

卫星通信地球站 设备维护手册



中国邮电电信总局主编



人民邮电出版社

DIANXIN

SHEBEI

WEIHU

SHOUCE



RENMIN YOUDIAN CHUBANSHE

卫星通信地球站设备 维护手册

中国邮电电信总局 主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

卫星通信地球站设备维护手册/中国邮电电信总局主编,北京:人民邮电出版社。1999.4

(电信设备维护手册)

ISBN 7-115-06322-2

I.卫… II.中… III.卫星通信-地球站设备-维修 IV.TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02965 号

内 容 提 要

本书是卫星地球站通信设备维护人员的常备工具书,用于帮助指导日常维护工作。

全书共有 5 章:第一章为卫星通信地球站工程,主要介绍了卫星通信地球站站址的选择、天线近场电气特性和电磁辐射环境保护、卫星通信系统与其他系统间的干扰与协调、防雷接地等问题;第二至五章分别介绍了射频设备、IDR 设备、TDMA 设备及卫星通信电视系统的日常维护测试及故障检修等。

本书的读者对象为卫星通信技术人员、维护人员及管理人员。

卫星通信地球站设备维护手册

◆ 主 编 中国邮电电信总局

责任编辑 王晓丹

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32

印张:8.875 插页:5

字数:230 千字 1999 年 4 月第 1 版

印数:1-5 300 册 1999 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-06322-2/TN·1138

定价:15.00 元

《电信设备维护手册》

编 审 委 员 会

主任委员：朱高峰

副主任委员：高惠刚 牛田佳 郝为民 陈芳烈

委 员：(按姓氏笔划为序)

孙 泉 孙学博 卡德尔·色依提

田甲荣 冯连宝 冯瑛华 朱家琦

陈运兴 陆祖源 邹均其 杨仕纪

杨家善 罗天瑞 林升华 张天华

张仲考 张伟国 张宗耀 赵灿新

赵继祥 俞振兴 唐义俊 韩 佑

贾怀玉 徐世昌 高选铭 黄万顺

康允亮 崔德述 蒋水雅 潘保强

黎应南 樊留斌

执行编委：陆祖源 赵继祥 黄万顺

前 言

随着我国经济建设的发展,电信事业在“七五”期间发展非常迅速,新技术设备不断采用,装备水平显著提高。为了满足国民经济各部门和人民群众对电信业务的需求,除了加快电信设施的建设外,还需通过维护工作使在用电信设备处于良好状态,充分发挥其效能。

良好的电信设备的维护质量是确保整个电信网优质、高效、安全运行的重要保证。做好设备和电路的维护管理工作是电信部门的重要任务。为了帮助从事设备维护的技术人员和管理人员做好设备的维护工作,保证设备维护质量,我局和人民邮电出版社共同组织了一些长期在第一线工作,既有较扎实的理论基础,又有较丰富的实践经验的工程技术人员总结多年来的工作经验,根据有关技术维护规程要求,编写了这套《电信设备维护手册》。它既是当前维护工作急需,又是巩固设备整治成果的重要措施。

这套手册以值机人员及设备管理人员为主要读者对象,在编写中注意了从全程全网出发,除了重点介绍维护人员应当掌握的基本维护方法和基本操作技能外,还考虑了专业的适当外延,并从实际出发,对新设备力求介绍新的维护方法,对传统设备则注重介绍长期以来行之有效的维护管理方法。希望各级维护部门组织有关技术维护人员认真学习,并结合具体情况贯彻执行,努力提高电信设备和电路质量,保证全网通信畅通。

由于设备不断更新,许多新设备的维护方法和一些维护指标需在实践中补充完善,维护经验还不全面,所以手册内容难免有不足之处,希望各级维护部门在使用过程中,及时将意见反映到我局,以便今后修订完善,使这套维护手册在电信设备维护工作中更好地发挥作用。

