

# Design and Research on Pressure Fueling Equipment for the Main Rotor Hub of Robinson R44 Helicopter

Dong Yu

Xinjin Branch of Civil Aviation Flight University of China, Chengdu, Sichuan, 611430, China

## Abstract

Based on the experimental test and research method, this paper calculates the key data of gravity refueling in the actual maintenance process, and refers to the site conditions of the actual maintenance, to set the key data technical standards and appearance specifications of the core components of the developed pressure refueling equipment. Research design a Robinson series helicopter parts small cavity replacement viscosity change of oil pressure refueling equipment, used to improve the original gravity refueling conditions, participate in maintenance personnel, refueling tool operation convenience is poor, refueling efficiency is low, the target oil exposure pollution, fuel excessive waste defects, so as to improve the quality of maintenance, rich navigation ground maintenance equipment.

## Keywords

R44 helicopter; pressure fueling; maintenance

# 罗宾逊 R44 直升机主旋翼桨毂压力加油设备设计研究

余东

中国民用航空飞行学院新津分院, 中国 · 四川 成都 611430

## 摘 要

论文以实验测试研究法为基础, 通过测算实际维修过程中重力加油的关键数据, 并参照实际维修的现场条件, 以设定研发压力加油设备核心部件的关键数据技术标准 and 外观规范。研究设计一款针对罗宾逊系列直升机零部件小型腔体更换存在粘度变化的油脂油料的压力加油设备, 用于改善原重力加油条件下, 参与维护人员多, 加油工具操作便利性较差, 加油效率低, 目标油料易暴露污染, 加油量过度浪费的缺陷, 从而提高维修质量, 丰富通航地面维修设备。

## 关键词

R44 直升机; 压力加油; 维修

## 1 研究设计意义

罗宾逊 R44 直升机主旋翼桨毂润滑油的定期更换, 是为了保证变距轴承得到持续润滑、清洁、散热以及防锈。原始的加注油工具是通过重力加油方式对桨毂内腔进行冲洗, 更换原有润滑油。重力加注润滑油需要将加注滑油工具与主旋翼桨毂保持一定的高度差, 施工人员需要手持体积较为庞大的加注工具长时间保持动作, 值得注意的是, 由于主旋翼桨毂润滑油同其他油脂一样, 其粘度存在一定的温度差异, 特别是在冬季, 该型润滑油粘度大大增加, 依靠重力加注润滑油耗时将更长, 极易造成维修人员的肌肉疲劳。并且由于主旋翼桨毂本身离地高度较高, 重力加油需要配合的人员较多, 长时间的高空作业, 存在极大的安全隐患。

因此, 从维修人员、维修安全、维修成本的角度出发,

压力加油设备的设计意在改善原来重力加油时间长, 参与人员多, 操作性差, 高空作业危险性的弊端。从研究内容来讲, 该项目的研究丰富了通航专业维修工具, 设备设施, 可完成系列飞机的相关系统维护保障工作, 提高了维修效率。

## 2 重力加油系统

重力加油系统主要包括供油容器、软管组件、排气配件以及接油容器。罗宾逊 R44II 直升机主旋翼桨毂变距轴承腔体的加注油, 是通过抬高供油容器, 形成适当高度差, 大约在 3 英尺高处, 利用重力压差使油料流进腔体。油料通过腔体下部加油口流进, 并从上部排气口流出, 缓慢加注的油料将腔体内部的空气全部挤出, 在确认流出油料不再出现气泡后, 完成加油动作。此动作保证了轴承腔体的密封性与整体性<sup>[1]</sup>。

## 3 压力加油设备的研究与设计

罗宾逊 R44II 直升机主旋翼桨毂变距轴承腔体容积较

【作者简介】余东 (1991-), 男, 中国四川什邡人, 本科, 工程师, 从事直升机维护研究。

小,每个腔体约为0.3L。考虑到需要将腔体空气彻底排出,那么油料需保持低速平稳流通,以保证加油质量。参考重力加油程序,根据液体压强计算公式  $p = \rho gh$  可得,目标油料密度约为  $0.9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ,在高度为3英尺处加油的压强为8000Pa;参考托里切利公式  $V =$ ,理想状态下,3英尺高的水的流速约为17.8m/s,考虑到目标油料ATF 1A变速箱油在流动过程中因存在粘度而会产生流动阻力,并参考其密度约为水的0.9倍,估算其流速约为16m/s。因此,压力加油设备的设计加油压力需尽量调低,才能保证目标油料的低速流动。

