

T

团 体 标 准

T/SZDKXH XXXX—XXXX

民用低空航空器噪声规范

Guidelines for noise requirements for civil low-altitude aircraft

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市低空经济产业协会 发 布

目次

前言 II

引言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 航空器噪声计算和修正方法 5

5 航空器噪声规范 11

6 噪声控制与降噪措施 16

7 航空器噪声污染管控办法 17

附录 A （资料性）民用低空航空器噪声管控流程图 19

附录 B （资料性）民用低空航空器噪声排放测量表 20

附录 C （资料性）民用低空航空器航线申请表(噪声排放指标) 21

附录 D （资料性）民用低空航空器噪声测量方法 22

参考文献 27

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。

本文件由深圳市交通运输局提出。

本文件由深圳市低空经济产业协会归口。

本文件起草单位：香港科技大学深圳研究院、香港理工大学深圳研究院、北京大学、广州亿航智能技术有限公司、丰翼科技（深圳）有限公司。

本文件主要起草人：张欣、钟思阳、周朋、黄迅、谭琪琛、陈望桥、马志达、曹润桢、陈腾飞、张豪羽、陆再政。

本文件为首次发布。

引 言

我国在2024年提出了以发展低空经济为新的增长引擎，低空飞行具有广阔潜力。这类航空器的广泛使用带来了噪声污染方面的挑战，影响城市居民的健康、生活与工作。为了推动低空经济的高质量、可持续性发展，需要对此类航空器的噪声排放、运行以及整体规划进行规范。

目前，在全世界范围内，有关低空航空器噪声的标准和规范还未完善。虽然国际标准ISO 5305:2024重点给出了多旋翼航空器噪声测量的方法；EASA噪声测试指南给出了飞行状况下600 kg以下飞行器噪声测试的一些指导方法；国家标准GB 42590-2023规定了在铭牌上标记航空器在典型状况下的噪声特性水平，但综合考虑了航空器噪声特性、运行管理和环境影响的相关标准目前仍未建立。主要有以下几个原因：一是航空器设计多样化，噪声辐射特性差异巨大。二是飞行器的运行场景丰富，不同飞行工况下的噪声排放有所区别；三是不同国家和地区对于噪声的要求各不相同。深圳市作为全球和全国领先的低空飞行研发、生产和应用的地区，牵头试点提出和实施航空器噪声标准，对于引领行业发展、探索城市建设、提升产业升级等方面具有示范作用。

本文件基于系统的航空器噪声度量方法、结合城市噪声水平控制的实际需求，对不同重量和应用场景的民用低空航空器，包括有人驾驶和无人驾驶，进行分类，规范民用低空航空器的噪声辐射水平，实际运营航线噪声排放以及地区噪声污染计算方法和管控要求，确保其在城市人居环境中的噪声影响符合相关规范。标准内容涵盖了低空航空器的分类、噪声测量方法、噪声管控要求、环境影响评估等方面，旨在为政府、制造商和运营商提供明确的技术指导和管理依据。

本文件适用于深圳市范围内所有民用低空航空器的噪声管控，包括但不限于多旋翼航空器、固定翼航空器、直升机等。本文件参考了国际标准化组织(ISO)、国际民航组织(ICAO)、欧洲航空安全局(EASA)、美国联邦航空局(FAA)和中国民用航空局(CAAC)等发布的相关标准和规范，结合低空飞行发展和应用以及噪声辐射特性实际情况，提出了相关的噪声规范。通过实施本文件，期望能够有效降低低空航空器的噪声污染，发挥深圳作为低空经济发展试点运行城市的作用，探索在全国范围内推广的经验，促进低空经济的高质量发展。

民用低空航空器噪声规范

1 范围

本文件规定了民用低空航空器噪声污染的基础分级、测量方法和推荐规范。包括但不限于：

- 航空器噪声测量方法；
- 不同最大起飞重量航空器在巡航和起降阶段的声源强度规定；
- 航空器航线及地区噪声污染等计算方法和噪声污染防治措施。

本文件适用于在深圳市行政区域内，最大起飞重量小于3175 kg的各类民用低空航空器的噪声管控及防治工作，面向相应的航空器生产制造商、运营商和深圳市相关政府部门。

本文件不适用于紧急救援、紧急物品/人员运输过程中航空器及垂直起降场地噪声的污染防治工作。

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 3096 声环境质量标准

GB/T 3222.1-2022 声学 环境噪声的描述、测量与评价 第1部分：基本参量与评价方法

GB/T 3785.1-2023 电声学 声级计 第1部分：规范

GB 22337-2008 社会生活环境噪声排放标准

ISO 5305:2024 无人机系统的噪声测量 (Noise measurements for UAS (unmanned aircraft systems))

ISO 9613-2:2024 声学 户外声传播衰减 (Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors)

ISO/TR 25417:2007 声学 基本量和术语的定义 (Acoustics - Definitions of basic quantities and terms)

IEC 61672-1:2013 电声学 声级计 第1部分：规范 (Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications)

EU 2020/1058, EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)

CCAR-36 R2 航空器型号和适航合格审定噪声规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低空航空器 low-altitude aircraft

在低空空域飞行的航空器。通常指垂直高度1000 m以下，或根据实际需要延伸至不超过3000 m的空域范围内的飞行器。

3.2

最大起飞重量 maximum take-off mass; MTOM

航空器准许起飞的最大重量。

3.3

航线 air route

连接起飞和降落地点、及其他给定地理点之间的飞行路线。

3.4

飞行速度 ground speed

航空器空中相对地面运动速度。

3.5

巡航 cruise

航空器运行的一个状态。此时飞行器在离地面较高的距离以一定速度水平飞行。

3.6

悬停 hover

航空器运行的一个状态。此时飞行器在离地面一定距离位置固定。

3.7

垂直起降 vertical take-off and landing; VTOL

航空器运行的一个状态。指航空器以垂直方式起飞、着陆或悬停，通常发生在航空器垂直起降场地（见3.10）。

3.8

航行高度 flight altitude

航空器运行时重心相对地面高度。

3.9

无人驾驶航空器系统 unmanned aircraft system; UAS

无人驾驶航空器系统，是指无人驾驶航空器以及与其有关的遥控台(站)、任务载荷和控制链路等组成的系统。其中，遥控台(站)是指遥控无人驾驶航空器的各种操控设备(手段)以及有关系统组成的整体。

3.10

航空器垂直起降场地 vertiport

用于支撑航空器进行垂直起降的基础设施，通常具有平坦地面或者一定面积的平台结构。

3.11

航空器垂直起降场地隔声屏障 vertiport noise barrier

在航空器垂直起降场地周围建设的基础设施，用于阻隔航空器在垂直起降过程中往外的辐射噪声，保护周围环境（例如居民区、敏感区域）免受噪声干扰。

4 航空器噪声计算和修正方法

4.1 航空器噪声计算方法

4.1.1 A-计权声压级 A-weighted sound pressure level $L_{p,A}$

A-计权声压级 $L_{p,A}$ 为A计权声压 p_A 与参考声压 p_0 （20 μPa）的平方之比的常用对数的10倍，其计算见式（1）。

$$L_{p,A} = 10 \log_{10} \left(\frac{p_A^2}{p_0^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$L_{p,A}$ ——A-计权声压级，单位为分贝（dB）；

p_A ——A-计权声压，单位为帕（Pa）；

p_0 ——参考压力，单位为帕（Pa）。

注1：该计算方法根据 ISO/TR 25417:2007。

注2：测试报告中应明确频带范围。

4.1.2 A-计权声暴露 A-weighted sound exposure $E_{T,A}$

A-计权声暴露 E_{TA} 为在规定测量时间 T （起始时间 t_1 和结束时间 t_2 ）内 A 计权声压平方的时间积分，其计算见式（2）。

$$E_{TA} = \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

E_{TA} ——A-计权声暴露，单位为帕斯卡平方·秒（ $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ ）；

p_A ——A-计权声压，单位为帕（Pa）；

t_1 ——测量起始时间点；

t_2 ——测量结束时间点。

注：该计算方法根据 ISO/TR 25417:2007。

4.1.3 A-计权声暴露级 A-weighted sound exposure level L_{AE}

A-计权声暴露级 L_{AE} 为 A-计权声暴露 E_{TA} 与参考值 E_0 （ $4 \times 10^{-10} \text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ ）之比的常用对数的 10 倍，其计算见式（3）。

