

某型涡桨发动机的结构改进

哈尔滨发动机制造公司 严言孝

某型涡桨发动机自改型设计以来,作了多项重大结构改进,进行了性能和强度试验。在此基础上进行了多台次长期试车适航性试飞和在航线上的领先使用。现将主要的结构改进简要介绍如下。

一、增加Ⅱ速调节装置

该发动机属等转速调节。提高发动机工作转速是,保持涡轮进口温度不变时,提高起飞功率以满足飞机能在高温、高原条件下满载起飞的简便有效的方法。为此,在原调速器上增加了简单的附设机构(Ⅱ速调节装置)。在常温、平原地区用Ⅰ速工作;在高温、高原条件下采用Ⅱ速起飞和爬高,巡航时改用Ⅰ速工作。

二、减速器Ⅱ级传动齿轮的改进

该发动机的减速器是封闭差动游星传动机构,其传动系统如图1。

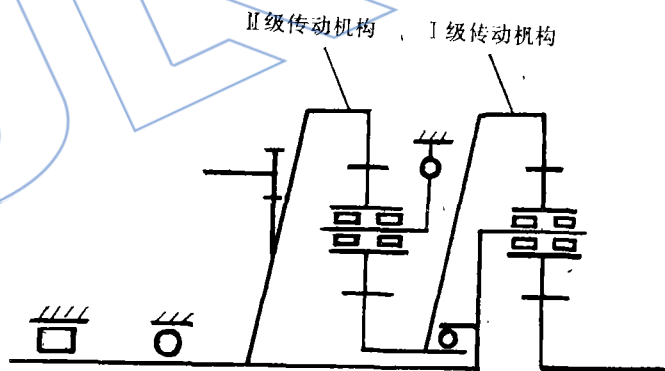


图1 减速器的传动系统

发动机功率通过Ⅰ级游星架和Ⅱ级内齿圈两路同时传给桨轴。经Ⅱ级传动传给桨轴的功率占68%。因此,发动机功率提高后,首先应增加Ⅱ级传动齿轮的强度。早期Ⅱ级传动齿轮为斜齿,在斜齿齿面上载荷的轴向分量 F_x (图2)产生的附加力偶使中间齿轮内的滚子和中间齿轮轴都受附加载荷,从而大大减少了它们的寿命。台架长期试车后发现的中间齿轮轴工作

面过早产生剥落正说明了这一点。可见减速器（特别是斜齿传动机构）中的薄弱环节是轴承。

排除上述故障的方法是：将斜齿改为直齿；提高滚子的精度；并相应地加大齿宽。改进后的减速器承载能力有较大的提高。

三、I 级游星架轴的改进

I 级游星架在高速运转下承受着很大的扭矩，曾发生从通油孔处开始裂纹，导致游星架轴断裂。经验算，该轴安全系数较小，同一截面上的三个通油孔削弱了轴的强度。采取的改进措施是：（1）增加轴的壁厚；（2）通油孔外壁周围不允许镀铬；（3）增大孔口的圆角半径并抛光。

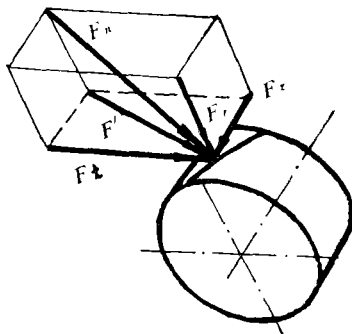


图2 斜齿齿面上的轴向力 F_z

四、发动机高频振动的减小

涡轮发动机的振动通常有压气机——涡轮转子系统的转子振动，有螺桨所形成的一次和四次谐波（对四叶桨）的螺桨振动。此外，在该发动机上还发现由于减速器齿轮的啮合所激起的压气机工作叶片的共振，其频率高达几千赫芝。

经实测，在巡航工作状态有较大的高频振动，其频率相当于压气机某级工作叶片的“二弯”自振频率，严重威胁压气机的安全工作。

通过测试证明，高频振动的激振源是 I 级主动齿轮。计算分析还表明，这一振动是与 I 级主动齿轮啮合频率的 1/2 阶谐波（付谐波）相应的。经多台次台架试验证明，严格控制 I 级渐开线主动齿轮型面的修缘值，可以显著降低高频振动值。

五、压气机转子的改进

原先的压气机后轴颈是从第十级轮盘后引出的，后期改为由第九级轮盘后引出。改进后缩短了压气机转子的传力路线，增大了压气机转子的抗弯刚性，有利于减小转子的弯曲变形和提高转子的临界转速。

