

4DA 凸轮轴齿轮径向跳动超差的分析与改进

向文俊

(潍柴动力扬州柴油机有限责任公司, 江苏 扬州 225009)

摘要: 凸轮轴齿轮径向跳动超差是 4DA 发动机产生噪声的一个重要因素。在分析 4DA 凸轮轴结构和加工工艺过程的基础上, 对加工工艺进行了优化, 使凸轮轴加工精度得到稳定及提高, 凸轮轴齿轮径向跳动超差问题得到解决。

关键词: 凸轮轴齿轮; 径向跳动; 工艺优化

中图分类号: TK423.4⁺2 文献标识码: A 文章编号: 1001-4357(2013)06-0047-03

Analysis and Improvement on 4DA Camshaft Gear Radial Run-out

Xiang Wenjun

(Weichai Power Yangzhou Diesel Engine Co., Ltd., Jiangsu Yangzhou 225009)

Abstract: Camshaft gear radial run-out error is a major cause for the noise of 4DA engine. Based on the analysis of structure and machining process of 4DA camshaft, the processing technology was optimized, which stabilized and improved the processing precision of the camshaft, and solved the radial run-out error.

Keywords: camshaft gear; radial run-out; technology optimization

0 引言

4DA 发动机采用的是侧置式凸轮轴配置。发动机工作中, 凸轮轴由曲轴经正时齿轮传动做旋转运动, 通过挺杆、推杆、摇臂、气门等零件决定配气相位, 并通过凸轮轴本体上的齿轮驱动机油泵实现对整台发动机的润滑。凸轮轴齿轮的径向跳动超差不仅会影响齿轮的啮合精度, 造成早期磨损, 影响可靠性, 而且会产生噪声、振动, 影响机油泵工作的平稳性。因此保证凸轮轴齿轮的径向跳动达到设计要求, 是凸轮轴加工工艺的一个重点。

1 4DA 凸轮轴结构和加工工艺

4DA 凸轮轴是一根长径比大于 10 的细长轴, 轴上铸有 8 档凸轮颈、4 档支承颈和 1 档齿轮颈, 采用铸造成形, 材质为 QT60。主要加工工艺过程为: 粗加工各轴颈—整体等温淬火—齿轮轴颈退火

—半精磨各轴颈—滚齿—精磨各轴颈—抛光。凸轮轴齿轮的径向跳动 ≤ 0.045 mm (见图 1)。

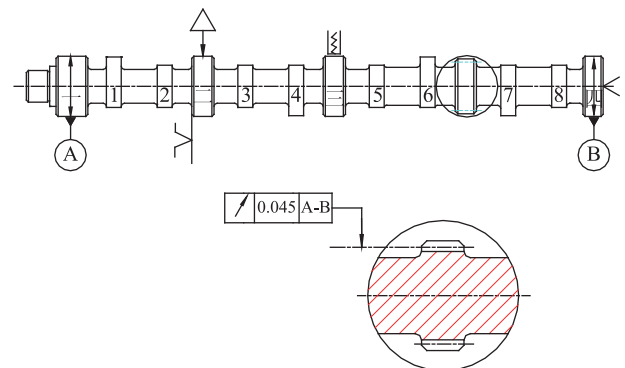


图 1 4DA 凸轮轴滚齿工序简图

2 存在的问题

根据市场服务质量信息反馈和台架试验故障分析的结果, 凸轮轴齿轮径向跳动超差是 4DA 发动

收稿日期: 2013-05-27

作者简介: 向文俊(1966-), 女, 高级工程师, 主要研究方向为发动机加工工艺, E-mail: xwj@yangchai.com.cn。

机产生噪声、异响问题的一个重要因素。在解决这一质量问题的过程中,连续三个月对凸轮轴齿轮径向跳动检查数据进行分组统计,见表 1。

表 1 凸轮轴齿轮径向跳动数据统计

凸轮轴齿轮径向跳动数值/mm	0.045	0.045 ~ 0.06	0.06
占月总数的百分比	60%	30%	10%

统计数据表明:凸轮轴齿轮径向跳动存在严重超差情况,且离散性较大。

3 原因分析

因为凸轮轴加工过程中需要进行热处理,所以影响齿轮径向跳动的因素很多。在对设备精度和人工操作等因素进行了调整改进后,针对以下主要原因进行分析。

(1) 退火后齿轮轴颈硬度不均匀。凸轮轴整体淬火硬度为 42 ~ 48 HRC,齿轮轴颈退火后硬度为 28 ~ 32 HRC。退火时采用规定的一种工艺参数,因受到材质所含微量元素和淬火硬度变化的影响,常发生退火后齿轮轴颈硬度超过 32 HRC 的技术要求,使滚齿过程中切削力增大,刀具早期磨钝。

