

# 微型涡喷发动机技术及应用

吕雪燕 罗艳春 任 博

(空军航空大学,吉林 长春 130022)

【摘 要】微型涡喷发动机是推进动力和能源系统研究的新兴领域,具有尺寸小、重量轻、能量密度高、推重比大的优点。与常规航空涡轮发动机相比,微型涡轮发动机的推重比具有更大的发展空间和应用前景,本文就微型涡喷发动机的技术和应用情况进行了介绍,分析了其发展趋势和未来新技术。

【关键词】微型涡喷 发动机 推力级 轴承耗油量

涡喷发动机是燃气涡轮发动机的基础机。涡喷发动机大型、中型、小型和微型的划分,一般是按推力来划分的,但目前国际上还没有一个明确的界定,一般推力大于 5000daN 为大型、大于 500daN 为中型、大于 50daN 为小型、小于 50daN 的为微型。

## 1 微型涡喷发动机与大中型涡喷发动机的差异

两者的相同点很多,因为微型涡喷发动机就是根据大发动机的原理与结构而设计出来的,如涡喷发动机的进气-燃烧-排气都是相同的,微型发动机绝不是大发动机的拷贝,它们是有很多的不同的,这些不同点是由于它们的用途不同所造成的。大发动机一般是用于载荷很大的飞行器上,且运行时间长、动力大、包线要求高,如战斗机使用寿命起码要上千小时。微型涡喷发动机则载荷很小、运行时间极短,如导弹、靶机等使用寿命 30 分钟就足够了。微型发动机的用途决定了它的设计基本原则,即低成本高性能、重量轻体积小、结构简单功能多,因此微型涡喷发动机压气机一般都是径流式,而大型涡喷发动机压气机一般都是轴流式多级叶轮。另外,二者燃烧室结构、形状不同。微型涡喷发动机大多采用全环形燃烧室,而大发动机的燃烧室形式较多,比较典型的是环管燃烧室。

## 2 外国微型涡喷发动机的现状和应用

(1)美国微型涡喷发动机。早在 20 世纪 40 年代,美国就开始了弹用动力系统的研究,如天狮星、斗牛士、鲨蛇等战略导弹均以航空涡喷发动机作为巡航动力装置。随着加工工艺和材料、高速陶瓷轴承等相关技术的发展,以及许多技术难题的解决,一批先进的微型涡轮喷气发动机不断呈现,目前推重比已经超过 10,如美国精密自动化公司研制的 AT1700 推重比达 10.5。目前国际上技术指标处于前沿,并具有军事应用价值的微型涡喷发动机主要有美国哈密尔顿标准公司的 TJ50、TJ90 系列、SWB-100 发动机以及精密自动化公司研制的 AT-1500 和 T-1700 等。

AT-1500 发动机是美国海军 SBIPR 计划下,精密自动化公司于 AMT 合作为无人机、空射导弹、靶机和诱饵弹研制的一种高性能、低成本、长储存周期、零维护的微型涡轮喷气发动机。据报道,一台 AT-1500 安装在 NASA X-43A 超声速飞行器的前期亚声速验证机 X-43A-LS 上无人机上,三台 SWB-100 发动机装备于高超声速系统集成(HySID)验证机 X-43B-LS 上 1,为 X-43 获取相关数据,已于 2002 年完成飞行试验。SWB-100 发动机是 SWB 燃气涡轮公司研制的推力最大的一款涡轮喷气发动机,推力为 48.5daN。应用了小流量、高效率的核心部件设计技术。

(2)法国微型涡喷发动机。法国透博梅卡公司于 1954 年开展了弹用涡喷发动机的研究,而法国微型涡轮发动机(Microturbo)公司则从 1960 年开始进行微小型涡喷发动机的研究,并于 1972 年为新一代靶机和战术导弹研制出了低成本发动机 TR160。法国微型涡轮机公司,是一家专门生产轻型飞机、遥控靶机、导弹用的小型涡轮发动机以及各种辅助动力装置的公司。微型涡轮机公司专为新型靶机和战术导弹设计的 TRI 60 涡喷发动机。现有 TRI60-1、-2、-3 系列的若干种型号,其共同点是都有一个装在转子组件内的冲击轮,因而具有极佳的风车启动能力。用于机载导弹时,可利用飞机的向前速度启动;用于舰只、地面或直升机上发射的导弹时,要采用固体推进剂助推器,则利用本身的向前速度启动。TRI 60 的操纵面宽,可任选

