

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

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

T/CECS XXX-20XX

主编单位：

批准单位：

施行日期：

中国计划 出版社

2023 重庆

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

T/CECS XXX-20XX

条文说明

前 言

参考中国工程建设标准化协会的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本标准共有6章和6个附录，主要内容包括:总则、术语、基本规定、北斗桥梁平面控制测量、北斗桥址地形测量、北斗桥梁变形监测等。

本规范的某些内容可能直接或间接涉及其他专利，本规范的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规范由中国工程建设标准化协会归口管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给xxxx单位(地址:xxxx，邮编:xxxx，邮箱:xxxx。

主编单位: xxxx

主要起草人: xxx xxx xxx xxx xxx

 xxx xxx xxx xxx xxx

主要审查人: xxx xxx xxx xxx xxx

 xxx xxx xxx xxx xxx

目次

[前 言](#_Toc169339750)

[1 总则 - 1 -](#_Toc169339751)

[2 术语、符号和代号 - 2 -](#_Toc169339752)

[2.1 术语 - 2 -](#_Toc169339753)

[2.2 符号和代号 - 6 -](#_Toc169339754)

[3 基本规定 - 8 -](#_Toc169339755)

[4 北斗桥梁平面控制测量 - 9 -](#_Toc169339756)

[4.1 一般规定 - 9 -](#_Toc169339757)

[4.2 基于北斗系统的平面控制测量 - 10 -](#_Toc169339758)

[4.3 选点与埋石 - 17 -](#_Toc169339759)

[5 北斗桥址地形测量 - 21 -](#_Toc169339760)

[5.1 一般规定 - 21 -](#_Toc169339761)

[5.2 北斗图根控制测量 - 28 -](#_Toc169339762)

[5.3 北斗测图要求 - 31 -](#_Toc169339763)

[5.4 数字高程模型 - 35 -](#_Toc169339764)

[5.5 陆域地形测量 - 38 -](#_Toc169339765)

[5.6 水域地形测量 - 40 -](#_Toc169339766)

[5.7 地形图编绘 - 44 -](#_Toc169339767)

[6 北斗桥梁变形监测 - 46 -](#_Toc169339768)

[6.1 一般规定 - 46 -](#_Toc169339769)

[6.2 基准站及监测站要求 - 48 -](#_Toc169339770)

[6.3 北斗桥梁变形监测要求 - 56 -](#_Toc169339771)

[6.4北斗桥梁变形监测内容 - 58 -](#_Toc169339772)

[6.5 桥梁变形监测技术指标 - 60 -](#_Toc169339773)

[6.6 数据采集与传输 - 64 -](#_Toc169339774)

[6.7 北斗桥梁变形监测平台 - 65 -](#_Toc169339775)

[6.8 监测成果 - 71 -](#_Toc169339776)

[补充部分 - 72 -](#_Toc169339777)

[规范用词说明 - 72 -](#_Toc169339778)

[引用规范名录 - 73 -](#_Toc169339779)

[附录A 精度要求较高工程的中误差评定方法 - 74 -](#_Toc169339780)

[附录B 大地坐标系有关说明 - 76 -](#_Toc169339781)

[附录C 选点与埋石资料及其说明 - 78 -](#_Toc169339782)

[附录D 基于北斗卫星定位技术的桥梁变形监测记录表 - 88 -](#_Toc169339783)

[附录E 监测日报表 - 89](#_Toc169339784) -

[附录F 仪器管理要求 - 90](#_Toc169339785) -

Contents

Preface

1 General Provisions………………………………………………………..1

2 Terminology, Symbols, and Codes………………...…………………2

2.1 Terminology……………………………………………………….2

2.2 Symbols and Codes………………………………………………..6

3 Basic Rules……………………………………………………………….8

4 Beidou Bridge Plane Control Surveying………………………….9

4.1 General Provisions………………………………………………9

4.2 Plane Control Surveying………………………………………….10

4.3 Site Selection and Monument Installation………………………..17

5 Beidou Bridge Site Topographic Surveying…………………….21

5.1 General Provisions……...………………………………………..21

5.2 Beidou Geodetic Control Surveying……………………...28

5.3 Beidou Mapping Requirements…………………………...31

5.4 Digital Elevation Model………...……………………………….35

5.5 Terrestrial Topographic Surveying…...………………………….38

5.6 Aquatic Topographic Surveying...……………………………….40

5.7 Topographic Map Compilation…………………………………..44

6 Beidou Bridge Deformation Monitoring………………………..46

6.1 General Provisions……………………………………………….46

6.2 Requirements for Reference Stations and Monitoring Stations….48

6.3 Beidou Bridge Deformation Monitoring Requirements…..56

6.4 Beidou Bridge Deformation Monitoring Content………...58

6.5 Bridge Deformation Monitoring Technical Indicators…………...60

6.6 Data Acquisition and Transmission…...…………………………64

6.7 Beidou Bridge Deformation Monitoring Platform………..65

6.8 Monitoring Results………………………………………………71

Additional Section…………………………………………………………72

Additional Content1………………………………………………….72

Additional Content2……………………………………………….…73

Appendix A Mean Squared Error Evaluation Method……………...……..74

Appendix B Explanation of Geodetic Coordinate System……….…….…..76

Appendix C Site Selection and Burial Bata and Their Explanation………..78

Appendix D Bridge Deformation Monitoring Record Form……………...88

Appendix E Monitoring Daily Report…………………………………...89

Appendix F Instrument Management Requirements………..…………..90

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：

 — 参考站到检查点的距离；

— 卫星分布的空间几何强度因子。

**2.2.2** 桥梁结构与水深：

 — 水深；

 — 为悬索桥主跨跨径。

**2.2.3** 数据处理相关符号：

 — 高程中误差；

 — 检查点个数；

— 模型的高程中误差；

— 检查高程与模型高程的较差；

 — 标准差；

 — 差异度；

— 评定对象的中误差；

 — 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；

— 地面与水平面之间的夹角；

— 椭球正常重力位；

 — 地球自转角速度；

— 赤道正常重力；

GM — 地球引力常数。

**2.2.5** 桥梁结构监测符号：

— 每小时桥墩位移有效值；

— 桥塔顺桥向实测倾斜值；

 — 桥塔横桥向实测倾斜值；

 — 桥塔顺桥向倾斜实测年平均值；

 — 桥塔横向倾斜实测年平均值；

 — 每小时桥墩位移有效值均值；

 — 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)。当采用北京标准时间(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 | 水平分量 | 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，以间接求算桥轴线长度，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据量，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，外业观测应避开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、开关机时间等，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±5mm。

**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** 应根据地面倾角大小，确定地形类别。

平坦地：；丘陵地：；山地：；高山地：。

**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**

隐敝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） |  |  |  |  |
| 水域 | 水底地形倾角 |  |  |  |  |
| 高程中误差（m） |  |  |  |  |

**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 |  | <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 |  | 1/10等高距 |  |  | 平面三级以上高程等外以上 |
| 碎步点 |  | 符合相应比例尺度成图要求 |  |  | 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 |  | 1 |
| 1：1000 |  | 1-2 |
| 1：2000 |  | 2 |
| 1：5000 |  | 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应不应大于图上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 (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l 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**  数宇高程模型的分幅及编号，应满足本章**5.1.6**条的要求。

**4**  数宇高程模型构建，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。满足本规范要求和工程需要后，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。

 

式中：—模型的高程中误差（m）；—检查点个数；—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lmm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l mm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 mn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 | — |  |

**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** 水尺的设置应能反映全测区内水面的瞬时变化，并应符合下列规定：

**1** 水尺的位置，应避开回流、壅水、行船和风浪的影响，尺面应顺流向岸。

**2** 一般地段在1.5~2.0km设置一把水尺。山区峡谷、河床复杂、急流滩险河段及海域潮汐变化复杂地段，300~500m设置一把水准尺。

**3** 河流两岸水位差大于0.1m时，应在两岸设置水尺。

测区范围不大且水面平静时，可不设置水尺，但应于作业前后测量水面高程。

**5** 当测区距离岸边较远且岸边水位观测数据不足以反映测区水位时，应增设水尺。

**5.6.6**  水位观测的技术要求，应符合下列规定：

**1** 水尺零点高程的联测，不低于图根水准测量的精度。

**2** 作业期间，应定期对水尺零点高程进行检查。

**3** 水深测量时的水位观测，宜提前10 min开始推迟10 min结束，作业中，应按一定的时间间隔持续观测水尺，时间间隔应根据水情、潮汐变化和测图精度要求合理调整，以10~30 min为宜，水面波动较大时，宜读取峰、谷的平均值，读数精确至l cm.

