

ICS 03.220.50

CCS V60

T/CCAATB

中国民用机场协会团体标准

T/CCAATB ××××—××××

中国民用机场协会 发布

民用机场航空数据测量标准

Code for Aeronautical data measurement of civil airports

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

文稿版次选择

×××× - ×× - ××发布

×××× - ×× - ××实施

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 前 言 | 3 |
| 引 言 | IV |
| 1 范 围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语、定义和缩略语 | 2 |
| 3.1 术语 | 2 |
| 3.2 缩略语 | 4 |
| 4 基本规定 | 4 |
| 4.1 空间和时间参照系 | 4 |
| 4.2 作业与成果管理要求 | 5 |
| 5 控制测量 | 5 |
| 5.1 平面控制测量 | 5 |
| 5.2 高程控制测量 | 9 |
| 5.3 数据成果 | 11 |
| 6 飞行区航空数据测量 | 12 |
| 6.1 一般规定 | 12 |
| 6.2 测量要求 | 12 |
| 6.3 数据成果 | 17 |
| 7 跑道方位角数据测量 | 17 |
| 7.1 一般规定 | 17 |
| 7.2 坐标方位角 | 18 |
| 7.3 真方位角 | 18 |
| 7.4 磁方位角及磁偏角 | 20 |
| 8 空管台站及设施数据测量 | 22 |
| 8.1 一般规定 | 22 |
| 8.2 平面坐标测量 | 23 |
| 8.3 高程测量 | 24 |
| 8.4 真方位角、磁方位角及磁偏角 | 25 |
| 8.5 场地环境平面图测量 | 25 |
| 8.6 空管台站视线遮蔽测量 | 25 |
| 8.7 数据成果 | 26 |
| 9 净空障碍物数据测量 | 26 |
| 9.1 一般规定 | 26 |
| 9.2 测量位置 | 27 |
| 9.3 测量方法及技术要求 | 30 |
| 9.4 数据成果 | 31 |
| 10 质量检查 | 32 |
| 10.1 一般规定 | 32 |
| 10.2 检查方法 | 32 |
| 附 录 A | 34 |

| | |
|------------|----|
| 附 录 B..... | 35 |
| 附 录 C..... | 36 |
| 附 录 D..... | 37 |
| 附 录 E..... | 39 |
| 附 录 F..... | 41 |

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由 提出。

本文件由 归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

为有效发挥标准化工作对民航高质量发展和民航强国建设的支撑和引领作用，推动平安、绿色、智慧、人文机场建设和创新发展，规范测绘单位采集民用机场航空数据的测量内容、测量方法和技术要求，保障集航空数据质量，特制定本标准。

民用机场航空数据测量标准

1 范围

本文件规定了民用机场航空数据测量内容、测量方法、测量技术及质量控制要求。

本文件适用于新建（迁建）、改建和扩建的民用运输机场(含军民合用机场中的民用部分)建设及运营阶段的航空数据测量。

本文件不适用于直升机场。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 50026 《工程测量标准》

GB 6364 《航空无线电导航台站电磁环境要求》

GB/T 24356 《测绘成果质量检查与验收》

GB/T 18316 《数字测绘成果质量检查与验收》

ICAO 《国际民用航空公约》附件 4 《航图》

ICAO 《国际民用航空公约》附件 14 《机场》

ICAO 《国际民用航空公约》附件 15 《航行情报服务》

GB/T 18314 《全球定位系统(GPS)测量规范》

CH/T 2009 《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》

MH/T 4044 《中国民航国内航空资料汇编》编写规范

MH/T 5001 《民用机场飞行区技术标准》

MH/T 4015 《世界大地测量系统-1984（WGS-84）民用航空应用规范》

MH/T 5025 《民用机场勘测规范》

MH/T 4003 《航空无线电导航台和空中交通管制雷达站设置场地规范》

IB-ATMB-2017 《民航空管系统航空情报原始资料上报及审核程序指导手

册》

AP-140-CA-2022-03 《运输机场净空保护管理办法》

MH / T 5062 《民用机场净空障碍物遮蔽原则应用指南》

DZ/T0071 《地面高精度磁测技术规程》

《中国民用航空局 自然资源部关于印发《民用机场净空保护区域内建设项目净空审核管理办法》的通知》（民航发〔2023〕1号）

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语

3.1.1 测量控制网 **surveying control network**

由相互联系的测量控制点以一定几何图形所构成的网，简称控制网。

3.1.2 前方交会 **forward intersection**

根据两个以上已知点的坐标及观测角值确定待定点坐标的方法。

3.1.3 悬高测量 **Remote Height Measurement**

测定空中某点距地面的高度的方法。

3.1.4 大地坐标 **geodetic coordinate**

大地坐标系中的坐标分量，即：大地经度，大地纬度，大地高。

3.1.5 高斯平面子午线收敛角 **Gauss grid convergence**

高斯投影平面上过一点平行于纵坐标轴的方向与过该点的大地子午线的投影曲线间的夹角。

3.1.6 坐标方位角 **coordinate azimuth**

坐标系的正纵轴与某一直线间顺时针方向的水平夹角。

3.1.7 真方位角 **true azimuth**

由通过某点真子午线方向的北端起算，顺时针方向量至通过该点某一直线的水平角。

3.1.8 磁方位角 **magnetic azimuth**

由通过某点磁子午线方向的北端起算，顺时针方向量至通过该点某一直线的水平角。

3.1.9 高斯平面子午线收敛角 Gauss grid convergence

高斯投影平面上过一点平行于纵坐标轴的方向与过该点的真子午线的投影曲线间的夹角。

3.1.10 磁偏角 magnetic declination

通过某点的真子午线方向与磁子午线方向的夹角。

3.1.11 似大地水准面 quasi-geoid

从地面一点沿正常重力线按正常高相反方向量取高至正常高所得端点所构成的曲面。

3.1.12 正常高 normal height

地面一点沿正常重力线到似大地水准面的距离。

3.1.13 大地高 Ellipsoidal height

地面一点沿法线到椭球面的距离。

3.1.14 导线测量 traverse survey ; traversing

将一系列测点依相邻次序连成折线形式，并测定各折线边的边长和转折角，再根据起始数据推算各测点平面位置的技术与方法。

3.1.15 三角高程测量 trigonometric leveling

通过观测三角网中各边端点的天顶距，利用已知点高程和已知边长确定三角网各点高程的测量技术和方法。

3.1.16 高程异常 height anomaly

似大地水准面与参考椭球面之间的距离。

3.1.17 电台磁偏角 station declination

在对甚高频全向信标电台进行校准时确定的甚高频全向信标零度经线与真北之间的校准磁差。

3.1.18 机场标高 aerodrome elevation

机场可用跑道中最高点的标高。

3.1.19 机场基准点 aerodrome reference point

表示机场地理位置的指定点。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DME 测距仪 (Distance Measuring Equipment)

DME(P) 精密测距仪 (Precision Distance Measuring Equipment)

DTHR 跑道入口内移 (Displaced threshold)

DVOR 多普勒甚高频全向信标 (Doppler Very High Frequency Omni-directional Range)

GNSS 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

GUND 高程异常 (Geoid undulation)

ICAO 国际民用航空组织 (International Civil Aviation Organization)

ILS 仪表着陆系统 (Instrument Landing System)

INS 惯性导航系统 (Inertial Navigation System)

MLS 微波着陆系统 (Microwave Landing System)

NDB 无方向信标 (Non-directional Beacon)

PAPI 精密进近轨迹指示器 (Precision Approach Path Indicator)

RTK 实时动态测量 (Real Time Kinematic)

THR 跑道入口跑道供飞机着陆部分的起始处 (Threshold)

VHF 甚高频 (Very High Frequency)

VOR 甚高频全向信标 (Very High Frequency Omni-directional Range)

4 基本规定

4.1 空间和时间参照系

4.1.1 坐标系统宜采用 2000 国家大地坐标系 (CGCS2000) 或 WGS-84 坐标系, 地球椭球基本参数参见附录 A。若沿用机场既有独立坐标系统, 应提供与 CGCS2000 或 WGS-84 坐标系之间的换算关系。

4.1.2 高程系统宜采用正常高系统, 基准为 1985 国家高程基准。

4.1.3 测量成果时间系统应采用北京标准时间 (BST) 时。

4.2 作业与成果管理要求

- 4.2.1 航空数据测量项目应委托具有工程测量专业测绘资质单位实施，4C 及以上等级的机场航空数据测量项目应委托具有工程测量甲级资质的单位实施。
- 4.2.2 测量作业前，应了解委托方对航空数据采集工作的技术要求，有条件的可进行现场踏勘，并应搜集、分析和利用已有的符合要求的资料，制定经济合理的技术方案。
- 4.2.3 测量记录、计算成果和图表，应书写清楚，签署完整，并应复核和检算，未经复核和检算的资料严禁使用。测量原始记录（包括纸质记录、数字记录）、计算成果和图表应按有关规定妥善保存。
- 4.2.4 测量精度应以中误差衡量。极限误差（简称限差）规定为中误差的 2 倍。
- 4.2.5 测量仪器和工具应做好经常性的保养和维护工作，并定期检校和检定。
- 4.2.6 需进行不停航测量作业时应符合不停航施工相关规定。
- 4.2.7 航空数据成果有保密要求时，应符合国家有关保密规定。
- 4.2.8 航空数据测量除应符合本标准外，应符合国家、行业现行有关标准的规定。

5 控制测量

5.1 平面控制测量

5.1.1 民用机场航空数据平面控制测量应符合下列规定：

- 1 平面控制网按《工程测量标准》（GB50026）中四等和一、二级精度等级划分，控制网等级应根据机场建设规模及航空数据测量内容合理选择；
- 2 平面控制网的布设，应满足机场航空数据测量需要，充分利用现有控制点的情况下进行布设，并应与国家高一级或同级平面控制点（网）相联测，联测点应不少于 3 个；
- 3 平面控制网可采用 GNSS 卫星定位测量、导线测量等方法建立。
- 4 若机场及附近无 WGS-84 坐标控制点或者精度不满足要求时，宜采用基于卫星定位连续运行基准站点观测模式，起算点坐标应为国家或者国际连续运行参考站站点坐标，观测技术要求应符合表 5.1.1-1 的规定。

表 5.1.1-1 观测技术要求

| 卫星截止高度角 / (°) | 同时观测有效卫 星数 | 有效观测卫星 总数 | 观测时段 数 | 时段长 度 | 采样间隔 / s |
|------------------|---------------|--------------|-----------|----------|-------------|
| 10 | >14 | ≥20 | ≥1 | ≥4 h | 30 |

5.1.2 GNSS 卫星定位控制测量应符合下列要求:

1 各等级 GNSS 卫星定位测量控制网的主要技术指标,应符合表 5.1.2-1 的规定。

表 5.1.2-1 GNSS 卫星定位测量控制网的主要技术要求

| 等级 | 平均边长 (km) | 固定误差 A (mm) | 比例系数误 差 B (mm/km) | 约束点间的 边长相对中 误差 | 约束平差后 最弱边相对 中误差 |
|----|--------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| 四等 | 2 | ≤10 | ≤10 | ≤1/100000 | ≤1/40000 |
| 一级 | 1 | ≤10 | ≤20 | ≤1/40000 | ≤1/20000 |
| 二级 | 0.5 | ≤10 | ≤40 | ≤1/20000 | ≤1/10000 |

2 各等级控制网的基线精度,可用式 5.1.2-1 表示。

$$\sigma = \sqrt{A^2 + (B \cdot d)^2} \quad (5.1.2-1)$$

式中: σ ——基线长度中误差(mm);

A ——固定误差(mm);

B ——比例误差系数(mm/km);

d ——平均边长(km)。

3 卫星定位测量控制网观测精度的评定,应满足下列要求:

1) 控制网的测量中误差,按式 5.1.2-2 计算。

$$m = \sqrt{\frac{1}{3N} \left[\frac{WW}{n} \right]} \quad (5.1.2-2)$$

式中: m ——控制网的测量中误差(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(mm)。

2) 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 5.1.2-3 的规定。

$$m \leq \sigma \quad (5.1.2-3)$$

4 控制测量作业的主要技术要求,应符合表 5.1.2-2 的规定。

表 5.1.2-2 GNSS 控制测量作业的主要技术要求

| 等级 | 四等 | 一级 | 二级 |
|---------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 接收机类型 | 多频或双频 | 双频或单频 | 双频或单频 |
| 仪器标称精度 | $5\text{mm}+2\times 10^{-6}$ | $10\text{mm}+5\times 10^{-6}$ | $10\text{mm}+5\times 10^{-6}$ |
| 卫星高度角($^{\circ}$) | ≥ 15 | ≥ 15 | ≥ 15 |
| 有效观测卫星数 | ≥ 4 | ≥ 4 | ≥ 4 |
| 有效观测时间长度 (min) | 15~45 | 10~30 | 10~30 |
| 数据采样间隔 (s) | 10~30 | 10~30 | 10~30 |

5 GNSS 测量数据处理，应符合下列要求：

- GNSS 控制测量外业观测的全部数据应经异步环和复测基线校核。
- 异步环各坐标分量闭合差及环线全长闭合差，应满足下列公式的要求：

$$W_X, W_Y, W_Z \leq 2\sqrt{n}\sigma \quad (5.1.2-4)$$

$$W = \sqrt{W_X^2 + W_Y^2 + W_Z^2} \quad (5.1.2-5)$$

$$W \leq 2\sqrt{3n}\sigma \quad (5.1.2-6)$$

式中： n ——异步环中基线边的个数；

W ——异步环环线全长闭合差(mm)。

- 复测基线的长度较差，应满足下式要求：

$$\Delta d \leq 2\sqrt{2}\sigma \quad (5.1.2-7)$$

5.1.3 导线测量应符合下列要求：

- 各等级导线测量的主要技术要求应符合表 5.1.3-1 的规定。

表 5.1.3-1 导线测量的主要技术要求

| 等级 | 导线长度(km) | 平均边长(km) | 测角中误差(") | 测距中误差(mm) | 测距相对中误差 | 测回数 | | | 方向角闭合差(") | 导线全长相对闭合差 |
|----|----------|----------|----------|-----------|---------|---------|-------|-------|--------------|-----------|
| | | | | | | 0.5"级仪器 | 1"级仪器 | 2"级仪器 | | |
| 四等 | 9 | 1.5 | 2.5 | 18 | 1/80000 | 2 | 4 | 6 | $5\sqrt{n}$ | 1/35000 |
| 一级 | 4 | 0.5 | 5 | 15 | 1/30000 | - | - | 2 | $10\sqrt{n}$ | 1/15000 |
| 二级 | 2.4 | 0.25 | 8 | 15 | 1/14000 | - | - | 1 | $16\sqrt{n}$ | 1/10000 |

注：n 为测站数。

2 水平角观测宜采用方向观测法。方向观测法的技术要求，不应超过表 5.1.3-2 的规定。

表 5.1.3-2 水平角方向观测法的技术要求

| 等级 | 仪器型号 | 半测回归零差 (") | 一测回内 2C 互差(") | 同一方向各测回较差 (") |
|-------|----------|---------------|---------------|------------------|
| 四等及以上 | 0.5 秒级仪器 | 3 | 5 | 3 |
| | 1 秒级仪器 | 6 | 9 | 6 |
| | 2 秒级仪器 | 8 | 13 | 9 |
| 一级及以下 | 2 秒级仪器 | 12 | 18 | 12 |
| | 6 秒级仪器 | 18 | — | 24 |

注：1. 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；

2. 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。

3 距离测量应符合下列要求：

1) 各等级控制网的测距边，应采用全站仪或电磁波测距仪进行测距。测距仪器的标称精度，按式 5.1.3-1 表示。

$$m_D = a + b \times D \quad (5.1.3-1)$$

式中： m_D ——测距中误差(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)。

2) 各等级控制网边长测距的主要技术要求，应符合表 5.1.3-3 的规定。

表 5.1.3-3 测距的主要技术要求

| 平面控制网 等级 | 仪器精度等级 | 每边测回数 | | 一测回读数 较差 (mm) | 单程各测回 较差 (mm) | 往返测距较差 (mm) |
|-------------|---------|-------|---|---------------------|------------------|------------------------|
| | | 往 | 返 | | | |
| 四等 | 5mm 级仪器 | 2 | 2 | ≤ 5 | ≤ 7 | $\leq 2(a+b \times D)$ |

| 平面控制网 等级 | 仪器精度等级 | 每边测回数 | | 一测回读数 | 单程各测回 | 往返测距较差 (mm) |
|-------------|----------|-------|---|-------|-------|----------------|
| | 10mm 级仪器 | 3 | 3 | ≤10 | ≤15 | |
| 一级 | 10mm 级仪器 | 2 | — | ≤10 | ≤15 | |
| 二级 | 10mm 级仪器 | 1 | — | ≤10 | ≤15 | |

5.2 高程控制测量

5.2.1 民用机场航空数据测量高程控制测量应符合下列规定：

1 高程控制测量按《工程测量标准》（GB50026）中三、四、五等精度等级划分。各等级高程控制宜采用水准测量，四等及以下等级也可采用电磁波测距三角高程测量，五等还可采用卫星定位高程测量。

2 高程控制网（点）的布设，应满足机场航空数据测量需要，充分利用现有控制点的情况下进行布设。每个测区或独立地段应布置不少于 3 个高程控制点。

5.2.2 水准测量应符合下列规定：

1 水准路线长度、每千米高差偶然中误差、每千米高差全中误差、观测次数、往返测较差、附和或环线闭合差等技术指标应符合项目技术设计或所用技术标准的规定。

2 水准测量主要技术要求，应符合表 5.2.2-1 的规定：

表 5.2.2-1 水准测量主要技术要求

| 等级 | 每千米 高程全 中误差 (mm) | 路线长 度(km) | 水准仪 型号 | 水准尺 | 观测次数 | | 往返较差、附和或环 线闭合差 | |
|----|---------------------------|--------------|-----------|-----|------------|-----------|-------------------|------------|
| | | | | | 与已知 点联测 | 附和或 环线 | 平面 (mm) | 山地 (mm) |
| 三等 | 6 | ≤50 | DS1 | 因瓦 | 往返各 一次 | 往一次 | 12√L | 4√n |
| | | | DS3 | 双面 | | 往返各 一次 | | |
| 四等 | 10 | ≤16 | DS3 | 双面 | 往返各 一次 | 往一次 | 20√L | 6√n |
| 五等 | 15 | — | DS3 | 双面 | 往返各 一次 | 往一次 | 30√L | — |

注: 1. L 为往返测段，附和或环线的水准路线长度(km)；

2. n 为测站数；

3. 数字水准仪测量的技术要求和同等级的光学水准仪相同。

3 水准观测，应在标石埋设稳定后进行。各等级水准观测的主要技术要求，应符合表 5.2.2-2 的规定。

表 5.2.2-2 数字水准仪观测的主要技术要求

| 等级 | 水准仪级别 | 水准尺类别 | 视线长度(m) | 前后视的距离较差(m) | 前后视的距离较差累积(m) | 视线距离地面的最低高度(m) | 测站两次观测的高差较差(mm) | 数字水准仪重复测量次数 |
|----|-------|-------------|---------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| 三等 | DSZ1 | 条码式 钢瓦尺 | 100 | 2.0 | 5.0 | 0.45 | 1.5 | 2 |
| 四等 | DSZ1 | 条码式 钢瓦尺 | 100 | 3.0 | 10.0 | 0.35 | 3.0 | 2 |
| | DSZ1 | 条码式 玻璃钢尺 | 100 | 3.0 | 10.0 | 0.35 | 5.0 | 2 |
| 五等 | DSZ3 | 条码式 玻璃钢尺 | 100 | 近似相等 | — | — | — | — |

注: 1. 三等数字水准测量观测顺序应为后一前一前一后;

2. 四等数字水准测量观测顺序应为后一后一前一前;

3. 水准观测时,若受地面振动影响时,应停止测量。

5.2.3 电磁波测距三角高程测量应符合下列规定:

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。主要技术要求应符合表 5.2.2-3 的规定。

表 5.2.2-3 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(mm) | 边长(km) | 观测次数 | 对向观测高差较差(mm) | 附和或环形闭合差(mm) |
|----|---------------|----------|------|--------------|-------------------|
| 四等 | 10 | ≤ 1 | 对向观测 | $40\sqrt{D}$ | $20\sqrt{\sum D}$ |

| | | | | | |
|----|----|----------|------|--------------|-------------------|
| 五等 | 15 | ≤ 1 | 对向观测 | $60\sqrt{D}$ | $30\sqrt{\sum D}$ |
|----|----|----------|------|--------------|-------------------|

注：1. D 为测距边长度(km)。

2. 起讫点的精度等级，四等应起迄于不低于三等水准的高程点上。
3. 路线长度不应超过相应等级水准路线的长度限值。

2 电磁波测距三角高程观测的技术要求，应符合表 5.2.2-4 的规定。

表 5.2.2-4 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 | 测回较差 | 仪器精度等级 | 观测次数 |
| 四等 | 2"级仪器 | 3 | $\leq 7''$ | $\leq 7''$ | 10mm 级仪器 | 往返测各一次 |
| 五等 | 2"级仪器 | 2 | $\leq 10''$ | $\leq 10''$ | 10mm 级仪器 | 往一次 |

5.2.4 卫星定位高程测量的水准点联测应符合下列规定：

- 1 卫星定位高程测量作业宜与平面控制测量一起进行；
- 2 卫星定位高程网宜与四等或以上的水准点联测，对联测的已知高程点应进行可靠性检验，应剔除不合格点；对卫星定位高程测量成果，应进行检验，检验点数不应少于全部高程点的 5%，并不应少于 3 个点。

5.3 数据成果

5.3.1 控制测量成果中应注明坐标系统或高程系统、控制网等级、测量时间、测量设备等信息；投影坐标成果中应注明中央子午线，WGS-84 坐标成果中还应注明参考框架和历元。

5.3.2 控制测量成果取位应符合国家、行业现行有关标准的规定。

6 飞行区航空数据测量

6.1 一般规定

6.1.1 飞行区航空数据主要包括下列数据：

1 机场基准点、跑道中点、跑道入口、跑道端点、INS 校准点、跑道等待位置及飞机机位点的坐标及高程数据；

2 跑道接地带标高、机场标高及高程异常数据（标高处、跑道入口的高程异常）；

3 跑道、滑行道、净空道、停止道尺寸及距离，标志线、引导线及边界数据。

6.1.2 飞行区航空数据应实测或者经实测计算而得。

6.1.3 飞行区航空数据测量精度应满足表 6.1.3 的相关要求。

表 6.1.3 飞行区航空数据测量精度

| 序号 | 测量项目 | 平面精度 | 高程精度 |
|----|-----------------------------|--------|--------|
| 1 | 基准点 | ≤0.03m | ≤0.01m |
| 2 | 跑道中点、端点 | ≤0.03m | ≤0.01m |
| 3 | 跑道入口 | ≤0.03m | ≤0.01m |
| 4 | 跑道等待位置 | ≤0.1m | - |
| 5 | 飞机机位点、INS 校准点 | ≤0.1m | - |
| 6 | 机场标高 | - | ≤0.01m |
| 7 | 跑道、滑行道、净空道、停止道、标志线、引导线及边界点位 | ≤0.1m | - |

