

2016年第三十二届全国直升机年会 学术论文集 (上册)



中国航空学会系列出版物 · 2016年度

中国航空学会直升机分会

第三十二届全国直升机年会

学 术 论 文 集

8月17日——8月19日

中国四川·绵阳

中国航空学会直升机分会

二〇一六年八月

第三十二届全国直升机年会论文集目录

第一部分 设计与制造 (54 篇)

- 1 CATIA 在直升机试飞测试电气改装设计中的应用.....孙泽权 董辉 韩玉旺 (1.1)
- 2 磁悬浮旋翼的测试与分析.....陈丹丹 冯志壮 陈全龙 (1.6)
- 3 复料铺层制造中激光定位技术的研究与应用.....冯汉斌 (1.10)
- 4 钢索端头数字化成形技术研究与应用.....曾坤 赖仁享 曾龙飞 程国祥 (1.16)
- 5 公差对直升机定检周期控制的影响及对策研究.....刘建武 张松 罗晓平 (1.23)
- 6 航空发动机橡胶减振垫的设计方法研究.....段勇亮 张宇沛 (1.27)
- 7 后缘小翼驱动机构中复合材料菱形框的设计参数优化...王曹飞 陆凯华 董凌华等 (1.31)
- 8 基于 Delphi 的工作流引擎开发与实现.....程功明 张小强 阳祥贵 宋焕雨 王文华 (1.36)
- 9 基于 FlightGear 的驾驶舱舱虚拟训练系统.....谈敦铭 郎娟芳 王军诚 (1.40)
- 10 基于 LabVIEW 的电控旋翼测控系统平台设计.....董祥见 陆洋 (1.45)
- 11 基于 UG 的钣金件展开方法实例研究.....王闯 刘博丽 鲍丽娜 单亚辉 (1.49)
- 12 基于数值计算的动力舱通风冷却与排气系统一体化设计研究.....窦志伟 叶宇琛 (1.52)
- 13 基于信息化系统的设计更改贯彻管控模式探索.....叶翔 罗小靖 凌日文 (1.59)
- 14 基于压电纤维复合材料的主动控制小翼驱动机构参数分析.....周金龙 袁翔等 (1.63)
- 15 基于有限元及 Minitab 的蓄压器优化设计研究.....王洪志 (1.68)
- 16 民用直升机交付规范体系的研究与应用.....钟虎根 (1.71)
- 17 某型发动机循环寿命控制系统设计.....彭锋 张卫科 魏鹏 李佳 (1.80)
- 18 某型机火控系统工作过程演示仿真.....张少贤 董泽委 刘晓芹 安悟博 曹孟谊 (1.83)
- 19 某型机前起落架缓冲支柱性能计算及设计研究.....刘双 张国强 张新军 (1.89)
- 20 某型直升机主减平台结构设计.....曹翠柳 姜大成 吕长生 佟勇 (1.92)
- 21 某型直升机平尾接头螺栓过盈配合衬套有限元仿真分析.....张体磊 豆永鹏等 (1.97)
- 22 某型直升机尾轴承安装定位工装设计.....周永清 于领军 王东亮 赵子龙 (1.100)
- 23 轻型民用直升机内饰设计方法研究.....彭文 杨艳琴 (1.103)
- 24 倾转旋翼机重心包线设计.....孙敏 朱清华 (1.107)
- 25 倾转旋翼机总体设计中机翼重量的估算方法.....左正新 李建波 (1.112)
- 26 全尺寸涵道结构尾桨试验台 (研制).....李黎明 佟强 莫胜男 赵德杨 (1.116)
- 27 全电倾转旋翼机总体设计技术研究.....张兵 宋彦国 王焕瑾 (1.119)
- 28 热处理数字化管控模式的研究与应用.....蒋克全 (1.124)
- 29 树脂转移模塑及其在直升机上的应用研究进展.....齐国强 刘勇 (1.129)

30 尾桨叶结构设计.....于馨皓 潘永生 刘政 (1.133)

31 无线电导航原理实验集成平台研究.....王富伟 孙华 王琮 张玺栋 张恒 (1.136)

32 新机排气管支架高强度钛合金焊接工艺研究与应用...赖仁享 程国祥 朱峥 曾坤(1.139)

33 旋翼操纵装置及其数字化控制器设计与实现.....于利 徐锦法 王子豪 (1.144)

34 一种机载吊舱吊缆自动切断装置设计.....王君 高文欢 谷雨 孙壮(1.148)

35 直九直升机索降设计.....沈祖千 韩雪峰(1.151)

36 直升机干扰磁场测量电路设计.....李春虹 李大卫 尹智强 王端民(1.155)

37 直升机桨叶快速设计技术研究.....朱衡 王焕瑾 宋彦国 (1.158)

38 直升机起落装置综合性能分析软件开发.....程璐军 刘伟 吴远迪 (1.164)

39 直升机气压高度表仿真设计.....潜继成 郭霞(1.167)

40 直升机钛合金动力舱整流罩成形工艺研究.....谢忠华 (1.171)

41 植保无人直升机喷雾性能计算与研究.....刘永辉 陈铭(1.175)

42 机动发射式自转旋翼机设计.....沙伟 朱清华 马存旺 (1.179)

43 喷射成形 7055 铝合金锻件组织与性能研究.....徐 茂 项文科 唐义号 杨秀丽(1.182)

44 对航空关键零件的渗透检测应用方法的探究.....刘甜甜 李松斌 徐桂荣 (1.187)

45 复材基体上涂层厚度的测定.....徐春华 (1.190)

46 复合材料 R 角区分层缺陷超声波检测方法研究...宋 瑶 谢爽朗 张智慧 赵玉莹 (1.193)

47 固化形式对胶粘剂剥离强度试验的影响.....褚兰萍 温州(1.196)

48 红外吸收法测定金属材料碳含量不确定度评定.....邓晓文 金光慧 王薇 (1.200)

49 夹层结构力学性能试验方法研究.....徐彩霞 温州(1.203)

50 开槽轻型自锁螺母拉伸试验方法的研究.....李东敏 (1.210)

51 X 射线实时成像检测复合材料制件的研究.....高岩(1.213)

52 胶膜流动度试验研究.....王艳 盛馨 林涛 (1.216)

53 三坐标检测装夹工装的研究.....邹铁才 李英杰(1.222)

54 聚合物基复合材料拉伸性能试验研究.....王艳 林涛 盛馨 (1.225)

第二部分 气动与环境研究 (32 篇)

1 ABC 旋翼系统气动特性分析.....邹茂真 黄道博 刘勇 (2.1)

2 Bo-105 旋翼悬停状态尖涡特性研究.....黄明其 武杰 兰波 何龙 (2.9)

3 X3 高速直升机旋翼/螺旋桨干扰流场分析.....黎鑫 史勇杰 徐国华 夏润泽 (2.14)

4 变转速刚性旋翼风洞试验研究.....吴凯华 吴裕平 孙宇 董凌华 杨卫东 (2.21)

5 复合式共轴刚性旋翼直升机机身/尾推气动干扰特性研究.....李成 徐国华 史勇杰(2.25)

6 共轴刚性旋翼气动干扰及操纵特性分析.....祁浩天 史勇杰 徐国华 (2.32)

