光栅线位移测量装置（系统）校准规范

1 范围

本规范适用于光栅线位移测量装置（系统）的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JB/T 9341.1-2013 计量光栅 第 1 部分：术语

JB/T 9341.2-2013 计量光栅 第 2 部分：数显表（卡）

JB/T 10030-2012 光栅线位移测量装置

GB/T 17421.2—2016/ISO 230-2:2006 第 2 部分：数控轴线的机床检验通则定位精度和重复定位精度的确定

JJF 1682-2017 光栅式测微仪校准规范

JB/T 13688-2019 光栅长度计

IEC/TS 62622 Nanotechnologies-Description, measurement and dimensional quality parameters of artificial gratings （纳米技术规范-刻制光栅几何质量参数及其测量的表述）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用本规范。

3 术语和定义

3.1. 栅线位置偏差

光栅栅线位置之间的实际值与设计值之间的差值。

3.2. 信号周期偏差

光栅尺测量读数头输出的光栅周期信号的周期实际值与设计值之间的差值。

4 概述

4.1 构成原理

光栅线位移测量装置（系统）以刻线间距进行长度量值传递，其系统成基本原理如图 1，主要由长度标准值的产生、探测、信号处理三部分组成，以光栅尺刻线间距（栅距）作为长度量值的标准源值，通过“测头”与“光栅尺”的相对位移扫描获得与光栅线刻划周期一致（或为倍数关系）的周期电信号，信号处理系统对周期电信号进行鉴相、倍频、细分后进行位移计算、误差修正补偿，最终输出位移结果。

光栅线位移测量装置（系统）具有多种类型划分方法，按结构可分为敞开式和封闭式，按型式分为带参考零位和不带参考零位，按照光栅栅线位置的探测原理可分为基于几何影像莫尔条纹原理和基于衍射后进行干涉测量的衍射光栅。

