

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/T 4070—2021

## 江苏省园林绿化工程施工测量标准

Jiangsu Province code for construction survey of landscaping engineering

2021 - 08 - 03 发布

2022 - 02 - 01 实施

江苏省市场监督管理局  
江苏省住房和城乡建设厅

发布

# 目 次

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 前 言 .....               | III |
| 1 范围 .....              | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....         | 1   |
| 3 术语和定义 .....           | 1   |
| 4 符号 .....              | 4   |
| 5 施工测量的基本工作 .....       | 4   |
| 5.1 一般规定 .....          | 5   |
| 5.2 管理制度的制定 .....       | 5   |
| 5.3 基本工作内容 .....        | 6   |
| 5.4 放样数据的准备 .....       | 6   |
| 5.5 点位放样方法选择 .....      | 7   |
| 6 控制测量 .....            | 7   |
| 6.1 一般规定 .....          | 7   |
| 6.2 卫星定位测量 .....        | 10  |
| 6.3 导线测量 .....          | 16  |
| 6.4 三角形网测量 .....        | 22  |
| 6.5 建筑方格网测量 .....       | 26  |
| 6.6 建筑基线测量 .....        | 27  |
| 6.7 水准测量 .....          | 28  |
| 6.8 电磁波测距三角高程测量 .....   | 30  |
| 6.9 卫星定位拟合高程测量 .....    | 31  |
| 6.10 资料提交 .....         | 32  |
| 7 土方工程施工测量 .....        | 32  |
| 7.1 一般规定 .....          | 32  |
| 7.2 土方工程施工测量 .....      | 32  |
| 7.3 土方工程量计算 .....       | 34  |
| 8 绿化栽植工程施工测量 .....      | 35  |
| 8.1 一般规定 .....          | 35  |
| 8.2 栽植基础施工测量 .....      | 36  |
| 8.3 栽植穴、槽的挖掘施工测量 .....  | 37  |
| 8.4 植物材料规格测量 .....      | 38  |
| 8.5 植物的修剪、栽植与移植测量 ..... | 38  |
| 8.6 设施空间绿化施工测量 .....    | 39  |
| 8.7 坡面绿化施工测量 .....      | 39  |

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 8.8 重盐碱重黏土土壤改良施工测量 .....               | 39 |
| 9 园林附属工程施工测量 .....                     | 40 |
| 9.1 一般规定 .....                         | 40 |
| 9.2 园路、广场工程施工测量 .....                  | 41 |
| 9.3 园林理水工程施工测量 .....                   | 41 |
| 9.4 园林石景工程施工测量 .....                   | 42 |
| 9.5 园林建筑、桥梁与设施工程施工测量 .....             | 42 |
| 9.6 园林设备工程施工测量 .....                   | 43 |
| 10 竣工测量 .....                          | 43 |
| 10.1 一般规定 .....                        | 43 |
| 10.2 绿化栽植工程 .....                      | 44 |
| 10.3 园林附属工程 .....                      | 45 |
| 10.4 资料整编 .....                        | 46 |
| 11 资料管理 .....                          | 46 |
| 11.1 一般规定 .....                        | 46 |
| 11.2 资料整理与归档 .....                     | 47 |
| 11.3 资料管理程序 .....                      | 47 |
| 附录 A (规范性附录) 常用放样方法的精度估算公式 .....       | 49 |
| 附录 B (规范性附录) 悬挂钢尺传高法 .....             | 57 |
| 附录 C (规范性附录) 平面控制点标志及标石的埋设规格 .....     | 59 |
| 附录 D (规范性附录) 方向观测法度盘和测微器位置变换计算公式 ..... | 61 |
| 附录 E (规范性附录) 建筑方格网点标石规格及埋设 .....       | 63 |
| 附录 F (规范性附录) 高程控制点标志及标石的埋设规格 .....     | 64 |
| 附录 G (规范性附录) 自由设站法测量 .....             | 66 |
| 附录 H (规范性附录) 单基站 RTK 放样 .....          | 68 |
| 附录 I (规范性附录) 关于坐标系统和高程基准的定义及转换 .....   | 71 |

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

本标准由江苏省住房和城乡建设厅提出并归口。

本标准起草单位：南京市园林经济开发有限责任公司、河海大学、南京市园林工程指导中心

本标准主要起草人：赵康兵、郑德华、陈兵、李桂华、张荫、马利、马晓斌、曹素丽、胡雪澄、刘晔、徐佳、陈光保、陈小浩。



# 江苏省园林绿化工程施工测量标准

## 1 范围

本标准规定了园林绿化工程中施工测量的基本工作、控制测量、土方工程施工测量、绿化栽植工程施工测量、园林附属工程施工测量、竣工测量、资料管理等相关内容。

本标准适用于江苏省城镇公园绿地、防护绿地、附属绿地及其他绿地的新建、扩建、改建等各类园林绿化工程的施工测量及相关的管理。

## 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，仅所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    | 国家一、二等水准测量规范  |
| GB 12898    | 国家三、四等水准测量规范  |
| GB 50026    | 工程测量规范        |
| CJJ/T 8     | 城市测量规范        |
| CJJ 82      | 园林绿化工程施工及验收规范 |
| DGJ32/TJ201 | 园林绿化工程施工及验收规范 |

## 3 术语和定义

### 3.1

**施工测量** construction survey

为园林绿化工程施工所进行的控制、放样和竣工等的测量工作。

### 3.2

**竣工测量** finish construction survey

为获得各种建（构）筑物等施工完成的平面位置、高程及其他相关尺寸而进行的测量。

### 3.3

**三角形网** triangulation network

由一系列三角形连接构成的测量控制网，它是三角网、三边网、边角网的统称。

### 3.4

**三角形网测量** triangular control network survey

通过测定三角形网中各三角形顶点水平角、边的长度，来确定控制点平面位置的方法，是三角测量、三边测量和边角网测量的统称。

### 3.5

**1"级仪器** 1" class instrument

一测回水平方向中误差标称为 1"的测角仪器，包括全站仪、电子经纬仪、光学经纬仪等。2"级仪器和 6"级仪器的定义方法相似。

### 3.6

**5 mm 级仪器** 5 mm class instrument

当测距长度为 1 km 时，由电磁波测距仪器的标称精度公式计算的测距中误差为 5 mm 的仪器，包括测距仪、全站仪。1 mm 和 10 mm 级仪器的定义方法相似。

### 3.7

**土方工程** earthwork engineering

土的开挖，运输和填筑等施工过程。

### 3.8

**方格网法** square grid method

将地形图划分成若干具有一定尺寸的方格并按设计高程和自然高程定出各开挖点挖填高度和零点位置，分别求出各方格的填挖土方量的计算方法。

### 3.9

**工程独立坐标系** engineering independent coordinate system

为满足工程需要而建立的以特定位置为原点、以特定方向为坐标轴，并与国家坐标系或地方坐标系之间具有换算关系的坐标系统。

### 3.10

**园林绿化工程** landscape afforestation project

体现园林地貌创作的植物种植工程（含养护作业）、土方工程、园林筑山工程（如掇山、塑山置石等）、园林理水工程（驳岸、护坡、喷泉等工程）、园林铺地工程、园林给排水工程、园林用电工程、其他造景工程等。

### 3.11

**绿化栽植工程** green plant project

树木、花卉、草坪、地被、水生植物等的栽植。

### 3.12

**胸径** trunk diameter

高度在 1.3m 处的树干直径。

### 3.13

**地径** ground diameter

苗干贴近地表面处的直径。

### 3.14

**冠径** crown diameter

又称冠幅、蓬径。指苗木冠丛垂直投影面的最大和最小直径的平均值。

### 3.15

**株高** tree height

从地表面至苗木自然生长冠顶端的垂直高度。

### 3.16

**园林桥梁** bridge in landscape garden

园林中建造的跨度总长小于 30m、单孔跨径小于 20m 的兼具实用和观赏功能的架空桥梁。

### 3.17

**验收** inspection and acceptance of landscape project

园林绿化工程在施工单位自行质量检查评定的基础上，参与建设活动的有关单位共同对检验批、分项、分部、单位工程的质量进行抽样复验，根据相关标准以书面形式对工程质量达到合格与否的确认。

### 3.18

检验批 inspection lot

按照同一施工条件，经过检查评定汇总组成的检验体。

## 4 符号

下列符号适用于本文件。

- $a$  —— 测距仪或GNSS接收机标称的固定误差；
- $b$  —— 测距仪或GNSS接收机标称的比例误差系数；
- $d$  —— 各边往返测距离的较差；
- $M_{\Delta}$  —— 每千米高差中数偶然中误差；
- $M_W$  —— 每千米高差中数全中误差；
- $m_D$  —— 测距中误差；
- $m_{\beta}$  —— 测角中误差；
- $N$  —— 附和路线或闭合环的个数、控制网中异步环的个数；
- $n$  —— 测站数、测段数、边数、基线数、三角形个数、异步环的边数；
- $W$  —— 闭合差；
- $Z$  —— 天顶距；
- $\Delta$  —— 不符值；
- $\sigma$  —— 基线长度中误差；
- $P$  —— 观测量的权；
- $D$  —— 平均边长、测距长度；
- $\mu$  —— 单位权中误差；
- $K$  —— 大气折光系数；
- $R$  —— 地球平均曲率半径；
- $\rho''$  —— 常数，206265"。

## 5 施工测量的基本工作

### 5.1 一般规定

### 5.1.1 园林绿化工程施工测量工作应包括下列内容：

- a) 根据工程施工整体要求，制定有关施工测量人员、仪器、技术、安全、质量等的规章制度。
- b) 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。
- c) 园林绿化工程中土方工程的测量、计算及检查。
- d) 进行绿化栽植工程和园林附属工程的放样及其检查工作。
- e) 重要园林绿化及隐蔽工程进行竣工和验收测量。
- f) 施工测量资料的管理工作。

### 5.1.2 施工测量人员应遵守以下规定：

- a) 施工测量人员应与工程其他专业人员密切配合，了解园林绿化工程特点、工程进度、施工工艺等内容。
- b) 施工测量开始前，应熟悉工程设计图纸和文件，了解工程总体和单项工程设计、施工及验收对测量工作的技术要求，制定相应的测量方案，必要时可进行技术论证。
- c) 观测记录手簿应随测随记，内容填写完整、字迹清晰，严禁转抄、伪造。采用电子手簿时，应由现场测量人员检查确认后方可存档使用。
- d) 现场作业时，必须遵守有关安全、技术操作规程。
- e) 测量仪器设备应妥善保管，做好维护、保养工作，并定期送往法定计量认证检验机构检定。
- f) 施工测量成果应进行自检、互检双复核，成果资料应统一编号、分类归档、妥善保管。

### 5.1.3 施工测量中一般以中误差作为衡量精度标准，本标准中以两倍中误差作为极限误差。

### 5.1.4 放样工作开始前，应详细查阅设计图纸，核对已知及放样数据资料，了解设计要求与现场施工条件。根据施工测量精度要求，选择合理的放样方法，并编制放样作业实施细则。

### 5.1.5 应按检核确认后的设计图纸和文件（包括变更通知）进行放样。

### 5.1.6 施工放样加密控制点应埋设牢固，使用方便，并妥善保管。施工加密控制点的测量精度应达到表1和表4中规定等级的测量精度。

### 5.1.7 点位放样完成后，应利用已有检核条件进行点位检核；施工现场获取的放样资料，须经复核确认无误后使用。

### 5.1.8 放样完成后，应及时填写放样成果报验单。

### 5.1.9 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。

## 5.2 管理制度的制定

### 5.2.1 项目实施前，应制定完善的管理制度，包括人员管理制度、仪器管理制度、技术管理制度、安全管理制度和质量保证体系等，确保项目施工测量管理和质量受控。

### 5.2.2 人员管理制度应包括下列内容：

- a) 机构及人员设置。
- b) 各级机构及人员的岗位职责。

### 5.2.3 仪器管理制度应包括下列内容：

- a) 仪器检定、检校周期。

- b) 仪器的保管方法与要求。
- c) 仪器操作规程及安全操作注意事项。

#### 5.2.4 技术管理制度应包括下列内容：

- a) 制定控制点及其成果交接、控制点的保护、放样测量成果提交、竣工测量成果移交、控制点复测等程序。
- b) 测量方案的编制、审核和报批，测量方案的交底等程序。
- c) 测量成果自检和复核。
- d) 施工测量日志的内容、填写和管理要求。
- e) 测量资料管理办法及要求，明确测量资料的分类、保管、归档等的责任人。

#### 5.2.5 安全管理制度应包括下列内容：

- a) 测量过程中测量仪器设备和人员安全措施和注意事项以及责任划分。
- b) 测量仪器、人员安全应急预案。

#### 5.2.6 应建立完善的质量保证体系和质量保证措施，确保施工测量及相关工作系统化、标准化及制度化。

#### 5.2.7 制定的各项管理制度应在项目施工开始前向建设单位、监理单位和质量监督单位报备。

### 5.3 基本工作内容

#### 5.3.1 施工测量人员应熟悉图纸，参加设计交底，掌握设计意图与要求，并应符合下列规定：

- a) 对施工图纸中与施工测量相关的平面位置、高程和空间相对位置关系等内容进行全面复核，对施工图中出现的差错、疑问，及时按照相关程序向设计方提出。
- b) 工程前期在工程区域建有测量控制网（点）时，按照相关程序进行测量控制网（点）的交接和相关资料的检查以及控制网（点）的复核，如有差错、疑问，及时按照相关程序向提交方提出。同时，应对控制点设置保护措施，防止控制点被破坏。

#### 5.3.2 施工单位进场后，应根据工程实际情况结合施工图纸对工程区域现场进行详细踏勘，了解现场的地上地下障碍物、管网、地形地貌、土质、红线范围、周边情况及现场电源、交通等情况。

#### 5.3.3 应根据施工图纸和现场踏勘情况，结合工程施工方法、工艺和节段编制施工测量方案，并按照相关程序报批。

### 5.4 放样数据的准备

#### 5.4.1 放样前，应根据设计图纸或施工控制有关数据以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。使用程序计算放样数据时，应核对原始数据输入的正确性。

#### 5.4.2 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，方便使用和调阅。

#### 5.4.3 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，不应任意涂改。填写内容应包括：

- a) 工程部位，放样日期，气象条件，观测员、记录员及检查员姓名。
- b) 所使用的控制点名称、坐标和高程成果，设计图纸编号，放样数据来源。
- c) 放样数据及草图。

- d) 放样过程中的实测资料、与设计数据的偏差。
- e) 放样使用的主要仪器设备、放样方法。

## 5.5 点位放样方法选择

5.5.1 平面坐标放样方法可采用全站仪三维坐标法、单基站 RTK 测量法、网络 RTK 测量法、支距法、直角坐标法、交会法、自由设站法等。

5.5.2 在进行平面坐标放样前，应进行放样点位的精度估算，并根据放样点位精度要求、现场作业条件、所采用的仪器设备合理选择放样方法。点位精度估算方法可参照附录 A。

5.5.3 平面坐标放样宜利用等级平面控制点。若利用施工加密控制点（如轴线点、临时控制点）进行放样，应考虑加密点的测量精度。

5.5.4 高程放样方法可采用水准测量法、电磁波测距三角高程法、悬挂钢尺传高法等。在进行低精度要求的园林绿化工程施工放样时，亦可采用单基站 RTK 测量法或网络 RTK 测量法。

5.5.5 高程放样中误差要求不大于 10 mm 的部位，宜采用水准测量法。

5.5.6 高程放样采用水准测量难以施测的，宜采用电磁波测距三角高程法，且应加入地球曲率改正和大气折光改正，并校核相邻点的高程。

5.5.7 园林工程建（构）筑物的高程传递，可采用电磁波测距三角高程法或悬挂钢尺传高法。悬挂钢尺传高法可参照附录 B。

## 6 控制测量

### 6.1 一般规定

6.1.1 平面控制网的建立，可采用卫星定位测量、三角形网测量、导线测量、建筑方格网测量和建筑基线测量等方法。

6.1.2 平面控制网精度等级的划分，卫星定位测量控制网依次为二、三、四等和一、二、三级，导线及导线网依次为三、四等和一、二、三级，三角形网依次为二、三、四等和一、二级，建筑方格网依次为一、二级，建筑基线为三级。

6.1.3 园林绿化工程施工平面控制网的等级，根据工程类别、规模、内容和设计要求的施工精度合理确定。园林绿化工程施工平面控制网等级选择应符合表 1 的规定。

6.1.4 平面控制网的坐标系统，应在满足工程区域内投影长度变形不大于 2.5 cm/km 的要求下，作下列选择：

- a) 采用统一的高斯投影 3°带平面直角坐标系统。
- b) 采用高斯投影 3°带，投影面为工程平均高程面的平面直角坐标系统。
- c) 工程规模较小或有特殊精度要求的控制网，可采用独立坐标系统。
- d) 可沿用建设单位或设计单位原先建立的坐标系统。

6.1.5 各等级平面控制测量，其最弱点点位中误差均不应大于 50 mm，最弱相邻点相对点位中误差均不应大于 25 mm。平面控制测量精度要求应符合表 2 的规定。

表1 园林绿化工程施工平面控制网的等级选择

| 工程内容                          | 面积 $S$ (m <sup>2</sup> ) /包含项目  | 平面控制网等级 |          |
|-------------------------------|---------------------------------|---------|----------|
|                               |                                 | 首级控制网   | 加密控制网    |
| 绿化工程                          | $S \geq 100\,000$               | 三等      | 四等、一级、二级 |
|                               | $50\,000 \leq S < 100\,000$     | 三等      | 四等及以下    |
|                               | $30\,000 \leq S < 50\,000$      | 四等      | 一级及以下    |
|                               | $S < 30\,000$                   | 一级      | 二级、三级    |
| 附属工程                          | 园路、硬质景观、水景景观、园林建筑、桥梁、设施、海绵城市等工程 | 二等      | 三等、四等、一级 |
|                               | 其他工程                            | 四等      | 一级及以下    |
| 注：在首级平面控制网不能满足施工需要时，应建立加密控制网。 |                                 |         |          |

表2 平面控制测量精度要求

| 测量等级 | 最弱边长相对中误差         |
|------|-------------------|
| 二等   | $\leq 1/120\,000$ |
| 三等   | $\leq 1/55\,000$  |
| 四等   | $\leq 1/35\,000$  |
| 一级   | $\leq 1/15\,000$  |
| 二级   | $\leq 1/10\,000$  |
| 三级   | $\leq 1/5\,000$   |

6.1.6 园林绿化工程施工高程系统应采用建设单位或设计指定的高程系统；建设单位或设计未指定时，宜采用 1985 年国家高程基准。测区内已建有高程控制网时，可沿用原有的高程系统。与邻近衔接关联工程的高程系统不一致时，园林绿化工程施工高程系统应给出与其他高程系统的转换关系。

6.1.7 高程控制测量精度等级的划分，依次为二、三、四、五等。各等级高程控制宜采用水准测量，四等及以下等级可采用电磁波测距三角高程测量，五等也可采用卫星定位拟合高程测量。各等级高程控制测量的主要技术要求应符合表 3 的规定。

表3 高程控制测量的主要技术要求

| 等级 | 每千米高差中数偶然中误差 $M_A$<br>mm | 每千米高差中数全中误差 $M_W$<br>mm | 附和路线或环线长度<br>km |
|----|--------------------------|-------------------------|-----------------|
| 二等 | $\leq 1$                 | $\leq 2$                | —               |
| 三等 | $\leq 3$                 | $\leq 6$                | $\leq 50$       |
| 四等 | $\leq 5$                 | $\leq 10$               | $\leq 16$       |
| 五等 | —                        | $\leq 15$               | —               |



6.1.8 园林绿化工程高程控制网的等级，应根据工程类别、规模、内容和设计要求的施工精度合理确定。园林绿化工程施工高程控制网等级选择应符合表4的规定。

表4 园林绿化工程施工高程控制网的等级选择

| 工程内容 | 面积S/包含项目<br>m <sup>2</sup>      | 高程控制网等级 |       |
|------|---------------------------------|---------|-------|
|      |                                 | 首级控制网   | 加密控制网 |
| 绿化工程 | ≥100 000                        | 三等      | 四等、五等 |
|      | <100 000                        | 四等      | 五等    |
| 附属工程 | 园路、硬质景观、水景景观、园林建筑、桥梁、设施、海绵城市等工程 | 二等      | 三等、四等 |
|      | 其他工程                            | 四等      | 五等    |

6.1.9 首级高程控制网应布设成环形网，加密网宜布设成附合路线或结点网。

6.1.10 首级高程控制网宜与邻近的国家等级水准点进行联测。联测精度不应低于相应首级高程控制网所采用等级的精度要求。

6.1.11 各等级高程控制网的最弱点高程中误差不应大于 20 mm。

6.1.12 平面控制网和高程控制网的布设，应遵循下列原则：

- 从整体到局部，分级布网。
- 首级控制网的布设，需因地制宜，且适当考虑发展；当邻近有衔接关联工程需与国家或地方高等级控制点进行联测时，需同时考虑联测方案。
- 首级控制网的等级，需根据工程规模、控制网的用途和精度要求合理确定。
- 加密控制网可同等级扩展或越级布设，其布设级数需根据地形条件及放样需要决定，但不宜大于 2 级；增设或补设控制点应采用同精度内插的方法测量。

6.1.13 对于规模大、周期较长的园林绿化工程，控制网建立后应定期进行复测。首级控制网复测周期应小于 1 年，加密网复测周期应小于 6 个月，复测精度应与控制网建立时保持一致；在汛期或雨季过后，严寒地区春季组织施工前，宜进行复测。使用过程中发现控制点明显位移，应根据现场条件及时组织复测。

6.1.14 控制网技术设计应以精度适宜、便于实施、质量可靠为标准。技术设计工作应在了解工程总体布置、工程区域地形特征及施工精度要求的基础上进行，平面与高程控制网的设计应同时考虑。技术设计前应收集下列资料：

