

# THALES 系统中多架航班产生 MSAW 告警情况的分析

程 华

北京空管工程技术有限公司 北京 100621

**【摘要】**：最低安全高度告警（MSAW）是飞机在下降飞行高度时，提示空管管制员飞行高度是否下降过低，进入系统预先定义的对于该区域的最低安全飞行高度之下。最低安全高度告警（MSAW）为空管自动化系统内核心告警功能之一，系统对该告警功能响应的时效性与判别准确性，直接关系到航空器飞行安全。

**【关键词】**：最低安全高度；告警

DOI:10.12417/3083-5526.25.07.007

## 1 引言

MSAW 告警属于对于雷达航迹的告警，THALES 系统可综合航空器的航迹、高度、位置、航向速度及 MSAW 告警区域等信息，当航空器飞行高度低于对应区域最低安全高度时，能够及时将告警信息推送至对应管制席位。

## 2 事件描述

2026 年 2 月 XX 日，THALES 多架航班在 18R 跑道北端 20KM 内产生 MSAW 告警。

## 3 调查过程

2 月 XX 日 09:36-09:56 期间，多架航班在首都机场北端 20KM 内产生 MSAW 告警，以 09:42 分 CCA1224 航班为例，查看系统告警日志，该航迹高度 4150 英尺（TRACK ALTITUDE）时，下降率-8.8542 英尺/秒（CLIMB RATE）。系统计算出 48 秒后，根据下降率-8.8542 英尺/秒，可得到 48 秒后，航空器高度将降低 425 英尺，航空器高度预计为 3725 英尺，低于 MSAW 告警高度 3734 英尺，系统发出告警。

查询系统的告警日志也印证了上边的计算过程，日志显示 Time:48 extrap Alt: 3725 start Alt:4150 climb:-9 MS\_alt:3734。

即：

当前高度 4150 英尺

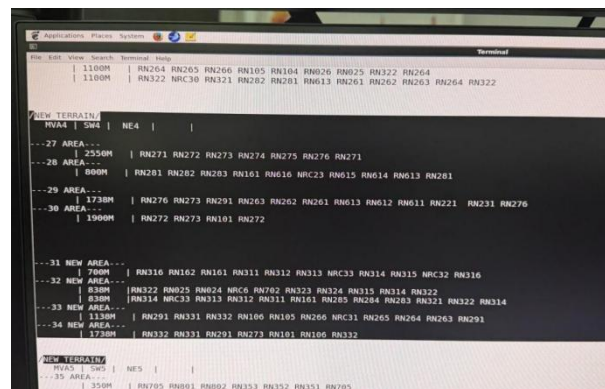
下降率为-9 英尺/秒（此处为近似值，实际下降率-8.8542）

计算时间 48 秒

通过系统计算得出前探高度 3725 英尺

产生 MSAW 告警；并且记录告警区域为 MVA4。

查询 MVA4 区域设置情况如下：



## 4 MSAW 告警说明

### 4.1 MSAW 告警触发条件：

- a) 雷达航迹处于有效 MSAW 告警区域范围内；
- b) 具备可靠的跟踪高度与速度信息；
- c) 雷达航迹具备符合系统预设的离线告警参数；
- d) 雷达航迹需与飞行计划相关联；
- e) 关联后的航迹处于管制状态。

当满足以上触发条件时，MSAW 告警对系统航迹进行预判，当计算航迹未来轨迹会进入一个离线定义的最低安全高度区域时，就会激活告警。在每一个 MSAW 区域都会应用最低安全高度这个标准，同时为了区分 VFR 目标飞行还是 IFR 自动飞行类型，会设置一定的高度容差。预测计算一个横向的位置，预测计算一个高度位置，最后再推算出未来可能的目标位置，如果预测位置低于容差范围就会激活告警。

