

# 非道路柴油机缸筒芯的快速改型工艺

许海铎<sup>1, 2</sup>, 薛文璞<sup>2</sup>, 王世杰<sup>1, 2</sup>

(1. 第一拖拉机股份有限公司制造工程中心, 河南洛阳 471000; 2. 中国一拖集团有限公司, 河南洛阳 471000)

**摘要:** 在柴油机缸体新产品的开发过程中, 往往使用模具造型(芯)、无模数字化精密成形技术切削成形、喷墨3D打印成形等方法先制造砂型, 再将金属液浇注入砂型中形成铸件, 但是上述制备砂型的方法有的造型周期长、有的砂型制造成本高。因此, 本文研究了一种快速改型方法, 将原有砂型改造成为可以再次用于缸体新产品生产的新砂型, 使缸体新产品开发过程中砂型制造成本降低39.2%, 具有较好的推广应用价值。

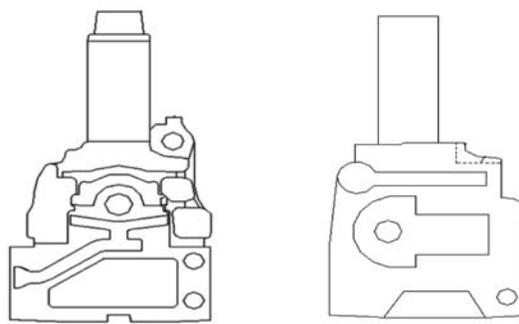
**关键词:** 缸体; 快速改型; 结构特征

为了解决柴油机缸体新产品样件开发过程中存在的砂型制造成本高、周期长等问题, 本文研究了一种缸筒芯的快速改型方法, 利用现有废旧的批产缸体砂型, 通过切削加工的方式, 将原有砂型改造成为可以再次用于铸造生产的新砂型<sup>[1]</sup>, 该技术具有改型周期短、成本低、设计方式灵活等优点。

## 1 研究对象和设备

### 1.1 研究对象

选取某2种型号的柴油机的气缸筒型芯作为研究对象, 缸筒芯示意图如图1所示。



(a) 缸筒芯A

(b) 缸筒芯B

图1 研究对象示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the research object

### 1.2 主要设备

选用第一拖拉机股份有限公司的五轴数字化无模精密成形设备进行快速改型方案的实施, 设备成形尺寸为2 000 mm × 1 500 mm × 400 mm。

## 2 实施过程

### 2.1 缸筒芯削减

柴油机缸体新产品样件开发过程中, 部分型号的样件结构更改表现为铸件结构

#### 作者简介:

许海铎(1988-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事快速铸造技术的开发与应用领域的工作。电话: 18317558712, E-mail: xhd198863@126.com

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)

05-0706-04

#### 收稿日期:

2023-06-27 收到初稿,  
2023-08-11 收到修订稿。

的增加,即砂型结构的削减,对于这种类型的砂型的快速改型需要在三维设计软件上导入基体砂型的三维图形数据,并先对基体砂型进行结构特征分析,而后导入预设目标砂型的三维图形数据,将基体砂型的结构特征与预设目标砂型的结构特征进行比对<sup>[2]</sup>。确定所需要的改型特征后,直接采用数字化减材切削的方式,将基体砂型切削为目标砂型,具体实施步骤为:

(1) 在三维设计软件上导入基体砂型的三维图形数据,并对其进行结构特征分析,而后在三维设计软件上导入预设目标砂型的三维图形数据,比对分析并最终确定预设目标砂型和基体砂型的结构不同之处,标记需切削部位(图2);

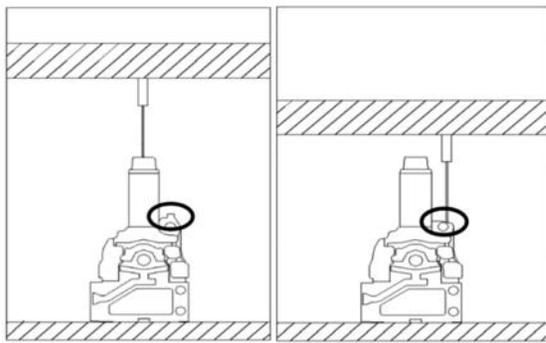


图2 缸筒芯A的切削过程  
Fig. 2 Cutting process of cylinder core A

(2) 对需切削部位进行加工刀路设计,并将程序生成数字化代码导入切削加工设备;

(3) 将基体砂型放置在切削加工设备的平台上,用百分表分别沿着X轴、Y轴方向将基体砂型的摆放位置找正,要求X轴、Y轴方向尺寸偏差允许范围为 $\pm 0.03$  mm/m;

(4) 通过切削加工轴带动刀具的移动确定切削加工起始点的X轴、Y轴、Z轴坐标,切削加工设备在加工程序的驱动下,对上述所标记的需切削部位进行切削,如图2所示;

(5) 切削完毕,即得到实际目标砂型,使用三维扫描设备扫描实际目标砂型的外形轮廓数据,生成三维图形数据,三维图形数据导入三维设计软件与预设目标砂型三维图数据进行比对,若比对结果完全一致,砂型合格(图3),则此缸筒型芯可用于组型浇注,如不合格则重复步骤1~5直至缸筒型芯满足组型浇注要求。

## 2.2 缸筒型芯增补

对于基体砂型上需增补部位,先采用无模数字化减材切削的方式将基体砂型需增补部位处理成较为规则的形状,然后根据基体砂型上处理后需增补部位的

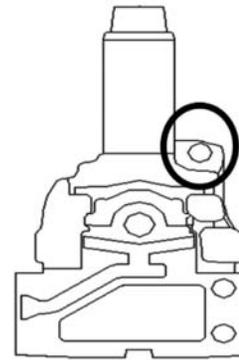


图3 目标缸筒芯A  
Fig. 3 Target cylinder core A

结构特点在三维设计软件上设计砂型增补块的形状,确定砂型增补块的镶嵌位置和装配精度,之后根据设计的形状制备砂型增补块,最后将砂型增补块镶嵌至基体砂型处理后的需增补部位,即得到实际目标砂型,具体实施步骤为:

(1) 在三维设计软件上导入基体砂型,并对其进行结构特征分析,而后导入目标砂型,比对分析并最终确定目标砂型和基体砂型的结构不同之处,标记需增补的部位(如图3圆圈所示),根据预定增补部位的结构特点,在三维设计软件上设计增补活块的形状结构,确定增补活块的镶嵌位置和装配精度,在考虑粘结剂厚度的情况下,装配精度通常为 $-0.2$  mm;

(2) 对预定增补活块的镶嵌位置进行加工路径设计,并将程序生成G代码导入切削加工设备;

(3) 将基体砂型放置在切削加工设备的平台上,用百分表分别沿着X轴、Y轴方向将基体砂型的摆放位置找正,X轴、Y轴方向尺寸偏差允许范围为 $\pm 0.03$  mm/m;

(4) 通过切削加工轴带动刀具的移动确定切削加工起始点的X轴、Y轴、Z轴坐标,切削加工设备在加工程序的驱动下,对步骤1中所标记的增补活块的镶嵌位置进行切削,切削完毕,得到带有增补活块镶嵌位置的砂型,如图4所示;

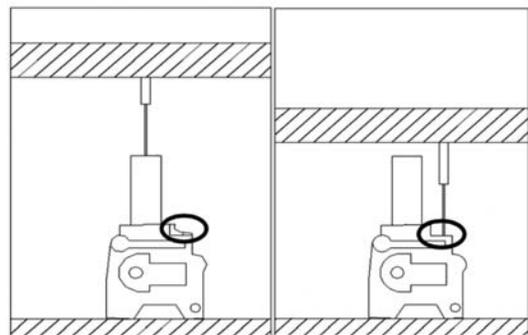


图4 缸筒芯B的切削过程  
Fig. 4 Cutting process of cylinder core B

(5) 对预定增补活块进行加工路径设计, 并将程序生成G代码导入切削加工设备;

(6) 制备一个长方体砂块, 采用酚醛树脂砂工艺制备砂块, 树脂CPI-1600和CPII-2600加入量各为1.6%, 固化剂加入量为树脂加入量的1.2%, 固化后得到砂芯强度1.8~2.1 MPa, 发气量小于12 mL/g的砂块<sup>[3]</sup>;

(7) 将制备的长方体砂块放置在切削加工设备的平台上, 用百分表分别沿着X轴、Y轴方向将基体砂型的摆放位置找正, X轴、Y轴方向尺寸偏差允许范围为 $\pm 0.03$  mm/m;

(8) 通过切削加工轴带动刀具的移动确定切削加工起始点的X轴、Y轴、Z轴坐标, 切削完成, 得到目标砂型增补所需的增补活块, 如图5所示;

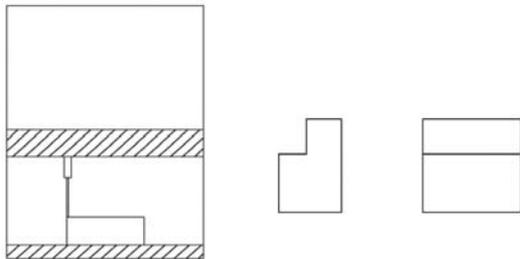


图5 缸筒芯B增补过程

Fig. 5 Supplement process of cylinder core B

(9) 使用粘结剂将增补活块按相对应的结构特征粘贴到带有增补活块镶嵌位置的砂型上, 放置砂型待粘结剂自然固化, 固化时间通常为6 h, 固化完成后使用三维扫描设备扫描目标砂型外形轮廓数据, 生成三

