中国航海学会团体标准

《水上低空配送安全技术规范》

（征求意见稿）

编制说明

标准编写组

2026 年 6 月

目 录

一、工作简况 1
二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据 4
三、已开展的试验验证情况 6
四、与有关现行法律、法规和强制性国家标准、配套推荐性标准的关系 21
五、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的比对分析 21
六、重大分歧意见的处理经过和依据 21
七、废止现行有关标准的建议 21
八、标准性质的建议说明 21
九、涉及专利的有关说明 21
十、其他应予说明的事项 21

一、工作简况

（一）任务来源

根据中国航海学会2026年2月《关于公布中国航海学会2026年度第三批 团体标准立项的通知》（航学发〔2026〕30号）的要求，《水上低空配送安全技术规范》由中国航海学会提出并归口，主编单位为交通运输部长江航务管理局，参编单位包括江苏海事局、南京海事局、交通运输部科学研究院、江苏长江汇科技有限公司。

（二）背景、目的和意义

1. 制定标准的背景

近年来，国家和行业主管部门高度重视低空经济发展，持续从战略部署、政策制度和标准规范供给等方面强化系统推进力度。低空经济已被确立为国家战略性新兴产业，其发展正从鼓励探索阶段转向系统性布局与全面实施阶段。在交通运输行业，相关政策文件提出发展低空经济、深化低空空域管理改革、推动低空物流配送新模式等要求，《交通运输标准提升行动方案（2024—2027年）》《综合交通运输标准化“十五五”规划》进一步明确制定低空物流配送基础设施、运营服务和智能调度监管平台等国家标准。

水上低空配送作为一种新兴的物流组织方式，其运行环境具有高动态、强耦合、多主体等复杂特征，对通航安全、运行秩序和应急响应提出了更高要求。一方面，无人机在飞行控制、导航定位、图像处理、实时通信等方面的技术发展，为复杂水域环境下稳定、精准、高效的物资投送提供了技术支撑；另一方面，传统锚地船舶物料补给长期依赖船舶靠泊水上服务区或交通艇接驳配送，存在耗时长、成本高、效率低等问题。立项申请材料显示，长江江苏段已率先实现无人机配送常态化运行，日均飞行超过100架次，显著提升补给效率并降低船舶航行频次与碳排放。

随着飞行密度持续增加、应用场景不断拓展，水上低空配送的安全风险也日益凸显。无人机在水域上空飞行时，可能因机械故障、通信中断或操控失误造成坠落，对航行船舶及船员安全构成威胁；配送物资在吊挂或投送过程中，可能因挂载失效、投送偏差、风切变等因素发生坠落，对过往船舶造成撞击风险；无人机与通航船舶共享水域空域，在飞行路径规划、避让规则、空域协同等方面也需要统一规范。因此，有必要通过标准化手段固化实践经验，构建覆盖运行、安全管理和平台交互的安全技术规范。

2. 制定标准的目的

制定《水上低空配送安全技术规范》的目的是在现有无人机物流配送运行要求基础上，结合通航水域水上低空配送场景特点，对企业资质与管理、操控人员要求、飞行前准备、作业条件限制、飞行过程管控、装卸投送、安全监控、起降场地、无人机设备、船舶协同以及应急管理等内容提出规范要求，为水上低空配送活动提供统一、可操作的安全技术依据。

本标准力求通过明确空域申报、主管部门意见征求、通航水域作业报备、配送任务信息报送等总体要求，规范水上低空配送的前置管理程序；通过规定企业安全管理制度、信息化监管平台接入、操控员资质和培训要求，提升企业和人员安全管理能力；通过细化禁飞水域、禁飞情形、飞行密度、电子围栏、气象监测、船舶动态协同、起降场地和应急处置等要求，降低水上低空配送对通航安全、公共安全和环境安全的潜在影响。

3. 制定标准的意义

本标准的制定有助于落实国家和行业发展低空经济的战略部署，补充水上低空配送场景下安全技术规范供给，推动低空物流配送从试点探索向规范化、规模化应用发展。标准通过对水上低空配送运行全过程的安全要求进行系统规定，可为企业开展水上低空配送活动、主管部门实施安全管理、作业人员开展规范操作提供依据。

从应用市场看，长江内河有近百万名船员、近 10 万艘船舶，水上低空配送能够缩短补给周期、提高配送效率、降低单次配送成本，并在长江南京段等水域形成常态化运行基础。通过制定本标准，有助于进一步提升水上低空配送运行安全水平，推动相关服务从试点示范走向规模化应用，为低空交通运输安全、有序、高质量发展提供标准化支撑。

