

文章编号:1674-4578(2013)06-0049-03

ALCATEL DVOR4000 天线系统调试分析

徐斌

(民航山西空管分局技术保障部,山西 太原 030031)

摘要:对 ALCATEL DVOR4000 型全向信标天线系统的调试方法、性能、原理等进行了分析、总结,并结合实践经验和试验数据提出了提高天线系统调试质量的较好方案。

关键词:ALCATEL; DVOR; 天线; 调试

中图分类号:TN827.7 **文献标识码:**A

0 引言

ALCATEL DVOR4000 型全向信标是目前我国民航机场使用最广泛的导航设备,该型产品随着公司的变更先后更名为 AIRSYS DVOR4000、THALES DVOR4000,而产品本身天线单元技术上没有变动,因此,本文适用于所有上述标称的设备。

1 天线系统调试分析

1.1 概述

直接影响全向信标天线系统工作质量的因素,可以简单概括为:

- (1) 天线振子间相对位置;
- (2) 天线馈电电缆相对长度;
- (3) 天线匹配;
- (4) 天线振子间去耦合程度。

其中,“天线振子间相对位置”一项,需要通过一定的物理测量工具(可以制作一个标准工具)确保每一个边带天线相对于中央天线具有:相对等高、相等径向间隔、相等圆周间隔或弧度,通过机械调整,尽可能将上述测量的误差缩小至接近测量工具的系统误差。对于“天线馈电电缆相对长度”一项,则应借助综合测试仪类的相位测量仪表,保证所有馈电电缆具有等电气长度,一般来说,DVOR4000 出厂前馈电电缆已经修剪准确,在现场只进行验证测量。这两项调整,方法简单明确,但必须耐心把握,才能得到满意的结果。

对于“天线匹配”和“天线振子间去耦合程度”这两项因素,笔者将结合实践进一步展开分析。

1.2 天线匹配调整

DVOR 天线匹配的目的首先是要确保每一个天线振子对其馈入的功率信号有较好的正向传输和较小的反射,以确保发射机具有良好的匹配负载。一个良好的天线系统,具有更高的性能要求,其整体的受温度变化影响性应保持相对一致和稳定。因此,在每个天线匹配符合要求的基础上,保证所有 DVOR 天线阻抗特性具有相对一致性是值得我们努力的方向。以下叙述是笔者在实践中总结体会的关于 DVOR 天线匹配调整的有效方法。

边带天线相连的去耦组件要事先得到正确预置并与对

应的天线馈电电缆正确连接,测量某一天线的匹配性能时,只需将被测天线与对应去耦组件相分离。

笔者曾在天线系统调试完成后,做过以下实验,其结果可以说明前提条件的重要性。测试实验如下:

选择某一被测边带天线,其在正常连接状态下反射约为 -40 dB。同时断开相邻的左右两个边带天线的去耦组件,反射增大为约 -14 dB。重新连接相邻天线并断开左右相隔天线的去耦组件,反射变为约 -29 dB。

从理论上说,上述结果是必然的。DVOR 地面信标天线阵,尤其是边带天线阵是由均匀分布在半径为 6.75 m 圆周上的多个天线构成的,每一个天线与其周围天线之间存在着相互感应,这种相互耦合与天线自身性能一起决定了单个天线的实际输入阻抗,当周围天线的耦合状态发生变化时,该天线实际输入阻抗必然发生变化。因此,对某一边带天线进行测量调整时,保持其他天线处于正常工作时的连接状态是非常重要的。

1.2.1 天线预调

为了确保天线系统在 VOR 工作频带内的所有频点都能够处于最佳工作状态,每一个天线本身具有标称为 C_a 、 C_{tr} 的可调电容器,用于在系统的工作频率下进行调整,实现天线系统信号发射的匹配。同时,直接与天线馈点相连接的去耦组件也具有一个微调电容器 C_4 ,用于调整该天线对同频信号的接收或者称为耦合性能。

厂家会提供天线振子中 C_a 、 C_{tr} 及去耦组件中 C_4 分别对应的“频率——调整量”预置曲线,我们可以按照厂家提供的上述曲线查验、确定对应预置量,完成天线及去耦组件的预置。一般而言,载波天线经预置后能达到一个相对较好的匹配状态,而边带天线则普遍匹配不佳,原因是天线之间的相互耦合作用导致在天线阵中单个天线的阻抗特性与完全独立的单个天线相比发生了一定变化。因此,在预置量的基础上,我们必须对天线系统进行进一步的调整。

