

跨水源地桥面和路面径流排水系统设计研究

白旭丽

(中铁第一勘察设计院集团有限公司,陕西 西安 710043)

摘要:高速公路的路基和桥梁设置一般要避开水源保护区,当条件不允许而无法避开时,则必须考虑设置应急处理系统。单独桥梁穿越水源保护区或者单独路基穿越水源保护区,已有文章给出应急处理池的计算及设计方法,而桥梁和路基同时穿越水源保护区的情况下,如何合理设置应急处理系统,鲜有文章提及。韦就大桥跨越水源保护区,同时部分路基段也在水源保护区范围内,通过对常见的桥面排水方式进行分析,结合工程特性,建立了采用桥面径流收集管道、路基径流收集管道、中转应急储存池和水源保护区外应急处理池组成的应急处理系统,为今后类似工程提供技术借鉴。

关键词:桥面径流;路面径流;排水系统;水源地;收集系统;水力计算

中图分类号:U443.5

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)06-0150-04

0 引言

《关于加强公路规划和建设环境影响评价工作的通知》(环发[2007]184号)指出:为防范危险化学品(以下简称“危化品”)运输带来的环境风险,对跨越饮用水水源二级保护区、准保护区和二类以上水体的桥梁,在确保安全和可行的前提下,应在桥梁上设置桥面径流水收集系统,在桥梁两侧设置沉淀池,对桥面径流进行处理,确保发生污染事故后的饮用水安全^[1]。

当桥梁不可避免处于水源保护区范围内时,且桥梁跨度长、纵坡或横坡变化较大时,如果桥面排水处理不好,不仅会造成桥面积水,影响行车安全^[2];一旦发生危化品交通事故,还会对水源保护区的水质造成影响,对人体健康和保护区生态环境造成更大危害。同样,路基段跨水源保护区,也会对水体造成一定的影响。基于青山绿水的环保要求,跨水源地的公路或桥梁的环保要求越来越高^[3-5]。

因此,必须对跨越水源保护区的桥梁和路基采取保护措施,才能防止交通事故中泄露的危化品和事故废水对敏感水体产生影响^[6],并净化桥面和路基降雨径流。通过合理设置危化品事故径流收集系统,可以有效收集危化品事故径流,减轻对水源保护区水体的污染。

收稿日期:2023-07-14

作者简介:白旭丽(1987—),女,硕士,工程师,从事给排水设计工作。

1 桥面排水设计

1.1 工程概况

南宁六景至宾阳高速公路位于广西壮族自治区南宁市青秀区、横县、宾阳县境内,路线大致呈南北走向。主线全长44.6 km,采用设计速度120 km/h的高速公路标准,沥青混凝土路面,路基宽26.5 m。

陈平镇陈平街中心校水井水源地保护区水源井深80 m,服务人口1200人,设计取水量150 t/d,实际取水量100 t/d。其中,韦就大桥位于该水源地二级保护区,距离一级保护区边界约85 m,距离取水口约135 m。陈平镇何村水源地保护区水源井服务人口3000人,设计取水量为100 t/d,实际取水量54.8 t/d。主线路基段489~754 m位于该水源地二级保护区,距一级保护区边界275 m左右,距取水口325 m左右。韦就大桥跨越陈平江(也叫伶俐江),水质执行《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准,路面径流收集及桥面处理系统根据环评报告进行设置,具体设置情况见表1。

表1 敏感水体环境保护设置

敏感水体名称	影响路段总长/m	径流收集处理设施
陈平镇何村水源地	路基段489~754	径流收集系统+应急储存池+保护区外的应急处理池
陈平镇陈平街中心校水井水源地	桥梁段369.5~370.5	径流收集系统+应急储存池+保护区外的应急处理池

韦就大桥为分离式桥梁,采用12×30 m装配式预应力混凝土先简支后连续T梁,左幅桥梁全长370.50 m,右幅桥梁全长369.50 m。桥墩均采用柱式墩,桩基采用钻孔桩基础。主桥左线桥面宽13 m,右

