



湖南石油化工职业技术学院

Hunan Petrochemical Vocational Technology College

学生毕业设计成果

设计题目： 无人机编队室外表演方案

专业名称： 无人机应用技术

班级名称： 无人机 3171 班

学生姓名： 陈林

指导教师： 李响

责任领导： 蒋丹

二零二零年三月

学生毕业设计成果说明书真实性承诺书

本人郑重承诺：我所递交的毕业设计材料，是本人在指导老师的指导下独立进行完成的；除文中已经注明引用的内容外，不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。对本设计的共同完成人所做出的贡献，在对应位置已以明确方式标明。若被查出有抄袭或剽窃行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切后果。

学生（确认签字）：

签字日期：2019.11.1

指导教师关于学生毕业设计成果说明书真实性审核承诺书

本人郑重承诺：已对该生递交的毕业设计材料中所涉及的内容进行了仔细严格的审核，其成果是本人在的指导下独立进行完成的；对他人成果的引用和共同完成人所做出的贡献在对应位置已以明确方式标明。不存在有作品（产品）剽窃和抄袭他人成果的行为。若查出该生所递交的材料有学术不端的行为，或由此所引起的法律责任，本人愿意承担一切责任。

指导教师（确认签字）：

签字日期：2019.11.4

目 录

一、项目概况.....	1
1.1 主要工作内容.....	1
1.2 概述：.....	1
二、前期工作.....	1
2.1 需求沟通：.....	1
2.2 合同签订：.....	1
2.3 场地勘测：.....	1
2.4 现场地理坐标采集：.....	1
2.5 现场勘查报告编写.....	2
2.6 空域申请.....	2
2.7 《艺术策划方案》定稿.....	2
三、飞行检查与操控.....	3
3.1 飞行前检查.....	3
3.2 设备使用记录.....	3
3.3 电池准备.....	5
3.4 场地准备.....	5
3.5 地面监控站设备检查.....	5
四、实际测试.....	7
4.1 电池准备.....	7
4.2 场地准备.....	7
4.3 飞机检查.....	7
4.4 飞机摆放.....	7
4.5 控制/应急操作.....	8
五、正式表演.....	10
5.1 测试准备.....	10
5.2 现场表演.....	11
六、成果提交.....	12
七、收获与体会.....	12
参考文献.....	14

银川项目无人机编队室外表演方案

一、项目概况

1.1 主要工作内容

- (1) 制定银川项目 500 架次无人机编队表演方案。
- (2) 银川项目 500 架次无人机编队表演的现场运营。
- (3) 无人机编队表演的视频生成。

1.2 概述：

(1) 室外无人机编队表演采用RTK厘米级定位技术，可实现全程定制 3D 立体造型表演，主要用于文创表演、商业宣传、景区景观、婚礼庆典等场景。

(2) 室外无人机编队表演的整体运营流程主要包括合同签订、场地勘测、舞步设计、物流运输、效果修改、实际测试、现场彩排和正式演出八个阶段。

二、前期工作

2.1 需求沟通：

需要销售协助策划人员一起和甲方商定舞步方案，最终输出策划方案PPT 并与客户进行沟通确认。销售需要建立客户沟通微信群，群成员包括销售负责人、运营负责人、艺术策划、拟定的项目经理（后期基本确定后再添加）

2.2 合同签订：

多机编队表演项目达成合作后，需签订项目合同。合同签订时，需明确飞行架数、舞步设计元素、飞行时长，以及是否有明确要体现的元素等。

2.3 场地勘测：

由项目经理负责，通过飞行现场的勘测工作，对现场实际情况进行充分了解、记录、反馈至项目组进行后续的技术处理，同时也是整个项目过程中项目经理第一次与客户面对面确认双方需要配合的事项。在充分了解、测量现场情况后，需向项目组提交《无人机集群表演场地勘查报告》，对所有有用信息进行汇总、记录。

