

航空宇航学院

第一分册



航空宇航学院2007年学术论文清单 (0111)

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期
1	高正 陆洋 宋彦国 王浩文	教授 副教授 副教授 教授	0111 0111 0111 0111	王谢堂前燕 飞入百姓家——让直升机走进千家万户	第23届全国直升机年会	2007
2	韩东 高正 王浩文	博士 教授 教授	0111 0111 0111	舰船升沉运动对旋翼瞬态气弹响应影响分析	空气动力学学报	2007. 25. 04
3	韩东 高正 王浩文 张虹秋	博士 教授 教授 高工	0111 0111 0111 0111	铰接式旋翼舰面瞬态气弹响应及参数研究	空气动力学学报	2007. 25. 01
4	徐进 高正	博士 教授	0111 0111	机动飞行中旋翼尾迹畸变效应实验	空气动力学学报	2007. 25. 04
5	彭明华 蔡杰 张呈林	博士 工程师 教授	0111 外单位 0111	倾转旋翼桨叶空气动力学/结构动力学多学科优化设计研究	航空动力学报	2007. 22. 06
6	邵松 张呈林 朱清华 薛立鹏	硕士 教授 讲师 博士	0111 0111 0111 0111	基于虚拟样机的倾转旋翼/机翼系统动力学仿真	系统仿真学报	2007. 19. 09
7	徐国华 招启军 彭延辉	教授 高工 硕士	0111 0111 0111	Study on the induced velocity and noise characteristics of a scissors rotor	Journal of Aircraft	2007. 44. 03
8	黄水林 李春华 徐国华	博士 博士 教授	0111 0111 0111	基于自由尾迹和升力面方法的双旋翼悬停气动干扰计算	空气动力学学报	2007. 25. 03
9	李春华 黄水林 徐国华	博士 博士 教授	0111 0111 0111	倾转旋翼机机翼向下载荷的计算方法及参数影响分析	实验流体力学	2007. 21. 01
10	李春华 徐国华 赵小全	博士 教授 硕士	0111 0111 0111	基于时间精确自由尾迹方法的桨叶总距突增响应计算	第二十三届全国直升机年会	2007
11	宋辰瑶 徐国华	博士 教授	0111 0111	旋翼翼型非定常动态失速响应的计算	空气动力学学报	2007. 25. 04
12	王海 徐国华	博士 教授	0111 0111	基于特征值方法的旋翼尾迹稳定性分析	计算物理	2007. 24. 06
13	招启军 徐国华 赵景根 徐 广	高工 教授 博士 博士	0111 0111 0111 0111	A New Hybrid Method for Predicting the Flowfield of Helicopter Rotors in Hover and Forward Flight	第十三届计算流体力学会议	2007
14	招启军 徐国华	高工 教授	0111 0111	A study on aerodynamic and acoustic characteristics of advanced tip-shape rotors	JOURNAL OF THE AMERICAN HELICOPTER SOCIETY	2007. 52. 03
15	招启军 徐 广 徐国华 叶 靓	副教授 博士 教授 博士	0111 0111 0111 0111	桨尖形状对直升机旋翼悬停性能的影响研究	第二十三届全国直升机年会	2007
16	招启军 徐 广 徐国华 尚克明	高工 博士 教授 硕士	0111 0111 0111 0111	基于CFD方法的直升机旋翼翼型反设计技术	中国力学学会学术大会	2007
17	史勇杰 招启军 徐国华	博士 高工 教授	0111 0111 0111	基于广义动态尾迹理论的旋翼非定常气动特性分析	第二十三届全国直升机年会	2007
18	宋辰瑶 招启军 徐国华	博士 副教授 教授	0111 0111 0111	前飞状态下直升机旋翼旋转噪声预测	第二十三届全国直升机年会	2007
19	王 阳 招启军 徐国华	博士 副教授 教授	0111 0111 0111	直升机总噪声中旋翼和尾桨噪声的分辨与提取方法	第二十三届全国直升机年会	2007
20	王博 招启军 徐国华	博士 高工 教授	0111 0111 0111	基于动量源方法的直升机旋翼/机身流场数值模拟	中国力学学会学术大会	2007

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期
21	叶靚 徐广 招启军 徐国华	博士 博士 副教授 教授	0111 0111 0111 0111	直升机机身外形对气动特性的影响	直升机技术	2007. 00. 04
22	叶靚 招启军 徐国华	博士 高工 教授	0111 0111 0111	基于非结构嵌套网格的旋翼悬停流场计算	第十三届计算流体力学会议	2007
23	陆轶 顾仲权	硕士 教授	0111 0111	直升机结构响应主动控制作动器优化设计研究	振动与冲击	2007. 26. 03
24	梅振景 顾仲权	硕士 教授	0111 0111	直升机结构响应混合鲁棒控制研究	振动与冲击	2007. 26. 11
25	宋彦国 王焕瑾	副教授 副教授	0111 0111	适于飞控系统设计的缩比直升机建模	飞行力学	2007. 25. 04
26	宋彦国 张呈林	副教授 教授	0111 0111	小型无人直升机模糊飞行控制系统设计	南京航空航天大学学报	2007. 39. 01
27	孙涛 宋彦国	博士 副教授	0111 0111	一种无人直升机飞行力学模型辨识方法研究	航空学报	2007. 28. 增刊
28	陆洋 李建波 朱清华	副教授 副教授 博士生	0111 0111 0111	自转旋翼机飞行动力学建模及分析	2007年全国直升机年会	2007
29	陆洋 陆轶 顾仲权 凌爱民	副教授 硕士 教授 研究员	0111 0111 0111 外单位	直升机结构响应主动控制传感器优选研究	第二十届全国振动与噪声高技术及应用年会论文集：现代振动与噪声技术	2007. 05. 00

