

广州萝岗新城外环路下穿北二环高速隧道 防洪排涝方案优化

黄天宇, 易冠廷

(中恩工程技术有限公司, 广东 广州 510660)

摘要:随着经济和社会的发展,城市机动车保有量迅速增长,原有道路的平交模式难以适应现代汽车交通的需要,阻碍着汽车化在城市的实现。为此广州也修建了大量的城市下穿隧道和立交桥。但近年来由强降雨引起的城市下穿隧道及立交桥下低洼处存在大量积水现象时有发生,且有愈演愈烈的趋势。城市内涝积水给人们的出行带来了很大的不便,严重时竟引发行人的死亡和失踪事件,造成巨大损失、教训深刻。以广州市某临河下穿隧道工程为例,结合“5.21-5.22”广州特大暴雨数据,通过对汇水区域的重新梳理,对该隧道进行防洪排涝方案进行优化,并增设防汛安全告警系统,为广州等南方多雨地区其他城市隧道工程提供了有益的参考。

关键词:临河城市下穿隧道;河堤整治;防洪排涝;防汛安全告警系统;

中图分类号: TV22

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)09-0111-05

0 引言

广州市是粤港澳大湾区的核心城市之一。近年来,广州强降雨引发的洪涝灾害频发,强度不断增大,“逢雨必涝”、“城区看海”的现象不断上演。其中,2020年“5·22”特大暴雨,全市内共443处积水,多处城市隧道出现水淹,增城广汽本田生产基地被淹、广州地铁增城官湖地铁站、新沙地铁站严重浸水导致地铁13号线停运,全市死亡4人。暴雨造成的洪涝灾害已经成为影响广州城市公共安全的突出问题,和制约经济社会发展的重要因素^[1]。

鉴于“5.22”特大暴雨灾害的影响,对正在设计和施工的市政道路项目防洪排水系统进行梳理排查。该文正是基于洪涝灾害情况下,以广州萝岗新城外环路下穿北二环高速隧道为例,对该隧道防洪排涝方案进行优化,增设防汛安全告警系统。

1 工程概况

1.1 工程建设概况

萝岗新城外环路(11#路—开创大道)道路及市政工程(以下简称为“外环路”)位于广州市黄埔区萝岗新城,是连接中心区11号路与开创大道的一条城市主干道。起点接中心区11号路与12号路交

叉口,路线呈北转东转南“C形”走向,路线下穿广惠高速西延线、北二环高速,上跨广惠高速,途经南岗河、水西村、南岗河、孟田村、萝岗镇,终点接开创大道,路线全长约6.0 km,项目与周边路网关系见图1。外环路按照城市主干道设计,规划宽度42 m,双向6车道,设计车速60 km/h,标准横断面见图2。



图1 路网示意图

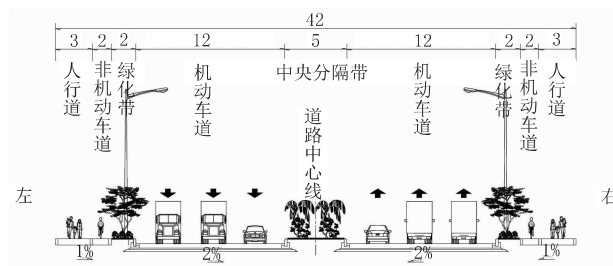


图2 道路标准横断面图(单位:m)

