

中国人民共和国工业和信息化部发布

202X-XX-XX实施

202X-XX-XX发布

铝板带在线测厚仪校准规范

Specification for calibration of aluminum plate beit on-line

thickness gauge

（审定稿）

JJF（有色金属）XXX—XXXX

中华人民共和国工业和信息化部

有色金属计量技术规范

铝板带在线测厚仪

校准规范

Specification for calibration of aluminum plate beit on-line thickness gauge



JJF（有色金属）XXX-XXXX

归 口 单 位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西南铝业（集团）有限责任公司

参加起草单位：XXX

XXX

XXX

XXX

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

XXX（西南铝业(集团)有限责任公司）

XXX（西南铝业(集团)有限责任公司）

XXX（西南铝业(集团)有限责任公司）

XXX（XXX）

XXX（XXX）

XXX（XXX）

XXX（XXX）

目 录

[引 言 （II）](#_Toc9533)

[1 范围 （1）](#_Toc18632)

[2 引用文件 （1）](#_Toc24926)

[3 概述 （1）](#_Toc8044)

[4 计量特性 （2）](#_Toc22914)

[4.1 重复性 （2）](#_Toc27497)

[4.2 示值误差 （2）](#_Toc24171)

[4.3 示值漂移 （2）](#_Toc4017)

[5 校准条件 （2）](#_Toc4010)

[5.1 环境条件 （2）](#_Toc31828)

[5.2 测量标准 （3）](#_Toc14536)

[5.3 其他条件 （3）](#_Toc25475)

[6 校准项目和校准方法 （3）](#_Toc19646)

[6.1 校准项目 （3）](#_Toc30650)

[6.2 校准方法 （3）](#_Toc6642)

[7 校准结果表达 （4）](#_Toc1077)

[8 复校时间间隔 （5）](#_Toc25432)

[附录A](#_Toc31263) [铝板带在线测厚仪校准记录 （6）](#_Toc12138)

[附录B](#_Toc8216) 铝板带在线[测厚仪校准证书内页参考格式 （7）](#_Toc25618)

[附录C](#_Toc16131) [0.2mm以上厚度标准厚度板的技术要求及测量方法 （8）](#_Toc16066)

[附录D](#_Toc15937) [0.2mm及以下厚度标准厚度板的技术要求及制作方法 （9）](#_Toc29247)

[附录E](#_Toc29378) [测厚仪示值误差测量不确定度评定示例 （10）](#_Toc16375)

引 言

本规范是以国家计量技术规范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》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范参考了JJG 480-2007《X射线测厚仪检定规程》、GBT 3880.3-2012《一般工业用铝及铝合金板、带材第3部分：尺寸偏差》、GBT 3198-2020《铝及铝合金箔》、YST 457-2021《铝箔用冷轧带材》、GBT22638.1-2016《铝箔试验方法第1部份：厚度的测定》、GBZ117-2022《工业探伤放射防护标准》的技术内容。

本规范为首次发布。

铝板带在线测厚仪校准规范

1. 范围

本规范适用于铝板、带或箔在线测厚仪(以下简称测厚仪)的校准，其它材料板、带在线测厚仪的校准可参照本规范执行。

1. 引用文件

本规范引用了下列文件：

GBZ117-2022 工业探伤放射防护标准

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。

1. 概述

铝板、带或箔厚度的在线检测需要采用非接触方式，常用的方法有同位素检测、X射线检测和激光检测等。

同位素检测、X射线检测主要由射线源、探头、数据处理控制器等组成，测厚仪的射线源和探头分别置于C型架中被测铝板、带或箔的上、下方，利用射线穿透被测铝材时，一部分射线被铝材吸收，另一部分穿过铝材进入探头接收。数据处理器根据探头接收射线强度的衰减变化与材料厚度相关的特性，计算出铝材厚度，穿透式测厚仪常用于测量精度要求高、相同材料的轧制生产，其工作示意图见图1所示。

