

汽车电子部件振动疲劳试验规范设计*

周海亭 陈光冶

林卫东

(上海交通大学振动冲击噪声国家重点实验室,上海 200030)(上海联合汽车电子有限公司技术中心,上海 201206)

周炎

(江南重工集团公司七院711研究所,上海 200021)

摘要 本文根据汽车电子部件加速度振动试验要求,设计了与实际载荷作用等价的正弦激振载荷幅度与试验时间的关系,制定了一套完整的加速振动试验方案并完成了相关实验,得到了强化系数 K ;对直接采用道路谱信号应用于UD振动台上的试验进行了设计。整个振动试验设计可指导汽车电子产品试验规范工作,具有实际意义和应用价值。

关键词 试验规范设计,包络谱转换,加速疲劳试验,强化系数 K 值

中图分类号: TG113

0 引言

汽车电子部件在强烈的振动(主要是随机振动)环境中工作,必须满足规定的工作寿命和可靠性要求。而这些要求除了在设计阶段进行疲劳寿命等性能预估外,实际工作寿命和可靠度只能依靠试验分析。试验检验必须根据一定的试验规范进行。试验测试检验具有实施方便、实验条件容易控制的特点。

目前,联合汽车电子有限公司(UAES)生产的电子部件产品(包括各种传感器、执行器等),这类产品占绝大多数,属引进技术。另一种是自主开发产品,如燃油分配管和燃油泵支架总成。前者是有德国BOSCH公司开发并授权UAES生产的,检验试验规范主要是参照德国BOSCH公司的试验标准。在进行整车匹配时,只需要测量安装部位的振动加速度,然后与该产品的试验规范加以比较,即可评判其合格与否。后者,当应用于所研制的新车型时,由于国内与国外匹配车型、发动机、路况等条件的不同,对正在使用的试验条件与规范制定的由来尚不清楚,完全照搬BOSCH公司的试验标准^[1]不能准确反映我国匹配车电子部件的试验要求,而目前汽车行业中还没有发现有关方面的资料。虽然在国军标GJB150.16-86中罗列了公路运输环境激励、安装在喷气式飞机上设备等各种振动谱,但不适用于汽车。汽车振动试验设计涉及的面比较广,部件受到的环境和发动机振动等诸多激励,比较复杂。如激励是转鼓谱(发动机谱)?道路谱?还是随机谱?都需要进行详细的分析。此外,激励谱确定以后,如何确定振动量级与试验时间的关

系,即如何确定这些关系使之与实际载荷作用下产品达到设计寿命(发动机寿命)和产品的实际寿命相等效。

鉴于上述情况,对汽车电子部件振动试验规范设计进行研究是相当必要的。此类研究对企业在试验技术领域的研发、开拓企业新车型试验规范设计的能力和相关专业技术的发展均有促进作用。

1 振动疲劳试验规范设计

1.1 激励谱的等效转换——包络谱设计

根据振动试验规范的要求,首先要解决汽车部件在不同激励下的疲劳损伤等效性问题,即包络谱转换设计。针对汽车的特点分析它的激励情况。在实验室一般用正弦扫描激励方式激励,而实际测量的汽车部件的振动响应为随机的功率谱,所以,希望确定危险部位的振动响应加速度的包络,能够等效地反映零件的疲劳损伤。

假设零件的振动为线性振动,通过对随机振动响应和正弦扫描振动响应中直接反映疲劳损伤的应力变化与振动加速度之间的关联分析,找出随机响应的描述量(功率谱密度)与正弦扫描包络幅度的转换关系。依据得出的转换关系,编制相应的转换计算程序,以实测的随机功率谱为输入,直接输出正弦扫描包络折线,提供实际检验中的一种快速便捷的手段。

以车型DFM-KSZ(东风轻卡燃油分配管总成)的电子部件为例,对在转鼓实验平台上的振动实测随机幅值谱进行分析,寻找出不同测点的振动随机幅值谱的统计平均方法,形成实测包络振动频谱。对于发动

* 收稿日期 2002-08-18

第一作者 周海亭 男,副教授,1947年2月生

机部件,一般大多以振动的正弦分量为主,采用将随机分量转换为正弦并与原正弦分量叠加的思路进行等效转换。确定等效正弦包络以振动功率谱能量相同为原则。实际上,测量得到的是转鼓实验平台上的振动峰值保持谱,按照保守估计,将其转换为转鼓实验平台上适合振动台试验用的正弦折线双对数谱。

