

缸盖顶置凸轮孔精镗及 线镗夹具的自主研发

CA6DM柴油机是一汽锡柴研发的重型柴油机，功率达420马力（1马力 $\approx$ 0.735kW）。其气缸盖采用了最新的四气门顶置式凸轮轴结构，该凸轮轴结构缸盖质量要求较高，加工难度较大，在试制生产时采用的MAPAL带硬质合金导向条的镗刀调头加工，效率比较低，又耗费了大量的精力，且出现相邻挡凸轮轴孔同轴度为0.04mm、圆柱度超出0.02mm超差（产品图样要求0.02mm和0.01mm）。2008年，为满足工厂产品布局需要，我厂进行了6DM机5 000台/年批量生产技改，但却受到各类工装特别是三轴镗夹具的限制。由于该类夹具具有特殊的刀具和特别的加工形式，加工精度高、加工过程复杂、专门的送刀排结构需和机床的PLC紧密联动等因素，加工制造难度较大，一直依靠外购进口。但此次技改受制于资金和生产准备周期影响，无法再次进口，只能自制。

可行性论证和总体方案设计

1. 可行性论证

通过对我厂现有进口夹具的结构和控制机理进行系统研究、论证和解析，结合我厂金属加工条件，在现有技术条件下，除镗排外，其余部分均有技术和能力进行设计和制造，但在设计制造时须解决的技术难点有：

1) 缸盖凸轮孔属细长孔，加工余量为0.8~1mm，

采用半精镗/精镗两把刀加工。七挡凸轮孔相邻挡同轴度要求为0.02mm，各挡凸轮孔对1挡和7挡孔中心连线跳动分别为0.03~0.05mm，每挡凸轮孔圆柱度为0.01mm，精度要求很高，切削时容易因振动而失精，因此必须布置中间支撑。

2) 缸盖空间狭小，传统中间支撑结构布置不下，须设计更为精巧的结构形式，来满足需要。

3) 模架体、衬套、内套和轴承的配合，轴承的预加载荷等很难保证和掌握，对加工精度影响必须考虑。

因此，在夹具结构设计时须全部解决以上技术难点，才能保证一次成功。

2. 夹具总体方案设计

夹具的总体方案设计，特别是对无相关经验的夹具进行首次设计，必须充分考虑和分析设计、制造、安装调试和生产过程中可能遇到的各种问题，并对问题做好相应预案，否则，很容易失败。因此，为了保证夹具的一次性成功，通过对进口同类夹具的分析和研究，结合我厂金属加工技术条件，针对以上技术难题，借鉴和参考了部分国外夹具的结构形式。

由于该凸轮轴孔为不连续结构，为了提高加工效率，一般采用线镗排刀具进行加工，采用拉镗工艺改变镗排受力，减少振动。另外，此凸轮轴孔直径较小，直径49mm（镗排直径40.95mm），缸盖7挡凸轮

孔间距总长在900mm左右,长径比22倍左右,属细长轴类型孔,其加工镗排刀具较重,根据力学原理,其刀具本身就会产生一定的挠度,镗排刀具进刀和加工过程中会产生前后不同心的问题。因此,为解决此问题,在夹具的整体设计时,在镗排刀具中间位置放置了2个支撑,在前后端各放置1个支撑,有效提高了镗排的刚度,减小了镗排刀具自重对加工精度的影响。在第二和第五缸位置分别设置1个中间支撑,确保正常切削参数下,切削过程无振动,镗排刀具始终围着一轴心转动。同时,为了确保镗排能顺利穿入到加工位置,在镗排刀具和中间支撑的设计上,按照镗排刀具穿入的顺序,各部分镗排直径依次减小0.05mm,以消除因镗排刀具自重可能造成的干涉。

其次,由于凸轮轴孔和缸盖底面之间的空间较小,中间支撑采用常规的滚动套结构形式无法布置,因此,通过研究和论证,该夹具使用了内滚镗排结构,实现中间支撑与镗排外圆之间无滚动摩擦,同时还可减少咬排机率,确保在镗排外径基本一致的情况下,实现内部轴与轴之间的传动。

