

民用无人机驾驶员口试指南

机长驾驶员适用

(以下指南内容为交互形式,不完全按照大纲分类;直升机与固定翼专用试题将会标出,其他题目三大类飞行器通用。)

备注:该指南中题目仅供民用无人机驾驶员训练机构内部参考学习,题目仅为口试题型的体现,具体口试题目由组织考试的飞行检查委任代表提供,本口试指南自 2017 年 1 月 1 日起生效。

第一部分:控制站部分(同时含遥控器及链路)

1. 简述民用无人机作业前,地面控制站都需要做什么?

答:(示例,各类无人机不完全相同) A 首先地面检查:飞行器类型或型号选择是否正确;人工调整飞行器姿态,观察地面站上反馈是否正确,部分机型观察舵面或斜盘角度变化是否正确;各机载及地面设备电压;任务设备通道反应或接收效果;固定翼空速校准及吹气检查空速管效果;直升机、多轴校磁。B 其次预规划:根据任务内容、空域、地理、气象确定飞行范围;设定一般航线航路点;设定制式航线或扫描航线航路点;设定回家点、伞降点、迫降点等及相应方案;检查航程、航时、转弯半径、爬升下降能力、地形遮蔽等;等待起飞或发射。

2. 简述民用无人机地面控制站所有设备及天线、电源如何连接?

答:(示例,各类无人机不完全相同)(本题以地面站计算机、数传、图传、各种天线和电源之间的连接为例)地面数传接收机分别连接供电电池、数传天线、笔记本 COM 口;地面图传接收机分别连接供电电池、图传天线、笔记本或其他显示屏;起降遥控器一般是独立成品。

3. 遥控器基本菜单熟知(无人机调试遥控器必用菜单)

答:略。(针对固定翼,直升机和多旋翼菜单项目有所不同)

4. 简述了解的起降遥控器品牌,举例说明一款的性能,价格?

答:第一问答案要点:FUTABA、JR、天地飞等;第二问答案要点:根据实际回答频率、制式、通道、功率、距离、电源电压等确定。

5. 油动直升机超视距飞行时需要关注哪些参数?(直升机)

答:发动机的转速,温度,地面站及动力系统的电压,GPS 信号;直升机飞行的速度,高度,链路信号强度,飞机位置,周围地形障碍物,油量等。

6. 遥控器上什么是模拟控制量、开关控制量,一般用来干什么?

答:第一问答案要点:杆、钮等连续的是模拟量,拨动的是开关。模拟控制量一般是连续的,开关控制量一般是阶跃的。

第二问答案要点:模拟用来操作姿态、舵面或机载设备等连续动作,开关用来控制模式切换、开伞、一键返航等。

7. 说说民用无人机系统都有哪几条链路?

答:三条:遥控器上行、图传下行、数传上下行。目前正在向网络化方向发展,未来会像手机一样只有一条上下行链。

8. 飞行中地面站显示滚转角度为零，目视飞机有明显的坡度，可能原因是什么？

答：飞控故障；下行链路中断等。

9. 起降遥控器日本手和美国手区别是什么？各动作控制各类飞行器绕什么运动轴运动？

答：第一问答案要点：日本手右手油门，美国手反之。第二问答案要点：操作演示固定翼、多旋翼横纵立。

10. 起降遥控器如何设置某一通道(如副翼)的正反舵？如何将某一通道(如控制模式切换)定义在面板某指定开关上？

答：第一问答案要点：操作演示 REV。第二问答案要点：操作演示 SW1。

二、 飞行理论（含轴系、飞控、操纵等）

1. 请解释自动倾斜器与直升机周期变距的关系（直升机）

答：一般情况下，自动倾斜器偏转造成桨叶周期变距。就是说，当操纵平面（C-C，自动倾斜器平面）相对于构造旋转平面（S-S，旋翼挥出的平面）倾斜时，桨叶桨距在旋转中会发生周期变化。桨距的变化幅值恰好等于 C-C 平面的倾斜角，但之后桨叶挥舞出的平面角度却会落后于自动倾斜器平面 90° 。参考教科书相关章节。

2. 多旋翼飞行器为什么一般相对的桨旋转方向是不一样的？

答：两两相对，抵消反扭。

3. 旋翼翼尖线速度计算方法

答：角速度 \times 半径。

4. 简述升力公式和各项意义？

答： $L=1/2C_y\rho V^2S$ 。 L 升力； 1/2 常数； C_y 升力系数主要反映迎角和弯度；

ρ 空气密度 V 固定翼速度、旋翼或螺旋桨各点线速度 S 固定翼翼面积、旋翼或螺旋桨各位置单位面积。

5. 无人机有几个运动轴、是什么，沿轴和绕轴都是什么运动？舵面如何实现该运动？

答：答案要点：沿横轴左右平移，绕横轴俯仰。沿纵轴前进后退，绕纵轴横滚。沿立轴上升下降，绕立轴改变航向。

6. 手拿遥控器（日本或美国手），简述固定翼和多轴拨动每个杆转速或舵面怎么变化，飞行器怎么变化？

答：略

易混淆的是，固定翼拉杆，升降舵上偏，无人机上仰。多轴拉杆，前桨加速，无人机后退。

7. 结合升力公式，说明螺旋桨为什么设计成几何负扭转？

答：保证各半径位置均匀产生升力，提高整体效率。

8. 简述 4 轴飞行器如何完成悬停中实现左转（顶视逆时针）90 度？

答:顶视顺时针桨加速, 逆时针桨减速。

9. 简述无人直升机周期变距的原理及机构原理?

