ICS 49.020
CCS V 52

T/GXAS

团　　体　　标　　准

T/GXAS 1098.4—2026

农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范　第4部分：生产劳动工具吊运

Specification for safe operation of agricultural unmanned aerial vehicles in mountainous area cargo hoisting—Part 4: lifting of productive tools

2026－08－20 发布　　2026－08－26 实施

广西标准化协会　　发 布

目　　次

前言 II
引言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　吊具与辅助器材 1
4.1　通用要求 1
4.2　吊具 1
4.3　辅助器材 2
5　拆解与捆绑 2
5.1　拆解原则 2
5.2　部件包装与防护 2
5.3　吊点标记与分类储存 2
5.4　捆绑要求 2
6　吊运作业 3
6.1　吊运前准备 3
6.2　单机作业 3
6.3　多机作业 3
6.4　作业环境要求 3
7　安全管理 3
7.1　安全宣导 3
7.2　人员配置 3
7.3　指挥通信 3
7.4　作业区域管理 3
7.5　环境安全要求 3
8　应急处理 4
8.1　处置原则 4
8.2　设备应急处理 4
8.3　环境因素应急处理 4
8.4　人员、飞行应急处理 4
9　清点与验收 4
10　维护与保养 4
11　档案管理 4
附录 A（资料性）　生产劳动工具拆解清单示例表 5
参考文献 6

前　言

本文件参照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。

本文件是T/GXAS 1098《农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范》的第4部分。T/GXAS 1098已经发布了以下部分：

——第1部分：总则；

——第2部分：果蔬类吊运；

——第3部分：林木产品吊运。

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。

本文件由广西林学会、广西无人机技术应用协会提出、归口并宣贯。

本文件起草单位：河池市林业科学研究院、河池市科学技术情报研究所、广西壮族自治区林业科学研究院、广西交通职业技术学院、广西壮族自治区农业科学院、广西威鹰科技发展有限公司、广西洛坤航空科技有限公司、广西新方向现代农业发展有限公司、南宁飞得更高科技有限公司、河池市农业科学研究所、中国铁塔股份有限公司河池市分公司、河池市应急管理局、广西河池天蓝农业科技有限公司、广西壮志雄心科技有限公司、河南如虹低空智能科技有限公司、河池学院、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司南宁局、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司百色局、广西电网有限责任公司河池供电局输电管理二所、河池市金城江区农业农村局、金城江区第三初级中学。

本文件主要起草人：蓝锐、谢代祖、赵志珩、罗云川、唐榕璟、李让高、韦艺、韩俊严、钟翠、张晓声、盛双、陆电学、古恋、谭珍妮、李露、谢代海、韦安峰、韦崇任、陈新林、黄伟洲、黄晓露、杨卓颖、韦善学、莫佳鹏、何宁安、黎劭德、卢辉琨、廖盖安、胡云龙、周涵、梁栩源、卢迪、李朋冲、朱玉峰、韦林、李运飞、韦彦丁、韦良炬、龙跃、侯青光、兰婕燕、罗朝巍、霍洁、梁世栋、蓝秋燕、卢亚妮、梁仁敏、唐川岚、韦礼尚、李宏滇、韦丹、韦红丹、蓝婉婷、祁子颖、陈清旺、韦克晓、黄麟凯、覃岗、覃剑波、彭建盛、覃国乐、杨德英、雷钧、杨坤达、韦乔、罗宇龙、黄萍、杨春林、蓝婕英、蓝静、韦奕姿、陈冠州、黄宝娴、兰良术、韦庆东、韦建圩。

引　言

随着无人驾驶航空技术的发展，农用无人驾驶航空器因其高效、灵活、适应性强等特点，在山地、丘陵等复杂地形区域的农业生产中应用日益广泛，特别是在物资运输（吊运）方面展现出显著优势。山地环境具有地形起伏大、气象条件复杂多变、起降场地受限、信号易受干扰等特征，对农用无人驾驶航空器吊运作业的安全性提出了严峻挑战。本标准旨在规范农用无人驾驶航空器在山地环境下的农资、农产品、林木产品等物资吊运作业的安全操作流程，降低作业风险，提升作业效率与安全性。规范山地环境下的吊运操作，对保障作业人员、地面人员生命财产安全，保护作业区域周边设施和环境，以及促进农用无人驾驶航空器技术在山地农业领域的健康、可持续发展至关重要。

