

# 长沙市夏鹃路隧道工程设计关键节点研究

谈小琪

(湖南湘江新区管理委员会, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** 夏鹃路隧道属于市政道路, 穿越规划智慧公园山体。受整个路网规划影响, 线位不能过多调整, 导致隧道具有浅埋、偏压、大跨径的特点, 难度极大。文中根据工程地质条件及周边环境, 采用工程类比及数值模拟方法, 对隧道总体方案、横断面布置、衬砌支护、施工方案等进行分析及设计, 并对二次衬砌、中隔墙等结构的安全性和受力进行验证。

**关键词:** 隧道; 连拱隧道; 浅埋偏压; 关键节点设计

中图分类号: U452.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)01-0148-05

## 1 项目概况

夏鹃路位于长沙市梅溪湖国际新城二期规划区域中轴线处, 呈南北走向, 北起红枫路, 南至梅溪湖路西延路, 是贯通金桥枢纽和大王山的城市主干道。道路全长 2 988 m, 规划路基标准断面宽度为 48 m, 双向六车道, 设计速度为 50 km/h, 中间预留双向轨道交通。

智慧公园位于夏鹃路中段、雪松路与龙柏路之间, 山体起伏较大。受环境保护要求、夏鹃路控制规划用地红线及道路断面的限制, 夏鹃路采用连拱隧道下穿智慧公园山体, 北侧与规划雪松路相接, 南侧与龙柏路相接。隧道南北两端山体坡度均较陡峭, 高差达 53 m, 山峦起伏, 植被茂盛。工程设计范围为夏鹃路下穿智慧公园隧道工程的隧道部分及两侧接线道路(雪松路—龙柏路, 见图 1、图 2)。

根据现场地质调查, 工程区域上覆地层为较薄的植物层及第四系残积(Qel)粉质黏土, 隧道区下伏基岩为元古界(Pt)板溪群马底驿组泥质板岩及砂质板岩。地势呈西高东低、南高北低。

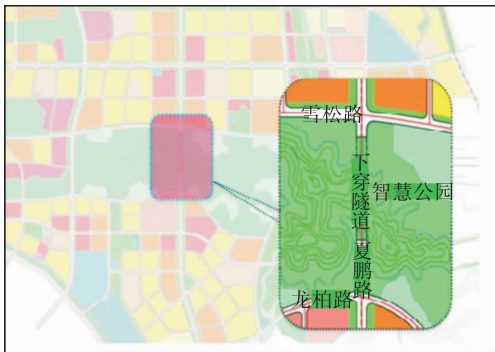


图 1 夏鹃路隧道工程的位置

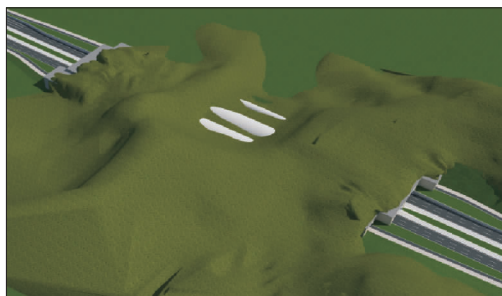


图 2 夏鹃路隧道三维模型

## 2 工程设计方案

### 2.1 总体方案

根据梅溪湖国际新城二期控制性规划, 现阶段对于研究工程范围内的横断面布置存在影响的主要因素有: 1) 中运量专用车道的设置; 2) 人非车道的通行设置; 3) 机动车的交通组织; 4) 隧道结构的受力; 5) 对于夏鹃路智慧公园段的环境保护。

受以上因素的影响, 夏鹃路隧道为市政道路的一部分, 两边的道路均已完成, 故隧道进出洞位置均已确定。夏鹃路穿越智慧公园段横断面设计如下: 保持隧道断面和夏鹃路标准断面一致, 采用左、右主路隧道及左、右人非隧道四洞隧道形式; 为减少横断面占地宽度, 中间车行隧道采用连拱隧道形式, 两边人非隧道为单独小净距隧道布置在车行主隧道两侧, 与主隧道净距为 5.65 m; 整个车行主隧道为  $2 \times 18.817$  m(外包)连拱隧道, 独立的人非隧道宽度为 7.73 m(外包), 隧道总长 280 m, 采用暗挖方案。由于隧道线形位置处于智慧公园两个山包的坡脚之间, 隧道在较短范围内出现半明半暗、全暗、反向半明半暗、全暗、再半明半暗 5 段, 结构受力及施工难

