

汽车典型零件加工技术

任务一 曲轴零件加工技术

任务导入

曲轴是活塞式发动机的主要零件之一,其作用是将活塞的往复运动转化为旋转运动,以输出发动机的功率。

本任务以汽车发动机曲轴为例,使同学们具备制造汽车发动机曲轴的能力。

任务目标

- 掌握曲轴的结构特点及材料。
- 掌握曲轴加工的技术要求。
- 掌握曲轴加工工艺过程及其分析。

任务实施

一、曲轴的结构特点及材料

1. 曲轴的工作条件

(1)曲轴工作时要承受很大的扭转应力及大小和方向都在不断变化的弯曲应力的作用,因此曲轴应具有足够的强度和支承刚度。

(2)曲轴工作时的旋转速度很高,曲轴的轴颈和连杆轴颈需有足够的耐磨性,且曲轴的质量分布应当平衡,以防因不平衡而产生离心力使曲轴承受附加载荷。

(3)主轴颈和连杆轴颈不在同一条线上,各连杆轴颈间应有一定的角度位置要求,因此曲轴设计时应根据这些特点,正确确定其结构及尺寸、位置、形状精度,满足曲轴的使用性能要求。

2. 曲轴的结构

根据上述的使用要求及其工作条件,可以看出曲轴是一个形状复杂、结构细长、多曲拐、刚度极差、技术要求高的异形轴类零件。

3. 曲轴对材料的要求

(1)材料应具有足够的机械强度和高的疲劳强度,提高疲劳强度的措施有表面喷丸处理和液压圆角。

(2)材料应具有足够的刚度和韧性,减小曲轴挠曲变形,提高冲击韧度。

(3)具有良好的耐磨性能,表面需要氮化处理。

4. 曲轴材料

常用的曲轴材料有钢类和铸铁类。

1) 钢类

(1)优质碳素结构钢。40 钢、45 钢制曲轴,多用于小型(缸径 $D < 200$ mm)汽油发动机。大批生产时,采用整体模锻,以保持纤维组织。

(2)合金结构钢。40Cr、35CrM0A、45Mn2、50Mn、18CrNiWA 等曲轴,用于高速重载大功率柴油机。小型采用模锻,中大型用墩锻。

(3)铸钢。ZG270-500、ZG310-570、ZG25MnV 曲轴用于大型低速船用柴油机。

2) 铸铁类

(1)高强度球墨铸铁。QT600-2 曲轴具有耐磨、减振、可铸性好等特点,用于小型、中型柴油机,采用压力铸造。

(2)珠光体可锻铸铁。

(3)合金铸铁。

5. 材料和毛坯的处理

1) 加工前毛坯处理

加工前的毛坯处理可消除毛坯内应力,改善加工性能。

(1)锻件。对碳素钢、合金钢,正火处理。

(2)铸件。对铸钢,正火或回火处理;对铸铁,正火处理。

2) 粗加工后中间处理

粗加工后的中间处理可消除加工应力,稳定尺寸。

(1)对碳素钢进行退火处理。

(2)对合金钢进行调质(淬火加高温回火)处理。

(3)对铸钢、铸铁进行回火处理。

3) 精加工后表面处理

精加工后的表面处理加工可提高表面性能、硬度、疲劳强度及耐磨性。

(1)对碳素钢进行高频表面淬火。

(2)化学处理:对合金钢进行氮化;对低碳钢进行渗碳。

二、曲轴加工的技术要求

为了保证曲轴的正常工作,对曲轴规定了严格的技术要求。以图 3-1 所示曲轴为例,其加工技术要求如下:

