

变速器五挡打齿问题研究

□ 柳州上汽汽车变速器有限公司 / 梅娟

汽车变速器打齿是常见售后故障之一，其实质就是两个金属质地的齿轮之间的硬碰硬，出现强烈的金属撞击声音，让用户难以接受。本文通过一款纵置后驱变速器高速时，由空挡直接挂入五挡，产生打齿故障研究与分析计算，发现变速器里面的同步器存在一定的设计缺陷，然后加以优化，从而提高变速器的性能，满足汽车用户该使用工况要求。

理论设计分析

如图1所示，该变速器同步器由齿套、齿毂、滑块总成、同步齿环和结合齿组成。

五挡同步器位于输入轴上，齿毂与输入轴花键联接，齿套与齿毂花键联接，同步齿环靠三个凸台扣在齿毂滑块槽内。同步齿环除正常同步工作外随齿毂转动，它在齿毂滑块槽内相对自由活动。五挡齿轮与五挡结合齿焊接成一体为五挡齿轮总成，不工作时它在输入轴上通

过滚针轴承空转。

同步齿环锥面与五挡结合齿锥面靠摩擦力矩实现同步，同步后同步器齿套与五挡结合齿结合，实现动力传递，发动机动力经输入轴传递到齿毂，齿毂传递到齿套，齿套传递到五挡结合齿，五挡齿再传递到输出轴。

五挡打齿问题

售后反馈市场上变速器出现多起五挡打齿故障，大部分故障出现

的时候，里程数较短，可初步确定为早期失效，同时故障易出现在海拔较高的地区。通过拆解故障变速器发现，五挡同步器齿环的外观未烧蚀，齿环的螺纹有轻微磨损，且磨损较小。五挡同步器的梅角处未见明显磨损，手动检查同步器灵活性，未见卡滞。

故障变速器测量分析

通过测量与打齿关系比较大的零件，看是否是零件制造不符合设计要求造成的问题故障。

从测量的数据来看（见表1），五挡打齿故障出现在高速的情况占有一定比例，返回的故障同步环磨损较小，依然存在后备量，功能未消失。

对五挡同步器测量见表2。

经测量五挡同步器相关尺寸，关键尺寸未见不合格项。

整车模拟验证

将原故障零部件重新装配总成

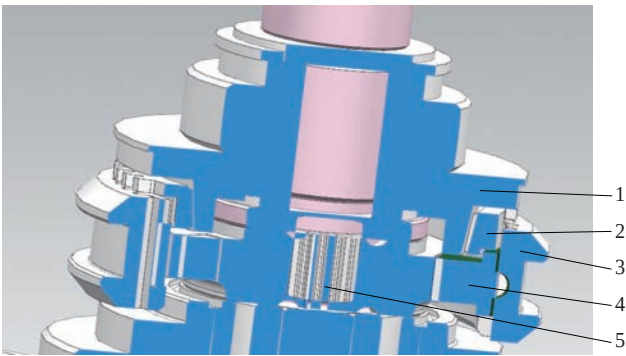


图 1

1.结合齿 2.同步环 3.齿套 4.滑块总成 5.齿毂

后装车验证，结果见表3。

更换新齿环重复序号3操作，

未见打齿情况；故意加速新齿环磨损后，重复3操作，故障重现。

需同时满足以下两个条件：

(1) 齿环需磨损到一定程度。

(2) 高速空挡挂入五挡。

磨损后的齿环摩擦系数有所衰减，已不能提供高速工况下的空挡进五挡足够的同步力矩，但是仍然可以提供四挡进五挡所需的同步力矩。

综上所述，整车五挡打齿故障重现

表1 五挡同步环测量结果

序号	行驶里程/km	故障模式	后备量 (1.03~1.5) / mm	锥度 7° (0/-10')	锥高 3.5 (-0.2/0) / mm
1	13618	高速五挡打齿	1.15	7° 12'	3.416
2	18073	五挡打齿	1.10	7° 2'	3.504
3	5881	80码五挡打齿	1.20	7° 2'	3.437
4	18862	五挡打齿	1.20	6° 56'	3.367
5	23610	100码五挡打齿	1.20	7° 5'	3.420
6	6233	五挡打齿	1.20	6° 58'	3.447
7	10787	五挡打齿	1.20	6° 55'	3.356

表2 五挡同步器测量结果

关键尺寸项	1#变速器	2#变速器	3#变速器	结论
内花键小径 (72.25~72.3mm)	72.28mm	72.3mm	72.3mm	合格
齿套内齿M值 (70.09~70.29mm)	70.24mm	70.26mm	70.27mm	合格
外圆直径 (89.05~89.2mm)	89.14mm	89.11mm	89.15mm	合格
五挡挤齿角度 (左, 3° 5' ~3° 55')	3.75°	3.91°	3.82°	合格
五挡挤齿角度 (右, 3° 5' ~3° 55')	3.38°	3.98°	3.87°	合格
倒挡挤齿角度 (左, 3° 5' ~3° 55')	3.90°	3.92°	3.76°	合格
倒挡挤齿角度 (右, 3° 5' ~3° 55')	4.01°	4.06°	4.29°	合格
五挡内齿倒角 (55° ~56°)	55.08° / 55.45°	55.07° / 55.17°	55.23° / 55.57°	合格
五挡倒角对称度 (0~0.2mm)	0.09mm	0.01mm	0.06mm	合格
倒挡内齿倒角 (55° ~56°)	55.49° / 55.56°	55.35° / 54.89°	55.25° / 55.57°	合格
倒挡倒角对称度 (0~0.2mm)	0.01mm	0.11mm	0.24mm	合格

