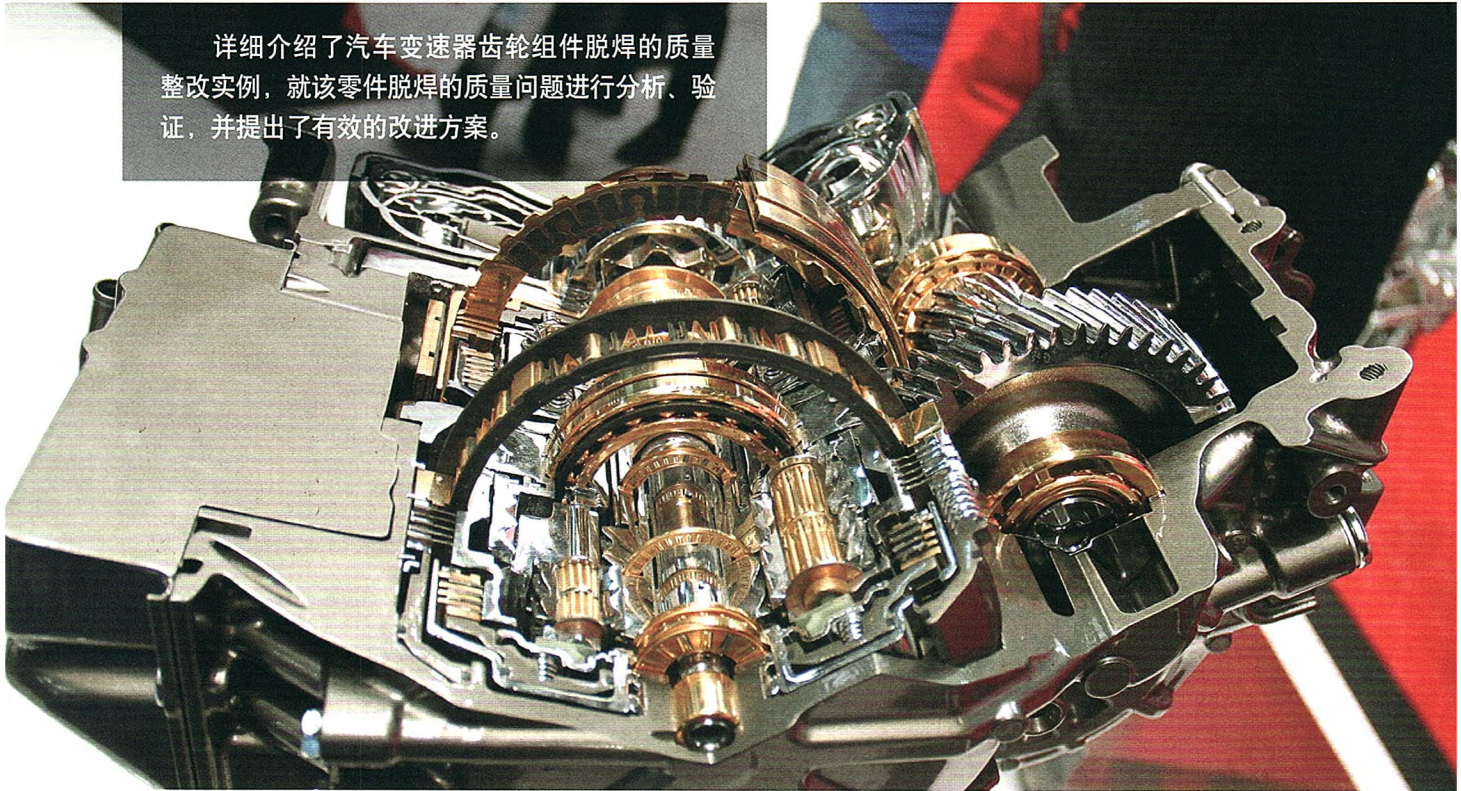


齿轮组件脱焊质量问题的改善

□ 格特拉克（江西）传动系统有限公司/肖婷玲 罗长峰

详细介绍了汽车变速器齿轮组件脱焊的质量整改实例，就该零件脱焊的质量问题进行分析、验证，并提出了有效的改进方案。



问题描述

售后市场反馈，装配我公司变速器总成的整车在行驶里程2万~3万km时，出现变速器挂挡不走的现象，解体后发现该挡位齿轮脱焊（见图1），导致故障的出现。



断口从焊缝与母材齿环分离，焊接的熔覆区基本保留在轮齿上

图1 故障件宏观照片

临时围堵措施

针对以上问题，采取了临时围堵措施，见表1。

具体分析中，对探伤机的准确

度进行确认：

（1）提高探伤设备灵敏度后，可以发现原有工艺无法探出的

小缺陷。现有工艺探伤结果显示：单个伤长 0° ，累计伤长 0° 。提高探伤设备灵敏度后，单个伤长 1.8° ，累计伤长 1.8° 。

（2）更改探伤灵敏度以及增加对单个缺欠角度的控制，原工艺单个缺欠按 36° 控制，现改为 10.8° 。现有工艺探伤结果显示，单个伤长 7.2° ，累计伤长 7.2° 。提高探伤设备灵敏度后，单个伤长 21.6° ，累计伤长 30.6° 。

表1 采取临时围堵措施

序号	临时围堵措施	调查结果
1	对探伤机的准确度进行确认	通过增加灵敏度以及单个缺欠角度的控制，可以发现原探伤工艺不能发现的小缺陷以及减少误判，防止不合格品的流出。
2	停止总成装配，所有库存的该齿轮组件进行100%探伤处理	对库存品零件进行100%探伤处理，发现2件外观不合格（解剖确认焊接指标合格）
3	停止过程加工、发货，对线边各工序齿轮组件按批次解剖实物、重新探伤	线边350件探伤合格；成品检800件有3件外观不合格。（解剖确认焊接指标合格）

