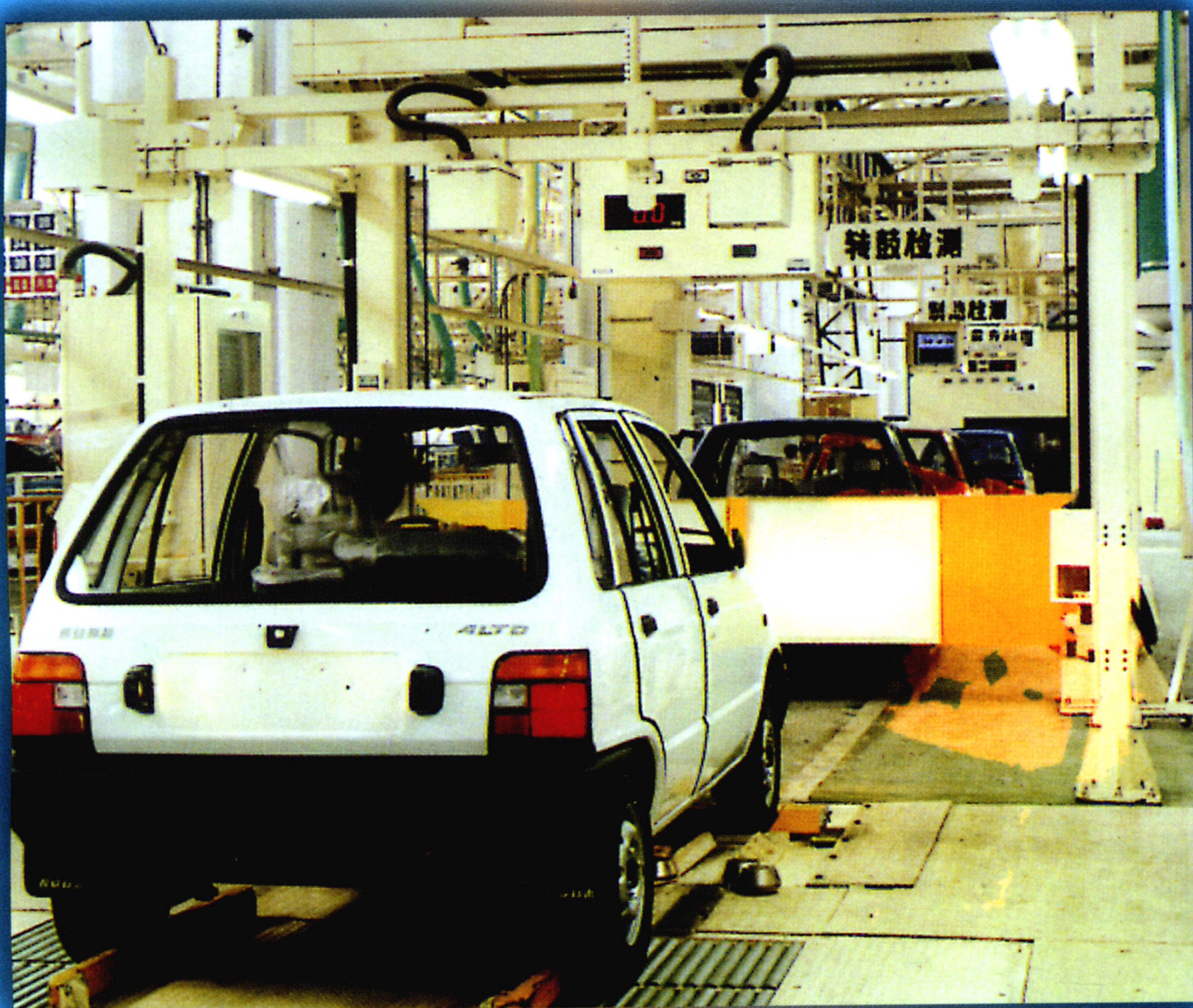


汽车制造技术丛书

# 汽车制造检测技术

王植槐 等编著



北京理工大学出版社

汽车制造技术丛书

# 汽车制造检测技术

王植槐 等编著

北京理工大学出版社



《汽车制造技术丛书》编委会

主 任：朱伟成

副主任：林国璋

|      |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|
| 委 员： | 丁能续 | 王怀林 | 王新华 |
|      | 王植槐 | 安宝祥 | 刘忠厚 |
|      | 刘景顺 | 李泰吉 | 李冬萍 |
|      | 林鸣玉 | 林信智 | 战权理 |
|      | 徐关庆 |     |     |

# 《汽车制造检测技术》编著委员会

主 编：王植槐

副主编：丛吉宽 朱正德

编 委：麦汇彭 肖纽绂 洪 丹 危常忠  
蔡如沪 陈宏图 高惠滨

# 出 版 说 明

为贯彻汽车工业产业政策,推动和加强汽车工程图书的出版工作,中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成,其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括:学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材;学术思想新颖、内容具体、实用,对汽车工程技术有较大推动作用,密切结合汽车工业技术现代化,有高新技术内容的工程技术类图书;有重要发展前景,有重大使用价值,密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书;反映国外汽车工程先进技术的译著;使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中,实行专业学会、企业、学校、研究所等相互结合,专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验,委员会推荐出版的图书难免存在不足之处,敬请广大同行和读者批评指正。

