

计量器具系列丛书

三坐标测量机的

设计 使用 维修与检定

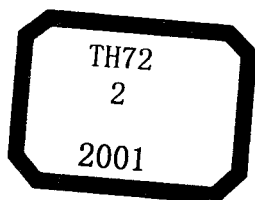
(北京市自然科学基金委员会资助出版)

梁荣茗 编著



中国计量出版社

计量器具系列丛书



三坐标测量机的设计 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

三坐标测量机的设计、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 7-5026-1407-9

I. 三… II. 梁… III. 三坐标测量机-基本知识 IV. TH721

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 79819 号

内 容 提 要

本书系统、全面地介绍了三坐标测量机的工作原理、总体和部件设计、测量方法、数据处理、精度分析、关键件的测试、整机装配调试及检定、使用、维修和保养等。

本书可供从事机械制造、几何量计量,尤其是三坐标测量机的设计、制造、使用、维修与检定人员阅读,也可供大、中专院校有关专业的师生参考。

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

北京市迪鑫印刷厂印刷

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 9.875 字数 221 千字

2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

*

印数 1—3000 定价 21.00 元

前 言

三坐标测量机是精密机加工行业确保工件质量的必备长度量仪,它除了可测量工件尺寸外,还可测量工件形状。在自动制造业中,可用三坐标测量机测量汽车、船舶、飞机等的模型,绘出图形或形成计算机文件,还可控制数控机床,直接加工出各种形状复杂的零件和模具。

电子技术和光栅、磁栅技术的迅速发展,给三坐标测量机的设计和改进创造了有利的条件。特别是带形长光栅和长磁栅的出现,其尺寸从几米到几十米,精度稳定,安装维修方便,为大型形状量仪提供了可靠的基准,大大地促进了三坐标测量机的发展。随着激光、光栅、磁栅和感应同步器等新技术的应用,一些分辨力高、测量范围大的新颖仪器相继出现,它可以把测量信息送入计算机自动处理,测量结果以数字形式或图像形式显示,或者图文并貌。现代三坐标测量机是典型的机械、光学、电子技术和计算机技术融为一体的高精度、高效率的自动化检测设备,它多维性好(有四坐标、五坐标等)、万能性好(能测长度、角度、形位公差等),越来越广泛地应用于现代工业中的各个领域。

本书是作者与同事们成功地开发了三坐标测量机产品之后,在总结了近40年的设计、制造、使用经验的基础上编写而成,主要内容有三坐标测量机的工作原理、总体和部件设计、测量方法、数据处理、精度分析、关键件的测试、整机装配调试

及检定、使用、维修和保养等。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,或以此进一步扩展软件,增加三坐标测量机的功能。

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,同时得到该院三坐标测量机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	(7)
(三)国内外对比	(28)
(四)发展展望	(28)
三、三坐标测量(划线)机的分类.....	(29)
(一)三坐标测量机的分类	(29)
(二)三坐标测量划线机的分类	(33)
四、三坐标测量机的工作原理.....	(40)
五、三坐标测量机的用途.....	(41)
(一)应用领域	(41)
(二)具体应用	(43)
第二章 总体设计	(48)
一、设计任务分析.....	(48)
二、主要设计原则.....	(52)
三、主要技术指标和参数的确定.....	(53)
(一)主要技术指标与参数	(53)
(二)主要技术指标和参数的确定方法.....	(54)
四、确定总体方案.....	(64)
(一)总体方案的主要内容	(64)
(二)总体方案的确定	(73)

五、总体结构设计	(74)
(一)总体结构草图	(74)
(二)部件装配图	(74)
(三)总体结构图	(74)
(四)总体设计报告	(75)
(五)总体设计的技术文件	(75)
六、ZSZJ-301218A 型自动三坐标测量机总体 设计	(76)
(一)机器的工作原理、功能和组成部分	(76)
(二)主机总体方案	(79)
第三章 部件设计	(84)
一、工作台和导轨座	(84)
(一)工作台与导轨座的用途与技术要求	(85)
(二)工作台与导轨座的结构设计	(92)
二、导轨	(101)
(一)导轨的技术要求	(101)
(二)滑动导轨	(110)
(三)滚动导轨	(117)
(四)其他形式导轨	(128)
三、立柱和横梁	(132)
(一)横断面的形状和尺寸的选择	(132)
(二)立柱的设计	(135)
(三)悬臂式横臂的分析与计算	(139)
(四)连接刚度	(143)
(五)材料的选择	(145)
四、滑板	(145)
(一)滑板的技术要求	(146)
(二)材料的选择	(146)