综上所述，可以得出结论：提高探伤设备灵敏度后，增加对缺欠角度的控制，可以减少误判，防止不合格品的流出。

原因分析

通过鱼刺图列出了所有可能的原因分析，再进行现场逐一分析、验证并排查。

1.人的因素：未按规范清洗

从表2的调查结果来看，产生

脱焊的原因与齿环外圆焊接部位有污物，操作工没有对齿环外圆焊接部位擦拭干净是脱焊的原因之一。

2.设备的因素

(1) 工装径跳大。焊接工装径跳大容易导致焊接偏离，焊接工装径跳要求≤0.04mm，实测工装径跳为0.03mm，符合工艺要求。

从检测数据未发现不合格现象，产生脱焊的原因与工装跳动无关。

(2) 焊接深度不足。对焊接深度进行检测，检测结果见表3。一档从动齿轮的焊接深度要求≥3.5mm，局部存在焊接深度不足的现象，故焊接深度不合格是造成脱焊的原因之一。

(3) 焊接宽度窄。对故障件焊接宽度进行检测，见表4。齿轮组件的焊接宽度要求≤3.0mm，从检测数据来看，未发现不合格现象，焊接宽带合格，符合产品控制要求，故焊接宽度不是造成脱焊的原因。

3.方法

(1) 焊接工艺不合理。对现场焊接工艺进行了搭接实验，实验安排如下：第一，由于现场清洗后的零件清洁度较差会影响到实验结果，对现场清洗过的零件使用丙酮手工清洗20件。

第二，使用现有工艺在电子束

表 2

是/否分析		
潜在根本原因	结论 (Y/N)	试验过程 / 证据
未按规范清洗零件	Y	1.抽查点检记录，每月更换AK-231C环保型脱脂剂一次。 2.检查清洗温度、烘干温度，在设备温控表上设定控制，符合控制计划要求。 3.控制计划要求焊接外观用药棉擦应无明显污物，检查齿环外圆焊接部位有污物，操作工没有对齿环外圆焊接部位擦拭，仅对齿轮内圈焊接部位擦拭。

表 3

(单位：mm)

