

现代汽车设计制造丛书

现代轿车 先进制造工艺

顾永生 主编



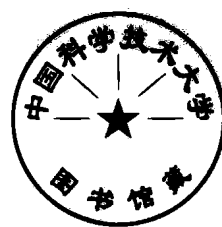
10.5

上海交通大学出版社

上海“九五”重点图书
现代汽车设计制造丛书

现代轿车先进制造工艺

顾永生 主编



上海交通大学出版社

现代轿车先进制造工艺

顾永生 主编

上海交通大学出版社出版发行

上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030

电话 64281208 传真 64683798

全国新华书店经销

常熟市印刷二厂·印刷

开本:787×1092(mm) 1/16 印张:17.5 字数:434 千字

版次:1998 年 10 月 第 1 版

印次:1998 年 10 月 第 1 次 印数:1-1800

ISBN 7-313-02029-5/TK·052

定价:28.00 元

本书任何部分文字及图片,如未获得本社书面同意,
不得用任何方式抄袭、节录或翻印。

(本书如有缺页、破损或装订错误,请寄回本社更换。)

U469.110.5

7132

序

轿车是现代文明社会的一个缩影,轿车制造业具有技术密集程度高、生产批量大、综合性强的特征,在任何一个主要工业化国家的国民经济中,它都占有举足轻重的地位。我国轿车工业的发展期始于80年代中期,经过自身的努力和引进国外先进技术,到“八五”计划末,初步建起了有一定规模的中国轿车工业。其中,起步较早的上海市汽车工业,技术上的起点高,发展速度快,已于1995年春在上海大众汽车有限公司最先形成了20万辆的生产规模,至1998年春,累计生产两种型号的桑塔纳轿车已超过100万辆。而这还只是一个开端,在不久后达到30万辆生产能力的新的蓝图也已展开,轿车工业真正成了上海市这个全国最大工业基地的第一支柱产业。

一流的产品、稳定的质量是由先进、实用的工艺技术保证的。十多年来,在上海轿车工业的大发展中,通过引进、吸收和实践,以及对国外相关技术的关注和理解,使我们对当代轿车先进制造工艺有了一个比较深刻的认识。毫无疑问,把这一切以某种形式归纳和表达出来,是有实际意义和指导作用的。虽然十多年来阐述轿车工业科技进步、零部件国产化以及某一专题的论文也有不少,而较全面地反映上述内容的专著则未能出现,这不能不说是一个缺憾。为了填补这个空白,上海汽车工业(集团)总公司组织部分专业人员编写了这本《现代轿车先进制造工艺》,希望能为发展中的上海轿车工业,也为国内的汽车行业及其他有关部门做一点有益的工作。

本书既不同于《机械加工工艺学》、《汽车制造工艺学》一类教科书,也不是对上海轿车行业近年引进、采用的那些先进技术的单纯描述。我们撰写的《现代轿车先进制造工艺》一书是在立足现代轿车制造技术的基础上,结合工作实践中形成的深刻理解,从发动机、变速箱、车桥等三个方面,分34个专题进行介绍,每一个专题为一篇文章,既有相对的独立性,相互之间又有有机的联系。本书有以下三个鲜明的特点:

1. 所介绍的技术,内容新、针对性强,较好地体现了当代轿车的制造水准,而没有囿于上海市轿车工业的实际应用水平。

2. 论述全面、覆盖面大,34个专题涉及的范围不但有加工工艺,还包括刀具、夹具和检测技术等。即使是加工工艺,书中所介绍的清洗、去毛刺等专有技术也是以往很多专业书较少涉及的专题。

3. 生产过程中的检测技术是制造工艺的重要组成部分,为此,本书耗用了七个专题的篇幅。必须指出的是,在论述种种先进技术的同时,也对一些迄今仍有生命力的实用技术作了必要的介绍,以提供给读者关于现代轿车制造的真实写照。

本书的编写者主要为上海汽车工业(集团)总公司的专业技术人员,但也有来自北京、南京等地的科技人员和高校教师,这就使其中的内容更趋全面,能从更宽的角度反映当代轿车制造工艺的现状和水平。

希望本书能为国内汽车行业的同行们、与汽车相关的其他机械行业的专业人员,以及研究所、高校的科研工作者、教师学生提供一些有用的信息;希望本书的出版对不断发展中的中国轿车工业能起一点小小的促进作用。

目 录

1. 曲轴不允许冷校直的工艺探讨	顾永生(1)
2. 曲轴质量定心工艺的探讨	顾永生(12)
3. 曲轴加工新技术——车拉及车—车拉	顾永生、虞至正(18)
4. 先进高效的外圆磨削新工艺——快速点磨法	顾永生(28)
5. 凸轮轴和曲轴的主轴颈无心磨削加工	虞至正(32)
6. 凸轮磨削技术的发展	虞至正、顾永生(40)
7. 连杆制造的新工艺——连杆分离面的胀断工艺	顾永生(44)
8. 连杆两侧面磨削工艺的发展趋向	顾永生(48)
9. 连杆大小头孔的铰珩加工	顾永生(53)
10. 气缸体缸孔的加工	沈大兹、周 明(56)
11. 缸盖的气门座圈锥面和导管孔精加工的发展动向	顾永生(65)
12. 等离子喷涂强化活塞环槽工艺初探	徐景雍(76)
13. 活塞异型销孔加工原理及装备	徐景雍、翁绍裕(82)
14. 发动机快速磨合工艺的實現	沈大兹、史庆春(86)
15. 发动机轴类零件(曲轴、凸轮轴)铣两端面时轴向毛基准的选择	顾永生(96)
16. 轿车发动机主要零件加工采用的先进刀具	樊行康(100)
17. 工艺过程中的主动测量与自动补调测量	朱正德(112)
18. 自动测量技术在珩磨中的应用	朱正德(129)
19. 当代机外测量技术在箱体类零件制造过程中的应用	朱正德(136)
20. 轴类零件综合测量系统——当代机外测量技术的一个典型应用	朱正德(145)
21. 现代活塞连杆生产中机外测量技术的应用概述	朱正德(156)
22. 柔性测量系统在机外检测中的应用	朱正德(170)
23. 轿车发动机主要零件的自动平衡校正技术	朱正德(177)
24. 发动机非同步装配线	杨 永、沈大兹、周 杰(194)
25. 发动机螺栓连接及拧紧工艺	沈大兹(209)
26. 发动机主要零件的清洁度与清洗技术及设备	熊启升、顾永生(220)
27. 发动机生产试验的发展趋向	顾永生(231)
28. 桑塔纳变速器壳体柔性加工线	范以红(238)
29. 花键成型新工艺——冷搓成型工艺	唐宝忠(243)
30. 拨叉类零件加工新工艺	汤雪峰(250)
31. 径向剃齿	朱国寅(254)

32. 直齿锥齿轮切削新工艺——圆拉法 秦昌林(260)
33. 先进高效的减振器连杆制造工艺 沈昌钧(264)
34. 制动盘加工工艺 吴学敏(267)

1. 曲轴不允许冷校直的工艺探讨

上海大众汽车有限公司 顾永生

摘要 本文根据曲轴工序摆差的组合理论,指出了曲轴产生摆差的主要工序;曲轴毛坯在去除内应力的良好条件下,曲轴主要工序必须保证的摆差值;预测曲轴在不允许冷校直的要求下所能达到的最终摆差值;轿车发动机(L-4)曲轴为 0.05mm 以及卡车发动机(L-6)曲轴在 0.10~0.20mm。

叙词 发动机曲轴 摆差 不允许冷校直

1. 前言

曲轴由于结构复杂刚性差,在毛坯加工时所产生的内应力,机械加工时的夹紧力、切削力,以及曲轴轴颈感应淬火时局部加热等因素,均使曲轴在加工工艺过程中产生径向变形(弯曲)和轴向变形(伸长或缩短)。曲轴的径向变形,一般称为摆差。

曲轴在加工过程中产生的摆差,过去都是采用冷校直的方法来纠正之,以保证工艺和产品图纸规定的要求,一般卡车六缸发动机的锻钢曲轴在机械加工过程中约有五次冷校直工序。轿车四缸发动机钢曲轴约有三次冷校直工序。球墨铸铁曲轴比锻钢曲轴校直工序数少一些。

冷校即是在常温条件下,在曲轴摆差值最大的主轴颈上加压力,使曲轴在刚度最小的地方(曲柄上连杆轴颈与主轴颈交接处)产生稳定的塑性变形,以纠正其摆差,使其值在产品图或工艺规定的技术条件范围内。

这里必须指出:

1) 曲轴的摆差对其加工工艺精度是十分不利的:

(1) 曲轴的摆差对其动平衡精度的影响很大。例如六缸发动机的球墨铸铁曲轴在校直前的摆差均在 0.10mm 以内,校直后的摆差均控制在 0.05mm 以内,这时校直前后的曲轴动不平衡量的变化最高达 85g·cm。

(2) 曲轴的摆差对其连杆轴颈磨削后,连杆轴颈与主轴颈的中心线的平行度影响很大。例如六缸发动机的钢曲轴,原来摆差为 0.35mm,经连杆轴颈磨削后,再进行校直至摆差在 0.05mm 范围内,这时其连杆轴颈对主轴颈中心线的平行度的变化高达 0.02mm。

2) 曲轴的冷校直对其寿命是十分有害的:

(1) 曲轴在冷校直后,经过很短一段时间,就能发现其摆差有恢复现象(即恢复到原来摆差的现象)。所以,经过校直后的曲轴,当它在发动机里工作时受到力与热的作用,要加速摆差恢复。其结果将加剧发动机主轴承轴瓦的磨损。

