汽车环境适应性试验综述

许翔[1]，张众杰[1]，凤蕴[2]，董素荣[1]，刘瑞林[1]
（1. 军事交通学院，天津 300161；2. 总装备部汽车试验场，南京 210028）

摘要：环境适应性作为现代汽车的重要性能越来越受到重视，随着汽车环境试验技术的进步，汽车环境适应性试验也得到了飞速的发展。分析了影响汽车环境适应性的主要环境因素，详细介绍了汽车环境适应性试验的类型、特点及试验项目等，并对汽车环境适应性试验的现状与发展趋势进行了总结与展望。

关键词：汽车；环境适应性；试验技术；模拟试验
中图分类号：U467.1 **文献标识码：**A
文章编号：1672－9242(2013)01－0061－05

Review of Automobile Environmental Worthiness Test

XU Xiang[1], *ZHANG Zhong-jie*[1], *FENG Yun*[2], *DONG Su-rong*[1], *LIU Rui-lin*[1]
(1. Military Transportation Institute, Tianjin 300161, China; 2. Automotive Proving Ground of GAD, Nanjing 210028, China)

Abstract: As an important performance of modern automobile, environmental worthiness of automobile gets more and more attention. With the progress of environmental test technology, environmental worthiness test of automobile develops quickly. The main environmental factors influencing environmental worthiness of automobile were analyzed. The type, characteristics and items of automobile environmental worthiness test were introduced. The actualities of automobile environmental test were summarized, and the developing trend of automobile environmental test was forecasted.

Key words: automobile; environmental worthiness; test technology; simulation test

汽车是露天行驶的交通工具，汽车在户外使用时，会受到高温、低温、湿度、光照、气压、雨雪、风沙等气候环境的影响和长期作用，不仅会影响汽车的使用寿命和性能发挥，严重时还使汽车功能失效，对消费者生命财产安全形成隐患[1]。随着汽车工业的快速发展，国内外汽车企业为了拓展国际汽车市场，使汽车能够适应全球各种气候环境条件，进而提升其产品的市场竞争力，针对全球不同区域的气候特点，大力开展汽车环境适应性试验研究，确保其产品的环境适应性满足使用要求。

汽车环境适应性试验是贯穿于汽车研制、定型、生产和使用等过程中的一项重要基础性工作，是汽车环境适应性设计的基础和有效手段[2—3]。通过环境适应性试验，可以发现汽车设计中存在的缺陷，并采取必要的纠正或防护措施，提高汽车的环境适应能力。文中主要介绍了汽车气候老化试验、地区环

收稿日期：2012-08-18
作者简介：许翔(1978—)，男，甘肃榆中人，博士，讲师，主要研究方向为军用动力机械性能仿真及环境适应性试验与评价研究。

境适应性试验、电磁环境适应性试验、实验室模拟环境试验的试验方法和试验项目，以及汽车环境试验仿真技术，并对汽车环境适应性试验的现状与发展趋势进行了总结与展望。

1 汽车环境适应性

1.1 汽车环境适应性

GJB 4239《装备环境工程通用要求》[4]中，将环境适应性定义为“装备（产品）在其寿命期预计可能遇到的各种环境的作用下，能实现其所有预定功能和性能和（或）不被破坏的能力，是装备（产品）的重要质量特性之一”。

汽车的环境适应性主要与其选用的材料、总成与零部件的环境适应性，以及所采取的耐环境措施等有关。一旦汽车完成生产定型，其环境适应性也就基本固定[4]。由于不同环境对汽车影响的机理与作用不同，准确表述汽车的环境适应性比较困难。环境适应性要求一般在汽车研制要求、产品定位中予以明确，通常只能对某一类环境提出定量与定性要求，要求汽车在一定的环境因素强度下不受损坏或能正常工作，其各项性能参数符合设计要求。