航空宇航学院2007年学术论文清单 (0112)

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期
1	姚卫星	教授	0112	A cumulative fatigue damage rule under the alternative of corrosion or cyclic loading	ACTA METALLURGICA SINICA	2007. 20. 01
2	姚卫星	教授	0112	LC4CS铝合金的超高周疲劳寿命分布	金属学报	2007. 43. 04
3	郭盛杰 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	基于Beta分布形状的拟合优度检验	应用数学学报	2007. 30. 03
4	刘克龙 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	多学科设计优化的低自由度协同优化方法	南京航空航天大学学报	2007. 39. 03
5	刘克龙 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	几种新型多学科设计优化算法及比较	计算机集成制造系统	2007. 13. 02
6	刘克龙 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	运用低自由度协同优化的机翼结构气动多学科设计优化	航空学报	2007. 28. 05
7	孙海龙 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	典型系统的区间可靠性分析	南京航空航天大学学报	2007. 39. 05
8	孙海龙 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	概率体系和非概率体系下结构元件的可靠性分析方法回顾	机械科学与技术	2007. 26. 02
9	杨忠清 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	复合材料层合板疲劳寿命分析的系列单元失效模型	南京航空航天大学学报	2007. 39. 01
10	杨忠清 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	基于调和均值的疲劳寿命经验分布函数	南京理工大学学报	2007. 31. 01
11	张成成 姚卫星	博士生 教授	0112 0112	基于响应面的结构抗疲劳优化设计方法	南京航空航天大学学报	2007. 39. 01
12	李 杰 姚卫星	硕士生 教授	0112 0112	面向代理模型的机翼变形计算方法	南京航空航天大学学报	2007. 39. 06
13	李应波 姚卫星	硕士生 教授	0112 0112	基于SFEM 的结构元件疲劳可靠性分析	南京航空航天大学学报	2007. 39. 04
14	施剑玮 姚卫星	硕士生 教授	0112 0112	估计构件疲劳极限的Bayes 极小样本方法	机械强度	2007. 29. 02
15	昂海松	教授	0112	国外大飞机设计特点简要分析	中国航空学会总体专业分会第八次学术交流会文集	2007
16	昂海松	教授	0112	航空航天：人类神话梦想与能力追求的人文精神体现	南京航空航天大学学报（社科版）	2007. 09. 02
17	昂海松	教授	0112	浅析国外大飞机的总体布局设计特点	大型飞机关键技术高层论坛暨中国航空学会2007学术年会集	2007
18	肖天航 昂海松 余少志	博士 教授 副教授	0112 0112 0201	A Preconditioned Dual Time-stepping Procedure coupled with Matrix-free LU-SGS Scheme for Unsteady Low Speed Viscous Flows with Moving Objects	International Journal of Computational Fluid Dynamics,	2007. 21. 00
19	肖天航 昂海松 全超	博士 教授 硕士	0112 0112 0112	大变形复杂构形动态网格的双重Delaunay图映射方法	第十三届全国计算流体力学会议	2007
20	肖天航 昂海松 余少志 王旭刚 段文博	博士 教授 副教授 硕士 硕士	0112 0112 0201 0112 0112	预处理法求解定常/非定常混合网格的全速流场	空气动力学学报	2007. 25. 04
21	郑祥明 昂海松	博士 教授	0112 0112	基于多传感器技术的微型飞行器智能组合导航技术研究	宇航学报	2007. 28. 05
22	朱保利 昂海松	博士 教授	0112 0112	一种扑翼微型飞行器驱动机构速度波动研究	中国科学院研究生院学报	2007. 24. 04
23	朱保利 昂海松 郭力	博士 教授 硕士	0112 0112 0112	一种新型三维仿生扑翼机构速度设计与分析	南京航空航天大学学报	2007. 39. 04
24	陈金宝 聂宏 张明 汪岸柳	博士 教授 博士 博士	0112 0112 0112 0112	A Study on the Stability of Lunar Lander Based on the Deformation of the Buffering	国际宇航学会年会论文集	2007
25	吴志斌 聂宏 陈金宝 赵金才	硕士 教授 博士 高工	0112 0112 0112 外校	小天体探测器发展及着陆关键技术分析	测试技术学报	2007. 21. 增刊
26	王薇 王志瑾	硕士 教授	0112 0112	M-型皱褶芯材当量弹性常数的数值研究	二十一世纪航天科学技术发展与前景高峰论坛暨中国宇航学会第二届学术年会	2007

