

# 广东公路勘察设计

(季刊)

2015年9月30日出版

2015年第3期

(总第159期)

内部资料 免费交流

准印证号: (粤O) L0150076号

## 编辑委员会

主任: 黄湛军

副主任: 梁立农 王强

委员: 谢伟强 彭向荣 陈潮锐

孙向东 王景奇 陈新富

梁志勇

主编: 梁立农

副主编: 王强

责任编辑: 刘祥兴

编辑: 《广东公路勘察设计》编辑部

编印单位: 广东省交通规划设计研究院  
股份有限公司

地址: 广州市沙河兴华路22号

邮政编码: 510507

电话: 020-37393172

传真: 020-37393172

E-mail: 841622401@qq.com

印刷单位: 广州广卫印刷厂

封面: 江门江顺大桥

# 目次

## 桥梁工程

兴宁市兴旺大桥主桥总体设计

..... 徐东进, 王雷, 王景奇 (1)

高墩连续刚构的合拢方案研究

..... 郑楷柱, 林敏 (5)

潮安韩江特大桥方案设计

..... 任瑞雪 (9)

## 道路工程

兴华高速樟树塘枢纽互通立交方案设计研究

..... 林显锋 (14)

跨海(江)大桥行车交通安全防控措施探讨

..... 张文 (17)

## 测量工程

精细数字高程模型在公路定测中的集成应用研究

..... 汤敏 (21)

## 勘察工程

王北凹隧道坍塌成因及处治措施

..... 张金平 (26)

岩溶塌陷区几种地球物理方法的综合勘察试验研究

..... 李红中, 张修杰 (30)

## 隧道工程

软弱围岩隧道初期支护侵限处治方案及稳定性分析

..... 王超 (36)

## 交通工程

珠三角高速公路交通指路标志的问题及对策

..... 谢陈锋 (40)

## 信息专栏

公司更名启示 ..... (8)

2015年度新员工入职培训报道 ..... (45)

2015中国测绘地理信息高端论坛报道 ..... (47)

2015版《建设工程设计合同示范文本》培训报道 ..... (47)

交通基础设施政府和社会资本合作模式培训报道 ..... (48)

海绵城市建设技术指南培训报道 ..... (48)

国外勘探领域先进技术设备交流报道 ..... (49)

2015年省优秀勘察设计获奖喜报 ..... (50)



# 兴宁市兴旺大桥主桥总体设计

徐东进,王雷,王景奇

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

**摘要:**兴旺大桥为(29.25m+76.5m+29.25m)中承式系杆拱桥,拱肋外倾 $24^\circ$ ,边腿与主拱脚形成V撑。为减小温度效应对拱梁固结处及基础的不利影响,在主跨设2道伸缩缝,同时设置系杆以平衡拱的水平推力。本文通过兴旺大桥主桥的总体设计介绍,为同等跨径的特色景观桥梁设计提供一种选型参考。

**关键词:**系杆拱桥;蝴蝶拱;隐形铰;拱脚连接

## 0 概述

兴宁市兴旺大桥位于兴宁市规划的南部新城中心区,跨越兴宁河,是兴宁市南部新城重要的南北向通道。其中主桥为拱肋外倾的蝶型系杆拱桥,效果图见图1。



图1 兴旺大桥效果图

桥址处河面宽度约70m,水深约2.4m。项目区属南亚与中亚热带过渡气候,年平均气温 $20.4^\circ\text{C}$ ,多年平均风速 $1.6\text{m/s}$ 。

主要技术标准:一级公路兼城市道路,设计行车速度 $60\text{km/h}$ ;公路-I级、城-A级设计荷载;设计洪水频率 $P=1/100$ ;河道无通航要求;地震动峰值加速度 $0.05g$ 。

## 1 结构设计

### 1.1 桥型选择

#### 1.1.1 主桥跨径选择

本桥桥位处水面宽约70m,河堤堤顶距离约108m,河道南、北岸均有沿河走向的规划路,规划路宽为20m。

结合上述地形,主桥合理的布跨方式为一孔

跨越主河道,两主墩落在河堤内侧的堤脚或滩涂处,主孔跨径约76.5m,相应的规划路分别从边孔或引桥下穿过。

#### 1.1.2 桥型构思

对于76.5m跨径的桥梁,适合的桥型有斜拉桥、悬索桥、拱桥、梁桥等。

此等跨径的斜拉桥、悬索桥适合独塔体系。两种结构体系造价高,经济性不好,且施工难度较大。从景观方面而言,76.5m跨径斜拉桥主塔高度约40m左右,下塔柱高8m,有头重脚轻之感;斜拉桥与悬索桥左、右幅均需设4个独立塔柱,塔柱显得繁杂,且左右幅共4个索面,视觉上也易形成交叉、凌乱感,故设计不考虑斜拉桥、悬索桥方案。

结合该桥跨径不大、两幅桥距离较远的特点,综合考虑景观、文化寓意等因素,拱桥是较合适的选择。特别是蝴蝶拱桥外倾的拱肋将左右幅无形的联系起来,线条流畅而又富含韵律感。左右幅拱肋整体呈“兴”字造型,与地名呼应,寓意丰富。故设计最终选用蝶形中承式系杆拱桥方案。

### 1.2 结构体系

为平衡主拱拱脚水平推力,并改善边跨主梁受力,在边跨侧设置边腿。边腿平衡了部分主拱推力,但同时与主拱、主梁形成三角区,加大了结构抗推刚度,增加了温度力。如不设置边腿,主拱拱脚水平夹角需设为 $90^\circ$ 较为合适,以避免拱肋轴力在拱脚形成较大的水平推力,则拱肋外形为椭圆形。为满足业主对拱肋外形的景观要求,并改

善结构受力,设计采用了带边腿的结构体系。

设计对主梁连续体系和主梁在中跨断开设置伸缩缝两种结构体系进行了比选。主梁连续体系的优点是主梁刚度大、整体性好,吊杆应力幅小,且钢主梁作为刚性系杆,可避免设置柔性系杆和牛腿带来的构造及检修复杂等问题;缺点是温度

变化引起的水平推力大,会引起拱梁连接处及桩基内力偏大。如在拱梁连接处附近将主梁断开设置伸缩缝,则可释放主梁温度内力,从而减小拱梁连接处及桩基受力,减小基础规模并降低工程造价。经计算比选,最终选用主跨主梁断开设伸缩缝的结构体系。桥型图见图2。

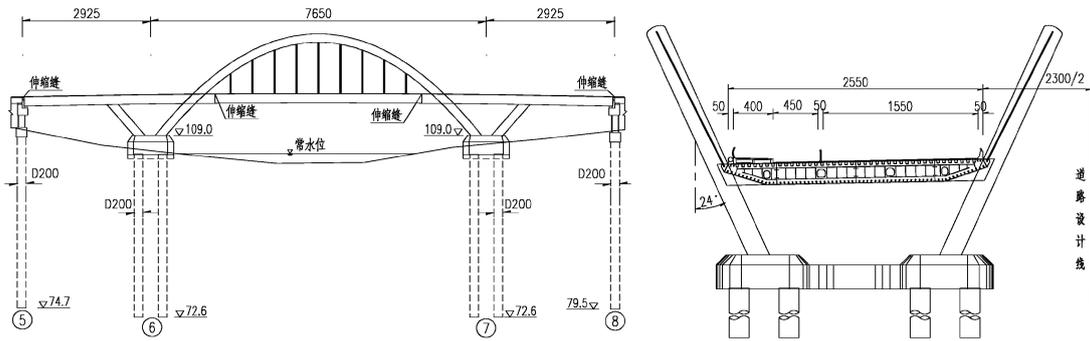


图2 兴旺大桥桥型布置

### 1.3 拱肋、边腿

主拱采用钢管结构,单幅桥两片拱肋均外倾24°,拱轴线采用二次抛物线。拱肋跨径 $L$ 为55.5m,平面内矢高 $f$ 为14.8m,矢跨比为1/3.75。

拱肋采用直径2m钢管截面,桥面附近以上部分拱肋壁厚22mm,以下其余节段拱肋壁厚30mm。钢管内等间距设置12条纵向板式加劲肋,板式加劲肋径向布置,加劲肋高200mm,厚16mm。拱肋内间距2m左右设置一道隔板,隔板厚度14mm。吊杆位置的隔板竖向设置,其余隔板垂直于拱轴线设置。拱肋断面见图3。

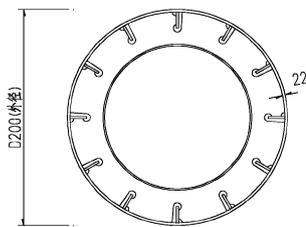


图3 拱肋顶横断面

边腿底在承台内与拱脚相接,顶与边跨梁底固结。边腿截面为直径2m钢管,壁厚为30mm,钢管内等间距设置12条纵向板式加劲肋,加劲肋高350mm,厚16mm。

桥面以上2.5m范围的拱肋、下拱脚及边腿钢

管内均灌注C50微膨胀混凝土。

### 1.4 吊杆、系杆

设计将吊杆、系杆作为永久构件设计的同时要求具有可更换性。

吊杆索设计:吊杆索直接承受来自主梁的恒载及汽车、人群等活载,是中承式拱桥传力链中重要的一环。主桥沿桥轴水平向吊点标准中心距为5.0m,出于受力平衡考虑,吊杆倾角大于拱肋倾角。吊杆采用环氧喷涂钢绞线整束挤压式拉索体系,全桥共36对15- $\phi$ 15.2钢绞线。吊杆上端为叉耳式锚头,下端为叉耳式张拉锚具。考虑到疲劳、吊装及可更换性,吊杆索设计安全系数取值不小于3.0。

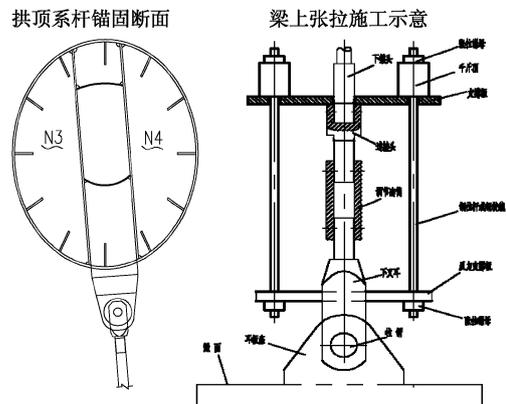


图4 吊杆构造与张拉施工

系杆索设计:为改善结构受力,主梁内设置系杆。系杆采用可换式钢绞线成品系杆索,穿过钢箱梁横隔板,锚固于边腿顶附近的横梁上,全桥共 8 根  $9-\phi^{15.2}$  钢绞线。系杆索设计安全系数取值不小于 2.5。

吊杆、系杆的防腐体系由内向外依次为:环氧喷涂钢绞线、防腐油脂、内层 HDPE 护套、高强聚脂带、外层 HDPE。

### 1.5 主梁

主梁采用钢箱梁,梁高为 2.2m。主跨为单箱三室截面,箱梁顶板厚 16mm,底板厚 12mm,腹板厚 14mm。边跨为单箱四室截面,一般段顶板厚 16mm,底板厚 12mm,腹板厚 14mm。拱肋连接横梁、边腿顶横梁、端横梁等顶底板厚均为

24mm,腹板厚度根据受力不同分别为 14mm、24mm。斜底板、侧板厚度均为 12mm。顶板 U 肋采用热轧变截面 U 肋,U 肋高 300mm、上口宽 300mm、下口宽 180mm、厚度为 8mm,横向标准间距 600mm。顶板板肋高度 200mm,厚度 16mm。底板加劲肋采用球头扁钢,尺寸为 200mm × 10mm,横向标准间距 400mm。

横隔板标准间距 2.5m,与横梁、边腿衔接位置根据受力、构造需要间距局部调整。主跨吊点隔板厚度 16mm。边跨隔板厚度根据受力不同有 12mm、20mm、24mm 三种厚度。为避免隔板与顶板仰焊,横隔板竖向分块组成,上、下板间连接根据板厚不同采用不同的焊接方式。主梁典型断面见图 5。

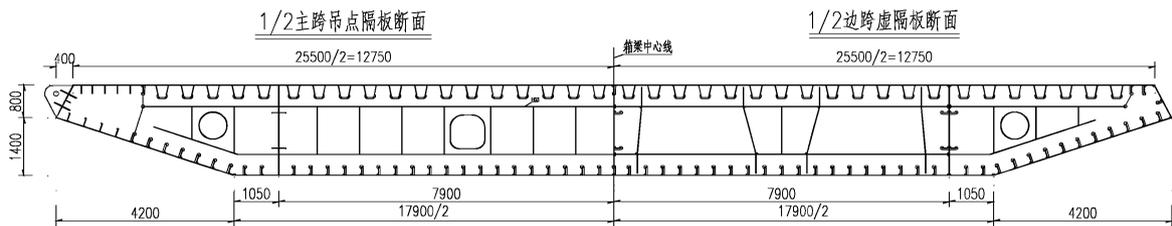


图 5 主梁典型断面

### 1.6 隐形铰

由于采用主跨断开的结构体系,需在主跨与边跨连接处设支座,连接方式可采用两种方案。

方案一为常规的牛腿挂梁形式。牛腿构造简单,桥梁结构上也较常用。缺点是由整体升温等荷载引起拱肋上拱时导致牛腿支座拉力较大,单支座最大达 630kN,约占竖向压力的 35%;且活载偏载时由于两侧吊杆水平分力不同导致支座也同时承受一定的水平力。支座在正常使用状态时要承受较大的竖向拉、压力及水平力,支座需特殊设计,费用较高,且牛腿处空间狭小,支座检修及更换极为不便。

方案二采用隐形铰形式,即边跨梁端设置两牛腿,伸入主跨梁体截面预留的空隙位置,牛腿四周设置支座承受主梁传力。该方案能传递主跨剪力,而不传递弯矩,且能避免特殊支座的制造困难,费用也较低。

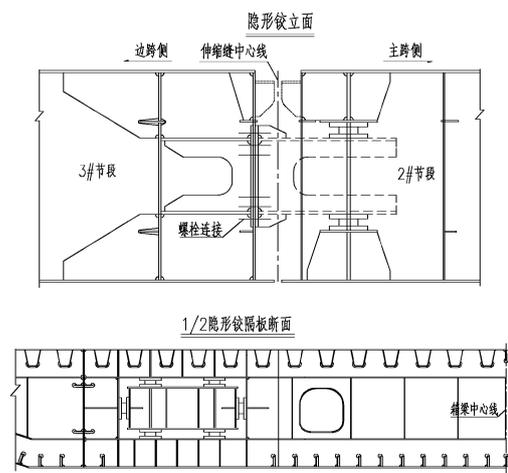


图 6 隐形铰构造

经比选,采用方案二即隐形铰方案,隐形铰处桥面设置伸缩缝。根据受力需要,隐形铰段腹板、顶板及底板厚度 24mm,上、下牛腿厚度根据受力不同有 32mm、20mm 两种。3#节段侧牛腿通过高强螺栓与 3#节段端隔板连接,箱内对

应设加劲;内外螺栓垫板厚度分别为24mm、32mm;牛腿上下均设球形支座,侧面设板式支座。构造见图6。

### 1.7 下部结构

拱脚、边腿与承台连接处受力复杂,其连接的可靠性关系到整个结构的安全。经多方案比选后采用钢箱连接方式,拱脚及边腿伸入钢箱内承压板处,与钢箱及混凝土形成整体受力,传力途径明确,且方便施工定位。各钢板设PBL钢筋孔,钢管外表面对应内纵向加劲肋位置设PBL键,加强与混凝土的连接。拱脚连接构造见图7。

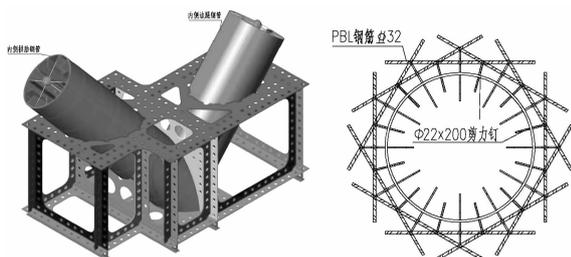


图7 拱肋、边腿及承台连接

主墩基础采用8根D200cm钻孔灌注桩基础,按摩擦桩设计。承台采用分离式,上设拱座,承台厚3m,顺桥向尺寸为10.5m,横桥向尺寸为9.3m,迎水面做成弧形,以减小对水流的阻力。承台顶拱座高1.5m,拱座横桥向尺寸为7.3m,顺桥型尺寸为8.5m。承台间设系梁,系梁宽5m,高3m。

过渡墩为柱式墩,墩柱尺寸为1.6m(横)×1.6m(纵),每个墩下承台尺寸为2.5m×2.5m×2.3m(高),承台下设1根桩D200cm钻孔灌注桩。

## 2 施工方案

主桥钢结构安装采用先梁后拱的方式,钢箱梁及拱肋均采用支架拼装施工。主桥在桩基、承台施工完毕后,先安装拱脚、边腿及与之对应的钢箱梁节段,再依次安装主跨、三角钢架段、边跨主梁。随后逐段安装主拱肋,并张拉吊杆、系杆,最后施工桥面铺装及附属结构。全桥施工过程需注意:

(1)为改善拱脚受力,需将主拱脚向边跨侧顶推,顶推后方可安装三角刚架区主梁合拢段,并在张拉吊杆后拆除顶推力。

(2)边腿顶钢箱梁内及拱脚、边腿钢管内的无收缩混凝土需在边跨及三角刚架区主梁合拢段安装前灌注,以方便施工。

## 3 结语

兴旺大桥根据景观要求采用带边腿的中承式系杆拱桥,中跨采用隐形铰实现与边跨的铰接,释放了主梁的温度力,改善了基础受力。自重较轻的钢箱梁与外倾的拱肋受力匹配良好。此种桥型线条流畅、造型优美,为同等跨径的特色景观桥梁设计提供一种选型参考。

### 参考文献:

- [1] 谢肖礼,白光耀,韩文学,等. 南宁大桥空间结构分析[J]. 公路与汽运, 2005, (12):109-112.
- [2] 张俊平,刘爱荣,李永河,等. 蝴蝶拱桥的模型试验与理论研究[J]. 桥梁建设,2007, (2):15-17.
- [3] 辛丽华. 中承式外倾拱桥的美学与力学[J]. 公路, 2007, (2):43-45.

# 高墩连续刚构的合拢方案研究

郑楷柱,林敏

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507)

**摘要:** 本文结合黑垅大桥主桥,针对高墩连续刚构中跨与边跨合理合拢顺序,拟定了三个合拢方案,综合考虑墩身内力、边跨现浇段施工难点和支架费用,通过比选推荐采用结合配重的不对称悬臂浇筑和托架施工边跨现浇段的合拢方案。

**关键词:** 合拢方案; 不对称悬臂浇筑; 高墩连续刚构

## 1 工程概述

湖南省炎汝高速公路属于山区高速公路,其中黑垅大桥跨越山间洼地。桥位两端位于低山地区,跨越山间洼地及地方道路,地形较起伏大,地表植被发育,地面标高441.0~551.7m。本桥位于整体式路基段,桥跨组合为13×30m先简支后结构连续T梁+(60m+100m+60m)连续刚构+6×30m先简支后结构连续或连续刚构T梁。平面上,桥梁位于 $R=740.675\text{m}$ 圆曲线上,中心桩号K145+262,桥长790m,桥面总宽为2×12m,净宽2×11m。

主桥连续刚构上部结构采用(60m+100m+60m)预应力混凝土连续刚构,边中跨比为0.6。主梁采用C55砼。左、右幅桥宽均为12m,采用单箱单室箱形断面,其中底宽6.5m,两侧翼缘板悬臂长2.75m。主梁根部梁高 $H_{\text{根}}=5.8\text{m}$ ,跨中及边跨端部梁高 $H_{\text{中}}=2.8\text{m}$ , $H_{\text{根}}/L=1/17.24$ , $H_{\text{中}}/L=1/35.714$ 。主梁梁高变化采用2次抛物线。主梁采用三向预应力体系,包括纵向预应力、横向预应力和竖向预应力。下部结构主墩采用薄壁空心墩,墩身采用单箱单室断面,纵桥向宽3.5~5m,对应壁厚为0.6~1.1m,横桥向宽与上部箱梁底宽相同为6.5m,对应壁厚为0.6m;由于左右幅桥横断面位于陡坡上,主墩承台采用分离式承台,承台平面尺寸为10.2×10.2m,承台厚度3.5m。半幅桥主墩基础采用9根180cm桩径的钻孔灌注桩。下部结构过渡墩墩身为薄壁空心墩,墩身采用单箱单

室断面,纵桥向宽2.6m,对应壁厚为0.6m,横桥向宽为7m,对应壁厚为0.6m。过渡墩承台平面尺寸为8×8m,承台厚度3m。半幅桥过渡墩基础采用4根180cm桩径的钻孔灌注桩。

施工方法采用挂篮悬臂浇筑。

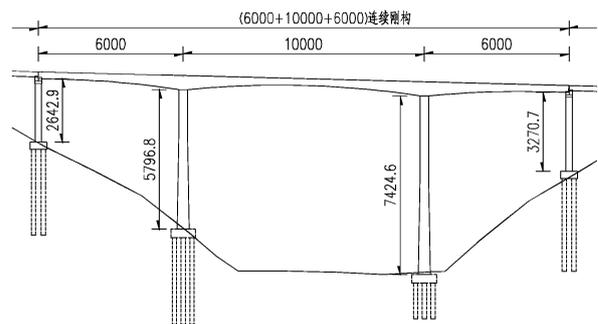


图1 主桥桥型布置图(单位:cm)

## 2 合拢方案拟定

合拢顺序是连续刚构施工过程中的关键问题。首先,合拢改变了合拢段所在跨的静定性质及浇筑梁段的收缩徐变进程,随着超静定次数和收缩徐变的变化,桥梁将产生与施工关联较大的次内力及内力重分布,影响成桥结构的位移和内力状态;其次,合拢顺序是施工控制的敏感因素,每批合拢的内容不同,施工的难易程度就有所不同,对误差累积也有明显影响;再者,合拢顺序直接关系到各墩的施工进度安排,对工期和成本都有极大影响。目前常见的合拢顺序有两种:一是先边跨合拢,再中跨合拢;二是先中跨合拢,再边跨合拢。

根据桥位处的地形情况,边跨过渡墩墩高最高达到32m,并且过渡墩均位于山坡陡坎上,表层地质属于全风化松散的砂砾土。由于本桥主桥的合拢方式决定了本桥高墩边跨直线段施工方案,这又是本桥的施工难点和重点,为此拟定了三种合拢方案:

方案一:挂篮平衡悬臂浇筑,先合拢边跨,后合拢中跨。这是较常用的合拢方式。合拢段取2m,则边跨现浇段长度8.8m,此时需要在边墩附近搭设高支架现浇边跨现浇段。

方案二:挂篮平衡悬臂浇筑,先合拢中跨,形成“Π”形结构,两边跨悬浇4m长节段,边跨直线段4.8m,可采用三角托架现浇施工,最后合拢边跨。这种合拢方式缩小了边跨现浇段长度,可以采用三角托架施工边跨现浇段。

