

上海西藏路电力隧道工程施工技术

周松

(上海市市政第二工程有限公司, 上海 200065)

摘要:介绍了上海西藏路电力隧道工程概况,重点论述了工程顶管施工的三维复合小曲率半径、轴线变化较大,以及穿越复杂地下管线、地铁、地表变形要求高等特点和难点。为大口径三维曲线顶管在大城市繁华地段施工和环境保护提供了理论依据和实例。

关键词:电力隧道;顶管推进;三维曲线;信息化施工;上海市

中图分类号:U445 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)01-0093-03

1 工程概况

1.1 工程规模及总体布置

西藏南路(新疆路—复兴中路)电力隧道工程南起西藏路复兴中路,沿西藏南路向北,穿越苏州河,延伸至西藏中路新疆路,全长约3.033 km,共设各类工作井7座。

隧道全线共15段平曲线,9段竖曲线。最小平曲线半径为300 m,最大平曲线半径为600 m,最大纵坡为33%,最小纵坡为3%,多个区间呈双S型曲线。整个隧道的轴线呈复杂的三维空间立体曲线,

曲线总长约1225.1 m,占全线总长约40.4%。

隧道施工工艺采用顶管工艺,采用 $\Phi 2700$ mm F型钢筋混凝土管。隧道最大埋深21.5 m,最小埋深为10 m,高度起伏较大。

1.2 工程地质状况

该拟建场地位于长江三角洲入海口东南前缘,属三角洲冲积平原,地貌形态单一,属于上海地区四大地貌单元中的滨海平原类型。浅部土层中的地下水属于潜水类型,其水位动态变化主要受控于大气降水和地面蒸发,潜水位年平均离地面下0.5~0.7 m。承压水分布于第⑦、⑧层中,其水头约为4.0~2.0 m。该建筑场地属于IV类场地,抗震设防烈度为6度,经勘探表明在深度0~20.00 m范围内无独立成层饱和砂质粉土或粉砂分布,故在设防地震

收稿日期:2005-08-29

作者简介:周松(1968-),男,江西水新人,高级工程师,总经理,从事地下工程技术管理工作。

时,使腹板厚度较设计值小5 mm,浇筑时模板的对拉螺杆会伸长,浇筑后腹板正好达到设计厚度。在浇筑箱梁底板和顶板混凝土时,预埋测量控制标记,采用长直尺控制平整度,使标高达到设计要求。

(3) 为避免在浇筑箱梁混凝土时挂篮下挠引起新旧混凝土间产生裂缝,应从梁段前端向后分层浇筑。

(4) 浇筑底板、顶板和翼板混凝土时,混凝土坍落度宜控制为18 cm,浇筑腹板混凝土时,坍落度宜控制在20 cm。

(5) 腹板混凝土入仓前,14 m振动棒要先达到底部,再根据混凝土的浇筑高度慢慢提升,提升时不要脱离混凝土表面,且要在内模中部开照明观察孔和在堵头模板上开观察孔,观察孔每2 m设置一个,以便监控混凝土的振捣情况,及时指挥振动棒的提升和振捣。

(6) 浇筑箱梁腹板与底板相连倒角处的混凝土

时,要在倒角模板上开口,采用插入式振动器使振捣密实,同时准备压模,防止翻浆。

(7) 在下弯末端存在锚垫板和螺旋钢筋,浇筑该处腹板混凝土时要在锚下的内模开口,采用插入式振动器振捣,保证锚下混凝土密实。

(8) 在浇筑混凝土过程中,要派专人对挂篮结构和受力情况、预应力管道、锚固端垫板及预埋件等进行检查,以保证它们的位置及尺寸符合设计要求。

6 结束语

福建下白石大桥的主桥上部结构的挂篮悬浇施工从2002年7月10日开始,至2003年3月16日全桥合龙,历时10个月。该桥的一次性浇注施工方案,对国内大跨度、大高度连续刚构施工提供了一定的借鉴。后支点轻型挂篮的应用对提高该桥的工效起了关键作用。也为我国连续刚构桥施工积累了经验,对我国连续刚构桥的发展将产生积极的作用。

烈度七度并近震影响时,不考虑地基土的液化问题。

隧道主要穿越地层为:③灰色淤泥质粉质粘土 $C=14.4 \text{ kPa}$, $\Phi=13.0^\circ$; ④灰色淤泥质粘土, $C=14.0 \text{ kPa}$, $\Phi=10.5^\circ$; ⑤₁₂灰色粉质粘土, $C=15.7 \text{ kPa}$, $\Phi=11.5^\circ$;

