

低成本大口径碳纤维复合材料天线反射面制造及应用

党元兰 王海东 李金良 金超 王庆东

(中国电子科技集团公司第五十四研究所,石家庄 050081)

摘要 通过对室温固化环氧树脂/碳纤维体系材料的选择和成型工艺的研究,采用室温湿法固化和真空袋压相结合的成型工艺成功制造出大口径碳纤维复合材料天线反射面,其成本较中温固化成型降低50%以上。该反射面已用于口径1.2 m的车载抛物面天线,满足Ka及Ka以下频率的使用要求。

关键词 碳纤维复合材料 天线反射面 室温湿法固化成型 真空袋压成型

碳纤维复合材料具有轻质、高强度、高刚度、高精度、耐腐蚀、耐疲劳、减振性好等特点,20世纪90年代就已在星载天线反射面领域得到广泛应用。随着工艺技术的进步、材料成本的降低,碳纤维复合材料必将取代更多的金属材料,成为便携式、车载、机载、星载天线甚至地面站天线反射面及结构件的主流材料。目前,碳纤维复合材料天线反射面主要采用热压罐中温固化成型,该方法的优点是制品质量稳定、力学性能好,缺点是成本较高,且受热压罐口径限制无法一体成型制得大口径反射面。

室温湿法固化成型工艺简单,可节约能源且造价低,适合于大口径天线反射面的制造。笔者通过室温湿法固化和真空袋压相结合的成型工艺,制造出了精度高、使用温度高、力学性能好、适合于Ka及Ka以下频率的低成本大口径碳纤维复合材料天线反射面。

1 材料选择

1.1 树脂体系的选择

大多数地面天线的使用温度范围为-55~70℃,极端温度可以达到80℃^[1]。要使天线能够适应环境温度的要求,树脂体系的选择尤为重要。综合性能优异的环氧树脂作为天线反射面的树脂基体材料已得到了广泛的应用。目前,环氧树脂室温固化剂多为脂肪胺类,但这类固化剂易挥发、毒性大、反应速率快、可操作时间短,固化物脆性大、热变形温度低,很难满足天线反射面的制造与长期使用要求。为此,中国电子科技集团公司第五十四研究所委托国内某高校对脂肪胺进行了改性,得到了适用于环氧树脂室温固化的固化剂。这种固化剂具有低放热、低毒性、低粘度、高韧性、高强度、低成本等特点,其与环氧树脂(WHUT-01)按照质量份22:100配合,25℃时混合物的初始粘度为200±50 mPa·s,凝胶时间为80 min,树脂浇注体的部分性能见表

1。这种浇注体可以满足天线反射面制造工艺及使用要求。

表1 浇注体系的部分性能¹⁾

项目	数值
拉伸强度/MPa	67.44
拉伸弹性模量/GPa	2.35
断裂伸长率/%	3.43
弯曲强度/MPa	114.02
弯曲弹性模量/GPa	2.05
热变形温度/℃	98.4

注:1)固化工艺为25℃/4 h+80℃/2.5 h。

1.2 增强材料的选择

根据天线反射面的曲面特点,选用T300碳纤维斜纹布,这种斜纹布有利于曲面结构的涂胶铺覆,其增强WHUT-01环氧树脂具有较好的力学性能。表2示出WHUT-01环氧树脂/T300碳纤维斜纹布室温固化层合板(简称WHUT-01/T300室温板)与常用的3233环氧树脂/G814NT碳纤维中温固化层合板(简称3233/G814NT中温板)的力学性能对比。由表2可以看出,两者的力学性能相近,WHUT-01环氧树脂/T300碳纤维斜纹布室温固化体系能够作为高质量天线反射面的蒙皮使用。

表2 不同固化体系层合板的力学性能对比

项目	WHUT-01/T300室温板 ¹⁾	3233/G814NT中温板 ²⁾	测试标准
拉伸强度/MPa	565.6	670.0	GB/T 3354-1999
拉伸弹性模量/GPa	51.7	57.0	GB/T 3354-1999
泊松比	0.08	0.07	GB/T 3354-1999
层间剪切强度/MPa	46.7	59.0	GB/T 3357-1982
纵横剪切强度/MPa	102.0	110.0	GB/T 3355-1982
弯曲强度/MPa	842.5	780.0	GB/T 3356-1982
弯曲弹性模量/GPa	49.7	52.0	GB/T 3356-1982

注:1)真空袋压成型,固化工艺25℃/4 h+80℃/2.5 h,由中国航天科技集团公司508所测试;

