



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

机场跑道异物检测系统校准规范

Calibration Specification for Airport Foreign Object Debris

Detection Equipment

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

机场跑道异物检测系统校准规范

Calibration Specification for Airport

Foreign Object Debris Detection Equipment

JJF(京) XXXX-XXXX

归口单位：北京市计量检测科学研究院

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

本规范委托 XXXX 负责解释

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 测量标准及其他设备.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(2)
7.1 校准项目.....	(2)
7.2 校准方法.....	(3)
8 校准结果表达.....	(4)
8.1 校准数据处理.....	(4)
8.2 校准结果的不确定度评定.....	(4)
8.3 校准证书.....	(4)
9 复校时间间隔.....	(4)
附录 A.....	(5)
附录 B.....	(9)

引 言

本规范以 JJF1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》和 JJF1094《测量仪器特性评定》为基础性系列规范进行制定。

JJF(京) XXXX-XXXX《机场跑道异物检测系统校准规范》为新制定技术规范，未有相对应的国际建议、国际文件或国际标准可采用。

本规范为首次制定，未有替代规范的其他版本和修订内容表述。

机场跑道异物检测系统校准规范

1 范围

本规范适用于以毫米波雷达为原理的固定式机场跑道异物检测系统的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1001 通用计量术语及定义

JJF1059.1 测量不确定度评定与表示

IB-CA-2016-01 机场道面外来物探测设备

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）适用于本规范。

3 术语

JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 IB-CA-2016-01《机场道面外来物探测设备》中的有关定义适用于本规范。下面引用了一些最相关的术语和定义。

3.1 活动区 movement area [IB-CA-2016-01, 2.1]

飞行区内供航空器起飞、着陆和滑行使用的部分，包括跑道、滑行道和停机坪。

3.2 异物(外来物)foreign object debris (FOD) [IB-CA-2016-01, 2.2]

活动区地面上可能会损伤航空器、设备或威胁机场工作人员和乘客生命安全的外来物体。

3.3 雷达探测设备 radar detection system [IB-CA-2016-01, 2.3]

主要通过发射和接收无线电信号来发现 FOD 并测定其位置的设备。

3.4 标准样件 standard FOD items [IB-CA-2016-01, 2.12]

用于评估探测设备探测能力的一组物体。

4 概述

机场跑道异物检测系统是自动探测机场活动区内异物（FOD）的设备,作为雷达探测设备分为前端与后端两部分，前端由毫米波雷达、摄像装置、处理器等组成，一般安装于跑道的一侧或两侧。后端为计算机管理系统，负责处理与显示

信息，供管理人员实时掌握情况并做出决策。

毫米波雷达可对异物目标进行准确定位，并且不受天气状况影响，摄像装置能提供视频图像，并可对异物所在区域进行局部放大，以便直观了解异物种类，将雷达和摄像装置结合起来进行异物探测，实现对机场道面异物的全天候连续探测。

5 计量特性

- 5.1 距离误差： $\pm 1\text{m}$ 。
- 5.2 角度误差： $\pm 1^\circ$ 。
- 5.3 标准样件检出率： $>90\%$ 。

注：以上所有指标不是用于合格性判别，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度： $(20\pm 10)^\circ\text{C}$ 。

相对湿度：不大于 85%。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

序号	名称	技术要求
1	毫米波雷达模拟器	测量范围： $(5\sim 300)\text{m}$ MPE： $\pm 0.2\text{m}$
2	转台	测量范围： $(0\sim 180)^\circ$ MPE： 0.1°
3	标准样件	直径 43mm 的高尔夫球

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目
1	距离误差
2	角度误差

3	标准样件检出率
---	---------

7.2 校准方法

7.2.1 距离误差

根据机场跑道异物检测系统的不同波段、触发方式、安装角度、测试软件等特征对毫米波雷达模拟器进行设置。距离误差应将机场跑道异物检测系统与毫米波雷达模拟器接收端处于同一轴线上，以保证校准工作的正常进行。

根据被校机场跑道异物检测系统的距离范围，推荐选取包括最高和最低距离在内的不少于 7 个校准点，每点测量 3 次，也可以按照用户的要求选取较准点。

距离误差按公式（1）计算。

$$\Delta D = \bar{D} - D \quad (1)$$

式中：

ΔD — 距离误差，m；

\bar{D} — 机场跑道异物检测系统距离测量值，m；

D — 毫米波雷达模拟器的距离标准值，m。

7.2.2 角度误差：

将待测机场跑道异物检测系统安装在转台上，机场跑道异物检测系统天线与毫米波雷达模拟器接收端处于同一轴线上为 90° ，正向左侧为 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，右侧为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 。

