

复合材料燃气瓶应用研究

乔光辉^{1,2}

(1. 连云港中复连众复合材料集团有限公司, 连云港 222006; 2. 东南大学, 南京 210096)

摘要 简述复合材料燃气瓶的优点,以高密度聚乙烯为内衬的复合材料燃气瓶为例,介绍其结构、材料选择和制备工艺,通过坠落试验、爆破试验、燃烧试验和冲击试验检验了复合材料燃气瓶的使用性能,并通过与钢制燃气瓶的比较,指出推广应用复合材料燃气瓶的意义和必要性。

关键词 复合材料 燃气瓶 应用

在日益崇尚环境友好的今天,燃油汽车对环境的负面影响已引起全球的关注。各国政府正在采取各种措施解决这一问题,措施之一就是使用清洁燃料如压缩天然气(CNG)和液化石油气(LPG)以代替柴油和汽油。但这些清洁燃料需要使用压力容器。一般压力容器为钢制品,使用钢制压力容器势必要增加车重、占用货箱的空间,这对环境保护是不利的。这是因为汽车每增加 100 kg、每行驶 100 km 需要多消耗 0.7 L 燃料,从而对环境造成了相应的污染。从汽车动力学角度看来,也受到负面的影响,例如,CNG 或 LPG 钢制容器额外的质量(通常位于汽车的尾部)使得汽车的行为曲线发生变化。另外,在某些国家如荷兰,车重的增加将导致道路税的增加。

如果汽车上能使用复合材料燃气瓶代替钢制燃气瓶,则可显著降低 CNG 或 LPG 容器的质量,避免和减少钢制燃气瓶的弊端,这对于保护环境具有重大意义。

1 复合材料燃气瓶的优点

复合材料燃气瓶具有比强度高、可设计性强、内衬气密性良好及耐腐蚀性优良等诸多优点,可达到高压能力、高疲劳寿命、轻质、耐腐蚀等优良性能的完美结合,这使得研制、开发复合材料燃气瓶成为国内外的一大热点。

在同样的容积和压力下,根据内衬的种类和外层复合材料的不同,复合材料燃气瓶比钢制燃气瓶可减轻 1/3 ~ 2/3;且在汽车运行节能上更具优势;同时复合材料燃气瓶在受到撞击或高速冲击发生破坏时不会产生具有危险性的碎片,从而减少或避免了对人员和车辆的损害。近年来,随着复合材料成本的降低及成型工艺的不断完善,复合材料燃气瓶在国内外备受青睐,尤其在轿车和轻型车上的应用极具竞争力。

从国外燃气瓶发展过程来看,铝合金内胆全缠绕复合材料燃气瓶在承载能力、耐蚀性、安全性、密封性等方面比钢制燃气瓶具有非常明显的优势。但全复合材料燃气瓶质量更轻、比强度更高,且耐高压,是燃气瓶发展的一个趋势。国外一些在复合材料行业有着丰富经验和专长的厂商纷纷利用自己的优势,正在发展全复合材料燃气瓶。

2 复合材料燃气瓶的制备

为了实现合适的产品设计,必须认识到在产品功能、形状、所用材料和制造工艺之间存在着较强的相互关系。复合材料燃气瓶所选用的材料(树脂或增强纤维)与燃气瓶的功能是一致的。燃气瓶的形状应为均匀的旋转体,采用的成型工艺应为纤维缠绕工艺。

从汽车轻量化的角度考虑,对于各向同性材料,最适宜的形状是球体,整个球体的拉伸荷载是相同的。当基体中有长的、连续的纤维时,通常不是各向同性材料。因此对于纤维增强塑料最适宜的形状不是球体而是其它形状。可以忽略基体的影响,采用网格理论计算确定应采用的形状:将缠绕结构中的纤维看作只承受拉伸荷载的连续长纤维,假设树脂不能在纤维间传递剪切荷载,即在同一个压力容器中的所有纤维承受相同的拉伸荷载。

