全站仪在公路路基路面施工放样中的应用与误差分析

谢海明

（肇庆市技师学院，广东 肇庆 526040）

摘 要 公路路基路面施工放样精度要求高，全站仪因设站灵活、坐标放样便捷而被广泛采用。为规范其作业流程并控制放样偏差，本文依托某公路项目，从控制点复核、仪器检校、放样数据准备、现场放样实施及成果复核等环节，梳理全站仪放样方法，分析相应误差，并提出针对性的控制措施，以期为公路路基路面施工放样精度控制提供有益参考。

关键词 全站仪；路基放样；路面放样；施工测量

中图分类号：U412.24；P204 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.30.042

0 引言

公路路基路面施工放样要将设计线形、结构层边线、高程准确传递到现场，其精度直接影响到路基宽度、边坡位置、路面厚度、平整度。路基施工阶段用中线、边桩、开口线来控制，路面阶段用基层边线、面层边线、高程来控制。本文根据某全长6.48 km公路项目，对控制点、仪器、操作、环境、计算误差进行分析，评价放样精度，提出施工建议，为同类施工放样提供参考。

1 案例项目概况

1.1 工程概况

案例工程为某公路路基路面施工标段，路线起讫桩号为K0+000～K6+480，全长6.48 km。项目为双向四车道，设计速度为80 km/h，路基宽度24.5 m，路面宽度23.0 m。沿线地形为缓丘和平原微丘，局部路段填挖交替，最大填高为6.2 m，最大挖深为5.8 m。施工区域布设GNSS E级控制网，控制点间距约500 m，并采用全站仪进行控制点加密和施工放样。项目所在区域季节性降雨较为明显，对观测时段和放样节奏存在一定影响，因此施工放样需结合天气条件合理安排。

1.2 路基路面结构

路基采用整体式断面，标准横断面为行车道、硬路肩、土路肩和中央分隔带。填方路段边坡坡率一般为1:1.5，挖方路段根据岩土类别采用1:0.75～1:1.0。路基压实度按规范分区控制，填方路基应分层填筑、分层压实，挖方路基应控制边坡开口位置和坡率。路面结构由沥青混凝土面层、水泥稳定碎石基层和底基层组成，面层分为上面层和下面层，基层和底基层分两层摊铺。

由于路基路面分层施工，放样控制要和各个结构层边线、高程、横坡相适应。路基阶段控制中线、边桩、开口线，路面阶段控制基层边线、面层边线、高程、横坡。曲线段、超高段、横坡变化段，根据设计坐标逐桩计算放样数据，防止结构层宽度变化引起的边线误差[1]。

1.3 放样精度要求

路基路面放样精度直接影响路线线形、结构层厚度及路面平整度。依据现行公路施工规范及设计文件，放样控制主要包括中线、边桩、开口线、基层边线、面层边线和高程。主要限差要求如下：（1）路基中线偏位不大于20 mm。（2）路基边桩偏位不大于30 mm。（3）路面边线偏位不大于10 mm。（4）高程放样限差为±5 mm。

放样前需对控制点进行复核，确认坐标和高程成果可靠；放样中宜采用全站仪坐标法或极坐标法，逐点测量并检核。对于关键桩号、构造物衔接段及曲线控制点，应增加检核次数。

2 全站仪用于公路路基路面施工中的放样作业

2.1 控制点复核

控制点复核是全站仪放样的前置环节，目的是在控制点坐标、高程成果在现场条件下依然可靠。作业前应收集项目控制网成果、点之记、设计坐标、高程

作者简介：谢海明（1974-），男，本科，一级实习指导教师（中级），研究方向：公路养护。

资料，核对控制点等级、点位位置和保存状态。该项目平面控制用 GNSS E 级网，高程控制用四等水准联测，因此复核工作要分别对平面、高程两类成果进行[2]。

平面复核采用全站仪观测相邻控制点间的水平角与边长，并与坐标反算值比较；高程复核可采用三角高程或水准方法，将复测结果与原成果比较。具体复核内容包括：（1）边长与角度复核。观测相邻控制点的水平角、斜距或平距，将反算边长和角度与实测值比较，较差应满足相应规范限差。（2）高程复核。采用三角高程或水准联测，确认控制点高程未发生明显变化。（3）点位稳定性复核。检查标石稳固性、护桩完整性以及点位是否位于施工影响范围之内。

2.2 仪器检校

全站仪及其配套棱镜应处于检定有效期内，作业前完成必要检校。检校内容主要包括：（1）三轴关系与补偿器检校。检查视准轴、横轴与竖轴之间的几何关系，确认补偿器工作正常。（2）度盘与测距检校。检查水平度盘、竖直度盘指标差，测定测距加常数和乘常数。（3）棱镜常数与对中器检校。核对棱镜常数设置，检查光学或激光对中器的对中精度。

