

文章编号: 1002-0268 (2004) 02-0115-04

基于 MATLAB 的整车可靠性评价

宋年秀¹, 陈立辉², 杜 峰³

(1. 青岛建筑工程学院, 山东 青岛 266520; 2 河北师范大学, 河北 石家庄 050031;

3 中国一拖集团有限公司技术中心, 河南 洛阳 471039)

摘要: 本文根据某汽车公司近 3 年来所做的整车可靠性试验数据, 借助可靠性理论与数理统计手段, 利用 matlab 软件编程, 分析了该厂所生产的 QE6440 型轻型客车的故障规律, 阐述了该车质量上所存在的问题, 并找出了影响其可靠性水平的主要因素, 最后对提高该车型的质量提出了相应的技术对策。

关键词: 整车可靠性; 故障规律; 评价; 技术对策

中图分类号: U461.7

文献标识码: A

Reliability Evaluation of Automobile Based on MATLAB

SONG Nian-xiu¹, CHEN Li-hui², DU Feng³

(1. Qingdao Institute of Architecture and Engineering, Shandong Qingdao 266520, China;

2 Hebei Teachers' University, Hebei Shijiazhuang 050031, China;

3. Technique Center of China Yituo Group Corporation Limited, Henan Luoyang 471039, China)

Abstract: According to the data of automobile reliability test with an automobile company in recent three years, with the help of reliability theory and mathematical statistics using MATLAB based programs, this paper analyzes the failure regularity of QE6440 automobile, expounds the quality problem of the automobile product, and finds out the main factors affecting the reliability. At last, this paper brings forward some relevant technical countenmeasures to improve the quality of the automobile.

Key words: Automobile reliability; Failure regularity; Evaluation; Countenmeasure

QE6440 型轻型客车是某汽车公司生产的主要车型之一, 它是在该公司生产的 QE6400 型轻型客车的基础上改装而成的。主要变化体现在其将 QE6400 车的左右后门封闭, 车身尾部由快背式改为厢式, 后悬架由独立悬架改为非独立悬架, 整车其他部分与原车型完全相同。由于该车型 3 年来所做的可靠性试验数据缺乏整理总结, 因此造成一直未能很好的利用这些数据进行可靠性评价。鉴于此, 本文利用 3 年来积累的 10 台该车型样车在 15 000km 范围内的故障数据, 利用 matlab 软件编程, 最终分析找出其整车故障规律, 得到其真实可靠性水平。

1 可靠性数据的分析与处理

为使故障数据客观真实地反映该车型的故障分布

规律, 在收集故障数据时, 要进行必要的分析处理。其主要的处理原则为: 剔除故障数据中的非关联故障。所谓非关联故障是指已经证实是未按规定条件使用而引起的故障, 或已经证实仅属某项将不采用的设计所引起的故障。像从属故障、误用及人为因素、非使用条件下使用等引起的故障均属于非关联故障。

依照 QC/T900-1997《汽车整车产品质量检验评定方法》国家标准, 汽车产品的故障类别分为 4 类, 分别为致命故障、严重故障、一般故障和轻微故障^[1]。在进行可靠性指标计算时, 标准则只考虑 1~3 类故障, 第 4 类故障不参与首次故障里程和平均故障间隔里程的计算。但考虑到该车型故障发生的特点: 3、4 类故障比较常见, 而 1、2 类故障基本不发生。为了更好地反映出本车型的真实可靠性水平, 本文利用全

部的 3、4 类故障数据对该车型进行了可靠性分析与整车故障分布规律的研究。

经统计整理,该车型的 10 台样车在 15 000km 的可靠性试验过程中均发生了故障,故为完全样本。故障总数为 49 次,没有 1、2 类故障发生,其中 3 类故障为 17 次,占故障总数的 34.69%; 4 类故障为 32 次,占故障总数的 65.31%。

2 整车故障规律与可靠性评价

要揭示整车运行的故障规律,必然涉及到样本数据所服从的分布函数及其参数,因而就要利用数理统计手段加以分析,其中涉及到假设检验和参数估计等问题^[2],考虑到一般常用的假设检验和参数估计方法存在着某些缺点和应用上的局限性,所以本研究在文献 [3] 提到的方法基础上提出了一种改进新方法:最小二乘估计-相关系数检验-图示比较法。该方法除了得到的故障分布参数估计值在一定条件下为最佳线性无偏估计以及能使拟合检验实现最优外,并且做出了故障数据与假设分布函数模型之间的拟合曲线,从而进一步确认出该车型所服从的故障分布函数,因此,该方法具有极大的实用价值和广泛的应用前景。另外,本文在数据处理与图像分析过程中采用了 matlab 软件编程,该软件与其他软件相比,具有编程环境简单、科学计算与数据处理能力强、出色的图形处理能力等优点^[4]。