7 共轴刚性旋翼前飞气动性能风洞试验研究·····	袁明川 刘平安 樊枫 林永峰 (2.38)
8 共轴刚性旋翼悬停气动干扰特性试验研究·····	江露生 林永峰 樊峰 刘平安 (2.42)
9 共轴双旋翼悬停状态扭转分布优化计算·····	陈金鹤 刘长文 汪正中 (2.46)
10 共轴直升机旋翼气动特性数值模拟与实验·····	王祥祥 陈铭 马艺敏 (2.50)
11 基于 HHC 的旋翼 BVI 噪声抑制研究·····	王亮权 徐国华 史勇杰 (2.54)
12 基于旋转坐标系高阶间断有限元数值模拟·····	曹楷 吕宏强 秦望龙 (2.59)
13 桨尖流动控制旋翼悬停状态桨尖涡测量研究·····	刘平安 林永峰 陈垚峰 袁明川 (2.64)
14 两种布局旋翼模型垂直下降气动特性风洞试验研究·····	兰波 黄明其 唐敏等 (2.68)
15 新型螺旋桨逆向建模及气动特性分析·····	罗健 唐正飞 (2.73)
16 悬停地面效应下的双旋翼气动特性分析·····	陆陶冶 陈仁良 (2.78)
17 悬停状态下共轴直升机的气动优化研究·····	席金鉴 王吉东 童岩 (2.83)
18 旋翼翼型高速风洞试验壁压法修正研究·····	何龙 唐敏 武杰 张卫国 (2.88)
19 翼型加装 Mini-TED 气动特性研究·····	丁东建 李建波 (2.93)
20 应用低耗散 WENO 格式和高精度网格的旋翼桨尖涡生成及演化机理研究·····	叶舟等 (2.98)
21 直升机地面声场高效预测方法研究·····	王菲 史勇杰 徐国华 夏润泽 (2.104)
22 直升机防除冰地面试验结冰云雾参数测量技术研究·····	易晖 汤永 李开成 姚智等 (2.109)
23 直升机模型风洞试验智能控制技术探讨·····	彭先敏 章贵川 黄安 吴志刚 (2.115)
24 直升机/舰船耦合流场的数值模拟研究·····	苏大成 史勇杰 徐国华 宗昆 (2.120)
25 直升机热管空气循环制冷技术研究·····	杨国茹 夏文庆 仇振安 (2.126)
26 直升机旋翼气动噪声源识别定位技术研究·····	陈正武 王勋年 卢翔宇 黄奔 郑谢 (2.130)
27 高速直升机桨毂整流罩减阻设计·····	朱正 招启军 原昕 王博 (2.137)
28 后缘小翼对旋翼翼型动态失速特性的影响分析·····	马奕扬 招启军 赵国庆等 (2.143)
29 直升机前飞状态的旋翼三维结冰数值模拟方法·····	陈希 招启军 王博 (2.149)
30 基于 CFD 方法的非常规尾桨涡流干扰机理研究·····	朱正 招启军 曹宸恺 (2.157)
31 基于 CFD 方法的倾转旋翼机贴地飞行流场的数值模拟·····	蒋霜 招启军 王博等 (2.162)
32 基于高阶谐波控制的旋翼 BVI 噪声抑制研究·····	陈丝雨 招启军等 (2.168)

第三部分 动力学与结构材料 (45 篇)

1 CS-RBF 方法在旋翼动平衡故障诊断中的应用·····	高军龙 胡国才 柳泉 吴靖 (3.1)
2 VCCT 能量释放率计算单元选取分析·····	沈广帅 周永清 李楠 路录祥 (3.7)
3 独立桨叶变距控制对桨毂载荷影响分析·····	李清龙 高亚东 徐永勤 (3.10)
4 飞行器传动系统疲劳定寿安全寿命法·····	周蓓 (3.14)

5	复合材料典型连接结构破损安全分析与试验验证·····	张体磊 门坤发 刘永光	(3. 17)
6	滑橇起落架与机体连接方式对地面共振的影响分析·····	于仁业 王佳峰 赵泽乾	(3. 21)
7	滑橇起落架坠撞仿真与试验研究·····	温永海 张野 杨昊 李世峰	(3. 25)
8	基于 ABAQUS 的 MTO 旋翼机起落架弓形梁吸能特性分析·····	张勇 王华明	(3. 29)
9	基于 RBF 神经网络的复合材料桨叶调频优化设计·····	符烁 刘勇	(3. 33)
10	基于初应力方法的某无人直升机传动部件动力学设计·····	路林华 姜年朝 王克选等	(3. 39)
11	基于独立桨叶高阶谐波变距的旋翼垂向振动载荷控制方法研究·····	杨仁国 王华明	(3. 42)
12	基于飞行试验的直升机起落架载荷的预计方法·····	寇富军	(3. 46)
13	基于间接状态信息的直升机主减速器剩余寿命预测方法研究·····	孙磊 高超等	(3. 49)
14	基于扩展有限元法的裂纹扩展数值模拟及程序实现·····	崔韦 熊欣 喻溅鉴 王建军	(3. 53)
15	基于神经网络模型的 ACF 旋翼减振分析·····	邓旭东 胡和平	(3. 57)
16	基于误差通道优先辨识的直升机结构响应主动控制仿真研究·····	冯剑波 陆洋	(3. 62)
17	基于小波变换和神经网络的直升机旋翼不平衡故障诊断方法研究·····	徐永勤等	(3. 66)
18	基于遗传神经网络的预腐蚀铝合金疲劳性能预测·····	高文欢 范超华 谷雨等	(3. 72)
19	流固耦合系统模态分析·····	李研 高磊	(3. 75)
20	某无人直升机起落架载荷分析与试验·····	付饶 邵松 杨长盛 韩正伟 张志清	(3. 78)
21	某型无人直升机跌落缓冲气囊的动力学仿真·····	孙鹏 陈晨 程涵	(3. 81)
22	某型直升机前飞状态下主旋翼桨叶气弹稳定性分析·····	夏双满 张体磊 敖英杰	(3. 84)
23	某型直升机尾传动轴力学性能仿真与实验研究·····	杨凯 康建平 满健健	(3. 87)
24	某型直升机液压泵动态特性分析·····	谷峰 吴超 范国星 王庆华	(3. 90)
25	探讨直升机空中共振稳定性·····	满健健 王勇先 秦虎	(3. 93)
26	无铰式旋翼悬停状态气弹稳定性分析·····	邵松 姜年朝 王克选 张逊	(3. 97)
27	谐波法计算舱内噪声·····	王春辉	(3. 100)
28	新型无周期变距旋翼动力学建模·····	陈炳旭 夏品奇	(3. 103)
29	旋翼桨叶动载荷识别方法研究·····	孙强 高亚东 王华明	(3. 106)
30	旋转桨叶对直升机结构响应主动控制影响仿真研究·····	何佳鹏 陆洋	(3. 109)
31	液压油箱晃震仿真研究·····	张晓娟 陈国鹏	(3. 113)
32	一种离心式作动器控制算法仿真研究·····	张鹏 陆洋	(3. 117)
33	用于旋翼桨毂主动式吸振器的控制算法研究·····	陈新华 王华明	(3. 122)
34	直升机部件实测飞行载荷的损伤计算研究·····	王泽峰 宋日晓	(3. 126)
35	直升机发动机/旋翼/尾桨扭振分析方法研究·····	胡文刚 马文昌 王传奇	(3. 129)
36	直升机发动机支架非线性静强度分析·····	王喆 王玉成 王云龙	(3. 132)
37	直升机机身动特性的参数影响分析·····	王学良 夏品奇	(3. 136)
38	直升机起落架坠撞响应仿真分析技术研究·····	张震 徐海鑫 温永海 李世峰	(3. 141)