复合材料燃气瓶由内衬、增强纤维、保护层和轴向增强构件构成。内衬的功能是提供防渗性能,同时作为缠绕的模具;增强纤维承受内压引起的力;保护层主要用以防火、同时保护增强纤维免受小的冲击和搬运荷载的作用;增强构件用以承受外力,使燃气瓶保持预期的形状。

高密度聚乙烯(HDPE)的价格相对便宜,且耐包括 LPG 在内的多种化学物的腐蚀,可用作内衬材

料;增强纤维可采用拉伸强度 4.9 GPa、拉伸弹性模量 230 GPa、牌号为 T700 的碳纤维。制备燃气瓶的过程为:首先采用旋转模塑法制造内衬,然后装入增强构件进行纤维缠绕成型(缠绕时不需要将剪切荷载从一根纤维传递至另一根纤维,这样可以利用多余的基体和简化制造工艺),缠绕后涂覆一层保护层,最后安装多种阀门(进料阀、排料阀、安全阀和容积指示器),在 3.0 MPa 压力下进行初步检验。

3 复合材料燃气瓶的检验

(1) 坠落试验和爆破试验

首先进行坠落试验,将燃气瓶从 1.5 m 高处落到平整的水泥地面(能量为 488 kJ),不得有碎片;然后进行爆破试验,将燃气瓶加压至 3.0 MPa 保持 6 min,再升压至 6.0 MPa 保持 20 min,最后升压至失效,不得发生异常现象。

(2) 燃烧试验

将装有 80% 容积 LPG 的燃气瓶水平放置,使瓶底位于火源上方 100 mm 处,用金属挡板防止火焰直接接触阀门、配件和减压装置,且使金属挡板不直接与特定的保护系统(减压装置或阀门)接触;详细记录火焰的情况,以保证作用于燃气瓶的热量是可以得到重复的。试验过程中任何的失效或火源的不连贯将导致结果的无效。表面温度由沿着燃气瓶底部放置的至少 3 组热电偶监测,热电偶间的距离小于 0.75 m;用金属挡板防止火焰直接作用于热电偶。在试验过程中,热电偶的温度和燃气瓶的压力至少每隔 30 s 记录一次。

可以接收的结果是燃气瓶必须承受燃烧试验至少 30 min 不发生爆炸,或者能在 30 min 内完全排空。

燃烧试验结果是 4.5 min 后一小团火焰达到燃气瓶的顶部(气相),内衬出现裂纹,内压与碳纤维的共同作用阻止了火焰进入燃气瓶内部,未发生爆炸;压力的升高仍然低于减压装置的敏化压力。因此不需要减压装置,燃气瓶能完全燃烧空,符合安全要求。

同样试验条件下钢制燃气瓶在 2 min 内即开始排气,将火焰喷出约 5 m 远。如果没有减压装置,钢

制燃气瓶会发生爆炸。装有减压装置的钢制燃气瓶爆炸的危险会减少,但 10 min 后会排气 5 ~6 次。

(3) 冲击试验

将燃气瓶装满水(共 37.5 kg),利用单摆以 13.9 m/s 的冲击速度在摆锤高度 9.83 m 下进行冲击试验,燃气瓶应不被破坏、不出现异常现象。

4 复合材料燃气瓶与钢制燃气瓶的比较

复合材料燃气瓶与钢制燃气瓶的比较见表 1。

表 1 复合材料燃气瓶与钢制燃气瓶的比较

项目	复合材料燃气瓶	钢制燃气瓶
工作压力 /MPa	1.0	1.0
爆破压力 /MPa	6.75	6.75
瓶重 /kg	8	38
容积 /L	57	57
使用寿命 /a	20	20
环境影响程度	20%	100%

任何燃气瓶最重要的莫过安全,由表 1 可看出,复合材料燃气瓶与目前使用的钢制燃气瓶一样安全,爆破压力与钢制燃气瓶相当。

通过严格地选用材料和采用快速的制造工艺可使复合材料燃气瓶的价格不会超过相同规格的钢制燃气瓶,而且由于复合材料燃气瓶质量轻,能方便、快捷地安装到汽车上,从而降低了安装费用。

