

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

测量型工业内窥镜校准规范

Calibration Specification for
Measurement Type Industrial Endoscope

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

测量型工业内窥镜 校准规范

JJF XXXX-XXXX

Calibration Specification for
Measurement Type Industrial Endoscope

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：北京东方计量测试研究所

中国计量科学研究院

参加起草单位：北京长城计量测试研究所

本规范委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

目 录.....I

引 言..... II

1 范围..... 1

2 引用文件..... 1

3 术语和计量单位..... 1

4 概述..... 1

5 计量特性..... 2

6 校准条件..... 3

7 校准项目和校准方法..... 4

8 校准结果表达..... 6

9 复校时间间隔..... 7

附录 A 校准结果的测量不确定度评定示例 8

附录 B 原始记录格式..... 11

附录 C 测量型工业内窥镜标准校准试块规格 12

引 言

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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

测量型工业内窥镜校准规范

1 范围

本规范适用于测量型工业内窥镜的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 33886-2017 工业电子内窥镜检测仪

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 术语和计量单位

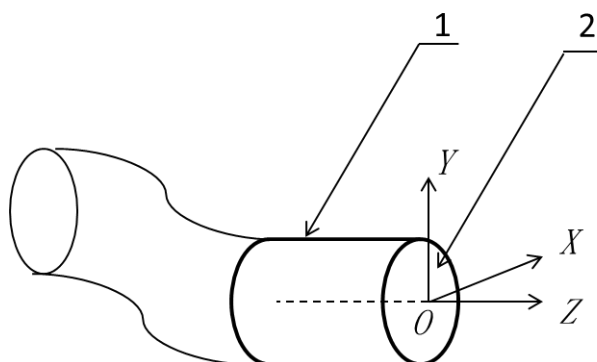
GB/T 33886-2017 界定的术语和定义适用于本标准。

3.1 点云 Point cloud

测量型工业内窥镜得到的被测物表面的点数据集合。

3.2 测量坐标系 Measurement coordinate system

测量型工业内窥镜的点云数据默认坐标系，见图 1。



1-内窥镜探头；2-最外端镜片

图 1 测量坐标系

3.3 分辨力 Resolution

测量型工业内窥镜能够分辨微小结构的能力。

3.4 视场角 Viewing angle

测量型工业内窥镜能够观测的视野范围。

3.5 景深 Depth of field

能够获得清晰图像的成像范围。

4 概述

测量型工业内窥镜是能够深入被测物体内部腔体，将观测对象成像在光电传感器上，

由视频处理器显示在终端上，并能够通过终端内置的图像处理软件进行观测对象的表面三维点云重建，给出被测物体的空间三维尺寸数据。



图 2 测量型工业内窥镜

5 计量特性

5.1 一般要求

测量型工业内窥镜应符合本标准的要求，具备深入狭窄空间的探头，主机带有含几何参数测量功能的软件。

5.2 工作外径

$D \pm 0.2\text{mm}$ ，其中 D 为工作外径标称值。

5.3 工作长度

$L (1 \pm 1\%)$ ，其中 L 为工作长度标称值。

5.4 分辨力

在景深范围内，中心视场的最高分辨力不小于 5LP/mm （5#鉴别率板第 9 组）。

5.5 视场角

视场角： $\geq 30^\circ$ 或根据产品说明书要求确定。

5.6 景深范围

近景深偏差不超过标称值的 10%、远景深偏差不超过标称值的 10%。

5.7 照度

探头照度不小于 2000 lx 。

5.8 照明均匀度

在景深范围内的最近景深距离处视场范围放置照度计，测定的最低照度与最高照度的比值 $\geq 30\%$ 。

5.9 探头弯曲角度（探头端部不具备弯曲功能的产品不适用本特性）

5.9.1 工作长度 $\leq 2\text{m}$ 时，头端部任意方向弯曲角度均不小于 100° 。

5.9.2 工作长度 $\geq 2\text{m}$ 时，头端部任意方向弯曲角度均不小于 90° 。

5.10 探头弯曲操作（探头端部不具备弯曲功能的产品不适用本特性）

操作探头弯曲操作系统时，应能使探头弯曲自由，并具备探头在无外力时保持操作后弯曲状态的能力。

5.11 测长示值误差

在测量坐标系下，平行于 XOY 平面的测量尺寸误差，推荐测长示值误差应小于5%。

5.12 测深示值误差

在测量坐标系下，平行于 Z 轴方向的测量尺寸误差，推荐测深示值误差应小于5%。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $(20\pm 5)^\circ\text{C}$

