

● 结构施工

上海磁悬浮列车龙阳路车站关键施工技术

□ 毛子成 丁利峰 张丽骏 汤 斌 (上海市第五建筑有限公司 200062)

【摘要】本文对磁悬浮列车龙阳路车站工程作了简单介绍,并着重总结了该工程施工中一些关键技术,对以后相类似的工程有启发、指导作用。

【关键词】磁悬浮列车 车站 施工

【中图分类号】U231.4

/文献标识码 A

【文章编号】1004-1001(2004)01-0042-04

Key Construction Technique for Long - Yang Road Station of Shanghai Meglev Train

Mao Zicheng Ding Lifeng Zhang Lijun Tang Bin

1 工程概况

上海市磁悬浮列车示范线龙阳路车站工程,位于地铁二号线龙阳路车站(万邦广场)南面,属磁悬浮列车示范线两个车站之一,为磁悬浮列车示范线的窗口工程。

本工程占地面积 36509m²,建筑面积 22488.5m²,结构类型为三层全框架钢混凝土结构。层高为三层,首层为设备用房、商场和贵宾接待区,二层为检票大厅和办公用房,三层为站台区,屋面为椭圆形钢屋架。整个建筑物呈长方形形状,长×宽(轴线尺寸)为 27.88×210.504m。

钢结构屋面工程主体由刚架椭圆形梁、弧间梁、拉条和支撑等组成,跨度 41.550m,拱高 12.81m,建筑投影面积为 97000m²,东、西两端外侧分别有 3 根刚架椭圆弧形外挑,与东、西两侧边轴线组成一定的倾斜角度,中部屋架梁外曲线北侧有一雨棚,整个屋面工程线条流畅、造型优美、别具一格。

2 施工特点介绍

2.1 上海磁悬浮列车示范线是国际上第一条投入商业运营的磁悬浮列车线,施工上没有相同的经验可借鉴。

2.2 本工程工期紧、要求高、投入大。土建方面:上海磁悬浮列车示范线龙阳路车站与主线同时施工,给彼此的施工都带来了极大的困难,为了双方按时保质的完成任务,彼此必须密切配合,精心施工;车站与主线作为一个整体来统一考虑。

2.3 装饰方面:装修材料高档,封样手续严格,细部节点力求完美,装修工作面复杂、工期紧。装修工程从进场施工伊始就面临复杂的立体交叉施工,施工区域内有数十家施工

单位同时施工,协调工作量大。施工单位往往加班加点、见缝插针地进行施工。

2.4 钢结构方面:钢结构形式新颖,吊装工作既要顾及到土建、安装施工,同时又要保证质量与工期,难度较大。

3 关键技术总结

3.1 锤击桩施工时对临近地铁隧道的保护技术

上海市磁悬浮列车龙阳路站与运营中的地铁二号线龙阳路车站毗邻(呈东西走向,基本平行而列)。前者为地上三层式车站,其基础桩以 PHC 桩(φ600mm)为主,桩长 37~39m,直抵⑦2 层;后者是地下式车站,埋深约 10m。前者的基础桩与后者的外墙最近处(西部)仅 10m 左右,向东逐渐远离,最远处 25m 以上。在如此近的范围进行打桩施工,必然会对已有的地铁二号线龙阳路车站产生影响,严重时会使其产生较大的不均匀沉降。为保证地铁二号线的运营安全,采取如下相应技术措施:

①在打桩施工开始前,先在两者之间打设应力释放孔,以释放地下土压力。

②在打桩施工期间对影响范围的铁轨位置变化进行连续的监测,确保地铁结构的变形控制在允许范围之内。

③合理安排打桩顺序。

3.1.1 应力释放孔施工。本工程紧靠地铁二号线龙阳路站,最近处仅为 10m。为减小打桩时对周围建筑物的影响,保证地铁二号线的正常运营,在本工程与地铁二号线龙阳路站之间打设应力释放孔,孔间距为 1.5m 和 2m,共 124 个孔,总长为 213m。应力释放孔与车站 H 轴平行设置,距 H 轴为 6m。桩 φ450mm,孔深 25m(见图 1)。

其施工方法如下:根据要求采用正循环水冲法成孔。成孔后采用 φ16(主筋)6 根,φ6(螺旋筋@300),φ8(定位筋@2000)钢筋笼外包编织袋,缓缓旋入孔中。上口用七夹板完成封口。1~11、12、13 轴以每 1.5m 为一间隔,总长 100.170m,

