(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106705823 A
(43)申请公布日 2017.05.24

(21)申请号 201611161254.7

(22)申请日 2016.12.15

(71)申请人 中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所
地址 710089 陕西省西安市阎良区人民东路1号

(72)发明人 王海英 解岩 薛战军

(74)专利代理机构 中国航空专利中心 11008
代理人 王世磊

(51)Int.Cl.
G01B 7/02(2006.01)

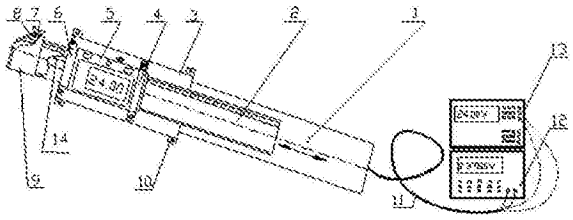
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种线位移传感器现场校准方法

(57)摘要

本发明涉及一种传感器校准方法，特别涉及一种线位移传感器现场校准方法。步骤一，将通用卡尺与线位移传感器连接固定，保证通用卡尺运动方向与线位移传感器运动方向平行；步骤二，将通用卡尺的运动部件与线位移传感器的运动部件连接固定；步骤三，在通用卡尺运动部件的带动下，线位移传感器的运动部件同步运动，读出通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，并根据上述数据对线位移传感器进行校准。提供一种线位移传感器现场校准方法，该方法安装简便、定位准确快捷、具有普遍适用性。



CN 106705823 A

1.一种线位移传感器现场校准方法，其特征在于所述的方法包括如下步骤：

步骤一，将通用卡尺与线位移传感器连接固定，保证通用卡尺运动方向与线位移传感器运动方向平行；

步骤二，将通用卡尺的运动部件与线位移传感器的运动部件连接固定；

步骤三，在通用卡尺运动部件的带动下，线位移传感器的运动部件同步运动，读出通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，并根据上述数据对线位移传感器进行校准。

2.根据权利要求1所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征为：所述的通用卡尺为数显容栅尺。

3.根据权利要求1所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征在于根据以下方法对线位移传感器的线性度进行校准：

步骤一，在线位移传感器校准范围内选取校准点；

步骤二，在通用卡尺运动部件的带动下，线位移传感器的运动部件同步运动，读出通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，直至达到校准位置上限；

步骤三，与步骤二方法相同进行倒序校准，直至校准范围测量下限；

步骤四，建立通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值的对应关系，根据该对应关系对线位移传感器的线性度进行评定。

4.根据权利要求3所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征为：所述的校准范围包括线位移传感器实际工作范围，上下限各超过线位移传感器实际工作范围的10％。

5.根据权利要求3所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征为：正序和倒序校准为1个测量循环，所述的线位移传感器线性度校准至少包括3个测量循环。

6.根据权利要求3所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征为：在线位移传感器校准范围内选取的校准点至少包括6个，含上下限位置点。

7.根据权利要求1所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征为：在传感器频繁工作段选取校准点，采用机械限位的方式，对该校准点进行一次正、反方向测量，并记录测量结果，根据该测量结果对线位移传感器进行回程误差校评定。

8.根据权利要求7所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征在于根据以下公式计算回程误差h_i：

$$h_i = \frac{|g_i - b_i|_{max}}{Y_{FS}} \times 100\%$$

式中：g_i——传感器在第i个校准点正行程输出量，

b_i——传感器在第i个校准点反行程输出量，

Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

9.根据权利要求1所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征为：在传感器频繁工作段选取校准点，采用机械限位的方式，对该校准点进行多次单方向重复测量，记录测量结果，根据该测量结果对线位移传感器的重复性进行评定。

10.根据权利要求1所述的一种线位移传感器现场校准方法，其特征在于根据以下公式对线位移传感器的重复性进行计算r_i：

$$r_i = \frac{|\Delta_i|_{max}}{C \cdot Y_{FS}} \times 100\%$$

式中：Δ_i——同一校准点中正行程或反行被校程传感器输出中最大值与最小值之差；

C——极差系数；

Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

一种线位移传感器现场校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种传感器校准方法，特别涉及一种线位移传感器现场校准方法。

