



3.1 汽车可靠性要求

3.1.1 汽车可靠性的定义

根据汽车产品市场调研的结果,汽车用户都希望自己的汽车具有高可靠性。对消费者来说,汽车的高可靠性常包括如下内容:汽车经久耐用、不容易出故障、随时可以使用、维修费用低等。研究汽车可靠性对满足消费者对汽车产品的需求具有重要意义。

目前世界上公认的产品可靠性定义是:产品在规定的条件下,在规定的时间内,完成规定功能的能力。该定义中包含如下4个关键要素。

(1) 产品——对汽车可靠性而言,产品就是汽车。

(2) 规定的条件——指产品工作的条件,例如承受的机械载荷、电压、电流、工作温度、湿度、腐蚀、维修保养、操作者的特性等。产品的工作条件对可靠性的影响很大,可靠性分析和比较应当以规定产品的工作条件为前提。

(3) 规定的时间——在可靠性工程中,“时间”泛指广义的时间,包括次数(如产品承受一定载荷的次数、开关的开闭次数等)、距离(汽车行驶的里程数)、时间(汽车发动机在规定条件下工作的小时数)等反映产品寿命的量。规定使用时间的长短,对可靠性是有影响的。对同一批产品,规定的使用时间(寿命)越长,到寿命后发生故障的产品比例就越高,即可靠性越低。

(4) 规定的功能——在产品任务书、使用说明书、订货合同以及国家标准中规定的各种功能与性能要求。

产品不能实现规定的功能即被定义为失效。所以,失效的定义与规定功能的定义直接相关。例如,如果把发动机能够运转定义为规定的功能,则发动机停止运转就是失效;如果把发动机能够提供一定转矩作为规定功能,则当发动机不能提供这样的转矩时就是失效,即使发动机能够运转也是失效。

产品的失效与施加于其上的负荷密切相关。对于承受机械载荷的零件,当它们承受的载荷超过其承受能力时便发生失效。例如,一个拉杆,当它承受的应力超过材料的强度极限时便会断裂。对于电子元器件,当通过它们的电负荷超过其承受能力时也会失效。例如,一个晶体管,当流过它的电流超过其承受能力时会



因过热而失效。在可靠性工程中,把施加给产品的负荷(力、应力、加速度、压力、电压、电流、温度、湿度等)通称为应力,把产品能够承受这些应力的极限能力通称为强度。所以可以说,当一个产品所承受的应力超过其强度时便会失效。在可靠性工程中,研究应力与强度的相互关系占有重要地位。

然而,工业产品强度的分布规律并不总是不变的。例如,在产品承受疲劳载荷或腐蚀情况下,其强度的分布规律随着时间或载荷循环将发生变化。由于产品的特征(对汽车而言,包括各个部件的几何形状、尺寸、强度等)和工作条件(载荷、温度、腐蚀、维修保养等)都是随机变量,所以可靠性分析是借助于统计学的思想来进行的。可以说,可靠性工程属于统计技术范畴。值得注意的是,可靠性分析与设计的基础是可靠性数据,也就是产品从开发、制造、使用直至失效全过程的有关产品特征、工作条件和工作时间等的的数据,没有它们就无法进行可靠性分析和设计。所以,必须十分注意这些数据的搜集和保存。由此可见,为保证产品具有足够高的可靠性,需要在产品的研制、设计、制造、试验、使用、运输、保管及保养维修等各个环节应用可靠性技术。

提升汽车产品的可靠性有着非常重要的意义。汽车产品作为耐用的消费品,消费者希望其能够正常工作尽可能长的时间。此外,汽车产品如果可靠性不能得到保证,还有可能增加交通事故的发生次数。提升汽车产品可靠性可以减少在使用过程中出现故障乃至事故的次数,降低消费者的生命财产损失,延长汽车产品的寿命,提升汽车产品的可用率,带来效益的提升。提升汽车产品可靠性还有助于减少厂家的产品寿命周期成本。尽管保证良好的可靠性往往需要使用更高质量的零部件和元器件,并且在产品投入市场前进行充分的可靠性设计、分析、仿真和试验验证,这些环节会增加厂家的生产成本,但是如果未能在投产前充分考虑可靠性问题,则汽车产品使用过程中的维修费用、责任赔偿费用、产品故障处理费用、保修费用等则会大大超过提升产品可靠性过程中的花费。而且若产品可靠性足够好,厂家还会受到消费者的青睐,声誉得到提升,从而扩大产品销路,提升市场份额,综合来看,对厂家还是十分有利的。

3.1.2 汽车可靠性的评价指标

1. 可修产品与不可修产品

在可靠性工程中,把产品分为可修产品和不可修产品两种类型。不可修产品是指在使用中发生失效,其寿命即告终结的产品;可修产品是指在使用中发生故障后,可以通过维修的方法恢复其功能的产品。显然,汽车属于可维修产品,当汽车出现故障时,往往可以通过更换个别零部件、重新调整等方法来恢复其原有功能。

2. 汽车整车使用可靠性的主要评价指标

作为可修产品,汽车整车使用可靠性的评价指标主要包含可靠度与不可靠度、故障概率密度、故障率、平均故障间隔里程和平均首次故障里程等。以下分别进行介绍。

可靠度 $R(t)$: 指研究对象在规定的条件下和规定的运行里程时间 t 内圆满完成规定功能的概率。可靠度本质上是可靠性的一种概率度量。例如,某种产品的可靠度为 90%,



就意味着在一大批这种产品中,有 90% 的产品可以在规定的寿命 t 内完成规定的功能,而有 10% 的产品未达到规定寿命就失效了。显然,可靠度是规定寿命 t 的函数。

不可靠度 $F(t)$: 指研究对象在规定的条件下和规定的运行里程时间内不能完成规定功能的概率,也称为故障分布函数。不可靠度的大小直接反映故障发生的概率,反映故障在里程中累积的情况,也反映了故障与里程的函数关系,故又称 $F(t)$ 为累积故障概率。在任何阶段,可靠度与不可靠度都满足:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (3-1)$$

图 3-1 定性示出 $R(t)$ 和 $F(t)$ 随工作时间 t 的变化情况。这种变化遵循如下规律: 在产品刚开始工作时($t=0$),所有产品都是完好的,从而有 $R(0)=1, F(0)=0$; 随着工作时间的增加,产品的失效数也在增加,可靠度相应降低,与此同时不可靠度相应增大; 如果产品一直使用下去,当工作时间接近无穷大时,可靠度等于 0,而不可靠度等于 1。因此,在时间区间 $[0, \infty)$ 内 $R(t)$ 为非增函数,且 $0 \leq R(t) \leq 1$; 而 $F(t)$ 为非减函数,且 $0 \leq F(t) \leq 1$ 。

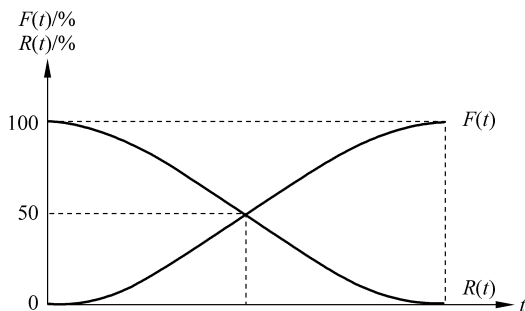


图 3-1 可靠度和不可靠度随工作时间的变化情况

故障概率密度 $f(t)$: 指单位里程内出现故障的概率密度。在实验中可通过对一组可靠性数据进行分析求出,并用概率密度函数表示。若不可靠度(累积故障概率) $F(t)$ 连续可导,则有:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (3-2)$$

即 $f(t)$ 反映的是在运行里程时间为 t 时单位里程的累积故障概率的变化情况。图 3-2 定性给出了故障概率密度和不可靠度之间的关系。该关系和概率密度函数与概率分布函数间的关系是一致的。

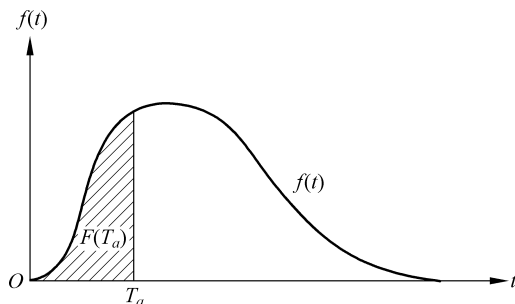


图 3-2 故障概率密度与不可靠度之间的关系

故障率 $\lambda(t)$: 汽车在单位里程内发生故障的概率,一般由故障率函数表示,即在某一时



刻功能仍然完好的产品中下一瞬间发生失效的比率。故障率函数与故障概率密度函数、可靠度函数存在如式(3-3)所示的关系:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3-3)$$

也就是说,故障率 $\lambda(t)$ 可以理解为工作到 t 时刻尚未失效的产品,在该时刻之后单位时间内失效概率的变化。而故障概率密度 $f(t)$ 可以理解为开始工作(时刻 $t=0$)时的产品(所有产品),在时刻 t 单位时间内失效概率的变化。

一般来说,故障率曲线有3种类型,分别为①故障率随着时间不断减小;②故障率保持不变;③故障率随着时间不断增大。故障率曲线的3种类型反映了产品工作过程中的3个不同阶段或时期,如图3-3所示。

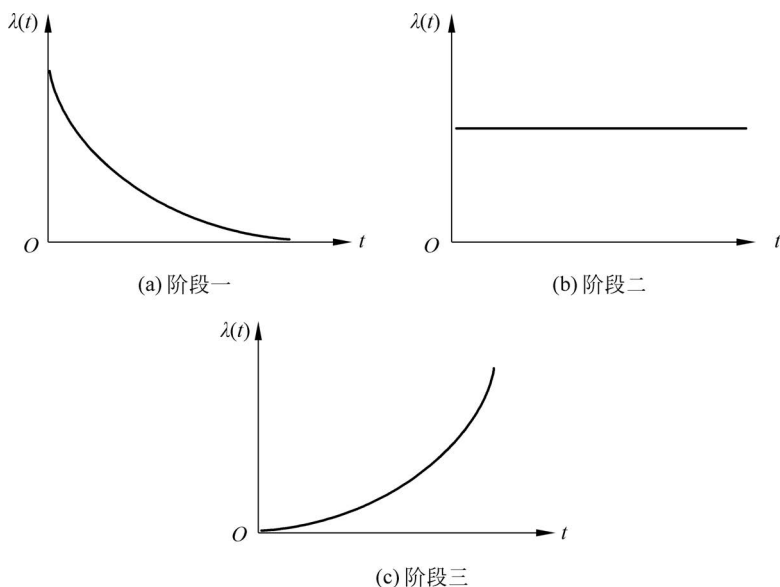


图 3-3 产品工作过程中不同阶段的故障率曲线

将这3个时期绘成连续曲线,则得到“浴盆曲线”,这是由于其形状与浴盆的剖面相似而得名,如图3-4所示。

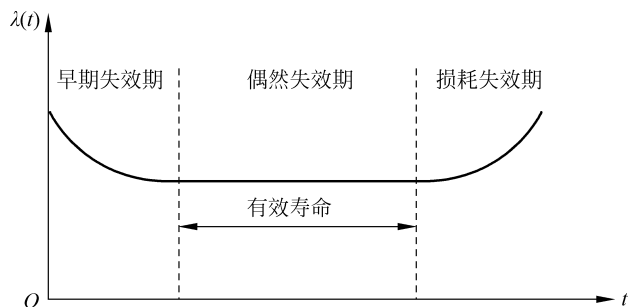


图 3-4 产品故障率浴盆曲线

在浴盆曲线上可将失效分为以下3个时期。

(1) 早期失效期。

早期失效期(故障率递减型)对应图3-3(a)。其特征是开始时故障率较高,随着时间的



延长,故障率逐渐减小。这往往是因为产品中混有不合格品和带缺陷的产品,它们经过比较短时间的使用就发生失效现象,这使得最初的故障率较高,故障率逐渐下降。但随着时间的推移,不合格品和缺陷品逐渐被淘汰(即发生失效),在剩下的未失效产品中所含的不合格品,缺陷品越来越少,从中再发生失效的越来越少,故障率即逐渐下降。

为提高产品的早期可靠性,可以采用的措施包括改进产品设计和生产质量控制,减少产品变差,减少不合格品和缺陷品,防止不合格品和缺陷品提交给顾客。

为提高产品的早期可靠性(使用初期的可靠性),一种广泛采用的措施是预烧(Burn-In)筛选,即每个刚制造出来的产品都要在可以引起失效的条件(如一定的电负荷、温度循环、振动等)下工作一个规定的时间。在这个过程中,大部分不合格品、缺陷品都发生了失效,可以被筛除掉。将能够经受这种试验而不发生失效的产品提供给顾客,它们的早期可靠性就会得到明显提高。合理利用这种方法,可以基本上把早期失效期消化在生产厂家内部,而在顾客手中的产品基本上不表现出早期失效。

(2) 偶然失效期。

偶然失效期(故障率恒定型)对应图 3-3(b)。其特征是故障率低且恒定。在此期间,失效是偶然发生的,何时发生无法预测,引起失效的原因一般是产品受到非正常的、超过其设计强度的外界冲击。例如,汽车上的收音机因发生撞车事故而损坏、汽车发动机因错误保养而损坏等。在偶然失效期,采取提前更换零件的方法不能提高可靠性。此期间是产品的有效工作期,所以总是希望其持续的时间(工作寿命)尽可能长一些,并且故障率尽可能低于要求值。

(3) 耗损失效期。

耗损失效期(故障率递增型)对应图 3-3(c)。其特征是故障率随着时间的推移而增大。在此期间,老化失效占据产品失效的主导地位,引起失效的原因一般有材料疲劳、腐蚀、材料扩散等。一旦进入故障率快速增长期,说明产品已到了设计寿命。如能在进入耗损失效期以前或在耗损失效期的前期更换零件、进行预防性维修,可以提高系统可靠性。

与产品可靠性相关的各项指标可以相互推导。在可靠度 $R(t)$ 、不可靠度 $F(t)$ 、故障概率密度 $f(t)$ 和故障率 $\lambda(t)$ 这些描述失效规律的指标当中,已知其中一个,便可根据前述关系确定其他 3 个指标。

平均故障间隔里程 MTBF: 汽车在两次相邻的故障之间所行驶的里程称为平均故障间隔里程,也称为平均寿命。对于可修复系统,因为在发生故障以后仍可修复使用,所以最具有实际研究意义的就是 MTBF。当故障概率密度函数 $f(t)$ 为连续函数时,有:

$$\text{MTBF} = \int_0^{+\infty} t f(t) dt \quad (3-4)$$

当 $f(t)$ 为离散函数时,有:

$$\text{MTBF} = \sum_{i=0}^n t_i f_i \quad (3-5)$$

平均首次故障里程 MTTF: 汽车在首次故障之前所行驶的平均里程称为平均首次故障里程,对应于其他产品的平均寿命。对于不可修复系统,这一指标对应于一批产品从开始工作到发生失效时的平均工作时间,称作平均寿命或失效前平均工作时间(MTTF),此时它与 MTBF 是同一个值。对于可修复系统,平均首次故障里程有固有的分布类型,可通过点估计由样本的均值得到。



总体而言,汽车可靠性的主要要求集中体现在上述评价指标上。虽然具体的测评指标会随测评需求、测评环境等发生变化,但这些具体指标总是与上述评价指标相关联。可靠的汽车产品应当具备较高的可靠度(即较低的不可靠度),较低的故障率和较长的平均故障间隔里程与平均首次故障里程。这些目标的实现需要汽车产品在出厂前经过系统的、满足特定标准的可靠性测试。

3.1.3 汽车可靠性的测试场所

开展汽车可靠性测试的场所非常丰富,为实现不同的测试目的,国内外测试机构、企业、高校和科研院所搭建了一系列测试场所。依照测试场所的不同,汽车的可靠性测试可以分为实际道路可靠性测试、试验场可靠性测试、特殊环境可靠性测试和实验室可靠性测试等。

1. 实际道路可靠性测试

实际道路可靠性测试是指在选定的典型实际道路行驶试验条件下进行的可靠性验证或测定。为了充分验证汽车在不同道路场景下的行驶可靠性,在进行实际道路可靠性测试时一般会选取多种典型道路,包括高速公路、环道、强化坏路、一般公路、山路、城市道路等。其中一般公路常指路面平整度为C级或C级以上的平原微丘公路,最大坡度小于5%,路面宽阔平直,视野良好,汽车能持续以较高的车速行驶大于50km的距离;山路一般指平均坡度大于4%,最大坡度达15%,连续坡长大于3km,路面平整度为C级以上的道路;城市道路一般指城市交通干线街道,路面平整度要求为C级以上。在道路选取时,应使各种道路尽可能按照相应规程中的规定比例组成一定里程的循环。这类测试最真实反映实际的工作环境和工况,测试结果最为可信。缺点是耗资巨大,测试周期过长,重复性差,并且不利于损坏件的维修、更换和资料的整理。