高精度放样时，棱镜常数设置错误会造成固定尺度偏差，仪器参数必须和所用棱镜一致。作业前还要检查电池电量、存储空间、气泡、脚架、对中杆的状态。设站时全站仪必须严格对中整平，后视定向时宜用第三个已知点进行检核。若检核坐标差值大于限差，则需重新定向或者检查仪器参数。检校记录应作为测量资料归档，不合格仪器不得投入使用。

2.3 放样数据准备

放样数据准备以设计文件和路线要素为依据。根据直线、缓和曲线和圆曲线要素，逐桩计算中桩坐标、切线方位角及各结构层边线坐标。计算内容主要包括：（1）路基放样数据。包括中线点、边桩点、边坡开口线点的平面坐标与设计高程。（2）路面放样数据。包括基层边线、面层边线坐标及各层设计高程。（3）特殊路段数据。包括曲线起终点、缓圆点、圆缓点、超高渐变段及构造物衔接段的加密点数据。

放样数据要经过独立校核。校核内容有桩号连续性、坐标计算正确性、相邻点距离和方位角、边线宽度、横坡方向、高程传递关系。关键位置要单独标识并加密放样点。整理好的数据可以导入全站仪，也可以打印出放样表，方便外业记录和复核。数据准备阶段的错误一般具有系统性，一旦进入现场就很难通过单点检核来发现，因此独立校核环节不能省略[3]。

2.4 放样作业实施

放样作业按照设站、定向、放样、检核、记录的顺序来进行。设站时选择稳固、通视良好的控制点，全站仪对中整平后输入测站坐标、仪器高、棱镜高。后视定向可以使用已知点坐标或者方位角的方式进行，并且用第三点进行检核。坐标放样时，仪器按照测站坐标和待放点坐标来计算方位角和水平距离，计算公式为：

$$d=\sqrt{(x_p-x_s)^2+(y_p-y_s)^2} \quad (1)$$

$$\alpha=atan2(y_p-y_s,x_p-x_s) \quad (2)$$

式（1）、（2）中：x_s、y_s 为测站坐标；x_p、y_p 为待放点坐标；d 为水平距离；α 为方位角。

棱镜对中杆置于待放位置后，观测坐标与设计坐标较差满足要求即可标定。作业实施的主要环节如下：（1）路基放样。先恢复中线，再依据设计宽度和坡率放出边桩、开口线，并控制各层高程。（2）路面放样。根据基层和面层宽度放出边线，结合设计高程和横坡控制松铺厚度。（3）加密与辅助检核。曲线段、超高段及视距不良处应加密放样点，必要时采用偏角法或逐渐趋近法辅助检核。

每站放样完成后，应对已放点进行复测，记录点位偏差；迁站后应重新定向并检核公共点。

3 全站仪用于公路路基路面施工中的放样误差分析

3.1 误差来源

全站仪放样误差控制点复核、仪器检校、数据准备、现场作业全过程。根据误差来源分为控制点误差、仪器误差、操作误差、环境误差、计算误差。控制点误差属于起算数据误差，会以系统性方式传达到所有的放样点上；仪器误差主要是由于测角、测距和棱镜常数的偏差造成的[4]；操作误差是指对中整平、后视定向、棱镜放置、照准精度等操作中出现的误差；环境误差是由温度、气压、大气折光、风力等因素引起的；计算误差则可能出现在坐标推算、方位角计算、高程传递这三个环节上。

3.2 控制点误差

控制点误差是放样误差的主要来源。如果站点或者后视点本身存在点位偏差，那么所有由该站放出的点都会产生同向偏移。平面控制点误差主要是由控制网观测精度、平差模型和点位稳定性所造成的；高程控制点误差主要是由水准联测精度以及沉降变形所引起的。项目使用 GNSS E 级网和四等水准联测，虽然可以满足控制要求，但施工期间机械振动、填挖荷载和降雨等都会造成局部点位位移，因此需要定期复测。

控制点误差对放样点的影响是传递的。当站点存

在平面偏差时，放样点就会随之产生近似的同量偏移；后视点存在偏差时，方向也会发生偏差，而且方向偏差对于远离测站的放样点影响更大。因此放样前要对设站点、后视点进行复核，并选择第三个已知点作为检核点。对于施工影响范围内控制点，要检查标石稳固性、护桩完整性。复核结果超限时，不能直接使用放样，必须查明原因后重新观测或者平差。控制点复核记录应完整归档，作为后续误差分析的原始依据。