相对湿度：20%~80%

建议在暗室内进行校准。

其他：周围无影响校准工作正常进行的电磁干扰及机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 游标卡尺

6.2.2 钢卷尺；

6.2.3 视场角测量板；

6.2.4 5#鉴别率板；

6.2.5 照度计；

6.2.6 测量型工业内窥镜校准试块；

测量型工业内窥镜校准试块具备作为参考尺寸的立体凹槽结构，表面哑光，用于校准测深示值误差和测长示值误差。

6.2.7 夹持工装。

夹持工装能够固定测量型工业内窥镜探头，并且具备对准装置，以调节测量型工业内窥镜相对于校准试块及照度计或目标板的位置和角度。

表 1 测量标准器及设备

测量标准器及设备	技术指标
游标卡尺	0.02mm
钢卷尺	(0~5) m, I 级
视场角测量板	详见附录 X
5#鉴别率板	/
照度计	测量范围不小于 3000lx, 一级
测量型工业内窥镜校准试块	详见附录 C
夹持工装	详见附录 C

7 校准项目和校准方法

7.1 工作外径

用游标卡尺量取探头部分镜头处、导向蛇骨处以及管线中段的外径，以其最大值作为工作外径的测量值。

7.2 工作长度

用卷尺（毫米刻度）从探头最外侧镜片量至管线根部，作为内窥镜工作长度。

7.3 视场角

将视场角测量板与工业内窥镜探头安装在夹持工装上，将内窥镜照明调至最亮状态，调整加持工装使视场角测量板分划环与视场同心并垂直于视轴（如下图），移动内窥镜探头，使视场角测量板分划环直径 D 外圆边与内窥镜视场光栏圆周（对角线视场最边缘）重合，用钢卷尺测出内窥镜探头端面至视场角测量板的距离 L ，根据式（1）计算视场角 β 。

$$\beta = 2\omega = 2\arctan\left(\frac{D}{2L}\right) \quad (1)$$

式中：

D ——分划环直径，mm

L ——物镜探头端面至标靶的距离，mm。

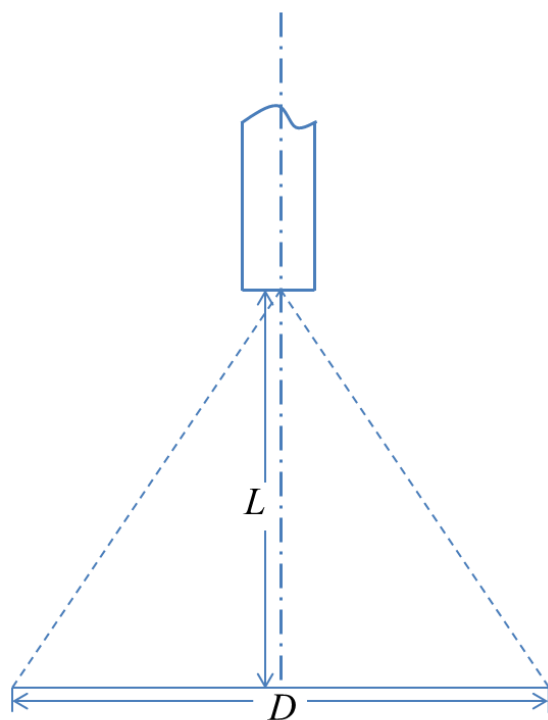


图 3 视场角测量原理示意图

7.4 分辨力

将分辨力板置于内窥镜视场内，图像中能够观测到的最小刻线距离作为其分辨力。

7.5 照度

将测量型工业内窥镜与照度计置于夹持工装上，将内窥镜照明调至最亮状态，调整加持工装，使内窥镜探头与照度计距离为 10mm，视轴穿过照度计探测区域中心并保证照明光充满照度计探头，待照度计指示值稳定后，记录读数，取 3 次测量测平均值作为照度的校准结果，并记录校准时环境光照度。