- 施工区及周边区域现有地形图资料；
- 工程总体布置图及有关设计技术文件；
- 勘测设计阶段已有控制测量资料，包括控制网图、点之记、成果表及技术总结；
- 有关测量规范、标准及招投标文件资料。

6.1.15 平面控制网布设前，可按下列程序进行精度估算：

- 在工程设计图上绘制主要施工对象的轮廓点，对控制点的分布及位置进行初步设计。

- b) 进行实地踏勘,考虑所选用控制测量方法的技术特点及现场地形条件,确定控制点的概略位置并连接成网。
- 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设计程序,估算各点的点位中误差及误差椭圆参数,结果应满足本标准规定的精度要求。
- e) 精度不能满足要求时,可调整图形结构、改变网的类型,或提高观测元素的测量精度,并重复第 c、d 项工作,直至满足规定的精度要求。

#### 6.1.16 确定高程控制网的布设方案前应进行下列工作:

- a) 根据工程主要施工对象的特征点,对控制点的分布及位置进行初步设计。
- b) 采用水准测量、电磁波测距三角高程测量进行高程控制网观测时,需先实地踏勘,初步确定水准施测路线,估算路线长度,确定控制网的略图。

#### 6.1.17 应根据实地选点和精度估算结果,编写控制网测量方案。测量方案应包括下列内容:

- a) 工程概况和对已有控制测量资料的评价和利用情况说明;
- b) 控制网设计图、建立方法、施测等级及精度;
- c) 采用的坐标系统和主要技术依据;
- d) 测量标志规格及埋设要求;
- 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;
- g) 质量保证措施和要求;
- h) 上交资料清单。

### 6.2 卫星定位测量

6.2.1 卫星定位测量控制网可采用静态测量和动态测量方法施测。动态测量可采用单基站 RTK 测量方式或网络 RTK 测量方式;在已建立 CORS 网的区域,宜采用网络 RTK 测量方式。

6.2.2 静态测量可施测二、三、四等和一、二级平面控制网;动态测量可施测一、二、三级平面控制网。

6.2.3 静态卫星定位测量控制网的主要技术指标应符合表 5 的规定。

表5 静态卫星定位测量控制网的主要技术要求

| 等级 | 固定误差 $a$<br>mm | 比例误差系数 $b$<br>mm/km | 约束点间的边长<br>相对中误差 | 约束平差后<br>最弱边相对中误差 |
|----|----------------|---------------------|------------------|-------------------|
| 二等 | „ 10           | „ 2                 | „ 1/250 000      | „ 1/120 000       |
| 三等 | „ 10           | „ 5                 | „ 1/150 000      | „ 1/70 000        |
| 四等 | „ 10           | „ 10                | „ 1/100 000      | „ 1/40 000        |
| 一级 | „ 10           | „ 20                | „ 1/40 000       | „ 1/20 000        |
| 二级 | „ 10           | „ 40                | „ 1/20 000       | „ 1/10 000        |

6.2.4 静态卫星定位测量控制网基线长度中误差,可按式(1)计算:

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot D)^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中：  
σ——基线长度中误差，单位为毫米（mm）；  
a——固定误差，单位为毫米（mm）；  
b——比例误差系数，单位为毫米每千米（mm/km）；  
D——平均边长，单位为千米（km）。

6.2.5 静态卫星定位测量控制网观测精度的评定，应符合下列规定：

a) 控制网的测量中误差，按式（2）计算：

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[ \frac{WW}{n} \right]} \dots\dots\dots(2)$$

式中：  
m——控制网的测量中误差，单位为毫米（mm）；  
N——控制网中异步环的个数；  
n——异步环的边数；  
W——异步环环线全长闭合差，单位为毫米（mm）。

b) 控制网的测量中误差，应满足相应等级控制网的基线精度要求，并符合式（3）的规定。

$$m \leq \sigma \dots\dots\dots(3)$$

6.2.6 动态卫星定位测量控制网的主要技术指标宜符合表 6 的规定。对于困难地区或规模较小的园林绿化工程，相邻点间距离可缩短至表 6 规定长度的 2/3，边长较差不应大于 20 mm。

表6 动态卫星定位测量控制网的主要技术要求

| 等级 | 相邻点间距离<br>m | 点位中误差<br>mm | 相对中误差     | 方法      | 起算点等级 | 流动站到基准站距离<br>km | 测回数 |
|----|-------------|-------------|-----------|---------|-------|-----------------|-----|
| 一级 | ≤500        | ≤50         | ≤1/20 000 | 网络 RTK  | —     | —               | ≥4  |
| 二级 | ≤300        | ≤50         | ≤1/10 000 | 网络 RTK  | —     | —               | ≥3  |
|    |             |             |           | 单基站 RTK | 四等及以上 | ≤6              |     |
| 三级 | ≤200        | ≤50         | ≤1/6 000  | 网络 RTK  | —     | —               | ≥3  |
|    |             |             |           | 单基站 RTK | 四等及以上 | ≤6              |     |
|    |             |             |           |         | 二级及以上 | ≤3              |     |

6.2.7 卫星定位测量控制网测量技术方案，应符合下列规定：

a) 根据测区的地形、地质、交通条件，园林绿化工程内容、施工精度要求，卫星观测可视条件，接收机的类型和数量及测区已有测量资料进行综合设计，并编制测量技术方案。

- b) 静态卫星定位测量控制网,首级网布设时,宜与测区邻近的2个以上高等级国家控制点联测或地方坐标系的高等级控制点,当施工测量坐标系为工程独立坐标系时,应与2个以上的工程独立坐标系下的高等级控制点联测。
- c) 静态卫星定位测量控制网中独立基线观测总数不宜少于必要观测基线数的1.5倍,且应由独立观测边构成闭合环,边数不宜多于6条;网中不应出现自由基线。
- d) 动态卫星定位测量控制网,宜选择均匀分布于测区周围的3个以上高等级国家控制点或地方坐标系的高等级控制点作为已知点;当施工测量坐标系为工程独立坐标系时,应选择均匀分布于测区的3个以上的已知工程独立坐标系控制点作为已知点。
- e) 动态卫星定位测量控制网布设时,最少要测量3个控制点,且保证此3个点互相通视;当控制点多于3个时,应保证至少有2对相互通视的点位。
- f) 首级控制网直接作为施工控制网或需要采用常规测量方法进行加密时,控制网点应与周围控制点有1~2方向通视。

#### 6.2.8 选点与埋石

- a) 根据工程建设的要求,收集测区范围内已有的国家等级控制点和规划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、地质、交通、通信及测区总体建设规划和近期发展等方面的资料。
- c) 卫星定位测量控制点点位选择,应符合下列规定:
  - 1) 点位周围视野开阔,高度角 $15^\circ$ 以上范围无明显障碍物,且应远离大功率无线电发射源、高压输电线等强干扰源,其距离大于200 m。
  - 2) 点位地质条件稳定,附近无强烈反射卫星信号的物体。
  - 3) 站址选择应便于接收设备安置和操作,且需避开局部环境(地形、地貌、植被等)与周围大环境差异较大的区域。
  - 4) 相邻点间最大距离不宜超过该网平均点间距的2倍。
  - 5) 点位布设应便于采用常规测量方法加密或扩展,且需顾及作为RTK基准站使用时的图形分布与位置。
  - 6) 当利用测区已有控制点时,应对其稳定性、可靠性和完好性进行检查,满足要求方可使用。
  - 7) 选点完成后,应绘制卫星定位平面控制网选点图和点之记草图。
  - 8) 对于动态卫星定位测量控制点点位选择,除应满足前述各款要求之外,还应符合本标准第6.2.7条的相关规定。
- d) 卫星定位测量控制点埋石,应符合下列规定:
  - 1) 控制点标石应设在基础稳定、不易受施工和其他人为活动扰动、且利于长期保存的地点。
  - 2) 标石规格和埋设要求应符合附录C的规定。
  - 3) 标石埋设完成与卫星定位测量外业观测的时间间隔不应小于3个月。
  - 4) 新埋设标石应设置警示标志。

#### 6.2.9 仪器选择及检验,应满足下列要求:

- a) 宜采用双频或多频接收机,用于静态卫星定位控制测量的接收机标称精度应符合表5中的规定,用于动态卫星定位控制测量的接收机标称精度应符合表5中四等控制网对应的规定。
- b) 使用的接收机应经法定计量检定机构检测合格,并且在有效期内。作业前,应对天线或基座的圆水准器、光学对中器、天线量高尺等辅助工具进行校验。

- c) 当两种及以上类型 GNSS 接收机参与同一期平面控制测量作业时, 应提供天线半径、相位中心偏移及变化、天线参考点位置等几何参数, 并在已知基线上进行对比测试, 超过相应等级限差时不应使用。

#### 6.2.10 静态卫星定位控制测量观测基本要求:

- a) 静态卫星定位控制测量的主要技术要求应符合表 7 的规定。

表7 静态卫星定位控制测量基本技术要求

| 类型       | 等级 | 项目    |              |          |             |          |             |          |
|----------|----|-------|--------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|          |    | 接收机类型 | 卫星截止高度角<br>° | 观测有效卫星数  | 时段长度<br>min | 观测时段数    | 数据采样间隔<br>s | PDOP     |
| 静态<br>测量 | 二等 | 双频    | $\geq 15$    | $\geq 4$ | $\geq 90$   | $\geq 2$ | 10~30       | $\leq 6$ |
|          | 三等 | 单频及以上 | $\geq 15$    | $\geq 4$ | $\geq 60$   | $\geq 2$ | 10~30       | $\leq 6$ |
|          | 四等 | 单频及以上 | $\geq 15$    | $\geq 4$ | $\geq 45$   | $\geq 2$ | 10~30       | $\leq 6$ |
|          | 一级 | 单频及以上 | $\geq 15$    | $\geq 4$ | $\geq 45$   | $\geq 2$ | 10~30       | $\leq 6$ |
|          | 二级 | 单频及以上 | $\geq 15$    | $\geq 4$ | $\geq 45$   | $\geq 2$ | 10~30       | $\leq 6$ |

- b) 制定外业观测计划前, 应进行卫星可见性预报, 外业观测应避开 PDOP 值大于 6 的时段。
- c) 应严格遵守调度命令, 按规定时间作业, 使用无线电通信工具接收作业指令时, 距离天线不应小于 10 m, 且不应在观测作业半径 50 m 范围内进行长时间通讯。
- d) 应在检查接收机电源、电缆及天线等各项连接无误后开机。
- e) 应在开机经检验卫星、存储、电源等各指示灯显示正常后, 方可进行卫星截止高度角、采样间隔等参数设置; 对无相应界面显示的接收机, 应在外业观测前通过计算机及相关软件对上述参数按观测要求进行设置。
- f) 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, 包括控制点点名, 接收机、天线型号及编号, 天线高及量取方式、开关机时间、采样间隔等相关信息。
- g) 每个观测时段开始及结束前应各量取一次天线高; 当观测时段长度超过 2 h 时, 应在时段中间时刻增加量取一次; 三次量高互差不应大于 3 mm, 取平均值作为该时段天线高量取值; 若互差超限, 应查明原因, 并提出处理意见记入测量手簿备注栏。
- h) 当采用不同类型接收机进行测量作业时, 应在测量手簿中准确记录天线量高类型和量取位置等内容。
- i) 用三脚架安置天线时, 其对中误差宜小于 2 mm; 天线高量取应精确至 1 mm, 且宜取互为 120° 方向上的天线高 (互差小于 3 mm) 的均值作为一次量高值。
- j) 观测期间, 观测员应注意查看接收机实时显示的测站定位信息、接收卫星数、PDOP 值、电源电量等信息; 对无相应界面显示的接收机, 应注意查看接收机各指示灯显示是否正常; 应注意检查天线对中、水平气泡变化情况; 当观测时段时长大于 2h 时, 以上检查应每间隔 1h 查看一次; 发现异常情况, 应及时报告作业调度者, 并将处理措施或意见记入测量手簿备注栏。
- k) 同一时段观测过程不应改变卫星截止高度角、采样间隔、天线位置。
- l) 为确保卫星定位外业观测成果可靠性, 可同时采用高精度全站仪检测同步环和异步环中 3 条以上基线边。

- m) 外业观测对太阳耀斑、雷暴雨、台风等异常天气现象应予以避开或进行相应时段的数据剔除。

#### 6.2.11 动态卫星定位控制测量应符合下列规定：

- a) 观测前，手簿中设置的平面收敛闭值不应超过 20 mm，垂直收敛阈值不应超过 30 mm；
- b) 观测时，卫星高度角 15°以上的卫星颗数不应少于 5 颗，PDOP 值不应大于 6；
- c) 天线应采用三角支架架设，仪器的圆气泡应稳定居中；
- d) 观测值应记录收敛、稳定的固定解。经、纬度应记录到 0.00001″，平面坐标和高程应记录到 0.001m；
- e) 基准站设置完成后，应至少采用一个已知控制点进行检核，平面位置较差不应大于 50 mm；
- f) 一测回的自动观测值个数不应少于 10 个，定位结果应取平均值；
- g) 测回间应至少间隔 60 s，下一测回测量开始前，应重新初始化；
- h) 测回间的平面坐标分量较差应小于 20 mm 或经、纬度的分量较差应小于 0.0007″，垂直坐标分量较差应小于 30 mm。最终观测成果应取各测回结果的平均值；
- i) 初始化时间超过 5 min 仍不能获得固定解时，宜断开通信链路，重启卫星定位接收机，再次初始化。当重启 3 次仍不能获得固定解时，应选择其他时段或者调整控制点位置进行测量。

#### 6.2.12 动态卫星定位测量控制点应进行边长、角度或导线联测检核，技术指标应符合表 8 的规定。

表8 动态卫星定位测量控制点的技术指标

| 等级        | 边长检核        |            | 角度检核       |             | 导线联测检核           |          |
|-----------|-------------|------------|------------|-------------|------------------|----------|
|           | 测距中误差<br>mm | 边长较差的相对中误差 | 测角中误差<br>″ | 角度较差限差<br>″ | 角度闭合差<br>″       | 边长相对闭合差  |
| 一级        | ≤15         | 1/14 000   | 5          | 14          | $\pm 16\sqrt{n}$ | 1/10 000 |
| 二级        | ≤15         | 1/7 000    | 8          | 20          | $\pm 24\sqrt{n}$ | 1/6 000  |
| 三级        | ≤15         | 1/4 000    | 12         | 30          | $\pm 40\sqrt{n}$ | 1/4 000  |
| 注：n——测站数。 |             |            |            |             |                  |          |

#### 6.2.13 静态卫星定位测量数据处理

- a) 静态卫星定位测量数据处理应采用经有关部门检定通过的专用软件或随接收机配备的商用软件。
- b) 基线解算应符合下列规定：
  - 1) 当采用不同类型接收机时，应在进行基线解算前，将观测数据统一转换成标准数据交换格式（RINEX），并在软件中准确设置天线半径、相位中心偏移及变化、天线量测参考点位置等参数。
  - 2) 基线解算的起算点坐标，宜选用国家或其他高等级控制网点的坐标成果；也可采用单点定位结果，其观测时间不宜少于 30 min。
  - 3) 可选择单基线解或多基线解模式进行解算，计算成果应采用双差固定解，并提供相应的方差—协方差阵。
  - 4) 同一时段观测数据的剔除率不宜大于 10%。
- c) 基线处理结果质量检核应符合下列规定：
  - 1) 基线长度中误差，按式（1）计算。

- 2) 同一基线不同时段基线边长较差应满足:

$$d_s \leq 2\sqrt{2}\sigma \dots\dots\dots(4)$$

- 3) 同步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差应满足:

$$\begin{aligned} W_x &\leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma \\ W_y &\leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma \\ W_z &\leq \frac{\sqrt{n}}{5}\sigma \dots\dots\dots(5) \\ W &= \sqrt{W_x^2 + W_y^2 + W_z^2} \\ W &\leq \frac{\sqrt{3n}}{5}\sigma \end{aligned}$$

式中:

$n$  ——同步环中基线边的个数;

$W$  ——同步环环线全长闭合差。

- 4) 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差应满足:

$$\left. \begin{aligned} W_x &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ W_y &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ W_z &\leq 2\sqrt{n}\sigma \\ W &\leq 2\sqrt{3n}\sigma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$n$  ——异步环中基线边的个数;

$W$  ——异步环环线全长闭合差。

- d) 静态卫星定位测量控制网的无约束平差,应符合下列规定:

- 1) 应固定一个起始点坐标作为起算数据,该起算点的三维坐标可在 CGCS2000 坐标系或 WGS-84 坐标系中表示。
- 2) 平差结果中,基线向量各分量的改正数绝对值应满足:

$$\left. \begin{aligned} V_{\Delta X} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Y} &\leq 3\sigma \\ V_{\Delta Z} &\leq 3\sigma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

$\sigma$  ——基线长度中误差,单位为毫米 (mm)。

- 3) 应检查基线向量网的内符合精度,基线向量间有无明显的系统误差,并剔除含有粗差的基线;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宜小为适。



- 4) 平差的成果应包括起算点对应坐标参照系中的各控制点三维坐标、基线向量平差值及其改正数、基线精度信息、单位权中误差等内容。
- e) 卫星定位测量控制网的约束平差应符合下列规定：
- 1) 应在国家坐标系或地方坐标系亦或工程独立坐标系中进行二维或三维约束平差。
- 2) 对于已知坐标、距离或方位，采用强制约束或加权约束；约束点间的边长相对中误差，应符合表 5 中相应等级的规定。
- 3) 对控制网除进行基线测量外，可利用常规测量方法获得精密测距、精密测角等地面观测数据，并赋予其适当权值，进行三维联合平差。
- 4) 平差中基线向量的改正数，与无约束平差中对应基线向量的改正数比较，各分量改正数较差的绝对值应满足：

$$\left. \begin{aligned} dV_{\Delta X} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta Y} &\leq 2\sigma \\ dV_{\Delta Z} &\leq 2\sigma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

式中：  
 $dV_{\Delta X}$ 、 $dV_{\Delta Y}$ 、 $dV_{\Delta Z}$ ——同一基线约束平差基线分量与无约束平差基线分量的改正数较差，单位为毫米（mm）。

- 5) 应对平差中所附加的转换参数进行显著性检验；转换参数不显著时应舍弃该参数重新进行平差处理。
- 6) 平差的最弱边边长相对中误差应符合表 5 中相应等级的规定。
- 7) 平差的成果应包括相应坐标系中各控制点的二维或三维坐标及其精度信息、基线向量平差值及其改正数、基线长度、基线方位、转换参数、单位权中误差等内容。

6.3 导线测量

6.3.1 采用导线测量方法时，可布设三、四等和一、二、三级平面控制网。

6.3.2 各等级导线测量布设平面控制网的主要技术要求，应符合表 9 的规定。

表9 导线测量的主要技术要求

| 等级                                                                                 | 导线长度<br>km | 平均边长<br>km | 测角中<br>误差<br>" | 测距中<br>误差<br>mm | 测距相对中<br>误差 | 测回数       |           |           | 方位角<br>闭合差<br>" | 导线全长相对<br>闭合差    |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|------------------|
|                                                                                    |            |            |                |                 |             | 1"级<br>仪器 | 2"级<br>仪器 | 6"级<br>仪器 |                 |                  |
| 三等                                                                                 | 14         | 3          | 1.8            | 20              | „ 1/150 000 | 6         | 10        | —         | $3.6\sqrt{n}$   | $\leq 1/55\,000$ |
| 四等                                                                                 | 9          | 1.5        | 2.5            | 18              | „ 1/80 000  | 4         | 6         | —         | $5\sqrt{n}$     | $\leq 1/35\,000$ |
| 一级                                                                                 | 4          | 0.5        | 5              | 15              | „ 1/30 000  | —         | 2         | 4         | $10\sqrt{n}$    | $\leq 1/15\,000$ |
| 二级                                                                                 | 2.4        | 0.25       | 8              | 15              | „ 1/14 000  | —         | 1         | 3         | $16\sqrt{n}$    | $\leq 1/10\,000$ |
| 三级                                                                                 | 1.2        | 0.1        | 12             | 15              | „ 1/7 000   | —         | 1         | 2         | $24\sqrt{n}$    | $\leq 1/5\,000$  |
| <p>注：n——测站数；</p> <p>表中其他指标均能达到时，导线长度、平均边长可根据实际情况适当调整，但放长时，最大长度不应大于表中规定相应长度的2倍。</p> |            |            |                |                 |             |           |           |           |                 |                  |



### 6.3.3 导线网的布设应符合下列规定：

- a) 导线网用作测区的首级控制时，应布设成环形网，且宜联测 2 个已知方向。
- b) 加密网宜采用单一附和导线、闭合导线和结点导线网三种形式之一。
- c) 导线网中，结点与高级点间或结点与结点间的导线长度不应大于表 9 中相应等级规定长度的 0.7 倍。
- d) 当导线平均边长较短时，应控制导线边数不超过表 9 相应等级导线长度和平均边长算得的边数；当导线长度小于表 9 规定长度的 1/3 时，导线全长闭合差不应大于 13 cm。
- e) 结点间或结点与已知点间的导线段宜布设成直伸形状，相邻边长不宜相差过大，网内不同环节上的点也不宜相距过近。

### 6.3.4 选点与埋石

- a) 根据工程建设的要求，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、地质、交通、气象、供电、通信及测区总体建设规划和近期发展等方面的资料。
- c) 导线点位的选择，应符合下列规定：
  - 1) 点位应选在土质坚实、稳固可靠、便于保存的地方，视野应相对开阔，便于加密、扩展和寻找。
  - 2) 相邻点之间应通视良好，其视线距障碍物的距离，三、四等不宜小于 1.5 m；四等以下宜保证便于观测，以不受旁折光的影响为原则。
  - 3) 当采用电磁波测距时，相邻点之间视线应避开烟囱、散热塔、散热池等发热体及强电磁场。
  - 4) 相邻两点之间的视线倾角不宜过大。
  - 5) 当利用测区已有控制点时，应对其稳定性、可靠性和完好性进行检查，满足要求方可使用。
  - 6) 选点完成后，应绘制导线选点图和点之记草图。
- d) 导线点的埋石应符合附录 C 的规定。三、四等点应绘制点之记，其他控制点可视需要而定。

