|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 17.020 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png XJBX |   A 75 |

西安市计量标准检测认证协会团体标准

T/XJBX 0036—2025

公路工程高精度GNSS测量技术规范

Specification for high-precision GNSS surveying technology in highway engineering

2025 - XX - XX发布

2025 - XX - XX实施

西安市计量标准检测认证协会  发布

目次

[前言 III](#_Toc200375024)

[引言 V](#_Toc200375025)

[1 范围 1](#_Toc200375026)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc200375027)

[3 术语和定义 1](#_Toc200375028)

[4 总体要求 2](#_Toc200375029)

[5 设备与系统要求 3](#_Toc200375030)

[6 测量作业流程 3](#_Toc200375031)

[7 质量控制与验收要求 5](#_Toc200375032)

1. 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由西安市计量标准检测认证协会提出并归口。

本文件起草单位：牡丹区公路事业发展中心、广西壮族自治区金城江公路养护中心、山东高速路桥工程试验检测有限公司、廊坊市交通公路工程有限公司二公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、温州市洞头交通发展股份有限公司、山西路安交通科技有限公司、内蒙古路桥工程技术检测有限责任公司、丹东诚达公路工程监理咨询有限公司、河南山河建设工程有限公司、凌海市自然资源服务中心、锦州市自然资源服务中心、凌海市城乡建设服务中心、凌海市自然资源局。

本文件主要起草人：王森、韦国登、朱宇超、张杏开、荆海峰、郑金矛、张辉、成旭振、赵文斌、刘晓东、孙世昌、闫晓艳、齐舒燕、郜震、蔡闯、李小昙、胡玉善、杨彬。

1. 引言

随着公路工程建设日益向智能化、高精度和数字化方向发展，传统测量手段在精度、效率及信息集成方面已难以满足现代工程需求。全球导航卫星系统（GNSS）技术，特别是以北斗、GPS、GLONASS、Galileo等为代表的多系统融合定位手段，正广泛应用于公路工程的测量、放样、变形监测、施工控制等多个环节，成为提升工程测绘精度与效率的关键技术之一。

高精度GNSS测量不仅可以实现厘米级甚至毫米级定位，还能通过RTK、PPK、网络差分等技术手段完成复杂环境下的连续作业，并与无人机、移动测量平台、BIM等数字工具融合，助力全生命周期工程信息管理。在此背景下，建立一套系统、科学、可操作性强的GNSS高精度测量技术规范，对于统一行业应用标准、提高工程质量控制水平、保障施工安全和推进数字化转型具有重要意义。

本文件在广泛调研实际工程需求、借鉴现有技术经验及标准体系的基础上，结合当前GNSS测量设备、算法、平台及配套应用软件的技术发展趋势，提出了适用于公路工程全流程中高精度GNSS测量的基本要求与技术路径。文件内容涵盖测量设备配置、外业操作流程、数据处理方法、质量评估指标、成果表达形式及典型应用场景等方面，为从业单位在规划、设计、施工及养护阶段提供了标准化技术依据。

公路工程高精度GNSS测量技术规范

* 1. 范围

本文件规定了公路工程中采用高精度GNSS技术进行测量的总体要求、设备与系统要求、测量作业流程及质量控制与验收要求等方面内容。

本文件适用于在新建、改扩建及养护维修等各类公路工程项目中，基于多系统融合GNSS技术开展的平面控制测量、高程控制测量、线路测设、结构变形监测、施工放样与进度跟踪等工作。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 28059—2023 公路网图像信息管理系统 平台互联技术规范

GB/T 15314—2024 精密工程测量规范

GB/T 18314—2024 全球导航卫星系统（GNSS）测量规范

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

全球导航卫星系统 global navigation satellite system，GNSS

由多个卫星星座组成的全球性定位系统，能够提供全球范围内的三维定位、速度和时间信息。包括GPS（美国）、GLONASS（俄罗斯）、Galileo（欧盟）、北斗（中国）等系统。

