



中华人民共和国国家标准

GB/T 18779.5—2020

产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第5部分:指示式测量仪器的 检验不确定度

Geometrical product specifications (GPS)—Inspection by measurement of
workpieces and measuring equipment—Part 5: Uncertainty in verification
testing of indicating measuring instruments

(ISO 14253-5:2015, MOD)

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 通则 5

5 被测量 6

6 检测方责任准则 8

7 指示式测量仪器检测中的具体问题 9

附录 A（资料性附录） 使用替代检测设备的指南 11

附录 B（资料性附录） 与 GPS 矩阵模型的关系 12

参考文献 13

前 言

GB/T 18779《产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验》分为 6 个部分:

- 第 1 部分:按规范检验合格或不合格的判定规则;
- 第 2 部分:测量设备校准和产品检验中 GPS 测量的不确定度评定指南;
- 第 3 部分:关于对测量不确定度的表述达成共识的指南;
- 第 4 部分:判定规则中功能限与规范限的基础;
- 第 5 部分:指示式测量仪器的检验不确定度;
- 第 6 部分:仪器和工件接受/拒收的通用判定规则。

本部分为 GB/T 18779 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 14253-5:2015《产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第 5 部分:指示式测量仪器的检验不确定度》。

本部分与 ISO 14253-5:2015 的技术性差异及其原因如下:

——关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:

- 用等效采用国际标准的 GB/T 16857.1 代替 ISO 10360-1(见第 3 章);
- 用等效采用国际标准的 GB/T 18779.1 代替 ISO 14253-1(见第 3 章,第 4 章);
- 用修改采用国际标准的 GB/T 18779.6 代替 ISO/TR 14253-6(见第 3 章);
- 用等同采用国际标准的 GB/T 24634 代替 ISO 14978(见第 3 章);
- 用修改采用国际标准的 GB/T 24637.2 代替 ISO 17450-2(见第 3 章);
- 用 JJF 1001—2011 代替 ISO/IEC Guide 99:2007(见第 3 章);
- 用 JJF 1059.1—2012 代替 ISO/IEC Guide 98-3:2008(见第 3 章)。

本部分由全国产品几何技术规范标准化技术委员会(SAC/TC 240)提出并归口。

本部分起草单位:中国计量大学、北京市计量检测科学研究院、中机生产力促进中心、中国计量科学研究院、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所。

本部分主要起草人:王道档、明翠新、郭天太、王为农、吴迅、孙玉玖、朱悦。

引 言

GB/T 18779 的本部分属于产品几何技术规范(GPS)中的通用标准(见 GB/T 20308),它影响 GPS 矩阵模型中的 F 链环。

GB/T 20308 中的 GPS 矩阵模型对 GPS 体系进行了综述,本部分是该体系的一部分。除非另有说明,GB/T 4249 给出的 GPS 基本规则适用于本部分,GB/T 18779.1 给出的缺省规则适用于按照本部分制定的规范。

判定符合或不符合规范的判定规则是基于测试时产生的测量不确定度。

测量实践使得计量学家和实践者熟悉测量不确定度。任何可能影响测量结果的因素都被视为不确定度分量并量化,最终包含在合成不确定度中。测量的目的是采集给定被测量的定量信息,而不确定度表明该信息的可靠性。

在指示式测量仪器的检验中,测量的目的是检查指示式测量仪器的一个或多个计量特性,而不是测量工件几何形状特征的特性。在这种情况下,被评估的不确定度(即检测值的不确定度)量化了检测值的准确度。检测工作是通过检测值,而不是通过检测值的不确定度,来检验指示式测量仪器的质量。

用于指示式测量仪器的检测值不确定度在概念上并不易评估,需要仔细考虑以确定哪些不确定度分量需被计入,哪些不需被计入。

指示式测量仪器的某些检验可能与仪器示值以外的量有关,或者单个检验可能同时检查仪器示值和其他计量特性,例如,对测微计的检验,检查其示值误差(受 MPE 限制)和测量力(受 MPL 限制)。对于仪器示值之外的其他计量特性相关的检验或其中的一部分而言,GB/T 18779 的本部分不适用,它们与 ISO/IEC 指南 98-3(GUM)和 GB/T 18779.2 中概念明确的量有关,不需要 GB/T 18779 本部分的进一步指导。

给出了检验指示式测量仪器时检测值的不确定度的严格定义。传统不确定度评定的应用基于此定义,并根据 ISO/IEC 指南 98-3(GUM)和 GB/T 18779.2 确定哪些不确定度分量需计入。

产品几何技术规范(GPS)

工件与测量设备的测量检验

第5部分:指示式测量仪器的 检验不确定度

1 范围

GB/T 18779 的本部分规定了评估检测值不确定度的概念及术语。在 GPS 指示式测量仪器的检验检测中,根据机构间达成的检测协议,通过仪器得到检测值。

注:检测值不确定度与测量工件时由指示式测量仪器引起的测量不确定度是不同的。GB/T 18779 的本部分中仅涉及前者。后者参见 JJF 1059.1 和 GB/T 18779.2。

当指示式测量仪器的检验包含了多个检测值时,有些与仪器示值有关,另一些与其他计量特性有关,GB/T 18779 的本部分仅涉及前者。

本部分规定了检测协议确定后如何评估检测值不确定度,不涉及规定检测协议的适用性。

本部分适用于 GPS 通用标准(见 GB/T 20308)中涉及指示式测量仪器的所有规范。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 16857.1 产品几何量技术规范(GPS) 坐标测量机的验收检测和复检检测 第1部分:词汇(GB/T 16857.1—2002,eqv ISO 10360-1:2000)

