

**GE5050**

**全自动线纹尺检定装置**

**操作说明书**

# 目 录

目 录 .....	2
声 明 .....	3
第一章 仪器说明 .....	4
1.1 仪器概述 .....	4
1.2 仪器工作原理 .....	4
1.3 仪器技术参数 .....	5
1.4 仪器概览 .....	6
1.4.1 硬件概览 .....	6
1.4.2 软件概览 .....	7
第二章 仪器硬件操作说明 .....	12
2.1 线纹尺装夹 .....	12
2.1.1 钢卷尺装夹 .....	12
2.1.2 钢直尺装夹 .....	14
2.2 摄像系统调节 .....	15
2.3 开机前的注意事项 .....	16
第三章 软件操作说明 .....	17
3.1 软件安装方法及注意事项 .....	17
3.1.1 检定程序安装步骤 .....	17
3.1.2 DMC2210 运动控制卡驱动安装步骤 .....	20
3.2 图像调节 .....	22
3.3 仪器软件使用说明 .....	25
3.3.1 全自动检定软件操作步骤 .....	25
3.3.2 手动检定软件操作步骤 .....	26
3.3.3 标定 .....	27
第四章 图像处理 .....	29
4.1 图像处理流程 .....	29
4.2 图像处理示例 .....	30
第五章 售后相关事宜 .....	31
5.1 维修服务方式 .....	31
5.2 免责条款 .....	31
附录 A 仪器配置清单 .....	33
附录 B 摄像机使用注意事项 .....	34
附录 C 不确定度分析 .....	35

附录 D 人眼与机器视觉检测的钢卷尺数据 .....错误！未定义书签。

## 声 明

首先感谢您购买“GE5050 线纹尺全自动检定仪”。本手册可以帮助您了解仪器的操作方法，轻松地检定线纹尺。使用前请通读本手册，并妥善保管，以便所有使用本产品的人均可阅读。

为不断改善仪器设计、性能，本手册的部分信息改变将不预先通知。

本手册的版权属于深圳市菲恩测控科技有限公司，仅可复制供内部使用。未经深圳市菲恩测控科技有限公司的书面同意，其它任何全部或部分复制均不得进行。

# 第一章 仪器说明

## 1.1 仪器概述

全自动线纹尺检定装置适用于 I 级、II 级钢卷尺及钢直尺等线纹类工作量具的示值检定。具备自动测量功能，能够自动读取测量值，实现测量结果的实时记录、处理和存储，自动形成原始记录和检定证书。

## 1.2 仪器工作原理

全自动线纹尺检定装置测量系统由大理石基座、高精度直线导轨，驱动工作台，光栅测量系统，电机驱动系统，图像采集系统，图像标定系统，各项软件及检定安装、夹紧附件等组成。其基座为大理石构成，直线导轨固定在大理石导轨基座上，导轨上的移动工作台用来安装瞄准装置，微调对线工作台和光栅测量头，移动工作台在电机的驱动下进行测量。

图 1-1 为线纹尺检定装置工作示意图：

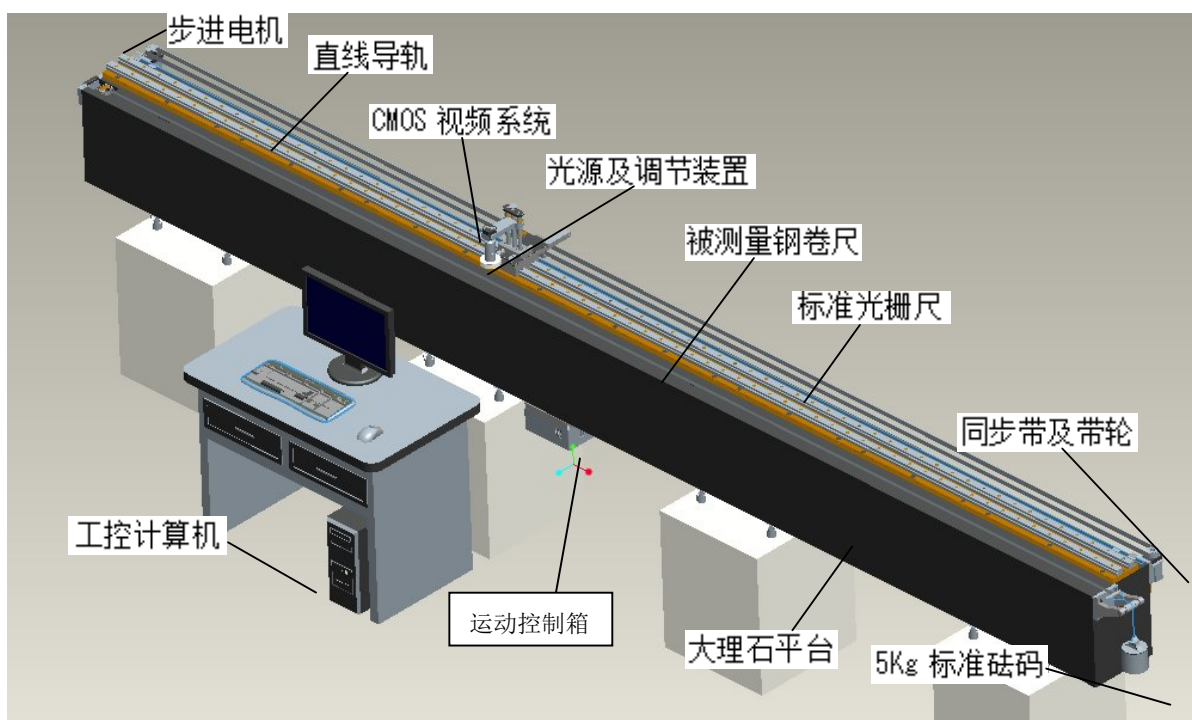


图 1-1 全自动线纹尺检定装置工作示意图

该装置采用金属光栅作为测量标准，使用图像识别技术识别被检尺的刻度，计算机读

取测量值、自动显示被测尺的实际测量值并实现测量结果的实时记录、处理、存储，自动形成原始记录和检定证书等，利用光栅技术可方便的进行数字显示与细分。

### 1.3 仪器技术参数

- 1、设备型号：GE5050
- 2、测量范围：(0~5) m。(能实现 5m 以下钢卷尺的检定)
- 3、光栅尺分辨率：1  $\mu$ m。
- 4、光栅尺测量不确定度： $U=(0.03+0.03L)\text{mm}$  其中： $L$  单位 m。其精度指标满足 JJG 1-1999《钢直尺检定规程》对标准器精度的要求；满足 JJG 4-1999《钢卷尺检定规程》对标准器精度的要求。
- 5、显微镜分辨力：5  $\mu$ m
- 6、工作电压：AC220V $\pm$ 10%，(50~60)Hz。
- 7、工作环境温度：(20 $\pm$ 2)℃。

