

回转坐标系在 MaK 柴油机排气管加工中的应用

李寅, 王蔚鸿, 江海滨

(安庆中船柴油机有限公司, 安徽 安庆 246003)

摘要: MaK 柴油机对排气管尺寸精度要求较高, 按传统方法加工存在定位难、加工效率低、精度难以保证的问题。设计了一套工装装夹用以定位, 同时辅以回转坐标系, 满足了加工尺寸精度要求, 并实现了批量生产。

关键词: 柴油机; 排气管; 加工; 回转坐标系

中图分类号: TK423.4⁺5; TK426 文献标识码: A 文章编号: 1001-4357(2018)04-0039-04

The Application of Rotary Coordinate System in the Processing of MaK Diesel's Exhaust Pipe

Li Yin, Wang Weihong, Jiang Haibin

(Anqing CSSC Diesel Engine Co., Ltd., Anhui Anqing 246003)

Abstract: The MAK diesel's exhaust pipe requires higher dimensional precision, when processed by traditional method, it would meet the problem of hard localization, low processing efficiency, and the machining accuracy is hard to control. To deal this problem, a fixture was designed for localization, and combined with the rotary coordinate system, the higher processing accuracy was achieved and realized batch production.

Key words: diesel; exhaust pipe; processing; rotary coordinate system

0 引言

排气管在柴油机中不是关键件, 在普通镗床上加工即可满足其尺寸精度要求。但 MaK 柴油机对排气管的尺寸精度要求较高, 在普通机床上加工不能满足其尺寸精度要求, 须安排至卧式加工中心加工。

MaK 柴油机的排气管形状各异, 但是部分结构相似, 主要分为两法兰和三法兰两种类型。本文的研究对象为三法兰排气管中最具代表性且相对复杂的一种, 见图 1。

1 加工难点与问题分析

该排气管加工难点主要在于装夹方式以及坐标系的确定。从图 2 中可见: 三法兰式排气管可以在

一次装夹中加工完毕, 但是可以用作装夹的表面均为毛坯面, 重复定位精度难以保证; 若将工装设计成固定支撑或定位, 很可能在装夹时就会产生干涉, 导致装夹无法完成。同时坐标系的确定也是一个难点, 由于均为毛坯面定位, 重复定位精度无法保证, 每件工件的坐标系统须重新设置, 在批量生产中不仅加工效率难以提高, 且加工精度也难以保证。

2 解决方案

为了达到批量生产的目的, 设计工装结构如图 3 所示。其中一圆法兰下设置成短 V 型铁定位, 其余两法兰设置成三方向均可调节的支撑结构, 方便校调时快速调整。

由于有三个法兰面须要加工, 且各个法兰面的

收稿日期: 2017-07-07; 修回日期: 2018-01-09

作者简介: 李寅(1986-), 男, 助理工程师, 主要研究方向为柴油机零部件加工工艺, tiancaibiao@163.com。

相对位置要求较高，在加工中心设定坐标系时会有如下两种选择：

(1) 定一个坐标系。须要工装和工作台面相对位置固定，通过在工装底面打定位销和工作台面连接即可实现；同时还须要保证工件和工装的相对位置一定，也就是要保证重复定位精度，但是排气管的装夹面都是毛坯面，工件和工装的重复定位精度很难保证，所以定一个坐标系是不合适的。

