

# 缸体曲轴孔测量技术探讨

■ 中国汽车工业工程有限公司 (天津 300113) 林建宾

**摘要:** 缸体曲轴孔是发动机缸体上的重要加工部位, 其加工质量的好坏直接影响发动机的装配精度和整机性能。在大批量生产中, 要稳定地保持高精度的要求和提高生产效率, 对曲轴孔测量工具的选用应特别关注。本文结合生产实际, 从工艺布置、测量设备及技术参数等方面对缸体曲轴孔的在线测量技术进行了阐述。



中级工程师 林建宾

曲轴是发动机中最重要的部件之一, 曲轴的高速运转对曲轴孔的加工质量有较高的工艺要求。各发动机生产厂家对曲轴孔都有严格的质量标准, 例如某型号的发动机曲轴孔圆度不能超过 $5\mu\text{m}$ 、圆柱度不能超过 $5\mu\text{m}$ 且同轴度不能超过 $8\mu\text{m}$ 等, 实验室都配备了高精度的三坐标测量机、圆度仪等测量设备。采用实验室设备对工件进行测量, 通常测量内容多、时间长, 获得的测量结果相对于实时控制具有很大的滞后性, 主要用于首末件、换刀件及故障维护后的工件测量。而选用合适的在线测量设备, 不仅能快速准确地对加工质量进行监控, 避免出现批量加工工件的质

量问题, 还能减轻实验室人员的工作强度, 提高生产效率。

本文将重点介绍发动机生产中常见的曲轴孔在线测量技术, 从工艺布置、设备结构及技术特点等方面进行比较研究。

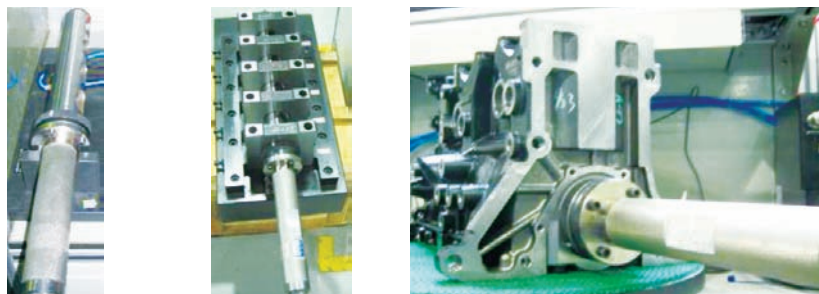
## 1. 手持式量仪

曲轴孔测量中应用较多的是手持式量仪, 通常布置在曲轴孔精镗工序或曲轴孔铰珩工序。精镗工序的测量内容主要是曲轴孔直径, 以便为后续的铰珩加工提供质量保证。而铰珩工序的测量内容一般包含直径、圆度和同轴度等。曲轴孔的精度要求较高, 通常采用电子量仪或气动量仪进行检测。电子量仪相对气动量仪来说, 在使用寿命、测量精度和综合测量的运算能力等方面具有优势, 但气动量仪的价格和维护

成本较低, 在机械行业中应用比较广泛。

气动量仪测量原理是比较测量法。其测量方法是将长度信号转化为气流信号, 通过气电转换器将气信号转换为电信号由发光管组成的光柱示值。气动量仪是一种可多台拼装的量仪, 它与不同的气动测头搭配, 可以实现多种参数的测量。为满足“工业4.0”时代对智能化精密测量设备的要求, 气动量仪在信号处理、信息分析方面有突出优势。

如图1所示为某工厂使用的手持式气动塞规。该气动塞规由手柄、主轴、气管和校准件组成, 主轴上有五组截面, 每个截面有2个喷嘴, 可同时测量缸体5个曲轴孔截面尺寸。气电转换器将测量的气动信号转为电信号, 再输入



