

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.04.015

城市道路下穿立交引道方案研究

孙继雄

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京市 100037)

摘要: 随着经济和社会的发展,城市对交通功能的需求逐步提高,道路平交道口改为下穿式立体交叉工程也越来越多。结合山东某沿海城市道路改造工程,对道路下穿立交中地道桥引道方案进行研究,通过对U型槽主动抗浮方案、渗沟排水方案、疏水消浮方案的分析比选,结合城市用地、水文地质、工程经济、低影响开发等因素,得出本地区改造工程适用的立交引道方案,并为同类工程设计提供思路和借鉴。

关键词: 道路改造;下穿立交;U型槽;地下水;渗沟;抗浮

中图分类号: U412.35+2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0054-04

0 引言

随着国民经济的飞速发展,我国城镇化和城市出行机动化的发展进程也在不断加快,对城市道路交通功能的要求也逐步提高。城市道路系统多为网状结构,交叉路口作为道路网的重要组成部分,其交通瓶颈的问题也逐年凸显。近年来,伴随着城市开发建设、有机更新,在城市交通枢纽节点、穿越铁路、轨道交通、高速公路等交叉路口,进行了节点立交建设或改造工程,对于完善城市交通的功能、优化地区交通环境、缓解区域交通拥堵起到了重要的作用。

在城市中,受周边用地开发、交通环境等因素影响,下穿型式的地道桥被越来越多地运用在节点改造工程中。本文以观海路地道桥为例,结合城市用地、工程地质、水文气象等建设条件,综合分析下穿立交引道的几种可行方案,为同类工程设计提供思路和借鉴。

1 下穿立交引道设计要点

1.1 地道桥的作用

对于城市道路而言,影响其通行能力的因素多种多样,包括路段车道数量、路侧交通干扰、交叉口间距等。交叉口是城市道路系统构成的关键节点,交叉口范围比一般路段运行效率相对较低,所以交叉口一般是交通系统运行的瓶颈^[1]。在城市主要交通干道的节点,当某方向直行交通量占比较大时,通过建设下穿地道桥的方式,可以实现主要车流方向的连

续流交通,提高节点的通行能力。下立交的设置能较为彻底地改善交叉口交通矛盾,通过系统分析,还可有效地改善路网条件^[2]。

1.2 引道常用结构型式

地道桥两侧引道常见的结构型式主要为U型槽和路堑式挡土墙。

U型槽为一种侧墙与底板刚性连接的封闭式结构,适用于地下水补给丰富、地下水位较高的地区,可保证路基的安全稳定。受地下水的影响,U型槽通常需要采取结构抗浮措施。抗浮措施可分为抵抗地下水浮力法(主动抗浮)和减小地下水浮力法(被动抗浮)2大类^[3]。主要措施包括压重法、抗拔桩法、抗浮锚杆法、调整底板标高、排水减压、隔水减压等。

路堑式挡土墙引道是半开放式的结构型式,适用于地基承载力较高、地下水位较低的地区,工程整体投资较小、施工难度较低。为保证路基处于干燥状态,一般在墙高较高或丰水期地下水位上涨明显的区段,需采取工程措施隔绝地下水。主要措施包括渗沟、盲沟、集水坑、排水垫层等。

1.3 地道桥排水系统

地道桥排水系统一般包括地表水和地下水的收集和排除。地表水系统包括框架桥和引道段的排水边沟和雨水口等。地下水系统包括地下盲管、渗沟、集水井等。地道排水系统的作用主要包括两个方面:第一,降低地下水,把地下水位控制在箱涵底板及引道结构层以下,确保路基处于干燥状态,使其具有足够的强度和稳定性。第二,在汛期及时排除地道内汇集的雨水,保证道路交通畅通^[4]。通常情况下,不论地表水还是地下水的排除,都需要设置提升设施及时排除,避