线桥面宽 15.45 m, 桥梁纵坡均为 -0.6%, 横坡 4% ~ 6%。韦就大桥桥面收集系统从 0# 至 12# 桥墩, 桥面径流雨水收集总管从 12# 桥墩引入地面, 排入西岸中转应急储存池, 再引至水源保护区外的应急处理池。

1.2 环保要求

根据环评报告, 桥面需设置桥面径流收集系统, 并严格执行环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时制度”和环境监察制度。末端设置应急事故水池, 容积不小于 40 m³, 桥尾设置 1 个, 并根据收集断面长度、水量大小等专门设计防渗处理。在最近的服务区, 配备一定数量环境应急救援物资作为应急设备, 防止隧道及敏感水体路段发生重大污染事故。

1.3 应急处理系统设计

地面径流应急处理系统设置应急 - 调节沉淀池。毋庸置疑, 这是环评及绿色公路要求必须设置的, 但是否设后置雨水处理系统尚待论证。鉴于本工程的诸多特殊性, 工程项目地处荒野、远离城镇, 若采用常规的活性污泥法、生物膜法或氧化沟法, 污水处理站需有人值守, 且成本较高, 不建议采用。若采用无人值守的自然处理系统(生态塘、滞留池、人工湿地、土地渗滤等), 一旦发生事故, 危化品进入上述处理单元, 将对其结构及功能造成致命破坏, 很难恢复, 严重时还会殃及处理单元之外的自然土壤和水体, 进而破坏周边生态系统。另外, 考虑到项目穿越地区属亚热带季风气候, 雨量充沛, 采用生态塘、土地系统处理效果不甚理想, 后置雨水处理单元的工程意义不大。

综上所述, 本设计推荐桥面径流统一收集、集中储存, 不设后置雨水处理单元。

结合环评报告, 从环境保护的角度考虑, 设置径流收集系统, 减少路面、桥面径流对敏感水体的污染和影响, 以利于收集交通事故时泄漏的危险物品和事故废水。

表 2 桥面径流收集系统泄水口水力计算

编号	名称	泄水管间距/m	桥梁纵坡	L_p /m	l_p	t_1 /min	泄水口流量/(L·s ⁻¹)	落水管流量/(L·s ⁻¹)
1	韦就大桥主跨东	5	0.006	13.000	0.020 8	1.557	3.370	5.055
2	韦就大桥主跨西	5	0.006	15.291	0.020 9	1.677	4.035	6.052

为提高桥面径流排水系统安全, 综合考虑雨水总管的物理、力学性能和使用年限, 落水管不采用 UPVC 排水管, 而采用 UPVC 给水管。UPVC 给水管

2 设计方案

2.1 总体布局

在本高速公路西侧路基边坡底部, 陈平江以北设 1 套桥面径流应急处理系统, 中转并收集韦就大桥桥面径流及韦就大桥以北水源保护区内范围路基径流。韦就大桥桥面径流总管由大桥北端引至地面, 路基径流由北向南通过路基边沟集中汇流至大桥北端, 两股水流分别进入应急储存池, 然后通过 d1000 钢筋混凝土排水管, 顺地势集中排至水源保护区外应急处理池, 统一处置。中转应急储存池容量 600 m³, 水源保护区外应急处理池容量为 65 m³。其工艺流程如图 1 所示。

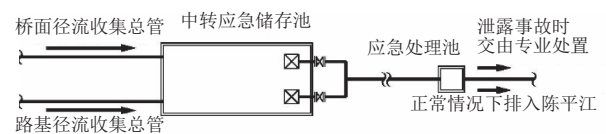


图 1 应急处理系统

2.2 泄水口布置

泄水口间距既要考虑降雨强度和汇水面积, 又要考虑桥面的横向坡度、纵向坡度、泄水口泄流能力, 以及允许过流断面满流的宽度^[3]。李振宇等^[7]的研究, 桥面泄水口间距为 3 ~ 5 m。结合工程实际, 当桥面横坡为 2.5%、道路纵坡为 0.5% 时, 泄水口最大间距宜为 10 m, 本工程泄水口布置间距取 5 m。