## 1.4 仪器概览

### 1.4.1 硬件概览

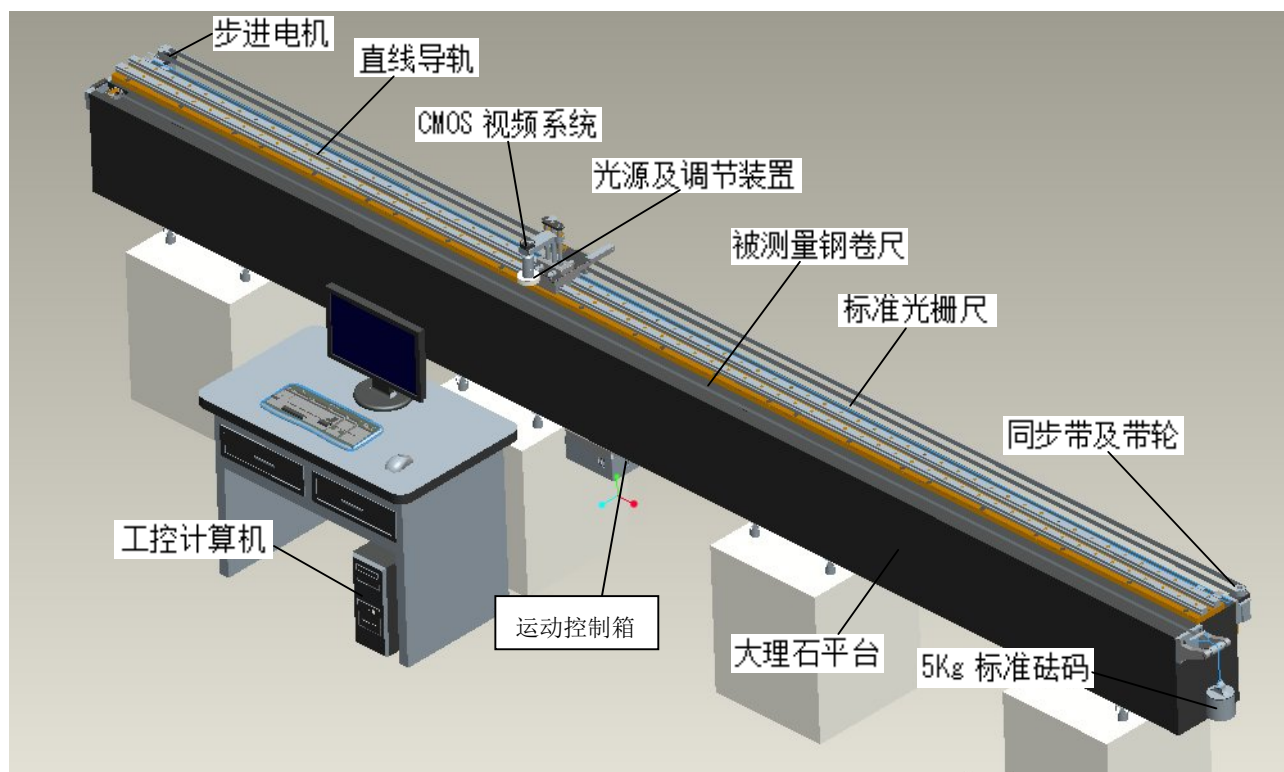


图 1-2 设备效果图示

1.4.2 软件概览

主操作界面

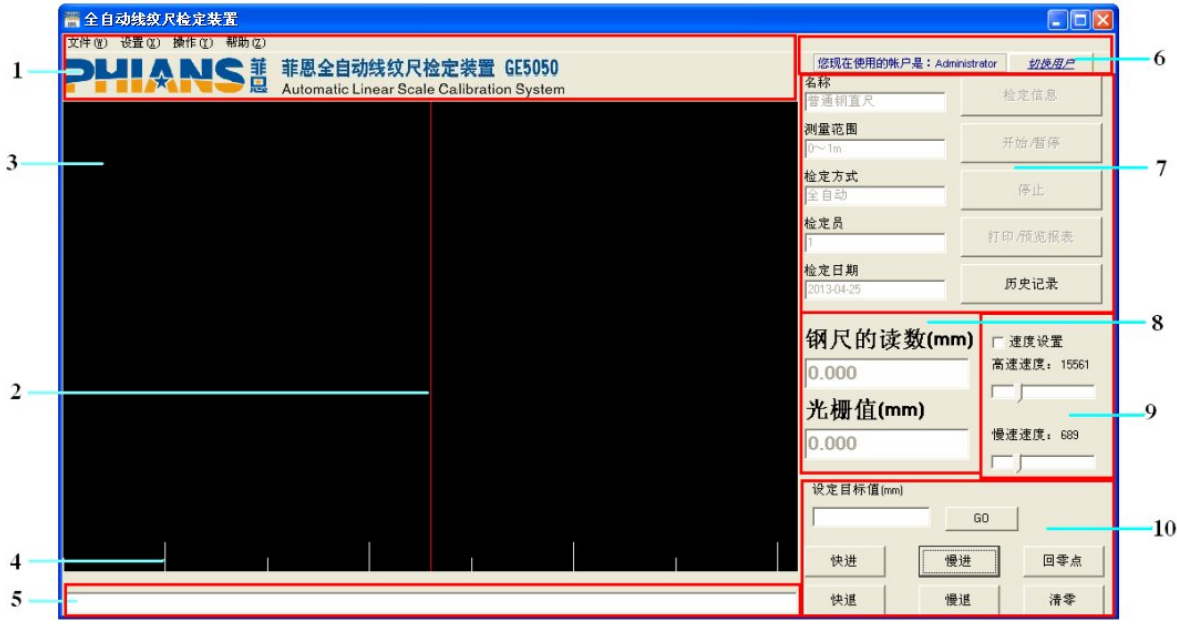


图 1-3 主操作界面

1、主菜单、公司 LOGO、仪器全名及版本号显示区  
各功能按键如表 1

菜单名	子菜单	功能说明
文件	初始化相机	当图像区无图像时可以初始化相机
	退出	退出检定程序
设置	刻线标定	采取标准刻线进行像素标定
	棋盘标定	棋盘式像素标定法
操作	线纹宽度检测	对线纹尺的线纹宽度进行检定
	点选零刻线	点击获取零刻线
	尺的端边至第一条线纹的示值误差	检定钢尺直的尺的端边至第一条线纹的示值误差
帮助	显示计算机 ID	获取计算机 ID 号
	注册计算机	注册软件的使用期限

表 1

- 2、零刻线
- 3、检定过程中图像显示区
- 4、像表比例尺
- 5、检定信息提示栏

6、 操作用户状态提示栏

用户状态	用户权限
Administrator	管理员，有检表、数据修改权限
Operator	操作员，仅有基本的检定权限
Guest	来宾，仅有查看历史数据的权限

表 2

7、 检定基本信息显示区、主操作区

按钮名	功能说明
开始检定	全自动/手动检定开始按钮
停止检定	中止本次检定（中止后，仪器会自动回到检定初始状态）
检定信息	检定信息输入窗口（见图 1-4）激活按钮
打印/预览报表	报表窗口激活按钮
历史记录	历史记录窗口（见图 1-7）激活按钮

表 3

8、 线纹尺的数据显示区

9、 速度调节

10、 功能按键区

1.4.2.2 功能按键说明

检定信息

记录编号25500259

计量编号/

出厂编号/

证书编号/

检定日期2013-04-16

有效日期2014-04-15

检定周期1年

检定员1清除

送检单位/清除

生产厂家/清除

检定单位/清除

温度/湿度///

检定依据JJG 1-1999《钢直尺》

线纹尺

种类钢直尺

测量范围0~1m

检定类别新制造

名称普通钢直尺

准确度等级1级

检定方式全自动

分段1m

自定义检定点

标准装置

名称/

型号规格/

编号/

证书编号/

有效日期/

分辨力/

外观符合

线纹宽度及宽度差符合

尺的端边、侧边的直线度符合

尺的端边至第一条线纹的示值误差符合

侧边厚度符合

尺的端边与侧边垂直度符合

尺面平面度符合

端边与侧边相交处圆弧半径符合

弹性符合

确定

取消

图 1-4 检定信息输入窗口



1、“检定信息”中的“线纹尺”说明

线纹尺

种类	钢直尺	测量范围	0~1m	检定类别	新制造
名称	普通钢直尺	准确度等级	I 级	检定方式	全自动
分段	1	<input type="checkbox"/> 自定义检定点			

图 1-5 线纹尺信息

序号	选项名	说明
1	种类	线纹尺的种类，如钢直尺、钢卷尺等
2	名称	每种线纹尺所分的具体类型，如钢直尺分“普通钢直尺”、“棉纤维钢尺”两种类型可供选择
3	测量范围	指被检线纹尺的测量范围
4	准确度等级	指钢卷尺的准确度等级，分为 I 级和 II 级
5	检定类别	按规程分新制造、使用中两种
6	检定方式	分全自动和手动两种检定方式
7	分段	分段法检线纹尺时设定的分段长度
8	自定义检定点	检定员可手动设定线纹尺的检定点（见图 1-6）

表 4

2、“自定义检定点”各按钮说明

自定义检定点

☐ 自定义检定点方法 I

自定义检定点数

☒ 自定义检定点方法 II

( m)

