

民用飞机机翼液压管路设计探讨

夏鹤鸣,范平,韩定邦

(上海飞机设计研究院 液压系统设计研究部 上海 201210)

摘要:对液压系统机翼管路布局设计方法进行了探讨。分别从机翼液压管路设计的基本原则和需关注的重点问题提出了机翼液压系统管路设计的解决方法。

关键词:液压系统;液压管路;机翼

中图分类号:TH12 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2012)02-0032-02

Design of Hydraulic Tubing in Civil Aircraft Wing

XIA He-ming, Fan Pin, HAN Ding-bang

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Hydraulic System Department, Shanghai 201210, China)

Abstract: This paper discusses the tubing layout methods of the hydraulic system in aircraft wing and according to the hydraulic tubing basic principles and related key issues, proposes the tubing design solution of this system.

Key words: hydraulic system; hydraulic tubing; wing

0 引言

液压能源系统具有功率大、响应速度快、抗负载刚性大及容易控制等特点^[1],主要为飞机的飞行控制系统、起落架系统以及反推力系统等重要负载提供动力源,以实现各负载预定的功能,是飞机的主动脉^[2],液压系统在保证飞机的飞行安全方面占据着非常重要的地位^[3]。液压系统与各液压用户是通过液压管路相连接的,而在整个飞机机翼上分布有近一半的液压管路,而这些管路布局是否合理直接影响在各种最不利情况下能否保证飞机安全的关键环节,因此机翼液压管路布局的合理设计对飞机安全有重要意义。

1 民用飞机液压系统构架及机翼上管路分布

为了保证飞机安全,现代民用飞机液压系统一般采用三套液压分系统组成冗余架构,表1为液压能源系统在各大主要机型的配置情况。

表1 液压能源系统在主要机型的配置情况

| 机型 | A310 | A320 | A330 | A340 | 737 | 747 | 767 | 777 |
|--------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 液压系统套数 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |

图1为液压管路系统在机翼上布置的典型情况,从图1中可以看出,与3套液压分系统相对应,在机翼上分布有3套液压分系统的管路。为了保证多套液压分系统架构的冗余有效性,机翼上的不同液压分系统的管路应保持独立性。

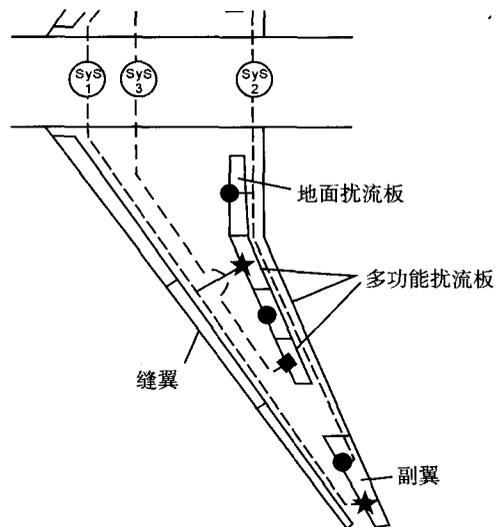


图1 民用飞机机翼液压管路系统分布图

2 机翼液压管路设计原则

机翼液压管路设计关系到管路制造、安装装配的难易程度,关系到与结构、其他系统机械接口的合理与否,更涉及到安全问题等。根据多年的设计经验,认为机翼区域液压管路设计时应遵循下列基本原则:

a) 机翼上各套分系统间管路应尽量隔离,在空间上相互错开。

b) 管路连接处须有防差错设计^[4],并考虑导管及管接头的可维护性。

作者简介:夏鹤鸣(1983—),男,江苏如皋人,助理工程师,硕士,主要从事民用飞机液压系统的设计研究工作。

c) 管路安装应保证合适的支承间隔,并避免在两个刚性支承接头之间安装直导管,尽量减少弯管和分支,尽量减少接头数量,接头附近应有支撑。

d) 导管和导管之间,导管和结构、运动件之间,导管和其他系统之间应有合理的足够的间隙,以保证在最不利的制造公差、最严酷的环境条件和最严重变形条件下不产生相互接触和磨损。

e) 在空间无法同时满足导管与结构及运动件之间的间隙要求时,应优先满足与运动件之间的间隙,并且保证该间隙稳定。

f) 导管现场取样制造、安装及检验时,应考虑运动件的包络面,避免在错误的空间内进行,同时导管取样应以电子样机数模为指导,以便对取样状态的控制。

3 机翼管路布局设计需关注的重点问题

a) 转子爆破^[5-6]