答:周期性改变(主旋翼)迎角; 自动倾斜器。具体略

10. 简述多轴、尾桨单旋翼直升机、共轴直升机分别如何实现原地悬停左转?

答:多轴顺桨加速, 共轴直升机顺桨加距, 尾桨单旋翼直升机尾桨变距。

11. 结合升力公式简述固定翼无人机方向舵打左舵, 飞机为何左转? (固定翼)

答案要点:垂尾出现向右的弯度与迎角产生向右气动力。重心为轴, 尾向右, 头向左。

12. 常规静稳定气动布局固定翼无人机焦点在重心前还是重心后? (固定翼)

答: 在重心之后。

13. 常规静稳定气动布局固定翼无人机水平尾翼产生的是抬头力矩还是低头力矩? (固定翼)

答: 抬头力矩。

14. 飞行中真空速明显大于地速, 最大可能是什么原因?

答: 逆风飞行。

15. 无人机以某空速在甲乙两地往复飞行一次所用的时间, 与当有固定风速从甲地吹向乙地时作同样的一次往复飞行所用时间是否相等? 原因是什么?

答: 不相等, 有风时时间会长, 因为顺风时减少的时间小于逆风时增加的时间。可用极限原理思考。

16. 保持指示空速飞行, 随着高度的增加, 真空速会越来越大还是越来越小? 为什么? (固定翼)

答: 越来越大。指示空速表征飞机的动压, 高度增加, 空气密度减小, 保持相同的动压, 必须以相对气流更高的速度飞行。

17. 常规布局直升机的尾桨只是用来改变飞行航向的, 不改变航向, 不需改变尾桨转速, 是否正确? (直升机)

答: 不正确, 尾桨主要用来平衡主旋翼的反扭力矩, 若油门变化, 必须相应调整尾桨转速平衡扭矩变化。

18. 多旋翼飞行器一般以偶数螺旋桨数目配置, 为什么? 可否奇数个螺旋桨配置?

答: 偶数个螺旋桨可以配置反扭自然相互抵消, 提高效率, 也可以(实用目前只见3旋翼一种, 5, 7等旋翼理论上也可以, 但需要飞控支持)奇数配置, 但需采用抵消反扭力矩的措施, (比如使用舵机来进行动力扭转)。

19. 风速越大, 无人机平飞时产生升力越大, 是否正确? 风速影响飞行的什么参数?

答: 不正确, 平飞时, 无人机的升力只与空速有关, 风速只影响地速。

20. 固定翼无人机等油门爬升时, 逆风越大, 轨迹爬升角越大, 是否正确? 为什么? (固定

翼)

答：正确，逆风时，风速越大，地速减小，爬升越陡。

21. 固定翼无人机在约等于空速的大逆风中飞行，当进行 180 度转弯时，是否会失速？（固定翼）

答：不会，飞机转弯过程中地速会随风向的变化增加，空速没有发生变化，不会失速。

22. 纯手动操纵多旋翼前后飞行时，是否需要同时增加油门？为什么

答：需要，因为前后飞行所需的拉力是升力的水平分量，此时升力在重力方向的分量也会减小，如不增加油门，便会降低高度。

23. 固定翼飞行从逆风场进入顺风场，固定翼会升高高度，是否正确？为什么？（固定翼）

答：不正确。因为固定翼从逆风场进入顺风场时，空速会瞬间变小，升力减小，高度会下降。

24. 翼型弦长及相对厚度的含义

答：1) 翼型弦长：指翼剖面前缘到后缘的距离。

2) 相对厚度：翼型最大厚度 C_{max} 与弦长 b 的比值，并以百分数表示：

3) 相对厚度的大小表示翼型的厚薄程度。相对厚度大，表示翼型厚；相对厚度小，表示翼型薄。

25. 翼型相对弯度的含义

答：相对弯度：翼型中弧线的最高点距翼弦线的最大距离与翼弦长的比值叫翼型的相对弯度，并用百分数表示；相对弯度的大小表示翼型的弯曲程度，相对弯度大表示翼型向上弯曲度大；相对弯度小表示翼型向上弯曲度小。

26. 常见的机翼平面形状（固定翼）

答：机翼的平面形状是指从飞机顶上往下看，机翼在水平面上的投影。常见的有矩形、梯形、椭圆形、后掠形、前掠形、三角形、双三角形等。

27. 机翼、旋翼、螺旋桨升力产生的机理

答：当气流流过机翼时，气流分别沿机翼上、下表面流过，而在机翼后缘重新汇合后向后流去。由于机翼上表面流速加快，压力降低；在机翼下表面，流速基本不变，压力基本不变。机翼上、下表面出现了压力差。产生了机翼的升力。

28. 描述翼型失速，一般多少度

答：迎角增加超过一定数值时，气流在上翼面的中后部严重分离，升力会突然降低，阻力迅速增加，这种现象被称为“失速”。一般迎角大于 13 度，这种现象就会逐步出现。

29. 简述低速飞机阻力产生的原因及组成

答：飞机在空中飞行时，除了产生升力外，还会产生阻力。阻力是阻碍飞机前进的空气动力，它的方向与飞机运动方向相反（或与气流流动方向一致）。在低速飞行时，飞机的阻力有摩擦阻力、压差阻力、诱导阻力和干扰阻力四种。

