



T/CECS XXX-20XX

中国工程建设标准化协会标准

基于北斗的桥梁工程测量 标准

Standard for bridge engineering surveying based on Beidou

中国计划出版社

1 总 则

1.0.1 为了推进北斗系统于桥梁工程测量领域应用的进程，并且致力于做到技术先进、经济合理，使基于北斗系统的桥梁工程测量流程满足质量可靠、安全适用的原则，制定了本规范。

1.0.2 本规范适用于基于北斗技术的桥梁工程测量领域的部分通用性测量工作。

1.0.3 本规范属于北斗系统在桥梁建设过程中的应用，旨在确保北斗系统应用于桥梁工程测量过程中的标准化、规范化和高效化。

1.0.4 本规范以中误差作为衡量测绘精度的标准，并以两倍中误差作为极限误差。对于精度要求较高的工程，可按附录 A 的方法评定观测精度。本规范条文中的中误差、闭合差、限差等，除特别标明外，通常省略正负号表示。

1.0.5 基于北斗系统的桥梁工程测量作业所使用的仪器和相关设备，应做到定时检查校正，定期维护检修。

1.0.6 对工程中所引用的测量成果资料，应进行检核以保证成果质量。

1.0.7 各类工程的测量工作，除应符合本规范规定外，也应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化有关标准的规定。

2 术语、符号和代号

2.1 术语

2.1.1 大地控制网 geodetic control network

按测量控制内容分为高程大地控制网、平面大地控制网和空间大地控制网三类。

2.1.2 载波相位差分 real-time kinematic

是实时处理两个测量站载波相位观测量的差分方法，将基准站采集的载波相位发给用户接收机进行求差，解算坐标。

2.1.3 点位中误差 mean positional error

表示北斗卫星定位网的点位精度的一种数值指标，属于函数的中误差，依各坐标分量中误差通过计算求得。

2.1.4 测图比例尺 map scale

指地图上的距离与实际距离之间的比例关系。

2.1.5 数字地形图 digital topographic map

将地形信息按一定的规则和方法采用计算机生成和计算机数据格式存储的地形图。

2.1.6 等高距 contour interval

地形图上相邻等高线之间的高差称为等高距。

2.1.7 等深距 isobath interval

地图中海水或湖水相邻两条等深线的差值。

2.1.8 图根点 map control point

在测量网中所使用的，在绘制平面图的时候要先在图纸上面绘制控制点，根据这些控制点，再进行加密测绘，这些基础的控制点即为图根点。

2.1.9 七参数 seven parameter transformation

平移参数：用于描述两个坐标系之间平移关系，即坐标原点的偏移量；有旋转参数：用于描述两个坐标系之间旋转关系，即坐标轴的旋转角度；还有尺度参数：用于描述两个坐标系之间的尺度关系，即坐标轴的缩放比例；三参数就是七参数的特例，旋转参数全为为 0，尺度缩放全为 1。

2.1.10 数字高程模型 digital elevation model

是一种用于描述地球表面地形高程的数学模型，通过离散化地表并为每个点或像素分配高程值来表示地形变化。

2.1.11 截止高度角 elevation mask angle

是指在测量过程中，为了屏蔽遮挡物（如建（构）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。

2.1.12 协调世界时 coordinated universal time

一种国际标准的时间系统，用于协调全球各地的时间。它是以原子钟为基础，通过精确测量地球自转的速度来确定时间。

2.1.13 坐标系统 coordinate system

坐标系的原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心，坐标系的 Z 轴由原点指向历元 2000.0 的地球参考极的方向，X 轴由原点指向格林尼治参考子午线与地球赤道面（历元 2000.0）的交点，Y 轴与 Z 轴、X 轴构成右手正交坐标系。

2.1.14 萨斯塔莫宁模型 saastamoinen model

是一种用于大气延迟修正的模型，考虑了大气延迟对卫星信

号的影响。大气延迟是由于卫星信号穿过大气层时，受到大气介质的影响而引起的。这种影响主要包括对流层延迟和电离层延迟。

2.1.15 多路径误差 multipath error

是指在无线通信中，信号从发射器到接收器的路径不止一条，导致接收到的信号存在多个到达时间和幅度不同的分量，从而引起接收信号的失真和误差。

2.1.16 净跨径 clear span

相邻两个桥墩（或桥台）之间净距离。对于拱式桥是两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

2.1.17 计算跨径 effective span

对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离；对于拱式桥，是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离，即拱轴线两端点之间的水平距离。

2.1.18 拱轴线 arch axis

拱圈各截面形心点的连线。

2.1.19 桥梁高度 bridge height

指桥面与低水位之间的高差，或指桥面与桥下线路路面之间的距离，简称桥高。

2.1.20 桥下净空高度 clearance under bridge

设计洪水位、计算通航水位或桥下线路路面至桥跨结构最下缘之间的距离。

2.1.21 建筑高度 construction height

桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离。

2.1.22 容许建筑高度 allowable construction height

公路或铁路定线中所确定的桥面或轨顶标高，对通航净空顶部标高之差。

2.1.23 净矢高 net rise

从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离。

2.1.24 计算矢高 **effective rise**

从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离。

2.1.25 矢跨比 **rise to span ratio**

计算矢高与计算跨径之比，也称为拱矢度，它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

2.1.26 涵洞 **culvert**

用来宣泄路堤下水流的构造物。通常在建造涵洞处路堤不中断。凡是多孔跨径全长不到 8m 和单孔跨径不到 5m 的泄水结构，均称为涵洞。

2.1.27 总跨径 **total span**

多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径。

2.1.28 桥梁全长 **total length of bridge**

是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，简称桥长。

2.2 符号和代号

2.2.1 北斗基站设置指标:

D — 参考站到检查点的距离;

PDOP — 卫星分布的空间几何强度因子。

2.2.2 桥梁结构与水深:

H — 水深;

L — 为悬索桥主跨跨径。

2.2.3 数据处理相关符号:

m — 高程中误差;

n — 检查点个数;

M_h — 模型的高程中误差;

D_h — 检查高程与模型高程的较差;

σ — 标准差;

ρ — 差异度;

σ_0 — 评定对象的中误差;

η — 为曲线相似度。

2.2.4 大地测量相关符号:

a — 地球椭球长半径;

b — 地球椭球短半径;

α — 地面与水平面之间的夹角;

U_0 — 椭球正常重力位;

ω — 地球自转角速度;

