,以保证进水畅通。由于设计是采取最大暴雨公式计算的,一般情况下湿地内水位不会超过有效高度,这样可以保证污水在湿地内有足够的停留时间,从而也能保证处理效果。但污水也不能长时间一直停留在湿地内,因此应在距湿地底部较浅处设一穿孔细管,使污水缓慢地从湿地中排出,穿孔细管中排出的水直接导入生态水沟之中。而湿地中水位在穿孔细管高度以下的水最后将保留在湿地之中,保证水生植物的基本生长条件。

蒸发作用会转移掉部分水分,但其速度较慢。湛江市属于南方湿润地区,雨季降雨较频繁,一般湿地中剩余水量蒸发完之前又开始降雨了。但是从10月

~次年4月期间处于非雨季,通过对湛江地区的蒸发量进行调查并计算,0.5 m的水位需要蒸发90 d后才能干涸,考虑到还有渗漏因素(底部已铺设防渗膜,但是不可能完全阻止渗漏),取穿孔细管的位置为距湿地底部1.0 m处。这样能够保证湿地终年积水,为水生植物生长创造条件。

这样,既保证了人工湿地中污水的处理效果,又能使污水缓慢排出,最后还能水生植物生长创造条件,可谓“一举而三役济”。

4.2.3 植物配置和景观效果

一般说来,不同的生长环境,适宜的湿地植物是不同的。但所选择的湿地植物通常应具有下列特性:

- (1)能承受较大变化范围内的水位、含盐量、温度和PH值;
- (2)为本地适应性好的植物,最好是本地的原生植物;
- (3)被证实对污染物有较好的去除效果;
- (4)有广泛用途或经济价值高。

人工湿地中使用最多的水生植物为芦苇和千屈菜。而在广东,芦苇和千屈菜亦为常见植物。因此,主要在人工湿地内种植芦苇和千屈菜。美人蕉、荷花和睡莲也有较好的处理效果,分别种植一片,作为配合植物,另外种植一些其他漂浮植物作为点缀。

表3 人工湿地植物配置表

序号	名称	类别	特点	功能
1	芦苇	挺水植物	①适应能力强,或为本土优势品种;②耐污染能力强;③根系发达,生长量大,营养生长与生殖生长并存,对有机物的吸收比较丰富;④大都能于无土环境生长。	根系发达,生长量大,对有机物的吸收利用率高,能直接摄取污水中的营养物质,吸收污水中的重金属等有毒有害物质。而且可输送氧气到根区,提供根区微生物生长,促进对难分解化学有机物的分解。
2	千屈菜			
3	美人蕉			
4	荷花	浮叶植物	①耐淤能力较好,适宜生长在淤土层深厚肥沃的地方,生长离不开土壤;②具有发达的地下块根或块茎,其根茎的形成对有机物元素的需求较多。	利用这些植物的生长(主要是块根、球茎和果实的生长)需要大量的有机物元素的特性,将其作为有机物去除的优势植物应用。
5	睡莲			
6	水花生	漂浮植物	①生命力强,对环境适应性好,根系发达;②生长迅速;③主要以营养生长为主,对有机物的需求量较高。	①生长量大、根系发达、年生育周期多能吸收水体中的养分;②以营养生长为主,对有机物的吸收利用率高。
7	羽毛草			

以下分别对人工湿地的芦苇、千屈菜和荷花3种主要植物的景观效果进行描述说明。

(1)芦苇。

整个植株可分为根、根状茎、茎、叶、花和种子6个部分。成熟的芦苇高度一般在2~4 m之间,直径1 cm左右,苇叶20片左右,每年的八九月间是芦苇开花季节。一年四季景色不同,春天锦鳞泳波,夏季芦苇成林,秋天“枫叶荻花秋瑟瑟”,冬天一片琉璃,白色如银。芦苇植于湿地之中,与水中其他植物

