

航空气象人员管制知识培训课程分析和设计

张 茜

民航新疆空中交通管理局培训中心，新疆 乌鲁木齐

收稿日期：2025年10月22日；录用日期：2025年11月19日；发布日期：2025年11月26日

摘 要

本文首先系统论证航空气象人员掌握管制知识的深层必要性，将剖析气象与管制在运行中的交互机理，其次分析管制关于应对复杂天气策略和难点，最后设计针对情景意识共享、优化空域资源利用、提升整体航空安全与效率的航空气象人员管制知识培训课程。通过此研究，以期为推动航空气象与空中交通管制的深度融合、建设新一代智慧航空保障体系提供理论依据与实践路径。

关键词

航空气象，管制，培训，复杂天气

Analysis and Design of Training Course on Air Traffic Control Knowledge for Aviation Meteorological Personnel

Qian Zhang

Training Center, Xinjiang ATMB, CAAC, Urumqi Xinjiang

Received: October 22, 2025; accepted: November 19, 2025; published: November 26, 2025

Abstract

The paper first systematically demonstrates the profound necessity for aviation meteorologists to master air traffic control knowledge, and will analyze the interaction mechanism between meteorology and air traffic control in operation. Secondly, it will examine the strategies and difficulties of air traffic control in dealing with complex weather conditions. Finally, it will design a training course for aviation meteorologists on air traffic control knowledge, focusing on enhancing situational awareness sharing, optimizing airspace resource utilization, and improving overall aviation safety and efficiency. Through this research, it aims to provide theoretical basis and practical paths for

文章引用：张茜. 航空气象人员管制知识培训课程分析和设计[J]. 教育进展, 2025, 15(11): 1656-1661.

DOI: 10.12677/ae.2025.15112214

promoting the deep integration of aviation meteorology and air traffic control and building a new generation of intelligent aviation support systems.

Keywords

Aviation Meteorology, Air Traffic Control, Training, Complex Weather Conditions

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

民航新疆空管局管辖空域面积 200 万平方工作, 23 个通航机场, 28 个民航机场, 包含 2 个国际机场乌鲁木齐机场和喀什机场。伴随新疆民航事业的高速发展, 民航新疆空管局管辖的空中交通流量持续高位增长, 气象服务保障与管制、流量的深度融合已经是保障空管运行安全、高效的重要节点。民用航空是一个高度复杂且环环相扣的巨系统, 其安全、高效与正点运行依赖于空中交通管制、飞行运行、机场管理及航空气象等多个子系统的精密协同。在这一协同链条中, 航空气象服务与空中交通管制的关系尤为密切且关键。

气象因素是影响空管运行效能与飞行安全最活跃、最不确定的因素之一[1] [2], 强对流、低能见度、颠簸、积冰等恶劣天气可直接导致航路关闭、流量控制、航班大面积延误与备降, 对空管指挥构成巨大挑战。气象和管制人员是两种拥有不同“专业文化”的社群。气象文化强调概率、不确定性和科学严谨性; 管制文化强调确定性、即时行动和指令清晰。这种文化差异导致了沟通上的障碍, 气象人员习惯说“可能”, 而管制需要“是或否”的建议。传统的航空气象培训主要侧重于气象学本身的科学性、预报技术的精确性以及产品的生成[3] [4], 航空气象人员的职责聚焦于提供精准的大气监测与预报产品。大量航空安全报告表明, 气象信息在从气象人员传递到管制员、飞行员的过程中, 存在显著的“理解鸿沟”, “理解鸿沟”并非指气象知识的匮乏, 而是指气象人员无法有效地将其专业气象信息, 转化为航空管制和飞行决策可直接应用的、具有操作意义的情景知识。使用过于专业的科技术语, 而非航空运行中的标准用语。“理解鸿沟”导致气象人员不了解管制员和飞行员在特定飞行阶段、特定空域结构下的核心关切与决策压力。在实践层面, 气象服务与管制运行之间长期存在一道“理解鸿沟”, 气象人员若仅精通气象科学而不谙管制运行的内在逻辑与实际需求, 其提供的预报信息便可能停留在“数据驱动”而非“需求驱动”的层面。因此, 打破专业壁垒, 推动航空气象人员系统掌握空中交通管制基础知识, 成为提升航空系统整体运行品质的趋势与迫切要求。这意味着航空气象服务需要实现从“是什么”到“所以然”再到“怎么办”的范式转变——即不仅要知道天气“将发生什么”, 更要理解天气“将如何影响管制运行”, 并能够基于此认知提供具有前瞻性、针对性与可操作性的决策支持信息[5] [6]。