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期
27	王宇 余雄庆	博士 教授	0112 0112	Robust optimization of aerodynamic design using surrogate model	Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics	2007.24. 03
28	胡添元 余雄庆	博士 教授	0112 0112	基于二级优化的低RCS外形设计方法	飞机设计	2007.27. 01
29	聂毅 余雄庆	博士 教授	0112 0112	翼面隐身结构电磁散射特性稳健优化设计研究	航空学报	2007.28. 增
30	沈海军	副教授	0112	Collision and Energy Transfer between C60 Fullerenes in an Ar-atoms-filled Carbon Nanopeapod	Nano	2007.02. 01
31	沈海军	副教授	0112	Compressive and tensile properties of Ar filled carbon nano-peapods	Materials Letters	2007.61. 02
32	沈海军	副教授	0112	Electronic Structure and Electrical Transport Characteristics of c60,2c60and4c60 Fullerene Molecules	Material Frontier in China	2007.01. 01
33	沈海军	副教授	0112	Kinetic resistance of carbom fullerenes in aqueous solution	Nano	2007.02. 04
34	沈海军	副教授	0112	MD simulations on the Melting and Compression of C,Sic and Si nanotubs	J. Mater. Sci.	2007.42. 15
35	沈海军	副教授	0112	Mechanical properties and electronic structure of compressed C60,C180 and C60@C180 fullerenes	J. Mater. Sci.	2007.42. 17
36	沈海军	副教授	0112	The compressive mechanical Properties of C _n (n=20, 60, 80, 180) and Endohedral M@C ₆₀ (M=Na, Al, Fe) Fullerene Molecules.	Molecular Physics	2007.105. 17-18
37	沈海军	副教授	0112	Thermal-atability and tensile properties of two single-walled Si-H nanotubes	Molocular Simulation	2007.33. 11
38	沈海军	副教授	0112	Ar掺杂碳纳米豆莢的压缩与拉伸力学特性	计算力学学报	2007.24. 05
39	沈海军	副教授	0112	C120异构体富勒烯分子的AM1研究	分子科学学报	2007.23. 01
40	沈海军	副教授	0112	腹部油箱对飞机雷达隐身特性的影响	飞机设计	2007.27. 05
41	沈海军	副教授	0112	火星服修复与纳米机器人	百科知识	2007. 373
42	沈海军 付光俊	副教授 硕士	0112 0112	几种二胺类分子空穴传输特性的量子化学分析	感光科学与光化学	2005.23. 06
43	沈海军	副教授	0112	加氢单壁硅纳米管的热稳定性与拉伸力学特性	计算物理	2007.24. 05
44	沈海军	副教授	0112	磷脂酰乙醇胺双分子层膜低能电子散射的Monte Carlo 模拟	膜科学与技术	2007.27. 02
45	沈海军	副教授	0112	疲劳破坏: 飞机安全的“杀手”	百科知识	2007. 377
46	沈海军	副教授	0112	石墨层间Ni500团簇形态与熔化特性的分子动力学研究	计算机与应用化学	2007.24. 04
47	沈海军	副教授	0112	水上飞机、地效飞行器与冲翼艇辨析	中国科技术语	2007.09. 05
48	沈海军	副教授	0112	碳、氮化硼纳米管与纳米豆莢的拉伸与压缩特性	纳米技术与精密工程	2007.05. 02
49	沈海军	副教授	0112	碳管纳米弹簧的横向与轴向刚度分析	材料科学与工程学报	2007.25. 06
50	沈海军	副教授	0112	碳纳米豆莢拉伸于压缩力特性的分子动力学研究	材料科学与工程学报	2007.25. 03
51	沈海军	副教授	0112	碳纳米锥与刚体平面作用的分子动力学模拟	原子与分子物理学报	2007.24. 05
52	陈 裕 沈海军	硕士 副教授	0112 0112	单壁及双壁纳米碳管径向压缩特性的分子动力学研究	原子与分子物理学报	2007.24. 02
53	付光俊 沈海军 陈裕 穆先才	硕士 副教授 硕士 硕士	0112 0112 0112 0112	碳、硅及氮化硼纳米管轴向拉伸的分子动力学研究	机械强度	2007. 06
54	魏小辉 聂宏	讲师 教授	0112 0112	舰载机起落架落震性能动力学仿真分析	中国机械工程	2007.18. 05
55	魏小辉 聂宏	讲师 教授	0112 0112	舰载机着舰减震新技术研究	航空学报	2007.28. 02

第二十三届全国直升机年会论文集目录

综 合 (10 篇)

王谢堂前燕 飞入百姓家——让直升机

- 走进千家万户……………高正 陆洋等(1)
- 加快我国直升机技术自主创新的若干思考……………陈怡枢(8)
- 细观俄罗斯当前直升机产业发展……………张慧(12)
- 中国重型直升机发展的思考……………李明 张义涛等(18)
- 直升机 HUMS 技术现状与发展……………高亚东 张曾锸(24)
- 美军直升机综合电子战装备的现状 & 发展……………裴承山 张庆久(32)
- 美军陆航的 CBM+应用现状 & 趋势……………陈光明 范海蓉等(37)
- 现代直升机关键技术之思考……………刘夏石(43)
- 直升机敌我识别系统分析……………赵阳 张国新等(49)
- 直升机集成化研究平台……………郭卫刚 康小伟(53)

