



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 818—2018

磁性、电涡流式覆层厚度测量仪

Magnetic and Eddy Current Measuring Instrument for Coating Thickness



2018-12-25 发布

2019-06-25 实施

国家市场监督管理总局 发布

磁性、电涡流式覆层厚度

测量仪检定规程

Verification Regulation of Magnetic
and Eddy Current Measuring Instrument for
Coating Thickness

JJG 818—2018
代替 JJG 818—2005

归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

天津市计量测试研究院

广东省计量科学研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：广州兰泰仪器有限公司

本规程委托全国几何量工程参量计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

黄 晟（北京市计量检测科学研究院）

路瑞军（天津市计量测试研究院）

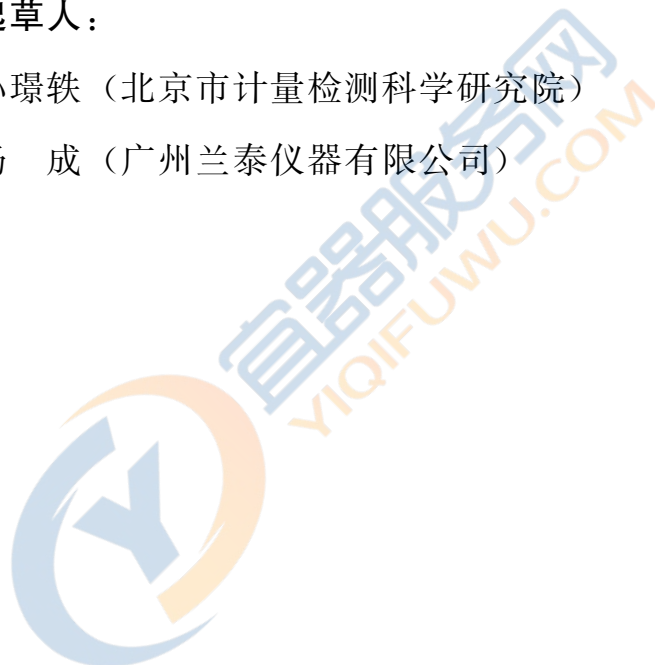
卫作之（广东省计量科学研究院）

王 凯（中国计量科学研究院）

参加起草人：

孙璟轶（北京市计量检测科学研究院）

杨 成（广州兰泰仪器有限公司）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(2)
4.1 测量力及其变动性	(2)
4.2 测量重复性	(2)
4.3 示值误差	(2)
4.4 示值稳定性	(2)
4.5 电源电压变化对仪器示值的影响	(2)
4.6 厚度片	(2)
5 通用技术要求	(3)
5.1 外观	(3)
5.2 各部分的相互作用	(3)
6 计量器具控制	(3)
6.1 检定条件	(3)
6.2 检定项目和主要检定器具	(4)
6.3 检定方法	(4)
7 检定结果的处理	(7)
8 检定周期	(7)
附录 A 测厚仪示值误差测量不确定度评定	(8)
附录 B 检定证书和检定结果通知书内页格式	(13)

引 言

本规程是以 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》为基础和依据进行修订的。与 JJG 818—2005 相比，除编辑性修改外主要变化如下：

1. 增加了标准厚度片的检定设备。
2. 增加了对基体材料和尺寸的限制。
3. 原规程中“覆层测厚仪、测厚仪、仪器”统一简称为“测厚仪”。
4. 原规程中“示值重复性”改为“测量重复性”。
5. 对电压具体变化进行了规定，见 4.5。
6. 原规程中“校准用厚度片”改为“厚度片”，“其测量结果不确定度和均匀性见表 1”改为“厚度片厚度值的测量结果不确定度和均匀性见表 1”。
7. 取消 AA 级的测厚仪及厚度片的要求，只保留 A~D 级。
8. 针对无量程挡的测厚仪测量重复性的检定，增加了在仪器最小分辨力的量程 $2/3$ 以上范围进行检定的方法。
9. 由于取消了 AA 级的测厚仪及厚度片规定，附录 A 的“测厚仪示值误差测量结果的不确定度评定”中相关内容依据 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》，对磁性、电涡流式覆层厚度测量仪重新进行评定。