39 直升机燃油箱晃动仿真分析.....蒋辉 赵辉 王栋 (3. 145)

40 直升机旋翼系统强度设计中的 CAE 仿真.....王建 秦瑞芬 吴艳霞 (3. 151)

41 变转速旋翼摆振载荷抑制试验设计.....马胜明 韩东 乔继周 (3. 154)

42 嵌入式挥舞吸振器对旋翼桨叶挥舞载荷抑制的研究.....魏武雷 韩东 (3. 158)

43 共轴双旋翼直升机地面共振试验设计.....乔继周 王瑞庭 韩东 (3. 163)

44 一起某型机辅助动力装置起动“热悬挂”故障分析.....李来旺 周永清 王明新等 (3. 168)

45 基于 CFD/CSD 耦合方法的旋翼气动弹性载荷分析.....马砾 招启军 赵蒙蒙等 (3. 170)

第四部分 飞行力学与操纵控制 (33 篇)

1 变总距变转速四旋翼飞行器动力学建模及 PID 控制仿真.....李沂霏 刘勇 (4. 1)

2 电传直升机 RCDH 响应类型验证试飞技术.....杨文凤 张宏林 (4. 6)

3 电传直升机航向飞行品质试飞设计与评估研究.....张宏林 杨文凤 (4. 9)

4 多旋翼无人机飞行控制自动调参技术研究.....朱训辉 宋彦国 王焕瑾 (4. 14)

5 反流区翼型动态失速研究.....孙振航 陈仁良 (4. 20)

6 共轴双旋翼飞行器嵌入式飞行控制系统设计.....孙印帅 徐锦法 (4. 26)

7 共轴旋翼飞行器双发动机架构与控制设计.....王子豪 徐锦法 于利 (4. 31)

8 基于 DRNN 的共轴直升机航向/总距解耦控制.....赵鹏 陈铭 (4. 35)

9 基于 FlightGear 的变距变转速多旋翼无人机地面控制仿真.....汤文亚 王焕瑾等 (4. 40)

10 基于 FPGA 的无人飞行器飞行控制系统.....郭思 徐锦法 许蕾 吕鸿飞 (4. 45)

11 基于观测器的无人直升机飞行控制系统故障诊断.....王立新 王吉东 (4. 50)

12 基于气弹模态小扰动运动的稳定性分析.....翁晨 王军诚 刘勇 (4. 54)

13 基于视觉的四旋翼无人直升机在移动目标上的自主降落.....李丹军 石宗英等 (4. 58)

14 基于图像匹配技术的无人直升机导航研究.....孙京宁 王铁 (4. 63)

15 基于系统辨识的直升机训练器评估方法分析.....周一凡 宋彦国 王焕瑾 (4. 67)

16 某碟形环翼飞行器飞行力学特性分析.....陈帅 宋彦国 王焕瑾 (4. 73)

17 某新型涵道飞行器飞行力学建模与姿态控制设计.....范瑶 朱清华 (4. 78)

18 轻型单发直升机极限高度-速度包线试飞验证技术.....陈敏 (4. 84)

19 无人直升机非线性飞行仿真建模与验证.....王超 贾伟力 冯德利 黄兵旺 宫元等 (4. 88)

20 旋翼变转速对直升机飞行特性影响分析.....杨悦 陈仁良 (4. 92)

21 一种考虑直升机状态矩阵摄动的改进 LMI 设计方法.....盛兴旺 吴伟 (4. 98)

22 一种无人机系统的状态/模式划分和验证.....辛冀 孙强 徐瑞红 (4. 103)

23 一种新构型多旋翼飞行器控制方法研究.....许细策 陆洋 (4. 108)

24 一种直升机低空突防航路离线规划算法.....曹逸尘 李攀 陆洋 陈仁良 (4. 113)

25 增量非线性动态逆无人直升机姿态控制·····	孙岭 赵雪峰 李佳 吴超(4. 119)
26 直升机电传操纵系统应用研究·····	谷雨 周滨 范超华 孙艳博(4. 124)
27 直升机飞行操纵系统加装飞参传感器工作研究·····	朱恒阳 张磊 周滨 孙壮(4. 127)
28 直升机飞行操纵系统可靠性建模、预计和分配工作浅析·····	李波 张巍 关瑞杰(4. 131)
29 直升机机动飞行仿真及驾驶品质评估方法·····	林雨生 陈仁良 吉洪蕾 (4. 134)
30 直升机数字化试飞遥测集成应用方案技术·····	张超 (4. 140)
31 直升机旋翼转速控制律设计方法·····	杨志强 邱良军(4. 145)
32 直升机综合合成视景技术研究·····	刘青春 王雪 陈聪 (4. 150)
33 向心回转的操纵原理分析·····	苑飞 李国知 孙生生 (4. 155)

第五部分 使用维护与安全 (107 篇)

1 “变流器”信号灯时亮时灭故障分析·····	常卫兵 冯翔鲲 赵慧炜 霍宾(5. 1)
2 JMF 型密封胶剂在某型直升机上的应用·····	高延达 吴蕾 李健 陈群志(5. 3)
3 QF-4. 8 型起动发电机激磁电流大故障浅析·····	李康 孔祥彬 左伟伟 陈锐 (5. 6)
4 TB3-117 发动机机械燃油调节器原理框图构造分析·····	薛浩 缪万波 尹乐 (5. 8)
5 TW61-61 型耐热自喷漆在 TB3 系列发动机腐蚀防护中的应用·····	高延达 李健 石金大(5. 13)
6 WL-9 无线电罗盘定向不稳定故障分析与排除·····	尹平 (5. 16)
7 WZ8D 发动机金属屑警告灯频繁闪亮故障分析·····	孔庆旗 曹东东 胡建军 (5. 20)
8 WZ-8 轴向压气机的粒子轨迹数值模拟·····	韩雅慧 单伟忠 徐敏 杨劭(5. 23)
9 XFS-4C 飞行参数记录系统故障分析·····	蔡勇 (5. 27)
10 YD-4 舵机常见故障研究·····	李晶(5. 31)
11 YZB-II Z 直升机液压系统综合保障设备系统校准设计思路·····	陈宇 温文博 李军辉 (5. 35)
12 Z9 直升机起落架液压收放系统故障分析与研究·····	王震 石彦军 郑淞仁(5. 38)
13 ZX 型直升机尾传动轴同轴度超差故障研究·····	张钰 王翔空 (5. 42)
14 M II-100M 电动机构常见故障分析和排除方法·····	李康 王凤阁 左伟伟(5. 47)
15 便携式直升机液压动力设备设计与研制·····	胡晓军 张国栋 连志刚 陈乃成 边国锋(5. 50)
16 层压结构分层缺陷修理技术研究·····	章强 王松 王乃文 王佳良 (5. 54)
17 导电银涂层在复合材料防雷击方面的应用分析·····	李程文 熊俊卿 王雷(5. 57)
18 电瓶正极导线误搭操纵钢索维修差错原因分析·····	常卫兵 冯翔鲲 鞠艳秋 李毅 (5. 61)
19 对某型主减速试车中滑油压力摆动故障分析·····	朱灵(5. 64)
20 飞参缺损数据拟合方法研究·····	孙斐 王金龙 朱二兵 刘永新 (5. 69)
21 故障预测技术探讨·····	单伟忠 张书君 王克峰 马杨超 (5. 73)
22 红外成像导引头的抗干扰技术浅析·····	覃文平 罗海东 杨文广 冷国强 (5. 76)

