

入门必读  
降低测试风险及改善产品质量



**KEYSIGHT SERVICES**  
*Accelerate Technology Adoption. Lower costs.*

# 或许你从来都没想到过，什么让你夜不能寐？

低质量或不完整的校准可能导致测量出现重大误差。如果测试仪器未按照技术指标工作，开发产品的的时间可能会超出你的预期，生产线上的良品产量可能会非常低。

如果你的测试仪器在校准时没有达到你所依赖的指标，那么你所测试的产品、器件便会陷入风险之中。这个风险可能会造成高昂的代价。详细的校准报告是验证你的仪器是否符合技术指标的唯一方式。阅读此电子书可帮助你降低风险，测试更放心。



# 目录

为什么要进行校准?	3
什么是校准? 哪些方面需要校准?	4
仪器超标将有何后果?	5
什么是测量不确定度 (MU) ?	6
什么是溯源性?	8
标准对校准重要吗?	9
为何认可关系重大?	10
您相信校准会切实影响新产品的上市时间和产品产量吗?	11
校准如何影响上市时间?	12
对合格/不合格的误判风险。听起来很糟糕, 真的是这样吗?	13
选择校准提供商的最明智方式是什么?	14
“校准仅仅是校准, 对吗?”	15
致谢	16
是德科技服务 — 加快技术应用。降低成本。	17

# 为什么要进行校准?

电子仪器保证的技术指标，通常依赖于在微处理器控制下的微调硬件的能力，例如放大器增益、滤波器转角频率、直流偏置和其它在生产过程中进行了调整的功能。随着时间的推移，由于测量环境的变化和元器件逐渐老化，这些电子仪器的指标可能会发生漂移。有时候，这种漂移在时间上呈线性趋势，如图 1 所示。有时候则会突然出现改变。同样，扭矩扳手或高精度温度计，也可能会由于使用方式不当（或损坏）而改变测量结果。

对仪器进行校准的意义在于精确测量当前性能，消除这样的疑虑：“它现在还适合使用吗？”；“我还能继续信赖厂家保证的这些技术指标吗？”。

其实，测量意义很重大。你会基于测量，做出合格和不合格的判断。

适当的定期校准，可识别出任何超差的测试设备指标漂移，并及时对其进行调整，确保您能依赖您的测试设备，做出合格 / 不合格判断、或定位设计上的问题。

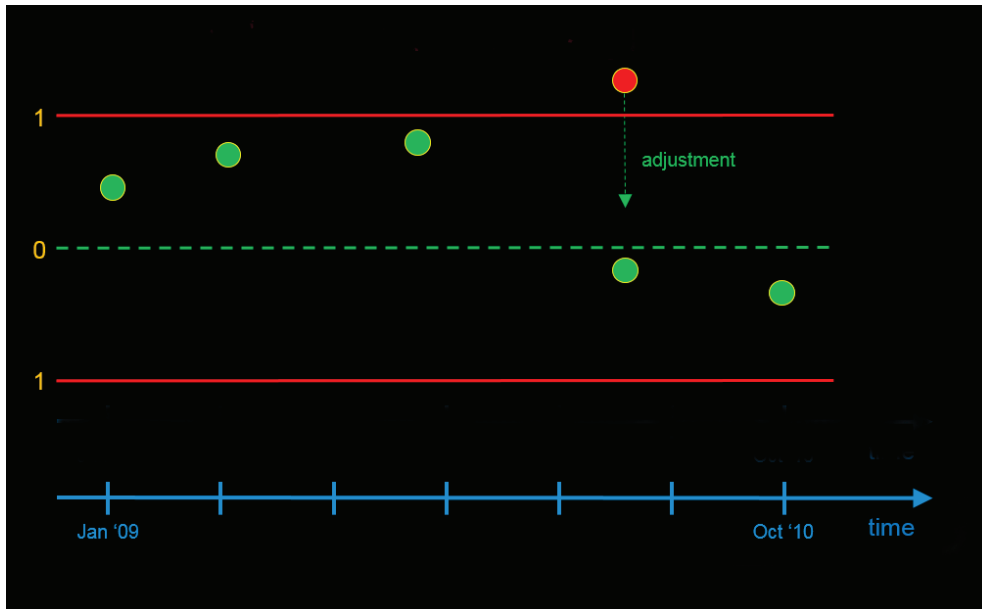


图 1 — 仪器指标出现漂移导致超差需要调整

## 这块木板有多长?

- 请三个测量服务提供商来测量一块木板
- 第 1 个提供商的答案：“1 米”
- 第 2 个提供商的答案：“1 米，加或减 3 毫米”
- 第 3 个提供商的答案：“998.0 毫米，加或减 0.5 毫米”
- 这块木板有多长?
- 你认为哪个答案是最精确的?
- 如果你需要至少 1 米长的东西，你会选择这块木板吗?



