

测量型工业内窥镜校准规范

编制说明

稿件阶段：征求意见稿

北京东方计量测试研究所

二〇二五年九月

测量型工业内窥镜校准规范编制说明

一、任务来源及计划要求

1.1 任务来源

制定本规范是国家市场监督管理总局全国几何量长度计量技术委员会下达的任务。

1.2 计划要求：

2025 年 9 月底完成征求意见稿。

1.3 主要意义：

工业内窥镜是一种可伸入孔道探测封闭内部的一种检测仪器，分为观察型工业内窥镜和测量型工业内窥镜。观察型工业内窥镜仅具有观察功能，价格较低且技术相对成熟，通常用于民用领域，如汽车维修、电力检修等场景；而测量型工业内窥镜在观察功能的基础上还能对内部表面结构进行三维重建，对缺陷进行立体测量，能够应用在复杂工业领域。军用飞机的发动机检修是工业内窥镜应用的典型场景之一，航空发动机的检修手册明确要求检修用的工业内窥镜需要具备长度、深度、面积、剖面视图等立体测量功能，且需要可分辨 0.25mm 的槽深，对检测的准确度有较高要求。

随着工业产品对内窥检测的需求提升，以及工业内窥镜制造技术的日趋完善，工业内窥镜的测量指标逐渐提高，向着高精度的测量仪器发展。目前工业内窥镜的测量精度最高可达 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，测量误差优于 $\pm 5\%$ 。但现行的内窥镜相关标准中，均未给出工业内窥镜测量指标相关的校准方法，无法将内窥镜的测量结果与计量要求进行比较，仪器

使用者无法判断该设备是否能够满足预期的指标要求。通过制定测量型工业内窥镜校准规范，规定测量型工业内窥镜的校准方法，能够实现对其测量结果的量值准确性评价，从而保障装备检修的准确性。

二、编制过程

2.1 编制原则：

2.1.1 检定规程的整个内容应与现行有效相关标准相协调，技术内容应具有先进性、科学性和可操作性。使本规范适用范围广，具有通用性。

2.1.2 在充分调研的基础上，根据实际情况，确定自准直仪的计量特性、检定条件、检定项目、检定方法等。

2.1.3 规程中的校准方法应通过实验验证，力求方法简单科学，准确可靠。

2.1.4 规程中的文字表述力求层次分明，语句简明，公式表达准确，量和单位使用规范。

2.1.5 规程编写格式及要求严格按照国标《JJF1002-2010 国家计量检定规程编写规则》要求进行。

2.2 具体工作：

该规程的编写工作主要由北京东方计量测试研究所、中国计量科学研究院承担，同时邀请中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所共同参与。参与人员均为多年从事几何量校准技术的研究人员，具有测量型工业内窥镜的校准经验和国家计量技术规范文件的编写经验。

2025 年 1 月对规范进行立项论证。成立规程编写小组，确定本规程主要编写人王贺迎、张于、薛梓，及参加起草人夏梦、王凯、王继虎。

具体实施过程如下：

2025 年 4 月开始收集国内外有关标准，进行细致分析研究，按标准的要求制定测试方法，对测试方法进行试验，并做出试验总结，提出改进措施，确保试验方法科学，易操作。

2025 年 5 月开始编写检定规程，并于 2025 年 7 月完成初稿，组织本单位专家对初稿进行讨论。

2025 年 8 月完成初稿的修改，2025 年 9 月形成征求意见稿。

三、调研和分析工作的情况

为了完成“测量型工业内窥镜校准规范”的编写工作，进行了广泛的调研与方法分析，走访了测量型工业内窥镜生产厂家，测量型工业内窥镜的计量单位，测量型工业内窥镜的使用单位；查阅了国内外相关技术资料及文献。最终确定了测量型工业内窥镜的技术要求、校准方法等重要内容，并加以测量不确定度分析、实验验证，并在此基础上完成“测量型工业内窥镜校准规范”的征求意见稿。

四、主要技术内容的说明

“测量型工业内窥镜校准规范”属于新编制的规范，为了保持规范的可行性，在制订规范时，在校准项目和技术指标上，尽量在相关现行有效标准的基础上，考虑现有测量型工业内窥镜的技术指标和出厂参数在校准方法上，充分考虑并借鉴现行有限标准（主要考虑 GB/T

