

德温特航空提出混合涡扇发动机新概念

Derwent Aviation Unveils Hybrid Turbofan Concept

■ 廖忠权/中国航发研究院

英国德温特航空 (Derwent Aviation) 公司提出了一种混合涡扇发动机概念, 作为当前常规涡扇发动机和未来分布式混合电推进发动机的过渡解决方案。通过采用创新的双驱动增压器 (DDB), 在不改动发动机结构的基础上, 使发动机比当前的 Leap 发动机和 PW1100G 发动机油耗更低, 并显著降低 NO_x 排放。

目前大家所熟知的齿轮传动风扇 (GTF) 发动机, 是由低压涡轮轴驱动一个减速齿轮箱, 齿轮箱连接风扇轴驱动风扇。而 2010 年成立的德温特航空提出一种双驱动增压器 (Dual-Drive Booster, DDB) 概念, 其工作原理与 GTF 完全不同, 可以作为当前常规涡扇发动机和未来分布式混合电推进发动机的过渡解决方案。

DDB 工作原理

根据德温特航空的设计, DDB 齿轮箱被安置在常规涡扇发动机的高压压气机和低压压气机之间, 由发动机高压涡轮轴驱动行星齿轮箱的太阳轮, 低压涡轮轴驱动行星轮, 行星轮驱动一个外围环绕的环形齿轮, 环形齿轮通过一根轴驱动前面的低压压气机和风扇。据称, 采用这种结构可使低压压气机的转速比传统双轴发动机的低压压气机转速更高, 从而提高总压比和效率。

德温特航空的工程顾问罗布·赛利克 (Rob Sellick) 称: “DDB 齿轮箱被视为一个平均 (或速度求和) 变速箱, 三根轴中任何一根轴的转速都是其他两根轴的速度的平均值

或平均值的固定倍数”。低压压气机以高压涡轮轴和低压涡轮轴之间的平均速度运行。高压涡轮轴在起飞和慢速的速度比约为 2 : 1, 低压涡轮轴的起飞和慢速比约为 5 : 1, 低压压气机的起飞和慢速比为 3 : 1。

DDB 结构还可以与电动机/发电机集成。如果需要集成, 可将电动机/发电机安装在 DDB 齿轮箱前面的压气机轴里, 可从发动机提取电力或给发动机提供电力, 从而显著提高发动机的效率。内置电动机/发电机的架构将取消发动机外部附件

齿轮箱。德温特航空的设计人员表示, 低压压气机区域的热环境不像在其他位置那么恶劣。至于其他一些需要方便修理的元器件, 如电力电子元件, 仍然可以置于机匣外部。赛利克表示, “低压压气机的速度范围也更适合于为电力系统输出功率”。

如果在一台经过适应性改进的 Leap 发动机上加上一台兆瓦级电动机/发电机和 DDB 变速箱, 以及相应的电池, 形成混合电力发动机, 将使得发动机核心尺寸减小, 进而降低油耗,



(a) 从前往后看



(b) 从后往前看

DDB 齿轮箱

电池技术的进步也将发挥作用。

据德温特航空预估，与目前A320neo和737MAX采用的Leap发动机，以及A320neo采用的GTF发动机PW1100G相比，在1800km航程上，其油耗可以降低4%，而NO_x排放则可以降低50%。在发动机起飞阶段，亦可使发动机油耗降低4%，NO_x排放降低50%。虽然增加电池必定会影响发动机的总质量，但发动机在起飞状态时，电池提供的电力可以减少燃气涡轮提供的推力，从而降低涡轮进口温度。赛利克对此表示，“虽然这只在一定程度上降低了油耗，但却显著降低了NO_x排放。”德温特航空首席执行官查尔斯·卡丁顿（Charles Cuddington）表示：“可以在压气机中加入一个嵌入式电动机/发电机，从发动机中提取大量电力，也可以为发动机输入电力，而不必大改涡扇发动机的控制，这为A320和737装备混合电推进发动机提供了可能，同时也带来了低排放的所有优点。”

