

CNG汽车专用装置安全可靠试验

周华¹ 张道文¹ 黄海波¹ 王君²

1.西华大学 2.南充合能压缩天然气有限责任公司

周华等.CNG汽车专用装置安全可靠试验.天然气工业,2010,30(9):87-90.

摘要 天然气汽车专用装置的安全性和可靠性对天然气汽车的推广应用和天然气汽车产业的可持续发展有着重要影响,而目前对这方面的研究较少,已有部分用户反映CNG汽车专用装置的可靠性偏低,存在安全隐患。为此,对典型车型配装的国产CNG汽车专用装置进行了安全性、可靠性试验。试验道路以城市的城郊道路为主,路面主要为沥青和水泥路面,按每车 5×10^4 km的实际使用工况,参照QC/T 900《汽车整车产品质量检验评定方法》对CNG汽车专用装置的故障进行了分类判别,结合GB/T 12678《汽车可靠性行驶试验方法》的指标体系及相应计算方法对专用装置的可靠性进行了评价及等级评定。评定结果表明:试验车配装的国产CNG汽车专用装置的可靠性偏低,亟待改进。

关键词 CNG汽车 专用装置 可靠性试验 安全性

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2010.09.022

近年来,我国天然气汽车产业高速发展,天然气汽车保有量大幅增加,其中大部分为压缩天然气(CNG)汽车。目前对天然气汽车的整车性能、发动机性能、排放特性、天然气汽车专用装置以及专用装置的匹配试验等已有了深入的研究^[1-5],但对CNG汽车专用装置的可靠性则研究较少^[6]。目前已有部分用户反映CNG汽车专用装置的可靠性偏低,存在安全隐患。天然气汽车专用装置的可靠性对天然气汽车的质量和天然气汽车产业的可持续发展有重要影响,对CNG汽车专用装置的可靠性进行评价非常必要。为此,对典型车配装的国产CNG汽车专用装置进行了可靠性试验,对国产CNG汽车专用装置的可靠性作了比较客观的评定。

1 试验车辆及天然气汽车专用装置

桑塔纳SVW7180CEI型CNG汽车在出租车、教练车和其他非营运车辆中,占有很大的比重,是一种有代表性的车型。因此选用了3辆相同型号SVW7180CEI型CNG汽车(教练车)进行可靠性试验。试验车辆均配装某种型号规格的国产CNG汽车专用装置,专用装置主要包括充气阀、储气瓶、瓶阀、高

压管、电磁阀、减压调节器、混合器(喷气阀)和控制器等。

2 试验条件及依据标准

试验车辆的使用性质相同,技术条件和维护符合使用说明书的规定,磨合行驶满足GB/T 12534—1990《汽车道路试验方法通则》的规定,试验载荷为乘员(2~5人),工况为满足营运和日常工作任务要求的实际运行工况。试验道路以城郊道路为主,主要为沥青和水泥路面,每车均进行实际使用状况 5×10^4 km的行驶试验。

目前没有CNG汽车专用装置的可靠性评价标准和方法,笔者参照QC/T 900—1997《汽车整车产品质量检验评定方法》和GB/T 12678—1990《汽车可靠性行驶试验方法》,对CNG汽车专用装置的故障进行处理、维修、分类判别和统计,并沿用这2个标准的评价指标体系和数学模型对专用装置的可靠性进行评定。

QC/T 900—1997《汽车整车产品质量检验评定方法》规定的轿车可靠性行驶试验里程是 2.5×10^4 km,根据课题要求,对CNG汽车专用装置进行了 5×10^4 km的可靠性行驶试验。

基金项目 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(编号:2008AA11A166)。

作者简介 周华,1968年生,助理研究员,硕士;主要从事代用燃料汽车研究及车辆技术鉴定工作。地址:(610039)四川省成都市金牛区西华大学。电话:(028)83705012,13981808663。E-mail:qjq@ mail.xhu.edu.cn

3 专用装置可靠性数据统计

3.1 可靠性数据统计的要求

- 1)只考虑本质故障,误用导致的故障不计入故障数。
- 2)未排除故障,只统计 1 次,故障类别按最严重情况划分,其对应里程为该故障里程。
- 3)同一里程不同零件发生故障分别统计,同一零件出现不同模式故障也分别统计;如果同一个零件发生几处模式相同的故障,则只统计 1 次,故障类别按最严重的划分。
- 4)故障类别:1 类为致命故障;2 类为严重故障;3 类为一般故障;4 类为轻度故障。

3.2 可靠性数据统计结果

根据评价指标计算要求,按单车分别统计首次故障里程、故障频次、当量故障数、实际行驶里程、平均技术车速、故障维修时间、预防维修时间和维修费用等,可靠性试验的故障情况统计见表 1,试验数据统计结果见表 2。

