

机械工程基础实验

实验报告



姓 名:	刘侃
学 院:	机械工程学院
专 业:	机械工程
学 号:	3220103259
分 组:	组 10

浙江大学机械工程实验教学中心

2024 年 9 月

形位误差测量

一、实验目的

1. 了解水平仪、光学平直仪、合象水平仪的测量原理及使用方法；
2. 掌握导轨直线度的检验方法及数据处理；
3. 学习平面度的测量方法及其数据处理的方法。

二、实验原理

1. 导轨直线度测量

导轨的直线度误差测量通常采用水平仪或光学平直仪。

水平仪：通过水准器测量导轨在垂直平面内的直线度误差。水平仪中气泡的位置反映了表面倾斜度。当导轨被分段测量时，每段测得的数据可以通过算法或作图法得出导轨的直线度误差。

光学平直仪：通过光学系统发射平行光束，反射光回到分划板上，记录角度变化值来测量导轨在水平和垂直平面内的直线度。

2. 平板平面度测量

平板的平面度测量采用合象水平仪，通过水准器与棱镜系统的配合测量各点的高度差。测量方法有三点法、对角线法和最小包容区域法，实验采用对角线法

三、实验内容（含设备、步骤）

1. 导轨直线度测量步骤

在导轨上按支承间距分段作标记。

使用水平仪逐段测量导轨，记录读数。

依次移动水平仪，读取每段的读数。

使用作图法和算法计算直线度误差。

2. 平板平面度测量步骤

将平板放在千斤顶上，大致调平。

在平板上划格，选定测量点。

使用合象水平仪逐点测量相对高度差。

记录数据并使用对角线法计算平面度误差。

（“一、实验目的、二、实验原理、三、实验内容”合计篇幅限定 2 页以内）

四、实验结果

见最后几页

五、形位误差测量实验思考题：

1、光学平直仪测量导轨直线度时，若光束未在分划板上看到成像会是什么原因，该如何处理？

可能的原因：

反射镜位置不正确：光学平直仪的光束需要通过反射镜反射回到仪器内的分划板上。如果反射镜位置没有精确对准光轴或偏离光束路径，可能会导致光束无法正确返回到分划板上，从而无法看到成像。

光路受阻：如果光路中有物体阻挡，或光束受到干扰（如灰尘、杂质等），可能会导致光束无法顺利返回至分划板。

设备调整不当：光学平直仪的调节螺钉、棱镜或镜片等组件未调整好，导致光束无法形成清晰成像。

处理方法：

检查反射镜的位置和角度：确保反射镜与光束正确对齐，并进行必要的角度调整。

清理光学元件：检查并清理光学平直仪和反射镜表面的灰尘或杂质，保证光路畅通。

重新调整设备：调节仪器的各个部件，确保光束经过正确的光学路径，直到成像出现在分划板上。

2、平板平面度测量中，哪些因素会影响平面度测量结果，如何处理或改进？

测量仪器的精度：合象水平仪等仪器的精度直接影响测量结果。如果仪器使用时间长，出现磨损或标定不准确，会导致测量结果偏差。

平板放置不稳定：平板放置的支撑不均匀，或支撑的千斤顶调整不平衡，可能会导致测量时平板位置发生微小位移，影响读数准确性。

外部环境：温度、湿度等环境条件的变化会导致测量器具或被测平板热膨胀或收缩，从而影响测量结果。

操作不当：如果操作人员在测量过程中施加不均匀的力，或者移动水平仪时动作过大，可能会引起平板的微小变形或仪器读数的不稳定。

处理或改进措施：

定期校准测量仪器：确保合象水平仪等测量设备经过定期的校准，维持高精度。

确保平板支撑稳定：在测量过程中，调整并固定平板支撑的千斤顶，使平板处于

稳定的水平状态，避免测量过程中发生位置变化。

控制外部环境影响：在稳定的环境下进行测量，尽量避免温度、湿度的剧烈变化，确保测量时周围环境的稳定。

规范操作流程：轻缓移动仪器，注意首尾对齐，避免人为因素造成误差。

四、实验结果

1、导轨直线度测量

使用的仪器是刻度值为 0.005 mm/m 的 光学平直 仪。
~~0.02/1000~~ ~~水平~~

垫铁的长度为 120 mm 允许公差值 = 200 μm

测量结果如下：

1). 计算法

测量位置	0-120	120-240	240-360	360-480	480-600	600-720			
读数 (格)	981	1030	1038	1028	1046	1073			
减去一任意值 (格)	981								
减后读数 (格)	0	49	57	47	65	92			
算术平均值 (格)	51.6667								
相对值 (格)	-51.6667	-2.6667	5.3333	-4.6667	13.3333	40.3333			
累积值 (格)	-51.6667	-54.3333	-49.0000	-53.6667	-40.3333	0			
导轨直线度误差 (μm)	$F = N \cdot \tan \alpha \cdot L = 54.3333 \times \frac{0.005}{1000} \times \frac{120}{1000} \times 10^3 = \frac{32.6000}{32.6000} \mu\text{m}$								