方案三:首先挂篮平衡悬臂浇筑至中跨最大悬臂,接着在边跨悬浇4m长节段,同时在中跨设置配重确保平衡,之后用三角托架现浇施工4.8m长边跨现浇段,合拢边跨,最后合拢边跨。这种合拢方式缩小了边跨现浇段长度,可以采用三角托架施工边跨现浇段。

### 3 合拢方案比选

#### 3.1 方案一合拢顺序

主梁合拢方案一的详细施工顺序为:(1)主墩顶立托架现浇0<sup>#</sup>、1<sup>#</sup>梁段,并张拉预应力钢束,然后安装挂篮。(2)挂篮悬臂对称浇筑2<sup>#</sup>~13<sup>#</sup>梁段并张拉相应纵向、横向、竖向预应力钢束。(3)搭设边跨支架现浇边跨现浇段(15<sup>#</sup>梁段)。(4)吊架施工边跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成边跨合拢。(5)中跨悬臂端施加顶推力,调节墩身内力。(6)吊架施工中跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成中跨合拢(如图2)。

#### 3.2 方案二合拢顺序

主梁合拢方案二的详细施工顺序为:(1)主墩顶立托架现浇0<sup>#</sup>、1<sup>#</sup>梁段,并张拉预应力钢束,然后安装挂篮。(2)挂篮悬臂对称浇筑2<sup>#</sup>~13<sup>#</sup>梁段并张拉相应纵向、横向、竖向预应力钢束。(3)吊架施工中跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成中跨合拢,形成“Π”形结构,两边跨悬浇4m长节段,边跨直线段4.8m,可采用三角托架现浇施工,最后合拢边跨。

架施工中跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成中跨合拢,形成“Π”形结构。(4)两边跨悬浇4m长节段(14<sup>a</sup>梁段)(5)三角托架现浇施工边跨现浇段(15<sup>#</sup>梁段)。(6)吊架施工边跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成边跨合拢(如图3)。

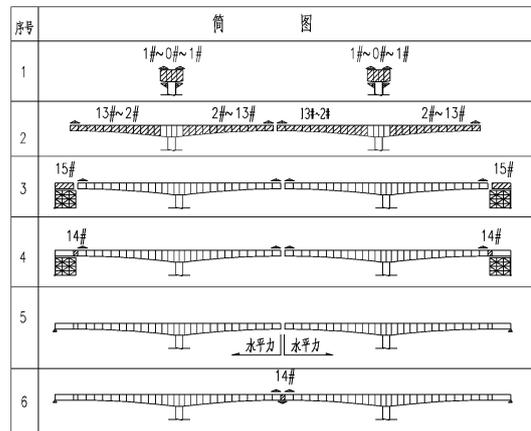


图2 方案一合拢顺序示意图

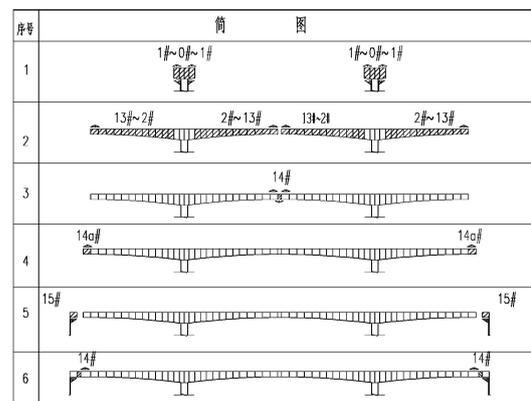


图3 方案二合拢顺序示意图

#### 3.3 方案三合拢顺序

主梁合拢方案三的详细施工顺序为:(1)主墩顶立托架现浇0<sup>#</sup>、1<sup>#</sup>梁段,并张拉预应力钢束,然后安装挂篮。(2)挂篮悬臂对称浇筑2<sup>#</sup>~13<sup>#</sup>梁段并张拉相应纵向、横向、竖向预应力钢束。(3)在边跨悬浇4m长节段(14<sup>a</sup>梁段),同时在中跨设置“不平衡悬浇配重”确保不对称悬浇的受力平衡。(4)三角托架现浇施工边跨现浇段(15<sup>#</sup>梁段)。(5)吊架施工边跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成边跨合拢。(6)吊架施工中跨合拢段(14<sup>#</sup>梁段),完成中跨合拢(如图4)。

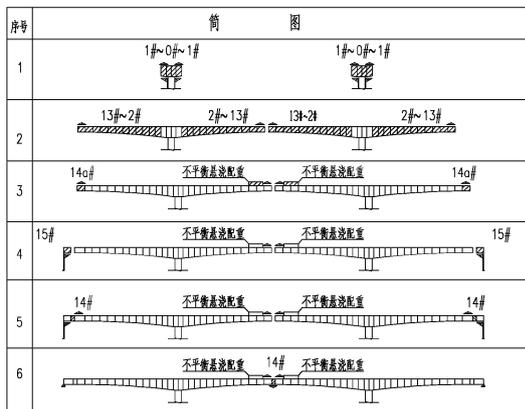


图4 方案三合拢顺序示意图

### 3.4 方案比选

为了方便在同等条件下进行方案对比,连续刚构的主梁采用相同配束编束,墩身采用相同的配筋;由于主墩高达74m,不同的合拢方案对于主墩内力相比主梁内力情况更敏感,墩身的设计情况起控制作用。通过计算可知,桥墩墩顶截面为控制截面,现将控制截面的内力及承载能力对比摘录如表1。

表1 墩身控制截面的承载能力及裂缝对比

项目	承载能力极限状态验算				富余	正常使用极限状态验算		满足否
	运营设计内力		承载能力			裂缝宽度 /mm	裂缝宽度 容许值/mm	
	弯矩/(kN·m)	轴力/kN	弯矩/(kN·m)	轴力/kN				
方案一	34 921.6	36 949.1	53 749.0	213 939.7	53.9%	0.043	0.200	满足
方案二	69 145.6	37 005.6	70 961.9	37 977.7	2.6%	0.148	0.200	满足
方案三	45 390.6	36 689.3	60 451.7	48 863.2	33.2%	0.092	0.200	满足

结合表1的数据,通过对比计算可知,方案一施工顺序在施工过程中不产生不平衡弯矩,成桥后由于收缩徐变、二恒等荷载作用下,将使墩顶截面内力成为控制内力,并且可以通过施加顶推力调整墩顶与墩底截面的内力;此时墩身内力最小,在同等配筋情况下富余最多。方案二施工顺序由于存在“π”形刚构不平衡悬浇,将对墩产生永久的不平衡弯矩,对墩的受力不利,大大降低桥梁运营过程中墩身安全余度;此时在同等配筋情况下富余最少。方案三施工顺序在合拢前基本对称施工,对桥墩受力较小,同时“不平衡悬浇配重”是在成桥后的结构整体刚度较大的体系下进行卸除,桥墩在卸除“不平衡悬浇配重”后产生的弯矩相对较小,同时对墩身产生往边跨侧推的效应,可以通过调整“不平衡悬浇配重”的重量,适当调整墩身内力;此时在同等配筋情况下富余适中。

对于合拢方案施工的难点和造价差异主要体现在边跨现浇段的施工。方案一的现浇直线段长度为8.8m,采用落地式支架施工,存在支架高度达

32m高,高支架施工风险和代价大,但挂篮平衡悬臂浇筑,施工控制相对容易。方案二和方案三的现浇直线段长度为4.8m,采用托架施工,避免高支架施工风险和减少施工措施费用,但方案三通过“不平衡悬浇配重”,实现不对称悬浇的受力平衡,施工控制要求高。

综合考虑墩身受力情况、边跨现浇段施工难易和施工措施费用,由于方案三墩身安全度有保证,施工风险适中,施工费用低,所以推荐采用方案三的合拢方案。

## 4 结语

对于高墩连续刚构,不同的合拢方案对于墩身的受力差异大,施工难易也差异大,特别是对于边跨现浇段的施工,成为合拢方案的重点,所以合理选取合拢方案对于控制墩身的安全度、降低施工难点和风险,具有重要意义。黑垅大桥的合拢方案选取,对于类似的高边墩长边跨连续刚构合拢方案的选取具有一定的借鉴意义。

**参考文献:**

- [1] 项海帆. 高等桥梁结构理论[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 范立础. 桥梁工程(上册)[M]. 北京:人民交通出版社,1996.
- [3] 彭亮. 连续刚构桥高墩边跨现浇段施工方案的探讨[J]. 黑龙江科技信息,2013,(15):284-285.
- [4] 龚玉华,陈雷,陶路,等. 山区连续刚构桥高墩边跨现浇段施工方案[J]. 世界桥梁,2012,(3):20-23,27.
- [5] 陈列,徐公望. 高墩大跨预应力混凝土桥桥式方案及合龙顺序选择[J]. 桥梁建设,2005,(1):33-35,51.
- [6] 程伟,陈斌,肖红梅,等. 不平衡长度悬浇现浇段及合龙段施工方法探讨[J]. 公路交通科技(应用技术版),2007,(6):95-96,99.

## “广东省公路勘察规划设计院股份有限公司”更名为 “广东省交通规划设计研究院股份有限公司”

为进一步适应公司形势发展,更好地服务客户,经广东省工商行政管理局核准,自2015年8月28日起,“广东省公路勘察规划设计院股份有限公司”更名为“广东省交通规划设计研究院股份有限公司”。

公司主要从事公路、桥梁、隧道、交通工程以及市政行业(道路工程、桥梁工程)的勘察、规划、设计、咨询、监理及路网规划、站场规划、路桥监测、检测、桥涵加固设计与施工等。持有国家颁发的工程勘察综合类、公路行业、市政行业(道路工程、桥梁工程)、公路工程监理、工程咨询、工程招标代理、水土保持方案编制等甲级资质以及特种专业工程专业承包资质(结构补强)和市政排水设计专业乙级、市政交通咨询乙级资质、公路行业检测试验乙级资质。

公司拥有一支专业齐全、素质优良、技术精湛的技术团队。现有在职员工600余人,其中,

大学本科以上学历人数占全体员工的80%以上,高级以上技术职称人员200余人。公司承担并完成了广东省大部分国省道、高速公路,以及一大批特大桥梁、特大隧道的勘察设计和区域性公路网、站场的规划,先后荣获国际、国家及省(部)级优秀勘察设计、科技进步等奖励达200余项(次),综合实力、勘察设计现代化水平名列国内同行前列。

因公司更名给您带来的不便深表歉意!也非常感谢您一直以来对广东省交通规划设计研究院股份有限公司的支持与信赖!我们将一如既往地为您提供全方位、一站式的工程技术解决方案!

广东省交通规划设计研究院股份有限公司

二零一五年八月二十八日

(刘祥兴 报道)

# 潮安韩江特大桥方案设计

任瑞雪

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘要:** 潮安韩江特大桥是广东省东山(闽粤界)至潮州古巷公路项目中的一座特大桥梁。文章结合地形地物、水利、航道、抗震、景观等方面介绍了潮安韩江特大桥方案设计比选,并对推荐方案结构设计做了详细论述,以期同类桥梁的设计提供有益借鉴。

**关键词:** 韩江特大桥; 方案设计; 方案比选

## 0 引言

潮安韩江特大桥是广东省东山(闽粤界)至潮州古巷公路项目中的一座特大桥梁。该桥地处潮安县归湖镇,上跨韩江、县道 X073、县道 X075,跨越处韩江宽度约为 591m。该桥建成后将成为连接韩江两岸的重要通道,为带动两岸地区交通、经济、文化等发展发挥积极作用。根据该桥所处位置地形地物、水利、航道、抗震、景观等多方面条件要求,对该桥方案设计进行了深入的比选,并对推荐方案结构设计作了详细论述。

## 1 桥梁概况

本桥跨越处韩江宽度约为 591m,上跨韩江航道为 IV 级航道,双孔单向通航,通航孔净宽不小于 85.5m,净高不小于 8m,上底宽不小于 76.5m,则高不小于 5m。通航孔桥墩承台顶面高程不得高于 6m。该河段属于潮州水利枢纽工程,最高通航水位采用 10 年一遇洪水水位  $H = 19.16\text{m}$ ,最低通航水位及常水位采用潮州水利枢纽回水位 9.16m。设计洪水水位采用 300 年一遇水位  $H = 22.824\text{m}$ 。

跨堤处需一跨跨越,桥墩设在堤坝坡面以外,并保留一定的安全距离。桥下预留净高满足堤坝处的县道 5.5m 要求。

本桥位为抗震重点构筑物。根据勘探资料,桥位区存在饱和砂土层,不存在液化现象。根据本项目安评报告,应按抗震设防烈度 7 度、地震动峰值加速度 0.15g 采取抗震措施。

本桥所处位置为归湖镇二塘龟山文物遗址附近、韩江花鳗鲡自然保护区及二级水源保护区,因此设计时需结合当地文化旅游及发展的需求,适当考虑景观、环保设计等需求。

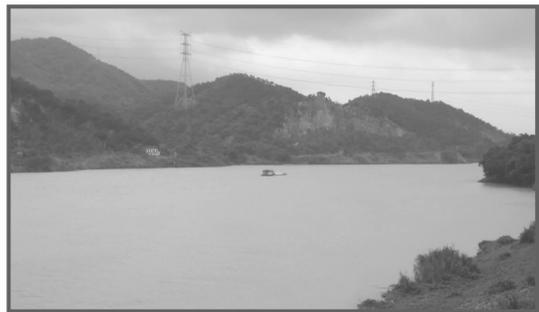


图 1 韩江现状

## 2 桥型方案介绍

### 2.1 方案一

根据总体线位与韩江水流的情况,结合通航要求,考虑本桥跨越韩江鳗、花鳗鲡市级自然保护区和潮州市饮用水源二级保护区,为降低水下桥墩施工对韩江干流的影响,拟定满足各方面基本要求的通航孔的经济跨径为  $2 \times 90\text{m}$ ,按照通航线位中心展开布孔,主桥跨径布置为  $(55\text{m} + 2 \times 90\text{m} + 55\text{m})$ 。另外,根据水利部门要求,河堤处采用一跨跨越,并使桥墩与堤坝保持一定的安全距离,跨堤处分别采用  $(45\text{m} + 70\text{m} + 45\text{m})$  和  $(40\text{m} + 60\text{m} + 40\text{m})$  预应力砼变截面连续刚构箱梁。非跨堤处引桥采用预制结构,水中部分结合水利部门意见(减小阻水比)采用 40m 跨预应力砼先简支后连续(刚构)T 梁;岸上部分采用 30m

跨径预应力砼先简支后桥面连续 T 梁。

部结构主桥主墩采用空心墩,其余桥墩均采用薄壁墩,桥台采用柱式台,基础为钻孔灌注桩基础。

全桥桥跨组合为 10 × 30m + (45m + 70m + 45m) + (55m + 2 × 90m + 55m) + 4 × 40m + (40m + 60m + 40m) + 7 × 30m,桥梁总长为 1 267m。下

根据水利部门意见,为减小阻水比,河道内承台均需埋于河床以下。

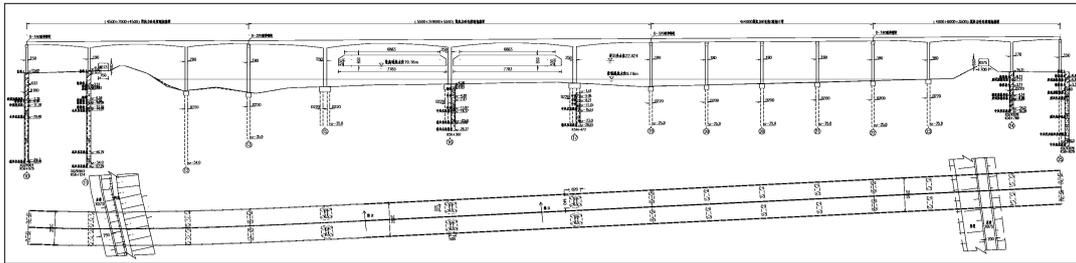


图2 潮安韩江特大桥(河道范围)总体桥型布置图(方案一)

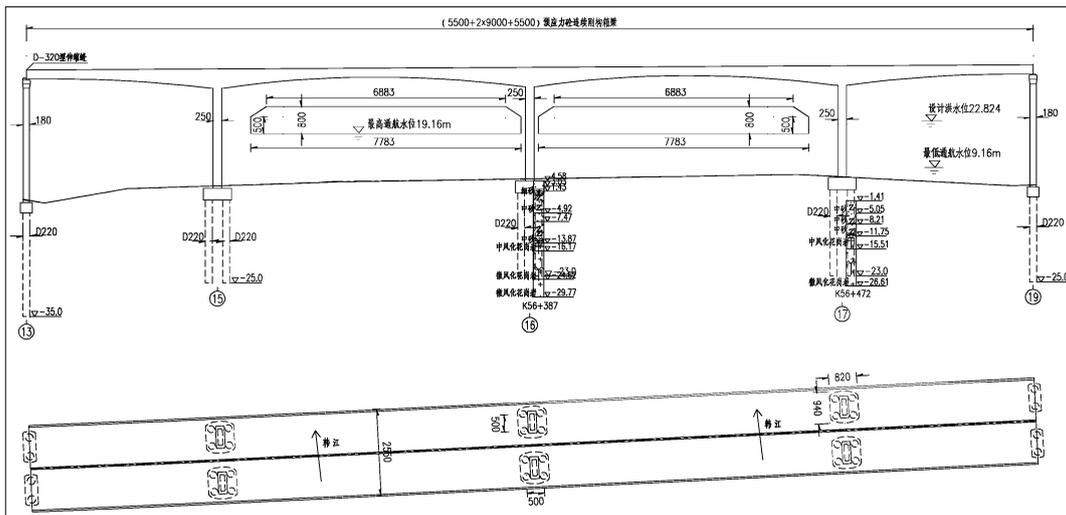


图3 潮安韩江特大桥(55m + 2 × 90m + 55m)主桥布置图(方案一)

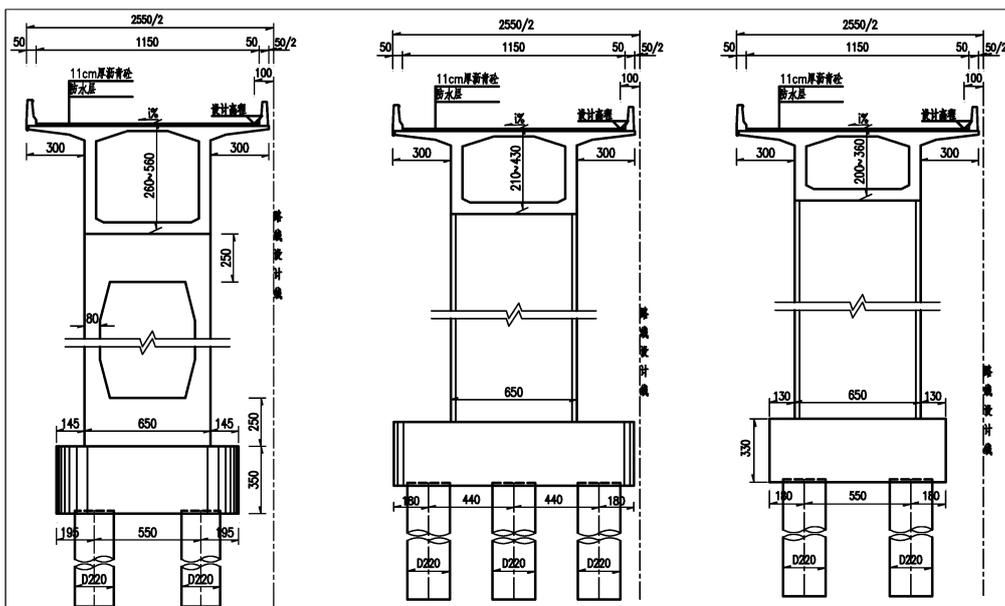


图4 潮安韩江特大桥桥墩一般构造图(方案一)

### 2.2 方案二

由于总体线位与水流方向有一定夹角,桥梁正交设计一定程度上增大了阻水比,因此可通过尽量减少水中桥墩来减小阻水比。同时为减少水中支架施工,降低施工难度,提升景观效果,将方案一中跨堤处(45m+70m+45m)连续刚构与主桥(55m+2×90m+55m)连续刚构合并为(55m+4×90m+55m)连续箱梁,另一侧跨堤处仍采用(40m+60m+40m)连续刚构;其余引桥部分与方

案一相同。

全桥桥跨组合为 $9 \times 30\text{m} + (55\text{m} + 4 \times 90\text{m} + 55\text{m}) + 4 \times 40\text{m} + (40\text{m} + 60\text{m} + 40\text{m}) + 7 \times 30\text{m}$ ,桥梁总长为1257m。下部结构主桥主墩采用空心墩,其余桥墩均采用薄壁墩,桥台采用柱式台,基础为钻孔灌注桩基础。由于主桥联长较长,桥位处地震力较大,拟采用减隔震支座。

根据水利部门意见,为减小阻水比,河道内承台均需埋于河床以下。

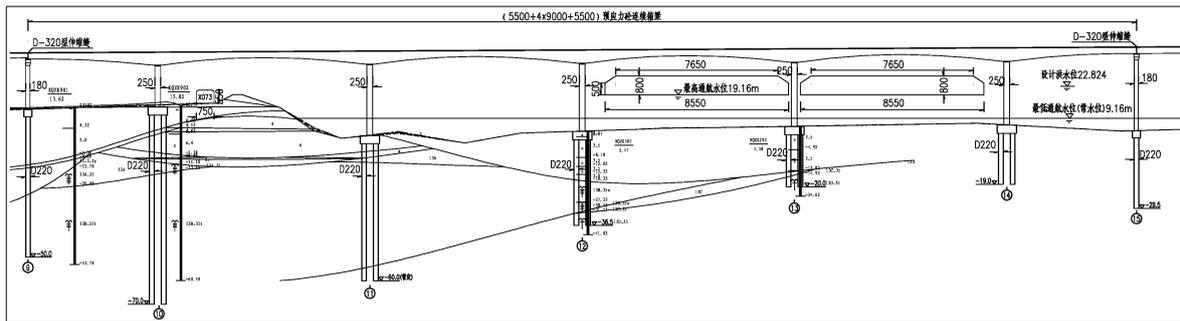


图5 潮安韩江特大桥(55m+4×90m+55m)主桥布置图(方案二)

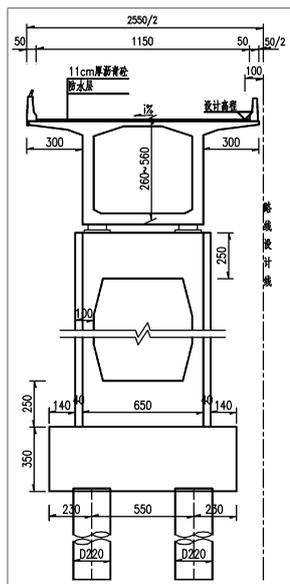


图6 潮安韩江特大桥桥墩一般构造图(方案二)