直升机应用与维修 (59 篇)

- 海军直升机防护救生装备现状 & 对策研究……………颜旗权 周益(60)
- 基于虚拟现实仿真技术的直升机
- 维修性评估 & 验证技术研究……………杨宇航 苏曼迪等(66)
- 数字化技术在直升机维修保障中的应用……………李志超(73)
- 直升机载软件质量监督工作研究……………徐全志 肖剑等(79)
- 加强军用直升机保障性研究……………应振华 高洪祥(87)
- 军用直升机保障性研究新进展……………路录祥 熊伟等(92)
- 野战保障中航空军械保障可能出现的
- 问题 & 应对措施……………肖选举(99)
- 直升机快速地面保障能力研究……………韩和平 邓建等(103)
- 论航空维修中的质量文化建设……………刘尚 张鹏等(107)
- 浅谈无人直升机在陆航中的应用前景……………孔苏惠 施海伟等(110)
- 直升机附件性能试验 & 故障诊断技术研究……………冯文春 王浩文(115)
- 直升机复合材料结构战伤修理浅析……………李兆远 陈智 童明波(122)

王谢堂前燕 飞入百姓家

高 正 陆 洋 宋彦国 王浩文

（南京航空航天大学直升机旋翼动力学国家级重点实验室，南京 210016）

王谢堂前燕，飞入百姓家

——让直升机走进千家万户

高正 陆洋 宋彦国 王浩文
南京航空航天大学

2007. 8

内容提要

一、“万用”的直升机

二、直升机为何未能普及

费用高昂
驾驶、维护困难
乘坐欠舒适，内外噪声大

三、福特汽车的启示

四、如何使直升机走进千家万户

第一，依靠创新技术，简化直升机
第二，发展自动控制，实现“傻瓜”操纵
第三，提高可靠性，维护性

一、“万用”的直升机

直升机的独特优势：

- ★垂直起降、悬停
- ★良好的低速飞行性能

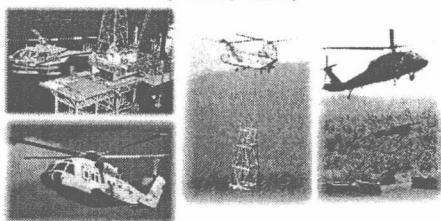
使直升机可广泛应用于各个领域、各种环境。

★救生：海上、失火楼顶、山区、抢救伤员

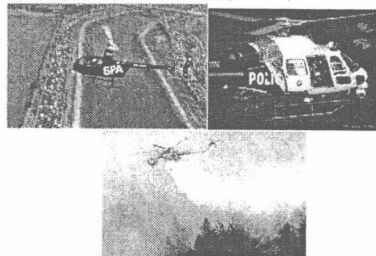


★ 运输：

石油平台、山区、市区、吊运



★公安：交通巡查、灭火、追捕



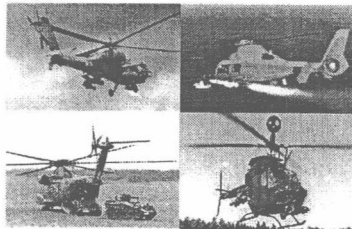
★ 特种作业：吊运、吊装、

管线巡查、空中摄影等



★ 军事：

攻击、反潜攻舰、机降和运输、战勤

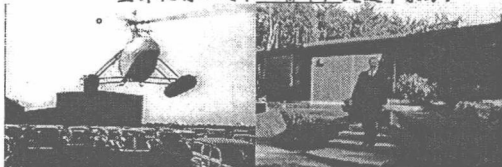


● 王连存教授评价：

直升机是万岁、万用的飞行器。

● 伊戈尔·西科斯基预言：

直升机将如同私人轿车，走进千家万户



直升机诞生已70年，仍远未普及

世界民用直升机现有量：2.5万架

中国民用直升机现有量：120余架

对比：

1, 世界民用飞机总量：约40万架

2, 至2006年底，
中国民用汽车现有量4985万辆，
其中民用轿车1545万辆

二、直升机为何未能普及

● 费用高昂

5座级直升机的售价是

5座家用轿车价格的百倍。

直11：约¥1400万，EC120：约

¥1600万



直升机动部件寿命短，仅几百至几千小时。

使维护费用昂贵。

● 驾驶困难

为掌握驾驶技能，获得直升机驾照，学习时间至少需1~2年，且费用高昂。

武汉通航国际飞行培训中心：¥15

万

哈尔滨飞龙国际航空培训有限公司：

¥9万（私用执照）

毕晓芳（商用执照）

● 结构复杂，维护困难

直升机用户称：“买得起用不起”，

通常是交由民航相关部门代为管理。

维修、维护。

● 乘坐舒适性差，内外噪声大

目前，直升机在巡航状态，舱内

振动水平 0.05 -- 0.1 g

