

SJ6000 激光干涉仪

产品解决方案

佛山市精测计量仪器设备有限公司

目录

1. 简介	- 1 -
1.1. 产品简介	- 1 -
1.2. 产品配置	- 2 -
2. 静态测量	- 3 -
2.1. 线性测量	- 3 -
2.2. 角度测量	- 7 -
2.3. 直线度测量	- 9 -
2.4. 平行度测量	- 11 -
2.5. 垂直度测量	- 13 -
2.6. 平面度测量	- 14 -
2.7. 回转轴测量	- 16 -
3. 动态测量	- 17 -
3.1. 动态测量概述	- 17 -
3.2. 动态测量应用	- 18 -
4. 产品功能特点	- 20 -
5. 技术指标	- 22 -
6. 配件与证书	- 25 -

1.简介

1.1. 产品简介

激光干涉仪以光波为载体，其光波波长可以直接对米进行定义，且可以溯源至国家标准，是迄今公认的高精度、高灵敏度的测量仪器，在高端制造领域应用广泛。

SJ6000 激光干涉仪集光、机、电、计算机等技术于一体，产品采用进口高性能氦氖激光器，其寿命可达 50000 小时；采用激光双纵模热稳频技术，可实现高精度、抗干扰能力强、长期稳定性好的激光频率输出；采用高速干涉信号采集、调理及细分技术，可实现最高 4m/s 的测量速度，以及纳米级的分辨率；采用高精度环境补偿模块，可实现激光波长和材料的自动补偿；采用高性能计算机控制系统及软件技术，支持中文、英文和俄文语言，友好的人机界面、向导式的操作流程、简洁化的记录管理。

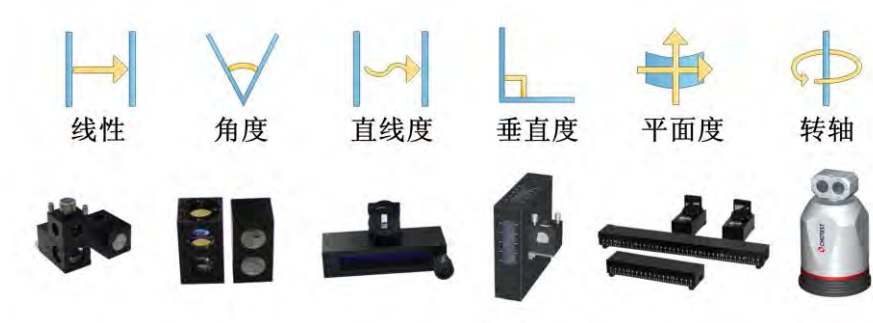


▲ SJ6000 激光干涉仪外观图

SJ6000 激光干涉仪具有测量精度高、测量范围大、测量速度快、最高测速下分辨率高等优点，结合不同的光学镜组，可实现线性测长、角度、直线度、垂直度、平行度、平面度等几何参量的高精度测量。在 SJ6000 激光干涉仪动态测量软件配合下，可实现线性位移、角度和直线度的动态测量与性能检测，以及进行位移、速度、加速度、振幅与频率的动态分析，如振动分析、丝杆导轨的动态特性分析、驱动系统的响应特性分析等。

1.2. 产品配置

SJ6000 激光干涉仪系统具有丰富的模块化组件，可根据具体测量需求而选择不同的组件。主要镜组如下图所列，依次为**线性镜组**、**角度镜组**、**直线度镜组**、**垂直度镜组**、**平面度镜组**、**自动精密转台**。



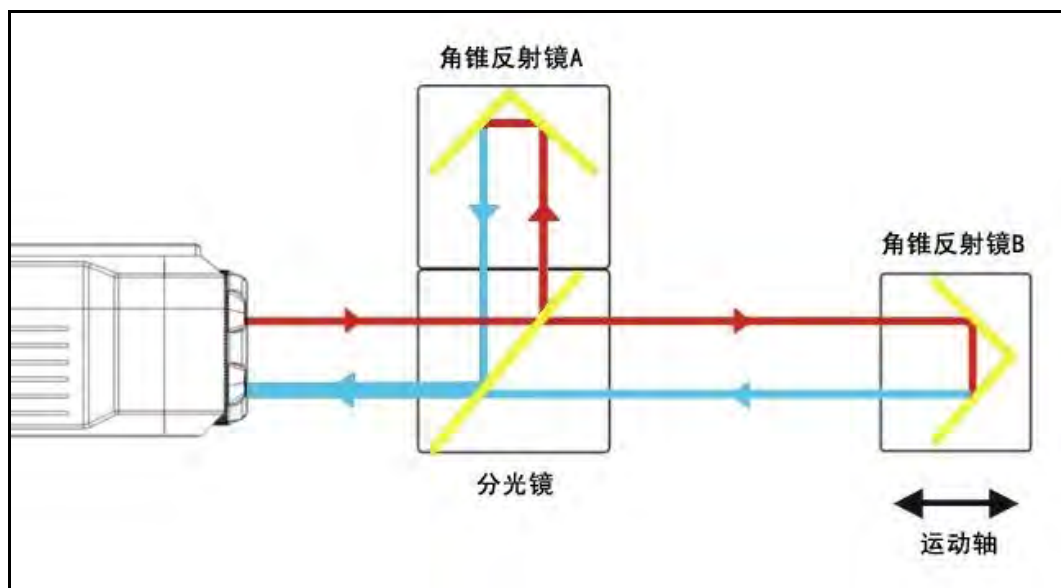
▲ 主要镜组图

其中，**线性镜组**为标配，由线性干涉镜、线性反射镜和夹紧孔座构成。可满足线性位移设备的定位精度、重复定位精度、反向间隙的测量与分析，以及反向间隙修正和螺距补偿。

2. 静态测量

2.1. 线性测量

线性测量原理 —— 迈克尔逊干涉原理



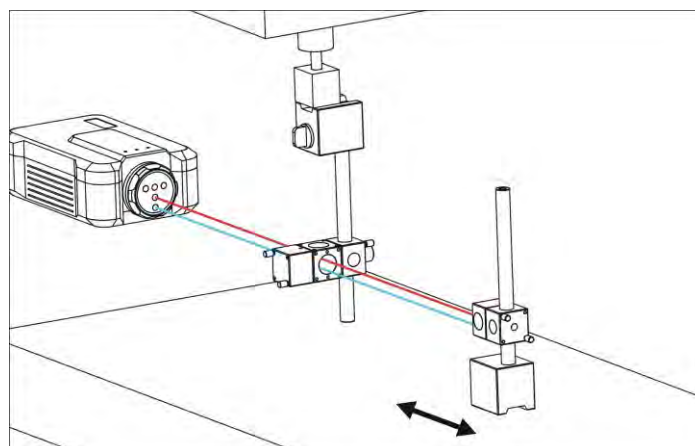
▲ 线性测量的光路原理构建图

- (1) 从 SJ6000 激光干涉仪主机出射的激光束（圆偏振光）通过分光镜后，将分成两束激光（线偏振光）；
- (2) 两束激光分别经由角锥反射镜 A 和角锥反射镜 B 反射后平行于出射光（红色线条）返回，通过分光镜后进行叠加，由于两束激光频率相同、振动方向相同且相位差恒定，即满足干涉条件；
- (3) 角锥反射镜 B 每移动半个激光波长的距离，将会产生一次完整的明暗干涉现象。测量距离等于干涉条纹数乘以激光半波长。