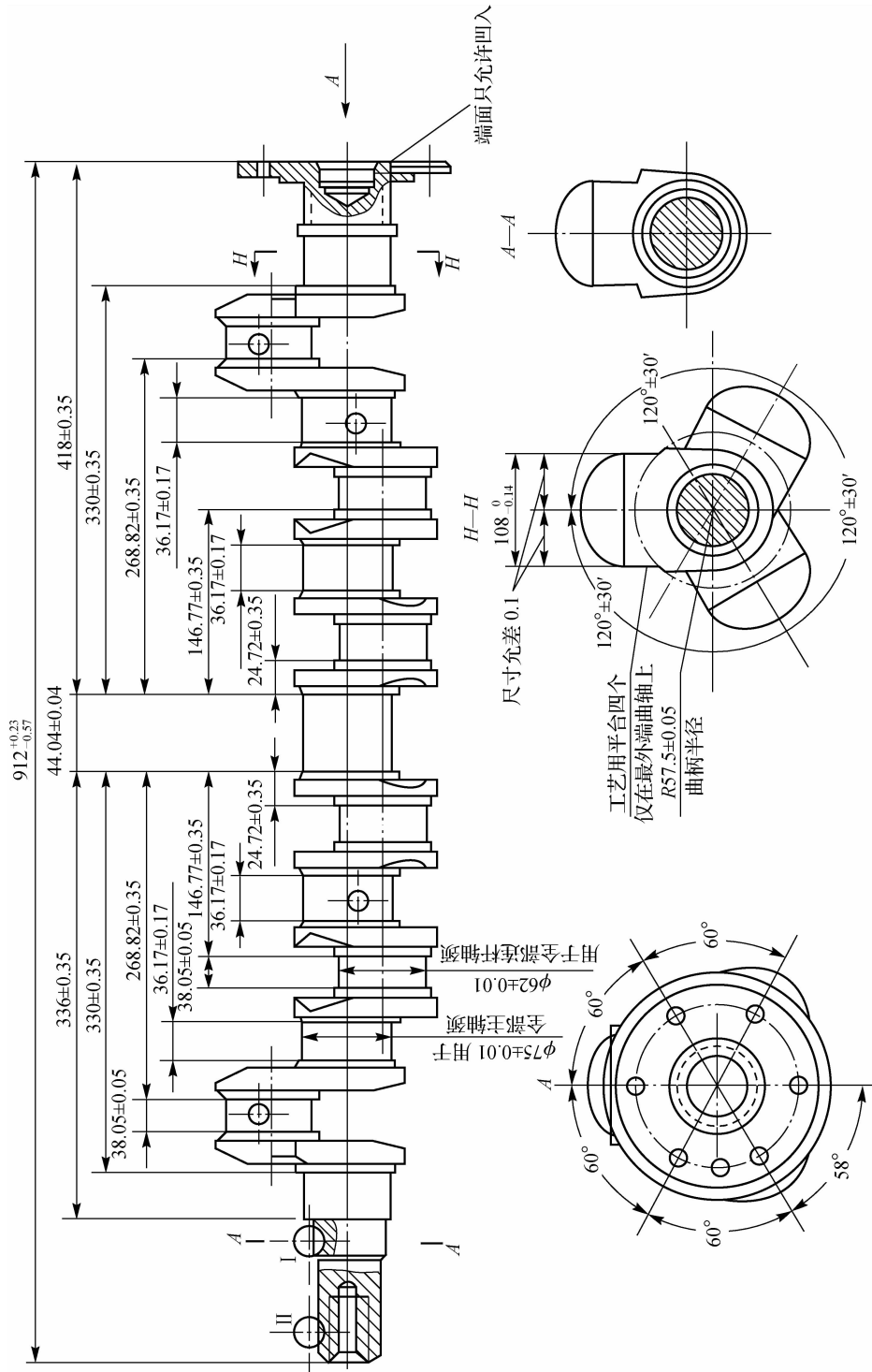


图 3-1 曲轴

(1) 主轴颈和连杆轴颈的尺寸精度通常为 IT6~IT7 级, 同轴度允许偏差为 0.015 mm, 表面粗糙度 Ra 值为 0.2~0.4 μm 。

(2) 连杆轴颈对第一、七主轴颈轴线的平行度为每 100 mm 长度上允许偏差 0.015 mm。

在用第一、七主轴颈支承时, 第四主轴颈的径向圆跳动允许偏差为 0.03 mm; 第四主轴颈的总摆差允许偏差为 0.05 mm; 装飞轮法兰盘的端面圆跳动, 每 100 mm 长度上允许偏差为 0.02 mm, 法兰盘端面只允许凹入, 平面度允许偏差为 0.1 mm。

(3) 各连杆轴颈之间的角度偏差为 $30'$ 。

(4) 各轴颈端面的轴向位置精度为 ± 0.35 mm(钢)和 ± 0.5 mm(球墨铸铁)。

(5) 主轴颈和连杆轴颈的径向尺寸及公差, 主轴颈为 $\phi 75 \pm 0.01$ mm, 连杆轴颈为 $\phi 62 \pm 0.01$ mm。主轴颈和连杆轴颈的宽度尺寸及公差, 第四主轴颈为 $44^{+0.08}_0$ mm, 第七主轴颈为 $38^{+0.34}_0$ mm, 第二、三、五、六主轴颈为 $36^{+0.34}_0$ mm, 六个连杆轴颈均为 $38^{+0.1}_0$ mm。

(6) 曲柄半径的尺寸精度(球墨铸铁)为 (57.5 ± 0.05) mm。

(7) 主轴颈、连杆轴颈圆柱度要求均为 0.005 mm。

(8) 主轴颈、连杆轴颈与曲柄连接圆角半径为 (3 ± 0.5) mm, 表面粗糙度 Ra 值不大于 0.4 μm 。

(9) 曲轴整体需经动平衡处理, 动平衡精度小于 100 g·cm。

(10) 主轴颈和连杆轴颈需经表面热处理, 轴颈表面热处理后硬度为 45~50 HRC。

(11) 曲轴需经磁力探伤检查及退磁处理。

除以上要求外, 对正时齿轮轴颈和带轮轴颈尺寸公差、表面粗糙度, 正时齿轮轴颈端面的表面粗糙度、端面圆跳动的公差, 正时齿轮轴颈径向圆跳动公差, 带轮轴颈径向圆跳动公差都有相应的要求。同时, 为保证配合相位和控制点火时间, 对安装正时齿轮的键槽及法兰盘上的六个螺孔, 也都有位置度要求。

三、曲轴加工工艺分析与工艺过程

1. 曲轴加工工艺分析

1) 曲轴加工的工艺特点

(1) 曲轴形状复杂。连杆轴颈和主轴颈不在同一轴线上, 用偏心夹具或采用回转刀具加工。各曲柄不在同一平面内, 而是在空间呈某一夹角分布, 加工采用分度定位。

(2) 刚度差。曲柄的长径比较大($L/d=10\sim 15$), 并且有曲拐, 刚度差, 容易产生弯曲变形和扭转变形。加工时采取以下措施减小刚度差对加工的影响:

- ① 可用中间托架来增强刚度, 减少变形和振动。
- ② 采用具有双边传动或中间传动的高刚度机床进行加工。
- ③ 采用小切削量, 加工尽量靠近夹紧面。
- ④ 合理安排工位顺序以减少加工变形。

(3) 技术要求高。曲轴加工面多, 工艺路线长, 而且磨削工序占相当大的比例。

2) 定位基准选择

根据以下原则选择定位基准:

- (1) 基准统一原则。加工各主轴颈, 以顶针孔为定位基准。
- (2) 基准重合原则。加工各连杆轴颈, 以主轴颈为定位基准。

3) 主要加工阶段

曲轴加工顺序为:先基准,后其他;先粗加工,后精加工。其主要加工阶段如下:

- (1)粗加工。加工定位基准(打顶针孔),粗加工主轴颈、连杆轴颈和曲柄。
- (2)半精加工。中间热处理(退火),精加工定位基准,钻油孔。
- (3)精加工。精磨各主轴颈及连杆轴颈,表面处理为氮化,提高表面疲劳强度和耐磨性。
- (4)超精加工。各轴颈抛光。

2. 曲轴加工工艺过程

表 3-1 所示为汽车发动机曲轴(见图 3-1)加工工艺过程。

表 3-1 汽车发动机曲轴加工工艺过程

序号	工序内容	设 备
1	铣端面,打中心孔	铣端面、钻孔专用机床
2	在第五、六曲柄臂上铣工艺定位面	铣床
3	粗车主轴线上所有轴颈,端面、轴肩及平衡块靠主轴颈一侧的侧面	曲轴主轴颈车床
4	中间检查	
5	精车第一、三、四、六主轴颈,齿轮轴颈,带轮轴颈	曲轴数控车床
6	精车第二、五、七主轴颈,油封轴颈,法兰外圆及端面	主轴颈车床
7	中间检查	游标卡尺
8	粗磨第四主轴颈外圆,保证第四主轴颈开档宽度	曲轴磨床
9	粗磨第二、六主轴颈的外圆,保证第二、六主轴颈开档宽度及第四主轴颈端面到第二、六主轴颈端面的距离	双砂轮架曲轴主轴颈磨床
10	粗磨第一、五主轴颈外圆,保证第五主轴颈开档宽度	双砂轮架曲轴主轴颈磨床
11	粗磨第三、七主轴颈外圆,保证第三、七主轴颈开档宽度	双砂轮架曲轴主轴颈磨床
12	在第一、十二曲柄臂的两侧铣定位基准面,在第一平衡块上铣定位基准面,保证两定位基准面的距离	曲轴定位面铣床
13	同时车削六个连杆轴颈,并检验车削两侧夹板面	连杆轴颈车床
14	粗磨六个连杆轴颈外圆,保证连杆轴颈开档宽度	连杆轴颈车床
15	在法兰端面上钻、铰工艺孔	钻床
16	在油封轴颈上铣右向回油螺纹	回油螺纹铣床
17	在六个连杆轴颈上钻直孔	组合直孔钻床
18	在第一、二、三、五、六、七主轴颈上铰球窝孔	组合直孔钻床