6.2 测量要求

6.2.1 机场基准点、机场标高、跑道中点、跑道入口、跑道端点的测量应符合下列要求：

1 对于单跑道机场，机场基准点一般位于跑道的中心，应按图 6.2.1-1 所示位置测量跑道中心点的坐标。对于多跑道机场，机场基准点一般位于主跑道的中

心，应分别测量各条跑道中心点坐标，并将主跑道中点的坐标作为机场基准点的坐标。如果机场基准点不位于跑道中心，应直接测量实际的机场基准点位置处坐标，并提供图示说明测量点的位置。

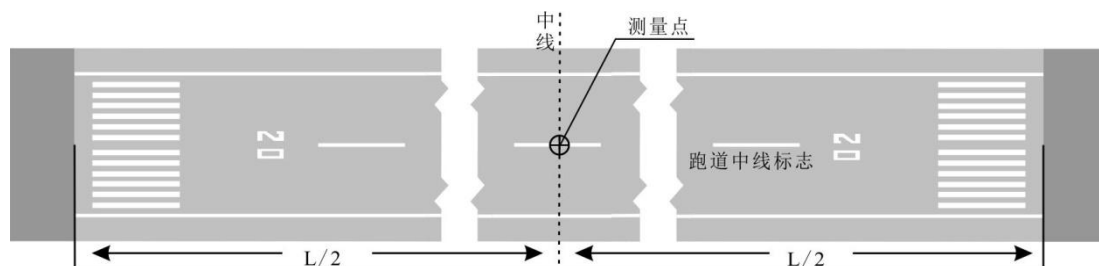


图 6.2.1-1 跑道中点的测量位置

2 机场标高测量位置应分布于跑道中线上，除两个跑道入口和跑道中点以外，还应在跑道中线上测量若干个点位，以其中的最高点作为机场标高。测量位置参考图 6.2.1-2 所示。

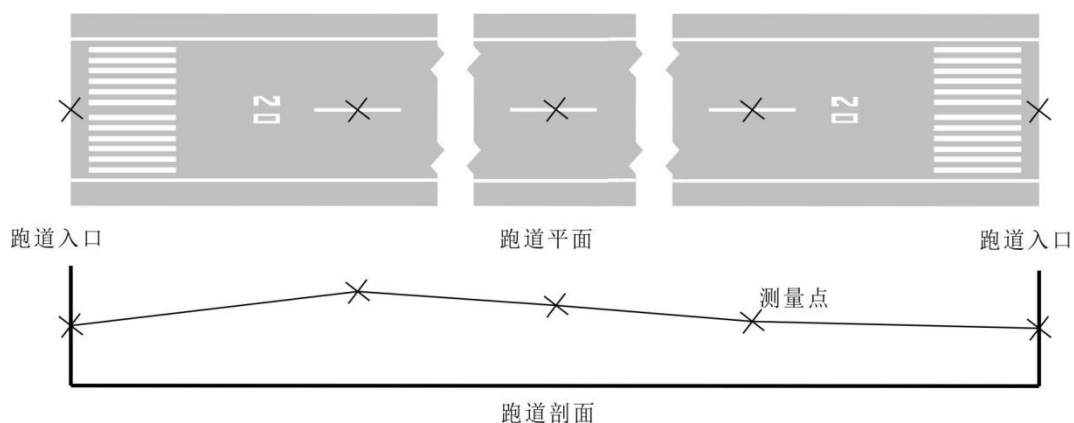


图 6.2.1-2 机场标高的测量位置

3 应测定每条跑道的跑道中点、跑道入口、跑道端点的坐标、标高和程异常值。跑道入口未内移时，直接测量跑道入口坐标及标高；若有跑道入口内移，除需测量跑道端坐标外，还应测量跑道内移入口坐标和标高。

1) 跑道端点应按图 6.2.1-3 所示位置进行测量。

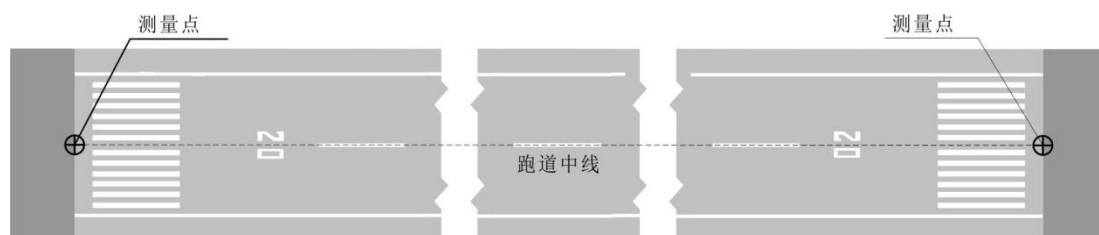


图 6.2.1-3 跑道端点的测量位置

2) 当跑道入口未内移时，跑道入口位于跑道的端头；当跑道入口临时内移或永久内移时，跑道入口位于跑道入口标志线的中点。跑道入口应按图 6.2.1-4 所示位置进行测量。

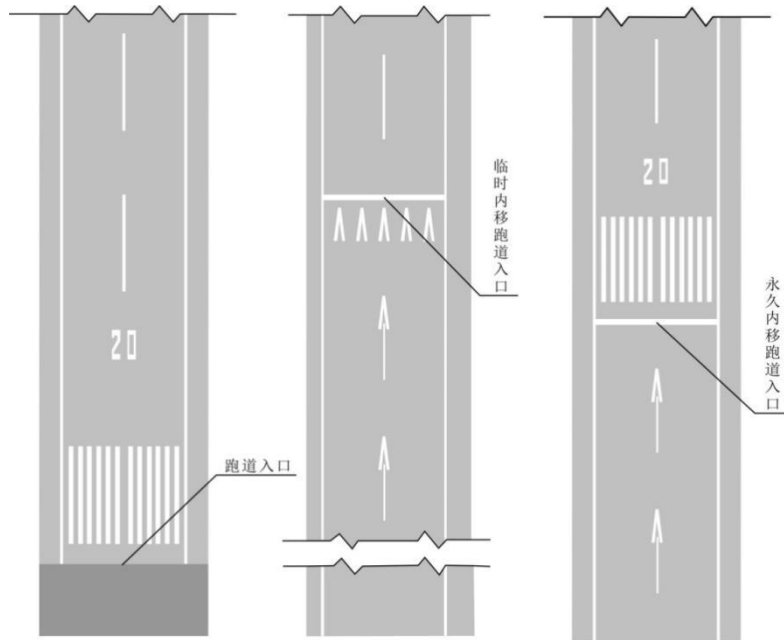


图 6.2.1-4 跑道入口的测量位置

4 平面位置可采用卫星定位、导线等方法进行测量。卫星定位测量应符合 5.1.2 节中一级及以上等级卫星定位测量的相关技术要求，导线测量应符合 5.1.3 节中一级及以上等级导线测量的相关技术要求。

5 高程可采用水准测量的方法施测，应符合 5.2 节中三等水准测量的相关技术要求。

6.2.2 跑道等待位置、飞机机位点、INS 校准点的平面位置测量应符合下列规定：

1 滑行道上的跑道等待位置包含 A 型标志和 B 型标志，应按图 6.2.2-1 所示的标志几何中心进行测量。

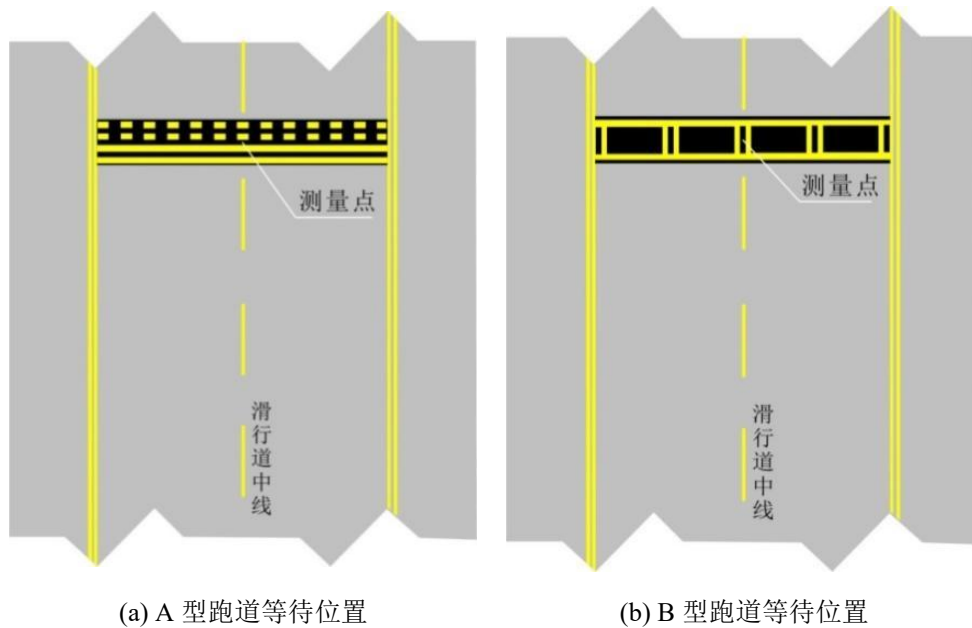


图 6.2.2-1 跑道等待位置的测量位置

2 飞机机位点位于飞机机位停止线标志的交叉点，应按图 6.2.2-2 所示位置进行测量。

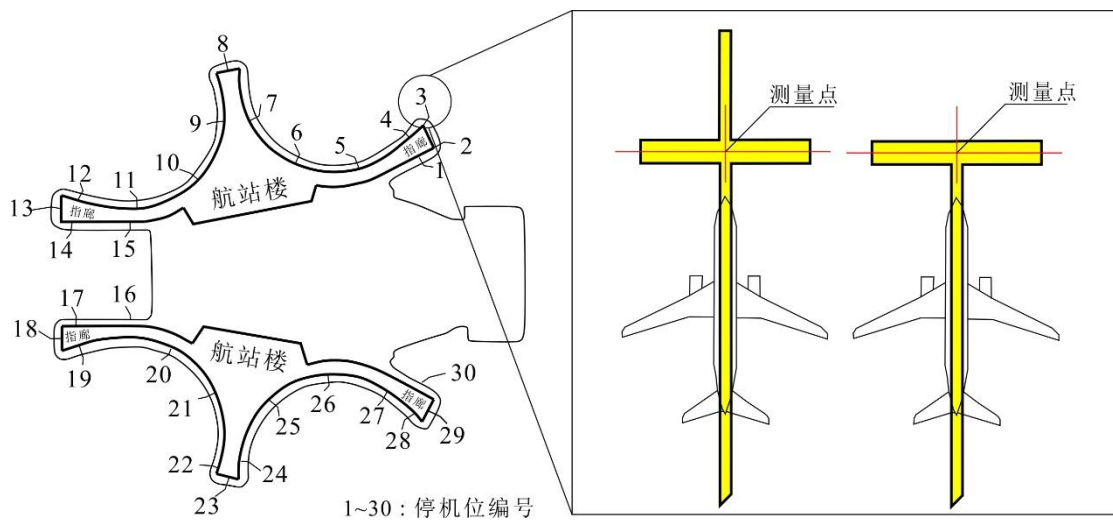


图 6.2.2-2 飞机机位点测量位置

3 应实测 INS 校准点平面坐标，如果所有的停机位都是 INS 校准点，应注明“全部停机位，详见《航图手册》”；如果部分停机位是 INS 校准点，应注明停机位编号，并注明“详见《航图手册》”。