背景技术

[0002] 在飞机研制中，需要做大量原理试验、验证试验及综合性试验。大型部件的定位测量系统；疲劳试验台、燃油试验台、液压操纵试验以及铁鸟综合试验台上，都安装使用着数十至几百个线位移传感器。依据武器装备研制质量保证相关要求，试验中使用的传感器(计量器具)需要定期校准。

[0003] 大型部件的定位系统、试验台上使用的线位移传感器的线性度通常在0.1％～0.5％之间，实际工作行程一般不大于500mm，其分布于试验台架的高处、狭窄空间等各个部位，在空间呈多角度姿态。传感器在安装使用前，其静态特性指标均是在校准实验室条件下，依据相应的国家规范、行业标准或企业标准进行校准的。然而，当传感器安装在大型工装、试验台上以后，一部分传感器固化在试验台上，存在定位关系不允许拆卸；一部分安装在特殊部位(如：高空处、狭窄空间)不便拆卸；还有一部分缺少定位基准，拆卸后难以准确复位。由于周期性校准所导致的拆卸、安装工作量巨大，批量送检或当疑似传感器故障时导致试验中断等等问题十分显现，传感器的安装复位不准确，降低了试验数据的连续性和可信度，因此，试验人员提出了现场在位校准传感器的迫切需求。

[0004] 国内线位移传感器校准技术的规范比较晚，2011年12月国家才正式颁布并实施了JJF1035-2011《线位移传感器校准规范》。至于线位移传感器的现场校准方法，目前正处于研究阶段，还没有形成一套完整的体系。

[0005] 国外现场校准是使用激光干涉仪，由于激光干涉仪是以激光波长做标准尺寸的超精密设备，工作环境和安装调整要求比较苛刻。从工程实际出发，大量线性度不超过0.25％的传感器，无需使用高档设备和复杂方法，仅需一种即满足准确度要求又方便快捷的现场校准方法。

[0006] 经专利检索，与本发明最接近的现有技术包括：校准采用量块法、测长机法、光栅位移传感器校准装置法和激光干涉仪法。

[0007] 方法一：论文《线位移传感器的现场校准》公开发表于《计测技术》2013年第33卷第5期；作者：杨明君、龚伟。采用量块法。

[0008] 该论文分析了目前通常采用的定期送实验室的校准方式的局限性，提出一种简易的、适合现场使用的线位移传感器的校准法，并通过大量的现场校准数据验证其正确性。

[0009] 所述量块校准法的不足在于：

[0010] 1.仅实现了水平状态的校准，不适宜现场传感器呈任意角度安装状况下的校准。

[0011] 2.校准时，未能保证传感器运动部件(拉杆或拉绳)沿当前校准方向持续压缩或拉伸。显而易见，当安放和取出某一尺寸的量块时，势必会造成传感器运动部件在被校点处的伸缩摇摆，这将使传感器自身的回程误差、重复性误差带入，这是传感器校准的大忌(除非已知传感器的重复性及回程误差足够小，相对于线性度可以忽略不计)。

[0012] 3.量块的准确度虽然很高，但运动杆或拉线(绳)与量块工作面的垂直度和测量力测量力不易控制，实际校准准确度难保证。

[0013] 方法二：论文《利用测长机校准拉线式位移传感器的方法》刊于知网；作者：伍沛刚。采用测长机法，以测长机上的光栅或其它刻度尺作长度标准。

[0014] 所述测长机校准法的不足在于：测长机工作时机体需处于水平，测长机底座1吨多重，即使将测长机放置在现场大气环境下，也无法运抵台架上工作，也不能在位校准。同样，凡不便携的设备均不能实现现场在位校准。

[0015] 方法三：论文《线位移传感器校准的一种新装置》公开发表于《计测技术》2008年第05期；作者：韩清华、王海英。采用光栅尺作长度标准。

[0016] 该论文是本人合著，是适用于计量室环境下校准的一种新装置，其机座采用测长机的底座，与测长机法存在同样的不足。

[0017] 方法四：论文《激光干涉仪在校准拉绳式位移传感器的应用》公开发表于《计量与测试技术》2003年第03期；作者：李德乾。采用干涉仪法，由激光作长度标准。JJF1305-2011《线位移传感器校准方法》，该方法是现有计量室校准普遍采用的方法，通过设计相应的夹具，能够实现现场校准。