(2) 曲轴冷校直后,在轴颈的圆角处产生拉应力,对其疲劳强度十分有害。

(3) 球铁曲轴在冷校过程中,容易产生断裂性的内伤,这将导致早期折断。

大约在 70 年代初期,英国的里卡图工程公司规定对曲轴不允许校直。之后国外卡车厂及柴油机厂如:苏联的卡马河汽车厂,德国道依茨柴油机公司,美国康明斯柴油机公司,奥地利斯泰尔汽车公司,德国本茨汽车公司的曼哈姆卡车厂等,以及国外轿车发动机厂如德国大众汽车公司等亦都规定曲轴不允许冷校直。

怎样控制曲轴在加工后的摆差,在不允许冷校直的条件下而达到其产品图所规定的摆差值要求(以前轿车和卡车曲轴的摆差均规定为 0.05mm),这是一个十分重要的曲轴加工工艺课题。

本文主要研究卡车和轿车发动机的曲轴在整个加工工艺过程中产生的摆差是由哪些主要工序所造成的以及怎样控制这些主要工序的摆差来实现曲轴不冷校直而达到其产品图所规定的摆差值要求。

2. 曲轴不允许冷校直的工艺探讨

本文讨论卡车发动机(直立六缸机)和轿车发动机(直立四缸机)的钢和铸铁曲轴。

轿车发动机曲轴轴颈的 R 结构,大都是沉割式的(见图 1-1b),而卡车发动机曲轴轴颈的 R 结构大都是切线式的(见图 1-1a)。

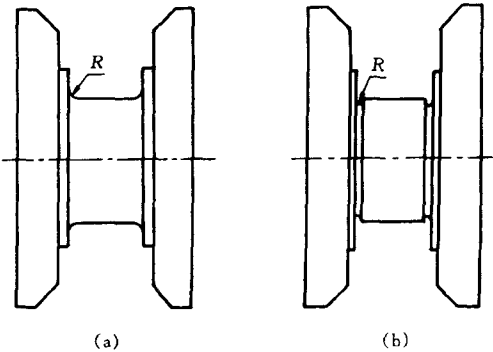
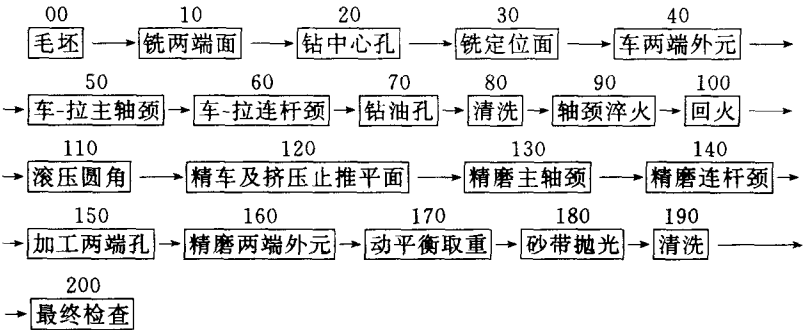


图 1-1

(a) 切线 R ; (b) 沉割 R

1) 曲轴的工艺流程:

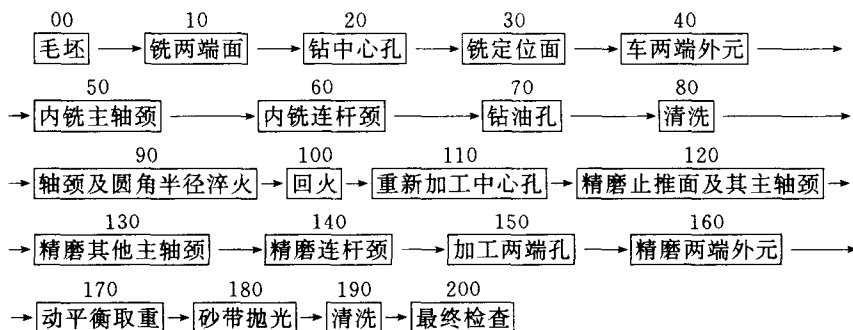
(1) 轿车曲轴的工艺流程(L-4) (见图 1-2)。



说明:锻造曲轴如果淬火及回火后,摆差较大时,工序号 110 可改用“圆角滚压校直”工序。

图 1-2

(2) 卡车曲轴的工艺流程(L-6) (见图 1-3)。



说明：铸铁曲轴不须工序号 110“重新加工中心孔”。

图 1-3

2) 曲轴在整个加工工艺过程中产生摆差的工序的研究：从图 1-2 及图 1-3 可知，曲轴要经过较多的加工工序来完成。但是根据曲轴工序摆差组合理论，曲轴各工序在加工后的摆差 $\vec{\delta}$ ，由两部分摆差所组成，即

$$\vec{\delta} = \vec{\delta}_1 + \vec{\delta}_2$$

式中： $\vec{\delta}$ ——各工序在加工后的摆差；

$\vec{\delta}_1$ ——上道工序加工后的摆差；

$\vec{\delta}_2$ ——本工序加工时所产生的摆差。

根据我们的试验研究结果，由于各工序的特点不相同，因此这两部分摆差($\vec{\delta}_1$ 与 $\vec{\delta}_2$)的组合就不相同了，所以曲轴工序摆差组合关系有下列三种类型：