7.6 照明均匀度

将测量型工业内窥镜与照度计置于夹持工装上，将内窥镜照明调至最亮状态，调整夹持工装，使内窥镜探头与照度计距离为当前的最近景深处，调整照度计位置在视轴中心最亮处记录最亮处照度，再调整照度计至视场边缘处（对角线位置）记录最暗处照度，计算最暗和最亮处的照度比值，取 3 次平均值作为照明均匀度的校准结果。

7.7 景深范围

将专用刻度尺置于标称的近景深和远景深两个位置上（偏差可在标称值 $\pm 10\%$ 范围内），在显示器上应均能分辨出专用刻度尺（线宽为 1.2mm）的线条轮廓。

7.6 测长示值误差

将测量型工业内窥镜探头通过夹持工装固定，调节夹持工装对准测量型工业内窥镜

校准试块，使内窥镜测量坐标系的 Z 轴与测量型工业内窥镜校准试块的工作平面垂直。通过内窥镜内置软件得到校准试块表面的立体凹槽宽度，重复测量 3 次，记录数据，三次测量结果的算数平均值 x 作为校准试块表面的立体凹槽宽度测量值，与标准宽度 X 相减之差除以标准宽度 X ，得到测长示值误差 δ 。

$$\delta = (x - X) / X$$

δ — 测长示值误差，%

x — 立体凹槽宽度测量结果的平均值，mm

X — 立体凹槽宽度的校准值，mm

7.7 测深示值误差

将测量型工业内窥镜探头通过夹持工装固定，调节测量型工业内窥镜光源至最高亮度。调节夹持工装对准测量型工业内窥镜校准试块，使内窥镜测量坐标系的 Z 轴与测量型工业内窥镜校准试块的工作平面垂直。通过内窥镜内置软件得到校准试块表面的立体凹槽深度，重复测量 3 次，记录数据，三次测量结果的算数平均值 z 作为校准试块表面的立体凹槽深度测量值，与标准深度 Z 相减之差除以标准深度 Z ，得到测深示值误差 θ 。

$$\theta = (z - Z) / Z$$

θ — 测深示值误差，%

z — 立体凹槽深度测量结果的平均值，mm

Z — 立体凹槽深度的校准值，mm

8 校准结果表达

测量型工业内窥镜经校准后，出具校准证书。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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和应用有关时，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) 对校准规范偏离的说明（若有）；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识、以及签发日期；
- 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。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

校准结果的测量不确定度评定示例

A.1 尺寸测量（宽度/深度）示值误差 E 测量结果的不确定度计算

A.1.1 数学模型

对标准尺寸（宽度/深度）进行测量，得到的测量尺寸示值 E 的标准不确定度为

$$u^2(E) = u^2(\varepsilon_{cal}) + u^2(\varepsilon_\alpha) + u^2(\varepsilon_{fixt}) + u^2(\varepsilon_R)$$

式中：

ε_{cal} ——标准器的校准误差；

ε_α ——标准器的热膨胀系数引起的 E 误差；

ε_{fixt} ——标准器装卡稳定性引起的 E 误差；

ε_R ——测量重复性引起的 E 误差。

A.1.2 不确定度因素分析

C.1.2.1 ε_{cal} 为标准器校准值 L_s 的标准不确定度

$$u(\varepsilon_{cal}) = U_{cal} / k$$

其中：

U_{cal} ——标准器证书上注明的扩展不确定度；

k ——标准器证书上注明扩展不确定度的扩展因子。

C.1.2.2 $u(\varepsilon_\alpha)$ 为标准器热膨胀系数 α_s 引起 E 的标准不确定度，根据标准器的校准证书确定标准不确定度值。本参数只有当被校仪器要求输入热膨胀系数时才需要考虑。