有轨电车在外环路南侧上跨北二环高速后在外环路与南岗河之间布线,在外环路南岗河大桥桥下向

收稿日期: 2021-01-17

作者简介: 黄天宇(1978—), 男, 学士, 高级工程师, 从事市政道路设计工作。

北穿过。目前北二环为现状高速公路,外环路与有轨电车项目均在施工,见图3。

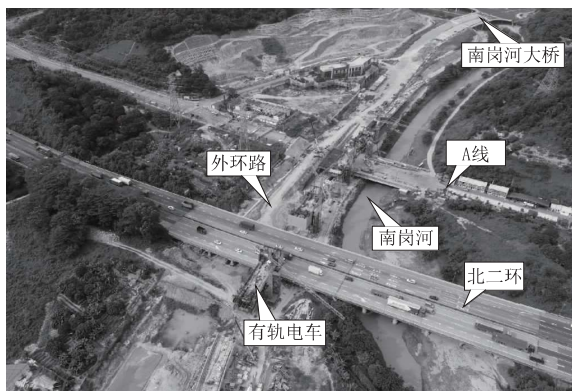


图3 施工现场航拍图

1.2 南岗河水位

(1)原设计掌握的水文资料为南岗河 20 a 一遇洪水位 26.26 m。

(2)根据《黄埔区有轨电车 1 号线(长岭居——萝岗)项目跨南岗河、水声涌新建桥梁防洪评价报告》(报批稿)[广东粤源工程咨询有限公司,2018 年 7 月],本工程南岗河位置 20 a 一遇洪水为位 26.26 m。100 a 一遇水位约 27.94 m(本设计防洪水位取值)。

(3)历史最高洪水位记录,见图4。

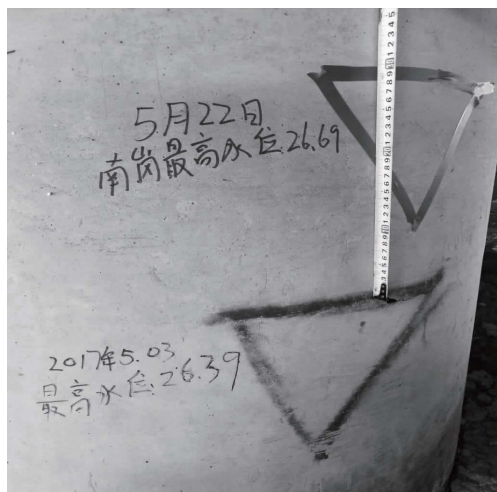


图4 历史最高洪水位记录

- 2017 年 5 月 3 日实测洪水位为 26.39 m;
- 2020 年 5 月 22 日实测最高洪水位为 26.69 m。

(4)根据《广州市 5.22 洪涝成因分析技术报告》(2020.5.31),本工程南岗河(15+640)位置 100 a 一遇洪水位为 29.03 m,见图5(此报告中 100 a 一遇水位比 20 a 一遇水位偏高较多,本次不采用该水位)。

1.3 原方案设计情况

(1)南岗河 20 a 一遇洪水位 26.26 m,在此基础上考虑一定富余,隧道设防水位定为 26.87 m。隧道侧墙顶标高为 27.87 m,见图6。

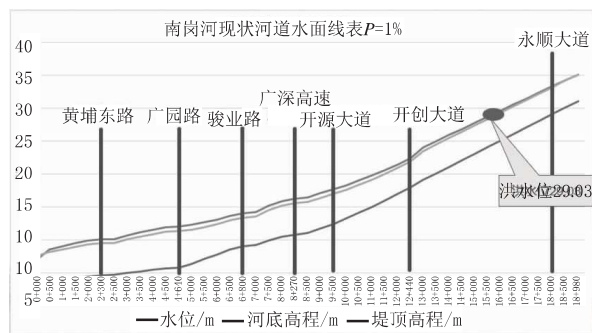


图5 广州市 5.22 洪涝成因分析技术报告中南岗河水面线

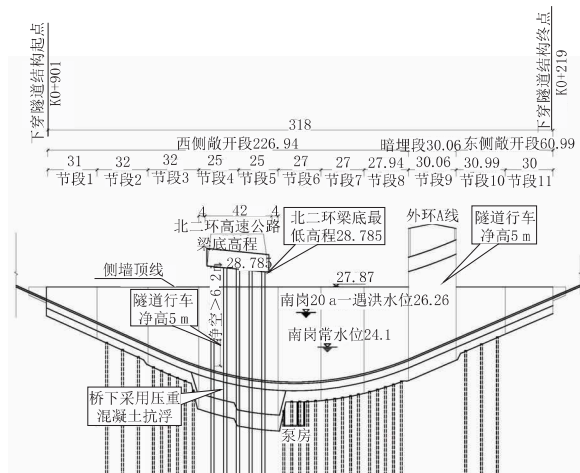


图6 原设计隧道结构纵断面(单位:m)

