

航空发动机滑油系统防虹吸设计

李国权

(沈阳发动机设计研究所, 辽宁沈阳 110015)

摘要:介绍了航空发动机滑油系统防虹吸原理及方法;对几种典型的发动机滑油防虹吸系统进行了详细分析,指出了它们的特点及设计中的注意事项。

关键词:航空发动机 滑油系统 虹吸

Preventing Siphon Design for Aero - Engine Lubrication System

Li Guoquan

(Shenyang Aeroengine Research Institute, Shenyang 110015, Liaoning, China)

Abstract: The principle and method of preventing siphon in aero - engine lubrication system are described. The typical preventing siphon systems for aero - engine lubrication system are detailed analyzed. The features and cautions in design are pointed out.

Keywords: aero - engine; lubrication system; siphon

1 引言

在航空发动机停车之后的停放过程中,滑油箱中的滑油有时会由于虹吸现象通过管路及喷嘴被抽到发动机轴承腔及附件机匣、飞附机匣中。当再次开车时,在轴承腔中的这部分滑油会有部分通过各密封装置漏入发动机空气流道中,造成污染;而在机匣中的滑油则会形成短时搅拌,使起动阻力增大。此外,虹吸现象还可能影响对发动机加滑油及滑油消耗量的测量。因此,要求航空发动机滑油系统具有防虹吸功能。

本文详细介绍了几种典型的发动机滑油防虹吸系统的特点及设计要点。

2 防虹吸系统原理

航空发动机滑油系统设计要求在发动机停车之后,滑油箱的滑油不能流入发动机内部,以免对测量发动机加油及滑油消耗量等产生不良影响,这就需

要设计发动机滑油防虹吸系统。发动机滑油虹吸现象通常发生在供油系统中,即发生在油箱的出口(增压泵吸油口)-增压泵(由于增压泵转子与静子之间有间隙,在此,可视增压泵为一管路)-增压泵出口管-各支点或发附机匣、飞附机匣喷嘴这一路线上。

虹吸原理如图1所示。考察分别处于A、B、C段液体的受力情况。A段液体在重力作用下向下流动时,其上方就形成了负压(真空),B段及C段的液体在大气压力作用下就会流过来补充;同时,容器内的液体也在大气压力作用下进入管内,补充到B段及C段的液体流走后形成的空间内,这样循环往复,就形成了虹吸现象。

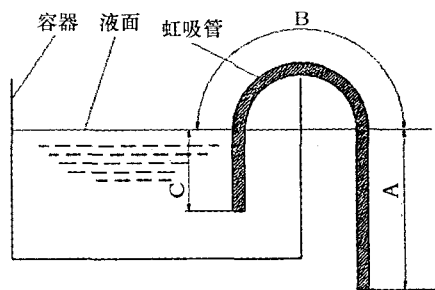


图1 虹吸原理

收稿日期: 2006-04-14

第一作者简介:李国权(1963—),研究员,1985年毕业于东北工学院,获硕士学位,从事航空发动机润滑系统设计,曾获中航集团科技进步二等奖1次。

3 防虹吸方法

防止虹吸现象发生的方法可以简单地归纳为如下2点:

- (1)在管路的B段上任意1点处开1小孔,使A段液体下降后,管内进入空气而无法形成负压。
- (2)在管路上设计单向活门,防止液体下降。

4 几种典型的防虹吸系统

4.1 在供油泵出口管路上的滑油防虹吸系统

4.1.1 在油箱内开节流孔的滑油防虹吸系统

某型发动机虹吸路线如图2所示。在发动机停车后,发动机供油路上充满滑油,油箱内的滑油通过管路、增压泵的间隙、主燃滑油散热器、滑油滤、转换活门、加力燃滑油散热器,被吸入到各润滑点(轴承腔、附件机匣、飞附机匣)。其防虹吸方法是在滑油滤的进口管(油箱内)上部开1小孔(节流嘴)。当发动机正常工作时,来自增压泵的滑油除向发动机各润滑点供油外,还通过此小孔向滑油箱内喷油;当发动机停车后,滑油箱上部的空气通过此小孔进入油滤进油管,从而防止供油路上发生虹吸。

