

团体标准

T/GITIF XXX—2024

中小型无人驾驶航空器垂直起降场 技术要求

Technical requirements for vertical take-off and landing fields for small and
medium-sized unmanned aircraft

(征求意见稿)

2024-X-X 发布

2024-X-X 实施

广东省电子信息联合会 发布

目次

目次..... I

前言 IV

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、符号和缩略语 2

 3.1 术语 2

 3.2 符号 4

 3.3 缩略语 5

4 垂直起降场数据 5

 4.1 航空数据 5

 4.2 垂直起降场基准点 6

 4.3 垂直起降场标高 6

 4.4 垂直起降场基本设施资料 6

 4.5 消防信息 7

5 选址规划 7

 5.1 基本要求 7

 5.2 应用要求 8

 5.3 产业要求 9

 5.4 数字化辅助选址 10

6 垂直起降场类型 11

 6.1 一般规定 11

 6.2 表面 12

 6.3 高架 12

 6.4 水上平台 12

 6.5 载具（船上、车上） 12

7 物理特性 13

7.1 一般规定	13
7.2 最终进近和起飞区 (FATO)	13
7.3 接地和离地区 (TLOF)	14
7.4 安全区	15
7.5 作业区	16
7.6 机位	16
7.7 地面通道	17
7.8 机库	17
8 障碍物限制	17
8.1 障碍物限制面	17
8.2 障碍物限制要求	21
9 标志与标志物	22
9.1 作业区域标志	22
9.2 TLOF 标志	23
9.3 FATO 标志	23
9.4 起降场识别标志	23
9.5 精准降落标志	24
10 助航灯光和照明设施	25
10.1 一般规定	25
10.2 FATO 边界灯	25
10.3 TLOF 边界灯	26
10.4 起降场泛光照明	27
11 安全保卫设施	27
11.1 安全网	27
11.2 安全围栏	28
11.3 入侵报警系统	28
11.4 视频监控系统	28
12 起降场运营管理中心	29
13 其它专用设施设备	29
13.1 气象设施	29

13.2 通信导航设施	30
13.3 能源设施	31
13.4 系留设施	32
14 消防措施	33
14.1 一般规定	33
14.2 消防设施	33
14.3 消防疏散通道	33
附录 A 垂直起降场地航空数据及其精度要求	34
附录 B 无人驾驶航空器起降场平面布局示意图	35

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这些专利的责任。

本文件由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司提出。

本文件由广东省电子信息联合会归口。

本文件起草单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、广东省城乡规划设计研究院科技集团股份有限公司、广州市城市规划勘测设计研究院有限公司、广东省建筑科学研究院集团股份有限公司、中国民航大学、深圳大学、河南云洹网联无人机科技有限公司、浪潮智慧科技有限公司、深圳市多翼创新科技有限公司、中国铁塔股份有限公司广东省分公司、中交四航局第二工程有限公司、中国联合网络通信有限公司广东省分公司、浙江数字交通科技有限公司、北京千方科技股份有限公司、广州航新航空科技股份有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、鹏有（深圳）飞行科技有限公司、深圳震有科技股份有限公司、广州市建设投资发展有限公司、广东赛宝新天地科技有限公司。

本文件主要起草人：李强、曲元魁、胡文、王宜为、闫玉龙、齐雁楠、庄子波、陈文锴、李贺宇、郝保峰、邢生歧、陈治宏、李哲、王冲、马哲、陈述志、陈丰乐、罗东宏、亢净、曾派永、金伟、李尧、林虎臣、黄璇、陈学辉、杨明涛、周斌、杨冬。

本文件主要审查人：楼晓雷、郑泽爽、潘桐曦、曾俊健、胡明伟、廉国伟、何旭磊、林栋、梁邦炎、曹跃。

本文件为首次发布。

引言

随着国内低空经济的发展和无人机飞行架次的增加,预计未来几年内对起降场等基础设施的需求将快速增长。目前国内尚无针对中小型无人驾驶航空器垂直起降场的相关标准,为了指导中小型无人驾驶航空器垂直起降场规范化、规模化建设,为无人驾驶航空器安全、高效运行提供有力支撑,编制组依据国家有关法律、法规,考虑中小型无人驾驶航空器运行特点,借鉴国内外相关有益经验制定本文件。

中小型无人驾驶航空器垂直起降场技术要求

1 范围

本文件规定了中小型无人机驾驶航空器垂直起降场的起降场数据、选址规划、类型、物理特性、障碍物限制、标志与标志物、助航灯光和照明设施、安全保卫设施、起降场运营管理中心、其它专用设施设备、消防设施等技术要求。

本文件适用于《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》第六十二条所规定的小型 and 中型无人驾驶航空器，不适用于微型、轻型和大型无人驾驶航空器。

本文件适用于仅供具有分布式动力系统、可进行垂直起飞和着陆的中、小型无人驾驶航空器垂直起降使用的专用起降场地，不适用于临时起降场地和无起降场地要求的无人机机巢。

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 50016-2014 建筑设计防火规范

GB 55037-2022 建筑防火通用规范

GB/T20271-2006 信息安全技术-信息系统通用安全技术要求

GB/T 39409-2020 北斗网格位置码

GBT 9361-2011 计算机场地安全要求

DB15/T 2081—2021 农用植保无人机作业技术规范

DB32/T 4741—2024 通用机场选址指南

MH/T 5037—2019 民用运输机场选址规范

MH/T 5065—2023 通用机场选址技术指南

T/AOPA 0006—2023 轻小型末端物流无人机系统建设与运行基本要

T/CCAATB 0062—0004 电动垂直起降航空器（eVTOL）起降场技术要求

求

T/SHUA 2023—0004 物流无人机垂直起降场选址与建设规范（征求意见稿）

DL/T1482-2015 架空输电线路无人机巡检作业技术导则

AC-158-CA-2024-04 运输机场选址数字化辅助技术应用指南

CJJ/T 157 城市三维建模技术规范

3 术语、符号和缩略语

3.1 术语

3.1.1

无人驾驶航空器 unmanned aircraft

由遥控设备或自备程序控制装置操纵，机上无人驾驶的航空器。

[来源:GB/T38152-2019 无人驾驶航空器系统术语]

3.1.2

中型无人驾驶航空器 medium unmanned aircraft

空机重量不超过 15 千克且最大起飞重量不超过 25 千克，具备符合空域管理要求的空域保持能力和可靠被监视能力，全程可以随时人工介入操控的无人驾驶航空器，但不包括微型、轻型无人驾驶航空器。

[来源:无人驾驶航空器飞行管理暂行条例]

3.1.3

小型无人驾驶航空器 small unmanned aircraft

最大起飞重量不超过 150 千克的无人驾驶航空器，但不包括微型、轻型、小型无人驾驶航空器。

[来源:无人驾驶航空器飞行管理暂行条例]

3.1.4

垂直起降场 vertiport

全部或部分仅供无人驾驶航空器起飞、着陆和表面活动使用的场地或构筑物上的特定区域。

[来源:民用垂直起降场地技术要求（征求意见稿）]

3.1.5

无人驾驶航空器全尺寸 maximum size for unmanned aircraft

无人驾驶航空器旋翼转动、折叠结构全部展开时，能够包络机身在水平投影下最小外接圆的直径。

3.1.6

最终进近和起飞区 (FATO) final approach and take-off area

用于无人驾驶航空器完成进近动作的最后阶段到悬停或着陆,以及开始起飞动作的特定区域。

3.1.7

接地和离地区 touchdown and lift-off area

供无人驾驶航空器接地或离地的一块承载区。

3.1.8

安全区 safety area

位于最终进近和起飞区周围的、用于减少垂直起降航空器偶然偏离最终进近和起飞区而造成危险的特定区域,该区域除航行所必需的设施、装置外无其他障碍物。

3.1.9

障碍物 obstacle

位于供无人驾驶航空器地面活动的区域上,或突出于为保护飞行中的无人驾驶航空器而规定的限制面之上,或位于上述规定的限制面之外但评定为对空中航行有危险的,固定的(不论是临时的还是永久的)和移动的物体,或是上述物体的一部分。

3.1.10

无障碍空间(OFV) obstacle-free volume

在垂直起降场地的上方,由安全区向上向外延伸至悬停高度,为垂直起降航空器垂直起降而提供的保护空间,在这个空间内,除少量规定的建构筑和设施设备外,没有任何固定的障碍物。

3.1.11

无人驾驶航空器机位 unmanned aircraft stand

一块用于停放航空器的指定区域。

3.1.12

起降场运营管理中心 vertiport operations management center

区域性的起降场管理机构,具有起降场运营管理平台、数字底座、远程监控、远程指挥、指挥大屏、应急调度等功能的部分。

[来源:Boeing《Concept of Operations for Uncrewed Urban Air Mobility V2》2.5 Vertiport Manager]

3.1.13

无人驾驶航空器运行人 UAV Operator

指实际控制使用航空器实施飞行活动的单位或者个人。

[来源:交通运输部令 2024 年第 1 号《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》]

3.1.14

起降场运营管理平台 vertiport operations management platform

起降场运营管理中心的重要组成部分，集成起降场的管理、监控、无人机地勤服务、运行人沟通、安全管理与应急处理等多项功能的。

3.1.15

起降场数字底座 digital base for vertiport

指高度集成的数字化平台，专门为垂直起降场设计，具备了先进的三维建模、实时渲染、航线管理和地理信息支持等功能。

3.1.16

进离场航线 approach/departure path

起降场内无人驾驶航空器飞行进入或者离开起降场空域的航路。

[来源:中国民用航空总局令（第 122 号）《民用航空使用空域办法》第二十四条]

3.1.17

垂直起降通道 vvertical takeoff and landing volume

无人驾驶航空器在起降场内的垂直起飞或者降落通道。

无人驾驶航空器在起降场的垂直起飞或者降落的航段。

[来源:EASA《PTS-VPT-DSN》PTS VPT-DSN.D.455 Obstacle-free volume (OFV)]