(2) 修正中心孔工序质量不稳定。凸轮轴两端中心孔是轴颈精加工和滚齿的定位基准,淬火后会产生变形,需要对其修正。该工序采用车床三爪卡盘夹住一端支承轴颈,中心架支承另一端轴颈,因淬火变形和粗加工的轴颈尺寸变化,需要手动调整中心架的支承中心后修正中心孔,但调整中没有配置量具监控,所以未能有效控制对第三轴颈和齿轮轴颈跳动的修正,从而使半精磨后的轴颈跳动仍然很大,直接影响滚齿过程的齿轮径向跳动;另外修正中心孔采用的是高速钢钻头,不能满足中心孔的表面粗糙度及接触精度的要求。

(3) 滚刀耐用度低,未确定更换频率。滚齿工序采用的是高速钢滚刀,因退火后轴颈硬度的不稳定,一旦遇到硬点会造成早期磨钝或崩刃,使刀具耐用度变低。据有关资料介绍,刀具磨钝后的切削力将比锋利刀具增加 3 ~ 5 倍,会加大滚齿时凸轮轴的弹性变形。虽然在精滚工步减少了切削余量,但不能完全修正粗滚工步产生的齿轮径向跳动误差。同时高速钢滚刀抗崩刃能力较低,很难明确换刀频率。

(4) 滚齿过程中产生弹性变形。凸轮轴为细长轴,容易产生弹性变形,为了增加刚性,加工中采用滚齿机工作台上的三爪卡盘夹住第二支承轴颈,上端顶针顶紧中心孔,以缩短支承点之间的距离。

但通用滚齿机受到结构的限制,没有配备中心支架,在径向切削力的作用下,凸轮轴在加工过程仍会产生弹性变形。通过现场实测还发现,受轴颈硬度、刀具锋利度和前道工序误差复映的综合影响,这样的弹性变形没有规律,是造成齿轮径向跳动离散性较大的主要因素。

4 改进措施及效果

(1) 在进行了多批工艺试验后,找出了凸轮轴本体中不同碳硅当量和淬火硬度与退火加热温度和保温时间之间的变化规律,对退火工艺进行了分档细化。规定对每批凸轮轴退火前应标明本体碳硅当量和硬度范围,采用相应的退火工艺参数。明确退火过程中的硬度检测频次,发现偏差,及时调整工艺参数,保证齿轮轴颈退火后硬度控制在 28 ~ 32 HRC 范围内。

(2) 严格控制滚齿前各工序的加工质量。改进修正中心孔机床的调整测量方法,每班采用工艺芯棒检查中心架对机床主轴的跳动 ≤ 0.01 。装夹工件时在齿轮轴颈处增加一只百分表,以实时监控手动调整中心架的精度,将齿轮轴颈的跳动控制在 0.05 以内。重新设计两刃镗刀,保证中心孔修正后的粗糙度提高至 Ra1.6,用标准塞规检查接触面不小于 75%。在半精磨轴颈工序中,增加百分表检测架、控制各轴颈的尺寸精度,并规定无火花磨削不少于 3 圈数,以减小径向跳动,为滚齿工序增加中心架支承提供保证。

(3) 采用 TiN 涂层滚刀提高刀具耐用度。在进行了大量切削对比试验后,选择了 TiN 涂层滚刀。该刀具具有耐热、耐磨,防止崩刃的优点,在相同的切削参数下耐用度可以提高 2 ~ 3 倍,并能提高齿面粗糙度。同时通过试验在工艺中规定了换刀频率,从而有效地控制滚齿过程弹性变形的加大。

