

C 齿磨齿加工精度问题及解决

王首春 沈洪洋 王建平 王殿荣

一汽集团动力总成工厂

摘要: 本文研究了 DCT400 偶数轴 C 齿在蜗杆砂轮磨齿加工中出现的問題，特别是六档齿轮在测试时产生的异响。通过对磨齿砂轮、修整器和夹具的分析，发现夹具磨损、机床异常振动和磨齿机 Y 轴及 Z 轴丝杠轴承间隙是导致齿面波纹度 f_{fa} 异常的主要原因。通过调整加工参数、提高检测频次和精度要求，成功将 f_{fa} 恢复到小于 $3.5\mu\text{m}$ ，满足了装箱要求。

关键词: 齿轮；磨齿；精度问题；齿面波纹度；MM 检测

0 前言

蜗杆砂轮磨齿工艺是齿轮加工常用的一种精加工方法，一般情况下，用磨齿砂轮作为磨具来磨削已经粗加工出的齿轮齿面，是齿轮齿面淬硬后消除热处理变形并进一步提高齿轮精度、改善齿面粗糙度的主要方法。

一汽 DCT400 偶数轴 C 齿热后精加工，采用蜗杆砂轮进行磨齿加工，使用金刚石滚轮对砂轮齿形及外径进行修正，保证砂轮的加工精度。

1 C 齿磨齿问题及分析

C 齿是六档齿轮，属于高速档齿轮，对齿面精度要求高，尤其是对齿面波纹度 f_{fa} 要求更严格，有时齿面在磨齿加工时，因齿面的波纹度出现波动，导致 DCT400 偶数轴装箱测试时，测试台反馈六档测试有异响，测试无法通过，通过偶数轴检测及报告分析，最后确认为 DCT400 偶数轴 C 齿精度异常造成异响。

1.1 DCT400 偶数轴检测方式

DCT400 偶数轴 C 齿使用的格里森 MM 齿轮检测中心，对工件按 90° 分度共选 4 个齿进行检测，普通检测报告包含 23 项检测参数，评价齿形齿向的有 16 项，其中最常用到的有 9 项，如图 1 所示。

1.2 检测报告分析

f_{fa} 是齿形形状偏差，用以评价齿形平滑程度，数值越小，越平滑，精度越高。针对评价齿形齿向的 9 项参数，“异响件”与“合格件”各选 10 件，进行对比。可以看到 f_{fa} 参数存在明显差异，如图 2 所示。

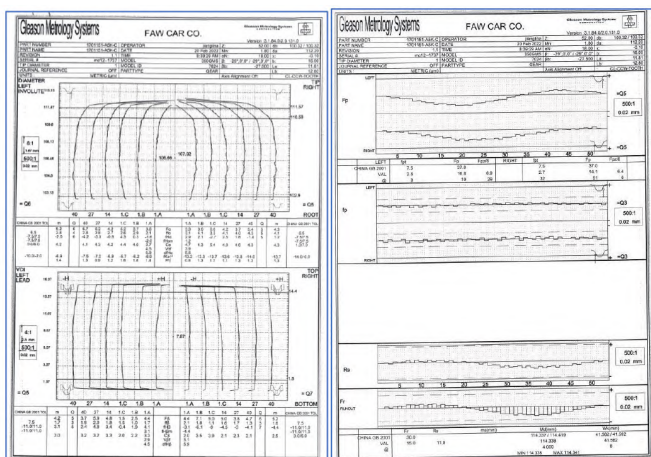


图 1 格里森 MM 齿轮检测

2 分析人、机、料、法、环、测等对 f_{fa} 的影响因素

通过分析人、机、料、法、环、测，我们发现夹具磨损精度下降、机床异常振动、砂轮异常脱粒和检测标准宽泛等是可能的影响因素，如图 3 所示，分别采取措施以期解决问题。

2.1 加工参数调整

调整砂轮转速从 55 m/s 调整至 50 m/s，调整进给从 140 mm/min 调整至 100 mm/min (最后精加工两刀)，调整后首件 MM 检测结果显示 f_{fa} 从 4.1 提高到 3.5，但总成测试后仍有异响产生，因此调整加工参数并不能有效解决问题。