试样编号	1 [#]	2 [#]	3 [#] A	3 [#] B	3 [#] C	4 [#]	5 [#]	6 [#]
检测项目	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右
焊接总深度	3.97/2.73	3.80/3.89	3.84/4.09	3.89/3.90	3.82/4.09	3.64/3.64	3.36/3.50	3.32/3.50
有效深度	3.75/1.92	3.72/3.74	3.76/4.00	3.86/3.77	3.79/3.87	3.61/3.55	3.30/3.50	3.22/3.44

表 4

(单位：mm)

试样编号	1 [#]	2 [#]	3 [#] A	3 [#] B	3 [#] C	4 [#]	5 [#]	6 [#]
检测项目	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右	左/右
焊接宽度	2.77/2.64	2.11/2.74	2.72/2.85	2.57/2.78	2.88/1.94	1.85/1.75	2.70/2.80	2.86/2.66

焊机E焊接5件，18° 的搭接焊接5件。

第三，使用现有工艺在激光焊机D焊接5件，20° 的搭接焊接5件。

最后，焊接后在探伤机检测，并每种方式各取一件在剖切搭接处进行金相检测。

激光焊机搭接实验焊接零件探伤结果对比如下：

20° 搭接焊接零件探伤结果见表5。分别通过探伤检测结果和剖切检测结果对比，可以得出：改变搭接方式对探伤结果影响不显著。故现有焊接工艺不是造成脱焊的原因。

(2) 焊接气孔多。对故障件进行焊接气孔的检测，结果分别见表5和表6。一档从动齿轮检测面允许2个气孔，但气孔必须符合

单个气孔≤0.3mm，气孔总长度≤0.5mm，表5中故障件实际检测只有小气孔，但个别气孔尺寸超过产品要求。表6中故障件实际检测气孔分布较广，气孔尺寸超过产品要求。所以焊接气孔是造成脱焊的原因之一。

4.材料

(1) 原材料化学成分不符合图样要求。对故障件进行化学成分检测，结果见表7。从检测结果来看，原材料成分不是造成脱焊的原因。

(2) 齿环外径尺寸一致性差。对故障件压配的外径尺寸进行检测（数据较多，此处不再列出），50个样品压配的外径尺寸为φ78~φ78.065mm，一致性较好。故压配的外径尺寸不是造成脱焊的

原因。

(3) 齿轮内孔尺寸一致性差。对故障件内径尺寸进行检测（数据较多，此处不再列出），50个样品的齿轮内孔尺寸为φ78.011~φ78.039mm，结果合格。故内径尺寸也不是造成脱焊的原因。

永久措施

通过以上的分析验证，得出该齿轮组件脱焊的根本原因如下：焊接深度不足、焊接气孔超过规定要求是导致脱焊的根本原因；焊接表面不清洁是导致焊接气孔大、小气孔多的根本原因。

针对以上原因，采取的永久措施见表8。

结语

通过团队成员的分析验证，该

表 5 (单位：mm)

试样 编号 检测 项目	1 [#]		2 [#]		3 [#] A		3 [#] B		3 [#] C		4 [#]		5 [#]		6 [#]	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
气孔	0.13× 0.08	无	0.21×0.17 0.11×0.11 0.18×0.11	无	0.11× 0.10	无	0.26×0.21 0.73×0.36	0.06× 0.05	0.16× 0.06	无	0.16× 0.16	0.13× 0.13	0.51× 0.27	0.14×0.09 0.05×0.06	0.06× 0.03	无

表 6 (单位：mm)

试样编 号 检测项 目	1 [#]						2 [#]		3 [#]		4 [#]	
	A左	A右	B左	B右	C左	C右	左	右	左	右	左	右
气孔	2.16× 1.0	0.23× 0.3	1.23×0.71 0.74×0.44	0.89×0.82 0.52×0.48	0.09× 0.1	0.6× 0.46	0.42×0.28 0.73×0.72	1.2× 0.5	无气孔	0.6×0.35 0.38×0.09 0.42×0.14	0.32×0.12 0.38×0.29	无气 孔