4

5

6

**×**

3

2

1

图1 穿透式在线测厚仪工作示意图

1—数据处理控制器；2—显示屏；3—C型架；4—探头；5—铝材；6—射线源

激光测厚仪主要由激光器、透镜、CCD光电转换器、控制与信号处理器等组成，上下激光测厚仪的激光器将激光束分别打在被测物的上下表面，形成两个光斑，光斑漫反射成像到CCD光电转换部件上，测厚仪利用三角测量原理，计算出发射接收器到被测物表面的距离，控制与信号处理器再根据上下发射接收器距离，计算得到被测物的厚度。激光测厚仪常用于测量精度要求一般以及复合材料的轧制生产。其工作示意图见图2所示。

1

A

B1

B2

H

2

3

图2 激光测厚仪工作示意图

1—上激光发射接收器；2—被测物；3—下激光发射接收器；A—上下激光发射接收器距离；

B1—上发射接收器到被测物上表面的距离；B2—下发射接收器到被测物下表面的距离；H—被测物厚度

1. 计量特性
   1. 重复性

测厚仪的重复性要求见表1。

* 1. 示值误差

测厚仪的示值最大允许误差要求见表1。

表1 测厚仪的示值最大允许误差、重复性的要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量范围 | 示值最大允许误差 | 重复性 |
| ≤0.2mm | ±0.5%读数或±0.1 μm，二者取大值 | 0.25%读数或0.1 μm，二者取大值 |
| >0.2 mm～10 mm | ±0.2%读数或±1 μm，二者取大值 | 0.1%读数或1 μm，二者取大值 |
| >10 mm | ±0.1%读数或±20 μm，二者取大值 | 0.05%读数或20 μm，二者取大值 |

* 1. 示值漂移

在测量范围内，仪器示值在2 h内的变化量不大于该仪器示值最大允许误差的绝对值。

1. 校准条件
   1. 环境条件
      1. 校准地点不应有影响测量的震动和电磁干扰。
      2. 测厚仪电压波动量不超过其额定电压的±10%。
      3. 校准室内温度: (20±10) ℃，其温度变化不大于5 ℃/h；环境相对湿度不大于75%。
   2. 测量标准

测量标准的技术要求见表2。

表2 测量标准的技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准 | 技术要求 | 备注 |
| 1 | 标准厚度板 | 见附录C、附录D | —— |

* 1. 其他条件

被校测厚仪外形结构完好，各开关、按键、显示器等不应损坏或脱落，不应有影响正常工作的机械碰伤。

穿透式测厚仪的漏射线最大剂量当量率应符合GBZ117-2022要求。

1. 校准项目和校准方法
   1. 校准项目

重复性、示值误差、示值漂移。

* 1. 校准方法
     1. 准备工作

测厚仪在校准前应通电预热，预热时间一般不少于60分钟。

* + 1. 重复性

在相同条件下，对同一块标准厚度板在同一位置连续测量10次，其重复性*s*按式（1）计算：

 （1）

式中:

——第i次测量的仪器示值，mm；

——*n*次测量的算术平均值(*n*=10)，mm。

* + 1. 示值误差

在测厚仪的使用范围内均匀选择5个点作为校准点（包含使用范围的上、下限），也可根据用户要求选择校准点。校准时，按使用要求调整测厚仪起点后，将标准厚度板放置在测厚仪规定的测量位置进行测量。每个校准点测量5个数据，取平均值作为该校准点的测量结果。

测厚仪的示值误差按式（2）计算：

 （2）

式中：

——测厚仪示值误差，mm；

 ——测厚仪示值的平均值，mm；

*H* ——标准厚度板的实际厚度，mm。

* + 1. 示值漂移

用一块厚度数值大于二分之一测量范围的标准厚度板，在标准厚度板的同一位置进行测量，记下起始测量时的读数。利用测厚仪每隔1min记录1次读数，连续记录2h。示值漂移D按式（3）计算：

 （3）

式中:

——读数值中的最大值，mm；

——读数值中的最小值，mm。

1. 校准结果表达

经校准的测厚仪出具校准证书，校准原始记录参考格式见附录A，校准证书（报告）参考格式见附录B。校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包括以下信息：

