

郭泽勇 梁国锋 曾广宇 主编

CINRAD/SA

雷达业务

技术指导手册



气象出版社
China Meteorological Press

CINRAD/SA 雷达业务 技术指导手册

郭泽勇 梁国锋 曾广宇 主编

内容简介

本书以雷达站日常业务工作为主线,系统地论述了 CINRAD/SA 天气雷达测试技术维护保障方法、业务软件及其他相关业务工作,分 8 个章节。第 1 章详细描述了雷达接收机系统、发射机系统的关键测试点电气特征及测试方法;第 2 章根据 ASOM 平台维护项目总结了雷达周维护、月维护和年维护等重点指标的维护方法;第 3 章对雷达业务软件的安装、注意事项及其操作应用等方面做了相应的介绍;第 4 至 7 章汇集了雷达资料整编、基数、报表、备件等相关业务工作;第 8 章结合采集的典型故障个例,总结了闪码和定位两类典型问题的诊断方法。附录对雷达开关机流程、雷达参数、产品、基数据格式、CINRAD/SA 报警信息、备件清单、业务质量考核办法以及加密观测管理办法等内容进行了介绍。本书可供天气雷达技术保障人员及高校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

CINRAD/SA 雷达业务技术指导手册/郭泽勇,梁国锋,曾广宇主编.
—北京:气象出版社,2015.3
ISBN 978-7-5029-6106-0

I. ①C… II. ①郭… ②梁… ③曾… III. ①气象雷达-技术手册
IV. ①TN959.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 057826 号

CINRAD/SA LEIDA YEWU JISHU ZHIDAO SHOUC

CINRAD/SA 雷达业务技术指导手册

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.qxcbs.com>

责任编辑:马 可 张 斌

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:256 千字

版 次:2015 年 3 月第 1 版

定 价:35.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:10

印 次:2015 年 3 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

《CINRAD/SA 雷达业务技术指导手册》

编写组

顾 问：梁 域 敖振浪

主 编：郭泽勇 梁国锋 曾广宇

编写组成员：梁钊扬 郑 清 吴少峰 胡学英 罗业永
黄裔诚 胡伟峰 程元慧 刘永亮 叶宗毅
区永光 罗雄光 殷宏南 陈杰呼 麦宗天
郭圳勉 黄小丹 黄先伦 吴长春 邓长坤
舒 毅 袁 圣 方文信 陈世春 卢 峰
郑华珠 成仕凡 张德苏 周钦强 雷卫延
李建勇 虞海峰 姚喜乔 郭志勇 孙召平
刘 杨 余 洋 黎德波 钟震美 罗 鸣
刘亚全 邝家豪 朱永兵 李源锋 黄卫东

序

CINRAD/SA 新一代天气雷达是监测台风、暴雨、飑线、冰雹、龙卷风等灾害性天气过程的先进装备之一,尤其对半径 460 千米范围的雹云、龙卷气旋等中小尺度天气系统的监测最为有效。我国新一代天气雷达建设始建于 20 世纪 90 年代末,到 2014 年底全国已建成雷达 171 部,形成了较为完善的新一代天气雷达监测网,使我国对灾害性天气的监测和预警能力提高到一个新的水平,在气象防灾减灾中发挥了重要作用,取得了显著的社会效益和经济效益。

提高雷达保障人员的技术水平,加速雷达维修维护时效,减少雷达系统设备的故障率,提升雷达稳定性、可靠性及探测数据的可用性,确保雷达系统整体运行质量,充分发挥雷达在灾害性天气监测中的重要作用,是一环扣一环的系统性工作。这不仅需要雷达管理工作做到规范、有序、有效和细致,也需要一套比较系统的涉及雷达管理、业务运行、技术保障的业务指导书,使新一代天气雷达技术保障人员能够快速学习掌握相关规章制度、维修维护技术、雷达性能测试技术、业务质量考核以及雷达探测技术研究等方面的知识。

《CINRAD/SA 雷达业务技术指导手册》的作者均是工作在天气雷达工作岗位上的第一线技术人员,具有比较丰富的实践经验。本书内容汇集雷达实际操作、雷达测试技术、维修维护、雷达数据应用、故障个例分析与处理、雷达业务软件以及台站其他具体业务。一方面,有助于有经验的技术人员巩固所学雷达相关知识,温故而知新;另一方面,便于刚从事雷达工作的新同志学习参考,帮助新同志尽快熟悉业务,更好地保障雷达正常运行。本书内容理论联系实际,深入浅出,通俗易懂,内容清晰,图文并茂,凝练了一线雷达工作者的智慧和心血,既有较高的理论水平,又有很强的可操作性和实用性,有助于雷达技术保障人员快速了解和掌握雷达系统运行和维修诊断技术以及处理方法,是一本适用基层台站技术人员的实用参考书。