3.3 仪器操作误差

仪器操作误差直接决定现场放样精度。对中整平误差会造成测站坐标发生偏移，进而造成观测方向和距离的系统性偏差；后视定向误差会造成全站仪水平度盘定向产生偏差，造成所有放样点绕测站旋转；棱镜对中杆倾斜或者棱镜常数设置错误就会造成固定的距离偏差。实际作业中操作误差一般比仪器标称精度大，应该作为误差控制的重点。

3.4 放样精度评定

放样精度评定以设计限差和实测偏差为依据。根据项目要求，路基中线偏位不大于20 mm，边桩偏位不大于30 mm，路面边线偏位不大于10 mm，高程限差为5 mm。评定时要分别统计平面点位中误差和高程中误差，然后和限差比较。平面点位中误差是用检核点实测坐标减去设计坐标得到的差值来计算的；高程中误差是用检核点实测高程减去设计高程得到的差值来计算的。检核点数量应该包含直线段、曲线段、超高段和构造物衔接段，保证评定结果有代表性[5]。

4 全站仪用于公路路基路面放样中的施工建议

4.1 控制点保护

控制点是全站仪放样的起算依据，其稳定性直接影响到放样成果的可靠性。施工期间填挖作业、机械行驶、材料堆放、降雨冲刷等都会造成控制点位移或者标石损坏，所以要将控制点保护纳入现场管理。对于位于路基范围内的控制点，在施工前要完成迁建或者加固工作，迁建之后需要重新联测并更新成果。位于路基范围外的控制点应设置醒目护桩和警示标识，防止机械碰撞。测量人员负责定期巡查、复测，施工人员不得擅自移动、覆盖控制点。填方路段施工时，在控制点周围不得堆载、取土；挖方路段施工时，不得边坡开挖影响控制点基础稳定。雨季施工前，对控制点排水情况进行检查，必要时加设排水设施。

4.2 放样过程控制

放样过程控制以作业规范化、检核制度化为主要内容。设站前要对控制点复核成果进行确认，仪器检校记录要完整；设站时要严格对中整平，后视定向后用第三已知点检核。放样数据要提前校核，桩号、坐标、高程、边线宽度不能出现系统性错误。现场放样时，要按照先控制后细部、先整体后局部的顺序进行，路基阶段以中线、边桩、开口线为要点，路面阶段以基层边线、面层边线、高程为要点。曲线段、超高段、构造物衔接段应该增加放样点和检核点。曲线段可以按照设计要素逐桩计算坐标，在曲线起终点、缓圆点、圆缓点处单独设点检核；超高段应该根据横坡变化控制边线位置和高程；构造物衔接段要提前和相关施工工序协调，防止因放样点被覆盖或者破坏而返工。

4.3 成果复核

复核内容应该包含平面位置、高程、边线宽度、横坡方向和点位密度。平面复核可以用全站仪复测、钢尺丈量或者已知点检核的方式；高程复核可以用全站仪三角高程或者水准方法。复核比例要包含关键桩号和薄弱环节，对路基中线、边桩、开口线和路面边线要逐点或者按较高比例进行检核。

复核结果要形成记录并与设计限差比较。平面点位偏差、高程偏差超过限差时，应分析误差来源，采取相应的纠正措施。对于同向偏移的多个点，先检查控制点、后视定向、棱镜常数；对于随机离散的偏差，检查对中整平、棱镜放置、照准操作。复核记录、放样记录、仪器检校记录一起归档，形成可追溯的质量资料。

5 结束语

全站仪用于公路路基路面施工放样时，控制点稳定性、后视定向、仪器对中整平、棱镜常数设置等都是影响成果质量的重要因素。现场作业应按照先复核控制点、再检校仪器、后放样检核的顺序进行操作，对曲线段、超高段、构造物衔接段进行加密检核，保证路基边线、路面边线、高程传递的可靠性。

参考文献：

[1] 徐彬轩.软土地区新建高速公路路基施工中超大体量泡沫混凝土的实践[J].黑龙江交通科技,2025,48(11):58-61,74.
[2] 谢金龙.GPS-RTK技术在高速公路路面施工测量中的精度控制与研究[J].建筑机械,2026(07):121-125.
[3] 田晓鹤.公路沥青路面固化土基层施工技术分析[J].交通世界,2023(31):76-78.
[4] 鲁攀,黄齐龙,谌启阳,等.鄂西地区红砂岩路基填筑施工要点[J].交通世界,2025(25):54-56,60.
[5] 吴舒杰.GPS RTK技术在公路勘测设计与路线施工放样中的应用[J].工程机械与维修,2026(08):109-111.