

利用 KVM 工具完成恩瑞特雷达询问机接收链路检查的经验

吴丕君

中国民用航空中南地区空中交通管理局 广东广州 510403

DOI:10.12238/ems.v7i6.13859

当前,随着航管雷达国产化进程的推进,南京恩瑞特公司生产的 DLD-100C 型空管二次雷达已在国内多个现场安装使用。本文介绍了如何利用雷达系统自带的 KVM 工具以及部分指令,协助现场维护人员快速对雷达询问机接收链路开展检查及故障排查工作,有效提高故障响应及处理时间。

一、恩瑞特二次雷达

(一) 恩瑞特二次雷达中南使用现状

DLD-100C 型二次雷达是南京恩瑞特公司生产的具有 S 模式功能的国产高精度二次雷达,可提供威力覆盖范围内装有机载民用应答机的军/民航飞机的距离、方位、气压高度、识别代码和危急信息代码(飞机紧急情况、飞机通信故障、飞机受非法干扰等)。二次雷达还可进行 S 模式询问并正确解析 S 模式应答,输出连续、完整的 S 模式航迹信号,并具有数据链扩展能力。具有全天候、全天时连续工作能力。

近年来,随着民航设备国产化占有比例的提高,南京恩瑞特公司生产的 DLD-100C 型二次雷达在新台建设、老旧雷达更新等项目中逐步交付中南地区多个分局站使用,包括湖南鱼鳞山、湖北白莲、海南博鳌等现场。恩瑞特雷达作为国产雷达,主要在近三年在各地现场开始运行,对各个现场的值班运行人员来讲属于新型号设备,在设备出现异常状况时能借助分析的经验较少,对厂家技术支持的依赖程度较高。

(二) 恩瑞特二次雷达系统组成

DLD-100C 型二次雷达主要由天馈线、天线座、伺服机柜、综合机柜、地面标校应答机和维护显示器(选件)组成。天馈线和天线座为室外部分,其他为室内部分。

天线座主要功能是驱动天线转动、转接射频信号并检测

运行情况,由大盘基座、变速箱、马达,旋转铰链等组成。

伺服机柜主要负责电源分配、驱动马达、生成方位信号、监控信号的数模转换等,由电源、断路器、PLC 计算机、变频器、电抗器、编码器和接触器等组成。

综合机柜是雷达的核心部分,包括射频收发、信号处理、目标录取等功能,由射频切换开关、全固态发射机、接收机、信号处理模块、数据录取模块、电源模块、馈线组合模块、KVM 机架式显示器、NTPS 服务器、串口服务器、风扇插件、网络交换机与监控系统等组成。

二次雷达综合机柜中的维护显示器即 KVM 机架式显示器(后文简称 KVM 工具)作为数据处理系统的人机接口,主要为高级技术维护人员对雷达设备进行维护、诊断和调试使用。KVM 与两个通道的数据处理系统相连,需要通过 KVM 工具键盘上方的切换按钮进行切换分别对应 A 通道或者 B 通道数据处理系统的命令行界面,输入查询命令可对雷达对应通道的工作状态参数进行更详细查询。

二、KVM 工具的功能与注意事项

(一) 自检信号的开关

每个工作休止期,在 DLD-100C 型二次雷达自检信号模块内部,60MHz 晶振信号先与自检脉冲信号进行调制,调制后的信号与频综模块送来的 1030MHz 本振信号进行混频,经滤波,并受衰减码信号的幅度控制后得到 1090MHz 自检射频信号。自检信号模块产生的和、差、控制三路自检信号分别送入到对应的接收通道,经过接收机处理混频输出 60M 中频信号,最后由信号处理模块检查该中频信号以完成自检功能。自检信号流程图如图 2-1 所示。

