

某型整体式叶轮精车加工方案

南京机电液压工程研究中心 13 分厂 （江苏 211106） 褚 全

某型整体式叶轮（见图 1）是我部门加工的典型零件，具有精度要求高、加工周期长的特点，特别是在精车工序，为了保证其形位公差需在数铣叶片后时效消除应力进行加工，而这样又存在装夹困难的问题。初期接到生产图样时，其同轴度 $\phi 0.01\text{ mm}$

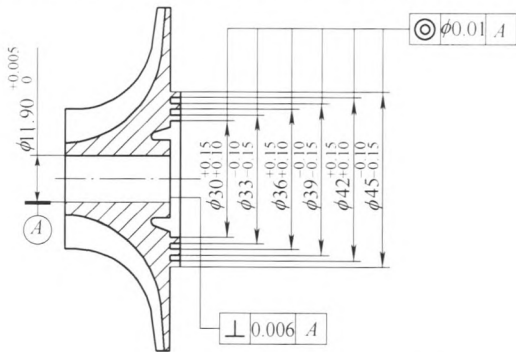


图 1

和垂直度 0.006 mm ，形位公差要求是一直困扰技术人员的难关。曾请一些专业夹具设计厂家商议加工方案和装夹方法，其提出需对设备进行改造并配套价格不菲的夹具，由于加工小批量、多品种的特点，这不适合快速转换零件，也造成了设备的占用。为此，部门组织人员积极讨论，并开展试制工作，最终形成了解决方案。

1. 同轴度 $\phi 0.01\text{ mm}$

（1）方案 1：采用软爪夹持外圆后加工端面环槽（见图 2），这要求在数铣叶片前的半精车时对内孔（基准）和外圆提出小于 $\phi 0.01\text{ mm}$ 的同轴度要求，而且在不同种类零件加工更换软爪时，软爪需重新精镗。经试加工，发现此方案可以实现图样上的同

- （7）填写试验记录表。
- （8）注意事项。注意当杠杆穿过施力盘后，根据杠杆与施力盘方孔之间的间隙，在方孔中间部位增加塞尺条，保证施力时，杠杆作用力作用在方孔中心位置。同时注意安装减震器应符合实际装配的相位角。

试验与刚度调整：第一次施力 $8\,428\text{ N}$ ，减震器变形量 $\delta = 0.10\text{ mm}$ ，小于装配设计间隙值，于是对减震器进行磨削去量 0.06 mm ；第二次施力 $8\,477\text{ N}$ ，复检 $\delta = 0.12\text{ mm}$ ，再次对减震器进行磨削去量 0.08 mm ；第三次施力 $8\,448\text{ N}$ ，复检 $\delta = 0.14\text{ mm}$ 。此时减震器符合装配要求，在该状态下反复进行两次施力试验，获取可靠试验数据后则试验结束。试验数据如附表所示。

施力试验记录表

序号	施力值 F/N	减震器 变形量 δ/mm	减震器 外圆 d/mm	备注
1	8 428	0.10	272.84	
2	8 477	0.12	272.78	磨削去量 0.06 mm
3	8 448	0.14	272.70	磨削去量 0.08 mm
4	8 477	0.145	272.70	第一次复测
5	8 457	0.14	272.70	第二次复测

5. 结语

测量试验器可以良好地模拟减震器在动力涡轮里的装配状态，测量试验器设计合理、结构简单、操作便捷，将复杂装配间隙测量难题简单化，从而为减震器刚度试验和调整提供了有效的手段，实现了装配工艺的优化，大大提高了工厂生产效率。MW

（收稿日期：20140611）

轴度 $\phi 0.01\text{ mm}$ 的要求，但外圆经复查存在夹持变形的问题，这是因为精车设备为液压软爪，如果卡盘压力调节过小设备会报警。对于铣后叶轮夹持部分不长于 3 mm 的结构，而且多数叶轮的材质为铝合金，刚性较差，仅仅超过报警值也会造成零件夹持变形。因此放弃此方案。