导轨直线度误差 32.6000 μm 。
~~27.1667~~

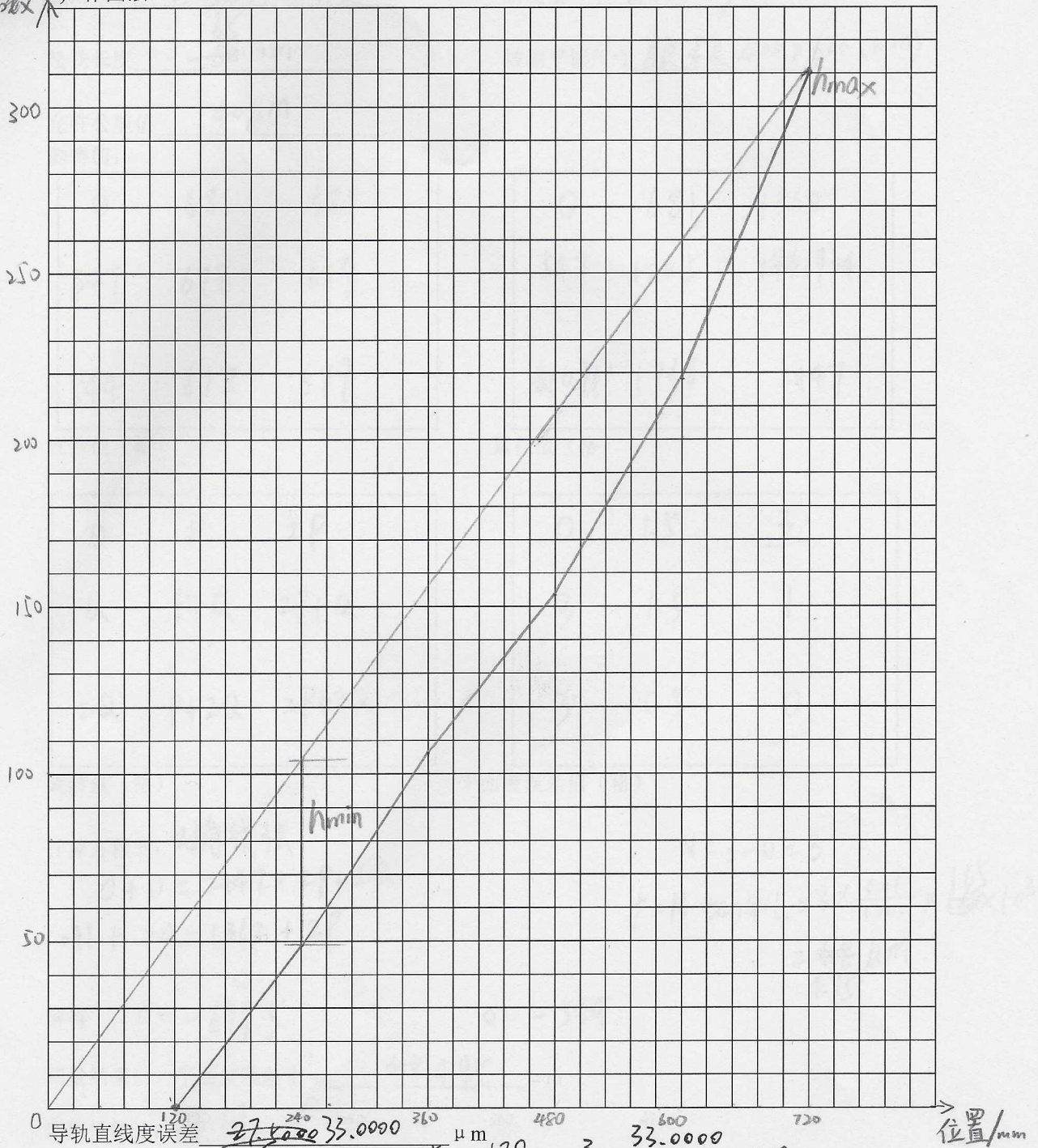
适用性结论 适用。

说明理由：导轨直线度误差在允许公差范围。

完成日期	班 级	学生姓名	指导教师
2024.10.11	机械2207	刘侃	10.11

1、导轨直线度测量（续）

格数 2). 作图法:



$$F = N \cdot \tan \alpha \cdot L = 55 \times \frac{0.005}{1000} \times \frac{120}{1000} \times 10^3 = 27.5000 \mu m$$

完成日期	班 级	学生姓名	指导教师
2024.10.11	机械工程2207	刘 侃	10.11.15

2、平板平面度测量

使用仪器 合象水平仪

刻度值 0.01 mm/m

垫铁长度 ~~165~~ mm

被测平板尺寸 铁板 400 × 600 (mm)

允许公差值 40 μm

测得值:

0	681	681
547	678	679
544	677	679

读数值 (格)

0	681	1362
547	1225	1904
1091	1768	2447

累积值 (格)

0	P	2P
Q	P+Q	2P+Q
2Q	P+2Q	2P+2Q

旋转量 (格)

<u>0</u>	1.5	<u>3</u>
3	1.5	1
<u>3</u>	0.5	<u>0</u>

平面度误差值 (格)

计算方程式: 对称线法

$$\begin{aligned} 0 + 0 &= 2447 + 2P + 2Q \\ 1091 + 2Q &= 1362 + 2P \end{aligned}$$

解得 $P = -679.5$

$Q = -544$

测量结果: 平面度误差 $f =$ ~~48~~ 4.95 μm

适用性结论: 适用

$$\begin{aligned} N &= 3 - 0 = 3 \\ f &= N \cdot \tan \alpha \cdot L = 3 \times \frac{0.01}{1000} \times \frac{165}{10^3} \\ &= ~~4.8~~ 4.95 \mu\text{m} \end{aligned}$$

完成日期	班 级	学生姓名	指导教师
2024.10.11	机械 2207	刘侃	10.11 王