和岸上乔灌木一起构成不断线的景观层,其大面积的自然蔓延使人人工化的湿地展现出更为野趣横生的艺术效果。

(2)千屈菜。

植株高30~100 cm,茎四棱,多分枝。单叶对生或轮生,披针形,全缘。穗状花序顶生,小花多数密集,紫红色,有紫色、大花、桃红色、毛叶等变种,林丛整齐清秀,花色淡雅,花期长。千屈菜配合荷花植于人工湿地之中,实为一个优美的夏季花景布置。其花

色明艳醒目,姿态娟秀洒脱。成片种植能够与周围的绿树、碧水、岩石等景物形成强烈的对比,突出主题,层次分明,景色优雅宜人,并造就广阔壮丽的景观。

(3)荷花。

位于我国十大名花之列,被人们称为花中的君子。荷花为多年水生草本花卉,叶盾圆形,花单立于花梗顶端,高托水面之上,有单瓣、复瓣、重瓣等花型。花色有红、粉红、白、紫等。花期6月~9月,荷花生长健旺,枝株挺拔,花朵硕大,颜色艳丽。花期较长,芳香四溢,有“馥馥莲芳入梦来”的芳香,更有“清水出芙蓉,天然去雕饰”的清新之感。将荷花大面积种植于人工湿地之中,从整体布局上突出了“碧、红、香、凉”的意境美,即荷叶的碧,荷花的红,熏风的香,环境的凉,并从总体上有“接天莲叶无穷碧,映日荷花别样红”的景观。

水生植物的应用不但极大地丰富了园林的水体景观,还与水质处理系统、生态系统保护巧妙地结合为一体,营造了富有诗情画意、环境优雅的水生植物景观,最终在景观和生态系统水平上展示其美学价值。从欣赏植物景观形态美到意境美,再到生态景观理念的升华,是人与自然和谐的不断进步。

4.2.4 维护管理

人工湿地系统需要维护管理。维护管理主要包括4个方面:杂草的去除、沉积物的挖除、预防塌方和消除危险隐患。

(1)杂草的去除。

杂草的过度生长带来了许多问题。在春天,杂草比湿地植物生长得早,遮住了阳光,阻碍了植株幼苗的生长。杂草的去除将会增强湿地的净化功能和经济价值。实践证明,当植物经过3个生长季节,就可以与杂草竞争。然而,一开始就建立良好的植物覆盖,并进行杂草控制是最理想的。在春季或夏季,建立植物床的前3个月,用高于床表面5 cm的水深淹没可控制杂草的生长。

(2)沉积物的挖除。

由于暴雨径流含有大量的悬浮物,在湿地床的进水区易产生沉积物堆积。运行一段时间,需挖除沉积物,否则会大大影响处理效果。

(3)人工湿地的塌方预防。

当人工湿地运营一段时间后,大暴雨过后需要投入一定的资金和人力进行维护,以防人工湿地四壁坍塌。

(4)人工湿地四周设置围栏和警示牌,防止路人

不慎落入湿地之中,消除危险隐患。

5 结论

(1)人工湿地具有低浓度污染水处理效果好、维护较容易、景观效果好等特点,对比高速公路路面径流污染的特点,人工湿地是一种较好的高速公路路面径流的处理方法。

(2)处理路面径流的人工湿地系统不同于处理普通城市污水和工业废水,有其自身的设计和建造特点,主要体现在以下几方面。

①在处理路面径流和城市污水的湿地系统中,进水的化学特性和水文学特性是不同的。城市污水一般有稳定的流量和水质,可根据生物降解过程,确定并维持最佳处理效率。然而,路面径流是完全不同的,在降雨期间或降雨之后,流量会在短时间产生很大的变化,水质也有很大的变化。因此,人工湿地系统设计时应考虑到流量很大和水质很差的极端情况,使之具有较强的对不同情况的应变能力。

