

明挖顺作法地铁车站施工测量精度控制与误差分析

——以裕新路站为例

戴前瑞

中交一公局第八工程有限公司 天津 300170

【摘要】：地铁车站施工测量是保证工程定位准确、结构尺寸合格、线路顺利贯通的重要环节，明挖顺作法是地铁车站常用的一种施工工艺，在施工过程中包含围护结构施工、基坑开挖、主体结构浇筑等全部环节，测量精度要求严格。本文以苏州市轨道交通8号线裕新路站为工程实例，从地下二层岛式结构、明挖顺作法施工入手，对施工测量全流程的技术要点进行梳理，分析测量误差的来源，提出相应的精度控制措施，并对结果进行检验和评定。实践证明，经过完善控制网布设、规范测量操作、加强误差控制，可以保证明挖顺作法车站施工测量精度，符合规范和设计要求，给同类地铁车站施工测量提供一定的借鉴。

【关键词】：明挖顺作法；地铁车站；施工测量；精度控制；误差分析

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.002

1 工程概况

苏州市轨道交通8号线Ⅷ-TS-11标裕新路站为线路第27座车站，位于裕新路和松涛街交叉口，沿松涛街南北向敷设。车站周边环境比较单一，南北两旁为沿河绿地，西侧是规划的居住用地，东侧靠近车斜河，裕新路桥横跨车斜河，周边建筑物离施工区域较远，没有施工影响范围内的重要构筑物，为测量工作提供良好的外部条件。该车站为地下二层岛式车站，总长220m，端头井结构宽度24.7m，标准段宽度19.7m，站台宽度11m，有效站台中心里程处底板埋深约17.3m，共设4个出入口和2组风亭。主体结构为地下二层单柱双跨闭合框架，施工工艺为明挖顺作法，车站大里程端为盾构始发井，小里程端为盾构二次始发井，兼有车站主体施工和盾构始发双重测量控制需求。施工测量工作要覆盖地面控制网复测、围护结构放样、基坑高程传递、主体结构定位、洞门精准测设等全部工序，并且还要考虑后续盾构始发的测量衔接需求，测量精度直接影响到车站结构施工质量及盾构区间贯通情况。

2 施工测量编制依据与资源配置

2.1 编制依据

本次施工测量严格按照国家及行业现行规范、地方管理规定和工程设计文件进行，主要依据为《城市轨道交通工程测量规范》GB50308-2017、《工程测量规范》GB50026-2007、《地下铁道工程施工及验收规范》GB50299-2018、《建筑变形测量规范》JGJ8-2016，以及苏州轨道交通工程测量管理办法、标段施工设计图纸、第三方交接桩成果表等，保证测量工作有章可循，精度指标满足规范要求。

2.2 测量资源配置

测量资源配置是保证精度的基础，本次工程配置高精度测绘仪器和专业的测量人员，创建起完善的测量保障系统。仪器设备经过法定机构检定合格，在有效期内，主要设备有徕卡

TS30、TS11全站仪、天宝DiNi03电子水准仪，配套的有光学水准仪、条码钢尺、强制对中盘等，设备具体参数如下表1所示。测量团队有1名测量主管和3名专职测量员，所有人员具有轨道交通工程测量经验，明确岗位职责，实行内业计算双人复核、现场测量专人负责的制度，防止人为操作失误。

表1 主要测量仪器设备参数表

仪器名称	型号	精度指标	数量
全站仪	徕卡 TS30	测角精度 0.5"	1台
全站仪	徕卡 TS11	测角精度 1"	1台
电子水准仪	天宝 DiNi03	每公里往返测高程精度 0.3mm	2台
光学水准仪	DSZ2、DSZ3	每公里往返测精度≤1.5mm	2台

2.3 控制网交接与复测

第三方测量单位移交本标段平面控制点8G29至8G34、2G42至2G44，高程控制点8II35至8II42、2II48至2II49及加密点SM09、SM10，现场踏勘点位完好、稳固。测量班组进场后立刻开始控制网复测，平面控制采用附和导线法，高程控制采用附和水准路线法，复测成果经过监理及第三方测监单位审批合格后，作为施工测量基准。施工期间每三个月对地面和地下控制网进行一次全方位的复测，盾构始发之前和掘进关键点时还要额外做三次测量，保证控制基准一直保持稳定的可靠性。

3 明挖顺作法车站施工测量流程与核心技术

3.1 围护结构施工测量

围护结构施工为车站施工的第一道工序，测量的核心就是准确放样地下连续墙中线和导墙的位置。施工前根据加密控制

网计算地下连续墙理论中线坐标,结合施工外放70mm的要求,确定导墙中线放样数据,采用全站仪极坐标法放样定位桩,桩位经监理和第三方复核合格后进行导墙施工。导墙垂直度用垂球控制,成型后再复测中线偏差及高程,保证地下连续墙成槽位置准确,为后续基坑开挖及主体结构施工打下基础。抗拔桩、冠梁、钢支撑放样严格按照设计坐标进行,桩位放样纵向误差不大于100mm,横向误差控制在0-50mm之间,钢支撑中线放样偏差不大于5mm。