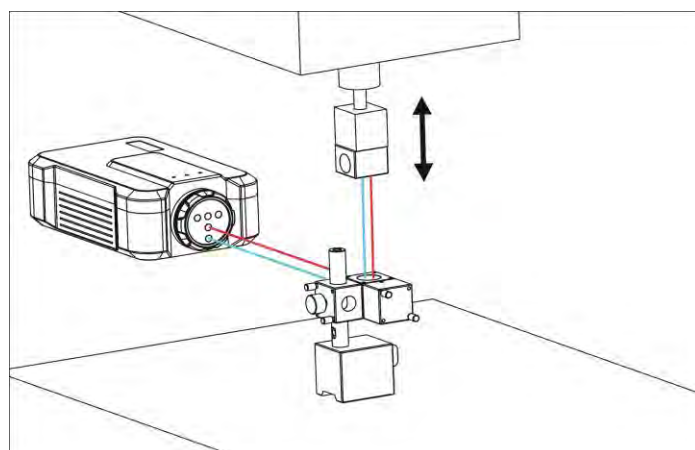
线性测量配置及使用方法

线性测量（线性轴位置精度测量的简称）配置主要由 **SJ6000 主机、EC20 环境补偿单元、线性镜组、SJ6000 静态测量软件** 等组件构成，可满足 0~80m 范围内的线性测量。其中，线性测量包括定位精度测量、重复定位精度测量和设备反向间隙测量等。

线性镜组可以针对不同方向的运动轴而搭建相应的测量光路，如下图：



▲ 水平轴的线性测量示意图



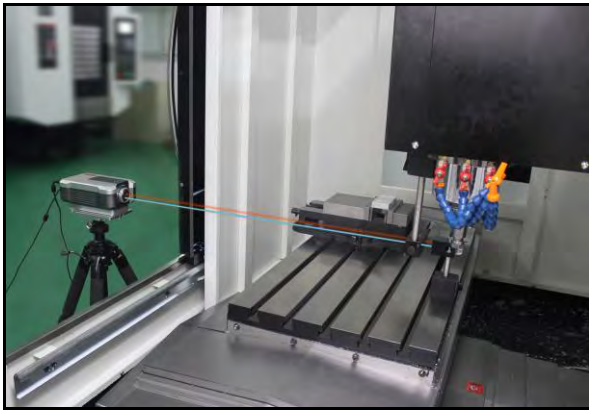
▲ 垂直轴的线性测量示意图

SJ6000 静态测量软件可以将线性测量结果生成指定的误差补偿表，该表涵盖了各个测量点的补偿值，运动控制系统制造商允许通过修改指定运动轴的补偿值来消除该运动轴的位置误差，精确的补偿，可以有效地降低运动轴的位置误差。

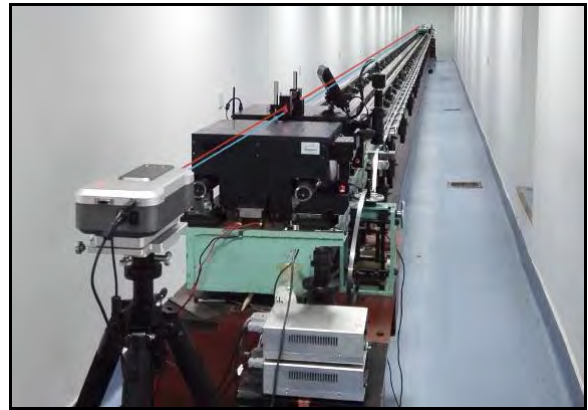
线性测量中目标位置的数据采集有基于位置的目标采集和基于时间的目标采集两种方式，普遍采用基于位置的目标采集方式，即：被测运动轴需设定若干个等距的定位点，当运动轴移动到设定的定位点时，需设置停留时间，以供 SJ6000 测量软件进行当前点的数据采集。