多种操纵和控制形式,并可使用各种燃油和滑油。这种小型涡喷发动机现已用作美、英、印度、瑞典及法国等国家空、海军的导弹和靶机的动力。微型涡轮公司研制的另一种小型涡喷发动机是 1.45 千牛推力级的 TRS 18-1,它适用于轻型飞机。TRS 18-1 的验收尚在进行中,它将用于法国的微型喷气 200 B 双发飞机、意大利的 C22J 双发飞机和 A21SJ 动力滑翔机。

(3)我国微型涡轮发动机。我国上海雷霆微型涡轮发动机有限公司研制生产了多款可用作导弹、靶弹动力的微型涡轮发动机。

## 3 微型涡喷发动机的技术难点

(1)主轴轴承。微型涡喷发动机转速高,主轴轴承的使用寿命一直困扰着微型涡喷发动机,其轴承的使用寿命一般只有 20-80 小时,这制约了微型发动机的适用范围。造成轴承寿命短的原因很多,譬如转子高速旋转摩擦使轴承温度过高。轴承距燃烧室过近,而轴承机匣没有任何密封、隔热措施,要增加该系统其体积、重量会比发动机本身都大。目前的润滑方式很容易造成管路堵塞和异物进入轴承,造成轴承磨损。由于转子转速太高,其不平衡量也难以控制,造成转子轴振动而磨损。

(2)压气机叶轮。一般微型涡喷发动机的压气机都是采用离心式的径流式叶轮,这种叶轮的压缩比一般都不大,这就给提高发动机的推力带来了课题;如果简单加大压气机叶轮直径增大进气量,这不仅增加发动机的体积和重量,还要使压气机叶轮的机械强度满足转子的高速旋转。

## 4 微型涡喷发动机未来新技术

微型涡喷发动机随着科学的进步,目前已经在如下几个方面进行探索和改进:

(1)轴承的使用寿命。比如采用油浮动、气浮动和磁浮动等办法,据称有的办法已经试验成功,使用寿命得到大大延长。

(2)启动点火。部分制造商已用燃油点火启动取代丙烷气点火。用丙烷气点火非常不便,无论在何时何地启动发动机都要带气罐,环境风速稍大点火就比较困难,点火头也容易损坏。

(3)耗油量。微型发动机燃油雾化一般都是采用蒸发管方式,这种方式的燃油雾化与进入蒸发管的气流流速、温度和蒸发面积有关,特别是在启动初期转速、温度都比较低,其雾化程度也就比较低,造成燃油没有充分燃烧。即使在运行过程中,也因蒸发管较短、流进管内的气流流速较大,燃油也难充分雾化。所以很多业界人士对此进行了大量研究和实验。

(4)发动机推力。如在单位体积、重量内提高微型发动机的推力,进行了很多研究,如通过提高发动机的进气量,改进零部件的材料材质,提高涡轮前温度来增加发动机推力、通过改变尾喷管集合形状、尺寸和减低部件损失来提高发动机的推力等。

(5)发动机降噪、红外线辐射的降低方面都采取了很多新技术,效果也比较理想。

## 5 结语

通过对国内外微型涡喷发动机的发展、应用现状,以及未来发展趋势的分析,可以预见,随着科学技术的不断发展和人们对微型涡喷发动机研究的深入,微型涡喷发动机将对未来小型飞行器的发展产生决定性的作用,将对本国飞航武器装备的发展起到至关重要的推进作用。

作者简介:吕雪燕(1974—),女,汉族,吉林长春人,副教授,硕士,研究方向:航空装备。