

# 《民用低空航空器噪声规范》编制说明

## 1 项目背景

### 1.1 国内外现行相关法律法规和标准情况

在过去的十年中，民用低空航空器以其独特的运输和响应特性在全球市场上产生了巨大影响，这些飞行器被用于航拍摄影、物流配送、工业测量、紧急医疗、安全监控、电力及管道巡检等领域。在低空作业期间，这些航空器可能会对人类的生活环境产生严重的噪声影响。在城市应用中，低空航空器噪声可能比类似噪声水平的道路交通或飞机噪声更令人烦恼。作为低空经济的先行者，深圳预计在未来几年将在民用低空航空器应用领域实现创新和快速发展。随着航空器数量及其飞行频率的增加，噪声问题对深圳建成区的影响将变得不容忽视。环境噪声政策方面，中国在 2008 年发布了《声环境质量标准（GB 3096-2008）》，旨在实施《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，通过防治噪声污染，保护城乡居民的声环境质量，确保其正常生活、工作和学习不受影响。该标准将城市区域划分为五类声环境功能区，并为每个区域规定了环境噪声限值和测量方法。《深圳市环境噪声标准适用区划分（2020）》依据上述国家标准，为深圳地区定制了声环境功能区。《深圳经济特区环境噪声污染防治条例（2020）》也详细规定了环境噪声、工业噪声、施工噪声、交通噪声和社会生活噪声的管理方法。这些方法主要适用于社区声环境的评价与管理，并不适用于民航机场周边受噪声影响的区域。由国家民航局、生态环境部、自然资源部、市场监管总局等部门联合印发的《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）》，该行动方案是中国在机场噪声污染治理领域的首份综合性文件，旨在建立机场噪声污染防治标准体系。对于新兴的低空航空器噪声管理，其飞行条件和应用场景与大型民用运输飞机不同，因此噪声的特性和污染程度也不同。例如，在物资运输和监控等低空作业场景下，航空器的起降噪声和巡航噪声都会对环境产生很大的影响，而大型民用运输飞机主要关注起降期间对机场周边的噪声影响。这使得现有的用于大型飞机的噪声测量方法不适用。这些测量方法是为通常在远离市中心

区域的飞机开发的，与低空航空器的运营场景不同。我们既需要考虑目前环境噪声管理方法，也需要切实考虑低空航空器的噪声特性，以制定更为科学的标准。

目前，在全世界范围内，有关低空飞行的航空器噪声相关的标准和规范还未完善，但有许多先前的工作可以提供参考。

2019年，欧盟出台了EU 2019/945文件，规定了最大起飞质量小于25千克的无人机的设计和制造要求。该规定在噪声标准方面描述较少，且只考虑了无人机在悬停情况的声功率级，未能有效反映不同飞行阶段的噪声特性。其具体声学测量方法主要根据ISO 3744:2010，缺少针对电推进低空航空器气动噪声特性的测量规范。该条例后来由EU法规2020/1058修订，涉及更大范围的无人机类别。然而，其适用的无人机重量级范围仍限于25千克及以下，且测量仅限于悬停的工况。此外，未指定麦克风布置以避免无人机引起的不稳定空气流动对声学测量的影响。同时，也没有考虑无人机产生的噪声的方向性。2023年，欧洲航空安全局(EASA)出台了小于600千克的无人航空器的噪声测量指南，考虑了巡航及悬停情况，但未考虑垂直起降过程。此外，该指南对所有小于600千克的无人机采用相同的测量方法，未根据质量对其进行具体机型划分。对于中小型无人机及质量更大的低空载人航空器，我们需要更加细化、全面、有针对性的测试方法与噪声标准。2023年7月，美国联邦航空管理局(FAA)通过了一系列来自不同制造商针对不同型号无人机的噪声证书。美国采取一个机型对应一套标准制度，如果新的无人机设计与之前已取证的机型相近，则采用与之相同的噪声标准，并未提出普适、通用的噪声指标。国家标准GB 42590-2023规定了在铭牌上标记无人机在典型状况下的噪声特性水平。综合地考虑了低空航空器噪声特性、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：一是低空航空器设计多样化，噪声辐射特性差异巨大。二是航空器的运行场景丰富，噪声的传播、反射、吸收等过程会受到具体环境影响；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低空航空器噪声标准，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。目前，上报单位牵头成立了ISO/TC20/SC16/JWG7工作组。

制定了民用轻小型多旋翼无人飞行器的噪声测量标准 ISO 5305。但该标准针对的是中小型无人机系统的噪声测量步骤，对噪声指标及要求说明较少。该标准侧重于消声室及风洞实验，其提出的室外测试方法仅限于小型无人机。对于更大质量的低空无人机及载人飞行器，以及实际城市环境飞行的噪声测量和管控方案，需要更明确的规范。

本文件基于系统的低空航空器噪声度量方法并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。同时，规范民用低空航空器的噪声辐射水平，给出实际运营航线噪声排放以及地区噪声污染计算方法和规范要求，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、噪声规范要求、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。

本标准适用于深圳市范围内所有民用低空航空器的噪声规范，包括但不限于多旋翼无人机、固定翼无人机、直升机等。本标准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）等相关国际标准和规范，并结合深圳市实际情况，提出了适用于本地的噪声规范。通过实施本标准，期望能够有效降低低空航空器的噪声污染，促进低空经济的可持续发展，提升城市居民的生活质量。

## 1.2 标准修订必要性和意义

在“十四五”时期，深圳市作为中国改革开放的前沿城市，正迎来“双区”建设的重大历史发展机遇。这一时期，深圳市不仅要保障高质量的经济发展，还需将全周期管理意识融入到城市规划、建设、管理的各个环节中。随着社会经济的发展和人民生活水平的提高，市民对环境品质的要求也越来越高，其中环境噪声污染问题尤为突出，成为影响市民生活质量的重要因素之一。