GB/T 18779.1 产品几何量技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第1部分:按规范检验合格或不合格的判定规则(GB/T 18779.1—2002,eqv ISO 14253-1:1998)

GB/T 18779.6 产品几何技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第6部分:仪器和工件接受/拒收的通用判定规则(GB/T 18779.6—2020,ISO/TR 14253-6:2012,MOD)

GB/T 24634 产品几何技术规范(GPS) GPS 测量设备通用概念和要求(GB/T 24634—2009,ISO 14978:2006,IDT)

GB/T 24637.2 产品几何技术规范(GPS) 通用概念 第2部分:基本原则、规范、操作集和不确定度(GB/T 24637.2—2020,ISO 17450-2:2012,MOD)

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

3 术语和定义

GB/T 16857.1、GB/T 18779.1、GB/T 18779.6、GB/T 24634、GB/T 24637.2、JJF 1001—2011、JJF 1059.1—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

检测 test

(对于 GPS 指示式测量仪器)依据检测协议进行的测量准备、测量、数学计算以及决策行为。

注 1: 在一个检测协议中不一定包含所有的测量步骤。

注 2: 检测常被用来检验 GPS 指示式测量仪器的技术参数。

注 3: 指示式测量仪器的技术参数可通过一个或多个最大允许误差(MPE)表示。

注 4: 检测的典型示例是验收检测和复检检测。

注 5: 本术语有时在更广泛的意义上使用,包括当检测结果是二态的或分类值的情况。确定软件的算法是否收敛是二态判别的一个例子。GB/T 18779 的本部分中仅指对检测值的检测。

注 6: 见图 1。

3.2

检测实例 test instance

产生检测结果的检测设备、装置、测量序列、环境和仪器条件等的组合。

3.3

许可检测实例 permissible test instance

按照检测协议,采用替代方案和特定条款的检测实例。

注 1: 当检测协议允许替代方案时,替代方案既可以是离散的,也可以是连续的。离散的例子是检测设备的选取,例如坐标测量机(CMM)检验中量块的选取,连续的例子是满足检测条件要求的环境温度。

注 2: 当检测协议明确指定测量次数时,就会出现特定条款,例如,条款中明确规定重复测量的次数。

注 3: 检测可能同时需要替代方案和特定条款,例如,根据检测合作方的要求(替代方案),在有限数量的配置(特定条款)中选择检测设备对指示式测量仪器进行检测。

注 4: 替代方案有两个用途:

- 1) 为了适应实际条件,例如,使用现有的检测设备替代原来的检测设备,或符合检测环境条件要求的任何实际环境;
- 2) 在检测之前对检测细节不加以详细说明,以鼓励指示式测量仪器的制造商(为了避免仪器被拒收)提供符合要求的指示式测量仪器,例如:检测步骤的细节可能在检测时由检测合作方(3.14)确定,迫使制造商对任何可能的步骤选项提供全部符合要求的指示式测量仪器。

3.4

被测量 test measurand

在一个由检测协议定义的许可检测实例中被检验的指示式测量仪器的计量特性。

注: 一份检测协议可能允许多个许可检测实例以适应实际环境及限制实验成本。对于每一个检测实例,被测量都有其定义,不同的许可检测实例可能会有不同的被测量。

3.5

检测协议 test protocol

预先定义的详细检测规范,对被测量、要求的检测条件以及判定规则给出了定义。

注 1: 检测协议可由相关的标准定义。当没有标准适用时,可由检测方或者检测合作方(3.14)定义。

注 2: 检测方和检测合作方在检测前应就检测协议达成一致。

注 3: 在 GB/T 18779.1 中给出了默认的判定规则。定义替代判定规则的指导参见 GB/T 18779.6。

注 4: 明确的检测协议对于检测的有效性来说是至关重要的。特别地,许可检测实例集合的定义需要在完备性与实际经济可行性之间进行折中。

注 5: 由于 GB/T 18779.1 中的默认规则是严格和保守的,在这种情况下指示式测量仪器的检验接近绝对意义上的验证。

3.6

被测量的示值 measured test indication

检测中得到的结果,根据检测操作集由该结果得到检测值。

注: 根据检测协议中的条款,检测值可基于单一或多个被测量的示值得到。

3.7

检测操作集 test operator

根据规定的数学和/或统计方法,在检测中应用于被测量的示值以获得检测值的一组有序操作。

- 注 1：每一个检测值都依据一个检测操作集得到。当一个检测有多个检测值时（详见 3.8 中的注 4）就需要同样数目的检测操作集。
- 注 2：在序列当中的操作可大致分为四类：剔除异常值、降噪、统计及其他数学运算。
- 剔除异常值的例子：
- 1) 剔除被测量的示值里位于 99%分位以外的示值；
 - 2) 当不超过 2%的示值不能满足规范要求时，重复三次该测量。
- 降噪的例子：
- 1) 选取重复测量值的中值；
 - 2) 进行（空间）频率分析并剔除所有高于某一预定义阈值的波长。
- 统计的例子：
- 1) 选取被测量的示值的均值；
 - 2) 选取被测量的示值绝对值中的最大值。
- 其他数学运算的例子：
- 1) 根据示值得到的坐标计算获得高斯（最佳拟合）球面，并计算每个示值到球体中心的距离；
 - 2) 在一条线上扫描，计算被测量的示值的均值。