4 专用装置的可靠性评价指标及其计算方法

CNG 汽车专用装置可靠性评价指标主要包括当量故障数 r_D 、当量故障率 D 、平均首次故障里程 $MT-TFF$ 、平均故障间隔里程 $MTBF$ 、使用有效度 A 、千公里维修时间 MTm 、千公里维修费用 MC 和可靠性综

表 1 可靠性试验的故障情况统计表

项目	1 号车		2 号车		3 号车	
	故障里程/km	故障情况	故障里程/km	故障情况	故障里程/km	故障情况
致命故障	/	/	/	/	/	/
严重故障	45 230	高压管接头(与减压器)漏气	36 705 49 205	高压管接头漏气 瓶阀漏气	15 410 36 030	瓶阀漏气 高压管接头(与减压器)漏气
一般故障	23 400 35 608 48 460	油气转换开关失效 减压器功能失常 发动机启动困难(检修混合器)	10 560 14 640 24 320	电磁阀功能失效 气压表失效 减压器阀芯损坏	20 500	油气转换开关失效
轻微故障	6 750	加速缓慢(调试混合器)	5 670	加速缓慢(调试混合器)	7 420 47 545	加速缓慢(调试混合器) 怠速不稳(调试混合器)

表 2 可靠性试验数据统计表

项 目		检验截止里程 5×10^4 km			检验截止里程 2.5×10^4 km		
		1 号车	2 号车	3 号车	1 号车	2 号车	3 号车
致命故障数	故障频次/次	/	/	/	/	/	/
	首次故障里程/km	/	/	/	/	/	/
严重故障数	故障频次/次	1	2	2	/	/	1
	首次故障里程/km	45 230	36 705	15 410	/	/	15 410
一般故障数	故障频次/次	3	3	1	1	3	1
	首次故障里程/km	23 400	10 560	20 500	23 400	10 560	20 500
轻度故障数	故障频次/次	1	1	2	1	1	1
	首次故障里程/km	6 750	5 670	7 420	6 750	5 670	7 420
当量故障数(r_D)/次		13.2	23.2	21.4	1.2	3.2	11.2
平均技术车速(v)/km·h ⁻¹		19.7	20.1	19.8	19.7	20.1	19.8
总行驶时间/h		2 538.1	2 487.6	2 525.2	1 269.0	1 243.8	1 262.6
故障维修时间(TRm)/h		7.5	8.0	7.0	2.5	3.5	3.0
预防维修时间(TPm)/h		4	4	4	2	2	2
维修费用(C)/元		550	660	580	170	280	350

合评定分数 Q 。

4.1 当量故障数(n)、当量故障率(D)

$$r_D = \sum_{i=1}^4 \epsilon_i r_i \quad D = 1\,000 \sum_{j=1}^n \gamma_{bj} / (nt)$$

式中 ϵ 为第 i 类故障系数,其值 $\epsilon_1=100, \epsilon_2=10, \epsilon_3=1, \epsilon_4=0.2$; r_i 为第 i 类故障数,次; γ_{bj} 为第 j 辆车专用装置当量故障数,次; t 为检验截止里程,km; n 为专用装置数。

4.2 平均首次故障里程($MTTF$)

点估计值 $\hat{T}_f$:

$$\hat{T}_f = \frac{1}{n'} \sum_{i=1}^{n'} t_i + (n - n')t$$

式中 n 为专用装置数; n' 为发生首次故障的专用装置数,当 $n'=0$ 时,取 $n'=1$; t_i 为第 i 辆车专用装置首次故障里程,只计 1,2,3 类故障,km。

4.3 平均故障间隔里程($MTBF$)

点估计值 $\hat{T}_b$:

$$\hat{T}_b = \frac{nt}{r}$$

式中 r 为专用装置发生的 1、2、3 类故障总数。

4.4 使用有效度(A)

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{\sum_{i=1}^n (U_i + G_i)}$$

式中 U_i 为第 i 辆车专用装置运行时间,h; G_i 为第 i 辆车专用装置因故障的停车时间(包括诊断时间、准备时间、修理时间、试车时间),h。

4.5 千公里维修时间(MTm)

$$MTm = 1\,000 \frac{TRm + TPm}{S}$$

式中 TRm 为 t 里程内故障后维修时间总和,h; TPm

为 t 里程内预防维修时间总和,h。

4.6 千公里维修费用(MC)

$$MC = 1\,000 \frac{C}{t}$$

式中 MC 为千公里维修费,元/1 000 km; C 为 t 里程内维修费,包括材料、设备及工时费,元。

4.7 专用装置可靠性综合评定

引用 QC/T 900《汽车整车产品质量检验评定方法》中的综合评定模型:

$$Q = B(\hat{T}_f + \hat{T}_b) + 80e^{-CD}$$

式中 Q 为天然气汽车专用装置可靠性评定分数; $\hat{T}_f$ 为平均首次故障里程,当 $\hat{T}_f > T_{fm}$ 时,取 $\hat{T}_f = T_{fm}$,km; $\hat{T}_b$ 为平均故障间隔里程,当 $\hat{T}_b > T_{bm}$ 时,取 $\hat{T}_b = T_{bm}$,km; B 、 C 为计算系数(权重),其取值见表 3。