2. 试验场可靠性测试

试验场可靠性测试是指在专门建设的汽车可靠性试验场中进行可靠性测试。在试验场中可以人工建造出不同的道路场景,集中测试汽车在各种道路场景下的可靠性。此外,汽车试验场大都相对封闭,相比道路测试有更高的安全性。目前的试验场可靠性测试已经比较成熟,许多国家和地区都兴建起大规模的汽车试验场来进行研究导向或面向消费级汽车产品的可靠性测试。国内典型的大规模汽车试验场包括交通运输部公路交通试验场(见图3-5(a))和重庆长安汽车综合试验场(见图3-5(b))等,此处以这两座试验场为例,介绍汽车可靠性试验场的组成和与之对应的主要测试项目。

交通运输部公路交通试验场是交通运输部公路科学研究所所属的,由国家立项,交通运输部投资兴建的国内第一家可同时进行汽车工程、交通工程及公路工程试验研究的大型综合性试验基地,总占地面积为 2.4km^2 ,位于北京市通州区大杜社乡,毗邻京津塘高速公路。该试验场拥有目前国内设计平衡车速最高(190km/h)的全封闭高速循环跑道、可进行ABS及路面抗滑等试验的不同摩擦系数试验路、长直线性能试验路、可靠性与耐久性试验路、操纵稳定性测试广场、外部噪声测试广场、6%~60%的8条标准坡道以及涉水池、溅水池等其他汽车性能试验设施,试验道路总里程达28.6km。搓板路、卵石路、高速路、坡路、山路等



(a) 交通运输部公路交通试验场



(b) 重庆长安汽车综合试验场

图 3-5 国内典型汽车可靠性试验场

各类整车测试路面都可以在试验场里见到,此外,尾气排放、发动机性能、碰撞安全等专业试验也都可以该试验场完成。

重庆长安汽车综合试验场由长安汽车投资兴建,是面向国内外汽车研发企业和国内外汽车认证检测机构开展产品研发和检测的公共服务平台。试验场总占地 $2\,241\,356\text{m}^2$,主要以道路场地试验为测试项目,建设有国内领先的高速环道、基本性能道、动态广场、制动试验道等常规路面,以及特有的整车商品性综合评价路面、异响路面、舒适性路面等。试验场试验路面总长 50 余千米,适用于乘用车(轿车)、商用车产品研发和型式认证试验。场地中包含的主要测试道路及基本情况与功能如表 3-1 所示。

表 3-1 长安汽车综合试验场试验道路介绍

道路类型	道路的基本情况	测试功能
制动测试道	总长为 1300m,测试区域长度为 300m,6 条车道,宽度为 24m	用于对接试验、对开试验、抱死顺序检查试验、静/动态管压测试、静态踏板特性试验等车辆制动匹配、测试、评价



续表

道路类型	道路的基本情况	测试功能
舒适性道路	6种特殊路面,测试路段长度为400m,3车道,宽度为9m	用于车内噪声/平顺性测试试验、异响测试评价等
车外噪声测试道	总长约为700m	用于车外加速噪声测试、轮胎噪声测试、通过噪声试验等
强化测试道	总长为4300m,包含30余种特殊路面	用于车辆底盘、悬架、车身开发、可靠性测试等
综合评价道路	车道总长约为4280m,宽度为8m,2车道,含多种不同半径弯道、不同纵向坡度坡道	主要用于整车性能主观评价、一般性耐久试验、磨合试验等
操纵稳定性道路	车道总长约为3000m,宽度为7m,含干燥路面及1000m的湿滑路面	用于悬架匹配试验、轮胎性能评价、转向匹配试验等车辆操控性能匹配、测试评价
基本性能道	车道总长约为2000m,宽度为15m	用于动力性测试、燃油经济性测试、噪声测试评价、轮胎纵向附着性试验、轮胎滚动阻力试验、挂挡滑行测试、0~120km/h加速性能测试、直接加速性能测试、最低稳定车速测试等
标准坡道	坡度有10%、16.6%、20%、30%、40%、60%共6种	用于TCS验证试验、ESP验证试验、爬陡坡性能测试等测试评价及离合器性能开发、测试等
越野试验道	总长度为1500m,车道宽度为4~5m	用于四驱车通过性测试、评价
湿滑动态广场	外圈直径为100m,中心不铺装(直径为70m)	用于车辆操控性能匹配、测试评价等
异响测试道	由角钢条路等13种特殊路面组成,总长为100m,路宽度为3m	用于车内异响测试及评价等

3. 特殊环境可靠性测试

特殊环境可靠性测试是为评定汽车产品在各种恶劣环境条件下的性能及其稳定性而进行的测试,如高原测试、高温测试、寒冷冰雪测试、盐雾测试及暴晒测试等。高原测试指测试车辆在高原环境中的可靠性。高原环境具有空气稀薄、气温气压低、昼夜温差大等特征,对内燃机等关键部件的工作状态影响很大。合格的汽车产品应当具备在高原环境中保持正常行驶的能力。我国幅员辽阔,西部地区多山、多高原,汽车的高原测试对我国消费者而言格外重要。目前国内车企的整车高原测试通常在云南、四川、青海、西藏等地开展,但尚缺乏已投入使用的高原专用可靠性测试场。2018年3月,国内首个高原汽车测试基地——中汽中心云南高原测试基地开工建设,预期填补我国高原测试专用场地的空白。高温测试与寒冷冰雪测试也是汽车特殊环境可靠性测试的关键环节,高温条件下的测试包括发动机熄火保护、发动机匹配试验、共轨油压系统和温度测试、ECU及各传感器温度测试、高温环境下整车质量等试验项目。与高温测试相伴的还有暴晒测试、干热测试等。目前国内汽车产品的高温、暴晒和干热测试主要在新疆吐鲁番自然环境试验研究中心进行。寒冷冰雪测试则检验汽车在极寒和冰雪霜冻条件下的可靠性,主要包括冷启动、冷启动下的驾驶性能、高寒环



境下整车质量以及整车采暖、除霜和通风能力、内外饰材料抗寒效果、制动性能、轮胎抓地能力等试验项目。目前国内汽车产品的高寒测试普遍在黑龙江黑河、漠河和内蒙古牙克石进行。

4. 实验室可靠性测试

实验室可靠性测试是指模拟实际使用条件或在规定的工作及环境条件下进行的可靠性测试,如汽车的各种台架测试和室内道路模拟测试等。其优点包括测试条件可控、可重复进行和分解进行、可利用加速手段进一步明显缩短测试时间等。在道路模拟试验台(见图 3-6 和图 3-7)上既可以对整车,也可以对选择的零部件进行可靠性试验。进行实验室可靠性试验一般包括如下步骤:①测取准确的、反映用户实际使用工况的载荷数据——这些载荷数据一般是在车辆上感兴趣部位上的力、应力、应变或加速度信号。载荷数据可以在公共道路上测量,也可以在试验场试验道路上测量,目前一般多在试验场上测量。②对测取的信号进行分析处理,为进行加速试验做准备——形成在道路模拟试验中要复现的目标载荷信号。③在道路模拟试验台上模拟复现目标载荷信号,并且通过反复施加这种信号来进行可靠性和耐久性试验。④利用原始道路载荷信号和模拟试验中测量的信号来估计实验室试验与道路行驶里程之间的当量关系。



图 3-6 比亚迪汽车工程研究院研发的 24 通道轴耦合模拟试验台

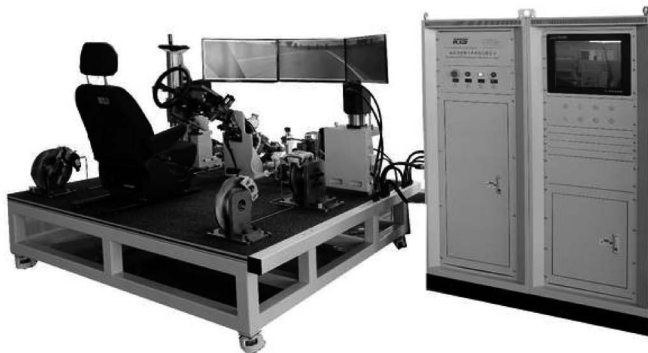
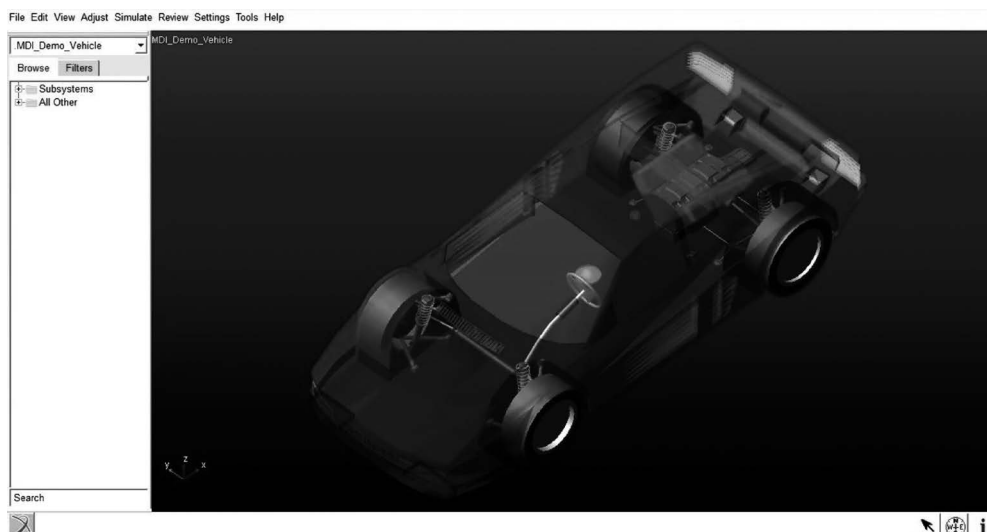


图 3-7 一种转向中间轴的可靠性试验台

汽车在使用过程中可能遇到的真实场景非常丰富。由于试验条件有限,难以复现多种多样的真实场景,在很多场景下为达到可靠性测试的需求,需要进行虚拟仿真测试。近年



来,虚拟仿真测试技术凭借其试验周期短、研发成本低的优势,逐步由试验场测试的辅助验证手段转变为受主机厂和研究院所青睐的车辆可靠性测评方法。该方法通过在整车或者零部件的多体动力模型上施加与其工作环境相同的载荷,依据相应失效准则进行仿真分析,得出产品失效时间预测结果,找出潜在缺陷和薄弱环节,不断优化设计以提高产品可靠性。目前已经有大批商用软件投入整车的虚拟仿真可靠性试验中(见图 3-8)。随着技术的进一步成熟,虚拟仿真测试在汽车可靠性测试中的地位将不断提升。



(a) 使用Adams Car模块进行制动系统的虚拟仿真测试



(b) 使用CarSim仿真软件进行速度控制测试

图 3-8 可用于整车可靠性测试的商用虚拟仿真软件

3.1.4 汽车可靠性的测试方法

汽车可靠性测试是取得汽车可靠性数据的最主要方法。通过对汽车进行可靠性的测



试,可以实现以下3方面的目的:一是提供使用可靠度函数进行定量分析的基础;二是为汽车研究、设计提供可靠性资料;三是可以通过对失效样品进行分析,找出其失效原因和薄弱环节,通过改进设计等措施来提高汽车可靠性。因此,汽车可靠性测试既是汽车可靠性评价的手段,又是保证其可靠性水平的重要措施。

汽车可靠性的测试方法有很多,可以按照不同的标准进行分类。

1. 按测试目的分类

根据汽车可靠性测试目的的不同,可以将可靠性测试分为以可靠性增长为目标的工程测试和以可靠性评价为目标的统计测试两大类。

工程测试的目的在于暴露汽车整车、总成或者零部件的可靠性缺陷,以便采取措施加以改进或排除。这种测试一般由承制方进行,以样机为受试对象。工程测试包括环境应力筛选测试和可靠性增长测试。环境应力筛选测试是指为发现和排除不良部件、工艺缺陷和防止出现早期失效等,在环境应力下所做的一系列试验。典型的应力包括随机振动、温度循环和电应力。为暴露产品的薄弱环节,并证明改进措施能防止薄弱环节故障再现(或出现概率低于允许值)而进行的一系列测试,称为可靠性增长测试。前者是对批生产的产品进行100%的试验,后者则是对未定型产品进行的抽样试验。

统计测试均采用统计的方法进行,是以获得可靠性寿命或参数为测试目的。常见的测试类型有可靠性鉴定测试、可靠性验收测试、可靠性测定测试和耐久性测试等。由于这类测试一般要获得产品的寿命,通常又被称为寿命测试。可靠性鉴定测试为确定产品与设计要求的一致性,由订购方用有代表性的产品在规定条件下进行,并以此作为批准定型的依据。可靠性验收测试用已交付或可交付的产品在规定下进行测试,目的是确定产品是否符合规定的可靠性要求。可靠性测定测试是承制方为了解产品目前达到的可靠性水平而进行的测试,可以确定产品的寿命分布、可靠性特征值、安全余量、环境适应性及耐久性等数据。耐久性测试则是为测定产品在规定使用 and 维修条件下的使用寿命而进行的测试。

2. 按试验单元分类

根据不同的试验单元,可将可靠性测试分为系统级、分系统级、装置级和零部件级等。从可靠性验证的角度看,在有条件的情况下,应尽可能进行高级别的可靠性验证试验。其优点是结果真实可信,无须综合评价。值得注意的是,只有在无法或不能充分进行系统级可靠性验证测试时,才允许分解为级别更低的可靠性验证测试,然后综合评估系统的可靠性。

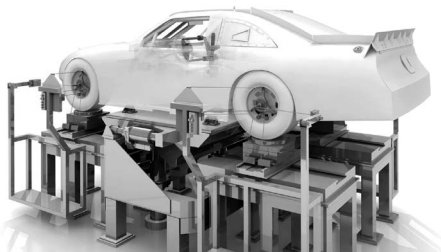


图 3-9 环境应力筛选测试示意图

从可靠性增长的角度看,低级别的可靠性增长测试具有方便、灵活、发现问题早、利于改进产品及缩短研制周期等优点。但分系统之间、部件之间的协调性、匹配性问题却难以暴露。为此,在有条件的情况下,应适当进行高级别的可靠性增长测试。环境应力筛选测试应该从低级别到高级别,逐级进行,重点放在低级别。环境应力筛选测试示意图如图 3-9 所示。



3. 按测试手段分类

按测试采用的手段,可靠性测试可分为模拟测试和激发测试。模拟测试通过对产品进行使用环境模拟来验证或测定其可靠性,以可靠性评价为目标。模拟测试从单环境因素发展到综合环境因素,从常规应力发展到高于使用环境的加速应力。寿命测试、加速寿命测试、耐久性测试和实验室内道路模拟测试等都属于这一类。激发测试不以环境的真实性模拟为目标,而是通过恶化环境(强化环境)来进行试验,以提高效率,降低消耗。这类测试一般不以可靠性评价为目标,而是采用加速应力环境快速激发产品潜在缺陷,使其以故障形式表现出来,通过故障原因分析、失效模式分析和改进措施消除缺陷,达到可靠性增长的目的。可靠性强化测试,如高加速寿命测试和高加速应力筛选属于这一类。

4. 按测试样本大小分类

按测试样本大小,可靠性测试可分为全数测试与抽样测试。全数测试是指对关键指标和项目进行 100% 的测试或检查。这种试验所得的数据较为精确,可靠性水平高,缺点是工作量大。抽样测试就是从产品批次中抽取部分子样进行测试,然后由子样可靠性水平推断总体的可靠性水平。抽样试验是保证产品质量和可靠性水平的重要手段,其优点是可缩短试验时间和减少测试样本数。

3.1.5 汽车可靠性的常用测试标准

汽车可靠性测试试验在国内外都有一系列测试标准,汽车产品应当满足这些测试标准规定的要求。本节梳理与整车可靠性和零部件可靠性测试相关的国际标准和国内标准,在规定的內容上,这些标准涉及汽车的行驶可靠性要求、在极端环境下的静态与动态可靠性要求、针对企业的整车质量管理层面的內容以及与功能安全有关的內容。这些內容都和汽车的整车可靠性有着较强的联系。

