



咨 询 通 告

中国民用航空局空管行业管理办公室

中国民用航空局空中交通管理局

编 号：AC-85-TM-2015-01

下发日期：2015 年 5 月 25 日

仪表着陆系统安装调试及验收 技术规范

目 录

第一章 概述.....	4
第二章 安装调试前提条件.....	4
1 基础条件	4
2 机房工艺依据标准	5
第三章 航向信标安装调试及验收规范.....	6
1 天线系统安装	6
1.1 天线基础施工	6
1.2 天线振子底座安装	7
1.3 天线支撑杆及天线振子安装	8
1.4 天线系统接地	9
1.5 电缆铺设.....	9
2 室内设备安装	11
2.1 机柜安装.....	11
2.2 主电源及电池组连接	11
3 设备电气调试	12
3.1 开机准备.....	13
3.2 发射机调整	13
3.2.1 航道及余隙发射机信号频率测量调整	14
3.2.2 航道及余隙发射机信号功率测量调整	14
3.2.3 航道及余隙 CSB/SBO 信号波形及参量测量调整.....	14
3.3 天线系统调整	14
3.3.1 机柜到天线分配单元射频电缆修剪	14
3.3.2 天线分配单元测试	14
3.3.3 天线分配单元到天线馈电电缆修剪	15
3.3.4 天线回波损耗测试	15
3.3.5 航道及余隙发射机 CSB/SBO 初步定相.....	15

3.3.6 天线对配相测试	16
3.3.7 航道及余隙发射机 CSB/SBO 最终定相	17
3.3.8 航道及余隙发射机 SBO 幅值预置	17
3.3.9 航向信号外场测试	18
3.3.10 天线到监视混合单元馈电电缆修剪	19
3.4 监视器调整	19
3.4.1 监视信号混合电路和近场信号调整	20
3.4.2 监视器校准及归一化调整	20
3.4.3 监视器告警门限设置	20
3.5 控制功能验证	21
第四章 下滑信标安装调试及验收规范	21
1 天线系统安装	21
1.1 天线基础施工	21
1.2 下滑塔拼装	24
1.3 天线振子安装	24
1.4 天线系统接地	26
1.5 电缆铺设	26
2 室内设备安装	27
2.1 机柜安装	27
2.2 主电源及电池组连接	27
3 设备电气调试	29
3.1 开机前准备	29
3.2 发射机调整	30
3.2.1 下滑航道及余隙发射机信号频率测量调整	30
3.2.2 下滑航道及余隙发射机信号功率测量调整	30
3.2.3 下滑航道及余隙 CSB/SBO 信号波形及参量测量调整	30
3.3 天线系统调整	31

3.3.1 天线发射电缆修剪	31
3.3.2 天线监视电缆修剪（发射-监视回路电缆传输测量调整）	31
3.3.3 天线回波损耗测量	31
3.3.4 M 型下滑天线分配网络测试	31
3.3.5 航道 CSB/SBO 相位调整	32
3.3.6 SBO 幅度预置	33
3.4 监视器调整	33
3.4.1 监视信号混合电路调整	33
3.4.2 近场监控天线位置确定和调整	33
3.4.3 监视器校准及归一化调整	34
3.4.4 监视器告警门限设置	34
3.5 控制功能验证	34
第五章 附则	35
附件 1: Thales420 设备安装调试及验收规范	37
附件 2: Normarc7000B 设备安装调试及验收规范	61
附件 3: 缩略语释义	74
附件 4: 编写说明	74
附件 5: 仪表着陆系统安装调试及验收报告	76

第一章 总则

1 本规范旨在为设备技术和管理人员提供规范化的操作指导，以确保仪表着陆系统经过安装调试后能够达到理想的工作状态；同时为工程质量监督机构和设备运行管理用户提供过程监督和质量验收的参考标准，为民航行业管理机构实施安全监管和质量监督提供有力支持和帮助。

2 本规范针对仪表着陆系统安装调试实施过程中的关键技术环节和操作方法进行整理归纳，形成标准工作方法和工艺要求，规范中各工艺环节相关参数容限是本着适度严格的原则，依据相关行业标准并参考设备厂家建议制定的，结合仪表着陆系统的技术规范和相关标准，参考了国内普遍采用的导航设备生产厂家对系统安装调试的指导性要求，在相关附件中提供了与上述设备型号对应的有关内容。

第二章 安装调试前提条件

1 基础条件

设备机房及对应天线系统的位置设计应符合民航局关于本台站台址的批复意见，符合机场飞行区净空和障碍物的相关规范要求。并且具备以下基础条件：

- 1) 土方工程在施工区域的标高、密实度达到设计要求；
- 2) 机房等建筑设施的土建和装修施工完毕并验收合格，同时具备与工艺施工相关的各类预埋件、预留孔等工艺条件；
- 3) 建筑物防雷及工艺信号等电位接地系统完成，并通过验收；
- 4) 低压市电已接入机房内工艺配电箱（柜）输入端，通信网络传输线路可接入机房终端并开通；
- 5) 机房空调已启用；
- 6) 消防设施安装完成；
- 7) 机房与机场巡场路间的通道及停车坪已建成并使用；
- 8) 如果采用方舱机房，则相关方舱设施以及电力、通信、防雷接线连接已完备，并验收合格；
- 9) 天线场地保护区符合相关规范要求。

2 机房工艺依据标准

机房工艺应遵照本台站工程的施工设计、《民用航空导航台建设指导材料》（IB-TM-2010-004）、《民用航空通信导航监视设施防雷技术规范》（MH/T4020—2006）以及与此相关的其他行业标准如《电信设备安装抗震设计规范》（YD5059-2005）等规范要求组织施工、监理和验收，本规范不再对此进行表述。对于存在的特殊工艺和要求，施工单位应在完成设计变更后实施。

第三章 航向信标安装调试及验收规范

航向信标安装调试分为设备天线系统安装、室内设备安装、设备电气调试三部分。

1 天线系统安装

航向天线系统安装包括：天线基础施工、底座安装、支撑杆及振子安装、天线系统接地，电缆敷设等。

天线安装所需仪器：

全站仪（经纬仪、水平仪）、水平尺、矢量网络分析仪（或矢量电压表）。

1.1 天线基础施工

工序及质量要求：

首先进行航向天线阵基础定位，确保天线阵中心基准点位于跑道中心线延长线上批复台址的位置，天线阵横向基准线与跑道中心线垂直，角度误差不大于 $\pm 0.01^\circ$ ，中心基准点标高为设计标高，误差不大于 $\pm 10\text{ cm}$ ，中心基准点与跑道终端间距为设计距离，误差不大于 $\pm 1\text{m}$ ，天线阵基础平面高度偏差不超过 $\pm 2\text{ cm}$ 。

工艺步骤：

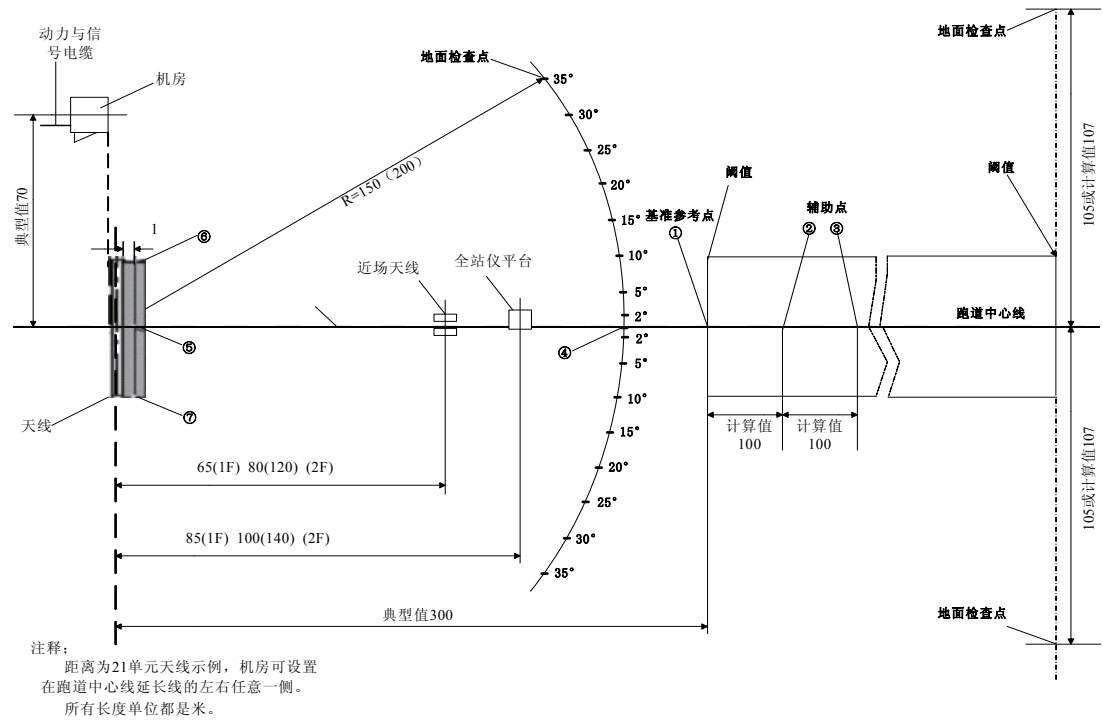


图 1 安装基准定位点示意图

天线基础定位和测绘方法有多种，下面推荐一种方法：

以跑道中心线、机场方格网坐标、航向台附近的测绘基准点为基准，使用全站仪确定航向天线阵中心基准点的位置和标高，并以此点为坐标原点测绘并划出天线阵平面直角坐标，横轴与跑道中心线垂直，纵轴重合。

首先在跑道中心线上标记如图 1 所示的①、②、③3 个点，将全站仪的基准点放置在①点位置，通过瞄准②和③点将全站仪设置为 0°。将全站仪水平方向旋转 180°，确定跑道中心线延长线，根据批复台址坐标点距跑道终端距离确定天线阵基准点位置，以该基准点为基准设置全站仪，在预建的天线基础平台周边至少确定 4 个定位点。如图 1 中所示的 4 点为跑道中心线延长线上距离天线基础距离为 150 米（双频设备 200 米）的一点，5 点为天线基础中心位置点，6、7 两点分别为天线基础两侧宽度点。4 个定位点使两两连线交叉构成以基准点为原点的直角坐标系，依据上述坐标系确定与航向天线阵类型相匹配的基础平台长度、宽度和上表面标高，航向近场监控天线基础的位置，（对于 II/III 类仪表着陆系统，还需确定远场监控天线位置），以此划设天线基础的边界，进行基础施工。

利用上述方法在完成施工的天线基础平台上，建立并划设直角坐标系，做好施工标记。

基础坑开挖时应对标记的基准点进行放样保护，坑基尺寸应符合设计要求，基础浇筑前应及时复核相关基准。基础坑浇筑时，混凝土应符合设计要求，基础面应保持水平；螺杆的位置应正确，应采用设备原配，如需采用替代品时，其强度和规格应符合设备及设计要求，并采用不锈钢材质或热镀锌工艺。

工艺检验

使用全站仪进行天线基础基准点的初始定位及直角坐标系的建立和复核，在天线基础平台上随机选取至少 10 个点用水平仪对相对高度进行复核，记入附表 1 中。

1.2 天线振子底座安装

工序及质量要求：

建立天线基础平台上的直角坐标系，根据天线阵类型，标定天线振子底座的位置，水平误差应不大于 $\pm 4\text{mm}$ ，高度偏差应不大于 $\pm 3\text{mm}$ 。

工艺步骤：

以坐标系为基准，根据设备手册上对应的天线类型尺寸数据取样放线，标定

每一个天线底座基础螺栓的位置。

图 2 给出了某一种型号天线阵的间隔距离和底座位置关系，图中单位为毫米。

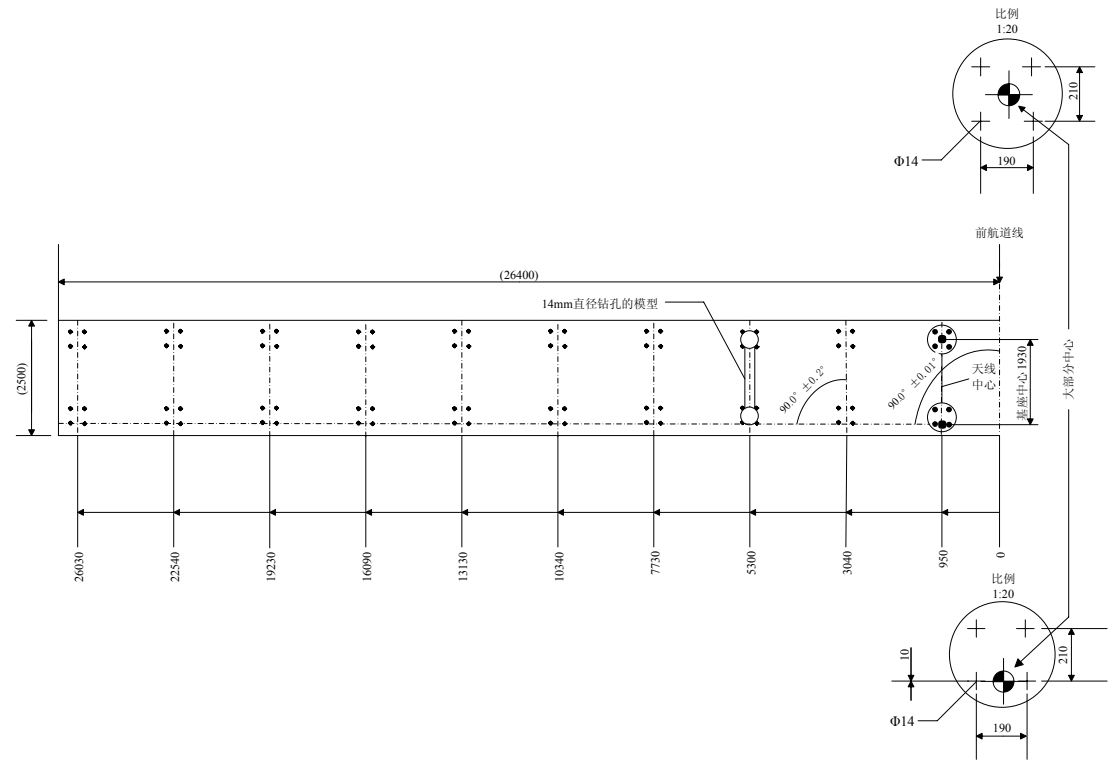


图 2 天线基座位置示意图

对于非预埋方式螺杆安装，根据厂家提供的螺杆规格，选用适合的冲击钻头规格和洞深设定，钻孔并灌快干水泥，插入螺杆，待凝固后安装天线底座。

天线底座调整：

用水平仪、标尺杆调整所有天线振子底座的高度，使其高度相同；调整天线振子底座前后左右位置，使其满足位置要求。

工艺检验：

测量并记录所有天线底座（包括前后底座）的位置和高度偏差数据，填入附表 1 中。

1.3 天线支撑杆及天线振子安装

工序及质量要求：

底座安装完毕后，安装天线支撑杆，保持支撑杆垂直。所有天线支撑杆安装完毕并适度紧固后，安装天线振子。

工艺步骤：

天线支撑杆各部分的所用螺栓螺母型号规格应严格按照天线系统设计要求施工，不能混用，确保支撑杆的易折性能有效；螺栓紧固时力矩应大小一致，安装好后应不存在目视可察觉的弯曲。参考步骤如下：

- 1) 在支撑件上平行于跑道中心线方向开槽，将前向支撑件安放在固定螺栓上；
- 2) 用螺母和垫圈将前向支撑件连接到固定螺栓上；
- 3) 在支撑件上平行于跑道中心线方向开槽，将后向支撑件安放在固定螺栓上，支撑件必须固定方向以便线缆槽的连接孔在支撑件的背面；
- 4) 用螺母和垫圈将后向支撑件连接到固定螺栓上；
- 5) 安装其余的支撑杆。

安装并紧固航向天线振子，完成后用水平尺对天线振子的水平、天线立柱的竖直进行检查，必要时可以通过微调天线振子底座螺栓进行修正，确保天线水平，天线外观不应有损伤。以靠尺的气泡都处于中央来检验垂直度和水平度。

在设计位置点安装近场、远场监视天线，确保振子水平、立柱垂直，天线振子轴向指向航向天线基准点，其中，近场监视天线位置需待飞行校验后严格确定。

工艺检验：

用长水平尺分别对每个天线单元支撑杆的多个侧面的垂直度进行检验和校准；对天线振子的水平度和进行检验与校准。

1.4 天线系统接地

航向天线系统的接地系统应按照设备厂家的安装手册、台站施工设计以及台站建设的相关指导规范等技术要求进行，本规范中不再另行说明。

1.5 电缆铺设

工序及质量要求：

完成天线振子安装后，进行天线系统的电缆铺设。电缆铺设前检查射频电缆的物理和电气长度，避免存在异常情况，铺设过程中注意电缆保护和清洁。埋地电缆管线应符合相关台站建设的规范和设计要求。

工艺步骤：

按照先安装管线箱槽、后进行电缆铺设的原则，相关地下管孔和操作人井的施工一般应在土建阶段完成并验收。

1) 安装航向天线振子的电缆线槽，安装航向天线分配及监控混合箱，并检查箱内接线是否完好，是否存在运输损坏。电缆在线槽内布放，在线槽靠近机房一侧或天线分配及监视混合箱下方穿管埋入地下或进入操作人井，从天线阵至机房全程穿管。

2) 射频电缆铺设前应仔细检查电缆无明显损伤，电缆标志清楚正确，电缆头安装牢固，无松动；分别检查天线系统所有射频电缆的物理和电气长度，避免存在异常情况，必要时按照电气等长对同一组类型电缆进行修剪；确保所有射频、交/直流电缆的物理、电气长度和绝缘性正常。

3) 埋地电缆（即航向天线阵至机房段发射和监控用同轴电缆和障碍灯电源电缆）应按设计要求进行施工，埋地电缆如无特殊要求下应采用保护管保护埋地，同轴电缆和障碍灯电源电缆应分管铺设，所有电缆的标识移至电缆头一边连接时注意标识朝外，方便安装维护。

4) 电缆铺设中不能损伤电缆，电缆如需弯曲，弯曲半径不能小于电缆直径的 15 倍或小于 15 cm，两者采用大的数值。天线振子馈电电缆应保证适当冗余，不必过长，建议将冗余部分盘在线槽内，应外形美观，减少弯曲，固定牢固，位置不影响以后的维护和检测操作。

5) 航向天线电缆穿管进入设备间应确保电缆在室外部分无裸露，保护管位置及高度应确保雨水不能流入设备间。

6) 天线振子馈电电缆应严格按照天线上标识正确连接(Antenna、Monitor)，A1 接入 1 号天线发射输入端，M1 接入 1 号天线监视输出端，以此类推；将发射电缆和监视电缆未制作电缆头的一端铺设在航向天线分配箱内，测量电气长度正确后再制作电缆头，也可将此步骤放在天线系统调整中做，电缆接头制作应严格按照相关资料要求进行，检查各接头完好后接入，电缆与设备的连接应可靠。

7) 室外电缆通过线缆井穿入室内，所有室外电缆进入室内后接入防雷浪涌保护器，各电缆的余线应盘在静电地板下或机房外最近的操作人井内，用扎带绑扎好，避免损伤电缆。

8) 设备供电电源线应采用三芯多股铜芯线，铜芯线截面积应大于 1.5 mm^2 ，并留有一定量的余线，以方便维护，设备供电电源线应沿机房内线槽铺设，避免与射频电缆交叉以减少彼此间的电磁干扰，并做好标签。

9) 各设备（箱、盘、柜）及辅助设备都应可靠接地。

工艺检验：

对线槽和箱体安装的牢固性进行检查，对电缆铺设的路径和弯曲半径做检查测量，对天线系统的室外接地进行检查，应符合设计和施工要求。电缆的电气长度测量值以后续测量结果为准。检查结论填入附表 2 中。

2 室内设备安装

2.1 机柜安装

工序及质量要求：

要求机柜安装水平，可靠固定，目视无倾斜，机柜周围预留操作空间，便于内部安装和以后维护；如设备机柜需挂墙安装，墙面无法承载机柜重量时需采用相应的加固措施。线路及线槽（线架）布局合理、避免相互干扰和影响，等电位带连接可靠，材料和规格满足设计和厂家要求，各连接接头应连接紧固，板件模块的开关设置与跳线连接与设备类型、配置、功能等相符合。

室内安装工作应在下列工序完成后进行：室内土建、装饰工作完成并通过验收，市电、空调、消防等设施功能正常；机房内防静电地板或地胶垫安装完毕，机房等电位连接网已完成并与外部接地系统有效连接；配套电源（UPS、稳压器等）设备及辅材已到位。

室内设备的安装应符合民航导航台站建设相关指导规范和国内相关行业电信设备抗震设计施工规范及台站设计的要求。

工艺步骤：

主要包括设备机柜安装、机柜线缆连接、内部模块开关和跳线设置、合装设备设置等环节。机柜就位后应及时把机柜接到等电位带上，接地线规格应符合设备的技术要求；机柜的馈电输出端和监控信号输入端应加装馈线避雷器，遥控信号输入端应加装信号避雷器。

工艺检验：

把机柜安装目视检查情况、墙面加固措施、线路及线槽（线架）布局、等电位带连接、各连接接头、开关及跳线设置等检查情况填入附表 3 中。

2.2 主电源及电池组连接

工序及质量要求：

电力电缆线间和线地之间绝缘电阻不小于 $0.5\text{M}\Omega$ ，电力电缆头接地线和截面积符合设计要求，芯线与设备的链接符合设计要求，连接紧密可靠，电线回路标志清晰，编号准确。

电池规格型号符合设计要求，正负端柱极性和电压检查准确，符合国家规范。

工艺步骤：

根据设计图纸，将稳压器、UPS、直流电池组安装到机房内指定位置，将UPS 电池组接至 UPS，UPS 输出接至配电箱、从工艺配电箱接通交流电源至设备，直流电池组接至设备电池输入端。检查 UPS 电池组的直流电压及 UPS 输入电压，UPS 开机后，使用万用表检查 UPS 输出电压，测量备用电池组电压。