1.2.2 天线匹配测量与调整

DVOR4000 系统的理想天线阻抗是 50Ω ,随着工作频率的不同其实际输入阻抗会在一定范围内有所变化,同时由于前面提到的天线阵中的相互耦合作用,实际测量的初始天线

收稿日期:2013-10-24

作者简介:徐斌(1971-),男,黑龙江宾县人,大学本科,主要从事导航设备维修。

阻抗可能会与理想状况相差较大,而必须通过对 C_a 、 C_{tr} 等电容器进行调整,使实际天线阻抗接近理想阻抗,从而实现信号发射的匹配。

衡量天线匹配的主要依据是通过综合测试仪、矢量电压表或其他仪器、手段测得的反射或反射系数,我们可以测到天线本身的阻抗或导纳参数(Z 或 $1/Z$),通过对上述数据的判断我们能够确定天线匹配状况进而找出调整方向,有针对性地对匹配进行改善。实践证明,按照以下方法步骤进行天线测量、调整,能够确保天线匹配状况达到较高标准。

对所有边带天线应先进行一遍通测,总体掌握其反射(反射系数)分布状况。如果天线普遍匹配不佳(例如:反射大于 -25 dB),应对天线进行逐个调整。在调整过程中,笔者总结了如下行之有效的方法:

方法一: 对位于两天线环形振子臂之间的电容片 C_a 进行调整时(注: C_a 共两付),我们可以通过比较敞开、闭合天线振子防雨罩这两种状态下所相对应的反射来决定天线电容片 C_a 的调整方向。如果移开天线罩,反射变好,则应将 C_a 的间隔调大,反之减小。事实上,天线罩的存在等效于增加了 C_a 的电容量,缩小了间隔,否则相反。调整时,应保证每个电容级片均衡调整,最好将每次的调整量限制在每片 $1/16$ 圈以内,如果上述调整或比较结果变化不明显,应考虑调整 C_{tr} 的圈数。

对位于天线馈点附近的 C_{tr} 进行调整时,应注意读取综合测试仪上反射衰减和 Z 值,反射衰减不佳时, Z 值将明显偏离 $(50 + j0)$ Ω。反时针旋转调整 C_{tr} 可以使 Z 值实部增大,虚部变负;顺时针旋转调整 C_{tr} ,可以使 Z 值实部减小,虚部变正。实际调整应有利于使 Z 值向 $(50 + j0)$ Ω 的理想值靠拢。如果实部、虚部变化方向自相矛盾,应重新考虑调整 C_a 、 C_{tr} 调整的结果应有助于打破这种矛盾僵局,然后,再进行 C_{tr} 的调整,如此,逐渐逼近理想匹配下的 $(50 + j0)$ Ω 阻抗。

方法二: 分别选择偏离工作频率左右 1 或 2 个 VOR 频点的频率做测试信号频率,测量并比较左、中、右三个频点对应的反射,寻找谐振频率的分布方向。如果低频点具有更好的匹配,则应将 C_a 间隔调宽,反之,调窄。这是根据厂家提供的“ C_a —频率”分布曲线推理得到的,工作频率越低对应的 C_a 间隔越小,反之,越大。实践证明该结论是可靠的。如果 C_a 的变化不再使匹配得到明显改善,则应按照方法一中提到的调整原则调整 C_{tr} ,将实测天线阻抗的实部引向 50 Ω,虚部引向 $j0$ Ω,达到优良的匹配(优于 -40 dB)。事实上,一旦某一边带天线的反射达到 -40 dB 附近时,相邻天线的调整以及外界温度的变化对其匹配状况的影响会大大降低。

综上所述方法,笔者认为方法一简便易操作,适用于需要大幅改善天线匹配性能时的调整,它可以较快地实现优于 -30 dB 的匹配结果。采用方法二可以在一定基础上实现天线匹配更准确、更精确的调整,可以进一步增强天线系统的稳定性和一致性,使天线匹配结果更加理想化。

2 天线振子间去耦的调整分析与实验

2.1 去耦组件特性

在 ALCATEL DVOR4000 设备的天线分配单元 ASU 与

每个边带天线之间,连接了一个具有某种输入输出特性的射频二端口网络组件,称之为去耦组件。它一端与某一边带馈电电缆相连,另一端与对应边带天线相连,它改变了信号自天线向机内传输的负载阻抗,使得该对应边带天线所接收的相邻边带天线辐射的同频信号不被其负载大量消耗,从而减小任一边带天线因天线间存在的相互耦合而导致其辐射场形椭圆化畸变的程度,从而减小 DVOR 空间接收信号中副载波信号包罗的畸变,有利于提高 DVOR 信号质量和方位精度。

