

紧邻铁路的地铁车站深基坑施工技术

钟慧民

(天津地下铁道集团有限公司,天津 300162)

摘要:天津地铁3号线张兴庄站紧邻北环铁路,铁路路基及列车动载产生的偏压荷载对基坑稳定性影响不容忽视。对其基坑加固支护、降水、封堵等施工方案及措施进行详细阐述,对以后类似工程的设计和施工提供参考。

关键词:地铁车站;紧邻铁路;偏压荷载;深基坑

中图分类号:TU473.2 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2011)12-0058-03

Construction Technology of Deep Excavation for Subway Station Adjacent to Railway/ZHONG Hui-min (Tianjin Metro Group Co., Ltd., Tianjin 300162, China)

Abstract: A subway station in Tianjin is adjacent to Beihuan railway, the influence of eccentric loading produced by railway subgrade and dynamic load of driving train is indispensable. The paper described the construction plans and measures of excavation reinforcement, dewatering and sealing, these could be the reference to the design and construction for similar project.

Key words: subway station; being adjacent to railway; eccentric load; deep excavation

津地铁3号线张兴庄站紧邻北环铁路,铁路路基及列车动载产生的偏压荷载对基坑稳定性影响不容忽视,目前相关规范对路基及列车动载偏压作用下的基坑设计与施工并没有详细规定,因此如何做好深基坑管理,以便使结构主体施工能够得以顺利、高质量的进行,是当前急需解决的一个课题。

1 工程概况

天津地铁3号线第14B合同段张兴庄站为地下双层岛式站台车站,设计里程为DK21+026.05~207.70,地铁箱体外边线距北环铁路护坡底边约3~5 m,北环铁路路基坡率为1:1.5,路基面宽度为

6 m,本站与规划地铁5号线“T”型换乘(见图1)。3号线标准段宽20.5 m,车站长度181.65 m,标准段基坑深16.3 m(地面~底板);5号线为3层结构,基坑长29.92 m、宽25.3 m、深24.7 m(地面~底板)。3号线车站部分地下连续墙体厚800 mm,深28 m,盾构井处深38.5 m,采用锁口管接头;5号线部分地下连续墙体厚1000 mm,深43.05 m,采用十字钢板接头。

根据张兴庄站岩土工程地质报告,5号线换乘段主体结构基底标高-22.47 m,位于⑦₁粘土、⑦₂粉土层中,3号线标准段基底标高-14.06 m,位于⑤₁、⑥₁粉质粘土,⑥₂粉土层中,基坑开挖范围内

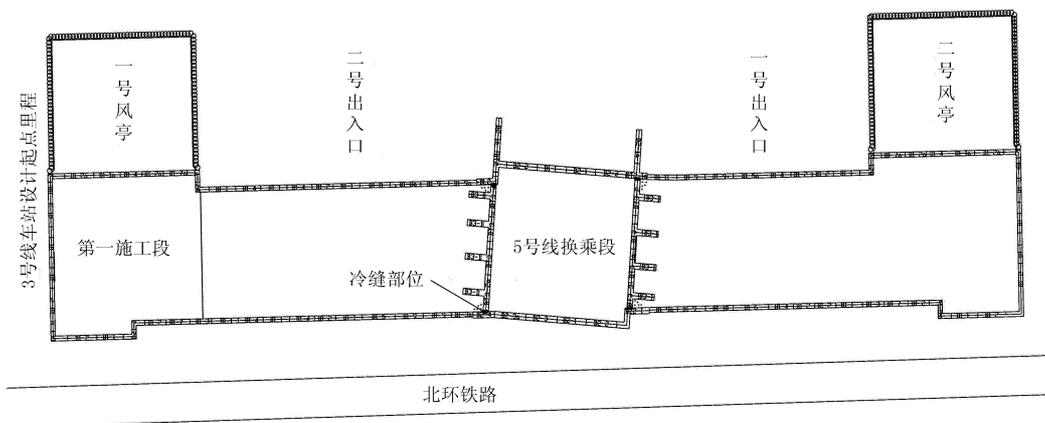


图1 天津地铁3号线张兴庄车站平面示意图

收稿日期:2011-04-29;修回日期:2011-11-22

作者简介:钟慧民(1979-),男(汉族),湖南人,天津地下铁道集团有限公司工程师,土木工程专业,从事工程技术工作,天津市东丽区崂山道百合春天雪莲东里1-1-1001,546506597@qq.com。

土体主要为填土、粘性土、粉土及淤泥质土,土质松软,直立性差。基坑范围内地下水水位 0.5 ~ 1.6 m (高程 +1.66 ~ +1.76 m),地下水水位较高。勘测期间微承压水稳定水位埋深为 2.9 ~ 3.2 m(高程 - 0.74 ~ - 0.89 m)。本工程基坑底微承压水层较厚,车站部分围护结构穿越承压水层,为保证基坑稳定和不发生突涌,基坑采取减压降水措施,开挖期间地下水水位保持在开挖面以下 1 ~ 2 m。