2.4 现场地理坐标采集：

现场地理坐标采集是整个现场信息采集中最为关键的技术环节，下文主要对此过程的操作方式进行明确。需要采集的地理坐标（经度、纬度、高度）主要包括：飞机起降区域边界点、飞行区域边界点（对于相对复杂空域范围）或中心点（相对开阔、无障碍物或障碍物距离较远的情况）、观众位中心点（必要情况下也可采集观众区域边界点）以及部分复杂场景中需要明确的飞机前进路线。

2.5 现场勘查报告编写

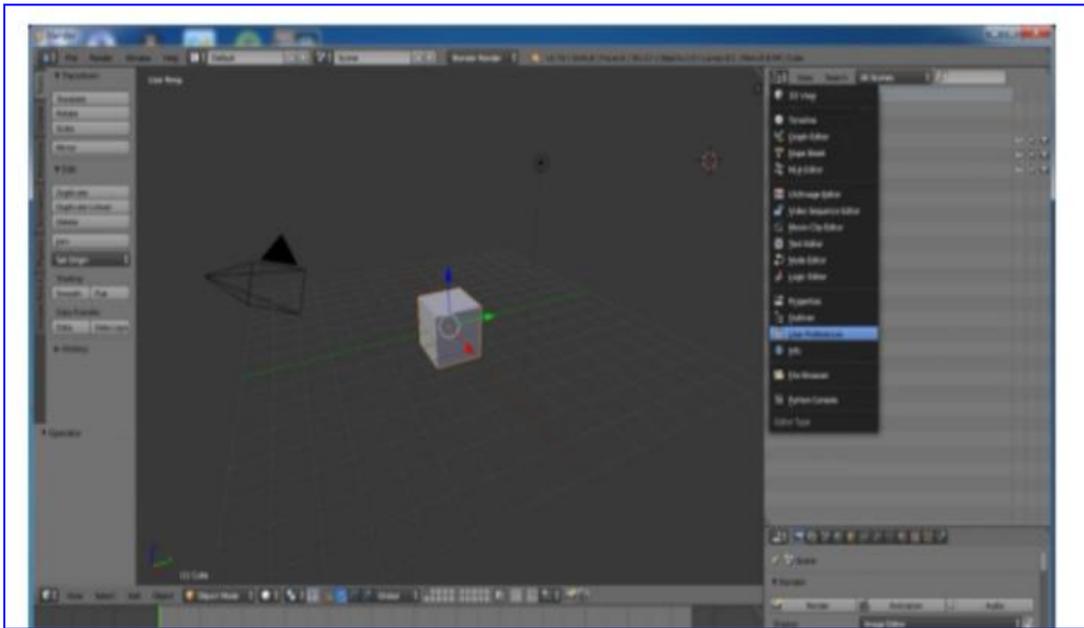
根据现场勘查结果，如实编写《无人机集群表演场地勘查报告》。报告中需要明确项目概况、场地概况（含总图）、起降场地条件、表演区域条件、进场出场条件（如需特殊规定）以及最终的勘查结果输出表。

2.6 空域申请

明确表演场地之后，由场地勘测人员拿回表演场地的实际经纬度，根据项目情况及测试时间，明确空域申请的地面和时间周期。

2.7 《艺术策划方案》定稿

无人机编队表演是将预先设计好的动画转换为在三维空间坐标系中无人机的路径和 LED 的颜色。设计软件包括 3DMAX, Blender 等 3D 动画设计软件。再将设计的图案转换成为无人机路径。准备好预先设计的动画，确保所有飞机的轨迹之间在任何时候都不会相互发生碰撞，并保持适当的安全距离。动画设计完成后，必须使用所提供的脚步检测无人机的速度，轨迹之间的间距。最后再将动画转换成为包含编队飞行轨迹、LED 状态的舞步文件。



三、飞行检查与操控

3.1 飞行前检查

进行无人机编队表演,必须按照以下步骤完成编队表演的准备工作:放置并连接无人机,打开 WIFI 路由器、电脑、启动 RTK 基站相关程序,将无人机放置在坚实可靠的平整开阔地区检查无人机电机、桨叶、GPS、WIFI 模块等连接正常,连接无人机打开无人机编队地面站软件,将启动的无人机连接到地面站软件。如果无人机数量不多的情况下,可以使用手动添加无人机到地面站软件。