从去耦组件的功能来看,该组件应具备以下特征:

- (1) 对自 ASU 向天线方向(正向)的发射信号传输具有良好的匹配;
- (2) 对自天线向 ASU 方向(反向)的接收信号传输具有足够大的阻碍。

因此,理想的去耦组件应是正向传输具有 50Ω 的负载阻抗,反向传输具有开路特性。但是,实际中某些特定网络只能在其正反传输特性上接近上述要求,从而在一定程度上改善相邻边带天线间信号相互耦合所导致的恶劣后果。DVOR4000 实际采用的去耦组件就是这样一种特殊的无源射频网络。该组件具有一个微调电容 C_4 ,以针对不同的工作频率进行微调,在完成正确的调整后,该去耦组件便能较好地实现上述功能。

对某个去耦组件来说,其实际性能应当从正向、反向传输特性两个方面来考察,因此,笔者做了如下实验,来认识传输特性与去耦功效之间的关系,以便在系统调试过程中提高效率、优化性能。

2.2 去耦组件测试实验

2.2.1 去耦组件正、反向传输性能测试

为了方便测试,从 50 个去耦组件中按照实测去耦性能优劣结果,总共选取了 5 个样本进行测量比较;在测量中,为了便于比较,选用两种性能的假负载做测试负载,假负载 1:反射 -31.1 dB(优);假负载 2:反射 -20.8 dB(劣),测量结果列于表 1 与表 2。

表 1 负载为假负载 1 时的去耦组件正、反向传输特性

去耦 组件	正向传输		反向传输		去耦合衰减 (dB)
	衰减(dB)	反射系数	衰减(dB)	反射系数	
23#	-24.3	0.06/-5.7°	-5.52	0.53/-29.9°	-24.1
31#	-28.3	0.04/-65.7°	-5.25	0.55/-31.9°	-21.2
2#	-28.0	0.04/-28.8°	-5.17	0.55/-30.5°	-15.97
3#	-27.2	0.04/-25.1°	-5.73	0.52/-32.1°	-16.28
27#	-29.9	0.03/-38.7°	-5.81	0.51/-31.9°	-14.75

注:去耦合衰减是按从优到劣顺序排列。

表 2 负载为假负载 2 时的去耦组件正、反向传输特性

去耦 组件	正向传输		反向传输		去耦合衰减 (dB)
	衰减(dB)	反射系数	衰减(dB)	反射系数	
3#	-27.6	0.04/-84.8°	-6.20	0.49/-36.0°	-16.28
27#	-27.3	0.04/-105.9°	-6.00	0.50/-36.1°	-14.75

2.2.2 去耦组件微调电容 C_4 与反向传输性能的关系

选去耦效果好的 23#做样本,通过调整电容 C_4 的圈数,进行测量记录。以假负载 1 做负载,测量数据见表 3。

表3 C4 与去耦组件反向传输性能的关系

圈数	反射系数	圈数	反射系数	圈数	反射系数
0	0.53/-10.6°	6.5	0.53/-18.7°	13.5	0.54/-45.7°
0.5	0.53/-10.7°	7.5	0.53/-22.5°	14.5	0.55/-49.4°
1.5	0.53/-10.9°	8.5	0.53/-26.3°	15.5	0.54/-53.3°
2.5	0.53/-11.3°	9.5	0.53/-29.9°	16.5	0.54/-57.3°
3.5	0.53/-11.9°	10.5	0.53/-33.7°	17.5	0.54/-60.9°
4.5	0.53/-13.2°	11.5	0.54/-37.7°	18.5	0.54/-64.5°
5.5	0.53/-15.3°	12.5	0.54/-41.9°	19.5	0.54/-67.9°

2.2.3 实验结论

(1) 无论所接负载匹配优劣, ALCATEL 去耦组件本身的正向传输均具有足够小的损耗, 匹配良好; 其反向传输具有较大阻碍, 决定了边带天线间的相互耦合作用不明显。

(2) 去耦组件的反向传输阻抗随着其接入的负载特性变化相对有较明显的变化, 即同一去耦组件装于不同的天线馈电端时, 由于其反向传输负载 - 天线切换开关 ASM 和边带电缆等不同, 其去耦性能会有一定差别。

