

未了的传奇：波音747预计两年后停产

张聚恩

近日，从《每日航空新闻》读到一则关于波音公司747飞机的新消息。据彭博社报道，波音747将在两年后停产。结局令人遗憾，却并不意外。而随后，波音公司回应称，订单足以支撑两年以上，会做出相应调整，以保证“健康的生产线和客户需求的满足”。

波音747飞机自1968年投产，如果2022年停产，其生产的时间跨度将达到54年。而当初从波音747手中夺走世界最大客机桂冠的空客公司的A380已确定明年停产，其延续时间为18年（2003~2021年），是波音747的三分之一，现累计生产量242架，达不到盈亏平衡点，商业失败已成定局。

相比而言，波音747是个技术与商业都很成功的项目，尤其是它的客货并举的构型与开发路线，更使其生命期得以延长。现在说到的两年后停产，应该是包括货机的，这还要看波音747-8F货机的终极表现。波音747-8是洲际客机，2012年推向市场，累计订单47架，两年前已经完成交付，无新订单。波音747-8F是货机，2011年开始交付，累计订货106架，已交付90架，待交付16架。

波音747的退出，同空客A380退出的本质原因是一样的，就是随着技术的进步，特别是发动机的进步，四发飞机的劣势尽显，航空公司转向更高效的两发远程新机。这是大势所趋，是民航市场特点及商业属性决定的。所以，尽管波音公司发表略显乐观的回应，也只是因为货机交付尚在进行中，可能还会延续一段时间，但波音747停产是无可挽回的结局。只是，有些伤感的是，如这则新闻所说，

“那时的天空会显得有点空旷”。

关于波音747，还有两点谬传，第一，说747是在波音公司同洛克希德竞争C-5军用运输机失败后，转而将其设计用以开发747。第二，说波音747是双层客机。以上两点都是不正确的。在波音747总设计师乔·萨特的回忆录《未了的传奇》里提到C-5和波音747的关系：媒体不时引用波



音公司利用输掉合同的C-5军用运输机加以改进就成了商用747飞机的说法，但是这种说法虽然合乎逻辑，却是错误的。事实上，波音747采用了全新的设计，且与C-5没有丝毫关系，波音747也不是双层客机，而是单层客机。

1965年，波音公司在C-5军用运输机的竞争中踌躇满志，意在必得。但10月底传来的消息，输给洛克希德了。而这时，波音747的准备已经平行进行了数月，乔·萨特奉命组建的大飞机研究小组，已就波音747的总体方案做了许多工作。由于波音和泛美航空公司的特殊商业关系，也由于两个公司的两位传奇掌门人比尔·艾伦和胡安·特里普的友情、远见以及颇具冒险色彩的决断，波音747在一个很艰难的情势下启动了。

乔·萨特本人从未进过军机部门，团队成员的主体亦非C-5项目的参与者。那时，双层布局的概念深入人心。参与C-5竞标的双方都采用双层长舱方案，下层舱用于运输大型车辆、重型装备等物资，上层舱则用于运输兵员。而波音747选择了一套与C-5完全不同的布局方案。乔·萨特基于对泛美航空对大飞机需求的真正

理解，创新性地提出宽体单层双通道概念及客货两型同时开发的思路，设计出全新的布局方案，并成功地说服泛美航空公司，改变其“双层”初衷，转而接受“单层”构型。

为了满足货运型要求，机身前端采用了凸起的“驼峰外形”，即把驾驶舱提升，不与客舱同高，以便增设可开启的机头货舱门。铰接在机身上的机头能向一侧打开，货物经由此门可直接装入货舱。出于空气动力学的考虑，在凸起的驾驶舱后面，添加了整流罩。为了充分利用整流罩下面的上层空间，在改型发展波音747-400时，将其延长，扩为可容纳约40个座位的商务舱。这大概是人们谬传波音747是双层客机的由来，但这是与“双层长舱”迥然有别的全新设计。对此，乔·萨特解释道：“它拥

有一个单层、宽敞的双通道客舱，而不是上下两层的狭窄的客舱”。他写道：“在决定采用单层舱的设计方案后，设计一款大型运输机的工作忽然变得易如反掌。货运容量及装载方式、乘客登机及离机、客舱运行环境、空中服务，以及紧急情况下乘客的逃生问题都变得简单起来”。他还特意写道：“在我看来，即使是波音公司内部，也未必能完全理解或欣赏我这个项目组所取得的成就”，“我希望这本书能够帮助大家真正理解这件事的意义。