（三）起草单位和主要起草人及所做工作

本标准主编单位为交通运输部长江航务管理局，参编单位包括江苏海事局、南京海事局、交通运输部科学研究院、江苏长江汇科技有限公司。

标准起草人员及所做工作见表 1。

表 1 标准起草人员及所做工作

序号	起草人	工作单位	任务分工

1	王建斌	交通运输部长江航务管理局	主编统筹，总体要求、范围及标准框架把关
2	辛剑	江苏海事局	总体要求、规范性引用文件、统稿协调
3	林翔	南京海事局	运行安全中飞行前准备、作业条件限制相关内容
4	方保利	江苏长江汇科技有限公司	企业运营、人员管理及配送作业实践相关内容
5	沈延虎	交通运输部长江航务管理局	运行安全中飞行过程管控、安全监控相关内容
6	马仪贞	交通运输部长江航务管理局	应急管理、现场处置及事故报告相关内容
7	钱正锋	江苏海事局	术语和定义、标准结构及规范性引用文件
8	刘韬	江苏海事局	企业和人员、安全培训与考核相关内容
9	王麒宏	交通运输部长江航务管理局	起降场地、电磁环境评估与监测相关内容
10	张兴	交通运输部长江航务管理局	无人机技术要求、电池及空吊系统相关内容
11	于淼	南京海事局	船舶配送要求、船舶动态协同相关内容
12	陆鹏	江苏海事局	作业条件限制、通航安全报备相关内容
13	刘梦阳	南京海事局	应急预案、应急响应分级相关内容
14	郭逊卓	南京海事局	现场处置、货物坠落及无人机落水处置相关内容
15	葛加山	江苏长江汇科技有限公司	事故报告、通航安全保障方案相关内容
16	黄萌	江苏长江汇科技有限公司	飞行计划申报、空域协调及主管部门沟通相关内容
17	李斌	江苏长江汇科技有限公司	企业安全管理制度、安全操作规程相关内容
18	刘映泉	江苏长江汇科技有限公司	操控员管理、飞行前检查与维护相关内容

19	王荣荣	江苏长江汇科技有限公司	装卸投送、吊索操作及货物释放相关内容
20	胡子纯	江苏长江汇科技有限公司	通信导航、电磁兼容及信号干扰处置相关内容
21	李娟	交通运输部科学研究院	应急演练、培训记录及档案管理相关内容
22	赵子聪	交通运输部科学研究院	应急演练、培训记录及档案管理相关内容

（四）主要工作过程

为确保标准内容能够反映水上低空配送运行实际，并满足通航水域内无人机物资配送活动的安全管理需要，标准编写工作围绕国家和行业低空经济发展要求、水上低空配送运行特点、已有标准适用边界、长江江苏段水上低空配送实践经验等内容开展。编写组结合市场应用、技术应用、运行效果和标准编制计划，重点梳理水上低空配送在飞行准备、禁飞水域、飞行过程、装卸投送、空域协调、气象监测、船舶协同、起降场地、无人机设备和应急处置等方面的安全要求，形成标准草案和编制说明。主要工作过程如下：

2026 年 4 月至 2026 年 6 月，开展前期调研，编写工作大纲，明确参编单位和人员，确定组织结构，落实责任分工。

2026 年 7 月至 2026 年 9 月，开展基础调研，编制征求意见稿，发送征求意见稿并广泛征求意见，修改完善征求意见稿。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

（一）标准编制原则

为确保标准条文所列要求科学、合理、规范，并能够满足通航水域水上低空配送安全管理和实际运行需要，本标准编制过程中遵循科学性、规范性、一致性、协调性和适用性原则。

1. 科学性原则

本标准以水上低空配送实际运行场景为基础，围绕通航水域内无人机面向船舶、水上服务区及相关水域作业单位开展物资配送活动的安全风险和管理需求进行编制。标

准内容关注无人机运行、通航水域作业、船舶动态协同、货物吊挂投送、起降场地、电磁环境和应急处置等关键环节，力求反映水上低空配送运行的实际特点。

2. 规范性原则

本标准按照 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》的要求进行编制，标准正文设置范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、企业和人员、运行安全、场地与设施设备、应急管理等章节，条款表述采用标准化文件用语，确保标准文本结构完整、层次清晰、表达规范。

3. 一致性原则

本标准各章节围绕水上低空配送安全要求展开，总体要求、企业和人员、运行安全、场地与设施设备及应急管理之间保持逻辑衔接，对同类事项采用相对统一的表达方式，避免条款之间前后重复、交叉或矛盾，便于使用者理解和执行。

4. 协调性原则

本标准注重与现行相关标准和行业管理要求相协调。标准规范性引用 JT/T 1440—2022《无人机物流配送运行要求》，并结合《物流无人机货物吊挂控制通用要求》（GB/T 43668—2024）等已有标准，对水上低空配送这一特定场景下的安全要求进行补充和细化，不改变、替代或限制现行相关法律法规和标准的适用。

5. 适用性原则

本标准面向通航水域内水上低空配送活动，内容重点围绕企业备案与安全管理、操控员资质与培训、飞行前准备、作业条件限制、飞行过程管控、装卸与投送、安全监控、场地与设施设备以及应急管理等实际应用环节设置，注重可执行性和可操作性，为水上低空配送规范化运行提供依据。

（二）标准主要内容依据

1. 范围

本文件规定了水上低空配送的总体要求、企业和人员、运行安全、场地与设施设备及应急管理相关要求。

本文件适用于在通航水域内以无人机为载体，面向船舶、水上服务区及相关水域作业单位开展的物资配送活动。不适用于海关、公安、消防、海事等公务飞行，不适用于载人民用航空器，不适用于跨海域长途物流运输 。