3.8

检测值 test value

在检测中测量得到的量值，用以估计被测量的大小。

- 注 1：检测值是基于被测量的示值，并依据检测操作集得到。
- 注 2：因为受检测协议的限制，检测值通常不能完全反映指示式测量仪器的性能。
- 注 3：一个检测值可能从多个被测量的示值中依据检测操作集得到。
- 注 4：一个检测可能产生多个检测值，例如，一个检测可能对指示式测量仪器的多个计量特性具有最大允许误差要求，导致多个检测值。
- 注 5：图 1 所示为一个具有单一最大允许误差（MPE）的检测的例子。当检测中涉及多个最大允许误差时，对每个最大允许误差重复步骤 3～步骤 7。
- 注 6：可能会存在没有可用于比较的最大允许误差的情况。可能的例子，当指示式测量仪器废弃后又被修复时，或当原始最大允许误差在复检检测之前按照公司要求被调整以满足实际需求时。在这些情况下，不能用步骤 5～步骤 7，并且检测将随着检测值的确定而结束。

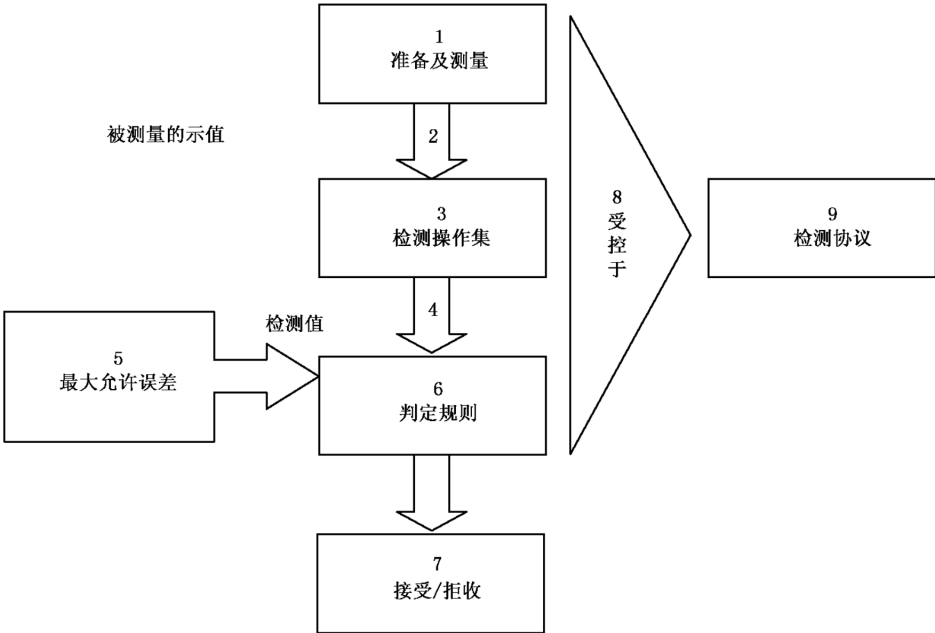


图 1 检测示意图

3.9

检测值不确定度 test value uncertainty

检测不确定度 test uncertainty

与检测值相关联的测量不确定度。

注 1: 检测值不确定度不是被检指示式测量仪器性能的一种度量,仪器的性能是通过检测值反映的。

注 2: 检测值不确定度通常用在判定规则中。

注 3: 检测值不确定度通常由检测仪器检测方控制和负责,检测方通常提供和使用检测设备。当替代的检测设备由检测合作方(3.14)提供时,见 7.4。

注 4: 检测值不确定度不包含在许可检测实例中由检测值可能的非唯一性所引起任何定义不确定度。依据检测协议,检测对于任何许可检测实例都是有效的,对于每个许可检测实例都有唯一的检测被测量(见定义 3.4 的注)。

注 5: 检测值不确定度既不反映在评定计量特性时检测协议的有效性,也不反映在不同的许可检测实例中检测值的复现性。

3.10

检测设备 test equipment

在检测中使用的测量系统及其附件,而非被检指示式测量仪器及其附件。

例 1: 在千分尺的检测中,检测设备可能是一套量块。

例 2: 在坐标测量机(CMM)的检测中,检测设备可能是带有支架的经校准过的检测长度标准器和标准球。

3.11

与仪器相关的输入量 instrument-related input quantity

与指示式测量仪器相关联的影响检测值的输入量。

例 1: 指示式测量仪器的温度分布(包括其在空间和时间上的梯度)。

例 2: 由检测设备的重量引起指示式测量仪器的变形从而导致的应变分布。

3.12

与检测设备有关的输入量 test equipment-related input quantity

与检测设备相关联的影响检测值的输入量。

例 1: 检测设备的温度分布(包括其在空间和时间上的梯度)。

例 2: 在检测中检测设备和指示式测量仪器之间的相对位移(漂移和扭摆)和由装夹引起的检测设备的应变。

注: 在检测指示式测量仪器时,指示式测量仪器的角色与用其测量零件时是相反的(被测仪器与测量仪器)。典型的,对零件测量来说,是用一个已知精度的指示式测量仪器来测量零件的一个未知特性。但是在本部分中,已知精度的检测设备被用来测量未知精度的指示式测量仪器的检测值。因此,与检测设备有关联的输入量是影响量,而与仪器相关联的输入量则不是。

3.13

检测方 tester

执行检验检测的一方。

3.14

检测合作方 tester counterpart

在检测中,除检测方以外的另外一方。

注 1: 在验收检测中,检测合作方可能是客户,也可能是供应商,或第三方。

注 2: 在复核检测中,检测合作方是用户,或第三方。

3.15

检测方责任准则 tester responsibility criterion

认可输入量作为检测值不确定度分量的准则,该准则仅在检测方直接或间接控制检测值不确定度时适用。

注 1: 检测方直接控制不确定度分量的例子是检测设备的热稳定性以及检测设备的调试。

注 2: 检测方间接控制不确定度分量的例子是检测设备的校准不确定度,即使这些检测值是由校准实验室而不是检测方确定的,检测方仍能通过决定选取哪种检测设备(当允许替代方案时),选择哪家校准实验室来间接控制。