衷心希望本书能够对广大天气雷达技术支持和保障人员的上岗培训及实际业务工作有较好的参考价值,培养出一批又一批高素质高水平的雷达保障人员,为新一代天气雷达稳定可靠地运行发挥积极作用。

殷振浪

2015 年 3 月 3 日

前 言

自 2001 年以来,广东省陆续布设了广州、阳江、韶关、梅州、汕头、深圳、河源、汕尾、珠海、肇庆、湛江 11 部 CINRAD/SA 型新一代天气雷达,为保障新一代天气雷达可靠运行,广东省大气探测技术中心、省气象局观测与网络处联合雷达生产厂家举办了多期新一代天气雷达技术保障培训班,通过培训和交流,提高了台站技术保障人员的理论知识和实际操作能力。经过长期一线新一代天气雷达的技术保障历练,基层雷达站技术人员在新一代天气雷达业务运行和维护维修方面积累了丰富的经验。

为进一步提高新一代天气雷达站的业务运行质量,有效地发挥新一代天气雷达在灾害性天气监测和预警中的作用,阳江市气象局组织相关技术骨干并联合一线雷达技术保障人员,对雷达参数测试、维护操作、雷达业务软件使用及台站相关运行业务进行总结,将相关总结资料整理成册,为从事雷达维护保障的技术人员提供借鉴,也为新工作人员尽快熟悉新一代天气雷达保障工作提供参考。

本手册集雷达参数测试、维护操作、雷达业务软件安装与使用,以及台站相关运行业务于一身,通过整理与提炼,形成一本基层雷达站技术保障人员的操作指南,内容涵盖以下四个方面:

(1)根据 CINRAD/SA 天气雷达性能指标,结合仪表操作步骤,总结了发射机和接收系统关键测试点的测试原理、测试方法;

(2)根据综合气象观测系统运行监控平台(ASOM)的雷达维护项目,总结了雷达周维护、月维护以及年维护、年巡检等重点指标的检查 and 测量方法,以及相关业务软件的安装与维护方法;

(3)介绍了 LINUX 环境下 RDA 计算机软件操作应用,以及 RPG、PUP 和资料上传 PUPC、UCP、RPGCD、TRAD、RSCTS 等相关软件的安装、参数配置方法及使用技巧;

(4)介绍了雷达资料的保存与整编方法、机务报表、质量报表、雷达备件管理、油机和 UPS 维护、雷达维护维修实例等其他业务工作。

在本手册的编写过程中,得到广东省大气探测技术中心敖振浪正研级高工、广东省气象台胡东明高工以及河南省大气探测技术中心潘新民正研级高工、敏视达雷达有限公司相关专家和技术人员的热心指导与大力帮助,在此表示衷心的感谢!

本手册撰写过程中,参考了他人的一些研究成果,除了参考文献中所列正式刊登的论文、论著外,还有部分资料摘自培训讲义、文件以及会议材料等,对未正式发表的内容,不一一列出作者和出处,恳请有关作者谅解,在此也深表谢意。

本手册的顺利出版得益于广东省阳江市气象局的大力支持,广东省气象局探测数据中心、广东省气象局观测与网络处有关领导和专家对本手册的编写给予了大量的指导,在此谨表示衷心感谢!

编写组在广东省气象科技项目“基于 WEB 的天气雷达故障案例采集与处理平台

(2012B36)”和阳江市气象局科研课题“CINRAD/SA 雷达测试技术与维护指南”的基础上,以敏视达雷达有限公司近年来的培训材料为基本素材,结合雷达站一线技术人员的经验积累编写而成,力求尽量做到实用、贴近实际,由于作者水平有限和编写时间仓促,书中不足和差错在所难免,恳请使用者批评指正。

本书编写组
2014 年 5 月

目 录

序

前言

1 雷达系统关键点测试方法	(1)
1.1 接收机关键点测试	(1)
1.2 发射机关键点测试	(8)
1.3 总结	(31)
2 雷达系统维护方法	(32)
2.1 周维护	(32)
2.2 月维护	(34)
2.3 年维护	(38)
3 雷达软件安装与配置	(43)
3.1 雷达系统软件安装与配置	(43)
3.2 雷达数据上传软件参数配置	(78)
3.3 软件密码	(80)
4 雷达资料存储与整编	(81)
4.1 基数据文件整编要求	(81)
4.2 灾害性天气过程个例资料整编要求	(81)
5 基数、错情统计及考核指标算法	(85)
5.1 雷达业务基数统计	(85)
5.2 雷达业务错情统计	(88)
5.3 考核指标算法	(89)
5.4 业务质量月报表内容及注意事项	(90)
5.5 台站常见错情	(90)
6 雷达机务报表	(91)
6.1 机务报表内容	(91)
6.2 机务报表填报注意事项	(91)
7 雷达备件管理与油机维护	(92)
7.1 雷达系统设备的备件储备及管理要求	(92)
7.2 雷达备件三级清单	(92)
7.3 油机维护守则	(92)
7.4 油机开关机步骤	(93)
8 维护维修实例	(94)
8.1 CINRAD/SA 闪码故障统计分析与排查方法	(94)
8.2 CINRAD/SA 雷达空间定位误差诊断方法与个例分析	(101)