2. 规范性引用文件

本章列出了本标准规范性引用的文件

JT/T 1440—2022《无人机物流配送运行要求》。

3. 术语和定义

本章分别给出了“水上低空配送”“船舶”“无人机”“操控员”“投递高度”“安全间隔”“电子围栏”七个术语和定义。

4. 总体要求

本章规定了从事水上低空配送应遵循的总体原则和要求，包括安全第一、依法合规、风险管理等。

5. 企业和人员

本章规定了从事水上低空配送的企业和人员要求。

（1）条款 5.1 企业要求

5.1.1 运营资质与备案

本条款主要规定了从事水上低空配送的企业应具备无人机物流经营相关资质。根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（民用无人驾驶航空器所有者应当依法进行实名登记）及（使用除微型以外的民用无人驾驶航空器从事飞行活动的单位应具备安全运营所需的管理机构、管理人员和操控人员，有符合安全运营要求的无人驾驶航空器及有关设施、设备，有实施安全运营所需的管理制度和操作规程，从事经营性活动的单位应为营利法人，并向民用航空管理部门申请取得运营合格证）提出。同时参照《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）要求（从事无人机物流运营的组织作为承运人，应具备相应的服务能力和取得民用航空管理等部门要求的无人机运营资质）及《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》关于运营人资质的相关规定提出。

从事水上低空配送的企业应按规定向主管部门备案。根据《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（交通运输部令 2021 年第 24 号）中关于水上水下

活动需向海事管理机构申请备案的规定及《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（从事水上低空物流配送的企业应具备相应的服务能力和安全管理体系，并向海事管理机构备案）提出。

5.1.3 安全管理

本条款主要规定了从事水上低空配送的企业应建立安全管理制度，制定通航水域低空物流配送作业安全操作规程；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（从事无人机飞行活动的单位应有“实施安全运营所需的管理制度和操作规程，保证持续具备按照制度和规程实施安全运营的能力”）、《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（CCAR-92）（运营人应建立安全管理体系 SMS，涵盖安全管理制度和操作规程等核心要素）、《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440—2022）（从事无人机物流运营的组织应具备相应的服务能力）、《中华人民共和国安全生产法》（生产经营单位的主要负责人应组织制定并实施本单位安全生产规章制度和操作规程）、《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（从事水上低空物流配送的企业应建立完善的安全管理制度，包括飞行安全操作规程、应急处置预案、人员培训制度等）及《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（从事水上水下活动的单位应建立安全管理制度，落实安全生产主体责任）提出。

5.1.3 信息化监控

本条款主要规定了企业应通过信息化手段实时跟踪监控与查询飞行作业轨迹；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（实时掌握无人驾驶航空器飞行动态）、《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（企业应通过信息化手段实时跟踪监控与查询飞行作业轨迹）及本单位视频监控系统（各起降场已实现监控设备 24 小时全覆盖）提出。

5.1.4 安全培训

本条款主要规定了企业应定期对从业人员进行安全培训，每月至少组织一次安全教育活动，并留存培训记录；根据《中华人民共和国安全生产法》（生产经营单位应当对从业人员进行安全生产教育和培训，保证从业人员具备必要的安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程）及本单位《无人机安全应急手册》中“人员培

训”（定期组织（每月至少一次）的安全教育活动应当包括安全知识讲座、案例分析、宣传展示等，须留有安全教育培训记录）提出。

（2）条款 5.2 人员要求

5.2.1 操控员执照

本条款主要规定了无人机操控员应持有民用无人机操控员执照，具备相应机型操作资格；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（操控小型、中型、大型民用无人驾驶航空器飞行的人员应当向国务院民用航空主管部门申请取得相应操控员执照）及《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（CCAR-92）（操控中型无人机飞行的人员应当持有相应类别、级别和型别等级的操控员执照）提出。

5.2.2 岗前培训与考核

本条款主要规定了操控员应通过企业组织的岗前专项培训与考核；根据《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）（从业人员应进行专业知识培训并取得相应资质）及《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（严格无人机性能参数、操控人员专业资质管理）提出。

5.2.3 内河通航安全知识

本条款主要规定了操控员应熟悉通航要素、船舶特性、定线制等内河通航安全基础知识；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（操控人员应熟悉通航环境、船舶动态特性）及《长江江苏段船舶定线制规定（2021 年）》中关于通航要素的相关规定提出。

5.2.4 机型技术性能

本条款主要规定了操控员应掌握所使用无人机机型的技术性能参数、飞行性能限制、故障模式和应急处置程序；根据《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（操控员应掌握所操控机型的性能特征和操作限制）及本单位实际运营需求（持证操控员，均持 CAAC 中型无人机操控员证书，并经过机型专项培训）提出。

5.2.5 通航环境熟悉

本条款主要规定了操控员应熟悉作业区域内的通航环境，包括航道分布、锚地位置、禁飞区设定、碍航物分布及气象特点等；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》提出。

5.2.6 岗位职责

本条款主要规定了操控员应熟知水上低空配送作业中的安全管理制度和操作规程，明确自身在作业前检查、作业中操作和应急处置各环节的职责；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（实施飞行活动前应做好安全飞行准备）及本单位《无人机安全应急手册》《无人机操控员安全作业规范》提出。