1. 国际标准

目前与汽车可靠性相关的主要国际标准如表 3-2 所示,其中既包括适用于某一国家的标准,也包括一些国际通用的标准。实际上,国际通用的可靠性标准大都来源于西方发达国家的国家标准和企业标准的调整和扩展。

表 3-2 与汽车可靠性相关的主要国际标准

标准编号或简称	标准名称	标准类别	标准国别
GMW 14872	通用汽车公司循环盐雾测试标准	环境测试标准	美国
GM 9540P/B	通用汽车公司循环盐雾试验箱标准		美国
PV 1210	大众汽车盐雾测试标准		德国
M0158	日产工程标准——循环盐雾试验		日本



续表

标准编号或简称	标准名称	标准类别	标准国别
IATF 16949	质量管理体系——汽车行业生产件与相关服务件的组织实施 ISO 9001 的特殊要求	质量管理标准	国际
QS-9000	QS-9000 质量体系要求		美国
VDA6.1	德国汽车质量管理标准		德国
EAQF94	法国汽车质量管理标准		法国
AVSQ	意大利国家质量保证体系评估协会标准		意大利
ISO 26262	道路车辆功能安全	功能安全标准	国际

1) 环境测试标准

(1) 盐雾测试标准——GMW 14872、PV 1210、M0158。

汽车上有很多使用金属材料制造的部件,它们在盐雾暴露环境中容易因受到腐蚀而损坏。对汽车的盐雾环境测试是汽车特殊工作环境测试的重要内容,也是整车工作可靠性测试的一个关键环节。比较有代表性的汽车盐雾测试标准包括美国通用汽车公司制定的 GMW 14872、德国大众集团制定的 PV 1210 和日本日产公司制定的 M0158。

GMW 14872 规定了一种通过加速实验室耐腐蚀性测试方法来评估汽车上的总成件和单件在盐雾环境下的可靠性的测试试验流程。该流程提供了综合性的循环条件,包括盐溶液、各种温湿度和环境,来加速车用金属部件的腐蚀。该流程能够有效评估各类腐蚀机理,如一般腐蚀、电镀腐蚀、缝隙腐蚀等。实验者可以在标准的框架下自行设定暴露条件,以达到任何所期望的腐蚀暴露状态。这些不同的状态在标准中也分属不同的规定好的等级。此外,在标准中还含有由温度、机械循环、电循环和其他应力等外界因素引发的协同效应。与该标准相匹配,通用公司还制定了 GM 9540P/B 标准来规定一种用于汽车盐雾环境可靠性测试的循环盐雾试验箱,以及相应的盐雾喷涂流程。

PV 1210 是德国大众汽车公司的车身与附件循环盐雾腐蚀标准,是应用较为广泛的循环腐蚀试验标准。它适用于有涂层的车身、车身薄板、结构组件等试验样品的腐蚀检测,主要是静态载荷下样品防腐特性和防腐方法的评测。标准中规定的评测试验分为喷洒盐雾、标准气候保存、湿热存放 3 个阶段,试验可以进行 15、30、60 或 90 个循环,然后评判样件的腐蚀程度。

M0158 是日产公司制定的循环盐雾试验标准。这一标准针对汽车零部件的不同腐蚀程度提供了中性盐雾腐蚀、干燥保持、潮湿保持 3 种不同的循环方法。3 种方法分别适用于一般腐蚀的零部件、外板等腐蚀较严重的部件和内部腐蚀严重的部件。

(2) 温湿度测试标准——IEC 60068-2、EIA 364 等。

由于汽车上的不同零部件需要满足的环境温度要求不尽相同,目前国际上与汽车温湿度可靠性测试的标准大多围绕不同零部件制定,如汽车电缆、汽车安全玻璃等关键零部件。极端温湿度条件下的测试方式包括用来确定产品在高低温气候环境条件下存储、运输、使用的适应性的高低温试验,用于测试和确定产品及材料进行高温、低温、交变湿热度或恒定试验的温度环境变化后的参数及性能的交变湿热试验,确定产品在温度急剧变化的气候环境下存储、运输、使用的适应性的温度冲击试验以及用来确定产品在高温、低温快速或缓慢变



化的气候环境下的存储、运输、使用的适应性的快速温变试验等。国际电工委员会(IEC)制定的 IEC 60068-2 标准和美国电子工业协会制定的 EIA 364 标准等均对上述试验方法进行了详细的规定。

2) 质量管理标准

(1) IATF 16949 质量管理体系。

IATF 16949 质量管理体系是汽车行业生产件与相关服务件的组织实施 ISO 9001 的特殊要求。

IATF 16949 是在 ISO 9001: 2015 的基础上对整车的设计和开发、生产和服务的提供、监视和测量装置的控制以及测量、分析和改进等方面提出的更详细的要求。它在宗旨上强调持续改进、缺陷预防和降低偏差,减少供应链上存在的浪费,具体作用表现在梳理公司管理流程,改进企业绩效;提升产品品质,加强企业市场竞争力;用于向外界(包含客户)证明公司的规范化与控制能力;用于满足客户验厂要求。在认证注册主体上,IATF 16949 只适用于汽车整车厂和其直接的零部件制造商。这些厂家必须是直接与生产汽车有关的,具有加工制造能力,并通过这种能力的实现使产品增值。

(2) QS-9000 质量体系要求。

QS-9000 标准是与汽车质量管理有关的标准,其最初是美国汽车三巨头克莱斯勒、福特和通用汽车用来确定对生产、服务部件和材料的内部和外部供应商的基本质量体系的期望。QS-9000 旨在成为汽车行业供应商和制造商之间建立质量倡议的共同基础,如持续改进、缺陷预防、减少供应链中的变异和浪费,以及降低成本。总之,QS-9000 是汽车行业通用的质量体系要求的标准集,可以在客户对客户或产品对产品的基础上进行扩展。

QS-9000 的内容大体分为 3 部分: ①ISO 9001 质量管理体系中与汽车相关的要求,包括责任管理、质量体系、合同评审、设计控制、文件和数据控制、采购、客户提供产品的控制、产品标识和可追溯性、过程控制、检验和试验、测量和试验设备的控制、检查和测试状态、不合格品控制、纠正和预防措施、搬运、存储、包装、保存和运输、质量记录控制、内部质量审核、训练、维修、统计技术等。②通用、福特和克莱斯勒各自定义的供自身使用的系统要求。其中克莱斯勒的具体要求包括部件标识、年度全尺寸检验、供应商年度内部质量审核、年度设计验证和产品验证、标准的克莱斯勒包装和运输与标签格式、缺陷标准;验收标准和抽样计划。福特的特殊要求包括适用于控制项目零件的特殊要求,主要体现在具有可能影响车辆安全运行和符合政府法规的关键特性的部件、热处理、工程规范(ES)测试、过程监控、验收标准、产品资格和抽样计划等。通用汽车的特定要求包括客户对控制计划的批准,UPC(商品统一代码)标签和 17 个额外的通用汽车标准。③客户特定要求,这是每个汽车或卡车制造商独有的要求。它包含了第一部分中没有包含的汽车行业的特定要求,包括生产部件批准流程、持续改进计划和制造能力计划。

(3) 德国 VDA6.1 汽车质量管理标准。

VDA6.1 是德国汽车工业联合会(VDA)制定的德国汽车工业质量标准的第一部分,即有形产品的质量管理体系审核。该标准以 ISO 9001 为基础,增加了一系列来自汽车工业实践的特殊要求。标准包含两个基本部分:管理职责和业务战略,以及产品和过程要求,共 23 个要素。管理部分讨论内部质量审核、培训和人员、产品安全和公司战略等问题。产品和过程描述了对项目的要求,包括设计控制、过程计划、采购、过程控制、纠正和预防措施、质量记



录控制和统计技术。

(4) 法国 EAQF 汽车质量管理标准。

EAQF 的前身是 1987 年法国汽车制造商雷诺、标致和雪铁龙签署的质量保证通用文件,规定了将质量责任全部移交给供应商的程序。现今,EAQF 标准通过授予供应商不同级别的遵从标准来对供应商进行分类。它同样基于 ISO 9001,评估内容上也和 VDA6.1 的情况相似,但采用了另一种评估方法。已经通过 ISO 9001 认证的制造商还必须通过单独的程序才能获得 EAQF 的批准。法国汽车制造商认可由 AFAQ、UTAC 和 AENOR 等经批准的认证机构进行的 EAQF 评估。法国汽车制造商也认可其与德国和意大利同行之间形成的经过供应商系统审核的一系列协议。

(5) 意大利 AVSQ 汽车质量管理标准。

意大利 AVSQ 汽车质量管理标准是意大利工业最大制造商的质量体系的基础,如阿尔法·罗密欧、兰西亚、玛莎拉蒂、菲亚特和法拉利等均采用此标准。AVSQ 与 QS-9000 非常相似,也与其他欧洲汽车的要求有重叠。在具体内容上,AVSQ 与 QS-9000 的区别有 5 方面:客户必须对供应商过程、产品和控制计划建立质量体系资格;供应商必须让客户了解分包商提供的产品的质量水平;供应商必须在进行这些更改之前向其客户传达对流程和产品的拟议更改;供应商必须定义测试原型、试生产样品和向客户展示的程序;说明规格和产品规格变化的控制报告必须随所有产品的样品一起提供。

3) 功能安全标准

ISO 26262 国际标准是有关道路车辆功能安全的国际标准,针对装设在量产道路车辆(非机动车除外)中的电子电气系统。该标准实施的目的是包含以下几方面:一是规定车用产品安全生命周期的各个阶段(管理、开发、生产、运行、维修、退役等),并可以在各个阶段订制需要的活动;二是提供针对车用、以风险为基础的风险确认方式;三是用上述风险确认方式确认,若残余风险达到了可接受的范围,则应该满足哪些安全需求;四是提供用于确保已达到足够且可以接受安全性的验证与确认方式。

ISO 26262 于 2011 年 11 月发布第一版,于 2018 年 12 月发布修订后的第二版。第一版涉及的对象是 3500kg 以下的量产乘用车,第二版涉及的对象范围扩大至卡车、公共汽车及两轮机动车。汽车制造商通过根据 ISO 26262 设计电气电子系统来证明能够确保汽车的安全,而且设计应确保即使发生了电气电子系统故障,也不会造成人身(不仅包括驾驶员和乘车人,还包括行人等)伤害。功能安全特性是每个汽车产业产品开发阶段中不可缺少的一部分,包括规格制定、设计、实现、整合、验证、确认以及产品上市等阶段。ISO 26262 提供了汽车安全生命周期各阶段的相应标准,以及汽车领域中决定风险等级的方法——汽车安全完整性等级(ASIL)认可和证明方法,来保证有效达到了合理的安全等级。在标准内容上,以 V 字模型作为产品开发各阶段的参考流程模型,如图 3-10 所示。

作为汽车功能安全相关的核心标准,ISO 26262 与汽车可靠性也有较强的关联。有关 ISO 26262 的更多内容将在第 6 章介绍。

2. 我国标准

我国标准中与汽车整车可靠性要求及可靠性测试试验有关的主要标准如表 3-3 所示。下面对各标准的主要内容进行简要介绍。



图 3-10 ISO 26262 对产品开发各阶段的参考流程模型

表 3-3 汽车整车可靠性相关的主要国家标准

标准号	标准名称	标准类别
GB/T 12678—2021	《汽车可靠性行驶试验方法》	行驶试验标准
GB/T 12679—1990	《汽车耐久性行驶试验方法》	
JB/T 11224—2011	《三轮汽车可靠性考核评定办法》	特殊车辆标准
GB/T 40512—2021	《汽车整车大气暴露试验方法》	环境试验标准
GB/T 28958—2012	《乘用车低温性能试验方法》	
GJB 7938—2012	《军用汽车盐雾环境道路强化腐蚀试验方法》	
GJB 150A	《军用装备实验室环境试验方法》	
GB/T 18305—2016	《质量管理体系 汽车生产件及相关服务件组织应用》	质量管理标准
GB/T 34590	《道路车辆 功能安全》	功能安全标准

1) 行驶试验标准

(1) GB/T 12678—2021《汽车可靠性行驶试验方法》。

GB/T 12678—2021《汽车可靠性行驶试验方法》为与汽车可靠性测试关联最紧密的中华人民共和国国家标准。该标准规定了汽车可靠性的行驶试验方法,适用于各类汽车的定型和质量考核时整车的可靠性行驶试验,包括对试验条件、试验车辆准备、试验方法、评价指标和试验报告的规定。在试验操作类别方面,该标准涉及如表 3-4 所示各类试验操作的基本规定,包括常规可靠性试验、快速可靠性试验、预防维修和故障后维修等试验操作。试验道路条件对行驶可靠性的测试至关重要,事实上汽车行驶可靠性的考验也往往来源于一系列特殊条件(如坏路、山路等非结构化)的道路。行驶试验条件中对试验道路类型及要求的的规定如表 3-5 所示。

表 3-4 汽车可靠性行驶试验方法规定的试验操作类别

序号	试验操作类别	操作含义
1	常规可靠性试验	在公路和一般道路条件下,按一定规范进行的可靠性试验
2	快速可靠性试验	在试验场道路上进行的具有一定快速系数的可靠性试验
3	故障后维修	汽车发生故障后进行的维修
4	预防维修	根据汽车使用说明书规定的周期和项目进行的维修、保养



表 3-5 汽车可靠性行驶试验方法规定的试验道路类型及要求

序 号	道 路 类 别	道 路 类 型	道 路 要 求
1	常规可靠性试验道路	平原公路	路面平整度为 C 级或 C 级以上的平原微丘公路,最大坡度小于 5%,路面宽阔平直,视野良好,汽车能持续以较高车速行驶的距离大于 50km
2		坏路	路基坚实,路面凸凹不平的道路。有明显的搓板波,分布均匀的鱼鳞坑等。路面不平度为 E 级或 E 级以下,试验车在这种路面上行驶时,应受到较强的振动和扭曲负荷,但不应有太大的冲击
3		山路	平均坡度大于 4%,最大坡度为 15%,连续坡长大于 3km,路面平整度为 C 级以上
4		城市道路	大、中城市交通干线街道,路面平整度为 C 级以上
5		无路地段	很少有车辆行驶的荒野地区,如沙漠、草地、泥泞地、灌木丛、冰雪地及水滩等
6	试验场可靠性试验道路	各类非结构化道路	一般应包括具有固定路形的特殊可靠性道路(如石块路、卵石路、鱼鳞坑路、搓板路、扭曲路、凸块路、沙槽、水池、盐水池等),高速跑道、坡道、砂土路等

(2) GB/T 12679—1990《汽车耐久性行驶试验方法》。

汽车耐久性是指在规定的使用和维修条件下,达到某种技术或经济指标极限时,完成功能的能力。该性质与汽车的可靠性关联得十分紧密。若汽车构件的疲劳损坏现象频繁发生、汽车主要技术性能下降到已超过规定限值,如磨损超限、材料锈蚀老化等,汽车已经达到继续使用时经济上不合理或者安全不能保证的情形,则认为汽车已经发生耐久性损坏。该标准的执行目的是使汽车出厂时具有合理的行驶耐久性,且延后汽车的耐久性损坏时限。

GB/T 12679—1990 提出了汽车耐久性测试试验的项目和方法,其中试验项目包括磨合行驶试验、发动机性能试验、主要零件初次精密测量、装复汽车后 300km 磨合行驶、使用油耗测量、汽车性能初试、耐久性行驶试验、发动机性能复试、汽车性能复试、主要零件的精密复测等。

2) 特殊车辆标准

JB/T 11224—2011《三轮汽车可靠性考核评定办法》为中华人民共和国机械行业标准,规定了三轮汽车的故障定义、分类及判定规则、可靠性评定方法和可靠性试验方法等,是重要的民用特殊类型车辆可靠性考核标准。该标准中使用的可靠性评定指标包括 3.1.2 节中涉及的平均首次故障里程(MTTF)和平均故障间隔里程(MTBF),具体计算时涉及 MTTF 和 MTBF 的点估计值与置信下限值。可靠性试验项目包括性能试验和行驶试验,性能试验包括动力性能试验、制动性能试验、燃油经济性试验以及环境污染测定,行驶试验包括行驶试验里程和道路条件的规定,行驶试验应当在平路、山路、坏路等各种道路上进行。试验过程中观察到的故障现象应当予以记录。在该标准中对故障属性分类的规定如表 3-6 所示。

