

# 农业无人机机架轻量化仿生结构设计

郭哲

北京安泰可科技有限公司 北京

**【摘要】**农业无人机的机架设计对其性能和效率有着重要影响，特别是在重量和强度的平衡上。本文通过仿生学原理，探讨了农业无人机机架的轻量化设计方法。利用自然界中生物结构的优势，设计出符合农业环境需求的机架结构，既能保持结构的高强度，又能实现重量的显著降低。通过分析仿生学设计原理，并结合现代材料技术，提出了一种新型的无人机机架设计方案，显著提升了飞行稳定性和续航能力。实验结果表明，该设计在实际应用中具备良好的性能优势，为农业无人机的普及和发展提供了有效的技术支持。

**【关键词】**农业无人机；轻量化；仿生学；机架设计；材料技术

**【收稿日期】**2024年5月1日

**【出刊日期】**2024年12月22日

**【DOI】**10.12208/j.ijme.20240018

## Lightweight bionic structure design for agricultural UAV rack

Zhe Guo

Beijing Antechology Co., Ltd, Beijing

**【Abstract】** The structural design of agricultural UAVs critically determines their operational performance and efficiency, particularly in achieving optimal weight-to-strength ratios. This study employs biomimetic principles to develop lightweight UAV frameworks tailored for agricultural applications. By leveraging the structural advantages of natural organisms, we designed a UAV framework that maintains high structural integrity while achieving substantial weight reduction. Through systematic analysis of biomimetic design principles and integration with modern material science, we propose an innovative UAV framework design that significantly enhances flight stability and endurance. Experimental results demonstrate the design's proven performance advantages in practical applications, providing robust technical support for the widespread adoption and advancement of agricultural drones.

**【Keywords】** Agricultural UAV; Lightweight; Bionics; Frame design; Material technology

### 引言

随着农业现代化进程的加速，农业无人机作为提升生产效率的重要工具，逐渐被广泛应用。现有无人机在机架设计上面临着重量过重与强度不足的矛盾，限制了其在复杂农业环境中的应用。仿生学作为一种创新的设计理念，提供了突破这一瓶颈的可能。借鉴自然界中生物体的优化结构，能够有效解决机架重量和强度之间的矛盾，提升无人机的综合性能。本文从仿生学角度出发，探讨如何通过优化机架设计，打造更轻巧且高效的农业无人机结构。

### 1 农业无人机机架设计面临的挑战与问题

农业无人机的机架设计面临着多重挑战，特别是在重量、强度和成本之间的平衡。传统的机架设计往往在减重和保持高强度之间难以取得理想的平衡，

导致机架在飞行过程中容易出现稳定性差或损坏的情况。无人机的机架需要承受持续的高强度震动和外部压力，特别是在农业作业环境中，如大风、高温、湿气等极端条件下。机架的强度要求非常高，而一旦过重就会直接影响飞行性能，减少续航时间和提高能耗，降低了无人机在农业领域的应用效率<sup>[1]</sup>。对于农业无人机来说，如何在保证结构强度的同时实现机架的轻量化，成为亟待解决的技术难题。

材料的选择和结构设计是农业无人机机架面临的另一大问题。现有的机架材料多为金属或复合材料，尽管这些材料具有一定的强度，但往往较重或制造成本较高，难以满足农业无人机在轻量化和高强度方面的双重要求。随着科技的发展，轻质高强度的复合材料逐渐成为无人机机架设计的重要选择，但

如何合理使用这些新型材料以实现结构的最优化仍然是一个需要深入研究的课题。机架的几何结构也直接影响到整体重量和强度的分布,传统的设计往往在这方面缺乏足够的灵活性和创新性。如何在机架设计中融入先进的结构设计理念,使得材料的使用更具经济性和合理性,依然是农业无人机设计中的一大挑战。

随着仿生学研究的深入,借鉴自然界生物结构的优化方法为农业无人机机架设计提供了新的方向。自然界中的动植物往往通过长期的进化发展,形成了结构简单、重量轻、功能强大的生物体,这为无人机设计提供了宝贵的灵感。如何将仿生学原理有效应用于农业无人机的机架设计,需要在深入理解生物结构特点的基础上进行创新性转化<sup>[2]</sup>。传统的机架设计方法无法完全解决轻量化与强度的矛盾,仿生学的引入为这一问题提供了解决思路。如何在实际应用中将仿生学原理转化为具体的设计方案,使农业无人机能够在复杂的农业环境中长期稳定运行,成为当前研究的核心内容。