2)数据摘自文献[2]。

1.3 夹芯材料的选择

夹芯材料作为天线反射面的重要组成部分,在夹层结构中主要起承担剪切应力、增加整体结构刚性和减轻质量等作用。夹芯材料一般有纸蜂窝、泡沫塑料、玻璃钢蜂窝、Nomex蜂窝和铝蜂窝等。纸蜂窝剪切强度低,基本上不能用在天线结构中;泡沫塑料和玻璃钢蜂窝剪切强度优于纸蜂窝,材料本身成本也较低,但对于曲面结构加工成本较高;Nomex蜂窝性能较好,在航空产品中应用很多,但造价昂贵,加工也不方便;铝蜂窝力学性能优异、来源广泛、价格低、成型方便,在碳纤维复合材料夹层结构天线反射体上得到了广泛应用。另外,在天线反射体因环境热负载引起的变形中,不可忽视夹层结构前后蒙皮由温差产生的热应力导致电轴漂移,使天线精度下降。而铝蜂窝导热系数高、传热快,可以作为前后蒙皮的热通道,平衡前后蒙皮温差,从而减小热应力,有利于反射体型面精度的稳定^[3]。除了选定铝蜂窝外,通过力学分析软件,确定蜂窝的孔格大小也至关重要。

1.4 其它材料的选择

蜂窝与蒙皮的胶粘采用室温胶粘剂,考虑剪切强度、胶剥离强度和与基体树脂固化制度的同步性,选用J-133系列胶粘剂。为了避免碳纤维蒙皮与铝蜂窝之间发生电偶腐蚀,在两者之间铺放一层0.1 mm厚的无碱玻璃布。对于尺寸和曲率较大的天线面,蜂窝需要拼接,拼接与加强采用室温固化的J-164泡沫胶。

2 制造工艺

2.1 工艺流程

天线反射面的成型工艺流程见图1。

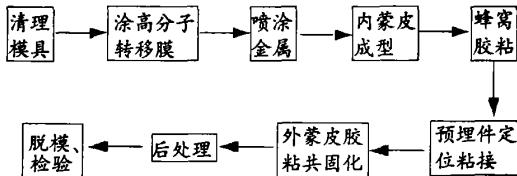


图1 天线反射面的成型工艺流程

2.2 成型工艺

(1) 成型方法

基于树脂室温固化体系的特点及低成本的要求,采用湿法成型与真空袋压工艺相结合的成型方法。在传统成型过程中,环氧树脂胶液主要是刷涂到碳纤维布上,树脂的含量和均匀性很难控制。树脂含量过高,不仅会增加天线的质量,更会降低蒙皮

的强度与刚度。刷涂得不均匀会在一些区域产生应力集中,给天线使用带来隐患。真空袋压成型可以很好地解决这些问题,在吸走多余树脂的同时,使得蒙皮的胶液分布更加均匀^[4]。

(2) 固化工艺参数

天线反射面质量的好坏取决于制造过程中工艺参数的控制,主要工艺参数包括温度、压力、加压时机、后固化时间。由于是室温固化树脂体系,在固化过程中温度一般以环境温度为准;采用真空袋压成型,压力小于等于0.1 MPa;公认的加压时机是树脂凝胶点稍后一些^[4]。对于WHUT-01环氧树脂/T300碳纤维体系,在25±5℃下固化4 h基本固化完全,可以脱离模具,贴模性很好。为了保证树脂体系的充分固化,提高天线的力学性能和使用温度,天线反射面成型后需要进行后固化处理。经多次试验制定的后固化工艺参数为:0.1 MPa压力下80℃固化2.5 h。

(3) 胶粘与预埋

胶粘主要是指蒙皮与金属层、铝蜂窝与蒙皮之间的胶粘。在蒙皮上铺覆一层带胶粘剂的薄玻璃布,不仅可以防止电偶腐蚀,还可以控制胶层厚度。为保证多次装卸及连接可靠,预埋件最好采用不锈钢制作,质量要求苛刻的可采用铝合金制作,连接孔最好采用钢丝螺套,并且要特别注意铝合金与碳纤维之间绝缘。为了尽量不使预埋件周边的应力集中及有利于密封防水、增加刚度,预埋件四周采用J-164泡沫胶填充。

3 天线反射面的应用

通过上述材料选择和固化成型工艺的研究,研制出的天线反射面可用于口径1.2 m的车载抛物面天线,在普通铸铁模具上金属化后的型面精度达到了0.15~0.20 mm(r.m.s),满足Ka及Ka以下频率的使用要求。该天线已经应用于某型号车载“快通”卫星通信站天线。该天线为Ka接收,频率19.7~21.2 GHz,增益大于等于44.9 dB,波束宽度(-3dB)为0.81,驻波比(VSWR)为1.3:1。

4 结语

本制造技术与中温固化成型相比成本降低50%以上,具有显著的经济效益,可以广泛应用于便携、车载、地面站的大口径天线反射面。

参考文献

- [1] 张润连,戚仁欣,张树雄,等.雷达结构与工艺(上册)[M].北

- 京:电子工业出版社,2007:437-441.
- [2] 中国航空材料手册编辑委员会.中国航空材料手册——复合材料 胶粘剂(第6卷)[M].第二版.北京:中国标准出版社,2002:29-33.
- [3] 夏文干,杨洁.高精度碳纤维复合材料天线的研制[J].高技术纤维与应用,2002,27(1):28-34.
- [4] 张晨晖,刘明昌.大口径改型卡氏天线栅状反射面成型工艺研究[J].电子工艺技术,2005,26(4):232-237.