对于没有温度修正功能的仪器，此项不需要考虑，即认为 $u(\varepsilon_\alpha) = 0$ 。

$$u(\varepsilon_\alpha) = L \times (|t - 20^\circ\text{C}|) \times u(\alpha)$$

式中：

L ——标准器被测长度；

t ——测量时标准器的温度；

$u(\alpha)$ ——标准器热膨胀系数引起的 E 标准不确定度。

C.1.2.3 $u(\varepsilon_{fixt})$ 为标准器装卡稳定性引起 E 的标准不确定度

装卡可能引起标准器的变形。装卡稳定性产生的影响包括：

- 测量面的平行性误差增大；
- 测量过程中产生的振动对于测量结果的影响。

应按照下列规定装卡标准器，使本项不确定度可以忽略：

不要过分用力，以避免不必要的变形；

a. 根据标准器的设计选择装卡位置，以减小变形的影响。尽量遵守制造商的装卡建议。当标准器对中心线对称时，艾利点（ $L/\sqrt{3}$ ）通常是较好的选择；

b. 当标准器和底座之间的温度差很大时（例如等温时间过短）或材料差异很大时，应放置足够的时间后，再进行固定，以减少温度变化的影响；

c. 支撑实物标准器的底座对于减少变形非常重要。当无法实现完全的定位，底座应使过定位保持在最低限度；

d. 支撑在测量方向上的刚性必须足够，这包括将标准器固定到坐标测量机工作台上的各个环节，例如：底座、支架、坐标测量机的压紧装置等。

C.1.2.4 $u(\varepsilon_R)$ 为测量重复性引起 E 的标准不确定度

测量型内窥镜在重复性条件下连续测量 n 次，由贝塞尔公式计算得到单次测量的标准差

$$s(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$u(\varepsilon_R) = s(x)$$

A.2 实例：采用标准哑光球和校准试块校准测量型工业内窥镜的不确定度

A.2.1 宽度/深度测量误差

C.2.2.1 标准器校准值的标准不确定度 ε_{cal}

该不确定度分量由标准器的校准证书给出，计算值如下：

$$\text{宽度/深度: } u(\varepsilon_{cal}) = U_{cal} / k = 3 / 2 = 1.5 \mu\text{m}$$

C.2.2.2 标准器热膨胀系数 α_s 引起 E 的标准不确定度 $u(\varepsilon_\alpha)$

该不确定度分量由于没有温度修正功能的仪器，此项不需要考虑，即认为 $u(\varepsilon_\alpha) = 0$

C. 2. 2. 3标准器装卡稳定性引入的标准不确定度 $u(\varepsilon_{\text{fixt}})$

标准器在检测时避免任何晃动，为减小热变形，在充分等温后再锁紧，实际测量时施加的测量力几乎为零，即认为 $u(\varepsilon_{\text{fixt}}) = 0$

C. 2. 2. 4测量重复性引入的标准不确定度 $u(\varepsilon_{\text{R}})$

测量型内窥镜在重复性条件下连续测量 10 次，由贝塞尔公式计算得到单次测量的标准差

$$s(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 5.6 \mu\text{m}$$

$$u(\varepsilon_{\text{R}}) = s(x) = 5.6 \mu\text{m}$$

C. 2. 2. 5 标准不确定度汇总表

表C.1 宽度/深度测量误差标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度数值
宽度/深度测量误差标准不确定度	1) 标准器校准值的标准不确定度 ε_{cal}	1.5 μm
	2) 标准器热膨胀系数 α_s 引起 E 的标准不确定度 $u(\varepsilon_{\alpha})$	0
	3) 标准器装卡稳定性引入的标准不确定度 $u(\varepsilon_{\text{fixt}})$	0
	4) 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\varepsilon_{\text{R}})$	5.6 μm

C. 2. 2. 6合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u^2(\varepsilon_{\text{cal}}) + u^2(\varepsilon_{\alpha}) + u^2(\varepsilon_{\text{fixt}}) + u^2(\varepsilon_{\text{R}})} = 5.8 \mu\text{m}$$

C. 2. 2. 7测量宽度/深度的扩展不确定度

取 $k=2$ ，则其扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 11.6 \mu\text{m}$$

附录 B 原始记录格式

B.1 校准标准校准试块宽度尺寸

表B.1

校准试块宽度参考值： mm				
序号	试块宽度测量值 mm	试块宽度示值误差 %	测量不确定度 $U(k=2)$	备注
1				
2				
3				
4				
5				
...				

