

---

《固定翼通用航空平台  
大气气态污染物航空原位测量技术指南》  
(征求意见稿)  
编制说明

《固定翼通用航空平台 大气气态污染物航空原位测量  
技术指南》编制组

二〇二二年十二月

---

# 目 次

1 任务来源 .....	3
2 标准制定必要性 .....	3
3 主要工作过程 .....	4
4 国内外相关标准的研究 .....	6
5 标准编制的基本原则 .....	8
6 指南主要内容 .....	8
7 标准实施的环境效益与经济技术分析 .....	12
8 标准实施建议 .....	13

---

# 《固定翼通用航空平台 大气气态污染物航空原位测量 技术指南》编制说明

## 1 任务来源

2022年6月，北京大学向中华环保联合会提交了《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》立项申请表，经专家评审，2022年7月该项团体标准获得批准立项，项目信息在全国团体标准信息平台网站（<http://www.ttbz.org.cn>）予以公示。

《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》的编制依据是根据科技部国家重点研发计划项目“大气污染航空测量关键技术与示范平台”的课题一“气态污染物航空原位测量技术”（2019YFC0214701）的考核指标要求。标准编制组成员单位是在此重点研发专项相关课题研究参加单位共同参与支持的基础上，同时面向社会广泛征集、严格筛选部分其他参编单位后确定的。北京大学是本指南的技术负责单位，并承担总体编写任务，中华环保联合会负责标准的过程管理，其他参编单位有北京化工大学、北京市人工影响天气中心、唐山市气象局、河北省人工影响天气中心、浙江大学、中国科学院合肥物质科学研究院等高校或事业单位。

## 2 标准制定必要性

大气污染已被世界卫生组织认定为人类健康的主要威胁之一。进入二十一世纪后，随着我国工业化、城镇化的快速推进，能源资源消耗持续增加，人为大气污染物排放远远超过环境容量，造成全国多地、多区域雾霾频发。为了应对日益突出的区域性大气环境问题，我国于2012年更新发布《环境空气质量标准》（GB3095-2012），把PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>新增为监测和评价空气质量的常规指标。2013年9月，国务院印发《大气污染防治行动计划》，标志着中国启动蓝天保卫战，指导全国重点地区在2013-2017年取得了空气质量的显著改善，京津冀、长三角

---

和珠三角三大城市群全部超额完成了目标。2018年7月,《打赢蓝天保卫战三年行动计划2018-2020》发布,覆盖城市范围更广、指导更详细,在主要污染物PM<sub>2.5</sub>的控制目标上,与2016年颁布的“十三五”生态环境保护规划保持一致。至2020年,中国各地区完成各项大气污染治理任务,超额实现“十三五”提出的总体目标和量化指标,《打赢蓝天保卫战三年行动计划》圆满收官。

世界主要国家通过地面大范围观测监控大气污染,但难以量化大气污染排放、传输、演化,无法采取精细控制措施。大气污染物的混合扩散和化学演化受其垂直分布的显著影响。污染物垂直分布发生在从地表开始至几十公里高度的空间,而污染物传输过程主要发生在对流层尤其是几千米内的大气边界层。地面观测可捕获大气污染的地表浓度时空变化趋势,但是无法获取大气垂直方向的物理化学参数。为此,近年来欧美各国大量使用飞机航测与卫星遥感以提供大气三维立体观测;航空测量已逐渐成为必不可少的观测技术手段。

我国目前用于大气科学研究的专用固定翼飞机平台非常有限,还没有专用的大气化学测量飞机平台。与大气科学研究有关的飞行平台主要集中在气象部门,为部分省市的人工降雨专用飞机。目前,我国大气污染航空测量缺乏先进的平台以及专用仪器组合。搭载的仪器大部分没有经过适航技术研发与改造,很少搭载新一代测量设备。在测量方法、质量控制、数据分析方面仍有所欠缺。尚未凝炼成完整的大气污染航空测量体系。

针对上述短板,编制《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》,有助于规范固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量系统的设计、改装、集成、应用和检测,为通过航空测量解决大气污染问题提供标准流程,更好地服务于我国大气科学研究。

### 3 主要工作过程

2019年5月,科技部下达国家重点研发计划项目“大气污染航空测量关键技术与示范平台”各课题任务书,其中课题1“气态污染物航空原位测量技术”(2019YFC0214701)的考核指标之一为编制《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》。

