

燃气机曲轴中心距检具设计

姜玉玺,王华龙,张涛,宗军

胜利油田胜利动力机械集团有限公司,山东 东营 257092

摘要:为了提高曲轴中心距检测效率及检测精度,根据V形支承定位理论,设计新型曲轴中心距检具,并进行实际曲轴中心距测量验证。新型曲轴中心距检具由V形支承、横梁、表座、百分表、圆柱销、菱形销、中空螺栓、定位柱组成。实际测量结果表明:设计的曲轴中心距检具的测量误差在 ± 0.01 mm以内,满足现有产品公差不超过 ± 0.1 mm的要求,测量结果波动小,与数控检测机床检测结果的最大偏差为0.005 mm,操作简单、检测效率高、适用范围广。

关键词:曲轴;中心距;V形支承

中图分类号:TK436

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2024)06-0020-06

引用格式:姜玉玺,王华龙,张涛,等.燃气机曲轴中心距检具设计[J].内燃机与动力装置,2024,41(6):20-25.

JIANG Yuxi, WANG Hualong, ZHANG Tao, et al. Design of the measuring tool for the center distance of the crankshaft of gas engine[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2024,41(6):20-25.

0 引言

曲轴是燃气发动机的重要部件之一,曲轴的尺寸精度和表面质量直接决定了发动机运行时的稳定性、磨损和噪声,是影响发动机性能的关键因素^[1-2]。曲轴主轴颈与连杆轴颈中心距的尺寸精度公差通常为 ± 0.1 mm。中心距过大或过小都直接影响活塞在气缸内的行程,进而影响压缩比,造成单缸或多缸输出功率不稳定,因此,曲轴中心距的尺寸精度对控制燃气机组的工作稳定性尤为重要^[3-4]。

目前,曲轴中心距的控制方法为:曲轴各主轴颈在外圆磨床上粗磨、半精磨完成后,在曲轴磨床上对一组或几组连杆轴颈试磨,然后吊装转运至检验平台,检验人员使用百分表配合高度游标卡尺检测中心距。这一过程重复多次,直至检测合格后方可正常磨削,且无法检测磨削过程中中心距的变化,完工后中心距检验超差无法补救。曲轴中心距的检测方法为:在检验平台上,利用V型铁支撑3个主轴颈,调平轴颈上母线,使用百分表平推确定连杆轴颈最高点,采用高度游标卡尺测出连杆颈和主轴颈的上母线示值,再通过计算得到中心距^[3-4]。该方法点位确定不精确,手动测量误差大、效率低。

本文中设计制造一种新型中心距检具,采用该检具,可实现点位确定唯一、使用快捷准确、降低检验人员劳动强度的目的,不仅用于完工检验,还可以实现磨削过程控制。

1 曲轴中心距检具定位设计理论及工作原理

1.1 定位设计理论

不同类型曲轴主轴颈的工序尺寸、完工尺寸不同。为适应不同类型主轴颈的尺寸变化,将中心距检具的测量定位设计为角度为 90° 的V形支承。当V形支承放置在主轴颈外圆表面时,轴颈变化与V形支承上升距离的关系如图1所示。由图1可知:V形支承以直径为 d_1 的轴颈定位时,其V形顶点为A点;

收稿日期:2024-07-19

第一作者简介:姜玉玺(1975—),男,山东东营人,工程师,主要研究方向为发动机零部件加工工艺设计及工装设计,E-mail:dlcjyx@126.com。

以直径为 d_2 的轴颈定位时,其 V 形顶点由 A 点位移至 B 点。在等腰直角 $\triangle AOB$ 中,

$$L_{AB} = \sqrt{2}L_{OA} = \sqrt{2} (d_2/2 - d_1/2) = 0.707(d_2 - d_1),$$

式中: L_{AB} 、 L_{OA} 分别为线段 AB、OA 的长度,mm。

L_{AB} 即为中心距检具测量过程中,因主轴颈工序尺寸与完工尺寸的差异引起的 V 形支承沿曲轴主轴颈、连杆轴颈中心连线的位移^[5]。

实际应用中, d_1 对应标准轴主轴颈实测直径, d_2 对应工序磨削连杆轴颈时主轴颈实测直径。若 $d_2 > d_1$,曲轴产品正常加工,工序检测时 V 形支承上升;若 $d_2 < d_1$,曲轴大修修复,主轴颈降级磨削,工序检测时 V 形支承下降。

