

浅析仪表着陆系统M型下滑天线馈系统故障案例

管世龙¹ 付晶²

1. 中国民用航空西南地区空中交通管理局 四川 成都 610202

2. 重庆江北国际机场有限公司飞行区航务管理部 重庆 401120

摘要: 以一起西南某机场发生的NM7000B型仪表着陆系统M型下滑天线典型故障为背景, 阐述下滑监控参数产生原理, 通过对故障现象的分析, 利用仪器仪表逐步排查, 最终恢复设备运行。总结下滑天馈系统故障排除思路, 为其他机场类似设备故障维修提供借鉴。

关键词: 仪表着陆系统; 下滑天线; 故障

引言

NM7000型仪表着陆系统设备是挪威Indra Navia AS公司采用第四代大规模延长控制维护监视技术生产的标准仪表着陆系统设备, 主要由航向设备、下滑设备及指点标或测距仪设备组成。仪表着陆系统主要为进近着陆的航空器提供航向道、下滑道及距离指引。其中下滑设备天线根据场地的不同, 分为零基准型、边带基准和M类型, 目前常用的是M型天线^[1]。

1 故障现象

某日凌晨00:47, 西南某机场 20L号仪表着陆系统下滑设备突然发生双机故障, DS DDM为-23微安, CLR DDM变为-148微安, CLR SDM变为75微安。但CL DDM和NF DDM无明显变化, 故障现象如图1所示。在发生故障后, 值班员立即携带矢量网络分析仪、外场测试仪、电脑等进场处置。

Parameter	MON1	MON2	STB	Unit
CL DDM	0	1		μA
CL SDM	80.2	80.2		%
CL RF	2.93	2.94		V
DS DDM	A-23	A-23		μA
DS SDM	80.2	80.2		%
DS RF	3.04	3.02		V
NF DDM	1	1		μA
NF SDM	80.0	80.0		%
NF RF	2.91	2.90		V
CLR DDM	A-148	A-148		μA
CLR SDM	W75.2	W75.1		%
CLR RF	3.31	3.29		V
DIFF FREQ	14	14		kHz
TEST	OK	OK		

图1 20L下滑故障现象截图

2 故障分析

2.1 下滑监控参数产生原理

由故障截图(上图1)可看出, 下滑设备主要有四大

监控参数, 分别为CL航道监控参数, DS宽度监控参数, NF近场监控参数和CLR余隙监控参数。其中NF近场监控参数直接由位于下滑天线前方约82米处的近场监控天线采集获得。其他监控参数由MCU(天线监控合成单元)经过处理后输出。位于下滑天线单元的取样耦合器, 采集下滑天线辐射的信号, 并通过电气长度相同的监控电缆送到MCU, 并在MCU中模拟生产航道监控信号CL、位移灵敏度监控信号DS和余隙监控信号CLR。

在NM7033B设备监控器中, CL通道监测的是下滑道上的信号, DS通道监测的是下滑道下方半宽度(即水平仰角 2.64°)处的信号, 而CLR通道监测的是水平仰角为 0.9° 处的信号。M型下滑天线各天线单元辐射场型如图2所示。

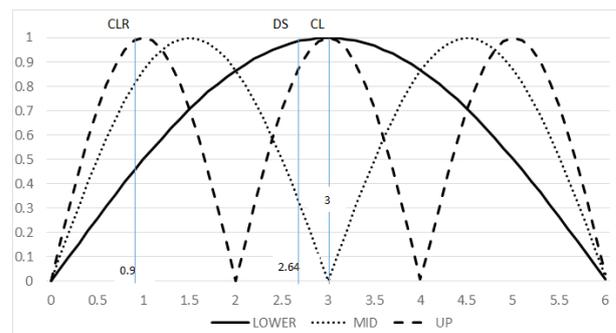


图2 M型下滑天线各天线单元辐射场型

从图2中可以看出, 中天线的辐射信号在CL监测处辐射强度为0, 即在CL监测点处, 没有中天线的信号, 而在DS、CLR监测点处A1、A2、A3均有辐射信号, 但信号相对幅度各不相同。NM7033B设备的监控混合单元MOA338D, 即是通过衰减器、移相器、功率分配/合成器, 将来自三个天线单元的监控取样信号, 分配合成, 模拟出 3° 、 2.64° 以及 0.9° 的辐射场信号, 用于CL、DS和CLR三个通道的监控^[2]。

2.2 监控参数测量和分析

第一步：在本地用外场测试仪接MCU的CL、DS、CLR监控信号输出口进行测量，测量如下表1所示。

表1 外场测试仪接MCU的CL、DS、CLR监控信号输出口测量值

故障数据	DDM	SDM	RF	正常时数据	DDM	SDM	RF
CL	-7.8	80.6	-17.2	CL	-8.7	80.1	-16.6
DS	72.5	80.06	-20.5	DS	115.1	80.1	-20.4
CLR	-118.3	75.93	-28.3	CLR	345.3	79.3	-29

从表1中可知，故障时候的DS与CLR参数，与正常参数数据有明显区别，根据监控参数产生原理，DS与CLR参数的合成，与A1、A2、A3三组天线都有关，还需要进一步排查。

