

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.04.029

高效抗冲击复合材料在防弹防爆方舱中的应用

魏汝斌^{1,2}, 翟文^{1,2}, 李锋^{1,2}, 李英建^{1,2}, 张文婷^{1,2}, 梁勇芳^{1,2}, 陈青香^{1,2}

(1. 中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031; 2. 山东三达科技发展有限公司, 济南 250031)

摘要: 以提高极端条件下方舱生存能力为背景, 结合防弹防爆方舱的防护需求, 论述了方舱的防弹防爆防护标准, 总结了特种方舱防护技术的发展现状, 介绍了高效抗冲击复合材料在防弹防爆方舱中发挥的重要作用和应用情况。

关键词: 方舱; 防弹防爆; 复合材料; 应用

中图分类号: TB332 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)04-0131-05

Application of High Efficiency Impact Resistant Composites in Bulletproof and Explosionproof Shelter

Wei Rubin^{1,2}, Zhai Wen^{1,2}, Li Feng^{1,2}, Li Yingjian^{1,2}, Zhang Wenting^{1,2}, Liang Yongfang^{1,2}, Chen Qingxiang^{1,2}

(1. CNGC Institute 53, Jinan 250031, China; 2. Shandong Sanda Scientific and Technological Development Co. Ltd., Jinan 250031, China)

Abstract: Improving the survival ability of shelter under extreme conditions as background, with bulletproof and explosion-proof shelter needs, the bulletproof and explosion-proof protection standards for shelters were discussed. At the same time, the development status of special shelter protection technology was summarized. The importance and applications of high efficiency impact resistant composites in bulletproof and explosion-proof shelter were introduced.

Keywords: shelter; bulletproof and explosionproof; composite; application

方舱是为人员和装备提供适宜环境和空间, 便于实施多种方式装运的独立舱室。方舱是地面设备重要的运载平台和集防装备, 使用灵活性强, 能够适应多种方式的运输, 在指挥系统、卫星通讯、电子对抗、设备检修、后勤保障、野战医院等作战领域中发挥着特殊作用^[1]。

反恐战争中, 生存是方舱完成各种作战、技术支援和后勤保障任务的前提。近几十年的局部战争表明, 精确制导武器和电子信息对抗是决定未来战场成败的主要因素。1990年的海湾战争中, 精确制导武器的使用量只占机载投射武器的8%, 1995年的波黑战争中上升至69%, 科索沃战争中已达到98%。2003年的伊拉克战争, 美国的迅速胜利完全是依赖了其高度精确的制导武器和电子信息对抗技术。大量电子战兵器、精确制导武器、自动化指挥系统等高技术兵器的投入, 大大增强了战争的破坏性和剧烈性, 战场前后方界线日渐模糊, 战场上的方舱面临前所未有的生存考验。随着世界反恐局势的日益严峻, 提高特种方舱的抗弹防爆能力, 使其抵御不同等级的枪弹打击和爆炸物碎片打击, 最大限度的保护舱内工作人员和舱内设备, 成为方舱设计人员亟待解决的问题, 防弹防爆方舱的研究应用成为特种方舱研究领域的重要议题。

1 防弹防爆方舱防护标准与等级

美国是世上方舱标准最健全和最先进的国家。据不完全统计, 涉及美军方舱的通用规范、产品规范、材料规范和

试验规范等多达六七十种, 主要包括: ASTM E1925-01《硬壁可移动结构的工程和设计准则》、ASTM E 1976-01《非扩展战术方舱规范》、ASTM E 1977-01《单侧扩展战术方舱的规范》、ASTM E 1978-01《双侧扩展战术方舱规范》、ASTM E 1091-03《方舱大板用非金属蜂窝芯规范》等^[2]。

20世纪80年代, 我国研制成功了第一代军用方舱设备, 经过不断发展, 方舱装载体制在我军装备的发展进程中发挥了重要作用, 推广和应用力度不断加强。目前, 我国已逐步建立起方舱标准体系, 军用方舱的发展进入技术规范、质量优质化阶段。各部门分别组织制定的方舱标准包括: 电子部电子设备车辆专业通用部标20余项, 航天部专用部标1项, 空军通用国军标2项, 总后军事交通运输部通用国军标9项, 总后军事医学科学院专用国军标1项, 总参四部专用国军标1项^[3]。