表7 20CrMoH化学成分（质量分数，%）

		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ti	P	S	Al
技术要求		0.17~0.23	0.17~0.37	0.55~0.90	0.85~1.25	0.15~0.35	—	≤0.030	≤0.035	0.02~0.05
实测结果	齿轮	0.20	0.25	0.75	0.97	0.21	—	0.010	0.003	0.02
	齿环	0.20	0.24	0.66	1.02	0.17	—	0.014	0.004	0.03
试验结论		符合20CrMoH技术要求								

表 8

实施区域	永久纠正措施的实施
焊接工序	针对焊接深度偏浅，该齿轮组件在指定的电子束焊E设备焊接
	购买一台精密影像测量仪用于现场打点对中用，取消目测打点对中，防止焊接偏移
	为减少焊接应力的产生，焊接前产品必须预热处理 为释放焊接应力，焊接后的产品必须保温处理
清洗工序	采用超声波清洗设备，焊接产品直接在专用的设备上清洗，防止人为擦拭零件不干净的现象
检测工序	该齿轮组件焊接质量控制： 焊接时必须进行实物解剖，确认焊接首件符合焊接工艺要求，焊接深度在4.0mm以上，焊接宽度必须在2.5~3.5mm，在焊接深度3.5mm处的焊接宽度必须保证0.25mm以上，同时单边必须在0.1mm以上
探伤工序	通过提高探伤设备的灵敏度，调试出探伤控样中10%的缺陷，原工艺单个缺欠角度按36°控制，现对单个缺欠角度按10.8°控制，防止单个缺陷大的产品未识别而流出

齿轮组件脱焊质量问题整改到位。改进后的零件批量切换后，进行售

后市场跟踪未发现以上质量问题反馈，达到了整改效果。此质量问题

分析经验已在公司其他项目上进行了推广应用。**AME**

(上接 第27页)

4.日产汽车的标准化柔性生产线

日产根据其车身的结构特点及定位系统开发了标准化的柔性主焊线，其下车身有两套定位孔，一套给精定位台车用，满足包括机器人补焊在内的非GEO工位的工艺需求，另一套定位孔用在精度要求更高的定点焊工位。在定点焊工位，车身跟台车分离后，使用夹具对车身重新进行定位，台车和夹具通过单元的切换实现多车型的柔性；主拼工位根据车身结构特点，将夹具分成前后两段，对上车身进行定位，不定位B柱，自动化程度低的生产线使用人工吊具，自动化程度高的就用机器人抓手（见图6）。



图6 日产标准化主线的关键设备样图

5.现代汽车的标准化柔性生产线

现代汽车同样将一级分总成以及下部线、主线都进行了柔性化和标准化设计，地板总成及各一级分总成将所有的夹紧单元固定于可滑动的夹具上，所有夹具放置于夹具库中，根据车型的不同输送系统将对对应夹具调出（见图7）。该方案的优点是对整套夹具的重复定位精度要求不高，成本较低，维护难度小；地板补焊线及车身总成线采用模块化的方式，下车身使用带四面旋转夹紧单元机构的GEO Pallet定位。总拼工位上车身使用四面体夹具定位。四面体夹具的优点是适应

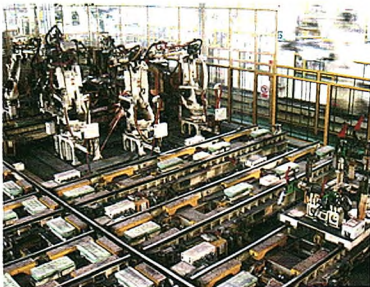


图7 现代汽车分总成及总拼工位样图

面广，不管车身是否有预装都可使用，缺点是结构太大，焊接接近性一般。

结语

随着日益激烈的市场竞争，各个汽车厂必须不断推出新车型，快速响应不同层次用户的需求。同时，为在日益尖锐化的价格大战中获取最大的利润空间，必须千方百计降低车型投入成本和生产成本。标准化的柔性焊装生产线技术是提高响应速度、降低生产成本、提高产品质量最有效的方法，是提升企业核心竞争力的关键所在。柔性焊装生产线的形式多样，其中以模块化的切换方案柔性最好，形式最多样，应用范围最广，各汽车生产企业应根据自己的产品机构选择合适的柔性解决方案并将其标准化，以提高企业竞争力。**AME**