B.2 校准标准校准试块深度尺寸

表B.2

校准试块宽度参考值： mm				
序号	试块深度测量值 mm	试块深度示值误差 %	测量不确定度 $U(k=2)$	备注
1				
2				
3				
4				
5				
...				

附录C

测量型工业内窥镜标准校准试块规格

C.1 测量型工业内窥镜标准校准试块示意图

测量型工业内窥镜标准校准试块示意图见图 C.1。

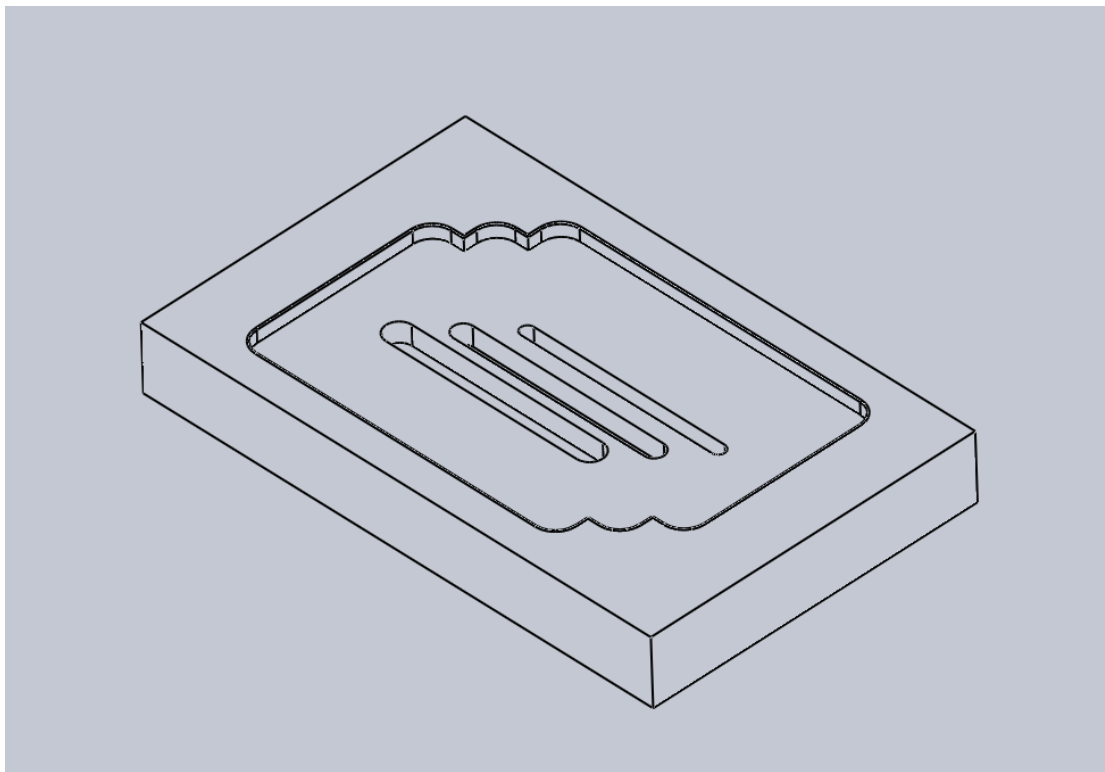