THALES 自动化系统还在离线数据中定义了与 MSAW 有关的参数（local 文件 MSAW\_DAIW\_PARAMETERS.ASF），主要参数如下：

#### 1).RDF\_MSAW\_LOOK\_AHEAD\_TIME

从当前时间开始预判多少时间后，航迹将进入 MSAW 区域。

2).RDF\_MSAW\_WARNING\_TIME

从当前时间开始预判多少时间后，航迹将进入MSAW区域并在将告警显示给管制屏幕上，该时间小于上述预判时间。

3).RDF\_MSAW\_INTENSITY\_THRESHOLD

MSAW强度门限，它是在MSAW告警产生后连续命中的次数。

4).RDF\_MSAW\_RATE\_THRESHOLD

当飞机预测进入MSAW区域时，在CFL保护下的飞机最大下降率

5).RDF\_MSAW\_LEVEL\_THRESHOLD

当飞机预测进入MSAW区域时，在CFL有效的情况下，飞机的实际高度与CFL高度之差的最大值。

6). RDF\_MSAW\_UPDATE\_PERIOD

雷达航迹的更新用于MSAW更新。

7).RDF\_MSAW\_VFR\_ACT

判断是否是VFR飞机，取值True时，MSAW不作处理，取值False时，MSAW激活处理。

8).RDF\_MSAW\_IFR\_ALTITUDE\_MARGIN

对于MSAW危险区，仪表飞行的飞机垂直安全边界

9).RDF\_MSAW\_VFR\_ALTITUDE\_MARGIN

对于MSAW危险区，目视飞行的飞机垂直安全边界

10).MSAW\_ELIGIBILITY

该参数可以取两个值：

FPDATA\_ALL 和 FPDATA\_HOLD\_ONLY。

第一种情况：FPDATA\_ALL时，参与MSAW告警运算的航迹必须满足条件为：

- a).目标不在MSAW告警抑制区内
- b).该目标的二次代码(SSR code)不属于告警被抑制的二次代码组
- c).该目标高度不能是过期高度或高度不明
- d).只有COUPLE的目标才适用MSAW告警，并且必须是处于CONTROLLED、HAND-OVER、HANDOVER-FIRST三种状态中的一种。

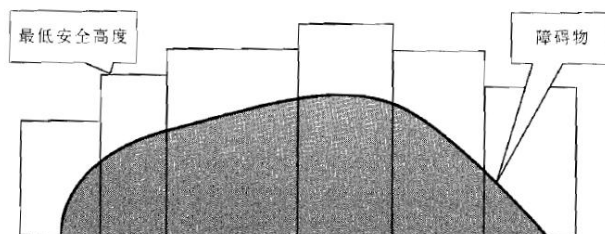
4.2 告警区域与高度设置

THALES自动化系统可以在离线文件设置DPR中定义最低高度告警区(local文件MSAW\_AREAS.ASF)，并可定义两种形状的告警区，同时可根据需求设置告警抑制区域(inhibition zones)，告警区域主要可通过两种模式进行定义，分别为地形危险区(terrain hazard)与障碍物区(obstacles)。

terrain hazard: 用来描述地形，用一个矩形来定义一大块

地形(用顶点经纬度来定义矩形大小)，在矩形内部可分割成若干马赛克小块，对每一小块都定义一个最低安全高度(Minimum Safe Altitude)，具体以2海里为边长划分若干正方形网格，形成类似系统的马赛克栅格结构，并为每个网格赋予对应高度值，该高度取地形障碍物的实际高程。在这个模型中，技术人员需要定义方格左下点和右上点的经纬度坐标以及模型的高度。

Obstacles: 用一个圆柱形来模拟特殊障碍物。需要定义一个中心点坐标、一个半径和一个最低安全高度，即obstaclesObstacles障碍物区采用圆柱体模型进行构建，需对其圆心坐标、覆盖半径及实际障碍物高度进行精准配置，系统所生成的告警区域高度为模型基准高度与垂直安全界限(Vertical Safety Margin)之和，即Minimum Safe altitude + Vertical Safety Margin。相关参数采用离线配置方式，依据飞行规则分为两类：仪表飞行规则航班采用系统预设参数(MSAW\_IFR\_ALTITUDE\_MARGIN)，目视飞行规则航班则采用对应专用参数(MSAW\_VFR\_ALTITUDE\_MARGIN)，目前系统这两个参数值均为300m。举例说明一下，若系统中定义障碍物最高为900m，则900+300=1200m，航迹飞行高度低于1200m时进入告警区。系统用这两个模型定义系统MSAW告警。



inhibition zones: 告警抑制区的定义方式较为简便，仅需要通过构建多边形区域即可完成设置。处于已启用抑制区内的航迹，将不参与MSAW告警相关的解算与判断，且该类抑制区域可根据运行需求随时进行激活或关闭操作。

4.3 MSAW告警计算

(1) MSAW告警说明:

系统依据相关参数配置，对满足条件的航迹开展实时解算与判断，当航迹当前高度即将低于或已低于设定的安全高度阈值时，系统将自动触发针对该航迹的MSAW最低安全高度告警。系统针对MSAW告警的对象范围，触发时间，和CFL高度保护等三个方面进行设定。首先是触发MSAW告警的对象范围，使用参数(MSAW\_ELIGIBILITY)对MSAW告警涉及的范围可以选择，可以设定为对全系统的雷达航迹或只针对已经相关(coupled)的航迹进行告警追踪。另外一个参数(RDF\_MSAW\_VFR\_ACT)设定系统对于目视飞行规则的飞

