

JJF(浙)

浙江省地方计量技术规范

JJF(浙) XXXX-XXXX

60° 密封管螺纹量规校准规范

Calibration Specification for
60° Sealing Pipe Thread

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

浙江省市场监督管理局 发布

60° 密封管螺纹量规 校准规范

Calibration Specification for
60° Sealing Pipe Thread

JJF(浙)XXXX-XXXX

归口单位：浙江省市场监督管理局

主要起草单位：台州市计量设备技术校准中心

参与起草单位：台州中成计量校准有限公司

本规范委托台州市计量设备技术校准中心负责解释

本规范主要起草人：

何 媛（台州市计量设备技术校准中心）

金肖峰（台州市计量设备技术校准中心）

陈 康（台州市计量设备技术校准中心）

邬振华（台州市计量设备技术校准中心）

参与起草人：

丁 剑（台州中成计量校准有限公司）

目 录

1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 圆锥螺纹.....	1
3.2 基准平面.....	1
3.3 中径圆锥锥度.....	1
4 概述.....	1
4.1 用途及原理.....	1
4.2 量具结构.....	2
4.3 规格及牙型.....	2
5 计量特性.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 基面大小径.....	4
7.2 基面中径.....	4
7.3 中径圆锥锥度.....	10
7.4 牙侧角.....	10
7.5 螺距.....	10
7.6 基准距离.....	10
8 校准结果表达.....	10
9 复校时间间隔.....	11
附录 A.....	12
附录 B.....	13
附录 C.....	14
附录 D.....	21

引 言

本规范依据 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》进行编写。

本规范为 60° 密封管螺纹量规的基面中径、基面大径、基面小径、螺距、牙侧角等参数提供了校准方法。

本规范为首次发布。

60° 密封管螺纹量规校准规范

1 范围

本规范适用于螺纹尺寸代号不大于 24 的 60° 密封管螺纹量规（即 NPT 圆锥螺纹量规）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1345 圆柱螺纹量规校准规范

GB/T 1479-2013 螺纹术语

GB/T 12716 60° 密封管螺纹

GB/T 32534 圆锥螺纹检测方法

JB/T 10031 55° 密封管螺纹量规

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 术语和定义

3.1 圆锥螺纹

在圆锥表面上所形成的具有相同牙型、沿螺旋线连续凸起的牙体。

3.2 基准平面

垂直于圆锥螺纹轴线，具有基准直径的平面，简称基面。垂直于螺纹轴线且到外螺纹小端面距离为基准距离的平面为锥螺纹塞规的基面，垂直于圆锥螺纹环规轴线的大端面称为圆锥螺纹环规的基面。

3.3 中径圆锥锥度

在中径圆锥上，两个位置的直径差与这两个位置之间的轴向距离之比。

4 概述

4.1 用途及原理

NPT 圆锥螺纹量规是对 60° 密封管螺纹要素尺寸边界条件进行综合检验的计量器具，用于控制 60° 密封管螺纹要素的极限尺寸。其主要特征为牙型角呈

60°，具有 1:16 的锥度，主要靠牙的变形来保证螺纹副的紧密性，多用于管件。

4.2 量具结构

NPT圆锥螺纹量规分圆锥外螺纹和圆锥内螺纹。其结构型式如图1，2所示，在量规上磨削出的几个台阶，用以控制基面距离偏差。

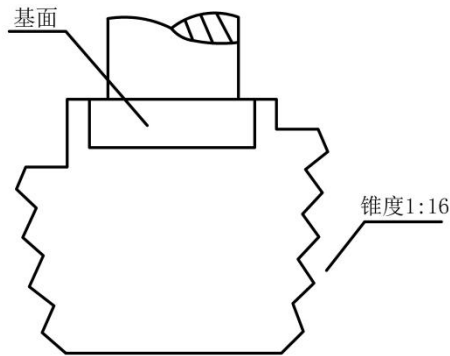


图 1 NPT 圆锥外螺纹

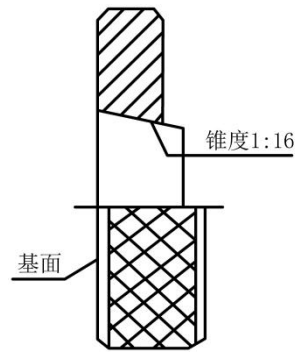


图 2 NPT 圆锥内螺纹

4.3 规格及牙型

NPT圆锥螺纹量规的完整规格由螺纹特征代号、螺纹尺寸代号(以英寸表示的管子公称孔径)、牙数和旋向代号组成。例如尺寸代号为 1/4 的左旋圆锥螺纹国标：NPT1/4-18 LH（美标 1/4-18NPT LH），没有“LH”的代号表示右旋：NPT1/4，NPT1/4-18。

当在轴向平面测量时，螺纹两侧之间的夹角为 60°，NPT圆锥螺纹牙型角的角平分线垂直于螺纹轴线。如图 3 所示

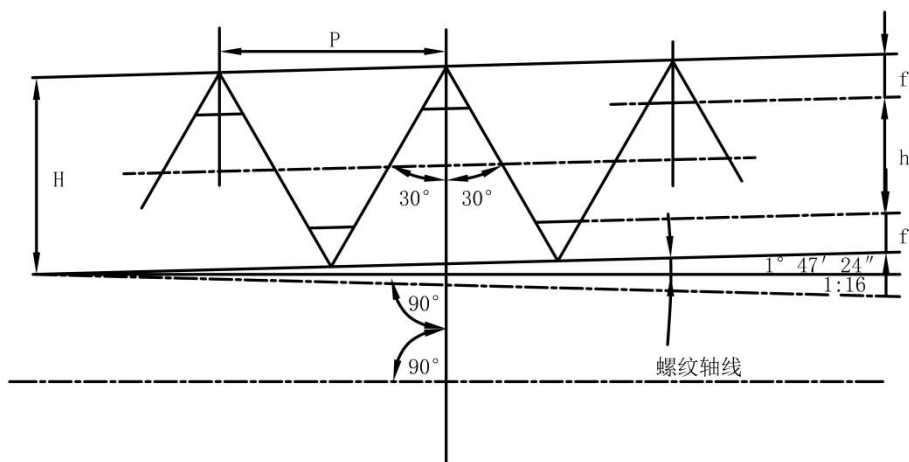


图 3 NPT 圆锥螺纹量规牙型

5 计量特性

对 NPT 圆锥螺纹量规的综合测量是将其各项误差综合在圆锥螺纹量规的基面距上反映出来。其主要计量特性及符号见表 1。

表 1 计量特性及符号

参数名称	符号	参数名称	符号
基面大径	d, D	基面小径	d_1, D_1
基面中径	d_2, D_2	中径圆锥锥度	T
牙侧角	α_1, α_2	牙型角	α
螺距	P	基准距离	L_1