然而, 国内目前还没有防弹防爆方舱的专用防护标准体系, 其防弹防爆等级主要参考GA164-2005《专用运钞车防护技术条件》(见表1)、GA668-2006《警用防暴车通用技术条件》(见表2)、GA17840-1999《防弹玻璃》, 欧洲标准PREN 1522、北约标准STANAG 4569(见表3)、美国司法部NIJ标准等。防弹防爆方舱的防护等级可按照方舱装备服役

联系人: 翟文, 研究员, 主要从事高效抗冲击复合材料与功能防护材料研究

收稿日期: 2016-02-03

环境及受威胁程度的不同,参考有关标准确定。

表1 GA164—2005 专用运钞车防护技术条件

试验样品	防护级别	试验用枪	试验用弹	弹速 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	射击要求
防弹玻璃	A 或 B	79 式 7.62 mm 轻型冲锋枪	51B 式 7.62 mm 手枪弹	490 ~ 515	子弹不应穿透受试样品,或产生透气的裂缝,玻璃内侧没有飞溅物
	C	56 式 7.62 mm 冲锋枪	56 式 7.62 mm 普通弹	710 ~ 735	
厢体或防弹钢板	A 或 B	79 式 7.62 mm 轻型冲锋枪	51B 式 7.62 mm 手枪弹	490 ~ 515	子弹不应穿透受试样品,或产生透气的裂缝
	C	56 式 7.62 mm 冲锋枪	56 式 7.62 mm 普通弹	710 ~ 735	

表2 GA668—2006 警用防暴车通用技术条件

防护级别	射击用枪	射击用弹	射击距离 / m	弹速 / ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
A	79 式 7.62 mm 轻型冲锋枪	51B 式 7.62 mm 手枪弹	10	480 ~ 530
B	56 式 7.62 mm 冲锋枪	56 式 7.62 mm 普通弹	15	710 ~ 725
C	95 式 5.8 mm 步枪	87 式 5.8 mm 普通弹	20	920 ~ 960

表3 北约 STANAG 4569 标准

防护级别	枪弹类型	炮弹类型	爆炸装置
LEVEL 1	7.62 × 51 NATO Ball(Ball M80)	100 m 处 155 mm 榴弹	手榴弹或地雷爆炸碎片
	5.56 × 45 NATO Ball(SS109)		
	5.56 × 45 NATO Ball(M193)		
LEVEL 2	7.62 × 39 API BZ	80 m 处 155 mm 榴弹	6 kg TNT 当量爆炸物
LEVEL 3	7.62 × 51 AP (WC core)	60 m 处 155 mm 榴弹	8 kg TNT 当量爆炸物
LEVEL 4	14.5 × 114 AP / B32	25 m 处 155 mm 榴弹	10 kg TNT 当量爆炸物
LEVEL 5	25 mm APDS-T (M791) or TLB	25 m 处 155 mm 榴弹	/

2 国内外防弹防爆方舱防护技术发展现状

方舱装备起源于美国,最早应用于朝鲜战场,用于战争中军用地面电子设备的运输。经历了半个世纪的发展,军用方舱在直接作战、技术支援、后勤保障装备中得到了广泛应用。其中,美国和西欧国家的方舱在技术标准、产品开发、技术性能、产品制造和装备应用方面均居先导地位,代表了当今世界的先进水平和技术发展方向。

美军一直重视防弹防爆方舱的预先研究、研制开发和产品应用工作。1990年,美军制定了防弹防爆方舱研制规划,确定了近、中、远期研制目标。选定了抗核及防弹防爆加固的三个等级标准,其中承受冲击波超压分别为 2.75×10^4 , 4.18×10^4 , 6.86×10^4 Pa; 防弹标准为轻武器发射 7.62 mm 球形头子弹和弹着速度为 600 m/s、质量为 40 g 的弹片不