# 什么是校准？哪些方面需要校准？

## 简单定义

校准是指，定期使用可通过国家计量机构（NIST、NPL、PTB、NMU、CNAS 等）溯源到国际单位制（SI）的、具备更高性能的实验室标准件，测量仪器的实际性能，以验证技术指标的过程。

根据服务提供商和设备的类型，当发现仪器超出技术指标时，此校准服务可能包括调整。调整电子仪器通常需要精通其内部体系结构和涉及到的专有知识，因此通常只有原厂（即 OEM）能够对它们进行调整。尺寸标准件无法进行调整，例如量块，在磨损严重时只能进行更换。机械扭矩扳手通常在需要时可以调整。

## 为什么需要校准？

很简单。您所使用并依赖其保证技术指标的任何仪器都需要进行定期校准！

## 正式定义

校准是指在特定条件下进行的一组操作：第一步，确定由测量标准提供的量值（及其测量不确定度）与相应示值（及其测量不确定度）之间的关系；第二步，使用此信息确定示值与所获得的测量结果间的关系。<sup>1</sup>

## 主要观点：

在校准过程中，精确测量当前性能是不可被取代的。

<sup>1</sup> ISO/IEC 指南 99:2007 的 2.39 节 — 国际计量学词汇。

# 1 仪器超出技术指标将有何后果？

很多人（当然不是所有人）认为，当他们把仪器送去校准时，校准服务包含把仪器的指标调整“至容许区间的中间”。这是不对的！请见图 2 中的校准和维修流程图。

校准实验室会运行一系列的性能测试。如果你的仪器“收到时”的指标被认定在技术指标范围内，你将会收到一份指示其“合格”的报告。

如果一台仪器经认定超出技术指标（或指标超差），服务提供商可能会执行调整。注意对于很多现代电子仪器，调整需要复杂的迭代外部测量和计算，以便在改变内部 DAC 设置时对仪器进行表征。

## 主要观点：

在选择校准供应商之前，请要求他们对你的仪器做个全面评估，并询问当仪器指标超差时，他们对哪些仪器能够执行调整。对于他们必须返回原仪表厂家（OEM）的仪器，是否视为“维修”（额外时间 / 额外成本）。

当供应商确定能执行调整时，您应期望收到两份测量结果，一份是您提交仪器时仪器的初始性能测量结果，一份是调整之后执行测量的结果。这样您就能确定在使用指标超差仪器时，合格 / 不合格判断对您产品的影响。第二个测量报告，第二个测量报告为“完成时”的报告，是表示仪器适合继续使用的证据。

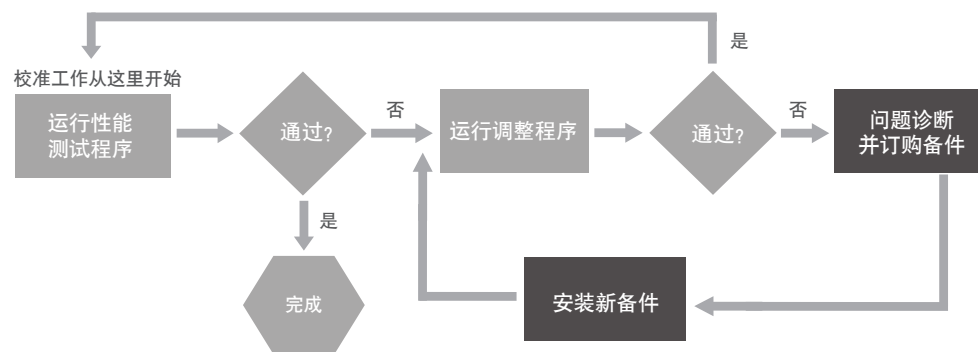


图 2 一 校准和维修流程图显示调整

# 什么是测量不确定度 (MU) ?

任何测量都无法做到完美，因为它们都会包含误差和不足。工程师们在将仪器投入其测试系统之前，会仔细查看其精度技术指标。系统精度通常是在综合所有潜在测量误差源后所做出的工程评测。在校准过程中，国际标准<sup>2</sup>需要确定仪器测量时所包括的各种误差和不精确测量的因素。这些因素造成了所谓的“测量不确定度” (MU)。因此，尽管测量不确定度听上去有点陌生，您可将其当作在校准过程中，综合了各个误差源的标准偏移评测。简言之，它就是指测量不精确度。