工艺检验：

将电力电缆线间和线地之间绝缘电阻、UPS 输出电压、电池组输出电压的测量结果填入附表 3 中。

3 设备电气调试

电气部分的调整，涵盖设备参数即发射机调整、天线分配单元分配关系的验证及调整、发射及监视电缆电气长度调整、天线振子性能检测、发射-监视回路调整等工作，其目的是使得各个天线振子按照理论设计的幅度和相位关系馈送相应比例的电信号，以在空间形成特定关系的电场场型。因此，电气调整均需对两部发射机分别调整，每一个步骤都有对应的幅度和相位上的容限要求。

所用仪表器材：矢量网络分析仪或矢量电压表、外场测试仪及天线、示波器、功率计、频率计、测试电缆（若干）；20 和 30dB 衰减器（若干）、25w 假负载（若干）。

工序及质量要求：

在全面完成天线系统安装、机房设备安装工作，并完成了阶段验收且合格的情况下，开始进行本部分工作，各项调整应符合相关的质量要求。

工艺步骤：

设备的电气调整包括以下步骤，应按先后顺序进行：

- 1) 开机准备；
- 2) 发射机调整；
- 3) 天线系统调整；

- 4) 监视器调整;
- 5) 控制功能验证。

不同厂家型号设备的电气调试方法有所差异,本手册正文归纳了统一的操作规范,当前国内普遍采用的 Normarc7000B 系列和 Thales420 系列仪表着陆系统设备的相关操作细节在附件中提供,其他系列设备操作过程可以参照执行。

工艺验收:

检查电气调试步骤符合操作规范要求,各阶段调整结果符合指标要求。电气调试完成后,将检查的各项参数数据分别填入相应的附表中。

3.1 开机准备

开机准备是确保设备电气调试安全的必要环节,必须严格执行。主要包括以下几个步骤:

- 1) 设备 UPS 电源连接及测试;
- 2) 零地电压测试;
- 3) AC/DC 输出电压测试;
- 4) 电池输出电压测试
- 5) 各模块跳线检查确认(与设备类型、配置、功能等相符);
- 6) 机柜、天线系统各部件、电缆及插槽电气连接完好性检查。

在此项目中,建议通过重新拔插、断开线路再连接、紧固机柜及天线系统中各种连接接头、固定螺栓、电气接口等方式,排除设备在运输或搬动过程中产生的损坏或接触不良等隐患。

上述步骤结果数据因设备型号差异有所不同,详见相关附件。将检查结果填入附表 4 中。

3.2 发射机调整

航向信标发射机调整主要是对发射机相关输出参数进行调整,以保证设备输出射频信号在送入天馈线系统之前,符合理论要求值。需要测试及调整的参数主要包括:

航道及余隙发射机信号频率;

航道及余隙发射机信号功率;

航道及余隙发射机 CSB/SBO 信号波形及参量。

具体步骤和方法因设备型号差异有所不同，详见相关附件。将此部分测量结果填入附表 5 中。

3.2.1 航道及余隙发射机信号频率测量调整

频率是通过在机柜的航道/余隙信号输出端串接定向耦合器或衰减器获得的取样信号接入频率计测量来实现的，测量时要将 SDM 设置为 0，以关掉调制信号，机柜顶部所有射频信号输出端口均接适当匹配假负载，防止输出端短路或开路。测量设备的频率容差均不得超过 $\pm 0.002\%$ ，两载波的频率间隔应不小于 5kHz 且不大于 14kHz。

3.2.2 航道及余隙发射机信号功率测量调整

功率测量可以通过在机柜输出端口与输出馈线之间串接功率计来实现，注意在负载端连接有效匹配负载。

3.2.3 航道及余隙 CSB/SBO 信号波形及参量测量调整

通过测量调制信号或射频包络检波信号，判断信号波形的正确性，必要时可通过相关调整器件或程序调整窗口进行校正。

将机柜顶部的航道/余隙信号输出端串接 20dB 定向耦合器，定向耦合器的输出接匹配假负载，定向耦合器的耦合输出再经 20dB~40dB 衰减器接入外场测试仪（或将机柜输出信号经 40dB~60dB/50W 的衰减器后接入外场测试仪），测量设备输出端航道 CSB 与余隙 CSB 的 DDM、SDM 及 RF Level 值，必要时进行调整使其符合信号指标要求。

3.3 天线系统调整

矢量网络分析仪测试信号频率可采用台站批复的中心频率，矢量电压表的测试信号可以采用航道或余隙发射机的实际输出耦合信号，建议利用传输测试的方式测试电气长度。将此部分的测试记录全部填入附表 6 中。

3.3.1 机柜到天线分配单元射频电缆修剪

机柜到天线分配单元射频电缆须进行电气长度测量，可通过修剪电缆实现航道 CSB、航道 SBO 之间，以及余隙 CSB、余隙 SBO 之间电缆电气等长，传输相位误差小于 $\pm 1^\circ$ ，幅度误差小于 $\pm 0.5\text{dB}$ 。航道及余隙两组电缆之间也建议做到上述要求。此项步骤也可在制作电缆头时完成。

3.3.2 天线分配单元测试

天线分配单元测试主要测量航道/余隙 CSB 或 SBO 信号输入端与各个天线输出端之间的传输特性，测量时，除被测端口外的其余端口均应接匹配负载。

该测试的主要目的在于对天线分配单元的传输特性进行验证，防止较大的错误发生。实际测量值与标称值的相对误差容限应为：幅度 $\pm 1\text{dB}$ ，相位 $\pm 15^\circ$ ，对于与跑道中心线对称的一对天线，其实际测量值之间的误差幅度不大于 0.5dB ，相位不大于 5° 。

3.3.3 天线分配单元到天线馈电电缆修剪

天线分配单元至跑道中心线两侧的天线振子的馈电发射电缆的电气长度相等或相差 90° ，因设备型号差异有所不同。建议采用传输测试的方式测试电气长度，电气传输相位误差不大于 $\pm 2^\circ$ 。

3.3.4 天线回波损耗测试

为了确保天线振子具有良好的匹配性，需对每一个天线振子的回波损耗进行测试，一般要求回波损耗优于 -20dB 。

3.3.5 航道及余隙发射机 CSB/SBO 初步定相

为减小近场效应影响，航道定相一般选择在距离航向天线阵 600-1000 米处跑道中心线及两侧对称选取三个位置点，余隙定相一般选择距航向天线阵 300-500 米偏离中心线的角度为 $10-20^\circ$ 的位置点处，应考虑天线阵类型，跑道两侧测试点附近障碍物等情况，避免不必要的多路径干扰影响。

进行航道 CSB/SBO 定相时，须将航道发射机 CSB、SBO 输出功率设为适当值，关闭余隙发射机；在上述三位置点利用外场测试仪测试 DDM 值，通过调整航道发射机 SBO 相位设置，使三点 DDM 值均最接近于 0，一般不超过 $10\mu\text{A}$ ；之后将发射机航道 SBO 相位增加或减少 90° ，设置 SBO 正常相位，使得跑道中心线两侧 150Hz 和 90Hz 占优方向正确。记录相关数据。

进行余隙 CSB /SBO 定相时，须将余隙发射机 CSB、SBO 输出功率设为适当值，关闭航道发射机；在上述余隙测量位置点利用外场测试仪测试 DDM 值，通过调整余隙发射机 SBO 相位设置，使 DDM 值接近于 0，一般不超过 $10\mu\text{A}$ ；之后将发射机余隙 SBO 相位增加或减少 90° ，设置 SBO 正常相位，使得跑道中心线两侧 150Hz 和 90Hz 占优方向正确。记录相关数据。

一般情况下，对 CSB/SBO 进行外场综合定相比利用某单个天线定相更为准

确，在天线配对测试完成后应再次进行，完成航道和余隙发射机 CSB/SBO 最终定相。

3.3.6 天线对配相测试

为了确保在跑道中心线上得到正确的航道位置 0 DDM 信号，应分别对每一对关于跑道中心线对称的天线对进行配相调试。测试前，在天线系统所有天线均正常连接并仅辐射航道信号时，在距天线阵 300 米至 1500 米间的跑道中心线上，选择一个前后移动时测得 DDM 值变化较小的合适位置为测试点。

按次序从最外面一对天线开始天线配相，单开航道发射机，依次接通各对天线振子与天线分配单元对应端口的馈电电缆，天线分配单元的其它输出端全部接匹配假负载，通过修剪天线分配单元输出至某一目标天线振子的馈电电缆，使处于跑道中心线上测试点测得的 DDM 值最接近 0。一般来说，DDM 值容限从中间到两侧呈递增趋势，容限要求可参见设备厂家提供的天线手册。

若 DDM 值偏离指标，可以试验在某一侧串入电缆头，根据测试点测量 DDM 值变化的大小和方向，或 0 DDM 值偏离跑道中心线的方向和距离，确定在哪一侧进行电缆修剪及所需修剪长度。如果某侧串入电缆头后情况得到改善，则在对称的另一侧电缆进行修剪，可按串入电缆头的电气长度与改善量的比例关系计算电缆修剪量。

对于某对没有馈送 CSB 信号的天线振子，测试时需保持相邻一对有 CSB 信号的天线振子连接并工作，为目标测试振子提供空间调制所需的载波（提供 CSB 载波信号的这对天线阵子必须已经配相）。

由于天线阵中间第一对天线对是辐射余隙信号的主要天线，同时也辐射相对较小的航道信号，天线对配相时应重点考虑余隙信号的 DDM 0 点位置，同时兼顾航道信号的 DDM 值接近或等于 0，以实现余隙信号在跑道中心线两侧覆盖良好的对称性以及航道位置的正确。

在中间第一对天线配相时，单开余隙发射机工作，天线分配单元的其它输出端全部接匹配假负载，通过修剪天线分配单元输出至第一对天线振子的某一发射电缆，使处于跑道中心线上测试点测得的 DDM 值最接近 0，一般不大于 $\pm 3\mu\text{A}$ ，之后单开启航道发射机，检查此时的 DDM 值，一般不大于 $\pm 1\mu\text{A}$ 。

修剪工作可以在所有天线对配相测试后统一进行。

所有天线对的配相测试及电缆修剪工作完成后，恢复天线分配单元的所有输出与天线的连接，在跑道中心线上测试点测试合成信号的 DDM 值，应不大于 $\pm 1\mu\text{A}$ 。

根据跑道中心线两侧障碍物情况，选择更大范围的适合距离段进行外场测试。在该段范围内前后移动外场测试仪，随机取多个测试点，DDM 值测量结果一般不大于 $\pm 2\mu\text{A}$ 。

3.3.7 航道及余隙发射机 CSB/SBO 最终定相

CSB/SBO 最终定相是在天线对配相测试完成后进行，操作方法和初始定相一致。

3.3.8 航道及余隙发射机 SBO 幅值预置

天线系统恢复正常连接，开启设备确定航道/余隙发射机 CSB 输出功率均为额定功率。

航道 SBO 幅值预置有两种方法：一种是 ADU DDM 测量法，另一种是外场 DDM 测量法。

ADU DDM 测量法：

ADU 天线某个输出口接入定向耦合器，外场测试仪经 20dB 衰减器接正向耦合输出口，在软件的发射机设置中插入 90° 移相，观察外场测试仪所测 DDM 值，调整 SBO 幅值，使外场测试仪显示的 DDM 值为 ADU 标准的 SBO、CSB 信号分配幅度比值的 2 倍关系，具体分配关系参见对应型号天线手册，测试设备连接见图 3。

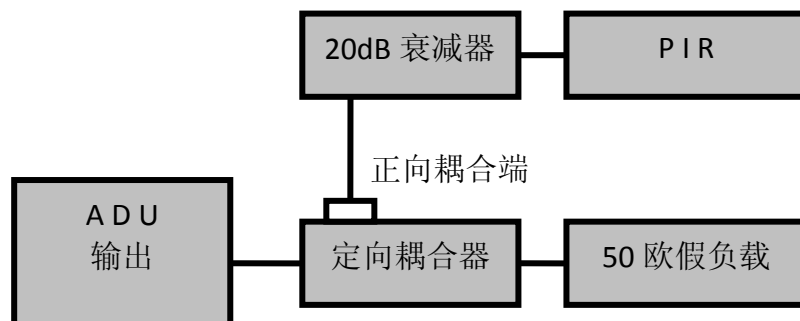


图 3 ADU DDM 测量法示意图

外场 DDM 测量法:

1) 航道发射机 SBO 幅值预置方法, 在跑道入口距离跑道中心线左右各 105 米处, 采用外场测试仪测量 DDM 值, 通过调整航道发射机 SBO 幅值, 使得左右测试点 DDM 测量值均为 $150\mu\text{A}\pm 5\mu\text{A}$ 并记录。若在所选测量点无法获得理想信号, 可按比例计算后, 在跑道入口至跑道终端之间区域, 重新选定合适的宽度测试点。

2) 余隙 SBO 幅值预置方法, 距离航向天线阵 300 米以外, 偏离跑道中心线左右两侧 10° 至 35° 范围内, 采用外场测试仪测量 DDM 值, 通过调整余隙发射机 SBO 幅值, 使得左右范围内测试的 DDM 测量值均不小于 $210\mu\text{A}(0.22\text{DDM})$ 并记录。

航道和余隙发射机 SBO 幅值最终设置在飞行校验中确定。

3.3.9 航向信号外场测试

测试前确定航道和余隙发射机及天线系统所有参数设置及电缆连接均恢复正常。

外场定点测试: 分别在跑道入口、跑道终端的中心线及左右宽度点进行外场信号测试, 以确定设备处于正确的工作状态。若在跑道入口无法获得理想信号, 可按比例计算后, 在跑道入口至跑道终端之间区域, 选定合适的替代测试点进行测试。

将调试完毕后需要测试的外场 DDM、SDM 及 RF LEVEL 数据填入附表。

外场圆弧测试: 参见下图 4, 分别以航向天线阵为圆心, 半径大于 150 米, 正负 35° 的圆弧上, 选择如图所示的测试点, 对外场 DDM、SDM 及 RF LEVEL 数据进行测试并记录。如果现场外场条件很难实施圆弧测试, 可采用将圆弧上各测试点排列成一条直线的方法进行外场测试, 相关角度安排不变。

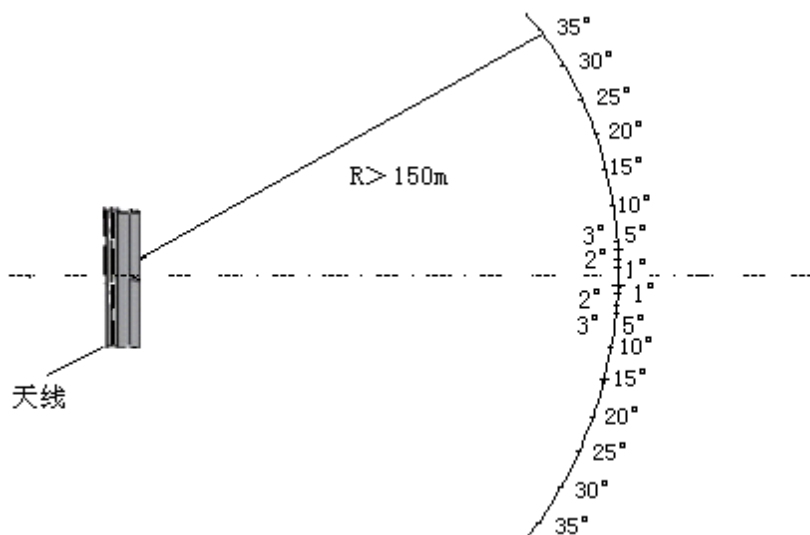


图 4 外场圆弧测试示意图

3.3.10 天线到监视混合单元馈电电缆修剪

为了保证天线监视系统能够准确地模拟远场信号的合成关系,可通过调整天线监视电缆来实现对天线分配到监视混合回路电缆传输相位的校准,对天线监视电缆进行修剪时,应如图 5 连接对天线发射与监视电缆回路进行测试,传输增益的幅度误差不大于 $\pm 1.5\text{db}$,相位误差不大于 $\pm 3^\circ$ (Normarc7000 左右两侧相位基准相同,而 Thales420 左右两侧相位基准相差 90° ,天线阵面向跑道方向左侧电缆回路相位超前 90°)。

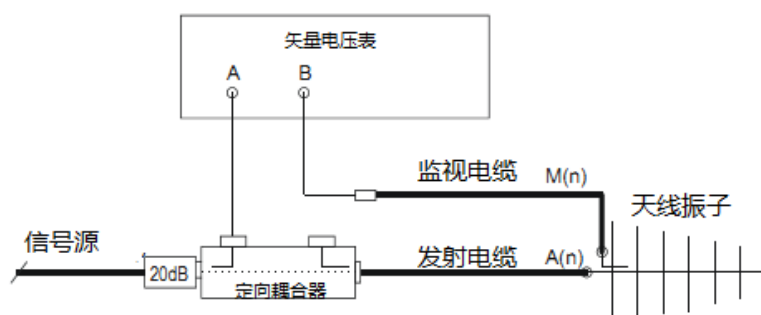


图 5 发射-监控回路测试图

3.4 监视器调整

在发射机和天线系统信号发射部分的所有调试工作完成后,必须对监视器系统进行校准及告警门限初步设置,待投产飞行校验时,随着各项校验科目的实施进程,应逐项进行已校验通过科目所对应信号通道的最后校准和门限设置。前后两个阶段的工作方法和程序是相同的,其主要步骤包括:监视信号混合电路调整、

监视器校准和归一化调整、监视器告警门限设置等。对于这一部分的调整方法，不同设备差异较大，可直接参照附件中 Thales 和 Normarc 的相关章节。

3.4.1 监视信号混合电路和近场信号调整

仪表着陆系统直接把各个天线振子发射耦合信号送入监视混合单元进行信号合成直接产生航道位置、航道宽度、余隙等信号，或者将用于合成上述信号的 CSB、SBO、CLR 等中间信号，并送至主机柜的相应混合电路继续进行处理。

在该电路调试中，一般通过已设置的幅度或相位调整元件，或者通过传输线相位补偿等方式，将输出信号进行校准。航道位置信号 DDM 为零，航道宽度信号 DDM 为 15.5%(Normarc)，余隙信号 DDM 一般不小于 22%；或者输出的中间信号 CSB、SBO 信号为标准信号(Thales)。

近场监视信号的调整是通过调整天线横向水平位置实现的，使输出信号近场航道位置信号的 DDM 为零。将最终调整结果记录到附表 7 中。

3.4.2 监视器校准及归一化调整

通过监视器校准实现监视信号处理电路中的航道位置、航道近场/远场、航道宽度、余隙等各路信号的输入、输出以及各个中间节点信号幅度或结构比例达到电路设计的标准值，通过归一化调整使监视信号的电平幅度、调制度和等参数表现统一，以实现信号的标准化。归一化调整是在监视信号校准完成的基础上进行。将最终结果填入附表 8。

3.4.3 监视器告警门限设置

监视器告警门限应依据飞行校验结果设定，主要包括以下相关参数：

- 1) 航道的整体及近场监视位置 DDM 告警门限（对应航道校直告警）；
- 2) 航道及余隙宽度 DDM 告警门限（对应航道宽/窄宽度告警，余隙的空中和地面检测结果）；
- 3) 各通道信号射频电平告警门限（对应功率下降 1dB 或 3dB 设告警，以实际飞行校验操作选值为准）；
- 4) 各通道信号 SDM 告警门限（偏离标称值不大于 3%）；
- 5) 告警延时门限：CAT I 5s，CAT II/III 1s，近场监视 20s，远场监视 60s 或更多。
- 6) 电瓶监控门限，设置电瓶低电压保护启动电压。

3.5 控制功能验证

设备发射机、监视器、天线系统调整完毕后，对设备进行功能性验证。

- 1) 分别打开 1、2 号发射机的航道和余隙发射机，验证开关机功能；
- 2) 验证设备的换机功能；
- 3) 验证主备机接天线的功能；
- 4) 验证设备遥控/本地和手动/自动以及写保护功能；
- 5) 改变监视器参数使得监视器预警，验证设备是否能够因参数告警自动换机和关机；
- 6) 双向跑道设备互锁控制功能验证（可选）；
- 7) 切断市电，验证设备转为电瓶供电功能；
- 8) 切断市电情况下，将电瓶放电到电平值低于保护电压门限，验证设备低电平值时自动关机功能（电瓶最低电压值的选择应参考电瓶厂家提供的放电参数指标）。

第四章 下滑信标安装调试及验收规范

下滑信标安装调试分为天线系统安装、室内设备安装、电气调试三部分。

1 天线系统安装

下滑天线系统安装包括：天线基础施工、铁塔安装、天线振子安装、电缆敷设、近场天线安装等。

天线安装所需仪器：

全站仪（经纬仪、水平仪、测距仪）、水平尺。

1.1 天线基础施工

工序及质量要求

首先进行下滑天线基准点定位，确保天线基准点位于满足批复台址的要求。天线基准点与跑道中心线的侧向距离应符合批复数据；设计的后撤距离应根据批复入口高度的误差允许范围的中心高度，结合下滑信号形成区场地及跑道道面数据，按照国际民航组织 ICAO 及中国民航相关行业标准所提供的方法，进行计算后取值，如图 6 所示。

以下滑天线基准点为原点建立一个下滑平面直角坐标系，横轴与纵轴角度误

差不大于 $\pm 1^\circ$ ，中心基准点标高应为场地设计标高，误差不大于 ± 0.1 m，侧向距离、内撤距离为批复设计距离，误差不大于 0.5 m，天线基础平面高度与水平面的相对偏差不超过 ± 1 cm。

