

# 一种实用的柴油机机体轴孔加工技术

李瑞杰, 郭宗博

(河南柴油机重工有限责任公司, 河南 洛阳 471039)

**摘要:**介绍了一种适用于新产品研制初期多缸柴油机机体轴孔加工技术——“穿镗杆法”轴孔加工技术。详细介绍了该技术在某柴油机初期研制阶段机体加工中的实际应用,并指出了技术存在的问题及解决途径。实际应用表明:该技术完全能达到加工要求,且具有较好的经济实用性;也可应用于其它大型箱体类零件多档轴孔的加工。

**关键词:**柴油机; 机体; 轴孔; 加工工艺

**中图分类号:** TK426    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1001-4357(2014)06-0043-03

## An Applicable Machining Technology for the Shaft Holes of Diesel Engine Blocks

Li Ruijie, Guo Zongbo

(Henan Diesel Engine Industry Co., Ltd., Henan Luoyang 471039)

**Abstract:** An applicable machining technology for the shaft holes of diesel engine blocks during the initial stage of development of new multi-cylinder diesel engines is introduced, which called boring bar penetration method. Its application on a certain diesel engine during initial stage of development is expounded in detail, and the problems and solutions of this technology are pointed out. The application results show that this technology completely reaches the machining requirements, boasts good economic performance, and could be applied on other large block type parts which needs boring of multi shaft holes.

**Keywords:** diesel engine; engine block; shaft hole; machining technology

## 0 引言

柴油机机体的曲轴孔和凸轮轴孔贯穿零件全长,精度要求很高,是整个零件加工的难点。目前,对多缸柴油机机体这种高精度多档轴孔常采用以下两种方法加工:一种是采用专用机床加工,另一种是采用专用夹具加工。该两种方法的原理均是将装有多把镗刀的镗杆沿零件轴孔方向进给,同一时间镗出各档轴孔;各档轴孔同轴度由夹具的镗杆导向装置保证精度。导向装置由导向模板、轴承、导向套等组成,数量由轴孔档数确定。这两种方法加工质量稳定,生产效率较高,适合于批量生产。

柴油机新产品研制初期,若采用以上方法加工

机体多档轴孔,则须设计制造专用机床或夹具,准备周期长、投资费用高、试制风险大,所以不适合新产品试制阶段多档轴孔的加工。为解决该问题,首创了一种成本低、周期短、精度相对较高的“穿镗杆法”轴孔加工技术。

## 1 “穿镗杆法”轴孔加工技术

“穿镗杆法”轴孔加工技术与传统的轴孔加工技术(镗夹具加工法或专用机床加工法)的原理相同,都是以镗杆、导向套为主要工具加工各档轴孔,不同的是传统的轴孔加工方法镗杆导向套设置在导向模板上,而“穿镗杆法”的镗杆导向套是装在零件已加工孔上的。

收稿日期: 2014-06-04

作者简介: 李瑞杰(1965-),男,高级工程师,主要研究方向为柴油机零部件加工工艺, E-mail: lrj@hnd.com.cn。

“穿镗杆法”轴孔加工方法是先利用数控设备加工出多档轴孔两端各两档轴孔，作为中间档轴孔加工的导向基准，然后依靠安装在两端已加工孔上的导向套做导向，以镗床作动力，驱动专用镗杆镗削多档轴孔其余各档。加工时，从零件两端头向中间分多工步进行。图 1 是“穿镗杆法”加工某机体曲轴孔示意图。

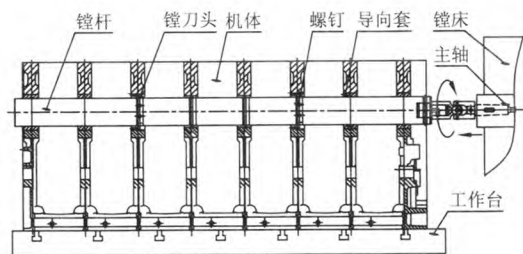


图 1 “穿镗杆法”加工曲轴孔示意图

该方法具体操作步骤是先将零件安装在镗床工作台上，在专用镗杆两端与安装导向套位置相邻的刀孔内分别安装 1 个镗刀头，调整镗刀头到加工尺寸后，用螺钉从侧面压紧；将镗杆穿入零件多档轴孔，导向套分别从镗杆两端穿入，其内径与镗杆外径配合，外径与零件已加工轴孔配合，调整机床使其主轴中心与零件轴孔中心重合，然后将镗杆与机床主轴浮动连接，以两端已加工轴孔上安装的导向套为导向，加工零件两端靠近已加工轴孔侧各 1 档；加工完后，将镗杆与机床主轴分离，将导向套分别从镗杆两端取出，再将镗杆与机体轴孔偏离一定距离，保证镗刀头不与已加工孔相碰后取出。依此方法重复以上步骤，直至加工完所有档轴孔，每次镗削时镗杆行程都要大于待加工轴孔长度。每次镗削如果未加工到孔径尺寸须调整刀具径向尺寸，重复该步骤直至孔径尺寸合格为止。

