

计量器具系列丛书

圆柱度测量仪的

设计 使用 维修与检定

(北京市自然科学基金委员会资助出版)

梁荣茗 编著



中国计量出版社

★ 责任编辑：陈小林

★ 封面设计：齐洪海

我 社 相 关 书 目

- ★ 常用百分表类计量器具检定与修理问答（第二版）
- ★ 千分尺的检定与修理问答（第二版）
- ★ 游标卡尺的检定与修理问答（第二版）
- ★ 热电偶使用、维修与检定技术问答
- ★ 三坐标测量机的设计、使用、维修与检定
- ★ 圆柱度测量仪的设计、使用、维修与检定

ISBN 7-5026-1408-7



9 787502 614089 >

ISBN 7-5026-1408-7/TB · 609

定 价：25.00 元

计量器具系列丛书

圆柱度测量仪的设计 使用 维修与检定

(北京市自然科学基金委员会资助出版)

梁荣茗 编著

中国计量出版社



图书在版编目(CIP)数据

圆柱度测量仪的设计、使用、维修与检定/梁荣茗编著.
—北京:中国计量出版社,2000
(计量器具系列丛书)
ISBN 7-5026-1408-7

I. 圆… II. 梁… III. 圆柱度仪-基本知识 IV. TH82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 79847 号

内 容 提 要

本书系统、全面地介绍了圆柱度仪的工作原理、总体和部件的设计、测量方法、数据处理、精度分析、安装、调整、检定、使用与维修等。

本书可供从事机械制造、几何量计量,尤其是圆柱度仪的设计、制造、使用、维修与检定人员阅读,也可供大、中专院校有关专业师生参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话(010) 64275360

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 32开本 印张9.25 字数207千字

2001年3月第1版 2001年3月第1次印刷

*

印数1—3 000 定价:25.00元

前 言

圆柱度仪是精密机加工行业确保工件质量的必备的形状量仪,它可测量圆度、圆柱度、直线度、垂直度、平面度、同心度、同轴度、跳动、平行度等,配备专用计算机后,可作快速自动测量,自动进行数据处理、定心、找正等,是机、光、电、液、气一体化的技术密集型高精度、高效率自动化检测设备,越来越广泛地应用于航空、航海、内燃机、军工、汽车、机床、精密仪器等行业和计量部门中。

本书是作者与同事们成功地开发了圆柱度仪产品之后,在总结了几十年的设计、制造、使用经验的基础上编写而成,主要内容有圆柱度仪的工作原理、总体和部件的设计、测量方法、数据处理、精度分析、安装、调整、检定、使用与维修等。其中的数据处理方法和数学模型为编制软件提供了依据,可使读者从根本了解测量原理和软件编制过程,或依此进一步扩展软件,增加圆柱度仪的功能。

本书的出版得到了北京市自然科学基金委员会的资助,在此深表谢意。

在本书编审过程中,原机械工业部机械科学研究院雷天觉院士,国家机械工业局科技委徐性初院士,北京机械工业学院裘惠孚教授、李昌琪教授、杜玲教授,北京机床研究所于在仁教授级高工,北京市计量科学研究所张泰昌高工,北京市技术监督发展中心杨海林高工,中国计量出版社编审李绍贵、责任编辑陈小林等提出了许多宝贵意见;在本书编写过程中,得

到了北京市机电研究院和北京天成精密测量技术有限公司有关领导的指导和大力支持,同时得到该院圆柱度仪组全体人员的大力支持;此外,本书的出版还得到了北京市机电研究院的资助。在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平所限,时间仓促,书中缺点和错误及不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者

2000年10月



目 录

第一章 综述	(1)
一、引言	(1)
二、国内外概况	(2)
(一)国内概况	(2)
(二)国外概况	(8)
三、圆柱度仪的分类	(23)
(一)转台回转式	(24)
(二)测头回转式	(25)
四、圆柱度仪的组成部分	(27)
五、圆柱度仪的发展展望	(29)
第二章 总体设计	(31)
一、总体设计的原则和注意事项	(31)
(一)总体设计原则	(31)
(二)注意事项	(42)
二、明确设计任务	(43)
(一)明确使用要求	(44)
(二)确定合适的精度	(44)
(三)自动化水平和效率	(44)
(四)环境要求	(45)
(五)生产批量	(45)
(六)安全措施	(45)
(七)仪器的经济性	(45)

