

# 旧桥桥面应急排水与收集系统设计

唐细彪<sup>1,2</sup>

(1.桥梁结构安全与健康国家重点实验室,湖北 武汉 430034; 2.中铁大桥科学研究院有限公司,湖北 武汉 430034)

**摘要:**某旧桥跨越饮用水源头,其排水系统缺失,桥面排水直排江体可能会对水体环境产生一定的影响。针对该情况,设计了一种旧桥桥面应急排水与收集系统。该系统通过设置纵向排水管、危化品识别传感器、控制开关、应急池,可实现对桥面初期雨水、桥面暴雨和桥面危化品泄漏等多种情况分流导排。同时设置溢流管、沉沙箱和橡胶伸缩软管等装置,提高了系统的使用功能和寿命。该系统设计新颖、实用,相关成果可为类似桥梁应急排水设计提供参考。

**关键词:**旧桥;排水系统;排水管;危化品;溢流管;沉沙箱;应急池;传感器

**中图分类号:** U443.5

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)01-0107-03

## 0 引言

近些年,随着推进资源节约型环境友好型社会的建设和发展,在要求保证工程建设质量的基础上,越来越注重生态环境的保护,故而对跨越水质要求高、重要敏感城市湖泊的桥梁排水,也越来越重视<sup>[1]</sup>。相关资料表明,在公路或城市桥梁运营期间,路面初期雨水径流污染物成分复杂,降雨所产生的桥面径流(尤其是初期径流)含有一定数量的悬浮颗粒物、有机物、营养盐和重金属等污染物,若未经处理,直接排入河流、湖泊中,可能引起受纳水体水质变差。同时,各类化学危险品运输车辆在敏感水域路段一旦发生事故导致危险品直接泄入水体,对水环境也将产生极大危害,甚至破坏水生生态环境。另外,从国内城市跨河流桥梁排水现状来看,绝大多数旧桥桥梁都存在桥面排水设施缺失或不畅情况,桥面排水将通过桥面或竖向泄水孔直接流入江河体,极易对受纳水体造成影响<sup>[2-5]</sup>。

因此,针对现有技术中存在的缺陷,有必要设计一种旧桥桥面排水应急改造系统,能够对含有污染物的雨水和含有危化品的雨水进行分离,并避免含有污染物或危化品的雨水直接流入江河体中。

## 1 工程背景

某大桥位于广西柳州,跨越城市饮用水源头——柳江。主桥为一联五跨变高度连续箱梁。大

桥全长 605 m,桥面宽 32.9 m。桥面纵横向均为双坡,桥上最大纵坡为 2.49%。横桥向坡度约为 2%。

目前,桥面泄水孔情况良好,顺桥向按间距 15 m 布置,横桥向对称布置在防撞护栏侧边,预留孔管径为  $\phi 100$  mm,且基本处于疏通状态,但桥梁竖向泄水管和纵向排水管缺失(见图 1),桥梁两端均未设置收集池,道桥面排水通过泄水孔直排于柳江中,对饮用水源保护区生态环境有一定的影响。



图 1 实桥排水系统现状照片

## 2 系统整体设计

针对大桥排水现状,排水系统设计思路为:沿大桥主桥安装竖向泄水管、纵向排水管道,纵向管道每隔一段距离设置溢流管、沉沙箱和橡胶伸缩软管三个装置,分别实现纵向管道泄水、清理沙土和变形等功能。在大桥两端头设置应急池。正常雨水时,利用现有桥面泄水管,通过纵向排水管,引导至地面排水管道,并分别通过调节池和隔油池,最后进入市政管网。当桥面雨水较大时,在保证初期雨水进入市政管网的前提下,部分无污染雨水将通过溢流设施,直接排入柳江。当桥面危化品运输车发生事故时,危化品污染物将流入纵向排水管,并进入地面排水管道。此时将被安装在管道上的危化品识别传感器识别,并通过控制器将危化品引导至应急池,以待后续集中

收稿日期:2020-06-16

作者简介:唐细彪(1983—),男,硕士,高级工程师,主要从事桥梁结构研究、桥梁加固设计与养护施工。

处理。三种情况桥面排水系统流程图见图2,整体布置见图3。

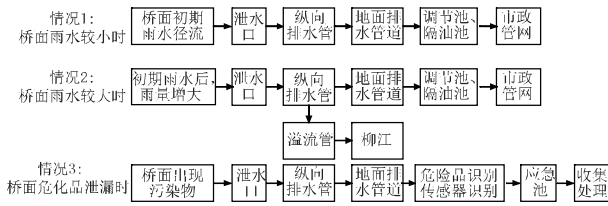


图2 三种情况下桥面排水系统流程图

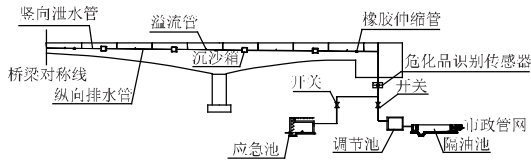


图3 旧桥桥面排水和收集系统整体设计

### 3 纵向排水管道设计

根据现有桥面排水设计,分别设置DN100 HDPE 竖向落水管对已有泄水管进行收集。桥梁两腹板各设计一排 HDPE 纵向排水主管与竖向落水管连接,纵向管采用支架进行安装固定,坡度与桥面坡度一致。