**4** 当水位的日变化小于0.2 m时，可于每日作业前后各观测一次水位，取其平均值作为水面高程。

**5.6.7** 水深测量宜采用有模拟记录的测深仪或具有模拟记录的数字测深仪进行作业，并应符合下列规定：

**1** 工作电压与额定电压之差，直流电源应不超过10%，交流电源不应超过5%。

**2**  实际转速与规定转速之差不应超出±1%，超出时应加修正。

**3**电压与转速调整后，应在深、浅水处作停泊与航行检查，当有误差时，应绘制误差曲线图予以修正。

**4** 测深仪换能器可安装在距船头1/3~1/2船长处，入水深度以0.3~0.8m为宜。入水深度应精确量至lcm。

**5** 定位中心应与测深仪换能器中心设置在一条垂线上，其偏差不得超过定位精度的1/3，否则应进行偏心改正。

**6** 每次测量前后，均应在测区平静水域进行测深比对，并求取测深仪的总改正数。比对可选用其他测深工具进行。对既有模拟记录又有数字记录的测深仪进行检查时，应使数字记录与模拟记录一致，二者不一致时以模拟记录为准。

**7** 测深过程应实测水温及水中含盐度，并进行深度改正。

**8** 测量过程中船体前后左右摇摆幅度不宜过大。当风浪引起测深仪记录纸上的回声线波形起伏值，在内陆水域大于0.3m、海域大于0.5m时，宜暂停测深作业。

**5.6.8** 测深点的水面高程，应根据水位观测值进行时间内插和位置内插，当两岸水位差较大时，还应进行横比降改正。

**5.6.9** 北斗定位宜采用北斗-RTK方式，当定位精度符合工程要求时，也可采用后处理差分技术。定位的主要技术要求，应符合下列规定:

**1** 参考站点位的选择和设置，应符合本章第**5.3.8**条和第**5.3.9**条的规定，作业半径可放宽至20 km。

**2** 船台的流动天线，应牢固地安置在船侧较高处并与金属物体绝缘，天线位置宜与测深仪换能器处于同一垂线上。

**3** 流动接收机作业的有效卫星数不宜少于5个，PDOP值应小于6。

**4** 北斗-RTK流动接收机的测量模式、基准参数、转换参数和数据链的通信频率等，应与参考站相一致，并应采用固定解成果。

**5** 每日水深测量作业前、结束后，应将流动北斗接收机安置在控制点上进行定位检查;作业中，发现问题应及时进行检验和比对。

**6** 定位数据与测深数据应同步。

**5.6.10** 当采用北斗-RTK定位时，也可采用无验潮水深测量方式，但天线高应量至换能器底部并精确至1 cm，其他技术要求除符合本章第**5.6.7**条的规定。

**5.6.11** 测深过程中或测深结束后，应对测深断面进行检查。检查断面与测深断面宜垂直相交，检查点数不应少于5%。检查断面与测深横断面相交处，图上1 mm范围内水深点的深度较差，在水深H不大于20m的深度检查较差的限差应小于0.4m，水深H大于20m的深度检查较差的限差应小于0.02H。

5.7 地形图编绘

**5.7.1** 地形图修测前应进行实地踏勘，确定修测范围，并制订修测方案。如修测的面积超过原图总面积的1/5，应重新进行测绘。

**5.7.2** 地形图修测的图根控制，应符合下列规定：

**1** 应充分利用经检查合格的原有邻近图根点；高程应从邻近的高程控制点引测。

**2** 局部修测时，测站点坐标可利用原图已有坐标的地物点按内插法或交会法确定，检核较差不应大于图上0.2mm 。

**3** 局部地区少量的高程补点，也可利用3个固定的地物高程点作为依据进行补测，其高程较差不得超过基本等高距的1/5，并应取用平均值。

**4** 当地物变动面积较大、周围地物关系控制不足，应补设图根控制。

**5.7.3**  地形图的修测，应符合下列规定:

**1** 新测地物与原有地物的间距中误差，不得超过图.上0.6mm。

**2** 当原有地形图图式与现行图式不符时，应以现行图式为准。

**3** 地物修测的连接部分，应从未变化点开始施测;地貌修测的衔接部分应施测一定数量的重合点。

**4** 除对已变化的地形、地物修测外，还应对原有地形图上已有地物、地貌的明显错误或粗差进行修正。

**5** 修测完成后，应按图幅将修测情况作记录，并绘制略图。

**5.7.4**  纸质地形图的修测，将原图数字化再进行修测；如在纸质地形图上直接修测，应符合下列规定:

**1** 修测时宜用实测原图或与原图等精度的复制图。

**2** 当纸质地图图廓伸缩变形不能满足修测的质量要求时，应予以修正。

**3** 局部地区的地物变动不大时，可利用经过校核，位置准确的地物点进行修测。使用图解法修测后的地物不应再作为修测新地物的依据。

**5.7.5** 地形图的编绘，应选用内容详细、现势性强、精度高的已有资料，包括图纸、数据文件、图形文件等进行编绘。

**5.7.6** 编绘图应以实测图为基础进行编绘，各种专业图应以地形图为基础结合专业要求进行编绘;编绘图的比例尺不应大于实测图的比例尺。

**5.7.7**  地形图编绘作业，应符合下列规定：

**1** 原有资料的数据格式应转换成同一数据格式。

**2** 原有资料的坐标、高程系统应转换成编绘图所采用的系统。

**3** 地形图要素的综合取舍，应根据编绘图的用途、比例尺和区域特点合理确定。

**4** 编绘图应采用现行图式。

**5** 编绘完成后，应对图的内容、接边进行检查，发现问题应及时修改。

6 北斗桥梁变形监测

6.1 一般规定

**6.1.1** 北斗监测技术在桥梁工程测量中的内容主要包括选点、监测站和基准站、变形监测、数据采集与传输、监测平台、监测成果。

**6.1.2** 结构安全监测应设定预警阈值，预警阈值应满足工程设计及被监测对象的控制要求。预警阈值的设置原则应符合下列规定：

**1** 预警信息类型包括设备故障预警信息和北斗监测点位移预警信息。

**2** 预警阈值取值应考虑监测点位地理环境和结构特征，取值范围应能够真实反映灾害状况。

**3** 监测点位移预警阈值设置不应低于监测精度。

**4** 预警阈值设置按照预警等级从低到高分级取值，最严重的预警阈值设置最大。

**5** 预警阈值可根据设计容许值、理论计算值、数值分析值、监测数据值、成熟经验设置。

**6** 预警阈值应以定量的方式给出，并定期对其进行检验、补充、修正和优化。

**6.1.3** 预警信息应由专门的发布机构或被授权机构，根据结构安全隐患的发展态势和应急处置进展，向相关部门及时发布、调整或解除。

**6.1.4** 监测结果分析、北斗安全监测预警、监测成果除应符合本章规定外，尚应根据监测对象类型符合有关规定。

**6.1.5** 基于北斗系统的监测技术除应符合本规范的要求之外，也应符合《全球连续监测评估系统(iGMAS)监测评估》GB/T 39398-2020、《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》GB/T 39399-2020、《北斗地基增强系统通信网络系统技术规范》GB/T 39723-2020、《北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范》GB/T 39772-2021的有关规定。

