



# 丁文强

直升机传动技术专家

■ 丁文强 Ding Wenqiang

中航工业首席技术专家

Chief Expert of AVIC

中航工业航空动力机械研究所副总设计师

Vice Chief Designer of AVIC Aviation Powerplant Research Institute

☞: 您认为在直升机传动系统设计过程中要解决哪些关键问题?

**丁文强:** 在满足直升机总体对传动系统的接口要求下,设计时首先要解决关键零部件的选材问题;其次要解决关键零部件的结构强度(静强度和疲劳强度)问题;最后,还要解决关键零部件的生存力(抗弹击能力、抗坠毁能力、干运转能力)和振动等问题。设计与计算要经过反复叠代的过程,为解决上述的关键问题和得到一个最优的设计方案,在设计过程中还应综合考虑和权衡重量轻、可靠性高、寿命长等要求。

☞: 在我国直升机传动系统研制过程中遇到的突出难题是什么?

**丁文强:** 突出难题有两个:第一是材料;第二是轴承。

材料:高性能材料滞后于型号发展所需,前沿材料研究滞后,一些常用结构材料的力学性能偏低,质量不稳定如钢的含氧量偏高在 $10 \times 10^{-6}$ 左右,表面质量差,尺寸精度低,有些品种规格不能正常供货,满足不了传动系统生产使用要求。

轴承:目前国内传动系统轴承的寿命普遍为600~2000h,国外为3000~5000h,甚至到1万h以上。国内轴承寿命严重制约传动系统翻修间隔期(TBO)与寿命,目前仍有大量轴承依赖进口,存在来源不确定性和受制于人局面,因此轴承问题已成为制约国内传动系统发展的瓶颈之一。

☞: 国内直升机传动系统与国外相比主要存在哪些差距?需要加大哪些基础技术方面的研究?

**丁文强:** 通过近50年的发展,我国直升机传动系统研制水平得到了较大提升,但与国外相比,尚存在一定的差距,主要表现在以下方面。

(1)国内传动系统TBO、寿命和可靠性低。这直接影响直升机的经济性,目前国内传动系统TBO普遍为600~2000h,而国外达到6000h甚至更长。(2)国内传动系统的质量

系数普遍较高。质量系数是表征传动系统质量与其承载能力之比的一个参数,越大表示传动系统性能越低。国内传动系统的质量系数一般在 $0.0067\text{kg}/(\text{N} \cdot \text{m})$ 以上,而国外可低于 $0.0058\text{kg}/(\text{N} \cdot \text{m})$ 。

(3)国内传动系统的振动与噪声较高。这直接影响直升机的舒适性与安全。国内传动系统噪声一般在120dB以上,而国外一般低于110dB。(4)国内传动系统减速器的干运转能力较低。减速器干运转能力是衡量直升机生存力与安全性的一个重要指标,一般要求传动系统减速器具有30min干运转能力。在TT型号传动系统合作研制前,国内尚属空白,目前国内仅有TT传动系统及AC313主减速器具有30min干运转能力。国外直升机减速器的干运转能力一般不少于30min,有些直升机主减速器干运转能力达45min以上,而阿帕奇直升机试验时已达1h以上。

国内直升机传动系统还需加大以下主要几个方面的基础研究。(1)总体设计技术。加强传动系统总体方案、总体构型、系统配置、参数优化、动力学等方面的基础研究,开展倾转旋翼机、高速直升机等新构型直升机传动系统的预先研究,建立起较完整的直升机传动系统设计技术体系。(2)数字化仿真技术。加强传动系统数字化仿真分析基础研究,建立传动系统数字化设计与仿真平台,实现传动系统强度、振动、噪声、润滑等方面的仿真分析,提高仿真分析精度,减少设计反复、试验工作量,缩短研制周期,降低研制成本。(3)材料技术。重点开发用作新型直升机传

动系统部件的超高强度、高韧性钢,发展先进复合材料,形成传动系统材料体系。(4)轴承技术。加强高速重载轴承、一体化结构轴承、陶瓷轴承的研究,开展轴承抗疲劳和自润滑

**丁文强:** 研究员,中航工业首席技术专家,享受国务院政府特殊津贴。在608所工作30年来,负责多个型号传动系统设计与试验工作,其中4个型号已通过设计定型,投入批量生产。1993年4月至1995年3月被航空航天工业部作为访问学者选送到美国俄亥俄州辛辛那提大学机械工程系进修两年。发表论文20余篇,现任某重点传动系统型号总师、湖南省航空学会机械动力传输专业委员会主任。获多项国防科学技术奖和部级科学技术奖、专利10余项。2008年获总装备部、国防科工委颁发的“高技术武器装备发展建设工程”荣誉奖章,2011年获发动机公司“总经理特别奖”。



改性工艺等研究工作,提高轴承寿命、可靠性及干运转能力。

☞: 您认为直升机传动系统未来的发展趋势是怎样?

**丁文强:** 直升机对传动系统TBO、可靠性、可维修性、生存力和重量等要求日益提高。未来直升机传动系统的主要发展趋势是:(1)采用一体化设计,简化结构,减轻重量和降低成本,同时提高可靠性;(2)采用单元体设计,维护方便、降低成本、提高可靠性和维修性;(3)采用镀层、涂层或阻尼系统以降低振动和噪声;(4)提高减速器的干运转能力;(5)提高减速器TBO和关键零部件的总寿命;(6)提高整个传动系统的安全性;(7)采用新型传动结构及齿轮传动技术,以减轻重量、提高可靠性;(8)采用高性能材料,如传动轴、减速器机匣采用复合材料;齿轮和轴采用第三代钢(CSS-42L)以提高零部件的寿命。(采访 良辰 责编 良辰)