六、燃烧室的改进

1. 火焰筒后段的支承面从原先在 I 级涡轮导向器外环上改为在燃烧室后外套上，使火焰筒前后都定位支承在燃烧室部件内，既提高了火焰筒与燃烧室内外机匣的同心率，又便于装拆。

2. 早期的火焰筒在外壁中段正对点火器下游的区域常发生翘曲，局部隆起产生“鼓包”，在内壁中段也常发生局部过热翘曲和龟裂。现于外壁增加了冷却小孔排，内外壁中段的材料由铁基合金改为热强性能较高的镍基合金。

七、涡轮部件的改进设计

为提高涡轮前燃气温度以提高发动机功率，对涡轮部件进行了改进设计。其特点是：

1. 三级涡轮工作叶片均采用带冠、深根、窄弦、大圆弧榫齿等结构；

2. I 级涡轮工作叶片采用空心气冷叶片;
3. I、II 级涡轮工作叶片材料采用耐热性较好、高温持久性能较高的铸造镍基合金;
4. 涡轮机匣采用双层结构;
5. II、III 级导向叶片改为浮动悬挂式结构, 内环为热定心式;
6. 三级涡轮盘均采用长寿命的时效强化型镍基高温合金材料。

八、轴承的改进及其工作条件的改善

高速轻载轴承的主要故障之一是轻载打滑, 多表现为轴承内套圈磨损和擦伤。该发动机压气机前轴承和涡轮前轴承均为滚子轴承, 采用全凸形滚子和调整轴承工作游隙是排除上述故障行之有效的措施。由于涡轮轴承处于较高温度下工作, 采用新研制的中温轴承钢代替普通轴承钢, 可提高轴承工作温度。

为改善轴承的工作条件, 在压气机前轴承处增加了专用的喷油环, 以便使滑油能以合理的角度有效地喷射到轴承内进行冷却与润滑; 对涡轮轴承的喷油环, 增大了喷油孔直径, 以加大喷油量。

九、涡轮部件主要故障的排除

1. 发动机起动时, I、II 级涡轮导流盘轮缘部分瞬时承受着很高的燃气温度。因原结构轮缘壁厚较薄, 在热应力作用下周向失稳而发生局部隆起变形。严重时, 隆起部分与前面导向器内环相碰而使涡轮部件损坏。增加轮缘部分壁厚后排除了故障。

2. II 级工作外环的工作温度较高, 原整体外环在工作中因反复受热而发生变形和翘曲, 零件椭圆度增大, 并由于直径缩小, 导致工作叶片与工作外环相磨擦。改为分瓣结构后故障得到排除。

3. 台架长期试车中曾几次发生高压导向器制动环锁紧片因制动环的振动、位移而导致锁紧失效, 严重时制动环从高压导向器内环脱出, 向后直接打坏高压工作叶片以及其后的 II、III 级叶片。在原锁紧方式上增加锁紧销钉, 排除了故障。

(责任编辑 郑祺选)

CONSTRUCTIONAL IMPROVEMENTS IN A TURBOPROP ENGINE

Yan Yanxiao

(Harbin Engine Manufacture Company)

Abstract

The principal constructional improvements in the reducer, compressor, combustor, turbine and bearings of a turboprop engine are summarized. Practice shows that the constructional improvements in the reducer and the turbine are of the most importance in prolonging the service life of this turboprop engine.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON DISTRIBUTION OF COLD AND HOT AIRFLOWS IN COMBUSTOR

Mo Lixiao

(Gas Turbine Establishment)

Abstract

The flow distribution in an annular combustor at different Mach numbers and heating ratios was investigated experimentally. An empirical relationship for coordination between the cold and the hot flow distributions has been established with the aid of the least square method based on the experimental results. The data calculated are in good agreement with the test ones. Therefore, the aim of the study is realized that the empirical formula enables us to predict the combustor flow distribution at different Mach numbers and heating ratios according to the flow distribution at a given low Mach number with cold air flow.

AN APPROACH TO SPECIFY THE INITIAL CONDITIONS IN COMBUSTION FLOW BY SIMULATING A FICTITIOUS CATALYSTIC BOUNDARY

Sheng Yiqian, Zhou Qian, Zeng Qiufan

(Nanjing Aeronautical Institute)

Abstract

In numerical calculation of steady combustion flow field, the governing dif-