6. 运行安全

（1）条款 6.1 飞行前准备

6.1.1 设备检查

本条款主要规定了每次飞行前应开展无人机检查，确保桨叶、电池、吊挂等设备均处于良好状态，确认无人机自检正常；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（实施飞行活动前应做好安全飞行准备，检查无人驾驶航空器状态，并及时更新电子围栏等信息）、《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（每日飞行前应开展检查，确保桨叶、电池、吊挂等设备均处于良好状态）及本单位《无人机安全应急手册》“飞行准备”提出。

6.1.2 气象条件确认

本条款主要规定了起飞前应确认气象条件满足安全要求（风速不大于 6 级，能见度不小于 1000 米），低温环境下应对电池进行预热；根据大疆 FC30 设备参数（最大抗风速度 12m/s，即 6 级风）、《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（6 级以上大风、能见度低于 1000 米禁止作业）及本单位《无人机安全应急手册》（温度低于 10 摄氏度需对电池加热，并调高电压报警百分比）提出。

6.1.3 每日首飞试飞

本条款主要规定了每日首次飞行前应进行试飞，确认无人机姿态、悬停、控制响应正常；根据本单位《无人机安全应急手册》（每日首次执行自主航线任务之前，需使用遥控器试飞，待周围人员撤离 10 米距离以外后解锁起飞，观测无人机自主悬停及姿态是否正常）及本单位运营实践经验提出。

6.1.4 特殊检查维护

本条款主要规定了非正常起飞/着陆、特殊天气、落水、撞击障碍物、遭遇鸟击等五种情形下的特殊检查维护要求；根据本单位《无人机安全应急手册》“特殊检查”（无

人机非正常起飞/着陆导致相关损伤与故障后的检查维护；经历特殊天气后的检查维护；落水后的检查维护；撞击障碍物后的检查维护；遭遇鸟击后的检查维护）及大疆 FC30 维护手册提出。

6.1.5 检查维护记录

本条款主要规定了检查维护应联系无人机厂家确认方案，并留存记录；根据本单位《无人机安全应急手册》（应根据突发的具体情况及损伤/故障现象及时联系无人机厂家确认检查维修方案）及《无人机充放电管理制度》（定期对电池性能进行检测，淘汰老化电池）提出。

（2）条款 6.2 作业条件限制

6.2.1 禁飞水域

本条款主要规定了桥区水域、军用和危化品码头水域、危化品锚地、干支交汇水域、架空电缆等障碍物密集区域不得开展低空物流配送作业；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（将危化品集群水域、桥区、架空电缆等重点水域列为禁飞区）《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（管制空域范围）提出。

6.2.2 限制作业情形

本条款主要规定了船流高峰及重大水上活动等交通管制期间、接受配送船舶出现紧急情况或配送水域发生水上交通事故、接受配送船舶与周边船舶未保持安全距离、配送空域有正在执行公务的无人机、风力大于 6 级或能见度低于 1000 米等情形下原则上不得开展配送作业；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（船流高峰、发生水上交通事故期间原则上不得作业）提出。

6.2.3 禁止服务船舶

本条款主要规定了不宜为载运散装液体危险货物船舶、正在开展供受油作业的船舶、特殊维护船舶提供低空物流配送服务；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（配送对象不宜包括危险品船、施工船等）提出。

6.2.4 禁运物品

本条款主要规定了禁止为船舶配送易燃易爆、有毒有害等危险品或其他违禁品；根据《民用航空危险品运输管理规定》（交通运输部令 2024 年第 4 号）（任何单位和个人不得在行李中携带或者通过货物、邮件托运、收运、载运《技术细则》中规定的在

任何情况下禁止航空运输的危险品）及《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》提出。

（3）条款 6.3 飞行过程管控

6.3.1 电子围栏设置

本条款主要规定了企业应根据配送区域通航环境情况设置电子围栏，在地面控制站中准确标定禁飞区域；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第三十二条（实施飞行活动前应及时更新电子围栏等信息）及《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（企业需按要求设置电子围栏）提出。

6.3.2 同时起降数量限制

本条款主要规定了单一站点每次同时起降不得超过 5 架无人机，处于飞行状态的无人机应保持安全间距；根据《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（容量取决于空域结构、空中交通服务种类和级别、天气影响等多种因素）及本单位多个飞行基地实际运营经验（确保多机协同作业安全）提出。

6.3.3 异常情况处置

本条款主要规定了遇卫星信号弱、指南针异常、动力异常等情况时，应迅速采取拉高、返航或就近安全区域迫降等措施；根据本单位《无人机安全应急手册》（GPS 信号弱时应迅速拉高无人机以重新获取 GPS 信号；指南针异常应立即返航降落并校准；动力异常应减慢速度、手动接管返航或找安全地区迫降）提出。

6.3.4 飞行高度控制

本条款主要规定了无人机飞行高度应高于该区域船舶水面以上最大高度，无人机在到达船舶配送区域之前不得下降飞行高度；根据大疆 FC30 设备参数及飞行测试数据（巡航高度 50 米，船舶桅杆通常不超过 24 米）及《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》提出。