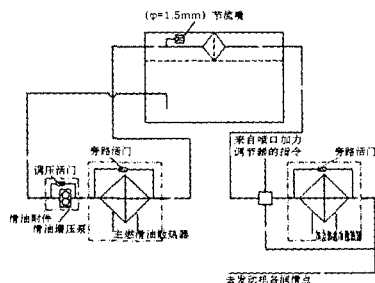


图2 在油箱内开节流孔的滑油防虹吸系统

此结构简单、可靠,但设计时需注意以下2点:

- (1)计算供油泵能力时,应将节流孔的油量计算为油泵效率损失;
- (2)此小孔的位置必须高出油箱油面。

4.1.2 在油泵出口管路上设置节流孔的滑油防虹吸系统

对油泵出口管路不经过滑油箱上方的发动机,可采取如图3所示的方法来进行滑油防虹吸设计。在供油管路上安排1条通向滑油箱的管路,并在此管路上设置节流嘴,当发动机工作时,来自增压泵的滑油除向发动机供油外,还通过此节流嘴向滑油箱内喷油;当发动机停车后,滑油箱上部的空气通过此小孔进入供油路,从而防止供油路上发生虹吸。

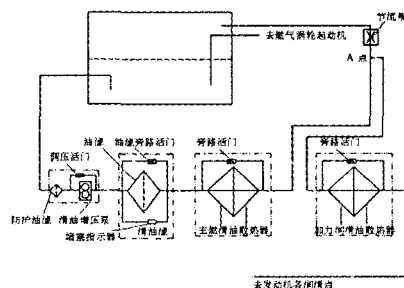


图3 在油泵出口管路上设置节流孔的滑油防虹吸系统

此结构的原理同第4.1.1节所述结构的基本相同,同样具有简单、可靠、实用的特点,设计时需注意2点:

- (1)计算供油泵能力时,应将节流孔的油量计算为油泵效率损失;
- (2)此小孔的位置必须在A点至油箱之间,A点必须高出油箱油面。

4.1.3 设置单向活门的滑油防虹吸系统

为防止虹吸的发生,可在滑油供油泵后的管路上设置单向活门。如图4所示,单向活门可以防止虹吸发生。

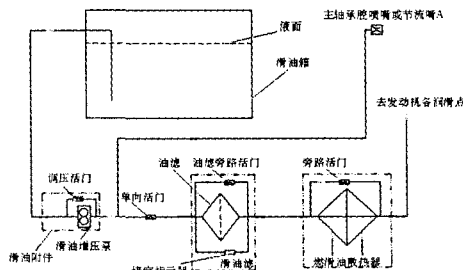


图4 设置单向活门的滑油防虹吸系统

在供油泵出口设置单向活门是最直观的防虹吸方法,活门的打开压力可根据需要设定,一般为0.01~0.015 MPa。但需要注意的是,在发动机启动过程中,由于供油泵入口有空气,而单向活门具有阻力,当供油泵的压力不能将空气压缩至活门打开时,就会形成供油泵气塞。排除气塞的最好方法是放气,即在单向活门前引出1条管路。若发动机附件机匣在发动机的下方,此管可兼作主轴承腔供油;若附件机匣在发动机上方,此管可引向附件机匣的上方(高于滑油箱表面),管中要设置直径为1.0~1.5mm的节流嘴(图中节流嘴A)。

设计此结构的防虹吸系统时需注意以下几点:

- (1)单向活门的打开压力不宜过大,能顶住虹

吸所能形成的压力即可;

(2) 必须设计放气路, 以防止发动机起动时增压泵气塞;

