

ICS 17.020
CCS A75

TMAC 团体标准

T/TMAC XXX-2024

高速公路北斗网络 RTK 技术应用指南

Application Guidelines for RTK Technology of BDS Network on
Highways

2024-xx-xx 发布

2024-xx-xx 实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人均可提出制修订TMAC标准的建议并参与有关工作。TMAC标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本标准著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本标准。第三方机构依据本标准开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B

邮政编码：100036

电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn

电子信箱：136162004@qq.com

目 录

前 言	1
1 总则	2
2 术语、定义和符号	2
2.1 术语和定义	2
2.2 符号	3
3 基本规定	4
4 技术要求	4
4.1 参考基准	4
4.2 平面控制点测量	5
4.3 高程控制点测量	6
4.4 外业测量要求	7
4.5 精度评定	8
5 仪器设备要求与操作	8
5.1 仪器设备要求	8
5.2 仪器设备检验	9
5.3 差分数据获取	10
5.4 测量数据采集	11
5.5 点放样	13
6 数据处理	13
6.1 基本要求	13
6.2 坐标转换技术要求	14
6.3 高程拟合技术要求	15
7 资料提交与成果验收	16
附录A RTK成果记录表	18
附录B RTK账号申请表	19
附录C 用词用语说明	20

前 言

本文件按照《公路工程标准编写导则》（JTGA04—2013）的规定起草。

本文件的编制可进一步推动网络RTK技术的应用，填补我国高速公路北斗网络RTK技术应用指南的空白，完善网络RTK技术应用体系，系统提出网络RTK在高速公路场景下使用规范和技术要求，提高网络RTK技术规范化水平，提升RTK作业水平和测量精度，促进高速公路智能建造转型升级，引领行业高质量发展。

本文件贯彻交通转型升级、提质增效的发展理念，按照协调性、前瞻性，面向规范使用对象的原则编制，通过深入调查研究，借鉴国内外相关标准，吸纳相关的网络RTK测量先进技术，结合行业发展现状和发展需求制定而成。

《高速公路北斗网络RTK技术应用指南》分为7章：1总则，2术语、定义和符号，3基本规定，4技术要求，5仪器设备要求与操作，6数据处理，7资料提交与成果验收。

请注意本文件中的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会交通运输专业委员会提出，由中国技术市场协会归口。受中国技术市场协会委托，由东南大学负责具体解释工作，请有关单位将实施中发现的问题与建议反馈至东南大学（地址：江苏省南京市四牌楼2号；联系电话：15850695630；电子邮箱：shangr@seu.edu.cn），供修订时参考。

主编单位：东南大学

参编单位：中国建筑第七工程局有限公司、华设设计集团股份有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、南京市计量监督检测院

主 编：高成发

编写人员：尚睿、曾腾腾、孙海军、高地振、沈沂、陈倩倩、许振浩、徐大伟

审查专家：

高速公路北斗网络RTK技术应用指南

1 总则

1.0.1 为规范高速公路场景下北斗网络RTK的使用，提高网络RTK作业可靠性与测量精度，提升高速公路智能建造水平，制定本文件。

1.0.2 本文件适用于高速公路的新建、改扩建及运行阶段的控制测量、地形测绘、工程放样、监测与土石方测量等。其它等级的公路可参照执行。

1.0.3 高速公路北斗网络RTK技术除应符合本文件的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语、定义和符号

2.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1.1 实时动态测量—real time kinematic, RTK

GNSS相对定位技术的一种，主要通过基准站和流动站之间的实时数据链路和载波相对定位快速解算技术，实现高精度动态相对定位。

2.1.2 北斗地基增强系统—BDS ground-based augmentation system

由若干地面连续运行北斗基准站、数据通信网络和数据处理中心组成的，提供北斗卫星增强数据采集、存储、传输等服务的系统。

2.1.3 点校正—point correction

为了使区域内坐标系符合外部控制点坐标系，或为了实现区域内两个坐标系之间的转换统一，将RTK采集得到的坐标转换到目标坐标系下的过程。

2.1.4 高程异常—height anomaly

似大地水准面相对于参考椭球面的高度。

2.1.5 高程拟合-elevation fitting

GNSS测量获取的高程为地心地固坐标系的大地高高程，而一般工程测量所用的高程数据是正常高高程，两者之间存在高程异常，可以通过拟合的方式进行高程异常的解算，从而使用正常高代替大地高。