4 测量方法宜采用 RTK 测量、全站仪极坐标法测量。

5 RTK 测量相关技术要求应符合表 6.2.2-1 的规定。

表 6.2.2-1 RTK 测量主要技术要求

| 等级 | 相邻点间平均边长(m) | 点位中误差(cm) | 边长相对中误差 | 观测次数 |
|----|-------------|--------------|---------|----------|
| 一级 | 500 | $\leq \pm 5$ | 1/20000 | ≥ 4 |
| 二级 | 300 | $\leq \pm 5$ | 1/10000 | ≥ 3 |
| 三级 | 200 | $\leq \pm 5$ | 1/6000 | ≥ 2 |

注：1.点位中误差指控制点相对于最近基准站的误差；

2.采用单基准站 RTK 测量一级控制点至少需要更换一次基准站进行观测，每站观测次数不少于 2 次；

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

6 全站仪宜采用 6" 级以上的仪器，应一测回测定角度、距离。

1) 极坐标法测量限差，不应超过表 6.2.2-2 的规定。

表 6.2.2-2 极坐标法测量限差

| 半测回归零差(") | 两半测回角度较差(") | 测距读数较差(mm) |
|-----------|-------------|------------|
| ≤ 20 | ≤ 30 | ≤ 20 |

2) 在等级控制点上独立测量时，可直接测定目标点的坐标，并将上、下两半测回的观测值取平均值作为最终成果，目标点相对于邻近等级控制点的点位中误差不应大于 5cm。

6.2.3 跑道、滑行道、净空道、停止道尺寸测量应符合下列规定：

1 跑道的测量位置应对跑道的边界线拐点进行测量；

2 滑行道的测量位置应沿着滑行道的边界线和中线测量。在滑行道弧线段，测量点间距应为 5-10 米；

3 当机场设置了净空道，应测量净空道区域边界；

4 当机场设置了停止道，应按照图 6.2.3-1 的测量位置测量停止道区域。

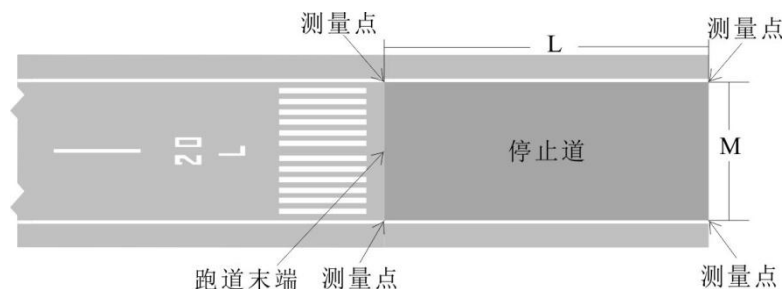


图 6.2.3-1 停止道的测量位置

5 测量方法宜采用 RTK 测量，全站仪极坐标法测量。

6.3 数据成果

1 坐标系统宜采用 2000 国家大地坐标系或 WGS-84 坐标系，高程系统采用 1985 国家高程基准。

2 跑道入口内移坐标及标高前应注明“DTHR”，跑道入口标高前应注明“THR”，高程异常前注明“GUND”。

7 跑道方位角数据测量

7.1 一般规定

7.1.1 跑道的方位角主要包括跑道的坐标方位角、真方位角、磁方位角。

7.1.2 跑道的坐标方位角、真方位角、磁方位角数据应明确坐标系统。

7.1.3 跑道坐标方位角、真方位角和磁方位角的几何关系如图 7.1.4-1 所示，数学关系如下列公式所示：

$$A=A_m+\delta \quad (7.1.3-1)$$

$$A=\alpha+\gamma \quad (7.1.3-2)$$

式中：A——真方位角；

A_m ——磁方位角；

α ——坐标方位角；

δ ——磁偏角或磁差；

γ ——子午线收敛角。

7.1.4 子午线收敛角及磁偏角的符号应按下列要求执行：

1 当坐标纵轴北端位于真子午线以东时称东偏， γ 为正；位于真子午线以西时称西偏， γ 为负。

2 当磁子午线北端位于真子午线以东时称东偏， δ 为正；位于真子午线以西时称西偏， δ 为负。

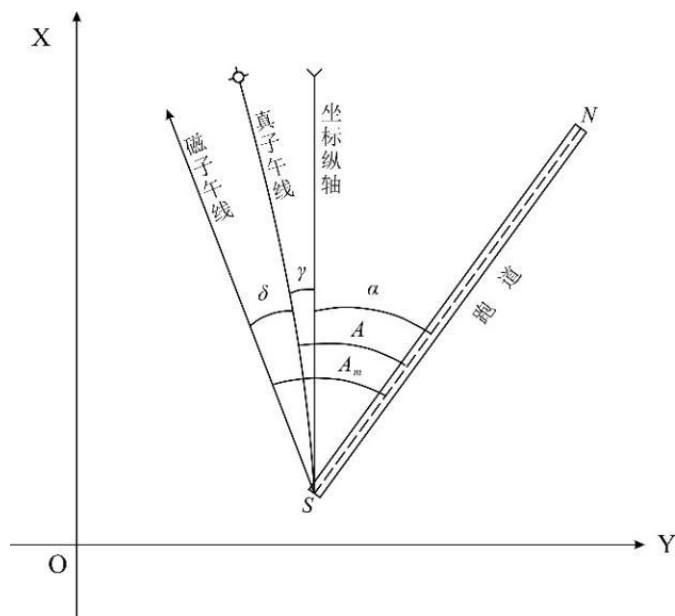


图 7.1.4-1 三北方位的几何关系

7.1.5 跑道的坐标方位角、真方位角精度应达到 $0.2'$ ，磁方位角测量精度应达到 $1'$ 。

7.2 坐标方位角

7.2.1 可利用跑道端点的大地坐标，计算高斯投影坐标。根据跑道端点的高斯投影坐标，按下式计算象限角 R_{sn} 。根据 Δx_{sn} 、 Δy_{sn} 的正负号，确定象限角所在象限，将象限角 R_{sn} 换算为坐标方位角 α 。

$$R_{sn} = \arctan \frac{y_n - y_s}{x_n - x_s} = \arctan \frac{\Delta y_{sn}}{\Delta x_{sn}} \quad (7.2.1-1)$$

式中： R_{sn} ——跑道 SN 象限角。

s 、 n ——跑道端点；

x_s 、 y_s ——跑道 S 端点高斯投影坐标；

x_n 、 y_n ——跑道 N 端点高斯投影坐标；

Δx_{sn} 、 Δy_{sn} ——跑道两端点高斯投影坐标差；

7.3 真方位角

7.3.1 跑道真方位角测量可采用 GNSS 静态测量法、经典天文测量法和陀螺仪定向观测法。

7.3.2 采用 GNSS 静态测量法测量跑道端点坐标应满足 6.2.1 节的要求。

7.3.3 跑道真方位角 A 可通过端点大地坐标, 按下列公式计算:

$$\begin{bmatrix} N \\ E \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B_S \cos L_S & -\sin L_S \sin B_S & \cos B_S \\ -\sin L_S & \cos L_S & 0 \\ \cos B_S \cos L_S & \cos B_S \sin L_S & \sin B_S \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_n - X_S \\ Y_n - Y_S \\ Z_n - Z_S \end{bmatrix} \quad (7.3.3-1)$$

$$A = \operatorname{atan}(E/N) \quad (7.3.3-2)$$

式中: N, E, U ——跑道端 N 在跑道端 S 处站心坐标系中的坐标;

(X_n, Y_n, Z_n) ——跑道端 N 的空间直角坐标;

(X_S, Y_S, Z_S) ——跑道端 S 的空间直角坐标;

(B_S, L_S) ——跑道端 S 的大地坐标。

7.3.4 跑道真方位角 A 可通过端点高斯投影坐标、坐标方位角及子午线收敛角, 按下列公式计算:

$$A = \alpha + \gamma \quad (7.3.4-1)$$

1 坐标方位角 α 的计算可参照 7.2 节。

2 子午线收敛角 γ 的计算分为下列两种方式:

1) 跑道端点 S 的子午线收敛角 γ 可采用大地坐标按下列公式计算:

$$\gamma = \sin B \cdot l \cdot \left[1 + \frac{l^2 \cos^2 B}{3} (1 + 3\eta^2 + 4\eta^4) + \frac{l^4 \cos^4 B}{15} (2 - t^2) \right] \quad (7.3.4-2)$$

$$\eta = e' \cos^2 B \quad (7.3.4-3)$$

$$t = \tan B \quad (7.3.4-4)$$

式中: B ——端点 S 的纬度;

l ——端点 S 至中央子午线的经差;

e ——第一偏心率;

e' ——第二偏心率。

2) 跑道端点 S 的子午线收敛角 γ 可采用高斯投影坐标按下列公式计算:

$$\gamma = \frac{y}{N_f} t_f - \frac{y^3}{3N_f^3} t_f (1 + t_f^2 - \eta_f^2 - 2\eta_f^4) + \frac{y^5}{15N_f^5} t_f (2 + 5t_f^2 + 3t_f^4) \quad (7.3.4-5)$$

$$N_f = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_f}} \quad (7.3.4-6)$$

$$\eta_f = e' \cos^2 B_f \quad (7.3.4-7)$$

$$t_f = \tan B_f \quad (7.3.4-8)$$

式中： B_f ——底点纬度；
 y ——端点S的高斯投影横坐标；
 a ——椭球长半轴。

7.4 磁方位角及磁偏角

7.4.1 跑道的磁方位角和磁偏角应按下列公式计算：

$$A_m = A - \delta \quad (7.4.1-1)$$

$$\delta = A - A_m \quad (7.4.1-2)$$

7.4.2 当机场跑道及附近无金属、电力、通讯等设施影响，磁场环境较好，应在跑道中线上开展测量，按图 7.4.2-1 所示的流程测量磁方位角及磁偏角。测站点应布设于跑道中线上，包含跑道的端点和中点，方位点宜布设于跑道中线上，测量位置应按图 7.4.2-2 的要求执行。

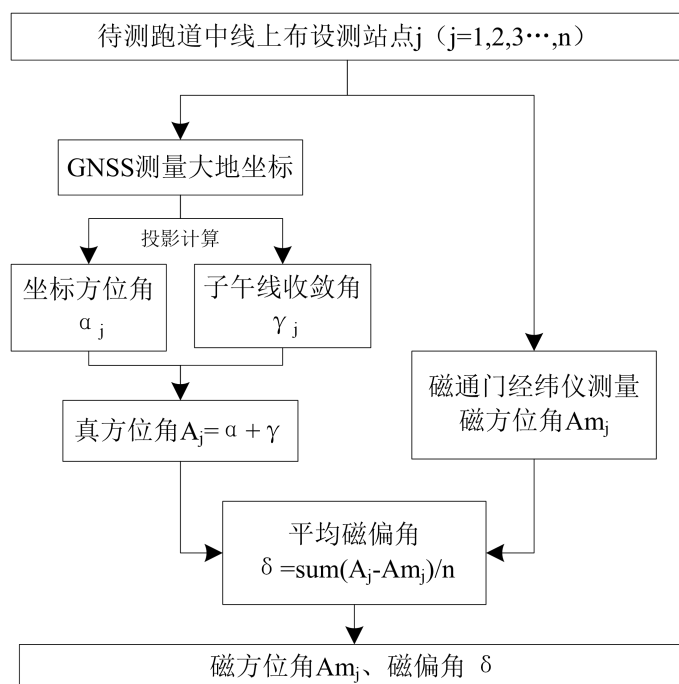


图 7.4.2-1 跑道无干扰时磁方位角及磁偏角的测量计算流程图

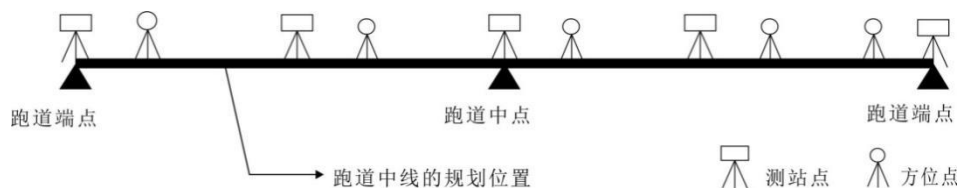


图 7.4.2-2 跑道无干扰时磁方位角及磁偏角的测量位置图

7.4.3 当机场跑道及附近具有严重磁性影响时，不能直接在跑道上测量磁方位角，应按图 7.4.3-1 所示的流程测量磁方位角及磁偏角。测站点和方位点的布设应满足 7.4.4 节中的测站点选点要求，位于机场跑道附近无干扰区域。测站点与方位点宜位于同一直线上，且测线宜与跑道中线平行。测量位置应按图 7.4.3-2 的要求执行。

