

用“丝线”造火箭发动机？真可以！

快舟11号用上“武汉造”碳纤维工艺

用丝线造火箭发动机？真可以！近日，从湖北三江航天江北机械工程有限公司（下文简称“江北公司”）传来好消息，“快舟11号”使用的碳纤维工艺技术又提升了。

一根碳纤维的粗细只有头发丝的十分之一，而小手指粗的一束黑色碳纤维，可以拉动两架大飞机。在江北公司的研发部门，记者看到了这种新型材料，看起来“细如丝”的线，竟然是制造火箭的材料之一。

“对，我们正是用这细如丝的纤维制造出了快舟11号新型运载火箭的发动机壳体。”见记者觉得不可思议，江北公司研发中心副主任尹建华解释，碳纤维密度低、强度高、模量高、耐腐蚀、耐高温。这一材料的国产化与应用，是航天领域技术创新的重要成果之一。应用这一新材料，可以使火箭发动机壳体减重四成，同时保证了发动机在火箭飞行过程中能长时间承受内部高温、高压等极端挑战。

尹建华介绍，以往火箭发动机壳体多用金属材料制造，工艺成熟但重量较大。早在2022年底，“快舟11号”全箭主体结构就首次采用碳纤维复合材料，并且实现了国产替代。

细如丝，且柔软，碳纤维是如何“变身”的呢？研发人员通过视频向记者展示这个过程：在制造车间，从机器一端伸出来的碳纤维，像“缠毛线球”一般，一圈一圈被缠绕在圆筒状的火箭发动机壳体上。



看起来“细如丝”的线，竟然是制造火箭的材料之一。

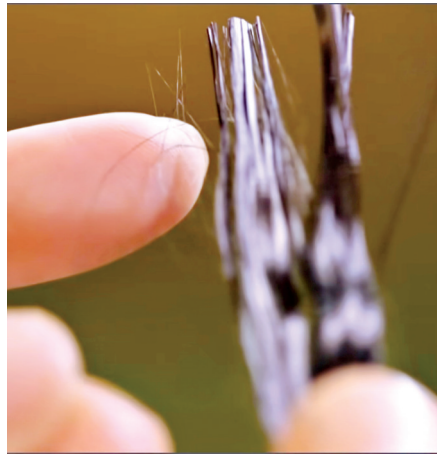
“缠毛线球”也有严格的技术要求。尹建华介绍，碳纤维材料的缠绕工艺极为讲究，先斜着绕形成经纬纵横的编织效果，再平铺着绕，最大程度保证缠绕的紧致。“每一条走线都不能重复，否则会造成某个局部变厚，影响外壳的尺寸和平整度，导致发动机壳体重量分布不均，对火箭飞行稳定性造成影响。而且每一层都要涂上胶液，让纤维丝层层紧密粘合在一起。”

如此循环三四十层，耗时十余天，一个数米直径的壳体才能完工。而后，再进行固化、脱模等工序，最终变身为火箭发动机壳体，小到保障内部装载的燃料安全，大到保障火箭飞行成功以及运载的卫星的安全。

不仅轻量化，碳纤维材料在承受极端载荷时也表现出了惊人的强度。实验室里，研发人员拿碳纤维和高强度钢制成的两种样品“PK”，结果显示，高强度钢的受力为1705兆帕，就是得用5.2吨的力才能把这个样品拉断，而碳纤维的承压强度达到2630兆帕。

尹建华说，将新材料应用到火箭发动机制造领域，业内前沿技术可借鉴的经验不多，必须靠自主摸索研发。这里面，缠绕的工艺流程、起粘合作用的耐高温材料等研发应用都是新课题，需要一项项突破。

“我们正朝着热塑性碳纤维复合材料缠绕技术的成熟应用全力进发。”他介绍，目前，研发团队正致力于热塑性



通讯员供图

碳纤维复合材料缠绕技术研究，通过提高树脂浸润的精确度和可控性，减少人工干预，提升非金属材料产品质量的一致性及可靠性。

这项技术革新一旦完全成熟，在缠绕过程中可实现原位固化，生产效率将大幅提高。也就是，使现在的火箭发动机固化时间从传统方法的半个月至一个月缩短至几天。同时，还能在生产过程中显著减少能源消耗和废弃物产生，为航天制造业的绿色转型提供了可行路径。

“通过对非金属材料制造、工艺技术等的不断突破，未来，轻盈的发动机会更进一步地为固体运载火箭运力提升赋能。”尹建华信心满满。

记者汪甦 通讯员陈诚 张博宁



武汉晚报讯（记者张衡 通讯员李博灿 实习生黄晨曦）一个建设中的钢结构桥梁智能生产线项目，将把焊工们从高温、噪声、粉尘环境及飞溅灼伤风险中解放出来，机器人“造桥”或成为现实。