23	直升机机载气象雷达仿真交互设计研究·····	李辉 张五四 许鲁平 张恒 张玺栋	(5. 79)
24	航电系统 CNI 射频综合技术研究·····	张国新 王萍 王琮	(5. 82)
25	航空电机电刷修理·····	黄粟 赵荣 任泽勇 梁茂林	(5. 85)
26	航空电气系统绝缘故障浅析·····	任泽勇 赵荣 赵莒安	(5. 89)
27	航空发动机无损检测技术的应用与发展·····	殷永亮 胡晓军 郭红奎 李凡	(5. 92)
28	航空滚动轴承的润滑及油封技术·····	项泽双	(5. 95)
29	红外热波无损检测技术在航空装备维修中的应用·····	赵子龙 殷永亮 张宇 夏露	(5. 101)
30	花键齿隙测量影响因素分析·····	王李军	(5. 105)
31	火警系统故障分析和改进·····	梁茂林 常正霞 周梅 黄粟	(5. 107)
32	基于 FMECA 的某型直升机前起落架故障模式分析·····	于领军 房琳 周永清	(5. 110)
33	基于 P2D-HMM 的直升机飞行员避障意图辨识方法研究·····	付雅斌 王世成等	(5. 113)
34	基于 SOA 的陆军航空兵飞行训练管理系统的设计·····	梁宁宁 果占治 王佳祥	(5. 116)
35	基于飞参系统的飞行轨迹偏差判定·····	王中城 李兴旭 张超	(5. 119)
36	基于渐进观测器的直升机滑模控制律设计·····	万励 王泽刚 张善园	(5. 123)
37	基于虚拟维修的直升机维修性验证方法研究·····	高伏 石金大 高峰	(5. 128)
38	基于支持向量机的直升机自动倾斜器轴承故障诊断·····	金小强 李新民 陈焕等	(5. 132)
39	激光近场探测成像仿真系统研究·····	张斌 袁诚 宋杰	(5. 138)
40	零件设计与安装细节对零件寿命的影响·····	冯国岩	(5. 141)
41	米-17 系列直升机更换主减速器作业方式改进浅析·····	郭红奎 郭威 李凡 王鹏	(5. 145)
42	米-17 系列直升机纵向操纵液压限动器的常见故障分析·····	吴健 张念鹏等	(5. 149)
43	某系列直升机防砂装置分析与建议·····	李洪涛	(5. 152)
44	某型飞行参数记录仪卷带机构卷簧爆开故障的原因分析及解决方法·····	吴万华等	(5. 155)
45	某型挂弹钩开钩卡滞原因分析及改进试验·····	原甜甜 邓浪明 张尉 李波林	(5. 158)
46	某型机一起电磁干扰问题的分析与排除·····	周滨 郑维先 谷雨 孙艳博	(5. 162)
47	某型无线电罗盘故障分析与排除·····	张善园 窦科 赵宋南	(5. 168)
48	某型直升机飞行控制系统比普配平故障诊断·····	乐淑玲 叶文平 凌伟	(5. 171)
49	某型直升机 T4 温度不指示故障分析·····	李兴旭 马洪岐 赵慧炜 温丽俊	(5. 173)
50	某型直升机发动机滑油温度指示故障分析·····	马洪岐 李兴旭 冯翔鲲 赵慧炜	(5. 175)
51	某型直升机飞行控制系统航向操纵卡滞故障分析·····	李波 马志君 何军 刘洋	(5. 176)
52	某型直升机货桥电收放故障分析·····	孟宪立 马楚涵	(5. 179)
53	某型直升机机内通话器干扰数据链系统的故障分析与排除方法·····	梁国圣	(5. 182)
54	某型直升机尾桨桨叶变形故障分析·····	何九领 权雪分 马小虎 高晓波	(5. 185)
55	某型直升机武器通用挂架不随动故障快速定位与排除·····	王峰 李孟 周彤 任迟	(5. 190)
56	某型直升机旋翼桨毂配重安装孔修复研究·····	张晶鑫 桂俊龙	(5. 192)

- 57 某型直升机旋翼桨叶前缘包铁脱胶故障产生原因及排除方法·····白兰丕 (5. 196)
- 58 某型直升机一起 WL-9 无线电罗盘磁指示器指针大幅度摆动故障分析·····
·····马洪岐 冯翔鲲 赵慧炜 张庆 (5. 199)
- 59 某型直升机应急液压油箱渗漏原因分析及优化设计研究···朱博 杨晓亮 谷峰等 (5. 200)
- 60 某型直升机预调系统扭簧断裂故障的原因分析和设计改进····关宏亮 罗道国等 (5. 204)
- 61 某型直升机主液压系统故障分析·····孟宪立 张志伟 (5. 207)
- 62 某型主减速器游星轴承剥落故障分析·····刘骅 (5. 211)
- 63 某型转速表常见问题分析与解决方法·····杨爽 吴万华 刘强 孙晓明 (5. 216)
- 64 浅述直—X 直升机发动机尾喷管常见故障修理····蔡兴佳 单亚辉 刘正胜 博丽 (5. 219)
- 65 浅谈静电对电子产品修理的影响及防护·····刘兵 (5. 222)
- 66 切削液对 TB6 铣削加工表面完整性指标的影响研究·····蒋理科 (5. 226)
- 67 全权限数字电子控制系统及其在涡轴发动机上的应用·····王东亮 马杨超等 (5. 230)
- 68 绕轴悬停转弯的操纵原理分析·····苑飞 孙生生 李国知 (5. 233)
- 69 三维扫描技术在直升机结构修理中的应用·····高长超 贾永康 (5. 237)
- 70 数字化直升机在维修保障工程教学中的应用研究····杨勐 马杨超 张宇 曹现密 (5. 240)
- 71 微小型无人直升机光电技术定位方案探讨·····曹花荣 缪毅 张骁旻 丁志宏 (5. 242)
- 72 武装直升机火力控制问题的计算机模拟解法·····廖辉荣 王德磊 王婧懿 (5. 246)
- 73 雾霾、沙尘环境对直升机作战训练的影响研究·····孙世霞 蔡丰琦 陈昕 (5. 249)
- 74 现代雷暴探测方法·····赵巧莲 蔡德进 胡文江 曹鹤 徐鹏 (5. 253)
- 75 一起 WZ-8A 发动机空中停车故障分析·····魏艳艳 黎凤起 杨勐 马杨超 (5. 257)
- 76 一起燃油加温炉无法正常启动故障分析·····芮银超 吴继春 薛洪熙 (5. 260)
- 77 一起无线电超短波电台故障的重要启示·····唐岳 王周军 张卫科 张潇 (5. 262)
- 78 一起直 11 型直升机液压电磁阀门故障分析与排除·····武佳庆 王中城 曹东东 (5. 265)
- 79 一起直—11 直升机自动倾斜器卡滞故障分析·····段永晶 孔庆旗 胡建军 (5. 267)
- 80 一种直升机语音指令可靠传输方法设计·····袁诚 孙国忠 于晓亮 (5. 269)
- 81 由直升机“人—机—环”系统分析飞行安全·····韩跃峰 杜晓凯 阮久盼 张倩 (5. 271)
- 82 增强现实技术在直升机装备维修及训练中的应用研究·····连志刚 胡晓军等 (5. 274)
- 83 直—9 尾桨变距星形件腐蚀疲劳裂纹的蚀孔应力集中模型····徐赛奎 薛宪斌等 (5. 278)
- 84 直—9 尾轴外花键磨损超标分析·····冯超 薛宪斌 徐赛奎 王跃然 (5. 282)
- 85 直—11 型直升机液压系统故障分析·····王建新 黎育根 王敬华 夏露 (5. 285)
- 86 直—XX 直升机尾梁复合材料不可溶分含量适航验证试验·····王跃然 宋海霞等 (5. 287)
- 87 直—X 系列直升机地平仪常见故障研究·····向柯亘 (5. 291)
- 88 直九机机身蒙皮脱粘故障原因分析及修理·····沈祖千 王卓然 (5. 295)
- 89 直—九系列直升机尾传动轴常见故障及排除····高书峰 郭红奎 刘传友 江先怀 (5. 298)

