

《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥  
感测量技术指南》  
(征求意见稿)  
编制说明

《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》

编制组

二〇二二年十二月

# 目 次

1 任务来源 .....	1
2 标准制定必要性 .....	1
3 主要工作过程 .....	2
4 国内外相关标准研究 .....	3
5 同类工程现状调研 .....	4
6 主要技术内容及说明 .....	6
7 标准实施的环境效益与经济技术分析 .....	16
8 标准实施建议 .....	16

# 《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》编制说明

## 1 任务来源

2022年6月，中科院合肥物质科学研究院向中华环保联合会提交了《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》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 大气污染物航空遥感测量技术指南》的编制依据是根据科技部国家重点研发计划项目“机载大气污染物遥感测量技术”（2019YFC0214702）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。中国科学院合肥物质科学研究院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，其他参编单位有中国科学技术大学、北京市人工影响天气中心、山西省人工增雨防雷技术中心、北京大学、浙江大学等事业单位。

## 2 标准制定必要性

准确观测区域大气污染物的时空分布资料，对评估区域大气污染程度、认识大气污染物的形成机制和污染来源具有重要意义。航空遥感测量大气污染物，具备观测区域广、空间分辨率高、多组分、非接触等技术优势。为了提高大气污染物航空监测结果的准确性，规范大气航空遥感测量大气污染物的观测技术和方法，特制定本标准。

我国航空遥感测量大气污染物技术还存在很多问题，包括与发达国家相比，我国缺乏适航开发的遥感仪器、缺乏高精度、快速的高光谱反演算法和软件、缺

乏机载遥感设备的示范应用，缺乏对遥感设备性能的评估，更重要的是缺失指导和规范大气污染物航空遥感的标准和指南，因此阻碍了航空遥感测量技术的推广应用，降低了航空遥感测量大气污染物的可靠性和稳定性，需要制定大气污染物航空遥感测量技术指南。

### 3 主要工作过程

2020年2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3“机载大气污染物遥感测量技术”的考核指标之一为编制《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》。

2020年3月-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，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月-2021年5月，开展了机载成像差分吸收光谱仪 IDOAS 集成和性能测试研究工作，测试结果表明，光谱仪模块满足项目的任务要求和技术指标要求。

2021年6月，将遥感设备搭载在芜湖中电科钻石飞机平台，在安徽省芜湖市及周边地区进行测试飞行，对集成的机载成像差分吸收光谱仪 IDOAS 的仪器性能进行测试。这次飞行试验验证了自主研发的机载遥感设备探测大气污染物  $\text{NO}_2$  和  $\text{SO}_2$  的性能，设备能准确地探测到飞行航线上大气污染物的高浓度区，并判断污染源的位置。

2021年1月-9月，配合北京人影办和山西人工降雨防雹办公室，完成机上设备布局、电路、信路设计。按照要求设计设备的机上安装方式、电气设计、热设计，来满足机上要求。多次在飞机场现场讨论和考虑了机上改装细节，包括设备镜头窗口的设计方案、GPS 信号的获取方式、供电方式（几路、电压、功率）、设备接地的问题、设备温度控制需求和可能的问题等。

2021年11月27和28日，将研制的机载成像差分吸收光谱仪搭载于运-12飞机平台，在吕梁市区进行大气污染观测实验。飞行实验期间还同步进行了车载差分吸收光谱仪走航观测，对飞行实验结果进行比对和验证。通过地基遥感对机

载遥感观测结果的比对和验证，证明了机载遥感探测精度满足考核指标。

2022年6月初，基于大气污染物航空遥感测量技术达到了项目预期目标，课题组向中华环保联合会提交了《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》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 大气污染物航空遥感测量技术指南》立项评审会。

2022年7月，《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》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月，在参编单位协助下，中国科学院合肥物质科学研究院组织编制组编写完成《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》初稿。

2022年9月，针对指南的技术路线和编制内容，征集参编单位的意见，并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10月，编制单位会同参编单位，召开了《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》专家研讨会，根据专家意见，编制组修改并完善了指南内容。

2022年11月，编制组完成指南文本初稿和编制说明。

2022年11月，编制单位向中华环保联合会提交《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》申报稿。