2.1.6 似大地水准面-quasi geoid

从地面点沿正常重力方向量取正常高所得端点构成的曲面。

2.1.7 内符合中误差-internal accord accuracy

在某点上测量得到的瞬时坐标值与坐标均值较差后的统计值。

2.1.8 外符合中误差-internal accord accuracy

在某点上测量得到的坐标值与准确坐标较差后的统计值。

2.1.9 截止高度角-elevation mask angle

为了屏蔽遮挡物(如建筑物、树木等)及多路径效应的影响所设定的高度角阈值，低于此角度视野域内的卫星不予跟踪。

2.1.10 测回数-observation times

同一流动站初始化后获得相应精度结果的观测次数。

2.2 符号

BDS——BeiDou Navigation Satellite System, 北斗卫星导航系统

CGCS2000——China Geodetic Coordinate System 2000, 2000国家大地坐标系

CORS——Continuously Operating Reference Station, 连续运行基准站

CST——China Standard Time, 中国标准时间/北京标准时间

Galileo——Galileo Navigation Satellite System, 伽利略卫星导航系统

GLONASS——Global Navigation Satellite System, 格洛纳斯卫星导航系统

GNSS——Global Navigation Satellite System, 全球导航卫星系统

GPS——Global Positioning System, 全球定位系统

IP——Internet Protocol, 网络互连协议

NFC——Near Field Communication, 近距离无线通信

Ntrip——Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, 互联网RTCM网络传输协议

PDOP——Position Dilution of Precision, 位置精度因子

RTCM——Radio Technical Commission for Maritime Services, 国际海运事业无线技术委员会

USB——Universal Serial Bus, 通用串行总线

UTC——Coordinated Universal Time, 世界协调时

Wi-Fi——Wireless Fidelity, 移动热点

3 基本规定

3.0.1 高速公路北斗网络RTK测量应以标准化作业、信息化管理、高精度成果为原则,提升测量技术水平和数据准确性,确保测量过程安全高效、测量成果精确可靠。

3.0.2 高速公路北斗网络RTK测量工作在实施及管理过程中,必须遵守国家及地方当前关于建设工程和测量工作的相关法律法规,确保测量活动的合法性和规范性。

3.0.3 本文件未进行细化规范的部分,应按照已有网络RTK测量的其他相关标准执行。

3.0.4 高速公路北斗网络RTK测量应符合技术方案和验收标准的相关要求,满足高速公路建设对高精度、高可靠性的要求,并积极采用稳定可靠的新设备和数据处理方法,保证测量的可靠性和提高作业效率。

3.0.5 应开展详细的技术方案设计,对仪器设备选用标准、测量点位选择、网络RTK服务获取、测量工作进度安排等进行规定,确保测量活动的专业性和系统性。

3.0.6 外业测量和内业处理全过程应保证资料完整齐全,实现信息可溯源。

4 技术要求

4.1 参考基准

4.1.1 坐标系统宜采用2000国家大地坐标系。

4.1.2 高程基准宜采用1985国家高程基准。

4.1.3 时间系统宜采用协调世界时(UTC)。当采用北京标准时间(CST)时,应考虑时区差与UTC进行换算。最终成果的时间宜采用北京时间。

4.2 平面控制点测量

4.2.1 北斗网络RTK平面控制点的选择应符合以下要求:

- 1 平面控制点的点位选择、点之记绘制应按照《全球导航卫星系统(GNSS)测量规范》(GB/T 18314-2024)要求执行。
- 2 点位所在的区域应被无线通信网络信号有效覆盖,确保流动站能够通过运营商提供的无线网络稳定接入CORS服务。
- 3 点位视野开阔,视场内连续障碍物的高度角不宜大于 15° 。
- 4 点位远离大功率无线电发射源(如电视台、电台、微波站、大型发射天线等),其距离应大于200m;远离高压输电线路和微波传送通道,其距离应大于50m。
- 5 点位附近不应有强烈反射卫星信号的物件(如大型建筑物等)。
- 6 对符合要求的已有控制点,经检查点位稳定可靠的,可充分利用。
- 7 对于高速公路控制点,应优先选于交通枢纽、服务区、隧道口等特殊位置。
- 8 待测路段的起点和终点应成对选择控制点,便于复测及校核。
- 9 点位选定后应现场制作标记。

4.2.2 北斗网络RTK平面控制点测量主要技术要求应符合表1要求,平面控制点测量应按照以下规范进行:

表1 RTK平面控制测量主要技术要求

等级	点位中误差	测回间点位互差	边长相对中误差	测回数
一级	$\leq 5\text{cm}$	$\leq 2\text{cm}$	1/20000	≥ 4
二级	$\leq 5\text{cm}$	$\leq 2\text{cm}$	1/10000	≥ 3
三级	$\leq 5\text{cm}$	$\leq 4\text{cm}$	1/6000	≥ 2

- 1 每次作业开始前,应进行至少一个同等级或高等级已知点的检核,平面点位较差应不大于3cm。
- 2 平面控制测量每测回开始测量时,须重新搜索、锁定卫星,进行初始化获得固定解,保证各测回间相互独立便于校核。
- 3 两测回之间应保持一定的时间间隔,可在同一天的上、下午,或不在同一天。
- 4 每测回观测历元应不小于20个,采样间隔应不小于2s。
- 5 同一测回中观测平面收敛阈值应不大于2cm,在测量开始前应在手簿中进行设置,超出阈值后应放弃保存并重新进行观测。

6 应取各测回的平面坐标均值作为最终结果。

4.2.3 复杂场景地形控制点布设应符合以下要求：

- 1 山区：选择地势较高、视野开阔的地点，避免遮挡和多路径效应。
- 2 人造建筑物密集区：选择高层建筑物顶部或开阔地带，避免电磁干扰。

4.2.4 大型隧道及复杂特大桥等重点工程应建立工程独立施工平面控制网，并与其他地段的施工平面控制网应进行联测。

4.2.5 隧道洞外平面控制网的布设应符合下列规定：

- 1 隧道应在两端设置控制点，确保信号覆盖。
- 2 两端控制点应沿两洞口连线方向布设成多边形组合图形，构成闭合检核条件。
- 3 进、出口控制点应以直接观测边连接，构成长边控制网，增强图形强度。
- 4 每个洞口平面控制点不应少于3个，且应处理好与隧道两端平面控制网的衔接。

4.2.6 复杂特大桥及重要大桥平面控制网的布设应符合下列规定：

- 1 桥梁应在两端和中间设置控制点，宜包括桥中线点，保证高精度测量。
- 2 平面投影时，宜采用桥址测区中心处的经线作为中央子午线，以桥梁墩（台）顶或轨顶平均高程面作为坐标投影面。

4.3 高程控制点测量

4.3.1 北斗网络RTK高程控制点测量主要技术要求应符合表2要求。

表2 RTK高程控制测量主要技术要求

高程中误差	测回间高程互差	测回数
$\leq 5\text{cm}$	$\leq 2\text{cm}$	≥ 3

4.3.2 北斗网络RTK高程控制点的埋设与平面控制点同步进行，控制点可重合。重合时应采用带十字的标志。

4.3.3 每次作业开始前，宜进行已知点大地高的检核，大地高较差应不大于3cm。

4.3.4 北斗网络RTK观测前设置的高程收敛阈值应不大于3cm。

4.3.5 应取各测回的大地高平均值作为最终结果。

4.4 外业测量要求

4.4.1 外业测量前应准备和检查相关设备和工具，检查内容包括：

- 1 检查测量工具和设备是否完整，包括RTK接收机、对中杆（三角架）、电池、数据线等。
- 2 确保设备正常运行，电池电量充足，避免测量过程中出现问题延误测量进度，必要时携带备用设备和工具。
- 3 检查数据采集器内存或存储卡容量能否满足工作需要。
- 4 检查RTK接收机网络状态，测试RTK账号是否能够正常连接。
- 5 按照5.2节进行其他必要的检查。

4.4.2 外业数据采集操作应符合以下要求：

- 1 测量时应保持对中杆水准气泡居中，必要时宜使用三脚架辅助整平。
- 2 测量控制点时应使用三角架固定仪器，尽量避免手扶，减少人员操作误差影响。
- 3 测量点若是架设在已知点上，要做严格的对中整平。
- 4 对中杆高度宜设置1.8米及以上，测量过程中避免频繁调整杆高，确有需要进行调整后，应及时在手簿中更改相应设置，避免坐标测量错误。
- 5 测量时应时刻关注手簿信号强度及信号稳定情况，尽量选择开阔环境。
- 6 测量人员手持手簿时，应与接收机天线保持适当距离，避免遮挡接收机信号。
- 7 应在坐标稳定时进行采集，具体的精度指标按照4.2节和4.3节执行。
- 8 仅取坐标固定解为测量结果，多次测量计算平均值。
- 9 外业测量完成后，应及时导出、记录和保存数据，测量成果表可参考附录A。