1. 标题，如“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
8. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
9. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
10. 校准环境的描述；
11. 校准结果及测量不确定度的说明；
12. 对校准规范的偏离的说明；
13. 校准证书批准人的签名或等效标识；
14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
15. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。
16. 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过1年。测厚仪使用频繁时应适当缩短复校时间间隔，在使用过程中测厚仪经过修理、更换重要部件的需要重新校准。

附录A

铝板带在线测厚仪校准记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 送检单位 |  | | | | | | | | 制造厂 | | |  | | | | | | |
| 仪器名称 |  | | | | | | | | 规格型号 | | |  | | | | | | |
| 仪器编号 |  | | | | | | | | 校准地点 | | |  | | | | | | |
| 校准依据 |  | | | | | | | | 环境温度 | | | ℃ | | | 环境湿度 | | %RH | |
| 校准用测量标准 | 名称 | | | 型号规格 | | 技术特性 | | | 仪器编号 | | | 证书编号 | | | | | 有效期至 | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | | | | |  | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | | | | |  | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | | | | |  | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | | | | |  | |
|  | | |  | |  | | |  | | |  | | | | |  | |
| 校准项目 | 校准结果（mm） | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 重复性 | 1 | 2 | 3 | | 4 | | 5 | 6 | | 7 | 8 | | 9 | 10 | | 平均值 | | *s* |
|  |  |  | |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |
| 示值误差 | 标准厚度板厚度 | | 1 | | 2 | | 3 | 4 | | 5 | 平均值 | | 示值误差 | | | 扩展不确定度*U*，*k*=2 | | |
|  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  | | |  | | |
|  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  | | |  | | |
|  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  | | |  | | |
|  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  | | |  | | |
|  | |  | |  | |  |  | |  |  | |  | | |  | | |
| 示值漂移 | *h*max | |  | | | | *h*min | | |  | | | *D* | | |  | | |

附录B

铝板带在线测厚仪校准证书内页参考格式

**校准结果**

1 重复性:

2 示值误差：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准厚度板厚度（mm） | 测厚仪示值（mm） | 示值误差（mm） | 校准结果的扩展不确定度*U*（*k* = 2）（mm） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

3 示值漂移：

附录C

0.2 mm以上厚度标准厚度板的技术要求及测量方法

C.1 标准厚度板的形状和技术要求：

标准厚度板板形必须平整，无划伤、毛刺、凹凸、霉点等缺陷，当测厚仪为穿透式时，标准厚度板的材料应选用与测厚仪待测产品材料同类型号材质，尺寸大小一般为100 mm×100 mm，也可根据测厚仪本身要求选定尺寸。要求标准厚度板表面粗糙度*R*a不大于0.32 μm。标准厚度板的厚度测量结果的不确定度和均匀性见表C.1。

表C.1 标准板的厚度测量结果的不确定度和均匀性要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 标准板厚度*H*/mm | 厚度测量结果的不确定度/μm | 均匀性/μm |
| 0.2＜*H*＜5 | 1.0 | ±1.0 |
| *H*≥5 | 5.0 | ±5.0 |
| 注：表中*H*为标准板的实际厚度。 | | |

C.2 标准厚度板的外形如图C.1所示（也可制成圆形）。

No.

No.

图C.1 标准板的外形

C.3 标准厚度板的测量方法：

用立式光学计和4等量块，用比较法进行检测。检测时，在标准板的测量区域内均匀分布5～9个点进行测量，取其平均值作为标准板的实际厚度值；取各点示值与实际厚度值的最大差值作为标准厚度板的均匀性。

