

ICS 07.060

CCS L 60

T



团

体

标

准

T/SIE 12—2025

低空飞行气象服务平台技术框架

Technology framework for low-altitude flight meteorological service platform

2025-11-23 发布

2025-11-23 实施

四川省电子学会 发布
中国标准出版社 出版

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 缩略语	4
5 平台技术框架	4
6 数据资源集成技术要求	6
7 平台服务能力要求	6
8 空域分层服务要求	7
9 安全与质量保障	7
10 测试与验证	7

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。

本文件由电子科技大学提出。

本文件由四川省电子学会归口。

本文件起草单位：中国测试技术研究院、电子科技大学未来产业研究院低空技术研究中心、成都产品质量检验研究院有限责任公司、四川大学、西南交通大学、四川成渝高速公路股份有限公司、国家传感器质量监督检验中心、成都德源睿新科技有限公司、自贡市气象局、自贡数据有限公司、成都纵横自动化技术股份有限公司、四川挚诚质科技有限公司、国家移动互联网软件产品质量检验检测中心(四川)、四川省经济发展促进会低空经济委员会、四川省气象局、上海市建筑科学研究院有限公司、四川省低空经济产业发展有限公司、四川蜀交低空经济产业发展有限公司、航天规划设计集团西南分公司。

本文件主要起草人：曹江萍、钱强、郭文胜、刘念、杨波、李福海、刘学通、杨浩、李钰春、沈长青、王陈、李威、张黎、李胜利、温晓琳、李鑫、王旭东、魏愚、李铭、傅敬伟、胡丹、江瑜、朱敏、刘铭威、唐裕沛、卢科、李涛、徐远、罗虎、滕非洋、赵聆竹、孙宇、夏庚培、潘小红、叶茂、张琳琳、罗友平、翁建平、李阳春、李国忠、姜涛、陈彦兵、廖金涛、温佳林、周松、刘宏瑞、唐荣位、罗海波、赖东寅、祁生秀、谢晓林、林强、郑昊、刘自牧、陶丽、杨若欧、胡春、罗宇昂、龙柯吉、刘平、胡迪、黄帆、郭牧、潘蕾、龙志宇、严智、任志南、张世国、谌倩、杨铁龙。

本文件首次发布。

引 言

随着低空经济的迅猛发展，无人机物流、城市空中交通（UAM）、应急救援、农林植保等新兴业态对高精度、实时化、智能化的气象服务提出了前所未有的迫切需求。低空飞行活动高度依赖气象条件，其对低空风切变、湍流、积冰、强对流天气、低能见度等气象现象极为敏感。然而，传统的飞行气象服务在时空分辨率、预报精准度和专业化程度上，均无法满足低空飞行安全与时效性、针对性和精细化程度的苛刻要求。因此，构建一个集数据采集、融合处理、精准预报、风险评估和智能决策于一体的低空飞行气象服务平台，已成为打通低空经济发展“最后一公里”的关键基础设施，具有重大的战略意义和市场前景。

本文件旨在明确低空飞行气象服务平台的技术要求，规范平台的数据采集、融合处理、精准预报、风险评估和智能决策等技术，使其具备高时空分辨率、高精度的低空经济气象服务能力；实现覆盖地面到300米乃至3000米的低空的全天候、精细化气象监测、预警、预报与风险评估服务能力，极大提升低空飞行的公共安全水平，为政府监管提供科学工具，促进低空经济健康有序发展，提升社会应急响应能力。

低空飞行气象服务平台技术框架

1 范围

本文件规定了平台技术框架、数据资源集成技术要求、平台服务能力要求、空域分层服务要求、安全与质量保障、测试与验证。

本文件适用于低空飞行气象服务平台的规划、设计、开发、集成与验收。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低空飞行气象服务平台 Low-altitude Flight Meteorological Service Platform
集成多源数据，通过技术处理为低空飞行提供标准化、产品化气象服务的应用系统。

注：本文件将低空飞行气象服务平台简称为“平台”。

3.2

下垫面 underlying surface

大气底层直接接触的地球表面，如城市建筑、植被、水面等，其复杂性会显著改变低空流场。

3.3

低空航危天气 low-altitude aviation weather

影响低空飞行安全的天气现象。

注：低空航危天气包括但不限于低空风切变、晴空湍流、微下击暴流、飞机积冰、大雾。

4 缩略语

下列缩略语适用于文件。

NWP：数值天气预报 (Numerical Weather Prediction)

DEM：数字高程模型 (Digital Elevation Model)

MTBF：平均无故障时间 (Mean Time Between Failures)

