

ICS: 13.040.20

CCS: Z10

# 团 体 标 准

T/ACEF □□□-20□□

## 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

Technical guidance for airborne in-situ measurement of atmospheric gaseous  
pollutants for fixed wing general aviation platforms

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

中华环保联合会 发布

# 目 次

前 言 .....	I
1 范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	2
4 系统组成与功能 .....	3
4.1 系统组成 .....	3
4.2 方法功能 .....	4
5 技术内容 .....	5
5.1 大气观测作业飞机 .....	5
5.2 气体进样系统 .....	6
5.3 气态污染物航空机载监测仪器模块 .....	7
5.4 标定校准系统 .....	9
5.5 数据采集、存储和处理系统 .....	9
6 质量保证与质量控制 .....	10
6.1 系统装置质量控制 .....	10
6.2 测量数据质量控制 .....	11

# 前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件由北京大学提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：北京大学、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。

本文件主要起草人：吴志军、陈景川、张萃琦、陈仕意、胡敏、李少萌、刘永春、赵德龙、黄梦宇、丁德平、张晖、远红杰、杨洋、杨强、刘丹彤、王薇。

# 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

### 1 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。

### 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 150.18A-2009 军用装备实验室环境试验方法第18部分冲击试验

GJB 181B-2012 飞机供电特性

HB 6167.6-2014 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/T 1075-2020 飞机增雨作业安全规范

QX/T 505-2019 人工影响天气作业飞机通用技术要求

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **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。

### 3.2

#### **大气观测作业飞机 aircraft for atmospheric measurement**

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。

### 3.3

#### **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。

### 3.4

#### **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。

### 3.5

#### **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。

## 4 系统组成与功能

### 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：

a) 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；

b) 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；

c) 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；

d) 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；

e) 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。

## 4.2 方法功能

### 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。

### 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 5.2。

### 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

#### 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。

#### 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。

### 5 技术内容

#### 5.1 大气观测作业飞机

##### 5.1.1 固定翼飞机

固定翼飞机满足 MH/T 1075-2020 的 4.3 作业飞机和 QX/T 505-2019 的 7 常规作业飞机的相关规定。

##### 5.1.2 网络通信模块

网络通信模块满足以下技术内容：

a) 具备飞机内部、飞机和地面之间的文本、语音、图像、视频、数据文件等信息传输和交互功能；

b) 飞机能够向地面实时传输飞机定位、飞行姿态、气态污染物航空机载监测仪器测量数据和工作状态等信息；

c) 具备地面向飞机实时传输卫星、雷达图像、飞行航线规划以及天气模式产品等功能。

##### 5.1.3 供电模块

供电模块满足以下技术内容：

a) 供电模块满足大气观测作业飞机满负荷搭载的所有仪器设备的正常用电需求，并有冗余；

b) 具备包括但不限于飞机发动机供电、机载不间断电源供电、地面电源车供电三种供电方式；

c) 能够在飞机发动机供电、机载不间断电源供电、地面电源车供电三种供电方式间灵活切换，满足仪器设备在飞行前预热准备、航空在线监测和监测结束返航等过程的用电需求；

d) 机载不间断电源的电量满足气态污染物航空机载监测仪器正常连续工作 30 min 以

上;

- e) 设有漏电保护装置, 防止人身触电;
- f) 满足 GB/T 30203-2013 的 4 通用要求和 GJB 181B-2012 的 4 一般要求的相关规定。

#### 5.1.4 环境控制模块

环境控制模块满足大气观测作业飞机所搭载仪器设备正常使用所需的环境条件:

- a) 温度: 5~40℃;
- b) 相对湿度: ≤85%;
- c) 气压: 60~106 kPa;
- d) 废气排气: 机舱设置有仪器废气排出口, 确保排出的废气不影响工作人员的健康和各仪器的测量结果。

#### 5.1.5 辅助集成模块

飞机配备有飞行管理和导航系统, 可以连续地记录导航和气象资料, 可获得以下数据: 定位导航信息包括观测时间、飞机位置(经度、纬度、高度)、飞行姿态(俯仰角、滚转角、偏航角)、飞行速度(加速度)等相关数据。

气象参数信息包括风速、风向、气温、气压、湿度(或水汽混合比)等相关数据。

### 5.2 气体进样系统

#### 5.2.1 舱外气体进样管

气体进样管设置在舱外, 用于引导舱外的环境空气以稳定流量进入舱内的测量装置, 同时避免飞机发动机尾气等因素对测量的影响。

气体进样管与飞机固定连接设置, 一端设置有进气嘴, 进气嘴朝向飞机的机头方向, 进气嘴的入口侧尺寸小于进气嘴的出口侧尺寸; 气体进样管的另一端穿过机舱延伸至舱内, 与舱内多支路气体管路的采样总管紧密连接设置。舱外气体进样管的设计保证舱外的大气稳定进入舱内多支路气体管路的采样总管。