γ_0 — 赤道正常重力;

GM — 地球引力常数。

2.2.5 桥梁结构监测符号:

- Pd_{RMS} — 每小时桥墩位移有效值；
- $QX_{顺}$ — 桥塔顺桥向实测倾斜值；
- $QX_{横}$ — 桥塔横桥向实测倾斜值；
- $QX_{顺}^0$ — 桥塔顺桥向倾斜实测年平均值；
- $QX_{横}^0$ — 桥塔横向倾斜实测年平均值；
- u_{Pd} — 每小时桥墩位移有效值均值；
- σ_{Pd} — 每小时桥墩位移有效值标准差。

3 基本规定

3.0.1 利用基于北斗系统的仪器进行桥梁测量时的坐标系统应使用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)。

3.0.2 测量时的高程系统应采用正常高系统，基准为 1985 国家高程基准。

3.0.3 测量时的时间系统应采用协调世界时(UTC)。当采用北京时间(BST)时，应考虑时区差与 UTC 换算。

3.0.4 首级施工平面控制网坐标系统，应与规划设计阶段的坐标系统一致，也可根据需要建立与规划设计阶段的坐标系统有换算关系的桥轴坐标系统。首级施工高程控制网的基准，应与规划设计阶段的高程基准相一致，并应根据需要就近与国家水准点进行联测，其联测精度不宜低于本工程首级高程控制网的要求。

3.0.5 局部建（构）筑物中一些工程部位相对精度要求较高时，可单独建立高精度的控制网。控制网宜结合实际情况进行专项设计。

3.0.6 施工测量使用的仪器应送往有计量认证的检验机构进行检定。施工测量使用的物理、气象仪器也应按相关规程的要求进行检定。

3.0.7 工程建设各阶段测量结束后，应及时提交成果，进行检查验收并编写测量技术报告。有条件的施工测量管理部门，宜建立施工测量信息库系统。

3.0.8 本规范用于北斗系统在桥梁工程测量中的相关应用，桥梁工程测量中可以采用北斗系统进行替代或升级的项目，其精度均达到工程需求。

4 北斗桥梁平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 各级北斗卫星定位网逐级布设，在保证精度、密度等技术要求时可跨级布设。

4.1.2 各级北斗卫星定位网的布设应根据其建设目标和精度要求，综合考虑测区已有的资料、测区地形和交通状况等因素，按照优化设计原则进行。A级北斗卫星定位网布设按照 GB/T 28588《全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范》执行。

4.1.3 各级北斗卫星定位网最简异步观测环的边数应不大于表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 各级北斗卫星定位网闭合环的边数

级别	A	B	C	D	E
闭合环的边数（条）	6	6	6	8	10

条文说明

在布设北斗控制网时，检查观测值基线向量质量的最佳方法是异步环闭合差。所谓最小异步闭合环，即构成闭合环的基线边是异步的，且边数又是最少的。而随着组成异步环的基线向量数的增加，其检验质量的能力将逐渐下降，因此，要控制最小异步环的边数。

4.2 基于北斗系统的平面控制测量

4.2.1 控制网分级，北斗卫星定位测量按照用途和精度分为 A、B、C、D、E 级。

4.2.2 控制网的用途应符合下列规定：

1 A 级北斗卫星定位测量用于建立国家一等大地控制网，进行全球性的地球动力学研究、地壳形变测量和精密定轨等。

2 B 级北斗卫星定位测量用于建立国家二等大地控制网，建立地方或城市坐标基准框架、区域性的地球动力学研究、地壳形变测量、局部形变监测和各种精密工程测量等。

3 C 级北斗卫星定位测量用于建立三等大地控制网，以及建立区域、城市及工程测量的基本控制网等。

4 D、E 级北斗卫星定位测量用于建立四等大地控制网、中（小）城市、城镇以及测图、地籍、土地信息、房产、物探、勘测、建筑施工等的控制测量，该类测量工作可利用基于卫星导航定位基准站网的网络 RTK 进行作业。

4.2.3 测量精度：A 级北斗卫星定位网由卫星导航定位基准站构成，其坐标年变化率中误差、相对精度和地心坐标各分量年平均中误差应不大于表 4.2.3-1 的要求。

表 4.2.3-1 A 级北斗卫星定位测量精度

级别	坐标年变化率中误差 mm/a		相对精度	地心坐标各分量年平均中误差 mm
	水平分量	垂直分量		
A	2	3	10^{-8}	0.5

B、C、D 和 E 级北斗卫星定位网的点位中误差、相邻点基线分量中误差精度和相邻点间平均距离应不大于表 4.2.3-2 的要求。

表 4.2.3-2 B、C、D 和 E 级北斗卫星定位测量等级精度

级别	点位中误差 mm		相邻点基线分量中误差 mm		相邻点间平均距离 km
	水平分量	垂直分量	水平分量	垂直分量	
B	5	10	5	10	50(30~100)
C	10	15	10	20	15(10~30)
D	15	30	20	40	5(3~10)
E	15	30	20	40	2(1.5~4)

用于建立国家二等大地控制网和三、四等大地控制网的北斗卫星定位测量，在满足规定的 B、C 和 D 级精度要求的基础上，其相对精度应分别不低于 1×10^{-7} 、 1×10^{-6} 和 1×10^{-5} 。各级北斗卫星定位网点相邻点的北斗卫星定位测量大地高差的精度，应不大于表 4.2.3 规定的各级相邻点基线垂直分量的要求。

条文说明

北斗卫星定位控制网设计最重要的是确定控制网的等级。北斗卫星定位测量可参考现有规范以及国家标准和行业标准。由于不同的规范对等级的规定不一致，比如《全球定位系统（GPS）测量规范》中规定的等级为 B、C、D、E（A 级为连续运行参考站网），《全球定位系统（GPS）铁路测量规程》也是 B、C、D、E 四级，《卫星定位城市测量技术规范》、《城市测量规范》和《工程测量规范》中规定的精度级别为二等、三等、四等、一级、二级，《公路全球定位系统(GPS)测量规范》中规定的等级为一

级、二级、三级、四级。不明确采用规范时

，可以直接采用国家标准《全球定位系统（GPS）测量规范》。

4.2.4 控制网设计，北斗卫星定位网布测前应进行技术设计，以得到最优的布测方案。技术设计书的格式、内容、要求与审批符合现行国家标准《测绘技术设计规定》CH/T1004-2005的有关规定。技术设计前应搜集以下资料，并应对资料进行分析研究，并应符合下列规定：

