

The Influence and Protection Measures of River Construction on Underground Subway Tunnel

Renxing Yao Yu Cao

Ningbo Rail Transit Group Co., Ltd. Construction Branch, Ningbo, Zhejiang, 315010, China

Abstract

In the present stage of urban subway engineering construction, construction team need to analyze the influence of the river construction on subway tunnel, starting from the actual geological conditions and situation, strengthen the assessment of influencing factors and judgment, to choose a variety of construction technology, strengthen the full implementation of preventive measures. This paper mainly expounds the impact of the current river construction on the underground subway tunnel, and puts forward effective protection measures, hoping to provide reference and guarantee for the future engineering construction.

Keywords

river construction; underground subway tunnel; tunnel influence; protection measures

河道施工对下卧地铁隧道的影响和保护措施

姚任行 曹昱

宁波市轨道交通集团有限公司建设分公司, 中国·浙江 宁波 315010

摘要

在现阶段城市地铁工程建设中, 建设团队需要针对河道施工对下卧地铁隧道产生的影响进行分析, 从工程项目实际的地质条件和情况出发, 加强对影响因素的评估与判断, 对多种施工技术进行选择, 加强预防措施的全面落实。论文主要针对目前河道施工对下卧地铁隧道造成的影响进行阐述, 并提出有效的保护措施, 希望能为今后工程建设提供参考和保障。

关键词

河道施工; 下卧地铁隧道; 隧道影响; 保护措施

1 引言

在近几年来隧道工程的不断建设与发展, 周边外部施工都会对地铁隧道产生严重影响, 为此加强对各种影响问题的分析, 制定有效的改善措施, 是目前地铁工程中需要重点研究的内容。论文主要以宁波市江北区清泉路河道挖掘工程为主, 研究河道施工中对下卧地铁隧道产生的影响进行分析, 并研究相关的钻孔灌注桩、水泥搅拌桩等保护措施, 在确保河道工程施工质量的基础上, 保证地铁隧道安全。

2 工程概况分析

2.1 工程项目背景

拟建“规划清泉路”位于宁波市江北区, 道路沿东西向敷设, 西起梅竹路, 东至东昌路, 全长约 840m, 含 2 座地面桥梁、给排水、河道、电气照明、交通设施及绿化景观等配套工程。道路标准横断面宽 44m, 双向 6 车道规模, 道

路等级为城市主干路, 考虑路口之间间距较小, 清泉路(梅竹路—东昌路段)按一体展宽实施双向 8 车道, 断面宽度拓宽至 50~53.5m。该工程计划于 2022 年 10 月开工建设, 工程总平面图见图 1 所示。

清泉路(梅竹路—东昌路段)工程河道施工内容主要包括: 现状北郊河、黄龙港河老河道回填工程, 规划北郊河新河道开挖工程。现状北郊河河道宽约 20m, 河底标高约 -0.7~0.0m; 现状黄龙港河河道宽约 8~11m, 河底标高约 0.00m; 规划北郊河河道宽约 20m, 规划河底标高为 -1.87m, 规划河道部分区域已由轨道代建开挖完成, 其中道路北侧红线内 9.5~19.7m 范围未开挖, 道路南侧开挖至红线以南 14m 处, 故清泉路实施时规划河道部分位于新建盾构上方, 须考虑河道开挖对盾构的影响(如图 2 所示)。

