

低空风切变对安全飞行的影响及对策研究

郭嘉伟

大同云冈国际机场有限责任公司 山西 大同 037000

摘要: 在航空领域, 飞行安全始终是重中之重。低空风切变作为一种复杂且极具危险性的气象现象, 频繁发生于距地面600米以下的低空区域, 对飞机的起飞与着陆阶段构成严重威胁。其复杂多变的特性, 常导致飞机飞行状态的急剧异常, 进而引发飞行事故, 严重危及乘客生命与财产安全。深入剖析低空风切变的形成机制、分类特征及其对飞行安全的具体影响, 并探寻切实可行的应对策略, 已成为航空安全领域亟待解决的关键课题, 对保障航空运输的平稳、高效运行意义深远。

关键词: 低空风切变; 安全飞行; 影响; 对策

引言

本文探讨低空风切变对安全飞行的影响及对策。低空风切变由天气系统(锋面、雷暴等)、地形地貌和地面加热不均引发, 分为顺风、逆风、垂直和侧风切变。其对飞机着陆影响显著, 如改变下滑轨迹、空速等, 威胁飞行安全。应对措施包括: 通过布局气象监测设备、优化机场运行计划、改进飞机设计性能等采取有效措施; 强化飞行员理论知识、模拟及实际飞行训练; 利用机载设备、观察飞行仪表和目视观察强化飞行员对风切变的识别能力, 以提升航空安全水平。

1 低空风切变形成原因及分类

1.1 低空风切变原因

低空风切变的形成源于多种因素。天气系统方面, 冷锋与暖锋交汇时, 冷暖空气团的温度、湿度和气压差异, 促使气流强烈变化, 进而形成风切变。雷暴天气中, 雷暴云内剧烈的对流运动, 致使下沉与上升气流快速转换, 在云底及周边营造复杂的风切变环境, 下沉气流到达地面后与周围气流相互作用, 产生水平和垂直风切变, 严重威胁飞行安全。地形地貌同样影响深远。山区地形起伏大, 气流受山脉阻挡和引导, 爬坡时上升、翻山后下沉, 易引发垂直风切变。山谷地区, 气流受两侧山体约束加速, 在山谷出口处突然扩散, 造成风速和风向突变, 形成水平风切变。沿海地区, 因海陆热力差异, 白天海风、夜晚陆风交替, 致使低空风向和风速不稳定, 产生风切变。此外, 地球表面太阳辐射分布不均, 不同下垫面吸收和反射能力有别, 导致地面加热不均, 引发空气垂直运动差异, 最终在低空区域形成风切变。

1.2 风切变分类

1.2.1 顺风切变

顺风切变是指飞机在飞行过程中, 遇到前方风速逐

渐增大的情况。例如, 飞机在着陆阶段, 原本处于相对稳定的风速环境中, 当进入顺风切变区域时, 前方风速突然增大, 使得飞机的地速增加。这会导致飞机的实际下滑轨迹比预期的更平缓, 飞机可能无法按预定计划着陆, 容易越过跑道头。同时, 顺风切变还会使飞机的空速减小, 而空速是飞机保持升力的关键因素之一。空速减小可能导致飞机升力不足, 飞机出现下沉趋势, 飞行员需要采取增加发动机推力、增大迎角等措施来维持飞机的飞行姿态和高度, 增加了操作的复杂性和难度。

1.2.2 逆风切变

逆风切变与顺风切变相反, 是指飞机前方风速逐渐减小的情况。在飞机着陆时, 如果遭遇逆风切变, 飞机的地速会减小, 下滑轨迹会比预期的更陡峭, 飞机可能提前着陆, 甚至可能冲出跑道。同时, 逆风切变会使飞机的空速增大, 飞机升力增加, 飞机可能出现上仰趋势。飞行员需要及时调整发动机推力和飞机姿态, 以避免飞机失速或过度上仰。在起飞阶段, 逆风切变会使飞机在较短的跑道距离内获得较大的升力, 可能导致飞机过早离地, 但随后由于逆风减小, 飞机的升力会迅速下降, 存在失速的风险, 对飞行安全构成严重威胁。

1.2.3 垂直风切变

垂直风切变是指垂直方向上风速和风向的变化。在飞机着陆过程中, 垂直风切变对飞机的影响尤为明显^[1]。当飞机遭遇下沉气流引起的垂直风切变时, 飞机的高度会迅速下降, 飞行员需要立即增加发动机推力来提升飞机高度, 但由于下沉气流的强度和持续时间难以准确预测, 可能导致飞机无法及时恢复到正常高度, 甚至可能触地。相反, 当遇到上升气流引起的垂直风切变时, 飞机高度会突然上升, 飞行员需要减小发动机推力并调整飞机姿态, 以防止飞机过度上升, 否则可能导致飞机失