实时动态定位 real-time kinematic，RTK

一种利用基准站实时发送观测数据，通过差分改正实现厘米级定位精度的技术，广泛应用于工程测量、施工放样等场景。

后处理动态定位 post-processed kinematic，PPK

在现场采集原始观测数据后，通过后处理方式完成定位解算的技术，适用于无法保证实时数据传输的环境，精度可达厘米级。

CORS系统 continuously operating reference stations

由多个高精度GNSS基准站组成，通过数据传输网络形成连续运行的差分定位服务网络，为用户提供连续、稳定、高精度的定位服务。

坐标转换 coordinate transformation

在不同测量基准之间通过数学模型进行的位置换算过程，常用于将GNSS观测结果转化为工程设计坐标系中的位置数据。

高程拟合 elevation fitting

通过与已知高程点对比，采用拟合算法修正GNSS椭球高至实际正高的过程，用于提高高程数据的地形适应性。

* 1. 总体要求
     1. 精度要求与测量等级

应根据公路工程项目的不同阶段和精度需求，选择相应的GNSS测量方式，并合理设定测量等级，详见表1。

1. 不同测量用途对应的GNSS精度等级与技术方式表

| 测量用途 | 推荐测量方式 | 平面精度（mm） | 高程精度（mm） |
| --- | --- | --- | --- |
| 控制测量 | 网络RTK/PPK | ±10 | ±15 |
| 放样测量 | RTK | ±20 | ±30 |
| 变形监测 | 静态GNSS /PPK | ±5 | ±10 |
| 进度跟踪 | RTK/CORS | ±30 | ±50 |

* + 1. 作业环境要求

GNSS作业现场应具备良好的卫星信号接收条件，避免高大建筑物、树木、电磁干扰源等对信号造成遮挡或干扰。如在遮挡区域内作业，应采用融合测量手段或引入中继基站、升高天线等技术手段提高数据质量。

* + 1. 作业人员与技能要求

测量人员应具备GNSS相关专业背景知识，熟练掌握所使用GNSS设备的操作流程、数据采集和后处理软件，具备独立开展作业及初步故障判断处理能力。

* + 1. 数据管理与备份要求

采集过程中产生的原始观测数据、中间计算数据及最终成果数据应按规范要求进行分类存储与命名，建立备份机制，确保数据的完整性与可追溯性。

* 1. 设备与系统要求
     1. GNSS接收机性能要求

GNSS接收机应具备多系统兼容能力，支持接收GPS、GLONASS、Galileo、北斗等主流卫星信号，具备抗多路径干扰能力，并支持RTK、PPK及静态测量模式。

主要性能指标如下：

1. 通道数不低于 336；
2. 定位更新率不低于 5Hz，推荐使用10Hz；
3. 支持平差解算、差分解算、星历预测及站间基线计算功能；
4. 可储存不少于10万个观测点数据，具备USB、蓝牙、Wi-Fi等多种数据导出方式。
   * 1. 天线与基座配置要求

GNSS测量天线应采用抗多路径设计，具备良好的相位中心稳定性。天线应配备标准接口，可适配不同型号的接收机；基座应稳固、抗风，具备水平调整与标高调节能力。

* + 1. 数据通信系统

应选用稳定的数据传输系统，实现移动测量终端与基准站或CORS系统之间的实时数据通信。通信方式可包括蜂窝网络、UHF电台或Wi-Fi中继网络。通信延迟应控制在2秒以内，误码率小于0.1%。

* + 1. 数据处理系统

应配备具备坐标转换、差分解算、误差分析与成果图形展示功能的数据处理软件，并支持与工程设计软件的数据接口。软件应符合数据可追溯性和版本管理要求，具备完整的日志记录功能。

* + 1. 电源与续航能力

所有外业设备应具备持续作业所需的电源保障能力。建议使用锂电池组并配置应急电源箱，电池续航时间不低于8小时。必要时应配备太阳能板、充电逆变器等野外续电手段。

GNSS设备系统的选型与配置应充分考虑测量任务的复杂性与精准性需求，为高精度测量工作的顺利实施提供坚实的技术支撑。

* 1. 测量作业流程
     1. 作业准备

在测量实施前，应完成以下准备工作：

1. 项目需求分析：明确测量目的、精度等级、测区范围、输出成果类型等；
2. 设备校核与调试：对GNSS接收机、天线、通信模块进行开机检测、精度验证及参数初始化，确保设备运行状态良好；
3. 控制点布设方案制定：制定控制网布设方案，确定基准站位置、辅网密度与传递路径；
4. 辅助资料收集：获取现有地形图、设计图、航摄资料或历史控制点信息，为测量布设提供支撑。
   * 1. 外业数据采集

