

自动化领跑航空复合材料的应用

Automation is Leading the Application of Aeronautical Composites

中国航空工业发展研究中心 陈亚莉



陈亚莉

中国航空工业发展研究中心研究员。长期从事航空材料情报研究工作，曾获先进国防科技情报工作者等称号。

随着复合材料在航空工业应用的增长，复合材料零部件及结构应用自动化也将随之扩展。《复合材料市场报告》的工业分析师 Chirs Red 指出，今后 10 年内用自动化制造技术生产的航空结构量将大幅度上升。他的结论是根据对自动化机床市场的分析得出的。他分析了诸如自动化纤维铺放 (AFP) 以及自动化铺带

随着复合材料在航空工业应用的增长，复合材料零部件及结构应用自动化也将随之扩展。《复合材料市场报告》的工业分析师 Chirs Red 指出，今后 10 年内用自动化制造技术生产的航空结构量将大幅度上升。

技术的情况。

他说：“保守地说，市场数据表明，用 AFP 或 ATL 制造的航空结构总量目前小于 20%，但在今后 10 年，我估计这一数据将大致翻一番，达到 40%。”这类机器将占复合材料结构份额的相当大一部分。估计复合材料结构份额将从 2010 年的 108640kg 增长到 2015 年的 635040~680400kg。推动这一增长的有力推手也许是大量使用复合材料的民机波音 787 和 A350，同时还有洛克希德的 F-35。Red 说，大约在 2015 年，波音 787 及 A350 将开始高速生产，需要有庞大的生产能力。

迄今为止，生产率的提高使自动化得到广泛认可，在铺层效率上，这些自动化机器将手工铺层的 0.9kg/h 提高了大约一个数量级。

人为误差与变数的影响

除了效率外，推动自动化还有其他的因素，根据古德里奇航空结构公司的业务及产品策略副总裁罗杰斯的看法，其中重要的两个重要因素是人工工效学及稳定性。他认为波音 787 及 A350XWB 改变了复合材料的格局。这两个产品极大地推动了复合材料的应用，不只用作像飞行控制面之类的小件，而是推动了复合材料用于制造整个飞机。使复合材料的成本随着用量的增加而降低。在这方面，自动化的出现功不可没，自动化避免了工艺的人为因素及不稳定性。

对比说明最好的例子莫过于古德里奇公司的 Ingersol 机床公司 (IMT) 提供的 AFP 机器铺放波音

787 及 A30XWB 用的发动机短舱。该发动机的反推力装置属大结构,尺寸超过 3m×3m,过去用手工铺,工人要在织物上依靠手脚爬行,这对工人及工件很不利。

为满足波音 787 的高生产率,减少工艺变数也很重要。过去将反推力装置的两个半部装配到发动机上一度长达数月,而根据波音 787 要求只能在数小时内完成。要满足这一时间要求,必须要求产品的变数小,很稳定,要确保每一产品一样才能取消夹具或将其减到最少。而自动化可以提供这种至关重要的产品稳定性。

生产率的提高

提高生产效率仍然是重要的。根据 IMT 公司的报道,过去几年生产率得到加速推进,2007 年,该公司机器的生产率约为 3.4kg/h。通过技术改进,到 2008 年初,铺放率达到 14.4kg/h,同年末增加到 20.9kg/h。IMT 公司的最新铺放机 MongooseVI 立式铺放机,有一可自动变换的组件,是公司引以为豪的筒子架式铺放机。

自动质量检验控制系统用一具有专利权的扫描器及摄像机组合装置,用于铺放时对表面进行检验并与存储的 CAD 数据进行对比。如有问题,例如出现纤维断裂,系统即向操作人员发出警报,进行校正。而目前铺层只有操作人员及质量检验员的目视检查,而该公司的完全一体化的检验系统可以实时识别每一道铺层的均一性以及差异。其中半数问题可以通过机器自身矫正。因此,虽然 IMT 公司提高 500%,但检验及返工占了生产周期的 30%。