在复杂的航空运行环境中, 气象信息的价值最终体现在其对管制运行决策的支持上。本文旨在系统论证航空气象人员掌握管制知识的深层必要性。首先, 将剖析气象与管制在运行中的交互机理; 其次, 阐述掌握管制知识如何直接提升气象服务的精准性、前瞻性与实用性; 最后, 探讨此举对于构建“情景意识共享”、优化空域资源利用、提升整体航空安全与效率的战略意义[7] [8]。通过此研究, 以期为推动航空气象与空中交通管制的深度融合、建设新一代智慧航空保障体系提供理论依据与实践路径。

2. 航空气象人员掌握管制知识的必要性

航空气象人员对管制知识进行培训不仅是有益的，而且极其有必要的，这直接关系到航空安全、运行效率和气象服务的价值，航空气象人员掌握管制知识将有效提升气象服务产品的实用性和针对性，帮助航空气象服务保障人员有效理解管制用户需求，管制员是气象信息的关键用户之一[9] [10]。

2.1. 打破部门壁垒

培训是打破“信息孤岛”的最佳方式，相互了解对方的工作挑战和压力，能培养团队精神，在应对恶劣天气时形成合力，而非相互抱怨。将天气信息“直译”成支撑管制运行信息，有效气象人员学习管制知识后，能够将复杂的专业气象术语，如风切变、颠簸、积冰、强对流“翻译”成对管制运行有直接影响的描述。例如不说未来 2 小时有雷暴。而说雷暴将从西向东经过本场 25 号跑道入口，预计会导致未来 30 分钟内起降中断，建议提前启用 07 号跑道并做好流量管理准备。

2.2. 促进航空气象人员主动服务

使航空气象人员从被动应答“天气会怎样”转变为主动预警天气将对运行产生何种影响。优化沟通效率和质量，建立共同语言，减少误解。管制和气象有各自的专业术语和行话。沟通中常见的“我以为你明白了”是巨大的安全隐患。气象中心具备管制知识能帮助气象人员使用管制员熟悉和理解的表达方式。

2.3. 促进关键信息优先

在特情或复杂天气下，沟通必须简洁、准确。懂得管制优先级的气象人员，能在第一时间提供最关键的信息(如：跑道视程突变、风切变位置、雷暴影响扇区)，而不是冗长的天气背景分析、天气结论描述。

2.4. 有效使用通报渠道

如果气象人员不了解管制员的工作流程、决策点和面临的挑战，他们提供的气象信息可能就是“原始数据堆砌”，而非“决策支持信息”。了解管制单位内部的信息通报流程(何时使用电话、何时使用内话系统)，确保重要天气信息能及时、准确地传递给正确的决策者。

2.5. 有效支持空中交通流量管理和协同决策(CDM)

现代航空运行强调协同决策。气象人员作为重要一方，必须理解流量管理的原理，例如：为什么需要设置流量控制，绕飞空域如何划设，航班排序受哪些因素影响。提供前瞻性输入，基于对流量管理的理解，气象人员可以提供更具前瞻性的天气展望。例如，提前预测航路上大范围颠簸区的形成，可以为流量管理席制定绕飞方案、调整航班流量赢得宝贵时间。

2.6. 量化天气影响

与管制、航空公司共同评估天气对机场容量(起降架次/小时)的影响，为 CDM 系统提供科学依据。增强情景意识和安全风险预警能力。预判运行风险，气象人员如果只知道天气本身，而不了解飞机在进近、离场、盘旋等待等不同阶段的运行特点，就很难预判天气的具体风险。例如，懂得五边进近的飞机对低空风切变极其敏感，就会更关注相关区域的雷达回波和自动观测数据。了解管制员指挥飞机绕飞雷暴时面临的空域限制和冲突解脱压力，就能更好地提供雷暴移动和发展的精细化预报。当气象人员能够从管制员的角度思考问题时，他们就成为了航空安全系统中一道更敏锐、更主动的风险预警防线。