确定

取消

图 1-6 自定义检定点

有两种自定义方法，一种为自定义检定点数，一种为自定义检定点。自定义检定点方法 II 检定点间隔用英文逗号隔开。

检定日期	记录编号	线纹尺名称	测量范围	出厂编号	送检单位	检定员	检定类型	检定结论	打印
2013-04-22	25500263	普通钢卷尺	0~1m	/	/	1	新制造	符合 II 级	
2013-04-22	25500262	普通钢卷尺	0~1m	/	/	1	新制造	符合 I 级	
2013-04-22	25500261	普通钢卷尺	0~1m	/	/	1	新制造	符合 I 级	
2013-04-22	25500260	普通钢卷尺	0~1m	/	/	1	新制造	符合 II 级	
2013-04-22	25500259	普通钢卷尺	0~1m	/	/	1	新制造	符合 II 级	

共 5 条记录

开始日期: 2013-4-26 查询条件: 记录编号 查看报表 所有记录 上翻页 下翻页

结束日期: 2013-4-26 查询内容: 管理数据 删除记录 已打印

结果中查询 按日期查询 结果中查询 按条件查询 打印记录 导出报表 退出 点击进入

图 1-7 历史记录

## 3、“历史记录”各按钮说明

操作类	功能按键名	功能按键说明	备注
主操作类	删除记录	删除选定记录	
	查看报表	查看所选检定记录的详细数据	
	管理数据	可修改部分错误的输入信息,如送检单位名称等。	该操作权限仅限于管理员 (Administrator)。
	打印记录	打印出所选记录误差数据表	
	导出报表	导出所选检定记录的详细数据。	
	点击进入	进入导出的记录所在的文件内	
	退出	退出“历史记录”界面	
查询类	按条件查询	按照线纹尺种类或其他条件查询记录	
	按日期查询	按照日期查询记录	
	结果中查询	在查询结果中可根据已有条件进行第二次查询	可实现多次查询
	所有记录	显示所有记录	按一定条件查询后,点击“所有记录”,可显示所有记录

表 5

## 4、“管理检定记录”各按钮说明

**管理检定记录**

记录编号: 25500263      检定员: 1      核验员: 1  
计量编号: /      送检单位: /  
出厂编号: /      生产厂家: /  
证书编号: /      检定单位: /  
检定日期: 2013-04-22      温度: /      湿度: ///  
有效日期: 2014-04-21      检定依据: JJG 4-1999《钢卷尺》

**线纹尺**

种类: 钢卷尺      测量范围: 0~1m      检定类型: 新制造  
名称: 普通钢卷尺      准确度等级: I 级      检定方式: 全自动

**标准装置**

名称: /      型号规格: /      编号: /  
证书编号: /      有效日期: /      分辨力: /

其他字段: 外观及各部分相互作用: 符合      外观及各部分相互作用: 符合

被检间隔	误差值	被检间隔2	误差值2
0~0.20	-0.18	0~0.80	-0.09
0~0.40	-0.10	0~1.00	0.02
▶ 0~0.60	-0.05		