3.1.18

转运装置 transfer device

用于起降场、机位、机库之间运输航空器的移动设备。

3.1.19

无人机机巢 drone nest

一种包含无人机起降、充电、数据交换、环境监控、安全存储于一体的装置，实现无人机的自主管理和操作，确保无人机在最佳状态下执行任务。

3.2 符号

D ——无人驾驶航空器全尺寸

h_1 ——低空悬停高度

h_2 ——高空悬停高度

TO_{width} —— h_2 处宽度

TO_{front} —— h_2 处的前部距离

TO_{back} —— h_2 处的后部距离

$FATO_{width}$ ——FATO 宽度

$FATO_{front}$ ——FATO 处的前部距离

$FATO_{back}$ ——FATO 处的后部距离

θ_{app} ——进近面的坡度

θ_{dep} ——离场面的坡度

3.3 缩略语

FATO (Final Approach and Take-off Area) 最终进近和起飞区

TLOF (Touch Down and Lift-off Area) 接地和离地区

OFV (Obstacle-Free Volume) 无障碍空间

RTK (Real - time kinematic) 实时动态载波相位差分技术

GeoJSON (Geostationary JavaScript Object Notation) 一种对各种地理数据结构进行编码的格式

KML (Keyhole Markup Language) 基于 XML 语法格式描述地理空间数据的航线数据

KMZ (Keyhole Markup Language Zipped) 基于 XML 的压缩格式, 用于存储描述地理空间、图片等多媒体数据

4 垂直起降场数据

4.1 航空数据

4.1.1 应确定并提供与垂直起降场地有关的航空数据, 需要确定的数据及其精确度、完好性要求见附录 A, 航空数据的传输、存储应使用数字数据误差检测技术。

4.1.2 水平(大地)基准系统应采用 2000 国家大地坐标系统(CGCS2000)。报告的航空地理坐标应以纬度、经度表示, 并采用以 2000 国家大地坐标系统(CGCS2000)为基准的数据。

【条文说明】2000 国家大地坐标系统是经国务院批准使用的新一代国家大地坐标系, 英文缩写为 CGCS2000, 自 2008 年 7 月 1 日起全面启用, 目前, CGCS2000 已被广泛应用。国土空间规划明确要求“统一采用 2000 国家大地坐标系”和“1985 年国家高程基准”作为

空间定位基础。

4.1.3 垂直基准系统应采用平均海平面基准。报告的航空标高（高程）应以相对于大地水准面的铅垂高表示，宜采用 1985 国家高程基准。

4.2 垂直起降场基准点

4.2.1 垂直起降场地应设置一个基准点。基准点应位于或接近原始的或规划的垂直起降场地一个最终进近和起飞区的几何中心，在首次设定后宜保持不变。

4.2.2 应测定基准点的地理坐标，以度、分、秒为单位。

4.3 垂直起降场标高

4.3.1 垂直起降场地标高应采用最终进近和起飞区内最高点的标高。

4.3.2 应测定垂直起降场地标高和标高点位置处的大地水准面高差。

4.3.3 应测定接地和离地区、最终进近和起飞区的每个入口几何中心的标高以及上述每一测点处的大地水准面高差。

4.4 垂直起降场基本设施资料

4.4.1 垂直起降场地应测量或说明的资料通常包括以下内容：

- 1 垂直起降场地类型（表面、高架、水上平台或船上）；
- 2 接地和离地区的尺寸、坡度、表面类型、承载强度（以千克计）；
- 3 最终进近和起飞区的类型、真向、尺寸、坡度、表面类型；
- 4 安全区的尺寸、表面类型；
- 5 地面通道的宽度、表面类型（如有）；
- 6 机坪的表面类型、机位（如有）；
- 7 助航设施（如有）；
- 8 通信导航监视设施（如有）；
- 9 气象观测设施（如有）；
- 10 供电设施（如有）；
- 11 包含垂直起降场地最终进近和起飞区、接地和离地区、安全区的尺寸、标志和灯光的平面布置图；
- 12 显示场地周边建筑物、树木、电线等障碍物的障碍物分布图；
- 13 垂直起降场地的结构类型（混凝土、钢结构、钢铝结构、铝结构）；
- 14 特高频通讯设备（如有）；

15 RTK 地面设施（如有）；

16 机库（如有）。

【条文说明】由于起降场内中小型无人驾驶航空器的数量、参数、应用场景、应用范围等不同，对起降场设施要求也不同，具体需测量或说明的资料可根据实际情况确定。

4.4.2 垂直起降场地应测定的资料通常包括以下内容：

1 接地和离地区、最终进近和起飞区每个入口的几何中心的地理坐标，以度、分、秒为单位；

2 地面通道相应中线点的地理坐标，以度、分、秒为单位（如有）；

3 每个机位的地理坐标，以度、分、秒为单位（如有）；

4 垂直起降场地及附近区域内的障碍物的地理坐标，以度、分、秒为单位；

5 垂直起降场地及附近区域内的障碍物的顶端标高、类型、标志和灯光（如有）。

4.5 消防信息

4.5.1 垂直起降场地应提供消防保障的相关信息，宜以第 15 章所述垂直起降场地消防设施表示。

4.5.2 当垂直起降场地消防保障能力有变更时，应通知有关部门。

5 选址规划

5.1 基本要求

5.1.1 场址应考虑所在地低空空域和低空航线划设的有关要求，应避开各类空中禁区和空中危险区，宜避开各类空中限制区；确保不与有人驾驶航空器航线发生冲突。

5.1.2 场址应当符合所在地低空经济发展规划（基础设施建设类）和相关城市土地利用政策法规的要求，宜接近期建设和远期发展规划需求选址（如有远期需求）。

5.1.3 场址位置应与阵地、靶场等军事设施，核电、大型油库等重要设施，易燃易爆等危险品的生产仓储区域，发电厂、变电站、加油站等公共基础设施，高压线、高层建筑等障碍物保持安全距离，并进行安全运行的风险评估。

5.1.4 场址位置应根据对应中小型无人驾驶航空器的噪音程度，尽量降低对临近学校、医院、居民区等噪声敏感区的影响。

5.1.5 场址应具备引接道路设施的条件，小型、中型垂直起降场宜具备供电、通信等引接条件，枢纽型垂直起降场地宜具备供水、排水排污、供电、通信、消防等公用设施的设置或引接条件。

5.1.6 场址净空条件应满足中小型无人机驾驶航空器的安全起降要求,应尽量选择场地开阔、障碍物较少、无阴影遮挡、光照充足的场址位置实施,尽可能避免或减少净空障碍物处理量。

5.1.7 场址应确保周边通信导航监视信号覆盖良好,满足中小型无人机驾驶航空器飞行要求。

5.1.8 选址时,应收集场址及周边必要的气象数据,避开强风区对中小型无人机驾驶航空器运行的影响。

5.1.9 选址时,应对场址周边进行电磁环境条件评估,避免电磁干扰对于中小型无人机驾驶航空器运行的影响。

5.1.10 中型、枢纽型垂直起降场场地条件应满足中型无人机驾驶航空器安全起降、停放、续航等运行维护需求。

5.1.11 表面型垂直起降场场址宜避开土质疏松、地势低洼区域,避免地质灾害和洪涝灾害造成影响。

5.1.12 场址宜避开鸟类生态保护区、鸟类栖息地及迁徙路径经由地,充分考虑航空器鸟击风险及飞行活动对动物生存环境的影响。

5.1.13 场址宜做好与周边环境的隔离防护措施,确保垂直起降场地的安全。

5.1.14 场址应优先利用已有的空地或未充分利用的土地(表面、高架、水上平台等),减少对土地资源的占用。鼓励在既有住宅、商业楼宇等建筑物屋面设置小型垂直起降场,对既有建筑物结构性能进行评估,确保满足起降场运行需求。

5.1.15 场址面积应根据中小型无人驾驶航空器尺寸、起降定位精度、停机数量,以及垂直起降场规划设计功能类型(小型、中型、枢纽型)确定,应满足无人驾驶航空器起降和运行保障设施的需求。

5.1.16 工程投资应经济合理。。

5.2 应用要求

5.2.1 场址应考虑具体业务应用需求、设计机型性能及使用的限制条件,进行统筹规划,避免出现选址与设计机型适用场景冲突的问题。

5.2.2 场址宜与主要服务对象(医院、物流中心、农场、林区、景区等)距离适中,地面交通接驳便利,以提高运输效率或服务便利性。

5.2.3 针对物流运输应用场景,选址宜靠近城市商业核心区、居民密集居住区、大型物流园区、物流基地、快递分拨中心等,以实现中小型无人驾驶航空器快速响应物流运输需求。

5.2.4 针对应急救援应用场景,选址宜靠近紧急救援响应的核心区域,如医院、消防局、应

急指挥中心或灾害易发地带，确保无人驾驶航空器救援任务的及时性。

5.2.5 针对城市巡检应用场景，选址宜根据电力、交通、环境监测、城市治理等巡检需求，合理规划设置垂直起降场，满足定期、全覆盖巡检需求。

5.2.6 针对农林植保应用场景，选址宜根据农林作业的具体需求，选择代表性强、交通便利的农场或林场作为垂直起降场址。

5.2.7 针对生产作业应用场景，选址宜靠近主要生产作业区域，如工厂、矿区核心作业区、大型建筑工地等，以便于无人驾驶航空器快速响应生产需求。

表 6-1 中小型无人驾驶航空器垂直起降场选址要求

应用场景	选址要求
物流配送	选址宜靠近城市商业核心区、居民密集居住区、大型物流园区、物流基地、快递分拨中心等，以实现中小型无人驾驶航空器快速响应物流运输需求。
应急救援	选址宜靠近紧急救援响应的核心区域，如医院、消防局、应急指挥中心或灾害易发地带，确保无人驾驶航空器救援任务的及时性。
城市巡检	选址宜根据电力、交通、城市治理、环境监测等巡检需求，合理规划设置垂直起降场，满足定期、全覆盖巡检需求。
农林植保	选址宜根据农林作业的具体需求，选择代表性强、交通便利的农场或林场作为垂直起降场址。
生产作业	选址宜靠近主要生产作业区域，如工厂、矿区核心作业区、大型建筑工地等，以便于无人驾驶航空器快速响应生产需求。