三、主要技术指标与参数	(46)
(一)主要技术指标与参数	(46)
(二)确定主要技术指标与参数的方法	(47)
四、总体方案的制定	(55)
(一)总体布局	(55)
(二)主要部件的功能与要求	(56)
(三)主要技术规格	(57)
(四)总体设计的技术文件	(59)
第三章 部件设计	(61)
一、精密转台	(61)
(一)精密转台的作用和基本要求	(61)
(二)主轴系统轴承形式的选定	(67)
(三)轴系的设计与计算	(87)
二、精密立柱	(104)
(一)精密立柱的作用与技术要求	(104)
(二)立柱材料的选择	(105)
(三)导轨的形式	(106)
(四)结构形式	(108)
(五)立柱的支承和调整	(109)
(六)立柱的设计	(111)
三、精密调心台	(112)
(一)作用	(112)
(二)结构分析	(112)
(三)关键件的设计	(115)
四、滑板和测头架	(116)
五、附件	(116)
(一)基本附件	(116)
(二)选购附件	(117)

第四章 传动系统的设计	(118)
一、传动系统的技术要求	(118)
二、伺服机构的技术要求和分类	(122)
(一)技术要求	(122)
(二)分类	(123)
(三)驱动电机	(126)
三、机械传动系统的设计	(131)
(一)机械传动装置主要参数的确定	(131)
(二)机械传动装置的计算	(136)
四、传动系统误差的消除	(138)
(一)传动机构间隙的消除	(138)
(二)温度变化引起的误差的消除	(145)
(三)高速运动引起的误差的消除	(146)
五、圆柱度仪传动系统的实际设计	(147)
(一)对驱动机构的要求	(147)
(二)驱动方式选择	(147)
(三)电气控制系统的组成部分	(148)
(四)传动系统的设计计算	(148)
第五章 圆柱度误差测试方法和数据处理	(153)
一、概述	(153)
二、圆柱度误差测试方法综述	(154)
(一)国内外概况和各种近似方法简述	(154)
(二)新的圆柱度误差测量法——半径测量法	(157)
三、工件安装偏心误差的分析计算	(186)
(一)利用傅里叶级数计算偏心误差	(187)
(二)相对最小二乘圆评定偏心误差的公式	(191)
四、偏心 and 倾斜误差的修正	(193)
(一)公式的推导	(194)

(二)验算框图	(199)
(三)验算结果	(200)
(四)偏心量与工件直径的关系	(202)
五、圆柱度误差的分离	(204)
(一)问题的提出	(204)
(二)圆柱形工件误差和测量系统的误差分析	(205)
(三)圆柱度测量误差的分离	(207)
(四)圆柱度误差分离电算框图	(220)
六、加权最小二乘法	(223)
(一)中心思想	(223)
(二)数学公式	(223)
(三)验算框图	(226)
(四)验算结果	(227)
七、截面之间节距的试验研究	(227)
(一)目的	(227)
(二)试验方法	(227)
八、采样点数的选择	(233)
(一)试验情况简述	(233)
(二)试验和验算结果	(233)
九、数据处理问题的探讨	(235)
(一)计算公式	(235)
(二)公式的验算	(238)
十、双截面法、多截面法和螺旋线法的试验和 验算	(238)
十一、垂直度的测量	(239)
(一)测量方法	(239)
(二)计算框图	(239)
十二、结论和待研究的课题	(243)

(一)结论	(243)
(二)待研究的课题	(244)
第六章 仪器的安装、调整与检定	(245)
一、仪器的安装环境要求	(245)
二、主机的安装	(245)
三、转台及静压系统的调整	(246)
四、立柱的调整	(247)
(一)立柱滑板移动方向与主轴中心线的平行	(248)
(二)立柱滑板移动的直线性	(249)
五、微动调心台的安装调整	(250)
六、仪器的检定	(251)
(一)计量性能要求	(251)
(二)通用技术要求	(253)
(三)计量器具控制	(254)
第七章 仪器的使用与维修	(266)
一、仪器的运输和起吊	(266)
二、仪器的使用	(267)
(一)仪器的使用范围	(267)
(二)仪器的操作	(269)
三、仪器的维护与保养	(275)
(一)日常维护	(275)
(二)使用注意事项	(276)
四、常见故障与排除	(276)
(一)液静压轴系的维护与修理	(276)
(二)电气系统常见故障与排除	(282)
参考文献	(284)