目前，针对农用无人驾驶航空器通用操作、植保作业等已有相关标准，但对于山地地形下进行吊运作业这一特定应用场景的安全操作技术规范尚显不足。为有效指导操作人员安全、规范地进行山地吊运作业，预防和减少事故风险，特制定本团体标准。T/GXAS 1098《农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范》由如下部分组成：

——第1部分：总则。目的在于确立丘陵山地吊运作业安全操作的基本原则、通用要求和基本程序框架，为后续涉及具体机型、作业流程、维护保养、应急处置等更详细技术要求的各部分标准提供基础和指导。

——第2部分：果蔬类吊运。目的在于确立丘陵山地吊运果蔬类作业安全操作工作提供指导。

——第3部分：林木产品吊运。目的在于确立丘陵山地吊运林木产品作业安全操作工作提供指导。

——第4部分：生产劳动工具吊运。目的在于确立丘陵山地吊运生产劳动工具作业安全操作工作提供指导。

——第5部分：森林消防物资吊运。目的在于确立丘陵山地吊运森林消防物资作业安全操作工作提供指导。

农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范　第4部分：生产劳动工具吊运

1　范围

本文件界定了农用无人驾驶航空器山地吊运生产劳动工具涉及的术语和定义，规定了生产劳动工具吊运的吊具与辅助器材、拆解与捆绑、吊运作业、安全管理、应急处理、清点与验收、维护与保养等要求，描述了吊运过程的信息追溯方法。

本文件适用于农用无人驾驶航空器在丘陵山地环境下对生产劳动工具整体或分解后设备部件的吊运作业。

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 35018　民用无人驾驶航空器系统分类及分级

GB/T 38152　无人驾驶航空器系统术语

JB/T 8521.1　编织 吊索安全性　第1部分：一般用途合成纤维扁平吊装带

JB/T 8521.2　编织 吊索安全性　第2部分：一般用途合成纤维圆形吊装带

T/GXAS 1098.1　农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范　第1部分：总则

T/GXAS 1098.3　农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范　第3部分：林木产品吊运

3　术语和定义

GB/T 35018、GB/T 38152、T/GXAS 1098.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生产劳动工具　productive tool

用于丘陵山地农林生产的机械设备及劳动工具，包括微耕机、打孔机、割草机、油锯、发动机、抽水机组、喷雾器、移动钻井机等。

4　吊具与辅助器材

4.1　通用要求

应符合T/GXAS 1098.1的规定。

4.2　吊具

吊具应符合T/GXAS 1098.1的规定，吊装带应符合JB/T 8521.1、JB/T 8521.2的规定，配备至少3倍的吊具作为备用。针对生产劳动工具吊运还满足以下要求：

——扁平吊装带宽度宜为30 mm～60 mm，按JB/T 8521.1选择；多机联合、海拔≥3 000 m工况按总载荷核算安全冗余；

——圆形吊装带应按JB/T 8521.2的规定，根据额定载荷选择相应规格；

——吊装带及捆绑绳应避免带有金属配件直接接触生产劳动工具表面，金属吊扣接触面加橡胶缓冲垫；每20次检查金属吊扣磨损情况；

——自动脱钩器应兼容手动释放功能，自动脱钩失效时无人机悬停无人员上空，地面近距离手动解锁；

——吊具的连接件应定期检查磨损情况，发现存在安全隐患应及时更换。

4.3 辅助器材

除按T/GXAS 1098.3的规定配备辅助器材外还应配备专用拆解工具（含套筒扳手、内六角扳手、铁钳、螺丝刀、加力杆、油布垫等）、密封袋、保护膜。

5 拆解与捆绑

5.1 拆解原则

生产劳动工具整机重量超过无人驾驶航空器额定载重极限时，应按产品说明书拆解，并遵循以下原则：

——按“先附件后主体、先外部后内部”顺序，在拆解前拍照或记录原始装配位置；
——宜在平坦、清洁的场地进行拆解作业，拆解作业应坚持安全、环保优先，零件放在油布垫上点验分装，涉及燃油箱、蓄电池不应跨机分摊吊挂，保持单机完整承载；
——拆解时生产劳动工具按规格分类存放，做好标识；
——涉及精密部件应单独拆卸并妥善封口保护，螺纹、喷油嘴短期密封防锈袋封装，长期涂抹防锈油；
——拆解过程中应检查各部件状况，记录异常情况（如裂纹、变形、锈蚀等）；
——拆解完成后应对照拆解清单逐项点验。