续表

序号	工序内容	设 备
19	从第三、五主轴颈上的球窝孔向第三、四连杆轴颈钻斜油孔,保证油孔入口处壁厚与出口处的壁厚,在法兰端面上钻黄油孔	深孔组合钻床
20	从第二、六主轴颈上的球窝孔向第二、五连杆轴颈上的直孔钻油道孔,要求该孔与直孔正交接通	深孔组合钻床
21	从第一、七主轴颈上的球窝孔向第一、六连杆轴颈钻油道孔	深孔组合钻床
22	中间检验	外径千分尺
23	将主轴颈、连杆轴颈表面进行淬火处理	特种淬火机
24	半精磨第四主轴颈外圆,保证第四主轴颈开档宽度	双砂轮主轴颈磨床
25	半精磨第一、七主轴颈外圆,保证第七主轴颈开档宽度	双砂轮曲轴主轴颈磨床
26	精磨六个连杆轴颈外圆,保证连杆轴颈开档宽度	曲轴连杆轴颈磨床
27	精磨第四主轴颈外圆,保证第四主轴颈开档宽度	曲轴主轴颈磨床
28	精磨第一主轴颈、齿轮轴颈、带轮轴颈	斜砂轮架磨床
29	精磨第二、三、五、六主轴颈的外圆,保证第二、三、五、六主轴颈开档宽度	主轴颈跳档磨床
30	精磨第七主轴颈外圆,保证第七主轴颈开档宽度	曲轴主轴颈磨床
31	精磨油封轴颈	曲轴主轴颈磨床
32	对油封轴颈上无螺纹部分进行抛光	油颈抛光机
33	精磨法兰外圆	主轴颈磨床
34	在齿轮轴颈和带轮轴颈上同时铣键槽	曲轴键槽专用铣床
35	两端孔的加工	两端孔组合机
36	中间检验	外径千分尺
37	去所有主轴颈、连杆轴颈两侧面毛刺,在第一、二、三、五、六、七主轴颈油孔口倒角,去净孔口毛刺,在所有连杆轴颈上直孔孔口倒角,去净毛刺	风动砂轮机
38	检查曲轴初始不平衡量,对超过 $10\ 000\ \text{mg} \cdot \text{m}$ 的曲轴颈去重	曲轴动平衡自动线
39	根据动平衡测量结果钻去重孔,在第三、十、十一曲柄臂中央平面内去重	曲轴动平衡自动线

续表

序号	工序内容	设 备
40	根据动平衡结果,在第二、五、八曲柄臂中央平面内去重	曲轴动平衡自动线
41	冲洗曲轴,去除钻屑	曲轴动平衡自动线
42	检验残余动不平衡量	曲轴动平衡自动线
43	对上道工序残余动不平衡量超差的曲轴先检查其两端的动不平衡量,然后根据检测结果去重,在下道工序进行。最后复检残余不平衡量,直至合格	曲轴动平衡机
44	根据上道工序检测结果,对动不平衡量超差的曲轴去重	去重孔钻床
45	检查第二、四、六主轴颈外圆摆差,若大于 0.04 mm,则进行校直,第四主轴颈摆差大于 0.30 mm 的曲轴,不予校直	油压机
46	精车法兰外端面,切孔内退刀槽	曲轴端面车床
47	精车法兰外端面及加工轴承孔	曲轴专用车床
48	在法兰端面上扩孔、镗孔、铰孔	曲轴轴承孔专用车床
49	粗抛光所有主轴颈、连杆轴颈外圆	曲轴油石抛光机
50	精抛光所有主轴颈、连杆轴颈外圆	曲轴砂带抛光机
51	抛光主轴颈上油孔口、倒角面	风动砂轮机

拓展训练

一、填空题

(1) 曲轴工作时要承受很大的_____及_____和_____都在不断变化的弯曲应力的作用,因此曲轴应具有足够的强度和支承刚度。

(2) ZG270-500、ZG310-570、ZG25MnV 曲轴用于_____。

(3) 连杆轴颈和主轴颈不在同一轴线上,用_____或_____加工。

(4) 精加工各连杆轴颈,以为_____做定位基准。

(5) 曲轴需经_____检查及退磁处理。

二、选择题

(1) 用于汽油机的小型发动机(缸径 $D \leq 200$ mm)的曲轴,大批生产时毛坯采用()。

A. 自由锻

B. 铸造

C. 整体模锻

(2)用于大型低速船用柴油机的曲轴,毛坯采用()。

A. 自由锻 B. 铸造 C. 整体模锻

(3)若曲轴材料选用铸铁,则毛坯制造形式为()。

A. 锻造 B. 切削加工 C. 铸造

(4)曲轴主轴颈最终热处理为()。

A. 调质 B. 退火 C. 表面淬火

(5)粗抛光所有主轴颈、连杆轴颈外圆所用的设备为()。

A. 曲轴油石抛光机 B. 曲轴砂带抛光机 C. 油颈抛光机

三、判断题

(1)曲轴的作用是将活塞的往复运动变为旋转运动,以输出发动机的功率。()

(2)曲轴的轴颈和连杆轴颈需有足够的耐磨性,且曲轴的质量分布应当平衡,以防因不平衡而产生离心力使曲轴承受附加载荷。()

(3)曲轴是一个形状复杂、结构细长、多曲拐、刚度极差、技术要求高的异形轴类零件。()

(4)粗加工后的中间处理可消除毛坯内应力,改善加工性能。()

(5)精加工后的表面处理加工可提高表面性能、硬度、疲劳强度及耐磨性。()

任务二 精密偶件加工技术

任务导入

发动机的三对精密偶件是柱塞与柱塞套、出油阀和阀芯、油嘴和油针,它们是配对研磨的,因而称为偶件,它们之间是唯一的,不能与其他的互换。

本任务以喷油泵柱塞偶件为例使同学们具备制造汽车精密偶件的能力。

任务目标

- 掌握柱塞偶件的结构特点及材料。
- 掌握柱塞偶件加工的技术要求。
- 掌握柱塞偶件加工分析与工艺过程。

任务实施

一、柱塞偶件加工前认识

1. 柱塞偶件的工作条件

(1)喷油泵柱塞偶件是指配对的柱塞与柱塞套,是柴油机燃油系统三大精密偶件之一,柱塞在油泵凸轮作用下在柱塞套内高速往复运动,将燃油增压,P型泵可达 110 MPa,并在

规定时间内开始压油或泄油。

(2) 柱塞偶件承受高的机械负荷,由凸轮驱动将燃油增压,回程靠弹簧力;高速往复运动时摩擦产生热量使柱塞的温度较高。

2. 柱塞偶件对材料的要求

制造柱塞偶件的材料应具有高的机械强度、足够的刚度和良好的韧性;应具有高的耐磨性、耐蚀性和小的热膨胀系数,金相组织稳定及可加热性好。

3. 柱塞偶件材料与毛坯

柱塞偶件的常用材料为合金工具钢(如 CrWMn)、滚动轴承钢(GCr15)等,硬度要求 62~65 HRC。常用毛坯为棒料或模锻件。

二、柱塞偶件加工的技术要求

柱塞偶件加工精度要求高,对密封性、滑动性、可靠性及寿命等性能有严格规定,因而加工工艺复杂,对工艺装备精度要求高,夹具要求精密。对中、小型喷油泵,柱塞偶件的径向配合间隙要求为 $1.5\sim 4\ \mu\text{m}$ 。这样高的配合精度,很难达到完全互换的要求,因此,在实际生产中,是用放大偶件各自的制造公差,然后根据生产批量的大小,选用单件选配法或分组选配法来保证偶件的装配要求的。