1 测区范围既有的卫星导航定位基准站点、国家三角点、导线点、天文重力水准点、水准点、甚长基线干涉测量站、卫星激光测距站、天文台和已有的北斗卫星定位站点资料，包括点之记、网图、成果表、技术总结。

2 测区范围内有关的地形图、交通图、及测区总体建设规划和近期发展方面的资料。

3 若任务需要，还应搜集有关的地震、地质资料、验潮站等相关资料。

4.2.5 桥梁控制网的布设特点，首先桥梁平面控制网通常分两级布设，其次首级控制网主要控制桥的轴线，最后为了满足施工中放样每个桥墩的需要，在首级网下需要加设一定数量的插点或插网，构第二级控制。由于放样桥墩的精度要求较高，故第二级控制网的精度应不低于首级网。

4.2.6 平面控制网和投影面的选择应符合下列规定：

1 桥梁控制网常采用独立坐标系统。

2 坐标轴采用平行或垂直桥轴线方向。

3 曲线桥梁坐标轴可选为平行或垂直于一岸轴线点（控制点）的切线。

4 若施工控制网与测图控制网发生联系时可进行坐标换算，统一坐标系。

5 桥梁控制网选择桥墩顶平面作为投影面。

4.2.7 网形布设在满足桥轴线长度测定和墩台中心定位精度的前提下，力求图形简单并具有足够的强度，以减少外业观测工作和内业计算工作为原则。根据桥梁的大小、精度要求和地形条件，桥梁平面控制网的网形布设有以下几种形式：

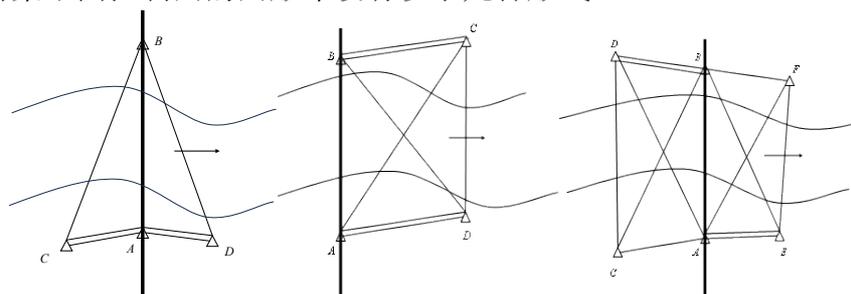


图 4.2.7-1 双三角形 图 4.2.7-2 大地四边形 图 4.2.7-3 双大地四边形

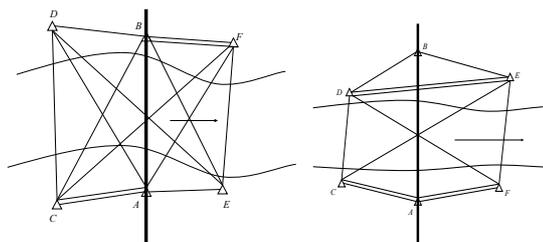


图 4.2.7-4 加强型大地四边形 图 4.2.7-5 大地四边形加三角形

4.2.8 基于北斗的桥梁工程测量的技术要求，针对平面控制网布设的要点有以下 7 点，同时参考表 4.2.8-1 和 4.2.8-2 并符合下列规定：

1 选择控制点时，应尽可能使桥的轴线作为三角网的一个边，以利于提高桥轴线的精度。如不可能，也应将桥轴线的两个端点纳入网内，以间接推算桥轴线长度，如大地四边形加三角形。

2 对于控制点的要求，除了图形刚强外，还要求地质条件稳定，视野开阔，便于交会墩位，其交会角不致太大或太小。

3 由于桥轴线长度及各个边长都是根据基线及角度推算的，为保证桥轴线有可靠的精度，基线精度要高于桥轴线精度 2~3 倍。

4 如果采用测边网或边角网，由于边长是直接测定的，所以不受或少受测角误差的影响，测边的精度与桥轴线要求的精度相当即可。

5 由于桥梁三角网一般都是独立的，没有坐标及方向的约束条件，所以平差时都按自由网处理。所采用的坐标系，一般是以桥轴线作为 X 轴，而桥轴线始端控制点的里程作为该点的 X 值。这样，桥梁墩台的设计里程即为该点的 X 坐标值，便于施工放样数据的计算。

6 在施工时如因机具、材料等遮挡视线，无法利用主网的点进行施工放样时，可以根据主网两个以上的点将控制点加密。

7 加密点称为插点。插点观测方法与主网相同，但在平差计算时，主网上点的坐标不得变更。

表 4.2.8-1 各等级北斗卫星定位控制网的主要技术要求

等级	固定误差 mm	比例误差 系数 mm/km	基线方 位角中 误差 "	约束点间 的边长 相对中误 差	约束平差 后最弱 相对中误 差
一等	≤5	≤1	0.9	≤1/500000	≤1/250000
二等	≤5	≤1	1.3	≤1/250000	≤1/180000
三等	≤5	≤1	1.7	≤1/180000	≤1/100000
四等	≤5	≤2	2.0	≤1/100000	≤1/70000
五等	≤10	≤1	2.0	≤1/70000	≤1/40000

条文说明

卫星定位平面控制网主要技术要求，是在充分考虑北斗卫星定位测量精度高、布网灵活性强以及相邻等级网的布网、测量方法和观测时间差异不大的前提下，根据特大跨径公路桥梁施工对测量精度的要求确定的。各等级控制网精度指标的规定，应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026-2020 的规定。

表 4.2.8-2 北斗卫星定位控制网作业的基本技术要求

等级	一等	二等	三等	四等	五等
接收机类型	双频	双频	双频	双频 或单 频	双频 或单 频
仪器标称精度	10mm +2ppm	10mm +2ppm	10mm +2ppm	10mm +5ppm	10mm +5ppm
观测量	载波 相位	载波 相位	载波 相位	载波 相位	载波 相位
同时观测有效卫星数	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
卫星高度角 (°)	静态 ≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
有效观测卫星数	静态 ≥5	≥5	≥4	≥4	≥4
观测时段数	静态 ≥2	≥2	1-2	1-2	1
观测时长度 (min)	静态 ≥120	≥90	≥60	≥45	≥40
数据采样间隔 (s)	静态 10-60	10-60	10-60	10-30	10-30

