

蓝波转报系统在报文转发中的典型故障模式与诊断方法研究

陶红旭

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: 2025年7月11日; 录用日期: 2025年9月10日; 发布日期: 2025年11月19日

摘要

本文以民航转报系统收报故障为典型案例, 系统分析了蓝波转报系统在民航业务数据传输中的典型故障模式, 研究首先梳理了民航报文传输流程, 包括数据采集、协议封装和存储转发等关键环节。本文针对11路YMA信道告警且无法收报的故障现象, 通过分层测试逐段排查硬件设备、传输线路及协议兼容性问题, 最终定位为发报端程序报头误码导致蓝波自动转报系统出现信道告警。研究表明该故障属于协议封装层异常, 需结合抓包解析与参数优化解决。本文提出的分层诊断方法可为民航业务数据传输系统运维提供标准化参考, 对提升民航运行安全具有重要意义。

关键词

蓝波转报系统, 气象预报, 故障诊断

Research on Typical Failure Modes and Diagnostic Methods of the Bluewave Relay System in Message Forwarding

Hongxu Tao

Hubei Branch, Civil Aviation Administration of China Central and Southern Region Air Traffic Control Bureau, Wuhan Hubei

Received: July 11, 2025; accepted: September 10, 2025; published: November 19, 2025

Abstract

This paper systematically analyzes typical failure modes of the Bluewave Relay System in civil

aviation business data transmission, using a typical case study of a message reception failure in the civil aviation message relay system. The study first outlines the civil aviation message transmission process, including key links such as data acquisition, protocol encapsulation, and store-and-forward. This paper addresses the problem of 11 YMA channels generating alarms and failing to receive messages. Through layered testing, the paper investigates hardware, transmission lines, and protocol compatibility issues step by step, ultimately locating the cause as a header error in the program on the transmitter side, causing the Bluewave automatic relay system to generate channel alarms. Research indicates that this failure is a protocol encapsulation layer anomaly, requiring a combination of packet capture analysis and parameter optimization. The layered diagnostic method proposed in this paper can provide a standardized reference for the operation and maintenance of civil aviation business data transmission systems, and is of great significance for improving civil aviation operational safety.

Keywords

Bluewave Relay System, Weather Report, Fault Diagnosis

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

近年来随着我国民航事业的快速发展,各类民航业务数据的实时、准确传输对航空安全的重要性日益凸显。在相关研究中,AFTN系统的故障诊断已从早期基于信号监测与规则分析的传统方法,逐步发展为融合多源数据、人工智能的智能诊断技术。现有研究致力于通过深度学习并构建协同监控框架以应对系统复杂性和实时性挑战,但仍面临异构设备兼容和跨系统协同处理等瓶颈。在此背景下,深入研究蓝波转报系统的故障模式与诊断方法,对提升民航业务数据传输的连续性和可靠性具有重要意义。

2. 蓝波转报系统概述

蓝波转报系统是民航领域广泛应用的专业数据传输平台,采用高可靠性的分布式架构设计,系统主要由以下几个核心部分组成:1) 主备电报处理机:采用双机热备份工作模式,确保系统持续稳定运行。当主机出现故障时,备机能够快速接管工作,保障业务连续性。2) 异步单元:处理来自转报机终端设备的异步串行数据流,并进行格式转换,使之成为可以在以太网中传播的数据帧;对来自以太网的数据帧进行判断,并转换成异步串行数据送达转报机的终端设备,实现异步串行数据与IP数据的转换。3) 蓝波集线器:由16块多功能接口板、1块切换报警控制板和2块电源板组成。主要实现输入、输出数据的集中分配、电平转换、主备机切换控制和收发线路断线报警[1]。该系统在民航通信网络中承担着重要业务数据的传输任务,其稳定运行对保障航空安全具有重要意义。

3. 转报文传输流程

3.1. 数据采集

系统通过标准化的通信接口与前端设备建立连接,采集模块采用异步通信方式,配备数据缓冲区和流量控制机制,确保数据传输的稳定性。在数据接收过程中,系统会对报文进行初步校验,包括格式检

查和简单的数据完整性验证。采集单元支持多种通信协议适配，能够处理不同速率和格式的数据流。为确保可靠性系统采用双路冗余设计，当主用采集通道出现故障时，可自动切换至备用通道，接口连接异常、通信参数配置错误、数据格式不匹配等。这些问题可能导致报文接收不全或数据丢失，影响后续处理流程。系统会记录相关错误日志，便于故障排查和维护。