计算结果

确定      取消

图 1-8 管理检定记录

## 第二章 仪器硬件操作说明

### 2.1 线纹尺装夹

#### 2.1.1 钢卷尺装夹

1、拨动钢卷尺夹具上的拨动钮，使钢卷尺夹具由闭合状态变为开启状态；

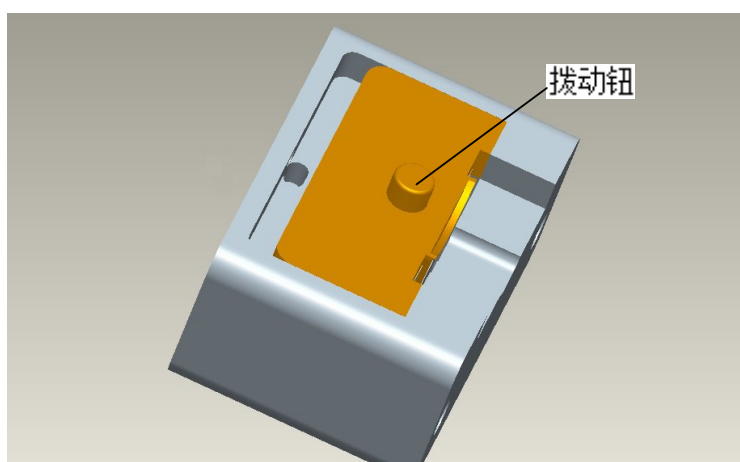


图 2-1 钢卷尺夹具（闭合状态）

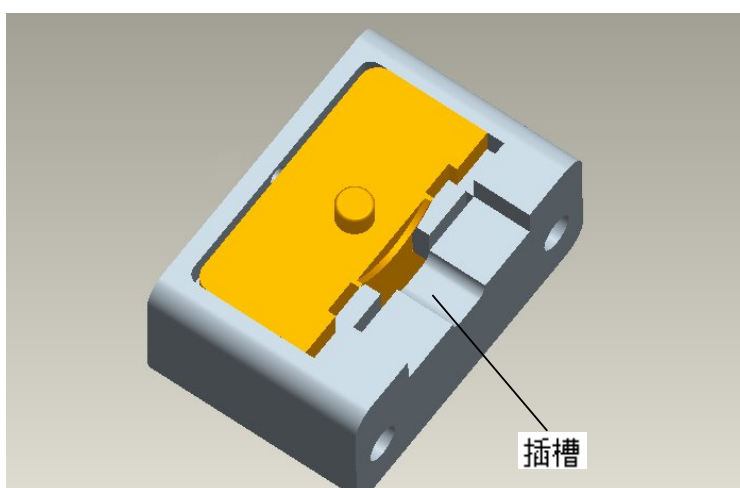


图 2-2 钢卷尺夹具（开启状态）

2、由图 2-1 和图 2-2 可以看到钢卷尺夹具由闭合状态调整为开启状态时出现了插槽，此时将钢卷尺头插入插槽，松开拨动钮即可自动夹紧（如图 2-3 所示）；

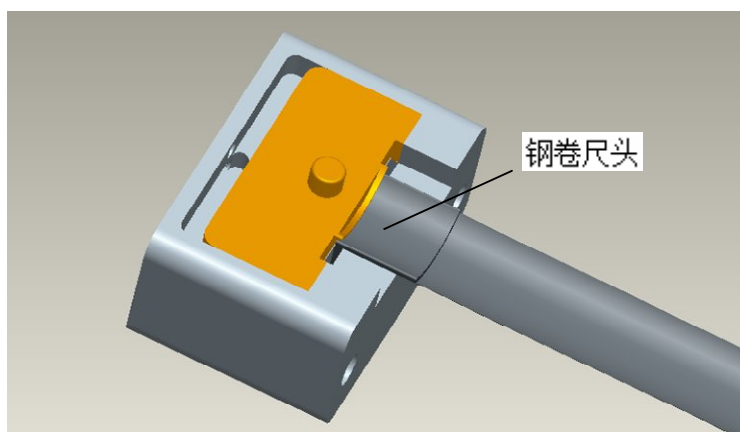


图 2-3 装夹后效果图

3、将装夹好的钢卷尺夹具放入大理石平台凹槽内，并在夹具尾部连上牵引绳，将牵引绳的另一端通过压块固定（如图 2-4 所示）；

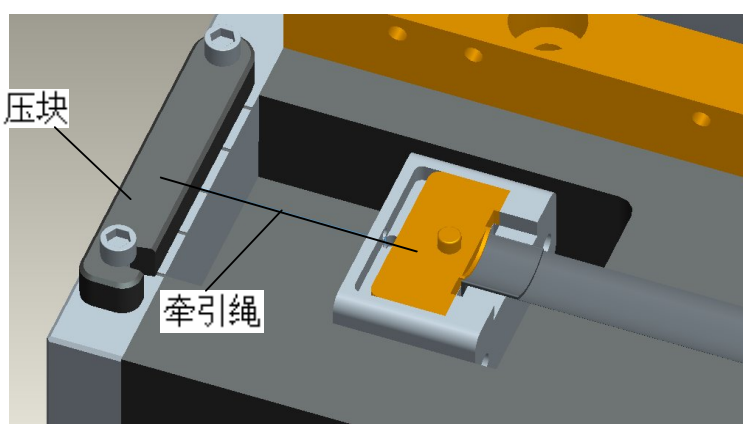


图 2-4 牵引绳装夹

4、钢卷尺的另一端则通过钢卷尺固定块 1 和钢卷尺固定块 2 来夹紧，并通过紧固螺母固定。（如图 2-5、图 2-6 所示）

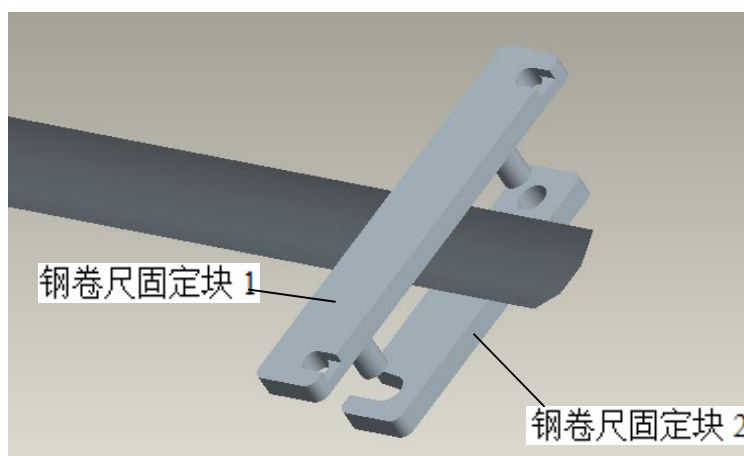


图 2-5 固定块示意图 1

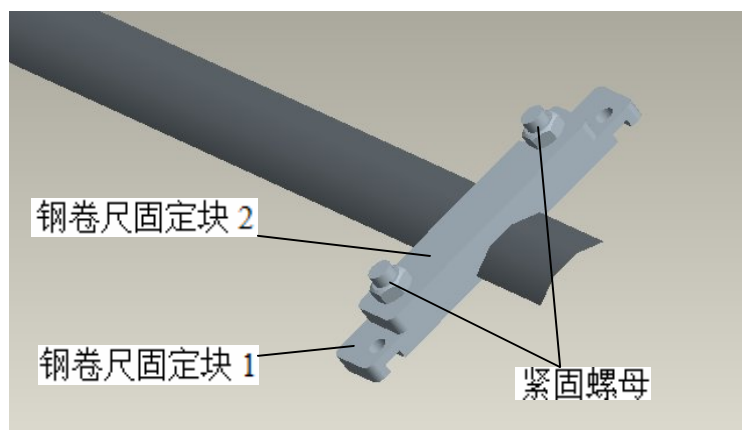


图 2-6 固定块示意图 2

5、接着用牵引绳与钢卷尺固定块 1 尾部两孔相连，并将牵引绳另一端如图 2-7 所示与悬空的 5Kg 标准砝码相连。

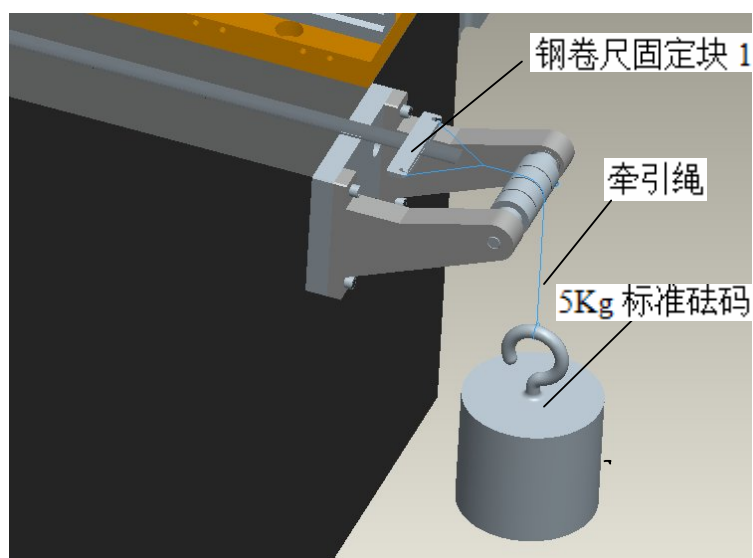


图 2-7 标准砝码

### 2.1.2 钢直尺装夹

将钢直尺零刻度线向左平铺于大理石平台上，并将两个钢直尺定位器均紧贴仪器导轨其保持水平，然后将钢直尺首尾两端对准两钢直尺定位器上的同一刻度线。具体效果如图 2-8：

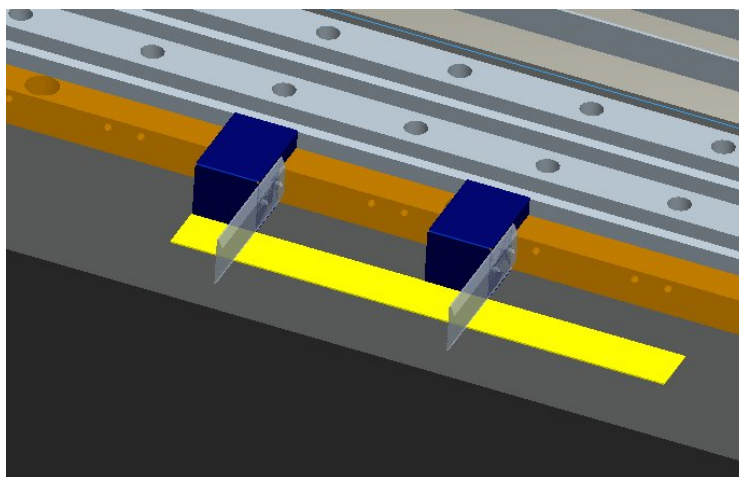


图 2-8 钢直尺装夹

## 2.2 摄像系统调节

摄像系统及各部分名称如图 2-8 所示：

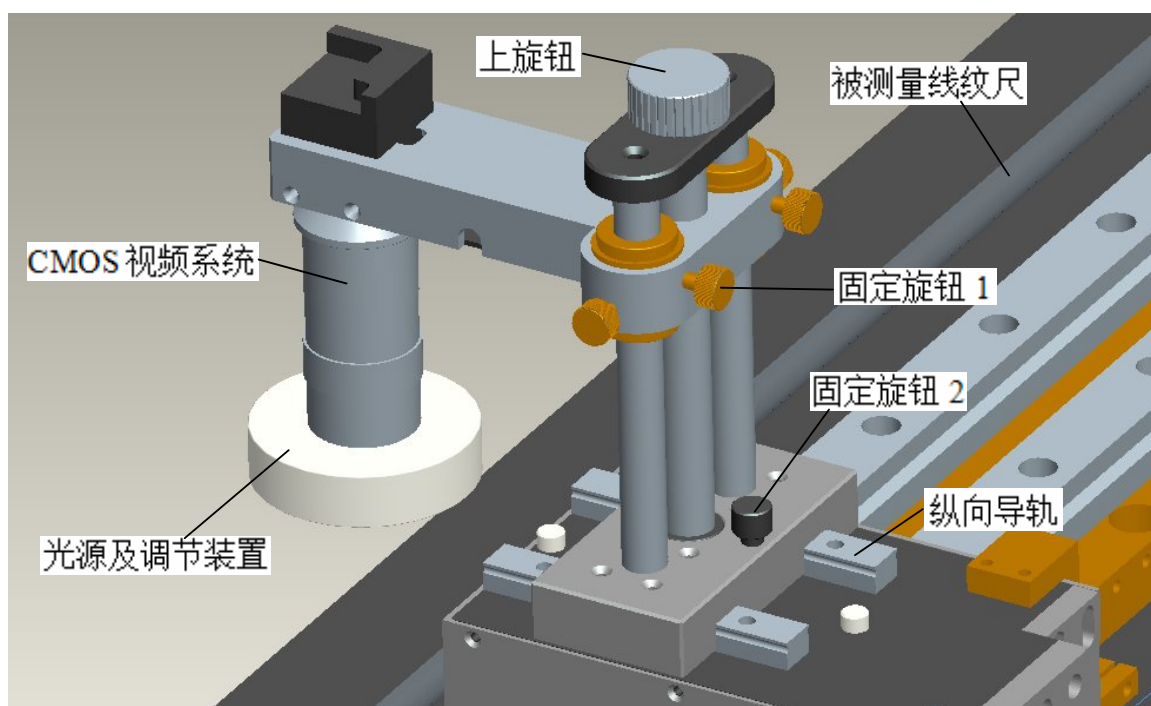


图 2-8 摄像系统

- 1.使摄像系统通过纵向导轨纵向移动对准被测量线纹尺，并将固定旋钮 2 锁紧。
- 2.然后通过上旋钮调节摄像系统的高度位置，并将 4 颗固定旋钮 1 锁紧。
- 3.通过光源及调节装置调节光源到适宜的亮度。

