

日照市海曲路地下道路工程设计

沈艳峰, 刘英贤

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 首先介绍了日照市海曲路地下道路工程的背景、规模和技术标准;接着,阐述了该地下道路工程的总体设计方案和关键节点的技术处理等。

关键词: 城市地下道路;大跨度;滨湖地道结构;匝道共建;交通枢纽

中图分类号: U412.37

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)04-0210-05

0 引言

随着经济和社会的发展,土地资源日益紧缺,地面交通愈发拥堵,已不能满足人们对美好生活的向往和追求。因此,越来越多的城市展开了对地下空间的综合开发和利用,通过建设地下综合体和地下交通系统,并将两者有机地结合起来,有效推动了经济和社会的发展,人们的生活品质得到提升,交通出行更加便利。

日照市迎宾路是联系高速公路与主城区、万平口景区的主要交通干道。随着日照机场建设及周边地块的开发,日照城区与机场的联系进一步加强。为提高迎宾路交通运行效率,满足日益增长的交通需求,日照市开展了迎宾路快捷化改造工程。

2017年,日照高铁时代到来,青连铁路以及鲁南高铁日临段相继建成通车。为满足鲁南高铁及青连铁路接入的需求,日照市启动了日照火车站改造工程,将日照站改造为大型综合客运枢纽,与日照南站形成“北客南货”的铁路格局,实现日照站对日照市主城区、日照南站对日照港发展的支撑作用,从而实现日照市城市发展功能布局,促进地区社会经济的有效发展。日照站的升级改造将吸引大量到发交通,交通疏解难度大。

基于以上需求,日照市开展了海曲路地下道路工程的研究与建设^[1,2]。海曲路地下道路位于日照市的中心城区东港区海曲东路,西起迎宾路与海曲东路交叉口以西,下穿枣庄路、北京南路、烟台路、威海路,在文登路以西接地。海曲路地下道路地理位置如

图1所示。



图1 海曲路地下道路地理位置图

1 工程概况

日照市海曲路地下道路呈东西走向,西起迎宾路,沿海曲路下穿枣庄路、北京南路、烟台路、威海路后接地。海曲路地道由主线和5条匝道组成。地道主线全长2 388 m,双向六车道规模。5条匝道分别为:一对接地匝道(Z1、Z2)位于烟台路西侧;一对右进右出匝道(Z3)与日照综合客运枢纽站北广场地下夹层连通;一对东进东出匝道(Z4、Z5)与枢纽站北广场负二层连通。在烟台路与海曲路路口处设有日照综合客运枢纽站北广场地下人行通道。该人行通道从枢纽站北广场接出,向北下穿海曲路,并从海曲路地道主线上方正交穿过;穿过海曲路后,在烟台路路口分别向东、西两个方向下穿烟台路后接地,与海曲路地道Z4匝道平行布设,并位于Z4匝道上。

海曲路地下道路主线东西两端的敞口段长度共269 m,底板最大埋深7.73 m,横向宽度27.9 m。地道主线暗埋段总长约2 119 m,底板最大埋深约13.79 m,标准暗埋段横向宽度29.1 m,主线与匝道分合流段最大横向宽度60.85 m。

Z1匝道和Z2匝道为一对接地匝道,分别位于地道主线北侧和南侧,与地道主线平行,全线与地道主线共墙合建。Z1、Z2匝道最大埋深均约10 m,横向宽

收稿日期: 2021-07-20

作者简介: 沈艳峰(1973—),男,硕士,高级工程师,从事隧道及地下工程的设计与研究工作。

度约 10 m。

Z3 匝道是地道西向东交通与枢纽站北广场夹层的连通道,以枢纽站北广场为界,分为西段和东段。Z3 匝道西段共约 292 m,其中约 198 m 与 Z2 匝道共墙合建,其余约 94 m 单独建设;Z3 匝道东段共约 201 m,其中约 28 m 单独建设,其余约 173 m 与 Z5 匝道共墙合建。Z3 匝道最大埋深约 10 m,横向宽度约 10 m。