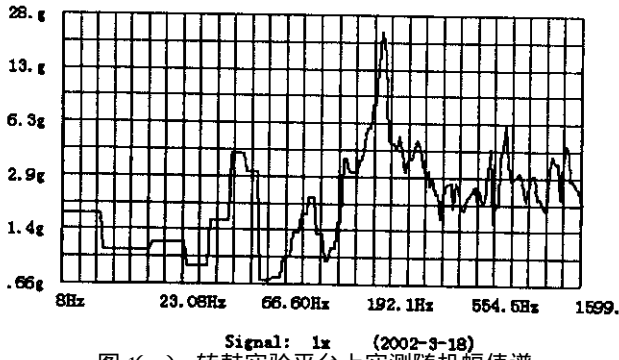


图 1(a) 转鼓实验平台上实测随机幅值谱

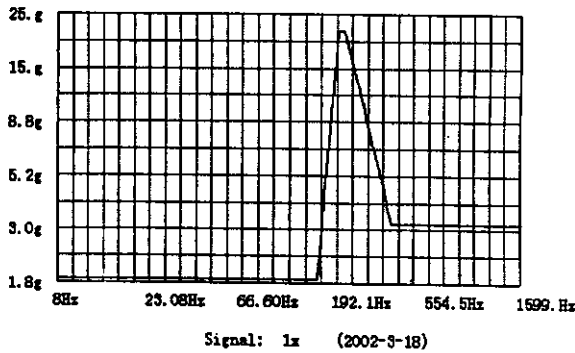


图 1(b) 正弦包络谱

图 1(a,b)分别给出实测的峰值保持频谱(随机幅值谱)到正弦包络谱的转换结果。所测量的部件为燃油分配管,振动监测部位为分配管的端部(危险部位)的振动响应加速度响应。

1.2 加速振动疲劳试验设计

汽车燃油分配管总成振动试验的目的就是检验该产品在给定的振动环境下,即振动方式、强度,是否达到寿命要求。通常产品零部件在额定工作条件下的实际寿命是非常长的,不可能在实验室完全按实际工作条件做检验。加速疲劳试验就是采用增加载荷的强度,在较短时间内等效再现零件的疲劳过程。由于造成零部件损坏的疲劳因素很多,其寿命与载荷关联特征的分析,只能根据疲劳累积损伤和断裂力学中的裂纹扩展模型,经分析估算得出。在传统的机械强度设计中,根据 Miner 理论,假定了材料的积累损伤,并认为产生疲劳累积损伤的原因是零件承受着变化的载荷,材料内部存在应力循环,材料需经过一定的应力循环次数后才形成裂纹,再经扩展而断裂,结合标准试样疲劳试验得出应力和寿命关系的 $S - N$ 曲

线及疲劳极限,进行强度设计和寿命估算,指导加速疲劳试验。因此实际都采用经验拟合法预测工作寿命。

根据寿命定律,如果一个负荷(温度、加速度等)超出临界值 B 试验继续进行一定小时时间或者换负载变化、输入信号个数,直到对产品产生一明确的故障形式为止。

一般而言, B 值越高,延长时间越短,并有如下关系式:

$$T \cdot f(B) = \text{常数} \quad \text{即} \quad n \cdot f(B) = \text{常数}$$

对于其它形式的负荷,在可靠性技术中,可利用经验得出:

$$T \cdot B^K = \text{常数} \quad \text{即} \quad n \cdot B^K = \text{常数}$$

这里, K 与过程有关,必须根据实际计算。

同样还有很多类似这样的公式,Coffin-Manson 发明了焊点受温度交变影响,即

$$n \cdot (\Delta \cdot \Theta)^K = \text{const}, K = 2$$

根据寿命定律可进行负载转换,在寿命时间 t_1 内作用的负载 B_1 可以由寿命时间 t_2 内作用的负载 B_2 来代替,即

$$t_2 = t_1 \cdot (B_1/B_2)^K$$

Miner 累积损伤原理也可以导出类似加速疲劳寿命试验的公式^[3],即:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^K; K = \lg\left(\frac{T_2}{T_1}\right) / \lg\left(\frac{a_1}{a_2}\right)$$

