

# 低空经济发展下的航空气象服务思考

张 茜

新疆空管局培训中心, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年9月3日; 录用日期: 2025年11月27日; 发布日期: 2025年12月5日

## 摘 要

低空飞行活动的日益频繁对低空气象服务的需求也与日俱增。低空飞行与民航在航空气象服务中需求不同, 针对低空飞行的天气特点、用户特点及气象服务需求特点, 根据目前低空飞行气象服务的现状对未来低空气象服务发展提出几点建议: 不断丰富低空气象数据; 加强航空气象数据信息共享; 不断完善低空航空气象服务产品; 提高低空天气预报预警的水平; 完善航空气象行业规则, 加强低空飞行从业者培训。从这五个方面不断提升低空飞行气象服务水平, 助力低空经济发展。

## 关键词

低空经济, 通用航空, 无人机, 航空气象服务

# Thoughts on Aviation Meteorological Services under the Development of Low-Altitude Economy

Qian Zhang

Xinjiang Air Traffic Management Bureau Training Center, Urumqi Xinjiang

Received: September 3, 2025; accepted: November 27, 2025; published: December 5, 2025

## Abstract

The increasing frequency of low-altitude flight activities has led to a growing demand for low-altitude meteorological services. The requirements for low-altitude flight and civil aviation in aviation meteorological services are different. In view of the weather characteristics, user characteristics and meteorological service demand characteristics of low-altitude flight, based on the current status of low-altitude flight meteorological services, several suggestions for the future development of low-altitude meteorological services are put forward: Continuously enrich low-altitude

meteorological data; Strengthen the sharing of aviation meteorological data and information; Constantly improve low-altitude aviation meteorological service products; Enhance the level of low-altitude weather forecast and early warning; Improve the industry rules of aviation meteorology and strengthen the training of low-altitude flight practitioners. By advancing low-altitude flight meteorological services across these five dimensions, we can contribute to the development of the low-altitude economy.

## Keywords

Low-Altitude Economy, General Aviation, Unmanned Aerial Vehicle, Aviation Meteorological Service

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

低空经济作为战略性新兴产业，党中央、国务院高度重视，在宏观层面和顶层设计上不断做出战略部署。2021 年，首次将低空经济纳入了发展规划，在国家、地方、军方及行业的共同努力下，我国低空经济蓬勃发展，农林植保、电力巡检等传统通航作业保持稳步增长，空中游览、航空运动、医疗救护等新业态加速发展。除在个人消费、地理测绘、影视航拍等领域应用外，无人机在应急救援、通信中继、气象探测等场景的应用不断被开发，无人机物流已经实现了规模化的运用。

低空飞行活动的日益频繁与复杂化对精准航空气象服务的需求也与日俱增。这不仅推动了航空气象技术的不断创新与突破，而且还促使服务质量持续提升，为低空飞行安全提供了坚实的保障[1]。本文对低空飞行的特点和低空飞行气象服务的现状进行分析，并提出低空飞行气象服务建议，以期为低空飞行气象行业提供高质量智慧气象服务，助力低空经济发展。

## 2. 我国低空经济发展现状

低空经济作为战略性新兴产业，在传统通用航空业态的基础上，又融合了以无人机为支撑的新型低空生产服务方式。国家、相关部委和民航局高度重视，出台了一系列政策举措推进实施。民航空管在低空经济中的职责定位是在持续提升服务保障能力的基础上，聚焦低空飞行场景，加快低空基础设施建设，构建低空飞行服务保障体系，为低空飞行活动提供计划审批、气象、通信、监视等服务保障工作。空管局全面推进低空飞行服务国家信息管理系统建设。该系统具备通用航空飞行计划、航空情报、航空气象、动态监控、告警以及协助救援能力，基本实现军民航空管理部门通用航空飞行计划“一次申请、全网办理”审批，并逐步与民用无人驾驶航空器综合管理平台实现先“通”后“融”。

在各方共同努力下，我国通用航空、无人机等低空经济相关工作取得了积极成效。在通用航空方面，截至 2024 年底，获得通用航空经营许可证的传统通用航空企业 760 家，在册航空器总数达到 3232 架。全国在册管理的通用机场数量达到 475 个。在民用无人驾驶航空方面，截止 2024 年底，获得无人机运营合格证的单位 19,979 家，全行业无人机拥有者注册用户 161.9 万个，全行业注册无人机共 217.7 万架，比上年底增长 98.5%。无人机产业日益成为低空经济发展的主力军[2]。

近年来，通用面对种类繁多的低空空域飞行作业需求，有效保障其运行安全已经成为现阶段亟需解决的关键问题。低空飞行活动的日益频繁与复杂化对精准航空气象服务的需求也与日俱增。