图 C.1 测量型工业内窥镜校准试块示意图

C.2 测量型工业内窥镜标准夹持工装示意图

测量型工业内窥镜标准夹持工装示意图见图 C.2。

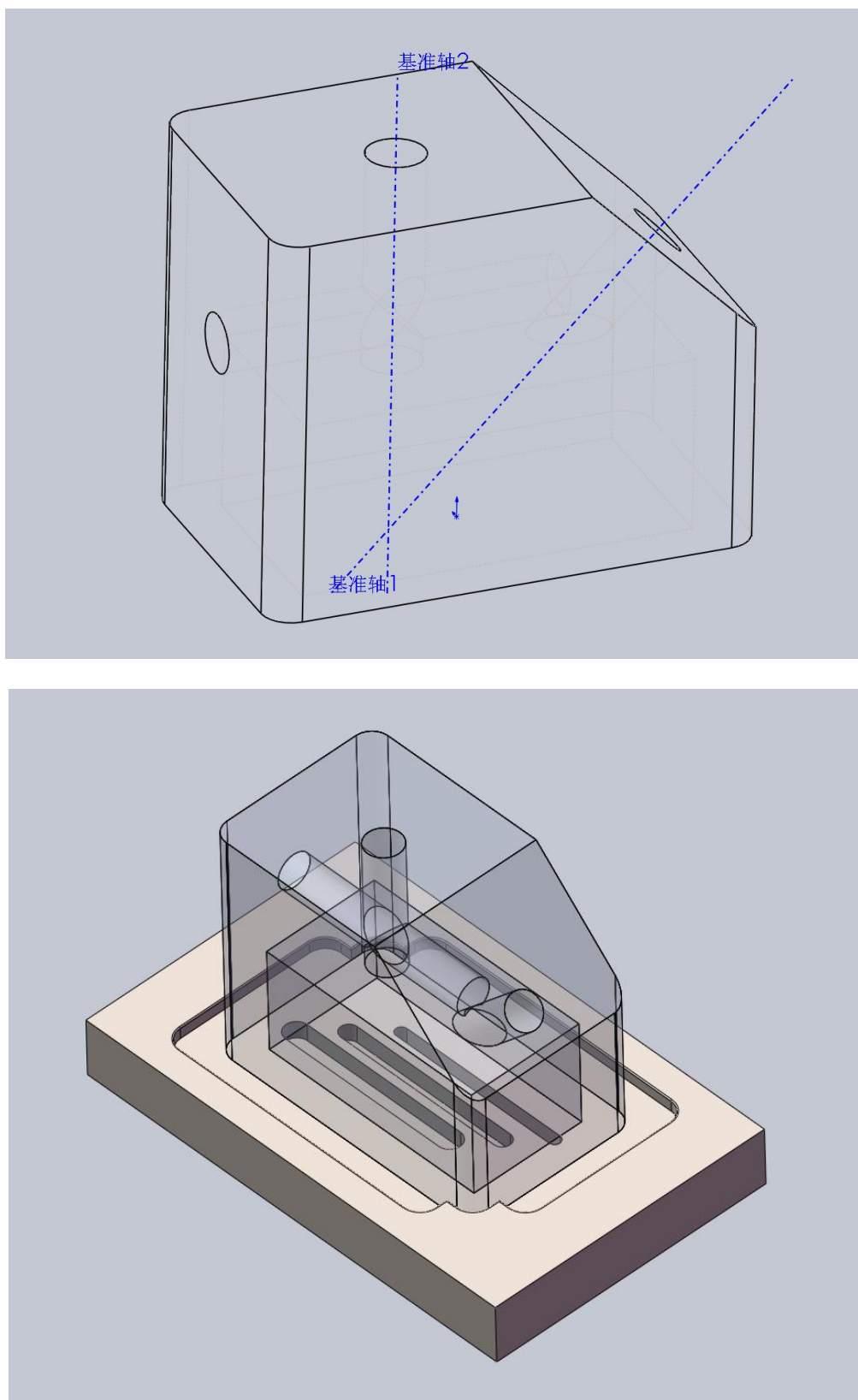


图 C.2 测量型工业内窥镜标准夹持工装示意图

中华人民共和国
国家计量技术规范
XXXXXXXXXX 校准规范
JJFXXXX—XXXX
国家市场监督管理总局发布