式中: t_1, t_2 ——加速前后的试验时间; a_1, a_2 ——加速前后的激励量值; K ——加速试验的强化系数。

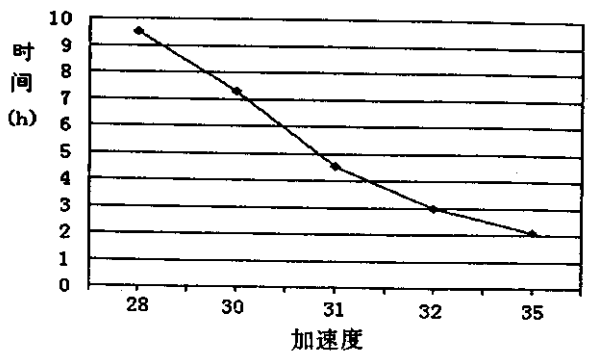


图 2 载荷强度与疲劳寿命

通过对汽车电子部件 DFM-KSZ(东风轻卡燃油分配管总成)的振动、加速度、结合材料性质,初步得出了部件的寿命与载荷的关联特征,用不同振动载荷作用下在 UD 振动台进行加速疲劳损伤实验,监测振动加速度响应的变化。并确定试件的寿命以试件上危险点的响应特征变化幅度或其他参数进行失效的判断,另一种方式为用供油系统的流量报警、油箱液位报警功能,当试件破坏出现裂纹时,油液喷出,系统停

止供油,并记录下时间。(振动台具有监测点超限自动停机功)。当响应幅值发生明显变化,则试件已出现较大的累积损伤或裂纹初始阶段,即认为试件已经疲劳失效,记录每次的实验工作时间作为估计寿命,拟合出应力与寿命关系的 S-N 曲线及经验拟合公式。本文对 DFM-KSZ 圆管(东风轻卡燃油分配管总成)进行了系统的试验,图 2 给出疲劳寿命和载荷强度之间的试验结果之一。通过加速试验,得到相应的加速疲劳试验强化系数 K 。强化系数 K 根据试验结果用最小二乘法进行拟合求得,拟合公式为 $\log(A) = a + b * \log(T)$

解得其中系数: $a = 3.6334$ $b = -0.1288$, b 为斜率参数, $b = 1/K$

结果为:强化系数 $K = 7.7668$ 。

1.3 实际试验信号的 TRAC 软件的时域包络设计

部件的振动疲劳试验通常采用从真实振动信号转换成的正弦或随机信号,而直接使用时域振动信号作为振动台输入控制信号能够更加直接地反映现实的振动状态。美国 UD 公司开发的 TRAC 系统可以在实验室里重现实际各种路况的加速度时域波形。

通过对随机振动响应和正弦扫描振动响应中,部件的疲劳损伤应力与输入振动频谱之间的关系分析,找出随机响应描述量——功率谱密度与正弦扫描谱的转换关系,从而编制相应的从实测包络振动频谱到正弦扫描包络谱的转换计算程序。进而推广形成通用的反映转鼓试验的振动疲劳试验规范,并编制成接口软件,详见[3]。从理论上得出确定时域量级放大及缩短试验时间的指导原则。试验前,可用 SONY 磁带机记录下转鼓平台或模拟道路上匹配车零部件振动时域信号,回放并输入 UD 振动台闭环时域控制软件 TRAC 作为控制信号。

实际试验信号的 TRAC 软件的时域包络得出用 TRAC 进行时域加速疲劳寿命试验时确定加速度和试验时间的原则。运用加速疲劳试验结果,输入加速疲劳指数和时间比,对实际加速度时域信号进行处理,从而采用实际信号进行部件的加速度疲劳试验。

2 结 论

1) 研究结果表明,针对匹配车(DFM-KSZ)的零部件(东风轻卡燃油分配管总成)在转鼓平台上的实测振动频谱数据分析,完全可自动将其转换为适合振动台试验用的折线双对数谱,因而总结出该产品的标准试验谱。

2) 与航空航天部等部门曾在 80 年代做出的 4 种元件的振动疲劳曲线(强化系数 K 在 5~7 之间)相比,本项目研究中获得的东风轻卡燃油分配管总成的强化系数 K 在 7~8,试验结果相当合理。对指导试验是切实可行的。迄今为止,国内尚无该方面的研究成果,此强化系数对新车型加速试验规范具有一定的参考价值。

