

广州南大干线隧道水雨情监测系统方案研究

陈程, 顾庆福, 陈丽甜

(广东省建筑设计研究院有限公司, 广东 广州 510010)

摘 要: 随着国内极端恶劣天气频繁发生,城市道路隧道淹水多次造成严重人身及财产损失,为最大化降低类似事故发生,需要根据隧道情况建设隧道水雨情监测系统。结合广州南大干线工程金光东大道隧道实例,论述隧道水雨监测系统方案的系统架构及设置内容,以交通设施为抓手,智能化、高效化、人性化地避免隧道淹水二次事故发生。

关键词: 城市隧道; 淹水; 水雨情系统; 交通警示措施

中图分类号: U491

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)06-0156-03

0 引言

近年来,我国各地频繁出现极端暴雨天气,50 a 一遇、100 a 一遇降水接二连三的侵袭各个城市。2018 年,台风“山竹”来袭,广州出现强降雨、珠江水倒灌,新中轴隧道、花城大道 CBD 隧道、中山大学北门隧道、阅江路磨碟沙隧道等多处重点位置出现严重被淹情况。2021 年,7·20 郑州特大暴雨造成重大人身及财产损失,其中,京广北路隧道 3 h 被灌满导致 6 人遇难。为避免今后出现以上惨痛教训,城市隧道交通设施设计应考虑隧道淹水应急预案措施,将灾情造成的损失降到最低。

本文提出隧道水雨情系统方案,该系统主要通过
对监测点进行灾害监测、预警并干预^[1],警示驾驶员
谨慎通过或者绕道驶离淹水隧道,必要时自动拦截
进入隧道车辆,防止意外发生。本文结合广州南大
干线工程金光东大道隧道实例,研究水雨情系统具
体设置方案。

1 项目工程概述

广州南大干线项目是省级重点工程,位于番禺北部,全长 30.32 km,被誉为番禺交通“大动脉”。南大干线规划定位为城市快速路,主要为中长距离的快速交通运输服务,满足各功能组团分区之间的快速通达。主线双向 8 车道,两侧各设单向双车道辅道,主线设计车速 80 km/h,辅道采用 40 km/h。

收稿日期: 2021-09-01

作者简介: 陈程(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事交通工程设计工作。

南大干线设置立交 25 处,其中含下穿隧道 11 座,存在隧道淹水事故风险,本次示例点为工程 5 标范围下穿金光东大道隧道,位置如图 1 所示。该隧道全长 575 m,最大纵坡为 3.412%。



图 1 南大干线隧道分布以及项目示例位置图

2 隧道水雨情系统技术路线

本次方案提出系统架构主要由监测端-管理端-发布及警示端三个部分组成^[2],每个部分具体内容如图2所示。

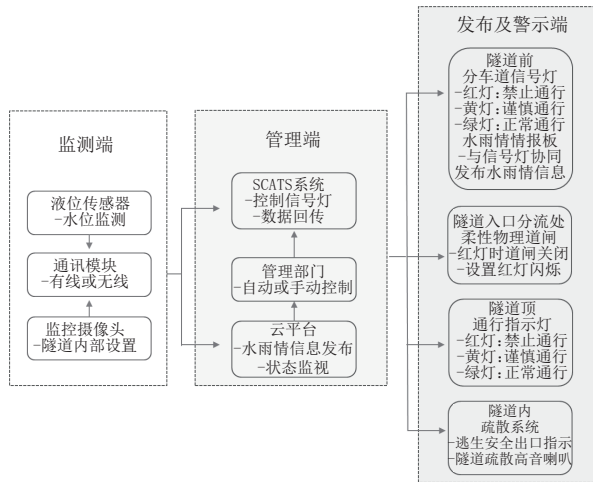


图 2 水雨情系统技术路线

(1)监测端:通过液位传感器进行水位监测,并实时监控隧道内部影像。(2)管理端:后台管理平台接受

前端监测信息,根据具体情况调控前端交通设施。
(3)发布及警示端:前端通过控制车行信号灯、情报板、物理道闸和其他交通设施,警示以及干预进出隧道车辆^[3]。

3 隧道水雨情系统方案

水雨情监测系统将下穿隧道、水位监测和交通诱导结合起来,在隧道入口处设置道路指示灯,在积水达到预警水位时,提醒车辆谨慎通行;在积水达到危险水位时,警示车辆绕行,拦截进入隧道车辆,最大化降低人员伤亡及车辆受损的事故发生率。水雨情系统架构如图3所示。

