

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2016.z1.21

南山台站电波环境测试及屏蔽方案考虑

刘 奇^{1,2}, 刘 烽¹, 刘 晔^{1,3}, 王 玥¹, 陈卯蒸¹

(1. 中国科学院 新疆天文台, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 新疆大学, 乌鲁木齐 830046)

摘要: 射电望远镜具有极高的系统灵敏度, 且台址内电子设备众多, 台站外无线通信业务不断扩张, 电磁环境复杂; 有效的电波环境测试及分析对台站消干扰策略、屏蔽设计、无线电管理提供重要依据。针对南山台站电波环境进行了详细的测试, 分析了台站电波环境频谱的主要特征及随时间变化趋势; 基于电波环境频谱特征, 通过测试确定了台站内主要干扰源, 并对台站内部主要干扰区域的干扰设备进行测试诊断, 确定了主要的干扰设备。结合南山台站仪器设备分布现状及实际的干扰测试, 给出了台站屏蔽防护方案的一些考虑, 为后期的屏蔽改造工作奠定基础。

关 键 词: 射电望远镜; 电波环境; 干扰测试; 屏蔽防护

中图分类号: P111.44 **文献标识码:** A

1 引 言

射电望远镜具有极高的系统灵敏度, 而国内现有的射电望远镜在建设过程中缺乏电磁兼容性设计及屏蔽防护方面的考虑^[1]。随着空间无线电技术的发展及台站内电子设备的不断增多, 电磁环境变得尤为复杂。台站内电子设备辐射信号呈现多样性, 如大幅提高环境噪声的宽带干扰源、瞬态突发信号辐射干扰源、具有极化特性辐射干扰源不断增多, 各类电子设备电磁辐射通过天线旁瓣进入接收系统^[2], 降低系统信噪比^[3], 恶化观测数据, 加大观测时间、处理数据的复杂性^[5-7]。

南山台站电波环境不断恶化, 主要体现在 25 m 射电望远镜系统不断升级改造、台站光学观测平台建设不断扩张, 电子设备不断增多; 台站外无线电业务众多, 如移动通信、通信链路系统、航空导航、雷达测距、卫星通信等业务对射电天文业务产生干扰^[1]。针对现有射电天文台站进行有效的电波环境测试, 分析台站电波环境频谱特征, 确定台站内部主要的干扰设备, 对台站无线电管理、消干扰策略、屏蔽设计、安排观测任务等提供重要依据, 具有重要的工程意义。

资助项目: 973 项目 (2015CB857100); 国家自然科学基金 (11473061, 11103056)

通讯作者: 刘奇, liuqi@xao.ac.cn

2 电波环境测试

2.1 测试系统

测试系统由定向天线、前置放大器、滤波器、噪声源、信号分析仪和计算机组成，测试原理框图如图 1 所示。系统中使用高通滤波器有效减小低频信号对测试结果的影响，滤波器前后各加 3 dB 衰减器以减小微波链路驻波，提高系统测试精度。采用标准噪声源 346C^[8] 对测试系统进行校准，数据处理后，获得测试系统噪声温度和系统增益；通过系统增益对测试数据进行校准，获得测试天线口面处辐射功率。

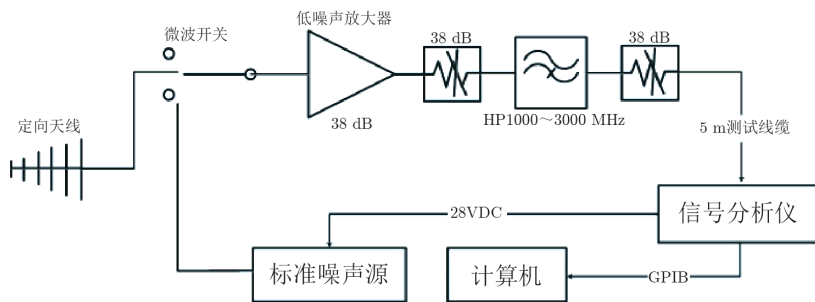


图 1 测试原理图

按照图 1 中系统校准部分连接仪器设备，现场校准结果如图 2 所示，连接好设备后，通过计算机控制频谱仪供电控制开关，运用 Y 因子法获得开关状态下的典型频点功率，基于标准噪声源 346C 超噪比计算系统噪声和系统增益^[3, 4]。系统校准过程在软件中完成，获得系统噪声和系统增益。