90 直某型直升机燃油测量系统仿真软件设计.....张宏斌 代飞扬 孙世霞 勾凯(5.301)

91 直升机的进气防护技术分析研究.....常春雷 王端民 马杨超 韩雅慧(5.304)

92 直升机电源系统故障树分析法.....果占治 梁宁宁 付雅斌 叶涌(5.309)

93 直升机吊挂飞行.....孙生生 郭鹏 傅益 (5.313)

94 直升机动静压试验器改进研究.....姚文旺 吴立勋 朱海文 李建忠(5.317)

95 直升机飞参数据判读方法研究.....薛洪熙 王金龙 吴继春 芮银超(5.321)

96 直升机飞行员非技术能力研究.....韩跃峰 钱勃 王一凡 胡文江(5.325)

97 直升机复合材料无损检测技术.....殷永亮 祝琨 黄成伟 (5.328)

98 直升机驾驶杆极限位置回弹的故障分析.....吴丁年 (5.332)

99 直升机山区飞行的领航问题探讨.....刘国华 张文良 靳婉梅 (5.335)

100 直升机旋翼自转着陆易犯错误问题研究.....靳婉梅 翟琛 何登权(5.339)

101 直升机液压系统故障诊断分析与发展建议.....李洪涛(5.342)

102 主减速器接头试验件失效分析.....陈昕(5.345)

103 主减与机身连接孔径超差分析.....陈小江(5.349)

104 射频信号产生分机校准技术分析.....范立斌(5.352)

105 声发射在直升机涵道垂尾检测中的应用.....邹铁才 李英杰 季雪莲 孙嘉良等 (5.355)

106 摇臂断裂失效分析.....陈国权 李佳珊 刘春江(5.358)

107 300M 摇臂失效分析.....李佳珊 陈国权 (5.364)

第六部分 综述与综合（45 篇）

1 边界层测风技术比较研究.....刘强 李红金 曹鹤 张婧 (6.1)

2 从未来海上作战特点谈舰载直升机的发展.....杨林 常斌 王海(6.5)

3 东南沿海地区直升机使用环境适应性评估研究.....缪万波 王斌 尹乐(6.9)

4 俄罗斯直升机产业发展研究.....许鑫家 (6.13)

5 飞行安全预警评估系统设计.....王盛全 韩雅慧 王振花 夏露(6.18)

6 格栅复合材料及其在直升机上应用研究综述.....吴宝昌 印明勋 朱洪艳 (6.21)

7 故障物理及可靠性物理技术与应用研究.....陈圣斌 李春秀 丁惠萍 曾曼成(6.26)

8 基于 AHP 的直升机管制安全风险评估.....郭昕 杜晓凯 陈智谦 (6.33)

9 基于 CFD 方法的飞行器红外辐射特性初步分析.....许俊勇 招启军 孙占久 (6.36)

10 基于 DoDAF 的无人直升机辅助有人直升机反潜作战系统建模方法.....李恒等(6.41)

11 基于型谱建设的美国军用涡轴发动机型号研究.....常春雷 杨劼 魏艳艳 马杨超 (6.46)

12 舰载预警直升机对舰艇作战能力的影响及其技术特点.....汪泽波 徐明 朱虹(6.50)

13 陆航无人机空中指控系统需求分析.....柯伟 邱占奎 刘东旭(6.56)

14 陆航装备维修精细化管理的思考与研究……………毋伟刚 孙永宾 黄汉超 黎凤起 (6.60)

15 美海军 MH-60R/S 舰载直升机的发展启示……………常斌 王海 杨林 (6.64)

16 面向协同作战的军用直升机“航电云”技术研究……………李栋 冯婷 徐永强 李波 (6.69)

17 某型直升机典型任务保障方案评估与优化方法探析……………沈军 魏荣俊等 (6.73)

18 某型直升机应急撤离符合性验证……………孙金波 刘金华 (6.77)

19 某型直升机着水载荷试验研究……………汪正中 陈立霞 廉滋鼎 (6.81)

20 浅谈航空机载数据总线……………宋子非 贾永翠 柳艳云 罗明 (6.87)

21 浅谈陆军航空保障装备现场机动计量保障应把握的几个要点…徐卫国 赵焕兴等 (6.90)

22 浅析电刷镀技术在野战伴随保障中快速表面处理的应用展望…刘正胜 蔡兴佳等 (6.93)

23 浅析外场维护中影响飞行安全的人为因素……………李佳 张庆 张卫科 张波 (6.95)

24 世界军用无人直升机的发展现状及启示……………黄汉超 陈冲 邓升平 王渝华 (6.99)

25 数字化技术在陆航装备保障中的应用研究……………段鹏 赵子龙 郭磊 夏露 (6.103)

26 卫星通信设备抗直升机旋翼遮挡技术测试验证方法研究……………阮先丽 肖妮 (6.107)

27 涡轴发动机粒子分离器的发展现状和趋势……………马杨超 韩雅慧 单伟忠 张宇 (6.112)

28 我国航空管制机构现状分析……………张刚 肖宁峰 郭昕 (6.117)

29 无人机发射系统技术研究……………路亚峰 陈晓鸣 丁荣 勾凯 (6.121)

30 武装直升机发展趋势研究……………唐宇 甘晓燕 谭承恩 尹乐 (6.124)

31 宜宾机场防相撞工作特点研究及对策……………邢红卫 邵长峰 孙伟强 (6.127)

32 以大数据技术牵引武装直升机航电系统建设……………裴晓龙 刘景 廖辉荣 (6.130)

33 有人直升机/无人机协同作战方式及关键技术……………马杨超 李坦 王东亮 李鑫 (6.134)

34 长航时无人直升机总体关键技术分析……………徐明 李黔 李建波 (6.139)

35 直升机环境适应性评估研究……………尹乐 张宇 缪万波 谭承恩 (6.143)

