

黑龙江省地方计量技术规范

JJF（黑）XXX—2024

数字式扭矩倍增器校准规范

Calibration Specification for Digital Torque Multiplier

（审定稿）

2024-XX-XX发布 2024-XX-XX实施

黑龙江省市场监督管理局发布



JJF（黑）XXX—2024

数字式扭矩倍增器

校准规范

Calibration Specification for

Digital TorqueMultiplier

归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司

参加起草单位：北京飞机维修工程有限公司

本规范委托黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司负责解释

本规范主要起草人：

王晓靓（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

王 辉（北京飞机维修工程有限公司）

薛文瑞（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

参加起草人：

王 健（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

王新爽（黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司）

目 录

[引言 （II）](#_Toc166679033)

[1 范围 （1）](#_Toc166679034)

[2 引用文件 （1）](#_Toc166679035)

[3 术语 （1）](#_Toc166679036)

[4 概述 （1）](#_Toc166679037)

[5 计量特性 （2）](#_Toc166679038)

[5.1 扭矩示值误差 （2）](#_Toc166679039)

[5.2 扭矩回零差 （2）](#_Toc166679040)

[5.3 扭矩重复性 （2）](#_Toc166679041)

[5.4 角度示值误差 （2）](#_Toc166679042)

[6 校准条件 （2）](#_Toc166679043)

[6.1 环境条件 （2）](#_Toc166679044)

[6.2 测量标准及其他设备 （2）](#_Toc166679045)

[7 校准项目和校准方法 （2）](#_Toc166679046)

[7.1 校准项目 （2）](#_Toc166679047)

[7.2 校准方法 （3）](#_Toc166679048)

[8 校准结果表达 （5）](#_Toc166679049)

[9 复校时间间隔 （5）](#_Toc166679050)

[附录A](#_Toc166679051)[数字式扭矩倍增器校准记录格式（推荐性） （6）](#_Toc166679052)

[附录B](#_Toc166679053)[数字式扭矩倍增器校准证书内页格式（推荐性） （8）](#_Toc166679054)

[附录C](#_Toc166679055)[数字式扭矩倍增器扭矩示值误差测量结果不确定度评定示例 （10）](#_Toc166679056)

[附录D](#_Toc166679057)[数字式扭矩倍增器角度示值误差测量结果不确定度评定示例 （12）](#_Toc166679058)

# 引言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

数字式扭矩倍增器校准规范

# 1范围

本规范适用于数字式扭矩倍增器（以下简称倍增器）的校准。

# 2引用文件

1. 本规范引用了下列文件：

JJG 557-2011标准扭矩仪

JJG 1146-2017 工作扭矩仪

JJF 1115-2004 光电轴角编码器校准规范

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

额定扭矩值rated torque value

倍增器输出端可以测量的最大扭矩值。

# 4概述

1. 倍增器主要由加载机构、输入端、棘爪、输出端、反作用力臂、通信线缆和显示器组成，结构示意见图1。
2. 
3. 图1 倍增器结构示意图
4. 1.驱动器；2.输入端；3.棘爪；4.输出端；5.驱动扳手；6.通信线缆；7.显示控制器；8.反作用力臂
5. 倍增器是利用齿轮组合实现扭矩值的倍增输出，输出端通常配有扭矩传感器，其输出的电信号由信号处理单元处理后在显示器上直接显示扭矩值。同时，倍增器内部装有角度编码器，实现输出端的角度测量。
6. 倍增器主要用于紧固主轴承螺母、连接螺母和其他扭矩涡轮机等。

# 5计量特性

# 5.1扭矩示值误差

# 5.2扭矩回零差

# 5.3扭矩重复性

# 5.4 角度示值误差

注：以上计量特性可参考倍增器生产厂家技术要求进行校准。

# 6校准条件

## 6.1环境条件

6.1.1 环境温度：（20±10）℃。

6.1.2 相对湿度：≤85%。

6.1.3 其他：周围无影响测量的机械振动、冲击、电磁场或其他干扰源。

# 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 | 扭矩仪 | 最大允许误差绝对值应不大于被校倍增器扭矩最大允许误差绝对值的1/3 |
| 2 | 角度编码器 | 最大允许误差绝对值应不大于被校倍增器角度最大允许误差绝对值的1/3 |
| 3 | 其他设备 | 加载装置和校准支架 |

# 7校准项目和校准方法

# 7.1校准项目

1. 校准项目见表2。
2. 表2 校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准项目 |
| 1 | 扭矩示值误差 |
| 2 | 扭矩回零差 |
| 3 | 扭矩重复性 |
| 4 | 角度示值误差 |

# 7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

用目测的方法检查倍增器的外观和标志等。倍增器应有铭牌，上面标明产品名称、型号、额定扭矩值、制造厂名称或商标、出厂编号等信息。观察倍增器及其附件表面不应有影响使用的裂纹、损伤、锈蚀及其他缺陷。

