



中华人民共和国工业和信息化部 有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXX—XXXX

铝板带箔在线测厚仪校准规范

Specification for Calibration of Aluminium Plate, Sheet, Strip and Foil
in-line Thickness Gauges

（报批稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

铝板带箔在线测厚仪 校准规范

Specification for Calibration of Aluminium

Plate, Sheet, Strip and Foil in-line Thickness

Gauges

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：东北轻合金有限责任公司

山东南山铝业股份有限公司

广东省科学院工业分析检测中心

国合通用（青岛）测试评价有限公司

西安汉唐分析检测有限公司

天津艾隆科技开发有限公司

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：

张国栋（西南铝业(集团)有限责任公司）
王 滨（西南铝业(集团)有限责任公司）
王素歌（西南铝业(集团)有限责任公司）
王 欢（东北轻合金有限责任公司）
姚 远（山东南山铝业股份有限公司）
伍超群（广东省科学院工业分析检测中心）
李铸铁（国合通用（青岛）测试评价有限公司）
余泽利（西安汉唐分析检测有限公司）
谭本清（西南铝业(集团)有限责任公司）
史宏伟（天津艾隆科技开发有限公司）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 重复性	(2)
4.2 示值误差	(2)
4.3 示值漂移	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准	(3)
5.3 其他条件	(3)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表达	(4)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 厚度 0.2 mm 以上标准厚度板的技术要求及测量方法	(6)
附录 B 厚度 0.2 mm 及以下标准厚度板的技术要求及制作方法	(7)
附录 C 铝板带箔在线测厚仪校准原始记录参考格式	(8)
附录 D 铝板带箔在线测厚仪校准证书内页参考格式	(9)
附录 E 测厚仪示值误差测量不确定度评定示例	(10)

引 言

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001 《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范参考了JJG 480-2007 《X射线测厚仪》、GB/T 3880.3-2024 《一般工业用铝及铝合金板、带材 第3部分：尺寸偏差》、GB/T 3198-2020 《铝及铝合金箔》、YS/T 457-2021 《铝箔用冷轧带材》、GB/T 22638.1-2016 《铝箔试验方法 第1部分：厚度的测定》的技术内容。

本规范为首次发布。

铝板带箔在线测厚仪校准规范

1 范围

本规范适用于铝板带箔在线测厚仪（以下简称测厚仪）的校准，其他材料板带箔在线测厚仪的校准可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GBZ 117 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。

3 概述

测厚仪通常分为穿透式在线测厚仪和激光在线测厚仪。

穿透式在线测厚仪主要有同位素在线检测仪和X射线检测仪，主要由射线源、探头、数据处理控制器等组成，测厚仪利用射线穿透被测铝板带箔（以下简称铝材）时，一部分射线被铝板带箔吸收，另一部分穿过铝板带箔被探头接收，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。穿透式在线测厚仪常用于测量精度要求高及非包铝板的轧制生产，其工作示意图见图1。

