调整工艺改善加工质量
——浅谈端面圆跳动问题的解决

江西农业工程职业学院　（樟树　331200）　李湘江　谢金荣

1. 现状及存在的问题

1700C—112B（变速箱一倒挡齿轮）为我单位零部件加工的一个主要零件，长期以来，存在着精车后端面圆跳动大量超差的现象，导致该零件热处理完内孔磨削后仍存在黑皮而报废，产生大量的废品损失。

该零件加工简图如图 1。

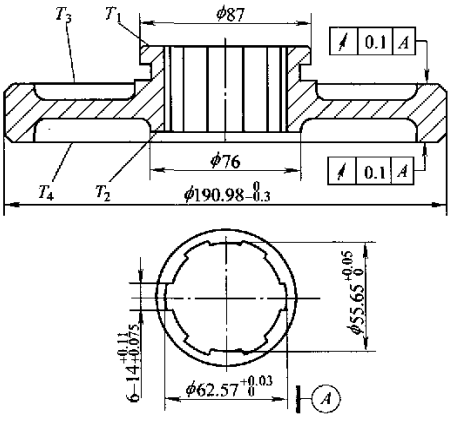


图　1

原加工工艺方案工序如下：

10　粗车 T_2 及 T_4 端面

20　粗车 T_1 端面及 15°倒角

30　拉内花键

40　粗车大小外圆，T_1、T_3、T_4 端面

50　粗车拨叉槽、小外圆倒角

60　精车 T_1、T_3、T_4 端面，拨叉槽及大小外圆

此加工工艺存在的主要问题是：

（1）30 工序中 T_2 端面圆跳动出现约 10%超差的现象。

（2）精车后 T_3、T_4 端面圆跳动无法保证，基本都在 0.15～0.25mm 之间，少数超出 0.3mm。

2. 问题分析

根据对零件的加工工艺及现场存在问题的分析，产生的原因主要有以下两方面：

（1）零件的加工工艺安排不够合理，导致在 30 工序后 T_2 端面圆跳动的要求难以完全保证。

原工件的加工工艺中，30 工序（拉内花键）的定位基准为 T_4 端面，只经过一次粗加工，其平面度及表面粗糙度就不好，以此作为定位基准面其本身的精度就显得不够理想，给加工中的调整带来较大的困难。同时本工序的检查部位（T_2 端面）也只经过一次粗加工，其

算结果，注意在程序中 G71 循环前加“;”屏蔽循环后，再运行程序即可达到图样要求。

（4）注意事项

①采用该方法必须使用 T 指令建立工件坐标系，不能使用 G92 或 G54 指令。

②X 磨损值大小及符号的确定必须正确。

③去除预留余量达到图样要求之前要屏蔽 G71 复合循环，否则将影响加工效率。

2. 该方法的原理简述

此方法主要是利用数控系统对刀具磨损的自动补偿功能，实现零件径向尺寸的精度控制，我们不妨也可以这样理解，采用刀偏表中磨损值的改变实现工件的加工余量控制，实际和程序平移相似，当 X 磨损值为 0.5mm 时，可以认为系统会将工件坐标系原点沿 X 轴的正方向平移 0.5mm（此值为直径量，几何关系为 0.25mm），若符号为“-”则表示将向 X 轴的负方向平移。

此方法同样适用于内径加工，方法一样，在此不再叙述。

（收稿日期：20070324）

平面度及表面粗糙度也不够理想，影响实际检查结果的准确性。另外，由于 T_2 与 T_4 端面本身的相互误差，通过调整夹具改变 T_4 端面的状况，间接保证 T_2 端面圆跳动非常困难，因而出现 T_2 端面圆跳动难以完全合格的现象。

(2) 零件加工工艺中 60 工序的定位基准（T_2 端面、花键大径）本身的精度不够，导致精车后 T_3、T_4 端面圆跳动超差。

根据对零件加工工艺及现场加工的实际情况分析，60 工序的两个定位基准中，T_2 端面是主要基准，在保证工件的加工精度中起主导作用，但该定位端面却只经过一次粗加工。

