

# 民航自动化系统多监视源融合时丢失一次信号原理浅析

周文澜

中国民用航空中南地区空中交通管理局湖北分局, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年3月17日; 录用日期: 2024年4月12日; 发布日期: 2024年4月22日

## 摘要

空管自动化系统是整个航空部门对空指挥的核心系统, 能够实现对雷达监视数据的处理, 为管制员提供飞行态势状况报告, 对异常情况进行预警。飞行数据的处理, 能够实现雷达航迹与飞行计划相关。本文针对多监视源融合过程中丢失一次雷达信号的情况分析了系统日志, 深入梳理了监视源信号的处理逻辑和融合机制。通过研究结果, 深入了解了二所自动化当前版本的多监视源融合机制, 为日后的多监视源融合方面的故障排查提供有力支撑。

## 关键词

空管自动化, 自动化航迹, 监视源融

# Analysis of the Principle of Losing Primary Signal in the Integration of Multiple Surveillance Sources in Civil Aviation Automation System

Wenlan Zhou

Central and Southern Regional Air Traffic Management Bureau of Hubei Sub-Bureau, Civil Aviation Administration of China, Wuhan Hubei

Received: Mar. 17<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 12<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 22<sup>nd</sup>, 2024

## Abstract

The air traffic management automation system is the core system of the entire aviation depart-

ment's air command, capable of processing radar surveillance data, providing controllers with flight situation status reports, and issuing early warnings for abnormal situations. The processing of flight data can correlate radar tracks with flight plans. This article analyzes the system logs for the situation where a radar signal is lost during the integration of multiple surveillance sources, thoroughly combs through the logic of surveillance source signal processing and the integration mechanism. Through the research results, an in-depth understanding of the current version of the multi-surveillance source integration mechanism of the Second Institute's automation has been gained, providing strong support for troubleshooting in the area of multi-surveillance source integration in the future.

## Keywords

Air Traffic Management Automation, Automatic Track, Surveillance Source Fusion

Copyright © 2024 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

民航自动化航迹相关是航迹跟踪的重要部分，它是把获取的新航迹信息与已知航迹进行比较并正确匹配的过程。通过航迹相关，航迹信息被更新，通过一定的滤波处理产生精确的目标位置和速度的估计值，达到航迹跟踪的目的[1]。

近期，某分局发生一起民航二所 AirNet-A V4.1.0 自动化系统多监视源融合时丢失一次雷达信号的案例，事发时管制反映二所自动化系统融合航迹大部分无一次信号标识，华泰自动化系统则显示正常。需要修复此问题的原因是多雷达航迹融合的明显优势，在于解决目标探测、定位和跟踪等多个问题。达到将航管飞行信息与多雷达信息进行匹配、融合的目的[2]。

通过复盘分析，发现民航二所 AirNet-A V4.1.0 自动化系统处理一二次合装 S 模式询问的雷达信号时，多监视源融合机制存在缺陷，默认将带有 S 模式询问标志的数据包当成二次雷达数据包参与融合，从而导致丢失一次雷达信号的隐患，立即向厂家提出 PCR，希望尽快修复此问题。

本文对于其他使用民航二所 AirNet-A V4.1.0 自动化系统的现场具有重要的借鉴意义，可供其他现场评估升级二所 V4.1.0 或 V4.1.1 版本提供参考。

## 2. 故障背景

### 2.1. 事件回顾

某日武汉 ADSB 数据站开始停机维护，随后 09:03，管制反映二所自动化系统融合航迹大部分无一次信号标识，显示为纯二次航迹标识符  $\bigcirc$ ，同样的航空器在华泰自动化系统则显示正常的一二次融合航迹标识符  $\oplus$ 。两套自动化系统航迹显示对比如图 1 所示。

图中可见 CSN3983 与 CJX8951 在左侧二所自动化中显示为纯二次航迹标识符  $\bigcirc$ ，而在右侧华泰自动化中显示为正常的一二次融合航迹标识符  $\oplus$ 。

自动化航迹参加关联的一、二次雷达航迹共有的关联判据有航迹号、位置坐标、航速航向(速度分量)，涉及二次雷达航迹还有 SSR 码、高度(升降速度)。关联形成的系统航迹有系统航迹号、位置坐标、航速

航向(速度分量),在关联了二次雷达航迹后,还有 SSR 码、高度(升降速度)。各雷达源的数据质量指数或参加融合单雷达航迹当前的融合加权系数,也是航迹关联可用的参考判据[1]。

