

水空两用无人机进排气系统分析*

Analysis to Intake and Exhaust System of Water-Air UAV

朱莎 王云 刘伟 / 南昌航空大学飞行器工程学院

摘要:水空两用无人机的进排气系统对其能够进行水空转换运行有着至关重要的作用。本文针对水空两用无人机进排气系统进行分析,通过CATIA进行设计造型,再将模型导入流体分析软件FLUENT中,分析其对发动机进气量的影响,通过分析确定现有设计方案的可行性,以及对现有方案进行改进完善,为后续研究提供依据。

关键词: 水空两用无人机; 进排气系统;

Keywords: water-air UAV; intake and exhaust system

0 引言

水空两用飞机,是指平时主要在空中飞行,当在水域上空执行任务时可隐蔽到水下,在水中进行短暂的航行后又浮出水面,且可再次飞到空中的飞行器。

我国关于水空多栖作战飞行器的研究才刚刚起步,而在国外较为成熟的有美国的潜射飞机^[1-2],以及2008年10月美国国防部高级研究计划局(DARPA)提出的“潜水飞机”的概念^[3-4],前者需要借助发射装置才能从水中进入空中,而后者与本文中提到的水空两用飞机更为相似。

本文采用活塞发动机和动力锂电池电动机两套系统,分别独立地为水空两用无人机提供动力。由于在水下工作时活塞发动机和动力锂电池都不能进水,因此必须将不能进水的设备放置在一个密闭空间内,但是活塞发动机的运行少不了空气,同时废气也需要及时排出密封舱,所以在密封舱内必须有进排气口,这就需要设计一个密封进排气装置,实现在水下航行时能将密封舱的进

排气口闭合,而在进入空中飞行时又能将进排气口打开,确保足够的空气进入,让活塞发动机能正常运行。密封机身上的进排气口以及进排气装置就构成了本文所指水空两用无人机的进排气系统。

1 进排气系统设计

根据所设计无人机的基本参数,确定适合的发动机、动力锂电池、电机及其它相关设备,将需要防水的所有动力设备安装在一个密闭的机体中(表1)。

表1 水空两用无人机的基本参数

飞机起飞重量	8kg
飞机推重比	0.41
所需推力	3.28kg
巡航速度	17m/s
机体直径	200mm
发动机排量	26ml
发动机实用转速	1600~9500r/min
发动机推力	5~6.5kg

由于仅有动力传动装置需要防水,这里将密封机体与普通机体分开,考虑到机体的重心问题,将整个密封动力系统设置于机体最前端,前段设计为收缩的圆锥形,后段为便于与

机体的链接选择与机体形状一致的圆柱形,圆柱直径为200mm。具体的动力传动系统的布置及密封机体开口位置设计如图1所示。

在发动机进排气系统中最重要的是进排气装置,为整个发动机进排气系统的开合提供了可能。进排气装置的具体布置如图2所示。

进排气装置是由电机、螺杆、前向推进装置连接的前进气阀、侧向推进螺

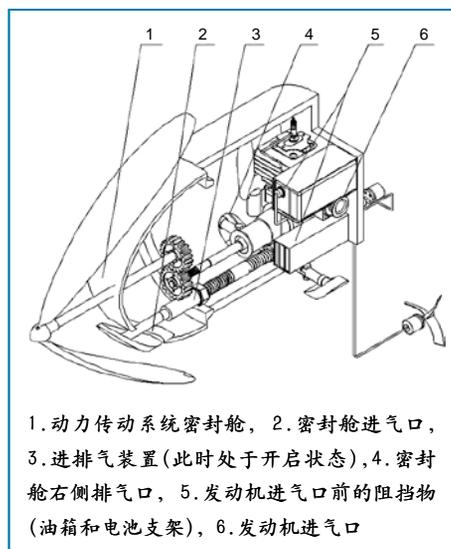
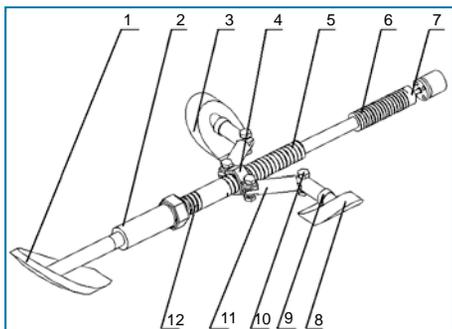


图1 水空两用无人机进排气系统在密封机身内的布置示意图

* 航空科学基金资助项目(2010ZA56002)



1. 前进气阀, 2. 前向推进装置, 3. 右侧排气阀, 4. 侧向推进螺母, 5. 带有逆时针螺纹的螺杆, 6. 机翼收放装置的螺杆, 7. 螺杆, 8. 左侧排气阀, 9. 横向限位装置, 10. 连接铰, 11. 连接杆, 12. 带有顺时针螺纹的螺杆

图2 水空两用无人机进排气装置(此时处于闭合状态)示意图

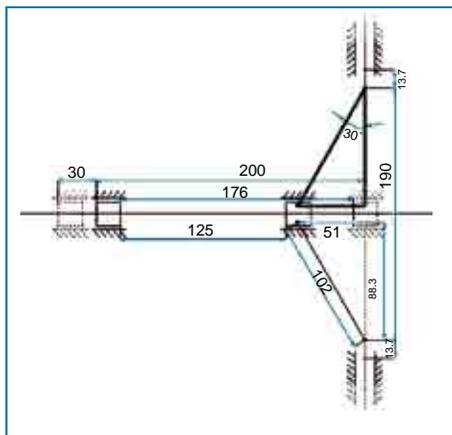


图3 进排气装置运动过程图

母以及由连接杆和连接铰链连接的左侧排气阀和右侧排气阀组成, 整套装置类似于一个丝杆机构, 主要是将回转运动转换为直线运动。进排气阀也起到封堵密封机体的作用, 进排气装置开启时, 空气可以进入机体, 废气也可以排出机体, 进排气装置关闭, 则可以防止水进入机体。

2 进排气系统的分析

在进排气系统中, 进排气阀的开合对整个动力传动系统有着至关重要的影响, 进排气阀开合的大小影响了进入密封舱内的空气量, 从而影响进入活塞发动机的进气量。

如图2所示, 进排气阀安装在丝杆螺

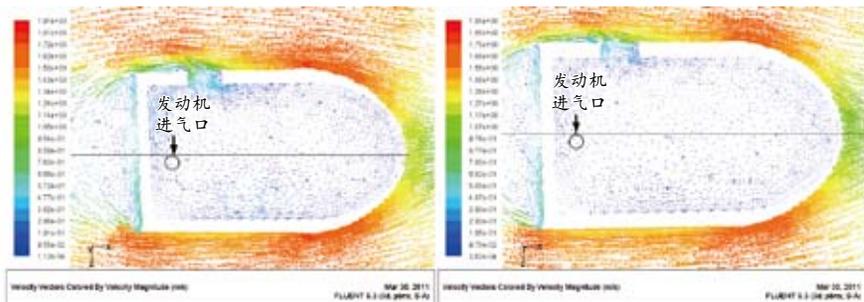


图4 软风风速无挡板及挡板距离30mm

母机构中与螺母相连接的杆件上, 由于有安装裕度, 因此开合量也是可以调节的, 具体如图3所示。

由图3可知, 连接左右排气阀的链接杆, 其长度范围为 $0 \sim 102\text{mm}$, 而相应的左右排气阀的伸缩范围为 $0 \sim 13.7\text{mm}$, 前进气阀的开合范围最大值为 $125 \sim 176\text{mm}$ 。在实际情况中, 前进气阀的开合量不能太大, 否则过分增加了轴的长度, 同样也不能过短, 否则影响进气量。那么究竟进气阀该开多大才是较为合理的, 本文采用FLUENT进行模拟分析, 在验证其可行性的同时, 也为设计提供一个较好的方案。在用FLUENT的分析时简化了输入的用CATIA建立的模型, 模型中只保留了进排气阀和带有进排气口的密封机体。由于是气体分析问题, 选用三维定常可压缩流动进行分析^[5]。