### 6.3.5 水平角观测所使用的全站仪、电子经纬仪和光学经纬仪应检定合格，并应符合下列相关规定：

- a) 照准部旋转轴正确性指标：管水准器气泡或电子水准器长气泡在各位置的读数较差，1"级仪器不应超过 2 格，2"级仪器不应超过 1 格，6"级仪器不应超过 1.5 格。
- b) 光学经纬仪的测微器行差及隙动差指标：1"级仪器不应大于 1"，2"级仪器不应大于 2"。
- c) 水平轴不垂直于垂直轴之差指标：1"级仪器不应超过 10"，2"级仪器不应超过 15"，6"级仪器不应超过 20"。
- d) 补偿器的补偿要求，在仪器补偿器的补偿区间，对观测成果应能进行有效补偿。
- e) 垂直微动旋转使用时，视准轴在水平方向上不产生偏移。
- f) 仪器的基座在照准部旋转时的位移指标：1"级仪器不应超过 0.3"，2"级仪器不应超过 1"，6"级仪器不应超过 1.5"。
- g) 光学(或激光)对中器的视轴(或射线)与竖轴的重合度不应大于 1 mm。

### 6.3.6 水平角观测宜采用方向观测法，方向观测法一测回的操作程序应符合下列规定：

- a) 照准零方向标的，应按度盘位置表配置度盘。

- b) 顺时针旋转照准部（1~2）周后照准零方向目标，应读取水平度盘的度、分数值。当采用全站仪或电子经纬仪时，应同时读取秒的数值；当采用光学经纬仪时，应重合对径分划线两次并读取光学测微器读数。
- c) 顺时针旋转照准部，精确照准 2 方向目标，应按本条第 2 款的规定读数，并应顺时针方向旋转照准部依次进行 3、4、……、 $n$  方向的观测，最后闭合至零方向；
- d) 纵转望远镜，逆时针旋转照准部（1~2）周后照准零方向目标，应按本条第 2 款的规定读数；
- e) 逆时针旋转照准部，应按与上半测回相反的观测次序依次观测至零方向。

### 6.3.7 水平角方向观测法各项限差应符合表 10 的规定。

表10 水平角方向观测法各项限差

| 等级                                                                                                                     | 仪器精度等级 | 光学测微器两次重合读数之差<br>" | 半测回归零差<br>" | 一测回内2C互差<br>" | 同一方向值各测回较差<br>" |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|---------------|-----------------|
| 四等及以上                                                                                                                  | 1"级仪器  | 1                  | 6           | 9             | 6               |
|                                                                                                                        | 2"级仪器  | 3                  | 8           | 13            | 9               |
| 一级及以下                                                                                                                  | 2"级仪器  | —                  | 12          | 18            | 12              |
|                                                                                                                        | 6"级仪器  | —                  | 18          | —             | 24              |
| 注：全站仪、电子经纬仪水平角观测时不受光学测微器两次重合读数之差指标的限制。当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时，该方向2C互差可按相邻测回同方向进行比较，其值应满足表中一测回内2C互差的限值，但应在手簿中注明。 |        |                    |             |               |                 |

### 6.3.8 水平角观测前的准备工作应包括下列内容：

- a) 检查并确认平面控制点标石是稳固的。
- b) 整置仪器，并检查视线超越或旁离障碍物的距离，三、四等测量时，不宜小于 1.0m；一、二、三级导线测量时不宜小于 0.5m。
- c) 水平角观测采用方向观测法时，选择一个距离适中、通视良好、成像清晰的观测方向作为零方向。
- d) 水平角观测采用方向观测法时，按附录 D 的规定编制方向观测法度盘位置表。

### 6.3.9 水平角观测应符合下列规定：

- a) 测站或照准目标的对中误差不应大于 2 mm。
- b) 水平角观测应在通视良好、成像清晰稳定的情况下进行。
- c) 水平角观测过程中，仪器不应受日光直射，气泡中心偏离整置中心不应超过 1 格。气泡偏离接近 1 格时，应在测回间重新整置仪器。
- d) 四等及以上等级的水平角观测，当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时，宜在测回间重新整置气泡位置。有垂直轴补偿器的仪器，可不受此款的限制。
- e) 如受外界因素（如震动）的影响，仪器的补偿器无法正常工作或超出补偿器的补偿范围时，应停止观测。
- f) 水平角观测采用方向观测法时，方向数不多于 3 个的，不必归零。当观测方向多于 6 个时，可进行分组观测。分组观测应包括两个共同方向（其中一个为共同零方向）。其两组观测角之差，不应大于同等级测角中误差的 2 倍。分组观测的最后结果，应按等权分组观测进行测站平差。

各测回间应按照编制好的度盘位置表配置度盘。水平角的观测值应取各测回的平均数作为测站成果。

- g) 三、四等导线的水平角观测，当测站只有两个方向时，应在观测总测回中以奇数测回的度盘位置观测导线前进方向的左角，以偶数测回的度盘位置观测导线前进方向的右角。左右角的测回数为总测回数的一半。但在观测右角时，应以左角起始方向为准变换度盘位置，也可用起始方向的度盘位置加上左角的概值在前进方向配置度盘。左角平均值与右角平均值之和与  $360^\circ$  之差，不应大于本标准表 9 中相应等级导线测角中误差的 2 倍。
- 6.3.10 水平角观测误差超限时，应在原来度盘位置上重测，并应符合下列规定：
- 一测回内  $2C$  互差或同一方向值各测回较差超限时，应重测超限方向，并联测零方向。
  - 下半测回归零差或零方向的  $2C$  互差超限时，应重测该测回。
  - 若一测回中重测方向数超过总方向数的  $1/3$  时，应重测该测回。当重测的测回数超过总测回数的  $1/3$  时，应重测该站。
- 6.3.11 首级控制网所联测的已知方向的水平角观测，应按首级网相应等级的规定执行。
- 6.3.12 每日观测结束，应对外业记录手簿进行检查。当使用电子记录时，应保存原始观测数据，打印输出相关数据和预先设置的各项限差。
- 6.3.13 导线边长应采用中、短程全站仪或电磁波测距仪测距。
- 6.3.14 测距仪器的标称精度，应按式 (9) 计算。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot D)^2} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$m_D$ ——测距中误差，单位为毫米 (mm)；

$a$ ——标称精度中的固定误差，单位为毫米 (mm)；

$b$ ——标称精度中的比例误差系数，单位为毫米每千米 (mm/km)；

$D$ ——测距长度，单位为千米 (km)。

- 6.3.15 测距仪器及相关的温度计、气压表等，应及时校验。
- 6.3.16 各等级导线边长测距的主要技术要求，应符合表 11 的规定。
- 6.3.17 测距作业，应符合下列规定：
- 测站对中误差和反光镜对中误差不应大于 2 mm。
  - 当观测数据超限时，应重测整个测回，如观测数据出现成群时，应分析原因，采取相应措施重新观测。
  - 四等及以上等级控制网的边长测量，应分别量取两端点观测始末的气象数据，计算时应取平均值。
  - 测量气象元素的温度计宜采用通风干湿温度计，气压表宜选用高原型空盒气压表，测距时使用的温度计及气压表宜和测距仪检定时一致。

- e) 到达测站后，应立刻打开装气压表的盒子，置平气压表，并应避免受日光曝晒。温度计应悬挂在离开地面和人体 1.5m 以外且阳光不能直射的地方，在气压表和温度表与周围温度一致后，再读取气象数据，温度计读数精确至 0.2℃，气压表读数精确至 0.5hPa。
- f) 应在大气稳定和成像清晰的气象条件下进行观测，晴天日出后与日落前半小时内不宜观测，中午可根据地区、季节和气象情况留有适当的间歇时间。阴天有微风时，可全天观测。在雷雨前后、大雾、大风、雨、雪天气及大气透明度很差的情况下，不应观测。
- g) 应执行仪器说明书中规定的操作程序，在晴天作业时，应给仪器遮阳，不应将镜头对向太阳，也不宜顺光、逆光观测。
- h) 作业中使用的棱镜应与检验时使用的棱镜一致，测线或测线延长线上不应存在其他棱镜。对讲机亦应暂时停止通话。
- i) 测距边的倾斜改正可采用垂直角或两端点的高差计算。两端点的高差可采用水准测量或电磁波测距三角高程测量方法测定。测距边用垂直角直接计算时，垂直角若采用中丝单向观测，则不应少于 3 测回；若采用中丝对向观测，则不应少于 2 测回。测距边用电磁波测距三角高程测量方法测定的高差进行修正时，垂直角观测和对向观测高差较差要求，可按本标准第 6.8.2 条和 6.8.3 条中五等电磁波测距三角高程测量的有关规定放宽 1 倍执行。

表11 测距的主要技术要求

| 导线等级                                                                                                                         | 仪器精度等级 | 每边测回数 |   | 一测回读数较差<br>mm | 单程各测回较差<br>mm | 往返测距较差<br>mm         |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|---|---------------|---------------|----------------------|---|
|                                                                                                                              |        | 往     | 返 |               |               |                      |   |
| 三等                                                                                                                           | 5 mm级  | 3     | 3 | „ 5           | „ 7           | „ $2(a + b \cdot D)$ |   |
|                                                                                                                              | 10 mm级 | 4     | 4 | „ 10          | „ 15          |                      |   |
| 四等                                                                                                                           | 5 mm级  | 2     | 2 | „ 5           | „ 7           |                      | — |
|                                                                                                                              | 10 mm级 | 3     | 3 | „ 10          | „ 15          |                      |   |
| 一级                                                                                                                           | 10 mm级 | 2     | — | „ 10          | „ 15          | —                    |   |
| 二、三级                                                                                                                         | 10 mm级 | 1     | — | „ 10          | „ 15          |                      |   |
| 注：测回是指照准目标一次，读数2~4次的过程。困难情况下，边长测距可采取不同时间段测量代替往返观测；<br>a——固定误差，单位为毫米（mm）；<br>b——比例误差系数，单位为毫米每千米（mm/km）；<br>D——测距长度，单位为千米（km）。 |        |       |   |               |               |                      |   |

6.3.18 每日观测结束，应对外业记录进行检查。当使用电子记录时，应保存原始观测数据，打印输出相关数据和预先设置的各项限差。

6.3.19 水平距离计算，应符合下列规定：

- a) 测量的斜距，应经气象改正和仪器的加、乘常数改正后才能进行水平距离计算。
- b) 两点间的高差测量，宜采用水准测量。当采用电磁波测距三角高程测量时，其高差应进行大气折光改正和地球曲率改正。
  - 1) 已知测距边两端点的高差计算水平距离：

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \dots\dots\dots (10)$$

2) 观测垂直角计算水平距离:

$$D = S \cdot \cos(\alpha + f) \dots\dots\dots(11)$$

式中:

$D_p$ ——观测边的水平距离, 单位为米 (m);

$S$ ——经气象、加常数和乘常数修正后的斜距, 单位为米 (m);

$h$ ——仪器的发射中心与反光镜的反射中心之间的高差, 单位为米 (m);

$\alpha$ ——垂直角观测值, 单位为度 (°);

$f$ ——地球曲率与大气折光对垂直角的修正量, 可按式 (12) 计算:

$$f = (1 - K) \frac{S}{2R} \rho'' \dots\dots\dots(12)$$

式中:

$K$ ——大气折光系数;

$R$ ——地球平均曲率半径, 单位为米 (m)。

6.3.20 导线网水平角观测的测角中误差, 应按式 (13) 计算:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{f_\beta f_\beta}{n} \right]} \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$f_\beta$ ——导线环的角度闭合差或附和导线的方位角闭合差, 单位为秒 (");

$n$ ——计算  $f_\beta$  时的相应测站数;

$N$ ——闭合环及附和导线的总数。

6.3.21 测距边的精度评定, 应按式 (14)、(15) 计算; 当网中的边长相差不大时, 可按式 (16) 计算网的平均测距中误差。

a) 单位权中误差:

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$d$ ——各边往、返测的距离较差, 单位为毫米 (mm);

$n$ ——测距边数;

$P$ ——各边距离的先验权, 其值为  $\frac{1}{\sigma_D^2}$ ,  $\sigma_D$  为测距的先验中误差, 可按测距仪器的标称精度计算。

b) 任一边的实际测距中误差:

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \dots\dots\dots (15)$$

式中：  
 $m_{Di}$ ——第*i*边的实际测距中误差，单位为毫米（mm）；  
 $P_i$ ——第*i*边距离测量的先验权。

c) 网的平均测距中误差：

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \dots\dots\dots (16)$$

式中：  
 $m_{Di}$ ——平均测距中误差，单位为毫米（mm）。

- 6.3.22 一级及以上等级的导线网计算，应采用严密平差法；二、三级导线网，可根据需要采用严密或简化方法平差。当采用简化方法平差时，成果表中的方位角和边长应采用坐标反算值。
- 6.3.23 导线网平差时，角度和距离的先验中误差，可分别按本标准 6.3.20 条和 6.3.21 条中的公式计算，也可用数理统计方法求得的经验公式估算先验中误差的值，并用以计算角度及边长的权。
- 6.3.24 平差计算时，对计算略图和计算机输入数据应进行仔细校对，对计算结果应进行检查。打印输出的平差成果，应包含起算数据、观测数据以及必要的中间数据。
- 6.3.25 平差后的精度评定，应包含有单位权中误差、点位误差椭圆参数或相对点位误差椭圆参数、边长相对中误差或点位中误差等。当采用简化平差时，平差后的精度评定，可作相应简化。
- 6.3.26 内业计算中数字取位，应符合表 12 的规定。

表12 内业计算中数字取位要求

| 等级    | 观测方向值及各项修正数<br>" | 边长观测值及各项修正数<br>m | 边长与坐标<br>m | 方位角<br>" |
|-------|------------------|------------------|------------|----------|
| 三等、四等 | 0.1              | 0.001            | 0.001      | 0.1      |
| 一级及以下 | 1                | 0.001            | 0.001      | 1        |

6.4 三角形网测量

- 6.4.1 采用三角形网测量方法时，可布设二、三、四等和一、二级平面控制网。
- 6.4.2 各等级三角形网测量的主要技术要求，应符合表 13 的规定。
- 6.4.3 三角形网中的角度宜全部观测，边长可根据需要选择观测或全部观测；观测的角度和边长均应作为三角形网中的观测值参与平差计算。
- 6.4.4 首级控制网定向时，方位角传递宜联测 2 个已知方向。

表13 三角形网测量的主要技术要求

| 等级                                                                                       | 平均边长<br>km | 测角中误差<br>" | 测边相对中误差   | 最弱边边长相<br>对中误差 | 测回数       |           |           | 三角形最<br>大闭合差<br>" |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
|                                                                                          |            |            |           |                | 1"级仪<br>器 | 2"级<br>仪器 | 6"级<br>仪器 |                   |
| 二等                                                                                       | 9          | 1          | „ 250 000 | „ 120 000      | 12        | —         | —         | 3.5               |
| 三等                                                                                       | 4.5        | 1.8        | „ 150 000 | „ 70 000       | 6         | 9         | —         | 7                 |
| 四等                                                                                       | 2          | 2.5        | „ 100 000 | „ 40 000       | 4         | 6         | —         | 9                 |
| 一级                                                                                       | 1          | 5          | „ 40 000  | „ 20 000       | —         | 2         | 4         | 15                |
| 二级                                                                                       | 0.5        | 10         | „ 20 000  | „ 10 000       | —         | 1         | 2         | 30                |
| 注：因园林绿化工程面积与其施工测量精度要求之间无明显关系，所以当表中其他指标均能达到时，控制网平均边长可根据实际情况适当调整，但放长时，最大长度不应大于表中规定相应长度的2倍。 |            |            |           |                |           |           |           |                   |

6.4.5 作业前，应进行资料收集和现场踏勘，对收集到的相关控制资料和地形图（以 1:1000~1:10000 为宜）应进行综合分析，并在图上进行网形设计和精度估算，在满足精度要求的前提下，合理确定网的精度等级和观测方案。

6.4.6 三角形网的布设，应符合下列规定：

- a) 首级控制网中的三角形，宜布设为近似等边三角形。其三角形的内角不应小于 30°；当受地形条件限制时，个别角可放宽，但不应小于 25°。
- b) 加密的控制网，可采用卫星定位测量、导线测量等形式。
- c) 三角形网点位的选定，除应符合本标准第 6.3.4 条 a~c 款的规定外，二等网视线距障碍物的距离不宜小于 2m。
- d) 三角形网点位的埋石应符合附录 C 的规定，二、三、四等点应绘制点之记，其他控制点可视需要而定。

6.4.7 三角形网的水平角观测，宜采用方向观测法。二等三角形网也可采用全组合观测法。

6.4.8 三角形网的水平角观测，除满足本标准第 6.4.2 条外，其他要求按本标准第 6.3.5 条 ~ 6.3.12 条执行。

6.4.9 二等三角形网测距边的边长测量除满足本标准第 6.4.2 条和表 14 外，其他技术要求参照本标准第 6.3.13~6.3.15 条及 6.3.17 条、6.3.18 条执行。

6.4.10 三等及以下等级的三角形网测距边的边长测量，除满足 6.4.2 条外，其他要求按标准第 6.3.13~6.3.18 条执行。

6.4.11 水平角观测结束后，其测角中误差按式（17）计算：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}}$$

.....(17)

式中：  
 $m_{\beta}$ ——测角中误差，单位为秒（"）；



$W$  ——三角形闭合差，单位为秒（″）；

$n$  ——三角形的个数。

表14 二等三角形网边长测量主要技术要求

| 等级                                                                                                                                                                                        | 仪器精度等级 | 每边测回数 |   | 一测回读数较差<br>mm | 单程各测回较差<br>mm | 往返测距较差<br>mm       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|---|---------------|---------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                           |        | 往     | 返 |               |               |                    |
| 二等                                                                                                                                                                                        | 5 mm级  | 3     | 3 | „ 5           | „ 7           | „ $2(a+b \cdot D)$ |
| <p>注：测回是指照准目标一次，读数2~4次的过程。困难情况下，边长测距可采取不同时间段测量代替往返观测；</p> <p><math>a</math> ——固定误差，单位为毫米（mm）；</p> <p><math>b</math> ——比例误差系数，单位为毫米每千米（mm/km）；</p> <p><math>D</math> ——测距长度，单位为千米（km）。</p> |        |       |   |               |               |                    |

6.4.12 水平距离计算和测边精度评定按本标准第 6.3.19 条和 6.3.21 条执行。

6.4.13 三角形网外业观测结束后，应计算网的各项条件闭合差。各项条件闭合差不应大于相应的限值。

a) 角—极条件自由项的限值。

$$W_j = 2 \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\sum \cot^2 \beta} \dots\dots\dots (18)$$

式中：  
 $W_j$  ——角—极条件自由项的限值；  
 $m_\beta$  ——相应等级的测角中误差，单位为秒（″）；  
 $\beta$  ——求距角。

b) 边（基线）条件自由项的限值。

$$W_b = 2 \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum \cot^2 \beta + \left(\frac{m_{s_1}}{S_1}\right)^2 + \left(\frac{m_{s_2}}{S_2}\right)^2} \dots\dots\dots (19)$$

式中：  
 $W_b$  ——边（基线）条件自由项的限值；  
 $\frac{m_{s_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{s_2}}{S_2}$  ——起始边边长相对中误差。

c) 方位角条件自由项的限值。

$$W_f = 2 \sqrt{m_{a1}^2 + m_{a2}^2 + nm_\beta^2} \dots\dots\dots (20)$$

式中：  
 $W_f$  ——方位角条件自由项的限值，单位为秒（″）；  
 $m_{a1}$ 、 $m_{a2}$  ——起始方位角中误差，单位为秒（″）。  
 $n$  ——推算路线所经过的测站数。



d) 固定角自由项的限值。

$$W_g = 2\sqrt{m_g^2 + m_\beta^2} \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$W_g$ ——固定角自由项的限值, 单位为秒 (");

$m_g$ ——固定角的角度中误差, 单位为秒 (")。

e) 边—角条件的限值。

三角形中观测的一个角度与由观测边长根据各边平均测距相对中误差计算所得的角度限差, 应按下式进行检核:

$$W_r = 2\sqrt{2\left(\frac{m_D}{D}\rho\right)^2 (\cot^2 \alpha + \cot^2 \beta + \cot \alpha \cot \beta) + m_\beta^2} \dots\dots\dots (22)$$

式中:

$W_r$ ——观测角与计算角的角值限值, 单位为秒 (");

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差;

$\alpha$ 、 $\beta$ ——三角形中观测角之外的另两个角;

$m_\beta$ ——相应等级的测角中误差。

f) 边—极条件自由项的限值。

$$W_z = 2\rho \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum \alpha_w^2 + \sum \alpha_f^2} \dots\dots\dots (23)$$

$$\alpha_w = \cot \alpha_i + \cot \beta_i \dots\dots\dots (24)$$

$$\alpha_f = \cot \alpha_i \pm \cot \beta_{i-1} \dots\dots\dots (25)$$

式中:

$W_z$ ——边—极条件自由项的限值, 单位为秒 (");

$\alpha_w$ ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和;

$\alpha_f$ ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和; 四边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差;

$i$ ——三角形编号。

6.4.14 三角形网平差时, 观测角(或观测方向)和观测边均应视为观测值参与平差, 角度和距离的先验中误差, 应按本标准第 6.4.11 条和第 6.3.21 条中的公式计算, 也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值, 并用以计算角度(或方向)及边长的权, 平差计算可参照本标准第 6.3.24 条、第 6.3.25 条执行。