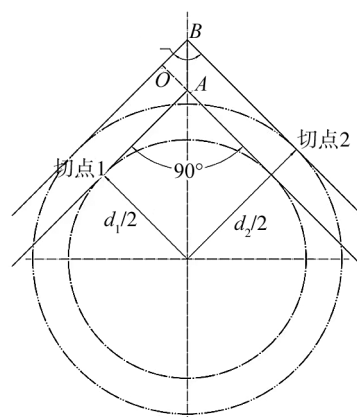


图1 V形定位支承位移示意图

1.2 工作原理

中心距检具使用前,首先将百分表示值在标准轴上对“0”(标准轴主轴颈及连杆轴颈均已精磨至完工尺寸,其中心距已通过曲轴数控检测机床测定)。完工检验时,直接将中心距检具放置于曲轴上,手动旋转检具体,百分表头通过连杆轴颈上母线所引起的偏移量即为中心距误差(百分表触头受压上升,表针右偏,右偏为+;百分表触头卸压下降,表针左偏,左偏为-)。工序检验时,因主轴颈和连杆轴颈均留有磨量,曲轴磨床对连杆轴颈的磨削过程中,可随时检测中心距。

1.2.1 粗、精磨连杆轴颈时曲轴中心距误差计算步骤

1)V形定位支承位移

$$X = 0.707(d_2 - d_1). \quad (1)$$

2)工序磨削过程中,曲轴相对于标准轴连杆轴颈在半径方向上的加工余量

$$Y = 0.5(d_4 - d_3), \quad (2)$$

式中: d_4 为工序中连杆轴颈磨削后的实测直径,mm; d_3 为标准轴连杆轴颈实测直径,mm。

曲轴产品正常加工时, X 、 Y 为正。标准轴主轴颈、连杆轴颈均采用高精磨削,其上、下偏差为微米级,可以忽略。为方便计算,式(1)(2)中, d_1 、 d_3 均取基本尺寸。

3)检具检测连杆轴颈上母线理论显示值

$$Z = -X + Y,$$

Z 与百分表实测值的差,即为中心距误差。

1.2.2 粗磨连杆轴颈前曲轴中心距预估误差

粗磨连杆轴颈前,因连杆轴颈精车后外圆母线跳动较大,可用检具提前预估磨后中心距。

1)采用百分表测出连杆轴颈外圆母线总跳动 M ,采用检具测出连杆轴颈上母线最大示值 N 。

2)计算检具测量中心距理论偏差,即连杆轴颈旋转中心点与理论点的偏移量

$$C = N - 0.5M - Z,$$

C 为正,中心距大; C 为负,中心距小。在不同的磨削阶段,依据 Z 、 C 的计算结果,若中心距超出规定公差范围,可随时在磨削前对曲轴进行纠正和补偿。

1.2.3 图示分析

现结合图示分析曲轴中心距的计算原理。百分表在标准轴上对“0”示意图如图2所示,图中 $L_{OO'}$ 为理论中心距。由图2可知,百分表对“0”后, $Z=0$ 。

连杆轴颈磨削完成,中心距计算示意图如图3所示。由图3可知,连杆轴颈磨削完成,检具以留有磨量的主轴颈定位检测,与图2相比,检具上升,采用式(1)计算 X , X 使百分表触头卸压下降,表针左偏。此时 $Y=0$, $Z=-X$ 。

连杆轴颈磨削过程中,中心距计算示意图如图4所示。由图4可知,连杆轴颈磨削过程中,检具以留有磨量的主轴颈定位检测,与图3相比,检具未升降,采用式(2)计算 Y , Y 使百分表触头受压上升,表针右

偏,此时 $Z = -X + Y$ 。

粗磨前,中心距偏差预估计算示意图如图5所示。由图5可知:连杆轴颈磨削回转中心点 E 偏移理论中心点 O' ,偏移量为 C ;粗磨前跳动连杆轴颈中心点 F 偏移回转中心点 E ,偏移量为 $0.5M$ 。