各级北斗卫星定位网点位应均匀分布，相邻点间距离最大不宜超过该网平均点间距的 2 倍，最小不宜小于该网平均点间距的 2/3。在局部补充、加密低等级的北斗卫星定位网点时，宜与周边卫星导航定位基准站站点联测，采用的高等级北斗卫星定位网点点数应不少于 3 个。各级北斗卫星定位网按观测方法可采用多个同步观测环为基本组成的网观测模式，网观测模式中的同步环之间，应以边连接或点连接的方式进行网的构建。布网需要补测少量点时，可采用基于卫星导航定位基准站的点观测模式。

条文说明

卫星定位测量的基本要求：桥梁工程控制网的建立，采用静态作业模式。观测时段的长度和数据采样间隔的限制，是为了获得足够的数量，便于整周未知数的解算、周跳的探测与修复和观测精度的提高。空间位置精度因子 PDOP 值被普遍采用于反映所观测卫星的几何分布状况，其值的大小与观测卫星在空间的几何分布变化有关。所测卫星高度角越小，分布范围越大，PDOP 值越小。实际观测中，为了减弱大气折射的影响，卫星高度角不能过低。在满足 15° 高度角的前提下，PDOP 值越小越好。为了保证观测精度，所有等级的 PDOP 均限定为不大于 6，外业观测应避免 PDOP 值大于 6 的时段。在开机之前应对仪器进行仔细检查，保证各测站按时开机。不同型号仪器的参数设置按照仪器的操作说明进行。由于北斗卫星信号接收机数据采集的高度自动化，其记录载体不同于常规测量，观测员易忽视数据采集过程的其他操作。因此，需要随时认真做好测站记录，包括控制点点名、接收机序列号、天线高、关机时间等，还需要定时检查接收机显示的接收卫星数、PDOP 值、电量、仪器高以及对中整平情况，并做好必要的记录。关于天线安置对中误差和天线高量取的规定，主要是为了减少人为误差对测量精度的影响，通常情况下都应该满足这一要求。由于当前北斗卫星信号接收机天线类型的多样化，对天线高量取部位要求会有所不同。因此，作业前需熟悉所使用的北斗卫星信号接收机的操作说明，并严格按其要求量取。

4.2.9 技术设计后应上交资料的资料包含《技术设计书与专业设计书(附北斗点位设计图)》和《野外踏勘技术总结》等。

4.3 选点与埋石

4.3.1 选点人员在实地选点前，认真了解技术设计书，研究有关布网任务与测区的资料，包括测区 1:50000 或更大比例尺地形图、高分辨率影像、已有各类控制点、卫星导航定位基准站资料等。选点人员应充分了解和研究测区情况，特别是交通、通讯、供电、气象、地质及大地点等情况。

4.3.2 A级北斗卫星定位点点位应符合现行国家标准《全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范》GB/T 28588-2012 的规定，其他各级北斗卫星定位点点位应符合下列规定：

1 应便于安置接收设备和操作，视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15° 。

2 远离大功率无线电发射源和微波无线电信号传送通道(如电视台、电台、微波站等)，其距离不小于 200m，远离高压输电线等大功率电力传输设备，其距离不应小于 50m。

3 应避开强烈反射卫星信号的物件(如大型建（构）筑物、大面积水域、大面积裸露石块地、沙地等)。

4 交通方便，有利于其他测量手段扩展和联测。

5 地面基础稳定，易于标石的长期保存。

6 充分利用符合要求的已有控制点。

7 选站时尽可能使测站附近的局部环境(地形、地貌、植被等)与周围的大环境保持一致，以减少气象元素的代表性误差。

8 有特殊需要时，宜在非基岩的 A、B 级北斗卫星定位点的附近埋设辅助点，并测定其与该点的距离和高差，精度应优于 $\pm 5\text{mm}$ 。

9

各级北斗卫星定位网点可视需要设立与其通视的方位点，方位点应目标明显，观测方便，方位点距网点的距离一般不小于300m。

4.3.3 选点应符合下列规定：

1 选点人员应按照技术设计书经过踏勘，在实地按要求选定点位，并在实地加以标定。

2 当利用旧点时，应检查旧点的稳定性、可靠性和完好性，符合要求方可利用。

3 需要水准联测的北斗卫星定位点，应实地踏勘水准路线情况，选择联测水准点并绘出联测路线图。

4 不论新选定的点或利用旧点(包括辅助点与方位点)，均应实地绘制点之记，其内容要求在现场详细记录，不得追记。

5 A、B级北斗卫星定位网点在其点之记中应填写地质概要、构造背景及地形地质构造略图。

6 A级北斗卫星定位网点的点位周围有高于10°的障碍物时，应绘制点的环视图。

7 一个网区选点完成后，应绘制选点图。

8 优先选择有水准、重力并置的卫星导航定位基准站作为A级北斗卫星定位网点。

4.3.4 选点后上交资料应符合下列规定：

1 北斗卫星定位网点点之记、环视图。

2 北斗卫星定位网选点图(测区较小，选点、埋石与观测一期完成时，可以展点图代替)。

3 选点工作总结。

4.3.5 埋石应符合下列规定：

1 各级北斗卫星定位点均应埋设固定的标石或标志。

2

B级北斗卫星定位点应埋设天线墩，C、D、E级北斗卫星定位点在满足标石稳定、易于长期保存的前提下，可根据具体情况选用。

3 各种类型的标石应设有中心标志。基岩标石和基本标石的中心标志应用铜或不锈钢制作。普通标石的中心标志可用铁或坚硬的复合材料制作。标志中心应刻有清晰、精细的十字线或嵌入不同颜色金属(不锈钢或铜)制作的直径小于0.5mm的中心点。

4 用于区域似大地水准面精化北斗卫星定位点，其标志应包含水准标志，满足水准测量的要求。

5 各种天线墩应安置强制对中装置。强制对中装置的对中误差不应大于1mm。

6 标石应采用混凝土浇筑制成。在有条件地区，也可用整块花岗石、青石等坚硬石料凿制，但其规格应不小于同类标石的规定。

7 埋设天线墩、基岩标石、基本标石时，应现场浇筑混凝土。普通标石可预先制作，然后运往各点埋设。

8 埋设标石，须使各层标志中心严格在同一铅垂线上，其偏差不应大于2mm。

9 当利用旧点时，应首先确认该点标石完好，并符合相应规格和埋石要求，且能长期保存。必要时需要挖开标石侧面查看标石情况。如遇上标石被破坏，可以下标石为准，重埋上标石。