## 3 方案比选

### 3.1 方案一

优点:主桥联长较短,墩身刚度较均衡,墩梁固结,施工方便,且减少了支座的费用及后期养护的难度,造价略低。

缺点:两联间的水中过渡墩较高,需现浇支

架施工,施工风险高,费用较大,景观效果也不佳。由于桥位处抗震设防烈度7度,地震动峰值加速度0.15g,刚构地震力很大,为保证桩基弹性受力,需付出较大代价,造价优势不明显。墩柱需采用延性抗震设计,抗震性能目标较采用减隔震弹性设计更低,且地震后低桩承台处的墩身难以检查维修。

### 3.2 方案二

优点:景观效果更好,减少了水中高支架现浇施工,降低了施工风险,更符合韩江花鳗鲡自然保护区及二级水源保护区的环保要求。采用减隔震弹性设计,墩柱桩基均保持弹性,抗震性能目标较延性抗震设计更优。墩柱数量减少,阻水比减小,更有利于泄洪。

缺点:主桥规模稍有增加,造价略有上升。主桥联长较长,墩身高度差异较大,需采用减隔震支座。

## 4 推荐方案结构设计

综合以上比选研究,潮安韩江特大桥施工图阶段最终选用方案二,并对结构进行了优化设计。

### 4.1 桥跨体系

施工图最终确定的桥跨组合为  $10 \times 30\text{m} + (55\text{m} + 4 \times 90\text{m} + 55\text{m}) + 4 \times 40\text{m} + (40\text{m} + 60\text{m} + 35\text{m}) + (25\text{m} + 2 \times 30\text{m}) / (2 \times 30\text{m} + 25\text{m}) + 5 \times 30\text{m}$ , 桥梁总长为  $1\,276.4\text{m}$ , 总体方案在方案二的基础上根据地方政府要求略做调整,  $(25\text{m} + 2 \times 30\text{m}) / (2 \times 30\text{m} + 25\text{m})$  左右幅错跨布置。

跨航道处主桥上部结构为  $(55\text{m} + 4 \times 90\text{m} + 55\text{m})$  预应力砼变截面现浇连续箱梁, 采用减隔震支座; 归湖侧跨河堤处主桥上部结构为  $(40\text{m} + 60\text{m} + 35\text{m})$  预应力砼现浇连续箱梁, 采用减隔震支座; 水中引桥上部结构为  $40\text{m}$  预应力砼先简支后结构连续 T 梁; 陆上引桥上部结构形式为  $30\text{m}$  预应力砼先简支后桥面连续小箱梁。

### 4.2 上部构造

主桥  $55\text{m} + 4 \times 90\text{m} + 55\text{m}$  跨上部结构采用预应力砼变截面现浇连续箱梁, 按全预应力结构设计。主梁采用单箱单室结构, 悬臂长  $3\text{m}$ , 悬臂根部厚度为  $75\text{cm}$ ; 底板宽  $6.5\text{m}$ , 顶板宽  $12.5\text{m}$  (含防撞栏后浇段)。箱梁梁高从跨中(边跨端部)  $2.6\text{m}$  变化到主墩根部  $5.6\text{m}$ , 底板厚度从  $30\text{cm}$  变化到根部  $80\text{cm}$ , 梁高和底板厚度均按 2 次抛物线设计。腹板厚度采用  $45\text{cm}$ 、 $75\text{cm}$  两种, 中间设置过渡段。具体的横断面布置见图 7。

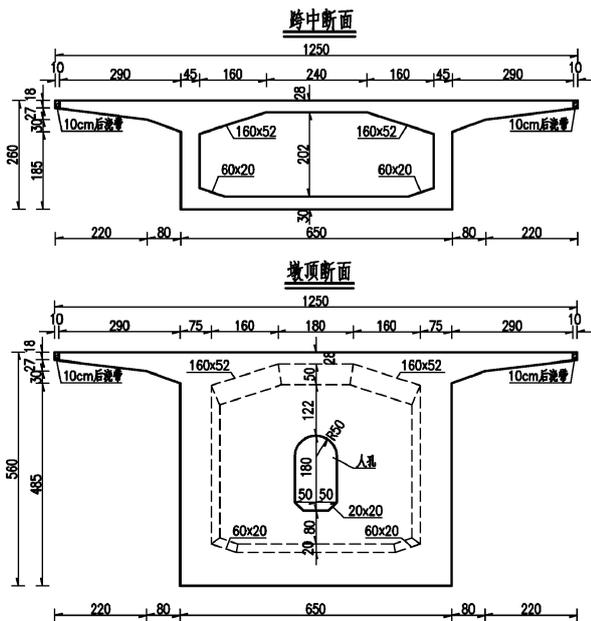


图 7 (55m + 4 × 90m + 55m) 主梁横断面

归湖侧跨河堤处主桥部分为  $(40\text{m} + 60\text{m} + 35\text{m})$  预应力砼变截面现浇连续箱梁, 按全预应力结构设计。主梁采用单箱单室预应力砼结构, 悬臂长  $3\text{m}$ , 悬臂根部厚度为  $75\text{cm}$ ; 底板宽  $6.5\text{m}$ , 顶板宽  $12.5\text{m}$  (含防撞栏后浇段)。箱梁梁高从跨中(边跨端部)  $2\text{m}$  变化到主墩根部  $3.6\text{m}$ , 底板厚度从  $28\text{cm}$  变化到根部  $60\text{cm}$ , 梁高和底板厚度按 2 次抛物线设计。腹板厚度采用  $40\text{cm}$ 、 $70\text{cm}$  两种厚度, 中间设置过渡段。具体横断面布置见图 8。

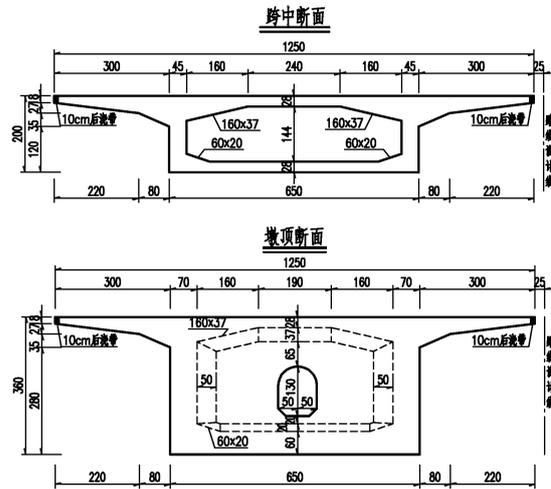


图 8 (40m + 60m + 35m) 主梁横断面

### 4.3 箱梁预应力布置

主桥连续箱梁均设置纵向、横向和竖向预应力。

跨航道处主桥纵向预应力: 设置了顶板束、底板束和腹板束。钢束采用  $\phi^s 15.2 - 12$ 、 $15$ 、 $17$ 、 $19$  型号钢绞线, 大部分采用两端张拉, 边跨处部分采用单端张拉。管道采用原生塑料波纹管成孔。

归湖侧跨河堤处主桥纵向预应力: 设置了顶板束、底板束和腹板束。钢束采用  $\phi^s 15.2 - 9$ 、 $12$ 、 $15$ 、 $17$ 、 $19$  型号钢绞线, 均采用两端张拉, 边跨处部分采用单端张拉。管道采用原生塑料波纹管成孔。

横向预应力: 横向预应力钢束采用  $\phi^s 15.2 - 3$  钢绞线, 单端张拉, 相邻两根钢束采用交错张拉锚固。管道采用金属波纹管成孔。

竖向预应力: 竖向预应力钢束采用  $\phi^s 15.2 -$

3 钢绞线,单端张拉,相邻两根钢束采用间隔张拉锚固。管道采用 SBG-50Y 圆形塑料波纹管成孔。钢束张拉采用低回缩二次张拉预应力锚固系统,张拉端和锚固端均采用相应的二次张拉锚具。

#### 4.4 下部结构

主桥(55m+4×90m+55m)主墩为薄壁箱形墩,墩身宽6.5m,厚为2.5m,横桥向两侧作三角外突设计,增加桥墩立体感,提高景观设

计,减小阻水。箱壁厚横向最小为100cm,纵向为60cm。主墩承台横向长10.1m,纵向宽9.1m,厚3.5m;横桥向作椭圆景观及导流设计,椭圆长半径为4.55m,短半径为1.2m;封底砣厚2.5m。桩基采用4根 $\phi 220\text{cm}$ 的钻孔灌注桩基础。过渡墩采用薄壁墩,薄壁宽4.5m,薄壁厚1.8m。承台横向长9.1m,纵向宽3.6m,厚3m,桩基采用2根 $\phi 220\text{cm}$ 的钻孔灌注桩基础。主墩构造图见图9。

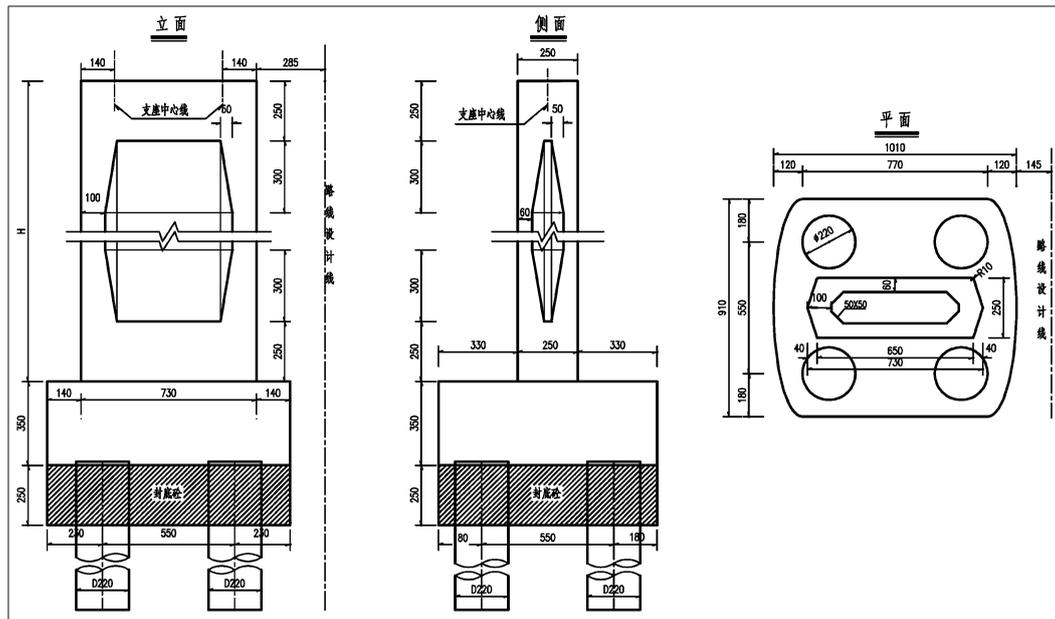


图9 (55m+4×90m+55m)主墩构造图

归湖侧跨河堤处(40m+60m+35m)主墩为薄壁墩,墩身宽6.5m,厚分别为1.8m、1.7m。主墩承台横向长7.6m,纵向宽6.6m,厚2.7m,桩基采用4根 $\phi 180\text{cm}$ 的钻孔灌注桩基础。过渡墩采用薄壁墩,薄壁宽分别为3.6m、3.3m,薄壁厚分别为1.8m、1.7m。承台尺寸分别为8.4m×3.4m×3.0m、7.6m×3.0m×2.7m,桩基分别采用2根 $\phi 200\text{cm}$ 、 $\phi 180\text{cm}$ 的钻孔灌注桩基础。

根据上述结构设计,已完成本桥施工图设计。

## 5 结语

潮安韩江特大桥跨越韩江水流,位于潮安县文物遗址及自然保护区,且为抗震重点构筑物。桥型方案及结构受地形地物、水利、航道、抗震等多方面条件限制,同时还需满足景观、环保等设计

要求,建设条件复杂,除常规的工程规模、施工难度及造价等方面,设计需综合考虑其他多种因素。通过方案比选,提供一个既结构合理又满足多方面需求的桥型结构方案,并对推荐方案结构设计做了详细介绍,为同类桥梁的方案设计提供借鉴参考。

#### 参考文献:

- [1] 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 JTG D60-2004[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 公路桥梁抗震细则 JTG/T B02-01-2008[S]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [3] 广东省东山(闽粤界)至潮州古巷公路施工图设计[R]. 广州:广东省公路勘察规划设计院股份有限公司,2014.



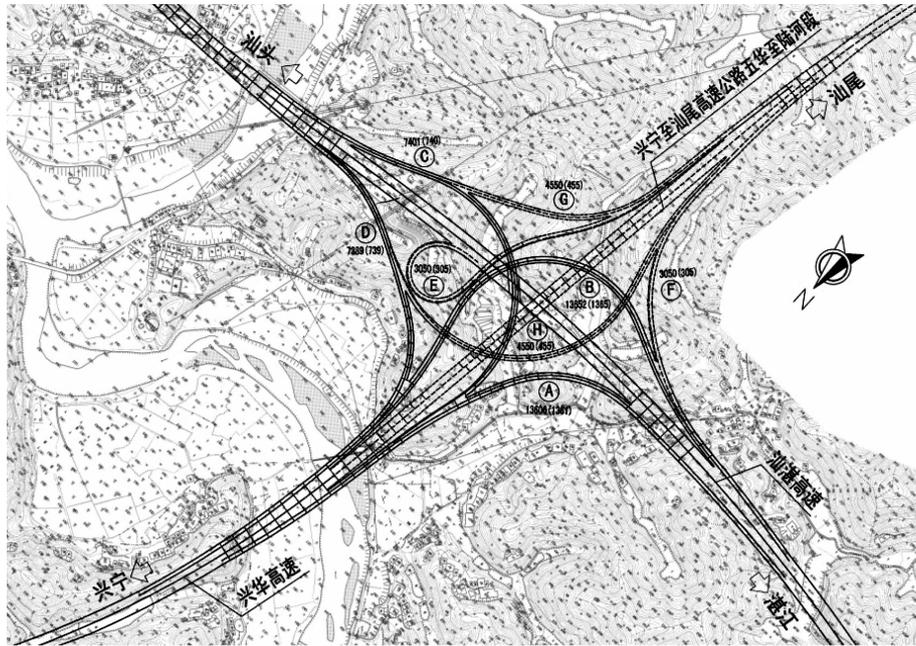


图 2 方案一平面布置图

### 2.2 方案二

方案二与方案一整体布局大体相同(见图 3),不同之处为 B、E 匝道的相对布置位置:方案一 E 匝道紧靠 B 匝道外侧布设,方案二 E 匝道位于 B 匝道内侧、紧靠兴华高速主线布设。

汕尾往湛江方向左转匝道采用最小半径为

60m 的环圈匝道,湛江往兴宁方向左转匝道采用半直连式匝道,平曲线最小半径为 200m。环圈匝道设计速度为 40km/h,其余匝道设计速度均为 60km/h。

本方案的优点是立交型式符合交通量主流方向布置;缺点是匝道桥及用地规模稍大。

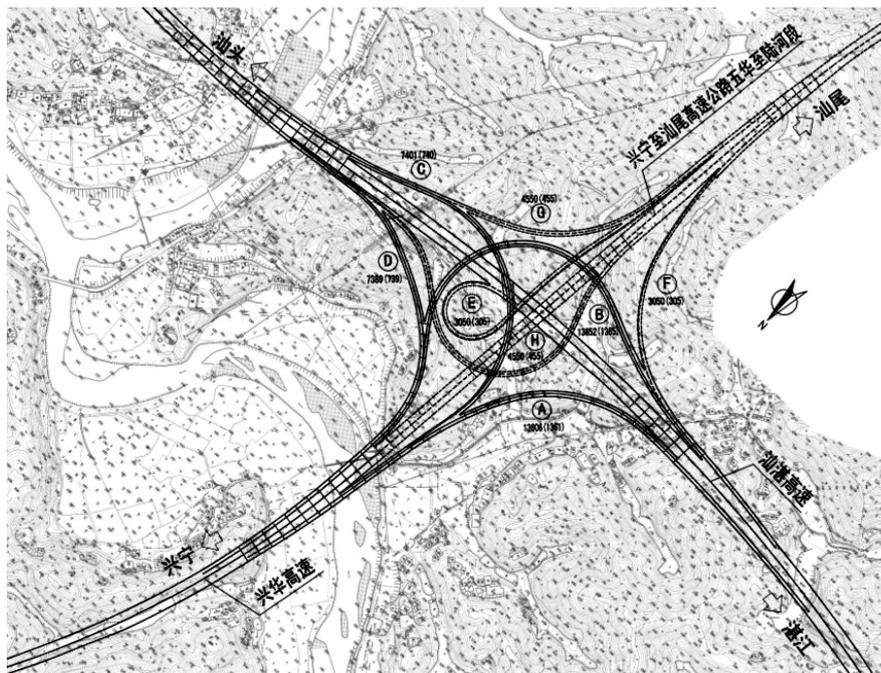


图 3 方案二平面布置图

2.3 方案三

本方案为混合型方案(见图 4),汕头往汕尾方向(H 匝道)以及汕尾往湛江方向(E 匝道)左转匝道采用最小半径为 60m 的环圈匝道,湛江往兴宁方向左转匝道采用半直连式匝道,平曲线最小半径为 200m。环圈匝道设计速度为 40km/h,

其余匝道设计速度均为 60km/h。

本方案将交通量最小的两个左转方向匝道设置成环圈匝道,立交型式符合交通量主流方向布置,匝道布设紧凑,立交总体规模较小。缺点是设置了双出口,E 匝道与 H 匝道之间交通流存在交织,不利于交通安全。

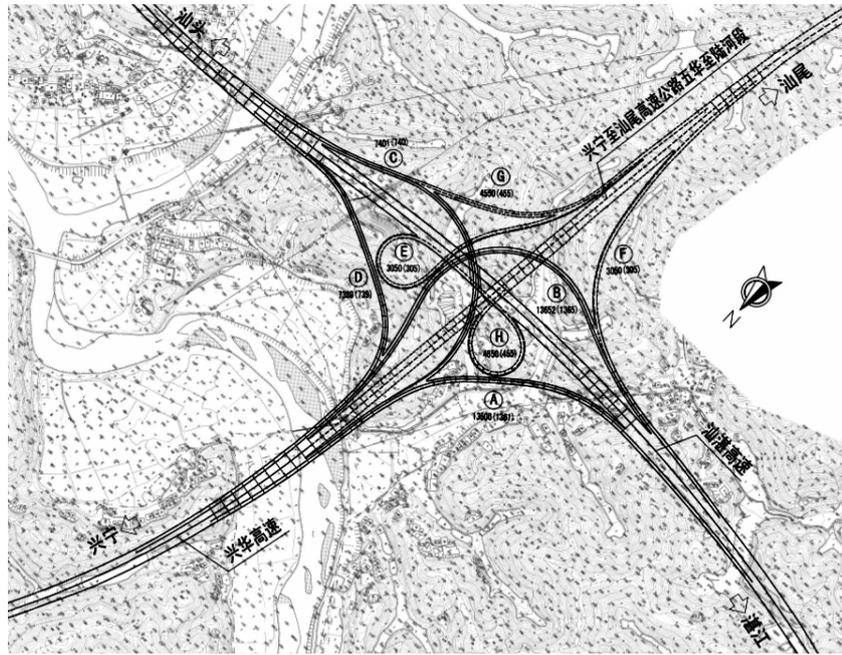


图 4 方案三平面布置图

表 1 樟树塘互通立交方案比较表

序号	指标名称	单位	方案一	方案二	方案三	备注
1	匝道设计速度	km/h	40,60	40,60	40,60	
2	匝道最小平曲线半径	m	60	60	60	
3	匝道最大纵坡	%	3.85	3.936	3.661	
4	匝道长度	m	5805.46	5988.25	5468.65	
5	土石方数量	填方	m <sup>3</sup>	1104380	1364696	1039978
		挖方	m <sup>3</sup>	1744336	1741946	1644882
6	主线桥	m <sup>2</sup>	34867	35953	35824	
7	匝道桥	m/座	1766.3/12	1799.6/13	1697/9	
8	涵洞	m/道	439.93/8	606.37/8	500.61/8	
9	防护排水工程	m <sup>3</sup>	1567	1646	1536	
10	拆迁	m <sup>2</sup>	2623	2623	2715	
11	占用土地	亩	749	775	794.7	
12	建安费	万元	18806	19876	18176	
13	总造价	万元	27269	28821	26355	
14	方案比选结论		推荐	比较	比较	

(下转第 29 页)

# 跨海(江)大桥行车交通安全防控措施探讨

张 文

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘 要:** 文章首先对跨海(江)大桥行车交通安全特点进行了分析,对国内部分跨海(江)大桥交通安全防控措施进行了汇总整理,提出了跨海(江)大桥安全保障技术措施和管理措施。跨海(江)大桥应尽可能在主体工程设计阶段消除安全隐患;从主动诱导和被动防护角度设置安全防护设施;在运营阶段,通过合理控制车辆运行速度、对桥梁路段实施全程监控管理、重视特殊车辆的运营管理、重视不利气候条件的监测和预报、编制系统的应急救援预案、加强交通安全宣传教育等手段,最大程度地保障交通安全。

**关键词:** 交通安全; 跨海(江)大桥; 措施

## 1 跨海(江)大桥行车交通安全特点

跨海(江)大桥路段交通安全具有如下特点:

- (1) 受工程所处地理位置和周边环境影响,跨海(江)大桥运营安全水平对不利气候条件如暴雨、浓雾、台风、冰雪、桥面结冰等较为敏感。
- (2) 受工程结构特点限制,跨海(江)大桥运营安全水平受特殊车辆如重载货车、危险品运输车辆影响较大。
- (3) 跨海(江)大桥一旦发生交通事故,车辆冲出(或翻出)桥外,对司乘人员造成巨大的损失,路侧条件危险等级较高。同时,在极端情况下事故车辆可能对桥梁结构安全造成威胁<sup>[1]</sup>。
- (4) 受空间

限制,跨海(江)大桥发生交通事故后,相对路基段事故救援难度较大、交通流疏散难度较大。桥梁路段除中央分隔带开口和附近互通立交外,不易利用其他周边路网进行分流,救援机械、车辆不易到达事故现场,影响救援时机。

## 2 国内部分跨海(江)大桥基本情况与交通安全措施调查

国内部分跨海(江)大桥如:苏通长江公路大桥、润扬长江公路大桥、东海大桥、杭州湾跨海大桥、虎门大桥和黄埔大桥等均设置了较为完善的安全保障措施<sup>[2-7]</sup>,如表 1。