下滑天线后撤距离的计算方法：

$$D = \frac{TCH + Y}{\tan(\theta + \alpha)}$$

式中：

D ——O 点至 P 点之间的水平距离，单位米；

TCH ——跑道入口高度，单位米，（标准 15+3 米，一般选择 16.5 米）；

Y ——跑道入口 P 相对于其在下滑反射面竖直投影 P' 点的高度差，如果跑道入口高于反射面截线，则 Y 用正值，单位米；

θ ——下滑角，单位度；

α ——下滑信标反射面的纵向坡度，如果从天线至跑道入口处是下坡，则 α 为正值，单位度。

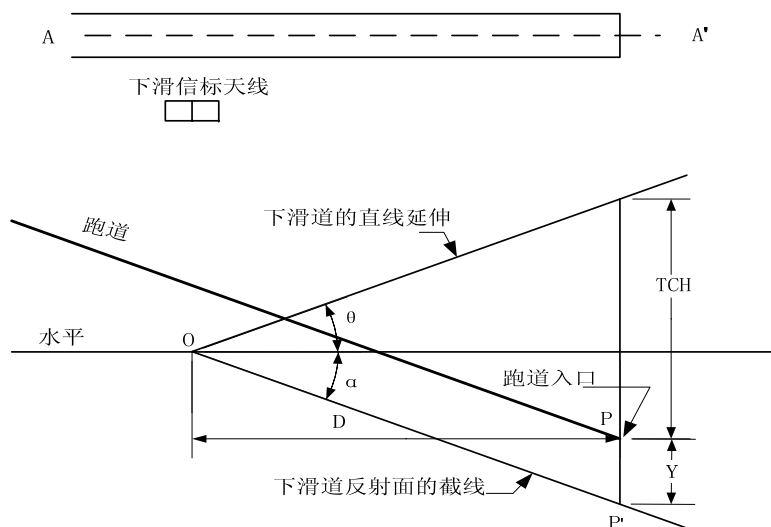


图 6 下滑天线后撤距离计算示意图

工艺步骤

以与下滑同向跑道的入口基准数据点为测绘基准原点，使用全站仪确定下滑天线中心基准点的位置和标高，并以此点为坐标原点测绘并确定下滑平面直角坐标系。

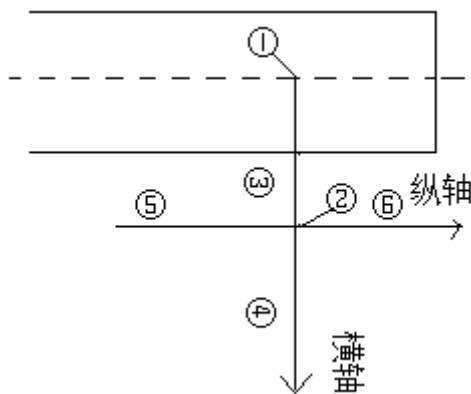


图 7 下滑天线基准定位示意图

如图 7 所示,首先在跑道入口基准点上架设全站仪,对准跑道中心线,在设计跑道内撤距离处找到①点;再将全站仪架设在①点,对准跑道入口基准点,将全站仪设置为 0° ;将全站仪水平方向旋转 90° ,在批复的侧向距离处找到②点,②点即为下滑天线中心基准点位置。以该点为坐标原点,在该点架设全站仪,对准①点方向确定直角坐标系的横轴,纵轴与跑道中心线平行并指向下滑信号辐射方向。

在坐标原点周边的横轴和纵轴线上至少分别各确定 2 个定位点, 以便及时校核该坐标系。在上述坐标系中确定与下滑天线塔类型相匹配的基座基础平台位置、长度、宽度和上表面标高数据, 以及下滑近场监视天线基础的理论计算位置, 以此划设下滑天线塔基座体的几何边界, 进行基础施工。

注：下滑近场监视天线的最终定位，应是参考理论计算位置数据，在下滑信标飞行校验合格后，用外场测试仪经实地测量后确定。

利用上述方法在完成施工的天线塔基座平台上,恢复建立并划设下滑直角坐标系,做好施工标记。

塔座基础坑开挖时应对前期标记的定位点进行保护，坑基尺寸应符合对应设备厂家安装手册的设计要求和该工程施工图设计要求，基础浇筑前应复核相关坐标系的基准。基础坑浇筑时，混凝土质量应符合设计要求，基础面应保持水平；预埋螺杆在下滑平面直角坐标系中的位置应正确，螺杆应采用设备原配，如需采用替代品时，其强度和规格应符合设备及设计要求，并采用不锈钢材质或钢质热镀锌工艺。

工艺检验

使用全站仪对下滑天线基准坐标系进行检查,对基准点的标高进行复核,测

试天线基准点与跑道中心线的侧向距离、内撤距离，与下滑天线基准点对应的天线塔基座表面投影点的高程，以及天线塔基座表面投影点到天线基准点的距离，记入附表 9 中。

注：下滑基准点的实际高程与天线塔基座上表面投影点高程一般不同，前者是下滑天线辐射中心位置在下滑信号形成区所构成的平均理想平面上的垂直投影点的高程；后者则是天线塔基座上可以标注的一个位置点。下滑天线的真实挂高应是各天线辐射中心距下滑基准点的相对高度，可以通过测量下滑天线距基座表面上标注的对应点之间相对高度，再加上下滑基准点与该标注点之间的高度差而最终获得。

1.2 下滑塔拼装

工序及质量要求：

应按设备所配的技术资料进行铁塔组装，各部分的所用螺栓螺母不能混用，螺栓紧固时力矩应大小一致，铁塔组装好后应不存在目视可察觉的弯曲；如需在吊装铁塔前安装天线和铺设 RF 电缆，应把铁塔在地面上固定牢固，防止铁塔翻转损坏天线和 RF 电缆；铁塔吊装时应按厂家手册中提供的规范和吊装工作安全施工原则操作，采取安全措施，配备安全人员。如无需通过铁塔进行天线前后倾设置，铁塔各段垂直投影的重合误差不宜超过 1.5 cm。

如在铁塔上加装雷电接闪器装置，应与铁塔电气隔离，避雷器的工艺要求参见相关避雷规范。

工艺步骤：

铁塔的拼装包括：铁塔主体、爬梯、各类线槽及障碍灯安装。具体铁塔安装形式根据厂家所配技术资料按顺序进行。

工艺检验：

铁塔吊装好后，应用经纬仪检测铁塔在下滑平面坐标系横轴和纵轴方向的垂直度，以及铁塔与基座连接的紧固性能，并进行相应的调整，测量记录见附表 9 中。

1.3 天线振子安装

工序及质量要求

天线的安装包括挂高、偏置和前倾的设置。天线的挂高、偏置和前倾应根据

设计的下滑角、下滑信号形成区场地平面坡度、相关距离量等数据进行计算后预设置。天线的挂高误差不得超过 3cm、偏置误差不得超过 1cm、前倾误差不得超过 1cm。最终位置需要在飞行校验后确定。

工艺步骤:

通过调整天线与支架之间的连接螺栓或调节铁塔支撑杆调整天线的前倾量，确保三个天线所在平面与下滑信号形成区平均面保持垂直。

中天线居中放置，上、下天线分别按照理论计算结果设定左右偏置值。

应以下滑基准点的标高为零点来设置下滑天线挂高，按照 1:2:3 的比例设置下、中、上天线高度。

注：下滑基准点为下滑天线辐射中心在下滑平均反射场地平面上垂直投影的一点。

1) 下滑天线挂高的计算公式为：

$$h = \frac{\lambda}{4\sin(\theta_0 - FSL)}$$

式中：

h 为下天线挂高，单位米；

$\lambda = c/f$ (c 为光速， f 为下滑频率)，单位米；

FSL 为前坡角，下滑天线前为降坡时 FSL 为负值。

2) 上、下天线的偏置分别为：

$$\frac{5h^2}{2D} - h\sin(SSL) \text{ 和 } \frac{3h^2}{2D} - h\sin(SSL)$$

式中：

h 为下天线挂高，单位米；

D 为下滑天线距跑道中心线的侧向偏置距离，单位米；

SSL 为侧坡角，下滑天线向着跑道一侧为降坡时 FSL 为负值，单位度。

3) 天线倾斜为：

$$\Delta y = h\sin(|FSL|)$$

注： FSL 为前坡角，若前坡为上坡，则上天线为基准，中天线前倾 Δy ，下天线前倾 $2\Delta y$ ；若前坡为下坡，则下天线为基准，中天线前倾 Δy ，上天线前倾

2 Δy 。通过调整天线与槽钢之间的连接螺栓可以调整天线的倾斜，调整时通过移动连接螺栓之间的两个螺帽对天线井字架与铁塔之间的距离进行调整，实现天线的前后倾斜。

工艺检验：

用长水平尺分别对每个天线单元垂直度和水平度进行检验和校准。用钢尺对每个天线的挂高、偏置和前倾进行检验与校准，可以借助于经纬仪对天线偏置进行调整和测量，将测量结果填入附表 9 中。

1.4 天线系统接地

下滑天线系统的接地系统应按照设备厂家的安装手册、台站施工设计以及台站建设的相关指导规范等技术要求进行，本规范中不再另行说明。

1.5 电缆铺设

工序及质量要求：

完成天线振子安装后，进行天线系统的电缆铺设。电缆铺设前检查射频电缆的物理和电气长度，避免存在异常情况，铺设过程中注意电缆保护和清洁。

工艺步骤：

按照先安装管线箱槽、后进行电缆铺设的原则。

- 1) 安装下滑天线振子的电缆线槽。
- 2) 射频电缆铺设前应仔细检查电缆无明显损伤，电缆标志清楚正确，电缆头安装牢固，无松动；分别检查天线系统所有射频电缆的物理和电气长度，检查电缆头与电缆连接可靠紧固，避免存在异常情况，必要时按照电气等长对同一组类型电缆进行修剪；确保所有射频电缆的物理、电气长度和绝缘性正常。将电缆的电气长度值记录。
- 3) 电缆铺设中不能损伤电缆，电缆如需弯曲，弯曲半径不能小于电缆直径的 15 倍或小于 15 cm，两者采用大的数值。天线振子馈电电缆应外形美观，减少弯曲，帮扎固定牢固，布线位置应整齐划一，且不影响人员在天线塔上的维护和检测操作。
- 4) 下滑天线电缆进入设备间的管路位置及高度应确保雨水不会倒灌流入设备间。
- 5) 天线振子馈电电缆应严格按照天线上标示连接，如：A1、M1 接入下天

线，A2、M2 接入中天线，A3、M3 接入上天线。

6) 在室外电缆进入室内后，应就近用防雷浪涌保护器进行等电位连接。

7) 障碍灯电源线应采用两芯多股铜芯线，铜芯线截面积应不小于 1.5mm^2 ，并留有适量余线以方便维护，电源线应沿机房内线槽铺设，避免与射频电缆交叉以减少彼此间的电磁干扰，并做好标签。

工艺检验：

对线槽或管线安装的牢固性进行检查，对电缆铺设的路径和弯曲半径做检查测量，对天线系统的室外接地进行检查，应符合设计和施工要求。电缆的电气长度测量值以后续测量结果为准。将检查结论记录到附表 10 中。

2 室内设备安装

2.1 机柜安装

工序及质量要求：

要求机柜安装水平，可靠固定，目视无倾斜，机柜周围预留操作空间，便于内部安装和以后维护；如设备机柜需挂墙安装，墙面无法承载机柜重量时需采用相应的加固措施。线路及线槽（线架）布局合理、避免相互干扰和影响，等电位带连接可靠，材料和规格满足设计和厂家要求，各连接接头应连接紧固，板件模块的开关设置与跳线连接与设备类型、配置、功能等相符合。

室内设备的安装应符合民航导航台站建设相关指导规范和国内相关行业电信设备抗震设计施工规范及台站设计的要求。

工艺步骤：

主要包括设备机柜安装、机柜线缆连接、内部模块开关和跳线设置、合装设备设置、天线分配单元安装、监控混合单元安装等环节。机柜就位后应及时把机柜接到等电位带上，接地线规格应符合设备的技术要求；机柜的馈电输出端和监控信号输入端应加装馈线避雷器，遥控信号输入端应加装信号避雷器。

工艺检验：

按要求将相关检查情况填入附表 11 中。

2.2 主电源及电池组连接

工序及质量要求：

电力电缆线间和线地之间绝缘电阻不小于 $0.5\text{M}\Omega$ ，电力电缆头接地线和截

面积符合设计要求，芯线与设备的链接符合设计要求，连接紧密可靠，电线回路标志清晰，编号准确。

电池规格型号符合设计要求，正负端柱极性和电压检查准确，符合国家规范。

工艺步骤：

根据设计图纸，将稳压器、UPS、直流电池组安装到机房内指定位置，将UPS 电池组接至 UPS，UPS 输出接至配电箱、从工艺配电箱接通交流电源至设备，直流电池组接至设备电池输入端。检查 UPS 电池组的直流电压及 UPS 输入电压，UPS 开机后，使用万用表检查 UPS 输出电压，测量备用电池组电压。

工艺检验：

电力电缆线间和线地之间绝缘电阻填入附表 11 中；将 UPS 输出电压和电池组输出电压测量结果填入附表 11 中。

3 设备电气调试

电气部分的调整，实际涵盖设备内部参数即发射机调整、天线分配单元分配关系的验证及调整、发射及监视电缆电气长度调整、天线振子性能检测、发射-监视回路调整等工作，其目的是使得各个天线振子按照理论设计的幅度和相位关系馈送相应比例的电信号，以在空间形成特定关系的电场场型。因此，电气调整均需对两部发射机分别调整，每一个步骤都有对应的幅度和相位上的容限要求。

所用仪表和工具：通过式功率计（含 1W、10W 下滑频率探头）、示波器（双通道，具有延时触发功能）、外场测试仪（PIR）、3 个 50Ω/10W 假负载、TNC 和 SMA 移相电缆头、1 个 3dB 功率分配合成器、2 个 SBO 输出衰减器（30dB/10W）、1 根 0.5m 长的射频测试电缆（SMA-SMA 弯头以及 SMA 转换头）。

工序及质量要求：

在全面完成天线系统安装、机房设备安装工作，并完成了阶段验收且合格的情况下，开始进行本部分工作内容。本部分工作所涉及的调整应符合各阶段性验收的质量要求。

工艺步骤：

设备的电气调整包括以下步骤，应按先后顺序进行：

- 1) 开机准备；
- 2) 发射机调整；
- 3) 天线系统调整；
- 4) 监视器调整；
- 5) 控制功能验证。

不同厂家型号设备的电气调试方法有所差异，本规范正文归纳了统一的操作规范，当前国内普遍采用的 Normarc7000B 系列和 Thales420 系列仪表着陆系统设备的相关操作细节在附件中提供，其他系列设备操作过程可以参照执行。

工艺验收：

检查工艺施工步骤符合操作规范要求，各阶段调整结果符合指标要求，记录阶段性验收的相关数据。

3.1 开机前准备

开机准备是确保设备电气调试安全的必要环节，必须严格执行。主要包括以

下几个步骤：

- 1) 设备 UPS 电源连接及测试；
- 2) 零地电压测试（应小于 4 伏）；
- 3) AC/DC 输出电压测试；
- 4) 电池输出电压测试；
- 5) 各模块跳线检查确认（与设备类型、配置、响应逻辑、功能等相符）；
- 6) 机柜、天线系统各部件、电缆及插槽电气连接完好性检查。

在此项目中，建议通过重新拔插、断开线路再连接、紧固机柜及天线系统中各种连接接头、固定螺栓、电气接口等方式，排除设备在运输或搬动过程中产生的损坏或接触不良等隐患。将检查结果填入附表 12 中。

3.2 发射机调整

发射机调整主要是对发射机相关输出参数进行调整，以保证设备输出射频信号在送入天馈线系统之前，符合要求值，需要测试及调整的参数主要包括：

下滑航道及余隙发射机信号频率；

下滑航道及余隙发射机信号功率；

下滑航道及余隙 CSB/SBO 信号波形及参量。

具体步骤和方法因设备型号差异有所不同，详见相关附件。将各项测量结果填入附表 13 中。

3.2.1 下滑航道及余隙发射机信号频率测量调整

测量方式与航向相同，测量设备的频率容差均不得超过 $\pm 0.002\%$ ，两载波的频率间隔应不小于 4kHz 且不大于 32kHz。

3.2.2 下滑航道及余隙发射机信号功率测量调整

功率测量可以通过在机柜输出端口与输出馈线之间串接功率计来实现，注意在负载端连接有效匹配负载。功率调整可通过软件相关窗口进行设置。

3.2.3 下滑航道及余隙 CSB/SBO 信号波形及参量测量调整

通过测量调制信号或射频包络检波信号，判断信号波形的正确性，必要时可通过相关调整器件或程序调整窗口进行校正。

将机柜顶部的航道/余隙信号输出端串接 20dB 定向耦合器，定向耦合器的输出接匹配假负载，定向耦合器的耦合输出再经 20dB~40dB 衰减器接入外场测试

仪（或将机柜输出信号经 40dB~60dB/50W 的衰减器后接入外场测试仪），测量设备输出端航道 CSB 与余隙 CSB 的 DDM、SDM 及 RF Level 值，必要时进行调整使其符合信号指标要求。

3.3 天线系统调整

天线系统调整主要包括天线发射电缆测量调整，天线监视电缆测量调整（发射-监视回路电缆传输测量调整）、天线振子回波损耗测量、M 型下滑天线分配网络测量调整、航道 CSB/SBO 相位调整、航道 SBO 幅度预置等步骤。

测量信号可采用台站批复的中心频率，或直接采用去调制的下滑航道或余隙发射机输出耦合信号。将各项调整测量结果填入附表 14 中。

3.3.1 天线发射电缆修剪

发射射频电缆是指从设备输出端或天线分配单元至下滑天线振子的射频同轴电缆，下、中、上天线对应的 A1、A2 和 A3 馈线电缆传输电气长度应一致；通过传输测量方法（S21）测试，传输相位相对误差容限为 $\pm 2^\circ$ ，幅度误差不得超过 $\pm 0.5\text{dB}$ ，必要时应通过修剪电缆达到要求。

3.3.2 天线监视电缆修剪（发射-监视回路电缆传输测量调整）

监视射频电缆是指从天线振子至监视混合网络之间的射频同轴电缆。测量从天线发射电缆在机房一端的端口起始，经发射电缆传输至天线振子中发射与监视耦合电路，再经监视电缆至机房一侧端口终止，三个天线对应的三个不同路径电气长度应一致，即 A1-M1、A2-M2、A3-M3 路径电气长度一致，通过传输测量方法（S21）测试，传输相位相对误差容限为 $\pm 2^\circ$ ，幅度误差不得超过 $\pm 0.5\text{dB}$ ，必要时应通过修剪电缆达到要求。

3.3.3 天线回波损耗测量

通过矢量电压表或矢量网络分析仪对每个天线振子进行回波损耗测量，确保天线振子具有良好的匹配性；回波损耗或反射衰减量一般优于-30dB，最低不得劣于-20dB。

3.3.4 M 型下滑天线分配网络测试

对于采用标准的下滑分配网络的设备，可通过矢量电压表或矢量网络分析仪对天线分配网络的输入、输出信号关系进行测量，确保航道 CSB、航道 SBO、余隙等输入信号分别与对应上中下三个天线的输出信号之间，具有正确的幅度和

相位分配关系，必要时应通过相关幅度或相位调整元件对分配关系进行调整和校准。

表 1 标准 M 型下滑天线分配网络关系

CSB 做输入	幅度/容限	相位/容限
上天线	\	\
中天线	-6.0dB/±0.2dB	180°/±2°
下天线	0.0（基准）	0°/±2°
SBO 做输入	幅度/容限	相位/容限
上天线 *	-6.0dB/±0.2dB	180°/±2°
中天线	0.0（基准）	0°/±2°
下天线 *	-6.0dB/±0.2dB	180°/±2°
CLR 做输入	幅度/容限	相位/容限
上天线	0.0（基准）	0°/±2°
中天线	\	\
下天线	0.0±0.2dB	0°/±2°
*：上下天线之间幅度、相位差异应控制在（含）±0.1dB、±2°之内。		

对于某些非标准型下滑分配网络的设备，上述分配关系的测量和调整将会与航道 CSB/SBO 相位，以及各天线间信号关系调整等步骤混合进行，最终在天线端达到同样的信号关系结果。

3.3.5 航道 CSB/SBO 相位调整

在 3.3.1 至 3.3.5 步骤完成并满足规范的情况下，可以选择中天线或下天线的馈电耦合信号，通过测量信号的 DDM 值辅助判断，完成两部发射机的 CSB/SBO 相位调整。

测试调整时，在对应发射机输出通道中通过软件设置加入 90 度电气长延迟或直接串入对应于该工作频率的 90 度电气长的传输线，航道发射机的 CSB、SBO 信号幅度设置选择厂家默认值，不可出现幅度为零的情况。用外场测试仪测量中天线或下天线的馈电耦合信号，或者直接测量监视混合网络的 M2 或 M1 输入信号，通过调整航道 SBO 相位设置，使得测试信号的 DDM 值尽量靠近零值。（可以折中 M1、M2 的结果。）去除加入的 90 度电气延迟或传输线后，测试信号的

DDM 绝对值应达到最大, 同时 90Hz 占优, 因此确定航道 SBO 相位。如果 150Hz 占优, 则应在前 SBO 相位设置的基础上改变 180 度后获得正确相位。

3.3.6 SBO 幅度预置

将外场测试仪连接到下天线馈电信号耦合输出端口, 如选择测量 M1 信号, 调整对应发射机的 SBO 幅度设置元件或软件参量, 使 DDM 达到某一计算值。该 DDM 值的计算公式如下:

$$DDM = \frac{-11.67\%(\theta_0 - FSL)}{\theta_0}$$

式中:

θ_0 是下滑角, 单位度;

FSL 是前向坡度, 下滑天线前为降坡时 FSL 为负值, 单位度。

注: 如果选择 M2 信号, 则其 DDM 值应为对应 M1 的 4 倍。

3.4 监视器调整

监视器调整包括: 监视信号混合电路调整、近场监视信号调整、备用发射机耦合信号调整、监视器校准及归一化调整、监视器告警门限设置等。

3.4.1 监视信号混合电路调整

仪表着陆系统直接把三个天线振子发射耦合信号送入监视混合单元进行信号合成直接产生下滑位置、下滑宽度、余隙等信号, 或者把三个天线振子发射耦合信号、近场监控、和备机发射机的射频信号送到相应的混合电路进行变频和混合后合成为所需的下滑位置、下滑宽度、余隙等信号。