5 平台技术框架

平台技术框架见图1。

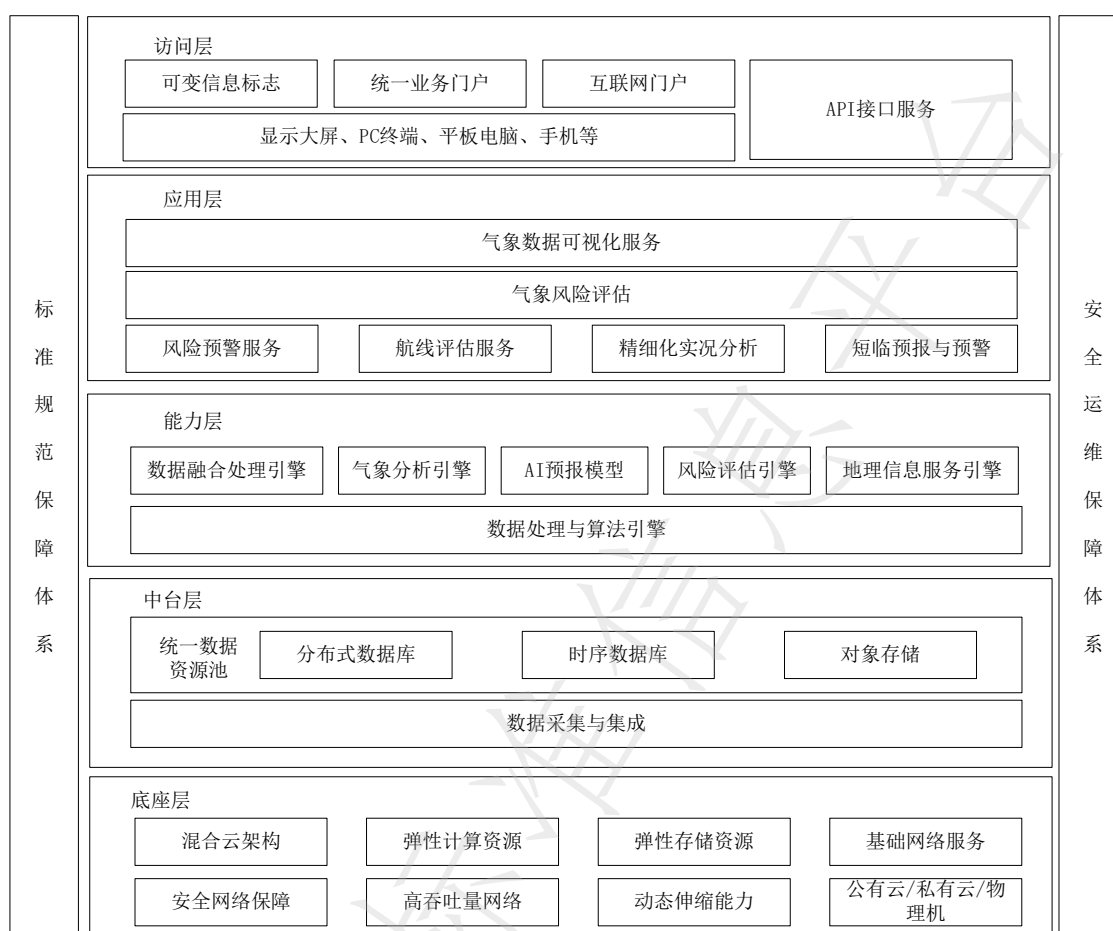


图1 平台技术框架图

5.1 总体架构

5.1.1 平台应采用分层、解耦、模块化的软件架构。

5.1.2 平台应遵循开放性原则，保证系统的可扩展性、可维护性及与外部系统良好的互操作性。

5.1.3 平台总体技术框架自下而上应包括底座层、中台层、能力层、应用层及访问层，并建立贯穿各层的标准规范体系与安全运维保障体系。

5.2 访问层

访问层应提供用户交互以及API接口等。

- a) 应提供面向 Web 浏览器、移动终端等多种客户端的可视化人机交互界面，实现气象数据、产品、预警信息的综合图形化展示与交互分析。
- b) 应通过标准化接口（如 RESTful API）提供服务，确保与低空飞行管理运行平台、无人机云系统、空域管理系统等第三方业务平台的有效集成。

5.3 应用层

应用层应提供风险预警服务、航线评估服务、精细化实况分析、短临预报与预警、气象风险评估、气象数据可视化服务。

- a) 应基于能力层的功能，封装和实现本标准所规定的各项核心功能服务。
- b) 各项应用服务应实现模块化，可被独立调用、组合和升级。

5.4 能力层

能力层应具备数据融合处理、气象分析引擎、AI预报模型、风险评估等功能。

- a) 应提供统一的数据处理与算法引擎，包括数据质量控制、数据插值、数据融合、机器学习模型训练与推理等公共计算服务。
- b) 应构建通用地理信息服务引擎，支持三维场景渲染、空间分析、地理编码等基础空间运算。
- c) 应设立 API 管理与服务中心，实现服务的注册、编排、发布、鉴权、监控与生命周期管理。

5.5 中台层

中台层应对多源异构数据进行采集、存储、管理，包括实时监测、数值预报、地理信息等数据。

- a) 应建立统一的数据资源池，用于对多源异构原始数据、处理过程数据及服务产品数据进行集中存储与管理。
- b) 应包含数据采集与集成模块，负责通过 API 接口、消息队列、数据库同步等方式，接入本文件所规定的多源数据。
- c) 应提供分布式数据库、时序数据库、对象存储等多种存储机制，以适配不同类型数据的高效存取。

