

发动机缸体顶面缸孔曲轴孔精加工工艺技术

唐祖彦 李 鲜

(福建新龙马汽车股份有限公司, 福建 龙岩 364200)

摘 要:以发动机缸体作为研究对象, 主要从缸体顶面、缸孔、曲轴孔 3 个方面精加工尺寸进行论述。通过选用顶配进口加工中心及珩磨机, 采用定制夹具及辅助支撑, 并配以先进的刀具、优化 CNC 加工程序及机床加工精度, 保证了产品的精加工尺寸要求, 包括尺寸公差、形位公差、粗糙度、珩磨网纹等。该加工工艺技术可为相关机械厂在提高缸体顶面、缸孔、曲轴孔精加工精度方面提供借鉴。

关键词:发动机缸体; 缸孔; 曲轴孔; 加工中心; 珩磨机

中图分类号:U464.131 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-4801(2016)01-055-03

缸体是发动机最重要的核心零部件, 缸体缸孔的高精度加工要求是制约提高发动机品质的难题, 主要体现在缸体顶面、缸孔、曲轴孔几个方面。这些精加工尺寸控制不好, 不仅将影响发动机整体的性能, 同时容易造成漏油、漏水, 如缸孔圆柱度不好会造成缸内的机油上窜气^[1]、甚至爆缸现象。目前国内主流的加工中心及珩磨机生产厂商在设备动态加工精度、设备稳定性方面跟国外先进设备相比存在着较大的差距, 生产出来的产品不合格率高, 无法保证发动机整机产品性能的稳定性。不少机械制造厂工件夹紧采用机械结构装夹, 这种局部夹紧易造成缸体挤压变形; 如果非恒温恒湿车间, 温度变化也会给铸件缸体精度带来很大的影响。因此国内大部分发动机厂为了控制成本, 选用国内设备进行缸体工艺过程中的尺寸粗加工、半精加工, 而精加工则会选用国际先进的设备; 也有部分厂家会不惜成本, 全线设备包括珩磨机都采用进口, 以保证产品制造质量及装配质量。

进口设备加工中心均有自动补偿功能, 并通过专用夹具一次定位夹紧、关键工序刀具的选型、优化加工中心 CNC 及珩磨机程序、恒温恒湿的生产条件保证等, 可完成缸体顶面精铣、珩磨缸孔、珩磨曲轴孔的复杂生产过程, 达到高精度制造水平并满足生产线的节拍要求。本文以实际加工产品为例, 对其具体制造工艺技术进行分析介绍。

1 缸体尺寸特性要求

图 1 所示为发动机最终产品尺寸示意图, 包括缸体顶面、缸孔、曲轴孔精加工尺寸, 有关要求

说明如下:

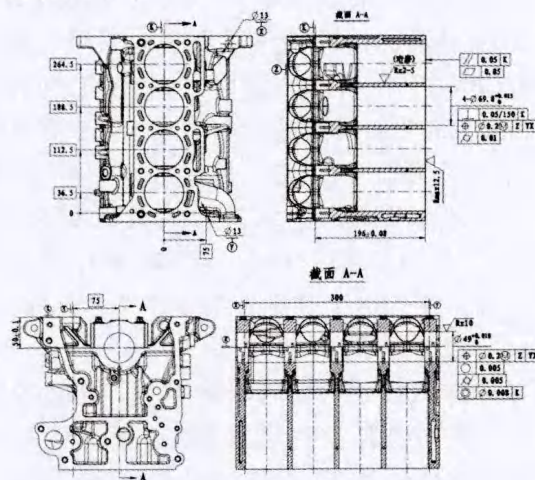


图1 发动机最终产品尺寸示意图

1) 图示①、②为缸体底面两定位销孔基准, ③为缸体底面基准, ④为曲轴孔中心线基准。

2) 缸体顶面尺寸: 缸体顶面到曲轴孔距离尺寸公差为 0.08 mm, 顶面粗糙度为 $R_{\max} 12.5 \mu\text{m}$, 顶面对曲轴孔的平行度为 0.05 mm, 顶面平面度为 0.05 mm。