10 宜埋设普通标石，并加适当标注，以便与控制点相区分。

11 埋石所占土地，应经土地使用者或管理部门同意，并办理相应手续，如用地手续、委托保管书等。新埋标石由设置单位将委托保管书抄送县级以上测绘主管部门。

12

B、C级北斗卫星定位网点标石埋设后，至少需经过一个雨季，冻土地区至少需经过一个冻解期，基岩或岩层标石至少需经一个月后，方可用于观测。

4.3.6 标石外部整饰应符合下列规定：

1 B、C、D、E级北斗卫星定位点混凝土标石浇筑时，均应在标石上表面压印控制点的类级、埋设年代，B、C级北斗卫星定位点还应在标石侧面压印或喷涂“国家设施请勿碰动”字样。

2 B级北斗卫星定位网点标石埋设后，宜在周围砌筑混凝土方井或圆井护框，其内径根据情况而定，但至少不小于0.6 m，高为0.2 m。

3 荒漠或平原不易寻找的控制点还需在其近旁埋设指示碑，其规格参见GB/T 12898-2009。

在标石建造的施工现场，应拍摄清晰影像资料，并有以下要求。

4 钢筋骨架照片，应能反映骨架捆扎形状和尺寸。

5 标石坑照片，应能反映标石坑和基座坑的形状和尺寸。

6 基座建造后拍摄的照片，应能反映基座的形状及钢筋骨架或预制涵管安置是否正确。

7 安置的照片，应能反映标志安置是否平直、端正。

8 标石整饰后照片，应反映标石整饰是否规范。

9 标石埋设位置远景照片，应能反映标石埋设位置的地物、地貌景观。

4.3.7 埋石结束后提交的资料应符合下列规定：

1 点之记。

2 测量标志委托保管书。

3 标石建造拍摄的照片。

4 埋石工作总结。

5 北斗桥址地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 在桥梁建设过程中地形图测图的比例尺根据设计阶段、规模和用途确定。初步设计可选用较小比例尺展示桥址周边整体环境，详细设计可用较大比例尺展示桥梁选址局部细节。具体可参考表 5.1.1 进行选用。

表 5.1.1 桥址测图比例尺选用

比例尺	用途
1: 5000	可行性研究、总体规划、桥址选择、初步设计等
1: 2000	可行性研究、初步设计、桥址周边详细规划等
1: 1000	初步设计、施工图设计、桥梁总图管理、竣工验收等
1: 500	

条文说明

在桥梁建设过程中，面对不同的工作阶段，针对性的选用不同比例尺的地形图十分重要，例如针对大区域范围的桥址选取与路线规划通常采用小比例尺地形图，而针对桥梁细部的设计与建设更多的使用大比例尺地形图。

5.1.2 地形图根据存储介质分为数字地形图与纸质地形图，其相关特点如下表 5.1.2 。

表 5.1.2 数字地形图特点

特征	数字地形图
信息载体	适合计算机存取的介质
表达方法	计算机可识别的代码系统和属性特征
数学精度	测量精度
测绘产品	各类文件；如原始文件、成果文件、图形信息数据文件等
工程应用	借助计算机及外部采集设备

条文说明

作为基于北斗系统的桥梁工程测量规范，储存介质与数据类型一开始便已确定。而其精度则取决于测量精度，有效避免了纸质地形图绘制过程中所增加的误差，其具有产品多样化的优势，可以根据需要制作合适的测绘产品。

5.1.3 地形的类别划分和地形图基本等高距的确定，应符合下列规定：

1 应根据地面倾角 α 大小，确定地形类别。

平坦地： $\alpha < 3^\circ$ ；丘陵地： $3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$ ；山地： $10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$ ；高山地： $\alpha \geq 25^\circ$ 。

2 地形图的基本等高距，应按表 5.1.3 取值。

表 5.1.3 地形图的基本等高距 (m)

地形类别	比例尺			
	1: 500	1: 1000	1: 2000	1: 5000
平坦地	0.5	0.5	1.0	2.0
丘陵地	0.5	1.0	2.0	5.0
山地	1.0	1.0	2.0	5.0
高山地	1.0	2.0	2.0	5.0

条文说明

一个测区应该统一比例尺并宜采用同一种基本等高距，在水域测图的基本等深距，可按水底地形倾角比照地形类别和测图比例尺选择。

5.1.4 地形测量区域类型包括一般地区、城镇建筑区、工矿区和水域。这些区域的特征和需求不同，其精度需求也不同。

5.1.5 地形测量的基本精度要求，应符合下列规定：

1 地形图图上的地物点相对于邻近图根点的点位中误差，按表 **5.1.5-1** 取值。

表 5.1.5 -1 图上地物点的点位中误差

区域类型	点位中误差 (mm)
一般地区	0.8
城镇建筑区、工矿区	0.6
水域	1.5

条文说明

隐蔽或施测困难的一般地区测图，可放宽 50%，1:500 比例尺水域测图，其他比例尺的大面积平坦水域或水深超出 20m 的开阔水域测图，根据具体情况，可放宽至 2.0mm。本条文来源于《工程测量规范》（GB 50026-2020）。

2 等高(深)线的插求点或数字高程模型格网点相对于邻近图根点的高程中误差，按表 **5.1.5-2** 取值。

表 5.1.5-2 等高（深）线插求点或数字高程模型网格点的高程中误差

一般地区	地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
	高程中误差 (m)	$\frac{1}{3}h_d$	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$
水域	水底地形倾角 α	$\alpha < 3^\circ$	$3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$	$10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	$\alpha \geq 25^\circ$
	高程中误差 (m)	$\frac{1}{2}h_d$	$\frac{2}{3}h_d$	$1h_d$	$\frac{3}{2}h_d$

条文说明

受限于工作量与地形，在利用基于北斗系统的数据采集设备进行等高线信息采集时，通常只针对地形特征点进行密集信息采集，针对一般地形则采用稀疏采集并用数值内插法完善数据。在进行高程内插时应该依凭一套统一的中误差规则，本文中误差规则应符合国家现行规定《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》CH/T2009-2010 的相关标准。

3 地形点最大点位间距，不应大于表 5.1.5-3 的取值。

表 5.1.5-3 地形点的最大点位间距 (m)