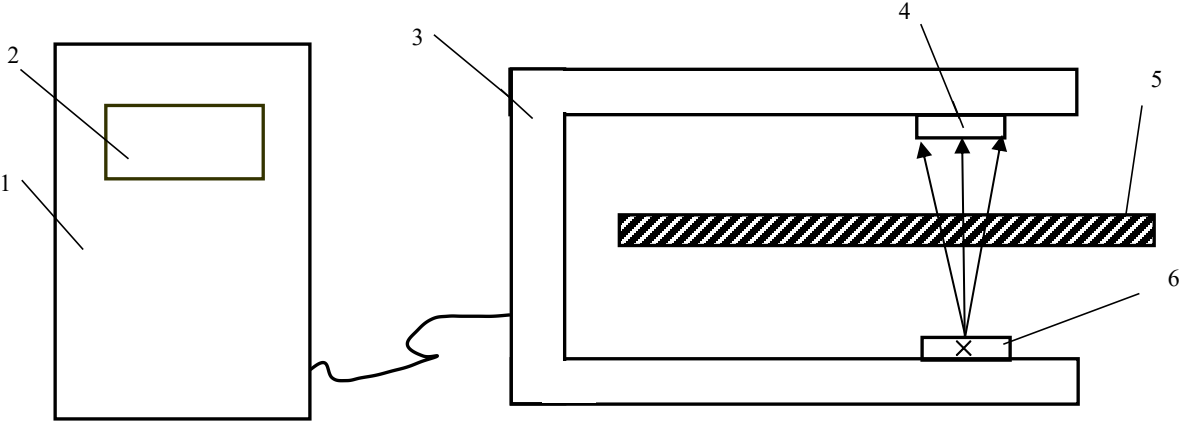


图1 穿透式在线测厚仪工作示意图

1—数据处理控制器；2—显示屏；3—C形架；4—探头；5—铝材；6—射线源

激光在线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，激光测厚仪的上下激光器将激光束分别打在铝材的上下表面，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铝材表面的距离，控制与信号处理器再根据上下发射接收器距离，计算得到铝材的厚度。激光测厚仪常用于测量精度要求一般及包铝板的轧制生产，其工作示意图见图2。

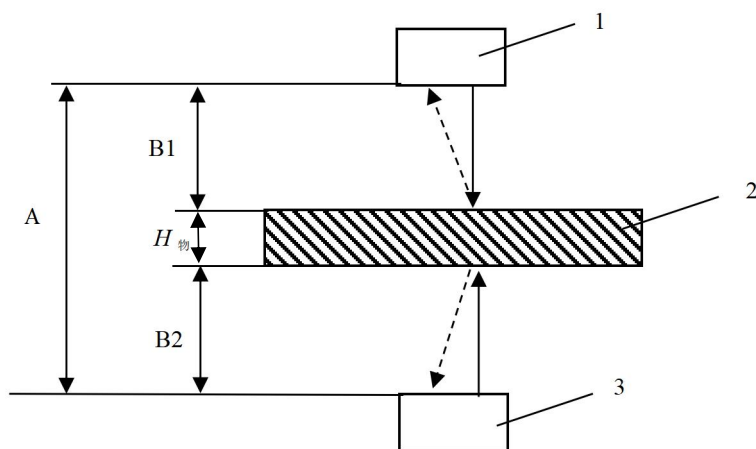


图2 激光在线测厚仪工作示意图

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

B1—上发射接收器到铝材上表面的距离；B2—下发射接收器到铝材下表面的距离； $H_{物}$ —铝材厚度

4 计量特性

4.1 重复性

测厚仪的重复性要求见表1。

表1 测厚仪的重复性和示值最大允许误差

测量范围	重复性	示值最大允许误差
$\leq 0.2\text{mm}$	0.25%读数或 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ ，二者取大值	$\pm 0.5\%$ 读数或 $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ ，二者取大值
$>0.2\text{ mm} \sim 10\text{ mm}$	0.1%读数或 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ ，二者取大值	$\pm 0.2\%$ 读数或 $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ ，二者取大值
$>10\text{ mm}$	0.05%读数或 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，二者取大值	$\pm 0.1\%$ 读数或 $\pm 20\text{ }\mu\text{m}$ ，二者取大值

4.2 示值误差

测厚仪的示值最大允许误差见表1。

4.3 示值漂移

在测量范围内，示值漂移不大于该仪器示值最大允许误差的绝对值。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 校准地点不应有影响测量的震动和电磁干扰。

5.1.2 测厚仪电压波动量不超过其额定电压的 $\pm 10\%$ 。

5.1.3 校准室内温度为 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，其温度变化不大于 5°C/h ；环境相对湿度不大于75%。

5.2 测量标准

使用标准厚度板作为测量标准，厚度0.2 mm以上标准厚度板的技术要求及测量方法见附录A，厚度0.2 mm及以下标准厚度板的技术要求及制作方法见附录B。

5.3 其他条件

被校测厚仪外形结构完好，各开关、按键、显示器等应无损坏或脱落，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GBZ 117要求。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