本规程的历次版本发布情况：

- JJG 818—2005《磁性、电涡流式覆层厚度测量仪》；
- JJG 889—1995《磁阻法测厚仪》；
- JJG 818—1993《电涡流式测厚仪》。

磁性、电涡流式覆层厚度测量仪检定规程

1 范围

本规程适用于磁性（磁阻式和磁力式）覆层厚度测量仪和电涡流式覆层厚度测量仪（以下简称为测厚仪）的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

GB/T 4956—2003 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法

GB/T 4957—2003 非磁性基体金属上非导电覆盖层 覆盖层厚度测量 涡流法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；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 概述

测厚仪中的磁性覆层厚度测量仪一般用于测量磁性金属基体上的非磁性覆盖层的厚度；电涡流式覆层厚度测量仪一般用于测量非磁性金属基体上的非导电覆盖层的厚度。

测厚仪按数值显示方式可分为数字式和指针式两大类，测量范围一般为（0～1 250） μm ，最大可测至 30 mm，分辨力最高可达 0.1 μm 。按示值最大允许误差划分为 A～D 四个准确度级别。测厚仪外形结构见图 1。

磁性覆层厚度测量仪按工作原理又可分为磁阻式和磁力式两种。磁阻式覆层厚度测量仪是通过测量测头与基体金属之间因覆盖层（电镀、喷漆等工艺形成）引起的磁路磁阻变化，得到被测覆层厚度。磁力式覆层厚度测量仪是通过测量永久磁铁（测头）与基体金属之间因覆盖层引起的磁力变化，得到被测覆层厚度。磁性覆层厚度测量仪外形结构见图 2 所示。电涡流式覆层厚度测量仪是通过测量测头与基体金属之间因覆盖层引起的电涡流变化，得到被覆盖层厚度。