2022年11月，中华环保联合会组织专家，召开了《固定翼通用航空平台 大气污染物航空遥感测量技术指南》技术评审会。根据专家意见，编制组修改并完善了指南内容。

## 4 国内外相关标准研究

经调研，气象行业标准《飞机气象观测数据归档格式》规定了商用飞机气象观测数据的归档文件命名方法及存储格式，而本标准没有涉及到飞机观测数据的文件命名方法和存储格式；气象行业标准《多旋翼无人机机载气象探测系统技术要求》规定了多旋翼无人机机载气象探测系统的组成、功能和技术要求，而本标准包含了机载大气污染物探测系统功能和技术要求；气象行业标准《微型固定翼

无人机机载气象探测系统技术要求》规定了微型固定翼无人机机载气温、空气湿度和气压探测系统的组成和技术要求，而本标准包含了航空大气污染物遥感探测系统功能和技术要求；气象行业标准《气象卫星定量产品质量评价指标和评估报告要求》规定了气象卫星定量产品质量评价指标和质量评估报告形式和内容，本标准包含了机载遥感产品质量保证和质量控制以及数据质量分析方法；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》规定了大气成分观测中反应性气体（SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、O<sub>3</sub>等）在线观测数据质量控制方法，主要是针对地面监测站点的技术规范，本标准包含了机载平台观测大气污染气体（SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>等）数据质量控制方法。

测绘行业标准《机载激光雷达数据处理技术规范》规定了利用机载激光雷达获取的数据生产基础地理信息数字成果的数据处理技术要求，本标准包含了机载成像差分吸收光谱仪数据处理的技术要求；测绘行业标准《无人机航摄系统技术要求》规定了无人机航摄系统的基本构成和设备的技术要求，本标准包含了机载大气污染物探测系统功能和技术要求。

国家团体标准《民用无人机系统飞行试验通用规范》规定了民用无人机系统试验的一般要求和飞行试验要求，而本标准规定了对人工影响天气或气象探测类型的飞机的飞行试验要求；团体标准《地表-地物偏振遥感探测技术规范》规定了地表-地物偏振遥感探测的数据采集与管理方式、内容、处理流程、成果形式和成果质量控制，而本标准包含了机载遥感探测的数据处理和数据质量控制方法；团体标准《城市黑臭水体遥感监管技术规范》规范了卫星遥感城市黑臭水体观测的技术和流程，而本标准包含了航空遥感大气污染物的观测技术。

## 5 同类工程现状调研

机载成像差分吸收光谱（IDOAS）技术是差分吸收光谱技术与成像技术的结合，采用面阵 CCD 同时记录目标的高分辨率光谱信息和空间信息，通过 DOAS 方法处理成像光谱数据，是超光谱成像技术的进一步发展。为达到痕量气体反演要求，系统的光谱分辨率一般达到 1nm 以下，这相比于一般的以研究地物特性为目的的成像光谱技术来说提出了更高的要求，属于超光谱成像应用范畴。目前，国

内外已经对成像 DOAS 技术进行了相关研究。

2002 年德国海德堡大学研究团队首先提出利用成像 DOAS 技术获取痕量气体二维分布图的方法，将成像光谱技术引入到监测大气污染的任务中；2003 年德国海德堡大学研究团队采用成像 DOAS 技术首次对火山烟羽进行了测量；2005 年韩国光州科学技术院和不来梅大学研究团队对电厂烟羽中的污染物分布进行了测量；2005 年德国海德堡大学研究团队进一步测量了火山烟羽中 BrO 和 SO<sub>2</sub> 分布并对二者之间的关系进行了分析；2009 年美国加州大学等研究团队采用 IDOAS 设备观测休斯敦-加尔维斯顿地区的石化设施的甲醛和二氧化硫排放。