根据被校机场跑道异物检测系统的角度范围，推荐选取包括最高和最低角度在内的不少于 7 个校准点，每点测量 3 次，也可以按照用户的要求选取较准点。

角度误差按公式（2）计算。

$$\Delta A = \bar{A} - A \quad (2)$$

式中：

ΔA — 角度误差， $^\circ$ ；

\bar{A} — 机场跑道异物检测系统角度测量平均值， $^\circ$ ；

A — 转台的角度标准值， $^\circ$ 。

7.2.3 标准样件检出率：

选取直径 43mm 的高尔夫球为标准样件，把它放置于位于待测机场跑道异物检测系统探测范围内，按产品规范规定的工作频率和连续工作时间进行探测目标测试，待测机场跑道异物检测系统应有效探测至少 20 次，记录探测结果。

检出率按公式 (3) 计算。

$$P = \frac{N}{M} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

P — 标准样件检出率；

N — 标准样件检出的次数；

M — 标准样件放置的次数；

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

所有的数据应先计算，后修约。出具的校准数据测量平均值保留一位小数，示值误差保留一位小数。

8.2 校准结果的不确定度评定

机场跑道异物检测系统测量结果的不确定度评定依据 JJF1059.1，不确定度评定示例见附录 A。

8.3 校准证书

机场跑道异物检测系统校准后出具校准证书，校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

机场跑道异物检测系统复校时间间隔建议为 1 年。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此送校的单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

示值误差的不确定度评定示例

A. 1 距离误差不确定度评定

A. 1.1 测量方法

机场跑道异物检测系统距离误差测量是用毫米波雷达模拟标准距离值进行测量。

A. 1.2 数学模型：

距离误差按公式 (A1) 计算。

$$\Delta D = \bar{D} - D \quad (\text{A1})$$

式中：

ΔD — 距离误差，m；

\bar{D} — 机场跑道异物检测系统 10 次距离测量平均值，m；

D — 毫米波雷达模拟器的距离标准值，m。

A. 1.3 合成方差

由于 D 与 \bar{D} 不相关，故其合成估计方差可由 (A2) 式求得：

$$u_c^2 = u^2(\bar{D}) + u^2(D) \quad (\text{A2})$$

A. 1.4 分析和计算标准不确定度分量

A. 1.4.1 被校机场跑道异物检测系统距离示值重复性引起的不确定度分量 u_1

被校机场跑道异物检测系统距离示值重复性引起的相对不确定度分量 u_1 属 A 类评定。

对一台机场跑道异物检测系统 20m 校准点进行 10 次重复性测量，测量数据如下：

20.38m、20.42m、20.38m、20.39m、20.38m、20.44m、20.38m、20.37m、20.38m、20.37m。

根据贝塞尔公式：
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (D_i - \bar{D})^2}{m-1}}$$

得单次测量实验标准偏差 $S = 0.022$ m

由 S 及 $m = 10$ 得: $u_1 = \frac{S}{\sqrt{10}} = 0.007 \text{ m}$

A. 1. 4. 2 机场跑道异物检测系统距离分辨力引起的相对不确定度分量 u_2

机场跑道异物检测系统距离分辨力为 0.01m , 每个读数可能包含的误差应该在 $\pm 0.005\text{m}$ 范围内, 以矩形分布估计, 所引入的不确定度分量为

$$u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m}$$

由于机场跑道异物检测系统距离分辨力引入的标准不确定度分量小于机场跑道异物检测系统距离示值重复性引起的不确定度分量, 故计算合成标准不确定度时, 可以不考虑机场跑道异物检测系统距离分辨力引起的不确定度分量的影响。

A. 1. 4. 3 毫米波雷达模拟器引起的相对不确定度分量 u_3

毫米波雷达模拟器 MPE: $\pm 0.2\text{m}$, 由毫米波雷达模拟器引起的相对不确定度分量属于矩形分布, 故:

$$u_3 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ m}$$

A. 1. 5 计算合成标准不确定度

根据公式 (A2) 得合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = 0.12 \text{ m}$$