2 1 整车故障间隔里程分布

经过统计分析,该车型整车故障间隔里程最优拟合分布为指数分布,拟合检验相关系数为 0.993,拟合分布参数为:失效率 $h=0.000\ 526\ 213\ 15$ 。拟合曲线如图 1 所示。由于该车型的拟合检验相关系数满足文献 [5] 中相关系数临界值的要求,因此可以肯定地(置信度大于 0.99)认为, QE6440 型轻型客车的

整车故障间隔里程分布规律服从指数分布,其对应的故障累积分布函数为

$$F(t)=1-e^{-0.000\ 526t}$$

可靠度函数为

$$R(t)=e^{-0.000\ 526t}$$

故障概率密度函数为

$$f(t)=0.000\ 526\times e^{-0.000\ 526t}$$

故障率函数为

$$\lambda(t)=0.000\ 526$$

各函数曲线如图 2 所示。可靠性特征量的估计值为:中位寿命 $t(0.5)=1\ 317.236\ 5\text{km}$;特征寿命 $t(0.368)=1\ 900.370\ 6\text{km}$;额定寿命 $t(0.9)=200.224\ 03\text{km}$;平均故障间隔里程 $MTBF=2\ 458.7\text{km}$

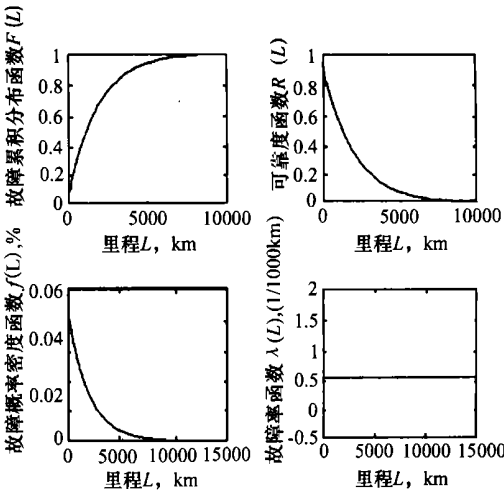


图 2 可靠性函数曲线

2 2 整车首次故障里程分布

经过统计分析,该车型整车首次故障里程最优拟合分布为对数正态分布,拟合检验相关系数为 0.987,拟合分布参数分别为:均值 $\mu=8.170\ 776\ 4$,标准差 $\sigma=0.249\ 407\ 14$ 。拟合曲线如图 3 所示。

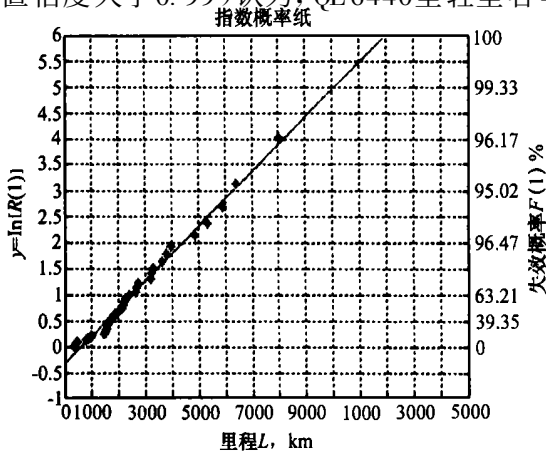


图 1 整车故障间隔里程分布拟合曲线

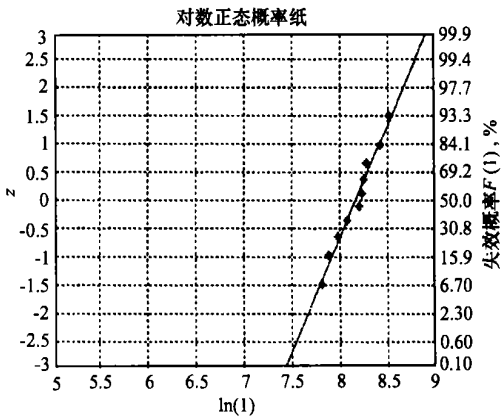


图 3 整车首次故障里程分布拟合曲线

由于该车型的拟合检验相关系数满足文献 [4] 中相关系数临界值的要求, 因此可以肯定地 (置信度大于 0.99) 认为, QE6440 型轻型客车的整车首次故障里程分布规律服从对数正态分布, 其对应的故障累积分布函数为

$$F(t)=1-\int_t^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times0.2494t}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-8.1708}{0.2494}\right)^2}dt$$

可靠度函数为

$$R(t)=\int_t^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times0.2494t}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-8.1708}{0.2494}\right)^2}dt$$

故障概率密度函数为

$$f(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times0.2494t}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-8.1708}{0.2494}\right)^2}$$