线性测量应用

SJ6000 激光干涉仪广泛应用于机床、三坐标、机器人、3D 打印设备、自动化设备、线性位移平台、精密机械设备、精密检测仪器等领域的线性测量。



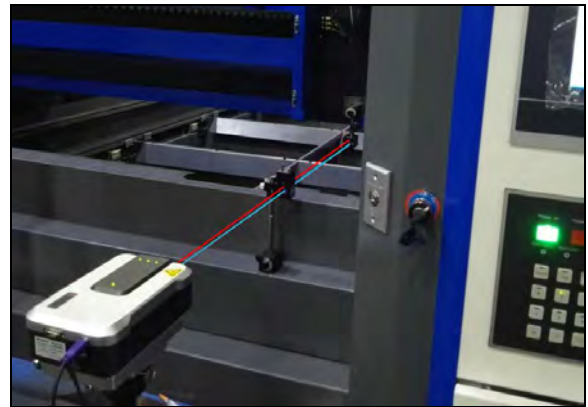
▲ 机床



▲ 线性导轨



▲ 三坐标

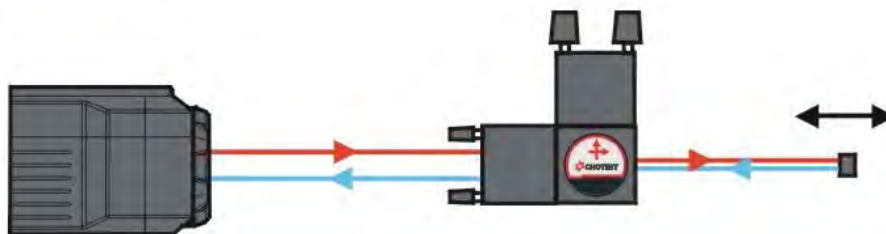


▲ 激光切割机

线性测量附件

■ 轻型线性镜组 —— 特殊场合的应用

轻型线性镜组包括缩光镜和小角锥反射镜，其中小角锥反射镜的重量仅为 8g，可以直接吸附在被测物体上，最大限度地降低线性反射镜的重量影响。



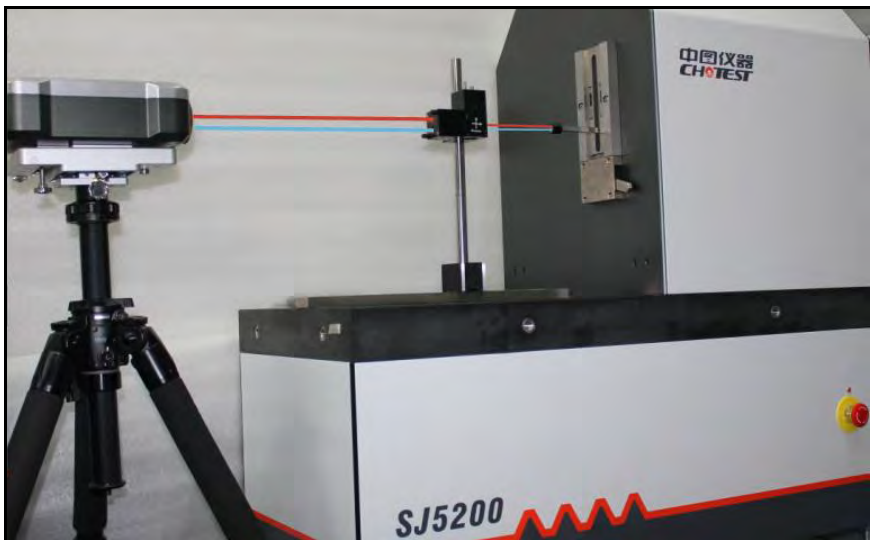
▲ 轻型线性镜组的光路原理构建图

主要应用场合：

- (1) 线性反射镜的重量可能影响到被测轴系的机械性能或精度；
- (2) 线性反射镜的尺寸遇到较为困难的装夹场合；
- (3) 负载敏感的动态测量。



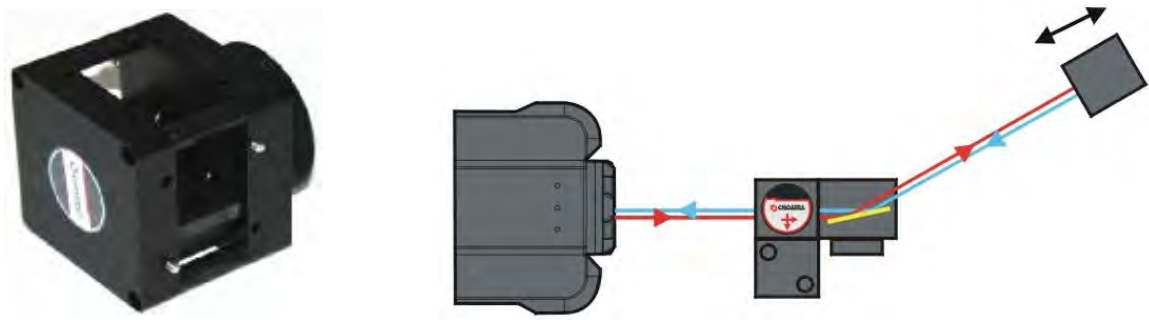
▲ 轻型线性镜组

轻型线性镜组附件应用实例：

▲ 螺纹综合测量机的测杆校准

■ 可调转向镜 —— 斜轴的测量

可调转向镜本质是可实现旋转调节的平面反射镜，通过旋转镜面可将光束偏转 $25^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 的角度，通常用于斜轴的测量。



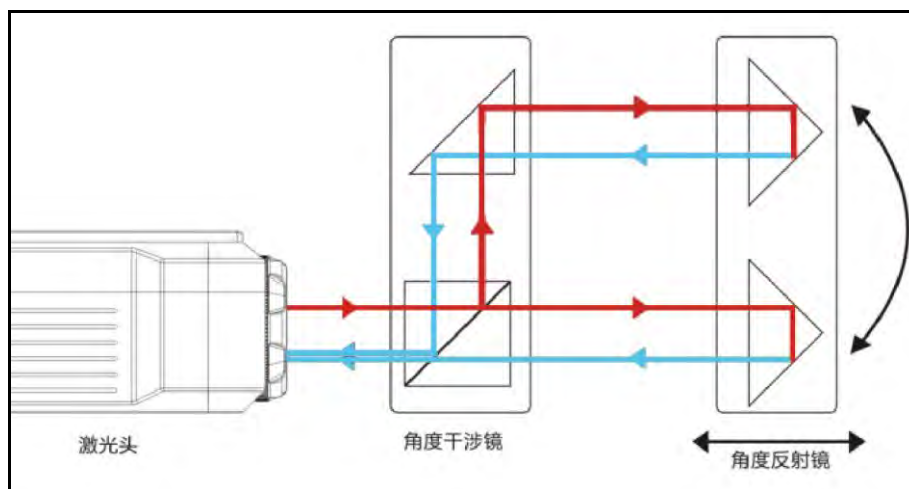
▲ 可调转向镜及其光路原理构建图

可调转向镜应用实例：

▲ 斜床的倾斜轴测量

2.2. 角度测量**角度测量原理**

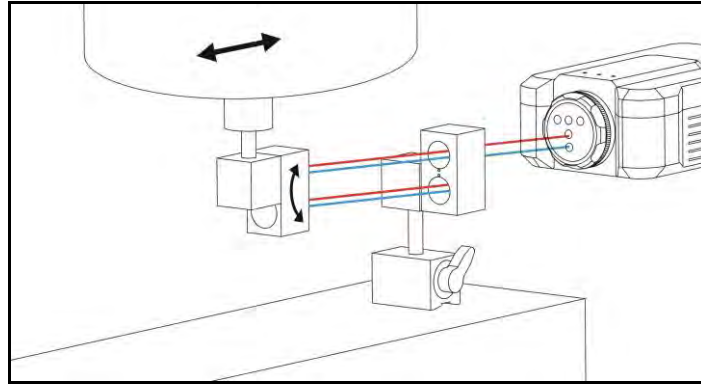
角度反射镜旋转时产生转角，或是移动过程中产生角摆，两束反射光会有相对应的光程差产生，SJ6000 采集到该光程差的干涉信号，经过运算处理，即可得出对应的角度值。



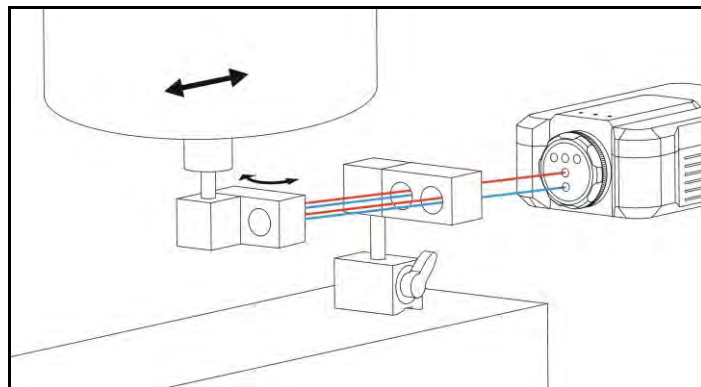
▲ 角度测量的光路原理构建图

角度测量配置及使用方法

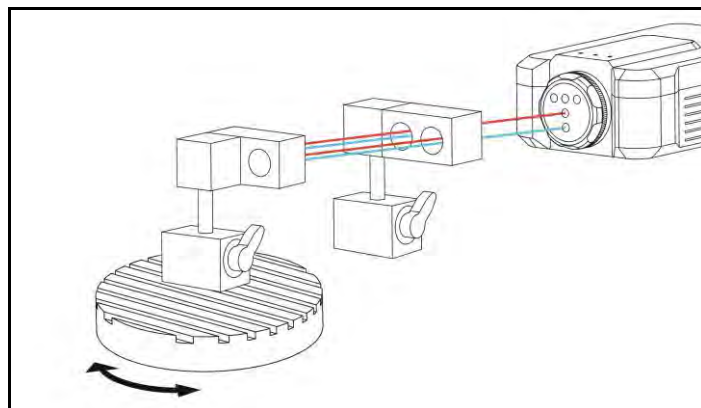
角度测量配置主要由 **SJ6000 主机**、**角度镜组**、**SJ6000 静态测量软件** 等组件构成，可满足 $\pm 10^\circ$ 范围内的角度测量。



