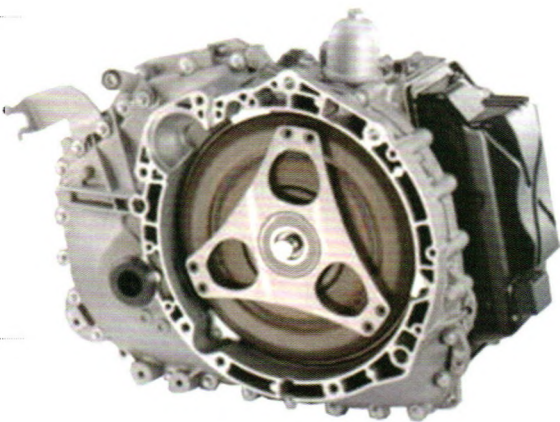


利用FMEA解决DCT360 一档脱挡问题

□ 上海汽车变速器有限公司技术中心/杨克军 刘英 王山

DCT360进入市场以来受到广泛好评，但也暴露出一些设计方面的缺陷和不足，例如市场上曾有客户抱怨变速器偶有挂挡失效、脱挡问题，本文针对缺陷设计进行改善，对于潜在风险深度分析失效原因并制定预防措施。最大限度地消除或降低潜在风险系数，保证产品质量稳定。



选题的来源

DCT360双离合湿式自动变速器，是我公司自主创新和转型升级的产品。DCT360进入市场以来受到广泛好评，但也暴露出一些设计方面的缺陷和不足，例如市场上曾有客户抱怨变速器偶有挂挡失败、脱挡问题，直接影响到客户的使用感受和满意度。对此我公司高

度重视，将其作为一个十分重要的课题，充分调查研究了造成脱挡和进挡失效的设计缺陷，针对缺陷设计进行改善，对于潜在风险深度分析失效原因并制定预防措施。最大限度地消除或降低潜在风险系数，保证产品质量稳定。

同步器结构和电液控制系统是变速器执行换挡功能的重要部件，高质量的同步器设计和控制系统对

换挡性能的提升至关重要，本案例以同步器结构和换挡控制系统为研究对象，针对消除或降低脱挡和进挡失效风险而展开FMEA分析。

FMEA报告/表格

近期SAGW为了规范设计开发、推动FMEA工作的开展，制订了严重度、频度、探测度的分值列表（见表1~表3）。

表 1

严重度		
等级	标准：对产品的影响平生性（对顾客的影响）	影响的种类
10	潜在失效模式影响了汽车的安全运行；或者包含不符合政府法规的情形，失效发生时无预警	不符合安全性或者法规要求
9	潜在失效模式影响了汽车的安全运行；或者包含不符合政府法规的情形，失效发生时有预警	
8	基本功能丧失（汽车无法运行，不影响汽车安全运行）	基本功能丧失或功能降低
7	基本功能降低（汽车可以运行，但性能下降）	
6	次要功能丧失（汽车可以运行，但舒适 / 便捷功能不可实施）	次要功能丧失或功能降低
5	次要功能降低（汽车可以运行，但舒适 / 便捷性能下降）	
4	有外观，可听噪声，汽车操作项目上的问题，并且被绝大多数顾客（>75%）察觉到	干扰
3	有外观，可听噪声，汽车操作项目上的问题，并且被许多数顾客(50%)察觉到	
2	有外观，可听噪声，汽车操作项目上的问题，但只被少数识别能力敏锐的顾客(<25%)察觉到	
1		无

表 2

频度		
级别	失效发生的可能性	项目/车辆的事故数
10	很高：无应用历史的新技术和新设计	≥100/千件
9	高：使用了新设计、新应用或对工作循环或操作条件的更改，失效不可避免	50/千件
8	高：使用了新设计、新应用或对工作循环或操作条件的更改，失效很可能发生	20/千件
7	高：使用了新设计、新应用或对工作循环或操作条件的更改，失效是否发生很难确定	10/千件
6	中等：采用类似设计或模拟设计和试验，该失效时常发生	2/千件
5	中等：采用类似设计或模拟设计和试验，该失效偶然发生	0.5/千件
4	中等：采用类似设计或模拟设计和试验，该失效极少发生	0.1/千件
3	低：采用几乎同样的设计或模拟设计和试验，该失效极少发生	0.01/千件
2	低：采用几乎同样的设计或模拟设计和试验，没有可见的失效发生	≤0.001/千件
1	非常低：通过预防控制，失效消除了	通过预防控制，失效消除了