总投资5亿元的这个项目位于蔡甸区中法生态城的中建钢构武汉公司，其中包括一条智能化板单元生产线、三条数字化桥梁总装生产线及相关配套。

该项目负责人曹靳表示，项目建成后将成为中建集团技术最先进、智能化水平最高的钢结构桥梁加工制造基地。2025年达产后，武汉公司的钢结构桥梁产能达到年产能10万吨。

中建钢构武汉公司先后参与建设国家存储器基地、武汉天河机场T3航站楼、深圳国际会展中心以及马来西亚标志塔、巴基斯坦NIIA机场等“一带一

路”标志性工程。

“我们依托集团研究院自主研发出一套智能制造大数据管理平台。”曹靳介绍，工厂内将设置安装95枚智能传感器，对关键数据进行采集并应用，为制造过程提供决策优化。

“未来，工作人员坐在电脑前，轻点鼠标，就能远程操控91套智能设备。”曹靳说。

当前，国家大力推广装配式建筑，钢结构桥梁等绿色交通基础建设进入大力推广期。相较于传统混凝土结构桥梁，钢结构桥梁具有强度高、自重轻、

绿色环保、施工周期短等优势。

“不同于建筑钢结构，桥梁钢结构构件标准化、系列化程度高。”曹靳以建设中的燕矶长江大桥引桥为例：该大桥引桥主要由723节钢箱梁、闭口式组合梁、开口式组合梁等3种构件组成，3种构件制造工艺是一致的，具备智能化设备大批量生产的条件。“25公里引桥和1.86公里主桥，钢结构总量约9.5万吨。”曹靳说，这些桥梁钢结构从工厂运抵施工地后，可像“拼积木”一样现场拼装。

“桥梁智能生产线建成后，操作人

员只用在电脑上输入构件的长、宽、厚度等信息。一键启动，机器人不仅能自动识别构件焊缝的起始位置，还能自动匹配参数，全程自动焊接，24小时连续工作不歇息。”曹靳说。

“机器人参与桥梁建设中的部分焊接工序，并不意味着焊工职业将被机器人取代，优秀焊工依旧是宝贵财富。”全国五一劳动奖章获得者、荆楚工匠李云飞认为，优秀焊工的技能经验可为机器人设定姿态、轨迹等参数，成为指挥焊接机器人的“最强大脑”，从而实现高质量焊接。

中建钢构在汉建桥梁智能生产线 机器人造桥或成为现实

做强都市圈“硬联通” 燕矶长江大桥主塔封顶

武汉晚报讯（特派记者汪文汉 通讯员刘佩娅 王洪松 张栋）7月14日11时28分，世界最大跨度四主缆体系悬索桥——燕矶长江大桥北岸主塔封顶。

燕矶长江大桥由湖北交投投资、中铁大桥局承建。主塔封顶后，项目将转入主缆施工阶段。

燕矶长江大桥连接黄冈市黄州区（北岸）与鄂州市鄂城区（南岸），位于鄂黄长江大桥下游6.5公里处，是鄂黄第二过江通道的重要组成部分，上层设计为高速公路，下层为城市快速路。

该桥是湖北国际物流核心枢纽（花湖国际机场）的综合配套工程，采用双

塔单跨设计并一跨过江，大桥主跨1860米。

中铁大桥局燕矶长江大桥项目部总工程师李陆平说，燕矶长江大桥离鄂州花湖机场仅5公里，受通航和航空限高影响，大桥北侧主塔仅设计为195米，比一般同跨度悬索桥桥塔低60余米。巨大的跨度配上相对低矮的主塔，这就要求塔柱必须足够“粗壮”才能承受住巨大的压力。一般来说，国内混凝土桥塔内壁厚度为1.5米至2米，而燕矶长江大桥北侧主塔标准段截面壁厚达到3.2米至4.25米。

记者现场看到，燕矶长江大桥有两个主塔，但和一般长江大桥不同，其南

北侧主塔并不都在水中。中铁大桥局燕矶长江大桥副总工胡腾飞解释：“南侧主塔为避开地震断裂带，设在岸上。”

作为鄂州国际物流核心枢纽的综合配套工程，燕矶长江大桥是鄂东空铁、空陆联运立体交通运输体系的重要过江通道，也是推动黄冈、鄂州、黄石三市跨江联动开发，促进三市一体化发展的关键工程。

项目建成后，黄冈到鄂州花湖机场车程仅需15分钟，对于打造临空经济区、拉开航空都市区发展框架，拉动区域经济快速增长，完善湖北省高速公路网和过江通道布局，推动武鄂黄一体化高质量发展具有重要意义。



按照计划，燕矶长江大桥将于2026年12月通车。 通讯员张顺 摄