5.3 产业要求

5.3.1 针对城市不同应有场景需求，考虑预期运行服务量 and 建设成本效益，合理规划起降场数量，以及相邻起降场之间的安全间隔，场地面积应与各起降场服务半径覆盖范围内预期运行服务量相适应。

5.3.2 地理环境因素

1 在城市建成区范围内，选址应根据城市内房屋建筑高度和密度对无人驾驶航空器信号传输干扰的影响以及对飞行路线的限制，合理确定起降场的空间布局建设数量。

2 在城市建成区范围外，选址应根据平原、山地等地形地貌对无人驾驶航空器信号传输干扰的影响，以及复杂地形对无人机飞行安全区域的限制，合理确定起降场的空间布局建设数量。

5.3.3 服务范围与需求

1 在农林植保领域，起降场选址应靠近农林植保区域，以减少无人机往返作业地点的飞行距离，提高作业效率。需根据农林植保区域面积的大小和分布来确定起降场的建设数量。对于分散且广阔的农林植保区域，应建设多个起降场，确保作业区域全覆盖。

2 在物流运输领域，起降场选址应根据物流业务需求，考虑拟运输的货物类型、业务量等合理规划起降场地数量。对于配送需求频繁的城市中心商务区，宜在合理范围内增加起降场数量，以缩短配送时间。

3 在城市巡检领域，应根据城市的规模和建筑分布情况确定起降场数量。对于建筑分布较为分散的城市，应增加起降场的建设数量，保证巡检效率。

5.3.4 成本效益

1 选址建设应综合考虑起降场建设成本，在满足服务需求的前提下，合理控制建设起降场数量以降低成本。在城市地区，起降场建设成本相对较低；在偏远山区，起降场建设成本相对较高。

2 选址建设应综合考虑人员管理、设备维护等运营成本，在满足服务需求的前提下，应充分发挥每个起降场的利用效率，合理规划建设起降场数量，尽量降低运营管理复杂性和成本。

5.4 数字化辅助选址

5.4.1 场址选址可根据项目情况决定是否采用、全过程采用或选址部分阶段采用数字化辅助选址技术。

5.4.2 数字化辅助选址宜考虑当地空间数据底座建设情况。

5.4.3 场址选址宜借助数字化辅助平台，辅助起降场多点多址综合布局。

5.4.4 数字化辅助平台宜具备飞行航线规划功能，辅助航空器航线三维空间动态规划设计和 管理、空域分析、模拟飞行等。

5.4.5 数字化平台宜具备数据的分级分类、过程管理功能，应保证数据的存储和使用安全。

5.4.6 数字化辅助选址的技术过程和成果应可追溯、可复现。

6 垂直起降场类型

6.1 一般规定

6.1.1 根据建设形式，垂直起降场类型一般分为表面起降场、高架起降场、水上起降场、载具起降场四类。

6.1.2 根据无人驾驶航空器接地和离地区（TLOF）数量，垂直起降场一般分为起降场、起降点两个等级。

6.1.3 中小型无人驾驶航空器垂直起降场项目设施构成包括专用设施设备、配套功能区、消防和救援设施三部分。

表 7-1 中小型无人驾驶航空器垂直起降场基本功能配置

起降设施等级			起降场	起降点
无人驾驶航空器接地和离地区（TLOF）数量			2 个及以上	1 个
1. 专 用 设 施 设 备	安全设施		√	√
	目视助降设施		√	√
	气象设施		√	√
	通讯导航监视设施		√	√
	充放电设施		√	√
2. 配 套 功 能 区	运行管理区		√	▲
	航空器 服务区	停机库	√	▲
		维修保养用房	▲	—
	货运服务区		▲	▲
	交通接驳设施		√	▲
3.消防和救援设施			√	√
注：√配置；▲按需配置；—不配置				

6.1.4 根据应用场景需求，起降场建设形式宜遵循下表要求：

表 7-2 各应用场景起降场建设形式

应用场景	地面起降场	高架起降场	水上平台	载具
农林植保	√	▲	—	√
生产作业	√	√	√	√
应急救援	√	√	▲	√
物流配送	√	▲	▲	—

城市巡检	√	√	—	▲
注：√适宜；▲结合场景需求；—不适宜				

6.1.5 垂直起降场地内应有至少一个航空器接地和离地区，可提供航空器的起降、停放中转和能源补给功能，有条件时提供维修保养功能。

6.1.6 当航空器接地和离地区数量为两个以上时，应设置停机库，具备航空器停放和能源补给功能。结合起降场功能和需求，可设置货运服务区。

6.2 表面

6.2.1 地面垂直起降场为位于地面构筑物上的垂直起降场地。

6.2.2 结合应用场景需求，地面起降场宜与其他用地兼容设置。

6.2.3 地面垂直起降场地的地块面积和建筑工程退让应符合国家和各地方城乡规划技术规定。

6.3 高架

6.3.1 高架垂直起降场地一般为设置在高架构筑物或建筑楼物顶部的垂直起降场地。

6.3.2 结合应用场景需求，高架起降场宜与其他用地兼容设置。

6.3.3 在建筑屋面设置高架垂直起降场地时，垂直起降场地所需的建筑高度应符合国家和各地方对建筑高度的要求，应当根据特殊规定综合确定建筑工程高度，建筑物的地块面积和建筑工程退让应符合国家和各地方城乡规划技术规定。

6.4 水上平台

6.4.1 水上平台是指设置于浮动的或固定的水上设施（如海上油气平台）上的垂直起降场。

6.4.2 水上平台应设置 TLOF 和 FATO，TLOF 应位于 FATO 之内或与 FATO 重合，TLOF 应符合下列要求：

1. TLOF 的位置应避开可能产生湍流等不利环境效应的区域；
2. TLOF 应能承受中小型无人驾驶航空器动力荷载并提供地面效应；
3. TLOF 边线附近不应有固定的物体，因功能要求必须位于 TLOF 内的物体的高度应不超过 2.5cm，且这些物体只有不对中小型无人驾驶航空器运行产生危害时方可存在；
4. TLOF 表面应满足中小型无人驾驶航空器和人员的防滑要求，并应有适当的坡度排除积水或其他液体。

6.5 载具（船上、车上）

6.5.1 船上平台是指设置于船舶上的垂直起降场，车上平台是指设置于车辆上的垂直起降场。

6.5.2 船上平台和车上平台应设置 TLOF，TLOF 应符合下列要求：

1. TLOF 的位置应避开可能产生湍流等不利环境效应的区域；
2. TLOF 应能承受中小型无人驾驶航空器动力荷载并提供地面效应；
3. TLOF 边线附近不应有固定的物体，因功能要求必须位于 TLOF 内的物体的高度应不超过 2.5cm，且这些物体只有不对中小型无人驾驶航空器运行产生危害时方可存在；
4. TLOF 表面应满足中小型无人驾驶航空器和人员的防滑要求，并应有适当的坡度排除积水或其他液体。

7 物理特性

7.1 一般规定

7.1.1 垂直起降场地在同一时间一个最终进近和起飞区内仅允许一架无人驾驶航空器运行。

7.1.2 无人驾驶航空器垂直起降场应平整并确保有效排水，同时不应应对航空器起降或停放产生不利影响。

7.2 最终进近和起飞区（FATO）

7.2.1 垂直起降场应至少设置一个最终进近和起飞区（FATO），FATO 可不必为实体。

7.2.2 FATO 若为实体，FATO 表面应与接地和离地区（TLOF）连续顺接，其承载力应能承受预计荷载。

【条文说明】实体为特定区域表面的物理属性，是相对于空中、水面以及格栅等非实体而言，FATO 可不必为实体，意味着 FATO 的一部分或全部区域可位于空中或水面。

7.2.3 FATO 若为实体，表面应符合下列要求：

- 1 表面应平整、密实、无浮土、浮雪、碎石等杂物。
- 2 可为水泥混凝土道面、沥青混凝土道面、非磁性金属板、碾压过的非铺筑物道面、草地等实体，应根据业务需求、当地气候条件等因素合理选择道面类型，尽量选择经济适用、满足承载力要求、不易产生松散物质的道面类型。

3 表面稳定，不应在旋翼/螺旋桨下洗流的作用下造成表面退化，也不会产生飞散的碎片。

7.2.4 FATO 的形状可以为多边形或圆形，建议优先采用正多边形或圆形。FATO 为圆形时，直径应不小于 1.5D，同时应满足无人驾驶航空器中断起飞需求；FATO 为正多边形时，FATO 尺寸应至少能够内切一个设计机型 1.5D 的圆，同时应满足无人驾驶航空器中断起飞需求，上述 D 应采用预计使用的无人驾驶航空器中的最大值。

【条文说明】考虑中小型无人驾驶航空器相比大型无人驾驶航空器对于场地要求较为宽松，FATO 尺寸由《民用垂直起降场地技术要求》（征求意见稿）规定的 2D 调整为 1.5D。

7.2.5 在设置 2 个及以上 FATO 的垂直起降场中，相邻 2 个 FATO 之间的间距应充分考虑同时运行的无人驾驶航空器旋翼/螺旋桨下洗流、空域等影响，并确保每个最终进近和起飞区的飞行航径不重叠。

7.2.6 除因功能要求需设置于该区内的必要物体外，FATO 内不应有障碍物，位于 FATO 内的必要物体高度不应超过 FATO 表面以上 5cm。

【条文说明】必要物体主要是指目视助航设备（如灯光系统）以及因安全目的而设置的物体（如消防系统）。

7.2.7 当 FATO 为实体时，FATO 的坡度宜不小于 0.5%，各方向的总坡度应不超过 2%。

7.2.8 FATO 所处位置应尽量避免可能对无人驾驶航空器运行造成不良影响的周围环境（包括湍流）。

【条文说明】高架垂直起降场地要规避擦窗机、空调外机、排风机等设备。

7.2.9 FATO 的位置和进离场方向宜尽量减小对邻近噪声敏感区的干扰。

7.3 接地和离地区（TLOF）

7.3.1 垂直起降场地应至少设置一个接地和离地区（TLOF），TLOF 应位于 FATO 之内或与 FATO 相重合，宜设置于 FATO 正中，其表面应与 FATO 连续顺接。