应用目标

赛利克在谈及开发DDB结构的初衷时表示，“很多人都说我们正处于电

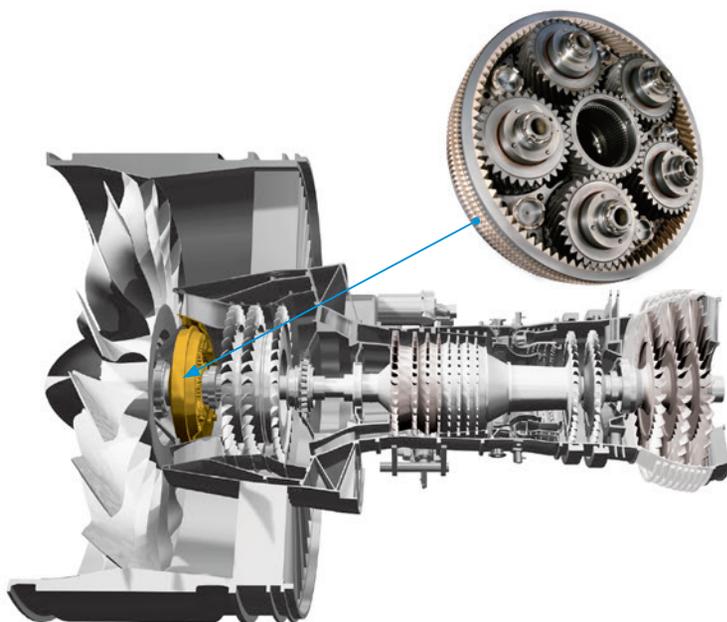
动发动机革命的前夜，但现实是，电池技术、电机尺寸和热管理仍存在一些根本性的限制。”德温特航空工程顾问特雷弗·斯皮克（Trevor Speak）也表示，“我们把DDB视为今天飞机和发动机所处技术水平与未来那些采用分布式电驱动风扇的飞机设计概念的过渡产品”，“DDB是一种过渡解决方案，它并没有真正大改目前飞机和发动机的结构，它只是改变了发动机低压压气机周

围的结构。我们认为这种结构将比那些更新颖的架构能更快地应用到工程上”。

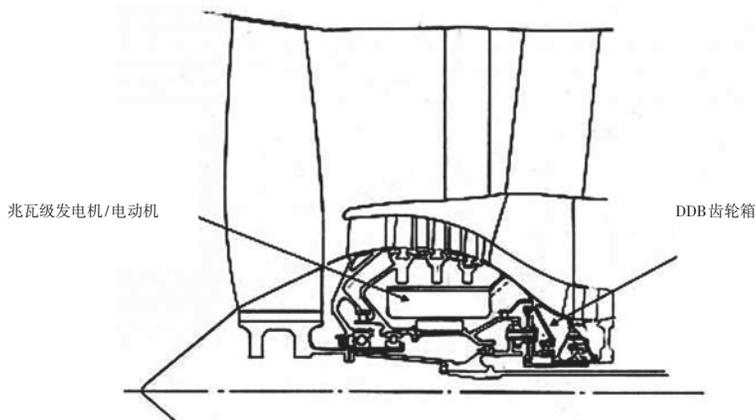
德温特航空开发DDB的应用目标是单通道干线客机，因为单通道干线客机机身较小，限制了它使用比目前更高涵道比的涡扇发动机，而DDB可在不大改发动机结构的基础上，实现降低油耗和排放的目的。德温特航空与英国和德国的大学专家合作，证明了DDB概念的机械和性能可行性，并获得了多项专利。卡丁顿对此表示：“现在，我们正试图以一种有意义的方式引起一些发动机制造商的注意，让他们能留意到这种发动机结构，以便在不久的将来被采用。”他解释说，“我们只是在商业领域研究如何让飞机更好地分配电能，但这给了发动机全新的设计自由度。”

航空动力

（廖忠权，中国航发研究院，高级工程师，主要从事航空发动机前沿技术探索和产业发展研究。）



美国普惠公司的GTF发动机结构



DDB齿轮箱和兆瓦级发电机/电动机的安装结构