Z4 匝道是地道东向西交通与枢纽站北广场负二层的连通道,总长度约 327 m。Z4 匝道分为 3 段,其中分流段约 121 m 与地道主线合建;中段 117 m 与枢纽站北广场地下人行通道东西出入口叠层共板合建;弧形下穿主线段长约 67 m,与主线叠层共板合建;末段约 22 m 单独建设。Z4 匝道最大埋深约 19.8 m,横向宽度约 11 m。

Z5 匝道是枢纽站北广场负二层与地道的连通道,总长度约 282 m,其中从枢纽站负二层接出的约 31 m 单独建设,其余约 251 m 与主线和 Z3 匝道东段共墙合建。Z5 匝道最大埋深约 18.1 m,横向宽度约 11 m。

枢纽站北广场地下人行通道南北向下穿海曲路,并在烟台路路口东西向下穿烟台路后接地。人行通道下穿海曲路段与地道主线叠层共板合建,东西向下穿烟台路至接地段与 Z4 匝道叠层共板合建。

海曲路地下道路平面布置如图 2 所示。

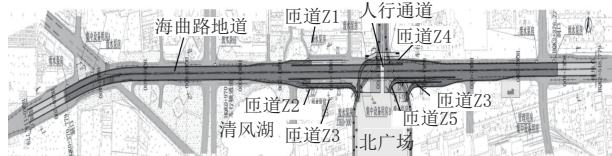


图 2 海曲路地下道路平面布置图

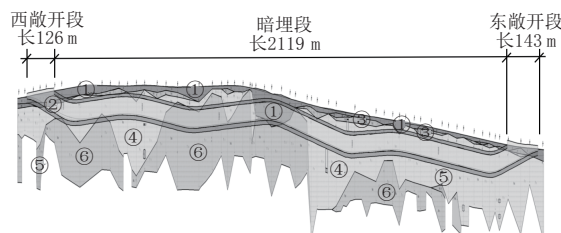
2 工程地质与水文地质条件

2.1 工程地质条件

拟建场地上部土层主要以第四纪全新统人工填土、上更新统砂质黏性土为主,下部基岩为中生代燕山晚期花岗岩,局部存在辉绿岩。海曲路地道所在区域从上至下岩土层分布为:①填筑土、②砂质黏性土、③全风化花岗岩、④强风化花岗岩、⑤中风化花岗岩、⑥微风化花岗岩。工程地质纵剖面如图 3 所示。

2.2 水文地质条件

拟建场区为低山丘陵地貌,未见地表水分布,场区地下水主要类型为第四系松散土层孔隙水和基岩裂隙水。



① 筑土,②砂质黏性土,③全风化花岗岩,④强风化花岗岩,⑤中风化花岗岩,⑥微风化花岗岩

图 3 海曲路地下道路地质纵剖面图

勘察期间,地下水稳定水位埋深 1.1~8.8 m,主要赋存于基岩强风化~中等风化带。岩石呈砂土状、角砾状、柱状,风化裂隙发育,呈层状分布,具统一水面,地下水位随地形的升高而增大。基岩强风化带与上部第四系地层无稳定连续隔水层,风化裂隙水与第四系松散土层孔隙水具有一定的水力联系。强风化带具有中等透水性,富水性一般;节理发育带,裂隙张开性好,导水性较强,富水性中等。

3 主要技术标准

- (1)道路等级:城市主干路(连续流);
- (2)地道规模:主路双向 6 车道,匝道单向 2 车道;
- (3)设计速度:主路 60 km/h,匝道 40 km/h;
- (4)行车限界高度:4.5 m;
- (5)地道纵坡:0.5%~4.0%;
- (6)结构设计使用年限:100 a;
- (7)地道安全等级:一级;
- (8)抗震要求:设防烈度 7 度,按 8 度采取抗震措施;
- (9)隧道类别:二类隧道;
- (10)耐火等级:一级。

4 隧道总体设计方案

4.1 地道平面设计

地道中心线基本拟合现状海曲路地面道路中心线。全线设置三处平曲线,半径为 600 m、15 000 m 和 15 000 m,缓和曲线长 50 m,满足 60 km/h 平面线形要求。

设置平行式接地匝道一对,分别为 Z1 和 Z2,位于烟台路西侧;Z1 为入口匝道,Z2 为出口匝道,Z1 和 Z2 中心线平行于地道主线,不设平曲线。

设置匝道 Z3 衔接枢纽北广场夹层,设计车速为 20~40 km/h。Z3 共设置有 4 处平曲线,半径 40 m,其中 2 处位于枢纽范围内,2 处位于匝道设计范围内。