复合材料燃气瓶比钢制燃气瓶减轻了 30 kg,每行驶 30 万 km 的路程可节省 1000 L LPG。即使考虑到钢制燃瓶可以回收、而复合材料燃气瓶不能回收,在整个寿命期装有复合材料燃气瓶的汽车对环境的影响也仅为钢制燃气瓶汽车的 20%。

5 结论

合理地在汽车上应用复合材料燃气瓶,在相同的安全水平下,能比相同容积的钢制燃气瓶减轻近 80%。质量的减轻有助于方便、快捷地将燃气瓶安装到汽车上,从而降低燃气瓶的安装费用。另外,复合材料燃气瓶对环境的影响程度仅为钢制燃气瓶的 20%。通过严格地选用材料和采用快速高效的制备工艺可使复合材料燃气瓶的价格不会超过与之相当的钢制燃气瓶。近年来由于石油价格的不断上涨,石油储量的迅速下降,天然气代替石油作为汽车的燃料将是必然的发展趋势。随着科技的进步和材料工业的发展,复合材料燃气瓶的优势将越来越显著。

STUDY ON APPLICATION OF COMPOSITE FUEL GAS VESSEL

Qiao Guanghui^{1,2}

(1. Lianyungang Zhongfu Lianzhong Composites Group Co. Ltd., Liangyungang 222006, China; 2. Southeast University, Nanjing 210096, China)

ABSTRACT The merits of composite fuel gas vessel were summarized. The structure, material and manufacturing process of the

vessel were presented with a vessel of high density polyethylene liner as example. The service performance was verified by drop test, burst test, burning test and impact test, and the performance was compared with that of steel vessel. The significance and necessity of applying composite fuel gas vessel were narrated.

KEYWORDS composite, fuel gas vessel, application

投资环氧树脂应把握四项原则

据不完全统计,目前全球环氧树脂的年生产能力已达到 208.62 万 t, 其中我国占 15.40%。近五年来我国环氧树脂的产需平均增长速度在 20% 以上, 生产能力从 1999 年的 5 万 t 增长到 2005 年的 32 万 t。我国已经成为全球环氧树脂主要生产和消费国。

进入 2006 年,我国环氧树脂的生产能力已达到 45 万 t, 同时在建生产能力达 10 万 t 左右。从全球范围看, 环氧树脂生产能力已经过剩, 但在我国尚属短缺, 不过短缺的仅为特种产品而非常规产品。业内专家指出, 业界投资必须充分考虑这一现状, 切忌一哄而上搞低水平重复建设。

专家建议, 投资环氧树脂应坚持的原则为:

一要改变以 6101 为主的产品发展思路。双酚 A 型环氧树脂系产品是世界环氧树脂行业的发展主流, 但应以 618 环氧树脂为基础树脂, 长期以来国内环氧树脂生产都以 6101 或 E-44 为主要产品, 而基础树脂 618 或 E-51 产量极少。这是国内过去采用手糊法生产玻璃钢所造成的事实, 现在形势已经发生变化, 故不能再抱住 6101 这个产品不放, 而应拓宽思路生产无溶剂、低粘度或改性的新产品。

二是发展目前紧缺的环氧树脂品种。目前国内环氧树脂年用量已达 30 万 t 左右, 但其中 1/2 仍然依靠进口, 国产环氧树脂以双酚 A 型为主, 而且固化剂、活性稀释剂、助剂等配套不齐、不成系统, 150 多家环氧树脂生产厂大多在双酚 A 型环氧树脂方面抢夺市场, 而一些前景好的领域都让给外商, 例如耐热系列、阻燃系列、水溶系列、高纯度系列产品国内生产厂家很少, 其实酚醛环氧树脂、邻甲酚甲醛环氧树脂、双酚 F 环氧树脂、脂环族环氧树脂、含磷环氧树脂及光固化环氧树脂、水性环氧树脂系都是目前看好的品种。

三是开发有利于环保的新品。各行各业现在都十分注重环境保护, 市面上出现了不少绿色产品, 为此对使用的原料也提出了这方面要求。如覆铜板、阻燃电器浇注料大量使用溴化环氧树脂, 但目前溴化物因破坏大气层臭氧结构而已受到一定限制, 因此生产非卤化阻燃环氧树脂必须尽早计议。