柱塞套及柱塞加工的技术要求如图 3-2 所示。

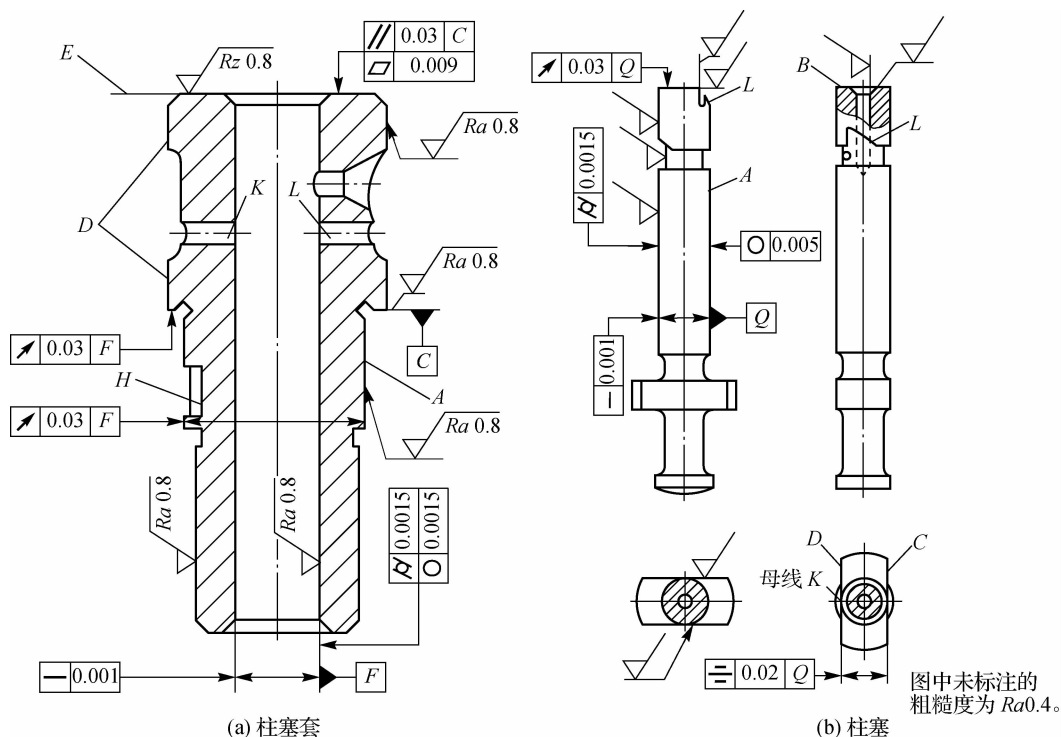


图 3-2 柱塞套及柱塞加工的技术要求

1. 尺寸和形状精度要求

(1) 柱塞套内圆表面要求圆度和圆柱度误差小于 $0.0015\ \text{mm}$,直线度误差应小于 $0.001\ \text{mm}$ 。

(2) 柱塞外表面要求圆度误差小于 0.005 mm, 圆柱度误差小于 0.001 5 mm, 轴线的直线度公差为 0.001 mm; 柱塞螺旋槽的几何形状偏差应不大于 ± 0.015 mm (在斜槽每 10° 转角上)。

2. 位置精度要求

(1) 柱塞套与泵体配合的外圆表面对内圆表面轴线的径向圆跳动公差为 0.03 mm。

(2) 柱塞顶端面 B 对柱塞外圆表面轴线 Q 的轴向圆跳动公差为 0.03 mm。

3. 表面粗糙度要求

(1) 柱塞套内圆表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \mu\text{m}$ 。

(2) 柱塞外圆表面粗糙度 Ra 值为 $0.4 \mu\text{m}$ 。

三、柱塞偶件加工工艺分析与工艺过程

1. 柱塞套加工工艺分析与工艺过程

1) 柱塞套加工工艺分析

(1) 柱塞套的工艺特点是结构形状较为简单, 但各表面精度要求较高。

(2) 加工分为三个阶段: 粗加工, 精加工和光整加工, 中间有热处理。

(3) 粗基准为毛坯外圆面; 精基准为中孔、大外圆及凸肩平面。

(4) 选用新一代 BKMT-20 型微机控制半自动柱塞套内孔磨床, 尺寸精度可达 0.015 mm, 圆度误差可达 0.008 mm, 直线度误差为 0.001 mm, 表面粗糙度 Ra 值为 0.32 mm。选用 SCY-6016B 型卧式珩磨机磨孔, 珩磨条选择 W40~W63 立方氮化硼。

2) 柱塞套加工工艺过程

表 3-2 所示为柱塞套加工工艺过程。

表 3-2 柱塞套加工工艺过程

工序号	工序主要内容	定位基准	机床设备
1	粗车外圆、端面	毛坯外圆	枪孔钻床
2	钻、铰中孔	大外圆	车床
3	精车外圆	中孔	车床
4	铣键槽	大外圆及凸肩平面	立式铣床及专用夹具
5	钻、扩、铰油孔, 铰锥孔	大外圆、凸肩平面及键槽	台钻、钻模
6	检验		
7	热处理		
8	粗、精磨中孔	中孔(自为基准)	专用磨床
9	粗、精磨各级外圆	中孔	外圆磨床
10	粗、精磨各级外圆、凸肩平面	中孔	外圆磨床
11	粗、精磨大端平面	大外圆及凸肩平面	平面磨床
12	探伤检验		探伤仪
13	时效热处理		
14	粗、精珩磨	大外圆	珩磨机
15	抛光	大外圆	专用设备

2. 柱塞加工工艺分析与工艺过程

1) 柱塞加工工艺分析

(1) 柱塞的加工特点是结构较为复杂,要求表面加工精度较高。

(2) 加工分为五个阶段:粗加工、半精加工、精加工、抛光和光整加工。

(3) 定位基准。柱塞各级外圆加工采用头尾两端顶尖孔为基准;螺旋槽采用工件外圆面或顶尖孔及法兰平面为基准;法兰平面加工用工件外面或顶尖孔和另一个法兰平面为基准。

(4) 柱塞的研磨。主要有手工研磨和机械研磨两种。机械研磨机工作时,将柱塞斜置在隔板的空格内,上研磨盘对工件施加压力,电动机通过带轮、蜗杆、齿轮组使下研磨盘旋转。同时蜗轮带动隔板做偏心运动。由此可见,柱塞具有滚动性和滑动性两种运动。机械研磨机每次研磨时间为 10~15 min,主要将大部分余量磨去,并控制柱塞的形状误差。研磨前应检查研磨盘的平面度,并进行修理。柱塞外圆尺寸应经过检测,并使大尺寸的柱塞均匀分布在研磨盘上。