### 3. 低空飞行及高空飞行航空气象服务的区别

对于航空气象服务来说，低空飞行与高空飞行有很大不同，主要体现在以下几个方面。

#### 3.1. 气象要素变化不同

高空飞行是指在海拔 7000 米以上的飞行。其所遇到的气象条件与中低空有很大不同，高空的风由于不受地面摩擦力的影响，风向较为一致，在对流层内风速随高度增加而加大，而平流层风速随高度增加而减小。由于空气中水汽和尘埃少，所以能见度一般较好。高空中有高空急流和晴空乱流，容易造成颠簸，除对流云外，没有其他影响飞行的天气现象。

大多数复杂天气都出现在中低空，受下垫面及局地气候影响强烈，导致天气复杂多变。近地层大气不稳定，受地表影响，风向风速变化大，容易造成风切变颠簸等；其次由于低层水汽和气溶胶粒子比较多，对能见度影响也很大；中低空云相对较多，对飞行也有一定的影响。

#### 3.2. 服务用户特点不同

民用航空航空器较大，飞行性能好，通航及无人机的航空器特点是轻慢小。民航运行方式较为固定，飞行高度也相对固定，气象服务参与飞行全过程决策，对飞行安全要求极高，航空气象服务面对的用户主要有空管、航司和机场，服务对象和需求相对也比较固定，因此对气象服务准确度、时间提前量等精度要求较高。而低空飞行其运行方式不固定，涉及的飞行业务种类多，其用户具有分散的特点，所以低空飞行的需求各异，飞行高度不同，飞行路线不固定且个性化，飞行器性能各异，航空器自身探测能力存在差异。使得低空飞行航空气象服务需要个性化、差异化、多样化[3]。民航用户从业者大部分都有一定的气象知识储备，并且定期进行气象知识的培训和交流，而通航尤其是无人机从业者气象知识储备弱，相关培训少[4]。

#### 3.3. 预报服务需求不同

对于民用航空用户，地区气象中心主要负责起降机场的地面气象要素的预报和飞行服务区内的航路天气预报，针对机场的地面要素要进行逐时的风、能见度、温度、天气现象以及云的预报，还要提供机场重要天气的出现时间和强度预报。而针对低空飞行用户，由于他们的飞行器具有轻小慢的特点，同时低空飞行高度不固定，且大部分飞行活动集中在低空区域，天气复杂多变，低空飞行活动受天气影响更大，所以其适合飞行的气象条件相对就比较高，对气象要素的需求精度相对较低，只对区域和时间精度要求较高。比如对于运输航空的航空器在起降过程中能见度要求最低达到三类要求，能见度的精度要求达到百米级甚至十米级，而通用航空，其起降标准能见度要在 5000 米以上，那么预报精度只需要达到千米级即可。运输航空预报风，要考虑顺风及侧风，而无人机则不需要考虑顺风侧风问题，只需要预报风向及风速即可，运行人员可根据自身情况进行决策是否飞行。所以低空飞行用户和运输航空用户在预报服务需求上有较大的区别，目前航空气象服务机构对运输航空提供的气象服务不能满足低空飞行用户。

### 4. 低空气象服务现状及发展建议

#### 4.1. 低空气象服务现状

目前航空气象主要还是服务于民用航空，针对低空飞行用户，民航气象中心于 2019 年初在航空气象综合服务平台增加通航气象服务模块，可为通航用户提供基本的和定制化的通航气象预报产品，包括低空重要天气预告图、低空风温预告图、通用机场逐时要素预测产品、航线天气预测产品和区域天气预测产品等(图 1)。通过互联网及 APP 为通航公司、通航飞行服务站及通航机场提供气象信息。同时也可通过

通航用户需求提供视频、电话讲解服务[5]。但目前针对低空区域无人机飞行的航空气象服务还没有明确的气象服务机构为其提供航空气象服务，也没有针对低空飞行的明确航空气象规则要求。



Figure 1. General aviation service module of the comprehensive aviation meteorological service platform  
图 1. 航空气象综合服务平台通航服务模块

4.2. 低空气象服务发展建议

4.2.1. 构建航空气象观测网，不断丰富低空气象数据

低空飞行高度一般不超过 3000 米，受下垫面及局地气候影响强烈导致天气复杂多变，而现有的气象资料时间及空间分辨率低，区域天气预报精准度低对局部小气候反映不足，因此不能很好地适应低空飞行气象服务需求。应当提升监测精度与扩大探测范围，加密部署自动气象站、激光雷达、微波辐射计等设备，利用无人机进行气象数据探测，不断提升低空气象数据的采集及分析中小微尺度的数值预报能力，提高风切变、湍流、积冰等参数的监测及预报能力，为低空飞行提供更精细化的气象服务。