2006 年德国海德堡大学等研究团队首次采用机载 IDOAS 对南非 Highveld 地区的 NO<sub>2</sub> 浓度分布进行了测量；2011 年德国不来梅大学等研究团队在德国西北部的一个燃煤电厂上空飞行实验，观测大气 NO<sub>2</sub> 柱浓度的分布；2011 年德国海德堡大学和美国普渡大学等团队在意大利西西里岛上空对火山烟羽成像，在美国印第安纳州上空对城市大气污染成像，并于 2012 年观测北极 BrO 和 NO<sub>2</sub> 的对流层柱浓度分布；2013 年英国莱斯特大学团队在英国莱斯特城市上空应用 IDOAS 进行飞行测试实验，观测对流层 NO<sub>2</sub> 浓度分布；2013 年，美国哈佛-史密森天体物理中心等研究团队在 DISCOVER-AQ Texas 2013 试验中，利用机载 IDOAS 等航测设备、地基设备开展了污染气体航测试验；2017 年德国不来梅大学在罗马尼亚首都布加勒斯特上空开展了高分辨率 NO<sub>2</sub> 机载 IDOAS 遥感观测，并与地基设备开展了对比验证；2019 年比利时皇家空间航空研究所和德国不来梅大学等研究团队在德国柏林开展机载 IDOAS 遥感观测大气 NO<sub>2</sub> 垂直的试验，对比了四台机载遥感设备的观测性能。

国内目前应用成像 DOAS 技术相关的研究还相对较少，主要研究单位是中科院安徽光学精密机械研究所，成功研制出高分辨率成像 DOAS 设备，并开展了一系列航测试验，开展了大区域的污染气体机载走航试验。其中在天津开展的航测试验获取了天津、唐山地区的污染气体区域分布，捕捉到多个污染点源排放及扩散输送过程；在石家庄开展的航测试验实现了重霾环境下河北、北京污染气体的遥感观测。机载超光谱成像差分吸收光谱技术作为多平台污染监测(地面、空中、卫星等)中一个重要的组成部分，具有信息量大、分辨率高、快速准确的优势。该技术在遥感和环境监测领域可以发挥重大价值，为大气污染的大范围监测提供

了一种高性价比的监测技术。

## 6 主要技术内容及说明

### 6.1 范围

本文件提出了固定翼通用航空平台大气污染物航空遥感测量系统的组成与功能、技术要求、检测与质量控制方法的指南。

本文件适用于固定翼通用航空平台上采用航空遥感测量方法对大气污染物分布的高空观测，也可用于大气污染物航空遥感测量系统的设计、改装、集成、检测和应用。

注：本文件大气污染物航空遥感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 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求第 1 部分：通用要求

GB 17799.3-2012 电磁兼容通用标准居住、商业和轻工业环境中的发射

GB/T 18268.1-2010 测量、控制和实验室用的电设备电磁兼容性要求

GB/T 17799.1-2017 电磁兼容通用标准居住、商业和轻工业环境中的抗扰度

GJB 2700-96 卫星遥感器术语

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 524-2009 大气污染物名称代码

QX/T 505-2019 人工影响天气作业飞机通用技术要求

MH/T 1075-2020 飞机增雨作业安全规范

### 6.3 术语和定义

GJB 2700-96、HJ 524-2009 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 6.4 系统组成与功能

#### 6.4.1 系统组成

大气污染物航空遥感测量系统由航空测量飞行平台、大气污染物航空遥感测量系统、数据采集、存储和处理系统组成。其中：

- 航空测量飞行平台由固定翼飞机、网络通信模块、供电模块、环境控制模块、辅助集成模块组成。
- 大气污染物航空遥感测量系统由大气污染物航空遥感测量仪器组成，包括但不限于成像差分吸收光谱仪等设备。
- 数据采集、存储和处理系统由数据采集模块、数据存储模块和数据处理模块组成。

#### 6.4.2 方法功能

##### 6.4.2.1 航空测量飞行平台

航空测量飞行平台根据观测任务需要，能够搭载大气污染物航空遥感测量仪器和作业人员实施航空测量。

##### 6.4.2.2 大气污染物航空遥感测量系统

大气污染物航空遥感测量系统用于遥感测量大气污染气体，主要是反应性气体，包括 NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、HCHO 等。各监测项目推荐的分析方法见表 1。