表 3 汽车可靠性评定计算系数表

检验对象	T_{fm} /km	T_{bm} /km	B	C
汽车	1 500	2 500	0.005	0.174
汽油机	48.6	65	0.176	0.090

5 专用装置可靠性评价

5.1 专用装置可靠性评价结果

专用装置的可靠性评价结果见表 4。

5.2 专用装置可靠性评定结果说明

从表 4 可以看出,CNG 汽车专用装置 25 000 km 可靠性评定分数 97.3 分,失分 2.7;50 000 km 可靠性评定分数 94.9 分,失分 5.1;整车 25 000 km 可靠性评定分数为 93.6 分(一等品),失分 6.4;整车 50 000 km 可靠性评定分数为 88.0 分(合格品),失分 12.0。

专用装置仅为 CNG 汽车发动机的 1 个系统(储、

表 4 CNG 汽车专用装置可靠性评价结果表¹⁾

可靠性指标	评价结果	
	检验截止里程 5×10^4 km	检验截止里程 2.5×10^4 km
平均首次故障里程($MTTF$)点估计值($\hat{T}_f$)/km	18 153.33	18 153.33
平均故障间隔里程($MTBF$)点估计值($\hat{T}_b$)/km	12 500	15 000
当量故障率(D)(整车)/次 $\cdot$ 1 000 km^{-1}	0.38(0.93)	0.20(0.48)
千公里维修时间(MTm)/h $\cdot$ 1 000 km^{-1}	0.23	0.20
千公里维修费用(MC)/元 $\cdot$ 1 000 km^{-1}	11.93	10.70
有效度(A)	0.995	0.996
专用装置可靠性评定分数/分	94.9	97.3
整车可靠性评定分数/分	88.0	93.6

注:1)检验对象按汽车计。

供气系统),是CNG汽车的一部分,CNG汽车按功能可以分为十余个系统,仅专用装置的可靠性评定失分就占整车可靠性评定失分的40%以上。相同使用性质的对比试验表明,CNG汽车专用装置的当量故障率超过同类车型供油系统当量故障率2倍。虽然供油系统的压力为常压,CNG汽车供气系统为高压,可能对其故障率有一定影响,但试验车配装的国产CNG汽车专用装置的可靠性偏低,亟待改进。

6 结论

1)试验选用了3辆典型车型桑塔纳SVW7180CEI轿车,配装相同型号规格的国产CNG汽车专用装置,试验道路以城市的城郊道路为主,路面主要为沥青和水泥路面,进行每车50 000 km的实际使用状况行驶试验;参照QC/T 900《汽车整车产品质量检验评定方法》对专用装置的故障进行分类判别,参照该标准和GB/T 12678《汽车可靠性行驶试验方法》的指标体系及计算方法对专用装置的可靠性进行评价,评价结果为试验车配装的国产CNG汽车专用装置的可靠性偏低。

2)由于没有相应的CNG汽车专用装置的可靠性

评价标准和方法,专用装置的可靠性评定参照QC/T 900《汽车整车产品质量检验评价方法》和GB/T 12678《汽车可靠性行驶试验方法》的试验条件和方法进行,可能会对CNG汽车专用装置的可靠性评定结果产生一定的影响。

参 考 文 献

- [1] 李跃平.CNG汽车的试验研究[J].汽车技术,2002(1):16-19.
- [2] 张道文.天然气汽车技术改进[J].天然气工业,2006,26(2):123-125.
- [3] 黄海波.燃气汽车结构原理与维修[M].北京:机械工业出版社,2004:127-179.
- [4] 张道文.混合器的试验研究[J].小型内燃机与摩托车,2003,32(3):14-18.
- [5] 朱天阁,唐晓东,李晶晶,等.天然气汽车掺烧甲醇新方法的实验室研究[J].石油与天然气化工,2006,35(6):421-423.
- [6] 张应禄.车用天然气缠绕气瓶安全分析[J].天然气工业,2009,29(4):102-104.

(修改回稿日期 2010-07-14 编辑 何 明)