5.2 部件包装与防护

拆解后的部件应进行包装与防护，包括但不限于以下内容：

——螺纹部位用气泡膜或专用护套包裹保护；
——精密加工面（如气缸结合面、传动箱结合面）粘贴保护膜或覆盖软垫；
——锋利边缘（如刀片、锯链）加装保护罩或软性材料包裹并使用扎带绑定；
——燃油系统的燃油箱应放空燃油、放油后应擦拭干净外表面，分体燃油箱应单独运输，做好密封；
——电气系统的蓄电池运输时应直立放置，电线接头应用绝缘胶带包裹，电气部件（如点火线圈、开关等）用塑料袋密封防水防尘；
——小零件（如螺栓、垫片、销子等）装入小袋并附标签，标注部件名称和安装位置；
——多件部件堆叠时，层间加软垫隔离，部件堆叠不超 3 层，单层≤20 cm。

5.3 吊点标记与分类储存

5.3.1 各部件吊运应优先按设备产品说明书选择吊点；若无原厂吊点，应选择部件重心对称点作为吊点。

5.3.2 吊点标记后应由安全员复核，确保吊挂后部件水平、重心居中、重心偏差不超过 5°，跨山谷远距离吊运起飞前二次复测。

注：重心偏差指生产劳动工具在吊运过程中，其实际重心位置与无人机吊挂点（或理论平衡位置）在水平方向上的偏移量。

5.3.3 分类储存的部件应按吊运顺序排列。

5.3.4 应建立生产劳动工具拆解清单，详细记录各部件名称、重量、吊点位置及防护措施（示例见附录 A）。

5.4 捆绑要求

拆解的生产劳动工具部件捆绑应采用“十字””或“井字”方式固定在部件重心位置；对于表面光滑或涂层较厚的部件，吊带与部件接触面应加垫防滑材料（如橡胶垫）；不应捆绑油路、线路、薄壁壳体、单圈简易缠绕；锐边生产劳动工具捆绑前加硬质保护套；精密仪表双层软垫隔离等。

6 吊运作业

6.1 吊运前准备

除按T/GXAS 1098.3做好吊运前准备外，安全员应结合生产劳动工具吊运情况确认以下内容：
——拆分的生产劳动工具部件已固定，无松动、无滑动现象；
——吊装带捆绑路径避开生产劳动工具的锐边和精密部位，并符合 5.2、5.3、5.4 的要求；
——捆绑绳与吊装带的连接点正确可靠。

6.2 单机作业

吊运生产劳动工具部件除符合T/GXAS 1098.3的单机作业外，还应做好以下要求：
——地勤人员将包装好的生产劳动工具部件固定至无人驾驶航空器吊具，确认吊带已正确连接、部件平衡稳定，报告情况，确认可以起飞；
——单机编组各作业单元飞行间距宜＞50 m；
——升至安全高度（≥5 m）后悬停检查，确认部件姿态正常、无异常摆动后方可缓慢加速转入平飞；
——飞行速度宜控制在 3 m/s～5 m/s，匀速平稳飞行；
——吊运螺纹口、接口、管口等易损部位不应直接着地；
——卸下的生产劳动工具部件应放置在平整、干燥处，避免堆叠和挤压。多部件分批次吊运时，应有专人负责卸货点部件的分类存放管理，如临时改变卸货点，可用对讲机指示修正，也可用激光笔远距离照射指示新卸货点；
——操控员（驾驶员）全程监控飞行姿态、电量（剩余电量应＞30％）、图传信号、货物摆动等情况；
——指挥员实时监控地面及空中状况，保持各岗位通信畅通。

6.3 多机作业

吊运生产劳动工具部件除符合6.2作业要求、T/GXAS 1098.3的多机联合作业外，双机及以上协同吊运或若海拔≥3 000 m横向间距提升至80 m，飞行高度差宜5 m～20 m。

6.4 作业环境要求

应符合 T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3 的要求。

7 安全管理

7.1 安全宣导

应符合T/GXAS 1098.3的规定。

7.2 人员配置

人员配置除符合T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3的规定外，还应满足以下要求：
——操控员（驾驶员）熟悉生产劳动工具的结构特点和拆解要求，掌握生产劳动工具部件的吊装重心判断方法；
——拆解和包装作业由熟悉相应生产劳动工具的人员负责。

7.3 指挥通信

应符合T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3的规定。

7.4 作业区域管理

应符合T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3的规定。

7.5 环境安全要求

环境安全要求除应符合 T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3 的规定外，还应符合以下要求：