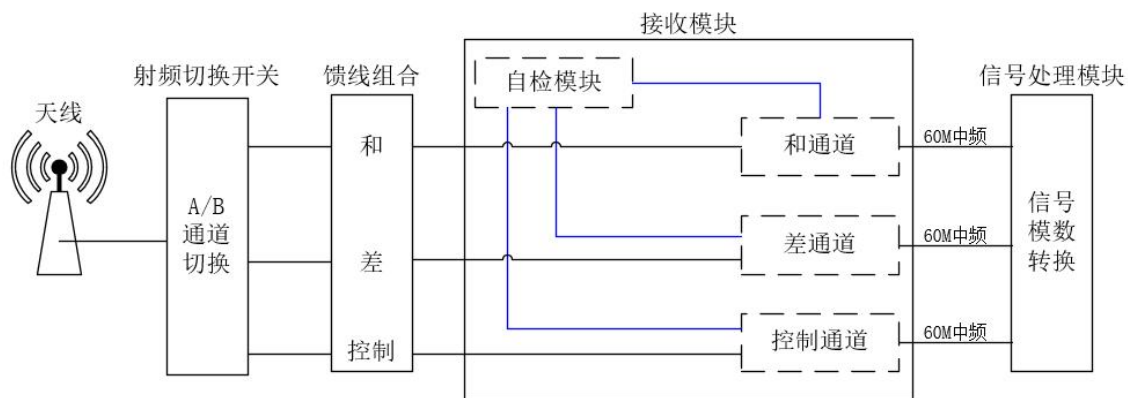


图 2-1 自检信号流程图

自检信号源技术指标:

1. 自检信号源工作频率: 1090MHz, 功率 ≥ -30 dBm;
2. 自检信号脉宽: 25 μ s, 冗差 1 μ s; 脉冲前后沿 ≤ 1 μ s;
3. 四路输出 1090MHz 的自检脉冲信号(有一路悬空)。

接收通道对射频信号处理后,会送一路输出到雷达前面板(图 2-2)的 BMA 检测接口,上至下依次对应和、差、控制接收通道,可利用仪表从以上三个检测接口分别观察各接收通道的信号或自检信号(图 2-3)。



图 2-2 接收机前面板

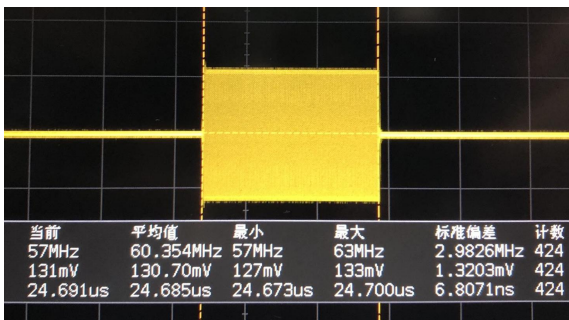


图 2-3 示波器观察自检信号

如图 2-1 所示,由于自检信号在三通道接收机前端注入,在对接收机进行参数测量如切线灵敏度测量、动态范围测量,或对雷达询问机接收链路进行检查时,自检信号的存在容易影响结果读取或测量值的真实性,因此在对接收机进行参数测量前需要在 KVM 工具上输入对应的指令,以关闭自检信号的产生。

关闭自检信号指令:

wrsp 0x420, 0xff

打开自检信号指令:

wrsp 0x420, 0x00

(二) 接收信号查询指令

KVM 工具显示的是数据处理系统的命令行界面,输入查询命令可对雷达工作状态参数进行详细查询。其中接收信号查询指令,可检查和、差、控制通道经接收机处理后输出的电平值(归一化后的相对值),以及和差通道之间的相位差,

表 2-1 KVM 工具部分查询指令

序号	指令类型	指令内容	备注
1	通道查询	rddp 0x30	返回“aa 或 bb”对应当前 KVM 工具连接的雷达数据处理模块通道为 A 通道或 B 通道
2	目标处理输出查询	pp 100	查看主用通道是否有目标输出
3	时钟查询	pp 104	查看当前 GPS 时间
4	方位查询	pp 109	查看当前天线主轴扫过的方位
5	方位信号查询	pp 660	查看两路方位信号的 ACP 和 ARP 计数
6	CAN 总线监控查询	pp 114	查看 CAN 总线采集的状态,如果有全 0 或者全 F 则代表监控存在故障

以上指令除了通道查询以外,都会滚屏刷新查询结果输出,应在得到查询结果后及时结束滚屏刷新。

结束滚屏刷新操作:

按下 Scroll Lock 键暂停,或再次键入指令 PP 加回车结束查询

键入该指令后,命令行界面会滚动刷新字样为 Receive Noise 以及 Receive data 的数据,如图 2-4 所示。

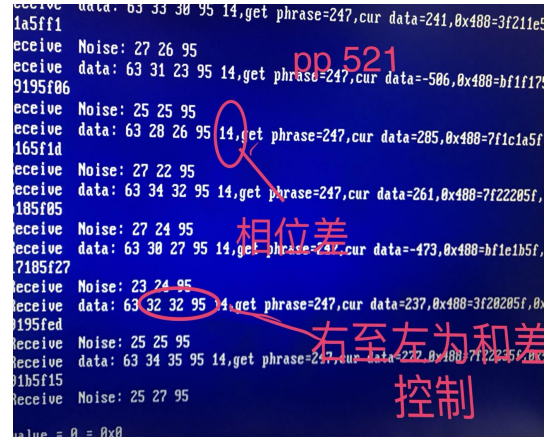


图 2-4 接收信号查询指令结果示意图

其中我们主要需要关注的几项如下:

1. Receive data 数据中第二位为控制通道接收信号参考值;
2. Receive data 数据中第三位为差通道接收信号参考值;
3. Receive data 数据中第四位为和通道接收信号参考值;
4. Receive data 数据中第五位为和差通道相位差,正常情况下该值与显控软件上对应通道的详细转态表中的“和差相位”值一致。

注意事项:使用该指令前需要注意,部分早期版本的数据处理模块,在输入 PP 521 指令查询后,显示器滚屏显示大约几秒至十几秒左右就会卡死,导致数据处理模块死机,然后自动重启数据处理模块。同时,在该指令查询结果滚屏显示时,显控软件将暂时获取该通道的状态,因此在利用该指令前需要关注数据处理模块正常滚屏显示的时长情况,以及查询得到结果后尽快结束滚屏。

接收信号查询指令:

PP 521

结束滚屏刷新操作:

按下 Scroll Lock 键暂停,或再次键入指令 PP 加回车结束查询

(三) 其他指令

KVM 工具可输入的查询命令较多,其中部分指令查询的参数可直接利用显控软件观察,部分指令在现场维护中可用性不高,因此在本文仅介绍部分指令的用途,具体如下表 2-1 所示。

三、利用 KVM 工具检查雷达成射频接收链路

利用 KVM 工具,并通过接收信号查询指令,可得到信号处理模块对三个通道接收模块输出的 60M 中频信号进行检测

的结果（三通道归一化接收信号参考值以及和差通道相位差），仅使用信号发生器即可进行雷达询问机接收链路的初步排查，减少了维护人员在设备现场常规测试时所需的如示波器、频谱仪等仪表，简化了故障排查的步骤。

（一）所需仪器仪表

表 3-1 测试所需仪器仪表

序号	仪器名称	仪表型号
1	射频信号发生器	R&S SMB 100A
2	KVM 工具	雷达机柜内部自带
3	射频线缆（N 型、SMA 型、转接头）	-
4	一对同相（或同径等长）射频线缆	-
5	一分二功率分配器	-