2.1 进气道进气量模拟测算

在设计过程中, 所选用的活塞发

动机的汽缸容量为 26ml , 发动机进气口的直径为 20mm , 通过计算可以得出所需的空气流速至少为 $6.37 \times 10^{-2}\text{m/s}$, 具体计算方法如下:

气体流量(q)=流速(v) \times 横截面积(s) \times 时间(t)

在本例中, 要求 $q \leq vst$, 所以流速大于等于 $6.37 \times 10^{-2}\text{m/s}$ 。

在模拟分析中设定无人机在静止时空气的来流速度为软风风速(1.5m/s), 对没有挡板(即进气阀)和安装了一个距密封机体进气口 30mm 的挡板两种情况进行对比分析, 如图4所示。

从图4中可以看到无挡板时进入密封机体的进气量显然更多, 气流速度也更大, 但是进入发动机进气口的进气速度却没有有挡板的大, 图4左中发动机进气口的进气速度为 $9.55 \times 10^{-2} \sim 1.91 \times 10^{-1}\text{m/s}$, 图4右中发动机进气口的进气速度为 $9.78 \times 10^{-2} \sim 1.95 \times 10^{-1}\text{m/s}$, 无论有无挡板, 发动机进气口的进气速度都

是满足要求的, 大于 $6.37 \times 10^{-2}\text{m/s}$, 因此该方案中进排气口的开口位置是合理的, 同时挡板对进入发动机进气口的进气量影响不大。