匝道 Z4 和 Z5 均衔接枢纽北广场负二层,其中,Z4 是接入匝道,Z5 为接出匝道。Z4 和 Z5 在设计范

围内各设有1处平曲线,半径40 m,按照30 km/h匝道设计标准。

地道的绝大部分平面在地面道路投影面范围内,Z1的加速车道段部分位于海曲路北侧人防广场的地坪铺装以下,根据既有的资料初步判断与人防地下结构无关,Z2的减速渐变段临近海曲路南侧清风湖,结构设计须考虑地道偏压问题。

4.2 地道纵断面设计

主线地道纵断面设有9处变坡点,最大纵坡4%,最小纵坡0.5%;最小凸形竖曲线半径1 500 m,位于接地点位置,最小凹型竖曲线半径1 500 m;最小竖曲线长度为63.066 m。纵断面线形满足设计车速60 km/h对应线形标准。

Z1、Z2为接地匝道,最大纵坡为4.5%;最小竖曲线凸型半径为900 m,最小凹型竖曲线半径为1 200 m,最小曲线长度为44.4 m;均满足40 km/h的匝道线形要求。

Z3、Z4和Z5均为地道与枢纽地下空间衔接的匝道,设计车速为20~40 km/h,最大纵坡为4.2%,最小凹型竖曲线半径为1 100 m,最小凸形竖曲线半径为1 150 m,最小竖曲线长度为40.50 m,均满足相应的线形标准。

4.3 地道横断面布置

主线敞开段横向布置宽度25.9 m,包括0.3 m(设备空间)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.5 m(路缘带)+3.5 m×3(车行道)+0.5 m(路缘带)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.35 m(设备空间)+0.6 m(中隔墙)+0.35 m(设备空间)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.5 m(路缘带)+3.5 m×3(车行道)+0.5 m(路缘带)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.3 m(设备空间)。主线暗埋段横向布置宽度26.5 m,包括0.6 m(设备空间)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.5 m(路缘带)+3.5 m×3(车行道)+0.5 m(路缘带)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.35 m(设备空间)+0.6 m(中隔墙)+0.35 m(设备空间)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.5 m(路缘带)+3.5 m×3(车行道)+0.5 m(路缘带)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.3 m(设备空间)。主线竖向布置为:净高4.5 m,上侧设备空间0.65 m。主线敞开段和暗埋段横断面分别如图4和图5所示。

Z1和Z2横向布置宽度8.5 m,包括0.25 m(设备空间)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.25 m(路缘带)+3.5 m×2(车行道)+0.25 m(路缘带)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.25 m(设备空间);竖向布置:净高4.5 m,

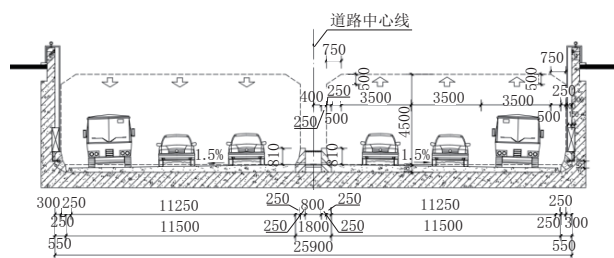


图4 主线敞开段横断面图(单位:mm)

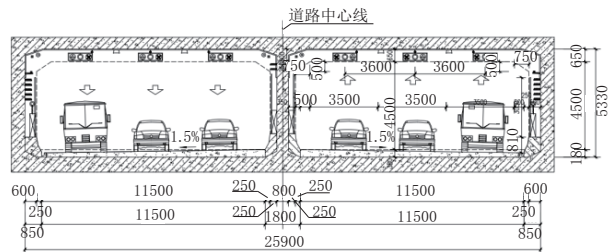


图5 主线暗埋段横断面图(单位:mm)

