



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1138—2005

铣刀磨后检查仪校准规范

Calibration Specification for the Testers of Sharpened Milling Cutter

2005 - 10 - 09 发布

2006 - 04 - 09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

铣刀磨后检查仪校准规范

Calibration Specification for the
Testers of Sharpened Milling Cutter

JJF 1138—2005
代替 JJG 87—1987

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 10 月 9 日批准，并自 2006 年 4 月 9 日起施行。

归口单位： 全国几何量角度计量技术委员会

起草单位： 哈尔滨第一工具有限公司

黑龙江省计量检定测试院

哈尔滨市计量检定测试所

本规范由全国几何量角度计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

孙醒凡 （哈尔滨第一工具有限公司）

李玉英 （哈尔滨第一工具有限公司）

王 利 （哈尔滨市计量检定测试所）

马 荃 （黑龙江省计量检定测试院）

www.scr.com.cn

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 标准器具及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 顶尖的磨损	(2)
6.2 纵向滑板运动与顶尖连线的平行度	(4)
6.3 横向滑板运动对顶尖连线的垂直度	(4)
6.4 横向滑板运动与基座导轨工作面的平行度	(4)
6.5 支承工作台工作面与纵、横向滑板运动的平行度	(4)
6.6 校对用量柱高度与顶尖连线至支承工作台工作面的高度差	(4)
6.7 测头的杠杆比	(5)
6.8 测量结果的重复性	(5)
6.9 测量周节累积误差的示值误差	(5)
6.10 指示表	(5)
6.11 校对用量柱两工作面的平行度	(5)
7 校准结果表达	(5)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 垂直度检具及中心校对器技术要求	(6)
附录 B 铣刀磨后检查仪测量周节累积误差校准结果的不确定度评定	(7)
附录 C 周节累积误差的示值误差计算实例	(10)
附录 D 校准证书内容	(12)

铣刀磨后检查仪校准规范

1 范围

本规范适用于铣刀磨后检查仪的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJF 1001—1998 通用计量术语及定义

JJF 1094—2002 测量仪器特性评定技术规范

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

JJG 34—1996 指示表（百分表和千分表）检定规程

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

铣刀磨后检查仪主要用于测量盘形齿轮铣刀、齿轮滚刀刃磨后的前刃面径向性和齿轮滚刀容屑槽周节误差。仪器的结构如图 1 (a)、(b) 所示两种形式。其测量原理是检查刀齿前刃面是否通过刀具回转中心，测量其前刃面径向性以及活动支杆与测头之间圆周齿距的变化，测量容屑槽周节误差。如图 2 (a)、(b) 所示。