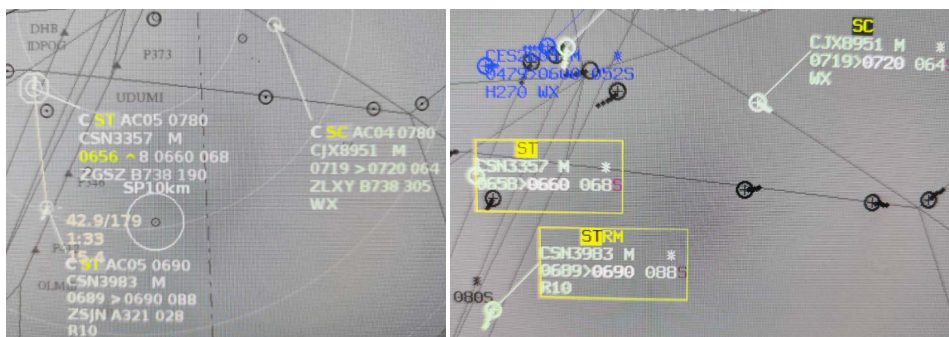


Figure 1. Display discrepancy of aircraft identifiers in the primary and backup automation systems  
图 1. 主备自动化系统航机标识符显示差异

鉴于此前刚刚发生过 CSN8666 航空器应答机双机故障,通过程序管制方式,由一次雷达信号辅助管制指挥落地的事件,分局各领导各部门高度关注这一案例。一次雷达信号在管制区尤其是进近管制区域内,作为航空器应答机双机失效后的最后安全保障,对于管制掌握紧急情况下的航空器飞行态势具有不可替代的重要作用。目前武汉本场范围使用白莲雷达提供一二次合装、S 模式询问的雷达信号,纯一次雷达信号覆盖范围约 150 km,基本能够覆盖本场主要管制区域。

按照事件顺序对类似事件进行梳理:

2022 年上半年,某地发现二所自动化系统航迹融合功能存在 S1 级致命缺陷,解析 S 模式全呼目标时,导致融合航迹变为一次目标,失去 AC 码和高度。

2022 年 5 月,二所发布 AirNet-A V4.1.0 版本解决上述缺陷,解决方式为 S 模式雷达数据默认为二次雷达数据参与融合,此机制存在处理一二次合装 S 模式询问的雷达信号时丢失一次信号的隐患。

2022 年 6 月,二所 AirNet-A V4.1.0 版本在武汉测试平台委托测试,此时武汉的白莲一二次合装雷达输出 CAT048 数据时,对于 I048/020 目标报告类型数据项赋值有误,总是赋值为 010 的单二次信号类型,未能触发二所机制缺陷,未能在测试中发现。

2022 年 7 月 29 日,二所自动化 AirNet-A V4.1.0 版本正式在武汉运行平台升级上线,此时多监视源融合处理的机制缺陷随之进入运行平台,此时白莲雷达问题未修复,依然未能触发二所机制缺陷,二所输出为一二次叠加 ADSB 的全融合航迹信号 (⊕) (丢失部分 S 模式数据)。





2022 年 11 月 4 日,白莲雷达停机升级,修复了目标报告类型赋值异常的问题,此时二所机制缺陷开始显现,此时二所自动化为备用模式运行。

2022 年 11 月 10 日,切换二所自动化主用运行,由于一次信号覆盖范围小,且二所一二次 ADSB 全融合航迹标识符显示为 (⊕),而二次和 ADSB 融合航迹标识符显示为 (⊕),不易区分,直至 11 月 18 日 ADSB 数据站停机维护,可以直观地观察到二所显示为纯二次航迹 (○),引起管制注意,技术人员介入调查。

## 2.2. 事件调查

通过数据采集和日志分析,对比华泰自动化发现只有二所自动化系统才存在此类问题。随后对二所自动化雷达前置处理服务器和雷达融合处理服务器日志进行抓取分析,发现二所自动化系统在 11 月 18 日 ADSB 数据站停机维护前就出现了一次信号丢失的问题。

经过向前追溯,调查知二所自动化系统自 11 月 4 日 16:20 后,即出现了一次雷达信号丢失的问题,

由于一次信号覆盖范围小，且二所一二次 ADSB 全融合航迹标识符显示为 ，而单二次和 ADSB 融合航迹标识符显示为 ，不易区分，自切换到二所自动化主用运行以来，直至 ADSB 数据站停机维护，方能直观的观察二所自动化失去一次信号融合，显示为纯二次航迹 ，与华泰自动化的一二次融合航迹  形成了鲜明对比。

