■ 江苏驰超变速箱有限公司/周一桐

发动机飞轮齿圈总成冲击超荷载试验

齿圈冲击疲劳试验

1.试验目的

自动挡/手动挡飞轮总成通常由驱动幅板（飞轮铸件）和齿圈组成，驱动幅板（飞轮铸件）一端与发动机曲轴端面连接在一起，另一端则与变扭器端面连接在一起。发动机起动时，由起动发动机齿轮带动飞轮总成，从而起动发动机。齿轮冲击疲劳试验台架用于模拟起动发动机齿轮对于飞轮总成齿圈齿的冲击，完成飞轮总成的齿圈冲击疲劳试验，考核飞轮总成齿圈的疲劳寿命和设计质量。

2.试验台架

对于各种产品，设计台架（见图1）必须同时具备两个功能：冲击载荷的可调性和冲击次数的可设性。

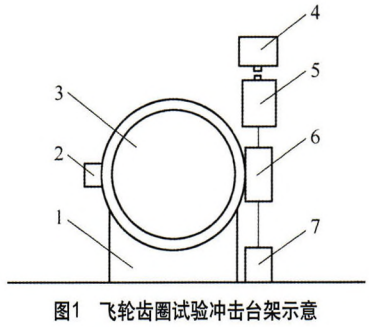

图1 飞轮齿圈试验冲击台架示意

1.夹具定位立板 2.定位齿 3.飞轮总成 4.气缸 5.压力传感器 6.齿条 7.定位圆柱

3.工作原理

将飞轮总成固定在夹具定位立板上，装好定位齿和齿条，由可调压力气缸往复施予预定载荷冲击，通过传感器传到齿条，再作用于飞轮总成齿圈的某个单齿上，历经一定的循环次数，观察轮齿是否存在裂纹、裂缝或断裂等失效。

4.主要部件工作特性

1）夹具定位立板可沿预调好的水平导向调节移动，以适应不同尺寸的各型产品。定位齿座同样可沿水平方向移动，作用同前。台架可以根据不同形状的产品进行调节，有良好的通用性。

2）往复冲击装置采用SMC气缸，通过空压阀调节设定气缸冲击荷载的大小，读数直观，操作方便。

3）在气缸和齿条之间安装压力传感器，能随时检测出所受冲击力的大小，还能与气缸调压阀的调压数据做出对照，可相互监督比对数据可靠性，在试验中不易出错。

4）设有接近开关，在程序中设置好所需的冲击数值后，到时即可自动关机，无须人员看守。

5.其他部件

设备的主要结构形式，加强型钢板要能够承受冲击振动影响。精度按照设备图样标注要求，冲击齿的强度要求足够牢固，以能够承受循环30万次的冲击疲劳。

罗孚1.8T总成超荷载试验

1.试验目的

各型产品在设计阶段都会被考虑到其在日后实际工作条件下的失效状况及模式，这就需要样品实体失效来验证产品设计结构、工艺及所选材料的合理性。以罗孚1.8T齿圈为例，疲劳寿命通过标准为：冲击荷载3500N，冲击次数50 000次循环。在此标准下，齿圈

完成试验后经磁粉探伤未发现存在裂纹、裂缝或断裂等损失，则视为通过验证。而上述几种失效模式是该型产品在实际工况下最可能发生的几种失效形式，也是设计工程师在设计阶段之初亟需极力规避的风险。

2.超荷载破坏性试验

由于齿圈冲击实验的特殊性，其试验频率通常为0.5Hz，试验次数也在数万次以上，试验周期较长，使用标准冲击荷载无法在短时间内测试出结果，故而超荷载试验对考核总成具备重要意义，从3500N的标准冲击荷载提高到4500N，能大幅缩短试验周期，通过数据比对，完成对总成的考核。

通过对罗孚1.8T同一齿圈上120°均布1、2、3三齿分别进行冲击试验，试验载荷均为4500N，测得数据如下：1齿处外径293.28mm，厚度8.78mm，于第23 102次断裂；2齿处外径292.8mm，厚度8.76mm，于第29 224次断裂；3齿处外径292.96 mm，厚度8.74mm，于第38 324次断裂。

通过在断齿附近齿上分别选取Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ处测量点进行硬度测量，测得数据如下：Ⅰ号测量点为齿根圆下方3mm处，Ⅱ号测量点为齿根圆中心处，Ⅲ号测量点为齿表面硬度，位于齿根圆上方2～3mm处（见图2）。

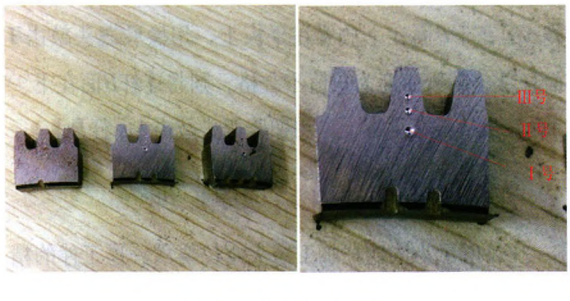

图2 罗孚1.8T齿圈试片

测得硬度：1齿附近Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ处硬度分别为20.5HRC、48.7HRC、51.1HRC；2齿附近Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ处硬度分别为21.2HRC、50.0HRC、51.1HRC；3齿附近Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ处硬度分别为19.3HRC、50.1HRC和50.6HRC。

通过在断齿左右临近齿上分别选取Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ和Ⅸ处测量点进行硬度测量，测得数据如下：Ⅳ号齿顶硬度为齿根圆上方3mm处，Ⅴ号齿根圆硬度为齿根圆处，Ⅵ号硬度为左齿齿谷齿根圆下方0.3mm处，Ⅶ号硬度为左齿齿峰齿根圆下方0.3mm处，Ⅷ号硬度为右齿齿谷齿根圆下方0.3mm处，Ⅸ号硬度为断齿齿根圆下方0.3mm处（见图3）。测得硬度见附表。

由附表可以看出，齿耐冲击次数伴随着齿顶硬度的提高而提高，而齿根圆及齿根圆下方硬度与齿耐冲击次数无明显规律特性。

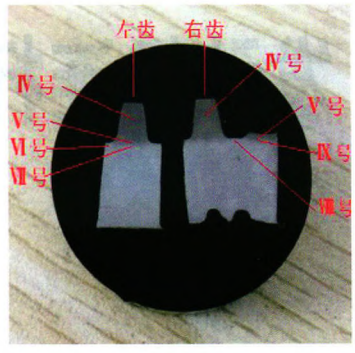

图3 罗孚1.8T齿圈镶嵌试片

罗孚1.8T齿圈镶嵌试片硬度 （单位：HRC）

编号	Ⅳ号		Ⅴ号		Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
	左	右	左	右				
1	480	489	443	449	242.18	321.45	284.12	353.80
2	485	492	412	431	237.84	291.18	250	275.96
3	502	493	418	423	246	337	253	280

结语

本文通过样品实体，分析了飞轮总成在实际使用中可能出现的失效模式，再通过罗孚1.8T超荷载实例，分析了齿耐冲击次数与各项参数间的关系，希望能为今后的飞轮总成设计、试验台架设计及检测提供参考。

关键词：
飞轮齿圈 冲击 超荷载试验
（收稿日期20131011）