1.2 气候环境对汽车性能的影响

我国地域辽阔，地形复杂多样，从北往南纬度跨度较大，从东往西海拔高度相差也较大。特殊的地理条件，造就了我国多样的气候特征，而且气候具有明显的地域性特征[1]。汽车在各种自然环境因素的交互作用下，功能、性能和寿命均会受到影响。长期研究表明，影响汽车环境适应性能的主要气候因素是气温、湿度、气压、太阳光（辐射）和沙尘等。典型气候环境因素对汽车的影响见表1。

表1 气候环境因素对汽车性能的影响

Table 1 Influence of climatic environmental factors on performance of automobile

环境因素	主要影响	典型故障
高温	加热效应	材料性能改变、结构强度减弱、总成与零部件过热、润滑与密封失效。
低温	结冰、脆化、物理收缩	发动机起动困难，材料变脆、硬化、失去弹性，磨损增大、密封失效。
湿热	吸收湿气、锈蚀	金属表面腐蚀，材料变质，电强度和绝缘电阻降低、电气性能下降。
低气压	低气压效应	发动机动力性、经济性、热平衡性能、排放性能下降，起动困难，工作不稳定，密封失效，电气设备性能下降。
太阳辐射	加热效应和光化学效应	材料膨胀、破裂、老化、脆化，绝缘失效、密封失效，材料软化发粘。
沙尘	磨损、堵塞	磨损增大，机械卡死，过滤器堵塞，电气性能变化，密封性能下降。
盐雾	化学反应、锈蚀、腐蚀	机械强度下降、电化腐蚀、电气性能变化、材料腐蚀。
雨水	降落、扑击和渗透效应	发动机熄火，表面侵蚀，电气设备失灵，金属表面腐蚀加速。

2 汽车环境适应性试验类型

汽车环境适应性试验是在自然或人工模拟环境中，对与环境密切相关的汽车材料、总成与零部件以及整车进行的环境试验。通过特定环境条件下的试验，测量汽车各项性能参数的变化规律，并检验是否符合设计要求，从而对汽车在各种环境条件下的适应能力进行评价。

依据试验目的、试验场所和试验条件，汽车环境适应性试验可以分为汽车气候老化试验、地区环境适应性试验、电磁环境适应性试验和实验室环境模拟试验等[3]。

2.1 汽车气候老化试验

汽车气候老化试验是将汽车长期暴露在典型自然环境中，研究汽车气候老化的演变规律，验证与评价汽车整车、零部件及材料在典型大气环境条件下的耐候性和稳定性[1]。进行气候老化试验时，应根据汽车可能遇到的各种自然环境，确定试验的场地和时

间,以及试验的材料、构件、部件和设备等。根据我国实际气候环境条件,应着重考虑的典型严酷自然环境有寒冷环境、湿热环境、高原环境、干热沙漠环境[1]。

2.1.1　自然气候老化试验

自然气候老化试验也称为自然环境暴露试验,它是一种将材料和产品长期暴露于某种自然环境中,以确定该种自然环境对材料和产品老化影响的试验。自然气候老化试验通常可以分为直接暴露试验、太阳跟踪聚光暴露试验和特殊暴露试验[1,5]。

1) 老化试验的典型气候。世界各地的气候存在很大的差异,选择适当的自然环境条件进行试验非常重要。美国经过长期的研究发现,亚热带气候与干热沙漠气候具有广泛的代表性,在这两种典型自然环境下进行气候老化试验,老化效果明显。在我国,长期研究表明,海南湿热内陆地区是理想的气候老化试验地点。

2) 国内外典型自然环境暴露试验场。国内外汽车企业对汽车自然环境暴露试验非常重视,在世界各地典型气候区建设了专门的自然环境暴露试验场。如美国通用公司在美国凤凰城、德国大众公司在德国狼堡、日本丰田公司在冲绳岛分别建设了汽车自然环境暴露试验场。

我国从20世纪50年代中期开始,在多部门的领导下,先后在海南、敦煌、拉萨、广州、重庆江津、海拉尔等地建立了湿热、沙尘、高原、寒冷等自然环境试验站,可开展汽车材料、零部件及整车的各种自然环境暴露试验。某型汽车正在进行自然环境暴露试验,如图1所示[5]。