参考文献	(106)
附录 1 雷达开关机流程	(108)
附录 2 雷达参数	(110)
附录 3 CINRAD/SA 雷达系统产品	(111)
附录 4 考核产品	(114)
附录 5 CINRAD/SA 基数据格式	(116)
附录 6 CINRAD/SA RDASC 报警信息	(119)
附录 7 CINRAD/SA 雷达备件三级清单	(129)
附录 8 广东省新一代天气雷达业务质量考核办法	(142)
附录 9 广东省气象局新一代天气雷达加密观测管理办法	(145)

1 雷达系统关键点测试方法

目前地市级雷达站的测试仪器主要有：功率计、示波器及万用表，其中功率计多为安捷伦的 Agilent E4418B，功率探头则为 8481A/N8481A。功率计主要用于测试发射机的输出功率、接收机频率源的 J1—J4 的各路输出、接收机测试通道关键点功率等。现在台站使用示波器多为泰克的 Tektronix TDS3032B/C、TDS1012B、DSO5032A 等。在 CINRAD/SA 雷达测试中，示波器主要用于测试发射机高频脉冲输入输出包络、发射机各组件关键点波形及接收机测量接口板相关测试点波形等。本章通过使用功率计，给出频率源输出、发射机射频脉冲功率、接收机测试通道关键点功率等测试方法与参考数据；通过使用示波器，给出接收机测量接口板、发射机射频脉冲包络、高频激励器、高频脉冲形成器、灯丝中间变压器、开关组件、触发器、调制组件以及束脉冲等关键测试点的测试方法与波形数据。相关波形和数据均可作为维护、维修的参考。