比例尺		1:500	1:1000	1:2000	1:5000
一般地区		15	30	50	100
水域	断面间	10	20	40	100
	断面上测点间	5	10	20	50

条文说明

水域测图的断面间距和断面的测点间距，根据地形变化和用图要求，可适当加密或放宽。

4 地形图高程点的注记，当基本等高距为 0.50m 时，应精确至 0.01m；当基本等高距大于 0.50m 时，应精确至 0.10m。

5.1.6

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。

5.1.7 有条件采用网络 RTK 测量的区域，宜优先采用网络 RTK 技术测量。

5.1.8 RTK 测量卫星的状态应符合表 5.1.8 规定

表 5.1.8 北斗-RTK 卫星状态

观测窗口状态	截至高度角 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

条文说明

在利用北斗系统进行桥梁工程测量时，卫星信号的良好程度对测量精度有着直接的影响，为了使获得的数据精度更高，本规范建议在利用北斗系统进行北斗-RTK 测量时卫星状态必须考虑卫星截至高度角以及 PDOP 值。其中当截至高度角在 15° 以上的卫星数 ≤ 6 ，且 PDOP 值 ≥ 4 时，为良好观测窗口期。本条文参考于《全球定位系统（GPS）测量规范》（GB/T 18314-2009）。

5.1.9 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步测量。

5.1.10 RTK 地形测量主要技术要求应符合表 5.1.10 的规定。

表 5.1.10 北斗-RTK 地形测量主要技术要求

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	$\leq \pm 0.1$	1/10 等高距	≤ 7	≥ 2	平面三级以上 高程等外以上
碎步点	$\leq \pm 0.3$	符合相应比例尺度成图要求	≤ 10	≥ 1	平面图根、高程图根以上

条文说明

卫星定位地形测量主要技术要求，是在充分考虑北斗-RTK 测量精度高、测量方式简单，根据特大跨径公路桥梁施工对测量精度的要求确定的，点位中误差指控制点相对于最近基准站的误差。用北斗-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。其主要数据参考来源于《高速铁路工程测量规范》(TB/10601-2009)、《工程测量规范》(GB 50026-2020)。

5.1.11 桥址地形图的分幅和编号，应符合下列规定：

- 1 地形图的分幅，可采用正方形或矩形方式。
- 2 图幅的编号，宜采用图幅西南角坐标的千米数表示。
- 3 带状地形图 或小测区地形图可采用顺序编号。
- 4 对于已施测过地形图的测区，也可沿用原有的分幅和编号。

5.1.12 地形图图式和地形图要素分类代码的使用，应符合下列规定：

1 地形图图式，应符合现行国家标准《1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1-2017 和《1: 5000 1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2-2017 的有关规定。

2 地形图要素分类代码，宜符合现行国家标准《1:500 1:1000 1:2000 地形图要素分类与代码》GB/T14804 和《1: 5000 1: 10000 1: 25000 1: 50000 1: 100000 地形图要素分类与代码》GB/T

13923-2022 的有关规定。

3 对于图式和要素分类代码的不足部分可自行补充，并应编写补充说明。对于同一个工程或区域，应采用相同的补充图式和补充要素分类代码。

5.1.13 地形测图，可采用北斗-RTK测图，也可联合作业模式或其他作业模式。

5.1.14 数字地形测量软件的选用，应符合下列规定：

- 1** 适合工程测量作业特点。
- 2** 满足本规范精度要求、功能齐全、符号规范。
- 3** 操作简便、界面友好。
- 4** 采用常用的数据、图形输出格式。对软件特有的线型、汉字、符号，应提供相应的库文件。
- 5** 具有用户开发功能。
- 6** 具有网络共享功能。

5.1.15 计算机绘图所使用的绘图仪的主要技术指标，应满足大比例尺成图精度的要求。

5.1.16 地形图应经过内业检查、实地的全面对照及实测不应少于测图工作量的 10%，检查的统计结果，应符合表 5.1.5-1~5.1.5-3 的取值。

5.2 北斗图根控制测量

5.2.1 图根点相对于邻近等级控制点的点位中误差不应大于图上0.1mm。

5.2.2 对于较小测区，图根控制可作为首级控制。

5.2.3 图根点点位标志宜采用木(铁)桩，当图根点作为首级控制或等级点稀少时，应埋设适当数量的标石。

5.2.4 解析图根点的数量，一般地区不宜少于表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 一般地区解析图根点的数量

测图比例尺	图幅尺寸 (cm)	解析图根点数量 (个)
		北斗-RTK 测图
1: 500	50×50	1
1: 1000	50×50	1-2
1: 2000	50×50	2
1: 5000	40×40	3

条文说明

在进行绘图之前要进行图根控制测量，针对不同测图比例尺与图幅尺寸所规定的解析图根点数量也应遵循 5.2.4 规定。本规定应符合国家标准《工程测量规范》GB 50026-2020 的有关规定。

5.2.5 图根控制测量内业计算和成果的取位，应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 内业计算和成果的取位要求

各项计算修正值（" 或 mm）	方位角计算值（"）	边长及坐标计算值（m）	高程计算值啊（m）	坐标成果（m）	高程成果（m）
1	1	0.001	0.001	0.01	0.01

条文说明

内业计算考虑到图根控制测量精度的影响、计算有效位数以及截断误差的影响，在坐标以及高程成果方面通常取 0.01m，在边长坐标计算采用 0.001m，方位角则为 1"。

5.2.6 北斗平面控制测量，值得说明的是受限于精度本规范不建议利用北斗卫星定位系统进行高程控制，因此本规范只针对平面控制进行相关说明。北斗图根平面控制测量，宜采用北斗-RTK 方法直接测定图根点的坐标。北斗-RTK 方法的作业半径不直超过 5km，对每个图根均应进行同一参考站或不同参考站下的两次独立测量，其点位较差不应大于图上 0.1mm。其他技术要求应按本标准第五章 5.3.10~ 5.3.15 条的关规定执行。

5.2.7 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。

5.2.8 北斗-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，可以在测区现场通过点校正的方法获取。

5.2.9 北斗-RTK 图根点测量方法参照控制测量部分中相关要求执行。

5.2.10 北斗-RTK 平面控制点测量观测时应采用三角架对中、整平，观测历元数应大于 10 个。

5.2.11 RTK 图根点测量平面坐标转换残差不应大于图上 0.07mm。北斗-RTK 图根点测量高程拟合残差不应大于 1/12 等高距。

5.2.12

北斗-RTK图根点测量平面测量两次测量点位较差不应大于图上
0.1mm，高程测量两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。