4.4.3 卫星截止高度角应设置为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ，以平衡卫星可见性和多路径效应的影响。

4.4.4 在进行测量时，应监控PDOP的变化，当PDOP大于5时应暂停测量。

4.4.5 网络RTK测量初始化时间不应超过3分钟。如超过3分钟仍未固定解，应重新初始化。

4.4.6 在进行测量时，应注意周围环境对测量精度可能产生的影响。避免在隐蔽地带、成片水域和强电磁波干扰源附近进行观测。例如，在测河塘时，周围的高大树木可能会遮挡卫星信号，导致信号不稳定或信号间断等现象。

4.4.7 应尽量避免在天气恶劣(如雷电交加)、GNSS信号较弱或阳光强烈的正午进行观测。

4.4.8 在重要构造物的放样过程中需要特别谨慎。若使用RTK进行一般结构物或桥梁桩基的施工放样，应注意进行多点校核；在完成点校验后，应复测就近的另一控制点，比对测量数据，以确保测量工作的准确性。

4.5 精度评定

4.5.1 网络RTK定位精度测试内容应包括内符合精度、外符合精度、重复性测试。

4.5.2 内符合中误差为测试点单次观测值的均方根误差，按照公式(1)计算：

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_{1}^{n} (l_m - \bar{l})^2 / (n - 1)} \quad (1)$$

式中：

$\hat{\sigma}$ ——测试点平面坐标分量或高程的内符合中误差，单位为米(m)。

n ——观测值个数。

l_m ——第 m 次观测值，单位为米(m)。

\bar{l} —— n 次观测值的均值，单位为米(m)。

4.5.3 外符合中误差按照公式(2)计算：

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_{1}^{n} (l_m - \hat{l})^2 / n} \quad (2)$$

式中：

$\hat{\sigma}$ ——测试点平面坐标分量或高程的外符合中误差，单位为米(m)。

n ——观测值个数。

l_m ——第 m 次观测值，单位为米(m)。

\hat{l} ——测试点的坐标已知值，单位为米(m)。

4.5.4 应对同一控制点在不同时间进行多次RTK测量。记录每次测量结果，计算测量结果的平均值和标准偏差，最终采用重复性误差作为评价指标。

5 仪器设备要求与操作

5.1 仪器设备要求

5.1.1 宜选用优于表3的技术指标要求的北斗多频接收机。

表3 接收机技术指标要求

类型	平面标称精度/mm	高程标称精度/mm
技术指标	$8+1\times 10^{-6}\times d$	$15+1\times 10^{-6}\times d$
注： d 为基线长度，单位为毫米(mm)。		

- 5.1.2 接收设备包括接收机、天线和天线电缆、数据链设备、数据采集器等。
- 5.1.3 流动站接收设备应具有通信模块，并支持相关数据通信协议。
- 5.1.4 流动站接收设备应具备接收和处理标准差分数据功能。
- 5.1.5 流动站应优先支持BDS数据接收和处理的功能，宜兼容其他系统。
- 5.1.6 应至少能接收北斗 B1I/B2I/B3I频点（北斗二号），B1I/B1C/B2a/B3I（北斗三号），宜兼容GPS L1/L2、GLONASS L1/L2、Galileo E1/E5a频点的信号。
- 5.1.7 应支持实时数据传输和加密。

5.2 仪器设备检验

5.2.1 测量工作开始前，应对仪器进行基本的检验：

- 1 接收机及天线型号应与标称一致，外观良好，无明显破损。
- 2 各种部件及其附件应匹配、齐全和完好，紧固的部件不得松动或脱落。
- 3 检查仪器是否正常工作，包括主机工作状态是否正常、手簿软件是否正常运行。
- 4 检查对中杆水准气泡是否居中准确，可使用全站仪法、悬挂法等方式进行。
- 5 检查手簿和接收机内存是否充足，必要时按照时间顺序进行清理。
- 6 接收机应按《全球导航卫星系统(GNSS)测量型接收机RTK检定规程》(CH/T 8018)定期进行检定，并在检定有效期内使用。

5.2.2 使用全站仪法检校气泡时，应按照如下步骤进行：

- 1 在对中杆上放置棱镜，架设两台全站仪，与棱镜成 90° 角。全站仪宜距离棱镜20m，尽可能令十字丝和目镜成像清晰。
- 2 使全站仪和对中杆气泡居中，全站仪目镜十字丝瞄准棱镜中心，观测棱镜十字丝是否与全站仪目镜十字丝重合，如果不重合，则需调校。
- 3 调校时，调整对中杆使棱镜十字丝与全站仪目镜十字丝重合，此时调整对中杆水泡底部螺旋使水泡居中，并再次核验是否重合。
- 4 完成后，旋转棱镜 90° ，重复以上步骤，完整检验与校准。