收稿日期: 2022-06-17

作者简介: 孙继雄(1982—),女,硕士,高级工程师,从事道路交通规划设计工作。

免对地下结构或地面交通造成影响。

2 工程背景及特点

2.1 工程概况

观海路位于山东省某沿海地区,整体呈南北走向,全长约 10 km,是该区域的城区主轴线。规划为城市主干路,红线宽度为 45 m,双向 8 车道。本次研究节点为观海路与某新建城市快速路相交节点。

根据规划,此节点为分离式立交,实现主路交通快速通过。由于现状道路沿线及交叉口周边分布有居住小区、医院、学校、加油站等建筑,道路用地紧张。同时考虑沿海主通道景观效果,经综合比选后,观海路采用地道桥下穿方案。改造范围全长约 841 m,其中框架桥长 85 m,下拉槽段长约 635 m,两侧过渡段长约 121 m。工程范围见图 1。



图 1 观海路改造工程示意图

2.2 工程地质及水文条件

本工程拟建场地属于丘陵地貌,坡脚地表受人类活动改造较大,自然斜坡坡角约 95° ,现状坡面坡度较缓,地面高程 23.30 ~ 41.83 m,相对高差约 14.35 m。观海路下穿地道桥及扩宽路基开挖范围内主要为第四系人工填土层素填土①层、第四系坡洪积层粉质黏土②层、碎石②₁层。素填土①层厚度约 0.8 ~ 15.4 m,粉质黏土②层厚度约 1.8 ~ 14.1 m,碎石②₁层厚度约 1.6 ~ 7.5 m。下伏基岩以古元古界粉子山群岗嵒组片岩为主,局部夹古元古代岩浆岩脉花岗岩。全风化片岩③₁层厚度约 1.3 ~ 19.9 m,强风化片岩③₂层厚度约 1.6 ~ 13.0 m,深层为中风化片岩③₄层和中风化花岗岩④₄层,本次勘察最大揭露厚度 8.8m。

项目所在城市地处山东半岛中东部,降雨充沛,河网纵横,水资源丰富,河床比降大,源短流急,暴涨

暴落,属季风雨源型河流。工程拟建区域西侧发育有外夹河,东侧约 0.5 km 为黄海。拟建线路沿线场内地表水不发育,主要以水塘、泉水和冲沟 3 种形式存在。本区地表水主要接受大气降水的补给。

拟建场地西侧断层破碎带中存在构造裂隙水,其含水性及透水性受构造裂隙影响,具有沿构造破碎带集中分布的特征,具承压性,并可受地表水体渗透补给,水量相对较丰富。因岩体节理裂隙发育,地下水沿节理裂隙等构造面运动,地下水相互贯通。场地地下水主要接受大气降水渗入补给和山体上游侧向径流补给,整体径流方向为由山体地势高处向低处径流,并由山顶、山体上游、斜坡向冲沟、水塘、深部岩体等低洼处排泄,地下水涌水状态以点状滴水及淋雨状为主。在断裂带及其附近节理裂隙密集带,可能为淋雨状出水或涌流状出水。

2.3 道路设计要点

本次道路改造平面定线拟合现状道路中线,横断面布置综合考虑道路等级、规划红线、交通功能、交通量、沿线用地属性、工程造价等方面的因素,结合机动车交通、慢行交通、各类设施带的布置、交通组织设计、道路景观性等需求,标准段主路设置双向 6 车道,辅路设置双向 4 车道,两侧设置非机动车道和人行道。

纵断面设计主要考虑与现状道路地面标高、沿线现状交叉口规划竖向高程、沿线地块标高、管线埋置深度及排水要求、沿线河流标高等因素。同时,本工程范围与正在设计的轨道交通 1 号线某区间重叠,地铁区间位于主路正下方,观海路主线下拉槽底板至地铁结构区间预留净距约 4.5 m 的地铁实施条件。为充分利用现状地势,道路设计中将辅路地面标高局部抬高,将地下主路设计为单向纵坡,避免下拉槽范围设置低点,取消排水泵站设计,节约工程造价。道路平纵设计见图 2。