**6.1.6** 桥梁变形监测包含施工过程中与运营维护时的相关监测标准。

6.2 基准站及监测站要求

**6.2.1** 选点的地理条件如下：

**1** 控制网基准点选点需遵守要求见**4.2.7**和**4.2.8**要求。

**2** 监测站选点需满足以下要求：

**1)**  监测站应建立在存在滑坡、沉陷等风险的不稳定地质构造条件的块体上，用以监测风险地段是否发生险情。

**2)** 监测站可通过太阳能电池板供电，不需要考虑接入市电或具备稳定的供电环境。

**6.2.2** 选点的观测条件基准站和监测站点位的观测条件宜符合GB/T 28588的有关规定，要求如下：

**1** 距离容易产生多路径效应的地物（如高大建筑、树木、水体、海滩和易积水地带等）应大于200m。

**2** 应有基准站环境数据质量相应级别规定的高度截止角指标的卫星通视条件。

**3** 距离微波站、微波通道、无线电发射台、高压线穿越地带等电磁干扰区应大于200m。

**4** 避开采矿区、轨道交通、公路等容易产生振动的地带。

**5** 点位到观测室的线缆长度不宜超过100m。

**6.2.3** 监测站及基准站通用要求，监测站和基准站应符合以下要求：

**1** 具有断电续航功能，在断电情况下确保持续工作3d以上。

**2** 具备故障自恢复机制，系统故障率不大于5%。

**3** 具备防雷及抗干扰功能，防雷电感应为1000V。

基准站分为A级、B级、C级基准站，各级基准站应符合GB/T 39772-1的规定，见表**6.2.3**。

表6.2.3 基准站性能要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 等级 | 指标 | 高度截止角（°） |
| 多路径误差（MP） | A | MP0.3m | 10 |
| B | 0.3mMP0.5m | 10 |
| C | 0.5mMP0.65m | 15 |
| 周跳比 | A | 8000 | 10 |
| B | 4000 | 10 |
| C | 2000 | 15 |
| 观测数据完整度 | A | 98% | 10 |
| B | 95% | 10 |
| C | 95% | 15 |

**条文说明**

基准站应基准站应配备高性能的北斗卫星信号接收器，除以上指标外还需满足以下性能要求：1）北斗卫星信号接收器应支持全球卫星导航系统（如GPS、GLONASS、Galileo、BDS等）的多系统多频率信号接收；2）北斗卫星信号接收器应具备实时运动学定位能力，以支持动态变形监测；3）北斗卫星信号接收器应具备对流动性干扰的抵抗能力，包括多路径效应、大气干扰等。其天线要求如下：1）天线应具备高度的多路径抑制能力，以最小化多路径效应对定位精度的影响；2）天线相位中心应在物理中心附近，以确保定位精确性；3）天线应安装在稳固的基准站支架上，以减少振动和变形对性能的影响。

**6.2.4** 基准站数据采集要求：

**1** 基准站能采集BDS的频点信号应包括B1I、B1C、B2I、B2a、B2b、B3I等。

**2** 基准站数据采集的多路径影响、周跳比和观测数据完整率应符合GB/T 39772.1的有关规定，具体见表**6.2.4**-1。

表6.2.4-1 基准站的数据质量要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | B级基准站 | C级基准站 |
| 多路径误差（MP） | 0.3mMP0.5m | 0.5mMP0.65m |
| 周跳比 | 4000 | 2000 |
| 观测数据完整率 | 95% | 95% |

**条文说明**

（1）桥梁工程控制网的建立，采用静态作业模式。（2）观测时段的长度和数据采祥间隔的限制，是为了获得足够的数据量，从而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。（3）空间位置精度因子PDOP值普遍用于反映所观测卫星几何分布状况，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，外业观测要避开PDOP值大于6的时段。（4）在开机之前要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。（5）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、开关机时间等，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。（6）关于天线安置对中误差和天线高量取的规定，为减少人为误差对测量精度的影响，根据北斗卫星信号接收机天线类型选择天线高量取部位要求。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。