6 校准条件

6.1 环境条件

校准时的室内温度和被校量规在室内平衡温度的时间应符合表 2 的规定。

表 2 环境温度及被测量规与校准用设备温差要求

测量范围	室内温度对 20°C 的允许偏差/°C	平衡温度的时间/h
≤100mm	±2	2
>100mm	±1	3

6.2 测量标准及其他设备

NPT 圆锥螺纹量规的参数测量所用到的标准器见表 3。根据标准器的准确度、操作方法和被校量规参数不同，校准结果的不确定度会不同，应根据需要选择，并在不确定度评定中考虑。由于 NPT 圆锥螺纹量规每个截面上的中径都不一样，该参数用基准平面上的中径来定义。

表 3 被校参数、标准器名称及主要技术参数

被校参数	标准器名称及主要技术参数
基面大小径	螺纹综合测量机 MPE:±(3+L/200)μm
	万能工具显微镜 MPE:±(1+L/200)μm
基面中径、中径圆锥锥度、螺距	螺纹综合测量机 MPE:±(3+L/200)μm
	测长仪 MPE:±(1+L/200)μm+T 形球探针、量针（直径测量不确定度≤0.5μm）
牙侧角	螺纹综合测量机 MPE:±1′、万能工具显微镜 MPE:±1′

基准距离	数显测高仪 MPE:±(2+L/300)μm、1 级平板
注：也可采用满足测量不确定度要求的其他测量设备进行校准。	

7 校准项目和校准方法

校准前，应将被校 NPT 圆锥量规清洗干净，并进行等温处理。被校量规工作表面不应有锈迹、毛刺、裂纹等影响计量特性的外观缺陷。

7.1 基面大小径

NPT 圆锥量规大小径可采用二维轮廓扫描法，还可用其他满足要求的仪器进行测量。

7.2 基面中径

7.2.1 NPT 圆锥螺纹塞规基面中径

NPT 圆锥螺纹塞规基面中径可采用量球法校准，也可采用二维轮廓扫描等其他方法进行。

7.2.1.1 量球法

测量可按下列步骤进行：

a) 测量之前，应根据被校圆锥螺纹的螺距，按以下近似公式 (1) 选择符合最佳球径原则的量球。如果没有最佳球径的量球，可选择最接近最佳球径的量球。

$$d_m = \frac{P}{2 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left[1 + \tan^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \left(\frac{T}{2}\right)^2 \right] \quad (1)$$

式中：

d_m ——最佳球径；

α ——牙型角；

P ——被测螺纹的螺距；

T ——中径圆锥锥度。

b) 用标准环规按式 (2) 对 T 型测头的 K 值进行校准，校准时 T 型测头的测力一般为 0.3N 或 0.5N。

$$K = D - \delta L \quad (2)$$

式中：

K ——T 型测头的 K 值；

D ——标准环规的直径；

δL ——T 型测头在标准环规直径方向上左右两侧接触时测长仪位移的测量

示值之差。

c) 在保留全部螺纹牙槽的范围内，确定基面所在的被测牙槽和被测直径方向，使测量线尽可能接近基面；安装被测量规，调整工作台使螺纹轴线与仪器测量方向垂直；使量球与小端面接触，测量小端面的螺纹轴向位置，记录工作台螺纹轴向位移示值 Z_s 和 T 型测头螺纹轴向浮动位移示值 Z'_s 。

d) 若基面处只能在螺纹一侧测量而另一侧牙槽已不存在，选择尽可能接近基面且两侧均可测量的被测牙槽 i (由基面所在牙槽 0 起向小端面数第 i 个牙槽)，将量球置于被测牙槽 i 内，分别测量和记录测长仪测量示值 X_i 、工作台螺纹轴向位移示值 Z_i 和 T 型测头螺纹轴向浮动位移示值 Z'_i ，将量球置于螺纹另一侧 $\pm 0.5P$ 的相邻被测牙槽内，测量和记录测长仪测量示值 $X_{i+0.5P}$ 和 $X_{i-0.5P}$ ，再将量球置于被测牙槽 0 和螺纹另一侧 $+0.5P$ 牙槽内 (图 4.1)，分别测量和记录测长仪测量示值 X_0 、 $X_{0+0.5P}$ 、工作台螺纹轴向位移示值 Z_0 和 T 型测头螺纹轴向浮动位移示值 Z'_0 。若基面处螺纹两侧均可测量，被测牙槽 i 即为基面所在牙槽 (图 4.2)，此时 $i=0$ ， $X_i = X_0$ ， $X_{i+0.5P} = X_{0+0.5P}$ ， $X_{i-0.5P} = X_{0-0.5P}$ ， $Z_i = Z_0$ ， $Z'_i = Z'_0$ 。

