



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—20××

GNSS动态面积测量仪校准规范

Calibration Specification for
GNSS Dynamic Area Measurement Instrument
(征求意见稿)

××××-××-××发布××××-××-××实施

国家市场监督管理总局发布

GNSS 动态面积测量仪校准规范

JJF XXXX—20XX

Calibration Specification for GNSS
Dynamic Area Measurement Instrument

归口单位：全国卫星导航应用专用计量测试技术委员会

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：贵州省计量测试院

中交星宇科技有限公司

北京合众思壮股份有限公司

本规范委托全国卫星导航应用专用计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

许 原（北京市计量检测科学研究院）

黄 艳（北京市计量检测科学研究院）

檀恒宇（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

韩 锋（贵州省计量测试院）

钱道庆（中交星宇科技有限公司）

张军锋（北京合众思壮科技股份有限公司）

目 录

1 范围	2
2 引用文件	2
3 术语	2
4 概述	2
5 计量特性	3
6 校准条件	3
6.1 环境条件	3
6.2 主要校准设备	3
7 校准项目和校准方法	4
7.1 校准项目	4
7.2 校准方法	4
8 校准结果表达	7
9 复校时间间隔	7
附录 A 校准原始记录格式	8
附录 B 校准证书内页格式	9
附录 C 主要项目校准结果的不确定度评定示例	10

引言

本规范依据JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编制，其中测量结果不确定度的评定依据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行编制。

本规范为首次发布。

GNSS 动态面积测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于卫星定位工作模式的面积测量仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》

JJF 1403-2013 《全球导航卫星系统(GNSS)接收机(时间测量型)》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语

3.1 面积测量误差 area measure error

面积测量仪测量计算的面积值与标准面积值之差。

3.2 距离测量误差 distance measure error

面积测量仪测量计算的距离值与标准距离值之差。

4 概述

全球导航卫星系统（GNSS）动态面积测量仪是应用全球导航卫星系统实时测量经度、纬度、高程等数据信息，得出被测区域边界各个点的坐标，再通过数学方法计算出距离、里程、面积等数据的电子测量仪器。主要由 GNSS 天线、GNSS 定位模块、显示屏、微处理器、数据存储器等组成，其基本结构如图 1 所示。

虚线和设备名称去掉

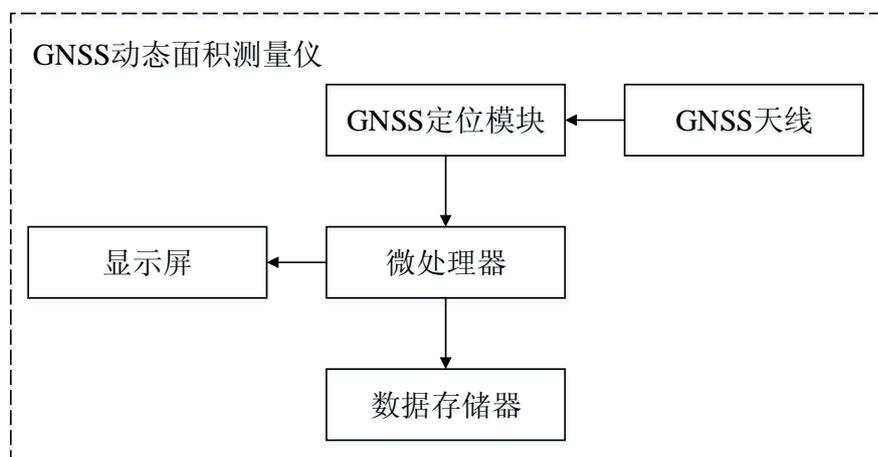


图 1 GNSS 动态面积测量仪基本结构

5 计量特性

5.1 定位偏差和精密度

定位偏差：优于 10 m；

定位精密度：优于 10 m， 1σ 。

5.2 距离测量误差

(-2 m~+2 m)。

5.3 面积测量误差

(1%~5%)。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度

(20~25) °C ±2 °C。

6.1.2 环境相对湿度

≤80%。

6.1.3 无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 GNSS 信号模拟器

a) 支持系统

支持被校准面积测量仪所适用的GNSS系统和频点。

b) 信号功率

输出范围：(-170~-70) dBm。

c) 伪距精度

伪距分辨力：(0.01~0.1) m；伪距率分辨力：(0.01~0.1) m/s

6.2.2 GNSS 信号转发器

可转发GNSS信号模拟器工作频点，包括但不限于GPS L1 C/A、BDS B1I/BIC信号转发，具备可调衰减器控制信号功率电平，衰减器控制分辨力≤1dB。

6.2.3 其他设备

电波暗室/暗箱:

工作频率: 1GHz~2GHz

屏蔽效能: 优于80dB

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

测量标准和被校面积测量仪开机,按规定时间进行预热后再对其主要技术指标进行校准。对于天线主机分体式面积测量仪采用有线传导测量方式,仪器连接如图2所示。



图 2 定位偏差和精密度校准连接示意图

对于天线主机一体式面积测量仪采用暗室内空间辐射测量方式,采用GNSS信号模拟器和GNSS信号转发器在暗室内进行校准,仪器连接如图3所示。

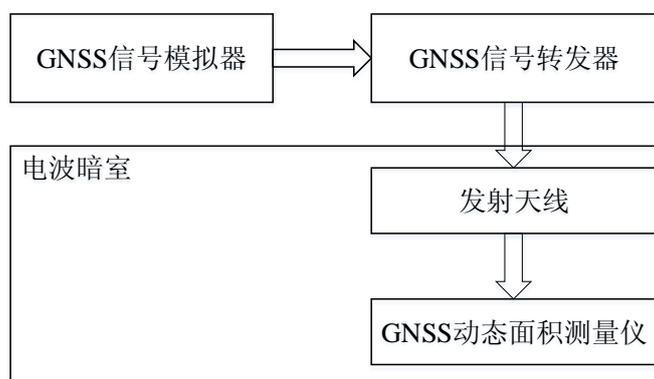


图 3 定位偏差和精密度校准连接示意图

校准项目见表1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目
7.2.1	外观及工作正常性检查
7.2.2	定位偏差和精密度
7.2.3	距离测量误差
7.2.4	面积测量误差

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

GNSS面积测量仪外表面应光洁、平整。面积测量仪开机后，观察如下功能是否正常：

- a) 显示及操作控制功能；
- b) GNSS定位功能；
- c) 面积测量数据输出功能。

7.2.2 定位偏差与精密度

a) 根据被校面积测量仪型式选择适应的校准方式，校准步骤如下：

b) 使被校面积测量仪先验导航数据和时间信息失效，然后开机并置于电波暗室中。

c) 启动卫星导航信号转发器，根据路径损耗设置衰减值，使被校面积测量仪接收天线的功率电平与卫星导航信号模拟器设置功率电平一致。

d) 启动卫星导航信号模拟器定位偏差与精密度场景（场景配置见附录D）。

e) 开启面积测量仪定位测量功能，面积测量仪输出第一个有效定位值后，记录面积测量仪定位数据值，采样时间15min（采样间隔按面积测量仪说明书设置，无规定采样间隔设为1s）。

f) 记录模拟器仿真标准位置值 x_0, y_0, z_0 。被校面积测量仪记录的定位数据导出转换为 x_i, y_i, z_i ，由式(1)计算面积测量仪的定位数据的平均值，由式(2)计算面积测量仪的定位偏差，由式(3)计算测量值的实验标准差，由式(4)计算面积测量仪定位精密度。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \quad (1)$$

$$\delta_p = \sqrt{(\bar{x} - x_0)^2 + (\bar{y} - y_0)^2 + (\bar{z} - z_0)^2} \quad (2)$$

$$s_x = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad s_y = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad s_z = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\sigma_p = \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2} \quad (4)$$