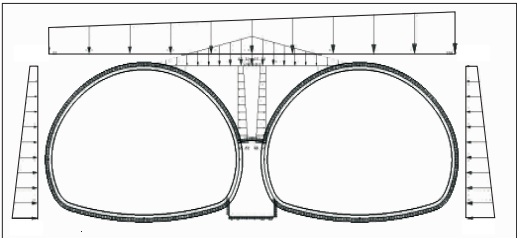
采用荷载结构法,运用有限元模拟软件,选取全暗埋段、大偏压浅埋段两个典型断面进行隧道二次衬砌结构验算。二次衬砌结构断面情况见表 2,计算模型见图 6,计算参数见表 3。

表 1 隧道复合式衬砌及支护参数

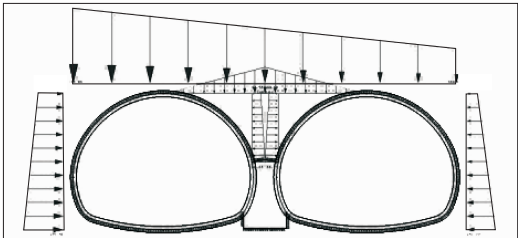
围岩级别	初期支护					二次衬砌厚度/cm			
	喷射砼厚度/cm		锚杆		钢筋网/cm	拱架/cm	拱、墙砼	仰拱砼	
	拱、边墙	仰拱	位置	长度/m					
V	25	25	拱、墙	4	100×100	φ8,15×15	I20@50	50	50
洞口 V 加强段	25	25	拱、墙	4	100×75	φ8,15×15	I20@50	60	60
明洞	—	—	—	—	—	—	—	65	65

表 2 二次衬砌结构计算断面情况

断面编号	性质	埋深	地面坡角/(°)	二次衬砌结构
断面一	全暗埋段	左侧主洞埋深 9.98 m,右侧主洞埋深 14.26 m	10	采用 C30 钢筋砼,按普通钢筋砼构件计算
断面二	大偏压浅埋段	左侧主洞埋深 15.46 m,右侧主洞埋深 4.70 m	26	



(a) 断面一计算模型



(b) 断面二计算模型

图 6 二次衬砌结构验算计算模型

表 3 二次衬砌结构验算计算参数

断面编号	项目	顶左垂直压力	顶右垂直压力	左上水平侧压力	左下水平侧压力	右上水平侧压力	右下水平侧压力	块体自重
断面一	隧道	160.800	269.100	55.557	126.253	99.683	180.226	—
	中隔墙	—	—	77.638	112.547	72.002	104.370	108.244
断面二	隧道	385.297	213.604	166.639	248.557	68.103	138.660	—
	中隔墙	—	—	105.815	136.396	122.854	158.359	105.469

二次衬砌结构计算时,V 级围岩重度取 19 kN/m<sup>3</sup>,地层弹性抗力系数取 150 MPa/m,二次衬砌钢筋砼重度取 25 kN/m<sup>3</sup>,弹性模量取 31.0 GPa,二次衬砌承担所有荷载。计算结果见图 7~9、表 4、图 10、图 11。

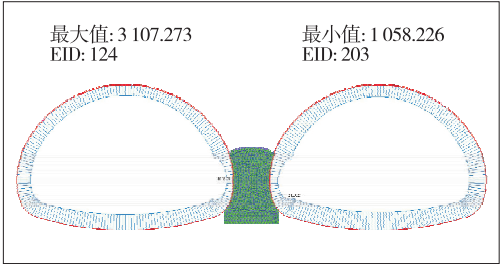


图 7 二次衬砌结构验算轴力计算结果(单位:kN)

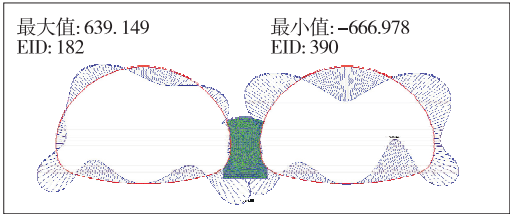


图 8 二次衬砌结构验算弯矩计算结果(单位:kN·m)

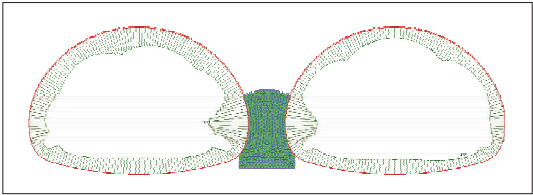


图 9 二次衬砌结构验算安全系数趋势图

表 4 二次衬砌结构验算结果

断面编号	位置	弯矩/(kN·m)	轴力/kN	结构安全验算		
				安全系数	规范要求	判定结果
断面一	右隧道左拱腰	519.63	2 756.90	4.06	2.4	满足规范要求
	右隧道拱顶	569.65	1 955.99	4.33		
	右隧道右拱腰	516.36	2 612.42	4.21		
断面二	左隧道左拱腰	3 598.26	719.74	3.04		
	左隧道拱顶	2 713.97	771.22	3.21		
	左隧道右拱腰	3 662.50	679.10	3.08		