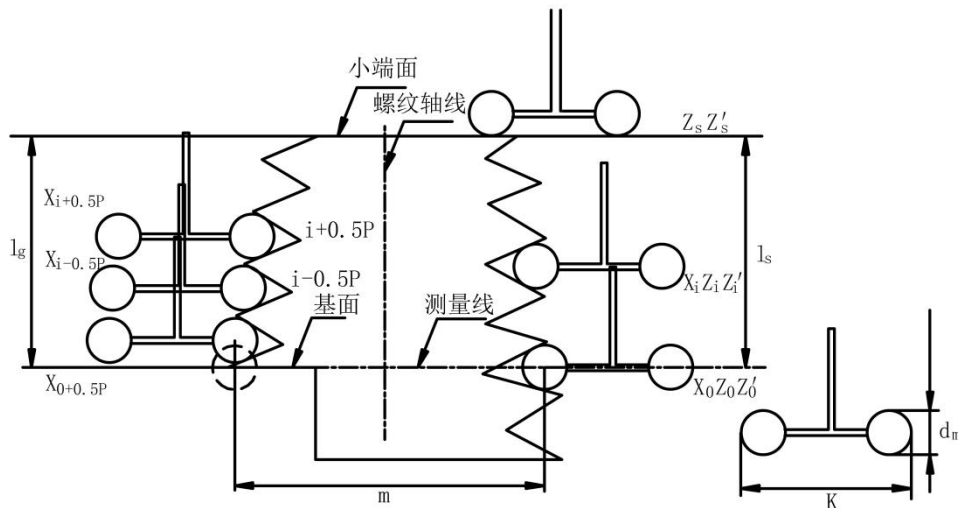


图 4.1 量球法测量外螺纹基面中径

线交点更靠近小端面, $\delta a = 0$ 表示测量线过牙侧线交点;

l_g ——从基面到小端面的轴向距离;

l_s ——从测量线到小端面的轴向距离;

T ——圆锥螺纹中径圆锥的锥度。

r_c 、 r_p 和 δa 按式(4)、式(5)和式(6)计算。

$$r_c = \frac{r_1 \cdot \tan \alpha_1 + r_2 \cdot \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \quad (4)$$

$$r_p = \frac{P \cdot (1 - \tan \alpha_1 \cdot T/2) \cdot (1 + \tan \alpha_2 \cdot T/2)}{2(\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2)} \quad (5)$$

$$\delta a = \frac{(r_2 - r_1) \cdot \tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \quad (6)$$

式中:

r_i ——在测量平面内, 测量线与牙侧线交点到螺纹轴线的径向距离; $i=1$ 表示靠近小端一侧, $i=2$ 表示靠近大端一侧 (见图 4.3);

α_i ——被测螺纹的牙侧角 ($i=1, 2$), 单位为弧度 (rad);

P ——被测螺纹的螺距。

在不考虑过量球与牙侧面切点和螺纹轴线的平面 (θ_i 平面) 与过量球中心和螺纹轴线的平面的夹角 θ_i 的影响, 也不考虑量球中心与切点的连线与 θ_i 平面的夹角 θ_i 对测量结果的影响时, r_1, r_2 可简化为式(7), 式(8)和式(9)来计算。

$$r_1 = \frac{1}{2} \left[m - \frac{d_m}{\sin \alpha_1} \right] \quad (7)$$

$$r_2 = \frac{1}{2} \left[m - \frac{d_m}{\sin \alpha_2} \right] \quad (8)$$

$$m = \frac{|X_{i+0.5P} - X_i| + |X_{i-0.5P} - X_i|}{2} + |X_{0+0.5P} - X_0| - |X_{i+0.5P} - X_i| + K + d_m + \delta l + \delta I + \delta T + \delta F + \delta S + \delta B \quad (9)$$

式中:

m ——量球沿测量线与螺纹牙槽两侧接触, 量球中心到螺纹轴线径向距离的 2 倍;

d_m ——量球 (针) 直径;

$X_{i+0.5P}$ ——量球与被测牙槽 $i+0.5P$ 接触, 测长仪的测量示值;

X_i ——量球与被测牙槽 i 接触, 测长仪的测量示值;

$X_{i-0.5P}$ ——量球与被测牙槽 $i-0.5P$ 接触, 测长仪的测量示值;