#### 5.2.2 舱内多支路气体管路

舱内多支路气体管路包括与舱外气体进样管连接的采样总管和与各监测分析仪器连接的采样支管, 满足以下技术内容:

- a) 气体管路连接紧密, 避免漏气。
- b) 气体管路的制作材料, 选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料。一般以聚四氟乙烯或硼硅酸盐玻璃等为制作材料。

- c) 采样气体在管路内的滞留时间小于 2 s。
- d) 监测分析仪器与支管接头连接的管线选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料；长度不超过 2 m。
- e) 监测分析仪器与支管接头连接的管线安装孔径 $\leq 5\ \mu\text{m}$ 的聚四氟乙烯滤膜。
- f) 监测分析仪器与支管接头连接的管线，连接采样总管时伸向总管接近中心的位置。
- g) 当飞行测量高度高于 3000 m 时，增压舱条件下需要给监测分析仪器配置低压真空抽气泵提供额外的抽力，满足监测分析仪器正常工作的气体流量需要。

### 5.3 气态污染物航空机载监测仪器模块

#### 5.3.1 仪器外观

- a) 气态污染物航空机载监测仪器模块的各监测仪器具有产品铭牌，铭牌上标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号制造日期等信息。
- b) 各监测仪器的表面完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键、按钮灵活有效。
- c) 各监测仪器的主机面板显示清晰，字符、标识易于识别。

#### 5.3.2 环境适应性

气态污染物航空机载监测仪器模块的各监测仪器能够在以下条件中正常工作：

- a) 使用环境：飞机舱内；
- b) 工作温度：5 ~ 40℃；
- c) 相对湿度： $\leq 85\%$ ；
- d) 大气压：60 ~ 106 kPa；
- e) 供电电压：AC 220 $\pm$ 22 V，50+1 Hz；
- f) 振动：满足 HB6167.6-2014 中 6.1 的相关规定；
- g) 冲击：满足 GJB 150.18A-2009 中 7.2.1.4 的相关规定。

注 1：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置满足特殊环境条件的使用需要。

#### 5.3.3 安全性

气态污染物航空机载监测仪器模块设置有集成化电源箱，并设有漏电保护装置。

在环境温度 5 ~ 40℃，相对湿度 $\leq 85\%$ 条件下，仪器电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 20 M $\Omega$ ；仪器有足够的绝缘强度，在 1500 V(有效值)、50 Hz 正弦波实验电压下持续 1 min，不出现击穿或飞弧现象。

### 5.3.4 仪器性能

气态污染物航空机载监测仪器模块的各监测仪器满足表 2 技术内容。

表 2 气态污染物航空机载监测仪器的技术性能

测量要素	测量范围	检出限	时间分辨率	量程精密 (20%量程)
O <sub>3</sub>	0~500 ppb	≤2 ppb	≤10 s	≤5 ppb
NO	0~500 ppb	≤2 ppb	≤10 s	≤5 ppb
NO <sub>2</sub>	0~500 ppb	≤2 ppb	≤10 s	≤5 ppb
SO <sub>2</sub>	0~500 ppb	≤2 ppb	≤10 s	≤5 ppb
CO	0~50 ppm	≤0.5 ppm	≤10 s	≤0.5 ppm
CO <sub>2</sub>	0~1000 ppm	≤0.2 ppm	≤10 s	≤0.7 ppm
CH <sub>4</sub>	0~20 ppm	≤2 ppb	≤10 s	≤7.5 ppb
VOCs	>100 种 VOCs 物种，包括醇类、醛酮类、芳香烃类等	1 ppt 甲苯/ min 积分时间	≤10 s	/

### 5.3.5 仪器安装

#### 5.3.5.1 结构和外观

气态污染物航空机载监测仪器模块的安装结构与外观满足以下技术内容：

a) 气态污染物航空机载监测仪器所包含仪器的种类和数量与飞机上搭载的其他仪器设备统筹考虑，合理搭配，固定在定制的航空架上，满足飞机重心配置等航空规范，且满足适航取证需要。

b) 固定气态污染物航空机载监测仪器的航空架采用满足航空规范的材料，定制化设计，能够将测量仪器牢固地固定在飞机固定卡槽上。

c) 航空架与飞机固定卡槽的连接处设置有减振、隔振设施。

d) 舱内测量系统的布局在满足航空规范的基础上，合理布局，突出可操作性，各仪器的安装位置不会对观测数据产生影响。

e) 航空架焊接牢固，结构件安装可靠，紧固件无松动，测量仪器与飞机机体无直接接触。

- f) 系统结构紧凑，便于安装。
- g) 各测量仪器的标识、说明等清晰、完整。

### 5.3.5.2 安全性

气态污染物航空机载监测仪器模块安装的安全性满足以下技术内容：

- a) 系统结构有足够的强度和刚度，在满载荷下不出现影响工作的弹性变形；在设计极限载荷下不损坏。
- b) 系统所使用线缆连接接口具备防插错功能。
- c) 电源线缆及信号线缆等接口能够确保稳定可靠连接，可采用螺纹旋紧或卡扣紧固的接口。

