

V型气缸体加工工艺研究

宁 琨

广西玉柴机器股份有限公司, 玉林, 537005

摘要: 针对V型气缸体结构紧凑、构造复杂、加工困难的特点, 研究一种通用的V型气缸体加工工艺。首先根据V型气缸体结构的特点, 立足现有生产条件, 列出工艺方案, 分析优缺点, 选出最优方案。其次, 根据最优方案设计工艺流程, 校验尺寸链, 然后设计夹具。最后通过实际的加工验证该工艺可行。V型气缸体加工工艺的成功运用, 为公司V型柴油机的开发提供了技术支持, 为各系列V型柴油机气缸体加工提供了成功经验。

关键词: V型柴油机; V型气缸体; V型气缸体工艺; 工艺研究

The Research of the Processing Technology of V Cylinder Block

NING Kun

Guangxi Yuchai Machinery Co., Ltd, acronyms acceptable, Yulin City

Abstract: In view of the compact structure, complex structure and difficult processing of V type cylinder block, a universal V cylinder block machining technology is studied. First of all, according to the characteristics of V type cylinder block structure, based on the existing production conditions, lists the process plan, analyzes the advantages and disadvantages, and selects the optimal program. Secondly, the process flow is designed according to the optimum design, the dimension chain is checked, and then the fixture is designed. Finally, it is proved that the process is feasible through actual processing. The successful application of V cylinder block processing technology provides technical support for the development of V diesel engine, and provides successful experience for cylinder block processing of various series V diesel engines.

Keywords: V diesel engine; V type cylinder block; V type cylinder block; Process research

1 背景

V型气缸体属于V型柴油机的主体部分, 其机加工工艺研究属于公司全新领域, 涉及工艺流程的设计、工装设计和生产准备等, 要求充分利用现有机床设备等生产条件, 一方面尽量避免设备投入、另一方面缩短开发周期。本研究为公司V型柴油机的开发提供了技术支持, 为将来各系列V

型柴油机气缸体机加工提供了成功经验。

2 目标

V型气缸体机加工工艺必须利用现有加工设备, 避免重大设备投入。

V型气缸体机加工工艺必须具备通用性, 适合将来其它系列V型气缸体, 为V型气缸体机加工提供成功经验。

V型气缸体机加工工艺尽量使用四轴加工中心, 尽量不用五轴加工中心, 以利于将来批量生产。

V型气缸体机加工后必须达到产品图纸要求。

3 零件结构特点

3.1 结构复杂, 加工内容多

V型机机构复杂, 各机构布置紧凑, 导致其气缸体八个面的孔比较多。

尤其是斜孔，它们和直油道相互贯通，多为细长孔，孔深和孔径之比多大于8。

3.2 部分特征加工精度要求高

V型气缸体V型夹角公差 $\pm 2'$ ；
凸轮轴孔同轴度0.06；主轴孔同轴度0.05；凸轮轴孔、惰轮孔，销孔相对于主轴孔位置度 $\phi 0.06$ 。

4 工艺方案

4.1 以四轴卧式加工中心为主的工艺方案：

检→写编号→粗铣分开面→加工左侧顶面→加工右侧顶面→加工分开面→加工两侧面及斜油道→钻泄油孔→中间清洗→装曲轴箱→打编号→精加工右侧顶面→去凸轮轴孔毛刺→装凸轮轴衬套→精加工左侧顶面和精镗八孔→止口研磨，缸孔检查→装堵塞→水道试漏→拆曲轴箱→清理、去毛刺→最终清洗→终检→上油、入库

4.2 以五轴加工中心为主的工艺方案：

检→写编号→粗铣分开面→加工左侧和右侧顶面→加工分开面→加工两侧面及斜油道→钻泄油孔→中间清洗→装曲轴箱→打编号→精镗凸轮轴孔→去凸轮轴孔毛刺→装凸轮轴衬套→精加工左侧和右侧顶面、精镗八孔→止口研磨，缸孔检查→装堵塞→水道试漏→拆曲轴箱→清理、去毛刺→最终清洗→终检→上油、入库

这两种工艺方案主要区别是：第一种使用四轴卧式加工中心，先以左侧顶面为定位基准，加工右侧顶面，然后以右侧顶面为定位基准，加工左侧顶面。通过两次定位两次装夹分别在两道工序加工，其精度主要受到夹具精度和机床精度的影响。第二种使用五轴加工中心，在同一道工序一次

定位一次夹紧，加工左侧顶面和右侧顶面及其孔系，实现这样的加工主要依靠五轴加工中心主轴可以五轴联动这一灵活特性。其精度主要受到机床精度的影响，相比第一种方案，其零件加工后精度更高。

5 工艺方案对比

对比两种机加工工艺方案优缺点，如表1。最终采用了以四轴卧式加工中心为主的工艺方案。主要有两点考虑：第一、可以有效利用四轴加工中心的产能。V型机的开发成功，将来最

终会转向批产状态，批量投放市场。采用这种工艺流程有利于转向批产，将来可以减少工艺工装的调整。更重要的是，在试制阶段即对这种加工工艺流程进行验证。第二、确保项目的顺利完成。目前五轴加工中心只有一台，用其作为精加工的主要设备，容易形成瓶颈工序。当设备出现故障时，会影响整个项目的进度。第三、经过计算，这种四轴卧式加工中心的工艺流程能够满足零件精度要求，不必要追求更高精度。

表1 工艺方案优缺点对比

	以四轴卧式加工中心为主的工艺方案	以五轴加工中心为主的工艺方案
优点	通用性好。公司四轴卧式加工中心比较多，生产调度容易。由于精加工工序都是使用四轴加工中心，将来通过工序的少量调整即可转为小批生产。 有多台四轴的卧式加工中心，可以保证项目按时完成。 加工内容分布比较均匀，工序调试更容易。 夹具容易设计。	工序更集中，精度更高。采用一次定位一次装夹加工成V型角度的左右侧顶面，减少了重复定位误差，相互位置精度更高。 可以再减少两套夹具。
缺点	V型角度的左右侧顶面互为定位基准，两次定位两次装夹分别安排在两道工序加工，其面及孔位置精度有一定损失。 多设计两套夹具。	通用性差。公司只有一台五轴加工中心，工序能力不足，容易成为瓶颈，影响项目进度。 只有一台五轴加工中心，如果设备出现故障或者有别的加工任务，会影响到项目进度。 工序更集中，加工内容多，需要大容量刀库，工序调试比较困难。 夹具设计困难。

6 工序流程设计^{[2][3]}

6.1 基准与定位

粗基准：采用划线获得。划线兼顾主轴孔、凸轮轴孔和缸孔等主要孔的加工余量，使加工后的气缸体孔系均匀分布。

精基准：为了保证V型气缸体V型夹角精度和保证成V型夹角的气缸体

顶面各孔精度。采用这两个成V型夹角的顶面（左侧顶面和右侧顶面）互为基准，相互保证其精度。

定位基准：

- 左侧顶面及其上销孔；
- 右侧顶面及其上销孔；
- 后端面及后端面销孔。

6.2 重要尺寸链计算

6.2.1 右侧顶面到主轴孔中心距离

463±0.035:

如图1,先精铣右侧顶面及右侧顶面定位销孔,然后以右侧顶面及定位销孔为定位基准加工主轴孔和左侧顶面,因此工序尺寸与设计尺寸符合,不必进行工艺尺寸链换算。

6.2.2 左侧顶面到主轴孔中心距离 463±0.035:

如图2,精铣左侧顶面和精镗主轴孔在同一道工序一起加工,工件一次定位一次装夹,因此工序尺寸与设计尺寸符合,不必进行工艺尺寸链换算。

6.2.3 右侧顶面缸孔中心相对于主轴孔位置度φ0.2:

如图3,先将右侧顶面定位销孔和右侧顶面缸孔加工,两者距离为 $A_2 = 92.5 \pm 0.05$ 。然后,工件以其右侧顶面及右侧顶面定位销孔定位,加工主轴孔,主轴孔中心到右侧顶面定位销孔中心距离 $A_1 = 92.5 \pm 0.03$,右侧顶面缸孔和主轴孔是经过两次装夹分别加工,尺寸链换算如下:

图中 A_0 为封闭环:

基本尺寸:

$$A_0 = \sum_{i=1}^m \bar{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} \bar{A}_i = \bar{A}_2 - \bar{A}_1 \\ = 92.5 - 92.5 = 0$$

封闭环上偏差:

$$B_s A_0 = \sum_{i=1}^m B_s \bar{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_s \bar{A}_i \\ = B_s \bar{A}_2 - B_s \bar{A}_1 \\ = 0.05 - (-0.03) = 0.08$$

封闭环下偏差:

$$B_x A_0 = \sum_{i=1}^m B_x \bar{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_x \bar{A}_i \\ = B_x \bar{A}_2 - B_x \bar{A}_1 \\ = -0.05 - 0.03 = -0.08$$

理论误差: ±0.08

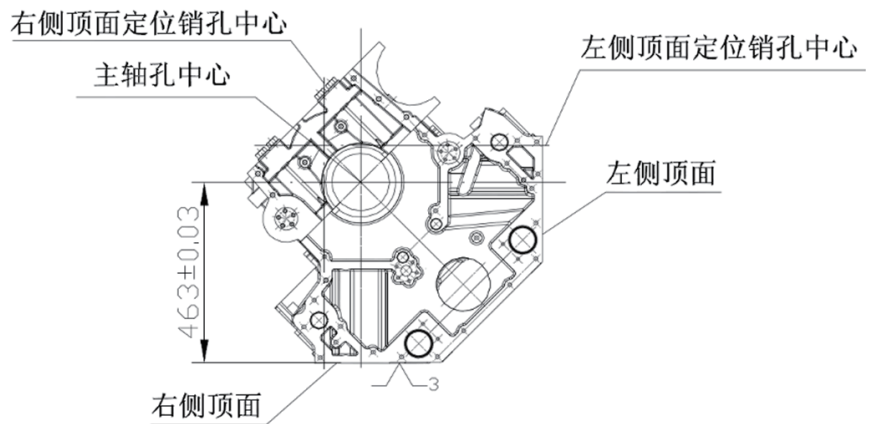


图1

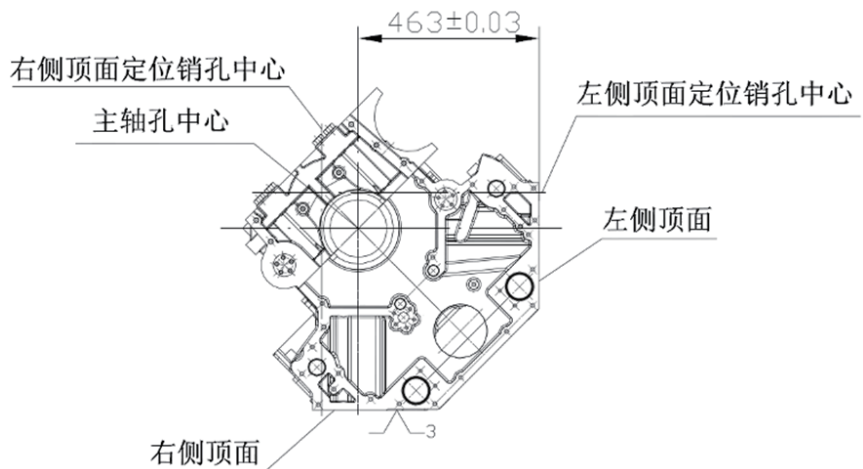


图2

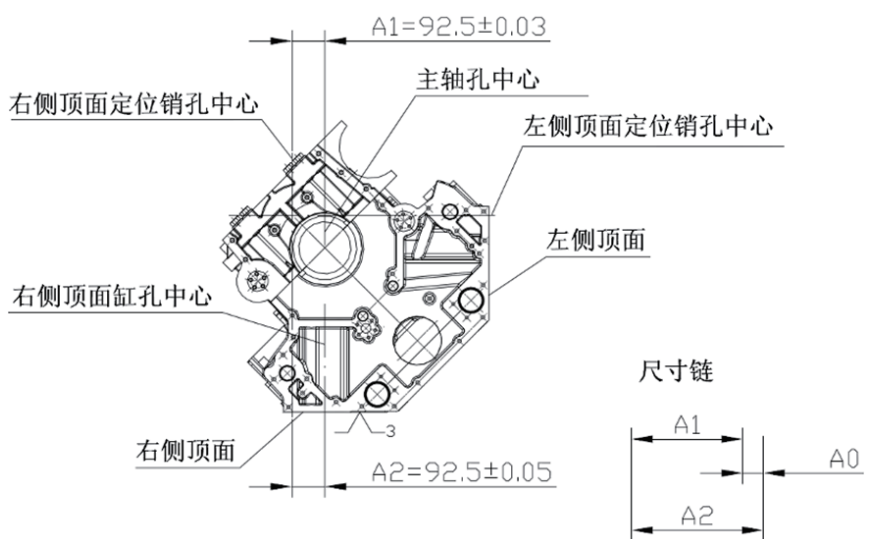


图3

6.2.4 左侧顶面缸孔中心相对于主轴孔中心位置度 $\phi 0.2$:

如图4, 左侧顶面缸孔与主轴孔在同一道工序加工, 工件一次定位一次装夹, 因此工序尺寸与设计尺寸符合, 不必进行工艺尺寸链换算。

6.2.5 凸轮轴孔中心相对于主轴孔中心位置度 $\phi 0.054$:

凸轮轴孔与主轴孔在同一道工序加工, 工件一次定位一次装夹, 因此工序尺寸与设计尺寸符合, 不必进行工艺尺寸链换算。

6.2.6 左侧缸孔和右侧缸孔V型夹角垂直度:

如图5, 先加工右侧顶面缸孔, 右侧顶面缸孔中心与右侧顶面垂直度 $\beta_1 = 90^\circ \pm \delta_1$ ($\delta_1 = 0.025$)。然后工件以右侧顶面为定位基准, 加工左侧顶面缸孔, 左侧顶面缸孔中心与右侧顶面平行度 $\beta_2 = 0 \pm \delta_2$ ($\delta_2 = 0.025$)。右侧顶面缸孔和左侧顶面缸孔是经过两次装夹分别加工, 尺寸链换算如下:

$$\begin{aligned} \delta_0 &= \sum_{i=1}^{n-1} \delta_i = \delta_1 = 0.025 + 0.025 \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

6.3 工序安排

6.3.1 粗加工阶段

粗铣分开面→加工左侧顶面→加工右侧顶面→加工分开面。主要是去除左侧顶面、右侧顶面、左侧缸孔、右侧缸孔、主轴承座侧面和主轴半圆孔余量。为了避免加工后变形的影响, 这些面留一定余量给精加工。

6.3.2 精加工阶段

精加工右侧顶面→精镗八孔。主轴孔、凸轮轴孔、缸孔相互位置度比较高, 将加工右侧顶面及其缸孔和精镗凸轮轴底孔安排在同一道工序。将加工左侧顶及左侧缸孔和精镗主轴

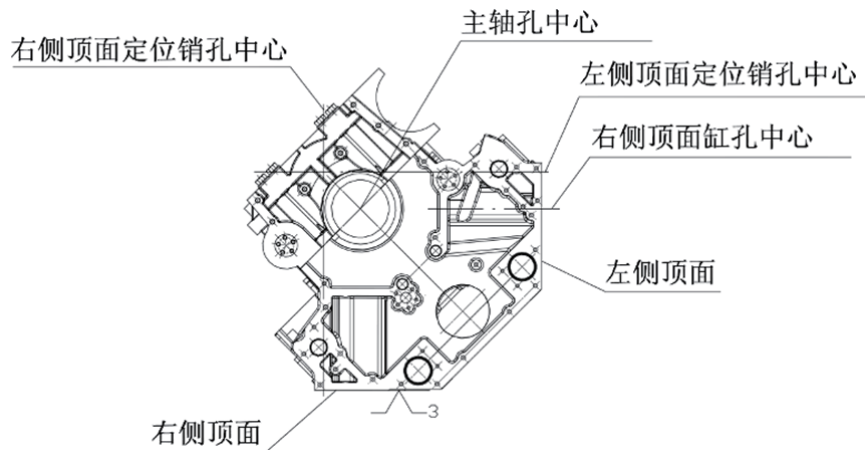


图4

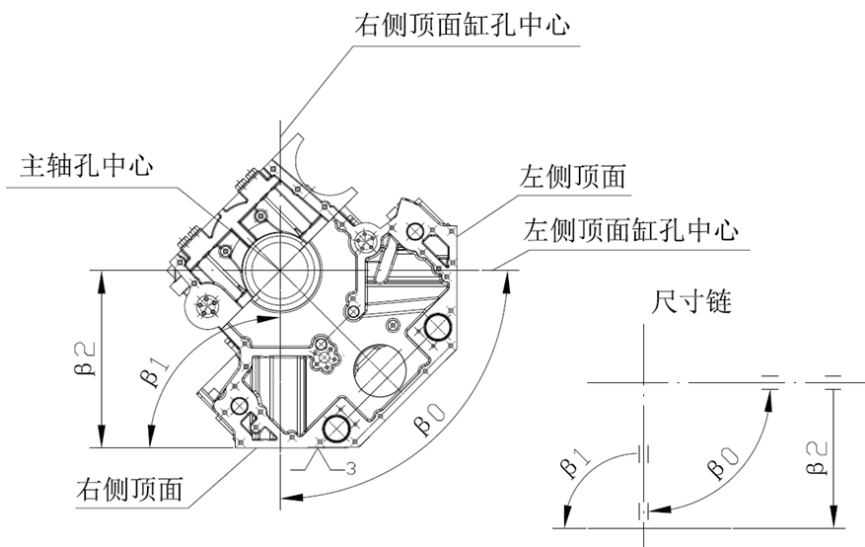


图5

孔, 凸轮轴衬套孔, 前后端销孔安排在一道工序。这样其精加工采取一次定位一次装夹顺序连续加工, 保证了这几个重要的孔相互位置精度。

7 夹具设计

V型气缸体机加工工艺流程采用工序集中原则, 仅需要四套夹具, 大大缩短了夹具制造时间。V型气缸体结构紧凑, 外形各凸台面和孔的布置空间有限, 致使夹具设计面临同样的问题:

(1) 定位面是一斜面;

- (2) 压紧机构布置困难;
- (3) 压紧力分布不均。

这几套夹具的具体实现如下:

7.1 加工左侧顶面工序

定位方式: 以气缸体分开面及外沿定位。

特点: 该套工装是以粗基准定位, 加工第一个精基准——左侧顶面及销孔的工序, 除了要求定位可靠, 夹紧力分布均匀外, 还要求定位机构可调, 以便校平加工标线。另外由于是第一道工序, 切削余量大, 还要求具备辅助支撑和多点固定。该夹具设计

图如图6。

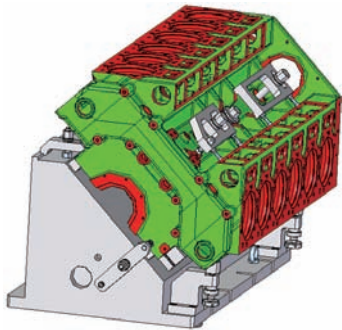


图6 夹具设计图

7.2 加工右侧顶面和左侧顶面工序

定位方式：气缸体以左侧顶面及其销孔定位或以右侧顶面及其销孔定位。

特点：该套工装是V型气缸体成V型角度的左右侧顶面互为基准，保证V型气缸体夹角及这两顶面上孔系相互精度的关键工装。其要求一次装夹完成气缸体主轴孔，凸轮轴孔，缸孔这些关键孔的精加工。这套工装用于两道工序，加工左侧顶面时，以右侧顶面及其上的销孔定位。加工右侧顶面时，以左侧顶面及其上的销孔定位。这样保证了左右侧缸孔的V型夹角精度，同时也保证了缸孔与主轴孔的垂直度，主轴孔和凸轮轴孔的位置等重要精度。

由于气缸体已经安装了曲轴箱，其复杂的外形和高度集中的加工内容，压紧机构的布置相当困难，最终选择了以缸孔下部凸台面作为压紧位置，并设计了特殊的上紧扳手。该夹具设计图如图7。

7.3 加工斜油道工序

定位方式：以后端面及后端面销孔定位。

特点：气缸体复杂的外形，相互贯通斜油孔加工内容，是该套工装设计的难点。该套工装设置了双保险压

紧机构，利用凸轮轴孔和主油道来压紧。避免了工装干涉加工斜油道的刀具。该夹具设计图如图8。

7.4 加工分开面工序

定位方式：以气缸体左侧顶面及左侧顶面销孔定位。

特点：定位面角度倾斜45°，设置

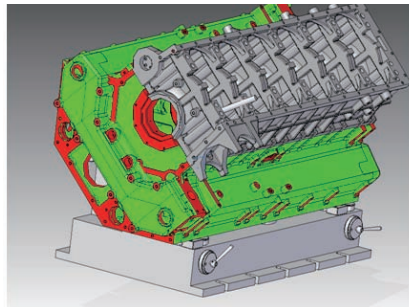


图7 夹具设计图

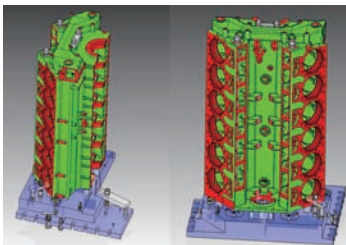
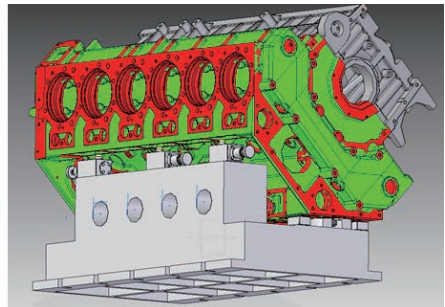


图8 夹具设计图

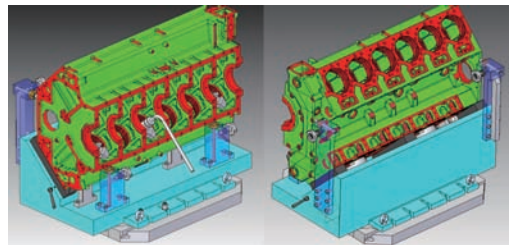


图9 夹具设计图

8 关键技术

采用互为基准原则，即成V型夹角的左侧顶面和右侧顶面互为基准，反复加工。采用这种流程：半精铣左侧顶面→以左侧顶面为定位基准，半精铣右侧顶面→以右侧顶面为定位基准，精铣左侧顶面→以左侧顶面为定位基准，精铣右侧顶面。这样不断提高定位基准精度，保证两个顶面之间相互位置精度。首轮试制的结果表明，这一原则有效保证了V型气缸体各关键孔的相互位置度。该原则不仅适用于V型夹角为90°的气缸体，也适用于其他V型气缸体。

与现有设备条件相匹配。加工设

了四点辅助支撑。为了便于吊装工件，设置了扶住装置，在工装完全定位前将气缸体扶住。气缸体四侧面没有可以使用的压紧点，最终将压紧点布置在缸孔下部凸台，解决了工装压紧问题，同时设计了专用扳手。该夹具设计图如图9。

备选用四轴卧式加工中心，避免采用了昂贵的五轴加工中心，机加工艺流程更具有通用性，同时也有利于将来V型气缸体小批量生产。



图10 加工完成后的V型气缸体

通过划线确定第一道加工工序的

基准,这样可以保证各孔系的余量更均匀,加工后的孔系与铸造搭子对称。这也是大型直列气缸体的加工经验。V型气缸体由于其V型夹角的存在,通过设计划线专用工装才可以兼顾顶面缸孔余量划线。

9 结束语

如图10,V型气缸体试制成功,验证了该机加工工艺成效显著。V型气缸

体机加工工艺有其共同的特点,该研究成果为将来一系列V型气缸体的加工提供工艺流程模板和成功经验。7

参考文献

- [1] 周龙保. 内燃机学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 王先逵. 机械加工工艺手册(第2版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [3] 柯明杨. 机械制造工艺学[M]. 北京:

北京航空航天大学出版社, 1995.

[4] 陈心昭. 机械加工工艺装备设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

作者信息

宁琨, 工作单位: 广西玉柴机器股份有限公司, 职务: 工艺设计员, 职称: 工程师, 通讯地址: 广西玉柴机器股份有限公司工艺技术部, 邮编: 537000, 传真: 0775-3222305, 电子邮箱: nzc7750@126.com

会员传真

东方电气完成“华龙一号” 常规岛汽轮机主机设备自主研制

发布时间: 2018-04-20 文章来源: 中国东方电气集团有限公司网站

2018年4月19日,福清5号机组两根各重280吨的低压转子在东方汽轮机有限公司完工启运,标志着我国自主知识产权核电项目“华龙一号”首台常规岛汽轮机主机设备研制全部完成。

“华龙一号”是在我国30余年核电科研、设计、制造、建设和运行经验的基础上,自主研发的具有自主知识产权的三代核电技术。其全球首堆示范项目——福建福清核电5、6号机组具有重要意义。要进行全球竞争,其产品性能、成本、建造周期等重要指标必须站在世界前列,这对我国重大装备制造是重大挑战和机遇。

负责福清核电常规岛汽轮机主机研发的东方汽轮机有限公司,需要突

破业内最长等级叶片研制、世界最重大的焊接核电转子的设计制造、超重型低压缸横向支撑等多个世界级研发难题。东方汽轮机有限公司在国家支持和省市支持下,迎难而上,依托重大科研专项,联合科研院所,先后完成多个“首次”和“最大”:

成功自主研发国内最长等级1828毫米转子末级叶片,并在此基础上制造完成目前世界在制最大尺寸和重量的核电汽轮机转子及世界在制最大核电汽轮机汽缸。各项指标均优于核电技术公司对试验的要求。

“华龙一号”汽轮机低压转子是世界最大半转速核电汽轮机转子,采用焊接结构形式连接为一体。东方

汽轮机自主建设了“大型核电汽轮机焊接转子试验验证系统”,为研制和试验验证提供了标准化技术平台,解决多项技术难题,建立了成套技术体系。

东方汽轮机有限公司自主研发的350吨高速动平衡试验站是世界最大的动平衡试验基地,能承载世界最大的转子回转直径和最大的转子质量,助推“华龙一号”核电低压转子2017年研制成功。

目前,“华龙一号”福清核电5号机组核岛、常规岛均已开始设备安装,预计将在2020年上半年完成并网发电。

基于软PLC的力矩智能监控系统开发与应用

门秀华¹, 侯开利¹, 刘晓莉², 刘伟¹, 康叶¹

1. 中国重汽集团济南卡车股份有限公司, 济南, 250000

2. 山东科技大学, 泰安, 271019

摘要: 为了实现卡车拧紧力矩稳定和高效保障, 从而提升卡车整车质保能力, 解决现有制约卡车装配过程中的力矩不足和售后索赔问题, 我们基于现有的运行模式, 成功将IEC61131-3编程语言中的软PLC系统应用到力矩拧紧和监控过程中, 实现了对拧紧力矩的实时有效监控和反馈机制, 使PC机完成相应的控制和监视功能. 论文简述了软PLC运行系统的硬件结构和开发过程, 详细介绍了软PLC的体系结构及运行系统在力矩控制和保障过程中的应用, 在设计过程中对整个电路采取了电磁兼容性处理, 减小了信号间及外部干扰源的干扰. 经过实践表明, 设计的下位机能很好地实现通信与控制功能, 能够实现对拧紧力矩的有效监控和反馈。

关键词: 软PLC; IEC61131-3; 力矩控制; 实时监控

The Development and Application of Intelligent Monitoring System Based on the Soft PLC

MEN Xiuhua¹, HOU Kaili¹, LIU Xiaoli², LIU Wei¹, KANG Ye¹

1. Dept. name of organization 1, Jinan, 250000

2. Shandong University of Science and Technology, Taian, 271019

Abstract: In order to realize the stable and efficient protection of tightening torque in the in the truck assembling field, and enhance the capacity of the truck vehicle. So as to warranty solve existing restricting trucks in the assembly process and after-sales claims, we start our work based on the existing operating mode, and applied the soft PLC system which is based on IEC61131-3 programming language to the torque tighten and monitoring process, then realize the real-time monitoring and effective feedback mechanism of tightening torque. The PC was used to complete the corresponding control and monitoring functions. The paper describes the hardware of soft PLC running system structure and development process, and detailed introduces the system structure and the running system of soft PLC in the application of torque control and assurance process. The electromagnetic compatibility (EMC) was adopted in the design process of the entire circuit processing, in order to reduce the interference between signals and external interference sources. Proved by practical that the under design function can realize the communication and control function as we want, also can realize the effective monitoring and feedback of tightening torque.

Keywords: Soft PLC; IEC61131-3; Torque Control; Real-time Monitoring

1 引言

力矩控制线是卡车的安全线,更是卡车制造业难以触碰的红线,在卡车装配过程中如何保证力矩的高效稳定,确保力矩精准的控制在一个允许的上下线范围之内是迫切而又亟待解决的关键性难题之一。传统的拧紧作业都是基于PLC为基础的控制系统和控制策略进行的,缺少有效的力矩监控和反馈机制,而基于PLC的智能监控系统研发又耗费人力物力且存在加大不稳定性和不确定因素。为了有效提升对力矩拧紧作业过程的实时监控反馈机制,我们采用软PLC (Programmable Logic Controller) 控制技术也称Soft logic和基于PC的控制技术实现了对现有传统设备的有效改造。它是基于软件和硬件在逻辑功能上等效的思想^[1-2],借助PC机的丰富资源,采用开放式体系结构,通过软件来实现传统PLC的硬件所完成的功能,具有良好的网络通讯能力,能完成比较复杂控制任务,满足和实现工业自动化拧紧领域对控制系统开放性和柔性的要求,使得力矩的保障能力和可监控能力得到进一步的提升。