7.3.2 TLOF 表面应能承受无人驾驶航空器起降的动力荷载，同时设计中还应考虑由人员、货物、场地维护设备等产生的附加荷载。

7.3.3 TLOF 的表面应符合下列要求：

1 表面应平整、密实、无浮土、浮雪、碎石等杂物。

2 可为水泥混凝土道面、沥青混凝土道面、非磁性金属板、碾压过的非铺筑物道面、草地等实体，应根据业务需求、当地气候条件等因素合理选择道面类型，尽量选择经济适用、满足承载力要求、不易产生松散物质的道面类型。

3 表面稳定，不应在旋翼/螺旋桨下洗流的作用下造成表面退化，也不会产生飞散的碎片。

7.3.4 TLOF 尺寸应至少能够内切一个设计机型 1.0D 的圆，同时应满足无人驾驶航空器中断起飞需求，上述 D 应采用预计使用该 TLOF 的无人驾驶航空器中的最大值。如图 8.3.5 所示。

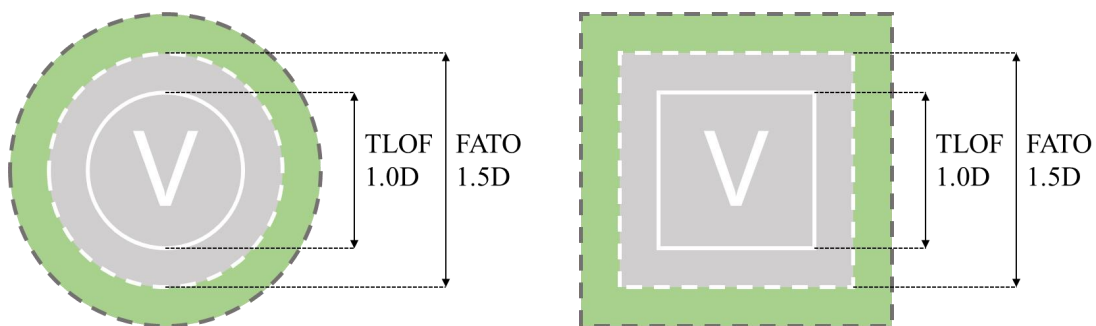


图 8.3.4 TLOF 与 FATO 的位置关系图

7.3.5 除因特定功能需要而设置在 TLOF 内的物体，TLOF 内不应有障碍物，如果位于 TLOF 内的必要物体高度不超过 2.5cm 且边缘具有倒角，同时不对无人驾驶航空器运行构成危险，则可不被视为障碍物。

7.3.6 TLOF 的坡度宜不小于 0.5%，各方向的总坡度应不超过 2%，且应在坡度设置上与 FATO 保持一致。

7.3.7 TLOF 表面应有足够的摩阻性能，以避免无人驾驶航空器滑移和人员滑倒。

7.4 安全区

7.4.1 在 FATO 周围应设置安全区，安全区可不必为实体。如为实体时，其表面应与 FATO 连续顺接，能抵抗旋翼/螺旋桨下洗流的作用并确保有效排水。

7.4.2 安全区应从 FATO 的四周至少向外延伸 1.5m 或 0.5D 的距离（两者中取较大值）。上述 D 应采用预计使用的无人驾驶航空器中的最大值。如图 8.4.2 所示。

【条文说明】考虑中小型无人驾驶航空器相比大型无人驾驶航空器对于场地要求较为宽松，安全区尺寸由《民用垂直起降场地技术要求》（征求意见稿）规定的从 FATO 四周至少向外延伸 5m 或 0.5D 调整为 1.5m 或 0.5D 的距离。

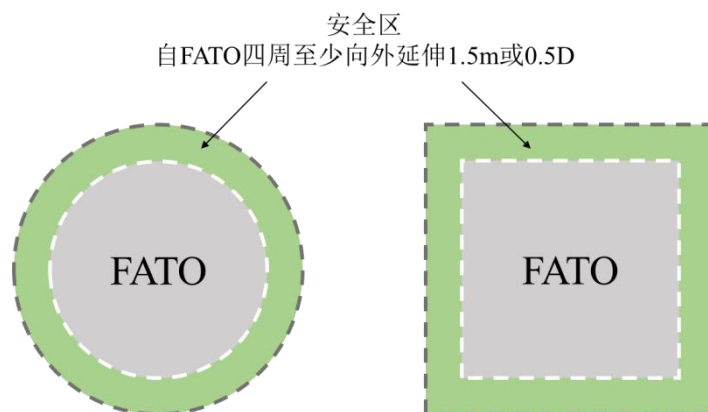


图 8.4.2 FATO 的安全区示意图

7.4.3 除因功能要求必须设置于安全区内的物体外，在安全区内不应有障碍物，在无人驾驶航空器运行期间，安全区内不应有移动的物体，因功能要求必须设置于安全区内的物体，不应超过以 FATO 边界上方 25cm 高度为底边、向外升坡为 5% 的斜面。如图 8.4.3 所示。



图 8.4.3 因功能要求设置于安全区内物体的限高示意图

7.5 作业区

7.5.1 垂直起降场可根据运行需求设置作业区，供除无人驾驶航空器进近和起飞以外的必要作业。

7.5.2 作业区的位置应尽量避免无人驾驶航空器下洗流的影响，保障作业安全。

7.5.3 作业区的尺寸可根据作业需求综合确定。

7.6 机位

7.6.1 垂直起降场可根据运行需求、业务类型等设置机位。机位的位置应尽量避免无人驾驶航空器下洗流的影响，保障人机安全。

7.6.2 机位的最小尺寸应符合下列要求：

1 基于 D 值的无人驾驶航空器机位尺寸，能包含一个直径不小于 $1.2D$ 的圆， D 应采用预计使用该机位的无人驾驶航空器中的最大值。

2 可以根据无人驾驶航空器的几何形状，结合运行方式设计基于几何形状的无人驾驶航空器机位尺寸。

3 相邻两个机位之间的距离应满足机坪作业的要求，同时不影响位于机位上的无人驾驶航空器安全停放。

【条文说明】考虑中小型无人驾驶航空器相比大型无人驾驶航空器对于场地要求较为宽松，机位尺寸由《民用垂直起降场地技术要求》（征求意见稿）规定的能包含一个直径不小于 $1.5D$ 的圆调整为能包含一个直径不小于 $1.2D$ 的圆。鉴于目前无人驾驶航空器在设计构形上尚不统一，随着技术的发展，会逐渐出现一批突破常规构形的无人驾驶航空器，如果实际可行，机位也可以根据无人驾驶航空器的几何形状进行设计。

7.6.3 机位的表面应能承受预计使用该机位的无人驾驶航空器的荷载、应有足够的摩阻性能

以避免无人驾驶航空器滑移或人员滑倒、应能确保有效排水。

7.7 地面通道

7.7.1 垂直起降场可根据运行需要，在 FATO、机位和机库之间设置地面通道，供无人驾驶航空器通过转运装置进行地面移动。

7.7.2 地面通道上及两侧区域不应有妨碍无人驾驶航空器正常通行的障碍物。

7.7.3 地面通道的宽度应不小于地面移动设备最大轮外侧间距的 2 倍。

7.7.4 地面通道的表面应平整，且能承受预计使用该通道的无人驾驶航空器和设备的运行荷载。

7.8 机库

7.8.1 起降场机库一般可分为存放机库、维修机库，存放机库可兼做维修机库，机库结构宜考虑抗风、防降水设计，在机库内可布置航材存放设施，应满足航材对存储温度、电磁或湿度等环境的要求。

7.8.2 机库尺寸内部空间应满足设计机型的存放要求，机库面积视拟停放的无人机数量确定，单独设置充放电设施的，应满足消防要求。

7.8.3 有维修功能的机库，应结合机型设置维修作业面积，作业空间间距不小于 1.2 米，必要时，可设置便于维修的吊放装置等。

8 障碍物限制

8.1 障碍物限制面

8.1.1 为保证垂直起降场地能够安全运行，规定了障碍物限制面用以限制起降场地及其周围物体的高度。

8.1.2 若使用垂直起降程序，起降场地上方应建立无障碍空间（OFV），提供垂直起降的净空保护。

1 无障碍空间（OFV）是通过将安全区的外边线向上延伸至某一高度，以提供类似锥形的无障碍空间。

2 无障碍空间不应被障碍物穿透。

8.1.3 OFV 考虑了 VTOL 飞机垂直起降的特性。OFV 是一个从 FATO 向上延伸的空间，这个空间随高度上升逐渐扩大，形成一个漏斗形。在特定高度上，空间的宽度会根据飞机的运行参数进行调整。

8.1.4 OFV 的尺寸与机场适用的飞机参数有关，见表 9.1-1 和图 9.1-1。

表 9.1-1 起降程序参数表

参数	描述
h_1	低空悬停高度
h_2	高空悬停高度
TO_{width}	h_2 处宽度
TO_{front}	h_2 处的前部距离
TO_{back}	h_2 处的后部距离
$FATO_{width}$	FATO 宽度
$FATO_{front}$	FATO 处的前部距离
$FATO_{back}$	FATO 处的后部距离
θ_{app}	进近面的坡度
θ_{dep}	离场面的坡度