表 1 国内部分跨海(江)大桥交通安全保障措施

安全设施	苏通长江公路大桥	润扬长江公路大桥	东海大桥	杭州湾跨海大桥	虎门大桥	黄埔大桥
主桥护栏	路侧和中间带均采用三横梁钢护栏	路侧和中间带均采用三横梁钢护栏	路侧和中间带均采用混凝土底座 + 三横梁钢护栏	路侧和中间带均采用四横梁钢护栏(分段涂装不同颜色)	路侧:三横梁钢护栏;中间带:二横梁钢护栏	路侧和中间带均采用三横梁钢护栏
交通标志	限速标志,桥梁起点段设置门架式可变信息标志,桥梁路段设置可变信息标志、指路标志、注意横风标志和交通广播信息标志	可变信息限速标志、注意横风标志,桥梁路段设置了限速标志、出口预告标志、互通立交合流警告标志和出口分流标志	入口门架式指路标志、明确桥梁限速、车辆总重、提示车辆开启近光灯等;车距确认标志;限高标志;距离预告标志;可变情报板、紧急救援区预告标志、限速标志、禁止停车下客标志、救援电话信息标志、严禁疲劳驾驶标志、出口预告标志、注意追尾标志、注意横风标志和注意侧滑标志	严禁超速行驶标志;海中引桥和航道桥上坡路段设置“注意低速爬坡车辆”标志、限速标志、车距确认标志、注意横风标志、旅游区标志、服务区预告标志、出口预告标志、可变信息板、车道指示、货车请走第三车道标志、驾车勿打手持电话标志、大货车靠右侧行驶标志、严禁超载超限标志、禁止大型车辆进入第一车道	可变情报板;长途客车严禁超载标志;大车占快车道罚款扣分标志、应急车道禁止行车标志、悬索桥路段限速及禁止超车标志、注意横风标志、电子测速标志、超限超载检测站预告标志,服务区预告标志、出口预告标志、严格按车道行驶标志	可变情报板;注意横风标志等

(续表1)

安全设施	苏通长江公路大桥	润扬长江公路大桥	东海大桥	杭州湾跨海大桥	虎门大桥	黄埔大桥
特殊交通标线	全线车道边缘线采用振动标线,并且按固定间距设置排水口		接线段局部路段设置横向减速振动标线、路面文字标记、车距确认标线	桥梁段车道边缘线采用振动标线,局部路段设置白色或黄色横向振动减速标线、车道行驶车辆类型路面文字标记和车距确认标线等	横向振动减速标线、路面文字标记、主桥段设实线车道分界线、主线收费站收费广场设减速振动标线	
监控设施	桥梁路段全程监控;通过可变情报板调度	桥梁路段全程监控;通过可变情报板调度	桥梁路段全程监控;通过可变情报板调度	桥梁路段全程监控;通过可变情报板管理调度	桥梁路段全程监控;通过可变情报板调度	全线视频监控;关键部位重点监控
速度控制方案	分车型限速;利用可变情报板根据运营情况限速;全程测速	分车型限速和单一限速相结合;利用可变情报板根据运营情况限速;全程测速		分车道与分车型结合;利用可变情报板根据运营情况限速;全程测速	分车道限速;电子测速和超速抓拍	
其他设施	主塔附近设置风障;固定间距设置紧急电话;路灯照明设施;视线诱导设施	上跨高架桥设置防抛网;固定间距设置紧急电话;气象监测器;桥梁段设置路灯;互通立交分流鼻设置防撞岛和警示灯;室外广播系统等	海上段中央分隔带设置路灯;设置紧急救援区等	设置服务区、行车安全宣传橱窗;互通立交分流鼻设防撞桶;局部路段设风障,桥梁段设路灯;太阳能黄闪灯、紧急电话;桥梁段设置雾灯;室外广播系统	路灯、路段监控系统 and 车辆拍照系统;固定间距设置紧急电话;	路灯、灭火器

### 3 跨海(江)大桥安全保障技术措施

为保障行车安全,应首先根据工程项目特征,结合项目地理位置、建设条件,从优化桥位桥形选择、平纵线形指标选取等角度出发,通过优化设计提升工程项目的“本质安全”水平,尽可能在主体工程设计阶段消除安全隐患。

若受自然条件和投资等限制,无法从根本上消除隐患时,则意味着开通运营后,当多种事故诱因耦合时必然会导致交通事故的发生。为将交通事故发生的概率和严重程度降到最低,在设计阶段,设计人员应从主动诱导和被动防护角度,设置安全防护设施。

#### 3.1 主动诱导措施

驾驶员的人为因素极大地影响着公路交通安全,不良的驾驶行为(如频繁超车换道、随意停车、超速、疲劳驾驶等)是交通事故的重要诱因,当其与工程本身的不利安全因素耦合时极易引发交通事故。通过系统地设置主动诱导设施能够实现驾驶员与道路的良好交互,使驾驶员能够

根据行车环境所传达的信息自觉地调整驾驶行为和车辆行驶方向,在驾驶员与行车环境所发生的信息交互过程中,行车环境起到“主动”引导的作用,防止车辆驶离车道而冲向路侧,可以有效降低车辆与路侧护栏、立柱等发生碰撞的概率,大大减小驶出路外的可能性。

通过设置道路环境信息预告标志、行车安全提示标志和可变情报板等,为驾驶员正确确定前方道路环境期望提供支撑,并对可能产生或遇到的不利交通安全因素(如不良驾驶行为、不利气候条件等)进行预告,使驾驶员注意力更集中,以缩短驾驶员在紧急情况下的反应时间,保障行车安全。通过设置主动发光式的轮廓标、线形诱导标、突起路标和照明设施、雾灯等诱导设施,引导或提醒驾驶员前方公路线形的变化,使其根据线形适当改变行车方向,保障行车安全<sup>[8]</sup>。通过在容易发生事故的路段设置太阳能警示灯或太阳能黄闪灯等警示设施,提示车辆谨慎慢行、安全通过,以保障行车安全。通过设置路肩振动带等越界提醒设施,当车辆偏离行车道驶上该构造物

时,通过振动和噪声来提醒处于疏忽或疲劳驾驶状态的驾驶员,达到降低车辆驶离车道事故的目的。此外,还可以通过设置风障等设施,尽可能减小横梁横风对行车安全的影响。

### 3.2 被动防护措施

被动防护设施主要用于降低事故严重程度和造成的损失。可以通过合理确定路侧和中央分隔带护栏防撞性能,避免车辆冲出桥外。通过在线形指标相对较低或易发生事故路段设置减速震动标线、薄层铺装、视错觉标线等设施,增加路面防滑性能和增加视觉刺激、降低车辆行驶速度。通过对路段实施全程监控、配置室外广播系统,提醒驾驶员在不利气候条件下安全行车,及时发现突发交通事件,提醒驾驶员按要求行车,并在最短的时间内实施救援和疏散。通过在互通立交分流三角端和收费岛前设置黄闪灯和可导向防撞垫等设施,提醒驾驶员注意行车障碍物,控制行车速度,保障司乘人员和收费人员的安全。通过设置消防器材和紧急电话等应急设施,以便于实施事故救援,减小事故损失。

## 4 跨海(江)大桥安全保障管理措施

受地理环境、不利气候条件和工程结构特征等因素的制约,在工程本质安全上存在安全隐患或存在不利交通安全因素时,采取安全技术措施仅能够在一定程度上缓解交通事故造成的损失、降低事故发生的频次,但不可能完全消除安全隐患和避免交通事故的发生。因此,在运营阶段,管理人员应根据交通特征和安全特性,进一步优化完善安全防护设施设置。建议从以下方面考虑安全管理措施:

**合理控制车辆运行速度:**通过实施区间和重点路段的测速,对车辆通过区间的平均速度和线形指标相对较低(或事故发生次数相对较多)路段行车速度控制。在设置测速设施的同时,还应制定系统的限速方案,引导车辆行车速度。跨海(江)大桥路段正常运营条件下最高限速值多为设计速度或比设计速度低 10km/h,双向六车道

高速公路多采用分车道限速方式(也有个别桥梁采用分车型限速方式),部分桥梁主桥(如悬索桥路段)最高限速值比其他路段低 20km/h。在不利气候条件(如降雨、冰雪、台风等)下,通常采用门架式可变情报板和可变信息标志降低最高限速值,降雨条件下通常限速 60km/h 或 40km/h。

**对桥梁路段实施全程监控管理:**考虑到桥梁路段一旦发生交通事故后不易施救,容易产生交通拥堵,不易分流疏导等特性,需要建立无缝式全程监控系统,并配备事件识别装置,通过综合使用硬件设施和软件系统,监控中心在发生交通事故的第一时间即可获取现场情况,并利用室外广播等形式对现场进行组织和管理。在设置硬件设施的同时,还应重视和合理安排管理人员的日常巡逻工作,特别是在降雨、冰雪、台风等不利气候条件下,容易引发交通事故,应加大巡逻密度,并对车辆不良行驶状态和驾驶员不良驾驶行为进行提醒和纠正。

**重视特殊车辆的运营管理:**特殊车辆(如重载货车、超载超限车辆和危险品运输车辆等)通常行驶速度较低,当其比例较大时,易占用其他行车道,更有部分车辆会相互超车,由于车辆性能欠佳,长时间处于并行状态,严重影响道路通行能力。对于特殊车辆的管理,首先应对超载车辆进行管理,明令禁止 55 吨以上车辆驶入桥梁路段。其次是危险品运输车辆的管理,应按相关法律法规规定,严格审查危险品运输的各项基本条件,对于存在安全隐患的运输车辆禁止驶入桥梁路段。对于符合规定的车辆统筹安排危险品运输车辆行驶路线,由运营管理人员护送通过,并加强对车辆的监控和状态跟踪,必要时针对项目特征制定危险货物运输管理办法。此外,跨海(江)大桥上剧毒危险化学品运输车辆发生交通事故时还涉及到水源的安全和污染问题,必要时开展专项研究。

**重视不利气候条件的监测和预报:**跨海(江)大桥受海域的影响,通常存在暴雨、台风、浓雾、

冰雪等不利气候条件,通过搭建气象监测站、建立气象监测系统进行预报和监控,即时把握道路的运营状态,采取适宜的管理策略,如降低限速值、利用室外广播系统提示安全行车、必要时封闭道路等。

**编制系统的应急救援预案:**根据项目特征和气候环境特征,针对道路交通可能发生的严重影响行车和工程结构安全的各种突发情况(如恶劣气候条件、危险品运输等),制定系统的专项应急预案,拟定各种影响行车安全的交通事件的预防和处理措施,明确各种特殊情况的处理程序,配备相应的应急救援设施和力量,控制各类交通突发事件对行车的影响。应急预案编制完成后,应对各级管理人员进行应急预案培训,并定期对应急预案进行演练、更新应急预案内容。

**加强交通安全宣传教育:**在桥梁路段或桥梁接线段的加油站、服务区、停车区等服务设施或收费站入口,通过展板、橱窗等形式对特殊条件下的故障处理方式和行车方法进行宣传;或者对违规客运、货运车辆和企业进行曝光,列出典型交通事故的发生过程、原因和严重后果,甚至将事故车辆残骸进行陈列展示,以警示驾驶员违章行车的严重后果。

## 5 结语

为更好地开展跨海(江)大桥交通安全设计

工作,提升项目运营安全水平,文章对跨海(江)大桥交通安全特点进行了分析,对国内部分跨海(江)大桥交通安全防控措施进行了汇总和整理,同时提出了跨海(江)大桥安全保障技术措施和管理措施,可为类似工程提供参考。

### 参考文献:

- [1] 北京中交华安科技有限公司. 虎门二桥项目工程安全性评价项目国内类似工程调研报告[R]. 北京:北京中交华安科技有限公司,2013.
- [2] 张喜刚,袁洪,裴岷山. 苏通长江公路大桥设计关键技术介绍[J]. 公路,2009(5):6-10.
- [3] 吴寿昌,王立新,彭德运. 润扬长江公路大桥总体设计[J]. 铁道标准设计,2003(3):1-5.
- [4] 黄融,皇甫熹,杨志方,苏洪雯. 世界上最长的特大型跨海桥梁—上海东海大桥的设计技术开发[J]. 建筑施工,26(2):88-92.
- [5] 王仁贵,孟凡超,王梓夫,吴伟胜,孙国强. 杭州湾跨海大桥总体设计. 公路[J],2006(9):1-7.
- [6] 林荣有,郑玉书,王宝君,谭之抗. 虎门大桥施工综述. 桥梁建设[J],1995(2):34-38.
- [7] 魏广胜,刘士林,冯云成,黄治炉. 珠江黄埔大桥工程总体设计. 公路[J],2009(9):254-259.
- [8] JTG D81-2006 公路交通安全设施设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2006,7-75.

# 精细数字高程模型在公路定测中的集成应用研究

汤 敏

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘 要:** 近年来数字高程模型 (DEM) 在公路勘测的各个阶段的应用越来越多, 鉴于传统的测量方式已不能在定测阶段满足施工图设计的要求。我部门利用精细数字高程模型把计算机技术和测量技术结合应用在公路定测中。这种方法满足了设计要求, 提高了工作效率。

**关键词:** 公路定测; 横断面测量; 精细数字高程模型

## 1 引言

公路定测包括中线放样、纵横断面测量。测量传统方法是先实地放样出中桩, 进行中平测量后在中桩上设站或者把设点设在横断面上任一点, 利用前后中桩定向, 左右分别拨角进行横断面测量。横断面测量的前提是已经进行了中桩测量, 且中线线位稳定。然而随着公路设计中设计方案要求的提高, 地方征地协调难度加大, 在施工图设计阶段线位优化调整比较频繁。传统的纵横断面测量方法, 在精度和工期进度等方面已经很难满足设计要求。因此需要一种便捷的纵横断面采集方法去满足设计需要。

## 2 数字高程模型简介

随着科学技术特别是计算机技术和空间技术的迅速发展, 数字高程模型技术不断发展成熟。并作为国家地理信息的基础数据应用范围越来越广, 特别是近些年在公路勘测设计各个阶段中的应用越来越多。

数字高程模型 (Digital Elevation Model), 简称 DEM。它是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型, 是数字地形模型 (Digital Terrain Model, 简称 DTM) 的一个分支。DEM 是对地球表面地形地貌的一种离散的数字表达, 是表示区域 D 上的三维向量有限序列, 用函数的形式描述为:

$$V_i = (X_i, Y_i, Z_i); i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式(1)中,  $X_i, Y_i$  是平面坐标,  $Z_i$  是  $(X_i, Y_i)$  对应的高程。当该序列中各平面向量的平面位置呈规则格网排列时, 其平面坐标可以省略, 此时 DEM 就简化为一维向量序列  $\{Z_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ 。

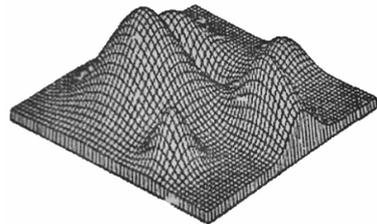


图 1

构网后点的坐标可以用一个数学表达式进行描述:

$$Z_i = f(X_i, Y_i) \quad (2)$$

理论上来说, 地表包含无穷多的点, 如果要获取地表全部的几何信息, 则需要测量无穷多的点。但是从实践看来, 对于不同的 DEM, 我们只需要测量相应数量的数据点, 达到某个精度和可信度即可完成。从基于地形特征的采样观点来看, DEM 表面由有限数量的点组成, 每一个点所包含的信息会因点在 DEM 上的位置不同而变化。它可以分为两种。一种由随机点组成, 它的位置高程信息不算非常重要。另一种由特征点、线组成, 它是比一般地表点包含更多或者更重要信息的地表点, 如山顶点、坎上点、沟边点、变坡点等, 特征线是由特征点构成的三维线, 如山脊线、山谷线、断裂线等。特征点、线不仅包含自身的坐标高程信息, 也隐含地表达出了其周围特征的某些信息, 更

重要的是,如果对整个地表仅采集特征点线,仍然可以获取地表的主要特征。

DEM 的数据采样是一个确定在何处需要量测点的过程,它包含三个重要的方面:点的分布、点的密度和点的精度。因此 DEM 的精度质量也由

这三个方面决定。基于大量高精度特征点线和加密高程点所构成的 DEM 我们称之为精细数字高程模型。

建立 DEM,实现(2)式最常用的多项式函数见表 1。

表 1

独立项	项次	表面性质	项数
$Z = a_0$	0 次项	平面	1
$+ a_1 X + a_2 Y$	1 次项	线性	2
$+ a_3 X^2 + a_4 Y^2 + a_5 XY$	2 次项	二次抛物面	3
$+ a_6 X^3 + a_7 Y^3 + a_8 X^2 Y + a_9 XY^2$	3 次项	三次曲面	4
$+ a_{10} X^4 + a_{11} Y^4 + a_{12} X^3 Y + a_{13} X^2 Y^2 + a_{14} XY^3$	4 次项	四次曲面	5
.....	5 次项	五次曲面	6

根据多项式可以进行线性内插或者双线性内插,线性内插是使用最靠近差值点的三个已知数据确定一个平面,继而求出内插点的高程值的方法,基于 TIN 的内插就是采用这个方法。

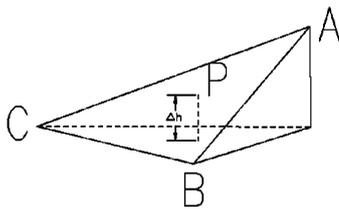


图 2

但是当构成平面的三个点形状趋近一条直线时,解算会出现不稳定的解。

如果通过多项式中的前三项与  $a_3 XY$  项一起使用,则最少需要四个点确定一个表面。这种表面成为双线性表面。在基于格网表面建模的情况下,最终表面将包含一系列的双线性表面。

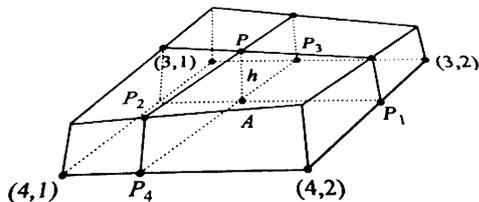


图 3

我们使用 DEM 分块内插的方法,利用双线性多项式内插,设确定的函数形式为:

$$Z = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy \quad (3)$$

将四个已知点带入(3)式,得到四个方程,按下式严密计算四个参数:

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1 y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & x_2 y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 & x_3 y_3 \\ 1 & x_4 & y_4 & x_4 y_4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ Z_4 \end{bmatrix} \quad (4)$$

这样可以求出每个参数得出唯一的公式。

利用上式可以在建模过程中在一定范围内进行内插构模。可以得到符合精度的精细数字高程模型。实际操作中,我们一般利用多个参考平面的差值来进行高程内插改正或者检核。

基于格网的建模常用于处理平缓地区的数据,但对于有着陡峭斜坡和大量断裂线等地形形态比较破碎的地区,如果不进行特殊处理,这种方法生产的 DEM 并不能满足生产需要。因此需要混合表面建模,首先根据系统格网采样建立基础的正方形或三角形格网,加入特征点、断裂线和加密点后,规则格网分解成局部不规则三角网。如图 4 所示:

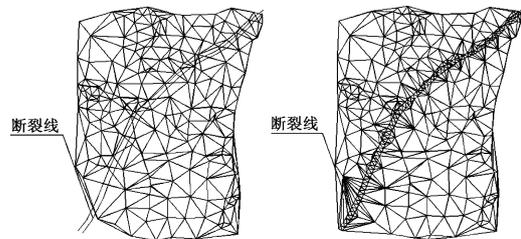


图 4

### 3 精细数字模型的构建过程

定测阶段外业采集数据,我们一般用 GNSS RTK 或者全站仪实地采集数据,按照一般地区采点间隔不大于 10m,地形复杂地区采点不大于 5m。在一些重要工点,如隧道口、桥台、挡土墙、高填深挖边线处、改扩建中原有涵洞等位置适当加测高精度的碎部点。一般地物平面精度达到 0.1m,重要工点地物平面精度达到 0.05m;一般地物高程精度达到 0.07m,如沟底、土路边、坎上等,重要工点地物高程精度达到 0.03m,如高速路面、铁路轨顶、改扩建公路桥梁台前台背、下穿高架桥梁底等。

外业特征点、线,以及各种断裂线和加密碎步点数据采集后,内业处理利用我院开发的“TodayCAD”和“道路勘测”构建出精细数字高程模型,要求 DTM 高程插值中误差不大于 0.2m,满足《公路勘测规范》(JTG C10-2007)数字地面模型应用于

20619.9	2338252.998	508297.024	2.01549097031101
20620.	2338253.088	508297.067	2.01542430364434
20620.1	2338253.179	508297.11	2.01535763697768
20620.2	2338253.269	508297.153	2.01529097031101
20620.3	2338253.359	508297.196	2.01522430364434
20620.4	2338253.449	508297.239	2.01515763697768
20620.5	2338253.54	508297.282	2.01509097031101
20620.6	2338253.63	508297.325	2.01502430364434
20620.7	2338253.72	508297.368	2.01495763697767
20620.8	2338253.811	508297.411	2.01489097031101
20620.9	2338253.901	508297.454	2.01482430364434

以每个桩号的坐标值为中心,以切线方位角为横断面方向按照设定的中桩间隔生成纵横断面数据,同时利用软件设定的条件对横断面进行自

施工图设计阶段的要求。

模型构建后可以利用专业软件形成可视图。

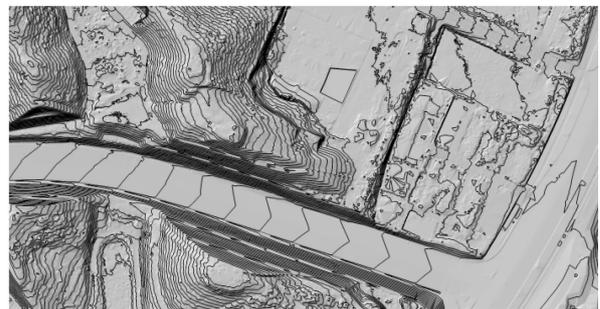


图 5

### 4 精细数字模型的应用以及优势

在此模型基础上,设计部门提供实时的中线数据,再利用我院开发的“TodayCAD”和“道路勘测”软件进行数据处理。根据公路曲线要素的数学公式进行计算,生成间隔 0.1m 中桩的每个中桩点平面坐标数据和切线方位角数据。