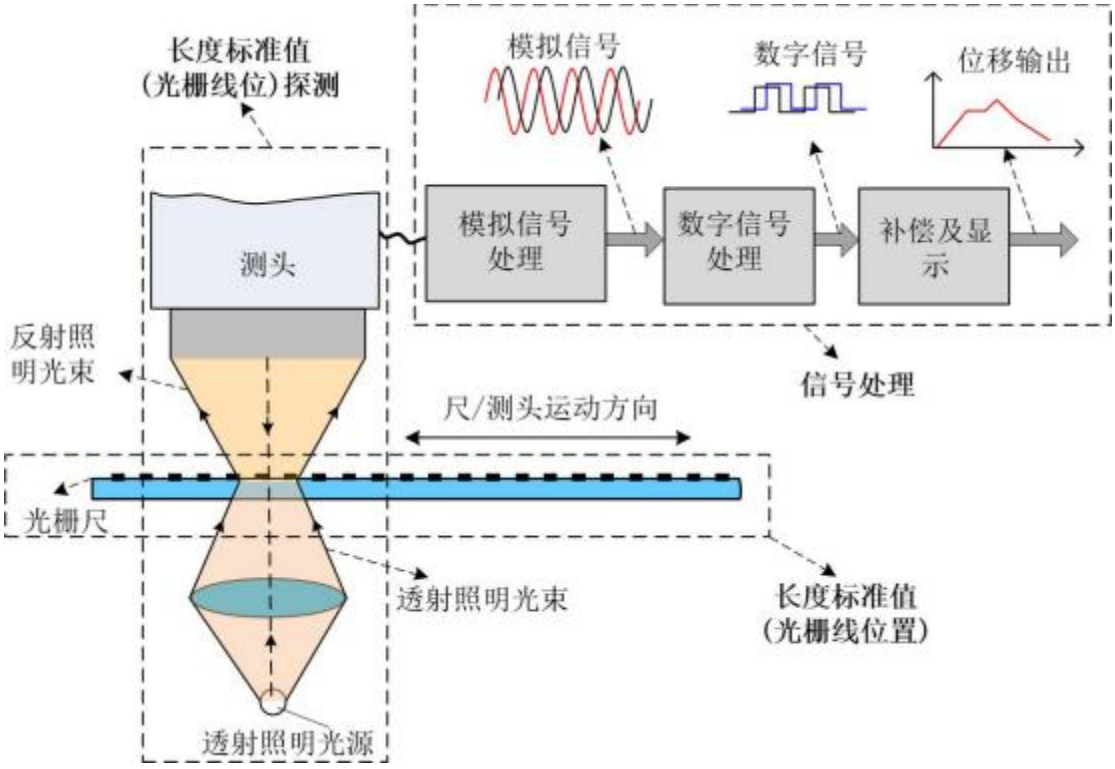

图 1 光栅线位移测量装置（系统）基本构成原理示意图

4.2 用途

光栅线位移测量装置（系统）主要用于数控机床、精密仪器实现位移测量和位置定位控制。

5 计量特性

5.1 栅线位置偏差

5.2 信号周期偏差

5.3 细分误差

5.4 回程误差

5.5 重复性

5.6 稳定度

5.7 准确度

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：（20±2）℃。

6.1.2 相对湿度：<70 %。

6.1.3 实验室内环境应符合光栅线位移测量装置（系统）保证其准确度等级所要求的工作条件。

6.2 校准项目和校准用标准器

光栅线位移测量装置（系统）校准项目和校准用标准器见表 1。

表 1 光栅线位移测量装置（系统）校准项目和校准用标准器

序号	校准项目	标准器
1	栅线位值偏差	激光干涉比长仪或线纹干涉仪
2	信号周期偏差	激光干涉比长仪或线纹干涉仪
2	细分误差	激光干涉比长仪或激光干涉仪
3	回程误差	激光干涉比长仪或激光干涉仪
4	重复性	激光干涉比长仪或激光干涉仪
5	稳定度	激光干涉比长仪或激光干涉仪
6	准确度	激光干涉比长仪或激光干涉仪

7 校准项目和校准方法

校准前，需确保光栅线位移测量装置（系统）处于正常的工作状态，根据光栅线位移测量装置（系统）的操作规程，正确安装以减小其安装所致误差和环境所致误差，排除影响校准计量性能的异常因素后方可进行校准。

7.1 栅线位值偏差

光栅尺刻线的栅线位置偏差主要反映了光栅的刻划精度，因测量使用时光栅尺全部刻线都参与测量过程，对全栅刻线进行栅线位置偏差测量具有应用意义，光栅的栅线位置偏差用式（1）表示：

$$\Delta P = P_i - i \times p \qquad (1)$$

式中：p—光栅标称栅距，P_i—光栅第 i 个刻线的实际位置，ΔP_i—第 i 个刻线位置偏差。

光栅线位移测量装置（系统）的光栅尺裸栅的栅线位置偏差可以通过激光干涉比长仪或线纹干涉仪进行测量获得，为了减小测量误差，激光干涉比长仪进行高精度的光栅刻线测量时，让光栅尺的姿态在 0° 和 180° 的两个方向分别测量，即以光栅尺起始一侧起始的刻线为“0 ”刻线，正向面对激光干涉比长仪时，让“0 ”刻线分别置于激光干涉比长仪（线纹干涉仪）运动方向左右两端分别进行测量，取两个方向测量结果的平均值为光栅刻线偏差结果。

7.2 信号周期偏差

当光栅线位移测量装置（系统）的光栅尺的裸栅刻线无法直接通过单线扫描探测时，采用从光栅线位移测量装置（系统）测头输出的一路信号作为刻线瞄准信号，所获得信号周期值为光栅裸栅多线扫描探测所获得栅线位置平滑结果。根据光栅测头探测类型的不同，所获得的信号周期T_i与光栅局部平均栅距$\bar{P}_i$之间的关系为$T_i = \bar{P}_i / 2^n$式中$n = 0,1,2$，光栅测头信号周期偏差用式（2）表示：

$$\Delta T_i = T_i - i \times T \qquad (2)$$

式中：T—标称信号周期，T_i—第 i 个信号周期位置，ΔT_i—第 i 个信号周期位置偏差。

7.3 细分误差

为了提高光栅测量系统分辨力，光栅线位移测量装置（系统）对一个光栅栅距 P 进行 N 倍分割（细分），细分方法一般采用光电结合的方法。光栅栅距 P 进行 N 倍细分获得的长度间隔通常以脉冲形式输出使用，则一个脉冲当量所对应数值就是光栅位移分辨力ΔL_{res}，光栅栅距与分辨力之间的关系用式（3）为：

$$\Delta L_{res} = P/N \qquad (3)$$

式中：P—光栅栅距；N—细分倍率；

7.3.1 说明

细分误差所反映的是光栅尺探测系统对光栅栅距进行细分的准确度。

7.3.2 测量方法

在光栅线位移测量装置（系统）起始、中间和末端 3 个位置分别进行 1 个栅距范围的位移测量，当光栅线位移测量装置（系统）可以输出细分脉冲时，以光栅细分脉冲触发激光干涉比长仪（或干涉仪）进行测量，以细分间距为最小测量间隔进行示值误差的测量；如果光栅线位移测量装置（系统）不能输出细分脉冲，则在栅距范围内进行等至少 10 个等间隔的位移示值误差测量，光栅线位移测量装置（系统）示值误差绝对值表示为$\delta_i = |L_i - L_s|$，式中ΔL_s为激光干涉比长仪（或干涉仪）的示值，ΔL_i 为光栅线位移测量装置（系统）示值。取示值误差绝对值最大值$\max(\delta_i)$为该位置的细分误差δDiv_j ，取 3 个位置的最大值$\max(\delta Div_j)$为光光栅线位移测量装置（系统）的细分误差。