3.2 设备使用记录

记录使用设备的型号和编号(见表1),用于设备使用时间的统计、故障的查找和分析。

表 1 设备使用记录表

序号	类别	详情
1	飞机	按照表演需求量准备，准备整箱，24架/箱，包含备用机
2	地面站	实际为电脑/平板，需要准备备用服务器
3	基站	定位基站（含三脚架），包含备用基站
4	充电器	编队飞机电池充电器
5	电池	100块/箱；建议配比 1:2 以上
6	桨叶	正桨一箱，反桨一箱（含备用）
7	常用工具	USB 串口线
		数据线
		ID 条码纸
		记号笔
		表面标记工具（醋酸胶带/粉笔）
		卷尺
		对讲机
		警戒胶带
		灭火器
		插排（大功率插排）
		逆变器
		内六角螺丝刀
		十字螺丝刀
		小钳子
		折叠小拉车
		拆桨器
		风速仪
		遥控器
		接收机
		保温袋
UPS		
3M 胶带		
扎带		
礼花卡子		

3.3 电池准备

测试时，执行以下电池准备工作，所有电池在准备前（或准备过程中）进行充电，保证彩排时电量充足。由于银川的温度很低，在充满电后及时放进保温箱储存

3.4 场地准备

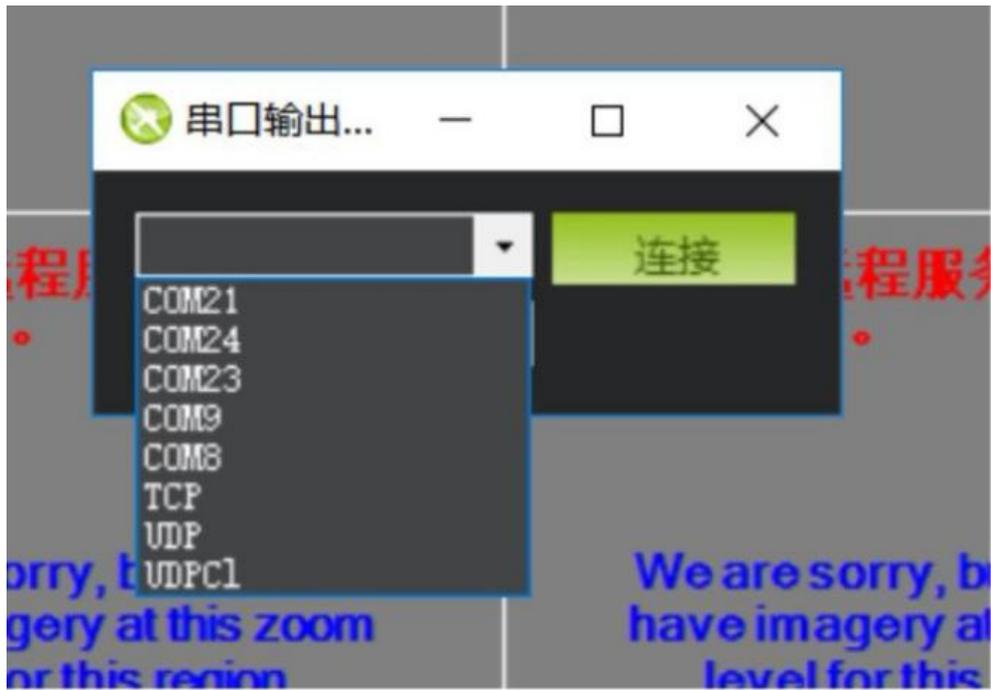
- (a) 明确场地之后，根据场地制作舞步，确定飞机摆放位置。
- (b) 明确主观众区域。
- (c) 查看 4G 信号强度（明确是否需要信号增强车）及 RTK 搜星时间。