[0018] 所述干涉仪法的不足之处在于：

[0019] 1.干涉仪线性测量精度为：±0.5ppm(μm/m)，对现场测量环境和安装要求比较苛刻，特别是高空作业时，仪器的架设和操作都很困难，安装调整费时费力。线性度低于0.25％的传感器使用这么高精度的标准器经济性欠缺。

[0020] 2.在校准时，必须配有1个干涉仪原厂出品的旋转镜才能够实现现场校准，没有配旋转镜(选配附件)的干涉仪，只能开展水平和垂直安装传感器的校准。

[0021] 3.干涉仪发出激光束必须是始终无遮挡地到达被测目标，激光束一旦“断光”，校准必需从新开始。

发明内容

[0022] 本发明的目的：提供一种线位移传感器现场校准方法，该方法安装简便、定位准确快捷、具有普遍适用性。

[0023] 本发明的技术方案：一种线位移传感器现场校准方法，其特征在于所述的方法包括如下步骤：

[0024] 步骤一，将通用卡尺与线位移传感器连接固定，保证通用卡尺运动方向与线位移传感器运动方向平行；

[0025] 步骤二，将通用卡尺的运动部件与线位移传感器的运动部件连接固定；

[0026] 步骤三，在通用卡尺运动部件的带动下，线位移传感器的运动部件同步运动，读出通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，并根据上述数据对线位移传感器进行校准。

[0027] 优选地，所述的通用卡尺为数显容栅尺。

[0028] 优选地，根据以下方法对线位移传感器的线性度进行校准：

[0029] 步骤一，在线位移传感器校准范围内选取校准点；

[0030] 步骤二，在通用卡尺运动部件的带动下，线位移传感器的运动部件同步运动，读出

通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，直至达到校准位置上限；

[0031] 步骤三，与步骤二方法相同进行倒序校准，直至校准范围测量下限；

[0032] 步骤四，建立通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值的对应关系，根据该对应关系对线位移传感器的线性度进行评定。

[0033] 优选地，所述的校准范围包括线位移传感器实际工作范围，上下限各超过线位移传感器实际工作范围的10％。

[0034] 优选地，正序和倒序校准为1个测量循环，所述的线位移传感器线性度校准至少包括3个测量循环。

[0035] 优选地，在线位移传感器校准范围内选取的校准点至少包括6个，含上下限位置点。

[0036] 优选地，在传感器频繁工作段选取校准点，采用机械限位的方式，对该校准点进行一次正、反方向测量，并记录测量结果，根据该测量结果对线位移传感器进行回程误差校评定。

[0037] 优选地，根据以下公式计算回程误差h_i：

[0038] $$h_i = \frac{|g_i - b_i|_{max}}{Y_{FS}} \times 100\%$$

[0039] 式中：g_i——传感器在第i个校准点正行程输出量，

[0040] b_i——传感器在第i个校准点反行程输出量，

[0041] Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

[0042] 优选地，在传感器频繁工作段选取校准点，采用机械限位的方式，对该校准点进行多次单方向重复测量，记录测量结果，根据该测量结果对线位移传感器的重复性进行评定。

[0043] 优选地，根据以下公式对线位移传感器的重复性进行计算r_i：

[0044] $$r_i = \frac{|\Delta_i|_{max}}{C \cdot Y_{FS}} \times 100\%$$

[0045] 式中：Δ_i——同一校准点中正行程或反行被校程传感器输出中最大值与最小值之差；

[0046] C——极差系数；

[0047] Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

[0048] 本发明的有益效果：1.校准设备不同。现有技术采用的是量块、激光干涉仪、测长机及位移传感器校准装置，本方法采用的是容栅数显数显容栅尺。

[0049] 2.测量原理不同。现有量块法是模拟量比较测量；激光干涉仪法是干涉测距原理；测长机及位移传感器校准装置采用的是光栅测量原理。本方法是容栅测距原理。

[0050] 3.校准方法不同。现有方法不是现场在位校准，本方法是现场在位校准，传感器不拆卸。现有校准方法不结合使用因素，一律满量程校准；本方法考虑使用因素，着重对使用段进行校准。现有方法是通过有限个测量点(全量程的10％，包括首尾共11个校准点)的3次测量结果评价测量重复性，重复性与其它特性校准同时进行；本方法是针对重要工作段、使用频繁部位进行足够多次(5次以上)的测量。本方法结合工程应用，更加科学。