②路面污染物的浓度集中在降水初期,一般在降水15~30 min内污染物随降水时间增加浓度增大,随后污染物浓度逐渐减少。所以人工湿地设计时主要考虑对前30 min污水的处理,后续的路面径流相对污染较小,可以不做重点处理。

③设计时需注意要保持人工湿地的一定水位,可以利用天然降雨,也可以人工引水,以保证水生植物具有基本生长条件。

(3)选择水生植物时除了应该满足去污效果好的条件之外,还应该能承受较大范围内的水量、水质、温度和PH值等的变化,具有较好的适应性,最好是本土植物,并能够给公路带来美丽的景观效果。

(4)处理路面径流的人工湿地在维护时更应注重其安全性,防止由于雨水冲刷而塌方或发生其他安全事故。

目前,洋青跨线桥处的人工湿地已经初步建成,并且湿地中的植物生长良好。笔者将以此为案例,进一步试验研究人工湿地对路面径流的处理效果,为路面径流人工湿地处理方法的成功实践提供定量化依据,同时也为该方法的逐步推广打下坚实的理论基础。

参考文献:

- [1] A S Al-Homoud. Modelling the effect of rainfall on instabilities of slopes along highways [J]. Environmental Geology, 1999, 37 (4).

- [2] A S Al-Homoud, G Prior, A Awad. Modelling the effect of rainfall on instabilities of slopes along highways[J]. Springer Berlin/Heidelberg, 2002, 37(4).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] Dilek G Turer, J Barry Maynard. Heavy metal contamination in highway soils. Comparison of Corpus Christi, Texas and Cincinnati, Ohio shows organic matter is key to mobility [J]. Clean Techn Environ Policy, 2003, 4.
- [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] 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).
- [8] Herricks E E. Stormwater runoff and receiving system——impact, monitoring and assessment [M]. USA: Lewis Publishers, 1995.
- [9] Millar R G. Analytical determination of pollutant wash-off parameters[J]. J. of Envir. Engrg. ASCE, 1999, 125(10).
- [10] Pitt R, Field R. Water-quality Effects from Urban Runoff[J]. Journal AWWA, 1997, 8.
- [11] Shaw L Yu, et al. Water management for eco-friendly urban and highway construction[J]. Journal of Ecotechnology, 2005, 1.
- [12] Wu J S, Allan C J, et al. Characterization and Pollutant Loading Estimation for Highway Runoff [J]. J. Envir. Engrg. ASCE, 1998, 124(7).
- [13] M B Green. Constructer reed beds: A cost effective way to polish waste water effluents for small communities [J]. Water Environment Research, 1994, 66(3).
- [14] 韩志强, 许志鸿. 初期路面径流的收集与处理[J]. 公路, 2004, (10).
- [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] 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).
- [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] 赵剑强. 公路交通与环境保护[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [19] 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).
- [20] 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.
- [21] 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).
- [22] 甄晓云, 金丹越, 陶磅. 高速公路服务区污水生态处理及回用技术研究[J]. 公路环境保护, 2005, 2.

Application of Artificial Wet Land to Pavement Run-off Pollution Treatment

ZHONG Ping¹, SHI Xiang²

(1. China Academy of Transportation Sciences, Ministry of Communications, Beijing 100029, China;

2. Guangdong Yu-Zhan Expressway Co. Ltd, Zhanjiang 524005, China)

Abstract: The method for pavement run-off pollution treated by artificial wet land is discussed. Firstly, The main compositions of pavement run-off pollution are analyzed, and it can be proved that the artificial wet land is suitable for treating pavement run-off pollution. Secondly, the treatment theory of artificial wet land is illustrated. Last, combined with Yu-Zhan Expressway in Guangdong Province, the design technique of the artificial wet land for pavement run-off pollution treatment are presented. It is emphasized that this design technique is different from the technique of the artificial wet land for city water pollution treatment. This research can provide the referenced example for other artificial wet land to treat pavement run-off pollution in China.

Key words: pavement run-off; artificial wet land; treatment; design method; Yu-Zhan Expressway