4.通过 CMOS 摄像系统上的焦距调节拨动钮调节镜头焦距，使图像清晰易识别。

具体图像效果请参见 **3.2 仪器调节步骤和技巧**中的图 3-13。

## 2.3 开机前的注意事项

- 1、同步带与同步轮连接应保持正常；
- 2、各导线、电缆连接应保持有效接触；
- 3、确保导轨上面无其他会阻碍运动系统的工具或其他事物；
- 4、光栅尺读数头应保持正常工作状态（绿灯表示正常工作状态，红灯或黄灯表示读数头工作异常）；
- 5.确认金属光栅上无杂物



## 第三章 软件操作说明

### 3.1 软件安装方法及注意事项

#### 3.1.1 检定程序安装步骤

在安装本软件之前，请确保您的计算机上无本软件的其他版本，如有请先卸载其他版本的软件再安装本软件，否则可能会造成软件的冲突而无法正常使用。

注：当计算机系统或检定软件需要重新安装时，请先备份软件安装目录下的数据文件“检定数据.mdb”，重装系统或重装检定软件后再用备份的“检定数据.mdb”覆盖新安装目录下的数据文件，从而避免检定数据的丢失和新旧软件的冲突。

- a. 将光盘放入电脑光驱，读取光盘后点击“GE5050 全自动仪线纹尺检定装置 SETUP”安装程序。



图 3-1

- b. 选择“我同意该许可协议的条款”然后点击下一步。

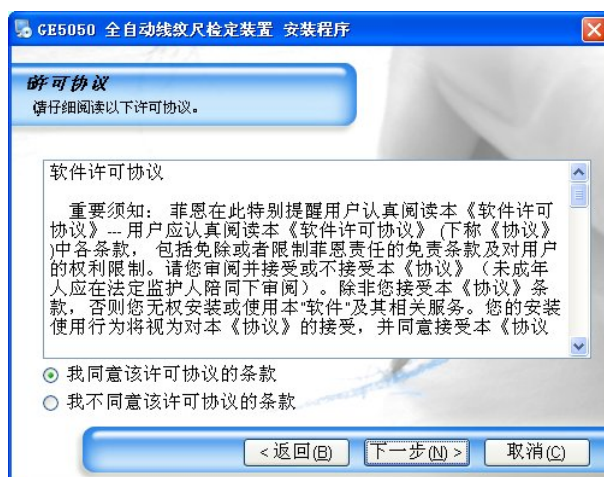


图 3-2

c. 输入相应的名称和公司名，点击“下一步”。



图 3-3

d. 点击“更改”可选择软件安装的路径（默认是在 C 盘），然后点击“下一步”。



图 3-4

e. 点击“下一步”。



图 3-5

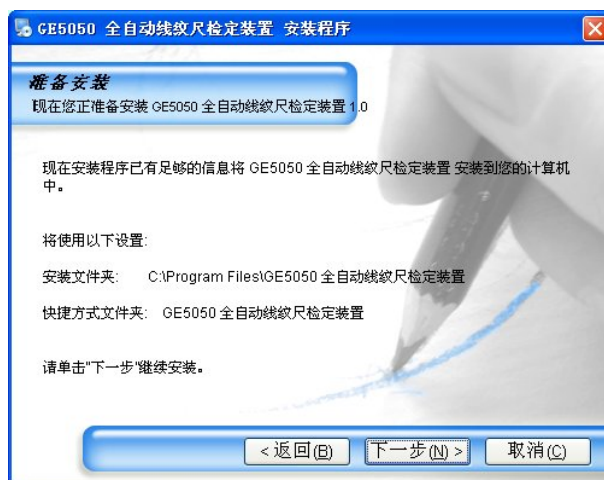


图 3-6

f. 确认无误后点击“下一步”开始安装程序。



图 3-7



图 3-8

g. 点击“完成”，程序完成安装并在桌面上生成快捷方式。

### 3.1.2 DMC2210 运动控制卡驱动安装步骤

- a. 启动PC机；
- b. 将光盘放入光驱中，在相应的目录中，例如g:\INF，找到批处理文件 regist2K.bat，双击运行。
- c. 开机进入Windows系统后，系统会提示发现新硬件，并弹出图3-9所示找到新的硬件安装向导。按图示选择“从列表或指定位置安装（高级）（S）”，点击“下一步”。



图 3-9 新的硬件安装向导

- e. 在图 3-10 所示的向导中，点选“在这些位置中搜索最佳驱动程序”并勾选上“在搜索中包括这个位置”，点击浏览。
- f. 在弹出的“浏览文件夹”的窗口中，指向DMC2210.inf所在目录后，点击确定。