检。再利用横断面检查软件人工对横断面上的数据点进行二次检查。经过检查修改后最终导出设计部门需要的横断面格式,如纬地格式。

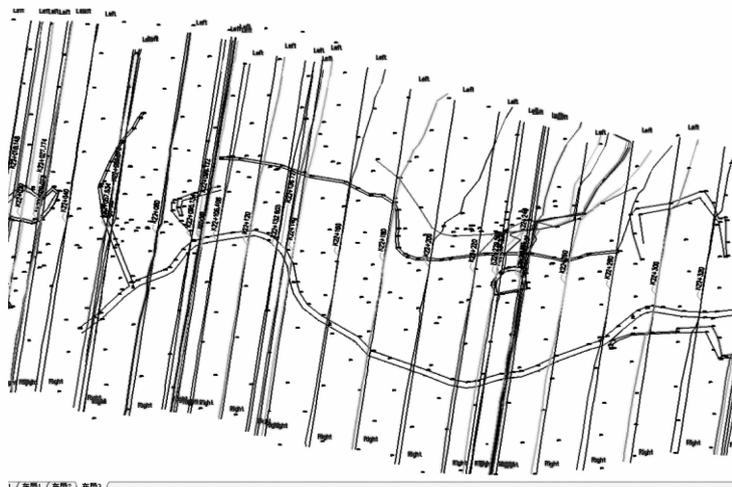


图 6

以罗阳高速公路第一合同段为例,我院利用精细数字高程模型,测量了其中 K0 + 300—K26 + 200 全线 25.9km 纵横断面。经实地检验断面高差中误差,采用传统横断面测量方法检查了不同地形的横断面共 118 条,对横断面数据进行对比检

查。地面测量的横断面上点的高程与剖分横断面对应位置上的点的内插高程相差最大为 0.33m,位于最大填方段。根据《公路勘测规范》(JTG C10 - 2007),表 2 列出几个有代表性的地段,检查结果都符合要求。

表 2 横断面检测高程差值限值

路段类别	测点至中桩高差 $h/m$	测点至中桩水平距离 $L/m$	$(h/100 + L/200 + 0.1)/m$
中桩	0	0	0.10
	5	21	0.25
一般路段	10	60	0.50
	20	60	0.60
最大填方段	40	90	0.95
最大挖方段	38	110	1.03

用精细数字高程模型来切割纵横断面,有很多优点。

在测量精度方面,新方法对比传统纵横断面采集方法在最大程度上减少了人工干预,减少了全站仪中桩对中误差、方位角置零误差、断面方向测量时拨角误差,以及跑尺人员的操作误差,也避免了某些不利地形对于传统横断面测量时全站仪摆站和通视的困难。从整体上提高了纵横断面精度。从精细数字高程模型的构模方式,我们可以知道由它生成横断面不会因为断面点离中桩距离加大而精度下降。同时,它可以提供纵横断面数据的方式非常灵活。可以设置任意中桩间隔的纵横断面数据,且模型的整体精度高且非常均匀。这在隧道口和小半径匝道设计中非常有优势。

在效率方面,公路定测阶段由于各种原因的线位需要优化调整。如果是传统横断面测量方式,只要中线有优化调整即使是小范围的调整,那么调整路段乃至调整段往后的整个中桩横断面成果都需要重新外业测量,这样就浪费了大量人力物力和时间。而采用精细数字高程模型切割纵横断面的方法,如果调整范围小,在数模范

围以内,则不需外业测量,只需要重新计算新的中桩坐标数据和中桩切线方位角数据。如果调整范围在精细数字高程模型以外,则只需要外业人员的局部补充测量,再加入数模源数据中重新处理构建数模和计算中桩,就可以提供新的纵横断面。特别是在立交测量中,由于各象限的匝道半径很小,各条匝道的横断面线经常互交叉,传统测量方法在测量立交横断面时,往往在一些断面线上重复测量,造成了人力资源和时间的浪费。而采用精细数字高程模型制作纵横断面的方法只需要测量立交范围内的点线集制作精细 DEM,制作立交时,避免了测量人员的重复测量,同样也可以满足立交线位的小幅调整需要。

在工期进度方面,由于近年来的高速公路项目一般存在项目规模大,时间紧的情况,因此整个勘察设计工期非常紧张。广东地区天气情况很差,经常受高温、台风等恶劣天气影响,测量外业工期非常难控制。为了快速而又高效的进行测量外业,为设计方争取更多的设计时间,我们用采集数据构建精细数字高程模型处理横断面的方法,可以提前进场分段进行测量。优先选择

测量线位方案较稳定的路段,剩下路段待不稳定线路方案明朗后再进行测量,最后的立交或者联络线出入口测量,待各立交线性方案定下后再进行。在某种程度上也达到了人力资源配置的最佳效果。最后合并所测所有数据,构建精细数字模型切割纵横断面。

## 5 结语

机载激光雷达系统可以主动、快速的得到高精度的激光点云数据,大大的减少了外业工作量。随着它的飞速发展,激光点云的精度也越来越高。基于机载 LIDAR 系统的公路测设在公路勘测中应用越来越多。原始激光点云数据利用线性内插和多项式内插多次改正后的精度可以达到 1:2000 至 1:500 图的精度要求。在这个基础上再加上外业实地数据采集数据的对比改正,可以把激光点云精度再次提高,可满足定测纵横断面的精度要求。

我院早在 2005 年开始已经着手研究机载激光雷达系统和数字高程模型在公路方面的应用,2008 年在沈海高速湛江至徐闻段定测中,我们利用机载激光雷达测量,把原始激光雷达数据经过外业数据采集后的几次对比改正后,加入实地采集的特征点线进行纠正、融合,最终形成精细数字高程模型后切割纵横断面数据。在部分有代

表性路段,比如植被稀少路段、植被茂密路段分别利用传统横断面测量方法测量数据进行对比分析,最终横断面上点误差最大为 0.23m。经过施工单位清表后复测,精度完全符合《公路勘测规范》JTG/T C10-2007 中的要求。

机载激光雷达系统结合精细数字高程模型,在高速公路定测特别是山区高速公路定测中的应用将越来越多。

## 参考文献:

- [1] 黄文元,等.公路勘测手册[S].北京:人民交通出版社,2007.
- [2] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].第二版.武昌珞珈山:武汉大学出版社,2003,4-61.
- [3] 邱赞富,阳德胜等.一种基于精细数字地面模型的公路测设方法[P].中国专利:ZL 201210068333.9. 2014-02-05.
- [4] 阳德胜,邱赞富.道路断面测量和细部测量数据处理系统的开发和应用[J].公路工程,2010(08).
- [5] 邱赞富,阳德胜.机载激光扫描数码摄影测量系统在公路勘测中的应用[J].公路工程,2008(01).
- [6] 徐祖舰,王滋政,阳锋.机载激光雷达测量技术及工程应用实践[M].武昌珞珈山:武汉大学出版社,2009,158-171.
- [7] 王志明.LIDAR 系统在徐湛高速(湛江段)勘测中的应用[J].城市建设,2011.

# 王北凹隧道坍塌成因及处治措施

张金平

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘要:** 本文清晰地阐述了隧道的自然建设条件、工程区域地质环境,从地质角度探讨了坍塌形成的原因,提出了“稳固后方、加固前方、上堵下排侧引、探明前方”相结合的坍塌处治方案,不仅处治了现有坍塌,也为后续隧道施工的推进提供了保障。

**关键词:** 隧道; 坍塌; 成因; 处治措施

## 1 工程概况

王北凹隧道为江门至罗定高速公路控制性工程,位于第11合同段,为分离式隧道。隧道进口端位于新兴县榄根村,里程桩号 YK96 + 954,隧道出口位于云浮市前锋镇围仔村,里程桩号 YK100 + 661,隧道全长 3 707m,最大埋深 462m。隧道出口右线从 YK100 + 661 开始施工,现开挖至 YK100 + 261, YK100 + 390 - YK100 + 261 原设计为 IV 级,由于地质条件较差,变更为 V 级围岩,IV 级变 V 级共 129m。隧道按 V 级围岩开挖至 YK100 + 261 时,隧道涌水量大,出现坍塌现象,停止施工已有 10d。

## 2 工程区域地质环境

隧址区位于丘陵及低山区,地面标高约为

131.5 ~ 643.7m,相对高差约为 503.2m,隧址区内山脊线大部分呈南北向,总的来说山体地形陡峻,山体植被发育。

隧道起点至 YK99 + 150 地层岩性为寒武系八村群变质砂岩及其风化层; YK99 + 150 ~ 隧道终点地层岩性主要为泥盆系桂头组粉砂岩,出口端零星分布有老虎头组砂岩及天子岭组灰岩,各年代地层之间均为不整合接触。

根据现场地质调查和地质钻探成果,在 K96 + 927 处发育小型断层,岩体节理发育不均,岩体较为破碎,地表露头风化裂隙局部较发育。根据区域地质图, YK99 + 150 附近存在不整合接触带, YK99 + 150 ~ YK100 + 661 存在三条隐伏小型断裂。

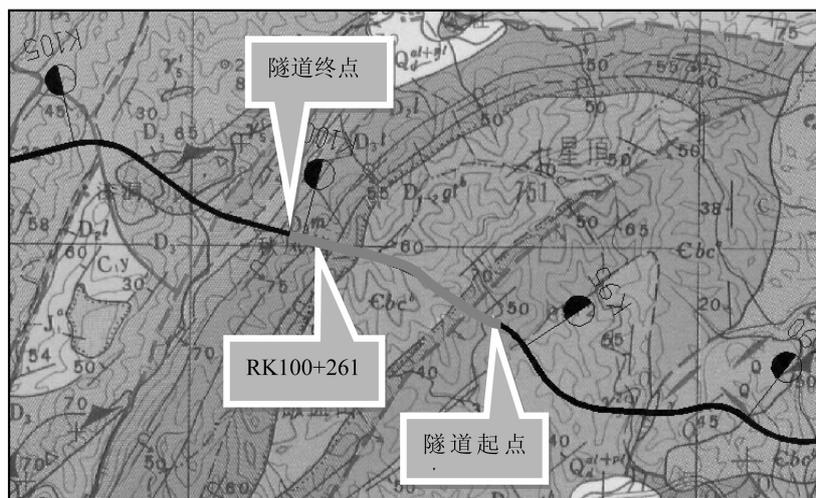


图1 区域地质图

地下水主要类型为基岩裂隙水。赋存于基岩中,其透水性及赋水性极不均匀。地下水主要由大气降水及侧向径流补给,以渗流、小股状涌水方式向隧道开挖面排泄、以侧向径流方式向隧道左侧及低洼地带排泄。隧址区地下水总的流向由地表向下、向隧道左侧,由小里程向大里程。

### 3 坍塌概况

#### 3.1 坍塌基本情况

王北凹隧道罗定端右洞目前掌子面施工桩号为RK100+261,埋深149m,原设计围岩为IV级,主要由中-微风化砂岩、粉砂岩组成,岩质较软-较硬,岩体较破碎-破碎。实际开挖后,RK100+261

掌子面围岩为中风化砂岩为主,红褐色,砂质结构,薄层-中厚层构造,节理裂隙发育,岩体破碎,局部夹土状强风化夹层,局部见揉皱现象,岩质极软,岩体整体性及自稳性差,裂隙水极发育,呈涌水状,流量约 $2\ 000\text{m}^3/\text{d}$ 。拱顶集中涌水点出现坍塌,塌腔纵深 $0.8\sim 1\text{m}$ ,高度 $2.0\sim 4.0\text{m}$ ,弧长约 $8.3\text{m}$ ,塌腔量约为 $26\text{m}^3$ 。针对现场塌方,参建各方及时给出应急抢险措施,主要措施为沙袋反压回填、掌子面网喷封闭及加强监控量测等措施,目前塌方区域已稳定。

#### 3.2 变形情况

发生坍塌后在RK100+261拱顶及周边进行了监控量测,监控量测数据如表1。

表1 RK100+261断面监控量测数据表

序号	断面桩号	部位	累计测量天数/d	本周累计沉降/mm	总沉降/mm	沉降速率/(mm/d)	变化趋势
拱顶下沉量测统计表							
1	RK100+261	外侧	7	24	24	3.4	变化较大
2	RK100+261	中	7	29	29	4.1	变化较大
3	RK100+261	内侧	7	26	26	3.7	变化较大
周边收敛量测统计表							
1	RK100+261	中台阶	7	-0.61	-0.61	-0.087	变化缓慢

根据监测结果,目前掌子面拱顶最大累计下沉量为29mm,净空收敛最大值不足1mm,说明围岩侧压力小,隧道的主要变形为下沉变形,但变形量远远小于预留变形量。后续施工中应继续加强监测。

#### 3.3 涌水情况

隧道开挖至RK100+261隧道出现两个集中出水点,出水点主要在拱顶及上台阶右侧拱腰部位。为了加大排水,在拱腰部位及预留核心土部位各布置1个和3个排水兼超前钻探孔。通过近期对涌水量的量测,发现该裂隙水补给充足,水量基本保持稳定,约 $2\ 000\text{m}^3/\text{d}$ ,水质清澈。

### 4 坍塌成因分析

根据现场对掌子面的观察,及对区域地质资料、前期勘察、超前钻探资料分析,该次坍塌形成的原因主要有以下几点:

(1)该段围岩受区域构造(不整合接触带、隐伏断裂带)影响,局部存在小型断裂,揉皱现象明显,岩体破碎,不仅致使围岩级别降低,也形成了良好的地下水通道。

(2)根据掌子面围岩观察、量测,岩体走向基本与隧道轴线垂直,倾角较大,约 $65^\circ$ ,倾向大里程,该岩层产状有利于前方山体大量地下水往隧道汇集。

(3)根据超前地质钻探,前方约25m范围为

中风化岩块夹土状强风化,由于地下水由山体上部向下汇流,水压较大,强风化容易被地下水冲刷流失,拱顶由于强风化不断被掏蚀,极易导致坍塌。

### 5 处治措施

根据对 RK100 + 261 处坍塌成因的分析,应采取有针对性的防止措施,否则前方可能进一步发生各种规模的坍塌,甚至大型塌方的可能性。

#### 5.1 处理原则

王北凹隧道右洞 RK100 + 261 地质条件差,涌水量大,出水点多。通过近期对涌水量的量测,发现该裂隙水补给充足,开孔泄水量小于补给量。综合上述情况,实际施工中采取“稳固后方、加固前方、上堵下排侧引、探明前方”相结合的方法进行处理。

#### 5.2 处理措施

(1)稳固后方:保留掌子面处核心土,对掌子面及核心土进行喷射混凝土封闭,喷射砼厚度为 15cm,喷射混凝土中增加  $\phi 8$  钢筋网(20cm  $\times$  20cm),形成加筋止浆墙。从目前掌子面 RK100 + 261 开始采用 V 级围岩的支护参数,预留沉降量加大为 30cm。考虑到地下水导致围岩自承能力降低,V 级围岩钢架间距加密至 50cm/榀。

(2)加固前方:由于塌腔比较小,在隧道帷幕注浆加固前采用低标号水泥砂浆进行灌注回填,待其达到强度后再对掌子面前方进行帷幕注浆加固。对上台阶开挖轮廓面进行帷幕注浆加固,注浆材料采用  $\Phi 42$  钢花管,长 6m,隧道开挖轮廓周边一环间距 0.3m,外插角为  $5^\circ \sim 10^\circ$ ,纵向间距 1.5m。注浆浆液均采用水泥 - 水玻璃双液浆,水泥浆与水玻璃的体积比为 9 : 1。正式注浆前,须进行现场注浆试验,并根据试验结果确定各项注浆参数,注浆终压以 0.5 ~ 1MPa 为宜。注浆完成后应对注浆效果进行检验。若效果不佳,可在第一层注浆管下 30cm 处进行二次注浆,其示意图如图 2、图 3 所示。注

浆材料及参数同第一次注浆。

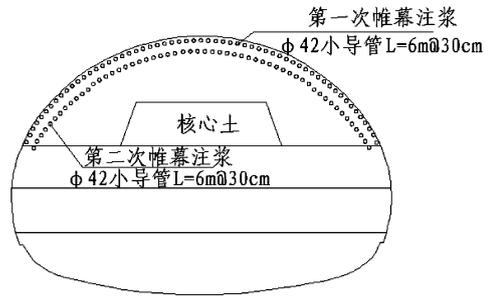


图 2 帷幕注浆示意图

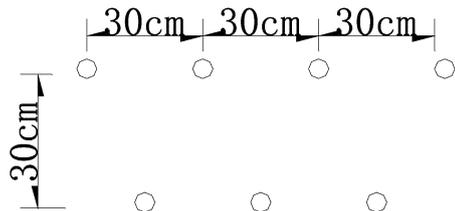


图 3 两次帷幕注浆管布置示意图

(3)下排侧引:在隧道上台阶两边拱脚附近各增加 3 个  $\phi 127$  泄水孔,泄水孔以斜向上  $30^\circ \sim 45^\circ$ 、长度以 25m ~ 30m 为宜,增加地下水的泄水量,从而达到使掌子面拱顶及开挖面出水量减少的目的,也为前方施工泄水减压。另外,加密突涌水区域环向排水盲沟至 5m/道。

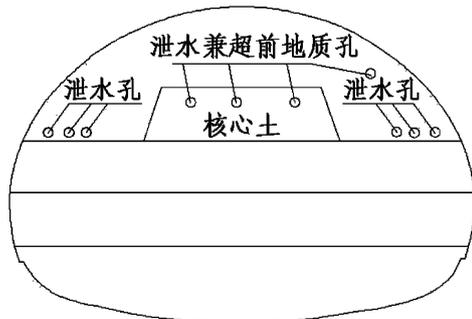


图 4 泄水孔布置示意图

(4)探明前方:加强隧道掌子面前方的地下水的探测,在此段增加瞬变电磁仪探明地下水的情况,探明前方的地下水的丰富程度以及其富水段长度,为下一步防治提供依据;由于目前尚未探明掌子面前方涌水区域的具体长度,本处理方案以掌子面前方 10m 范围为处理界限。

## 6 结论及建议

(1)该段围岩受区域构造(不整合接触带、隐伏断裂带)影响,局部存在小型断裂,揉皱现象明显,岩体破碎,主要为中风化岩块夹土状强风化,岩体走向基本与隧道轴线垂直,倾角较大,约 $65^\circ$ ,倾向大里程。因此不仅围岩级别降低,而且是良好的地方水通道。

(2)根据超前地质钻探,前方约25m范围为中风化岩块夹土状强风化,由于地下水由山体上部向下汇流,水压较大,强风化容易被地下水冲刷流失,拱顶由于强风化不断被掏蚀,极易导致坍塌。

(3)综合坍塌形成成因考虑,实际施工中采取“稳固后方、加固前方、上堵下排侧引、探明前

方”相结合的方法进行处理。

(4)后续施工应加强超前地质预报及超前钻探工作,查明富水情况,为隧道施工动态设计提供依据。

### 参考文献:

[1] 江门至罗定高速公路(第11合同段)施工图设计阶段工程地质勘察报告[R].

[2] 王北凹隧道罗定端 RK100+261 掌子面涌水情况及处理措施[R].

[3] 公路隧道施工技术规范 JTG F60-2009[S]. 北京:人民交通出版社,2009.

[4] 杨曼. 砭霜坳隧道涌水原因分析及处理措施[J]. 西部探矿工程,2007(1).

(上接第16页)

综上所述,从适应主交通流、占地、造价等角度考虑,将方案一作为推荐方案。

## 3 结语

由于兴宁至汕尾高速公路兴宁至五华段与五华至陆河段规划建设不同步,兴宁至五华段先行实施,五华至陆河段具有不确定性。根据樟树塘枢纽互通立交的地形、地貌及分期建设等情况,结合被交路项目的实施进度等实际情况,分

析了该互通立交的设计思路,详细论述了立交方案比选过程,根据技术、经济比选,最终确定推荐方案;为类似项目的枢纽互通立交设计提供参考。

### 参考文献:

[1] JTGB01-2003,公路工程技术标准[S].

[2] JTGD20-2006,公路路线设计规范[S].

# 岩溶塌陷区几种地球物理方法的综合勘察试验研究

李红中, 张修杰

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘要:**岩溶是路桥建设中常见的地质灾害。通过针对某塌陷区开展了多手段互补的综合岩溶勘察实验, 研究表明高密度电法可有较好的揭示岩溶的水平分布特征, 而全方位电法和跨孔弹性波扫描 CT 可以揭示岩溶的垂直分布特征, 多种手段相互耦合是查明岩溶的有效手段。高密度电法测试结果中较高背景值围岩中呈条带状的低值反映了构造破碎带, 而空间分布上较为孤立且连通性不强的低值反映了溶洞或溶蚀裂隙集中发育区域。全方位电法中  $\rho_s$  的等值线低阻异常往往与土洞、溶洞、溶蚀裂隙等岩溶关系密切, 等值线较大范围的低阻异常一般与基岩裂隙、裂隙中充填含铁物质或蜂窝状溶蚀等有关。地震纵波反射法不适合研究区岩溶的探测。

**关键词:**地球物理; 岩溶; 综合勘察; 电法; 跨孔 CT

## 0 引言

岩溶是水对可溶性岩石进行以化学溶蚀作用为主、物理侵蚀为辅所产生的地质现象的统称<sup>[1,2]</sup>。它是路桥施工中极为常见的地质灾害<sup>[3,4]</sup>, 直接关系到工程质量和生产安全等问题并因此引起了工程地质界的广泛关注和重视<sup>[5,7]</sup>。虽然钻探是查明岩溶最直接、最准确的手段, 但其成本高且存在“一孔之见”的视野局限性。近年来的诸多勘查实践表明, 地球物理方法逐渐成为了岩溶勘查的重要手段<sup>[1-3,8,9]</sup>, 但某种单一的地球物理方法在实际中或多或少都会存在一定的缺陷。基于各种地球物理方法自身或多或少的缺陷(或不足)<sup>[10,11]</sup>, 准确查明岩溶的分布就势必要求多种地球物理方法综合勘查以互补优势<sup>[9,12]</sup>。鉴于此, 本研究以华南地区某塌陷区的隐伏岩溶为对象, 开展了高密度电法、全方位电法、浅层地震纵波反射法、跨孔弹性波 CT 的勘查实验, 并借助钻探、连通实验及孔内电视等手段进行验证, 旨在探究一套针对塌陷区岩溶的综合勘查方法。

## 1 地质概况

研究区属于华南中地块内的沉积平原(图

1), 西部为北东走向的吴川—四会断裂带( $F_{2a,b}$ ), 东南部为北东走向的恩平—新丰断裂带( $F_{2c}$ ), 东北部为北西走向的西江断裂带( $F_3$ ), 中段穿过近东西走向的高要—惠来断裂带( $F_1$ )。该地区经历了多期次的构造运动改造, 其构造作用以早古生代的加里东地槽褶皱作用和中—新生代的陆缘活化造山作用最为典型。

研究区属于华南地区典型的三角洲盆地, 地层较为简单。地表完全为第四系松散沉积物所覆盖, 这些沉积物基本都为地表水流冲或洪积而成的耕植土、粉质粘土、粉细砂夹淤泥质粉质粘土和卵、砾石。塌陷部位揭露的下伏隐伏地层为石炭系石凳子组灰岩, 该灰岩为灰色~灰黑色厚层状灰岩和白云质灰岩。该组灰岩的岩溶较为发育, 它构成了区域内导致塌陷的主要地层。