A. 1. 6 确定包含因子

取包含因子 $k = 2$

A. 1. 7 计算扩展不确定度

$$U = ku_c = 0.3 \text{ m}$$

按以上步骤计算出每个校准点的标准不确定度分量、合成标准不确定度及扩展不确定度。

A. 2 角度误差不确定度评定

A. 2. 1 测量方法

机场跑道异物检测系统角度误差测量是用转台标准角度值进行测量。

A. 2. 2 数学模型:

角度误差按公式 (A3) 计算。

$$\Delta A = \bar{A} - A \quad (\text{A3})$$

式中:

ΔA — 角度误差，°；

\bar{A} — 机场跑道异物检测系统 10 次角度测量平均值，°；

A — 转台的角度标准值，°。

A. 2. 3 合成方差

由于 A 与 \bar{A} 不相关，故其合成估计方差可由（A4）式求得：

$$u_c^2 = u^2(\bar{A}) + u^2(A) \quad (A4)$$

A. 2. 4 分析和计算标准不确定度分量

A. 2. 4. 1 被校机场跑道异物检测系统角度示值重复性引起的不确定度分量 u_1

被校机场跑道异物检测系统角度示值重复性引起的相对不确定度分量 u_1 属 A 类评定。

对一台机场跑道异物检测系统 30° 校准点进行 10 次重复性测量，测量数据如下：

30.52°、30.48°、30.47°、30.52°、30.52°、30.47°、30.52°、30.50°、30.51°、30.53°。

根据贝塞尔公式： $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (A_i - \bar{A})^2}{m-1}}$

得单次测量实验标准偏差 $S = 0.023$ °。

由 S 及 $m = 10$ 得： $u_1 = \frac{S}{\sqrt{10}} = 0.007$ °。

A. 2. 4. 2 机场跑道异物检测系统角度分辨力引起的相对不确定度分量 u_2

机场跑道异物检测系统角度分辨力为 0.01°，每个读数可能包含的误差应该在±0.005°范围内，以矩形分布估计，所引入的不确定度分量为

$$u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029$$
°。

由于机场跑道异物检测系统角度分辨力引入的标准不确定度分量小于机场跑道异物检测系统角度示值重复性引起的不确定度分量，故计算合成标准不确定度时，可以不考虑机场跑道异物检测系统角度分辨力引起的不确定度分量的影响。

A. 2. 4. 3 转台引起的相对不确定度分量 u_3

转台 MPE：±0.1°，由转台引起的相对不确定度分量属于矩形分布，故：

$$u_3 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06$$
°。

A. 2.5 计算合成标准不确定度

根据公式 (A4) 得合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = 0.06 \text{ } ^\circ$$

A. 2.6 确定包含因子

取包含因子 $k = 2$

A. 2.7 计算扩展不确定度

$$U = ku_c = 0.2 \text{ } ^\circ$$

按以上步骤计算出每个校准点的标准不确定度分量、合成标准不确定度及扩展不确定度。

附录 B

推荐的校准证书内容

B.1 校准证书应至少包括以下信息：

- (1) 标题：“校准证书”；
- (2) 实验室名称和地址；
- (3) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- (4) 证书编号、页码及总页数；
- (5) 送校单位名称和地址；
- (6) 被校样品的名称；
- (7) 被校样品的型号规格、出厂编号及制造商名称；
- (8) 校准所使用的计量标准器名称及有效期，本次校准所用测量标准的溯源性说明；
- (9) 校准所依据的本规范的名称及代号和对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
- (10) 校准时的环境情况；
- (11) 校准项目的校准结果；
- (12) 示值误差校准结果的测量不确定度；
- (13) 校准人员、核验人员及批准人签名；
- (14) 校准证书签发日期；
- (15) 复校时间间隔的建议；
- (16) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书。

B.2 机场跑道异物检测系统校准证书内页内容

1、距离误差及其测量结果的扩展不确定度

标准值 (m)	测量平均值 (m)	示值误差 (m)	包含因子 k	扩展不确定度 U

2、角度误差及其测量结果的扩展不确定度

标准值 (°)	测量平均值 (°)	示值误差 (°)	包含因子 k	扩展不确定度 U

3、标准样件检出率

样件放置次数	检出次数	检出率 (%)

说明：复校时间间隔建议为 1 年