图3-10 浏览并选择安装文件夹INF

- g. 在图3-11中，点击“下一步”继续安装；



图3-11 开始安装驱动软件



图3-11 安装驱动软件进行中

- h. DMC2210卡的驱动程序正在安装，如图3-11所示。
- i. 安装完成后，显示界面如图3-12所示，点击完成。





图 3-12 完成 DMC2210 安装

DMC2210 就可以正常使用了。

## 3.2 图像调节

线纹尺图像调节对比

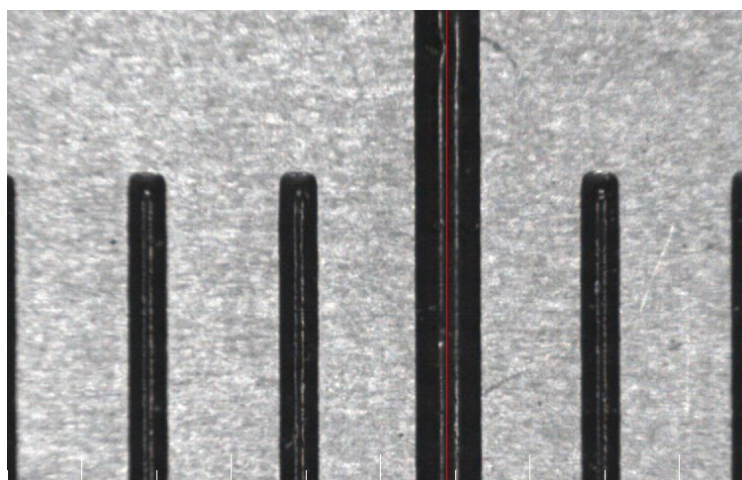


图 3-13 正确图像（刻线清晰垂直）

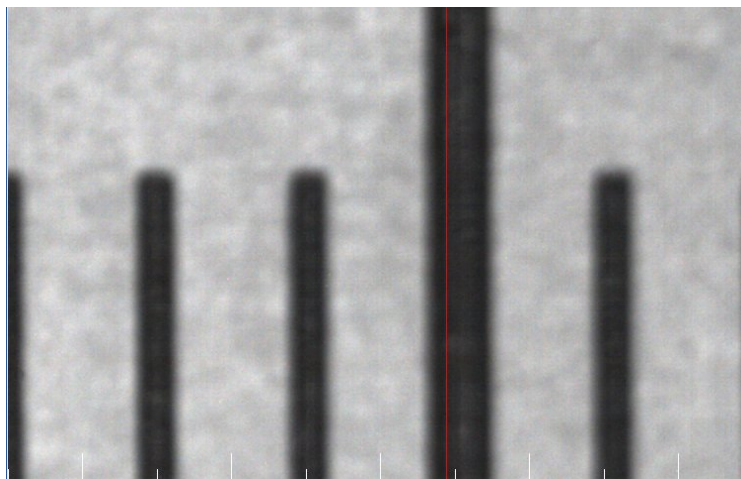


图 3-14 错误图像（图像不清晰）



图 3-15 错误图像（图像亮度过高）

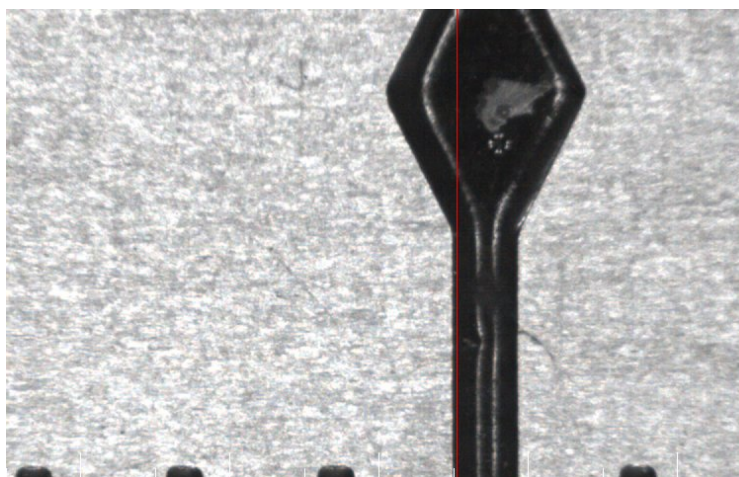


图 3-16 错误图像（毫米刻线显示出来的过短）

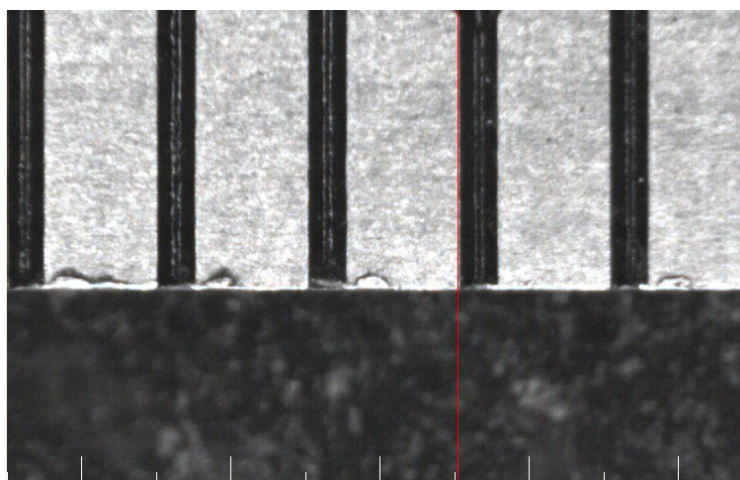


图 3-17 错误图像（线纹尺显示区域错误）

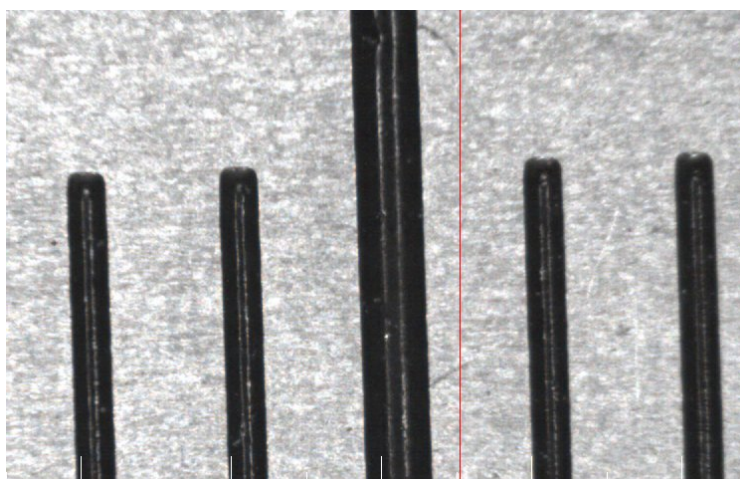


图 3-18 错误图像（线纹尺摆放倾斜）

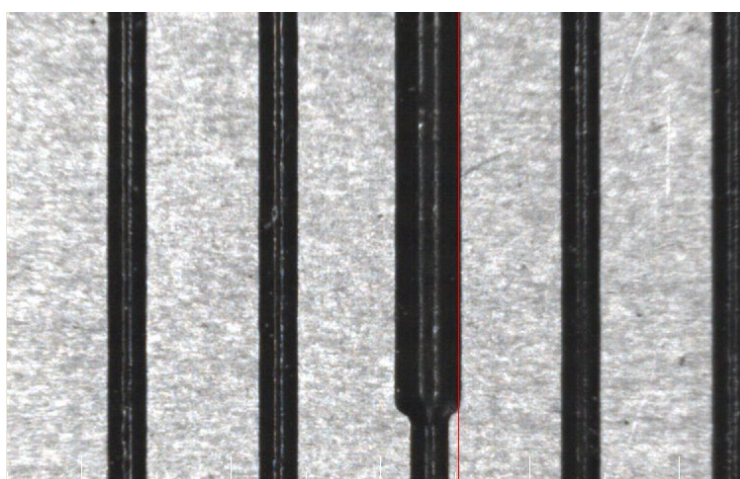


图 3-19 错误图像（图像显示区域无明显长短刻线区别）



## 3.3 仪器软件使用说明

### 3.3.1 全自动检定软件操作步骤



图 3-20 检定程序

- a. 启动检定软件：双击检定图标打开检定程序。

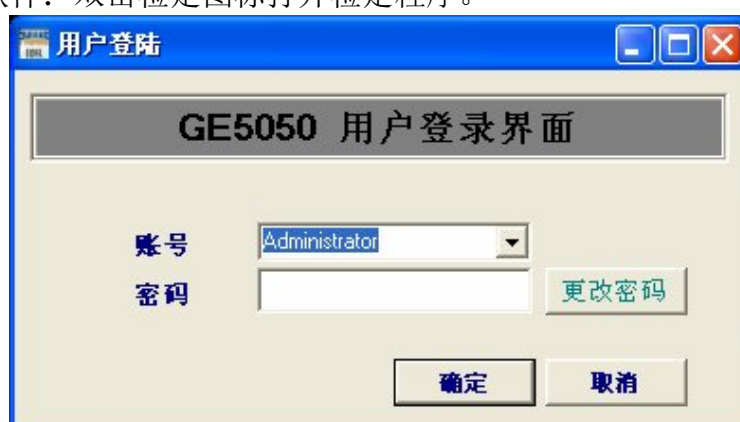


图 3-21 登陆界面

- b. 选择相应的用户类型和输入正确的密码，仪器将自动进入检定主界面。  
注：更改密码时，初始密码为空不必输入，只需输入新的密码，密码数为 5-8 位。

图 3-22 检定信息

- c. 输入检定信息：点击“检定信息”，在弹出的“检定信息”对话框中输入正确的被检表信息并点击“确定”。
- d. 装夹好被检线纹尺并调整画面，并选取一条刻线作为零刻线。
- e. 开始检定：点击“开始检定”，仪器进入检定状态直至本次检定结束，显示栏在检定过程中将显示本次检定的误差值和相应的读数，检定结束后将显示本次检定结果“合格”或“不合格”。
- f. 打印/预览报表：点击“打印/预览报表”，查看本次检定的详细数据及检定结果，如需查看以前的检定结果，请点击“历史记录”。
- g. 本次检定暂告一个段落。