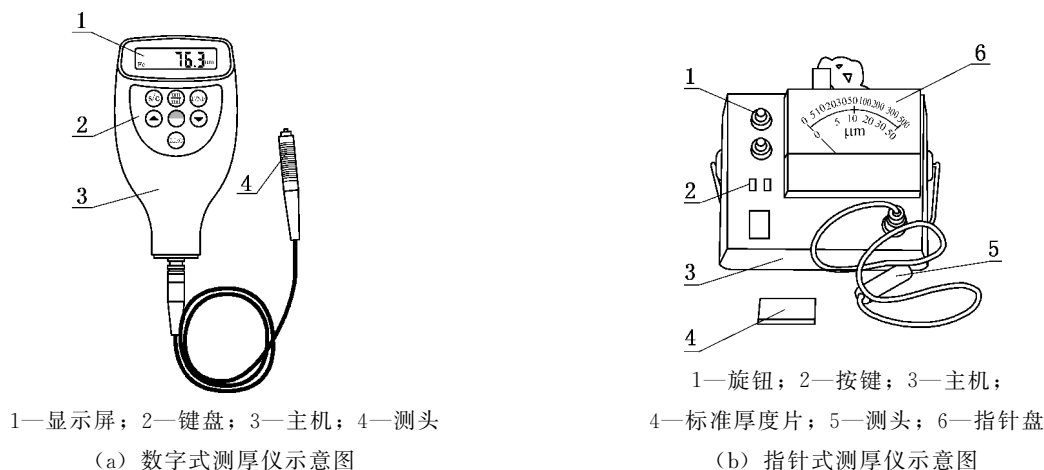


图 1 测厚仪外形结构示意图

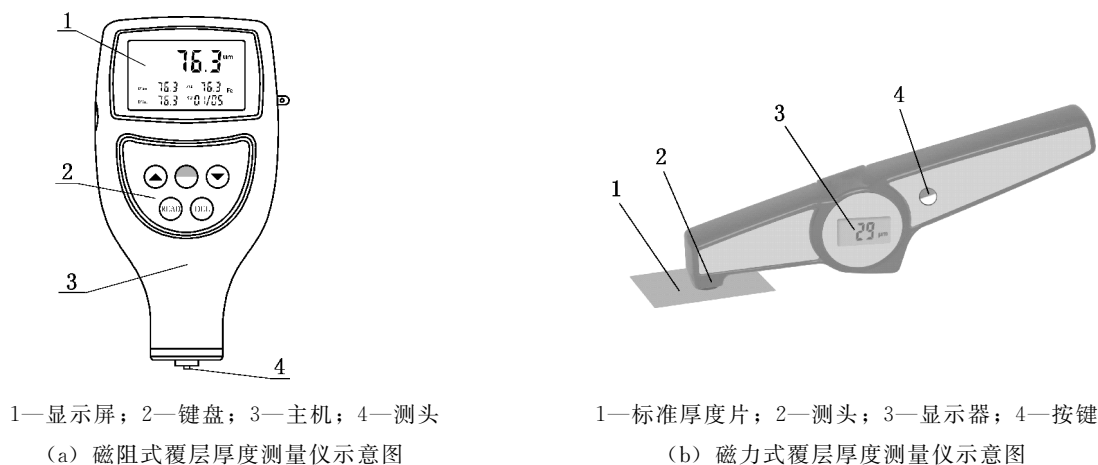


图 2 磁性覆层厚度测量仪外形结构示意图

4 计量性能要求

4.1 测量力及其变动性

测厚仪的测头的测量力： $(0.3\sim1.5)\text{ N}$ 。测量力变动性应不超过 $\frac{1}{3}F$ ，其中 F 是 10 次测量力的平均值。

4.2 测量重复性

测厚仪的测量重复性应不大于表 1 的规定。

4.3 示值误差

测厚仪示值最大允许误差和相应准确度等级见表 1。

4.4 示值稳定性

测厚仪示值在 1 h 内的变化应不超过表 1 的规定。

4.5 电源电压变化对仪器示值的影响

测厚仪电源电压在额定电压变化 $\pm 10\%$ 处引起的仪器示值误差应满足 4.3 的要求。

4.6 厚度片

厚度片厚度值的测量结果不确定度和均匀性见表 1。

表 1 计量性能要求

项目名称	准确度级别			
	A	B	C	D
示值最大允许误差	$\pm (0.5\text{ }\mu\text{m} + 1\%H)$	$\pm (1\text{ }\mu\text{m} + 3\%H)$	$\pm (2\text{ }\mu\text{m} + 5\%H)$	$\pm (3\text{ }\mu\text{m} + 10\%H)$
示值稳定性	$0.5\text{ }\mu\text{m} + 1\%H$	$1\text{ }\mu\text{m} + 3\%H$	$2\text{ }\mu\text{m} + 5\%H$	$3\text{ }\mu\text{m} + 10\%H$
测量重复性	$0.1\text{ }\mu\text{m} + 0.2\%H$	$0.2\text{ }\mu\text{m} + 0.6\%H$	$0.4\text{ }\mu\text{m} + 1\%H$	$0.6\text{ }\mu\text{m} + 2\%H$

表 1 (续)

项目名称			准确度级别			
			A	B	C	D
厚度片	测量结果不 确定度 ($k=2$)	$H\leqslant 50\ \mu\text{m}$	$0.2\ \mu\text{m}$	$0.4\ \mu\text{m}$	$0.7\ \mu\text{m}$	$1.0\ \mu\text{m}$
		$H>50\ \mu\text{m}$	$0.4\%H$	$0.8\%H$	$1.4\%H$	$2.0\%H$
	均匀性	$H\leqslant 50\ \mu\text{m}$	$0.2\ \mu\text{m}$	$0.4\ \mu\text{m}$	$0.7\ \mu\text{m}$	$1.0\ \mu\text{m}$
		$H>50\ \mu\text{m}$	$0.4\%H$	$0.8\%H$	$1.4\%H$	$2.0\%H$
注： H —厚度片（板）的实际值， μm 。						