深圳市在噪声污染防治方面已经采取了一系列措施。2022年，深圳市生态环

境局印发了《深圳市环境噪声污染防治行动方案（2022-2024年）》，明确提出到2024年，全市噪声治理体系将更加健全，噪声防控能力进一步增强，形成齐抓共管的噪声污染防治机制。此外，深圳市还特别关注交通、施工、社会生活和工业噪声污染的控制，力求有效改善噪声严重污染区域的声环境质量，并对噪声敏感建筑物进行有效防护。

在国家层面，国务院也高度重视噪声污染防治工作，印发了《“十四五”噪声污染防治行动计划》，提出了统筹噪声源管控、深化工业企业噪声污染防治、加大交通运输噪声污染防治等多项任务。

随着新技术的发展和新问题的出现，现有的标准和措施需要不断更新和完善。民用低空航空器作为新兴的城市交通工具，其噪声污染防治也日益受到关注。制定《民用低空航空器噪声规范》标准，将有助于规范这一新兴领域的噪声排放，保护城市居民的生活质量，同时也符合深圳市及国家对噪声污染防治的整体要求和趋势。通过这一标准的制定和实施，可以进一步提升深圳市在噪声污染防治方面的管理水平，为其他城市提供可借鉴的经验，共同推动建设更加安静、和谐的城市生活环境。

## 2 工作简况

### 2.1 任务来源

根据《深圳市市场监督管理局关于下达 2024 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》的要求，《民用低空航空器噪声规范》的制定由深圳市交通运输局归口，由香港科技大学深圳研究院牵头制订编制。

### 2.2 起草单位和起草人分工

计划下达后，由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和丰翼科技（深圳）有限公司等单位负责本文件的编制工作。

香港科技大学深圳研究院作为牵头单位，全面负责本文件的组织、编制和管理工作，协调各起草单位并确保标准内容的科学性和规范性。香港理工大学深圳

研究院和北京大学共同参与标准技术内容的起草和论证工作，确保标准内容的理论依据和科学依据充分。广州亿航智能技术有限公司和丰翼科技（深圳）有限公司作为行业代表共同参与标准内容的起草，重点提供行业应用场景、噪声监测技术和降噪措施的实践支持。各单位合作以确保本标准既具有科学严谨性，又贴合行业实际需求。

主要起草人工作分工：张欣、钟思阳和黄迅主要负责工作计划的总体把握及主要内容的确认工作；周朋、谭琪琛和陈望桥主要负责标准的编辑及文本的修改工作；马志达和曹润桢主要负责本文件的试验验证、协调与管理工作；陈腾飞、张豪羽和陆再政作为行业代表，提供民用无人机和航空器噪声控制的行业经验和技术支持。

### 2.3 主要起草过程

制订《民用低空航空器噪声规范》主要经历了以下阶段：

#### （一）标准预研

2024年4月至5月，组织成立《民用有人/无人驾驶航空器噪声管控要求》工作组；

2024年6月至10月，对民用低空航空器噪声和适航相关技术、现行标准和管理经验进行前期资料收集、市场调研等工作，制定标准大纲；

2024年11月，香港科技大学深圳研究院牵头成立规范制订小组，召开项目启动会议，确定《民用有人/无人驾驶航空器噪声管控要求》的制订计划；

2024年11月至2025年3月，对深圳市建成区的噪声情况进行调研，并实地测试民用航空器的环境噪声影响情况。

#### （二）标准起草

2024年11月至2025年1月，对国家法律法规和规章、国家标准、行业标准、深圳市技术标准文件、相关论文等资料进行收集和整理，开展文献研究，结合调研情况，形成了《民用有人/无人驾驶航空器噪声管控要求》初稿；

2025年2月至5月，向各相关单位及企业征求意见，共收集到15条修改意见，修改完善形成《民用有人/无人驾驶航空器噪声管控要求（第二稿）》；参加深圳市低空经济地方标准小范围意见征集会和低空经济标准建设交流会等会议，进一步同市交通运输局、标准院等单位深度交流，完善标准内容。

2025年5月至6月，根据产业调研和企业代表反馈，将原《民用有人/无

人驾驶航空器噪声管控要求》更名为《民用低空航空器噪声规范》，并深入修改标准内容，形成《民用低空航空器噪声规范（第三稿）》

### （三）标准征求意见

2025年6月至2025年7月，征求各单位意见，根据意见逐条修改，形成《民用低空航空器噪声规范（送审稿）》；

2025年10月，拟提交《民用低空航空器噪声规范（送审稿）》。

### （四）地标转团标

2025年12月9日，已按协会相关规定完成地方标准转团体标准立项流程。

## 3 标准编制的原则、内容及依据

### 3.1 编制原则

本文件规定的技木内容及要求科学、合理，具有适用性和可操作性。

#### （一）科学性

本文件起草工作组广泛搜集了国内外相关文件资料及实际应用案例，对国内外城市的低空航空器使用情况进行了深入调研。在此基础上，工作组选取了具有代表性的航空器型号和满足ISO 5305标准的声学场地，针对多个典型工作状况的飞行操作，开展了现场监测和噪声分析，积累了丰富的经验资料和实测数据，为技术规范的编制提供了坚实的科学依据。

#### （二）可操作性

本文件在参考国内外相关低空航空器与环境噪声控制技术措施及案例的基础上，充分考虑了航空器的噪声特点、深圳市现行噪声规范方案等特点，拟经与相关民用航空器科研单位、制造商、运营企业、管理部门等进行沟通讨论，保证了技术规范的可操作性。