(1) 泄水口的计算按照坡面汇流计算^[3], 桥面集水时间 t_1 计算如下。

$$t_1 = 1.445 \cdot \left(\frac{SL_p}{\sqrt{l_p}} \right)^{0.467} \quad (1)$$

式中: S 为在沥青混凝土路面上, 粗糙系数取 0.013; l_p 为坡面流坡度; L_p 为坡面流长度, m。

东幅桥面净宽 12 m, 西幅桥面净宽 14.45 m, 桥面横坡为 2%, 泄水口的雨水流量计量见表 2。落水管流量按泄水口流量 1.5 倍确定, 落水管采用 De110 的 UPVC 给水管, 最大泄流量 12.80 L/s, 满足要求。

壁厚相比 UPVC 排水管更厚, 承压能力好。

(2) 采用南宁市暴雨强度公式:

$$q = \frac{4\ 306.586 \times (1 + 0.516 \log P)}{(t + 15.293)^{0.793}} \quad (2)$$

式中: q 为设计暴雨强度, $L/(hm^2 \cdot s)$; P 为设计降雨重现期,取 $P=5$ a; t 为降雨历时,本工程取 $t=5$ min。

(3)雨水径流量公式^[8]

$$Q_s = q \psi F \quad (3)$$

式中: F 为汇水面积, hm^2 ; ψ 为径流系数,本工程取 $\psi=0.90$ 。

2.3 桥面雨水总管的计算

桥梁左右幅各设置一套桥面径流收集子系统,左右幅平行布置,以主跨中心为界限,桥面径流收集总管利用纵坡由东向西排放,从12#桥墩引流至地面应急储存池内。

每幅桥末端雨水总管水力计算见表3。

表3 桥面径流收集系统每幅桥总管水力计算

编号	桥梁名称	暴雨强度 / (L·s ⁻¹ ·hm ⁻²)	末端计算流量 / (L·s ⁻¹)	末端总管管径 / mm	末端总管坡度 / %	过流能力 / (L·s ⁻¹)
1	韦就大桥主跨东		213.147	De400	0.599	232.817
2	韦就大桥主跨西	538.468	258.023	De450	0.6	318.994
3	桥面径流合计		471.170	d800	0.5	935.040

表4 路基径流收集系统水力计算

序号	位置	计算流量 / (L·s ⁻¹)	路基径流合计 / (L·s ⁻¹)	总管管径 / mm	总管坡度 / %	实际过流能力 / (L·s ⁻¹)
1	路基西侧	115.40				
2	路基中间	177.95	470.35	d800	0.5	935.040
3	路基东侧	177.00				

2.4 路基收集总管的计算

南宁六景至宾阳段路高速公路路基段主要影响水体为陈平镇何村水源地保护区。根据环评报告,路基影响范围及管径计算见表4。路基段计算流量根据路基实际汇流面积计算得到。

2.5 应急储存池容积计算

应急存储池容积:

$$V = Q_s \cdot t \cdot 3.6 + V_2 \quad (4)$$

式中: Q_s 为设计降雨重现期为5 a的径流量; t 为初期雨水的径流时间,本工程取 $t=10$ min; V_2 为危化品储运罐车容积,取较大值30 m³。

于晓磊等^[4]的研究,将降雨初期10 min的径流量作为初期雨水;也有研究^[1]以前30 min降雨作为初期雨水。综合考虑,本工程取10 min为初期雨水径流时间。

王文菊^[9]的研究指出,事故泄流量取20 m³。李志远^[10]的研究指出,危化品罐体容积不小于20 m³。

应急储存池容积同时储存水源保护区范围内的路基径流和桥面径流,对应的5 a一遇的初期雨水量为564.912 m³。本工程应急储存池容积:

$$V = (471.17 + 470.35) \times 10 \times 60 \div 1000 + 30 = 594.912 \text{ m}^3$$

有效容积取600 m³,尺寸为20 m(长)×8 m(宽)×4 m(高),池内设置3道隔板。鉴于过流断面变大,推流速度较小,池底增设1%排水坡,坡向沉泥槽,水中的悬浮物、泥沙等主要污染物沉淀至沉泥槽。该应急

储存池位于水源保护区内,仅发挥储存及中转功能,设置排空管阀门井,不设溢流管,排空管排至排水检查井,再通过敷设长323.8 m的d1000排水管输送至水源保护区以外的应急处理池。

