

多用途无人机结构体系的适配性设计思路

张翼

安徽交通职业技术学院，安徽 合肥 230051

DOI: 10.61369/TACS.2026070018

摘 要： 随着低空经济的发展以及无人机应用的多样化，以往单一结构类型的无人机已经不能满足侦察巡检、物资投送、应急救援、农林作业等多种任务的需求。在此背景下，多用途无人机逐渐成为行业发展的新趋势。为了解决传统无人机结构固定、任务转换成本高、工况适应性差等问题，本文就多用途无人机结构体系的适配性设计展开系统且深入的研究。本文主要提出模块化架构设计思路，希望能实现“一机多能”。研究目的在于针对性弥补传统无人机的不足，创新设计思路，不断提高无人机应对多种任务的快速适应能力，从而推动其在工程和产业化中的落地应用，为多用途无人机结构优化设计提供理论支撑和切实可行的技术途径。

关 键 词： 多用途无人机；结构体系；适配性；设计思路

Adaptive Design Ideas for the Structural System of Multi-Purpose UAVs

Zhang Yi

Anhui Communications Vocational and Technical College, Hefei, Anhui 230051

Abstract： With the development of the low-altitude economy and the diversification of UAV applications, traditional UAVs with a single structure type can no longer meet the needs of various tasks such as reconnaissance and inspection, material delivery, emergency rescue, and agricultural and forestry operations. Against this background, multi-purpose UAVs have gradually become a new trend in the industry. To solve the problems of traditional UAVs, such as fixed structures, high task conversion costs, and poor adaptability to working conditions, this paper conducts a systematic and in-depth study on the adaptive design of the structural system of multi-purpose UAVs. It mainly proposes a modular architecture design idea, aiming to achieve "one UAV with multiple functions". The purpose of the research is to targetedly make up for the shortcomings of traditional UAVs, innovate design ideas, and continuously improve the rapid adaptability of UAVs to various tasks, thereby promoting their practical application in engineering and industrialization, and providing theoretical support and feasible technical approaches for the structural optimization design of multi-purpose UAVs.

Keywords： multi-purpose UAVs; structural system; adaptability; design ideas

引言

最近几年，无人机技术在物流、巡检、应急救援等领域的应用越来越广泛。传统无人机的不足之处在于功能单一，在面对多样化、动态化的任务需求时，适配性不足。因此，构建具有较强适配性的多用途无人机结构体系，显得十分重要和迫切。传统的无人机大多是针对某个任务而设计的，具有扩展性差、升级难、维护成本高等缺点。为此，本文提出了一种模块化、系统集成的适配性设计思路，核心为依托标准接口和功能解耦，快速重组并灵活配置机身、载荷、能源、通信等子系统。该设计对轻型包裹、重型货物、医疗急救等各种任务模块展现出较强的适用性，通过直接嵌入，能保证任务及时、有效的完成。该设计还聚焦结构强度、散热性能、环境适应性的优化，以提高无人机平台的通用性、可持续性为目的，为其在复杂环境中的高效应用提供了支撑和保障。

一、现有无人机结构体系面临的问题

虽然无人机技术在各个领域的应用范围越来越广，进展显著，但是目前的无人机结构体系无法适配不同的用途，究其原因，在于当前的无人机结构较为单一，功能也比较固定。一方

面，传统的无人机大多是为了特定的任务而设计或者优化，比如航拍无人机对轻量化、小型化的要求较高；农业无人机更看重的是载重能力、续航时间。由于专用化的设计，无人机如果需要更换不同的任务场景，就要重新配置硬件设备，如有必要，还可能更换整机结构，这不仅会增加使用成本，而且还会给维护带来

项目信息：安徽省教育厅2025年度高校科研项目：项目名称：面向复杂构件的三轴六旋翼无人机全向智能喷涂系统协同控制与优化，项目编号：2025AHGXZK30483，项目类别：重点项目，项目负责人：张翼。

一定难度^[1]。另一方面，目前无人机功能模块之间的兼容性较差，比如动力系统和任务载荷二者如果缺乏适配性，那么可能会导致无人机在承载多种功能设备的时候性能下降。不仅如此，电机、电池等作为无人机的重要部件，如果设计标准缺乏统一，那么也可能使模块集成变得更加复杂。