(2)堤岸沿用原南岗河岸,积水位置填土。

(3)4 个排水分区分别设置一处排水设施将水排至南岗河,见图7。

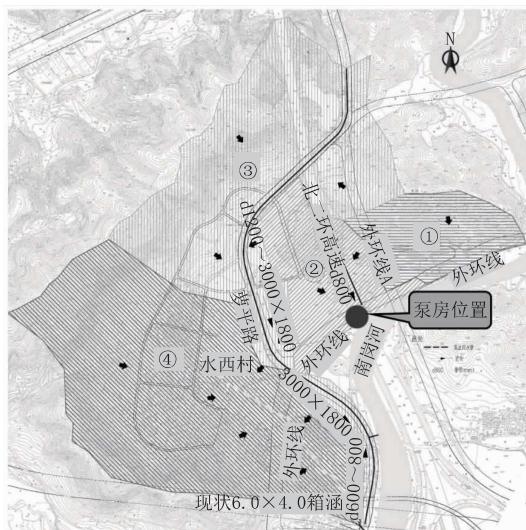


图7 原设计的排水分区图

(4)泵房设计重现期 20 a,通过消能井排出。

(5)雨水泵配电及控制设备均位于雨水泵房控制室内。由萝平路路灯低压配电房取电,采用双回 0.4 kV 电缆进线供电。

2 方案优化调整

“5.22”洪涝灾害是暴雨导致河道满水甚至倒灌

回道路,致使道路上的水排不出去,迅速汇集到隧道里面,淹没泵房配电控制系统,造成水泵电路短路失效。此时车辆误进入隧道,发动机熄火,人员逃生困难,最终造成2人溺亡。为此,提出临河隧道需要加固河堤,提高防洪标,采取措施尽量减少雨水排入泵房,将泵房供电设备设置在高处防止水淹失效,同时增设隧道防汛安全告警装置等优化方案,以保护人民生命安全。

根据有轨电车的防洪报告,本项目位置南岗河100 a一遇水位约27.94 m(推算),保证河堤满足100 a一遇洪水水位不漫顶为前提。

2.1 河堤加高工程

2.1.1 南岗河河堤现状

南岗河河堤原本是土质河堤,有轨电车1号线施工时将部分河堤改为水泥混凝土挡墙河堤,见图8。



图8 南岗河河堤情况

2.1.2 河堤加高平面布置

道路桩号K0+960~K1+300段现状河堤高程较低,需将本段河堤堤顶高程加高,长度约320 m,见图9。

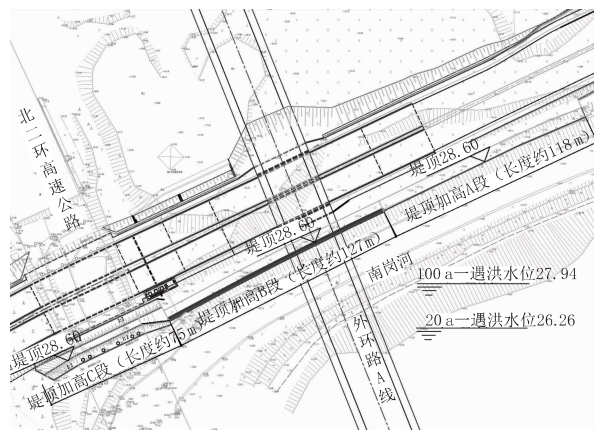


图9 南岗河河堤加高平面分段图

2.1.3 河堤加高断面

(1) 北二环高速桥底段(河堤C段,K1+020断

面),现状地面高程为24.3~26.0 m,加高后堤顶高程为28.60 m,采用填土加高河堤,见图10。

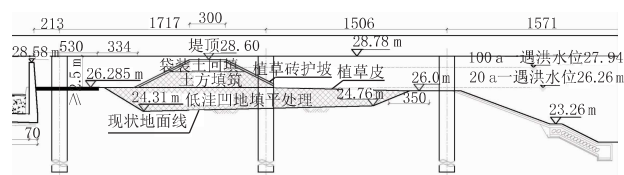


图10 北二环高速桥底段河堤加高横断面(单位:cm)