5 通用技术要求

5.1 外观

5.1.1 测厚仪铭牌应标有仪器名称、型号、编号、制造厂名称（或厂标）。

5.1.2 测厚仪外表应整洁，无明显划痕、锈迹、损伤、起泡、漆膜脱落等现象，厚度片表面不应该有严重划伤或损伤。

5.1.3 测厚仪上的文字、符号、数值及单位应字迹清晰。指示表表盘刻线清晰、无断线。与测量有关的数值应注明单位。数字显示清晰，无闪烁、缺笔画和连笔画现象。

5.1.4 电池和充电器的安装处应有明显的极性标志。

5.2 各部分的相互作用

5.2.1 指示表的指针运动平稳，无卡滞、粘针、爬行等现象。

5.2.2 接插件连接可靠、使用方便。各操作开关、旋钮、按键和指示灯工作可靠、有效。紧固件不得有松动或缺损现象。

5.2.3 测厚仪具有的功能应工作可靠、有效。

后续检定和使用中检查的测厚仪，允许有不影响计量性能的上述缺陷。

6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

6.1 检定条件

6.1.1 检定环境

检定环境见表 2。

表 2 检定环境

检定室温度 ($^{\circ}\text{C}$)	室温变化 ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$)	相对湿度 %	被检仪器在室内平衡温度的时间 h
20 ± 5	≤ 1	$30 \sim 75$	≥ 3
外部环境	检定地点不应该有强磁场干扰		

6.1.2 检定设备

主要检定设备见表3。

6.2 检定项目和主要检定器具

检定项目见表3。

表3 检定项目和主要检定器具一览表

序号	检定项目	主要检定器具	首次 检定	后续 检定	使用中 检查
1	外观	—	+	+	+
2	各部分相互作用	—	+	+	+
3	测量力及其变动性	测力仪：分辨力 $\leq 0.1\text{ N}$	+	—	—
4	测量重复性	基体（磁性或非磁性）：表面粗糙度 $Ra \leq 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、平面度 $\leq 1\text{ }\mu\text{m}$ 、其尺寸 $\geq 1.3\phi$ ；厚度片（板）	+	+	+
5	示值误差	基体（磁性或非磁性）：表面粗糙度 $Ra \leq 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、平面度 $\leq 1\text{ }\mu\text{m}$ 、其尺寸 $\geq 1.3\phi$ ；厚度片（板）组	+	+	—
6	示值稳定性	基体（磁性或非磁性）：表面粗糙度 $Ra \leq 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、平面度 $\leq 1\text{ }\mu\text{m}$ 、其尺寸 $\geq 1.3\phi$ ；厚度片（板）及检定台架	+	—	—
7	电源电压变化对仪器示值的影响	基体（磁性或非磁性）：表面粗糙度 $Ra \leq 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、平面度 $\leq 1\text{ }\mu\text{m}$ 、其尺寸 $\geq 1.3\phi$ ；厚度片（板）及可调电压的供电电源， $3\frac{1}{2}$ 位的交直流电压表	+	—	—
8	厚度片	3等量块、数显电感式测微仪：测量力 $\leq 1\text{ N}$ MPE： $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 或光栅测微仪：MPE： $\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}$ 平面工作台：平面度 $\leq 1\text{ }\mu\text{m}$ ，许凸不允许凹	+	+	—
注：1. 表中“+”表示该项必须检定；“—”表示该项可以不检定。 2. 自动关机型测厚仪可不做示值稳定性检定。 3. ϕ —测厚仪测头的直径，mm。					

6.3 检定方法

6.3.1 外观

目力观察。

6.3.2 各部分相互作用

目力观察和手动试验。

6.3.3 测量力及其变动性

将测头垂直压向测力计的受力台面上，当测头外护套基面与测头测量面在同一平面时，记下测力计的示值，取 10 次示值的平均值作为测量力的测量结果。取 10 次示值中的最大值与最小值之差作为测量力变动性。

6.3.4 测量重复性

选择测厚仪的最小量程挡，在基体工作面中央位置附近放置一个数值大于 2/3 量程（无量程挡的测厚仪选择在最小分辨力的量程 2/3 以上范围）的厚度片，在同一位置连续测量 9 次，取 9 次示值中的最大值与最小值之差的 1/3 作为测量重复性。