噪声水平 90 -- 95 db

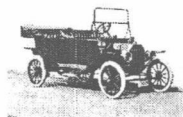
强烈的外部噪声不符合环保的发展趋势。

三、福特 汽车的启示

19世纪末至20世纪初，汽车刚刚出现，
是由华贵的马车加装动力装置构成，
价格昂贵，只有豪门贵族才能享用。

福特（Ford）先生誓言：
要造普通百姓买得起的汽车！

1908年，福特汽车公司生产出
“普通百姓的”汽车——T型车。



T型车总计生产了1500万辆，
最后价格降到了265美元，
是本厂工人两个月的工资。

100年后的今天，
美国民用汽车保有量约2.4亿辆
中国民用汽车已有5000万辆
汽车已大普及，为千家万户服务

别看手机无线电话，
十几年前，“大哥大”还只是“大款”的身份证
现在手机无处不在；人手一只（或多只）。

直升机已问世70年，
“发展”得越来越复杂，越来越昂贵！
为何不开辟另一发展方向——
为普通百姓所用？！

四、如何使直升机走进千家万户

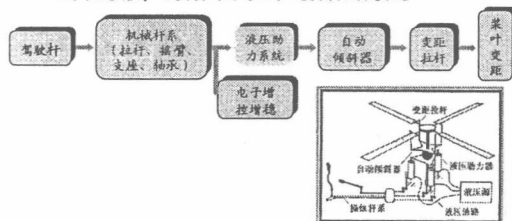
安全、经济、实用

- 依靠创新技术，简化直升机
- 发展自动控制，实现“傻瓜”操纵
- 提高可靠性、维护性

第一，依靠创新技术，简化直升机

电控旋翼技术

改革对象：现有直升机的旋翼操纵系统

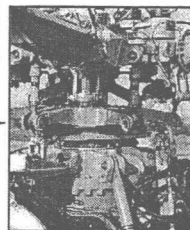


电控旋翼技术

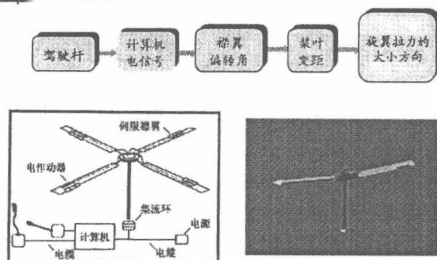
自动倾斜器和液压助力系统
· 复杂（制造、维护）
· 重量大、阻力大
· 故障多、可靠性差



直-8



电控旋翼的工作原理



电控旋翼的优越性

取消了：机械杆系
自动倾斜器
液压助力系统
又便于：（1）实现多余度
（2）与HHC结合，
实现减振降噪

有望取代沿用70年的旋翼操纵方式，
实现直升机飞行操纵的革命性发展

优越性
简化
减重
高可靠性
低振动低噪声
可创新新型机



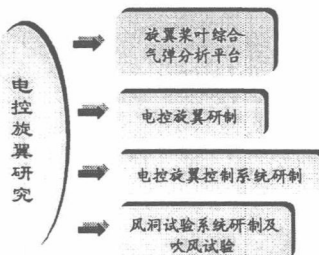
国外电控旋翼研究计划

★ 2000年, 美国NASA将其列入九项航空革命性概念项目 (REVCON) 加以资助;

★ 1999年, 德国与法国将其列入DLR和ONERA合作研究5年计划纲要;

★ 欧直公司将其列为2010年下一代直升机将要采用的新技术之一。

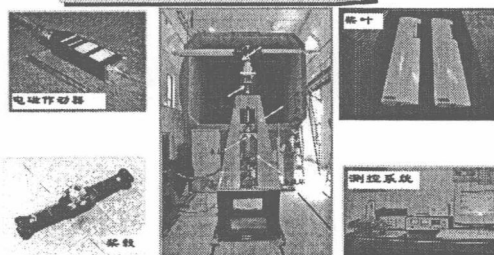
国内电控旋翼研究进展比国外更快



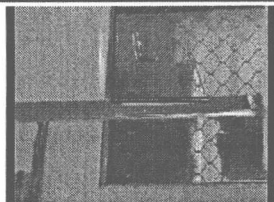
已取得研究成果

1. 建立旋翼综合气动弹性分析平台 LORA 01
桨叶的非线性弹性变形运动, 气动/弹性耦合
旋翼非均匀入流
带襟翼翼型的非定常气动及动态失速
2. 电控旋翼系统的理论建模和参数设计
电控旋翼/襟翼耦合配平新方法
关键参数影响规律, 电控旋翼参数设计

3, 研制出原理性电控旋翼系统



4. 国际首次实现了电控旋翼系统的原理性风洞试验
验证了: 电控旋翼的操纵方式实际可行
旋翼气动弹性综合分析平台正确可用



- 为电控旋翼的工程实用打下了基础
- 建议首先用于无人机进行飞行试验

2005-12, 获国防科技奖二等奖

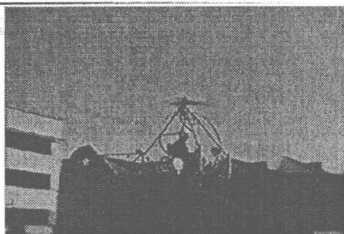
叶尖驱动技术

优点

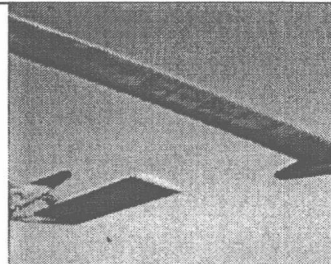
- ★ 空机重量减小20% (无传动系统)
- ★ 振动问题大为简化 (单频共振)
- ★ 机内空间有效利用
- ★ 不需尾桨



