

AMT 电控装置可靠性加速试验研究^①

杨 平

重庆工商职业学院 智能制造与汽车学院, 重庆 合川 401520

摘要: 通过对载荷谱的浓缩和模拟迭代, 实现了 AMT 电控装置的可靠性加速试验. 首先在襄樊试验场采集了载荷谱, 并对载荷谱进行了编辑处理, 接着通过对无效幅值的舍去和对浓缩信号的损伤计算, 发现载荷谱在保留相当损伤的情况下可以实现可靠性加速试验. 最后利用道路模拟试验机对浓缩后的载荷谱进行了迭代试验, 进而对 AMT 的电控装置进行了可靠性加速试验. 结果表明, 利用浓缩后的载荷谱进行可靠性试验, 不仅加速了试验过程, 还能对 AMT 电控装置的可靠性进行准确评价.

关键词: AMT; 可靠性; 加速试验; 模拟迭代

中图分类号: U463.212

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)08-0085-05

在路面激励和发动机振动这两大激励源的作用下, 汽车电器与电子系统故障呈逐年增加的趋势^[1], 而 AMT 自动变速器是在手动变速器的基础上加装了一套电控换挡装置从而实现自动换挡, 因此保证新加装的电控换挡装置可靠有效地工作, 是 AMT 自动变速器开发的关键^[2].

目前, 可靠性试验分为试验场道路试验和室内再现实际作业模拟试验. 试验场可靠性试验花费时间长, 成本高, 而且还由于驾驶员、环境和试验道路的变化而得出不一致的结果^[3]. 在室内再现路面的实际振动状态, 对被试件进行道路模拟振动试验不仅周期短而且重复性好, 被认为是加速产品开发、提高产品质量的有效手段.

国内外对加速试验技术的研究与应用主要集中在可靠性加速试验、加速寿命试验和加速退化试验, 构成了加速试验技术的核心, 也代表了可靠性试验技术的发展方向. 这里主要研究可靠性加速试验方法, 在保证可靠性要求的前提下减少试验时间, 节省试验成本^[4].

对于实车载荷谱信号的规范, 汽车电连接器振动可靠性的国家标准或行业标准中没有规定, 不能用一般的等幅疲劳试验或程序疲劳试验对试验结果进行评价, 且试验的强化时间无法确定^[5]. 选换挡电控装置作为 AMT 自动变速器的一部分, 因此变速器的实车振动情况能够反映电控装置(线束、ECU 控制单元等)的受力状态.

本文基于实际道路谱数据, 通过对无效幅值的舍去和模拟迭代, 获取了可靠性加速试验的驱动信号, 既能使电控装置的振动状态与实车行驶状况接近, 又能达到加速效果. 利用道路模拟试验机, 结合试验场实车试验获取的换挡数据对 AMT 电控换挡装置进行了可靠性加速试验.

1 载荷谱的获取

本试验采用三通道加速度传感器法, 以搭载该试验对象的国产轿车为研究对象, 进行路载荷谱的采集. 为了获得各种特殊路面的载荷谱, 试验路段选择襄樊汽车试验场的强化路面, 强化路面包括鱼鳞坑路、

① 收稿日期: 2016-06-22

基金项目: 2016 年重庆市教委科学技术研究项目(KJ1603803).

作者简介: 杨 平(1986-), 女, 重庆合川人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事车辆工程测试技术方面的研究.

波形路、比利时路、搓板路、石块路和扭曲路面等。此次试验主要在变速器换挡电控装置处布置了加速度传感器作为监控点,如图 1 所示。试验车的装载质量、轮胎气压等都严格按照国标^[6]执行。按照每种路面正常要求的行驶速度行驶,平均行驶车速在 60 km/h,为验证载荷谱的可靠性和重复性,每种路段在相同条件下重复采样 3 个循环。为全面考核换挡装置电连接器及附属装置在外部振动和内部电信号作用下的可靠性,试验过程对不同档位的换挡次数进行了实时记录。

观察获取的载荷谱数据,发现某些通道的真实信号中混入了很多非真实信号,影响试验的可靠性。为保证后续数据统计的准确性,本文通过频域滤波、去除趋势项、除均值等方法对原始信号进行了预处理。图 2 所示为信号处理前后的对比效果,其中黑色数据为原始信号,蓝色数据为去偏移后得到的信号,绿色数据为进一步去均值得到的信号。