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left(\frac{E_{TA}}{E_0} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

L_{AE} ——A-计权声暴露级，单位为分贝（dB）；

E_{TA} ——A-计权声暴露，单位为帕斯卡平方·秒（ $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ ）；

E_0 ——参考值，单位为帕斯卡平方·秒（ $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ ）。

4.1.4 A-计权等效连续声压级 Equivalent continuous A-weighted sound pressure level L_{Aeq}

A-计权等效连续声压级 L_{Aeq} ，简称等效声级，是指在规定测量时间 T 内，与实际随时间变化的 A 计权声压级具有相同声能量的 A 计权连续声压级，其计算见式（4）。

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \frac{E_{TA}}{E_0} \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

L_{Aeq} ——A-计权等效连续声压级，单位为分贝（dB）；

T ——规定测量时间，单位为秒（s）；

E_{TA} ——A-计权声暴露，单位为平方·秒（ $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ ）；

E_0 ——参考值，单位为平方·秒（ $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ ）。

4.1.5 A-计权最大声压级 Maximum sound pressure level $L_{A,max}$

4.1.5.1 A 计权最大声压级 $L_{A,max}$ 是在规定测量时间内或某一独立噪声事件中测得的 A 计权声压级 $L_{p,A}$ 的最大值，其计算见式（5）。

$$L_{A,max} = \max_{t \in [t_1, t_2]} L_{p,A}(t) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$L_{A,max}$ ——A-计权最大声压级, 单位为分贝 (dB);

$L_{p,A}$ ——A-计权声压级, 单位为分贝 (dB);

t_1 ——测量起始时间点;

t_2 ——测量结束时间点。

4.1.5.2 考虑到在实际噪声测量中, 航空器噪声的动态特性因运行状态 (如起降、巡航) 而存在差异, 过长的时间加权 $L_{A,max}$ 不足以反映噪声的感知特性。

4.1.5.3 本文件给出采用较短时间加权方法, $L_{A,max}$ 即以 1 s 为时间常数, 对 A-计权平均声压级 $L_{p,A}$ 进行指数平滑处理, 在测量时间内, 取经平滑处理后的 A-计权声压级 $L_{p,A}$ 最大值作为计算结果, 计算方法见公式 (6) 和公式 (7)。

$$p_{A,S}^2(t) = \frac{1}{\tau_s} \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau_s} d\xi \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$p_{A,S}^2(t)$ ——经过指数平滑得到的A-计权声压平方, 单位为帕² (Pa²);

τ_s ——时间加权的时间常数, 为1秒 (s);

p_A ——瞬时 A-计权声压, 单位为帕 (Pa);

ξ ——积分变量 (时间), 单位为秒 (s);

e ——自然对数的底;

t ——当前时刻, 单位为秒 (s)。

$$L_{A,max} = \max_{t \in [t_1, t_2]} \left[10 \log_{10} \left(\frac{p_{A,S}^2(t)}{p_0^2} \right) \right] \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$L_{A,max}$ ——A-计权最大声压级, 单位为分贝 (dB);

$p_{A,S}$ ——经过指数平滑得到的A-计权声压, 单位为帕 (Pa);

p_0 ——参考压力, 单位为帕 (Pa);

t_1 ——规定测量时间段起始时刻, 单位为秒 (s);

t_2 ——规定测量时间段结束时刻, 单位为秒 (s)。

注: 该计算方法根据 IEC 61672-1:2013 (GB/T 3785.1-2023) 和 GB/T 3222.1-2022。

4.2 航空器噪声计算方法

4.2.1 概述

由于航空器实际运行工况可能与参考测量工况存在差异, 应对基于参考测量工况的航空器噪声测量结果进行修正。本文件给出了从参考测量工况修正至实际运行工况的航空器噪声计算方法。航空器运行噪声预测值应基于航空器噪声标准测量结果, 并结合实际运行环境, 按照本文件的方法计算修正。本方法的适用范围仅限于本文件规定的内容。

4.2.2 航空器噪声修正方法

4.2.2.1 声音在传播过程中会受到传播距离和大气条件的影响。航空器在给定观测点的噪声水平，会因航空器与观测点的距离、航空器空速及运行时间的不同而发生变化，如图1所示。上述因素的影响应进行修正。以A-计权声暴露级为例，A计权等效连续声压级和A计权最大声压级的修正方法相同，其计算见式（8）：

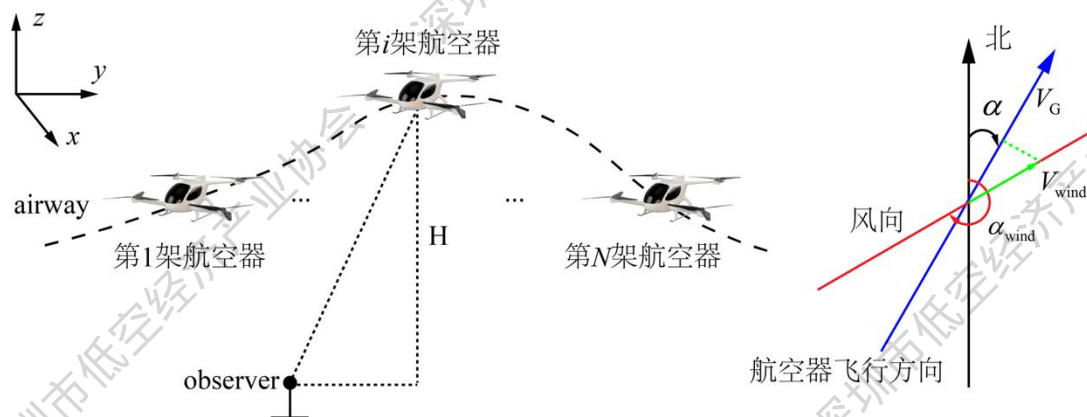


图1 航空器沿航线飞行示意图。

$$L_{AE,pred} = L_{AE,standard} + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \dots \quad (8)$$

式中：

$L_{AE,pred}$ ——预测航空器在实际运行工况中对应的A-计权声暴露级，单位为分贝（dB）；

$L_{AE,standard}$ ——根据标准测试方案得到在参考点的航空器A-计权声暴露级，单位为分贝（dB）；

Δ_1 ——声传播路径长度差异导致的修正量，单位为分贝（dB）；

Δ_2 ——空气流速影响对应的修正量，单位为分贝（dB）；

Δ_3 ——噪声事持续时间差异对应的修正量，单位为分贝（dB）。

4.2.2.2 航空器噪声的主要影响与巡航状态及飞行有关应选择最具代表性的观测点计算 L_{AE} 。

4.2.2.3 在巡航和悬停状态下，飞行高度较高，其对地面的主要影响表现为水平地面接收到的噪声。此时应选取飞行器垂直下方的噪声辐射特性作为参考噪声。为便于表述，巡航状态下的垂直下方参考噪声 L_{AE} 记为 $L_{AE,b}$ (below)。

4.2.2.4 在巡航或悬停状态下，特定情况下飞行路线的水平方向亦可能受到影响（例如高层建筑内的人员）。此时应选取飞行器水平方向的噪声特性作为参考值。为便于表述，水平方向参考噪声 L_{AE} 记为 $L_{AE,s}$ (side)。

4.2.2.5 音传播路径长度差异的修正分量应考虑噪声随传播距离衰减的影响。在巡航和悬停状态下，主要针对地面观测点的噪声水平进行修正。地面观测点的修正分量计算方法见如下：

- a) 对于巡航状态： $H_{ref,f}$ 取值参考 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)，通常取 50 m。计算公式见（9）：

$$\Delta_1 = -20 \log_{10} \left(\frac{H_{op}}{H_{ref,f}} \right) \dots \quad (9)$$