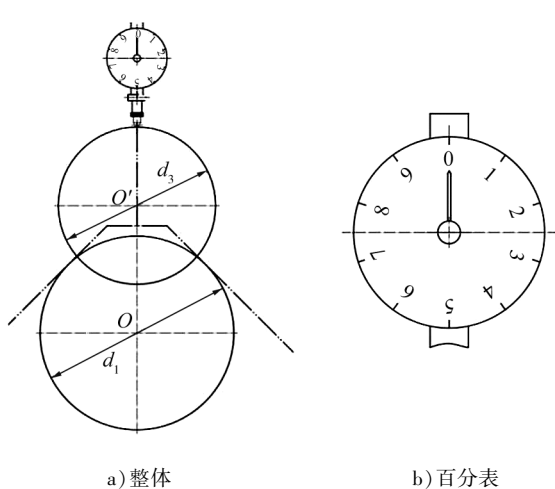


图2 检具百分表在标准轴上对“0”示意图

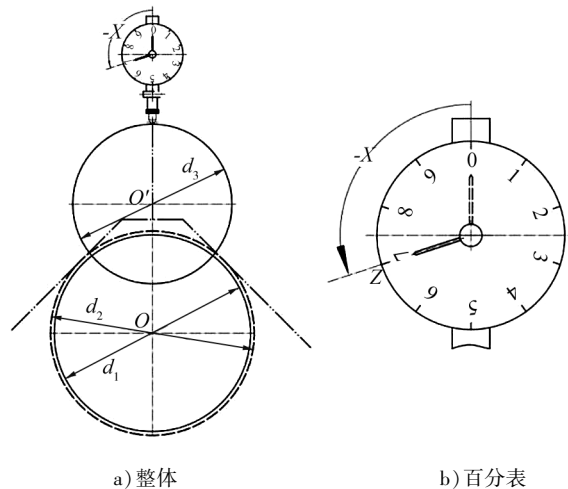


图3 连杆轴颈磨削完成后中心距计算示意图

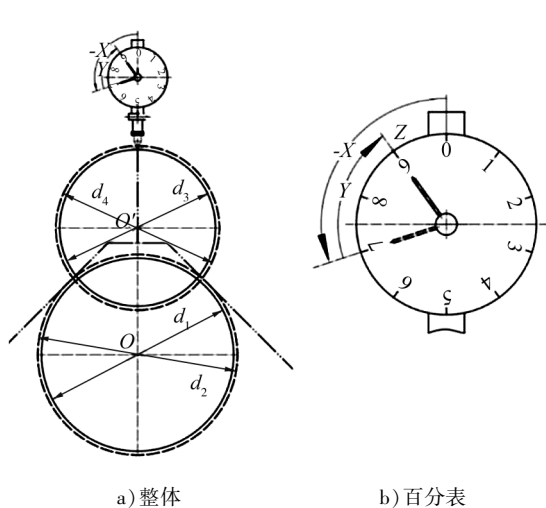


图4 连杆轴颈磨削过程中中心距计算示意图

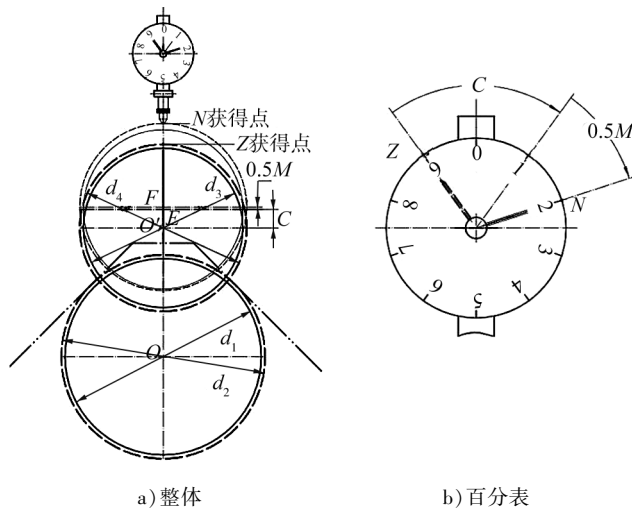


图5 粗磨前中心距偏差预估计算示意图

2 曲轴中心距检具设计方案

2.1 整体设计

根据V形支承定位理论,设计新型曲轴中心距检具。新型曲轴中心距检具由V形支承、横梁、表座、百分表、圆柱销、菱形销、中空螺栓、定位柱组成,结构示意图如图6所示。

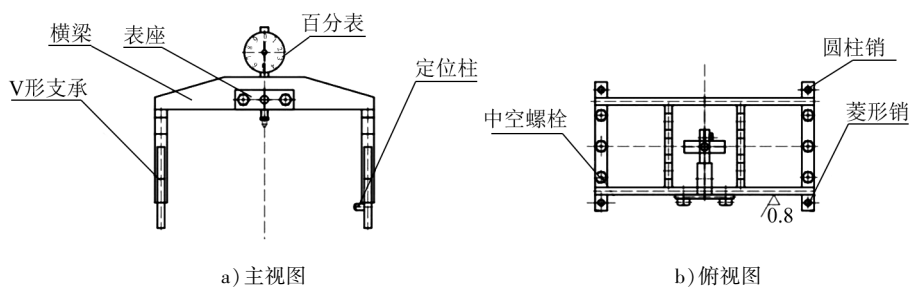


图6 曲轴中心距检具结构示意图

通过横梁联接两V形支承,将表座安装在检具横梁上,百分表紧固于表座,横梁与V形支承采用圆柱销和菱形销定位,通过中空螺栓联接,在V形支承一端安装定位柱,在检具做圆周摆动时,可贴紧曲臂端面防止检具轴向窜动,保证百分表示值唯一^[6-10]。

