

重型燃机有多“重”？

人类进入工业社会后，很多努力都可以归结到一条主线，那就是机器动力的提高与发展。汽车越造越好，是因为发动机功率越来越大；舰船越造越大，是因为船载动力越来越强；飞机又大又先进，是因为航空发动机的单台推（拉）力，从几百公斤上升到了五六十吨。

在所有这些机器动力几百年发展中，高端的是燃气轮机技术，它是单位重量内功率最强的。2022 年最后一天，中国首台国产 F 级 50 兆瓦重型燃气轮机首次点火成功，开启了中国燃气轮机发展新篇章。

从瓦特开始，人类对机器动力启蒙于蒸汽机，相对于农业社会的人力与畜力，机器带来的是令人震撼的革命性变化。但蒸汽机有两大弱点，一是体积庞大，二是启动较慢。柴油机等内燃机的出现，开辟了机器动力结构紧凑、效率较高新路，带来了机器动力普及性应用。相比于内燃机，燃气轮机更以连续流动气体为工质带动叶轮高速旋转，功率更大、启动更快、热效率更高，极大提升了动力性能。现代航空发动机是燃气轮机的一种，一台装在最新波音 777X 上的 GE9X 发动机，那么小的个子可以发出超过 50 吨推力，效率与功率都令人叹为观止。

燃气轮机是在 100 年前的 1920 年，德国人制造出第一台实用性燃气轮机而开创动力新时代的。那台燃气轮机只有 370 千瓦功率，但它创造了全新动力形式，正是在这样的探索下，1939 年德国人制造出了世界第一架喷气式飞机，开辟了航空喷气时代。

燃气轮机基本工作过程分成三大部分。首先由压气机把空气逐级压缩成高速高压气体，提升气体流量密度和效率，现代涡扇发动机压气级数普遍在 10—20 级，最高超过 30 级；其次，这些高速高压气体压入燃烧室高温燃烧，产生巨大能量，燃烧室温度工业燃机最高超过 1200° C，航空发动机达 1350° C；最后，高能量气体驱动涡轮带动叶片高速旋转产生巨大动力，转速最高超过了每分钟 1 万转，排出的气体可进一步增强动力。

正是因为燃气轮机个小力大，它首先在飞机上得到了广泛运用。从早期经典喷气发动机 JT3D 开始，只用了五六十

年时间，就把单台推力从 7—8 吨，增加到了 60 多吨，带来了航空黄金时代。同时，以航空发动机核心机为基础，改装为陆上、海上燃气动力机组也在不断推进，这当中既有航空发动机改型而来的，也有直接研发用于发电的燃气轮机。

世界上最著名的航发改型燃气轮机，是 LM-2500。它由上世纪 60 年代最大喷气发动机 TF39 改型而来，这型发动机当时被用于巨无霸运输机 C-5。LM-2500 最初目标单台功率达到 25000 马力，这也是型号中 2500 的来历，如今经过几代发展，最高动力已超过了 45000 马力。我国在上世纪 80 年代借力于相对宽松国际环境，使用 LM-2500 装备了 112、113 两艘新型驱逐舰，开启我军战舰新型动力之路。如今，中国海军大部分主力战舰，都使用了完全国产的燃气轮机动力，为人民海军快速发展奠定了基础。

陆上燃气轮机的一个广泛用途，就是用于发电。鉴于燃气轮机的快速启动及较高功率，特别适合在大电网中担当调节峰谷、应急应变的角色，同时因为使用燃料的不同，可大大降低污染物排放。

燃气轮机是现代工业皇冠上的明珠，我国近几十年间瞄准世界先进水平，不断创新追赶。首台国产 F 级 50 兆瓦重型燃气轮机，就是位于四川的东方电气集团从 2009 年起开始研发，十年磨一剑的成果。它由 2 万多个零部件组成，内部工作压力 18 个大气压，燃烧室温度超过 1300 摄氏度，每分钟转速高达 6000 转，每小时发电量超过 7 万千瓦时。

燃气轮机功效与燃烧室进口温度密不可分，温度越高效率越高，分为 900℃ 的 A 级、1000℃ 的 B 级、1100℃ 的 C 级、1200℃ 的 D 级、1300℃ 的 E 级和 1400℃ 的最高 F 级。

我国首台 F 级 50 兆瓦重型燃气轮机，是可以比肩世界顶尖水平的国之重器。■