能垂直击穿方舱壁^[2]。

目前,国际先进军用方舱防弹防爆设计包括两种形式:模块式附加结构与整体式结构。模块式附加结构是指方舱本身并不具备防弹层结构,其防弹系统由数块附加式标准防弹板组成,使用时标准板拼接成方舱防弹面,任意一块损坏的防弹板可随时拆卸更换。使用时,将预制好的模块化防弹防爆板挂接在方舱上,由方舱承受防弹板的质量。该结构防爆能力有限,不能防护核爆炸超压,主要履行防弹功能,在常规战场上有一定的实战作用,其优点在于:可为成品方舱或无防弹能力的方舱提供一定的防弹能力,提高战场生存率;模块化结构使用灵活,可与方舱分开放置、运输,模块化附加结构的尺寸和质量不受方舱运输结构的限制;不同种类的方舱可使用同一种模块化防弹板,通用性好,制造成本低。整体式结构是指防弹防爆层是方舱大板的一个组成部分,防弹防爆结构与方舱大板同步生产加工,完全粘接在一起,防弹防爆性能成为方舱的固有性能。方舱大板为“三明治”结构形式,无论大板制造采用现场发泡成型工艺还是粘接压制成型工艺,整体结构形式的防弹防爆性能均好于披挂结构形式,适于提高方舱的整体防弹防爆性能^[4]。

美国方舱生产厂商 Craig 系统公司推出的 N-1080 防弹防爆方舱,长 3.734 m,宽 2.21 m,高 2.12 m。舱内主要装载电子和各种通信设备,用于战地前线的通信,能够最大限度地阻止核武器爆炸效应对舱内设备的破坏。该方舱壁板、地板和顶板是 Kevlar 层压板,内部配件很多也都采用了 Kevlar 加强产品。在舱门上安装了专用防爆铰链,门上方装有 V-864 防爆阀。该方舱已在新墨西哥州白沙导弹靶场通过了战术武器爆炸模拟试验,进行了小批量生产。S-658 方舱属于抗核加固方舱,由美国 Harry Diamond 研究所负责研制,意大利 MiKi SPA 公司生产 Kevlar 复合大板, Craig 公司组装成方舱。舱体采用了 Kevlar 层压复合大板,大板厚 63.5 mm。芯材采用了防水纸蜂窝芯,芯中设置由 Kevlar 和玻璃纤维合成的盒状加强肋。试验证明,该方舱经受住了最高峰值达 6.9×10^4 Pa 的超压,经受热脉冲时间为 3 s,能量达 2.3 BTU/inch²。同时,该方舱还能防常规弹药破片的洞穿和核、生、化武器的攻击。美国 S-280 标准电子设备方舱,在其大板内、外铝面板上粘接了铝蜂窝材料和 Kevlar 层压复合材料。Kevlar 层压复合材料采用了 9 层织物的 Kevlar 49,面密度为 0.23 kg/m²,用环氧树脂粘接、加压、固化而成。采用尺寸为 3.2 mm 的铝蜂窝,密度为 130 kg/m³。该方舱能够防 7.62 mm 子弹的射击和弹着速度为 600 m/s,质量为 40 g 破片的攻击。在爆炸试验中,经受住了 5.0×10^4 Pa 的超压。

德国“泰斯普瑞克”高防护性载员舱能够给乘员提供

比输送普通人员装甲车高得多的防护水平,其外部防护装甲能够抵挡炸弹弹片、狙击枪弹、高爆地雷以及临时爆炸装置的袭击,还能够各种气候环境($-32^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$)下工作。试验证实,“泰斯普瑞克”高防护性载员舱可全向防御 $7.62 \times 54 \text{ mm}$ 狙击步枪子弹以 890 m/s 的初始速度在 30 m 外的射击;可抵挡 $\leq 8 \text{ kg}$ TNT 当量的地雷爆炸,内部乘员却安然无恙。