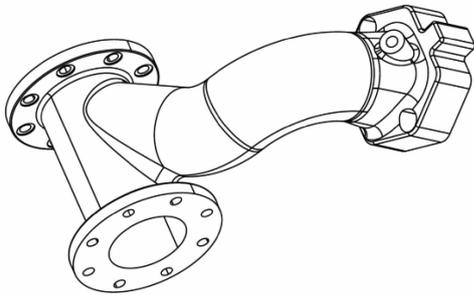


图 1 MaK 三法兰排气管

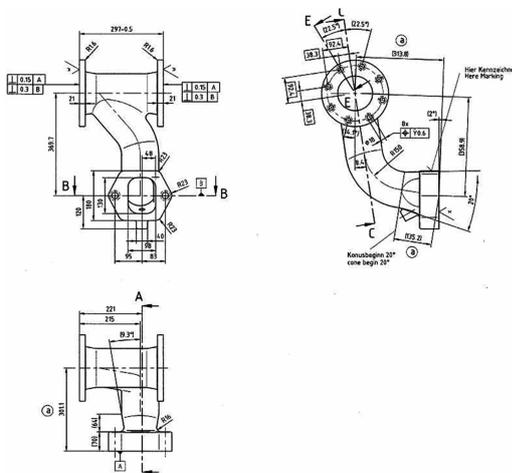


图 2 MaK 三法兰排气管加工图

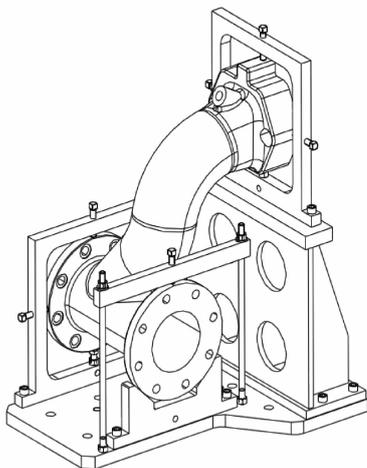


图 3 改进后的工装结构

(2) 每个法兰面定一个坐标系。须要每个坐标系的相对位置一定，实际操作中须要根据粗加工及划线定一个基准法兰面的坐标系，再通过理论计算得到其余各面的坐标系。由于每件工件装夹位置都不同，基准法兰面的坐标系数值是不断变化的，所以每件工件装夹之后都必须重新计算其余各面的坐标系数值，这在实际量产中非常耗时。

通过机床的宏程序来计算其余各面的坐标系数值可大幅度提高生产效率。图 4 为以一两法兰弯头作为范例推导回转坐标系计算公式。

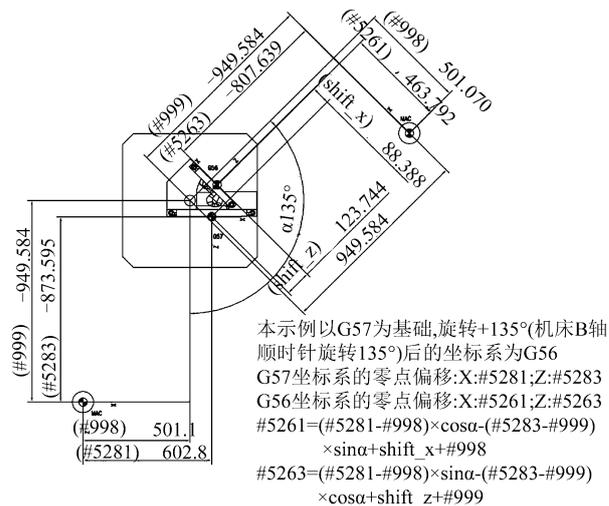


图 4 两法兰弯头回转坐标系计算

通过图中的三角函数关系可得出计算公式：

$$\begin{aligned} \#5261 &= (\#5281 - \#998) \times \cos\alpha - (\#5283 - \#999) \\ &\times \sin\alpha + \text{shift_x} + \#998 \\ \#5263 &= (\#5281 - \#998) \times \sin\alpha + (\#5283 - \#999) \\ &\times \cos\alpha + \text{shift_z} + \#999 \end{aligned}$$

下面以 FANUC 系统为例，使用宏指令中的工件零点偏置系统变量 (#5261 ~ #5283)、局部变量 (#01 ~ #03) 以及公共变量 (#998、#999) 编制图示弯头的加工程序。

①主程序

```
O1234
M98P0600
G90G00G57B0
M0
N10G90G57B0
(G57 面加工内容)
N20G90G56B135
(G56 面加工内容)
M30
```

②子程序

O0600

#998 = 501.070.

#999 = -949.584.

(将机床回转中心坐标值 X 、 Z 向公共变量 #998、#999 赋值)

#01 = 135.

#02 = 123.744

#03 = 88.388

(将须要用到的参数向局部变量 #01、#02、#03 赋值:

#01 为两法兰角度差值,即机床工作台顺时针旋转,从基准法兰面到目标法兰面经过的角度,该值始终为正值;

#02 为目标法兰面的坐标系原点在目标法兰面坐标系中相对于基准法兰面坐标系原点的偏置值,在本例中为 G56 坐标系原点在 G56 坐标系中相对于 G57 坐标系原点的 Z 向偏置值,该值有正负,本例中为正;

#03 为目标法兰面的坐标系原点在目标法兰面坐标系中相对于基准法兰面坐标系原点的偏置值,在本例中为 G56 坐标系原点在 G56 坐标系中相对于 G57 坐标系原点的 X 向偏置值,该值有正负,本例中为正。)

$$\#5261 = [\#5281 - \#998] \times \cos[\#01] - [\#5283 - \#999] \times \sin[\#01] + \#02 + \#998$$

$$\#5263 = [\#5281 - \#998] \times \sin[\#01] + [\#5283 - \#999] \times \cos[\#01] + \#03 + \#999$$

#5262 = #5282

(通过公式计算目标法兰面坐标系 X 、 Z 值,并向 G56 坐标系工件零点偏置系统变量赋值,其中 Y 值不会随工作台回转而变化,所以 Y 值可以通过图纸直接获取,本例中两法兰 Y 向无差值,故 Y 坐标相等)

M99

将该宏程序应用到三法兰排气管中,得到如下程序:

①主程序

O2345

M98P0700

G90G00G56B0

M0

N10 G90G56B0

(G56 面加工内容)

N20 G90G57B0

(G57 面加工内容)

N30 G90G58B0

(G58 面加工内容)