上侧设备空间0.65 m。图6为匝道Z1和Z2敞开段横断面图,图7为匝道Z1和Z2暗埋段横断面图。

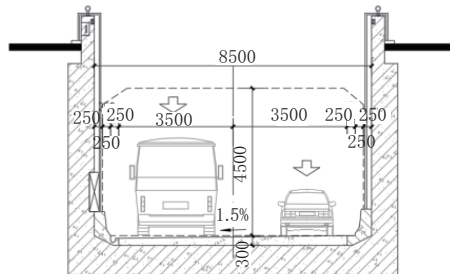


图6 匝道Z1和Z2敞开段横断面图(单位:mm)

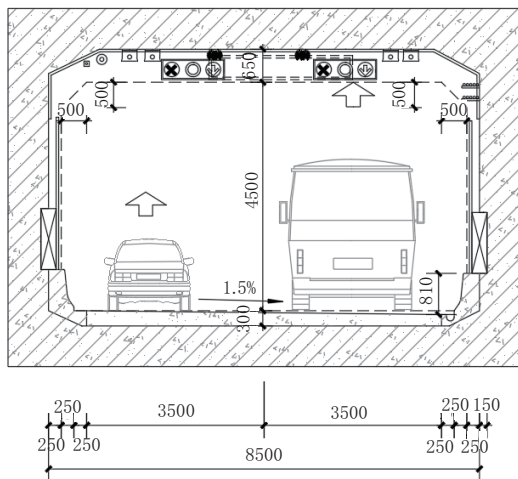


图7 匝道Z1和Z2暗埋段横断面图(单位:mm)

枢纽衔接匝道Z3、Z4和Z5横向布置宽度8.35 m,包括0.40 m(设备空间)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.25 m(路缘带)+3.25 m×2(车行道)+0.25 m(路缘带)+0.25 m(侧向安全净宽)+0.45 m(设备空间);竖向布置:净高3.5 m,上侧设备空间0.65 m(见图8)。

4.4 结构工程

4.4.1 围护结构

根据日照地区经验,结合地道的挖深、土层条

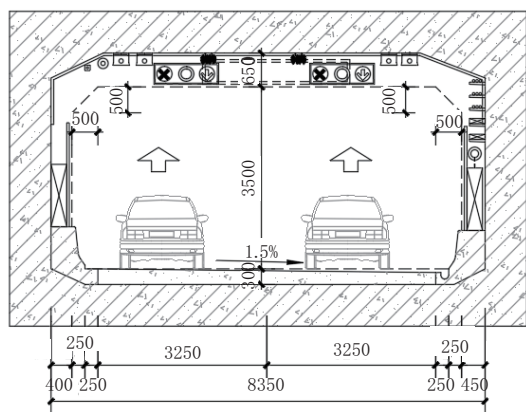


图8 匝道 Z3、Z4 和 Z5 横断面图(单位:mm)

件、周边敏感建筑情况,以及地下水位情况,对于基坑深度 $H \leq 6$ m 且周围环境较好的区段采用放坡开挖的方式;对基坑深度 $6 < H \leq 12$ m 且周边条件较好时,采用土钉放坡的支护形式,对于基坑深度 $H \geq 12$ m 或周边存在重要管线或建筑时,采用桩锚支护的形式。

4.4.2 主体结构

主线地道敞开段和匝道 Z1、Z2 敞开段采用 U 型槽结构,暗埋段采用双孔或多孔箱涵结构。U 型敞开段和覆土较薄的暗埋段结构自身抗浮难以满足设计要求时,对于基底位于②层砂质黏性土、③层全风化花岗岩、④层强风化花岗岩的区段采用抗拔桩;对于基底位于⑤层微风化花岗岩的区段采用抗拔锚杆。对于暗埋段大跨度段和覆土较厚的区段,采用增加结构空腔或抬高顶板的方式。

4.4.3 结构防水

采用外包防水+自防水;采用防水混凝土,强度不低于 C35,抗渗等级 P8。

4.5 通风空调系统

隧道采用纵向通风方式。主隧道的废气采用洞口直接排放方式,联系地下空间的匝道,隧道废气采用地面低风井排放方式,低风井结合地面出入口设置。火灾工况,主隧道采用射流风机纵向通风方式,匝道采用射流风机+轴流风机的纵向通风排烟方式,控制烟气纵向风速大于火灾临界风速要求,防止烟气向上游逆流,保证火灾点上游不受烟气影响,使之处于无烟控制区,并有新风从上游洞口补入。