上表中包含的同相线缆与一分二功分器，仅在检查和差通道相位差时使用。



图 3-1 差通道接收机各接口信号示意图

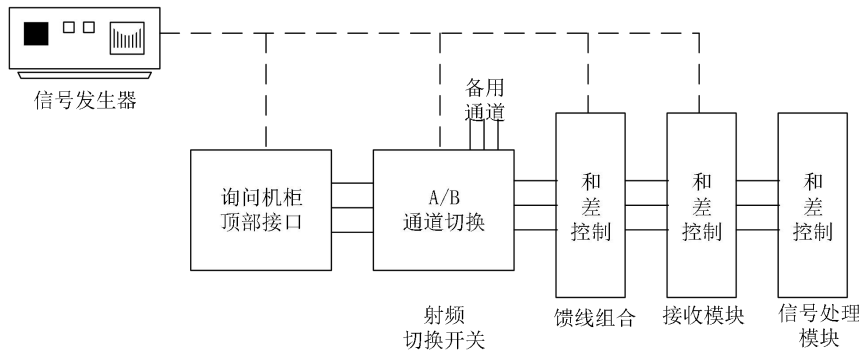


图 3-2 检查雷达询问机射频接收链路的仪表连接示意图

因此在对雷达询问机接收链路的完好性进行检查，需要借助信号发生器来注入射频信号进行测试。具体测试步骤如下所示：

1. 按照图 3-2 所示，先将信号发生器输出端连接到询问机柜顶部的任一射频接口（ Σ 、 Δ 或 Ω 通道）；
2. 设置信号发生器频率为 1090MHz，幅度为 -50dBm
3. 打开 KVM 工具，根据当前雷达的主用通道选择 KVM 通道，输入关闭自检指令 wrsp 0x420, 0xff；
4. 观察接收机前面板的 Σ 、 Δ 与 Ω 通道信号指示灯是否已经熄灭；
5. 确认自检信号关闭后，打开信号发生器输出开关；
6. 在 KVM 工具上输入接收信号查询指令 PP 521；
7. 在 KVM 工具上，观察当前测试通道对应的信号参考值；
8. 及时执行结束滚屏操作，防止数据处理模块出现异常；
9. 更换询问机柜顶部的射频接口，重复步骤 5-8 完成剩

（二）检查雷达询问机射频接收链路

雷达接收的真实信号经馈线进入机房，到机柜顶之后，还需要依次经过射频切换开关、馈线组合两个模块，才进入接收模块内对应通道的接收机进行处理。而根据图 2-1 所示，恩瑞特二次雷达的自检信号由接收模块中的自检模块产生，注入到同模块的接收机中，因此自检信号对雷达信号接收路由的检查只能反映接收机到信号处理板的这一段，并不能反映雷达机柜内部完整的接收链路的情况。

例如射频信号从馈线组合背板输出，经刚性线缆送到接收模块背板输入，再经 SMA 线缆送至模块内部对应的接收机通道时，SMA 线缆的其中一头的内芯脱落了，导致射频信号无法送达接收机的这种故障现象。根据图 3-1 所示，恩瑞特雷达自检信号与真实信号在进入接收机时并非同一个接口，因此自检的结果显示会是一切正常，无法反映该故障情况。

余通道的测试：

10. 对比三个通道记录下的接收信号参考值；
- 11 测试结束后重新打开自检，输入 wrsp 0x420, 0x00。正常情况下，三个通道记录下的接收信号参考值应比较接近。若出现某个通道的数值较低，应结合雷达自检的结果判断故障是否在接收机模块，仍怀疑机柜内部射频链路有连接异常时，可继续按照图 X，依次连接信号发生器到射频切换开关、馈线组合与接收模块来进行测试，逐段排查接收链路的情况。

（三）检查和差通道由机柜顶部至信号处理模块射频链路的相位差

恩瑞特雷达可直接从显控软件上，观察到接收机灵敏度、中频采样模块状态以及和差通道相位差的状态（图 3-3），以上状态的更新与结果均是利用自检信号得到的。但根据前文中提及的自检信号路，显而易见，以上信息也仅能反映从接收机至信号处理模块这一段接收链路的情况。

