

附件：

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	同轴空气介质传输线外导体内径测量仪校准规范		
制定或修订	■制定 □修订	被修订计量技术规范号	/
计量技术规范性质	□检定规程 ■校准规范	计量技术规范类别	■重点 □基础
主要起草单位	中国电子技术标准化研究院		
联系人	王文娟	联系电话	010-64102261
任务年限	1 年	申请经费	2 万元
参加单位	中国计量科学研究院		
目的、意义和必要性	1. 目的 外导体内径测量仪是用于测量特定尺寸的无支撑空气介质传输线外导体内直径的仪器。通常这种测量仪基于两种原理，一种是基于电容传感器，将电容值与探极孔臂间距（测头与孔壁的间隙）建立线性关系，通过电容量的变化测量确定被测孔径的大小；另一种是基于伯努利效应，将间隙间的气压和探极孔臂间距（测头与孔壁的间隙）建立线性关系，通过气压的变化测量被测孔径的大小。 为了保证外导体内径测量仪的测量数据能够保持统一、准确、可靠，本项目拟通过研究外导体内径测量仪相关参数的校准问题并编制校准规范，补充外导体内径测量		

仪校准规范的空白，完善外导体内径测量仪性能参数的校准手段，解决外导体内径测量仪的量值溯源问题，进而为无支撑空气介质传输线的溯源工作提供有力保障。

2. 意义

随着科技的不断进步，测量科学越来越向着高精度、高自动化等方向发展。无支撑空气介质传输线作为射频阻抗量值的计量标准器具，其溯源至几何量是确保阻抗量值准确的必要手段。作为无支撑空气介质传输线外导体内直径的测量装置，是否具备溯源手段，将成为无支撑空气介质传输线量值准确的必要保证。

本规范的编制，能够进一步规范、统一无支撑空气介质传输线外导体内直径测量装置的校准工作，为其日常校准提供校准依据、为无支撑空气介质传输线的量值溯源提供支持和技术保障。

3. 必要性

3.1 被测无支撑空气介质传输线量值溯源的必要保证

外导体内径测量仪是用来测量特定尺寸的无支撑空气介质传输线外导体内直径的仪器。其被测——无支撑空气介质传输线是射频阻抗量值的标准，用于为射频阻抗分析仪开展计量校准复现阻抗量值的。目前广泛应用的射频阻抗分析仪 E4991A/B 的测量范围是 1MHz~3GHz，100mΩ~52kΩ，行业内使用无支撑空气线作为标准，对射

频阻抗分析仪的阻抗量值进行校准。而无支撑空气线由于其结构的特点，阻抗值与组成空气线的内外导体的外内直径息息相关，因此，可以通过外内导体的内外直径的测量，将阻抗量值溯源至几何量。因此，准确测量外导体内直径是无支撑空气线阻抗量值溯源的必要步骤，而测量外导体内径的测量装置就必须进行准确的量值溯源。

3.2 国内外同轴空气线测量的发展趋势

由于空气线作为阻抗分析仪的测量标准，而空气线又是通过阻抗分析仪去测量，导致空气线无法真正做到量值溯源，因此，国内外多家机构都在进行空气线阻抗量值溯源至几何量的研究。基于此，国内对于同轴无支撑空气线的特征阻抗的测量已经于 2026 年发布了校准规范，确定了几何量溯源的可行性。国外各家权威计量机构，如美国 NIST、英国 NPL 、德国 PTB、瑞士计量院等均采用测量空气线的内、外导体的外、内直径、长度等方式进行测量计算，得到传输线的特征阻抗。因此，空气线溯源至几何量的其中一项——外导体内径测量仪，需要开展量值溯源保障研究。

3.3 现有规范不足

目前没有针对外导体内径测量仪的校准规范。可查阅到的类似的规范有：JJG 356-2021《气动测量仪检定规程》、JJF 1806-2020《微小孔径测量仪校准规范》。

其中：JJG 356-2021《气动测量仪检定规程》，适用于分度值为 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 的浮标式气动测量仪和分度值或分辨力为 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 的电子柱式气动测量仪的首次检定、后续检定和使用中的检查。这两种形式与本规范的被测属不同结构类型的，该规范所述的外导体内径测量仪，只是采用与本规范相关的气动原理，而非同样的结构，因此该规范不适用于本规范所述测量仪。

另外：JJF 1806-2020《微小孔径测量仪校准规范》，虽也是对微小孔径测量仪进行校准，但该规范中的微小孔径测量仪是采用瞄准触发模式，由激光干涉仪进行测量，其准确度在于激光干涉仪的准确性和机械结构的可靠性，因此是对机械结构和激光干涉仪的校准过程，与本规范的被测结构和关注量值不同，也不能使用于本规范所述测量仪。

3.4 编制规范的必要性和紧迫性

我实验室立项了射频阻抗标准器组的研制及溯源技术研究项目，该项目验收后对无支撑空气介质传输线向几何量溯源提供了技术保障，而项目成果需要有溯源手段来保障其计量特性。因此，规范的编制对于解决外导体内径测量仪的溯源问题，进而对项目研究提供技术保障。