第一章 综 述

一、引言

在精密机械生产中,尤其是在自动化的大规模精加工生产中,测量技术起着重要的作用,先进的自动化量仪是现代工业生产和科学研究不可缺少的手段。随着科学技术的发展,对精密量仪的要求也不断提高。目前,国外量仪已与计算机技术和光电技术相结合,实现了自动化、数字化和多功能化,国内也正向这个方向发展。

随着工业生产和科研的发展,分别用圆度、母线直线度和锥度等项目来评定圆柱形精密零件的几何精度,已不能满足要求。所以国际 ISO 标准及我国国家标准都规定了圆柱度这一精度项目。圆柱度测量仪(以下简称圆柱度仪)是从圆度仪发展而来的。高精度的圆度仪配上精密立柱,再加上测量软件,便可测量圆柱度。目前,圆柱度测量技术在国内有了很大的发展,但与国外相比尚有差距。

圆度仪是 20 世纪 50 年代才发展起来的专用精密仪器。它是航空、航海、内燃机、军工、汽车、机床、精密仪器等行业和计量部门不可缺少的仪器。目前世界上生产圆度仪的国家不多,仅有美、英、德、日本、瑞士和俄罗斯等国。圆柱度仪生产厂

家也不多,主要有英国的泰勒公司(Taylor-Hobson)、德国的马尔公司(Mahr)、日本的东京精密和小坂研究所等。

我国目前有少数厂家可以生产圆度仪和圆柱度仪。为了适应科研和生产的急需,同时为贯彻国标提供手段,必须尽快发展这种仪器。

圆度仪和圆柱度仪是机、光、电、液、气一体化的技术密集的高科技产品,通过开发研究这种产品,可以积累经验,培养人才,推动精密机械和测量技术进步。此外,开发这种仪器还有较大的经济价值。以前由于没有国产仪器,靠进口应急,价格昂贵,每台约16万美元。现有国产仪器可以代替进口仪器,每年可以节省大量外汇。

二、国内外概况

(一)国内概况

国内圆度仪的生产是20世纪60年代初开始的。最初主要是仿制,如上海机床厂和中原量仪厂仿制英国的泰勒Ⅱ型圆度仪。此后,中原量仪厂生产了TQR-1型圆度仪,上海量具刃具厂生产了YD-200型圆度仪等。圆柱度仪国内起步较晚。目前,国内能生产圆柱度仪的主要有北京市机电研究院和机械工业部机床研究所等。

1. 精密回转轴系精度

在国内,中原量仪厂和上海机床厂的圆度仪、昆明机床厂的圆刻机、上海量具刃具厂的YD-200圆度仪、航空部三〇三所的陀螺检查仪等,都有精密的转台,其精密回转轴系的精度见表1-1。

表 1-1 国内精密转台精度对照表

厂家及型号	结构形式	台面直径 (mm)	载荷	精度 (μm)
重庆大学光栅圆刻机	气静压	350	40kg 15kg, 偏心 10mm	0.025
中原量仪厂圆度仪	气静压			0.05~0.1
哈尔滨量具刃具厂的齿轮 检查仪	滚珠			1.5
洛阳轴承所 Y90/圆度仪	气静压	30		0.1
上海量具刃具厂的 YD- 200A 圆度仪	滑动	195		0.06
昆明机床厂的圆刻机	双 V 滑动	400		0.07
重庆机床厂蜗轮检查仪	液静压			0.1
航空部三〇三所陀螺检查 仪	气静压	.		0.25

2. 精密导轨精度

精密导轨副是圆柱度仪的关键部件,国内相关的仪器的导轨副精度水平见表 1-2。

表 1-2 国内精密导轨精度

厂家及型号	行程 (mm)	结构形式	移动直线性
中原量仪厂 DCLR-2 直度仪	300	气浮导轨	$3\mu\text{m}/300\text{mm}$
沈阳第一机床厂 S ₁ -222 车库	180	液静压导轨	$0.8\mu\text{m}/180\text{mm}$
成都工具所 齿轮检查仪	150	滚柱导轨	$2\mu\text{m}/150\text{mm}$