（4）条款 6.4 装卸与投送

6.4.1 起降地点

本条款主要规定了低空物流配送无人机应在指定地点起降，除紧急情况外禁止在航行的船舶上起降；根据《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）（起降场地要求）提出。

6.4.2 人员安全距离

本条款主要规定了严禁在人员正上方区域进行装、卸货物操作；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（严禁人员站在无人机下方）及本单位《无人机配送风险告知书》（禁止站立于无人机下方，保持 5 米以上安全距离）提出。

6.4.3 空中装卸操作

本条款主要规定了空中装卸作业时无人机应保持稳定，配送单位地勤人员应佩戴安全帽，按规范操作；根据本单位《无人机货物运输管理手册》（空中上货操作：无人机全程保持 T 档，无人机移动时禁止收放吊索；降低高度至 5 米左右，地勤人员应佩戴安全帽靠近货物进行上货）提出。

6.4.4 投送协同

本条款主要规定了无人机投送过程中应与船舶航速、航向保持相对一致；根据本单位“汇闪送 2.0”运营实践（无人机可实现对航行船舶的识别与稳定伴飞，投送识别精度达到 1 米）及飞行测试数据（目标船舶跟踪及投送阶段无人机与船舶保持同速同向）提出。

6.4.5 投放区域选择

本条款主要规定了投送商品时应选择船舶上平坦、开阔区域，不得影响驾驶台瞭望视线；根据本单位《无人机货物运输管理手册》提出。

6.4.6 异常情况处置

本条款主要规定了投送过程中如遇大风等不利条件，应根据实际情况调整高度或返航；如吊索卡滞，应按规定程序处理；根据本单位《无人机货物运输管理手册》（在进行吊索投放货物过程中，如果因为风大货物晃动厉害，需要根据实际情况降低高度以减少吊索晃动幅度，如确实难以掌控，须立即回收索降钩并返航；当吊索下降过程中意外卡住无法伸缩，须及时告知客户，并且缓慢拉高无人机返航）提出。

（5）条款 6.5 安全监控

6.5.1 运行监控与空域协调

本条款主要规定了飞行过程中通过监控平台对无人机的飞行状态、卫星信号、电量等关键参数实施持续监测；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（实时掌握无人驾驶航空器飞行动态）、《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（运行人应对运

行控制负责）、《民用无人驾驶航空器系统运行识别规范》（无人机应在运行全过程主动报送位置、速度、状态等信息）及本单位视频监控系统提出。

6.5.2 气象条件监测与应对

本条款主要规定了水上低空配送过程中气象条件监测与应对要求，包括起飞前及飞行过程中通过低空飞行服务中心、气象服务平台或机载传感器获取实时气象数据（风速、风向、能见度、降水强度、雷暴预警等），当气象条件低于无人机安全运行标准时立即中止作业并指挥无人机返航或就近安全降落，低温环境下飞行时额外关注电池温度及电压变化并必要时适当降低载重，江面水域作业时重点关注局地突发的阵性大风、水龙卷等强对流天气；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第三十二条（实施飞行活动前应做好安全飞行准备）、《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（制定气象阈值，禁止在恶劣天气下作业）、大疆 FC30 设备参数（最大抗风速度 12m/s，工作温度范围-20~45℃）及本单位《无人机安全应急手册》（温度低于 10 摄氏度需对电池加热并调高电压报警百分比，减少货物装载量提出。

6.5.3 船舶动态协同

本条款主要规定了水上低空配送过程中船舶动态协同要求，包括飞行过程中持续关注无人机与目标船舶及周边船舶的相对位置，发现船舶异常加速、转向或偏离航道时评估其对起降点或航线净空的潜在影响，当船舶出现突然驶向起降点、停泊位置改变、抛锚等可能影响飞行安全的运动变化时暂停起降或调整航线并与船舶保持安全间距，不得在船舶驾驶台上方、雷达天线、太阳能板等敏感区域进行悬停或投放作业；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（在船人员应远离配送区域，船舶应保速保向行驶）、《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第三十三条（无人驾驶航空器飞行应避让有人驾驶航空器、无动力装置的航空器以及地面、水上交通工具）提出。

7. 场地与设施设备

（1）条款 7.1 起降场地

7.1.1 选址要求

本条款主要规定了起降场地选址宜选择人口密度相对较低的区域；根据《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）（末端无人机物流起降场地推荐选择人口密度

相对较低的区域）及《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（严禁在桥区、危化品码头等区域设置起降场）提出。

7.1.2 场地尺寸

本条款主要规定了起降场地表面应平整，单个无人机起降场地的尺寸应根据无人机最大尺寸、起降定位精度、起降方式等因素确定；根据《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）（起降场地尺寸应根据无人机最大尺寸、起降定位精度、起降方式等因素确定）及大疆 FC30 展开尺寸（长 2800mm×宽 3085mm）提出。

7.1.3 安全间隔距离

本条款主要规定了设有多个无人机起降点的场地，相邻两个起降点相邻边缘之间应具有安全间隔距离；根据《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（多个运行人使用同一个起降场的，在起降过程中应当接受间隔服务）提出。