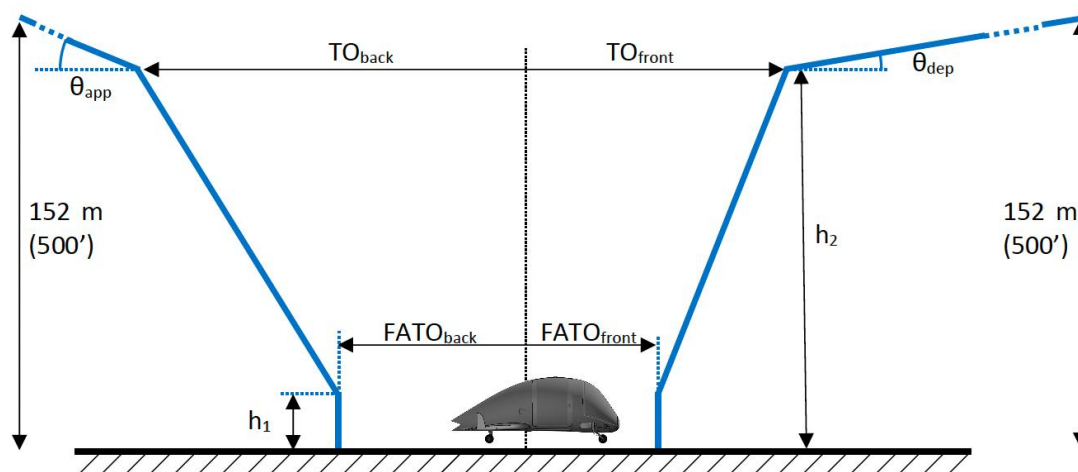


图9.1-1 通用垂直起降程序参数示意

8.1.5 OFV 的尺寸与机场适用的飞机参数有关，见表 9.1-1 和图 9.1-1。

8.1.6 OFV 的构建，是从安全区域（SA）的外侧边缘垂直向上延伸至高度 h_1 ，再从高度 h_1 处的边缘然后线性向上延伸至高度 h_2 形成一个漏斗形的空间。在高度 h_2 处，VTOL 程序空间的每侧增加 $0.5 D$ ，使得在高度 h_2 处的无障碍体积的尺寸为：以 FATO 中心为基准，长度为飞机后部的长度 ($TO_{back} + 0.5 D$) 和飞机前部的长度 ($TO_{front} + 0.5 D$)，宽度为 ($TO_{width} + 1 D$)。

注意：对于机场特定的条件（例如严重的气动影响），可使用更大的 SA。

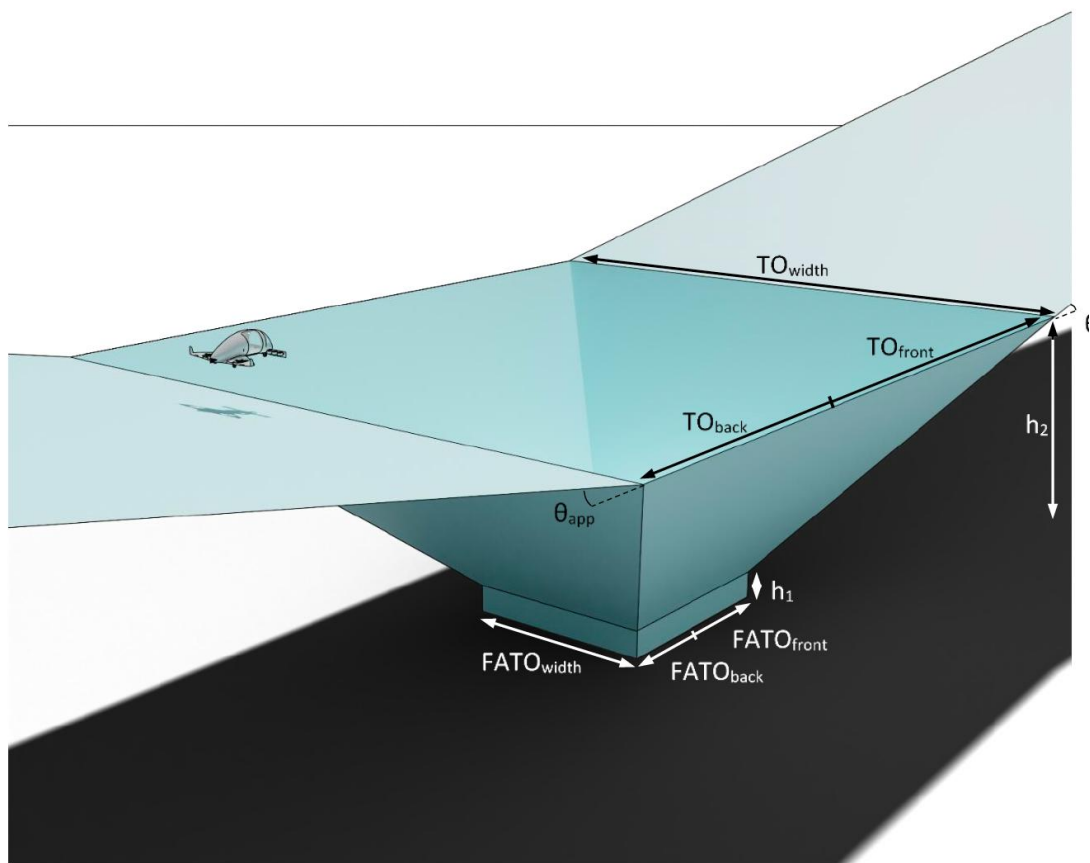


图 9.1-2 垂直起降程序空间示意

8.1.7 垂直起降程序所定义的程序的参数必须满足表 9-1-12-2 的要求。

表 9.1-2 垂直起降程序参数范围

参数	描述
h_1	-
h_2	$\geq h_1$
TO_{width}	$\leq 5D$
TO_{front}	$\leq 5D$
TO_{back}	$\leq 5D$
$FATO_{width}$	$\geq 1.5D$
$FATO_{front}$	$\geq 0.75D$
$FATO_{back}$	$\geq 0.75D$
θ_{app}	$\geq 4.5\%$
θ_{dep}	$\geq 4.5\%$

8.1.8 进近/起飞爬升面是一个倾斜的平面或涉及转弯情况下的一个复合面。从内边以斜坡向上，并以 FATO 中线的延长线为中线，如图 9.1-3、9.1-4 所示，进近/起飞爬升面的界限包括：

1 一条内边：垂直于进近面中线的一条水平线，最小宽度和位置应符合下列要求：

1) 当不设置 OFV 时，安全区外边线或内切圆边上，最小宽度为 FATO 的宽度或直径加

安全区的宽度；

2) 当设置 OFV 时，在 OFV 顶端外切矩形的一条边上，最小宽度为 OFV 顶端外切矩形的宽度。

2 两条侧边：自内边的两端起，从包含 FATO 的中心线的垂直面按规定斜率向外扩散，或达到规定宽度后平行延伸至规定的进近/起飞爬升面长度

3 一条外边：垂直于进近/起飞爬升面中线，位于 FATO 标高以上规定高度的一条水平线。

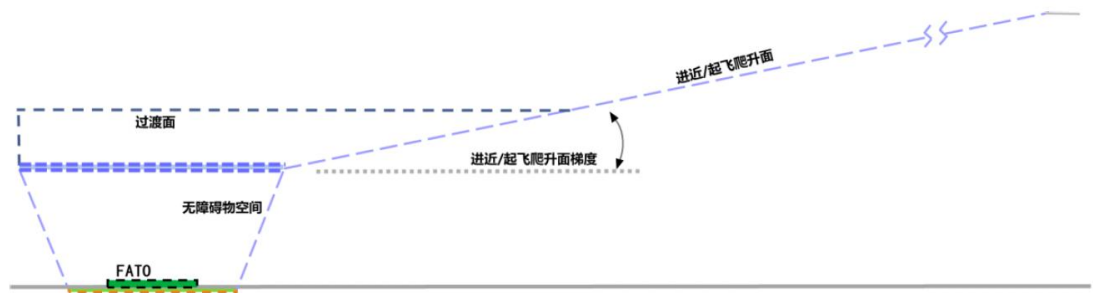


图 9.1-3 垂直起降长笛障碍物限制面示例（剖面图）

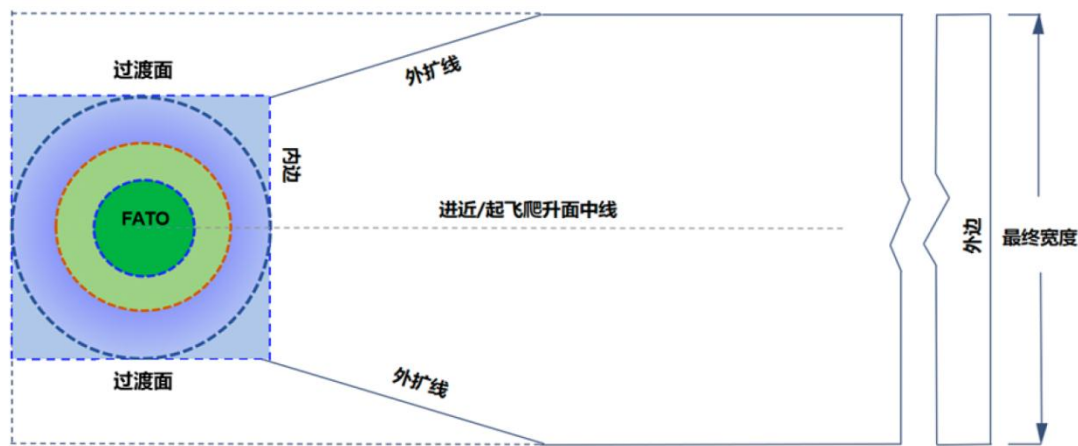


图 9.1-4 垂直起降场地障碍物限制面示例（俯视图图）

8.1.9 进近/起飞爬升面内边的标高应符合下列要求：

- 1 当不设置 OFV 时，应为 FATO 在内边与进近/起飞爬升面中线延长线的交点处的标高；
- 2 当设置 OFV 时，应为 OFV 顶端的标高。

进近/起飞爬升面的坡度应在包含进近面中线的铅垂面内度量。

8.1.10 在带有转弯的进近面的情况下，进近/起飞爬升面应是一个复合面，该面内与进近/起飞爬升面中线垂直的法线均应水平，且中线的坡度应与直线进近面的坡度相同。

8.1.11 过渡面是沿 OFV 顶端外切矩形的边线和部分进近/起飞爬升面边线向上、向外倾斜到

某一高度的一个复合面，如图 9.1.8-1 和 9.1.8-2 所示，过渡面的界限应包括：

1 一条底边：从进近/起飞爬升面侧边某一规定高度开始，沿进近/起飞爬升面侧边向下延伸至进近/起飞爬升面内边，起飞爬升面内边，再从该处沿 OFV 顶端外切矩形边线到 OFV 的另一侧。