表3 整车验证结果

序号	验证过程	验证结果
1	速达到80km/h时多次挂入五挡无打齿现象	故障不重现
2	驻车制动时，踩下离合提高发动机转速后，慢放离合，轻挂入五挡，故意加速五挡铜环磨损几次后，再次使车速达到80km/h时多次挂入五挡依然无打齿现象	故障不重现
3	车速提至70~100km/h之间，然后退空挡滑行到60~80km/h间直接挂五挡出现明显的打齿现象	故障重现
4	车速提至70~100km/h之间，然后退空挡滑行到60~80km/h间直接挂四挡无打齿现象，再挂五挡无打齿现象	故障不重现

台架试验验证

(1) 在同步器寿命试验中，试验SC16M5系列同步器换挡性能。试验大纲工况要求：输出轴输入转速为3 200r/min。

在四挡时，输入轴转速为约3 200r/min；挂入五挡时，此时输入轴转速为约2 600r/min；则输入轴在同步器的作用下的转速差约为600r/min。

(2) 在整车上，由空挡直接挂进五挡时，五挡时速约100km/h（发动机转速约3 000r/min），当驾驶者由空挡挂入五挡时，发动机转速降为1 800r/min，输入轴的转速差约为3 000-1 800=1 200r/min（与同步器性能试验大纲工况要求不符）。

因此要在挂挡相同的时间内通过同步环的同步力矩使输入轴的转速快速上升，需要较大的同步力矩，加速了同步器齿环的磨损。

结论及优化措施

根据以上测量分析、故障重现试验、台架试验验证和理论分析得出以下结论：

(1) 五挡齿环在后备量存在的情况下，磨损到一定程度后，摩擦系数降低，高速时空挡挂入五挡打齿。

(2) 整车由空挡直接挂进五挡出现打齿，是由于客户换挡操控不符合一般的换挡规范（与整车路试和台架试验规范不同）。但是为了符合目前客户的“溜车挂挡”要

求，考虑通过提高容错率来延长其换挡寿命。

(3) 更改五挡同步器齿套和五挡结合齿锁止角，从 110° 改为 120° （见图2），锁止角加大以后优点：换挡时间加大，转换为同步容量加大。缺点：换挡力也相应增大，换挡手感降低。但经过整车客户评估及换挡性能测试符合要求。

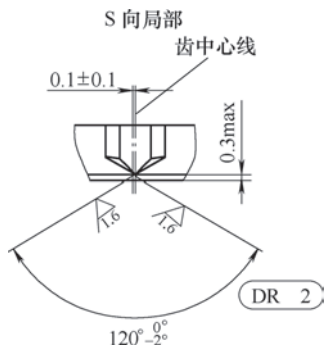


图 2

结语

本文通过对变速器五挡打齿问题进行分析，通过结构分析、尺寸计算、零件测量找出变速器在使用过程中出现的打齿问题的原因并加以解决，避免类似事故发生，有一定的实用指导意义。同时对变速器同步器的设计提出了更高要求，进一步满足用户的各种操作需求。 **AUTO1950**

（上接第59页）

2.线路规划布置

注蜡线及空撬返回区主要是从面漆烘干出来经过外观检线、在线维修、注蜡、PBS上任、空撬返回直到电泳下件，这样完成涂装主要工艺线路布置的完整流程。其线体布置简图如图5所示。

(1) 注蜡区。注蜡区主要分为外观检查、在线维修及注蜡线这三个操作位和输送段，这部分的线路长度计算可参照密封工艺区的计算方法。

(2) 空撬返回区。空撬返回区线路主是连接PBS上任点及ED下件点的线路最优长度。其线路长度主要需满足以下几点：

- 一是要满足从PBS上任到ED下件之间空撬正常流动撬体的数量存储。
- 二是要满足从前处理入口到电泳下件区之间所有车身的排空时所需要转接

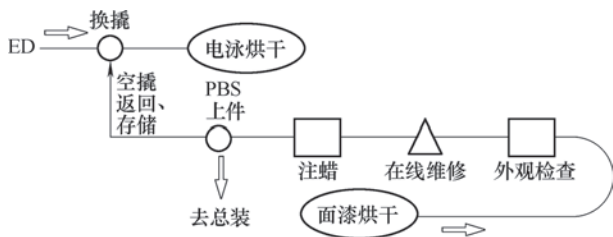


图5 注蜡线及空撬返回布置简图

的空撬数量的存储。三是要满足备用台车数量的存储。需要说明的是在PT-EC返回区线路布置时也同样有以上要求。

结语

本文主要对涂装车间四个主要的涂装工艺的生产产能及线路布置进行了一些分析。生产产能主要从总体生产产能入手，根据各分工艺区特点的不同，对各分工艺的生产产能影响因素、计算方法做了分析。再从各分工艺区的生产节拍、积放间距、工位间距、工艺时间等方面对线体布置进行了分析计算，从而为一些小型汽车厂家涂装车间的工艺线路优化及产能提升提供相关分析依据。 **AUTO1950**

丁余建

天奇自动化工程股份有限公司
主任工程师。