

ICS 93.080.20

P66

备案号: 29088-2010

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 1646-2010

特大跨径桥梁施工测量规范

2010-09-10 发布

2010-12-10 实施

江苏省质量技术监督局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、符号 1

4 总则 4

5 平面控制测量 4

6 高程控制测量 15

7 施工测量的基本工作 23

8 桥梁施工测量 28

9 竣工测量 39

10 施工期外部变形监测 41

11 资料管理 44

前 言

为保证特大跨径悬索桥和斜拉桥施工测量、竣工测量和结构安全监控，针对特大跨径桥梁结构的施工特点，结合我省特大跨径桥梁施工测量经验和研究成果制定本规范。

本规范按 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》编制。

本规范起草单位：江苏省长江公路大桥建设指挥部、河海大学、江苏省交通厅工程质量监督站

本规范主要起草人：

特大跨径桥梁施工测量规范

1 范围

本规范规定了特大跨径桥梁施工测量规范的术语和定义、符号、总则、平面控制测量、高程控制测量、施工测量的基本工作、桥梁施工测量、竣工测量、施工期外部变形监测、资料管理。

本规范适用于特大跨径桥梁施工测量规范。

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 12897-2006 国家一、二等水准测量规范

GB 12898-2009 国家三、四等水准测量规范

GB/T 17942-2000 国家三角测量规范

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

3.1.1

施工控制网 Construction control network

为工程建设施工而布设的测量控制网。

3.1.2

施工放样 Setting out; Construction layout

工程施工时，把设计的建筑物或构筑物的平面位置、高程测设到实地的测量工作。

3.1.3

高程传递 Transfer of elevation

桥梁施工时，根据已知点的高程值用测量仪器或钢尺传递到高处并作出标记点的测量工作。

3.1.4

基准点 Datum point

在桥梁测量中，作为测量工作基点及其它测量点依据的稳定可靠的点。

3.1.5

工作基点 Operating control point

桥梁施工时，作为直接测定观测点的较稳定的控制点。

3.1.6

放样点 Setting-out point

是根据设计图上的位置，通过测量工作在实地标定出的测量点。

3.1.7

监测点 Monitoring point

埋设在监测部位的测量点，点位能够反映监测对象特征部位的沉降或位移。

3.1.8

安装测量 Installation survey

为建筑工程中的构件或设备的安装所进行的测量工作。

3.1.9

变形测量 Deformation survey

对建筑物、构筑物及其地基或一定范围内岩体及土体的位移、沉降、倾斜、挠度、裂缝等所进行的测量工作。

3.1.10

竣工测量 Final survey

工程竣工后，为编制工程竣工文件，对实际完成的各项工程进行的一次全面测量的作业。

3.1.11

GPS 定位测量 GPS Positioning

通过在多个测站上进行若干时段同步观测，确定测站之间相对位置的GPS定位测量。

3.1.12

GPS RTK 测量 GPS RTK Positioning

高精度实时相位差分定位技术，由基准站、移动站及RTK数据链组成。移动站无需在已知点上初始化，直接在动态环境下确定整周模糊度，实时接收GPS定位信息，并按基准站发送的RTK差分数据进行修正，获得较精确的三维定位坐标。

3.1.13

斜拉桥 Cable stayed bridge

以固定于索塔并锚固于桥面系的斜向拉索作为上部结构主要承重构件的桥梁。

3.1.14

悬索桥 Suspension bridge

以通过索塔悬挂并锚固于两岸（或桥两端）的缆索（或钢链）作为上部结构主要承重构件的桥梁。

3.1.15

锚碇 Anchorage

一般指主缆索的锚固系统。包括锚块、鞍部及其它附属构造的锚体和基础的总称。

3.1.16

沉井基础 Open caisson foundation

上下敞口带刃脚的空心井筒状结构物，下沉到设计标高处，以井筒作为结构外壳而建筑成的基础。

3.1.17

地下连续墙 Underground continuous wall

利用专用的挖槽设备，沿着深基础或地下构筑物周边开挖一定大小的沟槽，在槽内设置钢筋笼，采用导管法浇筑混凝土，筑成一道连续的地下钢筋混凝土墙，这种具有防渗、挡土、基础支护以及承压功能的地下墙体，也称现浇钢筋混凝土地下连续墙。

3.1.18

索塔 Cable bent tower

悬索桥或斜拉桥支承主索的塔形构造物。

3.1.19

索鞍 Cable saddle

在悬索桥索塔顶部设置的鞍状支承装置。

3.1.20

主缆 Main cable

悬索桥桥型结构中，用于悬挂吊索，将恒荷载和活荷载传递给索塔和锚碇的大型金属缆索结构。

3.1.21

索夹 Calbe clamp

将悬索桥吊索与主缆连结的夹箍式构件。

3.1.22

吊索 Suspenders

将悬索桥主缆与主梁相联系的受拉构件。将主梁承受的恒荷载及活荷载传递给主缆。

3.1.23

钢箱梁 Steel box girder

支承桥面，与桥面结合成一体并将恒荷载及活荷载通过吊、拉索传递给索塔或通过梁底支座传递给墩台的钢制箱形结构。

3.1.24

预拱量 Camber

为抵消梁、拱、桁架等结构在荷载作用下产生的位移（挠度），而在施工或制造时所预留的与位移方向相反的校正量。

3.2 符 号

m_β ——测角中误差；

m_S 、 m_D ——测距中误差；

m_i ——方向中误差；

μ ——单位权中误差；

M_Δ ——每公里高差偶然中误差；

M_W ——每公里高差全中误差；

a 、 b ——测距仪或GPS接收机标称精度的固定误差和比例误差；

σ ——GPS基线向量弦长中误差；

D ——测距边长；

d ——各边往返测水平距离的较差，桥梁的跨径；

S ——测距边长、斜距、水准跨河视线长度；

H 、 H_m ——高程、建筑物的总高度，平均高程；

h ——高差；

R ——地球平均曲率半径；

P ——测量的权、大气压力；

T ——温度、边长相对中误差分母；

W ——三角形闭合差、同步环坐标分量闭合差、水准环线闭合差；

V ——异步环坐标分量闭合差；

N ——附和线路或闭合环的个数；

K ——大气折光系数；

L ——线路长度；

X 、 Y ——纵、横坐标；

n ——测站数、测段数、边数、基线数、三角形个数；

Z ——天顶距；

- α ——坐标方位角、垂直角、钢尺温度膨胀系数；
 β ——水平角；
 Δ ——不符值、真误差；
 ρ'' ——常数，206265''。

4 总则

- 4.1 为了统一特大跨径桥梁施工测量的技术要求，保证测量成果的质量，适应工程建设的需要，制定本规范。
- 4.2 本规范适用于特大跨径桥梁施工阶段的测量工作。其内容包括悬索桥、斜拉桥、混凝土箱梁悬浇的施工测量、竣工测量和施工期的外部变形监测。
- 4.3 施工阶段的测量工作应包括下列内容：
- a) 根据工程施工总体布置图和有关测绘资料，布设施工控制网。
 - b) 针对施工阶段的不同要求，进行建筑物的放样及其检查工作。
 - c) 按照设计文件的要求及建筑物变形的特点，埋设外部变形监测设施，并负责施工期监测工作。
 - d) 单位工程完成时，根据设计要求，对重要建筑物及重要隐蔽工程的几何形体进行竣工测量。
- 4.4 本规范以中误差作为衡量精度标准，以两倍中误差作为极限误差。
- 4.5 首级施工平面控制网坐标系统，宜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。
- 4.6 局部建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门设计。
- 4.7 施工测量使用的各种测量仪器、水准标尺、钢尺，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。
- 4.8 工程建设中各阶段施工测量结束后，应及时提交成果，进行检查验收并编写施工测量技术报告。有条件的施工测量管理部门，宜建立施工测量信息库系统。
- 4.9 特大跨径桥梁施工测量工作，除应按本规范规定执行外，还应满足现行国家、行业测绘规范的有关规定。经过实践验证的新技术、新方法，在满足本规范精度要求时，亦可使用。若用户提出的精度要求超过本规范的指标，宜采用经过实践检验可行的其它方法和仪器施测。

5 平面控制测量

5.1 一般规定

- 5.1.1 平面控制网的精度指标及布设密度，应根据桥梁的形式、跨径及设计要求的施工精度来确定。
- 5.1.2 平面控制网可采用任意边角网测量和GPS测量（GPS测量见本规范3.8节）。任意边角网是指测角网、测边网和边角网三种类型，其等级划分为二、三等。任意边角网的适用范围应符合表3.1-1的规定。

表3.1-1 平面控制等级的适用范围

工程规模	等级	控制网类型
特大跨径桥梁	二等	首级网
	三等	加密网

- 5.1.3 平面控制网的布设级数，可根据地形条件及放样需要决定，不得大于2级。

5.1.4 首级平面控制网，应利用勘测设计阶段布设的控制点，作为起算数据，并与邻近的国家三角点进行联测。其联测精度不应低于国家三角测量四等网的要求。

5.1.5 平面控制网的观测资料，可不作高斯投影改正。直接在平面上进行平面直角坐标计算，但观测边长应投影到工程所指定的高程面上。

5.1.6 平面控制网建立后，应定期进行复测。通常情况下，每年复测一次。若遇到大规模基坑开挖后、大量排水后、工序转换前，必须进行复测。若使用过程中发现部分控制点有位移迹象时，应及时进行复测或局部复测。

5.2 技术设计

5.2.1 平面控制网的技术设计应在了解工程建筑物的总体布置、工程区域的地形特征及施工放样精度要求的基础上进行。设计前应收集下列资料：

- a) 施工区现有地形图，必要的地质、水文、气象资料。
- b) 桥梁建设总体布置图及有关技术文件。
- c) 勘测设计阶段已有的控制测量资料，包括平面和高程控制网图、点之记、成果表、技术总结。
- d) 有关的测量规范及招投标文件资料。

5.2.2 平面控制网布设前，应按下列程序进行精度估算：

- a) 在工程设计总平面图上绘制主要桥梁建筑物的轮廓点。
- b) 在图上或野外实地选点，确定各待定点的近似坐标，并根据地形条件和技术条件，连成网形。
- c) 选定控制网的等级和类型，确定各观测量的先验权。
- d) 采用可靠的控制网优化计算程序，估算各点的点位中误差或误差椭圆参数，并与本规范的规定技术要求作比较。
- e) 若不能满足要求时，需调整图形结构或改变网的类型或改变观测元素的先验权，重复(3)、(4)款工作，直至满足规定的精度要求。

5.2.3 平面控制网观测方案的设计应以精度适宜、便于实施、质量可靠为标准。

5.2.4 根据实地选点和精度估算的结果，编写平面控制网测量技术设计书。技术设计书应包括如下内容：

- a) 工程概况和对已有平面控制测量资料的评价和利用。
- b) 平面控制网设计图、施测等级、精度。
- c) 采用的坐标系统和测量规范。
- d) 测量标志结构、规格及埋设要求。
- e) 采用的仪器、设备、观测方法以及新技术的应用。
- f) 施测计划和进度表。

5.2.5 布设测角网的技术要求：

- a) 测角网宜采用大地四边形或以桥轴线为公共边的双大地四边形，对于跨越江（湖）心岛的桥梁，条件允许时可采用中心多边形。三角形内角不宜小于30°。如地形限制，个别角也不应小于25°。
- b) 测角网的起始边，应采用光电测距仪测量，起始边倾角应满足：二等起始边坡度应小于5°，三等起始边坡度应小于7°。当测距边倾角超过以上规定时，天顶距的观测精度或水准测量精度，应另作专门规定。
- c) 各等级测角网的主要技术要求应符合表3.2-1的规定。

表3.2-1 测角网技术要求

等级	平均边长 (m)	起始边相对中误差	测角中误差 (")	三角形最大闭合差 (")	测回数	
					DJ ₁	DJ ₂
二	500~1500	1:30万	±1.0	±3.5	9	—
三	300~1000	1:13万	±1.8	±7.0	6	9

5.2.6 布设测边网的技术要求:

- a)测边网也应重视图形结构。三角形各内角宜在30°~100°之间,当图形欠佳时,要加测对角线边长或采取其它措施加以改善。
- b)对于二、三等的测边网,要在控制网周边选择部分控制点,以相应等级测角网的测角精度观测一个接近100°的角度作为校核。
- c)测边网中的每一个待定点至少要有二个多余观测。严禁布设成无多余观测的单三角形锁。
- d)各等级测边网的布设应符合表3.2-2的要求。

表3.2-2 测边网技术要求

等级	平均边长 (m)	平均边长 相对中误差	测距仪 等 级	测回数		
				边长	天顶距	
					DJ ₁	DJ ₂
二	500~1500	1:25万	1	往返各4	4	—
三	300~1000	1:15万	1或2	往返各4	3	4

注:光电测距仪一测回的定义为照准一次,读数四次;测距仪分级的技术规格见表3.5-1。

5.2.7 布设边角网的技术要求

边角网的测角和测边的精度匹配,应符合下列要求:

$$\frac{m_i}{\rho''} = \frac{m_s}{S \times 10^3} \dots\dots\dots (3.2-1)$$

式中:

m_i—相应等级控制网的方向中误差, (″);

m_s—测距中误差, mm;

S—测距边长, m;

ρ''—常数, 206265″。

各等级测角的主要技术要求,应符合表3.2-1的规定。
各等级边长测量的主要技术要求,应符合表3.2-2的规定。

5.3 选点与埋设

5.3.1 平面控制点应结合桥位施工区域地貌条件,选在通视良好、交通便利、地基稳定且能长期保存的地方。同时应考虑以下几点:

- a)视线离障碍物不宜小于2m。确需在施工影响区域内布设控制点,应保证在一定时间段内相对稳定。
- b)对于能够长期保存,离施工区较远的平面控制点,应着重考虑图形结构和便于加密;而直接用于施工放样的控制点则应着重考虑方便放样,尽量靠近施工区并对主要建筑物的放样区组成有利的图形。
- c)对于边角网和测边网的选点,还应注意观测视线避免通过吸热、散热不同的地区,如烟窗等;视线上不应有任何障碍物,如树枝、电线等,并应避开强电磁场的干扰,如高压线等;测距边的倾角不宜太大,二等网测距边坡度应小于5°,三等网测距边坡度应小7°。困难地区可放宽3°。

5.3.2 对于平面控制点,应埋设混凝土观测墩。对于加密的控制点,可根据实际情况埋设观测墩或半永久标志。平面控制点应根据以下地质条件埋设:

- a)对于岩石基础,开挖表层土后,凿开岩石0.3~0.5m,浇筑符合高度要求的钢筋混凝土观测墩,岩石基础的平面控制点埋设见附录1.1。

b) 对于软土基础, 对基础要按桥型考虑处理深度, 根据地质资料, 应将钢管桩打入沙层2m以上。对于浅埋平面控制点, 钢管桩的深度一般为10m~15m; 对于深埋平面控制点, 钢管桩的深度一般为30m。软土基础的平面控制点埋设见附录1.2。

c) 首级平面控制点周围应设立钢管围栏保护装置, 以防止车辆或机械的碰撞。加密控制点应有醒目的标志, 以利保护。

5.3.3 观测墩上应具备强制对中装置。强制对中盘底座平面水平度应小于10', 强制对中装置的对中误差应不大于±0.1mm。

5.4 水平角观测

5.4.1 水平角观测前, 应对经纬仪进行检验和校正。检验项目和检验方法应按GB/T 17942规定执行。

5.4.2 水平角观测应遵守下列规定:

- a) 目标稳定的条件下进行。如果成像模糊或跳动剧烈, 不应进行观测。
- b) 应待仪器温度与外界气温一致后开始观测。观测过程中, 仪器不得受日光直接照射。
- c) 仪器照准部旋转时, 应平稳匀速; 制动螺旋不宜拧得过紧; 微动螺旋应尽量使用中间部位。精确照准目标时, 微动螺旋最后应为旋进方向。
- d) 观测过程中, 仪器气泡中心偏移值不得超过一格。当偏移值接近限值时, 应在测回之间重新整置仪器。
- e) 对于水平角观测, 当观测方向的目标垂直角超过±3°时, 该方向的2*c*较差, 按相邻测回同方向比较。

5.4.3 水平角观测一般采用方向观测法, 采用光学经纬仪观测时, 其操作步骤如下:

- a) 将仪器照准零方向标志, 按3.4.4条规定的度盘变换角度值配置度盘和测微器读数。
- b) 顺时针方向旋转照准部1~2周后精确照准零方向标志, 并进行水平度盘、测微器读数。
- b) 顺时针方向旋转照准部, 精确照准第2个方向进行读数; 顺时针方向旋转照准部依次进行第3、4、……、*n*个方向的观测, 最后归零(当观测方向数小于或等于3时, 可不归零)。
- c) 纵转望远镜, 逆时针方向旋转照准部1~2周后, 精确照准零方向进行读数。
- d) 逆时针方向旋转照准部, 按上半测回观测的相反次序依次观测至零方向。

注: 以上操作过程作为水平角观测的一个测回。

5.4.4 采用电子经纬仪或全站仪观测水平角时, 可不配置度盘, 其它操作过程与光学经纬仪操作过程一致。采用光学经纬仪进行水平方向观测时, 应使各测回读数均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上, 各测回间应将度盘位置变换一个角度δ, 计算公式如下:

$$\delta = \frac{180^\circ}{m} (j-1) + i(j-1) + \frac{w}{m} (j - \frac{1}{2}) \dots\dots\dots (3.4-1)$$

式中:

m—测回数;

j—测回序号(*j*=1、2、…、*m*);

i—水平度盘最小间隔分划值, *DJ*₁=4', *DJ*₂=10';

w—测微盘分格数值, *DJ*₁型为600格, *DJ*₂型为600格。

5.4.5 若测站方向数超过6个时, 应分组进行观测。分组观测时应包括两个共同方向, 其中一个为共同零方向。其两组共同方向观测角之差, 不应大于同等级测角中误差的两倍。采用方向观测法其主要技术要求应符合表3.4-1的规定。

表3. 4-1 水平角方向观测法技术要求

等级	经纬仪 型号	光学测微器两次 重合读数差 (")	两次照准读 数差 (")	半测回归零 差 (")	一测回中2 <i>c</i> 较 差 (")	同方向值各测回互 差 (")
二等	<i>DJ</i> ₁	1	4	6	9	6
三等	<i>DJ</i> ₂	3	6	8	13	9

注：当观测方向的垂直角大于±3° 时，该方向的2*c* 较差，按相邻测回同方向进行比较，其差值仍应符合上表规定。

5. 4. 6 水平角观测误差超过表3. 4-1要求时，应在原来度盘位置上进行重测，并符合下列规定：

- a) 因测错方向、读错、记错、气泡中心位置偏移超过一格或个别方向临时被挡，均可随时进行重测。
- b) 上半测回归零差或零方向2*c* 超限，该测回应立即重测，但不计重测测回数。
- c) 在一测回观测中，若下半测回归零差超限或零方向2*c* 较差超限或重测方向数超过总方向数的1/3 时，应重测该测回。同一方向各测回较差超限时，一般应重测孤值或该组观测值中的最大值或最小值。
- d) 重测必须在全部测回数测完后进行。当重测测回数超过该站测回总数的1/3 时，该站应全部重测。

5. 4. 7 观测手簿的记录、检查和观测数据的划改，应遵守下列规定：

- a) 水平角观测的秒值读、记错误，应重新观测，度分读、记错误可现场更正。但同方向盘左、盘右不得同时更改相关数字。
- b) 天顶距观测中，分的读数在各测回中不得连环更改。

5. 4. 8 水平角观测结束后，其测角中误差按下式计算：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \dots\dots\dots (3. 4-2)$$

式中：
W —三角形闭合差；
n —三角形个数。

5. 5 光电测距

5. 5. 1 根据测距仪出厂的标称精度的绝对值，按1Km的测距中误差，测距仪的精度分为四级，其技术规格应符合表3. 5-1的规定。

表3. 5-1 测距仪分级技术规格

测距中误差 (mm)	测距仪精度等级	测距中误差 (mm)	测距仪精度等级
$ m_D \leq 2$	1	$5 < m_D \leq 10$	3
$2 < m_D \leq 5$	2	$ m_D > 10$	4

仪器的标称精度表达式为：

$$m_D = \pm(a + b \times D) \dots\dots\dots (3. 5-1)$$

式中：
m_D —测距仪标称精度，mm；

- a —标称精度中的固定误差, mm;
 b —标称精度中的比例误差系数, mm/Km;
 D —测距长度, Km。

5.5.2 光电测距仪及辅助设备的检校:

- a)新购置的仪器或大修后,应进行全面检校,检验项目和检验方法应按《中、短程光电测距规范》(ZBA76 002-87)的规定执行。
b)进行各等级控制网的距离测量前,应将测距仪送有关检验机构,进行全面的检验。
c)测距使用的温度计、气压计等也应送计量部门进行检测。

5.5.3 测距的作业要求:

- a)测距前应先检查电池电压是否符合要求。在气温较低条件下作业时,应有一定的预热时间。
b)测距仪的测距头、反射棱镜等应按出厂要求配套使用。未经验证,测距仪器不得与其它型号的反射棱镜混合使用。
c)测距应在成像清晰、稳定的情况下进行。雨、雪、雾及大风天气不应作业。
d)反射棱镜背面应避免有散射光的干扰,镜面不得有水珠或灰尘沾污。
e)晴天作业时,测站主机必须打伞遮阳,不宜逆光观测。
f)测距时气象数据的测定及各项观测限差应符合表3.5-2和表3.5-3的规定,若出现超限时,应重新观测。当观测数据出现分群现象时,应分析原因,待仪器或环境稳定后重新进行观测。

表3.5-2 测定气象数据的技术要求

等级	测距仪等级	气象数据测定			
		温度最小读数 (℃)	气压最小读数 (hPa)	规定时间间隔	数据取用
二等	1	0.2	0.5	每边观测始末	每边两端平均值
三等	2	0.2	0.5	每边观测一次	每边两端平均值

表3.5-3 测距作业的技术要求

等级	测距仪等级	测量方式	测回数	一测回读数 较差限值(mm)	测回间 较差限值 (mm)	往返光段 较差限值(mm)
二等	1	往返	4	2	3	$2(a + b \times$
三等	2	往返	4	3	5	

注:往返较差必须将斜距化算到同一高程面上后方可进行比较。

- g)温度计应悬挂在测站(或镜站)附近,距离地面高度约1.5m的阴凉处,读数前必须摇动数分钟;气压表要置平,指针不应阻滞。
h)距离测量中,每测回开始要读、记完整的数字,以后可读、记尾数。厘米以下数字不得划改。米和厘米部分的读、记错误,在同一距离的往返测量中,不能同时划改。
- 5.5.4 测距边的归算应遵守下列规定:
- a)经过气象、加常数、乘常数改正后的斜距,才能化为水平距离。
b)测距边的气象改正应按仪器说明书给出的公式计算。
c)测距边的加、乘常数改正应根据仪器检验的结果计算。
d)测距边经倾斜改正后,化算为水平距离的计算式为:

用测距边两端点的高差计算水平距离按式(3.5-2)进行:

$$D = \sqrt{S^2 - h^2} \dots\dots\dots (3.5-2)$$

用观测垂直角计算水平距离按式(3.5-3)进行:

$$D = S \cdot \cos(\alpha + f) \dots\dots\dots (3.5-3)$$

式中:

D —观测边的水平距离, m;

S —经气象、加常数和乘常数修正后的斜距, m;

h —测距仪器与镜站棱镜之间的高差, m;

α —垂直角观测值, " ;

f —地球曲率与大气折光对垂直角的修正量, f 可按式计算:

$$f = (1 - K) \frac{S}{2R} \rho'' \dots\dots\dots (3.5-4)$$

式中:

K —大气折光系数;

R —地球平均曲率半径。

把水平距离归算至测区平均高程面或某一高程面上测距边长的计算公式如下:

$$D = D' \left(1 + \frac{H_p - H_m}{R_A} \right) \dots\dots\dots (3.5-5)$$

式中:

D —投影到测区平均高程面的距离, m;

D' —测距两端点的平均高程面的水平距离, m;

H_p —测区的平均高程或某一高程面, m;

H_m —测距两端点的平均高程, m;

R_A —参考椭球在测距边方向法截弧的曲率半径, m。

5.5.5 测距边的精度评定

一次测量的观测值中误差:

$$m_D = \pm \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \dots\dots\dots (3.5-6)$$

对向观测平均值中误差:

$$m_D = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[Pdd]}{n}} \dots\dots\dots (3.5-7)$$

任一边的实际测距中误差:

$$m_{S_i} = \pm m_D \sqrt{\frac{1}{P_{Di}}} \dots\dots\dots (3.5-8)$$

式中:

d —各边往返测水平距离的较差;

n —测边数;

P —各边距离测量的先验权, 令 $P = \frac{1}{m_D^2}$ 可按测距仪的标称精度计算;

P_{Di} —第*i*边距离测量的先验权。

5.6 平差计算

5.6.1 平差计算前, 应对外业观测记录手簿、平差计算起始数据, 进行100%的检查校对。如用电子手簿记录时, 应对输出的原始记录进行校对。

5.6.2 控制网外业成果的质量评定应首先采用商用软件进行相应的检验, 检验内容应包括几何图形条件的检验和坐标闭合条件的检验。

5.6.3 测角网可按等权进行平差。测边网和边角网的定权, 可根据情况, 从下列三种方法中选择。

根据先验方差定权。即令 $P_i = 1$, 则:

$$P_S = m_i^2 / m_S^2 \dots\dots\dots (3.6-1)$$

式中:

P_i —方向观测值的权;

P_S —测距边观测值的权。

先分别按测角网和测边网单独平差求得各自的方差估值 m_i 、 m_S , 然后按款所列公式定权。在条件允许时, 也可考虑按方差分量估计原理定权。

5.6.4 各等级平面控制网均应采用严密的平差方法。平差所用的计算程序应经过鉴定或验算证明是正确的程序。

5.6.5 根据平差方法评定任意边角网平差后的精度, 一般应包含: 单位权方向中误差, 各边边长中误差和方向中误差, 各待定点点位中误差和各点的绝对(相对)误差椭圆元素。

5.7 资料提交

5.7.1 平面控制测量应提交的资料:

- a) 平面控制网图和技术设计书。
- b) 外业观测记录手簿。
- c) 平差计算成果资料。
- d) 测量技术总结。

5.7.2 平面控制测量资料应有上级主管部门签字盖章后, 方可提交使用。

5.8 GPS测量

5.8.1 根据桥梁建筑物的特点和桥梁跨径的不同, GPS网平面控制网分为一级、二级、三级共三个等级。

各级GPS平面控制网的主要技术指标应符合表3.8-1的规定。

表3.8-1 GPS平面控制网的主要技术指标

工程规模	级别	控制网类型	平均边长 (Km)	固定误差 <i>a</i> (mm)	比例误差 <i>b</i> (ppm)	最弱点位 中误差 <i>m</i> (mm)
特大跨径桥梁	一级	首级网	>1.5	5	1	5
	二级	加密网	1.0~1.5	5	2	5
	三级		0.5~1.0	10	2	10

GPS平面控制网相邻点点间弦长精度应按下式计算确定：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \dots\dots\dots (3.8-1)$$

式中：
σ —弦长标准差、mm；
a —固定误差、mm；
b —比例误差、ppm；
d —相邻点间的距离、Km。

5.8.2 GPS平面控制网的技术设计

5.8.2.1 GPS平面控制网的布设应根据测区的地质、地形、气象条件、桥梁等级、桥型结构、施工特点、精度要求等因素进行综合设计，并编制技术设计书。

5.8.2.2 GPS的WGS-84大地坐标系转换到桥梁施工坐标系。根据测区的地理位置及平均高程情况，桥梁施工坐标系一般分为国家坐标系和桥轴坐标系。坐标系的选择类型可按表3.8-2确定。

表3.8-2 施工坐标系选择条件

坐标系类型	选择条件
国家坐标系	桥轴线位于高斯投影3°带的中央子午线附近； 桥区平均高程面接近于参考椭球面或大地水准面。
桥轴坐标系	以桥轴线的经度作为中央子午线建立任意带投影的平面直角坐标系。

5.8.2.3 GPS平面控制网采用非国家坐标系时，应保证参考椭球中心、轴向和扁率与国家参考椭球相同，并确定以下技术参数：

- a) 参考椭球及其相应的基本参数；
- b) 中央子午线经度值；
- c) 纵横坐标的加常数值；
- d) 投影面正常高；
- e) 测区平均高程面异常值；
- f) 起算点坐标及起算方位角。

5.8.2.4 GPS平面控制网需采用其它测量方法进行加密时，应至少设置一对相互通视的GPS点。直接作为施工控制网时，每个GPS点至少应与两个相邻点通视。

5.8.2.5 设计GPS平面控制网时，应由一个或若干个独立观测环构成，并包含较多的闭合条件。GPS网中不应出现自由基线。

5.8.3 选点与埋石

5.8.3.1 技术设计准备：

- a) 根据桥梁建设的要求，收集测区范围内已有的国家等级控制点和勘测设计阶段已有的控制点资料；

- b) 搜集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等；
 - c) 设计前，对收集资料进行研究和实地勘察，然后进行图上设计；
 - d) 桥梁GPS网布设要根据最优化网形，顾及接收机类型、数量、测区已有的资料。
- 5.8.3.2 GPS控制点的选点工作，除应按3.3.1条款执行外，还应顾及下列要求：
- a) 点位的选择应符合技术设计的要求，并有利于其它测量手段进行加密或联测；
 - b) 周围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° ；
 - c) 远离大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站等），其距离不应小于200m；
 - d) 远离高压输电线和微波无线电信号传送通道，其距离不应小于50m；
 - e) 应避开强烈反射卫星信号的物件（如大型建筑物等）。
- 5.8.3.3 GPS控制点的标石埋设应按5.3.2条款执行。
- 5.8.4 仪器选择及检验要求：
- a) 宜选择高精度的双频接收机，标称精度应符合表3.8-1的要求；
 - b) GPS接收机应每年进行检定；
 - c) 新购置的、经维修后的GPS接收机或天线受强烈撞击后，应进行全面检验。
 - d) 天线基座的圆水准气泡和光学对中器，作业期间至少1个月检校一次。