MANUFACTURING AND APPLICATION OF LOW COST LARGE-CALIBER CARBON FIBER COMPOSITES ANTENNA REFLECTOR

Dang Yuanlan, Wang Haidong, Li Jinliang, Jin Chao, Wang Qingdong

(The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China)

ABSTRACT Through studying the material select and molding technology of room temperature cured epoxy/carbon fiber system, the large-caliber carbon fiber composites antenna reflector was manufactured successfully by room temperature curing and vacuum bag molding process. Compared with the middle warm curing molding process, the cost of room temperature curing reduced above 50%. This antenna reflector was applied to 1.2 m caliber vehicle antenna, and it could satisfy the operation requirements with below Ka and Ka frequency.

KEYWORDS carbon fiber composite, antenna reflector, room temperature curing, vacuum bag molding

欧盟公布 REACH 化学物质注册收费标准

近日,欧盟在《官方公报》上刊登了第 340/2008 号欧委会法规,列出了贸易商向欧洲化学品管理局注册化学物质时必须支付的费用。根据《化学品注册、评估及许可法规》(简称 REACH 法规),所有在欧盟生产或输往欧盟的化学物质,每年产量或进口量为 1 t 或以上,均须向当局注册,只有几项豁免适用。逐步受监管的物质在注册方面享有宽限期,业者须于 2008 年 6 月 1 日-12 月 1 日期间为这些物质预先向欧洲化学品管理局办理注册,宽限期分别于 2010 年 11 月 30 日、2013 年 5 月 31 日及 2018 年 5 月 31 日终止,可根据每类物质的生产或进口吨数而定。对于数量在 1 至 10 t 之间的物质,若贸易商能提交 REACH 法规附件 7 所列的一切标准物理化学、毒性及生物毒性资料,将不必支付注册费用。有关资料包括物质在若干温度下的状态、熔点、冰点、沸点、相对密度、水溶性、易燃性、爆炸特性、引起皮肤过敏性或腐蚀性、眼睛过敏性及水生毒性等。如果贸易商递交的资料不齐全,欧洲化学品管理局将征收费用。第 340/2008 号法规附件 1 列出欧洲化学品管理局征收的物质注册费用,联合注册的费用较低。REACH 法规建议,经营同一物质的业者应联合注册以减少收集资料的负担及避免进行不必要的动物实验。当局向中小企业征收较低的注册费用。以 10~100 t 之间的物质为例,联合注册的收费一般为 3225 欧元,但中型企业只需缴付 2258 欧元,小型企业及微型企业的收费更廉宜,分别为 1290 欧元及 323 欧元。第 2003/361/EC 号法规建议了界定中型、小型及微型企业的分类方法。至于委任唯一代表的非欧盟生产商是否可享受中小企业减费优惠,新法规规定,须根据对该非欧盟生产商的评估结果而定,其中包括员工人数、营业额与资产负债表及来自伙伴企业的有关资料等。第 340/2008 号法规附件 1 列出了一般物质注册的收费资料。单独中间物质的注册费用较低,更新注册文件须缴付额外费用,但也有例外情况。第 340/2008 号法规也列出办

理许可申请的费用。当某供应商的物质被纳入管制范围时,他必须向当局提供有力的数据,以申请许可证,继续销售该种物质。申请文件必须显示该种物质对人体健康或环境构成的风险可被控制,或在没有合适替代物质或技术的情况下,使用该种物质对社会经济的效益较风险为大。(中色网)

美研制可实现噪音消失超级新材料

据每日科学新闻网报道,近日美国杜克大学的科学家和西班牙科学家发明了一种可以“隐藏”声音实现噪音消失和隐形功能的新材料,这种材料可以产生神奇的隐藏“声音”和隐形功能,甚至在声纳、雷达和 X 光的检查下也发现不了。

据报道,来自美国北卡罗莱纳州杜克大学的科研人员在 2007 年年初的时候与西班牙巴伦西亚理工大学的科学家一起,对材料构造和晶体声波展开研究。他们以电子工程学为基础,对晶体和材料构造进行计算机模拟,同时对固态气体列阵和声波散射的结构进行对比和研究。在他们研究的过程中,科学家们发现,声波与固体材料列阵的数目结构具有特殊的关系,当物质的晶体结构列阵达到一个最佳的数目和级别,那么声波将在物质周围实现“完全围绕”,从而使得声音可以实现完全的隐藏物体。这一发现非常振奋人心,西班牙科学家在这一发现的基础上,开发出了这种新材料,并在西班牙进行了多次的模拟实验,完全证实了这一发现及新材料所表现出的神奇效果。就像现实版的哈里波特的“隐身斗篷”一样,声音可以从材料的周围围绕穿过,使材料在雷达和声纳的监测中无法发现,甚至连 X 光设备也无法查找到,科学家对此非常激动。

西班牙科学家何塞·桑切斯称,他们研制出的超级新材料大约有 200 层,但是这种材料的厚度超乎想象非常的薄。科学家表示,这种新材料将首先用于军舰和潜艇,将能实现雷达和声纳的监测下完全的声音静默和隐形功能,新材料也可以用于音乐厅的噪音控制和城市噪音治理。(中聚网)

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于2006年整合合并微波EDA网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和ADS、HFSS等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于2004年,10多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波EDA网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>