

雷雨季节红黄预警效能对流量管理的战术实施情况分析

王阳洋

民航东北空管局空管中心气象中心，辽宁省沈阳市，110044；

摘要：通过分析 2024 年 5-11 月桃仙机场的红色及黄色天气预警准确率，结合航空流量管理措施对红黄预警信息进行效能评估，并结合实际应用以提高预警信息在实践活动中的效能，保障航班安全高效。

关键字：红黄预警；效能；流量管理

DOI:10.69979/3041-0673.25.04.046

引言

雷雨季节恶劣天气频发，严重影响航空运输安全与效率。航空气象通过发布红黄预警机制，提前应对潜在风险。为流量管理提供有效的气象信息，借助预警信息制定战术策略，确保空域资源合理利用与航班有序运行。分析红黄预警在流量管理中的效能，对提升雷雨季节航空运输保障能力至关重要。

1 统计与分析

1.1 预警等级划分

红色预警针对严重雷雨天气，预计雷暴持续时间大于 4 小时且伴随对航班运行造成严重影响的天气现象；预计 3 小时以内累积降水量 30 毫米以上，或者已经达到并可能持续；预计 12 小时内累积降水量达到 70 毫米或 24 小时内累积降水量达到 100 毫米。预示可能出现大面积航班延误、取消，对航空运输造成极大冲击。

黄色预警针对较严重雷雨，预计雷暴持续时间大于 2 小时或对航班运行造成一定影响；预计 12 小时内累积降水量达到 30 毫米或 24 小时内累积降水量达到 50 毫米。虽影响程度稍弱，但仍需密切关注与应对。

1.2 预警信息来源与流量战术分析数据来源

气象部门多种资料分析制作并发布关于机场高影响天气的红色预警和黄色预警。空管部门依据这些数据，结合自身运行经验与模型分析，确定预警等级并及时发布。预警信息来源于 2024 年 5 月-11 月雷雨期期间预报制作发布的红色预警和黄色预警并发布于微信群中。实况数据采用月总簿记录数据。

预战术与战术数据来源于流量发布的 ADP 中战术与

预战术信息及流量管理月报中相关信息。流量每发布一条战术措施记录为一次战术信息。

特别说明：对于一份预警信息因包含不止一次雷雨过程，为了合理评分，需要拆分成二或三份预警，分别进行准确率核算，并对其进行效能分析。

1.3 红黄预警统计与分析

雷雨准确性评定：预报提前量大于 24 小时，预报雷雨的容错区间为 120 分钟以内；预报提前量大于 12 小时，预报雷雨的容错区间为 60 分钟以内；预报提前量大于 6 小时，预报雷雨的容错区间为 30 分钟以内。

若预报某日雷雨，当日出现了雷雨，但预报时段与雷雨发生时段偏差 2 小时以上，计为未命中（不算做空报）。

若预报某日雷雨，当日未出现雷雨，但是预报强降雨的时段内出现+RA（+RA 必须在预报时段内，不享受容错区间），计为强降雨命中。

2 流量管理战术统计与效能分析

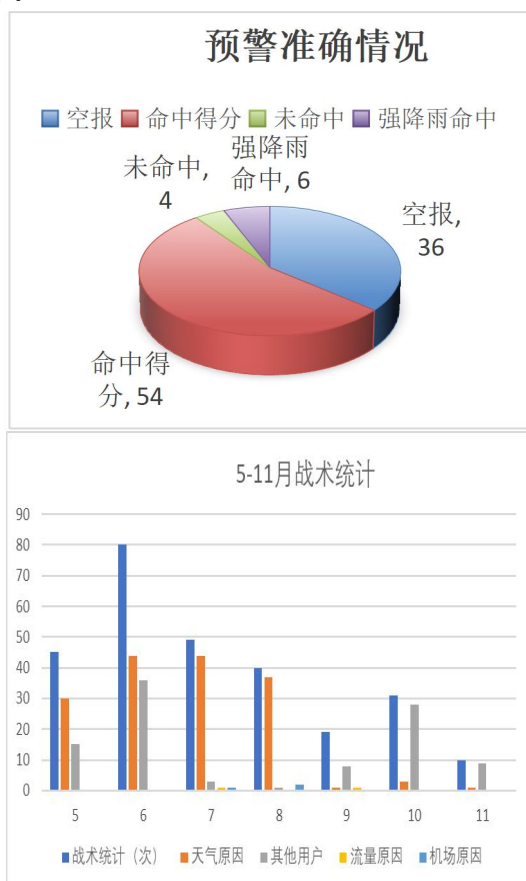
2.1 5-11 月红黄预警准确率统计情况

2024 年 5-11 月，共计对 43 次可能出现的雷雨过程发布了共 100 份雷雨预警。其中包含 3 份红色预警，95 份黄色预警，2 份天气预报（雷击）。有 3 次雷雨漏报。