在电路调整中, 通过对监视信号混合电路可调元件的调整或者改变传输线长度等方法, 确保输出的下滑位置信号 DDM 为零, 下滑宽度信号 DDM 为 8.75%, 余隙信号 DDM 一般不小于 38%; 或者输出的中间信号 CSB、SBO 信号为标准信号。将调整结果记录到附表 15 中。

3.4.2 近场监控天线位置确定和调整

在飞行校验合格后, 当近场监视天线设置在正确位置时, 其接收的近场航道位置信号 DDM 值为零。

首先通过公式计算出近场监视天线的理论距离和挂高, 并通过外场测试仪实际测量和验证并确定近场监视天线的准确位置, 再将近场监控天线支撑杆临时固

定于确定的位置，将监视天线设置在预定位置。通过矢量电压表检查下滑上、下天线与近场监视天线间的相位关系，应为 $180^\circ \pm 10^\circ$ ，用外场测试仪接下滑监视天线，微调天线位置使 DDM 值为 $0 \pm 0.1\% \text{DDM}$ 。以此确定监视天线的水平和竖直位置，制作天线基础并永久固定天线支柱。

近场天线的位置（到下滑天线的距离）和高度公式分别为：

$$D_m = \frac{4h^2}{\lambda} - \lambda; \quad H_m = h - \frac{3\lambda^2}{32h}$$

式中：

h 是下滑天线挂高，单位米；

$\lambda = c/f$ (c 为光速， f 为下滑频率)，单位米。

3.4.3 监视器校准及归一化调整

通过监视器校准实现监视信号处理电路中的航道位置、航道近场、航道宽度、余隙等各路信号的输入、输出以及各个中间节点信号幅度或结构比例达到电路设计的标准值，通过归一化调整使监视信号的电平幅度、调制度和等参数表现统一，以实现信号的标准化。归一化调整是在监视信号校准完成的基础上进行。将最终的结果填入附表 16。

3.4.4 监视器告警门限设置

针对每一路监视信号的信号电平幅度、调制度和 SDM、调制度差 DDM 等参量的允许变化范围界限进行预设置，同时设定告警延时等控制参量。

监视器告警门限最终应依据飞行校验结果设定，主要包括如下参数：

- 1) 下滑整体及近场监视航道位置 DDM 告警门限（对应航道校直告警）；
- 2) 下滑航道宽度 DDM 告警门限（对应下滑道宽/窄宽度告警）；
- 3) 余隙宽度 DDM 告警门限（下限不低于 $190\mu\text{A}$ ，上限可对称设置）；
- 4) 各通道信号射频电平告警门限，（对应功率下降 1dB 或 3dB 设告警，以实际飞行校验操作选值为准）；
- 5) 各通道信号 SDM 告警门限（偏离标称值不大于 3%）；
- 6) 告警延时，按 CAT I: 3s、CAT II / III: 1s、近场监视: 20s。
- 7) 电瓶监控门限，设置电瓶低电压保护启动电压。

3.5 控制功能验证

设备发射机、监视器、天线系统调整完毕后，对设备进行功能性验证。

- 1) 分别打开 1、2 号发射机的航道和余隙发射机，验证开关机功能；
- 2) 验证设备的换机功能；
- 3) 验证主备机接天线的功能；
- 4) 验证设备遥控/本地和手动/自动以及写保护功能；
- 5) 改变监视器参数使得监视器预警，验证设备是否能够因参数告警自动换机和关机；
- 6) 切断市电，验证设备转为电瓶供电功能；
- 7) 切断市电情况下，将电瓶放电到电平值低于预警值，验证设备低电平值时自动关机功能；（电瓶最低电压值的选择应参考电瓶厂家提供的放电参数指标）。

第五章 附则

1 本规范自发布之日起施行。

2 本技术规范在制定过程中依据和参考的国际、国内相关技术标准、规章和规范性文件包括：

ICAO 附件 10《航空电信》；

ICAO Doc.8071《无线电导航设备测试手册》；

CCAR-85-R1《民用航空导航设备开放与运行管理规定》；

CCAR-86《民用航空通信导航监视设备飞行校验管理规则》；

CCAR-158《民用机场建设管理规定》；

CCAR-165《民航专业工程质量管理规定》；

IB-TM-2010-004《民用航空导航台建设指导材料》；

AP-86-TM-2014-001《民用航空通信导航监视设备飞行校验组织与实施工作细则》；

GB6364-2013《航空无线电导航台站电磁环境要求》；

MH/T 4003.1-2014《民用航空通信导航监视台（站）设置场地规范 第 1 部分：导航》；

MH/T 4006.1-1998《航空无线电导航设备 第 1 部分：仪表着陆系统(ILS)技术要求》；

MH 2003-2000 《飞行校验规则》;

MH/T 4020-2006 《民用航空通信导航监视设施防雷技术规范》;

YD 5059-2005 《电信设备安装抗震设计规范》。

附件 1: Thales420 设备安装调试及验收规范

一 航向信标

1 天线系统安装

参见正文中第二部分第 1 章的内容。

2 室内设备安装

参见正文中第二部分第 2 章的内容。

3 设备电气调试

3.1 开机准备

参见正文中第二部分 3.1 章节的内容。

3.2 发射机调整

调整前，在计算机终端上安装 ADRACS 软件对设备参数进行配置。通过 ADRACS 备份 SITE 等配置文件，并对台站信息进行配置，如冷热备份等，软件设置要与 ECU 的 SW1 跳线设置要一致。

3.2.1 航道及余隙发射机频率测量调整

参见正文中 3.2.1 章节的内容。

3.2.2 航道及余隙发射机输出功率测量调整

功率测量可以通过在机柜输出端口与输出馈线之间串接功率计或者 PIR 来实现，注意在负载端连接有效匹配负载。Thales420 系列设备功率的调整是通过在 Adracs 软件中设置来完成的，如图 8 所示。在这一部分的调整时，如有需要验证功放的性能，可通过测量不同幅度下航道 SBO 和余隙 SBO 的功率计实际读数来验证。

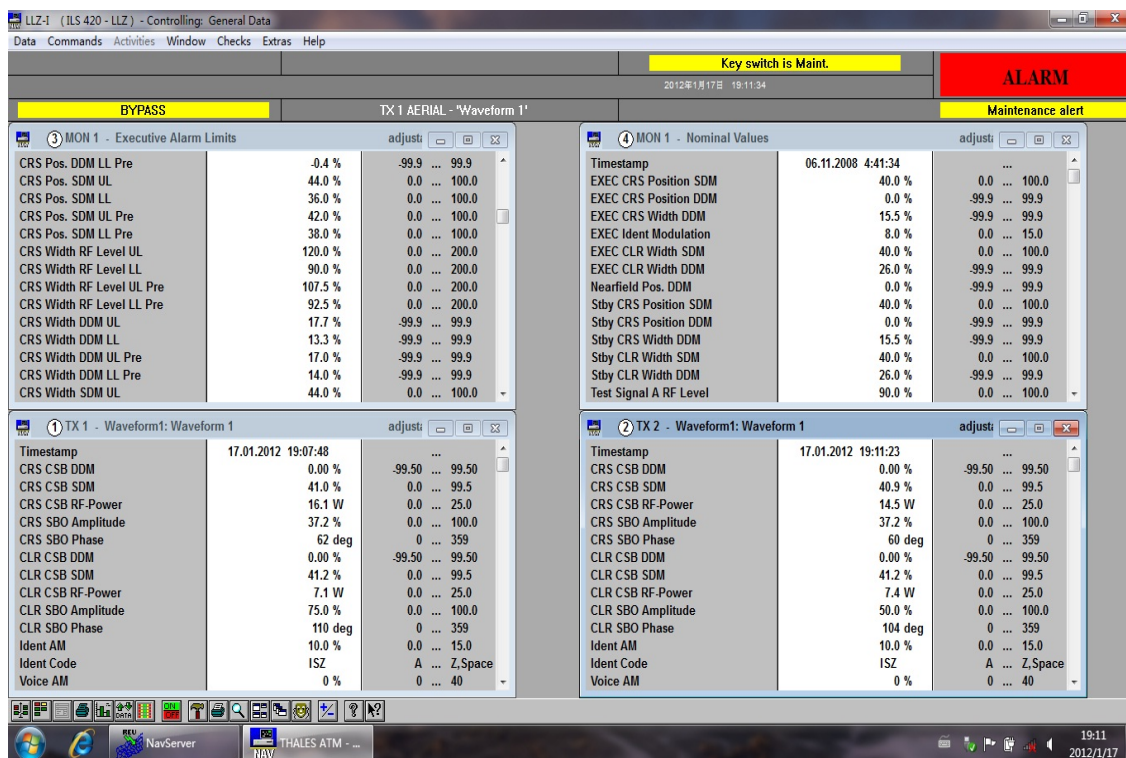


图 8 THALES421 发射机设置窗口

3.2.3 航道及余隙 CSB 信号参数测量调整

与频率测量的方法相同，将机柜顶部的航道/余隙信号输出端串接 20dB 定向耦合器，定向耦合器的输出接匹配假负载，定向耦合器的耦合输出再经 20dB~40dB 衰减器接入外场测试仪（或将机柜输出信号经 40dB~60dB/50W 的衰减器后接入外场测试仪），测量设备输出端航道 CSB 与余隙 CSB 的 DDM、SDM 及 RF Level 值，必要时进行调整使其符合信号指标要求。DDM、SDM 值同样可通过 Adracs 软件进行参数设置完成。

3.3 天线系统调整

3.3.1 机柜到天线分配单元射频电缆修剪

对于 Thales 420 设备，机柜到天线分配单元射频电缆是由三段电缆复接而成（RG223+Cellflex 1/2+ Cellflex 1/4），为了保证上述电缆电气长度一致，必须进行整体电气长度测量，通过修剪 Cellflex 1/2 电缆，实现航道 CSB、航道 SBO、余隙 CSB、余隙 SBO 电缆电气等长，传输相位误差小于 $\pm 1^\circ$ ，幅度误差小于 $\pm 0.5\text{db}$ 。

3.3.2 天线分配单元测试

参见正文中第二部分 3.3.2 章节的内容。

3.3.3 天线分配单元到天线馈电电缆修剪

参见正文中第二部分 3.3.3 章节的内容。

3.3.4 天线回波损耗测试

参见正文中第二部分 3.3.2 章节的内容。

3.3.5 航道/余隙发射机 CSB/SBO 初步定相

除了正文中叙述的步骤外，还需：进行航道 CSB /SBO 定相时，须将航道发射机 CSB 输出功率设为 15W，SBO 输出幅值暂时设为 50%，关闭余隙发射机；进行余隙 CSB /SBO 定相时，须将余隙发射机 CSB 输出功率设为 7.5W，SBO 输出幅值暂时设为 50%，关闭航道发射机。

3.3.6 天线对配相测试

参见正文中第二部分 3.3.6 章节的内容。

3.3.7 CSB/SBO 最终定相

最终定相是在天线对配相测试完成后进行，操作方法与初始定相一致。

3.3.8 SBO 幅值预置

参见正文中第二部分 3.3.8 章节的内容。

3.3.9 外场测试

参见正文中第二部分 3.3.9 章节的内容。

3.3.10 天线到监视混合电缆传输测试

参见正文中第二部分 3.3.10 章节的内容。

3.4 监视器调整

在发射机和天线系统信号发射部分的所有调试工作完成后，必须对监视器系统进行校准及告警门限初步设置，待投产飞行校验时，随着各项校验科目的实施进程，应逐项进行已校验通过科目所对应信号通道的最后校准和门限设置。前后两个阶段的工作方法和程序是相同的，其主要步骤包括：监视信号混合处理电路调整（即 SOAC 单元调整）、监视器校准和归一化调整、监视器告警门限设置等。

3.4.1 监视信号混合处理电路调整

Thales420 系列仪表着陆系统直接把各个天线振子发射耦合信号送入混合单元 CU，在 CU 中进行信号合成产生 CSB、SBO、CLR 监视信号，并送至 SOAC 单元。

正常情况下，CU 输出的 CSB 信号 DDM 值为 0；否则，说明来自各个天线

的 CU 输入信号中部分存在明显的相位误差,可以通过尝试调整某个或多个输入电缆电气长度进行改善。

航向信标 SOAC 单元的作用主要是处理来自天线混合单元、近场监视和备份发射机的 7 路射频信号,并把它们合成为航道位置、航道宽度、余隙以及其他多路监视信号,送至监视器处理,如图 3-4 所示。

1) 天线混合与近场监视信号调整

在 SOAC 单元的上天线通道,输入的四个信号 CRS CSB、CRS SBO、CLR 及近场监视信号首先分别通过输入衰减、混频滤波、信号合成等处理环节进行处理与合成。设置衰减器的衰减量,可以对输入射频信号电平在-25dB--+15dB 的动态范围内进行粗调、校准(如航道 CSB 通道的 JP16、JP17 和 JP18、JP19),;射频信号在混频滤波电路完成下变频,变频为 8KHz 载波的中频信号,可通过相应电位器实现中频信号幅度的校准(如航道 CSB 通道的 R90,在 TP16 测试点测量中频信号。).

为了得到标准的 CRS Posn、CRS Width、CLR Width 和 NFM Posn 监视信号,需要分别做如下调整:

I. CRS Posn 直接由 CRS CSB 得到,把示波器测试端子和地线端子分别接 TP51 和 TP59,通过 JP16、JP17 和 JP18、JP19 对输入信号幅度进行粗调,并最终通过精确调整 R90 和 R377,使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V;

II. CRS Width 由 CRS CSB、CRS SBO 合成得到:

首先,把示波器测试端和地线端分别接 TP63 和 TP59,通过调整 R379,使得示波器显示的波形峰峰值电压为 1.5V;把示波器测试端接 TP13,通过调整 JP7、JP8 和 JP9、JP10 和 R43,使得示波器显示的波形峰峰值电压为 0.16V。

其次,分别把示波器两个通道的测试端接 TP63 (CSB) 和 TP13 (SBO),以对比 CSB 和 SBO 的相对相位差,如图 9 所示,通过调整 R166 使得两者相位差为 180°,如果相位差无法达到 180°,可以通过在 CRS SBO 通道内部插入适度相位线后,再调整 R166 完成。注意:在调整 CSB 和 SBO 相位时观察 Adracs 软件监视器 CRS width DDM 值,以保证正确的占优方向。

然后,通过调整 R379 和 R383 来调整 SBO/CSB 信号幅度比例,改变 CRS width DDM 数值。

最后，把示波器测试端和地线端分别接 TP53 和 TP59，通过调整 R382，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V，确保该通道输出电平正确。

III. CLR Width 由来自 CU 的 CLR Width 信号得到，因此把示波器测试端子和地线端子分别接 TP39 和 TP59，通过 JP37、JP38 和 JP39、JP40 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过精确调整 R286 和 R343，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V；此通道相位调整可通过 R353 和 R345 实现，但一般 R353 在工厂已经调试完毕，现场不需做调整，R345 一般也不需要做调整，通常设置在电位器的中间位置。

IV. NFM Posn 由来自外场监视天线的 NFM Posn 信号得到，因此把示波器测试端子和地线端子分别接 TP41 和 TP59，通过 JP22、JP23 和 JP24 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过精确调整 R105，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V。

以上四个通道的调整，必须保证足够精确，如果调整不够准确，可能会导致后面的监视器归一化无法完成。当监视器归一化不能正确进行时，需重新逐步检查以上各步是否准确。

注意：对于调整两个中频信号之间的载波相位差，通常是把两个中频信号分别接入示波器 A、B 通道，并减小示波器时间基准把中频信号波形展开，如图 11 所示；通过调整相应的移相器，使得两个中频信号载波的波峰重合或者反向（取决于相位差为 0° 或者 180° ）。在这个相位比较过程中，推荐使用模拟示波器来进行测试，从 LGA 引出 TP11 口信号作为外部触发源，同时示波器选择外部触发方式测量，可调整示波器触发电平位置（Trigger Position），得到稳定显示信号。

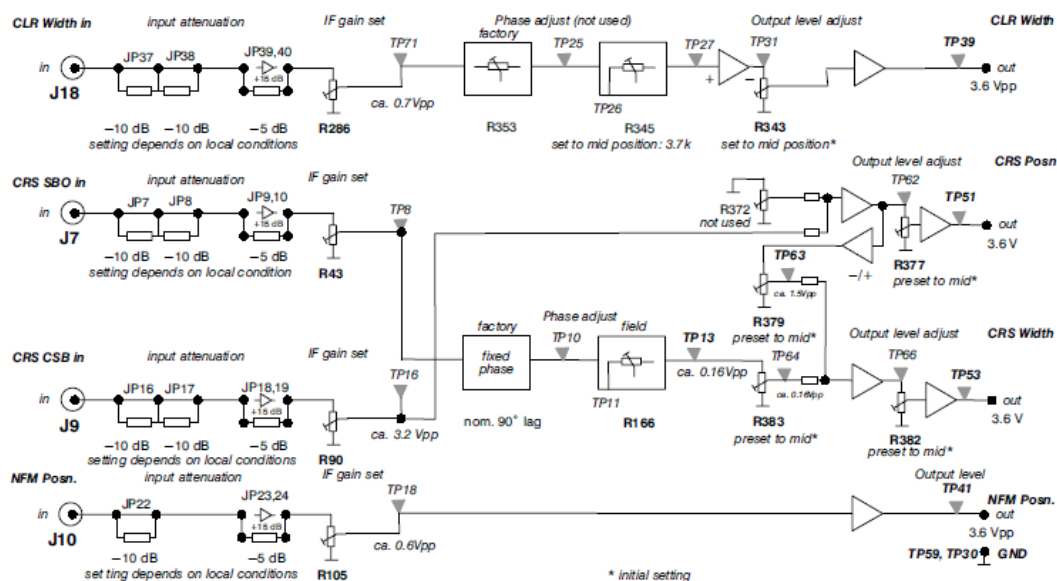


图9 SOAC 天线通道监控信号混合电路图

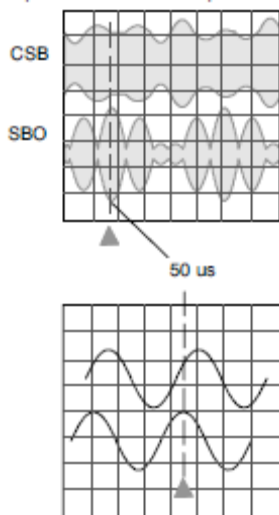


图10 CSB 和 SBO 相位测试

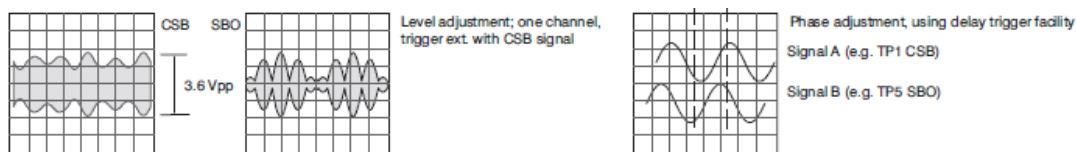


图11 两通道相位比较

2) 备用发射机耦合信号调整

除了监视天线辐射信号，Thales420 还对热备份工作的备用发射机输出信号进行监视，这通过对来自备机的 Stby CRS CSB、Stby CRS SBO、Stby CLR CSB、Stby CLR SBO 四个耦合取样信号进行合成处理实现的，如图 12。为了得到最终的 CRS Posn Stby、CRS Width Stby、CLR Width Stby 三个信号，需要分别做如下

调整:

I. CRS Posn Stby 由 Stby CRS CSB 得到; 把示波器测试端和地线端分别接 TP47 和 TP59, 通过 JP2 和 JP3 对输入信号幅度进行粗调, 并最终通过精确调整 R2, 使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V。此通道相位调整可通过 R123 实现, 但一般 R123 在工厂已经调试完毕, 现场不需做调整。

II. CRS Width Stby 由 Stby CRS CSB 和 Stby CRS SBO 合成得到; 调试步骤与 CRS Width 类似:

首先, 把示波器测试端和地线端分别接 TP72 和 TP59, 通过调整 R499, 使得示波器显示的波形峰峰值电压为 1.5V; 把示波器测试端接 TP4, 通过调整 JP4 和 JP5 和 R25, 使得示波器显示的波形峰峰值电压为 0.16V。

其次, 分别把示波器两个通道的输入端接 TP1 (CSB) 和 TP5 (SBO), 以对比 CSB 和 SBO 的相对相位差, 如图 10 所示; 通过调整 R136 使得两者相位差为 0° , 如果相位差无法达到 0° , 可以通过在 Styb CRS SBO 通道内插入适度相位线后, 再调整 R136 完成。注意: 在调整 CSB 和 SBO 相位时观察 Adracs 软件中 Styb CRS width DDM 值, 以保证正确的占优方向。

然后, 通过调整 R499 和 R25 来改变 SBO/CSB 幅度比例, 从而校准 Styb CRS width DDM 数值。

最后, 把示波器测试端和地线端分别接 TP49 和 TP59, 通过调整 R133, 使得示波器显示的输出信号波形峰峰值电压为 3.6V。

III. CLR Width Stby 由 Stby CLR CSB 和 Stby CLR SBO 合成得到, 调试步骤与 CRS Width 类似:

首先, 把示波器测试端和地线端分别接 TP20 和 TP59, 通过调整 JP26 和 JP27 和 R217, 使得示波器显示的波形峰峰值电压为 2.0V; 把示波器测试端和地线端分别接 TP22 和 TP59, 通过调整 JP28 和 JP29 和 R240, 使得示波器显示的波形峰峰值电压为 0.16V。

其次, 分别把示波器两个通道的输入端接 TP19 (CSB) 和 TP23 (SBO), 以对比 CSB 和 SBO 的相对相位差, 如图 12 所示; 通过调整 R318 使得两者相位差为 0° , 如果相位差无法达到 0° , 可以通过在 Styb CLR SBO 通道内插入适度相位线后, 再调整 R318 完成。注意: 在调整 CSB 和 SBO 相位时观察 Adracs 软件

