

双流机场出现航班反映仪表着陆系统航向信号不稳定的案例分析

方力阳

中国民用航空西南地区空中交通管理局设备维修中心 四川 成都 610225

摘要：双流国际机场02R跑道的航空器进近过程中出现了航向道不稳定的情况，通过对设备运行情况，空管设备录音录像、机载设备数据和程序特点综合排查和分析，基本确认引起此类情况的原因为地面存在有大型航空器侵入了仪表着陆系统航向信标临界区，导致航空器在进近过程中，接收到航向信号被地面航空器遮挡或反射，造成航向信号不稳定。

关键词：仪表着陆系统；临界区；运行保护区

2023年3月，有多架航班反映双流机场仪表着陆系统航向信号不稳定。对02R航向设备实时参数、外场测试参数、维护记录等进行了复查，调取了事发时的自动化录像、录音数据等信息，对该情况进行了相关规范符合性分析和计算机仿真分析。

1 基本情况描述

涉及的跑道是双流机场的02R/20L跑道，该跑道指标为4F，跑道长3600米，跑道宽60米。涉及的02R仪表着陆系统最高运行类别为Ⅱ类、航向信标采用20单元天线阵、设备型号为7000B。02R航向信标距离02R跑道停止端距离为290米，端联络道中心线到航向信标纵向距离约为309米。据统计3月，共计6个航班向管制部门反映在02R五边进近期间相关航向信号不稳定。维修中心通过管制部门反馈的信息，逐一收集相关航班基础信息，并对相关地空通信录音信息进行整理。

设备技术分析情况

在收到航班反映航向信号不稳定的情况后，分别对02R

仪表着陆系统校飞报告中相关参数进行分析，对设备实时参数、外场测试参数、维护记录、保护区等进行了复查，确定了设备工作正常。

设备飞行校验情况

02R航向设备飞行校验情况

成都双流机场02R航向设备于2022年12月5日完成定期飞行校验，校验结果为合格。

设备维护情况

02R航向设备维护情况

(1) 经查看维护记录，事发前02R航向设备日维护工作正常开展，相关记录无异常情况。

(2) 经查看设备监控软件日志及监控电脑屏幕录像，事发时间段内，设备参数正常、无预警/告警记录。

(3) 设备近期月维护时间为2月28日，经查阅记录，设备工作正常，参数稳定。

设备外场测试情况

02R航向外场测试情况

(1) 02R航向设备于2月24日进行了外场测试工作（远端测试，在02R跑道入口端中心线及中心线两侧105米的航向宽度点共3个点开展测试，主要查看航向道是否与跑道中心线对齐，航向宽度是否关于跑道中心线对称）。经查阅测试参数记录表，所测得参数正常。

2 航班反映不稳定时自动化回放信息分析

维修中心调取航班反映不稳定时自动化回放，以3月2日航班反映不稳定为例：国航1779航班，机型A321，飞机注册号B8583，反映高度1500米、距离02R跑道入口12海里处02R航道有点左右摆动，后续航班无不稳定情况。自动化回放可以实时观察空中飞机轨迹和跑道道面情况，当国航1779航班飞到12海里处时，波音747-800正在02R跑道停止端处转弯，从E9联络道脱离跑道，如图3所示。

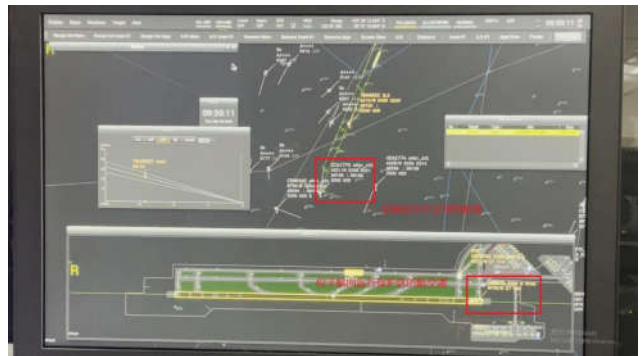


图1 3月2日自动化回放情况

依次对3月2日、3日、8日、9日航班反映不稳定情况进行录像查看,发现3月2日、3日、9日存在类似大型航空器全跑道脱离的情况,而当大型航空器脱离跑道一段

距离后,后续航班均未反映航向不稳定的情况。

根据航班反映不稳定时自动化回放的情况,对已整理的航班信息进行了完善,如表1所示。

表1 航班反映不稳定时的情况汇总

日期	航班号	机型	注册号	地空通信录音表述			跑道上飞机情况
				反映现象	高度	到跑道入口距离	
3月2日	CCA1779	A321	B8583	02R航向五边有点晃	1500米	12海里	E9联络道上有B748
3月3日	CSN3241	B738	B5300	02R航向信号不稳定	1000米	7公里	E9联络道上有B748
3月8日	CCA1741	A320	B6733	02R航向信号不稳定	450-150米	5公里以内	E7联络道有A321neo
3月9日	CCA4540	A21N	B327T	02R航向信号不稳定	1200英尺	7.5公里	E9联络道上有B748
3月9日	CSN3903	A321	B8676	02R航向信号不稳定	4900英尺	20公里	E9联络道上有B748
3月9日	CCA4596	A21N	B32C9	02R航向信号不稳定		UU614附近/30公里	E9联络道上有B748