(4) 增加滚齿机中心支架。为解决凸轮轴滚齿中弹性变形较大的问题,在参考车床和磨床中心架结构的基础上,自行设计了滚齿机中心支架(图 2),在加工过程中顶靠凸轮轴第三支承轴颈。利用滚齿机上顶针导轨作为中心架安装面,既具有足够的刚性又不破坏机床原结构。中心架可手动调整径向位置,以安装在浮动轴承座上的两只轴承作为接触支承,实现自动定心,降低了工件旋转中的接触摩擦力。装夹时手工调整将轴承接触工件后,锁紧支承杆,操作方便。经现场实测,滚齿过程中第三支承轴颈的跳动量 ≤ 0.02 ,大大提高了凸轮轴颈向跳动的稳定性。

在上述改进措施实施到位后,对4DA 凸轮轴的生产过程进行了连续一个月的跟踪,对凸轮轴齿

轮径向跳动进行了全数检验,并作了数据分组统计,见表2。

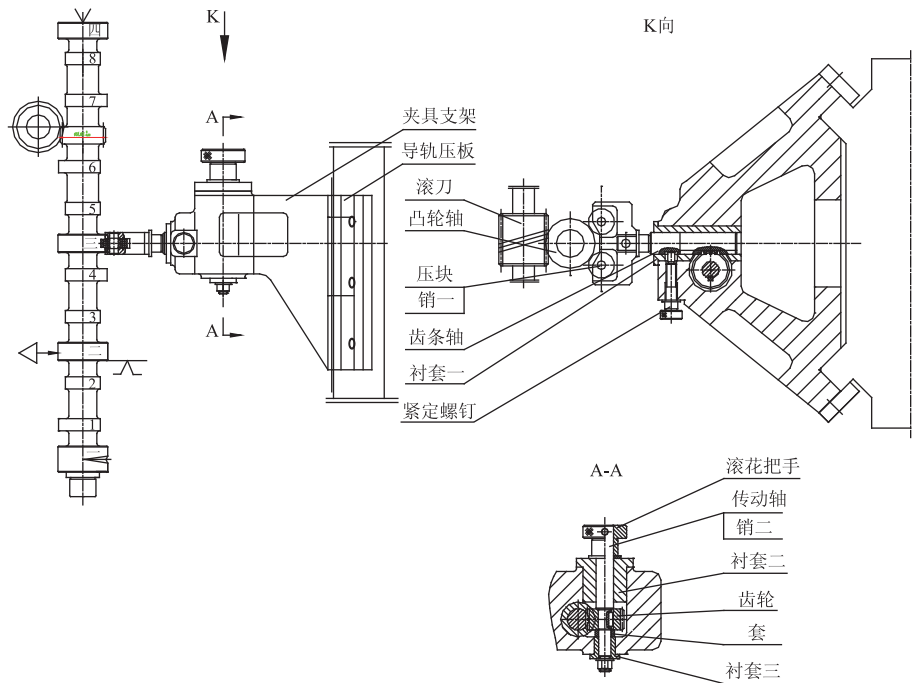


图2 滚齿机中心支承架结构图

表2 改进后凸轮轴齿轮径向跳动数据统计

凸轮轴齿轮径向跳动数值/mm	≤ 0.045	$0.045 \sim 0.06$	≥ 0.06
占月总数的百分比	95%	5%	0

从表2可见,改进后4DA 凸轮轴齿轮径向齿跳动的合格率和稳定性均大大提高,但仍有少量超

差情况。经分析这和操作时如何合适地调整中心架支承力,保持支承轴承的浮动能够自动定心有很大关系。将通过工艺的进一步优化改进,使凸轮轴齿轮径向跳动全部符合技术要求。

(上接第39页)

如柴油机未配备主轴承测温装置,则可在曲轴箱盖板上安装PT100温度传感器,用来直接测量曲轴箱内温度,采取同样的方法通过监控台进行检测。最理想的是由油雾探测器探头自带温度传感器,同时采集浓度和温度信号,通过探测器系统本身进行逻辑分析,发出报警或停车信号。

3 结论

综上所述,采取油雾浓度和温度综合报警条件

判断故障可以大大降低误报警的出现率,提高了油雾浓度探测器的精确度,降低了使用风险,确保了柴油机的正常运行。

参考文献

- [1] 王琪. 船舶主机曲轴箱爆炸事故的预防及应急管理[J]. 浙江交通职业技术学院报, 2008(3): 44-48.
- [2] SiCOMS® 单舱油雾在线检测系统操作手册 1.1.1. [R].