## 2 “穿镗杆法”加工技术应用

“穿镗杆法”轴孔加工技术首先应用于我公司自主研制的某型直列 6 缸柴油机机体试制中，取得了成功。随后，在引进的 MAN 公司的某两型中速机国产化研制机体加工中又得到了应用，使机体研制周期由通常的 12 个月缩短到 5 个月，为两型中速机当年研制当年出产做出贡献。下面简单介绍“穿镗杆法”轴孔加工技术在某中速机机体研制中的应用。

### 2.1 机体轴孔加工技术要求

某中速机机体多档轴孔有三个：曲轴孔、燃油凸轮轴孔及配气凸轮轴孔。曲轴孔孔径精度 IT6 级，其余两孔精度 IT7 级。各孔相邻档之间同轴度

$\phi 0.05 \text{ mm}$ ，轴孔各档圆度  $0.02 \text{ mm}$ ，粗糙度  $Ra = 2.5 \mu\text{m}$ 。各孔孔径相差较大，其中曲轴孔孔径达  $\phi 168 \text{ mm}$ ，配气凸轮轴孔孔径仅为  $\phi 108 \text{ mm}$ 。各轴孔贯穿零件全长，以直列 8 缸中速机机体为例，长度达  $2\,500 \text{ mm}$ 。从技术角度讲，机体轴孔加工合格与否是该零件试制成败的关键。

### 2.2 轴孔加工工艺装备

“穿镗杆法”加工轴孔工艺装备包括镗杆、镗刀头、导向套、对刀工具及测量器具等。镗杆是穿镗杆加工法的最重要工具，其上设置有多刀孔，刀孔中心通过镗杆中心，且各刀孔分布在镗杆轴向的同一截面上，刀孔位置与零件各档待加工孔位置相对应。镗刀头按工步规定装在镗杆的相应刀孔内，刀头方向一致，调整镗刀头到加工尺寸后，用螺钉从侧面压紧。导向套起支撑引导作用，其内径与镗杆外径配合，其外径与零件轴孔配合，零件各档轴孔之间的同轴度要求由轴孔与导向套的配合精度保证。为了对刀准确和最终检验，还设计了对刀仪、对刀样件等对刀工具及心轴、样圈等测量器具，具体详见表 1。

表 1 轴孔加工工艺装备清单

| 名称   | 主参数                                                               | 备注      |
|------|-------------------------------------------------------------------|---------|
| 镗杆   | $\phi 130 \begin{smallmatrix} -0.014 \\ -0.039 \end{smallmatrix}$ | 含若干个镗刀头 |
| 对刀仪  | $\phi 122 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$       |         |
| 对刀样件 | $\phi 168 \pm 0.005$                                              |         |
| 心轴   | $\phi 167.93 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$    |         |
| 样圈   | $\phi 168 \pm 0.003$                                              |         |
| 镗杆   | $\phi 122 \begin{smallmatrix} -0.014 \\ -0.039 \end{smallmatrix}$ | 含若干个镗刀头 |
| 对刀样件 | $\phi 160 \pm 0.005$                                              |         |
| 样圈   | $\phi 160 \pm 0.003$                                              |         |
| 心轴   | $\phi 159.92 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$    |         |
| 镗杆   | $\phi 80 \begin{smallmatrix} -0.010 \\ -0.029 \end{smallmatrix}$  | 含若干个镗刀头 |
| 对刀仪  | $\phi 80 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$        |         |
| 对刀样件 | $\phi 108 \pm 0.005$                                              |         |
| 样圈   | $\phi 108 \pm 0.003$                                              |         |
| 心轴   | $\phi 107.92 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$    |         |

### 2.3 轴孔加工工艺流程

“穿镗杆法”加工轴孔从本质上来说其实是轴孔数控加工的一种补充工序，因此必须安排在轴孔数控加工之后。其工艺流程：数控粗镗两端各两档—粗镗中间各档—数控半精、精镗两端各两档—半精镗中间各档（“穿镗杆法”）—精镗中间各档（“穿镗杆法”）。

这是该中速机机体的两个凸轮轴孔加工工艺流程。而机体曲轴孔与凸轮轴孔结构不同，它是由机体和安装在机体轴承座上的轴承盖形成的，且曲轴

孔精度要求更高。因此，曲轴孔加工工艺流程与凸轮轴的有所区别。首先，安装轴承盖前可以以铣削曲轴孔半圆代替粗镗孔；其次，半精镗、精镗工序之间要重拆装轴承盖。曲轴孔加工流程：数控铣各档半圆—安装轴承盖—数控半精镗两端各两档—粗镗中间各档—重拆装轴承盖—数控精镗两端各两档—半精镗中间各档（“穿镗杆法”）—精镗中间各档（“穿镗杆法”）。