丹麦 COMPOSIELD 公司研发的防弹防爆方舱有两种形式,一种是在方舱外安装可卸去的防弹防爆复合材料模块,另一种是在方舱内壁永久性安装防弹防爆复合材料。以上方舱容许总质量在 $12\,000 \sim 16\,000 \text{ kg}$ 之间;方舱箱体空重 $2\,500 \text{ kg}$;防弹防爆材料重 $5\,000 \text{ kg}$;负载能力为 $4\,500 \sim 8\,500 \text{ kg}$ 之间。防爆防弹能力要求达到:(1) 标准化协定 (STANAG)4569 2 级的防弹要求,包括 7.62 mm 穿甲弹多次弹着;(2) 防 12.7 mm 穿甲燃烧弹丸洞穿;(3) 防 81 mm 炮弹 1 m 距离上的爆炸;(4) 防 105 mm 炮弹 10 m 距离上的爆炸;(5) 防 10 kg TNT 炸药在 5 m 距离上的爆炸。该公司生产的防弹防爆方舱已于 2005 年供应军品市场,可用做侦察、指挥所、战术作战中心、医疗和弹药储运等方舱^[5]。

我国从 20 世纪 70 年代末开始进行方舱研究,1982 年研制出第一台方舱,目前已有几十个单位从事方舱研制和生产。方舱结构由原来的钢骨架、钢角架和铝面板组成的骨架式方舱,发展成为采用夹芯板结构,整板压力发泡和粘接固化等工艺生产的大板式结构,满足我军各领域对地面机动装备车载的需求^[6]。

然而,国内现有装备部队的方舱大多不具备防弹防爆功能。现役金属方舱的铝蒙皮夹芯板表面平整光滑,易反射雷达波、激光,同时,方舱的空调散热器是红外末制导的寻的热源,这都成为方舱遭受打击的隐患因素。另外,铝蒙皮夹芯板强度有限,难以抵御弹头打击和爆炸物碎片袭击,易被洞穿,易被摧毁。当舱内的人员受伤、设备受损时,方舱就好比一堆废铁,完全不能履行其作战功能。

3 高效抗冲击复合材料在防弹防爆方舱中的应用

随着复合材料技术、材料性能的大幅提升和制造工艺的日益成熟,新型复合材料方舱的战技术性能越来越好。与传统的铝蒙皮夹芯大板式结构金属方舱相比,新型复合材料方舱的优点在于:质量轻、耐腐蚀,不产生有害气体;环境适应性好,能够经受高低温、热循环和潮湿的影响;复合材料蒙皮耐用,使用寿命长,修理维护成本低;绝热性能好,能量利用率高;作战反应迅速,部署快捷^[7]。在防弹防爆方舱的研制过程中,高效抗冲击复合材料因高比强度、高比模量、低密度、抗冲击效率高、性能可设计性好,功能集成性强,可与装甲钢、装甲铝、抗弹陶瓷及其它材料匹配使用,得到了科研人

员的重视和应用^[8]。当前可用于防弹防爆方舱的高效抗冲击复合材料主要有玻璃纤维复合材料 (GFRP)、芳纶纤维复合材料 (AFRP)、超高分子量聚乙烯 (PE-UHMW) 纤维复合材料、聚对苯撑苯并二噁唑 (PBO) 纤维复合材料、陶瓷/纤维复合材料结构单元等。

(1) GFRP。

玻璃纤维具有强度高、密度低、耐高温、耐腐蚀、吸湿性低、绝缘性好的优点,资源分布广泛、价格低廉,在防弹纤维领域占有重要地位^[9]。GFRP 是第一代廉价抗弹装甲材料^[10],在 M113 战车、Bradley 战车、M60 坦克、美国海军黄蜂级两栖攻击舰 (LHD-3 ~ LHD-8) 均采用高强玻纤装甲系统^[11-12]。GFRP 的拉伸、压缩性能好,密度仅为铝合金的 70%,其抗弹能力为均质钢的 3 倍,对破甲弹防护能力强^[13],适于制作轻量化、低成本构件,具有一定的防弹防爆能力,是方舱面板的理想材料^[14]。图 1 为 GFRP 产品图。玻璃钢方舱具有耐高温、耐老化、耐腐蚀、强度高、抗冲击性好、成本低等特点,其工作环境温度在 $-70 \sim 80^{\circ}\text{C}$,特别适合在沿海及有腐蚀性的地方使用,有力地提高了方舱的战技性能。美军军用规范 MIL-S-28633B(YD) 规定,其方舱夹芯板的面板采用 GFRP^[5]。



图 1 GFRP 产品

(2) AFRP。

芳纶纤维是由美国杜邦公司于 20 世纪 60 年代末研发的一种高性能芳香族聚酰胺有机纤维材料,20 世纪 70 年代初,杜邦公司将其商品化,并命名为 Kevlar。芳纶纤维密度为 1.44 g/cm^3 ,仅为钢材的五分之一,强度却为优质钢的 5 倍以上,模量为钢材的 2~3 倍,断裂伸长率是钢材的 2~4 倍,耐火耐热性强、比强度高、抗冲击性强、加工性能好^[16],被称为第二代装甲材料。除 Kevlar 外,目前国际上有代表性的芳纶纤维牌号还包括荷兰阿克苏的 Twaron、俄罗斯的 Armos 等。

AFRP 在国外方舱设计中被广泛用作防弹防爆材料。美军防弹防爆方舱大板大多数采用 Kevlar 层压材料作为防弹层。综合性能优异的方舱防弹大板一般由 6 层组成,依次为 Kevlar 层压材料板、铝蜂窝材料板、细金属丝编制网、纤维增强硬泡沫板、铝合金板、Kevlar 层压材料板。该种防弹防爆方舱具有防电磁干扰和电磁脉冲、防弹防爆、防侦察探测及防核生化的全加防功能。图 2 为 AFRP 层压板产品图。



图2 AFRP层压板

(3) PE-UHMW.

PE-UHMW 是新一代高性能纤维材料,它表现出的防护特性在很多方面超过了一度被称为终极防弹材料的 Kevlar 纤维,在当今防护技术领域应用十分广泛。它的优异之处在于:强度更高,质量更轻(密度仅为 0.97 g/cm^3),化学稳定性更好,具有很好的耐气候老化性,耐低温能力强^[17]。面密度相等时,PE-UHMW 纤维复合材料的防弹防爆性能明显优于 AFRP。德国海岸巡逻舰、“豹”2 坦克、荷兰 XA-1886 × 6 装甲车等均采用了 PE-UHMW 防弹板。国际上已商品化的 PE-UHMW 纤维牌号主要包括美国 Allied Signal 公司的 Spectra 纤维和荷兰 DSM 公司的 Dyneema 纤维等,国内规模较大的生产商主要有宁波大成、湖南中泰、北京同益中等。PE-UHMW 纤维的缺点是价格昂贵、耐高温性能差,在应用中受到一定限制。图 3 为 PE-UHMW 纤维复合材料板产品图。



图3 PE-UHMW 纤维复合材料板

(4) PBO 纤维复合材料。

PBO 纤维是 20 世纪 80 年代美国航空航天领域研制的新型高性能纤维,90 年代由东洋纺织公司实现商业化。PBO 纤维理化性能、力学性能优异,其强度、弹性模量是芳纶纤维的两倍,阻燃耐热性能好,被誉为 21 世纪超级纤维^[18]。PBO 纤维复合材料抗冲击性能极为优异,其冲击载荷和吸能性能均高于 AFRP,在防护技术领域应用潜力巨大,中国兵器工业集团第五三研究所已对 PBO 纤维增强复合材料的防弹性能进行了系统研究^[19]。目前,该纤维的产业化生产刚刚起步,价格昂贵,限制了其发展应用。

(5) 陶瓷 / 纤维复合材料结构单元。

陶瓷 / 纤维复合材料结构单元是一种典型的现代装甲防护结构,已广泛应用在坦克装甲车辆、飞机、舰船、人体防护装备等关键部位的防弹层上^[20]。抗弹陶瓷材料具有硬度高、密度低、耐磨性好、防护效能高等优点,在破甲弹、动能穿

甲弹等大威力弹体侵彻时防护效果显著^[21]。常用的抗弹陶瓷主要有氧化铝、锆刚玉、碳化硅、碳化硼、硼化钛陶瓷及其复合材料^[22]。该防护结构利用高硬度陶瓷材料使来袭弹体受挫、破损、碎裂,利用高韧性纤维复合材料背板充分吸收剩余能量,可大大提高防弹防爆方舱的防护等级。图 4 为 SiC 陶瓷 / 芳纶复合材料产品图。



图4 SiC 陶瓷 / 芳纶复合材料产品

中国兵器工业集团第五三研究所于 2007 年开始复合材料防弹防爆方舱的研制工作,研制出抗弹 / 结构 / 功能一体化防弹方舱。该舱采用高性能芳纶纤维复合材料内衬,大大提高了防弹和防爆性能,整车六面防弹指标达到《警用防暴车通用技术条件》C 级;产品不仅防护性能优异,并具有良好的隔热、隔音、防电磁屏蔽、防火、防腐蚀、防潮、防雨、防尘等性能。图 5 中的方舱即为五三所为某部队研制的整体式复合材料防弹方舱。



图5 五三所研制的防弹方舱实物照片

4 结语

近年来,国际恐怖主义活动日益猖獗,世界反恐形势严峻,热点地区社会暴力犯罪事件频发。在这些国家和地区,战场前后方界限非常模糊,反恐用特种方舱装备的生存面临严峻考验。军用方舱是武器装备系统的重要组成部分,我军对方舱防弹防爆能力的要求越来越高。国外一直重视防弹防爆方舱的研制、生产和产品应用工作,而国内对方舱的防弹防爆研究工作起步较晚,缺乏相关标准和试验数据,这就需要各相关研究、生产单位加快技术创新,促进防弹防爆方舱的技术进步。高效抗冲击复合材料在防弹防爆方舱应用领域具有独特的优势,有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 史宣琳,等. 方舱与地面设备,2008(3):15-17.
Shi Xuanlin, et al. Shelter and Ground Equipment, 2008(3):15-17.
- [2] 董春彦. 方舱与地面设备,2008 (1):1-7.
Dong Chunyan. Shelter and Ground Equipment, 2008(1):1-7.
- [3] 董虎军,等. 移动电源与车辆,2009(1):41-42.

- Dong Hujun, et al. Movable Power Station & Vehicle, 2009(1):41-42.
- [4] 王小东,等. 专用汽车, 2012(5):89-91.
Wang Xiaodong, et al. Special Purpose Vehicle, 2012(5):89-91.
- [5] 《方舱与地面设备》编辑部. 方舱与地面设备, 2007(4):24-31.
《Shelter and Ground Equipment》Editorial office. Shelter and Ground Equipment, 2007(4):24-31.
- [6] 史宣琳,等. 方舱与地面设备, 2008 (1):8-10.
Shi Xuanlin, et al. Shelter and Ground Equipment, 2008(1):8-10.
- [7] 《方舱与地面设备》编辑部. 方舱与地面设备, 2003(3):14-18.
《Shelter and Ground Equipment》Editorial office. Shelter and Ground Equipment, 2003(3):14-18.
- [8] Velea M, et al. Composite Structures, 2014:75-84.
- [9] 王波. 轻纺工业与技术, 2010, 39(4):22-24.
Wang Bo. Textile Industry and Technology, 2010, 39 (4):22-24.
- [10] Deluca E, et al. Composites Science & Technology, 1997, 58(9):1453-1461.
- [11] 张振英,等. 塑料, 2000, 29(3):38-42.
Zhang Zhenying, et al. Plastics, 2000, 29(3):38-42.
- [12] 韩辉,等. 高科技纤维与应用, 2005, 30(1):40-43.
Han Hui, et al. Hi-Tech Fibers & Application, 2005, 30(1):40-43.
- [13] 段建军,等. 纤维复合材料, 2012, 29(3):12-16.
- Duan Jianjun, et al. Fiber Composites, 2012, 29(3):12-16.
- [14] Wang Tie, et al. Mechanics, 2015, 21(2):107-111.
- [15] 张泽江. 中国安全生产科学技术, 2007, 3(2):55-57.
Zhang Zejiang. Journal of Safety Science and Technology, 2007, 3(2):55-57.
- [16] 代少俊. 高性能纤维复合材料 [M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2013.
Dai Shaojun. High-Performance fiber composite materials [M]. Shanghai: East China University of Science and Technology Press, 2013.
- [17] Sun Dongliang, et al. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2016, 40:17-28.
- [18] 杨坤,等. 材料导报, 2015(13):24-28.
Yang Kun, et al. Materials Review, 2015(13):24-28.
- [19] 官平,等. 工程塑料应用, 2013(4):21-24.
Gong Ping, et al. Engineering Plastics Application, 2013(4):21-24.
- [20] 薛书凯. 玻璃钢 / 复合材料, 2012(S1):143-146.
Xue Shukai. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2012(S1):143-146.
- [21] Ong C W, et al. International Journal of Impact Engineering, 2011, 38(5):369-383.
- [22] Clayton J D. International Journal of Impact Engineering, 2015, 85:124-131.

巴斯夫塑料添加剂推出新型特种抗氧化剂

巴斯夫将推出两种用于提高橡胶和聚氯乙烯 (PVC) 聚合效率的新型液态抗氧化剂, 为橡胶和 PVC 制品提供更大的设计自由。Irgastab® IS6113L 是一种全新高性能液态抗氧化剂, 具有较低的熔点, 应用于合成橡胶, 特别是聚丁橡胶和丁苯橡胶。终端应用主要为轮胎、鞋履、手套、传送带和其它橡胶制品。这种添加剂能够提高生橡胶的色稳定性和门尼黏度。由于熔点较低, 它还有助于降低加工难度。

Irgastab IS3026L 新型乳液抗氧化剂在链终止效率和热稳定性之间达到了良好平衡, 特别适合用于稳定 PVC 聚合反应。得益于热稳定性优异、分散均匀和投料简单等优点, 这种高性价比解决方案可在聚合工艺中提高 PVC 的质量。此外, 由于性能高效, Irgastab IS3026L 的添加浓度可低至 0.03%~0.08%。产品可用于生产硬质 PVC 物品, 如门窗、管道和板材以及软质物品, 如 PVC 合成革等。(中国聚合物网)

2016 年全球碳纤维树脂市场需求约 19 亿元

根据 Marketsand Markets 发布的最新报告预计, 2016 年全球碳纤维树脂规模将达到 2.927 亿美元 (约合人民币 19 亿元), 预计到 2021 年将增至 5.327 亿美元 (约合人民币 34.55 亿元), 期间年复合增长率达到 12.7%。

报告中指出, 日益增长的航空航天和汽车行业是促进碳纤维树脂需求不断增加的主要原因。此外, 风电、医疗、石油天然气等行业的需求增长也是不可忽略的因素。但是, 碳纤

维树脂的高成本也成为该市场发展的一大制约因素。

报告中预计, 汽车行业将是对碳纤维树脂需求最快的行业。碳纤维树脂在强度和刚度的优势以及质量轻、耐腐蚀、耐化学性、高黏度等优良特性是汽车和航空航天及国防应用的最佳选择。一般来说, 用于制造碳纤维树脂的材料主要是热塑性树脂和热固性树脂。而这两种树脂也是生产复合材料的主要原料。从市场来看, 热固性树脂凭借其高强度和耐高温等特性占据更大的市场份额。

从区域来看, 北美是碳纤维树脂最大的需求商。预计到 2021 年, 北美地区碳纤维树脂年复合增长率将是五个大区中最高。从国家来看, 美国、德国和中国是三大需求国。

(中塑在线)

可隆巴斯夫将建全球最大聚甲醛生产设施

韩国可隆塑胶株式会社和巴斯夫签署协议, 双方将在韩国成立一家合资企业, 双方将建设全球最大的聚甲醛综合生产设施。新合资企业命名为可隆巴斯夫 innoPOM 有限公司, 双方按 50:50 股比成立, 年产能 7 万 t, 新装置计划于 2018 年下半年投产。装置将坐落在可隆塑胶株式会社韩国金泉生产基地内, 该基地已建有聚甲醛生产装置。

该装置生产的聚甲醛产品将由两家公司分别按照自己的商品名和专利配方销往世界各地。巴斯夫表示, 2018 年下半年韩国新装置投产后, 巴斯夫路德维希港基地将不再继续生产聚甲醛。

(中塑在线)