$X_{0+0.5P}$ ——量球与被测牙槽 $0+0.5P$ 接触，测长仪的测量示值； X_0 为量球与被测牙槽 0（基面所在牙槽）接触时的测长仪的测量示值；

K ——T 型测头的 K 值；

δl ——量球 3 次与不同轴向位置的牙槽接触，不同的切点处升角影响所引入的修正值；

δl ——测量器具示值误差所引入的修正值；

δT ——温度效应所引入的修正值；

δF ——测力所引入的修正值；

δS ——工作台导轨直线度所引入的修正值；

δB ——牙侧面形状偏差、螺纹轴线与仪器测量方向不垂直等未考虑的非理想因素所引入的修正值。

7.2.1.2 二维轮廓扫描法

使用螺纹综合测量仪测量时，端面的位置使用基面规标定获得，对于 NPT 塞规，由端面往大端偏移一个基准距离，即是基面；对于 NPT 环规，大端面就是基面。

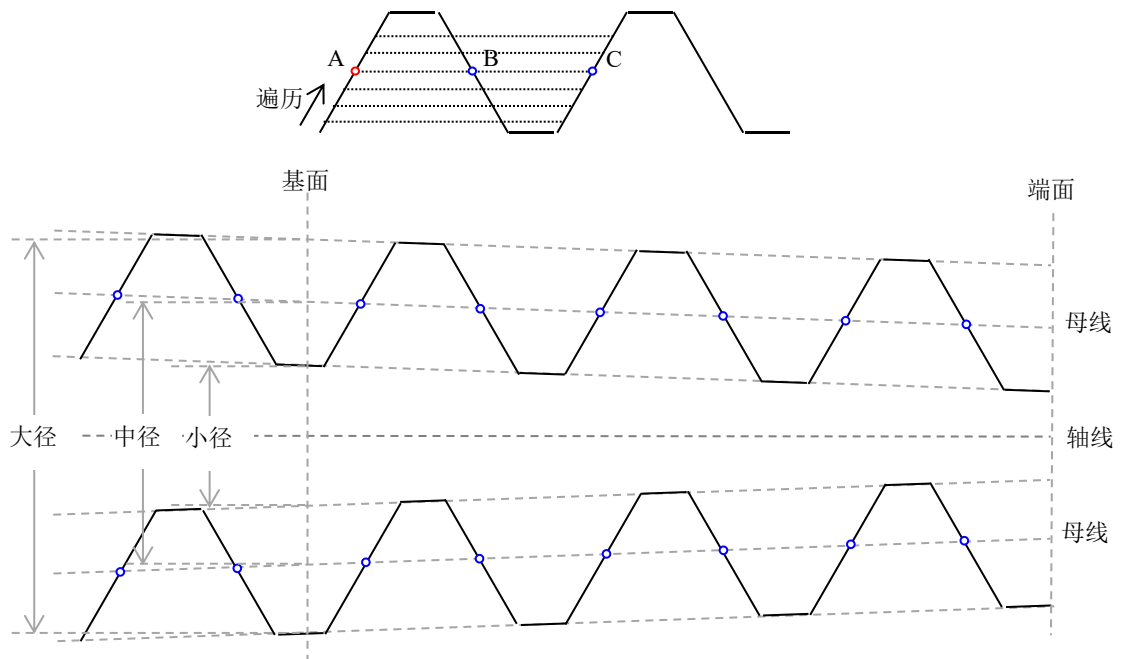


图 5 二维轮廓扫描法测量外螺纹基面中径

二维轮廓接触扫描法的数据处理是首先将各个牙侧的交点拟合，得到初始的母线方向，取一个牙的左侧、右侧和下一个牙的左侧为一组，以 $0.01\mu\text{m}$ 的步距

遍历牙左侧取点 A，以母线方向作一系列直线，与右侧、下一个牙的左侧相交于点 B、C，找到 AB=BC 的位置，此时 ABC 三点为该牙的中径点，同样计算出每个牙的中径点。将中径点拟合得到母线，再求出上下侧两母线的角平分线为螺纹轴线。最后，上下侧母线与基面的两个交点到轴线的距离为基面中径。

7.2.2 NPT 圆锥螺纹环规基面中径

NPT 圆锥螺纹环规基准平面上的中径可采用量球法或二维轮廓扫描法直接测量。以下以量球法测量为例：

选用合适的量球，校准时 T 型测头的测力一般为 0.3N 或 0.5N（如无此选项，测力应不超过 0.5N），方法参照 7.2.1.1 中 c)，将被测量规摆正后，将量球置于被测牙槽 i 内，记录测长仪测量示值 X_i 、工作台轴向位移示值 Z_i ，T 型侧头螺纹轴向浮动位移值 Z'_i ；再在被测牙槽 i 的螺纹另一侧测量 $\pm 0.5P$ 的两相邻牙槽（见图 6），记录测长仪测量示值 $X_{i+0.5P}$ 和 $X_{i-0.5P}$ 。

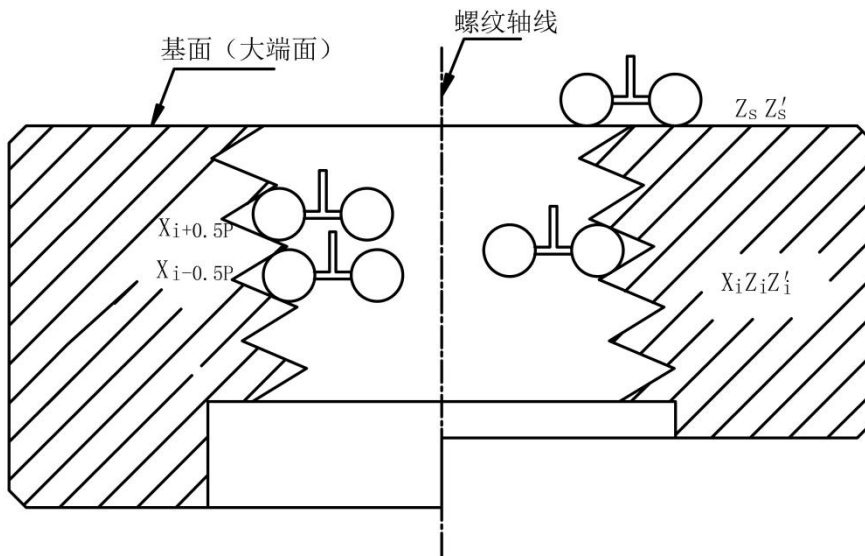


图 6 量球法测量内螺纹基面中径

基面中径按公式 (9) ~ (15) 计算。

$$d_2 = 2r_c - 2r_p + \delta a \cdot T \quad (10)$$

$$r_c = \frac{r_1 \cdot \tan \alpha_1 + r_2 \cdot \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \quad (11)$$

$$r_p = \frac{P \cdot (1 - \tan \alpha_1 \cdot T/2) \cdot (1 + \tan \alpha_2 \cdot T/2)}{2(\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2)} \quad (12)$$

$$\delta a = \frac{(r_2 - r_1) \cdot \tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \quad (13)$$

$$r_1 = \frac{1}{2} \left[m - \frac{d_m}{\sin \alpha_1} \right] \quad (14)$$

$$r_2 = \frac{1}{2} \left[m - \frac{d_m}{\sin \alpha_2} \right] \quad (15)$$

$$m = \frac{|X_{i+0.5P} - X_i| + |X_{i-0.5P} - X_i|}{2} + |X_{0+0.5P} - X_0| - |X_{i+0.5P} - X_i| + K + d_m + \delta l + \delta I + \delta T + \delta F + \delta S + \delta B \quad (16)$$

7.3 中径圆锥锥度

锥度可沿中径线在不同轴向位置测量中径差来检测,也可采用二维轮廓扫描法等其他满足测量准确度要求的方法测量,建议在接近螺纹旋合区域两端的可测量完整牙槽处测量中径差,锥度按定义计算中径差与轴向测量间距之比值求得,公式如下:

$$T = \frac{\Delta d_2}{\Delta l}$$

式中:

Δd_2 ——两轴向测量位置的中径差;

Δl ——两测量位置的轴向间距。

7.4 牙侧角

牙侧角可采用二维轮廓扫描法进行测量。外螺纹牙侧角也可采用万能工具显微镜轴切法等其他满足测量准确度要求的方法。

7.5 螺距

螺距测量可采用二维轮廓扫描法进行测量。也可采用量球法等其他满足测量准确度要求的方法。螺距测量应尽可能在螺纹全长上至少 2 个位置的两个相互垂直的轴截面进行。

7.6 基准距离

基面台阶到端面的距离可采用直接测量法。即用数显测高仪和平板进行组合测量,测量时需选择合适的测头,在平板上置零后测量被检台阶面,所得结果即为台阶面距端面的距离。也可用比较测量法或其他满足测量准确度要求的方法校准。

8 校准结果表达

经校准的 60°密封管螺纹量规应出具校准证书。

9 复校时间间隔

校准周期建议不超过 1 年。也可根据使用频次、使用条件和磨损情况自行确定复校时间间隔定期进行复校。

附录 A

表 A 螺纹工作量规的基本尺寸

单位: mm

螺纹尺寸代号	牙数 n	螺距 P	基准距离 L_1	塞规螺纹大径			塞规和环规螺纹中径			环规螺纹小径	
				小端面	基准面	大端面	小端面	基准面	大端面	小端面	基准面
1/16	27	0.941	4.064	7.439	7.693	7.854	6.888	7.142	7.303	6.337	6.591
1/8	27	0.941	4.102	9.785	10.041	10.203	9.233	9.489	9.652	8.682	8.938
1/4	18	1.411	5.786	13.040	13.402	13.678	12.126	12.487	12.764	11.211	11.573
3/8	18	1.411	6.096	16.459	16.840	17.107	15.545	15.926	16.193	14.631	15.012
1/2	14	1.814	8.128	20.472	20.980	21.320	19.264	19.772	20.111	18.056	18.564
3/4	14	1.814	8.611	25.787	26.326	26.654	24.579	25.117	25.445	23.371	23.909
1	11.5	2.209	10.160	32.297	32.932	33.381	30.826	31.461	31.910	29.355	29.990
1¼	11.5	2.209	10.668	41.022	41.689	42.144	39.551	40.218	40.673	38.080	38.747
1½	11.5	2.209	10.668	47.092	47.758	48.240	45.621	46.287	46.769	44.150	44.816
2	11.5	2.209	11.074	59.104	59.796	60.305	57.633	58.325	58.834	56.162	56.854
2½	8	3.175	17.323	71.191	72.273	72.997	69.076	70.159	70.882	66.962	68.044
3	8	3.175	19.456	86.967	88.182	88.872	84.852	86.068	86.757	82.737	83.953
3½	8	3.175	20.853	99.587	100.891	101.572	97.473	98.776	99.457	95.358	96.661
4	8	3.175	21.438	112.208	113.548	114.272	110.093	111.433	112.157	107.978	109.318
5	8	3.175	23.800	139.039	140.527	141.272	136.925	138.412	139.157	134.810	136.297
6	8	3.175	24.333	165.845	167.366	168.247	163.731	165.252	166.132	161.616	163.137
8	8	3.175	27.000	216.328	218.015	219.047	214.213	215.901	216.932	212.099	213.786
10	8	3.175	30.734	269.966	271.886	273.022	267.851	269.772	270.907	265.736	267.657
12	8	3.175	34.544	320.448	322.607	323.822	318.333	320.492	321.707	316.219	318.378
14	8	3.175	39.675	352.000	354.479	355.572	349.885	352.365	353.457	347.770	350.250
16	8	3.175	46.025	402.482	405.359	406.372	400.368	403.244	404.257	398.253	401.130
18	8	3.175	50.800	452.965	456.140	457.172	450.850	454.025	455.057	448.735	451.910
20	8	3.175	53.975	503.447	506.821	507.972	501.333	504.706	505.857	499.218	502.591
24	8	3.175	60.325	604.412	608.182	609.572	602.298	606.068	607.457	600.183	603.953

附录 B

表 B 螺纹工作量规的尺寸偏差

单位: mm

螺纹尺寸代号	牙数	塞规						环规					
		基面中径 ±	基面大径 —	螺距 ±	锥度* +	半角 ± (′)	基准距离 —	基面小径 +	螺距 ±	锥度* —	半角 ± (′)	基准距离 +	校对规基面平齐 ±
1/16	27	0.005	0.010	0.005	0.008	15	0.025	0.010	0.008	0.015	20	0.025	0.051
1/8	27	0.005	0.010	0.005	0.008	15	0.025	0.010	0.008	0.015	20	0.025	0.051
1/4	18	0.005	0.015	0.005	0.010	15	0.025	0.015	0.008	0.018	20	0.025	0.051
3/8	18	0.005	0.015	0.005	0.010	15	0.025	0.015	0.008	0.018	20	0.025	0.051
1/2	14	0.008	0.025	0.005	0.015	10	0.025	0.025	0.008	0.023	15	0.025	0.051
3/4	14	0.008	0.025	0.005	0.015	10	0.025	0.025	0.008	0.023	15	0.025	0.051
1	11.5	0.008	0.025	0.008	0.020	10	0.025	0.025	0.010	0.030	15	0.025	0.051
1¼	11.5	0.008	0.025	0.008	0.020	10	0.025	0.025	0.010	0.030	15	0.025	0.051
1½	11.5	0.008	0.025	0.008	0.020	10	0.025	0.025	0.010	0.030	15	0.025	0.051
2	11.5	0.008	0.025	0.008	0.020	10	0.025	0.025	0.010	0.030	15	0.025	0.051
2½	8	0.013	0.041	0.010	0.025	7	0.051	0.041	0.013	0.036	10	0.051	0.076
3	8	0.013	0.041	0.010	0.025	7	0.051	0.041	0.013	0.036	10	0.051	0.076
3½	8	0.013	0.041	0.010	0.025	7	0.051	0.041	0.013	0.036	10	0.051	0.076
4	8	0.013	0.041	0.010	0.025	7	0.051	0.041	0.013	0.036	10	0.051	0.076
5	8	0.013	0.041	0.010	0.025	7	0.051	0.041	0.013	0.036	10	0.051	0.076
6	8	0.013	0.041	0.010	0.025	7	0.051	0.041	0.013	0.036	10	0.051	0.076
8	8	0.013	0.051	0.010	0.025	7	0.051	0.051	0.013	0.036	10	0.051	0.076
10	8	0.013	0.051	0.010	0.025	7	0.051	0.051	0.013	0.036	10	0.051	0.076
12	8	0.013	0.051	0.010	0.025	7	0.051	0.051	0.013	0.036	10	0.051	0.076
14	8	0.020	0.076	0.013	0.025	7	0.051	0.076	0.013	0.036	10	0.051	0.127
16	8	0.020	0.076	0.013	0.025	7	0.051	0.076	0.013	0.036	10	0.051	0.127
18	8	0.020	0.076	0.013	0.025	7	0.051	0.076	0.013	0.036	10	0.051	0.127
20	8	0.020	0.076	0.013	0.025	7	0.051	0.076	0.013	0.036	10	0.051	0.127
24	8	0.020	0.076	0.013	0.025	7	0.051	0.076	0.013	0.036	10	0.051	0.127