表 1 大气污染物体航空遥感测量系统推荐的分析方法

监测项目	推荐分析方法
NO <sub>2</sub>	差分吸收光谱分析法
SO <sub>2</sub>	差分吸收光谱分析法
HCHO	差分吸收光谱分析法

大气污染物航空遥感测量推荐设备是成像差分光学吸收光谱仪（Imaging Differential Optical Absorption Spectroscopy, IDOAS），是成像光谱技术与差分吸收光谱技术的结合。采用面阵 CCD 同时记录目标的高分辨率光谱信息和空间信息，仪器的工作方式是推扫式，即利用飞机平台本身的运动来实现对地物的扫描。

成像光谱仪采集得到一个三维数据立方，立方前两个维度为空间维度，第三个维度为光谱维度，利用差分吸收光谱（DOAS）反演算法并结合大气传输模型对光谱数据进行反演，最终得到扫描目标的污染气体二维空间分布。

#### 6.4.2.3 数据采集、存储、传输和处理系统

数据采集、存储和处理系统用于采集大气污染物航空遥感测量仪器测量得到的数据，能够按指令实现本地存储数据和检测设备工作状态信息，并完成对数据和相关信息处理。

数据处理系统包括数据预处理、光谱数据反演、大气污染物浓度显示等。光谱数据反演软件用于分析大气污染气体的垂直柱浓度。光谱数据反演原理是对光谱作差分处理，以最小化实测光谱和模拟光谱的差异为目标函数，应用非线性最小二乘算法求解气体的斜柱浓度及其不确定度，然后通过大气质量因子 AMF 将气体斜柱浓度转化为垂直柱浓度。

### 6.5 技术要求

#### 6.5.1 航空测量飞行平台

##### 6.5.1.1 固定翼飞机

应符合 MH/T 1075-2020 中 4.3 规定的相关要求，或 QX/T 505-2019 中 5、6.1、7.1 规定的相关要求。

飞机上要搭载稳定平台，指向精度优于  $0.02^\circ$ ，用以固定航空遥感设备增加稳定性。

##### 6.5.1.2 网络通信模块

应符合 QX/T505-2019 中 6.2.3 规定的相关技术内容。

应符合下列要求：

- 具备飞机内部、飞机和地面之间的文本、语音、图像及视频等信息传输和交互功能。
- 飞机能够向地面实时传输飞机定位、飞行姿态、大气污染物航空遥感测量仪器测量数据和工作状态等信息。
- 具备地面向飞机实时传输卫星、雷达图像、飞行航线规划等功能。
- 加载的数值采集和通讯系统，不能对飞机航电系统带来电磁干扰，影响

飞机操控。

### 6.5.1.3 供电模块

要符合 GJB 181B-2012 和 GB/T 30203-2013 规定的相关要求。

要满足航空测量飞行平台满负荷搭载的所有仪器设备正常用电的需求,加装 28V 转 110V 和 220V 的逆变器,并配备 UPS 不间断电池,保证仪器不断电,并有冗余,供电性能要符合下列要求:

- 总功率: 不小于 5kw。
- 电压要有两种: 110V 和 220V。

### 6.5.1.4 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)等有关数据。

气象参数信息包括风速、风向、气温、气压、湿度(或水汽混合比)等数据。

## 6.5.2 大气污染物航空遥感测量系统

### 6.5.2.1 外观要求

- 测量系统仪器表面应完好无损,无明显缺陷,各零部件连接可靠,各操作键、按钮灵活有效。
- 仪器主机面板显示清晰,字符、标识易于识别。

### 6.5.2.2 环境适应性

测量系统在以下条件中应能正常工作:

- 使用环境: 飞机舱内。
- 工作温度:  $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。
- 相对湿度:  $\leq 85\%$ 。
- 大气压:  $40\sim 101\text{kPa}$ 。
- 海拔高度: 小于 10000m。
- 供电电压:  $\text{AC}(220\pm 22)\text{V}$ ,  $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。
- 振动: 满足 HB 6167.6-2014 中的 6.1 的相关规定。
- 冲击: 满足 GJB 150.18A-2009 中 7.2.1.4 的相关规定。

### 6.5.2.3 安全要求

系统要设有漏电保护装置，防止人身触电。安全要求要符合 GB 4793.1-2007 中 6 规定的相关内容。

#### (1) 绝缘电阻

在温度为-10~55℃，相对湿度≤85%条件下，仪器电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 20MΩ。