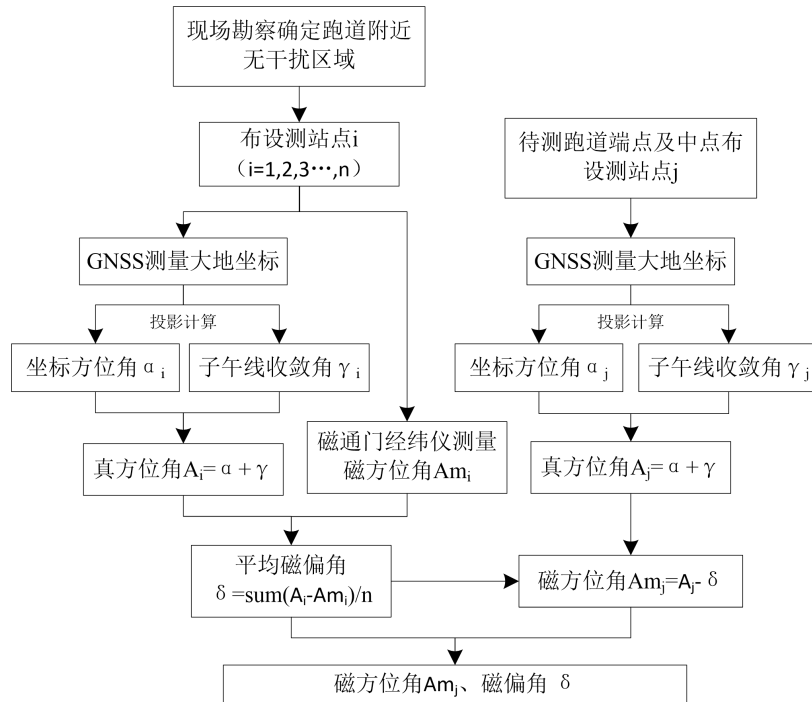


图 7.4.3-1 跑道有干扰时磁方位角及磁偏角的测量计算流程图

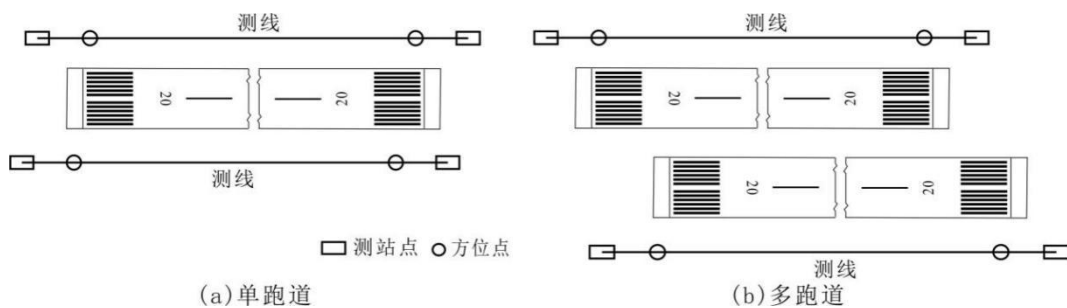


图 7.4.3-2 跑道有干扰时磁方位角及磁偏角的测量位置图

7.4.4 磁方位角和磁偏角的测量应满足下列技术要求：

1 测站点布设时，应符合下列规定：

- 1) 测站点应选在磁场稳定的地点，且应远离金属、电力、通讯等设施；
- 2) 应测量和计算测点所处场地的地磁场水平梯度和垂直梯度；测站点所

处场地的水平梯度不得大于 3nT/米，特殊环境下不得大于 5nT/米，垂直梯度不得大于 5nT/米；

3) 至少应选择 4 组测站点与方位点；

4) 测站点与方位点间距不小于 200m，并应相互通视。

2 磁北方位可采用由无磁经纬仪、磁通门磁力仪探头和检零器构成的磁通门经纬仪进行测量。磁通门经纬仪主要技术指标应符合表 7.4.4-1 的规定。

表 7.4.4-1 磁通门经纬仪主要的技术指标

| 一般指标 | | | | 检零传感器输出技术指标 | | |
|------------|------|---------|---------------|-------------|--------------|--------|
| 磁方位角的观测重复性 | 转向差 | 工作温度范围 | 主机与传感器之间的电缆长度 | 零偏 | 噪声 | 分辨力 |
| ≤0.1' | ≤10' | -5~40°C | >2m | ≤1nT | <0.2 nT(p-p) | ≤0.1nT |

3 磁性仪器受环境的影响很大，观测前应对所使用的仪器进行严格的仪器检校，并测设仪器常数，三脚架应采用无磁三脚架。

4 观测者在观测过程中不应携带手机、手表、首饰、金属框眼睛、金属头皮带等金属物质。

5 测量应在磁情较好的日期进行，应避开日变化较大的正午时段或磁扰磁暴时段，若遇到突发磁暴等特殊情况应停止测量。

6 每天测量前应进行校时，校时时差不大于 2 秒。

7 磁北方位观测应不少于 6 测回，每测回应进行不同方向正倒镜观测。

8 空管台站及设施数据测量

8.1 一般规定

8.1.1 空管台站测量应包括以下内容：

1 近距导航台、远距导航台、超远距导航台、定向台、航向信标台、下滑信标台、指点标台、雷达站等的位置和高程。

2 以跑道轴线为零方向或按真北方向，测定各台站周围障碍物的方向角和遮蔽角。

3 测绘导航台站中心点 500m 以内的架空电力线(标明电压等级)、架空通信线、铁路(包括电气化铁路)、金属构筑物的方位、距离及标高。

4 测绘雷达站站址中心点周围 1000m 以内的现有气象雷达、高频发生器、微波站等产生有源干扰的电器设施方位、距离及标高。

5 测量航向台 $\pm 10^\circ$ 保护区高于航向台地面设计标高 15m 的障碍物图。

6 以空管台站为中心，绘制空管台站场地环境平面图。

8.1.2 空管台站测量应符合《民用航空通信空管台站设置场地规范》(MH/T 4003)和《航空无线电导航台站电磁环境要求》(GB 6364)的有关规定。

8.1.3 空管台站的位置、高程、遮蔽角测量应在机场初步勘测阶段进行；空管台站的场地环境平面图测量应在详细勘测阶段进行。

8.1.4 各台站的位置点、真北方向点应埋设永久性标志，航向信标台及方向性要求较强的台站，在平行和垂直跑道方向或自真北方向起每隔 90° 便于保存位置，应埋设永久性标石。

8.1.5 各台站周边 500m 范围内应有不少于 3 个控制点。

8.1.6 空管台站平面位置测量精度应不低于 0.05m；高程测量精度应不低于 0.1m；磁偏角测量精度不低于 1° ；方位角计算精度不低于 $1/100^\circ$ ；相对距离计算精度不低于 1m；地环境平面图测图比例尺宜为 1:10000~1:20000。

8.2 平面坐标测量

8.2.1 仪表着陆系统航向台、仪表着陆系统下滑台、微波着陆系统方位台、微波着陆系统下滑台、VOR/DME 台、DVOR/DME 台、VOR 台、NBD 台及指点标的平面坐标标准化测量点应符合《世界大地测量系统-1984 (WGS-84) 民用航空应用规范》(MH/T 4015)的有关规定。

8.2.2 精密进近轨迹指示器 (Precision Approach Path Indicator, PAPI) 的测量位置应按图 8.2.2-1 的要求执行。

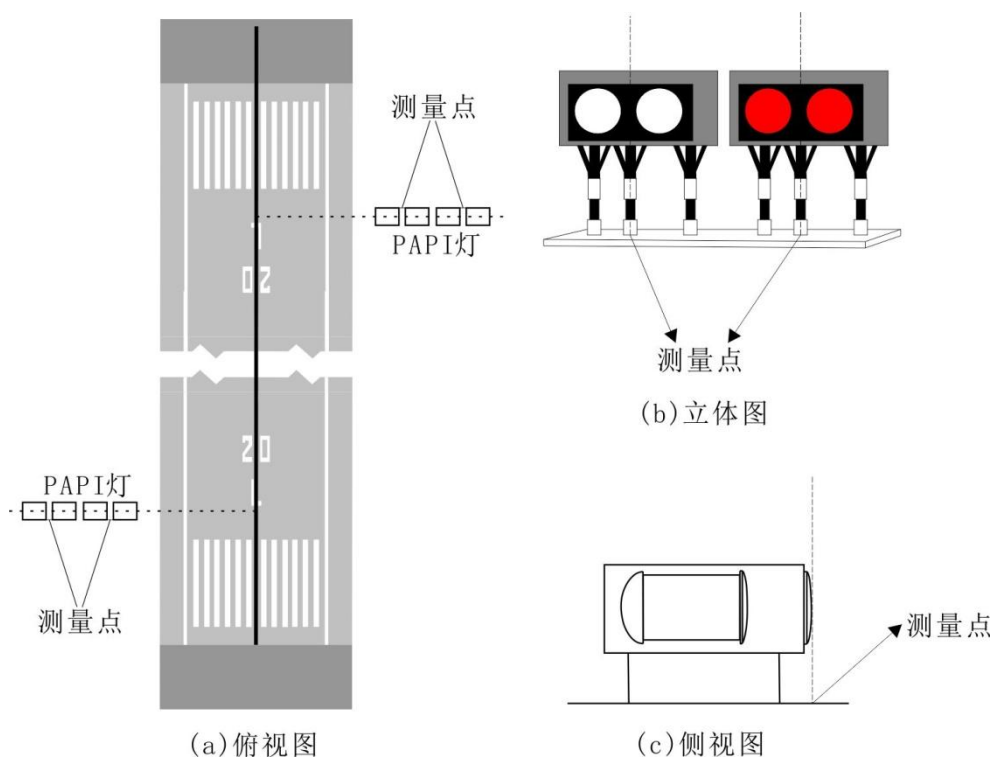


图 8.2.2-1 PAPI 灯的测量位置

8.2.3 地基增强系统地面站（Ground-Based Augmentation Systems, GBAS）应分别测量甚高频数据广播（VDB）天线与多个基准接收天线的中心位置。