*在基准距离 L_1 范围内的中径圆锥锥度。

附录 C

NPT 锥螺纹量规基面中径测量不确定度的评定示例

C.1 使用螺纹综合测量仪测量 NPT 锥螺纹量规的测量结果不确定度评定

C.1.1 测量方法

开启螺纹机恒温，安装与锥螺纹量规规格相应的测针以及夹具，对于夹具和测针进行标定。按规定方式完成锥螺纹量规的装夹，对量规轴向进行二维接触式扫描，由螺纹机自带软件对所测得的二维数据按螺纹参数的相关定义进行分析并计算获得基面中径值。取各组计算数据均值为锥管螺纹塞规基面中径实测值。

C.1.2 测量模型

$$d_2 = Y \quad (\text{C.1})$$

式中：

d_2 ——锥管螺纹塞规基面中径值；

Y ——仪器上被测锥管螺纹塞规基面中径测得值。

C.1.3 不确定度来源分析

影响锥管螺纹塞规基面中径测量结果的主要因素有测量重复性、标准器示值最大允许误差、环境条件等。下面从上述几个方面对螺纹综合测量仪测量锥螺纹塞规的测量不确定进行评定。

C.1.4 标准不确定度评定

C.1.4.1 由测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(Y)$

在重复性条件下，选择规格为3/4-14NPT的锥螺纹塞规和1-11 1/2NPT的锥螺纹环规为测量对象，对其基面中径进行连续10次测量，采用A类方法进行评定，所得的数据如表A.1所示。

表 A.1 实验数据和实验结果（单位：mm）

3/4-14NPT管螺纹塞规					
次数	1	2	3	4	5
读数值	25.1198	25.1198	25.1198	25.1197	25.1197
次数	6	7	8	9	10
读数值	25.1197	25.1197	25.1197	25.1197	25.1194
平均值	25.11970				
1-11 1/2NPT锥管螺纹环规					
次数	1	2	3	4	5
读数值	31.4746	31.4748	31.4750	31.4750	31.4751

次数	6	7	8	9	10
读数	31.4750	31.4751	31.4748	31.4748	31.4750
平均值	31.47492				

按贝塞尔公式计算得测量重复性引入的标准不确定度分量为：

$$\text{锥螺纹塞规 } u_1(Y) = s \approx 0.116\mu\text{m} \quad (\text{C.2})$$

$$\text{锥螺纹环规 } u_1(Y) = s \approx 0.161\mu\text{m} \quad (\text{C.3})$$

C.1.4.2 由螺纹综合测量机最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(Y)$

螺纹综合测量仪的外尺寸最大允许误差 $\text{MPE}:\pm(2.5+L/200)\mu\text{m}$ ，内尺寸最大允许误差 $\text{MPE}:\pm(3.0+L/200)\mu\text{m}$ ，按均匀分布计算，则

$$\text{锥螺纹塞规 } u_2(Y) = \frac{2.625}{\sqrt{3}} \approx 1.516\mu\text{m} \quad (\text{C.4})$$

$$\text{锥螺纹环规 } u_2(Y) = \frac{3.158}{\sqrt{3}} \approx 1.823\mu\text{m} \quad (\text{C.5})$$

C.1.4.3 由温度差引入的标准不确定度分量 $u_3(Y)$

在实际测量时，螺纹塞规及螺纹综合测量仪温度偏离 20°C 所引入的误差为

$$\delta T = Y \cdot \Delta\alpha\Delta t \quad (\text{C.6})$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——分别是被测锥度螺纹塞规线膨胀系数 α 、螺纹综合测量仪光栅尺的线膨胀系数 α_s 之差

Δt ——分别是被测锥度螺纹塞规温度 t 、螺纹综合测量仪光栅尺的温度 t_s 的差值

螺纹综合测量仪在测量时要求温度在 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ 范围内，得到温度偏离 20°C 最大差值为 $\Delta t=2.0^\circ\text{C}$ 。螺纹综合测量仪光栅尺的线膨胀系数为 $(8.0\pm 1.0)\times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ，被测锥度螺纹塞规线膨胀系数为 $(12.0\pm 1.0)\times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ ，得到螺纹综合测量仪光栅尺与被测锥度螺纹塞规的线膨胀系数差 $\Delta\alpha$ 为 $5.0\times 10^{-6}^\circ\text{C}^{-1}$ 、服从三角分布，按均匀分布计算，则

$$\text{锥螺纹塞规 } u_3(Y) = \frac{\Delta\alpha\times\Delta t\times Y}{\sqrt{6}} \approx 0.106\mu\text{m} \quad (\text{C.7})$$

$$\text{锥螺纹环规 } u_3(Y) = \frac{\Delta\alpha\times\Delta t\times Y}{\sqrt{6}} \approx 0.132\mu\text{m} \quad (\text{C.8})$$