2.2 拟建工程概况

2.2.1 拟建工程现状概况

①西南侧概况。拟建华业街站位于规划清泉路与规划华业街交叉口西侧。华业街车站目前还在施工, 两侧盾构于 2022 年 6 月初顶进完成。

【作者简介】姚任行(1984-), 男, 中国浙江宁波人, 硕士, 高级工程师, 从事城市轨道交通研究。

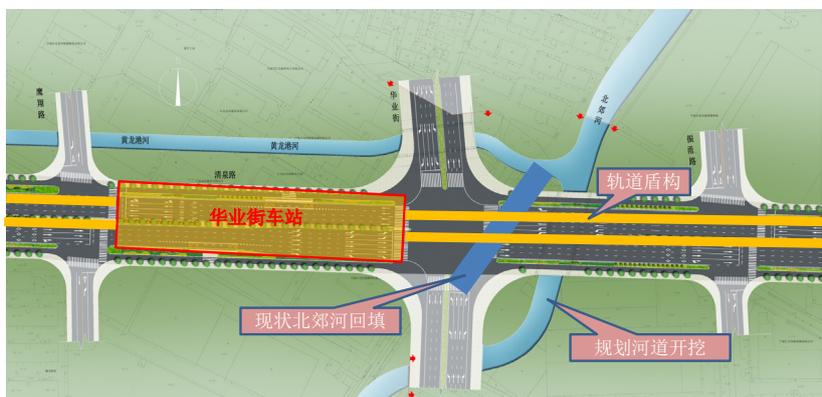


图 1 工程总平面示意图

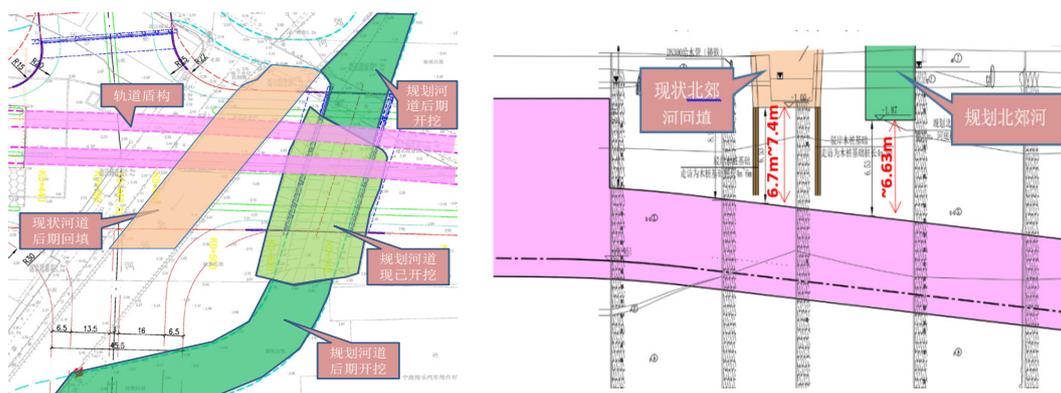


图 2 隧道施工平面及纵断面示意图

②北郊河与规划河道概况。现状北郊河位于新建清泉路和华业街交叉口东侧，河道东侧为拆迁地块，目前已经拆迁完成，河道西侧为现状梅堰路和沿河绿化带。现状河道在新建清泉路北侧有一老桥（信远桥），用于沟通东西两侧现状振江路，待清泉路实施时，该老桥拆除并回填^[1]。

2.2.2 拟建工程设计概况

①规划北郊河道挖掘设计方案。规划河道轨道待建部分采用两级放坡的形式。新建 1 号桥位于桩号 K0+543.00 处，桥梁跨越规划河道，结构形式采用简支梁桥。桥梁上部结构采用 C50 预制先张法预应力混凝土空心板梁。桥梁墩台均采用预应力钢筋混凝土盖梁。

②北郊河道回填设计方案。现状北郊回填设计方案，盾构上方和侧方采用承压板加固，构两侧钻孔灌注桩实施时需采用钢护筒护臂，轻质土浇筑时须分段分层浇筑。承压板上方回填荷载通过承压板和桩传递到深层土体，从而减少回填荷载对盾构的附加荷载，达到减少沉降的目的。

2.3 轨道交通结构概况

宁波轨道交通 3 号线二期工程为兴庄路站（不含）至骆驼北站，主要经过镇海新城南区、江北庄桥片区、镇海新城北区，所经道路依次为规划清泉路、规划锦堂路和慈海南路（G329）。本项目位于宁波轨道交通 3 号线二期工程兴海南路站—梅堰站（原华业街站）区间，采用单圆盾构法施工。