中 Styb CLR width DDM 值，以保证正确的占优方向。

然后，通过调整 R217 和 R240 来改变 SBO/CSB 幅度比例，从而校准 Styb CLR width DDM 数值。

最后，把示波器测试端和地线端分别接 TP34 和 TP59，通过调整 R312，使得示波器显示的输出信号波形峰峰值电压为 3.6V。

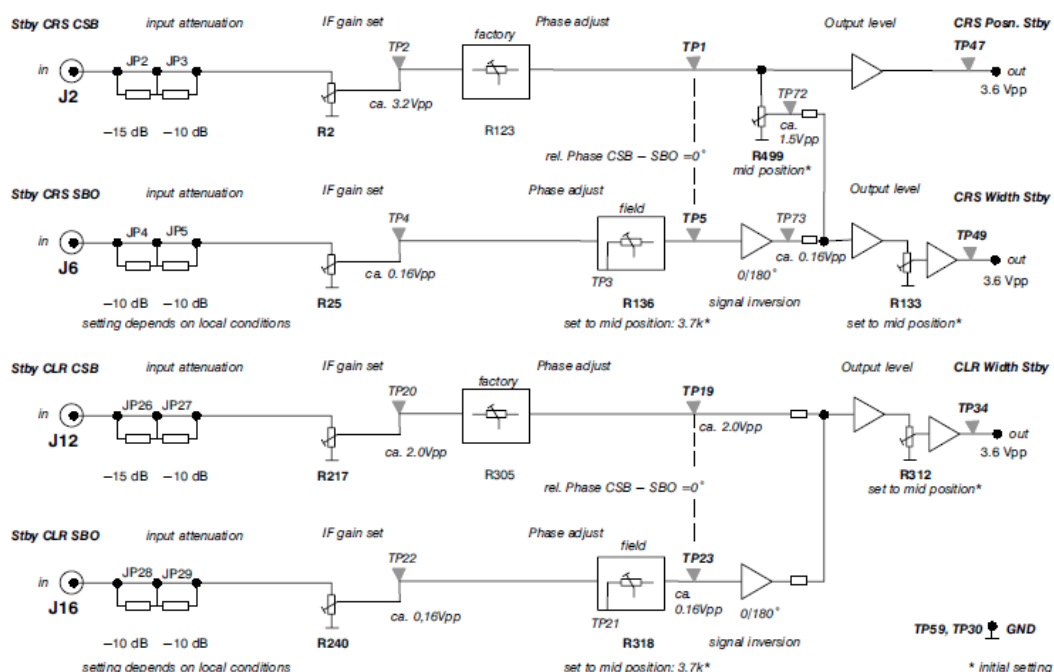


图 12 SOAC 备机通道监控信号混合电路图

将调整后的参数值填入附表 8 中。

3.4.2 监视器校准及归一化调整

完成对 SOAC 板调整后，在 Adracs 软件中对监视器软件部分进行监视器校准（Calibration）和归一化（Normalization）调整，以保证监视器能够工作信号进行有效监视。校准的目的是确保监视器对输入的标准格式信号进行正确的数值显示，这一过程通过 Adracs 软件的归一化处理功能来实现。图 11 和图 12 分别为监视器校准界面。

校准及归一化过程主要包括：标称值设定、信号校准以及监视器归一化等过程，以航道位置信号（CRS Position）为例：

- 1) 确定通道的输出信号幅度为 3.6V；
- 2) 选择“Nominal Values”，在 EXEC CRS Position DDM 和 EXEC CRS Position SDM 分别输入 0%和 40%；

- 3) 在工具栏 Command 中选择“Monitor Calibration”; 并选择“Executive CRS Pos.detector”, 最后执行 Program MON1/2, 如图 13。
- 4) 在执行完校准后, 进行“Monitor Normalization”, 选择“Executive CRS Pos.detector”, 最后执行 Program MON1/2, 如图 14。

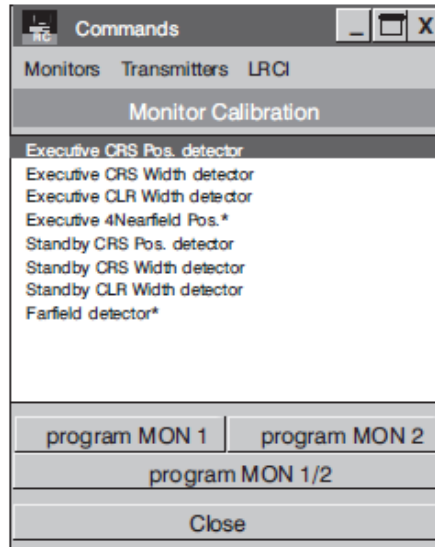


图 13 监控器校准菜单

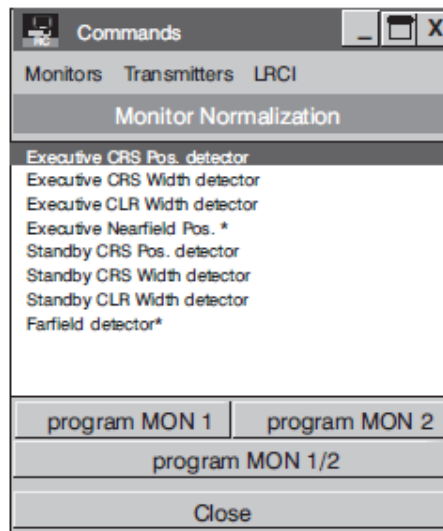


图 14 监控器归一化菜单

将最终的各项参数记入附表 9 中。

3.4.3 监视器告警门限设置

参见正文中第二部分 3.4.3 章节的内容。

3.5 控制功能验证

参见正文中第二部分 3.5 章节的内容。

二 下滑信标

1 天线系统安装

参见正文中第三部分第 1 章的内容。

2 室内设备安装

参见正文中第三部分第 2 章的内容。

3 设备电气调试

Thales GP422 下滑信标的调试方法与以往的设备有一些较大的差异，这主要是因为它采用了一种改进型的 M 型下滑信标天线系统--Active M 型天线。这种天线系统与标准 M 型天线相比，它馈送至各个天线振子的信号发生了变化，因此在空间合成下滑道的方式也有所不同。下面将首先简单介绍一下 Active M 型天线的基本原理，然后详细描述 Thales GP422 下滑信标的调试方法。

Active M 型天线系统之所以与标准 M 型下滑天线系统有所区别，关键在于他们馈送至各个天线振子的信号发生了变化。对于标准 M 型天线下滑信标来说，CSB 信号通过天线分配单元后分别送至中天线和下天线，SBO 信号通过天线分配单元后分别送至上天线、中天线和下天线，余隙信号通过天线分配单元后分别送至上天线和下天线。而对于 Active M 型天线下滑信标来说，它的信号分配关系发生了相当的变化。CSB 信号与标准 M 型一样，还是馈送至 A1、A2，但是馈送信号的却是两个分别产生的信号 CSB1、CSB2，且它们的 DDM 值分别为 -11.67%和-46.67%（对于 3°下滑角）；SBO 信号只在 A3 上发射，它们在空间上的合成，构成 3°下滑角。余隙信号馈送方式与标准 M 型下滑天线系统一致，分别馈送至 A1 和 A3 天线。

表 2 标准 M 型与 Active M 型天线信号分配关系对比

标准 M 型	CSB		SBO		CLR	
	幅度 (dB)	相位 (°)	幅度 (dB)	相位 (°)	幅度 (dB)	相位 (°)
上天线 A3	-	-	-6.0	180	0.0	0
中天线 A2	-6.0	180	0 (Ref)	0	-	-
下天线 A1	0.0 (Ref)	0	-6.0	180	0.0	0
Active M 型	CSB		SBO		CLR	

	幅度 (dB)	相位 (°)	幅度 (dB)	相位 (°)	幅度 (dB)	相位 (°)
上天线 A3	-	-	0 (Ref)	180	0.0	0
中天线 A2(CSB2)	-6.0	0	-	-	-	-
下天线 A1(CSB1)	0.0 (Ref)	0	-	-	0.0	0

图 15 描述了标准 M 型和 Active M 型下滑天线系统各天线振子辐射场型。从图中可看出，在 3° 下滑角时，中天线 CSB2 信号为射频零点，在没有 SBO 信号的情况下，这时的 DDM 值为下天线辐射的 CSB1 的 DDM 值，即-11.67%，为了得到下滑道的所需的 0 DDM 值，需要在上天线线中馈以一定幅度的 SBO 信号以便在下滑角度与 CSB1 进行空间调制，得到一个+11.67%的 DDM 值来中和 CSB1 的 DDM。因此，通过改变中线挂高、CSB1 的 DDM 值设置和 SBO 的幅度大小，均可以对下滑角进行调整。

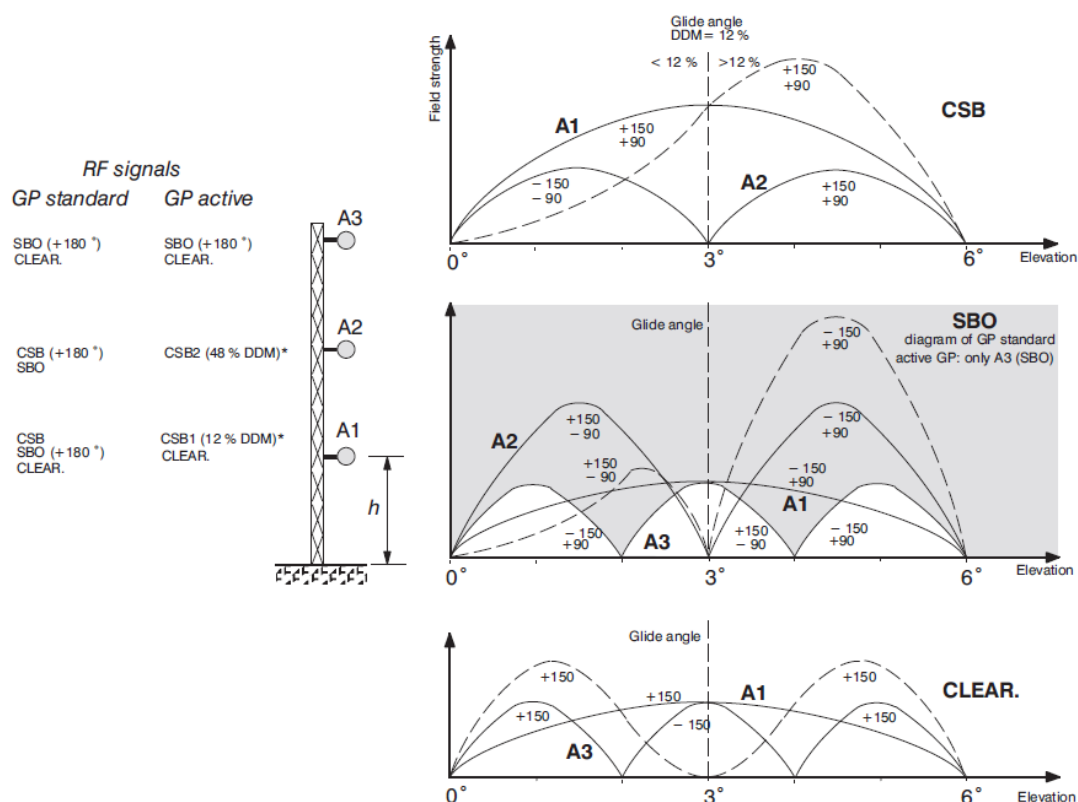


图 15 标准 M 型和 Active M 型下滑天线系统各天线振子辐射场型

3.1 开机前准备

参见正文中第三部分 3.1 章节的内容。

3.2 发射机调整

在 THALES420 设备进行电气调试前，需在计算机终端上安装 ADRACS 软

件，以便对设备参数进行配置。通过 ADRACS 软件后上载 SITE 等配置文件，并对台站信息进行配置，如冷热备份等，软件设置要与 ECU 的 SW1 跳线设置要一致。将此部分的调整测量结果填入附表 17 中。

3.2.1 下滑及余隙发射机频率测量调整

参见正文中第三部分 3.2.1 章节的内容。

3.2.2 下滑及余隙发射机输出功率测量调整

功率测量可以通过在机柜输出端口与输出馈线之间串接功率计或者 PIR 来实现，注意在负载端连接有效匹配负载。Thales GP422 系列设备功率的调整是通过在 Adracs 软件中设置来完成的。测量功率时，应先将 DDM、SDM 均设为 0。软件中设置的功率值与实际输出值通常差异较大，因此在进行功率设置的时候，需要借助功率计或 PIR，以仪表的测量数值为准，将 CRS CSB1 输出功率调到仪表指示测量值为 2.0W 即可，同时记录软件设置值、仪表测量值和软件测量值。

在 CSB1 已设置好的基础上，CSB2 的功率应比 CSB1 的功率低 6dB，CLR A1/A3 的功率应比 CSB1 的功率低 12dB。由于 CLR 的功率设置太低时，MODPA 的输出不够稳定，因此在 CLR 的 MODPA 输出端通常需要串入 6dB/10W 或 9dB/10W 的衰减器，这样在软件中就可对 CLR 的 MODPA 设置较高的数值。测量 CLR 在 A3 的功率时，CRS SBO 的幅度应设置为 0，同理，在测量 CLR 在 A1 的功率时，CSB1 也应先设为 0。

上述功率的测量，应在输出到三个天线的馈线之前测量，也就是说在机柜顶上 A1、A2、A3 输出口处进行测量。

3.2.3 下滑及余隙 CSB 信号参数测量调整

在机柜的下滑和余隙的 CSB 和 SBO 输出端口串接 20dB 定向耦合器，定向耦合器的输出接匹配假负载，定向耦合器的耦合输出再经 20dB~40dB 衰减器接入外场测试仪（或将机柜输出信号经 40dB~60dB/50W 的衰减器后接入外场测试仪），读出设备输出端下滑 CSB 与余隙 CSB 的 DDM、SDM 及 RF Level 值。通过 Adracs 软件微调 DDM、SDM，使其符合理论值要求。

如果天线、发射和监视电缆已经正常连接，则 DDM、SDM 的测量可用 PIR 接在监视电缆处进行测量，不需要加衰减器或定向耦合器。

测量 A1 的 CSB1 时，需要将 CLR 的功率设为 0。先设置 SDM、DDM，使

PIR 测量值为 80.0%和 0.0%，记录此时的设置值，该值在后续的调相过程中还需要反复利用。再根据实际下滑反射面的前向坡度 FSL，对照表 6-3 进行 DDM 值的设定，例如对应 0° 的 FSL，A1 的 CSB1 DDM 值应为-11.67%(90Hz 占优)，同理，A2 的 CSB2 的 DDM 为-46.67%(90Hz 占优)。A2 的 CSB2 设置时，也需要记录使 DDM 为 0.0%时设置值，以备后用。

进行 CLR 的 SDM、DDM 设置时，须将 CRS SBO 幅度设为 0。设置 SDM、DDM 使 PIR 读数为 80%、30%（150Hz 占优）。

表 3 不同坡度下 CSB1、CSB2 DDM 调整值对照表

Forward Slope [°]	Res. Glide Angle [°]	DDM (A2) [μA]	DDM (A1) [μA]	DDM (A2) [%]	DDM (A1) [%]
-1	4	533,5	133,4	62,24	15,56
-0,9	3,9	520,1	130,0	60,68	15,17
-0,8	3,8	506,8	126,7	59,13	14,78
-0,7	3,7	493,4	123,4	57,56	14,39
-0,6	3,6	480,1	120,0	56,01	14,00
-0,5	3,5	466,8	116,7	54,46	13,62
-0,45	3,45	460,1	115,0	53,68	13,42
-0,4	3,4	453,4	113,4	52,90	13,22
-0,35	3,35	446,8	111,7	52,13	13,03
-0,3	3,3	440,1	110,0	51,35	12,84
-0,25	3,25	433,4	108,4	50,56	12,64
-0,2	3,2	426,8	106,7	49,79	12,45
-0,15	3,15	420,1	105,0	49,01	12,25
-0,1	3,1	413,4	103,4	48,23	12,06
-0,05	3,05	406,8	101,7	47,46	11,87
0	3	400	100,0	46,67	11,67
+0,05	2,95	393,4	98,4	45,90	11,47
+0,1	2,9	386,8	96,7	45,13	11,28
+0,15	2,85	380,1	95,0	44,35	11,09
+0,2	2,8	373,4	93,4	43,56	10,89
+0,25	2,75	366,8	91,7	42,79	10,70
+0,3	2,7	360,1	90,0	42,01	10,50
+0,35	2,65	353,4	88,4	41,23	10,31
+0,4	2,6	346,8	86,7	40,46	10,12
+0,45	2,55	340,1	85,0	39,68	9,92
+0,5	2,5	333,5	83,4	38,91	9,73
+0,6	2,4	320,1	80,0	37,35	9,34
+0,7	2,3	306,8	76,7	35,79	8,95
+0,8	2,2	293,5	73,4	34,24	8,56
+0,9	2,1	280,1	70,0	32,68	8,17
+1	2	266,8	66,7	31,13	7,78

3.3 天线系统调整

将此部分的调整测量结果全部填入附表 18 中。

3.3.1 天线发射电缆修剪

发射射频电缆是指从设备输出端至天线之间的馈线，对于 Thales GP422 Active M 型下滑信标来说，这是由两段电缆（RG223+Cellflex 1/2）复接而成的馈线，必须把这两段连接在一起，测量其电气长度；参见正文中第三部分 3.3.1 章节的内容，完成测量和电缆修剪。

3.3.2 天线监视电缆修剪

对于下滑信标来说，除了必须保证三根发射电缆电气长度一致外，也必须确

保三根监视电缆电气等长，监视电缆同样也是由两段电缆（RG223+Cellflex 1/2）复接而成；参见正文中第三部分 3.3.2 章节的内容，完成测量和电缆修剪。

3.3.3 天线回波损耗测试

参见正文中第三部分 3.3.3 章节的内容。

3.3.4 Active M 型下滑天线分配关系调整

对于 Active M 型下滑设备，其下滑分配关系的测量和调整将会由定相及航道 SBO 幅度预置来实现，最终在天线端达到同样的信号关系结果。

3.3.5 定相

定相是 THALES GP422 调试过程中最重要，也是相对比较复杂的一步。Active M 型下滑简化了天线分配单元，且 CSB2 信号直接由机柜输出到天线，在定相时需要借助一个额外的 3dB 功率分配与合成器，以便可以用 PIR 测量两个合成信号的 DDM 值，从而判断两个输入信号的相位。推荐使用机内定相的方式来完成定相工作。

1) 余隙定相（A1 和 A3 天线信号通道）

即对机柜输出的 A1、A3 天线馈电通道进行传输相位调整和校准，使其满足余隙输出信号相位一致的要求。

该步骤只需通过一部发射机辅助完成调整，调整前，一般应确保 A1、A3 天线馈电电缆电气长度一致。通过调整 A1、A3 天线馈电通道中串接的移相器，实现整个馈电通道相位一致的目标。

调整方法：断开发射机 CSB1 信号输出，（即输出接假负载，功率不能设为 0，避免 SBO 输出信号幅度随动设为 0），将发射机输出的单一 SBO 信号代替 CLR 信号接入 A1 和 A3 通道中，保留 CSB2 信号与 A2 通道的正常连接，使用功率合成器分别混合 A1、A2 以及 A2、A3 馈电信号并测试。利用 SBO/CSB 正交定相原理，通过临时调整发射机 SBO 相位，（A1 通道的移相器应置于中间位置，）实现 A2 的 CSB2 与 A1 的 SBO 相位一致或正交，再通过调整 A3 移相器，同样实现 A2 的 CSB2 与 A3 的 SBO 相位一致或正交，从而间接实现 A1、A3 通道传输相位一致。

具体定相步骤：首先把 SBO 信号输入至 J4 口（即原余隙输入端口），断开 PAD-A 端 J2 口（即 CSB1 输入信号），断开机柜顶端 A3 发射信号端口，并接 50Ω

假负载，把 CSB2 DDM 设置为 0，为了达到较灵敏的定相效果，CRS SBO 的幅度可适当加大，一般设置到 80%。把 A1 及 A2 输出信号分别连接至功率合成器的两端(A1、A2 端口到功率合成器的两根连接电缆以及衰减器应为等电气长度)，如图 16 所示。通过改变 CRS SBO 相位，使得外场测试仪端的 DDM 值为零，通过加减 90° 相位，找到 150Hz 占优的方向，并记录 SBO 相位。然后把 A3 发射电缆连接至正常工作位置，并断开 A1 发射电缆，接上 50Ω 假负载。把上一步确定的 SBO 正交相位值设置到 Adracs（即 DDM 为 0 时的 SBO 相位）中，测试 A2、A3 天线的合成输出信号，如图 17 所示，验证其是否可以得到 0 DDM 值，如果此时不能得到 0 DDM，可以通过移动 PAD-A 中的 A3 移相器来使之尽量靠近 0，在得到 0 值后，最后通过加减 90° ，记录下此时的 DDM 值和占优频率，如果不是 150Hz 占优，则需要重新修剪 A3 电缆 180° ，一般是加上一段 180° 的电缆。占优势的频率也可以为 90Hz，但应保持 A1、A3 两次定相时的占优频率一致。

对于余隙定相，也可用矢量网络分析仪来实现。用矢量网络分析仪测量 CLR 信号在 A1 和 A3 上的幅度和相位，调整移相器，使功率分配器输出至机柜顶 A1 和 A3 端口电气等长，从而保证余隙通道（A1 和 A3）的相位一致。