#### (2) 绝缘强度

仪器在 1500V(有效值)、50Hz 正弦波实验电压下持续 1min，不应出现击穿或飞弧现象。

### 6.5.2.4 功能要求

成像差分吸收光谱仪：

- 光谱分辨率：小于 0.6nm。
- 视场角：30.0°。
- 时间分辨率：2s 以内。
- 角分辨率：小于 0.5°。
- 观测精度：大气污染物垂直柱浓度的精度要求 75%以上。
- 可导出测量参数：NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、HCHO 等大气污染物的垂直柱浓度。

### 6.5.2.5 安装要求

#### (1) 外观和结构

要符合下列要求：

- 大气污染物航空遥感测量系统所包含仪器的种类和数量需要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的要求，且满足适航取证要求。
- 固定大气污染物航空遥感测量系统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。
- 航空架与飞机固定卡槽的连接处要设置有减振、隔振设施。
- 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应影响观测数据产生。

- 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。
- 系统结构紧凑，便于安装。
- 各测量仪器的标识、说明清晰、完整。

#### (2) 安全性

- 系统结构应有足够的强度和刚度，在满载荷下不应有影响工作的弹性变形；在设计极限载荷下不应损坏。
- 系统所使用线缆连接接口要具备防插错功能。

电源线缆及信号线缆等接口应确保稳定可靠连接，可采用螺纹旋紧或卡扣紧固的接口。

#### (3) 光学镜头安装要求

- 根据飞机内部结构，可以选择舱底观测镜头和光谱仪不分开，即一体式结构，或舱底观测镜头和光谱仪分开，即非一体式结构。
- 在一体式结构观测中，观测镜头从飞机机腹观测窗口位置直接朝地面观测，用天底观测方式，观测镜头用于聚焦太阳散射光，直接把光束传输到光谱仪。
- 非一体式结构，观测镜头从飞机机腹光学窗口朝地面观测，用天底观测方式，镜头垂直于飞机飞行方向。观测镜头一端朝向地面采集光线，另外一端通过光纤束连接到光谱仪。观测镜头用于聚焦太阳散射光，通过光纤束传输到光谱仪。飞机的光学窗口采用熔融石英材料，满足紫外透光要求。

### 6.5.2.6 观测要求

#### (1) 观测天气条件要求

大气污染物航空遥感测量需采集太阳散射光谱。良好的光照条件是最佳的观测天气要求。根据天气预报的天气类型，判断是否适合遥感测量。适合遥感测量的天气是晴朗有太阳，没有云的白天，太阳强度越大越合适。尽量选择在中午飞行观测，减小太阳天顶角变化的影响。

#### (2) 飞行方式的选择

一般根据飞行任务和遥感观测实验目的来选择飞行方式，可选择梳状飞行、闭合路径飞行等方案。

航迹规划要求如下：

- a) 飞行航迹要综合考虑地形和下垫面，下垫面尽量平坦；
- b) 飞行航迹要兼顾污染背景区域；
- c) 飞行航迹要兼顾布设的地基验证站点位置和观测范围；
- d) 飞行高度的设计要综合考虑地形地貌，兼顾航空遥感设备的测距和扫描带宽。遥感观测实验中一般飞行高度保持不变。