3.5 地面监控站设备检查

编辑手动添加无人机时在导航栏上空白处点击右键,选择“ Connection Options ”,出现如下的界面,根据无人机连接的方式选择所通道,按照正常的连



接方式,即可手动添加单台无人机到地面站。修剪保留色彩虚化编辑如需要自动添加无人机到地面站,则需要先将无人机启动,并确定无人机连接到路由器。



添加自动连接路径文本。参考格式：`tcp ://192.168.116.133:11010`
`udp ://.:52101` 分别是 TCP 与 UDP 的连接方式的模板。每一行一个端口如下
 图所示

```

1 udp://.:52101
2 udp://.:52102
3 udp://.:52103
4 udp://.:52104
5 udp://.:52105
6 udp://.:52106
7 udp://.:52107
8 udp://.:52108
9 udp://.:52109
10 udp://.:52110
11 udp://.:52111
12 udp://.:52112
13 udp://.:52113
14 udp://.:52114
15 udp://.:52115
16 udp://.:52116
17 udp://.:52117
18 udp://.:52118
19 udp://.:52119

```

四、实际测试

根据场地按需搭建篷房或寻找仓库，供测试及彩排后放置飞机、电池等物品。篷房需供电，要求功率足够不过载、电压稳定，供飞机电池、笔记本电脑充电及空调制冷等。按需寻找志愿者，保证食宿，协助进行彩排及测试。

4.1 电池准备

测试时，需执行以下电池准备工作：

- a) 所有电池在准备前（或准备过程中）进行充电，保证彩排时电量充足。

4.2 场地准备

- a) 明确场地之后，根据场地制作舞步，确定飞机摆放位置。
- b) 明确主观众区域。
- c) 查看 4G 信号强度（明确是否需要信号增强车）及 RTK 搜星时间。

4.3 飞机检查

正式测试时，需准备好飞机并进行以下检查：

- a) 外观检查
- b) 将飞机从运输箱中拿出时，检查飞机外观是否损毁，包括脚架、机臂；检查灯罩是否牢靠；检查两对桨叶是否齐全，桨叶是否完好无损。
- c) 编号检查

4.4 飞机摆放

测试时，根据舞步摆放好飞机，并在地面相应位置做好标记，操作如下：

- a) 根据实际飞行场地，固定原点飞机（1号飞机）的位置，并且原点飞机位置保持不动。
- b) 剩下的所有飞机按照序号和舞步初始位置摆放规则。
- c) 如发现缺号飞机，跳过该数字，空出对应位置，继续后面数字摆放。



图 1 飞机摆放

4.5 控制/应急操作

4.5.1 起飞数量设置

可设置在测试及表演时，可以起飞的飞机数量（不能大于编队飞机数量）。
点击“起飞数量设置”，在弹出的窗口中设置起飞数量后，点击“确定”



4.5.2 时钟同步

飞机在同步时钟之后，可点击控制/应急操作下拉菜单下的“时钟同步”按钮进行同步检查。点击地面站主页面的“时钟同步”按钮，筛选出未进行时钟

同步的飞机，对应飞机状态显示框为红色；若飞机已经全部进行时钟同步，则所有飞机对应同步依次亮三色灯。

4.5.3 起飞

在进行上述检查和舞步下发之后，可以进行待机等待。等待过程中，可将表演灯关闭，并实时检查电量情况，当电量较低时，需更换电池继续待机。

4.5.4 降落

起飞数量内的飞机在当前位置垂直降落。

1. 点击“降落”之后，系统弹出确认二次确认对话框；
2. 点击“确定”后，飞机将会在当前位置降落。

4.5.5 定时起飞

本系统支持定时起飞功能，带全部准备检查项完成之后，可根据需要设定需要起飞的时间。



1. 待时钟同步操作之后，定时起飞下拉菜单下会提示原点飞机的时间；
例如 2019-07-10 10:35:04；
2. 在时间选择框中可选择需要起飞的时间（不能小于当前原点飞机时间），
确认起飞时间无误之后，点击“确定”之后，返回主页面。
3. 点击“发送”可将设置的时间，发送给所有待起飞数量内的飞机。飞机
收到定时指令之后，会变成起飞等待灯（橙色），如有飞机没有变成起飞等待
灯，可在实际起飞时间之前，再次点击“发送”按钮。
4. 如在实际起飞时间之前，表演推迟或取消，可点击“取消”按钮，取消