一般机械研磨后再进行手工研磨,以修正柱塞在研磨机上未能消除的形状误差。

(5) 柱塞、柱塞套插配互研。插配互研是指以精研后的柱塞为基准研磨柱塞套。在精研过程中,通过柱塞套的试插,逐步研磨,直至柱塞能全部插入柱塞套。

2) 柱塞加工工艺过程

表 3-3 所示为柱塞加工工艺过程。

表 3-3 柱塞加工工艺过程

工序号	工序主要内容	定位基准	机床设备
1	粗车外圆及端面、凸肩等	毛坯外圆	车床
2	打顶针孔	外圆 E	专用钻床
3	铣法兰两侧面 C、D	外圆 A	立式铣床
4	退火处理		
5	精车外圆及端面、凸肩等	外圆 A、顶针	车床
6	修整顶针孔	外圆 A	专用钻床
7	粗磨外圆 A	外圆 A	立式铣床
8	精铣法兰两侧面 C、D	外圆 A	立式铣床
9	铣上、下螺旋槽 L	顶针孔、法兰侧面	铣床
10	钻、铰 $\phi 1.5$ 、 $\phi 0.5$ 孔	外圆 A 及法兰平面	台钻
11	检验		
12	热处理		
13	清洗、修整顶针孔		
14	半精磨外圆、端面、法兰侧面	外圆 A	外圆磨床
15	时效处理		

续表

工序号	工序主要内容	定位基准	机床设备
16	精磨外圆、端面、法兰侧面	顶尖孔、法兰平面	外圆磨床
17	磨上、下螺旋槽 L	顶尖孔、法兰平面	工具磨床、专用夹具
18	检验		
19	半精研及精研外圆		研磨机、柱塞研具
20	柱塞与柱塞套插配互研、检验		

拓展训练

一、填空题

- 喷油泵柱塞偶件是指配对的_____与_____。
- 喷油泵柱塞偶件柱塞在油泵_____作用下,在柱塞套内_____高速运动。
- 喷油泵柱塞偶件材料应具有高的_____、足够的_____和良好的韧性。
- 柱塞各级外圆加工采用头尾两端_____为基准;螺旋槽采用工作外圆面或顶尖孔及_____为基准。
- 在实际生产中,是用放大偶件各自的制造公差,然后根据生产批量的大小,选用单件_____或分组_____来保证偶件的装配要求的。

二、选择题

- 柱塞套中的油孔采用的工艺为()。

A. 钻—粗铰—精铰 B. 钻—扩—精铰 C. 钻—扩—铰
- 柱塞套各外圆加工工艺为()。

A. 粗车—精车—粗磨—精磨 B. 粗车—精车—磨 C. 粗车—精车
- 柱塞外圆加工工艺为()。

A. 粗车—精车—粗磨—精磨 B. 粗车—精车—粗磨—精磨—研磨 C. 粗车—精车—磨
- 柱塞外圆加工分()。

A. 三个阶段 B. 四个阶段 C. 五个阶段
- 柱塞偶件的材料常采用()。

A. 铸铁 B. 铝合金 C. 工具钢

三、判断题

- CrWMn 是柱塞偶件的常用材料之一。 ()
- 对中、小型喷油泵,柱塞偶件的径向配合间隙要求为 $1.5\sim 4\ \mu\text{m}$ 。 ()
- 柱塞套的工艺特点是结构形状较为简单,但各表面精度要求较高。 ()
- 粗、精磨中孔用外圆磨床。 ()
- 粗、精珩磨用珩磨机。 ()

任务三 箱体类零件加工技术

任务导入

汽车箱体类零件是机器或部件的基础件。它将机器或部件中的轴、轴承、套和齿轮等零件按照一定的相互位置关系连接在一起,使其按照一定的传动关系协调地运动。因此,箱体类零件的加工质量,不但直接影响机器的装配精度和运动精度,而且影响机器的工作精度、使用性能和寿命。气缸体是典型的箱体类零件。

本任务以气缸体加工为例使同学们具备制造箱体类零件的能力。

任务目标

- 掌握气缸体的结构特点及材料。
- 掌握气缸体加工的技术要求。
- 掌握气缸体加工工艺过程及其分析。

任务实施

一、气缸体加工前认识

1. 气缸体的工作条件

(1)气缸体是汽车发动机的基础和骨架,它不仅承受高温、高压气体的作用,而且发动机几乎所有零件都安装其上。气缸体应保证各运动部件之间有准确的位置和运动关系,提供各种设施的安装基准面和发动机的安装基准。

(2)气缸体上要加工出气道、水道、油道,以保证发动机换气、冷却、润滑的需要。因此,设计时应保证气缸体具有足够的强度和刚度,结构紧凑,重量轻,同时要保证气缸体具有良好的密封性和抗腐蚀性。

2. 气缸体对材料的要求

气缸体材料应具有高的机械强度、足够的刚度和良好的韧性及抗振性;应具有良好的耐磨性、耐热性、铸造性、焊接性和加工性。

3. 气缸体材料与毛坯

1) 气缸体材料

气缸体常用材料如下:

(1)铸铁。一般常用珠光体灰铸铁 HT200、HT250,硬度为 163~241 HBW,具有韧性好、耐磨性好、加工性好的特点。铸铁气缸体用于中小型内燃机,多用砂型铸造,大批量生产用金属模铸造。

(2)合金铸铁。在铸铁中加入碳、硅、锰、铬、镍、铜等元素,提高材料的耐热性、耐磨性、耐腐蚀性,并改善铸造性。合金铸铁气缸体多用于中型内燃机,多用砂型或金属模铸造。

(3)铸铝合金。铸铝合金气缸体用于小缸径、轻型高速内燃机,多用金属模低压铸造。

(4)铸、焊结合结构。如 ZG230—450 铸件和 Q345 钢板焊接而成的缸体,用于大型重载内燃机。

2) 气缸体的毛坯

气缸体的毛坯加工前需进行时效处理,以消除铸件的内应力及改善材料的力学性能。

二、气缸体加工的技术要求

气缸体是一种很复杂的箱体类零件,也是汽车上最重要、结构最复杂、加工难度最大、工艺流程最长的一个零件。其主要加工面是三大平面(作为其他零部件的装配基准)和三大孔系(气缸孔、主轴承孔、凸轮轴轴承孔),还有油道孔和螺栓孔,主要加工表面要求精度高、粗糙度小。