表 3

探测度		
等级	探测几率	标准：被设计控制探测到的可能性
10	绝对不肯定	没有现行控制，无法探测或无法分析
9	在任何阶段都不易探测	设计分析 / 探测控制的探测能力很弱；虚拟分析（例如：CAE, FEA等）与预期的实际操作条件没有关联
8		在设计定稿后，设计发布之前，使用通过不通过试验对产品进行确认（用接受标准来测试系统或子系统，例如：乘坐与操纵，托运评估等）
7	在设计定稿后，设计发布之前	在设计定稿后，设计发布之前，通过试验到失效的试验对产品进行确认（对系统或子系统进行测试，直到故障发生；进行系统相互作用试验等）
6		在设计定稿后，设计发布之前，通过老化试验对产品进行确认（在耐久性试验之后进行系统或子系统测试，例如：功能检查）
5		在设计定稿前，对产品进行确认（可靠性试验，开发 / 确认试验），使用通过 / 不通过试验来确认（例如：性能接受标准，功能检查等）
4	在设计定稿之前	在设计定稿前，对产品进行确认（可靠性试验，开发 / 确认试验），使用试验直到失效的试验来验证（例如：持续试验直到有泄露、弯曲、破裂等现象）
3	在设计定稿之前	在设计定稿前，对产品进行确认（可靠性试验，开发 / 确认试验），使用老化试验来确认（例如：数据趋势，前 / 后的数值，等等）
2	虚拟分析－相关	设计分析 / 探测控制的探测能力很强。虚拟分析（例如：CAE、FEA等）在设计定稿前，与实际或预期的操作条件关联性很高
1	探测不适用；失效预防	由于有了设计方案，（例如：已证实的设计标准，最佳实践或常用材料等）的充分预防，失效原因或失效模式无法发生

(1) 失效后果和严重度分析。表4对失效后果和严重度进行了分析。脱挡会造成车辆动力无法传输，客户只有摘挡后重新启动车

表 4

项目、功能	潜在失效模式	失效的模式潜在后果	严重度
一档挂挡顺利	挂挡后脱挡	车辆无法正常行驶，影响客户满意度	7

辆方可恢复正常。失效影响车辆基本功能，车辆可以运行但性能明显下降，故严重度为7分。

(2) 失效原因和发生度分析。对失效原因和发生度进行分析，见表5。

(3) 设计控制分析。对现行

设计控制进行分析，见表6。
(4) 进行RPN分析（见表7）。

建议措施的实施与验证

(1) 一档齿套和从动齿齿套倒锥角度现行设计为3°，经借鉴

DCT250项目经验及进行耐久试验对比分析后，将一档齿套和从动齿齿套倒锥角度改为4°。

(2) 一档齿套和从动齿齿套有效啮合长度现行设计为0.9~1.22mm，经借鉴DCT250项目经验及进行耐久试验对比分析后，将一

表 5

失效的潜在原因/机理	1/3挡齿套一档齿套倒锥角度太小，挡位锁止失效	从动齿总成齿套倒锥角度太小，挡位锁止失效	1/3挡齿套一档齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失效	从动齿总成齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失效	同步环总成锥面静摩擦系数太大，同步环抱死
发生度	5	5	5	5	4
原则	IPTV约0.5	IPTV约0.5	IPTV约0.5	IPTV约0.5	IPTV约0.1