5.8.5 观测要求

- 5.8.5.1 GPS作业方法按静态定位测量方法实施，其基本规定应符合表3.8-3的要求。

表3.8-3 GPS测量基本技术要求

项 目	级别		
	一级	二级	三级
卫星截止高度角 ($^\circ$)	15	15	15
同时观测有效卫星数	≥ 4	≥ 4	≥ 4
有效卫星总数	≥ 9	≥ 6	≥ 4
观测时段数	≥ 4	≥ 2	≥ 1.6
时段长度 (min)	≥ 120	≥ 60	≥ 45
采样间隔 (s)	10~30	10~30	10~30
时段中任一卫星有效观测时间 (min)	≥ 15	≥ 15	≥ 15
PDOP	≤ 6	≤ 6	≤ 6

5.8.5.2 作业要求：

- a) 观测组在作业前，应认真编制GPS卫星可见性预报表。其内容包括可见卫星号、卫星高度角、最佳观测卫星组、最佳观测时间、几何图形强度因子等内容。
- b) 观测组必须严格遵守调度命令，应按规定的时间进行作业。
- c) 经检查接收机电源、电缆和天线设备等各项连接无误方可开机。
- d) 开机后经检验有关批示灯与仪表显示正常后，方可进行测量，并输入测量模式、观测历元、高度角、测站等控制信息。
- e) 接收机启动前与作业过程中，应随时逐项填写测量手簿中的记录项目。
- f) 每时段观测前后应各量取天线高一次，其测量方法及要求见附录13.1。

- 5.8.5.3 用精度为1级的测距仪直接测定GPS网中同步环和异步环中几条基线长，要求至少检测3条基线边。

5.8.6 数据处理

- 5.8.6.1 GPS控制网可采用随接收机配备的商用软件，一级GPS网基线精密处理必须采用专门的软件，计算结果中应包括相对定位坐标和协方差阵等平差所需的元素。

5.8.6.2 基线向量解算的要求:

a) 基线长度在15Km以下的各级GPS网基线处理时,可采用广播星历解算;基线长度在15Km以上的各级GPS网基线处理时,宜采用精密星历解算;

b) GPS观测值加入对流层延迟改正时,对流层延迟修正模型中的气象元素应采用标准气象元素。

c) 基线解算以同步观测时段为单位进行,当多基线解算时,每个时段必须提供一组独立基线向量及其完全的方差—协方差阵;按单基线解算时,必须提供每条基线分量及其方差—协方差阵。

d) 15Km以下的GPS网基线解算应采用双差固定解;15Km以上的GPS网基线可在双差固定解和双差浮点解之间选择最优结果。

5.8.6.3 外业数据质量检核必须满足以下技术要求:

a) 基线解算中所需的起算点坐标,宜选用国家或其它等级高的GPS控制网点的已知WGS-84坐标值。否则,选用国家或其它等级高的控制点转换至WGS-84后的坐标值。

b) 当GPS控制点间距离小于15Km时,可不考虑对流层和电离层的修正;当大于15Km时,每时段应于起始、中间、结束各观测一次气象元素,并采用标准模型进行对流层和电离层的修正。

c) 当采用M台接收机同步观测时,每一时段解算出 $M(M-1)/2$ 条GPS观测基线边,并得到该时段的同步环坐标分量闭合差。当各基线的同步观测时间超过观测时间段的80%时,其闭合差应符合以下各式要求。

$$W_x \leq (\sqrt{n}/5) \cdot \sigma$$

$$W_y \leq (\sqrt{n}/5) \cdot \sigma \dots\dots\dots (3.8-2)$$

$$W_z \leq (\sqrt{n}/5) \cdot \sigma$$

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \leq (\sqrt{3n}/5) \cdot \sigma$$

式中:

W —同步环坐标分量闭合差 (mm);

σ —弦长标准差 (mm);

n —同步环中的边数。

d) 当各基线同步观测时间为观测时间段的40%~80%时,其同步环坐标分量闭合差可适当放宽;当各基线同步观测时间少于观测时间段的40%时,应按异步环处理。

e) 由独立边组成的异步环的坐标分量闭合差应符合以下各式的规定。

$$V_x \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma$$

$$V_y \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma \dots\dots\dots (3.8-3)$$

$$V_z \leq 3\sqrt{n} \cdot \sigma$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} \leq 3\sqrt{3n} \cdot \sigma$$

式中:

V —异步环坐标分量闭合差 (mm);

σ —弦长标准差 (mm);

n —异步环中的边数。

f) 同一条边任意两个时段的成果互差应小于GPS接收机标称精度的 $2\sqrt{2}$ 倍。

g) 对于网中有两个或两个以上已知点时, 计算已知点间的附和闭合差应符合异步环的坐标闭合差的规定。

h) 当检查或数据处理时发现观测数据不能满足要求时, 应对成果进行全面的分析, 并对其中部分数据进行补测或重测, 必要时全部数据应重测。

5.8.6.4 GPS控制网平差计算要求:

a) 无约束平差应选取一个相应于观测历元的ITRF国际地球参考框架的点作为起算基准。

b) 平差时应首先以一个点的WGS-84系坐标为起算依据进行无约束平差, 无约束平差提供各点在WGS-84系下的三维坐标, 各基线向量及改正数和其精度信息。检查GPS基线向量网的内符合精度, 基线向量间应无系统误差, 并剔除含有粗差的基线边。

c) 当用M台接收机同步观测时, 应从计算出的M(M-1)/2条GPS观测边中选取(M-1)条独立边参加GPS网平差计算。由非同步闭合环构成的网形不应存在自由基线; 且组成的闭合环基线数和异步环长度应尽量小; 同时必须保证不含系统误差。

d) 在进行GPS控制网平差前, 应根据实际需要选定起算数据和相应的地面坐标。

e) GPS控制网可以采用三维约束平差或二维约束平差。

约束平差时, 对已知点坐标、已知距离和已知方位, 可以强制约束, 也可加权约束。当采用三维约束平差时, 可只假定一个点的大地高作为高程起算数据; 当采用二维约束平差时, 应先将三维GPS基线向量转换为二维基线向量。

f) 平差结果应输出所选坐标系的三维或二维坐标、基线向量改正数、基线长度、基线方位、点位精度、转换参数及其精度, 并同时输出单位权中误差及其它要求输出的内容。

g) 计算结束后, 应对所处理的数据及结果进行分析, 并写入技术总结报告。

5.8.6 GPS测量完成后应按规范3.7节的要求提交测量资料。

6 高程控制测量

6.1 一般规定

6.1.1 高程控制网的精度及水准点布设密度, 应根据桥梁的结构形式、跨径及设计要求的施工精度来确定。

6.1.2 高程控制网的等级, 依次划分为二等、三等、四等。高程控制网的等级, 应根据工程规模、范围大小和放样精度来确定, 其适用范围应按表4.1-1执行。

表4.1-1 高程控制网等级的适用范围

工程规模	等 级	控制网类型
特大跨径桥梁	二等	首级网
	三等	加密网
	四等	

6.1.3 高程控制网的布设级数, 可根据地形条件及放样需要决定, 不得大于2级。

6.1.4 首级高程控制网, 应与邻近的国家等级水准点进行联测, 联测的精度不应低于国家二等水准测量的要求。

6.1.5 高程控制网建立后, 应定期进行复测。通常情况下, 每年复测一次。若遇到大规模基坑开挖后、大量排水后、工序转换前, 应进行一次复测。若使用过程中发现部分控制点有变位迹象时, 应及时进行复测或局部复测。

6.2 技术设计

6.2.1 高程控制测量的精度应符合下列要求

在施工区内外,布设较长距离的高程路线时,可参照 GB12897 和 GB12898 规定的相应等级精度标准设计。

6.2.2 布设高程网时,首级网应布设成环形网,加密时宜布设成附和路线或结点网。

6.2.3 高程网形及等级选定后,应采用可靠的控制网优化计算程序,估算各点的高程中误差和高程相对中误差,并应满足相应等级的精度要求。

6.2.4 技术设计书应包括如下内容:

- a) 工程概况和对已有高程控制测量资料的评价和利用。
- b) 高程控制网设计图、施测等级、精度。
- c) 采用的高程基准和测量标准。
- d) 测量标志结构、规格及埋设要求。
- e) 采用的仪器、设备、观测方法以及新技术应用。
- f) 施测计划和进度表。

6.3 选点与埋设

6.3.1 水准点的选择应遵守下列规定:

a) 水准点的选点和埋设工作一般应与平面控制网的选点和埋石工作同步进行。施工区的水准点宜选在平面控制点上。

b) 水准点应包括水准基点和工作基点,水准基点应选在不受施工影响,且避开不良地质条件地段。水准基点宜成组埋设,通常每组三点,即一个主点,两个附点,并形成一个边长约 100m 的等边三角形。

c) 水准工作基点宜选在平面控制点上,不足时可单独埋设。

d) 等级水准点宜均匀布设在桥轴线上下游的河流两岸。四等以上水准点的密度视施工放样的需要确定。每一个单项工程的部位一般应有 1~2 个工作基点。

6.3.2 水准点的埋设应遵守下列规定:

a) 水准基点应尽量埋设在基岩上,当覆盖层较深时,可采用钻孔钢管桩基础。水准基点的埋设方式及规格可参照附录 1.2 执行。

b) 首级高程网点埋设后,应经过一个雨季,待水准点充分稳定后才能进行观测。

c) 一般水准点的埋设方式及规格可参照附录 2.1 执行。

6.4 水准测量

6.4.1 等级水准测量的主要技术要求应符合表 4.4-1 的规定。

6.4.2 等级水准测量测站观测的主要技术要求,应符合表 4.4-2 的规定。

表 4.4-1 等级水准测量的技术要求

等 级		二	三	四
偶然中误差 M_{Δ} (mm)		$\leq \pm 1$	± 3	± 5
全中误差 M_w (mm)		$\leq \pm 2$	± 6	± 10
水准仪型号		DS_{05} 、 DS_1	DS_1 、 DS_3	DS_3
水准尺		钢瓦	钢瓦、双面	双面
观测方法		光学测微法	光学测微法 中丝读数法	中丝读数法
观测顺序		奇数站：后前前后 偶数站：前后后前	后前前后	后后前前
观测次数	与已知点联测	往返	往返	往返
	环线或附和路线	往返	往返	往
往返较差、环线或附和路线闭合差 (mm)	平丘地	$\pm 4\sqrt{L}$	$\pm 12\sqrt{L}$	$\pm 20\sqrt{L}$
	山地	—	$\pm 4\sqrt{n}$	$\pm 6\sqrt{n}$
注： n 为水准路线单程测站数，每公里多于 16 站时，按山地计算闭合差限差。				

表 4.4-2 等级水准测量测站观测的技术要求

等 级	二		三		四
水准仪型号	DS_{05}	DS_1	DS_1	DS_3	DS_3
视线长度 (m)	≤ 50	≤ 50	≤ 100	≤ 75	≤ 80
前后视距差 (m)	≤ 1.0		≤ 2.0		≤ 3.0
前后视距累积差 (m)	≤ 3.0		≤ 5.0		≤ 10.0
视线离地面最低高度 (m)	下丝 ≥ 0.3		三丝能读数		三丝能读数
基辅分划 (黑红面) 读数较差 (mm)	0.4		光学测微法 1.0 中丝读数法 2.0		3.0
基辅分划 (黑红面) 所测高 差较差 (mm)	0.6		光学测微法 1.5 中丝读数法 3.0		5.0
注：当采用单面标尺进行四等水准测量时，变动仪器高度两次所测高差之差与黑红面所测高差之差的要求相同。					

6.4.3 水准测量所使用的仪器及水准尺，应符合下列技术要求：

- a) 高程测量使用的水准仪、水准标尺及其附件等可参照 GB12897 和 GB12898 的规定进行检验与校正。
- b) 水准仪视准轴与水准管轴的夹角（ i 角）： DS_{05} 、 DS_1 型仪器不应大于 $\pm 15''$ ； DS_3 型不应大于 $\pm 20''$ 。
- c) 二等水准采用补偿式自动安平水准仪，其补偿误差绝对值不应大于 $0.2''$ 。
- d) 水准尺上的每米间隔平均长与名义长之差：对于钢瓦水准尺不应大于 $\pm 0.15\text{mm}$ ，对于双面水准尺不应大于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

6.4.4 水准测量应遵循的作业要求：

- a) 水准观测应在标尺成像清晰、稳定时进行，并用测伞遮蔽阳光，避免仪器曝晒。
- b) 严禁为了增加标尺读数，把尺垫安置在沟边或壕坑中。
- c) 同一测站观测时，不应两次调焦，转动仪器的测微螺旋时，其最后应为旋进方向。
- d) 每一测段的往测与返测，测站数均应为偶数。由往测转向返测时，两标尺必须互换位置并应重新整置仪器。

6.4.5 观测成果的重测与取舍：

- a) 因测站观测限差超限，在迁站前发现可立即重测，若迁站后发现，则应从高程点重新起测。
- b) 往、返观测高差较差超限时应重测。二等水准重测后，应选用两次异向合格的结果，其它等级水准重测后，可选用两次合格的结果。如重测结果与原测结果分别比较，其较差均不超限时，应取三次结果的平均数。

6.5 跨河水准测量

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 在工程控制网测量中，为了在大桥两岸建立可靠统一的高程基准，应采用跨河水准测量实施两岸高程传递。

6.5.1.2 跨河水准测量可采用倾斜螺旋法、光电测距三角高程法和经纬仪倾角法。

6.5.1.3 跨河宽度在 3500m 以内时，宜采用本规范要求；在 3500m 以上时采用的方法和要求应依据测区条件，进行专项设计。跨河水准测量的精度应与首级高程控制网的精度要求一致。

6.5.1.4 为验证跨河水准测量的外部符合精度，确保两岸高程的传递精度，宜采用双线跨河水准测量。

6.5.2 选择跨河水准测量场地的要求

6.5.2.1 应选于两岸的水准测线附近，利于布设工作场地与观测的较窄河段处。

6.5.2.2 跨河视线不得通过草丛、干丘、沙滩的上方。

6.5.2.3 两岸仪器视线距水面的高度应接近相等（光电测距三角高程法除外），跨河视线高度应不低于 $4\sqrt{S}\text{m}$ （ S 为跨河视线长度公里数。水位受潮汐影响时，应按最高潮水位计算），当视线高度不能满足要求时，应埋设牢固的标尺桩，并建造稳固的观测台或标架，亦可建立高标观测墩。