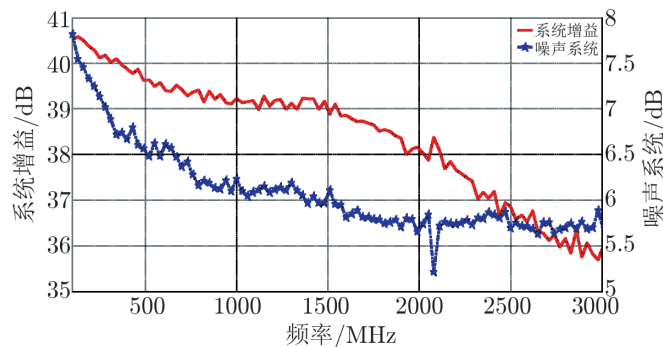


图 2 系统校准结果

2.2 测试方法

基于 SKA 选址 RFI 测试协议^[9]，采用准实时电波环境测试方法，对南山台站进行详细的电波环境测试。测试带宽为 950~2 650 MHz，包含干扰影响较大的 L 波段和 S 波段。中频滤波器带宽内扫描时间为 100 μ s，平均次数 200 次。计算出中频滤波器带宽内积分时间为

$100\ \mu\text{s} \times 200 = 20\ \text{ms}$, 而 SKA 选址 RFI 测试协议模式 1 要求积分时间为 $10\ \text{ms}^{[9]}$, 满足了测试灵敏度要求。综上所述, 可计算测试带宽内测试时间约为 19 min, 考虑到转动望远镜方位时间及软件调试时间, 确定一个方向测试时间约为 22 min。

电波环境测试时间为北京时间 10:00—22:00。实际的测试天线 3 dB 波束宽度约为 45° , 确定 8 个测试方向覆盖 360° 。由于每次测试时间约为 22 min, 每 1.5 h 测试 4 个方向, 测试完成后回到初始位置进行第二个时间段测试, 从而覆盖整个白天时间。两个白天完成全方向测试, 以正北方向为 0° , 正南方向为 180° 。考虑到测试极化要求, 共计测试时间为 4 天。测试系统安装于射电望远镜三层平台, 高度接近射电望远镜馈源口面, 经过校准后定向天线口面功率可近似认为为馈源口面处功率。

2.3 测试结果

信号分析仪扫频时, 中频滤波器带宽内采集 10 个点, 即每个分辨率带宽内采集 10 个点, 统计出每 10 个点的平均值作频点对应的功率, 从而提高数据的准确性。测试数据校准方法为信号分析仪采集数据-天线增益(厂家提供)-系统增益。

图 3 为典型测电波环境频谱, 图 3 a) 为台站 90° 方向不同时间水平极化测试的频谱图, c) 为 90° 方向水平极化测试三维频谱图, e) 为 90° 方向水平极化干扰点统计频谱图。从图 3 可以看出, 随着时间的变化, 1850 MHz 处的 3 G 信号幅度随着时间的变化不大, 而 1 150 MHz、1 600 MHz、1 750 MHz 处干扰信号仅在单一的时间段出现, 对台站安排观测任务提供依据。图 3 b) 为全方向 13:00—14:30 时间段的水平极化频谱, d) 为全方向 3 维频谱图, f) 为干扰点统计图, 从频谱图可以看出, 大量的窄带干扰来自 180° 方向和 225° 方向, 这两个方向有射电天文观测室、40 cm 光学观测室、GPS 观测室和北斗观测室, 由于各个观测室内均配置有大量的网络设备和数据处理终端, 初步确定大量的窄带干扰来自台站自身设备。

3 台站内部干扰源分析

3.1 干扰区域确定

基于电波环境测试结果, 为验证电波环境频谱中大量窄带干扰信号是否来自自身电子设备, 采用测试设备对着自身设备区域和隔过设备区域的方式获得不同状况的电波环境频谱。如图 4 所示, 首先, 将测试系统安装在射电望远镜上, 对着设备区域方向, 获得设备区域方向电波环境频谱; 然后, 将测试设备安装在 40 cm 光学望远镜后端, 隔过自身设备区域方向, 获得同一方向的电波环境频谱。