当然，波音747成功的另一重要因素，是得益于高涵道比涡扇发动机的使用。普惠公司承担了这项任务，克服了许多困难，将单台推力从为波音707配套发动机的约7000千克力，一举提高到18000千克力。而发动机的研发是因C-5的竞争而先于波音747提出和启动的，这成为“参与美国空军C-5项目的竞争对波音747唯一的贡献”。波音747成为航空史上第一款采用高涵道比涡扇发动机的民用客机。从它开始，这成了标配。波音747的成功也再次证明，航空发动机对于先进航空器的重大作用。

首例宽体双通道客机以及客货型比翼齐飞的波音747，堪称传世名机，其正确的产品定义与构型是成功的基础。自1970年投入服务，到空客A380出现前，它保持单机载客量最大的世界纪录长达37年。货运型则承担了世界航空货运的一半。而在第一代宽体机中，从一开始，就按洲际飞行的航程要求，设计成客运、货运两型的，唯有波音747独有的一款。它的客货两型并发之策，它的商业成功的实践，值得我们细细品味。（本文作者系航空工业科技委顾问）

巴航工业交付首架“飞鸿”300E公务机

巴西航空工业公司6月30日宣布，当日在佛罗里达州墨尔本巴西航空工业公司全球客户中心举行交付仪式，正式向德克萨斯州律师事务所交付首架新型增强型“飞鸿”300E公务机。

据悉，该架增强型“飞鸿”300E公务机拥有许多技术改进，包括加装冲出跑道感知和警报系统（ROAAS）、风切变预测、紧急下降模式、PERF、TOLD和FAA数据网络等。“飞鸿”300E公务机还通过Gogo AVANCE L5实现4G连接，飞行速度能达到0.8马赫。

“飞鸿”300系列公务机目前已在30多个国家运营，累计飞行时间超过100万小时。（彩林）

迪拜立法推动城市无人机运行体系发展

迪拜近日颁布了一部规范无人机运行的法律，为公共机构或私人机构提供政府许可，以支持其开展包括城市空运及无人机物流等在内的相关业务。

该法律由阿联酋副总统、总理兼迪拜酋长谢赫·穆罕默德签署，将支撑阿联酋“天空穹顶”项目，通过微型机场与停机坪等基础设置，打造城市天空互联。本次立法推动了迪拜无人机运行综合法规框架的发展。（穆作栋）



复合材料4.0——开启自适应生产的数字化转型

阴鸣艳

复合材料4.0是工业4.0宇宙中的一个小程序。工业4.0是推动产品的设计、生产、交付、操作、维护和退役的数字化转型，复合材料4.0的目标则是使用自动化、传感器、5G通信、软件以及其他不断发展的数字技术，使复合材料产品制造流程更高效、更智能、更具适应性。如今，复合材料制造商正致力于这种数字化转型，不仅开展工艺优化和在线检测研究，还积极寻求更先进的解决方案以实现智能化、自主化的生产，这不仅是敏捷的，而且能够响应甚至预测不断变化的市场和客户需求。

复合材料4.0典型案例

1. 自适应成型工艺链——iComposite 4.0

2016年初，由德国亚琛大学轻量化集成生产中心（AZL）牵头的iComposite 4.0项目正式推出，旨在打造低成本批量生产纤维增强复合材料零部件的理想解决方案。

iComposite 4.0采用的工艺方法是在喷射干燥的长玻璃纤维（25-30毫米）后通过自动纤维铺放（AFP）进行单向（UD）碳纤维网络加固，进而从具有成本效益的粗纱和丝束中完成预成型。项目使用了来自AZL的机器视觉系统，该系统的光学激光传感器和摄像头模块可以描述喷射预成型后的表面拓扑并分析各个方向的纤维百分比，通过与CAD模型进行比对判断是否可以进行加固或需在某处补充额外的纤维。

添加额外的纤维层可能会导致零件厚度和几何形状超过公差，因此，该

项目将预成型过程与适应性RTM工艺相结合，在必要时可以通过增加特定部位的压力来调整零件厚度。相关工艺过程和每种零件变化对应的补偿算法都被存储在数据库中，并通过有限元分析对其进行了验证。因此，对于生产线上测得的零件变化，会有对应算法指导其执行适当的补偿措施。为了使生产线能够原位自适应，项目将在下一步增加机器学习算法。

2. 零缺陷智能化在线检测——ZAero

ZAero项目是复合材料4.0的另一个关键项目，于2016年启动。该项目的目标是实现早期的缺陷识别、工艺控制和返工决策，使生产速度提高15%，生产成本降低15%~20%，并减少50%的浪费。在预浸料或干纤维自动铺放过程中，可以通过自动在线检测来减少缺陷。传感器收集的工艺参数和缺陷数据与有限元分析相结合后，可以对零件性能进行分析预测，最后将结果输入决策支持工具中以妥善解决检测到的缺陷。另一方面，通过监控树脂灌注或预浸料固化过程可以预测固化状态，缩短固化周期。