(2) K1+100~K1+200段,现状地面高程为26.87~27.07 m,加高后堤顶河堤为28.60 m,堤顶新建C30钢筋混凝土挡土墙,见图11。

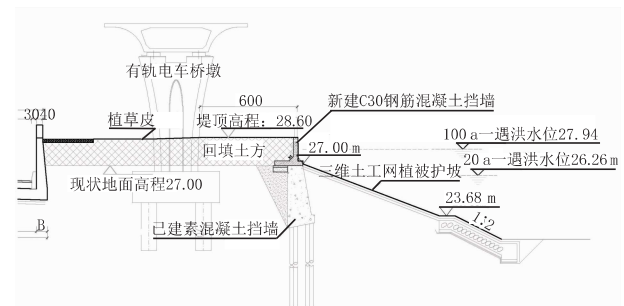


图11 K1+100~K1+200段河堤加高横断面

2.2 隧道工程

(1)北二环桥梁底标高最低为28.785 m,位于与本隧道投影重叠处东南角,见图12。南岗河100 a一遇水位27.94 m,高出原设计侧墙顶高程27.87 m。



图12 下穿隧道平面图

为增加防洪安全富余,将隧道侧墙抬高,但又需考虑混凝土振捣施工的可行性,故桥底处将侧墙抬高至梁底20 cm处,即桥底侧墙顶最低28.58 m,其余外侧侧墙标高定为29.70 m,内侧侧墙标高定为28.60 m(见图13),均高于100 a一遇洪水水位27.94 m。隧道两端挡墙也相应加长加高。

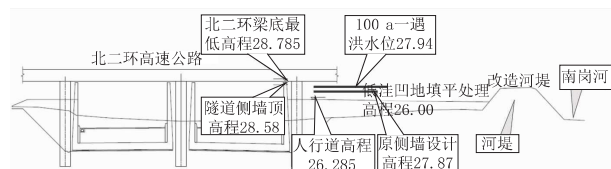


图13 北二环高速位置处横断面

现场第10和11节段主体结构已施工浇筑,凿除侧墙顶部40 cm,钢筋接长加高再浇筑。第1节段左幅、第8节段左右幅已浇筑底板混凝土,侧墙钢筋接长加高,见图14。



图14 隧道结构现场施工照片

(2)随着设防水位提升,排水体积随之增大,原设计抗浮已不满足要求。已施工底板节段,通过回填压重混凝土垫高,同时解决抗浮问题。未施工节段整体抬升,基本维持原设计压重混凝土厚度,可减少排水体积,仅桥下节段3和4分别加厚0.1 m和0.2 m压重混凝土,即可满足抗浮要求。已施工抗拔桩采用破桩头+接桩方式加长。

(3)北二环桥面排水

北二环桥面排水现状为直接外排至桥下,见图15。



图15 2017年5月3日实拍照片

现场踏勘,北二环高速高架桥排水孔设置于两幅桥各自东侧,即桥梁两幅中部和东幅桥东侧设有排水孔(管),见图16。考虑将北二环桥面雨水接走,设置钢筋混凝土槽收水,并通过纵坡引流至南侧人行道外落地,接入地面排水系统排走,见图17。



图16 北二环高速排水孔

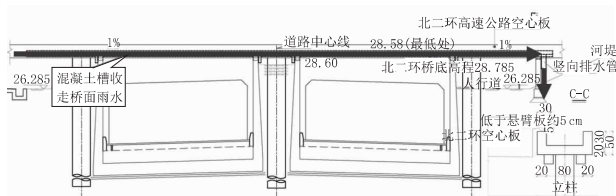


图17 北二环高速桥面雨水收排水系统图(单位:cm)