2.4 北郊河道挖掘设计方案

在对河道轨道代建部门进行规划设计的期间内，需要对放坡的形式进行设计，按照一定的比例，对比例尺进行确定。在新建桥位的过程中，需要根据结构的基本行驶，对单跨长度进行规划，严格按照相关的条件和要求，对钻孔灌注桩的基础施工形式进行确定。在实际设计的阶段中，为了能够减少盾构上浮问题的产生，需要在盾构侧方位对隔断桩进行设置，采用水泥搅拌桩的方式开展施工建设，在加强各项参数的基础上，对临时配种材料进行选择，更好地保证河道挖掘的效果和质量（如图 3 所示）。

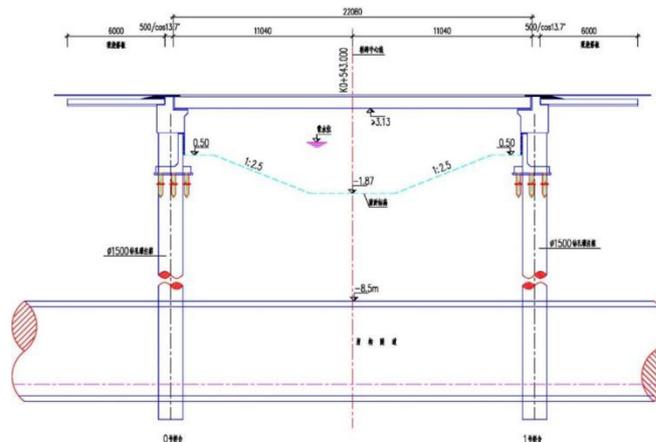


图 3 北郊河道挖掘设计方案及钻孔灌注桩示意图

2.5 钻孔灌注桩对下卧地铁隧道结构产生的影响

钻孔灌注桩作为挤土桩内部常用的灌注桩类型，在施工的过程中，很容易对周围土体造成严重的影响，并且因为灌注桩周边土体软化程度较为明显，新鲜的混凝土压力较强，在钻孔灌注桩施工完成之后的应力以及边缘渗透力效果不好，在多种因素的影响下，钻孔灌注桩施工对轨道交通结构会产生严重的影响。扎起钻孔灌注桩施工的期间内，需要对多个方面的施工环节进行确定，并且周边环境因素较为复杂，很容易对周边轨道交通结构造成危害，在施工中会产生不断的变化。

在混凝土灌注施工的阶段中，孔壁内部泥浆压力会被替换为流态混凝土压力，因为混凝土重度响度计较大，对孔壁外向压力会超过土体对孔壁产生的内向压力，这样的阶段中，也会导致孔壁向外产生变形^[2-3]。

在混凝土硬化的阶段中，原流态混凝土逐渐转变成固态混凝土，因为混凝土材料自身特性的影响，硬化程度经常会根据体积产生变化，在这个阶段中孔壁内容会转变为径向卸荷状态，孔壁会向内产生变形。

除了上述各种阶段的影响之外，施工的过程中也会出现各种因素，导致钻孔灌注桩施工效果和质量不够良好，对下卧地铁隧道产生影响。在实际工程建设施工的期间内，因为河道挖掘会产生土体位移的情况，轨道内部交通结构会因为土体的转变而产生变形。并且，因为轨道交通结构与土体刚度之间的不同状态，轨道交通结构在土体相互作用的情况下，最终会导致下卧地铁隧道结构产生变形，对工程施工建设造成影响。

2.6 水泥搅拌桩对下卧地铁隧道结构产生的影响

水泥搅拌桩在地下隧道工程中的应用较为广泛，能够加强围护结构的强度，减少外在因素对下卧隧道产生的影响。水泥搅拌桩施工技术与高压旋喷桩等施工技术相比，在实际工程建设中，对周边土体的搅动效果较小，但是如果在施工参数上忽略对泥土造成危害，将会导致更加严重的安全风险和隐患问题，如果在施工中不能及时发现异常施工情况，很有可能造成更加严重的伤亡施工。