#### （三）规范性

本文件依据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，并参照了国内相关行业和地方标准的编写习惯，保证了技术规范的规范性。

本文件规定内容充分考虑深圳市环境噪声和航空管理现状等实际情况，以利于深圳市低空航空器噪声得到有效规范和治理。

### 3.2 编制内容及依据

#### (一) 范围

本文件规定了深圳市行政区域内最大起飞重量（MTOM, Maximum Take-Off Mass）小于 3175 千克的民用低空航空器的噪声污染分级、测量方法和规范原则，涵盖噪声测量方法、声源限制、航线噪声排放计算及污染防治措施等内容。该标准适用于从微型无人驾驶航空器到最大起飞重量小于 3175 千克的重型低空航空器。该最大起飞重量界限参考了国际航空标准（如 EASA CS-27）对小型旋翼机的分类标准，且乘客数不超过 9 座。此类航空器在低空经济中应用广泛，能够满足大多数低空飞行任务需求，同时其噪声排放水平较低，便于实施有效的噪声规范措施。考虑到当前的民用低空航空器存在多种构型和驱动方式，包括但不限于多旋翼、复合翼和倾转旋翼等，此标准不对特定布局做单独说明，而是统一提出计算方式和测量方法。本文件适用于航空器生产制造商、运营商及相关政府部门，但不适用于紧急救援和紧急运输过程中的噪声污染防治。

#### (二) 规范性引用文件

本章给出了标准的规范性引用文件，主要引用文件包括：国际民用航空组织（ICAO）《Convention on international civil aviation》Annex 16 Volume I、美国联邦航空管理局（FAA）14 CFR 第 36 部分《Noise standards: Aircraft type and airworthiness certification》、欧盟法规（EU 2019/945、EU 2020/1058）、欧洲航空安全局（EASA）CS-36《Aircraft noise》及相关无人机噪声测量指南、国际标准化组织（ISO）5305《Noise measurements for UAS (unmanned aircraft systems)》和 ISO 9613《Acoustics-Attenuation of sound during propagation outdoors》、中国民航局（CAAC）《CCAR-36 航空器型号和适航合格审定噪声规定》、民航空行业标准（MH/T 6128-2024）《航空器噪声测量和评估》、2023 年《民用无人驾驶航空器运行安全管理规则》、2020 年《深圳市环境噪声标准适用区划分》和《深圳经济特区环境噪声污染防治条例》，以及 2024-

2027 年《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》。

### （三）术语和定义

本章共涉及“低空航空器”“最大起飞重量”“航线”“飞行速度”“巡航”“悬停”“垂直起降”“航行高度”“无人驾驶航空器系统”“航空器垂直起降场地”“航空器垂直起降场地隔声屏障”共 11 个术语。

其中，“低空航空器”“最大起飞重量”“航线”“飞行速度”直接引用或参考国际民用航空组织（ICAO）《国际民用航空公约》附件 16 第 I 卷《航空器噪声》和欧洲航空安全局（EASA）CS-36《航空器噪声》。“巡航”“悬停”“垂直起降”“航行高度”“无人驾驶航空器系统”参考 ISO 5305 中的定义。“航空器垂直起降场地”“航空器垂直起降场地隔声屏障”参考 T/CCAATB 0062-2024《电动垂直起降航空器（eVTOL）起降场技术要求》中的定义。

### （四）航空器噪声计算和修正方法

本章的制定依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国噪声污染防治法》及《深圳经济特区环境噪声污染防治条例》，参考国际标准（如 ICAO Annex 16、EASA CS-36、ISO 5305、ISO 9613 等）和国内标准（如 GB 3096、GB 22337、MH/T 6128 等），结合深圳市低空经济发展和城市噪声敏感区域保护的实际情况，提出了针对航空器噪声的精确计算和修正方法。该方法考虑了航空器飞行高度、速度、空气流速、传播路径长度等因素对噪声传播的影响，通过科学的修正公式（如 $L_{AE,pred} = L_{AE,standard} + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$ ）确保噪声评估的准确性，为航空器航线规划、噪声防治和环境影响评估提供了技术支撑，确保噪声排放符合国家和地方声环境质量标准。

### （五）航空器噪声规范

航空器噪声规范参考《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规范进行分类。参考 CCAR-36 R2《航空器型号和适航合格审定噪声规定》和 EU 2020/1058 中对于无人机的噪声限值规定，引入了 A-计权连续等效声压级和最大声压级进行多维度噪声限值管理。此外，根据上述限值针对航空器的日常运营给出了航线噪声规范，并根据《声环境质量标准》对各类声功能区的噪

声限值定义进行规范。特别地，针对航空器垂直起降场地这一类重度噪声污染区给出了相关规范。综合以上规范，给出了考虑航空器噪声影响的航线规划和管理要求，以供相关制造商、运营商和相关部门参考。

#### （六）噪声控制与降噪措施

本章的制定依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国噪声污染防治法》及《深圳经济特区环境噪声污染防治条例》，参考国际标准（如 ICAO Annex 16、EASA CS-36 等）和国内标准（如 GB 3096-2008《声环境质量标准》、GB 22337-2008《社会生活环境噪声排放标准》等），结合深圳市低空经济发展和城市噪声敏感区域保护的实际情况，提出了从设计制造、运营管理到公众协调的全方位噪声控制与降噪措施。具体包括：在设计与制造阶段通过低噪声设计和结构优化减少噪声源；在运营阶段合理规划起降频率、飞行高度和航线，确保噪声暴露水平符合标准；在公众协调方面，通过公示信息、设立群众接待点和定期走访社区，及时回应居民诉求，化解由于飞行器噪声引起的矛盾。