机翼液压管路设计时,必须考虑适航条款 CCAR25.903(d)(1)中的非包容性转子爆破要求,即当发生转子爆破时应保证飞机还能够继续安全飞行和降落。对此总结了业界的解决办法是对液压系统所有附件尽量布置在转子爆破区以外,对必需要经过转子爆破区的不同液压系统管路应相互隔离,在空间错开,并充分利用机身结构本身的大梁、隔框等具有较强承载能力的结构部件,使液压管路在受到外部强烈冲击的情况下得到机身结构的保护。这样能保证万一发生转子爆破时飞出的碎片不会损坏所有液压系统。

b) 鸟撞

如果机翼前缘布置液压管路则需要考虑鸟撞防护问题,即当机翼前缘被 8 磅重的鸟撞击时能够保证飞机继续安全飞行和降落,也就是如果撞到液压管路也要能够保证飞机继续安全飞行和降落。解决办法是尽量在机翼前缘不布置液压管路,如果一定要在机翼前缘布置液压管路,则只布置一套或两套,对三套系统管路进行隔离设计,并对前缘结构进行加强,确保不造成超过一套独立的液压系统失效。

c) 机翼变形

机翼在飞行过程中会产生较大的变形,安装在机翼长度范围内的液压系统管路也将产生相应的变形。液压管路一般需设计有若干支架与机翼结构连接,使管路与机翼结构变形协调,限制不希望的变形,消除变形与应力的突变。

d) 机翼燃油箱防爆

一般情况下,机翼后缘空间难以容纳三套液压管路,因此部分液压管路需穿过燃油箱,这就把液压系统热量传给了燃油箱,必须考虑适航条款 CCAR25.981 中的燃油箱点燃防护要求。液压系统在工作过程中,液压油的温度会升高,机翼燃油箱中液压管路设计温度必须低于一个安全的温度,避免液压管路成为点火源。一般民用飞机液压油箱上装有温度开关,它可将油箱内的温度(液压系统最高温度)控制在特定温度以下。其工作原理为,若油箱内

液压油的温度超过特定温度,油箱温度开关自动切断对外供油,从而不会导致燃油温度继续升高。而且,每个系统油箱的油液温度能够显示在驾驶舱的显示器上,若温度大幅度升高,驾驶员能够及时发现并采取措施。

e) 机翼油箱液压管路泄漏

液压系统管路穿过机翼油箱,应考虑管路及相关元件的泄漏问题,保证燃油系统的清洁度。

1) 燃油箱内部的液压导管可采用可靠的永久性密封接头,这种接头的结构是金属对金属的冲模压接,并采用密封性好的硅树脂橡胶密封套,提供了可靠的密封,可在最大程度上减小泄漏的可能性。

2) 从发动机的性能角度,若发动机所使用的燃油中所含液压油的密度小于发动机允许的特定值,其稳定工作状态不会受到影响。因此液压系统在机翼燃油箱中的最大泄漏量与燃油箱中备用油量的比值应小于发动机允许的特定值。

3) 液压系统的每个油箱的液量应能够显示在驾驶舱的显示器上,若产生较大的泄漏问题,驾驶员可以及时发现并采取相应措施制止情况的恶化。

f) 闪电防护设计

需对穿入燃油箱翼盒内及燃油箱附近的液压管路,进行闪电防护重点考虑。需确定发生闪电情况下,流入燃油箱液压管路的闪电电流,以此确定如何对液压管路进行闪电防护。同时也需要考虑液压管路之间,与电缆之间,燃油管路之间产生的次生效应。

4 结论

民用飞机机翼上分布系统众多,可布置空间狭小,在机翼上合理布置液压管路的确是很大的挑战。本文对现代民用飞机机翼管路设计中的基本原则和需考虑的重点问题进行了总结和探讨,给出了机翼管路布局设计的解决办法,对于机翼液压管路布局设计具有较强指导意义。

参考文献:

- [1] 郇正能,主编.飞机部件与系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.5.
- [2] 王占林,主编.飞机高压液压能源系统[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.11.
- [3] 李艳军,编著.飞机液压传动与控制[M].北京:科学出版社,2009.02.
- [4] 肖翔,夏雨冰,等.超薄翼型上液压系统布置的设计分析[J].民用飞机设计与研究,2010,12.
- [5] SAE ARP4752 Design and Installation of Commercial Transport Aircraft Hydraulics Systems
- [6] AC 20-128A Design Considerations for Minimizing Hazards Caused By Uncontained Turbine Engine and Auxiliary Power Unit Rotor Failure.

收稿日期:2011-09-02