2.2 V形支承设计

V形支承设计如图7所示。V形支承的角度为 $90^\circ \pm 3'$,V形贴合面及顶面的表面粗糙度为Ra0.8,V形面、顶面、顶面两处定位销孔一次装夹完成加工,保证相关位置精度,两V形面一体加工完成后切割分离,与横梁联接时,按分体前方向装配,保证两V形面获得精确的同轴度^[11-13]。V形支承加工完成后进行氮化处理,HRC硬度应不小于50,使其具有较高的耐磨性^[14]。

2.3 横梁及表座设计

横梁设计如图8所示。横梁可采用钢板焊接结构,焊接完成后进行热处理去应力工序,以保证其结构稳定;也可选用铸铝材料,轻便且变形小。作为精密检具,本设计选择铸铝材料。横梁一侧与表座装配,精加工后其表面粗糙度为Ra0.8,并以此面为基准加工两端定位销孔及螺孔,中间两处加强筋板均铸有3处去重孔,可使操作人员使用更加轻便。

表座设计如图9所示。表座采用部分中空,以便减轻重量,百分表孔与表座底部端面尺寸K应严格保证装配后百分表头位于检具中心位置。

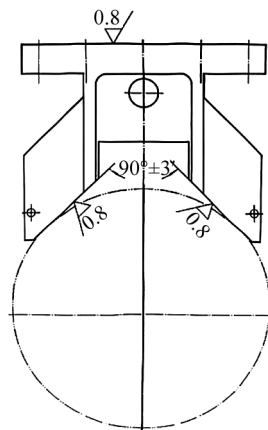


图7 V形支承设计

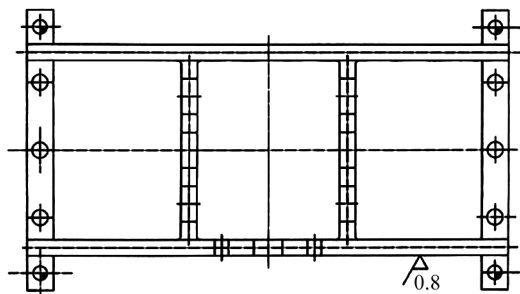


图8 横梁设计

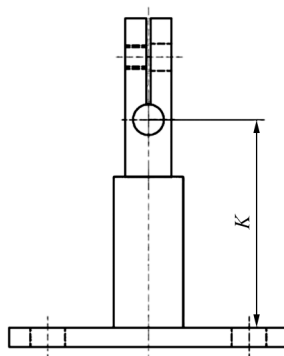


图9 表座设计

3 应用效果分析

在曲轴磨床磨削连杆轴颈,利用V形支承使主轴颈定位,将曲轴中心距检具沿圆周方向摆动,使其安装在横梁上的百分表头接触连杆轴颈上母线获取读数,该读数与理论计算所得中心距的差即为中心距误差。

随机抽取5根12缸V型燃气机曲轴进行中心距检测,理论中心距为 (105 ± 0.10) mm,检测两次,检测结果如表1、2所示。由表1、2可知:百分表结合高度游标卡尺所测得的中心距误差最大,且相对于数控检测机床中心距测量结果的最大偏差达到0.095 mm;曲轴中心距检具的检测误差在 ± 0.01 mm以内,测量波动小,且相对于数控检测机床检测结果的最大偏差仅为0.005 mm,满足现有产品公差小于 ± 0.10 mm的要求。

传统百分表结合高度游标卡尺测量中心距误差的方法,每根曲轴的检验都要通过调整V型铁,找正主轴颈上母线,百分表反复平推找出连杆轴颈最高点,再辅以计算,费时费力,一个工作日仅可检测8~12

根曲轴。本文中设计制造的新型曲轴中心距检具可随时实现完工、工序数据采集,无须专检。经过半年的实际应用,该检具具有较高检验精度和测量稳定性,工作效率较传统检测方法获得大幅提高,劳动强度、检验转交频次显著降低。

表 1 曲轴中心距第一次测量结果

序号	曲轴编号	连杆轴颈 编号	百分表结合高度游标卡尺 测得中心距误差/mm	曲轴中心距检具测得 中心距误差/mm	数控曲轴检测机床测得 中心距误差/mm
1	SD221103	2	+0.09	+0.03	+0.030
2	SD230105	6	+0.05	+0.02	+0.025
3	SD230208	3	+0.01	-0.05	-0.045
4	SD240201	4	+0.03	-0.01	-0.010
5	SD240307	1	-0.06	-0.08	-0.075