2.2 来流速度和挡板距离对进气量的影响

在用FLUENT软

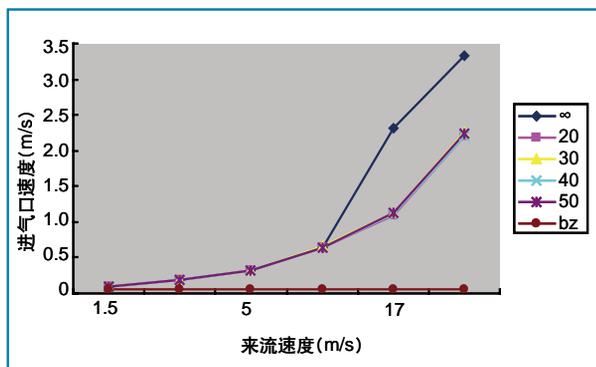


图5 不同来流速度与挡板距离的情况对比

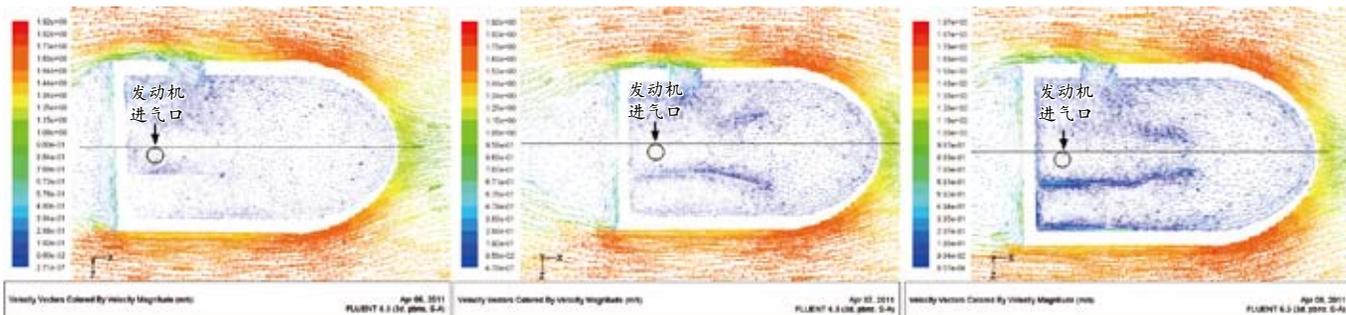


图6 有阻挡物和分别加入收敛扩张通道的气流情况

件模拟研究中发现来流速度和挡板距密封机身的距离对进气量也是有影响的,因此要想通过模拟分析知道在更大的风速情况下进气量是否能满足要求,也希望通过分析得出一个最合适的挡板距离。以下分别对无挡板、挡板距离20mm、30mm、40mm、50mm时软风风速(1.5m/s)、微风风速(5m/s)、无人机巡航速度(17m/s)下发动机进口气流速度进行分析,由以上几种情况的分析可以得到如图5所示的不同来流速度和挡板距离进入发动机进气口最小速度的对比,图中最下面一条线为标准进口速度($6.37 \times 10^{-2} \text{m/s}$)。

通过以上对比分析,可以得出如下结论:所有情况下的进口速度都大于标准进口速度,都满足要求;在低速情况下,有挡板更易让气流进入到密闭机身内部,并非挡板越近或是越远进入发动机内的气流量就越大,而是在30mm

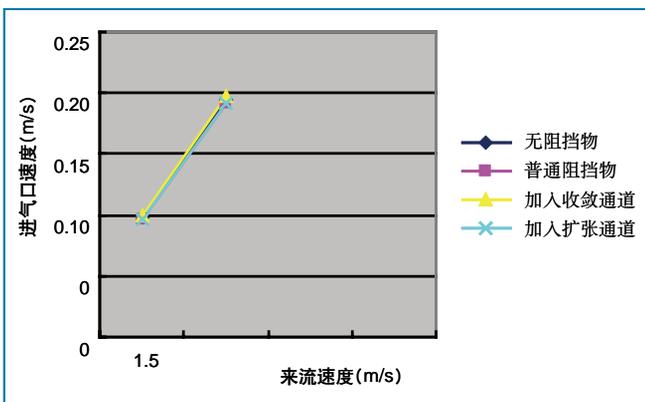


图7 不同阻挡物对气流影响的情况对比

距离处达到一个峰值,因此选择挡板距离30mm为最佳方案。

2.3 进气口周围阻挡物对进气量的影响

在实际情况中,在发动机的进气口前有一些阻挡物,其中最大的且会对进气量产生影响的有油箱支架和动力锂电池支架,将这两个部件加入分析的模型当中,同时也在这两个部件前面加入收敛和扩张的通道,看看加入这两种不同的通道以后对进入发动机的进气量有什么影响。为了简化分析,仅对软风风速下挡板距离为30mm的情况进行分析,具体分析如图6、图7所示。

通过对加入不同阻挡物的分析,由图6、图7可以得出如下结论:

- 1) 阻挡物对进入发动机进气口的进气量影响不大,依然能够满足要求;
- 2) 在阻挡物前加入了收敛的通道对进入发动机进气口的进气量没有太大影响,但使进入密封机身的气流量明

显增加,而加入了扩张通道后进入发动机进气口的进气量反而减少,所以在设计中可以在油箱支架和动力锂电池支架前加入一个收敛的通道,以增加进入密封机体内的进气量,使发动机更好地运行。

3 结束语

经分析表明,该设计能够实现所需的功能预期,通过对比,得到了可行的最佳方案,并为今后的具体设计研究打下基础。

AST

参考文献

- [1] 张晓东,孙碧娇.美军潜射无人机的发展与关键技术[J].鱼雷技术,2005,13(3):6-10
- [2] 时兆峰,张纯学. 鸬鹚无人机:一种新型潜射无人战斗机[J].飞航导弹,2006,03(005):9
- [3] 陈建峰,杨龙塾.美国DARPA提出的“潜水飞机”概念[J].现代舰船,2009,03(14):38-39
- [4] Scott R. Darpa Launches Submersible Aircraft Project[J]. Jane's International Defense Review, 2008, 41(12):20.
- [5] 于勇.Fluent入门与进阶教程[M].北京:北京理工大学出版社,2008.

作者简介

朱莎,硕士研究生,主要研究方向为新型飞行器动力系统研究。

王云,博士,教授,主要研究方向为动力工程。

刘伟,硕士研究生,主要研究方向为飞行器设计。