式中：

Δ_1 ——声传播路径长度差异导致的修正量，单位为分贝（dB）；

H_{op} ——航空器实际运行时的航行高度，单位为米（m）；

$H_{ref,f}$ ——为噪声测试时巡航飞行高度，单位为米（m）。

- b) 对于悬停和起降状态： $H_{ref,h}$ 取值参考 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)，通常取 25 m。对于悬停工况，该修正仅针对 L_{Aeq} 。

$$\Delta_1 = -20 \log_{10} \left(\frac{H_{op}}{H_{ref,h}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

式中：

Δ_1 ——声传播路径长度差异导致的修正量，单位为分贝（dB）；

H_{op} ——航空器实际运行时的悬停高度或起降工况下匀速爬升或匀速下降阶段的最低高度，单位为米（m）；

$H_{ref,h}$ ——噪声测试时悬停高度或起降工况下匀速爬升或匀速下降阶段的最低高度，单位为米（m）。

4.2.2.6 对于巡航和悬停状态，在特定情形下应考虑水平观测点（如起降点附近人群聚集区或噪声敏感区）的影响时，可按式（9）对噪声参数进行修正：

- a) 对于巡航状态：

$$\Delta_1 = -20 \log_{10} \left(\frac{L}{L_{ref,f}} \right) \dots\dots\dots (11)$$

式中：

Δ_1 ——声传播路径长度差异导致的修正量，单位为分贝（dB）；

L ——航空器到观察点最短水平距离，单位为米（m）；

$L_{ref,f}$ ——噪声测试时距离，通常取 50 m。

- b) 对于悬停和起降状态：对于悬停工况，该修正仅针对 L_{Aeq} 。

$$\Delta_1 = -20 \log_{10} \left(\frac{L}{L_{ref,h}} \right) \dots\dots\dots (12)$$

式中：

Δ_1 ——声传播路径长度差异导致的修正量，单位为分贝（dB）；

L ——航空器到观察点最短水平距离，单位为米（m）；

$L_{ref,h}$ ——噪声测试时距离，单位为米（m）。通常取 25 m，但若因需要满足背景噪声要求进行调整，则用实际值。

4.2.2.7 航空器空速差异的修正量主要与飞行速度相关，其具体要求如下：

- 悬停时，空速为零，可不予考虑；
- 垂直起降时，由于飞行速度较低，亦可不予考虑；
- 对于巡航状态时，空速差异导致的修正分量计算公式见（13）；
- 根据 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk) 建议，K 通常取为 25。

$$\Delta_2 = -K \log_{10} \left(\frac{V_{A,ref}}{V_A} \right) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

Δ_2 ——空气流速影响对应的修正量, 单位为分贝 (dB);

$V_{A,ref}$ ——参考空速, 通常认为等于航空器平飞的最大速度, 单位为米每秒 (m/s);

V_A ——沿航空器航向的空速分量, 单位为米每秒 (m/s), 计算公式见 (14)。

$$V_A = V_G + V_{wind} \cos(\alpha_{wind} - \alpha) \dots\dots\dots (14)$$

式中:

V_A ——沿航空器航向的空速分量, 单位为米每秒 (m/s);

V_G ——航空器相对地面运动速度 (投影速度), 单位为米每秒 (m/s);

V_{wind} ——真风速, 单位为米每秒 (m/s);

α_{wind} ——真风向, 单位为度 (°);

α ——航空器航向, 单位为度 (°)。

4.2.2.8 噪声事件持续时间差异的修正量用于修正因航空器高度和速度变化导致的巡航噪声事件持续时间差异对声暴露级 L_{AE} 的影响, 应按下列公式 (15) 计算。对于悬停工况, 应以 L_{Aeq} 作为评价指标, 此时不适用持续时间 $\Delta 3$ 修正。

$$\Delta_3 = 7.5 \log_{10} \left(\frac{H_{op}}{H_{ref}} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{V_G}{V_{G,ref}} \right) \dots\dots\dots (15)$$

式中:

Δ_3 ——噪声事件持续时间差异对应的修正量, 单位为分贝 (dB);

H_{op} ——实际运行中, 测试无人驾驶航空器重心在经过噪声测量点上方时的高度, 单位为米 (m);

H_{ref} ——按照标准测量要求的高度值, 单位为米 (m);

V_G ——实际运行中, 测试航空器在经过噪声测量点上方时的地面速度, 单位为米/秒 (m/s);

$V_{G,ref}$ ——按照标准测量要求的巡航速度, 单位为米/秒 (m/s)。

4.2.3 多架次、单一航线航空器噪声计算方法

4.2.3.1 在单一航线上, 应考虑飞行架次对航空器噪声污染的影响。航线飞行时段自起点至终点可均匀划分为若干子区间 (记为 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_N$), 在每一子区间内, 航空器巡航状态不应发生显著变化。

4.2.3.2 在任一子区间 (t_n 至 t_{n+1}) 内应考虑距离、飞行条件等因素的影响, 指定观测点处的 A-计权声暴露级 $L_{AE,cor,n}$ 的计算方法见 4.2.2。据此, 单一航空器在该航线上的噪声总排放量计算公式见 (16):

$$E_{total,cor} = \sum_{n=1}^N 10^{L_{AE,cor,n}/10} \times E_0 \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$E_{total,cor}$ ——单一航空器在该航线上的航空器噪声总声暴露, 单位为帕²·秒 (Pa²·s);

$L_{AE,cor,n}$ ——第 n 个子区间对应的、经修正后的单一航空器架次 A-计权声暴露级, 单位为分贝 (dB);

E_0 ——参考声暴露, 为 4×10^{-10} Pa²·s。

4.2.3.3 对于单一航线上的 M 个航空器架次（机型不限），在指定观测点处的航线 A-计权声暴露级按式（17）计算：

$$L_{AE,airway} = 10 \log_{10} \left(\sum_{m=1}^M \frac{E_{total,cor}^m}{E_0} \right) \dots\dots\dots (17)$$

式中：

$L_{AE,airway}$ ——指定观测点处的航线 A-计权声暴露级，单位为分贝（dB）；

$E_{total,cor}^m$ ——第 m 个航空器架次在该观测点产生的修正后总声暴露，单位为帕²·秒（Pa²·s）；

E_0 ——参考声暴露，为 4×10^{-10} Pa²·s。

4.2.3.4 在实际计算和监测中应在航线影响区域内的人群密集区或噪声敏感区设置不少于 5 个观测点。

4.2.3.5 应对各观测点进行计算或监测，并取其中 A-计权声暴露级最大值，作为该航线的最终 A-计权声暴露级。

4.2.4 区域内航空器噪声计算方法

考虑到实际运行中指定区域内可能设置多条航线，应对该区域内多条航线的总噪声污染进行计算。对于指定区域内共设 J 条航线的情况，该区域航空器噪声的 A-计权声暴露级按式（18）计算：

$$L_{AE,R} = 10 \log_{10} \left(\sum_{j=1}^J 10^{\frac{L_{AE,airway}^j}{10}} \right) \dots\dots\dots (18)$$

式中：

$L_{AE,R}$ ——指定区域内航空器噪声的区域 A-计权声暴露级，单位为分贝（dB）；

$L_{AE,airway}^j$ —— j 代表第 j 条航线，按照 4.2.2 计算的第 j 条航线的 A-计权声暴露级。

5 航空器噪声规范

5.1 概述

航空器噪声管控要求参考《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，对不同重量航空器噪声管控进行分类。下列分类原则和航空器噪声排放限值适用于本管理规定。

5.2 航空器噪声排放限值

5.2.1 航空器分类

在在规规定航空器噪声排放限值时，应首先对航空器进行分类。根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，结合深圳民用低空航空器制造和运营实践，应对民用低空航空器进行分类，并规定相应的噪声有效辐射限值。

- 微型无人驾驶航空器，是指空机重量小于 0.25 kg，最大飞行真高不超过 50 m，最大平飞速度不超过 40 km/h，无线电发射设备符合微功率短距离技术要求，全程可随时人工介入操控的无人驾驶航空器；
- 轻型无人驾驶航空器，是指空机重量不超过 4 kg 且最大起飞重量不超过 7 kg，最大平飞速度不超过 100 km/h，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，但不包括微型无人驾驶航空器；
- 小型无人驾驶航空器，是指空机重量不超过 15 kg 且最大起飞重量不超过 25 kg，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；

