

浅埋隧道管幕施工技术研究

Study on the Construction Technology of Shallow Buried Tunnel Curtain

张菲

Fei Zhang

中国中铁八局集团第二工程有限公司, 中国·四川 成都 610097

No.2 Engineering Company of China Railway No.8 Engineering Group Co.Ltd., Chengdu, Sichuan, 610097, China

【摘要】随着经济发展,城市道路规模不断扩展,以下穿铁路隧道形式跨越既有铁路的工程数量快速增加,其中利用管幕技术作为隧道超前支护的优势变得十分突出。论文将以致力路下穿铁路工程为例,介绍建设过程中浅埋隧道管幕施工的姿态控制技术、顶力控制技术及地表沉降控制技术。

【Abstract】With the development of economy, the scale of urban roads is expanding. The number of projects crossing the existing railway in the form of underpass railway tunnel is increasing rapidly, among which the advantage of using pipe curtain technology as tunnel advance support has become very prominent. Taking the underpass railway engineering of Zhili road as an example, the paper introduces the attitude control technology, jacking force control technology and surface settlement control technology of shallow buried tunnel curtain of the construction process.

【关键词】管幕;姿态控制;顶力控制;沉降控制

【Keywords】pipe curtain; attitude control; jacking force control; settlement control

【DOI】<http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v2i2.695>

1 引言

交通运输作为经济发展的中流砥柱,与城市发展联系十分紧密。然而随着经济增长,城市范围不断扩张,横跨城市的铁路却成为阻碍市内经济交流的障碍。为结束“隔轨相望”这一发展困局,新建道路沟通铁轨两侧片区成为市政道路规划的重点工程。在确定新建道路工程跨越形式时,由于隧道工程施工时具有对周边环境影响小,施工时铁路仍可不间断运行,能够合理应用地下空间,节约城市空间等优势,目前,城市中利用隧道下穿既有道路的情况已经越来越普遍。

不过,采用暗挖形式下穿既有线路很难不对地层造成扰动,致使隧道施工时会产生地表沉降。为改善开挖时地表沉降,控制地面变形,在隧道施工之前,可以将带有锁口的钢管依次顶入拟建隧道周围,并将混凝土等止水材料注入管幕锁口内,从而形成不透水的管排,这种新型超前支护技术被称为管幕法。

管幕法在国外已经经历了40余年的发展,最早使用于日本Kawase-Inae一座跨铁路建筑。而管幕法被初次引进是1984年,用于建造香港的一座地下建筑。而在内地,2005年建造的上海市北虹路地道是管幕法的初次使用。在那之后,管幕

法在国内得到了空前发展,直到最近建成的港珠澳大桥拱北隧道,更是使用了先进的管幕冻结预筑法,刷新了多项管幕工程的世界纪录。

纵观国际研究现状,在硬塑状粉质粘土及卵石土地层中顶进长大管幕都是罕见的。利用管幕作为超前支护建设地下工程,在中国西南地区还没有先例,因此在施工方法上还存有空白和需要解决的难题。其中最主要的难点问题为:管幕在硬质黏土及砂砾石地层顶进时的高精度姿态控制问题、顶力控制问题、以及管幕上地表变形监测及土体沉降控制问题。

2 工程概况

致力路下穿铁路工程坐落于中国成都市成华区,拟建两座浅埋暗挖隧道跨越成都动车组运用所。暗挖段地下工程长177m,左右两隧道中线间距22m。隧道管幕采用导向螺旋顶管钻施工两端对打,最长施工长度达95米。打设管幕的材料为299mm*10mm无缝钢管,打设时将钢管沿隧道工程外边线外200mm环形布置。管幕钢管间采用锁口连接,管幕钢管内灌注C20水泥浆,并利用端头2m管幕设置回浆孔,对管间锁口填筑止水材料^[1]。

3 高精度姿态控制

因地下施工影响,当管幕长度过长时,可能因为对管幕的顶进姿态控制不足,造成管幕偏离设计位置,进入主体工程范围影响后期施工质量。或因偏差侵入其他管幕钢管范围,使管幕卡槽无法闭合不能形成有效的防水截面。因此能够及时操控管幕钢管推进地层时的姿态,是保证管幕整体打设效果的重点。施工中使用“监测、导向、纠偏”三种方法,综合监测管幕入土姿态,循环使用,保证管幕钢管的偏差在设计范围内。