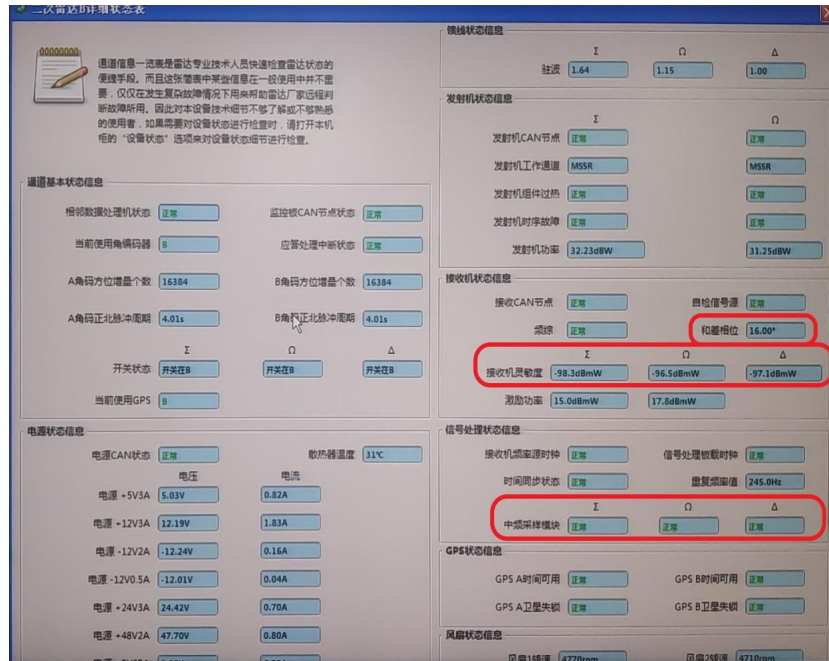


图 3-3 显控软件雷达通道详细状态表

因此，现场维护人员如果发现雷达目标信号不平滑，雷达原始应答信号异常，想要检查射频接收链路上的和差通道时，也可以使用信号发生器结合 KVM 工具较完整地进行雷达

询问机接收链路、和差通道接收机增益及和差通道相位差情况。具体测试步骤如下所示：

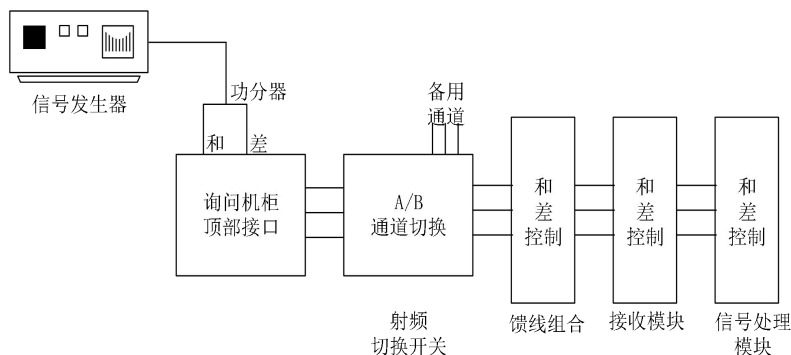


图 3-4 检查雷达和差通道的仪表连接示意图

1. 按照图 3-4 所示，先将信号发生器输出端连接到一分二功分器，随后将功分器两个输出口接上一对射频同相线缆，再接到询问机柜顶部的 Σ 与 Δ 通道；
2. 设置信号发生器频率为 1090MHz，幅度为 -50dBm
3. 打开 KVM 工具，根据当前雷达的主用通道选择 KVM 通道，输入关闭自检指令 wrsp 0x420, 0xff；
4. 观察接收机前面板的 Σ 、 Δ 与 Ω 通道信号指示灯是否已经熄灭；
5. 确认自检信号关闭后，打开信号发生器输出开关；
6. 在 KVM 工具上输入接收信号查询指令 PP 521；
7. 在 KVM 工具上，观察和差通道的信号参考值以及相位差；
8. 及时执行结束滚屏操作，防止数据处理模块出现异常；
9. 测试结束后重新打开自检，输入 wrsp 0x420, 0x00。

正常情况下，和差通道灌入的射频信号是经功分器与一对同相射频线缆的，因此在 KVM 工具上显示的和差通道信号

参考值也应比较接近。若测试结果显示和差通道的信号幅度有较大差异，应按照检查雷达询问机射频接收链路的测试方式，对和差通道的接收链路进行检查。

另根据厂家相关手册，和差相位差应在 10 度左右，最大不应超过 20 度，若检查结果不符合，则需要逐级灌入信号对比，确认引入相位差偏差的模块，再进行更换或维修操作。

四、结论和建议

本文对恩瑞特 DLD-100C 型航管二次雷达的布局现状、设备结构进行了简述，并着重介绍了部分 KVM 工具上可用于查询雷达工作状态的指令以及如何借助指令完成对雷达设备进行检查的一些测试方法。本文中介绍的测试方法，对于各地有新装恩瑞特二次雷达现场来说，有助于维护人员提高维护效率及节省故障排查时间。借助 KVM 工具可快速对雷达询问机接收链路进行检查，有效提高了维护人员对该型号雷达设备的保障能力。