气缸体的技术要求如图 3-3 所示。

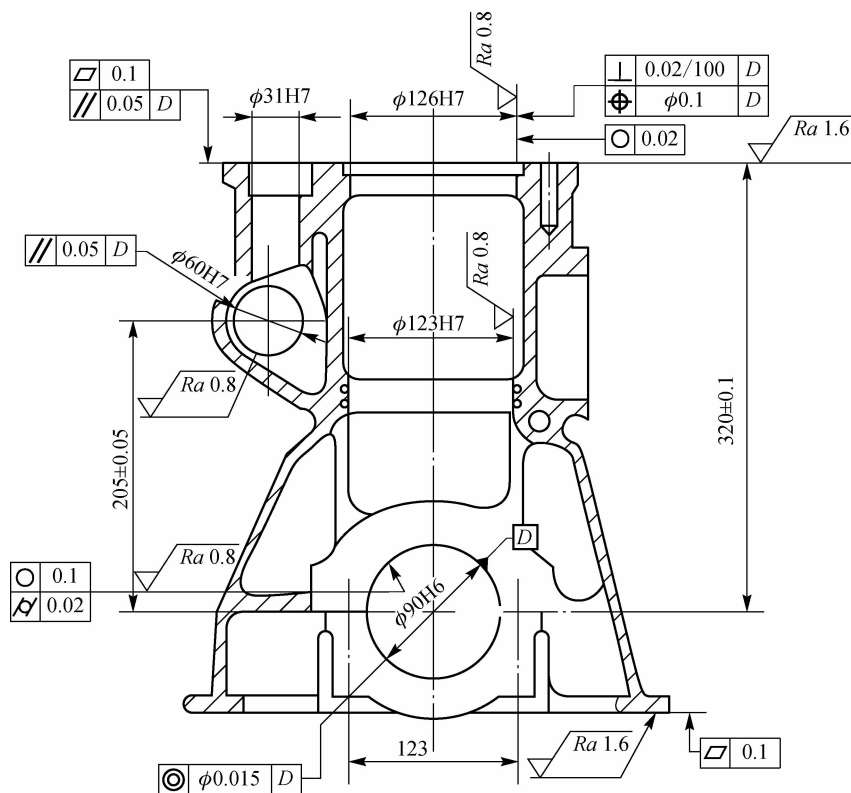


图 3-3 气缸体的技术要求

1. 尺寸和形状精度要求

(1)各气缸孔尺寸精度为 IT6~IT7,对 110 型柴油机,上部直径为 $\phi 126H7 (+0.031/0)$ mm,表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \mu\text{m}$,加工采用精镗。

(2)主轴承孔尺寸精度一般为 IT5~IT6,对 110 型柴油机为 $\phi 90H6 (+0.022/0)$ mm,表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \mu\text{m}$,加工采用精镗,瓦盖口为 $\phi 123H7$ mm。

(3)凸轮轴轴承孔尺寸精度一般为 IT6~IT7,对 110 型柴油机为 $\phi 60H7 (+0.030/0)$ mm,表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \mu\text{m}$,加工采用精镗。

(4)曲轴孔中心到凸轮轴轴承孔中心距离为 205 ± 0.05 mm,到气缸体顶平面为 320 ± 0.1 mm。

2. 位置精度要求

(1)主轴承孔的同轴度误差小于 0.015 mm。

(2)各气缸孔轴线对主轴承孔的垂直度误差在 100 mm 长度上小于 0.02 mm。位置度误差不大于 0.1 mm。

(3)凸轮轴孔轴线对主轴承孔轴线的平行度误差小于 0.05 mm。

(4)缸体顶平面对主轴承孔轴线的平行度误差小于 0.05 mm。

3. 形状精度要求

(1)各气缸孔的圆度误差小于 0.02 mm,主轴承孔的圆度误差小于 0.1 mm,圆柱度误差不大于 0.02 mm。

(2)上、下平面的平面度误差小于 0.1 mm。

三、气缸体加工工艺分析与工艺过程

1. 气缸体加工工艺分析

1) 基准选择

(1)粗基准选择。一般选取缸体两端的主轴承孔和气缸孔的中心线作为缸体加工的粗基准。选择粗基准时要保证以后加工的各主要表面都能得到比较均匀的加工余量。

(2)精基准选择。应尽量使定位基准与设计基准重合;应尽量使各工序尽可能采用统一的基准,以减少安装误差。

2) 加工阶段划分

(1)外形各面及定位基准面的加工。

(2)重要孔的粗加工、半精加工,主油道孔及其他深孔加工。

(3)一般孔及次要表面的加工。

(4)主要孔的精加工及其中某些孔的光整加工。

3) 确定加工顺序

按以下原则确定加工顺序:先面后孔原则,先粗后精原则,先主后次原则,基准先行原则。

2. 气缸体加工工艺过程

表 3-4 所示为气缸体加工工艺过程。

表 3-4 气缸体加工工艺过程

工序号	工序内容	机床设备	工、夹具
1	粗铣气缸体上平面、下平面	龙门铣床	铣刀
2	铣定位凸台,粗铣两侧面	双面卧式四轴组合铣床	铣刀
3	半精铣上平面、下平面,粗铣主轴承对口面	平面卧式铣床	双铣刀
4	精铣下平面	龙门铣床	

续表

工序号	工序内容	机床设备	工、夹具
5	钻、扩、铰下平面的定位销孔	钻床	钻模
6	粗铣轴承座,半精铣轴承	平面立式铣床	铣刀
7	粗、精铣前、后端平面	卧式双轴铣床	
8	精铣左、右两侧平面	双面卧式四轴组合铣床	
9	钻主油道深孔	钻床	深孔加长钻头
10	粗镗轴承半圆孔、凸轮轴孔	镗床	镗模
11	精铣轴承座、分开面、瓦口	铣床	
12	铣轴承座两侧面、止推面、止推槽	铣床	
13	钻主油道孔,钻斜油孔	铣床	钻模
14	钻轴承座螺纹底孔, 钻缸体下平面螺纹底孔	钻床	钻模
15	钻挺柱孔	钻床	钻模
16	镗挺柱孔	镗床	镗模
17	试漏	专用试压装置	扳手
18	精镗气缸孔	专用立式镗床	
19	镗水套孔	镗床	
20	钻上平面孔,扩、铰、攻、铰挺柱孔	专用镗床	
21	组装轴承盖及油泵托架	专用镗床	镗模镗杆
22	半精镗三轴孔	专用镗床	镗模镗杆
23	精镗三轴孔	专用镗床	镗模镗杆
24	精镗止推面,精铣前、后端面, 钻、攻前、后端面螺孔	镗床	
25	精铣上平面	铣床	
26	精镗气缸孔及密封槽	专用镗床	
27	镗气缸孔止口		
28	清洗、检查入库		

拓展训练

一、填空题

(1)气缸体一般常用珠光体灰铸铁 HT200、HT250,硬度为 163~241 HBW,具有韧性好、耐磨性好、加工性好的特点,用于中小型内燃机,多用_____铸造,大批量生产用_____铸造。

- (2) 铸造毛坯加工前需_____,以消除铸件的内应力及改善材料的力学性能。
- (3) 气缸体三大孔系分别为_____、_____和_____。
- (4) 气缸体主轴承孔尺寸精度一般为_____。

二、选择题

- (1) 铣定位凸台,粗铣两侧面的设备为()。
- A. 双面卧式四轴组合铣床 B. 平面卧式铣床 C. 龙门铣床
- (2) 粗铣气缸体上平面、下平面的设备为()。
- A. 双面卧式四轴组合铣床 B. 平面卧式铣床 C. 龙门铣床
- (3) 半精铣上平面、下平面,粗铣主轴承对口面的设备为()。
- A. 双面卧式四轴组合铣床 B. 平面卧式铣床 C. 龙门铣床
- (4) 精铣下平面的设备为()。
- A. 双面卧式四轴组合铣床 B. 平面卧式铣床 C. 龙门铣床
- (5) 精镗气缸孔的设备为()。
- A. 专用立式镗床 B. 专用镗床 C. 镗床