其中

(x_0, y_0, z_0) ——地心地固坐标系中，模拟器仿真的标准三维位置；

(x_i, y_i, z_i) ——地心地固坐标系中，面积测量仪测量的三维位置；

s_x, s_y, s_z ——面积测量仪获得三维位置的实验标准差； \overline{xy}

δ_p ——表示面积测量仪定位偏差。

σ_p ——表示面积测量仪定位精密度。

7.2.3 距离测量误差

根据被校面积测量仪型式选择适应的校准方式，校准步骤如下：

使被校面积测量仪先验导航数据和时间信息失效，然后开机并置于电波暗室中。

a) 启动卫星导航信号转发器，根据路径损耗设置衰减值，使被校面积测量仪接收天线的功率电平与卫星导航信号模拟器设置功率电平一致。

b) 启动模拟器距离测量误差测试场景（场景配置参数见附录D.2）。

c) 被校面积测量仪设置为距离测量模式，观察面积测量仪输出第一个有效定位值后，开启面积测量仪距离测量功能，采样时长20min，采样率1Hz。

d) 记录模拟器仿真标准距离值 S_0 ，被校面积测量仪显示的距离测量值记为 S_i ，由式(5)计算面积测量仪的距离测量误差。

$$E_s = S_i - S_0 \quad (5)$$

其中，

E_s ——面积测量仪的距离测量误差；

S_i ——被校面积测量仪显示的距离测量值；

S_0 ——GNSS 信号模拟器仿真场景中载体运动的标准距离值。

e) 根据附录D修改场景配置参数，重复步骤（a）~（e），获得三个典型测量范围的距离测量误差。

7.2.4 面积测量误差

根据被校面积测量仪型式选择适应的校准方式，校准步骤如下：

a) 被校面积测量仪开机，使所有先验导航数据和时间信息失效，被校面积测量仪设置为面积测量模式，然后置于电波暗室中。

b) 启动卫星导航信号转发器，根据路径损耗设置衰减值，使接收天线的功率电平与卫星导航信号模拟器设置功率电平一致。

c) 启动模拟器面积测量误差测试场景（场景参数配置见附录D.3）。

d) 开启面积测量仪面积测量功能，采样时间20min，在场景运行结束前记录面积测量仪的面积测量值 A_i 。

e) 记录模拟器仿真标准面积值 A_0 ，被校面积测量仪显示的面积测量值记为 A_i ，由式(6)计算面积测量仪的面积测量误差。

$$E_A = A_i - A_0 \quad (6)$$

其中，

E_A ——面积测量仪的面积测量误差；

A_i ——被校面积测量仪显示的距离测量值；

A_0 ——GNSS 信号模拟器仿真场景中载体运动的标准距离值。

f) 根据附录D修改场景配置参数，重复步骤 (a) ~ (e)，获得三个典型测量范围的面积测量误差。

8 校准结果表达

由校准方出具“校准证书”或校准报告。包括下列内容：

- a) 校准实验室名称和地址；
- b) 被校准方的名称和地址；
- c) 校准的日期，包括被校对象的接收日期；
- d) 被校面积测量仪的描述、型号和出厂序列号等；
- e) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- f) 对校准所用标准器名称、型号及校准期间的相应计量特性；
- g) 溯源性说明

9 复校时间间隔

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过12个月。

附录 A

校准原始记录格式

GNSS 动态面积测量仪校准原始记录

送检单位名称: _____ 证书编号: _____

送检单位地址: _____

仪器名称: _____ 型号: _____

生产厂家: _____ 出厂编号: _____

校准地点: _____ 环境温度: _____ °C 相对湿度: _____ %

1. 仪器外观及工作正常性检查:

2. 校准场景描述:

3. 定位偏差和精密度校准

标准值	显示值	定位误差 (m)	定位精密度 (m)

定位偏差不确定度:

定位精密度不确定度:

4. 距离测量误差校准

标准值 (m)	显示值 (m)	不确定度 (m)

5. 面积测量误差校准

标准面积(m ²)	显示值(m ²)	不确定度(m ²)

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____

附录 B

校准证书内页格式

GNSS动态面积测量仪校准证书

1. 仪器外观及工作正常性检查:

2. 定位偏差和精密度校准

定位误差 (m)	定位偏差不确定度 (m)	定位精密度 (m)	定位精密度不确定度 (m)

3. 距离测量误差校准

标准值 (m)	显示值 (m)	相对误差 (%)	不确定度 (m)

4. 面积测量误差校准

标准面积(m ²)	显示值(m ²)	相对误差 (%)	不确定度(m ²)

附录 C 主要项目校准结果的不确定度评定示例

C.1 定位偏差校准结果不确定度

C.1.1 测量模型

$$\delta_p = \sqrt{(\bar{x} - x_0)^2 + (\bar{y} - y_0)^2 + (\bar{z} - z_0)^2} \quad (\text{C.1})$$

式中： \bar{x} 、 \bar{y} 、 \bar{z} 为面积测量仪多次测量坐标值的平均值， x_0 、 y_0 、 z_0 为模拟器仿真标准坐标值，单位为 m。