表 3-6 三轮汽车可靠性考核评定办法对故障分类的规定

序 号	故 障 类 别	含 义
1	本质故障	在规定的使用条件下,由于产品本身固有缺陷引起的故障,如零件的过度变形、断裂、早期磨损和疲劳、非正常腐蚀和老化、紧固件松动或失效、性能下降超限及“三漏”等



续表

序 号	故 障 类 别	含 义
2	从属故障	由本质故障导致产生的派生故障,如由于螺纹松动,由本质故障引起的其他零件损坏均为从属故障
3	误用故障	由于用户违章操作和不当使用引起的故障,如未按使用说明书的规定加油加水而导致发动机过热、抱缸等

3) 环境试验标准

(1) GB/T 40512—2021《汽车整车大气暴露试验方法》。

环境条件对汽车的可靠性有着十分重要的影响。即使环境条件并不极端,汽车长期处于该环境下也会出现损耗。大气暴露对整车上的涂层、橡胶、塑料、人造革、纤维纺织品等材料的零部件影响较大,该标准规定了汽车整车在典型自然环境大气暴露试验方法中的场地、试验条件、仪器设备、试验样品、测量方法及结果评价方法,适用于汽车自然环境大气暴露试验。

(2) GB/T 28958—2012《乘用车低温性能试验方法》。

随着汽车保有量的不断增加以及使用范围的扩展,寒冷的冬季对汽车低温性能的要求越来越高。GB/T 28958—2012 规定了乘用车低温性能试验的术语和定义、试验条件、试验方法等。检验项目中包括各舱车门、座椅结构、安全带、开关机构、驻车制动机构等受到大气暴露影响较明显的部件的检测。该标准对整车制造厂商的要求能够反映出中国机动车辆在寒冷地区性能方面所应达到的水平。

(3) GJB 7938—2012《军用汽车盐雾环境道路强化腐蚀试验方法》。

盐雾环境对汽车所使用的大量金属结构有腐蚀作用,长期暴露在盐雾环境下对汽车的可靠性也有很大影响。军用车辆使用环境复杂,且多为恶劣条件,其中不乏高盐雾环境。在这种环境下对军用车辆进行可靠性测试是十分有必要的。GJB 7938—2012 规定了军用汽车盐雾环境道路强化腐蚀试验的要求、程序、内容、试验方法及试验数据记录和处理等内容。

(4) GJB 150A《军用装备实验室环境试验方法》。

GJB 150A 为一套测试军用装备(包括军用车辆)在各类特殊环境下工作可靠性的试验方法,包括高低温、高低压、温度冲击、太阳辐射、淋雨、湿热、霉菌、沙尘、爆炸、浸渍、结冰、冻雨、酸碱性等,对军用装备应对环境冲击所应达到的指标做了系统且详尽的规定。

4) 质量管理标准

质量管理问题也与汽车可靠性息息相关。汽车的可靠性落实到消费者的角度,即体现在消费品的质量管理上。车企应当证实其产品具有满足顾客要求并适用法律法规要求的能力,GB/T 18305—2016《质量管理体系 汽车生产件及相关服务件组织应用》的制定借鉴了IATF 16949 这一国际标准,目的是在供应链中建立持续改进,强调缺陷预防,减少偏差和浪费的质量管理体系,并避免多重认证审核,为汽车生产件和相关服务件组织建立质量管理体系。

5) 功能安全标准

GB/T 34590《道路车辆 功能安全》是以 ISO 26262 为基础的汽车功能安全国家标准,它给出了一个针对汽车功能安全的标准框架,在该框架内可考虑基于其他技术的汽车相关系统。具体而言,该标准与 ISO 26262 的内容有较大相似性,主要涉及如下要点: ①该标准



提供了一个可参考的汽车全生命周期流程,包括管理、开发、生产、运行、服务、报废等,并支持在这些生命周期阶段内对必要活动的剪裁;②提供了一种汽车特定的基于风险的分析方法以确定汽车安全完整性等级,以避免不合理的残余风险;③提供了与供应商相关的要求。

3.1.6 汽车电子电气的可靠性管理工作

1. 电子电气的可靠性管理

为满足终端客户使用阶段的可靠性要求,汽车电子电气的可靠性管理工作是十分必要的。良好的可靠性管理工作不仅能提高产品质量,同时也能合理控制开发成本。汽车电子产品可靠性管理工作从管理学的知识理论体系出发,以系统为主,对车载电子产品的各类系统进行寿命周期内的可靠性分析、组织、协调和管理等一些工程,是一项系统的工程,主要包括电子电气可靠性需求分析、可靠性设计、可靠性试验、可靠性制造及可靠性评价技术。

2. 影响汽车产品电子电气可靠性的主要因素

现有的相关资料和我国汽车行业内可靠性验证的技术应用现状表明,影响汽车产品电子电气可靠性的因素有以下几方面。

(1) 对国内车企产品的功能状态、性能以及可靠性的理解尚浅,认识也较为模糊,存在许多不足,盲目重视可靠性的排名。

(2) 国内的车企更加重视汽车产品电子电气可靠性研究的技术层面,尤其重视新技术,但是一定程度上忽略了汽车产品电子电气可靠性研究的系统方法和管理方法。

(3) 在工作中,车企内部各个级别的专业技术人员对技术的应用可能比较熟练,但是对可靠性知识体系的了解却不足,这也反映出了领导层缺乏对相关管理体系和技术的讲解。

(4) 在产品的生产过程中,可靠性要求的设计工作没有得到应有的重视,管理工作也存在疏漏,评审程序有一定的漏洞。

(5) 零件使用的材料不能满足要求,加工时的工艺精度也不能满足产品的要求。

(6) 零件质量本身存在问题。

(7) 装配的技术人员技术不足,装配质量较低,检验不过关。

(8) 对于用户反馈的故障和错误信息不能及时处理,故障分析和维修体系存在不足。

3. 电子电气可靠性与品质的关系

可靠性是任何一种电子产品最重要的品质特性之一,是电子产品能够发挥作用,达到应有的功能状态的基本保障和前提。如果可靠性不满足要求,那么即使产品有再多的功能也无法发挥出来。可靠性管理的传统方式是关注 $t=0$ 时刻的产品合格率,其工作重点是保证产品生产过程中的一致性和产品可靠性的稳定性。可靠性分析的关注焦点是 $t>0$ 以后产品不合格的具体原因,即故障原因的分析和维修。

4. 电子电气产品的功能、性能与可靠性

电子电气产品的功能、性能与可靠性是 3 个比较类似的概念。一般来说,功能是产品的



特定用途或能达到的效果；性能是功能的具体表现，是一个相对比较确定的概念，性能可以通过专用的测试设备进行测量，通过具体的真值来反映；可靠性主要和产品质量和寿命有关，如产品使用一段时间后是否会发生故障、使用多长时间后才会发生故障、故障的位置和类型等，是一个相对不确定的概念，一般使用概率和统计的相关知识来描述。

5. 汽车电子电气可靠性管理的主要活动

1) 成立管理机构

可靠性管理机构应当是一个专业的团队，拥有一定的行政权力，并且同时也要在可靠性方面拥有一定的专业知识，不能是完全的行政机构，也不能是完全的技术咨询小组。一般由专门的机构领导对可靠性工程管理、评审流程、标准和实验方法进行研究。

2) 可靠性大纲管理

可靠性大纲管理是可靠性管理机构需要设计的可靠性工程的总体规划和职能分配，例如，设置合理的可靠性工程需要的目标、管理的方案、实施的流程、结果的评审等。具体的计划是根据大纲制定的方案以及实际情况确定的具体实施方案。

3) 设计阶段的可靠性管理

设计阶段的可靠性管理工作主要是制定电子电气设计研制阶段的可靠性任务和实施细则，用定量的方法来预计、评定和验证可靠性。规定设计人员必须采用可靠性设计的方法、标准和规范来进行设计。对于任何新产品和变更较大的设计项目，都需要经过可靠性试验、评价。新设计的关键零部件都应制作近似的实物模型，在近似的工作环境条件下进行试验，并且进行长期运转的可靠性验证试验，有的甚至把样机放到实际的工作环境下运行，以求找出薄弱环节，从而进行设计更改。鼓励采用新技术，以保证和提高产品的可靠性。例如，电源分配系统的试验、音响系统的振动试验、照明系统淋雨的模拟试验等。要进行耐环境设计，包括热设计、结构设计等。产品实际能达到的可靠性不可能超过所设计的可靠性，而在产品的设计研制阶段的初期，能达到的可靠性远低于目标值。因此，必须制订和实施可靠性增长计划，进行可靠性增长试验，以暴露设计缺陷，采取纠正措施，尽快使可靠性水平增长到目标值。设计评审是可靠性管理的一项基本活动，其目的是审查设计是否符合可靠性要求，及早查出设计中的缺陷并及时补救。通常，设计评审需要进行多次。

4) 制造阶段的可靠性管理

产品的电子电气可靠性是由设计决定的，而由制造和管理来保证。忽视制造过程的管理（包括整车厂和供应商制造过程的管理要求），必然将导致产品的可靠性低于设计的目标值。

在所有的制造过程中，参数值的变异性（偏差）是固有的，如材料性质、零件尺寸、加工方法等。必须了解在零件和加工工艺过程中可能有的变异性的原因、性质和程度，知道如何去测量和控制这种变异性，使其对产品的性能和可靠性影响最小。同时，要以“零缺陷”作为目标，尽力做到在出厂前检验出所有的不合格品。注意：如果不及时地、果断地将正在加工的不合格零件停止输送给下一道工序，则出厂的产品越多，损失越大。

制造阶段的可靠性管理的主要内容有人员管理、设备管理、材料管理、工艺管理、环境管理、工序管理、检验管理。



3.2 汽车电子的可靠性要求

3.2.1 汽车电子进行环境可靠性测试的重要意义

随着人工智能行业的发展,汽车产业中的电子产品也开始向智能化、自动化发展,汽车工业开始与信息技术行业相融合,发展迅速的电子产品也开始越来越广泛地应用在汽车行业中,使得汽车行业也开始迈开步伐,向着电子化、多媒体化和智能化的道路前进。不仅如此,汽车行业的用户基数大,需求多样化,而新兴发展的多媒体技术等应用在其他工业方面取得了较大的成功,并且逐步可以满足汽车用户多样化的需求。在这样的背景下,汽车产业从模式和工艺比较单一的传统机械化工业逐步转型为电子信息技术和机械工艺技术相结合的高级技术,以机械产品向融合电子信息技术的机电一体化产品演变。汽车功能的多样化和电子元器件的自动化为汽车行业带来了更加宏远的发展空间,但同时由于其结构复杂,是成千上万的各种零件组成的复杂产品,并且在运行时较为依赖其中的电子产品,因此汽车电子产品零件的可靠性就尤为重要。汽车产品的电子系统有着较为严苛、恶劣的工作环境,如运输过程、存放环境、工作中以及一些地方的特殊气候等,无时无刻不考验着汽车电子产品。目前,汽车行业中电子产品的使用率逐渐增加,电子元器件在汽车整体价值量中的比例也在逐年上升,在高档汽车中为 40%~50%。国外每辆汽车采用汽车电子装置的费用在 1990 年时为 672 美元,2000 年已达到 2000 美元,而汽车的控制系统是以高端电子设备为基础,电子控制设备的可靠性对整车的可靠性起主导作用,因而汽车运行的安全性也受到电子装置的控制。

一般来说,电子产品的质量和电气单元的耐久性会受到复杂环境因素的影响,恶劣的环境也会对电子产品的操作性能带来不好的影响。汽车电子元器件也不例外,目前汽车电子元器件的环境可靠性问题成为汽车可靠性的核心问题之一。在汽车的日常运行过程中,汽车的电子系统往往会处于比较复杂和恶劣的环境中,为保证汽车电子产品在这些环境下也能正常工作,达到应有的效果,需要在这些环境下对电子产品进行可靠性测试。通常情况下,汽车电子标准的范围涵盖了电气和电子环境设备、电磁抗干扰能力等多方面的内容,例如,汽车的连续、长期振动会造成一部分电子产品的组件引线与附件出现故障,并且不能够实现温度的循环;温度和气候有时候会影响到一些材料的性能,因此有一些电子产品的材料对环境的适应能力很差,不适合在特殊的温度和气候下工作,一旦温度气候发生一定程度的变化,会影响电子元器件的正常工作,严重时可能导致其失灵,出现失效的问题。目前,国家已经出台了一些相应标准来约束汽车电子产品的质量,汽车电子产品在满足这些国家制定的标准以外,还需要充分满足汽车运行时可能遇到的环境要求和各种条件要求,这就要切实提升电子产品本身的材料和工作性能。除此之外,不同电子产品的供电需求不同,这就使得供电输出系统比较复杂,例如,系统中有大电流的电磁阀和马达,也有其他额定电流较低的电子产品,这时供电电压通电后,较大的电压脉冲容易引发一些产品的故障与损坏。这样的电压变化会对其他电子产品造成不良影响,这将直接影响汽车电子产品的正常使用和汽车本身的安全性能。由此看来,高度重视汽车电子产品运行环境的可靠性,从而提升其汽车



电子产品的基本质量,以此促进汽车应用的多样性发展,对于当代汽车行业来说,是十分重要的。

3.2.2 汽车电子的使用环境

由于汽车的控制系统通常以高端电子设备为基础,因此,整车的可靠性方面起主导性作用的是电子控制设备的可靠性。通常来说,电子设备的使用环境会影响设备以及单元的耐久性和相关的操作性能。由此,汽车电子元器件的环境可靠性问题成为了汽车可靠性的核心问题之一,同时,这也是使用过程中需要面对的最大难题。在实际运行时也可以发现,汽车电子产品的使用环境不仅会随着汽车不停地运动发生改变,而且安装在汽车不同位置上的相关产品也面临着不同的环境挑战。所以,汽车电子产品的环境可靠性测试变得极为重要且严格。这不仅可以确保产品在预期的寿命内能够正常工作,还可以保证电子产品在经历极端环境时不会出现相关问题,由此来看,这也是汽车电子产品比一般电子产品价格更贵的原因。以下是汽车电子产品的测试中需要考虑的几项因素。

1. 气候和地理的因素

几乎在世界所有的陆地区域使用和运行的都是道路车辆。其中,气候环境条件,包括可预期的每天的天气变化以及季节的变化都是值得注意的。例如,应考虑给出使用环境内的湿度、温度、降水以及相关大气条件等的范围,此外,灰尘、污染和海拔高度等因素也值得被关注。

由于地理环境一般受制于当地的地理条件,所以不会轻易发生改变。但是,气候环境却是在不断地变化,例如,每天的天气变化和季节性的气候变化。所以,汽车电子产品环境测试一般都会以模拟气候环境变化为主。常见的环境测试有温度湿度变化、雨雪天气、沙尘天气、海拔高度变化、雾霾天气等。

2. 车辆类型

车辆的设计属性通常决定了道路车辆的环境条件,例如,发动机的类型和排量、悬挂的相关特性、车辆尺寸和自重以及车辆自身的供电电压等。考虑到不同类型的汽车所面临的工作环境和其对环境的适应性都有所不同,例如,汽油车与柴油车、商用汽车与货运汽车等,因此在测试时,汽车的类型和具体的性能也是需要考虑的。

3. 车辆的使用条件和运行模式

道路的质量、道路的地形、车辆的使用、路面的类型和驾驶人的驾驶习惯都是值得重视的环境条件因素。在运行方式方面,起动、驾驶、存储和停车等,都需要考虑。在汽车的行驶过程中,不同类型的汽车对道路的使用环境等都有着各自的使用要求,而且,不同的道路情况也会对汽车的行驶造成不同的环境影响,当然,也会对汽车配置的电子产品造成一定的影响。此外,不同的驾驶习惯也会对汽车电子产品的使用造成些许影响。根据汽车电子装置中工作模式的不同,可以将其分为三大类,不同的工作模式也有着各自对应的运行环境。

工作模式 1: 不向 DUT(被测设备元器件)供电。



工作模式 1.1: DUT 未连接到线束。

工作模式 1.2: DUT 模拟在车辆上的安装位置,连接到线束。

工作模式 2: 当车辆发动机关闭,且所有的电气连接完好,DUT 以电压 U_B 带电运行。

工作模式 2.1: 系统/组件功能不被激活(如休眠模式)。

工作模式 2.2: 系统/组件带电运行并控制在典型的运行模式上。

工作模式 3: 所有的电气连接完好,DUT 以电压 U_A 带电运行。

工作模式 3.1: 系统/组件功能不被激活。

工作模式 3.2: 系统/组件带电运行并控制在典型的运行模式上。

其中,工作模式 2 和工作模式 3 的试验电压如表 3-7 所示。

表 3-7 工作模式 2 和工作模式 3 的试验电压

试 验 电 压	$U_N=12V$ 电系/V	$U_N=24V$ 电系/V
U_A	14 ± 0.2	28 ± 0.2
U_B	12 ± 0.2	24 ± 0.2