3) 缸孔尺寸: 缸孔直径公差为 0~0.015 mm, 缸孔对曲轴孔垂直度要求为 0.05 mm/150 mm, 缸孔加工位置度精度为 $\phi 0.2 \text{ mm}$, 缸孔圆柱度精度要求为 0.01 mm, 缸孔粗糙度为 $Rz 2 \sim 5 \mu\text{m}$ 。

4) 缸体曲轴孔尺寸: 曲轴孔的粗糙度为 $Rz 10 \mu\text{m}$, 直径公差为 0~0.018 mm, 曲轴孔位置度精度要求为 $\phi 0.2 \text{ mm}$ 、圆度为 0.005 mm、圆柱度为 0.005 mm, 曲轴孔第 2、第 3、第 4 档的同轴度为 0.008 mm。

作者简介:唐祖彦(1987—), 男, 助理工程师, 研究方向: 内燃机工艺技术。

李 鲜(1987—), 女, 助理工程师, 研究方向: 发动机动力系统。

2 缸体顶面精加工精度工艺制造技术

1) 缸体的装夹定位按照产品图纸进行设计。因图面尺寸基准为底面及底面两定位销孔,而这类基准在前面工序已加工出来,所以缸体顶面加工定位基准为底面及底面两定位销孔,这样消除了因基准转换造成的精度误差。

2) 由于缸体空间尺寸较大,加工过程若装夹不紧会使缸体产生微小晃动,严重影响加工精度,故需要在夹具上设计若干自锁式辅助支撑点及装夹点,且应保证缸体装夹受力均匀,防止因装夹受力不均,加工后释放应力而影响了缸体平面度。

3) 加工中心增加有3点三检的气检方式,装夹不到位会及时报警,保证了产品加工的稳定性。

4) 缸体顶面精铣、精密孔加工时采用立方氮化硼(CBN)刀片、铰刀。这些刀具寿命长,且具有加工精度高、表面粗糙度参数值小、生产率高等优点。若采用硬质合金刀片,则在大批量生产的条件下无法保证粗糙度的加工要求,只要镀层的硬质合金刀片加工超过100件,就容易产生粗糙度超差,而采用CBN刀片则效果要好很多,可以加工200件以上。

5) 控制加工中心切屑参数,优化CNC走刀路线,适当提高切削速度,可减少缸体顶面因进刀、出刀时吃刀量受力不均而造成的缸体前后端面平面度超差。

6) 大盘铣削加工后,通过CNC控制程序及追加加大毛刷,绕着缸体顶面沿铣刀加工路线刮一遍,剔除缸体毛刺。

7) 车间温湿度控制。控制设定恒温 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度40%~60%,减少热胀冷缩对缸体精加工的影响。

缸体顶面精加工后的平行度、平面度、粗糙度检测报告如图2所示。

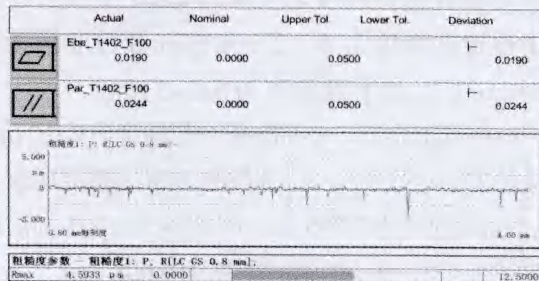


图2 缸体顶面尺寸检测报告

3 缸体缸孔精加工精度工艺制造技术

缸体缸孔精加工尺寸要求高,是工艺制造控制的重点。为了保证缸孔珩磨的质量,需在珩磨前把缸孔直径尺寸公差控制在 $\pm 0.01\text{ mm}$,即只允许有 $20\text{ }\mu\text{m}$ 的公差带通过气检后方能进来珩磨机进行铰珩,而在缸孔入珩磨前,需先在加工中心精镗缸孔到预定尺寸,其加工工序图如图3所示。