由于纵向排水管的管径受暴雨强度和管道水力的影响,纵向排水管的管径规格应按照下列流程进行计算:首先通过《室外排水设计规范(GB 50014—2006)》第3.2.1条流量公式计算流量。

$$Q = F \cdot \varphi \cdot q$$

式中: $Q$ 为设计流量; $F$ 为汇流面积; $\varphi$ 为径流系数,取值0.90; $q$ 为暴雨强度。

暴雨强度 $q$ 采用强度公式则依据《室外排水设计规范(GB 50014—2006)》第3.2.3条计算。以柳州市为例,暴雨强度的计算公式为:

$$q = 192 \cdot 9.943 (1 + 0.776 \lg P) / (t + 9.507)^{0.653}$$

式中:地面的径流时间 $t$ 取5 min;重现期 $P$ 取5年。

管道水力计算则采用公式

$$V = \left( \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \right)$$

式中: $V$ 为流速; $R$ 为水力半径; $I$ 为水力坡降; $n$ 为管道内的粗糙系数。

最终计算得到本桥纵向排水管道管径在200~450 mm 范围。考虑到增加排水系统对旧桥受力有一定的影响,本桥纵向排水管道将按计算下限取值,管径取值为200 mm。

### 4 溢流管设计

由于降雨初期存在淋洗效应,因此路面径流的污染负荷主要集中于降水初期,而降水初期纵向排

水管内的流量还处于正常范围内,此时的雨水会被调节池、隔油池进行处理,然后进入市政管网。随着雨量逐渐增大,纵向排水管泄水能力不能满足,但此时,初期雨水已进行处理,后期路面径流的污染物较少,雨水可通过在纵向管设置的溢流管直接流入江中。

设计时,溢流管管材和规格与竖向落水管相同,采用DN100 HDPE,溢流管出口的最高高度高于纵向排水管顶部,具体布置见图4。

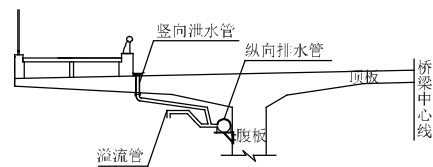


图4 溢流管布置示意图

### 5 沉沙箱设计

桥面的尘土等杂物常常较多,而这些物质会随着桥面雨水径流流至纵向排水管内,经过长时间的积累堆积,将会大大影响纵向排水管的泄水能力,严重时,可能将纵向排水管堵塞。本系统设计了一种可以解决该问题的沉沙箱装置。

沉沙箱两侧壁与纵向排水管相连,当含有尘土等杂物的雨水通过纵向排水管流至沉沙箱时,大部分的尘土等杂物会沉淀至沉沙箱底,从而能够保证排水效率。当沉沙箱底部设置泄沙孔,顶部采用的是开启式箱门,桥梁管养人员可定期开启检查;当沉沙积满而影响排水时,可通过泄沙孔定期清理。沉沙箱体采用钢材,数量根据桥梁规模来定,一般建议每隔50 m 布置一个,沉沙箱容积为0.5 m<sup>3</sup>,具体布置见图5。

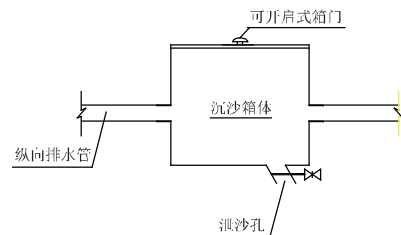


图5 沉沙箱布置示意图

### 6 危化品识别传感器设计

排水系统在落地管道上安装危化品识别传感器。该传感器包括电导率检测传感器、介电常数检测传感器、pH 值检测传感器和控制器四个构件(见图6)。其原理为:当危化品通过时,传感器将识别到电导率、介电常数和 pH 值中一个或多个超过预设临界值,控制器将发出指令<sup>[6]</sup>,关闭后续通往市政管网的开关,同时打开通往应急池的开关,从而使危化品

被收集于应急池内,以待后续集中处理。

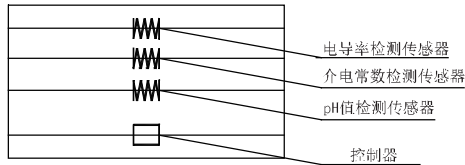


图6 危化品识别传感器示意图

## 7 应急池设计

### 7.1 应急池容量

根据《事故状态下水体污染的预防与控制技术要求》(Q/SY 1190—2009)和《化工建设项目环境保护设计规范》(GB 50483—2009)的规定,对于一般的新建、扩建、改建和技术改造的建设项目,其应急事故池的容积可按照下列公式计算。

$$V_{\text{应急事故池}} = V_1 + V_2 + V_3$$

式中: $V_1$ 为1个最大容量的设备的物料储存量; $V_2$ 为装置区发生火灾爆炸和泄露事故时的最大消防用水量; $V_3$ 为事故冲洗水量; $V$ 为一辆运输有害液体的储罐车的储存量。

