

浅谈 4110 系列柴油机缸体生产线加工工艺设计及应用

潘韦周¹, 陈华², 马慧斌¹, 梁福贵¹, 张宇¹

(1. 广西玉柴机器股份有限公司, 广西 玉林 537005 2. 厦门大学物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要 介绍了 4110 系列柴油机缸体生产线的工艺设计概况, 缸体关键部位所采用的工艺、设备及应用效果, 希望能为柴油机缸体工艺设计工作提供些参考。

关键词 柴油机; 缸体; 生产线; 工艺设计

中图分类号: TK423.1

文献标识码: B

文章编号: 1672-545X(2010)07-0105-03

广西玉柴机器股份有限公司的 4110 系列柴油机缸体机加工线, 是在参考国内外同类型生产线设计和应用经验的基础上, 根据本公司技术改造的设计要求, 进行的较为成功的工艺施工设计。从实际应用情况看, 尽管存在一些缺陷, 但总体来说工艺流程比较合理, 工艺水平较为先进, 能保证缸体制造精度符合图纸要求, 生产能力达到设计要求。下面就此生产线的工艺设计概况、特点及应用情况作详细介绍。

1 产品结构特点和技术要求

4110 系列柴油机为 4 缸四冲程水冷发动机, 有自然吸气和增压吸气二种工作方式, 整个系列缸体的结构型式和几何尺寸基本相同, 便于组织大批量生产, 材质为 HT250。缸体为龙门式结构, 从主轴承孔中心一分为二, 上部称气缸体, 为复杂壳体类零件, 下部称轴承盖, 为简单实体结构, 二者用 10-M14 的主轴螺栓联接组成机体部件, 也称气缸体总成(本文简称缸体), 通过缸体分开面的宽度及铰制螺孔, 来保证轴承盖的位置。

该机体制造精度要求较高(详见表 1)。

表 1 4110 柴油机缸体主要加工技术要求

加工部位	内容要求(单位)	数值
1 缸孔	缸孔直径(mm)	$\Phi 115H7 \left(\begin{smallmatrix} +0.022 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$
	止口深度(mm)	$8 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.04 \end{smallmatrix}$
	圆柱度(mm)	0.01
	粗糙度(μm)	Ra 0.8
2 主轴孔	直径(mm)	$\Phi 92.065 \pm 0.01$
	圆柱度(mm)	≤ 0.005
	同轴度(mm)	$\Phi 0.025 M$
	粗糙度(μm)	Ra 1.6
3 凸轮轴孔	直径(mm 压衬套后)	$\Phi 60.7 \begin{smallmatrix} +0.070 \\ +0.044 \end{smallmatrix}$
	同轴度(mm 压衬套后)	$\Phi 0.025$
	粗糙度(mm 压衬套后)	Ra 1.6
4 挺柱孔	直径(mm)	$\Phi 25.146 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix}$
	粗糙度(μm)	Ra 1.6

收稿日期: 2010-04-26

作者简介: 潘韦周(1984—), 男, 广西鹿寨人, 助理工程师, 工学学士, 从事机械加工工艺设计研究。

2 生产线工艺设计概况

2.1 设计原则

生产性质为大批量生产, 每天两班制, 年生产纲领 4 万台。主要生产设备选用高效、专用组合机床, 关键精加工设备从国外引进, 以保证产品质量和生产节拍。

2.2 工艺流程

根据机体结构特点, 合盖前先以缸孔及内腔壁定位加工出侧面定位凸台, 用侧面凸台定位粗铣顶底面、分开面, 然后粗镗主轴承半圆孔, 再用侧面凸台及缸孔外壁定位精铣底面, 钻铰顶底面定位销孔。然后用底面及其销孔定位粗铣前后端面、左右侧面, 粗镗凸轮轴孔、缸孔、枪钻油道孔、拉削分开面, 铣轴承座侧面及卡瓦槽, 扩、铰左右侧面水堵孔, 镗椭圆轴孔、凸轮轴堵盖孔, 铣后油封接合面, 加工顶面、四侧面螺孔及后端面销孔。再用后端面销孔定位加工喷沟孔、斜油孔、挺柱孔等。合盖前共有设备 31 台, 其中金切设备 28 台(组合机床 15 台, 加工中心 7 台, 6 台摇臂钻), 1 台清洗机, 电解去毛刺机 1 台, 拧紧机 1 台。合盖后, 主要进行机体的半精加工、精加工及相关检测, 包括主轴承孔、凸轮轴孔、缸孔半精镗、精镗, 机体顶面、前后端面精铣, 缸孔、主轴孔珩磨, 压装凸轮轴衬套、碗形塞, 密封性试验, 最终清洗等, 共有设备 16 台, 其中金切设备 13 台(进口设备 2 台, 组专机 4 台, 精刚镗 5 台, 珩磨机 2 台), 清洗机 2 台, 衬套压装机 1 台, 生产线第一段与第二段串接, 各工位之间用辊道联接, 并配有回转台, 用于工件的输送、转位、倒屑等, 工件主要采用单臂吊或平衡吊进行吊装。