6.5.2.4 两岸由仪器至水边的一段河岸，其距离应近于相等，其地貌、土质、植被等也应相似，仪器位置应选在开阔、通风之处，不得靠近墙壁及土、石、砖堆等。

6.5.2.5 跨河视线方向，宜避免正对日照方向，困难时可适当增大跨江长度，或采用灯体式跨河照准标志。

6.5.2.6 布设跨河水准测量场地，应使两岸仪器及标尺点构成平行四边形、等腰梯形或大地四边形。

6.5.2.7 在两岸距跨河点 100~300m 的水准路线上各选埋水准标石一座，并填绘水准点之记。

6.5.2.8 跨河场地布设完毕后，应绘制跨河水准场地图及固定点（或标石点）连测图。

6.5.3 跨河水准测量的主要技术要求应符合表4.5-1的规定。

表4.5-1 跨河水准测量的主要技术要求

等级	跨距 (m)	最少时段数	单测回数	双测回数	半测回中的组数	测回互差 (mm)
二等	501-1000	4	16	8	6	$4 \cdot M_{\Delta} \sqrt{N \cdot S}$
	1001-1500	6	24	12	8	
	1501-2000	8	32	16	8	
	2000-3500	$4 \cdot S$	$16 \cdot S$	$8 \cdot S$	8	
三等	501-2000	—	8	—	3	$24 \sqrt{S}$
注: N —按双测回数计; S —跨河视线长度, Km。						

6.5.4 跨河水准测量应遵循下列作业规定

6.5.4.1 跨河水准观测宜在风力微和, 气温变化较小的阴天进行, 当雨后初晴和大气折射变化较大时, 均不宜观测。

6.5.4.2 观测开始前30分钟, 应先将仪器置于露天阴影下, 使仪器与外界气温趋于一致。观测时应遮蔽阳光。

6.5.4.3 晴天观测应在日出后1小时开始, 太阳中天前2小时止; 下午自中天后3小时起至日落前1小时止。但可根据地区、季节、气候等情况适当变通。阴天只要呈像清晰、稳定即可进行观测。有条件可在夜间进行观测, 日落后1小时起至日出前1小时止。时间段以地方时零点分界, 零点前为初夜, 零点后为深夜。

6.5.4.4 水准标尺应用尺架撑稳, 并经常注意使圆水准器的气泡居中。

6.5.4.5 一测回的观测中, 应采取一切谨慎措施(一般在对远尺调焦后, 即用胶布将目镜调焦螺旋及测微器螺旋固定) 确保上、下两个半测回对远尺观测的视准轴不变。

6.5.4.6 仪器调岸时, 标尺亦应随同调岸。但当一对标尺的零点差不大时, 亦可待全部测回完成一半时调岸。

6.5.4.7 一测回的观测完成后, 应间歇15~20分钟, 再开始下一测回的观测。

6.5.4.8 两台仪器对向观测时, 应使用报话机, 使两岸同一测回的观测, 能做到同时开始与结束。

6.5.4.9 跨河水准测量取用的全部测回数, 上、下午应各占一半。如含有夜间观测时, 白天与夜间测回数之比应接近1.3:1。

6.5.4.10 跨河观测开始时, 应对两岸的普通水准标石(或固定点) 与标尺点间, 进行一次往返测, 作为检测标尺点有无变动的基准。每日工作开始前, 均应单程检测一次。如确认标尺点变动, 应加固标尺点, 重新进行跨河水准观测。

6.6 光电测距三角高程测量

6.6.1 光电测距三角高程测量在桥梁施工中的应用范围:

a) 结合平面控制测量, 将平面控制网布设成三维网。

b) 在施工区, 可代替三、四等水准测量。

c) 在跨越江、河、湖、泊及其它障碍物传递高程时, 可代替二、三、四等水准测量。即用光电测距三角高程法进行跨河水准测量。

6.6.2 结合平面控制测量, 布设三维网的技术要求, 见表 3.2-1 和 3.2-2。

6.6.3 代替三、四等水准的光电测距三角高程测量, 可采用单向、对向和隔点设站法进行, 其技术要求应符合表 4.6-1 的规定, 并遵守下列要求:

a) 高程路线应起迄于高一级的高程点或组成闭合环。隔点设站法的测站数应为偶数。

- b)有关距离测量的技术要求，应按表 3.5-3 中相应等级的规定执行。
- c)精密丈量仪器高和觇标高的方法见附录 13。
- d)当视线长度小于或等于 500m 时，可直接照准棱镜觇牌，视线长度大于 500m 时，应采用特制觇牌。
- e)采用隔点设站观测时，前、后视线长度应尽量相等，最大视距差不宜大于 40m，视线通过的地形剖面应相似、倾角宜相近。
- f)单向测量只能用于布设有校核条件的单点，不宜布设高程路线。
- g)视线通过沙滩、沼泽、干丘时，若对向（往返）观测高差较差超限，应分析原因，在排除可能发生粗差的条件下，可适当放宽。

表 4.6-1 光电测距三角高程测量的技术要求

等级	仪器	最大边长（m）			天顶距观测				仪器高、觇牌高 量取误差（mm）	对向观测高差 较差（mm）	附和或环 线闭合差 （mm）
		单向	对 向	隔点设 站	测回数		指标差较 差（″）	测回差 （″）			
					中 丝 法	三 丝 法					
三	DJ_1 DJ_2	—	500	300	4	2	9	9	±1	$\pm 50\sqrt{D}$	$\pm 12\sqrt{[D]}$
四	DJ_2	300	800	500	3	2	9	9	±2	$\pm 70\sqrt{D}$	$\pm 20\sqrt{[D]}$
注： D 为平距，以 Km 计。											

6.6.4 单向、对向光电测距三角高程测量，一测站的操作程序如下：

- a)仪器和棱镜（觇牌）架设好后，量取仪器高与棱镜（觇牌）高。
- b)读取测站的气象数据。
- c)观测斜距。
- d)观测天顶距。
- e)重复（b）～（d）款完成其它测回的观测。

6.6.5 以隔点设站法施测三等高程路线时，一测站的操作程序规定如下：

- a)读取气象数据。
- b)照准后视棱镜（觇牌）标志，观测天顶距。
- c)照准前视棱镜（觇牌）标志，观测天顶距。
- d)观测前视斜距。
- e)观测后视斜距。

重复（2）～（5）款完成其它测回的观测。

6.6.6 用三丝法观测天顶距的步骤如下：

- a)望远镜在盘左位置概略瞄准目标，制动水平与垂直螺旋，然后旋转水平与垂直微动螺旋，使十字丝的上丝精确照准目标、读数。接着反时针方向旋出垂直微动螺旋，再旋进垂直微动螺旋精确照准目标、读数。这样就完成了两次照准两次读数，两次读数之差不大于 3″。
- b)旋转垂直微动螺旋，分别用中丝和下丝各精确照准目标两次、读数两次。

c) 纵转望远镜, 依相反的照准次序, 瞄准各目标, 但仍按上、中、下次序精确照准读数。

d) 以上完成三丝法一测回的观测工作。在盘左、盘右位置照准目标, 目标成像应位于竖丝的左、右附近的对称位置。仅用中丝法观测天顶距可参照 (a) ~ (c) 款操作。

6.6.7 天顶距测量限差的比较与重测

6.6.7.1 测回差比较的方法为: 同一方向, 由各测回各丝所测得的全部天顶距结果互相比对。

6.6.7.2 指标差互差的比较方法为: 仅在一测回内各方向按同一根水平丝所计算的结果进行互相比对。

6.6.7.3 重测规定: 若一水平丝所测某方向的天顶距或指标差互差超限, 则此方向必须用中丝重测一测回。三丝法若在同一方向一测回中有二根水平丝所测得结果超限, 则该方向必须用三丝法重测一测回, 或用中丝重测二测回。

6.7 平差计算

6.7.1 高程测量应采用规定的手簿记录, 并统一编号, 手簿中记载项目和原始观测数据必须字迹清晰、端正, 填写齐全。

6.7.2 水准测量外业检算的项目包括下列内容:

a) 观测手簿应经 100% 的检查, 并由两人独立编制外业高差和概略高程表。

b) 根据测段往返测高差不符值 (Δ) 计算每公里高差中数的偶然中误差 M_{Δ} , 当高程路线闭合环较多时 (当闭合环数少于 3 个时, 可以不计算), 还应按环闭合差 (W) 计算每公里高差中数的全中误差 M_W 。

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]} \dots\dots\dots (4.7-1)$$

$$M_W = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{F} \right]} \dots\dots\dots (4.7-2)$$

式中:

Δ —测段往返测高差不符值, mm;

R —测段长, Km;

n —测段数;

W —经各项改正后的水准环闭合差或附和路线闭合差, mm;

F —计算各 W 时, 相应的路线长度 (环线周长), Km;

N —附和路线或闭合环个数。

注: 以上 M_{Δ} 和 M_W 的绝对值应符合表 4.4-1 的规定。

6.7.3 光电测距三角高程测量、跨河高程测量的外业检算项目, 应包括下列内容:

a) 外业手簿的检查和整理。

b) 对所测斜距进行各项改正。包括: 气象改正, 加常数、乘常数改正。

c) 若斜距和天顶距分别观测时, 应对天顶距观测值进行归算, 改正到测距时的天顶距, 其计算公式为:

$$Z_{ij} = Z'_{ij} - \Delta Z_{ij} = Z'_{ij} - \frac{[(V' - V) + (I - I')] \sin Z'_{ij}}{S_{ij}} \rho'' \dots\dots\dots (4.7-3)$$

式中:

Z_{ij} 、 Z'_{ij} —测站点 i 到照准点 j 天顶距的归化值和观测值;

V' 、 V —观测天顶距时的棱镜高(觇牌高)和测距时的棱镜高(觇牌高);

I' 、 I —观测天顶距时的仪器高和观测斜距时的仪器高;

S_{ij} —斜距观测值。

概略高差计算:

a) 单向观测:

$$h_{ij} = S_{ij} \cos Z_{ij} + \frac{1-K}{2R} S_{ij}^2 + I_i - V_j \quad \dots\dots\dots (4.7-4)$$

b) 对向观测:

$$h_{ij} = \frac{1}{2} [(S_{ij} \cos Z_{ij} - S_{ji} \cos Z_{ji}) + (I_i - V_j) + (I_j - V_i)] \quad \dots\dots\dots (4.7-5)$$

c) 隔点设站法观测:

$$h_{AB} = (V_A - V_B) - (S_A \cos Z_A - S_B \cos Z_B) + \left(\frac{1-K_B}{2R} S_B^2 - \frac{1-K_A}{2R} S_A^2 \right) \quad \dots\dots\dots (4.7-6)$$

式中:

h_{ij} —测站 i 与镜站 j 之间的概略高差;

S_{ij} —经气象和加、乘常数改正后的斜距;

Z_{ij} 、 Z_{ji} —归化后的天顶距;

I_i 、 I_j —i 和 j 站的仪器高;

V_i 、 V_j —i 和 j 站的棱镜高;

h_{AB} —隔点设站法中, 后视点 A 与前视点 B 之间的高差;

V_A 、 V_B —隔点设站法中, 后视点 A 与前视点 B 的棱镜(觇牌)高;

S_A 、 S_B —隔点设站法中, 后视点 A、前视点 B 与测站间的斜距(经气象、加、乘常数改正后);

Z_A 、 Z_B —隔点设站法中, 测站对后视点 A, 前视点 B 的天顶距;

R —地球曲率半径;

K —大气折光系数。

据概略高差，计算附和路线或闭合环的闭合差，并按下式进行检校：

a) 由各路线算得同一路线的高差较差不应大于由下式计算的限值：

$$dH_m = \pm 2M_{\Delta} \sqrt{N \cdot S} \dots\dots\dots (4.7-7)$$

b) 由大地四边形组成的三个独立闭合环，用各条边平均高差计算闭合差，各环线的闭合差 W 应不大于由下式计算的限值：

$$W_m = \pm 2M_W \sqrt{2S} \dots\dots\dots (4.7-8)$$

式中：

N —独立路线数；

S —跨河视线长度，Km。

6.7.4 各等级高程网的平差计算应根据最小二乘原理按间接平差法进行，计算成果应包含各点的高程、单位权高程中误差和各点相对于起算点的高程中误差等。

6.7.5 高程网平差时，可按下列方法定权。

水准测量：

$$P = \frac{1}{L} \text{ 或 } P = \frac{1}{n} \dots\dots\dots (4.7-9)$$

光电测距三角高程测量：

$$P = \frac{1}{L^2} \dots\dots\dots (4.7-10)$$

式中：

L —测段长度，Km；

n —测站数。

6.8 资料提交

6.8.1 高程控制测量应提交的资料：

- a) 水准网略图、点位说明资料和技术设计书。
- b) 仪器鉴定、校正资料。
- c) 原始观测记录。
- d) 水准网、三角高程网检算资料。
- e) 高程平差计算成果和精度评定资料。
- f) 测量技术总结。

6.8.2 高程控制测量资料应有上级主管部门签字盖章后，方可提交使用。

7 施工测量的基本工作

7.1 一般规定

7.1.1 施工测量人员应遵守下列准则：

a) 施工测量人员应同该项工程的其它专业人员密切配合，了解工程的用途、结构和特点，了解施工步骤、进度和方法。

b) 在施工测量开始前，应熟悉设计图纸，了解工程总体和局部测量工作的要求（包括精度、时限等）；了解规范的规定，制定具体的实施方案，必要时应进行技术论证。

c) 对所有的观测数据, 应随测随记, 严禁转抄、伪造。文字和数字力求清晰、整齐。采用电子记录手簿时应符合国家测绘标准中有关电子手簿的相关规定。

d) 施工测量成果资料 (包括观测记录手簿、放样单), 图表 (包括地形图、竣工图、控制网计算资料) 应统一编号、分类归档、妥善保管。

e) 现场作业时, 必须遵守有关安全、技术操作规程。

f) 对于测量仪器、设备应精心爱护, 及时维护保养。

7.1.2 放样工作开始前, 应详细查阅设计图纸, 核对已知数据资料, 了解设计要求与现场施工需要。根据精度指标, 选择放样方法。

7.1.3 对于设计图纸中有关数据和几何尺寸, 应认真进行检核, 确认无误后, 方可作为放样的依据。

7.1.4 所有放样的点线, 均应有检核条件, 现场取得的放样资料, 必须进行复核, 确认无误后, 方能交付使用。

7.1.5 放样后, 应及时填写放样成果单。

7.2 放样数据的准备

7.2.1 放样前应根据设计图纸和有关数据及使用的控制点成果, 计算放样数据, 绘制放样草图, 所有数据均应经两人独立校核。用计算机程序计算放样数据时, 应认真核对原始数据输入的正确性。

7.2.2 在放样数据准备时, 要考虑设计提供的预拱量或预偏量等, 并将各个修正项的计算值填写到放样数据表中, 以备核查。

7.2.3 应将施工区域内的各级控制点成果及计算放样数据, 编制成册, 方便使用。

7.2.4 现场放样的测量数据, 应记录在放样手簿中, 各栏目必须填写完整, 字体应整齐清楚, 不得任意涂改。填写内容包括:

a) 工程部位、放样日期、观测、记录及检查者姓名。

b) 放样点所使用的控制点名称、坐标和高程成果, 设计图纸编号, 使用数据来源。

c) 放样数据及草图。

d) 放样过程中的实测资料。

e) 放样时使用的主要仪器。

7.3 坐标放样方法的选择

7.3.1 应根据放样点位的精度要求, 现场作业条件和仪器设备, 选择适用的放样方法。选择放样方法时, 应考虑两种不同的放样程序:

a) 直接由等级平面控制点放样构筑物轮廓点。

b) 由加密点 (轴线点、临时建立的控制点) 放样构筑物的轮廓点。采用该种放样程序时, 应考虑加密点的测设误差。

7.3.2 放样前应根据现场条件, 通过放样点位的精度估算合理地选择方便的坐标放样方法。几种常用的坐标放样方法的点位精度估算公式, 参照附录5.1。

7.3.3 当工程部位平面位置放样精度要求较低时, 且常规方法难以实施时, 亦可采用GPS RTK法放样, 放样技术要求可参照附录9执行。

7.4 高程放样方法的选择

7.4.1 高程放样方法的选择, 主要根据放样点高程精度要求和现场的作业条件, 分别采用水准测量法、光电测距三角高程法、悬挂钢尺传高法、全站仪精密传高法等。高程放样的精度估算公式见附录5.2。