**6.2.5** 监测接收机

**1** 监测接收机结构与外观要求如下：

**1)**  监测接收机应由天线、接收机主机、电源适配器、电池等配件以及用于进行北斗-RTK测量的接收机及配备等组成。

**2)**  监测接收机应有参数配置、数据下载及数据格式转换的软件。

3) 监测接收机各连接部件的连接应稳定可靠。

4) 表面应无明显的划痕、裂缝和变形。

5) 外壳应有一定的刚度和强度。

6) 各按键应操作灵活、无卡滞现象。

**2** 监测接收机的电气、设置及显示、接口与输出、数据存储、信号接收性能、时间特性、测量精度、环境适应性、安全防护等技术要求应符合GB/T 39399的有关规定。

**3** 监测接收机应能输出RTCM3格式的原始数据，RTCM3数据格式应符合GB/T 39414（所有部分）的有关规定。

**4** 监测接收机应能支持流动站和基准站工作模式。

**5** A级北斗网监测接收机的技术指标应符合GB/T 28588的有关规定，北斗网的B级、C级、D级、E级监测接收机的技术指标应符合GB/T 18314的有关规定，

**6** 监测接收机的安置需要遵守下列要求：

**1)**  监测接收机的安置点周围应在视野开阔处，视场内障碍物的高度角不宜大于15°。

**2)** 监测接收机附近不应有墙体、高压电线、无线电信号源等对信号有干扰的要素。

**3)** 监测接收机附近不应有大面积水域或对电磁波反射（或吸收）强烈的物体，以减弱多路径效应的影响。

**4)** 接收机天线集成体上的圆水准气泡应居中，若接收机天线没有圆水准气泡，可调整接收机天线基座脚螺旋，使接收机天线在互为120°方向上量取的接收机天线高互差小于3mm。

**5)** 接收机天线安置完毕后，其对中误差不应大于1mm。

**7** 监测接收机的维护应遵守下列规定：

**1)**  监测接收机等仪器应指定专人保管，不论采用何种运输方式，均应有专人押运，并应采取防震措施，不应碰撞、倒置或重压。

**2)** 接收仪器应注意防震、防潮、防晒、防尘、防蚀、防辐射。

**3)** 电缆线不应扭折，不应在地面拖拉、碾砸，其接头和连接器应保持清洁。

**4)** 仪器箱应置于通风、干燥阴凉处，箱内干燥剂呈粉红色时，应及时更换。

**5)** 监测接收机在使用外接电源前，应检查电源电压是否正常，电池正负极不应接反。

**6)** 当接收机天线置于高标及其他设施的顶端作业时，应采取加固措施，雷雨天气时应有避雷设施或停止观测。

**7)** 监测接收机在室内存放期间，室内应定期通风，每隔1个月~2个月应通电检查1次，监测接收机内电池应保持充满电状态，外接电池应按照其要求按时充放电。

**8)** 不应拆卸监测接收机各部件，接收机天线电缆不应擅自切割改装、改换型号或接长。如发生故障，应认真记录并报告相关部门，由专业人员维修。

**9)** 作业结束后，应及时擦净监测接收机上的水汽和尘埃，及时存放在仪器箱内。

**6.2.6** 监测桩

**1** 监测桩需要符合下列规定：

**1)** 监测桩结构由防水外壳、刚体筒柱等组成。

**2)** 根据不同的结构物类型及应用场景，监测桩桩长一般可设置0.5m、1.9m 及3.0m 三种规格长度。

**3)**  监测桩组装完毕后（含预埋部分）整体重心应处于高度的1/3处以下。

**4)** 接收机天线应安装在监测桩支座上，支座应具备复位能力，复位精度优于0.2mm。

**5)** 监测桩表面应进行防腐处理。

**6)** 监测桩需要具有良好的防护效果，能够防护外部的机械损伤、雨水冲刷、紫外线损伤、雷电损伤、电磁干扰等。

**7)** 为确保监测桩整体的刚性，立杆宜选用直径120mm以上的型材钢管，壁厚不小于2mm。

**8)**  立杆上不宜存有较大开孔，单个开孔面积应小于0.005；开孔个数宜小于10个，整体开孔面积应小于0.01。

**2** 监测桩的安装应遵守下列规定：

**1)** 监测桩安装应牢固可靠。

**2)** 监测桩垂直度应满足验收技术要求。

**3)**  监测桩高度应满足设计要求。

**4)** 接收机天线设备应在避雷针的保护范围内。

**5)** 监测桩的安装与埋设应遵守附录A的规定。

**6.2.7** 供电系统：

**1** 北斗监测设备供电可采用太阳能供电系统或市电供电系统等多种方法。

**2** 北斗太阳能供电系统需要符合下列技术要求：

**1)** 太阳能电池板架设地址的选择应遵守太阳能资源分布、国家可再生能源中长期发展规划等因素；结合电网结构和交通运输、环境保护等影响条件，给出合适的站址范围。

**2)** 太阳能电池板朝向宜采用正南或南偏东、南偏西30°以内的方位，无植被和建筑遮挡。

**3)** 太阳能电池的蓄电设备应能保证在满电无太阳能充电状态下，持续工作15d。

**4)** 蓄电池可采用电压12V、容量100Ah的蓄电池，其外观材质需要具有良好的防腐阻燃功能。

**3** 北斗市电供电系统的电路设计及安装需要遵守下列要求：

**1)** 供电线路设计应保证在正常使用中，由于机械和热应力导致的线路变形不会触及带电部分，且线路变形不能破坏供电线路和供电设备的防护等级。

**2)** 端子应适用于制造商规定的导体类型及截面范围。

**3)** 连接件设备需要在连接完成后具备有效的方法保持其位置；如果使用其他类型的端子或连接方法，其安全要求应符合GB/T 17045的有关规定；电缆及汇流条的锡焊连接应有额外的保持导体位置的措施;连接端子可采用熔焊连接。

**4** 北斗监测设备供电线路的绝缘类型设计要求应符合表**6.2.7**的要求。

表6.2.7 设备绝缘类型设计要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备 | 基本防护措施 | 故障防护措施 |
| 0类 | 基本绝缘 | 无 |
| Ⅰ类 | 基本绝缘 | 保护联结 |
| Ⅱ类 | 基本绝缘和附加绝缘 | 加强绝缘 |
| Ⅲ类 | 将电压限制到特低电压值 | 无 |

**5** 供电系统的维护应遵守下列规定：

**1)** 每季度检查太阳能充电板，对有灰尘、积雪或杂物覆盖的太阳能电板进行清理。因树木生长导致太阳能板被遮挡的北斗监测点，应及时修剪树枝，确保太阳能板的正常运行。

**2)** 每月对蓄电池电量情况进行人工巡查，对电量不足或电池损坏的情况，应及时进行电池更换。

6.3 北斗桥梁变形监测要求

**6.3.1** 变形监测时，观测数据应以测站名或测站号、观测单元、测站类型、日期、时段号等信息为标签进行分类。

**6.3.2** 监测过程应在卫星星座PDOP（定位精度因子）不大于6的情况下进行。

**6.3.3** 监测接收机搜到的北斗卫星数量不少于4颗。

**6.3.4** 监测接收机启动前与作业过程中，应按照规定填写观测手簿的记录项目，见附录D。

**6.3.5** 监测工作启动时，应搜集一段时间数据，分析监测站与基准站信号质量，检查卫星高度角分布是否大于15°、PDOP（精度因子）值是否低于6、搜星数量是否在4以上及信噪比与多径干扰分量大小是否存在显著波动。当各项指标质量不达标时，应根据具体情况进行维护和重新测量。

**6.3.6** 监测接收机启动后应设置北斗监测点身份标识号ID，再连入平台进行数据交换。设备维护完毕后，根据实际情况决定北斗监测点位重新上线方式，是否沿用以往的身份标识号ID，或者需要重新设置，平台身份标识号ID。

**6.3.7** 当监测接收机稳定一段时间后，应根据历史数据选取参考值，用以计算北斗基线解算残差，凸显北斗监测点位的变化情况。

**6.3.8** 设备运行期间应防止人为扰动，不应未经报备随意移动接收机天线和站点，在监测接收机正式启动后应防止人为引起的设备震动，监测过程中应避免人员走动干扰信号或误触接收机天线。

**6.3.9** 监测过程中，应避免在接收机天线附近50m 内使用电台，10m 内使用对讲机。

**6.3.10** 水平位移监测方法采用北斗静态测量法，通过各期的水平位移观测可绘制水平位移曲线图。

**6.3.11** 垂直位移观测方法采用北斗静态测量法，通过各期的垂直位移观测可绘制垂直位移曲线图。

**6.3.12**  卫星定位设备宜选用双频设备，当选用北斗进行水平位移观测时应采用静态测量模式，并遵守下列规定：

**1** 新购置的接收设备应进行全面检验后可使用，检验内容包括一般检查、常规检查、通电检验和实测检验。

**2**  作业参数要求，观测时段长度大于或等于30min，数据采样间隔10s~30s，PDOP小于或等于5。

**3** 应采用零相位天线，削弱多路径误差，对中误差不应大于0.5mm。

**4** 观测期间，应防止接收设备震动，并应防止人员和其他物体碰动接收机天线或阻挡信号。

**6.3.13** 观测过程中不应进行以下操作：

**1** 关闭、重启监测接收机。

**2** 进行自测试。

**3** 改变卫星截止高度角。

**4** 改变数据采样间隔。

**5** 改变接收机天线位置。

**6** 按动关闭文件功能键和删除文件功能键。

6.4 北斗桥梁变形监测内容

**6.4.1** 基于北斗定位技术的桥梁安全自动化监测适用于结构复杂和重要的悬索桥、斜拉桥、拱桥、梁桥等。

**6.4.2** 桥梁结构变形监测分为施工监测和运营期间监测。

**6.4.3** 桥梁结构变形监测内容及监测参数应按照表**6.4.3**选择。

表6.4.3 桥梁结构变形监测内容

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 桥型 | 主要监测参数 | 变形监测类型 |
| 梁桥 | 桥墩 | 垂直位移 |
| 桥墩偏位 | 水平位移 |
| 主梁 | 水平位移 |
| 主梁挠度 | 垂直位移、水平位移 |
| 拱桥 | 桥墩偏位 | 水平位移 |
| 主梁挠度 | 垂直位移、水平位移 |
| 主梁 | 水平位移 |
| 主拱圈 | 垂直位移、水平位移 |
| 悬索桥 | 索塔摆动（塔顶） | 水平位移 |
| 塔基 | 垂直位移 |
| 主缆偏位 | 水平位移 |
| 桥面线形 | 垂直位移、水平位移 |
| 挠度 | 垂直位移 |
| 斜拉桥 | 索塔摆动（塔顶） | 水平位移 |
| 塔基 | 垂直位移 |
| 桥面线形 | 垂直位移、水平位移 |
| 挠度 | 垂直位移 |