本书由王植槐等编著,蔡如沪主审,经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

# 《丛书》序

自从 1956 年 7 月 15 日,第一辆“解放”牌载重汽车从中国第一汽车制造厂总装车间下线,到今天,中国的汽车工业已经历了 40 多年风风雨雨的坎坷路程。我国的汽车生产无论从数量上、品种上还是质量上都有了飞跃的发展。尤其是轿车生产,正处于一个高速发展的阶段。

为满足广大汽车科技工作者尤其是工作在生产一线的工程技术人员的需要,我们编著出版了这套《汽车制造技术丛书》。本丛书的作者是伴随着我国汽车工业一同成长起来的中国第一代、第二代汽车工作者,他们一直工作在汽车制造生产的第一线,积累了大量的实际经验,尤其是在“七五”、“八五”期间,在引进消化、吸收国外先进汽车制造技术的过程中,他们都是各专业引进国外技术项目的主要参加者和国产化工作的实现者。目前,这些作者中的大部分都已届退休年龄,本丛书是他们从事汽车制造生产近 40 年的实际工作经验和总结。

本丛书立足我国汽车制造业实际状况,注重实际经验,以典型的汽车零部件的生产工艺为主线,针对不同批量生产状况,在工艺、材料、设备选型、技术管理等方面作了详尽的介绍,并有国际最新汽车制造技术的发展趋势介绍,着重介绍了轿车各零部件的制造工艺和调试、检测技术,对工作在一线的广大汽车制造工程师和技术员以及汽车设计工程师具有很好的指导作用。尤其是刚迈出校门的大学生,确定专业方向之后,借用本丛书的帮助,可以早日独立工作,亦可作为在校汽车专业及相关专业学生的教学参考用书。

本丛书包括《汽车涂装技术》、《汽车零件精密锻造技术》、《汽车零件锻造技术》、《汽车电镀实用技术》、《汽车零件感应热处理工艺与设备》、《汽车制造检测技术》、《汽车冲压技术》、《汽车焊接技术》、《汽车装试技术》、《汽车典型零部件的热处理工艺》、《汽车典型零部件的锻造工艺》、《汽车选择无损检测应用技术》共十二册,将由中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会推荐,由北京理工大学出版社出版。

在本丛书的编写过程中,受到了中国汽车工程学会和北京理工大学出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

中国汽车工程学会制造技术分会  
《汽车制造技术丛书》编委会

# 前 言

汽车工业作为国民经济的支柱产业,近 20 年来得到迅猛的发展。尤其是轿车工业的崛起,如上海大众、一汽大众、天津夏利、东风神龙和上海通用等一批合资企业的相继建成,引进吸收了一大批国外先进的产品、工艺和装备,使我国汽车的生产技术水平发生了质的飞跃。检测技术作为汽车制造技术的重要组成部分,它的地位和作用也得到人们充分的认识和肯定。随着生产的发展和技术的进步,不但传统的检测手段得到了发展和提高,而且一批具有国外先进水平的技术装备,在我国得到了广泛的应用。

为了进一步提高我国汽车制造检测技术水平,满足汽车及相近行业的计量检测技术人员和工艺设计人员学习参考的需要,中国汽车工程学会制造技术分会检测专业委员会组织编著了这本书。

本书由第一汽车(集团)公司、东风汽车公司、上海汽车工业总公司、重型汽车(集团)公司和天津大学等有经验的专家学者编著。书中以汽车制造过程的工序检测为主线,突出知识性和实用性,结合我国的国情,从传统的检测方法到近年发展起来的先进检测技术,作了较全面的介绍。它既是我国计量检测战线上广大科技工作者优秀成果和成功经验的总结,也反映了当今世界检测技术在汽车行业中的应用水平和发展趋势。因此,它可作为汽车生产企业检测水平的借鉴。

本书第一章由王植槐同志为主编著;第二章由王本强同志为主编著;第三章由肖纽绂同志编著;四章由洪丹同志编著;第五章由朱正德同志编著;第六章由朱正德同志为主编著;第七章由王植槐同志为主编著;第八章、第九章由丛吉宽同志编著;第十章由朱正德同志为主编著;第十一章由王植槐同志为主编著。全书由王植槐同志负责统改定稿,蔡如沪同志负责主审。

参加本书部分章节编著的还有麦汇彭、危常忠、陈宏图、高惠滨、郑旭、明友成、陈逸、高凯、梅亚峰、杨俊、徐春友、李德跃、张步良、李家勋、张永华、王仲、杨学友等同志。

本书编著过程中,得到了东风汽车公司工艺研究所的支持和帮助,郑俊、卢海波等同志在图文打印中做了大量细致的工作;同时也得到了上海汽车齿轮总厂的杨岐华同志和天津大学的叶声华同志的帮助。在此谨向支持和帮助本书编辑出版工作的单位和同志表示衷心的感谢!