30. 影响阻力大小的因素

答：迎角、飞行速度、雷诺数、大气密度、机翼面积、翼型、表面光洁度、密封度等

31. 影响飞机纵向稳定性的因素（固定翼）

答：飞机重心位置。在低速飞行中，飞机焦点的位置基本不变，一般重心位于焦点之前，并且重心越靠前稳定性越强，重心越靠后稳定性越弱。

32. 无人机主要产生方向稳定性的部件是什么

答：垂尾

33. 固定翼产生滚转稳定性的因素都有什么（固定翼）

答：机翼的上反角、上单翼、机翼后掠角、垂尾。

34. 方向稳定性和滚转稳定性的联系（固定翼）

答：方向稳定性过强，滚转稳定性不足，容易导致螺旋不稳定。滚转稳定性过强，方向稳定性不足，容易导致漂摆（荷兰滚）不稳定。（固定翼无人机一般不会将滚转稳定性设计的太强，因为这会破坏滚转控制的线性度，滚转稳定性直接交给飞控控制副翼实现动态稳定）

35. 多旋翼有几个自由度？要在这几个自由度上改变旋翼怎么变化？

答：6个自由度，上下，左右，前后，俯仰，横滚，航向。上下：旋翼都加速实现向上，减速向下。左右同横滚：多旋翼左侧加速，右侧减速实现向右移动/横滚，反之，右侧加速，左侧减速，实现向左移动/横滚。前后同俯仰：多旋翼后面加速，前面减速，实现向前移动/俯，反之，前面加速，后面减速，实现向后移动/仰。航向：多旋翼向左（俯视多旋翼，顺时针旋转，旋翼加速，逆时针方向旋翼减速），向右转向，则反之

36. 自动驾驶仪中的陀螺是用来测量哪些物理量的？

答：角速度或姿态角。（例如 MEMS 陀螺测量角速率，机械垂直陀螺测量姿态角）

37. GPS 导航、无线电导航、磁航向仪、惯性导航仪哪些是持续依赖外界条件的导航设备？

答：前 3 者。

38. 简述舵面遥控（纯手动）、姿态遥控、人工修正（即 GPS 模式）区别？

答：舵面遥控飞控什么都不管；姿态遥控飞控管姿态，人管位置；人工修正飞控姿态位置都管，人给位置修正量。（也可以解释为舵面遥控操纵手杆量对应舵面偏转量；姿态遥控杆量对应飞机姿态，具体由飞控来保持；人工修正则完全由飞控控制，操纵手杆量作为叠加量或遥控指令处理。）

第三部分：动力系统

1. 电动动力系统由哪几部分组成？

答：动力电池；电子调速器；动力电机；螺旋桨。

2. 螺旋桨的螺距是什么？

答：螺旋桨桨叶旋转一周形成的螺旋面的长短。

3. 螺旋桨的主要技术参数有哪些？

答：直径；螺距；桨叶数量。还可以包括桨型、翼型等。

4. 动力电机的主要技术参数有哪些？

答：规格尺寸；重量；最大功率；工作转速范围；空载 KV 值；最大工作电压；力效等。

5. 电子调速器的主要技术参数有哪些？

答：最大电流；输入电压范围；对外供电能力等。

6. 动力电池的主要技术参数有哪些？

答：总电压；总容量；最大放电倍率；充放循环次数、重量等。

7. 以 1045 桨为例，桨叶规格的含义是什么？

答：1045 代表桨叶直径是 10 英寸，螺距为 4.5 英寸，1 英寸为 25.4mm。

8. 聚合物锂电单片电压是多少？3S2P 代表什么含义？

答：单体标称电压为 3.7，最大电压为 4.2，最小放电截止电压经验上使用 3.6。3S2P 表示先两两并联再三组串联

9. 请以 5000mAh, 20C 锂电池为例，解释放电倍率的含义，该电池最大放电电流为多少？

答：放电倍率 (C)=放电电流 (A)/额定容量 (Ah)，该电池的最大放电电流为 $20C \times 5Ah = 100A$

10. 四冲程与两冲程的原理、特点（固定翼）

答：点火一次活塞下一次上一次是二冲程，点火一次活塞下一次上一次下一次上一次是四冲程；四冲程每个汽缸前都有 2 个节气门杆；四冲程效率高，转速低、较重、贵；二冲程汽油滑油以 1：25-1：40 比例混合后使用，四冲程滑油多单注。