**条文说明**

桥梁结构变形监测的主要变形监测内容及类型，主要参考《特大跨径公路桥梁施工测量规范》（JTG/T 3650-02-2019）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T3650-2020）及《公路工程质量检验评定标准》（JTGF80/1）的关于不同桥梁结构监测内容的描述。

**6.4.4** 依据桥梁设计安全等级和精度要求选用桥梁结构变形监测的仪器型号，应符合JGJ8-2016的有关规定。

6.5 桥梁变形监测技术指标

**6.5.1** 桥梁监测点布设：

**1** 桥墩（台）变形监测内容主要是桥墩偏位，监测点布设应遵守下列规定：

**1)** 桥墩垂直位移变形监测点应沿桥墩的纵、横轴线布设在外边缘，也可布设在墩面上；每个桥墩的监测点数，应根据桥墩实际情况确定。

**2)**  墩顶偏位监测点宜布设在代表性桥墩顶部的易观测处。

**2** 主梁变形监测项目包括主梁的垂直位移、水平位移，监测点布设应遵守下列规定：

**1)**  梁体的变形监测位置宜布置在主跨跨中、1/4跨、3/4跨和边跨跨中。

**2)** 每个梁体截面的变形监测点数，根据截面大小宜布设2~5个点。

**3)**  悬臂法浇筑或安装梁体的桥面线形监测点，应布设在每段梁体的前端截面，每个梁体截面监测点数，根据截面大小宜布设2~5个点。

**4)** 支架法浇筑或安装梁体的桥面线形监测点，宜在梁体的1/4、1/2、3/4处截面布点；每个梁体截面的监测点数，根据截面大小宜布设2~5个点。

**5)**  斜拉桥、悬索桥桥面线形、挠度监测点应在桥墩（索塔）和拉索锚固点梁体截面布点，每个梁体截面的监测点数，根据截面大小宜布设2~5个点。

**3** 拱肋的变形监测参数包括桥拱的垂直位移、水平位移。其中，拱顶垂直位移和水平位移，拱脚垂直位移和水平位移应重点监测，监测测点需要符合以下规定：

**1)** 拱肋变形监测位置应包含拱顶、1/4跨、3/4跨和拱脚位置。

**2)** 大跨拱桥应适当增加监测断面。

**3)** 钢管混凝土拱桥宜增加对钢管拱变形的监测。

**4** 桥塔的变形监测参数应包括桥塔的塔顶高程、顺桥向与横桥向的偏位等，监测测点布设应遵守下列规定：

**1)** 索塔垂直位移变形监测点宜布设在索塔底部的四角。

**2)** 索塔倾斜、摆动变形监测点宜在索塔的顶部、中部和下部并沿索塔横向轴线对称布设。

**5** 重力式锚碇的垂直位移监测点应设置在重力式锚碇四个角点处。

**6** 主缆的偏位监测点应设置在主缆的跨中位置。

**6.5.2** 桥梁变形监测精度：

桥梁监测的精度应根据桥梁的类型、结构、用途等因素综合确定，特大型桥梁的监测精度不宜低于二等，大型桥梁不宜低于三等，中小型桥梁可采用四等。

**6.5.3** 桥梁变形监测频率，桥梁变形监测采样频率应根据桥梁的结构特点、设计要求、功能要求等因素设定，应遵守下列规定：

**1)** 静态位移监测采样间隔建议为1s，15s，30s。

**2)** 当监测参数类别包括水平位移与垂直位移时，两者监测频次宜一致。

**3)** 监测过程中，监测数据达到预警值或发生异常变形时应加大监测频率。

**4)**  当洪水、地震、强台风等自然灾害发生时，或遇船只碰撞等特殊情况时，应加大监测频率。

**6.5.4** 桥梁监测数据分析，桥梁监测的数据分析应遵守下列规定：

**1** 桥梁监测的各项原始记录数据，应及时整理、检查，剔除无效观测值。

**2** 桥梁监测数据分析宜采用作图分析法、统计分析法、对比分析法、建模分析法等对监测数据进行变形的几何分析和物理解释；当利用变形量与变形因子关系模型进行变形趋势预报时，应给出预报结果的误差范围及适用条件。

**3** 对较大规模的项目或较重要的项目进行桥梁监测数据分析，宜包括但不限于下列所有内容；对于较小规模的项目，至少应包括1)~3)的内容：

**1)** 观测成果的可靠性分析。

**2)** 监测体的累计变形量和两相邻观测周期的相对变形量分析。

**3)** 特征值统计分析。

**4)** 回归分析。

**6.5.5** 桥梁变形监测评估与预警：

**1** 状态评估工作需要遵守下列规定：

**1)** 桥梁状态评估即可基于监测数据分析，也可采用精确结构力学模型的桥梁状态评估方法，评估桥梁健康度。

**2)**  应根据桥梁日常运营监测数据分析和突发事件监测数据分析结果，研判桥梁使用功能，评估桥梁状态。

**2** 预警指标的选定需要遵守下列规定：

**1)** 根据桥梁荷载作用、关键构件和整体结构的特点，分类选定。

**2)** 具有相对的稳定性、广泛的适用性和较强的可操作性。

**3)** 当不同指标间相互冲突时，应以反映桥梁最不利状况的指标为准。

6.6 数据采集与传输

**6.6.1**  监测接收机的数据采集应遵守下列规定：

**1** 采集星历应覆盖监测使用到的卫星系统。

**2** 根据项目需求，可采集基准站和监测站坐标，以RTCM3格式存储和传输。

**3** 观测数据采样间隔按照监测项目需求制定，一般选择1s，15s，30s等。

**4** 星历数据采样间隔应符合广播星历更新间隔的规格，通常为1h。

**5** 应当每隔固定时间将监测接收机自动采集的数据与人工采集的数据进行比对，验证其有效性。

**6.6.2** 监测接收机的数据传输方法应符合下列规定：

**1** 数据传输应有蜂窝移动通信和Wi-Fi通信及串口通信方式。

**2** 数据传输应采取完整、稳定、安全的方式，且不宜少于两种。

**3** 监测接收机进行无线数据传输时不应对卫星信号接收产生干扰。

**4** 观测数据传输间隔应不高于1h，卫星星历数据传输时应避免同时更新所有星历，防止阻塞。

**5** 监测接收机采集的北斗原始数据通过无线通信模块传输给监测平台，监测接收机站点信号及监测接收机所处电气环境信息也需要一并采集，采集的数据和信息需要进行分包，注明传感器ID和采集时间等标签，并以包的形式进行传输，提供给监测平台判断北斗原始数据来源，判断站点健康状况。

