

BD

中国第二代卫星导航系统重大专项标准

BD 420073-2022

全球卫星导航系统（GNSS）定向设备 性能要求及测试方法

Performance requirements and test methods
for heading determination equipment of global navigation satellite systems



2022-12-30 发布

2023-01-30 实施

中国卫星导航系统管理办公室 批准

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 要求	2
4.1 组成	2
4.2 功能要求	3
4.3 性能要求	3
4.4 接口要求	5
4.5 外观要求	5
4.6 抗干扰	5
4.7 环境适应性	6
5 测试条件	6
5.1 室内测试环境	6
5.2 室外基线检验场	6
5.3 测试设备	7
6 测试方法	7
6.1 测试项目	7
6.2 功能测试	7
6.3 性能测试	8
附录 A（资料性）定位精度的计算方法	14

前 言

本文件由中国卫星导航系统管理办公室提出。

本文件由全国北斗卫星导航标准化技术委员会(S AC/TC544)归口。

本文件起草单位：北京东方计量测试研究所、中国卫星导航工程中心、和芯星通（北京）科技有限公司、泰斗微电子科技有限公司、湖南卫导信息科技有限公司。

本文件主要起草人：李雨濛、陈 强、刘 莹、国 际、王 田、李 萌、杨文彬、吴 洋、张肇东、李 京、张 璐、卢欢欢、王 宏、张勇虎、李 振、姚 彬。

全球卫星导航系统（GNSS）定向设备性能要求及测试方法

1 范围

本文件规定了兼容北斗的全球卫星导航系统（GNSS）定向设备的组成、功能性能要求和测试方法。本文件适用于兼容北斗的全球卫星导航系统（GNSS）定向设备的研制、生产和检测。

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/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.10-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
GB/T 39267 北斗卫星导航术语

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 39267界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

方位角 **azimuth**

从一点到另一点之间的连线在水平面内的投影与基准方向之间的夹角。

3.1.2

首次定位时间 **time to first fix**

设备从冷启动开机到定位结果满足要求所需的时间。

3.1.3

首次定向时间 **time to first heading**

设备从冷启动开机至首次输出符合精度要求的定向结果所需的时间。

3.1.4

捕获灵敏度 **acquisition sensitivity**

设备在冷启动条件下，捕获卫星导航信号并正常定位所需的最低信号电平。

3.1.5

跟踪灵敏度 **tracking sensitivity**

在设备正常定位后，能够保持对卫星导航信号的跟踪并正常定位所需的最低信号电平。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BDS: 北斗卫星导航系统 (BeiDou navigation satellite System)

Galileo: 伽利略卫星导航系统 (Galileo navigation satellite System)

GLONASS: 格洛纳斯卫星导航系统 (GLObal NAVigation Satellite System)

GNSS: 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

GPS: 全球定位系统 (Global Positioning System)

RMS: 均方根 (Root Mean Square)

4 要求

4.1 组成

定向设备应至少包括下列组成部分，定向设备组成连接如图1所示：

- a) 主天线：接收卫星导航信号。
- b) 从天线：接收卫星导航信号。
- c) 天线线缆。
- d) 主机：
 - 1) 卫星导航信号接收和处理单元；
 - 2) 主天线接口；
 - 3) 从天线接口；
 - 4) 数据输出接口；
 - 5) 电源接口。
- e) 内置或外接电源。

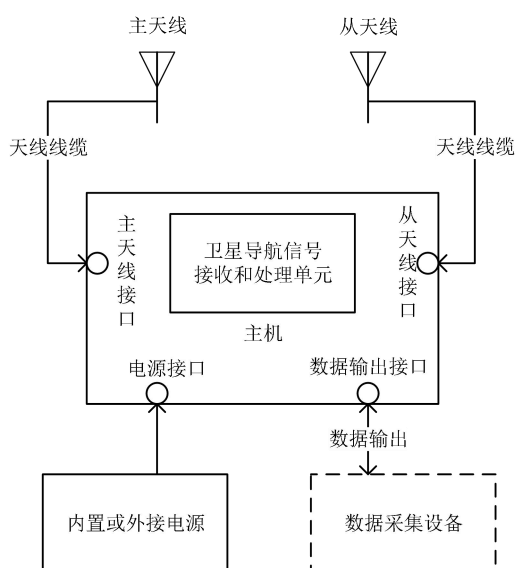


图 1 定向设备组成连接示意图

4.2 功能要求

定向设备可使用 GNSS 公开服务信号，包括 BDS、GPS、GLONASS、Galileo 导航信号。应至少能使用北斗卫星导航系统（BDS）双频信号完成定位定向，具体功能要求如下：