3) 论文归纳了加速振动疲劳检验时间与增加振动载荷之间的经验公式,从而达到缩短试验时间,降低检验成本,提高试验的工作效率的目的。本试验设计研究的大多数关键技术,不仅在振动领域,且涉及了疲劳强度、相关试验技术等领域。该技术的实施对车型移植、相关试验规范的制定和缩短开发周期都具有很大的实际意义。

参 考 文 献

- 1 汽车部件振动试验设计与规范分析,德国 BOSCH 公司,1999
- 2 张阿舟等.振动环境工程,北京:航空工业出版社,1986
- 3 周炎等.采用实际试验信号的振动疲劳试验规范,上海联合汽车电子有限公司(内部报告)2000

(上接第 71 页)

响较大,分析中不应单独考虑一个方向的地震力,要考虑到水平及竖向地震力共同作用。以上分析只能得出竖向及水平地震力分别作用下的动力响应,如何考虑两者的共同作用值得进一步探讨。

3 减震措施

根据地铁区间隧道震害特点及动态反应分析结果,应从以下几个方面采取措施以减轻震害:

(1) 地质方面:地铁选线时要考虑将之置均匀、稳定地层中,远离断层、风化带及液化区;

(2) 结构方面:一般应采用对称结构,避免截面尺寸变化过大,结构中的结点应尽量用弹性结点,区间隧

道转弯处交角不应过大,加强出口处的抗震设防;

(3) 埋深:条件许可尽量增加隧洞的埋深,以减轻震害;

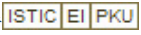
(4) 抗震缝的设置:沿隧洞纵向隔一定距离设置抗震缝,以减轻变形的累加,减轻震害;

(5) 施工方法:施工条件允许的情况下,尽量不采用明挖法施工,如采用该法施工必须注意回填土要密实,回填土的性质与地基土类型相似。

4 结 束 语

目前地铁建设日益发展,而地下结构的抗震研究又明显滞后于地面结构的抗震研究,文中综合论述

(下转第 74 页)

作者: 周海亭, 陈光冶, 林卫东, 周炎
作者单位: 周海亭, 陈光冶(上海交通大学振动冲击噪声国家重点实验室, 上海, 200030), 林卫东(上海联合汽车电子有限公司技术中心, 上海, 201206), 周炎(江南重工集团公司七院711研究所, 上海, 200021)
刊名: 振动与冲击 
英文刊名: JOURNAL OF VIBRATION AND SHOCK
年, 卷(期): 2003, 22(1)
引用次数: 2次

参考文献(3条)

1. [汽车部件振动试验设计与规范分析](#)德国BOSCH公司 1999
2. [张阿舟 振动环境工程](#) 1986
3. [周炎 采用实际试验信号的振动疲劳试验规范](#) 2000

相似文献(2条)

1. 会议论文 [周海亭, 陈光冶, 周炎, 林卫东 汽车电子部件振动疲劳试验规范设计](#) 2002
本文根据汽车电子部件加速振动试验要求, 设计与实际载荷作用等价的正弦激振载荷幅度与试验时间的关系, 制定了一套完整的加速振动试验方案并完成了相关试验, 得到了强化系数K; 对直接采用道路谱信号应用于UD振动台上的试验进行了设计. 整个振动试验设计可指导汽车电子产品试验规范工作, 具有实际意义和应用价值.
2. 会议论文 [周海亭, 陈光冶, 周炎, 林卫东 汽车电子部件振动疲劳试验规范设计](#) 2002
本文根据汽车电子部件加速振动试验要求, 设计与实际载荷作用等价的正弦激振载荷幅度与试验时间的关系, 制定了一套完整的加速振动试验方案并完成了相关试验, 得到了强化系数K; 对直接采用道路谱信号应用于UD振动台上的试验进行了设计. 整个振动试验设计可指导汽车电子产品试验规范工作, 具有实际意义和应用价值.

引证文献(2条)

1. [于慧君, 陈章位, 王庆丰 一种加窗重叠信号平滑连接方法及其在振动信号预处理中的应用](#)[期刊论文]-[振动与冲击](#) 2007(8)
2. [王述成 振动试验实时控制系统的研究](#)[学位论文]博士 2006

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zdycj200301017.aspx

下载时间: 2010年6月1日