6.7 北斗桥梁变形监测平台

**6.7.1** 监测平台作为监测人员、用户与监测设备之间的窗口，应具备数据采集、数据存储、数据展示、数据处理、数据分析、评估预警等功能。

**6.7.2** 数据采集应符合下列规定：

**1** 监测平台应能自动采集监测接收机输出信号，能把模拟量转换为数字量；监测平台应能适应抽样式和周期式两种数据采集方式，能按照设定的方式自动进行定时测量。

**2** 北斗原始数据应包含足量的星历信息和观测量信息。

**6.7.3**  数据存储监测平台数据存储分为北斗原始数据存储、解算数据存储和数据传输及解算日志存储。相应存储应符合下列规定：

**1** 北斗原始数据存储文件格式为RTCM3（差分信号格式）格式，北斗解算数据采用RINEX3.05以上版本的格式存储，按照传输时间分类，以供后续查阅。

**2** 解算数据存储包括解算参数存储、北斗基线向量存储和基线向量改正量存储，同时也应符合下列规定：

**1)** 解算参数为监测平台运算所需的参数;基线向量为监测站接收机到基准站的向量在东北天坐标系下的坐标数值；通过对首次稳定解算的基线向量进行差分得到基线向量改正量。

**2)**  解算参数存储在监测平台，由监测平台配置给每个项目。

**3)** 北斗基线向量存储和基线向量改正量存储按照时间及监测站点身份标识号ID区分。

**3** 数据传输及解算日志应记录每个时刻各个站点的数据推送情况，实时解算情况、解算成功后的解算数据推送情况。每个解算日志为独立文件，按照日期分别存储。原始观测记录、存储应完整、准确，原始数据应备份。

**6.7.4**  数据展示应符合下列规定:

**1** 监测平台应能实时展示各项目的北斗数据，包括历史数据、直观呈现监测信号、数据异常、故障及报警等。

**2** 监测人员可通过监测平台远程获取设备的运行状况、数据质量及位移量等重要信息，可调取监测接收机的北斗原始数据，分析当地当时的信号质量是否达标，并可根据情况调整北斗数据解算参数和后处理参数，以及进行数据备份。

**6.7.5**  数据处理应符合下列规定：

**1** 数据解算选取的时间系统（UTC）、坐标系统（CGCS2000）、数据类型（经纬度、绝对坐标、基线向量）应保持一致。

**2**  北斗数据解算项目应该包含卫星系统、信号波段、观测量类型（伪距和载波）、信噪比。

**3** 原始数据应检查数据的连续性，判断是否存在周跳。

**4** 数据解算应符合下列规定：

**1)** 利用伪距观测信息进行最小二乘算法估计，获得监测站和基准站的大致坐标。

**2)**  获得估计坐标后，进行双差运算消除大气误差和钟差。

**3)**  利用载波观测信息固定模糊度，获得高精度基线向量。

**4)** 利用卡尔曼滤波等算法对上述步骤迭代，获得高精度坐标结果。

**5)** 必要时，进行北斗数据解算并分析北斗原始数据的DOP值、多径干扰—信噪比状态和卫星仰角信息。

**5** 北斗基线解算应符合下列规定：

**1)** 原始数据应进行误差分析并建立误差模型。

**2)** 用Saastamoinen模型进行对流层延迟修正。

**3)** 在obs数据解算过程中，应对nav文件的星历信息进行电离层模型延迟修正。

**4)**  应用东北天坐标系展示基线向量坐标。

**5)** 应用Levenberg-Marquadt拟合指数模型或正弦模型进行多路径和噪声误差修正。

**6)**  解算质量是基线向量解算结果输出与推送的判别依据，包括ratio（比率）值、用以解算的卫星数目、解算类型（固定解或浮点解）。

**6** 数据解算平差后处理方法应符合下列规定：

**1)**  平差后处理选用的历史数据长度根据监测接收机运行时间决定，初始稳定期间历史数据长度应短于解算输出间隔，后期按照项目性质选取1440个~2880个观测历元作为历史数据。

**2)**  平差结果应符合原始数据的变化趋势，且延迟观测历元数不应超过解算输出间隔的1/4。

**3)**  对于长时间运行项目可进行二次平滑运算，采用指数模型或多项式模型等算法进行数据拟合，滤除长时间运行中因环境和信号质量导致的解算结果发散等误差。

**4)** 误差处理可以通过卡尔曼滤波、多项式拟合及小波降噪等方法实现，对观测数据中明显的粗差进行剔除，平滑数据的噪声性波动，还原贴近真实位移的数值。

**7** 监测平台数据处理中的数值取位要求应符合表**6.7.5** 的要求。

表6.7.5 监测平台数据处理中的数值取位要求

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 方向值（″） | 边长（mm） | 坐标（mm） | 高程（mm） | 水平位移量（mm） | 垂直位移量（mm） |
| 一等 | 0.01 | 0.10 | 0.10 | 0.01 | 0.10 | 0.01 |
| 二等 |
| 三等 | 0.10 | 1.00 | 1.00 | 0.10 | 1.00 | 0.10 |
| 四等 |

**6.7.6** 数据分析应符合下列规定

**1** 预测模型是数据分析领域中对时间序列进行处理时采用的一种随机差分方差的数学模型。根据分析方法不同，有时域分析模型、频域分析模型、BP神经网络、小波变换或其他数学模型。

**2** 根据监测项目类型、数据间隔和波动程度等区别选取预测模型参数。

**3** 建立预测模型时，应选取能够反映稳定运行状态的数据进行训练，训练集不宜过大，利用模型预测的结果时长不宜超过20观测历元，预测结果不宜作为预警主要依据，可辅助预警。

**4** 在给出预测数据前，应对预测数据所使用的模型进行检验。将模型所拟合的历史数据与真实历史数据进行差分，当残差方差不超过真实数据整体噪声水平时可将模型视为有效。

**5** 在得到预测数据后，应分析历史数据趋势与预测数据趋势的走向差别，当预测数据与历史数据存在较大出入时，应重点考虑观测后续实际数据。

**6** 在历史数据触发预警的情况下，可结合预测数据分析预警是否为误报。

**7** 预测数据分析应着重于趋势走向、方差及预测模型对历史数据的拟合性能方面，不宜将预测数据直接当作真实数据使用。

**6.7.7** 评估预警应符合下列规定：

**1** 北斗监测系统应具备以下特点：

**1)** 多指标和多层次的预警体系。

**2)** 实时、自动和明显的预警方式。

**3)** 发布、调整和解除预警信息。

**2** 北斗监测系统应符合下列规定：

**1)** 预警阈值是判断监测状态的依据，北斗监测系统应具有预警阈值设置功能。

**2)** 应具有预警流程处理功能，预警产生后系统会将预警信息通过短信、邮件等方式发送至相关人员。

**3)** 预警信息应形成日志，包括始末时间、警示事项、预警级别、预警频率、预警方式等。

**3** 预警级别划分应合理反映指标的不同程度，宜分四个级别，符合表**6.7.7** 的规定。

表6.7.7 预警级别划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 预警级别 | 级别描述 | 颜色标识 |
| Ⅰ | 特别严重 | 红色 |
| Ⅱ | 严重 | 橙色 |
| Ⅲ | 较严重 | 黄色 |
| Ⅳ | 一般 | 蓝色 |