7.1.4 场地基本条件

本条款主要规定了起降场地应具备供电、通信条件（通信信号良好）、设置围栏并悬挂危险警告牌、设置降落引导标识、设置灯光设施、配备视频监控（覆盖全部区域）、配备消防设施设备等基本条件；根据《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）（起降场地应具备供电、通信等条件，通信信号良好，满足无人机正常通信和安全飞行的要求）及本单位多个飞行基地实际运营经验提出。

7.1.5 电磁环境评估

本条款主要规定了起降场地选址前应开展电磁环境评估，确保场址周围无高压输电线、大型变电站、通信基站、雷达站等强电磁干扰源；根据《低空无人驾驶航空器起降场地安全通用要求》（T/CICC 27003-2025）及《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》（电磁环境应满足无人机飞控指令传输、图传信号接收、卫星导航定位系统信号的正常工作要求）提出。

（2）条款 7.2 无人机

7.2.1 适航资质

本条款主要规定了无人机应具备中国民用航空局颁发的型号合格证、生产许可证以及适航证；根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（从事中型、大型民用无人驾

驶航空器系统的设计、生产、进口、飞行和维修活动，应当依法申请取得适航许可）及大疆 FC30（型号 E2MTR-30A，已取得飞行器适航证）提出。

7.2.2 功能要求

本条款主要规定了无人机应具备自主导航、主动避障和运动跟随功能，其参数及挂载设备应符合国家或行业工作标准；根据《低空物流无人机自主导航与感知避障要求》（T/CAS 1091-2025）（该标准规定了低空物流配送的自主导航系统要求、感知避障系统要求、人工干预与应急能力要求等，适用于轻小型民用无人机低空物流配送服务）、《民用无人驾驶航空器系统安全要求》（GB 42590-2023）（该标准是我国民用无人机领域首项强制性国家标准，提出了感知和避让等 17 个方面的强制性技术要求）、《民用无人驾驶航空器系统物流运行通用要求》（MH/T 2014-2023）（该标准明确了物流无人驾驶航空器系统的运行控制、导航等技术要求）及大疆 FC30 设备技术参数（该机型搭载前后旋转有源相控阵雷达和双目视觉系统，可实现多向、全天候、全时段智能避障）提出。

7.2.3 环境适应性

本条款主要规定了无人机应具备防水、抗风等适应水上环境的能力，可适应中雨以下天气条件下的飞行作业；根据大疆 FC30 设备参数（整机防护等级 IP55，最大抗风速度 12m/s，工作温度范围-20~45℃）提出。

7.2.4 电池管理

本条款主要规定了无人机电池应使用原厂产品，充电应在常温环境下进行并安排人员巡查，电池应储存于阴凉、干燥、通风的室内环境中（储存温度-10℃～45℃，湿度 65±20%RH），电池周围一米内禁止摆放易燃物品；根据本单位《无人机充放电管理制度》（充电场所应干燥、通风，远离高温、易燃易爆物品，环境温度控制在5℃~40℃；充电时须有人值守，严禁过充；电池应储存于阴凉、干燥、通风的室内环境中，储存温度必须在-10℃~45℃的范围内，储存湿度为 65±20%RH；电池周围一米内禁止摆放易燃物品）提出。

7.2.5 空吊系统

本条款主要规定了空吊系统（含索降钩）的收放能力、到位检测与报警、货物自动释放、消摆与投放辅助、熔断保护、绳索材质与维护及紧急处置等技术要求；根据大

疆 FC30 设备参数（空吊系统索降钩、航空级高强度尼龙绳索、内置称重传感器实时检测货物重量和重心）、《物流无人机货物吊挂控制通用要求》（GB/T 43668-2024）及本单位《无人机安全应急手册》“空吊缆绳熔断现场处置方案”提出。其中“收放速度不低于 0.5 米/秒、最大释放长度不低于 15 米”依据大疆 FC30 空吊系统设备参数及本单位多架次飞行测试数据（投送阶段吊索释放长度约 15 米）提出。

（3）条款 7.3 船舶

7.3.1 航行船舶要求

本条款主要规定了配送过程中航行船舶应保持安全航速、加强瞭望、保速保向不得淌航、在船人员远离配送区域、值班船员不得离开值守岗位等要求；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（船舶应根据法律法规相关要求保持安全航速，保速保向，不得淌航；在船人员应远离配送区域，不得干扰或影响无人机正常飞行）及《中华人民共和国内河避碰规则》提出。

7.3.2 锚地船舶要求

本条款主要规定了配送过程中锚地船舶应保持定位设备开启，并保持甚高频守听，注意接收无人机配送作业相关通告；船上人员应远离配送区域，不得干扰或影响无人机正常飞行，不得使用自有无人机接送货物；根据《长江南京段低空物流配送作业通航安全工作指引》（在船人员应远离配送区域，不得干扰或影响无人机正常飞行）、《中华人民共和国内河交通安全管理条例》提出。其中“保持定位设备开启”依据《中华人民共和国船舶安全监督规则》中关于船舶应当保持船舶自动识别系统（AIS）正常开启和使用的要求提出；“保持甚高频守听”依据《中华人民共和国内河避碰规则》中关于船舶应当保持甚高频无线电话守听的要求提出。

