

全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范

1 范围

本标准规定了利用全球定位系统实时动态测量(RTK)技术,实施平面控制测量和高程控制测量、地形测量的技术要求、方法。

RTK 平面和高程控制测量适用于布测外业数字测图和摄影测量与遥感的基础控制点,RTK 地形测量适用于外业数字测图的图根测量和碎部点数据采集。

其他相应精度的定位测量可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 18314 全球定位系统(GPS)测量规范

CH/T 2008 全球导航卫星系统连续运行参考站网建设规范

CH 8016 全球定位系统(GPS)测量型接收机检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件:

3.1

实时动态测量 real time kinematic

RTK 技术是全球卫星导航定位技术与数据通信技术相结合的载波相位实时动态差分定位技术,它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果。

3.2

天线高 antenna height

观测时接收机天线相位中心至测站中心标志面的高度。

3.3

基准站 reference station

在一定的观测时间内,一台或几台接收机分别固定在一个或几个测站上,一直保持跟踪观测卫星,其余接收机在这些测站的一定范围内流动设站作业,这些固定测站就称为基准站。

3.4

流动站 roving station

在基准站的一定范围内流动作业的接收机所设立的测站。

3.5

单基准站 RTK 测量 single reference station for RTK surveying

只利用一个基准站,并通过数据通信技术接收基准站发布的载波相位差分改正参数进行 RTK 测量。

3.6

网络 RTK network RTK

指在一定区域内建立多个基准站,对该地区构成网状覆盖,并进行连续跟踪观测,通过这些站点组成卫星定位观测值的网络解算,获取覆盖该地区和某时间段的 RTK 改正参数,用于该区域内 RTK 用户进

行实时 RTK 改正的定位方式。

3.7

截止高度角 cut off

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蔽遮高度角,低于此角视空域的卫星不予跟踪。

3.8

空间位置精度因子(PDOP) position dilution of precision

反映定位精度衰减的因子与所测卫星的空间几何分布有关,空间分布范围越大,PDOP 值越小,定位精度越高;反之,PDOP 值越大,定位精度越低。

3.9

固定解 fixed solution

卫星载波相位观测量的整周未知数的整数解叫固定解。

3.10

观测次数 observation times

同一流动站初始化观测的次数。

3.11

历元 epoch

指一个时期和一个事件的起始时刻或者表示某个测量系统的参考日期。

4 坐标系统、高程系统和时间系统

4.1 坐标系统

全球定位系统实时动态测量(RTK)采用 2000 国家大地坐标系(CGCS 2000)。

4.2 高程系统

高程系统采用正常高系统,基准为 1985 国家高程基准。

4.3 时间系统

RTK 测量宜采用协调世界时(UTC)。当采用北京标准时间(BST)时,应考虑时区差与 UTC 进行换算。

5 RTK 控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 RTK 控制测量前,应根据任务需要,收集测区高等级控制点的地心坐标、参心坐标、坐标系统转换参数和高程成果等,进行技术设计。

5.1.2 RTK 平面控制点按精度划分等级为:一级控制点、二级控制点、三级控制点。RTK 高程控制点按精度划分等级为等外高程控制点。

一级、二级、三级平面控制点及等外高程控制点,适用于布设外业数字测图和摄影测量与遥感的控制基础,可以作为图根测量、像片控制测量、碎部点数据采集的起算依据。

5.1.3 平面控制点可以逐级布设、越级布设或一次性全面布设,每个控制点宜保证有一个以上的通视方向。

5.1.4 RTK 测量可采用单基准站 RTK 和网络 RTK 两种方法进行。在通信条件困难时,也可以采用后处理动态测量模式进行测量。

5.1.5 有条件采用网络 RTK 测量的地区,宜优先采用网络 RTK 技术测量。

5.1.6 RTK 卫星的状态应符合表 1 规定。

表 1

观测窗口状态	截止高度角 15°以上的卫星个数	PDOP 值
良好	≥ 6	< 4
可用	5	≥ 4 且 ≤ 6
不可用	< 5	> 6

5.1.7 经、纬度记录精确至 0.00001″,平面坐标和高程记录精确至 0.001m,天线高量取精确至 0.001m。

5.2 RTK 平面控制测量

5.2.1 RTK 平面控制点的点位选择要求按照 GB/T18314 执行。

5.2.2 RTK 平面控制点的埋石根据技术设计要求确定。

5.2.3 RTK 平面控制点测量主要技术要求应符合表 2 规定。

表 2

等级	相邻点间平均边长/m	点位中误差/cm	边长相对中误差	与基准站的距离/km	观测次数	起算点等级
一级	500	$\leq \pm 5$	$\leq 1/20000$	≤ 5	≥ 4	四等及以上
二级	300	$\leq \pm 5$	$\leq 1/10000$	≤ 5	≥ 3	一级及以上
三级	200	$\leq \pm 5$	$\leq 1/6000$	≤ 5	≥ 2	二级及以上