速或偏离预定的下滑轨迹。垂直风切变还会对飞机的结构产生额外的应力,长期处于这种环境下飞行,可能影响飞机的结构完整性。

1.2.4 侧风切变

侧风切变是指飞机在飞行过程中,遭遇水平方向上风向和风速的突然变化。在飞机着陆时,侧风切变会使飞机受到侧向力的作用,导致飞机偏离跑道中心线。例如,当飞机在着陆过程中遇到从左侧吹来的侧风切变,飞机可能会向右侧偏移,飞行员需要通过操纵方向舵和副翼来修正飞机的航向,保持飞机对准跑道。然而,侧风切变的强度和方向变化迅速,飞行员可能难以迅速准确地做出反应,导致飞机偏离跑道,甚至可能出现机翼擦地等严重事故。在起飞阶段,侧风切变同样会影响飞机的起飞方向,增加飞机起飞的难度和风险。

2 低空风切变对机场飞行安全的影响

2.1 顺风切变对飞机着陆的影响

在飞机着陆阶段,顺风切变对飞机的影响主要体现在下滑轨迹和空速的变化上。如前文所述,当飞机进入顺风切变区域,前方风速增大,飞机地速增加,空速减小。这会使飞机的下滑轨迹变得平缓,飞机可能无法在预定的着陆点着陆,而是越过跑道头。例如,一架正常按计划着陆的飞机,在接近跑道时遇到顺风切变,由于空速减小,飞机升力下降,飞行员为了保持高度,可能会本能地增加发动机推力,但这又会进一步增加地速,导致飞机难以在跑道上安全着陆。此外,顺风切变还可能导致飞机在着陆瞬间的接地速度过大,增加了飞机刹车系统的负担,可能导致刹车距离延长,甚至出现刹车失效的情况,对飞机和乘客的安全构成严重威胁。

2.2 逆风切变对飞机着陆的影响

在飞机着陆过程中,遭遇逆风切变时,飞机地速减小,下滑轨迹变陡。飞机可能会提前着陆,这对于跑道较短的机场来说,可能导致飞机没有足够的跑道长度来完成刹车减速,从而冲出跑道。同时,逆风切变引起的空速增大,会使飞机升力突然增加,飞机出现上仰趋势。飞行员需要迅速调整发动机推力和飞机姿态,以防止飞机失速或过度上仰。如果飞行员反应不及时或操作不当,飞机可能会进入不稳定的飞行状态,增加了着陆的风险。

2.3 垂直风切变对飞机着陆的影响

在飞机着陆的关键阶段,垂直风切变可能导致飞机高度的急剧变化。当飞机遭遇下沉气流引起的垂直风切变时,飞机高度迅速下降,飞行员需要立即采取增加发动机推力等措施来提升飞机高度^[2]。然而,由于下沉气流

的强度和持续时间难以准确预测,飞行员可能无法及时有效地应对,导致飞机触地。即使飞机没有直接接触地,在短时间内频繁地应对高度变化,也会使飞行员处于高度紧张状态,增加操作失误的可能性。此外,垂直风切变还会对飞机结构产生额外的应力。飞机在正常飞行过程中,结构承受着一定的载荷,但垂直风切变引起的气流突变会使飞机结构受到瞬间的冲击载荷,长期处于这种环境下飞行,可能会对飞机的结构完整性造成损害,影响飞机的使用寿命和安全性。

2.4 侧风切变对飞机着陆的影响

飞机在着陆时,需要保持机身与跑道中心线对齐,以确保安全着陆。当遇到侧风切变时,飞机受到侧向力的作用,会偏离跑道中心线。例如,当飞机遇到从右侧吹来的侧风切变,飞机机身会向左侧偏移。飞行员需要通过操纵方向舵和副翼来修正飞机的航向,保持飞机对准跑道。然而,侧风切变的风向和风速变化迅速,飞行员可能难以迅速准确地调整飞机姿态,导致飞机偏离跑道。如果飞机偏离跑道过多,可能会导致机翼擦地、起落架受损等严重事故。此外,侧风切变还会影响飞机的着陆姿态,使飞机在着陆瞬间承受不均匀的载荷,增加了飞机结构损坏的风险。

3 低空风切变的应对措施

3.1 采取有效措施

(1) 在机场周边及飞机起降航线上,应合理布局气象监测设备,如气象雷达、风廓线雷达、自动气象站等,实时监测风向、风速、温度、湿度等气象要素的变化。通过先进的数据处理和分析技术,对监测数据进行实时分析,及时发现低空风切变的迹象。一旦监测到可能影响飞行安全的低空风切变,气象部门应迅速向机场管制部门和航空公司发布预警信息,预警内容应包括风切变的位置、强度、范围和预计持续时间等详细信息,以便机场和航空公司及时采取相应的应对措施。(2) 机场管理部门应根据气象预警信息,合理调整机场的运行计划。在低空风切变风险较高的时段,适当减少航班起降密度,避免飞机在复杂的气象条件下集中起降,降低飞行事故的风险。同时,优化飞机起降顺序,优先安排对低空风切变适应能力较强的飞机起降。例如,大型客机通常具有更好的稳定性和操纵性能,可以优先安排起降。此外,加强机场管制部门与飞行员之间的沟通协调,及时向飞行员传达气象信息和机场运行指令,确保飞行员能够准确了解飞行环境,做出正确的决策。(3) 飞机制造商应不断改进飞机的设计和性能,提高飞机对低空风切变的适应能力。在飞机设计过程中,加强对飞