图1　汽车自然环境暴露试验

Fig. 1　Atmospheric exposure test of automobile

2.1.2　实验室气候老化试验

实验室气候老化试验是一种快速、有效的模拟环境试验,可以部分取代漫长的自然环境暴露试验。为了能够比自然环境试验更快速评估材料或产品的耐老化性能,人们通常采用模拟太阳光的人工光源试验设备对被试样品进行加速老化试验,实现加速老化试验的目的。实验室气候老化试验不受日夜循环、季节变化和气候条件的限制,材料暴露的温度、热循环、湿度和水分可以得到控制。实验室加速老化试验的另一个优点是重复性和再现性好,可以独立控制每个老化因素。由于实验室气候老化试验不能完全模拟自然环境条件,因此还不能完全代替自然环境暴露试验[1]。

2.2　地区环境适应性试验

现代汽车应满足全天候、多地域复杂自然环境条件下的使用要求。因此,必须在实际使用环境条件下或者极端自然环境条件下,考察汽车的耐环境能力以及正常工作的能力。汽车地区环境适应性试验也称为使用环境试验,目的是确定汽车在实际使用过程中,各种自然环境对其性能产生的影响。汽车地区环境适应性试验是考核、验证和研究汽车环境适应性的重要手段,在汽车的研制、生产和使用阶段均有广泛的应用。

地区环境适应性试验一般考核低温、高温、高原、湿热、戈壁、沙漠、淋雨、冰雪、盐雾等各种大气环境条件对汽车性能的影响。在进行地区环境适应性试验时,应针对不同的试验环境条件,制定试验大纲,明确试验条件、测量参数、试验方法以及环境失效判据等。试验结束后,应提交使用环境试验报告,并针对不同类型的汽车,确定使用环境及要求。

2.2.1　低温地区适应性试验

我国东北、西北和华北等地区冬季严寒期长、气温低(最低达-50 ℃左右)、降雪多,这些气候特征对汽车的使用产生许多不利的影响。汽车在低温地区使用时主要存在问题有发动机起动困难、总成及零部件磨损严重、燃料消耗量增加,材料性能变化、易损坏,行车安全性和可靠性下降等。

汽车低温地区适应性试验[3]通常包括冷起动性能试验、驾驶室采暖除霜试验、适应性行驶试验。汽车低温地区适应性试验,重点试验和验证在极端寒冷(-40 ℃左右)气候条件下汽车的综合性能,如冷起动性能、驾驶室采暖和除霜性能、车门等能否正常

开启、汽车能否正常行驶、各种电气设备能否正常运行、各种管路系统是否畅通、高分子材料的性能以及汽车防侧滑系统是否符合设计要求等。

2.2.2 高温、湿热地区适应性试验

我国大部分地区夏季都比较炎热，日照时间长，太阳辐射强度大，气温高。东南沿海地区在梅雨和台风季节，阴雨连绵、闷热潮湿，空气中盐分含量较高。高温、湿热气候对汽车产生不利的影响，导致发动机功率下降、燃烧不正常、机油变质加快、零部件磨损严重、金属腐蚀加剧、车辆散热性能变差、供油系统容易产生气阻、轮胎易损坏等。

高温、湿热地区适应性试验应在亚热带高温季节进行，气温35 ℃以上，相对湿度在85%以上。试验项目主要包括汽车热平衡能力道路试验、汽车隔热通风试验、供油系统可靠性试验等[3]。

2.2.3 高原地区适应性试验

我国是高原面积广阔的国家，海拔超过1000 m的高原面积约有358万平方公里，约占我国国土面积的37%，其中具有代表性的有青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和云贵高原。高原地区的环境特点是大气压力低、空气密度小、太阳光（紫外线）强、温度低、昼夜温差大、风沙大、地形复杂等。汽车在高原地区使用过程中存在的主要问题有发动机动力性下降、经济性变差、起动困难、冷却系统散热效率降低、排放恶化，材料的弹性、绝缘和密封性能下降等，汽车安全性、制动性、操纵稳定性、通过性、可靠性和耐久性以及运输效率等下降。