---

2020年3-6月，文献调研，结合项目申报书，设计课题实施方案。6月29日，线上召开了项目启动会暨实施方案论证会，征集专家的意见和建议。

2020年7-12月，开展气态污染物测量仪器技术研发，设计仪器改装方案，讨论研究机舱内仪器设备的安装布设。

2020年12月24日，在北京召开项目进展汇报会议，听取各课题最近进展，讨论未完成任务的集中攻关。

2021年1-6月，开展气态污染物测量仪器的地面改装、测试与调试工作，利用云室测试NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>、CH<sub>4</sub>、CO、CO<sub>2</sub>等监测仪器的测量结果对气压变化的响应，经测试，各仪器在工作气压不低于750 hPa时状态良好，测量结果准确、稳定、可靠。

2021年8-9月，在哈尔滨市中国飞龙通用航空有限公司开展空中国王350飞机的实际改装工作，按照设计要求改装飞机气路、电路等，模块化搭载气态污染物测量仪器。

2021年10-12月，针对飞机实际改装工作出现的问题，进一步优化调试。

2022年1-2月，在河北省唐山三女河机场利用运-12飞机实现测量仪器和配套设备的上机改装，在唐山市区和曹妃甸工业区上空采用盒子法绕飞方式开展7个架次的飞行测试，测试了仪器的工作状态与适用范围，积累了大量实际操作经验与真实测量数据。

2022年3-6月，总结经验，完善优化，基于课题成果固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术达到了预期目标，课题组向中华环保联合会提交了《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》团标立项申请表。

2022年7月，中华环保联合会组织专家，召开了《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》立项评审会，获得中华环保联合会立项批准，并在全国团体标准信息平台网站公示。

2022年8-10月，在参编单位协助下，北京大学组织编制组编写完成《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》初稿，并征集参编单位的意见，对反馈信息进行分析总结，进一步完善指南的结构和内容。

2022年11月，编制组完成指南文本初稿和编制说明，编制单位向中华环保

---

联合会提交《固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术指南》申报稿。

## 4 国内外相关标准的研究

### 4.1 国外相关标准的研究

自工业革命以来，世界各发达国家大气污染事件频发。各国采取了大量控制措施，防治大气污染，并在地面、高山、高空和太空开展了大范围的观测与监控。在全球范围内，欧美发达国家（如美国、英国、德国、法国等）最先借助飞机作为实验平台开展大气观测研究，经过几十年的持续投入和快速发展，研发了大量新型多物种测量技术，积累了雄厚的航测经验，获得了第一手大气三维理化参数，对量化大气排放、传输、演化过程，研究局部、区域乃至洲际尺度大气化学做出了重要贡献。

近年来，欧美发达国家应用最新技术，开展了更多、更广泛的气态污染物大气航测项目。其中，美国以美国宇航局（NASA）和国家海洋大气局（NOAA）为主导机构，开展了 SENEX、DISCOVER-AQ、POSIDON、ATom、FIREX-AQ 等代表性项目，聚焦超大城市、大区域大气污染机制，研究大气污染物传输和演变、气溶胶及其辐射效应。韩国和美国于 2016 年联合进行 KORUS-AQ 观测，对韩国半岛及其周围水域进行有针对性的实地研究，以了解控制城市、农村和沿海地区空气质量的因素。欧洲国家开展了 MEGAPOLI（法国）、CLARIFY-2017（英国）、EMeRGe（德国）等代表性航测项目，研究了超大城市空气污染和对流层化学、气溶胶物理化学特征与成云过程、大气污染物的欧亚跨区域超长距离传输演化等关键科学问题。

欧美国家在新型仪器技术研发、应用及适航改造领域处于绝对领先地位。在美国领导的航测项目中，飞行平台多样化，针对同一污染物可使用不同测量技术对比验证，所使用的仪器大多是政府科研机构 and 大学课题组自主研发，可测量的气态污染物种类多、检出限低、精确度高、时间分辨率低，代表着世界先进水平。但通过文献检索，未发现国外固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量

---

技术的相关标准。

#### 4.2 国内相关标准的研究

经调研，环境行业标准《环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》规定了环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）连续自动监测系统的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法，环境行业标准《环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范》规定了环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）连续自动监测系统的构成与要求、日常运行维护要求、质量保证和质量控制、以及数据有效性判断等技术要求，上述两个标准适用于各级环境监测站（中心）及其他环境监测机构采用连续自动监测系统监测环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO），仅适用于地面观测站定点监测，监测对象为地面环境空气。