(a) 塞规 (b) 使用模拟工件的中间值进行校零 (c) 测量状态

图1 曲轴孔测量气电塞规

计算机辅助测量仪中。

手持式量仪放置在工作台或特定支架上。因为曲轴孔测量主轴较长，为避免长期水平放置对其测量精度造成影响，一般垂直悬挂在支架上。

## 2. 数控机床在线测量设备

数控机床在线测量技术是将加工、检测和误差补偿集成在一起，实现序前、序中和序后高精度自动测量，避免了因多次装夹引起的误差，大大减少了辅助时间，在保证加工设备的工作状态及加工精度、降低废品率等方面都有重要意义。

数控机床在线测量的基本原理如图2所示。数控机床在线测量设备通常包括两种情况。

(1) 测量机构在加工过程中直接实时测量零件的加工精度，加工过程和测量过程同时进行。它大致有两种目的：一是在线测量为实时误差补偿提供必要的反馈信息，以保证零件的加工精度；二是加工过程结束后即可得到需要的加工精度信息，并根据测量结果对零件是否合格进行判定，可用于研究加工精度和影响因素的关系。

(2) 加工过程和测量过程分开。一道工序或整个切削加工完成后，不卸下工件，对工件进行在线测量，根据测量结果采取必要的手段，以保证零件的加工精度。

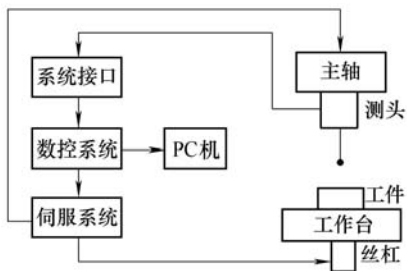


图2 在线测量原理图

曲轴孔珩磨后在线测量装置，通常采用气动检测，卧式测量主轴，测量一档曲轴孔直径，1个截面2个方向，包括数据反馈功能。通过对测量数据进行分析，曲轴孔珩磨刀具可以实现自动补偿。

如果对所有曲轴孔进行测量分组，通常在曲轴孔铰珩工位后设置检测工位，如图3所示。曲轴孔测头将由单截面测头升级为整体式多截面测头，可以同时对各档曲轴孔直径进行测量。测量结果上传控制系统进行SPC分析，在后续工序中进行分组打刻。

## 3. 综合测量机

随着测量技术的迅猛发展，缸体综合测量机在汽车发动机行业中的应用日益广泛。该设备用于缸孔和曲轴孔测量分组的专用检测，为全自动在线测量设备，通常采用气动或电子传感器式测头对缸孔和曲轴孔进行测量，测量完成后，根据测量结果对曲轴

孔进行自动分级、打标，并自动分拣不合格品。

综合测量机主要功能是具备SPC统计功能；具备自动标准件校核功能；具备温度补偿功能；具备环境温度变化标准件自动校核功能（环境温度变化界限可任意设定，预设20℃）。

典型的综合测量机主要包括挡/隔料工位（工件二维码读取）、测量工位、打标工位、剔料辊道（带有气动转台）和出料口，其主要工艺流程如下：

(1) 挡/隔料工位是工件进入设备辊道后的第一个工位，工件在此工位停止，待测量工位无工件并作好测量准备时，挡料气缸将放行工件，确保每次只进入一个工件，防止工件间发生碰撞。同时，扫码器将读取工件二维码信息，并上传到数据库。