▲ 运动轴的俯仰角度测量示意图



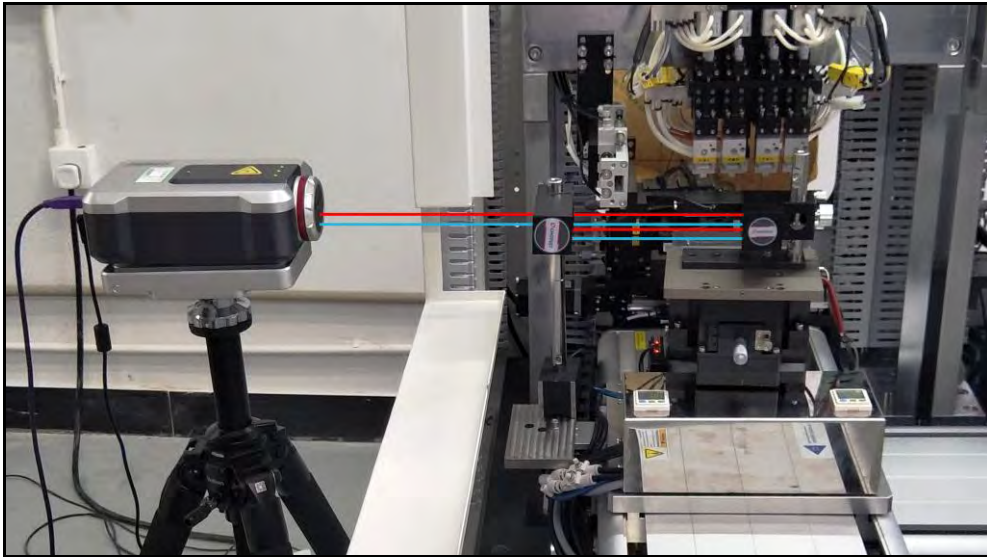
▲ 运动轴的偏摆角度测量示意图



▲ 回转轴的角度测量示意图

角度测量应用

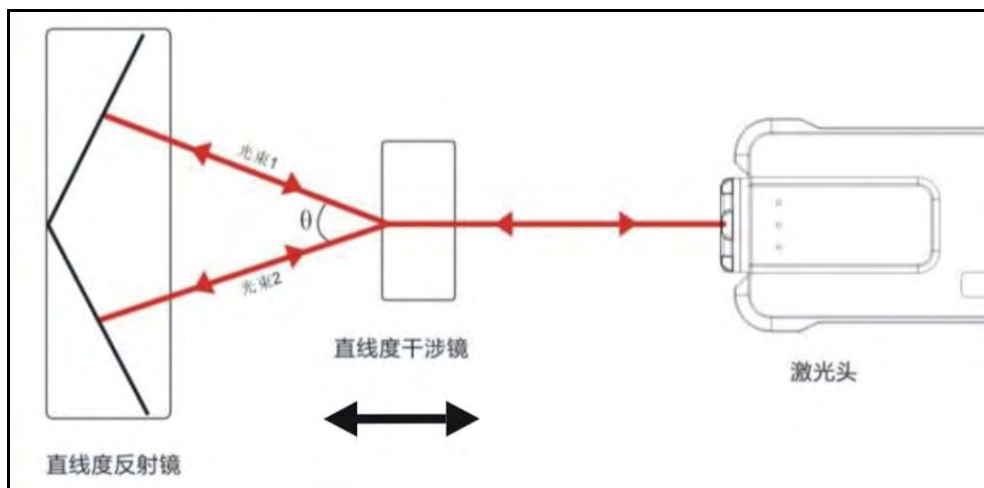
主要应用于运动轴的**角摆测量**和转轴的**旋转角度测量**。



▲ 直驱电机（DD 马达）的旋转角度测量

2.3. 直线度测量

直线度测量原理

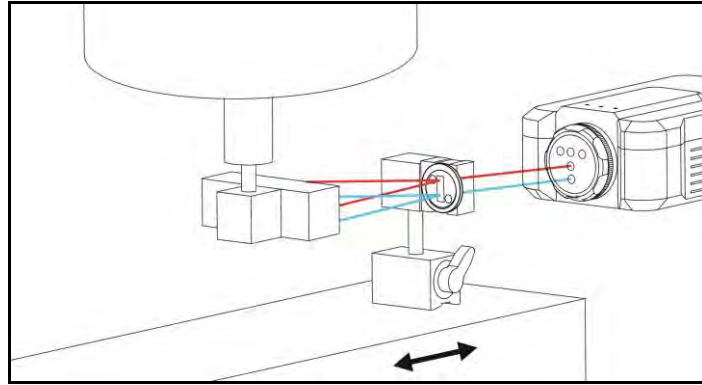


▲ 直线度测量的光路原理构建图

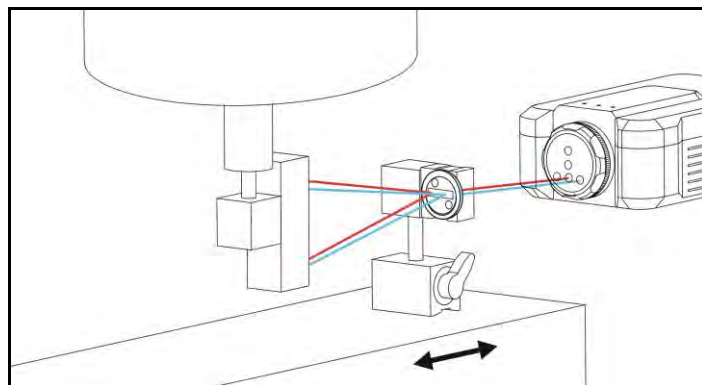
直线度干涉镜在移动过程中产生横向或纵向位移时，两束反射光会有相对应的光程差产生，SJ6000 采集到该光程差的干涉信号，经过运算处理，即可得出对应的直线度值。

直线度测量配置及使用方法

直线度测量配置主要由 **SJ6000 主机**、**短直线度镜组（或长直线度镜组）**、**SJ6000 静态测量软件** 等组件构成，可满足 $\pm 3\text{mm}$ 范围内的直线度测量。

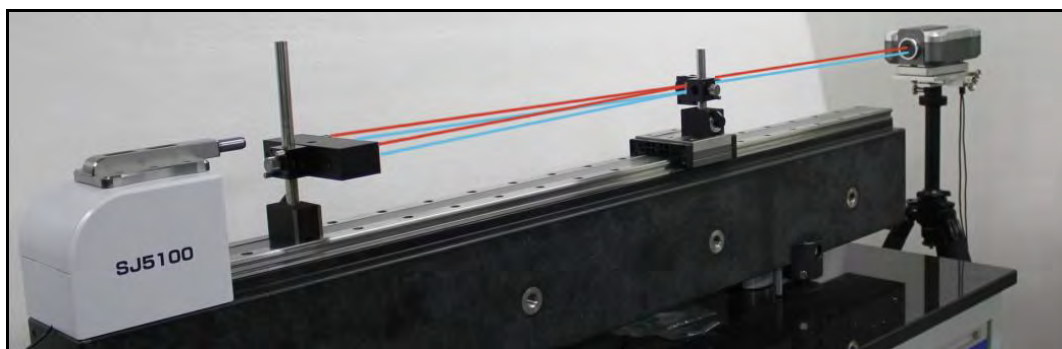


▲ 运动轴的横向直线度测量示意图



▲ 运动轴的纵向直线度测量示意图

直线度测量应用



▲ 测长仪直线导轨的横向直线度测量

直线度附件

直线度附件由大角锥反射镜、90度转向镜和直线度底座构成。

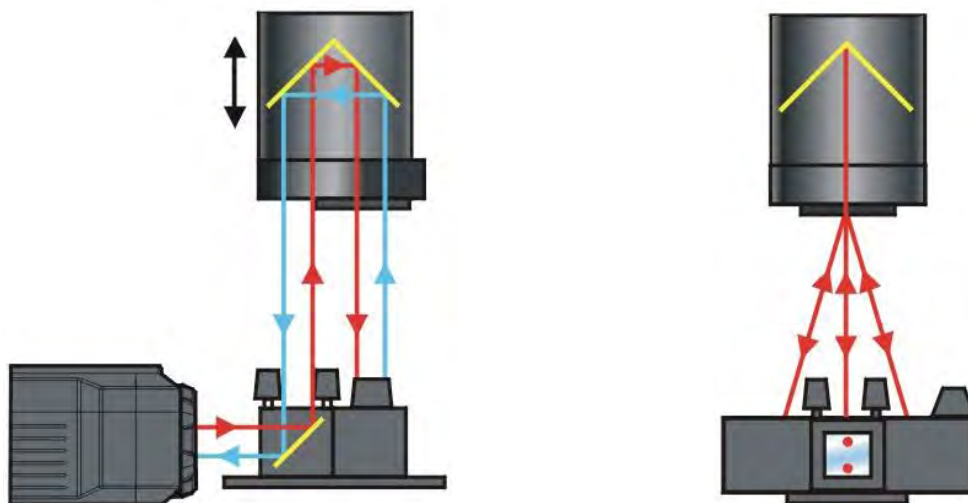
应用场合:

适用于直线度反射镜不便于安装在Z轴的上端或是运动轴的后端。



▲ 直线度附件

含直线度附件的光路原理构建图:

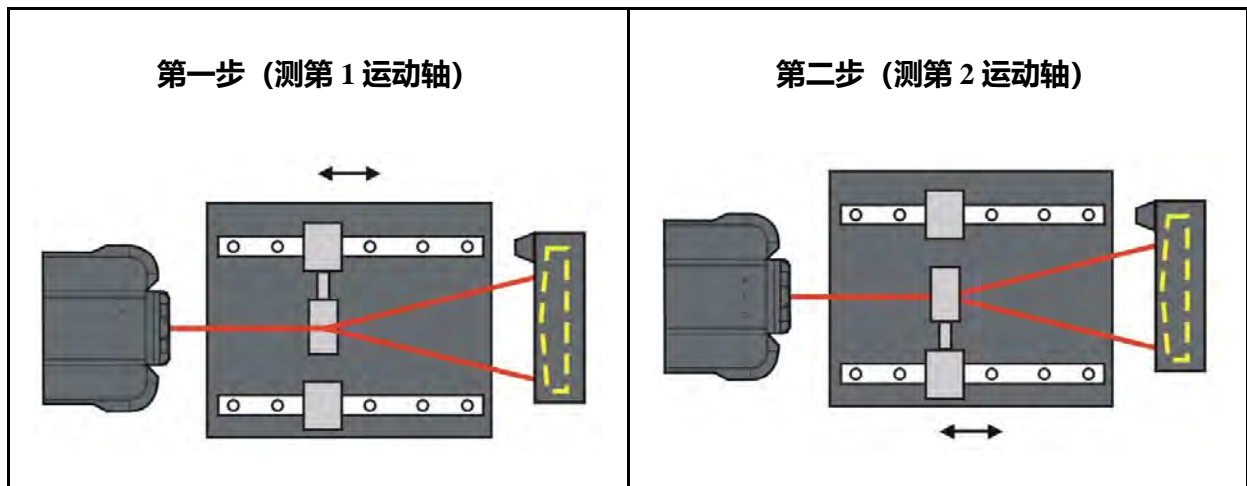


▲ Z轴直线度的光路原理构建图

2.4. 平行度测量

平行度测量原理

平行度测量是在直线度测量的基础上而扩展的应用。平行度测量由平行轴的两组直线度测量组成，参见下面平行度测量光路原理构件图，其中直线度反射镜作为共同的参考基准，在测量过程中保持原位，且不进行调整。由第1运动轴的斜度 θ_1 中减去第2运动轴的斜度 θ_2 ，即可得出平行度 $= \theta_1 - \theta_2$ 。

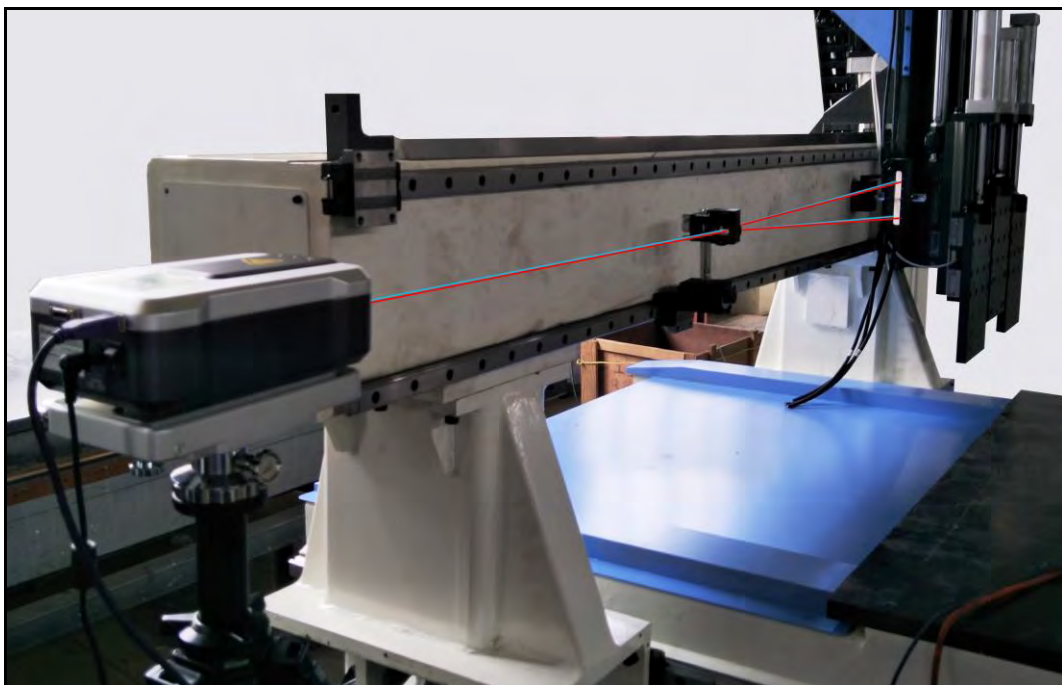


▲ 平行度测量的光路原理构建图

平行度测量配置

平行度测量配置主要由 **SJ6000 主机**、**短直线度镜组（或长直线度镜组）**、**SJ6000 静态测量软件**等组件构成。Z 轴的平行度测量需增添可调转向镜。