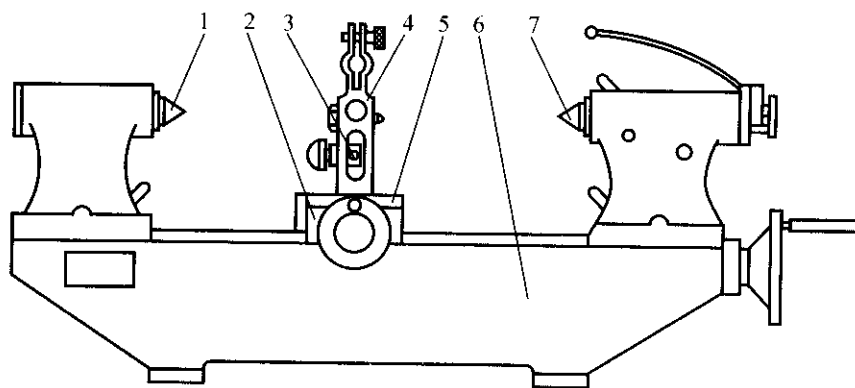
4 计量特性

铣刀磨后检查仪的计量特性见表 1。

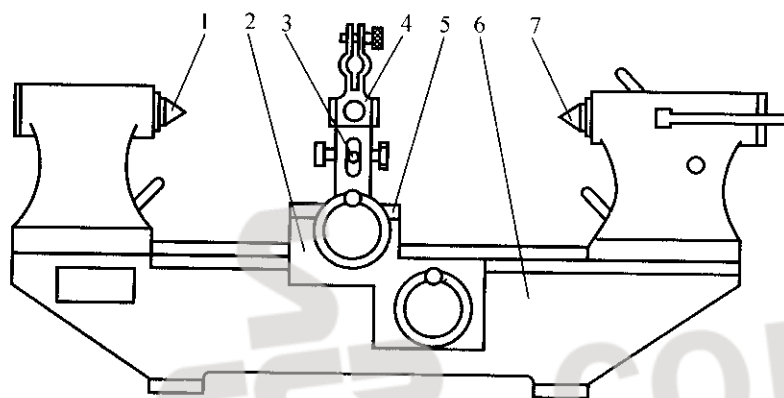
表 1 铣刀磨后检查仪计量特性指标

序号	项目名称	技术指标
1	顶尖的磨损	$\leq 0.01\text{mm}$
2	纵向滑板运动与顶尖连线的平行度	$\leq 0.02\text{mm}/300\text{mm}$
3	横向滑板运动对顶尖连线的垂直度	$\leq 0.04\text{mm}$
4	横向滑板运动与基座导轨工作面的平行度	$\leq 0.005\text{mm}$
5	支承工作台工作面与纵、横向滑板运动的平行度	$\leq 0.01\text{mm}$
6	校对用量柱高度与顶尖连线至支承工作台工作面的高度差	$\leq 0.003\text{mm}$
7	测头的杠杆比	$\pm 0.003\text{mm}$
8	测量结果的重复性	$\leq 0.002\text{mm}$
9	周节累积误差的示值误差	$\pm 0.015\text{mm}$
10	指示表	按 JJG 34—1996
11	校对用量柱两工作面的平行度	$\leq 0.0015\text{mm}$

注：上述技术指标供参考



(a)



(b)

图1 铣刀磨后检查仪结构示意图

1—固定顶针；2—纵向滑板；3—活动支杆；4—测量滑架；
5—横向滑板；6—基座；7—活动顶针

5 校准条件

5.1 环境条件

校准时室内温度应为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，校准前将校准用标准器具及其他设备在室内平衡温度的时间不少于 2h。