定期起飞功能，此时，所有待起飞数量内飞机的起飞等待灯（橙色）恢复之前颜色。

5. 如需要更改起飞时间，则需要进行“取消”操作之后，重新设定起飞时间后，在进行“发送”。

6. 起飞数量内的飞机在当前位置暂停，退出舞步飞行模式。

a. 点击“全部暂停”之后，系统弹出确认二次确认对话框；

b. 点击“确定”后，飞机将会在当前位置悬停。

五、正式表演

5.1 测试准备

5.1.1 ID 设置

1. 飞机摆放过程中，如果发现有飞机缺失，需要将新飞机进行 ID 设置，补上空缺位置。

2. 确认所有已经进行 ID 设置的飞机数，若在库的 ID 编号数量大于设置的编队。

3. 飞机数量，则删除编队飞机数量之后的飞机 ID。

4. 将没有贴编号的飞机（或者大于 ID 编号的飞机）上电，待飞机通过自检之后，可以更换飞机 ID。

5.1.2 灯光检查

1. 飞机全部在线和定位正常之后，可以进行灯光颜色的再次筛查、测试和开关灯操作。

2. 开灯：打开编队飞机数量内的所有飞机表演灯；

3. 关灯：关闭编队飞机数量内的所有飞机表演灯；

4. RGB 填入框：可以手动填写 RGB 的颜色值；

5. 发送颜色：将 RGB 填入框的值，发送给编队飞机数量内的所有飞机；

6. 清空颜色：清空编队飞机数量内的所有飞机表演灯颜色；

5.1.3 电子围栏设置

1. 可对所有编队飞机设置电子围栏，防止飞机飞出安全区域。高度围栏为被动降落，距离围栏为主动返航。

2. 可输入限定的最高高度。若飞机超过此限制，会在状态信息统计栏中提示此飞机，并可以点开单个飞机的状态显示框进行返航操作；

3. 可输入限定的最远距离。若飞机超过此限制，会在状态信息统计栏中提示此飞机，飞机会自动进行返航操作；

4. 设置：将高度填入框和距离填入框中设定的数值发送给飞机。

5.2 现场表演

5.2.1 飞机上电前操作

飞机上电前，需进行以下操作：

1. 将飞机摆放完成之后，将电池插入电池仓，暂不上电，检查所有飞机编号连续且摆放位置正确。

2. 将其余飞机的机头和原点飞机（1号飞机）的机头朝向一致。

3. 准备电脑，保证连接上外部网络。

a) 和后台负责人确认使用的服务器，获取登录权限以及授权码之后，进入登录界面。

5.2.2 飞机上电检查

飞机上电后各检查项包括上电自检、ID检查、状态初查、灯光检查、版本查看、电机测试以及电量和信号筛查等，操作如下：

1. 打开电池开关，给飞机上电。上电时，保证飞机静止水平。飞机进行自检。飞机正常自检。

5.3.3 现场表演注意事项

按照现场彩排流程进行正式表演，表演结束后，需注意完成以下操作：

a) 为确保安全，需等待飞机全部降落并且螺旋桨停止旋转后才可靠近飞机。

b) 飞机下电，并清点飞机数量，检查飞机是否有丢失。地面站操作人员负责，对测试/表演过程中出现的异常情况进行总结、填写飞行情况反馈表。在飞行情况反馈表中明确设计起飞架次数、现场预计起飞架次数、实际起飞架次数、安全降落架次数，并明确未起飞的飞机编号（SN）、未能安全降落的飞机编号（SN）及问题表现、黑匣子存储数据（地面站操作人员负责处理）。