注: U_A 为发动机/交流发电机(工作模式 3), U_B 为蓄电池电压(工作模式 2)。

4. 电子设备的寿命周期

汽车电子产品需要在汽车运行时的环境下也能正常工作,能够抵御一定的恶劣环境条件,而且汽车电子产品需要经历生产、装运、操作、存储、车辆装配、车辆维护和修理等流程,也就是说,汽车电子产品从生产到装配,再到汽车上的实际应用,会经历很多中间过程,这些中间过程所处的环境条件也会对汽车电子产品产生一定的影响,因此,汽车电子产品也需要克服在这个过程中环境对产品造成的影响。

5. 车辆的供电电压

车辆运行中的供电电压和车辆的运行状态、方式以及内部分配系统的设计有关,并且相应的气候环境也会对此造成一定的影响。在不同气候环境下,汽车总电源提供的供给电压也会发生一定的变化,这就导致电子产品的供给电压不是其正常情况下的额定电压,会在一定程度上影响电子产品的正常工作,严重情况下会造成电压过载,从而使得电子产品发生故障导致失灵,例如,车辆电气系统的故障可能是发电机电压过载时的汽车内部连接系统断路。因此,车载供电电压的变换是汽车电子产品环境测试中必不可少的一项。

6. 电子设备在车辆上的安装位置

汽车电子产品通常以安装位置为依据进行划分,电子产品在车辆上的安装位置决定了其使用环境。车辆上的环境负荷因素在每个位置都不相同,在大部分情况下,汽车的运行环境都比较复杂,这就使得电子产品要面临极为严酷的环境考验。对不同类型的环境负荷设计一种具体的量度标准是必要的。这样就可以使得一辆车上的系统及其组件在这个标准下引申到其他车辆,极大减少了工作量。

一辆汽车上的电子产品有很多安装的地方,根据其所处的位置不同,所需要的测试条件和项目也不尽相同。首先,是十分重要的发动机舱,发动机机舱的环境包括发动机本身的内外环境、一些非刚性连接的柔性进气管的内外环境、变速器与减速器的内外环境,并且也会



受到整车车体与车辆骨架的影响。其次,驾驶室中的环境包含阳光可以直射到和没有阳光直射的部分,还有因为一些条件会受到热辐射的部分。此外,后备箱内的电子产品主要安装在后备厢内部,外部很少会安装电子产品。最后,有很多电子产品安装在车体外部,如车架、车门、底盘和轮毂等,这一类比较特殊的安装位置没有给出明确的规定,一般在 DUT 的说明书中规定。

从安装位置就可以想象到,汽车电子产品的使用环境比一般的电子产品要更加恶劣和复杂,其中不可避免地会受到很多环境因素的影响,如汽车本身的振动、环境的温度和湿度、磨损的耐老化能力,以及因为气候不同而产生的供给电压波动、过载等,因此汽车电子产品的质量和可靠性也有更加严格的要求。表 3-8~表 3-10 分别给出了不同部位的汽车电子产品的温度环境条件、湿度环境条件和振动环境条件。

表 3-8 汽车电子产品的温度环境条件

部 位	最大温度/℃
前仪表板上部	120
前仪表板底部	71
客舱地板	105
后架	117
头枕	83

表 3-9 汽车电子产品的湿度环境条件

部 位	最大湿度
引擎舱(引擎附近)	38℃/95 %RH
引擎舱(轮片)	66℃/80 %RH
座椅	66℃/80 %RH
侧门周围	38℃/95 %RH
仪表板前部	38℃/95 %RH
地板	66℃/80 %RH
后架	38℃/95 %RH
行李箱	38℃/95 %RH

注: RH——相对湿度。

表 3-10 汽车电子产品的振动环境条件

振 动 来 源	频率/Hz
发动机转矩波动导致的振动	2~10
离合器不正导致的振动	2~10
传动轴夹角导致的振动	10~20
发动机转矩波动导致的振动	20~50
旋转失衡导致的振动	20~50
发动机旋转惯性导致的振动	100~200
齿轮的啮合导致的振动	400~2000

7. 按照功能状态分类

汽车电子产品种类不同,其功能状态也会不同,以其功能状态为依据也可以进行分类。



目前,大部分情况下的汽车电子产品的功能状态有 A、B、C、D、E 这 5 个级别,A 级指的是经过一定的测试后,电子产品功能仍然可以符合使用的要求;B 级是在测试过程中存在一定的功能误差,但是测试结束后,电子产品仍然符合使用要求;C 级是在测试过程中,有一些功能达不到设计时需要达到的标准,但测试结束后产品仍可以正常运行;D 级是测试前后,有一些功能不能达到设计所需的标准,测试结束后不能正常运行,需要重新进行激活或者调整;E 级是测试过程中有功能失效,无法自动恢复或者重新激活,只能更换。

3.2.3 汽车电子可靠性的常用测试标准

1. ISO 系列相关标准

国际标准组织(ISO)是国际上非常权威的标准组织,目前由 151 个国家的标准协会组织组成,是一个各国标准之间的协调机构。ISO 成员不是联合国性质,各个成员代表国家,是来自自己国家的专门机构。

(1) ISO 16750《道路车辆电气及电子设备的环境条件和试验》。

ISO 16750 测试标准是当前国际通用的汽车电子产品环境测试标准,该标准是由国际标准化组织制定推出的,此标准的推出,在国际范围内为汽车电子产品的环境可靠性测试确定了一套科学规范的测试标准。截至目前,国际上许多知名的汽车企业都以该套标准为主,并将其中的测试方法和测试结果的标准都应用在了生产上。在欧洲,该标准几乎是行业的首要标准,应用非常广泛,如 VM、GM 等知名公司都应用了该标准涵盖的环境试验项目,测试的方法和结果判断的标准作为自己企业的标准,我国自己制定的标准——GB/T 28046 系列标准也是参考的本套标准。该系列标准包括 5 部分:①ISO 16750-1《道路车辆-电子电气产品的环境条件和试验:总则》;②ISO 16750-2《道路车辆-电子电气产品的环境条件和试验:供电环境》;③ISO 16750-3《道路车辆-电子电气产品的环境条件和试验:机械环境》;④ISO 16750-4《道路车辆-电子电气产品的环境条件和试验:气候环境》;⑤ISO 16750-5《道路车辆-电子电气产品的环境条件和试验:化学环境》。

ISO 16750-1:描述了潜在的环境压力,并指定了建议用于车辆上/车内特定安装位置的测试和要求,包含定义和一般说明。

ISO 16750-2:适用于道路车辆的电气和电子系统/组件,描述了潜在的环境应力,并指定了对道路车辆上/内的特定安装位置推荐的测试和要求;还描述了电气负载。电磁兼容性(EMC)不属于 ISO 16750 的这一部分。电气负载与安装位置无关,但会因车辆线束和连接系统中的电阻而发生变化。

ISO 16750-3:描述了直接安装在道路车辆上或安装在道路车辆上的可能影响电气和电子系统和组件的机械载荷,并规定了相应的测试和要求。

ISO 16750-4:描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能的气候环境负荷,且规定了试验及要求。

ISO 16750-5:规定了可以影响直接安装在车辆上或车辆里的电气、电子系统和组件化学环境,以及相应的试验和要求。不包括电磁兼容性。

ISO 16750 系列的标准是帮助其用户系统地定义或应用一系列国际公认的环境条件、



测试和操作要求,这些条件、测试和操作要求基于设备在其生命周期中操作和暴露的预期实际环境。制定标准时考虑了以下环境因素:①世界地理和气候:地球上几乎所有的陆地区域都拥有运营道路和车辆。因此,由于气候环境,包括昼夜循环和季节循环,环境条件的显著变化是可以预料的。已经考虑到全球范围内的温度、湿度、降水和大气条件,包括灰尘、污染和海拔。②车辆类型:运行时的汽车在车辆内部和车辆上的环境条件也和车辆本身的零件属性有关,如发动机的类型、发动机相关部件尺寸的大小、不同材料的悬架特性、整车质量、整车尺寸、电源额定电压等。并且对包括商用车在内的典型车辆类型进行了考虑,如(重型)卡车、乘用车和卡车以及柴油和汽油发动机。③车辆使用条件和操作方式:车内和车上的环境条件因道路质量、路面类型、道路地形、车辆使用(如通勤、拖车、货物运输等)和驾驶习惯而存在显著差异。如存储、启动、驱动、停止等已被考虑。④设备生命周期:电气和电子设备还可以耐受制造、运输、搬运、存储、车辆组装、车辆维护和修理过程中所经历的环境条件。此类条件和测试(如处理跌落测试)在 ISO 16750 系列的范围内。⑤车辆供电电压:供电电压随车辆使用、运行模式、配电系统设计甚至气候条件而变化。车辆电气系统内的故障,如交流发电机过电压和连接系统的间歇性,都可能发生。此类情况在 ISO 16750 系列的范围内。⑥在车辆中的安装位置:在目前的汽车工业中,系统及其组件的概念几乎遍布于汽车的各个位置。每个系统或者零件对于应用环境的要求很大程度上和其安装位置相关,因为不同的安装位置会有不同的环境负荷集,如发动机舱和驾驶室室内的温度、湿度等都差异很大,振动载荷也完全不同,如车身上的电子产品会受到开关门造成的机械冲击等。

目前,汽车工业中将不同类型和量值的环境负荷形成数量合理的要求组合是可取的。这样就可以使在某一辆车上的系统及其组件应用到另一辆不同的车上。不过,环境负荷并不是仅仅受到安装位置一个因素的影响,它还与受到的应力等其他很多因素有关,并且精确的测量值要求在汽车的设计时通常还是未知的,这就给汽车电子产品的环境标准评定带来了许多困难。

ISO 16750 的观念是为离散的负荷类型定义要求的等级。该标准分供电环境、机械环境、气候环境和化学环境负荷。对每种负荷类型定义若干等级。每一等级用一个字母代码定义。完整的环境要求由一组定义代码表达。代码由 ISO 16750 其他的有关部分定义。ISO 16750 的附录 A 根据安装位置分别给出了代码的示例。对一般应用,可用这些代码。如果某应用非常特殊,这些代码的组合也无法表达时,可创建新的代码。当新的要求量值没有适用的代码时,可以用“Z”代码创建。在此情况下,规定的要求应单独定义,而且不应改变试验方法。附录 B 中,得出了关于寿命试验的结论。

一般来说,寿命试验结果会受到以下几个因素的影响。

①“失效效应”(Weibull 形式因子),是主要影响较高失效斜率,缩短试验持续时间的因数;尤其对于低失效斜率,“DUT 数量”有较大的影响。②“信心值”,过度的信心值将导致要求较长的试验持续时间和较多数量 DUT。如果有明显的损耗或疲劳失效,若试验允许增加较大的负荷,则描述的方法可以使操作变得顺利。一般用于机械和机电产品。这种方法并不适用于单纯的电子组件,因为大量的偶发失效(Weibull 形式因子接近 1)会从许多方面导致试验无法接受,而增加负荷(如温升)是仅有的缓解方法。

(2) ISO 20653《汽车电子设备防护外物、水、接触的等级》。

本国际标准适用于道路车辆电气设备外壳提供的防护等级(IP 代码)。它指定了以下



内容：①电气设备外壳(IP 代码)为以下各项提供的类型和防护等级的名称和定义——保护外壳内的电气设备免受异物入侵,包括灰尘(防止异物);保护人员免于接触外壳内的危险部件(防止接触);保护外壳内的电气设备免受进水的影响(防水)。②每个防护等级的要求。③为确认外壳符合相关防护等级的要求而进行的试验。

2. 美国 SAE 系列测试标准

18 世纪初期,汽车工业的制造商企业都还是名不见经传的小公司,他们从供应商处直接购买汽车所需的零部件,自己加工组装形成完整的汽车产品。车辆在需要维修时,就必须返回汽车制造商或零部件制造的厂商,否则很难寻找到适配的零件。汽车维修的困难也严重阻碍了汽车工业的发展,1905 年,美国汽车工程师学会(SAE)开始逐渐致力于汽车零部件的标准化工作。1912 年,在会长 Howard Coffin 的指导下,美国 SAE 公布了第一个标准,其中的重点是锁紧垫圈零件,因为当时的美国工业上共有 300 多种该零件,汽车工业中使用繁多。按照该标准,锁紧垫圈的数量减少了近 90%。到 1921 年,超过 200 种 SAE 标准在汽车工业领域使用,使得车辆的制造和修理都变得更加简捷,节省了很大一笔成本。

时至今日,SAE 相关标准已经在美国汽车工业的很多工序中得以应用,汽车的制造和维修的许多标准都是 SAE 系列的,其中涵盖的范围小到维修用的扳手,大到维修使用的电子仪器的各种复杂参数,SAE 都有相关的标准予以规定。为了汽车工业能够全球化发展,SAE 和 ISO 已经开始了很多相关合作,致力于制定各种国际标准。在美国汽车工业中,SAE 关于电子产品的测试标准至今仍然是主流标准,被很多企业参照,其中有 SAE J 1211 汽车电气/电子模块耐用性标准、SAE J 1455 汽车电气部件环境试验标准,以及针对电动汽车电池的环境可靠性标准、SAE J 2464 电动汽车电池滥用试验和 SAE J 2380 电动汽车电池的振动试验等一系列标准。

(1) SAE J 1211《汽车电气/电子模块耐用性》。

本耐用性验证手册为汽车电子行业提供了一种通用的资格认证方法,以证明实现所需可靠性所需的耐用性水平。耐用性验证方法强调基于知识的工程分析和测试产品的故障或预定义的退化级别,而不引入无效的故障机制。该方法侧重于评估客户规范的外部限制与组件实际性能之间的稳健性裕度。这些实践将稳健性设计方法(如测试失败代替测试通过)整合到汽车电子设计和开发过程中。随着耐用性验证实践的成功实施,生产者和消费者可以实现提高质量、成本和上市时间的目标。

该标准阐述了用于汽车应用的电气电子模块的耐用性。在可行的情况下,还将讨论外在可靠性检测和预防方法。该标准主要涉及电气电子模块(EEM),但可以轻松适用于机电一体化、传感器、执行器和开关。EEM 认证是该标准的主要范围。其他解决随机故障的程序在 CPL(组件过程交互)中。该标准将在零缺陷概念的上下文中用于组件制造和产品使用。

(2) SAE J 1455《重型车辆应用中电子设备设计的推荐环境实践》。

本标准的适用范围包括对为重型公路和非公路车辆设计的电子设备的可靠性要求,以及也使用这些车辆衍生组件的任何适当的固定应用。此类车辆的一些示例是公路和非公路卡车、拖车、公共汽车、建筑设备和包括农具在内的农业设备。

该标准旨在通过提供可用于制定环境设计目标的指南来帮助商用车辆电子系统和组件的设计人员。具体的测试要求由客户和供应商商定。其中 SAE J 1455 所提及的环境试验



主要有温度试验、湿度试验、盐雾试验、化学试剂试验、蒸汽清洗和高压喷水试验、霉菌试验、防尘试验、低气压试验、振动试验、机械冲击试验、一般重型汽车电气环境试验、稳态电气特性试验、噪声和静电干扰试验、电磁兼容试验。

(3) SAE J 2380《电动汽车电池振动测试》。

SAE J 2380 提供了一个测试程序,用于描述长期道路诱导振动和冲击对电动车辆蓄电池性能和使用寿命的影响。对于成熟、可生产的电池,本标准旨在鉴定电池的振动耐久性。扫频正弦波振动或随机振动通常用于此类测试。随机振动是该标准测试的重点。

SAE J 2380 描述了由电动汽车电池模块或电动汽车电池组组成的单个电池(测试单元)的振动耐久性测试。出于统计目的,通常会对多个样品进行此类测试。另外,某些测试单元可能会进行生命周期测试(在振动测试之后或期间)以确定振动对电池寿命的影响。此类寿命测试不在本标准中描述,SAE J 2288 可用于此目的(如适用)。