3.16

用户提供的量值 user-provided quantity value

在常规操作中指示式测量仪器的用户提供的量值,它对于指示式测量仪器实现预定功能是必要的。

注 1: 指示式测量仪器的用户提供的量值对预估的系统误差进行补偿,例如,用户提供零件/制品材料的热膨胀系数(CTE)补偿其热膨胀。

注 2: 并非所有的指示式测量仪器都需要用户提供的量值。

注 3: 用户提供的量值可以赋予一个缺省值,用户甚至可能并没有意识到有这些缺省值,例如,注 1 中提到的材料热膨胀系数在实际补偿时可能缺省设定为 $11.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,这是钢的典型热膨胀系数,除非用户主动输入另一量值。

注 4: 指示式测量仪器可能会让用户在预定义值的列表选取一个量值,如在其软件界面中。

注 5: 当对指示式测量仪器进行检测时,检测方需要提供用户提供的量值(如果有的话)。

4 通则

GB/T 18779.1 中对合格(或不合格)的判定规则给出了一致的判断方法,不管规范是与工件相对应(被动测量),还是与指示式测量仪器相对应(主动测量)。除非用明确的公差(对工件而言)以及最大允许误差(对仪器而言)代替通用术语规范,否则对这两种情况不予区别。这种一致性非常重要,因为它提供了统一的方法。在这两种情况中,判定规则都是基于测量不确定度的,这是判定规则中至关重要的一部分。

在检测零件时对测量不确定度的评估可能并不简单,但在概念上是简单明了的。要检测的是零件的一个或多个要素的尺寸或几何特征。产品几何技术规范(GPS)提供了一套复杂、详细、明晰的语言、符号和概念工具来明确要素特征。检测所需的所有信息都包括在零件规范中,例如,技术图样。检测方可以(例如,基于经济性)在多种测量仪器和测量技术之间进行选择,以检测给定零件是否符合规范。各种替代的检测方法用来得到不同不确定度范围内的相同检测值。

当检测指示式测量仪器时,测量不确定度的评估可能会很简单,但在概念上并非简单明了,需要仔细考虑。在这种情况下检测的目的是评估指示式测量仪器的计量特性。即使对于很简单的指示式测量仪器,可能的测量任务也有很多。对于复杂的指示式测量仪器(例如坐标测量机),可能的测量任务几乎是无穷多的。此外,环境可能在所要求的检测条件下变化,从而对性能产生影响。不同的许可检测实例可能产生不同的检测值。原则上来说,应对所有可能的测量任务及环境条件进行检测,但这通常是不可能的,在经济上也是不可行的。

为了使检测可行、明确、有价值,检测协议是必要的。检测协议明确了被测量以及完成检测需要满足的条件,例如,测量程序、检测设备等。检测协议是完备性和实际经济可行性之间的折中,通常无法考虑在最大允许误差规定下覆盖的所有变量。为了减轻由于成本而导致的覆盖范围的不足,检测协议有时允许对于验收检测提供一系列可用的测量程序,以使用户在检测时自由地选择其中的一个。这种方式鼓励仪器制造商制造指示式测量仪器符合系列中的任何测量程序。一份好的检测协议应在有限的工作量 and 经济成本下覆盖指示式测量仪器的大部分性能。

一旦各方同意使用一个检测协议,则在该协议中规定的任何替代方案及条款都是允许的。随之而来的问题是,由不同的许可检测实例而导致的检测值的变化是否应计入检测值不确定度,例如,如果检测协议对测量次数进行了限定,增多测量次数将会产生不同的检测值,这种变化是否应计入检测值不确定度之中也成为问题。

本部分的第 5 章~第 7 章讨论了哪些应计入检测值不确定度分量,哪些不应计入,并给出了建议。

5 被测量

5.1 概述

被测量是指指示式测量仪器许可检测实例中的计量特性。其大小由检测值估计得到,通常在考虑检测值不确定度的情况下,与明确规定的最大允许误差比较从而决定接受或拒收该指示式测量仪器。每一个许可检测实例定义对应的被测量。

注:若检测协议中有相应规定,则同一个检测可能会考虑多个被测量。为简单起见,下文将以对单个被测量的处理为例。当有多个被测量时,下述内容适用于每一个被测量。

检测是由检测协议指导的,检测协议明确了被测量以及许可检测实例。替代方案承认不同的检测实例是同等有效的,而特定条款则对其施加了限制。一个好的检测协议应在保证可行性的前提下尽可能限制替代方案和特定条款,以使得能代表指示式测量仪器全部计量特性的检测值可复现。然而,受时间及成本的限制,这通常不可能。基于专业评估及经验,检测协议是检测完备性和实际可行性之间的折中,因此需要一些替代方案以及特定条款以适应实际情况,并将检测的工作量及成本限制在合理的范围内。不可避免的结果是允许多个不同的检测实例存在,有可能产生不同的检测值。

原则上来说,一个涵盖了所有许可检测实例的检测(即没有其他条款)可获得与被测量相关的指示式测量仪器性能的所有信息。

由于不能进行无限多次的测量,检测协议会明确规定如测量的次数等特定条款。为了减少其影响,有时也会允许多个替代方案,在检测时从其中选取。这样,指示式测量仪器的制造商无法事先知晓实际检测实例的所有细节,因此,制造商为避免拒收,会制造对任何许可检测实例而言都合规的指示式测量仪器。此外,可能会允许使用替代方案以适应实际检测条件以及设备,例如,在符合检测要求的条件下,虽然可选择其他温度,但通常会选取实际环境温度。