就材料的选择而言，目前无人机结构体系不能满足多用途的要求。传统的金属材料强度高、耐久性好，但是重量大，不能满足无人机轻量化的要求。相较之下，复合材料能减小重量，在一定程度上可以抵御高温和高湿度的侵蚀，但是性能差^[2]。除此之外，因为缺乏对环境适应性系统的研究，目前的无人机在复杂环境中难以具备较好的稳定性、可靠性，使其在极端环境下难以得到高效的应用。

二、多用途无人机结构体系适配性设计思路

（一）模块化设计理念

1. 动力系统模块化

动力系统是无人机飞行的重要支撑，该系统的模块化设计直接关系到多用途无人机的适配性。为此，通过将动力系统拆分成若干个功能模块，多用途无人机就可以根据不同的任务需求选配相应的发动机、能源供给方式、推进装置等。以长航时任务为例，多用途无人机可以选择高效率的内燃机或者燃料电池模块，保证为任务的顺利完成提供动力方面的持续供给^[3]。如果执行的是短途高机动性任务，多用途无人机可以选择电动推进模块，以此来实现快速响应、精准操控。除此之外，动力系统的模块化设计还可以降低维护成本以及技术复杂性，因为每个功能模块都可以独立完成更换或者升级，并不需要对整个系统做较大的调整。动力系统的模块化设计还需要依赖先进的3D打印技术。该技术的应用除了能大大缩短研发周期之外，还能使系统具有较强的集成度、可靠性。类似的设计方式尤其适用于多旋翼无人机，通过采用模块化的电机、电池配置，实现“单机多能”，以此来更好地满足不同任务的需求^[4]。

2. 任务载荷模块化

任务载荷模块化的核心思路为通过更换不同的任务载荷模块来扩展无人机的功能。以农业为例，无人机搭载喷洒装置就可以精准施放农药。针对物流领域，无人机可以通过安装货仓模块来运输物资。如果执行的是航拍或者监测任务，无人机可以安装高分辨率摄像头或者红外传感器模块。类似的模块化设计一方面能使无人机的使用更加灵活，另一方面也能大大降低无人机在购置设备和日常运营方面的成本^[5]。为了更好地适应不同的任务场景，无人机可以及时更换任务载荷模块。不仅如此，任务载荷模块的模块化设计还有利于无人机维护流程的简化。相较于整机维修，单独任务载荷模块的故障排查、零部件更换会更容易、更高效。

（二）材料选择的适配性

1. 轻量化材料的应用

针对多用途无人机的结构设计，建议选择合适的轻量化材料，这不仅能保证高性能，而且能实现多功能的适配性。由于具

有较好的力学性能且密度较低，复合材料、新型合金逐渐成为无人机制造不可或缺的材料。碳纤维复合材料的强度较高、密度较低，凭借此优势，在机翼、机身等关键部位的制造中应用较广，既能减重又能保证结构的强度。铝合金、钛合金等新型金属材料也被应用到了无人机的设计中。这些材料具有较好的承载能力及耐久性，能助力无人机承受较大的载荷。相关研究表明，如果能合理选择并组合轻量化材料，能大大提高无人机的飞行速度，也能有效增加其续航时间，还能减少其对能源的依赖^[6]。以太阳能无人机设计为例，使用复合材料一方面可以实现轻量化，另一方面又能通过优化结构布局来提高能源利用率，从而为长航时飞行提供强大的技术支撑。

2. 材料性能与用途的匹配

在选择无人机材料的时候，还需要考虑材料的特殊性能，比如防水、耐高温、抗腐蚀等，这样才能更好地满足不同任务的需求。比如，在设计跨介质无人机的时候，考虑到无人机的工作介质涉及空气和水体，为了使其灵活切换，它的机械结构必须选择具有良好防水性能的材料，如此，才能保证设备即使处于复杂的环境中也能正常工作^[7]。再比如，电力作业领域对无人机的耐高温、耐高湿性能提出了更高要求。为此，其材料选择应考虑是否具有良好的耐热性以及抗老化性能。除此之外，农业无人机在喷洒农药的过程中可能会面临化学腐蚀。针对这一问题，建议选择具有较强抗腐蚀性的材料。