SAE J 2380 中定义的振动试验基于在可能适合安装电动汽车牵引蓄电池的位置进行的不平路面测量。对数据进行分析,以确定在车辆使用寿命期间,在各种给定 G 水平(即 G 值,是指加速度与重力加速度的比值,衡量加速度的大小)下冲击脉冲发生的适当累积次数。此标准中包含的振动光谱设计用于近似累积曝光包络线。为了测试效率,规定了时间压缩振动状态,以允许在至少 13min 内完成测试程序。

(4) SAE J 2464《电动和混合动力电动汽车可充电储能系统(RESS) 安全和滥用测试》。

SAE J 2464 旨在作为标准做法的指南,并且可能会随着经验和技术的进步而变化。它描述了一系列测试,这些测试可根据需要用于电动或混合动力车辆可充电能源存储系统(RESS)的滥用测试,以确定此类电能存储和控制系统对超出其正常工作范围的条件或事件的响应。本标准中的滥用测试程序旨在涵盖广泛的车辆应用以及广泛的电能存储设备,包括单个 RESS 电池(电池或电容器)、模块和电池组。本标准适用于具有 60V 以上 RESS 电压的车辆。该标准不适用于使用机械装置储能能量(如机电飞轮)的 RESS。

SAE J 2464 旨在提供一个通用的测试框架,以评估各种 RESS 技术对滥用条件的响应。这些测试旨在表征 RESS 对不良滥用条件的响应,也称为“由于操作员疏忽、车辆事故、设备或系统缺陷、用户或机械师信息不足或培训不足、特定 RESS 故障而可能出现的非正常条件或环境”控制和支持硬件,或运输/处理事故。

SAE J 2464 并非旨在证明 RESS 可用于运输。这些测试源自故障模式和影响分析、用户输入和历史滥用测试。测试结果应形成文件以供被测试 RESS 的潜在用户使用。该标准的目的不是建立验收标准,因为每个应用都有其独特的安全要求。此外,电池安全只是安全方法的一个组成部分,它将采用主动和被动保护设备,如热和电子控制、健康状态监测、自动断开以及辅助支持系统。这些技术的用户应自行决定采取何种措施来确保所述技术的良好应用。SAE J 2464 的测试数据可用作已开发的“电池安全和危害风险缓解”方法的输入。

SAE J 2464 的范围是评估 RESS 的电池、模块和电池组级别对滥用条件的响应。虽然本测试中开发的滥用条件旨在代表车辆环境中的潜在危险条件,但并非所有类型的车辆级别危险都在本标准的范围内。该标准中描述的测试应根据他们对数据的需求和他们对技术最敏感条件的确定,补充额外的测试(由测试发起人或制造商自行决定执行)。测试的主要目的是收集响应信息的外部、内部输入。如果 RESS 用户(或系统集成商)可以证明该测试不适用或结果将在其他测试中重复,则该标准中的特定测试和/或测量可能不适用于某些 RESS 技术和设计。



3. 欧洲相关标准

欧洲关于汽车电子产品的要求起步也比较早,20 世纪 50 年代初,一些欧洲国家开始关注车辆的排放、灯光以及性能等各个方面,并制定了相关的技术标准。但是各个国家之间对于检验标准的试验方法、结果的评价和一些情况的限制值始终没有达成统一。而汽车的零部件和电子产品在欧洲贸易中占很大的比重,这就使欧洲各国之间关于车辆的贸易和对车辆的审查受到了很大的阻碍。为继续开辟欧洲乃至全世界的汽车贸易,促进欧洲汽车工业的发展,欧洲经济委员会在 1958 年签订了《关于采用统一条件批准机动车辆和部件互相承认批准的协定书》,各个成员国之间逐步形成了一套统一的机动车法规,也就是 ECE 系列的法规。通过这套统一的法规来验证机动车性能及其零部件、电子产品的质量,每个成员国对这套法规的评定结果都相互承认。起初,ECE 相关法规由隶属于联合国欧洲经济委员会的道路运输委员会车辆结构专家组(WP29)来起草,专家组根据不同功能需要自行分配了很多专项小组,如噪声、安全保护装置、车辆安全性能、车辆骨架和底盘、排放和能源消耗、车辆运行时状态、车辆灯光技术、客车和火车的安全小组等,每个成员国都可以提出自己的意见来修改草案,对于无法统一的部分,每个国家都可以自行决定是否使用这部分的 ECE 法规,因此 ECE 法规在欧洲基本都是自愿采用的,各国根据自己国家具体的情况,选择或者完全采用这套法规。目前,ECE 法规已经具有了很大的国际影响力,很多条件充足的国家基本都尽可能采用这套法规,以此促进和欧洲国家的汽车贸易和技术交流。

各个国家可以在检测机构对车辆按照 ECE 相关法规进行检验,对于合格的产品,蒲州国家政府的有关部门会授予相关合格证书,并且制造商也可以在产品上进行相应的标识,表明产品符合 ECE 相关法规,这样的产品也便于在欧洲市场获准销售。随着 ECE 法规的发展和完善,越来越多的国家认识到了这种统一标准的重要性,20 世纪 80 年代到 90 年代,美国、欧洲和日本联合提出制订全球统一的汽车工业法规标准的计划,ECE 的协定书也被修改为全球通用。全球任何一个国家都可以在签署协定书后采用 ECE 的相关法规,灵活性较大。2000 年 10 月 10 日,中国签署全球机动车技术法规 UN/ECE 协定书。成功成为第 9 个签署该协定书的国家,标志着中国也逐渐致力于制定全球统一的机动车技术法规。

随着时代的发展,ECE 法规从制定以来根据现实情况经历着不断的修改和补充,时至今日已经有 89 项规定汽车及其部件的标准法规体系,在近年推行环保的趋势下,如何减少排放及环境保护也被逐渐纳入这套法规。

(1) ECE R1《关于发射不对称近光和/或远光并装有 R2/或 HS1 类灯丝灯泡的机动车前照灯的统一规定》。

欧盟 ECE R1 标准适用于车辆装备有玻璃配光镜或者塑料材料配光镜的前照灯。符合以下定义的内容适用于此标准法规:“配光镜”指安装在前照灯(组)最前面并通过其发光面传递光束的部件。“涂层”指涂在配光镜外表面的一层或多层保护膜的一种或几种材料。“不同型式的前照灯”指那些在如下主要方面有差异的前照灯:①商品名称或商标;②光学系统的特性;③加入能够在使用过程中,通过反射、折射、吸收或/和形变引起光学效果变化的部件;④适用于右座驾驶交通或左座驾驶交通,或同时适用于两类交通系统;⑤产生光束的类型(近光、远光、近光和远光);⑥配光镜和涂层的材料(如果有)。并且,在该标准法规中,明确提出了申请认证的要求、认证标志的要求、认证过程的要求以及所有有关前照灯的一般技术要求等。



(2) 德国 DIN 系列标准。

德国标准化学会(Deutsches Institut für Normung e. V., DIN)于1917年成立,总部位于德国首都柏林。DIN 是德国国内最具有代表性的标准化机构,并且是公益性的民间机构,DIN 的目标是为了公众的利益,通过和政府有关方面的合作,制定并且发布了一些德国工业中的标准,促进了德国汽车工业的发展。

DIN 的前身是德国工程师协会(VDI),1917年,VDI 在柏林召开会议,决定成立关于机械制造的通用标准委员会,目标是制定在机械制造中的统一标准。随后,在标准制定的过程中,委员会决定将各个不同的工业协会制定的标准合并,再进行扩充和修改,DIN 系列的标准就诞生了。

1918年3月,DIN 制定并发布了第一个德国工业标准:DI-Norm I 锥形销。随着 DIN 的不断发展以及德国工业的进步,DIN 系列的标准目前涉及了很多领域,包括建筑、冶金、制造、化工、电气、环保、消防、运输等。在1998年年底,DIN 制定并发布的标准就多达2.5万个,并且其中80%的标准被欧洲其他国家参考或者采用。

1951年,DIN 宣布加入国际标准化组织,并且在国际电工委员会中,DIN 也和国内的电工组织组成了德国电工委员会(DKE),不仅如此,DIN 也是欧洲标准化委员会(CEN)、欧洲电工标准化委员会(CENELEC)和欧洲电信标准学会(ETSI)的积极参加国,在各个组织中都有着十分重要的贡献。1979年,中国标准化协会和 DIN 签订了双边合作协议,双方开展了相关标准的讨论和合作。

(3) DIN 40050-9 道路车辆 IP 防护代码。

DIN 40050-9 适用于道路车辆电气设备的 IP 防护分级。该标准的目的是规定下列道路车辆电气设备外壳的 IP 防护方式和等级的名称与定义:①防止固体杂质(包括灰尘)进入壳体内,对电气设备加以防护(杂防质);②防止水进入壳内而对电气设备加以防护(防水);③防止人体接近壳内危险部件(防接触)。该标准规定了对各防护等级的要求和证实外壳是否符合各防护等级要求的实验,最主要的是规定了 IP 代码的组成,由第一位特征数字(0~6 或字母 X)、第二位特征数字(0~6 或字母 X)、附加字母(可选择)(可选字母 A、B、C、D)、补充字母(可选择)(可选字母 M、S、K)不要求规定特征数字时,该处由字母“X”代替,如两个字线都省略,则用“XX”表示。附加字母和(或)补充字母可省略,不需代替。当使用一个以上的字母时,应按字母顺序排列(除 K 外)。如一部分外壳或电气设备的防护等级不同于其他部分的防护等级,则应将这两种防护等级分别注明。该标准中规定的 IP 代替组成和各类防护等级如表 3-11~表 3-14 所示。

表 3-11 IP 代替组成一览表

组 成	数字或字母	对电气设备防护的含义	对人员防护的含义
第一位特征 数字	0	防止固体异物进入 无防护	防止接近危险部件(如不用补充字母说明) 无防护
	1	$\phi \geq 50.0\text{mm}$	手背
	2	$\phi \geq 12.5\text{mm}$	手指
	3	$\phi \geq 2.5\text{mm}$	工具
	4	$\phi \geq 1.0\text{mm}$	金属线
	5X	防尘	金属线
	6X	尘密	金属线



续表

组 成	数字或字母	对电气设备防护的含义	对人员防护的含义
第二位特征 数字/补充 字母	0	无防护	
	1	垂直滴水	
	2	15°滴水	
	3	60°滴水	
	4	任何方向溅水	
	4X	高压溅水	
	5	喷水	
	6	猛烈喷水	
	6X	高压猛烈喷水	
	7	短时间浸水	
附 加 字 母 (可选择)	8	连续浸水	防止接近危险部件(如不用补充字母说明) 手背 手指 工具 金属线
	9X	高压/蒸汽喷射清洗	
	A		
	B		
补 充 字 母 (可选择)	C		
	D		
	M	检验水时活动部件移动	
	S	检验水时活动部件静止	
	K	专用于道路车辆的电气设备	

表 3-12 防止固体异物进入的防护等级

第一位特征数字	简要说明	
	防 止	要 求
0	无防护	无
1	固体异物 $\phi \geq 50\text{mm}$	$\phi 50\text{mm}$ 的球不能完全压入
2	固体异物 $\phi \geq 12.5\text{mm}$	$\phi 12.5\text{mm}$ 的球不能完全压入
3	固体异物 $\phi \geq 2.5\text{mm}$	$\phi 2.5\text{mm}$ 的球不能完全压入
4	固体异物 $\phi \geq 1.0\text{mm}$	$\phi 1.0\text{mm}$ 的球不能完全压入
5X	防尘	进入的灰尘量不会影响到功能和安全
6X	尘密	灰尘不得进入

表 3-13 防止接近危险部件的防护等级

第一位特征数字	补 充 字 母	简 要 说 明	
或		防止接近	要求
0	—	无防护	无
1	A	手背(不对有意接触防护)	$\phi 50\text{mm}$ 的球不能完全压入,与危险部件有足够间隙
2	B	手指	$\phi 12.5\text{mm}$ 的球不能完全压入,与危险部件有足够间隙
3	C	工具(如螺钉旋具)	$\phi 2.5\text{mm}, 100\text{mm}$ 的杆可插入,与危险部件有足够间隙



续表

第一位特征数字	补充字母	简要说明	
4	D	金属线	$\phi 1.0\text{mm}$, 100mm 的杆可插入, 与危险部件有足够间隙
5	D	金属线	
6	D	金属线	

表 3-14 防水进入的防护等级

第二位特征数字/补充字母	防止进入	要求
0	无防护	无
1	垂直滴水	垂直方向滴水应无有害影响
2	15°滴水	15°范围内滴水应无有害影响
3	60°滴水	各垂直面在 60°范围内淋水, 无有害影响
4	任何方向溅水	向外壳各方向溅水无有害影响
4X	高压溅水	向外壳各方向高压溅水无有害影响
5	喷水	向外壳各方向喷水无有害影响
6	猛烈喷水	向外壳各方向强烈喷水无有害影响
6X	高压猛烈喷水	向外壳各方向高压强烈喷水无有害影响
7	短时间浸水	浸入规定压力的水中经规定时间后外壳进水量不致达有害程度
8	连续浸水	浸入规定条件下持续潜水后外壳进水量不致达有害程度
9X	高压/蒸汽喷射清洗	在对向外壳各方向加强烈高压下溅水无有害影响

4. 日本 JIS 系列相关标准

日本工业标准(Japanese Industrial Standards, JIS)是日本国家级标准中最重要、最权威的标准,由日本工业标准调查会(JISC)制定。JIS 标准可以细分为土木建筑、一般机械、电子仪器及电气机械、汽车、铁路、船舶、钢铁、非铁金属、化学、纤维、矿山、纸浆及纸、管理系统、陶瓷、日用品、医疗安全用具、航空、信息技术、其他共 19 项。截至 2007 年 2 月 7 日,共有现行 JIS 标准 10 124 个。

(1) JIS C 0023《环境试验方法(电气、电子)盐雾试验方法》。

盐雾腐蚀试验箱 JIS C 0023 标准适用于类似的结构零件、机器或其他产品在盐雾环境中的耐老化性能试验。本试验方法的目的在于检查保护膜的品质和均匀性。

在试验的应用或应用的研讨之际,必须考虑下列事项。一是本试验不适合一般的盐雾腐蚀试验,二是不适合在含盐分的大气中验证并判断试件的判断。因此,对于装置和构件而言,规定了现实条件及各种判断方法的 JIS C 0024 环境试验方法(电气、电子)盐雾(循环)试验方法则更为确切。但是,在产品标准中需要按认证目的应用本试验方法时,各个试件最好以机器整体或装置的一部分用某种保护壳、保护罩、保护层等加以保护后使用为条件进行试验。盐雾腐蚀试验箱被广泛应用于对电子、电工及汽车、摩托车、五金工具等产品/零部件/金属材料与制品的镀和涂层等进行盐雾腐蚀试验。

(2) JIS C 0912《电机与设备的冲击试验》。

JIS C 0912 规定了小型电机和设备的冲击试验程序,用于承受非重复机械冲击的场所,



用于判断适用性和评估结构完整性。

(3) JIS C 1102《直接动作指示模拟电气测量仪器及其附件测试》。

JIS C 1102 适用于具有模拟显示的直动式指示电气测量仪表,如电流表和电压表;瓦特表和无功表;指针式和弹簧式频率表;相位计、功率因数表和同步器;欧姆表、阻抗表和电导仪表;上述类型的多功能仪表。该标准也适用于与这些仪器配套使用的某些附件,如分流器、串联电阻和阻抗元件。如果其他附件与仪器相关联,该标准适用于仪器与附件的组合,前提是已对这个组合进行了调整。该标准还适用于刻度标记与其电输入量不直接对应的直动式指示电测量仪表,只要它们之间的关系是已知的。

JIS C 1102 不适用于其自身的 IEC 标准所涵盖的专用仪器,不适用于作为附件使用的特殊用途设备。它既不包含对环境条件的防护要求,也不包含相关的试验。但是,必要时,只有经制造商和用户同意,才能从 IEC 68 中选择近似使用条件的试验。