表 6

序号	失效的潜在原因/机理	发生度	控制预防	控制探测	探测度
1	1/3挡齿套一档齿套倒锥角度太小，挡位锁止失败	5	倒锥角度>3°	R2同步器耐久试验	3
2	从动齿总成齿套倒锥角度太小，挡位锁止失败	5	倒锥角度>3°	GD、NRD整车耐久试验	3
3	1/3挡齿套一档齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失败	5	倒锥有效啮合长度>1mm	R2同步器耐久试验	3
4	从动齿总成齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失败	5	倒锥有效啮合长度>1mm	GD、NRD整车耐久试验	3
5	同步环总成锥面静摩擦系数太大，同步环抱死	5	锥面静摩擦系数<0.135	μ-con摩擦系数试验	4

表 7

严重度	失效的潜在原因/机理	发生度	控制预防	控制探测	探测度	RPN
7	一档齿套倒锥角度太小，挡位锁止失效	5	倒锥角度>3°	-	3	105
7	从动齿总成齿套倒锥角度太小，挡位锁止失效	5	倒锥角度>3°	R2同步器耐久试验	3	105
7	一档齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失效	5	倒锥有效啮合长度0.9~1.22mm	GD、NRD整车耐久试验	3	105
7	从动齿总成齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失效	5	倒锥有效啮合长度0.9~1.22mm	-	3	105
7	同步环总成锥面静摩擦系数太大，同步环抱死	4	锥面静摩擦系数<0.135	μ-con摩擦系数试验	4	112

挡齿套和从动齿套有效啮合长度改为1.3~1.62mm。

(3) 同步环总成锥面静摩擦系数太大，对此增加同步环预磨合工序，每个同步环装配前都要按照预磨

合标准化操作指导书进行预磨合。

(4) 在进行上述措施的同时增加软件预同步二次上挡功能，通过程序控制预防脱挡。

以上措施实施后经验证，发生

度都有所降低，软件预同步二次上挡的运用进一步降低了探测度，最终使RPN显著降低。

建议措施实施后的RPN分析，见表8。

表 8

序号	失效的潜在原因/机理	现行控制预防	现行控制探测	建议措施	采取的措施	严重度	发生度	探测度	RPN
1	1/3挡齿套—挡齿套倒锥角度太小，挡位锁止失效	倒锥角度>3°	R2同步器耐久试验	(1) 借鉴DCT250项目经验及进行耐久试验对比分析；(2) 通过软件控制进行防错	(1) 将一挡齿套和从动齿套倒锥角度改为4°；(2) 增加软件预同步二次上挡功能	7	2	3	42
2	从动齿总成齿套倒锥角度太小，挡位锁止失效	倒锥角度>3°	GD、NRD整车耐久试验	—	—	7	2	3	42
3	1/3挡齿套—挡齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失效	倒锥有效啮合长度>1mm	—	—	(1) 将一挡齿套和从动齿套有效啮合长度改为1.3~1.62mm；(2) 增加软件预同步二次上挡功能	7	2	3	42
4	从动齿总成齿套倒锥有效啮合长度太小，挡位锁止失效	倒锥有效啮合长度>1mm	—	—		7	2	3	42
5	同步环总成锥面静摩擦系数太大，同步环抱死	锥面静摩擦系数<0.135	μ-con摩擦系数试验	(1) 增加同步环预磨合工序，每个同步环装配前都要进行预磨合；(2) 通过软件控制进行防错	(1) 同步环按照预磨合标准化操作指导书进行预磨合；(2) 增加软件预同步二次上挡功能	7	2	4	56

项目小结

此项目输入来自于市场上的客户抱怨，对此我们召集项目团队进行了问题分析和改善，最终更新了FMEA，更新了设计规范。

这是一起有代表性的DCT变速器故障类型，DCT360作为SAGW自主研发的首款拥有完全自主知识产权的自动变速器产品，未来会有越来越广泛的使用，对于产品使用中已暴露的或潜在的故障模式我们都高度关注，积极应对。同时在

产品开发中积累了宝贵的经验教训，这些经验教训都会收纳更新至FEMA中，并进一步转化成设计规范和设计手册等，在以后产品的升级换代中发挥巨大作用，降低产品的市场缺陷率，提高产品的市场占有率。 **AUTO1950**



杨克军
项目主管、高级工程师 上海汽车变速器有限公司技术中心DFMEA项目主管和PQCP产品质量问题解决系统项目主管