校准前，倍增器需要在校准条件下放置足够长的时间，保证其温度与和测量标准的温度相同并稳定，达到热平衡，放置的时间一般不少于4h。棘爪在不施加扭矩时能自由活动，反作用力臂以及其他附件牢固可靠。倍增器需开机预热，一般不少于30min。

7.2.2扭矩示值

将倍增器与扭矩仪连接，减小弯矩和侧向力等寄生分量的影响。倍增器显示器具有“峰值”和“跟踪”模式，校准时在“跟踪”模式下进行。缓慢平稳施加扭矩，避免产生过冲。扭矩示值校准范围一般在额定扭矩值的5%～95%，校准点不少于5点，各点均匀分布，或可根据用户的需要选定校准点。

选择顺时针方向进行校准，校准前加载到校准范围上限后卸载至零负荷完成顺时针方向的预载，预载的保持时间不少于30s。

将扭矩仪和倍增器进行清零操作，记录下倍增器零点示值，按照选定的校准点以递增顺序逐级平稳施加扭矩。当扭矩仪的示值达到第*i*个校准点时，记录倍增器的示值。在完成所有校准点后，缓慢平稳地卸除系统扭矩，在完全卸除后约30 s记录下此时倍增器零点示值。按上述步骤再进行两次加载，完成顺时针方向的校准。扭矩示值误差、回零差和重复性分别按式（1）、（2）、（3）计算。

 （1）

式中：

——第*i*个扭矩校准点的扭矩示值误差，Nm；

——第*i*个扭矩校准点三次测量示值平均值，Nm；

 （2）

式中：

——扭矩回零差，%；

——第*y*次测量卸除扭矩后倍增器示值，Nm；

——第*y*次测量施加扭矩前倍增器示值，Nm；

——倍增器的额定扭矩值，Nm。

 （3）

式中：

——第*i*个扭矩校准点的扭矩重复性，%；

——第*i*个扭矩校准点三次测量值中的最大值，Nm；

——第*i*个扭矩校准点三次测量值中的最小值，Nm。

对需要进行两个方向校准的倍增器，在完成顺时针方向校准后，按上述方法进行逆时针校准。

7.2.3角度示值

将倍增器与角度编码器同轴连接。选取90°、180°、270°、360°为校准点，或可根据用户的需要选定。将倍增器与角度编码器同时置零后，驱动倍增器在顺时针方向无载荷状态下旋转，当角度编码器的示值达到第*j*个校准点时，记录倍增器的示值。按上述步骤再进行两次旋转，完成顺时针方向的校准。角度示值误差按式（4）计算。

 （4）

式中：

——第*j*个角度校准点的角度示值误差，°；

——第*j*个角度校准点三次测量示值平均值，°；

——第*j*个角度校准点角度编码器示值，°。

对需要进行两个方向校准的倍增器，在完成顺时针方向校准后，按上述方法进行逆时针校准。

# 8校准结果表达

经校准的倍增器出具校准证书，给出校准结果以及校准不确定度。校准原始记录格式见附录A（推荐性），校准证书内页格式见附录B（推荐性）。

# 9复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由倍增器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，因此使用单位可根据实际使用情况决定复校时间间隔，建议复校时间间隔一般不超过6个月。。

附录A

数字式扭矩倍增器校准记录格式（推荐性）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | | | 证书编号 | |  |
| 制造厂 |  | | | 器具名称 | |  |
| 型号规格 |  | | | 校准地点 | |  |
| 出厂编号 |  | | | 温度 | |  |
| 技术依据 |  | | | 相对湿度 | |  |
| 校准人员 |  | | | 核验人员 | |  |
| 校准日期 |  | | | 备注 | |  |
| 校准使用的计量标准器 | | | | | | |
| 标准器名称 | | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/  最大允许误差 | | 证书编号及有效期 | |
|  | |  |  | |  | |
|  | |  |  | |  | |

**1扭矩示值**

加载方向：顺时针

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准扭矩值/Nm | 测量值/Nm | | | | 示值误差  /Nm | *U*（*k*=2）  /Nm | 重复性  /% |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

回零差：%FS

加载方向：逆时针

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准扭矩值/Nm | 测量值/Nm | | | | 示值误差  /Nm | *U*（*k*=2）  /Nm | 重复性  /% |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

回零差：%FS

**2 角度示值**

加载方向：顺时针

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准角度值 | 测量值 | | | | 示值误差 | *U*（*k*=2） |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| 90° |  |  |  |  |  |  |
| 180° |  |  |  |  |  |  |
| 270° |  |  |  |  |  |  |
| 360° |  |  |  |  |  |  |

加载方向：逆时针

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准角度值 | 测量值 | | | | 示值误差 | *U*（*k*=2） |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| 90° |  |  |  |  |  |  |
| 180° |  |  |  |  |  |  |
| 270° |  |  |  |  |  |  |
| 360° |  |  |  |  |  |  |

附录B

数字式扭矩倍增器校准证书内页格式（推荐性）

校 准 结 果

一、扭矩示值

加载方向：顺时针

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准扭矩值/Nm | 测量值  /Nm | 示值误差  /Nm | *U*（*k*=2）  /Nm | 重复性  /% |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