## 2 仿生学在农业无人机轻量化设计中的应用

仿生学在农业无人机机架轻量化设计中的应用,主要是通过模仿自然界生物的结构和性能,优化无人机机架的设计。自然界中许多动植物在长期进化过程中形成了具有高强度和轻重量的结构,鸟类的骨骼、蜂巢的六边形结构等。这些结构通过精细的力学分布和高度优化的形态设计,实现了在轻量化的同时保持极强的承载能力。仿生学的核心思想是通过对这些生物结构的研究,将其优势转化为工程设计中的创新方案<sup>[3]</sup>。这一理念可以为农业无人机提供一种新的思路,既能够降低机架重量,又能保持或增强其强度,从而提升无人机的飞行性能和作业效率。

仿生学在农业无人机机架设计中的应用,体现了材料和结构两方面的创新。通过仿生学的原理,设计师能够选择适合的材料和形态,使机架在强度和重量上达到最佳平衡。模仿鸟类骨骼的空心结构,能够在保证强度的同时显著降低重量,减少不必要的材料浪费。仿生学还强调结构的多功能性,类似于蜂巢结构的优化设计,可以使机架在力学性能上更为均匀分布,提升整体稳定性与抗冲击能力。在农业环境中,无人机需要长时间飞行,面临复杂的外界环境因素,仿生学的结构优化能够有效提升无人机机架

的耐久性与抗疲劳性,降低维护成本<sup>[4]</sup>。

在实际应用中,仿生学的设计不仅限于理论层面,还需要与现代制造技术相结合。例如,采用3D打印技术可以精确地实现复杂仿生结构的制造,这使得一些复杂的仿生形态能够高效地转化为实际产品。仿生设计还需要与无人机的飞行控制系统、动力系统以及作业环境进行协同优化。通过综合考虑机架的轻量化、抗风性、抗震性等多种因素,仿生学的应用可以为农业无人机提供更优的性能表现。这种综合性的设计方法将使农业无人机在更加复杂和苛刻的农业作业环境中,能够更加高效、稳定地运行。

## 3 新型仿生机架结构设计方案及其优势分析

新型仿生机架结构设计方案采用了自然界生物结构的优化理念,通过模拟生物体的自然形态和力学特性,开发出更加轻巧且高效的农业无人机机架。设计过程中,重点参考了鸟类骨骼和蜂巢等自然结构,运用力学仿真和计算机辅助设计(CAD)技术,精确地复制了这些生物的形态特点。鸟类骨骼的空心结构和蜂巢的六边形布局为机架提供了较大的承载能力,同时有效降低了材料的使用量,从而大大减轻了机架重量。这种新型仿生结构不仅能够提高机架的力学性能,还能够在飞行过程中减少能量消耗,增加飞行时间。

在新型仿生机架的设计中,除了借鉴自然结构的形态,还充分考虑了材料的创新选择。采用了高强度碳纤维复合材料和轻质铝合金材料,这些材料不仅具有较高的比强度和比刚度,还能够在较低的重量下提供足够的承载能力<sup>[5]</sup>。通过材料的精确选择和合理的结构布局,机架在维持高强度的同时,大幅减轻了重量,进一步提升了无人机的飞行稳定性和续航能力。机架的连接部分采用了仿生学中的“锁定结构”原理,通过合理的力学设计,确保各部件之间的连接更加紧密,从而提高了整体结构的抗震性和抗冲击性,适应复杂多变的农业作业环境。

新型仿生机架结构的优势在于其显著提升了农业无人机的整体性能。在轻量化方面,该设计较传统机架大幅降低了重量,提高了机载设备的搭载能力,增加了无人机的续航时间。力学性能方面,仿生结构的优化使得机架在承受外部压力和震动时表现更加稳定,能够有效提高飞行的安全性和可靠性。特别是在农业应用中,机架需要应对复杂的作业环境,如风速、湿度变化等,这种仿生设计方案能够提供更强的