### (1) 梳状飞行

对于限定在特定区域的污染源的观测，用于评估特定区域的污染状况，或者掌握大气污染物的空间分布，一般选用梳状飞行方案，如图 1 所示：

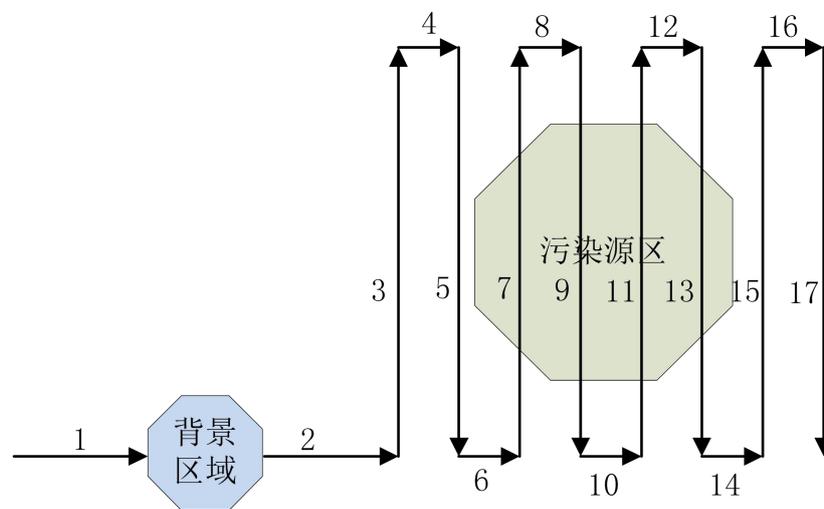


图 1 梳状飞行方案

要求先飞过污染背景区域，再绕着污染源区进行梳状路径飞行。如果污染源区或污染分布未知，梳状推扫时两条相邻路径的距离可以设置较大，完成飞行实验确定了重污染区域或识别了污染点源后，可以对飞行航线作适当的调整，在该地区进行密度高的飞行测量。

### (2) 闭合路径飞行

对于限定在特定区域的污染源的排放进行定量评估，一般选用闭合路径飞行方案，如图 2 所示：

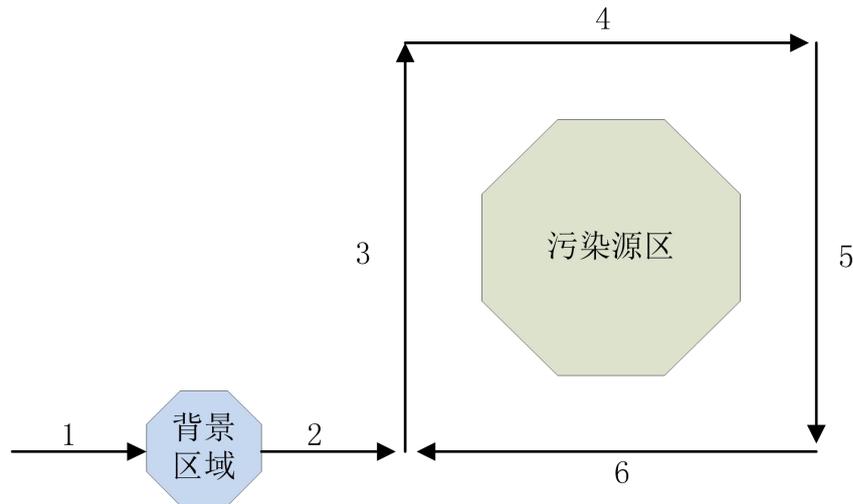


图 2 闭合路径飞行方案

要求先飞过污染背景区域，再绕着污染源区进行闭合路径飞行。图 2 中的闭合飞行可以重复。

### (3) 观测背景区域的选择

光谱数据反演过程中需要一个在清洁区域上空测量的光谱作为参考谱,用于扣除平流层背景、太阳夫琅和费结构和仪器不稳定性的影响。

### (4) 观测配套支撑设备及条件

- 为提高大气污染物立体分布探测精度，除航空遥感设备外，可选配星地同步遥感技术手段，多平台协同观测。
- 可利用地基大气成分高光谱扫描与分析仪在航测区域布点，获取边界层和自由对流层底部大气气溶胶消光系数、大气污染气体  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_2$  和  $\text{HCHO}$  等的垂直结构，为航空遥感测量提供比对和验证。
- 可利用卫星遥感获取观测区域对流层污染物时空分布，为大气航测选择重点观测区域、制定航测路线，提高航测观测效率。

#### 6.5.2.7 维护性

系统各部件应便于检查和维护，系统部件易于更换。

#### 6.5.2.8 电磁兼容性

系统设备应具备电磁兼容性，应符合 GB/T 18268.1-2010 的规定。

### 6.5.3 数据采集、存储、传输和处理系统

#### 6.5.3.1 数据采集

- 提供人机交互界面，实现对大气污染物航空遥感测量系统的集中监测，

以及对数据信息的采集、显示、存储和回放及分析处理。

#### 6.5.3.2 数据存储

- 舱内仪器数据存储容量：不少于 240h 有效观测数据的存储。
- 数据处理单元存储容量：满足 1a 有效观测数据的存储。
- 具备查询历史数据的功能。

#### 6.5.3.3 数据处理、展示

- 能够显示和设置系统时间。
- 能够显示仪器的工作状态等参数信息。
- 能够显示实时数据。
- 具备时间标签功能，数据为设置时段的平均值。
- 具备数字信号输出功能。
- 数据输出类型可包括报文、数据库、图形产品。
- 处理后的数据不应覆盖原始数据。
- 实现地面对飞机平台的监视和指挥。
- 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。