5 条件允许时，应优先考虑全站仪法。

5.2.3 使用悬挂法检校气泡时，应按照如下步骤进行：

- 1 将对中杆吊起，使之自然垂直于地面，等对中杆静止，观察水准气泡是否居中。
- 2 不居中时，需要进行调校，反复调整校正螺丝，直至水准气泡在稳定后居中。

5.2.4 电子气泡校准与常规测量的电子气泡校准一致，应按以下规范进行：

- 1 使用倾斜测量前，应提前检查手簿和接收机是否支持倾斜改正功能。
- 2 电子气泡校准时，应将仪器放置于校正基准平台上(如严格整平的基座等)。
- 3 点击开始进行校准，等待界面弹出操作成功的提示，此时电子气泡和基座水平气泡应同时居中。
- 4 电子气泡应定期校准，建议校准时间为30天，为保证校准龄期的有效性，应在仪器中设置相应期限。

5.3 差分数据获取

5.3.1 网络RTK账号根据服务提供方的不同，可以分为自建服务平台账号和商用RTK账号，其获取应按照以下规范进行：

- 1 通过自建服务平台获取RTK服务，需要在CORS软件中添加账号或延长账号期限，并提供给测量人员。
- 2 需要使用RTK账号时，应向具有资质的服务提供方提出申请，填写账号需求信息、申请人/申请单位信息、测量作业区域等内容，申请表可参考附录B.1。
- 3 申请和购买RTK账号时，应明确作业区域，有跨省作业需求时，应当优先使用全国覆盖的RTK账号，避免在服务范围外使用账号。
- 4 RTK账号申请和购买成功后，应明确IP、端口、源节点、账号、密码等五要素信息，并进行连接和定位测试，确保在开阔区域能获取固定解。
- 5 使用RTK账号时，应当遵循服务平台相关规定和保密措施。

5.3.2 RTK测量工作一般通过手簿完成，基本的手簿操作如下：

- 1 打开手簿测量软件，通过蓝牙/Wi-Fi/NFC连接接收机，过程中应核验序列号是否正确(序列号一般位于机身底部)。
- 2 检查接收机状态，包括电池电量、跟踪到的卫星数、PDOP等。
- 3 设置手簿网络，包括Wi-Fi或移动网络两种方式，确保手簿能正常访问外部网络。

5.3.3 差分数据链设置应按照以下步骤进行：

- 1 进入数据链设置界面(通常为移动站设置的下级菜单),网络协议/数据链设置为CORS/Ntrip,并根据已有的RTK账号设置IP、端口、源节点、账户和密码等。
- 2 不同的端口和源节点使用的坐标系统和差分数据流存在差异,应提前与服务提供方确认,并根据实际需求进行选择。
- 3 各项设置完成后,通过保存功能另存为模板,便于多次使用。
- 4 连接成功后,接收机主机应有闪烁或语音等提醒,手簿软件显示应从伪距(单点)变为浮动解或固定解。

5.4 测量数据采集

5.4.1 项目管理应按照以下要求进行:

- 1 各种作业模式下,都应首先新建或打开相应的项目,便于进行数据的管理。
- 2 新建项目时,根据实际需要设置项目名称、坐标系统、投影方式、创建人、备注等信息。项目名称应意义明确,易于检索,一般建议嵌入日期信息。
- 3 开始坐标点采集前,应检查当前打开项目是否正确,确保采集数据存储到相应的项目文件夹下。检查项目正确性时,应确保项目名称、坐标系统、投影方式等关键信息准确无误,并符合当前作业的具体要求。

5.4.2 坐标点采集和放样前,应设置相应的坐标系转换参数,即进行点校正,具体操作步骤如下:

- 1 在点校正界面输入已知点坐标,同时实测或输入获取CGCS2000坐标,一般需要3至4个已知点。
- 2 已知点坐标全部测定或输入完成后,利用手簿软件完成转换参数的计算,并保存相应的参数,一般同一区域仅进行1次点校正。
- 3 在已有坐标系转换参数的情况下,可直接在点校正界面设置相应的转换模型和参数。

5.4.3 对于高速公路,已知点应尽可能分布在测区两端、中间及线路两侧,点位覆盖的范围尽可能地包含整个测区,并有一定的校核点。

5.4.4 坐标点采集应按照以下要求进行:

- 1 坐标点采集一般位于测量菜单栏下,大部分手簿支持手动采集和自动采集两种测量方式。
- 2 采集前,应检查点名、天线高、解算状态、坐标系统、采集精度等配置。
- 3 手动采集时,根据界面上显示的测量坐标及其精度、解算状态,决定是否进行采集,一般情况下,当解算状态显示为固定解时才能进行采集工作。

- 4 点击采集按钮后，测量软件会根据精度设置情况，判断采集成果是否符合精度要求。不符合要求时，软件会进行提示，测量人员根据实际情况判断是否拒绝测量成果并重新测量。
- 5 采集精度应设置合理，避免精度设置过低导致采集成果质量差，或精度设置过高导致频繁警告，影响作业进度。
- 6 自动采集时，应根据实际需要在配置界面设置测量间隔、采集精度、前缀、编号、注记信息等，开始采集后，软件会根据设置情况自动采集数据。
- 7 应在坐标差稳定后进行采集，平面坐标变化幅度一般在10mm以内，高程变化幅度在15mm以内，数据采集时的浮动差越小采集坐标精度越高。

5.4.5 目前部分仪器支持惯导倾斜测量，应按照以下要求进行：

- 1 惯导倾斜测量应在比例尺小于1:500的地形图测绘中使用，不宜用于控制点和图根点测量。
- 2 进行倾斜测量前，应检查倾斜改正处于开启状态。
- 3 倾斜测量前，应对电子水准气泡、方向传感器、磁力传感器等传感器进行校准（不同的仪器设备有所不同）。
- 4 未开启倾斜测量时，软件不进行倾斜改正，软件测量界面显示和记录倾斜点的坐标；开启倾斜测量，则软件测量界面显示和记录归算至地面测量点的坐标。
- 5 倾斜测量时，应保证对中杆处于静止状态，倾斜角在30°以内。
- 6 点击采集时，手簿提示磁场变化等信息，应重新进行采集，必要时重新进行倾斜测量传感器的校准。
- 7 惯导倾斜测量一定程度上会增大测量误差，宜在构造物附近、墙角、池塘周边等垂直测量存在困难的场景下使用。

5.4.6 数据传输与下载应按照以下要求进行：

- 1 在项目界面中，用户应检核项目属性并配置数据导出选项，涵盖椭球参数、投影方法、基准转换、点校正和高程拟合等关键参数。这些设置会影响点数据的坐标，应确保其准确性，并妥善记录相关设置信息。
- 2 导出时应选择合适的文件类型，较常见的文件类型包括：CASS、KML文件、详细成果文件、DXF文件、HTML文件、TXT文件等。其中详细成果文件包含经纬度、平面坐标、测量时间、解算状态、天线高等详细的原始数据，在数据后处理中较为常用。
- 3 多数手簿支持自定义格式输出，应根据实际需要进行设置，长期使用的格式应保存为模板，便于格式统一和数据管理。

- 4 使用筛选功能，对导出的坐标点进行选择。可筛选条件有：数据类型（基站点、测量点、控制点）、采集时间、关键词（点名、描述）等。
- 5 导出文件时，用户应设置明确且合理的文件路径，便于后续的文件传输和管理。同时记录文件路径信息和项目对应关系，确保数据的可追溯性。
- 6 导出的文件存储在手簿内存中，使用 USB 数据线将手簿与电脑连接，在电脑端通过访问文件夹复制成果文件。
- 7 在手簿的文件管理系统中查找相应文件，可通过蓝牙等无线传输方式发送文件。此外，也可在手簿中安装通信软件(如邮件客户端)，通过网络发送成果文件。
- 8 文件传输完成后，应及时检核数据的完整性和正确性。