因此,许可检测实例可能会互不相同,也不同于测量无限多次的理想情况。检测协议有责任保证在由任何许可检测实例得出的检测值与由其他检测实例或测量无限多次的理想情况下得到的检测值之间没有太大差别。由每个许可检测实例产生的检测值是所有可能的检测值的集合中的一个元素,检测协议有责任保证对检测值集合而言该元素具有足够的代表性。

随之产生的问题是,由于许可检测实例缺乏代表性(即不同的许可检测实例之间有差别)而导致的检测值的变动是否构成检测值不确定度分量。这个问题在评定检测值不确定度时最易被误读,在从业者中产生很大的困惑。

如果被测量是在所有可能的检测实例的全部检测值之上定义的,那么检测值的变动也应是构成检测值不确定度的一部分。相反地,如果被测量是在单一许可检测实例上定义的(详见 3.4),这意味着变动不在被测量的定义范围之内,因此不是构成检测值不确定度的一部分。每个许可检测实例对应一个被测量,各方对检测协议达成一致,同意只对一个被测量进行检测,且该被测量被看作代表了指示式测量仪器的性能。

5.2 输入量和被测量的定义

本条关注在被测量的定义中如何处理输入量(例如,环境温度)。

被测量是在检测协议中定义的。一份好的检测协议能够以最少的检测工作量及成本来定义有代表性的被测量并对其进行估计。被测量的定义最终是由检测协议制定者(例如标准化委员会)结合商业方面的考虑确定的。在定义阶段结束后,将不再考虑商业方面的因素,一旦定义好一个被测量,就完全确定了检测值及检测值不确定度评定方法。

一个被测量的定义可能以两种不同的方式包含附加的输入量。分别为:

- 1) 取符合检测条件要求的任意量值;

2) 指定确切的量值。

在检测协议中,前者可能会有如下说明:检测应在所要求的检测条件下进行,凡是在规定检测条件内的任何检测条件都是同等有效的,且足以完成有效的测试;后者可能会有如下说明:被测量被定义为输入量 X 的确切量值 x ,即假设 X 的取值正好为 x 。

允许在符合要求检测条件下的任意输入量值是一个替代方案,当输入量在规定检测条件下取任何量值时进行检测,每个检测条件对应一个许可检测实例,从而得到一个特定的被测量。检测协议将其中每个被测量都视作具有唯一值,因此由不同的输入量得到的被测量之间的变动就不是不确定度的来源,而是对不同被测量的测量。通常,所有这些被测量(在规定检测条件下)都是由单独的最大允许误差(MPE)给出技术规范。

例 1:检测是在规定检测条件范围内的环境温度下进行的,例如,在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的范围内,且空间梯度不大于 $2^\circ\text{C}/\text{m}$ 。

例 2:检测是由受过充分训练以及熟练的检测人员进行的,例如,具有由第三方认可的专业技能。

注 1:例 2 有意比较模糊,设置检测人员技能的门槛可能是困难且不明晰的,但是该原则仍然清楚地表明,只要达到一定技能水平,则允许操作实际的检测实例,且不产生检测值不确定度分量。

当检测协议要求输入量是具体值时,被测量就被精确地定义为一个预定义的输入量值,目的是在被测量的定义中避免包括变动的影响。在实际检测中,输入量不会精确等于预定义的输入量值,即两者可能很接近,但并不完全相等。因此,实际输入量与预定义的输入量值之间存在一个偏差(希望比较小),检测值应被校正为被测量中定义的确切值,并且该校正将构成检测值不确定度的一个分量。

例 3:被测量是在环境温度为 20°C 且没有空间温度梯度(即空间温度梯度为 $0^\circ\text{C}/\text{m}$)的条件下定义的。

例 4:被测量是在假设检测设备没有质量(即质量为 0 kg)的情况下定义的。

注 2:在检测协议中,有些输入量值是隐含的,不需要预定义,例如,在检测协议中不会明确表述正确装夹参考标准。

如果需要明确表述,检测协议中可能会有如下说明:被测量是在参考标准没有因松动或不恰当的装夹而引起摇摆或应变的条件下定义的。因此,除了不言自明的情况,建议尽可能少地在检测协议中使用隐式规范以避免误解。

协议制定者应在确定检测协议前仔细斟酌以上两种替代方案的优缺点。特别是:

——检测方在实际检测条件下输入符合规定检测条件的任何输入量值时,不对输入量值、修正值评估及其不确定度评定承担责任。另一方面,由于输入量在允许范围内的变动会导致检测值的某些变化,所以检测值无法完美复现。

——精确的输入量值改善了检测值的复现性,因为输入量的影响已经被补偿。另一方面,检测方需要评估输入量的修正值及评定其不确定度。

简而言之,给输入量一个可允许的变化范围使得检测变得更容易,但是复现性会较差。而明确一个精确的输入量值后,复现性会更好,但检测成本会更高,也可能会对后来最大允许误差的使用造成限制。

当输入量与检测设备相关联时,概念上是清晰的。在这种情况下,输入量完全由检测方负责和控制,并且检测方应能够预测输入量的影响,且对其进行修正,并能够评估相关联的检测值不确定度。

当被测量保留定义为与仪器相关的输入量的预定义输入量值时,则应非常小心。在这种情况下,所需的修正值及其不确定度与被检测的指示式测量仪器有关。这会产生以下问题:

——检测是为了通过实验来检验指示式测量仪器的性能,而不是预测其性能。相反地,所要求的修正是建立在预测的基础上的。

——被检指示式测量仪器应被尽可能地看作是黑匣子,相反,在一定程度上,应打开黑匣子以进行预测及修正。

——在检测过程中,只有当指示式测量仪器对输入量的影响进行了修正之后,对指示式测量仪器所做的相对于最大允许误差 MPE 的检验才会持续有效。这就要求检测方(在检测时)与用户(在正常使用时)进行补偿。当用户不准备或不想这么做时,例如,当用简单的手持式指示式测量仪器时,实际的示值误差可能会比由检验得到的最大允许误差 MPE 的预测值要大(甚至大得多)。