频谱图中蓝色曲线为隔过设备区域频谱, 红色曲线为对着设备区域频谱, 分别获得 180° 、 225° 方向水平极化测试和垂直极化测试频谱, 如图 5 所示。从对比图可以看出, 红色曲线存在大量的窄带干扰信号, 而蓝色曲线相对干净很多, 可确认大量的窄带干扰来自台站自身电子设备。

3.2 干扰设备确定

统计了电波环境频谱中干扰信号特征, 包括带宽、幅度、方向、极化的信息, 确定了

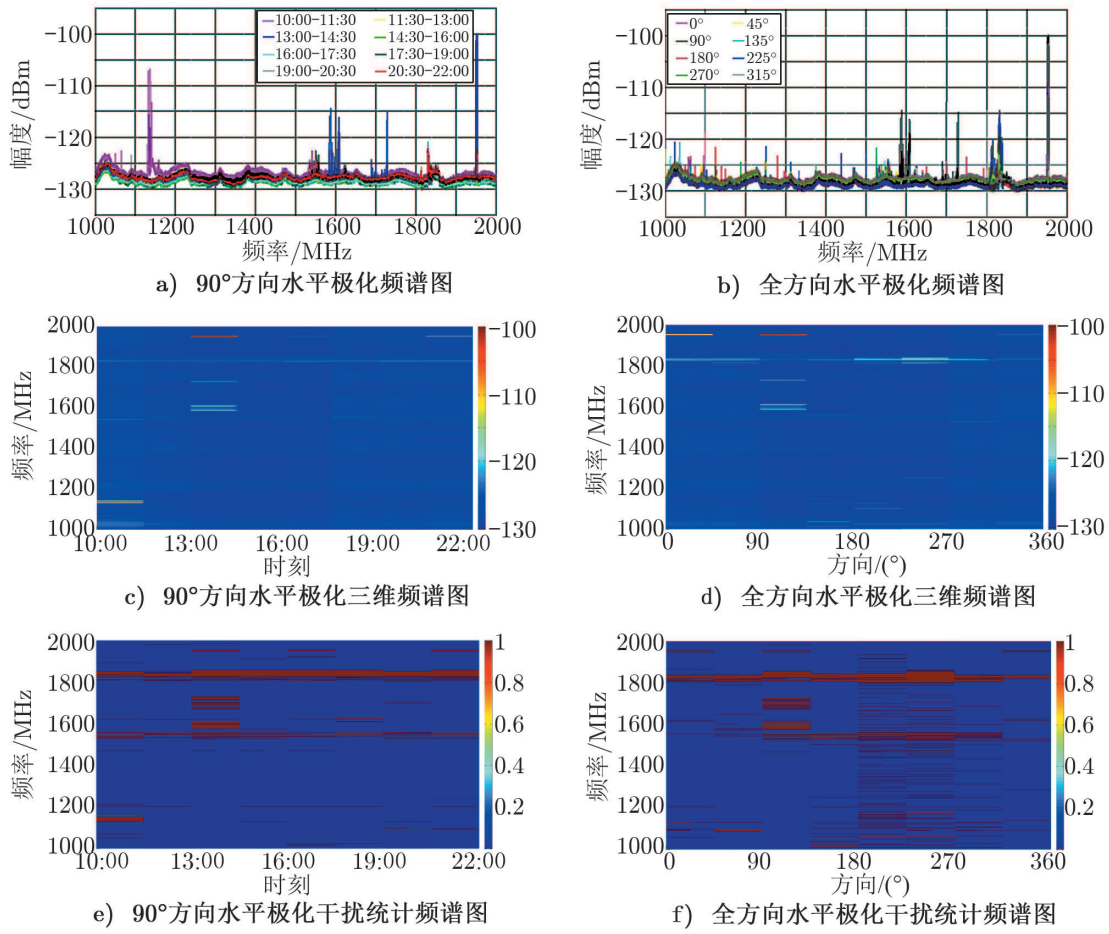


图3 典型测试频谱图



图4 对着仪器设备区域和隔过设备区域测试实物图

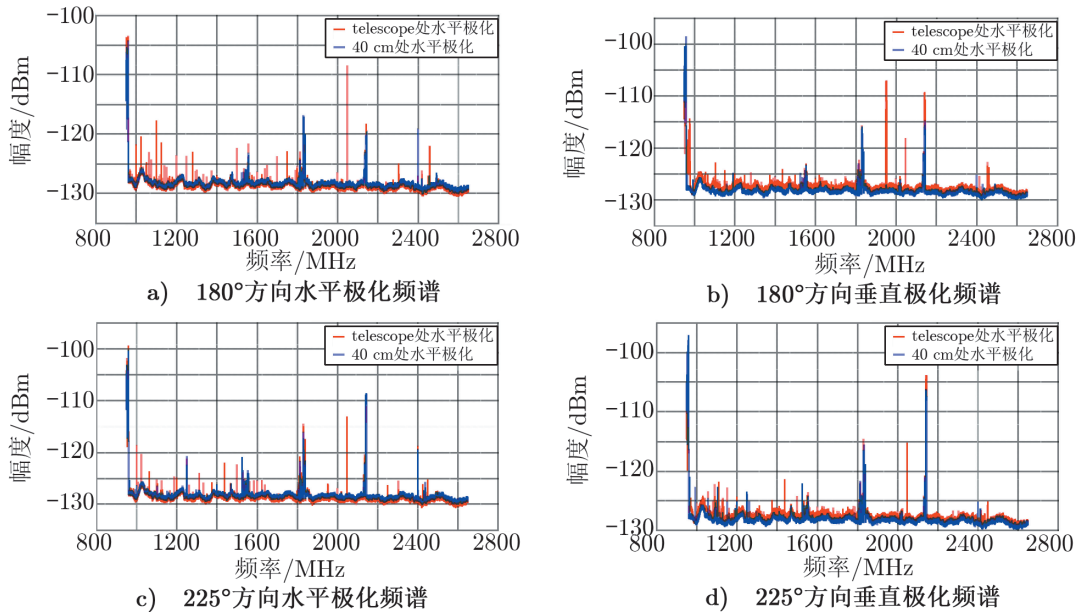


图 5 对着仪器设备区域和隔过设备区域测试频谱图

180° 方向和 225° 方向主要的干扰频点。基于干扰频点, 运用便携式测试设备, 采用定向天线对着仪器设备和偏开仪器设备的测试方法, 对两个方向的所有设备区域的干扰设备进行查找, 确定了主要的干扰设备, 测试结果见表 1。从测试结果可以看出, 网络设备、数字处理终端、工控机为主要干扰设备, 且大多为宽带干扰源。

