

某发动机活塞环装配装置的研制

孙京博¹, 张英², 张成春¹, 王祎堃³

1. 淄柴机器有限公司, 山东 淄博 255000; 2. 淄柴动力有限公司, 山东 淄博 255000;

3. 大连海事大学船舶电气工程学院, 辽宁 大连 116026

摘要:为提高发动机活塞环装配效率和装配质量,降低劳动强度,根据活塞环直径和开口形状,利用杠杆平衡原理,设计一种适用于发动机缸径为200~250 mm的活塞环装配装置并进行实际应用。结果表明:设计的活塞环装配装置可以保证活塞环的安装质量,成本低,操作简单,通用性强,使用该装置装配的活塞环均未出现碎裂故障;安装一套三环活塞环组的装配时间由8 min减少到5 min。该装置能够满足活塞环装配高效率、高质量的生产需求。

关键词:活塞环;活塞;活塞环工装;柴油机

中图分类号:TK426

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2024)03-0032-05

引用格式:孙京博,张英,张成春,等.某发动机活塞环装配装置的研制[J].内燃机与动力装置,2024,41(3):32-36.

SUN Jingbo, ZHANG Ying, ZHANG Chengchun, et al. Development of a piston ring assembly device for an engine[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2024, 41(3): 32-36.

0 引言

活塞环是燃油发动机内部的核心零件,与气缸、活塞、气缸壁等配合实现燃油混合气密封。活塞环对燃油是否完全燃烧和柴油机的工作状态至关重要,活塞环功能与其装配工艺密切相关^[1]。

活塞环扩展器是最简单的活塞环工装,利用手指撑开活塞环进行装配,但这种活塞环扩展器主要应用在缸径不大于100 mm的汽油机上^[2]。有学者设计了半自动化装配装置,但半自动化装配生产效率低,装配质量不稳定,且多用在缸径为60~100 mm的车用发动机上,使用范围较小^[3-5]。目前对活塞环装配工艺的研究大多针对单个活塞装配,虽然也有针对多缸柴油机活塞环快速安装装置,可以实现将一组活塞环同时安装到活塞上,但只适用于特定系列、特定缸径的柴油机,通用性差。

目前通常采用手工方式装配发动机缸径大于100 mm的活塞环,操作人员将活塞环口掰开并撑大后,套入活塞环槽内。该操作方法不仅费时费力,而且活塞环开口容易划伤手指,因此,有必要设计一种专业、操作方便快捷的装置完成活塞环的装配。在综合考虑制造成本、使用便捷性和通用性的基础上,设计一种活塞环装配装置,以提高活塞环的装配效率,为改进活塞环装配工艺提供参考。

1 活塞环装配过程

装配活塞环时,应将活塞环平整地嵌入活塞槽沟内部,确保活塞环不变形、不断裂^[6]。在自由状态下,活塞环开口间隙 m 及高度 a_1 如图1所示。以适用于某发动机缸径为200 mm的活塞环第一道环开口间隙 $m=20$ mm为例,进行手动装配时,手工掰开活塞环开口,力度难以掌握,极易导致活塞环变形。当用力超过

收稿日期:2024-03-28

基金项目:山东省企业技术创新项目(202360003003)

第一作者简介:孙京博(1976—),女,山东淄博人,工程师,主要研究方向为柴油机设计制造,E-mail: sunjingbo123456789@163.com。

活塞环的组合切向弹力时,可能导致活塞环断裂^[7]。活塞环手动装配过程示意图如图2所示,活塞环断裂外观如图3所示。

随着活塞环直径增大,其切向弹力也相应增大,直径为200 mm的活塞环,其切向弹力可达100 N。活塞环装配过程中,操作者需将活塞环掰开,并在保持活塞环撑开状态下,将其从活塞头部套入活塞环槽。安装时应注意各道环的结构和安装方向,操作中一旦脱手,活塞环的开口可能会伤害手指,且在活塞环自身弹力的作用下容易划伤活塞外壁,造成擦伤,带来安全和质量隐患^[8-9]。因此设计的活塞环装配装置一方面应保证活塞环安装质量,消除安全隐患,另外还要省力、简便、易于操作,提高装配效率。