c) 飞行结束后第一时间在钉钉工作群提交关键信息，。

d) 拆卸电池、螺旋桨等配件，并将螺旋桨整齐放置在飞机运输箱内，电池放置在电池箱内。

e) 查看飞机机体部件是否有缺损。机体正常则按顺序放置在运输箱内；缺损部件的飞机单独放置，并且上报飞机编号。

f) 装箱完成后，清理现场。

六、成果特点

本次毕业设计的课题是无人机编队室外表演方案。经过课题小组成员的分工协作，我们共同完成了该项设计，它具有以下几个特点。

1、无人机编队室外表演方案具有较强的实用性。

2、该无人机编队室外表演方案具有较强的复制性。通过本次设计相似的无人机编队室外表演均可参考本方案。

3、专业知识利用充分。本设计需要用到的专业知识较多，如可编程控制技术、电气控制技术、电机学和电子技术等，通过该设计即加强了对专业的理解，也锻炼了自己的动手能力。

七、收获与体会

即将结束大学三年学习的我们，即将收获满满地踏入社会，完成毕业设计是我们大学生涯的最后一个环节，是对所学专业的一次总结汇报和综合应用，能够很好地锻炼自己的思考能力和专业水平能力，结合大三的实习经验和在工作当中遇到的一些专业问题，帮助自己能够更好的去完成现在的毕业设计，

无人机编队最早是应用于军事领域，现在有很多慢慢开始应用于商用表演，无人机编队一直是一个备受瞩目的项目，因为其强大的表演效果和观赏性，现已广泛应用于旅游宣传，节日表演，共公司宣传等。自己也从事过无人机编队方面呢的工作，也跟随过几个无人机编队项目，无人机需要具备自动感知和决策的能力，也需要自组织和协调的能力，而且在空中还要有高带宽无延时的通信能力，这些都对我们的技术提出了很大挑战，无人机以后会向自主化、智能化、集群化去发展，那么所谓的自主化就不仅仅是用人去操作，而是可以自动地去完成一些任务的决策，自动地去飞行，那么智能化又在自主化的基础上不仅自动地飞行它还能够自动的学习，像人一样去思考和演化。那么集群化就是在自主和智能化的基础上一群飞机可以去群体的优化，可以像一群鸟儿一样去完成更复杂的任务和工作，那么这个就是未来无人机发展的趋势，无人机集群可以运用到很多领域，无论是军用还是我们的民用，那么在军用领域它可以进行协同的侦察、协同的打击和电子干扰，可以发挥群体的优势。民用领域，无论是无人机物流，无人机精准农业的喷药，他们都需要多台无人机去协同的配合。我们现在的无人机表演，也可以在空中利用几百上千架的飞机可以实现队形的变换，呈现出美轮美奂的景色和表演样式。无人机集群的难点还是很多的，比如无人机的态势感知和共享信息的能力，怎么让一群无人机去感知这样一个环境，并且把这样一个信息传递到其他的无人机，现在还很难，第二个无人机编队和防撞自主的水平还是比较差的，那么现在无人机还不能很好的感知周围的飞机，在高速运动的时候还可能发生碰撞等等这样的情况，第三个就是集群系统的协同智能决策能力差，现在一台飞机可能自动地去飞行，但是多台飞机在同时高速地距离很近地情况下，那么他们之间信息如何共享，如何很好地一个很好地集群任务还不能很好地解决，这也是我在这次毕业设计中主要思考的一个问题。

参考文献

- [1] 余自权,张友民,姜斌.群体无人机分数阶智能容错同步跟踪控制[J/OL].中国科学:技术科学:1-14[2020-04-19]
- [2] 郑宇,蔡志浩,王隆洪,赵江,王英勋.基于自组网策略的多机编队与防撞任务研究[J].导航定位与授时,2020,7(01):18-25
- [3] 李继广,董彦非,岳源,屈高敏,李以撒,刘庆.无人机密集编队飞行多性能控制器设计方法研究[J].兵器装备工程学报,2020,41(03):14-19
- [4] 程翔.城市大容量无人机航线管控体系[J].中国高新科技,2019(15):58-61
- [5]]张西勇,叶慧娟.基于变结构控制的无人机编队飞行方法[J].兵器装备工程学报,2019,40(07):16-19.
- [6] 李樾,韩维,陈清阳,张勇.基于快速扩展随机树算法的多无人机编队重构方法研究[J].西北工业大学学报,2019,37(03):601-611
- [7] 张天慧.基于地面站系统的无人机编队的设计与实现[D].吉林大学,2019.
- [8] 易文,雷斌.基于一致性的无人机编队飞行几何构型控制[J].武汉科技大学学报,2019,42(02):150-154.