重复性、示值误差、示值漂移。

6.2 校准方法

6.2.1 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 min。

6.2.2 重复性

在相同条件下，用一块厚度数值大于二分之一测厚仪测量范围的标准厚度板，在标准厚度板的中心位置连续测量10次，其重复性按公式（1）计算：

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \quad (1)$$

式中：

s ——重复性，mm；

h_i ——第*i*次测量的仪器示值，mm；

\bar{h} ——测厚仪示值的平均值，mm。

6.2.3 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，选择校准点对应的标准厚度板并放置在测厚仪规定的位置进行校准。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公式（2）计算：

$$\delta_H = \bar{h} - H \quad (2)$$

式中：

δ_H ——测厚仪示值误差，mm；

\bar{h} ——测厚仪示值的平均值，mm；

H ——标准厚度板的实际厚度，mm。

6.2.4 示值漂移

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

$$D = h_{\max} - h_{\min} \quad (3)$$

式中：

D ——示值漂移，mm

h_{\max} ——读数值中的最大值，mm；

h_{\min} ——读数值中的最小值，mm。

7 校准结果表达

经校准的测厚仪出具校准证书，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：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 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;

h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;

i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;

j) 校准环境的描述;

k) 校准结果及测量不确定度的说明;

l) 对校准规范的偏离的说明;

m) 校准证书批准人的签名或等效标识;

n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;

o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录C, 校准证书内页参考格式见附录D。

8 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、更换重要部件时需要重新校准。

附录 A

厚度 0.2 mm 以上标准厚度板的技术要求及测量方法

A.1 标准厚度板要求

A.1.1 外观要求

标准厚度板板形应平整,无划伤、毛刺、凹凸、霉点等缺陷,表面粗糙度 R_a 不大于0.32 μm ,尺寸大小一般为100 mm \times 100 mm,也可根据测厚仪要求选定外形及尺寸。

A.1.2 技术要求

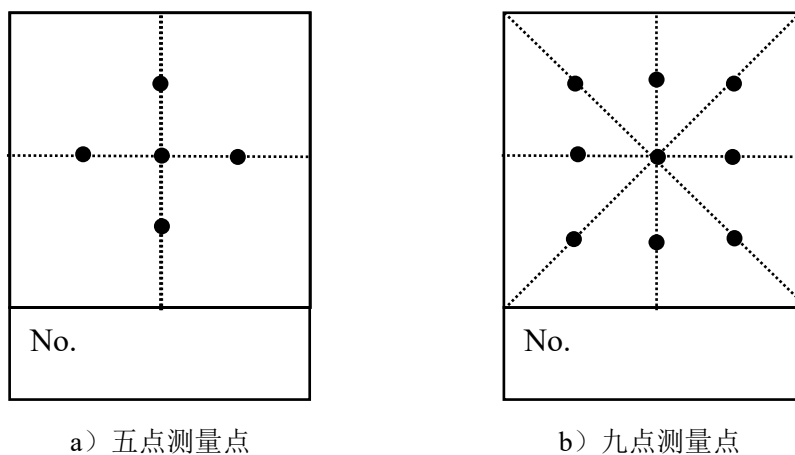
当测厚仪为穿透式在线测厚仪时,标准厚度板的材料应选用与测厚仪待测产品材料属于同一牌号。标准厚度板厚度测量结果的不确定度和均匀性见表A.1。

表 A.1 标准厚度板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
$0.2 < H < 10$	1/3MPEV 或 0.3, 二者取大值	$\pm 1/3\text{MPEV}$ 或 ± 0.3 , 二者取大值
$H \geq 10$	6.0	± 6.0
注:表中 H 为标准厚度板的实际厚度, MPEV 为测厚仪示值最大允许误差的绝对值。		

A.2 标准厚度板的测量方法

检测时,在标准厚度板的测量区域内均匀分布5个点或9个点进行测量,标准厚度板五点测量点分布示意图如图A.1中a)所示,九点测量点分布示意图如图A.1中b)所示。取其平均值作为标准厚度板的实际厚度值;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。