研究区内断裂构造较为发育。实地考察结果表明, 对塌陷区影响较大的断裂构造以近 EW 和 NE 向的两组规模较大, 此外, 也有少量 NW 向断裂。

与塌陷区关系较密切的褶皱属于开阔型短轴背斜。褶皱的轴面近直立, 轴线近 EW 走向, 枢纽舒缓波状弯曲。翼部为老虎头组上部和春湾组砂岩夹板岩。褶皱北翼地层倾向 NNW~NNE, 倾角  $38^\circ \sim 53^\circ$ , 南翼地层倾向 SSW~SSE, 倾角  $32^\circ \sim 71^\circ$ 。

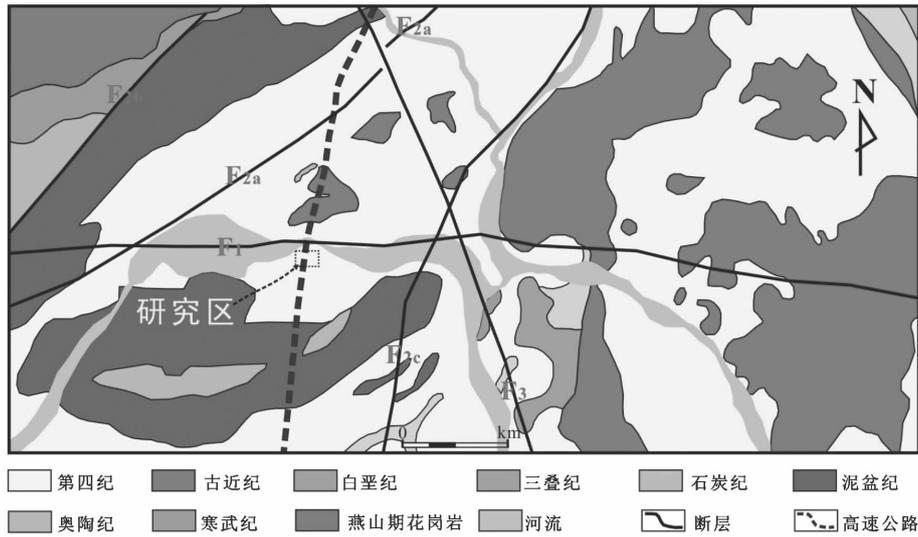


图 1 研究区的区域地质略图

## 2 仪器及试验条件

本研究以华南地区某跨江高速的临江地区的塌陷为对象,开展了多种地球物理方法的勘察及验证工作(图 2)。本研究所使用的勘察仪器及实验条件详细如下(表 1):

(1)高密度电法的主要性能指标参考《电阻率测深法技术规程》(DZ/T0072-93)及本次勘探的要求。原始数据采集后进行复核,解编采用重庆地质仪器厂随仪器配套的电法数据处理与转换程序,反演则采用 SURFER 软件结合电阻率层析成像 CRT 软件。详细的工作条件及参数见表 1。

(2)纵波反射法使用了美国 Geometrics 公司生产的 StratView R24 型地震仪及重庆地质仪器厂

生产的 CDJ-Z100 型检波器。纵波反射法采用人工锤击震源激发、锤击开关触发、6 次覆盖观测系统。详细的工作条件及参数见表 1。

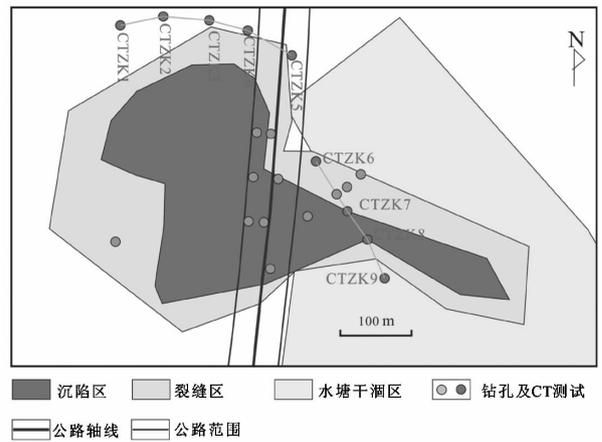


图 2 研究区高密度电法测试范围及其它测试点位

表 1 主要地球物理方法的仪器及相关技术指标

试验方法	仪器型号	主要技术指标参数
高密度电法	DUK-2A 型电法测量系统	电极距 $a = 5\text{m}$ , 最小隔离系数为 $n = 5$ , 最大隔离系数 $n = 29$ , 供电时间 $0.5\text{s}$ 。接地电阻 $< 100\text{k}\Omega$ , 测量电位差 $> 10\text{mV}$ ; 测试过程采用 $5\text{m}$ 测点间距, 纵向测线为平行布置的 8 条纵向测线, 横向测线按 $50\text{m}$ 间距布置。
纵波反射法	StratView R24 型地震仪; CDJ-Z100 型检波器	系统的炮间距 $4\text{m}$ , 道间距 $2\text{m}$ , 24 道单边接收; 偏移距离 $20\text{m} \sim 36\text{m}$ , CDP 间距 $1\text{m}$ , 6 次覆盖, 布置测线长约 $2\text{km}$ , 滤波通带介于 $70 \sim 150\text{Hz}$ 之间, 测试中采用叠加速度 $1250 \sim 1350\text{m/s}$ 。
全方位电法	DUK-2A 型电法测量系统; GDT 高分辨地质探测仪	铜极距 $a = 3\text{m}$ , 供电时间 $0.5\text{s}$ , 接地电阻 $< 100\text{k}\Omega$ , 测量电位差 $> 10\text{mV}$ 。

(3)跨孔弹性波 CT。根据高密度电法及浅层地震纵波反射法成果,本研究结合地质钻孔对基岩可能存在的地下岩溶管道进行探测以了解岩溶塌陷区塌陷物质的去向。该工作共布置桩基墩位 CT 孔 9 孔、18 条测线。

(4)钻探、孔内全方位电法探测和孔内摄像。全方位电法采用采用重庆地质仪器厂生产的 DUK-2A 型电法测量系统和铁道部西安分院生产的 GDT 高分辨地质探测仪,该仪器以三极装置为主并辅以偶极装置。详细的工作条件及参数见表 1。

### 3 探查结果

#### 3.1 高密度电法

研究表明(图 3),电阻率断面图上部(冷色调区域)为低阻,下部(暖色调区域)一般为高阻。根据区内地质特点,上部低阻层为土层及含水砂卵石层等的反映;高阻层为中、微风化岩的反映。而高、低异常分界线大致反映基岩起伏。在无岩溶发育、无破碎带发育等的正常区段, $\rho_s$  在等值线断面图垂向上上部较低而下部较高,且在横向上是渐变的。测区内异常主要为低阻异常。

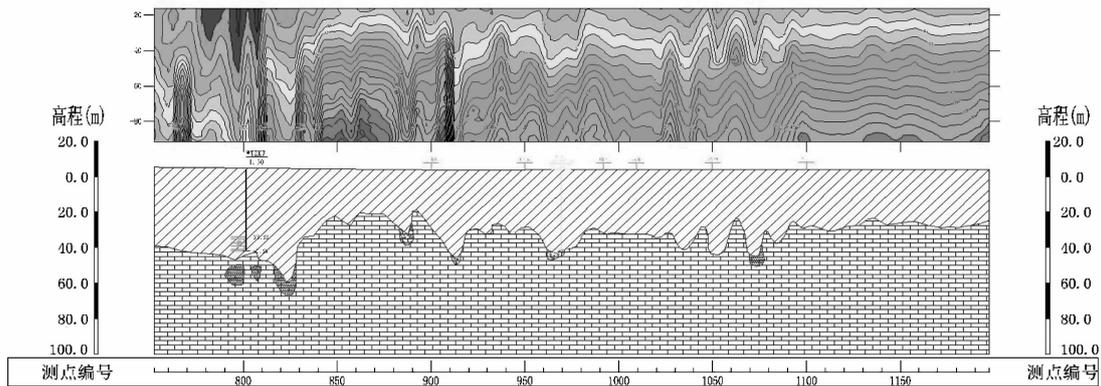


图 3 电阻率断面及地质解释

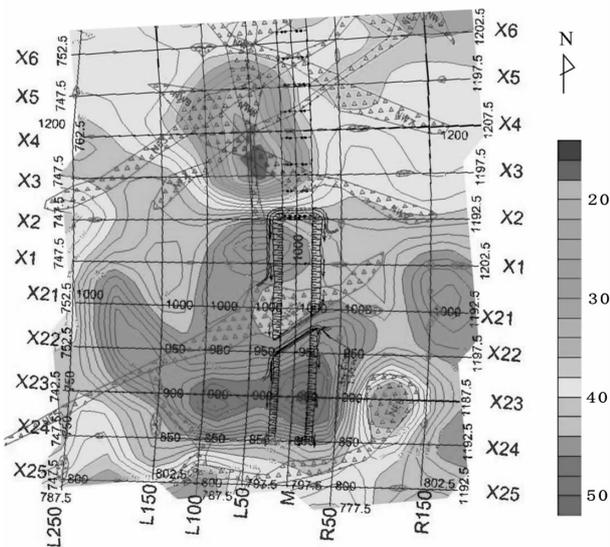


图 4 高密度电法的测试结果等值线图

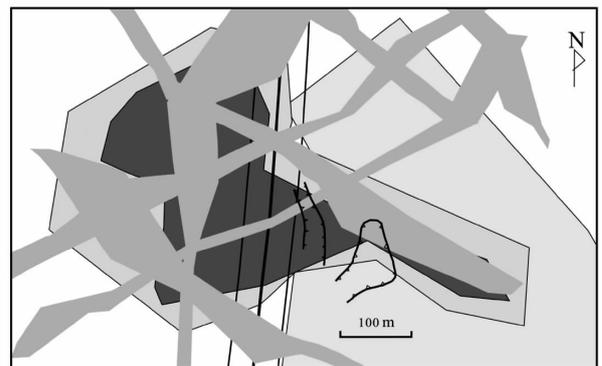


图 5 孔内全方位电法解译平面示意图

高密度电法解译结果显示,研究区内低阻异常包括“异常发育带”和“异常发育区”(图 4)。“异常发育带”表现为  $\rho_s$  在等值线断面图垂向上表现为上部较低而下部亦低,在背景值较高(暖色调区

域)的围岩中呈现为条带状的低值(冷色调),推测为构造破碎带。“异常发育区”多表现为低值椭圆状的闭合圈或下凹呈漏斗状,它们在空间分布上较为孤立且连通性不强,推测为溶洞、溶蚀裂隙集中

发育区域。

基于上述特征,本研究在平面上划分出了呈 NNE 向和 NW 向展布的两组带状异常区(图 4 和图 5)。研究区内圈定了潜在的大规模异常带共计 7 个,其中走向 NE 向的主要异常带有 3 个,NW 向的异常带有 4 个。

### 3.2 全方位电法

为了验证高密度电法成果,本研究选择了异常区范围内的钻孔 CTZK7、CTZK8 和 CTZK9 开展了全方位电法测试(图 2)。研究表明,全方位电法中  $\rho_s$  的等值线低阻异常往往与岩溶(包括土洞、溶洞、溶蚀裂隙等)关系密切,而等值线较大范围的低阻异常则一般与基岩裂隙、裂隙中充填含铁质物或蜂窝状溶蚀等有关。研究结果表明,CTZK8 钻孔偏

南 6m、深 48m 处存在类似小型溶洞的低阻异常,该区域内的岩溶在平面上呈 NNW 向及 NE 向展布(图 5),验证结果极好的证实了高密度电法测试结果的可靠性。

### 3.3 地震反射法

图 6 和图 7 分别为测线 X16 和 X20 的时间剖面成果图。从时间剖面图上看,强反射波组很平直,不符合灰岩地区岩面强烈起伏的特点。结合地质钻探资料分析,判定强反射波组为卵石层的反映。根据钻探资料,卵石层厚度较大。由于卵石层密度较大且速度较高,是个强反射界面,对其下部岩土层有强烈屏蔽作用。因此,纵波反射法对岩面的判断以及断层和岩溶的解释在本场地内部分区段基本是不适宜的方法。

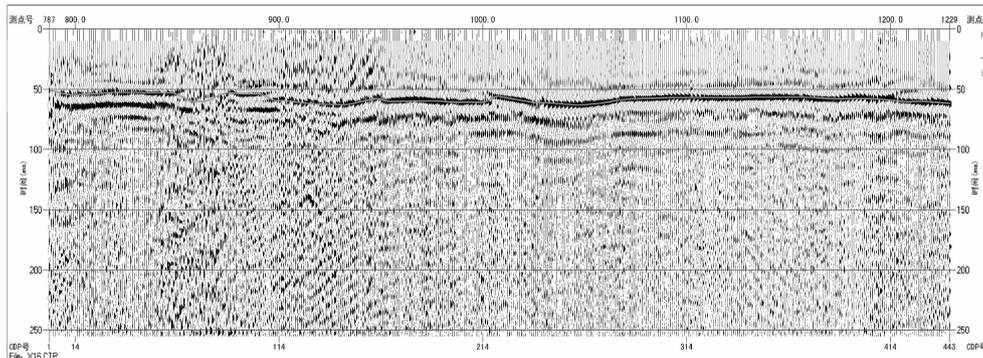


图 6 X16 纵波反射时间剖面图

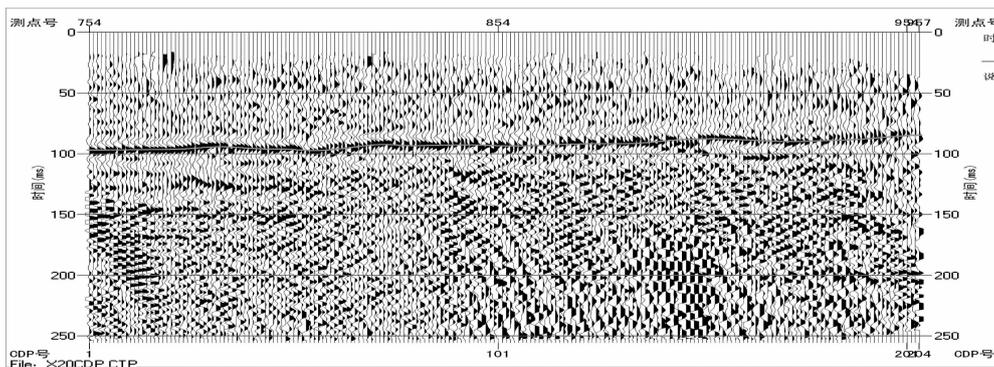


图 7 X20 纵波反射时间剖面图

### 3.4 跨孔弹性波扫描 CT

研究结果表明,研究区内的岩溶具层状分带特征。关于跨孔弹性波扫描 CT 的实验结果显示,塌陷坑附近的钻孔 CTZK3 和 CTZK4 之间存在一处标高为 - 38.00 ~ - 43.00m 段的溶洞(图 8)。在

CTZK7 和 CTZK8 之间(图 9),标高为 - 34.00 ~ 40.00m 段存在一处呈向上开口的漏斗状溶洞, - 42.00 ~ - 42.90m 段存在一处小规模溶洞, - 45.00 ~ - 53.00m 段存在一段横向展布的宽度约 20 ~ 30m 的溶洞群。

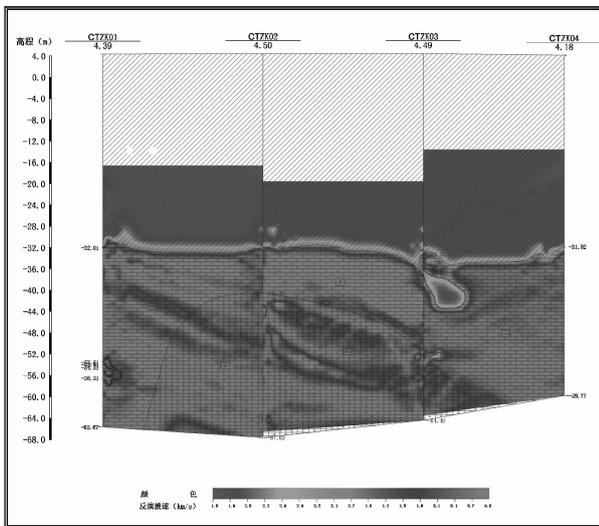


图 8 CTZK1 - CTZK4 之间的跨孔弹性波扫描 CT 解译结果

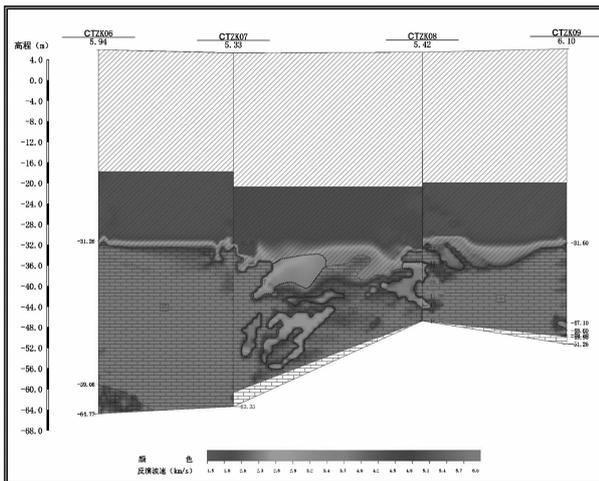


图 9 CTZK6 - CTZK9 之间的跨孔弹性波扫描 CT 解译结果

### 3.5 钻探及联通试验

钻探结果表明,研究区内存在多个岩溶层面。第一层标高为 -36.08 ~ -39.18m,该层溶洞充填物为棕红色软~可塑状粉质粘土。第二层标高为 -41.88 ~ -43.58m,该层溶洞充填了流塑状的粘性土。第三层标高为 -47.10 ~ -48.60m,该层溶洞充填物为碎石土(成分主要为含卵石的砂岩)。第三层中含大量中粗粒的棱角状方解石碎屑,它们属于塌陷物经由基岩的岩溶管道流失的冲桩岩渣,这说明该溶洞为塌陷区基岩岩溶通道的组成部分。水文示踪结果指示存在 NNE 向和 NW 向的岩溶管道流,地下水径流速度为 11.07m/h ~ 17.11m/h (265.68m/d ~ 410.64m/

d),该流速相当与岩溶区地下河流速。这些岩溶管道流均为深埋在地下 30 ~ 40m 的有压管道流,其排水能力和携带泥沙的能力都比裂隙水流大几个数量级。因此, -47.10 ~ -48.60m 段溶洞应该是该次塌陷物质流失的主要通道系统。

## 4 试验对比分析

多种手段综合勘察的地球物理方法对查明岩溶具有可行性。前人实践表明,高密度电法可以较好的揭示各种地下构造破碎带、隐伏构造、土洞、岩溶等不良地质现象的分布<sup>[9]</sup>,这种方法在在地铁岩溶<sup>[13]</sup>和公路岩溶路基<sup>[14]</sup>勘察中均取得了良好的效果。在本研究中,高密度电法成果初步圈定了 7 个异常带,这些具有岩溶指示作用的异常带得到了钻探、全方位电法和跨孔弹性波扫描 CT 的一致证实。高密度电法查明了岩溶的水平分布范围,而岩溶的垂直分布特征则得到了全方位电法和跨孔弹性波扫描 CT 的揭示,成功的查明区域内岩溶的分布特征势必需要上述方法相互补充。经钻探验证,高密度电法、全方位电法和跨孔弹性波扫描 CT 的异常圈定结果完全符合实际岩溶分布特征。实验结果表明<sup>[15]</sup>,工程物探方法不仅克服了传统钻探方法存在的周期长、成本高和场地受限等缺陷,还弥补了钻探以点代面的“一孔之见”的不足。综上所述,高密度电法、全方位电法和跨孔弹性波扫描 CT 三种方法的相互耦合可以实现对岩溶的准确揭示。

不同地球物理方法因环境的差异而存在不足。岩溶在空间上具有不均一性和复杂性,很难仅依靠具有“一孔之见”局限性的钻探方法予以准确揭示<sup>[11]</sup>。前人研究表明,物探方法探测岩溶的有效性主要取决于岩溶与围岩的物性差异、探测深度、分辨率和信噪比<sup>[10]</sup>。在本研究中,全方位电法测试中钻孔 CTZK9 几乎接收不到有效信号,这是因为受电极附近不均匀体(PVC 管)的影响和干扰的结果。卵石层具有密度较大且速度较高的特点,它构成的强反射界面对其下部岩土层有强烈屏蔽作用导致地震纵波反射法在本研究中完全失效。此外,岩溶的上界面入射能量的波长

大于岩溶体直径时就很少会有能量反射回地面<sup>[10]</sup>,这也是本研究中地震纵波反射法失效的重要原因。为了克服岩溶地区不均一性和工程地质条件复杂性给物探测试带来的影响,人们尝试了多种物探测试结果相互支撑的综合探测方法<sup>[11]</sup>。结合本研究的实践经验,合理应用多种物探手段相结合的综合物探方法可以克服单一岩溶勘查手段的不足,这是未来岩溶物探的发展趋势和方向。

## 5 结论

通过对塌陷地区开展多种测试手段综合的勘察方法,本研究主要得到如下结论:

(1) 岩溶区域内高密度电法测试结果中背景值较高的围岩中呈现为条带状的低值往往反映了构造破碎带,而空间分布上较为孤立且连通性不强的低值呈椭圆状的闭合圈或下凹漏斗状一般反映了溶洞或溶蚀裂隙集中发育区域。

(2) 全方位电法中 $\rho_s$ 的等值线低阻异常往往与土洞、溶洞、溶蚀裂隙等岩溶关系密切,而等值线较大范围的低阻异常则一般与基岩裂隙、裂隙中充填含铁质物或蜂窝状溶蚀等有关。

(3) 地震纵波反射法不适合研究区岩溶的探测。具有密度较大且速度较高的卵石层构成强反射界面强烈屏蔽了下部岩土层,而岩溶的上界面入射能量的波长大于岩溶体直径时很难反射回地面,这些可能都是本研究地震纵波反射法失效的因素。

(4) 多种手段相互耦合的综合物探方法可以成功的探测岩溶的分布。高密度电法可有较好的揭示岩溶的水平分布特征,而全方位电法和跨孔弹性波扫描CT可以揭示岩溶的垂直分布特征,这些手段相互耦合可以有效的查明岩溶的分布。

### 参考文献:

[1] Liu H, Yang W, Xia T. Application of high-accuracy satellite remote 3D visualization in engineering exploration of karst[J]. Science of Surveying and Mapping. 2007, 32

(5): 111-113.

[2] Bosch F, Muller I. Improved karst exploration by VLF-EM-gradient survey: comparison with other geophysical methods[J]. NEAR SURFACE GEOPHYSICS. 2005, 3(4): 299-310.

[3] 底青云,安志国,马凤山,等. 高速公路隧道岩溶区地质结构电磁法精细探测研究[J]. 工程地质学报. 2014(04): 692-698.

[4] 宋瑞刚,林国涛. 岩溶发育地区隧道勘察设计经验与施工对策[J]. 北京交通大学学报. 2012(01): 12-18.