【收稿日期】2003-11-22

【作者简介与地址】毛子成,男,1965 年生,大学本科,上海五建第五项目经营部高级工程师。上海市中山北路 3325 号(200062),电话 62437429。



计 67 个孔。12 轴 ~ 24 轴以每 2m 为一间隔, 总长 112.556m, 计 57 个孔 (见图 2)。

3.1.2 地铁监护监测

措施:本工程紧贴已建的地铁二号线龙阳路站,在施工打桩期间所引起的土体位移,使地铁结构产生较大的变形,对地铁结构的安全和二号线的运营安全构成威胁。因此,在本工程桩基施工期间,对相应的地铁结构设施进行监护,确保地铁结构的变形控制在允许的范围之内。

本次监测工作的主要内容为对打桩施工影响范围的地铁线路(上行线)进行前后(即纵向)高低、左右(横向两轨间)的水平(高差)的位置变化。监测长度为 180m,该段线路处在地铁二号线龙阳路车站内。监测方法以“电水平尺自动连续监测”为主;“光学高程人工监测”为辅。

为保证地铁二号线的正常运营,在地铁车站的站台层轨道上沿轨道线路布置沉降自动监测线,采用相应的自动监测系统(美国 SLOPEINDICATOR 公司的电水平尺及相应的 CR10 数据采集器)进行连续自动监测。监测线以打桩区 1 轴的延长线与地铁线路上行线的交点开始计算,向西延伸 36m(按照 2m 长的电水平尺 18 支),向西延伸 144m(先安装 2m 长的电水平尺 66 支,紧接安装 3m 长的电水平尺 4 支,可达打桩区的 17 轴)。该线监测线路的前后(即纵向)高低位置变化。

位置变化,分别在线路上相应于打桩区的 1、2、3、5、7、8、9、10、11、14、15、16、17 轴处(共 13 处)各安装一支 1m 长的电水平尺,安装方向与线路纵轴垂直。

上述所有电水平尺直接安装在线路的道床上,并将输出监测信号的电缆沿铁轨底部引出至安装在站台区域的 CR10 数据采集器中。

上述所有电水平尺、电缆和 CR10 数据采集器均在地铁行车的限界之外,自动监测系统的工作和地铁运行的强、弱电不会相互干扰。

CR10 数据采集器在事先设定的程序下以规定的时间间隔(如 10 分钟或半小时)将系统内所有电水平尺进行一次读数,并将读数记录在数据存储区中,监测人员可随时在站台区的数据采集器中将数据读出或用计算机下载,再整理成数据图表上报。

“电水平尺自动监测系统”的总精度为 0.1mm, 不受地铁运营的影响, 实行全天工作(监测)

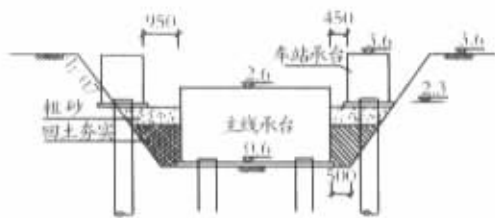


图 3 基础承台剖面图

成,增加了主线承台土方开挖的难度,为此采取了如下的技术措施:

确保车站承台混凝土达到一定强度后开始主线承台基础的开挖。

为防止已完成的车站承台及基础梁免受主线挖机的影响,在挖机经过部位,回填土必须超过 300mm 厚,并在梁的两侧夯实才允许挖机通行。同时加强管理,合理协作,防止损坏已完成的车站承台及基础梁。

主线承台完成后土方分层回填夯实,在接近车站承台底部 500mm 时,采用粗砂回填来防止车站承台下的土体松弛。

3.2.2 主体结构部位施工

主线轨道梁架设时采用搭设膺架的方法,根据工期要求,在主线架设轨道梁时车站结构已施工完毕,膺架必须在车站二层楼板浇筑混凝土前搭设,膺架钢立柱穿过车站二层楼板,故采取在楼板中留设大量的预留孔的方法,以满足主线搭设膺架需要(见图 4)。

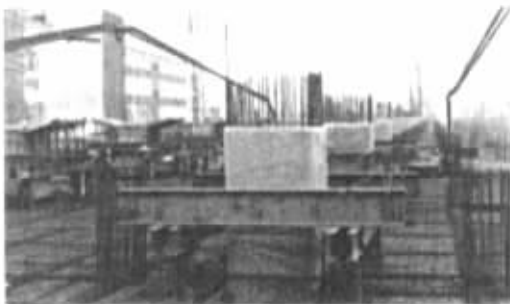


图 4 膺架钢立柱穿过楼板

①、在二层楼面留设 $600 \times 600\text{mm}$ 的预留孔,留设部位与主线施工单位协调,既满足主线梁架、膺架受力要求,又避开车站二层结构梁。