（雷雨发生前或发生后，发布了微信文字预警，但因雷雨强度弱、持续时间短，未发布黄色预警）

在 100 份预警中，空 36 份，命中得分 54 份，未命中 4 份，强降雨命中 6 份。54 份命中得分预警中，总得分为 195/407，约为 47.9%。注意这个数据没有把空的 36 份计算在内，否则分母会增加。考虑空报和漏报的话，估算大概 30%左右。这个数据基本就是红黄预警的平均

水平。



2.2 5-11 月战术统计情况

从表上可以看出因天气原因采取流量管理措施占流量战术措施的 58.40%，天气原因是流量采取战术措施的主要影响因素。尤其在 5-8 月雷雨频繁时期，因天气原因采取战术措施占总战术措施的 72.42%。

当收到雷雨预警，预计某时段空域通行能力下降时，空管流量部门会提前通过合理安排等待顺序与时间，避免空中拥堵。可见，预警信息是流量发布预战术与战术管理控制一段时间内的空中交通流量管理的重要依据。

2.3 红黄预警的效能分析

若发布了红黄预警信息且当日发生了雷雨天气，流量管理采取了措施记录得 1 分；若发布了红黄预警信息但实况未发生在本场（这里考虑了本场实况未发生但在终端区范围有对流发生）流量管理采取了措施记录得 0.5 分（结合时效性考量，虽然没有在本场发生危险天气，但在航路或终端区范围有时会有较大影响，在效能评估上仍然给出了 0.5 分。）；若未发布红黄预警信息但当日发生了短时雷雨天气，流量无措施，记录得 0 分（这里考虑了短时雷雨的漏报，由于时间较短，流量措施管

理要至少提前 1 小时）

红黄预警	实况命中	措施	预警效能得分
有	命中	有	1
有	无	有	0.5
无	有	无	0

按上述规则统计评估了 2024 年 5-11 月的红黄预警效能，43 次雷雨天气预警信息效能得分为 27.5 分，得分占比为 63.95%。从评估结果来看红黄预警信息对复杂天气情况下的流量调整是十分有意义的，是流量调控中必不可少的参照之一。红黄预警信息为流量调配提供了不可或缺的技术指证。

将预警信息运用到实际工作中，要实现预战术与战术，这里要根据预战术与战术实现效果评估预警信息的时效性。针对这一情况再继续评估红黄预警的时效性，根据流量管理预战术要求，在天气影响开始前 6 小时之外可发布预战术；在天气影响开始 6 小时之内可发布战术。在实际工作中，即使在天气影响开始 6 小时之内发布的预战术也要早于实际天气发生的 1 小时以上才能够采取有效的战术措施。

因此对红黄预警进行时效性评估：若天气发生前 6 小时采取预战术且在发布预战术时段内有天气发生，每命中一次记 1 分，空报记 0.5 分，漏报记 0 分；若天气发生 6 小时以内且大于 1 小时的，每命中一次记 1 分，空报 0.5 分，漏报记 0 分；若天气发生前 1 小时的，命中得 0.5 分，空报记 0 分，漏报记 0 分。若天气发生前，没有采取战术措施，无论命中与否都记为 0 分。若红黄预警空报，无论死否采取战术措施均记 0 分。按天气过程计算，多条战术措施时效性评估得分求平均分，最高为 1 分，最低为 0 分。

经统计分析后，红黄预警得时效性得分为 30.6%。分析其原因，由于一次雷雨过程中要更新多份红黄预警，若红黄预警更新时间短于 1 小时，流量管理无法采取有效的措施，评估为 0 分，在 1-6 小时之间的预警信息更具有时效性。