同时也观察到此前应答机双机故障进港落地时，二所自动化又正确的提供了一次信号，辅助管制进行指挥。

排查方向聚焦到以下两个问题：

问题一：前后发生了什么改变，导致二所自动化丢失了一次雷达信号？

问题二：为何 CSN8666 应答机双机故障后，自动化可以提供一次信号？

### 2.2.1. 白莲雷达目标报告类型梳理

通过邀请雷达设备室专家共同进行分析和排查，了解到 11 月 4 日，白莲雷达进行了停机升级，目的是解决其输出的 CAT048 数据中不带有 S 模式询问标记，但实际数据项确包含 S 模式数据的问题，该问题曾导致二所自动化处理白莲雷达数据包时抛弃了 S 模式数据项的部分，导致本场航班在二所自动化中丢失部分 S 模式下行数据，例如真空速、横滚角等(本场唯二的另一部天河 S 模式雷达只提供 BDS40 数据)。

EuroControl 的 CAT048 中，在 Data Item I048/020, Target Report Descriptor 一节，对 CAT048 数据的目标报告的类型进行了描述，如下图 2 所示[3]。

**Data Item I048/020, Target Report Descriptor**

**Definition:** Type and properties of the target report.

**Format:** Variable length Data Item comprising a first part of one-octet, followed by one-octet extents as necessary.

**Structure of First Part:**

Octet no. 1							
8	7	6	5	4	3	2	1
TYP		SIM	RDP	SPI	RAB		FX

bits-8/6 (TYP)

= 000	No detection
= 001	Single PSR detection
= 010	Single SSR detection
= 011	SSR + PSR detection
= 100	Single ModeS All-Call
= 101	Single ModeS Roll-Call
= 110	ModeS All-Call + PSR
= 111	ModeS Roll-Call +PSR

Figure 2. CAT048 data target report type

图 2. CAT048 数据目标报告类型

11 月 4 日前，白莲 Nriet 一二次合装雷达输出的数据包抓包如下图 3 所示。

```

4 0
01000000
TYP 0x02 = 0 No detection
          = 1 Single PSR detection
          = 2 Single SSR detection
          = 3 SSR + PSR detection
          = 4 Single ModeS All-Call
          = 5 Single ModeS Roll-Call
          = 6 ModeS All-Call + PSR
          = 7 ModeS Roll-Call +PSR

```

Figure 3. Target report types from the Bai Lian radar output before November 4th

图 3. 11 月 4 日前白莲雷达输出的目标报告类型

可见白莲雷达虽然带有 S 模式数据，但目标报告确声明自己是纯二次雷达，而二所自动化系统在进行多监视源融合时，会参考 I048/020 数据项，根据数据项中声明的雷达数据包的类型，将数据包分类处理参与融合，导致二所自动化将其数据参与多监视源融合时，视为纯二次信号，舍弃了 S 模式数据的部分，引发上述二所自动化系统丢失部分 S 模式数据的问题。

那么 11 月 4 日升级后，通过数据抓取已经可以观察到白莲雷达提供了正确的目标报告类型，如下图 4 所示。

```

E 0
11100000
TYP 0x07 = 0 No detection
          = 1 Single PSR detection
          = 2 Single SSR detection
          = 3 SSR + PSR detection
          = 4 Single ModeS All-Call
          = 5 Single ModeS Roll-Call
          = 6 ModeS All-Call + PSR
          = 7 ModeS Roll-Call +PSR

```

Figure 4. Target report types from the Bai Lian radar output after November 4th  
图 4. 11 月 4 日后白莲雷达输出的目标报告类型

可见白莲雷达提供的数据类型为 S 模式全呼加一次雷达，符合实际情况。

### 2.2.2. 二所自动化系统雷达数据处理机制梳理

前文已知，而二所自动化系统在进行多监视源融合时，会参考 I048/020 数据项，根据数据项中声明的雷达数据包的类型，将数据包分类处理参与融合，既然自 11 月 4 日开始，白莲雷达已经提供了正确的目标报告类型，为何二所自动化系统反而出现了异常丢失一次雷达信号的问题呢？

在与厂家工程师反馈沟通核对代码后得知：目前二所自动化处理一二次合装 S 模式询问的雷达信号时的逻辑存在缺陷，二所自动化在带有 S 模式询问数据的一次或一二次合装雷达信号参与多监视源融合计算时，会默认当成 S 模式二次雷达信号处理，从而导致该雷达丢失一次信号。