故障率函数为

$$\lambda(t)=\frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times0.2494t}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-8.1708}{0.2494}\right)^2}}{\int_t^{\infty}\frac{1}{\sqrt{2\pi}\times0.2494t}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t-8.1708}{0.2494}\right)^2}dt}$$

各函数曲线如图 4 所示。可靠性特征量的估计值为: 中位寿命 $t(0.5)=3\,536.088\,3\text{km}$; 特征寿命 $t(0.368)=3\,849.023\,7\text{km}$; 额定寿命 $t(0.9)=2\,569.676\,4\text{km}$; 平均首次故障里程 $MTTF=3\,616.7\text{km}$ 。

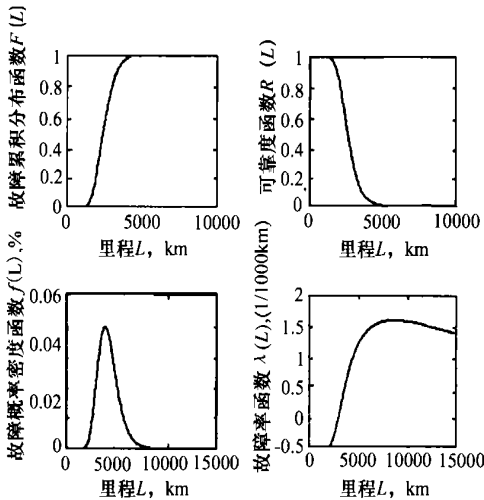


图 4 可靠性函数曲线

3 故障分析与技术对策研究

3.1 故障统计分析

3.1.1 按故障模式类别统计

通过对 QE6440 轻型客车的故障模式进行统计发现, 其所发生的故障模式主要表现在三漏、松动、烧坏 (烧蚀)、断裂 (开裂) 等方面。在这些故障当中, 三漏与松动故障发生最多, 分别占到了 33% 和 31%。其故障模式统计结果如图 5 所示。

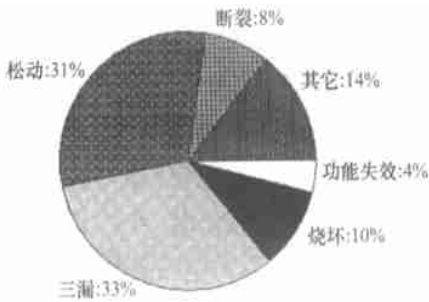


图 5 QE6440 轻型客车故障模式百分比

3.1.2 按故障发生部位统计

将故障按故障发生部位分为 7 大部分, 通过对各部分故障进行统计发现, 其所发生的故障部位主要表现在发动机、车身和电气系统上。其各部分所占整个故障总数的百分比如图 6 所示。

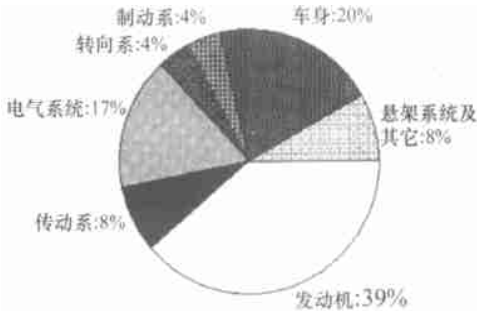


图 6 QE6440 轻型客车故障发生部位百分比

从图 6 可以看出, 危及人身安全的转向系、制动系和影响乘车舒适性的悬架系统等总成质量较好, 可靠性较高, 而发动机、车身及附属件、电气系统以及传动系等总成出现故障次数较多, 占故障总数的 84%。这些故障主要是由以下几方面的原因引起的:

(1) 装配质量控制不严造成紧固件、连接件松脱频繁, 也常诱发其他故障, 诸如密封性差, 渗漏严重, 严重影响整车可靠性。从图 5 中可以看出, 三漏和松动故障占有所有出现的故障总数的 64%。当然此 2 类故障除了反映出装配质量问题外, 也不排除零件加工精度和材料方面的原因。

(2) 刮水器、车门把手、遮阳板等车身附属件质量不过关。究其原因, 其主要是由配套件质量不高所引起的, 同时也大量存在着装配质量不过关的因素。

(3) 电器质量差, 连接导线不牢靠。电气系统故障占故障总数的 17%, 主要表现在仪表灯、信号灯等烧坏和组合开关的失效。其原因除灯具本身质量存在问题外, 还有接线不牢、接触不良等因素。