中国邮电电信总局

目 录

第一章 卫星通信地球站工程	1
第一节 卫星通信地球站站址	1
一、卫星通信地球站站址选择的基本要求	1
二、地球站天线近场的电气特性和电磁辐射环境保护要求	6
第二节 地球站土建设计	15
一、地球站总平面设计的考虑	15
二、地球站内机房的设置和对机房的要求	16
三、机房设备布置的考虑	21
第三节 卫星通信系统与其他无线电系统间的干扰和协调 ...	22
一、卫星通信系统与同频段地面微波系统间的干扰途径和允许干扰指标	22
二、卫星通信系统网络间的干扰和协调	27
三、卫星通信系统与雷达系统的干扰和协调	30
四、卫星通信系统与广播、电视间的干扰和协调	33
五、卫星通信系统与工业、科学、医疗设备间的干扰与协调	37
第四节 卫星通信地球站的防雷和接地	39
一、接地装置的用途	39
二、地球站接地的一般要求	40
三、接地装置	41
四、接地电阻值	42
第二章 射频设备	43

第一节 上、下变频器	43
一、上变频器工作原理	43
二、下变频器工作原理	44
三、上、下变频器维护测试	45
第二节 低噪声接收放大器	50
一、概述	50
二、噪声系数和等效噪声温度	50
三、馈线损耗引起的噪声	51
四、级联网络的等效噪声温度	51
五、低噪声放大器	52
六、低噪声放大器的维护测试	53
第三节 高功率放大器	55
一、概述	55
二、速调管的工作原理	56
三、高功率放大器的维护测试	59
第四节 天线部分	67
一、控制部分	67
二、天线结构及传动部分	70
三、天线系统的维护	72
四、部分天线系统故障现象及处理办法	74
第五节 地球站入网验证测试	75
一、地球站系统电平校正	77
二、分系统测试和系统自环测试	79
三、接收天线方向图测量	83
四、波束外辐射的 $EIRP$ 密度	83
五、转发器参数测试	84
六、卫星有效全向辐射功率测量	87
七、输入饱和通量密度测量	87
八、转发器增益测量	87

九、卫星输入灵敏度测试	88
十、地球站入网验证测试	89
十一、发射天线增益测量	91
十二、天线发射旁瓣方向图测量	92
十三、天线接收旁瓣方向图测量	93
十四、交叉极化隔离度测试	93
十五、地球站发射功率和频率稳定度测量	95
第三章 IDR 设备	97
第一节 概述	97
第二节 IDR MODEM 系统	99
一、1:N 倒换开关	100
二、中频开关	101
三、工程勤务电路接口单元	102
四、调制解调器	103
五、日常维护检查	106
第三节 地球站 IDR 载波开通测试	114
一、概述	114
二、测试程序	115
三、进入空间段的准备	117
四、协调电路	117
五、测试计划	118
六、测试结果报告	118
七、测试程序	118
第四章 TDMA 设备维护	179
第一节 TDMA 基本原理	179
一、什么是 TDMA	179
二、突发的结构	181
三、帧和超帧	182
四、TDMA 终端帧捕获和同步过程	184

第二节 TDMA 终端设备的组成和各部件的功能	184
一、CT-2000-002TDMA 终端	185
二、监控系统	189
三、本地控制操作台(LOC)	189
四、网络控制中心(NCC)	192
第三节 TDMA 的环路测试	192
一、公共设备的环路测试	194
二、地面线路接口测试	194
第四节 系统建立	196
一、硬件安装	196
二、系统参数的设置	198
三、系统性能检测	199
第五节 日常维护与故障处理	200
一、TDMA 日常操作	200
二、日常检修	201
三、应急故障处理	203
四、故障确认及处理	203
第五章 卫星通信电视系统	209
第一节 卫星通信电视传播	209
一、概述	209
二、中继传输微波设备	210
三、电视中继光缆光端机	212
四、电视发送设备	217
五、电视接收设备	231
第二节 电视/调频开通测试	239
一、载波频率容限、能量扩散信号(EDF)频率和波形、发送 EIRP 和 C/N 值	242
二、中频—中频振幅频率特性	243
三、中频—中频群时延频率特性	244