注 1:点位中误差指控制点相对于最近基准站的误差。

注 2:采用单基准站 RTK 测量一级控制点需至少更换一次基准站进行观测,每站观测次数不少于 2 次。

注 3:采用网络 RTK 测量各级平面控制点可不受流动站到基准站距离的限制,但应在网络有效服务范围内。

注 4:相邻点间距离不宜小于该等级平均边长的 1/2。

5.2.4 RTK 控制点平面坐标测量时,流动站采集卫星观测数据,并通过数据链接收来自基准站的数据,在系统内组成差分观测值进行实时处理,通过坐标转换方法将观测得到的地心坐标转换为指定坐标系中的平面坐标。

5.2.5 测区坐标系转换参数的获取:

- a) 在获取测区坐标系转换参数时,可以直接利用已知的参数;
- b) 在没有已知转换参数时,可以自行求解;
- c) 2000 国家大地坐标系与参心坐标系(如 1954 北京坐标系、1980 西安坐标系或地方独立坐标系)转换参数的求解,应采用不少于 3 点的高等级起算点两套坐标系成果,所选起算点应分布均匀,且能控制整个测区;
- d) 转换时应根据测区范围及具体情况,对起算点进行可靠性检验,采用合理的数学模型,进行多种点组合方式分别计算和优选;
- e) RTK 控制点测量转换参数的求解,不能采用现场点校正的方法进行。

5.2.6 RTK 平面控制点测量基准站的技术要求应满足:

- a) 采用网络 RTK 时,基准站网点的设立应符合 CH/T 2008 的要求;
- b) 自设基准站如需长期和经常使用,宜埋设有强制对中的观测墩;
- c) 自设基准站应设置在高一级控制点上;

- d) 用电台进行数据传输时,基准站宜选择在测区相对较高的位置;
- e) 用移动通信进行数据传输时,基准站必须选择在测区有移动通信接收信号的位置;
- f) 选择无线电台通信方法时,应按约定的工作频率进行数据链设置,以避免串频;
- g) 应正确设置随机软件中对应的仪器类型、电台类型、电台频率、天线类型、数据端口、蓝牙端口等;
- h) 应正确设置基准站坐标、数据单位、尺度因子、投影参数和接收机天线高等参数。

5.2.7 RTK 平面控制点测量流动站的技术要求应满足:

- a) 网络 RTK 的流动站应获得系统服务的授权;
- b) 网络 RTK 的流动站应在有效服务区域内进行,并实现与服务控制中心的数据通信;
- c) 用数据采集器设置流动站的坐标系统转换参数,设置与基准站的通信;
- d) RTK 的流动站不宜在隐蔽地带、成片水域和强电磁波干扰源附近观测;
- e) 观测开始前应对仪器进行初始化,并得到固定解,当长时间不能获得固定解时,宜断开通信链路,再次进行初始化操作;
- f) 每次观测之间流动站应重新初始化;
- g) 作业过程中,如出现卫星信号失锁,应重新初始化,并经重合点测量检测合格后,方能继续作业;
- h) 每次作业开始前或重新架设基准站后,均应进行至少一个同等级或高等级已知点的检核,平面坐标较差不应大于 7cm;
- i) RTK 平面控制点测量平面坐标转换残差不应大于 $\pm 2\text{cm}$;
- j) 数据采集器设置控制点的单次观测的平面收敛精度不应大于 2cm;
- k) RTK 平面控制点测量流动站观测时应采用三角架对中、整平,每次观测历元数应不少于 20 个,采样间隔 2s~5s,各次测量的平面坐标较差应不大于 4cm;
- l) 应取各次测量的平面坐标中数作为最终结果;
- m) 进行后处理动态测量时,流动站应先在静止状态下观测 10~15min 获得固定解,然后在不丢失初始化状态的前提下进行动态测量。