维图数据, 将三维图数据导入三维设计软件与目标砂型三维图进行比对, 比对结果完全一致, 砂型合格, 可用于组型浇注, 如图6所示, 如不合格则重复步骤1~9直至缸筒芯满足组型浇注要求。

### 2.3 实例

以某四缸柴油机缸体为实施对象, 该缸体的升级产品结构更改仅体现在缸筒型芯上, 且该缸筒芯的改型过程兼备削减和增补的情况<sup>[4]</sup>, 在尺寸为2 000 mm × 1 500 mm × 400 mm五轴数字化无模精密成形机上进行缸筒型芯的改型, 改型后合型浇注, 清理打磨后得到合格铸件。

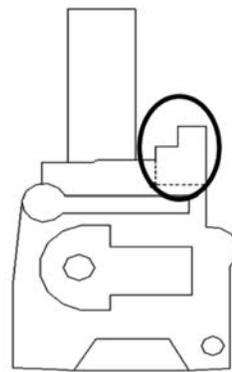


图6 目标缸筒芯B

Fig. 6 Target cylinder core B

维图数据, 将三维图数据导入三维设计软件与目标砂型三维图进行比对, 比对结果完全一致, 砂型合格, 可用于组型浇注, 如图6所示, 如不合格则重复步骤1~9直至缸筒芯满足组型浇注要求。

该型号气缸筒型芯改型工艺所需成本与新开发模具再制芯工艺的对比情况如表1所示。每套缸筒型芯制造成本562元, 用快速改型技术修改为新的目标砂型耗



图7 缸筒芯改型实例

Fig. 7 Example of cylinder core rapid trim-mold

表1 某型号非道路柴油机缸筒芯制造成本对比  
Table 1 Comparison of the manufacturing costs for off-road diesel engine

新开发模具制 造缸筒芯/元	快速修型开发 缸筒芯/元	降低百 分数/%
1 500	912	39.2

费制造成本350元，合计912元。若新开发模具则每套缸筒芯砂型的制造成本就高达1 500元。

#### 参考文献:

- [1] 史玉升, 刘杰, 杨劲松, 等. 小批量大型复杂金属件的快速铸造技术 [J]. 铸造, 2005, 54 (8): 754-757.
- [2] 曹战龙, 孙慧, 郭新玲. 基于UG的滑轮木模数字化设计和制作工艺 [J]. 铸造, 2019, 68 (12): 1422-1426.
- [3] 李远才, 周建新, 殷亚军, 等. 我国铸造用树脂砂工艺的应用现状及展望 [J]. 铸造, 2022, 71 (3): 251-270.
- [4] 许海铎, 郭亚辉, 李锋军, 等. 一种适用于缸体砂型的快速改型方法: ZL202110117837.4 [P]. 2022-08-26.

### 3 结束语

快速改型工艺可降低非道路柴油机缸筒芯的制作成本，文中阐述了此种工艺的基本思路，以某型号四缸非道路柴油机的缸筒型芯为试制对象，运用快速改型工艺进行了样件的生产制造，每套气缸筒型芯可节约制造成本588元，样件开发成本降低39.2%，具有较好的推广应用价值。

## Rapid Trim-Mold Technology Used in Cylinder Core of Off-Road Diesel Engine

XU Hai-duo<sup>1,2</sup>, XUE Wen-pu<sup>2</sup>, WANG Shi-jie<sup>1,2</sup>

(1. First Tractor Company Limited Engineering Center of Manufacture Technology, Luoyang 471000, Henan, China; 2. YTO Group Corporation, Luoyang 471000, Henan, China)

#### Abstract:

In the development process of new products of diesel engine cylinder block, the sand molds are made firstly by the methods such as sand molding (core) method, digital precision molding technology without mold cutting or inkjet 3D printing molding. Then the molten metal is poured into the sand mold to form the casting. However, the above methods for preparing sand molds have long molding cycles or high manufacturing costs. Therefore, this paper has studied a rapid reshaping method to transform the original sand mold into a new sand mold that can be used again for the production of new cylinder block products, which has reduced the sand mold manufacturing cost by 39.2% in the process of product development of the cylinder block, this method has good promotion and application value.

#### Key words:

cylinder block; rapid trim-mold; structure characteristics