C.1.4.4 由光滑塞规引入的标准不确定度分量 $u_4(Y)$

根据光滑塞规、光滑环规校准报告，标称直径 $L<50\text{mm}$ 的扩展不确定度 $U=0.5\mu\text{m}$ ， $k=2$ ，所引入的测量不确定度为：

$$u_4(Y) = \frac{0.5}{2} = 0.250\mu\text{m} \quad (\text{C.9})$$

C.1.5 标准不确定度汇总表

表 A.2 标准不确定度一览表

	不确定度来源	标准不确定度(μm)
锥螺纹塞规	重复性引入的标准不确定度 $u_1(Y)$	0.116
	标准器引入的标准不确定度 $u_2(Y)$	1.516
	由温度差引入的标准不确定度分量 $u_3(Y)$	0.106
	光滑塞规引入的标准不确定度分量 $u_4(Y)$	0.250
锥螺纹环规	重复性引入的标准不确定度 $u_1(Y)$	0.161
	标准器引入的标准不确定度 $u_2(Y)$	1.823
	由温度差引入的标准不确定度分量 $u_3(Y)$	0.132
	光滑环规引入的标准不确定度分量 $u_4(Y)$	0.250

C.1.6 合成标准不确定度的评定

以上不确定度分量没有任何值得考虑的相关性，故合成标准不确定度：

$$\text{锥螺纹塞规 } u_c = \sqrt{u_1^2(Y) + u_2^2(Y) + u_3^2(Y) + u_4^2(Y)} = 1.545\mu\text{m} \quad (\text{C.10})$$

$$\text{锥螺纹环规 } u_c = \sqrt{u_1^2(Y) + u_2^2(Y) + u_3^2(Y) + u_4^2(Y)} = 1.852\mu\text{m} \quad (\text{C.11})$$

C.1.7 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，则扩展不确定度：

$$U = k \cdot u_c \approx 4\mu\text{m} \quad (\text{C.12})$$

C.2 使用测长仪测量 NPT 锥螺纹塞规的测量结果不确定度评定

C.2.1 测量方法

量球法测量锥管螺纹塞规 3/4-14NPT 中径值，安装与锥管螺纹塞规规格相应的 T 型测球以及夹具，对于夹具和测针进行标定。按规定方式完成锥管螺纹塞规的装夹，对锥管螺纹塞规基面进行接触式测量，通过公式计算出锥管螺纹塞规基面中径值。假定锥管螺纹塞规牙侧角相等，其基面中径测量不确定度模型如下。

C.2.2 测量模型

$$d_2 = m + \frac{d_m}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} + \frac{1}{2}P \cdot \cot \frac{\alpha}{2} \left(1 + \tan \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{T}{2}\right)^2 + (l_g - l_s) \cdot T \quad (\text{C.13})$$

C.2.3 方差和灵敏系数

考虑各分量间彼此相互独立, 依据间接测量不确定度评定的基本公式

$$u_c^2(\delta_i) = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \text{ 得:}$$

$$u^2(d_2) = c_1^2 u_1^2(m) + c_2^2 u_2^2(d_m) + c_3^2 u_3^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + c_4^2 u_4^2(P) + c_5^2 u_5^2(T) + c_6^2 u_6^2(l) \quad (\text{C.14})$$

3/4-14NPT 圆锥螺纹塞规测量时, 其基本参数如下:

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{\pi}{6}, T=0.0625, d_m = 1.100\text{mm}, P = 1.814\text{mm}$$

$$\text{式中: } c_1 = \frac{\partial d_2}{\partial m} = 1, c_3 = \frac{\partial d_2}{\partial d_m} = \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 2,$$

$$c_3 = \frac{\partial d_2}{\partial \frac{\alpha}{2}} = \frac{d_m \cdot \cot \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{P}{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} + \frac{PT^2}{8 \cos^2 \frac{\alpha}{2}} = 0.202,$$

$$c_4 = \frac{\partial d_2}{\partial P} = \frac{1}{2} \cot \frac{\alpha}{2} \cdot \left(1 + \tan \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{T}{2} \right)^2 = 0.866, \quad (\text{C.15})$$

$$c_5 = \frac{\partial d_2}{\partial T} = \frac{P}{2} \cdot \left(1 + \tan \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{T}{2} \right) = 1.059,$$

$$c_6 = \frac{\partial d_2}{\partial l_s} = -T = -0.0625。$$

C.2.4 标准不确定度评定

影响锥管螺纹塞规基面中径测量结果的主要因素有测长仪引入分量和测球直径、锥螺纹牙侧角、螺距、锥角、基面距离等。

C.2.4.1 由测长机引入的标准不确定度 $u(m)$

由于 m 值受下式中各因素影响:

$$m = \frac{|X_{i+0.5P} - X_i| + |X_i - X_{i-0.5P}|}{2} + |X_{0+0.5P} - X_0| - |X_{i+0.5P} - X_i| + K + d_m + \delta l + \delta I + \delta T + \delta F + \delta S + \delta B \quad (\text{C.16})$$

分析引入不确定度分量受测长仪测量重复性、示值误差、线膨胀系数、温度差、测力大小、T型测头不确定度等因素影响, 现分析各影响分量如下:

C.2.4.1.1 由测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(m)$

选择规格: NPT3/4-14型号美制圆锥螺纹塞规进行10次独立重复测量, 得到10组测量数据, 采用A类方法进行评定, 所得的数据如表A.1所示。

表 A.1 实验数据和实验结果(单位: mm)

次数	1	2	3	4	5
读数	25.1198	25.1198	25.1198	25.1197	25.1197
次数	6	7	8	9	10
读数	25.1197	25.1197	25.1197	25.1197	25.1194