②、预留孔原有楼板钢筋保持不变,待膺架拆除后再补浇混凝土。

③、膺架拆除时先放置二层楼板上,再用汽车吊吊离。膺架拆除时严格管理,应横卧于楼板上以增加接触面积,防止超载。

3.3 为满足主线轨道梁吊装车站二夹层楼板的后浇施工技术

主线轨道梁架设采用搭设膺架,轨道梁在车站东端起

吊,车站内用滑车在膺架上滑行,运到指定部位。

因车站结构施工在先,采用上述架梁方法,轨道梁横卧在车站二夹层上面,主线盖梁则低于二夹层,轨道梁的梁端部支脚必然与车站二夹层相碰,二夹层施工好后,轨道梁无法推进架设。经过与设计院、甲方、主线施工单位的多次协商最终确定在车站二夹层内留设通长后浇带,以满足轨道梁的架设,后浇带待轨道梁架设完毕后再行浇筑。后浇带宽为 3800mm,梁、板钢筋在 3800mm 后浇带处切断,次梁、板混凝土第一次浇筑至二夹层主梁边 500mm,具体见图 5、6。



图 5 轨道梁滑道及后浇带留设

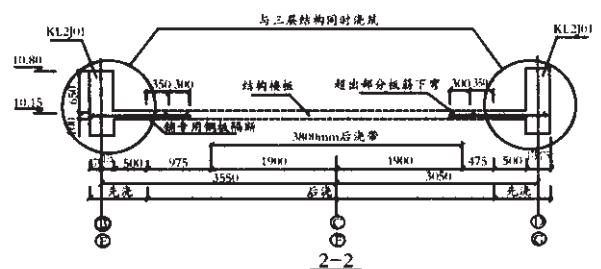
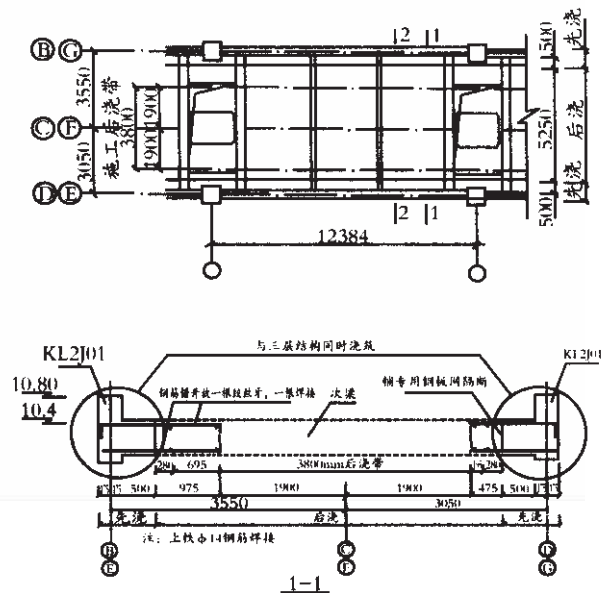


图 6 后浇施工位置

3.3.1 钢筋留设

次梁钢筋在 3800mm 后浇带边线处切断, 错开留设。 $\phi 22$ mm 主筋采用直螺纹与电弧焊相结合的连接方式, 交错连接; $\phi 14$ mm 架立筋采用电弧焊连接;板筋采用搭接连接方式, 搭接长度 300mm。

3.3.2 模板

后浇带梁、板模板采用 $\phi 48 \times 3.5$ mm 钢筋支撑, 间距为 800mm, 后浇带浇筑时需在基层相应部位进行钢管支撑加固, 加固支撑与后浇带模板相同, 间距为 800mm, 立杆位置应上下一致。二夹层先浇部位模板支撑, 须待后浇带施工好后与后浇带模板支撑同时拆除。

3.3.3 混凝土

次梁、板在施工缝处侧面铺专用钢板网隔断, 后浇带混凝土提高一个等级为 C40 的微膨胀混凝土。在浇筑混凝土时, 清除水泥浮浆和松动的石子, 并浇水湿润, 混凝土浇捣密实。

3.4 橡胶地板施工技术

龙阳路车站的二层检票大厅、三层站台等处约 8000m² 的公共区域采用德国进口诺拉 norament 橡胶地板, 施工单位根据材料特性和施工现场情况, 针对基层要求高、施工工期紧、施工环境恶劣等不利条件, 采取技术攻关, 解决了大面积橡胶地板施工中常见的起壳、光照下平整度不够等质量通病(见图 7)。