(三)X,Y,Z 滑板的设计	(147)
五、机动和自动机器传动系统的计算	(147)
六、检测系统	(150)
七、锁紧和微调机构	(150)
(一)锁紧装置	(150)
(二)微调装置	(153)
八、平衡机构	(154)
(一)重锤式机构	(155)
(二)弹簧平衡机构	(155)
(三)气动平衡机构	(155)
九、电气部分	(156)
第四章 三坐标测量机的测量系统	(158)
一、机械式测量系统	(158)
(一)精密丝杠加微分鼓轮	(158)
(二)精密齿轮齿条	(159)
(三)滚动光栅测量系统	(159)
二、光学式测量系统	(160)
(一)光学刻度尺测量系统	(160)
(二)光电显微镜和刻度尺测量系统	(161)
(三)莫尔条纹光栅测量系统	(162)
(四)光学编码器测量系统	(165)
(五)激光干涉仪测量系统	(167)
(六)RG2 系列带形光栅尺系统	(170)
(七)RGR 系列圆光栅系统	(172)
(八)HS10 激光尺定位反馈系统	(172)
三、电学式测量系统	(173)
(一)感应同步器与旋转变压器	(173)
(二)磁尺测量系统	(177)

第五章 测头和主要附件	(181)
一、机械式测头(硬测头)	(181)
(一)类型和用途	(181)
(二)接触变形与挠度变形的分析计算	(186)
二、电测头	(191)
(一)电触式测头	(191)
(二)电感式测头	(193)
(三)压电式测头	(193)
(四)电容传感器	(195)
(五)英国雷尼绍公司的电测头和测头座	(195)
三、激光测头	(199)
四、其他	(201)
(一)电视扫描装置	(201)
(二)定心显微镜	(202)
五、三坐标测量划线机主要附件	(202)
第六章 三坐标测量机的数据处理	(205)
一、数据处理的重要性	(205)
二、数据处理的主要内容	(205)
(一)坐标系的确定	(205)
(二)坐标的转换	(214)
(三)几何元素测量的数据处理	(216)
(四)形位公差测量的数据处理	(224)
(五)误差修正	(231)
三、三坐标测量机的软件	(232)
(一)软件简介	(232)
(二)测量系统的配置要求	(233)
(三)测量软件系统	(236)

第七章 三坐标测量机的精度	(242)
一、误差分类	(242)
(一)按误差性质划分	(242)
(二)按被测参数的时间特性划分	(251)
(三)按误差间的相互关系划分	(252)
二、误差的表示方法	(252)
(一)绝对误差	(252)
(二)相对误差	(252)
三、三坐标测量(划线)机的精度	(253)
(一)综述	(253)
(二)三坐标测量机的精度评定	(254)
(三)三坐标测量划线机的精度	(257)
(四)三坐标测量机的精度分析	(258)
四、三坐标测量机的精度分析	(258)
(一)误差的来源	(259)
(二)精度分析计算	(259)
第八章 三坐标测量机的安装、使用、检定与维修	(265)
一、关键零件的质量检测	(265)
(一)质量检测的重要性	(265)
(二)关键零件的检测	(265)
二、机器的安装与调整	(273)
(一)对机器的安装环境要求	(273)
(二)对安装地基的要求	(273)
(三)机器的安装与调整	(275)
三、机器的检定	(277)
(一)外观和各部分的相互作用	(278)
(二)计算机、打印机及软件功能	(279)
(三)各项精度指标	(279)

四、机器的操作	(293)
(一)划线步骤及操作方法	(293)
(二)测量操作	(295)
(三)操作注意事项	(296)
五、主要附件的使用	(297)
(一)转向划线器	(297)
(二)标准球	(298)
六、机器安装调整后的注意事项	(299)
(一)机械部分	(299)
(二)电气部分	(299)
(三)机器的维护	(300)
七、常见故障与排除	(301)
八、机器的运输、吊运、拆箱	(302)
参考文献	(303)

第一章 综 述

一、引言

现代工业生产和科学技术的发展离不开精确的测量技术。如汽车和摩托车厂都采用流水生产线,每辆车上有几千甚至上万个零件,这些零件是由专业化厂分散生产,最后集中部装和总装,每隔几分钟就生产出一辆车。为确保零件的尺寸和技术性能符合要求,必须进行精确的测量,而精确的测量必须靠精密的设备才能实现。三坐标测量机就是当代普遍应用的精密的形状和尺寸检测设备。