11. 简述无人机系统用电池类型，单体电压、充放电特性、用途等？

答：锂聚合物，3.7V，基本无记忆效应、过放涨肚、大电流放电，适用于动力电源

铅酸蓄电池，6V、12V，无记忆效应、大电流放电，廉价适用于启动电源

镍氢电池，1.2V，小记忆效应、小电流放电，适用于设备电源

镍镉电池，1.2V，强记忆效应、大电流放电，早期动力电源

干电池，1.5V，不可充电、小电流放电，临时设备电源

12. 普通无刷电调几根线，分别连什么？

答：2 粗红黑连电池；3 中同色连电机；3 细杜邦连飞控或接收机。注：有 BEC 功能的，杜邦中红线可反向供电

13. 无人机系统电机分类？最常用类型及特点？

答：第一问答案要点：有刷、无刷、内转子、外转子、交流、直流、三相、两相、同步、异

步。第二问答案要点:外转子三相交流同步无刷电机,效率达 80%以上。

14. 外转子电机规格 2208 9T

答:22 定子线圈直径 08 定子线圈高度 9T: 9 匝线圈。

15. 螺旋桨 1107、正桨、CW、CCW 意义

答: 11×7 即 1107: 桨径 11 英寸螺距 7 英寸, 1 英寸等于 2.54 厘米。

正桨: 右旋前进。反桨有时会标一个 R。如 1107R

CCW: 前视或俯视逆时针旋转, 即正桨。CW 反桨。

16. 简述无人机用活塞发动机都有什么点火方式, 原理是什么? (固定翼)

答:磁电机: 电磁感应放电; CDI: 逆变高压电, 霍尔感知位置放电。

17. 简述如何为你的锂聚合物动力电池充电?

答:连动力插头; 连平衡充插头; 设置电池类型、节数、充电电流、截止电压; 不脱离视线
等等

18. 保持油门持续爬升, 螺旋桨转速会增加还是减小? 为什么?

答: 增加, 因为随着高度的增加, 空气密度减小, 螺旋桨所受的阻力减小。

19. 汽油机随着高度的增加, 功率会增加还是减小? 为什么?

答: 会减小, 因为随着空气密度减小, 进气量减小, 燃烧功率变低。

20. 电动动力的飞机, 随着高度的增加, 电动机功率是否会降低? 为什么?

答: 不会, 电动机功率是由额定电压和电流确定的, 与高度变化无关。

21. 动力电池的功率密度越大越好还是越小越好? 为什么?

答: 一般越大越好, 相同重量的电池可以产生更大的功率; 但也不能过大, 大了贵。

22. 电池的能量密度越大越好还是越小越好? 为什么?

答: 越大越好, 相同重量的电池可以飞更长时间。

23. 多旋翼动力系统的总效率包含哪些因素?

答: 电池的效率、电调的效率、电机的效率、螺旋桨的效率。

24. 选择螺旋桨考虑的因素都包括

答: 动力匹配、直径、螺距、叶数、材质、动静平衡等等。

25. 对于混合燃油发动机, 冬天与夏天燃油、机油混合比如何调整? 为什么? (固定翼)

答: 温度升高适当增加润滑油的比例, 温度降低适当降低润滑油的比例。原因: 润滑、散热、
供油

26. 化油器发动机大小油针一般怎样调整 (固定翼)

答: 小油针对应发动机的怠速, 调整到发动机能够持续运转的最低转速。

大油针对应发动机的大车状态，调整到发动机能够稳定输出最大功率状态。

27. 高原应用时活塞发动机会出现什么问题，怎样解决（固定翼）

答：高原空气稀薄，发动机起飞功率下降，应降低飞机起飞重量，并增加飞机起飞滑跑距离和起飞速度。适当采用大直径小螺距的螺旋桨。

28. 低温环境使用小型活塞发动机会出现什么问题，怎么解决（固定翼）

答：启动困难；可使用外部措施进行发动机预热，并增加发动机地面热车时间。

29. 发动机富油会出现什么现象（固定翼）

答：1) 转速不稳定，2) 排气烟浓，3) 产生震动，4) 容易使积碳增多

30. 多旋翼电调与电机如何匹配。

答：电调的极限电流值留有足够裕度即可。具体可根据电机巡航功率推算出单个支臂巡航电流，根据电流的 3 到 5 倍以上选取电调。

31. 你使用的训练用多轴，螺旋桨转向，各种运动转速变化？

答：前加后减，向后飞。左加右减，向右飞。全加向上飞。顺加逆减向左转。

32. 对于自己 DIY 的多旋翼无人机，一个螺旋桨损坏了，为什么要换一对新的

答：因为对角线的螺旋桨需要互相平衡反扭矩，需要较精密的平衡。商品级的多旋翼桨的一致性较好，可以换一个；但自己 DIY 多旋翼时，再购买一对正反桨较为可靠。

33. 内、外转子无刷电机特点区别，应用领域

答：外转子扭矩大、适合带较大螺旋桨，效率高，广泛应用在各种电动无人机上；内转子转速快，适合应用在电涵道（或带有减速器的）航空模型上。

34. 电动无人机的电调如何校准？

答：使用遥控器校准或编成卡校准或飞控指令校准，具体操作根据不同品牌电调略。

35. 在聚合物锂电满电的情况下，6S10000mah，搭配 100KV 的电机与 3S 20000mah 搭配 300KV 的电机哪个转速快（假设螺旋桨是匹配的）

答：第二个快；6S： $6 \times 4.2 \times 100 = 2520$ ；3S： $3 \times 4.2 \times 300 = 3780$ 。

