

T/QAS

团 体 标 准

T/QAS XXXX—XXXX

高寒高海拔环境下重载无人机设计规范

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

青海省标准化协会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体设计原则	1
5 设计要求	2
6 设计验证要求	3
7 质量控制要求	4
8 标识、包装、运输与贮存	4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由青海林草科技有限公司提出。

本文件由青海省标准化协会归口。

本文件起草单位：青海林草科技有限公司……

本文件主要起草人：钟光龙……

高寒高海拔环境下重载无人机设计规范

1 范围

本文件规定了高寒高海拔环境下重载无人机总体设计原则、设计要求、设计验证要求、质量控制要求及标识、包装、运输和贮存。

本文件适用于高寒高海拔环境下重载无人机的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 38058 民用多旋翼无人机系统试验方法
- GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语
- GB/T 38954 无人机用氢燃料电池发电系统
- GB/T 43504 民用大中型固定翼无人机飞行性能飞行试验要求
- GB/T 44166 民用大中型固定翼无人机系统自主能力飞行试验要求
- GB/T 44167 大型货运无人机系统通用要求
- GB/T 44168 民用大中型固定翼无人机系统试飞风险科目实施要求
- GB/T 44169 民用大中型固定翼无人机系统地面站通用要求
- HB 8566 多旋翼无人机系统通用要求

3 术语和定义

GB/T 38058、GB/T 38152界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体设计原则

4.1 环境适配原则

针对高寒高海拔环境的低气压、低温、强紫外线、强风等核心特征，设计方案应重点解决升力不足、动力衰减、材料脆化、传感器异常等问题。

4.2 重载优先原则

在满足飞行安全的前提下，优先保障重载能力，统筹兼顾飞行航程、续航时间、操控精度，优化载荷布局与重心分配，确保重载状态下的飞行稳定性和操控性。

4.3 安全可靠原则

采用冗余设计（动力、飞控、导航等关键系统），设置多重安全保护机制，降低高寒高海拔环境下因部件失效、环境干扰导致的飞行风险，确保结构强度满足重载及极端环境受力要求。

4.4 经济实用原则

设计方案应兼顾研制成本、运维成本，优先选用成熟可靠、耐高寒高海拔的材料和部件，简化结构设计，提升可维护性；同时聚焦市场应求，确保设计成果可落地、可推广。

4.5 可扩展性原则

总体设计应预留载荷扩展、功能升级接口，适配不同重载场景（如物资运输、应急投送、设备吊装等）的需求，兼容不同类型的任务载荷，提升无人机的通用性和复用性。

5 设计要求

5.1 系统总体要求

固定翼无人机系统设计应符合GB/T 44167的规定。

多旋翼无人机系统设计应符合HB 8566的规定。

地面站应符合GB/T 44169的规定。

5.2 气动布局设计

5.2.1 固定翼无人机

优化机翼展弦比、翼型设计，可采用高升力翼型，增设襟翼、缝翼等增升装置，提升低速飞行时的升力性能，适应高海拔起降需求。

5.2.2 多旋翼无人机

优化旋翼直径、桨叶数量及桨叶剖面设计，提升旋翼升力效率，降低高海拔低气压导致的升力衰减；合理布置旋翼布局，减少气流干扰，提升抗风能力（起降阶段最大抗正侧风能力不小于10m/s）。

5.3 结构设计

5.3.1 结构材料

选用耐低温、高强度、抗紫外线、轻量化的材料，优先选用改性工程塑料、耐寒碳纤维复合材料等，避免低温环境下材料脆化；材料性能需满足高寒高海拔环境长期使用要求，其强度、刚度、抗疲劳性等符合相关标准。

5.3.2 结构强度

结构设计需满足重载飞行及极端环境受力要求，进行强度、刚度、疲劳及损伤容限设计，确保在额定载重、极限载重及强风、颠簸等工况下，机身、机翼、旋翼、起落架等关键部件不发生有害变形或断裂；重点强化载荷固定结构，满足不同装载方案系留要求。

5.3.3 重心与重量控制

优化无人机重心分布，确保重载状态下重心处于安全飞行范围；严格控制机身重量，采用轻量化设计，在保证结构强度的前提下，最大限度降低空机重量，提升载重比；明确最大起飞重量、最大着陆重量、空机重量、最大载重等核心指标。

5.3.4 防护设计

针对高寒高海拔低温、积雪、沙尘、强紫外线等环境，对机身、电气部件、接口等进行密封、保温、防腐蚀设计；发动机、电池等关键部件需设置保温防护结构，传感器需设计防冰雪遮挡保护罩，避免环境因素导致的部件失效。

5.4 动力系统设计

5.4.1 动力装置选型

选用适应高寒高海拔环境的动力装置，确保在低氧、低温环境下动力输出稳定，动力冗余 $\geq 30\%$ ；电动电机需选用耐低温型号，降低低温导致的性能衰减。

5.4.2 能源系统设计

5.4.2.1 电池发电系统

电池发电系统应符合GB/T 38954的规定。选用耐低温动力电池， -40°C 时电池容量保持率 $\geq 50\%$ ；集成高效热管理系统（如PTC加热片、相变材料保温层），实现电池预热、恒温控制，确保电池在最佳温度区间工作；优化电池布局，提升续航能力，满足重载作业需求；配备电池冗余及过充、过放、过温保护装置。

