

DVOR900 全向信标初装调试方法及关键点探讨

周泽黎 彭非凡

中国民用航空深圳空中交通管理站 广东深圳 518000

摘要: 本文开展 DVOR900 全向信标初装调试方法及关键点探讨, 在分析全向信标工作原理和 DVOR900 设备结构基础上, 对调试方法进行阐述, 重点研究探讨了全向信标 DVOR900 初装天线部分和发射机部分的调试方法及关键点。

关键词: 边带射频电缆调整; 载波输出匹配网络; 发射机调整

1 DVOR900 设备原理与结构

1.1 设备原理

DVOR900 是天津七六四通导航技术有限公司生产的全向信标设备, 该设备产生 30Hz 基准相位信号与 30Hz 可变相位信号, 通过比较二者的相位差, 为航线以及进近的飞机提供以全向信标台为圆心、相对磁北方向的方位角^[1]。

1.2 设备架构

DVOR900 设备采用主、副机柜结构, 主机柜包含主控、遥控、监视、双发射机、电源等模块构成, 副机柜包含边带转换、边带调制、天线分配开关、电源等。

2 DVOR900 全向信标初装调试流程分析

2.1 设备安装检查

设备各单元位置、设备主机连线、载波天线位置、边带天线位置、反射网平台高度应在规范要求内。

2.2 主机加电检查

检查机房内供电箱输入端的三相电压是否符合单相 $220V \pm 10\%$, 零线与地线间电压不超过 5V, 以及机房内工艺配电箱输出电压应满足 $220V \pm 10\%$ 要求, 主机 AC/DC 电源和设备电池输出电压应符合 $54.0 \pm 0.5V$ 范围。

2.3 调试流程

设备调试流程为主机加电检查、射频电缆匹配及边带天线调整、设备调试、监视器告警及门限设置、电池供电检查、飞行校验、复检。

3 天线部分调整

3.1 边带射频电缆测量调整

关闭边带功率和载波功率开关, 在安装调整界面“天线选择”中输入“25”将 ADS 关闭, 在天线平台处依次断开 48 根边带电缆, 使用网分 S11 模式测量 ADS 端的输入阻

抗。根据网络分析仪 S11 模式测量结果, 修剪 ADS 端的射频电缆, 并制作临时插头接在 ADS 上, 重新测量, 直至反射系数相位数值满足。

3.2 边带天线辐射相位检查

调整边带天线, 以使全部边带天线振子可以发射相同相位的信号。调整过程中, 网分选择 S21 模式, 将 48 根边带射频电缆分别连接到网分 PORT1, 载波射频电缆连接到网分的 2 端口, 信号由边带天线发射, 在载波天线中接收的信号送往网分 PORT2。

通过网络分析仪测量出发射信号与接收信号的相位差, 要求所有 48 个边带天线发射信号的相位差应该满足 $\pm 2^\circ$ 。如不满足微调边带天线的电容盘, 直至满足上述要求。如果电容盘调节过大, 需要检查边带电缆、ADS、边带天线是否存在问题。

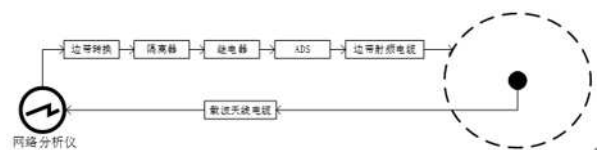


图 1 边带天线辐射相位检查流程图

3.3 边带天线阻抗检查

完成边带电缆修剪、边带天线阵子辐射相位一致性检查等操作后, 边带通路基本上可以实现阻抗匹配。在 ADS 端使用网分 S11 模式测量每个天线反射系数, 检查相角保持是否 12° 以内, 0° 应该是最理想的结果, 如果数值不满足要求, 重新开展 3.1、3.2 步骤。

3.4 载波射频电缆匹配

机柜顶端断开载波电缆并接入网分, 载波电缆的天线阵子端接入校准件, 网络分析仪 S11 模式下校准, 然后把制

作好的载波匹配线串联到载波阵子与载波电缆之间，直到阻抗数值为 50 欧姆。

4 发射机部分调整

4.1 载波功率及 30HZ 调制度调整

在机柜顶端断开载波电缆，串入功率计，在发射机参数设置中修改“载波功率”，使功率计指数在 95W-100W 之间。随后在机柜顶端断开监控电缆并接入 PIR，通过在发射机参数设置中修改“30Hz 调制度”，PIR 中显示 30Hz 调制度应为 $(30 \pm 1)\%$ 。

4.2 边带功率调整

在机柜顶端断开边带电缆，串入功率计，在发射机参数设置中分别修改“上边带功率”、“下边带功率”，使功率计数值在 10W 左右。

4.3 边带奇偶射频电平的调节

关闭下边带信号输出，同时在天线分配开关（ADS）中各选一路奇、偶天线（例如 1、2 号天线），分别经过 10dB 衰减器接入示波器，调节边带调制单元中上边带偶信号电平控制电位器 RP5，使奇、偶信号的幅度相等。下边带奇、偶电平的调节如同上边带，同样调节相应下边带的电平控制电位器 RP105 使其一致。

4.4 边带射频相位调整

在发射机参数设置中修改“下边带相位调整”的相位为 0 度，然后调节“上边带相位调整”，直到 PIR 显示的 9960HZ 调制度最大。

4.5 发射机 9960HZ 调制度调整

在机柜顶端断开监控电缆，接入外场信号测试仪 (PIR)，在发射机参数设置中分别修改“上边带功率”、“下边带功率”，上、下边带功率应均衡，且单独关闭上、下边带放大单元时 PIR 中显示 9960Hz 调制度应为 15%。