- e) 中型有人/无人驾驶航空器,是指最大起飞重量不超过 150 kg 的有人/无人驾驶航空器,但不包括微型、轻型、小型无人驾驶航空器;
- f) 大型有人/无人驾驶航空器,是指最大起飞重量超过 150 kg 但不足 3175 kg 的有人/无人驾驶航空器。

5.2.2 噪声排放限值分级原则

航空器最大起飞重量与其噪声排放量相关。可参照 EU 2020/1058 和 CCAR-36 R2,在附录D指定的测量工况下(即离地高度50 m巡航和 25 m悬停时对民用低空航空器进行噪声测量),分阶段制定民用低空航空器噪声排放限值。

5.2.3 A-计权等效连续声级(L_{Aeq})限值

5.2.3.1 第一阶段

本阶段适用于自标准正式施行后三年内及之前申请认证的民用低空航空器。其中:

- a) 微型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件,所有工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过 38.02 dB;
- b) 轻型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下,所有工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过按式 (19) 计算得到的限值:

$$L_{Aeq} = 49.16 + 18.5 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (19)$$

式中:

L_{Aeq} ——A计权等效连续声级,单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量,单位为千克 (kg)。

- c) 小型无人驾驶航空器至大型有人/无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下,所有工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过按式 (20) 计算得到的限值:

$$L_{Aeq} = 56.37 + 9.97 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (20)$$

式中:

L_{Aeq} ——A计权等效连续声级,单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量,单位为千克 (kg)。

5.2.3.2 第二阶段

本阶段适用于自标准正式施行第一阶段结束后三年内认证的民用低空航空器。其中:

- a) 微型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下,所有工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过 35.52 dB。
- b) 轻型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下,所有工况 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过按式 (21) 计算得到的限值:

$$L_{Aeq} = 46.66 + 18.5 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (21)$$

式中:

L_{Aeq} ——A计权等效连续声级,单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量,单位为千克 (kg)。

- c) 小型无人驾驶航空器至大型有人/无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下, 各工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过按式 (22) 计算得到的限值:

$$L_{Aeq} = 64.16 + 18.5 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (22)$$

式中:

L_{Aeq} ——A计权等效连续声级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

5.2.3.3 第三阶段

本阶段适用于自标准正式施行第二阶段结束后认证的低空航空器。其中:

- a) 微型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下, 所有工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过 33.02 dB。

- b) 轻型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下, 所有工况的 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过按式 (23) 计算得到的限值:

$$L_{Aeq} = 44.16 + 18.5 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (23)$$

式中:

L_{Aeq} ——A计权等效连续声级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

- c) 轻型无人驾驶航空器在附录 D 规定的测量条件下, 所有工况 A-计权等效连续声级 L_{Aeq} 不应超过按式 (24) 计算得到的限值:

$$L_{Aeq} = 51.37 + 9.97 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (24)$$

式中:

L_{Aeq} ——A计权等效连续声级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

注: 巡航状态下 L_{Aeq} 的计算参考时间为 30 s。

5.2.4 A-计权最大声压级($L_{A, max}$)限值

根据4.1.5 对 A-计权最大声压级的计算方法, 为进一步约束航空器在特定工况下的峰值噪声, 分阶段制定A-计权最大声压级 $L_{A, max}$ 限值。限值的分阶段控制原则与5.2.3规定一致, 自标准实施第一阶段起, 每一阶段降低2.5 dB, 直至第三阶段。在第一阶段, 具体限值如下:

- a) 起降悬停工况:

- 1) 微型无人驾驶航空器在附录 D.2 和 D.4 节规定的起降和悬停条件下, $L_{A, max}$ 不应超过 53.02 dB。
- 2) 轻型无人驾驶航空器在附录 D.2 和 D.4 节规定的起降和悬停条件下, $L_{A, max}$ 不应超过按式 (25) 计算得到的限值:

$$L_{A, max} = 64.16 + 18.5 \log_{10} MTOM \dots\dots\dots (25)$$

式中:

$L_{A, max}$ ——A-计权最大声压级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

- 3) 小型无人驾驶航空器至大型有人/无人驾驶航空器在附录 D.2 和 D.4 节规定的起降和悬停条件下, $L_{A, \max}$ 不应超过按式 (26) 计算得到的限值:

$$L_{A, \max} = 71.37 + 9.97 \log_{10} MTOM \dots \dots \dots (26)$$

式中:

$L_{A, \max}$ ——A-计权最大声压级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

- b) 巡航工况:

- 1) 微型无人驾驶航空器在附录 D.3 节规定的巡航条件下, $L_{A, \max}$ 不应超过 48.02 分贝。
2) 轻型无人驾驶航空器在附录 D.3 节规定的巡航条件下, $L_{A, \max}$ 不应超过按式 (27) 计算得到的限值:

$$L_{A, \max} = 59.16 + 18.5 \log_{10} MTOM \dots \dots \dots (27)$$

式中:

$L_{A, \max}$ ——A-计权最大声压级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

- 3) 小型无人驾驶航空器至大型有人/无人驾驶航空器在附录 D.3 节规定的巡航条件下, $L_{A, \max}$ 不应超过按式 (28) 计算得到的限值:

$$L_{A, \max} = 66.37 + 9.97 \log_{10} MTOM \dots \dots \dots (28)$$

式中:

$L_{A, \max}$ ——A-计权最大声压级, 单位为分贝 (dB);

MTOM ——航空器最大起飞重量, 单位为千克 (kg)。

注: 在噪声试验过程中, 如因背景噪声、下洗气流等因素导致航空器实际试验高度偏离标准试验高度时, 应按照附录 D.1 规定的方法对测量结果进行修正, 换算为标准试验高度下的等效噪声水平。修正后的结果应用于噪声排放限值的符合性验证。

5.3 航线噪声规范

5.3.1 根据 5.2 中规定的航空器噪声排放限值为航空器 A-计权等效连续声级。在满足该限值的基础上, 航空器运行过程还应符合航空器航线噪声规范。具体是根据 4.2.3 计算得到的航空器航线 A-计权声暴露级, 换算航线等效声级, 并满足式 (29) 计算要求:

$$L_{Aeq, \text{airway}} = L_{AE, \text{airway}} - 10 \log_{10} \frac{T}{T_0} \leq L_{\text{limit}} \dots \dots \dots (29)$$

式中:

$L_{Aeq, \text{airway}}$ ——航空器航线A-计权等效连续声压级, 单位为分贝 (dB);

$L_{AE, \text{airway}}$ ——根据 4.2.3 计算得到的航空器航线 A-计算声暴露级, 单位为分贝 (dB);

T ——实际测量或评估时间, 单位为秒 (s);

T_0 ——参考时间1s;

L_{limit} ——为GB 3096-2008规定对各类声功能区的噪声限值, 单位为分贝 (dB)。

5.3.2 根据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》, “昼间”指 6:00 至 22:00 时段, “夜间”指 22:00 至次日 6:00 时段。对于航线不密集的情况, 噪声测量时间 T 不应小于 1 h; 航线密集时, 可适当缩短测量时间。航空器航线运行期间, 宜通过优化航空器噪声排放、减少飞行班次、提高航线高度以及避免夜间飞行等方式降低航线噪声污染。

5.3.3 根据 GB 3096—2008, 对各类声环境功能区夜间突发噪声, 其最大声级超过相应环境噪声限值的幅度不应大于 15 dB。航线最大声级为 $L_{\text{max, airway}}$, 其航线全天最大声级应满足式 (30) 计算要求:

$$L_{\max, \text{airway}} \leq L_{\text{limit}} + 15 \dots\dots\dots (30)$$

式中:

$L_{\max, \text{airway}}$ ——航线最大声级, 单位为分贝 (dB);

L_{limit} ——为GB 3096-2008规定对各类声功能区的噪声限值, 单位为分贝 (dB)。

5.4 区域航空器噪声规范

参考4.2节中区域内航空器噪声修正方法的规定, 区域内多条航线产生的噪声影响应满足式 (31) 的要求:

$$L_{\text{Aeq, R}} = L_{\text{AE, R}} - 10 \log_{10} \frac{T}{T_0} \leq L_{\text{limit}} \dots\dots\dots (31)$$

式中:

$L_{\text{Aeq, R}}$ ——指定区域内的区域 A-计权等效连续声压级, 单位为分贝 (dB);

$L_{\text{AE, R}}$ ——根据 4.2.4 计算得到的指定区域内的区域 A-计权声暴露级, 单位为分贝 (dB);

T ——实际测量或评估时间, 单位为秒 (s);

T_0 ——参考时间1s;

L_{limit} ——为GB 3096-2008规定对各类声功能区的噪声限值, 单位为分贝 (dB)。

5.5 航空器垂直起降场地区域噪声规范

航空器垂直起降场地属于特殊高噪声区域, 应设置噪声控制区, 以减少对周围环境的噪声影响。记无航空器活动时环境噪声声压级为 L_{BKG} 。根据实际情况, 相关环境可分为两类, 对建设在上述两类区域内的垂直起降场地, 噪声控制区边界布设可按下列规定执行:

- a) 非噪声敏感功能区, 如街区等背景噪声较高区域。噪声控制区边界至垂直起降场地中心的距离 D 应满足式 (32) 计算要求:

$$D \geq 1.7 \times r_0 \dots\dots\dots (32)$$

式中:

D ——噪声控制区边界至垂直起降场地中心的距离, 单位为米 (m);

r_0 ——垂直起降场地用于停靠飞行器区域的有效半径, 单位为米 (m)。

- b) 噪声敏感功能区, 如学校、居民区等背景噪声较低区域。应保证航空器噪声与自身背景噪声之和不超过相关噪声限值 (声压级为 L_{limit})。记 N_{ver} 为该垂直起降场地起降区数量, 单架次航空器在参考距离 R_0 在 25 m 处的噪声声压级为 L_s , 噪声控制区边界至垂直起降场地中心的距离 D 可按式 (33) 确定:

$$D \geq R_0 \left(\frac{N_{\text{ver}} \times 10^{\frac{L_s}{10}}}{10^{\frac{L_{\text{limit}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{BKG}}}{10}}} \right)^{0.5} \dots\dots\dots (33)$$

式中:

D ——噪声控制区边界至垂直起降场地中心的距离, 单位为米 (m);

R_0 ——单架次航空器在参考距离, 单位为米 (m);

N_{ver} ——该垂直起降场地起降区数量;

L_s ——单架次航空器在参考距离 R_0 在 25 m 处的噪声声压级, 单位为分贝 (dB);

L_{limit} ——环境噪声声压级限值, 单位为分贝 (dB);

L_{BKG} ——无航空器活动时的环境噪声声压级, 单位为分贝 (dB)。

注: 如果航空器垂直起降场地周围采用了隔声屏障等措施, 可根据实际降噪效果适当减少 D 的大小。

5.6 考虑航空器噪声影响的航线规划和管理要求

在深圳市范围内，根据航空器飞行场景，在符合 5.2至5.5规定的噪声控制要求基础上，对航空器噪声实施管理：

- a) 制造商应满足 5.2 中规定的航空器在参考状态下的噪声要求；
- b) 运营人应结合具体任务需求（如最短路径、最短时间、多目标路由等），在满足 5.3 和 5.4 规定的前提下进行运行规划；
- c) 管理部门可参照 5.3 和 5.5 的规定，结合区域内航空器机型构成、飞行次数及公众反馈意见，综合考虑经济效益、安全因素和噪声影响，划设飞行通道并规划垂直起降场地建设。

6 噪声控制与降噪措施

6.1 航空器设计与制造阶段

6.1.1 在航空器设计与制造阶段，可通过选用低噪声设计的动力系统减少噪声源产生，并通过噪声遮蔽或改变远场声辐射指向性等方式降低航空器噪声排放。

6.1.2 航空器在出厂前，应按照 4.2 和附录 D 的要求开展噪声试验，获得其前飞和悬停状态下的噪声声源水平，并完成下列工作：

- a) 对航空器进行编号，建立噪声数据档案，形成相应噪声数据库；
- b) 按附录 B 的要求编制并提交噪声认证清单。

6.1.3 通过噪声认证的航空器，其铭牌上应标注噪声排放水平。

6.1.4 航空器经改装或其他可能影响噪声特性的调整后，应重新开展噪声试验以确保持续符合噪声限值要求。

6.2 垂直起降场地基础设施建设

6.2.1 航空器在起降及进出港航线低空飞行过程中，受地面效应及飞行轨迹影响，噪声水平会显著增加。垂直起降场选址应综合考虑周边人口密度、噪声敏感建筑物（如学校、医院）分布及城市规划等因素，优先布设在噪声敏感程度较低的区域，并与居民区等噪声敏感点保持不小于 100m 的缓冲距离；缓冲区内宜设置高密度绿化带，用于噪声衰减。

6.2.2 在航空器活跃进出港航线下方及两侧 50 m 至 100 m 的地面投影范围内，应根据噪声传播特性设置降噪设施（如吸声板、隔声屏障或绿化降噪带），降噪设施高度不宜低于 3 m，材料具有相应的吸声性能、耐候性和生态环境友好特性，结构设计兼顾垂直起降场附近的通风需求。

6.2.3 降噪设施布置应基于噪声传播模型计算，符合 ISO 9613-2:2024 的有关规定，并综合考虑适用民用航空器的水平方向噪声分布特性、垂直起降工况下对流场的影响以及垂直起降场实际尺寸等因素。

6.3 运营及飞行航线管理

6.3.1 运营期间应根据实测噪声水平及环境噪声状况合理规划起降频率、飞行高度和航空器留空数量。必要时在起降场地附近设置等待区域，使该区域对周围噪声敏感建筑物的影响减小，确保起降场地附近噪声水平符合相关要求。

6.3.2 航线运行中应对航空器飞行架次间隔和飞行速度进行统筹安排，保证航线噪声暴露水平符合相关排放标准。当航空器以最大飞行速度进行巡航飞行时，不同观测点处的 A-计权最大声压级应满足 GB 3096 的噪声限值要求。

6.3.3 对于航线上的噪声敏感区域，通过合理选择飞行高度、飞行速度和飞行计划，可采用提高飞行高度、减少飞行架次、延长飞行间隔等方式降低噪声影响。起降阶段通过优化起飞和下降角度及速率减小航空器噪声。

6.4 地方协调和公众意见

6.4.1 航空器起降场地作为重点关注区域，在入口和围挡等醒目位置应设置环境信息公示牌，公示内容至少包括航空器型号、起降频率、同一时间航空器悬停滞空的最大数量、现场负责人姓名及联系方式、主管部门等信息。起降场地宜配备噪声自动监测系统，并将运行时间、声暴露级及昼夜等效声级等信息

向周边居民公开。

6.4.2 航空器航行路线附近居民区的噪声暴露水平应符合 GB 22337 的有关规定。

6.4.3 起降场地和其他重点区域应设立群众接待点，由专人负责接待并记录居民投诉、意见和建议。主管单位应建立与周边居民及社区代表的沟通机制，定期通报运行情况和降噪措施调整情况，对合理诉求及时处理，并根据居民投诉和噪声监测结果适时优化降噪措施和运行安排。

7 航空器噪声污染管控办法

7.1 航线审批

7.1.1 航空器航线审批应在满足飞行安全要求的同时，将噪声排放水平作为重要考量因素，在不同区域保持噪声排放符合国家有关标准，相关要求见附录 C。

7.1.2 对噪声敏感的特殊区域，航线宜避开该区域。确需穿越时，应对该区域昼间和夜间噪声水平进行评估，并通过调整飞行高度、控制起降架次和减少夜间运营等措施，使该区域的噪声影响符合国家有关标准。

7.1.3 一般情况下，航线设计优先选择低噪声路径，避开人口密集区。综合噪声和安全因素，在非突发和紧急情况下，晚上 22:00 至次日 06:00 不安排飞行。出现噪声超标或居民投诉频发时，可采取限期治理、迁移航线等纠正措施。

7.1.4 航线投入运行后，如实际监测噪声排放与 4.2.3 的计算结果不一致，以实际监测结果为准。出现超标时，运营人立即采取降噪措施；因噪声引起居民投诉时，可委托第三方开展噪声评估，并视情节暂停运营，直至完成整改。