——生产劳动工具燃油处理和蓄电池运输等涉及危险品操作时，应避免在高温、明火或雷雨或风速＞6 m/s 环境下作业。
——起降、卸货点应配置不少于 2 具至少 4 kg 的干粉灭火器、泡沫灭火器、灭火毯等消防器材，重点防范燃油和电池自燃事故。消防器材应放置于取用方便的位置，并每月检查有效期；
——林区作业时，作业人员应遵守护林防火要求；
——林区拆装生产劳动工具时应避免油渍等污染林地。

8 应急处理

8.1 处置原则

应符合T/GXAS 1098.1的规定。

8.2 设备应急处理

除应符合T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3的规定外，应满足以下要求：
——吊具失效（脱钩器失控、吊带断裂等）时，应立即返航降落，尝试 3 次无效后按规定线路降落并排查故障；
——生产劳动工具部件在空中掉落时，应立即划定警戒区，在航线轨迹图标记掉落点，开展地面搜寻，回收掉落的部件，并进行损失评估；
——含燃油、蓄电池部件禁止抛投林地、居民区、高压线等；应在裸岩荒地定点抛放，抛放后设置警戒隔离。

8.3 环境因素应急处理

除应符合T/GXAS 1098.3的规定外，当油气泄漏时，应立即停止作业，疏散周边人员，泄漏区域30 m内应断电、不应明火，使用沙土吸附油污，集中清运清理泄漏物并通风，待无安全隐患后方可继续作业。在林区发生意外火情按《森林草原防灭火条例》等有关规定处理。

8.4 人员、飞行应急处理

应符合T/GXAS 1098.3的规定。

9 清点与验收

9.1 吊运作业结束后，应按照拆解清单，逐项清点生产劳动工具拆解后的各部件及附件，确认无缺失、无损坏，与组装人员交接，入库前应核对数量和状态；出现轻微划痕、变形、损坏等，在验收单标注损坏部位、损失程度，吊运、包装双方签字留存。
9.2 各部件清点完毕后参照 T/GXAS 1098.1 在作业验收确认单上记录，并签字确认。
9.3 发现部件损坏、变形或丢失等情况，应做好标注并记录原因。

10 维护与保养

维护与保养除应符合T/GXAS 1098.1、T/GXAS 1098.3的规定外，还应检查防静电垫、绝缘胶带破损老化情况，每30架次全面更换；露天多雨山区绳索吊带10架次一检，常规20架次一检。

11 档案管理

作业单位应建立完整的吊运作业电子/纸质档案，内容应包括但不限于：生产劳动工具基本信息、拆解清单及部件标识记录、吊运作业记录、作业人员信息、飞行参数记录、设备使用及维护保养记录、飞行任务验收单、异常情况及处置记录等。档案保存期限≥3年；若出现严重事故（含人员重伤/死亡或重大财产损失）应遵守相关规定保存。

附 录 A
（资料性）
生产劳动工具拆解清单示例表

生产劳动工具拆解清单的示例表见表A.1。

表A.1 生产劳动工具拆解清单示例表

序号	部件名称	数量	重量（kg）	吊点位置	防护措施	备注
1	发动机总成	XX	XX	原厂吊点1处	油口密封+螺纹护套	已放油，危险
2	传动箱	XX	XX	重心对称点2处	结合面保护膜	/
3	机架（主体）	XX	XX	对称捆绑点2处	边缘软垫	已去锐边
4	燃油箱	XX	XX	原厂吊点1处	油口密封+防静电	空箱运输
5	蓄电池	XX	XX	专用包装盒	接线柱绝缘包裹	直立放置
6	作业部件（刀片/锯链）	XX	XX	重心点1处	锋刃保护套	/
7	小零件包	XX	XX	–	密封袋+标签	含螺栓×6
8	…	…	…	…	…	…

GXAS 广西标准化协会

参 考 文 献

[1] GB/T 43668 物流无人机货物吊挂控制通用要求[S].
[2] T/AOPA 0074 高海拔地区无人直升机电力物资吊运作业规范[S].
[3] T/CAMA 135 农用无人驾驶航空器运输系统[S].
[4] 微功率短距离无线电发射设备目录和技术要求（工信部〔2019〕52号）
[5] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例（国务院、中央军委〔2023〕761号）
[6] 民用无人驾驶航空器事件信息管理办法（民航规〔2025〕15号）
[7] 森林草原防灭火条例（国务院令第822号）

中华人民共和国团体标准

农用无人驾驶航空器山地吊运安全操作技术规范　第4部分：生产劳动工具吊运

T/GXAS 1098.4—2026

广西标准化协会统一印制

版权专有　侵权必究