在2019年9月的最终审查中，由项目负责人Profactor开发的预浸料AFP传感器不仅实现了自动化在线检测，而且还可以用于现场校正零件。该传感器可以检测标准缺陷，例如同隙、重叠、异物、起球疵、扭丝，以及每条丝束的早剪和晚剪等。检测到丝束缺失时可以将新的丝束精准放置在对应位置来自动纠正，但是去除起球疵或扭曲的丝束时必须停止设备。

Profactor使用了达索系统CATIA构建的数据库，可以根据缺陷的大小、形状和类型来计算缺陷对零件性能的影响。通常，处理一层中的所有缺陷仅需几秒钟，然后由操作员决定哪些缺陷可以保留，哪些必须返工。

对于灌注过程的监控，空客公司通过子公司InFactory开发了三类传感器，用于测量温度、固化状态和树脂流动前段。目前，这些传感器已经与CATIA集成在一起，结果显示传感



器的数据可以被可靠地获取并添加到每个零件的数字线索中。

除了建立缺陷数据库，ZAero还进行了机器学习实验。通过将手动设计生成的计算机模型与深度神经网络相结合，可以对不同缺陷的检测和分类达到95%的正确率。

3. AI加持的自动化生产线——PROTECNSR

德国航空航天中心轻量化生产技术中心（ZLP）开发了结合人工智能（AI）的CFRP结构自动化生产工作单元。目前，PROTECNSR生产线的设

展，目标是实现可自我配置、校正和优化，满足尺寸的可扩展性和复杂性。这种由人工智能驱动的自动化是未来智能复合材料制造4.0工厂的基础之一。

灵活、智能的系统数字结构包括CAD模型、工艺过程定义模块、仿真模块、制造执行模块、传感器、数据注释软件以及数据库。在工艺过程中对数据进行实时收集，通过元数据注释并自动反馈到数据库中的数据构成了工艺过程数字孪生的基础。安装了这些模块后，只需按下开关生产线就可以自主运行。机器人从CAD模型、生产计划和摄像头中推断出接下来要加工的工作。这些协作机器人可以根据生产计划确定所有工序的开始/结束路径以及完成时间，每条路径都自动实时定义且不会发生碰撞。如果更改CAD模型或工艺过程定义，机器人将自动进行调整，而无需任何额外的教学工作。

4. 闭环的树脂浸取调控——Dy nexa数字化转型初尝试

数字化与数字化转型是有区别的。数字化转型实际上改变了企业背后的流程，并开启了新的机遇和商业模式。Dy nexa是一家专业生产CFRP管轴的复合材料零件制造商。在德国政府设立了为中小企业提供免费工业4.0咨询项目后，Dy nexa开始与达姆施塔特SME 4.0技术中心合作。

Dy nexa的管轴制造采用的是湿法缠绕工艺，其关键步骤是树脂的浸取。传统的工艺是干纤维缠绕在压实辊上

从烟囱式向集群化管理

——航空工业制造院安全服务器虚拟化为信息化建设赋能

本报通讯员 钟佳涛

今年4月，航空工业制造院办公网络及虚拟化基础设施建设，历经方案论证、测试、实施和上线等系列步骤后，如期完成现场风险评估。这是制造院工业互联网新型基础设施建设规划的重要组成部分，更是制造院信息系统建设与管理向自动化、智能化迈进的重要成果。

起点： IT基础设施运行管理的问题

在安全服务器虚拟化基础设施建设启动前，制造院信息化建设以型号项目驱动为主，信息化基础设施的规划和建设按照型号任务的固定资产投资批次建设，最终建成了“烟囱式”的基础设施。

这些“烟囱式”基础设施，每台设备都有自己的实体硬件资源，系统运行相互独立，是一座座资源孤岛，无法共享信息。随着时间推移，诸多管理问题显现，如服务器经年累月长时间开机，“不敢关机”直至硬件故障，无法继续提供服务；部署安全产品或执行补丁更新等关键操作时，一旦出现“蓝屏”则无法撤消甚至重新安装系统。这些问题，影响了制造院信息化设备的运维效率和质量。