C.1.2 标准不确定度的来源及评定

定位偏差的不确定度来源于以下几个分量：由导航信号模拟器标准位置值不准确引入的不确定度分量，面积测量仪经分辨力引入的不确定度分量，测量重复性引入的不确定度分量。

表 C.1 标准不确定度来源及分量

不确定度来源	类型	值	分布	因子	标准不确定度
模拟器伪距精度	B	1.0mm			1.0mm
由通道间误差引起的模拟器伪距不确定度	B	3.0mm			3.0mm
面积测量仪定位信息分辨力	B	0.1m	均匀	$\sqrt{3}$	0.029m
测量重复性	A				

测量重复性引入的不确定度分量：

表 C.2 10次重复测量的测量值

次数 i	x 定位偏差平均值	y 定位偏差平均值	z 定位偏差平均值	定位偏差 D_i (m)
1	0.747	1.109	0.976	1.65
2	0.696	1.165	0.928	1.64
3	0.495	1.159	0.927	1.56
4	0.531	1.122	1.007	1.60
5	0.596	1.227	0.936	1.65
6	0.532	0.997	0.917	1.46
7	0.688	1.004	0.929	1.53
8	0.525	1.157	0.934	1.58
9	0.717	1.107	0.956	1.63
10	0.492	1.088	1.013	1.57

由测量数据计算试验标准偏差：

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{X})^2}{10-1}} = 0.06\text{m} \quad (\text{C.2})$$

以 10 次测量的平均值作为测量值时，重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{10}} = 0.02\text{m} \quad (\text{C.3})$$

C.1.3 合成标准不确定度

定位偏差测量公式为非线性模型，但高阶项远小于一阶项，故仅考虑一阶项，合成不确定度如 (C.4)，

$$\begin{aligned} u_c(\delta) &= \frac{(\bar{x} - x_0)}{\sqrt{(\bar{x} - x_0)^2 + (\bar{y} - y_0)^2 + (\bar{z} - z_0)^2}} \sqrt{u^2(\bar{x}) + u^2(x_0)} \\ &+ \frac{(\bar{y} - y_0)}{\sqrt{(\bar{x} - x_0)^2 + (\bar{y} - y_0)^2 + (\bar{z} - z_0)^2}} \sqrt{u^2(\bar{y}) + u^2(y_0)} \\ &+ \frac{(\bar{z} - z_0)}{\sqrt{(\bar{x} - x_0)^2 + (\bar{y} - y_0)^2 + (\bar{z} - z_0)^2}} \sqrt{u^2(\bar{z}) + u^2(z_0)} \end{aligned} \quad (\text{C.4})$$

C.1.4 扩展不确定度 U

参考以上主要不确定度来源和实际校准结果，最终单次测量的合成不确定度 $u_c(\delta)$ 在被校面积测量仪的分辨力为 0.1m 时，扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c \approx 0.2\text{m} \quad (k=2) \quad (\text{C.5})$$

C.2 距离测量误差校准结果不确定度

C.2.1 测量模型

$$E_s = S_i - S_0 \quad (\text{C.6})$$

式中： E_s — 距离测量误差，m；

S_i — 面积测量仪测量的距离值，m；

S_0 — 模拟器仿真的标准距离值，m。

C.2.2 分析和计算标准不确定度分量

C.2.2.1 面积测量仪距离示值引起的相对不确定度分量

表 C.3 标准不确定度来源及分量

不确定度来源	类型	值	分布	因子	标准不确定度
模拟器伪距精度	B	1.1mm			1.1mm
由通道间误差引起的模拟器伪距不确定度	B	3.0mm			3.0mm
面积测量仪定位信息分辨力	B	0.1m	均匀	$\sqrt{3}$	0.029m
测量重复性	A				

C.2.2.2 测量重复性引入的不确定度分量

表 C.4 重复测量的测量值

次数 i	距离标准值 (m)	距离测量值 (m)	测距偏差 E_i (m)
1	120.00	119.5	-0.5
2	120.00	119.02	-0.98
3	120.00	119.6	-0.4
4	120.00	118.5	-1.5
5	120.00	119.2	-0.8
6	120.00	118.9	-1.1
7	120.00	118.6	-1.4
8	120.00	119.2	-0.8
9	120.00	119.16	-0.84
10	120.00	119.6	-0.4

由测量数据计算试验标准偏差:

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{X})^2}{10-1}} = 1.0\text{m} \quad (\text{C.7})$$