因编著人员学识水平有限,书中缺点和不足之处在所难免。凡有错误或不妥之处,恳请读者多提宝贵意见,以便再版时修改。

中国汽车工程学会制造技术分会  
检测专业委员会 王植槐

# 目 录

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 第一章 概 论 .....                 | ( 1 ) |
| 1.1 检测技术在汽车制造中的作用和地位 .....    | ( 1 ) |
| 1.2 汽车制造检测技术的范围和分类 .....      | ( 3 ) |
| 1.3 汽车制造检测技术的发展状况 .....       | ( 4 ) |
| 1.4 检测设备的测量误差和精度评定 .....      | ( 7 ) |
| 1.5 检测设备的可靠性和稳定性 .....        | (13)  |
| 1.6 汽车制造中的量值统一和检测设备的选配 .....  | (14)  |
| 第二章 几何量测量 .....               | (21)  |
| 2.1 长度尺寸测量 .....              | (21)  |
| 2.2 形状和位置误差测量 .....           | (29)  |
| 2.3 齿轮测量 .....                | (38)  |
| 2.4 表面粗糙度测量 .....             | (46)  |
| 2.5 圆柱螺纹测量 .....              | (54)  |
| 2.6 凸轮与凸轮轴测量 .....            | (60)  |
| 2.7 三坐标测量机 .....              | (65)  |
| 第三章 量 规 .....                 | (70)  |
| 3.1 概述 .....                  | (70)  |
| 3.2 光滑极限量规 .....              | (71)  |
| 3.3 高度规和深度规 .....             | (75)  |
| 3.4 圆锥量规 .....                | (83)  |
| 3.5 花键量规 .....                | (83)  |
| 3.6 普通螺纹量规 .....              | (98)  |
| 3.7 位置量规 .....                | (106) |
| 3.8 轮廓形状样板量规 .....            | (117) |
| 第四章 检验夹具 .....                | (119) |
| 4.1 检验夹具的发展和地位 .....          | (119) |
| 4.2 检验夹具的组成和分类 .....          | (120) |
| 4.3 检验夹具的结构和原理 .....          | (122) |
| 4.4 机械加工和装配过程中检验夹具的典型应用 ..... | (157) |
| 4.5 毛坯检测用的检验夹具 .....          | (164) |
| 4.6 检验夹具的调整和周期检定 .....        | (167) |
| 第五章 主动测量与自动补调 .....           | (169) |
| 5.1 磨削加工中的主动测量 .....          | (169) |
| 5.2 主动测量技术在珩磨加工中的应用 .....     | (187) |
| 5.3 自动预警与自动补调 .....           | (194) |

5.4 应用于加工中心、数控铣床和数控车床的自动检测系统..... (203)

**第六章 几何量综合检测..... (211)**

6.1 概述 ..... (211)

6.2 几何量综合检测量仪的基本组成与应用特点 ..... (211)

6.3 气动量仪在几何量综合检测中的应用 ..... (220)

6.4 便携式综合检测装置及计算机辅助测量系统 ..... (227)

6.5 具有分选功能的综合测量系统 ..... (236)

6.6 几何量综合检测中的动态工作方式 ..... (250)

6.7 几何量综合测量的工艺配置与检测装置结构的模块化 ..... (264)

**第七章 性能参数检测..... (271)**

7.1 连杆的称重去重 ..... (271)

7.2 活塞环径向弹力的检测 ..... (274)

7.3 曲轴回转力矩的检测 ..... (278)

7.4 螺栓装配扭矩的控制和检测 ..... (279)

7.5 泄漏量的检测 ..... (283)

7.6 曲轴的平衡检测与修正 ..... (289)

7.7 容腔容积的检测 ..... (294)

**第八章 温度、流量、压力测量..... (299)**

8.1 概述 ..... (299)

8.2 温度测量 ..... (299)

8.3 流量测量 ..... (321)

8.4 压力测量 ..... (330)

**第九章 过程控制仪表及应用..... (332)**

9.1 生产过程控制系统概述 ..... (332)

9.2 数字控制原理 ..... (333)

9.3 YS-80 调节器 ..... (344)

9.4 控制系统的数据通信 ..... (348)

9.5 YS-80 控制仪表的应用 ..... (354)

9.6 集散控制系统 ..... (357)

**第十章 总成检测..... (365)**

10.1 车身总成的检测..... (365)

10.2 变速器总成的检测..... (381)

10.3 驱动桥总成的检测 ..... (386)

10.4 化油器总成的检测..... (390)

10.5 燃油喷射系的检测..... (395)

**第十一章 汽车制造检测技术的新发展..... (401)**

11.1 现代质量观的建立和发展..... (401)