5.2 标准器具及其他设备

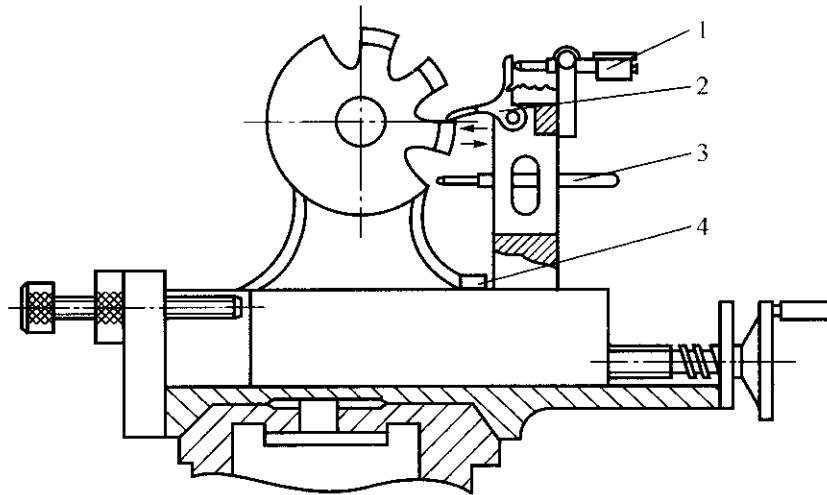
校准时所需标准器具及其他设备见表 2。

6 校准项目和校准方法

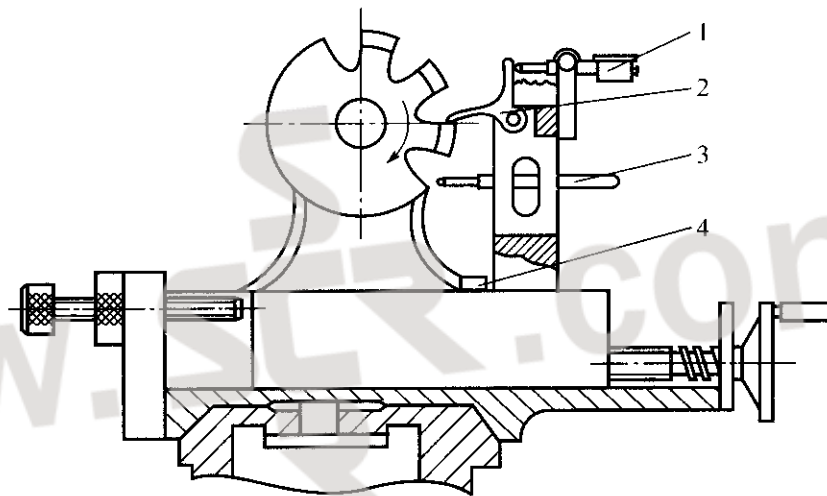
校准前应先将仪器基座导轨工作面调平，其水平误差 $\leq 0.02\text{mm/m}$ ；确定无影响其计量特性的因素后进行校准。

6.1 顶尖的磨损

在工具显微镜上用影像法进行测量。将顶尖放在 V 型支架上，测角目镜网状刻线



(a) 测量前刃面径向性



(b) 测量周节误差

图2 铣刀磨后检查仪测量原理图

1—指示表；2—测头；3—活动支杆；4—支承工作台

与顶尖的影像重合，缓慢转动顶尖找出最大磨损部位并进行测量，计算垂直于顶尖锥面母线方向上的磨损量 a ，如图3所示。

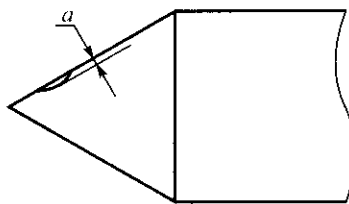


图3 顶尖磨损量

表 2 标准器具及其他设备表

序号	校准标准器及相应设备	计量特性
1	工具显微镜	MPE: $\pm 0.003\text{mm}$
2	千分表	分度值 0.001mm , 0 级
3	标准心轴	长度 300mm , 径向跳动 $\leq 0.002\text{mm}$
4	四棱平尺	400mm , 1 级
5	刀口尺	75mm , 0 级
6	量块	五等, $(0.5 \sim 100)\text{mm}$
7	盘形齿轮铣刀	$m3.5 \sim m6$
8	标准齿轮滚刀	$m3.5 \sim m6$, AA 级
9	立式光学计	MPE: $\pm 0.0025\text{mm}$
10	垂直度检具	见附录 A.1
11	中心校对器	见附录 A.2

6.2 纵向滑板运动与顶尖连线的平行度

将标准心轴顶于两顶尖间，带有千分表的表架置于横向滑板上，千分表测头与标准心轴母线垂直接触，移动横向滑板，在标准心轴的左端和右端二点进行测量，二点读数之差作为校准结果。

此项校准分别在垂直面和水平面进行。

6.5 支承工作台工作面与纵、横向滑板运动的平行度

将装有千分表的表架固定在基座导轨工作面上，测头与支承工作台工作面垂直接触，移动纵、横向滑板，千分表示值的最大变化量作为校准结果。

6.6 校对用量柱高度与顶尖连线至支承工作台工作面的高度差

将中心校对器（见附录 A.2）顶于两顶尖间，千分表安装在横向滑板上，调整中心校对器工作面与测架运动方向平行，读取千分表的第一次读数值，移出横向滑板，使测头与置于支承工作台工作面的校对用量柱工作面接触，读取千分表的第二次读数值，两次读数值的差值作为校准结果。

6.7 测头的杠杆比

按校对用量柱尺寸组合量块，将其置于支承工作台工作面上，使千分表对零，改变量块组合尺寸 $\pm 0.20\text{mm}$ ，千分表的示值应随之改变。千分表示值与量块组合尺寸之差的最大值作为校准结果。