6.3.5 示值误差

按使用说明对测厚仪进行零点调整。在测厚仪的每一量程内大致均匀分布三至五点作为受检点（含最接近量程上、下限的点），选取相应厚度和准确度级别的厚度片（对磁力式覆层厚度测量仪需选用厚度板）依次测量，测量时使测厚仪测头尽量垂直对准厚度片的中间位置（对磁力式覆层厚度测量仪需要水平放置在厚度板上，使测量磁钢自动吸附在厚度板的中间位置），每个受检点连续测量 5 次，取平均值作为测厚仪在该点的示值。其示值误差 δ_H 按公式（1）计算：

$$\delta_H = \overline{H} - H \quad (1)$$

式中：

δ_H ——测厚仪的示值误差

$\overline{H}$ ——测厚仪的平均示值；

H ——厚度片的实际值。

6.3.6 示值稳定性

对交流供电的测厚仪选择测厚仪的最小量程挡，在基体工作面中央位置附近放置一个数值大于 1/2 量程的厚度片，将测头装在检定台上垂直压向厚度片并使其固定。记下第一次读数，以后每间隔 15 min 记一次读数，连续记录 1 h，取 5 次读数中的最大值与最小值之差作为测量结果。

6.3.7 电源电压变化对仪器示值的影响

对交流电压供电的测厚仪，选择测厚仪的最小量程挡，在基体工作面中央位置附近放置一个数值大于 1/2 量程的厚度片（单一量程的测厚仪选择在最小分辨力的量程 2/3 以上范围），将可调式直流稳压电源或可调式交流变压器串接在测厚仪的电源端，并用电压表监视。按测厚仪要求调整电源电压至测厚仪许可的额定电压的 -10% 处，测量厚度片 5 次，取其平均值作为该点在该电压下的示值，再分别将电源电压调整到测厚仪额定工作电压和测厚仪许可的额定电压的 +10% 处，各测量厚度片 5 次，分别取其平均值作为该点在该电压下的示值，各点示值误差按公式（1）处理。

6.3.8 厚度片

用数显电感式测微仪（选择 1 N 测力的测头，不大于 50 μm 的厚度片选用平面测头）和三等量块或光栅测微仪等，在平面工作台上用比较法测量或用直接法测量。

直接法测量：先将数显电感式测微仪或光栅测微仪等对零，再将被测的厚度片放在平面工作台上，在距边缘 5 mm 的测量区域内均匀分布 5 个点（见图 3）测量，取中心

点 5 次示值的平均值作为厚度片的实际值，其厚度值 H 按公式 (2) 计算；取各点示值与实际值的最大差值作为厚度片的均匀性，其示值 ΔH_i 按公式 (3) 计算。

$$H = \frac{\sum H_i}{5} \quad (2)$$

式中：

H ——厚度片的实际值；

H_i ——厚度片的示值。

$$\Delta H_i = H_i - H \quad (3)$$

式中：

ΔH_i ——厚度片的均匀性；

H_i ——厚度片的示值；

H ——厚度片的实际值。

比较法测量：用数显式电感测微仪（选择 1 N 测力的测头）和三等量块，在平面工作台上用比较法测量。

选择与厚度片标称值相差 20 μm 以内的三等量块，让数显式电感测微仪对零，记下此时的数值，再将被测的厚度片放在平面工作台上测量，所得示值加上所用量块的实际值即为所测点的厚度值。其 H 实际值按公式 (4) 计算；其厚度片的均匀性按公式 (3) 计算。

$$H = S_{i2} - S_{i1} + L_c \quad (4)$$

式中：

H ——厚度片的实际值；

S_{i1} ——数显式电感测微仪对零时的读数值；

S_{i2} ——数显式电感测微仪测量厚度片时的读数值；

L_c ——对零量块实际值。

对于没有与厚度片厚度标称值相差 20 μm 以内量块的情况，可以使用量块组合测量。例如测量标称值为 405 μm 的厚度片，先用 1.4 mm 的量块，让数显式电感测微仪对零，记下此时的数值，将 1 mm 的量块垫在工作台上，将厚度片放置在 1 mm 量块上用数显式电感测微仪测量。其 H 实际值按公式 (5) 计算；其厚度片的均匀性按公式 (3) 计算。