1.1 接收机关键点测试

(1) 接收机主通道

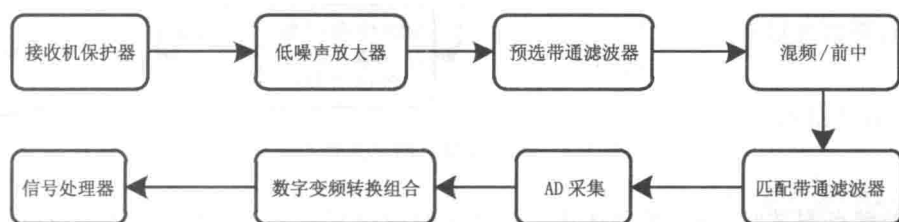


图 1.1 接收机主通道框图

(2) 接收机测试通道

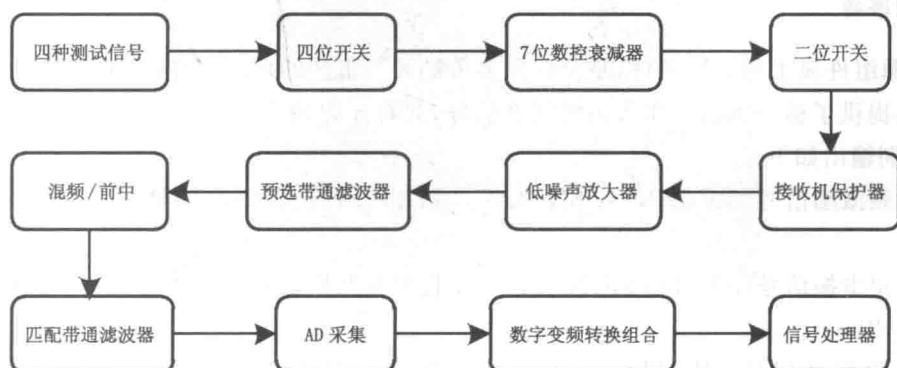


图 1.2 接收机测试通道框图

(3)接收机测试通道关键测试点

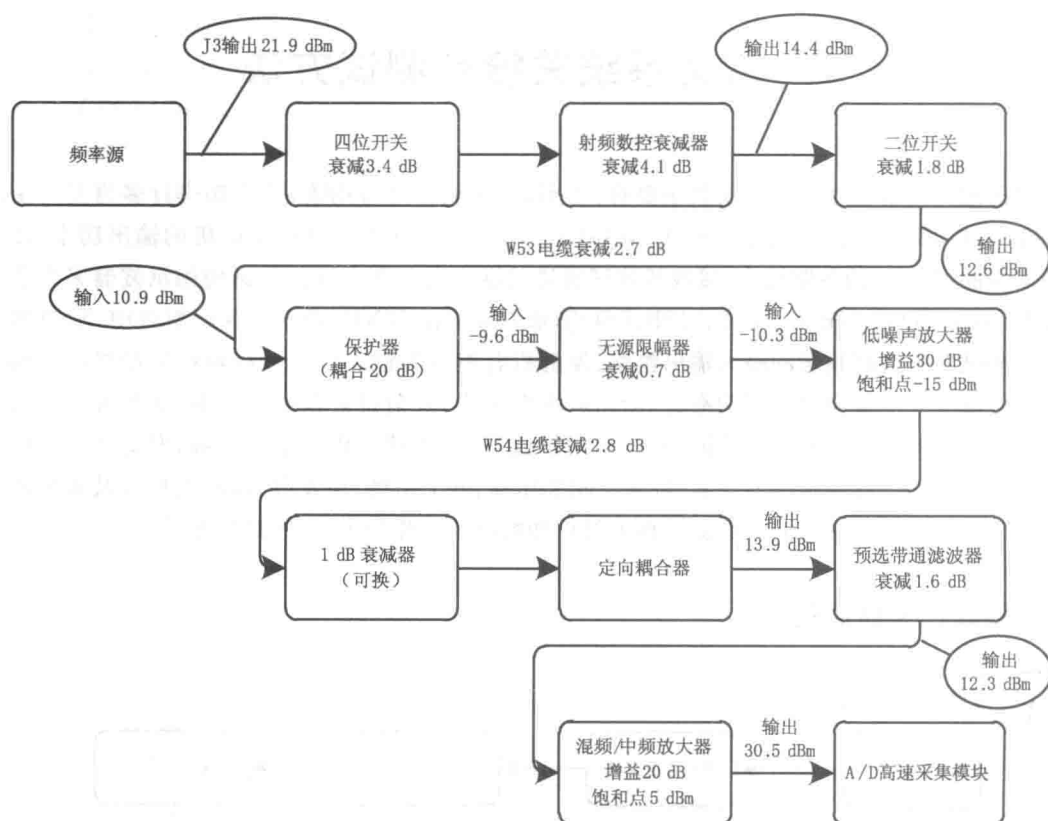


图 1.3 接收机通道测试关键点

以上关键点测试时，测试平台选通二位开关和四位开关，发射 CW，如果接收机性能指标变坏或是无指标（如 RFD、KD、CW 等），那么多半是接收机测试通道中间一环节的问题，需按照以上通道从后往前测试，逐级判断。

1.1.1 频率源

频率源组件属于国家级备件，是全相参多普勒天气雷达的核心部件，其组件工艺水平高且价格昂贵，提供了整个雷达工作所需的基准信号，共有 5 路输出，除 9.6 MHz 主时钟信号外，J1—J4 分别输出如下：

J1：射频激励信号（RF DRIVE SIGNAL），频率 2.7~3.0 GHz，峰值功率 10 dBm（10 mW）；

J2：稳定本振信号（STALO SIGNAL），频率比射频激励信号的频率低 57.55 MHz，输出功率 14~17 dBm；

J3：射频测试信号（RF TEST SIGNAL），频率与射频激励信号相同，输出功率 21~24 dBm；

J4：中频相干信号（COHO SIGNAL），频率 57.55 MHz，输出功率 26~28 dBm。

由于不同站点雷达发射机工作频率不同，因此频率源不能通用。一般使用功率计简单测

量 CINRAD/SA 雷达频率源各端口输出功率的情况,初步判断频率源性能的好坏。用功率计测量频率源各端口输出功率的步骤如下。

1.1.1.1 校零

校零的目的在于检验功率计的精确性以及工作是否正常。具体操作方法是首先连接功率计探头 N8481A($-35\text{ dBm}\sim 20\text{ dBm}$)至功率计信号输入端(POWER REF 处),开机让功率计自动识别探头型号(见图 1.4)。



图 1.4 功率计探头识别

在标定前需要注意两点:

(1)测频率源输出需在 RDASOT 测试平台选通 CW 连续波信号,所以在功率计上要关掉脉冲占空比(duty cycle)和偏置损耗(offset)选项才能使标定结果正常;

(2)校零开始是利用仪表内标定信号源进行校零,所以首先要打开机内信号源,将屏幕按钮 Power Ref 打到 on 位置。

点击功率计按钮“CAL”,选择屏幕按钮“ZERO+CAL”即可开始校零工作(AgilentN1914是先按 ZERO 再按 CAL),直至屏幕显示为 0 dBm 或 1 mW ($10\lg 1\text{ mW}=0\text{ dBm}$)。



图 1.5 功率计标定

标定结束后,准备测试之前,要记得关掉仪表内标定信号源,将 Power Ref 打到 off 位置,之后才能正式测频率源输出(测发射机功率同样如此),否则误差会很大!