36 直升机减振防撞座椅悬架设计研究综述……………朱洪艳 印明勋 郑维先 吴宝昌 (6.147)

37 直升机某型航炮教学培训系统研究与设计……………董泽委 朱建峰 张少贤 付雅斌 (6.152)

38 直升机人为因素评估研究……………姜志金 施浩兴 范超华 李永远 (6.155)

39 直升机外部噪声抑制技术概述……………赵阳 蔡杰 赵子龙 (6.160)

40 直升机旋翼自动折叠技术研究……………胡超鹏 江煜 (6.163)

41 直升机振动被动控制方法研究综述……………吴宝昌 印明勋 朱洪艳 (6.169)

42 直升机振动主动控制襟翼法研究综述……………印明勋 朱洪艳 白宏伟 潘永生 (6.174)

43 直升机制造新技术研究及发展方向探析……………王真 郝虎昌 陶彬 郭永芹 (6.179)

44 直升机重量与重心控制要求及相关标准研究……………吕保良 张冰 黄利 (6.183)

45 共轴双旋翼高速直升机 RCS 特性初步分析……………李程 招启军 陈炆 蒋相闻 (6.188)

CATIA 在直升机试飞测试电气改装设计中的应用

孙泽权, 董辉, 韩玉旺

(中航工业直升机设计研究所, 江西 景德镇 333001)

摘要: 当前直升机研制试飞测试测点和参数越来越多, 测试系统规模庞大, 各种传感器、采集器、记录设备往往数百个, 以及测试电缆数千根, 对于试飞测试改装的设计和实施要求更高, 本文介绍 CATIA 在直升机试飞测试改装设计技术中的应用, 主要介绍了电气改装接线图设计方法和原则, 包括图样表达和线缆线束设计方法等。

关键词: CATIA; 电气接线图; 三维敷设图; 测试改装

Application of CATIA in the Electrical Design of Helicopter Test Flight Test

Sun Zequan, Dong Hui, Han Yuwang

(China Helicopter Research And Development Institute, Jingdezhen Jiang Xi 333001)

Abstract: With the gradual application of electronic technology in various fields, flight test technology is also perfect and specification. To test technique in the scientific research of heavier offering even more complex requirements、measuring point and wiring harness branches such as problem again, on the basis previous work will be more and more difficul. The CATIA software applied in the test modification technology has its necessity and antecedence. In related work, how to using CATIA software combined with modified testing at present stage and a general expression of the changes brought by the modification technology of CATIA in the future. Mainly introduces the application of CATIA drawing 2D wiring diagram and cable wiring diagram method and principle.

Key words: CATIA software; electrical wiring diagram; 3D wiring diagram

引言

以前直升机试飞测试改装工作中, 测点少, 测试系统设备较少, 测试电缆线束不多, 主要是依据技术人员工程经验和机上现场情况进行电气测试改装设计, 并以表格和文件形式记录形成测试改装方案, 最后交由现场施工人员进行施工, 表格型文件本身就不如图形阅读方便, 对现场施工来讲如果能在图形上将其表示出来, 将极大地增强工作效率和可靠性。

随着科学技术的逐步发展, 新技术、新材料、新工艺、新系统用于先进直升机型号研制中, 测试参数和测试点成倍数增长, 通常达数千个测试通道, 测试系统规模更庞大, 在机上安置测试线缆, 也将越来越复杂。传统的测试改装设计方式越来越显得效率低下, 一方面在现场施工过程中, 走线方式和固定位置不同, 对于线缆长度无法预知, 而且由于一切凭现场人员根据实际情况走线, 非直接参与人员进行现场排故将面临巨大挑战。另一方面线缆可能面临电磁干扰等情况发生, 这需要现场有关人员有较好工程经验和系统知识才能避免。而运用 CATIA 软件中有关电气线束敷设

的功能, 能完全解决上述问题。在测试改装设计时, 运用 CATIA 软件结合各系统设计部门协同设计形成的直升机电子样机, 进行测试电缆模拟布线, 规划布线路径、位置等, 分析所需测试电缆类型和线长, 为试飞测试改装工作做好预先准备提供指导, 在一定程度上大大缩短改装实施的周期, 也提高了工作效率和质量。另一方面, 在改装完成后, 为以后进行测试检查和排故保障工作提供便利。对于试飞测试结束后的测试改装恢复工作也非常方便, 可比对设计图纸, 进行一一拆卸, 保证测试改装恢复工作圆满完成。

1 CATIA 软件平台

CATIA 是 CATIA 是英文 Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application 的缩写, 由法国 Dassault 宇航公司从上世纪 70 年代开始开发, 并应用于宇航工业。作为一个完全集成化的软件系统, CATIA 将机械设计、工程分析仿真、数控加工及 CATweb 网上解决方案有机地结合在一起, 为用户提供了严密的无纸工作环境, 从而帮助客户达到缩短设计生产周期、提高质量、减少成本的目的。目前 CATIA 广泛应用于汽车、航空

航天、船舶制造、厂房设计、电力与电子、消费产品和通用机械制造等七大领域。

在航空航天领域,CATIA 主要作为所有部件的设计、装配、主要线缆的敷设等功能设计通用软件平台,但在试飞测试改装设计中极少应用。一方面,CATIA 的线束设计模块本身在国内就鲜有详细介绍,包括书籍方面,也主要介绍在机械设计方面的应用,设计人员对线束设计模块的功能命令不熟悉,缺乏应用知识;另一方面在测试改装实施中,测试线缆铺设具有一定的自由度,现场施工人员根据经验进行现场铺设即可,而且作为测试线缆,完成测试后将从机上拆下,故整个改装测试环节,没有标准设计文件和图样产生。

改装实施工作主要依据表格型说明文件。
CATIA 软件各种设计工具功能丰富,借助图样绘图工具和线束设计工具可以实现试飞测试改装二维、三维图形化设计,将极大地提高现场测试改装实施的效率和质量。我们在直升机某型号试飞测试改装电气设计中,挖掘了 CATIA 软件工具功能,绘制了测试系统设备接线图,结合电子样机设计了测试线缆敷设图,工作成果非常显著。

2 电气改装设计

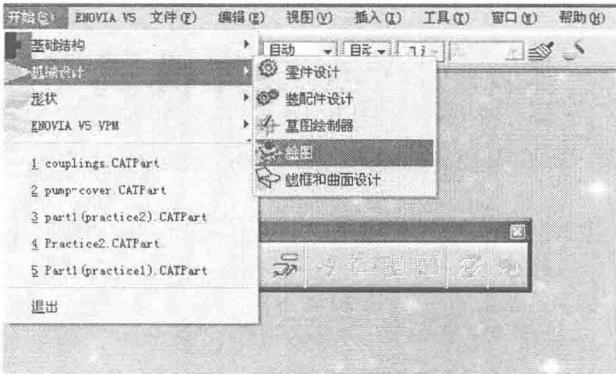
首先根据测试大纲和相应的改装方案,安排测试系统采集板卡通道,确定测点位置,以及标识定义等信息,形成表格文件。然后首先绘制测试系统电气原理图,表达各个设备的测试内容,和测试设备间的连接关系,再根据各个采集板卡的通道安排绘制电气线路接线图和测试线缆线束敷设图。