第一类摆差组合关系 $\vec{\delta} = \vec{\delta}_1$

其特点是，曲轴在本工序加工时不产生摆差，即 $\vec{\delta}_2 = 0$ 。因此本工序加工后的摆差 $\vec{\delta}$ 只是上道工序加工后的摆差 $\vec{\delta}_1$ 。

第二类摆差组合关系 $\vec{\delta} = \vec{\delta}_1 + \vec{\delta}_2$

其特点是，本工序加工后的摆差 $\vec{\delta}$ 由 $\vec{\delta}_1$ 和 $\vec{\delta}_2$ 两部分摆差组成。

第三类摆差组合关系 $\vec{\delta} = \vec{\delta}_2$

其特点是，本工序加工时能修正上道工序加工后的摆差，即 $\vec{\delta}_1 = 0$ 。因此本工序加工后的摆差 $\vec{\delta}$ 就是本工序加工时所产生的摆差 $\vec{\delta}_2$ 。

对曲轴大部分工序的摆差组合关系，作者曾进行过大量试验研究，对大量生产实践的数据作过统计分析。

现将曲轴回火工序(工序号 100)摆差组合关系的试验结果列于表 1-1，

表 1-1

轿 车 曲 轴	摆 差/mm		
		回 火 前	回 火 后
L-4 铸铁	$\bar{X}$	0.18	0.18
	$\bar{X} + 3\sigma$	0.27	0.24
L-4 锻钢	$\bar{X}$	0.09	0.08
	$\bar{X} + 3\sigma$	0.21	0.19

由表 1-1 可知,曲轴在回火前、后的摆差几乎不变,所以曲轴的回火工序属于摆差组合关系的第一类工序。

根据我们的试验研究结果,把卡车与轿车曲轴各工序的摆差组合关系,按其类型列于表 1-2 中。

表 1-2

车 型	曲轴加工工序号	摆差组合关系		
		第 一 类	第 二 类	第 三 类
卡 车	10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 100, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190	✓		
	50, 110, 120			✓
	90		✓	
轿 车	10, 20, 30, 40, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 150, 160, 170, 180, 190	✓		
	50, 110, 130			✓
	90		✓	

由表 1-2 可知,在工艺系统的正确调整下,曲轴各工序的摆差组合关系都是有规律性的:

(1) 铣削或车一拉所有主轴颈,磨削中间主轴颈或磨削所有主轴颈,重新加工中心孔,以及圆角滚压等工序是属于第三类。

(2) 感应淬火主轴颈和连杆轴颈这一道工序是属于第二类。

(3) 曲轴其余工序均属于第一类。

但须说明,曲轴有部分工序,如工序号为 60, 130(卡车), 140 和 160 这几个工序,当工艺系统调整不正确时,工序的固有摆差组合关系发生变化,由第一类转变为第二类。同时摆差值增大。

从上面研究的结果可知,影响曲轴在整个加工工艺过程中产生摆差的主要工序应为第二类和第三类的工序。这就是我们要研究的主要工序。

3) 主要工序的摆差研究:本文的重点是对属于曲轴工序摆差组合关系的第二类及第三类工序的曲轴主轴颈的粗加工(工序号 50),曲轴轴颈的感应淬火(工序号 90),曲轴圆角滚压(工序号 110)以及曲轴主轴颈的磨削加工(卡车的工序号为 120 和轿车的工序号为 130)这四个主

要工序的摆差进行研究。当然这里还须包括毛坯加工工艺,因为毛坯加工工艺对机加工和感应淬火后的曲轴摆差的影响十分显著,故它亦是我们要重点研究的。

(1) 曲轴主轴颈粗加工工序的摆差:曲轴在感应淬火之前的一系列的机加工工序所产生的摆差,主要取决于主轴颈粗加工工序“50”的摆差。因为该工序是属于摆差组合关系的第三类工序,曲轴毛坯的摆差经主轴颈粗加工后全部被修正掉了。这时曲轴的摆差就是主轴颈粗加工本身产生的摆差了。在工序号 50 之后到曲轴感应淬火前的工序,均属于摆差组合关系的第一类工序,这些工序都不产生摆差。所以只要控制住曲轴主轴颈粗加工工序的摆差就等于控制曲轴在感应淬火前的机加工摆差。

70 年代以前曲轴主轴颈均采用中央传动的多刀车削加工,加工后的摆差高达 0.60~0.80mm。另外如曲轴毛坯加工时没有去除内应力,在曲轴主轴颈内铣后,曲轴的摆差可高达 0.80mm。所以为了保证曲轴以后加工工序要求,须增加冷校直工序来纠正之。从 70 年代后期到现在曲轴主轴颈粗加工迅速发展了 CNC 车削加工,CNC 内铣加工和 CNC 车一拉加工三种工艺,它取代了过去传统多刀车削等工艺。