4.2.2. 加强航空气象数据信息共享

民用航空气象服务机构应当加强低空气象观测信息的共享与服务，一方面加强与通用机场气象信息的收集和交换；建立与地方气象资源的共享交换机制，不断丰富完善低空气象信息获取渠道，为低空气象预报提供更多数据。另一方面应将各类气象数据与低空飞行服务平台相融合，使低空飞行用户在低空飞行服务平台上就能方便快捷地使用气象服务信息。目前民航气象中心开发的航空气象综合服务平台提供了通航气象服务，通用航空运行管理系统引接了空管局气象中心数据，通过互联网实现气象预报预警的高效精准服务。但是尚没有完全针对无人机飞行的低空气象服务产品，也没有与无人机运行管理平台进行数据共享，需要不断丰富低空气象服务，优化气象服务平台，拓宽气象信息发布渠道。

4.2.3. 不断完善低空航空气象服务产品

开展低空场景气象服务示范，不断改进和优化现有气象情报产品和服务流程，开发更高精度、更快频次的低空区域气象预报产品，提供更大范围、更有针对性的低空气象服务，提升低空气象情报发布的



针对性、准确性和及时性。开发三维可视化天气预报系统用于展示气象预报预警信息，便于非气象专业航空从业人员理解使用。

#### 4.2.4. 提高低空天气预报预警的水平

加强低空天气研究，提高预报精度。通过数值模式 + 数据同化技术和机器学习方法整合气象卫星、激光雷达等多源数据，构建三维低空气象模型，做好地面到低空高度的气象要素和航空危险天气预报。提高对强对流、风切变、颠簸、积冰等危险天气的预报精准度。加强预警服务数字化智能化，综合应用数值模拟、AI 大模型等手段丰富服务产品与场景。

#### 4.2.5. 完善航空气象行业规则，加强低空飞行从业者培训

政策法规是低空气象服务高质量发展的基石，尽管我国已经出台一系列政策支持低空经济，但低空气象服务目前相关规则尚不健全，随着低空飞行日益繁多，相关规则体系也亟待补充完善。通航及无人机用户的气象知识储备相对薄弱，在低空飞行培训大纲中也有相关气象知识内容的学习要求，需要定期培训进行气象知识学习，帮助用户更好地使用低空飞行气象产品。

### 5. 结论

低空经济作为战略性新兴产业，国家出台了一系列政策举措推进实施。低空飞行活动的日益频繁对低空气象服务的需求也与日俱增，本文分析了低空和高空飞行在气象要素、服务用户及气象服务需求等方面的不同点，对低空气象服务发展提出以下几点建议：

- 1) 根据低空天气复杂多变的特点，应当加密部署气象探测设备，提升监测精度与扩大探测范围，丰富低空气象数据；
- 2) 为实现气象预报预警的高效精准服务，应当不断丰富完善低空气象信息获取渠道并逐步与低空飞行服务平台相融合，拓宽气象信息发布渠道，实现气象数据信息共享；
- 3) 随着低空飞行的快速发展，个性化、多元化的航空气象服务需求也与日俱增，需开发更高精度、更快频次的低空区域气象预报产品，提供更大范围、更有针对性的低空气象服务；
- 4) 低空飞行的航空器具有轻慢小的特点，加之低空天气复杂多变，对飞行影响很大，因此要加强低空风切变、强对流、颠簸积冰等危险天气研究，提高预报精度；
- 5) 完善相关航空气象行业规范的制定，加强低空飞行从业人员的气象知识培训，以便于更好地理解和使用气象服务产品。

面临的问题和挑战：空管专业系统仍存在数据孤岛，各专业系统之间缺乏有效的数据共享和交互，管制辅助系统、航空气象系统、通信导航监视系统之间的数据不能完全实时共享，导致信息传递不及时、不准确，影响了低空运行的整体效率和服务质量。低空空域管理体制改革的未完全落地，在推动空域灵活使用、释放空域资源方面存在体制障碍。

### 参考文献

- [1] 李攀, 杨萍. 气象低空经济国际比较研究与中国路径探索[J]. 企业科技与发展, 2025(3): 37-43.
- [2] 中国民用航空局. 2024 年民航行业发展统计公报(2024) [R]. 北京: 中国民用航空局, 2024.
- [3] 吴昊, 徐琪, 曹阳, 等. 通用航空气象灾害监测与预报预警技术新进展[J]. 大气科学学报, 2025, 48(2): 340-351.
- [4] 李晓婧. 气象服务在我国通用机场的现状思考[J]. 民航管理, 2019(5): 71-73.
- [5] 梁薏, 王阳洋, 王跃. 浅析通用航空低空气象服务产品与需求民航管理[J]. 民航管理, 2019(11): 74-78.