四是加大新技术新产品推广力度。国内环氧树脂的生产和科研起步不晚, 但发展速度较慢。国内也有一些很有实力的环氧树脂生产和研究单位及大专院校, 曾经开发出许多当时比较先进的生产工艺和产品, 但由于市场推广力度不大、应用开发没有跟进等原因而没有推广开来。现在很多单位已经采用鼓励科研开发的新机制, 相信发展新技术、新产品的速度会比以前加快。

(中化)

全球对聚碳酸酯需求强劲增长

自 2003 年以来, 全球市场对聚碳酸酯(PC) 的需求形势一直较为强劲。2005 年全球 PC 装置开工率超过 90%。生

产商称, 由于未来几年全球新增生产能力和新增需求基本持平, 因此 PC 装置仍将保持高开工率。

拜耳材料科学公司负责人 Roger Rumer 称, 目前全球的 PC 生产商主要是通过装置脱瓶颈改造和新建 10 万 ~20 万 t/a 装置来提升 PC 的生产能力, 预计未来几年全球 PC 的生产能力年均增速为 5% ~6%。GE 公司称, 到 2009 ~2010 年全球 PC 的产量可能达到 400 万 t。生产商表示, 尽管近年来原材料成本特别是苯的价格大幅上涨, 但全球对 PC 的市场需求表现强劲, 使他们可以维持较高的盈利水平, 同时保证有较为充足的资金用于扩大生产能力。生产商称, 目前 PC 消费增长最快的领域是光学媒体, 尽管 CD 市场消费出现下降, 但 DVD 市场快速增长, 仍然促使 PC 消费需求出现大幅增长。同时, 汽车和食品包装市场对 PC 的需求也在强劲增长。SRI 咨询公司称, 就地区而言, PC 需求增速最快的地区是东亚, 预计 2009 年之前的年均增速为 8.7%; 北美以年均 6.6% 的增速位居第二; 西欧的年均增速为 6%; 其它地区的年均增速为 6.1%。市场人士特别指出, 未来几年中国市场对 PC 需求的年均增速将达到 10% ~15%, 同时, PC 的生产能力也将继续增长。美国拜耳公司位于中国上海漕泾的 10 万 t/a PC 装置将于今年第三季度正式投产, 而当地另一套 10 万 t/a 的 PC 装置预计在 2008 年投产; GE 位于西班牙 Cartagena 的 30 万 t/a PC 装置已于去年开启, 预计在今年上半年将达到满负荷生产状态; 俄罗斯喀山共和国 Kazanorgsintez 公司位于喀山的 6.5 万 t/a PC 装置也将于 2007 年投入运行。

(中化)

手提式塑料挤出焊机在青岛通过鉴定

一种可广泛应用于大口径塑料管道修补及塑料管道弯头、阴井、公共防水工程、污水池、防水板和工程塑料板材等塑料制品现场施工焊接的环保型手提式塑料挤出焊机最近在青岛华仕达机器有限公司顺利通过了专家鉴定, 并投入大批量生产。

专家称, 这种新研制的手提式塑料挤出焊机体积小、质量轻(仅 4 kg)、便于携带, 尤其适合于野外现场施工作业, 且不受季节气候的影响。它不仅焊接强度高、密封效果好、宽焊缝, 而且焊接时出料量大, 一次成型迅速, 多项经济技术指标国内领先。该焊机采用热风预热被焊母材表面至焊接温度, 使材料表面软化、流动性增强, 同时将塑料焊条经送料器自动喂入螺杆内部, 经过加热均匀熔化、螺杆搅拌重新塑化后挤出, 被强迫压出至预先已经加热的被焊母材表面或凹槽内, 塑化均匀的焊料与被焊母材表面依焊嘴形状填充焊缝并重新塑合为一体, 使焊接部位的力学强度极接近于被焊母材, 且耐腐蚀, 无污染, 寿命长, 受到用户的普遍欢迎。

(周颖)