曲轴毛坯加工在去除内应力的条件下,曲轴在这三种工艺加工后的摆差见表 1-3。

表 1-3

工 艺	曲 轴	摆 差/mm
CNC 车削	L-4	0.10~0.15
	L-6	0.15~0.20
CNC 内铣	L-4	0.15~0.20
	L-6	0.20~0.30
CNC 车一拉	L-4	0.05~0.15
	L-6	0.10~0.20

由表 1-3 可知,曲轴毛坯加工工艺在无内应力的良好条件下,采用这三种工艺后曲轴摆差大都在 0.20mm 以下,不需冷校直工序了。

现在曲轴主轴颈粗加工后的摆差已经控制得比较合理。它对曲轴的感应淬火工序的摆差影响已不是很明显了。

小结:曲轴主轴颈粗加工后的摆差,只要能保证表 1-3 列出的数据,就可取消曲轴在感应淬火前采用冷校直工序。

(2) 曲轴轴颈感应淬火工序的摆差:曲轴轴颈感应淬火是属于第二类摆差组合关系,它除掉自身引起的曲轴摆差以外还取决于曲轴毛坯的内应力状况和机械加工后的变形状况。怎样控制感应淬火自身引起的曲轴的摆差,现在在淬火技术上已采取了很多技术措施:如曲轴在感应淬火时的夹紧问题(一头要固定,另一头轴向不固定可自由伸缩),连杆轴颈淬火时采用功率控制,轴颈淬火的程序,区域喷水,及采用支承滚柱等等。这些措施已使感应淬火自身引起的曲轴的摆差被控制在一个比较小且稳定的范围。但是影响曲轴在感应淬火后摆差的最大因素是曲轴毛坯(铸件和锻件)的加工工艺。下面来介绍曲轴毛坯加工工艺对其感应淬火后摆差的影响。

(a) 铸造曲轴:曾对卡车 L-6 汽油机的球墨铸铁曲轴进行铸造后正火处理和铸态两种条

件对曲轴轴颈在感应淬火后的摆差试验,铸造后进行正火处理的曲轴,其毛坯摆差为2.5mm,经切削加工到感应淬火后,曲轴的摆差变得很大,且不稳定,平均为1.5mm,最大为3.53mm。但是铸态曲轴,其毛坯摆差亦为2.5mm,在感应淬火后曲轴的摆差比较稳定,平均为0.19mm,最大为0.40mm。

国内某厂轿车 L-4 汽油机的铸造曲轴亦采用铸态曲轴,其毛坯摆差为2.0mm,当机械加工到感应淬火后其摆差平均为0.18mm,最大为0.28mm。

由此可见,铸造曲轴如曲轴轴颈须感应淬火的,应采用铸态毛坯。

(b) 锻造曲轴:曾对卡车 L-6 汽油机的锻造曲轴进行过试验,曲轴在锻造后经过正火处理,为了保证发送到曲轴机加工之前的摆差为2.5mm的要求,最后采用了冷校直,之后未进行去除内应力的热处理。这些曲轴经机加工到感应淬火后,其摆差变得很大,且不稳定,平均为1.34mm,最大为2.72mm。过去在感应淬火后必须要有冷校直工序来纠正之。

现在国内某厂卡车 L-6 柴油机的锻造曲轴采用非调质钢在锻造后经过控温冷却后就能保证毛坯摆差3mm,而无需冷校直。当曲轴机加工到感应淬火后其摆差最大为1.0mm。

国内某厂轿车 L-4 汽油机的锻造曲轴采用非调质钢毛坯摆差1.8mm,当机械加工到感应淬火后其摆差最大值为0.35mm。

由此可见锻造曲轴的工艺一定要保证曲轴毛坯无内应力。

小结:曲轴毛坯加工工艺在无内应力的良好条件下,其轴颈感应淬火后的摆差见表1-4。只要能保证表1-4列出的数据,就可取消曲轴在感应淬火后采用冷校直工序。

表 1-4

车 型	曲轴感应淬火后的摆差/mm
轿 车	
L-4 铸件(圆角不淬火)	0.25~0.30
L-4 锻件(圆角不淬火)	0.30~0.35
卡 车	
L-6 铸件(圆角不淬火)	0.50
L-6 锻件(圆角淬火)	0.80~1.00

这里必须说明,卡车的锻造曲轴在感应淬火后的摆差虽然经优化后仍为0.8~1.0mm,这个摆差值还是比较大,国内外某些厂采用重新加工曲轴中心孔的工艺来降低其摆差。该工艺的原理如下:曲轴被夹在其两端轴颈上使曲轴先转动一周,测量曲轴中间主轴颈的最大摆差数值及方向,然后曲轴再转动第二周时,重新确认之;同时曲轴的最大摆差方向停在水平位置,之后曲轴被传送到下一工位准备镗削中心孔,这时曲轴朝着其摆差方向移动一个最大摆差值二分之一的距离后,曲轴的传送工作台被固定,镗削动力头开始来重新加工中心孔。用这样的重新加工出来的中心孔定位来检查曲轴摆差,就减小一半,即原来1.00mm摆差就减小为0.50mm。这时必须把轴颈余量再增大到1.00mm,就不需要冷校直工序了。