2.2 法：检测标准宽泛

异响件齿轮检测报告所有参数全部合格，但仍有异

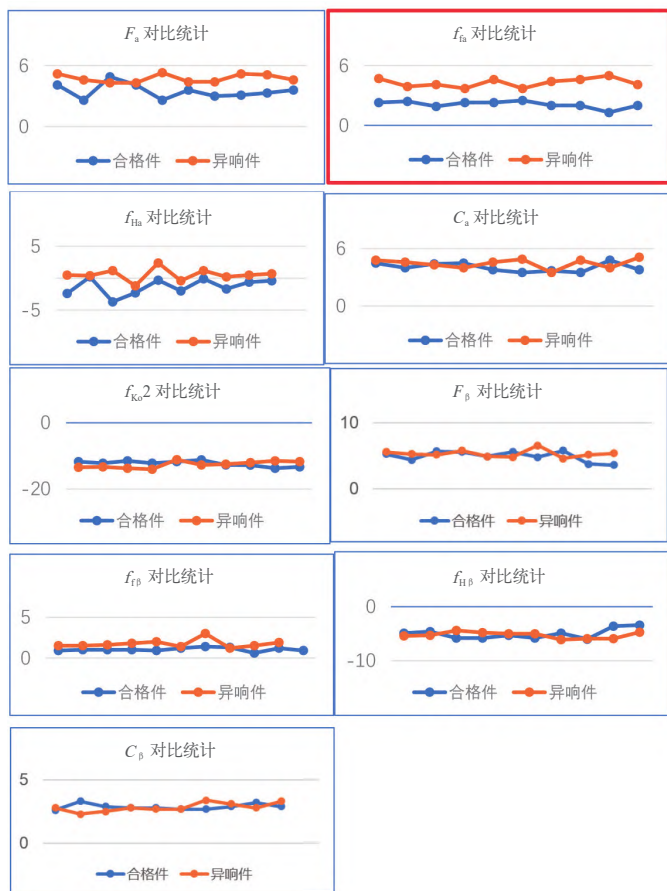


图2 f_{ia} 参数对比统计

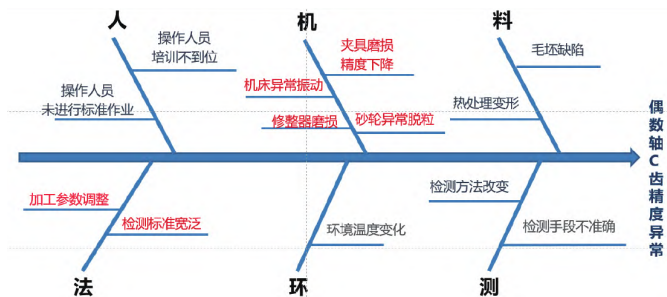


图3 多维度对 f_{ia} 的影响

响件流出，确认检测标准宽泛是流出源。

2.3 机：夹具磨损精度下降

经排查，发现夹具本体与涨套接触部位已出现磨损，磨损痕迹最深处 0.02 mm，会影响夹紧效果，导致加工时异常振动，进而影响 f_{ia} 数值。

2.4 机：砂轮异常脱粒

我厂所有工件磨齿使用的都是“德国泰利来”品牌刚玉砂轮，且砂轮入厂时为光板状态（通用），我厂根

据生产需求随机开槽为特定工件专用砂轮，排查同批次其他工件，未出现 f_{ia} 异常的问题，故基本排除砂轮脱粒性能的影响。

2.5 机：修整器磨损

我厂所有工件磨齿使用的都是“德国 KPP” 品牌修整器，排查同批次其他工件，未出现 f_{ia} 异常的问题，更换新修整器后加工检测结果， f_{ia} 没有大的变化。

3.6 机：机床异常振动

经排查发现，机床切削油供油电机噪声较大，车间反馈近期噪声明显增大，振动大于从前。仔细检查发现磨齿机 Y 轴、Z 轴丝杠轴承有间隙，基本可确定电机异常导致机床异常振动及轴承有间隙是真因之一。

3 效果确认

采取措施调整后，经过验证，偶数轴 C 齿的磨齿加工精度 f_{ia} 恢复到以前的正常加工状态，最大值小于 $3.5 \mu\text{m}$ ，满足装箱要求，如图 4 所示。

400偶数轴C齿2022年2月24日加工件状态

序号	流水号	f_{ia} (平均值) (产品要求 $\leq 6.5 \mu\text{m}$)	备注
1	N2211856	1.6	
2	N2211859	2.9	
3	N2211845	2.2	
4	N2211852	2.3	
5	N2211819	2.7	
6	N2211822	2.5	
7	N2211778	3.3	
8	N2211798	2.6	
9	N2211777	2.2	
10	N2211830	2.3	
11	N2211807	1.8	
12	N2211805	3.2	
13	N2211827	3.3	
14	N2211629	3.2	
15	N2212116	2.3	
	平均值	2.3	

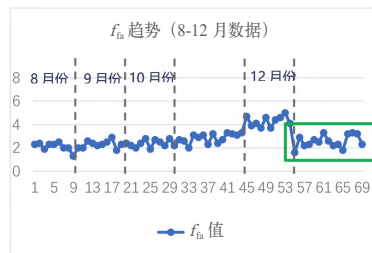


图4 状态检查

4 结论

经分析，导致此次 DCT400 变速器偶数轴 f_{ia} 异常的主要原因是夹具磨损、机床异常振动、磨齿机 Y 轴及 Z 轴丝杠轴承有间隙。采取的调整措施包括：

(1) 定期检测机床及夹具精度，发现异常及时处理。

(2) 增加检测频次将 MM 检测裁砂轮的首件调整为 MM 检测裁砂轮的首尾件。

(3) 提高齿面 f_{ia} 的加工要求，由 $6.5 \mu\text{m}$ 提升为 $3.5 \mu\text{m}$ 。

(4) 在砂轮及修整器使用寿命剩余 1/4 时，应增加机床、夹具及工件的检测频次，因砂轮及修整器后期精度会有所下降，这时机床及夹具精度出现不合格或在边缘状态，也会导致在磨齿加工时齿面 f_{ia} 出现不稳定现象。