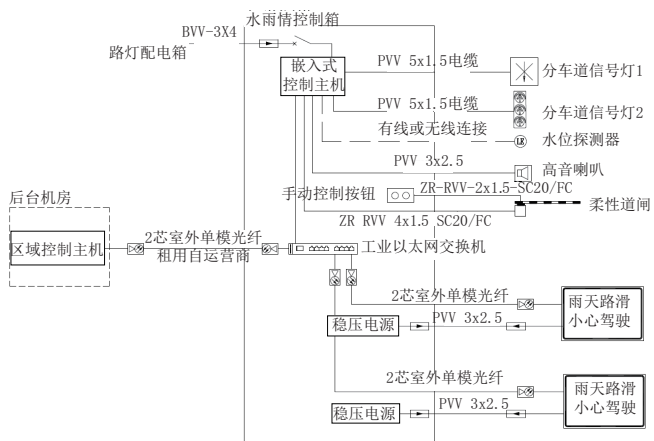


图3 水雨情系统架构图

3.1 系统管理平台

本系统设计将采用“分散监测,集中控制”模式^[4],管理平台基于GIS系统,通过终端实现远程监控、管理,根据液位传感器反馈信息即时了解隧道积水情况,同时可通过高清摄像头画面进一步确认,以防传感器误触发。系统后台为物联网通信云平台,展示监测站、交通控制站实时状态,支持实时通信数据对接,保存监测到的积水深度数据,向值班人员发出声光报警、短信息报警和电子邮件报警。数据云平台支持历史积水信息的存储和当前积水情况的共享,结合PC软件、网页、移动端APP或公众号进行发布。根据不同积水情况,管理部门可提前响应并制定相应措施,在积水加深前安排抢修排水设施,抽排积水,保持道路正常通行。

3.2 前端水情监测

隧道水位监测终端,采用电容感应式传感器检测水位,内置物联网操作系统及物联网通信模块,当积水水位到达传感器的安装位置时,如图4所示,系统检测到传感器输出信号,经过滤波和分析后,系统通过物联网把信息传输至系统后台服务器,控制终

端根据服务器指令控制车道指示灯和LED信息发布屏显示相应状态。

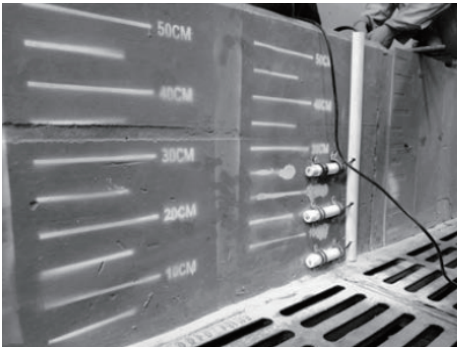


图4 水位监测安装图

隧道水位监测终端主要涉及以下内容:

(1)水位监测点包括电容感应式水位传感器、控制终端、通信模块、IP68防水密封盒、不锈钢传感器防护罩、大容量安全电池等部件。

(2)水位监测点安装到隧道地势最低位置,正常情况下水位监测站每3 min采集一次水位数据,每小时自动上报一次数据,以保证设备在最低功耗状态下运行;在监测到积水时,自动切换到每10 s监测一次水位,同时将数据上传到系统后台,在形成灾害时启动报警。

(3)监测装置具备防误报功能,程序设定积水淹没水位警戒线60 s后触发报警,当车辆经过积水处产生的短暂溅水不会触发报警,触发报警的时间可根据管理部门的实际需求进行后台修改。

(4)监测装置同时具备自检功能,如发生传感器被车辆剐蹭的现象,后台监测到异常会及时将信息反馈给管理部门。

根据车辆的车轮、底盘、排气口等部件的高度设置积水水位警戒线(最高25 cm),并按阶梯分级设置正常通行-警示通行-严禁通行高度。不同积水深度对应的不同位置的警示交通设施响应如表1所示。

当检测地点无积水或者积水深度小于等于5 cm时,系统无警告信息,隧道口指示灯显示绿色箭头,隧道内可正常通行。

当检测地点积水深度大于5 cm,小于等于25 cm时,系统发布隧道积水警示信息,并实时通知相关人员隧道内积水,注意及时安排人员巡查及清除积水,隧道口指示灯显示绿色箭头,LED显示屏发布信息提醒车辆谨慎通行。