5.3 RTK 高程控制测量

5.3.1 RTK 高程控制点的埋设一般与 RTK 平面控制点同步进行,标石可以重合,重合时应采用圆头带十字的标志。

5.3.2 RTK 高程控制点测量主要技术要求应符合表 3 规定。

表 3

大地高中误差/cm	与基准站的距离/km	观测次数	起算点等级
$\leq \pm 3$	≤ 5	≥ 3	四等及以上水准
注 1:大地高中误差指控制点大地高相对于最近基准站的误差。			
注 2:网络 RTK 高程控制测量可不受流动站到基准站距离的限制,但应在网络有效服务范围内。			

5.3.3 RTK 高程控制点测量基准站的技术要求,按照 5.2.6 执行。

5.3.4 RTK 高程控制点测量流动站的技术要求,按照 5.2.7 中 a)至 h)款执行。

5.3.5 RTK 高程控制点测量设置高程收敛精度不应大于 3cm。

5.3.6 RTK 高程控制点测量流动站观测时应采用三角架对中、整平,每次观测历元数应不少于 20 个,采样间隔 2s~5s,各次测量的大地高较差应不大于 4cm。

5.3.7 应取各次测量的大地高中数作为最终结果。

5.3.8 RTK 控制点高程的测定,通过流动站测得的大地高减去流动站的高程异常获得。

5.3.9 流动站的高程异常可以采用数学拟合方法、似大地水准面精化模型内插等方法获取,拟合模型及似大地水准面模型的精度根据实际生产需要确定。

5.4 成果数据处理与检查

5.4.1 RTK 控制测量外业采集的数据应及时进行备份和内外业检查。

5.4.2 RTK 控制测量外业观测记录采用仪器自带内存卡或数据采集器,记录项目及成果输出包括下列内容:

- a) 转换参考点的点名(号)、残差、转换参数(参见附录 A);
- b) 基准站点名(号)、天线高、观测时间(参见附录 B);
- c) 流动站点名(号)、天线高、观测时间;
- d) 基准站发送给流动站的基准站地心坐标、地心坐标的增量;
- e) 流动站的平面、高程收敛精度;
- f) 流动站的地心坐标、平面和高程成果(参见附录 C、附录 D);
- g) 测区转换参考点、观测点网图。

在进行网络 RTK 时,a)至 d)项可根据项目要求部分提供。

5.4.3 用 RTK 技术施测的控制点成果应进行 100%的内业检查和不少于总点数 10%的外业检测,平面控制点外业检测可采用相应等级的卫星定位静态(快速静态)技术测定坐标,全站仪测量边长和角度等方法,高程控制点外业检测可采用相应等级的三角高程、几何水准测量等方法,检测点应均匀分布测区。检测结果应满足表 4 和表 5 的要求。

表 4

等级	边长校核		角度校核		坐标校核
	测距中误差/mm	边长较差的相对误差	测角中误差/($''$)	角度较差限差/($''$)	坐标较差中误差/cm
一级	$\leq \pm 15$	$\leq 1/14000$	$\leq \pm 5$	≤ 14	$\leq \pm 5$
二级	$\leq \pm 15$	$\leq 1/7000$	$\leq \pm 8$	≤ 20	$\leq \pm 5$
三级	$\leq \pm 15$	$\leq 1/5000$	$\leq \pm 12$	≤ 30	$\leq \pm 5$

表 5

高差较差/mm
$\leq 40\sqrt{L}$
注: L 为检测线路长度,以 km 为单位,不足 1km 时按 1km 计算。

6 RTK 地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 RTK 地形测量适用于外业数字测图,内容分为图根点测量和碎部点测量。

6.1.2 地形测量其他一般规定见 5.1.1、5.1.4、5.1.5、5.1.6、5.1.7。

6.1.3 摄影测量与遥感中 RTK 技术施测像片控制点的要求,参照相应比例尺地形图测量规范执行。

6.2 主要技术指标

RTK 地形测量主要技术要求应符合表 6 规定。

表 6

等 级	图上点位中误差 /mm	高程中误差	与基准站的距 离/km	观测次数	起算点等级
图根点	$\leq \pm 0.1$	$\leq 1/10$ 基本等高距	≤ 7	≥ 2	平面三级以上、 高程等外以上
碎部点	$\leq \pm 0.5$	符合相应比例尺成 图要求	≤ 10	≥ 1	平面图根、高程 图根以上
注 1:点位中误差指控制点相对于最近基准站的误差。 注 2:用网络 RTK 测量可不受流动站到基准站间距离的限制,但宜在网络覆盖的有效服务范围内。					