注：在整个检定过程中，仪器处理全自动检定状态时，其他功能按钮除了“停止检定”键外均无法操作，如需停止检定，请点击“停止检定”键。

### 3.3.2 手动检定软件操作步骤

注：手动检定过程与全自动类似，不同之处在于

- 1、在“检定信息”中的检定方式栏里选择“手动”选项。

- 2、 检定过程中，到达检定点后，会弹出图 3.3.2-1 所示的输入框，输入钢卷尺当前读数，点击确定进行下一检定点。



图 3-23 手动输入界面

### 3.3.3 标定



图 3-24 标定

在操作界面设置一栏（如图 3-24）有两种标定方法：

- 1、 刻线标定：将标准尺放置于大理石平台上，调节图像至清晰，选择刻线标定，会弹出图 3-25 所示对话框，输入标定距离，点击确定后，画框选定两刻线如图 3-26，即标定成功（如图 3-27）。



图 3-25 标定设置

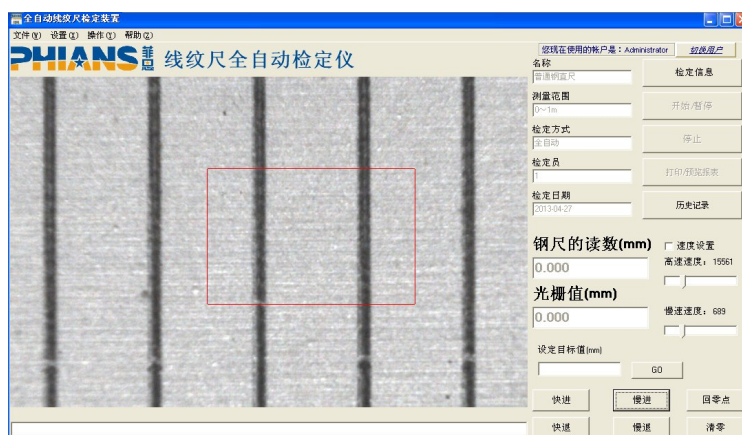


图 3-26 画框选取刻线

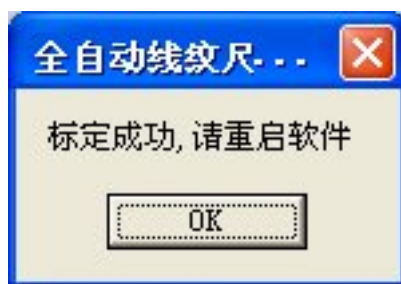


图 3-27 标定成功

2、 棋盘标定：将标准棋盘放置于大理石平台上，调节图像至清晰（如图 3-28），选择棋盘标定，会弹出图 3-29 所示对话框，输入标定信息，点击确定后，等待标定完成。



图 3-28



图 3-29 棋盘标定设置

## 第四章图像处理

### 4.1 图像处理流程

对于相机采集的图像，首先通过标准标定图来校准相机像素，采集到分划尺图像之后，对图像进行预处理，再提取出刻线的边缘轮廓信息后，再进行二次处理，得到轮廓的中心线作为刻线，最后求出两中心线的距离，流程图如图 4-1 所示。

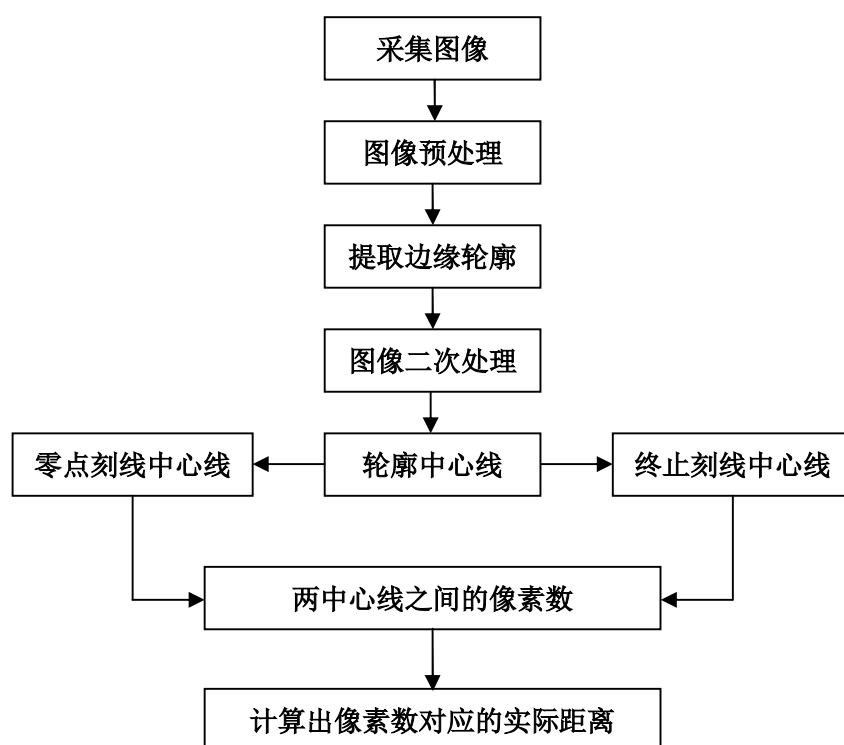


图 4-1 流程图

在测量起始零点处，通过选择零刻线，程序用像素点坐标自动记录了拟合出来的零刻度线在视野中的相对位置，如图 4-2 示：

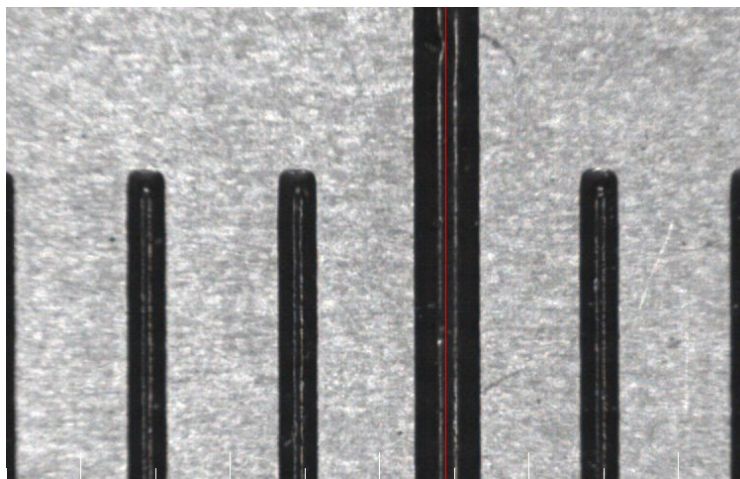


图 4-2 零刻线

## 4.2 图像处理示例

当滑动平台运行到第一条被测刻线处（如 100mm 处），金属光栅将记录运动图像采集系统行走的实际位移，此时采集到的图像中操作者选择的被测刻线也将拟合出一条直线，该直线与零刻线在视野中的真实距离，就是图像处理部分得到的示值误差，其与光栅读数值之和为被测尺在该标称刻线处的真实测量值，从而可以求得偏差值。

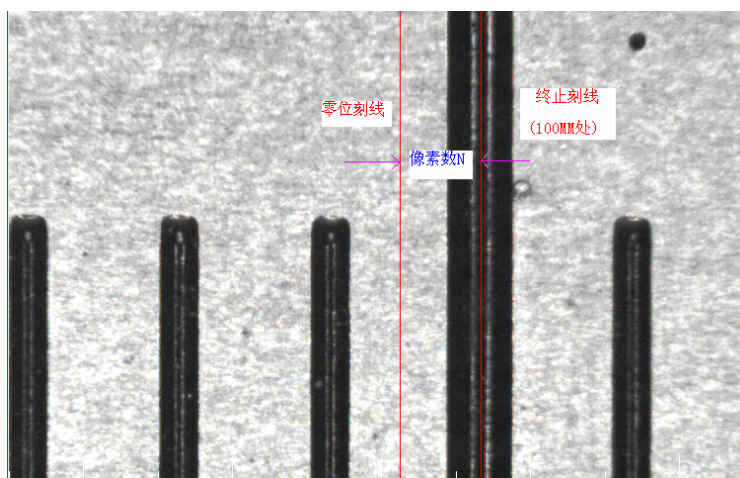


图 4-3 计算终止刻线

参考图 4-3 计算方式如下：

左边红线为零位刻线，右边红线为终止刻线(100mm 处)，两线之间相差像素数  $N$ ，相机标定的每像素代表的长度为  $P$ ，光栅的读数为  $L$ ，那么

