

直升机传动系统关键技术研究

Key Technology of Helicopter Transmission System

姚灿¹ 郭芳琼² 黄艳松¹

1 海军驻株洲地区航空军事代表室 2 中航工业南方公司国际工贸分公司

摘 要:阐述了直升机传动系统的特点和重要性,探讨了直升机传动系统的关键技术,提出了传动系统发展的建议及措施,对我国直升机传动系统的发展具有一定的指导意义。

关键词: 直升机; 传动系统

Keywords: helicopter; transmission system

0 引言

传动系统是直升机三大关键部件之一,其作用是将发动机的功率和转速按一定的比例传递给旋翼、尾桨以及各附件。传动系统具有单机种配套、结构复杂、技术难度大等特点;具有一般的地面减速器不具备的特点,如功重比高,对重量有严格限制;高生存力;要求高效率、高可靠性,同时维护性好;载荷复杂,动力学问题突出;润滑系统复杂,要求适应各种环境等。可以说,传动系统性能的优劣将直接影响直升机的性能及其可靠性。

传动系统关键技术主要包括设计、制造、试验及信息化等方面的内容。

1 传动系统设计技术

1.1 先进总体结构、部件设计技术

先进总体结构、部件设计技术包括传动系统动力学设计技术、主减润滑系统设计技术、分流传动的均扭结构设计技术等。

传动系统结构动力学特性直接影响传动系统乃至全机的振动载荷、振动

水平,传动系统动力学分析与设计技术是先进传动系统研制的核心技术之一。先进的润滑系统可以显著地提高直升机传动系统的工作能力,提高传动系统的安全可靠性及延长翻修间隔期。

减轻传动系统重量一直是直升机研究的目标之一,影响减速器重量的关键结构因素是传动级数、平行功率传递路径的数目及末级传动比,分扭传动机构较行星传动机构具有传动比高、传动级数少、齿轮和轴承数量少、传动效率高、齿轮系传动噪声小、功重比大等优点。

1.2 高性能传动系统设计技术

高性能传动系统设计技术包括干运转设计技术、高DN值陶瓷轴承设计制造技术、主减速器降噪技术、提高减速器TBO的技术、提高减速器传动效率技术等。

干运转能力指减速器因某种原因丧失润滑还能够继续工作的能力。为探索有效提高干运转能力的措施,国外各直升机公司或研究机构都进行了许多干运转及改进试验。

陶瓷轴承与钢制轴承相比,具有重量轻、耐高温、摩擦系数小、自润滑性能好等特点,可以提高减速器干运转能力,在先进直升机的传动系统中多有采用。

主减速器的振动和噪声是直升机舱内噪声的主要来源之一,而舱内噪声是影响其乘坐舒适性的关键因素。

国外一些著名的直升机公司对传动效率的计算方法和试验验证都十分重视,美国从20世纪50~60年代开始先后成功地研发了一系列传动部件来提高传动效率,美国的西科斯基公司、波音公司都已经建立了有效的传动效率预测软件,并配备了综合试验台用于效率测试。国外大多采用基于动态功率损失的计算方法。

1.3 减重设计技术

减重设计技术包括非对称、高重合度、齿面修形齿轮设计技术;齿轮-轴-轴承内环一体化技术以及高强度镁铝合金机匣设计技术等。

高重合度可提高齿轮同时啮合的齿数,在提高齿轮承载能力的同时

降低了齿轮的重量, 并提高工作平衡性, 降低噪声。

世界先进直升机如“虎”、NH90、EC120、RAH-66及“科曼奇”等的传动系统均采用齿轮-轴-轴承一体化技术, 在一定程度上减轻了减速器重量, 并减少了零件数量而提高可靠性。如“虎”的主减速器将三种齿轮、三种轴承内环和轴形成一体化结构, 最大程度地减轻了重量。

目前, 高强度镁铝合金材料已经广泛应用于Bell、Boeing Vertol、Westland Helicopter and Euro-copter等公司的直升机传动系统机匣中。

2 传动系统先进制造技术

传动系统先进制造技术主要包括先进铸造技术; 齿轮、轴及轴承一体化加工技术; 传动系统降噪的制造技术; 先进热处理工艺应用等。

目前铸造技术正向优质铸件、薄壁铸件、无余量铸件的方向发展。国外已经开始使用铸造模拟分析技术, 能够生产优质、薄壁、高性能的铸件。

直升机对传动系统的重量、寿命和可靠性的要求越来越高。在减轻重量的同时保证寿命和可靠性就成为了直升机传动系统设计和制造的一个难题。近年来, 随着材料和制造工艺水平的提高, 国外在齿轮、轴及轴承内环一体化工艺研究上取得了很大成果。

降低传动齿轮噪声是一个世界性难题, 国内外相关领域对此进行了很多研究, 采用铣齿-热处理-磨齿-研齿工艺是降低传动齿轮噪声最为有效的方法。

目前, 随着直升机新研制机型的增多, 所采用的新材料及新工艺也

随之增多。这些新材料的热处理工艺的应用研究就需要从头开始。为了在零件批生产前解决所有的工艺技术难题, 需要进行大量的工艺试验, 确定最佳工艺参数。另外, 研制周期的缩短还对工艺应用研制手段提出了更高的要求。

3 试验综合验证技术

传动系统试验综合验证技术主要包括先进部件及综合试验验证技术研究、模态参数辨识与模态综合技术及动力学建模技术研究、虚拟试验验证技术研究、疲劳虚拟试验等效载荷的确定技术研究、试验评价体系和综合试验平台建立技术研究等。