11.2 工艺过程监测系统的应用和发展..... (403)

11.3 柔性检测系统的应用..... (404)

11.4 测量机器人的应用..... (409)

11.5 轿车车身匹配技术的应用..... (413)

11.6 视觉检测系统的发展与应用..... (416)

11.7 计算机辅助修正(调整)技术的应用..... (420)

参考文献..... (423)

# 第一章 概 论

## 1.1 检测技术在汽车制造中的作用和地位

信息是事物属性的反映,信息通过一定形式的信号反映出来。人们要了解和研究事物的属性,就要把反映信息的信号检测出来,然后进行各种处理和分析,从而定性或者定量地认识客观世界。检测技术就是研究和认识信息与信号检测理论和实践的一门重要学科。

汽车生产过程的检测技术,作为现代制造技术的重要组成部分,它是监督控制生产过程和产品质量的眼睛和手段。一辆汽车由上千个品种、上万个零部件组成。在大批量连续生产过程中,要保证整车的技术性能和使用要求,产品设计和工艺设计部门,要对每一种零部件,从原材料进厂、铸锻冲过程,机械加工、热处理过程,直至总成和整车的装配试验过程的各个生产环节,制订出一系列质量性能指标和工艺技术参数,并加以有效的控制。

生产过程的检测技术,不但能够准确地判断这些质量性能指标和工艺技术参数,是否已经达到设计的要求,即产品是否合格。而且更重要的是,通过对检测数据的分析处理,能够正确判断这些性能指标和技术参数失控的状况和产生的原因。这一方面可以通过检测设备的信息反馈,对工艺设备进行及时地调整来消除失控现象;另一方面也为产品设计和工艺设计部门采取有效的改进措施消除失控现象,提供可靠的科学依据,从而达到保证产品质量和稳定生产过程的目的。这就是通常所说的,检测技术对产品质量和稳定生产所起的“能动的反作用”。

这里举一个曲轴主轴颈车削加工中工序质量改进的例子。在发动机的曲轴加工中,采用S—141型主轴颈车床,来加工六缸曲轴的七个主轴颈及其端面、齿轮轴颈、带轮轴颈和后油封轴颈等系列尺寸(如图1-1所示)。由于切削尺寸参数多,切削量大,故机床切削功率也很大。对工件的定位和夹紧的可靠性要求也很严格(如图1-2所示)。然而,加工后的曲轴,发现主轴颈的跳动量(即通常所说的摆差)大大超差。这是什么原因引起的呢?

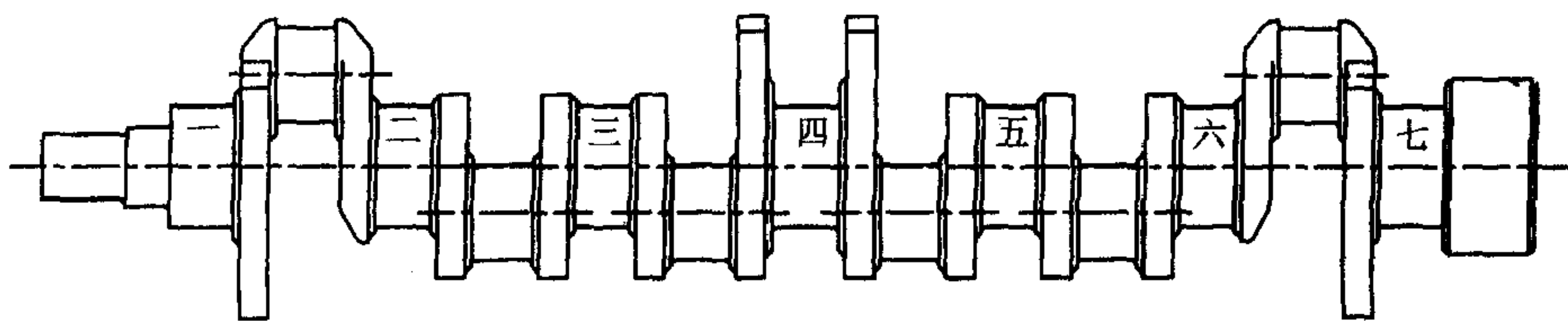


图 1-1 曲轴结构形状示意图

为此,我们对主轴颈车削工序的加工质量进行了跟踪检测。测量时,用一、七主轴颈定位,转动曲轴,检测其余五个主轴颈的径向跳动量的最大值及其方向;并用专用检具检测各主轴颈端面在互成 $120^\circ$ 的三个方向上,相对第四主轴颈端面的轴向跳动,共测量了100根曲轴。经过对检测数据的处理、统计和分析,发现主轴颈跳动量严重超差的原因,是因为曲轴车床顶尖的顶紧力过大所致,并使曲轴主轴颈轴线变形为两次弯曲的曲线,如图1-3所示。