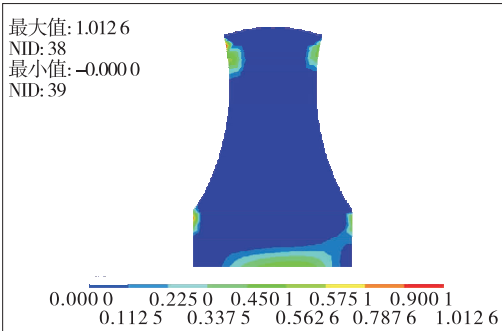


图 10 中隔墙拉应力云图(单位:MPa)

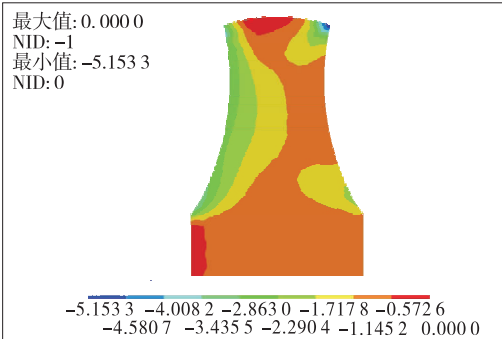


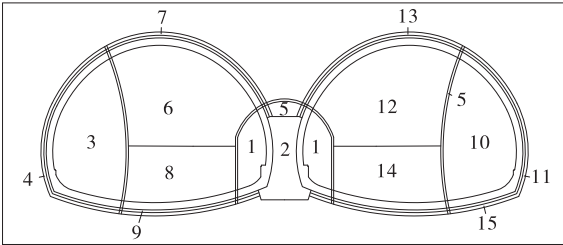
图 11 中隔墙压应力云图(单位:MPa)

验算结果表明:1) 断面一左侧隧道与右侧隧道相比安全系数稍高,左侧隧道拱腰及拱顶位置的安全系数为 6~8,右侧隧道在左拱腰、拱顶、右拱腰位置的安全系数分别为 4.06、4.33、4.21,其中右侧隧道左拱腰位置的安全系数最小。2) 断面二右侧隧道与左侧隧道相比安全系数稍高,右侧隧道拱腰及拱顶位置的安全系数为 4~7,左侧隧道在左拱腰、拱顶、右拱腰位置的安全系数分别为 3.04、3.21、3.08,其中左侧隧道左拱腰位置的安全系数最小。3) 断面一中隔墙最大拉应力为 1.08 MPa,最大压应力为 4.69 MPa;断面二中隔墙最大拉应力为 1.23 MPa,最大压应力为 5.16 MPa。根据 JTG 3370.1—2018《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》,C30 砼的抗

压强度设计值为 14.3 MPa,抗拉强度设计值为 1.43 MPa,中隔墙的最大拉、压应力均小于设计值,受力满足要求。

2.4 隧道施工开挖设计

在遵循技术可行和经济合理的原则下,通过总结连拱隧道施工经验,确定夏鹄路隧道群施工顺序为先进行连拱隧道中导洞施工并贯通,然后分别进行东西两侧人非隧道施工并贯通,最后进行车行连拱隧道施工。主洞进洞采用三导洞—双侧导洞法,施工工序见图 12。



1 开挖中导洞;2 中导洞贯通后浇筑中墙;3 开挖左侧导洞;4 左侧导洞支护;5 回填中墙顶空间;6 左洞拱部开挖;7 左洞拱部支护;8 开挖左洞下半断面及仰拱;9 浇筑左洞仰拱及二次衬砌;10 开挖右侧导洞;11 右侧导洞支护;12 右洞拱部开挖;13 右洞拱部支护;14 开挖右洞下半断面及仰拱;15 浇筑右洞仰拱及二次衬砌。

图 12 夏鹄路隧道施工工序

3 结语

夏鹄路隧道工程规模不大,但鉴于市政工程的特殊性,工程线位受整个路网规划影响,不能过多调整,故其具有浅埋、偏压、大跨径的特点,难度极大。对其总体方案、隧道横断面、支护参数、开挖方案等进行分析和针对性设计,得出以下结论:

(1) 隧道横断面为小间距+连拱+小间距的四洞隧道群,其中车行隧道为连拱隧道,两侧为人非隧道。连拱隧道采用 3 层复合式曲中墙,其中初期支护采用 C25 喷射砼+锚杆+钢筋网+钢支撑,二次衬砌采用 C30 钢筋砼,辅以大管棚或超前小导管支