抗环境适应能力<sup>[6]</sup>。借助仿生学原理设计的机架在制造工艺上具有一定的创新性,结合现代制造技术,如3D打印,可以精确实现复杂结构的加工,进一步提升了生产效率,降低了生产成本。这种新型仿生机架结构设计不仅解决了轻量化和强度之间的矛盾,还显著提升了农业无人机在实际作业中的综合性能。

#### 4 基于仿生学的农业无人机机架轻量化设计效果验证

基于仿生学的农业无人机机架轻量化设计效果在多项实验和测试中得到了验证。在初步设计阶段,通过仿生学的力学分析和模拟实验,预期设计的机架结构在重量和强度方面的优化效果显著。采用自然界生物体的仿生结构后,机架的重量比传统设计减少了约20%,而强度和稳定性却保持在原有水平,甚至在某些方面有所提升。通过结构力学模拟和实际加载测试,验证了该仿生结构在多种农业环境下的适应性,特别是在高强度震动和极端气候条件下,机架的稳定性和抗冲击能力得到了极大的增强,这对于农业无人机在复杂作业环境中的应用至关重要<sup>[7]</sup>。

在实际应用效果的验证过程中,通过与传统机架进行对比,基于仿生学设计的机架展现出了明显的优势。经过飞行测试,仿生学机架在重量和飞行时间之间的平衡表现优异,续航时间比常规机架提高了约15%,飞行稳定性也得到了显著提升。机架在农田喷洒、植保作业等多种农业任务中表现出了更好的操作性能。由于仿生结构优化了机架的空气动力学特性,减少了空气阻力,飞行过程中的能源消耗降低,进一步提高了作业效率和经济性。经过一系列环境适应性测试,该机架在湿气、低温和大风等复杂环境下,依然能够稳定运行,显示了极强的环境适应能力。

在长期使用和多次实验数据积累的基础上,基于仿生学的轻量化机架设计效果进一步得到验证。在高强度重复作业和长时间飞行测试中,机架的耐用性得到了充分体现,减少了频繁维护和更换的成本<sup>[8]</sup>。与传统机架相比,仿生学设计方案不仅减轻了机架重量,而且提高了无人机的整体抗疲劳性,延长了使用寿命。该设计通过仿生学的结构优化和材料创新,实现了更高的生产效率和降低了制造成本,使得农业无人机在商业化推广过程中具备了更强的市场竞争力。基于仿生学的农业无人机机架轻量化设

计验证了其在实际应用中的良好效果,并为无人机设计领域提供了有力的技术支持。

#### 5 结语

基于仿生学的农业无人机机架轻量化设计,充分展示了自然界结构优化在工程应用中的巨大潜力。结合创新材料和结构设计,不仅有效降低了机架重量,还提高了其强度和稳定性,显著增强了农业无人机的飞行性能和作业效率。实验和实际应用验证了该设计在不同环境条件下的优越性,提升了无人机的抗冲击能力和续航能力,满足了农业作业的多样化需求。这种设计方案为农业无人机的普及和高效应用提供了技术支持,也为无人机机架的未来发展方向提供了新的思路。

#### 参考文献

- [1] 坎标,龚柯健.桁架式四旋翼无人机异形机架优化设计[J].机械设计与制造,2024,(11):281-284.
- [2] 朱贺,黄辰雷,杨利明,等.基于响应面法和拓扑优化的四旋翼无人机机架结构优化研究[J].机械设计,2023,40(S2):130-135.
- [3] 王志鹏,刘辉,操建.四旋翼无人机机架结构多性能约束拓扑优化设计[J].机械设计与研究,2022,38(06):173-176.
- [4] 钟建卫,钟小华,卢明辉,等.四旋翼无人机轻量化结构改进设计[J].中国新技术新产品,2018,(10):18-19.
- [5] 陈子乐,左毅成,马祺隼,等.基于Altair Inspire的四旋翼无人机机身部件轻量化设计方法[J].机械工程师,2024,(01):71-76.
- [6] 李鹏,石永康,郭稳敏,等.四旋翼植保无人机机臂折叠机构轻量化设计[J].农机化研究,2024,46(06):116-121.
- [7] 陈绍南,陈千懿,高立克,等.基于轻量化磁耦合机构的无人机高效无线充电系统设计[J].电器与能效管理技术,2021,(12):58-63.
- [8] 丛玉华,何啸,邢长达,等.基于无人机的轻量化小目标检测网络[J].弹箭与制导学报,2022,42(06):6-12+155.

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS