

CINRDA/CA型天气雷达电磁干扰分析

黄天福^{1*}, 周圣^{2#}, 张兰³, 刘鹏¹

¹六盘水市气象局, 贵州 六盘水

²盘州市气象局, 贵州 六盘水

³六盘水市无线电管委会, 贵州 六盘水

收稿日期: 2023年12月27日; 录用日期: 2024年3月8日; 发布日期: 2024年3月15日

摘要

本文采用六盘水市新一代多普勒天气雷达受电磁波干扰数据资料, 从雷达电磁波干扰监测测试点的方位、距离、强度等找出干扰源并分析其原因。论述电磁波干扰源的判定过程, 采用信号源进行逐级测试排查, 确定不是天气雷达自身干扰后, 判定为外界电磁波干扰, 找出干扰源并关闭进行行政处理过程。最后结合CINRAD/CA天气雷达的抗干扰能力, 对同频干扰现象及其解决措施从理论上进行了探讨, 并为其他同行提供有益的参考。

关键词

CINRDA/CA, 天气雷达, 电磁干扰, 同频干扰

Analysis of Electromagnetic Interference in CINRDA/CA Weather Radar

Tianfu Huang^{1*}, Sheng Zhou^{2#}, Lan Zhang³, Peng Liu¹

¹Liupanshui Meteorological Service, Liupanshui Guizhou

²Panxian Meteorological Service, Liupanshui Guizhou

³Liupanshui Radio Management Committee, Liupanshui Guizhou

Received: Dec. 27th, 2023; accepted: Mar. 8th, 2024; published: Mar. 15th, 2024

Abstract

In this paper, the electromagnetic interference data of the new generation Doppler weather radar in Liupanshui City are used to find out the interference sources and analyze the reasons from the

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 黄天福, 周圣, 张兰, 刘鹏. CINRDA/CA型天气雷达电磁干扰分析[J]. 自然科学, 2024, 12(2): 288-293.

DOI: 10.12677/ojns.2024.122033

azimuth, distance and intensity of the radar electromagnetic interference monitoring test point. This paper discusses the determination process of electromagnetic wave interference source, using the signal source to test and check step by step, to determine that it is not the weather radar itself interference, determine the external electromagnetic wave interference, find out the interference source and close the administrative process. Finally, combined with the anti-jamming ability of CINRAD/CA weather radar, the phenomenon of the same frequency interference and its solving measures are discussed theoretically, and provide a useful reference for other counterparts.

Keywords

CINRDA/CA, Weather Radar, Electromagnetic Interference, Same Frequency Interference

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

六盘水市新一代多普勒(CINRDA/CA)天气雷达是生产并安转,于2016年投入业务运行。从雷达站址的选址到雷达安装调试,一直严格按照中国气象局关于新一代天气雷达站的建设要求,特别是雷达电磁波频率的使用和保护问题上,及时向省、市无线电管理单位申请电磁执照,申请了相应的电磁波频率(5600 MHz)使用保护。在使用过程中不时出现电磁波干扰情况。2020年3月10时10:12分雷达产品资料出现电磁波干扰,严重影响了天气雷达数据质量,相应影响到灾害性天气的预判,对气象灾害预防及时、准确保障受限。通过以前该类天气雷达受扰经验:以同频异步电磁干扰为主,受军用雷达同频干扰现象较为突出[1][2]。国内外雷达专家[3][4][5][6]提出各类天气雷达抗同频同步干扰的技术方法和解决思路。特别是沈继红,提出基于拉普拉斯边缘检测算子的噪声检测算法识别和去除同频干扰[7],该方法取得成果应用到现在天气雷达抗电磁干扰上。本文将采用六盘水市一次时间受同频干扰的各仰角天气雷达实时资料,从监测点到干扰源的方位、距离、强度与实际地形等,分析受干扰原因,排查电磁干扰源,及时联系行政机关处理并关闭电磁干扰源,天气雷达正常业务运行。

2. 资料与方法

2.1. 资料来源

本文采用六盘水市新一代多普勒(CINRAD/CA)型天气雷达2020年3月10日~5月17日的基数据,选取时段以晴空天气回波为主,利用5月10日~12日“六盘水市无线电委员会”在现场使用频谱仪测试的数据,数据为天气雷达点电磁环境测试及疑电磁波干扰源点频谱数据。

2.2. 判定同频干扰源分类及方法

同频干扰分为同频异步干扰和同频同步干扰两种[8],同频同步干扰表现为雷达屏幕显示为有一定厚度的同心环,且根据重复频率的高低分别向外或向内移动,同频异步干扰表现为雷达屏幕显示向外扩展的螺旋状图形[8]。