恢复上、下边带功率输出，同步调整发射机参数设置中“上边带功率”、“下边带功率”，使 PIR 显示的 9960HZ 调制度在 $(30 \pm 1)\%$ 范围内。

5 DVOR900 天线与发射系统调整关键点分析

5.1 边带射频电缆修剪的要点

在空间辐射信号场中，上边带信号超前（滞后）载波信号的相位应等于下边带信号滞后（超前）载波信号的相位^[2]。在上下边带信号与载波信号经过机内调制辐射到空中的过程中，为确保边带电缆传输过程时不改变信号的幅度相位

关系，形成具有稳定调制度的副载波信号，需要保持边带射频电缆电气长度的一致性。

参照台站频率和现场安装使用同轴电缆的相对介电常数，计算处信号在电缆中的传播波长。一个波长对应的角度是 360° ，那么 1° 对应的电缆的电长度是 $\lambda/360$ 。实际测量中，网络分析仪使用 S11 模式，根据反射波与入射波的相位差来计算反射系数，故实际修剪中 1° 对应的电缆的电长度是 $\lambda/720$ 。

结合微波传输线理论知识，同轴电缆可看作无耗传输线，波行传播单位长度时，幅值不发生变化，仅相位发生变化^[3]。射频电缆修剪过程中需要熟练掌握相位的变化规律，我们参照等反射系数圆理解，如图 2 所示，以负载为基准点，电缆电气长度变短，在等反射系数圆上等价于测量点向负载方向逆时针移动，相位超前变化。

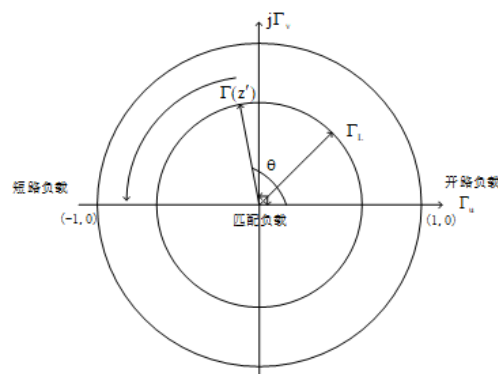


图 2 等反射系数圆

5.2 输出匹配网路设计的必要性

相比较边带通路，载波通路信号发射功率大，DVOR900 设备载波通路专门设计制作载波匹配线。DVOR900 同轴电缆的特性阻为 50Ω ，为实现无反射匹配，在多普勒全向信标设备天线部分，大多通过设计输出匹配网络，在同轴电缆和天线之间实现阻抗匹配。实际制作的载波匹配线为单支节调配器，也称作双短截线，由串联线和短路线组成，二者支节长度均可调整。无耗情况下，串联线只改变电磁波传输的相位，短路线各处输入阻抗为纯电抗，结合史密斯圆图确定串联线和短路线的长度，通过 T 型转接头连接。现场调试多利用史密斯圆图软件 Smith3.10 来计算串联线和短路线的长度，参照软件计算结果，秉持少修、多次计算的原则快速调整^[3]。

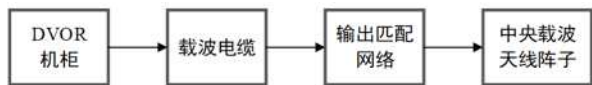


图 3 输出匹配网络设计示意图

5.3 边带辐射功率调整的一致性

在发射机调整中，设置载波功率后，需要分别调整上、下边带功率使上、下边带放大单元输出功率相对均衡。随后，调节边带奇偶射频电平，使上边带奇信号电平等于上边带偶信号电平、下边带奇信号电平等于下边带偶信号电平。经过边带放大单元和奇偶射频电平调整后，馈送到边带天线的边带信号较为平衡，此时通过固定下边带相位，调整上边带相位，才能使二者合成信号相位和载波信号相位真正保持在同一个方向。

实际设备调整与日常维护中，边带通路的调整，大多需要反复开展设备机内定相，可以参照将 PIR 接入近场监控天线的监控电缆时 9960Hz 调制度参数，直到 9960Hz 调制度为最大值，表明此时合成相位关系达到理想状态^[4]。

6 结束语

作为中南空管局第一套国产全向信标设备，DVOR900 设备的投用对于空管导航设备国产化进程具有重大意义。本文基于实际安装调试过程，针对 DVOR900 全向信标初装发射机和天线部分调整方法进行探讨，着重分析了射频电缆修

剪调整、载波电缆输出匹配网络设计、边带天线辐射相位检查、边带天线阻抗检查和发射机边带辐射功率调整等关键点。为保证顺利通过设备投产飞行校验，在 DVOR900 调整中应严格按照调试流程，充分理解、把握天线部分和发射机部分调整的关键点，确保各项参数符合规范。

参考文献：

- [1] 倪育德, 卢丹, 王颖. 导航原理与系统 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [2] 王长铮. DVOR 1150A 安装调试的探讨 [J]. 现代导航, 2021, 12(06): 449-453.
- [3] 徐鹏, 吕辉, 胡玥, 等. 史密斯圆图简化传输线教学研究 [J]. 中国教育技术装备, 2023, (24): 63-68.
- [4] 袁昆, 刘锦瑞. INDRA 52D 型全向信标边带系统调整方法探究 [J]. 中国新通信, 2023, 25(02): 22-24.

作者简介：

周泽黎（1997 年 2 月），男，汉族，安徽省淮北市人，本科，职称（职务）：助理工程师，研究方向：导航技术

作者简介：

彭非凡（1999 年 8 月），男，汉族，安徽省亳州市人，本科，职称（职务）：助理工程师，研究方向：导航技术