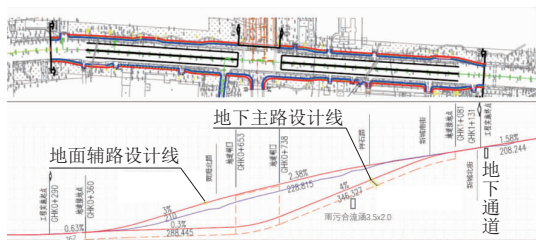


图 2 道路平纵设计缩图

路口暗埋段框架桥总宽度 29.10 m,纵向长度 85 m。框架桥整体高度约 8.13 ~ 8.75 m,主体结构内净宽 13.15 m × 2,结构顶板厚度为 110 cm,侧墙厚度

为 100 cm,中墙厚度为 80 cm,底板厚度为 130 cm。框架桥横断面设计见图 3。

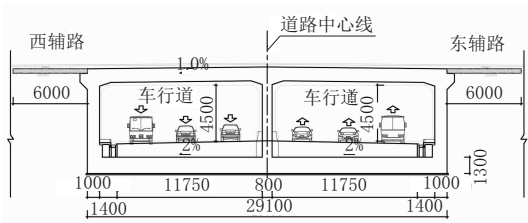


图 3 框架桥横断面图(单位:mm)

3 引道方案研究

3.1 U 型槽抗浮方案

框架桥两侧引道采用 U 型槽结构。U 型槽结构内净宽 27.10 m,主体结构墙顶到结构底板顶的高度根据埋深不同,高度为 0.20~7.50 m。U 型槽底板厚度为 110~140 cm,结构侧墙顶宽 50 cm,墙顶设置防撞护栏。U 型槽面坡竖直,背坡采用斜坡。U 型槽段标准横断面设计见图 4。

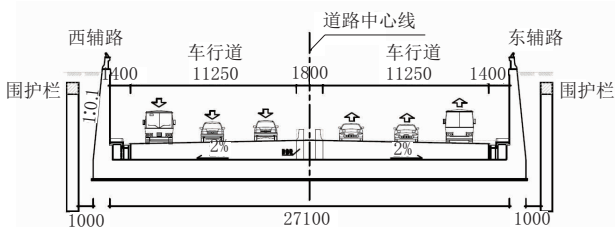


图 4 U 型槽段标准断面图(单位:mm)

结合区域水文地质资料,依据地勘成果,抗浮设防水位按自然地面标高以下 0.5 m 考虑。设计中,U 型槽主体结构需采取压重、抗浮锚杆、抗浮桩等抗浮措施。

3.2 渗沟排水方案

框架桥两侧引道采用挡土墙型式。根据地下水资料,本工程稳定地下水位为自然地面以下 6~9 m,由于拟建场地内填土层分布无规律,局部较厚,填土层结构松散,透水性好,为防止强降水过程中,地表水下渗造成地下水快速上涨,在挡墙段路基以下设置 200 cm 厚度的级配碎石作为排水垫层,垫层以下设置 2 道地下渗沟和集水井,将垫层内的积水收集并引排至路基范围外。挡墙段标准横断面设计见图 5。

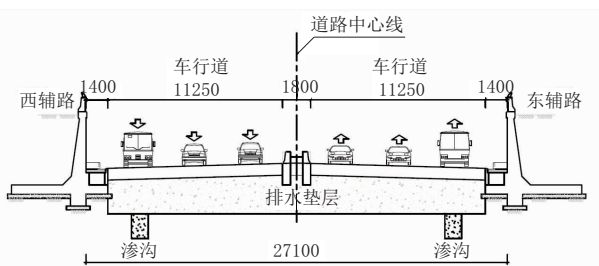


图 5 挡墙段标准断面图(单位:mm)