2 方案设计

2.1 接缝处理方案设计

本换乘段采用地下连续墙围护结构形式,由于基坑内与 3 号线相交的 4 个“T”字地连墙与相邻槽段墙体接缝为平接缝,这将导致 3 号线底板以下部分出现“冷缝”,这对开挖 5 号线换乘段带来极大的安全隐患,为了防止外界水进入基坑,在施工前需对槽段墙体接缝处进行封水处理。为避免张兴庄站换乘 5 号线负三层围护结构“冷缝”在基坑开挖过程中出现险情,在基坑开挖之前必需对“冷缝”进行处理,由于本场地内土层具有强度低、含水量高、易出现涌砂冒水事故的特点,并结合冻结法在上海、天津、南京和沈阳等地铁联络通道施工的成功经验,设计采用垂直冻结法加固地层,即对换乘 5 号线段与 3 号线围护结构之间 4 处冷缝部位采用冷冻法进行冻结加固进行防水,其余“T”字地连墙间采用旋喷加固处理。

2.2 支撑加固方案设计

车站基坑南侧紧邻北环铁路且路基沉降要求高,铁路路基及列车动载对基坑整体产生偏载作用时刻影响着基坑安全,在开挖期间,列车限速 45 km/h。分析不同偏压高度对围护结构受力与变形的影响,偏压对基坑的位移及受力影响较大,路基偏压高度不同势必路基宽度也会不同,偏压荷载距离基坑的距离也会不同,为此把路基偏压简化为按一定宽度切坡后,如图 2 所示的荷载作用在基坑边上。

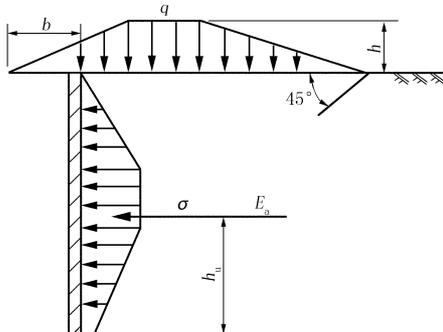


图 2 地连墙受偏压荷载受力简化示意图

考虑不同路基偏压高度,北环铁路路基坡率为 1: 1.5,路基面宽度为 6 m,为有效进行对比分析,假设不同工况切坡比例不变,切点位于边坡中点,即图中 h: b 为 1: 0.75,因此不同路基偏压高度切坡宽度 b 不同,本此模拟考虑 4 种不同偏压高度的工况,其偏压荷载 q 和切坡宽度 b 见表 1。

表 1 不同偏压高度的工况下偏压荷载 q 和切坡宽度 b 值

	工况一	工况二	工况三	工况四
h/m	5	10	15	20
b/m	3.75	7.5	11.25	15
q/(kN·m ⁻¹)	85000	170000	255000	340000

2.3 连续墙水平位移分析

按上述 4 种工况进行计算,结果显示连续墙水平位移规律为:偏压侧连续墙水平位移随着偏压增大而增大,但因为连续墙采用梁单元模拟,本构为线弹性,连续墙水平位移基本呈线性增长。非偏压侧连续墙水平位移随偏压、高度增大不变,甚至有所减小,上部向基坑外侧运动趋势也不大,如图 3 所示。

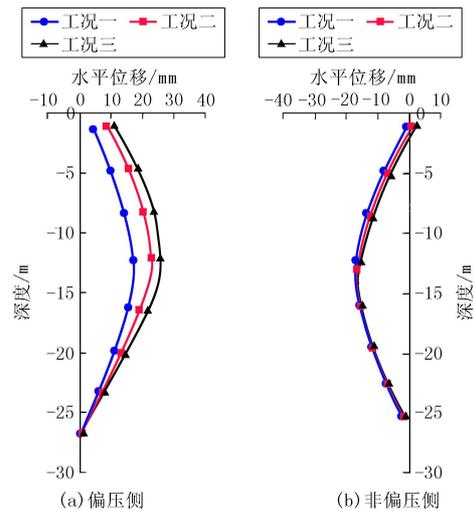


图 3 不同工况下偏压与非偏压地连墙水平位移图

当存在较大偏压时,偏压侧地连墙水平位移明显大于非偏压侧。偏压高度增大时,偏压侧位移明显增大,非偏压侧位移有所减小,因此在靠近铁路路基一侧应采用地层加固措施,以防偏压一侧地连墙产生较大水平位移,并将第一道钢支撑改为钢筋混凝土支撑以增大基坑的整体稳定性。

3 施工工艺

张兴庄车站深基坑开挖的主要施工工序为:施工准备→地层加固及钢筋混凝土支撑施作→冷缝处理→基坑降水→土方开挖。

3.1 地层加固及钢筋混凝土支撑施作

在基坑地连墙和路基之间采用SMW工法桩及高压旋喷桩进行了地层加固,这样对地连墙既起到防水堵漏作用,又起到承担偏载的作用,这将大大改善偏压一侧地连墙的受力状况。由于基坑离铁路较近,为了确保北环铁路的安全,将基坑的第一道钢支撑改为600 mm×900 mm钢筋混凝土支撑,其余仍采用 $\varnothing 600$ mm加肋钢支撑。第一道采用钢筋混凝土支撑,不仅能限制围护结构向内位移,而且可以限制围护结构向外位移,对加强围护结构的整体性起到较好作用。