6.3 RTK 图根点测量

- 6.3.1 图根点标志宜采用木桩、铁桩或其他临时标志,必要时可埋设一定数量的标石。
- 6.3.2 RTK 图根点测量时,地心坐标系与地方坐标系的转换关系的获取方法按照 5.2.5,也可以在测区现场通过点校正的方法获取。
- 6.3.3 RTK 图根点高程的测定,通过流动站测得的大地高减去流动站的高程异常获得。
- 6.3.4 流动站的高程异常可以采用数学拟合方法、似大地水准面精化模型内插等方法获取,也可以在测区现场通过点校正的方法获取。
- 6.3.5 RTK 图根点测量方法按照 5.2、5.3 中相关要求执行。
- 6.3.6 RTK 图根点测量流动站观测时应采用三角架对中、整平,每次观测历元数应大于 20 个。
- 6.3.7 RTK 图根点测量平面坐标转换残差不应大于图上 $\pm 0.07\text{mm}$ 。RTK 图根点测量高程拟合残差不应大于 $1/12$ 基本等高距。
- 6.3.8 RTK 图根点测量平面测量各次测量点位较差不应大于图上 0.1mm ,高程测量各次测量高程较差不应大于 $1/10$ 基本等高距,各次结果取中数作为最后成果。

6.4 RTK 碎部点测量

- 6.4.1 RTK 碎部点测量时,地心坐标系与地方坐标系的转换关系的获取方法按照 5.2.5,也可以在测区现场通过点校正的方法获取。当测区面积较大,采用分区求解转换参数时,相邻分区应不少于 2 个重合点。
- 6.4.2 RTK 碎部点高程的获得按照 6.3.3、6.3.4、6.3.5 执行。
- 6.4.3 RTK 碎部点测量平面坐标转换残差不应大于图上 $\pm 0.1\text{mm}$ 。RTK 碎部点测量高程拟合残差不应大于 $1/10$ 基本等高距。
- 6.4.4 RTK 碎部点测量流动站观测时可采用固定高度对中杆对中、整平,观测历元数应大于 5 个。
- 6.4.5 连续采集一组地形碎部点数据超过 50 点,应重新进行初始化,并检核一个重合点。当检核点位坐标较差不大于图上 0.5mm 时,方可继续测量。

6.5 成果数据处理与检查

- 6.5.1 RTK 地形测量外业采集的数据应及时从数据采集器中导出,并进行数据备份,同时对数据记录器内存进行整理。
- 6.5.2 RTK 地形测量外业观测记录采用仪器自带内存卡和数据采集器,记录项目及成果输出包括下列内容:
- a) 转换参考点的点名(号)、残差、转换参数;
 - b) 基准站、流动站的天线高、观测时间;

- c) 流动站的平面、高程收敛精度;
- d) 流动站的地心坐标、平面和高程成果数据。

6.5.3 导出的成果数据在计算机中用相应的成图软件编辑成图。

6.5.4 用 RTK 方法施测的图根点平面成果应进行 100% 的内业检查和不少于总点数 10% 的外业检测，外业检测采用相应等级的全站仪测量边长和角度等方法进行，其检测点应均匀分布测区。

检测结果应满足表 7 的要求。

表 7

等级	边长校核		角度校核		坐标校核
	测距中误差/mm	边长较差的相对误差	测角中误差/(")	角度较差限差/(")	图上平面坐标较差/mm
图根	≤±20	≤1/3000	≤±20	60	≤±0.15

6.5.5 用 RTK 技术施测的图根点高程成果应进行 100% 的内业检查和不少于总点数 10% 的外业检测，外业检测采用相应等级的三角高程、几何水准测量等方法进行，其检测点应均匀分布测区。