汽车高原地区适应性试验可以在海拔3000 m以上的高原地区或高原环境试验室内进行。高原地区适应性试验主要考查汽车的各种使用性能是否满足高原地区特殊气候与地理环境条件下的使用要求。汽车高原地区适应性试验[3]主要包括汽车爬长坡试验，附属、专用设备适用性试验，适应性行驶试验。

2.2.4 干热、沙漠地区适应性试验

我国西北部有约占全国面积13.6%的大面积戈壁、沙漠地区，主要分布在新疆南部、甘肃西北部、内蒙古和宁夏的一部分地区。这些地区受潮湿气流的影响较小，致使环境干燥、昼夜温差大、风沙大、干旱缺水。这一环境特点要求汽车具有较好的环境适应性，良好的散热性、驾驶室通风隔热性以及在戈壁沙漠的行驶能力。

汽车干热、沙漠地区适应性试验主要是评价汽车发动机冷却系统、供油系统和驾驶室通风隔热装置、空调装置及其他各种使用性能是否满足戈壁、沙漠地区特殊气候、地理条件下的使用要求。汽车干热、沙漠地区适应性试验[3]主要包括散热性能试验、驾驶室通风隔热试验、供油系统可靠性试验、总成热状态试验、适应性行驶试验。

2.3 电磁环境适应性试验

汽车的电磁兼容性（EMC）是指汽车及零部件或独立技术单元在电磁环境中能可靠工作，不对该环境中任何事物造成不应有的电磁干扰的能力。随着现代电子技术在汽车上的广泛应用，汽车性能得到提升的同时其电磁敏感性也愈发明显。汽车电磁兼容性对于现代汽车和军用车辆至关重要，它关系到汽车的安全性、排放控制的有效性、节能的有效性、智能控制的可靠性以及军用车辆的作战效能和生存能力等[2,6]。现代战场的电磁环境空前复杂，静电、雷电、电磁辐射、电磁脉冲等各种自然的或人为的效应交互作用。军用车辆装备作为重要的作战平台，必然受到战场复杂电磁环境的影响，使其生存与工作面临严重的威胁[2]。

汽车电磁环境适应性试验就是通过对静电参数、电磁兼容性的测试来衡量汽车及元器件的抗电磁干扰能力。汽车电磁环境适应性试验一般分为以下几个等级进行[2]：整车电磁辐射骚扰试验、整车辐射抗扰性试验（抗外界电磁骚扰、抗车内电磁骚扰）、整车及零部件静电放电试验、电气部件的骚扰试验、电子部件或电子控制系统的电磁抗扰试验。

2.4 实验室模拟环境试验

实验室模拟环境试验也称为人工模拟环境试验，是指在实验室内按规定的环境条件和负载条件进行的环境试验，按其目的可分为环境适应性研制试验、环境响应特性调查试验、安全性环境试验、环境鉴定试验、环境验收和环境例行试验等[4]。

汽车环境模拟实验室可以模拟汽车在道路上行驶的气候条件（风速、温度、湿度、气压、日照、淋雨等）和汽车运行状态（车速、行驶阻力、冷热负荷、振动等），以测定整车、总成与零部件的实车运行情况。在环境模拟实验室中进行整车、总成、零部件及

材料试验具有不受地区、季节及时间限制，可复现自然条件、模拟极限环境条件，可在相同环境条件下多次重复试验，便于评估和详细分析试验数据等优点。

2.5　汽车环境试验仿真技术

随着环境对汽车影响的广泛深入，以及汽车的结构和技术日趋复杂，汽车环境适应性试验工作量和难度越来越大。汽车环境适应性试验不仅组织实施困难，而且需要高额的经费支持，很多试验项目难以在实验室或试验场进行。环境试验仿真技术作为一种经济、有效的手段，已经成为汽车环境适应性试验中一个重要发展方向。