3.2 “冷缝”处理

经过专家论证,“冷缝”处理确定采用“垂直局部冻结”的施工方案,在换乘段基坑地连墙内部转角接缝处布置冻结孔,孔深自地面(标高为+2.3 m)至地连墙底(标高为-41.7 m),孔深44 m。共计有4处接缝位置,布置16个冻结孔进行冻结封水处理。冻结深度为自3号线已开挖界面(标高-14.01 m)至地连墙底(标高-41.7 m),约28 m。在整体基坑开挖之前进行冻结孔钻孔施工,钻孔结束后直接进行冻结器安装并开始冻结,积极冻结期间不得进行抽水降水等辅助措施,力争在降水井开始抽地面以下11 m以深水时,冻结时间满足设计30天,基坑冻结壁形成并达到预期要求,而后方可采取降水措施进行3号线剩余部分和5号线基坑的开挖。维护冻结期间,盐水温度保持积极冻结期温度,以平衡降水带走的冷量损失,在开挖过程中务必做好冻结管的保温及保护工作。在深浅墙结合部位及“T”型墙接缝处采用“品”字型咬合400 mm, $\varnothing 800$ mm双高压旋喷桩进行加固阻水,靠近地连墙一侧的旋喷桩,桩中距墙边均为150 mm。旋喷桩桩顶标高为3号线基坑底-14.05 m,桩底标高-41.7 m(5号线地连墙底标高),均在未开挖前原地面施工,空钻部分约16.3 m,有效桩长27.65 m,其无侧限抗压强度28天应达到1.5 MPa。

3.3 降水方案

在“冷缝”冻结达到设计要求后开始降水施工,根据降水工程设计,基坑内共需布置12口减压井及观测井,20口疏干井。基坑外设3口备用减压井兼做观测井,减压井井管为钢管,疏干井井管为水泥管。抽水井个数和抽水量大小应根据基坑开挖深度和承压水头埋深要求进行控制。减压井随开挖逐步降低承压水头(见表2),以减少对周围环境的影响。抽水需要24 h派人值班,并做好抽水记录,记录内容包括降水井涌水量 Q 和水头降 s ,并在现场绘制 s

~ T 曲线,以掌握抽水动态,指导降水运行达到最优。如果坑外水位出现大幅度下降,坑内外出现明显的水力联系,地面不均匀沉降加剧,立即停止开挖,启动应急预案。降水工作在地下构筑物施工至上覆压力和地下水头的顶托力平衡后才能停止降水。

表2 降水运行时基坑开挖深度与水位控制

位置	开挖深度 h/m	安全承压水位 埋深 D/m	需要降低的水位 幅度/ m
标准段	12.91(开始降压)	3.80	5.34
	16.20	9.14	
盾构井	12.91(开始降压)	3.80	8.43
	18.10	12.23	
换乘段	12.91(开始降压)	3.80	19.15
	24.70	22.95	

4 结语

通过采取上述措施,5号线换乘段底板已于2011年3月29日安全顺利封底,靠铁路一侧地连墙水平位移最大为18.53 mm,远离一侧地连墙最大水平位移为11.22 mm,满足设计规范(≥ 35 mm)要求。

通过对紧邻铁路基坑开挖监测数值分析,得出以下结论:

(1)将减压井设置在基坑内能安全高效地降低承压含水层的水头压力,确保基坑底板保持稳定;

(2)路基偏压对基坑地层位移和围护结构位移及内力存在较大影响,偏压侧(南侧)连续墙水平位移较大;

(3)偏压侧地层加固及钢筋混凝土支撑对基坑围护结构变形和受力有不同改善,能不同程度提高基坑围护结构稳定性,同时地层加固对地连墙接缝处漏水情况起到较好的改善作用;

(4)路基偏压高度越高对基坑围护结构影响越大,偏压侧位移与弯矩随偏压高度增长呈线性增长趋势,非偏压侧位移与弯矩会有所减小。

参考文献:

- [1] 姚燕明,周顺华,孙薇,等.坑底加固对平行换乘车站基坑变形影响的计算分析[J].地下空间,2004,24(1):7-10.
- [2] 冉菲菲.软土地区深基坑地下连续墙变形预测研究[D].上海:上海交通大学,2007.
- [3] 王卫东,吴江斌,翁其平.基坑开挖卸载对地铁区间隧道影响的数值模拟[J].岩土力学,2004,25(11):251-255.
- [4] 冯庆高.地铁深基坑支护方案优选决策研究[D].湖北武汉:中国地质大学,2010.
- [5] 鄧友成.既有铁路旁基坑开挖对高填方路堤稳定性的影响研究[J].公路交通科技,2006,(3).