$$H = S_{i2} - S_{i1} + L_{c2} - L_{c1} \quad (5)$$

式中：

H ——厚度片的实际值；

S_{i1} ——数显式电感测微仪对零时的读数值；

S_{i2} ——数显式电感测微仪测量厚度片时的读数值；

L_{c1} ——组合量块实际值；

L_{c2} ——对零量块实际值。

此项测量允许采用满足测量不确定度要求的其他方法。

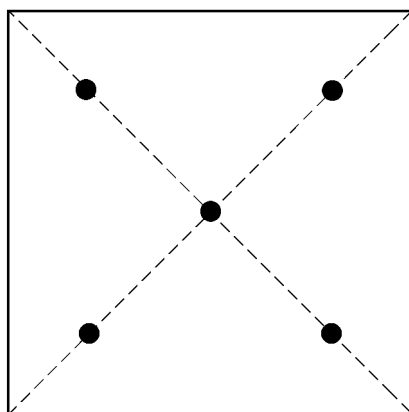


图3 厚度片的测量位置和测量点数示意图

7 检定结果的处理

测厚仪各受检项目均符合本规程相应要求的填发检定证书，并注明准确度级别；不符合本规程 D 级要求的测厚仪填发检定结果通知书，并注明不合格的项目及其相应的检定结果。

8 检定周期

检定周期应根据实际使用情况确定，一般不超过 1 年。

附录 A

测厚仪示值误差测量不确定度评定

A.1 测量方法

首先按使用说明对测厚仪进行零点调整,然后用测厚仪对每个厚度片测量 5 次。测厚仪示值的平均值 $\bar{H}$ 与厚度片实际值 H 之差即为示值误差 δ_H 。本文以测厚仪的 $10\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ 、 $100\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ 、 $1\ 000\ \mu\text{m}$ 、 $5\ 000\ \mu\text{m}$ 和 $10\ 000\ \mu\text{m}$ 测量点为例,对 A 级测厚仪进行示值误差测量不确定度评定。

A.2 测量模型

示值误差计算公式: $\delta_H = \bar{H} - H$

式中:

δ_H ——测厚仪在该点的示值误差;

$\bar{H}$ ——该点测厚仪的示值平均值;

H ——厚度片的实际值。

A.3 标准不确定度评定

A.3.1 厚度片引入的不确定度分量 u_1

厚度片的厚度测量结果不确定度见规程表 1,其中 $k=2$,根据 $u=\frac{U}{k}$,则

$$10\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{11} = 0.2 \times \frac{1}{2} = 0.1(\mu\text{m})$$

$$50\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{12} = 0.2 \times \frac{1}{2} = 0.1(\mu\text{m})$$

$$100\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{13} = 0.4\% \times 100 \times \frac{1}{2} = 0.2(\mu\text{m})$$

$$500\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{14} = 0.4\% \times 500 \times \frac{1}{2} = 1.0(\mu\text{m})$$

$$1\ 000\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{15} = 0.4\% \times 1\ 000 \times \frac{1}{2} = 2.0(\mu\text{m})$$

$$5\ 000\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{16} = 0.4\% \times 5\ 000 \times \frac{1}{2} = 10.0(\mu\text{m})$$

$$10\ 000\ \mu\text{m}\ \text{厚度片:}\quad u_{17} = 0.4\% \times 10\ 000 \times \frac{1}{2} = 20.0(\mu\text{m})$$

A.3.2 测量力及其变动性引入的不确定度分量 u_2

测量力及其变动性不超过 $0.5\ \text{N}$ 时,对测量结果的影响可忽略,

则 $u_2=0$

A.3.3 测厚仪分辨力引入的不确定度分量 u_3

由测厚仪分辨力 d 引入的不确定度分量 u_3 呈矩形分布,由此带来的标准不确定度为:

$$u(x) = d \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.3d$$

则, 0.1 μm 分辨力 (测量范围 $< 1\,000\ \mu\text{m}$) 时:

$$u_{31} = 0.1 \times 0.3 = 0.03(\mu\text{m})$$

1 μm 分辨力 (测量范围 $\geq 1\,000\ \mu\text{m}$) 时:

$$u_{32} = 1 \times 0.3 = 0.3(\mu\text{m})$$

A.3.4 测厚仪测量重复性引入的不确定度分量 u_4

按测厚仪测量重复性规定同一点测量 9 次, 正态分布, 用极差法计算, 取极值情况, 则根据示值重复性不超过相应示值最大允许误差的 1/5, 即实验标准偏差为示值最大允许误差的 1/5, 而算术平均值的实验标准偏差如下:

$$\text{受检点 } 10\ \mu\text{m}: \quad u_{41} = \frac{(0.5 + 1\% \times 10)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.05(\mu\text{m})$$

$$\text{受检点 } 50\ \mu\text{m}: \quad u_{42} = \frac{(0.5 + 1\% \times 50)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.09(\mu\text{m})$$

$$\text{受检点 } 100\ \mu\text{m}: \quad u_{43} = \frac{(0.5 + 1\% \times 100)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.13(\mu\text{m})$$

$$\text{受检点 } 500\ \mu\text{m}: \quad u_{44} = \frac{(0.5 + 1\% \times 500)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.49(\mu\text{m})$$

$$\text{受检点 } 1\,000\ \mu\text{m}: \quad u_{45} = \frac{(0.5 + 1\% \times 1\,000)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.94(\mu\text{m})$$

$$\text{受检点 } 5\,000\ \mu\text{m}: \quad u_{46} = \frac{(0.5 + 1\% \times 5\,000)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 4.52(\mu\text{m})$$

$$\text{受检点 } 10\,000\ \mu\text{m}: \quad u_{47} = \frac{(0.5 + 1\% \times 10\,000)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 8.99(\mu\text{m})$$

在 0.1 μm 分辨力 (测量范围 $< 1\,000\ \mu\text{m}$) 时, 10 μm 、50 μm 、100 μm 、500 μm 受检点由测量重复性所引入的不确定度分量大于由测厚仪分辨力引入的不确定度分量, 则后者已经包括在重复性不确定度分量中; 在 1 μm 分辨力 (测量范围 $\geq 1\,000\ \mu\text{m}$) 时, 1 000 μm 、5 000 μm 、10 000 μm 受检点由测量重复性所引入的不确定度分量大于由测厚仪分辨力引入的不确定度分量, 则后者已经包括在重复性不确定度分量中。各标准不确定度分量见表 A.1。

A.1 标准不确定度一览表

不确定度来源	u_i	标准不确定度值 $u(x_i)$
厚度片	u_{11}	10 μm ($U=0.2 \mu\text{m}$, $k=2$): $0.2 \times \frac{1}{2} = 0.1 (\mu\text{m})$
	u_{12}	50 μm ($U=0.2 \mu\text{m}$, $k=2$): $0.2 \times \frac{1}{2} = 0.1 (\mu\text{m})$
	u_{13}	100 μm ($U=0.4\% H$, $k=2$): $0.4\% \times 100 \times \frac{1}{2} = 0.2 (\mu\text{m})$
	u_{14}	500 μm ($U=0.4\% H$, $k=2$): $0.4\% \times 500 \times \frac{1}{2} = 1.0 (\mu\text{m})$
	u_{15}	1 000 μm ($U=0.4\% H$, $k=2$): $0.4\% \times 1\,000 \times \frac{1}{2} = 2.0 (\mu\text{m})$
	u_{16}	5 000 μm ($U=0.4\% H$, $k=2$): $0.4\% \times 5\,000 \times \frac{1}{2} = 10.0 (\mu\text{m})$
	u_{17}	10 000 μm ($U=0.4\% H$, $k=2$): $0.4\% \times 10\,000 \times \frac{1}{2} = 20.0 (\mu\text{m})$
测量力及其变动性	u_2	测量力及其变动性不超过 0.5 N 时, 忽略
测厚仪分辨力	u_{31}	0.1 μm 分辨力 (测量范围 $< 1\,000 \mu\text{m}$): $\frac{0.1}{2 \times \sqrt{3}} = 0.03 (\mu\text{m})$
	u_{32}	1 μm 分辨力 (测量范围 $\geq 1\,000 \mu\text{m}$): $\frac{1}{2 \times \sqrt{3}} = 0.3 (\mu\text{m})$
测量重复性	u_{41}	10 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 10)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.05 (\mu\text{m})$
	u_{42}	50 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 50)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.09 (\mu\text{m})$
	u_{43}	100 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 100)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.13 (\mu\text{m})$
	u_{44}	500 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 500)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.49 (\mu\text{m})$
	u_{45}	1 000 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 1\,000)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.94 (\mu\text{m})$
	u_{46}	5 000 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 5\,000)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 4.52 (\mu\text{m})$
	u_{47}	10 000 μm : $\frac{(0.5 + 1\% \times 10\,000)}{5} \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 8.99 (\mu\text{m})$