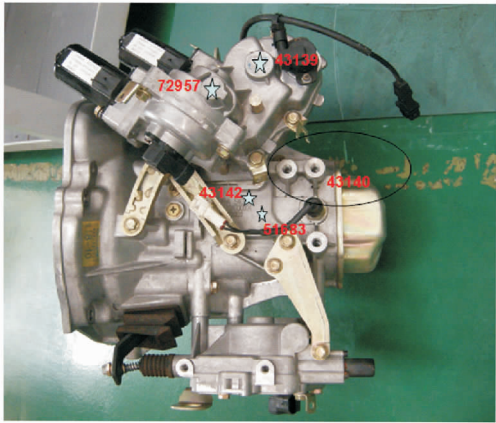


图 1 加速度传感器测点

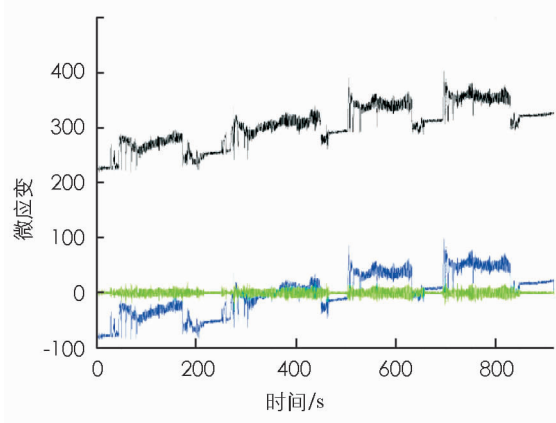


图 2 信号处理前后对比

2 载荷谱的浓缩

当前常见的加速试验方法有^[7]:增大加载频率法、加大载荷幅值、删除贡献微小的小载荷信号、强化系数程序疲劳试验。汽车零部件、电器部件的可靠性加速试验的有效方法是将载荷谱进行浓缩,通过删除对疲劳损伤贡献不大的小载荷来浓缩试验信号,即需对载荷谱的无效幅值进行舍弃,再通过对浓缩试验信号的模拟迭代,在相同损伤情况下达到加速试验的目的。

2.1 载荷谱无效幅值的舍弃

为保证 x,y,z 3 个方向载荷谱的相位关系,各通道应同步删除小载荷信号,并应注意兼顾应变损伤和功率谱密度。基于疲劳累积损伤理论的 RPC 软件具有自动损伤编辑功能,能对每一通道的载荷谱数据进行雨流计数和损伤计算,并能在保留设置好的损伤量的同时删除各通道的小信号。

通过对载荷谱的损伤编辑,得到损伤保留量与载荷时间长度减少量的变化关系,如图 3 所示。由图可知保留的损伤值与载荷谱保留的时间长度并不成正比,保留的损伤量在 90%~100%之间时,保留的时间变化量较大,而当保留的损伤量小于 90%时,保留的时间变化量较小。目前最为流行的省略方法是把随机载荷波中心最大幅值的 5%~10%作为无效幅值的省略基准^[8],其编辑基准也恰与本试验的损伤编辑变化情况相呼应。考虑该试验的目的是考核选换挡电控装置在路面随机激励下的可靠性,其主要影响因素是振动的激烈程度,因此应最大程度地对无效载荷进行剔除。