(4) 功能失效、断裂、异响、发卡等故障仍占有一定比例, 这与 QE6440 轻型客车引用国产配件质量与其他合资企业直接引用国外配件相比质量偏低有很

大关系。

综上所述可以看出,影响 QE6440 轻型客车整车可靠性的因素是多方面的,有设计、制造、加工、装配调整等因素,也有工艺、材料、协作配套件等问题。但是,其故障的形成和发生有它特定的原因,且存在一定的规律性。那么在设计、制造、试验、使用以及售后服务过程中如何最大限度的保证和提高 QE6440 轻型客车的可靠性,本文通过分析和归纳,提出了相应的技术对策。

3 2 故障技术对策研究

3 2 1 在产品阶段,大力推行可靠性方法

产品的设计质量是产品可靠性关键技术保证,汽车产品设计阶段所赋予的汽车质量水平和可靠性水平,对汽车产品的寿命和可靠性具有根本性的影响。如果在开始设计阶段存留了技术缺陷和隐患,将会给后续工作带来相当大的麻烦,并将在人力、物力和财力上造成巨大浪费和损失。这一点在日本三菱汽车公司帕杰罗越野车上足以见证,因此在设计阶段高度重视汽车可靠性问题是极其必要的。

致使我国汽车可靠性水平落后的重要原因就是设计人员一直采用经验设计,而没有纳入可靠性设计的思想,因此,首先要扭转汽车设计人员的设计思想,使其认识到可靠性设计的重要性,并加强其在可靠性技术方面的培训,使其熟练掌握可靠性的理论知识,并能学以致用,将可靠性技术应用的汽车产品的设计中去,并在设计的全过程中坚持将产品的可靠性放在第一位,为产品的开发把好第一道关,从而保证汽车具有较高的固有可靠度。

3 2 2 在产品制造阶段,给予充分保证

首先,要加强装配管理。装配质量好坏直接影响着产品的可靠性质量,提高装配质量一方面要从装配工艺、工装入手,另一方面要充分认清装配工人主观因素所起的重要作用。

其次,要严格控制外购件、配套件质量。目前,国内生产汽车配套件的企业数不胜数,其技术水平、规模参差不齐,相同类型的产品质量水平相差很大。在对汽车所用外购件、配套件进行选购时,应注意做到以下几点:要制定严格的外购件、配套件进厂检验制度。电器件、密封件等外购件、配套件的进厂应按规定严格验收检查,所有的原材料、外购件和配套件均应有合格证和质量保证书;所有的外购件、配套件均应由技术部门设计时优选并签订质量合同后方可采购使用;对关键配套件、易出现故障的外购件,如灯

具等,应进行必要的性能及可靠性检验,以确保配套件质量。

再次,要提高原材料性能水平和加工精度。提高原材料性能水平,保证加工工艺的正确性,从而可以避免零部件本身存在的裂纹、砂眼等隐患,进而保证了零部件质量。零部件质量的可靠也在很大程度上给予了整车质量保证。同时采用先进的设备和工艺,提高加工精度将影响到产品的装配质量和密封性能,这都将大大提高汽车可靠性。

3 2 3 在产品试验和售后服务阶段,重视故障数据的收集和反馈

汽车可靠性试验在提高汽车可靠性水平方面也起着相当重要的作用。通过试验,厂方可以对汽车及其零部件可靠性进行评估和考核,利用试验故障数据求得相关可靠性指标,以考验产品是否符合预定要求。同时,对试验故障数据进行整理分析,可以暴露出产品在设计、制造、使用、管理等方面存在的问题,从而对症下药,提出改进措施,并为厂方确定今后改进方向及重点,使汽车的可靠性水平不断得到提高,同时售后服务阶段用户评价信息及故障数据的反馈同样不可或缺。用户在实际使用过程中发现的产品质量问题更能准确反映产品的真实情况,而用户对产品的评价对厂方来说也是相当宝贵的,它能让厂方认清用户眼中的产品,进而解决用户所关心的问题,这无疑会提高产品在市场的信誉和竞争力。另一方面,国家及地方的质量检验以及企业内部进行的可靠性试验多少会受到抽样、里程、路况、载荷、人员等因素的影响,所获取的数据往往具有一定局限性,难以全面、具体地反映出产品的真实质量,而用户的实际使用则克服了上述缺陷,最大程度地反映出产品的真实状况。因而,对用户反馈的信息进行处理及统计分析,找出产品存在问题并加以改进,对产品质量的提高具有更大的现实意义。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国机械工业部. 汽车整车产品质量检验评定方法 [S]. 1997.
- [2] 盛骤, 等. 概率论与数理统计 [M]. 高等教育出版社, 1979.
- [3] 徐安. 中型载货汽车运行故障规律与可靠性 [J]. 农业机械学报, 1997, 28 (3): 9-98
- [4] 王沫然. MATLAB6.0 与科学计算 [M]. 电子工业出版社, 2001
- [5] 史定华. 可靠性数学 [M]. 人民邮电出版社, 1989