

树脂基碳纤维复合材料天线支撑管的研制

吴利英

(中国电子科技集团公司第 39 研究所, 西安 710065)

摘要 采用一种新的工艺封装方法即热收缩塑料管封装技术, 结合真空袋/热压罐固化成型技术, 用高模量碳纤维 M40 作 0° 铺层(主导铺层), 低模量碳纤维 T300 作 90° 铺层, 4211 树脂体系(由 648#酚醛环氧树脂和固化剂组成)为基体, 制得了免后加工工序的表面平整的天线支撑管。

关键词 树脂基碳纤维复合材料 天线 支撑管 热收缩塑料管

宇航器特别是卫星天线常用管材作支架, 这种支架是天线系统的一个重要组成部分, 它性能的优劣直接影响着天线的性能, 因此要求支架管材密度小、强度好、振动阻尼高和尺寸稳定性好。美国已将环氧/碳纤维复合材料成功地用于应用技术星 ATS - F(G)天线支撑桁架、国际通信卫星天线支架及空间望远镜支架等方面。但这些支架的成型工艺复杂、所用设备昂贵。笔者在研究了胡昭雄^[1]的碳纤维复合材料卫星天线支架采用尼龙带缠绕加压技术和俄罗斯在研制固体火箭发动机碳/碳延伸锥中为保证外形光滑采用了橡皮囊技术^[2]的基础上, 采用热收缩塑料管作封装材料, 结合真空袋/热压罐固化成型技术制出不用后加工即可获得光滑外表面的天线支撑管。

1 天线支撑管的结构特点

碳纤维复合材料支撑管是天线中的连接结构件。支撑管的截面可以是不同形状的变截面, 也可以是等截面; 形状可以是直线形, 也可以是弧形。有的没有金属接头, 有的两端都带金属接头, 而有的只在一端带金属接头。

2 成型工艺和主要工艺流程

CFRP 管的成型工艺主要有拉挤成型、搓管成型、模压成型、真空袋/热压罐成型、缠绕成型、热膨胀成型、尼龙带缠绕加压成型等, 根据本制作结构复杂、不易后加工的特点, 笔者采用了热收缩塑料管封装, 真空袋/热压罐固化成型工艺, 制造出了不需后加工即可获得平整外表面的 CFRP 支撑管。主要工艺流程: 清理模具 → 模具组装 → 预浸料下料 → 预浸料铺覆 → 预压实 → 预浸料铺覆 → 预压实 → 热收缩塑料管封装 → 固化成型 → 脱模 → 修整 → 交验。

3 关键技术

3.1 材料选择

材料的模量越高, 密度越小, 膨胀系数越小, 则

制件的形状稳定性越好, 热负载对天线精度的影响越小。因此高模量的碳纤维成为天线构件的首选增强材料, 通过综合比较, 本制作选择了日本东丽公司的 M40 碳纤维用于轴向铺层, 而周向铺层选用模量较低、强度和延伸率较大的 T300 碳纤维。树脂选用已经成熟应用于空间卫星构件、工艺性好、有一定耐温性能的 4211 体系(由 648#酚醛环氧树脂和固化剂组成)。如国内 20 世纪 80 年代研制的卫星天线支架采用的也是 M40 碳纤维和 648#酚醛环氧树脂组成的复合材料。

3.2 铺层设计

支撑管在使用时主要承载卫星发射过程中剧烈的动载荷(弯曲和扭转力)和太空环境中支撑副面和背架的静载荷。因此要求在轴向有很高的弯曲性能; 为了保证制件在大温差的空间环境条件下尺寸稳定, 减小副反射器位移, 从而保证天线的电性能, 要求支撑管轴向线膨胀系数小于 $1.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, 制件厚度为 1 mm。预浸料固化后单层厚度为 0.125 mm, 因此铺层数设计为 8, 综合分析后选择了 0° 为主、90° 为辅的铺层: (90°/0°)₈, 0° 层主要提供低膨胀系数等轴向性能, 90° 层则提高周向性能, 以防支撑管纵向破裂^[3]。

3.3 预压实(预吸胶)工艺

为了保证复合材料的碳纤维体积含量, 减小孔隙率, 保证制件力学性能, 在每铺完 4 层后进行一次预压实工艺, 即在 90°C 烘箱、-0.1 MPa 条件下处理 30 min。