McDonnell 小亨利直升机, 1946--1951



关键: 研制出在离心力场和变速速度场中长时间稳定工作的小发动机(如冲压式、脉动式)



Hughes XH-17 飞行起重机 1946--1955

第二, 发展自动控制, 实现“傻瓜”操纵

经济、适用的 直升机飞行控制系统

达到经济、适用的途径

1. (经济性)

- 嵌入式计算机
- 微机电传感器

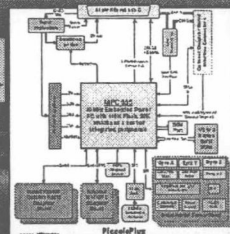


2. (经济性)

基于开放的源代码技术

3. (适用性)

封装复杂控制板态



经济、适用的飞行控制系统先例 AP04M 实验机和轻型运动飞机的

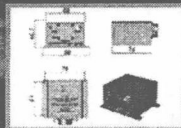
自动驾驶解决方案

自动驾驶系统来源于无人机的控制系统

基于微机电传感器

适于仪表飞行

兼容大多数电子机载设备

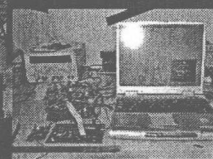


嵌入式飞行控制系统的现状 (续1)

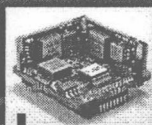
- 基于MEMS传感器与嵌入式计算机的飞行控制系统



自制的试验件

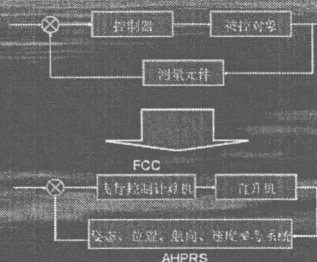


惯性测量与导航单元



目标产品

飞行控制系统的组成



飞行控制系统发展方向

AHRS+FCC的嵌入式飞行控制系统

特点: “三小, 二高, 一完善”

- 体积小
- 重量小
- 功耗小
- 集成度高
- 可靠性高
- 功能完善

嵌入式飞行控制系统的现状

- 基于热电式传感器的直升机增稳系统

通过感受大地和空气中

二氧化碳的红外特征,

提供实时、全天候的

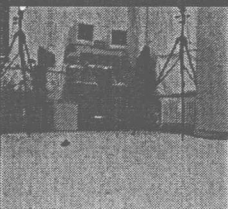
机体俯仰和滚转信息,

使飞行员易于操纵。



嵌入式飞行控制系统的现状 (续2)

- 基于MEMS传感器、嵌入式计算机的飞行控制系统的成功案例

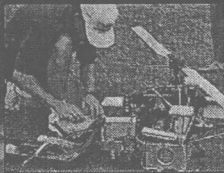


嵌入式飞行控制系统的现状 (续3)

■ 基于单GPS的航姿测量系统

位置精度:	垂直	水平
单机	1.9m	1.1m
SBAS	1.2m	0.7m
DGPS	1.1m	0.6m
RTK	2cm+2ppm	1cm+1ppm
速度	2.8mm/秒	1.5mm/秒

姿态角精度:
方位角精度: 0.03
俯仰角精度: 0.03



嵌入式飞行控制系统经济性分析 (续1)

■ 软件成本分析:

- 嵌入式飞行控制系统的软件开发, 目前为止大多是基于开放式源代码项目。
- 软件开发的主要成本就是软件开发的人力资源消耗。其他成本可以很小。

结论:

基于MEMS传感器与嵌入式计算机的飞行控制系统, 成本控制比较容易实现, 可以达到经济性目标。

嵌入式飞行控制系统经济性分析

■ 硬件成本分析:

陀螺传感器: 3000-6000元/套
加速度传感器: 1000-3000元/套
磁航向传感器: 300-500元/套
GPS 传感器: 1000-3000元/套
嵌入式飞行控制计算机: 1500-5000元/套
其他传感器: 5000元/套

硬件成本总计: 大约20000.00元/套

直升机飞行控制系统适用性

■ 追求的目标——六性:

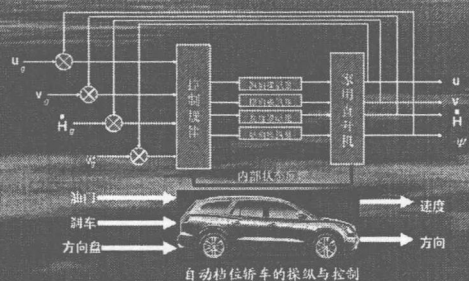
1. 控制模态的简洁性
2. 控制性能的优越性
3. 控制模块的定制灵活性
4. 控制系统维护的简单性
5. 控制系统的可靠性
6. 控制系统的智能性