36. 简述如何为你的锂聚合物动力电池充电？

答：示例：连接主电源线、连接平衡冲插头、选择电池类型、选择电池节数、选择充电方案及电流、按开始。

37. 常用电动动力系统，电机、电调、电池各有几根线？

答：无刷电机 3 根，电调 8 根，电池 S+3 根

38. 简要按一定顺序介绍多旋翼无人机的配电、用电系统

答：动力电源——分电设备（并联）——ESC——电机

动力电源——ESC (BEC) ——飞控、接收机及其他低压设备或低电压电源

39. 能否使用高 KV 的电机带动远大于适配桨大小的桨，为什么？

答：不可以，因为高 KV 的电机相对同级别的低 KV 电机来说，转速快但扭力小，如果使用高 KV 配大桨，要么根本不能正常运转，要么桨转速不够不能离地，要么使电机过烫而烧毁，引发飞行事故。

40. 一般冬天和夏天相比，我们的返航电压该怎么设置，为什么？

答：冬天的返航电压一般高于夏天，因为冬天气温低，锂电池的活性及放电能力也会降低，假如返航电压过低的话，有可能导致突然降压引发飞行事故。

41. 现有一块聚合物锂电池可能会长时间不使用，充放电至电量多少，电压多少储存合适？

答：放电至剩余电量 40%-50%，电压 3.8V。

42. 无刷电机如果遇到旋转方向相反，需要换向时应如何处理？

答：电调与电机的连线 3 根中任意对换 2 根。

43. 无刷电机是直流电机还是交流电机？

答：直流电机（如果单看电机是交流，如果把电调与电机看作一体则为直流）。

第四部分：飞行器平台

1. 掰动面前固定翼无人机的每个舵面，说出这叫什么，说出此时飞机将怎么运动，起降遥控器此刻怎么打？（固定翼）

答：略。

2. 典型的无人直升机由哪几部分组成（直升机）

答：机体结构，起落架，旋翼系统，传动系统，发动机，尾桨系统

3. 请简述共轴式直升机的工作原理（直升机）

答：共轴式直升机两副旋翼共轴反转，两副旋翼产生的扭矩在航向不变的飞行状态下相互平衡，并通过上下旋翼总距差动产生不平衡扭矩实现航向操纵。

4. 简述单旋翼带尾桨布局直升机的主要结构特点和工作原理（直升机）

答：主要特点是布局由一副主旋翼和一副尾桨组成，尾桨提供平衡主旋翼的扭矩并进行航向操纵。该形式的直升机纵横向操纵通过自动倾斜器来完成，尾桨消耗的功率对直升机的升力没有贡献，因此悬停效率较低。另外尾桨的可靠性也影响直升机的安全性。

5. 直升机按反扭矩形式不同分几类

答：直升机按反扭矩形式不同可以分为尾桨单旋翼式直升机，共轴双旋翼式直升机，纵列双旋翼式直升机，横列双旋翼式直升机，多旋翼飞行器。

6. 无人直升机旋翼桨叶的主要技术参数有哪些，7kg 级无人直升机旋翼悬停转速约多少 RPM（直升机）

答：旋翼直径，弦长，翼型；500-1000RPM

7. 地面效应对直升机有什么影响，多高以内有地效？

答：当直升机在低于旋翼直径的高度悬停时，将产生地面效应，地面效应会降低旋翼下洗流速度，从而降低桨叶的诱导角，产生相同的升力，阻力也相应降低，对发动机的功率需求也减小。

8. 多轴飞行器飞行平台由哪些设备组成，描述出其连接方式？

答：遥控接收机——飞控——电调——电机；动力电池——电调——电机；数传电源——数传模块——飞控；摄像头——图传——图传电源。

9. 固定翼前三点式起落架和后三点式起落架有什么不同，与重心的关系？（固定翼）

答：前三点滑跑稳定，前轮小，对跑道要求高，前轮易损；主轮在重心后。后三点低速滑跑控制较难，容易甩尾，但场地适应性强，不易损坏；主轮在重心前，距重心位置太近，着陆容易拿大顶，主轮最好采用内八字布局。

10. 对应面前的多旋翼飞行平台，指出每一个位置是什么设备？

答：云台、接收机、GPS 天线、飞控、电调、电机、机载数传模块等。

11. 对应面前的固定翼无人机飞行平台，按我的要求指出每一个设备或结构件的位置？（固定翼）

答：火墙、翼肋、隔框、水平安定面、数传天线、主起落架、升降舵机、怠速油针、翼梁、右襟翼等。

12. 简述固定翼无人机重心配平方法及位置？

答案要点：当量机翼 25%弦线处。

13. 多旋翼飞行器上各种天线设备布置有什么要求？

答：GPS 接收天线尽量中心高处无遮挡；遥控接收机天线、数传天线、图传天线尽量互相远离都布置于机身下方无遮挡；所有全向天线尽量垂直布置。

14. 固定翼无人机上各种天线设备布置有什么要求？（固定翼）

答：GPS 接收天线尽量中心高处无遮挡，如机体后背处；遥控接收机天线、数传天线、图传天线尽量互相远离都布置于机身下方无遮挡处，如图传天线接近云台布置于机体下颚处，数传天线布置在机尾下方，遥控接收机天线布置于机体正下方；所有全向天线尽量垂直布置；油动发动机的无人机，天线与发动机要保持一定距离。