2 一条顶边：：OFV 顶端标高以上某一规定高度。

8.1.12 过渡面底边上任一点的标高应符合下列要求：

1 当该点处于进近/起飞爬升面侧边时，应为该点处进近/起飞爬升面的标高；

2 当该点处于 OFV 顶端外切矩形边线上时，应为 OFV 顶端的标高。

8.1.13 过渡面的坡度应在与 FATO 中线成直角的铅垂面内度量。

8.2 障碍物限制要求

垂直起降场地的障碍物限制应符合下列要求：

1 应设置下列障碍物限制范围：

——起飞爬升面

——进近面

——OFV（根据场地条件及运行需求设置）

——过渡面(当设置 OFV 时)

2 垂直起降场地宜至少设置两个进近/起飞爬升面，中线夹角宜不小于一定夹角，以避免顺风情况，并最大限度减少侧风情况和允许中断着陆，如果只提供一个单一的进近和起飞爬升面，则应开展航行研究，研究至少应考虑如下因素：

1) 飞行路线下方的地域及地形；

2) 起降场地周围的障碍物环境以及是否存在至少一个侧向保护斜面；

3) 拟用 VCA 的性能和运行限制；

4) 包括盛行风在内的当地气象条件。

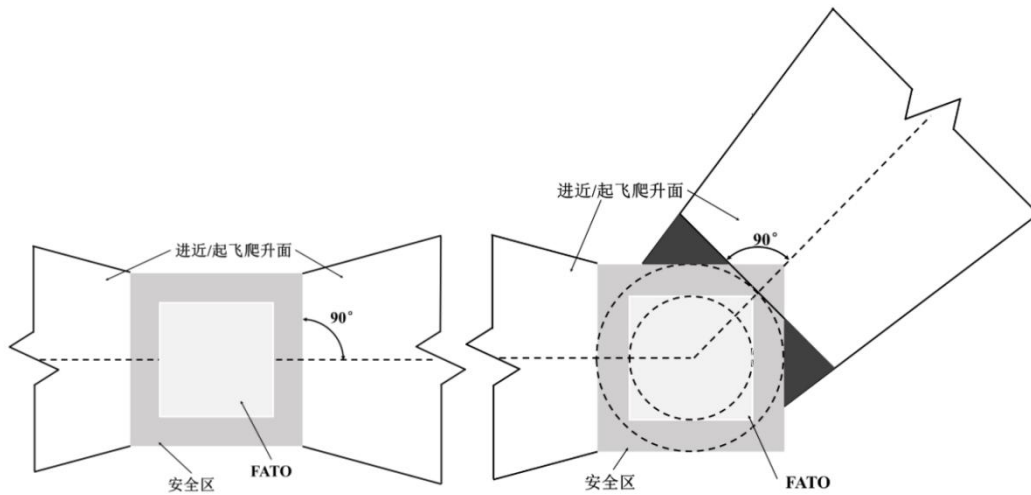


图 9.2-1 进近/起飞爬升面起始端形式

8.2.1 垂直起降场地的障碍物限制面、无障碍空间的具体参数，需要结合拟使用的最大机型，参考 VCA 飞行操作手册(FOM)，并根据 VCA 的垂直起降环境和垂直起降能力进行设计。

9 标志与标志物

9.1 作业区域标志

9.1.1 如涉及多架无人驾驶航空器作业，应划定作业区域，满足无人驾驶航空器除起降、降落外的作业工序。

9.1.2 作业区域边缘应设置边界标志，边界标志建议参考图 10.1-1。

9.1.3 若分别设置起飞区域与降落区域，起飞区和降落区的标志颜色应加以区分。

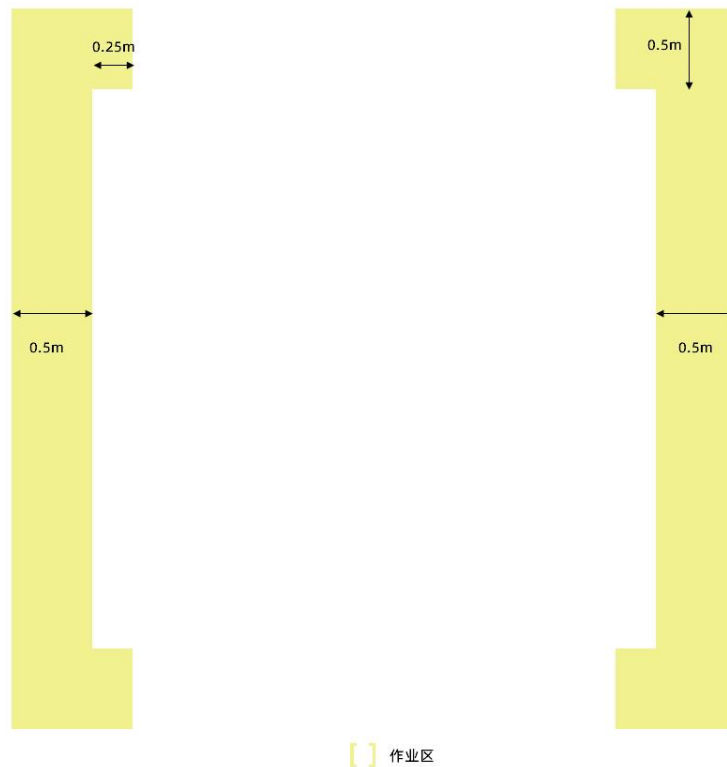


图 10.1-1 起降场作业区域示意图

9.2 TLOF 标志

9.2.1 TLOF 边缘应设置 TLOF 边界标志。

9.2.2 TLOF 边缘标志应采用连续实线，颜色与背景对比明显，线宽不小于 0.3 m。

9.3 FATO 标志

9.3.1 FATO 边缘应设置 FATO 边界标志。

9.3.2 边缘标志的宽度和长度应分别为 0.3 m 和 1.5 m，相邻标志或标志物之间的间隔应不小于 1.5 m、不大于 2 m，颜色与背景对比明显。如 FATO 为四边形，各角点上应设置标志。

9.3.3 FATO 和 TLOF 重合时，可仅设置 TLOF 边界标志。

9.4 起降场识别标志

9.4.1 起降场宜设置为正方形或圆形，尺寸可参考图 10.4-1。

9.4.2 无人驾驶航空器起降场应设置起降场识别标志，识别标志应设置在 TLOF 的中心。

9.4.3 无人驾驶航空器起降场识别标志宜采用白色字母“V”表示。

9.4.4 起降场识别标志应根据 D 值大小选择合适的设计尺寸，但不应与 TLOF 标志接触和重叠。

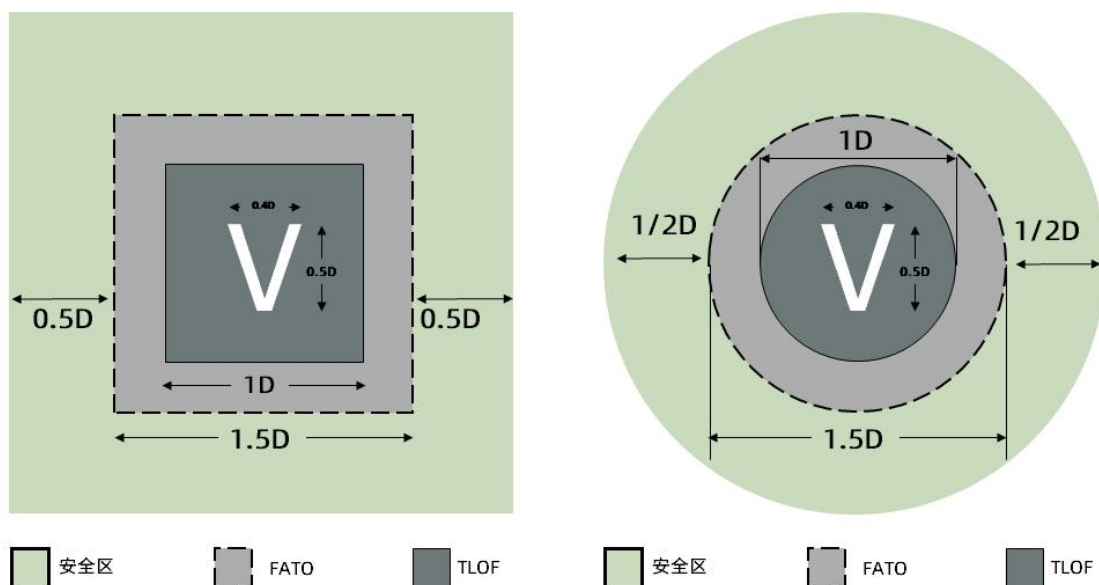


图 10.4-1 起降场标志分布示意图

9.5 精准降落标志

9.5.1 垂直起降场可根据使用机型的运行需求设置精准降落标志，用于复杂环境下辅助无人驾驶航空器降落，精准降落标志应设置在 TLOF 的中心，若设置精准降落标志，可不另设起降场识别标志，详见 10.5-1。