收水槽深度30 m,宽度80 cm,见图17。经排水专业核算,过水断面面积满足北二环桥面排水需要。

2.3 排水工程

(1)排水设计优化方案

根据高水高排、低水低排原则,尽量使周边雨水通过自然排放独立排至河涌。本工程结合100 a一遇洪水位,地面标高在28.6 m以上雨水采用重力自然排放,低于28.6 m雨水通过泵房排放,见图18。

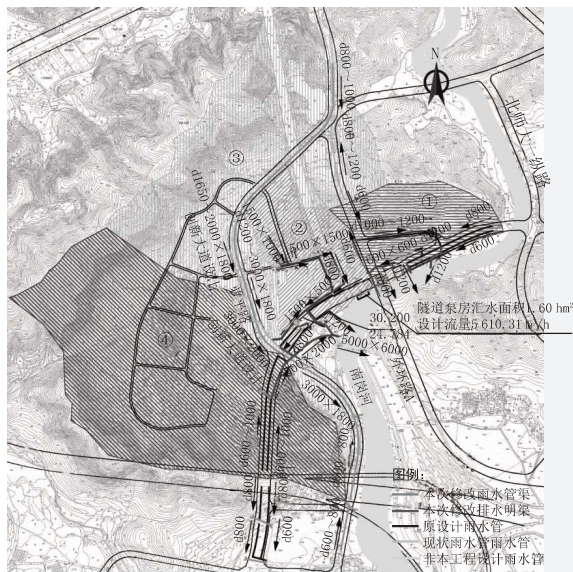


图18 调整后的排水分区图

1号区域:加密道路雨水口布置,在进入隧道前设置截水沟,雨水通过管道收集后在地面标高于28.60 m位置排至河涌。

2号区域:新建明渠收集山体 and 地块雨水,使地面标高于28.60 m雨水不排入隧道,山体和地块水通过收集后独立排至河涌。

3号区域:加密路口位置雨水口布置,在进入隧道前设置截水沟,雨水通过管渠收集后排至河涌。

4号区域:雨水通过设计箱涵收集排至河涌。

(2)隧道泵房调整

本工程泵房按照100 a一遇标准进行调整,地面标低于28.6 m,雨水通过泵房的排放,使得泵房汇水面积增加到1.47 hm²,采用三台水泵工作,其中1台350WQ1500-15-90水泵和2台500QW2600-15-160,泵房设计流量为6700 m³/h。泵房出水管由DN800调整为DN1000,并取消消能井改为压力管直排河涌,见表1。

为避免因周边管网标准影响到泵房排涝标准,与泵房相关的排水管道按照100 a标准进行设计。

2.4 电气工程及交通设施

(1)将雨水泵房水泵相关配电控制设备移至北侧

表1 隧道泵房参数前后对比表

名称	原设计	调整后
设计重现期 /a	20	50
汇水面积 /hm ²	1.00	1.47
水泵规格	3台 300WQ950-15-75	1台 350WQ1500-15-90 2台 500WQ2600-15-160
设计流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	2 664.00	5 610.31
泵房流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	2 850	6 700

边坡顶上设置,新设箱式变电站,采用双回路 10 kV 电源供电,大幅提升隧道泵房供电的可靠性。配电控制线缆通过北二环外侧防坠落支架横跨外环路,下地后埋地通过预留线缆进线口进入雨水泵房,见图 19。