汽车环境试验仿真技术（又称汽车虚拟环境仿真试验技术）是应用数字仿真技术，对汽车在实际环境中产生的环境效应及其对汽车性能的影响进行分析、评价和预测的技术[7]。由于环境试验仿真技术能够提高环境试验与评价的有效性，不受气候环境影响、试验周期短、费用少，是进行汽车环境适应性研究的有效手段[8]。在发达国家，该技术被广泛应用于武器装备系统的论证、试验与评价。然而，由于汽车环境适应性问题的复杂性和特殊性，如何发挥环境试验仿真技术的优势，弥补现有环境试验的不足，更好地满足汽车设计研制、生产和使用中对汽车环境适应性的评价要求，是汽车环境试验技术发展的一个重要课题。

3　结语

我国是汽车使用环境最严酷的国家之一，“三高”（高原、高寒、高温）环境条件对汽车的环境适应性提出了更高的要求。随着汽车工业的快速发展，我国在汽车环境试验技术和环境适应性研究方面取得了长足的进步和发展，但由于起步较晚，与国外相比仍有较大的差距。主要表现在多参数综合动态环境试验模拟技术较差，环境模拟试验设备主要依赖进口，试验检测技术和应用水平不高，环境适应性试验标准化体系不完善等。

随着汽车行业对汽车环境适应性的逐渐重视以及环境试验技术的不断完善与进步，汽车的环境适应性水平将继续得到提高。未来汽车环境适应性试验的发展趋势可以概括为以下几方面：环境试验方式多样化，实际使用环境试验与实验室模拟环境试验相结合；着眼于全球，试验环境条件复杂多样、覆盖范围更广；虚拟环境仿真试验是未来汽车环境试验的重点发展方向，具有广阔的应用前景。

参考文献：

[1] 陆启凯. 汽车气候老化试验技术[M]. 广州：华南理工大学出版社，2010：1—12.

[2] 周金宝. 军用车辆装备试验工程概论[M]. 北京：中国科学技术出版社，2011：241—290.

[3] 安相璧. 汽车试验工程[M]. 北京：国防工业出版社，2006：283—291.

[4] 宣兆龙. 装备环境工程[M]. 北京：国防工业出版社，2011：1—30.

[5] 何德洪，苏艳，杨万均. 汽车整车及零部件大气暴露试验方法探讨[J]. 装备环境工程，2007，4(6)：7—12.

[6] 金松涛. 汽车电磁兼容问题研究的重要性[J]. 客车技术与研究，2011(4)：1—5.

[7] 杨振宇. 虚拟试验在汽车工程上的作用[J]. 轻型汽车技术，2006(10)：4—6.

[8] 武小悦. 装备试验与评价[M]. 北京：国防工业出版社，2008：250—255.

（上接第52页）

有限元分析[J]. 军械工程学院学报，2011，23(6)：39—42.

[2] 郝海飞，王京明. 战场炮兵定量弹药供应SD模型研究[J]. 四川兵工学报，2011，32(6)：115—117.

[3] 易胜，杨岩峰，陈愚，等. 外军弹药包装发展研究[J]. 包装工程，2012，33(1)：129—133.

[4] 李秀琴. 军品包装并行全寿命周期管理及其关键技术[J]. 包装工程，2011，32(7)：122—125.

[5] 姚国年，张卫东，赵辉. 弹药公路运输随机振动特性分析[J]. 测控技术，2004，23(7)：67—68.

[6] 徐新琦，袁书生. 固体发动机药柱公路运输随机振动相应分析[J]. 固体火箭技术，2001，24(4)：33—36.

[7] 吴正东，赵东元，李澄俊，等. 通用弹药失效模式形成规律及其应用研究[J]. 弹箭制导学报，2007，27(5)：1287—1301.

[8] 李飞. 轻武器弹药公路运输安全性分析与试验研究[D]. 石家庄：军械工程学院，2011.

[9] 宣兆龙，易建政. 装备环境工程[M]. 北京：国防工业出版社，2011：150—154.