设计-试验综合验证技术以全面提高产品综合试验验证技术水平和应用水平, 进而缩短产品研制周期, 减少研制费用和降低技术风险为最终目标。传动系统试验已经从传统“实物验证-改进实物-再试验”的以实物验证为主的模式向“试验建模-虚拟验证-改进模型-实物验证”的虚实结合、反复迭代的模式转变。在设计-试验综合验证技术模式下, 设计阶段就引入虚拟试验和模拟试验手段对设计过程中的模型进行验证, 试验出现问题后及时反馈到设计中, 完善设计模型。通过虚实结合的试验过程的多次循环, 起到优化设计模型, 减少设计差错的目的, 使大多数设计缺陷在实物样机制造之前就得到修正。此外, 经过设计过程的试验验证得到的结果和数据又可作为输入, 与实物试验充分融合, 确保实物试验的成功率。

4 设计-制造-试验信息化技术

随着信息技术、互联网技术、数

值分析技术、数控技术的迅猛发展, 推动了异地协同技术在直升机传动系统设计、制造等各方面的应用。从20世纪50年代开始, 美国等发达国家逐步将先进的异地协同技术应用于直升机传动系统的研制中。如在美国的RAH-66、V-22、AH-64D、S-70A和北约的NH90等直升机传动系统的研制中, 都采用了数字化设计制造技术, 减少了研制经费, 缩短了研制周期。

传动系统设计-制造信息化技术主要包括的内容有:

- 1) 数字化建模及预装配研究;
- 2) 设计、制造知识工程研究;
- 3) 功能样机和性能样机研究;
- 4) 数字化制造技术研究;
- 5) 并行设计制造数字化定义;
- 6) 异地协同设计、制造、试验;
- 7) 数字化设计制造管理体系研究;
- 8) 产品标准规范数字化技术研究。

5 对我国直升机传动系统发展的建议

1) 提高基础研究、设备、工艺和管理水平

国内在直升机传动系统设计制造方面的现实情况是, 基础研究不扎实, 研制经验缺乏, 在役机种数量不多, 使用经验较少。

当前, 实验室试验仍是设计质量考核的重要方法之一, 产品的性能、结构、强度、寿命和可靠性等, 都要通过试验予以确切的评价, 并找出问题、解决问题。因此, 必须充分重视和加强试验工作, 认真规划试验设备建设, 适当加大试验设备建设的投资力度。

2) 材料、成件的优质配套

浅谈民机强度有限元分析适航认证技术

Preliminary Research of Airworthiness Certification of Civil Aircraft Strength by Finite Element Analysis

吴存利 / 中国飞机强度研究所

摘要: 结合国外发展经验, 初步阐述了国内民用飞机基于有限元分析适航认证中的一些问题, 以及应采取的策略。

关键词: 有限元分析; 适航认证

Keywords: finite element analysis; airworthiness certification

0 引言

作为计算机辅助工程软件重要组成部分, 结构有限元分析软件促进了飞机从传统的设计-试验-制造模式向设计-分析(部分取代试验)-制造模式的发展。在飞机初始设计阶段, 其目的是获得结构的传力路径以及满足结构静动强度和刚度的均衡构型, 这些任务都可以通过对结构有限元分析来实现。利用有限元分析, 可以缩短

结构设计周期, 降低设计费用。

在航空工业中, 确定飞机结构适航符合性的常规方法是进行分析和试验, 以此来确认结构是否满足强度和刚度要求。目前确定飞机结构完整性的方法首先是采用有限元数值方法给出所有工况的数值结果, 然后选择典型工况进行试验验证, 如全尺寸静力、疲劳和动力试验。由于试验费用高, 周期长, 因此有必要改进传统的设计验

证方法。可通过整机有限元分析与部件试验验证相结合的方式, 减少全机静力试验的工况。因为这一新的验证理念已引起国内外飞机设计制造单位和适航部门的关注, 所以需要探索和研究由此产生的新问题。

1 适航符合性问题

根据CCAR25R3C的§ 25.307条款, 适航符合性要求飞机结构在每一

高性能的新材料研制是提高产品性能和可靠性的重要环节。配套成件, 特别是轴承, 往往成为新机研制工作的瓶颈。应责成轴承研究厂所对如何保证航空轴承优质配套供应问题进行专题研究, 或者组建航空轴承研究生产中心。

3) 建立战略性合作伙伴关系

与国际知名厂家建立战略性合作伙伴关系, 进行长期合作, 在共同发展中实现我国直升机产品的自主创新。

从目前国际合作的形式来看, 合

作方式可以归于两大类, 一是以项目为中心的联合开发和生产, 如EH-101、“虎”、NH-90、EC-120、S-92、AB139、BA-609等项目均采用这种形式; 二是以资产为纽带的公司结构重组形式, 如法国宇航公司直升机部与德国MBB公司组建的欧洲直升机公司、意大利阿古斯塔公司与英国韦斯特兰公司合并而成的阿古斯塔-韦斯特兰公司就是两个典型案例。

4) 加大资金投入

我国直升机传动系统领域研制的

基础较为薄弱, 必须在各项政策措施配套的同时, 加大资金投入, 才有可能实现跨越式发展, 赶上世界先进水平。

5) 稳定和培养人才队伍

大胆起用青年科技人员, 重点培养和引进高水平、德才兼备的科技骨干, 以增强科研实力。

AST

作者简介:

姚灿, 硕士, 工程师, 主要从事飞机发动机生产过程的质量监控工作。