(3) 起放气作用的节流嘴(或喷嘴)必须高于滑油箱液面。

4.2 在滑油泵入口管路上的滑油防虹吸系统

滑油增压泵入口管路上的滑油防虹吸系统如图 5 所示。此系统可置于滑油箱内, 也可置于滑油箱外。系统的滑油增压泵入口管必须由油箱液面上部引出(必有 1 点高出油箱液面)。在液面上部的滑油泵入口管上设有 2 个节流嘴, 2 个节流嘴之间用一小管通入滑油箱气腔, 而 2 个节流嘴的另一端则与滑油增压泵后部连接。在正常工作时, 增压泵出口的滑油引入 2 个节流嘴, 此股滑油堵塞右侧节流嘴, 因而可以减小由节流嘴通气腔带来的增压泵效率损失; 当发动机停车时, 增压泵停止供油, 空气通过通油箱气腔的小管及右侧节流孔进入滑油增压泵入口管内, 从而防止虹吸发生。

设计该系统时需注意以下 2 点:

(1) 滑油增压泵入口管必须由油箱液面上部引出;

(2) 节流嘴不易过大, 否则可能影响增压泵的效率或高空性能。

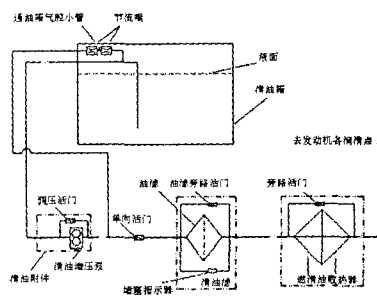


图 5 在滑油泵入口管路上的滑油防虹吸系统

5 总结

(1) 航空发动机滑油系统应具有防虹吸功能, 以防止在发动机停放时, 滑油由油箱向发动机内部转移。

(2) 防虹吸的方法有开孔进气阻断虹吸和设置单向活门 2 种方法。无论采取那种方法, 都必须考虑各自的注意事项, 以便能够真正起到防虹吸作用, 而不会带来其他问题。

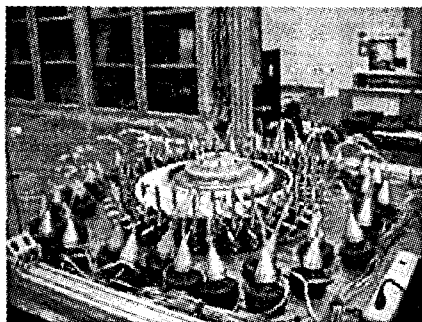
美国 AFRL 推进部开发了行波激励 (TWE) 系统

核心机驱动的风扇级 (CDFS) 是 IHPTET 计划中 GE 公司/ADDC 公司的 XTC76/3 发动机变循环结构中的 1 个关键部件, 在 XTC76/3 发动机的初始试验期间, 发现 CDFS 振动大、应力高, 存在可能造成叶片失效的高循环疲劳风险。由于 CDFS 几何形状独特, 采用结构分析技术不能有效地了解 CDFS 的特性。

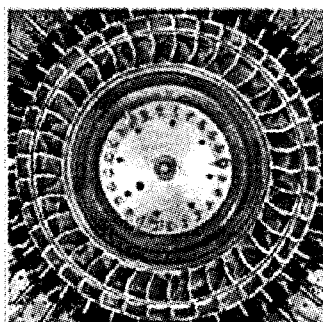
AFRL 推进部的科研人员开发了行波激励 (TWE) 系统, 在 AFRL 的涡轮发动机疲劳试验器

上, 用 TWE 系统模拟涡轮发动机转子振动工作环境, 进行了 CDFS 试验。成功地给出了引起中振动大的动态特性, 提供了指导转子叶片作出修改的试验数据。利用上述特性和试验数据对转子叶片作了改进后, 再次进行的 CDFS 试验表明, 应力大大降低。另外, 该系统在完全可控的试验室环境模拟发动机振动状态, 而不必进行高成本、高风险的旋转试验。

(孙广华)



应用声学技术激励的风扇叶片



根据强迫响应试验结果给出的叶片挠度图谱