检测结果应满足表 8 的要求。

表 8

等级	高差较差
图根	≤1/7 基本等高距

7 仪器设备要求

7.1 RTK 接收设备

- RTK 接收设备应符合下列规定：
- a) 接收设备应包括接收机、天线和天线电缆、数据链套件(调制解调器、电台或移动通讯设备)、数据采集器等；
 - b) 基准站接收设备应具有发送标准差分数据的功能；
 - c) 流动站接收设备应具有接收并处理标准差分数据功能；
 - d) 接收设备应操作方便、性能稳定、故障率低、可靠性高；
 - e) 接收机标称精度公式为：

$$\delta = a + b \times d \tag{1}$$

式中：

- a ——固定误差，单位为毫米(mm)；
- b ——比例误差系数，单位为毫米每千米(mm/km)；
- d ——流动站至基准站的距离，单位为千米(km)。

RTK 控制测量宜选用优于下列测量精度指标的双频接收机：

1) 平面：

$$10 + 2 \times 10^{-6} \times d \tag{2}$$

式中：

- d ——流动站至基准站的距离，以 km 为单位。

2) 高程：

$$20 + 2 \times 10^{-6} \times d \tag{3}$$

式中:

d ——流动站至基准站的距离,以千米(km)为单位。

7.2 接收设备的检验

7.2.1 接收机的一般检验应符合下列要求:

- a) 接收机及天线型号应与标称一致,外观良好;
- b) 各种部件及其附件应匹配、齐全和完好,紧固的部件应不得松动或脱落;
- c) 设备使用手册和后处理软件操作手册及磁(光)盘应齐全;
- d) 接收机的检定按 CH 8016 执行,并应在有效的使用周期内。

7.2.2 RTK 前宜对设备进行以下的检验:

- a) 基准站与流动站的数据链联通检验;
- b) 数据采集器与接收机的通信联通检验。

7.3 接收设备的维护

接收设备的维护应符合下列要求:

- a) 接收设备应有专人保管,运输期间应有专人押送,并应采取防震、防潮、防晒、防尘、防蚀和防辐射等防护措施,软盘驱动器在运输中应插入保护片或废磁盘;
- b) 接收设备的接头和连接器应保持清洁,电缆线不应扭折,不应在地面拖拉、碾砸,连接电源前电池正负极连接应正确,观测前电压应正常;
- c) 当接收设备置于楼顶、高标或其他设施顶端作业时,应采取加固措施,在大风和雷雨天气作业时应采取防风 and 防雷措施;
- d) 作业结束后,应及时对接收设备进行擦拭,并放入有软垫的仪器箱内,仪器箱应置放于通风、干燥阴凉处,保持箱内干燥;
- e) 接收设备在室内存放时,电池应在充满状态下存放,应每隔 1 至 2 个月充放电一次;
- f) 仪器发生故障,应转交专业人员维修。

8 资料提交和成果验收

8.1 资料提交

RTK 任务完成后,应提交下列资料:

- a) 技术设计、技术总结和检查报告;
- b) 接收机检定资料;
- c) 按需要应提交的控制点点之记;
- d) 按本标准 5.4.2 和 6.5.2 及技术设计书要求的各类成果资料。

8.2 成果验收

RTK 成果验收内容工作包括:

- a) 技术设计和技术总结是否符合要求;
- b) 转换参考点的分布及残差是否符合要求;
- c) 观测的参数设置、观测条件及检测结果和输出的成果是否符合要求;
- d) 实地检验控制点的精度及选点、埋石质量;
- e) 实地检验地形测量各质量元素的质量。

附 录 A
(资料性附录)
参考点的转换残差及转换参数表

参考点的转换残差及转换参数表见表 A. 1。

表 A. 1 参考点的转换残差及转换参数表

参考点地心坐标与地方坐标转换残差			
序号	参考点名(号)	平面残差/cm	高程残差/cm
参考点地心坐标与地方坐标转换参数			
平面转换参数：			
高程转换参数：			

附录 B
(资料性附录)
RTK 基准站观测手簿

RTK 基准站观测手簿见表 B. 1。

表 B. 1 RTK 测量基准站观测手簿

点名		点名		参考点等级	
观测记录员		观测日期		采样间隔	
接收机类型		接收机编号		开始记录时间	
天线类型		天线编号		结束记录时间	
近似纬度 N	° ' "	近似经度 E	° ' "	近似高程 H	m
天线高测定		天线高测定方法 及略图		点位略图	
测前	测后				
平均值:	平均值:				
时间(UTC)	跟踪卫星号及信噪比	纬度 /(° ' ")	经度 /(° ' ")	大地高 /m	天气 状况
备 注					

附 录 C
(资料性附录)

同一基准站二次观测点位平面坐标成果表

同一基准站二次观测点位平面坐标成果表见表 C. 1。

表 C. 1 同一基准站二次观测点位平面坐标成果表

基准站名称：

序 号	点 号	第一次坐标/m		第二次坐标/m		中数/m	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2	X	Y