图A.1 标准厚度板测量点分布示意图

附录 B

厚度 0.2 mm 及以下标准厚度板的技术要求及制作方法

B.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属于同一牌号。标准厚度板厚度值的测量不确定度不大于测厚仪示值最大允许误差的1/3。

B.2 制作原理

通过称量已知面积 S 和密度 ρ 的非复合箔质量,计算标准厚度板厚度。

B.3 设备技术要求

B.3.1 电子天平

准确度等级:Ⅰ级,检定分度值 $e=0.1\text{ mg}$ 。

B.3.2 测量用取样刀

外形为圆形或方形,边缘应平整、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0.01%。

B.4 标准厚度板制作方法及厚度检测

B.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。

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

B.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 。

B.4.4 标准厚度板厚度值按公式(B.1)计算:

$$H = \frac{1000m}{S \cdot \rho} \quad (\text{B.1})$$

式中:

H ——标准厚度板的实际厚度, mm;

m ——标准厚度板质量, g;

S ——标准厚度板面积, mm^2 ;

ρ ——标准厚度板密度, g/cm^3 。

附录 C

铝板带箔在线测厚仪校准原始记录参考格式

送校单位								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 D

铝板带箔在线测厚仪校准证书内页参考格式

校准结果

1 重复性:

 $s =$ mm

2 示值误差:

标准厚度板厚度 (mm)	测厚仪示值 (mm)	示值误差 (mm)	扩展不确定度 U , ($k=2$) (mm)

3 示值漂移:

 $D =$ mm

附录 E

测厚仪示值误差测量不确定度评定示例

E.1 概述

按照本规范6.2.3的方法，用标准厚度板对测厚仪进行校准。测厚仪平均测量值与标准厚度板的标称值之差即为测厚仪示值误差。

E.2 测量模型

测厚仪示值误差的测量模型见公式（E.1）。

$$\delta_H = \bar{h} - H_{\text{标}} \quad (\text{E.1})$$

式中：

δ_H ——测厚仪示值误差，mm；

\bar{h} ——测厚仪示值的平均值，mm；

H ——标准厚度板的实际厚度，mm。

该模型的合成不确定度见公式（E.2）。

$$u_c^2(y) = \sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (\text{E.2})$$

可得合成方差：

$$u_c^2 = c_1^2(\bar{h}) \cdot u_1^2(\bar{h}) + c_2^2(H) \cdot u_2^2(H)$$

灵敏系数为：

$$c_1(\bar{h}) = 1$$

$$c_2(H) = -1$$

因此

$$u_c^2 = u_1^2(\bar{h}) + u_2^2(H)$$

E.3 测量不确定度的来源分析

测量不确定度的来源有：测量重复性引起的标准不确定度分量 u_1 ，标准厚度板厚度偏差引起的标准不确定度分量 u_2 。

E.4 标准不确定度评定

E.4.1 测量重复性引起的标准不确定度分量 u_1

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类不确定度评定方法进行评定。

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、0.2279、0.2279、0.2280、0.2277、0.2278、0.2278、0.2279、0.2280、0.2280。

实验标准差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum (h_i - \bar{h})^2}{n-1}} = 0.11 \mu\text{m}$$

由于实际测量结果为5次测量的平均值，因此：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.11}{\sqrt{5}} = 0.049 \mu\text{m}$$

E.4.2 标准厚度板厚度偏差引起的标准不确定度分量 u_2

标准厚度板厚度的测量不确定度 $U_s=0.3 \mu\text{m}$ ， $k=2$ ，因此，其引入的标准不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{U_s}{k} = \frac{0.3}{2} = 0.15 \mu\text{m}$$

E.5 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表E.1。

表 E.1 标准不确定度汇总

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度值/ μm	灵敏系数 c_i	$ c_i \cdot u_i / \mu\text{m}$
u_1	测量重复性	0.049	1	0.049
u_2	标准厚度板厚度偏差	0.15	-1	0.15

E.6 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 u_c 为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.049^2 + 0.15^2} = 0.159 \mu\text{m}$$

E.7 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 U 为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.159 = 0.3 \mu\text{m}$$