由于现代科学技术的进步,诸如电子、计算机、新材料、传感器等技术的飞速发展,促进了三坐标测量机生产的发展。目前,世界上有 50 多个厂商生产三坐标测量机。三坐标测量机主要用于机械零件测量、在线质量控制和实物编程等。为适应现代化工业生产的要求,三坐标测量机正朝着高精度、高效率、高速度、高可靠性、高置信度、软件功能齐全、低成本等方向发展。

在国外,三坐标测量机的生产始于 20 世纪 50 年代;三坐标测量划线机始于 20 世纪 70 年代。在国内,三坐标测量机的生产始于 20 世纪 70 年代;三坐标划线测量机始于 20 世纪 80 年代。据有关资料报道,1992 年全世界三坐标测量机拥有量为 46100 台。其中欧洲 15000 台,德国占 30%、英国占

24%，意大利占 16%，法国占 14%，北美占 17000 台，90% 安装于美国；亚洲 14100 台，日本占 85%、中国占 3%，韩国占 3%、台湾占 2%。1992 年欧洲销售 2500 台，北美销售 2100 台，亚洲销售 1331 台，其中日本 996 台，中国 130 台。根据国际专业咨询公司统计，三坐标测量机的销售增长率在 7%~25% 左右，发达国家拥有量较高，但增长率逐年下降，大约为 7%~10%；发展中国家拥有量较低，但增长率不断提高，大约为 15%~25%。

三坐标测量划线机是三坐标测量机的派生产物，它与三坐标测量机有许多共性，二者在机器的性能、工作原理、软件功能、组成部分、传动系统和控制系统等都相似；主要区别是尺寸大精度稍低；对使用环境要求不高，可在生产车间中使用。悬臂式三坐标测量机绝大多数都有划线功能。

二、国内外概况

(一)国内概况

我国从 1983 年开始生产三坐标测量划线机，至今已有 18 年的历史。目前，国内有 7 个厂家生产三坐标测量划线机。北京市机电研究院率先开发出这种机器，技术上处于领先地位。现有的国产机器绝大多数是手动的，机动和自动机器刚刚起步，处于开发研制阶段。就结构形式看，总体布局全是悬臂式，导轨绝大多数是滚动的，极少数采用气浮的。立柱和横臂基本是两大类结构形式，即三棱形和四方形的。