[5] Mccann D M, Jackson P D, Culshaw M. The use of geophysical surveying methods in the detection of natural cavities and mineshaft[J]. Quarterly Journal of Engineering Geology. 1987, 20: 59-73.

[6] Vogelsang D. Examples of electromagnetic prospecting for karst and fault systems[J]. Geophysical Prospecting. 1987, 35: 604-617.

[7] 脱军弟,武素琴,费郁,等. 武江大桥桥址区岩溶灾害综合勘察方法研究[Z]. 201273-77.

[8] 段成龙,阎长虹,许宝田,等. 跨孔地震CT技术在地铁工程施工溶洞探测方面的应用[J]. 地质论评. 2013(06): 1242-1248.

[9] 李树琼,蒋丛林,马志斌. 高密度电法在岩溶地区勘查中的应用[J]. 矿物学报. 2013(04): 540-544.

[10] 刘崧. 物探方法在岩溶勘查中的应用综述[J]. 地质科技情报. 1997(02): 86-92.

[11] 朱自强,王战军,鲁光银,等. 综合物探方法在湘西岩溶勘查中的应用[J]. 公路. 2012(04): 48-53.

[12] 王荣,钟世航,王泽峰. 陆地声纳法在济南闹市区作断层和岩溶探查[J]. 地球物理学进展. 2013(06): 3313-3316.

[13] 蔡晶晶,阎长虹,王宁,等. 高密度电法在地铁岩溶勘察中的应用[J]. 工程地质学报. 2011(06): 935-940.

[14] 江玉乐,张楠,周清强,等. 高密度电法在岩溶路基勘察中的应用[J]. 物探化探计算技术. 2007(06): 511-515.

[15] 葛祖焕,胡纯清,向慧敏,等. 桩端灰岩溶洞探测[J]. 物探与化探. 2004(01): 85-87.

# 软弱围岩隧道初期支护侵限处治方案及稳定性分析

王 超

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘 要:** 以某在建高速公路特长隧道软弱围岩侵限段为工程背景, 分析了其变形机理。在其基础上, 择优选择了“围岩注浆加固”的侵限处治方案, 同时辅以数值模拟计算分析处治后二次衬砌的变形及受力情况。现场施工过程中, 通过对隧道二次衬砌拱顶下沉、净空收敛的监测, 进一步验证了该路段的安全及稳定。论文提及的侵限处治方案对同类隧道的施工具有积极的指导和借鉴意义。

**关键词:** 隧道工程; 侵限; 整体下压; 数值计算; 监控量测

## 0 概述

由于工程地质环境的复杂性、地质勘探的准确性和翔实性所限, 施工单位施工技术水平的差异, 势必在修建过程中遇到各种工程问题, 其中由于围岩大变形引起隧道初期支护侵限问题在隧道修建过程中屡见不鲜, 无疑将造成工期延误、造价提高, 甚至对结构形成安全隐患等一系列问题<sup>[1-2]</sup>。

粤西某在建高速公路上的一座特长隧道采用分离式布置, 双向六车道, 设计时速 100km/h, 为该项目的控制性工程。其中, 左线隧道里程 LK15 + 030 ~ LK18 + 781, 长 3 751m; 右线隧道里程 RK15 + 026 ~ RK18 + 739, 长 3 713m。左、右线隧道净距约 37m ~ 41m, 左、右线隧道均无超高。

该隧道处于丘陵及低山区, 山脊线大部分呈南北向, 山体地形陡峻, 植被发育, 隧道进口处地形陡峻, 呈陡坎状。隧址区存在一条断层破碎带及不整合接触带, 隧道围岩覆盖层由粘土、全风化、强风化变质砂岩组成, 基岩由弱、微风化变质砂岩组成, 基岩岩体较完整, 稳定性一般。2014年8月15日, 施工单位在施做二衬前自检过程中发现隧道初期支护存在侵限情况。经第三方监测单位进行监测, 发现左线隧道 LK15 + 435 ~

LK15 + 472 段落、右线隧道 RK15 + 388 ~ RK15 + 448 段落发生不同程度的侵限情况, 最大侵限值达 30.2cm(设计厚度 60cm), 侵限段落累计达到 97m, 侵限段落初期支护钢架已闭合, 喷射混凝土表面无裂缝。鉴于该隧道围岩变形量大、持续时间长、侵限段落长等因素, 隧道该段已不能进行正常的二次衬砌作业, 因此, 需要及时对该段落进行处理, 确保施工安全和衬砌的正常作业。左、右线隧道侵限的具体数据及典型断面图如表 1、图 1 所示。

表 1 左、右线隧道侵限值汇总

里程	最大侵限值/cm	里程	最大侵限值/cm
LK15 + 472	5.3	LK15 + 465	4.5
LK15 + 460	9.9	LK15 + 455	2.6
LK15 + 450	8.8	LK15 + 445	7.5
LK15 + 440	4.9	LK15 + 335	6.3
RK15 + 448	16.9	RK15 + 443	15.8
RK15 + 438	19.7	RK15 + 433	13.2
RK15 + 428	16.2	RK15 + 423	16.9
RK15 + 418	17.2	RK15 + 413	30.0
RK15 + 408	29.6	RK15 + 403	19.6
RK15 + 398	11.0	RK15 + 393	9.5
RK15 + 388	6.7		

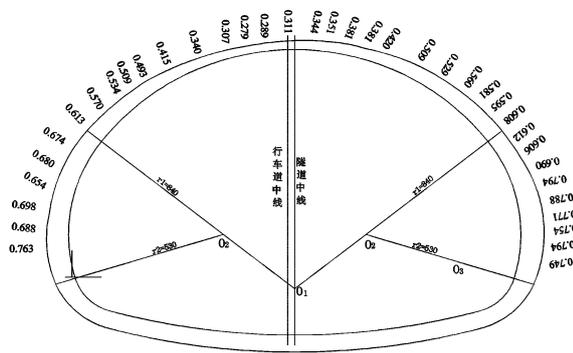


图1 隧道典型侵限断面示意图

## 1 侵限原因分析

### 1.1 地质原因

(1) 根据地质勘察资料和现场实际施工情况,隧道侵限段落围岩为强~全风化砂岩,局部存在片理化发育现象,呈半岩半土状,节理裂隙发育,围岩较为破碎,围岩级别为V级,隧道开挖后,围岩变形急剧增加,时有拱顶掉块现象发生。

(2) 隧道施工恰逢雨季,该段落在施工过程中存在较大的突涌水现象,由于该段地下水较发育,且极不均匀,导致隧道围岩加速软化、强度降低;另一方面由于地下水致使围岩含水量增加,重度提高,使得隧道衬砌上的荷载增加,导致隧道围岩变形进一步加剧。

(3) 此段落隧道施工采用三台阶法施工,在上述(1)、(2)的不利条件下,隧道基底承载力降低,拱脚处结构薄弱,造成拱部的整体下沉。另外,隧道拱部开挖与仰拱闭合有10d左右的时间,该时间段内拱脚位置无固定支撑,故存在大变形进一步加剧<sup>[1-2]</sup>。

### 1.2 人为原因

由于此段落围岩较差,业主委托第三方监测单位在侵限段落布设了大量监测点,但监测单位的监测手段不当(将监测后视点设置在未闭合的初期支护上),未能及时发现拱部大变形,在施工过程中未能及时预警,从而错失采取补救措施的时机。

## 2 侵限段落的处治方案

考虑到侵限段落范围长、变形量大、工期紧

等特点,同时结合隧道侵限的原因,其整治措施拟从两方面入手。首先,根据新奥法原理,充分维护和利用围岩的自承能力,通过后续加固围岩,提高围岩的强度和自稳能力(即通过注浆加固提高围岩的 $c$ 、 $\phi$ );在提高围岩自承能力的基础上,再通过优化内轮廓设计更高效地解决侵限问题。

### 2.1 处治方案的选择

(1) 调整纵坡,将隧道整体下压来减低标高,但洞口300m未侵限段已施做二衬,且洞口接桥,无法调整纵坡。

(2) 拱部换拱处理,即在加固围岩的基础上通过置换钢架,重新施作初期支护结构。该方案处理费时、费力,处理费用高且严重影响施工进度。另外,由于该段围岩差,且有地下水出渗,故换拱处理存在安全隐患。

(3) 由于该隧道无超高影响,可利用内轮廓设计图的富余量在设计标高不变的基础上对内轮廓拱部进行整体下压。

综合以上3种处治方案,由于初期支护侵限量较大,范围较长,且处于洞身段落,隧道纵坡不宜变动,换拱处治费时费力且存在安全隐患,故侵限段落初期支护侵限采用整体下压内轮廓的方案。

### 2.2 侵限处治的实施方案

#### 2.2.1 围岩加固

由于侵限段落围岩较差,故在处理之前必须对隧道拱部围岩进行加固,加固方式为初期支护拱部径向注浆。具体参数为在拱部 $120^\circ$ 范围内打设 $\phi 42@0.75\text{m} \times 1\text{m}$ (纵 $\times$ 横), $L=4\text{m}$ 的注浆小导管,梅花型布置。考虑到此段落地下水较多,故在水泥浆液中加入10%的水玻璃进行止水处理。

#### 2.2.2 侵限处理

根据初期支护侵限基本上发生在拱部,且隧道无超高影响,具体措施为对侵限段落拱部内轮廓进行下压,下压后侧墙圆弧与原设计侧墙圆弧

顺接,但施工中应确保内轮廓不侵入隧道建筑限界。隧道拱部下压示意图如图2、图3所示。为了保证结构安全和满足隧道的使用要求,同时又不至于对外观影响太大和以利于二衬的顺接,具体分以下三段进行处理:

(1) LK15 + 435 ~ LK15 + 472 段落采取内轮廓下压 10cm(可保证二衬厚度不小于 60cm),同时将混凝土标号由原设计的 C25 变更为 C30,二次衬砌配筋不变。

(2) RK15 + 388 ~ RK15 + 400 段落采取内轮廓渐变下压 10 ~ 20cm(可保证二衬厚度不小于 55cm),同时将混凝土标号由原设计的 C25 变更为 C30,二次衬砌拱部配筋由原设计的 5φ25 变更为 5φ28。

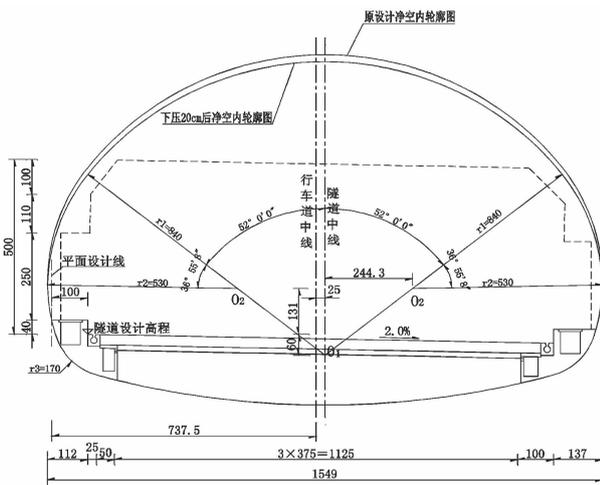


图2 隧道内轮廓拱部下压 20cm

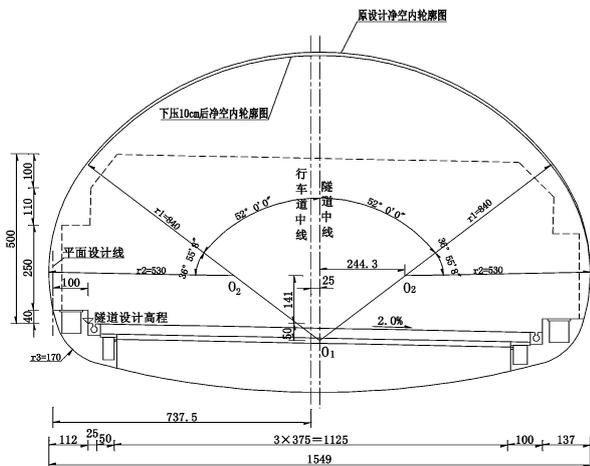


图3 隧道内轮廓拱部下压 10cm

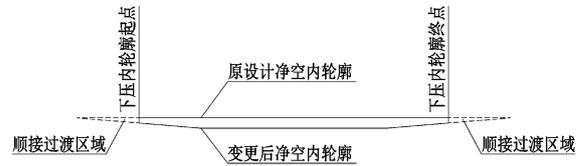


图4 隧道下压段前后顺接过渡示意图

(3) RK15 + 400 ~ RK15 + 430 段落采取内轮廓下压 20cm(可保证二衬厚度不小于 50cm),同时将混凝土标号由原设计的 C25 变更为 C30,二次衬砌拱部配筋由原设计的 5φ25 变更为 5φ28。

(4) RK15 + 400 ~ RK15 + 448 段落采取内轮廓渐变下压 20 ~ 10cm(可保证二衬厚度不小于 53cm),同时将混凝土标号由原设计的 C25 变更为 C30,二次衬砌拱部配筋由原设计的 5φ25 变更为 5φ28。

(5) 为了提高美观性及施工便利,施工过程中应对内轮廓下压段落与原设计内轮廓采取纵向顺接过渡。顺接示意图如图4所示。

### 3 侵限处治段落二次衬砌安全性分析

根据侵限段落处治方案,隧道内轮廓拱部整体下压后二衬厚度尚不能达到设计要求厚度,故为评价处治后侵限段落二次衬砌的安全性,对此段落采用数值模拟及监控量测进行综合分析<sup>[3-5]</sup>。

#### 3.1 数值模拟

针对该隧道侵限情况,右线隧道最大侵限值为 30cm,采用下压拱部内轮廓 20cm 后最大侵限值为 10cm,故对此工况二次衬砌厚度进行结构受力分析。计算模型中对混凝土标号及二衬主筋均采取了加强措施,二次衬砌以梁单元模拟,二衬与初期支护间采用仅受压地基弹簧进行模拟<sup>[6-7]</sup>。

计算模型中围岩参数通过详勘资料确定,混凝土及二衬承载比例依据《公路隧道设计规范》(JTG D70 - 2004)确定。计算结果如图5 ~ 图8所示。

由于本隧道仅拱部侵限,而拱顶为“轴力最小,弯矩最大”的薄弱点,同时拱腰 45°处弯矩较大,为拱部的控制点,故仅对拱顶及拱腰 45°进行验算。验算结果如表 2(二次衬砌混凝土为 C30、主筋为 5φ28 钢筋)所示。

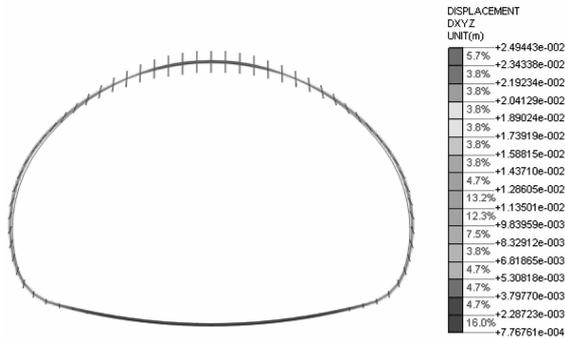


图 5 处治后二次衬砌变形

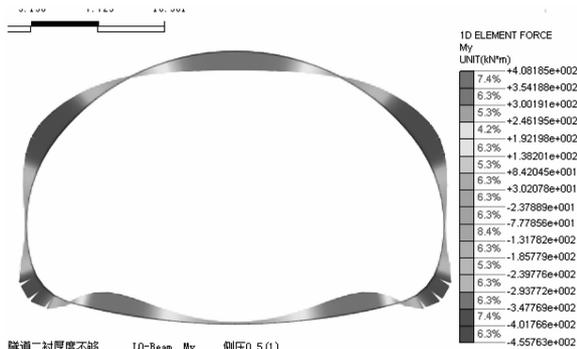


图 6 处治后二次衬砌弯矩

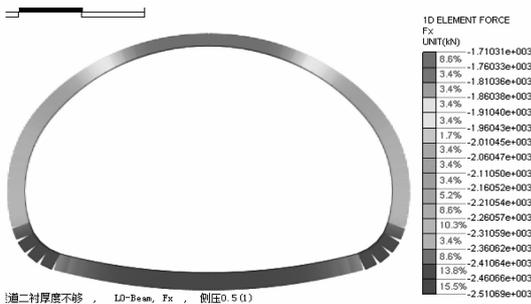


图 7 处治后二次衬砌轴力

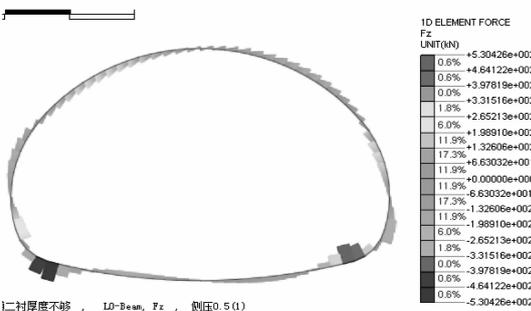


图 8 处治后二次衬砌剪力

表 2 处治后受力状态分析

位置	弯矩 /kN·m	轴力 /kN	偏心 类型	安全 系数	裂缝
拱顶	408.2	1 710.3	大偏心	2.95	不用验算
拱腰 45°	-455.7	2 172.9	大偏心	2.69	不用验算

### 3.2 监控量测

根据左、右线隧道侵限的具体情况,选择 RK15 + 408 断面(侵限最大处)为例,对隧道二次衬砌周边位移进行了后续监测,变形量测采用非接触性无尺量测。监测从 2014 年 10 月 9 日开始,2015 年 1 月 22 日结束,累计监测 105d。监测结果如图 9、表 3 所示。

通过对 RK15 + 408 断面周边位移时态曲线和监测结果的分析可知:(1)拱顶下沉及净空收敛值均为 1cm 左右,其数值均小于数值模拟计算值;(2)拱顶下沉与净空收敛时态曲线相当,监测末期,拱顶下沉值略大于净空收敛值。

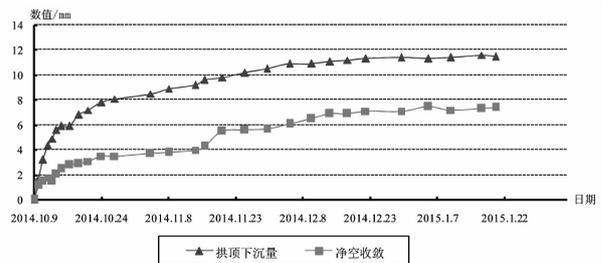


图 9 RK15 + 408 断面周边位移时态曲线

表 3 监控量测数据分析

断面	监测项目	监测时间	累计变形值	最终速率
		/d	/mm	/mm·d <sup>-1</sup>
RK15 + 408	拱顶下沉	105	11.5	0.03
	净空收敛	105	7.4	0.03

### 3.3 分析

经数值模拟分析,该隧道侵限段落采取内轮廓拱部整体下压后,其最小安全系数为 2.69,满足规范要求。现场监控量测数据表明,二次衬砌周边位移值较小,为 1cm 左右,在安全范围之内。

(下转第 44 页)

# 珠三角高速公路交通指路标志的问题及对策

谢陈峰

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

**摘要:** 本文着眼于珠三角地区高速公路指路标志,通过实地调查,发现高速公路指路标志现状存在的问题,分析、总结出问题的原因及形成过程,通过采用仿真实验、现场实验法等方法,提出相应的解决方案和对策,对高速公路指路标志的设计、改造具有一定的参考意义。

**关键词:** 珠三角; 高速公路; 指路标志; 对策

## 0 引言

道路交通标志是用图形、符号、文字、色彩,向交通参与者传递法定交通信息,用以管制、警告及引导交通有序运行的交通管理设施。道路交通标志的设置必须科学、有效、可靠。我国现行的国家标准《道路交通标志和标线》(GB5768-2009)对交通标志的设置有着较为详细的规定,但在实际设计、施工过程中,交通标志的设置依然存在着较多问题,容易影响驾驶人员的驾驶行为,有的可能具有一定的安全隐患。

在经济较为发达的珠三角地区,高速公路路网建设较为完善,由于各条高速公路修建的时间不同,采用的设计标准也不相同,现有各条高速公路的交通标志差别较大,为了保证各条高速公路的标志地名和预告信息的连续性和一致性,需要对现有的各条高速公路的交通标志进行调研,找出存在的问题并进行分析,提出解决方案。

## 1 现有交通标志存在的问题

### 1.1 标志版面内容排列顺序不合理

通过对珠三角高速公路标志实地调查,发现有些指路标志版面大小,版面信息较为混乱、随意,版面信息远近关系排序不合理,特别是出口预告标志中,几个地点目的信息的远近关系通常被忽略,存在较多问题。



### 1.2 指路信息数量过载

标志信息数量过多会干扰驾驶人员识别需要的信息,造成驾驶人员视认时间的增加,在一定距离的前提下,势必减少采取措施的时间,有一定的安全隐患,通过调查,发现出口标志预告信息存在过载这种现象,尤其是出口三角端位置的指路标志。



### 1.3 旅游信息的不合理设置

旅游信息的设置应不影响重要指路信息的识别,如下图中所示,旅游信息跟出口预告信息

并设,甚至旅游信息过多,使得重要指路信息不那么明显,影响驾驶人员对所需信息的识别。



### 1.4 地点标志与出口预告标志信息不统一

在调查的过程中,也发现部分地点距离标志与出口预告标志信息不统一,不相互对应。



### 1.5 出口三角端标志设置存在较多问题

大型车辆所占比例很高或出口和直行方向可到达重要地区或基准地区时,出口三角端位置仅仅采用柱式标志不能够满足视认要求,主要有几个问题:a)柱式标志高度较低,如果车辆前方有大型车缓行,后面小车很难看到指路信息;b)柱式标志版面较小,有些重要信息不能体现;c)直行信息不能体现,有驾驶人员对行驶路径产生怀疑,停在三角端位置,造成一定的安全隐患。

不同的运营公司管理、养护,缺乏统一原则,造成这类标志设置存在一定的问题。



### 1.6 标志信息中多路径指引问题

珠三角地区高速公路建设较为完善,高速公路成环成网现象较为普遍,不同高速公路路段由

## 2 交通标志主要问题分析与对策

### 2.1 严格按照规范选取、布置标志信息,注重标志版面总体大小

(1)标志版面大小不仅要满足指路信息字体大小要求,而且总体大小也需满足一定的要求。

在交通标志设计过程中,标志版面大小的确定由字体大小、字间距、字行距、字体个数、距标志边缘最小距离等几个因素确定。对于不能在 GB5768 - 2009 附录 D 中能够找到示例的标志,标志版面大小确定的比较随意。

在一定的行驶车速  $V$  下,视认距离 ( $S$ ) 随汉字高度 ( $h$ ) 的增加而增加,而在一定的汉字高度尺寸大小下,视认距离随车速的增加而减小。所以,视认距离的大小不仅与汉字高度尺寸相关,还与行车速度、标志本身的亮度和对比度、道路环境有关。目前普遍认为视力为 0.9 的驾驶员