5.4.3 动力传输设计

优化动力传输结构，减少动力损耗，确保动力稳定传递至旋翼或螺旋桨；传动部件选用耐低温、耐磨材料，配备耐低温润滑脂，防止低温导致的卡滞或磨损。

5.5 飞控与导航系统设计

5.5.1 飞控系统

采用适应高寒高海拔环境的飞控系统，具备抗低温、抗电磁干扰能力；优化飞控算法，动态调整PID参数，补偿低温、低气压导致的电机响应延迟，提升飞行稳定性和操控精度；具备自动起降、悬停、航线规划、应急返航、迫降等功能，设置多重故障冗余机制，确保极端情况下的飞行安全。

5.5.2 导航系统

集成卫星导航（GPS/北斗）、惯性导航、视觉导航等多源导航方式，提升导航精度和抗干扰能力；针对高海拔信号薄弱区域，优化导航信号接收设计，确保导航信号稳定；具备导航故障冗余功能，当某一导航方式失效时，可自动切换至备用导航方式，保障飞行安全。

5.6 载荷系统设计

载荷舱设计需满足重载需求，具备足够的承载能力和结构强度，优化载荷固定方式，防止飞行过程中载荷晃动、脱落；载荷舱需具备保温、密封功能，保护载荷在低温环境下正常工作。

配备载荷适配接口，支持不同类型重载载荷（如物资箱、救援设备、检测仪器等）的快速安装与拆卸；优化载荷布局，确保载荷装载后无人机重心处于合理范围，不影响飞行稳定性。

5.7 通信系统设计

采用抗干扰、远距离通信技术，确保无人机与地面站之间的通信稳定，通信距离满足作业需求；针对高寒高海拔复杂地形，优化通信天线设计，提升信号穿透能力和抗风能力；配备通信冗余机制，防止通信中断导致的飞行失控；通信系统需具备抗低温性能，确保在极端低温环境下正常工作。

5.8 环境适应性设计补充要求

明确无人机在高寒高海拔环境下的工作环境参数，包括飞行环境温度（ $-40^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ）、地面环境温度（ $-40^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ）、贮存环境温度（ $-55^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ）、海拔范围（ $3000\text{m}\sim 6000\text{m}$ ）、抗风能力、防雨雪及沙尘能力等；针对结冰风险，关键部件（如螺旋桨）可集成除冰功能（如加热丝），防止结冰影响飞行安全。

6 设计验证要求

6.1 总则

6.1.1 多旋翼无人机的基本检查、功能检查、飞行性能试验、电池系统试验、导航系统实验、数据链系统试验、环境适应性试验、电磁兼容性试验按 GB/T 38058 进行。

6.1.2 固定翼无人机除飞行试验按 GB/T 43504、GB/T 44166 的规定执行外，其余试验项目按 GB/T 38058 进行。

6.1.3 试飞风险科目的控制与实施按 GB/T 44168 的规定执行。

6.2 重载性能验证

6.2.1 载重试验

分别在额定载重、极限载重条件下，对无人机进行起飞、巡航、降落试验，验证其重载飞行能力、航程、续航时间及飞行稳定性。

6.2.2 重心稳定性试验

模拟不同载荷分布情况，验证无人机重心偏移后的飞行稳定性，确保重心在安全范围内时，无人机可正常操控。

7 质量控制要求

7.1 原材料与部件质量控制

原材料、零部件需符合相关标准和设计要求，优先选用通过高寒高海拔环境适应性验证的产品；建立原材料、零部件进场检验制度，对关键部件（电池、电机、飞控、传感器）进行严格检验，不合格产品不得用于装配。

7.2 装配质量控制

建立规范的装配流程，明确装配工艺要求，确保各部件装配精度符合设计要求；装配过程中进行多环节检验，重点检查动力系统、载荷系统、飞控系统的装配质量，防止装配缺陷导致的性能故障；所有螺栓、螺钉、螺母连接应满足连接强度要求，并具有防松措施。

7.3 出厂检验

无人机出厂前，需进行整机性能检验、环境适应性抽样检验、重载性能抽样检验，检验合格后方可出厂；建立出厂检验记录，留存检验报告，确保产品可追溯。

7.4 质量追溯

建立质量追溯体系，对原材料进场、零部件加工、装配、检验、出厂等全过程进行记录，确保产品质量问题可追溯、可整改；明确无人机有寿命件的使用寿命指标，以飞行小时和日历持续年限给出。

8 标识、包装、运输与贮存

8.1 标识

无人机机身需设置清晰的标识，包括产品名称、型号、生产厂家、生产日期、serial 号、最大起飞重量、最大载重、适用海拔范围、适用温度范围等信息；标识需耐低温、抗磨损，确保长期清晰可辨；货舱内部需设置装载区域、装载规定等标记、标牌。

8.2 包装

采用耐低温、防碰撞、防潮、防尘的包装材料，对无人机整机及零部件进行包装；包装需符合运输要求，防止运输过程中受到冲击、振动、低温等因素影响，导致产品损坏；包装内需配备产品说明书、检验报告、维护手册等相关资料。

8.3 运输

运输过程中需避免极端低温、剧烈振动、碰撞等情况，优先选用保温、防震的运输工具；运输过程中需对无人机进行固定，防止移位、损坏；运输过程中需做好温度监测，确保电池等关键部件处于适宜温度范围。

8.4 贮存

无人机及零部件需贮存于干燥、通风、保温的库房内，贮存温度控制在 $-55^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 60\%$ ，远离火源、热源、腐蚀性物质；贮存期间需定期对无人机进行检查、维护，确保产品性能稳定；电池需单独贮存，定期进行充放电维护，防止电池老化。