通过镗排中间内滚ABS结构连接孔使用专用螺塞封堵,ABS螺钉将主动轴和从动轴紧紧地拉在一起,通过两者之间的摩擦力来传递扭矩,同时,由于轴承的作用,减少了轴与外圈的摩擦阻力。

在两边模架的设计上,采用了图1所示的结构形式。在此结构中,通过调整底部垫片的厚度和X向、Y向垫片尺寸来保证四套镗排模架同心度,在前后端镗排模架支撑位置,利用自动的伸缩镗排定位结构,来确定镗排与导套圆周方向的正确位置,同时,在后端镗排模架导套中加装键块与镗排键槽来控制镗排轴向位置和抵制主轴轴向抓刀力。

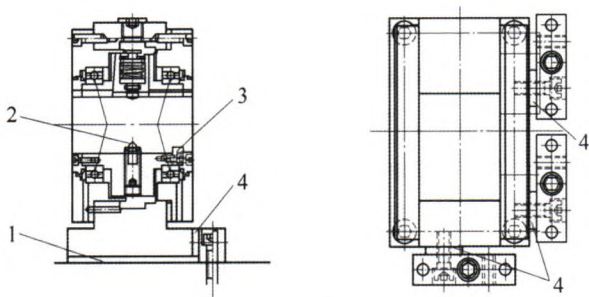


图 1

1、4垫片 2.弹性伸缩定位 3.键块

另外,因该孔的长度较长,加工机床的行程有

限,长镗排刀具需要夹具进入机床前先进行串排,因此,该夹具还必须配备送排机构,而送排机构的好坏直接影响到夹具的使用效率。根据项目要求,全新定制新送排机构,时间和资金都不允许。经协查资源,在车间仓库发现一台闲置不用的原8.6L气缸体凸轮孔及曲轴孔的送排机构。

经过研究和分析,可以通过对该机构进行改造来满足缸盖的送排要求,但送排机构复杂,改造设计涉及内容较多,实施起来具有一定挑战性,因此改造必须十分小心谨慎。

为了减少整个工程的周期,在夹具、刀具准备的同时,利用车间第3台B+W机床,对该送排机构的电气及机械部分进行改造。通过计算8.6L气缸体曲轴中心与11L气缸盖凸轮轴中心的高度差距,确定了11L气缸盖中心镗排支撑托架中心位置,并对机械输送带进行长度调整,确定相应限位位置。

电气部分,结合11L气缸盖送排情况及系统PLC程序,屏蔽原凸轮孔送排机构的相关信号,对原送排机构曲轴孔程序进行更改,最终确定出适合11L气缸盖的PLC程序。最后结合夹具、刀具匹配设计,设计相关零部件,外购部分进口轴承,对其进行制造、安装等,最后与夹具、刀具一起调试,完成自动送排的功能。

在解决以上技术难题后,对夹具进行了结构设计,在设计过程中,充分考虑以上技术难点,采用模块化设计的技术要求。

由于是第一次试做这种高精度、高要求的夹具,其模架体、衬套、内套和轴承的配合,轴承的预加载荷不易保证和掌握,因此,对夹具需要的轴承,外购精度较高的系列,并和相关轴一对一配磨。最终要求达到模架内滚跳动0.005mm以内,内套与镗排外径配磨,设定刀排间隙0.01mm左右,并设定几种轴承预载荷量,通过装配后相关数据测量和空运转确定合适的预紧力,确保最终夹具的加工精度。