另外,一旦测试平台点击 start 发送 CW 测试信号,那么频综就一直处于工作状态,测试平

台的 stop 是关不掉触发的！但是发射脉冲时，测试平台的 stop 可以控制发射机那边的时序。

1.1.1.2 测试

(1)按图 1.6 连接硬件：分别在频率源 4A1 各输出端接上固定衰减器(7~10dB)、转接头、线缆和功率计探头，再接至功率计信号输入端。

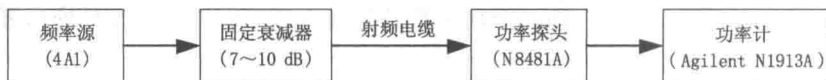


图 1.6 频综测试原理框图

(2)设置功率计参数：按 Frequency 按钮设置本站发射频率(如 2.83 GHz)，按 System/inputs 按钮设置偏置损耗(offset)为 7dB。

本站发射频率的设置如图 1.7 所示。

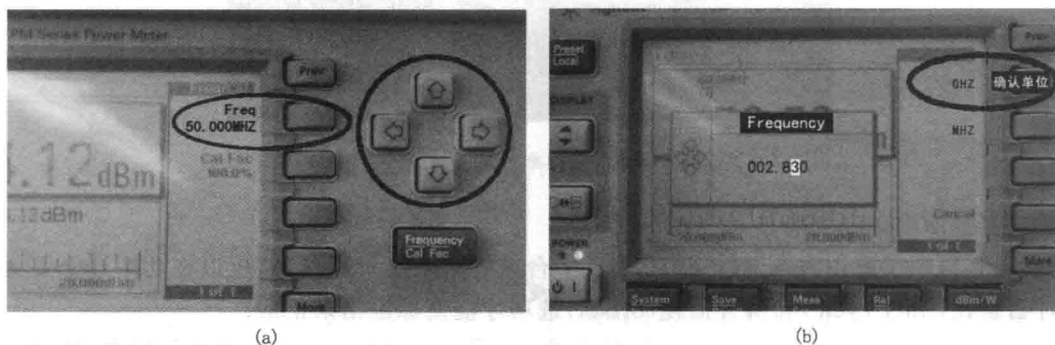


图 1.7 设置本站发射频率

偏置的设置如图 1.8 所示。

1)点击 System inputs;

2)进入设置页面 Input Settings,偏置数值根据所加的固定衰减器而设定。

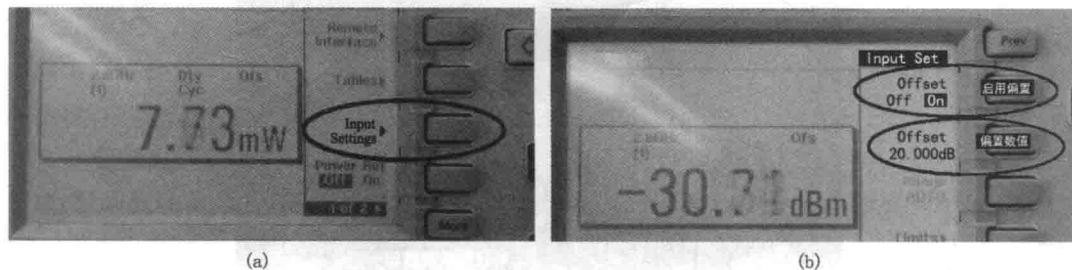


图 1.8 偏置设置

(3)在 RDASOT 测试平台进入接收机(Receiver)选项并选通二位开关、四位开关，发送 CW 测试信号，功率计即可显示所测输出端的功率值。

(4)功率计使用注意事项

功率计探头 N8481A 的最大承受功率为 20 dBm(如图 1.9 所示)，而频率源的四个输出端

中 J3 和 J4 端口的输出功率均超过功率探头的最大可承受功率(J3 输出可达 24 dBm、J4 输出可达 28 dBm)。为安全起见,需要在信号到达功率计探头前加上 7~10dB 衰减。另外,需要注意的是,如果不知道所测目标信号的功率大小,最好在功率计探头前端加入足够大的衰减,如果信号太弱甚至检测不到信号,再慢慢调整衰减的大小至合适为止,避免在未知测试目标功率的情况下将探头损坏。