3 规范符合性分析

维修中心根据《民用航空导航台(站)设置场地规范》MH4003-2021绘制了02R航向I类运行保护区示意图,并结合飞机路线进行对比,发现飞机在全跑道脱离时会侵入02R航向运行保护区,如图2所示。

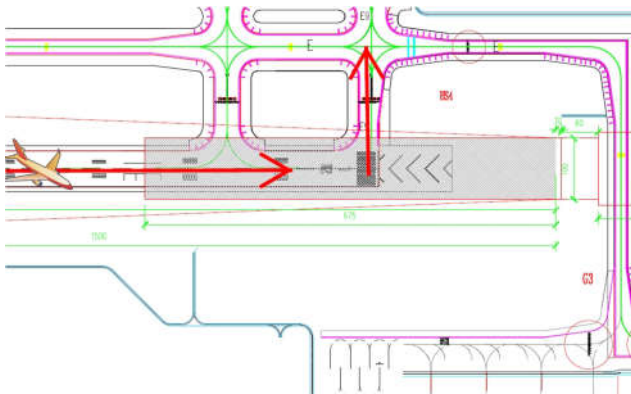


图2 飞机行进路线与02R航向运行保护区对比

在《民用航空导航台(站)设置场地规范》MH4003-2021中对仪表着陆系统运行保护区描述如下,“仪表着陆系统航向信标天线和下滑信标天线附近的一个规定区域,该区域保护仪表着陆系统运行期间信号不受移动或停靠车辆、航空器等物体的影响,运行保护区分为临界区和敏感区。”

在《民用航空导航台(站)设置场地规范》MH4003-2021中对航向临界区描述如下,“临界区,在航向信标天线和下滑天线附近的一个规定区域,该区域内的车辆、航空器等物体会对仪表着陆系统空间信号造成不可接受的干扰。”

同时,在该规范中对临界区要求如下,“实施I/II/III类运行时,临界区内不应停放车辆、机械和航空器,不应有任何地面交通活动;车辆、航空器等移动物体未经许可不应进入相应类别的敏感区,跑道等待位置

应位于敏感区外。”

航班反映信号不稳定时,有大型航空器正好处于02R航向临界区内,对空间信号有一定影响,不满足《民用航空导航台(站)设置场地规范》MH4003-2021的要求。

4 计算机仿真分析

为研究航空器在跑道和联络道滑行对空间信号的影响情况,对航向信号进行了计算机仿真。该仿真是以双流机场02R航向信标I类运行环境开展分析,02R航向天线为20单元天线阵,02R航向天线距离跑道末端290米,02R为3600米。用波音747-800进行仿真。其中波音747-800机身长度76.4米,翼展长度68.5米,高度19.4米,属于大型航空器;以下简称为波音748。

飞机从着陆到脱离跑道的过程中,首先是着陆后飞机继续在跑道上进行滑跑,到达脱离的联络道后进行转向然后沿联络道脱离跑道。我们可以将至简化为2种情况进行分析,一种是飞机正对航向天线滑行,另一种是转向90度后脱离跑道运动,具体运动路线如上图2所示。

飞机沿跑道中线向航向信标运动时,以步长100米,仿真到距离航向天线310米时航道结构DDM值变化情况,可知在距离航向信标1000-310米范围内,波音748距离变化均不会引起DDM值的变化。

飞机面对航向信标转向90°后,脱离跑道运动时,以步长1米,仿真到距离跑道中线100米时航道结构DDM值变化情况。为了更直观的观察飞机转弯后的滑行距离与DDM曲线之间的变化,我们选取C到D点平均值处的DDM数值。其中C点是指下滑道上高30米处,D点是指跑道入口以内90米高4米处。其中波音748造成的DDM变化情况如图3所示。