由于曲轴的结构和形状(参见图1-1)的特殊性,其轴向抗弯能力较差,在车床过大的顶尖顶紧力的作用下,主轴颈轴线将产生弹性变形的一次弯曲(如图1-4所示)。由于车床切削

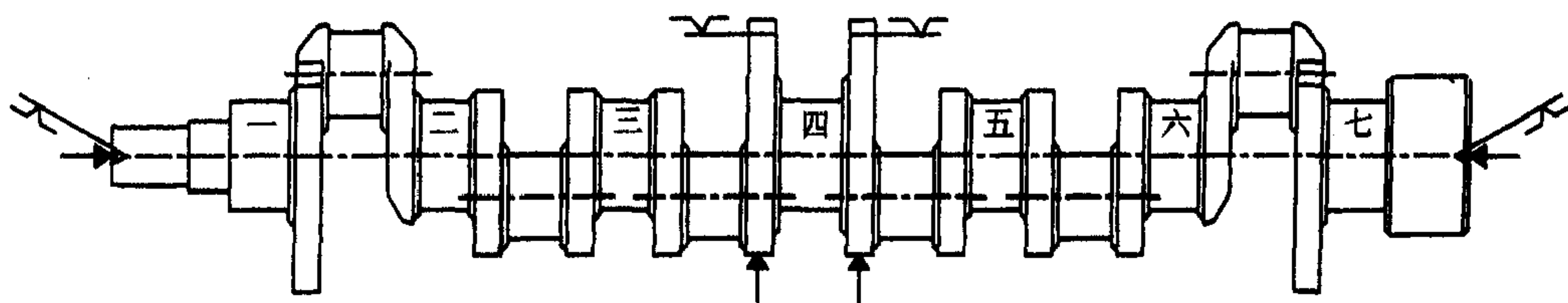


图 1-2 曲轴定位夹紧示意图



图 1-3 主轴颈轴线的弯曲变形图

时定位夹紧的要求(参见图 1-2),顶尖顶紧后,紧接着中间压紧装置压向曲轴第四主轴颈两侧面的连接筋板,使筋板另一面的定位台阶,紧靠在中问支承的定位块上,从而使主轴颈轴线产生弹性变形的二次弯曲(如图 1-5 所示)。

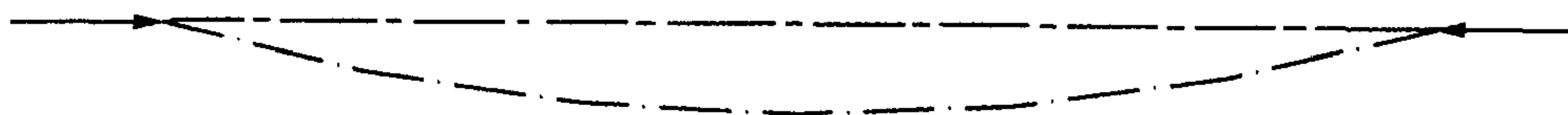


图 1-4 主轴颈轴线的一次弯曲图

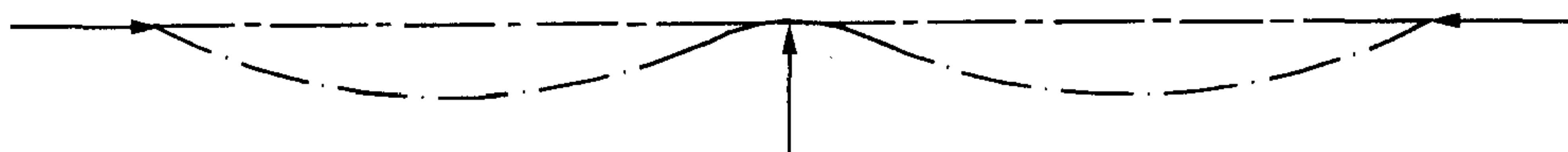


图 1-5 主轴颈轴线二次弯曲图

弯曲后的主轴颈,经过车床的切削加工,其轴线重新变成了直线(这里忽略了加工引起的误差)。而当加工完毕后,工件从车床上卸下时,由于中间压紧装置的压紧力和顶尖的顶紧力的消失,在工件内应力的作用下,消除了原先由于弹性变形引起的一次和二次弯曲,从而使主轴颈的轴线向反方向产生二次弯曲变形(如图 1-3 所示)。

通过上述分析,我们对原机床顶尖顶紧油缸的压力作了适当调整,从原先 5MPa 降低到 2MPa,并对顶尖的顶紧机构作了适当改进,增加了顶尖顶紧后的自锁功能。这样改造后,不但大大降低了由于顶紧力过大引起的弯曲变形,而且使曲轴在强大切削力的作用下,消除了顶尖产生后退的可能性。

经过这样的改进,曲轴车削加工后,轴线弯曲变形现象基本消除,其主轴颈的径向跳动量,也达到了工艺规定的要求。

从上述例子可以看出,如果没有准确的检测和对检测数据的处理分析,是很难发现并解决问题的。

因此,尽管产品的高质量是制造过程实现的,而不是通过检验获得的。但是,从某种意义上讲,我们仍可以这样说:“没有检测,就没有产品的质量”。因此,一个国家(或一个企业)的检测技术水平,实际上是这个国家(或这个企业)生产技术的集中体现和反映。

此外,先进的检测技术和工艺技术的结合,将有力地促进和提高生产过程的机械化、自动化水平,有效地减轻工人的劳动强度,提高劳动生产率,降低原辅材料的消耗,从而为企业带来

丰厚的经济效益。

随着生产的发展和技术的进步,尤其是进入以“竞争”为主要特征的商品经济时代,提高自身产品的质量,降低产品的成本,占有更多的市场份额,获得更高的经济效益,将是企业追求的永恒主题。这就使得检测技术在汽车制造中的作用和地位愈显重要。

## 1.2 汽车制造检测技术的范围和分类

汽车制造技术包含了从原材料进厂开始到汽车整车出厂为止的整个过程。因此,汽车制造检测技术涉及的面很宽,范围也很广。它的分类方法和要求也各不相同。

(1)按生产过程分,即按 GB/T19001—1992(质量体系—设计/开发、生产、安装和服务的质量保证模式)和 GB/T19004—1992(质量管理和质量体系要素——指南)的规定,检验和试验可分为三类:

①进货检验或试验:即对外购的原辅材料和外购的协作配套零部件或总成的检验或试验。

②工序检验或试验:即零部件在工序加工中,按照工艺流程规定设置的检验工位或检验点上进行的检验、试验。

③最终检验或试验:即对产品的成品出厂前进行的检验或试验。

(2)按被检参数的属性分,可分为三类:

①物理化学性质的检测:如金属材料的化学成分、金相组织,零件的温度、硬度、表面和内部缺陷等的检测。

②几何量检测:如尺寸公差、形状位置公差和表面粗糙度检测等。

③性能参数检测:主要是针对部件和总成。如箱体、壳体类零件内腔的密封性能(泄漏量)检测,旋转类零件的不平衡量检测,发动机输出扭矩和功率的检测,整车制动性能和灯光照射性能的检测等。

(3)按汽车制造的工艺性质分,可分为四类:

①热加工工艺过程的检测:如铸造、锻造过程的检测等。

②冷加工工艺过程的检测:如机械加工、冲压过程的检测等。

③特种工艺过程的检测:如热处理、焊接、电镀、油漆过程的检测等。

④总成、整车的性能检测:如发动机总成、变速箱总成的出厂检验和整车出厂的性能检测等。

(4)按检测设备(含计量器具、计量仪器,以下同)设置使用的场合和位置分,可分为二类:

①在线检测:如磨床类的主动测量,镗床类的自动测量和自动补偿,刀具磨具动作和磨损状况的监控等。

②线外检测:如各类量规、检验夹具的检测,计量站(室)的精密测量等。

(5)按检测信号传感元件的性质分,可分为四类:

①机械式测量:如各种量规、百分表式检验夹具,平板高度尺测量等。

②光学测量:如卧式测长仪,万能工具显微镜和投影仪等。

③气动测量:如浮标式气动量仪、高压薄膜式气动量仪和水柱式气动量仪等。

④电子测量:如用电感式、变压器式传感器,应变式传感器、压电晶体传感器和电涡流传感器,及其配套仪表组成的测量系统。

此外还有按被检参数的多少,可分为单参数检测、多参数检测和综合检测;按被检参数与时间之间的关系,可分为静态检测和动态检测等。

根据汽车工程类图书出版专家委员会和《汽车制造技术丛书》编委会的安排和分工,《汽车制造检测技术》分册将着重介绍机械加工过程的工序检测技术。包含几何量检测和非几何量性能参数检测;也涉及到在线检测和线外检测;在测量系统的论述上,将侧重于电子测量技术。

## 1.3 汽车制造检测技术的发展状况

汽车生产的发展,制造技术的提高,特别是检测地位和功能的变化,使得检测的覆盖范围愈来愈大,对检测的硬件到软件都提出了越来越高和越来越复杂的要求。这就促进了当今检测技术的快速发展和检测水平的不断提高。这可以从当今的通用和专用检测手段的变化充分反映出来。