根据我国槽罐车的标准尺寸,槽罐车罐体长9.2 m,长轴2.38 m,短轴1.5 m, $V_1 = \text{罐体长} \times \text{长轴} \times \text{短轴} \times 0.81 = 26.6 \text{ m}^3$ 。根据《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014), $V_2$ 取10 min的消防用水量,流量为20 L/s, $V_2 = 20 \times 10 \times 60 = 12 \text{ m}^3$ 。 $V_3$ 事故冲洗水量按照《建筑给水排水设计规范》(GB 50015—2009)中第3.1.10条取3 L/m<sup>2</sup>,单座应急事故池所需冲洗面积按照50 m长,桥宽的一半进行计算。最终计算得到事故应急池容量约50 m<sup>3</sup>。

### 7.2 应急池构造

应急池<sup>[7]</sup>顶部设置进人孔,底部设带有控制阀排空管;应急池底部坡度设置为1%。专业技术人员可通过控制底部控制阀对危化品进行排泄收集处理,也可通过进人孔进入,人工处理,保证处理效果。在池顶部安装危化品液位传感器,当液位传感器检测到危化品液位超出一定限值时,报警器将发出警报,提醒管理者做出相应处理。具体布置见图7。

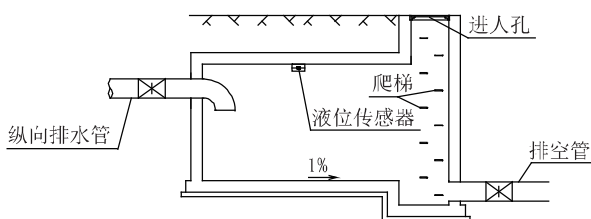


图7 应急池布置示意图

## 8 调节池和隔油池设计

系统在落地管道分支连接调节池和隔油池。其

中,调节池用于对管路雨水起缓冲作用,以防止处理池系统负荷的急剧变化;隔油池则利用油与水的比重差异,分离去除污水中颗粒较大的悬浮油,从而使经过调节池和隔油池的雨水达到排放标准<sup>[8]</sup>。

在隔油池左侧设置隔油壁,在隔油壁的壁板下部设置过水口。在隔油池的右侧设置过水堰,以控制隔油池内水位的高程,而且对排水负荷起着缓冲作用。设计时,根据桥面径流排水最终出水管个数,可对进水口个数和管径适当调整,保证排水全部进入调节池和隔油池内。另外,综合考虑排水需求和建筑面积等因素,本桥隔油池容积定为6 m×1.8 m×2 m。具体布置见图8。

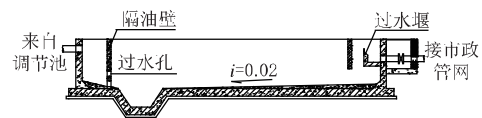


图8 隔油池布置示意图

## 9 结语

由于早期城市排水规划标准体系还不完善等,国内跨越重要城市饮用水源头的旧桥梁,排水系统可能存在不足情况,桥面排水将通过泄水孔直接排入江中,对水体环境产生一定的影响。本文针对某旧桥设计了一种旧桥桥面应急排水和收集系统,该系统通过设置纵向排水管、危化品识别传感器、控制开关、应急池,可实现对桥面初期雨水、桥面暴雨和桥面危化品泄漏等多种情况的分流导排,一方面可以正常导排雨水至市政管网,另一方面也可收集因在桥梁上出现重大交通事故时引发危化品泄漏液,避免水体环境污染。另外,通过设置溢流管、沉沙箱和橡胶伸缩软管等装置,提高了系统的使用功能和寿命,相关成果可为类似桥梁应急排水设计提供参考。该系统于2019年9月安装完成,目前运行情况良好。

### 参考文献:

- [1] 姚祖康.公路排水设计手册[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [2] 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(3):61-65.
- [3] 于晓磊,殷桂芳.基于环保理念的深河洼特大桥桥面排水设计[J].现代交通技术,2020(1):40-44.
- [4] 王上.跨越秦岭水源地桥梁排水应急收集系统设计及应用分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019(11):197-198,209.
- [5] 陈莹,赵剑强.跨越敏感水域桥梁应急排水系统设计计算方法[J].世界桥梁,2016(4):81-85.
- [6] 宋怡然,胡敬芳,邹小平,等.电化学传感器在水质重金属检测中的应用[J].传感器世界,2017(12):17-23.
- [7] 边归国,潘文斌,黄辉.我国行业和企业环境应急水池容积的研究[J].能源与环境,2020(2):12-16.
- [8] 邹容伟,饶钦富,邓冕,等.混凝气浮/UASB/接触氧化/混凝沉淀处理油脂废水[J].中国给水排水,2019(10):100-104.