- 信号接收：定向设备应具备接收北斗或多系统卫星信号的功能；
- 定位：定向设备应具备接收导航定位信号、进行定位解算并输出位置、速度、时间信息的功能；
- 定向：定向设备应具备接收定位信号、进行数据解算并输出定向数据的功能。

4.3 性能要求

4.3.1 静态定位精度

在 $HDOP \leq 4$ 或 $PDOP \leq 6$ 时，水平定位精度： $\leq 5m$ (RMS)，高程定位精度： $\leq 5m$ (RMS)。

4.3.2 动态定位精度

在 $HDOP \leq 4$ 或 $PDOP \leq 6$ 时，水平定位精度： $\leq 5m$ (RMS)，高程定位精度： $\leq 5m$ (RMS)。

4.3.3 差分定位精度

4.3.3.1 伪距差分定位精度

在 $HDOP \leq 4$ 或 $PDOP \leq 6$ 时，伪距差分水平定位精度： $\leq 1m$ (RMS)，伪距差分高程定位精度： $\leq 2m$ (RMS)。

4.3.3.2 载波相位差分定位精度

在 $HDOP \leq 4$ 或 $PDOP \leq 6$ 时，载波相位差分水平定位精度： $\leq 0.1m$ (RMS)，载波相位差分高程定位精度： $\leq 0.2m$ (RMS)。

4.3.4 测速精度

在 HDOP \leq 4 或 PDOP \leq 6 时，测速精度： \leq 0.2m/s (RMS)。

4.3.5 定向精度

4.3.5.1 静态定向精度

静态定向精度： \leq 0.3° (RMS)，基线长度 1m。

4.3.5.2 动态定向精度

动态定向精度： \leq 0.5° (RMS)，基线长度 1m。

4.3.6 时间特性

4.3.6.1 数据更新率

定向设备数据输出的更新率： \geq 1Hz。

4.3.6.2 首次定位时间

定向设备的首次定位时间： $<$ 60s。

4.3.6.3 首次定向时间

定向设备的首次定向时间： $<$ 90s。

4.3.7 灵敏度

4.3.7.1 捕获灵敏度

定向设备的捕获灵敏度指标要求见表 1。

表 1 捕获灵敏度指标

GNSS 系统	信号类型	捕获灵敏度, dBm
BDS	B1I	\leq -136
	B1C	\leq -136
	B2I	\leq -136
	B2a	\leq -136
	B3I	\leq -136
GPS	L1C/A	\leq -131
	L1C	\leq -130
	L2C	\leq -131
	L2P(Y)	\leq -134
	L5	\leq -130
GLONASS	G1	\leq -131
	G2	\leq -131
Galileo	E1	\leq -130

	E5a	≤ -128
	E5b	≤ -128

4.3.7.2 跟踪灵敏度

定向设备的跟踪灵敏度指标要求见表 2。

表 2 跟踪灵敏度指标

GNSS 系统	信号类型	跟踪灵敏度 (dBm)
BDS	B1I	≤ -139
	B1C	≤ -139
	B2I	≤ -139
	B2a	≤ -139
	B3I	≤ -139
GPS	L1C/A	≤ -134
	L1C	≤ -133
	L2C	≤ -137
	L2P(Y)	≤ -134
	L5	≤ -133
GLONASS	G1	≤ -134
	G2	≤ -134
Galileo	E1	≤ -133
	E5a	≤ -131
	E5b	≤ -131

4.4 接口要求

定向设备接口应满足以下要求：

- 主机至少有两个天线接口，可连接定向设备的主天线、从天线；
- 主机至少包含一个 RS232 数据接口，应支持 NMEA-0183 协议输出，且可将定位、定向、时间等信息从该接口输出给其他设备；
- 具有供电接口，应可通过外接转接线、适配器支持直流供电或市电供电。