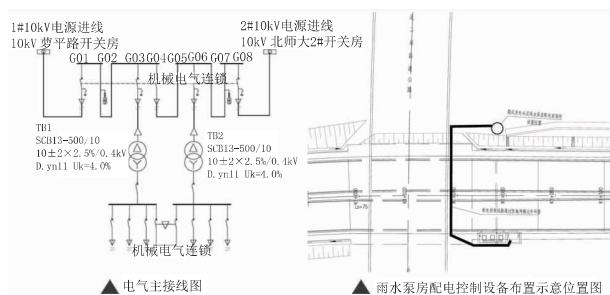


图 19 电气主接线图及泵房配电控制设备布置示意图

(2)增设防汛安全告警系统

a. 东西入口前各建设一根多功能灯杆,作为拦截系统设备挂载的物理载体,包括:视频监控、信息发布、应急广播、隧道指示灯。布设位置见图 20。

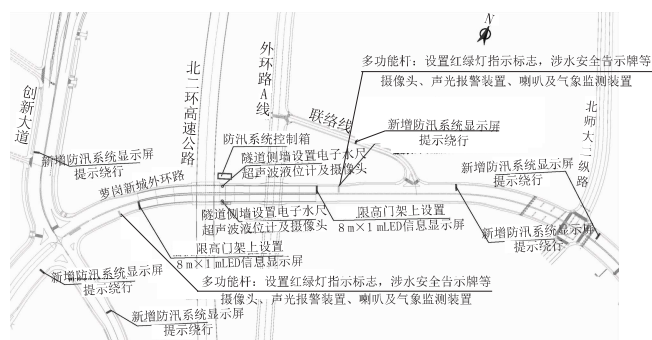


图 20 防汛系统设备布置平面图

b. 东入口建设一套交通边缘服务器,作为前端系统的信息采集、处理、计算、控制等。

c. 隧道东西入口限高架顶上设置信息显示屏;在隧道转入路口设置交通信息牌,提示绕行。

d. 隧道涉水区内部署电子水尺 2 个,超声波液位传感器 2 个,隧道内视频监控 2 个。

e. 接入黄埔区隧道防汛应急系统及市政应急指挥平台。物理载体及运作原理见图 21。

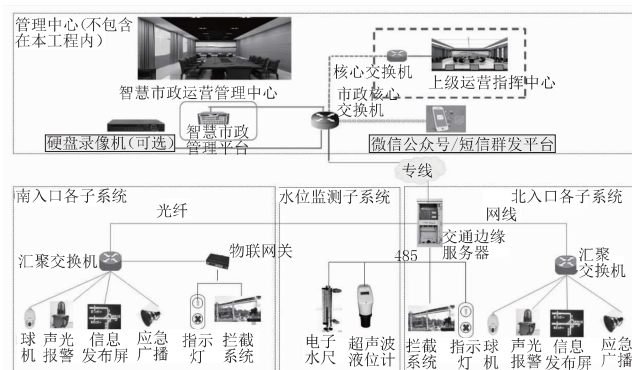


图 21 防汛安全告警系统系统拓扑图

城市隧道防汛安全告警系统可通过“AI 视频图像识别”与“液体传感器”自动感应隧道水位情况,并实现传达、警示、以及过路车辆的道闸拦截。

目前,该系统已实现分级处理功能。当隧道水位到达 10 cm,启动一级预案,隧道入口处警示指示灯亮起,广播语音及 LED 信息情报板提示车辆绕行,预警信息推送给相关人员及平台。当隧道水位淹没涉水线,则启动二级预案,隧道入口禁行指示灯亮起,LED 信息情报板提示车辆禁行,声光报警器拉响,双向车辆拦截系统启动,道闸关闭,报警信息推送给相关人员及平台,见图 21。

城市隧道防汛安全告警系统全面提高隧道防汛的监控、预警和管理能力。该套系统已在广州黄埔区汇星路隧道、开源大道隧道投入运行(见图 22)。当积水达到预警水位,将亮起信号灯,隧道自动放下道闸禁止车辆通行^[3]。