8.2.4 对于 8.2.1~8.2.3 节中没有包括的通信、导航、监视、气象等无线电设施，应测量设备天线底座几何中心点的水平坐标。

8.2.5 测量方法宜采用 RTK 测量法、全站仪极坐标法等方法，技术要求参照 6.2.2 节中关于 RTK 和全站仪极坐标法的相关内容。

8.3 高程测量

8.3.1 空管台站应测量场址地面及天线的标高。

8.3.2 在 VOR/DME 台、DVOR/DME 台中，应测量 DME 台发射天线的顶点高度作为 DME 台发射天线标高。

8.3.3 在 MLS 中，应测量 DME(P)台发射天线的顶点高度作为 DME(P)台发射天线高。

8.3.4 对于 8.2.2 节 2、3 款中没有包括的通信、导航、监视、气象等无线电设施，应测量设备天线顶点的高度，有天线罩的应测量天线罩顶点高度。

8.3.5 高程测量可采用全站仪三角测量方法施测。

8.4 真方位角、磁方位角及磁偏角

8.4.1 应测算 VHF 电台、NDB 导航台、ILS 航向台天线、MLS 方位天线处磁偏角。VHF 电台磁偏角应由导航系统的供应商提供。

8.4.2 空管台站真方位角、磁方位角测量方法、测量技术要求及计算方法参照 7.3、7.4 节中相关内容。

8.5 场地环境平面图测量

8.5.1 空管台站场地环境平面图测图比例尺宜为 1:10000~1:20000，测量技术要求应符合相应比例尺地形图测图的要求。

8.5.2 空管台站场地环境平面图的方位标线宜用磁方位角表示，并每隔 22.5 度标出一条，距离标线可按实际需要规定，但需在备注栏中加以说明。

8.5.3 图中按国家标准规定的地图符号，标出建筑物、公路、铁路、机场跑道、金属架空线缆等。

8.5.4 空管台站天线对于机场跑道的关系位置:备在跑道中心线延长线上的，以陆航向和跑道着陆端的距离填写，偏离跑道中心线延长线的，以相对于跑道中心点的磁方位和距离填写。

8.6 空管台站视线遮蔽测量

8.6.1 遮蔽角宜采用全站仪观测，观测应在大气能见度良好、气温与气压无突然变化的气象条件下进行。

8.6.2 遮蔽角测量设站点为空管台站天线的中心位置点。无法在空管台站天线的中心位置点设站时应进行偏心观测，对测量结果进行归心改正计算。

8.6.3 遮蔽角的观测起始方向为台站真北方向，沿顺时针每隔 1~3°(视遮蔽角的变动剧烈程度而定)测量一点，记录其最大遮蔽角、距离及对象属性，非整数角度上的障碍物应加测其水平方向角，5km 范围内的孤立障碍物还应加测其水平张角。

8.6.4 空管台站遮蔽角测量范围宜不小于 10km。

8.6.5 遮蔽物距离可通过地形图获取。

8.7 数据成果

8.7.1 空管台站测量数据成果表一般包含：序号、空管台站名称、空管台站平面位置（经纬度）、空管台站相对机场基准点/跑道中心点的磁方位、空管台站距机场基准点/跑道中心点距离、空管台站高程以及备注。

8.7.2 空管台站场地环境平面图成果包含台站名称、台站位置地理坐标、台站位置高程、场地环境平面图及备注。图表详见附录 F。

8.7.3 空管台站视线遮蔽测量成果一般包含：遮蔽角测量数据成果表、遮蔽角环视图及遮蔽角玫瑰图。

8.7.4 遮蔽角测量数据成果表中包含台站名称、测量日期、台站位置（经纬度）、台站地面标高、台站天线标高、测量真方位、到障碍物距离、仰角、障碍物性质以及备注。表格详见附录 E。

9 净空障碍物数据测量

9.1 一般规定

9.1.1 机场净空障碍物应按如下标准判定：一切永久或临时的固定物体以及活动的物体，或是这些物体的一部分，或位于供航空器地面活动地区之上，或穿透保护飞行中的航空器而规定的限制面，或位于规定限制面之外但评定为对空中航行有危险，均应被视为机场净空障碍物。

9.1.2 净空障碍物限制面应依据《民用机场飞行区标准》（MH5001）中对限制面的要求划分，穿透限制面的物体均应被视为机场净空障碍物。

9.1.3 障碍物限制面以外的区域内对航空器飞行运行造成限制或影响的物体应视为障碍物。该区域大小与机场分类、飞行规则相关最大不超过以机场基准点为圆心、半径 55km 的范围，限制高度应参照机场飞行程序净空参考高度图执行。

9.1.4 飞行程序保护区域范围：以机场基准点为圆心半径 55 公里以内的范围。机场飞行程序保护区域范围分区原则：一区覆盖扇区和进场程序保护区范围，二区覆盖起始进近航段保护区范围，三区覆盖中间进近航段保护区范围，四区、五区、六区覆盖最后进近航段保护区范围，七区是机场障碍物限制面。

9.1.5 机场净空参考高度由障碍物限制面区域净空参考高度、飞行程序净空参考

高度、最低监视引导净空参考高度（如有）等要素构成。在飞行程序区域范围内水平投影重叠区域的净空参考高度取最低监视引导净空参考高度与飞行程序净空参考高度中的较低值。

9.1.6 机场障碍物测绘时除需满足净空障碍物限制面的要求，还应满足飞行程序及导航台站建设和保护等的要求，该部分障碍物测量要求由相关对应飞行程序设计单位或者导航单位提供。

9.1.7 多跑道机场净空障碍物按照限制面从严原则确定。

9.1.8 位于规定障碍物限制面以内的障碍物测量平面精度应达到 0.5m，高程精度应达到 0.5m；位于障碍物限制面外，55 km 半径内障碍物平面精度应达到 5.0m，高程精度应达到 3.0m。

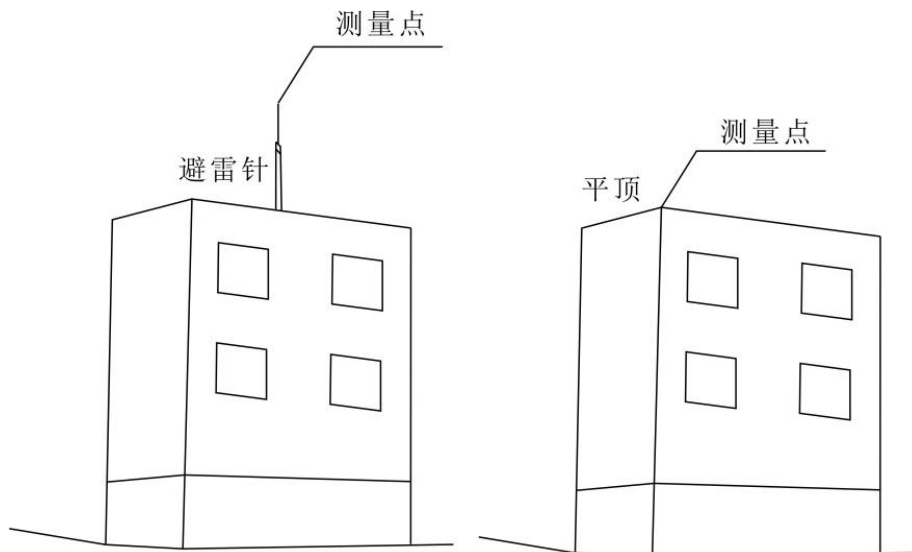
9.2 测量位置

9.2.1 移动物体（如塔吊等）测量其最高点，但不标注在净空保护区图中。

9.2.2 固定物体如建筑物及烟囱、通讯铁塔、高压铁塔等构筑物，测量位置为其最高点。

1 若建筑物屋顶设有避雷针、通讯塔、广告牌等附着物，应测量附着物的最高点，如图 9.2.2-1 所示。

2 若建筑物屋顶无附着物，则测量屋顶最高点或距离机场最近的屋顶角点，如图 9.2.2-1 所示。



(a) 屋顶有附着物

(b) 屋顶无附着物

图 9.2.2-1 建筑物的测量位置

3 通讯塔、高压输电塔等塔形构筑物测量位置均位于其最高点，如图 9.2.2-2、9.2.2-3 所示。

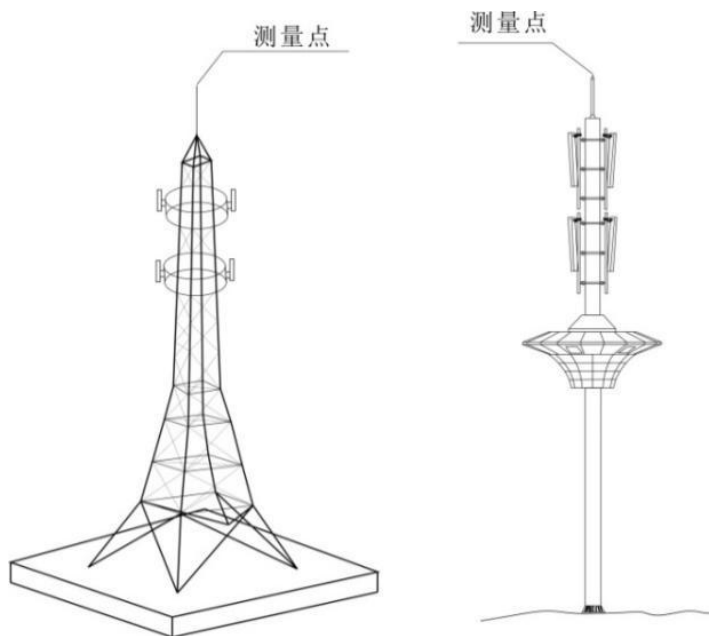


图 9.2.2-2 通讯塔的测量位置

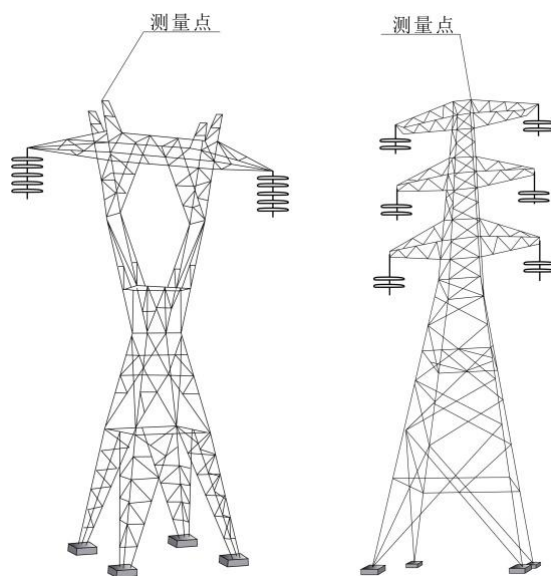


图 9.2.2-3 高压输电塔的测量位置

4 排放大量烟雾、粉尘、火焰、废气等影响飞行安全的物体，如烟囱、冷却塔等应测量其最高点，并估算烟雾、粉尘、火焰、废气高度，在备注中标明。

9.2.3 风力发电设施测量位置为风轮中点处，如图 9.2.3-1 所示，最高点高程为

风轮中点高程加桨叶长度。计算公式如下：

$$H=h+L \quad (9.2.3-1)$$

式中： H ——风力发电机最高点的高程值；

h ——风轮中点高程值；

L ——桨叶长度。

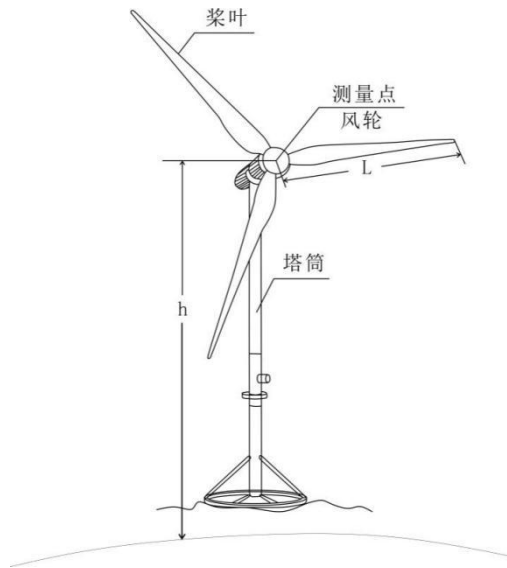


图 9.2.3-1 风力发电机的测量位置

9.2.4 超高山体应测量其最高点及其关键等高线。

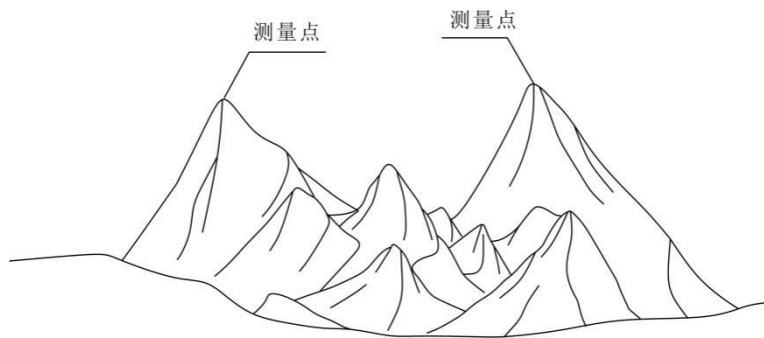


图 9.2.4-1 山头的测量位置

9.2.5 超高树木应测量树冠最高点。

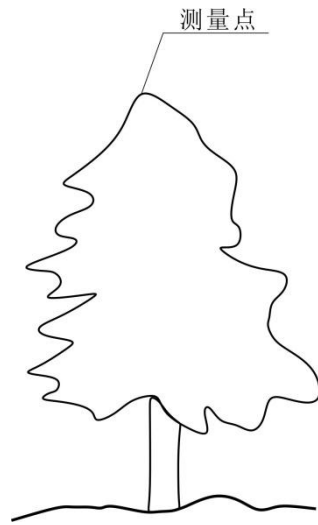


图 9.2.5-1 树木的测量位置

9.2.6 净空保护区内超过 110kV 的架空电线、电缆等，应测量其走向。净空保护区内有铁路、公路、江河穿越时，应测量车、船穿越的最高高程。

9.3 测量方法及技术要求

9.3.1 若障碍物最高点易到达，宜采用 GNSSRTK 测量方法，获得障碍物的平面位置和高度。

9.3.2 若障碍物最高点不易到达，可采用附录 B 和附录 C 所示悬高测量方法获取障碍物高程，可采用附录 D 所示两点前方交会测量方法、《民用机场勘测规范》MH/T5025 中三点前方交会测量方法获得障碍物的平面位置和高度。悬高测量主要技术指标应符合表 9.3.2-1 的规定，两点前方交会的主要技术指标要求应符合表 9.3.2-2 的规定。

9.3.2-1 悬高测量的主要技术要求

| 距障碍物距离 (km) | 测角仪器精度 | 测回次数 | 竖直角 α |
|-------------|--------|------|------------------------|
| ≤ 1 | 6" | 1 | $\alpha \leq 70^\circ$ |

9.3.2-2 两点前方交会的主要技术要求

| 基线边相对精度 | 测角仪器精度 | 障碍物上交会角 γ | 两边计算的高程较差 |
|---------|--------|------------------|--------------------|
| 1/6000 | 2" | $\geq 6^\circ$ | $\leq 15\text{cm}$ |

9.3.4 所有被确定为障碍物的建（构）筑物，均应调查是否设置障碍物灯。

9.3.5 应调查障碍物的具体名称，如小区名称、建筑物名称、电力线路名称及电压、山体名称等。

9.3.6 所有被确定为障碍物的山体，如果山体上有树木，应同时测量山体地面高和树木最高点高程。

9.4 数据成果

9.4.1 净空障碍物数据成果表一般包含机场净空保护区障碍物一览表、机场净空保护区障碍物一览表（机场使用手册附图格式）、净空保护区域（半径 55km）内主要障碍物数据表三种形式。

9.4.2 机场净空保护区障碍物一览表中包含：障碍物编号、障碍物名称、障碍物平面坐标、障碍物经纬度、障碍物相对机场基准点/跑道中心点的磁方位、障碍物距机场基准点/跑道中心点距离、障碍物所在限制面、障碍物海拔高度、障碍物所在限制面允许的海拔高度、障碍物超高高度、障碍灯或标志设置情况以及备注（对控制障碍物及涉及航段/起飞航径区重要障碍物在此栏注明）。表格详见附录 E。

9.4.3 机场净空保护区障碍物一览表（机场使用手册附图格式）中包含障碍物名称（*代表有灯光）、障碍物位置(相对机场基准点/跑道中心点)包括磁方位和距离、障碍物 WGS-84 坐标（经纬度）、障碍物海拔高度、是否控制障碍物及起飞航径重要障碍物以及障碍物超高高度。表格详见附录 E。

9.4.4 净空保护区域（半径 55km）内主要障碍物数据表中包含障碍物名称（*代表有障碍物灯）、障碍物位置(相对机场基准点/跑道中心点)包括磁方位和距离、障碍物 WGS84 坐标（经纬度）、障碍物海拔高度以及是否控制障碍物及起飞航径重要障碍物。表格详见附录 E。

9.4.5 表中障碍物序号，按相对位置基准的磁方位由小到大排序；障碍物名称，如有障碍物灯，名称前加注“*”；障碍物相对位置。需注明相对位置基准，一般为机场基准点或者机场跑道中心点。

10 质量检查

10.1 一般规定

10.1.1 民用机场航空数据测量成果检查验收与质量评定的要求、内容和方法参照执行《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356。

10.1.2 民用机场航空数据测量成果资料提交与质量检查应包含航空数据测量成果资料、技术设计书、技术总结、观测与计算资料、仪器检定资料和已有资料索取单等。

10.2 检查方法

10.2.1 场区航空数据、导航台站及设施的测量成果宜以“点”为单位成果。

10.2.2 净空障碍物数据的测量成果宜以“个”为单位成果，抽样条件宜以“抽检区域”划分，抽取的样本应均匀分布于抽检区域，且抽检区域内不同的净空限制面区域都应有样本点分布，确定样本量应符合表 10.2.2-1 的规定。

表 10.2.2-1 障碍物数据的样本量确定表

| 抽检区域 | 抽检比例 | 备注 |
|-------------|------|------------------------|
| 净空保护区 | 30% | 若障碍物数量大于 100 个，最多抽取 30 |
| 净空保护区外-55km | 10% | 若障碍物数量大于 100 个，最多抽取 10 |

10.2.3 净空障碍物数测量成果中障碍物数据的检查项应符合表 10.2.3-1 的规定。

表 10.2.3-1 障碍物数据的检查项

| 质量元素 | 质量子元素 | 检查项 | 检查内容 | 适用成果 |
|-------|-------|---------|-------------------|------|
| 空间参考系 | 大地基准 | 坐标系统 | 检查坐标系统是否符合要求 | 全部成果 |
| | 高程基准 | 高程基准 | 检查高程基准是否符合要求 | 全部成果 |
| 位置精度 | 平面精度 | 平面位置中误差 | 检查平面位置中误差 | 全部成果 |
| | | 控制点坐标 | 检查控制点平面坐标不符合要求的个数 | 全部成果 |
| | 高程精度 | 高程中误差 | 检查高程中误差 | 全部成果 |
| | | 控制点高程 | 检查控制点高程值处理 | 全部成果 |

| 质量元素 | 质量子元素 | 检查项 | 检查内容 | 适用成果 |
|------|-------|----------|-----------------|------|
| | | | 不符合要求的个数 | |
| 相对精度 | 距离 | 基准点与目标距离 | 检查目标与基准点的距离是否正确 | 全部成果 |
| | 方位 | 目标方位 | 检查目标方位是否正确 | 全部成果 |
| 属性精度 | 属性正确性 | 目标属性 | 检查目标属性是否与实际物体一致 | 全部成果 |
| 计算精度 | 超高值精度 | 计算正确性 | 检查计算方法、计算结果是否正确 | 全部成果 |

10.2.4 依据净空障碍物数据检查项进行计分和质量评定的方法参照执行《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356。若不进行计分评定，则净空障碍物样本的所有检查项均符合要求时，视为质量合格。

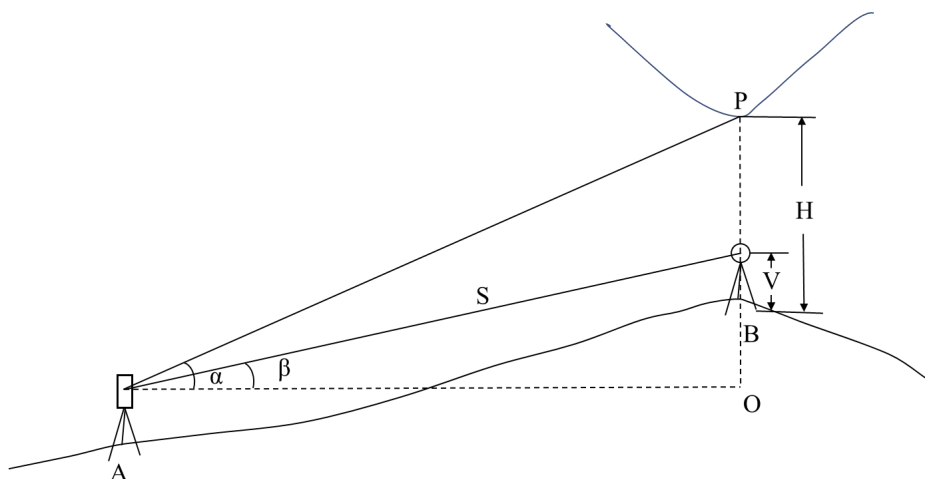
附 录 A
(规范性附录)
大地坐标系地球椭球基本参数

表 A 大地坐标系地球椭球基本参数

| 大地坐标系 参数名称 | 2000 国家大地坐标系 | WGS84 世界大地坐标系 |
|-----------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 长半轴 a (m) | 6378137 | 6378137 |
| 短半轴 b (m) | 6356752.3141 | 6356752.3142 |
| 地心引力常数 GM | $3.986004418 \times 10^{14} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ | $3.986004418 \times 10^{14} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ |
| 第一偏心率平方 e^2 | 0.00669438002290 | 0.00669437999013 |
| 第二偏心率平方 e'^2 | 0.00673949677548 | 0.006739496742227 |
| 扁率 α | 1/298.257222101 | 1/298.257223563 |
| 地球旋转速度 ω | $7.292115 \times 10^{-5} \text{rads}^{-1}$ | $7.292115 \times 10^{-5} \text{rads}^{-1}$ |

附录 B (规范性附录) 一次设站悬高测量

悬高测量是测定空中某点距地面的高度的方法。一次设站悬高测量的特点是：单测站、简单方便，但反射棱镜须放置在待测目标点准确的地面投影点处，如果有所偏离会造成较大的误差。