大的校准不确定度增加了您的仪器以超差状态运作，导致测量误差影响设计质量或性能的风险。由于校准的测量不确定度影响您整个测试系统的精确程度，因此了解什么是测量不确定度，并且保持其在较低水平，能节省您的成本和测试时间。如图 3 中曲线下方的红色区域所示，较小的测量不确定度会降低您超出技术指标的风险。请看实验室 A 和实验室 B 两个不同的校准商所提供的测试结果。两者看起来相等。实验室 A 的测量不确定度（用竖线表示）相对较小。实验室 B 的结果中竖线较长，表示其测量不确定度较大。仪器在操作时超出技术指标的风险用红色区域代表。显然，实验室 A 能提供比实验室 B 更小的风险。

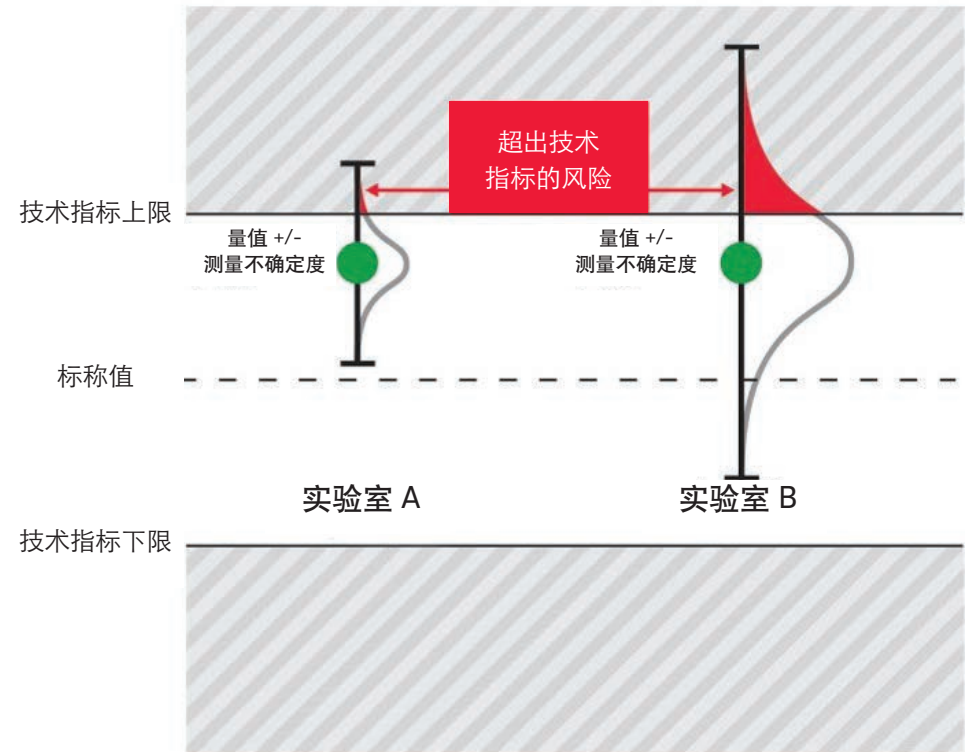


图 3 — 测量不确定度的大小 (MU) 关系重大

<sup>2</sup> ISO/IEC 指南 98-3:2008，测量不确定度表示指南。

在校准过程中，测量不确定度较小，代表您能更自信地判断您的被测产品是否达到性能标准，并且降低将“良品”视为不合格产品或将“次品”视为合格产品的风险。这会提高良品产量，缩短研发设计周期。