5.3 北斗测图要求

5.3.1 测图所使用仪器和应用程序，应符合下列规定：

- 1 其固定误差不应大于 10mm，比例误差不应大于 5ppm。
- 2 测量的应用程序，应满足内业数据处理和图形编辑的基本要求。
- 3 数据传输后，宜将测量数据转换为常用数据格式。

5.3.2 测图的方法，可采用编码法、草图法或内外业一体化的实时成图法等。

5.3.3 当布设的图根点不能满足测图需要时，可采用极坐标法增设少量测站点。

5.3.4 北斗-RTK 测图，作业前，应搜集下列资料：

- 1 测区的控制点成果及北斗测量资料。
- 2 测区的坐标系统和高程基准的参数，包括：参考椭球参数，中央子午线经度，纵、横坐标的加常数，投影面正常高，平均高程异常等。
- 3 CGCS2000 或 WGS-84 坐标系与测区地方坐标系的转换参数及 WGS-84 坐标系的大地高基准与测区的的地方高程基准的转换参数。

5.3.5 转换关系的建立，应符合下列规定：

- 1 基准转换，可采用重合点求定参数(七参数或三参数)的方法进行。
- 2 坐标转换参数和高程转换参数的确定分别进行，坐标转换位置基准应一致，重合点的个数不少于 4 个，且应分布在测区的周边和中部。

3

坐标转换参数也可直接应用测区北斗卫星网的二维约束平差所计算的参数。

4 对于面积较大的测区，需要分区求解转换参数，相邻分区应不少于 2 个重合点。

5 转换参数宜采取多种点组合方式分别计算，再进行优选。

5.3.6 转换参数的应用必须符合下列规定：

1 转换参数的应用，不应超越原转换参数的计算所覆盖的范围，且输入参考站点的空间直角坐标，应与求取平面和高程转换参数(或似大地水准面)时所使用的原北斗坐标网的空间直角坐标成果相同，否则，应重新求取转换参数。

2 使用前，应对转换参数的精度、可靠性进行分析和实测检查。检查点应分布在测区的中部和边缘。检测结果，平面较差不应大于 5cm，高程较差不应大于 $30\sqrt{D}$ (mm)；超限时，应分析原因并重新建立转换关系。

3 对于地形趋势变化明显的大面积测区，应绘制高程异常等值线图，分析高程异常的变化趋势是否同测区的地形变化相一致。当局部差异较大时，应加强检查，超限时，应进一步精确求定高程拟合方程。

5.3.7 参考站点位的选择，应符合下列规定：

1 应根据测区面积、地形地貌和数据链的通信覆盖范围，均匀布设参考站。

2 参考站站点的地势应相对较高，周围无高度角超过 15° 的障碍物和强烈干扰接收卫星信号或反射卫星信号的物体。

3 参考站的有效作业半径，不应超过 10 km。

5.3.8 参考站的设置，应符合下列规定：

1 接收机天线应精确对中、整平，对中误差不应大于 5 mm；

天线高的量取应精确至 1 mm。

2 正确连接天线电缆、电源电缆和通信电缆等;接收机天线与电台天线之间的距离,不宜小于 3 m。

3 正确输入参考站相关数据,包括:点名、坐标、高程、天线高、基准参数、坐标高程转换参数等。

4 电台频率的选择,不应与作业区其他无线电通信频率相冲突。

5.3.9 流动站的作业,应符合下列规定:

1 流动站作业的有效卫星数不宜少于 5 个, PDOP 值应小于 6, 并应采用固定解成果。

2 正确的设置和选择测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等,其设置应与参考站相一致。

3 流动站的初始化,应在比较开阔的地点进行。

4 作业前,宜检测 2 个以上不低于图根精度的已知点。检测结果与已知成果的平面较差不应大于图 0.2 mm, 高程较差不应大于基本等高距的 1/5。

5 数字地形图的测绘,按第五章第 5.3.4 条执行。

6 作业中,如果出现卫星信号失锁,应重新初始化,并经重合点测量检查合格后,方能继续作业。

7 结束前,应进行已知点检查。

8 每日观测结束,应及时转存测量数据至计算机并做好数据备份。

5.3.10 分区作业时,各应测出界线外图上 5 mm。

5.3.11 不同参考站作业时,流动站应检测一定数量的地物重合点。点位较差不应大于图上 0.6 mm, 高程较差不应大于基本等高距的 1/3。

5.3.12

对采集的数据应进行检查处理，删除或标注作废数据、重测超限数据、补测错漏数据。

5.3.13 北斗-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。

5.3.14 北斗-RTK 碎部点测量平面坐标转换残差不应大于图上 0.1 mm。北斗-RTK 碎部点测量高程拟合残差不应大于 1/10 基本等高距。

5.3.15 北斗-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。

5.3.16 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。检核点位坐标较差不大于图上 0.5 mm 时，方可继续测量。