3.2. 协议封装

采集到的原始数据报文进入协议封装阶段，系统会根据预设的通信规范对报文进行标准化处理。首先进行数据格式转换，将不同来源的报文统一为系统内部标准格式。封装过程包括添加必要的控制字符、报文头尾标识以及校验字段等。系统支持多种标准通信协议，可根据链路特性自动选择最优封装方式。在封装过程中，会对报文进行严格校验，包括长度检查、字符集验证等。对于不符合规范的报文，系统会记录错误代码并触发告警机制。

3.3. 存储转发

完成协议封装后的报文进入存储转发环节，系统采用先存储后转发的处理机制，确保数据可靠性，转发模块维护着完整的路由表，根据报文特征自动选择最优传输路径。系统支持优先级队列管理，重要报文可优先转发。在转发过程中，会实时监测链路状态，当检测到链路故障时自动启用备用路由，系统提供完善的流量控制功能，可根据网络状况动态调整发送速率[2]。所有转发操作都会生成详细日志，包括时间戳、报文流水号、转发路径等信息。

4. 11 路 YMA 信道故障模式分析

4.1. 故障现象

近期，值班员在日常巡检过程中，发现应急蓝波自动转报系统的 11 路 YMA 气象预报信道告警，并且无法正常接收报文，而主用和备用航管科技转报系统的该信道正常接收报文。

4.2. 成因溯源

4.2.1. 测试步骤一

(1) 测试准备工作

如图 1 所示，跳开 DMHS 转报系统切换器，将 52YFA 对应电台终端，使用新做线缆，连接至蓝波集线器 11 口，同时将 52YFA 电台终端参数与蓝波 11 路参数修改一致。

(2) 测试结果

通过测试发现：蓝波 11 路能正常收发测试报文，报文内容无变字，无报文残缺，有流水号告警。蓝波转报系统正常。

4.2.2. 测试步骤二

(1) 测试准备工作

如图 2 所示，将原来接在切换器背后 11YMA 路，备用接口上的蓝波 11 口跳线，转接至 52YFA 对应切换器背面上的备用接口，同时将 52YFA 电台终端参数与蓝波 11 路参数修改一致。使用 52YFA 收发测试报文。