在实际施工的过程中，施工流程较多，实际施工量和施工压力较大，如果不能及时对施工流程以及施工影响进行分析，在后续施工中，会导致周边土体受到影响，实际的工程建设质量不足。

在实际搅拌的阶段中，水泥搅拌桩的叶片会对土体产生切削的作用，桩内土体不断被切削，而周边土体也会受到一定程度上的搅动，从而导致土体自身强度不断下降。

在喷浆施工的阶段中，为了能够更好地保证水泥浆与土体的充分结合，在灌注的过程中会加重孔壁外侧的喷浆压力，从而对周边土层产生一定的挤压作用，孔壁内部会出现向外变形的情况。在渗透性能不够良好的软土层中，压力消散速度相对较慢，导致土体强度不断降低^[4]。

2.7 河道回填对下卧地铁隧道结构产生的影响

现状北郊回填设计方案，盾构上方和侧方采用承压板加固，承压板厚度0.4m，设置1.2m×1.4m纵梁（间距3.5m）和0.8m×1.2m横向连系梁（间距6.0m、6.75m），纵梁底部设置直径1.0m的钻孔灌注桩，两条盾构中间钻孔灌注桩桩长50m，盾构外侧钻孔灌注桩桩长42m，最外侧钻孔灌注桩桩长30m。构两侧钻孔灌注桩实施时需采用钢护筒护臂，钢护筒底进入盾构下方3.0m。轻质土浇筑时须分段分层浇筑，15~20m一个节段，每层浇筑厚度30~80cm。承压板上回填荷载通过承压板和桩传递到深层土体，从而减少回填荷载对盾构的附加荷载，达到减少沉降的目的。承压板的纵断面、横断面如图4所示。

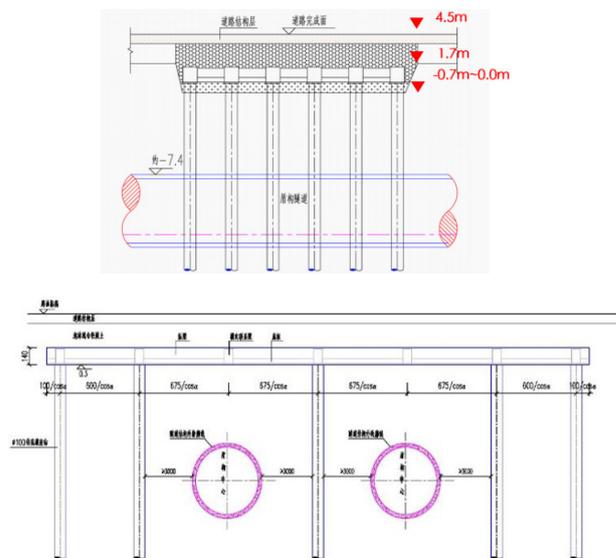


图4 承压板纵断面和横断面示意图

2.8 河道挖掘对下卧地铁隧道结构产生的影响

①在基坑周边较为空旷的区域进行挖掘，在环境条件允许的情况下，可以使用放坡挖掘的方式。但是放坡挖掘会导致量测土体出现失稳的问题，从而对下卧地铁隧道结构产生影响。

②基坑底部隆起主要是因为河道挖掘施工的期间内，垂直方向的土体卸荷导致周边地层产生变化，逐渐对基坑底部土体结构的应力状态产生影响，导致基坑底部隆起问题的产生。随着基坑的不断挖掘，施工面与基坑外侧土体高度不断增加，在高度差超过标准范围之后，因为高度差产生的各种荷载力以及超载问题，都会对基坑造成严重的影响，导致塑性隆起问题的出现。

3 河道施工对下卧地铁隧道的保护措施

在工程施工建设的期间内，为了能够更好地保证工程顺利完成，在各项工作以及影响因素分析之后，需要加强对下卧地铁隧道施工的有效保护。从目前实际的发展情况来看，在实际工程施工建设中，需要从以下几点内容进行详细