5.4 数字高程模型

5.4.1 数字高程模型的数据源，宜采用数字地形图的等高线数据，也可采用野外实测的数据或对原有纸质地形图数字化的数据。

5.4.2 数字高程模型建立的主要技术要求，应符合下列规定：

1 比例尺的确定，宜根据工程的需要，按本章表 5.1.1 选择，但不应大于数据源的比例尺。

2 数字高程模型格网点的高程中误差，应满足本章表 5.1.5-2 的要求。

3 数字高程模型的分幅及编号，应满足本章 5.1.6 条的要求。

4 数字高程模型构建，宜采用不规则三角网法，也可采用规则格网法，或者二者混合使用。

5 规则格网点、特征点及边界线的数据应完整。

6 数字高程模型表面应平滑，且应充分反映地形地貌的特征。

5.4.3 采用不规则三角网法构建模型时，应符合下列规定：

1 确定并完整连接地性线、断裂线、边界线等特征线。

2 以同一特征线上相邻两点的连线，作为构建三角形的必要条件。

3 构建三角形宜使三角形边长尽可能接近等边、三角形的边长之和最小或三角形外接圆的半径最小。

4 当采用等高线数据构建三角网时，宜将等高线作为特征线处理，并满足本条第 1~3 款的规定。

5 不规则三角网点数据，宜通过插值处理生成规则的格网点数据。

5.4.4 采用规则格网法构建模型时，应符合下列规定：

1

根据离散点数据，求格网点高程，可采用插值法、曲面拟合法，也可二者混合使用。

2 格网点的高程，也可由等高线数据插求。

3 特征线两侧的离散点，不应同时用于同一插值或拟合方程的建立。

5.4.5 建立数字高程模型作业时，应符合下列规定：

1 对新购置的软件，应进行全面测试。满足本规范要求 and 工程需要后，方能投入使用。

2 使用时，应严格按照软件的操作要求作业。

3 数字高程模型的建立，可按图幅进行，也可分区建立。其数据源覆盖范围，不应小于图廓线或分区线外图上 20 mm。

4 一个数字高程模型应只有一个封闭外边界线，但其内部道路、建（构）筑物、水域、地形突变等断裂线，均应独立连成内边界线；不同的内边界线可以相邻，但不得相交。

5 对构建模型的数据源，作业时应进行粗差检验与剔除。可通过模型与数字地形图等高线数据叠合对比的方法进行检查。对发现的不合理之处，应及时进行处理；必要时，应适当增补高程点，并重新构建模型。

6 必要时，可对构建的数字高程模型进行模型优化。

7 接边范围的数据，应有适当的重叠。

5.4.6 数字高程模型接边，应满足下列要求：

1 同名格网点的高程应一致。

2 相邻格网点的平面坐标应连续，且高程变化符合地形连续的总特征。

3 用实测数据所建立的数字高程模型接边误差，不应大于表 5.1.5-2 规定的 2 倍；小于规定值时，可平均配赋，超过规定值时，

应进行检查和修改。

5.4.7 数字高程模型建立后应进行检查，并符合下列规定：

1 对用实测数据建立的数字高程模型，应进行外业实测检查并统计精度。每个图幅的检测点数，不应少于 20 点，且均匀分布。模型的高程中误差，按(5.4.7)式计算，其值不应大于本章表 5.1.5-2 的规定。

$$M_h = \sqrt{\frac{[\Delta h_i \Delta h_i]}{n}} \quad (5.4.7)$$

式中： M_h —模型的高程中误差（m）； n —检查点个数； Δh_i —检查高程与模型高程的较差（m）。

2 对以数字地形图产品和纸质地形图数字化作为数据源所建立的数字高程模型，宜采用数字高程模型的高程与数据源同名点高程比较的方法进行检查。

5.5 陆域地形测量

5.5.1 针对桥梁建设过程中的地形采集适用于一般地区标准，采用北斗-RTK 进行测图。

5.5.2 各类建(构)筑物及其主要的附属设施均应进行测绘。居民区可根据测图比例尺大小或用图需要，对测绘内容和取舍范围适当加以综合。临时性建筑可不测。建(构)筑物宜用其外轮廓表示，房屋外廓以墙角为准。当建(构)筑物轮廓凸凹部分在 1:500 比例尺图上小于 1mm 或在其他比例尺图上小于 0.5mm 时，可用直线连接。

5.5.3 独立性地物的测绘，能按比例尺表示的，应实测外廓，填绘符号；不能按比例尺表示的，应准确表示其定位点或定位线。

5.5.4 管线转角部分，均应实测。线路密集部分或居民区的低压电力线和通信线，可选择主干线测绘；当管线直线部分的支架、线杆和附属设施密集时，可适当取舍；当多种线路在同一杆柱上时，应择其主要表示。

5.5.5 交通及附属设施，均应按实际形状测绘。铁路应测注轨面高程，在曲线段应测注内轨面高程；涵洞应测注洞底高程。1:2000 及 1:5000 比例尺地形图，可适当舍去范围内的附属设施。

5.5.6 水系及附属设施，宜按实际形状测绘。水渠应测注渠顶边高程；堤、坝应测注顶部及坡脚高程；水井应测注井台高程；水塘应测注塘顶边及塘底高程。当河沟、水渠在地形图上的宽度小于 1mm 时，可用单线表示。

5.5.7

地貌宜用等高线表示。崩塌残蚀地貌、坡、坎和其他地貌，可用相应符号表示。山顶、鞍部、凹地、山脊、谷底及倾斜变换处，应测注高程点。露岩、独立石、土堆、陡坎等，应注记高程或比高。

5.5.8 植被的测绘，应按其经济价值和面积大小适当取舍，并应符合下列规定：

1 农业用地的测绘按稻田、旱地、菜地、经济作物地等进行区分，并配置相应符号。

2 地类界与线状地物重合时，应绘制线状地物符号。

3 梯田坎的坡面投影宽度在地形图上大于 2 mm 时，应实测坡脚；小于 2 mm 时，可量注比高。当两坎间距在 1:500 比例尺地形图上小于 10 mm，在其他比例尺地形图上小于 5 mm 时或坎高小于基本等高距的 1/2 时，可适当取舍。

4 稻田应测出田间的代表性高程，当田埂宽在地形图上小于 1 mm 时，可用单线表示。

5.5.9 地形图上各种名称的注记，应采用现有的法定名称。

5.6 水域地形测量

5.6.1 本规范在水域地形测量中关于定位采用北斗卫星定位法，水深测量则采用回声测深仪等测深仪器与方法。测深点宜按照横断面布设，断面方向宜于岸线（或主流方向）相垂直。

5.6.2 水深测量方法应根据水下地形状况、水深、流速和测深设备合理选择。测深点的深度中误差，不应超过表 5.6.2 的规定。

表 5.6.2 测深点深度中差

水深 H 范围 (m)	测深仪器或工具	流速 (m/s)	测点深度中误差 (m)
0-4	宜用测深杆	—	0.10
0-10	测深锤	<1.0	0.15
1-10	测深仪	—	0.15
10-20	测深仪或测深锤	<0.5	0.20
>20	测深仪	—	$H \times 1.5\%$

条文说明

水地树林和杂草丛生水域不适合使用回声测深仪；当精度要求不高、作业特殊困难、用测深锤测深流速大于表中规定或水深大于 20m 时，测点深度中误差可放宽 1 倍，本条例参考于《工程测量规范》（GB 50026-2020）。

5.6.3 水域地形测量与陆上地形测量应互相衔接。作业应充分利用岸上经检查合格的控制点；当控制点的密度不能满足工程需要时，应布设适当数量的控制点。

5.6.4 在水下环境不明的区域进行水域地形测量时，必须了解测区的礁石、沉船、水流和险滩等水下情况。作业中，如遇有大风、大浪，应停止水上作业。

5.6.5

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/815022244013012003>