三、适配性设计面临的技术挑战与解决方案

（一）不同模块间的兼容性问题

各个模块之间的兼容性设计属于适配性设计的第一个技术难题。当电气接口不达标时，可能会导致动力系统模块和任务载荷模块之间产生连接障碍，进而使整个系统效能受到影响。除此以外，有关数据传输是否一致、稳定等各方面的相关问题也需要解决。尤其在多传感器共同使用的时候，数据延迟或者出现丢失都会对无人机的自主避障能力以及任务执行速度造成不利影响。为了针对性解决这些问题，可以采用统一的通信协议（MAVLink协议）来保证模块之间的数据能高效交互，还可以采用标准化设计，使电气接口通用化。与此同时，为了保证数据传输的可靠性，可以采用冗余设计，比如建立双通道机制，以此来避免发生单点故障。利用DroneKit-Python工具对模块进行标定和测试，能检验模块在实际使用中是否兼容，这能保证多用途无人机的稳定运行^[8]。

除了上面提到的之外，还可以将动力系统和任务载荷模块化，并且在设计之初就充分考虑各个模块之间可能产生的冲突，如此，能大大降低后期集成的技术难度。以农业无人机的设计为例，采用SolidWorks模块化设计可以显著提高零配件的可拆装性，同时合理选择7050铝合金、合金钢等材料，能大大提高整体的力学性能，为各个模块之间更好地兼容打下基础^[9]。

（二）结构稳定性与灵活性的平衡

通常情况下，多用途无人机面临的任务场景各不相同。因

此,无人机的结构必须具有较强的灵活性,这样才能满足差异化的功能需求。但是,有时灵活性能保证,其结构稳定性会下降,导致飞行的安全性受到直接影响。正如上文提到的,在农业领域,无人机需要携带喷洒设备喷洒农药;在物流领域,要想顺利完成运输货物的任务,必须具备较大的载重能力^[10]。由于任务不同,对无人机的结构要求也有很大的差别。怎样才能更好地平衡结构的稳定性和灵活性,这是需要思考和解决的问题。

一方面从材料选择上来说,尽量选用轻质高强的复合材料或者新型合金,常见的有碳纤维增强复合材料、钛合金等。这些材料可以大大减轻无人机的总重,并且具有良好的力学性能,在保证结构稳定性的基础上尽可能地减小对灵活性的影响。另一方面,对于结构设计而言,采用模块化理念,将各个功能部件的模块进行模块化组合,可以达到迅速切换的目的。比如,基于机械多功能组合设计的多旋翼无人机结构,能在不改变主体框架的基

础上,通过更换任务载荷模块的方式来实现各种功能的集成。这样的设计能大大提高无人机的适配性,还能避免出现由于反复改变结构造成稳定性降低的情况。

四、结语

综合以上的研究和分析可知,多用途无人机结构体系适配性的设计是一项系统的且具有较强复杂性的工程,需要考虑的因素较多,也面临着很多技术难点。本文主要围绕现有无人机结构体系面临的问题、多用途无人机结构体系适配性设计思路、适配性设计面临的技术挑战与解决方案展开系统性研究。未来的研究重点应聚焦多用途无人机结构体系和新兴技术的深度融合,以此来拓宽无人机的应用范围,为未来无人机设计发展提供新思路和新途径。

参考文献

- [1] 李春鹏,张铁军,钱战森,等.多用途无人机模块化布局气动设计[J].航空学报,2022,43(7):103-118.
- [2] 张林,丛庆,卜俊峰,等.大型多用途无人机项目管理模式研究[J].航天工业管理,2025(12):1-4.
- [3] 史敏红.基于图像处理的多用途四旋翼无人机系统设计和实现[J].信息记录材料,2023,24(10):110-112.
- [4] 韦辉,翁发禄,郭海长,等.基于图像处理的多用途四旋翼无人机系统设计[J].科技与创新,2021(21):180-181.
- [5] HW-350小型多用途长航时无人机:应急无人机领域的佼佼者[J].军民两用技术与产品,2021(10):86.
- [6] 卢秀丽,安娟华,冀松,等.基于粒子群优化的WSN多目标3D无人机运动规划[J].传感器与微系统,2025,44(11):153-158.
- [7] 刘峰,韦振鹏,毛嘉元.30 kg级复合材料垂直起降倾转旋翼固定翼无人机设计与分析[J].复合材料科学与工程,2025(7):115-122.
- [8] 韦振鹏.三十公斤级复合材料垂直起降固定翼无人机设计与分析[D].中国民用航空飞行学院,2025.
- [9] 陈岳飞,王理,李华,等.无人机性能检测方法研究[J].计量科学与技术,2024,68(3):3-14.
- [10] 李泰兴,钟小华,陈俊华,等.多用途扇翼机设计与实现[J].中国新技术新产品,2022(1):5-7.