### 1.3.1 通用计量仪器、检测量仪的发展状况

#### 1. 测量精度方面的变化

传统的以几何光学原理为基础的各种光学比较仪,一直是计量部门广泛使用的长度精测仪器,但这种仪器由于对使用环境的适应能力差而极少进入汽车生产现场。大多数的现场检测靠气动量仪、电感量仪、米尼表、千分表,分辨率达到微米级,它们是传统的检测量仪的代表。近年来,国内的量仪行业从品种到精度都有很大的发展。现在国内汽车行业使用越来越多的国产电子柱量仪,如无锡爱锡量仪公司、三门峡中原量仪公司的产品,分辨率轻易地达到了 $0.2\mu\text{m}$ ,重复精度、长时间稳定性等指标,也大大优于过去的量仪产品。而据资料介绍:北京光电量仪研究中心研制的新型光电量仪,分辨率已到 $0.005\mu\text{m}$ ,甚至 $0.001\mu\text{m}$ ,也就是说已经是纳米级量仪了。测量精度也比以往提高数十倍,而且还是在相对大得多的测量范围内获得的。国外仪器行业也是这样,许多名牌厂家的同一型号系列的仪器,近期产品较以前的精度和分辨率都有较大的提高。以德国 Mahr 公司的万能测长机 828 为例,为适应检测精度的需要,分辨率从 $0.1\mu\text{m}$ 提高到 $0.01\mu\text{m}$ ,U95 误差从过去的 $(0.5 + L/1\ 000)\mu\text{m}$ ,提高到现今的 $(0.2 + L/1\ 000)\mu\text{m}$ 。被誉为精密测量宝塔之尖的三坐标测量机,同一型号系列的单轴和三维测量精度都已大大提高。例如德国 ZEISS 公司的精密三坐标机,过去的最高级型 UPMC 机的单轴坐标精度  $U_1$  和空间坐标精度  $U_3$  值,只相当于当今普通高级型 UPM 机的  $U_1$  和  $U_3$  值;当今新一代的 UPMC 机的  $U_1$  和  $U_3$  值又分别降至更小。这种现象,看一下德国 Leitz 公司的精密三坐标机、日本东京精密的三坐标机,以至国内青岛前哨公司的一些系列的三坐标机等,不难发现大多数生产三坐标机的公司,都把其新一代的同型号机器的  $U_1$  和  $U_3$  值降低了。这当然是适应当今市场的需要,是竞争的产物。但从检测技术发展的角度去看,也说明与设计水平、制造技术、材料技术和计算机应用技术的发展提高密切相关。

#### 2. 检测效率与精度的同步提高

降低检测成本费用,很主要的一条就是缩短检测工时、提高检测效率。80 年代的精密型三坐标机的移动速度,大多在  $50 \sim 80\text{mm/s}$  水平。近年来这些机器的移动速度,已经成倍以至数倍提高。一些 CNC 机器的定位移动速度高达  $500\text{mm/s}$  以至更高,目的就是为了尽可能提

高单位时间内的探测点数,实现速度与精度的同步提高。

不单是三坐标机,其它的通用检测仪器,也一样为了提高效率,在缩短测量辅助时间上大下功夫。如工件的安装找正、测量辅件的调整更换,以至测量结果的显示、数据处理等,都是过去传统的万能测量工作中很繁琐、很费时间又很容易出错的辅助工作。新一代的通用检测设备,大多数在这方面下大力气,不断的完善和作适应性改进。

### 3. 通用检测设备的功能演变

圆度仪、粗糙度仪、齿轮检验机等是汽车生产中普遍使用的通用仪器,早期都属于计量室仪器。随着汽车零件对检测要求愈来愈高,这类仪器已逐步进入了生产现场。圆度仪的检测功能从早期的只测内、外圆的圆度,渐渐向圆度、圆柱度、母线直线度测量功能拓展。特别是汽车零件中,对圆柱度要求愈来愈多,像气缸孔这样有较高要求的长圆柱孔,如何在现场快速准确测量和评价圆柱度,一直是人们研究的对象。前几年一些国外公司先是推出多传感器方案。为了测点尽可能多些,这种量仪的测头外表,夸大看来就像一根玉米棒一样,外表排列了许多玉米粒似的小型传感器。这种圆柱度仪器主要突出一个快字。因为这根测棒放入被测缸孔后,众多传感器的测量数据靠计算机辅助测量软件,通过最佳拟合处理,定出缸孔的几何中心并计算出符合最小条件的圆柱度,打印输出轴侧投影的圆柱度误差图形,标示出峰、谷所在位置。最近的这一类仪器,为了测量更准确,在多传感器的基础上再配以精密旋转轴,形成多点扫描测量,使测量结果更贴切反映实际圆柱度误差状况。

通用仪器的功能,从比较单一向多功能扩展,拓宽其通用范围。而为了满足一些测量效率要求特别高的场合,又转过头来横向派生一些专用性较强的通用仪器。粗糙度仪器也有类似情况,从早期比较狭窄的评价范围,发展到几乎能满足世界各国所有粗糙度测量标准;从测微观表面发展到同时能测宏观轮廓的通用仪器。另一方面又开发一些专用性较强的便携式快速测量仪器。