高精度GNSS外业采集应严格按照计划进行，采集过程应包括但不限于：

* 1. 静态控制测量；
  2. RTK动态测量或PPK作业；
  3. 关键点多次观测与时间窗口错开复测；
  4. 每日记录环境条件（天气、遮挡、磁干扰等）；
  5. 观测日志、设备日志、照片资料等全过程留痕。

高精度GNSS常用作业模式及适用场景要求见表2。

1. 高精度GNSS常用作业模式及适用场景

| 作业模式 | 特点 | 适用场景 |
| --- | --- | --- |
| 静态测量 | 精度高、耗时长 | 控制网建立、基准点复测 |
| RTK测量 | 实时性强、精度适中 | 工程施工放样、路线测量 |
| PPK测量 | 可后处理、抗通信干扰 | 高干扰区域、遮挡场地 |

* + 1. 数据处理与成果整理

数据收集后要对其进行处理并及时整理，要求如下：

1. 原始数据整理：将现场采集的RINEX文件、RTCM流、接收机日志、照片等资料按测区、时间分类备份；
2. 差分解算与坐标转换：采用专业处理软件进行基线计算、平差处理、投影转换等；
3. 成果格式化输出：成果应包括控制点成果表、作业记录、误差统计、图件文件等，确保数据结构清晰、满足项目交付要求。
   * 1. 成果质量检查

所有成果须通过质量检查方可使用。检查内容包括：

* 1. 点位复测偏差不超过规定限值；
  2. 数据完整性、连续性与逻辑一致性良好；
  3. 坐标系统、单位、格式与设计要求匹配；
  4. 所有操作均可追溯，有日志支撑。

测量作业流程的标准化管理是确保测量精度、提升工程质量的核心环节，需在全过程中严格执行。

* 1. 质量控制与验收要求
     1. 质量控制机制

质量控制应体现主动预防、过程监督和结果检验的结合，可从以下几个方面进行：

1. 作业制度建设：建立测量任务审查、设备核验、作业人员持证上岗等制度，规范人员操作与项目流程；
2. 现场复核制度：关键点位须由不同人员或不同设备独立复测，以验证数据一致性；
3. 异常数据管理：发现观测误差超限、设备漂移、记录缺失等问题时应及时记录并重测处理；
4. 技术审核机制：成果提交前，须由专业技术人员组织复核、交叉校验，形成质量技术说明。
   * 1. 数据精度指标

GNSS测量成果的精度应满足表3要求。

1. GNSS测量成果主要精度指标

| 项目 | 控制测量允许误差 | RTK测量允许误差 |
| --- | --- | --- |
| 平面位置中误差 | ≤ ±(5 + 5ppm × 距离) mm | ≤ ±(10 + 10ppm × 距离) mm |
| 高程中误差 | ≤ ±(10 + 5ppm × 距离) mm | ≤ ±(20 + 10ppm × 距离) mm |
| 基线相对闭合差 | ≤ 1:40000 | - |
| 坐标重复观测误差差值 | ≤ ±8 mm（水平）、±12 mm（高程） | ≤ ±15 mm（水平）、±25 mm（高程） |
| 1. ppm表示每百万单位距离产生的误差增量。 | | |

* + 1. 成果验收流程

成果验收应按照以下流程开展：

1. 初步审核：项目组对照技术方案与成果要求进行初步校核，发现明显错误予以修改；
2. 技术复核：技术负责人或第三方专家对核心点位、数据精度、过程文档等进行审核；
3. 现场抽检：对部分点位进行现场实测复查，验证数据一致性；
4. 成果归档：验收通过后，成果应按照档案管理要求分类编号，形成电子文档与纸质文档存档；
5. 签署报告：形成正式验收报告，记录评估意见与责任人员签名，作为结项依据。
   * 1. 问题处理与责任追溯

如在后续工程中发现测量数据误差超过规范限值，应追溯相关环节责任，包括设备维护、数据处理及人员操作。同时，建立改进机制，对问题进行技术分析并形成经验反馈，避免类似问题重复发生。

高标准的质量控制体系是公路工程GNSS测量结果可用性与可信度的保障，应贯穿项目实施全过程。