5.5 点放样

5.5.1 进行外业放样前，应检查手簿中放样数据是否正确和完整。可通过USB数据线/通讯软件/蓝牙等方式导入外部文件。

5.5.2 打开对应项目后，从外部文件中将点数据导入到放样点库，根据外部文件格式选择相应的读取格式。可通过手动输入的方式，添加少量放样点。

5.5.3 进入放样界面，通过点名、代码、距离最近、高级筛选等方式选择正确的放样点。

5.5.4 根据放样界面的箭头、距离等提示信息，使RTK实时测量点与放样点重合，一般两者差值小于一定阈值时，界面会出现明显的动画提示。

5.5.5 重合后执行测量，得出所放点的坐标和设计坐标的差值，如果差值在要求范围以内，则继续放样其他各点，否则重新放样该点。

5.5.6 部分软件支持直线放样、面放样、道路放样等模式，应根据实际需要和用户手册进行选择和使用。

6 数据处理

6.1 基本要求

6.1.1 网络RTK测量采集的数据应及时备份并进行内外业检查。

6.1.2 网络RTK测量观测记录应采用仪器自带内存卡或数据采集器，记录项目包括下列内容：

- 1 坐标系统、中央子午线。
- 2 测量点点名(号)、天线高、观测时间、解的类型(包括固定解、浮点解、单点解)、数据采集时的卫星数等。
- 3 测量点的平面、高程收敛精度。
- 4 测量点的CGCS2000坐标, 包括平面和高程成果。

6.1.3 应首先对数据进行预处理, 采用统计方法识别并剔除明显误差数据(粗差), 粗差比例不应超过测量数的10%, 否则应对测量点进行重新采集。

6.1.4 控制点测量时, 应通过事后处理获取高精度的转换参数, 并计算最终的坐标成果, 不建议现场进行点校正。

6.2 坐标转换技术要求

6.2.1 在坐标转换前应进行资料搜集, 主要包括测区内的高等级平面控制点成果、水准点测量成果、GNSS测量资料以及高程异常资料等。

6.2.2 平面坐标转换常使用七参数或四参数方法进行, 高程转换采用高程拟合的方法进行, 坐标转换参数和高程转换参数应分别进行求解。

6.2.3 测区跨度较大时, 首先需要进行作业测区的划分, 然后按作业测区分别求解转换参数。对于高速公路带状区域, 七参数转化法不宜跨度超过30km, 四参数转化法跨度不宜超过20km。

6.2.4 测区跨越投影带时, 必须进行分区处理。

6.2.5 相邻测区求解转换参数时所用控制点应具有3个以上的共用点。

6.2.6 一个测区中使用的已知控制点平面点不应少于3个, 控制点应包围作业测区并均匀分布, 即待测点应处于控制网内部。对于高速公路带状区域, 坐标转换的控制点还应均匀分布于线路两侧。

6.2.7 转换参数求解可分内业求解和外业实测求解, 在已知控制点两套坐标不全时, 可在现场采集数据后计算转换参数。在采集地形点时可先测后求转换参数。放样平面或高程点时必须先求解对应转换参数, 残差合格后方可进行放样。

6.2.8 坐标转换参数模型的选择及适用范围参照《大地测量控制点坐标转换技术规范》(CH/T2014-2016)中4.3的要求。

6.2.9 精度评定方法和计算公式分别参照《大地测量控制点坐标转换技术规范》(CH/T2014-2016)中5.4的要求。

6.3 高程拟合技术要求

6.3.1 用于高程拟合的控制点选择、布设应符合4.2.1节的基本要求，此外，还应满足以下要求：

- 1 参与高程拟合计算的GNSS水准点应能反映区域重力异常的变化情况，高程异常模型的精度主要取决于这些拟合点的分布和测量精度。
- 2 为了真实反映区域的重力异常变化情况，控制点应覆盖全部作业区域、根据地形特征均匀分布。
- 3 拟合计算范围的边沿应具有足够的已知点，以确保内插计算，避免外推。
- 4 GNSS水准点的拟合稳健性对拟合精度的影响较大，计算中应进行稳健性分析，筛选出模型兼容性较好的已知点进行拟合。

6.3.2 高程异常控制点GNSS测量数据和处理应按照《全球定位系统(GNSS)测量规范》(GB/T 18314-2024)的要求执行。

6.3.3 高程异常控制点水准测量数据处理按照《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897)的要求执行。

6.3.4 高程异常控制点的高程异常按照公式(3)计算：

$$\xi = H - h \quad (3)$$

式中：

ξ ——高程异常，单位为米(m)；

H ——大地高，由北斗/GNSS测量方法获得，单位为米(m)；

h ——正常高，由精密水准测量方法获得，单位为米(m)。

6.3.5 高速公路沿途的似大地水准面属于连续的曲线，沿路线的测量点的高程异常宜采用曲线拟合方法。

6.3.6 没有完成似大地水准面精化工作的地区或呈大跨度带状分布时，为了控制高程拟合的误差传递，应根据地形地质情况、高程异常变化梯度合理地划分区域，进行分区拟合计算。