### 主要观点：

您所依赖的真实仪器的精度只能达到您上一次校准时的测量不确定度的水平。

### 正式定义<sup>2</sup>

与测量结果关联的一个参数，用于表征合理赋予被测量值的分散性。（也称为“测量不确定度”）<sup>3</sup>

<sup>3</sup> ISO/IEC 指南 99:2007。国际计量学词汇 – 基本和通用概念及相关术语。



### 不能精准射中靶心（即不精确度）的原因是什么？

- 箭头: 重量、空气动力特性
- 弓箭手: 力量、技术、竞争力
- 弓: 重量、材料
- 目标: 移动性、大小、距离
- 环境: 风速、方向、可视性

只有充分了解这些因素对性能有何影响，并有一个公式来描述它，我们才能计算射中目标的概率。



# 什么是溯源性？

可溯源测量能够确保制成品和工业流程的一致性。共同的测量基准对于产品、服务和技术在全球范围内的交接和验收至关重要。

溯源性是设计和制造要面临的众多挑战之一。连接到一个共同标准对于测量相关性至关重要，尤其是对于处在不同地理位置的团队更是如此。

## 正式定义

溯源性是指“通过文件规定的不间断校准链，将测量结果与参照对象联系起来的测量的特性。校准链中每项校准均会引入测量不确定度”。<sup>4</sup>

## 简单定义

测量的溯源是指通过不间断的比对链，连接到公认的拥有更高精度的标准。

需要将产品或服务如何连接到流程、状态或时间进行记录。如果该流程是测量，则关于设备、程序、不确定度、测试环境及人员的详细信息也都和实现溯源性有关。

## 主要观点：

只要负责校准您的仪器的实验室能够证明其可溯源性，在一个国家中对您的原型设计进行的测量就能与您在其他国家的测试系统密切关联起来。

<sup>4</sup> ISO/IEC 指南 99:2007 的 2.41 节。国际计量学词汇 – 基本和通用概念及相关术语。

# 标准对校准重要吗？

当然！说到校准时，最重要的标准如图5所示。

ISO/IEC 17025:2005	检测和校准实验室能力的通用要求
ISO/IEC 指南 98-3:2008	测量不确定度表示指南
ILAC-G8:03/2009	与规范符合性报告指南
ILAC-P14:01/2013	ILAC对校准领域测量不确定度的政策
ANSI/NCSL Z540-1-1994	校准实验室和测量测试设备的通用要求（2007年撤销，但在现有的航空航天/国防工作中仍正常使用）
ANSI/NCSL Z540.3-2006	校准测量测试设备的要求
ISO 9001:2015	质量管理体系要求

图 5.

注：ILAC是“国际实验室认可合作组织” – 各个认可机构间相互承认的协议网络。

几乎每个人都熟悉 ISO 9001 质量管理标准。几乎所有公司都会遵守。不过，在校准方面，它包含一些规范以确保校准实验室的工作能力，如何评测不精确度（现在你知道，这个就是测量不确定度），哪些要包含在校准报告中等。

对于校准，ISO/IEC 17025: 2005 是单一最重要的国际标准。

它是校准实验室能力的国际标准，范围覆盖了标准使用的各个方面，校准程序和相应的测量不确定度的开发，恰当的测量结果报告，以及人员培训。ISO 17025 也包括了 ISO 9001 中的管理要求。



图 6 — 国际标准组织 (ISO) 的符号

## 主要观点：

您并不需要了解全部的校准标准！但是如果您询问了您所使用的校准实验室所遵循的标准，以及为何他们认为遵循该标准对您的仪器保持测量精度非常重要，您将会了解更多相关知识。

# 为何认可关系重大?

认可，是由独立的认可机构（AB）按照 ISO/IEC 17025 的标准对实验室实施正式评审，证实其满足相关标准要求的确认。

一个实验室想获得认可，必须提供他们针对所申请的参数范围（见下一段）的测量程序和测量不确定度分析的相关材料。然后，认可机构会选择一名或多名该领域的测量专家担任评审员。对于每一项申请参数，评审员需要评测实验室所提供的材料、实验室现场设施、以及人员能力。通过认可的参数以及实验室对这些参数的校准和测量能力将记录在实验室的“认可能力范围”内，可以通过询问该校准实验室或在认可机构的官方网站内查询到。

请注意，单单通过认可并不意味着该实验室的认可能力范围覆盖所有的测量能力。事实上，各实验室的能力范围差别很大，如图 7 所示。例如，ABC 实验室不能对射频 / 微波参数进行认证，而 XYZ 实验室则可以。

## 主要观点：

如果您需要进行认可校准，请确保该实验室针对您的仪器的各项参数要求已获得认可。

	XYZ 实验室	ABC 实验室
<b>I. 电气 — 直流/低频</b>		
直流电压 — 生成	✓	✓
直流电压 — 测量	✓	✓
直流电流 — 生成	✓	✓
直流电流 — 测量	✓	✓
电阻 — 生成	✓	✓
电阻 — 测量	✓	✓
交流电流 — 生成	✓	✓
交流电流 — 测量	✓	✓
交流电压 — 生成	✓	✓
交流电压 — 测量	✓	✓
交流电压平坦度 — 生成	✓	✓
交流电压平坦度 — 测量	✓	✓
电阻 — 生成	✓	✓
电阻 — 生成 — 分流装置	✓	✓
电容 — 生成	✓	✓
J 型热电偶指示器的电气校准	✓	✓
<b>II. 电气 — 射频/微波</b>		
调幅 — 测量 7	✓	没有勾选意味着该实验室在这些参数上没有获得认可机构的认可。
调频 — 测量 8	✓	
数字调制 — 测量	✓	
射频绝对功率 — 测量 5	✓	
调谐射频功率	✓	
射频绝对功率 — 生成	✓	
功率传感器校准因数 9	✓	
热噪声系数系统 — 测量 9	✓	
热噪声测量	✓	
脉冲 — 生成	✓	
脉冲 — 测量	✓	
CISPR 脉冲响应	✓	
衰减 — 生成	✓	
衰减 — 测量	✓	
反射 S11/S22 — 测量	✓	
反射 S12/S21 — 测量	✓	