曾志刚^[11]的研究指出,危化品事故径流处理池有效容积不小于50 m³。按环评报告,事故池容积不小于40 m³。综合考虑,本工程应急处理池容积取65 m³,尺寸为4.65 m(长)×4.65 m(宽)×3.20 m(高)。应急处理池有开放式和封闭式两种。开放式处理池一方面容易蓄积地表径流雨水而造成计算池容不能充分利用,另一方面必须设置隔离栏栅防止人或者动物误入。本工程应急储存池为封闭式结构,设置检修孔,检修孔上锁,由负责维护的管理人员负责。应急处理池设排水管(上游阀门控制),未发生危险品泄露事故时,雨水排入水源保护区以外的河道中。

3 应急处理系统运营模式及注意事项

应急处理系统运行共有4种情况。

(1)晴天无危险品泄露时:池空待用。

(2)晴天有危险品泄露时:泄流量远小于应急调节沉淀池容量,危险品储存于池内,由专业人员妥善处置。

(3)雨天无危险品泄露时:桥面径流收集后排入桥面径流处理系统,正常情况下经沉淀后溢流至陈平江。每次降雨结束,打开应急处理池排空管阀门,及时排空雨水,保持应急处理池内有充足的容积。

(4)雨天有危险品泄露时:利用池体内的蓄水量储存危险物品,管理人员接到泄漏警报,确认紧急处理池出水阀门关闭,并由专业人员妥善处置。

高速公路运营管理部门要建立健全养护管理制度和环保设施运行规程,配备养护管理专职管理人员,加强对管理人员的专业技术培训。高速公路运营管理部门要提前做好突发事件的应急处置预案,做到防患于未然。当桥面出现危化品泄漏时,应由专业技术人员第一时间向有关环保主管部门报告,并启动事故应急预案,现场处置和处置危化品泄漏事故。维护管理人员应定期巡检、维护,发现设施损坏,应及时修复,确保环境保护设施正常运转。管道、阀门等,应定期维护。应急储存池和应急处理池污泥,应定期清理。

4 结语

同时穿越水源保护区的桥梁和路基必须设置应急处理系统。本工程应急处理系统由桥面径流收集管道、路基径流收集管道、中转应急储存池和水源保护区外应急处理池4部分组成。应急储存池的容积需同时考虑路基径流和桥面径流形成的初期雨水。本文结合跨越水源保护区的韦就大桥及路基段的工程实例,给出了泄水口、应急储存池、应急处理池的

容积计算及后期运营过程中的注意事项。通过合理设置应急处理系统,可以有效减少桥面排水和路基排水对水源水体的影响和污染,从而满足环保要求,保护生态环境。

参考文献:

- [1] 杨文娟,陈莹,吴沛,等.敏感水体公路桥梁桥面径流排水系统设计方法[J].长安大学学报(自然科学版),2020,40(4):60-67.
- [2] 尹梅,王巍.城市桥梁桥面排水设计中的问题与处理方法[J].市政技术,2008(5):397-398,412.
- [3] JTG/T D33—2012,公路排水设计规范[S].
- [4] 于晓磊,殷桂芳.基于环保理念的漯河洼特大桥桥面排水设计[J].现代交通技术,2020,17(1):40-44.
- [5] 唐细彪.旧桥桥面应急排水与收集系统设计[J].城市道桥与防洪,2021(1):107-109.
- [6] 张祚龙,邓煜,孙同波.东江特大桥桥面排水研究和环保设计[J].公路,2013,58(11):213-217.
- [7] 李振宇,孙明岩.城市高架桥排水设计研究[J].城市道桥与防洪,2016(2):126-127,130.
- [8] GB 50014—2021,室外排水设计标准[S].
- [9] 王文菊,付伟.跨水源地桥梁排水及水处理池的设计探讨[J].公路,2019,64(3):61-65.
- [10] 李志远.水源保护区事故沉淀池设计探讨[J].城市道桥与防洪,2019(6):178-179.
- [11] 曾志刚.西固黄河大桥雨水集流系统设计[J].城市道桥与防洪,2014(8):149-151.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com