7.4.2 对于基础部分的建筑物高程放样中误差要求不大于 $\pm 10\text{mm}$ 的部位, 宜采用水准测量法。

7.4.3 对于较高基础部分的建筑物和水中建筑物可采用光电测距三角高程放样时, 应注意加入地球曲率改正和大气折光改正, 并校核相邻点的高程。

7.4.4 对于墩、柱等高层构筑物高程传递, 可采用光电测距三角高程法或钢尺传高法进行。钢尺传高法

可参照附录4.1。

7.4.5 对于高塔柱100m以上的高程传递，宜采用全站仪精密传高法测量。高程传递方法见附录4.2。

7.5 立模放样

7.5.1 一般规定

7.5.1.1 立模放样应包括下列内容：测设各种建筑物的立模轮廓点；对已装好的模板，预埋件进行形体和位置的检查。

7.5.1.2 在设计无明确要求时，模板安装的允许偏差应符合表5.5-1的规定。

表5.5-1 模板安装的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
模板标高	基础	±15
	柱、墙和梁	±10
	墩台	±10
模板内部尺寸	上部构造的所有构件	+5, 0
	基础	±30
	墩台	±20
轴线偏位	基础	15
	柱或墙	8
	梁	10
	墩台	10
装配式构件支承面的标高		+2, -5
模板相邻两板表面高低差		2
模板表面平整		5
预埋件中心线位置		3
预留孔洞中心线位置		10
预留孔洞截面内部尺寸		+10, 0
支架和拱架	纵轴的平面位置	跨度的1/1000或30
	曲线形拱架的标高（包括建筑拱度在内）	+20, -10

7.5.1.3 混凝土预制构件拼装及高层建筑物中间平台相对高差的允许偏差，同一层不应大于±3mm。

7.5.2 细部放样

7.5.2.1 立模的放样点，以距建筑物轮廓线0.2~0.5m为宜。放样直线段上的相邻点间距以5~8m为宜；曲线段上的相邻点间距以4~6m为宜。

7.5.2.2 混凝土预制构件拼装及高层建筑物中间平台相对高差的允许偏差，同一层不应大于±3mm。

7.5.2.3 直线形建筑物的放样，在地面平均高程时，宜布设成包括主轴线（或其平行线）的坐标方格网形式；对于高空建筑物的放样，宜采用三维坐标法。

7.5.2.4 采用滑模浇筑的建筑物，其放样点的点位中误差不得大于表5.5-2的规定。

7.5.2.5 混凝土建筑物的高程放样，应区别情况采用不同的方法：

a) 对于连续垂直上升的建筑物，除了有结构物的部位（如横梁、门洞等）外，高程放样的精度要求较低，主要应防止粗差的发生。

b) 对于形体特殊要求的部位、斜面等，其高程放样的精度，一般应与平面位置放样的精度相一致。

c) 对于混凝土抹面层，有金属结构埋件的部位，其高程放样的精度，一般高于平面位置的放样精度，应根据不同的精度要求采用水准测量方法或液体静力水准法，并注意检核。

注：当施工中水准点标志不能保存时，应将其高程引测至稳固的建筑物上，引测的精度不应低于原水准点测量等级。

表5.5-2 滑升模板放样点的点位中误差

项 目		点位中误差	
		平面 (mm)	高程 (mm)
轴线间相对位移		±5	—
垂直度	本层	±3	—
	总高度	H/3000	
截面尺寸	墙、柱	±5	-3
	梁	±5	

注1： H为建筑总高度

注2： 点位中误差均相对于建筑物的固定轴线。

7.5.3 立模放样后，在混凝土浇筑前，应检核一次。若发现与设计位置有较大偏差或存在系统误差时，应对可疑部分进行重新放样。

7.5.4 资料整理

7.5.4.1 放样工作完成后，应及时提交“测量放样单”或“测量检查成果单”。放样单或成果单是放样工作的重要技术文件，是向监理单位提供的质检凭证，必须妥善保存。其内容包括：

- 放样的工程部位，单项工程名称并绘制测点所在部位的略图。
- 注明放样点与设计边线的关系，或列出各放样点的坐标和实测高程值。
- 放样数据的来源和需要特别说明的问题。
- 放样日期和放样者姓名。

7.5.4.2 放样工作结束后，作业组应整理并保存下列资料：

- 放样计算资料和放样中采集的数据。
- 现场施工放样手簿。
- 小组自检记录和放样略图底稿。

7.5.4.3 由电子记录器或计算机输出的野外观测记录，计算资料等应及时整理，并加注必要的说明。

7.5.4.4 分项工程完工后，应及时整理下列资料：

- 放样数据计算资料。
- 竣工测量手簿及施测方法简明报告。
- 分项工程竣工测量资料及图表。
- 分项工程测量技术小结。

7.6 金属结构安装测量

7.6.1 一般规定

7.6.1.1 金属结构安装测量是指嵌入混凝土的金属结构（如索道管、索鞍底座等），其测量工作内容应包括下列内容：测设安装轴线和高程工作基点、进行安装点的放样以及安装竣工测量等。

7.6.1.2 金属结构安装轴线和高程工作基点，应埋设稳定的金属标志，一经确定，在整个施工过程中不宜变动。

7.6.1.3 金属结构安装测量时，其相对关系的精度要求较高，应予以高度重视。

7.6.2 安装轴线及高程工作基点的测设

7.6.2.1 金属结构的安装轴线测设的精度要求，应根据设计要求确定。

7.6.2.2 在安装过程中，由于各种原因致使原来的安装轴线或高程基点遭到部分或全部破坏时，可按下列不同情况予以恢复。

7.6.2.3 利用其余的轴线点或高程基点进行恢复。

- 7.6.2.4 精确安装就位的构件轮廓线或基准面恢复原轴线或高程基点。
- 7.6.2.5 原规定精度，由平面或高程控制网点重新测定。
- 7.6.2.6 种方法恢复的轴线或高程基点，应行多方校核，以获得与已安装构件的最佳吻合。
- 7.6.2.7 安装部位的高程工作基点应注意以下两点：
- 7.6.2.8 一个安装部位应测设两个或两个以上的高程基点。
- 7.6.2.9 测设安装工程的高程基点宜采用水准测量方法。当高程基点布设在高塔柱上时，宜采用全站仪精密传高法。

7.6.3 安装点的细部放样

- 7.6.3.1 由安装轴线和高程基点组成相对严密的局部控制网，并作为安装点的测设基准。安装点的误差，均以相对于安装轴线和高程基点而言，即相对精度。
- 7.6.3.2 基础支承面、地脚螺栓放样的精度应符合表5.6-1中的要求。

表5.6-1 支承面、地脚螺栓的位置要求

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)
支承面	高程	±3
	水平度	L/1000
地脚螺栓	螺栓中心偏移	5
预留孔	中心偏移	10

- 7.6.3.3 由安装轴线点，高程基点测设安装点的技术要求。
- 7.6.3.4 安装点的测设一般采用直角坐标法或极坐标法。
- 7.6.3.5 距离测量以钢带尺为主，丈量结果中应加尺长、温度、倾斜、拉力及（平链）悬链等改正，不加投影改正。距离丈量的技术要求应符合表5.6-2的规定。

表5.6-2 安装点距离丈量的技术要求

丈量时拉力	温度最小读数 (℃)	边长丈量次数	同测次串尺		边长丈量较差的相对误差
			读数次数	较差 (mm)	
与检定钢带尺时相同	0.5	2	2	1	1 : 10000

- 7.6.3.6 在用光电测距仪测量距离时，宜用“差分法”操作。
- 7.6.3.7 方向线测设时，要求后视距离应大于前视距离，可用细金属针（或重锤线）作为照准目标。采用经纬仪角度归化法放样方向线，即将经纬仪正倒镜两次定点的平均值，作为最后方向。
- 7.6.3.8 安装点的高程放样，应采用水准测量法，水准测量的技术要求应符合表4.4-1的规定。

7.6.4 安装点检查

对已测设的安装点，应按下列要求进行检查：

- a) 检查工作应采用与测设时不同的方法。
- b) 对构成一定几何图形的一组安装测点，应检核其非直接量测点之间的关系。
- c) 对铅垂投影的一组点，应检查各投影点间边长的几何关系。
- d) 由一个高程基点测放的安装高程点或高程线后，应从另一高程基点进行检查，或用变更仪器高法重复测定。
- e) 所有平面与高程安装点的检测值与放样值的较差，不应大于放样点中误差的 $\sqrt{2}$ 倍，以保证放样点之间严密的几何关系。

f) 安装构件的铅垂度检查测量，宜在距构件10~20cm范围内用细钢丝悬挂重锤。将重锤置于盛有溶液的桶中，当重锤处于静止状态时，用小钢板尺量取构件检查部位与垂线之间的距离。

7.6.5 资料提交

7.6.5.1 测设的安装点经检查合格后，应填写安装测量放样成果表，提交安装单位使用。

7.6.5.2 分项工程安装工作结束后，应将安装放样资料、竣工检查验收成果以及设计图纸等整理归档。

8 桥梁施工测量

8.1 桩基础及承台

8.1.1 桩基础

8.1.1.1 桩基础施工过程中，钢护筒吊装、钻孔、钢筋骨架的吊放，除设计另有要求外，应符合表6.1-1的规定。

表6.1-1 桩基础施工的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
桩基础	钢护筒	排架桩位置偏差	50mm
		群桩位置偏差	100mm
		垂直度	1%桩长，且不大于500mm
	钻机	位置偏差	50mm
		底盘角点高差	5mm
	孔底高程		±50mm
	钢筋骨架	中心平面位置	20mm
		顶端高程	20mm
		底面高程	±50mm

8.1.1.2 对定位钢护筒吊装就位后，应测量钢护筒中心偏差和垂直度。钢护筒偏差、垂直度符合要求后，开始振打钢护筒，在振打过程中监控钢护筒的偏位和垂直度。陆地上施工可直接测量定位，水域施工可依靠导向架定位。

8.1.1.3 测量除定出中心位置外，宜在护筒外围设置2—4个指示桩，以利于校正护筒埋设的位置。

8.1.1.4 在钻孔、提钻，更换钻头以及钻机复位后，需测定钻机的中心位置。钻机中心位置可通过直接测量钻机钻盘中心确定，亦可测量转盘径向上两个对称点的坐标间接确定。钻机底盘的四个角点，应用水准仪抄平。

8.1.1.5 孔底高程可利用钻机钻盘高程和钻具长度推算，也可采用测锤测量。用测锤测量时，使用锥形测锤的规格为锤底直径13~14cm，高20~22cm，质量4~6kg，绳具使用检定过的钢丝绳。

8.1.1.6 对于远水区钢护筒定位，亦可采用打桩船上安装GPS接收机运用RTK定位法进行测量。采用此方法前，应做专项设计和试验工作。

8.1.2 承台

8.1.2.1 无水或浅水施工承台应按本规范5.5节的要求执行。承台模板放样及外形尺寸偏差，除设计另有要求外，应符合表6.1-2的规定。

表6.1-2 承台的尺寸允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差(mm)
承台	轴线偏差	15
	平面尺寸	±30
	顶面高程	±20

8.1.2.2 用套箱法围堰施工水中桩基承台时，套箱定位的允许偏差应符合表6.1-3的规定。

表6.1-3 套箱定位的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差(mm)
套箱	轴线偏差	50
	高程偏差	100

8.1.2.3 钢套箱定位测量一般可分为着床前的初步定位、着床时的精确定位和着床后下沉过程中的位置监测。其测量方法可采用三维坐标法。

8.1.2.4 钢套箱着床时每10~30分钟左右观测一次,着床后可每下沉2m测量一次,以指导下沉过程的纠偏工作。

8.1.2.5 对于深水承台施工,双壁钢套箱既是围水结构,又是承台施工模板,因此为保证承台浇筑的外形尺寸,在工作平台架设期间,应对钢套箱进行监测。监测频率为1~2次/天。

8.2 沉井基础

8.2.1 沉井施工精度要求,除设计另有要求外,应符合表6.2-1的规定。

表6.2-1 沉井施工制作的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
沉井	沉井平面尺寸 (mm)	长、宽	$\pm 0.5\%$ 边长,大于24m时 ± 120
		半径	$\pm 0.5\%$ 半径,大于12m时 ± 60
	井壁厚度 (mm)	混凝土	+40, -30
		钢壳和钢筋混凝土	± 15
	沉井刃脚高程 (mm)		符合设计要求
	纵、横向的中心偏位 (mm)	一般	1/50井高或符合设计要求
		浮式	250或符合设计要求
	沉井纵横向的最大倾斜度 (mm)		1/50井高或符合设计要求
	平面扭转角 ($^{\circ}$)	一般	1
		浮式	2

8.2.2 浮运式沉井沉放前,应采用测深仪或测深锤测量井位处河床的平整度。

8.2.3 大型沉井沉放时,利用监控手段指导沉井下沉是十分必要的。其测量要求如下:

a) 沉井下沉,刃脚标高每班至少测量一次,轴线2~3天测量一次;对于分节制作、分层下沉的沉井,当每次下沉稳定后,应进行高差或中心位移的测量。

b) 沉井初沉阶段每2小时测量一次,必要时连续观测,及时纠偏。

c) 浮式沉井入水定位时,应根据需要加密测量。沉井着床及下沉过程中,还应随时对河床的冲刷情况进行测量。

d) 沉井接高前应尽量纠偏,符合要求后,并使接高后各节竖向中轴线在一条直线上。

e) 沉井终沉阶段,每小时至少测量一次。

f) 当沉井至设计标高2m左右时,应加密测量。沉井结束后,8小时内累计自沉量不大于10mm,且标高位移和倾斜度的允许偏差均符合表6.2-1的规定时,可提交报验单,以便及时封底。

g) 对于陆地沉井下沉时,还应沉井周围2—3倍的沉井高度范围内的建筑物及地表进行沉降和水平位移测量。

8.2.4 在沉井下沉过程中,应编绘相应的过程线,至少包含下列内容:

a) 水位变化过程线。

b) 沉井上下游局部冲刷最深点高程变化过程线。

c) 沉井顶底面中心位移变化过程线。

d) 沉井纵、横向高差变化过程线。

8.3 地下连续墙

8.3.1 地下连续墙质量标准，除设计另有要求外，应符合表6.3-1的规定。

表6.3-1 地下连续墙的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差
地下连续墙	轴线位置 (mm)	30
	倾斜度 (mm)	0.5%墙深
	外形尺寸 (mm)	0, +30
	顶面高程 (mm)	±10