第二步：分别对ADU和MCU用S21模式测量，数据与上次测试数据基本一致，可排除ADU和MCU的问题。

第三步：用矢量网络分析仪S21模式测试ADU输出至监控M1、M2、M3输入（MCU输入端），测量值见表2所示。

表2 ADU输出至监控M1、M2、M3输入测量值

测量	相位	幅值
A1——M1	43°	-34.7dB
A2——M2	9.8°	-35.8dB
A3——M3	36.5°	-34.7dB

由表2可以看出A2——M2这组与其他两组相位偏差较大。至此，初步怀疑A2天线从发射信号进入到监控信号输出整个通道有异常，但还需排查是发射电缆异常、监控电缆异常还是天线阵子本身故障。

第四步：用S11模式断开天线连接单独测试线缆，如表3所示。测量值与上次差距不大，说明电缆故障的可能性很小。

表3 用S11模式断开天线连接单独测试线缆

测量	相位	幅值
A1	-9.1°	-4.0dB
A2	-14.2°	-3.9dB
M1	-1.4°	-4.0dB
M2	-7.5°	-4.0dB

第五步：用S11模式测试ADU到天线，测量值如表4所示。

表4 用S11模式测试ADU到天线

本次测试	本次测量		上次测量		两次相位差值
	相位	幅值	相位	幅值	
A1——下天线	-130.8°	-37.7dB	39.2°	-29.6dB	-170°(10°)
A2——中天线	-84.5°	-36.5dB	24.5°	-28.7dB	-109°(71°)
A3——上天线	59.2°	-53.9dB	39.2°	-26.6dB	20°

经过第五步检验，中天线测量值与上、下天线差异明显，综上所述，基本确认为中天线本身出了问题。

3 处置过程

3.1 检查中天线

在确定故障点为中天线后，对中天线进行查看，发现上面有鸟巢。清除鸟巢后，将中天线从下滑铁塔上取下。发现外壳和背板处已经夹有杂草。打开外壳后，发现内部已有水珠，且部分接线柱已经锈蚀，判断由于鸟在中天线上筑巢，筑巢的杂草破坏了天线的防水胶层，导致外部雨水进入天线内部，造成天线性能下降，从而导致了设备告警关机。天线内部图如图3和图4所示。



图3 下滑天线阵子天线内部图



图4 接线柱锈蚀图

3.2 更换中天线

将天线备件接上后，设备参数基本恢复正常。但由于设备天线属于发射部分，需要进行飞行校验后方可投入使用。

3.3 飞行校验

由于更换了天线，设备的发射部分有了变化，所以对设备进行特殊校验，重新对设备进行各项参数的调整。校飞结束后，重新校准MCU。

3.4 校准监控器

由于发射信号改变，对监控器也需要重新进行校准，中天线更换引起宽度参数和余隙参数变化，则需要校准监控合成单元，监控网络调整按照以下步骤进行：

步骤一：关闭余隙发射机。插入90°线在SBO通道中（发射机柜）。连接外场测试仪到MCU单元的CL输出，在ADU单元内将至下天线的SBO信号断开（移去电桥H4接口1上的电缆，两端接假负载），调上天线相移器PH1使DDM为0。

步骤二：移去90°线，接回电桥H4的电缆。调CL衰减器AT1（监控机柜）使DDM为0.0%。

步骤三：插入90°线在SBO通道中（发射机柜）。连

接外场测试仪到MCU单元的DS输出,调中天线相位PH2使DDM为0。

步骤四:移去90°线。调DS衰减器AT2使DDM为8.75%。150Hz占优。

步骤五:连接外场测试仪到MCU的CLR,调PH3,获得最大的DDM读数(150Hz占优)。

步骤四:开启余隙发射机,检查DDM读数应不低于38%。

至此,20L下滑设备方可开放使用。

结束语

通过对本次故障的处理,总结出下滑天线系统故障的一般分析思路:第一步通过PIR对故障时的MCU的CL、DS、CLR监控信号输出进行测量,与正常值比较,从而判断天线系统出现异常。下滑天线系统主要由发射电缆、监控电缆、天线阵子、MCU、ADU五大部分构成。第二步通过网络分析仪对ADU和MCU测量,与出厂数据比较,可判断ADU和MCU的好坏。若排除ADU

和MCU故障后,则进行第三步,通过网络分析仪,对A1M1、A2M2、A3M3三组发射-监控的通道进行测试,判断故障点在哪个天线通道上。第四步,分别断开天线连接,单独测试发射电缆和监控电缆,排除电缆问题,此时利用排除法,已经可以得出天线阵子故障。最后第五步进行测量验证。本次维修过程也充分说明了设备维护部门要储备必要的备品备件。同时天线系统各个测试点的测量值最好能保存一份最新的正常值,以便下次故障时,能相互对比快速定位故障点^[3]。

参考文献

[1] Indra Company. NM7033 instrument landing system instruction manual [R]. Oslo Norway: Indra Company 2013.

[2] 刘雪峰,付晶,唐宏成.M型下滑天线MCU原理及故障检修[J].现代导航,2019.1:70-74.

[3] 刘志刚,胡成伟,陈桂龙.NM7000型仪表着陆系统设备配置与维护[M].北京:中国民航出版社,2018.08:140-145.