4.6 排水与消防

排水系统包含雨水排水系统和废水排水系统。在主线地道和匝道 Z1、Z2 出入口设置横截沟和雨水泵房,收集从地道敞开段进入的雨水并加压排至地面市政雨水排水系统。地道的每个最低点处均设

置有横截沟和废水泵房,用于收集地道内消防废水、冲洗水和结构渗漏水,并加压排至地面市政污水排水管网。

消防系统包含消火栓系统、泡沫消火栓系统、自动喷淋系统(仅在连接火车站枢纽地下环路的 Z3、Z4、Z5 联络匝道设置)、灭火器系统、气体灭火系统,以及地面消防设施。在地道设备用房内设置消防泵房及消防水池。消防水池补水采用市政给水管供水。

4.7 供配电及照明系统

地道沿线共设置 3 座 10/0.4 kV 地下变电所,与管理用房、设备用房等合建。

4.8 监控系统

海曲路地道监控系统包括中央控制管理、环境检测及设备监控、交通监控、视频监控、火灾自动报警及消防联动、有线电话和有线广播、无线通信、供电与防雷接地等子系统。

5 复杂节点结构方案

该工程地道同时承担疏解过境交通和连接枢纽的任务,匝道众多,方案布置和边界条件复杂,存在大跨度、滨湖段、匝道 Z4 弧形下穿主线等复杂节点。

5.1 大跨度结构方案

地道主线与匝道分合流段跨度增大,单孔最大净跨度达到约 24 m,顶板覆土厚度 2.5~3.0 m。针对大跨度双孔箱涵结构,对增大净高、增加结构空腔和双联折板拱三种方案进行分析和比较。

5.1.1 方案一:增大净高方案

采用加大净高的方式,将顶板覆土厚度减小至 2.0 m 左右。此时箱涵顶板厚度为 1 400 mm,侧墙厚度为 1 300 mm,中墙厚度为 700 mm,底板厚度为 1 500 mm(见图 9)。对跨度最大处进行计算分析,结构裂缝计算和强度计算均能满足设计要求。

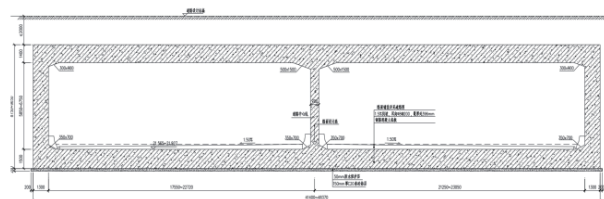


图9 方案一横断面图(单位:mm)

5.1.2 方案二:增加结构空腔

采用增加结构空腔(空腔净高不小于 1.5 m)的方式,将顶板覆土厚度减小至 1.0 m 左右。此时箱涵顶板厚度为 1 300 mm,侧墙厚度为 1 300 mm,中墙厚度为 700 mm,底板厚度为 1 500 mm(见图 10)。对

跨度最大处进行计算分析,结构裂缝计算和强度计算均能满足设计要求。

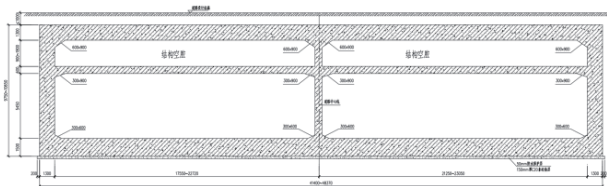


图10 方案二横断面图(单位:mm)

5.1.3 方案三:双联折板拱

采用双连拱的方式,将顶板覆土厚度减小至不超过2.0 m。此时箱涵顶板厚度为1 400 mm,侧墙厚度为1 300 mm,中墙厚度为700 mm,底板厚度为1 500 mm(见图11)。对跨度最大处进行计算分析,结构裂缝计算和强度计算均能满足设计要求。

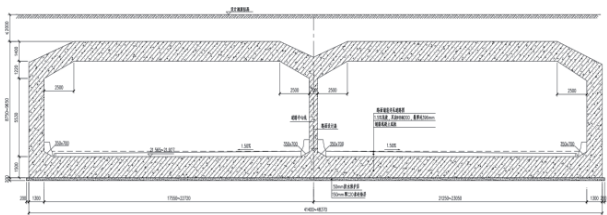


图11 方案三横断面图(单位:mm)