平行度测量应用

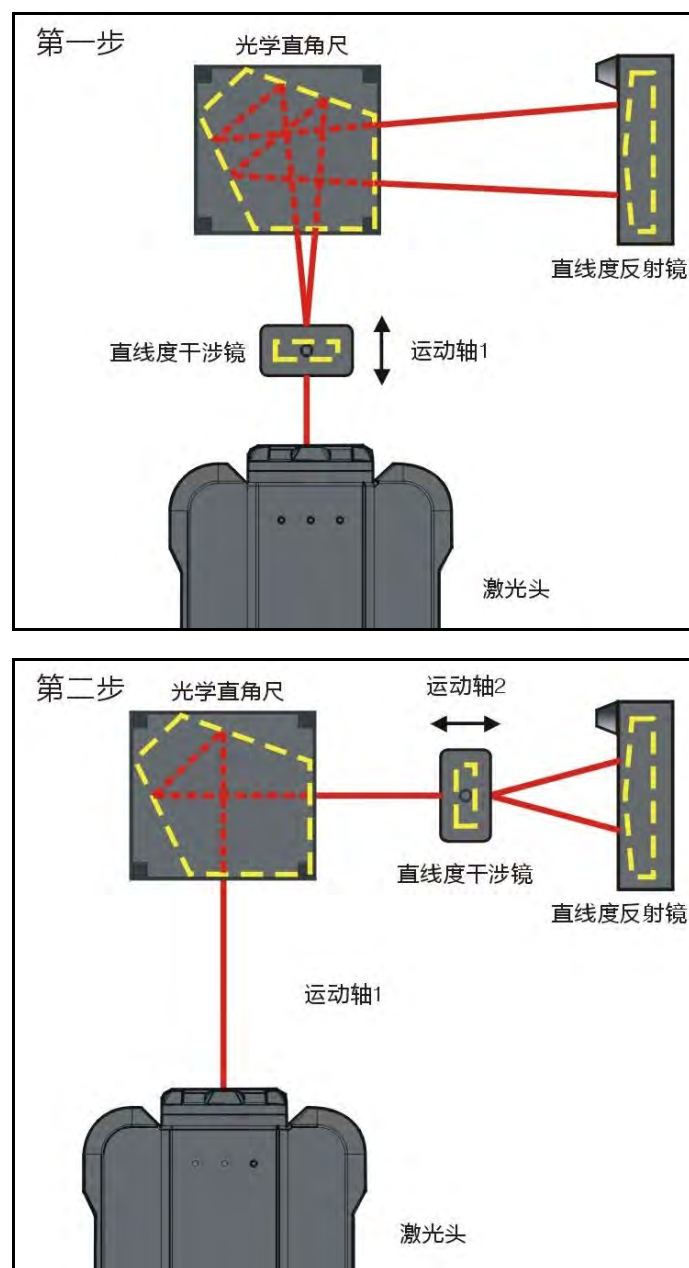


▲ 双直线导轨安装的平行度测量

2.5. 垂直度测量

垂直度测量原理

垂直度的测量是直线度测量在二维方向上的延伸。垂直度测量由正交轴的两组直线度测量组成，详见下面垂直度测量光路原理构件图，其中直线度反射镜作为共同的参考基准，在测量过程中保持原位，且不进行调整；光学角尺用于至少在其中一次直线度测量中，允许调整激光束与轴的准直。垂直度误差=光学直角尺误差-斜度 θ_1 -斜度 θ_2 。

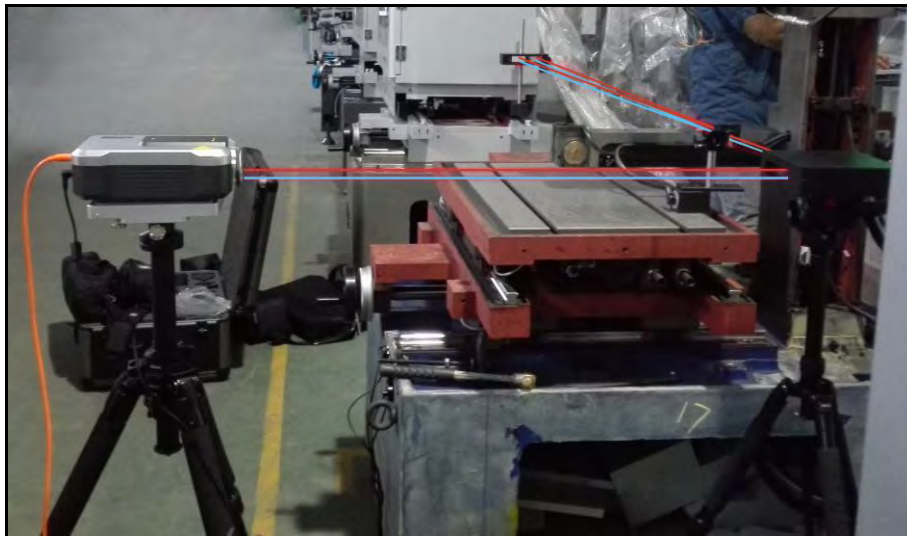


▲ 垂直度测量的光路原理构建图

垂直度测量配置

垂直度测量配置主要由 **SJ6000 主机**、**短直线度镜组（或长直线度镜组）**、**垂直度镜组（含光学直角尺）**、**SJ6000 静态测量软件**等组件构成。Z 轴的垂直度测量需增添**直线度附件**。

垂直度测量应用

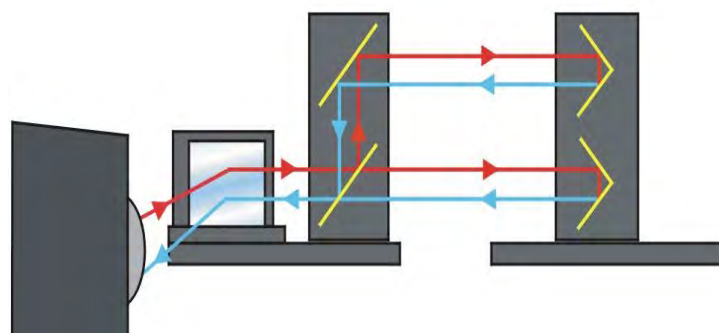


▲ XY 工作台的垂直度测量

2.6. 平面度测量

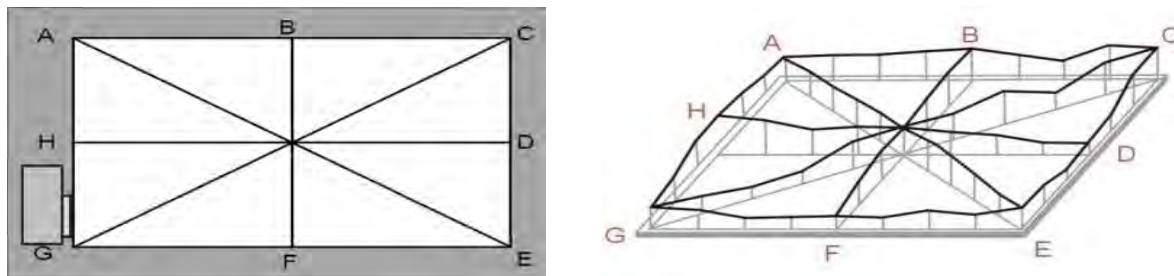
平面度测量原理

平面度的测量是在角度测量的基础上进行的延伸。平面度测量一般采用“对角法”在平面上进行相应次数的角度测量，通过软件算法可将角度的变化转换为平面上高度的变化，进而得到整个平面的平面度。

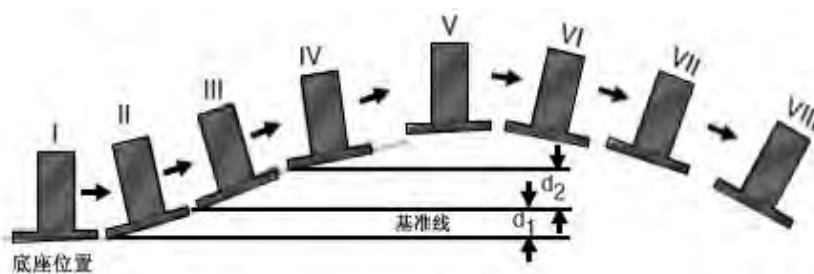


▲ 平面度测量的光路原理构建图

对角线法又称米字法，在平面度测量时，若激光干涉仪主机位于 G 点，激光束与线 GE 重合，建议按照 EA、CA、DH、EG、AG、BF、CE、GC 的次序进行测量。



▲ 对角法测量示意图

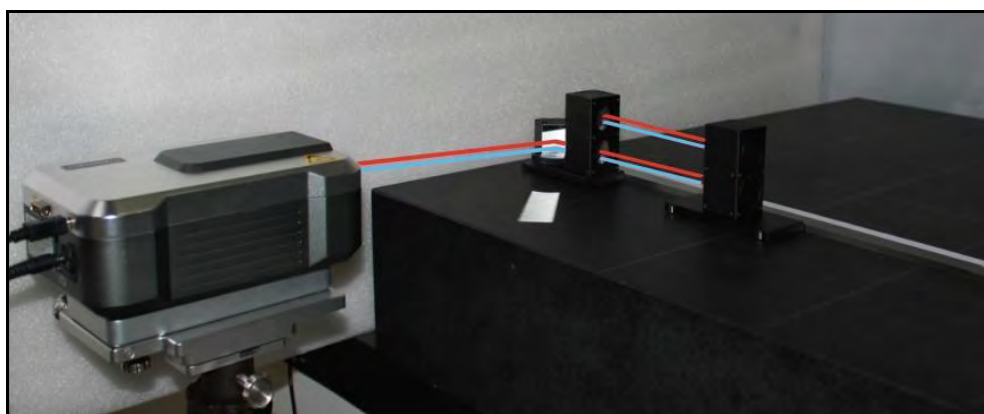


▲ 平面度测量的过程示意图

平面度测量配置

平面度测量配置主要由 **SJ6000 主机**、**角度镜组**、**平面度镜组**、**SJ6000 静态测量软件** 等组件构成。其中，平面度镜组由 180mm 可调基板、360mm 可调基板和平面度旋转镜构成。