6.4.15 三角形网内业计算中数字取位,二等应符合表 15 的规定,其余各等级应符合本标准表 12 的规定。

表15 三角形网内业计算中数字取位要求

| 等级 | 观测方向值及各项修正数<br>" | 边长观测值及各项修正数<br>m | 边长与坐标<br>m | 方位角<br>" |
|----|------------------|------------------|------------|----------|
| 二等 | 0.01             | 0.0001           | 0.001      | 0.01     |

## 6.5 建筑方格网测量

6.5.1 采用建筑方格网测量方法时,可布设一、二级平面控制网。

6.5.2 建筑方格网测量主要技术要求应符合表 16 的规定。

表16 建筑方格网测量主要技术要求

| 等级 | 边长<br>m | 测角中误差<br>" | 边长相对中误差          |
|----|---------|------------|------------------|
| 一级 | 100~300 | 5          | $\leq 1/30\,000$ |
| 二级 | 100~300 | 8          | $\leq 1/20\,000$ |

6.5.3 建筑方格网的布设应符合下列规定:

- 建筑方格网的布置,应根据设计总平面图上各单项工程的布设情况,结合现场的地形情况拟定。
- 应先在场区中部选定控制网的主轴线,并与工程基本轴线平行,然后再布置方格网。
- 应构成正方形或矩形格网。
- 当测区面积较大时,可分两级布设。首级可采用“十”字形、“口”字形或“田”字形,然后再加密方格网。当测区面积不大时,宜布置成全面方格网。
- 为了便于设计和实用,方格网的边长宜为 100m、50m 或 10m 的整倍数。
- 相邻方格网点间应通视,桩点位置应避免受施工影响而能长期保存。

6.5.4 方格网的测设方法,可采用布网法或轴线法。当采用布网法时,宜增测方格网的对角线;当采用轴线法时,长轴线的定位点不应少于 3 个,点位偏离直线应在  $180^\circ \pm 5''$  以内,短轴线应根据长轴线定向,其直角偏差应在  $90^\circ \pm 5''$  以内。水平角观测的测角中误差不应大于  $2.5''$ 。

6.5.5 方格网点应埋设顶面为标志板的标石,埋设应牢固可靠,标石埋设应符合附录 E 的规定。

6.5.6 可根据需要按照不低于方格网布设的等级将主点与上一级控制点联测。联测方法可采用卫星定位测量法、导线测量法或三角形网测量法。

6.5.7 方格网的水平角观测可采用方向观测法,其主要技术要求应符合表 17 的规定。

6.5.8 方格网的边长宜采用电磁波测距仪器往返观测各 1 测回,并应进行气象和仪器加、乘常数改正。

6.5.9 观测数据经平差处理后,应将测量坐标与设计坐标进行比较,确定归化数据,并在标石标志板上将点位归化至设计位置。

6.5.10 点位归化后,必须进行角度和边长的复测检查。角度偏差值,一级方格网不应大于  $90^{\circ}\pm 8''$ ,二级方格网不应大于  $90^{\circ}\pm 12''$ ;距离偏差值,一级方格网不应大于  $D/25000$ ,二级方格网不应大于  $D/15000$  ( $D$  为方格网的边长)。

表17 水平角观测的主要技术要求

| 等级 | 仪器精度等级 | 测角中误差<br>" | 测回数 | 半测回归零差<br>" | 一测回内2C互差<br>" | 同一方向值各测回较差<br>" |
|----|--------|------------|-----|-------------|---------------|-----------------|
| 一级 | 1"级仪器  | 5          | 2   | „ 6         | „ 9           | „ 6             |
|    | 2"级仪器  | 5          | 3   | „ 8         | „ 13          | „ 9             |
| 二级 | 2"级仪器  | 8          | 2   | „ 12        | „ 18          | „ 12            |
|    | 6"级仪器  | 8          | 4   | „ 18        | —             | „ 24            |

6.5.11 方格网内业计算中数字取位,应符合本标准表 12 中一级及以下的规定。

## 6.6 建筑基线测量

6.6.1 采用建筑基线测量方法时,可布设三级平面控制网。

6.6.2 建筑基线测量主要技术要求应符合表 18 的规定。

表18 建筑基线测量主要技术要求

| 等级 | 边长<br>m | 测角中误差<br>" | 边长相对中误差   |
|----|---------|------------|-----------|
| 三级 | 50~200  | 12         | ? 1/10000 |

6.6.3 建筑基线的布设应符合下列规定:

- 建筑基线应靠近拟建对象,并与其主要轴线平行。
- 建筑基线上的基线点不应少于 3 个,且能相互通视,以便检核。
- 建筑基线宜与施工场地的建筑红线或测量控制点相联系。
- 基线点位应选在通视良好和不易被破坏的地方,便于长期保存。
- 可布设为三点直线、三点直角形、四点“丁”字形、五点“十”字形等形式。

6.6.4 建筑基线点的埋石参照本标准第 6.5.5 条执行。

6.6.5 建筑基线的测设方法,可参照既有线或根据已有控制点测设。

6.6.6 建筑基线的水平角观测可采用方向观测法,其主要技术要求应符合表 19 的规定。

表19 水平角观测的主要技术要求

| 等级 | 仪器精度等级 | 测角中误差<br>" | 测回数 | 半测回归零差<br>" | 一测回内2C互差<br>" | 同一方向值各测回较差<br>" |
|----|--------|------------|-----|-------------|---------------|-----------------|
| 三级 | 6"级仪器  | 12         | 2   | „ 18        | —             | „ 24            |

6.6.7 建筑基线的边长宜采用电磁波测距仪器往返观测各 1 测回，并应进行气象和仪器加、乘常数改正。

6.6.8 观测数据经计算处理后，应将测量坐标与设计坐标进行比较，确定归化数据，并在标石标志板上将点位归化至设计位置。

6.6.9 点位归化后，必须进行角度和边长的复测检查。角度偏差值，建筑基线点间沿基线形成的角度与理论值偏差不应大于 $\pm 20''$ ；距离偏差值，基线点间距离相对误差不宜大于 1/10000。

6.6.10 建筑基线内业计算中数字取位，应符合本标准表 12 中一级及以下的规定。

## 6.7 水准测量

6.7.1 水准测量的主要技术要求，应符合表 20 的规定。

表20 水准测量的主要技术要求

| 等级                                                                  | 每千米高差<br>全中误差<br>mm | 路线长度<br>km | 水准仪<br>型号 | 水准尺 | 观测次数   |       | 往返较差、附和或<br>环线闭合差 |             |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|-----------|-----|--------|-------|-------------------|-------------|
|                                                                     |                     |            |           |     | 与已知点联测 | 附和或环线 | 平地<br>mm          | 山地<br>mm    |
| 二等                                                                  | $\leq 2$            | —          | DS1       | 因瓦  | 往返各一次  | 往返各一次 | $4\sqrt{L}$       | —           |
| 三等                                                                  | $\leq 6$            | $\leq 50$  | DS1       | 因瓦  | 往返各一次  | 往一次   | $12\sqrt{L}$      | $4\sqrt{n}$ |
|                                                                     |                     |            | DS3       | 双面  |        | 往返各一次 |                   |             |
| 四等                                                                  | $\leq 10$           | $\leq 16$  | DS3       | 双面  | 往返各一次  | 往一次   | $20\sqrt{L}$      | $6\sqrt{n}$ |
| 五等                                                                  | $\leq 15$           | —          | DS3       | 单面  | 往返各一次  | 往一次   | $30\sqrt{L}$      | —           |
| 注：L——往返测段、附和或环线的水准路线长度（km）；<br>n——测站数；<br>数字水准仪测量的技术要求和同等级的光学水准仪相同。 |                     |            |           |     |        |       |                   |             |

6.7.2 水准测量所使用的仪器及水准尺，应符合下列规定：

- 水准仪视准轴与水准管轴的夹角  $i$ ，DS1 型不应超过  $15''$ ，DS3 型不应超过  $20''$ 。
- 补偿式自动安平水准仪的补偿误差  $\Delta\alpha$  对于二等水准不应超过  $0.2''$ ，三等不应超过  $0.5''$ 。
- 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差，对于因瓦水准尺，不应超过  $0.15\text{ mm}$ ；对于条形码尺，不应超过  $0.10\text{ mm}$ ；对于木质双面水准尺，不应超过  $0.5\text{ mm}$ 。

6.7.3 水准点的布设与埋石，应符合下列规定：

- 应将点位选在土质坚实、稳固可靠的地方或稳定的建筑物上，且便于寻找、保存和引测；当采用数字水准仪作业时，水准路线还应避开电磁场的干扰。
- 宜采用水准标石，也可采用墙水准点、标志及标石的埋设应符合附录 F 的规定。
- 埋设完成后，二、三等点应绘制点之记，其他控制点可视需要而定，必要时还应设置指示桩。
- 水准点间的距离，一般地区应为  $1\sim 3\text{ km}$ ，工厂区、城镇建筑区宜小于  $1\text{ km}$ ，但一个测区周围至少应有 3 个水准点。

6.7.4 水准观测，应在标石埋设稳定后进行，各等级水准点观测的主要技术要求，应符合表 21 的规定。

表21 水准观测的主要技术要求

| 等级                                                                                                                                                         | 水准仪<br>型号 | 视线<br>长度<br>m | 前后视的距<br>离较差<br>m | 前后视距离<br>较差累积<br>m | 视线离地面<br>最低高度<br>m | 基、辅分划或黑、<br>红面读数较差<br>mm | 基、辅分划或黑、红<br>面所测高程较差<br>mm |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| 二等                                                                                                                                                         | DS1       | 50            | 1                 | 3                  | 0.5                | 0.5                      | 0.7                        |
| 三等                                                                                                                                                         | DS1       | 100           | 3                 | 6                  | 0.3                | 1.0                      | 1.5                        |
|                                                                                                                                                            | DS3       | 75            |                   |                    |                    | 2.0                      | 3.0                        |
| 四等                                                                                                                                                         | DS3       | 100           | 5                 | 10                 | 0.2                | 3.0                      | 5.0                        |
| 五等                                                                                                                                                         | DS3       | 100           | 近似相等              | —                  | —                  | —                        | —                          |
| 注：二等水准视线长度小于20m时，其视线高度不应低于0.3m。三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。数字水准仪观测，不受基、辅分划或黑、红面读数较差指标的限制，但测站两次观测的高差较差，应满足表中相应等级基、辅分划或黑、红面所测高差较差的限值。 |           |               |                   |                    |                    |                          |                            |

6.7.5 两次观测高差较差超限时应重测。重测后，对于二等水准应选取两次异向观测的合格结果，其他等级则应将重测结果与原测结果分别比较，较差均不超过限值时，取三次经果的平均数。

6.7.6 当水准路线需要跨越湖河（湖塘、宽沟、洼地、山谷等）时，应符合下列规定：

- a) 水准作业场地应选在跨越距离较短、土质坚硬、密实便于观测的地方；标尺点须设立木桩。
- b) 两岸测站和立尺点应对称布设。当跨越距离小于 200 m 时，可采用单线过河；大于等于 200 m 且小于 400 m 时，应采用双线过河并组成四边形闭合环。往返较差、环线闭合差应符合表 22 的规定。
- c) 水准观测的主要技术要求，应符合表 22 的规定。

表22 跨湖河水准测量的主要技术要求

| 跨越距离<br>m                                                                                                    | 观测次数  | 单程测回数 | 半测回远尺读数次数 | 测回差<br>mm |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------|-----------|----|----|
|                                                                                                              |       |       |           | 三等        | 四等 | 五等 |
| < 200                                                                                                        | 往返各一次 | 1     | 2         | —         | —  | —  |
| 200~400                                                                                                      | 往返各一次 | 2     | 3         | 8         | 12 | 25 |
| 注：一测回的观测顺序：先读近尺，再读远尺；仪器搬至对岸后，不动焦距先读远尺，再读近尺。当采用双向观测时，两条跨河视线长度宜相等，两岸岸上长度宜相等，并大于10m；当采用单向观测时，可分别在上午、下午各完成半数工作量。 |       |       |           |           |    |    |

- d) 当跨越距离小于 200 m 时，也可采用在测站上变换仪器高度的方法进行，两次观测高差较差不应超过 7 mm，取其平均值作为观测高差。
- e) 当跨越距离大于 400 m 时，应参照国家相关标准或行业标准执行，必要时，可根据实际情况制定专项方案。

6.7.7 水准测量的数据处理，应符合下列规定：

- a) 当每条水准路线分测段施测时，应按式（26）计算每千米水准测量的高差偶然中误差，其绝对值不应超过表 20 中相应等级每千米高差全中误差的 1/2。

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \dots\dots\dots(26)$$

式中：  
 $M_{\Delta}$ ——高差偶然中误差，单位为毫米（mm）；  
 $\Delta$ ——测段往返高差不符值，单位为毫米（mm）；  
 $L$ ——测段长度，单位为千米（km）；  
 $n$ ——测段数。

- b) 水准测量结束后，应按式（27）计算每千米水准测量高差全中误差，其绝对值不应超过本标准表 20 中相应等级的规定。

$$M_W = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{WW}{L} \right]} \dots\dots\dots(27)$$

式中：  
 $M_W$ ——高差全中误差，单位为毫米（mm）；  
 $W$ ——测段往返高差不符值，单位为毫米（mm）；  
 $L$ ——计算各 $W$ 时，相应的路线长度，单位为千米（km）；  
 $N$ ——附和路线和闭合环的总个数。

- c) 当二、三等水准测量与国家水准点附和时，高山地区除应进行正常位水准面不平行修正外，还应进行其重力异常的归算修正。  
d) 各等级水准网，应按最小二乘法进行平差并计算每千米高差全中误差。  
e) 高程成果的取值，二等水准应精确至 0.1 mm，三、四、五等水准应精确至 1 mm。

6.8 电磁波测距三角高程测量

6.8.1 电磁波测距三角高程测量，宜在平面控制点的基础上布设成三角高程网或高程导线。

表23 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

| 等级 | 每千米高差全中误差<br>mm | 边长<br>km | 观测方式 | 对向观测高差较差<br>mm | 附和或环形闭合差<br>mm      |
|----|-----------------|----------|------|----------------|---------------------|
| 四等 | 10              | ≤1       | 对向观测 | $40\sqrt{D}$   | $20\sqrt{\Sigma D}$ |
| 五等 | 15              | ≤1       | 对向观测 | $40\sqrt{D}$   | $30\sqrt{\Sigma D}$ |

注：D——测距边的长度，单位为千米(km)；  
起讫点的精度等级，四等应起讫于不低于三等水准的高程点上，五等应起讫于不低于四等的高程点上。  
路线长度不应超过相应等级水准路线的长度限值。

6.8.2 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求，应符合表 23 的规定。

6.8.3 电磁波测距三角高程观测的技术要求，应符合下列规定：

- a) 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求，应符合表 24 的规定。

表24 电磁波测距三角高程观测的主要技术要求

| 等级 | 垂直角观测  |     |             |             | 边长测量      |       |
|----|--------|-----|-------------|-------------|-----------|-------|
|    | 仪器精度等级 | 测回数 | 指标差较差<br>"  | 测回较差<br>"   | 仪器精度等级    | 观测次数  |
| 四等 | 2" 级仪器 | 3   | $\leq 7''$  | $\leq 7''$  | 10 mm 级仪器 | 往返各一次 |
| 五等 | 2" 级仪器 | 2   | $\leq 10''$ | $\leq 10''$ | 10 mm 级仪器 | 往一次   |

注：当采用2秒级光学经纬仪进行垂直角观测时，应根据仪器的垂直角检测精度，适当增加测回数。

- b) 垂直角的对向观测，当直觇完成后应即刻迁站进行返觇测量。  
c) 仪器、反光镜或觇牌的高度，应在观测前后各量测一次并精确至 1 mm，取其平均值作为最终高度。

6.8.4 电磁波测距三角高程测量的数据处理，应符合下列规定：

- a) 直返觇的高差，应进行地球曲率和折光差的改正。  
b) 平差前，应按式 (27) 计算每千米高差全中误差。  
c) 各等级高程网，应按最小二乘法进行平差并计算每千米高差全中误差。  
d) 高程成果的取值，应精确至 1 mm。

## 6.9 卫星定位拟合高程测量

6.9.1 卫星定位拟合高程测量，仅适用于平原或丘陵地区的五等及以下等级高程测量。

6.9.2 卫星定位拟合高程测量宜与卫星定位平面控制测量同步进行。

6.9.3 卫星定位拟合高程测量的主要技术要求，符合下列规定：

- a) 卫星定位网应与四等或四等以上的水准点联测，联测的卫星定位测量控制点，宜分布在测区的四周和中央，若测区为带状地形，则联测的卫星定位测量控制点应分布于测区两端及中部。  
b) 联测点数，宜大于选用计算模型中未知参数个数的 1.5 倍，点距宜小于 10km。  
c) 地形高差变化较大的地区，应适当增加联测的点数。  
d) 地形趋势变化明显的大面积测区，宜采取分区拟合的方法。  
e) 卫星定位观测的技术要求，应按本标准 6.2 节的有关规定执行；其天线高应在观测前后各量测一次，取其平均值作为最终高度。

6.9.4 卫星定位拟合高程计算，应符合下列规定：

- a) 充分利用当地的重力大地水准面模型或资料。  
b) 应对联测的已知高程点进行可靠性检验，并剔除不合格的点。  
c) 对于地形平坦的小测区，可采用平面拟合模型；对于地形起伏较大的大面积测区宜采用曲面拟合模型。  
d) 对拟合高程模型应进行优化。



e) 卫星定位测量控制点的高程计算, 不宜超出拟合高程模型所覆盖的范围。

6.9.5 对卫星定位测量控制点的拟合高程成果, 应进行检验。检验点数不少于全部高程点的 10%且不少于 3 个点; 高差检验, 可采用相应等级的水准测量方法或电磁波测距三角高程测量方法进行, 其高差差不应大于  $30\sqrt{D}$  mm ( $D$  为检查路线的长度, 单位为千米(km))。

## 6.10 资料提交

6.10.1 平面控制测量应提交下列资料:

- a) 平面控制网图和测量方案;
- b) 外业观测记录手簿;
- c) 外业测量仪器检定资料;
- d) 平面控制点点之记;
- e) 平差计算成果资料;
- f) 测量技术总结报告。

6.10.2 高程控制测量应提交下列资料:

- a) 水准网略图、点位说明资料及测量方案;
- b) 仪器检定、校正资料;
- c) 原始观测记录;
- d) 高程平差计算成果和精度评定资料;
- e) 测量技术总结报告。

6.10.3 控制测量成果应经审核合格后, 方可使用。

## 7 土方工程施工测量

### 7.1 一般规定

7.1.1 土方工程施工前, 宜按四等平面控制网精度复测平面控制网, 平面控制网的最弱点精度不应大于 50 mm; 宜按二等高程控制网精度复测高程控制网, 高程控制网的最弱点精度不应低于 5 mm。

7.1.2 土方工程施工测量宜采用全站仪三维极坐标法, 也可采用单基站 RTK 测量法和网络 RTK 测量法。

7.1.3 土方工程测量应根据设计图纸确定其施工范围, 并应在测量范围内采集高程数据和计算土方工程量。

7.1.4 土方工程施工前, 应进行原始地形高程测量, 测量方法可采用散点测量法和网格测量法等进行, 也可采用能满足精度要求的其他方法进行, 高程测量点相对高程控制点的高差中误差不应大于 5 mm。

7.1.5 土方工程竣工高程测量应使用原始地形高程测量时的平面控制网和高程控制网, 并与原始地形高程测量的范围一致。

7.1.6 土方工程竣工高程测量应与原始地形高程测量采用相同的测量方法。

### 7.2 土方工程施工测量



7.2.1 土方工程施工前，应根据设计图纸中土方工程施工区域，在实地放样施工范围控制桩，并标定施工范围线。

7.2.2 土方工程施工测量放样数据应从设计等高线上采集，应符合表 25 中的规定。

表25 设计等高线上采集土方造型放样点要求

| 坡度<br>° | 等高距<br>m | 特征放样点          | 其他放样点间距 |
|---------|----------|----------------|---------|
| ≤5      | 1 或 0.5  | 凸顶点、拐点、凹顶点、最高点 | <10m    |
| > 5     | 0.5      | 凸顶点、拐点、凹顶点、最高点 | <5m     |

7.2.3 等高线特征放样点放样完成后，应在放样位置设立稳定的高程控制桩，并在高程控制桩的整 0.5 m 高程处标记明显的高程识别记号。

7.2.4 土方工程填埋或开挖施工高度每增加 1 m，应对高程控制桩位置和高程、特征放样位置进行高程测量，并记录测量高程值；对非种植区或有硬质景观施工的土方工程，在施工高度每增加 1 m 时，压实前后应测量特征放样点高程值。压实后高程控制桩的高程检测偏差不应大于 30 mm，压实后特征放样点高程检测偏差不应大于 100 mm。

7.2.5 应根据土方造型施工中测量的压实前后特征点高程值，按式（28）计算土方工程的每米压缩量  $\alpha_i$ 。

$$\alpha_i = (H_1 - H_2) / \Delta h_i \dots\dots\dots (28)$$

式中：

$H_1$ ——压实前特征点高程，单位为米（m）；

$H_2$ ——压实后特征点高程，单位为米（m）；

$i$ ——压实次数序号（ $i=1,2,\dots,n$ ）；

$\Delta h_i$ ——第  $i$  次填埋或开挖高度，单位为米（m），宜取 1m。

7.2.6 土方工程竣工面高程测量在土方工程施工完成 1 个月或经过 1 次 50 mm 以上的降水后进行高程测量，并应符合表 26 中的规定。

7.2.7 土方工程竣工面高程测量时选择测量高程点，应符合下列规定：

- 采用方格网法计算土方工程量时，测量点间距不宜大于计算要求的网格间距。采用三角网法计算土方工程量时，测量点间距不应大于 5 m，地形变化处应加密测量点；
- 地形特征线应采集，坎上、坎下高程应采集；
- 水池、塘、稻田、旱田等应采集泥面高程及其周边坎的高程；
- 建（构）筑物应采集其周边高程及地坪高程；
- 其他影响土方量的地形、地物应采用碎部点控制其范围和高度；