5. 中国相关标准

(1) GB/T 21437《道路车辆,由传导和耦合引起的电骚扰》。

GB/T 21437 的总体目标和实际应用:GB/T 21437 所关注的是道路车辆及其挂车中电瞬态骚扰的问题。它涉及瞬态发射、沿电线的瞬态传导以及电子部件对电瞬态的潜在敏感性。各个部分中给出的测试方法和过程、试验仪器和限值都旨在简化由传导和耦合引起的零部件电骚扰的标准规范,提供一个旨在帮助而非约束的,车辆制造商和零部件供应商之间双方协定的依据。出于对原型车或大量不同车型保密的原因,整车的抗扰性测试通常只能由车辆制造商来进行。因而试验室测试方法就被车辆制造商和设备制造商用于试验电子部件的研究开发和质量控制过程中。不同部分中指定的试验称为“台架试验”。台架试验方法中有些需要使用人工网络,可以提供不同试验室之间的可比性结果。同时,这些测试也给出了装置和系统开发的依据,并可应用在生产阶段。保护系统免受潜在的骚扰应该被认为是整车确认的一部分。了解试验室测试与实车测试的相关性是很重要的。采用试验脉冲发生器进行的台架试验,可用来评价装置对电源线或数据线的瞬态抗扰性。该方法不能涵盖车辆中产生的所有瞬态形式,不同部分中描述的试验脉冲只是典型脉冲的特性。某些装置对电骚扰的一些特性,如脉冲重复率、脉宽以及相对其他信号的时间特别敏感。一个标准的测试不可能适用于所有的情况。对于这种特殊的、潜在的敏感性设备,设计者有必要通过对其设计和功能的深层了解来预先考虑合适的试验条件。被测装置应进行 GB/T 21437 相关部分中规定的适用于该装置的试验。对于那些需要复现被测装置的使用和安装位置的试验,应写入试验计划中,这有助于确保潜在的敏感部件和系统在技术和经济上进行优化设计。

GB/T 21437 的第一部分定义了基础术语,并给出了通用信息。主要定义了与传导和耦合的电骚扰相关的,在其他部分中使用的术语。第二部分规定了安装在乘用车及 12V 电气系统的轻型商用车或 24V 电气系统的商用车上设备的传导电瞬态电磁兼容性测试的台架试验,包括瞬态注入和测量。本部分还规定了瞬态抗扰性失效模式的严重程度分类。第三部分建立一种台架试验方法,以评价 DUTs 对耦合到非电源线路的电瞬态发射的抗干扰性能。试验瞬态脉冲模拟快速电瞬态骚扰和慢速电瞬态骚扰,如感性负载切换、继电器触点跳起等引起的瞬态骚扰。

GB/T 21437 还提供了 3 种试验方法:容性耦合钳(CCC)方法、直接电容器耦合(DCC)



方法、感性耦合钳(ICC)方法。

(2) GB/T 28045—2011《道路车辆 42V 供电电压的电器和电子设备 电器负荷》。

GB/T 28045—2011 描述了 42V 供电电压的电气和电子系统及组件的电气负荷,规定了单个或多个电压系统的试验和要求。该标准还提供了 42V 与其他电压系统相互影响的设计指导,适用于汽车 42V 电气电子系统/组件。该标准是根据 GB/T 1.1—2009 给出的规则以及 ISO 21848:2005 重新起草的。

(3) GB/T 28046—2011《道路车辆电气及电子设备的环境条件和试验》。

GB/T 28046—2011 包括 5 部分:第一部分是一般规定,第二部分是电气负荷,第三部分是机械负荷,第四部分是气候负荷,第五部分是化学负荷。因此,需要在全世界不同环境条件下考虑。

① 世界地理和气候条件:车辆几乎可在世界的所有陆地区域使用和运行。由于外界气候的变化,包括可以预测的每天和季节的变化,使车辆的运行环境条件有重大变化。按地理范围考虑温度、湿度、降水和大气条件,还包括灰尘、污染和海拔高度。

② 车辆类型:车辆的特征决定了车辆内(和车辆上)的环境条件,如发动机类型、发动机尺寸、悬挂特性、车辆自重、车辆尺寸、供电电压等。

③ 车辆使用条件和工作模式:由道路质量、路面类型、道路地形、车辆使用(如通信、牵引,货物运输等)和驾驶习惯引起的车辆内/上环境条件的变化值得重视。工作模式如储存、起动、行驶、停车等都予以考虑。

④ 设备寿命周期:在制造、运输、装卸、储存、车辆装配、车辆保养和维修过程中,电气、电子设备耐受的环境条件。

⑤ 车辆供电电压:车辆使用、工作模式,电气分布系统设计、甚至气候条件会导致供电电压变化,引起车辆电气系统的故障,如可能发生的交流发电机过电压和连接系统的断路。

⑥ 在车辆内的安装位置:在目前或未来的车辆中,系统/组件可能安装在车辆的任何位置,每一特定应用的环境要求通常取决于安装位置。车辆的每个位置都有特定的环境负荷。例如,发动机舱的温度范围不同于乘客舱,振动负荷也是如此。此时不仅振动的量级不同,振动的类型也不同。安装在底盘上的组件承受的是典型的随机振动,而安装在发动机上的系统/组件,还应考虑来自发动机的正弦振动。又如,安装在门上的装置因受门的撞击要经受大量的机械冲击。

本系列标准对几种负荷类型定义了要求等级,分别有电气、机械、温度、气候和化学负荷。对每种负荷类型定义若干要求等级,每一个要求等级用一个特定的字母代码表示,全部环境要求由被定义的字母代码组合表示。字母代码由本系列标准的其他有关部分定义,每部分附录的表内包括常规的安装位置和它们各自字母代码的定义示例。对于一般应用,这些字母代码是适用的。如有特殊应用且这些代码组合无法表达时,可创建新的字母代码组合。当新的要求量级没有适用的字母代码时,可以用字母代码“Z”创建。在此情况下,特殊要求需单独定义但不应改变试验方法。

本系列标准的用户应注意受试装置试验时车载系统和组件的安装位置所处的温度、机械、气候和化学负荷情况。

① 对制造商责任的适用性:在设计阶段由于技术限制或变化,车辆制造商要求将组件放置在不能承受本系列标准环境条件的位置,制造商有责任提供必要的环境防护。



② 对线束、电缆和电气连接器的适用性：尽管本系列标准的一些环境条件和试验与车辆的线束、电缆和电气连接器有关，但将其作为完整标准来使用，其范围是不够的，因此不推荐本系列标准直接用于这些装置和设备，应考虑采用其他适用的标准。

③ 对设备部件或总成的适用性：本系列标准描述了直接安装在车辆内/上的电气和电子设备的环境条件和试验，不直接用于构成设备的部件或总成。例如，本系列标准不直接用于嵌入设备的集成电路(ICs)或分立元件、电气连接器、印刷电路板(PCBs)、量表、显示器、控制器等。这些部件或总成的电气、机械、气候和化学负荷与本系列标准的描述可能是完全不同的。此外，对打算用于车辆设备的部件和总成可借鉴本系列标准得到预期的环境条件和试验要求。例如，设备温度的范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，内装件总成定义的温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，有 20°C 的温升。

④ 对系统集成和验证的适用性：本系列标准的使用者应注意标准的范围在条件和试验上有局限，不能反映车辆系统所有认证和验证所需的条件和试验，设备部件和车辆系统可能需要进行其他环境和可靠性试验。例如，本系列标准不直接对焊接、非焊连接、集成电路等规定环境和可靠性要求，但是这些项目应由零部件、材料或集成阶段的验证来保证。在车辆上使用的装置需在整车和系统级进行验证。

在具体内容上，第一部分描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能的环境负荷，且规定了试验及要求。该部分适用于汽车电气电子系统/组件，包括定义、安装位置、工作模式等一般规定，不包括电磁兼容性。第二部分描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能的电气环境负荷，且规定了试验及要求。该部分适用于汽车电气电子系统/组件，其中电气负荷与安装位置无关，但可能因车内线束和连接系统的阻抗而有所改变。第三部分描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能的机械环境负荷，且规定了试验及要求。该部分适用于汽车电气电子系统/组件。第四部分描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能的气候环境负荷，且规定了试验及要求。该部分适用于汽车电气电子系统/组件。第五部分描述了安装在车辆上/内特定位置的系统/组件可能接触到的化学负荷，且规定了试验及要求。该部分适用于汽车电气电子系统/组件。该部分不适用于持续接触化学试剂的电气电子系统/组件(如长期浸没在燃油中的燃油泵)。

6. 其他相关标准

目前，汽车工业发展相对成熟，并且关于汽车电子产品的测试方法和测试标准也已经逐步完善，但是有一些知名的大企业或者汽车生产商在制造车载电子产品的同时，会由于自身产品特殊的使用功能或者企业有更加严格的要求，除了国际或者国内采用的标准以外，还会制定并且采用一些符合自身要求的测试方法和标准。

1) MIL-STD-202 电子零部件测试方法标准

MIL-STD-202 标准是由美国哥伦比亚国防中心制定，是用于测试电子及电气元件的标准方法试验。目前，汽车电子行业某些可移动电触点的电气和电子元件中的触点颤动，如继电器、开关、断路器等也应用这个标准来检测。

MIL-STD-202 标准的设立旨在检测具有可移动电触点的电气和电子元件中的触点颤动，如继电器、开关、断路器等，其中要求触点不会瞬间打开或关闭。该测试方法提供了用于监控此类“闭合触点的断开”或“断开触点的闭合”两种测试电路的标准测试程序。测试电路



的选择在很大程度上取决于要测试的电触点的类型。在可能的情况下,使用的测试电路最好避免由于在触点上形成碳质沉积物而造成的触点污染。

2) MIL-STD-750 半导体部件测试方法标准

MIL-STD-750 建立了测试半导体器件的统一方法,包括确定对自然元素和军事行动周围条件有害影响的抵抗力的基本环境测试,以及物理和电气测试。就该标准而言,术语“器件”包括晶体管、二极管、稳压器、整流器、隧道二极管和其他相关部件。该标准仅适用于半导体器件。此处描述的测试方法为实现以下几个目标。

(1) 指定可在实验室中获得的合适条件,以提供与现场实际使用条件相同的测试结果,并获得测试结果的可重复性。此处描述的测试不应被解释为任何一个地理位置的实际服务运行的准确和结论性表示,因为已知在特定位置运行的唯一真实测试是该点的实际服务测试。

(2) 将各种半导体器件规范中所有具有相似特征的测试方法统一描述在一个标准中,从而节省设备、工时和测试设施。为实现这一目标,应当提升每个通用测试用例的设备适用性。

MIL-STD-750 包含的试验分为 5 方面: 试验方法编号为 1001~1999 的环境试验; 编号为 2001~2999 的机械特性测试; 编号为 3001~3999 的晶体管测试, 编号为 4001~4999 的二极管测试; 编号为 5000~5599 的适用于高可靠性空间应用的测试。

目前,在汽车电子行业中,汽车上的半导体电子零部件,如二极管、稳压器、整流器、隧道二极管和其他相关部件也会采用该标准进行测试。

3) MIL-STD-883 微电路器件测试方法标准

MIL-STD-883 建立了根据微电路因暴露于静电放电(Electrostatic Discharge, ESD)而受到损坏或退化的敏感性对微电路进行分类的程序。此分类用于根据 MIL-PRF-38535 指定适当的包装和处理要求,并提供分类数据以满足 MIL-STD-1686 的要求。测试方法中涉及以下定义: 静电放电,静电电荷在不同静电电位的两个物体之间转移。

以前,MIL-STD-883 一直是满足高可靠性应用的通用标准,但是随着 COTS 的推广,军用规范的使用开始减少,很多军用和航空项目开始转向用提高商用元器件等级的方法来满足专用需求。成功提高 IC 等级(现在也称作向上筛选)的关键在于明确应用的准确需求。还有一个重要的问题就是,了解预期供货商在元器件级高可靠性方面的传统情况,最好选择一个在其设计和生产过程以 MIL-STD-883 为基础的厂商。目前很多 IC 厂商在过程流程中都采用了 MIL-STD-883 的部分规范,很多 IC 产品也会应用在含有集成电路的汽车电子零部件上。MIL-STD-883 仍然是集成电路可靠性升级的最好依据。

4) EIA-364 系列

美国电子工业协会(EIA)创建于 1924 年,当时名为无线电制造商协会(Radio Manufacturers' Association, RMA),而今,代表美国 2000 亿美元产值的电子工业制造商成为纯服务性的全国贸易组织,总部设在弗吉尼亚的阿灵顿。EIA 广泛代表了设计生产电子元件、部件、通信系统和设备的制造商以及工业界、政府和用户的利益,在提高美国制造商的竞争力方面起到了重要的作用。

EIA-364 系列已成为电子连接器领域在国际上普遍接受的规范,成为提升电子连接器水准的基本依据。EIA-364 系列标准共有 53 个标准,其中有些汽车上能用的电子连接器件



就是参考的本系列标准。EIA-364 系列标准主要有电气类测试标准、机械类测试标准。

(1) 电气类测试标准。

①耐电压测试：指在一定电压下，允许通过一定的漏电流，评价设备是否满足在一定时间内连接器上任意两支端之间无放电现象的测试。②绝缘阻抗测试：是提供直流电压（DC）与连接器或铜轴接头，通过一定的漏电流，在一定时间内得知绝缘素材阻抗的测试。③接触电阻测试：指在用低功率电流刺激公头或母头触点时测量接触电阻阻值大小的测试。另接触电阻的大小由以下几方面来确定：接触面积越大，阻抗越小；夹持接触点的力量越大，阻抗越小；接触面电镀粗糙程度越光滑，接触电阻越小。

(2) 机械类测试标准。

①正向力测试：正向力是测量连接器端子最重要的参数之一，视接点材质的电镀面不同，有不同的要求，一般锡铅表面要求约 200g 的正向力，而镀金表面则需要 100g 作业，由此正向力会衍生出与接触阻抗及其他参数的关系。②插拔力测试：评估连接器在正常位置下，端子插入和拔出所需的力量。③保持力测试：决定在连接器端子拔出时易于从其适当位置移动端子的抵抗力量。④插拔耐久性测试：评估连接器经多次配合分离后，是否可达预期的寿命效果。⑤振动试验测试：评估产品的效果，在各种振动及可能在使用过程中遭遇的振动寿命。⑥机械冲击试验：是评估电连接器承受额定机械冲击程度的能力。⑦盐水喷雾试验：测试当连接器暴露在充满盐分的大气中时，所获得的其成分、表面、结构及电气的变化。⑧高温试验：测试在连接器经过一段时间的高温后，电气等特性的变化。⑨温湿度循环试验：将连接器在高温高湿环境下所产生的反应和受损程度与正常条件下的测试结果作比较，分析每项数据，从而确认它们是否在有效范围内。⑩蒸汽老化测试：电子连接器或插座接点端子软焊接性的预处理。

7. 主流车企的试验标准

目前，一些发展比较快或是工艺很成熟的车企，对于自己品牌的车辆上采用的电子产品都有更加严格的要求，因此会制定更加严格的标准。一般来说，企业制定的相关标准与目前国际通用的相关标准大同小异，测试方法也都比较类似，只是在评价结果上要更加严格一些，有部分特殊的产品会有一些独特的试验项目。表 3-15 给出了主流车企的相关试验标准。

表 3-15 主流车企的相关试验标准

汽车厂家	相关标准
大众 (Volkswagen)	VM 80101 电气电子安装部件检测条件； VW TL 226 汽车内饰喷涂件技术要求
通用 (General Motors)	GMW 3172 电气电子零部件环境可靠性分析设计以及验证程序要求 GMN 10083 塑料喷涂件内饰可靠性
马自达 (Mazda)	MES PW 67600 电子器件技术要求
福特(Ford)	FLTM BI 系列标准

大众汽车作为目前人尽皆知的著名车企，在可靠性测试标准中十分注重功能状态的评估，他们在参照目前主流汽车电子产品环境可靠性测试标准的同时，结合自身产品主打的功



能特性,制定了自己品牌关于汽车电子的相关标准 VW 80101《电气电子安装部件检测条件》与 VW TL 226《汽车内饰喷涂件技术要求》。其中针对规范功能状态的评估,制定了不同层次功能状态的等级,如功能状态 A 就是指试样的所有功能在暴露于试验参数期间以及之后,仍然符合规定与要求,并且在使用诊断的控制器时,也没有出现错误的记录条目。而功能状态 B 则指的是试样的所有功能能够满足规定,但是其中的一种或者多种功能存在着偏差,但是实验参数暴露结束之后,功能又能够恢复到状态 A,这种功能状态称为 B。根据存在的偏差,还存在功能状态 C、D 和 E。通过特殊的试验和测量手段,根据结果评判电子产品的功能状态,由此来决定汽车产品是否合格。这种方式可以直接测试不同环境条件下产品可能会发生的故障和拥有的不同状态,如老化、磨损、高温等条件导致电子元器件失效。汽车电子产品满足了这些更加严格的测试,才能从根本上提升电子产品的可靠性,使汽车电子产品能够放心地被运用。