平均值	25.11970
-----	----------

按贝塞尔公式计算得测量重复性为:

$$u_1(m) = s \approx 0.116 \mu\text{m} \quad (\text{C.17})$$

C.2.4.1.2 由测长仪示值误差引入的标准不确定度 $u_2(m)$

测长仪测量外尺寸最大允许误差为: $\text{MPE}:(1+L/200)\mu\text{m}$, 以均匀分布估计, 由于测杆两次移动引入的不确定度分量彼此完全正相关, 故:

$$u_2(m) = \frac{[(1+L/200)+(1+L/200)]}{\sqrt{3}} = \frac{2.25}{\sqrt{3}} \approx 1.299 \mu\text{m} \quad (\text{C.18})$$

C.2.4.1.3 由线膨胀系数及温度差引入的标准不确定度 $u_3(m)$

由于测长仪带有自动温度补偿功能, 故此测长仪和室温的温度差引入的不确定度分量可忽略不计, 经等温后及温度补偿后, 被测圆锥螺纹量规与测长仪光栅尺温度差估计 $\leq \pm 0.1^\circ\text{C}$, 该分布为均匀分布, 则:

$$u_3(m) = \frac{d_2 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6} \times 0.1}{\sqrt{3}} \approx 0.001 \mu\text{m} \quad (\text{C.19})$$

C.2.4.1.4 由测力引入的标准不确定度 $u_4(m)$

测量时, 不同测力导致测球产生的形变和测杆弯曲程度也不同, 在使用光栅测长仪进行测量时, 控制每次测量时测力为 0.3N 左右, 测量力变化较小, 由测力带入的标准不确定可以忽略。

$$u_4(m) = 0 \mu\text{m} \quad (\text{C.20})$$

C.2.4.1.5 由 T 型测头常数引入的标准不确定度 $u_5(m)$

T 型测头常数 $K = D - \delta L$, 在计算 m 值时已考虑测长仪示值误差带入测量不确定分量的影响, 在此仅考虑环规的测量不确定度对 K 值的影响, 其中环规的扩展不确定度 $U=0.5\mu\text{m}$, $k=2$ 。测量不确定分量为:

$$u_5(m) = \frac{0.5}{2} \approx 0.250 \mu\text{m} \quad (\text{C.21})$$

C.2.4.1.6 由测长仪测量 m 值带入的测量不确定度分量 $u(m)$

$$u(m) = \sqrt{u_1^2(m) + u_2^2(m) + u_3^2(m) + u_4^2(m) + u_5^2(m)} = 1.328 \mu\text{m} \quad (\text{C.22})$$

C.2.4.2 由测球直径引入的标准不确定度 $u(d_m)$

测球直径先经过校准, $U=0.5\mu\text{m}$, $k=2$ 。其测量不确定分量为:

$$u(d_m) = \frac{0.5}{2} \approx 0.250 \mu\text{m} \quad (\text{C.23})$$

C.2.4.3 圆锥螺纹塞规牙侧角引入的标准不确定度分量 $u\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

在实际测量时,牙侧角很难正好均分,参照行业标准 GB/T 12716-2011《60°密封管螺纹》中对于圆锥螺纹塞规牙型半角的允差 $\pm 11'$,按均匀分布计,则

$$u\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{11}{\sqrt{3}} \times \frac{\pi}{180 \times 60} \approx 0.00185 \text{rad} \quad (\text{C.24})$$

C.2.4.4 圆锥螺纹塞规螺距误差引入的标准不确定度分量 $u(P)$

经校准得 3/4-14NPT 锥螺纹塞规的螺距示值误差为 $+0.3\mu\text{m}$,我们认为它服从正态分布,则

$$u(P) = \frac{0.3}{2\sqrt{3}} \approx 0.087\mu\text{m} \quad (\text{C.25})$$

C.2.4.5 圆锥螺纹塞规锥角误差引入的标准不确定度分量 $u(T)$

参照行业标准 GB/T 12716-2011《60°密封管螺纹》中对于锥螺纹塞规锥度的允许误差 $\pm 0.015\text{mm/mm}$,我们认为它服从三角分布,则

$$u(T) = \frac{0.015}{\sqrt{6}} \approx 0.006\mu\text{m} \quad (\text{C.26})$$

C.2.4.6 圆锥螺纹塞规基面距离误差引入的标准不确定度分量 $u(l)$

圆锥螺纹塞规基面距离误差引入的标准不确定度分量 $u(l)$ 主要取决于测高仪引入的测量不确定度,测高仪最大允许误差为 $\text{MPE}:\pm(2+L/300)\mu\text{m}$,按均匀分布计算:

$$u(l) = \frac{2.03}{\sqrt{3}} \approx 1.172\mu\text{m} \quad (\text{C.27})$$

C.2.5 标准不确定度汇总表

表 A. 2 标准不确定度一览表

不确定度来源	灵敏系数 c_i	标准不确定度 (μm)
测长仪引入的标准不确定度 $u(m)$	1	1.328
测球直径引入的标准不确定度 $u(d_m)$	2	0.250
牙侧角引入的标准不确定度分量 $u\left(\frac{\alpha}{2}\right)$	0.202	0.00185rad
螺距误差引入的标准不确定度分量 $u(P)$	0.866	0.087
锥角误差引入的标准不确定度分量 $u(T)$	1.059	0.006
基面距离误差引入的标准不确定度分量 $u(l)$	-0.0625	1.172

C.2.6 合成标准不确定度的评定

以上不确定度分量没有任何值得考虑的相关性,故合成标准不确定度:

$$u(d_2) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(m) + c_2^2 u_2^2(d_m) + c_3^2 u_3^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + c_4^2 u_4^2(P) + c_5^2 u_5^2(T) + c_6^2 u_6^2(l)}$$

$$u(d_2) \approx 1.423\mu\text{m} \quad (\text{C.28})$$

C.2.7 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，则扩展不确定度：

$$U = k \cdot u_c \approx 3\mu\text{m} \quad (\text{C.29})$$

附录 D

校准证书内容

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（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) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。