



2025第1期 总4期

## 长三角碳纤维及复合材料 技术创新中心



地址：江苏省常州市新北区玉龙北路495号1号楼  
电话：0519-83205321 邮箱：hr@ccicyd.com

# 复合材料产业 技术发展报告

## 热塑性复合材料 三十余年研究进展

# NASA STI项目报告系列

自成立以来，美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）始终致力于推动航空学与航天科学的发展。NASA 的科技信息（Scientific and Technical Information, STI）计划在帮助 NASA 维持这一重要使命方面发挥着关键作用。

NASA STI 计划在机构首席信息官的指导下运行，负责收集、整理、归档并传播 NASA 的科技信息（STI）。该项目通过提供其 NTRS 注册系统（NASA Technical Reports Server Registered）及公众访问接口（NASA 技术报告服务器）的访问权限，提供全球规模最大的航空与航天科技信息（STI）资源库之一。研究成果既通过非 NASA 渠道发布，也通过《NASA 科技信息报告丛书》（NASA STI Report Series）发布，该丛书包括以下报告类型：

- **技术出版物：**此类报告呈现 NASA 项目研究成果，包含已完成的研究或重大研究阶段成果，提供大量数据及理论分析。其汇编具有长期参考价值的重要科技数据与信息，相当于经同行评议的正式专业论文，但在稿件篇幅与图表展示方面限制相对宽松。
  - **技术备忘录：**呈现初步性成果或专业领域研究的科技发现，例如包含简要标注的快报、工作文件及参考文献目录。此类报告不包含深度分析。
  - **合同报告：**记录由 NASA 资助的承包商及受资助方取得的科学技术研究成果。
  - **会议出版物：**收录由 NASA 主办或联合主办的科技学术会议、研讨会、讲习班及其他学术会议论文集。
  - **专题出版物：**呈现 NASA 项目、工程及任务中的科学技术成果或历史资料，通常涉及具有广泛公众关注的课题。
  - **技术译文：**与 NASA 任务相关的外国科学技术文献的英译文本。
- 专业服务还包括：组织和发布研究成果，分发专业研究公告及动态，提供信息咨询台和个人检索支持，以及开通数据交换服务。

翻 译 刘子谦 房晓冲  
校 对 赵文明  
审 核 益小苏  
封面设计 董文慧  
出版日期 2025 年 10 月

有关NASA科技信息（STI）计划的更多信息，请参阅：

访问NASA STI项目主页<http://www.sti.nasa.gov>

技术支持中心联系方式：

登录网址 STI Contact Form – STI Compliance and Distribution Services ([nasa.gov](http://www.nasa.gov))

并选择“General”以获得帮助

本报告对商标或制造商名称的使用旨在确保信息准确性，并不构成NASA对相关产品或制造商的任何明示或暗示的官方认可。

获取地址：

NASA科技信息计划办公室／050号信箱

NASA兰利研究中心

弗吉尼亚州汉普顿市 邮编：23681-2199

热塑性复合材料三十余年进展——文献综述

罗纳德·克鲁格 (Ronald Krueger)

美国国家航空航天研究所，弗吉尼亚州汉普顿市

安德鲁·伯根 (Andrew Bergan)

NASA兰利研究中心，弗吉尼亚州汉普顿市

## 目 录

一、摘要.....	02
二、缩写与首字母缩略词表 .....	03
三、引言.....	06
四、热塑性复合材料的机遇与挑战.....	09
五、航空结构用热塑性复合材料.....	11
六、测试体系：从标准试样到结构部件 .....	20
七、分析技术综述 .....	26
八、总结、建议与展望.....	35
致谢 .....	36
参考文献.....	37

## 一、摘要

近年来，自动化技术的进步推动热塑性复合材料研究热潮再起。相较于热固性复合材料制造工艺，该技术通过提升生产速率、减少零件数量及降低能耗，有望实现显著的成本削减。与此同时，新型材料体系持续涌现，热塑性复合材料预浸料的品质亦随时间不断提升。此外，此类材料具备近乎无限的室温存储期，生产废料可循环利用，退役部件可回收再生，为可持续发展及下游市场创造了新机遇。这些因素共同推动热塑性复合材料在航空航天、汽车及其他工业应用领域的加速发展。

本研究旨在系统评估热塑性复合材料的成熟度与性能现状，并记录其结构制造与装配技术进展。为此，我们查阅了跨越三十五年（1986–2022）的 200 余篇 NASA 报告、会议论文及期刊文献，并对研究成果进行归纳总结。需特别说明的是，本研究聚焦热塑性复合材料在飞机结构中的应用，未对现有文献进行全面评估，而是概述热塑性复合材料领域历史与当下研究动态。本文信息有助于识别技术缺口，指导未来研发方向。

本报告结构如下：首先阐述热塑性复合材料应用机遇与特定挑战；其次概述材料特性，讨论制造工艺，并引入焊接等无紧固件装配新技术；第三呈现积木式验证体系，各涵盖从试样到结构件级别的多层级测试数据，其中重点通过不同热塑性复合材料的断裂韧性数据，对比其与先进热固性复合材料的性能差异；第四探讨工艺建模与渐进损伤分析（PDA）等代表性分析方法；全文论证由参考文献及附表附录数据支撑；最后提出未来研究展望与建议。

获取更多正文内容，请联系0519-83205321