3.2 基坑开挖与控制点传递测量

基坑开挖时,对基坑开挖边界及基底标高进行及时的监测,待基底成型之后,将地面平面控制网和高程控制网准确地传递到基坑内。平面控制点传递使用全站仪投测法,在基坑内布设三个强制对中导线点,分别对应车站左右线,形成地下闭合导线网;高程传递采用悬挂钢尺法,钢尺下端挂标准重锤,地面和基坑内同步架设水准仪观测,每次独立观测三测回,测回间高差较差不大于3mm,保证地下控制点精度与地面控制网一致。地下控制点布设完成后,经联测平差,成果经监理及第三方验收合格后,方可用于主体结构施工放样。

3.3 主体结构施工测量

主体结构施工测量包括底板、中板、顶板、侧墙和洞门钢环的测设,用坐标法精确放样结构轴线和边线,放线误差不超过 $\pm 10\text{mm}$ 。底板施工时先放样结构中线和边线,钢筋绑扎完毕后,准确测量柱子、站台板插筋的位置;中板和顶板施工前复核地下控制网,复测底板控制点高程和坐标,逐层上传控制基准。洞门钢环测设为重点工序,用特制铝合金标尺测设洞门中心坐标和高程,中心坐标误差不超过20mm,高程误差不超过20mm,为盾构始发提供准确的基准。

3.4 竣工测量

车站主体结构竣工后进行竣工断面测量,直线段每6m测设一个断面,曲线段每4.8m测设一个断面,重点测设结构净空、线路中线偏差、站台标高和限界尺寸。测量使用高精度全站仪,断面横向误差 $\leq 10\text{mm}$ 、高程误差 $\leq 20\text{mm}$,站台边线宁大勿小、宁低勿高,保证车站净空符合运营要求,测量成果整理归档,提交业主。

4 施工测量误差来源分析

4.1 仪器误差

仪器误差属于系统误差,主要是由于仪器本身的精度和检定的误差所引起的。全站仪测角、测距会有固有的误差,电子水准仪补偿器精度、水准尺刻度误差、仪器长途运输、长期使用造成的轴系偏差、零点漂移等都会影响到测量数据的准确性。如果仪器的检定到期或者日常检校不到位,误差就会进一步放大,从而造成控制点的坐标、高程的测量出现偏差,进而影响到细部放样的准确性。

4.2 人为操作误差

人为误差属于测量误差的主要来源,在内业计算以及现场操作的整个过程中都存在。内业过程中,坐标换算、数据计算出错,图纸审核不细,苏州城市坐标与轨道坐标转换错误,平差计算疏忽等原因造成的基础数据误差,现场操作上仪器对中整平不准、棱镜偏心、读数误差、视线偏差等也会导致测量误差。另外,由于测量人员责任心不强、专业能力欠缺,没有实行双人复核制度,也会造成误差的累积。

4.3 外界环境误差

明挖车站施工大多处于露天状态,受外界环境的影响较大。高温、大风、雨雪天气会引起仪器视线折射偏差,基坑周边扬尘、强光影响观测清晰度,地面沉降、温度变化引起钢尺热胀冷缩,影响高程传递精度,施工现场强电磁干扰、机械振动会干扰全站仪和电子水准仪的正常工作,造成数据采集误差。另外,光照温差造成基坑围护结构变形,间接对控制点稳定产生影响,加大了测量误差。

4.4 施工扰动误差

明挖顺作法施工时基坑开挖、支撑架设、混凝土浇筑等作业都会对地层造成扰动和结构变形,使地面及地下控制点位移、沉降,破坏控制基准的稳定性。基坑开挖深度为17.3m,土体卸载容易引起周边地表沉降和基坑侧壁位移,地下控制点埋设不牢固,随结构沉降而偏移;盾构始发施工的振动和荷载,也会对车站端头井控制点精度造成影响,从而引起后续测量基准偏差,产生施工扰动误差。

5 测量精度控制措施

根据裕新路站施工特点,从仪器管理、人员管控、流程规范、环境防控、控制点保护五个方面制定全方位的精度控制措施,最大程度地减小误差,保证测量成果准确可靠。

5.1 仪器精细化管理与检校

建立仪器专用台账,专人负责,所有的测量仪器都必须经由法定计量机构检定合格,且在有效期内才能使用。施工期间每个月度对全站仪、水准仪做一次日常检校,长途运输后马上进行轴系校正、零点校核;钢尺使用前进行尺长、温度、倾斜改正,电子水准仪提前输入参数,开启自动观测模式,减小仪器系统误差。施工现场做好仪器的防护工作,防止仪器受到阳光暴晒、雨淋、机械撞击而影响其工作状况。

5.2 强化人员培训与复核制度

组织测量人员进行专业培训,了解规范要求、图纸内容、坐标转换的过程,考核合格后上岗。严格按照内业计算双人复核制度执行,坐标换算、高程计算完成后,由专人独立计算,用两种以上平差软件进行交叉验证,防止出现计算失误;现场测量实行观测、记录、复核分离制度,仪器对中整平、棱镜安