在此先作一假设：假设工件定位面 T_2 端面的平面度及表面粗糙度处于理想状态，只存在 T_2 端面圆对花键大径的跳动误差 0.05mm，夹具及机床都处于理想的工作状态（不导致加工误差）。

在此条件下，由于工件的主定位基准为 T_2 端面，精车后 T_3、T_4 端面与 T_2 端面处于平行状态，但此三个端面相对于花键大径都存在垂直度误差，反映在以花键大径为基准的端面圆跳动上。其中 T_2 端面圆跳动误差为 $\Delta_1=0.05$mm（30 工序拉内花键保证），其检查位置的半径大约为 R35mm。根据零件的误差随结构尺寸的变大而变大的规律，T_3、T_4 端面圆对花键大径的跳动也将变大，如图 2 所示。

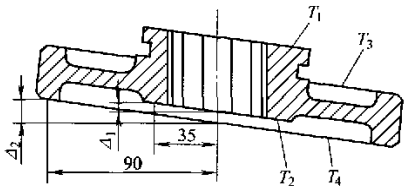


图 2

T_3、T_4 端面圆跳动检查位置的半径大约为 R90mm，以此计算，T_3、T_4 端面圆跳动误差 Δ_2，

$$\Delta_2=\Delta_1\times R_1/R_2=0.05\times 90/35=0.13\ (\text{mm})$$

也就是说，零件在 60 精车工序中，去除定位面（T_2 端面）的平面度、表面粗糙度及工装、机床的影响，T_3、T_4 端面圆的最大跳动量也将达到 0.13mm，无法满足产品要求的 0.1mm。把上述影响考虑进去，粗略估算为 0.05mm，则工件 T_3、T_4 端面圆跳动最大将达 0.18mm。如果再把 30 工序中尚有部分工件 T_2 端面圆跳动超出 0.05mm 的情况考虑进去，则 T_3、T_4 端面圆跳动实际上还要超出 0.18mm。这与现场实测 T_3、T_4 端面圆跳动在 0.15～0.25mm 之间的情况吻合。因此，本工序中 T_2 端面圆 0.05mm 的跳动误差无法满足加工精度要求。

3. 解决措施

根据上述分析，存在的主要问题：一是 T_2 端面在 30 工序拉内花键时保证端面圆跳动有困难；二是 60 工序精车时定位面（T_2 端面）精度不够而不能保证工艺要求。

对此提出以下解决措施：

(1) 对零件的加工工艺重新安排，以利于现场调整。

(2) 提高精车时定位基准的精度，以利于加工精度的提高。

为此制定的新工艺方案如下：

10 粗镗内孔、粗车 T_2 及 T_4 端面

20 粗车大小外圆，T_1、T_3、T_4 端面

30 粗车拨叉槽、小外圆倒角

40 精镗内孔、精车 T_2 端面

50 车 T_1 端面及 15°倒角

60 精车 T_1、T_3、T_4 端面，拨叉槽及大小外圆

70 拉内花键

新旧两种工艺安排的不同之处在于两点：

(1) 基准面（T_3 端面）加工方式及精度要求不同。

(2) 拉内花键加工安排的先后顺序不同。

两种工艺安排不同之处的工序加工简图如图 3。

新加工工艺方案主要工艺要求为：

(1) 40 工序完毕后 T_2 端面圆对内孔的跳动不大于 0.02mm。

(2) 60 工序后保证 T_3、T_4 端面圆对内孔跳动不大于 0.1mm。

(3) 70 工序后保证 T_3、T_4 端面圆对花键大径的跳动不大于 0.1mm。

上述三项要求中，第一点由数控车床一次装夹加工，精度容易保证；第二点由于 60 工序的定位基准经 40 工序数控车床精加工，基准本身的精度好，精车端面时容易达到工艺要求；第三点由工序调整直接保证工件定位面（T_4 端面）的跳动，调整比较容易实现。

新旧两种工艺方案的比较：

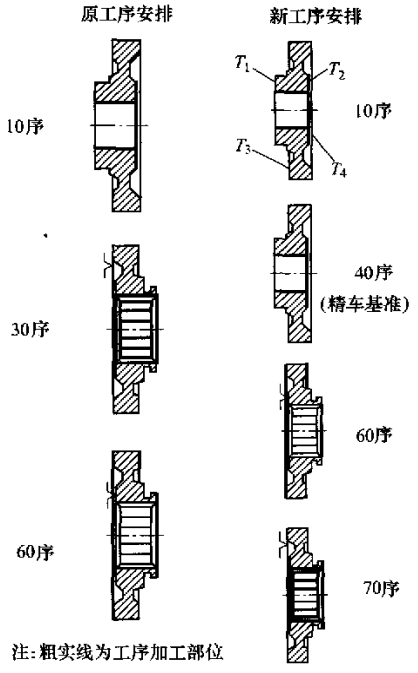


图 3

(1) 新工艺方案中将拉内花键安排在最后工序，其定位基准为精加工后的 T_4 端面，基准本身精度误差导致精加工误差较小，同时工序调整中是直接调整保证 T_4 端面圆跳动，容易实现。旧工艺方案中拉内花键时的基准是粗加工的基准，精度不够理想，通过调整 T_4 端面的状态间接保证 T_2 端面圆跳动非常困难。

(2) 新工艺方案中，60 工序（精车 T_3、T_4 端面）的定位基准（T_2 端面）经过一次精加工，基准的精度较好，对保证工件的加工精度有利，容易实现加工完毕后 T_2、T_3、T_4 端面圆跳动的要求，即达到此三个端面相互平行的要求。而旧工艺方案中的 60 工序（精车 T_3、T_4 端面）的定位基准（T_2 端面）只经过一次粗加工，本身精度不够理想，其端面圆跳动误差随零件结构尺寸放大，致使 T_3、T_4 端面圆跳动误差超出工艺要求。

4. 实施效果

调整后的工艺方案自 2004 年 9 月正式实施以来，该零件一直处于比较稳定的生产状态，加工后的零件 T_3、T_4 端面圆跳动都控制在 0.1mm 以内，质量明显改善，达到产品要求。同时生产现场的调整也比较容易，工人工序调整的劳动量大大下降。

两种工艺方案生产零件质量检查的数据见表 1、2：

表 1 调整前的加工质量

组别	1	2	3	4	5
T_2 端面圆跳动/mm	0.05	0.04	0.06	0.05	0.03
	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05
	0.06	0.04	0.06	0.04	0.04
	0.04	0.06	0.04	0.03	0.04
	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05
T_3、T_4 端面圆跳动/mm	0.18	0.23	0.21	0.26	0.27
	0.22	0.19	0.18	0.24	0.19
	0.25	0.26	0.22	0.21	0.23
	0.17	0.30	0.16	0.28	0.17
	0.20	0.24	0.26	0.19	0.22

表 2 调整后的加工质量

组别	1	2	3	4	5
T_2 端面圆跳动/mm	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02
	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
T_3、T_4 端面圆跳动/mm	0.06	0.05	0.07	0.04	0.07
	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05
	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06
	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08

调整前后效果对比见图 4：

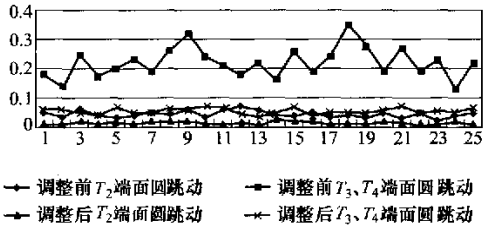


图4 调整前后效果对比图

由图 4 和表 1、2 可以看出，经过工艺调整后，零件的加工质量明显提高，能够满足产品设计的要求。

因此得出结论：1700C—112B 零件的端面圆跳动超差，关键就是工序定位基准的精度不够理想而导致加工误差过大。经过工艺方案的重新安排、调整，解决了定位基准的精度问题，零件的加工质量自然就有提高。

(收稿日期：20070520)