9.5.2 精准降落标志应根据 D 值大小选择合适的设计尺寸，但不应与 TLOF 标志接触和重叠，具体建议参考图 10.5-2。

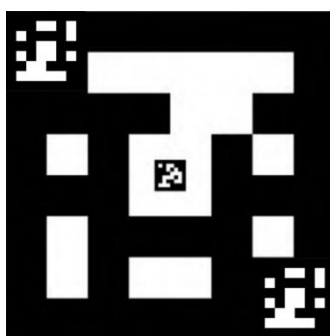


图 10.5-1 精准降落标志

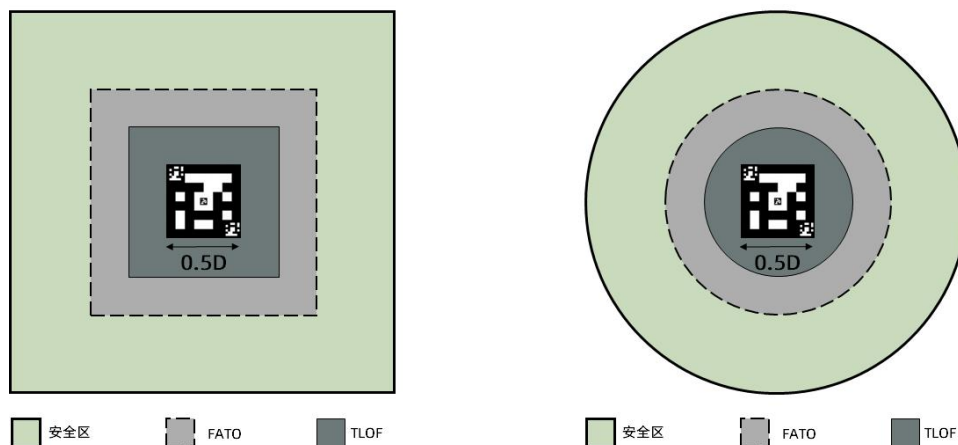


图 10.5-2 不同 D 值下的精准降落标志设计示意图

10 助航灯光和照明设施

10.1 一般规定

10.1.1 中小型无人驾驶航空器垂直起降场应配置符合安全飞行要求的助航灯光和照明设施，宜满足以下要求：

10.1.2 针对用于夜间飞行的垂直起降场，应提供适用于夜间条件的有效灯光系统，中小型无人驾驶航空器应具备必要的夜间灯光识别能力。当灯光拟用于非夜间（即日间或曙暮光）条件时，必要时应使用适宜的亮度控制设备，以保持目视信号的有效性。

10.1.3 垂直起降场附近可能产生直接或反射眩光而危及飞行安全的、可能引起混淆的非航空地面灯应予以熄灭、遮蔽、移位或采取其他措施以保障运行安全；危及飞行安全的激光发射应加以限制。

10.1.4 立式灯具应符合易折性要求，嵌入式灯具的承载力应满足使用要求。

10.1.5 立式灯或嵌入灯应满足现场起飞区安装需求。

10.1.6 位于船舶航行水域附近的垂直起降场和水上平台垂直起降场的航空地面灯的设置不应使海员产生混淆。

10.1.7 助航灯光和照明设施应具有一定的抗冲击、防雷电、耐日晒、抗雨雪能力，应可抵抗恶劣天气的侵袭。

10.1.8 如无人机使用夜视成像系统，宜评估该系统与无人机机场灯光的兼容性。

10.2 FATO 边界灯

10.2.1 供夜间使用的表面垂直起降场地，如设有实体的 FATO 时，应设置 FATO 边界灯，并宜满足以下要求：

10.2.2 FATO 边灯应沿 FATO 边线外围设置，且间隔均匀，如该区为正方形或长方形，每边应设置不少于 3 个灯，其中包括每个拐角处的 1 个灯；如该区为圆形，均匀分布，最少应设置 6 个灯。

10.2.3 FATO 边界灯应为恒定发白光的全向灯。灯的光强需要调节时，应发出可变白光。

10.2.4 灯的高度应不超过 25cm，当高出表面的灯会危及无人驾驶航空器运行时，应采用嵌入式灯。

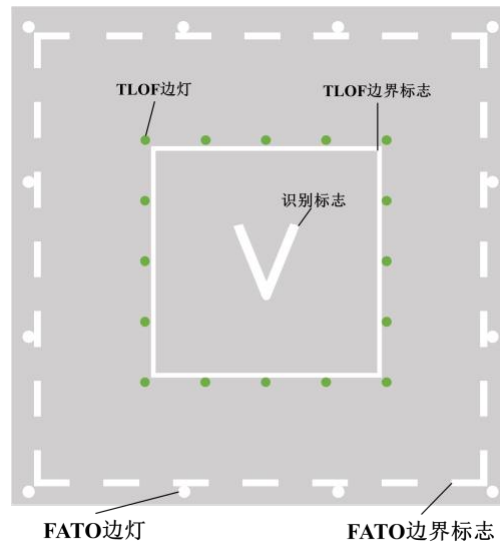


图 11.2-1 FATO 边灯示意图

10.3 TLOF 边界灯

10.3.1 TLOF 边灯应沿 TLOF 边线设置，且间隔均匀，如该区为正方形，每边应设置不少于 3 个灯，其中包括每个拐角处的 1 个灯；如该区为圆形，均匀分布，最少应设置 6 个灯。

10.3.2 TLOF 边灯应是发绿色光的固定式全向灯，高度应符合下列要求：

1) 对于表面和高架垂直起降场地，位于 FATO 的 TLOF 边灯高度应不超过 5cm，当高出表面的灯会危及无人驾驶航空器运行时，应采用嵌入式灯；

2) 对于垂直起降水上平台和船上垂直起降场地，TLOF 边灯高度应不超过 5cm；或当 TLOF 与 FATO 重合时，TLOF 边灯高度应不超过 10cm。

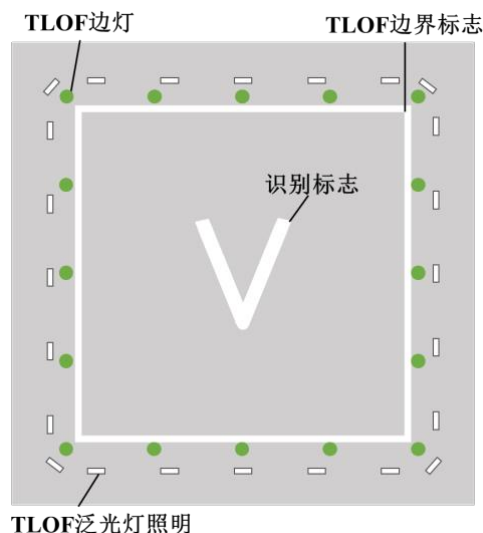


图 11.3-1 TLOF 边灯示意图

10.4 起降场泛光照明

10.4.1 供夜间使用的无人驾驶航空器机位，应根据运行需要设置泛光照明。

10.4.2 泛光灯应提供足够的水平和垂直照度，以确保飞行器依据可辨别的目视信号进行必要的机动和定位，以及在不危及人员或设备的情况下飞行器周围的作业。

10.4.3 泛光灯的设置应对飞手等操作人员产生的眩光降到最低，其排列和方向宜使飞行器机位从两个或两个以上的方向接收到光源，以使阴影减至最小。

10.4.4 起降场泛光灯的色温和显色性应使表面标志和障碍物标志能得到正确辨别。

10.4.5 起降场泛光照明灯的高度应满足无人驾驶航空器安全起降要求。

11 安全保卫设施

11.1 安全网

11.1.1 直起降场设置在高架构筑物、建筑物顶部屋面、浮动或固定水面平台设施上时，应安装安全网。

11.1.2 安全网设置安装应符合下列要求：

- 1 由网架、网片等结构组成，可采用固定式安装和可收放式安装。
- 2 宜采用高强度、防腐蚀材料，应具备抗风、抗紫外线的特性。
- 3 需能够承受一定重量和冲击力，防止无人机在紧急情况下坠落
- 4 网格间距应控制在无人机最小部件无法通过的尺寸。
- 5 安全网的设置应确保落入的人或物不致被弹出安全网或安全架区域，各网架与水平

面夹角宜为 10°。

11.2 安全围栏

11.2.1 对于布局在城市商业区或居民区的中大型起降场，应该与周边的公共或民用设施隔离，应构建安全围栏，防止人员、动物等地面移动物体的进入。

11.2.2 安全围栏的范围、布置位置和高度应根据起降场最大容许的航空器的指标设置，满足航空器的起降和运行安全要求。

11.2.3 安全围栏可采用固定式或移动式栏杆，移动式栏杆宜考虑在强风和中小型无人驾驶航空器下洗流作用下不发生移动。

11.3 入侵报警系统

11.3.1 对于非临时的中大型的航空器起降场，航空器起降点的围界周边应该配套入侵预警系统。

11.3.2 垂直起降场宜部署入侵监测设备和入侵报警系统，对垂直起降场的各个关键区域进行实时监测。

11.3.3 系统支持对现场监测设备的智能管理，具备远程控制、误报去除、报警联动、定位报警、声音报警、录像及抓图、记录存储、自诊断功能。

11.3.4 系统应支持与通信系统联动、门禁联动、预案联动。

11.3.5 系统可配套的移动客户端 APP 应用。

【条文说明】中小型无人驾驶航空器起降场航空器的数量、应用场景、应用范围等不同，对起降场设施要求也不同，具体由建设及运维部门根据需求确定视频监控系统功能。

11.4 视频监控系统

11.4.1 对于非临时的中大型的航空器起降场，航空器起降点的围界周边应该配套视频监控系统。

11.4.2 在起降场内外关键区域宜安装高清视频监控摄像头，实现全方位的监控覆盖。

11.4.3 视频监控系统宜具备夜视、移动侦测、录像存储和远程查看功能。

11.4.4 视频监控系统宜具备广视角和高分辨率成像、全天候成像、低延迟实时监控、智能备份、故障诊断、用户管理功能。

11.4.5 系统具备稳定的传输网络，支持多终端接入，存储容量满足使用需求。

【条文说明】中小型无人驾驶航空器起降场航空器的数量、应用场景、应用范围等不同，对起降场设施要求也不同，具体由建设及运维部门根据需求确定视频监控系统功能。

12 起降场运营管理中心

12.1.1 对于在一定区域范围内、多个联合运行的垂直起降场，为统筹起降场运行，提升运营效率，降低运营风险，宜设置起降场运营管理中心。

12.1.2 起降场运营管理中心宜具备指挥室、机房、指挥大屏等设施，支持与起降场分离建设。

12.1.3 起降场与运营管理中心应支持实时数据传输。

12.1.4 起降场运营管理中心应设置运营管理平台，运营管理平台根据运营需要可包含以下功能：

1 标准化的起降场管理。通过该平台，能够实时获取到起降场内的无人驾驶航空器、起降场设备、环境信息、进离场航路等关键信息，从而有效保障无人驾驶航空器进离场的安全有序作业。