(3) 曲轴圆角滚压工序的摆差:轿车曲轴的圆角采用沉割式的,所以其圆角必须进行滚压。但是该工序属于摆差组合关系的第三类工序。

轿车 L-4 汽油机的球墨铸铁曲轴在圆角滚压前后的摆差变化情况见图1-4。

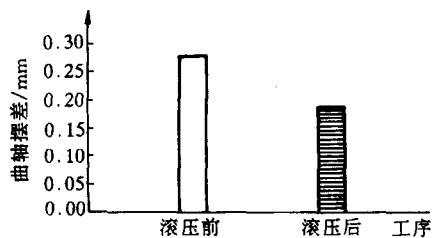


图 1-4 轿车 L-4 汽油机的球墨铸铁曲轴在圆角滚压前后的摆差

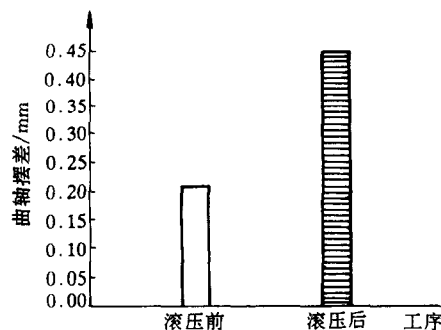


图 1-5 轿车 L-4 汽油机的锻钢曲轴在圆角滚压前后的摆差

由图可知,曲轴在滚压前最大摆差为0.28mm,而在滚压后其最大摆差为0.19mm。一般磨削余量为0.50mm,可把滚压后摆差全部磨掉。

轿车 L-4 汽油机的锻钢曲轴在圆角滚压前后的摆差变化情况见图 1-5。由图可知,曲轴在滚压前最大摆差为0.21mm,而滚压后其最大摆差为0.45mm,0.50mm 的磨削余量无法来修正此摆差。为此,圆角滚压工序必须改用圆角滚压校直工序来修正其摆差,Hegenscheidt Co. 介绍圆角滚压校直修正曲轴摆差的结果,见图 1-6。由图可知:曲轴经滚压校直后,最大摆差从0.42mm降到0.12mm。

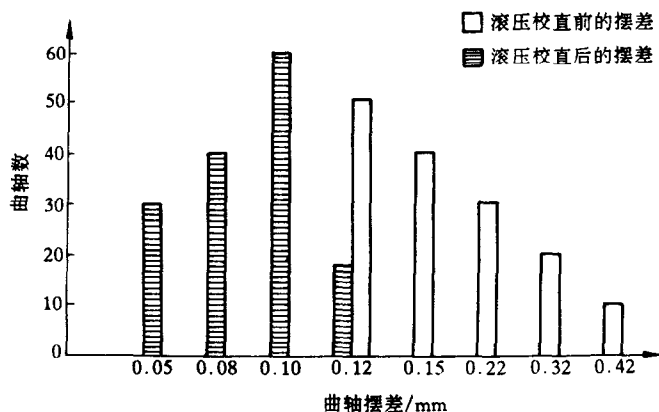


图 1-6 圆角滚压校直修正曲轴摆差的结果

这里必须指出,圆角滚压校直工艺是先对曲轴圆角滚压,之后测量曲轴摆差,然后根据测得的曲轴摆差的大小和方向,由计算机控制对曲轴圆角加压来校直曲轴,所以在圆角上不会产生拉应力而仍是压缩应力,不影响曲轴疲劳强度。

(4) 曲轴主轴颈的磨削加工工序的摆差:曲轴在感应淬火和回火后的一系列的机加工工序所产生的摆差,主要取决于主轴颈磨削加工工序(轿车曲轴工序号为130,卡车曲轴工序号为120)的摆差。因为该工序属于摆差组合关系的第三类工序,其上道工序的摆差经主轴颈磨削加工后全部被修正掉了。这时曲轴的摆差就是主轴颈磨削加工本身产生的摆差。在主轴颈磨削加工之后到曲轴最后加工的工序均属于摆差组合关系的第一类工序,这些工序本身均不

产生摆差。所以只要控制曲轴主轴颈的磨削加工工序的摆差就可以控制住曲轴最后加工后的摆差,亦即产品图纸所规定的摆差。

但是过去由于曲轴毛坯加工工艺中没有很好去除内应力,致使曲轴在淬火后的摆差得到恢复而变大,同时又采用冷校直工艺来纠正之,因此曲轴在主轴颈磨削后以及在其后的加工过程中其摆差还是不断恢复,所以过去曲轴加工工艺在其终了时还要增加最后冷校直工序,才能保证曲轴最终图纸所规定的摆差要求。

现在曲轴毛坯加工工艺已经很好地去除内应力,情况有很大改善。

曾对卡车 L-6 汽油机的球墨铸铁曲轴的中轴颈磨削加工的摆差进行试验。影响中轴颈磨削加工的摆差有两个主要因素:

(1) 该工序的工艺系统的正确调整与否。工艺系统的调整主要是指:磨床后顶尖的弹簧顶紧力和跟踪中心架的位置的调整。

(2) 该工序的磨削条件合理选择与否。我们认为磨削条件主要是不进给磨削的时间和砂轮磨多少零件应该修正。

通过一系列的试验后,正确地调整了工艺系统和修订了合理磨削条件,中轴颈在磨削后的摆差均在 0.05mm 以下。

卡车 L-6 柴油机的钢曲轴的主轴颈在多砂轮磨削加工后,其中间主轴颈的摆差为 0.05mm。

轿车 L-4 汽油机的钢曲轴的主轴颈在多砂轮磨削加工后,其中间主轴颈的摆差为 0.03~0.04mm。

轿车 L-4 汽油机的铸铁曲轴的主轴颈在多砂轮磨削加工后,其中间主轴颈的摆差为 0.03mm。

小结:曲轴毛坯加工工艺在无内应力的良好条件下,曲轴主轴颈在磨削加工后摆差见表 1-5。

表 1-5

车 型	曲轴主轴颈磨削后的摆差/mm
轿 车	
L-4 铸件	0.02~0.03
L-4 锻件	0.03~0.04
卡 车	
L-6 铸件	0.04~0.05
L-6 锻件	0.05

由表 1-5 数据可知,主轴颈磨削加工后的摆差均在 0.05mm 以下,能满足曲轴产品图纸对其摆差 0.05mm 要求而无需冷校直工序。

4) 曲轴不允许冷校直的工艺探讨:根据上面的试验和分析可得出:

(1) 由曲轴工序摆差的组合理论指出了控制曲轴摆差的主要工序是曲轴主轴颈的粗加工,曲轴轴颈的感应淬火,曲轴圆角的滚压和曲轴主轴颈的磨削加工。

(2) 曲轴毛坯在去除内应力的良好条件下, 曲轴主要工序必须要保证的摆差值(见表 1-6)。

表 1-6 曲轴不允许冷校直时其主要工序必须保证的摆差

单位: mm

车 型	毛 坯 钻中心孔	主轴颈粗加工 [轿车L-4; 车-拉] [卡车L-6; 内铣]	轴颈感应淬火	圆角滚压校直 [轿车L-4钢件]	重新加工中心孔 [卡车L-6钢件]	主轴颈磨削	备 注
轿车: L-4	铸件 ≤ 2.0	0.05~0.10	0.25~0.30	—	—	0.02~0.03	磨削余量 0.50
	钢件 ≤ 2.0	0.10~0.15	0.30~0.35	0.10~0.15	—	0.03~0.04	
卡车: L-6	铸件 ≤ 2.5	0.20~0.25	0.5	—	—	0.04~0.05	磨削余量 1.0
	钢件 ≤ 3.0	0.25~0.30	0.8~1.0	—	0.40~0.50	0.05	

(3) 必须考虑到下面的实际情况:

- (a) 曲轴毛坯内应力不可能全部去除掉。
- (b) 曲轴轴颈在感应淬火后所产生的内应力, 虽经回火处理, 但是亦不可能全部去除掉。
- (c) 工艺系统不可能长期保持在正确调整的情况。
- (d) 从曲轴结构上看, L-6 曲轴比 L-4 曲轴容易变形产生摆差。

根据我们长期的生产实践经验, 曲轴的连杆轴颈的粗加工工序(工序号 60)和磨削加工(工序号 140)按理是属于曲轴工序摆差组合关系的第一类工序, 但是由于上述种种原因, 其工序的固有摆差组合关系容易发生变化, 由第一类转变为第二类, 同时摆差值增大。试验结果见图 1-7 及图 1-8 所示。

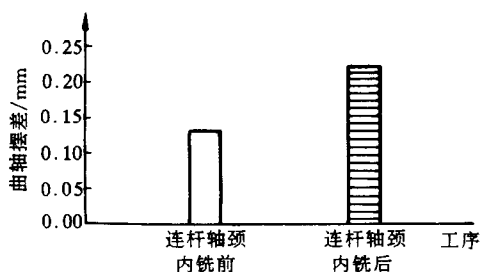


图 1-7 卡车 L-6 柴油机钢曲轴的连杆轴颈在内铣前、后的摆差

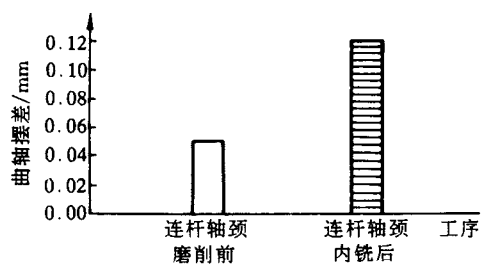


图 1-8 卡车 L-6 柴油机钢曲轴的连杆轴颈在磨削前、后的摆差

(4) 根据上面的三点, 我们就可以预测到曲轴在不允许冷校直的条件下, 其整个加工过程的最终的摆差:

(a) 轿车曲轴在不允许冷校直的要求下, 曲轴在整个加工过程中的各工序摆差及曲轴最终摆差见图 1-9。由图可知, 轿车 L-4 曲轴在加工后的最终摆差, 在不允许冷校直的要求下, 能达到其产品图所规定的摆差值 0.05mm。