如上图所示，在待测目标点 P 的地面投影点 B 处架设棱镜，测量棱镜高 V。在 A 点观测 P 点，测得竖直角 α ；观测棱镜，测得竖直角 β 与斜距 S。

则 P 点悬高的计算公式如下：

$$H = (\tan \alpha \cos \beta - \sin \beta)S + V$$

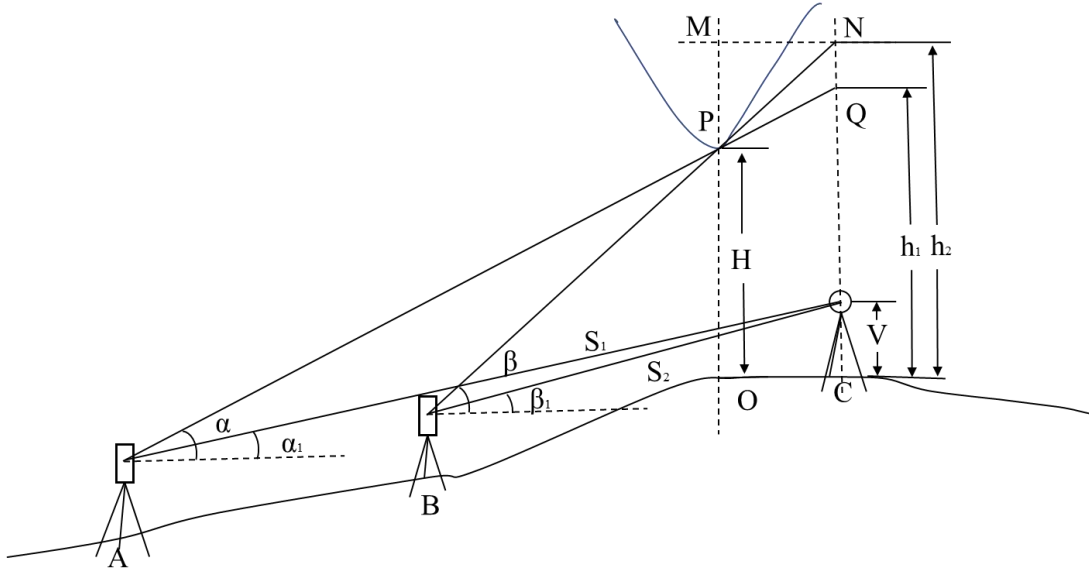
悬高中误差的计算公式如下：

$$m_H^2 = (\tan \alpha \cos \beta - \sin \beta)^2 m_s^2 + (\sec^4 \alpha + \tan^2 \alpha \tan^2 \beta + 1) S^2 \cos^2 \beta \frac{m_a^2}{\rho^2} + m_v^2$$

其中， m_a 为测角中误差， m_s 为测距中误差， m_v 为棱镜高测量中误差。

附录 C (规范性附录) 二次设站悬高测量

由于一次设站悬高测量需要将反射棱镜放置在待测目标的准确的地面投影处，若无法准确的放置，可以采用二次设站的悬高测量方法。



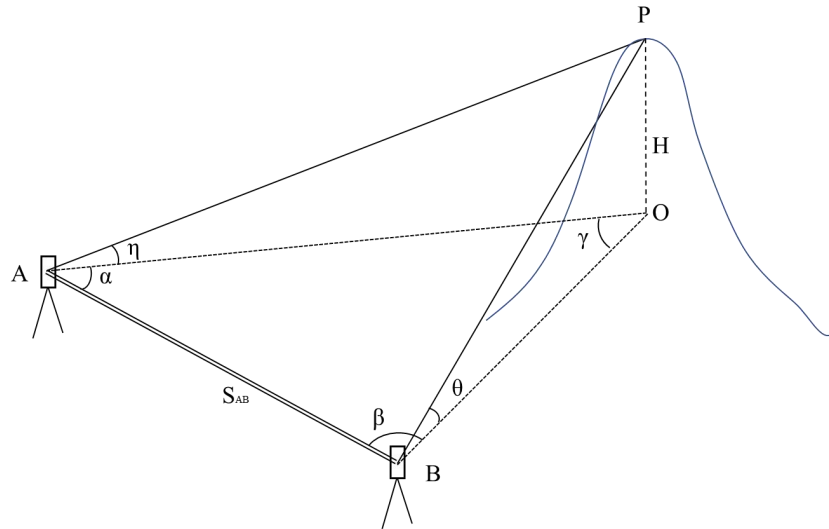
如上图所示，待测目标点 P 的地面投影点为点 O，在点 O 附近选择一个高差较小的位置安置棱镜 C，测量棱镜高为 V。在点 A 观测点 P，观测得竖直角 α ；在点 A 观测棱镜 C，观测得竖直角 α_1 ，测得 AC 距离为 S_1 。在点 B 观测点 P，观测得竖直角 β ；在点 B 观测棱镜 C，观测得竖直角 β_1 ，测得 BC 距离为 S_2 。

假设棱镜 C 与点 O 之间的高差可以忽略，则 P 点悬高的计算公式如下：

$$H = S_2 (\tan \beta \cos \beta_1 - \sin \beta_1) - \sin \beta \cos \alpha \frac{S_2 (\tan \beta \cos \beta_1 - \sin \beta_1) - S_1 (\tan \alpha \cos \alpha_1 - \sin \alpha_1)}{\sin(\beta - \alpha)} + V$$

附录 D (规范性附录) 两点前方交会测量

两点前方交会是通过两个已知点观测未知点,通过角度测量计算未知点坐标与悬高的方法。



如上图所示,在三角形 ABP 中,已知布控点位 A 点和 B 点的坐标分别为 (X_A, Y_A) 和 (X_B, Y_B) 。在点 B 安置棱镜,在已知点 A 处分别观测待测点 P 与点 B , 得到水平角 α 与竖直角 η ; 在点 A 安置棱镜,在已知点 B 处分别观测待测点 P 与点 A , 得到水平角 β 与竖直角 θ 。

P 点坐标的计算公式如下:

$$X_P = X_A + \frac{\sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2} \sin \beta \cos(\arctan \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} - \alpha)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$Y_P = Y_A + \frac{\sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2} \sin \beta \sin(\arctan \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} - \alpha)}{\sin(\alpha + \beta)}$$

P 点悬高的计算公式如下:

$$H = \frac{\sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2}}{2 \sin(\alpha + \beta)} (\sin \beta \tan \eta + \sin \alpha \tan \theta)$$

前方交会点位中误差的计算公式如下:

$$m_p = \pm \frac{m_\alpha S_{AB} \sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}}{\rho \sin^2(\alpha + \beta)}$$

若 $\eta \approx 0$ ，悬高中误差的计算公式如下：

$$m_H^2 \approx \left(\frac{(\sin \beta + \sin \alpha)^2}{\cos^2 \eta} + \tan^2 \eta (\cos \beta - \cos \alpha)^2 - \frac{\tan^2 \eta (\sin(\alpha + \beta) \cos \alpha - \cos(\alpha + \beta) \sin \alpha)^2}{\sin^2(\alpha + \beta)} \right) \frac{((Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2) m_\alpha^2}{4 \sin^2(\alpha + \beta) \rho^2}$$

其中， m_α 为测角中误差。

附 录 E
(资料性附录)
数据成果表

机场净空保护区障碍物一览表

| 障碍物编号 | 障碍物名称 | 地理坐标 | | 平面坐标 | | 相对机场基准点的磁方位角 | 距机场基准点距离(km) | 障碍物所在限制面 | 障碍物海拔高度(m) | 所在面允许的海拔高度(m) | 超高(m) | 障碍物或标志设置情况 | 备注(对控制障碍物及涉及航段/起飞航径区重要障碍物在此栏注明) |
|-------|-------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|----------|------------|---------------|-------|------------|---------------------------------|
| | | 障碍物经度(E) | 障碍物纬度(N) | 横坐标 Y(m) | 纵坐标 X(m) | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |

机场净空保护区障碍物一览表（以机场跑道中心点/基准点为基准）（机场使用手册附图格式）

| 序号 | 障碍物名称(*代表有灯光) | 位置(相对跑道中心点/基准点) | | 坐标(WGS84 坐标) | 海拔高度(米) | 控制障碍物及起飞航径重要障碍物 | 超高(米) |
|----|---------------|-----------------|-------|--------------|---------|-----------------|-------|
| | | 磁方位(度) | 距离(米) | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

机场半径 15 千米内主要障碍物数据表（以机场跑道中心点/基准点为基准）

| 序号 | 障碍物名称(*代表有灯光) | 位置(相对跑道中心点/基准点) | | 坐标(WGS84 坐标) | 海拔高度(米) | 控制障碍物及涉及航段/起飞航径区重要障碍物 |
|----|---------------|-----------------|-------|--------------|---------|-----------------------|
| | | 磁方位(度) | 距离(米) | | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

机场半径 55 千米内主要障碍物数据表（以机场跑道中心点/基准点为基准）

| 序号 | 障碍物名称（*代表有灯光） | 位置(相对跑道中心点) | | 坐标 (WGS84 坐标) | | 海拔高度 (米) | 控制障碍物及涉及航段/起飞航径区重要障碍物 |
|----|---------------|-------------|-------|------------------|--|-------------|-----------------------|
| | | 磁方位(度) | 距离(米) | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |

遮蔽角测量数据成果表

台站名称:

经度:

测量日期:

台站位置:

纬度:

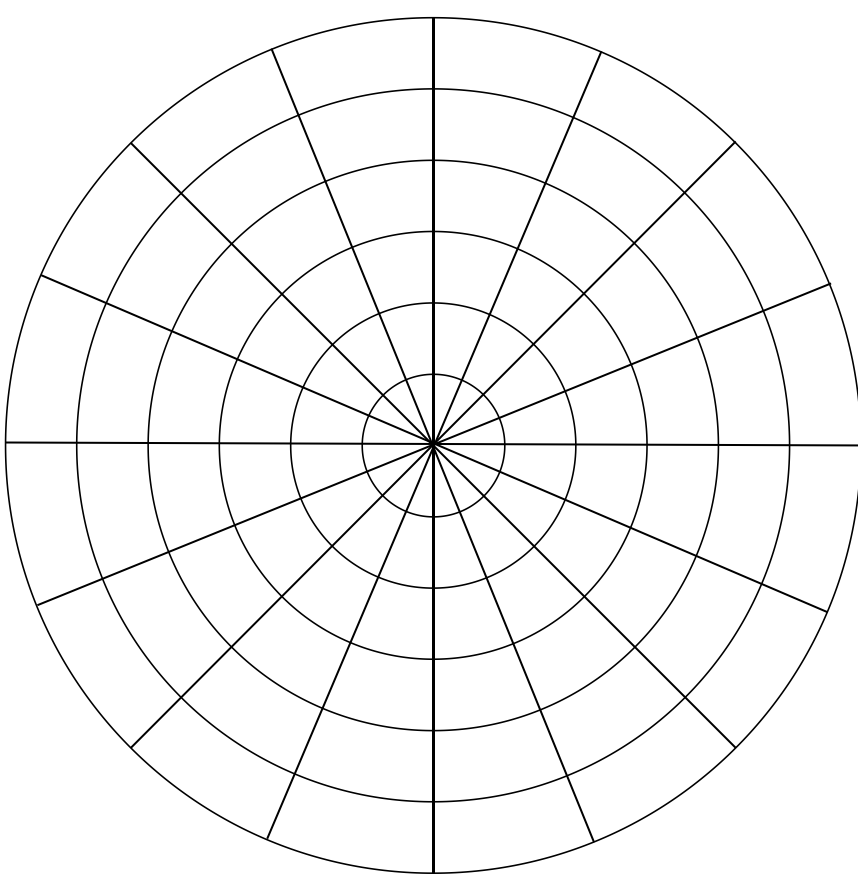
台站地面标高:

天线标高:

| 真方位 | | | 到障碍物距离 (m) | 仰角 | | | 障碍物性质 | 备注 |
|-----|---|---|---------------|----|---|---|-------|----|
| 度 | 分 | 秒 | | 度 | 分 | 秒 | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

附 录 F
(资料性附录)
数据成果表

空管台站场地环境平面图

| 台站名称 | | 台站位置 地理坐标 | 东经：_____ 北纬：_____ | 台站位置 高程 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------|----------------------|------------|--|
|  | | | | | |
| 备注 | | | | | |

填报说明：

1. 空管台站场地环境平面图的方位标线统一用磁方位角表示，每隔 22.5 度标出一条；距离标线可按实际需要规定，但需在备注栏中加以说明。
2. 图中按国家标准规定的地图标号，标出空管台站周围的主要建筑物、公路、铁路、机场跑道、金属架空线缆、山脉等。
3. 地形地物所占的水平张角，应按实测数据标出。