### 5.3.6 维护性

气态污染物航空机载监测仪器的各部件便于检查和和维护，系统部件易于更换。

### 5.3.7 电磁兼容性

气态污染物航空机载监测仪器具备电磁兼容性，满足 GB/T 18268.1 的 5 电磁兼容试验方案的相关规定。

## 5.4 标定校准系统

### 5.4.1 标准气体

标准气体是国家有证标准物质或标准样品。

### 5.4.2 零气发生器

零气发生器满足 HJ 654 附录 A 的相关规定。

### 5.4.3 动态气体校准仪

动态气体校准仪满足 HJ 654 的 7.1.15 的相关规定

## 5.5 数据采集、存储和处理系统

### 5.5.1 数据采集

数据采集满足以下技术内容：

- a) 数据采样频率不小于 1 Hz；
- b) 提供人机交互界面，实现对气态污染物航空原位测量系统的集中监控，以及对数据的采集、显示、存储和回放及分析处理。

### 5.5.2 数据存储

数据存储满足以下技术内容：

- a) 舱内仪器数据存储容量：不少于 240 h 有效观测数据的存储；
- b) 数据传输和处理单元存储容量：不少于 1 年有效观测数据的存储；
- c) 具备历史数据查询功能。

### 5.5.3 数据处理

数据处理满足以下技术内容：

- a) 能够显示和设置系统时间，统一各仪器的时间，具备时间标签功能；
- b) 能够显示仪器的工作状态等参数信息；
- c) 能够显示实时数据；
- d) 显示气象卫星、雷达、数值模式等图像产品并能叠加飞机位置等信息；
- e) 具有质量浓度、体积浓度单位切换功能，可根据环境条件计算标准状况和实际状况的参数浓度；
- f) 处理后的数据不覆盖原始数据；
- g) 具备数字信号输出功能；
- h) 数据输出类型包括报文、数据库、图形产品。

### 5.5.4 电磁兼容性

数据采集、存储和处理系统具有电磁兼容能力，对其他电子设备不产生干扰。

## 6 质量保证与质量控制

### 6.1 系统装置质量控制

每次航空在线观测前检查大气气态污染物航空原位测量系统的各装置，全部检查合格后可进行航测，包括以下内容：

- a) 按观测工作需求，检查系统配置的各类仪器设备的类别和数量；
- b) 系统选用的设备、器材等原材料为合格产品，其性能指标符合相关的国家标准；
- c) 检查部件连接是否齐全、可靠，检查系统的安装情况，检查采样管路和仪器气路的气密性，必要时更换；
- d) 根据仪器说明书的要求，定期检查、清洗仪器的关键零部件，更换关键零部件后需对仪器重新校准，并进行仪器性能测试，测试合格后，方可投入使用；
- e) 根据仪器说明书的要求或工作需要，定期校准标定仪器，满足 HJ 818 附录 B 的相关规定；

f) 需要开机预热的仪器，预留充足的预热时间，提前做好相关准备工作，确保仪器达到最佳使用状态；

g) 检查各测量仪器的时间同步；

h) 检查仪器流量、参数设置等工作状态；

i) 检查仪器测量性能的准确性和稳定性；

j) 检查数据通讯与远程传输的稳定性；

k) 建立大气气态污染物航空原位测量系统质量控制文件，包括但不限于标准操作规范、仪器运行维护与质量控制规范、维修记录、校准记录等。

## 6.2 测量数据质量控制

每次航空在线观测过程中和观测完成后及时检查各仪器的测量数据，包括以下内容：

a) 原始数据检查与备份，检查各测量参数原始数据的完整性，并及时存储、备份；

b) 检查各测量参数的完整时间序列，正常运行时的所有监测数据均为有效数据，标记仪器检查、校准、维护保养或出现故障等非正常监测期间的数据并记为无效数据，仪器启动至仪器预热完成时段内的数据为无效数据，对于缺失和判断为无效的数据均需注明原因，并保留原始记录，有疑问处结合其他信息分析判断，辅助检查的可靠性；

c) 数据质量控制，检查测量数据的时间分辨率、数据准确性等是否满足要求，分析时间序列波动变化是否合理，检查数据传输有无重复或者丢失，检查数据、文档等文件的编号记录完整性。