3.1 姿态监测

工程中采用测量仪器与有源探棒两种监测方法。

①在顶进管幕钢管时,在顶进土层的一端安装发光源,并操纵测量仪器追踪该光源,通过对比读取的测量数据与定位点数据,得出管幕钢管在土层中的位置及方向,为管幕姿态控制提供依据。监测装置如图 1。



高清摄像头 管内光源 视频调节 显示荧屏

图 1 光导向检测实景图

②同时,在顶进土层的一端安装有源探棒。有源探棒安装在管幕锁口位置,并焊接覆盖钢板保证探棒连接牢固。有源探棒具有较高精度,可以随时从探棒接收器上获得管幕钢管的入土角度及旋转方向等信息。



图 2 有源探棒及探棒接收器

3.2 导向

一般螺旋钻在推入地层后,钻头前端土层将按照螺旋线被切削下来,然后随螺旋叶片转动推出管道。这种方法常用于砂土层或者松软地层,并在这些地区都取得了良好的效果。致力路下穿隧道之管幕,处于特殊的硬质黏土地层,不仅土质较砂土更加坚硬,还具有一定膨胀性,再加上其中含有卵石砖块,普通钻头旋进困难,遇到卵石砖块时则更易造成卡钻。

在这种情况下,施工时在管幕钢管头部安装特制的三叶钻头,能够更好地在硬质黏土地层中顶进管幕钢管。与普通钻头相比,三叶钻能够搅松更大范围内的土质,出土量大大增加,更容易满足设计出土量。与此同时钻头配合螺旋钻杆,通过控制钻杆旋转速度,严格控制出土量,满足设计要求。三叶钻头如图 3。

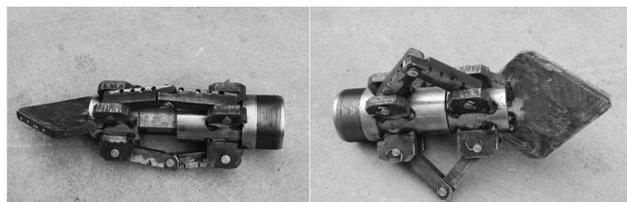


图 3 三叶钻头

此外,使用三叶钻头还具有以下优势:与泥水平衡法相比无须提前制备泥浆,成本低廉;干土直接排出管外,处理方便不污染环境;对顶进机械的功率要求更小,所需的投入更少。

3.3 纠偏

致力路管幕施工使用一种新型具有楔形板面的扁钻顶进纠偏。该新型钻头装有测量倾角的传感器,可以在操作平台的屏幕上直接读取钻头的实时倾角。扁钻如图 4。



图 4 扁钻

采用这种钻头的纠偏速度很快。角度在 $\pm 0.2\%$ 偏差以内时进行纠偏作业时只需要 1~2m 距离即可调整过来,而在 $\pm 0.5\%$ 偏差以内时仅需要 2~5m 纠偏距离。虽然利用扁钻头纠偏比较容易,但是施工中需要注意,当角度稳定变化后,只能短距离缓慢纠偏,防止钢管过快扭转成为反向偏斜的趋势,一旦纠偏过度,后续的施工作业非常困难,而且钢管轨迹成波浪形,导致顶力急剧增加,最终将无法完成设计施工。

4 顶力控制

在已有的其他管幕施工中,由于忽视顶力控制的问题,以致管道受损,在管幕使用阶段不断发生接头漏水,造成较大的经济损失。

管幕钢管在顶进时是依靠顶力向前移动的,而管幕顶进设备和管道所能承受顶力都是有限的。早期工程由于跨越距离短,顶力控制问题并不突出。但是随着地下工程的规模越来越大,隧道所跨距离不断增加,顶力问题变得越来越重要。顶力过大已经成为影响管幕质量的重要原因。

管幕施工中钢管顶进是靠后背千斤顶的推力压入土层。因此,作用于钢管上的荷载从两方面考虑。钢管在竖向承受的荷载:钢管自重、上覆土体自重、地面车辆荷载和附加荷载;钢管在轴向承受的荷载:钢管前端地层阻力、摩擦力、顶进机械的推力。其中与施工关系密切的只有两个因素,即钢管前端地层阻力和摩擦力。致力路下穿隧道管幕施工,采用三叶钻头和螺旋钻杆共同控制顶进力,减少管身摩擦力及管前端阻力^[9]。