(2) 方案 2：设计心轴（见图 3）以内孔（基准）定位装夹，心轴的卡盘夹持处和内孔配合处对顶磨，保证同轴，三爪夹紧心轴后找正内孔配合处跳动小于 0.01 mm 。由于液压卡盘无法敲击调整，这个过程只能通过多次装夹找正实现。安装叶轮后拧紧螺母，进行加工。但由于心轴和叶轮内孔存在 0.005 mm 以上的间隙，再加上设备固有的误差，因此理论上不能实现加工精度，在试加工中一批次 10 件叶轮中仅有 2 件同轴度计量结果在 0.01 mm 以内，其余均在 $0.012 \sim 0.025\text{ mm}$ ，因此也放弃了此方案。

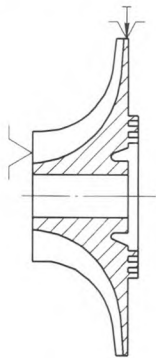


图 2

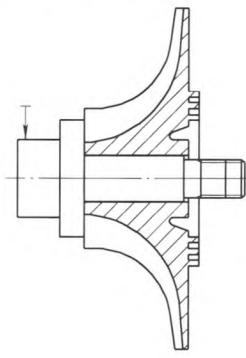


图 3

(3) 方案 3：此方案是对方案 2 的改进，我们分析了方案 2 存在的问题，总结出：总的误差影响 = 心轴装夹误差 + 心轴和叶轮的装夹间隙 + 设备固有误差，而其中影响最大的为心轴装夹误差。因此，我们取消了标准的心轴，采用车配心轴代替——即在车床夹持一段棒料，直接将棒料车至心轴各处尺寸，这样心轴和车床主轴一定是同心到位，从而消除了心轴装夹误差，再限制心轴和叶轮的装夹间隙为 0.005 mm ，这样理论上完全可以实现同轴精度。

在试制过程中由于钢制心轴和叶轮的装夹间隙过小，很容易造成叶轮内孔的拉伤，因此我们选用了黄铜做为心轴材料。首先材质软，另外可以有较好的切削性和表面质量，有利于和叶轮内孔配合。在试加工中 10 件叶轮同轴度计量结果均在 0.01 mm 内，因此方案 3 成为最终方案。

2. 垂直度 0.006 mm

上述方案 3 也给了技术人员解决端面垂直度车加工难题的思路，我们如果也通过车床夹持一段棒料，直接将棒料车至心轴各处尺寸，并实现车配心轴和叶轮基准内孔的过盈配合（见图 4），进而消除了心轴装夹误差以及心轴和叶轮的装夹间隙，只剩下设备本身的误差，这样就可以保证垂直度 0.006 mm 的实现。为了实现这个方案有几个要点：一是选用合适的心轴材料来实现过盈配合，最终我们选用了胶木棒；二是切削参数的设置。由于零件全靠过盈配合的夹持力，不适合留过多的余量和过快的加工速度，否则加工时间过长，或有加工时零件松动的问题。在实际加工中我们在半精车时端面留有 0.2 mm 的余量，精车时每层背吃刀量 0.05 mm ，进给量 0.05 mm/r ，转速 800 r/min 。在试加工中一批次 10 件叶轮中垂直度均为合格。

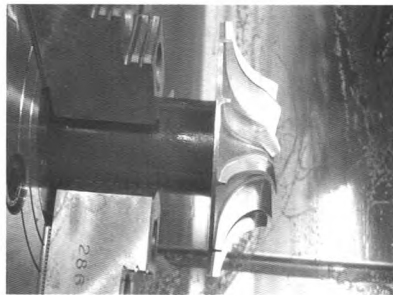


图 4

3. 结语

通过我们不断试验、不断总结，以较小的投入（仅需每批临时车配心轴）实现了加工精度的保证，可谓小投入解决了大问题，也为其他类似零件积累了加工经验。MW

（收稿日期：20140404）

专家点评：文章写的很好，能够从工厂实际出发，在现有生产设备的基础上解决实际问题，工装的设计与制作也比较简单，经过两次尝试，获得成功。以下两点值得肯定：

一是采用随机加工黄铜心轴的方法消除夹具的装夹误差，以极小的配合间隙（ 0.005 mm ）保证叶轮的同轴度要求。

二是利用胶木棒的过盈配合起到很好的定位和装夹作用，保证叶轮端面垂直度要求。