(2) 测试结果

通过测试发现：蓝波 11 路能正常收发测试报文，报文内容无变字，无报文残缺，有流水号告警。蓝波转报系统正常，蓝波至切换器跳线正常。

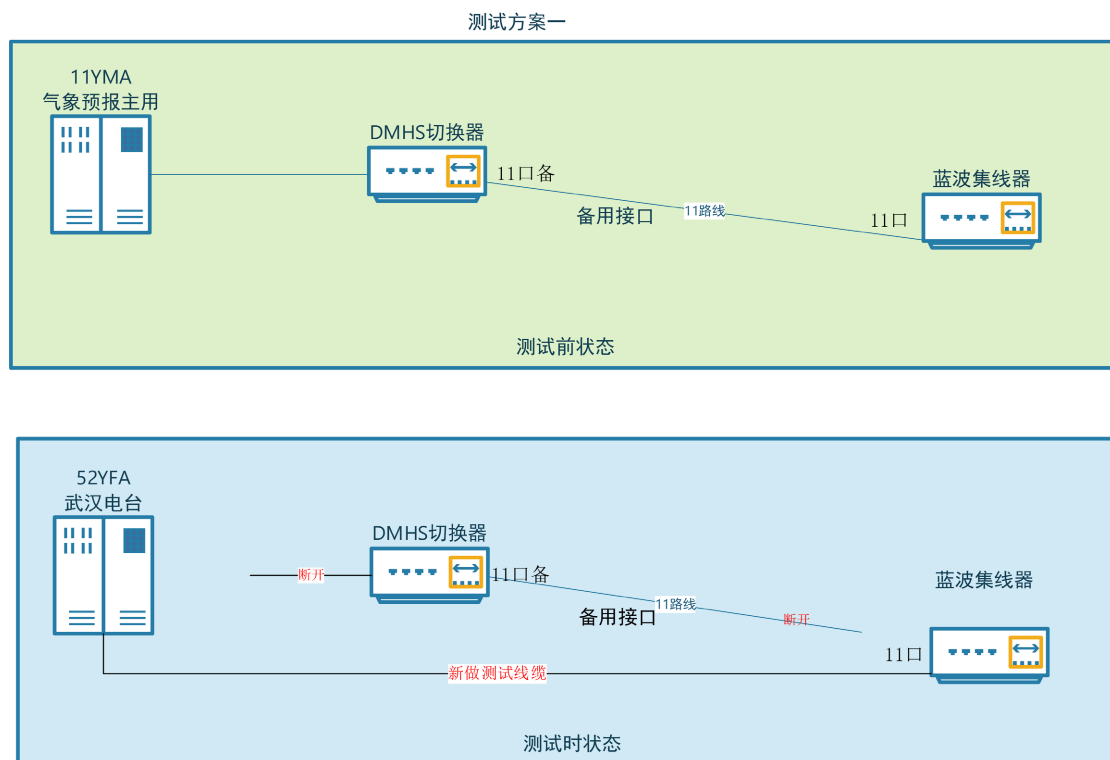


Figure 1. Test plan 1

图 1. 测试方案一

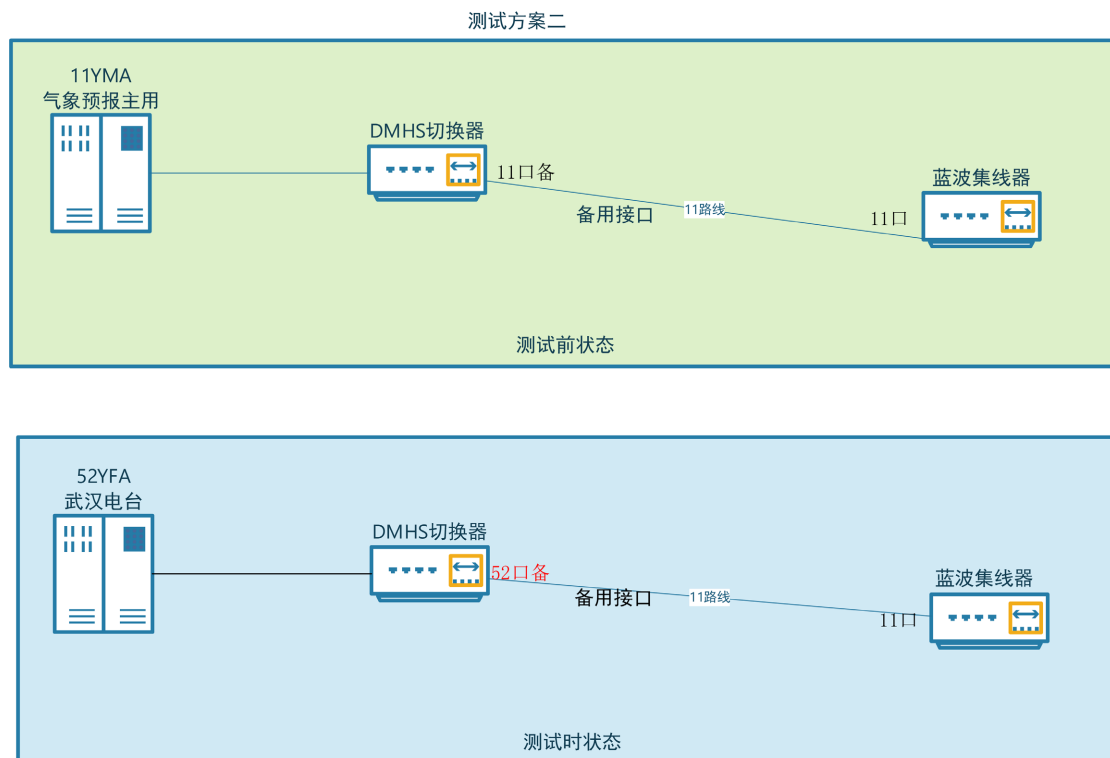


Figure 2. Test plan 2

图 2. 测试方案二

4.2.3. 测试步骤三

(1)测试准备工作

如图 3 所示，将原来接在切换器背后 11YMA 路，备用接口与主用接口对调，同时打开主用 DMHS、备用蓝波、应急 DMHS 转报系统实时收发报文监控。

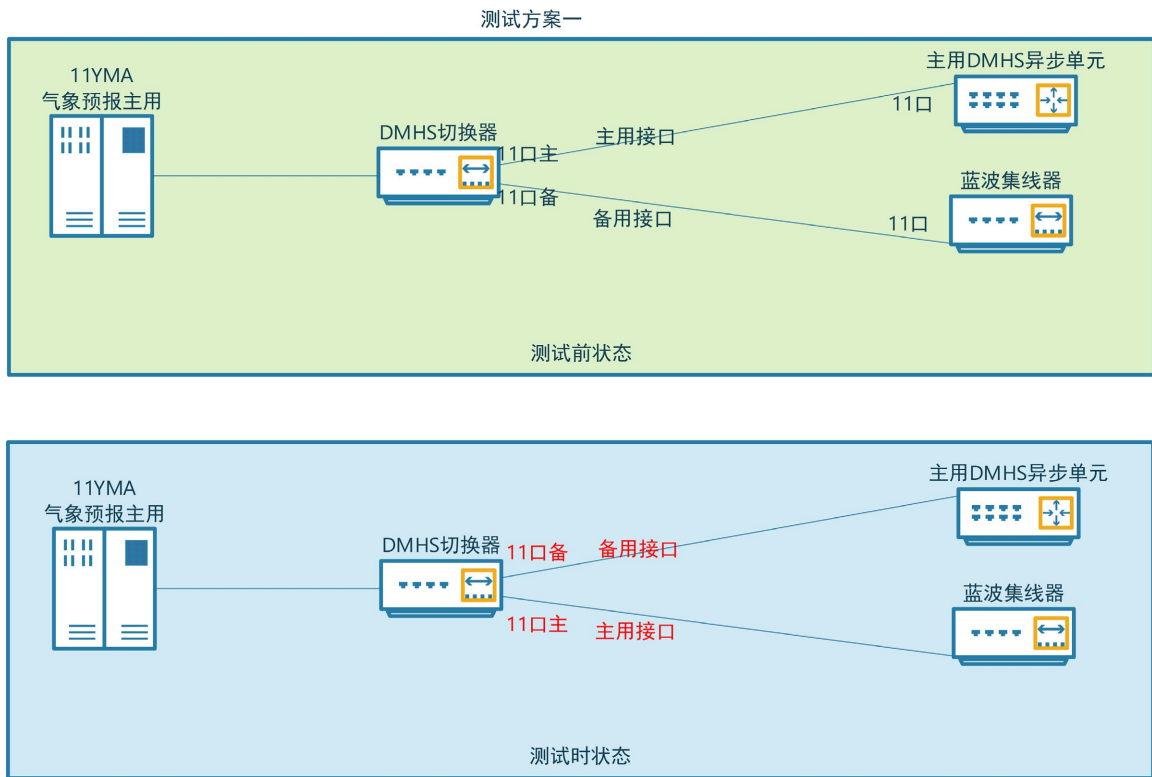


Figure 3. Test plan 3
图 3. 测试方案三

(2) 测试结果

通过测试发现：主用 DMHS 转报系统 11 路能正常接收气象预报，报文内容无变字，无报文残缺；备用蓝波转报系统 11 路出现无 ZCZC 信号的告警报文。尽管 DMHS 切换器接口、蓝波系统主机运行状态及各级联跳线均未检测到物理层故障，但蓝波系统实际收报功能失效，表明其故障可能存在于协议解析层或报文帧同步机制，需进一步分析报文封装格式及帧同步算法的兼容性问题。

4.2.4. 测试步骤四

(1) 测试准备工作

为定位蓝波转报系统无法接收气象预报报文的故障原因，在航管科技转报机异步单元的 11YMA 端口进行抓包分析(抓包示例如图 4 所示)，通过对比 DMHS 主用系统与蓝波应急系统的报文解析差异，发现气象台发送的报文在 ZCZC 起始信号后可能存在冗余字符，导致蓝波系统的帧同步模块无法正确识别报文边界。