表 1 主要干扰设备

设备区域	主要干扰设备	信号特征
北斗观测室	光电转换器、网络交换机、网关防火墙、计数器、开关电源、工控机	宽带干扰源, 大幅提高噪声
GPS 观测室	光交换机、光电转换器、网络交换机	宽带干扰源, 大幅提高噪声
射电天文观测室	Mark5b 数据记录系统、网络交换机、脉冲星观测终端、网络服务器、工控机、电机驱动器、开关电源、LED 灯	宽带干扰源, 大幅提高噪声
40 cm 光学观测室	GPS 接收设备、网络交换机、工控机、电机驱动器、开关电源	宽带干扰源, 大幅提高噪声

4 屏蔽方案考虑

基于电波环境测试及主要干扰源特征, 结合南山台站的设备区域布局情况, 考虑采用屏蔽机柜对主要的干扰源进行屏蔽处理。原因是设备区域较多, 且各系统已建设完成, 均投入

运行,且没有电磁兼容设计及屏蔽设计,采用屏蔽室方案将投入更多的人力、物力和财力;另外设备区域空间有限,且建设条件不允许,故采用屏蔽机柜性价比较高。采用屏蔽机柜方案也存在一些缺点,如每个机柜相当于一个独立的系统,机柜和机柜之间互联较多,接口不易实现,日常不易维护。