2 工程施工技术

该工程顶管全部是三维小曲率半径顶管,其设计轴线是迄今为止难度最大的顶管工程。隧道将穿越苏州河,穿越复杂地下管线和需保护的建筑物密集区,尤其是穿越地铁人行通道和运行中的地铁2号线,对地表变形要求很高。因此,该顶管工程特点主要有以下几点。

(1) 三维复合小曲率半径、轴线变化较大;

(2) 穿越复杂地下管线、地铁等,对地表变形要求高;

(3) 工期紧;

(4) 现场施工条件限制多,文明施工要求高。

2.1 轴线控制

由于该顶管工程是三维小曲率半径顶管工程,顶进过程中的测量难度很大,因此,采用顶管自动测量系统。该系统可以自动跟踪目标靶,每隔3~4 min刷新一次测量成果。顶管操作人员可以在电脑显示器上随时掌握机头姿态,指导纠偏。该系统还能预测机头偏差发展趋势,使操作人员的纠偏更加可靠。

该工程轴线控制的顺序是,先测量,后纠偏。首先是测量成果要及时,准确,不得有误。其次是纠偏,在机头设计制造时,就考虑了一整套完整的纠偏系统,能满足工程的特定要求。同时,要制定出一旦出现对轴线失控的迹象时,有预先准备的应急措施。

在顶进过程中,全程记录每个管接缝的缝隙,用以指导纠偏。

2.2 顶力控制

由于该工程的最小曲率半径为300 m,管节长度 $L=2 \text{ m}$,相邻管节之间的转角为 0.38° ,转角产生的单侧空隙大,致使管节端部受力面大为减小。顶管使管节单侧受力产生局部应力集中,并使管节结构受力由压缩转化为拉伸状态,受力条件恶化。

上述情况如不加控制,很可能会使管节顶碎,工程无法继续进行下去。因此,该工程采取了一定的技术措施加以改善。

(1) 将管节间的木村垫改为30 mm厚的松木板,通过相对厚而软的材料来补偿端面的受力情况,增加受力面积,缓冲受力状态。

(2) 在顶进过程中,根据几何计算结果,在曲线外弧的缝隙中塞木片,进一步补偿端面受力面积;

(3) 当曲线发生反弯时,及时调整木垫的位置与厚度;

(4) 修正设计曲线。在进入曲线段之前,先有一段过渡曲线,使曲线比较平缓。

由于曲线引起的水平分力,必然使顶进阻力增加,因此,建立泥浆套是减少顶进阻力的关键。通过顶进推力的计算,正确设立中继间的数量和间距也是顶力控制的关键。

2.3 泥浆系统

泥浆具有良好的触变性、物理和化学稳定性。泥浆能在管节外壁的上层中形成吸附聚积泥膜,然后在泥膜与管节外壁之间形成完整泥浆套。泥浆套主要控制指标为适当的粘度、静剪力 and 动剪力。构成泥浆套的膨润土具有广泛的适应性,只要配比得当和保证足够的稳定厚度,便能在软粘土、一般性粘土、粉砂和细砂、砂砾甚至卵石中起支撑、润滑、防喷涌的作用,并能对顶管管节起悬浮作用。

针对该工程顶管施工的技术要求,对泥浆中的主要成分膨润土进行测试,通过测试比较,高阳产的膨润土性能较好,见表1。

表1 各类膨润土性能比较

膨润土产地	表面粘度	塑性粘度	动剪力	静剪力	终静剪力 (10 min)
山东高阳	79	2	77	68	77
上海	30	13	17	7	9.5
辽宁	80.5	27	53.5	44	45.5

经试验,泥浆优化配合比为(重量比):

膨润土:纯碱:CMC=1000:50:8

膨润土:水=1:5.5

为了在管节外壁形成完整的触变性能良好的泥浆套,该工程采用高剪切泵进行快速搅拌30 min后,无需进行水化反应,其性能能满足工程的要求。采用中间接力注浆泵站,以满足长距离注浆要求,注浆管路系统设备布置见图1。

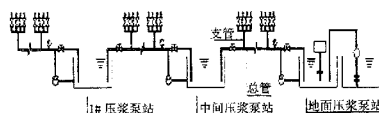


图1 注浆管路系统设备布置图

该工程采用三种注浆方法来形成泥浆套,即:从洞口开始注浆,以免管节进入土体后被裹塞而引起背工的恶劣情况;机尾同步注浆,要使泥浆套随机头

不断延伸,同时对管道沿线定期进行补浆,弥补浆液向土层的渗透量。

该泥浆系统在西藏路电力隧道顶管工程中,取得了很好的效果。由于成功地建立了泥浆套,获得了良好的触变性性能,顶管施工中平均摩阻力仅为1.0 kPa,机头切口前隆起量在2 mm以内,切口后沉降量为11 mm,确保了整个顶管工程的质量以及减少了对环境的影响。