6.8 监测成果

**6.8.1** 北斗监测项目应根据实际工程需要和委托方的要求，提交北斗监测设计方案、阶段性监测报告、变形监测技术总结报告。

**6.8.2** 北斗监测设计方案，应符合下列规定：

**1** 各个类型城市交通基础设施的成果进行规范化约定。

**2** 解算过程的技术指标、数据剔除原则、起算数据量的规定标准。

**3** 结果报表类型和生成时间。

**6.8.3** 阶段性监测报告，应符合下列规定：

**1** 监测日报表，可采用附录中对应表格样式。

**2** 每期观测成果。

**3** 与前一期观测间的变形量和变形速率，提出预测变化趋势。

**4** 本期观测后的累计变形及说明。

**5** 变形监测图表及说明。

**6** 监测过程中需要说明的事项。

**6.8.4** 变形监测技术总结报告，应符合下列规定：

**1** 监测内容及基本技术要求。

**2** 作业过程及技术方法。

**3** 每期观测成果汇总。

**4** 变形监测图表及说明。

**5** 变形监测过程中需要说明的事项。

**6** 基准点稳定性分析资料。

**7** 变形分析方法、结论和建议。

**8** 其他需要说明的资料。

补充部分

规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1** 表示很严格非要这么做不可的：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：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该这样做的：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，采用“可”。

规范中指明应该按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”，“参考……规定”或者“应按……执行”。

引用标准名录

|  |  |
| --- | --- |
| 标准名称 | 标准类别 |
| 《1：500 1：1 000 1：2 000地形图数字化规范》GB/T 17160-2008 | 工程建设国家标准 |
| 《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314-2009 |
| 《工程测量规范》GB 50026-2020 |
| 《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982-2014 |
| 《特大跨径公路桥梁施工测量规范》JTG/T 3650-02—2019 |
| 《全球定位系统实时动态（RTK）测量技术规范》GH/T 2009-2010 |
| 《北斗/全球卫星导航系统测量型接受机通用规范》BD 420009-2015 |
| 《全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范》GB/T 28588-2012 |
| 《全球连续监测评估系统(iGMAS)监测评估》GB/T 39398-2020 |
| 《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》GB/T 39399-2020 |
| 《北斗地基增强系统通信网络系统技术规范》GB/T 39723-2020 |
| 《北斗地基增强系统基淮站建设和验收技术规范》GB/T 39772-2021 |
| 《1:500 1:1000 1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1-2017 |
| 《1: 5000 1:10000地形图图式》GB/T 20257.2-2017 |
| 《公路桥梁结构监测技术规范》JT/T 1037-2022 | 工程建设行业标准 |
| 《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73-2019 |
| 《城市测量规范》CJJ/T 8-2011 |
| 《测绘技术设计规定》CH/T 1004-2005 |
| 《高速铁路工程测量规范》TB 10601-2009 |
| 《公路勘测细则》JTG/T C10—2007 |
| 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650—2020 |
| 《公路工程质量检验评定标准》JTG F80—2017 |

附录A 精度要求较高工程的中误差评定方法（规范性）

**A.0.1** 对于精度要求较高的工程，且多余观测数小于20时，可按照本章方法评定观测精度。

A.0.2评定对象的中误差应按下式计算：

 

式中：是评定对象的中误差（母体中误差估值）；是修正参数；是由观测数据计算出的中误差（字样中误差）。

**A.0.3** 评定对象的中误差值应满足下式要求：

 

式中： — 评定对象的中误差。

**A.0.4** 观测中误差修正系数应根据多余观测个数按表A.0.4选取。

表A.0.4 观测中误差修正数值表

|  |  |
| --- | --- |
| 多余观测个数（或自由度） | 值 |
| 1 | 2.22 |
| 2 | 1.47 |
| 3 | 1.28 |
| 4 | 1.20 |
| 5 | 1.15 |
| 6 | 1.12 |
| 7 | 1.10 |
| 8 | 1.08 |
| 9 | 1.07 |
| 10 | 1.05 |
| 11 | 1.04 |
| 12 | 1.04 |
| 13 | 1.03 |
| 14 | 1.02 |
| 15 | 1.02 |
| 16 | 1.01 |
| 17 | 1.01 |
| 18 | 1.01 |
| 19 | 1.00 |
| 20 | 1.00 |

附录B 大地坐标系有关说明（规范性）

**B.0.1** WGS-84大地坐标系的地球椭球基本参数以及主要的几何和物理常量因符合下列规定：

**1**  地球椭球基本参数应符合下列规定：

**1)** 长半径a = 6378.137 km。

**2)**  地球引力常数（含大气层）GM = 3.986005×108 。

**3)** 正常化二阶协系数  = -484.16684×10-6。

**4)** 地球自转角速度 = 7292.115×10-11 。

**2** 主要几何和物理常数应符合下列规定：

**1)**  短半径b = 6356752.3142 m。

**2)** 扁率 = 1/298.257223563。

**3)**  第一偏心平方。

**4)** 第二偏心平方。

**5)** 椭球正常重力位。

**6)** 赤道正常重力。

**3** WGS84（G730）大地坐标系GM=3.986005×108 ，其他地球椭球基本参数以及主要几何和物理常数应符合附录B第B.0.1条规定。

**B.0.2** 1980西安坐标系的参考椭球基本参数以及主要的几何和物理常量应符合下列规定：

1参考椭球基本参数应符合下列规定：

**1)**  长半径a = 6378140 m。

**2)** 地球引力常数（含大气层）GM= 3.986005×108 。

**3)** 二阶协系数。

**4)** 地球自转角速度 = 7292.115×10-11 。

**2** 主要几何和物理常数应符合下列规定：

**1)** 短半径b = 6356755.2882 m。

**2)** 扁率 = 1/298.257。

**3)** 第一偏心平方。

**4)**  第二偏心平方。

**5)**  椭球正常重力位。

**6)**  赤道正常重力。

**3** 1954年北京坐标系参考椭球的基本几何参数应符合下列规定：

**1)** 长半径，短半径b = 6356863.0188 m。

**2)** 扁率 = 1/298.3。

**3)** 第一偏心平方。

**4)** 第二偏心平方。

附录C 选点与埋石资料及其说明（规范性）

**C.0.1** 点之记范例应符合表C.0.1-1，C.0.1-2的规定:

C.0.1-1 点之记范例（正面）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 点名 |  | 点名 |  | 类别 |  | 等级 | B级 |
| 所在图幅 |  | 点位略图 |
| 概略纬度 |  |  |
| 概略经度 |  |
| 概略高程 |  |
| 所 在 地 |  |
| 最近住所 |  |
| 供电情况 |  |
| 电信情况 |  |
| 地 类 |  | 土质 |  | 比例尺：1:3000 |
| 冻土深度 |  | 解冻深度 |  | 交通路线图 |
| 最近水源 |  |  |
| 石子来源 |  |  |
| 沙子来源 |  |  |
| 交通情况 |  |  |
| 地质概要、构造背景 | 地形地质构造图 |
|  |  |  |

C.0.1-2 点之记范例（背面）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 点位环视图 | 标石类型 |  |
|  |  |
| 点位环视图说明 | 便于连测的水准点点名、点号、等级及连测里程 |
|  |  |
| 原有高等级大地、重力、形变点位利用情况 | 便于连测的重力点等级、点名、点号及连测里程 |
|  |  |
| 选点情况 | 选 点 者 |  | 埋石情况 | 埋 石 者 |  |
| 单 位 |  | 单 位 |  |
| 地 质 员 |  |
| 单 位 |  | 埋石时间 |  |
| 选点时间 |  | 委托保管情况 | 保管人 |  |
| 天气 |  | 地 址 |  |
| 气温 |  | 邮 编 |
| 能见度 |  | 电 话 |  |
| 备注 |  |