为获取压力加油设备的额定加油压力,建立模拟加油系统,以获取加油机进气压力范围。该模拟加油系统,采用高压气源、压力罐、相关油气管路,进行润滑油加注,通过调节进气压力大小,观察出油口气泡情况,来确定压力范围及滑油流量合理区间<sup>[2]</sup>。

### 3.1 压力罐设计

压力罐具体设计如图1所示,其附件包括:压力罐桶体、桶盖、密封圈、气压表、调压阀、安全阀、排气阀、出料孔。气压表用于显示进气压力,调压阀用于控制进气压力大小,安全阀、排气阀用于及时释放过载压力,保证压力容器内部

始终处于安全压力范围之内,出料孔用于连接油料管路,提供油料来源。



图1 压力罐整体构架

压力罐具体设计参数如表1所示。

表1 压力罐具体设计参数

容量 (L)	重量 (kg)	外径 (mm)	内径 (mm)	外深度 (mm)	内深度 (mm)	桶身厚 (mm)	桶盖厚 (mm)	最大压力 (bar)	材质	出油方式
1	3.5	108	102	140	125	4	12	7	不锈钢	上部

经过多次实验测得,由于目标油料在温度变化的情况下粘度变化不大,因此油料粘度的变化相较于进气压力的变化,对于油料出油速率可忽略不计。通过多次模拟实验,最终得出,在使用设计压力罐的前提下,进气压力在0.01~0.02MPa范围内,油料不论在何种温度的黏度下,都能顺利出油。

### 3.2 加油控制器设计

通过实验可知,利用高压气源加压进行加油,油料出油速率完全由进气压力决定。考虑到目标油料加油进气压力太小,压力罐压力阀调节精度不能覆盖测得压力范围,从而导致油料出油量在初始出油状态下不易控制,极易造成气压过大,油液流速超过预设值;且直接通过气源压力调节,油料供给的通断响应速度有所延时;故考虑设计一种加油控制器,用于控制油料使其低压可控,低流速流动,油料供给通断响应快速。控制器逻辑单元设计如图2所示。

加油控制器包含电源、散热风扇、进出气接口、调压器、内部储气罐、逻辑电路板等。电源用于控制器电路的通断;散热风扇用于给控制器内部电路进行散热;进气口连接至压力气源;调压器与气压表是用于操控并指示加到机内的气压;内部储气罐用于存储压力气体,在控制器的控制下,输出调节后的压力气体;逻辑电路用于接收控制器控制面板

上的输入信号,并对设定参数进行计算处理,转换为控制信号,用于控制驱动加油执行机构<sup>[3,4]</sup>。由此,需要设计一种加油执行机构,该机构能保证油料的及时通断,并确保停止加油保信号输出后,出油口不会因参与气压仍旧出油。

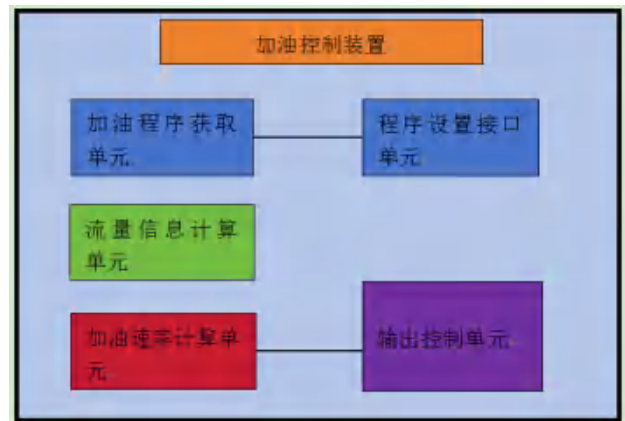


图2 控制器逻辑单元

### 3.3 回吸式加油阀设计

回吸式加油阀应保证高粘度流体的精确控制和加油过程中的流畅性。回吸式加油阀应具备以下特点:

①双气路精密控制:与普通顶针式加油阀相比,回吸式加油阀除了使用单一压缩气体控制顶针运动开阀外,还增

加一条气路,利用压缩气体控制顶针反向运动产生回吸力,这使得高粘度流体在结束加油时可以顺利关断,并且回吸力可以通过阀体上部的旋钮进行调节。

②耐高压结构设计:由于高粘度液体流动性慢且阻力大,需要更大的推力才能使其顺畅流出。因此,加油阀的阀体结构需要能够承受较高的压力而不损坏。高粘度加油阀通常采用全304不锈钢阀体和高强度钨钢阀芯,以保证耐磨耐用性。

③大流量大口径设计:为了适应高粘度加油阀的最大流量(可达4.5L/min),设计时加大了流体入口孔径,并采用G1/4标准螺纹口,以确保液体顺畅流动。该阀门包含汽缸、阀体、活塞、撞针等<sup>[5]</sup>。

具体设计构造如图3所示。

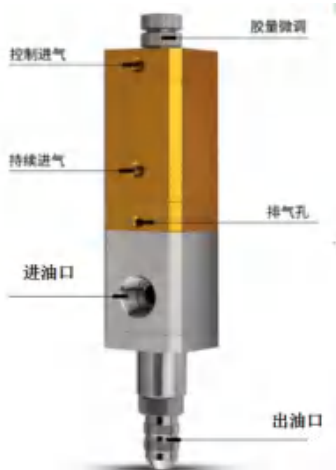


图3 回吸式加油阀

#### 4 压力加油设备的搭建与测试

按照罗宾逊 R44 直升机主旋翼桨毂变距轴承加油实际使用场景,压力加油设备系统的搭建应满足以下要求:①系统压力处在低压状态时可精准调节;②目标油料低速平稳流动,流通管道内不产生气泡;③油料供给通断响应快速;④由于高空作业,因此需要合理选材,质量轻尺寸合理易搬运。按照以上设计要求搭建压力加油系统如图4所示。

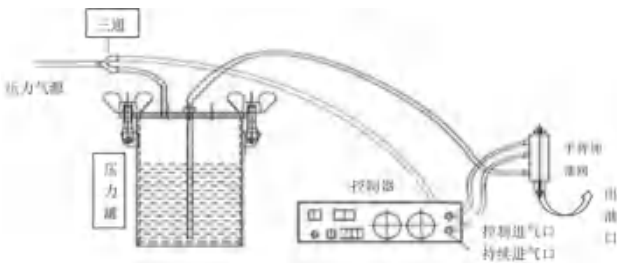


图4 压力加油系统

压力加油设备包括气源系统,储油系统,控制系统以及执行机构。气源系统采用施工现场使用的高压氮气瓶作为气源,加压的氮气可提供初始压力;储油系统采用模拟加注油系统设计的压力罐存储目标油料;控制系统负责控制出油模式,压力,加油时间,出油质量(无气泡)等;执行机构为加油阀门,控制目标油料流通的通断,且可进行出油量的调节。具体系统构建如下:

经过多次实验测试,压力罐进气压力设定在0.01MPa情况下,罐内油料出油速度较低且稳定,控制器控制压力设定为50psi左右,加油阀出油针头选取与5mm传输油管紧密连接的尺寸大小,在预设出油量为变距轴承腔体容积0.3L的情况下,2分钟可以完成罗宾逊R44II直升机主旋翼桨毂变距轴承腔体的换油工作。符合提高现有维护工作的预期。最终实际搭建的压力加油设备如图5所示。



图5 压力加油设备实图

#### 5 结语

罗宾逊 R44 直升机主旋翼桨毂变距轴承是飞行动作的主要关节,它的动作覆盖了整个飞行过程,因此变距轴承的润滑,对于R44直升机的飞行操纵至关重要。压力加油设备的设计研究,不仅提高了实际维护效率,提高了维修可靠性,更打开了压力加油设备的应用场景,可推广应用于直升机机件小型腔体的油料补给,为通航地面设备创新改革提供了新的助力。

#### 参考文献

- [1] Robinson R44 Maintenance Manual[Z].2024.
- [2] 郑洪生.气压传动及控制[M].北京:机械工业出版社,1994.
- [3] 张建民.机电一体化系统设计[M].北京:北京理工大学出版社,2018.
- [4] 林述温.机电装备设计[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [5] 祖国庆.点胶机器人的应用[M].成都:西南交通大学出版社,2006.