图 7 — 一份简单的实验室能力比较

# 您相信校准会切实影响新产品的上市时间和产品产量吗？

这是真的。无论您是负责新产品上市的实验室经理还是负责产品产量的生产工程师，校准都能影响您的绩效。

让我们仔细计算一下这中间的厉害关系吧。

校准对各个团队的影响是不同的。

研发部	生产部	财务部
满足设计验证和测试开发的时间要求	提高产品产量	降低总体测试成本
遵守项目时间表	提高利润率	保护利润率
满足预算要求	降低总体测试成本	降低财务预测的难度

图 8 — 校准对研发、生产和财务部门的影响

**主要观点：**  
你的测量结果和经营成果直接相关。



# 校准如何影响上市时间?

首先推向市场或第一个投产对于很多行业至关重要。在无线领域，第一家在不断发展的技术标准上实现创新的公司将会市场中占据领先地位。客户要求的技术指标可能来自于市场研究或外部标准。无论采用哪种方式，设计原型在正式投产前必须通过设计审核，此时测量性能必须高于目标规范，并保证一定的生产利润。如果设计未能达到目标测试的及格线，则工程师必须提交新的芯片制造或电路板版图。重新测试会造成额外的材料制造成本和时间损失，对公司的收益产生巨大的负面影响。

那么校准如何才能发挥恰当作用呢？无论何时在做出合格或不合格判断时，例如从设计向生产过渡的节点，使用超差的仪器带来的测量误差，可导致将“良品”误判为不合格产品，或将“次品”误判为合格产品。

校准还能确保您的整个设计链到制造团队的数据相关性。这能使团队避免浪费时间查找问题出在何处。

## 主要观点：

迅速准确的故障诊断依赖于您的测量精度。而恰当的仪器校准将为您提供这种信心。

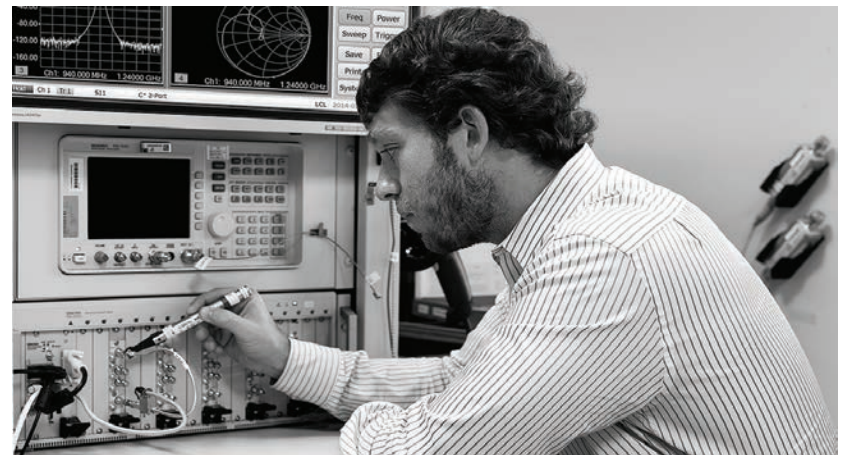
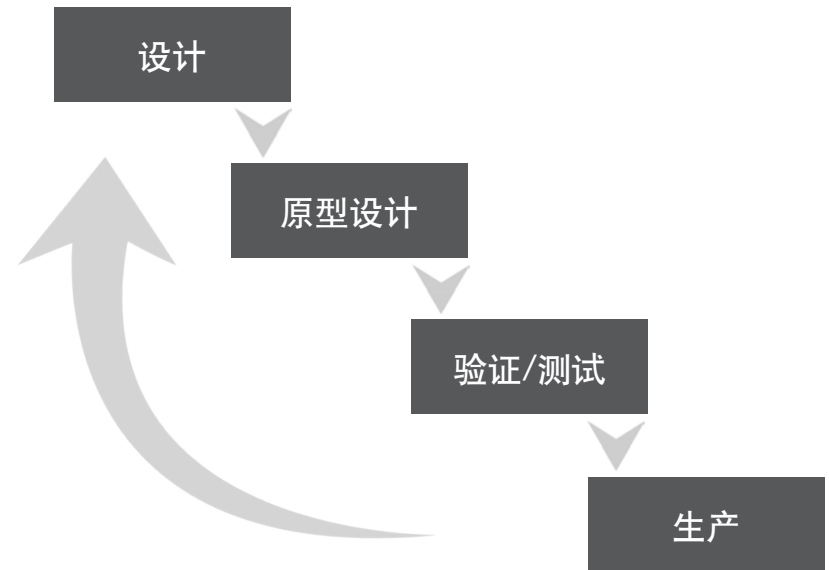