置、数据读数均由专人复核，关键点位放样完成后，用不同的控制点反向复核，保证现场放样的零失误。

5.3 规范测量操作与环境适配

现场测量选择无风、阴天、光线柔和的时段，避开高温、强光、大风天气；高温天气测量时对仪器进行遮阳处理，钢尺测量时记录温度，实时进行温度改正；观测视线避开障碍物、扬尘和热源，保证视线清晰。平面控制测量采用多测回观测法，水平角观测4测回，边长往返观测2测回，测回间数据较差满足规范要求；高程测量按照前后视距相等原则来执行，以削减仪器补偿误差，提升观测精度。

5.4 严控施工扰动与控制点保护

控制点用混凝土标桩埋设，顶面加装不锈钢标识，强制对中盘保证牢固平直，地下控制点布置在结构底板稳定的区域，避开施工干扰。施工期间严禁碰撞、覆盖控制点，定期观测控制点的沉降和位移，发现点位偏移立即复测修正；基坑开挖及主体结构施工期间，加大控制网复测频次，对关键工序施工前再增加测设，保证控制基准始终保持稳定。在优化施工工序的同时减小了机械振动和土体扰动对控制点产生的影响，从而降低了施工扰动误差。

5.5 全流程精度管控与验收

制定出各工序测量精度标准，对围护结构、主体结构、洞门测设的误差允许范围作出规定，每道工序测量完成后立即整理资料报监理和第三方测量单位验收，验收合格后再进入下一道工序。创建测量误差预警机制，当测量数据的偏差超过允许值时，马上查找误差的原因，重新测量进行校正，防止误差的累积造成工程质量的不合格。施工全过程做好原始记录及资料归档工作，保证测量工作的可追溯性。

参考文献：

- [1] 杨士佳.满堂承插型盘扣支架系统在明挖顺作法地铁车站中的应用[J].建材世界,2022,43(02):144-147.
- [2] 陶连金,代希彤,黄美群,等.盖挖逆作法与明挖顺作法施工变形控制对比[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2020,39(02):136-144.
- [3] 涂江华,王帆.明挖顺作法在多层支撑体系深基坑中的优化与改进[J].水利建设与管理,2018,38(12):22-24+9.
- [4] 段李浩.城市轨道交通施工中明挖顺作法施工技术分析[J].工程建设与设计,2018,(21):204-206.
- [5] 王卫刚.市域铁路软土明挖区间隧道施工技术研究[J].建筑技术开发,2017,44(12):117-119.

6 误差验算与成果评定

裕新路站施工测量完成之后，按照规范要求对误差进行验算和成果评价，主要控制指标全部符合《城市轨道交通工程测量规范》GB50308-2017的要求，主要结果如下。平面控制网精密导线全长相对闭合差 $1/42000$ ，比规范允许值小 $1/35000$ ，测角中误差 $\pm 2.2''$ ，比规范允许值小 $\pm 2.5''$ ，相邻点相对点位中误差 $\pm 6\text{mm}$ ，符合 $\pm 8\text{mm}$ 的规范要求；高程控制网二等水准路线闭合差 $\pm 5\text{mm}$ ，小于规范允许值 $\pm 8\sqrt{L}\text{mm}$ （L为水准路线长度，单位：km），每公里往返测高差中误差 $\pm 0.25\text{mm}$ ，满足精度指标。主体结构施工测量，底板、中板、顶板轴线放样误差 $\pm 6\text{mm}$ ，洞门中心坐标误差 $\pm 12\text{mm}$ ，高程误差 $\pm 15\text{mm}$ ，均满足规范允许的偏差；竣工断面测量，结构净空横向误差 $\pm 8\text{mm}$ ，高程误差 $\pm 16\text{mm}$ ，站台边线及标高偏差符合限界要求，车站横向贯通误差 $\pm 35\text{mm}$ ，竖向贯通误差 $\pm 18\text{mm}$ ，均满足规范所允许的横向 $\pm 50\text{mm}$ 、竖向 $\pm 25\text{mm}$ 的指标。根据评定结果，本次裕新路站明挖顺作法施工测量精度达到要求，误差符合要求，保证了车站结构施工质量和盾构始发基准点的准确，为后面区间贯通打下了良好基础。

7 结论

本文以苏州市轨道交通8号线裕新路站为例，对明挖顺作法地铁车站施工测量精度控制及误差进行分析，得出如下结论：明挖顺作法车站施工测量误差主要是由仪器误差、人为误差、环境误差、施工扰动四种原因引起的，采用精细的仪器管理、严格的双人复核制度、规范的现场操作、加强控制点保护、全流程验收管控的方法可以有效降低各种误差，达到施工精度要求，控制网复测和动态控制是保证测量精度的关键，定期复测和关键节点加测可以及时修正点位偏差，保证控制基准稳定。