以上问题的重要性会随着被检指示式测量仪器的复杂程度而增加。例如,对于游标卡尺而言,预测其源于与仪器有关的输入量的示值误差及其不确定度是相当容易的,然而,对于激光跟踪仪或坐标测量机(CMM)来说,要在合理的成本范围内进行该预测几乎是不可能的。事实上,游标卡尺是简单地由两种均质材料实心零件组成的,而后者则是由带有(伺服)控制系统、气动设备和实时软件补偿等几种模块构成的。

若各方希望按照与仪器相关的输入量值定义被测量,建议仅限于结构简单的指示式测量仪器。由于其结构细节简单明了,便于评估补偿值及评定其不确定度。

6 检测方责任准则

在实际评估测量不确定度时,需要决定是否将某个输入量作为检测值不确定度分量。在第5章中已经给出了理论背景,以一个简单而实用的准则作为判定规则的基础会方便些。

判定规则的一般原则是评定不确定度的责任总是在执行测量的一方。这一做法的理由是,检测值不确定度使检测值恶化,检测方为了避免将检测结果和相关工作置于风险之中,会倾向于将检测值不确定度保持在最小值。

换句话说,检测方要对检测中任何可能的不足负责,并且将其以不确定度的形式表示。一个顺理成章的推论是,检测方只对他们能控制的部分承担责任,且该部分被作为检测值不确定度分量计入。

这构成了检测方责任准则:任何输入量仅在被检测方直接或间接控制时才可以成为检测值不确定度分量。(详见3.15中的注)

例1:检测中的参考标准是通过装夹来固定的,例如:圆度仪中的半球或坐标测量机中的步距规。在检测协议中定义的被测量是在假定参考标准没有相对于指示式测量仪器的摇摆的情况下定义的,即摇摆不属于检测协议中的替代方案。因此,需考虑由(松的)装夹引起的检测值不确定度分量,作为对被测量不完善的反映。由检测方责任准则得出同样的结论:装夹是完全由检测方控制的,检测方通过适当的检测值不确定度分量承担其责任。

例2:指示式测量仪器设定的额定操作环境温度应在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内,并且该仪器不要求任何由用户提供的量值。检测协议设定检测条件与额定操作条件相同,允许在该温度范围内的任一温度下进行检测。该条款使得在该温度范围内实施的任何检测都成为许可检测实例,并且完善了对应的被测量。因此,实际环境温度并不会构成检测值不确定度分量,因为实际的被测量就在该温度下定义的。由检测方责任准则得出同样的结论:检测协议允许在规定检测条件下的任何温度,因此,检测方不需要对其负责,也不需要计入检测值不确定度分量。

例3:与例2中相同,但仪器的软件要求将零件的热膨胀系数作为由用户提供的量值以补偿热膨胀。如例2中一样,实际的环境温度不需计入检测值的不确定度分量(在规定的检测条件下)。然而,此时需考虑由热膨胀系数而引入的检测值不确定度分量,因为热膨胀系数的灵敏系数是零件温度的函数。需测量并记录实际环境温度,并相应地评估热膨胀系数的灵敏系数。

关于判断输入量是否构成检测值不确定度分量,由检测方责任准则得出跟被测量的定义(第5章)同样的结论,除非以下两种情况之一发生:

——当检测协议用与仪器相关的精确输入量值定义被测量时,检测方应评估其修正值及评价其不确定度。根据被测量的定义,该输入量构成了检测值不确定度分量。然而,可能会有检测方无法控制输入量的情况,这会导致检测方责任准则中未能包括应有的检测值不确定度分量。

例4:如5.2中的例3所示,当检测发生在检测合作方的场所时,要求的对实际环境温度的修正引入了一个检测值不确定度分量。然而,检测方无法控制检测合作方的场所的环境温度,这与检测方责任准则不符。

例5:与例4相反,当检测发生在检测方的场所时,这种情况常常发生在手持式指示式测量仪器的售前检测(在制造商的实验室)中。检测方控制着环境温度,这消除了与检测方责任准则的冲突。

——当检测协议用规定检测条件之内的与检测设备有关的输入量值定义被测量时,替代检测设备免除了检测方对特定的检测值不确定度分量的责任。然而,检测设备通常是由检测方提供的,检测方对其负责,从而导致检测方责任准则包括了应被排除在外的检测不确定度分量。

例 6: 如 5.2 中的例 2。这通常是手动操作的指示式测量仪器的情况,如关节臂式坐标测量机。考虑了检测人员技能熟练程度的替代方案不再需要计入一个特定的检测不确定度分量。然而,检测人员对自己的技能负责,这与检测方责任准则不符。

在决定输入量是否应计入检测值不确定度分量时,通常而言,仅有检测方责任准则已经足够了。但是当以上两种情况之一发生时,仅有检测方责任准则就不够了。此时,判定时应优先考虑被测量的定义(详见表 1)。

表 1 不同情况下针对输入量的检测方责任准则的可靠性

名称	相关性	针对输入量定义被测量	
		输入量取在规定检测条件下的任何量值	输入量取精确量值
输入量	与检测设备相关	不能确保其完全可靠 (可能出现误包括)	可靠
	与仪器相关	可靠	不能确保其完全可靠 (可能出现误排除)