- f) 全站仪设站时，仪器对中误差不应大于 5 mm。应照准离测站较远的控制点作为起始方向，观测另一控制点作为检校，测得平面坐标及高程，检校点平面位置较差不应大于 70 mm，高程较差不应大于 30 mm；仪器高、棱镜高应量记至毫米；作业过程中和作业结束前应对定向方位进行检查。

表26 土方工程竣工面高程测量要求

| 坡度<br>。                 | 测量方法                       | 高程点测量类型  | 高程点测量密度<br>点/(100m <sup>2</sup> ) | 高程点测量中误差<br>mm |
|-------------------------|----------------------------|----------|-----------------------------------|----------------|
| ≤5                      | 全站仪三维极坐标法                  | 散点法或方格网法 | ≥4                                | <5             |
|                         | 单基站 RTK 测量法或<br>网络 RTK 测量法 | 散点法或方格网法 | ≥4                                | <10            |
| >5                      | 全站仪三维极坐标法                  | 散点法      | ≥8                                | <5             |
|                         | 单基站 RTK 测量法或<br>网络 RTK 测量法 | 散点法      | ≥8                                | <10            |
| 注：高程点测量精度为测量点的绝对高程测量精度。 |                            |          |                                   |                |

7.3 土方工程量计算

7.3.1 采用网格测量法进行土方高程数据采集时应符合下列规定：

- a) 在内业应按要求的格网间距对土方测量范围线进行划分，确定轴线网格角点及编号，输出网格图。轴线格网角点宜设在测量范围内的角点，编号宜采用轴线编号，横向应采用字母，纵向应采用数字。
- b) 外业应采用全站仪三维坐标法放样主要网格角点，采用钢尺或皮尺按照格网间距对其他网格角点进行量距放样。主要网格角点宜在实地打木桩或做固定标记。
- c) 应采用水准测量或电磁波测距三角高程测量按图根高程测量精度采集各网格角点高程。网格角点高程数据应与编号对应。
- d) 同一网格内坡度突然变化处应增加高程采集点，陡坎应采集坎上、坎下高程，土方工程分界线应采集分界点高程。

7.3.2 采用散点法采集获得的数据在土方量计算时应符合下列规定：

- a) 采用三角网法时，应先对地形高程点、设计高程点分别建立地形高程三角网、设计高程三角网，然后计算范围线内两个三角网之间形成的几何体体积，并将两个三角网空间相交的线作为开挖零界线。
- b) 采用三角网法时，建立的地形高程三角网、设计高程三角网的边界应保持一致，并根据测量边界形状检查构建三角网的外形，删除不正确的三角形。
- c) 采用网格法时，应按任务要求绘制网格；并应先对地形高程点、设计高程点分别建立地形高程三角网、设计高程三角网，再内插计算出每个网格角点和边界点的地形高程和设计高程，然后计算土方量。

7.3.3 采用网格测量法采集数据的土方量计算应符合下列规定：

- a) 整格计算时,应将网格各角点地面高程与设计高程之高差的算术平均值乘以网格面积,获得该格的土方量;
- b) 破格计算时,应将破格的各网格角点地面高程与设计高程之高差按点间距离加权计算平均值乘以破格面积,获得该破格的土方量;
- c) 应将计算获得各网格的挖填方量分别累加,获得工程的土方量。

7.3.4 土方量应由一人计算,另一人进行检核。当检核计算成果与原计算成果的较差不大于原计算成果的 3% 时,应提交原计算成果;当检核计算与原计算成果的较差大于原计算成果的 3% 时,应查明原因重新计算。

7.3.5 采用散点法采集数据获得土方量的成果时,宜随机抽查不少于采集点总数 3% 的内插点,且检查点覆盖范围不应小于总面积的 5%。检测高程与原测内插离程的平均较差应在  $\pm 100$  mm 内。

7.3.6 采用网格测量法采集数据获得土方量的成果时,宜随机抽查不少于 5% 的网格角点高程;检测高程与原测高程的平均较差应在  $\pm 30$  mm 之内。

7.3.7 土方量计算成果计算时,应同时提供土方工程每米平均压缩量  $\bar{\alpha}$ 。每米平均压缩量  $\bar{\alpha}$  应按式 (29) 计算。计算每米平均压缩量  $\bar{\alpha}$  应采用土方工程施工过程中每个放样点测量高程计算并剔除最大最小极值后的各次每米压缩量  $\alpha_i$ 。

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \dots\dots\dots (29)$$

7.3.8 土方量计算成果中的填方量计算时,实际填方量  $\bar{V}_{\text{填}}$  应按式 (30) 计算。

$$\bar{V}_{\text{填}} = V_{\text{填}} / (1 - \bar{\alpha}) \dots\dots\dots (30)$$

7.3.9 土方测量成果的内容应包括下列内容:

- a) 土方量计算图;
- b) 原始地形测量点图;
- c) 竣工面测量点图;
- d) 技术报告及委托方确认的相关内容。

## 8 绿化栽植工程施工测量

### 8.1 一般规定

8.1.1 绿化栽植工程施工测量应包括绿化栽植基础、栽植穴槽的挖掘、植物材料、苗木修剪、树木栽植、大树移植、草坪及草本地被栽植、花卉栽植、水湿生植物栽植、竹类栽植、设施空间绿化、坡面绿化、重盐碱重黏土土壤改良等测量。

8.1.2 施工测量前应充分熟悉工序流程,根据绿化栽植工程中植物栽植、植物材料进场规格、修剪、移植等工作对测量时间节点的要求,做好施工测量准备,并科学合理安排施工测量工作。

8.1.3 施工测量宜从控制点、加密控制点直接实施。需设置临时控制点时，其精度应符合相应等级的精度要求，并与相邻控制点联测或检核。

8.1.4 绿化栽植工程施工测量角度观测仪器应采用不低于 6" 级的经纬仪、全站仪，距离测量应采用钢卷尺或不低于 10 mm 级的电磁波测距仪器，高程测量应采用不低于 DS3 级的水准仪或不低于测量放样精度要求的 GNSS 设备。

8.1.5 观测方法和技术要求应符合下列规定：

- a) 角度观测不少于一测回，上下半测回允许误差应为  $\pm 36''$ ，测回值之间允许误差应为  $\pm 24''$ 。
- b) 对于距离测量，当采用钢卷尺时，应往返丈量，量距相对误差不应大于  $1/2000$ ；当采用电磁波测距仪时，可采用单向观测，须两次读数。
- c) 对于高程测量：当采用五等及以上水准测量引测施工水准点细部测设时，应采用两个水准点作后视推求视线高，测量误差不应大于 10 mm，当推求视线高满足要求时，应取平均值作为视线高程；当采用电磁波测距三角高程法、单基站 RTK 测量法、网络 RTK 测量法时，在细部测设前应在已知控制点上进行高程复核，测量中误差不应大于 10 mm，若超差，应重新设站或设置仪器，直至满足高程复核精度要求。

8.1.6 绿化栽植工程施工过程和竣工的允许偏差和测量检验方法，应满足设计要求；无设计要求的应符合现行《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82）和江苏省《园林绿化工程施工及验收规范》（DGJ32/TJ201）相关规定。

## 8.2 栽植基础施工测量

8.2.1 栽植基础施工测量内容应包括栽植土壤有效土层厚度、栽植前场地清理高程、栽植土回填及地形造型等的测量放样。

8.2.2 栽植土壤有效土层厚度应采用钢卷尺从挖样洞底部垂直于地表方向测量。孤植种植，在栽植位置上直接测量；其它种植形式，宜在种植区域内均匀选择多个点位进行测量，测量点位数不应少于设计或施工验收要求。测量中误差不应大于 10 mm，有效土层厚度应符合本标准第 8.1.6 条规定。

8.2.3 绿化栽植前场地清理施工测量包括清理边界线放样、场地清理高程放样、清理土方测量等，应符合下列规定：

- a) 场地清理前，按照设计和栽植要求确定清理边界线平面位置及其误差要求和场地清理高程及其误差要求，并根据清理边界线形状特征、场地实际情况和清理方法，选定边界点和高程放样点。
- b) 边界点平面坐标放样方法和场地清理高程放样方法的选择，应结合控制网形式、现场地形条件和已有仪器设备按照本标准第 5.5 节要求以简单便捷的原则合理选择。
- c) 无场地清理界线平面位置误差要求和场地清理高程误差要求时，平面坐标放样中误差不宜大于 50 mm，高程放样中误差不宜大于 10 mm，平面位置偏差不应大于 100 mm，场地清理的平均高程偏差不应大于 20 mm。
- d) 场地清理完成后，应对清理后边界线和高程进行测量检核。
- e) 涉及清理土方测量时，应按照本标准第 7 章相关要求执行。

8.2.4 栽植土回填及地形造型的范围、厚度、高程、造型及坡度均应满足设计要求，其测量放样工作应按照本标准第 7 章相关要求执行，尺寸和高程允许偏差应符合表 27 中的规定。

表27 地形造型尺寸和高程允许偏差

| 项 目          |         | 尺寸要求/测量要求                     | 允许偏差<br>cm |
|--------------|---------|-------------------------------|------------|
| 边界线位置        |         | 设计要求                          | ±50        |
| 等高线位置        |         | 设计要求                          | ±10        |
| 地形相对高程<br>cm | ≤100    | 施工完成 1 个月或经过 1 次 50 mm 以上的降水后 | ±5         |
|              | 101~200 |                               | ±10        |
|              | 201~300 |                               | ±15        |
|              | 301~500 |                               | ±20        |

8.2.5 片状绿化栽植区的施工测量，主要为栽植区边界线的放样测量。栽植区即为栽植场地清理区域时，栽植区边界线应直接采用场地清理边界线，除此情况之外的栽植区域边界线放样测量，应符合下列规定：

- 放样前，应按照设计和栽植要求，确定栽植区边界线的平面位置和高程的测设精度要求，并根据边界线形状特征、场地实际情况和栽植要求，以能清晰、准确地反映边界线位置的原则选定边界点和高程放样点。
- 边界点平面坐标放样方法和高程放样方法的选择，应结合控制网形式、现场地形条件和已有仪器设备按照本标准第 5.5 节要求以简单便捷的原则合理选择。
- 根据放样出的边界点完成边界线标定后，应随机抽取边界线上除放样点之外的任意点平面位置和高程进行测量检核，随机抽取点的数量和密度均不得小于放样点的数量和密度。
- 栽植区域边界线平面位置和高程放样无设计要求时，平面坐标放样中误差不宜大于 50 mm，高程放样中误差不宜大于 10 mm，平面位置偏差不应大于 100 mm，高程偏差不应大于 20 mm。

### 8.3 栽植穴、槽的挖掘施工测量

8.3.1 栽植穴、槽的挖掘施工测量应包括栽植穴、槽的中心和边线的放样和标定。

8.3.2 施工测量前，根据植物种类明确栽植穴、槽的规格。穴、槽应垂直下挖，上口下底应相等。栽植穴、槽的直径应大于土球或裸根苗根系展幅 40 cm~60 cm，穴深度应为穴径的 3/4~4/5。乔木、灌木、绿篱和竹类的栽植穴、槽规格应根据现行《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82）第 4.2 节和江苏省《园林绿化工程施工及验收规范》（DGJ32/TJ201）第 4.2 节相关要求确定。

8.3.3 栽植穴、槽的平面位置放样，根据设计对放样误差要求结合控制网形式、现场地形条件和已有仪器设备选择全站仪三维坐标法、单基站 RTK 测量法、网络 RTK 测量法或支距法。设计无要求时，穴、槽边线和中心放样中误差不应大于 50 mm。

8.3.4 放样时，根据设计图纸的栽植位置实地放样出栽植穴、槽中心桩后，应按照栽植穴、槽规格在地面上标明边线，并在中心桩上标明栽植穴、槽深度以及树种名称（或代号）、规格。放样栽植穴、槽中心桩遇有障碍物时，应与设计单位取得联系，进行适当调整。

8.3.5 采用钢卷尺或皮尺测量栽植穴、槽的深度以及上下口径，其测量中误差不宜大于 10 mm。

8.3.6 栽植穴、槽挖掘完成后，及时进行测量检核。

## 8.4 植物材料规格测量

8.4.1 植物材料规格测量应包括乔木灌木的土球直径与高度、胸径（乔木）、地径、高度、冠径；球类苗木冠径、高度；藤本主蔓长、主蔓径；棕榈类植物株高、地径；整型景观树的株高等植物规格测量。

8.4.2 植物材料的规格测量，应符合下列规定：

- a) 乔木灌木的土球直径测量时，采用钢卷尺或皮尺在两个相互垂直的方向各测量1次，然后取两个方向的均值作为土球直径测量结果；土球高度采用钢卷尺或皮尺测量土球底部至顶面之间的垂直距离，测量位置不应小于3处并且分布均匀，然后取均值作为土球高度。读数应精确至mm。
- b) 胸径测量时应保持胸径尺紧绕树干或游标卡尺紧贴树干并呈水平状态，读数应精确至mm。
- c) 采用卡尺、游标卡尺或胸径尺紧靠地表测量地径，测量时保持胸径尺紧绕树干并呈水平状态；在两个相互垂直的方向各测量1次，然后取两个方向的均值。读数应精确至mm。
- d) 乔木、灌木、球类苗木的高度测量采用钢卷尺或皮尺丈量露出地表的根茎部至树冠顶部之间的垂直距离，读数精确至cm。灌木高度测量应取每丛3个以上主枝高度的平均值作为高度值。
- e) 乔木、灌木、球类苗木的冠径测量应采用钢卷尺或皮尺丈量树（苗）木冠部在地面投影最大与最小直径的平均值，应分别测量冠部在地面投影最大与最小直径各1次，然后取均值作为冠径值，读数精确至cm。
- f) 采用钢卷尺、皮尺等直接丈量藤本主蔓长、主蔓径，读数精确至cm。
- g) 棕榈类植物株高度应采用钢卷尺或皮尺直接丈量地表到植株自然状态下最高点的垂直高度，读数精确至cm。
- h) 植物材料规格允许偏差和测量检验方法应符合本标准第8.1.6条规定。

## 8.5 植物的修剪、栽植与移植测量

8.5.1 植物的修剪、栽植与移植测量应包括苗木修剪测量、树木栽植施工测量、大树移植施工测量、草坪及草本地被栽植栽植施工测量、花卉栽植施工测量、水湿生植物栽植施工测量和竹类栽植施工测量等。

8.5.2 栽植穴、槽的位置放样和标定如树木栽植、大树移植栽植、花卉栽植和竹类栽植等的穴、槽的施工测量应根据设计要求和栽植形式结合树木品种要求按照本标准第8.3节执行。

8.5.3 植物材料规格的测量如苗木修剪后的规格测量、树木规格测量、大树规格测量和花苗规格测量等应按照本标准第8.4节执行。

8.5.4 苗木修剪测量应包括苗木修剪整形后乔木灌木的土球直径与高度、胸径（乔木）、地径、高度、冠径；球类苗木冠径、高度；藤本主蔓长、主蔓径；棕榈类植物株高、地径；整型景观树的株高等植物规格测量。

8.5.5 树木栽植施工测量包括树木规格测量和位置的放样标定。

8.5.6 大树移植施工测量包括大树规格测量、栽植穴的施工测量等。带土台移植时，应用钢卷尺或皮尺测量土台尺寸。

8.5.7 草坪及草本地被栽植施工测量，应符合下列规定：

- a) 草坪及草本地被栽植施工测量包括场地平整测量、草坪分栽植物的株行距测量、运动场草坪栽植中根系层施工测量。



- b) 场地平整应在草坪及草本地被栽植前完成，其测量要求按照本标准第 8.2.3 条执行。
- c) 草坪分栽植物的株行距可采用钢卷尺或皮尺进行放样，并在放样点上进行标定，放样中误差不应大于 50 mm。

8.5.8 运动场草坪栽植中根系层施工测量除应符合本标准第 8.5.7 条规定外，还应符合下列规定：

- a) 运动场草坪栽植根系层施工测量包括根系层相对高程放样、排水坡降放样、根系层平整度测量和根系层厚度测量。
- b) 根据设计图纸对相对高程、排水坡降、平整度的要求，以高程控制点为基准，采用高程放样方法在场地内放样出高程控制桩，并在高程控制桩上标记出高程位置，采用水准测量法或电磁波测距三角高程法进行高程放样。仪器宜架设于场地中间。场地较大时，先按照四等高程控制网精度建立高程控制网。施工完成后，及时测量检核。放样中误差不应大于 10 mm。
- c) 根系层厚度测量，采用挖样洞或环刀取样以钢卷尺进行测量，测量中误差不应大于 1 mm。
- d) 根系层相对高程、排水降坡、厚度和平整度允许偏差应符合本标准第 8.1.6 条规定。

8.5.9 花卉栽植施工测量包括花苗的规格测量、栽植放样等。

8.5.10 水湿生植物栽植施工测量，应符合下列规定：

- a) 水湿生植物栽植施工测量包括栽培水深测量和栽植槽土层厚度测量。
- b) 栽培水深测量采用钢卷尺或者测深杆进行测量，测量时在水面平静时进行，测量中误差不应大于 10 mm。
- c) 栽植槽土层根据设计要求，以栽植槽底为基准，用钢卷尺测量出泥面高度在栽植槽内壁上对应位置，并标定，测量中误差不应大于 10 mm。

8.5.11 竹类栽植施工测量包括竹类规格测量、栽植穴的挖掘施工测量等，其规格测量用钢卷尺或皮尺进行测量。

## 8.6 设施空间绿化施工测量

8.6.1 设施空间绿化施工测量包括栽植土层有效土层厚度测量、设施顶面植物栽植定位测量等。

8.6.2 栽植土层有效土层厚度测量按照本标准第 8.2.2 条执行。

8.6.3 设施顶面植物栽植定位测量应采用全站仪三维坐标法、单基站 RTK 测量法或网络 RTK 测量法。

## 8.7 坡面绿化施工测量

8.7.1 坡面绿化施工测量包括陡坡和路基的坡面绿化防护栽植层工程中的测量放样。

8.7.2 陡坡和路基的坡面绿化防护栽植层工程开始前，根据设计图纸、施工流程和施工工艺，按照相关规范要求建立施工控制网，控制网可采用独立平面坐标系和高程系统，平面坐标和高程放样宜用全站仪三维坐标法、单基站 RTK 测量法或网络 RTK 测量法。

8.7.3 高程放样可用水准测量方法或全站仪单向电磁波测距三角高程法。

8.7.4 平面坐标放样中误差不应大于 50 mm，高程放样中误差不应大于 10 mm。

## 8.8 重盐碱重黏土土壤改良施工测量

8.8.1 盐碱重黏土土壤改良施工测量应包括重盐碱、重黏土地的排盐（渗水）、隔淋（渗水）层工程的测量放样。

8.8.2 施工前，根据设计图纸和工程实际规模，按照四等精度要求建立平面和高程控制网。

8.8.3 施工前，根据设计图纸和工程实际以及偏差要求，准备放样数据。

8.8.4 施工时，根据控制网布设情况和设计要求，按照简单便捷的原则选择合理的平面坐标放样方法和高程放样方法，施工放样应符合下列规定：

- a) 采用全站仪三维坐标法、单基站 RTK 测量法或网络 RTK 测量法，在实地放样出排盐（渗水）管沟、隔淋（渗水）层开槽范围和高程控制桩，控制桩密度不应低于 10 个/1000m<sup>2</sup>，平面和高程放样误差均不应大于 10 mm。施工后，及时进行测量检核。
- b) 采用全站仪三维坐标法、单基站 RTK 测量法或网络 RTK 测量法，在实地放样出排盐（渗水）管、观察井的平面位置和高程控制桩，排盐（渗水）管控制桩密度不宜低于 5 个/200m。平面和高程放样中误差均不应大于 10 mm。施工后，应及时进行测量检核。
- c) 隔淋（渗水）层敷设厚度采用钢卷尺测量，测量中误差不应大于 10 mm。
- d) 排盐（渗水）、隔淋（渗水）层工程施工偏差应符合现行《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82）和江苏省《园林绿化工程施工及验收规范》（DGJ32/TJ201）的规定。

## 9 园林附属工程施工测量

### 9.1 一般规定

9.1.1 园林附属工程施工测量包括园路、广场工程，假山、叠石、置石工程，园林理水工程，园林建筑、桥梁与设施工程，园林设备工程等测量放样。

9.1.2 施工测量前充分熟悉工序流程，科学合理安排施工测量工作，按本标准第 5.4 节做好施工测量准备。

9.1.3 施工测量从控制点、加密控制点直接实施。需设置临时控制点时，精度应满足相应等级的精度要求，并与相邻控制点联测或检核。

9.1.4 对于相对精度要求高于施工控制网精度的特殊附属工程施工测量，应建立专用附属工程施工控制网。

9.1.5 附属工程施工测量角度观测仪器用不低于 2" 级的全站仪，距离测量采用钢卷尺或不低于 5 mm 级的电磁波测距仪器，高程测量采用不低于 DS3 级的水准仪或不低于测量放样精度要求的 GNSS 设备。

9.1.6 观测方法和技术要求应符合下列规定：

- a) 角度观测不应少于一测回，上下半测回允许误差应为  $\pm 24''$ ，测回值之间允许误差为  $\pm 12''$ 。
- b) 对于距离测量：用钢卷尺时，应往返丈量，量距相对误差不应大于 1/5 000；用电磁波测距仪时，可单向观测，两次读数。
- c) 对于高程测量：用五等以上水准测量引测施工水准点细部测设时，采用两个水准点作后视推求视线高，测量中误差不应大于 5 mm，当推求视线高满足要求时，取平均值作为视线高程；采用电磁波测距三角高程法、单基站 RTK 测量法、网络 RKT 测量法时，在细部测设前应在已知