4. 先进性和亮点、社会效益和推广应用前景

所申请的外导体内径测量仪校准规范适用范围为：新

	制造、使用中及修理后的外导体内径测量仪的首次校准、后续校准和使用中检验，先进性为：通过研究外导体内径测量仪的校准方法，解决目前无统一校准规范现状，为其量值溯源提供依据，为空气介质传输线的量值溯源提供保障。 5. 查新结果 目前国家及行业均不具备外导体内径测量仪校准规范。
产业链应用	为我国仪器仪表领域提供计量技术保障，确保测量系统的准确、可靠。 随着科技的不断发展，仪器仪表领域不断有新技术、新要求、新需求体现出来，技术指标的需求范围越来越广、指标越来越高。射频阻抗是射频电子元器件性能的重要表征，它影响无线电波电压、电流幅值和相位变化的固有特性，不符合技术要求的射频阻抗将使电路中的信号传输偏离预期设计要求，从而导致电路信号传输失败。因此，射频阻抗已成为军用电子元器件及军用电子设备广泛应用和关注的重要参数之一。而电子元器件性能参数的测试设备——LCR 表、射频阻抗分析仪、Q 表，都是电子元器件研发、生产、使用阶段的重要量值保证设备，在国防、航空航天等领域的科研、产品设计以及电子元器件行业的生产、使用中得到了广泛的应用，是电子元器件测试筛选和

	国防武器装备质量控制的重要精密测量仪器。而射频阻抗分析仪能否为被测元器件提供准确的测量值，取决于阻抗分析仪是否能够进行量值溯源，是否能保证其本身测量的准确性。因此，对于射频电子元器件性能参数测量设备准确可靠的校准方法和量值溯源研究越来越引起元器件生产厂商和元器件用户的极大关注。那么，对于这类设备的量值溯源时使用的标准器具就成了计量行业亟需解决的问题。 因此，为了确保射频阻抗测量仪器的量值统一、准确，本项目拟通过外导体内径测量仪校准方法的研究和规范的编制，解决目前无统一校准规范的现状，对射频阻抗量值溯源时所用计量标准器具的量值准确提供技术保证和量值溯源手段。
范围和主要 计量特性	1. 计量技术规范适用范围 本规范适用于适用于 APC-7、N 型、3.5mm 接口的无支撑空气线外导体内径测量装置的校准。其他同原理的细长孔径的内径测量仪可以参照执行。 2. 计量特性 （1）重复性 $\leq 0.2\mu\text{m}$ （2）示值误差 测量范围：Φ3.2mm-Φ3.6mm

	最大允许误差：±1.0μm； 测量范围：Φ6.3mm-Φ7.3mm 最大允许误差：±1.0μm。 3. 主要测量标准的技术指标 （1）标准环规 一组 范围：Φ3.1mm-Φ3.7mm（步进或间隔根据使用需求而定） 最大允许误差：±0.5μm； 范围：Φ6.2mm-Φ7.4mm（步进或间隔根据使用需求而定） 最大允许误差：±0.5μm。 注：环规厚度：应至少大于传感器电极长度，避免边缘效应的发生。 4. 拟规定的基本内容 1) 重复性 在测量范围内选择符合技术要求的一系列标准环规进行重复性的测量，安装时应保持标准环规的轴线与外导体内径测量仪的 Z 轴平行，测量环规中间截面的孔径值，在相同的条件下连续测量 6 次，用贝塞尔公式计算试验标准偏差作为校准点的重复性。 2) 示值误差 在测量范围内，取重复性测量时使用量值之外的其他
--	---

	尺寸的标准环规进行示值误差的校准，安装时应保持标准环规的轴线与外导体内径测量仪的 Z 轴平行，测量环规中间截面的孔径值，在相同的条件下连续测量 10 次，将 10 次测量值的平均值作为该点测量值，其与标准值之差即为该校准点的示值误差。
水平	☐国际先进 ☒国内先进
国内外情况 简要说明	1. 国内外情况 国内外均在研究采用定制化测量设备对无支撑空气线的外导体内径开展测量，以便将阻抗参数溯源至基本物理量。国内有基于电容测量法进行外导体内径的测量，也有采用基于伯努利效应根据气压变换的方法进行外导体内径测量的。国外各家权威计量机构，如美国 NIST、英国 NPL 、德国 PTB、瑞士计量院等均采用测量空气线的内、外导体的外、内直径、长度等方式进行测量计算，得到传输线的特征阻抗，将阻抗参量溯源至几何量。因此，空气线溯源至几何量的其中一项——外导体内径测量仪，需要开展量值溯源保障研究。 2. 现有规范不足 目前没有针对外导体内径测量仪的校准规范。 可查阅到的类似的规范有：JJG 356-2021《气动测量仪检定规程》、JJF 1806-2020《微小孔径测量仪校准规范》。 其中：JJG 356-2021《气动测量仪检定规程》，适用

于分度值为 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 的浮标式气动测量仪和分度值或分辨力为 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 的电子柱式气动测量仪的首次检定、后续检定和使用中的检查。这两种形式与本规范的被测属不同结构类型的，该规范所述的外导体内径测量仪，只是采用与本规范相关的气动原理，而非同样的结构，因此该规范不适用于本规范所述测量仪。

另外：JJF 1806-2020《微小孔径测量仪校准规范》，虽也是对微小孔径测量仪进行校准，但该规范中的微小孔径测量仪是采用瞄准触发模式，由激光干涉仪进行测量，其准确度在于激光干涉仪的准确性和机械结构的可靠性，因此是对机械结构和激光干涉仪的校准过程，与本规范的被测结构和关注量值不同，也不能适用于本规范所述测量仪。

因此，有必要开展本规范制定工作，为外导体内径测量仪提供溯源保障，进一步为射频阻抗参量的量值溯源提供技术支撑。

本规范没有发现知识产权或涉及专利的情况。

推荐意见		同轴空气介质传输线外导体内径测量仪是用于测量特定尺寸的同轴无支撑空气介质传输线外导体内直径的仪器，广泛应用于仪器仪表等产业链领域。但目前国家及行业没有相应的计量技术规范，不能满足计量需求，因此有必要编制本规范。建议书给出的计量特性和技术方案基本合理，可满足同轴空气介质传输线外导体内径测量仪的校准需求。			
主要起草单位	(签字、盖公章) 月 日	技术委员会	(盖公章) 月 日	部委托支撑单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写“■”的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。