3. 圆度仪主要技术参数

国内圆度仪的主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 国产圆度仪主要技术参数

	技术规格	生产厂家和型号			
		机械部机床研究所 JCS-026	上海机床厂 HYQ-14A	中原量仪厂 GR-1	上海量具刃具厂 YD-200A 型
测量范围	最大外圆直径	430mm	350mm	350mm	180mm
	最小内圆直径		3mm	2mm	3mm
	最小外圆直径		0.5mm	1.5mm	1.5mm
	工作台以上最大高度	700mm	670mm	400mm	250mm
主要精度	主轴旋转精度	(0.025 + 0.0003H)	0.067 μ m	<1 μ m	$\pm$ 0.06 μ m
主要规格	主轴转速		6.3r/min	2.5r/min	2.5r/min
	主机尺寸 (长 $\times$ 宽 $\times$ 高,mm)	860 $\times$ 410 $\times$ 750	1120 $\times$ 840 $\times$ 2335	1100 $\times$ 800 $\times$ 1900	480 $\times$ 330 $\times$ 480
	主机重量(kg)	120	1000	1000	45
	电源(单相交流)	220V/50Hz	190/240V, 50Hz	220V,50Hz	220V,50Hz

4. 圆柱度仪主要参数

国产圆柱度仪的主要参数见表 1-4。

表 1-4 国产圆柱度仪主要参数

主要参数名称			生产厂家和型号	
			北京市机电研究院 YZY-1 和 YZY-2	机械工业部机床研究所 JCS-042
测量范围	外圆测量	最大直径	400mm	280mm
		最大长度	500mm	
	小孔测量	最小直径	3mm	
		最大深度	25mm	
	大孔测量	最小直径	35mm	
		最大深度	200mm	

续表

主要参数名称		生产厂家和型号	
		北京市机电研究院 YZY-1 和 YZY-2	机械工业部机床研究所 JCS-042
主要精度	径向跳动(空载台面上 50mm)	$0.12\mu\text{m}$	$(0.025+0.0003H)\mu\text{m}$ $(0.08+0.0005H)\mu\text{m}$
	负载 100kg, 偏置 40mm, 台 面上 300mm	$<0.25\mu\text{m}$	
	轴向窜动	$<0.2\mu\text{m}$	$0.025\mu\text{m}$ $0.08\mu\text{m}$
	移动的直线性	$<2\mu\text{m}/500\text{mm}$	$0.4\mu\text{m}/100\text{mm}$ $0.8\mu\text{m}/100\text{mm}$
	计算机修正后移动的直线 性	$<0.2\mu\text{m}/500\text{mm}$	
	分辨力	$0.01\mu\text{m}$	$0.1\mu\text{m}$
主要规格 尺寸	工作台面直径	400mm	200mm
	工作台最大载荷(偏心 40mm)	100kg	40kg
	工作台回转速度	1; 4r/min	
	测头滑板最大行程	500mm	350mm
	测头滑板移动最大速度	400mm/min; 100mm/min	
	测量圆柱度时测头运动方 式	多截面法; 螺旋线法	

国产圆柱度仪主要有两个厂家 4 个型号。图 1-1 为 YZY-1 型仪器的外观图;图 1-2 为 YZY-2 型外观图。

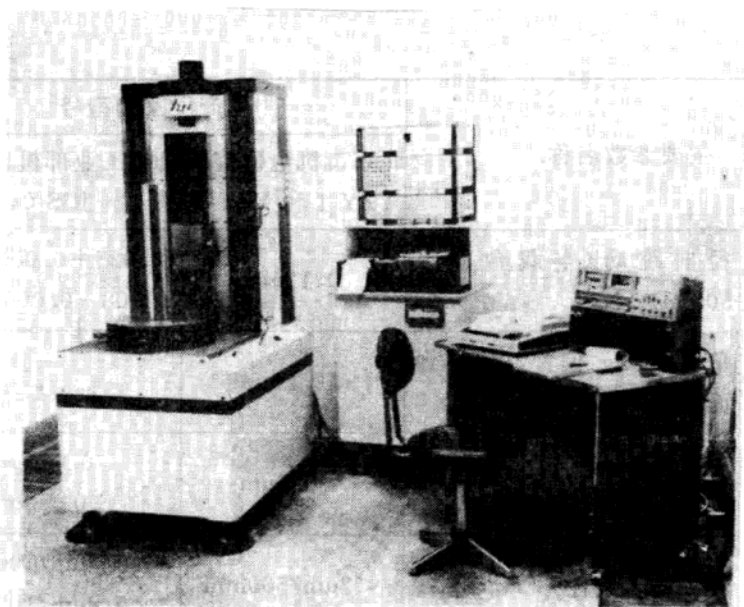


图 1-1 YZY-1 型圆柱度仪



图 1-2 YZY-2 型圆柱度仪