6.8 测量结果的重复性

6.8.1 前刃面径向性测量结果的重复性

将盘形齿轮铣刀装卡于两顶尖间，校准用千分表装卡于测量滑架上，并借助校对用量柱调零。将测头与铣刀被测齿前刃面的齿尖接触，旋转铣刀使千分表重新回零，推进测头从齿尖至齿根，千分表的示值变化量即为铣刀的前刃面径向性误差。在同一条件下重复测量 5 次，记录每次的测量结果。取其最大值 (X_{\max}) 和最小值 (X_{\min}) 之差，用极差法评定，即 $\frac{X_{\max} - X_{\min}}{2.33}$ 作为校准结果。

6.8.2 相邻周节差测量结果的重复性

将标准齿轮滚刀装卡于两顶尖间，分别将仪器测头和活动支杆接触在齿轮滚刀相邻两齿前刃面分圆处，锁紧活动支杆，将校准用千分表调零，然后退出测头，旋转齿轮滚刀一个齿槽角，由活动支杆定位，进给测头，使仪器测头和活动支杆接触相邻齿的前刃面分圆处，千分表的示值变化即为相邻周节差。在同一条件下重复测量 5 次，记录每次的测量结果。同前款方法计算其重复性。

6.10 指示表

仪器所使用的指示表按 JJG 34—1996 指示表（百分表和千分表）检定规程进行检定。

6.11 校对用量柱两工作面的平行度

两工作面的平行度用装有球面测帽的立式光学计测量。校准时，应测出校对用量柱中部及接近圆周的对称四点的长度偏差，其最大差值作为工作面的平行度。在距周边 1mm 范围内允许塌边。