8.3.2 地下连墙施工前，除采用极坐标放样方法外，亦可建立坐标方格网，以利于放样和校核。当地连下墙施工完成后，应在施工平台上重新建立坐标方格网，以便坑内开挖、支撑的细部放样。

8.3.3 导墙平面轴线应与地下连续墙的平面轴线平行，允许偏差为10mm，两导墙内墙面间的距离允许偏差为5mm，导墙顶面高程允许偏差为±10mm。

8.3.4 从导墙（或导桩）施工时，就应检查垂直度，并及时纠偏。检查方法可采用超声波测深仪或悬挂重锤法，每钻进1~2m检查一次。终孔后，应测量孔底标高、孔底沉渣厚度。

8.3.5 在基坑开挖阶段，必须进行相应的监测工作，其监测方案需进行专门设计，并建立基坑开挖信息化施工监控系统。

8.4 索塔

8.4.1 混凝土索塔

8.4.1.1 塔座是塔柱与承台连接的重要结构，施工时必须按设计坐标精密放样。塔座施工应符合表6.4-1的规定。

表6.4-1 塔座模板放样点的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)	
		平面	高程
塔座	轴线偏位	±5	—
	断面尺寸	±5	—
	高程偏差	—	±2
	相邻点之间的差异	±7	—

8.4.1.2 塔柱各节段采用滑升模板浇筑时，放样点的点位中误差应符合表6.4-2的规定。

表6.4-2 滑升模板放样点的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差 (mm)	
			平面	高程
塔柱	轴线		10	—
	垂直度	本层	±3	—
		总高度	H/3000且不大于30	—
	截面尺寸		±20	-3
	预留孔洞中心位置		±10	±20
	预埋件位置		5	±10
	索鞍底板面高程		—	+10, -0

续表6.4-1 塔座模板放样点的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)	
		平面	高程
横梁	轴线偏位	10	—
	外轮廓尺寸	±10	—
	壁厚	±5	—
	顶面高程	—	±10
注1: H为塔柱总高度; 注2: 点位中误差均相对于建筑物的固定轴线。			

8.4.1.3 为避免日照引起索塔变形,测量时间宜选择在日照影响较小的时段进行,如在夜间或气温变化较小的时段。

8.4.1.4 对于其它各节段垂直上升的塔柱,除了有结构物的部位(如横梁、门洞等)外,高程放样的精度要求相对较低,主要应防止粗差的产生。

8.4.1.5 高索塔施工时,为利于测量放样,均设置有劲性骨架。劲性骨架定位采用三维坐标法或悬挂重锤法测量。

8.4.1.6 横梁放样时,断面尺寸偏差不大于±20mm,横梁高程不大于±10mm。高程传递采用悬挂钢尺传高法或全站仪传高法。

8.4.1.7 索塔放样时,必须顾及预偏量和预拱量。随着索塔的升高,为减弱风力对测量结果的影响,应选择在较小风力时进行放样工作。模板定位后,浇筑混凝土前,应用三维坐标法进行检核。

8.4.1.8 随着索塔的升高,会引起塔下工作基点的变化,应定期与控制网联测,进行修正。

8.4.1.9 索塔完工后,应测定裸塔倾斜度、跨距和塔顶标高,作为主缆线形计算调整的依据。

8.4.1.10 索塔施工期间,应定期进行变形观测。

8.4.2 钢索塔

8.4.2.1 底座埋设精度应符合表6.4-3的规定。

表6.4-3 底座埋设的允许偏差

工程部位	项 目	规定值或允许偏差
底座	横桥向倾斜度	1/4500
	顺桥向倾斜度	1/6000
	底座中心的纵向偏差	3mm
	底座相对于桥轴线的横向偏差	±1mm
	两侧底座顺桥向相对差	1.5mm
	底座预埋件高程	±1.5mm

8.4.2.2 钢索塔架设的精度应符合表6.4-4的规定。

表6.4-4 钢索塔架设的精度

工程部位	精度控制参数		允许误差
钢索塔	安装高度		±2×n mm
	垂直率	顺桥向	H/4000
		横桥向	H/4000
	对接口板错边量		±2mm
	两塔柱中心距		±4mm

8.4.2.3 钢、混凝土结合段一般与下横梁连接在一起，下横梁的收缩徐变对锚固箱位置有影响，应定期进行监测。

8.4.2.4 针对底座定位和钢索塔架设，应建立专用控制网。

8.4.2.5 对于建立的专用控制网和测量方法必须进行专门设计和论证。

8.4.2.6 测量放样时应采用两种以上的测量方法，以便相互校核。

8.4.2.7 底座定位及拼装测量的作业时间以晚间10:00至凌晨5:00进行为宜。

8.5 锚碇及锚固系统

8.5.1 锚碇

8.5.1.1 锚碇混凝土施工偏差应符合表6.5-1的要求。

表6.5-1 锚碇混凝土施工的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差 (mm)
锚碇	轴线偏位	基础	20
		锚面槽口	10
	断面尺寸		±30
	基础底面高程	土质	±50
		石质	+50, -200
	顶面高程		±20
	大面积平整度		5

8.5.1.2 锚碇预埋件施工定位在设计中有特殊要求，一般应以设计要求实施。

8.5.1.3 重力式锚碇属于大体积混凝土施工，其放样要求参照本规范5.5节执行。

8.5.2 锚固系统

8.5.2.1 锚固系统安装要求应符合表6.5-2的要求。

表6.5-2 锚固系统安装的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差
支架安装	中心线偏差	±10mm
	横向安装锚杆的平联高差	-2mm, +5mm
预应力管道安装	X轴坐标	±10mm
	Y轴坐标	±5mm
	Z轴坐标	±5mm
后锚梁安装	中心偏差	5mm
	偏角	符合设计要求
前锚面	孔道角度	±0.2°
前锚孔道	中心坐标	±10mm
拉杆	轴线偏位	5mm
连接器	轴线偏差	5mm

8.5.2.2 锚固体系安装测量的主要内容有测设安装轴线与高程基点、进行安装点的放样和安装竣工测量等。

8.5.2.3 测设的安装轴线和高程基点应埋设稳定的金属标志。工作基点设定后，在整个施工过程中不宜变动。

8.5.2.4 安装测量的基本要求：

- a) 应使用 DS_1 型水准仪和与 DJ_2 型经纬仪同等或更高精度的仪器；
- b) 量测距离的钢尺，应经过检定并附有尺长方程式；
- c) 高程测量必须相应地使用钢瓦水准尺、红黑面水准尺以及有毫米刻度的钢板尺。
- d) 锚固系统的安装精度，主要取决于支架和后锚梁的安装精度。因此，安装粗定位后，需通过微调后进行精确定位，并做好检查工作。
- e) 锚固系统安装定位可参照本规范7.6节执行。

8.6 斜拉桥索道管安装

8.6.1 斜拉桥索道管安装精度随钢箱梁和悬浇混凝土主梁不同，安装精度要求不同。索道管安装精度要求应符合表6.6-1的规定。

表6.6-1 索道管安装精度要求

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)
钢箱梁索道管	高程偏差	±10
	轴线偏差	±10
悬浇混凝土主梁索道管	轴线偏差	±5

8.6.2 由于索道管安装的精度要求高，为保证放样精度应在索道管安装测量前，对使用的控制点进行复测。索道管安装测量时，应检测索道管相对塔柱的位置。

8.6.3 索道管安装的放样程序如下：

- a) 首先放样锚固钢套管的概略位置于劲性骨架上，使之基本就位。
- b) 利用一定厚度的钢板加工一个锚固钢套管标定件，该标定件的直径与斜拉索索道管内径一致，四周焊接对称的四块垫板，精确标定圆周中心，并做好标记。
- c) 同样，用约1cm厚的钢板加工一个半圆形的标定件，该标定件直径和斜拉索索道管内径一致，精确标定圆周中心并作好标记。将其插入预先标定好的索道管外管口中，使其吻合并固定，此时盘心即为外侧套筒中心位置；
- d) 由控制点上的全站仪直接测量索道管的锚垫板中心和管口中心三维坐标，并由实测坐标计算两中心的间距。
- e) 将锚垫板中心调整到设计位置并检测；
- f) 由调整到位后锚垫板的中心实测坐标、斜拉索设计的空间方向余弦和两中心间距计算管口中心的设计坐标；
- h) 将管口中心调整到设计位置并检测，然后计算实测点位至斜拉索轴线的垂距（偏差值）；
- i) 由于调校管口时可能引起锚垫板移动，故应重测锚垫板中心并再次调校；
- j) 重复上述工作，直至满足定位精度要求。

8.6.4 索道管定位和检查宜在气温较为稳定的夜间进行，一般在凌晨至日出前完成。

8.6.5 当风力大于4级时，不宜进行索道管定位放样和检查。

8.7 悬索桥索鞍定位

8.7.1 主索鞍安装精度的要求见表6.7-1。

表6.7-1 主索鞍安装精度的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)
主索鞍	纵向最终偏差	符合设计要求
	横向偏位	10
	高程	+20, 0
	四角高差	2

8.7.2 主索鞍定位前,应根据设计提供的预偏量就位,在施工过程中按监控要求逐步顶推,最终到达正确位置。

8.7.3 由于主索鞍的安装精度完全取决于格栅的安装精度,所以需精确进行格栅定位。格栅定位的允许偏差见表6.7-2。

表6.7-2 格栅定位的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)
主索鞍格栅	纵向	±10
	横向	±10
	平整度	0.5
	四角高差	2

8.7.4 散索鞍安装定位的允许偏差见表6.7-3。

表6.7-3 散索鞍安装的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)
散索鞍	底板轴线纵、横向偏位	5
	底板中心高程	±5
	纵向倾斜偏差角度	±2' 或符合设计要求

8.7.5 散索鞍的安装精度由两部分组成,平面位置和高程由散索鞍的格栅和底座决定,倾角由散索鞍侧面的IP点测定,所以散索鞍安装精度完全由格栅的安装精度决定,格栅的定位允许偏差见表6.7-4。

表6.7-4 格栅定位的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差 (mm)
散索鞍格栅	纵、横向	±10
	平整度	±0.5
	四角高差	2

8.7.6 格栅定位前,宜在索塔顶以首级网相同的等级建立平面控制点,高程工作基点埋设稳定的金属标志采用悬挂钢尺传高法或全站仪精密传高法测定其高程。测量工作宜在夜间气温稳定时进行。

8.7.7 格栅定位测量宜采用交会法、轴线法或坐标方格网法,高差测量应采用水准测量方法。

8.8 悬索桥空缆线形测量

8.8.1 主缆线形测量实测项目的精度见表6.8-1。

表6.8-1 主缆线形测量实测项目的允许偏差

项 目			允许偏差
索股高程 (mm)	基准	中跨跨中	±L/20000或符合设计要求
		边跨跨中	±L/10000或符合设计要求
		上、下游高差 (mm)	10
	一般	相对于基准索股 (mm)	0, +5

8.8.2 基准索股的线形调整测量需在夜间温度稳定时进行。温度稳定的条件为:长度方向索股的温差 $\Delta T \leq 2^{\circ}\text{C}$;横截面方向的温差 $\Delta T \leq 1^{\circ}\text{C}$;当风速超过12m/s或雾太浓均不可进行索股调整。

8.8.3 基准索股的调整要反复测量,多次调整,至少应连续进行3个晚上的稳定观测。每晚取得3个测回以上的有效数据。在容许范围内,将3天测量成果的平均值作为该基准索股高程。

8.8.4 基准索股调整时,应考虑温度修正。在基准索股高程测量时,同时采用接触温度计每5~10分钟测一次索股温度,测点沿长度方向布置在边跨1/2、中跨1/4、1/2、3/4处;沿断面方向布置在索股上、下缘。

8.8.5 由于悬索跨径大，且中跨高程只能采用单向三角高程的测量方法。因此，应在夜间实测大气折光系数K值，并加入此项改正，还应采用多测站同步三角高程测量，以利于对测量结果的比较与验证。单向三角高程测量的技术要求见表6.8-2和表6.8-3。

表6.8-2 距离测量的技术要求

仪器	观测方式	测回数	一测回互差	各测回互差
1类	单程	4	3mm	5mm

表6.8-3 三角高程测量的技术要求

仪器	方法	测回数	天顶距较差	单程高差较差
DJ_1	三角高程	4	7''	$0.05\text{mm} \times D$

注：D为观测边长，m。

8.8.6 上下游两根基准索股相对垂度测量宜采用液体静力水准测量，即连通管测量。采用直径约2cm的长透明橡胶管灌以清水作为连通管，通过测量管中水面位置确定上下游基准索股的高差。

8.8.7 一般索股的垂度测量采用相对高差法，即使用钢板尺量测一般索股与基准索股的高差，重复测量3次取平均值作为最后的测量值，并以基准索股调整一般索股。

8.8.8 索股架设期间，应对基准索股高程、塔顶位移和散索鞍倾角进行定期和不定期检测。

8.8.9 成缆后，应进行主缆线形测量。主要测量主缆锚固点，边跨跨中、中跨跨中、1/2、1/4、3/4等处的坐标。

8.9 悬索桥索夹定位

8.9.1 索夹安装定位允许偏差见表6.9-1。

表6.9-1 索夹安装的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差（mm）
索夹	纵向偏位	±10
	横向偏位	±3
	上、下游吊点高差	±20

8.9.2 索夹放样前，应测定主缆的空缆线形，提交给监控单位，对原设计的索夹位置进行确认。

8.9.3 索夹放样时，首先应放出天顶线。由于天顶线随温度的变化而变动，所以索夹放样应选择在夜间气温相对稳定时段进行，天顶线位置确定采用钢板尺标定。

8.9.4 索夹的里程是根据特定的结构状态（如温度、跨径等）计算出来的。所以放样时应根据监控指令加以修正。

8.9.5 放样时，全站仪架设在一岸塔顶控制点上，以对岸塔顶位置为控制，采用测距法确定索夹两边缘的位置。此外，为便于索夹安装，在边缘外10cm处设置参考标志。同时，应在对岸架设仪器，重新放样一次，两次取平均值作为索夹的最终位置。

8.9.6 索夹位置确定后，应根据空缆状态的线形利用检定后的钢尺检查两索夹间距，差值不大于10mm。

8.10 线形测量

8.10.1 一般规定

8.10.1.1 悬索桥/斜拉桥线形监控工作直接决定着成桥的线形质量，其中线形测量是线形监控的重要内容，必须认真对待。

8.10.1.2 线形测量应与温度场监测、结构内力监测等项目同步进行。

8.10.1.3 由于线形测量成果与温度关系密切，测量工作宜在日照温差对结构影响最小时即清晨日出之前进行。

- 8.10.1.4 风速大于12m/s时，不宜进行线形测量。
- 8.10.1.5 线形测量的成果，实施单位必须进行100%的检查，并经监理单位确认后，及时提交监控单位。

8.10.2 悬索桥线形测量

8.10.2.1 钢箱梁安装后的允许偏差见表6.10-1。

表6.10-1 钢箱梁安装后的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差（mm）
钢箱梁	吊点偏位	20
	箱或桁梁顶面高程在两吊索处高差	20
	相邻节段匹配高差	2

- 8.10.2.2 钢箱梁吊装前应进行桥下、水下地形测量，以便根据运梁驳船的需要清理航道。架设前，宜进行驳船定位试验，以保证定位精度。
- 8.10.2.3 梁段吊装阶段线形测量的主要内容包括主缆跨径、塔顶坐标、索鞍残留预偏量等。监控测量工作均需在夜间气温稳定时进行。监控部门根据线形监控数据决定顶推量和顶推时段。
- 8.10.2.4 合拢状态线形测量的主要内容包括主缆跨径、塔顶坐标及索鞍残留预偏量。合拢口下、上缘宽度及相对高差应至少进行24小时的连续测量，以便了解合拢口随气温变化的规律。测量周期一般为2小时一次，必要时可适当增加测次或连续测量的时间。
- 8.10.2.5 成桥状态线形测量工作的主要内容包括主跨跨径、塔顶位置及索鞍残留偏差。同时也要对结构日照变形规律进行观测，特别是旁弯测量。

8.10.3 斜拉桥钢箱线形测量

8.10.3.1 斜拉桥钢箱梁拼装允许偏差见表6.10-2。

表6.10-2 斜拉桥钢箱梁拼装的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
斜拉桥钢箱梁段的 悬臂拼装	轴线偏位（mm）		10
	梁锚固点高程 或梁顶高程（mm）	梁段	5
		合拢后	±20
	梁顶水平度（mm）		20
	相邻节段匹配高差（mm）		2
斜拉桥钢箱梁段 的支架安装	轴线偏位（mm）		10
	梁段的纵向位置（mm）		10
	梁顶标高（mm）		±10
	梁顶水平度（mm）		10

- 8.10.3.2 施工一个梁段称为一个阶段，每阶段可分为四个工况：
- a) 第一工况：拼装梁段的定位；
 - b) 第二工况：斜拉索第一次张拉；
 - c) 第三工况：桥面吊机前移到位；
 - d) 第四工况：斜拉桥第二次张拉。
- 8.10.3.3 每个工况线形测量的主要内容有：钢箱梁标高测量、轴线测量和塔顶水平位移测量等。
- 8.10.3.4 起始梁段在全桥钢箱梁精确匹配中起关键作用。因此必须准确定位。定位工作宜用轴线法或三维坐标法进行，并用边、角交会作检查。

- 8.10.3.5 为消减温度变化引起梁体和索塔的不规则变化，线形测量应在夜间气温稳定时段进行。
- 8.10.3.6 钢箱梁标高测量应采用 DS_1 型以上水准仪进行精密水准测量，测量前校正水准仪的*i*角，使其小于10″。
- 8.10.3.7 塔柱位移测量应采用1类测距精度的全站仪观测，测量方法应采用极坐标法或测距法。测量时段应与标高测量同步进行。
- 8.10.3.8 为确定合拢段梁长和合拢时机，宜选择5个以上特征断面对合拢口上、下宽度和梁端高差进行测定。观测连续时间不应少于24小时，测量时间间隔为1次/小时。合拢口宽度采用检定后的钢尺丈量，高差采用水准仪测量。合拢口连续测量时，必须与温度场测量同步。
- 8.10.3.9 全桥合拢后，应根据监控指令进行相应的测量工作，以便通过索力调整全桥线形。
- 8.10.4 斜拉桥混凝土梁悬臂浇筑法的线形测量
- 8.10.4.1 斜拉桥悬臂混凝土现浇梁允许偏差见表6.10-3。

表6.10-3 斜拉桥悬臂混凝土现浇梁允许偏差

工程部位	项 目			允许偏差
斜拉桥悬臂 混凝土现浇梁	轴线偏位（mm）		L≤100m	10
			L>100m	L/10000
	断面尺寸（mm）	高度		+5，-10
		顶宽		±30
		底宽或肋间宽		±20
		顶、底、腹板厚或肋宽		+10，-0
	梁锚固点或梁顶 高程（mm）	梁段施工控制要求		±10
		合拢后	L≤100m	±20
			L>100m	±L/5000
	横坡（%）			±0.15
	锚具轴线与孔道轴线偏位（mm）			5
	预埋件位置（mm）			5
	平整度（mm）			8

- 8.10.4.2 为保证梁体的结构安全和线形平顺，在主梁悬臂浇筑过程必须进行线形测量，测量的主要内容有：梁体的标高、轴线偏差和塔顶变位。
- 8.10.4.3 悬臂浇筑前端底板和桥面高程时，应对挂篮前端的垂直变形及预拱位置进行监测。施工过程中要对实际高程进行监测，当与设计值有较大偏离时，应会同有关人员查明原因进行调整。
- 8.10.4.4 放样斜拉索索道管位置和锚头尺寸要精确，并用不同的测量方法进行检查。
- 8.10.4.5 测量规定与要求：
- a) 对于每一个悬浇梁段要进行6种工况的标高和挠度观测，即挂篮就位及立模后、浇筑混凝土前、浇筑混凝土后、张拉预应力钢束前、张拉完预应力钢束后、移动挂篮前（后）。
- b) 测量工作一般应在清晨日出前完成。
- c) 在进行标高观测的同时，应进行中轴线位置观测。墩沉降观测应根据施工的进度情况，进行周期性观测。
- d) 在对梁段标高和中轴线进行测量时，若实测值与设计计算预测值之差超过±10mm（高程）、5mm（中轴线偏位）时，应进行复测。若仍超过限值，应分析原因，在施工控制组和监理同意后方可结束测

量。

e)连续梁的合拢,测量箱梁顶面标高和轴线,连续测试温度影响偏移值,观测合拢段在温度影响下梁体长度变化和梁端高程变化的关系。

8.11 桥面及附属工程

8.11.1 钢箱梁支座安装的允许偏差应符合表6.11-1的规定。

表6.11-1 钢箱梁支座安装的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
钢箱梁支座	支座中心与主梁中心		2mm
	高程		符合设计要求
	支座四角高差	承压力 $\leq 5000\text{kN}$	1mm
		承压力 $> 5000\text{kN}$	2mm
活动支座	顺桥向最大位移		$\pm 250\text{mm}$
	双向活动支座横桥向最大位移		$\pm 25\text{mm}$
	横轴线错位距离		根据安装时的温度与年平均最高、最低温差计算确定
	支座上下挡块最大偏差的交叉角		5'

8.11.2 支座支承面四角高差测量应用S01型以上水准仪或连通管测量。

8.11.3 当墩、台两端高程不同,顺桥向有纵坡时,支座安装的相对高差应按设计规定的要求执行。

8.11.4 桥梁伸缩缝安装的允许偏差应符合表6.11-2的规定。

表6.11-2 桥梁伸缩缝安装的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
桥梁伸缩缝	与桥面高差		2mm
	纵坡		$\pm 0.2\%$
	横向平整度		3mm

8.11.5 桥面铺装施工的允许偏差应符合表6.11-3的规定。

表6.11-3 桥面铺装施工的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
桥面铺装	厚度		+2mm, -5mm
	平整度	水泥混凝土面层	1.8mm
		沥青混凝土面层	1.5mm
	横坡	水泥混凝土面层	$\pm 0.15\%$
		沥青混凝土面层	$\pm 0.3\%$

注:桥面铺装测量工作内容主要包括:测定沥青的厚度、平整度等,测量时主要采用四等水准测量方法。

8.11.6 人行检修道铺设的允许偏差应符合表6.11-4的规定。

表6.11-4 人行检修道铺设的允许偏差

工程部位	项 目		允许偏差
人行检修道	边缘平面偏位		5mm
	纵向高程		+10mm, 0mm
	接缝两侧高差		2mm
	横坡		$\pm 0.3\%$
	平整度		5mm

8.11.7 栏杆、护栏安装的允许偏差应符合表6.11-5的规定。

表6.11-5 栏杆、护栏安装的允许偏差

工程部位	项 目	允许偏差
栏杆、护栏	平面偏位	4mm
	扶手平面偏位	3mm
	栏杆顶面高差	4mm
	纵、横竖直度	4mm
	相邻栏杆扶手高差	2mm
	护栏接缝两侧高差	2mm

9 竣工测量

9.1 一般规定

9.1.1 竣工测量应真实可靠地反映建筑物的位置和几何形状，为桥梁质量检验评定及验收、工程维护等工作提供依据。

9.1.2 竣工测量应在分项工程、分部工程及全桥施工结束后，尽早实施。对于需要竣工测量的部位，应事先与设计、施工管理单位协商，确定测量项目，防止遗漏。

9.1.3 视需要测绘施工区竣工平面图。竣工总平面图一般采用与施工控制网相同的坐标系。

9.1.4 竣工测量可采用下列作业方法：

- 随着桥梁施工的进程，按竣工测量的要求，逐渐积累竣工资料。
- 待分项工程完工后，进行一次性的测量。
- 对于深基础施工部位、水下施工部位以及上部结构施工部位的竣工测量，宜采用a)、b) 款的作业方法。

9.1.5 竣工测量的精度指标参照各章节相应项目的测量精度。竣工测量精度一般不低于放样的精度。

9.2 工作内容

9.2.1 竣工测量主要包括下部结构、上部结构和成桥线形的测量工作。

9.2.2 下部结构竣工测量包括下列主要项目：

- 主要桥梁建筑物基础开挖地基面的1:200~1:500地形图（高程平面图）或纵、横断面图；
- 桩基础及钢筋笼安装位置和标高测量；
- 锚碇基础、锚碇基坑充填混凝土、锚碇形体测量和标高测量；
- 预应力钢筋张拉的管道坐标和间距检查测量；
- 锚固系统轴线偏位及角度偏差测量。
- 索塔承台、索塔横梁形体测量和标高测量；
- 斜拉桥索道管定位测量（锚固点高差、孔道位置和预埋件位置）。

9.2.3 上部结构竣工测量包括下列主要项目：

- 悬索桥散索鞍座成桥位置测量及倾角测定；
- 悬索桥主鞍座成桥位置测量；
- 悬索桥主缆的索股标高测量（基准索股中跨和边跨跨中标高、上下游高差、一般索股与基准索股相对偏差）；
- 悬索桥索夹对中偏差、索杆吊点上下游高差测量；
- 箱梁定位、箱梁支座定位和伸缩缝检查测量。

9.2.4 桥梁总体质量竣工测量包括下列主要项目：

- 桥梁桥面中线偏位测量；

- b) 桥宽、桥长及桥面纵横坡测量;
- c) 成桥线形测量。

9.3 资料整编

- 9.3.1 竣工图的编绘, 应与设计平面布置图相对应, 图表可参照竣工管理部门的统一图幅规格选用, 分类装订成册, 并附必要的文字说明。
- 9.3.2 提交的各项成果成图资料, 应项目齐全, 数据正确, 图表清晰, 符合质量要求。
- 9.3.3 应该归档的竣工资料, 一般包括下列项目:
 - a) 桥梁施工控制网原始观测手簿、概算及平差计算资料。
 - b) 施工控制网加密与复测布置图、控制点坐标及高程成果表。
 - c) 基础工程(锚碇基础和桩基础)竣工建基面地形图和纵、横断面图。
 - d) 结构部位的实测坐标、高程与设计坐标、高程比较表。
 - e) 桥梁预埋件和金属安装件的竣工测量成果(坐标表、平面、断面图)。
 - f) 施工期变形系统布设与观测方案资料。
 - g) 桥梁施工竣工总平面图等。
 - h) 桥梁施工测量技术总结报告。

9.4 静动载试验的测量工作

9.4.1 一般规定

- 9.4.1.1 静动载试验的测量工作是评价桥梁设计和建设整体性能状态的重要内容, 应认真完成。
- 9.4.1.2 测量工作的实时性要求高, 应制定简洁、快速的测量方案。
- 9.4.1.3 测量工作应与应力监测、索力监测等同步进行。数据采集时应同时测量温度、气压等环境量, 以便对成果进行改正。

9.4.2 静动载试验测量工作的内容和要求

9.4.2.1 试验测量工作的技术要求

表7.4-1 试验测量工作的技术要求

项 目	中误差 (mm)
索塔塔顶变形	±20
主梁的挠度	±10
梁端的位移	±5

- 9.4.2.2 静动载试验测量工作主要包括索塔顶面的变形、主梁挠度监测、主梁梁端的纵向位移等。
- 9.4.2.3 试验时, 测点的测量误差不宜超过总体变形量的10%, 根据要求应合理地选择测量仪器、测量方法。
- 9.4.2.4 挠度测点应布设在主梁的最不利位置, 主梁挠度监测宜布设在桥面上、下游侧的对称部位, 一般可布设在主梁的二分点、四分点、八分点等位置。对于钢箱梁桥面, 测点位置应布设在钢箱梁施工拼装缝断面处。
- 9.4.2.5 斜拉桥主梁梁端水平位移可采用在梁端两边对称布设在四个实测点, 通过测定四个监测位移值计算主梁梁端的水平位移。
- 9.4.2.6 测点观测目标的架设应保证牢固、稳定、利于观测。

9.4.3 测量方法

- 9.4.3.1 静载试验的挠度观测可采用精密水准测量方法、GPS测量、液体静力水准测量、全站仪三维坐标测量等方法。根据现场情况, 宜选择精度、劳动强度、观测时间、进度影响等方面选择有效的测量仪器和方法。
- 9.4.3.2 动载试验的主梁挠度测量方法宜采用光电测距三角高程测量方法或GPS动态差分测量方法。全

40站仪测角精度不低于 $2''$ ，测距精度不低于 $2\text{mm}+2\text{ppm}$ 。GPS接收机标称精度不低于 $5\text{mm}+1\text{ppm}$ 。

9.4.3.3 索塔顶面变形宜采用GPS动态差分测量方法和三维极坐标方法。GPS接收机标称精度不应低于 $5\text{mm}+1\text{ppm}$ 。全站仪测角精度不低于 $1''$ ，测距精度不低于 $1\text{mm}+1\text{ppm}$ 。

9.4.3.4 悬索桥主梁梁端的纵向位移应在梁端支座布设线位移传感器测量。

9.4.3.5 悬索桥主梁截面倾角测量，应在截面上、下游侧布设连通管测定高差，并计算截面倾角变化。

10 施工期外部变形监测

10.1 一般规定

10.1.1 施工期外部变形监测是特大跨径桥梁安全监测的重要内容，应在桥梁设计时统筹安排。施工开始时，即应进行外部变形监测工作。

10.1.2 外部变形监测工作应包括建筑物的下部结构、上部结构及周围场地的各种水平位移测量和垂直位移测量。

10.1.3 外部变形监测应能确切反映建筑物及周围场地的实际变形程度或变形趋势，并以此作为确定作业方法的基本要求。

10.1.4 变形监测点一般分为基准点、工作基点和监测点。

10.1.5 变形监测的精度等级应根据建筑物的允许变形值进行精度估算，然后按以下原则确定：

a) 当仅给定单一变形允许值时，应按所估算的监测点精度选择相应的精度等级。

b) 当给定多个同类型变形允许值时，应分别估算监测点精度，并应根据其中最高精度选择相应的精度等级。

c) 对于未规定或难以规定变形允许值的观测项目，可根据设计、施工的要求，选取适宜的精度等级。

10.1.6 变形监测的观测周期应符合下列要求：

a) 控制网复测周期应根据测量目的和点位的稳定情况而定。一般宜每年复测一次。当检测成果出现异常、桥区受到如地震、洪水等外界因素影响时，应及时复测。

b) 监测点的首期观测，应连续观测两次，以提高初始值的可靠性。

c) 监测点观测周期，应根据建筑物的特征、变形速率。观测精度要求和工程地质条件等因素综合考虑。观测过程中，根据变形量的变化情况，可适当调整测次。

d) 不同周期观测时，宜采用相同的观测网形和观测方法，并使用相同类型的测量仪器。

10.1.7 变形体是否进入稳定期，应根据变形量与时间关系曲线判定。若最后三个周期观测中每周期变形量不大于 $2\sqrt{2}$ 倍测量中误差可视为已进入稳定阶段。