经综合考虑工程量、施工难度和工期、运营维护等多方面因素,确定采用方案一。

5.2 滨湖段地道结构方案

主线地道在北京路以东南邻清风湖堤岸(见图12),局部侵入清风湖内,地道南侧墙体外无回填,结构整体处于侧土压力不平衡状态。该区段位于主线和匝道分流区段,主体结构整体宽度29.1~40.6 m,底板埋深11.7~13.5 m,基底位于第⑥层微风化花岗岩层。为保证结构的安全和适用,需重点解决地道主体结构抗滑移稳定性问题,同时控制地道结构横向变形,并做好防水辅助措施。

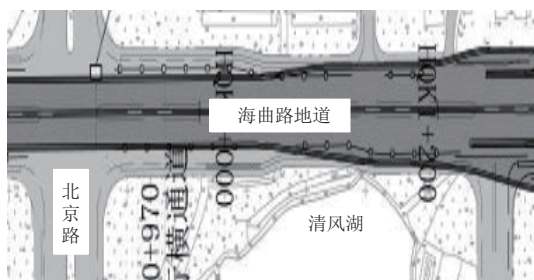


图12 临湖段平面图

为保证结构抗滑移稳定性,底板设置两处抗剪凸榫嵌入微风化岩层,作为抗滑移附加措施。同时为了控制结构横向变形满足设计要求,结构须具备一定的整体刚度。为减小地道渗漏水风险,在清风湖围堰与地道主体结构之间约2 m的空间内采用不透水

材料回填压实。经过计算分析和方案比较,确定该段主要构件尺寸为:顶板厚1.4 m,底板厚1.5 m,侧墙厚1.3 m,中墙厚0.7 m,凸榫深入岩层1.5 m,凸榫横向最小宽度1.5 m。该段横断面如图13所示。

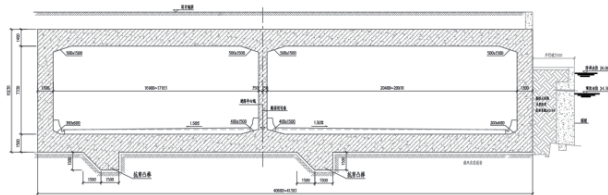


图13 临湖段横断面图(单位:mm)

5.3 匝道Z4弧形下穿主线

匝道Z4由东向西再转向南下穿地道主线后接入枢纽北广场负二层,为枢纽地下空间进口匝道。Z4弧形下穿主线,与主线共板合建。该节点平面图和纵断面图如图14和图15所示。

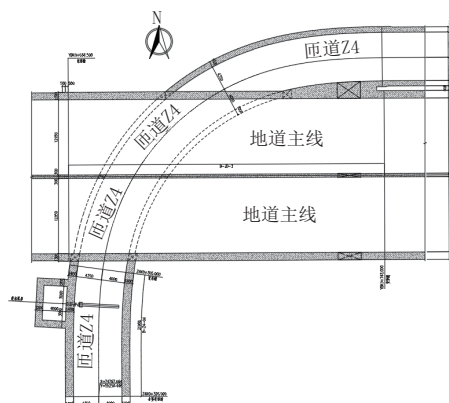


图14 匝道Z4下穿主线平面图(单位:mm)

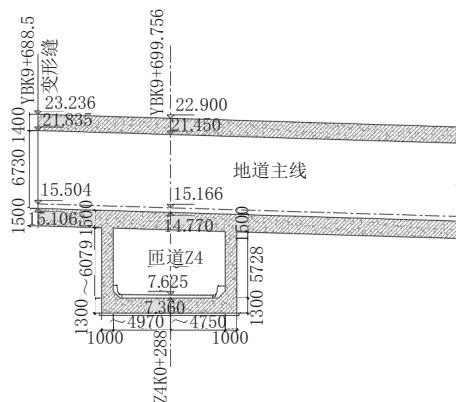


图15 匝道Z4下穿主线纵断面图(单位:mm)