图 7 站台层橡胶地坪

基层处理要求: 基层处理的科学和严格是最终保证橡胶地板施工质量的关键一环。施工橡胶地板前, 基层地坪应干燥、无起砂、无缝隙, 平整度在 1mm 内, 如达不到要求的应进行打磨、清理。

3.4.1 基层含水率的要求

根据橡胶地板施工工艺, 基层含水率最好小于 3%, 不应超过 6%。在夏天, 如果室内通风情况良好, 混凝土基层在 28d 龄期到达时含水率完全可以达到 5% 以下。本工程因工期原因, 三层站台橡胶地板施工前检测的含水率(基层为细石混凝土)为 5.3%, 二层检票大厅的含水率(基层为陶粒混凝土 + 水泥砂浆)为 9.6%, 为此在自流平施工前增加一道

环氧底涂(优成多功能水性界面剂 UZIN - PE260)材料, 为确保施工效果, 在三层站台细石混凝土浇筑二周后做了一块 2m² 左右的样板, 效果检验良好。这是国内橡胶地板施工中首次使用优成环氧底涂的施工实例。

3.4.2 施工环境的严格要求

根据工艺要求, 施工橡胶地板前应确保材料在室内放置 24h 以上, 使材料记忆性还原、温度与施工现场一致, 并以环境温度为 15℃ 为宜。然而, 当时施工正值酷暑, 施工环境大大超过工艺要求, 工期又刻不容缓。针对上述情况, 为保障施工质量: 采用白天完成底涂和自流平施工, 晚上十时起方才开始橡胶地板的铺设, 另外将地板材料全部堆放施工区域, 并在施工现场布置鼓风机数台, 尽量降低环境温度, 最终保证了如此大面积的橡胶地板的成功铺设(见图 8)。

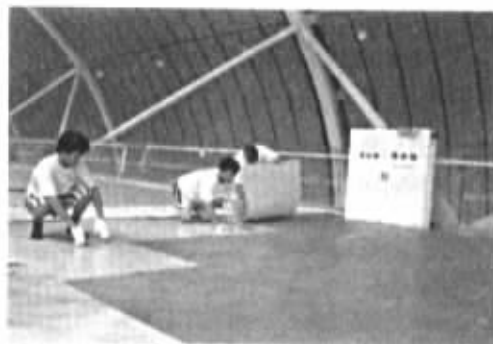


图 8 站台橡胶地坪施工

3.5 屋架梁组装及吊装施工技术

3.5.1 屋架梁吊装顺序

从西向东各榀依次吊装, 先吊装轴线部分钢架, 后吊装东、西两端悬挑刚架, 起重机械均在南侧场地上吊装。

3.5.2 钢梁构件组装用地

钢屋架在 ± 0.00 m 地面上组装, 占地面积为 60 × 30m。组装时, 两根屋架梁同时组装, 随着屋架梁吊装的顺利进行, 组装平台(见图 9)也要跟着相应移位, 直至吊装结束。

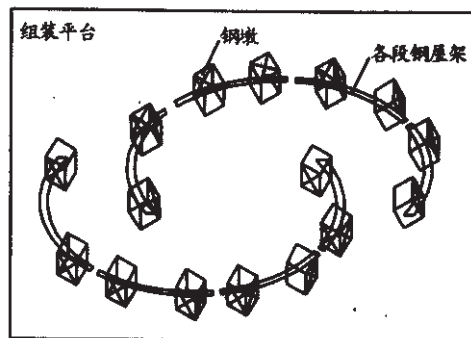


图 9 屋架梁组装示意图

3.5.3 屋架梁组装

屋架组装全部在地面上作业,在地面上搭设组装平台。考虑到运输及道路交通等情况,屋架梁制作分为四段,在工厂预组装时,各段接口处均在对正时用销钉连接并打出各对正标记线(上、下、侧面),经 1~4 段对正组合成整捆梁并检查后,打出销钉并包装保护后装车发运出厂。

屋架梁分四段运至现场,组装平台的搭设采用每段屋架梁下面垫二个钢墩,每个钢墩下设一块 $2 \times 6\text{m}$ 的路基箱;屋架梁组装前,先根据梁的形状及分段大小,将钢墩和路基箱摆放好,并用水准仪将各钢墩调整好,同一屋架梁的 8 个钢墩高低差要控制在 $+2\text{mm}$ 内。由于两个屋架梁在同一平台区域内同时组装,两个屋架梁的钢墩高度最好相差 500mm ,这样便于组装时测量和检测。在现场吊装屋架梁前,利用搭设好的组装拼接平台,将 1~4 段屋面梁按安装顺序及吊装方向放入钢墩上,经用螺栓千斤顶调整并对齐出厂刻划标记线后打入销钉,在检查各相关尺寸和状况,特别是尺寸 A、B 后(见图 10),定位焊接各段接口,焊接时三个接口六个焊工同时平行对称焊接,再经尺寸复查及超声波检验合格后补漆和进行加固,然后将屋架梁从钢墩上水平移到地面拼装台再吊起翻身,然后转向移位至安装位置。