本工程充分考虑沿线地形趋势,道路纵断面设计为单向坡,路面设计标高自北向南逐步降低,主辅路标高范围由 40.122 m 至 23.115 m,整体坡差约 17 m,地下主路最大纵坡为 4.0%,地面辅路最大纵坡为 3.0%。排水垫层及地下渗沟随道路坡度设置,无须设置提升泵站,可分两段排入下游方涵内。

3.3 疏水消浮方案

框架桥两侧引道采用配合疏水消浮措施的 U 型槽型式。在保持基坑宽度不变的前提下,利用基坑的肥槽 700 mm 宽度,在辅路道路基层以下回填碎石,形成疏水通道,在道路终端设置直径 400 mm 的排水管直通集水井。在依靠 U 型槽自重无法满足抗浮设计要求的局部节段,在 U 型槽底板设置 500 mm 外挑宽度,利用回填的碎石进行压重。同时结合基坑围护桩设置压底梁,结合围护桩自重增加抗浮压重。疏水消浮 U 型槽段标准横断面设计见图 6。

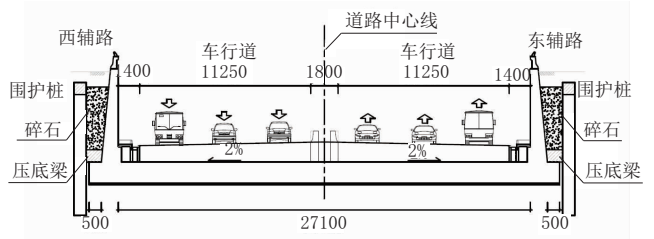


图 6 疏水消浮 U 型槽段标准断面图(单位:mm)

地下水流量受各种因素影响,其计算结果往往出入较大。在地势低洼或靠近水体的地区,计算水量结果偏大。在地表水通畅的地区,计算水量结果偏小^[5]。依据地勘报告,拟建框架桥及 U 型槽所处地层为素填土层和杂填土层,渗透系数为 3.0~10.0 m/d。通过计算,碎石填料疏水通道两侧渗入水流量约为 13.307 L/s,局部采用围护桩自重及悬挑压重后,能够抵抗剩余水头的上浮力。

4 方案比选

4.1 安全性

拟建场地地下水类型主要为基岩裂隙水,地下水稳定水位埋深 5.0~10.2 m,历年最高地下水位曾接近自然地面,潜水近 3~5 a 最高地下水位绝对标高在 36.0 m 左右,地下水年变化幅度为 1.0~3.0 m。

从安全角度出发,U 型槽抗浮方案和疏水消浮方案本质上均为闭合结构,地下水对道路结构影响小,仅需做好构抗浮设计和主体结构防水设计,以保证 U 型槽在运营期间的强度和耐久性。渗沟排水方案通过设置排水垫层保证路基处于干燥状态,两道渗沟将地下水引入下游方涵。本工程两段渗沟长度分

别为 220 m 和 450 m,在盲沟外设置土工布滤层,沿线设置渗沟检查井,下游均接入现状的雨污合流方涵。拟建区域地下水补给来源除大气降水下渗外,还有基岩内裂隙水补给。由于未设置抽水泵,盲沟排水量主要取决于两侧渗入水量,无法依据水位补给进行抽排,存在地下水水位快速上升而排除时间较长,造成路基浸水的短时风险。

4.2 经济性

本工程地下主路全长 635 m,包括框架桥 85 m 和下穿引道 550 m。从下穿立交引道主体工程来看,U型槽抗浮方案、渗沟排水方案、疏水消浮方案的结构单项工程费估算分别为 12 278 万元、8 822 万元和 10 145 万元。