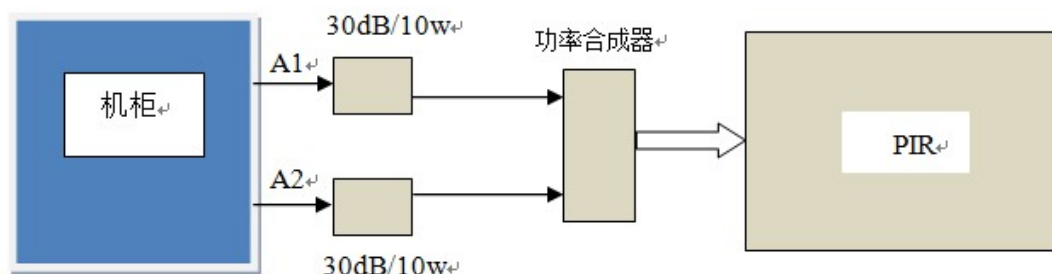


图 16 测试平台 1

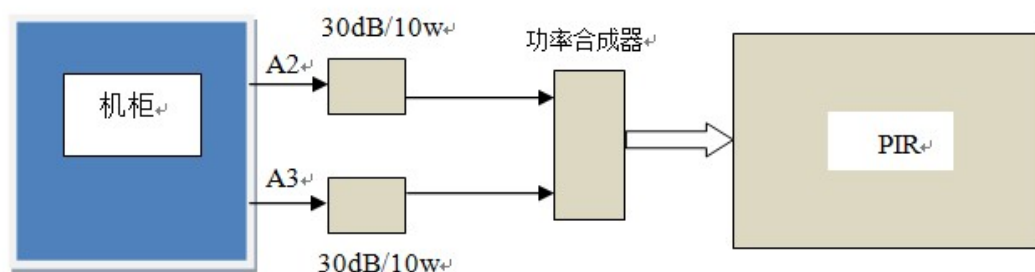


图 17 测试平台 2

2) CSB1 和 SBO 定相

即通过改变 SBO 信号相位，使得 SBO 信号与 CSB1 信号达到相位一致的要

求。在 THALES GP422 下滑信标中，由于下滑道信号由三个信号 CSB1、CSB2 和 SBO 共同合成，因此需保证发射机输出的这三个信号相位一致，同时由于只有 SBO 和 CSB2 相位可调，可分步确定 SBO 信号与 CSB2 信号的相位，并最终使三个信号相位一致。

该步骤可先调整其中一部发射机的 SBO 信号，另一部发射机按照相同的步骤进行此步调整。

调整方法：首先对 A1 通道的 CSB1 和 A3 通道的 SBO 信号定相，将 A2 输出端断开，并接 50Ω 假负载，同时关闭余隙信号，设置 CSB1 DDM 值为 0，CRS SBO 幅度为 80%。把 A1 和 A3 输出信号接至功率合成器两端，其合成输出至外场测试仪，如图 18 所示。通过调整 SBO 相位，使 PIR 中的 DDM 值为零，最终通过加减 90° 相位，找出 90Hz 占优的那一侧，把其作为最终确定 SBO 相位值。

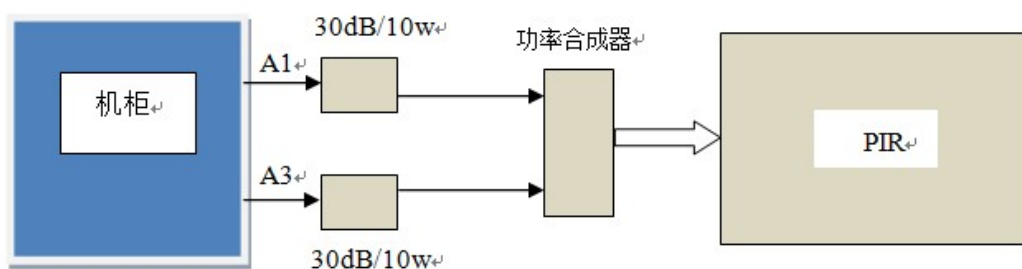


图 18 测试平台

3) CSB2 和 SBO 定相

在确定 SBO 相位后，仍需改变 A2 中的 CSB2 信号相位，使其与 A1 中的 CSB1、A3 中的 SBO 信号保持相位同步。

该步骤可先调整其中一部发射机的 CSB2 信号，另一部发射机按照相同的步骤进行此步调整。

调整方法：在 A1 输出端接 50Ω 假负载，并关闭余隙信号，同时设置 CSB2 DDM 值为 0，CRS SBO 幅度设为 80%。把 A2 和 A3 输出信号接至功率合成器两端，其合成输出至外场测试仪，通过调整 CSB2 相位，如图 17 所示。使 PIR 中的 DDM 值为零，最终通过加减 90° 相位，找出 150Hz 占优的那一侧，把其作为最终确定 CSB2 相位值。

4) CSB2 的功率验证

通过如上几步的定相后，可以保证发射机输出端的三个信号 CSB1、CSB2 和 SBO 相位上保持一致。

但是由于设计原因，CSB2 的相位和幅度的调整并不是完全独立的，两者是有一定相互影响的，因此在 CSB2 的相位调整后，需要对 CSB2 的输出功率进行验证，以保证 CSB2 的功率比 CSB1 的功率低 6dB。

3.3.6 航道 SBO 幅度预置(下滑角预调)

Active-M 型下滑信标的下滑角可以通过 CRS SBO 幅度进行调整。这是 Thales 422 Active-M 型下滑信标的一个主要特点。在飞行校验前，一般希望把下滑角预设目标角度附近，因此该步骤是通过功率合成器实现下滑角的预设。

通过调整 A3 中 SBO 信号的幅度，可以与 A1 中 CSB1 信号的 DDM 抵消，从而使得在预期下滑角度实现 DDM 为零。

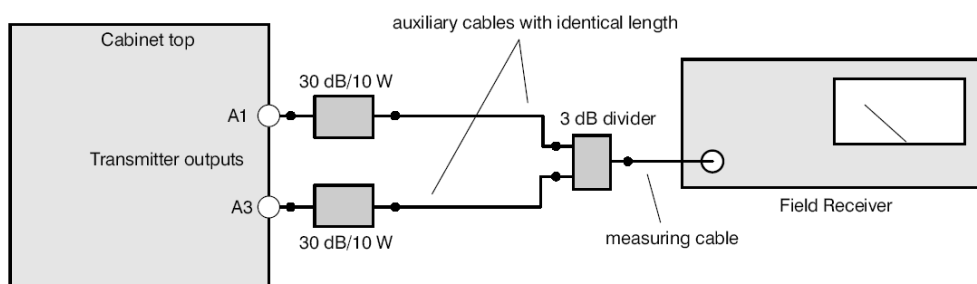


图 19 A3 的 CRS SBO 幅度预调

调整方法：把 A1 和 A3 输出电缆分别用等相位电缆经 30dB 衰减接至功率合成器的两个输入端，并把合成器的输出接至 PIR，如图 19 所示。设置 CSB1 的 SDM、DDM 值为正常值，例如 80.0%和-11.67%（应根据下滑纵向坡度值修正），同时关闭余隙信号；将 CRS SBO 的相位反转 180°，然后调整 CRS SBO 的幅度，使得外场测试仪测得的 DDM 为 0.0%，如果 90Hz 占优，应加大 CRS SBO 幅度，如果 150Hz 占优，则应减小 CRS SBO 幅度。如果仅从软件调整得不到合适的值，则需要更改 MODPA 的 SBO 输出所串接的 6dB 或 9dB 衰减器，以使得通过软件调整 CRS SBO 幅度时有较大的冗余度。

双发射机均要进行预调，完成后恢复 CRS SBO 的正常相位设置值，并恢复 CLR 的正常幅度设置。

3.4 监视器调整

3.4.1 监视信号混合处理电路调整

Thales 422 下滑信标没有监控信号混合单元 CU，它的各个天线振子的耦合监控信号直接输入到 SOAC 单元，它对来自天线振子耦合、近场监控和备机发射机的 7 个射频信号进行下变频和信号混合，并把它们合成为 CRS POSN 等监控信号，送至监控单元。

在 SOAC 单元的外场接收通路，输入的四个信号 A1、A2、A3 及近场监控信号首先分别通过 4 个输入衰减器。通过设置这些衰减器，可以粗调输入信号电平（如 A1 通道的 JP16、JP17 和 JP18、JP19），这四个输入衰减器可以实现 -25dB--+15dB 的信号动态变化范围。在通过衰减器后，射频信号进入混频器单元，实现射频信号下变频，所有信号被混频器下变频为 8KHz 中频信号，通过一个电位器实现对此中频信号的精确调整（如 A1 通道的 R90）。在经过 2KHz 高通滤波器和 20KHz 低通滤波器后，可以在 TP16 等测试点观察到一个较为平滑的中频信号。

为了得到最终的 CRS Posn、CRS Width、CLR 和 NFM Posn 信号，需要分别做如下调整：

1) 对于 Thales 422 下滑信标，CRS Posn 由 A1 和 A3 得到，因此把示波器测试端子和地线端子分别接 TP16 和 TP59，通过 JP16、JP17 和 JP18、JP19 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过精确调整 R90，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 6V；再把示波器测试端子和地线端子分别接 TP8 和 TP59，通过 JP7、JP8 和 JP9、JP10 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过精确调整 R43，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 1V；然后分别把示波器两个通道的输入端子接 TP16（CSB）和 TP9（SBO），以对比 CSB1 和 SBO 的相对相位差。通过调整 R146 使得两者相位差为 0°。如果调整 R146 不足以使得 CSB 和 SBO 的相位差达到 0°，可以在内部插入相位线，再调整 R146。注意在调整 CSB1 和 SBO 相位时观察 Adracs 软件中 CRS Posn DDM 值，以保证正确的方向。最终的 CRS Posn DDM 值由 CSB1/SBO 幅度比值决定，因此可以通过调整 R372 来调整 CRS Posn DDM 值，并把示波器测试端子接 TP62，调整 R372，观察波形，直到波形中的 SBO 成分被完全抵消。最后，把示波器测试端子和地线端子分别接 TP51 和 TP59，通

过调整 R377，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V；

2) CRS Width 由 A1、A2 和 A3 共同合成得到，因此先把示波器测试端子和地线端子分别接 TP12 和 TP59，通过调整 JP12、JP13 和 JP14、JP15 和 R62，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 6V；再分别把示波器两个通道的输入端子接 TP13 (A2) 和 TP8 (A3)，以对比 CSB2 和 SBO 的相对相位差。通过调整 R166 使得两者相位差为 180°；再分别把示波器两个通道的输入端子接 TP17 (A1) 和 TP8 (A3)，以对比 CSB1 和 SBO 的相对相位差。通过调整 R185 使得两者相位差为 0°；如果调整电位器不足以使得 CSB1、CSB2 和 SBO 的相位差达到要求的相位关系，可以在内部插入相位线，再调整对应的电位器。注意在调整时观察 Adracs 软件中 CRS width DDM 值，以保证正确的方向。把示波器测试端子和地线端子分别接 TP53 和 TP59，预调 R382，使得示波器显示的波形峰值电压为 3.6V；CRS width DDM 由 A1、A2 和 A3 分别辐射的 CSB1、CSB2 和 SBO 比例确定，因此可以通过分别调整 R386 (A1)、R383 (A2) 和 R379 (A3)。不同的下滑角度，比例关系不尽相同，对于 3°下滑角，这个比例关系为 $A1=1$ 、 $A2=0.74$ 、 $A3=0.46$ ，其他下滑角比例关系参看 Thales 调试手册 5.14 节。为了得到这样的比例关系，可以把 A1 输入当作基准，以 TP65 测试点测得的波形峰峰值作为 1，然后依次把监控电缆 A1 连接至 A2 和 A3 输入口，分别测试 TP63 和 TP64，并调整 R383 和 R379，使得 A2、A3 通路的比例关系符合上述要求。最后，把示波器测试端子和地线端子分别接 TP53 和 TP59，通过调整 R382，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V；

3) CLR 由 A3 耦合信号得到，因此把示波器测试端子和地线端子分别接 TP39 和 TP59，通过 JP37、JP38 和 JP39、JP40 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过精确调整 R286 和 R343，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V；此通道相位调整可通过 R353 和 R345 实现，但一般 R353 在工厂已经调试完毕，现场不需做调整，R345 一般也不需要做调整，通常设置在电位器的中间位置；

注：对于调整两个信号之间的相位差，通常是把两个信号分别接入示波器 A、B 两个通道，并减小示波器时间间隔把调制信号展开，如图 4-4 所示；通过调整相应的移相器，使得载波信号的波峰重合或者反向（取决于相位差为 0°或者 180°）。在这个相位比较过程中，推荐使用模拟示波器来进行测试，如果信号不

能稳定触发，应该上下调整示波器触发位置（Trigger Position），以使得信号稳定触发。在仍无法稳定情况下，可以从 LGA 引出 TP11 口信号作为外部触发源，同时示波器选择外部触发方式以使得信号可以稳定测量。

以上三个通道的调整，必须保证足够精确，如果调整不够准确，可能会导致后面的监控器归一化无法完成。当监控器归一化不能正确进行时，需重新逐步检查以上各步是否准确。

除了需要监控外场实际辐射信号，Thales420 还对热备份工作的备机进行监控，这通过对来自备机的 Stby CSB A1、Stby CSB A2、Stby CSB A3、Stby CLR CSB 四个信号进行合成实现。

3.4.2 近场监控天线位置确定和调整

1) 近场监控天线位置确定

在飞行校验合格后，当近场监视天线设置在正确位置时，其接收的近场航道位置信号 DDM 值为零。

首先通过公式计算出近场监视天线的理论距离和挂高，并通过外场测试仪实际测量和验证并确定近场监视天线的准确位置，再将近场监控天线支撑杆临时固定于确定的位置，将监视天线设置在预定位置。通过矢量电压表检查下滑上、下天线与近场监视天线间的相位关系，应为 $180^{\circ} \pm 10^{\circ}$ ，用外场测试仪接下滑监视天线，微调天线位置使 DDM 值为 $0 \pm 0.1\% \text{DDM}$ 。以此确定监视天线的水平和竖直位置，制作天线基础并永久固定天线支柱。

2) 近场监视信号调整

NFM Posn 由来自外场监控天线的 NFM Posn 信号得到，因此把示波器测试端子和地线端子分别接 TP41 和 TP59，通过 JP22、JP23 和 JP24 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过精确调整 R105，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V；

3.4.3 备用发射机耦合信号调整

为了得到最终的 CRS Posn Stby、CRS Width Stby、CLR Stby 三个信号，需要分别做如下调整：

1) CRS Posn Stby 由 Stby CRS CSB 得到，因此把示波器测试端子和地线端子分别接 TP47 和 TP59，通过 JP2 和 JP3 对输入信号幅度进行粗调，并最终通过

精确调整 R2，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V。此通道相位调整可通过 R123 实现，但一般 R123 在工厂已经调试完毕，现场不需做调整。

2) CRS Width Stby 由 Styb A1 CSB1、Styb A2 CSB2 和 Styb A3 SBO 共同合成得到，因此先把示波器测试端子和地线端子分别接 TP75 和 TP59，通过调整 JP44、JP45 和 R511，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 5V；再分别把示波器两个通道的输入端子接 TP77 (A2) 和 TP1 (A1)，以对比 CSB2 和 SBO 的相对相位差，如图 4-3 所示。通过调整 R524 使得两者相位差为 180°；然后把示波器测试端子和地线端子分别接 TP4 和 TP59，通过调整 JP4、JP5 和 R25，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 1V；再分别把示波器两个通道的输入端子接 TP1 (A1) 和 TP5 (A3)，以对比 CSB1 和 SBO 的相对相位差。通过调整 R136 使得两者相位差为 0°；如果调整电位器不足以使得 CSB1、CSB2 和 SBO 的相位差达到要求的相位关系，可以在内部插入相位线，再调整对应的电位器。注意在调整时观察 Adracs 软件中 Styb CRS width DDM 值，以保证正确的方向。把示波器测试端子和地线端子分别接 TP72 和 TP59，预调 R499，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3V；CRS width Styb DDM 由 Styb CSBA1、Styb CSBA2 和 Styb SBOA3 信号幅度比例确定，因此可以通过分别调整 R499 (A1)、R511 (A2) 和 R25 (A3) 实现信号合成。不同的下滑角度，比例关系不尽相同，对于 3°下滑角，这个比例关系为 A1=1、A2=0.74、A3=0.46，其他下滑角比例关系参看 Thales 调试手册 5.14 节。为了得到这样的比例关系，可以把 A1 输入当作基准，以 TP72 测试点测得的波形峰峰值作为 1，然后依次把监控电缆 A1 连接至 A2 和 A3 输入口，分别测试 TP74 和 TP73，并调整 R511 和 R25，使得 A2、A3 通路的比例关系符合上述要求。最后，把示波器测试端子和地线端子分别接 TP49 和 TP59，通过调整 R133，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V。

3) CLR Stby 由 Stby CLR CSB 直接得到，因此先把示波器测试端子和地线端子分别接 TP19 和 TP59，通过调整 JP26 和 JP27 和 R217，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 2.0V；再把示波器测试端子和地线端子分别接 TP34 和 TP59，通过调整 R133，使得示波器显示的波形峰峰值电压为 3.6V。此通道相位调整可通过 R305 实现，但一般 R305 在工厂已经调试完毕，现场不需做调整。

将调整后的参数值填入附表 17 中。

3.4.4 监视器校准及归一化调整

在对 SOAC 板进行准确的调整后，需要在 Adracs 软件中对监控器软件部分进行 Calibration（校准）和 Normalization（归一化），以保证在监控端能够实时的对设备发射信号进行监视和控制。校准的目的是利用一个准确的信号对监控器进行校准，并通过归一化处理使 Adracs 软件端显示的参数符合标准值要求。

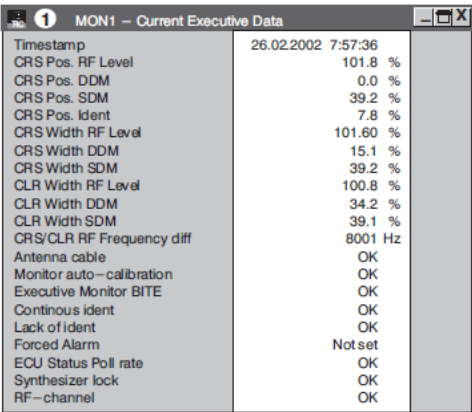
在实施校准和归一化之前，必须保证天线耦合监视信号及 SOAC 输入监视器板件的 CRS Posn、CRS Width 等信号准确无误，否则校准和归一化无法正常进行。

校准及归一化过程主要包括：标称值设定、信号校准以及监视器归一化等过程，以航道位置信号（CRS Position）为例：

Integral 航道位置（DDM 0%）

- 1) 确定 SOAC 航道位置输出电平大约为 3.6V；
- 2) 分别选择 MON1 和 MON2 的“Nominal Values”子菜单，在 EXEC CRS Position DDM 和 EXEC CRS Position SDM 项中分别输入 Current Executive Data 子菜单中测得的 CRS Pos.DDM 和 CRS Pos.SDM，如图 20；
- 3) 在工具栏 Command 中选择“Monitor Calibration”；并选择“Executive CRS Pos.detector”，最后执行 Program MON1/2，如图 21；
- 4) 在执行完校准后，进行“Monitor Normalization”，选择“Executive CRS Pos.detector”，最后执行 Program MON1/2，如图 22。

1 MON1 - Nominal Values			2 MON2 - Nominal Values		
Timestamp	26.02.2002 7:57:36		Timestamp	26.02.2002 7:57:36	
EXEC CRS Position SDM	40.0 %		EXEC CRS Position SDM	40.0 %	
EXEC CRS Position DDM	0.0 %		EXEC CRS Position DDM	0.0 %	
EXEC CRS Width DDM	15.5 %		EXEC CRS Width DDM	15.5 %	
EXEC Ident Modulation	8.0 %		EXEC Ident Modulation	8.0 %	
EXEC CLR Width SDM	40.0 %		EXEC CLR Width SDM	40.0 %	
EXEC CLR Width DDM	34.9 %		EXEC CLR Width DDM	35.0 %	
Near Field DDM	34.9 %		Near Field DDM	34.9 %	
Far Field Position DDM	0.0 %		Far Field Position DDM	0.0 %	
Stby CRS Position SDM	40.0 %		Stby CRS Position SDM	40.0 %	
Stby CRS Position DDM	0.0 %		Stby CRS Position DDM	0.0 %	
Stby CRS Width DDM	13.5 %		Stby CRS Width DDM	13.5 %	
Stby CLR Width SDM	40.0 %		Stby CLR Width SDM	40.0 %	
Stby CLR Width DDM	14.4 %		Stby CLR Width DDM	14.0 %	
Test Signal A RF Level	90.0 %		Test Signal A RF Level	90.0 %	
Test Signal A SDM	40.0 %		Test Signal A SDM	40.0 %	
Test Signal A DDM	0.0 %		Test Signal A DDM	0.0 %	



A screenshot of a software window titled "MON1 - Current Executive Data". It displays a list of parameters and their current values. The parameters include various signal levels (CRS Pos., CRS Width, CLR Width) in percentage, frequency difference (CRS/CLR RF Frequency diff) in Hz, and status indicators for hardware and system components (Antenna cable, Monitor auto-calibration, Executive Monitor BITE, Continuous ident, Lack of ident, Forced Alarm, ECU Status Poll rate, Synthesizer lock, RF-channel).