15. 若舵机摇臂、连杆安装间隙过大，会造成什么后果？（固定翼）

答：操纵时有空程，严重可能导致自动驾驶控制发散或舵面遥控人机振荡。

16. 翼尖小翼的作用是为了在相同翼展时提供更大的机翼面积吗（固定翼）

答：不是，是为了减小诱导阻力。

17. 固定翼无人机降落时，放下襟翼，是为了增升减阻，对吗？（固定翼）

答：不对，是通过增加机翼面积或升力系数达到降低着陆速度的目的；在低速产生足够升力的同时，一般阻力也会增加。

18. V型尾翼布局，成90度角布置最好，是否正确？（固定翼）

答：不正确，V型尾翼的大小与角度应考虑俯仰和偏航稳定性来综合考虑。

19. 机载视距链路天线放在机腹比放在机背好，是这样吗？

答：不一定，要视无人机作业的高度与距离，机体外形，起落架位置，电磁兼容等综合考虑。

20. 电动多旋翼的螺旋桨可以做的尽量大，从而可以用最少的旋翼数实现大载荷，是否正确？为什么？

答：不完全正确。一定起飞重量以下的多旋翼是成立的，但大尺寸多旋翼如果桨叶过大，转动惯量将过大，电机调速响应慢，飞行稳定性就会降低。这时就得像直升机一样使用变距控制才能有足够的控制响应速度。（具体讲转动惯量变大是因为旋翼质量变大，并且质量更向两端分散，不单纯是直径变大。大桨存在的其他问题还有高端空心碳桨昂贵易损，成本直线上升，另外结构尺寸增大会导致相关强度零件变重）

21. 简述常规布局固定翼滚转、偏转、俯仰的操作原理（固定翼）

答：左压杆，左副翼上偏，右副翼下偏，左机翼升力减小，右机翼升力增加，飞机左滚；略

22. 固定翼无人机方向操纵和副翼操纵的关系，什么是侧滑（固定翼）

答：一般固定翼无人机方向和副翼操纵会有一定的耦合。单纯左副翼转弯，产生左侧滑和左偏航；单纯左方向转弯，产生右侧滑和左滚转；左副翼左方向协调转弯时无侧滑，产生左偏航左滚转。

23. 多旋翼是不是任意方向都可以作为机头，指向飞行方向，为什么？

答：不是，磁罗盘和飞控惯性测量单元的安装都有指向性要求。即使能够用无头模式飞行的多旋翼其实也是有头的。

24. 为什么部分多旋翼GPS天线必须高出机体，并远离金属，尤其是铁？

答：因为这类GPS天线集成了外置磁传感器，容易受到磁场的干扰。

25. 活塞发动机后推式固定翼和前拉式固定翼是用正桨还是反桨

答：前拉装正桨，后推装反桨。

26. 直升机的重心位置处于机体的哪个部位

答：直升机的主轴处下方。

27. 多旋翼拥有三轴布局的形式，这种布局形式中间轴多了一个舵机，为什么要加这个舵机？

答：单独固定的三轴无法完成多旋翼正常的稳定与操纵，因此需要加一个舵机略微改变中间轴的拉力矢量方向，从而达到抵消那个不成对螺旋桨的反扭。

28. 多旋翼 1 米 1 轴距代表什么意思

答：指相对电机轴间的距离。业内轴距用来简单描述多旋翼的大小。

第五部分：正常操作程序与应急处置

1. 固定翼无人机降落后发动机无法停车应如何处理？（固定翼）

答：切断火花塞供电&封闭进气口&封闭排气口&切断供油。

2. 无人机飞行过程中发动机温度过高，功率不足，转速下降应如何处理？

答：如果高度较低应立即降落；如果高度较高，可操纵飞行器进入平飞、下降等发动机小功率状态，这样可以降低需用功率，有利于恢复发动机转速。

3. 简述民用无人机自驾仪首次在飞机上安装调试时，地面控制站飞控软件都需要做什么？

答：要点：飞行器类型选择；传感器校准、配合进行飞控安装位置正反向、安装位置调平、飞行器姿态正反设置；遥控器校准、进行各个舵面、其他任务通道正反向设置；数传电台 COM 口及波特率配置；固定翼吹气检查空速管效果，直升机、多轴首次校磁等。

4. 简述民用无人机作业前，地面控制站都需要做什么？

答：要点：A 首先地面检查：飞行器类型或型号选择是否正确；人工调整飞行器姿态，观察地面站反馈是否正确；各机载及地面设备电压；任务设备通道反应或接收效果；固定翼吹气检查空速管效果，直升机、多轴校磁。B 其次预规划：根据任务内容、地理、气象确定飞行范围；设定一般航线航路点；设定制式航线或扫描航线航路点；设定回家点、伞降点、迫降点等等方案；检查航程、航时、转弯半径、爬升下降能力、地形遮蔽等；等待起飞或发射。

5. 固定翼无人机遥控状态下动力失效处理方法？

答：势能换动能，保持一个等于或略大于平飞的速度，建立下滑轨迹，迫降；有伞到合适高度开伞。

6. 无人直升机遥控状态下动力失效处理方法？

答：势能换动能，先打负总距，使旋翼自转，且转速保持在略大于巡航转速；高速下降，在离地面数米高度时，将总距变到最大，迅速制止快速下沉，自旋降落。

7. 多旋翼遥控状态下动力失效处理方法？

答：有伞开伞；无伞利用仅有动力尽量让其跌落在无人位置；落地瞬间前将油门收至最小（部分多旋翼会使用保护开关自动切断电机输出，以减小损失，及防火；一般四旋翼要尽快切断动力输出因为不能保持姿态，六旋翼旋转着陆瞬间切断，八旋翼以上或许还可以飞回）。