3 隧道环境保护技术

该工程地处上海中心地带,穿越几条上海最繁华的商业街和许多保护性建筑物,因此在施工中对环境的保护是刻不容缓的问题。针对工程的特殊性,制订了相应的技术措施,加以保护环境,满足对地下管线、运营中的地铁和建筑物的保护。

3.1 顶管机头的选型

隧道所在土层多为灰色淤泥质粘土,土体软弱,含水率高。因此,通过研究和分析并结合施工场地条件与环境保护的要求,选用自行研制,能适合在软土层中使用的 $\Phi 2700$ 大刀盘泥水平衡掘进机。该掘进机具有较强的切削能力,不容易在顶进过程中发生径向旋转。机头长径比为1.47,纠偏系统由4组8只纠偏油缸组成,在软土地区淤泥质粘土的工作环境中,即使土体反力不大,纠偏缸伸缩仍能产生良好的纠偏效果。同时,在面板式大刀盘的切削刀的设计和布置上做了一系列的改进,能满足最佳的切削效果。同时进泥流畅,对开挖面的扰动最小,使得开挖面处于最佳的平衡状态,减少因刀盘切削土体而使机头正面土体产生挤压应力,减少对切削面以外土体的扰动。

3.2 运用泥浆套工艺技术

通过该工程研究和实践证明,只要在顶管管节外壁与土层之间形成良好性能的触变泥浆套,不仅会使顶进阻力成倍地下降,而且会使地表沉降和对土体扰动影响控制到最小。从减小摩阻角度考虑,泥浆套越厚越好,但从控制地面沉降考虑,泥浆套过

厚,压浆工艺控制不好,难以形成泥浆套连续状态,可能会导致因地层损失引起地面沉降。理想的泥浆套应该厚度适宜,刚好能填充管壁外周空隙,形成连续状态。因此,在把握好泥浆配比的同时,还要注重泥浆的拌制。拌制好的泥浆静置24 h后,漏斗粘度大于26 s,使用前应再次搅拌。

3.3 合理制定主要施工参数

根据已有的施工经验及研究成果可知,顶管施工参数中对周围环境和邻近已建隧道沉降变形有明显影响的是:正面水土压力、顶管推进速度、顶管姿态等,顶管姿态取决于顶进测量的精度和纠偏效果。正面水土压力和推进速度通过地质资料研究和计算,推进速度为20 mm/min,均匀慢速;水土压力值P为0.16~0.17 MPa。

3.4 使用多组纠偏系统

实践证明,对曲线顶管采用多组纠偏系统形成整体弯曲弧度,掘进机和随后的管节很容易顺利曲行。在施工过程中,根据轴线的变化,不断调整起曲油缸的行程,确保形成一条圆滑的弧度,减少顶管对管道附近地层变形的影响。

3.5 信息化施工

重视对地表沉降、地下管线变形、建筑物变形等外部环境的监测,及时采集、整理、分析和反馈数据。施工管理人员要注重分析、比较,不断积累经验,从中得到真实具有指导性的信息,反馈给顶进班组,指导施工。

3.6 管贯通后,要及时利用触变泥浆压注孔对触变泥浆进行纯水泥浆置换,减少后期扰动土体固结产生的沉降、变形,从而减少了管道的后期沉降。

4 结语

在西藏路电力隧道工程的施工中,由于采取了一定的技术措施,保护了工程周围的地下管线、运营中的地铁和大量的保护性建筑物。同时也为大口径三维曲线顶管在大城市繁华地段施工和环境保护提供了理论依据和实例,对今后类似工程有一定的指导意义。

扬尘污染防治有新招,公路分隔带种麦苗

根据施工进度安排,已拓宽通车的上海蕰川路道路工程的中央分隔带以及公路两边的机非分隔带绿化一时不能种植,于是,裸露的绿化土成为扬尘污染源。为有效解决这一问题,有关单位在五标段区域分隔带上试种麦苗。据介绍,种植麦苗一是造价便宜,草种价格为20~30元/kg,而用麦苗只需2元/kg。二是出苗时间短,麦子撒下7 d后,麦苗可以长到约3 cm高,14~21 d后,就可以形成一片绿色。三是养护方便,除了早期对麦苗洒少量水外,不需要经常洒水。