4.5 外观要求

定向设备的外观应符合以下要求：

- 表面无凹痕、划伤、裂痕、变形及严重污染等缺陷；
- 金属件不应有锈蚀、损伤等缺陷；
- 涂（镀）层表面不应有气泡、龟裂和脱落等缺陷；
- 文字、符号及标志应清晰、规范。

4.6 抗干扰

定向设备在窄带干扰信号的环境下，定向精度应符合 4.3.1 的要求。窄带干扰信号参数如下：

- 干扰信号调制方式：QPSK 调制；

- b) 单个干扰信号带宽为所在导航信号带宽的10%;
- c) 干信比60dB。

4.7 环境适应性

4.7.1 高温

高温工作：70℃;

高温贮存：85℃。

4.7.2 低温

低温工作：-40℃;

低温贮存：-55℃。

4.7.3 湿热

在温度40℃、相对湿度93%的环境下，定向设备应能正常工作，并保持结构完好。

4.7.4 振动

被测定向设备（包括主天线和从天线）按表3所示试验值量进行振动试验，振动试验后被测定向设备应能正常工作，且无明显机械损伤。

表3 振动条件表

项目	条件参数
振动方向	X、Y、Z三个方向
扫频范围	5Hz~300Hz
扫频速度	1Oct/min
扫频时间	每个方向 8h
振幅	5Hz~11Hz 时 10mm（峰值）
加速度	11Hz~300Hz 时 50m/s ²

5 测试条件

5.1 室内测试环境

除另有规定外，所有测试应在以下条件下进行：

- a) 温度：15℃~35℃;
- b) 相对湿度：20%~80%。

5.2 室外基线检验场

室外基线检验场应选择在地质构造坚固稳定、利于长期保存、交通便利的地方建设。检验场的各个观测点周围应无强电磁信号干扰，且观测点周围环视高度角 10°以上无障碍物。

5.3 测试设备

所有测试设备应有足够的分辨力、准确度和稳定度，其性能应满足被测技术性能指标的要求。除另有规定外，其精度应优于被测指标精度一个数量级或三分之一。所有测试设备应经过计量检定合格并在有效期内。

6 测试方法

6.1 测试项目

本文件规定的测试项目及所对应的性能要求、测试方法见表 4。

表 4 测试项目表

序号	测试项目		性能要求	测试方法
1	功能检查		4.2	6.2
2	静态定位精度		4.3.1	6.3.1
3	动态定位精度		4.3.2	6.3.2
4	差分定位精度	伪距差分定位精度	4.3.3.1	6.3.3.1
5		载波相位差分定位精度	4.3.3.2	6.3.3.2
6	测速精度		4.3.4	6.3.4
7	定向精度	静态定向精度	4.3.5.1	6.3.5.1
8		动态定向精度	4.3.5.2	6.3.5.2
9	时间特性	数据更新率	4.3.6.1	6.3.6.1
10		首次定位时间	4.3.6.2	6.3.6.2
11		首次定向时间	4.3.6.3	6.3.6.3
12	灵敏度	捕获灵敏度	4.3.7.1	6.3.7.1
13		跟踪灵敏度	4.3.7.2	6.3.7.2
14	输出接口		4.4	6.4
15	外观		4.5	6.5
16	抗干扰		4.6	6.6
17	环境适应性	高温工作	4.7.1	6.7.1
18		低温工作	4.7.2	6.7.2
19		高温贮存	4.7.1	6.7.3
20		低温贮存	4.7.2	6.7.4
21		湿热	4.7.3	6.7.5
22		振动	4.7.4	6.7.6

6.2 功能测试

6.2.1 信号接收

使用模拟信号进行测试，设置模拟器仿真速度不高于 2m/s 的直线运动用户轨迹。调整模拟器输出的各颗卫星的信号电平，使到达接收天线口面的信号功率为-127dBm，设置模拟器各系统可见卫星个数大于 12 颗。被测定向设备在冷启动状态下开机，依照被测定向设备的技术文件，记录对应的观测量语句，并通过配套的数据转换软件，将观测量数据转换为标准的 RINEX 格式，统计文件中各个卫星系统及频点，应符合 4.2 的要求。