(b) 卡车曲轴在不允许冷校直的要求下, 曲轴在整个加工过程中的各工序摆差及曲轴最终摆差见图 1-10。由图可知, 卡车 L-6 曲轴在加工后的最终摆差, 在不允许冷校直的要求下, 不能达到 0.05mm 的要求。如球铁曲轴只能保证 0.10mm 和锻钢曲轴只能保证 0.15mm。

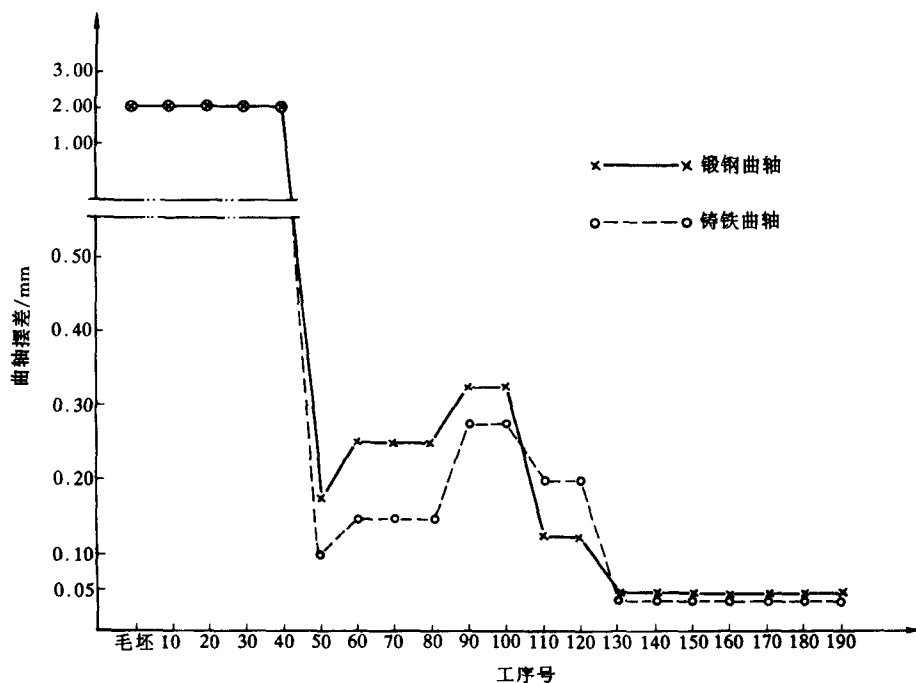


图 1-9 轿车 L-4 曲轴在整个加工过程的各工序摆差及曲轴最终摆差图
(曲轴不允许冷校直的条件下)

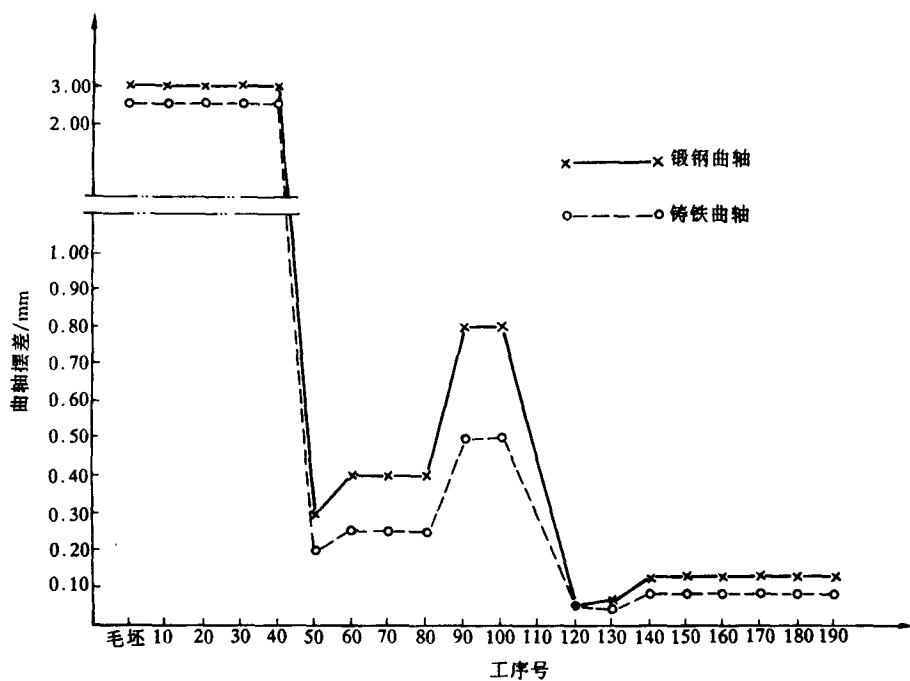


图 1-10 卡车 L-6 曲轴在整个加工过程中的各工序摆差及曲轴最终摆差图
(在曲轴不允许校直的条件下)