[0051] 4.找正方式不同。现有量块法通过机械基准找正；激光干涉仪法是通过旋转镜瞄

准靶标镜找正;测长机和位移传感器校准装置均采用装置上的已有定位装置找正。本方法是利用传感器的壳体配合检测和微调进行找正。

[0052] 5.数据处理方法不同,现有方法是基本误差、线性度、回程误差、重复性校准同时进行的,3个校准校准循环(正反为一个校准循环)完成后,用校准数据通过计算得到基本误差、线性度、回程误差、重复性。重复性、回程误差由固定校准点(全量程的10%,包括首尾共11个校准点)处3次循环数据计算,缺少针对性。本方法是根据需要,随机或重点选取校准点,通过随机测量计算基本误差、线性度;对使用频繁部位和重要部位进行重复5次以上的单独测量进行传感器重复性评定,使传感器的静态特性评定更趋真实合理。

附图说明

[0053] 图1校准方法示意图;

[0054] 图2基准块与传感器定位关系图;

[0055] 图3通用卡尺与牵引件连接关系图。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图及实例对本发明做详细描述。

[0057] 一种校准方法。参考图1,其特征在于:使用通用卡尺2作为长度标准器,将通用卡尺2与线位移传感器1连接固定,保证通用卡尺2运动方向与线位移传感器1的运动方向平行。将通用卡尺2的运动部件与线位移传感器1的运动部件连接并固定,当通用卡尺2运动部件被外力驱动,传感器1运动部件可随之产生同步运动。从通用卡尺2的数显窗口读取通用卡尺给出的标准位移量和线位移传感器各校准点上的输出值,根据上述标准量与测量值,采取相应的计算公式,对线位移传感器的线性度、回程误差、重复性等静态特性进行评定。该方法包括如下步骤:

[0058] 步骤1.将通用卡尺与线位移传感器连接固定,保证通用卡尺运动方向与线位移传感器运动方向平行。

[0059] 参见图1,将尺寸能够覆盖校准范围的通用卡尺2的尺框5的下表面与带“V”型槽的基准块3的上平面贴合,使用压板4及通用卡尺2的量爪6上制造的圆孔将尺框5压紧并固定在基准块3上。

[0060] 参见图2,将基准块3下表面的条状“V”型槽沿传感器轴线方向骑跨在被校传感器1的外圆柱表面上,再通过基准块3上的四个耳片10,采用螺钉连接方式,把通用卡尺2与传感器1压紧固定连接在试验台实体上,使用杠杆百分表“打表”测量,配合使用可撕垫片加以调整修正,将通用卡尺2主尺内侧的固有基准边与传感器1运动轴线平行,夹角θ不超过±0.002rad。

[0061] 步骤2.将通用卡尺的运动部件与线位移传感器的运动部件连接固定。

[0062] 参见图3,在通用卡尺2主尺前端安装一牵引件9,通过旋动顶丝7作用于弹簧片8上,将镶套在通用卡尺2主尺前端的牵引件9固定在主尺上。将传感器运动部件14与试验驱动系统断开,使牵引件9与被校传感器的运动部件14可靠连接。

[0063] 步骤3.校准。

[0064] 在通用卡尺的运动部件的带动下,线位移传感器的运动部件同步运动,从通用卡

尺上读取标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，并根据上述数据对线位移传感器的静态特性进行评定。

[0065] 步骤3.1线性度校准。根据以下方法对线位移传感器的线性度进行校准。

[0066] 步骤3.1.1在线位移传感器校准范围内选取校准点；在线位移传感器校准范围内选取校准点至少包括6个，含上下限位置点。所述的校准范围包括线位移传感器实际工作范围，上下限各超过线位移传感器实际工作范围的10％。

[0067] 步骤3.1.2在通用卡尺的运动部件的带动下，线位移传感器的运动部件同步运动，读出通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值，直至达到校准范围上限；