2.1 测试系统接线图

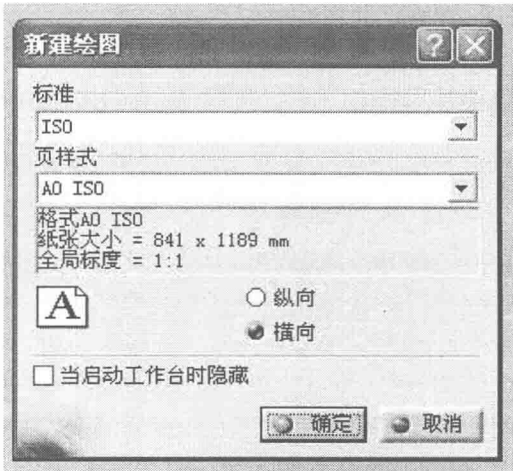
在改装设计中,主要分为两个部分,一部分为机械改装设计,是实现如何在直升机上加装各类测量传感器,另一部分为电气改装设计,是设计将传感器信号引至测试设备,以及测试系统设备之间联接的电气接线图。这些,则需要完成线缆编号,图样表达等要求,用于直升机上测试改装实施中联接电缆接插件制作和设备联接,也便于测试系统维护和排查检查。

2.1.1 CATIA 功能模块简介

在二维图设计中,主要采用的是打开“开始——机械设计——绘图”工具菜单,然后选定纸张大小,按照相关图样,画出接线图,如图一、二所示。



图一 功能路径

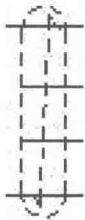


图二 纸张设定

2.1.2 图样表达

在电气接线图中,由于试飞测试系统的特殊性,测试设备主要为数据采集机箱和传感器,包含的大量是采集板卡、各类传感器及电连接器。在设计图中,将以象形或方框形式表达。在实际操作中,主要包含以下几个类型,如图三、四、五、六、七、八、九所示:

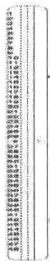
- 1) 采集板卡;
- 2) 插头;插头中在一端标明插头编号,并标明公母。
- 3) 屏蔽;
- 4) 传感器等。



图三 屏蔽表示



图四 板卡表示



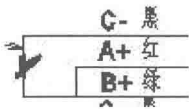
图五 插头表示



图六 传感器类型之应变电桥



图七 传感器类型之热电偶



图八 传感器类型之 PT100

以上三类传感器由于其结构简单, 使用广泛, 故以象形形式表示, 其余传感器由于其复杂的几何特性, 故直接采用方框表示, 并标明引脚, 如图九所示。

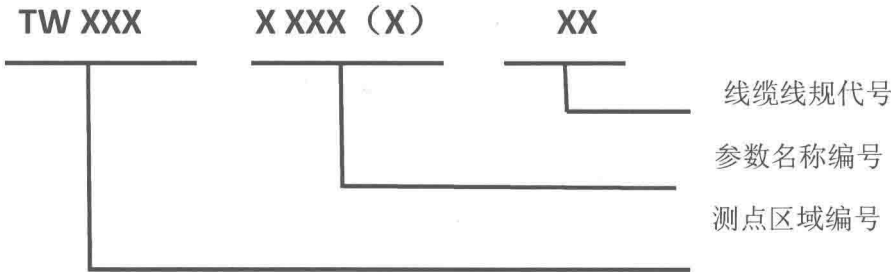


图九 其他类传感器

2.1.3 线缆编号规则

在改装设计中, 电线线号是为重中之重, 它所承载的信息, 是对改装工作的难易, 有着深度的影响。一个好的线缆编号规则, 不但要与实际工作相结合, 利于现场识别, 更要尽可能表达测试内容, 位置, 线规等信息, 有利于现场排故以及测试的调整。

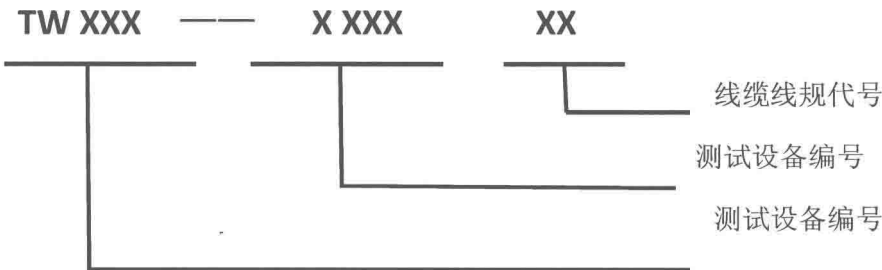
基于以上几点要求, 在这里提出线缆编号方案, 如图十和图十一所示。



图十 测点到设备的编号

测点到设备的线缆编号用字母和数字组合的标识号, 确定其与直升机上的其它导线区别。每

个导线标识号应包括测点区域、参数名称、线束标识号、导线标识号、线规格号。



图十一 设备间编号

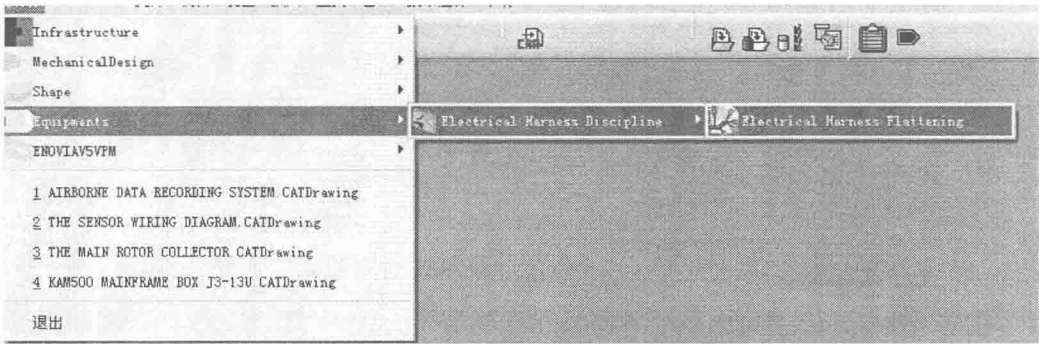
测试设备之间编号用破折号“—”连接, 包括测试设备名称或代号, 测试板块名称或编号等。

3.1.4 附表

图形能尽可能简化表格，但有些参数信息，将以表格的形式附在设计图中，而 CATIA 软件能与 EXCEL 表格结合，在 EXCEL 表格中完成附表，直接复制粘贴在设计图中，调整位置即可。修改和调整大小也十分方便。如图十二所示。

序号	编 号	测量内容	测点代号	信号 通道	航空插 头编号	规格	线长	备注
1	Z501-0	右驾驶员中段X	ZD4-X	CH1	AC/012 JS01A G-1	AS-T-200-43J-22S-9/6/3/5-9		
2	Z501-1	右驾驶员中段Y	ZD4-Y	CH2				
3	Z501-2	右驾驶员中段Z	ZD4-Z	CH3				
4	Z501-3	右驾总距杆中段X	ZD5-X	CH4				
5	Z501-4	右驾总距杆中段Y	ZD5-Y	CH5				
6	Z501-5	右驾总距杆中段Z	ZD5-Z	CH6				
7	Z501-6	仪表盘中部X	ZD6-X	CH7				
8	Z501-7	仪表盘中部Y	ZD6-Y	CH8				
9	Z501-8	仪表盘中部Z	ZD6-Z	CH9				
10	Z501-9	左驾驶员座椅地板X	ZD1-X	CH10				监控
11	Z501-10	左驾驶员座椅地板Y	ZD1-Y	CH11				监控
12	Z501-11	左驾驶员座椅地板Z	ZD1-Z	CH12				监控
13	Z501-12	右驾驶员座椅地板X	ZD2-X	CH13				监控
14	Z501-13	右驾驶员座椅地板Y	ZD2-Y	CH14				监控
15	Z501-14	右驾驶员座椅地板Z	ZD2-Z	CH15				监控
16	Z501-15			CH16				