机是否触发 MSAW 告警。

其次，涉及到告警触发时间的参数主要有如下四个：

告警更新周期 (RDF\_MSAW\_UPDATE\_PERIOD)，告警触发阈值 (RDF\_MSAW\_INTENSITY\_THRESHOLD)，告警前探时间 (RDF\_MSAW\_LOOK\_AHEAD\_TIME)，告警触发时间窗 (RDF\_MSAW\_WARNING\_TIME)。泰雷兹系统设定 MSAW 告警的更新周期 (RDF\_MSAW\_UPDATE\_PERIOD) 为  $n$  个系统航迹更新周期 (5s)，目前此参数值为 2，所以系统对 MSAW 告警的更新周期采用 5 秒 $\times$ 2 的组合方式，即每 10 秒对相关航迹开展一次最低安全高度告警检测。告警触发阈值设定为：系统在连续成功预测  $N$  个 MSAW 告警周期后，才正式触发告警，当前该参数取值为 2。

告警前探时间，又称前探时间，是系统用于预测航迹未来位置的时间参数。当前系统中 MSAW 告警前探时间设为 60 秒，系统将依据航迹当前运行趋势，对其未来 60 秒内的位置进行预测并开展告警判断。另一关键参数为告警触发时间窗，其含义与告警触发机制紧密相关，该参数当前设定为 30 秒，即在 30 秒时间窗口内只要检测到一次满足 MSAW 告警条件，便立即触发告警。综上，系统在时间维度上触发 MSAW 告警主要包含两种情形：一是在 60 秒前探时段内连续两次检测到告警条件时触发并推送至管制席位；二是在 30 秒告警触发时间窗内探测到告警即立即触发并推送至管制席位。

### (2) CFL 高度保护

CFL 高度保护机制主要应用于航迹下降阶段，系统以 CFL 高度扣除高度容差值 (RDP\_MAX\_LEVEL\_OVERSHOOT) 后作为高度预测下限。若不存在有效 CFL 高度，则不将其纳入高度预测下限计算。当航迹下降率超出系统设定阈值，且航迹高

度处于 CFL 高度扣除对应限值的区间范围内时，CFL 高度将不作为高度推测的约束极限，即如果下降率大于系统参数 MSAW\_RATE\_THRESHOLD，且航迹高度在  $CFL-MSAW\_LEVEL\_THRESHOLD/2$  和  $CFL+MSAW\_LEVEL\_THRESHOLD/2$  范围内，CFL 不作为推测高度的极限。该参数设置的核心目的，是防止航空器因下降率过大或下降惯性较强而无法及时降至指定 CFL 高度，进而向管制员发出潜在安全风险的预警提示。

### (3) MSAW 告警不处理的情况：

- a) 航迹进入了抑制区域；
- b) 当航班的 ACID 和 SSR 定义成非雷达告警设置，例如：军航飞机；
- c) 目视飞行 MSAW 告警处理关闭时，目视飞行的飞机不会触发告警；

## 5 调查结论

经分析，涉事航班进入 MV4 区域后，其飞行高度处于该区域 838 米地形限制高度范围内。系统经解算判定，在告警前探时段内航班高度已低于告警高度阈值，因此触发 MSAW 告警，该过程符合 THALES 系统既定工作机制。

## 6 总结语

空管自动化系统相关参数配置是否合理，将直接影响 MSAW 告警的触发逻辑与告警准确率。若参数设置阈值偏高，易引发虚警问题；若阈值设置偏低，则可能出现告警遗漏情况，进而对飞行安全构成严重威胁。为此，在自动化系统正式投入运行前，需对 MSAW 告警功能开展全面且严格的测试验证；系统投入运行后，若需对关键参数进行调整，应严格遵照参数修改工作流程执行，同时做好相关备案记录与后续跟踪管理工作。

### 参考文献：

[1] 于琳. THALES 空管自动化系统告警的原理和调查[J]. 数字技术与应用, 2015(1):47  
 [2] 刘佩铭. THALES 空管自动化系统告警机制的分析[J]. 数字技术与应用, 2016(6):220  
 [4] 杨银霞. 关于 Skynet-X 自动化系统 MSAW 告警异常的分析[J]. 网络安全技术与应用, 2019(110): 144-145  
 [5] 王晰. 空管自动化系统 MSAW 告警测试方法研究和异常案例分析[J]. 空中交通, 2022(2):42-43