(2) 测试结果

通过测试发现：ZCZC 后出现一个 11，查询 ASCII 表，为 DC1 控制字符。违反了《国际民用航空公约附件十》气象业务信道程序和气象业务通信网程序必须和航空固定电信网(AFTN)程序相兼容这一协议规定。

```

PHL async3/2 I (LEN=240): 5a 43 5a 43 11 59 4d 41 30 30 30 31 20 30
31 30 31 32 38 d a 46 46 20 5a 48 43 43 19 4d 59 58 20 5a 48 4e 59
59 4d 59 58 20 5a 48 4c 59 59 4d 59 58 20 5a 48 59 43 59 4d 59 58 20
5a 48 45 53 59 4d 59 58 20 5a 48 58 46 59 4d 59 58 20 5a 48 53 4e 59
4d 59 58 d d a 30 31 30 31 32 38 20 5a 48 48 48 59 4d 59 58 d d a 57
53 43 49 34 35 20 5a 48 48 48 20 30 31 30 31 32 37 d a 5a 48 57 48
20 53 49 47 4d 45 54 20 31 20 56 41 4c 49 44 20 30 31 30 32 33 35 2f
30 31 30 36 33 35 20 5a 48 48 48 2d d a 5a 48 57 48 20 57 55 48 41
4e 20 46 49 52 20 53 45 56 20 54 55 52 42 20 46 43 53 54 20 4e 20 4f
46 20 4e 32 39 20 46 4c 31 37 30 2f 33 38 30 20 53 54 4e 52 20 4e 43
3d d a 4e 4e 4e 4e 5a 43 5a 43 11 59 4d 41 30 30

```

Figure 4. Screenshot of packet capture

图 4. 抓包截图

联系气象修改发报软件参数,恢复正常。蓝波在收到无 ZCZC 信号的错报,无法识别的电报,会在第一次收到错报时告警,随后无论收到多少字符的错报也不会产生告警,直到收到一份正常电报之后再收到错报才会继续产生告警[3]。

5. 结语

在本次针对 11 路 YMA 信道故障的排查过程中,逐段排查法发挥了关键作用。通过逐步切断和连接不同设备、接口,对各环节进行独立测试与验证,能够迅速且精准地判断出设备的工作状态,精准定位故障点,避免了盲目排查带来的时间浪费和资源消耗。抓包解析报文和对比分析的方法,则为深入查明故障的直接原因提供了有力手段,通过对实际传输报文的抓取与分析,能够直观地发现报文内容中的异常字符或格式问题,为从根本上解决故障提供了明确方向。通过此次故障排查,成功发现气象报文在 ZCZC 起始信号后存在冗余字符导致应急蓝波转报系统出现信道告警,而主用 DMHS 系统因协议兼容性差异仍能解析报文。通过针对性优化报文封装格式及帧同步算法参数,彻底消除了主备应急系统收报不一致的隐患,确保了民航转报传输系统中气象预报信息传输的准确性与稳定性,为后续航班管制、气象预报等关键业务提供了可靠的数据支持。

本次故障排查表明,系统协议兼容性问题仍是当前民航转报系统稳定运行的重大风险源。为进一步从源头缓解此类安全隐患,建议在现有技术优化基础上,推动管理前置与测试强化,系统性地构建预防性维护体系。具体建议包括:在设备采购和入网测试阶段,要求设备厂家严格遵循《国际民用航空公约附件十》,并在实际业务环境中进行设备对接验证。构建故障知识库与案例共享平台,将典型故障模式、诊断路径及处置策略标准化,并加入到运维支撑平台与应急预案中,从而实现从被动处置到主动预测的根本转变。

展望未来,在民航转报传输领域,随着技术的不断发展和业务需求的日益复杂,转报系统可能面临更多未知的故障挑战,我们将继续深化对蓝波转报系统等关键设备的研究,不断完善故障排查与诊断方法,提升故障处理的效率[4]。

参考文献

- [1] 李安娜. 贵阳蓝波 ZB16/64-D 自动转报机典型案例分析[J]. 信息与电脑, 2016(10): 52-53.
- [2] 庞苗苗. 浅析蓝波自动转报系统的特点[J]. 信息系统工程, 2014(7): 28, 46.
- [3] 赵恒. 浅谈青岛蓝波自动转报系统排故与案例分析[J]. 信息通信, 2020(7): 230-231.
- [4] 李陈夏茹. 对蓝波 ZB-16/64D 自动转报系统双机热备功能实现的探讨[J]. 空运商务, 2020(3): 61-63.