在有疑问或争议的情况下,应优先考虑第 5 章所述的基于被测量定义的方法,并作为参考。

7 指示式测量仪器检测中的具体问题

7.1 通则

7.2~7.4 给出了在评估检测值不确定度时可能会出现的具体问题。

7.2 指示式测量仪器的误差

应判定指示式测量仪器的误差(例如,系统误差、滞后、重复性等)是否构成了检测值不确定度分量。

指示式测量仪器在测量时是主动方,会引入误差。在通常的操作中,即当被测量是被测零件的某些特性时,这些误差会影响测量结果的准确度,因此需要计入与零件测量相关联的测量不确定度。

当指示式测量仪器被检测时,仍然存在这些误差。然而,检测协议定义的被测量此时与指示式测量仪器相关。因此,其引入的误差构成了被测量的一部分(除非在检测协议中有特殊说明),且不包含在与检测值相关联的检测值不确定度中。

7.3 用户提供的量值的误差

应判定由用户提供的不精确的量值(例如,安装了只能测量空气温度和气压的气象站的干涉系统的空气湿度)而产生的误差是否构成了检测值不确定度分量。

一些指示式测量仪器可能需要由用户提供的量值以使仪器按照设计来运行。这些量值属于会影响被测量的量,例如,零件热膨胀系数或者影响量。指示式测量仪器利用由用户提供的量值来补偿估计的系统误差,例如,被测零件相对于指示式测量仪器标尺的热膨胀差异。由用户提供的量值的任何误差都会导致指示式测量仪器的示值误差,或者当仪器被检测时,检测值将会产生误差。

注: 指示式测量仪器可能会运行其他无需用户干预的自动补偿方式,例如,对传感器的非线性补偿或坐标测量机(CMM)的几何误差补偿。

当检测方检测指示式测量仪器时,如果指示式测量仪器的使用说明书或依照常规做法要求的话,检测方会提供由用户提供的量值。在这种情况下,指示式测量仪器的规范应视为由用户提供的量值中没

有误差。因此,由用户提供的量值会引入一个检测值不确定度分量。这与检测方责任准则中的规定是一致的,因为检测方对由用户提供的量值负责。

一些指示式测量仪器可能支持用户通过在预定义值或情形的列表中选择来提供由用户提供的量值,例如软件的交互界面。若某个选项(例如“其他”)支持用户实际输入由用户提供的量值,检测方将会按此进行操作,即使该量值在列表中也未被提到;否则就选取最接近的选项。在以上任何一个情形中,与检测值不确定度相关的不确定度分量应基于检测人员对该量值的理解进行评价,而不是基于列表选项中的信息。

例:一个指示式测量仪器可能需要用户在预定义材料列表中选择被测零件的热膨胀系数。检测方知道检测中使用的参考标准是由热膨胀系数为 $10.9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 、标准不确定度为 $0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 的钢组成的。如果有选项要求输入实际值,检测方将输入 $10.9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,否则就选取选项“钢”。在这两种情况下,检测值不确定度的输入量不确定度分量均为 $0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 。

无需由用户提供的量值的自动补偿方式被视为指示式测量仪器的有机构成部分,并且假定其规范中已包含这些补偿。这些分量不构成检测值不确定度分量。这也符合检测方责任准则,因为在这种情况下检测方不承担责任。

指示式测量仪器用软件或其他可调节的方式来补偿估计的系统误差。为了传递用户提供的输入量值的不确定度,应采用软件补偿或可调节的抵消系统误差的基本方程作为分析模型。若基本方程未知,则应联系指示式测量仪器的制造商。作为替代方案,在简明案例中,当存在一个得到广泛认可的修正模型时,可能会基于检测方的经验和知识来假定基本方程。例如,众所周知的热膨胀线性模型就是这种情况。

7.4 使用替代检测设备

在接收检测中,检测合作方被允许提供检测设备,检测值不确定度应按下述方式处理的。

原则上说,所有经过校准的检测设备在其校准的不确定度范围内是等效的。因此,在检测中检测合作方可能会希望使用特定的检测设备以进一步保证检测的透明性。

注:该情况不适用于复核检测,因为此时检测方即检测合作方。

尽管检测设备在名义上是等价的,各方提供的检测设备还是可能会具有不同的校准不确定度。当检测合作方的不确定度比检测方的大时,检测结果可能会依据判定规则而发生改变。

当检测合作方建议使用替代检测设备时,应对使用两种检测设备情况下的两种完整的检测值不确定度概算进行评价。如有必要,双方应就温度值及其他被视为能代表实际情况的环境参数达成协议。只有当检测合作方的不确定度不大于检测方的不确定度时,检测方才应使用检测合作方的检测设备。在任何情况下,都应使用与实际选择的检测设备相关联的检测值不确定度。

想使用等效检测设备的检测合作方应书面记录符合检测要求的设备校准内容,尤其是校准不确定度。

由于检测方通常使用自己的检测仪器进行检测,使用检测合作方的检测仪器可能需要花费额外的时间和工作量。在合同商议阶段,双方应就额外的花费及两种检测值不确定度概算达成一致。具体指导参见附录 A。

在所有情况中,检测方对检测值不确定度负责,包括由检测设备引入的不确定度分量,即使其由检测合作方提供。

附录 A

(资料性附录)

使用替代检测设备的指南

本部分 7.4 涉及检测合作方在检测中提出使用替代检测设备的情况,以增加透明性。本附录对这种情况提供了额外的指导。

检测设备的复杂程度可能从非常简单的(例如检测游标卡尺的几个量块)到非常复杂的(例如对于大型坐标测量机、带有连接装置和气象站附件的激光干涉仪)。特别是在后一种情况下,检测方可能通过“工具箱”来组织工作,包括为检测中使用的参考标准而优化的装夹设备、软件、操作程序等。