7.2 飞行监测

7.2.1 噪声自动监测

噪声自动监测按照下列要求执行：

- 噪声在线自动监测系统应符合国家和地方有关技术规范要求；
- 监测点布设应根据垂直起降场地噪声辐射范围以及航线周围噪声敏感建筑物的位置和布局进行安排，监测点设置在能够反映航空器噪声对噪声敏感建筑物影响较大的位置；
- 监测点宜选在背景噪声较小的位置，避开交通干线和其他主要噪声源，并避开人群聚集活动区域；
- 监测点布设应满足自动监测子站安装、电力供应和网络通信等条件，安装位置便于开展现场声校准和日常维护；
- 相关单位定期对噪声监测系统进行现场比对实测。当自动监测结果与现场实测结果的差值大于 A-计权声压级 5 dB 时，及时委托具有相应资质的机构对监测设备进行校准；
- 自动监测设备宜与政府有关监管平台实现联网联动。

7.2.2 手动监测

噪声监测管理应符合下列要求：

- 结合起降架次频率和同一时间留空航空器数量，在起降场地附近对噪声敏感建筑物影响较大且距离较近的位置合理设置监测点位，并在公示牌上标明监测点位信息；
- 在起降场地附近安排专人使用专业噪声监测仪，按规定时间和位置开展噪声监测，并对监测结果进行记录和归档；
- 在中午或夜间以及起降频率较高、多航空器留空等特殊作业时段，加密监测频次，并依据监测结果及时采取降噪措施。

7.2.3 社会反馈

7.2.3.1 运行期间运营人依据 7.2.1 和 7.2.2 的规定，重点关注起降场地附近自动监测和人工监测的噪声水平，评估航线附近噪声监测设备的工作状态和监测结果有效性，并根据评估情况对监测设备进行

维护和校准。运营人应通过热线、意见箱、网络平台等途径收集公众关于噪声的意见和建议，对反映集中的噪声问题制定并实施相应的降噪和管理措施。

7.2.3.2 接到噪声投诉或反馈时，相关单位应开展调查和监测，根据调查结果采取调整运营时段、优化航线和飞行策略、增设或完善降噪设施等措施，使噪声水平符合有关标准要求；必要时可在指定时段暂停飞行，直至完成整改。

附录 A
(资料性)
民用低空航空器噪声管控流程图

A.1 民用低空航空器噪声管控流程图见图 A.1。

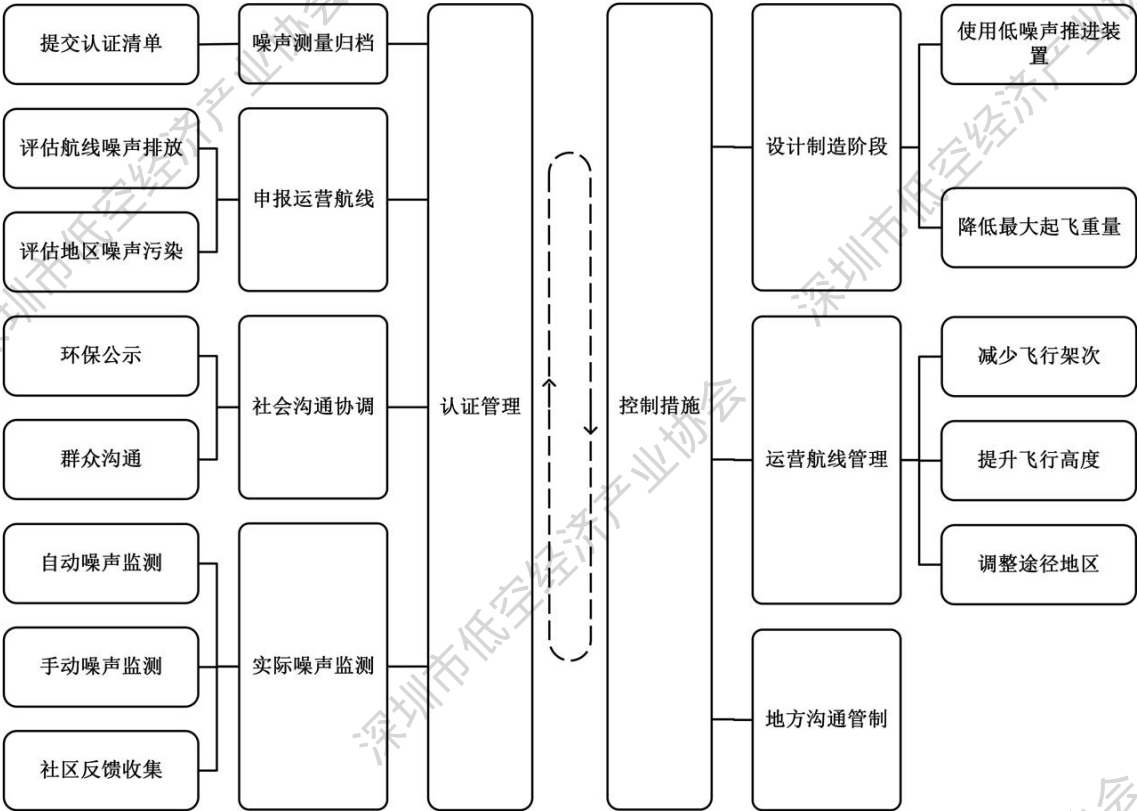


图 A.1 民用低空航空器噪声管控流程图

附录 B
(资料性)

民用低空航空器噪声排放测量表

B.1 民用低空航空器噪声排放测量见表 B.1。

表 B.1 民用低空航空器噪声排放测量表

航空器设计厂家							
航空器类别							
航空器型号							
航空器版本							
最大起飞重量							
航空器螺旋桨展开尺寸							
螺旋桨数量							
如果每个转子不同，则重复输入	发动机状态(水平/竖直/倾斜)						
	电机名称						
	电机最大功率						
	电机最大旋转速度						
	螺旋桨名称						
	每个螺旋桨桨叶数量						
	桨叶直径						
测量条件记录							
有效测量次数(≥6)		1	2	3	4	5	6
测量时间[DD/MM/YYYY]							
测试时长[HH:MM:SS]							
平均测量高度[m]							
最大垂直偏差[m]							
最大横向偏差[m]							
环境温度[°C]							
相对湿度[%]							
30s 内平均风速[m/s]							
航空器 L_{Aeq} [dB]							
航空器 $L_{A,max}$ [dB]							
背景噪声 L_{Aeq} [dB]							
修正至标准工况下的航空器 $L_{Aeq,cor}$ [dB]							
修正至标准工况下的航空器 $L_{A,max,cor}$ [dB]							
最终统计结果							
测试指标	实际测试值[dB]	标准修正值[dB]			90%置信区间[dB]		
L_{Aeq}							
$L_{A,max}$							

附录 C
(资料性)

民用低空航空器航线申请表(噪声排放指标)

C.1 民用低空航空器航线申请表(噪声排放指标)见表 C.1。

表 C.1 民用低空航空器航线申请表(噪声排放指标)

申请机构信息			
机构名称:			
机构注册文件类型及编码:			
机构注册地址:			
负责人姓名:			
职位:			
联络电话:		邮箱:	
合作机构全称(如果适用):			
合作机构注册地址(如果适用):			
申请航线详细信息			
拟运营/飞行航空器信息(如有需要请另附页): (包括型号、厂商、尺寸、噪声排放量、最大起飞重量等信息)			
申请航线理由及目的(如有需要请另附页):			
申请航线运营周期: 至			
航线起始、终止地点:			
最高飞行高度:			
航线详情, 包括航线各航段 GPS 地理位置、航线各航段高度、航线途径建筑及城市功能区、航线运营时间、架次(如有需要请另附页):			
航线噪声排放量(如有需要请另附页)			
受影响城市功能区监测点位置	等效声级 $L_{Aeq,airway}[dB]$	声暴露级 $L_{AE,airway}[dB]$	《声环境质量标准》要求(昼、夜)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
是否满足航线噪声排放标准(如不满足说明原因):			
姓名:		签字及机构印章:	