[0068] 步骤3.1.3与步骤二方法相同进行倒序校准，直至校准范围测量下限，正序和倒序校准为1个测量循环，所述的线位移传感器校准至少包括3个测量循环。

[0069] 步骤3.1.4建立通用卡尺给出的标准位移量和各校准点上的线位移传感器输出值的对应关系，根据该对应关系对线位移传感器的线性度进行评定。线性度依据最小二乘法、端点法、参比直线法进行评定。

[0070] 步骤3.2回程误差校准。

[0071] 步骤3.2.1确定回程误差校准点。在传感器频繁使用的100mm工作范围内，任意均匀选取三个位置做为回程误差校准点。

[0072] 步骤3.2.2回程误差校准测量。在三个校准点处各进行一次正、反方向测量。记录三处正、反方向的测量结果。

[0073] 步骤3.2.3回程误差数据处理。根据下列公式计算被校传感器回程误差h_i。

[0074] $$h_i = \frac{|g_i - b_i|_{max}}{Y_{FS}} \times 100\%$$

[0075] 式中：g_i——传感器在第i个校准点正行程输出量；

[0076] b_i——传感器在第i个校准点反行程输出量；

[0077] Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

[0078] 步骤3.3重复性校准。

[0079] 步骤3.3.1确定重复性校准点。在传感器频繁使用的100mm工作范围内，任意均匀选取三个位置做为重复性校准点。

[0080] 步骤3.3.2重复性校准测量。在三个校准点处，采用定位销或限位块等机械限位的方式，分别进行不少于6次的单方向重复测量，记录同方向的6次测量结果。

[0081] 步骤3.3.3重复性数据处理。根据以下公式计算重复性误差r_i。

[0082] $$r_i = \frac{|\Delta_i|_{max}}{C \cdot Y_{FS}} \times 100\%$$

[0083] 式中：Δ_i——同一校准点中正行程或反行被校程传感器输出中最大值与最小值之差；

[0084] C——极差系数；

[0085] Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

[0086] 实施例

[0087] 对某型飞机“铁鸟”综合试验台上的线位移传感器进行现场校准。选择试验台机翼

部位安装的一根工作范围(0～100)mm的LVDT拉杆式线位移传感器，对其线性度、回程误差、重复性进行校准。解决方案及具体步骤如下：

[0088] 参见附图1，该方法的主要器具有：被校传感器1、数显深度尺2、带“V”型槽基准块3、压板4、尺框5、尺爪6、顶丝7、簧片8、牵引件9、耳片10、导线11、数字多用表12、激励电源13、测杆14。以数显深度尺为主要测量元件。

[0089] 解决方案及具体步骤：

[0090] 步骤1.校准前准备。

[0091] 步骤1.1确定校准量程。根据实际需要，确定使用频繁且重要部位的实际工作范围为(0～100)mm，校准量程确定为120mm，即校准量程上、下限各超过实际工作范围10％。

[0092] 步骤1.2在保证覆盖校准范围的前提条件下，将测量范围(0～200)mm的数显深度尺2与线位移传感器1连接固定，保证数显深度尺2运动方向与线位移传感1器运动方向平行。具体方法为：参见图1，将数显深度尺的尺框5的下表面与带“V”型槽的基准块3的上平面贴合，使用压板4及数显深度尺基座6上的圆孔将尺框5压紧并固定在基准块3上。参见图2，将基准块3下表面的条状“V”型槽沿传感器轴线方向骑跨在被校传感器1的圆柱外表面上，通过基准块3上的四个耳片10，采用螺钉固定方式，将数显深度尺2与传感器1压紧固定，使用杠杆百分表“打表”测量，配合使用可撕垫片调整修正，将数显深度尺2主尺上的固有基准与传感器1运动轴线平行，水平与俯仰方向夹角θ均不超过±0.002rad。

[0093] 步骤1.3参见图3，将数显深度尺2的主尺与线位移传感器1的测杆连接固定。具体方法为：在数显深度尺2主尺前端安装一牵引件9，通过旋动顶丝7作用于簧片8上，将镶套在数显深度尺2主尺前端的牵引件9固定在主尺上，将传感器测杆14与试验驱动系统断开，使牵引件9与被校传感器的测杆14可靠螺接。