以 10 次测量的平均值作为测量值时, 重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{10}} = 0.3\text{m} \quad (\text{C.8})$$

C.2.3 合成标准不确定度

$$u_c(S) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0.3\text{m} \quad (\text{C.9})$$

C.2.4 扩展不确定度

扩展不确定度根据下式计算:

$$U = k \cdot u_c = 0.6\text{m} \quad (k = 2) \quad (\text{C.10})$$

C.3 面积测量误差校准不确定度

C.3.1 测量模型

$$x = \frac{A_i - A_0}{A_0} \times 100\% \quad (\text{C.11})$$

式中：x— 面积测量误差，%；

A_i — 面积测量仪的测量值， m^2 ；

A_0 — 模拟器仿真的标准值， m^2 。

C.3.2 分析和计算标准不确定度分量

表 C.5 标准不确定度来源及分量

不确定度来源	类型	值	分布	因子	标准不确定度
模拟器伪距精度	B	1.0mm^2			1.0mm^2
由通道间误差引起的模拟器伪距不确定度	B	9.0mm^2			9.0mm^2
面积测量仪面积测量信息分辨力	B	1m^2	均匀	$\sqrt{3}$	0.29m^2
测量重复性	A				

使用 7854m^2 测试场景对一台面积测量仪进行 10 次测量，数据如下：

表 C.6 测量重复性引入的不确定

次数 i	显示值 (m^2)	面积测量误差 (m^2)	相对面积测量误差 E_i (%)
1	7851	-3	-0.04
2	7825	-29	-0.37
3	7860	6	0.08
4	7863	9	0.11
5	7856	2	0.03
6	7852	-2	-0.03
7	7851	-3	-0.04
8	7845	-9	-0.11
9	7861	7	0.09
10	7850	-4	-0.05

由测量数据计算试验标准偏差：

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{X})^2}{10-1}} = 11\text{m}^2 \quad (\text{C.12})$$

以 10 次测量的平均值作为测量值时，重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{10}} = 4\text{m}^2 \quad (\text{C.13})$$

C.3.3 合成标准不确定度

$$u_c(A) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 4\text{m}^2 \quad (\text{C.14})$$

C.3.4 扩展不确定度

扩展不确定度根据下式计算：

$$U_r = k \times u_c(A) = 8\text{m}^2 \quad (k=2) \quad (\text{C.15})$$

D.1 定位偏差和精密度校准场景

可见卫星不少于 6 颗，PDOP \leq 4，模拟器仿真场景时间不小于 30 分钟，点位坐标可根据面积测量仪实际使用区域设置，输出功率电平推荐设置为-128dBm。

表 D.1 静态试验场景关键参数

参数	配置
位置	中国领土范围内的陆地位置
星座与信号	GPS L1C/A, BDS B1I (包括但不限于)
仿真可见卫星数	GPS \geq 6 颗, BDS \geq 6 颗
PDOP	开阔天空: PDOP \leq 4
场景仿真时长	30 分钟
轨迹	静态
信号输出功率	-128dBm
卫星功率是否相同	是

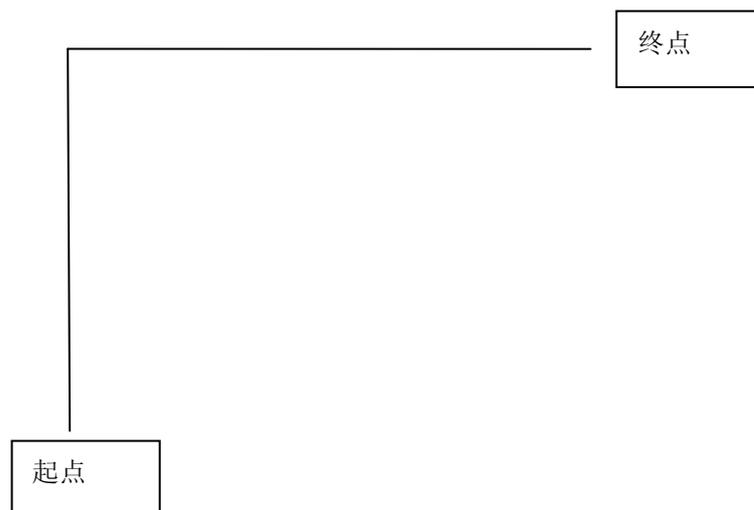
D.2 距离测量误差场景

可见卫星不少于 6 颗，PDOP \leq 4，模拟器仿真场景时间不小于 30 分钟，行驶轨迹可根据面积测量仪实际使用情况设置（包含静止、匀速、变速运动），输出功率电平推荐设置为-128dBm。