探路： 虚拟化技术测试与应用

服务器虚拟化是把一个实体服务器分割成多个小的虚拟化服务器，将服务器的物理资源抽象成逻辑资源，让一台服务器变成多台相互隔离的虚拟服务器，不再受限于物理界限，让CPU、内存、磁盘、I/O等硬件变成了可以动态管理的“资源池”，从而提高资源的利用率，简化系统管理，实现服务器整合，实现集群化管理。

这些优点，让“烟囱式”基础设施的很多问题迎刃而解，能大幅提升管理能力。早在2015年，航空工业集团公司就作为安全虚拟化试点单位，开展了技术与政策相关的验证工作，但由于试点阶段相关标准法规尚未正式颁布，同时也会导致当前基础设施的网络、安全域和安全防护策略等进行较大规模的调整，个别情况下会使应用系统间隙性中断。

2017年，国家虚拟化相关标准颁布，制造院快马加鞭，进行充分调研论证，并专门组建了产品技术验证小组，熟悉虚拟化技术与产品功能，对照《BMB29-2017》要求，

制定兼具合理性和可行性的实施方案。

由于资源有限，制造院前期仅搭建了金航数码安全服务器虚拟化系统单管理节点的混合模式。这种模式，虽然能满足绝大多数操作要求，但对于集群高可用功能、虚拟机迁移等功能无法进行验证；虽可实现三网分离，但无法确保交换机设备物理分开后的最优经济性，也遇到了安全产品与宿主机通信等问题。

经过反复测试，随着对相关标准和产品功能理解的不断深入，发现应该建立带存储的完整的多机集群，这样才能更好地验证虚拟化产品的完整功能。制造院随即开展并完成了多机集群的建设工作。

冲刺： 测评过程一波三折

2020年，制造院虽已建成多机集群的安全服务器虚拟化基础设施，但由于虚拟化相关测评标准颁布与宣贯因素影响，制造院信息系统风险评估申请一再延期。

虽然制定了备用方案，但突如其来的新冠肺炎疫情，使得原本就不确定的风评时间变得更加难以预期。

经过反复研究与沟通，航空工业测评实验室克服疫情防控的困难，如期进行评估。专家团队凭借着对《BMB 22.1-2019》标准的准确把握和对安全服务器虚拟化产品功能架构的深入了解，仅用5个工作日就圆满完成评估。采用服务器虚拟化技术的设备正式投入使用后，不仅能大幅提高硬件的利用率，减少重复投资，同时可以改变传统的分散运维模式，无需额外的运维平台即可实现集中监控与集中运维，将为制造院的数字化转型、工业互联网落地建设提供重要的基础支撑。

思考： 从虚拟化技术应用再出发

在服务器虚拟化技术应用研究的基础上，制造院还梳理了数字化转型过程中的各项需求，进一步探索容器技术、微服务等先进、灵活的业务系统构建模式，逐步优化制造院信息化基础设施的能力。

未来，制造院将逐步将虚拟化基础设施人机交互的半自动化运维模式向着IT4IT的全自动化闭环运维模式演进，进一步解放生产力，提升管理效能。用新技术充实工业互联网体系的建设，不断提升信息化治理能力，为制造院的高质量发展保驾护航。

处理热固性预浸料的，该方法还可以扩展到其他生产线，例如SABIC特种业务部门开发的大批量热塑性复合材料（TPC）生产线。从长远来看，扩展随需变更的门户可以收集分布在多个公司和地区的复合材料零件生产能力。

德国亚琛AZL也在追求这一目标，其超高速固化成型机可以在不到5秒的时间内生产多层TPC层压板。该公司的愿景是提供支持在线平台的可扩展生产线，生产线由多个工作站组成，每个工作站都有多台AFP设备。在确认客户输入的需求后，AFP设备能够彼此通信并组织生产，实现定制复合材料的完全智能生产。

机遇与挑战

复合材料4.0的意义不仅仅是提高效率 and 降低成本，它是企业思考如何改变生产模式的机遇。面对各行业变得越来越分散的市场，提供新的在线生态系统可以使整个供应链更具竞争力。除了物料和资产跟踪、协作机器人、高级工艺流程链等因素外，对本体的需求不可忽略，也就是数字通信和数据交换的术语和通用协议。

对于庞大的全球供应商网络，只有具有相同的标准要求才能作为数字化供应链运作。对于大多数为飞机制造商（如空客和波音）服务的中小型供应商，如果缺乏关于通用标准的讨论，他们便很可能无法负担所有机器的两组不同标准，包括文档、评估数据、网络安全等。德国航空航天中心（DLR）和欧洲航空安全局（EASA）等航空航天公司和组织正在努力探索如何使用数字孪生和交互式材料数据库来减少每个航空航天公司现在正在单独开发的数据量。