(2) 测量工位通常由定位机构，工件举升移栽机构、缸孔

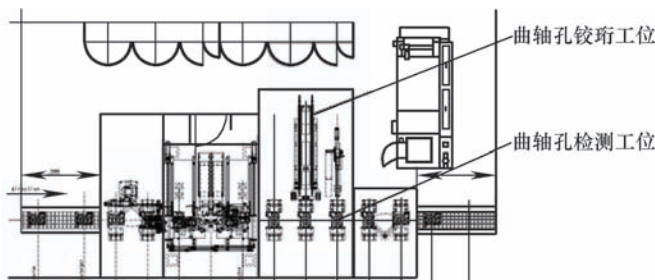


图3 珩磨机上的曲轴孔检测工位

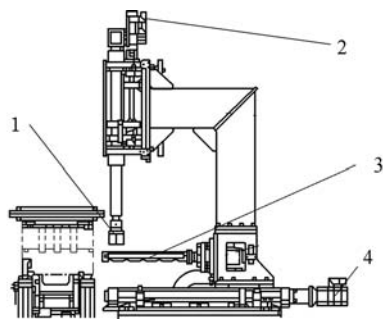


图4 测量工位示意图

1.缸头测头 2.水平驱动伺服电动机 3.曲轴孔测头 4.水平驱动伺服电动机

# 单缸发动机曲轴快速试制精度控制方法

■ 中国第一汽车股份有限公司技术中心 (吉林 130022) 董 乐 郭华卫

**摘要:** 介绍一种利用机加工, 低成本、短周期试制单缸发动机曲轴的工艺, 阐述数控磨床加工技术在单缸发动机曲轴加工精度控制中典型问题的解决方法, 通过对数控磨床附件精度、工艺进给等调整, 提高了单缸发动机曲轴的尺寸及形位精度。



专业工程师 董乐

单缸发动机试验是汽车发动机前期开发过程中很重要的环节, 可以在低成本条件下, 代替多缸机试验燃烧、润滑及振动等主要特征。单缸发动机仅用于性能试验, 对其曲轴疲劳寿命要求并不严格, 且需求数量较少。针对此特点, 采用了一种快速试制单缸发动机曲轴的工艺, 即采用合金钢棒机加成形, 并配合适当热处理工艺, 使所生产的曲轴达

到图样技术要求, 以此降低开模制造的高成本, 并缩短周期。

## 1. 快速试制工艺简介

此种单缸发动机曲轴快速试制工艺的原始毛坯为42CrMoA棒料, 经车铣复合加工中心粗、精加工成形后, 轴颈和端面留0.2~0.4mm磨削余量, 再由曲轴磨床磨削所有轴颈及端面至尺寸, 经过动平衡和离子氮化, 再抛光处理, 最终形成成品, 工艺流程如

测头、曲轴孔测头、测头伺服移动机构和校准件等组成, 如图4所示。测量工位包括1个缸孔测量主轴和1个曲轴测量主轴。

缸孔测头为单截面测头, 每个截面有4个传感器。测量时, 缸孔测头垂直伺服滑台, 在缸孔内移动, 3个截面一次测量完成, 每个缸孔将得到6个直径值。测量完成一个缸孔后, 测量主轴被垂直伺服导轨移出, 同时水平伺服导轨将测量主轴移向下一个缸孔, 直到4个缸孔都被测量完成。

在缸孔被测量的同时, 曲轴孔测头穿入曲轴孔中测量主轴颈。曲轴孔测头为整体式测头, 共5个测量截面(以四缸发动机为

例), 每个截面有4个传感器。曲轴孔测量分两步完成, 每个主轴颈测量两个截面, 5个主轴颈共10个截面。

(3) 打标工位: 工件进入打标工位后, 如果工件合格, 打标机根据测量结果将分组信息打刻到缸体指定区域, 合格工件由辊道输送到生产线下道工序。如果工件不合格, 将不打标, 此时, 气动转台动作, 将工件旋转90°, 并将输送工件到剔料辊道。

该工位通常配备读码器, 可以在打标完成后对打标内容进行读取, 确认打标内容的正确性。

(4) 剔料辊道: 剔料辊道用于存放不合格工件, 一般可容

纳3个缸体, 剔料辊道装满后将有报警信号。辊道末端采用软质材料, 防止工件冲击。

## 4. 结语

从手持式量仪到数控机床在线测量设备, 再到缸体综合测量机, 缸体曲轴孔测量技术逐步向多样化、柔性化和集成化方面发展。而缸体综合测量机具有测量准确、柔性好、功能多样且自动化程度高等诸多优点, 对提高发动机行业的生产效率、经济效益具有重要意义, 具有广阔的市场前景和发展空间。MW

(收稿日期: 20170707)