控制点上进行高程复核，测量中误差不应大于 10 mm，若超差，重新设站或设置仪器，直至满足高程复核误差要求方可进行测试。

9.1.7 施工测量实施前，操作员应熟悉测量仪器的功能与参数，根据作业要求在现场正确设置。

9.1.8 应根据现场条件选择合理方便的施工测量方法，进行精度估算或精度验证。

9.1.9 各类附属工程施工测量偏差应满足现行《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82）和江苏省《园林绿化工程施工及验收规范》（DGJ32/TJ201）中的相应工程的偏差要求。

## 9.2 园路、广场工程施工测量

9.2.1 园路与广场工程施工测量应包括园路与广场基层、地面铺装和排水工程的测量放样。

9.2.2 施工前，按照二等控制网精度复测首级平面及高程控制网，如需加密控制网，则加密平面控制网等级不应低于四等，加密高程控制网等级不应低于三等。平面控制网的最弱点点位中误差不应大于 50 mm，高程控制网的最弱点高程中误差不应大于 5 mm。

9.2.3 园路与广场基层施工测量包括园路中线和边线、广场边界线、基层的厚度、平整度、宽度和高程等的放样和测量。

9.2.4 园路与广场铺装层施工测量包括表面平整度、相邻板块高差、宽度、横坡、缝格平直、接缝高低差、中线偏位、中线高程、缝隙宽度等的测量。

9.2.5 园路与广场基层施工测量，应符合下列规定：

- a) 园路施工采用先按横断面放样中桩和边线桩，横断面间距应大于 10m；广场施工采用方格网法，格网间距不应大于 10m。
- b) 根据设计图采用全站仪三维极坐标法放样出园路中桩和边线桩、广场方格网点高程控制桩，并在桩位上标注明确基层高程位置线，放样桩位时应使得基层宽度不小于设计要求，桩位平面坐标放样中误差不应大于 10 mm，高程放样点相对高程控制点的高差中误差不应大于 5 mm。
- c) 基层施工完成后，采用全站仪三维极坐标法、水准仪采用放样同等精度测量检核基层厚度、平整度、宽度、高程和坡度，施工偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。
- d) 基层测量检核合格后，以高程控制点为基准，根据设计图及偏差要求，用水准仪在所有桩位上放样出铺装层高程位置，相邻点高差相对中误差不应大于 1 mm。放样时，水准测量设站不应超过 3 次。
- e) 铺装层施工完成后，采用全站仪、水准仪、靠尺、钢尺等以放样同等精度对铺装层表面平整度、缝格平直、高差、间隙宽度、坡度、中线位置和高等等进行测量检核，偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。

9.2.6 园路、广场排水工程施工测量包括排水管的管道高程、坡度等的放样和测量。

9.2.7 园路、广场排水工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 根据设计图采用全站仪三维坐标法放样出管道底部中心的控制桩，并在控制桩上明确标记高程位置线，平面位置放样中误差不应大于 50 mm，高程放样中误差不应大于 5 mm。
- b) 施工完成后，采用与放样相同的方法对管道高程进行测量检核，偏差不应大于±10 mm。

## 9.3 园林理水工程施工测量

9.3.1 园林理水工程施工测量应包括水景水池工程、园林驳岸工程的测量放样。

9.3.2 水景水池工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 根据工程实际情况以简单便捷可靠的原则合理选择放样方法，无特殊要求时，平面位置放样中误差不应大于 50 mm，高程放样中误差不应大于 10 mm，平面偏差不应大于 100 mm，高程偏差不应大于 50 mm。
- b) 有预埋件时，根据设计图纸采用相对基准方法，以水景水池自身点或线作为基准，放样预埋件位置，位置相对中误差不应大于 10 mm。预埋施工完成后，采用相同方法对相对位置关系进行测量检核。

9.3.3 园林驳岸工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 驳岸施工测量放样宜采用全站仪三维坐标法，无设计要求时，平面位置放样中误差不应大于 10 mm，高程放样中误差不应大于 5 mm，平面位置偏差不应大于 20 mm，高程偏差不应大于 10 mm。
- b) 根据设计图纸逐点放样，点位测设要求应符合本标准表 25 中的规定。
- c) 块石驳岸石砌体的轴线位置及垂直度偏差应符合本标准第 9.1.9 条规定。
- d) 混凝土驳岸施工测量，应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB50204）的有关规定。

## 9.4 园林石景工程施工测量

9.4.1 园林石景工程施工测量应包括置石、叠石、假山工程造型施工的测量放样。

9.4.2 置石、叠石、假山工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 采用全站仪三维坐标法根据设计图纸逐层放样出设计等高线的转折点，并标定施工范围线。设计等高线转折点提取要求可参照本标准表 25 要求。平面位置放样中误差不应大于 50 mm，高程放样中误差不应大于 10 mm。无设计要求时，平面位置偏差不应大于 $\pm 100$  mm，高程偏差不应大于 $\pm 50$  mm。
- b) 无设计要求时，景石堆置和散置宜在现场直接标示出施工范围线。

9.4.3 工程施工完成后，宜采用与放样相同的方法进行测量检核。

## 9.5 园林建筑、桥梁与设施工程施工测量

9.5.1 园林建筑、桥梁与设施工程加密平面控制网等级不应低于三等，加密高程控制网不应低于三等，平面控制网最弱边长相对中误差不应大于 1/55 000，高程控制网最弱相邻点高差中误差不大于 6mm。

9.5.2 园林建筑工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 根据园林建筑设计图纸、结构材料、结构形式、结构复杂程度、施工现场实际情况和施工工艺等以简单便捷可靠的原则综合确定施工测量放样方法。
- b) 园林混凝土建筑工程施工放样，平面位置放样中误差不应大于 5 mm，高程放样中误差不应大于 3 mm。混凝土结构及构件尺寸偏差应符合本标准第 9.1.9 条规定。
- c) 园林钢结构建筑工程施工放样，平面位置放样中误差不应大于 2 mm，高程放样中误差不应大于 1 mm。钢结构构件安装偏差应符合本标准第 9.1.9 条规定。
- d) 园林木结构建筑工程施工放样，平面位置放样中误差不应大于 10 mm，高程放样中误差不应大于 5 mm，木结构构件安装偏差应符合本标准第 9.1.9 条规定。

### 9.5.3 园林桥梁工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 园林桥梁工程施工测量根据设计图纸、桥梁跨度、结构材料、结构形式、结构复杂程度、施工现场实际情况和施工工艺等以简单便捷可靠的原则综合确定施工测量放样方法。
- b) 园林桥梁施工测量放样精度因桥梁跨度、结构材料、结构形式而有所不同。桥梁施工放样精度，平面位置放样中误差不应大于 10 mm，高程放样中误差不应大于 5 mm。
- c) 不同材料、结构桥梁施工放样偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。

### 9.5.4 园林桥梁工程施工单项及整体完成后，采用与施工放样相同的测量方法进行测量检核。

### 9.5.5 园林设施安装工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 安装绝对位置无明确要求时，园林设施安装工程施工放样宜利用园林设施与园林构（筑）物之间的相对位置关系进行，放样位置相对误差不应大于 5 mm。
- b) 园林围栏等安装偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。

## 9.6 园林设备工程施工测量

### 9.6.1 园林设备工程施工测量应包括园林电气工程、园林给排水工程的建筑设施的测量放样。

### 9.6.2 园林电气工程施工测量，应符合下列规定：

- a) 园林电气工程中附属设施安装时，以园林建（构）筑物为基准，采用相对定位法进行施工放样。无设计要求时，放样相对位置中误差不应大于 10 mm，偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。
- b) 园林电气工程中大型、单体设施安装时，应综合考虑控制点分布情况和现场实际情况确定施工放样方法。无明确要求时，放样中误差不应大于 10 mm，偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。
- c) 施工完成后，采用与放样相同精度的方法进行测量检核。
- d) 园林给排水工程施工测量主要是给排水工程管道的平面坐标和高程放样，应符合下列规定：
- e) 根据设计图纸和现场情况，以简单便捷可靠的原则确定放样方法，管道平面位置放样中误差不应大于 50 mm，高程放样中误差不应大于 10 mm，偏差应满足本标准第 9.1.9 条要求。
- f) 施工完成后，采用与放样相同精度的测量方法进行测量检核。

## 10 竣工测量

### 10.1 一般规定

#### 10.1.1 园林绿化工程竣工测量主要内容包括绿化栽植工程、园林附属工程和园林绿化工程总体竣工测量工作。

#### 10.1.2 竣工测量应真实可靠地反映园林绿化工程中的各测量要素的位置和几何尺寸，为园林绿化工程质量检验评定及验收、工程维护等工作提供依据。

#### 10.1.3 竣工测量应采用与施工测量一致的平面和高程系统，并复测原有施工控制点和工作基点。当控制点发生变化时，应复测或重新建立，并使用新的控制测量成果。

#### 10.1.4 竣工测量可按下列方法实施：

- a) 对于隐蔽、水下部位，随着施工的进程，按竣工测量的要求进行测量，逐渐积累竣工资料。
- b) 对于其他的部位，可待分项工程完工后，进行一次性的竣工测量。

10.1.5 竣工测量宜采用与施工测量相同的方法；测量精度不应低于原施工放样的精度，与设计偏差不应大于2倍测量中误差。

10.1.6 检验批、分项工程、分部工程及单位工程完成后，应及时进行竣工测量和资料整编与归档。

## 10.2 绿化栽植工程

10.2.1 绿化栽植工程竣工测量项目应包括地形造型、栽植穴槽、植物材料、苗木修剪、树木栽植、大树栽植、草坪和草本地被播种、草坪和草本地被分栽、运动场草坪、花卉栽植、水湿生植物栽植槽、竹类栽植、设施顶面栽植工程、设施立面垂直绿化、坡面绿化防护栽植层工程、排盐（渗水）管沟隔淋（渗水）层开槽、排盐（渗水）管敷设、隔淋（渗水）层等。

10.2.2 绿化栽植前场地清理竣工测量应包括清理边界线测量、场地清理高程测量、清理土方测量等，应符合下列规定：

- a) 采用施工测量相同的测量方法和精度要求测量清理边界线。
- b) 场地清理高程和清理土方可依据施工测量或检测的原始记录获得。
- c)  $1000\text{ m}^2$  区域范围测量3处，不足 $1000\text{ m}^2$  区域范围测量不应少于1处。

10.2.3 栽植土回填及地形造型竣工测量应包括边界线位置、等高线位置、地形相对高程等测量内容，测量方法和精度要求与施工测量相同， $1000\text{ m}^2$  区域范围应测量3处，不足 $1000\text{ m}^2$  区域范围测量不应少于1处。

10.2.4 块状或面状栽植区域面积的测量，应符合下列规定：

- a) 根据区域地形坡度情况选择合理的测量方法和测点密度。
- b) 区域地表有坡度时，每个测点上都应进行平面坐标和高程的测量。
- c) 区域坡度  $5^\circ$  及以上时，区域面积为地表面积，不得以栽植区域在水平面上的投影面积即平面面积代替地表面积。

10.2.5 栽植穴、槽竣工测量应包括宽度、深度、中心位置等测量内容，测量方法和精度要求与施工测量相同，每100个种植穴应检查20个，少于20个种植穴应全数检查。

10.2.6 植物材料竣工测量应包括苗木规格的测量，可依据施工测量或检测的原始记录获得，并应符合下列规定：

- a) 每100株应检查10株，少于20株全数检查。
- b) 草坪、地被、花卉应按面积抽查10%，应为 $4\text{ m}^2$  范围为一处，应至少抽查5个处，面积小于 $30\text{ m}^2$  应全数抽查。

10.2.7 苗木修剪竣工测量应包括苗木修剪整形后的规格测量，可依据施工测量或检测的原始记录获得，100株应检查10株，少于20株的苗木应全数检查。

10.2.8 树木栽植竣工测量应包括树木规格测量和位置的测量，可依据施工测量或检测的原始记录获得，100株应检查10株，少于20株的树木应全数检查，成活率全数检查。

10.2.9 大树栽植竣工测量应包括大树规格测量、栽植穴的测量等，可依据施工测量或检测的原始记录获得，大树规格和位置应全数检查。

10.2.10 草坪和草本地被播种、分栽、运动场草坪竣工测量应包括场地平整测量、草坪分栽植物的株行距测量、运动场草坪栽植中根系层测量，选用施工测量同样的测量方法和精度要求施测， $500m^2$  区域范围应检查 3 处，不足  $500m^2$  区域范围检查不少于 2 处，每处面积为  $4m^2$ ，不足 2 处时应全部测量。

10.2.11 花卉栽植竣工测量应包括花苗规格、栽植位置测量，选用施工测量同样的测量方法施测，并依据施工测量或检测的原始记录获得， $500m^2$  区域范围应检查 3 处，每处面积为  $4m^2$ ，不足  $500m^2$  区域范围检查不少于 2 处。

10.2.12 水湿生植物栽植槽竣工测量应包括栽培水深测量和栽植槽土层厚度测量，选用施工测量同样的测量方法和精度要求施测， $100m^2$  区域范围应检查 3 处，不足  $100m^2$  区域范围检查不少于 2 处。

10.2.13 竹类栽植竣工测量应包括竹类规格测量、栽植穴的挖掘测量，可依据施工测量或检测的原始记录获得，100 株应检查 10 株，不足 20 株应全数检查。

10.2.14 设施顶面栽植工程、设施立面垂直绿化竣工测量应包括栽植土层有效土层厚度测量、设施顶面植物栽植位置测量，选用施工测量同样的测量方法和精度要求施测，并依据施工测量或检测的原始记录获得， $100m^2$  区域范围应检查 3 处，不足  $100m^2$  区域范围检查不应少于 2 处。

10.2.15 坡面绿化防护栽植层工程竣工测量应包括陡坡和路基的坡面绿化防护栽植层工程的测量，宜选用施工测量同样的测量方法和精度要求施测， $500m^2$  区域范围应检查 3 处，每处面积为  $4m^2$ ，不足  $500m^2$  区域范围检查不应少于 2 处。

10.2.16 排盐（渗水）管沟隔淋（渗水）层开槽、排盐（渗水）管敷设和隔淋（渗水）层的竣工测量，可选用施工测量同样的测量方法和精度要求施测，亦可依据施工测量或检测的原始记录获得， $1000m^2$  区域范围应检查 3 处，不足  $1000m^2$  区域范围检查不应少于 2 处。

### 10.3 园林附属工程

10.3.1 园林附属工程竣工测量项目应包括基层铺装，面层铺装，园路、场地的排水，水池池体和管道施工，水景设施管道敷设，驳岸，置石、叠石、假山工程，园林建筑、桥梁与设施工程，园林设备工程等。

10.3.2 对于竣工时无法进行测量的内容，可由施工测量或检测的原始记录获得；可进行直接测量的，应选用施工测量同样的测量方法和精度要求施测。

10.3.3 基层铺装的竣工测量应包括高程、坡度、厚度等测量， $1000m^2$  区域范围应检查 3 处，不足  $1000m^2$  区域范围检查不少于 1 处。

10.3.4 面层铺装的竣工测量应包括表面平整度、相邻板块高差、宽度、横坡、缝格平直、接缝高低差、中线偏位、中线高程、缝隙宽度等的测量， $200m^2$  区域范围应检查 3 处，不足  $200m^2$  区域范围检查不少于 1 处。

10.3.5 园路、场地的排水的竣工测量应包括排水管的管道高程、坡度的测量，100 延米应检查 3 处，不足 100 延米检查不少于 1 处。

10.3.6 水池池体和管道施工、水景设施管道敷设的竣工测量，50 延米应检查 3 处，不足 50 延米检查不少于 2 处。

10.3.7 驳岸的竣工测量，100 延米应检查 3 处，不足 100 延米检查不少于 2 处。



10.3.8 置石、叠石、假山工程的竣工测量应包括造型测量，以一座假山为一检验批，或以每 20 延米长为一检验批，全数检查。

10.3.9 园林建筑、桥梁与设施工程的竣工测量应包括园林建筑工程、桥梁工程和设施工程的测量，应全数检查。

10.3.10 园林设备工程的竣工测量应包括园林电气工程、园林给排水工程的测量，50 延米应检查 3 处，不足 50 延米检查不少于 2 处。

## 10.4 资料整编

10.4.1 竣工测量的资料整编工作应结合工程建设部门的相关规定，建立资料整编的管理办法。

10.4.2 资料整编应符合下列规定：

- a) 竣工测量图表资料，应与设计平面布置图相对应，图表应参照建设部门的统一规格，并附必要的文字说明。
- b) 隐蔽部位和主要构筑物形体的交工资料，应提供记录三维坐标的数据文件。
- c) 根据竣工验收的需要，应将相关资料整编成数据文件、图形文件和数据比较文件。
- d) 整编后的交工资料应进行会签。

10.4.3 提交的竣工测量归档材料应包括下列资料：

- a) 园林绿化工程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) 绿化工程实测值及与设计值比较表；
- d) 园林附属工程实测值及与设计值比较表；
- e) 各阶段、各项目的施工测量技术方案、测量放样单、验收成果表和技术总结；
- f) 测量仪器的计量检定证书和测量人员资质证书资料；
- g) 园林绿化工程施工竣工总平面图等；
- h) 园林绿化工程施工测量技术总结报告。

## 11 资料管理

### 11.1 一般规定

11.1.1 测量资料管理应符合国家及行业的相关政策、法规、标准及规定等，保证资料的真实性、完整性、系统性和科学性。

11.1.2 测量资料管理工作应包括资料登记、移交、保存、检索等管理过程。

11.1.3 测量资料按资料管理形式、内容、程序进行分类管理。

11.1.4 测量资料应包括下列内容：

- a) 原始观测手簿；
- b) GNSS、电子水准仪、全站仪等原始电子观测数据；
- c) 测量技术方案；
- d) 测量技术总结、计算书和成果报告；

- e) 施工过程相关检验资料;
- f) 施工单位测量管理手册;
- g) 其他测量相关技术文件。

11.1.5 测量资料管理应至少配备一名具有测量专业知识的测绘人员负责,并进行相关测量技术的管理培训,包括测量资料的保管、统计、编目、检索等相关管理工作。

11.1.6 测量资料保管应设立专用资料档案室,并采取有效的安全防护措施。重要档案应进行异地备份保管。

11.1.7 园林绿化工程施工过程中,施工测量管理部门应先制定资料建档制度,并按要求建档。

## 11.2 资料整理与归档

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,纸质与电子文件资料应同时收集与整理。

11.2.2 测量资料应以文件形式提交或保存。测量资料应辅以表格、图片,并加以说明,失效的成果也应作出说明。

11.2.3 应保证归档原始测量资料的真实性、完整性及系统性,应符合下列规定:

- a) 原始观测手簿信息应填写完整、字迹清楚。
- b) 测量技术方案或技术设计书、测量技术报告、专题研究报告、施工过程相关检验资料及其他测量相关技术文件等归档管理工作,应与测量工作同步生成、收集与整理。
- c) 原始观测手簿、原始电子数据可直接归档;其他测量资料的归档份数不宜少于2份,应包括原件和副本,且每份原件、副本中应标明副本总份数及副本编号。
- d) 测量成果资料归档后变更补充相关内容时,应详细说明变更原因及具体内容。变更后的文档资料应注明变更原因、变更内容、变更日期,且由变更人和审批人共同签字确认。档案管理员应检查资料变更情况,并在案卷备考表中予以说明。

11.2.4 测量归档资料的储存和保管应符合下列规定:

- a) 纸质文件资料储存环境应满足防火、防盗、防渍、防有害生物、温湿度控制等条件,防止文件损坏、变质和丢失。
- b) 电子资料可采用移动硬盘、光盘等介质存储;原始观测电子数据应刻录光盘保存拷贝件。电子介质存储的数据资料应有安全防护和备份,防止未经授权的复制或修改。
- c) 涉密测量成果资料应配备专用计算机存储,并指定专人管理。
- d) 存有涉密测量成果的计算机应实行物理隔离,避免在没有加密措施的网络之间传输;应定期更换安全口令,并进行保密技术检查。
- e) 存有涉密数据的计算机硬盘或其他存储介质应采取切实有效的安全措施,防止被盗和丢失;确需更换或报废的,应进行登记、封存,或按规定销毁。

## 11.3 资料管理程序

11.3.1 测量资料管理应建立识别、收集、检索、存档、借阅、维护等过程质量控制程序。

11.3.2 测量资料档案管理员应及时建立资料台账,包括档案种类及数量、保存状态、借阅情况等。

11.3.3 施工单位间往来的测量技术文件,应有系统的文件编号、规范的发文稿纸,拟稿、核稿、签发等手续必须完整齐全;应建立收发文电子台账,方便收发文件的整理与查询。



#### 11.3.4 资料文件应编号唯一，并应符合下列规定：

- a) 资料文件编号宜由机构代码、分类代码、顺序号、年代号组合构成。
- b) 文件分类代码可根据工程实际情况进行确定，可分为以下文件类型：
  - 1) 原始观测资料文件，包括测量、放样、检验等观测数据；纸质文件与电子文件编码时应进行区分。
  - 2) 测量技术成果资料文件，包括技术方案、技术设计书、测量成果、技术总结报告、成果验收资料等。
  - 3) 测量管理程序文件，包括施工测量管理规定、测量仪器及软件管理规定、资料档案管理规定、涉密测量成果管理规定、质量管理办法、安全生产管理办法等。
  - 4) 测量质量手册，包括测量过程质量管理标准、测量成果验收标准等。
  - 5) 其他文件，为以上四类文件以外的测量相关文件资料。

#### 11.3.5 测量资料档案借阅应符合下列规定：

- a) 应建立测量资料档案借阅登记制度。
- b) 测量资料档案应按规定的查询范围提供利用。
- c) 涉及摘录、复制资料内容时应获得授权，并记录备案采集内容简况。
- d) 测量资料档案利用者应妥善保管借阅的资料文件；未经许可不应转借、拆散、加注、涂改、污损等；不应向无关人员泄露档案内容。
- e) 受控文件发放时应注明受控情况或加盖受控印章，防止复印件的流转造成文件失控；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；分发号码标记在文件上，发放文件时应登记签名。
- f) 借阅人员归还档案时，档案管理员应检查档案数量、文件编号与借阅记录内容是否一致，并检查案卷完整性。