**C.0.2** 标石建造完成后，应在现场绘制大地控制点点之记，若选点时已经绘制点之记则需根据实际埋设的情况完善选点点之记所需内容。

**C.0.3** 点之记共两页，纸质文档须双面打印，点之记绘制说明应符合下列规定：

**1** “概略位置”由手持北斗卫星信号接收机测定经纬度按手持北斗卫星信号接收机的显示填写至 0.1″概略高程采用大地高标注至整米。

**2** “类别”填写国家北斗卫星定位大地控制点。

**3**  “等级”填写相应等级。

**4** “点位略图”须在现场绘制，应能明确表达点位所在位置与周边特征地物的相对关系，点位略图比例尺可根据实地情况确定。

**5** “电信情况”填写距点位最近的固定电话位置、点位所处位置的移动电话收发情况。

**6** “地类”按如下类别填写：荒地、耕地、园地、林地、草地、沙漠、戈壁，“土质”按如下类别填写：黑土、红土、黄土、沙土、沙砾土、盐碱土、粘土、基岩。

**7**  “最近水源”填写最近水源位置及距点位的距离。

**8**  “交通路线图”在公开出版的全国（省市）电子交通图上绘制，图上除明显表示点位，点位所在县城所在地到点位的交通路线外，尽量表达清楚点位所在县城与相邻城市的交通路线。

**9** “交通情况”填写自点位所在地县级城市至本点的汽车运行路线，交通路线图与说明文字保持一致，并注明交通工具到点情况。

**10** “地质概要、构造背景”和“地形地质构造图”由专业地质人员填写（绘制）。

**11**  “点位环视图”点位四周遮挡高度角小于10°时环视图中不表示；当遮挡高度角大于10°时，应在环视图中从10°开始用阴影线绘制遮挡物的范围，见B.2的样式。

**12** “点位环视图说明”填写点位周围遮挡地貌（地物）的方向、高度角及其对观测的影响，并填写点位附近有无强磁场和强振动源。

**13** “标石类型”按埋设的实际类型填写，选择裸露基岩标石、土层覆盖基岩标石、一般地区土层标石、沙漠地区土层标石四种类型之一填写。

**14** “标石剖面图”按埋设的实际尺寸填绘，填写至0.01 m；标石上下标志高差填写至 0.001 m。

**C.0.4** 北斗卫星定位点环视图，当周围有高于10°的障碍物时绘制。



图 C.0.4 北斗卫星定位点环视图

**C.0.5** 点位类型根据其埋设地点、制作材料和埋石规格的不同，按下表所列共分为4种标石类型。具体类型见表C.0.5-1 与表C.0.5-2。

表 C.0.5-1 标石类型

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 分类 | 标石类型 |
| 1 | 基岩、水准共用标石 | 裸露基岩标石 |
| 土层覆盖基岩标石 |
| 2 | 土层、水准共用标石 | 一般地区土层标石 |
| 沙漠地区土层标石 |

表 C.0.5-2 点位表示符号

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 类型 | 符号 | 备注 |
| 1 | 基岩、水准共用标石 |  | 外圆直径 4 mm，中间圆直径 2 mm，内圆直径 1 mm |
| 2 | 土层、水准共用标石 |  | 外圆直径 4 mm，中间圆直径 2 mm，内圆直径 1 mm |

**C.0.6** 标石规格，裸露基岩标石见图 C.0.6-1，土层覆盖基岩标石见图C.0.6-2，一般地区土层标石见图C.0.6-3，沙漠地区土层标石见图C.0.6-4，其他标石见图 C.0.6-5至 C.0.6-10。



图 C.0.6-1 裸露基岩标石



图 C.0.6-2 土层覆盖基岩标石



图 C.0.6-3 一般地区土层标石



图 C.0.6-4 岩层普通标石



图 C.0.6-5 岩层普通标石



图 C.0.6-6.普通基本标石



图C.0.6-7 冻土基本标石



图 C.0.6-8 钢管普通标石



图 C.0.6-9普通标石



图 C.0.6-10 建（构）筑物上标石

附录D 基于北斗卫星定位技术的桥梁变形监测手簿记录表（规范性）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 点 号 |  | 点 名 |  | 图幅编号 |  |
| 观测记录员 |  | 观测日期 |  | 时段号 |  |
| 监测接收机型号 |  | 天线类型 |  | 存储介质类型 |  |
| 监测接收机编号 |  | 天线编号 |  | 存储介质编号 |  |
| 原始观测数据文件 |  | Rinex格式数据文件 |  |
| 近似纬度 |  | 近似经度 |  | 近似高程 |  |
| 采样间隔 |  | 开始记录 |  | 结束记录 |  |
| 天线高测定 | 天线高测定方法及略图 | 点位略图 |
| 测前（m） | 测后（m） |  |  |
| 测定值 |  |
| 修正值 |  |
| 天线高 |  |
| 平均值 |  |
| 时间（UTC） | 跟踪卫星数 | 位置精度因子（PDOP） |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 记 事 |  |

附录E 监测日报表（规范性）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测项目名称： |   | 天气： |   | 监测报表编号： |   |
| 本次监测时间： |   | 监测人员： |   | 上次监测时间： |   |
|  |
| 监测点 | 水平位移 | 垂直位移 | 预警等级 |
| 位移量（mm） | 位移速率（mm/d） | 控制值 | 位移量（mm） | 位移速率（mm/d） | 控制值 |
|  |  |  | 位移量（mm） | 位移速率（mm/d） |  | 位移量（mm） | 位移速率（mm/d） |
| 本次变化量 | 累计变化量 | 本次变化量 | 累计变化量 | 本次变化量 | 累计变化量 | 本次位移变化量 | 本次变化量 | 累计变化量 | 本次位移速率 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 仪器设备 | 设备名称： | 仪器型号： | 设备编号： |

附录F 仪器管理要求（规范性）

**F.0.1** 为加强测量仪器和测量工具的管理，提高测量仪器及工具的使用质量，延长使用寿命，降低维修费用，特制定本管理规定。

**F.0.2** 各种仪器、工具的质量和性能应定期进行检修，严禁超期使用，以保持良好状态，并将送检仪器合格报告单及时报工程中心备案。

**F.0.3** 测量仪器要建立档案(说明书、出厂合格证、履历书、开箱检查表、年检证等)，并及时填写，做到帐、物、型三符合。

**F.0.4** 新购测量设备在验收合格后，应及时将开箱检查表、说明书、履历表、检定证等有关资料寄送工程中心备案。

**F.0.5** 经质检单位鉴定不合格或精度可靠性低、仪器破旧、示值难辩而无法修复的测量设备不宜使用。

**F.0.6** 仪器中的参数，他人不得随意更改。进行常规性的自检，并有自检记录。以确保仪器原有精度。

**F.0.7** 仪器工作环境不应太过于恶劣，不得受太阳暴晒或雨淋。移位时必须将仪器装箱；当仪器安置后，必须开展相关看护措施，保证仪器无遗失风险。

**F.0.8** 全面实施测量设备全流程送检制度应符合下列规定：

**1**所有测绘工作中使用的测量设备，无论其使用频率、精度等级或设备类型，都应实施全流程送检制度。确保设备在整个生命周期内都能保持准确的测量能力。

**2** 实施此制度将有助于减少因设备误差导致的测绘数据不准确问题，提高测绘工作的精度和可靠性。同时，也能增强测绘单位对设备质量的把关意识。

**F.0.9** 明确采用法定第三方检测机构进行设备检定应符合下列规定：

**1** 在测绘仪器检定过程中，应明确采用具有法定资质的第三方检测机构进行检定。这些机构应具备专业的检测设备、技术团队和严格的检定流程，以确保检定的公正性、准确性和权威性。

**2** 通过采用法定第三方检测机构进行设备检定，有效避免测绘单位内部检定可能存在的利益冲突和技术水平参差不齐的问题。同时，也能促进检测机构之间的良性竞争和技术创新，提高整个行业的检测水平和服务质量。