终止刻线的实际距离  $S$

$$S = L + N * P \quad (\text{注：} N \text{ 有正负，} N = T(\text{终止刻线位置}) - Z(\text{零位刻线位置}))$$

终止刻线的偏差值  $\Delta S$

$$\Delta S = S - 100 \quad (\text{注：此例中终止刻线为 } 100\text{mm 处})$$



## 第五章 售后相关事宜

### 5.1 维修服务方式

#### 1、终身提供软件免费升级

#### 2、终身提供电话解答服务

#### 3、一年硬件故障免费上门服务：

公司承诺：用户自购机之日起第一年内，当遇到硬件故障时，您将得到免费上门维修服务。授权服务人员将到用户处进行现场服务并将产品修复。如当时不能修复，服务人员可将相关设备带回修后服务部，并将修复后的产品再送回用户处。

#### 4、送修服务：

除免费上门服务外，公司还承诺送修服务，即维修时用户可将产品送或寄到售后服务部，修复后再返还给用户。

#### 5、维修服务响应时间：

对于要求上门的服务，在接到服务要求后，4 小时内我们将做出响应并做出安排；具体维修要求，严格按《国家三包规定》的标准执行。

#### 6、有偿维修服务收费标准：

维修人员在收取有偿维修费时，应该出具公司签发的收费细则，否则，您可以拒绝付费。

注：仪器以外的打印机、计算机不在保修范围内

### 5.2 免责条款

属下列情况之一的仪器不享有免费维修服务。

#### 1、超过免费维修有效期的。

#### 2、未按产品使用说明的要求使用、维护、保管而造成损坏的：如带电插拔设备，电源未接地等。

#### 3、用户自行开箱维修或非菲恩授权的维修人员拆卸造成损坏的。

- 4、无有效免费维修凭证和有效发票的（能够证明该产品在免费维修有效期内的除外）。
- 5、维修凭证上的产品型号或编号与产品实物不相符合或擅自涂改维修凭证的。
- 6、因不可抗力造成损束的。
- 7、使用非原厂部件造成故障或损坏的。
- 8、无厂名、出厂编号、出厂日期、产品合格证的。



## 附录 A 仪器配置清单

序号	设备名称
1	工控计算机系统
2	5 米整体大理石支撑平台及地基施工
3	5 米滚珠整体直线导轨
4	精密光栅尺
5	运动控制卡
4	伺服驱动器
5	伺服电机
6	CCD 摄像头及驱动
7	驱动执行机构、加力机构
8	电脑及打印机配置要求如下：台式电脑：（ 液晶显示器：19 英寸 ） 打印机：HP1020
9	检定软件： （1）控制完成装置的自动测量功能，用户界面友好； （2）按用户的要求定制打印原始记录和证书的格式； （3）采用后台数据库方式保存被检钢卷尺的信息。
10	技术文件： 设备出厂合格证 设备使用说明书及光盘资料 全自动线纹尺检定装置的校准规范

## 附录 B 摄像机使用注意事项

- 1、不要擅自拆卸摄像机，为避免电击，不要卸下螺钉或机壳。
- 2、请勿使金属零件通过狭缝掉入机器内部，如不慎掉入，请立即关闭电源并联系我公司。
- 3、本机只能在室内使用，不要将本机长时间暴露在太阳光能够直接照射的地方，不要将本机安装在加热器或空调的附近，否则可能会引起变形、变色和故障。
- 4、清洁摄像机时请关闭电，用柔软干布擦拭。不要使用强烈的带有研磨性的清洁剂擦拭摄像机本身。如果污垢难以清除，可以用中性清洁剂并轻轻擦拭。然后，用柔软干布擦去残余清洁剂。否则可能会引起变色。
- 5、不要长时间将摄像机对着强光源。聚光灯等产生的光源会导致图像模糊或产生拖影。

## 附录 C 不确定度分析

### (一) 由测量装置引起的测量不确定度分量

#### 1. 由光栅示值误差引入的不确定度分量为 $u(L_{R1})$

根据光栅的说明书得知, 光栅本身的允许误差极限为  $\pm(5+5L) \mu m$ , 经过软件补偿, 可提高为  $(3+3L) \mu m$ , 假设为均匀分布, 则有

$$u(L_{R1}) = \frac{(3+3L)}{\sqrt{3}} = (1.7+1.7L) \mu m$$

#### 2. 由光栅尺材料温度变化引起的测量不确定度分量为 $u(L_{R2})$

光栅紧贴直线导轨运动, 故光栅的膨胀系数即为制作导轨的钢材料的热膨胀系数  $11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ , 环境温度变化为  $0.1^{\circ}C$ 。假设为均匀分布, 则

$$u(L_{R2}) = 0.1 \times 11.5 \times 10^{-6} \times L \times 10^3 / \sqrt{3} = 0.66L \mu m$$

#### 3. 视觉瞄准装置引入的测量不确定度分量 $u(L_{R3})$

由多次试验可知, 瞄准装置的误差极限为  $\pm 3 \mu m$ , 假设为均匀分布, 则

$$u(L_{R3}) = 3 / \sqrt{3} = 1.7 \mu m$$

#### 4. 阿贝误差引起的不确定度分量为 $u(L_{R4})$

经过调整, 视觉瞄准系统移动的轴线与光栅轴线之间在  $5m$  的范围内存在  $0.010mm$  的平行度, 假设轴线的距离为  $L$  时, 读数显微镜移动的轴线与光栅尺轴线之间的平行度误差引入的不确定分量服从均匀分布, 则阿贝误差引入的不确定度分量为

$$u(L_{R4}) = (0.010/5) \times L / \sqrt{3} = 1.2L \mu m$$

### (二) 被测标准钢卷尺引起的不确定度分量

#### 1. 标准钢卷尺刻度的分化性引入的不确定度

根据标准钢卷尺检定规程 JJG741-2005, 宽度的分化性不超过  $0.02mm$ , 假设为均匀分布, 故有

$$u(L_{G1}) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 12 \mu m$$

#### 2. 钢卷尺的热膨胀引起的不确定度分量

钢卷尺材料标准碳素钢的热膨胀系数为  $11.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ , 环境温度变化为  $0.1^{\circ}C$ 。假设为均匀变化, 则

$$u(L_{G2}) = 0.1 \times 11.5 \times 10^{-6} \times L \times 10^3 / \sqrt{3} = 0.66L \mu m$$

#### 3. 钢卷尺余弦误差引起的不确定度分量

在测量长为  $L$  的钢卷尺时, 测量全程都使其刻线出现在读数显微镜视场内, 二者的最大调节误差为  $1mm$ , 在此范围内误差呈正态分布, 则钢卷尺和导轨平行度引起的不确定度

$$u(L_{G3}) = [1 \times \sqrt{2} / (1000 \times 2.58)]^2 \times 10^6 L = 0.3L \mu m$$

## (三) 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u(L_{R1})^2 + u(L_{R2})^2 + u(L_{R3})^2 + u(L_{R4})^2 + u(L_{G1})^2 + u(L_{G2})^2 + u(L_{G3})^2}$$

$$= \sqrt{236.4681L^2 + 18L + 155.89}$$

$$= (0.014L + 0.007) \text{ mm}$$

(L 为钢卷尺长度, 单位为 m)

## (四) 扩展不确定度 U

$$k=2$$

$$U = k \times u_c = (0.028L + 0.014) \text{ m}$$

www.phians.cn

保持  
领先

不断  
创新

保持  
领先

追求  
卓越

**PHIANS**

**深圳市菲恩测控科技有限公司**  
SHENZHEN PHIANS TEST&CONTROL SCIENTIFIC CO.,LTD.

地址：深圳市南山区硅谷大学城创业园三楼

邮编：518055

电话：0755-86218118    86218116

传真：0755-86325377

E-mail: market@phians.cn

Http://www.phians.cn