那么这个缺陷是什么时候出现的呢？通过查阅 V4.1.0 版本文档，可以发现二所自动化 AirNet-A V4.1.0 版本中携带有一个修改项，为了解决某地发现的二所自动化系统航迹融合功能 S1 级致命缺陷，在 V4.1.0 版本中采取了将 S 模式雷达数据默认为二次雷达数据参与融合的处理方式，此机制存在处理一二次合装 S 模式询问的雷达信号时丢失一次信号的隐患，导致武汉 V4.1.0 升级后出现白莲丢一次信号的问题。二所自动化 AirNet-A V4.1.0 版本升级文档如下图 5 AirNet-A V4.1.0 版本升级文档截图所示。

<p>SDD界面融合航迹数据异常</p>	<p>SDD界面融合航迹数据异常 故障现象：SDD界面融合航迹数据显示异常，航迹符号变为一次，高度和SSR数据项显示为无效。故障影响：航迹标牌关键信息缺失，故障发生时航班量较小，未对运行造成影响。故障处置：管制员及时和机组确认航班信息，证实目标高度。技术保障人员确认系统运行正常，联系雷达航管部门确认设备运行正常，着手分析雷达原始数据，并将故障反馈给厂家工程师。原因分析：哈尔滨现场引航多部增强型S模式雷达数据，运行中发现自动化系统航迹融合功能存在致命缺陷（S1）。系统收到S模式全呼的应答报文时，MSDP解析I048/020项目目标报告描述字段异常，如收到9-6bits标志位为100（Single Modes All-Call），系统解析航迹属性错误，导致不能正确识别后续报文中的A码和C码高度等关键信息，导致系统输出的融合航迹为一次目标，存在较大安全隐患</p>	<p>日志分析： 2021-10-18 07:15:44 CSN6359输出系统航迹目标类型：一次信号（01）。 此融合周期参与融合单监视源数据： 2021-10-18 07:15:40 雷达1（S模式雷达）—二次标记位为空 2021-10-18 07:15:40 雷达9（ADS-B）—二次标记位为空 2021-10-18 07:15:40 雷达5（S模式雷达）—二次标记位为空 2021-10-18 07:15:42 雷达4 普通雷达，二次代码无效，一次标记位置位 融合结果：融合后目标类型为一次信号，系统在输出时将一次信号高度二次代码置为无效。 结论：当前系统航迹融合时，没有考虑到S模式雷达和ADS-B数据—二次标记位为空，但是二次代码高度有效的情况</p>	<p>修改内容：1. S模式雷达数据默认为ssr数据；2. 系统航迹输出是删掉一次信号强制修改二次代码和高度标记位的操作</p>
----------------------	--	---	--

Figure 5. Excerpt from the AirNet-A V4.1.0 version upgrade documentation  
图 5. AirNet-A V4.1.0 版本升级文档截图

值得注意的是，当航空器双应答机故障失效时，航空器失去 S 模式应答能力，此时白莲雷达的一次信号可以正常处理。从军航航空器也可对比发现，S 模式询问不稳定的军航航空器，在丢失 S 模式信号



时航迹标识符即显示为一二次融合的 $\oplus$ ，而收到 S 模式信号时航迹标识符则显示为纯二次的 $\circ$ 。隐患排查小组经过风险评估，判断这种情况暂时可以容忍，但仍然会对管制掌握飞行态势造成影响，需要尽快升级解决。

### 3. 总结与借鉴

经过本文的详细梳理与深入研究，充分了解了监视源和自动化系统在日常运维及升级过程中可能遭遇的机制冲突问题。为了确保未来的维护工作更为高效，需强化现场软件版本管理，优化新版本的测试流程。在软件正式上线运行前，要求各科室同仁共同参与，严格核查外部信号接入的处理流程。

此外，本文的研究结果揭示了，在管制区，特别是进近管制区域内，一次雷达信号作为航空器应答机双机失效后的最终安全防线，对于管制员在紧急情况下掌握航空器飞行态势具有至关重要的作用。本文所探讨的事件具有高度的隐蔽性和排查难度，这进一步验证了推动多部门协同排查、培养全链条型人才的必要性和科学性。

本文的研究不仅提供了宝贵的经验，更启发进一步分析和排查监视源数据中可能导致自动化系统处理异常的各项数据。这对于确保运行安全、提升技术支持服务品质具有深远的意义。期望能通过不断的学习和实践，不断提高专业技能和综合素质，为保障航空安全做出更大的贡献。

### 参考文献

- [1] 刘宇, 聂健菘, 李永宁, 费向东. 一种一二次雷达航迹相关的算法[J]. 中国民航飞行学院学报, 2003, 14(2): 17-20.
- [2] 许文君. 空管自动化系统及数据融合方法研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京邮电大学, 2019.
- [3] 赵文斌. ASTERIX CAT048 数据格式分析[J]. 中国新技术新产品, 2018(1): 26-27.