#### 11.3.6 测量成果资料保密管理，应符合下列规定：

- a) 测量成果资料保密管理，应符合国家有关涉密资料法律法规、测绘成果管理规定等相关规定。
- b) 测量成果资料的保密等级、可借阅利用的范围等内容，应由主管单位作出明确规定。
- c) 申请利用涉密测量成果资料的单位，应提交测量成果使用申请，并加盖所在单位公章，经主管单位审批并签订保密协议后，方可按规定借阅。

附 录 A  
(规范性附录)  
常用放样方法的精度估算公式

### A.1 平面放样方法

#### A.1.1 量距极坐标法 (图A.1)

$$M_p^2 = m_x^2 + m_y^2 \dots\dots\dots (A.1)$$

$$m_x = \pm \sqrt{m_c^2 + m_b^2 \cos^2 \beta + \left(\frac{m_\beta}{\rho} \cdot b\right)^2 \sin^2 \beta} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$m_y = \pm \sqrt{m_b^2 \sin^2 \beta + \left(\frac{m_\beta}{\rho} \cdot b\right)^2 \cos^2 \beta} \dots\dots\dots (A.3)$$

将式 (A.2)、(A.3) 代入式 (A.1) 即为直角坐标的精度估算公式:

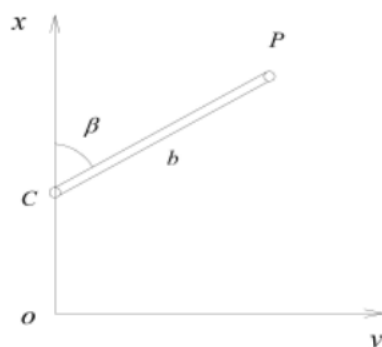
$$M_p = \pm \sqrt{m_b^2 + m_c^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho} \cdot b\right)^2} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$m_c$ 、 $m_b$ ——量边中误差;

$b$ ——量边长度;

$m_\beta$ ——测角中误差。



图A.1 量距极坐标法

#### A.1.2 光电测距极坐标法 (图A.2)

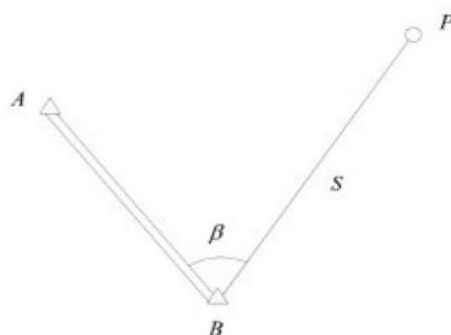
$$M_P = \pm \sqrt{m_S^2 \cos^2 \alpha + \left(\frac{S \cdot m_\beta}{\rho}\right)^2} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

$S$ ——斜边长;

$\alpha$ ——垂直角;

$m_S$ ——测距中误差。



图A.2 光电测距极坐标法

### A.1.3 轴线交会法 (图A.3)

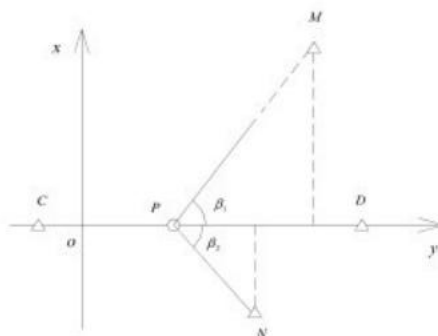
$$M_{yP} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} S_{mP} \cdot \csc \beta \cdot \frac{m_\beta}{\rho} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$M_{yP}$ ——交会点  $P$  沿  $y$  轴方向的误差;

$S_{mP}$ —— $M$ 、 $N$  点至  $P$  点的平均距离;

$\beta$ ——为夹角  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  的平均值。



图A.3 轴线交会法

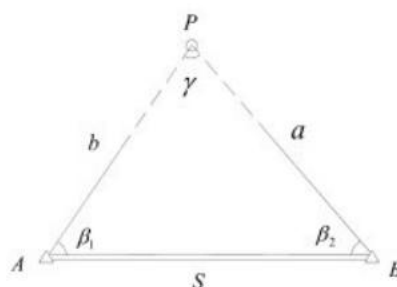
## A.1.4 两点角度前方交会 (图A.4)

$$M_P = \pm \frac{m_\beta}{\rho} S \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^2 \gamma}} = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{\sin \gamma} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

$S$ ——基线长度;

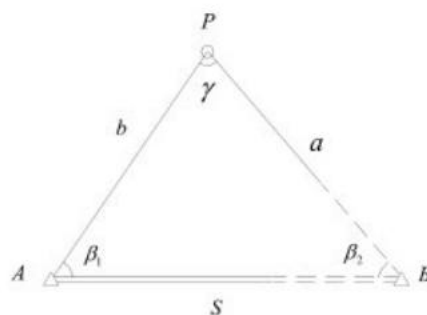
$a$ 、 $b$ ——交会边边长。



图A.4 两点角度前方交会法

## A.1.5 测角侧方交会法 (图A.5)

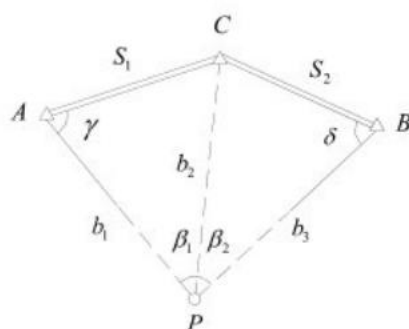
$$M_P = \pm \frac{m_\beta}{\rho} S \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \gamma}{\sin^2 \beta_2}} = \pm \frac{m_\beta}{\rho} \frac{\sqrt{a^2 + S^2}}{\sin \gamma} \dots\dots\dots (A.8)$$



图A.5 测角侧方交会法

## A.1.6 测角后方交会法 (图A.6)

$$M_P = \pm \frac{m_\beta b_2}{\rho \sin(\gamma + \beta_1 + \beta_2)} \sqrt{\frac{b_1^2}{S_1^2} + \frac{b_3^2}{S_2^2}} \dots\dots\dots (A.9)$$



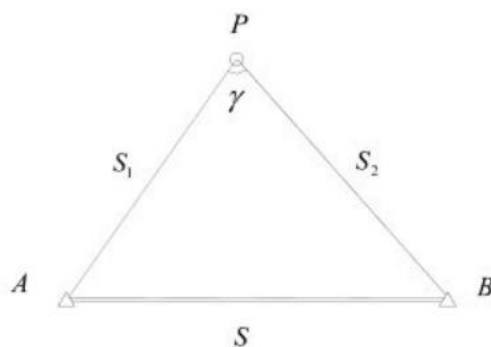
图A.6 测角后方交会法

## A.1.7 测边交会法 (图A.7)

$$M_P = \pm \frac{\sqrt{2}m_S}{\sin \gamma} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

$m_S$ ——边长丈量中误差。

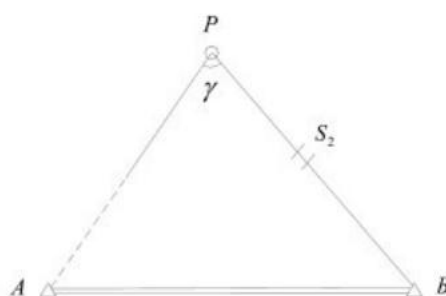


图A.7 测边交会法

## A.1.8 边角交会法

## a) 边角交会法之一 (图 A.8)

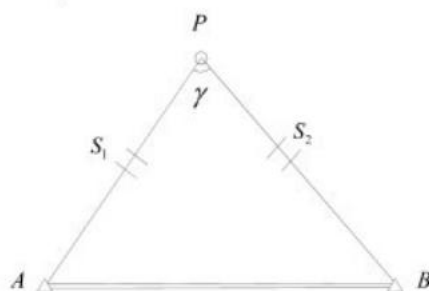
$$M_P = \pm m_S \sqrt{\frac{S_2^2 + 2K - 2K \cos \gamma}{K(1 - \cos \gamma)^2}} \dots\dots\dots (A.11)$$



图A.8 边角交会法之一

b) 边角交会法之二 (图 A.9)

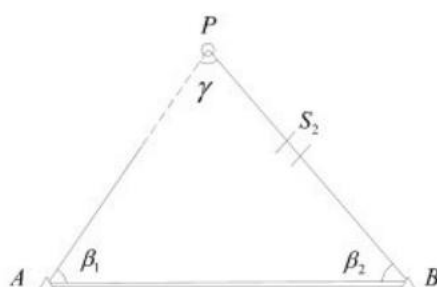
$$M_P = \pm m_S \sqrt{\frac{2S^2 + 2K - 2K \cos \gamma}{S^2 \sin^2 \gamma + 2K(1 - \cos \gamma)^2}} \dots\dots\dots (A.12)$$



图A.9 边角交会法之二

c) 边角交会法之三 (图 A.10)

$$M_P = \pm m_S \sqrt{\frac{S^2 + 2KS^2}{KS^2 \cos \gamma^2 + KS^2 + K^2 \sin^2 \gamma}} \dots\dots\dots (A.13)$$



图A.10 边角交会法之三

d) 边角交会法之四 (图 A.11)

$$M_P = \pm m_S \sqrt{\frac{S^2 + 2KS^2}{S^2 \sin^2 \gamma + 2KS^2(1 + \cos \gamma)^2 + K^2 \sin^2 \gamma}} \dots\dots\dots (A.14)$$

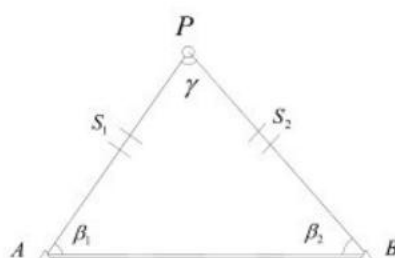
在下列图形中，均设  $S_1 = S_2$ 。

$$K = m_s^2 \cdot \rho^2 / m_\beta^2 \dots\dots\dots (A.15)$$

式中：

$m_s$ ——测边中误差；

$m_\beta$ ——测角中误差。



图A.11 边角交会法之四

#### A.1.9 全站仪三维坐标法（图A.12）

$$M_X^2 = M_D^2 \cdot \sin^2 Z \cdot \cos^2 \alpha + D^2 \cdot \cos^2 Z \cdot \cos^2 \alpha \cdot M_Z^2 / \rho^2 + D^2 \cdot \sin^2 Z \cdot \sin^2 \alpha \cdot M_\alpha^2 / \rho^2 \dots\dots\dots (A.16)$$

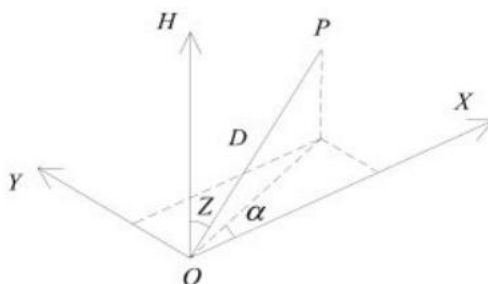
$$M_Y^2 = M_D^2 \cdot \sin^2 Z \cdot \sin^2 \alpha + D^2 \cdot \cos^2 Z \cdot \sin^2 \alpha \cdot M_Z^2 / \rho^2 + D^2 \cdot \sin^2 Z \cdot \cos^2 \alpha \cdot M_\alpha^2 / \rho^2 \dots\dots\dots (A.17)$$

$$M_H^2 = M_D^2 \cdot \cos^2 Z + D^2 \cdot \sin^2 Z \cdot M_Z^2 / \rho^2 \dots\dots\dots (A.18)$$

式中：

$D$ 、 $Z$ 、 $\alpha$ ——斜距、天顶距、方位角；

$M_D$ 、 $M_Z$ 、 $M_\alpha$ ——斜距、天顶距、方位角的中误差。



图A.12 全站仪三维坐标法



## A.2 高程放样方法

### A.2.1 电磁波测距单向观测三角高程（图A.13）

a) 电磁波测距单向观测三角高程计算公式：

$$h_{AB} = S_{AB} \sin \alpha_{AB} - S_{AB} \cos \alpha_{AB} \cdot K_A \cdot \frac{D}{2R_A} + i_A - v_B + \frac{D^2}{2R_A} \dots\dots\dots (A.19)$$

式中：

$S_{AB}$ ——A、B两点之间的斜距；

$D$ ——A、B两点之间的平距；

$\alpha_{AB}$ ——有垂直折光影响的竖直角；

$K_A$ ——A点处在观测方向上的垂直折光角；

$i_A$ 、 $v_B$ ——分别为仪器高和目标高；

$R_A$ ——A点处地球曲率半径。

b) 电磁波测距单向观测三角高程精度估算公式：

$$m_h = \pm [m_s^2 \sin^2 \alpha + (\frac{S^2 \cos^2 \alpha m_a^2}{\rho^2}) + (\frac{D^2}{2R})^2 m_k^2 + m_i^2 + m_v^2]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (A.20)$$

式中：

$m_s$ ——解析边边长、光电测距边边长中误差；

$S$ ——解析边边长、光电测距边长（斜距）；

$\alpha$ ——垂直角；

$m_k$ ——大气折光系数测量误差；

$m_i$ 、 $m_v$ ——仪器高和觇标高测定误差；

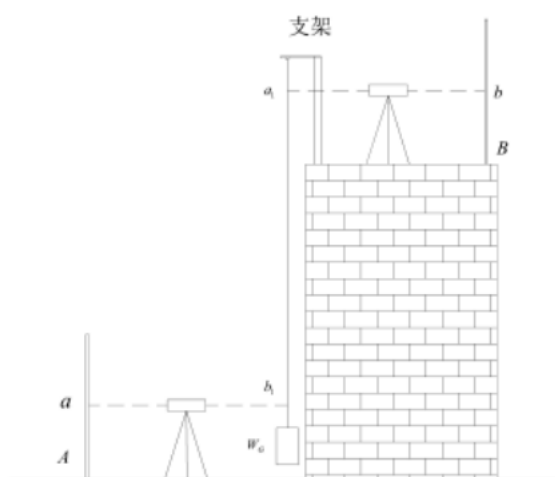
$R$ ——地球曲率半径。



附 录 B  
(规范性附录)  
悬挂钢尺传高法

### B.1 悬挂钢尺传高法

在高空支架悬挂一根检定过的钢尺（钢尺零点位置在下方），利用水准仪测定水准标尺和悬挂钢尺上的读数，确定地面点和高处的高差，从而将地面点高程传递到高处（如图 B.1 所示）。



图B.1 悬挂钢尺传高法

### B.2 钢尺精密传递高程计算公式（由钢尺读数由下往上增加）：

$$H_B = H_A + (a - b) + (a_1 - b_1) + \Delta l_t + \Delta l_0 + \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 \dots (B.1)$$

$$\Delta l_t = (t - t_0) \cdot \alpha \cdot L \dots (B.2)$$

$$\Delta l_1 = \frac{\gamma L^2}{2E} \dots (B.3)$$

$$\Delta l_2 = \frac{L(Q - Q_0)}{FE} \dots (B.4)$$

$$\Delta l_3 = \frac{W^2 L^3}{24 Q_0^2} \dots (B.5)$$

$$L = a_1 - b_1 \dots (B.6)$$

式中：

$H_A$ ——已知点高程；

$H_B$ ——待求点高程；

$b$ ——高处水准仪对B标尺的读数；

$a$ ——低处水准仪对A标尺的读数；

$a_1$ ——高处水准仪对钢尺的读数；

$b_1$ ——低处水准仪对钢尺的读数；

$\Delta l_t$ ——温度改正数；

$\Delta l_0$ ——尺长改正数；

$\Delta l_1$ ——钢尺自重伸长改正数；

$\Delta l_2$ ——钢尺加重伸长改正数；

$\Delta l_3$ ——垂曲改正数（钢尺检验为悬链状态）；

$t_0$ ——检定钢尺时的温度；

$t$ ——传递高程时的平均温度；

$\gamma$ ——钢的比重（ $7.8 \text{ g/cm}^3$ ）；

$E$ ——钢的弹性模量（ $2 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$ ）；

$F$ ——钢尺的横截面积；

$Q$ ——传递高程时钢尺下端挂锤重量；

$Q_0$ ——钢尺检验时的拉力；

$W$ ——钢尺每米重量；

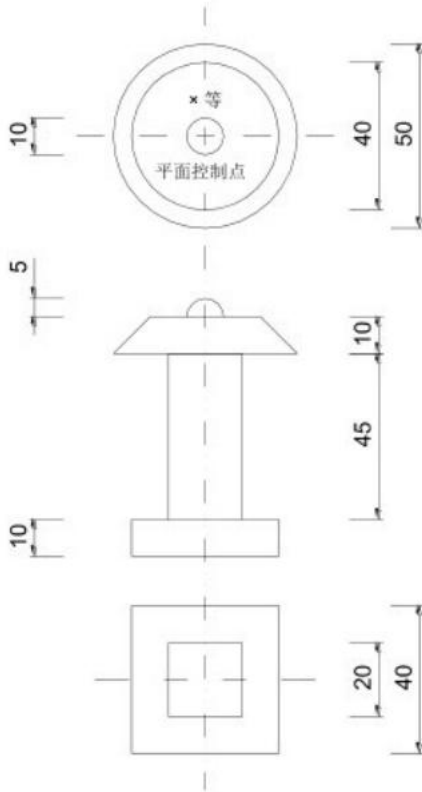
$\alpha$ ——钢尺的膨胀系数。

附录 C  
(规范性附录)  
平面控制点标志及标石的埋设规格

C.1 平面控制点标志

C.1.1 二、三、四等平面控制点标志可采用金属材料制作，其规格如图C.1所示。

C.1.2 一、二级平面控制点及三级导线点等平面控制点标志可采用 $\varnothing 14\sim\varnothing 20$  mm、长度为30~40 cm的普通钢筋制作，钢筋顶端应锯“十”字标记，距底端约5 cm处应弯成勾状。



图C.1 金属标志图（单位：mm）

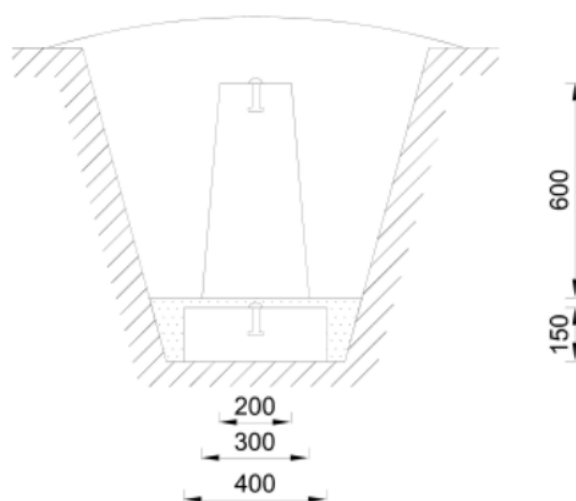
C.2 平面控制点标识埋设

C.2.1 二、三等平面控制点标石规格及埋设结构图，如图C.2所示，柱石与盘石间应放1~2 cm厚粗砂，两层标石中心的最大偏差不应超过3 mm。

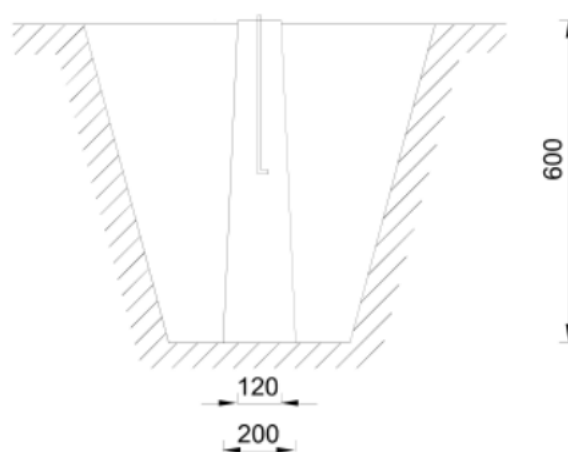
C.2.2 四等平面控制点可不埋盘石，柱石高度应适当加大。

C.2.3 一、二级平面控制点标石规格及埋设结构图，如图C.3所示。

C.2.4 三级导线点的标石规格及埋设，可参照图C.3略缩小或自行设计。



图C.2 二、三等平面控制点标石埋设图（单位：mm）



图C.3 二、三等平面控制点标石埋设图（单位：mm）

附 录 D  
(规范性附录)

方向观测法度盘和测微器位置变换计算公式

D.1 光学经纬仪、编码式测角法和增量式测角法全站仪（或电子经纬仪）在进行方向法多测回观测时，应配置度盘。

D.2 采用动态式测角系统的全站仪或电子经纬仪不必进行度盘配置。

D.3 度盘和测微器位置变换计算公式：

$$\sigma=\frac{180^{\circ}}{m}(j-1)+i(j-1)+\frac{\omega}{m}\left(j-\frac{1}{2}\right) \cdots \cdots \cdots(D.1)$$