33886-2017 工业电子内窥镜检测仪)中的成熟方法。具体内容如下:

4.1 校准规范编写格式及校准规范的结构完全按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》的要求编写。

4.2 对“测量型工业内窥镜”的引用规范进行了说明。

4.3 术语和计量单位

对测量型工业内窥镜校准规范中用到的术语和定义进行了描述。

4.4 概述

对“测量型工业内窥镜”的用途、特点等信息作了描述。

4.5 计量特性

对“测量型工业内窥镜”的外观、主要校准项目等作了描述。

4.6 校准条件

4.6.1 环境条件

说明:考虑到温度和环境对校准结果的影响,在测量型工业内窥镜的校准中,测量型工业内窥镜对温度、温度的变化及平衡温度的时间、校准环境要求较严格。

4.6.2 测量标准及其他设备

说明:根据测量型工业内窥镜的校准项目及测量不确定度要求确定了主要测量标准及其他设备。

4.7 校准项目和校准方法

在充分考虑测量型工业内窥镜的校准项目、计量性能、满足相应技术要求所需要的测量不确定度的要求,可操作性等因素后,确定了测量型工业内窥镜的校准项目和校准方法。测量型工业内窥镜的校准

方法过程的叙述主要是遵循以下原则：（1）更加易于执行；（2）语言简练（3）；叙述清楚；（4）层次分明。

具体说明如下：

（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。

（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。

（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，移动内窥镜探头，使视场角测量板分划环直径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，根据公式计算视场角。

（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。

（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。

（6）照度均匀度

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）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。

（8）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作为校准试块表面的立体凹槽宽度测量值，与标准宽度相减之差除以标准宽度，得到测长示值误差。

（9）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作为校准试块表面的立体凹槽深度测量值，与标准深度相减之差除以标准深度，得到测深示值误差。

4.8 校准结果表达

4.9 复校时间间隔

4.10 附录

因为测量型工业内窥镜的校准涉及到专用的计量器具，在正文中的叙述力求准确、精辟、流畅、简明扼要，而在附录中，给出具体的标准器件示意图以及数据处理示例，以保证规程的使用者能够更便捷、更容易、更准确的理解规程，执行规程。附录主要包括以下内容：

附录 A1：校准结果的测量不确定度评定示例

附录 A2：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

附录 C1：测量型工业内窥镜标准校准试块示意图

附录 C2：测量型工业内窥镜标准夹持工装示意图

五、验证试验的情况和结果

选用测量型工业内窥镜按照规程中的方法逐项进行试验，试验结果表明所有方法均具有可行性，且满足相应的测量不确定要求。

另外用测量型工业内窥镜进行比对、重复性、稳定性实验，并按照国标的要求进行数据分析，比对结果及实验数据均符合要求。

具体试验结果见试验报告。

六、与国外同类标准水平的对比分析

经过查阅相关文献，目前国外前没有类似技术文件，因此没有可比性。但在编制“测量型工业内窥镜校准规范”时，充分考虑测量型工业内窥镜制造和测量技术现状以及发展的趋势，使校准规范的规定完全可以满足国内的测量型工业内窥镜校准要求。

七、与现行法规、标准的关系

“测量型工业内窥镜校准规范”主要与现行标准《GB/T 33886-2017 工业电子内窥镜检测仪》中部分非测量型功能指标具有相关性，所以在编写“测量型工业内窥镜校准规范”时，在相同的功能指标校准方法上尽量与上述规程保持一致，并根据现有测量型工业内窥镜的技术水平进行更新。

八、实施标准的要求和措施的建议

因为测量型工业内窥镜是一种新兴的具有测量功能的非接触型仪器，在航空、航天等重要行业发挥着重要作用，但校准方法一直未有科学合理的统一参考依据，所以希望该规程能及时得到通过，并贯彻执行。以保证测量型工业内窥镜校准工作的开展。

九、其他要说明的事项

无。

十、参考资料清单

GB/T 33886-2017 工业电子内窥镜检测仪