的分析和阐述,从而更好地保证工程施工的顺利落实。

①在工程施工建设的期间内,需要结合工程施工的主要顺序,保证实际工程施工能够严格按照规章制度落实,采取多种防护措施,实施分块挖掘的操作工序,减少单次卸荷的程度,逐步形成垂直的结构走向,更好地保证下卧隧道的结构稳定性和安全性。

②减少对地铁周围水土应力状态的转变,在实际工程施工建设的期间内,需要采用搅拌桩、钻孔灌注桩等多种技术手段,尽可能保证下卧隧道围合封闭的状态,减少外部施工对隧道周围水土应力造成的影响,更好地保证工程施工建设的整体效果,避免外部施工对隧道周围水土应力状态产生的影响。

③搅拌桩加固的过程中,需要对分区分块挖掘施工进行考虑,对下卧隧道隆起部位进行控制,保证加固的效果和质量。在河道挖掘范围内,需要使用水泥土进行加固,以此来确保直立挖掘的效果,减少单次卸土的面积,对卸荷比例进行有效的控制。对于施工风险较大的项目,需要根据下卧地铁的实际走向,对单次卸土长度进行有效的控制,对于风险能够进行控制的施工项目,需要及时对单次卸土的长度进行调整,这样也能够一定程度上确保实际工程施工建设的效果和质量。

④减少暴露时间,缩短施工的周期,在分块挖掘到底之后,尽可能选择强度较为良好的材料,及时对底板进行施工,减少暴露的时间,形成较为良好的抗拔体系,通过堆载等措施对卸荷操作进行补偿。

⑤抗拔桩除了要满足河道底板自身抗浮的要求之外,还需要结合下卧地铁隧道的实际情况进行统一的考量,确保下卧隧道抗浮的安全,尤其是在水位较低或者断流的期间内,更加需要对抗浮安全进行保障。必要的时候,可以通过设置泄水孔、水下清淤等多种方式,确保抗浮的安全性和稳定性。

⑥在工程施工的期间内,可以通过降水等方式,对隧道上半部分产生的压力进行改善,充分对挖掘中的各种措

施,保证作用力的平衡效果,减少对下卧地铁隧道造成的影响。

⑦在结构设计的阶段中,相关工作人员需要根据隧道使用年限以及相关标准要求,保证结构设计耐久性的全面提升。河道施工的过程中,施工技术人员需要保证底板抗弯程度能够满足施工要求,结合下卧地铁的结构保护措施,对最终施工结构进行规划,减少外在因素对下卧地铁隧道结构产生的影响。

⑧成桩需要对桩架自身的结构、动作应力等多种因素进行考虑,在实际工程中需要选择重量较轻、性能较好的机械设备进行使用,并且在铺设基板的过程中,及时对荷载力进行考虑。对于灵敏度较高的软土,需要对成桩顺序和速度进行有效的掌控,在距离隧道较远的抗拔桩、围护桩等部位,需要对多种施工措施进行考虑。此外,在实际工程施工的阶段中,需要对下压速度和取土速度进行研究,确保实际长度能够满足工程建设的要求,减少对周边环境造成的影响,进而带动实际工程施工建设质量的全面提升。

4 结语

从目前实际的工程建设情况来看,河道施工会对下卧地铁隧道造成一定的影响,各方面影响因素的产生,都会对工程建设的最终效果和质量造成危害。为了能够更好地保证隧道工程施工建设的效果和质量,在实际工程建设中,就需要从多个施工影响因素进行考虑,制定有效的改善措施,在提升工程建设质量的基础上,减少安全风险和隐患问题的产生,为今后行业的发展奠定良好基础与保障。

参考文献

- [1] 刘波,李海斌,李力,等.不同加固措施下竖井式基坑开挖引起的下卧地铁隧道竖向隆起变形规律[J].中国铁道科学,2021(8):2.
- [2] 刘羽航,徐国元,黎伟.小净距平行地铁隧道下卧土体长期沉降规律研究[J].铁道标准设计,2022,66(2):92-97.
- [3] 姚晓励,马杰,刘飞,等.城市地下道路基坑开挖致下卧共线隧道上浮规律及控制[J].施工技术,2021,50(17):130-134.