附录 D (资料性) 民用低空航空器噪声测量方法

本管理要求所规定的航空器噪声出厂测量方法参考ISO 5305:2024, Noise measurements for UAS (unmanned aircraft systems), 以及EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)和 CCAR-36 R2。测量环境、测量条件要求要点归结如下:

D.1 测量要求

D.1.1 测量环境及测量条件应符合下列要求:

- a) 噪声测量点位于地形相对平坦、且地表不具有过度声音吸收特性的区域;
- b) 噪声测量点上方 75°锥形空间内无障碍物;
- c) 地面声学特性不表现出过度吸收, 相关要求参考 ISO 5305:2024。

D.1.2 测试大气环境应符合下列要求:

- a) 无降雨;
- b) 温度、相对湿度和风速符合 ISO 5305:2024 规定的限值条件;
- c) 风速测量在 30 s 内取平均值, 并按下列方式限值:
 - 1) 平飞噪声测量程序中, 平均风速不大于 5.1 m/s, 平均侧风分量不大于 2.6 m/s。若风速和风向测量设备不能提供计算侧风分量所需的信息, 则任意方向平均风速不大于 2.6 m/s;
 - 2) 起降和悬停噪声测量程序中, 平均风速不大于 2.6 m/s。

D.1.3 背景噪声要求

在100 Hz至10000 Hz频段, 航空器噪声高于背景噪声不少于6 dB, 宜高于15 dB。对于微型和轻型航空器, 当背景噪声偏高时, 在保持试验高度不小于航空器最大直径5 倍的前提下, 可适当降低试验过程中悬停或巡航高度及水平距离, 或在起降工况下降低上升前的起始高度并仍保持25 m的上升和下降距离, 直至满足上述要求。

D.1.4 修正方法

D.1.4.1 测试高度修正计算公式

若实际测试高度因特别要求(如背景噪声、下洗气流等因素影响)不等于标准测试要求高度, 测试结果需按照测试高度进行修正, 参见(D.1)和(D.1)公式。

$$L_{Aeq,cor} = L_{Aeq,m} + \Delta_{eq} \quad \text{..... (D.1)}$$

式中:

$L_{Aeq,cor}$ ——经修正后的 A-计权等效连续声压级;

$L_{Aeq,m}$ ——调整高度后实际测量获得的 A-计权等效连续声压级;

Δ_{eq} ——针对A-计权等效连续声压级的修正值, 单位为分贝 (dB)。

$$L_{A,max,cor} = L_{A,max,m} + \Delta_{max} \quad \text{..... (D.2)}$$

式中:

$L_{A,max,cor}$ ——经修正后的 A-计权最大声压级;

$L_{A,max,m}$ ——调整高度后实际测量获得的 A-计权最大声压级;

Δ_{\max} ——针对 A-计权最大声压级的修正值，单位为分贝（dB）。

D.1.4.2 巡航状态修正值

巡航状态修正值见公式（D.3）和（D.4）。

$$\Delta_{\text{eq}} = 12.5 \log_{10} \left(\frac{H_m}{H_{\text{ref},f}} \right) \dots\dots\dots \text{(D.3)}$$

式中：

H_m ——航空器测试时的航行高度，单位为米（m）；

$H_{\text{ref},f}$ ——噪声测试时标准巡航飞行高度，取值参考 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)，取50 m；

Δ_{eq} ——针对A-计权等效连续声压级的修正值，单位为分贝（dB）。

$$\Delta_{\max} = 20 \log_{10} \left(\frac{H_m}{H_{\text{ref},f}} \right) \dots\dots\dots \text{(D.4)}$$

式中：

H_m ——航空器测试时的航行高度，单位为米（m）；

$H_{\text{ref},f}$ ——噪声测试时标准巡航飞行高度，取值参考 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)，取50 m；

Δ_{\max} ——针对 A-计权最大声压级的修正值，单位为分贝（dB）。

D.1.4.3 悬停和起降状态修正值

巡航状态修正值见公式（D.5）。

$$\Delta_{\text{eq}} = \Delta_{\max} = 20 \log_{10} \left(\frac{H_m}{H_{\text{ref},h}} \right) \dots\dots\dots \text{(D.5)}$$

式中：

Δ_{eq} ——针对A-计权等效连续声压级的修正值，单位为分贝（dB）；

Δ_{\max} ——针对 A-计权最大声压级的修正值，单位为分贝（dB）；

H_m ——航空器测试时的悬停高度或起降工况下匀速爬升或匀速下降阶段的最低高度，单位为米（m）；

$H_{\text{ref},h}$ ——噪声测试时标准悬停高度或起降工况下匀速爬升或匀速下降阶段的最低高度，取值参考 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)，取25 m。

D.2 航空器起降噪声测量办法

航空器起降噪声试验流程和测量设备布置参考 ISO 5305:2024 第9.6.3章，按下列要求实施：

a) 航空器飞行路线沿竖直方向布设，进行声学测量时保持恒定运行速度，速度不低于 1.2 m/s 且不高于 5 m/s。航空器飞行路线如图 D.1 所示，其中：

1) H_A 为航空器以标称速度匀速运行时的最小高度，为 25 m；

2) H_B 为起降过程中保持恒定运行速度的垂直距离，在垂直爬升和垂直下降工况下均为 25 m。

- b) 垂直爬升工况记录航空器从高度 25 m 匀速爬升至 50 m 对应的噪声数据；
- c) 垂直下降工况记录航空器从高度 50 m 匀速下降至 25 m 对应的噪声数据。

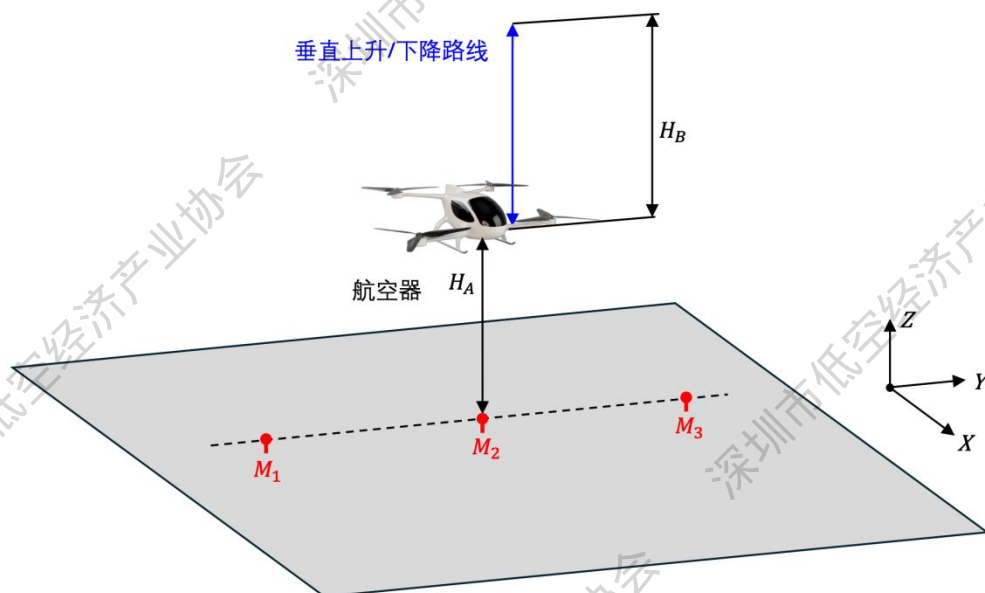


图 D.1 航空器起降工况测量示意图

- d) 单次垂直爬升或垂直下降对应的声学测量时间与航空器飞行速度相匹配，测量时间宜为 20 s，不小于 5 s。航空器加速或减速阶段的数据从声学测试结果中剔除；
- e) 为判断和处理下洗效应的影响，按下列要求执行：
 - 1) 判断下洗效应时，观察噪声测量数据是否出现异常波动，如噪声值突然增大超过 3 dB，或频谱中出现不合理的频率成分（如低频段显著增强）；
 - 2) 当下洗效应对测量结果影响显著时，调整飞行路径，使航空器避开传声器正上方，或在高度不高于 150 m 的前提下调整飞行高度，并重新进行试验。最大起飞重量大于 600 kg 的航空器可将实际测试最大高度取为 150 m；
 - 3) 当无法调整飞行路径或高度时，在试验报告中说明下洗效应对测量结果的影响，标注受影响的时段或数据点，并将结果修正至标准测量高度和位置；
 - 4) 对明显受下洗效应影响的数据，在后续分析中进行修正或剔除，以保证噪声测量结果的有效性。
- f) 航空器飞行应保证在垂直方向上相对于噪声测量点的横向偏差不超过 $\pm 10^\circ$ 。试验过程中使用定位精度优于 0.02 m 的实时动态定位（Real Time Kinematic, RTK）设备，以 10 Hz 频率记录航空器三维位置、速度和高度，并根据航空器与传声器的实际距离对测得声压值进行修正。
- g) 试验次数不少于 6 次，每次试验包含一组垂直爬升和垂直下降过程，试验运行成对进行且方向相反。后续数据处理过程中，如判定某一次试验运行无效，与其配对的反向试验运行同时作废。试验报告中说明试验次数、目标声学指标及其置信区间、用于计算的频带范围等信息。