6.2.2 定位

使用实际卫星信号进行测试，将被测定向设备主天线架设在位置已知的标准点上，连接主天线和主机，给被测定向设备上电开机，检查其输出的观测数据，应符合 4.2 的要求。

6.2.3 定向

使用实际卫星信号测试，将被测定向设备的主、从天线分别架设在两个方位角已知的基线点位上，真北为基准方向，基线长度一般为 1m。被测定向设备上电开机，检查其输出的观测数据，应符合 4.2 的要求。

6.3 性能测试

6.3.1 静态定位精度

使用实际卫星信号进行测试，将被测定向设备主天线架设在位置已知的标准点上，连接主天线和主机，给被测定向设备上电，连续测试 24h 以上，将获取的定位数据与标准点坐标进行比较，定位精度的计算方法参见附录 A，应符合 4.3.1 的要求。

6.3.2 动态定位精度

使用模拟信号进行测试，设置模拟器分别仿真如下载体运动轨迹：

- a) 以 $25\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$ 的速度沿直线运行至少 1min~2min，然后在 5s 内沿同一直线将速度降到 0；
- b) 以 $12.5\text{m/s} \pm 0.5\text{m/s}$ 的速度在水平面沿直线运动至少 100m，并在运动中相对直线两侧以 11s~12s 周期均匀偏移 2m，保持至少 2min。
- c) 被测定向设备主机接收模拟器输出的射频仿真信号，每秒钟输出一组定位数据，以模拟器仿真的位置作为标准位置，计算定位精度，定位精度结果应符合 4.3.2 的要求。

6.3.3 差分定位精度

6.3.3.1 伪距差分定位精度

使用实际卫星信号测试：

- a) 将被测定向设备的主、从天线分别架设在坐标点已知的基线点位上，基线长度大于 3m；

- b) 被测设备开机并设置为伪距差分定位模式，将主天线支路配置为基准站模式，从天线支路配置为流动站模式，主天线支路通过串口将差分数据传输至从天线支路；
- c) 被测设备主机将解算的差分定位信息以 1Hz 频度输出至外部计算机并存储，测量时间不小于 30min；
- d) 依照附录 A 计算定位精度，伪距差分定位精度结果应符合 4.3.3.1 的要求。

6.3.3.2 载波相位差分定位精度

使用实际卫星信号测试：

- a) 将被测定向设备的主、从天线分别架设在坐标点已知的基线点位上，基线长度大于 3m；
- b) 被测设备开机并设置为载波相位差分定位模式，将主天线支路配置为基准站模式，从天线支路配置为流动站模式，主天线支路通过串口将差分数据传输至从天线支路；
- c) 被测设备主机将解算的差分定位信息以 1Hz 频率输出至外部计算机并存储，测量时间不少于 30 分钟；
- d) 依照附录 A 计算定位精度，载波相位差分定位精度结果应符合 4.3.3.2 的要求。

6.3.4 测速精度

使用模拟器模拟卫星导航信号运动轨迹，输出射频仿真信号。被测定向设备接收射频仿真信号，按 1Hz 的更新率输出速度数据，以模拟器仿真的速度作为标准，计算速度精度。

依次用模拟器仿真不同动态的运动轨迹，每条轨迹的仿真时间不小于 10min，各条轨迹的最大速度、最大加速度取值见表 5。

表 5 测速精度运动轨迹参数

序号	最大速度 m/s	最大加速度 m/s ²
1	5	1
2	60	10
3	100	20

分别按上述运动轨迹进行测试，计算其测速精度，测速精度结果应符合 4.3.4 的要求。

6.3.5 定向精度

6.3.5.1 静态定向精度

使用实际卫星信号测试，将被测定向设备的主、从天线分别架设在方位角已知的基线点位上，真北为基准方向，基线长度一般为 1m。被测定向设备开机，定向设备将解算的方位角以 1Hz 频率输出至外部计算机并存储，采集不少于 600 个定向测量结果，按公式 (1) 统计定向精度。定向精度结果应符合 4.3.5.1 的要求。

$$RMS_{\theta} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\theta_i - \theta')^2} (i=1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- RMS_{θ} ——定向精度，单位为度（°）；
 i ——参加统计的定向结果样本序号；
 n ——参加统计的定位结果样本总数；
 θ_i ——第 i 个方位角测量值，单位为度（°）；
 θ' ——基线与真北方位角度差真值，单位为度（°）。