U型槽抗浮方案造价较高,主要原因是本工程抗浮设防水位接近地面,需增加的抗拔桩、抗浮锚杆等措施要求高。渗沟排水方案造价最低,因本工程充分利用地势,未设置提升泵站,除挡土墙结构工程费外,仅需考虑渗沟和集水井的工程投资。疏水消浮方案造价居中,在全线设置 U型槽保证路基稳定性的同时,配合高水位时疏水引排措施,仅在不满足抗浮设计的 5 跨采取了悬挑压重措施,从而与传统抗浮方式相比,节省了工程费用。

4.3 可持续性

道路下穿立交受框架桥净空及结构高度限制,整体基坑深度较大,城市道路两侧用地空间紧张。同时,要尽量降低对交通环境的影响,基坑不具备放坡开挖条件,通常需设置临时围护结构保证基坑稳定。疏水消浮方案中采用了永临结合的方案,通过压顶梁将临时围护桩与主体结构连接,转换为永久结构,增加抗浮压重。

工程范围内规划设有轨道交通 1 号线,沿拟建道路正下方敷设,工程所处位置为地下区间。区间全长 1 055.8 m,双洞双线,采用盾构法施工,盾构直径约 6.4 m。本工程框架桥及 U型槽结构地板与地铁结构顶板间距为 5.1~9.7 m。U型槽主体结构采取的抗浮锚杆、抗浮桩等措施需考虑与地铁盾构隧道的关系,逐跨计算并进行精细化设计,降低远期截桩或盾构施工中产生裂缝等风险。

渗沟排水方案和疏水消浮方案均通过人工降排水措施,将地下水排除,会对地下水系统产生一定的影响。综合考虑对地下水因素,U型槽抗浮方案虽对地下水紊流有一定影响,但地下水量总体稳定,对地

下水资源保护和利用更加有利。

4.4 推荐方案

本工程观测期稳定地下水位较低,位于主路框架桥底板附近,抗浮设防水位较高,接近自然地面,全线增加抗浮措施工程会造成投资较高。采用渗渠或盲管收集地下水,虽然前期投入少,但从长远看,弊病较多,收集不利,容易造成桥体侧墙表面长期流水,同时也易造成道路的翻浆和冻胀^[6]。疏水消浮方案一方面考虑了埋深较大的局部 5 跨增加抗浮工程措施,另一方面结合全线的引水疏排措施,在保证路基结构安全的前提下,降低了工程造价。

综合考虑上述因素,本工程推荐采用疏水消浮方案。

5 结 语

本工程拟建区域西侧为山,东侧临海,场地总体为坡地,地势呈现西北高、东南低的特征,有一定的自然排水条件。设计中充分利用了这一特点,道路纵断面设计为单面坡,地表水和地下水收集后依靠纵坡排除至下游,框架桥内及纵断面最低点均未设置提升泵站。本工程的地下疏排水通道,采用不完整渗沟理论,依据周边地层土质渗透系数,计算降水影响的水平距离和两侧渗入水量,计算值为理论水量,运营期需加强监测地下水位变化情况,制定应急处置相关措施。

全国不同地区地理气候条件各异,在实际工程中,下穿立交引道方案的确定应充分结合工程所在地点,拟建区域周边用地条件、地质条件、水文条件、地势条件、社会环境等因素,综合分析研究,充分论证后确定。

参考文献:

- [1] 王善文.浅谈城市道路交叉口改造设计要点[J].低碳世界,2018(7):297-298.
- [2] 刘艺.城市交叉口下立交建设思路初探[J].城市道桥与防洪,2008(8):12-15.
- [3] 栾兆健.高水位下 U型槽抗浮优化设计[J].城市道桥与防洪,2021(8):179-184.
- [4] 苏选军.北辰西道韩家墅市场地道排水系统设计探讨[J].城市道桥与防洪,2012(12):104-106,116.
- [5] 苏功军.浅析城市下穿地道排水系统设计[J].城市道桥与防洪,2010(2):49-51.
- [6] 周宇.浅谈城市道路下穿立交桥排水的设计要点[J].建筑设计管理,2012(6):61-63.