[0094] 步骤1.4手动试验。在120mm的校准量程范围内反复推拉数显深度尺2的主尺，调整其带动传感器测杆14至平稳运动、直至无明显的机械阻滞时停止。

[0095] 步骤1.5接线。按照传感器接线定义，通过导线11，将被校线位移传感器的输入端正确连接至直流激励电源13；输出端正确连接至数字多用表12。检查接线和电路，确定无误后接通+24V DC激励，使传感器预热待校准。

[0096] 步骤2.校准。

[0097] 步骤2.1线性度校准。

[0098] 步骤2.1.1确定线性度校准点。以校准范围内以校准范围的10％设置校准点，包括上下限，共选取11个校准点。

[0099] 步骤2.1.2线性度校准测量。在数显深度尺2的主尺带动下，线位移传感器1的测杆14同步运动，将传感器沿当前校准方向移动至测量下限，调整好传感器零位后，将数显深度尺清零。校准从测量下限开始，按选取的校准点逐点至校准的测量上限，按顺序分别读出数显深度尺给出的线位移值L_i和各校准点上的电信号输出值y_i。正行程到达测量上限后，继续前行(1～10)mm停止，返回至测量上限。与正行程方法相同倒序校准，直至测量下限，记录并建立对应关系数据列表，参见表1。

[0100] 表1线性输入输出对应关系列表

[0101]

数据 \ 校准点			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
第一循环	正向	位移量 L_i/mm	0.00	12.00	24.00	36.00	48.00	60.00	72.00	84.00	96.00	108.00	120.00
		输出值 y_i/V	0.0207	0.5199	1.0234	1.5176	2.0182	2.5177	3.0146	3.5156	4.0007	4.5142	5.0143
	反向	位移量 L_i/mm	0.00	12.00	25.00	36.00	47.50	60.00	73.00	80.00	96.00	108.00	119.70
		输出值 y_i/V	0.0195	0.5194	1.0713	1.5169	1.9963	2.5182	3.0548	3.3467	4.0009	4.5144	4.9997
第二循环	正向	位移量 L_i/mm	0.00	12.50	24.00	35.20	48.00	60.00	72.00	84.00	96.00	105.70	120.00
		输出值 y_i/V	0.0202	0.5425	1.0225	1.4975	2.0275	2.5171	3.0138	3.5139	4.0002	4.3997	5.0089
	反向	位移量 L_i/mm	0.00	10.00	24.00	36.00	45.00	59.60	72.00	84.00	96.80	110.00	120.00
		输出值 y_i/V	0.0195	0.4275	1.0277	1.5169	1.8935	2.5088	3.0132	3.5135	4.0476	4.5872	5.0078
第三循环	正向	位移量 L_i/mm	0.00	12.00	24.00	36.00	47.00	60.00	72.00	84.50	96.00	108.00	119.90
		输出值 y_i/V	0.0288	0.5198	1.0225	1.5173	1.9688	2.5171	3.0138	3.5207	4.0002	4.5094	5.0078
	反向	位移量 L_i/mm	0.00	10.30	24.00	36.00	47.80	60.00	72.00	84.00	95.00	108.00	119.60
		输出值 y_i/V	0.0195	0.4656	1.0278	1.5169	2.0171	2.5182	3.0132	3.5135	3.9586	4.5099	4.995

[0102] 步骤2.1.3线性度数据处理。采用最小二乘法，通过正向、反向的6次测量数据，评

定得到6个单方向的线性度分别为：-0.24％、-0.20％、-0.21％、-0.20％、-0.20％、-0.21％，取绝对值最大的-0.24％做为该传感器的线性度评定结果。

[0103] 步骤2.2回程误差校准。

[0104] 步骤2.2.1确定回程误差校准点。在传感器频繁使用的100mm工作范围内，任意均匀选取三个位置做为回程误差校准点。

[0105] 步骤2.2.2回程误差校准测量。在三个校准点处各进行一次正、反方向测量。记录三处正、反方向的测量结果，参见表2。

[0106] 表2回程输入输出对应关系列表

[0107]

输入 \ 输出		被校传感器输出值 y_i /V	
序号	位移量 L_i/mm	正向	反向
0	10.00	0.4210	0.4266
1	50.00	2.1014	2.1019
2	110.00	4.5974	4.5981