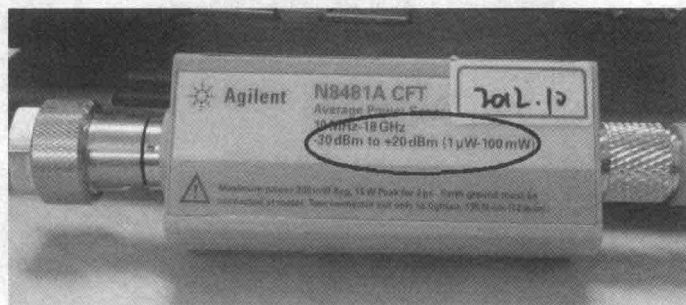


图 1.9 功率计探头功率要求

接收机保护器前端的测量方法与测量频率源输出大致相同,只是测试点在天线座内接收机保护器前端 J3 端口,由于保护器 J3 输出通常只有 12 dB 左右,所以无须增加固定衰减器。

1.1.2 测量接口板

测量 5A16 输出不需要加高压,除充电触发、放电触发、RF GATE C 需要打开 RDASOT 测试平台发脉冲或 CW 连续波外,其余的不需要开测试平台,保证 HSP 供电即可保证 5A16 有输出,因为他们都是由 HSP 直接供电的。