2.3 主要加工工艺

(1) 主轴承孔、凸轮轴孔加工。主轴承孔加工分粗镗—半精镗—精镗—珩铰 4 道工序, 凸轮轴承孔加工分粗镗—半精镗—精镗底孔—压衬套—精镗衬套孔。缸体主轴承半圆孔粗镗用一台单轴卧式粗镗床, 凸轮轴孔的粗镗采用一台国产双面卧式组合镗床, 采用两条镗杆从前后端同时向中间加工。轴承盖半成品为外协加工, 半圆孔已粗镗, 机体合盖后粗镗主轴孔、半精镗凸轮轴孔采用一台国产两轴孔双面卧式组合镗床(同时粗镗后油封挡板定位孔及镗刮止推档); 半精镗主轴孔、

精镗凸轮轴孔采用一台进口的三轴双面卧式组合镗床(同时半精镗后油封挡板定位孔及半精镗惰轮轴孔);精镗主轴孔、凸轮轴衬套孔采用采用一台进口的七轴双面卧式组合镗床(同时精镗后油封挡板定位孔、惰轮轴孔,精镗前后端面各2个销孔),所采用镗刀均为机夹可重磨硬质合金刀片,主轴孔终加工在国产珩铰机床上加工。

主轴承孔、凸轮轴孔各工序的加工参数见表2。

表2 主轴承孔、凸轮轴孔、挺柱孔、缸孔切削参数

加工部位	工序名称	刀具转速 (r/min)	线速度 (m/min)	进给量 f (mm/r)	单边加工余量 t (mm)
主 轴 承 孔	粗镗半圆孔	80	25	1	1.8
	半精镗主轴孔	218	62	0.15	0.45
	精镗主轴孔	218	63	0.26	0.29
	珩铰	80	23	7.6	0.065
凸 轮 轴 孔	扩孔	850	165	0.03	2.5
	半精镗底孔	1 025	205	0.05	1
	精镗底孔	982	198	0.02	0.43
	精镗衬套孔	1 764	336	0.01	0.25
缸 孔	粗镗	826	290	0.16	2.5
	半精镗/精镗	840	300	0.20	1.2
	珩磨	547	200	4.5	0.03
挺 柱 孔	钻	836	65	0.3	
	铰	305	25	1.0	0.4
	珩铰	450	36	4.7	0.01

(2) 缸孔加工。缸孔的加工分粗镗—半精镗—珩磨4道工序。粗镗采用一台国产立式2轴双工位缸孔粗镗组合机床,以底面及其销孔定位,夹紧顶面,每个工位镗削2个缸孔,镗削顺序为1,3—2,4,镗头上在同一圆周安装6片硬质合金机夹刀片,缸孔粗镗完后,镗头继续下行,完成止口的粗镗(单片硬质合金刀片)。半精镗/精镗采用国产立式精刚镗加工,以前后端主轴孔、底面1个销孔,左侧一定位面定位,夹紧右侧面,镗缸孔和止口单独进行,先镗好缸孔再镗止口,所用镗刀均为机夹可重磨硬质合金刀片,手工换刀,止口深度通过打百分表控制。缸孔的最后加工采用珩磨工艺,并配备2台国产专用立式双轴珩磨机,所用珩磨头、磨条均为进口(各工序加工参数见表2)。

(3) 挺柱孔加工。挺柱孔加工采用钻—铰—珩铰工艺。所采用设备为日本Mazk FH8800卧式加工中心,以底面及其销孔定位夹紧顶面。钻孔采用阶梯直槽复合钻,钻出底孔同时孔口倒角。由于挺柱孔钻通后会与主油道交叉,采用阶梯直槽钻主要是考虑其定心作用。铰孔主要采用进口整体硬质合金铰刀,加工精度能达到 $\pm 0.01\text{mm}$ 。珩铰孔采用进口可调直径的珩铰刀,珩条为金刚石珩条,耐用度可以达到2万台,效率高 $5\text{s}/\text{孔}$,另外这里采用珩铰工艺,主要是考虑到挺柱孔为交叉孔铰孔粗糙度达不到 $Ra 1.6\ \mu\text{m}$ 的要求(各工序加工参数见表2)。

(4) 主轴孔分开面。主轴孔分开面采用拉削工艺,工件以底面及底面销孔定位夹紧顶面,机床工装固定,刀具前后移动,刀具分粗拉刀和精拉刀,粗、精刀左右侧各10把,机床采用国产长沙拉床。拉床效率相对于铣床要高,粗糙度比较好,