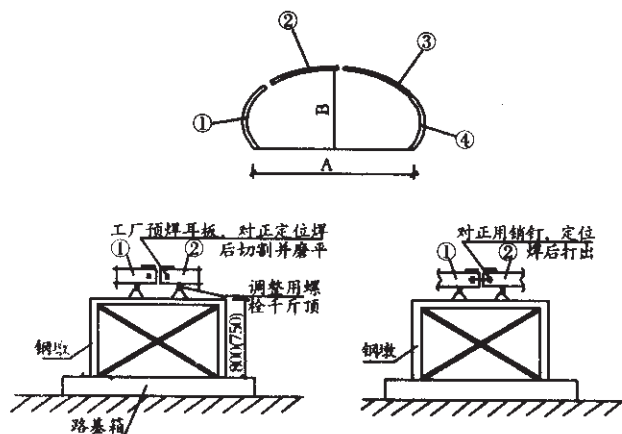


图 10 屋架梁分段形状及组装、拼接对正示意图

3.5.4 屋架梁吊装

① 机具选用及性能

屋架梁吊装时采用 300t 履带吊

300t 履带吊性能参数选用:

起吊中段钢屋架时(主臂 $L = 82\text{m}$, 回转半径 $R = 30\text{m}$, 起重量 $Q = 19.8\text{t}$)

起吊两端及悬挑钢屋架时(主臂 $L = 82\text{m}$, 回转半径 $R = 24\text{m}$, 起重量 $Q = 28.8\text{t}$)

吊装屋架梁主吊钢丝绳选用 $\phi 31.5\text{mm}$, $6 \times 37 + 1 - 140$ 钢屋架组装好后,先从钢墩上移到组装平台上。

② 空中翻身及吊装就位空

空中翻身采用 300t 吊屋架梁顶部两点,两台 50t 吊车吊屋架梁两端点,先将屋架抬起后,两端点不动,300t 起吊(见

图 11),翻身完成后,由 300t 吊车吊装就位,穿销连接。吊装过程中,在距屋架中心 18m 处两侧,各挂一个 10t 倒链,以防止屋架变形(见图 12)。

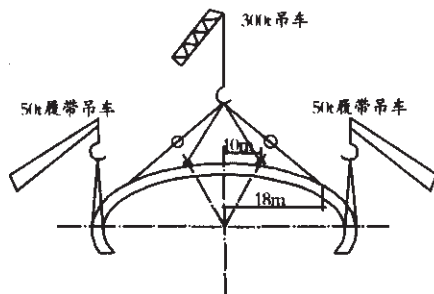


图 11 空中翻身示意

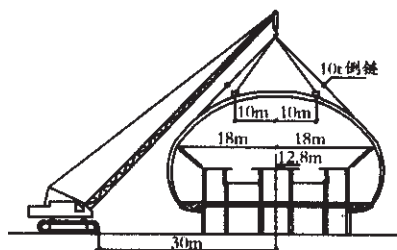


图 12 屋架梁吊装就位示意

③ 屋架梁的固定

屋架梁安装就位后,用 6 根封绳($\phi 13\text{mm}$ 钢丝绳)封在屋架梁上,中心点及距中心点两侧 8m 处,对称地挂 3 对,封绳下端用 3t 倒链与地锚连接,稳定屋架梁。

4 总结

采取了上述施工技术措施后,通过在桩基施工阶段对影响区域内的地铁轨道连续不断的监测,数据表明地铁轨道的位移、沉降变化都在允许范围以内,无一次报警,保证了地铁的顺利通行;说明了应力释放孔很好的释放了地下土压力,缓解了土体对地铁车站的挤压,保证了地铁二号线的正常运行。通过采取车站基础承台先行施工,主线基础承台后施工;在楼板内留设鹰架预留孔;在二夹层留设统长后浇带等技术措施满足了工期要求。磁悬浮列车现已顺利通车运行,在实际的施工中碰到了许多难题,但同时也积累了许多宝贵的经验,将为以后相类似的工程起到指导意义。



图 13 龙阳路车站建成全景