#### 6.5.3.4 电磁兼容性

具有电磁兼容能力，对其他电子设备不产生干扰。电磁兼容发射标准要符合 GB 17799.3-2012 的规定，电磁兼容抗扰度标准要符合 GB/T 17799.1-2017 的规定。

### 6.6 检测与质量控制

#### 6.6.1 检测内容

##### 6.6.1.1 系统装置

- 按工作要求，检查系统配置的仪器设备的类别和数量。
- 目测系统的外观，满足 5.2.1 的要求。
- 实际操作检查部件连接是否齐全、可靠，满足 5.2.5 的要求。
- 实际操作检查系统的安装情况，满足 5.2.5 的要求。
- 系统选用的设备、器材等原材料应为合格产品，其性能指标应符合相关的国家标准。

- 检查仪器测量性能的准确性和稳定性。
- 检查远程数据通讯与传输是否稳定。

#### 6.6.1.2 测量数据

- 原始数据检查和备份。检查各测量参数的原始数据并存储，检查原始数据是否存在异常，判断该数据是否可用。
- 各测量仪器的时间同步。
- 各测量参数的时间序列完整，对有疑问处结合其他信息查询、分析，辅助检查的可靠性。
- 各测量参数的时间序列波动变化是否合理。
- 数据测量时间分辨率、数据准确性是否满足要求。
- 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。

#### 6.6.2 质量保证与质量控制

- 每次航测飞行前，查看仪器工作状态，发现异常应及时检修，对仪器相关部件进行维护或更换。
- 仪器在工作时保持工况条件和工作参数相对稳定。
- 仪器在每次使用之前或者经过维修后，需要用线性光源和平行光源进行初始定标，包括测量其波段范围、光谱分辨率、视场角和角分辨率。
- 在飞行工作中，可利用太阳散射光谱中的夫琅和费结构对光谱仪波长进行再次定标，确认其性能指标是否有变化。
- 在应用航空遥感数据前要保证数据的质量。航空遥感产品质量控制，首先一定要保证所需要的输入数据质量符合要求，包括原始光谱数据、先验数据、辅助数据（云、气溶胶数据等）。
- 产生的航空遥感数据产品的质量控制包括：
  - a) 筛选和排除行异常影响的像元；
  - b) 筛选和排除云量大于 30%的像元；
  - c) 轨道扫描带边缘像元观测角大、反演误差大，排除该类像元；
  - d) 排除光谱拟合残差的均方根（RMS）大于 0.002 的反演值；

- e) 排除太阳天顶角大于  $70^{\circ}$  的结果；
- f) 排除污染气体柱总量反演值为负值的结果。

### 6.6.3 数据质量分析

为了确保航空遥感数据的质量，需要对遥感数据进行误差分析。

遥感数据的误差一般包括系统误差和随机误差，进行误差分析后，给出数据对应的误差值。

## 7 标准实施的环境效益与经济技术分析

航空遥感测量大气污染物具备观测区域广、空间分辨率高、多组分、非接触等技术优势，是区域大气污染物空间分布和源排放监测的重要技术和手段，对区域大气复合污染监测和减排效果评估提供技术支撑作用。该标准的实施，预计对航空遥感测量大气污染物的实际操作提供技术指导。

## 8 标准实施建议

目前国内大气污染物的机载遥感观测开展研究较少，但近些年为解决大气污染、污染源排放问题和污染防治研究，国内研究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，缺乏规范化的标准和指南。本标准的实施为国内开展固定翼通用航空平台大气污染物航空遥感测量提供技术指南，对大气污染物航空遥感测量系统的设计、改装、集成、检测和应用提供规范化流程。