机结构强度的优化,使其能够承受低空风切变带来的额外载荷。同时,改进飞机的飞行控制系统,采用先进的自动驾驶技术和飞行指引系统,提高飞机在复杂气流环境下的稳定性和操纵性。

3.2 强化飞行员训练

(1) 航空公司应加强对飞行员的低空风切变理论知识培训,使飞行员深入了解低空风切变的形成原因、分类、特点以及对飞行安全的影响。培训内容应包括气象学基础知识、风切变的气象原理、不同类型风切变对飞机飞行性能的影响机制等。通过系统的理论培训,使飞行员能够准确识别低空风切变的迹象,掌握在不同风切变环境下的飞行操作要领。例如,通过案例分析和模拟演练,让飞行员了解在顺风切变、逆风切变、垂直风切变和侧风切变等不同情况下,飞机的飞行状态会发生怎样的变化,以及如何采取正确的应对措施。(2) 利用先进的飞行模拟器,开展针对低空风切变的模拟飞行训练。模拟飞行训练可以为飞行员提供高度逼真的飞行环境,让飞行员在安全的环境下反复练习应对低空风切变的操作技能。在模拟训练中,设置各种不同类型和强度的低空风切变场景,让飞行员熟悉在不同情况下如何调整飞机的姿态、发动机推力、飞行速度等参数,提高飞行员的应急反应能力和操作熟练度。(3) 在实际飞行训练中,安排飞行员在低空风切变多发地区进行飞行训练,让飞行员在真实的气象环境中体验和应对低空风切变。通过实际飞行训练,飞行员能够更加直观地感受低空风切变对飞机飞行的影响,进一步提高飞行员在复杂气象条件下的飞行技能和心理素质。同时,在实际飞行训练过程中,飞行教员应及时对飞行员的操作进行指导和纠正,帮助飞行员总结经验教训,不断提高应对低空风切变的能力。

3.3 强化飞行员对风切变的识别能力

(1) 现代飞机配备了多种先进的机载设备,如气象雷达、风切变探测系统等,飞行员应熟练掌握这些设备的使用方法,利用它们来识别低空风切变。气象雷达可以探测到前方气象目标的反射回波,通过分析回波的强度、形状和移动速度等信息,判断是否存在可能导致风切变的气象条件,如雷暴云、锋面等。风切变探测系统则可以直接检测飞机周围的风速和风向变化,当检测到风切变时,系统会向飞行员发出警报。飞行员应密切关

注机载设备的显示信息,及时发现低空风切变的迹象,并根据警报信息采取相应的应对措施。(2) 飞行员还可以通过观察飞机的飞行仪表来识别低空风切变。在飞行过程中,飞机的空速表、高度表、姿态指示器等仪表会反映飞机的飞行状态。当飞机遭遇低空风切变时,这些仪表的读数会发生异常变化。例如,在顺风切变中,空速表读数会减小,高度表读数可能会显示飞机高度上升;在逆风切变中,空速表读数会增大,高度表读数可能显示飞机高度下降。飞行员应熟悉这些仪表在不同风切变情况下的变化规律,通过观察仪表读数的异常,及时判断飞机是否进入了风切变区域,并采取相应的操作来保持飞机的稳定飞行。(3) 在一些情况下,飞行员还可以通过目视观察来识别低空风切变。例如,在雷暴天气中,观察雷暴云的形态和周围气流的运动情况^[1]。如果发现雷暴云底部有明显的气流翻滚、云层快速移动等现象,可能预示着存在强烈的垂直风切变。此外,观察地面物体的运动状态也可以帮助飞行员判断低空风切变的存在。如果看到地面上的树木、旗帜等物体的摆动方向和强度发生突然变化,可能意味着低空风向和风速发生了改变,存在风切变的可能性。飞行员应充分利用目视观察手段,结合其他识别方法,提高对低空风切变的识别能力。

结束语

综上所述,对低空风切变的深入研究,使我们明晰了其形成原因、多样分类及对飞行安全的严重影响。通过一系列针对性的应对措施,如完善气象监测与预警、优化机场运行管理、改进飞机设计、强化飞行员训练及识别能力等,能够在一定程度上降低低空风切变带来的风险。然而,鉴于低空风切变的复杂性和不确定性,未来仍需持续加强相关研究,不断改进监测技术与应对策略,提升航空业整体应对低空风切变的能力,为飞行安全提供更坚实的保障。

参考文献

- [1] 许耀祥.低空风切变对民航飞行安全的影响探析[J].中国航班,2024(6):24-26.
- [2] 赵燕勤,陈仁良.低空风切变系统建模及其对直升机飞行安全威胁定性分析[J].航空学报,2020,41(7):147-158.
- [3] 韩巽.民航起飞阶段低空风切变对飞行安全的影响[J].中国航班,2023(9):39-42.