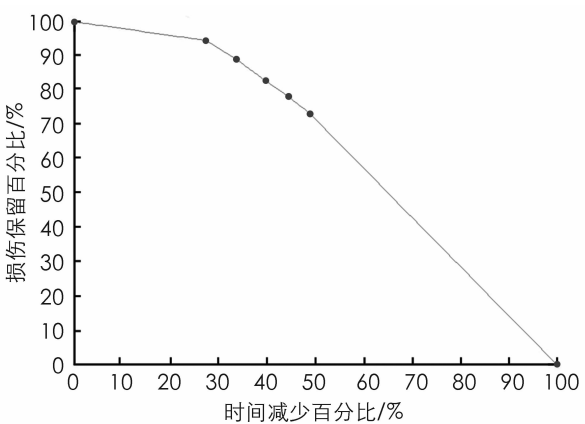


图 3 损伤保留量与载荷长度的变化关系

本文将目标考核部位 3 个加速度通道的路谱信号进行同步浓缩，保留 95% 的损伤值，且只有当 3 个通道中小载荷同时符合删除要求才会执行删除任务，信号浓缩前后的对比效果如图 4 所示，黑色为浓缩前的载荷谱，蓝色为浓缩后的载荷谱。由图可知，信号的浓缩幅度比较大，这是因为原始数据中对可靠性影响较小的小载荷占了大部分，剔除这部分小载荷可以达到加速试验的目的。