式中：

$\sigma$ ——度盘和测微器位置变换值（°′″）；

$m$ ——测回数；

$j$ ——测绘序号（ $j=1,2,\cdots,m$ ）；

$i$ ——度盘最小间隔分划值（光学经纬仪的1″级为4′，2″级为10′）；

$\omega$ ——测微盘分格数（值）（光学经纬仪的1″级为60格；2″级为600″）。

D.4 根据公式（D.1），1″级光学经纬仪方向观测法度盘配置，应符合表D.1 的规定；2″级光学经纬仪方向观测法度盘配置，应符合表D.2 的规定。

表D.1 1″级光学经纬仪方向观测度盘配置表

| 测回数 | 测回序号       |            |            |            |
|-----|------------|------------|------------|------------|
|     | 12         | 9          | 6          | 4          |
| 1   | 00°00′05″  | 00°00′07″  | 00°00′10″  | 00°00′15″  |
| 2   | 15°04′15″  | 20°04′20″  | 30°04′30″  | 45°04′45″  |
| 3   | 30°08′25″  | 40°08′33″  | 60°08′50″  | 90°09′15″  |
| 4   | 45°12′35″  | 60°12′47″  | 90°13′10″  | 135°13′45″ |
| 5   | 60°16′45″  | 80°17′00″  | 120°17′30″ | -          |
| 6   | 75°20′55″  | 100°21′13″ | 150°21′50″ | -          |
| 7   | 90°25′15″  | 120°25′27″ | -          | -          |
| 8   | 105°29′15″ | 140°29′40″ | -          | -          |
| 9   | 120°33′25″ | 160°33′53″ | -          | -          |
| 10  | 135°37′35″ | -          | -          | -          |
| 11  | 150°41′45″ | -          | -          | -          |
| 12  | 165°45′55″ | -          | -          | -          |

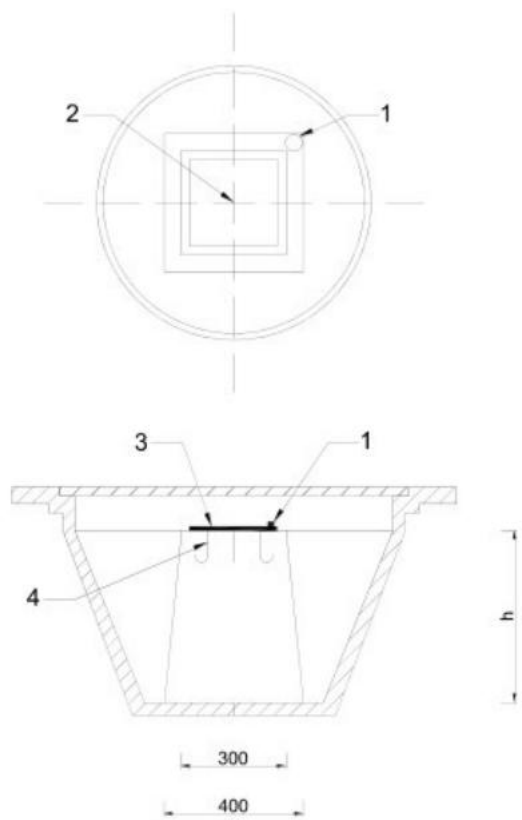
表D.2 2"级光学经纬仪方向观测度盘配置表

| 测回数 | 测回序号       |            |            |           |
|-----|------------|------------|------------|-----------|
|     | 9          | 6          | 3          | 2         |
| 1   | 00°00'33"  | 00°00'50"  | 00°01'40"  | 00°02'30" |
| 2   | 20°11'40"  | 30°12'30"  | 60°15'30"  | 90°17'30" |
| 3   | 40°22'47"  | 60°24'10"  | 120°28'20" | -         |
| 4   | 60°33'53"  | 90°35'50"  | -          | -         |
| 5   | 80°45'00"  | 120°47'30" | -          | -         |
| 6   | 100°56'07" | 150°59'10" | -          | -         |
| 7   | 120°07'13" | -          | -          | -         |
| 8   | 140°18'20" | -          | -          | -         |
| 9   | 160°29'27" | -          | -          | -         |
| 10  | -          | -          | -          | -         |
| 11  | -          | -          | -          | -         |
| 12  | -          | -          | -          | -         |



附 录 E  
(规范性附录)  
建筑方格网点标石规格及埋设

E.1 建筑方格网点标石形式、规格及埋设应符合图E.1 的规定，标石顶面宜低于地面 20~40 cm，并砌筑井筒加盖保护。



图E.1 建筑方格网点标志规格、形式及埋设图（单位：mm）

标引序号说明：

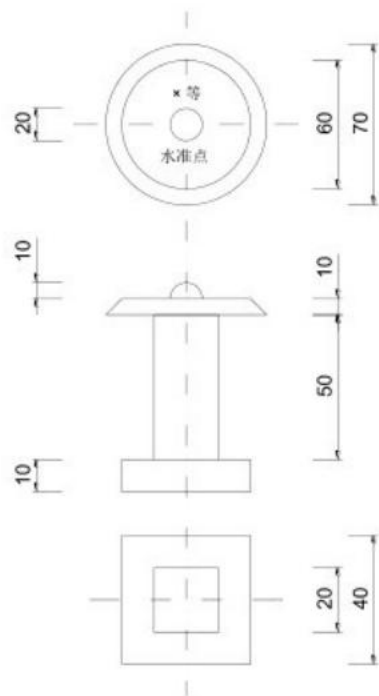
- 1— $\Phi 20$  mm铜质半圆球高程标志；
- 2— $\Phi 1 \sim \Phi 2$  mm铜芯平面标志；
- 3— $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 标志钢板；
- 4—钢筋爪；
- h—为埋设深度，根据场地平整的设计高程确定。

E.2 方格网点平面标志采用镶嵌铜芯表示，铜芯直径应为 1~2 mm。

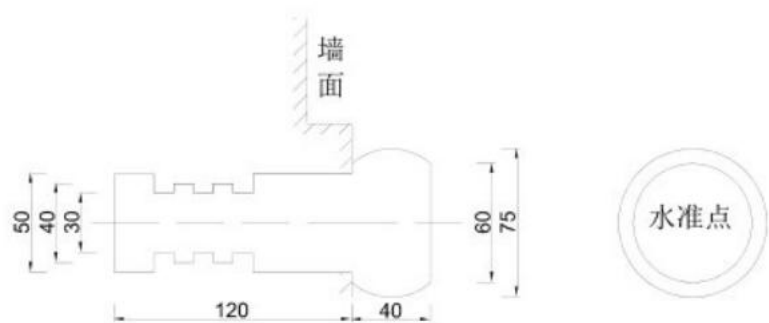
附录 F  
(规范性附录)  
高程控制点标志及标石的埋设规格

F.1 高程控制点标志

- F.1.1 二、三、四等水准点标志可采用金属材料制作，其规格如图F.1所示。
- F.1.2 三、四等水准点及四等以下高程控制点也可利用平面控制点点位标志。
- F.1.3 墙脚水准点标志制作和埋设规格结构图，如图F.2所示。



图F.1 金属标志图（单位：mm）

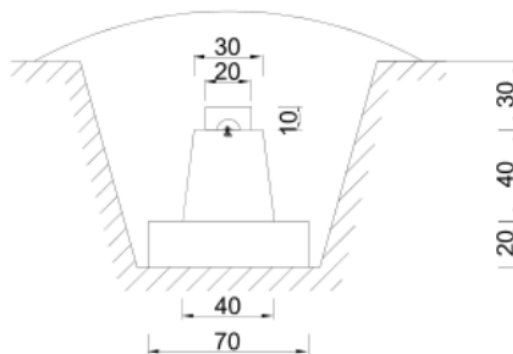


图F.2 墙脚水准点标志图（单位：mm）

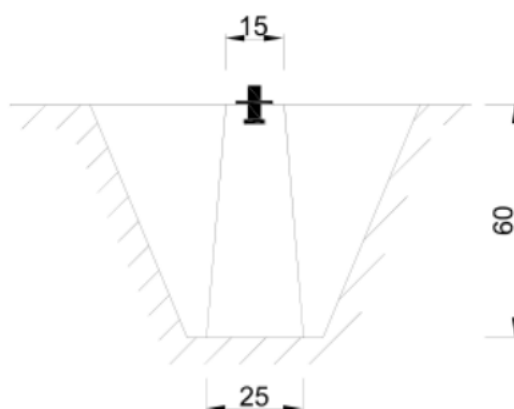
F.2 水准点标石埋设

F.2.1 二、三等水准点标石规格及埋设结构，如图F.3所示。

F.2.2 四等水准点标石的埋设规格结构，如图F.4所示。



图F.3 二、三等水准点标石埋设图（单位：cm）

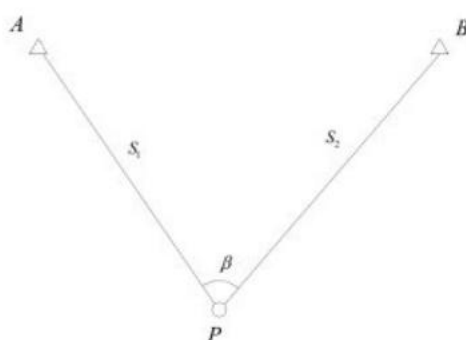


图F.4 四等水准点标石埋设图（单位：cm）

附 录 G  
(规范性附录)  
自由设站法测量

### G.1 自由设站法

G.1.1 自由设站法在需要的位置上设站后，应观测测站点到两个或两个以上控制点的水平距离和水平角度，如图G.1所示。



图G.1 自由设站法示意图

G.1.2 自由设站法应根据方向或角度观测值和距离观测值建立方向（角度）误差方程式与边长误差方程式，并按最小二乘原理计算设站点的平面坐标。

G.1.3 自由设站法在仪器高和各照准点棱镜高测定后，应在设站点测量到各照准点的距离和垂直角，并根据各照准点的高程计算设站点的高程。

G.1.4 自由设站法的测量步骤应符合下列规定：

- a) 选定测站位置架设全站仪，对中整平后确定多个后视照准方向及数据，量取仪器高和目标高。
- b) 输入测站的点名、坐标和高程等已知数据和仪器高。
- c) 输入照准点的点名、坐标和高程等已知数据和棱镜高。
- d) 逐点瞄准后视方向观测水平方向、竖直方向和距离。
- e) 计算并查看测站点的三维坐标、定向值及坐标的标准偏差。
- f) 调用放样数据，进行三维坐标放样。

### G.2 自由设站法的数据处理

G.2.1 自由设站法的平面坐标计算应按下列间接平差模型计算：

$$V = A\hat{x} - L \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\rho'' \sin \alpha_{PB}^0}{S_{PB}^0} - \frac{\rho'' \sin \alpha_{PA}^0}{S_{PA}^0} & -(\frac{\rho'' \cos \alpha_{PB}^0}{S_{PB}^0} - \frac{\rho'' \cos \alpha_{PA}^0}{S_{PA}^0}) \\ -\cos \alpha_{PA}^0 & -\sin \alpha_{PA}^0 \\ -\cos \alpha_{PB}^0 & -\sin \alpha_{PB}^0 \end{bmatrix};$$

$$\hat{x} = [\hat{x}_p \quad \hat{y}_p]^T;$$

$$L = [\beta - \beta^0 \quad S_1 - S_1^0 \quad S_2 - S_2^0]^T。$$

G.2.2 自由设站法的点位精度计算应符合下列规定：

a) 距离观测中误差应按下列式计算：

$$\sigma_s = \sqrt{a^2 + (b \cdot S)^2} \dots\dots\dots (G.2)$$

式中：

$S$ ——距离观测值，单位为千米（km）；

$a$ ——测距固定误差，单位为毫米（mm）；

$b$ ——测距比例误差。

b) 角度和距离的权应按下列式计算：

$$P = \frac{\sigma_\beta^2}{\sigma_s^2} \dots\dots\dots (G.3)$$

式中：

$\sigma_\beta$ ——角度观测中误差，单位为秒（"）。

c) 未知参数的估值应按下列式计算：

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P L \dots\dots\dots (G.4)$$

d) 坐标协因数阵应按下列式计算：

$$Q_{\hat{x}\hat{x}} = (A^T P A)^{-1} \dots\dots\dots (G.5)$$

e) 测站点的点位中误差应按下列式计算：

$$\hat{\sigma}_p = \sigma_\beta \sqrt{Q_{11} + Q_{22}} \dots\dots\dots (G.6)$$

## 附 录 H

### (规范性附录)

### 单基站 RTK 放样

H.1 单基站 RTK 测量宜用于工程施工的细部放样,其测量系统应由基准站接收机、流动站接收机、数据传输电台三部分组成。

H.2 单基站 RTK 放样时,将基准站接收的相位观测数据及坐标信息通过数据链方式及时传送给流动站,流动站将接收到的数据同自采集的相位观测数据进行实时差分处理,从而获得流动站的实时坐标值。流动站应将实时测量坐标值与设计值相比较,实施放样工作。

H.3 单基站 RTK 放样的作业流程应符合下列规定:

- a) 正确连接基准站和流动站线路,打开电子手簿,输入已知控制点的工程使用的坐标和国家大地坐标。
- b) 基准站设置。将仪器的工作模式设为 RTK 基准站模式,设置基准站的坐标及天线信息等数据。
- c) 流动站设置。将仪器的工作模式设为 RTK 流动站模式,输入天线信息。接收到基准站发射的信息后,建立动态差分关系。
- d) 求解转换参数。利用控制点的国家大地坐标和工程坐标计算转换参数(工程坐标系一般为国家坐标系统或工程独立坐标系)。
- e) 将流动站放置到待测点上,进行坐标数据采集。经差分计算得到测量点的坐标,结果达到放样精度要求时,结束该点的放样工作。

H.4 单基站 RTK 放样测量应符合以下规定:

- a) 宜先用 RTK 快速静态定位模式进行位置的初步放样,初步放样的点位误差可按式(H.1)进行估算。
- b) 单基站 RTK 测量的平面点位精度的估算公式:

$$m = \pm \sqrt{m_A^2 + a^2 + (b \cdot D)^2} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中:

$m$ ——预估的 RTK 测量点位置中误差,单位为毫米(mm);

$m_A$ ——基准站平面控制测量点位中误差,单位为毫米(mm);

$a$ ——仪器标称精度水平固定误差,单位为毫米(mm);

$b$ ——仪器标称精度水平比例误差,单位为毫米每千米(mm/km);

$D$ ——基准站至流动站之间的水平距离,单位为千米(km)。

- c) 单基站 RTK 放样成果宜采用快速静态定位模式进行校核,亦可用全站仪三维坐标法检核。检测放样点坐标与设计坐标的不符值不应大于 10 mm;大于 10 mm 时,应根据检测的放样点坐标值,调整放样点位置到精确位置。

- d) 应选用离 RTK 测量放样点最近的 GNSS 平面控制点, 进行放样和检测。检测至少应联测 2 个 GNSS 平面控制点。
- e) RTK 外业测量检查可采用下列方法:
  - 1) 与已知点成果的比对检验;
  - 2) 重测同一点的检验;
  - 3) 已知基线长度测量检验;
  - 4) 不同参考站对同一测点的检验。

#### H.5 单基站 RTK测量基准站设置应符合下列规定:

- a) 基准站宜设置在测区内视野开阔、地势较高的已知控制点上。
- b) 基准站上空  $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$  高度角以上不能有成片的遮挡物。
- c) 基准站周围 200 m 的范围内不能有强电磁波干扰源。
- d) 基准站应远离电磁波信号反射强烈的地形、地物和大面积水面。

#### H.6 单基站 RTK放样测量应符合下列规定:

- a) RTK 测量的卫星状况应满足表 H.1 的要求。

表H.1 RTK 测量的卫星状况要求

| 观测窗口状态  | 卫星数      | 卫星高度角<br>° | PDOP 值   |
|---------|----------|------------|----------|
| 良好窗口    | $>5$     | $>20$      | $\leq 5$ |
| 可用的窗口   | $>4$     | $\geq 15$  | $\leq 8$ |
| 避免观测的窗口 | $\leq 4$ | $<15$      | $>8$     |
| 不能观测的窗口 | $\leq 3$ | —          | —        |

- b) 测量前应进行卫星预报, 以便选取良好观测窗口。
- c) 测量应在天气良好的状况下进行, 应避免雷雨天气。
- d) 测量前, 应至少检查一点已知点, 当较差在限差要求范围内时, 方可开始 RTK 测量。
- e) 测量时宜保持坐标收敛值小于 20 mm。
- f) 在要求较高的施测中, 对每个放样点应进行 5 次以上观测, 互差应小于 20 mm, 并取用 5 次以上观测的平均值。
- g) RTK 外业观测应作好外业观测记录。

#### H.7 测区转换参数的确定应符合下列规定:

- a) 测区转换参数的确定应使用不少于 3 个共有国家大地坐标系和工程坐标系坐标的控制点, 利用布尔莎 (Bursa) 模型解求 7 个转换参数。Bursa 模型按式(H.2)建立:

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + \delta_\mu) \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \varepsilon_Z / \rho'' & -\varepsilon_Y / \rho'' \\ -\varepsilon_Z / \rho'' & 0 & \varepsilon_X / \rho'' \\ \varepsilon_Y / \rho'' & -\varepsilon_X / \rho'' & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (H.2)$$

式中:

$X_1$ 、 $Y_1$ 、 $Z_1$ ——国家大地坐标系坐标, 单位为米 (m);

$X_2$ 、 $Y_2$ 、 $Z_2$ ——工程坐标系坐标, 单位为米 (m);

$X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$ ——两个坐标系的平移参数, 单位为米 (m);

$\varepsilon_X$ 、 $\varepsilon_Y$ 、 $\varepsilon_Z$ ——是两个坐标系的旋转角(");

$\delta_\mu$ ——两个坐标系的尺度参数。

b) 求解转换参数可采用下列的方法:

- 1) 联测 3 个或 3 个以上控制点获得联测点的国家大地坐标。利用联测得到的国家大地坐标值和已知坐标值计算转换参数。
- 2) 使用 3 个或 3 个以上具有国家大地坐标和已知工程坐标的控制点, 直接解算转换参数。

c) 选择联测已知控制点应选在测区四周及中心, 均匀分布, 避免选在测区的一端。得到转换参数后, 应选用未参加计算的已知点检验转换参数的精度和正确性。



## 附 录 I (规范性附录)

### 关于坐标系统和高程基准的定义及转换

#### 1.1 坐标系统定义

1.1.1 大地坐标系应包括2000国家大地坐标系、WGS-84坐标系、1980西安坐标系、1954年北京坐标系、南京92坐标系等。

- a) 2000 国家大地坐标系的原点包括固体地球、海洋和大气的整个地球的质心；Z 轴原点指向历元 2000.0 的地球参考极的方向，该历元的指向由国际时间局给定的历元为 1984.0 的初始指向推算；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。2000 国家大地坐标系采用的地球椭球长半轴  $a$  为 6 378 137 m，扁率  $\alpha$  为 1/298.257 222 101，地心引力常数  $GM$  为  $3.986\,004\,418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$ ，自转角速度  $\omega$  为  $7.292\,115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$ 。
- b) WGS-84 坐标系采用的地球椭球长半轴  $a$  为 6 378 137 m，扁率  $\alpha$  为 1/298.257 223 563，地心引力常数  $GM$  为  $3.986\,004\,418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$ ，自转角速度  $\omega$  为  $7.292\,115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$ 。
- c) 1980 西安坐标系采用的地球椭球长半轴  $a$  为 6 378 140 m，扁率  $\alpha$  为 1/298.257。
- d) 1954 年北京坐标系采用的地球椭球长半轴  $a$  为 6 378 245 m，扁率  $\alpha$  为 1/298.3。
- e) 南京 92 坐标系采用的地球椭球长半轴  $a$  为 6 378 140 m，扁率  $\alpha$  为 1/298.257。

1.1.2 独立坐标系是指任意选定原点和坐标轴的平面直角坐标系。

#### 1.2 高程基准定义

1.2.1 1956年黄海高程系统是指采用青岛水准原点、根据青岛验潮站1950~1956年的验潮资料计算确定的黄海平均海水面作为基准面所定义的国家高程基准。在此高程基准下，青岛水准原点的高程为72.289 m。

1.2.2 1985年国家高程基准是指采用青岛水准原点、根据青岛验潮站1952~1979年的验潮资料计算确定的黄海平均海水面作为基准面所定义的国家高程基准。在此高程基准下，青岛水准原点的高程为72.260 m。

1.2.3 吴淞高程系统是指采用上海吴淞口验潮站1871~1900年实测的最低潮位所确定的海面作为基准面，所建立的高程系统。由于该高程系统历史悠久，基准点几经变化，同时受建立之初测量技术水平的限制，因而不同地区采用数值不一。该高程系统与其他高程系统的换算关系没有明确要求时，可采用：“吴淞高程基准” = “1956年黄海高程” + 1.688 m = “1985年国家高程基准” + 1.717 m。

#### 1.3 坐标转换

1.3.1 由工程独立坐标系换算到国家坐标应按式(I.1)计算：

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \end{bmatrix} \dots\dots\dots (I.1)$$

式中:

$x_p$ 、 $y_p$ —— $P$ 点在 $xoy$ 工程独立坐标系中坐标,单位为米(m);

$X_p$ 、 $Y_p$ —— $P$ 点在 $XOY$ 国家坐标系中坐标,单位为米(m);

$a$ 、 $b$ —— $xoy$ 工程独立坐标系原点 $o$ 在 $XOY$ 国家坐标系中的坐标,单位为米(m);

$\alpha$ ——同一条边在国家坐标系和工程独立坐标系中的坐标方位角之差,单位为度(°)。

1.3.2 由国家坐标换算到工程独立坐标按式(I.2)计算:

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p - a \\ Y_p - b \end{bmatrix} \dots\dots\dots (I.2)$$

$$\sin \alpha = \frac{(Y_B - Y_A)(x_B - x_A) - (X_B - X_A)(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \dots\dots\dots (I.3)$$

$$\cos \alpha = \frac{(Y_B - Y_A)(y_B - y_A) - (X_B - X_A)(x_B - x_A)}{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \dots\dots\dots (I.4)$$

式中:

$x_A$ 、 $y_A$ —— $A$ 点在 $xoy$ 工程独立坐标系中坐标,单位为米(m);

$x_B$ 、 $y_B$ —— $B$ 点在 $xoy$ 工程独立坐标系中坐标,单位为米(m);

$X_A$ 、 $Y_A$ —— $A$ 点在 $XOY$ 国家坐标系中坐标,单位为米(m);

$X_B$ 、 $Y_B$ —— $B$ 点在 $XOY$ 国家坐标系中坐标,单位为米(m)。