3.4 热收缩塑料管成型工艺

常规的 CFRP 杆件, 不论是缠绕成型、搓管成型, 在最后封装固化时, 由于预浸料压实使封装材料产生皱折, 使制件表面产生溢胶、皱折等, 这种现象往往通过机械加工进行处理, 再进行表面涂覆(如钓鱼杆、高尔夫球杆等)^[4]。

本制件为变截面结构,不容易用机械加工来获得光滑外表面,笔者采用了热收缩塑料管封装,然后装入真空袋,用隔离织物作透气材料,进热压罐固化成型。在热收缩塑料管封装时,宜采用热吹风,从一头缩起,将空气从另一头赶出,以免造成表面缺陷^[5]。

可用于该工艺的热收缩塑料管材料有两种:一种是改性聚烯烃,在封装前需对热收缩塑料管内壁作特殊处理,以免收热缩塑料管和制件粘在一起,难以分离;另一种材料是聚全氟乙丙烯,该材料耐高温、不粘,不需处理即可与复合材料预浸料直接接

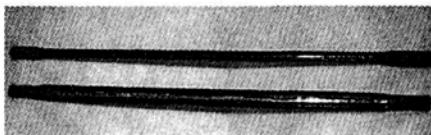


图1 用聚全氟乙丙烯热收缩塑料管成型的变截面支撑管



图2 用聚全氟乙丙烯热收缩塑料管成型的圆支撑管和变截面支撑管

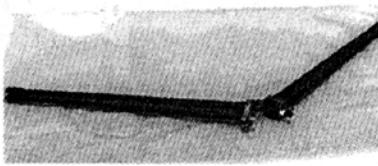


图3 用改性聚烯烃热收缩塑料管成型的变截面带接头支撑管



图4 用改性聚烯烃热收缩塑料管成型的变截面弧线形支撑管

触,成型出的制件表面光亮,但缺点是收缩比较小,不能用于截面尺寸相差太大的制件。

制件参照实物照片如图1~图6所示。

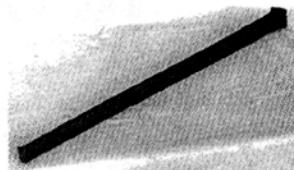


图5 用改性聚烯烃热收缩塑料管成型的两端面带接头的变矩形截面支撑管



图6 用改性聚烯烃热收缩塑料管成型的变截面(五边形截面)支撑管

4 结论

通过对热收缩塑料管工艺和碳纤维复合材料天线支撑管成型工艺的研究,笔者认为,在成型碳纤维复合材料支撑管时采用热收缩塑料管封装工艺可免去后加工而直接获得光滑外表面。支撑管的轴向线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,满足了小于 $1.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 的设计要求,大大提高了支撑管的轴向尺寸稳定性,从而保证了天线的电气性能。

参 考 文 献

- [1] 胡昭雄.高刚度、零膨胀系数碳/环氧管的设计、制造和试验[J].宇航材料工艺,1985(1):36~40.
- [2] 苏君明.俄罗斯和乌克兰固体火箭发动机碳/碳喉衬及延伸锥技术[R].出国考察报告,1993.6,1:205~212.
- [3] 鞠金山.复合材料在高精度测量杆上的应用[J].玻璃钢/复合材料,1998(1):38~39.
- [4] 贺福,王茂章著.碳纤维及其复合材料[M].北京:科学技术出版社,1995,261.
- [5] 吴利英,高建军.碳纤维增强塑料异形杆成型工艺技术[J].塑料科技,2003(3):4~6.

THE RESEARCH OF CARBON FIBER REINFORCED POLYMER ANTENNA SUPPORT TUBE

Wu Liying

(The 39th Institute of CETC, Xi'an 710065, China)

ABSTRACT A new technology of carbon fiber reinforced polymer(CFRP) Antenna support tube molding is introduced in this paper. M40 carbon fiber, T300 carbon fiber and 4211 resin are used. M40 carbon fiber is used in 0 ply and T300 carbon fiber is used in 90 ply. The CFRP support tube having flat surface is manufactured by using heat-shrinkable tube encapsulation technology. Approximately no remainder moulding is achieved.

KEYWORDS CFRP, antenna, support tube, heat-shrinkable tube

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>