气象行业标准《大气成分观测数据质量控制方法反应性气体》规定了大气痕量反应性气体（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、O<sub>3</sub>等）在线观测数据的质量控制方法，用于保证观测数据的准确性、可靠性和可比性，主要是针对地面监测站点。

气象行业标准《人工影响天气作业飞机通用技术要求》规定了人工影响天气作业飞机的分类、基本要求，高性能作业飞机和常规作业飞机的通用技术要求。民航行业标准《飞机增雨作业安全规范》规定了飞机增雨作业的基本要求、预先准备、直接准备、作业实施、作业后处理及应急处置要求。上述两个标准适用于人工影响天气作业，没有大气化学观测的相关内容。

通过文献检索，未发现国内固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术的相关标准。

综上，国内外均未发现固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量技术的相关标准。因此，通过本团体标准的制定、实施和完善，有望进一步形成行业标准和国家标准。

---

## 5 标准编制的基本原则

### 5.1 标准定位

通过本指南的制定，规范固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量系统的设计、改装、集成、应用和检测，指导固定翼通用航空飞行平台的大气气态物原位测量。

通过本指南的制定、实施和完善，有望进一步形成行业标准和国家标准。

### 5.2 编制原则

(1) 问题导向原则。针对气态污染物测量设备进行适航改进，构建适航的气态污染物在线测量子模块。

(2) 科学合理原则。指南内容经过地面研发、测试和实际航空原位测量实践，使指南有较强的科学性和指导性。

(3) 政策相符原则。指南内容规范性引用文件，相关仪器要求达到国家标准，适航改装等过程符合国家标准要求。

(4) 客观公正原则。指南编制过程按要求执行，指南内容按标准规定起草，确保标准编制的客观公正。

## 6 指南主要内容

### 6.1 适用范围

本文件提供了固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量系统的组成功能、技术内容和质量保证与质量控制的指导。

本文件适用于固定翼通用航空平台上采用原位测量方法观测大气气态污染物的浓度和分布，也可用于大气气态污染物航空原位测量系统的设计、改装、集成、检测和应用。

注：本文件航空原位测量系统的固定翼通用航空平台，不包含无人驾驶飞机。

---

## 6.2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18268.1 测量、控制和实验室用的电设备电磁兼容性要求第 1 部分：通用要求

GB/T 30203-2013 飞机电气系统特性

GJB 181B-2012 飞机供电特性

GJB150.18A-2009 军用装备实验室环境试验方法第 18 部分冲击试验

HB6167.6-2014 民用飞机机载设备环境条件和试验方法第 6 部分：振动试验

HJ 654 环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法

HJ 818 环境空气气态污染物（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范

MH/T1075-2020 飞机增雨作业安全规范

QX/T505-2019 人工影响天气作业飞机通用技术要求

## 6.3 术语和定义

### (1) 气态污染物 gaseous pollutants

由于人类活动或自然过程排入大气，在常态、常压下以分子状态存在，且浓度超过一定标准时对人或环境产生有害影响的物质。在本文件中包括但不限于 NO、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 VOCs。

### (2) 大气观测作业飞机 aircraft for atmospheric observation

指搭载大气在线测量设备和离线采样装置，执行空中大气化学、大气物理等观测任务的固定翼航空器。

### (3) 气态污染物航空机载监测仪器 airborne monitoring equipment for gaseous pollutants

在大气观测作业飞机上通过气体进样系统将舱外大气采入，并在线测定气态

---

污染物浓度的连续自动监测分析仪器。

(4) 大气气态污染物航空测量过程 airborne measurement of atmospheric gaseous pollutants

在大气观测作业飞机采用气态污染物航空机载监测仪器对大气气态污染物进行连续的样品采集、处理、分析的过程，以及在飞行过程中使用采样装置收集一定时段的大气样品，并将采集的样品在实验室进行处理、分析的过程。

(5) 大气气态污染物航空原位测量系统 airborne in-situ measurement system of atmospheric gaseous pollutants