8. 应急管理

（1）条款 8.1 一般要求

8.1.1 应急处置优先级

本条款主要规定了水上低空配送应急处置应遵循人员安全、客户财产、无人机安全、货物安全的优先级原则；根据本单位《无人机安全应急手册》（无论遇到任何突发情况，必须按照“人＞客户财产＞无人机＞货物”的顺序进行安全应急操作）及《中华人

民共和国安全生产法》（以人为本、安全发展理念，安全生产应当以人为本，坚持人民至上、生命至上）提出。

8.1.2 危险品事件处置限制

本条款主要规定了发生溢油等危险品相关事件时，在专业部门未抵达现场或未取得专业认可前不得擅自处置；根据《中华人民共和国内河交通安全管理条例》“危险货物监管”和“事故调查处理”对危险货物运输安全和事故处置作出了规定。（水上危险品事故涉及水域污染、船舶安全和人员生命等多重风险，必须在专业部门指导下开展处置）及本单位《无人机货物运输管理手册》（出现危险品事件时，应严格通报程序，在专业部门未抵达现场或未取得专业部门认可和技术指导下，不得擅自进行处置。以保证人、机安全为处置的最高原则，最大限度地避免或减少人员伤亡、财产损失和环境污染和由事件带来的对本单位形象和无形资产的负面影响）提出。

8.1.3 意外事件报告与自救

本条款主要规定了发生货物坠落、无人机落水等意外时，应尽量避免对通航安全造成影响，立即向主管部门报告，并采取有效措施进行自救；根据《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》（水上水下活动过程中发生突发事件，应当立即向海事管理机构报告）提出。

（2）条款 8.2 应急预案

8.2.1 应急预案内容

本条款主要规定了企业应制定应急预案，内容包括但不限于无人机故障、落水、火情、货物坠落以及环境污染等情景的处置程序；根据《中华人民共和国安全生产法》（生产经营单位的主要负责人应组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案）、《无人机物流配送运行要求》（JT/T 1440-2022）“安全要求”（对运营过程中可能发生的应急情况应制定应急预案）及本单位《无人机安全应急手册》（涵盖失事、控制链路丢失、失控伤人、重大空中故障、紧急迫降、突发恶劣天气、火情、货物意外掉落、空吊缆绳熔断等现场处置方案）提出。

8.2.2 应急演练频次

本条款主要规定了企业应每半年至少组织一次应急演练，并留存演练记录；根据《生产安全事故应急预案管理办法》（生产经营单位应当制定本单位的应急预案演练计

划，根据本单位的事故风险特点，每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练，每半年至少组织一次现场处置方案演练）及本单位《无人机安全应急手册》（消防、救生、防污染应急训练和演习每季度一次，专项应急演练每半年一次，综合应急演练每年一次）提出。

（3）条款 8.3 应急响应

8.3.1 响应分级

本条款主要规定了根据突发事件的性质、严重程度、可控性和影响范围，将水上低空配送作业中的应急响应由高到低划分为一级、二级、三级三个等级；依据《生产安全事故报告和调查处理条例》第三条（一般事故：造成 3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤；较大事故：造成 3 人以上 10 人以下死亡，或者 10 人以上 50 人以下重伤）提出。

8.3.2 响应程序

本条款主要规定了企业应针对不同等级的应急响应建立并执行相应的响应程序，明确一级响应、二级响应、三级响应的启动条件和处置流程；根据本单位《无人机安全应急手册》“响应程序”（三级事故响应程序、二级事故响应程序、一级事故响应程序）提出。

（4）条款 8.4 现场处置

8.4.1 飞行异常处置

本条款主要规定了飞行过程中出现 GPS 信号弱、指南针异常、动力异常等异常情况时，操控员应优先操控无人机远离水上危险区域，并相应采取切换姿态模式手动操控、手动返航、就近迫降、应急抛货或确认失控保护自动返航等措施；根据本单位《无人机安全应急手册》（无人机控制链路丢失现场处置方案）、（重大空中故障现场处置方案）及“飞行期间”（GPS 信号弱应迅速拉高无人机；指南针异常应立即返航降落并校准；动力异常应减慢速度、手动接管返航或找安全地区迫降）提出。

8.4.2 货物坠落处置

本条款主要规定了发生货物坠落事件时，操控员应首先确保无人机姿态稳定，标记货物掉落点的 GPS 坐标，并根据坠落区域（水面、船舶、陆地）采取相应的处置措施；根据本单位《无人机安全应急手册》“货物意外掉落现场处置方案”（无人机操控员发现货物掉落后应立即检查并确保无人机飞行姿态稳定，标记货物掉落点的 GPS 坐标