(1)接收机保护器命令 CMD(RC PT CMD N)测试点测试波形如图 1.10 所示。

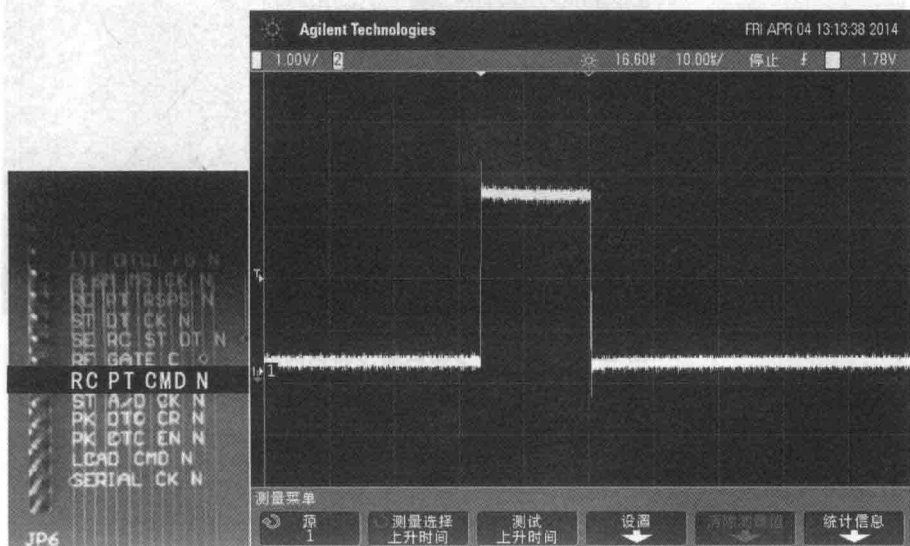


图 1.10 接收机保护器命令测试点与测试波形

(2)接收机保护器响应 RSPS(RC PT RSPS N)测试点和测试波形如图 1.11 所示。

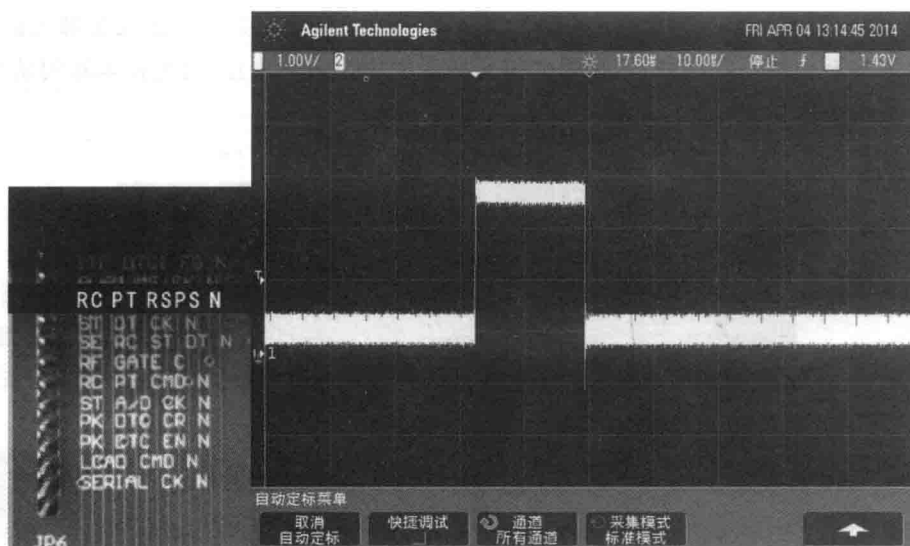


图 1.11 接收机保护器响应测试点与测试波形

(3)9.6M 时钟信号(9.6M MS CK N)测试点和测试波形如图 1.12 所示。

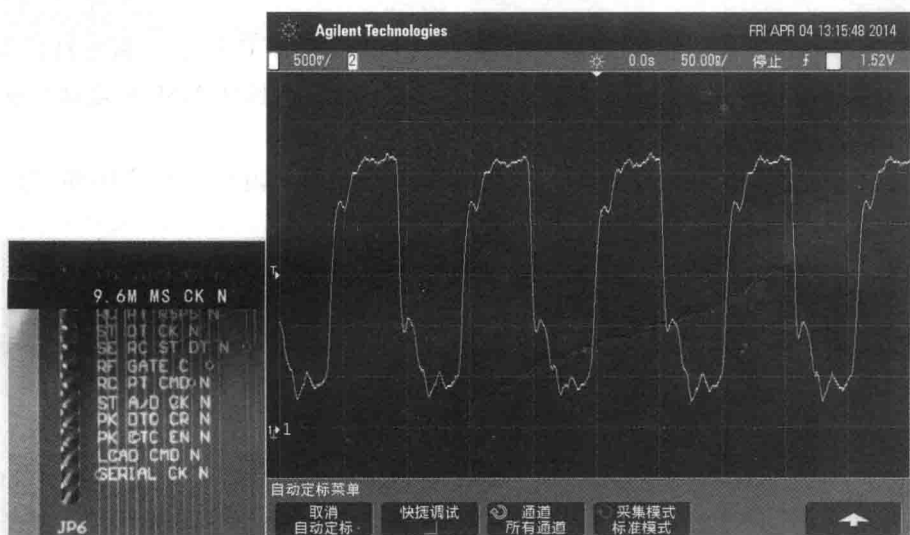


图 1.12 时钟信号测试点与测试波形

(4) 充电触发信号(MODCHRG.,)测试点和测试波形如图 1.13 所示。

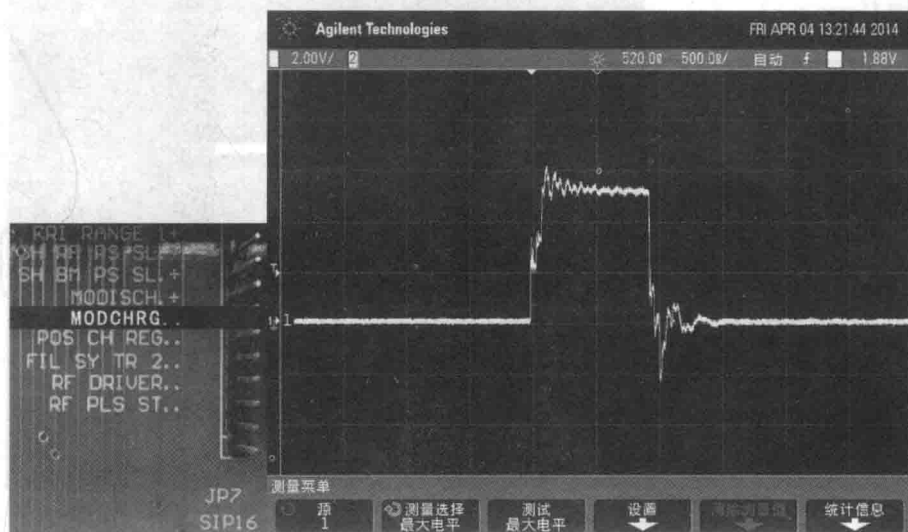


图 1.13 充电触发信号测试点与测试波形

(5) 放电触发信号(MODISCH.,+)测试点和测试波形如图 1.14 所示。

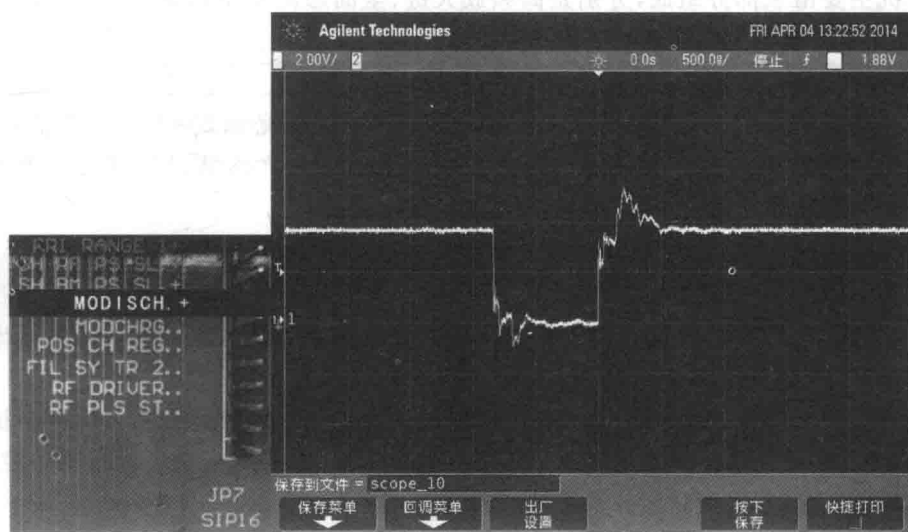


图 1.14 放电触发信号测试点与测试波形

(6) RF 门信号(RF GATE C)测试点和测试波形如图 1.15 所示。

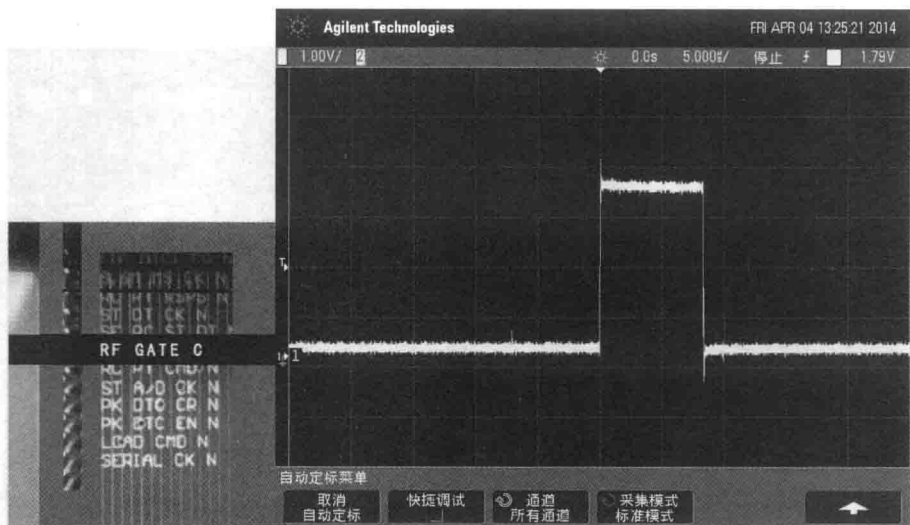


图 1.15 RF 门信号测试点与测试波形

1.2 发射机关键点测试

发射机主要由三部分组成,分别是高频放大链、全固态调制器和油箱部件(如图 1.16 所示)。下面介绍发射机主要部件的结构和工作原理。