当三叶钻头在旋进的过程中,由于其具有扩孔作用,在管幕钢管前端形成一个略大于管径的孔,钢管与土层之间不完全贴紧,减少了两者的相互作用。当钢管被顶进这个孔时,所产生的摩擦力大大减少。并且在顶进前对管身做特殊处理,除去表面污垢,并对管身进行涂油处理,以减少管身与土体的摩擦力。

钢管前端地层阻力的大小由钢管前进速度和出土量来控制。三叶钻配合螺旋钻杆顶进,使用的是土压平衡法,可以利用调节出土量来改变前端顶力。当前端土压力很大时可降低顶进速度,并增加出土量,当土压力过小时,适当增加顶进速度,减少出土量。

此外,顶力的大小还受以下几个因素的影响:停工时间的影响。一旦管幕钢管停止推进,钢管上覆的土体将会逐步固结并与钢管再次贴紧,并且,已经卸载的土层将会重新加载,从而使顶进阻力增大。纠偏的影响。当发生纠偏时,会对钢管侧壁产生较大的被动土压力,使钢管周围的土体摩擦力急剧增加,令顶力突然增大。

5 地表沉降控制

推入地层的管幕钢管,必然会对周围土层造成影响,使管周围的土层出现挤压或扩散,从而引起管幕钢管周围土层的变形、移动,最终造成地面沉降。

5.1 沉降监测

致力路下穿隧道穿过多条既有铁路线路,任何起伏都会对铁路安全运营造成威胁。施工中应对沉降作全方位监控。

①既有轨道变形。在既有轨道附近地表布设监控量测点,全天候自动监测。监测断面范围为设计基线左右各 40m 内,监测点沿股道两侧轨枕按间距 5m 垂直布置。监测点及监测断面

除按上述原则布置外,周边有重要建(构)筑物、重要管段及基坑宽度变化较大处,还进行了相应的加密布置。

②巡逻检查。施工过程中安排专人,对既有线路进行巡逻检查,尤其针对顶管施工过程中的突然隆起或下沉,加强监测,并暂停施工,待查明原因后,方可继续施工。

5.2 沉降控制

管幕施工充分利用土压平衡理论,在钢管向地层内推进时,利用螺旋叶片的转动速度快慢来平衡钢管前端地层压力。土压平衡法有两个基本特点:土体对钢管的阻力与顶管机提供的推力处于一种平衡状态;螺旋钻杆输送的出土量和钢管推进体积也处于一种均衡状态。

当管幕钢管前端土压力大于平衡土压力时,在顶进速度和出土量不变的情况下,钢管替换的土壤体积将减少,地层损失为负,地表将发生隆起。反之,若前端土压力小于平衡土压力时,替换土壤体积将增加,地层损失为正,地表将发生沉降。所以控制土仓压力,保持土仓内的平衡土压力,对保证地表不发生沉降至关重要。

本工程采用三叶钻头配合螺旋钻杆共同控制沉降。三叶钻和螺旋钻杆可以灵活控制顶进速度和出土量,可以保证平衡土压力满足要求,保证出土量满足设计值,从而达到控制沉降的目的。

6 结语

在致力路管幕施工过程中,引进了“监测、导向、纠偏”三位一体的施工方法保证管幕顶进质量;采用新型三叶钻头,充分利用土压平衡法解决顶进过程中的顶力控制;以及采用“监测+控制”双管齐下的方法加强对地表沉降的控制水平。完成了对硬质黏土地区大跨度管幕下穿铁路既有线的施工方式探索。

研制出专门针对硬质黏土顶进问题的“三叶钻头”,进一步改善了该地区管幕的施工精度及地表沉降控制能力。

参考文献:

[1]黎永索,张可能,黄常波,等.管幕预筑隧道地表沉降分析[J].岩土力学,2011,32(12):3701-3707.

[2]房莹光,莫海鸿,张传英.顶管施工扰动区土体变形的理论与实测分析[J].岩石力学与工程学报,2003,22(4):601-605.