屏蔽防护工程考虑如下:1)依据实际的系统互联情况,定制专用的接口板,满足机柜内仪器设备与外界仪器设备进行通信;解决N型接头、RJ45滤波接头、DB9滤波接头、VGA滤波接头、光纤波导管等技术问题和安装工艺问题。2)网线不容易屏蔽,RJ45滤波器成本高,屏蔽效能太高,产生网络延时,影响数据传输,最重要的原因是在接口板上安装大量的RJ45滤波器不现实。另外,由于光纤波导管成本低、安装维护方便且屏蔽效能高,考虑对观测室进行光纤网络改造,替代之前的网线通信;通过光纤进入机柜,运用光电转换器或交换机实现机柜内部网络通信。3)所有屏蔽机柜需要接地,外部电源通过电源滤波器为机柜内部设备供电,而电源滤波器通过漏电工作,故有效接地以防止机柜壳体成为干扰源。4)由于现有系统的线缆互联繁杂,在工程实施之前考虑各类线缆的制作、测试、标签制作等,需建立完善的电子档案,方便后期的管理与维护。

目前各类屏蔽接口均已购买,屏蔽机柜、机桌接口板设计和加工均已完成,各类接口均已安装和测试。屏蔽工程实施考虑在光纤改造完成之后,原因是屏蔽机柜之间的网络互连考虑采用光纤通信;而目前光纤改造方案正在论证中,光纤通信测试方案及设备指标需求需要进一步的调研与论证。

5 总结与展望

本文针对南山台站电波环境进行了详细的测试,分析了台站电波环境频谱的主要特征及随时间变化趋势;通过测试确定了电波环境频谱中大量的窄带干扰来自台站自身设备,并对台站内部主要干扰区域的干扰设备进行测试诊断,确定了主要的干扰设备。结合南山台站的仪器设备分布情况,我们给出了屏蔽防护方面的一些建议,为后期的屏蔽改造工作奠定基础,具有重要的工程意义。但还存在较多问题,如电波环境分析还不够细化,需要结合后期的屏蔽防护工作,更有针对性地进行测试及分析,为进一步的干扰缓解策略奠定基础。

参考文献:

- [1] 张群涛,刘奇,孙正文,等. 科学技术与工程, 2016, 16(2): 191
- [2] RECOMMENDATION ITU-R RA.769-2. Protection criteria used for radio astronomical measurement. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/ra/R-REC-RA.769-2-200305-I!!PDF-E.pdf, 2016
- [3] 刘奇,王凯,王洋,等. 天文研究与技术, 2014, 11(3): 218
- [4] Millenaar R P. SSSM System Design Considerations. http://www.faculty.ece.vt.edu/swe/ratf/docs/ASTRON_RP013_SSSM_Monitoring_System.pdf, 2016

- [5] REPORT ITU-R RA.2126. Techniques for mitigation of radio frequency interference in radio astronomy. https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-RA.2126-1-2013-PDF-E.pdf, 2016
- [6] 刘奇, 陈卯蒸, 李颖, 等. 天文研究与技术, 2015, 12(3): 292
- [7] 李颖, 刘奇, 刘艳玲, 等. 天文研究与技术, 2016, 13(1): 133
- [8] Operating and Service Manual Agilent 346A/B/C Noise Source. Agilent technology. <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/00346-90148.pdf>, 2016
- [9] Ambrosini R. RFI Measurement Protocol for Candidate SKA Sites. http://www.skatelescope.org/uploaded/49759_37_memo_Ellingson.pdf, 2016

Radio Environment Measurement and Shielding considerations at NSRT Site

LIU Qi^{1,2}, LIU Feng¹, LIU Ye^{1,3}, WANG Yue¹, CHEN Mao-zheng¹

(1. Xinjiang Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Xinjiang University, Urumqi 830046)

Abstract: Radio telescope has the extremely high system sensitivity, however, all kinds of emission from on-site electrical devices and off-site communication business affect the observation data. Effectively monitoring for spectrum and data analyzing can give great supports to spectrum management, shield designing, interference mitigation for observation. A detailed radio environmental at NSRT (Nan Shan Radio Telescope) site was measured, and the spectral characteristics are analyzed. Based on the spectral characteristics and practical testing, ensuring that main narrow interference comes from our own devices zones at site. Then the main interference devices were determined through interference searching at devices zones. Finally, the various shielding engineering problems are considered on the basis of devices distribution at NSRT and interference characteristics, which will provide technical supports for shielding project implementation in the future.

Key words: radio telescope; radio environmental; spectral characteristics; shielding engineering