表 D.3 动态试验场景关键参数

参数	配置
位置	中国领土范围内的陆地位置
星座与信号	GPS L1C/A, BDS B1I (包括但不限于)
仿真可见卫星数	GPS \geq 6 颗, BDS \geq 6 颗
PDOP	开阔天空: PDOP \leq 4
场景仿真时长	30 分钟
轨迹	1) 起始状态: 位置N40°, E116° (可根据用户校准需要配置) 速度0m/s, 航向0° (北向), 静止300s;

参数	配置
	2) 直线运动，在2s内以加速度 $a=1\text{m/s}^2$ 从速度 0m/s 匀加速到速度 2m/s ； 3) 保持 2m/s 速度直线运动 300s ； 4) 在 10s 内以加速度 $a=-1\text{m/s}^2$ 从 2m/s 匀加速到 0m/s ； 5) 顺时针 90° 转弯，转弯半径 0米 ； 6) 在静止状态持续 60s ； 7) 向南在 2s 内以加速度 $a=1\text{m/s}^2$ 从 0m/s 匀加速到 2m/s ； 8) 保持 2m/s 速度运动 300秒 ； 9) 在 2s 内以加速度 $a=-1\text{m/s}^2$ 从 2m/s 匀加速到 0m/s ； 10) 在静止位置持续 60s 。 11) 并持续同样的运动轨迹至场景结束。
信号输出功率	-128dBm
卫星功率是否相同	是



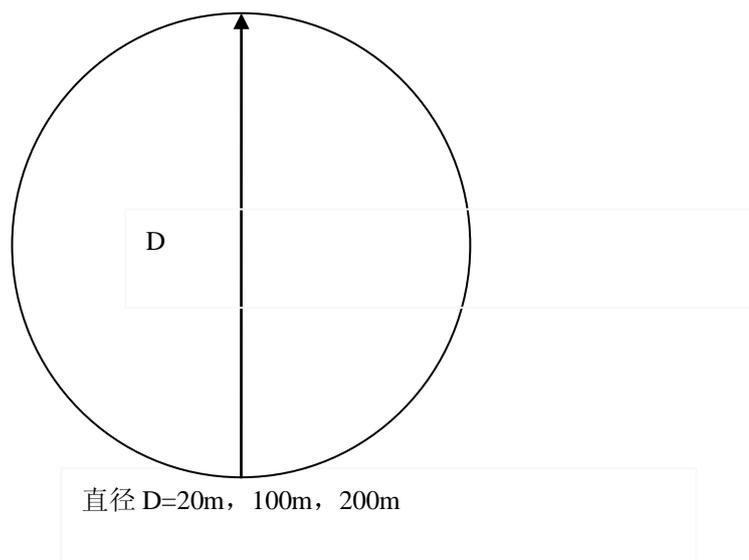
附图 D.1 运动轨迹示意图

D.3 面积测量误差场景

可见卫星不少于 6 颗，PDOP \leq 4，模拟器仿真场景时间不小于 30 分钟，行驶轨迹可根据面积测量仪实际使用情况设置（包含静止、匀速、变速运动），输出功率电平推荐设置为-128dBm。

表 D.4 动态试验场景关键参数

参数	配置
位置	中国领土范围内的陆地位置
星座与信号	GPS L1C/A, BDS B1I (包括但不限于)
仿真可见卫星数	GPS \geq 6颗, BDS \geq 6颗
PDOP	开阔天空: PDOP \leq 4.0
场景仿真时长	30分钟
轨迹	<p>1) 起始状态: 位置N40°, E116° (可根据用户校准需要配置) 速度 0m/s, 静止 300s;</p> <p>2) 匀速圆周运动, 半径r=10m,速度v=2m/s</p> <p>3) 保持场景运行, 直至圆周轨迹闭合;</p> <p>4) 匀减速运动, 在0.1m内由2m/s减速至0m/s, 静止60s。</p> <p>将圆周运动直径分别设置为100m、200m, 重复第1-第3步。</p>
信号输出功率	-128dBm
卫星功率是否相同	是



附图 D.2 运动轨迹示意图