6.3.5.2 动态定向精度

使用导航模拟器信号测试，测试场景参数配置参见表6。

表6 动态定向精度测试模拟器场景参数配置

参数名称	参数配置
场景类别	动态场景
基线长度	1m
载体轨迹	水平匀速圆周
速度	≤300m/s
加速度	≤4g
圆周半径	720m

定向设备接收导航模拟器播发的模拟仿真信号，真北为基准方向，定向设备将解算的方位角以1Hz频率输出至外部计算机并存储，并按公式（1）统计定向精度。定向精度结果应符合4.3.5.2的要求。

6.3.6 时间特性

6.3.6.1 数据更新率

在正常接收卫星信号的环境下，根据被测设备的说明书，将被测设备的输出接口接入计算机，通过厂家提供的软件或第三方软件读取被测设备的输出信息，应符合4.3.6.1的要求。

6.3.6.2 首次定位时间

使用模拟信号进行测试：

- 设置模拟器仿真速度不大于2m/s的直线运动用户轨迹，使被测定向设备在概略位置、概略时间、星历和历书未知的状态下开机，以获得冷启动状态；
- 设置被测定向设备以1Hz的输出频率连续记录输出的定位数据，找出首次连续10次输出定位数据的时刻；
- 计算从开机到上述10个输出三维定位误差不超过100m时刻中第1个时刻的时间间隔；

- d) 重复步骤a)~c)进行10次测试,取10次测试中的9个有效结果(去掉最大值或一个无效值),取平均值作为测试结果,应符合4.3.6.2的要求。

6.3.6.3 首次定向时间

使用模拟信号进行测试:

- a) 设置模拟器输出信号电平-130dBm,且满足PDOP \leq 6,其他参数设置参见表6,使被测定向设备在概略位置、概略时间、星历和历书未知的状态下开机,以获得冷启动状态;
- b) 设置被测定向设备以1Hz的输出频率连续记录输出的定向数据,找出首次连续10次输出定向误差不超过0.3°的时刻;
- c) 计算从开机到上述10个输出时刻中第1个时刻的时间间隔;
- d) 重复步骤a)~c)进行10次测试,取10次测试中的9个有效结果(去掉最大值或一个无效值),取平均值作为测试结果,应符合4.3.6.3的要求。

6.3.7 灵敏度

6.3.7.1 捕获灵敏度

使用模拟信号进行测试,设置模拟器参数参见表6。每次设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平从定向设备不能捕获信号的状态开始。以1dB步进增加模拟器输出信号的功率电平,被测定向设备在冷启动状态下开机,若其能够在300s内捕获导航信号并定位,且以1Hz的更新率连续10次输出满足定位精度要求的定位数据,记录该电平值即为捕获灵敏度,应符合4.3.7.1的要求。

6.3.7.2 跟踪灵敏度

使用模拟信号进行测试,设置模拟器参数参见表6。设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平,使定向设备能够正常定位。以1dB步进降低模拟器输出信号的功率电平,测试定向设备能否在300s内以1Hz的更新率连续10次输出满足定位精度要求的定位数据,记录能够使定向设备满足定位要求的最低电平值即为跟踪灵敏度,应符合4.3.7.2的要求。

6.4 接口

在正常接收卫星信号的环境下,根据被测定向设备的说明书,将被测定向设备的输出接口接入计算机,通过第三方软件读取被测定向设备的输出信息,应符合4.4的要求。

6.5 外观

目视检查被测定向设备的外观情况,应符合4.5的要求。

6.6 抗干扰

按照4.6的参数设置干扰信号源输出干扰信号，以辐射方式向定向设备发射干扰，测试示意图如图2所示，调整发射天线位置使到达接收天线口面的干扰信号功率为-70dBm，定向设备数据输出应符合4.3.1的要求。