图 22 防汛安全告警系统实例

3 结语

本文以实际工程为例,结合广州“5.22”超百年一遇洪水位情况,重新梳理了提高设计洪水位后对本项目道路工程、隧道工程、排水工程、河堤工程和电气及交通工程等专业的影

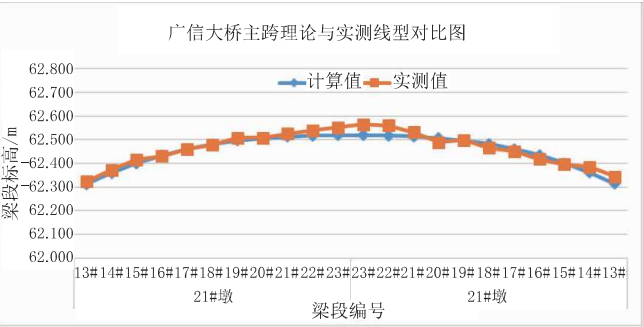


图 5 广信大桥主跨理论与实测线形对比图(单位:m)

根据以上结果可知,主跨侧梁底线形整体平顺,合龙口处误差偏大,需增加荷载进行压重。根据标高监测结果及现场实际天气状况,目前悬臂状态下梁段绝对高程偏差较大,主要受环境温度及日照影响。考虑现场天气最近会持续处于低温状态,根据现场实际情况提出以下措施:

(1)合龙段处劲性骨架提前锁定,根据当日温度变化情况,在梁段标高处于最小误差时进行劲性骨架的固结施工;

(2)根据合龙后主梁实际线形状态,主梁部分误

差考虑通过二期铺装时调整,调整前后对主桥竖曲线影响不大,对于无法调整的部分作为成桥预拱度保留。

8 结 语

目前,通过过程中制定合理的调整措施,该桥已经顺利合龙,结构无应力并成桥线形合理。大桥主桥施工监控任务既含有大跨径混凝土箱梁斜拉桥施工控制的普遍特点,同时也存在特殊情况。如何让成桥达到设计状态,是本桥成功的关键。在施工过程中通过对桥梁状态的实时监视和调整,可保证成桥时达到设计目标。

参考文献:

[1] 昂云红. 移动支架现浇混凝土斜拉桥施工特点与控制技术研究[D]. 西安:长安大学,2012.
[2] 范立础.桥梁工程[M].人民交通出版社股份有限公司,2017.
[3] 雪冷浩.PC 斜拉桥施工过程中拉索的控制[D].西安:长安大学,2006.
[4] 吴正安.高赞大桥施工控制技术研究[D].西安:长安大学,2010.
[5] 向中富.桥梁施工控制技术[M].北京:人民交通出版社,2001.

(上接第 115 页)

治;同时依据新的设计标准,重新对汇水区域进行校核,完善雨水管网加强排水,优化隧道泵房配置;将隧道排水泵房控制设备调整至高处免受水淹失效,在该隧道增设城市隧道防汛安全告警系统(见表 2),用科技助力防汛减灾,推动防汛应急抢险工作智慧化,最大限度保障人民群众生命财产安全,为日后相似工程提供借鉴和参考。

参考文献:

[1] 陈文龙,夏军.广州“5·22”城市洪涝成因及对策[J].中国水利,2020,895(13):4-7.
[2] 黄埔住建.全区首个隧道积水自动拦截系统正式上线 [EB/OL]. 2020-07-21(7) [2021-01-05]. http://www.hp.gov.cn/gzhpzj/gkmlpt/content/6/6465/post_6465299.html#4347.

表 2 本工程方案优化前后对比表

序号	名称	原方案	优化方案
1	南岗河洪水位	20 a 一遇	100 a 一遇
2	南岗河河堤	利用现状河堤	河堤加高至 28.6 m
3	隧道侧墙	27.87 m	北二环桥底 28.58 m, 其余 29.70 m
4	北二环桥面水	无	增设收水槽排至南岗河
5	排水	每个分区集中排	每个分区地面 标高 28.6 m 以上重力排,低于 28.6 m 泵房排。
6	泵房设计重现期	20 a	50 a
7	水泵配电控制设备	泵房内	泵房对面山坡
8	防汛安全告警系统	无	增设

[3] 南方都市报.黄埔建立隧道防汛应急系统,水位淹没涉水线,自动拦截双向车辆[EB/OL].2020-08-12(7) [2021-01-05]. <https://www.163.com/dy/article/FJQLELO05129QAF.html>.