回零差： %FS

加载方向：逆时针

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准扭矩值/Nm | 测量值  /Nm | 示值误差  /Nm | *U*（*k*=2）  /Nm | 重复性  /% |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

回零差： %FS

校 准 结 果

二、角度示值

加载方向：顺时针

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准角度值 | 测量值 | 示值误差 | *U*（*k*=2） |
| 90° |  |  |  |
| 180° |  |  |  |
| 270° |  |  |  |
| 360° |  |  |  |

加载方向：逆时针

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准角度值 | 测量值 | 示值误差 | *U*（*k*=2） |
| 90° |  |  |  |
| 180° |  |  |  |
| 270° |  |  |  |
| 360° |  |  |  |

附录C

数字式扭矩倍增器扭矩示值误差测量结果不确定度评定示例

**C.1**概述

C.1.1被校仪器：数字式扭矩倍增器，校准点：2000 Nm，允许误差：±50 Nm。

C.1.2 测量标准：扭矩仪，准确度等级：0.3级。

C.1.3 环境条件：环境温度：19.0℃；相对湿度：42%。

C.1.4 测量方法：将扭矩仪与被校准倍增器输出端连接，通过对输入端加载，比较输出端的扭矩值与扭矩仪的数值，完成校准。

**C.2** 测量模型



式中：

——扭矩示值误差，Nm；

——倍增器示值，Nm；

——扭矩仪示值，Nm。

**C.3** 不确定度传播律和灵敏系数

各输入量彼此独立不相关，因此：



式中：

——倍增器扭矩示值误差测量结果不确定度，Nm；

——倍增器扭矩示值引入的标准不确定度，Nm；

——扭矩仪示值引入的标准不确定度，Nm；

灵敏系数：=1，

=-1

**C.4** 标准不确定度分量评定

C.4.1 由倍增器扭矩示值引入的标准不确定度

C.4.1.1 由扭矩重复性引入的标准不确定度

在2000Nm校准点三次的测量数据分别为2002Nm、2004Nm、2004Nm，平均值为2004 Nm。采用极差法，最大值与最小值之差为2 Nm，则：

=0.7Nm

C.4.1.2 由倍增器的分辨力引入的标准不确定度

倍增器的分辨力为2Nm,服从均匀分布，，则：

=0.6Nm

为了避免重复计算，重复性引入的标准不确定度和分辨力引入的标准不确定度取较大值作为倍增器扭矩示值引入的标准不确定度,则：

=0.7 Nm

C.4.2 由扭矩仪引入的标准不确定度

扭矩仪的最大允许误差为±0.3%，服从均匀分布，，则：

=3.5Nm

C.5 不确定度分量汇总表

表C.1不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数*ci* |  |
|  | 倍增器示值 | 0.7 Nm |  | 0.7 Nm |
|  | 扭矩仪 | 3.5 Nm |  | 3.5 Nm |

C.6合成标准不确定度



=3.6Nm

C.7 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

8Nm

附录D

数字式扭矩倍增器角度示值误差测量结果不确定度评定示例

**D.1** 概述

D.1.1被校仪器：数字式扭矩倍增器，允许误差：±1°。

D.1.2 测量标准：角度编码器，最大允许误差：±5"。

D.1.3 环境条件：环境温度：19.0 ℃；相对湿度：42 %。

D.1.4 测量方法：将角度编码器与被校准倍增器输出端连接，通过对输入端加载，比较输出端的角度值与角度编码器的数值，完成校准。

**D.2** 测量模型



式中：

——角度示值误差，'；

——倍增器示值，'；

——角度编码器示值，'。

**D.3** 不确定度传播律和灵敏系数

各输入量彼此独立不相关，因此：



式中：

——倍增器角度示值误差测量结果不确定度，'；

——倍增器角度示值引入的标准不确定度，'；

——角度编码器示值引入的标准不确定度，'；

灵敏系数：=1，

=-1

**D.4** 标准不确定度分量评定

D.4.1 由倍增器角度示值引入的标准不确定度

D.4.1.1 由角度重复性引入的标准不确定度

以180°校准点为例，三次的测量数据为179°54',179°51',179°55'，采用极差法，最大值与最小值之差为4'，则：

=1.4'

D.4.1.2 由倍增器的分辨力引入的标准不确定度

倍增器的分辨力为1',服从均匀分布，，则：

=0.3'

为了避免重复计算，重复性引入的标准不确定度和分辨力引入的标准不确定度取较大值作为倍增器角度示值引入的标准不确定度,则：

=1.4'

D.4.2 由角度编码器引入的标准不确定度

角度编码器的最大允许误差为±5"，服从均匀分布，，则：

2.9"=0.1'

D.5 不确定度分量汇总表

表D.1不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度 | 灵敏系数*ci* |  |
|  | 倍增器示值 | 1.4' |  | 1.4' |
|  | 角度编码器 | 0.1' |  | 0.1' |

D.6 合成标准不确定度



=1.4'

D.7 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

3'

JJF（黑）xx—2024