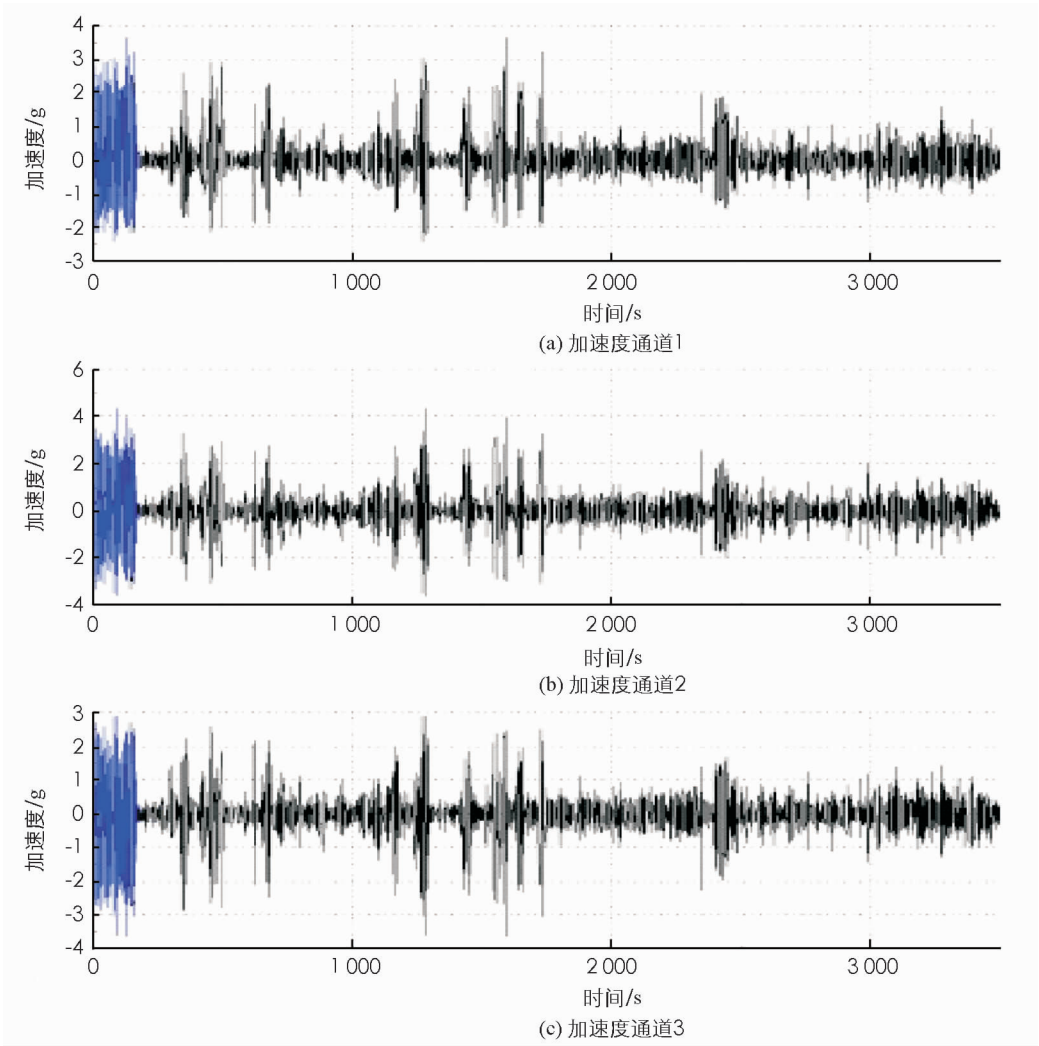


图 4 3 个通道时域数据同时浓缩前后对比

2.2 损伤计算

将不同类型的各种信号看成是广义的应力或应变信号，用雨流计数法统计载荷循环数后，按照对应材料的 S—N 曲线，根据 Miner 法则进行估算得到的损伤称之为名义损伤或伪损伤。伪损伤可用于对比相同试验条件下不同通道载荷对结构的损伤严重程度，也可以用于比较等效载荷谱和原始载荷谱的相似程度，伪损伤也可用作载荷谱等效计算中的参考数值^[9]。本文利用浓缩前后的加速度信号来计算选换挡电控装置的伪损伤，进而分析可靠性加速试验的可行性和必要性。表 1 列出了信号浓缩前后的损伤量及寿命值，可以看出浓缩后的试验时间大大缩短，但损伤值和寿命变化较小，说明同步浓缩相关的加速信号可以在保留相当损伤的情况下实现可靠性加速试验。

表 1 信号浓缩前后的伪损伤量及寿命

通道编号	原始损伤	原始寿命	浓缩后损伤	浓缩后寿命	损伤保留	时间减少
1	8.90E-10	1.10E9	8.51E-10	1.18E9	95.6%	91.8%
2	4.82E-9	2.07E8	4.59E-9	2.20E8	95.2%	91.8%
3	3.29E-10	3.04E9	3.08E-10	3.24E9	93.8%	91.8%

3 驱动信号的获取

基于美国 MTS 道路模拟试验系统开发的多通道道路模拟试验台, 针对目标考核部位选择在相同位置处设置监测点, 用浓缩后的载荷谱和系统频响应函数逆矩阵计算生成初始的驱动信号, 以此信号为激励, 得到第一次相同监测点的响应信号, 通过比较计算得到该响应信号与浓缩信号之间的误差函数, 把该函数乘以一增益值叠加到初始驱动信号上, 可以求得第二次驱动的误差函数, 把这次驱动的误差函数又乘以一增益值叠加到上次迭代的驱动信号上, 得到第三次驱动信号, 继续驱动激励器^[10-11], 如此循环迭代, 直到回收的响应信号与浓缩后的信号误差达到允许范围内时终止. 迭代流程如图 5 所示. 对比最后一次迭代的响应信号和浓缩信号(图 6)发现台架振动监测点的响应信号与浓缩后的信号重复性较好, 用最后一次迭代的驱动信号建立驱动文件作为室内加速试验的驱动信号.