2.7. 促进跨部门信任与合作

建立专业信誉，当管制员发现气象人员不仅能预报天气，还能理解这些天气对他们的工作意味着什么时，会对气象服务产生更强的信任感。

3. 管制关于应对复杂天气策略和难点分析

影响管制指挥的恶劣天气是航空安全的重要挑战，遭遇复杂天气时管制员的指挥核心从保证效率转变为保证安全。空中交通管制员需要密切关注新疆民航辖区的复杂天气现象，并据此调整指挥策略，确保空中交通的安全和有序。以下是对影响管制指挥的主要恶劣天气类型、其具体影响以及管制应对策略的详细分析。

3.1. 低能见度天气

低能见度天气包括大雾、浓烟、霾、强降雪、沙尘暴等。低能见度天气会造成起飞和着陆困难，飞行员无法目视参考跑道，必须完全依赖仪表飞行规则。地面运行效率降低，飞机在滑行时需要加倍小心，速度减慢，增加了地面等待时间。大幅增加间隔，在进近和起飞阶段，管制员必须拉大飞机之间的时间或距离间隔，以防尾流影响和确保跑道安全。容量急剧下降，乌鲁木齐机场每小时起降的航班数量会大幅减少，导致大面积航班延误和备降。在同时有恶劣天气和其他空域用户活动时造成军民航冲突。

3.2. 强对流天气

对流天气包括雷暴、冰雹、闪电等。强对流天气带来的强烈的上升和下沉气流、风切变、严重颠簸、结冰、冰雹、闪电、仪器失灵等，对飞行安全构成最直接的威胁。在起降阶段遭遇风切变，可能导致飞机升力急剧变化，引发严重事故。管制员必须指挥飞机绕开雷暴区域，重新规划航路，在航路和终端区实施流量控制，推迟起飞时间，让空中的飞机在空中等待或盘旋，以避免飞机涌入天气影响区。协调军方和其他管制单位，临时使用备用航路或空域，绕开天气区域。改变进离场程序，使用不经过天气影响区的进离场程序。当雷暴直接影响机场时，塔台管制员会果断暂停所有起飞和着陆，造成管制员指挥压力巨大，区域管制员需要同时处理多架飞机的绕飞请求，协调空域，工作负荷和心理压力陡增。

3.3. 强风

包括侧风、顺风、阵风。强烈的侧风对飞行员着陆技术是极大考验，可能引发飞机偏离跑道。顺风超标会使得飞机接地速度过快，导致冲出跑道。颠簸会导致飞行全程不适和安全隐患。遭遇强风时，塔台管制员需要根据风向风速更换跑道，选择最合适的跑道(逆风起降)，这会改变标准的进离场程序。增加起降间隔，在阵风条件下，需要为前机尾流的消散留出更多时间。管制员还需要特殊通报，需要持续向机组通报实时风向、风速和变化趋势。

3.4. 结冰

在过冷水滴区域飞行时机体结冰。对管制指挥造成影响，需要调整高度层，应机组请求，指挥飞机上升或下降到没有结冰威胁的高度层。如果飞机出现严重积冰，管制员会赋予其优先着陆权，并指挥其他飞机进行避让。对航空器的飞行造成较大影响：造成空气动力性能恶化，航空器机翼结冰会破坏翼型，导致升力减小、阻力增大。可能堵塞空速管、舵面卡阻，导致仪器读数错误或操纵困难。

3.5. 管制工作难点

(1) 在未提前预报复杂天气时，由于未提前发布流量控制，导致大面积航空器空中等待、返航和备降，

管制压力较大，易发生不安全事件。

(2) 在未预报出雷雨天气发展趋势时，由于未做好充分预案，在同时有恶劣天气和其他空域用户活动时管制调配困难。

4. 航空气象人员管制知识培训重点课程设计

(1) 针对航空气象人员的管制知识培训应侧重于“应用”而非“操作”，重点包括空域结构，管制扇区划分、航路、进场/离场程序、禁区、限制区等。管制工作程序，塔台、进近、区调各自职责，飞行进程单的使用，指挥用语规范。

(2) 标准术语：在与管制单位沟通时，需要使用准确、简洁的航空术语，避免使用模糊的民间气象用语。

(3) 特情处置：了解管制员在应对机械故障、恶劣天气等紧急情况时的标准和程序。

(4) 模拟机观摩实习：亲身体验管制工作环境，是理解其工作压力和决策复杂性的最有效方式。与管制员一同进行高保真模拟演练，在高压、动态的场景下练习提供决策支持，并接受即时反馈。在管制模拟机上担任“观察员”或“简易助手”，亲身感受管制员的工作负荷、注意力分配和决策挑战。

