光学计量教学与实验实训方案

teaching-metrology

上海研润光机科技有限公司

电话: 400-812-7833 | 021-58391850

地址: 上海市奉贤区奉城镇南奉公路1478号 | 邮编: 201411

联系邮箱: shanghai@yr17.net

服务邮箱: rockwei@yr17.net

方案模板；不代表已实施客户案例。

适用范围

用可复现的实验训练理解自准直、角秒换算、轮廓重建和误差评价。演示数据必须与真实测量记录分开。

建议设备与配置方向

- 教学适用自准直仪及反射镜
- 稳定实验台、已知跨距基座和微调机构
- 记录表、计算工具和参考读数

原理与计算

1 角秒 = π/648000 弧度。以 L = 100 mm、θ = 1 角秒作教学示例，Δh约为0.484814 μm；示例数值不是设备准确度承诺。

现场检查清单

- 演示数据与实测数据标记分明
- 单位与符号正确
- 计算过程可复核

建议交付记录

- 实验原理说明
- 原始读数与计算表
- 误差来源和改进建议

适用边界

教学计算不构成检定或校准证书。实验难度、监督和操作边界应由指导教师确定。

详细教学案例

同一组角度数据采用两种基准的课堂比较

场景与任务

教学演示，非真实客户项目，全部数据为构造示例。用三个区间的构造角度练习角秒换算、累计高度、端点基准和最小二乘基准。学生先手工计算，再用网站计算器复核，明确基准选择会改变残差指标。

流程概览

约定采样几何 → 角秒换算高度 → 累计四站轮廓 → 两种基准求残差 → 解释指标差异

准备与检测步骤

01. 教师说明每个读数对应一个区间，设置反射镜有效跨距与测量步距均为100 mm；给出演示角度而非现场实测值。

02. 把1″换成π/648000 rad，并依次将[+1,+1,−1]″转换为三段高度增量，保留足够小数位。

03. 从初始高度0累计成四站轮廓，同时保留原始角度、距离单位和正方向，禁止途中自行重新置零。

04. 先减去连接首尾点的直线，再对同一四站高度拟合最小二乘直线；逐点列出两种残差和各自峰谷值。

05. 对比两个结果，说明最小二乘最小化的是残差平方和而非峰谷值；提交计算过程、单位检查和未包含的不确定度来源。

教学示例读数

• 区间角度（″）：[+1,+1,−1]；步距与有效跨距L=100 mm。

• 单个正向高度增量a=100×tan(π/648000)×1000≈0.484813681 μm；四站高度为[0,a,2a,a]。

• 端点基准残差/a=[0,2/3,4/3,0]；最小二乘残差/a=[−0.4,0.2,0.8,−0.6]。

计算过程

以站序号i=0,1,2,3计算，最小二乘直线hfit/a=0.4+0.4i。端点残差PV=4a/3≈0.646418 μm；最小二乘残差PV=1.4a≈0.678739 μm。两者都不是未经进一步求解的最小区域结果。

示例结果与解释

同一轮廓在不同基准下得到不同的残差峰谷值，且最小二乘的峰谷值不一定更小。演示只验证计算定义，不提供仪器精度或工件合格结论。

案例核对要点

• 核对100 mm到μm的1000倍换算以及角秒到弧度换算。

• 验证每段角度与基座跨距、步距约定一致；不适用的采样几何需改用对应重建模型。

• 区分计算演示、真实读数、统计不确定度和校准证书，作业中分别标注。

文件生成日期: 2026-11-16