特别地，航空器出厂合规测试与噪声认证部分依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国噪声污染防治法》及国际标准（如 ICAO Annex 16、EASA CS-36、ISO 5305 等），要求民用低空航空器在出厂前进行严格的噪声测试，测试内容包括前飞和悬停状态下的噪声测量，测试环境、设备及流程均需符合国际标准。测试数据应存档并生成噪声数据库，制造商需向管理部门提交测试报告，申请噪声认证。通过认证的航空器需在铭牌上标注噪声排放水平，若出现改装或其他调整需复测以确保持续合规。该部分旨在确保航空器在设计、制造阶段即符合噪声规范，减少运营中的噪声污染。

#### （七）航空器噪声污染管控办法

噪声污染管控措施的制定依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国噪声污染防治法》及《深圳经济特区环境噪声污染防治条例》，参考国际标准（如 ICAO Annex 16、EASA CS-36、ISO 5305 等）和国内标准（如 GB 3096、GB 22337、MH/T 6128 等），结合深圳市低空经济发展和城市噪声敏感区域保护的实际情况，要求构建低空航线的噪声审批程序，发展低噪声污染航线规划；建立自动和手动噪声监测系统，以确保航空器运营过程中的噪声排放符合国家和地

方声环境质量标准。此外，要求通过实时监控和公众反馈机制，做出相关运营调整来减少航空器噪声对居民生活的影响。

#### （八）附录

附录主要包括附录 A 民用低空航空器噪声管控流程图、附录 B 民用低空航空器噪声排放测量表、附录 C 民用低空航空器航线申请表（噪声排放指标）和附录 D 民用低空航空器噪声测量方法。附录中的表格主要依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国噪声污染防治法》及《深圳经济特区环境噪声污染防治条例》，并参考 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)》，结合深圳市低空经济发展和城市噪声敏感区域保护的实际情况以及香港运输及物流局颁布的低空经济监管沙盒项目构建。附录 D 特别提出了适用于民用低空航空器的噪声测量方法。该方法规定了测量环境、坐标系、设备、流程及数据记录的具体要求和示意图，涵盖起降、平飞和悬停状态下的噪声测量，确保测量结果的准确性和可重复性。通过科学的测量方法，为航空器噪声排放的评估、规范和认证提供了技术依据，确保噪声排放符合国家和地方声环境质量标准。

## 4 与国内领先、国际先进标准的对标情况

在标准制订的过程中，编制组针对航空器的适航安全和噪声问题，分析现行法律法规与适航标准，并探讨各国和国际组织在低空航空器适航安全和噪声管理方面的实践与经验。本章将详细介绍国际民用航空组织（ICAO）、世界卫生组织（WHO）、中国民用航空局（CAAC）、香港民航处（CAD）、美国联邦航空管理局（FAA）、欧盟（EU）和欧洲航空安全局（EASA）在低空航空器适航安全和噪声管理方面的现行法律法规与适航标准，重点讨论低空航空器的噪声问题，分析各国际组织在噪声管理方面的具体措施，包括噪声认证标准、噪声监测方法、噪声评估等。

### （一）国际民航组织（ICAO）

ICAO 通过其《Annex 16》Volume I 对航空噪声的管理进行了详细的规定。 ICAO 对航空噪声管理的主要内容包括噪声认证标准、噪声监测方法、噪声评估和土地使用规划、以及平衡的噪声管理措施： a) 噪声认证标准： ICAO 规定了不同类型飞机的噪声测量方法和评估标准。例如，对于喷气式飞机、螺旋桨飞机和直升机的噪声测量，ICAO 提供了详细的测量点和评估方法。根据飞机的类型、最大起飞重量和认证日期，ICAO 设定了不同的噪声限值，如表 1 所示。例如，对于喷气式飞机，ICAO 规定了在起飞、巡航和进近阶段的噪声限值。ICAO 要求飞机在获得型号认证时必须进行噪声测试，并提供噪声认证文件。这些文件必须包含飞机的噪声水平、认证依据以及相关的技术数据； b) 噪声监测： ICAO 建议各国在机场及其周边地区进行噪声监测，以评估飞机噪声对环境的影响。监测方法应符合 ICAO 的标准，并定期向 ICAO 报告监测结果。ICAO 要求各国在噪声监测过程中收集的数据应进行标准化处理，并用于评估噪声管理措施的有效性； c) 噪声评估和土地使用规划： ICAO 提出了噪声评估的标准方法，用于计算机场周边的噪声等值线。这些等值线可以帮助规划者了解噪声的分布情况，并制定相应的土地使用规划。ICAO 建议各国在机场周边进行土地使用规划时，应考虑噪声的影响，避免在噪声敏感区域（如住宅区、学校等）进行高噪声活动； d) 平衡的噪声管理方法： ICAO 提出了“平衡的噪声管理方法”，包括四个主要要素：噪声源的减少、土地使用规划和管理、噪声缓解操作程序和运营限制。通过综合

考虑这些要素，ICAO 旨在以最经济有效的方式解决环境噪声问题。

表 1：ICAO《Annex 16》规定的噪声管理举措

	噪 声 阶 段*	最大起飞重量 (MTOW)	飞 越 噪 声 (EPNdB)	横 向 噪 声 (EPNdB)	进 近 噪 声 (EPNdB)
亚音速运输类大飞机和喷气式飞机	第一阶段	所有重量	无具体限制	无具体限制	无具体限制
	第二阶段	$\leq 340,000$ kg	108	108	109
		$> 340,000$ kg	108	108	110
	第三阶段	$\leq 340,000$ kg	94	98	101
		$> 340,000$ kg	94	98	104
	第四阶段	$\leq 340,000$ kg	90	94	97
		$> 340,000$ kg	90	94	100
螺旋桨小飞机及通勤类飞机	第一阶段	所有重量	无具体限制	无具体限制	无具体限制
	第二阶段	$\leq 8618$ kg	89	91	96
		$> 8618$ kg	90	94	100
直升机	第一阶段	所有重量	无具体限制	无具体限制	无具体限制
	第二阶段	$\leq 3175$ kg	89	89	89
		$> 3175$ kg	94	91	91
倾转旋翼航空器	第三阶段	$\leq 3175$ kg	84	84	84
		$> 3175$ kg	89	86	86

\*噪声阶段是 ICAO《Annex 16》Volume I 中用于区分不同飞机噪声认证标准的分类体系。它根据飞机设计和技术的进步，逐步提高了噪声限制要求，以减少航空器对环境的影响。第一阶段为早期的噪声限制标准，适用于 20 世纪 60 年代至 70 年代设计的飞机；第二阶段为 20 世纪 80 年代引入的噪声限制标准；第三阶段为 20 世纪 90 年代末引入的噪声限制标准，适用于 21 世纪初设计的飞机，如新一代喷气式飞机、螺旋桨飞机和直升机；第四阶段为最新的噪声限制标准，适用于未来设计的新型飞机，尤其是电动飞机或混合动力飞机。

对于低空航空器，《Annex 16》Volume I 第 8 章适用于所有直升机、第 10 章适用于最大起飞重量不超过 8,618 千克的螺旋桨飞机、第 11 章适用于最大起飞重量不超过 3,175 千克的轻型直升机、第 13 章适用于倾转旋翼机。该文件为后来国际各地区民航噪声规范的基础性文件，包括中国民航局规章 CCAR-36《航空器型号和适航合格审定噪声规定》、香港民航处《民航（飞机噪声）条例》、FAA 的噪声认证标准（14 CFR Part 36）、(EU) 2018/1139 等。

## (二) 世界卫生组织 (WHO)

世界卫生组织 2018 年发布的欧洲地区环境噪声指南和最新的 2022 年噪声指南，给低空经济噪声法规制定提供了有力参考。该指南基于系统性证据审查，提出了针对不同噪声来源（如道路交通、铁路、飞机其他噪声）的具体噪声暴露水平约束，见表 2。例如，飞机噪声的昼夜声暴露级 ( $L_{den}$ ) 的平均水平应低于 45 分贝，夜间暴露水平 ( $L_n$ ) 应低于 40 分贝；道路交通噪声的昼夜声暴露级 ( $L_{den}$ ) 的平均水平应低于 53 分贝，夜间暴露水平 ( $L_n$ ) 应低于 45 分贝。文档还强调了噪声对健康的不良影响（如心血管疾病、睡眠障碍和认知功能损害），并提供了减少噪声暴露的干预措施，如：减少噪声源的排放，限制噪声源的运营时间；改变噪声传播路径，使用隔音材料；规划新基础设施或减少现有噪声源；改变住宅或社区的物理环境等。

WHO 的噪声指南为民用有人无人航空器的噪声法规制定提供了科学依据，特别是在噪声暴露水平限制、健康影响评估和干预措施方面。基于该指南，低空经济的噪声法规制定可以从以下几个方面入手：a) 制定适用于低空航空器的噪声暴露标准，针对不同飞行高度和飞行区域，制定差异化的噪声标准；b) 限制夜间飞行活动，减少对居民的噪声干扰。在特定时间段（如清晨和傍晚）限制低空航空器的飞行频率；c) 优化飞行路径，避免在噪声敏感区上空飞行。

表 2: WHO 噪声指南对不同噪声源的环境噪声限制

噪声来源	昼夜声暴露级 ( $L_{den}$ )	夜间暴露水平 ( $L_n$ )	备注
道路交通噪声	$\leq 53$ dBA	$\leq 45$ dBA	适用于城市和乡村道路交通噪声，建议通过交通管理、隔音屏障等措施减少噪声
铁路交通噪声	$\leq 54$ dBA	$\leq 44$ dBA	适用于铁路交通噪声，建议通过轨道优化、隔音措施等减少噪声
飞机噪声	$\leq 45$ dBA	$\leq 40$ dBA	适用于机场周边的飞机噪声，建议通过限制夜间航班、优化航线等措施减少噪声
风力涡轮机噪声	$\leq 45$ dBA	$\leq 40$ dBA	适用于风力发电设施噪声，建议通过优化涡轮机设计、限制夜间运行

			等措施减少噪声
休闲噪声	≤ 70 dBA (年平均)	无具体限制	适用于夜总会、音乐会、体育赛事等场所，建议通过限制音量、提供听力保护等措施减少噪声

### (三) 中国民用航空局(CAAC)

目前，现行有效的民航规章《航空器型号和适航合格审定噪声规定》(CCAR-36)主要针对有人驾驶航空器，尚未包含针对无人机的噪声标准。CCAR-36主要内容包括航空器噪声的测量、评定、限制以及相关的程序和条件，涵盖了不同类型航空器（如运输类大飞机、喷气式飞机、螺旋桨小飞机、螺旋桨通勤类飞机和直升机）的噪声管理要求。2022年11月，交通运输部修改《航空器型号和适航合格审定噪声规定》(CCAR-36)，新增了倾转旋翼航空器的噪声与监管要求，其噪声测试程序参考2008年的ICAO《Annex 16》。本标准在第4章关于航空器噪声计算修正方法处参考了CCAR-36-R2附件J关于最大审定起飞重量不大于3175千克的直升机噪声合格审定的替代程序。噪声测试方法参考2023年EASA发布的最新版关于低空航空器的《Guidelines on Noise Measurement of Unmanned Aircraft Systems Lighter than 600 kg Operating in the Specific Category (Low and Medium Risk)》，其中平飞（巡航）状态测量高度为50米，悬停状态测量高度为25米。本标准还引入了起降状态测量工况，其中上升起始高度为25米，结束高度为50米；下降起始高度为50米，结束高度为25米。

### (四) 中国环境保护部

《声环境质量标准》(GB 3096—2008)是中国环保部颁布的声环境质量评价与管理的国家标准（不适用于机场周围区域受飞机噪声影响的区域）。标准规定了五类声环境功能区的环境噪声限值及测量方法，包括0类（康复疗养区）、1类（居民住宅、医疗卫生等）、2类（商业金融、居住商业混杂区）、3类（工业生产、仓储物流区）和4类（交通干线两侧区域），并明确了昼间和夜间的噪声限值，见表3。标准还详细规定了监测要求，包括测量仪器、测点选择、

气象条件和监测方法，并提出了声环境功能区的划分要求和实施机制。附录中提供了交通干线定义和监测方法的规范性内容，确保标准的科学性和可操作性。

《声环境质量标准》为城市低空航空器噪声管理提供了全面的参考，低空航空器噪声立法可以科学设定不同区域的噪声限值，制定合理的监测标准，确保航空器噪声不会对居民生活和环境造成过大干扰，同时明确责任主体和实施机制，确保噪声管理的有效执行。

表 3：《声环境质量标准》中五类声环境功能区的噪声限值表格

声环境功能区类别	适用区域	昼间噪声限值 $L_{Aeq}$ (dB)	夜间噪声限值 $L_{Aeq}$ (dB)
0类	康复疗养区等特别需要安静的区域	50	40
1类	居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能的区域	55	45
2类	商业金融、集市贸易、居住、商业、工业混杂区	60	50
3类	工业生产、仓储物流为主要功能的区域	65	55
4类	交通干线两侧区域（包括高速公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、铁路）	70	55

#### （五）香港民航处（CAD）

香港针对民航噪声有明确的要求和规范，主要通过《民航（飞机噪声）条例》（香港法例第 312 章）及其附属法例《民航（飞机噪声）（证明）规例》进行管理。该条例规定所有在香港国际机场升降的亚音速飞机必须符合 ICAO《Annex 16》所规定的噪声标准。这些标准确保飞机在升降过程中产生的噪声不会对周边社区造成过度影响。根据条例，所有未能符合 ICAO《附件 16》第三章噪声标准的飞机禁止在香港升降。此外，航空公司不得编排仅能刚好符合第三章噪声标准的飞机在香港升降。为减少夜间噪声对居民的影响，条例禁止航空公司编排未能符合更严格噪声标准（即 ICAO《Annex 16》第四章噪声标准）的飞机在晚上 10 时至翌日早上 7 时在香港升降。民航处还实施了多项飞行程序优化措施，例如在深夜时段安排飞机从西南海面降落，或采用持续降落模式，以减少飞越人口稠密地区时的噪声影响。目前，香港暂未对低空航空器运行有

明确的噪声要求。

#### (六) 美国联邦航空管理局 (FAA)

FAA 已经为多个无人机型号发布了噪声认证标准，这些标准适用于特定的无人机型号。例如：FAA 于 2022 年 9 月 12 日发布了针对 Matternet Model M2 的噪声认证标准，这是首个为单一无人机型号制定的噪声认证标准；FAA 还为多个其他无人机型号发布了噪声认证标准，如 Amazon.com Services LLC Model MK27-2、Flytrex Model FTX-M600P 等。

FAA 为 Matternet Model M2 无人机制定了首个噪声认证标准，通过“特定适用规则”(RPA) 发布，噪声限制为 78 dBA，测试程序基于 14 CFR 36.3 和 36.6 的要求，包括飞行和悬停测试，并调整了大气吸收限制至 12 dB/100 米。该标准参考了直升机噪声标准，并结合无人机操作条件，确保其符合安全要求，同时为未来无人机噪声认证提供了参考。表 4 列举了目前经过 FAA 噪声认证的航空器型号。

表 4：经过 FAA 噪声认证的航空器型号

飞行器型号	噪声认证发布日期	最大起飞重量 (MTOW)	最大操作高度	噪声限制
Matternet Model M2	12/9/2022	29 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA
Amazon.com Services LLC Model MK27-2	7/27/2023	91.5 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA
Flytrex Model FTX-M600P	7/3/2023	34 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA
Airobotics Model Optimus 1-EX	7/3/2023	23.1 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA
Percepto Robotics Model System 2.4 Sparrow	7/3/2023	23.35 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA
Wing Aviation Model Hummingbird 7000W-A	7/3/2023	15 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA

Zipline Model Zip	7/3/2023	49.3 磅	400 英尺 AGL	$L_{AE} \leq 78$ dBA
-------------------	----------	--------	------------	----------------------

### (七) 欧盟 (EU) 与欧洲航空安全局 (EASA)

(EU) 2019/945 和其修订版 (EU) 2020/1058 规定了无人飞行器系统 (UAS) 的噪声水平需符合特定标准，噪声限制与 UAS 类别和最大起飞重量有关，且在不同过渡期内逐步降低。UAS 出厂时需以最大 A-计权声功率级 ( $L_{WA}$ ) 作为噪声水平的标注贴于 UAS 机身或其包装上。 $L_{WA}$  的测量方法基于 ISO 3744:2010 标准。同时，法规为不同类别的 UAS 设定了噪声限制的过渡期，噪声限制在不同时间段逐步降低，如 C1 类 UAS 自法规生效起到 4 年后的  $L_{WA}$  从 85 分贝降到 81 分贝，C2 类 UAS 自法规生效起到 4 年后的  $L_{WA}$  从  $85 + 18.51g(m/900)$  分贝降到  $81 + 18.51g(m/900)$  分贝，其中 “ $lg$ ” 表示以 10 为底的对数， $m$  为 UAS 的最大起飞重量 (MTOM)。对更大 MTOM 的 UAS 暂无明确噪声定义。

表 5: (EU) 2020/1058 中 UAS 噪声限制与过渡期变化表

UAS 类别	最大起飞重量 (MTOM)	噪声限制 ( $L_{WA}$ )	过渡期变化
C1 类	$MTOM < 900$ g	85 dB	4 年后降至 81 分贝
C2 类	$900$ g $\leq$ MTOM $<$ 4000g	$85 + 18.51g(m/900)$ 分贝	4 年后降至 $81 + 18.51g(m/900)$ 分贝

欧洲航空安全局于 2023 年发布了关于无人驾驶航空器 (UAS) 噪声测量的指南，适用于最大起飞重量 (MTOM) 不超过 600 千克的无人机，主要是针对“特定类别”（低风险和中风险）操作的无人机。该指南基于 (EU) 2018/1139 以及后续的实施条例 (EU) 2019/947 和 (EU) 2019/945。该指南为无人机噪声测量提供一致的方法，确保不同设计的无人机（如多旋翼、固定翼、直升机等）在特定类别操作中的噪声水平可以公平比较。该指南适用于自愿测量噪声的制造商、运营商或噪声测量组织，测量结果可以报告给 EASA，EASA 计划建立一个在线公共数据库。该指南规定了 UAS 在水平飞行和悬停状况下的噪声评估方法。其中，使用 A-计权声暴露级 ( $L_{AE}$ ) 作为水平飞行程序的噪声评估指标；使用 A-计权等效连续声压级 ( $L_{Aeq}$ ) 作为悬停飞行程序的噪声评估指标，单位均为分

贝。该指南同时提出了噪声测试方法与流程，包括测试环境条件、飞行测试程序、噪声测试设备、测量声级调整，确保 UAS 在特定类别操作中的噪声测量具有一致性和可比性。

在本标准中，我们在 5.1 节航空器噪声排放限值部分参考了 EASA 的测试标准，采用 A-计权等效连续声级 ( $L_{Aeq}$ ) 和 A-计权最大声压级 ( $L_{A,max}$ ) 来量化不同 MTOM 的航空器的最大噪声排放量。并未采用 (EU) 2020/1058 的最大 A-计权声功率级 ( $L_{WA}$ ) 作为评估指标，基于以下原因：(EU) 2020/1058 并未规定 4 千克以上航空器的  $L_{WA}$  要求，对更大重量级的航空器不具有参考性；该指标受到航空器构型的影响，其设定需要长期实验得到经验性的结论，目前不具备普适性；而选用  $L_{Aeq}$  和  $L_{A,max}$  不依赖于航空器的构型，可以作为统一测量对象。

## （八）总结

通过对比分析，可以看出各国和国际组织在低空航空器的适航安全和噪声管理方面已经取得了一定的进展，但仍面临诸多挑战。尽管各国和组织已经制定了针对不同类型航空器的噪声标准，但这些标准主要集中在有人驾驶航空器和部分无人驾驶航空器型号上。随着低空航空器的多样化（如多旋翼、固定翼、复合翼、倾转旋翼等），需要为不同类型的航空器制定更加具体的噪声标准，以确保噪声控制在可接受的范围内。此外，噪声监测和评估体系的完善也是未来工作的重点，建立全球统一的噪声监测和评估体系，有助于共享数据和优化噪声管理策略。同时，目前的噪声标准均给出了不同时间段的限制，这需要航空器研发制造商开发更先进的降噪技术，包括改进航空器设计、优化飞行路径、使用隔声材料等，以减少航空器噪声对环境的污染。

# 5 主要条款说明

## 5.1 标准构成

《民用低空航空器噪声规范》包括范围、规范性引用文件、术语和定义、航空器噪声计算和修正方法、航空器噪声规范、噪声控制与降噪措施、航空器出厂合规测试与噪声认证、航空器噪声污染管控办法、附录和参考文献。

## （一）范围

本文件规定了民用低空航空器噪声污染的基础分级、测量方法和规范原则。本文件规定了适用范围和不适用范围。

## （二）规范性引用文件

本章主要包含了标准文本中规范性引用文件。

## （三）术语和定义

本章规定了航空器、最大起飞重量、航线、飞行速度、无人驾驶航空器系统的术语及航空器噪声计算方法的定义。

## （四）航空器噪声计算和修正方法

本章给出了航空器运行噪声针对实际运行环境的修正方法，包括多架次、单一航线航空器噪声修正方法，和区域内航空器噪声修正方法。

## （五）航空器噪声规范

本章给出了详细的航空器分类原则、航空器噪声排放限值、航线噪声规范、区域航空器噪声规范和航空器垂直起降场区域噪声规范，从多个维度全面给出低空航空器在整个设计和运营周期内的噪声限值。

## （六）噪声控制与降噪措施

本章给出了航空器在不同阶段的噪声控制与降噪措施，涵盖设计与制造阶段、垂直起降机场建设、运营及飞行航线管理阶段，同时要考虑地方协调和公众意见。

## （七）航空器噪声污染管控方法

本章规定了航空器噪声污染的管控措施，旨在通过航线审批、飞行监测及社会反馈等手段，科学降低噪声污染，保护周边声环境。依据《GB 3096-2008 声环境质量标准》和《GB 22337-2008 社会生活环境噪声排放标准》等标准，制定了航线审批、噪声监测及公众参与的具体要求。航线审批强调在确保安全的前提下

下，优先选择低噪声路径，避开噪声敏感区域，限制夜间飞行（22:00 至次日 06:00），并以实际监测结果为准。飞行监测包括自动和手动监测，规范监测点布设、设备校准及数据管理。社会反馈机制要求收集群众意见，及时采取科学降噪措施，合理回应公众诉求。

## （八）附录

附录主要包括附录 A 民用低空航空器噪声管控流程图、附录 B 民用低空航空器噪声排放测量表、附录 C 民用低空航空器航线申请表（噪声排放指标）和附录 D 民用低空航空器噪声测量方法。供航空器设计制造商和运营商等相关单位参考。

## 5.2 试验验证

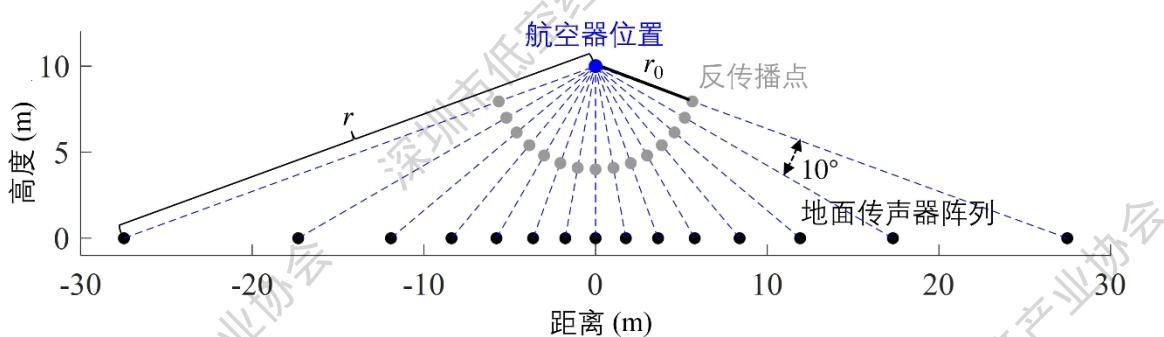
在本文件编制过程中，编制组选取了两款最大起飞重量不超过 7 千克的民用无人航空器系统基于 ISO 5305 中的方法进行噪声测量和评估，并在户外环境中进行声学实验。实验地点位于香港科技大学霍英东运动场，场地信息如下图所示。



实验设施布置于场地中心的人造草足球场上，草坪尺寸为 100m×63m。由 15 个地面传声器组成的传声器阵列布置于场地中央并与短边平行，传声器沿西南至东北方向编号为#1 至#15，#8 位于场地中心（O 点）。一台便携式气象站布置于场地南侧，持续采集测试时段内的气象数据，包括风速、风向、温度、湿度及压强等。



西北-东南方向的双向飞行航线垂直于传声器阵列方向并经过 0 点。实际测试时，航线长度向两端延伸以保持测试段飞行速度一致。航线高度为 10m，传声器在阵列上的布置按照以航空器位置为中心在每  $10^\circ$  为间隔在地面上的投影点。在不同距离  $r$  测量得到的原始声级数据经过基于平方反比定律的反向传播计算，将会修正为在同一距离  $r_0$  上的反传播点处的声级。



实验对象为两型四旋翼无人机，型号为大疆 Matrice 350 RTK（以下简称 M350）及自组 H680（以下简称 H680），如图所示。



试验对象为两型四旋翼无人机，型号为大疆 Matrice 350 RTK（以下称 M350）及自组 H680（以下称 H680），如图所示。

测量结果如下：

表 6：无人机户外测试声学表现

工况	机型	LAmax (dB)	LAeq (dB)	LAE (dB)
以 25m 高度悬停	M350	61.8	60.5	/
	H680	63.1	60.4	/
以 50m 高度飞越	M350	56.7	/	58.0
	H680	56.1	/	60.8

## 6 是否涉及专利等知识产权问题

本文件未涉及专利等知识产权问题。

## 7 重大意见分歧的处理依据和结果

暂无。

## 8 实施标准的措施建议

### 8.1 开展标准宣传

面向包括政府机关、企事业单位、行业协会、社会公众等群体开展标准宣传，推动该标准的广泛应用和实施，提高标准化意识。根据宣贯目标和对象，采用不

同的宣贯方式和手段，如举办培训班、召开研讨会、发布宣传资料等，制定详细的宣贯计划。成立专门的宣贯领导小组，明确职责分工，确保宣贯工作的顺利进行。加强对宣贯工作的督促检查，通过调查问卷、座谈会等方式，收集社会各界对该标准的认知和应用情况，评估宣贯工作的实际效果。同时，通过新闻媒体、网络平台等渠道，广泛宣传该标准的重要性和作用，提高社会公众对该标准的认知度。

## 8.2 噪声控制措施的实施

在设计和制造阶段，采用低噪声推进装置，评估航线噪声排放，并在申报运营航线时考虑降低最大起飞重量。通过提升飞行高度和调整途径地区，减少对地面社区的噪声影响。实施自动和手动噪声监测，确保实际噪声水平符合标准要求。

## 8.3 社区沟通与反馈

加强与地方社区和群众的沟通协调，收集社区反馈，及时调整运营航线管理策略。通过环保公示和社会沟通，提高公众对噪声控制措施的理解和支持。定期组织群众沟通会议，听取意见和建议并做出相关调整，确保噪声控制措施的有效性和社会接受度。

## 8.4 认证管理与持续改进

建立认证管理机制，确保所有运营航线符合噪声控制标准。通过持续改进措施，如减少飞行架次和评估地区噪声污染，不断提升噪声控制效果。定期审查和更新认证清单，确保所有措施符合最新的环保要求和标准。

# 9 其他需要说明的事项

暂无。