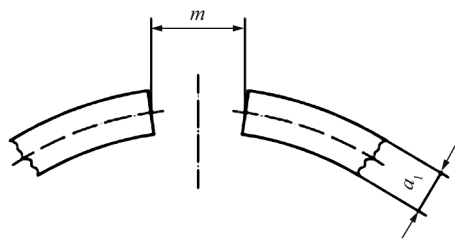


图1 活塞自由状态开口间隙示意图



图2 活塞环手动装配过程示意图



图3 活塞环碎裂实例

活塞环的材料主要是铸铁,容易折断,装配不当易导致变形^[10]。安装活塞环时,活塞环的开口不宜张开过大。将活塞环撑开至直径大于活塞环外径约2 mm,保证活塞环与活塞圆周的间隙不小于1 mm。

2 活塞环装配装置设计方案

正确安装活塞环是保证其功能的关键。设计活塞环装配装置时,应保证操作者能独立完成作业并且省力。参考手钳的工作原理^[11],设计一种手持式铰接钳装置,设计原理示意图如图4所示,图中: F_1 为动力,即手施加的力; F_2 为阻力,即张开活塞环所需的力; L_1 为动力臂; L_2 为阻力臂; O 为铰接点; AB 为阻力臂; BC 为动力臂; h 为撑开后距离; H 为单手操作时手钳的最大张开距离。该装置结构为以铰接点 O 为支点的杠杆,杠杆支点两侧的力矩相等,即:

$$F_1 L_1 = F_2 L_2 \quad (1)$$

由图4可知:

$$h/L_2 = H/L_1 \quad (2)$$

操作时,一手辅助握住活塞环,另一手持装置卡住并使活塞环张开。考虑到手掌的抓握动作范围不超过100 mm,因此 H 不宜大于100 mm。

考虑活塞环开口初始宽度最大为32 mm,安装时在此基础上增大6 mm,使安装时活塞环开口长度

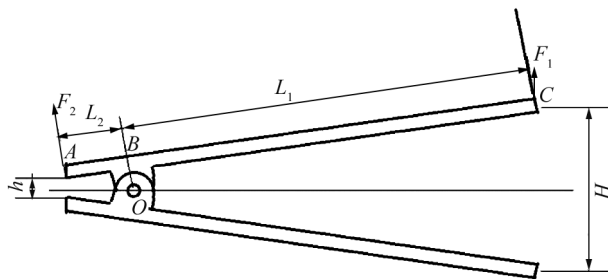


图4 活塞环装配装置设计原理示意图

$\Delta_h = 6 \text{ mm}$ 。 H 的变化 $\Delta_H = \Delta_h L_1 / L_2$,张开活塞环所需施加的力 $F_1 = F_2 L_2 / L_1$,按 $F_2 = 100 \text{ N}$ (缸径为 200 mm 时第一道环的切向弹力)估算, $F_1 = 100 L_2 / L_1$ 。根据实际经验,人手施力以不超过 25 N 时舒适性较好,因此, L_1 / L_2 应小于 0.25 。配套发动机缸径为 $200 \sim 250 \text{ mm}$ 的活塞环,动力臂与阻力臂的长度比可取 $4:1$,根据人手实际操作可控长度,设定 $L_1 = 120 \text{ mm}$, $L_2 = 30 \text{ mm}$ 。 $\Delta_h = 6 \text{ mm}$ 时, $\Delta_H = 24 \text{ mm}$ 。但如果将钳柄设计为直线,由式(2)可得; $h = 32 \text{ mm}$ 时, $H = 128 \text{ mm}$; $h = 38 \text{ mm}$ 时, $H = 152 \text{ mm}$ 。单手撑开时无法达到这个距离,因此将钳柄设计为直线不满足使用要求。

为了减小 H ,将阻力臂相对向外折弯一定的角度,充分利用活塞环缺口的宽度,动力臂和阻力臂示意图如图5所示。阻力臂折弯后,2个阻力臂之间的开口增大,有利于撑开活塞环的开口。由于折弯后 h 增大,大于活塞环开口弦长 32 mm 。在阻力臂头部设计具有旋转功能的卡槽,保证活塞环在自由状态时卡槽能够旋转到开口位置并卡住活塞环。随着活塞环被撑开,动力臂带动阻力臂和卡槽,将活塞环开口撑开到所需大小。为保证卡槽固定活塞环开口时的稳定性,卡槽设计为U型,U型卡槽一侧为用于防止活塞环开口端脱出的限位钩,另一侧为贴合活塞环外壁进行固定的平台。

为保证工作中卡槽能平稳准确地固定活塞环开口,设计一种辅助定位活塞环的环槽,其结构示意图如图6所示。环槽为半圆型,外径比活塞环外径大 0.5 mm ,内径比活塞环外径小 0.5 mm 。环槽焊接到活塞连杆装配平台上,其半圆切面与平台平齐,活塞环可以轻松固定到活塞环槽内腔,开口端朝向平台外部。当使用钳柄的卡槽卡住活塞环开口时,活塞环槽起固定活塞环的作用,确保活塞环装置卡住活塞环开口时活塞环限位固定,方便操作。

根据活塞环高度 a_1 设计不同高度的U型卡槽,卡槽两端分别设计有卡口,两侧卡口的限位钩总厚度小于自由状态下活塞环开口间隙,从而满足使用要求。本文中设计的限位钩厚度为 3 mm 。自由状态下,活塞环开口间隙一侧的U型卡槽限位钩固定活塞环的开口端,另一侧固定活塞环的外壁,卡口宽度与活塞环之间为间隙配合,可实现缸径为 $150 \sim 250 \text{ mm}$ 时不同型号活塞环的装配。综合考虑设备的可操作性和握持时的舒适度,钳把直径设计为 $10 \sim 20 \text{ mm}$ 。

3 活塞环装配装置的结构设计及应用分析

3.1 装配装置结构

活塞环装配装置结构示意图如图7所示。该装置包括通过铰接连接的2个钳柄,2个动力臂和2个阻力臂,分别位于铰接点两侧。为了便于单手握持,阻力臂采用对向折弯结构;铰接点设有用于安装旋转销的销孔,在阻力臂的端部设计用于固定活塞环的卡槽。由于活塞环两端的开口对称,钳柄水平端未打开时,动力臂、阻力臂和卡槽均为对称布置,以便更好地撑开活塞环。为了方便卡槽与活塞环卡接,卡槽与阻力臂通过铰接连接,卡槽可以转动。当动力臂撑开时,铰接连接的阻力臂被撑开,两侧的卡槽撑开活塞环。动力臂和阻力臂撑开时围绕铰接点转动。为保证撑开后的活塞环不变形,装配装置的钳柄撑开后应