7 校准结果表达

经校准的铣刀磨后检查仪发给校准证书（校准证书内容见附录 D）。

8 复校时间间隔

复校时间由使用者自行决定。建议复校时间间隔为 1 年，使用频繁的仪器复校时间间隔可适当缩短。

附录 A

垂直度检具及中心校对器技术要求

A.1 垂直度检具如图 A1 所示，技术要求如下：

材料：GCr15；

热处理淬火：HRC（60~65）；

非工作表面法兰；

倒角：1×45°。

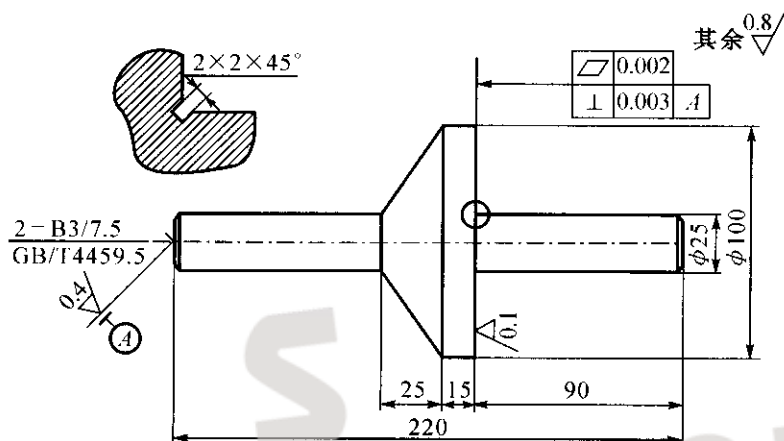


图 A1

A.2 中心校对器如图 A2 所示，技术要求如下：

材料：GCr15；

热处理淬火：HRC（60~65）；

非工作表面法兰；

倒角：1×45°；

未注圆角：R = 2mm。

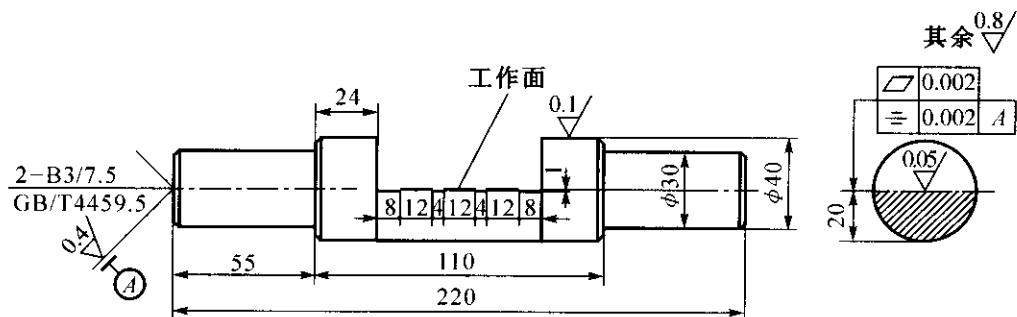


图 A2

附录 B

铣刀磨后检查仪测量周节累积误差校准结果的不确定度评定

B.1 概述

依据本规范所推荐的校准参数,在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 环境条件下,用 AA 级, m6, $Z = 10$ 的标准齿轮滚刀,得到容屑槽周节累积误差 $\Delta T_g = 0.029\text{mm}$ ($U_{95} = 2.7\mu\text{m}$, $k = 2$),用以校准铣刀磨后检查仪(以下简称仪器)的齿轮滚刀容屑槽周节累积误差的示值误差,并对校准结果的不确定度进行评定。

校准过程:调整仪器,在两顶尖间装入标准齿轮滚刀,分别将仪器测头和活动支杆接触在齿轮滚刀相邻两齿前刃面分度圆处,锁紧活动支杆,读取指示表指示值。由已读数的第一个周节作为基准,依次测量其他周节相对于第一个周节的差值,用周节的相对测量法计算其周节累积误差。重复测量 3 次,求出 3 次周节累积误差的平均值,作为测量结果。

B.2 数学模型

$$e = \Delta T'_g - \Delta T_g$$

式中: e ——仪器测量周节累积误差的示值误差, μm ;

$\Delta T'_g$ ——仪器测量标准齿轮滚刀周节后,求得的周节累积误差, μm ;

ΔT_g ——标准齿轮滚刀的周节累积误差, μm 。

B.3 灵敏系数和方差

灵敏系数 c

$$c_1 = \frac{\partial e}{\partial \Delta T'_g} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial e}{\partial \Delta T_g} = -1$$

依据不确定度传播律公式,输出量估计值方差 $u^2(e)$ 为:

$$u^2(e) = u^2(\Delta T'_g) + u^2(\Delta T_g)$$

B.4 计算标准不确定度分量

B.4.1 仪器测量标准齿轮滚刀周节后,求得周节累积误差时的不确定度分量 $u(\Delta T'_g)$

B.4.1.1 测量单一周节的重复性估算的不确定度分量 u_1

将 AA 级齿轮滚刀 ($Z = 10$) 圆周大致均匀分布的三个容屑槽,在重复性条件下,分别对每个容屑槽的周节连续测量 10 次,由分度值为 0.001mm 指示表进行读数,求得实验标准差 s_i :

$$s_1 = 1.24\mu\text{m} \quad s_2 = 1.13\mu\text{m} \quad s_3 = 1.18\mu\text{m}$$

合并样本标准差 s_p :

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 s_i^2}{m}} = 1.18\mu\text{m}$$

实际校准中需测量 3 次容屑槽周节累积误差的平均值作为测量结果

$$\text{因此} \quad u_1 = \frac{s_p}{\sqrt{3}} = \frac{1.18}{\sqrt{3}} = 0.68\mu\text{m}$$

$$\nu_1 = m(n-1) = 27$$

B.4.1.2 测量单一周节测力变化引起的不确定度分量 u_2

由于仪器定位的测力变化存在分散性, 经实验, 在使用 0.001mm 千分表读数时, 读数变化不超过 $\pm 1\mu\text{m}$, 按均匀分布处理, 估计其相对不确定度为 20%。

$$u_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58\mu\text{m}$$

$$\nu_2 = 12.5$$

将 B.4.1.1 与 B.4.1.2 合成为测量单一周节的不确定度分量 u_{12}

$$u_{12} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.68^2 + 0.58^2} = 0.89\mu\text{m}$$

$$\nu_{12} = 0.89^4 \div \left(\frac{0.68^4}{27} + \frac{0.58^4}{12.5} \right) = 36$$