(5) 边缘能见度条件、雷雨等天气下的工作流程。

(6) 理解不同类别空域(如 A、B、C、D 类)的含义和规则，因为这直接关系到飞行员所需的飞行许可和气象条件。

(7) 扇区划分：了解区域管制室和进近管制室的扇区划分。当预报有危险天气时，能够准确指出天气将影响哪几个具体的管制扇区，这对于流量管理至关重要。

(8) 航路/航线网络：熟悉主要的航路、固定航线及其高度层。预报时能判断颠簸、积冰等天气会具体影响哪条航路，从而提供精准的航路天气警报。

(9) 终端区范围：清楚本场终端管制区的边界和空域结构，这是进近和离场飞行的核心区域。

(10) 标准仪表离场程序/标准终端进场航线：了解飞机起飞后和降落前飞行的标准路径。这些路径附近出现的雷暴、低空风切变会直接导致程序无法执行。

(11) 进场与离场排序：理解管制员需要为着陆飞机建立间隔和顺序。低能见度、乱流、风切变会拉大飞机间隔，直接降低机场的起降容量(小时容量)。气象预报员需要能预判这些天气对跑道容量的影响。

(12) 流量管理：了解流量管理的基本概念，如空中等待、地面延误、改航等。当预报有大范围恶劣天气时，需要能与流量管理部门协作，预测流量受影响的开始时间、持续时间和严重程度。

5. 结语

气象服务作为空管运行决策的重要依据，其专业性、及时性和精准性直接影响着管制运行效率与飞行安全。对航空气象人员进行管制知识培训，是将气象数据转化为航空运行智慧的关键桥梁。这远不止是“多学一门知识”，而是从根本上提升气象服务价值、保障飞行安全、提升运行效率的战略性投资。大幅增加航空气象人员的管制知识培训，其成功与否关键在于掌握管制实操基础的深度。以人因工程学、组织行为学和情景意识模型作为核心分析工具，能够精准诊断“理解鸿沟”的深层成因——这不仅是知识不足，更是认知模式、沟通范式和组织结构的错位。在此基础上设计的课程，将从一个简单的“知识补课”，升华为一场深刻的能力革命与范式转变，最终目标是培养出具备“用户意识”和“系统思维”的新一代航空气象专家，他们不仅是气象科学家，更是航空安全决策链中不可或缺的协同者。一个既懂天气又懂管制的航空气象人员，是空中交通管理系统中最宝贵的资产之一。

总而言之，航空气象人员学习管制知识，其最终效果是将气象信息深度“镶嵌”到航空运行的决策链中。这不仅仅是个人技能的提升，更是对整个航空安全与效率体系的一次效能升级。通过这种方式，

气象服务不再是一个外部输入参数，而成为运行决策系统中一个内生的、智能的、驱动的核心模块，最终为实现“在正确的时间，基于正确的信息，做出正确的决策”这一航空最高目标提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 张翔. 美英德三国培训师制度及其对中国民航教员资质认证的启示[J]. 中国培训, 2024(3): 108-110.
- [2] 金占涛. 我国民航空中交通管制员在职培训研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
- [3] 陈宽明, 刘长炎, 梁海军. 面向新工空的空管智能学习平台设计与实现[J]. 软件导刊, 2020, 19(8): 143-146.
- [4] 郜书锴, 白洪谭. 理解大数据时代的数字鸿沟[J]. 新闻研究导刊, 2014(1): 35-38.
- [5] 梅剑华. 意识理解的多元进路与解释鸿沟[J]. 学术月刊, 2023, 55(10): 25-35.
- [6] 郑羽, 方丹, 樊秀月. 在线学习平台对传统课堂教学模式的革新与挑战[J]. 才智, 2025(23): 189-192.
- [7] 司凌山. 作业成本法在民航培训中的运用[J]. 中国商论, 2018(30): 156-157.
- [8] 赖晋将. “五聚焦”助推民航企业安全教育培训[J]. 民航学报, 2020, 4(1): 72-73.
- [9] 民航局空管办. 民用航空气象人员执照管理办法[S]. 北京: 中国民航报社出版社, 2015.
- [10] 马义琳, 贾志杰, 吴戈. “一带一路”国家民航业管理类人才培养方案探讨[J]. 现代商贸工业, 2024(11): 60-62.