三、判断题

- (1) 气缸体上要加工出气道、水道、油道,以保证发动机换气、冷却、润滑的需要。 ()
- (2) 铸铝合金气缸体,用于小缸径、轻型高速内燃机,金属模低压铸造。 ()
- (3) 一般选取缸体两端的主轴承孔和气缸孔的中心线作为缸体加工的粗基准。 ()
- (4) 组装主轴承盖及油泵托架所用工具为镗模镗杆。 ()
- (5) 精镗三轴孔所用设备为专用镗床。 ()

任务四 叉架类零件加工技术



任务导入

汽车中的叉架类零件主要有减速器中的拨叉、发动机的连杆等。连杆的制造精度、产品的内在和外在工作质量都将直接影响发动机的整体性能和水平。连杆在发动机的高速运转过程中,内部产生高额交变应力,它要承受缸内气体爆破的冲击压力和曲轴扭转时的惯性拉力,每个循环中拉力和压力两次交替。当汽车发动机转速为 3 000~5 000 r/min 时,其受力频率是非常高的。由于连杆在高速转动的疲劳负荷下工作,因而对连杆的强度要求相当高。

本任务以连杆加工为例使同学们具备制造叉架类零件的能力。

任务目标

- 掌握连杆的结构特点及材料。
- 掌握连杆加工的技术要求。
- 掌握连杆加工工艺过程及其分析。

任务实施

一、连杆加工前认识

1. 连杆的工作条件

(1) 连杆是内燃机的重要运动件之一,它把活塞与曲轴连接起来,使活塞的往复运动(小头)变为曲轴的回转运动(大头)。杆身做复合平面运动,轨迹为椭圆。

(2) 工作时,连杆承受大小、方向为周期性变化的动载荷。

2. 连杆对材料的要求

连杆材料应具有较高的机械强度和刚度,以及较高的抗疲劳强度;为减小惯性力,尽量减轻杆身重量。

3. 连杆材料与毛坯

(1) 杆身与端盖材料。杆身与端盖通常采用相同的材料。对中高速柴油机连杆,采用中碳钢、45 钢,精选碳的质量分数为 0.42%~0.47%;毛坯整体模锻,正火处理,加工中间采用退火处理。对重载内燃机连杆,采用中碳合金钢、40Cr、35CrNiWA 等,毛坯整体模锻,正火处理,加工中间采用调质处理,提高强度和抗冲击能力。近年来,也有用球墨铸铁制造连杆的。

(2) 连杆螺栓材料。连杆螺栓常采用中碳合金钢、35CrMo、20CrNi、18CrNiWA 等材料,锻造,表面调质处理,提高强度和韧性,进行探伤、螺纹镀铜、防松处理。

(3) 连杆小头衬套材料。连杆小头衬套一般采用锡青铜、Cu-Sn 合金、ZCuSn10Pb1 等材料。

(4) 连杆大头薄壁轴瓦、瓦背材料。大头薄壁轴瓦一般采用 10 钢、15 铜(低碳钢),瓦背镀锡,内表面浇铸锡基白合金 ZSnSb11-6 或铅基铜铅合金 ZCuPb30,厚度为 0.3~0.7 mm。

二、连杆加工的技术要求

连杆需加工表面有大、小头孔,螺栓孔,大、小头端面,大头接合面。连杆加工的技术要求如图 3-4 所示。

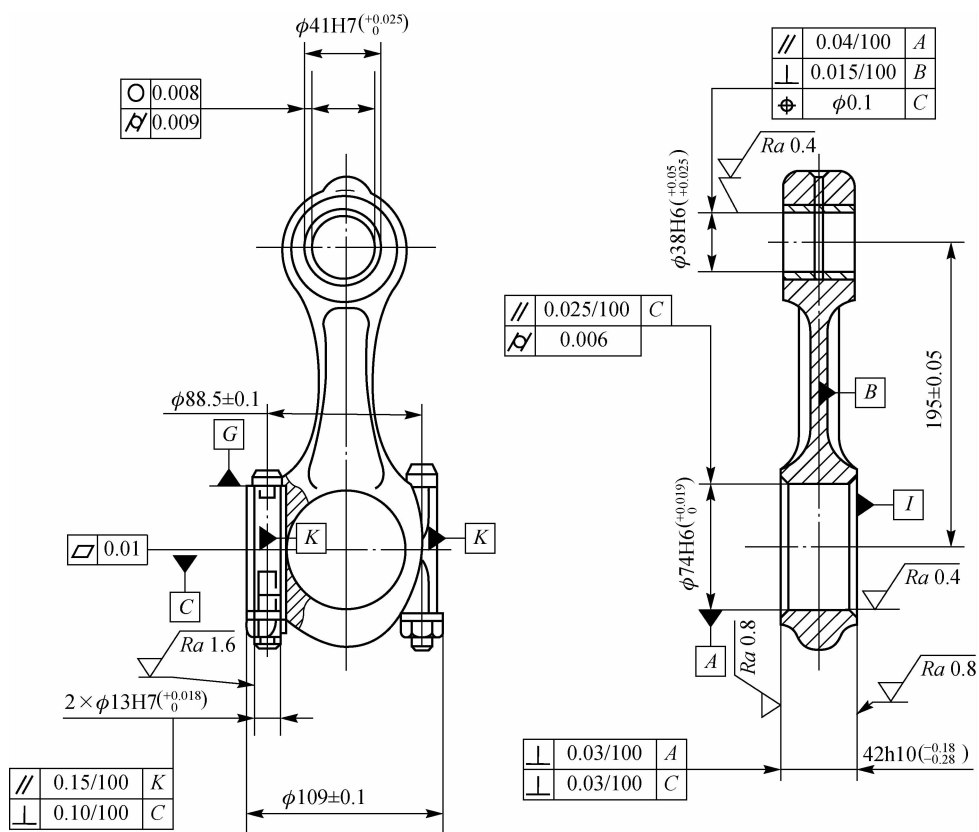


图 3-4 连杆加工的技术要求

1. 尺寸和形状精度要求

(1) 小头衬套底孔的精度采用 IT7 级公差等级, $\phi 41H7(+0.025)$ 表面粗糙度 Ra 值为 $1.6 \mu\text{m}$ 。小头衬套孔相当于 IT6 级公差等级, 表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$, 采用精镗加工。

(2) 大头采用薄壁轴瓦, 大头底孔采用 IT6 级公差等级, $\phi 74H6(+0.019)$ 表面粗糙度 Ra 值为 $0.4 \mu\text{m}$, 采用精镗加工。

(3) 螺栓孔采用 IT7 级公差等级, $\phi 13H7(+0.018)$ 表面粗糙度 Ra 值为 $1.6 \mu\text{m}$, 采用精铰加工。

(4) 连杆大头端平面厚 $42h10$, 表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \mu\text{m}$, 采用精磨加工。