测量容屑槽周节累积误差的标准不确定度分量 $u_1(\Delta T'_g)$ 与测量单一周节的不确定度分量 u_{12} 和容屑槽数 Z 有关

即:

$$u_1(\Delta T'_g) = \frac{\sqrt{Z}}{2} u_{12} = \frac{\sqrt{10}}{2} \times 0.89 = 1.41\mu\text{m}$$

则:

$$u(\Delta T'_g) = u_1(\Delta T'_g) = 1.41\mu\text{m}$$

$$\nu(\Delta T'_g) = \nu_{12} = 36$$

B.4.2 测量周节累积误差所用标准器引起的不确定度分量 $u(\Delta T_g)$

B.4.2.1 标准齿轮滚刀容屑槽周节累积误差给出的不确定度分量 u_3

标准齿轮滚刀容屑槽周节累积误差采用分度值 2" 的光学分度头和 0.002mm 的杠杆千分表组合测量, $U_{95} = 2.7\mu\text{m}$, $k = 2$

则:

$$u_3 = \frac{2.7}{2} = 1.35\mu\text{m}$$

取

$$\nu_3 = 100$$

B.4.2.2 安装偏心引起的不确定度分量 u_4

测量时, 标准齿轮滚刀安装偏心量 $e \leq 1\mu\text{m}$, 产生的误差为 $2.13e$, 令其服从反正弦分布, 相对不确定度为 20%。

则:

$$u_4 = \frac{2.13 \times 1}{\sqrt{2}} = 1.51\mu\text{m}$$

$$\nu_4 = 12.5$$

将 B.4.2.1 与 B.4.2.2 合成为标准器引起的不确定度分量 u_{34}

$$u_{34} = \sqrt{u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{1.35^2 + 1.51^2} = 2.03\mu\text{m}$$

$$\nu_{34} = 2.03^4 \div \left(\frac{1.35^4}{100} + \frac{1.51^4}{12.5} \right) = 40$$

测量容屑槽周节累积误差所用标准器引起的不确定度分量 $u(\Delta T_g)$

$$u(\Delta T_g) = u_{34} = 2.03\mu\text{m}$$

$$\nu(\Delta T_g) = \nu_{34} = 40$$

B.5 标准不确定度一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 (μm)	c_i	$ c_i \cdot u(x_i)$ (μm)	自由度
$u(\Delta T'_g)$	测量周节累积误差	1.41	+1	1.41	36
u_1	测量单一周节的重复性	0.68			27
	测力变化	0.58			12.5
$u(\Delta T_g)$	标准器	2.03	-1	2.03	40
u_3	标准齿轮滚刀	1.35			100
	安装偏心	1.51			12.5
$u_c = 2.47, \nu_{\text{eff}} = 69$					

B.6 合成标准不确定度和有效自由度

由于输入量 $u(\Delta T'_g)$ 和 $u(\Delta T_g)$ 不相关，合成标准不确定度 u_c ：

$$u_c = [u^2(\Delta T'_g) + u^2(\Delta T_g)]^{\frac{1}{2}} = [1.41^2 + 2.03^2]^{\frac{1}{2}} = 2.47\mu\text{m}$$

有效自由度 ν_{eff} ：

$$\nu_{\text{eff}} = 2.47^4 \div \left(\frac{1.41^4}{36} + \frac{2.03^4}{40} \right) = 69$$

B.7 扩展不确定度

$$U_{95} = t_{95}(69) \cdot u_c = 2.01 \times 2.47 = 5\mu\text{m}$$

B.8 报告与表示

用铣刀磨后检查仪测量齿轮滚刀 (m6 $Z = 10$) 容屑槽周节累积误差的扩展不确定度为：

$$U_{95} = 5\mu\text{m} \quad \nu_{\text{eff}} = 69 \quad k = 2.01$$

铣刀磨后检查仪测量齿轮滚刀容屑槽周节累积误差，经分析测量不确定度 $U_{95} = 5\mu\text{m}$ ， $k = 2.01$ ，不大于齿轮滚刀容屑槽周节累积误差的允许误差 $\pm 15\mu\text{m}$ 的三分之一，可以满足测量要求。