并报告；地面安全员协助确认掉落区域和掉落物情况；现场应急小组决策是否需要派船/车前往查看或回收）提出。

8.4.3 无人机落水处置

本条款主要规定了发生无人机落水事件时，操控员应立即记录落水点的精确 GPS 坐标，并向海事管理机构和当地低空飞行服务中心报告，评估打捞条件，打捞上岸后断开电池连接并干燥，联系厂家检测维修；根据本单位《无人机安全应急手册》“失事现场处置方案”（若坠落于江面，立即向 VTS 报告精确坐标，请求发布航行警告，通知附近船舶注意避让和协助观察，准备搜救船只前往目标水域）提出。

8.4.4 人员受伤、财产损失及环境污染处置

本条款主要规定了发生涉及人员受伤、财产损失或环境污染事件时，应根据现场实际情况分别采取人员急救（拨打 120、止血包扎）、财产损失保护（保护现场、拍照取证、保险理赔）、环境污染报告（向海事环保部门报告、联系专业防污染接收单位处置）等措施；根据本单位《无人机安全应急手册》“无人机失控伤人现场处置方案”（第一发现人立即拨打 120 急救电话，具备急救技能的员工立即对伤员进行止血、包扎等紧急处理；若伤员无呼吸心跳立即实施心肺复苏；不应随意移动重伤员）、“货物意外掉落现场处置方案”（若可能造成污染如含油物品，应立即向海事、环保部门等报告，并联系专业打捞力量进行处置）提出。

8.4.5 电池起火处置

本条款主要规定了飞行过程中发生电池起火事件时，操控员应立即将无人机导向无人的开阔水域，执行紧急迫降或开伞降落程序；根据本单位《无人机安全应急手册》“火情现场处置方案”（若为空中火情，立即参照重大空中故障或失事预案，将无人机导向无人的开阔水域）及“重大空中故障现场处置方案”（在无法确保安全返航的情况下，应果断选择在无人区域进行可控的紧急迫降或坠毁）提出。

（5）条款 8.5 事故报告

8.5.1 事故报告时限

本条款主要规定了低空物流配送作业造成水上交通险情或事故的，应在 24 小时内参照水上交通事故调查要求提交书面报告；根据《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》提出。其中“24 小时内”的量化指标，依据《中华人民共和国内河交

通安全管理条例》及《生产安全事故报告和调查处理条例》中关于事故报告时限的一般规定提出。

8.5.2 污染事件配合调查

本条款主要规定了因配送作业对水域产生污染的，应依法配合相关部门调查处理；根据《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国长江保护法》及《中华人民共和国内河交通安全管理条例》提出。

三、已开展的试验验证情况

本标准是在水上低空配送项目运行实践和技术应用基础上制定的。本项目依托长江江苏段无人机水上配送项目，以长江汇为主要依托单位，已形成航行船舶动态跟踪与精准伴飞技术、AI 智能调度平台、无人机吊挂索降控制系统等核心技术体系。其中，航行船舶动态跟踪与精准伴飞技术融合船舶定位系统、GPS、视觉与雷达等多源数据，实现无人机对航行船舶的识别与稳定伴飞；无人机吊挂索降控制系统可在无人机到达船舶上方后，通过索降方式投送货物，货物触地后自动释放。

长江汇水上低空配送项目于 2017 年 9 月正式启动无人机项目，2023 年 5 月起随着大疆运载无人机定型进入常态化服务阶段，2025 年 8 月“汇闪送 2.0”版本上线，从“停泊送”升级为“航行送”。目前南京已部署 6 个低空飞行基地，并形成通信、导航、气象等低空基础设施网络；长江汇自主研发“汇闪送”AI 调度平台，对多站点、多架次无人机进行实时集群调度、动态任务分配和全局最优路径规划。

2025 年全年累计无人机飞行超过 5.5 万架次，总飞行里程约 23 万公里，累计配送物资载重 390 吨，服务各类航行船舶超过 1.5 万艘次，飞行架次、飞行里程、配送载重等核心运营指标较 2024 年均实现 50%以上增长。南京市已有 6 个“水上外卖”配送点位，覆盖南京市 50 公里长江航段和 3 个船舶锚地，将传统 2 至 4 小时的补给周期压缩至 15 分钟以内，效率提升 80%以上，单次配送为船东节约成本超过 50%，累计节省社会物流成本超过 500 万元。

从实施效果看，项目用户服务满意度持续保持在 95%左右，投送识别精度达到 1 米，任务成功率稳定在 98%左右。2025 年全年未发生任何等级的安全事故，系统成功应对多次突发阵风、瞬时降雨等复杂天气，并自动触发返航或避让策略。上述运行实践

和技术应用情况，为本标准中飞行前准备、作业条件限制、飞行过程管控、装卸与投送、安全监控、场地与设施设备及应急管理等条款提供了实践基础。

四、与有关现行法律、法规和强制性国家标准、配套推荐性标准的关系

本标准符合我国有关现行法律、法规和其他相关强制性标准的要求。

五、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的比对分析

本标准未涉及国际标准化组织、其他国家或地区的有关法律法规和标准。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准起草过程无重大分歧意见。

七、废止现行有关标准的建议

本标准为新制定标准，无现行标准。

八、标准性质的建议说明

本标准建议为推荐性团体标准。

九、涉及专利的有关说明

经编写组核查，本标准编制过程未识别出需要声明的专利。

十、其他应予说明的事项

无