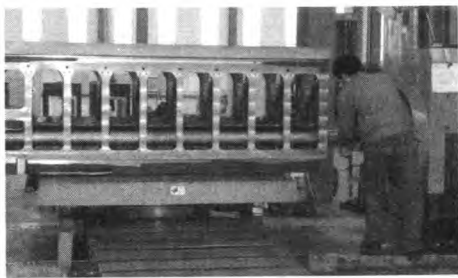


图2 “穿镗杆法”加工曲轴孔

2.4 轴孔加工工艺参数

切削参数选择的好坏不仅影响加工效率，而且影响轴孔的加工质量，对“穿镗杆法”加工轴孔尤为重要。参数主要有切削速度、切削深度、进给量等，在各种切削参数不同组合基础上进行了反复的切削试验，确定了最佳切削参数值，具体详见表2。

表2 轴孔加工切削参数

| 孔径/mm | 加工性质 | 转速/(r·min <sup>-1</sup> ) | 切削深度/mm  | 进给量/(mm·r <sup>-1</sup> ) |
|-------|------|---------------------------|----------|---------------------------|
| φ168  | 半精   | 30                        | 0.3~0.5  | 0.2~0.3                   |
|       | 精    | 40                        | 0.1~0.15 | 0.13~0.15                 |
| φ160  | 半精   | 12                        | 0.3~0.5  | 0.2~0.3                   |
|       | 精    | 20                        | 0.1~0.15 | 0.13~0.15                 |
| φ108  | 半精   | 27                        | 0.3~0.5  | 0.13~0.15                 |
|       | 精    | 35                        | 0.1~0.15 | 0.08~0.10                 |

3 “穿镗杆法”的技术问题

该项技术的特点决定它存在一些固有的技术问题，如镗杆变形对加工精度的影响；装备系统非正常磨损；零件已加工面损坏等。可采取以下措施克服。

3.1 导向套的优化设计

导向套尺寸设计十分重要。导向套与轴孔、镗杆配合间隙是保证轴孔中间各档加工尺寸及同轴度的关键。间隙大小的控制应满足四方面要求：

- (1) 满足导向精度要求；
- (2) 保证加工时导向套与零件轴孔没有相对运动，不磨损零件；
- (3) 保证加工时镗杆在导向套内转动；

(4) 保证加工时镗杆与导向套不咬死。

导向套尺寸主要依据零件两端已加工轴孔实际尺寸及镗杆的外径尺寸进行设计，并根据经验和试验最终确定。经过验证，导向套内径与镗杆外径配合间隙控制在0.020~0.040 mm范围内，可保证导向套与镗杆之间的运转平稳；导向套外径与已加工轴孔配合间隙控制在0.015~0.025 mm范围内，可保证导向套与零件不产生相对运动。另外，规定了导向套的强制报废制度，当导向套磨损到极限值时及时报废，避免导向不准对轴孔加工质量的影响。

3.2 加工顺序的优化

轴孔中间各档的加工先后顺序对机体轴孔加工质量影响很大。顺序不当会使镗杆受力状态变差，造成镗杆变形增大，影响轴孔的尺寸精度及形位公差。通过对试制阶段加工顺序的对比，制定了合理的加工规范。优化原则：

- (1) 各档轴孔加工顺序为从两端到中间；
- (2) 导向套尽量靠近待加工孔处；
- (3) 针对不同长度机体编制不同的加工顺序规范。

3.3 其它

铁屑进入导向套与已加工轴孔之间，或进入导向套与镗杆之间，将造成已精加工轴孔损伤，镗杆导向不准确，装备系统非正常磨损等恶果。采取严格的防屑措施后，效果良好。

另外，在大型中速机机体加工时，由于镗杆自重超出导向套承受能力，产生的摩擦力过大，造成导向套过热，可以采取在镗杆上增加浮动支撑装置和在导向套上设置润滑油道等措施加以解决。

4 结 论

在柴油机机体批量生产中“穿镗杆法”存在加工效率低，劳动强度大缺点，但该技术以其良好的经济实用性成为新产品试制阶段机体轴孔加工的一种好方法。此方法还可应用于其它大型箱体类零件多档轴孔的加工，为社会创造更多的经济效益。

参考文献

[1] 吴佳常. 机械制造工艺学[M]. 北京: 中国标准出版社, 1992.

[2] 干久安. 现代制造技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1995.

[3] 刘翼尔. 互换性原理与测量技术基础[M]. 北京: 中央广播电视大学出版社, 1988.

[4] 关湘. 船舶柴油机[M]. 北京: 人民交通出版社, 1982.