(3) 同一去耦组件的去耦性能随 C4 的改变而改变, 主要原因是 C4 改变了去耦组件反向传输的输入阻抗。厂方提供的 C4 预置量较为准确地设置了对应频率下去耦组件的反向传输输入阻抗。

(4) 在连接比较理想的负载情况下, 去耦组件的最佳反向传输是系数接近 0.53/30°。

2.3 去耦调试总结

综合实际调试和上述实验结果, 笔者认为: ALCATEL

DVOR4000 去耦组件的性能主要取决于其本身的网络特性以及每一边带馈电电缆和 ASU 机柜中的 ASM(天线开关组件)输出特性。调整去耦组件的 C4 电容可以明显地改变对应边带天线对相邻天线的耦合作用效果, 厂方提供的“电容 C4 圈数 - 频率”曲线所反映的 C4 预置量是较为准确的, 直接按读取的预置量设定 C4 圈数, 可以使边带天线处于较好的去耦状态, 如需进一步调整, 宜在小范围内微调。

天线系统调整完成后, 在机房出口穿墙板处, 我们可以最终测量边带天线系统整体的匹配性能, 除了天线本身的因素以外, 该结果主要与去耦组件本身的传输特性有密切关系, 这意味着如果某一去耦组件本身出现了偏差, 仅调整对应的天线阻抗无法明显改善此处的匹配结果。

3 结束语

对于 ALCATEL DVOR4000 这一型号的设备, 其发射的载波、边带信号功率均具有一定余量。一般而言, 即使天线系统的调试工作不够理想, 该余量也可以在一定范围内加以弥补, 同样可以使系统相对稳定地运行并顺利地通过飞行校验等检测。但是, 在电磁、地理及气候环境相对恶劣的地区, 这种弥补的奢望是很有限的, 只有通过尽可能优化天线系统这种手段去克服面临的多种不利因素。因而, 不论外界环境如何变化, 确保系统本身始终处于优良的状态一定是最佳的选择。

Debugging Analysis on ALCATEL DVOR4000 Antenna System

Xu Bin

(Technical Support Department, Shanxi Branch of Air Traffic Control, CAAC, Taiyuan Shanxi 030031, China)

Abstract: The paper makes an analysis and summing - up on the debugging method, performance, principle and so on for the ALCATEL DVOR4000 type omnidirectional beacon antenna system, and combining with the practical experience and testing data, it puts forward a good debugging method to improve the quality of antenna system.

Key words: ALCATEL DVOR, antenna, debugging

(上接第 48 页)

参考文献

- [1] 徐智群,周平.向无线CBTC城市轨道交通列车控制系统演进[J].城市轨道交通研究,2005,28(1):56-67.
- [2] 徐昕.浅析我国高速铁路的现状与发展[J].新疆石油教育学院学报,2009(6):10-11.
- [3] 宗明.基于无线通信的列车控制系统应用研究[J].城市轨道交通研究,2012(7):120-122.
- [4] 程纪平,傅勇.铁路中间站无线通信系统[J].铁道通信信号,2010(10):59-61.
- [5] 杨秀.地铁专用无线通信系统方案比选[J].都市快轨

交通,2004(1):60-62.

- [6] 于修舜,孙广富.无线数字通信网络在交通管理中的应用[J].电信技术,2003(11):78-80.
- [7] Kuun E, Rickard W. Open Standards for CBTC and CCTV Radio - based Communication [J]. Alcatel Telecommunications Review,2004,5(2):243.
- [8] 何林娜.数字无线通信技术[M].北京:机械工业出版社,2004:29-61.
- [9] 孙思南,朱宏.基于通信的列车控制无线网络构架与安全性研究[J].城市轨道交通研究,2006,51(12):85-89.

Application of Wireless Communication Technology in Railway Transportation

Zhu Chunfu

(North Engineering Co., Ltd. of the Electrification Bureau Group, CRCC, Taiyuan Shanxi 030053, China)

Abstract: This paper discusses the application of wireless communication technology in the railway industry, and the wireless communication system in railway transportation. It introduces the technology of moving block, analyzes the advantage of the mobile block compared with the traditional block mode; expounds the communication technology in the train control system based on wireless communication, researches its characteristic, structure, technical scheme, anti-interference, and the data security.

Key words: the train control based on communication; railway transportation; wireless communication

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>