匝道Z4在主线南北两侧埋深较大,顶覆土厚度均达到了11.0 m。主线北侧Z4上部设置结构空腔,空腔顶板与地道主线顶板同标高,有效减小荷载作用,提升整体性,且方便施工。主线南侧Z4上部设置半圆拱架空层,在极大改善结构整体受力的同时,作为管线通廊使用。主线横断面图和匝道Z4横断面图如图16和图17所示。

(下转第227页)

(1)建议大范围施工前开展试爆破,并进行相应的监测,根据实测数据进一步优化爆破参数,并验证数值模型计算结果的合理性;

(2)如果施工期间,在爆破振速较大区域,可通过设置2~3排减震孔或减震沟来降低爆破振动产生的影响和破坏;

(3)本次爆破的周围环境复杂,为了既能确保周边建筑物和构筑物的安全,建议对隧洞的监测(包括沉降位移、振速),动态监测,及时反馈结果,利用目前隧洞已经布置的健康监测系统(地面沉降、隧洞沉降和位移),在爆破施工前确定现有初读数,并可以为施工参数的调整、修正提供重要依据。

6 结 语

本文结合具体工程,用三维实体数值模型计算分析了某边坡爆破施工对既有隧洞的安全影响,分

析结果不仅指导了现场施工,可为爆破振动动力问题数值分析提供了借鉴作用。

参考文献:

[1] 张玉成,杨光华,姜燕,等.沉管隧道基槽爆破施工对既有堤岸稳定性影响的数值仿真分析[J].岩土力学,2010,31(1):349-357.

[2] 高金臣. 爆破荷载在岩体中引起应力波的传播理论与实验研究[D].徐州:中国矿业大学,1987.

[3] 张雪亮,黄树棠.爆破地震效应[M].北京:地震出版社. 1991.

[4] GB 6722—2014,爆破安全规程[S].

[5] 张志呈,向开伟,鲍是武.露天深孔爆破地震效应与降振方法[M].成都:四川科学技术出版社,2003.

[6] 肖正学,张志呈,李朝鼎.爆破地震波动力学基础与地震效应[M].成都:电子科技大学出版社,2004.

[7] Seismic Waves Transmitted from Rock to Water:Theory and Experience,Conference on Explosives and Blasting Technigue[Z].1985.

[8] 郭学彬,肖正学,张志呈.爆破振动作用的坡面效应[J].岩石力学与工程学报,2001,20(1): 83~87.

[9] 李强.消力池爆破开挖对红石大坝影响的数值模拟[D].大连:大连理工大学,2007.

(上接第 214 页)

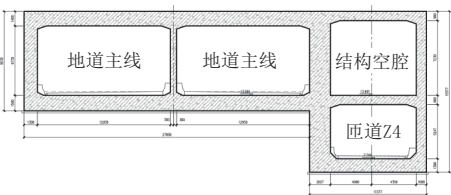


图 16 匝道 Z4 下穿主线横断面图(单位:mm)

6 结 语

海曲路地下道路是日照市迎宾路快捷化改造的重要组成部分,同时也是将日照站改造为大型综合客运枢纽的重要市政交通配套工程。目前,该工程主体结构已基本完成,进入安装阶段。该工程投入运营将使市民交通出行更加便利,综合客运枢纽与城市交通之间的换乘更加高效便捷,为日照市社会经济发展提供助力。

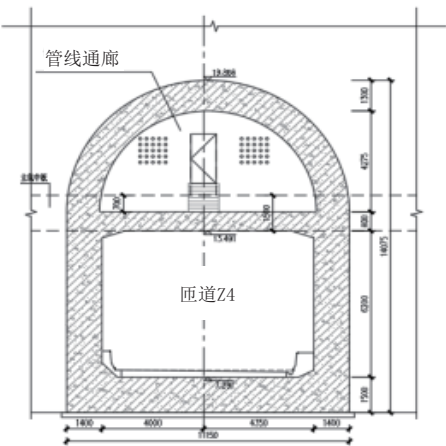


图 17 主线南侧匝道 Z4 横断面图(单位:mm)

参考文献:

[1] CJJ 221—2015,城市地下道路工程设计规范[S].

[2] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司.日照综合客运站及配套工程—海曲路地道项目初步设计及施工图文件[R].上海:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2018.