平面度测量应用



▲ 大理石平台的平面度测量

2.7. 回转轴测量

回转轴测量原理

回转轴测量需借助 WR50 自动精密转台，与 SJ6000 角度测量配合使用。将 WR50 连接到回转轴上，作为测角标准器，WR50 可实现 0~360° 的角度测量范围，±1" 的测量精度，最高转速为 10rpm。

假设回转轴转动了 5°，相连的 WR50 则反转 5°，相对于 SJ6000 角度测量而言并未产生角度偏转，基于该原理即可实现回转轴 0~360° 的高精度测量。

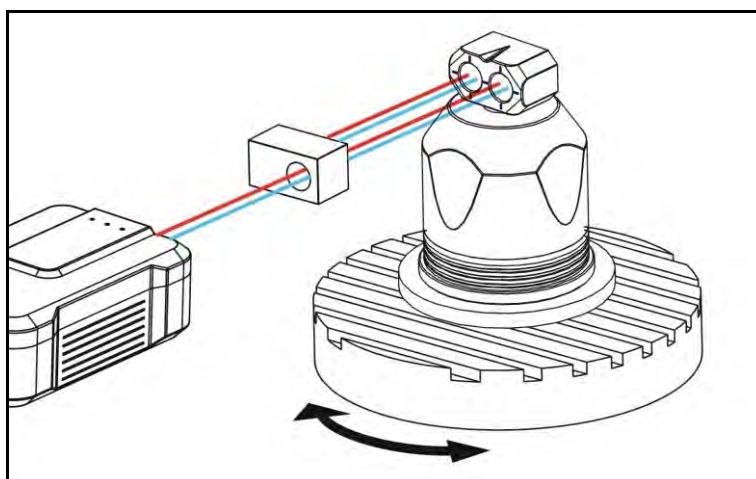
回转轴测量软件会将 WR50 的角度值和 SJ6000 角度值合并并进行计算，作为回转轴实际转动的角度值。



▲ 自动精密转台

回转轴测量配置及使用方法

回转轴测量配置主要由 SJ6000 主机、角度镜组、WR50 自动精密转台、SJ6000 静态测量软件 等组件构成。



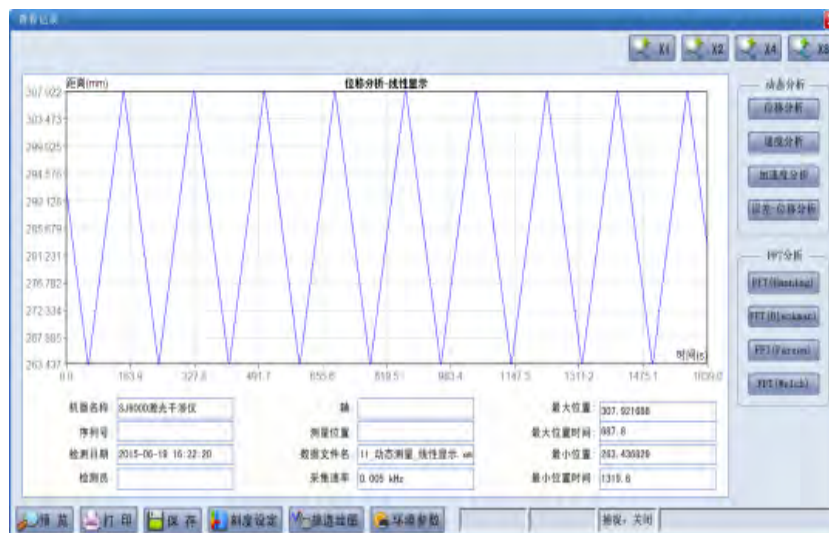
▲ 回转轴测量示意图

3. 动态测量

3.1. 动态测量概述

SJ6000 动态测量软件搭配线性镜组、角度镜组或直线度镜组可以进行相应的线性、角度或直线度的动态测量与性能检测。

动态测量包括基于时间的动态测量和基于距离的动态测量，SJ6000 动态测量软件可对动态测量数据进行位移分析、速度分析、加速度分析、振幅与频率分析等。



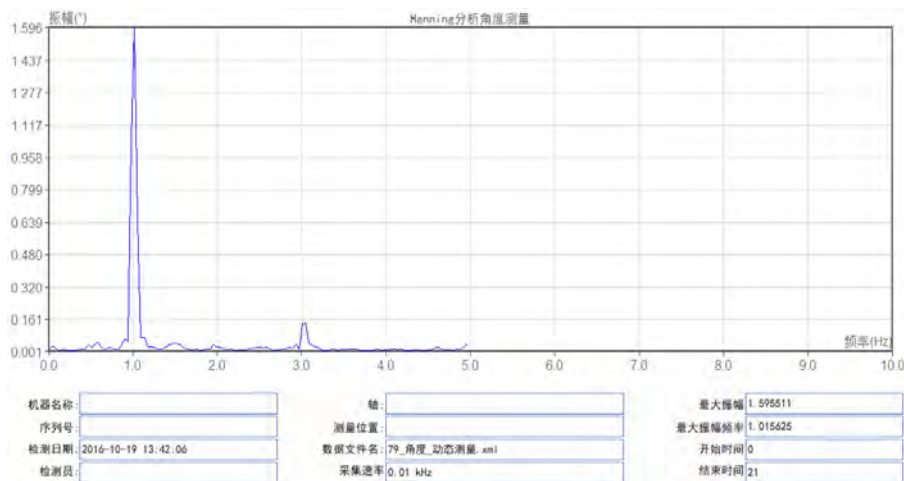
▲ 位移-时间曲线



▲ 速度-时间曲线



▲ 加速度-时间曲线



▲ 振幅-频率曲线

3.2. 动态测量应用

基于时间的动态测量

机器运动控制性能评价:

- 运动控制器 PID 控制参数测试与设置
- 高速运动后机器的稳定性测试与评价
- 高性能运动控制器的微小步幅的测试

振动监视

- 扫描应用：用于定位精度不重要，但恒速对实现高质量成像非常关键的场合
- 机床应用：典型应用包括要求刀具慢速、平稳轮廓运动的高质量表面精加工

振动频率分析

- 被测对象的振动频率分析
- FFT 快速傅立叶变换分析

基于距离的动态测量

基于距离的动态测量，SJ6000 激光干涉仪系统将沿着轴线“飞行”测量，即运动轴在不停顿的情况下以用户指定的间隔进行数据采集。

提供脉冲触发方式采集

CT70 正交触发盒可监控光栅、编码器、控制器等信号，配合 SJ6000 激光干涉仪，可实现脉冲触发启动采集和连续脉冲触发采集。适用于运动轴在不停顿的情况下，触发激光干涉仪按照指定的间隔位置进行数据采集。



▲ CT70 正交触发盒

4. 产品功能特点

精度高

SJ6000 激光干涉仪以干涉技术为核心，其光波可直接对米进行定义。采用激光双纵模热稳频技术，可实现高精度、抗干扰能力强、长期稳定性好的激光频率输出；采用高精度环境补偿模块，可实现激光波长和材料的自动补偿；干涉镜与主机分离设计，避免干涉镜受热影响，保证干涉光路稳定可靠。