附录 C

周节累积误差的示值误差计算实例

在铣刀磨后检查仪上测量一件标准齿轮滚刀。标准齿轮滚刀的基本参数：AA级，m6，圆周槽数 $Z = 10$ ，周节最大累积误差 $\Delta T_g = 29 \mu\text{m}$ ，检定结果的测量不确定度 $U_{95} = 2.7 \mu\text{m}$ ， $k = 2$ ，仪器所使用的千分表分度值为 0.001mm 。按本规程 6.9 所述测量周节累积误差的方法进行测量。3 次测量的记录数据如表 C.1 所示。

表 C.1 测量数据记录表

测量次数 \ 齿数											μm
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Delta T'_{gi}$
1	0	-14	-8	0	-20	0	-10	-10	-20	-28	26
2	0	-16	-10	0	-20	0	+6	-10	-10	-30	24
3	0	-10	-10	0	-20	0	-10	-10	-20	-30	28

C.1 用相对测量法计算周节累积误差

表 C.2 相对法测量周节的数据处理实例

齿序	相对于基准齿距的差值	相对于平均齿距的差值	齿距累积误差
	$\Delta T_{gi\text{相}}$	$\Delta T_{gi\text{绝}} = \Delta T_{gi\text{相}} - \Delta T_{g\text{平}}$	
1	0	11	11
2	-14	-3	8
3	-8	3	11
4	0	11	22
5	-20	-9	13
6	0	11	24
7	-10	1	25
8	-10	1	26
9	-20	-9	17
10	-28	-17	0

注：把第一次测量数据列入第二列，最大周节累积误差产生在 8~10 齿之间；第二次，第三次测量数据计算方法相同。

计算步骤如下：

- (1) 将 $\Delta T_{gi\text{相}}$ 累积相加，求得 $\sum_{i=1}^Z \Delta T_{gi\text{相}}$ 。

(2) 求出平均齿距相对于原始齿距的偏差:

$$\Delta T_{g\bar{}} = \frac{\sum_1^Z \Delta T_{gi\text{相}}}{Z} = \frac{-110}{10} = -11\mu\text{m}$$

(3) 求出 $\Delta T_{gi\text{绝}} = \Delta T_{gi\text{相}} - \Delta T_{g\bar{}}$, 则得出每个齿距相对于平均齿距的偏差, 即每个齿距的绝对误差。

(4) 将 $\Delta T_{gi\text{绝}}$ 逐步累积相加, 即得出每个齿距的累积误差,

$$\Delta T_{g\leq i} = \sum_1^i \Delta T_{gi\text{绝}}$$

(5) 在 $\Delta T_{g\leq i}$ 中找出最大值和最小值, 并取其代数差的绝对值为该齿轮滚刀的最大周节累积误差 $\Delta T'_{gi}$, 在此实例中,

$\Delta T'_{g1} = 26\mu\text{m}$, 另两组类似可得 $\Delta T'_{g2} = 24\mu\text{m}$, $\Delta T'_{g3} = 28\mu\text{m}$ 。

C.2 三次测量的平均值

$$\Delta T'_g = \frac{\sum_1^3 \Delta T'_{gi}}{3} = 26\mu\text{m}$$

$\Delta T'_g$ 即为齿轮滚刀最大周节累积误差的测得值。

C.3 按规范正文 6.9 校准方法 $\Delta T'_g - \Delta T_g$ 即为铣刀磨后检查仪测量周节累积误差的示值误差

$$\Delta t = \Delta T'_g - \Delta T_g = 26 - 29 = -3\mu\text{m}$$

附录 D

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序、格式清晰，至少应包括以下内容：

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. 送校单位的名称和地址；
6. 被校准仪器名称，制造厂、型号规格及编号；
7. 校准所使用的计量标准的溯源性及有效性说明；
8. 本规范的名称、编号；
9. 校准时的环境温度情况；
10. 校准项目的校准结果；
11. 示值误差校准结果的测量不确定度；
12. 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
13. 校准证书签发日期；
14. 未经校准实验室书面批准、不得部分复制校准证书的声明。