假定两部天气雷达发射的信号为 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$,其表达形式如下:

$$x_1(t) = a_1(t) \cos[2\pi f_0 t + \phi(t)]$$

$$x_2(t) = a_2(t) \cos[2\pi f_0 t + \phi_2(t)] \tag{1}$$

由于采用调幅形式， $a_1(t)$ 和 $a_2(t)$ 可用下列形式表示：

$$a(t) = \sum a_n g(t - nT_s) \tag{2}$$

其中 $a_n = \begin{cases} 1, \text{发射脉宽以内} \\ 2, \text{发射脉宽以外} \end{cases}$ ； T_s 为雷达发射重复周期。同频同步或同频异步取决于两雷达重复频率(周期)之差，关系式如下：

$$\Delta t = |T_{s1} - T_{s2}| = \left| \frac{1}{PRF1} - \frac{1}{PRF2} \right| \tag{3}$$

由于两部雷达频率相同，即载频 f_0 相同，当 Δt 小于等于第一部雷达脉冲宽度或者两部雷达 T_s 为整数倍关系时，第一部雷达会对第二部雷达形成同频同步干扰；当 Δt 大于第一部雷达脉冲宽度时，第一部雷达会对第二部雷达形成同频异步干扰。

3. 电磁干扰实例与分析

3.1. 六盘水天气雷达电磁干扰实例

六盘水天气雷达从 2020 年 4 月 10 日 10:12 (北京时间)开始，组合反射率出现扇形的电磁干扰，干扰位于雷达站(330°~360°) (图 1)。在 2.4°、3.4°天气雷达受同频异步干扰最严重，随着天线仰角的抬升，干扰现象逐渐削弱，至 6°时，基本不再受外部电磁干扰源影响。

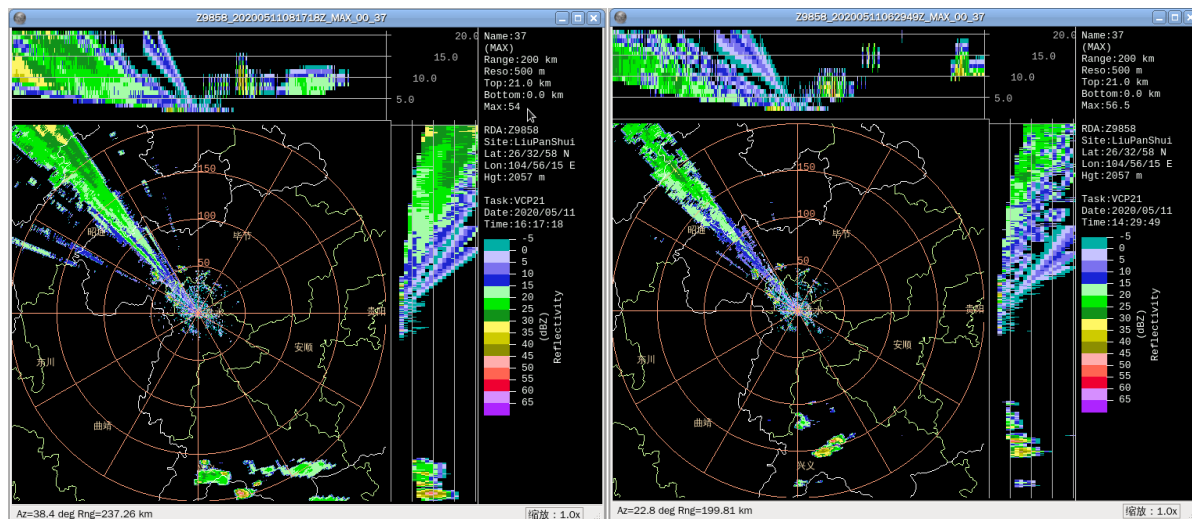


Figure 1. Weather radar echo chart of electromagnetic interference of Liupanshui
图 1. 六盘水天气雷达受电磁干扰雷达回波图

3.2. 六盘水市天气雷达电磁干扰测试与分析

现象：选取 2020 年 05 月 11 日 16:11:39 六盘水雷达受干扰产品分析。天气雷达回波显示界面上，在天气雷达站(330°~360°)方位处，有一条呈扇形辐射状的干扰条，其长度贯穿整个屏幕，干扰强度层次不高，如图 2 所示。天线仰角在在 2.4°、3.4°干扰很强，超过 6°后，此干扰条基本消失。在接收机输出端用示波器观测，当检测到电磁波干扰时，示波器上信号不强，基线会明显上跳。此电磁波干扰每天出现很多次，时间较为固定，一般每天的早上 9:00 左右开始，16:00 左右结束，具有较强的规律性。

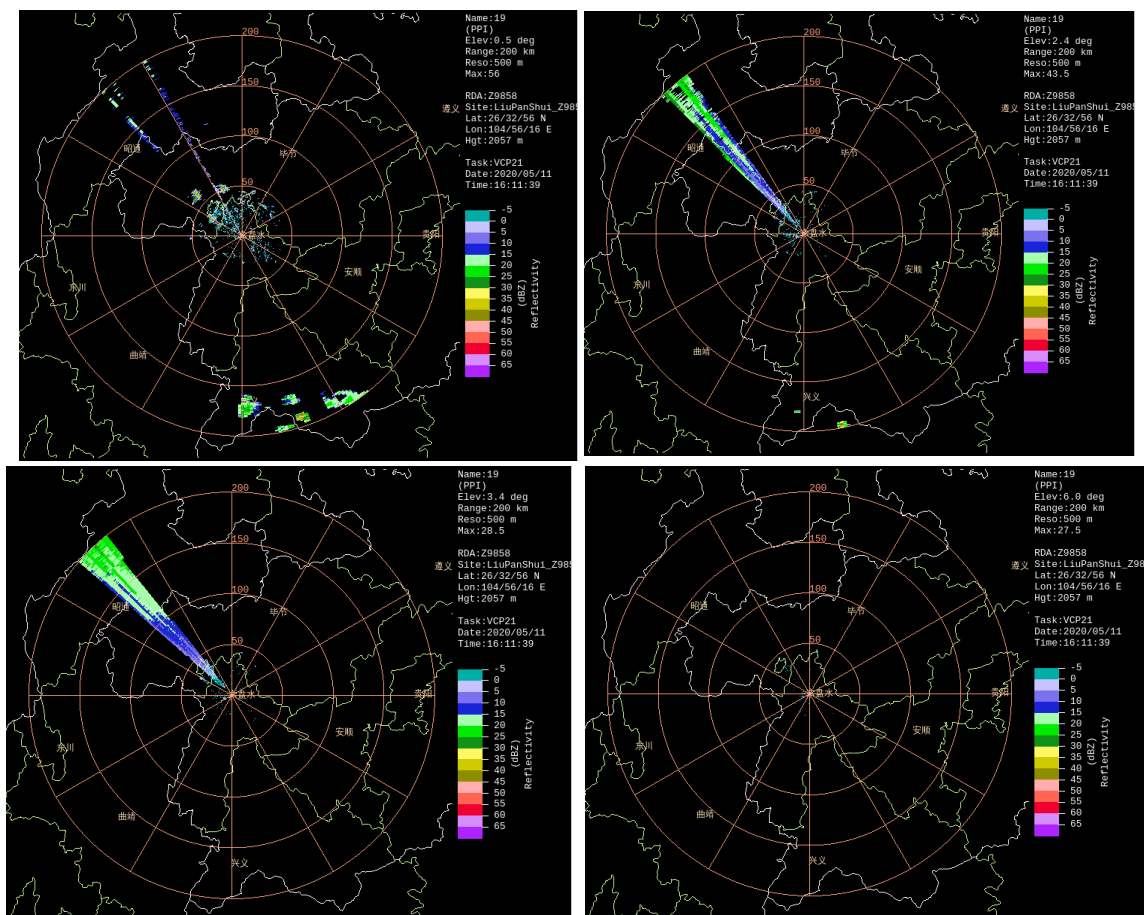


Figure 2. Weather radar chart (PPI) $0.5^{\circ}\sim 6.0^{\circ}$ Electromagnetic interference chart of Liupanshui
图 2. 六盘水天气雷达图(PPI) $0.5^{\circ}\sim 6.0^{\circ}$ 受电磁干扰图

检判过程：首先通过对天气雷达设备确认此干扰不是因为雷达自身的故障引发的电磁波干扰，确定该干扰为来自雷达系统的外部干扰。关闭天气雷达的发射机，将雷达天线定位到 345° 处，开启俯仰在同一方位做上下体扫描，当雷达天线处在仰角在 6° 以下时，找到一干扰源始终存在且稳定不变，由此确定为外部的场外干扰源。

六盘水市无线电管委会工程师采用手持 N9344C (图 3) 由频谱分析仪、微波低噪声高增益放大器、高频衰减器、宽频带标准喇叭天线等专业设备示构成电磁波。该系统的喇叭天线增益、可变衰减调试可搜索到低功率信号源，通过系统的频谱分析仪也能确认信号源的频率，方位等具体信息。以雷达站作为基本测试点，开启 360° 旋转测试，探测周边产生的电子信号，在位于天气雷达站方位约 345° 方向发现有电磁波，电磁波信号一直存在，强度稳定不变，初步估算为固定发射源。汽车远离雷达站 90° 方位，采用两点交叉法开展测定，经监测数据分析，交叉点处确有一电磁波干扰源，初步判断出干扰源发射位置，判定其工作频率应在 5.6 GHz 附近。及时驱车赶去查看，此处为一个驾校，经过排查是驾驶指挥车上发射出来的电磁波，市无线电管委会下令整改通知书并关闭该电磁波发射后，频谱分析仪上该信号也不出现，天气雷达不再呈辐射状的干扰带。