6.3.7 测区划分应参考6.2节，由于高程异常受地形因素影响较大，应以满足精度要求为基本原则进行测区划分。

6.3.8 高程异常曲线拟合法主要包括多项式曲线拟合法、三次样条曲线拟合法等，对于高速公路带状区域，宜采用多项式拟合法。

6.3.9 采用多项式拟合法时，高程异常拟合按照以下方法进行(其他方法应严格按照相关数学模型和规范进行)：

1 设点的高程异常 ξ 与点位坐标 (x, y) 存在如式(4)的关系：

$$\xi(x) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + \dots \quad (4)$$

式中：

(x, y) ——拟合点的平面坐标；

a_i ——待估的拟合系数。

2 根据实际工程经验，按照测区长度和地形的等级决定上式项数的取舍，然后采用最小二乘法求解式(4)中的各项系数，将解出的系数回代至拟合方程式(4)，即可求得测区内其他测点的高程异常值。

6.3.10 除多项式拟合法外，还可采用平面拟合法、TIN(不规则三角网)插值法等方法进行高程拟合。应根据测区地形特点和控制点分布选择合适的拟合方法。

6.3.11 高程测量工作完成后，需要对成果进行精度评定和一定量的外业抽检，抽检比例应大于常规测量的外检比例。

6.3.12 进行拟合精度评定时，不应使用已参与模型拟合的水准点参与计算。

6.3.13 精度要求应按照《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898-2009)执行。

7 资料提交与成果验收

7.0.1 网络RTK控制测量完成后，应提交以下材料：

- 1 技术设计书、技术总结、检查报告。
- 2 接收机检定或校准资料。
- 3 按需要应提交的控制点点之记。
- 4 技术设计书要求的各类成果资料。
- 5 控制点和碎部点详细测量成果。

7.0.2 网络RTK控制测量成果验收内容包括：

- 1 技术设计和技术总结。
- 2 接收机检定或校准资料是否齐全。

- 3 观测的参数设置、观测条件及检测结果和输出成果是否符合要求。
- 4 实地检验控制点的选点、埋石质量、和控制点的精度。

7.0.3 测量数据验收应按照以下流程进行：

- 1 数据审查：对提交的测量数据进行全面审查，检查数据的完整性和一致性。
- 2 现场抽查：随机抽取部分控制点进行现场复测，验证数据的准确性。
- 3 成果验收：根据验收标准和指标，对测量成果进行最终确认。验收标准和指标见4.2和4.3节，本文件未规定的指标按《卫星导航定位基准站网络实时动态测量(RTK)规范》(GB/T 39616-2020)执行。

附录 A RTK 成果记录表
(资料性附录)

表 A.1 RTK 成果记录表

第 页 共 页

序号	点名	点号	CGCS2000			平面坐标、中央子午线			备注
			纬度(°′″)	经度(°′″)	大地高/m	X/m	Y/m	正常高/m	

测量员：

日期：

编制者：

日期：

复查者：

日期：

附录 B RTK 账号申请表
(资料性附录)

表 B.1 RTK 账号申请表

编号：

单位名称			
单位类型	<input type="checkbox"/> 测绘甲级 <input type="checkbox"/> 测绘乙级 <input type="checkbox"/> 工程单位 <input type="checkbox"/> 事业单位 <input type="checkbox"/> 其他		
测绘资质	<input type="checkbox"/> 省内测绘资质 <input type="checkbox"/> 省内非测绘资质 <input type="checkbox"/> 省外测绘资质 <input type="checkbox"/> 省外非测绘资质		
服务类别	<input type="checkbox"/> 实时厘米级 <input type="checkbox"/> 实时亚米级		
经办人		联系方式	
通信地址			
申请区域		申请时长	
账号数量		项目用途	
详细情况说明			
申请单位	以上说明全部真实准确，如有不实，愿承担相应责任。 申请单位(公章)	负责人(签章)： ____年__月__日	
服务单位审核意见	负责人(签章)： ____年__月__日		
经办人(签章)		办理时间	
备注			

注：本表仅供参考，应根据实际业务需求进行调整。

附录C 用词用语说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本标准（规范、规程）的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准、行业标准、地方标准或企业内部标准时，应表述为“应符合《xxxxxx》(xxx)的有关规定”。

3) 当引用本标准中的其他规定时，应表述为“应符合本标准(规范、规程、导则)第×章的有关规定”、“应符合本标准(规范、规程、导则)第x.x节的有关规定”、“应符合本标准(规范、规程、导则)第x.x.x条的有关规定”或“应按本标准(规范、规程、导则)第x.x.x条的有关规定执行”。