(5) 连杆大头结合面的表面粗糙度 Ra 值不大于 $1.6 \mu\text{m}$, 为保证很好的接触, 采用精磨加工。

(6) 大、小头孔结合轴距 $L=195 \pm 0.05 \text{ mm}$, 公差影响内燃机的压缩比。

2. 位置精度要求

(1) 大、小头孔轴线的平行度误差会使活塞在气缸中倾斜, 造成气缸壁磨损不均匀, 并使曲柄销产生边缘磨损, 所以平行度误差要求较严, 一般规定为不大于 $\phi 0.04/100 \text{ mm}$ 。

(2) 大、小头孔轴线与杆身轴线 B 垂直并相交。垂直度误差不大于 $0.015/100 \text{ mm}$, 位置度误差不大于 $\phi 0.1 \text{ mm}$ 。

(3)大头孔两端面对大头孔轴线的垂直度误差一般规定不大于 0.03/100 mm。

(4)大头孔分开面 C 与大头孔轴线 A 的平行度误差应不大于 0.025/100 mm。

(5)大头接合面对连杆螺栓中心线的垂直度误差不大于 0.10/100 mm,否则会使连杆螺栓的受力情况恶化,以致连杆盖与杆体结合不好,轴瓦与曲柄销产生不均匀磨损。

(6)产品图样规定了连杆大头质量和小头质量的分组,大头小于 15 g,小头小于 10 g。标记用红、蓝色(大头 1 655~1 670 g 为红色,1 670~1 685 g 为蓝色;小头 800~810 g 为红色,810~820 g 为蓝色)。

3. 形状精度要求

(1)小头孔的圆度公差为 0.008 mm,小头孔的圆柱度公差为 0.009 mm。

(2)大头孔的圆柱度公差为 0.006 mm,在直径公差的 1/3 以内。

三、连杆加工工艺分析与工艺过程

1. 连杆加工工艺分析

1) 基准选择

(1)粗基准选择。为了保证小头孔的壁厚均匀,在钻小头孔时选小头孔不加工的外圆面作为粗基准。在毛坯制造时往往在杆身的一侧做出定位标记(凸起球面),以大、小头端面定位时就能区别两个端面。粗加工大、小头端面时,先选取没有凸起标记一侧的端面为粗基准来加工另一端面,然后以加工过的端面为精基准加工没有凸起标记一侧的端面;在以后的大部分工序都以此端面作为精基准。这样可以保证两端面的厚度和两端面的平行度,并使作为精基准的端面有较好的表面质量。

(2)精基准选择。在整个加工过程中,各工序尽量保持基准统一,选用连杆端平面(没有凸起标记一侧的端面)、经过钻削的小头孔及连杆大端经过加工的侧面作为辅助定位基准。

2) 加工阶段划分

(1)粗加工。粗加工包括钻削连杆小头孔,粗磨大、小头端面,粗铣大头结合面,钻连杆螺栓孔。

(2)精加工。精加工包括精镗小头底孔、精磨分开面、精铰连杆螺栓孔、精磨端平面。

粗加工与精加工之间要进行中间热处理,合金钢采用调质处理,以提高强度和抗冲击能力。

3) 确定加工顺序

(1)先基准,后其他。由于连杆的各方面精度要求都比较高,所以必须加工出若干基准面,为下一步加工及以后的工序提供参考,保证连杆的质量。

(2)先粗加工,后精加工。由于粗加工工序的切削余量大,因而切削力、夹紧力必然大,加工后容易产生变形。粗、精加工分开后,粗加工产生的变形可以在半精加工中修正;半精加工中产生的变形可以在精加工中修正。这样逐步减少加工余量,尽量减轻切削力及内应力的作用,逐步修正加工后的变形,最后达到连杆的技术要求。

2. 连杆加工工艺过程

表 3-5 所示为连杆加工工艺过程。

表 3-5 连杆加工工艺过程

工序号	工序内容	机床设备	工、夹具
1	模锻		
2	粗铣两平面(记号面、非记号面)	立式专用铣床	铣夹具,大、小头外廓夹紧
3	粗磨两平面,退磁	立式平面转盘磨床	端平面磁力吸盘
4	钻小头孔	钻床	钻夹具
5	粗镗小头孔,倒小头孔内角	镗床	镗夹具
6	车大头外圆(定位面)	车床	车夹具
7	粗镗大头孔、上半圆、下半圆	专用镗床	镗夹具
8	粗铣螺栓孔端面	卧式铣床	铣夹具
9	精铣螺栓孔端面	X62W 卧式铣床	铣夹具,三面刃铣刀
10	铣开头连杆头	卧式铣床	铣夹具
11	精铣体、盖分开面	铣床	铣夹具
12	钻、扩、铰两螺栓孔、定位孔	立式钻床	钻模
13	精磨体、盖分开面	磨床	磨夹具
14	体、盖装合		工艺螺栓(扭矩为 200 N·m)
15	精磨两端平面	磨床	磨夹具
16	精镗小头孔	镗床	镗夹具
17	粗镗大头孔	镗床	镗夹具
18	精镗大头孔	镗床	镗夹具
19	倒角,小头压入衬套	压床	
20	精镗小头孔	镗床	镗夹具

拓展训练

一、填空题

- 连杆是内燃机的重要运动件之一,它把活塞与_____连接起来,使活塞的_____运动(小头),变为曲轴的回转运动(大头)。
- 工作时,连杆承受_____、_____为周期性变化的动载荷。
- 连杆材料应具有较高的_____和_____;为减小_____,尽量减轻杆身重量。
- 小头孔的圆度公差为_____,小头孔的圆柱度公差为_____。
- 粗加工与精加工之间进行中间热处理,合金钢采用_____,以提高强度和抗冲击能力。

二、选择题

- (1) 连杆杆身采用()。
- A. 铸造 B. 自由锻 C. 整体模锻
- (2) 连杆杆身材料选用()。
- A. 碳钢 B. 铸铁 C. 铝合金
- (3) 小头衬套底孔的精度采用()级公差等级。
- A. IT5 B. IT6 C. IT7
- (4) 大头底孔采用()级公差等级。
- A. IT5 B. IT6 C. IT7
- (5) 精铣螺栓孔端平面所用设备为()。
- A. X62W 卧式铣床 B. 立式铣床 C. 专用铣床

三、判断题

- (1) 连杆杆身做复合平面运动, 轨迹为椭圆。 ()
- (2) 对重载内燃机, 连杆采用中碳合金钢、40Cr、35CrNiWA 等, 毛坯整体模锻, 正火处理, 加工中间采用调质处理, 提高强度和抗冲击能力。 ()
- (3) 大头青铜衬套采用锡青铜、Cu-Sn 合金、ZCuSn10Pb1 等材料。 ()
- (4) 为了保证小头孔的壁厚均匀, 在钻小头孔时, 选小头孔不加工的外圆面作为粗基准。 ()
- (5) 在整个加工过程中, 各工序尽量保持基准统一, 选用连杆端平面(没有凸起标记一侧的端面)、经过钻削的小头孔及连杆大端经过加工的侧面作为辅助定位基准。 ()