8. 固定翼无人机视距外链路中断，如何处置？

答：A 首先调整地面链路天线位置。B、有些飞控能设置在链路中断多长时间后返航，这些事要先设置。C、如若全程时间到未能返航，可按航线地面寻找。D 如若该无人机加入优云系统，请联系优云服务商查找最终点。E 视距外作业的无人机应当在机身明显处张贴联系方式。

9. 开伞回收的固定翼无人机如未能成功开伞？（固定翼）

答:A 如果伞舱打开, 伞未完全弹出, 遥控机腹迫降。B 如果伞弹出但未完全充气, 有条件的机载切断, 机腹迫降。C 不能切断的, 先使用最大马力看飞行操纵是否还有效, 拖伞着陆。D 还不行, 在坠地瞬间之前将动力关至最小, 减小损失, 防止失火。

10. 无人机视距外飞行, 遭遇的风速大于或接近于飞机最大速度?

答:大气中风速高度不同变化很大, 迅速改变高度设置。

11. 无人机视距外飞行, GPS 丢星?

答:如果图传是好的, 有机载视频能提供引导, 可以仿照 FPV 模式, 将无人机飞回。如果飞控姿态还持续有效, 数据链路也仍然有效, 可用姿态遥控模式将其飞回。如果不能飞回, 果断在野外开伞回收。如无伞可考虑收小油门迫降, 以防飞丢。

12. 如果数传链路下行中断, 会发生什么后果? 如何处置?

答: 地面站软件上的飞行状态和数据不再更新。无人机在视距内应尽快遥控着陆; 视距外, 先发送返航指令, 安心等待返航; 个别情况下, 可依靠任务设备图像返航。

13. 如果数传链路上行中断, 会发生什么后果? 如何处置?

答: 无法在线重规划航线航点及发送任务指令等。无人机在视距内应尽快遥控着陆; 视距外, 可尝试重新启动地面站或检查上行链路设备恢复通信, 否则只能安心等待飞完所有航点后返航或链路中断触发返航(需要在飞控中事先设置)。

14. 固定翼无人机在降落时风向变化为顺航向, 应如何处置? (固定翼)

答: 视风力大小是否超过顺风着陆限制, 如果超过限制, 应复飞或改变着陆方向。

15. 固定翼下滑拉平时, 若侧风超过限制, 应如何处置? (固定翼)

答: 首先应复飞待机, 视风速减小到可降落时适时着陆。

16. 燃油动力无人机空中停车, 应如何处置?

答: 如果可空中起动的, 应首先尝试起动发动机。若不能起动, 在本场则选择迫降; 不能返回本场, 则在预设迫降场迫降; 如无预设迫降场, 则尽量选择无人区迫降。

17. 使用遥控器遥控飞行时, 如果无人机反应时断时续或无反应, 应如何操作?

答: 多数此类情况出现在无人机目视较远距离飞行、遥控器电力不足、有外界干扰的情况下, 现阶段多数自动驾驶仪都有失控保护功能会切入自动驾驶, 此时为了防止自驾仪在手动自动之间切来切去反而造成危险, 需要果断切换遥控器开关进入自动模式并关闭遥控器。之后再等待无人机自动飞回较近距离或检查遥控器电源或等待干扰消失。

18. 影响固定翼无人机起飞滑跑距离的因素都有哪些 (固定翼)

答: 无人机总重、发动机拉力、空气密度、是否放襟翼、跑道质量等

19. 固定翼无人机起飞需要注意哪些事项 (固定翼)

答: 1) 逆风起飞, 避免大侧风 2) 积累足够的速度 3) 保持合适的不要太大的爬升角, 保持

横侧向稳定等

20. 执行飞行任务前，对无人机的检查准备工作包括哪些？

答：①检查电池电量；②飞行器外观检查，各机载设备零部件外观及连接，螺旋桨是否安装正确；③检查遥控器与地面站，遥控器各开关位置是否正确，摇杆位置是否够正确，地面站电量是否充足，软件是否完备，地面设备连接是否可靠。④开机顺序是否正确：遥控器→无人机→控制站&遥控器→无人机→控制站⑤遥控器开机，所选模型是否正确，飞行模式是否正确等等

21. 逆风、顺风或侧风对多旋翼飞行的影响？

答：多数多旋翼是按照机头方向飞行阻力最小设计的，所以逆风悬停最省电，同理机头向前航线飞行最省电。从飞控角度来说，风向不同只是影响了悬停与航线飞行的姿态角，总的来说风越大越耗电。另外对于手动或姿态模式及部分飞控的 GPS 模式，顺风飞行能够获得较大的地速。

22. 侧风飞行操作要点

答：三类飞行器自驾模式基本都不用理会
直升机、多旋翼姿态和手动模式向侧风方向稍打副翼。
固定翼姿态和手动模式可用侧滑法（副翼）或航向法（方向舵）修正；需要保证对地姿态水平的固定翼建议用航向法；另外无论用何种方法，固定翼侧风着陆接地前的一刻需要将航向摆正，机翼水平。