D.3 航空器平飞（巡航）噪声测量办法

航空器平飞（巡航）噪声试验流程和测量设备布置参考 ISO 5305:2024 第 9.6.4 章和 EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)，按下列要求实施：

- a) 试验航空器的地面速度在整个试验运行过程中保持恒定，通常取最大平飞速度的 70 %至 80 %。

- b) 航空器按图 D.2 所示, 在距噪声测量点高度 H_A 为 50 的水平面内飞行, 并经过传声器正上方。为判断和处理下洗气流效应, 按照下列方法执行:
- 1) 通过观察噪声测量数据的异常波动判断下洗效应, 如噪声值突然增大超过 3 dB, 或频谱中出现不合理的频率成分 (如低频段显著增强);
 - 2) 当下洗效应对测量结果影响显著时, 调整飞行路径, 使航空器避开传声器正上方, 或在高度不高于 150 m 的前提下调整飞行高度, 并重新开展试验;
 - 3) 无法调整飞行路径或高度时, 在试验报告中说明下洗效应对测量结果的影响, 标注受影响的时段或数据点, 并将结果折算至标准测量高度和位置;
 - 4) 最大起飞重量大于 600 kg 的航空器, 实际试验高度可取 150 m;
 - 5) 对明显受下洗效应影响的数据, 在后续分析中进行修正或剔除, 以保证噪声测量结果的有效性。
- c) 单次飞越过程的声学测量时间为 30 s。航空器在试验期间保持恒定速度, 且水平飞行时相对于噪声测量点的横向偏差不超过 $\pm 10^\circ$ 。试验过程中使用定位精度优于 0.02 m 的实时动态定位 (Real Time Kinematic, RTK) 设备, 以 20 Hz 频率记录航空器的三维位置、速度和高度, 并根据航空器与传声器的距离对测得声压值进行修正;
- d) 试验次数不少于 6 次, 试验运行成对进行且方向相反。后续数据处理中, 如判定某一次试验运行无效, 与其配对的反向试验运行同时作废;
- e) 当航空器设计允许在控制输入、外形或外挂设备等方面存在多种配置时, 应选用并在整个水平飞行试验过程中保持噪声排放最高的配置。无法直接判定噪声最高配置时, 对各可能配置分别开展试验, 并在结果中采用噪声级最大的一种进行报告;
- f) 在对飞机巡航工况进行测量时, 飞行高度通常为 50 m。但如果因为背景噪声过强, 该距离的值可减少。在修正过程中用实际值。

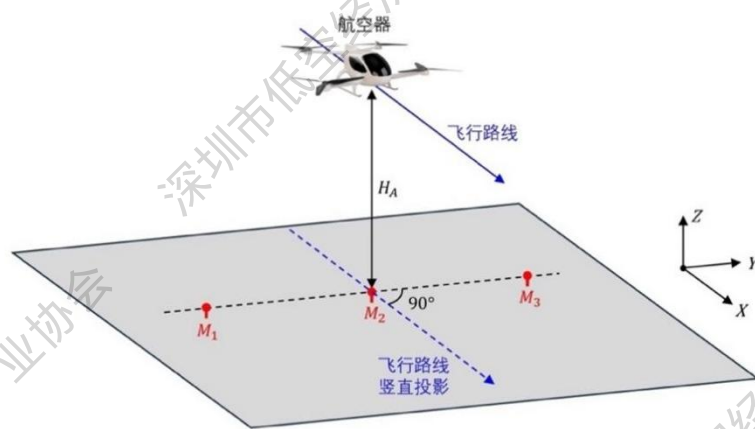


图 D.2 航空器巡航工况测量示意图

D.4 航空器悬停噪声测量办法

D.4.1 航空器悬停噪声测试流程应及测量设备布置应参考ISO 5305:2024 9.6.2 节及EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)。主要要求归纳如下:

- a) 试验次数不少于 6 次。
- b) 如图 D.3 所示, 航空器在距噪声测量点高度 H_A 为 25 m 处悬停。为判断和处理下洗效应, 按下列方法执行:
 - 1) 判断方法: 通过观察噪声测量数据的异常波动识别下洗效应, 如噪声值突然增大超过 3 dB, 或频谱中出现不合理的频率成分 (如低频段显著增加);
 - 2) 处理方法:

- 当下洗效应对测量结果影响显著时，调整悬停位置，使航空器避开传声器正上方，或在高度不高于 150 m 的前提下调整飞行高度，并重新进行试验。最大起飞重量超过 600 kg 的航空器可将实际试验高度取为 150 m；
 - 无法调整悬停位置或飞行高度时，在试验报告中说明下洗效应对测量结果的影响，标注受影响的时段或数据点，并将结果修正至标准测量高度和位置；
 - 对明显受下洗效应影响的数据，在后续分析中进行修正或剔除，以保证噪声测量结果的有效性。
- c) 单次悬停过程的声学测量时间为 30 s，每次试验在一个起降周期内完成，不得在同一周期内连续进行多次悬停试验。在此过程中，航空器水平飞行位置相对于噪声测量点的横向偏差在垂直方向上不超过 $\pm 10^\circ$ 。试验过程中使用定位精度优于 0.02 m（最大定位误差小于 0.02 m）的实时动态定位（Real Time Kinematic, RTK）设备，以不低于 10 Hz 的频率记录航空器三维位置、速度和高度，并根据航空器与传声器的距离对测得声压值进行修正；
- d) 当航空器设计允许在控制输入、外形或外挂设备等方面具有多种配置时，选择并在整个悬停试验过程中保持噪声排放最高的配置。无法确定噪声最高配置时，对各可能配置分别开展试验，并在结果中采用噪声级最大的一种进行报告；
- e) 对悬停工况进行噪声测量时，标准试验高度为 25 m。当背景噪声偏高且测量条件受限时，在满足飞行安全要求的前提下可适当减小试验高度，并在高度修正计算中采用实际飞行高度。



图 D.3 航空器悬停工况测量示意图

D. 4. 2 其他测量距离要求、测量设备种类及校准要求应参照ISO 5305:2024, Noise measurements for UAS (unmanned aircraft systems)及EASA Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)。

参 考 文 献

- [1] GB 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求
- [2] MH/T 6128-2024 航空器噪声测量和评估
- [3] T/CCAATB 0062-2024 电动垂直起降航空器（eVTOL）起降场技术要求
- [4] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例(2023)
- [5] 民用无人驾驶航空器运行安全管理规则(2023)
- [6] 民用运输机场周围区域民用航空器噪声污染防治行动方案(2024-2027年)
- [7] 深圳市环境噪声标准适用区划分(2020)
- [8] 深圳经济特区环境噪声污染防治条例(2020)
- [9] Commission Delegated Regulation (EU) 2020/1058 of 27 April 2020 amending Delegated Regulation (EU) 2019/945 as regards the introduction of two new unmanned aircraft systems classes(2020)_
- [10] EASA CS-36, Aircraft noise
- [11] Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)
- [12] FAA 14 CFR Part 36, Noise standards: Aircraft type and airworthiness certification
- [13] FAA - 2021-0710, Noise certification standards: Matternet model M2 aircraft
- [14] ICAO Convention on international civil aviation, Annex 16, Volume I, Aircraft noise