附录D

0.2 mm及以下厚度标准厚度板的技术要求及制作方法

D.1 标准厚度板技术要求

标准厚度板板形必须平整，无划伤、毛刺、凹凸、霉点等缺陷，当测厚仪为穿透式时，标准厚度板的材料应选用与测厚仪待测产品材料同类型号材质。

D.2 制作原理

通过称量已知面积和密度的非复合箔试样的质量，计算得标准厚度板厚度。

D.3 设备技术要求

D.3.1 电子天平

准确度等级： 级，检定分度值e=0.1 mg。

I

D.3.2 测量用取样刀

外形为圆形或方形，边缘必须平整、无划伤、毛刺等缺陷。取样面积*S*需检测，最大允许误差不大于0.1% 。

D.4 制作方法

D.4.1 将铝合金箔卷外层起皱部分去除后，用取样刀从箔卷上截取样品。

D.4.2 用无水乙醇或其它合适的溶剂在测量前对试样进行擦拭，除掉油或脏物。

D.4.3 将表面洁净干燥的试样放在天平上称量，得到标准厚度板质量m。

D.4.4 通过式（D.1）计算得出标准厚度板厚度值：

** （D.1）

式中：

*H* ——标准厚度板厚度，mm；

*m* ——标准厚度板质量，g；

*S* ——标准厚度板面积，mm2；

 ——标准厚度板密度，g/cm3；

附录E

测厚仪示值误差测量不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 测量方法

用标准厚度块对测厚仪进行校准。测厚仪平均测量值与标准厚度块的标称值之差即为测厚仪示值误差。

E.1.2 数学模型

测厚仪的示值误差：

 （E.1）

式中：

——测厚仪示值误差，mm；

 ——测厚仪示值的平均值，mm；

*H* ——标准厚度板的实际厚度，mm。

E.2 方差和灵敏系数

合成方差：

根据 得：



灵敏系数：； 

所以： 

E.3 标准不确定度分量评定

E3.1 测厚仪测量重复性引起的标准不确定度分量

测厚仪的测量重复性引起的不确定度可以通过连续测量得到测量列，采用A类方法进行评定。

选择0.2280 mm标准厚度板，在测厚仪上连续测量10次，得到测量列（mm）：0.2278，0.2275，0.2281，0.2280，0.2277，0.2278，0.2278，0.2282，0.2281，0.2280。

实验标准差： 

另选取0.7842 mm、1.3566 mm的标准厚度板，各在重复性条件下连续测量10次，得到测量列（mm）：

0.7842、0.7840、0.7836、0.7839、0.7840、0.7846、0.7846、0.7843、0.7839、0.7842

1.3566、1.3563、1.3562、1.3568、1.3569、1.3567、1.3560、1.3559、1.3564、1.3562

每组测量列按上述方法计算得到单次实验标准差如表E.1所示。

表E.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准厚度板厚度（mm） | 0.2280 | 0.7842 | 1.3566 |
| 单次实验标准差（μm） | 0.22 | 0.32 | 0.34 |

由于实际测量结果是5次测量的平均值，因此：



测量重复性引起的标准不确定度分量如表E.2所示：

表E.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准厚度板厚度/mm | 0.2280 | 0.7842 | 1.3566 |
| 标准不确定度/μm | 0.098 | 0.14 | 0.16 |

E.3.2 标准厚度板厚度偏差引起的标准不确定度分量

标准厚度板厚度的测量不确定度*U*=1 μm，*k*=2，因此，其引入的标准不确定度分量为：



E.4 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表E.3所示：

表E.3 标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | | 标准不确定度值/μm |  | /μm |
|  | 测量重复性 | 0.2280 mm | 0.098 | 1 | 0.098 |
| 0.7842 mm | 0.14 | 0.14 |
| 1.3566 mm | 0.16 | 0.16 |
|  | 标准厚度板 | | 0.5 | -1 | 0.5 |

E.5 合成标准不确定度*u*c评定

由于各标准不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度为：

**

表E.4 合成标准不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准厚度板厚度（mm） | 0.2280 | 0.7842 | 1.3566 |
| 合成标准不确定度（μm） | 0.51 | 0.52 | 0.53 |

E.6 扩展不确定度的评定

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度：



各校准点的扩展不确定度分别为：

校准点为0.2280 mm时：

校准点为0.7842 mm时：

校准点为1.3566 mm时：