5.6 底座层

底座层应提供计算、存储、网络等云原生或物理资源。

- a) 应构建混合云架构，支持公有云、私有云或物理机等多种资源部署模式，以满足不同级别的计算、存储和网络需求。
- b) 应提供弹性的计算与存储资源，支持根据业务负载动态伸缩。
- c) 应保障基础网络连通性与安全性，满足低延迟、高吞吐量的数据通信要求。

5.7 标准规范保障体系

标准规范体系应贯穿所有层级，明确数据格式、接口协议、质量控制、编码规则等各类技术标准与规范。

5.8 安全运维保障体系

安全运维保障体系应贯穿所有层级，涵盖网络安全、数据加密、访问控制、身份认证、操作审计、系统监控、故障告警与应急响应等全方位保障措施。

6 数据资源集成技术要求

6.1 多源数据采集

6.1.1 数据采集

平台应能采集但不限于以下数据。

- a) 实时监测数据：地面自动站、探空观测、风廓线雷达、激光测风雷达、微波辐射计、低空飞行器自感知数据等。
- b) 预报预警数据：高分辨率智能网格预报、数值天气预报（NWP）、航危天气预警预报等产品。
- c) 空间地理数据：高精度数字高程模型（DEM）、三维建筑模型、障碍物数据。
- d) 飞行运营数据：低空起降场、航线网络、飞行计划等。

6.1.2 数据融合与处理

应建立统一的数据标准与质量控制系统，对多源、异构数据进行质量控制、插值与融合。

针对低空特性，应重点强化对0米~300米垂直范围内数据的处理能力，生成高时空分辨率的低空三维实况分析场。

7 平台服务能力要求

7.1 核心功能服务

平台应具备的核心功能服务包括：

- a) 精细化实况分析：提供 0 米~300 米空域内，水平分辨率不低于 1 公里，垂直分辨率不低于 10 米，更新频率不低于 10min 的风、温、湿、压等气象要素实况产品。
- b) 短临预报与预警：基于 AI 等技术，开发本地化高分辨率智能短临预报模型，实现对低空风切变、湍流等航危天气的识别与预警。
- c) 气象风险评估：建立量化风险评估模型，为不同机型、不同任务提供航线气象风险等级评估与规避建议。

7.2 平台接口服务要求

平台应提供标准化、可扩展的RESTful API接口，支持与低空飞行管理运行平台、无人机云系统、空域管理系统等进行安全、高效的数据交换与服务调用。

8 空域分层服务要求

平台服务应针对不同高度空域的特点，实行差异化的技术指标，见表1：

表1 空域分层服务要求

技术维度	0米~300米空域	300米~3000米空域
核心特征	受下垫面影响极大，气象要素变化剧烈	受天气系统影响为主，与中空航路衔接
数据重点	强化地基、空基垂直观测数据融合；引入无人机自感知数据	侧重数值预报产品与卫星、雷达资料的融合应用
水平分辨率	≤ 1公里	≤ 3公里
垂直分辨率	≤ 10米	≤ 50米
更新频率	≤ 10min	≤ 1
预报重点	0h~2hmin级短临预报；突发性危险天气预警	0h~12h短时预报；航路天气趋势预测

9 安全与质量保障

9.1 数据安全

平台应确保气象数据在传输、存储、使用过程中的安全。

9.2 系统可靠性

平台关键服务可用性应不低于99.9%，平均无故障时间（MTBF）不低于2000h。

9.3 服务质量

数据资源集成能力：数据特定地理区域覆盖广度应 $\geq 90\%$ 、系统应集成有气象地面观测站数据、集成有气象雷达数据、集成有气象探空数据、集成有数值模式数据、集成有无人机自感知气象数据。

数据质量与时效：数据更新频率 $\leq 10\text{min}$ 、数据延迟 $< 5\text{min}$ 、数据可用率 $\geq 95.0\%$ 。

数据融合能力：实况分析场水平分辨率0米~300米空域 ≤ 500 米，实况分析场垂直分辨率 ≤ 30 米。

核心技术性能：

预报预警精准度：短临预报（0h~2h）准确率 $\geq 80\%$ 、强对流天气预警提前量 $\geq 20\text{min}$ 、低空风切变/湍流识别率 $\geq 70\%$ 。

风险评估有效性：航线气象风险量化评估准确率 $\geq 80\%$ 、风险预警误报率 $\leq 20\%$ 。

平台API服务响应时间应小于3s，支持不少于1000个并发用户的访问。

平台服务可用性 $\geq 99.9\%$ 。

10 测试与验证

平台正式上线前，应在典型的低空经济场景（如城市低空起降场、低空航线）中进行充分测试与验证。测试内容应包括以下方面。

- a) 数据准确性测试：对比平台输出与实测数据的误差。
- b) 功能完整性测试：验证 7.1 中所有核心功能是否达标。

- c) 性能压力测试：检验平台在高并发请求下的稳定性。
 - d) 系统兼容性测试：确保与主流低空运营系统的有效对接。
-

全国团体标准信息平台