表 2 曲轴中心距第二次测量结果

序号	曲轴编号	连杆轴颈 编号	百分表结合高度游标卡尺 测得中心距误差/mm	曲轴中心距检具测得 中心距误差/mm	数控曲轴检测机床测得 中心距误差/mm
1	SD221103	2	+0.07	+0.025	+0.030
2	SD230105	6	+0.06	+0.020	+0.020
3	SD230208	3	-0.07	-0.050	-0.045
4	SD240201	4	+0.08	-0.010	-0.015
5	SD240307	1	-0.08	-0.075	-0.075

4 结束语

新型曲轴中心距检具由夹角为 90°的 V 形支承、横梁、表座、百分表、圆柱销、菱形销、中空螺栓、定位柱组成,具有以下特点:1)对于其适用范围内不同主轴颈尺寸的曲轴均可检测,检测范围广;2)兼顾完工、工序检验,尤其可实现工序过程控制及磨前预估,并可提前纠正;3)测量精度为 0.01 mm,测量结果稳定,完全满足现有产品公差不超过±0.1 mm 的要求;4)使用轻便、快捷,检测效率高。

参考文献:

[1] 相聪,许华,郝威,等.曲轴高精度磨削加工的原理和应用[C]//河南省汽车工程学会.第二十届河南省汽车工程科技学术研讨会论文集.郑州:河南省汽车工程学会,2023.

[2] 梁少街,韦欣,刘文建.汽车发动机曲轴制造中的机械加工技术分析[J].汽车知识,2024,24(6):74-76.

[3] 王玉萍.曲轴连杆轴颈中心距测量方法改进[J].柴油机设计与制造,2007(2):32-34.

[4] 刘立国,孙林德.轻便可调式中心距检具设计[J].金属加工(冷加工),2011(24):54-55.

[5] 乔峰丽.机械设计基础[M].北京:电子工业出版社,2011.

[6] 杨叔子.机械加工工艺师手册[M].北京:机械工业出版社,2011.

[7] 黄霞.机械设计[M].北京:科学出版社,2018.

[8] 薛彦成.公差配合与技术测量[M].北京:机械工业出版社,1991:11-35.

[9] 傅则绍.机械原理[M].北京:石油工业出版社,2004.

[10] 孟少农.机械加工工艺手册[M].北京:机械工业出版社,1992.

[11] 唐代滨.公差配合与实用测量技术[M].北京:机械工业出版社,2012.

[12] 齐文春.机械精度与检测[M].北京:科学出版社,2016.

- [13] 吴拓. 机床夹具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2018.
- [14] 李惠友. 工具热处理技术与实践[M]. 北京:机械工业出版社,2017.

Design of the measuring tool for the center distance of the crankshaft of gas engine

JIANG Yuxi, WANG Hualong, ZHANG Tao, ZONG Jun

Shengli Oilfield Shengli Power Machinery Group Co.,Ltd., Dongying 257092, China

Abstract: In order to improve the efficiency and accuracy of crankshaft center distance inspection, a new type of measuring tool for the crankshaft center distance is designed based on the V-shaped support positioning theory, and actual crankshaft center distance measurement verification is carried out. The new measuring tool for the crankshaft center distance consists of a V-shaped support, crossbeam, gauge seat, dial gauge, cylindrical pin, diamond pin, hollow bolt, and positioning column. The actual measurement results show that the measurement error of new measuring tool for the crankshaft center distance is within ± 0.01 mm, which meets the requirement of existing products with an error not exceeding ± 0.10 mm. The measurement results have small fluctuations, and the maximum deviation compared to the detection results of CNC testing machines is only 0.005 mm. The measuring tool is easy to operate, has high detection accuracy, and can detect the center distance of various types of crankshafts.

Keywords: crankshaft; center distance; V-shaped support

(责任编辑:臧发业)

.....

(上接第12页)

by the power element can be transferred to the outside world directly by using the phase transformation heat of the working medium, which can eliminate the high thermal resistance of the contact surface and ensure the consistency of the surface temperature of the power element to the maximum extent. Compared with the contact heat transfer, the heat transfer capacity by immersed phase change under vacuum is significantly improved. The liquid temperature and the wall temperature of the power element can be used as a target parameter to monitor the temperature of the submerged power element.

Keywords: heat pipe; power component; immerse; experimental study

(责任编辑:刘丽君)