一般的规则是,由想要使用替代检测设备的检测合作方来解决由此导致的额外的复杂性(包括提供足够精确的设备),并且会产生如下边际成本:

- 具有校准证书的替代参考标准(当检测中需要时);
- 当检测方不方便操作替代参考标准时,提供足够的支持和夹具;
- 当需要采用的操作程序与检测方原来所用操作程序不同时,给出详细的操作程序;
- 当检测中需要一些软件(或部分软件)来执行检测,并且检测方无法操作替代设备时,应提供执行检测所需的合适软件;
- 由于偏离检测方常规的操作程序而导致的任何额外的工作量,特别是当检测是由一个只对标准程序经过训练、具有资质的检测人员操作时(可能是在检测合作方的现场)。

例 1:测微计是根据一组量块和塞规中获得的被测量示值进行检测的。在这种情况下,不需要特殊的固定,操作程序简单(可能是标准化的),仪器没有计算机采集设备,检测方用于运行检测的软件需要手工输入(例如电子表格)。如果用户的替代量块和塞规具有适当的尺寸和足够的校准精度,在这种情况下,使用替代检测设备不会有特别的障碍。

例 2:坐标测量机是根据 GB/T 16857.2 使用一组量块进行检测的。由于量块的尺寸和等级均按 GB/T 6093 进行标准化,因此用相同标称值和等级的检测设备替代检测方的检测设备时,不存在特别的障碍。

例 3:和例 2 一样,但是使用的是步距规而不是量块。目前,步距规还没有国际标准,不同品牌的步距规在几何规格上有很大差异,甚至于适合一种步距规的支撑和装夹设备可能对另外一种步距规不合适或不能使用。此外,用来设定量块参考系的基准要素是因品牌而异的,并且需要坐标测量机程序的特定部分以执行检测。在这种情况下,在检测前就所有这些细节达成一致是非常重要的,以尽量减少时间上的浪费并防止争议。相反,如果检测方和检测合作方的步距规品牌相同,标称值相同,且校准不确定度差别不大,则不会有任何特别的障碍。

例 4:和例 2 一样,但是使用了替代的激光干涉仪而不是量块。激光干涉仪与量块在许多方面差别很大,激光干涉仪工作时还需要:可调平台,用气象站等方法补偿空气折射率;在平台或专用滑动设备上附加(带关节的)反射装置;量块等具有一定尺寸的附加实物标准;专用数据采集软件和特定的能力要求。除非检测人员非常灵活和能干,否则不可能有能力完成检测。如果检测合作方直接控制并自己执行检测,这将使检测方和检测合作方的角色发生反转,这样根据 GB/T 18779.1 在判定规则中使用检测值不确定度时就会出现这个问题。除非在检测前达成非常详尽的协议,否则对检测设备进行如此巨大的改变是不可行的。

在所有情况下,检测方标准操作程序的任何改变都需在检测值不确定度中考虑到并反映出来,包括改变检测值不确定度分量的值、添加或删除检测值不确定度分量。

如果检测合作方有意使用替代检测设备,应在检测前告知检测方并达成一致意见,降低出现分歧的风险。这包括所有关于上述可能的实际障碍、检测值不确定度概算的更新以及由此产生的任何经济影响。

附 录 B
(资料性附录)
与 GPS 矩阵模型的关系

B.1 概述

关于 GPS 矩阵模型的完整细则,参见 GB/T 20308。

GB/T 20308 中的 GPS 矩阵模型对 GPS 体系进行了综述,本部分是该体系的一部分。除非另有说明,GB/T 4249 给出的 GPS 基本规则适用于本部分,GB/T 18779.1 给出的缺省规则适用于按照本部分制定的规范。

B.2 关于标准及其使用的信息

本部分通过解释测量不确定度的评估,为应用 GB/T 18779.1 的规则提供了指导。

B.3 在 GPS 矩阵模型中的位置

本部分是一项 GPS 通用标准。本部分给出的规则和原则适用于 GPS 矩阵中所有标有实心点(•)的部分,见表 B.1。

表 B.1 GPS 标准矩阵模型

几何特征	链 环						
	A	B	C	D	E	F	G
	符号和标注	要素要求	要素特征	符合与不符合	测量	测量设备	校准
尺寸						•	
距离						•	
形状						•	
方向						•	
位置						•	
跳动						•	
轮廓表面结构						•	
区域表面结构						•	
表面缺陷						•	

B.4 相关的标准

表 B.1 所示标准链涉及的标准为相关的标准。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4249 产品几何技术规范(GPS) 基础 概念、原则和规则
 - [2] GB/T 6093 几何量技术规范(GPS) 长度标准 量块
 - [3] GB/T 16857.2 产品几何技术规范(GPS) 坐标测量机的验收检测和复检检测 第2部分:
用于测量线性尺寸的坐标测量机
 - [4] GB/T 18779.2 产品几何量技术规范(GPS) 工件与测量设备的测量检验 第2部分:测量
设备校准和产品检验中 GPS 测量的不确定度评定指南
 - [5] GB/T 20308 产品几何技术规范(GPS) 矩阵模型
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
产品几何技术规范(GPS)
工件与测量设备的测量检验
第5部分:指示式测量仪器的
检验不确定度

GB/T 18779.5—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

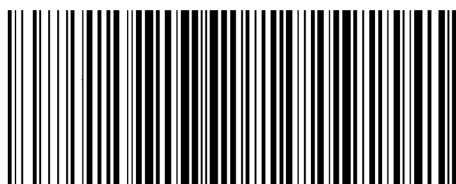
服务热线:400-168-0010

2020年12月第一版

*

书号:155066·1-66655

版权专有 侵权必究



GB/T 18779.5-2020