功能广

- 可实现线性、角度、直线度、垂直度、平行度、平面度、回转轴等几何参量的高精密测量；
- 可检测数控机床、三坐标测量机等精密运动设备其导轨的线性定位精度、重复定位精度等，以及导轨的俯仰角、扭摆角、直线度、垂直度等；
- 可实现对机床回转轴的测量与校准；
- 可根据用户设定的补偿方式自动生成误差补偿表，为设备误差修正提供依据；
- 具有动态测量与分析功能，包括位移分析、速度分析、加速度分析、振幅和频率分析等，可进行振动分析、丝杆导轨的动态特性分析、驱动系统的响应特性分析等；
- 支持手动或自动进行环境补偿。

软件强

- 友好的人机界面；
- 丰富的应用功能模块；
- 向导式的操作流程；
- 简洁化的记录管理；
- 支持中文、英文和俄文界面；
- 支持企业专属模板定制。

标准多

内置 13 份标准，包含 GB、ISO、英标、美标、德标、日标等国内外通用标准。可依据各种不同的机床标准分析处理数据，并可打印相应的曲线图和数据报告。

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 17421.2-2000	中国国家标准
2	GB 10931-1989	中国国家标准
3	ISO 230-2-1997	1997 版国际标准
4	ISO 230-2-2006	2006 版国际标准
5	ISO 230-2-2014	2014 版国际标准
6	ASME B5.54-2005	美国国家标准
7	ASME B89.1.12M-1990	美国机械工程师协会标准
8	NMTBA-1997	美国机床协会标准
9	BS 3800-2-1991	英国机床标准
10	BS 4656-16-1985	英国机床标准
11	JIS B6330	日本国家标准
12	VDI 3441	德国机床标准
13	JJG 117-2005	平板检定规程

5. 技术指标

主机

稳频精度：0.05ppm

动态采集频率：50 kHz

预热时间：≤ 6 分钟

工作温度范围：(0~40)°C

存储温度范围：(-20~70)°C

环境湿度：(0~95)%RH

环境补偿单元

空气温度传感器：±0.1°C (0~40)°C，分辨力 0.01°C

材料温度传感器：±0.1°C (0~55)°C，分辨力 0.01°C

空气湿度传感器：±5%RH (0~95)%RH

大气压力传感器：±0.1kPa (65~115)kPa

线性测量

测量距离：(0~80)m (无需远距离线性附件)

测量精度：0.5ppm (0~40)°C

测量分辨力：1nm

测量最大速度：4m/s

角度测量

轴向量程：(0~15)m

测量范围：±10°

测量精度：±(0.02%R+0.1+0.024M)'' (R 为显示值，单位：''；M 为测量距离，单位：m)

测量分辨力：0.01''

平面度测量

轴向量程: (0~15)m

测量范围: $\pm 1.5\text{mm}$

测量精度: $\pm(0.2\%R+0.02M^2)\mu\text{m}$ (R 为显示值, 单位: μm ; M 为测量距离, 单位: m)

基板尺寸: 180mm 可调, 360mm 可调

测量分辨力: $0.1\mu\text{m}$

直线度测量

	轴向量程	测量范围	测量精度	分辨力
短距离	(0.1~4.0)m	$\pm 3\text{mm}$	$\pm(0.5+0.25\%R+0.15M^2)\mu\text{m}$	$0.01\mu\text{m}$
长距离	(1.0~20.0)m	$\pm 3\text{mm}$	$\pm(5.0+2.5\%R+0.015M^2)\mu\text{m}$	$0.1\mu\text{m}$

注: R 为显示值, 单位: μm ; M 为测量距离, 单位: m

垂直度测量

	轴向量程	测量范围	测量精度	分辨力
短距离	(0.1~3.0)m	$\pm 3/M\text{ mm/m}$	$\pm(2.5+0.25\%R+0.8M)\mu\text{m/m}$	$0.01\mu\text{m/m}$
长距离	(1.0~15.0)m	$\pm 3/M\text{ mm/m}$	$\pm(2.5+2.5\%R+0.08M)\mu\text{m/m}$	$0.01\mu\text{m/m}$

注: R 为垂直度结果; M 为测量距离, 单位: m

自动精密转台

型号: WR50

角度测量范围: (0~360) $^\circ$

测量精度: $\pm 1''$

分辨力: $0.1''$

最高转速: 10rpm

最高跟踪速度: 2rpm

重量：1.9kg

高度：148mm

直径：112mm

通信方式：蓝牙传输

供电方式：锂电池

正交触发盒

信号输入：差分 TTL(RS422)正交编码信号、10 μ App 微电流信号

输出形式：10 μ s 脉冲

触发延时：0.1 μ s

供电电源：12VDC

尺寸重量与供电

便携箱尺寸：613mm×460mm×230mm

标准配置重量：18kg

供电电源：(100~240)VAC

安全要求

激光的安全等级达到 Class I 要求

6. 配件与证书

配件

序号	名称	明细	备注
1	SJ6000 主机	1 台, 配云台、电源适配器	标配
2	通用三脚架	1 个, 配便携包	
3	笔记本电脑	1 台, 配测量软件	
4	环境补偿单元	环境补偿主机: 1 个, 内置空气湿度和大气压力传感器	
		空气温度探头: 1 个, 线长 5 米	
		材料温度探头: 3 个, 线长 5 米	
5	标配附件	USB 线 2 根	
		水平仪 1 个, 磁性表座 2 个	
		辅助安装块 1 块, 安装柱 4 节	
6	线性镜组	线性干涉镜、线性反射镜, 各 1 个; 夹紧孔座 2 个	
7	便携式拉杆箱	1 个, 外尺寸: 613mm×460mm×230mm	
8	三坐标测头夹具	1 套	选配
9	对角线测量套装	1 套	选配
10	可调转向镜	1 个	选配
11	轻型线性镜组	小角锥反射镜、缩光镜, 各 1 个	选配
12	角度镜组	角度干涉镜、角度反射镜, 各 1 个	选配
13	平面度镜组	180mm、360mm 可调基板, 各 1 个; 平面度旋转镜 2 个	选配
14	短直线度镜组	短距离直线度干涉镜、短距离直线度反射镜, 各 1 个	选配
15	长直线度镜组	长距离直线度干涉镜、长距离直线度反射镜, 各 1 个	选配
16	直线度附件	大角锥反射镜、90 度转向镜、底座、M8 接头, 各 1 个	选配

17	垂直度镜组	光学直角尺、90°转向镜辅助安装块，各 1 个	选配
18	自动精密转台	1 台，配卡盘、USB 数据线、电源适配器、蓝牙工具	选配
19	正交触发盒	1 台，配电源适配器、触发数据线	选配
20	工作服	夏、冬实验室工作服，各 1 件	选配

注意事项：

- **对角线测量套装配置需求：对角线测量套装+可调转向镜**
- 平面度测量配置需求：平面度镜组+角度镜组
- 平行度测量配置需求：依据轴向量程范围，选择相应直线度镜组即可
- 短垂直度测量(0.1~3.0)m 配置需求：短直线度镜组+垂直度镜组
- 长垂直度测量(1.0~20.0)m 配置需求：长直线度镜组+垂直度镜组
- 直线度附件：主要应用于 Z 轴的直线度测量和垂直度测量

证书

序号	名称	明细	备注
1	产品使用说明书	1 份	标配
2	产品合格证、保修卡	1 份	
3	激光频率校准证书	■ 由深圳市计量质量检测研究院出具	选配
4	环境补偿单元校准证书	■ 由中国计量院出具：交货期需延长 1 个月	选配
5	线性测长校准证书	■ 由中国计量院出具：交货期需延长 1 个月 ■ 由其它机构出具	选配
6	角度校准证书		选配
7	直线度校准证书		选配
8	光学直角尺校准证书		选配
9	自动精密转台校准证书		选配