夹具安装调试,夹具、刀排、送刀机构、机床的联合调试

1.夹具的安装调试

为了减少加工难度,降低加工成本,该夹具的支撑模块可上下、左右、前后等全方位调节,因此,在

夹具的装配过程中,如何正确安装、调整夹具的各个部件,使其达到夹具的设计要求,特别是保证各支撑模块的同轴度要求,就成了必须解决的问题。

在装配镗模架支撑的过程中,为了保证各支撑之间的同轴度,制定了多种方案,最终通过制作专用辅助工具达到了目的。根据支撑模块的数量,分别与镗模架导套单配制作锥度为1:1 000左右,外带直径30mm外圆的台阶芯棒,且保证芯棒自身跳动要求在0.003mm以内,在总装检验时分别把芯棒插在对应模架导套中,通过三座标或平板测量X、Y、Z方向尺寸,利用调整支撑模块中的垫片和锁紧螺钉来达到夹具的装配要求,确保所有镗模架导套中心同轴度在0.01mm以内。

另外,夹具总装后的形位公差、安装形式必须达到以下要求:

- 1) 夹具安装基准的平面度需控制在0.01mm以内。
- 2) 工件定位基准平面对夹具安装基准平面的平行度需控制在0.01mm。
- 3) 由于夹具安装平面为750mm×1 150mm,面积较大,安装螺栓尽量均布,夹具中间也要有安装螺栓以防夹具安装变形影响串排。

2. 夹具、镗刀排、送刀机构、机床的联合调试

整套夹具是安装在B+W卧式加工中心上加工,工件上下料、定位、夹紧形式采用抬起滚道加固定定位销液压自动夹紧。在夹具进入机床加工前,需将镗排刀具送入待加工孔中,进入机床后还需完成机床主轴的抓刀、刀排和模架空运转等过程。在送刀过程中,为了消除镗刀刀尖与缸盖凸轮轴孔之间的干涉,需要将工件抬起1.5mm左右的高度。在和机床PLC程序的联合调试中,送刀终了位置点、主轴抓刀点、主轴直线拉刀行程、切削起点、切削终点的找定是调试工作中的重点,只有在确定上述参数后,才可进行编程,在各动作顺利完成后,才能进行动作的自动循环连接。

由于前期准备较为充分,对发生的问题均有预案,调试过程一度较为顺利,但在送刀机构的改装调试时,还是遇到了夹具与刀具支撑中心同轴度偏差较大、传动同步带断裂等问题。针对以上问题,最后通

过在刀排后支撑V形块处增加调整垫块,快速采购同步带进行替代的办法加以解决,如图2所示。

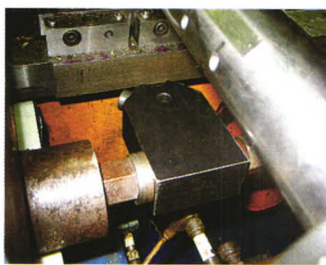


图 2

3. 工件试切及完善

在夹具和送排机构安装调试完成后,对工件进行了试切,在试切前,对模架及镗排进行了空运转试验,按照转速550r/min,持续10min的要求,现场测定模架温升,经测定,模架温升符合既定要求,可以满足工件连续加工。

因本次缸盖凸轮孔具有明显的细长孔特征,刚性差,单件生产时的切削参数只能作为参考,无法满足批产需要,所有切削参数必须现场试验测定。第一次试切时,因半精、精加工余量分配不合理,同时采用的切削速度较高,引起了明显的振动,加工表面很粗糙。第二次试切时,合理分配了半精、精加工余量,适当降低了切削速度和进给量,最终达到了产品所需要的加工精度。

在所有调试完成后进行为期3个月的生产验证,经过多批生产,产品合格率良好,满足产品要求。到目前为止,累计加工缸盖1 500多件,工废3个,合格率99.8%。

结语

自主设计制造的CA6DM缸盖顶置凸轮孔精镗及线镗夹具,自投产以来,一直可以稳定达到产品图样要求(对相邻挡跳动<0.02mm,对1挡和7挡<0.03mm),节拍满足工艺要求(金属加工时间2min,工序节拍8min/件)。从精度到稳定性,完全替代了进口工装,节省了技改资金百余万元。同时,该夹具的成功设计和使用,为我国的自主工装取代进口产品做出了贡献。

关键词:

顶置凸轮孔 夹具 自主研发

(收稿日期20140611)