2 软PLC技术概述

随着技术的进步和市场竞争的加剧,专用体系结构的控制系统越来越暴露了其固有的缺陷。由于基于PC平台的软件PLC无需专门的编程器,可充分利用PC机的软硬件资源,直接采用梯形图或语言编程,具有良好的人机界面等优点^[3],因此逐渐取代了硬件PLC,成为研究的热点。

传统的PLC经过十几年的发展,技术已经非常成熟,以高速度、高稳

定性、高性能在工业控制领域得到了广泛应用,与此同时,随着现代计算机技术和电子技术的发展,在工程方面逐渐表现出其缺点:传统的PLC厂商垄断市场,其产品互不兼容,缺少明确一致的标准,难以构建开放的硬件体系结构;各厂商产品的编程方法差别很大,技术专有成性较强,工作人员培训时间长,造成PLC的性价比增长很缓慢。

20世纪90年代中期,计算机和微电子技术的迅猛发展以及PLC的国际标准IEC61131的制定,产生了软PLC技术,所有“软PLC技术”^[4],就是用PC作为硬件支撑平台,利用软件实现标准硬件PLC的基本功能,也就是将PLC的控制功能封装在软件内,运行于PC的环境中,以PC为基础的控制系统,同时提供了PLC的相同功能,却具备了PC的各种优点。

软PLC技术一般由开发系统和运行系统两个部分组成。开发系统运行在PC平台上,而运行系统则运行在嵌入式硬件平台上,一般而言,嵌入式硬件平台上都要运行某种嵌入式操作系统,比如 μ C/OS-II、 μ Clinux等。

现代开发系统的特点一般都是集成化开发环境,界面友好,易于使用。软PLC嵌入式系统是基于IEC61131国际标准的,所以必然要支持其中的几种语言,系统运行在嵌入式硬件平台上,负责解释执行

由开发系统编译、链接后产生的目标文件,运行系统一般由运行内核、通信接口和系统管理三大部分组成^[5],其设计和实现精度很高,它的执行效率将直接影响到系统在现场控制中的反应速度。纵观国内卡车制造领域,尚无软PLC在力矩拧紧作业监控相关领域的应用。

3 拧紧力矩监控方案的制定与实施

3.1 软PLC工作原理

软PLC的体系结构与传统PLC的结构类似,也是由编辑开发系统和运行系统两部分组成。编辑开发系统完成PLC程序的编辑、编译、仿真和监控;运行系统完成程序的运行和实现对I/O接口的控制,又称下位机,如图1所示。软PLC运行系统的主要功能有以下几个方面:

- (1) 下位机能与PC机进行串行通讯;
- (2) PC机能通过以太网对下位机进行监控;
- (3) 下位机能作为一个独立的系统运行;

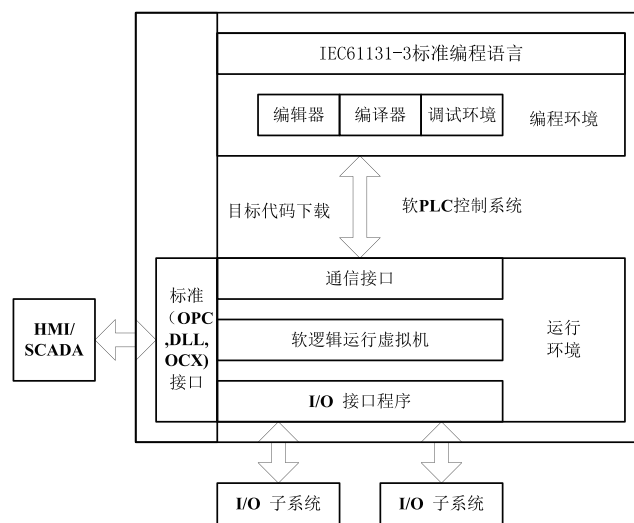


图1 软PLC工作原理