图 1-1 为水平臂三坐标测量机；图 1-2~1-4 为三坐标测量划线机，其主要性能见表 1-1。



图 1-1 BZC 系列水平臂式大型数控三坐标测量机

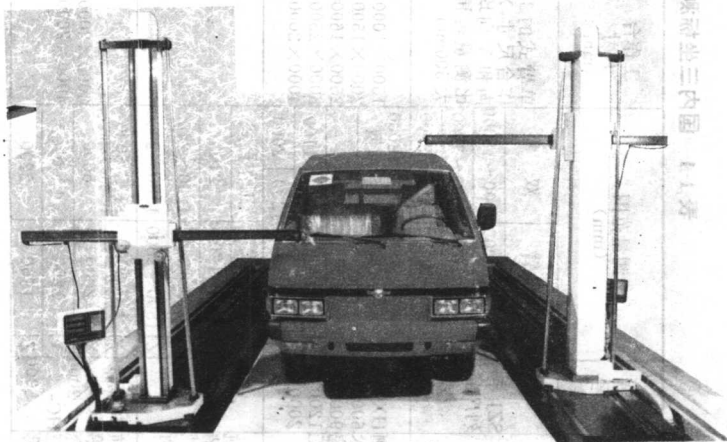


图 1-2 LZ 系列大型立柱式三坐标测量划线机

表 1-1 国内三坐标测量划线机生产厂家及主要性能汇总表

生产厂家	机器型号	测量范围 (mm)				工作台尺寸 (mm)	分辨力 (mm)	单轴精度 (mm)	重复性 (mm)	承载能力 (t)	导轨形式	检测系统	附件	软件	操作方式	备注	
北京市机电研究院	SZJ系列产品		单臂	双臂		单臂式的工 作台尺寸,X 和Y向均 比测量范围 大500mm	0.01	±(0.03 + L/40000)	0.03	10	滚动	长光栅 磁尺	基准球、电 测头、分度 盘、划线器 等	几何量测量 和位置公差 等	手动、机动、自动	80年代初期 开始开发, 1986年研制 出了首台样 机,填补了 国内空白	
		X	500~10000	3000~18000													
		Y	500~1600	1500~3000													
		Z	400~2500	1500~2500													
中国测试技术研究院实验厂	HXY 600型 900型 1200型 2000型		600 型	900 型	1200 型	12000 型	0.01	(0.05+ L/25000)	3	滚动	圆光栅	单维触发 测头、分度 盘、划针盘	三维图形 处理软件	手动			
		X															
		Y	400	700	900	1100											
		Z	600	900	1200	2000											
中国航空部精密机械研究所	HC-2000 Z 系列		地轨式	工作台式			0.01	±(0.025 + 0.03L)	0.03	3	滚动	圆光栅		几何量测量 曲线曲面、 位置公差、 误差补偿	手动	产品最大尺寸 为5000mm	
		X	1200~12000	2400													
		Y	1200~2400	1200~2400													
		Z	1500~2000	1500~2000													
航空部第三设计部	HC-2000 Z 系列		HC-2000	HC-5000		3000×2000 4000×2000	0.05	±(0.025 + 0.03L)	4	滚动	磁尺	电测头、 尖测头、 球测头	复杂曲线 坐标系统 误差补偿、 系统误差 补偿、温 差补偿	手动			
		X	2000	5000													
		Y	1200	1200×2													
		Z	1500	2200													

续表

生产厂家	机器型号	测量范围 (mm)	工作台 尺寸 (mm)	分辨 力 (mm)	单轴 精度 (mm)	重复 性 (mm)	承载 能力 (t)	导轨 形式	检测 系统	附件	软件	操作 方式	备 注
福建莆田 高智技术 产业园	SZJ-01		2000×1200	0.01	±(0.03 + L/40000)	0.025	0.5	气浮	磁尺	电测头 划线路器		手 动	
		X											
		Y											
		Z											
武汉高 创自动 控制技术 公司	800B 1600B		1200×1000 ×180 2000×2000 ×400	0.01	±0.08 ±0.15	0.03		滚 动		电测头 划线路器	通用测量软 件	手 动	
		X											
		Y											
		Z											
北京立 科机械 有限公司	LIKE 系列		2000~5000 1200~3000 1500~2600	0.01	±(0.03 +0.03L)	0.03		滚 动	磁尺	测头 划线路器	Windows 环境、几何 量和形位公 差、比较测 量、空间曲 面、统计	手 动	
		X											
		Z											

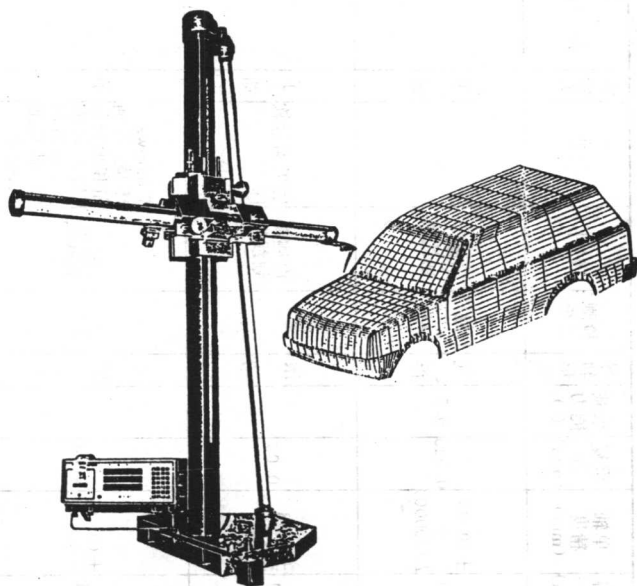


图 1-3 HXY2000 型三坐标测量划线机

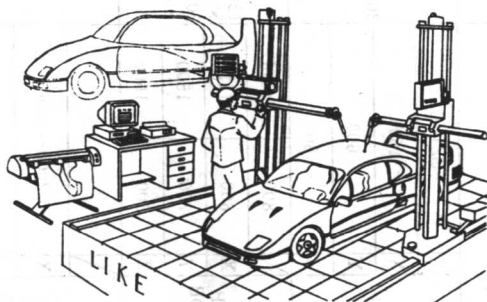


图 1-4 LIKE 系列三坐标测量划线机