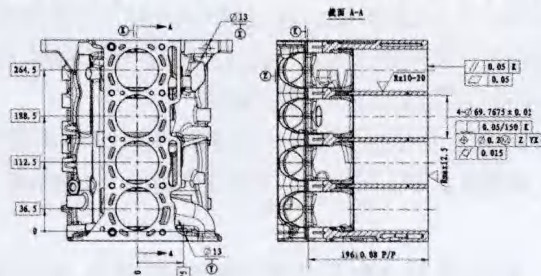


图3 缸孔工序图

精镗刀采用内冷结构,保证在切削过程中产生的热量及时被带走从而降低局部加工的温度、提高缸孔表面质量。根据最终产品图纸对比,珩磨前工序缸体缸孔直径精镗后预留有 $0.04\sim 0.05\text{ mm}$ 加工余量给后面珩磨机铰珩,粗糙度控制在 $Rz10\sim 20\text{ }\mu\text{m}$,圆柱度控制在 0.015 mm ,而位置度 $\phi 0.2\text{ mm}$ 和垂直度 $0.05\text{ mm}/150\text{ mm}$ 与产品图纸一致,即在保证位置度和垂直度情况下通过铰珩来控制缸孔的粗糙度、直径、圆柱度。

缸体缸孔精镗后通过在线气检设备检测缸孔直径,符合的产品通过机动辊道进入珩磨机。虽然进口缸孔铰珩设备(如德国某知名珩磨机)一次性投入较大,但后期加工成本极低,且加工质量稳定。

采用立式珩磨机进行加工。在加工过程中,珩磨头的油石在胀缩机构下作径向进给,把工件逐步加工到所需尺寸,珩磨头外周镶有6~9根铰珩砂条,粗珩可采用6根,精珩采用9根,长度约为缸孔长度 $1/3\sim 2/3$ 。珩磨时往返速度控制在 $25\sim 35\text{ m/min}$,珩磨效率较高^[2],珩磨往复换向加速度越大,换向时所形成的圆弧过渡区域越小,珩磨网纹质量越高^[3]。油石对孔壁的压力控制在 $0.3\sim 0.5\text{ MPa}$,珩磨油石压力的大小直接影响工件表面质量、油石磨损量和工件尺寸精度、表面粗糙度^[4]。

缸体缸孔精镗后经过粗珩和精珩可满足产品尺寸要求,珩磨后会产生 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 的珩磨网纹,对缸孔油膜的润滑油存储有很好的效果。

缸孔珩磨后直径、位置度、圆柱度、垂直度、粗糙度检测报告如图4所示。

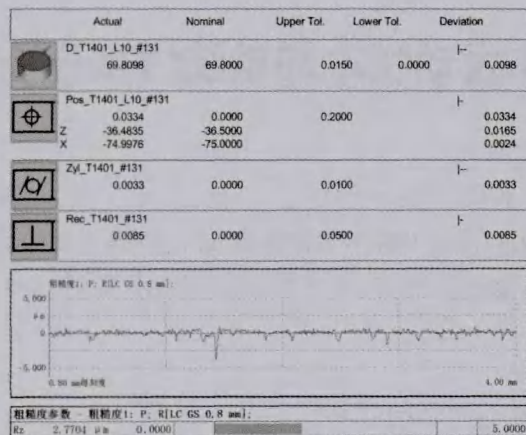


图4 缸孔尺寸检测报告

4 缸体曲轴孔精加工精度工艺制造技术

常用的汽油发动机最大转速可达6000 r/min,对曲轴孔工艺要求高,为了保证曲轴孔珩磨的质量,需在珩磨前把曲轴孔直径尺寸公差控制在 ± 0.015 mm,即只允许有0.03 mm的公差带通过气检后方能进来珩磨机进行平台珩,而在曲轴孔进入珩磨前,需先在加工中心精镗曲轴孔到预定尺寸,其加工工序图如图5所示。