3 红黄预警效能对流量管理战术实施的影响

3.1 红色预警的高效能推动全面流量管理

提前决策与资源调配：红色预警发布后，各部门迅速响应。航空公司提前调整机组排班、旅客服务计划；机场增派地面保障人员，应对可能的大面积延误。空管

部门全面评估空域容量,大幅减少航班放行数量,集中资源保障关键航班。

强化协同决策:促使空管、航空公司、机场等部门紧密协同。通过联合决策机制,共同商讨航班调整方案,确保各方利益平衡。例如,航空公司根据空管流量限制,主动申请取消部分航班,减少资源浪费,同时空管为航空公司预留必要的应急飞行时刻。

3.2 黄色预警的效能保障流量管理精细化

灵活调整流量策略:黄色预警下,流量管理战术更为灵活。空管部门根据天气发展趋势,动态调整航班地面等待时间、航路绕飞方案等。如雷雨区域移动速度较慢,逐步增加航班放行量,避免过度限制造成资源闲置。

优化航班运行效率:航空公司依据预警信息,提前做好客舱服务准备,合理调整飞机载重平衡。机场优化地面保障流程,缩短航班过站时间。各方协同提升航班运行效率,降低雷雨天气对航班的影响。

4 存在问题与改进方向

4.1 预警准确性与时效性问题

有时预警的雷雨强度、范围与实际情况存在偏差,导致流量管理战术实施效果不佳。未来需加强气象监测技术研发,提高气象预报模型精度,确保预警信息精准及时。同时,建立预警动态更新机制,根据天气实时变化,及时修正预警信息。在更新预警信息时尽量保证 1 小时以上的提前量,才能保证预警信息的时效性。

4.2 预警信息与效能评估存在问题与改进方向

不同部门在对气象预警信息理解上存在偏差,信息沟通不畅、协同决策效率低的问题。应进一步完善协同机制,建立统一的信息共享平台,实现各部门信息实时交互。加强信息使用相关的人员培训与跨部门演练,提高协同作战能力,确保流量管理战术高效实施。

目前这种评定办法从气象预报的角度看是比较合理的,但如果结合了气象用户的安全和效率收益,则是存在缺陷的。

具体来说,在气象预报的角度,空报和漏报(无论是天气过程还是逐时评定)的评分惩罚是相同的,都计为不准确;但结合航空实际运行就会发现,通常而言,

对于航司、管制流量或者机场现场及终端,一次重要天气的漏报的代价远高于一次空报。一次短时的雷雨漏报,流量因无法提前发布相关措施导致航空秩序的短时混乱,一定数量的返航、备降,大量延误,终端区盘旋等待航班过多,停机位紧张等,甚至有低油量风险。安全压力陡增,运行效率突降。而一次重要天气的空报,虽然也可能导致无效的战术措施,航班做无效的调时,会影响运行效率,但代价比漏报低了很多。目前的效能分析只采用了流量管理措施,考虑较为单一,今后还会从预警信息与流量管理措施的契合程度,现场协调程度,航班调减等多方面考量预警信息效能。优化效能评估的方法,使评估方法更贴近时效运行,从而推进红黄预警信息的高效利用率。

天气预报由于当前技术的局限性,经常要在空、漏报的代价间进行整体权衡。如何更科学的考评预警的价值,将是一项长期的、待进一步研究的工作。

5 结论

雷雨季节红黄预警效能对流量管理战术实施意义重大。通过精准预警,流量管理部门能够提前规划、科学决策,有效应对雷雨天气带来的挑战。尽管当前存在一些问题,但随着技术进步与协同机制完善,红黄预警将在流量管理中发挥更大作用,提升雷雨季节航空运输的安全性及效率,为旅客提供更可靠的出行保障。

参考文献

- [1] 杨光. 航空气象服务在民航协同运行决策中的应用研究[J]. 公关世界, 2025, (01): 172-174.
- [2] 郭俊萍, 陈瑾. 预警信息传播效能比较研究[J]. 科技传播, 2021, 13(17): 98-100+129. DOI: 10.16607/j.cnki.1674-6708.2021.17.030.
- [3] 邹宛彤, 刘峰. 广州机场终端区因天气原因造成大面积航班延误预警(MDRS)统计及航空气象服务探讨[J]. 中国民航飞行学院学报, 2021, 32(02): 34-38.

作者简介: 王阳洋 (1987 年-), 女, 汉, 吉林省磐石市, 民航东北空中交通管理局空管中心气象中心, 高级工程师, 研究方向: 航空气象