[0108] 步骤2.2.3回程误差数据处理。根据下列公式计算被校传感器回程误差h_i为0.11％。

[0109] $$h_i = \frac{|g_i - b_i|_{max}}{Y_{FS}} \times 100\%$$

[0110] 式中：g_i——传感器在第i个校准点正行程输出量；

[0111] b_i——传感器在第i个校准点反行程输出量；

[0112] Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

[0113] 步骤2.3重复性校准。

[0114] 步骤2.3.1确定重复性校准点。在传感器频繁使用的100mm工作范围内，任意均匀选取三个位置做为重复性校准点。

[0115] 步骤2.3.2重复性校准测量。在三个校准点处，通过在外部施加限位销、定位块等方式的机械限位，分别进行不少于6次的单方向重复测量，记录同方向的6次测量结果，参见表3。

[0116] 表3重复性输入输出对应关系列表

[0117]

输入 / 输出		被校传感器输出值 y_i /V					
序号	位移量 L_i/mm	正行程					
		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
0	12.00	0.5199	0.5178	0.5203	0.5188	0.5195	0.5215
1	72.00	3.0146	3.0142	3.0138	3.0149	3.0136	3.0146
2	108.00	4.5098	4.5142	4.5113	4.5101	4.5099	4.5099

[0118] 步骤2.2.3重复性数据处理。根据以下公式计算重复性误差r_i为0.035％。

[0119] $$r_i = \frac{|\Delta_i|_{max}}{C \cdot Y_{FS}} \times 100\%$$

[0120] 式中：Δ_i——同一校准点中正行程或反行被校程传感器输出中最大值与最小值之差；

[0121] C——极差系数；

[0122] Y_{FS}——传感器校准上限输出量与校准下限输出量之差。

[0123] 为验证本发明方法的正确性，将该传感器拆下，送至计量实验室进行校准，采用JJF1305-2011《线位移传感器校准方法》中所列最小二乘等方法评定，该传感器计量实验室校准结果：线性度：-0.22％；回程误差：0.11％；重复性：0.033％。通过计量实验室条件下和本发明方法数据对比分析，说明本方法可行。

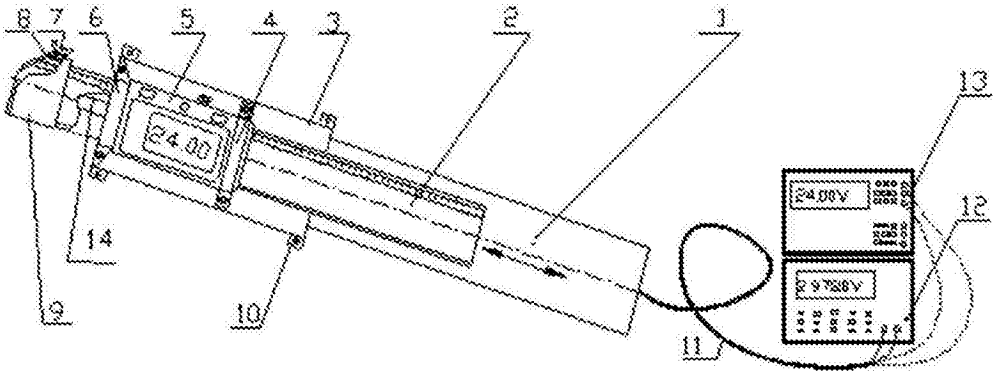


图1

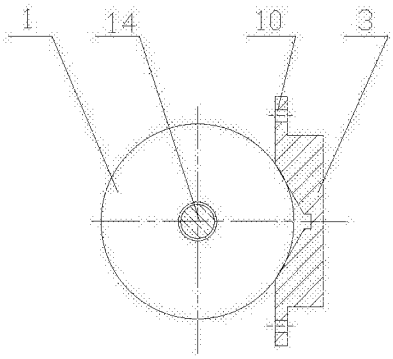


图2

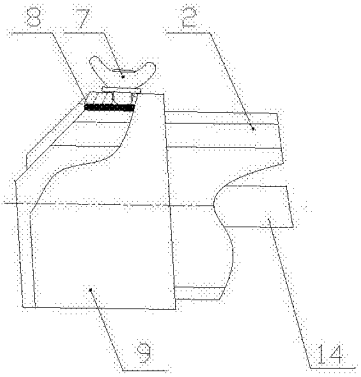


图3