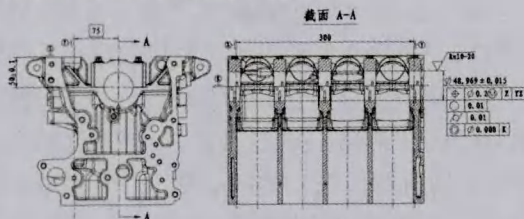


图5 曲轴孔工序图

加工中心精镗刀采用内冷结构,由于曲轴孔深度大、达300 mm,故对镗刀要求也高,采用CBN材质刀片,其结构如图6所示。

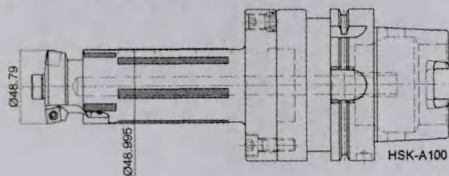


图6 镗刀结构图

刀具选用很关键,选用了mapal品牌,该刀具上带有4根半精镗刀片和6根精镗刀片。在加工过程中,先由刀片扩引导孔,切削掉大部分余量,

参考文献:

- [1] 周明彪.缸孔平台结构的优化及圆柱度的改善[J].汽车技术,2001(7):32-33.
- [2] 杨光明.气缸套平台网纹加工技术研究[J].柴油机,2007(5):43-46.
- [3] 张永贵,杨云江,徐建华,等.珩磨机往复换向加速度对珩磨网纹质量的影响研究[J].机械科学与技术,2014(1):65-70.
- [4] 曲昕.发动机缸套珩研加工技术[D].天津:天津大学,2003.
- [5] 杨光明,程丽君.平台网纹加工技术[J].现代零部件,2004(S2):67-69.

然后由半精镗刀片镗至 $\phi 48.79$ mm,留0.2 mm的余量给 $\phi 48.995$ mm刀片进行切削;先镗曲轴孔第1档、第2档的位置,然后旋转转台,镗另一侧曲轴孔第5档、第4档、第3档的位置。

根据最终产品图纸对比,珩磨前工序缸体曲轴孔直径精镗后预留有0.04~0.05 mm加工余量给后面珩磨机平台珩。平台网纹的曲轴孔与普通珩磨的曲轴孔相比,磨合期缩短了1/3~1/2,寿命提高10%~20%,扭矩提高5%,机油消耗降低50%~60%^[5]。平台珩粗糙度控制在Rz10~20 μ m,圆柱度控制在0.01 mm,而位置度 $\phi 0.2$ mm、圆度0.01 mm、同轴度0.008 mm,也通过平台珩达到产品尺寸要求。

为了保证尺寸精度,曲轴孔采用一次珩磨到位,即从第1档平台珩至第5档,同时进行旋转及往返运动。

缸体曲轴孔珩磨后直径、圆度、位置度、同轴度、圆柱度、粗糙度检测报告如图7所示。

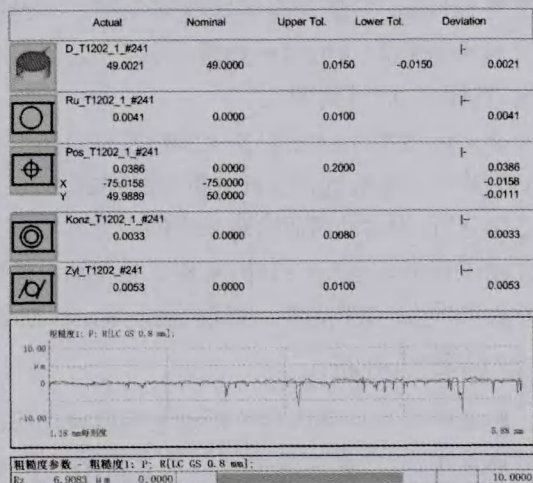


图7 曲轴孔尺寸检测报告

5 结语

针对发动机缸体顶面、缸孔、曲轴孔精加工,采用自锁式夹具及辅助支撑设计,选用先进的刀具材料和刀具组合结构,控制加工温湿度,控制好加工工艺参数、切屑余量,并通过先进加工中心和进口珩磨机,保证了产品精加工精度要求,进而保证了产品装配性能,实现缸体量产。