图 9 — 设计到生产

## 合格/不合格的误判风险。听起来很糟糕，真的是这样吗？

无论您何时测量产品或器件，在对比技术指标做出合格或不合格判断时，都有可能做出错误判断。测量不确定度越大，落入图 10 中的深色方框区域的概率越大。

图 10 中的纵轴代表着产品的真实状态，或者“好”或者“坏”。但我们无法获悉真实状态，只能依赖测量结果判定，也就是横轴的指示内容。我们希望在大多数情况下，当您判定一个产品是可接受的，它实际上就是如此；或者如果您拒绝了一个产品，您就正确阻止了一件次品流向客户。

一种较为麻烦的情况是，如果您拒绝了一件实际上合格的产品，您就会需要将其废弃或返还生产部门进行不必要的返工。这就是左上象限代表情况。右下象限代表着“错误判定为合格”情况，此时您将一个实际上不合格的产品错误地判定为合格产品。在此情况下，您会误将次品发送给客户。如果最初并不明显，这将可能导致保修、次品更换成本和客户满意度问题。如果很多客户感到失望，您的品牌形象就会受损。

### 主要观点：

好的企业要将“错误判定为不合格”及“错误判定为合格”的概率维持在尽量低的水平。在最终测试时，您的测量不确定度越小，这些概率才能越低。应使用精确仪器并通过定期的适当校准确保它们处于容限之内。

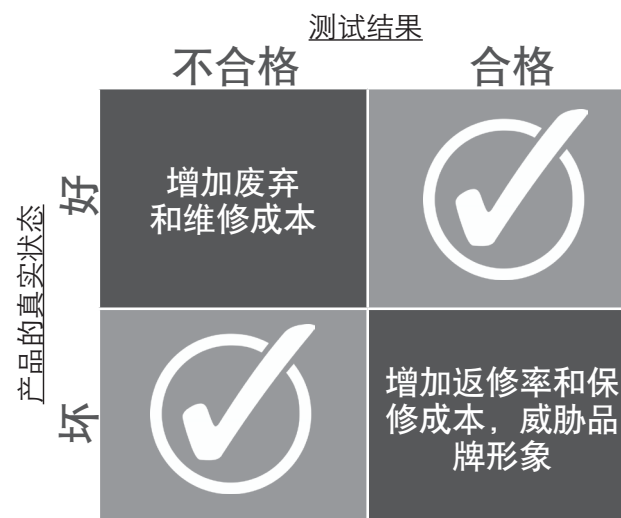


图 10 — 从设计到生产

测量不确定度决定了您对产品的质量判断落入图中哪个象限。您可能测试一个良品并且结果显示合格，或者测试一个次品并且结果显示不合格。这样很好，但您也可能测试一个良品时，结果显示不合格。这时您可能将其废弃或进行不必要的返工。您也可能在测试一个次品时，结果显示合格。这对公司更加危险，因为客户投诉和产品召回将会损害您的产品质量形象。

# 选择校准提供商的最明智方式是什么？

您购买测试测量设备来进行特定测试，同时也依赖这些设备来作出合格/不合格判断。为确保做出正确判断，该设备必须定期进行恰当校准。

在这个电子书中，我们探讨了校准的某些重要方面。当您选择校准实验室时，一定要咨询：

- 他们的程序是如何开发的？
- 他们使用什么设备作为标准件？
- 他们提供什么报告作为工作执行的证据？
- 对您的仪器来说，他们的不确定度的范围有多小？
- 如果您需要认可校准，针对您仪器的各项参数范围，他们是否已经获得认可？
- 他们的测量能溯源吗？