Parameter	Value
Timestamp	26.02.2002 7:57:36
CRS Pos. RF Level	101.8 %
CRS Pos. DDM	0.0 %
CRS Pos. SDM	39.2 %
CRS Pos. Ident	7.8 %
CRS Width RF Level	101.60 %
CRS Width DDM	15.1 %
CRS Width SDM	39.2 %
CLR Width RF Level	100.8 %
CLR Width DDM	34.2 %
CLR Width SDM	39.1 %
CRS/CLR RF Frequency diff	8001 Hz
Antenna cable	OK
Monitor auto-calibration	OK
Executive Monitor BITE	OK
Continuous ident	OK
Lack of ident	OK
Forced Alarm	Not set
ECU Status Poll rate	OK
Synthesizer lock	OK
RF-channel	OK

图 20 监视器测试参数菜单

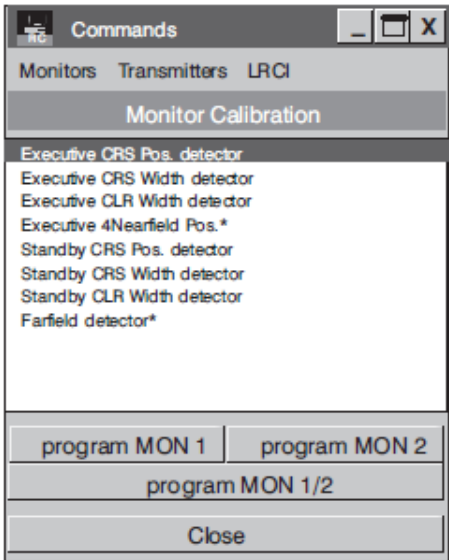


图 21 监视器校准菜单

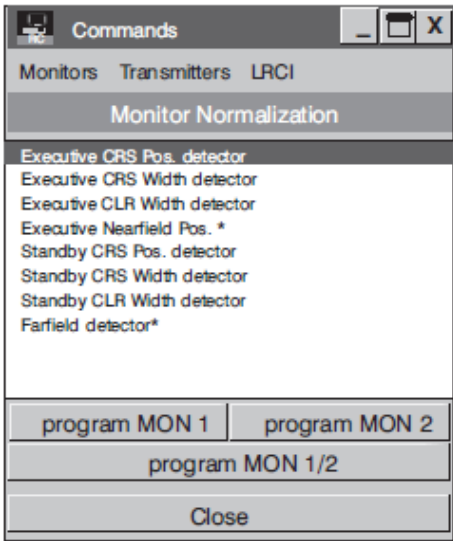


图 22 监视器归一化菜单

将最终调整后的参数值填入附表 18 中。

3.4.5 监视器告警门限设置

参见正文中第三部分 3.4.5 章节的内容。

3.5 控制功能验证

参见正文中第三部分 3.5 章节的内容。

附件 2: Normarc7000B 设备安装调试及验收规范

一 航向信标

1 天线系统安装

参见正文中第二部分第 1 章的内容。

2 室内设备安装

参见正文中第二部分第 2 章的内容。

3 设备电气调试

3.1 开机准备

参见正文中第二部分 3.1 章节的内容。

3.2 发射机调整

将此部分的所有测量结果填入附表 5。

3.2.1 航道及余隙发射机工作频率测量调整

频率是通过在机柜面板的航道/余隙信号耦合输出端接频率计测量来实现的, 根据频率计的具体情况在连接处加入适当的衰减器。测量频率范围在 108 ~ 112MHz 之内, 频率稳定度误差小于 0.001%, 航道/余隙频差为 $10\text{KHz} \pm 2\text{KHz}$ 。

测量时应关闭识别、90Hz、150Hz 等音频调制信号; 频率的细微调整可通过 OS 板进行。

3.2.2 航道及余隙发射机输出功率测量调整

功率测量可以通过在机柜的航道或余隙 CSB 输出端口与其输出馈线之间串接功率计来实现, 注意在负载端连接有效匹配负载。具体方法如下:

打开需测量的发射机, 开启维护联机程序的 Transmitter settings 窗口, 在 Modulation 栏中通过勾选将该发射机 90Hz、150Hz、1020Hz 等调制音频关闭, 观察功率计的读数; 选择 Signal adj 栏, 如图 23 所示, 通过调整 COU RF 或 CLR RF 的设置值, 可以改变航道或余隙发射机 CSB 输出功率, 一般均设为 20W (特殊情况下可选择设为 5-25W 范围内的其他值)。

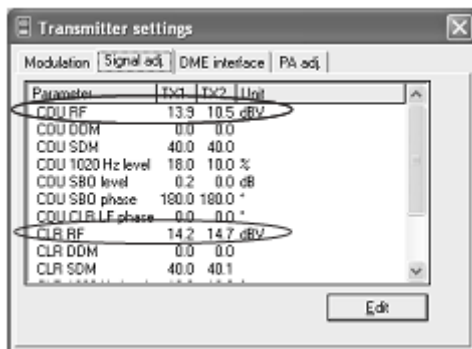


图 23 功率调整窗口

在输出功率调整完成后，开启 Maintenance measurements 窗口，观察航道或余隙发射机 CSB 正向功率内部测量值，应与功率计读数一致，否则，可以在 Transmitter settings 窗口的 PA Adj 选项栏中，通过设置 CSB forward power，改变 Power meas 读数，完成内部测量值的校准，如图 24 所示。

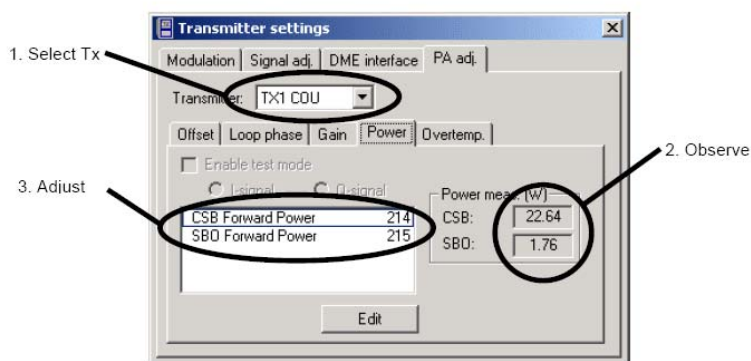


图 24 正向功率调整窗口

3.2.3 航道及余隙 CSB、SBO 信号参数测量调整

检测和调整参数包括：低频相位、LPA 环路相位、LPA 直流偏置、调制度和/差、识别调制度以及 CSB/SBO 相位预调。

1) 低频相位检测和调整

将示波器分别接入 LPA 航道/余隙功放面板的 CSB 包络检波测试口输出，观察信号波形。低频相位正确的最明显标志是中间的一对波峰在幅度上相等。若波形不正常，可在软件中调节“COU /CLR 90Hz phase”，观察示波器波形，直到波形正确为止。

低频相位不正确的 CSB 包络波形为图 25 所示：

DEMODULATED CSB: 10° LF PHASE ERROR

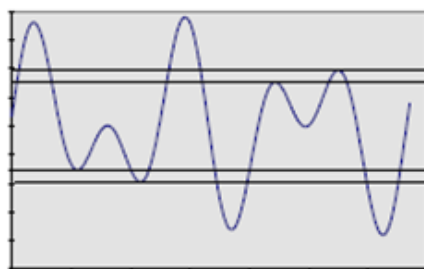


图 25 低频相位错误时 CSB 波形

调整好的 CSB 包络波形如下图 26 所示：

DEMODULATED CSB: NORMAL

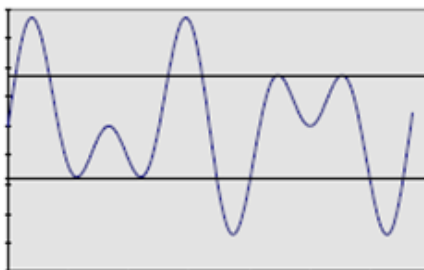


图 26 低频相位正确时 CSB 波形

2) LPA 环路相位 LOOP PHASE 检测及调整

在软件“Transmitter settings” - “PA adj”中选 TX1 COU，在“Loop phase”中分别选择“CSB Loop phase/SBO Loop phase”，检查并调整，使相位在 $-135^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 内。依次选择 TX1 CLR/TX2 COU/TX2 CLR，重复上述工作，如下图 27：

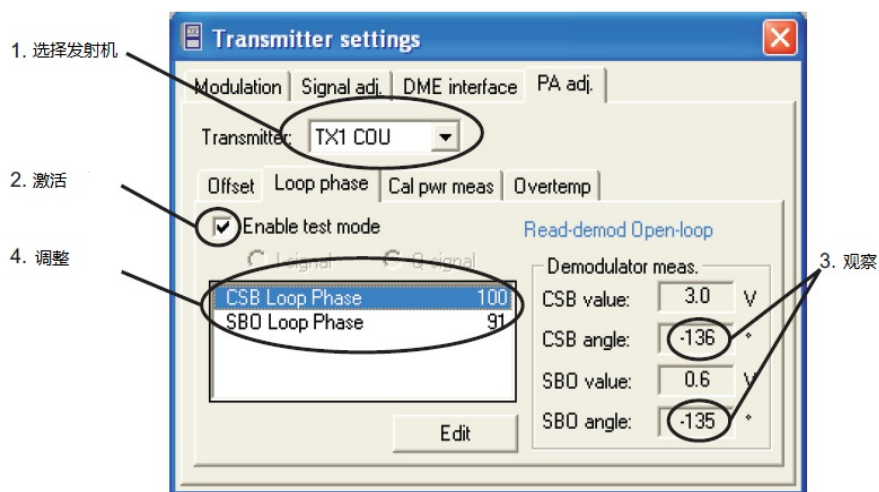


图 27 LOOP PHASE 调整

3) LPA 直流偏置 OFFSET 检测及调整

在软件“Transmitter settings” - “PA adj” 中选 “TX1 COU”，在“Offset”中分别选择“CSB offset I/Q”、“SBO offset I/Q”，检查并调整，使示波器显示波形峰值相等，如图 28 所示，依次选择 TX1 CLR、TX2 COU、TX2 CLR，重复上述工作。

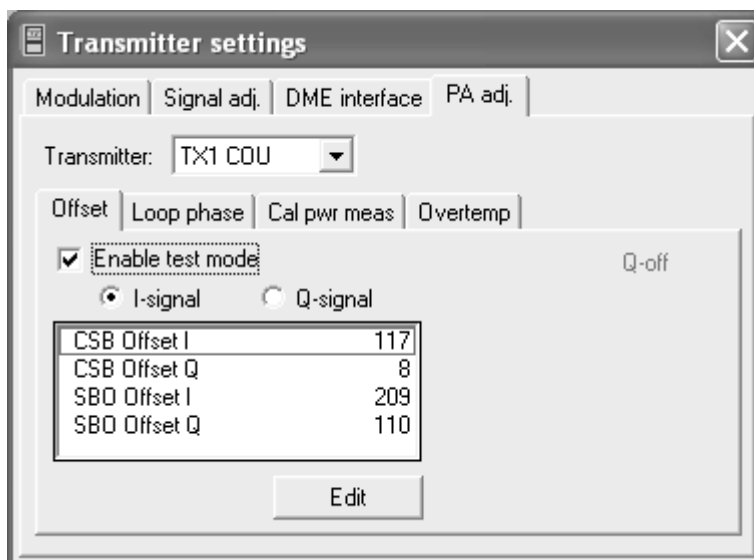


图 28 OFFSET 设置

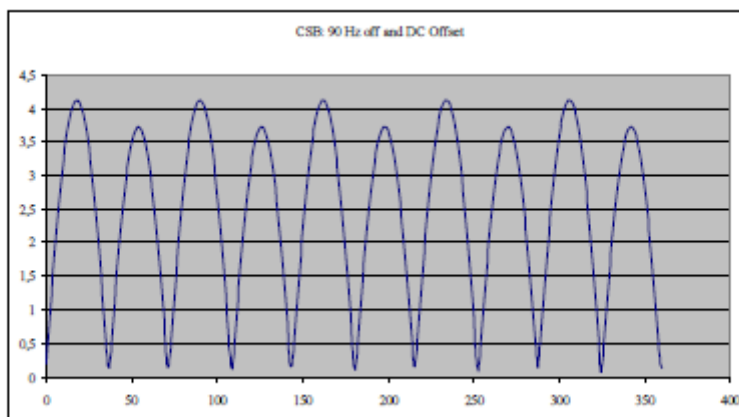


图 29 CSB OFFSET 不正常波形

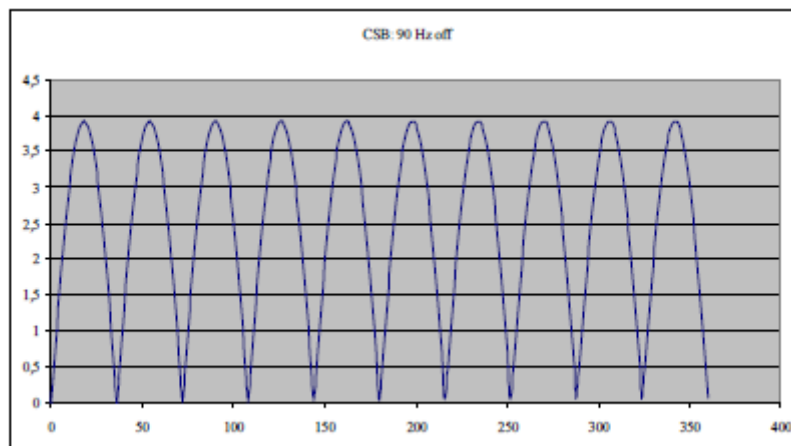


图 30 CSB OFFSET 正常波形

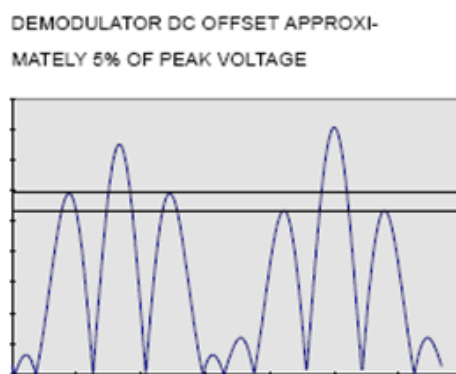


图 31 SBO OFFSET 不正常波形

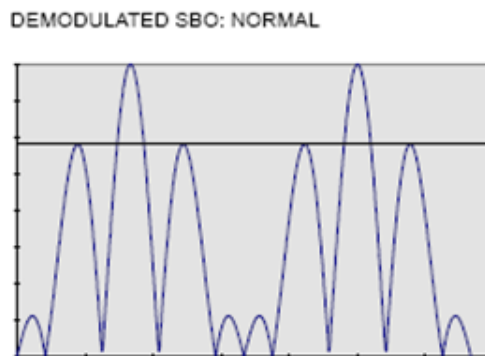


图 32 SBO OFFSET 正常波形

4) SDM、DDM、识别调整

机柜前端面板 CSB COU/CSB CLR 测试口信号分别经 20dB 衰减器输入外场测试仪，调整发射机参数，使接收机所测值满足要求。在测试识别信号时，应将识别模式设置到“cont”。

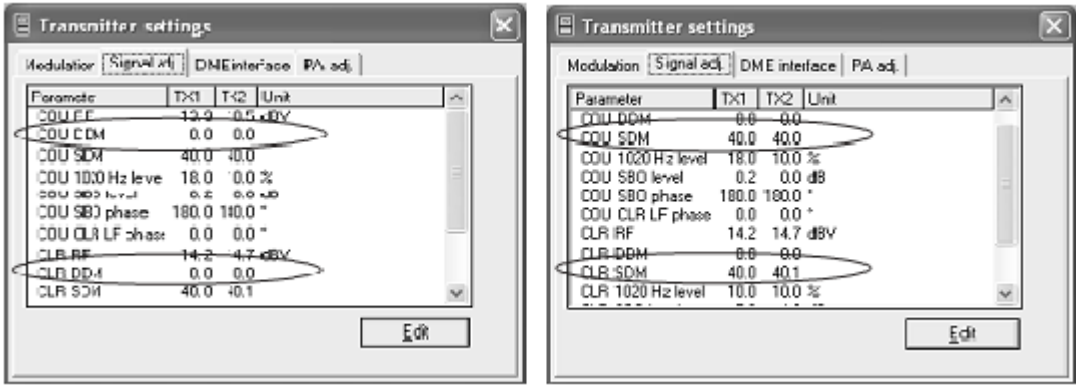


图 33 DDM、SDM 调整窗口

5) CSB/SBO 相位预调

CSB/SBO 相位设置可通过 Transmitter settings 窗口调整 SBO 相位实现。

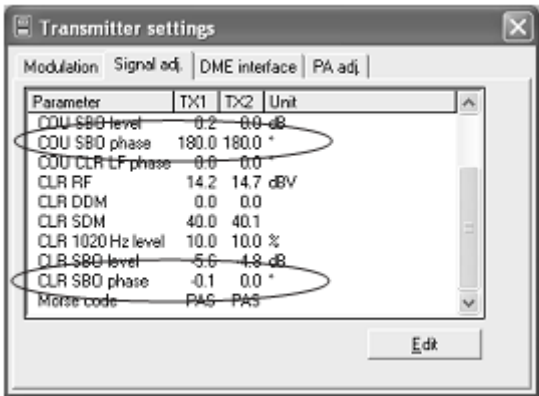


图 34 CSB/SBO 相位设置

将外场测试仪接至天线分配单元 Test 端口， 航道定相时， 开航道发射机， 关闭余隙发射机， 软件调整 COU SBO 相位， 使 DDM=0； 余隙定相时， 开余隙发射机， 关闭航道发射机， 软件调整 CLR SBO 相位， 使 DDM=0。

调整完成后， 使航道或余隙的 1、 2 号发射机之间 DDM 误差 $\pm 0.5\mu A$ 。

3.3 天线系统调整

3.3.1 机柜到天线分配单元射频电缆修剪

参见正文中第二部分 3.3.1 章节的内容。

3.3.2 天线分配单元测试

参见正文中第二部分 3.3.2 章节的内容。

3.3.3 天线分配单元到天线馈电电缆修剪

参见正文中第二部分 3.3.3 章节的内容。

3.3.4 天线回波损耗测试

参见正文中第二部分 3.3.4 章节的内容。

3.3.5 航道/余隙发射机 CSB/SBO 初步定相

除了正文中叙述的步骤外，CSB/SBO 相位设置可通过 Transmitter settings 窗口调整 SBO 相位实现。其中外场测试的方法步骤参照正文，天线分配单元采样测试方法同：3.2.3 航道及余隙 CSB、SBO 信号参数测量调整，5) CSB/SBO 相位预调。

3.3.6 天线对配相测试

参见正文中第二部分 3.3.6 章节的内容。

3.3.7 CSB/SBO 最终定相

CSB/SBO 最终定相是在天线对配相测试完成后进行，操作方法和初始定相一致。

3.3.8 SBO 幅值预置

参见正文中第二部分 3.3.8 章节的内容。

3.3.9 外场测试

参见正文中第二部分 3.3.9 章节的内容。

3.3.10 天线分配到监视混合电缆传输测试

参见正文中第二部分 3.3.10 章节的内容。

3.4 监视器调整

3.4.1 监视信号混合网络调整

- 1) 将外场测试仪接至 MCU CL 输出口,测量 DDM 值,调整 CL Phase Shifter (PH1) 使 DDM 为 0%;
- 2) 将外场测试仪接至 MCU DS 输出口,测量 DDM 值,调整 DS Phase Shifter (PH2), 使 DDM 为 15.5%;
- 3) 将外场测试仪接至 MCU CLR 输出口, 记录 DDM 值, 容限在 242 μ A-271 μ A 之间。

将调整后的参数值填入附表 8 中。

3.4.2 监视器校准调整

Normarc7000B 监视器校准调整主要是对 MF 监视器前置板的校准, 步骤如下:

1) 射频输入电平调整:

将 MF 12xx 监视板插入延伸板, 开启发射机, 万用表测量 TP23++测试点, 调整 R338+, 直至测试点测量电压为 240mv, 若无法调到标称值, 改变板件内部衰减跳线。

去掉延伸板, 观察监视器 RF 值, 依次调整航道、宽度、余隙、近场 RF 电位器, 直至监视器 RF 值为 3V, 换机测试, 观察两部发射机的一致性, 不一致时通过微调某一发射机功率达到一致。

2) AGC 时间校准:

开启发射机, 测量 MF 板 TP1 至 TP4 测试点电压, 关闭发射机, 测量同一点电压, 可通过调整 AGC 电位器, 前后电压值相同。

3) SDM 调整:

调整 MF 板各信号通道对应 SDM 电位器, 直至监视器各通道信号 SDM 读数为 $40\% \pm 0.1\%$ 。

4) DDM 校准调整:

各通道信号的 DDM 值完全取决于监视混合网络相应通道输出信号, 可以通过重复 3.4.1 步骤将各通道信号 DDM 校准到标准值。

将最终的各项参数记入附表 9 中。

3.4.3 监视器告警门限设置

3.5 控制功能验证

参见正文中第二部分 3.5 节的内容。

二 下滑信标

1 天线系统安装

参见正文中第三部分第 1 章节的内容。

2 室内设备安装

参见正文中第三部分第 2 章节的内容。

3 设备电气调试

3.1 开机前准备

参见正文中第三部分 3.1 节的内容。

3.2 发射机调整

此部分的调整测量结果填入附表 13 中。

3.2.1 下滑及余隙发射机工作频率测量调整

频率是通过在机柜面板的下滑/余隙信号耦合输出端接频率计测量来实现的，根据频率计的具体情况在连接处加入适当的衰减器。测量结果应为波道指配频率 $\pm 4\text{KHz}$ 之内，频率稳定度误差小于 $\pm 0.002\%$ ，下滑/余隙频差为 $15\text{KHz} \pm 2\text{KHz}$ 。

测量时应关闭识别、90Hz、150Hz 等音频调制信号，频率的细微调整可通过 OS 板进行。

3.2.2 下滑及余隙发射机输出功率测量调整

功率测量可以通过在机柜的下滑/余隙 CSB 输出端口与其输出馈线之间串接功率计来实现，注意在负载端连接有效匹配负载。具体方法如下：

打开需测量的发射机，开启维护联机程序的 Transmitter settings 窗口，在 Modulation 栏中通过勾选将该发射机 90Hz、150Hz、1020Hz 等调制音频关闭，观察功率计的读数；选择“Signal adj”栏，通过调整下滑 RF 或余隙 RF 的设置值，可以改变下滑或余隙发射机 CSB 输出功率，一般分别设置为 6W 和 0.6W。注意测量功率时应关闭 90Hz、150Hz 调制音频。