视认标志上汉字内容所需距离  $S$  约为汉字高度的 200 倍,即:

$$S = 200h$$

$$S = k \cdot \tan(90^\circ - \alpha) + \frac{nV_1}{7.2}$$

$$\text{可知: } h = \frac{S}{200} = \frac{k \cdot \tan(90^\circ - \alpha)}{200} + \frac{nV_1}{1440}$$

其中: $h$  为文字高度(m); $S$  为视认距离(m); $n$  为文字个数; $V_1$  为汽车行驶速度(km/h); $\alpha = 15^\circ$ ;  $K$  为内侧车道中心线至道路边缘之间的距离(m)。

目前我国高速公路指路牌面的尺寸都是根据经验设计确定的。有的面积过大,造成不必要的浪费,并且会使道路空间产生压抑感;有的面积又过小,使得驾驶员很难识别,并且与道路环境也不相协调。由驾驶员动态仿真实验可得到如下的关系:

$$b = \frac{\sqrt{2}}{100}S$$

$$a = 2.5b$$

其中: $a$  为标志牌的长度(长边); $b$  为标志牌的高度(短边); $S$  为视认距离,标志大小应满足该项要求。

(2) 出口预告系列标志,目的地指示数量应限制在绝对必要范围内。

人机工程学的研究成果表明,人在运动过程中,最多可以识别的信息数量为 7 条。通过采用驾驶人员现场实验,对比实验结果得出:实验结果略小于人机工程学的研究成果。随着车辆驾驶性能的提高及道路条件的改善,综合认定:交通标志信息过载阈值为 7 条信息是合理的。

近年来,随着高速公路对景观的要求的提高,门架式标志利用率很高,但部分门架式标志信息设计却极为不合理,有的信息过载,有的却信息量严重不足,给人浪费的感觉。门架式标志的特点:美观、承载信息量大、无消失距离;随着速度值的增大,其视认距离有减小的趋势,识读

信息的时间也相应减少。在实际工作中,一般通过加大文字的尺寸来增大视认距离,读取的信息量有所增加,信息过载阈值建议取 7~8 条(在实践工作中的经验值)。

双悬臂一般用在分岔口处,传递信息非常直观,双悬臂有近似门架式标志的特性,但是由于临近分岔口速度较低,故延长了识读时间,信息过载阈值建议取 7~8 条(在实践工作中的经验值)。

(3) 应在一行或两行内按照信息由近到远的顺序由左至右或由上至下排列。

对于即将到达目的地的司机而言,所需要的不一定就是基准地区信息,所以在标志的顺序中应首先体现即将达到的出口地点信息,再就是起控制性作用的基准地区信息。在设置过程应严格按照 GB5768-2009 关于标志信息选取原则“一般道路交叉路口预告标志和交叉路口告知标志版面中,同一个方向指示的目的地信息数量不应超过两个,同一个方向需选取两个信息时,应在一行或两行内按信息由近到远的顺序由左至右或由上至下排列”。

## 2.2 控制旅游信息数量,避免旅游信息对重要指路信息的干扰

不合适的指路信息应予以清除,除旅游区(点)标志、服务设施标志外,不应带有任何广告色彩。

在旅游区(点)知名度较高时,可作为目的地名称使用。但当这些旅游区(点)位于城市内部时,在高速公路上的指路标志仅出现城市名称即可。在不引起信息超载的前提下,高速公路沿线设施和旅游区(点)指路标志可与其他指路标志合并设置。在合并设置引起信息超载时,对 AAA 级以上旅游区(点)可在距前面的基准点 4km、1.5km 处设置预告标志,其他预告标志和其他旅游区的预告标志可不设置,旅游区(点)的指引标志不得影响主要标志的设置。在此前提下,如沿线旅游区(点)较多时,可以最多三个为一组设置旅游区(点)地点、距离标志,该标志与用于路径

指引的地点、距离间距应大于1km。

### 2.3 地点距离标志信息与出口预告信息应相互对应

地点、距离标志宜采用三行按由近到远的顺序排列。沿线距当前所在地最近处的基准地区应作为远程目的地,排在第三行,并保持相对固定。如无基准地区,则应选取沿线最远的重要地区或与本高速公路终点相连的公路名称或编号、著名地点作为远程目的地,第二行应选用沿线除前方第一个互通外可到达的最近的重要地区或主要地区作为中间远程目的地,第一行应选用经由下一个互通式立体交叉可到达的地区名称,按重要地区、主要地区、一般地区的顺序进行优先选择,并与出口预告及出口系列标志中的地区名称相一致。

### 2.4 三角端出口预告标志采用双悬臂标志

大型车辆所占比例很高或出口和直行方向可到达重要地区或基准地区时,为了突显三角端出口标志,标志可采用双悬臂支撑方式,版面信息可分为两行:出口方向的地点与出口预告系列标志的信息内容相同,直行方向的第一行信息可采用下一出口可到达的地点信息,第二行可选取前方最近的基准地区信息;

### 2.5 综合多种措施解决多路径标志指引问题

珠三角地区高速公路成环成网现象较为普遍,驾驶人员到达目的地有多条路径可以选择,标志设计过程中一般应遵循以下几点:

(1)从整个路网角度考虑标志指路信息的选取。

结合珠三角地区高速公路网及普通公路路网情况,按照最短路径,并考虑道路通畅情况,是否穿越人流、车流集中区域等情况,综合设计标志信息。定期针对路网变化情况,对指路标志信息进行调整。

(2)指引大城市的不同行政区。

大城市的行政区都具有较强的经济影响力及交通吸引力,为了避免驾驶人员过于集中于某些路段,更加明确的选择行驶路径,在珠三角地

区有多个方向指引广州方向时,建议设置成广州的某个行政区,不仅节约驾驶人员的出行成本,也有利于交通量的分配。

(3)增强行政区分界标志。

对于已行驶在市辖区内时,指路标志上不应再出现市名的指路信息,应以下属区或城区代替,并增设行政区划分界标志,让驾驶人员对所处地理位置有较清晰的认识。

(4)原则上按最短路径来指引,标出到达目的地距离或动态显示距离和道路通畅情况,以便驾驶人员选择。

一般情况下,驾驶人员在枢纽互通面临的路径选择较多,在枢纽型互通设置门架式指路标志(含方向、距离指示),指示出直行和出口两个方向的目的地、距离;改静态诱导为动态诱导,以可变情报板的方式(可门架式或悬挂、立柱式),并能实时显示路段通畅情况,有利于行车人员按方向、距离和道路通畅情况选择合适的行驶路径。

(5)在一些服务区、停车区设置高速公路网行车示意图,并能对达到某一地点的不同路径距离进行预告。

在一些服务区、停车区以静态方式标示出高速公路网行车示意图,并动态标示出道路通畅情况及可供选择的路径。

## 3 总结

本文主要是在对珠三角高速公路指路标志实地调查的基础上,对发现的指路标志问题进行归纳总结,分析出原因,采用仿真实验、现场实验法等方法,提出相应的解决方案和对策。对广东省的标志设计改造提供一定的理论依据,目的是使广东省指路标志更加统一、规范、有效,对国内其他省份的高速公路指路标志的设计研究具有一定的参照意义。

### 参考文献:

[1] 廖小芳,关志娟,陆康.汉字交通标志可认知性评价指标及标准[J].公路,2012(10):114-119.

[2] 鲍钢,孙智勇,杨峰,宋玉才. 广东省高速公路交通标志的问题及对策[J]. 广东公路交通,2011,114:68-71.

[3] 宋玉才,李素梅,陈帅,朱小峰. 高速公路左出口交通标志设置方法研究[J]. 公路,2010(1):189-192.

[4] 司远. 高速公路标志标线与交通安全分析[J].

公路交通科技(应用技术版),2012(10):187-189.

[5] 王建军,王娟,吴海刚. 道路交通标志信息过载阈值研究[J]. 公路,2009(4):174-180.

[6] 蒋海峰,韩文元,张智勇. 交通指路标志字高与视认性关系研究[J]. 公路交通科技,2009,7(26):115-120.



(上接第39页)

#### 4 结语

通过对软弱围岩隧道大范围侵限段落的现场处治方案分析及稳定性分析,得出以下结论:

(1)根据该隧道侵限的具体情况,采取注浆加固及内轮廓拱部下压方案是安全、经济、高效、可行的。

(2)数值模拟及监控量测分析表明,侵限段落处治后其二衬最小安全系数为2.69,周边位移在1cm左右,均满足规范相关要求。

(3)实践表明,本文介绍的侵限处治方案可供同类隧道施工借鉴。

#### 参考文献:

[1] 胡广周. 将军沟右线隧道变形侵限段处理方案

探讨[J]. 水利与建筑工程学报,2009,7(2):68-71.

[2] 张健. 黄果树隧道软弱地带初期支护下沉侵限的整治技术[J]. 公路,2009,(11):217-220.

[3] 公路隧道设计规范 JTJ D70-2004[S]. 北京:人民交通出版社,2004.

[4] 王超. 罗岭隧道下穿山塘段处理对策研究分析[J]. 广东公路交通,2013,(2):54-57.

[5] 型钢混凝土组合结构技术规程 JGJ 138-2001[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.

[6] 陈建勋,欧阳院平,等. 公路隧道复合式衬砌结构数值计算及分析[J]. 中国公路学报,2006,19(2):74-79.

[7] 徐帮树,杨为民,等. 公路隧道型钢喷射混凝土初期支护安全评价研究[J]. 岩土力学,2012,33(1):248-254.

## 2015年度新员工入职培训圆满完成

七月骄阳似火,公司于7月22日至27日组织了为期5天半的2015年度新员工岗前培训。本次培训课程保持了内容丰富、形式多样、注重实效的特色,在此基础上又有所创新,新员工积极参与,取得了较好效果。

7月22日上午9时,人力资源部李玉春主任向新员工介绍公司的基本情况和相关规章制度,正式拉开了2015年新员工培训的序幕。

7月22日下午,技术质量部王强主任向新员工介绍了公司三标体系知识。



7月23日下午,后勤管理部郭春贞主任、信息管理部肖伟谊副主任分别向新员工介绍了公司安全生产、治安综合治理知识和公司保密相关知识。同时,组织全体新员工观看了消防、火灾逃生知识视频。



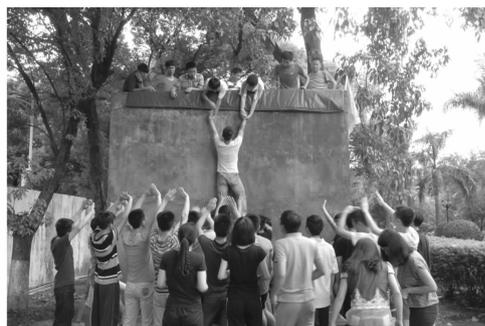
7月24日,公司邀请外部培训专家为新员工讲授职业素养及职业发展规划。课程从“职业化”的概念引入,讲述新员工如何实现心态、观念、行动的转变,并教授如何开展个人职业发展规划,进而实现个人的快速成长。课程内容深入浅出,结合讲师精辟的讲解,给学员以很大启发。



7月25-26日,公司为促进新人融入、提高团队凝聚力,安排了两天的户外拓展训练。通过有针对性、循序渐进的项目设计,全程围绕“七项职业化训练”和“四项转变”进行,结合公司文化与核心价值观的导入,使学员在反思中得到感悟。



7月27日上午,第三路桥设计分公司程正刚总工程师为新老员工讲述了公路勘察设计基础知识。



7月27日下午,举行了公司领导与新员工的见面会,李江山董事长、黄湛军总经理、李琴副总经理等公司领导出席了会议,黄湛军总经理做了主题为“共同成长,筑梦未来”的讲话,代表公司对新员工的加入表示热烈的欢迎,并对新员工提出了希望和要求。12名新员工代表分别发言,展现了他们的青春活力、工作热情和期望成长的迫切心情。在寄语新员工环节,李江山董事长和新员工分享了自身的成长经历,对新员工实现个人成长和发展提出了中肯的建议和殷切的期望。公司领导还与新员工进行了简短的互动交流。交流中,公司领导就新员工遇到的工作、生活、个人发展上的问题一一作了解答。



本次培训的课程设置、组织安排得到了新员工的好评,对新员工尽快融入公司文化,开展岗位工作起到较好的引导作用。  
(姚泽宾 报道)

## 2015 中国测绘地理信息高端论坛报道

2015 中国测绘地理信息高端论坛会于 2015 年 7 月 22 日在北京中国测绘创新基地召开,全国 31 个省市自治区共 407 人参加,我公司派工程测量部主任邱赞富参加。

2015 年 7 月 22 日上午大会开幕,由中国测绘地理信息学会副理事长兼秘书长彭震中主持,国家测绘地理信息局李维森副局长致欢迎词,然后进行会议主论坛,下午有 3 个分论坛同时进行。

主论坛的 6 个特邀报告是:

中国科学院院士倪光南重点介绍了“发展自主可控的测绘技术、装备和信息服务”;

中国工程院院士刘先林报告主题是“中国自主测绘装备科技发展与展望”;

中国科学院院士童庆禧报告主题是“倾斜摄影技术与测绘地理信息软件发展新趋势”;

北京超图软件股份有限公司副总裁王康弘介绍了“智慧时代的 GIS 软件技术发展”;

武汉大学测绘学院教授孙世友介绍了“大地图,以地理思维构建空间大数据”;

北京北科天绘科技有限公司总经理张智武介绍了“中国激光雷达的自主创新之路”;

2015 年 7 月 22 日下午同时进行的 3 个分论坛分别是:

“倾斜摄影与新一代三维 GIS 的发展”

“大地图与大数据整合下的跨界发展与应用”

“激光雷达:立足测绘,引领跨界融合新态势”。

每个分论坛都有 7-10 个专家、学者、企业家作报告,报告讲完后还进行了自由提问。

(邱赞富 报道)

## 2015 版《建设工程设计合同示范文本(房屋建筑工程)》 《建设工程设计合同示范文本(专业建设工程)》 解读与应用操作实务培训

中国勘察设计协会组织 2015 版《建设工程设计合同示范文本(房屋建筑工程)》《建设工程设计合同示范文本(专业建设工程)》解读与应用操作实务培训,我公司派刘银色、陈一默参加第二期于 2015 年 6 月 18~20 日在深圳培训学习,参加培训班的基本来自房屋建筑、市政工程、公路工程等勘察设计单位人员。

本次培训的内容有:

1、2015 版建设工程设计合同示范文本的行业地位、应用价值。

2、2015 版建设工程设计合同示范文本的制定背景、制定过程。

3、2015 版建设工程设计合同示范文本制定

思路、合同文本体例及确立的具体管理制度。

4、2015 版建设工程设计合同示范文本具体条款的详细解读。

5、2015 版建设工程设计合同示范文本使用方式及应当注意的事项。

6、2015 版建设工程设计合同示范文本应用操作实务。

我们通过本次培训,了解了 2015 版工程设计合同示范文本的制定背景,准确理解合同示范文本确立的制度和具体合同条款,正确实施 2015 版工程设计合同示范文本,更好地维护自身的合法权益。

(刘银色 报道)

## 交通基础设施政府和社会资本合作模式(PPP) 操作实务与法律风险培训班报道

2015年7月15日至17日,交通部在呼和浩特举办了交通基础设施政府和社会资本合作模式(PPP)操作实务与法律风险培训班。操作实务由北京大岳咨询有限公司专家常庆海主讲,法律风险由北京市资略律师事务所合伙人及北京财指南咨询有限公司高级顾问徐向东主讲。

政府与社会资本合作模式(PPP模式)是指政府与社会资本为提供公共产品或服务而建立的全过程合作关系,以授予特许经营权为基础,

以利益共享和风险分担为特征,通过引入市场竞争和激励约束机制,发挥双方优势,提高公共产品或服务的质量与供给效率。

本次培训内容丰富,涵盖了PPP模式的定义、特点、主要内容、法律知识及操作实例。通过本次培训,了解了PPP运作流程,实用范围,与BOT、TOT、DBFO、BT等模式的相互关系,以及PPP在具体项目中的操作实例,具有很好的学习意义。

(李岚 报道)

## 《海绵城市建设技术指南》培训 暨海绵城市规划设计及实践案例分析研修班

2015年6月12日至14日,中国建设培训协会培训中心在浙江省杭州市举办《海绵城市建设技术指南》培训暨海绵城市规划设计及实践案例分析研修班。

近年来,受全球气候变化影响,暴雨等极端天气对社会管理、城市运行和人民群众生产生活造成了巨大影响,加之部分城市排水防涝等基础设施建设滞后、调蓄雨洪和应急管理能力不足,出现了严重的暴雨内涝灾害。为保障人民群众的生命财产安全,提高城市防灾减灾能力和安全保障水平,加强城市排水防涝设施建设,在新型城镇化建设过程中,推广和应用低影响开发建设模式,加大城市径流雨水源头减排的刚性约束,优先利用自然排水系统,建设生态排水设施,充分发挥城市绿地、道路、水系等对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用,使城市开发建设后的水文特征接

近开发前,有效缓解城市内涝、削减城市径流污染负荷、节约水资源、保护和改善城市生态环境,为建设具有自然积存、自然渗透、自然净化功能的海绵城市提供重要保障。

本次培训首先由北京清控人居环境研究院水务规划所副所长马洪涛高工对海绵城市建设规划的管理做了系统性的分析,对海绵城市建设背景、规划管控、政策及组织保障、试点申报及示范区建设实施计划编制展开讲解,并着重解析了海绵城市设计及海绵城市建设的监测及评估考核方式。第二天由北京建筑大学城市雨水系统与水环境省部共建教育部重点实验的李俊奇教授讲解了海绵城市建设技术指南编制的指导思想及理论依据,作为指南的主要编撰人之一,李教授对《指南》在推行过程中,存在不少的困惑、疑问甚至误读,通过“基本概念与综合目标”、“规

划与建设”、“中国大陆地区降雨径流总量控制目标区域划分”、“城市径流总量控制规划指标研究”等几个方面进行系统的解读。对《指南》中所涉及的基本概念、系统组成、重要参数、综合目标、技术体系构建、规划设计建设模式等关键问题进行深入阐述,以期能够更科学、全面、务实地

推动海绵城市建设。

本次培训对海绵城市的规划设计及案例分析等方面都有重点介绍,对于今后的海绵城市建设设计有非常好的指导作用。

(葛晓光 报道)

## 国外勘探领域先进技术设备交流报道

2015年8月21日上午,在岩土勘察分公司会议室举行了一场“了解国外先进勘探设备,引领勘察行业最新技术”的交流会。

我司邀请了上海朗信机械设备有限公司的王长永总经理以及两位英国籍专家 Callum、Jon 到场讲解,分公司技术人员 10 余人参加了本次会议。

会议交流内容主要为:1、结合国外勘察、试验、施工等工程实例,介绍了国外勘察设备、技术等方面的最新进展及应用情况;2、国外勘探设备的结构、性能及在国内的应用情况和经验交流等。

到会专家准备了丰富的国外勘探产品信息及国外应用的工程案例资料,对中外勘探设备的性能、发展前景等作了详细介绍和比较,三位专

家娓娓道来,对分公司技术人员提出的疑问都耐心细致地一一解答,使我们对国外勘察行业最新进展有了较为全面的了解,为目前国内勘察行业的发展提供了新思路。同时,我司参会的技术人员就目前使用的勘探设备、技术情况和自身需求等方面与到会专家进行了详谈,并介绍了国内最新设备的开发和使用情况。通过交流,到会双方均受益匪浅。

本次交流会不仅开拓了技术人员的视野,帮助大家更好地了解国外先进的勘探设备和行业的新技术、新动态,而且带来了勘察生产和管理思想的思考和碰撞,得到了技术人员的肯定和好评。

(郑蔚雯 周孝宇 报道)



## 获奖喜报

### (公司 27 个项目荣获 2015 年度广东省优秀工程勘察设计奖)

根据粤勘设协字[2015]6 号文“关于 2015 年度广东省优秀工程勘察设计奖评选结果的公告”,公司在“2015 年度广东省优秀工程勘察设计奖”评选中喜创佳绩,共有 27 个项目获得奖项。

#### 一、优秀设计奖

- 1、珠江三角洲经济区外环公路江门至肇庆高速公路(B 设计合同段),荣获一等奖;
- 2、粤湘高速公路博罗至深圳段 SJ-2 合同段水洞山-石鼓特长隧道群,荣获一等奖;
- 3、省道 S272 肇珠线江门市区复线东华大桥工程,荣获一等奖;
- 4、梅州市梅县至大埔高速公路梅县三角至大埔三河段 A1 设计合同段,荣获一等奖;
- 5、中山市东部快线东部特大桥,荣获二等奖;
- 6、广梧高速公路双凤至平台段鹅公髻隧道工程,荣获二等奖;
- 7、广州珠岛区域交通应急整治工程,荣获二等奖;
- 8、云浮(双凤)至罗定(替滨)高速公路交通工程设计,荣获二等奖;
- 9、汕梅高速公路汕头至揭阳段(K33+800~K54+446.1),荣获二等奖;
- 10、广州(庆丰)至清远(北江)高速公路改扩建工程第二设计合同段,荣获三等奖;
- 11、广州至河源高速公路惠州段 SJ-1 合同段,荣获三等奖;
- 12、佛山市高明区龙高路九江大道立交建设工程,荣获三等奖;
- 13、省道 S364 线与省道 S270 连接线胜利大桥新建工程,荣获三等奖;
- 14、东莞市石龙镇东岸大桥及引道改造工程,荣获三等奖;
- 15、佛山市高明区高明大道西岸路口立交建设工程,荣获三等奖;
- 16、佛山市禅城区季华北路工程,荣获三等奖。

#### 二、优秀勘察奖

- 1、珠江三角洲经济区外环公路江门至肇庆段(B 合同段),荣获一等奖;
- 2、粤湘高速公路博罗至深圳段 SJ-2 合同段,荣获二等奖;
- 3、湛江疏港公路海大路口至蔚律港段一级公路工程,荣获二等奖;
- 4、佛山市龙湾大桥及引道工程(第 LWKC-01 合同段),荣获三等奖;
- 5、梅州市梅县至大埔高速公路梅县三角至大埔三河段 A1 合同段,荣获三等奖;
- 6、广东云浮(双凤)至罗定(替滨)高速公路工程双东至替滨段,荣获三等奖;
- 7、广州至河源高速公路广州段 SJ-2 合同段,荣获三等奖;
- 8、沈阳~海口国家高速公路谢边至三堡段改扩建工程,荣获三等奖。

#### 三、优秀测量奖

- 1、广佛肇高速公路高要小湘至封开江口段工程综合测量,荣获一等奖;
- 2、粤湘高速公路博罗至深圳段工程测量,荣获三等奖。

#### 四、优秀标准设计奖

- 1、中山市城市道路和干线公路工程设计指引,荣获三等奖。

(刘祥兴 报道)