过去的三坐标测量机主要是为工厂中心计量室配备的。所以计量型三坐标机的软件功能,包括许多的专用软件(如齿轮测量、凸轮轴测量、螺旋面测量等软件)和通用软件如何实现方便使用、能解决更多问题,历来是各三坐标生产厂家十分注重,用以显示自己的三坐标机的水平和特色的重要部分。另一方面,由于汽车生产的特殊需要,大量的三坐标机离开计量室走向现场。许多三坐标机已经成了生产线终端的一台设备或生产车间的一台现场检测设备。因而导致三坐标测量机也朝着专用型三坐标机的方向发展。如适用于一般机械加工件测量的移动龙门和固定龙门式机;适合小型零件测量的台式机;适合白车身或车身装配在线测量的卧轴塔式测量机,这种机器由于可配置在生产线的两旁,能同时测量车身的左、右侧围和车头、尾箱、顶盖等,而比其它结构更显合理;适用于大型模具和整车测量的大型高架桥式三坐标机,由于汽车生产用的大型模具很多,大多离不开三维空间的精密测量,而三维空间测量范围最大、接近性最好的,正是这种高架桥式测量机。这种按被测对象特点去发展的相对专用的三坐标机,对功能的万能性要求可以相对降低一些。因此,当今有些三坐标机生产厂家,以其特长专门发展了较专用的三坐标机。

其实,除了上述这些通用型计量、检测设备的功能演变外,作为这些设备使用的测量元件,也可看到其功能上的配套发展。如最常用的电感测头,配备有各式各样的读数单元、信号单元、各种专用模块,以方便用户直接选用。各种具有半检测仪器特征的对刀仪,其主要就是由各种检测单元、定位装置、调刀机构和测量软件组合而成。

除了长度量纲的检测量仪外,汽车生产上使用的许多机械量通用检测设备,诸如各类动平衡机、硬度计等,也都有类似的发展特点。

### 1.3.2 非标准专用检测设备的发展状况

#### 1. 检验夹具的系列化、标准化方面

专用量、检具是传统汽车生产中最普遍使用的非标准检测设备。数以百计的检验夹具应用于各汽车制造厂、发动机厂、底盘厂的工序间检验中。随着检测地位和作用的加强,尽管愈来愈多的通用计量检测设备,以各种形式进入生产现场,但并没有取代这些传统的检测手段。当然检验夹具的应用范围和结构特点也在发生着变化。

随着汽车工业向轻型车、轿车系列发展,尽管轿车排量和结构千差万别,但同类零件之间的主要部分还是相似的。所以从国外主要汽车生产企业来看,检具的结构更倾向于系列化设计。

例如对于卡车生产来说,工艺上对倒角基本没有公差要求。检测手段自然就是卡尺。但对轿车生产而言,像传动器的许多齿轮、齿座、同步器齿环等的倒角,都是有尺寸公差要求的,有的还有角度公差要求。卡尺测量很难准确指导生产,于是便出现了测各种倒角尺寸的系列化检具。轿车生产中有许多盘形零件,形状类同,都有类似的径向和轴向尺寸要求,于是便形成了测量盘形零件尺寸的系列化检具。而这些零件又大多有径向或轴向跳动要求,于是又形成了测跳动的系列化检具。齿轮除了传统的双啮仪外、跨棒距尺寸、齿圈跳动测量等都可以系列化。此外,许多类似的轴类零件的一些径向尺寸、轴向尺寸和跳动测量也都形成了系列化设计。

汽车的轮辐和轮辋组成的轮圈总成,其安装轮胎的外圆和端面的跳动,是直接影响汽车行驶性能的重要检测项目。靠焊接生产的这些轮圈总成,100%要检测这些跳动。过去都是用专用检验夹具测量。随着汽车产量的增加,轮圈数量便是数倍的增加,普通检具的检测效率低,精度亦显不足。因此在国外较早就已经形成了专用的在线检验机的系列,由专门厂家生产供应。像活塞、轴瓦、活塞环等典型零件,在国外也大多以系列化的专用检测仪器或设备的形式出现。

甚至缸体、缸盖、曲轴、凸轮轴和连杆等发动机五大典型零件,在国外已经有量仪公司专门生产,提供系列化的专用检测设备。

由于检具系列化设计和发展,检具的典型零件和标准件也向着更广、更高的水平发展。有的已经和精密计量仪器的通用件一致了。如较多应用的精密滚珠导套结构,代替滑动配合的导套结构;各种整体化传动结构代替平行弹簧结构。过去的测量传动标准元件,主要分成垂直和水平两种结构,而现在各种角度的传动结构也已经标准化,以方便使用人员观察和读数。各种高精度的涨缩心轴、花键自动定心心轴等定位件,也都标准化并由专门公司生产和供应。

#### 2. 在性能和精度要求方面

传统检具的孔定位机构,主要靠光面心轴、分组心轴、锥度心轴或组合心轴。但这一类心轴使用麻烦,定心精度也低。因此,现在更多的采用自动定心的弹性套涨缩心轴。就连一些较难制造的花键心轴,现在也逐步采用涨紧定心的花键心轴,取代传统的锥度花键心轴,从而提高了安装效率和定心精度。为了提高检测效率,许多检具通过各种传动机构转动被测件,替代过去用手拨转零件的办法,提高了检测的平稳性。