护。通过结构安全验算,二次衬砌、中隔墙的安全性和受力均满足要求。

(2) 隧道开挖方案为先进进行连拱隧道中导洞施工并贯通,再进行两侧人非隧道施工并贯通,最后进行行车连拱隧道施工。隧道开挖采用三导洞—双侧导洞法。

### 参考文献:

- [1] 钟宇健,苗苗,王亚东.大跨径浅埋偏压千枚岩隧道变形规律监测与有限元模拟[J].公路,2019(6):277—283.
- [2] 牛林新,商拥辉,方前程.新奥法施工近距双线浅埋隧道围岩变形特性研究[J].铁道标准设计,2017,61(11):111—116.
- [3] 文云波,黄锋,高啸也,等.小净距大断面偏压隧道围岩稳定性分析[J].铁道建筑,2017(7):77—80.
- [4] 于志秋.软岩地段大断面浅埋偏压隧道开挖施工与控制[J].西部探矿工程,2008(11):201—204.
- [5] 仇明,张胜,夏鑫.浅埋偏压隧道进洞方案优化与边坡稳定性分析[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2019,28(4):1—5.
- [6] 李乾坤,吴勇.浅埋偏压山岭隧道进口段监测分析与数

值模拟[J].山西建筑,2019,45(3):159—161.

- [7] 冷希乔,陈礼伟.大断面黄土隧道变形特征及力学模型分析[J].四川建筑,2010,30(1):74—75.
- [8] 齐琳,闫亚丽.4 车道公路隧道软弱围岩段施工方法探讨[J].公路隧道,2010(4):15—21.
- [9] XUE F C, MA J L, YAN L, et al. Three-dimension FEM analysis of large cross-section tunnel in collapsible loess constructed by CRD method [C]//Conference: GeoFlorida 2010, Orlando, Florida, United States, February 20—24, 2010.
- [10] 朱维申,何满潮.复杂条件下围岩稳定性与岩体动态施工力学[M].北京:科学出版社,1995.
- [11] 吴梦军,黄伦海.四车道公路隧道动态施工力学研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(增刊1):3057—3062.
- [12] 朱合华,丁文其.地下结构施工过程的动态仿真模拟分析[J].岩石力学与工程学报,1999,18(5):558—558.
- [13] 招商局重庆交通科研设计院有限公司.公路隧道设计规范 第一册 土建工程:JTG 3370.1—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

收稿日期:2020—06—10

(上接第 147 页)

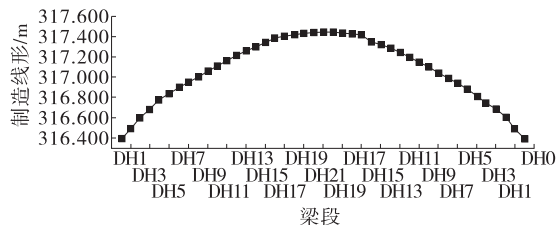


图4 钢梁制造线形

由图4可知:钢梁的制造线形为一条连续光滑的曲线。但在实际制造过程中,将梁段制造为光滑曲线既费时费力,又无实际工程意义,多采用以直代曲的方式制造。制造过程中误差是不可避免的,故悬臂拼装施工时应以安装线形来定位梁段标高,以更好地进行线形控制,确保最终达到设计线形。

### 3 结语

该文根据现有叠合梁斜拉桥制造线形计算理论,采取适用于叠合梁的切线位移法计算钢梁的制造预拱度,并以某叠合梁斜拉桥为例,依据该桥结构特点和参数建立桥梁空间有限元计算模型,通过对

整个施工过程的模拟,获得其悬臂拼装钢梁的制造线形,为该桥提供合理的线形数据。

### 参考文献:

- [1] 周潇.悬臂拼装斜拉桥安装线形与制造线形的区别和联系[J].公路交通技术,2016(5):66—69.
- [2] 洗尚钧.三塔钢箱梁斜拉桥制造线形计算分析[J].山西建筑,2016,42(12):162—163.
- [3] 吴宏业.中朝鸭绿江界河公路大桥制造预拱度的确定[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2014,16(2):12—16.
- [4] 余昆,李景成.基于无应力状态法的悬臂拼装斜拉桥的线形控制[J].桥梁建设,2012,42(3):44—49.
- [5] 卜一之,孙才志.大跨度结合梁斜拉桥制造线形控制与分析[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2011,30(5):916—920+1053.
- [6] 任文,贾栋,朱建方.叠合梁斜拉桥主梁制造误差分析方法研究[J].特种结构,2010,27(6):84—87.
- [7] 徐传鹏,贾栋,刘杨.叠合梁斜拉桥主梁制造误差分析方法研究[J].山东交通科技,2010(5):22—24+34.

收稿日期:2019—12—03