23. 定点转弯、协调转弯、自适应协调转弯的区别

答：定点转弯，旋翼在悬停状态下转弯，会精确通过每个 GPS 位置点，在每个位置点会减速、悬停，停留，停留的时间可以设置。协调转弯，飞行速度、油门基本不变，旋翼会偏离 GPS 位置点，可能会在航线拐弯的外侧。自适应协调转弯，飞行速度、油门会随航线转弯而减速，旋翼会偏离 GPS 位置点，但不会出现在航线拐弯的外侧。
固定翼只使用协调转弯。

24. 八旋翼飞行器空中飞行时副翼方向电机坏一个如何处理

答：现代的多旋翼飞控在六轴和八轴飞行器上都有一定的安全裕度，六轴坏一个，八轴坏不相邻两个基本都能保证安全降落。遇到这种情况不用紧张，需要尽快降落，注意不要有太大的操作动作即可。

25. 飞行器检查时，多旋翼电机产生震动，在排除电机本身故障后，检查动力电路。我们应该检查电调的输入端连接还是输出端连接。

答：输出端接触不良会导致缺相至使电机产生震动。

26. 多轴飞行一段时间后，应对电机安装位置如何检查？

答：应该用水平尺校准，保证各电机均应该水平不应出现倾斜等。

27. 如何保证数传链路在使用中的稳定性、安全性

答：1、地面调试阶段有条件的话要进行最大数据量下的拉距实验，并熟悉各种天线的性能。
2、飞控中需使能链路中断返航功能，并设定好中断难复判断时间。3、在飞行场要调查

航线沿途重要干扰源，并作避让措施。4、起飞前检查电台、天线、馈线、电台电池，是否有脱落、断裂，电压不够等状态。5、飞行中要实时观察信号的健康度。

28. 飞行器飞行过程中，主要观测地面站哪些数据

答：飞行高度，GPS 卫星，姿态，空速等

29. 在自主飞行过程中，遥控器油门的位置应处于

答：中间略上。防止切换到增稳等其它模式时，上升或下降过快。

30. 一架在 150 米高度顺风飞行的直升机，发动机突然失效，应该怎么操作（直升机）

答：自旋降落。具体参考：切入姿态或手动，调整方向逆风，总距收到最小，加速旋翼旋转，垂直下落，距地面还有一定距离时将总距推至最大，降落。

31. 固定翼在空中掉单边轮子时能安全着陆吗？（固定翼）

答：能，当飞机接地瞬间，利用操控副翼舵面减轻无轮一侧的压力，待飞机减速直至停止滑行。

32. 燃油固定翼起飞前动力系统应做哪些检查？（固定翼）

答：紧固件、油路、电路、大小油针、最大转速、怠速稳定性、震动、操纵连杆连接及间隙等。小飞机可改变姿态，观察不同姿态供油效果。

33. 无人机起飞进入航线飞行突然出现不按规划航线飞行，如何处置？

答：先切入姿态模式，观察是否只是外回路位置出了问题；如内回路姿态也有问题，则切手动模式，降落；降落后回放数据检查原因。

34. 多旋翼飞行器如果重新组装后，必须校准哪些传感器？

答：飞控安装位、磁罗盘。

35. 多旋翼飞行器在更换任务载荷后，除了平时的常规检查外，还应进行什么检查？

答：更换新的任务载荷后，由于新的载荷重量可能会与老的载荷不同，会导致无人机的重心位置偏移，所以要进行重心位置检查并进行调整。

36. 无人机在飞行中晃动过大或反应滞后，除了飞控感度的原因，还有可能是什么原因？

答：1、多旋翼飞行器机臂刚度不够，或有安装旷量。2 多旋翼机体太大致使转动惯量太大。3、多旋翼螺旋桨太重，加减速慢致使操纵相应慢。4、固定翼机体或舵面刚度不够，连杆、摇臂或舵机本身有旷量。

37. 无人机地面起飞前检查时，遥控器推油门，油门舵机不响应或旋翼电机不旋转，可能是由哪些原因造成？

答：控制模式不对、遥控器没电、遥控器高频头没装或损坏、没对频、舵机故障或电机故障、电调故障、飞控最低油门没有校准等。

38. 固定翼起飞前为什么要校准空速？怎么操作？（固定翼）

答：旋翼一般按地速飞行，固定翼一般按空速飞行。固定翼有失速速度的限制，所以空速传

感器是必备的，并且多数的固定翼飞控都有定速飞行功能。空速传感器是测量大气动压的，起飞点、起飞时间不同，空气压力就不同，传感器基准就不同，所以基本每个起落都要校正一下空速基准。校正时用手或小瓶子类的东西罩在空速管上，保证无动气流，但不能堵死，罩好后通过地面站软件操作校准。

39. 固定翼地面检查自动驾驶模式操纵反馈时，机翼左倾时，左副翼舵面应向下还是向上？为什么？

答：应下偏，产生稳定恢复力矩

40. 地面检查自动驾驶模式操纵反馈时，舵面偏转方向与正常情况相反，可能是什么原因？

答：传感器安装方向错误或地面站舵机正反向设置错误。

41. 自动定高飞行时，飞行器持续升高或下降，可能的原因是什么？

答：高度传感器故障或动力系统故障等。

42. U-cloud 优云系统在实际作业中都有哪些具体应用？

答：申报飞行计划、获取禁飞区信息、获取气象资料、统计训练时间、统计作业面积等等。

AOPA 无人机管理办公室

2016 年 11 月