图十二 附表



图十三 功能组件（部分）

3.2.2 零件部件设计

电气零部件是在原有的机械零部件基础上，添加电气属性生成的，主要包括安装设备“Equipment”、设备“Equipment”、外壳“Shell”、插接器“Connector”、端子“Contact”、盲堵“Filler Plug”、后壳“Back Shell”和保护层“Protective Covering”。别说明的是，安装设备与设备的区别：设备专指电气设备(如收发机)，安装设备指用于固定电气设备的设备(如仪表台)。电气零部件生成后还需在上面添加必要的电气连接点，为后续的电气装配和线束装配做好准备。电气连接点主要有支撑腔“Cavity”、端点“Termination”、插接器连接点“Connector Connection Point”、电缆线束连接点“Bundle Connection Point”、腔连接点“Cavity Connection Point”、后壳附件连接点“Back Shell Connection Point”和外壳连接点“Shell Connection Point”。

3.2.3 线束安装设计

3.2 三维敷线图

3.2.1 设计简介

在 CATIA 开始菜单下的“设备与系统”选项中，选择“Electrical Harness Discipline”组件。该组件下常用的线束设计模块主要有电气装配设计“Electrical Assembly Design”(EAD)、电气零部件设计“Electrical Part Design”(EPD)、电气线束装配“Electrical Harnsee Assembly”(EHA)、电气线束安装“Electrical Harness Installation”(EHI)和电气线束平“Electrical Harness Flattening”(EHF)。如图十三所示。

利用三维敷线图，能在改装设计时估算测试电缆用量，以及测试电缆对整机重量重心的影响。

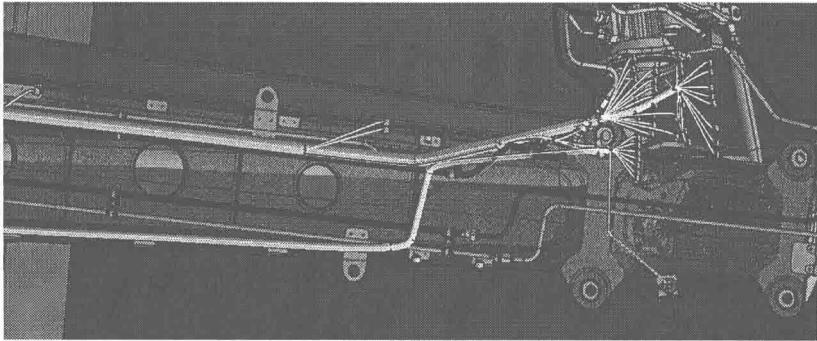
首先导入直升机电子样机；调入已经设计好的各个电气零部件，包括设备架、测点传感器和接插件；利用“罗盘”将电气零部件调整放置在相应的测试位置，必要时添加约束。“电气线束安装”和“电气线束装配”两个模块相互配合完成线束的定义和铺设工作。“电气线束安装”模块不能独立进行，必须在“电气线束装配”模块下激活线束段才能使用。线束安装的具体步骤描述如下：

- 1) 创建“Geometrical Bundle”文件。打开“EHA”模块，导入需要连线的电气装配产品文件，单击“Geometrical Bundle”命令，选择已导入的产品，然后单击“Multi-Branchable Document”命令创建线束文件。
- 2) 创建线束构造点。利用“Geometrical Element”菜单的“point、line、plane”命令创建线束路径的经过点，方便构造线束，方法同机械设计模块中创建点线面的操作。

- 3) 定义线束参数。线束参数主要包括名称、直径、截面积、弯曲半径、松弛度(一般设为1-2)、附着面和路径等, 单击“Route Definition”命令添加步骤2)中创建好的构造点可定义线束路径。
- 4) 增加线束分支。单击“Add Branch Point”命令, 选择需要增加分支的线束添加分支点, 然后创建线束分支。
- 5) 增加支撑。实际安装线束过程中需要增加相应的支撑用于固定线束, 单击“AddSupport”, 命令, 依次选择线束和要添加的支撑即可。
- 线束安装完成后, 可根据需要对线束进行必

- 要的修改。下面简要介绍几个常用的修改操作:
- 1) 线束分割, “Split”命令可用于将一段线束分为两段, 便于修改分支。
- 2) 线束连接, “Link”命令可用于平缓的连接两段独立的分支线束。
- 3) 修改松弛度, “Add Local Slack”命令可用于修改一段线束的松弛度, 使布线效果更加贴合实际布线状态。
- 4) 增减支撑, “Add Support”和“Remove Support”命令可以向线束中添加和移除线束支撑, 方便线束的固定。

如图十四所示, 为在直升机某部位的电缆敷设图。



图十四 某部位敷设图

3.2.4 三维线束图展平

完成三维敷设图后要将三维图转换成有利于现场施工的二维图。所以要将上述操作完成的线束图展平。

- 1) 点击“Start/Electrical Harness Flattening”, 切换到“EHF”模块, 创建新的“Product”。
- 2) 单击“Harness Flattening Parameters”命令定义线束展平参数。
- 3) 选择“Extract”命令, 导入创建好的线束文件。
- 4) 选择“Flatten”命令, 将线束展平到指定的平面上, 一般选择XY平面。
- 5) 选择命令“Straighten”、“Rotate”、“Roll”、“Scale”, 分别对线束进行拉直、旋转、弯曲、缩放操作。
- 6) 将其转化为工程制图, 测量每段线束的长度, 添加必要的标注。

4 结束语

在直升机试飞测试改装设计中, 利用 CATIA 软件设计电气接线图及敷设图, 有效缩短分支长度误差, 提高线束精度, 而且能与现有电子样机

设计工作结合, 实现一体化协同设计, 也能有效提高机上现场测试改装工作的质量和效率, 提高跟飞测试保障的保障性。使用二维接线图和三维敷设图, 规范测试改装线束的标识和捆扎, 可使测试线缆敷设更加直观和准确, 机上现场施工直观方便。在试验过程中, 利用敷设图及其展平图能够直观观测出线缆走向, 便于排查。而且在今后同类型、同平台的机型改装中, 能够借鉴前期工作成果, 为一系列后续工作的展开提供了材料。所以, CATIA 软件在试飞测试改装设计中应用方法和技术值得推广。

参考文献

[1] 张红, 魏建, 张黎. 整机三维立体布线设计[J]. 电子工艺技术, 2007, (5): 290-294.

[2] 熊欣, 钟诗清, 马洪阁. CATIA VS 及其在轿车数字化工程中的应用[[J]]. 中国仿真科技论坛电子期刊, 2005, (1):2-5.

[3] 赵佳. 基于 CATIA 的客车三维线束设计[J]. 客车技术与研究. 2011 No. 6

作者联系人:
李春至, Tel: 15870055130