上述复合材料市场报告对检验及返工进行了展望。民机典型复合材料结构包括检验在内成本为 507~606 美元/kg,其中只有 102~154 美元/kg 是复合材料增强体,机器的成本更小,而大约 220 美元/kg 为检验及后续工作费用。航空结构成本

大约 33%~50% 与手工检验及后续的缺陷检验有关。

铺放机的进步

提升现用机器也是供应商另一个重点工作。复合材料结构制造机属于技术不断演进的领域,据 MAG 公司称 2000 年出厂机器的控制技术目前已显著改进。例如肖特公司与 MAG 公司签订合同提升 MAG 制造的 Charger 复合材料自动铺放机包括新的控制软硬件,新的控制系统。这种新的控制可以更快处理数据以及以不同方式将数据分类,以便加快处理及控制速度。此举将提高铺带机的能力,有可能将潜在的运行周期缩短 10%~15%。也可能采用新的机械,该机械可使其在 150mm~305mm 带宽之间进行转换时,转换时间减少 50%,加快铺带速度。

生产效率是重要的,因此机器与工件的正确匹配至关重要。这一点可与金属切削业相比较。后者在 175 年的历史中,机床分为两大基本类型:卧式及立式机床,每类又分多种型别,复合材料也将是这一趋势。

许多公司想买的机床可以在制造波音 787、A350、JSF 以及民用公务机等机种上有通用灵活性。IMT 公司目前可提供这样的机器。不过随着时间的推移,机床工业有可能为 2 级供应商服务。这种 2 级供应商只想制造单一的零部件,如公务机的机身,而且是它唯一要制造的产品,这些供应商对 787 机身用的大型铺带机不感兴趣,他们需要的机器种类减少而相对集中,很像小型的切削中心。预计这种机器将有大的发展。

可靠性与小件铺放

复合材料制造开发商 ATK 的总裁称:一般来说,我们需要运行可靠稳定的自动化铺带机及纤维铺放机,它有助于改善铺层效率,机器的总的速度并不像机器简单及运转可靠那

样关键。关键是与材料的匹配性,机器要能加工不同黏度水平、不同厚度以及不同预浸水平的材料。

目前,复合材料铺层机器工业的重点一直放在所谓的大面积零部件铺层的自动化,即蒙皮及壳体的铺层设备上,但在许多情况下,结构重量及成本一半以上是加强筋零件而不是蒙皮。作为铺层机械工业,大量工作放在蒙皮及壳体件的自动化而不是结构的加强筋上,为解决这一问题,ATK 公司的开发重点放在长的整体化机身、机翼及整流罩应用的增加,这些结构中的加强筋也变得足够大,可以算作大面积复合材料件。因此,复合材料自动化未来将包括更多的混合工艺,即 AFP、ASF、ATL 的组合。RTM 以及 RFI 的增强体铺层工艺的自动化也是这样的混合工艺。

对于生产批量小、工艺复杂的航空工厂来说,采用工业机器人可代替人工铺层,而生产率高、成本低。在机器人中,快速控制器以及小的马达可能有更多的运动轴,从而使机器人的臂做更多需人工完成的工作。

预计 MAG 公司今年晚些时候将宣布一种基于机器人的自动化纤维铺放机,它是针对匹配良好的 AFP 设计的。这种机器虽然相对于典型的多轴机器有不足之处,但在某些场合将来一定有其用武之地。目前这方面的解决方案可能被大材小用。

德国 Aerotec 公司已开发一种自动化的碳纤维复合材料铺放系统以及自行加热预成形及固化系统。其方法是机器人铺放装置用一真空杯来支承材料,用一种特殊的塑料泡沫来铺敷,泡沫根据不同的材料类型(干态层合板或预浸料)进行剪裁。公司已对三维体件(如复杂的 C 型梁或薄壳的加强件)的铺敷进行了验证。自动化的铺敷系统与自行加热成形及固化系统相结合,可缩短周期 16% 及节省大量能源。

(责编 岭雾 晓立)