当检测地点积水深度大于25 cm时,系统发布隧道积水超过安全水位警告信息,隧道入口处启用

表 1 隧道积水警戒情况及设备响应

警戒等级	隧道状态	积水深度 /cm	隧道前路段		隧道入口处		隧道顶	
			信号灯	可变情报板	可变情报板	警示灯	物理闸机	通行指示灯
0 级	无积水	≤5	绿色箭头	保持车距安全驾驶	保持车距安全驾驶	/	开启	显示“↓”,通行
1 级	轻微积水	5<x≤25	黄色箭头	中度积水谨慎通行	中度积水谨慎通行	黄色闪烁	开启	显示“↓”,通行
2 级	严重积水	>25	红色箭头	严重积水禁止通行	隧道封闭禁止通行	红色闪烁	封闭	显示“X”,封闭

物理闸机,封闭隧道通行,隧道顶指示灯显示红色X,主辅分流处车道车行信号灯自动显示主线红灯辅道绿灯,实现分流控制,及时快速疏散车辆,并通知相关人员隧道内积水严重,及时安排相关人员清楚积水、疏散交通。

3.3 交通设施设置

项目于南大干线下穿金光东大道隧道东往西方向入口处,设置隧道水雨情监测系统前端相关交通设施,如图 5 所示,具体交通设施包括以下内容。

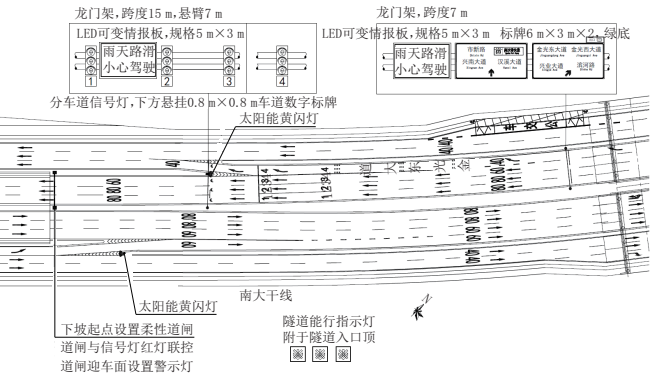


图 5 南大干线金光东大道隧道水雨情前端系统设置示例

第一重警示:主线出口前设置 LED 可变情报板和指路标志牌,提前预告前方道路情况,提供第一次警示和足够变道距离。

第二重警示:主线出口处设置 LED 可变情报板和分车道车行信号灯,进一步警示驾驶员注意当前隧道积水情况,如隧道内积水超过安全线时,LED 显示禁止通行信息,同时车道车行信号灯显示红灯,将车流引流至辅道。

第三重警示:于隧道下坡起点处设置柔性物理道闸,并在隧道闭口段入口处设置隧道指示灯,当积水严重时,隧道指示灯显示红色“X”,下坡起点处关闭物理道闸,道闸设置示例如图 6 所示;装配摄像头

对隧道内淹水情况进行监测;配置高音喇叭对被困人员进行语音疏离。



图 6 隧道道闸设置示例图

4 结 语

隧道水雨情系统采用“三 + 三”架构系统,前者“三”由监测端、管理端和发布及警示端组成,后者“三”由前、中、后三重警示端组成,形成有效的监测、预警、干预系统,最大化降低了隧道淹水带来的人身事故损失,体现了党和国家以人为本、生命至上的执政思想,建议全国各地针对易涝隧道根据实际情况布置水雨情监测系统,完善积水水位线高度设置,实现隧道内水位监测和自动警示的智能应急功能。

参考文献:

[1] 杨胜梅.山洪灾害水雨情监测系统建设技术[N].中国水利报,2017(12):14(6).

[2] 北京国信华源科技有限公司.隧道积水监测系统[P].中国:CN202020345623.3.2020-10-23.

[3] 广州市公路实业发展公司.一种隧道积水监测预警系统[P].中国:CN202021712491.X.2021-05-28.

[4] 赵伟,刘文沛,郑杰,张启贵.高速公路积水监测预警系统的研究和应用[J].安徽建筑,2021,256(8):209-210+220.