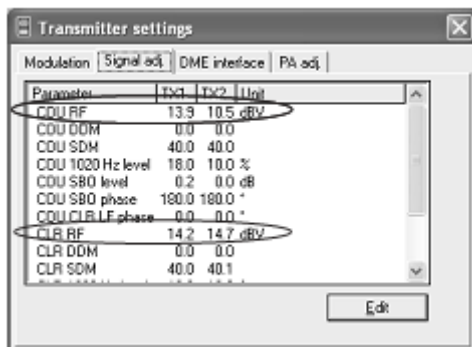


图 35 功率调整窗口

在输出功率调整完毕后，打开“Maintenance measurement”窗口，分别观察下滑发射机和余隙发射机 CSB 正向功率，应与功率计读数一致，否则，可以在“Transmitter settings”窗口的“PA Adj”选项栏中，通过设置“CSB forward power”，改变 Powermeas 读数，完成内部测量值的校准。

3.2.3 下滑及余隙 CSB、SBO 信号参数测量调整

检测和调整参数包括：低频相位、LPA 环路相位、LPA 直流偏置、调制度和/差、识别调制度以及 CSB/SBO 相位预调。

此部分内容与 NORMARC 航向相同，可参照航向 3.2.3 部分进行检测和调整。

3.3 天线系统调整

此部分的调整测量结果填入附表 14 中。

3.3.1 天线发射电缆修剪

参见正文中第三部分 3.3.1 节的内容。

3.3.2 监视电缆测量修剪（发射-监视回路电缆传输测量调整）

参见正文中第三部分 3.3.2 节的内容。

3.3.3 天线回波损耗测试

参见正文中第三部分 3.3.3 节的内容。

3.3.4 M 型下滑分配网络调整

用矢量电压表或网络分析仪检测 ADU 的分配，各通道上中下天线的分配关系参照正文中的表格。

1) CSB 通道调整

CSB 通道测试以下天线为基准，通过调整移相器 D1 获得中、下天线之间正确的幅度和相位关系，调整时应注意 D1 对中、下天线同时作用，中天线分配增

大的同时下天线分配会减小，反之同理；因此在调整时应留有余量，并且调整 D1 后必须重新以下天线为基准测量。通过调整中、下天线的移相器来调整相对相位，使相对相位符合标准。

2) SBO 通道调整

SBO 通道以中天线为基准，通过调整移相器 D2、D3 来获得上、中、下天线之间正确的相位和幅度关系；调整时应先以上天线为基准，通过 D3 来调整上下天线之间的关系，再以下天线为基准，通过 D2 来调整中天线与下天线之间的关系，调整时与调整 D1 同理为双向变化，应留有余量，调整过 D2、D3 后必须重新以中天线为基准测量。通过调整上、中、下天线的移相器来调整相对相位，使相对相位符合标准。

3) CLR 通道调整

余隙通道以下天线为基准，检测上下天线之间的相对幅度和相位关系。

3.3.5 下滑 CSB/SBO 信号定相

将设备机柜底部信号输出端都连接到对应端口上，将天线分配箱底部的所有电缆都正确连接上。先对 TX1 定相，开启 TX1 COU，关闭 TX1 余隙，TX1 接天线，关闭 TX2。在软件窗口中点击“ILS-Data”——“Flight Check”，出现如下对话框：

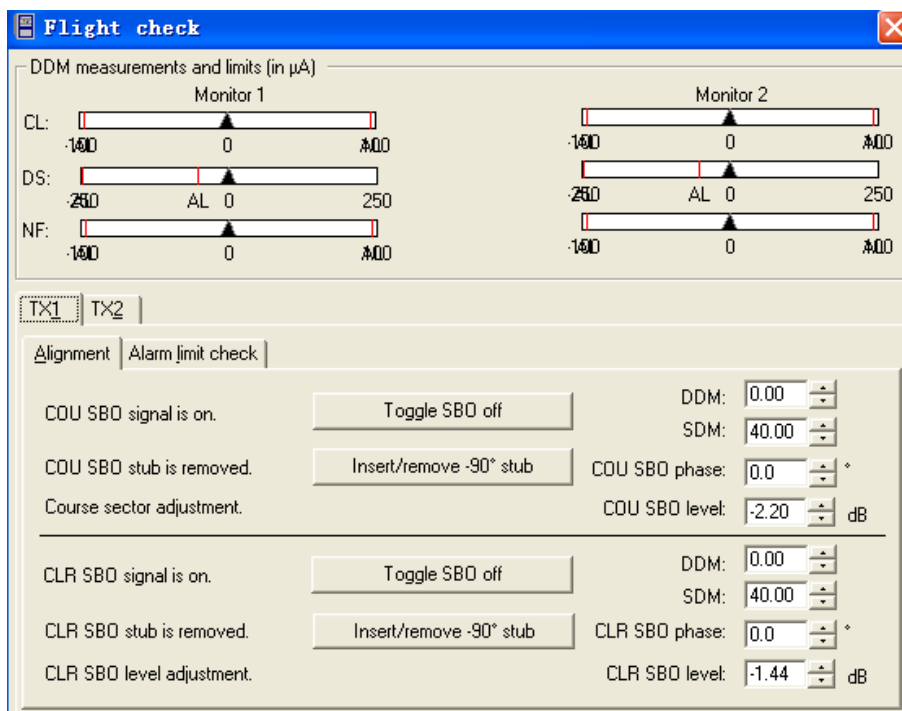


图 36 机内定相调整

在软件中点击“Insert a 90°stub”（即接入 90 度线），将外场测试仪连接到下天线的监控返回电缆 M1 上，关闭余隙信号，调节“COU SBO phase”中的数值，直至外场测试仪上 DDM 值为 0.0%或者 0uA，完成后去除 90 度线恢复正常。对 TX2 的调整方法，与 TX1 相同。

3.3.6 SBO 功率预调

- 1) 将外场测试仪连接到 MCU 下天线输入端口（M1）电缆一侧；

$$DDM = \frac{-11.67\%(\theta_0 - FSL)}{\theta_0}$$

- 2) 由公式 计算出不同前向坡度下 M1 的 DDM 值，其中 θ_0 是下滑角，FSL 是前向坡度，下滑天线前为降坡时 FSL 为负值；

- 3) 在 Flight Check 窗口中调整 SBO 幅度即 SBO 衰减，使 DDM 值与上式的计算值一致，然后换机调整另一部发射机。

3.4 监视器调整

3.4.1 监视信号混合网络调整

- 1) 关闭余隙发射机；
 - 2) 外场测试仪接至 MCU 的 CL 输出端口，在机柜 SBO 输出端口串入 90 度相位线，通过移除 ADU 中 H4 的 1 端口的连接电缆从而断开下天线的 SBO 信号，将空载端接上 50 欧姆假负载，调整 MCU 中上天线的移相器 PH1 使得 DDM 值为 0；
 - 3) 将 H4 的 1 端口连上，移去 90 度相位线，调整下滑衰减器 AT1 使 DDM 为 0；
 - 4) 外场测试仪接至 MCU 的 DS 输出端，在机柜 SBO 输出端口串入 90 度相位线，调整 MCU 的中天线移相器 PH2 使得 DDM 为 0；
 - 5) 移去 90 度相位线，调整 DS 衰减器使 DDM 为 8.75%；
 - 6) 外场测试仪连接至 MCU 的下滑 CLR 输出端，调整移相器 PH3 使 DDM 值最大（150HZ 占优）；
 - 7) 开启余隙发射机，检查下滑 CLR DDM 值不低于 38%；
 - 8) 监视器校准完成后对 CL、CLR、DS 监控参数进行检测。
- 将调整后的参数值填入附表 17 中。

3.4.2 近场监控天线位置确定和调整

参见正文相关章节，确定近场监控天线位置后，按照上节所用方法同样调整 NF 监控信号。

3.4.3 监视器校准调整

调整方法与 NORMARC 航向类似，可直接参照航向部分进行调整。

将最终调整后的参数值填入附表 16 中。

3.4.4 监视器告警门限设置

参见正文中第三部分 3.4.5 节的内容。

3.5 控制功能验证

参见正文中第三部分 3.5 节的内容。

附件 3：缩略语释义

AU/ADU	天线分配单元
CAT I/II/III	I/II/III 类
CU/MCU	监控混合单元
CL/CLR	余隙
COU/CRS	航道
CSB	载波加边带波
DDM	调制度差
DS	位移灵敏度
ECU	执行控制单元
GPA	下滑功率放大组件
LPA	航向功率放大组件
NF/NFM	近场监视器
PIR	便携式接收机（外场测试仪）
POSN./pos.	位置
RF level	射频电平
SB/SBO	边带波
SDM	调制度和
SOAC	监视混合信号处理电路
Stby.	备机
Width.	宽度

附件 4： 编写说明

为规范导航设备的安装调试和飞行校验调试工作，确保仪表着陆系统经过安装调试后能够达到理想的工作状态，同时为工程质量监督机构和设备运行管理用户提供过程监督和质量验收的参考标准，民航局空管局组织编制了《仪表着陆系统安装调试及验收技术规范》。

规范针对仪表着陆系统安装调试实施过程中的关键技术环节和操作方法进行整理归纳，形成标准工作方法和工艺要求，规范中各工艺环节相关参数容限是本着适度严格的原则，依据相关行业标准并参考设备厂家建议制定的，结合仪表着陆系统的技术规范和相关标准，参考了国内普遍采用的 Normarc7000B 系列和 Thales420 系列导航设备生产厂家对系统安装调试的指导性要求，在相关附件中提供了与上述设备型号对应的有关内容。

规范从 2013 年起编制，于 2014 年初形成草稿，并于 2014 年 3 月 25 日至 28 日召集各地区空管局导航专家进行了集中编写工作。之后经过半年多的不断修改和完善，形成征求意见稿，于 2015 年 1 月 10 日至 2 月 28 日在民航行业范围内下发征求意见。针对各地专家和一线运行人员提出的意见，空管局与相关人员反复讨论斟酌，并于 4 月 15 日在空管局会议室召开专家评审会，形成了最终的拟下发版本。

编写人员：

规范由民航局空管局组织编写，由华东空管局和西南空管局配合完成，参与编写和修订的主要人员包括：

民航局空管局：王巍、张超；

民航华东空管局：余俊、陆欣、李铭佳、陆逸华、辛海杰；

民航西南空管局：张继红、邓志平、夏阳；

特邀专家：邓卫军、李韞蕾、李志远、周亚涛、胡明波、阎豫海、简建红。

附件 5：仪表着陆系统安装调试及验收报告

仪表着陆系统安装调试及验收报告

工程名称：_____

施工单位：_____

填报日期：_____

表 1 航向天线阵安装测量记录

基准点与跑道终端间距/偏差（m）				基准点标高/偏差（cm）				横向基准线角度/偏差（°）				
天线基础相对高度偏差测量（cm）												
选取点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
测量结果												
天线底座位置偏差测量（mm）												
编号	1 前	2 前	3 前	4 前	5 前	6 前	7 前	8 前	9 前	10 前	11 前	12 前
横向												
纵向												
编号	1 后	2 后	3 后	4 后	5 后	6 后	7 后	8 后	9 后	10 后	11 后	12 后
横向												
纵向												
编号	13 前	14 前	15 前	16 前	17 前	18 前	19 前	20 前	21 前	22 前	23 前	24 前
横向												
纵向												
编号	13 后	14 后	15 后	16 后	17 后	18 后	19 后	20 后	21 后	22 后	23 后	24 后
横向												
纵向												
天线底座高度测量（mm）												
编号	1 前	2 前	3 前	4 前	5 前	6 前	7 前	8 前	9 前	10 前	11 前	12 前
结果												
编号	1 后	2 后	3 后	4 后	5 后	6 后	7 后	8 后	9 后	10 后	11 后	12 后
结果												
编号	13 前	14 前	15 前	16 前	17 前	18 前	19 前	20 前	21 前	22 前	23 前	24 前
结果												
编号	13 后	14 后	15 后	16 后	17 后	18 后	19 后	20 后	21 后	22 后	23 后	24 后
结果												

表 2 航向电缆铺设工艺检查

箱体牢固性检查		线槽牢固性检查	
电缆铺设弯曲度检查			
天线系统室外接地检查			

表 3 航向室内设备安装检查

检查项目	实测值（完成情况）			备注		
机柜安装牢固可靠性						
机柜线缆连接						
内部开关和跳线设置						
等电位带连接						
接地连接						
避雷器安装						
UPS 输出电压（V）						
电池组输出电压（V）						
电力缆线间、线地电阻(MΩ)						

表 4 航向设备开机前检查项目

检查项目	实测值（完成情况）			备注		
UPS 电源连接测试；						
零地电压测试						
AC/DC 输出电压				需≤4 伏		
电池输出电压						
各模块跳线检查确认						
机柜完好性检查						
天线完好性检查						
电缆完好性检查						

注：检查结论没有明确数值时以良好/差或以完成/未完成注明

表 5 航向设备发射机调整测量记录

频率测量 (MHZ)		航道频率		余隙频率		航道频率		余隙频率	
TX1									
TX2									
功率测量 (W)		航道 CSB				余隙 CSB			
		软件设置值		实测值		软件设置值		测量值	
TX1									
TX2									
CSB 参数测量		航道 CSB				余隙 CSB			
		DDM	SDM	RF Level	DDM	SDM	RF Level		
TX1	软件设置								
	测量值								
TX2	软件设置								
	测量值								

表 6 航向天线系统测量记录表

机柜到天线分配单元射频电缆测量（传输模式测量）												
发射通道	航道 CSB			航道 SBO			余隙 CSB			余隙 SBO		
幅度（dB）												
相位（°）												
天线分配单元至天线馈电电缆测量记录（传输模式测量）												
天线编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
幅度（dB）												
相位（°）												
天线编号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
幅度（dB）												
相位（°）												
天线回波损耗测量（反射模式测量）												
天线编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
回波损耗(dB)												
天线编号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
回波损耗(dB)												
初步定相												
航道	航道 SBO 相位			航道 DDM								
				跑道左侧测试点			跑道中心线			跑道右侧测试点		
TX1												
TX2												
余隙	余隙 SBO 相位			余隙 DDM								
				测试点 1: °				测试点 2: °				
TX1												
TX2												

测试人：

项目负责人：

监理工程师：

日期：

续表 6 航向天线系统测量记录表

天线分配单元测试								
	航道				余隙			
	CSB 幅度	CSB 相位	SBO 幅度	SBO 相位	CSB 幅度	CSB 相位	SBO 幅度	SBO 相位
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

续表 6 航向天线系统测量记录表

天线对配相测试												
天线对												
DDM												
最终定相												
航道	航道 SBO 相位	航道 DDM										
		跑道左侧测试点			跑道中心线				跑道右侧测试点			
TX1												
TX2												
余隙	余隙 SBO 相位	余隙 DDM										
		测试点 1: °					测试点 2: °					
TX1												
TX2												
SBO 幅值预置												
	航道 CSB 功率		航道 SBO 幅值		余隙 CSB 功率		余隙 SBO 幅值					
TX1												
TX2												
天线发射-监视回路测量记录												
通道编号	A1-M1	A2-M2	A3-M3	A4-M4	A5-M5	A6-M6	A7-M7	A8-M8				
幅度(dB)												
相位(°)												
通道编号	A9-M9	A10-M10	A11-M11	A12-M12	A13-M13	A14-M14	A15-M15	A16-M16				
幅度(dB)												
相位(°)												
通道编号	A17-M17	A18-M18	A19-M19	A20-M20	A21-M21	A22-M22	A23-M23	A24-M24				
幅度(dB)												
相位(°)												

测试人:

项目负责人:

监理工程师:

日期:

82

续表 6 航向天线系统测量记录表

外场测试记录							
		TX1			TX2		
测试点		DDM	SDM	RF	DDM	SDM	RF
跑道 入口 / 终端	左宽度						
	0°						
	右宽度						
圆弧 测试 R= (米)	左 35°						
	左 30°						
	左 25°						
	左 20°						
	左 15°						
	左 10°						
	左 5°						
	左 3°						
	左 2°						
	左 1°						
	0°						
	右 1°						
	右 2°						
	右 3°						
	右 5°						
	右 10°						
	右 15°						
	右 20°						
	右 25°						
	右 30°						
	右 35°						

测试人：

项目负责人：

监理工程师：

日期：

83

表 7 航向监视信号混合信号测量记录

	航道位置	航道宽度	余隙	近场
DDM				
SDM				
RF Level				

表 8 航向设备统调测量记录

	TX1		TX2	
	MON1	MON2	MON1	MON2
航道 DDM				
航道 SDM				
航道 RF Level				
宽度 DDM				
宽度 SDM				
宽度 RF Level				
近场 DDM				
近场 SDM				
近场 RF Level				
余隙 DDM				
余隙 SDM				
余隙 RF Level				

表 9 下滑天线安装测量记录

天线基准坐标系角度偏差 (°)		基准点标高 (m)	
基准点侧向距离 (m)		基准点内撤距离 (m)	
与下滑天线基准点对应的天线塔基表面投影点的高程 (cm)			
天线塔基座表面投影点到天线基准点的距离 (cm)			
天线振子位置			

	挂高 (cm, 0.1)	偏置 (cm, 0.1)	前倾 (cm, 0.1)
下天线			
中天线			
上天线			
近场监控天线位置			
上下天线相位 (°)			
距离 (m, 0.01)			
挂高 (cm, 0.1)			

表 10 下滑电缆铺设工艺检查

箱体牢固性检查		线槽牢固性检查	
电缆铺设弯曲度检查			
天线系统室外接地检查			

注：检查结论没有明确数值时以良好/差或以完成/未完成注明

表 11 下滑室内设备安装检查

机柜安装牢固可靠性		机柜线缆连接	
内部开关和跳线设置		避雷器安装	
接地连接		电力缆与线地间电阻	
UPS 输出电压		电池组输出电压	

表 12 下滑设备开机前检查项目

	实测值（完成情况）	备注
UPS 电源连接测试；		
零地电压测试		需 ≤ 4 伏
AC/DC 输出电压测试		
电池输出电压测试		
各模块跳线检查确认		
各板件完好性检查		

注：检查结论没有明确数值时以良好/差或以完成/未完成注明

表 13 下滑设备发射机调整测量记录

频率测量		TX1			TX2		
		航道频率		余隙频率	航道频率		余隙频率
功率测量		航道 CSB		航道 SBO		余隙 CSB	
		软件设置	测量值	软件设置	测量值	软件设置	测量值
TX1							
TX2							
CSB 参数测量		航道 CSB			余隙 CSB		
		DDM	SDM	RF Level	DDM	SDM	RF Level
TX1	软件设置值						
	实测值						
TX2	软件设置值						
	实测值						

表 14 下滑天线系统测量记录

天线发射电缆测量记录（传输模式测量，单位°）					
A1		A2		A3	
天线发射-监视回路测量记录（监视电缆调整，传输模式测量，单位°）					
A1-M1		A2-M2		A3-M3	
天线回波损耗测（反射模式测量，单位 dB）					
A1-M1		A2-M2		A3-M3	
M 型天线分配网络测量		幅度		相位	
CSB 输入	上天线				
	中天线				
	下天线				
SBO 输入	上天线				
	中天线				
	下天线				
CLR 输入	上天线				
	中天线				
	下天线				
CSB/SBO 相位调整（选择 A2 或 A1 输出耦合信号 / M2 或 M1 输入信号）					
	SBO 相位	DDM			
TX1					
TX2					
SBO 幅值预置（选择 A2 或 A1 输出耦合信号 / M2 或 M1 输入信号）					
	SBO 幅度		DDM		
TX1					
TX2					

测试人：

项目负责人：

监理工程师：

日期：

87

表 15 下滑监视信号混合网络测量记录

监视混合电路调整记录				
	下滑位置	下滑宽度	余隙	近场
DDM				
SDM				
RF Level				

表 16 下滑设备统调测量记录

	TX1		TX2	
	MON1	MON2	MON1	MON2
下滑 DDM				
下滑 SDM				
下滑 RF Level				
宽度 DDM				
宽度 SDM				
宽度 RF Level				
近场 DDM				
近场 SDM				
近场 RF Level				
余隙 DDM				
余隙 SDM				
余隙 RF Level				

表 17 Thales420 下滑设备发射机调整测量记录

频率测量	TX1				TX2			
	航道频率		余隙频率		航道频率		余隙频率	
功率测量	航道 CSB1 (A1)		航道 CSB2 (A2)		余隙 CSB (A1)		余隙 CSB (A3)	
	设置值	测量值	设置值	测量值	设置值	测量值	设置值	测量值
TX1								
TX2								
CSB 参数测量	TX1				TX2			
	软件设置值		测量值		软件设置值		测量值	
航道 CSB1 SDM								
航道 CSB1 DDM								
航道 CSB1 RF Level								
航道 CSB2 SDM								
航道 CSB2 DDM								
航道 CSB2 RF Level								
余隙 SDM								
余隙 DDM								
余隙 RF Level								

测试人：

项目负责人：

监理工程师：

日期：

89

表 18 Thales420 下滑设备天线系统测量记录

天线发射电缆测量记录（传输模式测量，单位°）						
A1		A2		A3		
天线发射-监视回路测量记录（监视电缆调整，传输模式测量，单位°）						
A1-M1		A2-M2		A3-M3		
天线回波损耗测量（反射模式测量，单位 dB）						
A1-M1		A2-M2		A3-M3		
ACTIVE M 型天线分配网络测量			幅度（dB）		相位（°）	
CSB 做输入	上天线					
	中天线（CSB2）					
	下天线（CSB1）					
SBO 做输入	上天线					
	中天线（CSB2）					
	下天线（CSB1）					
CLR 做输入	上天线					
	中天线（CSB2）					
	下天线（CSB1）					
CSB/SBO 相位调整（射频定相）						
余隙（A1 和 A3 信号 通道）定相	TX1			TX2		
	航道 SBO 相位	DDM	移相器 操作	航道 SBO 相位	DDM	移相器 操作
A1-CSB1 和 A3-SBO 定相	航道 SBO 相位	DDM	SDM	航道 SBO 相位	DDM	SDM
A2-CSB2 和 A3-SBO 定相	航道 SBO 相位	DDM	SDM	航道 SBO 相位	DDM	SDM

测试人：

项目负责人：

监理工程师：

日期：

90

续表 18 Thales420 下滑设备天线系统测量记录

SBO 幅值预置			
	下滑 SBO 相位	DDM	下滑 SBO 幅度
TX1			
TX2			