美国通用公司结合自己品牌和车辆的要求也发布了 GMW 3172《电气电子零部件环境可靠性分析设计以及验证程序要求》的标准。其目的为:规定的电子/电气部件的环境试验和耐久性试验根据部件的安装位置确定。此标准适用于载人汽车、商务汽车和卡车上的电子、电气部件。适用性方面,该标准指定的,在汽车环境中使用的电子/电气部件的环境/耐久性试验要求和与之相关的分析、开发、确认(A/D/V)活动,目的在于确保汽车的终身可靠性。该标准包含的各项测试为确保在顾客的使用年限内,对汽车电子/电气部件的性能保持较高的满意度,其中包括顾客将车辆暴露在如振动、撞击、高温、高湿、高压等环境中,以及在装配制造或者运输过程中受到外力损害的情况下。该标准适用于包含电气内容的独立操作部件(如车身控制模块),该标准也适用于包含在或装配在一个较大组件上的部件(如照明灯模块内的水平控制马达),该标准还适用于任何连接到汽车电气系统的部件或汽车电气系统的分组件。除非有一个特定组件的测试标准,如一个机械角或白炽灯泡。GMN 10083《塑料喷涂件内饰可靠性》标准取代了 GM 4349M 标准。该标准涵盖了应用于塑料基材的油漆饰面的内部耐久性要求和耐化学性,适用于柔性或刚性基材或整体表皮泡沫系统。在特殊情况下,反向冲击要求应通过在规范代码中添加 RI 后缀来指定,即 GMN 10083(RI80) 规定反向冲击中的总能量保留 80%。其中的扩展耐久性测试是所有新内墙涂料产品的企业批准所必需的。一旦公司批准了新的油漆系统,GM 4350M 应涵盖对零件上使用的油漆进行的例行测试。已在塑料上获得批准的涂装系统需要对零件进行验证,以完全获得批准并包含在已批准的塑料涂装系统(GM APOPS) 数据库中。自 2005 年 6 月 3 日起,所有内墙涂料系统认证必须满足 GMN 10033《内部涂层的防晒乳液抗性》的要求。在油漆表面通过固化测试 persec 3.3 和防晒乳液测试 persec 3.8.2 之前,不得进行其他测试。注意,如果零件由预涂漆材料制成,漆膜应能够承受所有必要的制造过程,包括成型温度,除了以下详述的规定要求外,没有任何不利的外观或性能变化。

马自达汽车发布的 MES PW 67600《电子器件技术要求》标准旨在通过规范来确保适当的质量,该标准规定了用于汽车的电子元器件。其中包含了马自达汽车中电子器件的图纸规范方式、评价要求、评价方法等内容。福特汽车采用的 FLTM BI 系列标准主要用于规范福特汽车油漆等涂层物对汽车电子的影响。如 FLTM BI 106-01 中的试验用于测量油漆对钢、铝、镀锌钢、塑料或其他基材的相对附着力。FLTM BI 113-05 中的试验用于确定涂漆面板或成品零件对酸斑的抵抗力。



3.2.4 汽车电子环境测试项目

目前已有的汽车电子产品可靠性标准中制定的测试方法主要以产品的功能状态以及产品的技术条件要求为依据。国际上应用最为广泛的汽车电子产品可靠性标准 ISO 16750 主要设立了以下几项环境测试。

1) 供电环境试验

供电环境试验部分的内容包括直流电压和交流电压、过载电压、叠加交流电压、车辆供电电压的升降以及中断、开路短路等意外情况的试验和保护、绝缘性能、耐电压、电子兼容性能等。

2) 机械环境试验

机械环境试验部分的内容主要是规律与无规律振动、自由落体、表面磨损、遭受各种冲击的试验等。这些试验的方法会根据车辆的应用场景和用途以及电子产品放置的位置有不同的试验项目的组合,不同组合实验的条件和限制都有差异。

3) 气候环境试验

气候环境试验部分的内容包括对于气候的温度和湿度的试验,其中有恒定的温湿度以及变化的温湿度试验;此外还有冰水冲击的试验、盐雾试验、混合气体溢出腐蚀试验和太阳辐射试验等。

表 3-16 列出了 ISO 16750-4 标准的气候环境试验项目的情况。

表 3-16 ISO 16750-4 标准的气候环境试验项目

试 验 项 目	标 准	试 验 条 件
低温存储	IEC 60068-2-1	-40℃, 24h
低温工作	IEC 60068-2-1	$T_{\min}$, 24h
高温存储	IEC 60068-2-2	85℃, 48h
高温工作	IEC 60068-2-2	$T_{\max}$, 96h
温度步进	/	20℃到 $T_{\min}$ 到 $T_{\max}$ (步长: 5℃)
温度循环	IEC 60068-2-14; Nb Na	/
冰水冲击	/	去离子水
盐雾	IEC 60068-2-52 Kb IEC 60068-2-11 Ka	/
交变湿热	IEC 60068-2-30 Db IEC 60068-2-38 Z/AD	55℃, 6 个循环或者 Z/AD 10 个循环
恒定湿热	IEC 60068-2-78 Cab	
混合气体腐蚀	IEC 60068-2-60 Ke	10 天或者 21 天
防尘防水	ISO 20653	最严酷为: IP6K9K

4) 化学环境试验

化学环境试验部分的内容是根据汽车可能接触到的化学试剂来规定电子零部件需要达到的抵抗这些试剂的腐蚀的能力。试验的方法主要是将电子零部件涂上化学试剂,在规定的温度下放置 24h 左右,再验证电子零部件是否还能够达到功能标准的要求。其中常见的化学试剂包括柴油、车用生物柴油、油/无铅汽油、FAM(环氧丙烷与空气组成的燃料混合物)试验燃料、蓄电池液、制动液、添加剂(未稀释的)、防护漆和机油(多级油)等近 20 种化学试剂。



除了 ISO 16750 系列标准以外,SAE 系列的相关标准也被广泛应用,但是 SAE 的相关标准没有形成完整的体系,不过目前仍然广泛采用的有 SAE J1211《汽车电气部件环境试验标准》、SAE J 1455《汽车电气部件环境试验标准以及针对电动汽车电池的环境可靠性》、SAE J 2464《电动汽车电池滥用试验和 SAE J 2380 电动汽车电池的振动试验》等标准。图 3-11 给出了 SAE J 2464 的试验方法概要。

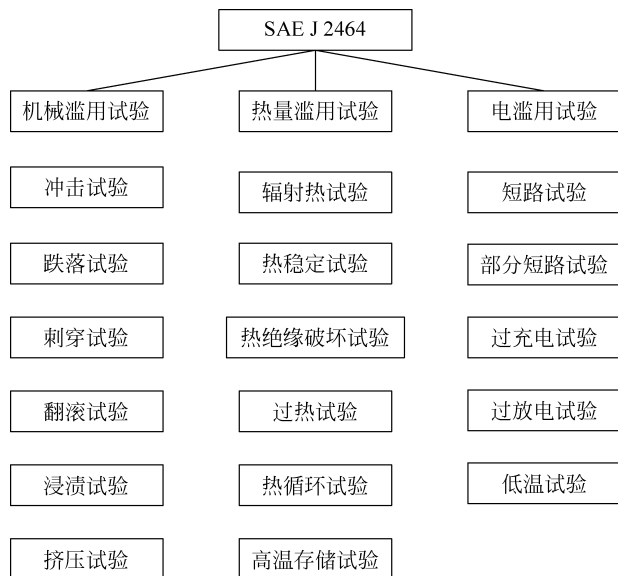


图 3-11 SAE J 2464 的试验方法概要

设计与制造质量试验的内容并不是民用车企通常采用的测试方法,而是美国军方对电子产品测试进行的试验,与传统方法相比,该试验方法的优势有更加良好的便捷性和高效性,减少了汽车电子产品可靠性测试需要的时间成本。目前,由于该试验具备的优势,已经被我国很多车企所应用,逐渐成为我国汽车工业内电子产品的重要测试项目之一。

不仅如此,高加速极限试验和高加速应力筛选(HALT/HASS)技术也逐步地在汽车电子产品的环境试验中发挥明显的作用。

国内车企对于车载电子产品环境通用的可靠性,一般都是在研发时通过常用的温度湿度箱来进行环境可靠性的试验验证,生产线上也基本使用传统的寿命老化试验来测试,但是这些传统的测试方法所需的时间成本较高,且与国外先进技术水平差距过大,存在一定的不足。在这种背景下,HALT/HASS 技术逐渐被国内车企所采用。该技术由美国 QUALMARK 公司先行提出并采用。这种方法相较于传统方法更加有效,可提高产品可靠性结果的准确性。该方法由美国军方采用的设计与制造质量试验衍生而出,已成为美国汽车电气可靠性标准测试的主要方法之一。该方法将花费时间很长的产品可靠性验证过程极大地减少,例如,需要花费半年到一年的传统试验过程缩短至一周左右,并且结果和发现的质量问题与原时间试验的结果和所发现的质量问题几乎一致,因此 HALT/HASS 试验已成为新产品可靠性验证的重要方式。目前 HALT/HASS 试验方法和相关技术已经在国内外被广泛应用,受到越来越多的知名企业关注。

现如今,汽车电子产品在分类上按照功能的不同可以分为功率、显示、通信、计算和存



储、发光器件、MEMS 及其传感器、ADAS 及其传感器等。这些产品由于用途和安装位置的不同,进行环境可靠性测试的参照标准也不同。因此,要先明确车载电子产品的种类及参照标准,才能进行试验,从而考核汽车电子产品的有效性。

常见的各类车载电子产品试验如表 3-17~表 3-28 所示。

表 3-17 车载电子产品试验

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	机车用 IC: $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 、风吹、日晒、高振动	综合环境试验装置
	仪表板操作试验温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	交变湿热试验箱
	发动机控制器试验条件: 操作试验温度为 $40^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$	交变湿热试验箱
	车用蓝牙耳机试验条件: 保存试验温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$, 操作试验温度为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$	交变湿热试验箱
	卫星定位(GPS) 试验条件: 高温操作试验温度为 85°C ; 低温操作试验温度为 $-40^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{常温} \rightarrow 70^{\circ}\text{C} (2\text{h}) \rightarrow -20^{\circ}\text{C} (2\text{h}) \rightarrow \text{常温}$	交变湿热试验箱
	胎压传感器: 高温操作试验温度为 125°C , 低温操作试验温度为 -40°C	交变湿热试验箱

表 3-18 车用液晶屏试验

	试 验 条 件	建 议 机 型
	高温存储试验温度: 70°C 、 80°C 、 85°C 、 105°C , 300Hrs	交变湿热试验箱
	低温存储试验温度: -20°C 、 -30°C 、 -40°C , 300Hrs	交变湿热试验箱
	高温高湿试验操作: $40^{\circ}\text{C}/90\%\text{RH}$ (不结露), 300Hrs	交变湿热试验箱
	高温操作试验温度: 50°C 、 60°C 、 80°C 、 85°C , 300Hrs	交变湿热试验箱
	低温操作试验温度: 0°C 、 -20°C 、 -30°C , 300Hrs	交变湿热试验箱
	温度循环试验: $-20^{\circ}\text{C} (1\text{h}) \leftarrow \text{RT} (10\text{min}) \rightarrow 60^{\circ}\text{C} (1\text{h})$, 5cycles	高低温冷热冲击试验箱
	凝结、高温、防尘、振动	

注: RT——室内温度。



表 3-19 汽车仪表背光板操作试验

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	RT(1h)→RAMP(2h)→65℃/90±5% (4h)→RAMP(2h)→40℃/90±5% RH(10h)→RAMP(2h)→-30℃(2h) RAMP(1h)→RT(1h)	交变湿热试验箱

表 3-20 车用电线测试

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	高温操作试验温度：150℃	交变湿热试验箱
	低温操作试验温度：40℃	交变湿热试验箱

表 3-21 车用锂电池试验

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	12℃,放电速率为 94%	交变湿热试验箱
	-10℃,可充入或放出大于 50%的电容量	交变湿热试验箱
	180℃/1h 加热安全测试	交变湿热试验箱

表 3-22 电动汽车用电机及控制器试验方法

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	40℃/95%RH 48h,测试电机与控制器的绝缘电阻值	交变湿热试验箱
	-20℃ 30min 稳定,通电检测电机是否正常运行 4h	交变湿热试验箱
	绝缘电阻按照 GB/T 12665 的规定进行	交变湿热试验箱
	凝结、高温、防尘、振动	交变湿热试验箱

表 3-23 卫星定位(GPS)试验条件

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	低温操作试验：-40℃→常温→70℃(2h)→-20℃(2h) →常温	交变湿热试验箱
	高温操作试验：85℃	

表 3-24 室内灯试验

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	高温保存 110℃,放置 6h	交变湿热试验箱
	高温操作 70℃/13.2V 点灯,连续 12h	交变湿热试验箱
	复合式振动：-40℃~80℃,振幅为 2mm,频率为 33.3Hz,上下振动 4h	交变湿热试验箱
		综合环境试验装置



表 3-25 车外灯操作试验

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	车外灯复合式操作： RT(2h) → RAMP(1h) → 80℃(2h) → RAMP(2h) → -30℃(2h) → RAMP(1h) → RT(2h)	交变湿热试验箱
	振幅为 2mm, 频率为 33.3Hz, 加速度为 4.4g	交变湿热试验箱
	车外灯温度循环： RT(2h) → RAMP(45min) → -30℃(2h) → RAMP(1.5h) → 80℃(3h) → RAMP(45min)	交变湿热试验箱

表 3-26 汽车压力传感器的环境实验

测 试 项 目	条 件	持 续 时 间
高温、偏压	100℃、5V	1000h
温度冲击	-40℃~125℃	1000 次
高温高湿	85℃、85%RH、无偏压	1000h
压力、功率和温度循环	20kPa~Patm 5V、-40℃~125℃	3000h
热存储	125℃	1000h
冷存储	-40℃	1000h
压力循环	20kPa~Patm	200 万次
压力过载	2Patm	
振动	5~10g 扫频	30h
冲击	50g、100ms 脉冲	3 个面, 每个 100 次
流体/介质兼容性	空气、水、有腐蚀性水、汽油、甲醇、乙醇、柴油、机油等	各种应用

表 3-27 车用 DVR 试验条件

图 示	试 验 条 件	建 议 机 型
	低温操作试验温度: 0℃, 4h	交变湿热试验箱
	低温存储试验温度: -20℃, 72h	交变湿热试验箱
	高温操作试验温度循环: 25℃(11.5h) ← RAMP(30min) → 55℃(11.5h), 合 计: 72h	交变湿热试验箱
	高温存储试验温度循环: 25℃(11.25h) ← RAMP(45min) → 70℃(11.25h) 合计: 168h	交变湿热试验箱

表 3-28 汽车零件之合成塑脂温湿度试验

试 验 条 件	建 议 机 型
第 1 步: 90℃, 4h	交变湿热试验箱
第 2 步: 室温, 0.5h	
第 3 步: -40℃, 1.5h	
第 4 步: 室温, 0.5h	
第 5 步: 70℃/95%RH, 3h	
第 6 步: 室温, 0.5h	
循环数: 1、2、4、10	



3.2.5 发展动态

SAE 在最近几年依然着力于制定汽车电子的可靠性标准和试验方法,他们提出了 ASAP(Accelerated Stress Assurance Plan,加速应力保证计划)的全新概念,这个概念的重点是利用失效来验证电子产品的可靠性,通过剖析电子产品失效的各种原因,设计出避免这些失效发生的试验方法。目前各个领域,包括电子电气、机械、软件和汽车行业的专家正在一起努力制定。

ASAP 的意义是提出一种更加有效且准确的车载电子产品设计校验试验方案,该方案强调在产品的设计开发时应当更加严格,用一些方法校验产品的相关强度,对薄弱环节进行重点试验和补足,与传统方案相比,这种方案的优势在于对产品的样品数量和试验设备的要求降低,也有效地降低了这方面的成本。ASAP 的具体流程如图 3-12 所示,不久的将来该方案可能会被广泛应用。

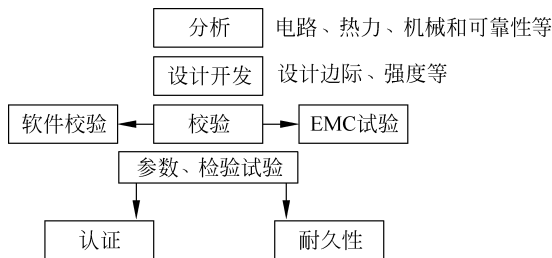


图 3-12 ASAP 的具体流程图

参考文献