您经常会发现各个实验室在这些方面的特征各有不同。



一旦您了解清楚这些校准相关的技术情况，接下来您就能考虑校准服务的使用中的其他重要因素。在选择服务提供商时，一定要将下列因素也纳入决定流程：

- 拥有较小的不确定度，以提高产品产量、产品质量和降低废弃率。
- 成熟、值得信赖、组织良好，并拥有可靠而快速的周转时间，从而减少停机时间，缩短生产和上市的时间。
- 能够校准您的所有设备，无论来自哪家制造商，由此降低校准服务供应商选择的复杂性。
- 拥有资产管理工具，可以保存校准证书和数据/测试报告，管理服务需求，能帮助客户轻而易举地通过审计！

# “校准仅仅是校准，对吗？”

希望在您阅读和思考了这本电子书中与校准有关的内容后，您已成为一名熟悉校准知识的消费者。

是德科技服务的目标是确保您购买的所有仪器物有所值，发挥其应有

性能。这些仪器也包括哪些并非我们制造的仪器。正因如此，我们没有考虑仪器的制造商是谁，每一次都会对仪器的每一个保证的技术指标、每一个选件，都作出精确测量。我们认为您不应满足于低水平的校准。

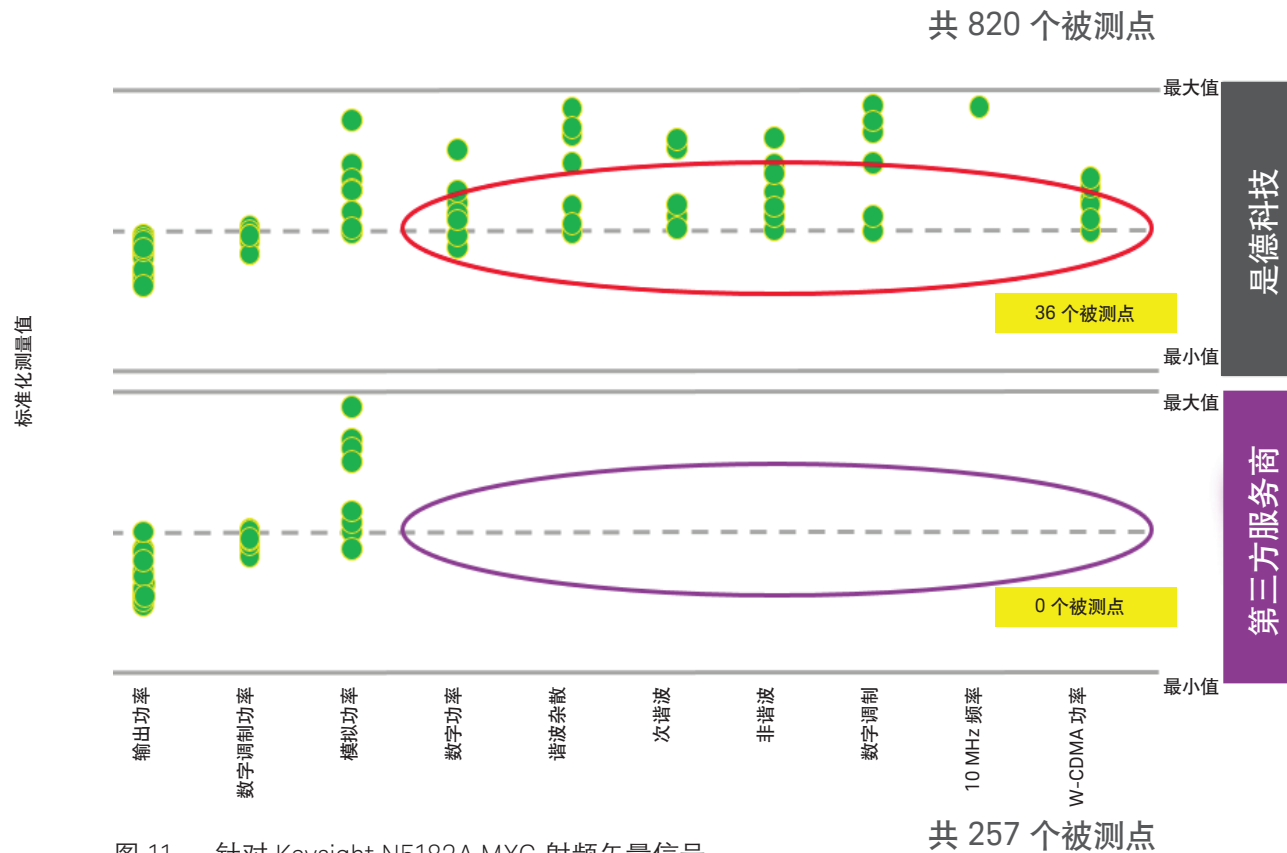


图 11 — 针对 Keysight N5182A MXG 射频矢量信号发生器的真实性能测量



# 致谢!

尊敬的客户:

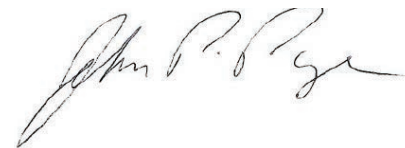
能与您分享这本电子书, 我们非常激动。本书专为负责企业内所有测试资产的校准工作的人员、以及寻求改善业务结果的最终用户而设计。

为了提供更全面的支持, 是德科技正在扩大我们的服务产品系列。客户希望由一家服务供应商来管理所有测试设备的服务, 从而提高运营绩效, 降低物流复杂程度和缩短周转时间。看到客户这种日益增加的需求, 我们现在提供了一站式校准服务。目前我们已经为是德科技和非是德科技的长热力电光仪器提供了超过 450,000 次校准。可以校准的仪器种类和型号还在日益增多。为了便于您就近联系, 我们在 30 个国家设有服务中心, 并在全球 20 个国家通过了 18 个认可机构的认可。

请致电您当地的是德科技服务专家, 了解更多信息。

谨致问候!

John Page

A handwritten signature in black ink, appearing to read "John P. Page". The signature is fluid and cursive, with a large initial "J" and "P".

服务解决方案事业部总裁

# 是德科技服务 — 加快技术应用, 降低成本。



是德科技服务拥有业内领先的人员、流程和工具组合, 致力于帮助您实施新技术, 帮助工程师改进流程。欢迎您立即与我们的专家联系, 寻找新方式最大限度提升资产利用率, 优化工程操作和降低成本。

了解详细信息

我们希望本信息对您有所助益。请致电是德科技专家, 了解关于我们校准服务的更多信息。

请点击以下链接, 深入了解相关信息

校准视频系列

《开启测量新视野》博客

《校准服务的六个轴心》

《获得您需要的校准》

《高效管理测试设备, 降低总体拥有成本》

与专家联系

《CNAS认可校准》



如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，  
请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，  
请访问: [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

#### 是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189  
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863  
电子邮件: [tm\\_asia@keysight.com](mailto:tm_asia@keysight.com)

#### 是德科技(中国)有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦  
电话: 86 010 64396888  
传真: 86 010 64390156  
邮编: 100102

#### 是德科技(成都)有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号  
电话: 86 28 83108888  
传真: 86 28 85330931  
邮编: 610041

#### 是德科技香港有限公司

香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼  
电话: 852 31977777  
传真: 852 25069233

#### 上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号  
利通广场 19 楼  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200080

#### 深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号  
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元  
电话: 86 755 83079588  
传真: 86 755 82763181  
邮编: 518048

#### 广州分公司

广州市天河区黄埔大道西 76 号  
富力盈隆广场 1307 室  
电话: 86 20 38390680  
传真: 86 20 38390712  
邮编: 510623

#### 西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号  
长安国际大厦 D 座 501  
电话: 86 29 88861357  
传真: 86 29 88861355  
邮编: 710068

#### 南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号  
金陵饭店亚太商务楼 8 层  
电话: 86 25 66102588  
传真: 86 25 66102641  
邮编: 210005

#### 苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号  
世纪金融大厦 1611 室  
电话: 86 512 62532023  
传真: 86 512 62887307  
邮编: 215021

#### 武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号  
武汉保利广场 18 楼 A 座  
电话: 86 27 87119188  
传真: 86 27 87119177  
邮编: 430071

#### 上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号  
26 号楼一楼 J+H 单元  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200083

是德科技服务

### KEYSIGHT SERVICES

[www.keysight.com/find/services](http://www.keysight.com/find/services)

我们拥有业界领先的技术人员、流程和工具，可以提供深度的设计、测试和测量服务。  
最终的结果就是：我们帮助您应用新技术，以及经工程师改进的流程，从而降低成本。

Keysight Infoline

Keysight Infoline

[www.keysight.com/find/Infoline](http://www.keysight.com/find/Infoline)

是德科技的洞察力帮助您实现最卓越的信息管理。免费访问您的是德科技设备公司报告和电子图书馆。



关注是德科技  
了解更多测试资讯



本文中的产品指标和说明可不经通知而更改  
© Keysight Technologies, 2016  
Published in USA, October 6, 2016  
出版号: 5992-1899CHCN  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)