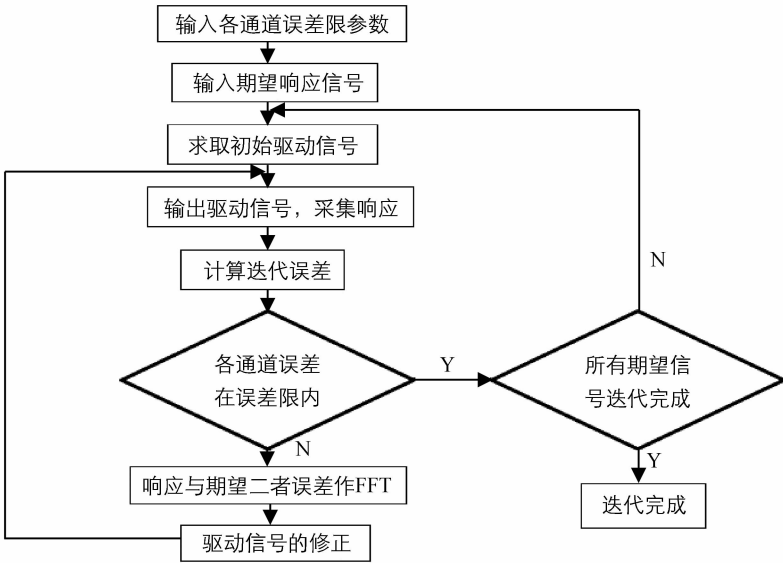


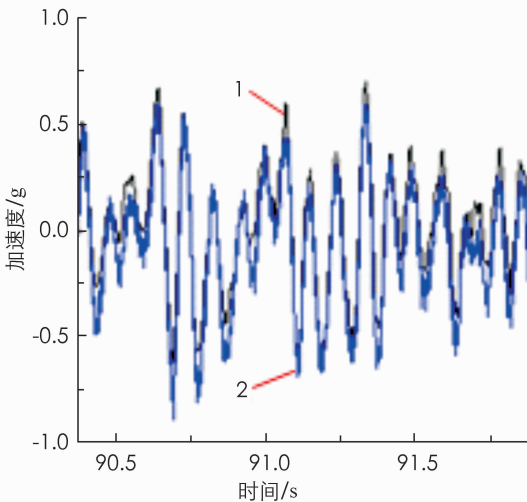
图 5 迭代原理

4 可靠性加速试验

采用相同的方法对各种路况的载荷谱进行浓缩和迭代, 以襄樊试验场实车可靠性试验 4 万公里的路面比例和不同档位换挡次数的试验数据为依据, 对室内道路模拟可靠性试验的路面比例和档位信息进行分配, 将不同路面的驱动信号加载到道路模拟试验机中, 根据各路面的档位信息开启选换挡控制系统对 AMT 电控换挡装置进行可靠性加速试验. 试验还结合离合器执行机构, 还原了实车换挡时的真实过程, 进行了完整的离合器断开、选位、换挡和离合器结合的可靠性试验.

5 结 论

1) 大量无效幅值的舍去, 保留了对电控装置损伤较大的载荷, 减少了对可靠性影响较小的小载荷. 此方法能够加速预测电控装置的可靠性, 缩短产品的开发周期.



1—浓缩信号 2—响应信号

图 6 实际响应信号与浓缩信号的时域吻合度

2) 结合实测载荷谱和换挡数据能实现对选换挡电控系统可靠性的有效评价, 且评价结果与实车试验结果一致.

参考文献:

[1] 曹正林, 李 骏, 郭孔辉. 基于虚拟试车场的轿车悬架耐久性强化试验仿真研究 [J]. 机械工程学报, 2012, 48(10): 123—127.

[2] 杨 平, 成云川. AMT 换挡机构载荷谱的采集及分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(4): 171—175.

[3] 柳东坡. 基于虚拟试验场的某菱形车可靠性分析及抗疲劳优化设计 [D]. 长沙: 湖南大学, 2011.

[4] 曹建永, 陈 诚. 汽车弹性部件道路模拟加速试验方法的研究 [J]. 上海汽车, 2012(6): 48—51.

[5] 国家技术监督局. 汽车道路试验方法通则: GB/T 12534—90 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1990.

[6] 赵晓鹏, 张 强. 某型越野车试验场载荷谱的压缩与外推 [J]. 汽车工程, 2009, 31(9): 871—875.

[7] 郭 虎. 汽车试验场可靠性强化试验强化系数的研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2003.

[8] 陈忠良, 崔红伟. 室内整车可靠性道路模拟试验方法 [J]. 北京汽车, 2005(2): 10—13.

[9] 徐 灏. 疲劳强度 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1988.

[10] 石来德. 机械的有限寿命设计和试验 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1990.

[11] 姜 华. 车辆强化试验加速系数的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2000.

Research on Accelerated Reliability Test
for the AMT Electric Control Device

YANG Ping

College of Intelligent Manufacturing and Automobile, Chongqing Technology and Business Institute, Hechuan Chongqing 401520, China

Abstract: In a study reported in this paper, the reliability accelerated test of the AMT (automated mechanical transmission) electric control device was realized by the concentration of load spectrum and simulation iteration. First, the load spectrum was collected in Xiangfan Test Field, and edited and processed. Then, through the amplitude truncation and concentration signal damage calculation, we found that reliability accelerated testing could be achieved by reserving equivalent damage. Finally, the concentrated load spectrum was simulated and iterated in a road simulation test and an accelerated reliability test was conducted on electric control device of AMT. The above results show that the reliability test with the edited load spectrum can accurately assess the reliability of control device of AMT within a greatly shortened time period.

Key words: AMT; reliability; accelerated test; simulation iteration

责任编辑 汤振金