A.4 合成标准不确定度

各不确定度分量之间不存在值得考虑的相关性。

受检点 10 μm ：

$$u_{c1} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{11}^2 + u_{41}^2} = \sqrt{0.1^2 + 0.05^2} = 0.1 (\mu\text{m})$$

受检点 50 μm ：

$$u_{c2} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{12}^2 + u_{42}^2} = \sqrt{0.1^2 + 0.09^2} = 0.1 (\mu\text{m})$$

受检点 100 μm ：

$$u_{c2} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{13}^2 + u_{43}^2} = \sqrt{0.2^2 + 0.13^2} = 0.2 (\mu\text{m})$$

受检点 500 μm ：

$$u_{c3} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{14}^2 + u_{44}^2} = \sqrt{1.0^2 + 0.49^2} = 1.1 (\mu\text{m})$$

受检点 1 000 μm ：

$$u_{c4} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{15}^2 + u_{45}^2} = \sqrt{2^2 + 0.94^2} = 2.2 (\mu\text{m})$$

受检点 5 000 μm ：

$$u_{c5} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{16}^2 + u_{46}^2} = \sqrt{10.0^2 + 4.52^2} = 11.0 (\mu\text{m})$$

受检点 10 000 μm ：

$$u_{c6} = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_{17}^2 + u_{47}^2} = \sqrt{20.0^2 + 8.99^2} = 21.9 (\mu\text{m})$$

A.5 扩展不确定度：

受检点 10 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c1} = 2 \times 0.1 = 0.2 (\mu\text{m})$$

受检点 50 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c2} = 2 \times 0.1 = 0.2 (\mu\text{m})$$

受检点 100 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c3} = 2 \times 0.2 = 0.4 (\mu\text{m})$$

受检点 500 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c4} = 2 \times 1.1 = 2.2 (\mu\text{m})$$

受检点 1 000 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c5} = 2 \times 2.2 = 4.4 (\mu\text{m})$$

受检点 5 000 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c6} = 2 \times 11.0 = 22.0 (\mu\text{m})$$

受检点 10 000 μm ，取 $k=2$ ：

$$U = k \times u_{c7} = 2 \times 21.9 = 43.8 (\mu\text{m})$$

A.6 测量不确定度报告

通过上述测量不确定度评定可知，扩展不确定度由标准不确定度乘以相应的包含因子获得，其值见表 A.2。

表 A.2 扩展不确定度一览表

单位: μm

厚度片	标准 不确定度	扩展 不确定度	示值最大允许误差 A 级	示值最大允许误差 B 级
10	0.1	0.2	0.6	1.3
50	0.1	0.2	1.0	2.5
100	0.2	0.4	1.5	4.0
500	1.1	2.2	5.5	16.0
1 000	2.2	4.4	10.5	31.0
5 000	11.0	22.0	50.5	151.0
10 000	21.9	43.8	100.5	301.0



附录 B

检定证书和检定结果通知书内页格式

B.1 检定证书内页格式

检 定 结 果

序号	主要检定项目	检定结果
1		
2		
3		
4		
检定依据：JJG 818—2018《磁性、电涡流式覆层厚度测量仪》		

根据规定的检定项目填写。

B.2 检定结果通知书内页格式

检 定 结 果

序号	检定不合格项目	检定结果
1		
2		
3		
4		
检定依据：JJG 818—2018《磁性、电涡流式覆层厚度测量仪》		