10.2 选点与埋设

10.2.1 基准点的选择及埋设，应符合下列要求：

a) 基准点应尽量利用施工控制网中的控制点。不能满足要求时，可单独建立。

b) 基准点应建立在变形影响以外便于长期保存的稳定位置。对于在土质或地质不稳定地区设置基准点时，应进行基础加固处理。

c) 基准点的位置选择应注意对工作基点或监测点构成有利的作业条件。

d) 平面位移的基准点应建造具有强制对中的混凝土观测墩，设置强制对中盘底座平面不平度应小于 $10'$ ，强制对中装置的对中误差应不大于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。每个工程至少应有3个基准点，以便检核。

e) 垂直位移的基准点，宜在大桥两岸各布设一组，每组不少于3个固定点。

10.2.2 工作基点的选择及埋设，应符合下列要求：

a) 工作基点应选在靠近观测目标的稳定位置或相对稳定的位置，且便于监测点测量。

b) 工作基点一般应建造具有强制归心的混凝土观测墩。

- c) 对通视条件较好或观测项目较少的工作，亦可不设立工作基点，在基准点上直接测量监测点。
- d) 工作基点使用前，应利用基准点对其进行稳定性检测。

10.2.3 监测点的选择与埋设，应符合下列要求：

- a) 监测点应选设在变形体能反映变形特征的位置，并与变形体牢固结合，且能控制变形体的范围。
- b) 监测点应便于从工作基点或邻近的基准点上对其进行测量。
- c) 监测点埋设时，以不影响建筑物外形美观为原则，可埋设明标志或暗标志。
- d) 垂直位移监测点宜与水平位移监测点布设在一处，一同使用。

10.2.4 观测墩上的照准标志根据观测的仪器和测量方法确定，可采用各式垂直杆、平面觇牌、活动觇牌等精确的照准标志设备。照准标志的形式、尺寸、图案和颜色，应根据环境和观测距离等条件进行选择。

10.2.5 观测墩上应严格设置强制对中装置。

10.3 水平位移监测

10.3.1 水平位移的测量中误差应按下列规定确定：

- a) 相对位移（如基础的位移差、转动挠曲等）、局部地基位移（如受基础施工影响的位移、挡土设施位移等）的测量中误差，均不应超过其变形允许值分量的 $1/20$ 。
- b) 建筑物整体性变形（如建筑物的顶部水平位移、全高垂直度偏差、工程设施水平轴线偏差等）的测量中误差，不应超过其变形允许值分量的 $1/10$ 。
- c) 结构段变形（如高层层间相对位移、竖直构件的挠度、垂直偏差等）的测量中误差，不应超过其变形允许值分量的 $1/6$ 。
- d) 对于科研项目的变形量观测中误差，应根据需要提高测量精度，一般是将上列各项测量中误差乘以 $1/5 \sim 1/2$ 系数后采用。

10.3.2 水平位移监测，宜采用交会法测量，亦可采用极坐标法等，其测量技术要求可参照《建筑物变形测量规程》（TGJ/T8-97）执行。

10.3.3 水平位移监测的精度等级，应根据上一条款确定的观测中误差进行精度估算后确定。

10.4 垂直位移监测

10.4.1 垂直位移的测量中误差应按下列规定确定：

- a) 垂直位移的测量中误差，不应超过其允许变形值的 $1/20$ 。
- b) 建筑物整体变形（如整体垂直挠曲等）的测量中误差，不应超过允许垂直偏差的 $1/10$ 。
- c) 结构段变形（如挠度等）的测量中误差，不应超过变形允许值的 $1/6$ 。
- d) 对于科研项目变形量的测量中误差，应根据需要提高测量精度，一般是将上列各项观测中误差乘以 $1/5 \sim 1/2$ 系数后采用。

10.4.2 垂直位移监测的精度等级，应以上一条款确定的测量中误差进行精度估算后确定。

10.4.3 垂直位移监测宜采用几何水准测量方法。当不便使用几何水准测量或需要进行自动观测时，可采用液体静力水准测量方法。当测量点间的高差较大时，亦可采用满足精度要求的光电测距三角高程法。

10.4.4 对地基回弹宜采用水准仪与悬挂钢尺传高法相配合的方法进行观测。对于高塔柱混凝土徐变观测，亦可采用全站仪精密传高法。

10.4.5 水准测量和光电测距三角高程测量的相关要求应遵循本规范4.4节和4.6节的规定执行。

10.4.6 液体静力水准测量应符合表8.4-1的规定。

表8.4-1 静力水准观测技术要求

等级	特级	一级	二级	三级
仪器类型	封闭式	封闭式、敞口式	敞口式	敞口式
读数方式	接触式	接触式	目视式	目视式
二次观测高差较差 (mm)	± 0.1	± 0.3	± 1.0	± 3.0
环线及附和路线闭合差 (mm)	$\pm 0.1\sqrt{n}$	$\pm 0.3\sqrt{n}$	$\pm 1.0\sqrt{n}$	$\pm 3.0\sqrt{n}$

10.5 数据处理

10.5.1 一般规定

10.5.1.1 测量成果计算、分析时，应根据最小二乘和统计检验原理对控制网和监测点进行平差计算，对监测点的变形进行几何分析与必要的物理解释。

10.5.1.2 各类监测点观测成果的计算与分析，应符合下列要求：

- 观测值中不应含有超限误差，观测值中的系统误差应减弱到最小程度。
- 合理处理随机误差，正确区分测量误差与变形信息。
- 多期观测成果的处理应建立在统一的基准之上。
- 按控制点的不同要求，合理估计观测成果精度，正确评定成果质量。

10.5.1.3 监测网平差计算前，应做好下列准备工作：

- 核对和复查外业观测成果与起算数据；
- 进行各项改正计算；
- 验算各项限差，在确认全部符合规定要求后，方可进行平差计算。

10.5.2 外业成果的验算与平面控制网和水准测量外业成果验算相一致。

10.5.3 平差计算

10.5.3.1 观测值中的超限误差，除在观测过程中应严格作业、认真检核随时予以排除外，在变形分析中，还应通过检验将判定含有粗差的观测值予以剔除。对于多次重复观测值中的粗差检验，可采用格拉布斯准则或迭克逊准则；对于高精度监测网的粗差检验，可采用巴尔达数据探测法或稳健估计法。

10.5.3.2 观测值中的系统误差，除在作业中应严格进行仪器检校、按规定观测程序操作予以减弱或对受大气及其他影响的数据作预处理外，对于高精度监测网还应进行系统误差的统计检验和补偿。

10.5.3.3 监测网的基准应根据控制点的稳定情况，按下列要求进行选取：

- 当网中具有固定点时，应采用固定基准。各期的平差计算取用统一的起算数据。
- 当网中具有部分相对稳定的固定点时，应采用拟稳平差。在逐期平差中进行检验，当发现变动点时，即组成新的拟稳点集合，如此直至终期。再以终选的拟稳点集合对所有各期观测重新平差，提出最终的正式成果。

c) 当网内控制点的稳定与否尚未预知，或全部控制点位于非稳定地区时，应采用重心基准。在逐期平差中进行检验，当首次发现变动点时，即改用拟稳基准，按前款程序进行拟稳点选择，直至提出最终成果。

10.5.3.4 平差方法的选取应符合下列要求：

- 平差方法应与所采用的基准相适应。对于固定基准，应采用经典平差；对于拟稳基准，应采取拟稳平差；对于重心基准，应采用秩亏自由网平差。
- 经典平差，宜采用条件平差法或间接平差法。
- 拟稳平差和秩亏自由网平差，可视网形布设和计算方便选取解算方法；亦可先作经典平差，在通过坐标变换求得自由网平差结果。

10.5.3.5 各类测量网均应进行精度评定。对于估计的单位权中误差、控制网最弱边（点）精度、最弱点的高程和点位中误差、待求观测点间的相对高差和点位中误差等，应与方案设计要求的精度指标进行对比分析。对于监测网，应对网中各点精度作全面差等，应与方案设计要求的精度指标进行对比分析。对于监测网，应对网中各点精度作全面评定，并视需要估计其可靠性指标和灵敏度指标。

10.5.4 变形分析

10.5.4.1 控制点的稳定性检验，可采用下列方法：

- a) 稳定点的检验可采用统计检验方法。
- b) 非稳定点的检验应在以稳定点或相对稳定点的参考条件下进行。

10.5.4.2 监测点的变位检验，应在以稳定点或相对稳定点的参考系条件下进行。

10.5.4.3 变形的物理解释应确定变形与变形因子之间的函数关系，并对引起变形的原因作出分析和解释，并预报变形发展趋势。

10.5.4.4 确定性模型法。以大量变形信息和变形因素的观测资料为依据，利用荷载、变形体的集合性质和物理性质以及应力—应变之间的关系建立数学模型。

10.6 资料整理

10.6.1 变形测量成果的整理，应符合下列要求：

a) 原始观测记录应填写齐全，字迹清楚，不得涂改、擦改和转抄。凡划改的数字和超限划去的成果，均应注明原因和重测结果的所在页数。

b) 平差计算成果、图表及各种检验、分析资料，应完整、清晰、无误。

c) 使用的图式、符号，应统一规格，描绘工整，注记清楚。

10.6.2 每一单位工程的变形测量任务完成后，应提交下列综合成果资料：

- a) 施测方案与技术设计书；
- b) 控制点与观测点平面布置图；
- c) 标石，标志规格及埋设图；
- d) 仪器检验与校正资料；
- e) 观测记录手簿；
- f) 平差计算、成果质量评定资料及测量成果表；
- g) 变形过程和变形分布图表；
- h) 变形分析成果资料；
- i) 技术报告。

11 资料管理

11.1 一般规定

11.1.1 特大跨径桥梁施工测量资料管理必须保证资料管理的完整性、正确性、科学性。

11.1.2 测量资料管理的工作包括资料的登记、移交、保存、检索等管理过程。

11.1.3 测量资料管理严格按照资料管理形式、管理内容、管理程序进行程序化分类管理。

11.1.4 测量资料的原始资料 and 文件以纸质文件形式保存为主、其它存储载体形式为辅助。

11.1.5 资料管理的对象是指测量管理手册、原始测量数据资料、技术设计与总结报告、相关检验资料等。

11.1.6 测量资料管理需设立专职的资料管理工作人员，并进行相关测量技术管理培训。

11.1.7 测量资料管理应具有专门的工作场所、办公设备及其它工作条件。

11.1.8 为了测量资料管理的安全性和保密性，应具有明确的管理质量保证措施和资料管理体系。

11.2 资料管理形式

11.2.1 施工测量资料的形式应符合测绘产品的标准与要求。

11.2.2 测量资料应以文件形式提交或保存。测量资料应适当地辅以表格、图片加以说明，失效的成果要做出说明。

11.2.3 原始测量资料要保证原始资料的真实性，具体应做到：

- a) 资料内容填写要求全面。
- b) 字迹清楚。
- c) 储存保管方式应使其便于检索，并应明确可以查阅、使用人员的范围和取用手续。
- d) 储存保管应环境适宜，防止损坏、变质和丢失，如防潮、防火、防蛀、防窃等。
- e) 应明确规定资料保存期限，不同种类的资料，可以有不同保存期限，但应符合有关规定的要求。
- f) 载体可以是硬拷贝或电子媒体等不同形式。
- g) 应保证资料的安全与保密，不得随意复制、外借。
- h) 电子方式储存的数据资料应有保护和备份程序，防止未经授权的接触或修改。
- i) 超过保存期限的数据资料需要销毁时，应经过审查和批准，以免造成无可挽回的损失。

11.3 资料管理程序

11.3.1 应建立和维护识别、收集、检索、存档、借阅、维护和清理的质量记录和技术管理的程序。

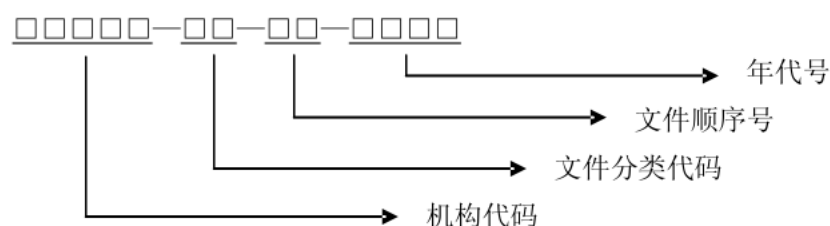
11.3.2 资料管理程序的填写资料控制程序文件,大致内容包括:

- a) 各种测量资料文件应具有统一格式及填写规定。
- b) 资料的收集、归档、调用、检索、审批的规定。
- c) 资料内容的书写、更改的规定。
- d) 资料的保存方式、期限和维护方法的规定。
- e) 资料填写人员、检查人员、保管人员的职责。
- f) 资料保密的规定。

11.3.3 资料文件的编号规则

11.3.3.1 资料文件采用统一的标准编号,即采用机构代码、分类代码、顺序号与年代号相结合的编号系统。

11.3.3.2 编号系统的组成如下:



11.3.3.3 文件分类代码根据文件种类一般分为:

- a) QM—质量手册, 包括设计文件、验收标准等。
- b) CX—程序文件, 包括管理办法、测量方案等。
- c) TD—技术文件, 包括技术设计、技术总结报告等。
- d) TJ—原始数据文件, 包括测量放样资料、检查资料等。
- e) OD—其它文件, 以上四类以外的文件资料。

11.3.4 测量资料以文件形式移交时具有严格的控制方法,每份文件有唯一的编号,便于识别资料文件并对其进行控制。

11.3.5 受控印章及分发号码

11.3.5.1 受控文件发放时应注明受控情况或加盖受控印章,防止复印件的流传造成文件失控。

11.3.5.2 需转发的资料应由转发部门复制后，注明受控情况或加盖印章。

11.3.5.3 分发号码标记在文件上，发放文件时应进行登记签名。

11.3.6 资料文件清单及状态

11.3.6.1 制定资料文件清单，随时发布最新文件修改状况。

11.3.6.2 采用活页装订文件，便于文件修改。

11.3.6.3 每页的修改状况采用修改码或修改状态进行标识。

11.3.6.4 作废处理的资料文件需根据发文登记撤回。

11.3.6.5 文件破损、遗失均应办理相应申请手续才能补发。

11.3.6.6 严禁自行翻印复制，复制应由资料管理人员统一进行。