原因：驾校微波站设备占用发射 5600 MHz 频率，以致影响到六盘水天气雷达正常工作。

解决办法：由六盘水市无线电管委会下令该驾校停止微波发射整改，联系厂家全面检修其设备，修改工作频率。

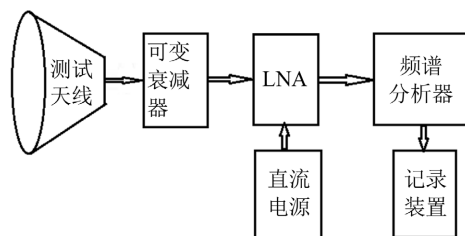


Figure 3. Spectrum analyzer detection system block diagram
图 3. 频谱分析仪检测系统框图

4. 六盘水天气雷达(CINRAD/CA)抗干扰能力分析

敏视达公司的新一代天气雷达为抑制外部电磁波各类干扰，在天气雷达的发射馈线系统中安装了谐波滤波、频谱滤波器，该设计主要为了发射信号的频率在规定带宽内，相关测试数据表明：在发射中心频率的 200 MHz 的范围内，接受到的杂波信号的衰退到负 140 dB，所有很好屏蔽了外部的干扰电磁波。

为了进一步提升天气雷达的抗干扰能力，该部新一代多普勒天气雷达在接收机端设计干扰检测分系统。它与主对放视频输出同时送入了干扰检测器里，若在这两个保护带内的对数信号中有任一个大于噪声门限和主对数信号，将会产生一个干扰检测信号到 RDA 计算机里的 HSP (硬件处理单元)，由 HSP 进行相应的处理，用以减少干扰信号对雷达产生基数据的负面影响。

多普勒天气雷达具备处理地物杂波功能，定义为非气象探测范围的目标都为杂波，当天气雷达低仰角扫描时，离天气雷达站点近的山体、树木等会反射产生地物杂波，此类地物杂波严重雷达数据质量。为了减少各类杂波的对雷达数据质量的影响，该部天气雷达采用了目前最先进的“IIR”滤波器，其工作原理为：选取典型的、固定的杂波进行判定滤除，实测天气雷达会在晴空天气条件下做多个体扫的雷达基数据，体扫过程中产生的回波判定为地物杂波，将该类固定强度、固定位置的地物杂波盘存下来，通过 RDASC 控制台控制 PSP 来完成地物杂波的滤除，以此来消除天气雷达上的杂波数据，得到完整的气象探测目标，从而实现探测范围内灾害性天气准确预测。

5. 结论与讨论

随着各类科技技术发展，天气雷达发射系统的功率不断提高以及接收机灵敏度的增益，民众对电子产品的应用更为广泛，电磁波相互之间发生干扰现象也越发频繁，对天气雷达的干扰严重影响到了雷达数据质量。

1) 同频电磁干扰分为同频异步和同频同步干扰两种，同频同步在雷达屏幕显示为同心环，且根据重复频率的高低分别向外或向内移动。同频异步干扰表现为雷达屏幕显示向外扩展的螺旋状图形。

2) 频率不同电磁之间的干扰，采用在天气雷达的接收机系统设计滤波技术来消除杂波和干扰源波普，频率相同的电磁波干扰，严格按照国家规定的频率范围内工作，采取对干扰源关闭工作，以此消除干扰源。

参考文献

- [1] 曹德煜, 范从勇, 祁欣. 连云港新一代天气雷达同频干扰实例分析[J]. 科协论坛(下半月), 2012(11): 124-125.
- [2] 陈忠勇, 蔡宏, 向阿勇, 秦建峰, 鲁礼炳. 天气雷达探测遭电子干扰分析与解决途径[J]. 气象科技, 2012, 40(5): 719-722.
- [3] 毛滔, 曾浩. 雷达抗同频干扰方法研究[J]. 航天电子对抗, 2005(6): 43-45.
- [4] 张文祥, 李进华. 雷达同频干扰现象分析研究[J]. 火控雷达技术, 2007(2): 50-53.

-
- [5] 唐伟伟, 陆海林, 葛俊祥. 基于 Prewitt 算子的抗雷达同频干扰法设计与 FPGA 实现[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(27): 42-47.
 - [6] 张开智. S 模式雷达技术在空管自动化系统的应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2019(1): 76-79.
 - [7] 沈继红, 李英, 戴运桃, 李焱, 卢志忠. X 波段雷达图像同频干扰的抑制方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(5): 1089-1094.
 - [8] 雷永恒, 江涛, 陈晨. 邵阳 CINRDA/SA 型天气雷达同频电磁干扰分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2019, 3(10): 6-10.