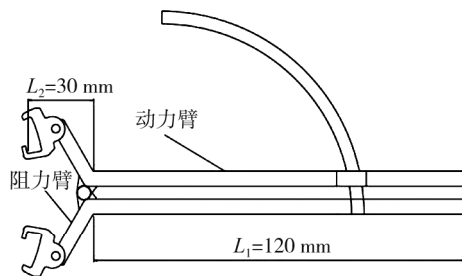


图5 活塞环装配装置动力臂、阻力臂示意图

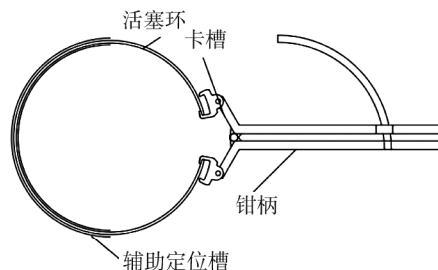


图6 辅助定位活塞环环槽结构示意图

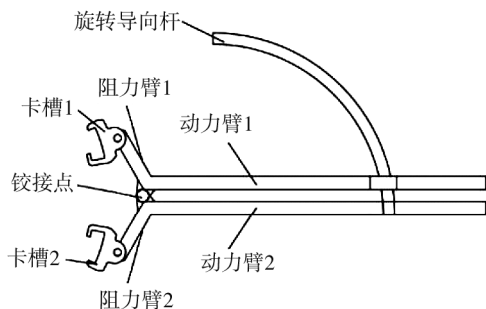


图7 活塞环装配装置结构示意图

在一个水平面内,因此,在动力臂1上设计旋转导向杆,旋转导向杆与动力臂1平行,并在动力臂1上设计用于与旋转导向杆卡接配合的限位槽,如图8所示。当动力臂1、2水平撑开时,由于限位槽与旋转导向杆卡接,限位槽沿旋转导向杆转动,使2个钳柄始终处于同一平面,保证撑开的活塞环不变形、不扭曲。为适应动力臂1的旋转运动,旋转导向杆通常设计为弧形,其圆心与铰接点重合。旋转导向杆与动力臂2的连接位置不仅影响装置的握持,还影响动力臂1的最大旋转角度,因此,旋转导向杆的长度应为动力臂2长度的 $1/2 \sim 2/3$,既便于握持又距活塞较远,不易划伤活塞。

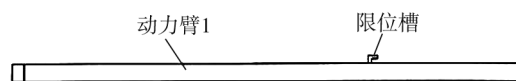


图8 限位槽结构示意图

钳柄的材料为 $\Phi 12$ mm Q235 钢,屈服强度 $\delta_s = 235$ MPa,满足使用要求。装置工作时受力分析如图9所示。使用时,首先利用卡槽卡住活塞环的开口端,一手紧握钳柄,控制动力臂1向远离动力臂2的方向转动,逐渐撑开活塞环;当活塞环的内径大于活塞外径约2 mm时,将活塞环从活塞头部移动至活塞环槽位置,缓慢松开动力臂1、2,使活塞环在自身弹力的作用下进入活塞环槽内,避免损伤活塞外壁。

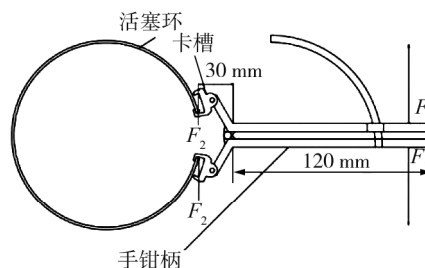


图9 装置受力解析图

3.2 应用分析

活塞环装配使用实例如图10所示。使用时,卡槽卡住活塞环开口位置,两侧卡槽各承受活塞环切向弹力的 $1/2$,钳柄端承受撑开活塞环所需的动力,卡槽带动活塞环撑开,套装到活塞的环槽中。

据统计,2022年,因手动安装导致的活塞环碎裂共计25台套,占总安装活塞环的1.7%,经济损失为3 600元。2023年1月本文中设计的装置投入使用,活塞环安装过程中未出现活塞环碎裂故障。

该装配装置投入使用前,操作者装配一台套三环的活塞环组用时8 min,采用该装置装配仅需要5 min,提高了装配效率。



图10 活塞环装配装置使用实例

4 结论

1) 基于杠杆原理,设计了一种活塞环装配装置,该装置包括铰接连接的2个动力臂,在阻力臂端设有与活塞环开口端卡接的卡槽;当2个动力臂相对靠近时,可以固定开口的活塞环,并将其套装到活塞的环槽部位,活塞环在自身弹力作用下进入活塞环槽,实现活塞环装配。

2) 实际应用表明,该装置提高了活塞环的装配效率,减少了活塞环损坏风险,确保活塞环装配质量;该装置具有良好的推广应用前景,适用于同类型活塞环的装配。

参考文献:

- [1] 何丽敏. 发动机活塞环的结构特点与安装技巧[J]. 农机使用与维修, 2017(6): 27.
- [2] 龙骐. 简析柴油发动机活塞环结构特点及安装方法[J]. 南方农机, 2021, 52(1): 54-55.
- [3] 姜晓霆, 张志刚, 周明欢, 等. 一种大型柴油机活塞环装配装置及装配方法: CN16175482A[P]. 2023-05-30.
- [4] 蒋小春. 一种多缸柴油机活塞环安装用装置: CN20051669U[P]. 2023-01-21.
- [5] 焦博文, 张涛, 马旋, 等. 活塞环周向张力仿真计算及试验验证方法[J]. 内燃机学报, 2023, 41(5): 473-479.
- [6] 吕延军, 罗宏博, 张永芳, 等. 内燃机活塞组件-缸套系统表面技术研究进展[J]. 交通运输工程学报, 2022, 22(1): 24-41.
- [7] DELPRETE C, RAZAVYKIA A. Piston dynamics, lubrication and tribological performance evaluation: a review[J]. International Journal of Engine Research, 2020, 21(5): 725-741.
- [8] ZHANG H Y, LIU X R, GONG J Z, et al. Thermohydrodynamic lubrication characteristics of piston rings in diesel engine

- considering transient heat transfer under the parameterized surface texture of cylinder liners [J]. *Energies*, 2023, 16 (24):7924.
- [9] 卢耀辉,张舒翔,谢宁,等.大功率柴油机活塞环气环的强度有限元分析[J].大连交通大学学报,2015,36(4):27-31.
- [10] 袁成清,殷华兵,饶响,等.船舶柴油机缸套/活塞环材料及其磨损控制研究进展[J].船舶工程,2023,45(11):14-42.
- [11] 吴嘉明.发动机活塞油环刮片自动装配机的研制[J].组合机床与自动化加工技术,2021(10):161-162.

Development of a piston ring assembly device for an engine

SUN Jingbo¹, ZHANG Ying², ZHANG Chengchun¹, WANG Yikun³

1. Zichai Machinery Co., Ltd., Zibo 255000, China; 2. Zichai Power Co., Ltd., Zibo 255000, China;

3. School of Ship Electrical Engineering, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China

Abstract: In order to improve the assembly quality and efficiency of the engine piston ring, reduce the labor intensity, an engine piston ring assembly device suitable for the cylinder diameter of 200–250 mm was designed and applied according to the piston ring diameter and the shape of the lap, using the lever balance principle. The results show that the designed piston ring assembly device improves the installation quality of the piston ring, with low cost, simple operation and strong universality. The piston rings assembled by the device do not appear fragmentation failure, and the assembly time of a three-ring piston ring group is reduced from the original 8 min to 5 min. The device can meet the high efficiency and high quality production requirements of piston ring assembly.

Keywords: piston ring; piston; piston ring assembly device; diesel engine

(责任编辑:刘丽君)

+++++

(上接第25页)

The characteristic and performance of CO₂ electrolyzer via Euler-Euler method

ZHU Shan¹, HUANG Jie¹, MA Fengxiang¹, ZHAO Yue¹, LIU Wei¹, ZHOU Taotao²

1. State Grid Anhui Electric Power Research Institute, Hefei 230601, China;

2. School of Automotive and Transportation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: In order to study the characteristics of water-gas transport during the electrolytic reduction of carbon dioxide, a computational model for the coupling of multiphase mass transfer process and electrochemistry in a carbon dioxide electrolytic cell is developed based on the Euler-Euler method. The carbon dioxide electrolytic cell is set up as the experimental test platform, and the numerical model is verified based on the experimental data. On this basis, the working characteristics of the electrolytic cell are simulated and analyzed based on the single channel model and the large size single snake flow field model. It is found that the faster water flow speed can accelerate the discharge of the generated gas, which is conducive to the reaction. In the large-size flow field, due to the water not being discharged in time, a considerable amount of water is transferred to the cathode side through the proton exchange membrane, resulting in the occurrence of cathode flooding. The reduction of liquid water content on the cathode side can improve the gas transmission condition on the cathode side to a certain extent. Therefore, it is necessary to reasonably design the flow field structure and the water supply and gas supply strategy to avoid excessive water in the cathode.

Keywords: CO₂; electrolytic cell; experiment; numerical simulation; single channel model; single snake flow field model

(责任编辑:刘丽君)