可知,在双流机场02R跑道停止端距离跑道中心线0到100米范围内,当飞机远离跑道中心线运动时,即脱离跑道时,飞机的运动会引起空中DDM值的变化,曲线变

化的趋势为整体偏移。

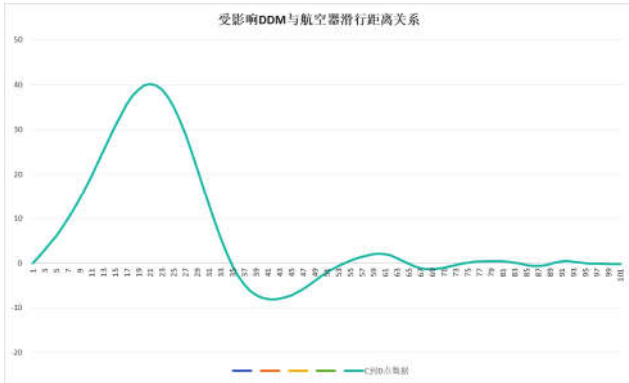


图3 仿真波音748在02R跑道停止端远离跑道中心线的影响

通过观察上图曲线我们发现，DDM值是从0开始会随着距离到达20m左右达到正峰值约40微安，随后DDM值会下降在距离40米左右达到负峰值-8微安左右，之后DDM只会微弱波动在3微安以内。这样的曲线在飞机的表现就是航向游标会出现一次剧烈的左右摆动，摆动后逐渐恢复正常。飞机因为会根据航向游标指示修正航道，所以在航向游标左右摆动时，会出现一次机身左右晃动。

5 分析结论

通过数据分析，结合设备运行情况，得到结论如下：

(1) 维修中心对设备开展了相应维护检查，确认双流机场02R仪表着陆系统设备工作正常，且02R仪表着陆系统处于设备校验有效期内。

(2) 此次航班反映信号不稳定时，有大型航空器进入了双流机场02R仪表着陆系统航向运行保护区内。通过仿真可知航空器从联络道脱离跑道时，进入航向运行保护区，会对空间信号造成影响，当飞机尾翼与跑道垂直时影响最大，未超出I类门限。

通过上述分析，初步得出结论如下：大型航空器全跑道脱离时进入双流机场02R仪表着陆系统航向信标运行保护区，会造成相应航向信号抖动，可能导致后续进港航空器感知航向信号不稳定。

改进措施及建议

通过上述仿真，我们可以推断得出结论此次飞机出现异常的航道波动是由于地面脱离跑道的航空器进入航向临界区造成的，且进入临界区的航空器的尺寸越大，空中航空器受影响的左右晃动越大。为了降低空中航空器受影响程度我们从以下几个方向提出了改进的措施及建议。

(1) 增大大型航空器与后续航班的间隔

通过曲线我们可以发现当地面航空器滑出距离到达50米后，空中DDM曲线只会轻微波动，此时空中航空器再接入航向道几乎不会受到影响。在实际运行中，管制

员可以拉开大型航空器与后续航班的间隔，待该大型航空器完全退出跑道后再指挥后续航班进近，此时空中的航向道是处于较为稳定的状态。

(2) 选择其他联络道提前脱离跑道

因为全跑道脱离的路线会经过航向临界区，所以采用全跑道脱离的航空器必定会侵入航向信标临界区对航向信号造成影响，所以在条件允许时，尽量采用快速出口滑行道或其他联络道脱离跑道，避免侵入航向信标临界区对航向信号造成影响。

(3) 采用更多发射天线单元的航向天线阵

根据《民用航空导航台（站）设置场地规范》MH4003-2021，临界区与天线阵类型相关，选用大孔径的航向天线阵可以缩小临界区的范围，对于大型航空器而言，如果选用中孔径航向天线阵，则航向信标临界区的宽度为100米，如果选用大孔径航向天线阵，则航向信标临界区宽度可以减小至60米。

(4) 建立大型航空器的后续航班沟通机制。

在管制员操作的自动化中划定出航向临界区的区域，并对波音748等大型航空器进行特别标记，如果出现大型航空器全跑道脱离，或其他会侵入航向临界区的情况时就自动触发告警提示，管制员在看到提示后与后续航班做好提醒工作，建立与后续航班的沟通机制。后续航班在收到提醒后也能做好提前应对的准备，减少后续影响。

6 总结与借鉴

仪表着陆系统航向道主要由航向天线阵向空中发射的直射波形成的，航向保护区是形成航向道重要的部分，保护区出现障碍物遮挡会直接影响空中航向信号的质量，做好仪表着陆系统保护区的入侵防范非常重要，需要各个部门的共同协作和管理，做好航空器，地面车辆和人员的管控，防止保护区非正常侵入事件的发生。

参考文献

[1]倪育德.仪表着陆系统航向信标保护区的划设.北京航空航天大学学报,2023年,工程科技II辑,1-18页
 [2]倪育德.大型障碍物影响下航向信标敏感区的划设.《系统工程与电子技术》,2023年02期,工程科技II辑,54-66页
 [3]李清栋,叶家全,郭小赞.民用航空仪表着陆系统航向信标场地保护研究.《民航学报》,2021年04期,工程科技II辑,第51页+第63-69页
 [4]徐国标,杨徐哈.基于GL Studio的某机型飞机PFD面板虚拟仿真.《中国民航飞行学院学报》,2016年04期,工程科技II辑,第11-14页