指利用大气观测作业飞机搭载气态污染物航空机载监测仪器，执行空中大气化学、大气物理等在线观测任务，完成样品收集、分析和数据采集、处理与储存的集成装置。

## 6.4 系统组成与功能

### 6.4.1 系统组成

大气气态污染物航空原位测量系统由大气观测作业飞机、气体进样系统、气态污染物航空机载监测仪器模块、标定校准系统、数据采集、存储和处理系统组成。其中：

(1) 大气观测作业飞机由固定翼飞机、网络通信模块、供电模块、环境控制模块、辅助集成模块组成；

(2) 气体进样系统由舱外气体进样管、舱内多支路气体管路组成；

(3) 气态污染物航空机载监测仪器模块由多种气态污染物航空机载监测仪器组成，包括但不限于用于测量 NO、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 VOCs 的设备；

(4) 标定校准系统由标准气体、零气发生器和气体动态校准仪组成；

(5) 数据采集、存储和处理系统由数据采集模块、数据储存模块和数据处理模块组成。

## 6.4.2 方法功能

### 6.4.2.1 大气观测作业飞机

大气观测作业飞机能够根据观测任务需要, 搭载特定组合的气态污染物航空机载监测仪器和作业人员实施航空测量, 可满足观测任务的通信传输、设备供电、作业环境、操作安全等需求。

### 6.4.2.2 气体进样系统

多台(套)气态污染物航空机载监测仪器共用一套多支路气体进样系统将舱外大气引入并进行在线测定或离线样品收集。气体进样系统的材料和安装要符合航空规范, 不影响仪器测量, 具体内容见 6.5.2。

### 6.4.2.3 气态污染物航空机载监测仪器模块

气态污染物航空机载监测仪器模块包括多台(套)连续自动监测仪器, 用于实时测量从舱外采集的大气气态污染物的浓度, 各监测项目推荐的分析方法见表 1。

表 1 气态污染物航空机载监测仪器的推荐分析方法

监测项目	推荐分析方法
NO	化学发光法、腔衰荡光谱法
NO <sub>2</sub>	化学发光法、腔衰荡光谱法
O <sub>3</sub>	紫外光度法、化学发光法
SO <sub>2</sub>	紫外荧光法、激光诱导荧光法
CO	腔衰荡光谱法、非分散红外吸收法、气体滤波相关红外吸收法
CO <sub>2</sub>	腔衰荡光谱法、非分散红外吸收法、离轴积分腔输出光谱法
CH <sub>4</sub>	腔衰荡光谱法、腔增强吸收光谱法、离轴积分腔输出光谱法
VOCs	质子转移反应飞行时间质谱法、离线采样气相色谱-质谱联用法

---

#### 6.4.2.4 标定校准系统

标定校准系统用于对气态污染物航空机载监测仪器进行标定和校准。

#### 6.4.2.5 数据采集、存储和处理系统

数据采集、存储和处理系统具备数据采集、存储和处理功能，用于采集气态污染物航空机载监测仪器模块测量得到的数据，能够按指令实现数据的本地存储和数据及相关信息的实时处理。

## 7 标准实施的环境效益与经济技术分析

本标准的实施将为我国在大气气态物污染大尺度空间分布的监测提供具有针对性的测量手段，形成气态污染物航空测量模块，构建气态污染物科研飞机航测体系平台，形成相应的软硬件示范标准。

### 7.1 环境效益

本标准实施所建成的测量平台可以为解决我国大气污染问题提供新的科学支撑，为管理部门实现污染源排放优化控制提供可靠的数据依据，可用于应对突发大气污染事件、国家重大活动保障、量化行政区域间气态污染物传输等。

### 7.2 经济技术分析

本标准的实施将有效推动我国大气化学航测平台的建设和大气化学机制的研究。在现有气态污染物测量方法的基础上，本标准将会在气态污染物测量技术领域产生新的需求，促发新的增长点，进一步推动气态污染物测量的技术更新。

### 7.3 社会效益

本标准的实施将使我国在航测方面赶上当前国际先进飞机航测水平，有望获得一批创新性研发成果，建立起一支优秀的大气飞机航空测量团队，培养出一批优秀的跨学科的青年人才，提升我国在大气化学研究和污染防控方面的国际竞争力。

---

## 8 标准实施建议

目前国内大气气态污染物的飞机观测开展较少，但近些年为解决大气污染、重点行业污染排放问题和开展气候变化研究，国内科研院所和高校基于科技部和国家自然科学基金委资助正在逐步开展，目前航测主要基于国内现有气象飞机观测平台，缺乏规范化标准。本标准的实施为国内开展固定翼通用航空平台大气气态污染物航空原位测量提供测量系统的设计、改装、集成、应用和检测等方面的规范化流程。