缺点是主要是由于刀具导轨比较长,拉削出来的平面度不够稳定,且结合面螺孔孔口偶尔有崩角。

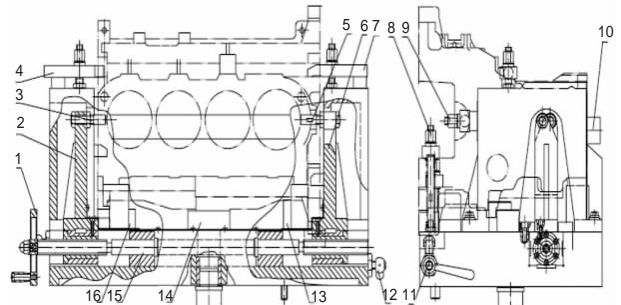
3 关键工艺及设备

3.1 精镗缸孔和止口工艺及设备

精镗缸孔和止口在1台国产的立式精镗床(T7220B)上加工,工件采用前后端主轴孔,底面靠后端销孔及C面(左侧靠顶面定位面)定位法。该工装为气动插销工装,装夹的时候先插前后端主轴孔销,后插底面销孔,最后夹紧右侧面,使缸体左侧定位面贴合工装侧面的定位块。加工之前要校平第2、3缸孔中心之间的顶面,校平点离左右侧面边缘各为 $5\sim 10\text{mm}$ 的两点,保证夹紧后的高度差小于 0.015mm 。该机床为移动工作台单头镗床,镗杆上装有1个刀夹位,加工过程中装1把合金刀用于精镗缸孔,精镗完缸孔后,镗杆退至缸孔上方,人工卸下精镗刀,装上止口刀具,通过打表调整刀具直径以控制止口直径,止口深度控制专用深度检具控制。加工好止口后,再换上倒角刀加工止口倒角。

3.2 顶底面销孔加工工艺及设备

加工顶底面销孔在一台进口的卧式加工中心上进行,工件以左侧定位凸台面及顶面定位,调整好1、4缸孔外壁辅助定位后夹紧工件。为此设计了专门的工装,具体结构见图1。



1.手轮 2.滑座 3.5.定位杆 4.7.8.9.夹紧块 10.顶面定位块 11.12.辅助支撑手柄 13.16.C面定位块 14.E面定位块 15.双头螺栓

图1 加工顶底面销孔工装

为保证机体缸孔壁厚的均匀,横向定位采用了以两个缸孔外壁作为粗基准加工精基准顶底面销孔,两定位杆3和5固定在滑座上,通过手轮1旋转双头螺栓15(螺距相同),使左右滑座6同时移向缸体,定位杆3和5进入堵盖孔与缸体缸孔外壁接触,实现横向定位(卸工件,反向旋转手轮,定位杆退出缸体堵盖孔)。缸体上下定位以支承板定位,纵向利用顶面定位块10定位。这样可保证顶底面销孔的位置精度。

3.3 缸孔珩磨工艺及设备

缸孔珩磨采用2台国产立式单轴专用珩磨机,每台珩磨机通过移位加工2个缸孔,自测直径珩磨头,并配有相应的大间隙薄膜气动量仪。机床具有自动、半自动和手动三种操作功能,并在自动和半自动操作过程中可实现时间控制和由气动量仪尺寸测量控制珩磨尺寸。珩磨头上配备有10条均匀安装的金刚石磨条(其中4条精、6条粗)和10条均匀配置的导向条。珩磨条涨开有液压控制,油压可根据珩磨量大小及珩磨条

磨损情况调整,粗珩油压范围为3.5~6.0 MPa,精珩油压范围为2.5~4.0 MPa。主轴转速为550 r/min,往复运动采用液压无级变速,通过节流阀在0~25 m/min范围内选择。缸孔珩磨后其表面质量得到明显提高,可以达到Ra 0.8 μm。

3.4 挺柱孔工艺及设备

挺柱孔的加工采用一台进口卧式加工中心加工,缸体立着放后端面朝下,用底面及底面两销孔定位,夹紧顶面,加工时刀具由缸体底面进刀加工。该线挺柱孔加工工艺为:总平孔口平面—钻、扩挺柱孔—铰挺柱孔—铰铰挺柱孔。由于挺柱孔和油道孔单边交叉,因此加工过程中会存在单边部分单边受力,微偏移现象。目前采用的方法,是钻头采用专门定制的热装刀柄,以减少钻孔时刀尖的摆动。铰孔后留有0.02 mm的余量给珩铰工步,铰刀为进口金刚石珩铰刀,刀具耐用度及效率都非常不错,而且加工出来的孔表面质量满足图纸要求。