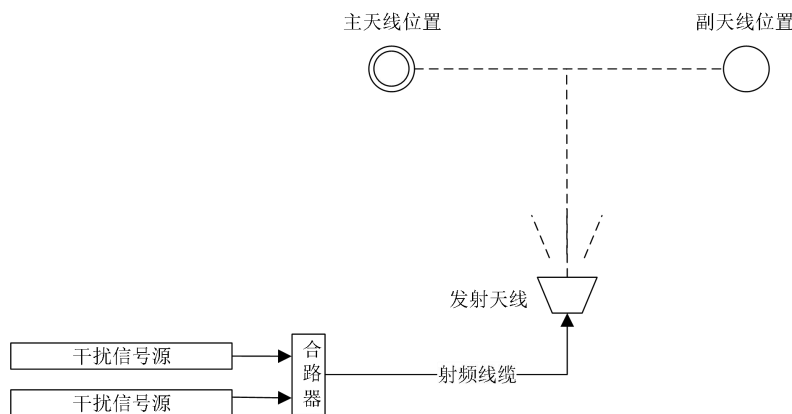


图2 抗干扰测试连接示意图

6.7 环境适应性

6.7.1 高温工作

高温工作试验按GB/T 2423.2-2008的规定进行。测试被测定向设备的动态定向精度，在温度稳定时段的后段采集2h的定向数据，应符合4.3.5的要求。

6.7.2 低温工作

低温工作试验按GB/T 2423.1-2008的规定进行。测试被测定向设备的动态定向精度，在温度稳定时段的后段采集2h的定向数据，应符合4.3.5的要求。

6.7.3 高温贮存

高温贮存试验按GB/T 2423.2-2008的规定进行。在温度恢复后，测试被测定向设备的动态定向精度，采集2h的定向数据，应符合4.3.5的要求。

6.7.4 低温贮存

低温贮存试验按GB/T 2423.1-2008的规定进行。在温度恢复后，测试被测定向设备的动态定向精度，采集2h的定向数据，应符合4.3.5的要求。

6.7.5 湿热

湿热试验按GB/T 2423.3-2016的规定进行。试验结束后，测试被测定向设备的动态定向精度，采集2h的定向数据，应符合4.3.5的要求。

6.7.6 振动

振动试验按GB/T 2423.10-2019的规定进行。

将被测定向设备安装在振动试验台上，在表3的条件下试验。试验结束后，检查被测定向设备的外观结构应无破损，测试被测定向设备的动态定向精度，采集2h的定向数据，定向精度应符合4.3.5的要求。

附录 A
(资料性)
定位精度的计算方法

A.1 统计水平定位误差

其中水平定位分量计算方法见联立公式 (A.1)。

$$\begin{aligned}\Delta h_j &= \sqrt{\Delta E_j^2 + \Delta N_j^2} \\ \Delta E_j &= E'_j - E_j \quad (j=1,2,\dots,n) \dots\dots\dots (A.1) \\ \Delta N_j &= N'_j - N_j\end{aligned}$$

式中:

Δh_j ——水平定位分量;

j ——参加统计的定位结果样本序号;

n ——参加统计的定位结果样本总数;

E'_j ——接收机解算出的第 j 个定位结果的东向分量;

E_j ——实际坐标点的第 j 个定位时刻的东向分量;

N'_j ——接收机解算出的第 j 个定位结果的北向分量;

N_j ——实际坐标点的第 j 个定位时刻的北向分量。

A.2 统计垂直定位误差

垂直误差分量计算方法见公式 (A.2)。

$$\Delta u_j = |U'_j - U_j| \quad (j=1,2,\dots,n) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

Δu_j ——垂直误差分量;

j ——参加统计的定位结果样本序号;

n ——参加统计的定位结果样本总数;

U'_j ——终端解算出的第 j 个定位结果的垂直分量;

U_j ——实际坐标点的第 j 个定位时刻的垂直分量。

A.3 所有定位点的三维定位误差按公式 (A.3) 计算

$$\Delta s_j = \sqrt{\Delta h_j^2 + \Delta u_j^2} \quad (j=1,2,\dots,n) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

Δs_j ——三维定位误差；

Δh_j ——水平定位分量；

Δu_j ——垂直误差分量；

j ——参加统计的定位结果样本序号；

n ——参加统计的定位结果样本总数。

当 Δs_j 大于50m时，相应历元的定位点判定为无效。

A.4 将有效的定位点按三维定位误差按从小到大排序，取第 $(n \times 66.7\%)$ 个点的水平定位分量和垂直定位分量作为该应用模式下的水平定位精度和高程定位精度。