M30

②子程序

O0700

#998 = 501.070

#999 = -949.584

#01 = 90

#02 = 301.1

#03 = 221

$$\#5281 = [\#5261 - \#998] \times \cos[\#01] - [\#5263 - \#999] \times \sin[\#01] + \#02 + \#998$$

$$\#5283 = [\#5261 - \#998] \times \sin[\#01] + [\#5263 - \#999] \times \cos[\#01] + \#03 + \#999$$

#5282 = #5262 - 369.7

#11 = 270

#12 = -301.1

#13 = 75.75

$$\#5301 = [\#5261 - \#998] \times \cos[\#11] - [\#5263 - \#999] \times \sin[\#11] + \#12 + \#998$$

$$\#5303 = [\#5261 - \#998] \times \sin[\#11] + [\#5263 - \#999] \times \cos[\#11] + \#13 + \#999$$

#5302 = #5262 - 369.7

M99

须要说明的是,该排气管与示例中的弯头的区别在如下两个方面:

首先该排气管有三个法兰面须加工,选择腰形法兰面(G56 坐标系)为基准法兰面,其余两个法兰面(G57、G58 坐标系)坐标系数值均须通过程序计算,故子程序为两段,分别计算 G57 和 G58 坐标系数值。

其次该排气管三个法兰面中心高度(即 Y 向坐标值)不同,两圆形法兰中心高度一致,与基准法兰面中心差值可以从图纸中读出,为 369.7,故两目标法兰面坐标系 Y 向坐标值计算公式均为在基准法兰面坐标系 Y 向坐标值上减去差值 369.7。

综合以上两件工件给出回转坐标系在卧式加工中心加工排气管时的详细使用方法:

(1) 装夹校正完毕,选择一个法兰面作为基准法兰面,通过粗加工面以及划线找到该面坐标原点,并记录到机床工件坐标系存储单元 G56(可以根据需要选择任意坐标系,只须更改公式中的工件零点偏置系统变量 #5261 ~ #5263 即可)中。

(2) 测得机床回转中心 X 、 Z 坐标值 U 、 W 。

(3) 通过图纸读出或计算出如下参数:

①机床工作台顺时针旋转，从基准法兰面到目标法兰面经过的角度 C；

②目标法兰面的坐标系原点在法兰面坐标系中相对于基准法兰坐标系原点的 X、Z 向偏置值 X、Z；

③两法兰 Y 向坐标差值 Y。

(4) 编制程序如下。

主程序

O0001

M98P0600

G90G00G56B0

M0

N10 G90G56B0

(G56 面加工内容)

N20 G90G57B0

(G57 面加工内容)

M30

子程序

O0600

#998 = U

#999 = W

#01 = C

#02 = X

#03 = Z

$$\#5281 = [\#5261 - \#998] \times \cos[\#01] - [\#5263 - \#999] \times \sin[\#01] + \#02 + \#998$$

$$\#5283 = [\#5261 - \#998] \times \sin[\#01] + [\#5263 - \#999] \times \cos[\#01] + \#03 + \#999$$

$$\#5282 = \#5262 + Y$$

M99

(5) 运行程序，系统会自动计算 G57 (可以根据需要选择任意坐标系，只须更改公式中的工件零点偏置系统变量#5281 ~ #5283 即可) 坐标系的原点坐标，并存入对应的工件坐标系储存单元。

3 结 论

该方法适用于卧式加工中心加工高精度要求的 MaK 排气管，并可延伸至其它须多面加工的零件。加工中只须确定选定的基准面的坐标系的原点坐标即可，其余加工面的坐标系原点坐标均通过系统自动计算。本方法解决了由于多次定位坐标系原点导致的时间和误差问题，提高了劳动效率，并且可获得良好的相对位置精度，保证了产品的质量。

参考文献

[1] 杜军. 数控宏程序编程手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.

[2] 王先逵. 机械加工工艺手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

[3] 王伯平. 互换性与测量技术基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

(上接第 32 页)

参考文献

[1] LARRY A T, ALLISON M T. Machinery oil analysis [C]. Society of Tribologists & Lubrication Engineers, 2008.

[2] 杨其明, 严新平, 贺石中, 等. 油液监测分析现场实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[3] 严新平, 李志雄, 张月雷, 等. 船舶柴油机摩擦磨损监测与故障诊断关键技术研究进展 [J]. 中国机械工程, 2013, 24 (10): 1413-1418.

[4] 郭智威. 船舶柴油机缸套-活塞环表面纹理表征及运

行状态辨识方法研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2014.

[5] 田洪祥, 韩秋平. 柴油机换油指标中铁磁性磨粒监测的探讨 [J]. 设备管理与维修, 2013 (S1): 43-44.

[6] 刘韬, 田洪祥, 刘瑜. 两种润滑油黏度现场测量方法的比较 [J]. 润滑与密封, 2009, 34 (6): 95-99.

[7] TIAN H X, ZHANG C H, SUN Y L. Development of sensor to monitor ferromagnetic debris based on electromagnetic induction principle [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 336-338: 388-391.