飞行控制系统的适用性 (续1)

■ 具备适航能力的直升机, 所需驾驶技巧与控制系统智能化程度的关系



总目标——经济实用的直升机飞行操纵控制系统



飞行控制系统的适用性 (续2)

■ 简化——仅须保证飞控系统的关键模态

速度控制模态

直升机的对地速度与前推、侧压驾驶杆的位移呈比例, 内部控制环节对操纵人员是隐藏的。

协调转弯模态

当驾驶员旋舵时, 自动控制直升机的对地速度与航向, 使之进入协调转弯, 保证安全飞行。

高度控制模态

直升机的垂直上升率与垂直操纵量成比例。

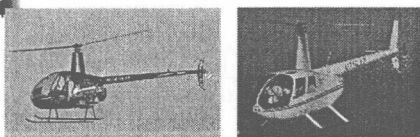
第三, 提高可靠性、维护性

以安全可靠、经济实用为发展方向, 民用直升机才能走向普及。



例: 美国Robinson直升机的R22和R44两种直升机年销售量超过世界总量的一半。

第三, 提高可靠性、维护性



例: ★R22单机售价\$20万, R44为\$35万, 与高级轿车相当。

其他单发轻型直升机一般在\$100万左右;

★R44每飞行小时的平均费用是\$40.7/飞行小时,

其他机型约为\$350/飞行小时。

第三, 提高可靠性、维护性

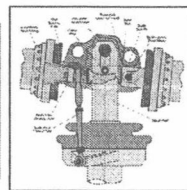


设计思路

★采用简单的旋翼及尾桨构型, 降低动部件数量



EC-135的无轴承旋翼系统



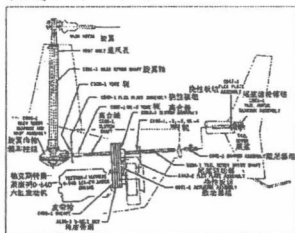
R-22的三校式跷跷板旋翼系统

第三, 提高可靠性、维护性



设计思路

★简化传动系统

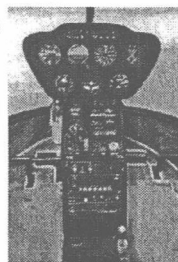


第三, 提高可靠性、维护性



设计思路

★提高航电、飞控系统集成度



R-44 综合仪表显示
及飞行控制平台

第三, 提高可靠性、维护性



设计思路

★以整机使用寿命为基准,

采用常规材料, 降低成本。

- 旋翼、尾桨、传动、操纵等主要部件多采用铝合金、不锈钢等低成本材料;
- 部件寿命与整机寿命相当, 既可大幅度降低单机售价和维修成本, 又能满足使用需求。

第三, 提高可靠性、维护性



设计思路

★延长维护间隔时间, 降低维护工作量, 下放维修权。

- 使维护工作以目视状况检查、设备测试校验为主, 减少部件更换
- 采用密封轴承或自润滑轴承
- 使飞行前后检查可由机械师或飞行员或机主实施

祝愿直升机界的同志
们共同努力, 使直升机
尽快达到物美价廉,

为广大人民群众服务!

谢谢!

请指教

ISSN 0258-1825

空气动力学学报

ACTA AERODYNAMICA SINICA

第25卷 第4期

Vol.25 No.4

4/2007

ISSN 0258-1825



9 770258 182001

中国空气动力学会

目 次

激波结构内流动问题的气体运动论描述	李志辉,张涵信	(411)
开孔建筑屋盖风振响应中的气动阻尼识别	楼文娟,卢旦,杨毅,等	(419)
预处理法求解定常/非定常混合格的全速流场	肖天航,昂海松,余少志,等	(425)
飞船返回舱再入俯仰动稳定吸引子数值仿真	袁先旭,张涵信,谢显飞	(431)
三维 Euler 方程组隐式 LU 分解的高性能并行计算	吴建平,李晓梅	(437)
北大体育馆屋盖的风荷载及周边建筑干扰影响的试验研究	方江生,丁洁民,王田友	(443)
舰船升沉运动对旋翼瞬态气弹响应影响分析	韩东,高正,王浩文	(449)
翼身组合体大迎角前体非对称涡流动性态研究	陈莹,邓学莹,王延奎,等	(454)
旋翼翼型非定常动态失速响应的计算	宋辰瑶,徐国华	(461)
超声速侧向多喷流干扰特性数值模拟	马明生,邓有奇,郑鸣,等	(468)