(1) 高频放大链

高频激励器 3A4:射频激励信号来自接收机频率源(脉宽 $8.3 \sim 10 \mu\text{s}$,峰值功率约 10 mW)。高频激励器 3A4 放大射频输入信号,峰值输出功率大于 48 W ,用于驱动高频脉冲形成器 3A5。高频激励触发信号来自信号处理器,40 V 电源供电。

高频脉冲形成器 3A5:对来自高频激励器 3A4 的高频输入信号进行调制、整形,输出功率、波形、频谱均符合要求的高频脉冲(幅度降至 15 W),经可变衰减器 3AT1,得到匹配的输出功率(约 7.5 W 或 2 W ,不同速调管要求不同),输入速调管放大器。发射机的输出高频脉冲宽度及频谱宽度主要由本单元决定。

速调管放大器:是发射机高频放大链的末级放大器,一种线性电子注器件,发射机采用六腔速调管,在其阴极与收集极间的直线上排列着六个谐振腔,最靠近阴极的为第一腔,最靠近收集极的为第六腔,其谐振频率分别机械可调。

高频放大链的工作过程如图 1.17 所示。高频输入信号的峰值功率约 10 mW ,脉冲宽度约 $8.3 \sim 10 \mu\text{s}$ 。高频激励器放大高频输入信号,其输出峰值功率大于 48 W ,馈入高频脉冲形成器。高频脉冲形成器对高频信号进行脉冲调制,形成波形符合要求的高频脉冲,并通过控制高频脉冲的前后沿,使其频谱宽度符合技术指标要求。调节可变衰减器的衰减量,可使输入速调管的高频脉冲峰值功率达到最佳值。速调管放大器的增益约 50 dB ,经电弧及反射保护器后,发射机的输出功率不小于 650 kW 。电弧/反射保护器,监测速调管输出窗的高频电弧,并接收来自馈线系统的高频反射检波包络,若发现高频电弧,或高频反射检波包络幅度超过 95 mV ,立即向监控电路报警,切断高压。