2 远程指挥起降场内设施的功能，应支持远程调度、指令下达和应急处理，确保运营过程的安全性和高效性。

3 远程监控起降场内进离场和停靠的无人驾驶航空器，获取起降场实时监控画面，并可以管理相关运行人作业情况。

4 对进离场资源管理，可以实时了解起降场内进离场航线、垂直起降通道以及起降场内各类标识物的占用情况。

5 支持多源数据接入，实时整合多种感知设备的数据，如气象站、助航灯光和照明设施、高清监控设备，确保对起降场内外环境的全面感知。

6 应急调度方案，实时更新现场数据，对紧急事件及时调度无人驾驶航空器进行起降。

7 无人驾驶航空器运行人接入，采用统一数据格式标准化，运用行业标准的通信协议。

8 数字底座为起降场运营管理平台提供高精度三维模型、动态渲染、航线格式等技术支撑，提升垂直起降场的可视化与管理能力。

13 其它专用设施设备

13.1 气象设施

13.1.1 服务于中小型无人驾驶航空器垂直起降场的气象设施应兼顾低空运行的经济性和安全保障需求，体现中小型无人驾驶航空器垂直起降场气象保障需求的多样性、兼顾气象保障需求的复杂性和特殊性，可根据中小型无人驾驶航空器垂直起降场的微气象条件和垂直起降场运行能力的等级分类建设相应的气象设施。

13.1.2 对低空微气象条件复杂和运行等级分类高的中小型无人驾驶航空器垂直起降场应具

备基本气象要素的观测能力、低空空间风场和空间能见度观测能力和雷电预警能力，且尽可能满足气象观测的多参数化和集成化。集成的系统应尽可能多的包含如下观测模块。

13.1.3 多气象参数自动观测模块（类似于民航的自动观测系统）

多气象参数自动观测模块能自动采集垂直起降场固定点的温度、气压、湿度、风向风速信息，并实时传输至垂直起降场的数据管控平台。

13.1.4 空间风场观测模块

空间风场观测模块（如小型激光雷达和风廓线）能探测垂直起降场附近垂直方向和航道斜程的空间风场信息，并实时传输至垂直起降场的数据管控平台，给出中小型无人驾驶航空器的低空风切变和湍流告警。

13.1.5 空间能见度观测模块

空间能见度观测模块（如小型激光能见度仪器）能探测垂直起降场附近垂直方向和斜程的能见度信息，并实时传输至垂直起降场的数据管控平台，提供无人驾驶航空器的起降决策和流量管理。

13.1.6 雷电探测预警模块

雷电探测预警模块能有效探测垂直起降场及附近空域电场强度变化，并实时传输至垂直起降场的数据管控平台，给出雷电活动的预警。

13.2 通信导航设施

13.2.1 通信导航设施的规划与管理

1 通信导航设施的规划应与国家和民用航空的相关规定保持一致，包括无线电频率、呼号、地址等代码资源的管理。

2 通信导航设施的规划选址可遵循资源共享原则，优先使用已完备的电力、网络、场地等配套设施资源。

3 新技术应用前应进行验证，确保技术、设备、系统的安全性和可靠性。

13.2.2 通信设备

1 起降场应配备可靠的通信设备，频率覆盖范围应该符合《民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法》规定的通信频段，确保与航空器之间的有效通信。

2 通信设备应具备清晰的视频传输质量，信号稳定，抗干扰能力强。

3 应配备备用通信设备，以应对主设备故障情况，确保在任何时候都能保持通信畅通。

4 通信设备应具备备用电源系统，已应对突发的电源故障，确保无人驾驶航空器正常通

信。

13.2.3 导航设施

- 1 安装精确的全球导航卫星系统（GNSS）接收设备，为航空器提供准确的位置信息。
- 2 对于有特殊需求的起降场，可以考虑增设单北斗地基增强基站等高精度导航设施，以提高航空器进近和着陆的安全性。
- 3 导航设施应定期进行校准和维护，确保其准确性和可靠性。

13.2.4 设施设备及其电磁环境保护

- 1 通信导航监视设施设备及其电磁环境应得到保护，避免任何可能的干扰。
- 2 应建立必要的防护措施，确保设施设备的正常运行。

13.2.5 运行监控与维护

- 1 应具备通信导航监视设备运行监控手段，对设备运行进行实时有效的监控，及时发现并处理设备故障。
- 2 监控系统应具备报警功能，当设备出现异常情况时，能够及时发出警报，通知相关人员进行处理。
- 3 定期对监控系统进行维护和升级，确保其正常运行和功能的不断完善。
- 4 通信导航监视运行保障单位应建立设备维护和维修管理制度，确保设备安全正常运行。

13.2.6 信息引接管理

- 1 应建立通信导航监视信息引接管理制度，确保信息的安全使用。

13.2.7 应急管理

- 1 应建立设备重大故障应急管理机制，明确应急处置工作程序。

13.2.8 物理特性

- 1 起降场地的通信设备设计需考虑物理特性，如安装位置、设备挂高等，应与障碍物限制面的设计统筹考虑，确保起降场地及其周围地区物体的高度限制，以保证飞行安全。

13.3 能源设施

13.3.1 垂直起降场应根据中小型无人驾驶航空器运行需求配备供电设施或其他能源供应设施。

13.3.2 供电接口的位置宜在起降场边缘或机位、机库附近，供电电压、最大供电功率应满足预计将使用该垂直起降场的中小型无人驾驶航空器的实际需求。

13.3.3 垂直起降场地的供电系统设计应以所在地区电力系统现状及发展规划为依据,经技术经济论证,合理确定供电方案。

1 当场地周边具备接引外部电源供电条件时,应优先采用外部电源供电方案。

2 当采用外部电源供电经济性较差,且场地供电需求较小时,可采用离网型光伏发电系统及储能系统供电方案。

3 当采用外部电源供电经济性较差,且场地供电需求较大时,可采用柴油发电机组供电方案。

13.3.4 垂直起降场地电力负荷应为三级负荷。供配电系统应符合现行国家标准《供配电系统设计规范》GB50052 的有关规定,且应符合下列要求:

1 供配电系统应满足现行国家标准《20kV 及以下变电所设计规范》GB50053 的相关规定,并适当预留扩容空间;

2 当充电设备总安装容量较大且布置相对集中时宜单独设置变压器;

3 低压配电系统接地型式宜采用 TN-S 系统;

4 容量较大或重要的用电设备,宜采用放射式供电;

5 充电设备的配电回路不应接入与其无关的用电设备。

13.3.5 垂直起降场地低压配电系统的设计应符合下列要求:

1 设有电气火灾监控系统的附属建筑,充电设备配电系统应设电气火灾监控装置;未设电气火灾监控系统的建筑,应设置防止电气火灾的剩余电流保护,动作电流宜在 300mA~500mA;

2 充电设备配电系统三相负荷不平衡度应满足相关规范的规定;

3 低压配电设备及线路的保护应满足现行国家标准《低压配电设计规范》GB50054 的相关规定。

13.3.6 向末端充电设备供电的配电回路应具有短路、过载保护和剩余电流保护功能,剩余电流保护的额定动作电流不应大于 30mA。

13.4 系留设施

13.4.1 高架垂直起降场、机位等可根据无人驾驶航空器安全停放需要设置系留装置,使用系留索具与航空器机身系留座连接,防止无人驾驶航空器移动或被风吹动,减少潜在的事故风险。

13.4.2 机位可根据无人驾驶航空器安全停放需要设置系留装置,防止无人驾驶航空器在机位

上移动或被风吹动，减少潜在的事故风险。

13.4.3 系留装置的设计不得影响航空器正常起降，宜设计为嵌入式安装的方式。

14 消防措施

14.1 一般规定

14.1.1 本章规定适用于中小型无人驾驶航空垂直起降场的响应区内发生的失事或事故的救援和消防，不适用于大型无人机操作区以及响应区之外的救援和消防。

14.1.2 实施事故救援与消防应保证救援和消防人员数量充足、设备有效，相关人员受过训练并配备防护性装备，能够快速投入使用。

14.2 消防设施

14.2.1 垂直起降场地宜提供泡沫灭火剂和水基灭火剂为主要灭火剂，宜配备消防沙和冷却系统等消防设施。消防设施设置要求应符合《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）、《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116-2013）等规定的要求。

14.2.2 灭火剂的灭火型式、流量或强度、持续时间等相关设计参数应根据起降场地规模确定。

14.2.3 当主要灭火剂以喷雾方式覆盖时消防实际关键区域面积为垂直起降场内包括 TLOF 以及承重的 FATO 区域的面积。

14.2.4 使用消防沙进行电池灭火时，应尽可能地覆盖火源，并确保完全覆盖电池，以防止电池内部的化学反应继续产生热量并引发火灾。

14.2.5 灭火器应放在垂直起降场起飞区的临近处。救援器材宜存放在有明确标记的专用消防器材柜/箱中。

14.2.6 机库与甲类仓库的防火间距不应小于 20m。机库贴邻建造时，应采用防火墙分隔。

14.2.7 当机库设置在屋面平台上时，距离设备机房、电梯机房、水箱间、公用天线等突出物的防火间距不应小于 5m。

14.2.8 机库地面装修材料的燃烧性能不应低于 B1 级，处于室内环境时，顶棚和墙面内部装修材料的燃烧性能均应为 A 级。机库的外围护结构、内部隔墙和屋面保温隔热层，均应采用燃烧性能为 A 级的材料。

14.3 消防疏散通道

14.3.1 垂直起降场地应设置一个主要消防疏散通道和至少一个辅助消防疏散通道，主要消防疏散通道和辅助消防疏散通道的设置应在实际可行的范围内相距尽可能远。

14.3.2 消防疏散通道的宽度宜确保人员快速有效地移动，并便于操作消防设备和使用担架。
消防疏散通道宽度应满足《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）要求。

附录 A 垂直起降场地航空数据及其精度要求

A1 经、纬度

经、纬度	精确度 数据类型	完好性 分类
基准点	3m 测量值或计算值	一般数据
障碍物	0.5m 测量值	基本数据
起降区边界	1m 测量值	一般数据

A2 标高/高程/高

标高/高程/高	精确度 数据类型	完好性 分类
标高	0.1m 测量值	基本数据
障碍物	0.5m 测量值	基本数据

A3 方位

方位	精确度 数据类型	完好性 分类
FATO 方位（真向）	0.01°	一般数据

	测量值	
--	-----	--

附录 B 无人驾驶航空器起降场平面布局示意图