3.5 精密镗铰工艺及设备

主轴承孔、凸轮轴衬套孔、后油封挡板定位孔、前后端面销孔、惰轮孔的精加工在一台进口专用镗铰机床上加工,工件采用缸体底面及底面销孔定位。该机床为自动送料、固定工作台组合镗铰专机,由床身、立柱、左右卧式镗削动力头、滑台、左右传动箱、自动送料轨道等组成。工件在该机床加工的步骤为:

(1) 人工将气缸体推送至预定位置,工件到位后按下夹紧按钮,自动送料装置通过液压装置将气缸体送至装夹位置,然后后通过液压自动夹紧工件。

(2) 精加工各部位孔。

(3) 加工完毕,松开装夹,工件将自动送到辊道上。

该机床采用PC-NC控制系统,自动控制各加工循环及液压、冷却等系统,通过伺服电机和滚珠丝杠驱动移动工作。在加工过程中,通过显示屏可实现过程监控,出现故障可自动报警停机,并显示故障原因等。

4 应用状况

从这几年的使用情况来看,该生产线的使用状况及存在的主要优缺点阐述如下:

4.1 主要特点

(1) 工艺设计水平先进。生产线的工艺设计和关键设备的选型,既能适应引进产品的技术精度要求,又兼顾生产纲领的节拍要求,同时还遵照合理、适用、经济性等原则。为了保证产品质量及增加了生产线的柔性,进口了数台加工中心对高精度要求部位进行加工,同时采用了部分国内先进的工艺技术;例如密齿盘铣刀大走刀量平面铣削、挺柱孔珩铰、缸孔珩磨、主轴孔珩铰、恒压检漏、定位清洗等。

(2) 工艺流程安排合理。大量的表面金属切削,例如,大平面、缸孔、主轴承孔、凸轮轴孔、挺柱孔、出砂孔等切削量较大的粗加工和主副油道孔、直斜油孔的加工,均安排在生产线的中段,机体合盖后,主要进行半精加工、精加工,切削量小,切削应力较小,从而使机械加工应力对精加工后的表面变形影响很微小,基本都在允许的公差范围之内。

(3) 工艺基准选择恰当。在选定加工基准时,既考虑了机体的特殊设计要求,又兼顾铸造工艺的难点,做到冷热加工工艺基准的尽量统一。例如,气缸体的加工,其初始基准的选择,以气缸体1、4缸孔、缸孔下平面及第2缸内腔定位,加工左侧定位面,钻铰工艺孔在轴线方向以1、4缸孔两端外壁定位,铸造工艺易于保障,加工后的气缸体经解剖,顶部厚度、各缸孔孔壁厚度和壁厚差基本在设计规定的范围之内。

(4) 提高零件制造过程中的清洁度。生产线上共配备3台清洗机,1台放置在气缸体合盖前,1台放置在机体合盖后打水堵片前,喷淋式清洗,主要用来清除铁屑、粉尘、油污等,保证装配之前装配面干净、无杂物。在线尾,设置一台专用定点终端清洗机,对精加工后的机体实行定点定位清洗,热风烘干,较好地保证了机体制造过程的清洁度。

4.2 主要缺点

(1) 该生产线为刚柔组合生产线,主要加工设备及辅助设备专用性极强,对现有机型的生产效率较高,便于组织大批量生产,但如果产品更新,结构和尺寸变动较大,此生产线基本不适应。

(2) 部分国产组合专用机床和非标设备设计制造粗糙,故障率较高,可维修性差;国产刀具可靠性差,寿命短,精度低,在加工过程中不得不降低部份切削参数。

(3) 高精设备比较少,部分精加工部位精度无法稳定保证。

5 结束语

该生产线于2002年底建成,2003年上半年进行工艺调试和单工序工艺验证,随后通过全线验收并投入批量生产。经过数年的生产验证,该生产线的工艺水平和生产能力均达到并超过原先的设计要求,其工艺设计和应用是成功的。

参考文献:

- [1] 张幼桢. 金属切削原理及刀具[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990.
- [2] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 朱焕池. 机械制造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 陈宏均, 方向明, 马索敏, 等. 典型零件机械加工生产实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

Technological Design and Application of Cylinder-block Production Line of 4110 Series Diesel Engine

PAN Wei-zhou¹, CHEN Hua², MA Hui-bin¹, LIANG Fu-gui¹, ZHANG Yu¹

(1. Guangxi Yuchai Machinery Co., Ltd., Yulin Guangxi 537005, China;

2. Department of Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

Abstract: This paper introduces the process design profile of 4110 series cylinder-block production line, and the key parts' technology, equipment and the effect. In the hope that some references will be provided to the diesel engine designers.

Key words: diesel engine; cylinder block; production line; process design.