7.4 回程误差

7.4.1 说明

回程误差反映光栅正反向位移测量一致性技术指标。

7.4.2 测量方法

光栅线位移测量装置（系统）从起始位置开始以测量间隔Δl（测量间隔参照表 3）为测量间隔进行正反行程全范围位移测量，激光干涉比长仪（或干涉仪）与光栅线位移测量装置（系统）在相同位置下的位移正行程ΔL_{qi}结果和反向行程ΔL_{hi}结果之间差异绝对值$\delta Hc(l_i) = |\Delta L_{qi} - \Delta L_{hi}|$为该位置的回程差，取全部测量间隔$\delta Hc(l_i)$的最大值$\max(\delta Hc)$为光栅线位移测量装置（系统）回程误差。

7.5 重复性

7.5.1 说明

重复性反映光栅单向位移重复测量特性。

7.5.2 测量方法

对光栅线位移测量装置（系统）的以测量间隔Δl（测量间隔参照表3）进行 3 次单向重复位移测量（3 次测量间隔的定位极差小于光栅一个栅距），激光干涉比长仪（或干涉仪）结果L_{si}与光栅结果L_{gi}的差异值为$\delta R_i = L_{si} - L_{gi}$，$\delta R_i$的变化量（极差值）为光栅线位移测量装置（系统）在$L_{gi}$位置的测量重复性，取全

部测量位置δR_i最大值max(δRi)为光栅线位移测量装置（系统）重复性。

7.6 稳定度

7.6.1 说明

稳定度是光栅线位移测量装置（系统）处于最大测量长度情况下，其示值随时间变化的最大量。

7.6.2 测量方法

在测量环境稳定情况下，让光栅线位移测量装置（系统）处于最大测量长度位置，在长时间工作时段 T 内，对光栅示值进行连续监测，示值变化的峰峰值（示值最大变化量ΔL_w）与光栅测量时间的比值$\delta W = \Delta L_w / T$即为稳定度，时段 T根据光栅测量系统工作时间进行选择，若无特别说明，测量时间建议不少于 2h。

7.7 准确度

7.7.1 说明

示值作为光栅线位移测量装置（系统）位移输出结果，示值的误差是评定光栅线位移测量装置（系统）准确度的依据，可以直接用示值误差曲线形式表示，或者以±A/2 形式表示（A 为光栅测量范围内示值误差的峰峰值）。

7.7.2 测量方法

用激光干涉比长仪或激光干涉仪进行测量，激光干涉比长仪或激光干涉仪测长不确定度应小于被校准光栅线位移测量装置（系统）总不确定度的 1/3。

7.7.2.1 安装及等温

调整光栅尺，使其符合产品安装的技术要求。尺调节后需要进行等温，等温结束后，方可开始进行测量。测量间隔以光栅实际长度、光栅尺误差补偿以及客户使用间隔等实际情况综合决定（一般检测间隔≤50mm）。

7.7.2.2 信号检查

对于开放可输出光栅模拟信号的光栅线位移测量装置（系统），信号质量技术要求可参考表 2。

表 2 信号质量技术要求

信号参数	全行程变化
信号失真度	≤10%
正交性	90°±10°
幅值变化率	≤10%
直流电平变化率	≤10%

注：幅值I变化$\Delta I = \dfrac{I_{\max} - I_{\min}}{(I_{\max} + I_{\min})/2}$为光栅信号交流幅值的变化率

光栅线位移测量装置（系统）调整好后，用示波器、失真度测量仪、相位计、或其它基于波形采集卡采样后进行计算处理的方法（如谐波分析法、椭圆修正方法）对光栅线位移测量装置（系统）输出两路信号进行检查。

7.7.2.3 温度要求

校准时对温度环境的要求见表 3。

表 3 校准时对温度环境的要求

光栅尺温对 20℃允许偏差（℃）	一次测量中尺温变动（℃）	一次测量中气温变动（℃）
±0.5	≤0.05	≤0.06
±1.0	≤0.1	≤0.2
±3.0	≤0.5	≤0.8

7.7.2.4 测量间隔

较小的测量间隔有利于光栅的技术指标的校准和使用，但若采用静态校准方式校准光栅，较小测量间隔会使得测量效率低下而不利于校准工作，所以测量间隔需根据光栅线位移测量装置（系统）的准确度结合光栅的使用方式进行选择，推荐的测量间隔参见表 4。

表 4 推荐的测量间隔

行程（mm）	测量间隔（mm）

≤1000mm	≤10
>1000mm	≤50

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
https://d.book118.com/398107010021006065