研 究 简 报

平面形状对 MAV 气动特性的影响	王晋军,涂建强	(474)
超声速对流推力矢量喷管的数值模拟	乐贵高,马大为	(479)
非定常流动计算的混合时间推进方法研究	李跃军,闫超	(483)
高速列车进入带缓冲结构隧道的压力变化研究(I)	骆建军,王梦恕,高波,等	(488)
固定转捩在改善振荡来流下低雷诺数翼型气动性能中的应用	何飞,宋文萍	(495)
超声速短化喷管的设计与实验研究	张敏莉,易仕和,赵玉新	(500)
计算风工程中几个关键影响因素的分析与建议	曾锴,汪丛军,黄本才,等	(504)
二维合成射流组合效应的数值研究	马晓永,张征宇,杨党国	(509)
绕钝体分离流动的非定常数值模拟研究	陈晓春,王元	(513)
燃料喷射位置对凹槽火焰稳定特性的影响	胡欲立,刘欧子,蔡元虎,等	(521)
机动飞行中旋翼尾迹畸变效应实验	徐进,高正	(526)
翼型和机翼阵风响应的数值模拟	詹浩,钱炜祺	(531)
双锥侧向喷流的数值模拟研究	涂正光,龙尧松	(537)
低速大迎角气动力快速计算新方法 & 工程应用研究	张宗斌,高正红,石清	(541)

本期责任编辑: 徐燕

文章编号: 0258-1825(2007)04-0449-05

舰船升沉运动对旋翼瞬态气弹响应影响分析

韩东, 高正, 王浩文

(南京航空航天大学直升机旋翼动力学国家级重点实验室, 江苏 南京 210016)

摘要:在旋翼气弹计算模型基础上引入舰船3个平动和3个转动广义坐标, 根据Hamilton原理建立了基于广义力形式的计入舰船运动的旋翼瞬态气弹响应计算模型。通过与国外试验及计算值的对比验证了本文计算模型的正确性, 经算例分析得到以下结论: (1) 升沉对桨尖最大负向位移影响明显, 随升沉运动幅值增加、周期的减小, 桨尖最大向下位移增加明显, 相位影响显著; (2) 升沉与纵摇耦合运动对桨尖最大负向位移影响明显; (3) 升沉与横摇耦合时主要以升沉为主, 横摇贡献较小。

关键词:旋翼; 船; 瞬态气弹响应; 升沉

中图分类号: V211.52 **文献标识码:** A

0 引言

舰载直升机在起动或者停转过程中, 如遇海面强风, 可能出现旋翼桨叶挥舞过大与机体相碰的事故, H46直升机就曾发生过多次类似事故^[1]。目前, 在此类问题的研究中, 由于存在诸多难题, 例如: 旋翼气弹动力学分析、桨叶与挥舞限位装置碰撞分析和舰面流场分析等, 在旋翼舰面瞬态气弹响应研究中考虑舰船运动影响的较少。康浩^[2]和Keller^[3]在此类问题的研究中考虑了舰船横摇运动与旋翼气动方面的影响。Hao Kang^[4]指出舰船运动对旋翼瞬态气弹响应有明显影响。

由于旋翼入流直接影响桨叶剖面迎角, 因而对旋翼气弹响应影响较大。舰船升沉运动直接对应旋翼入流方向, 一方面舰船升沉运动引起桨叶挥舞方向速度改变, 产生气动耦合, 另一方面, 舰船运动带动桨叶运动, 产生惯性耦合。为了综合考虑其共同的影响, 先建立较为精细的包含有舰船运动的旋翼瞬态气弹响应计算模型, 然后验证其正确性, 最后探讨舰船升沉运动及其与纵摇和横摇耦合对旋翼瞬态气弹响应的影响。

1 计算模型

1.1 中等变形梁模型

为了描述桨叶变形间的几何非线性耦合特性, 本

文采用改进后的中等变形梁模型, 具体见文献[5]。

1.2 桨叶运动分析

为考虑舰船有限转动对旋翼瞬态气弹响应的影响, 本文在王浩文等人^[6]所采用旋翼动力学模型基础上引入舰体的3个转动广义坐标和3个平动广义坐标。在桨毂坐标系 $O_h X_h Y_h Z_h$ 系中桨叶上任意点位置矢量为 R_h , 舰体坐标系为 $O_s X_s Y_s Z_s$, 如图1。在舰体坐标系中旋翼上任意点坐标为:

$$R = \begin{Bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{Bmatrix}^T + \begin{Bmatrix} R_{hx} \\ R_{hy} \\ R_{hz} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} x_{ship} \\ y_{ship} \\ z_{ship} \end{Bmatrix}^T \begin{bmatrix} T_y & T_p & T_r \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} i_s \\ j_s \\ k_s \end{Bmatrix} \quad (1)$$

式中: R_{hx} 、 R_{hy} 和 R_{hz} 为桨毂坐标系中桨叶任意点坐标; x_{ship} 、 y_{ship} 和 z_{ship} 为桨毂中心到舰体坐标系原点距离3分量; x_s 、 y_s 和 z_s 为舰体平动广义坐标; i_s 、 j_s 和 k_s 分别为舰体坐标系单位矢量; T_y 、 T_p 和 T_r 为艏摇、纵摇和横摇转换矩阵。以横摇为例, T_r 为:

$$T_r = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_r & \sin \phi_r \\ 0 & \sin \phi_r & \cos \phi_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: ϕ_r 为舰船横摇角。

有了式(1), 根据文献[6]就可求出动能项产生的广义力和切线质量、阻尼、刚度阵。

* 收稿日期: 2006-02-07; 修订日期: 2006-07-06.

作者简介: 韩东(1979-), 男, 博士研究生, 研究方向: 直升机飞行动力学.