四、视频测试音频偏和插入增益	245
五、伴音副载波频率和电平	246
六、视频频率响应	249
七、噪声测试	250
八、视频信号线性失真	253
九、视频信号非线性失真	255
十、伴音电路测试音频偏和插入增益	257
十一、伴音电路频率响应	258
十二、伴音电路噪声	260
十三、伴音电路非线性失真	260
十四、图像和伴音相互影响测试	261
第三节 地球站内电视系统测试	262
一、中频自环校准 LNR DRV4 电视组合下行的基带电平、视频 电平、伴音电平	262
二、用射频自环法来判断图像和伴音的质量	264
三、电视业务预测试(LINE - UP)	265
四、地球站与电视台之间测试	265
五、电视传输业务证实程序	267
第四节 电视设备的维护和常见故障处理	268
一、电视系统的维护	268
二、常见故障判断及处理	271

第一章 卫星通信地球站工程

卫星通信地球站是卫星通信系统的重要组成部分,其作用是向卫星发送和接收来自卫星的各种信号,并将这些信号通过本地区的通信枢纽终端送到本地或经转接到外地,从而完成卫星通信的长途通信任务。

卫星通信地球站站址的选择、卫星通信系统的组成、设备配置、防雷接地等均关系到卫星通信系统的传输质量、系统的可靠性、设备的维护使用和管理以及建设投资等,本章将对卫星通信地球站站址的选择、天线近场电气特性和电磁辐射环境保护、卫星通信系统与其他系统间的干扰和协调、防雷接地等有关问题进行逐一介绍。卫星通信系统的组成和设备配置请参见有关章节。

第一节 卫星通信地球站站址

一、卫星通信地球站站址选择的基本要求

1. 概述

卫星通信地球站站址位置是否合适将关系到能否纳入到所属通信卫星系统进行正常通信;关系到地球站与地面微波中继通信系统间的相互干扰及其他各种地面无线电干扰的影响;关系到与地面通信枢纽楼之间的连接和通信线路的质量;关系到地球站的建设投资

和维护管理等等。

地球站的类型很多,就站址的形式而言,可分为活动卫星地球站(如机载、车载、船载等活动地球站)、移动卫星地球站和同步卫星固定地球站等。作为邮电通信用途的地球站,目前主要是同步卫星的固定地球站,因此,本节只阐述同步卫星固定地球站站址选择所必须考虑的一些因素。

2. 地球站站址选择的考虑因素

(1) 地球站必须位于通信卫星波束覆盖区内。地球站站址应设在城市朝向可用卫星一侧,既能防止各种地面无线电干扰又能适应通信方位和仰角需要的自然盆地。

在确定某一地区建设地球站之前,应首先考虑和计算该地区是否包括在同步通信卫星的波束覆盖区内,只有在同步通信卫星波束覆盖区内,才能建立能够纳入到该通信卫星的地球站。

地球站天线一般设在城市朝向在用通信卫星或将来可能用的通信卫星一端郊区,并应有足够的净空(卫星指向与天际线间的空间),而在其他方向,天际线应有一定的仰角,以便有效地阻挡地面各种无线电干扰源的直射波,从而降低干扰电平,但天际线仰角也不是越大越好,特别是在地球站天线工作方位上,因为地面的热噪声及人为噪声都会被天线接收,从而增加了接收系统的噪声温度。因此,只要不受地面无线电系统的干扰,天际线仰角低一点为好。为了保证地球站具有良好的性能并留出卫星在轨道位置上漂移和运动造成方位、仰角变化的余量,一般要求在 C 频段应保持 5° 的净空,在 Ku 频段应保持 10° 净空,当 C 频段和 Ku 频段同站建设时,应保持 10° 净空。

另外,为了避免地球站天线波束穿越城市上空时受城市上空电磁波辐射的干扰或高层建筑的影响,对于处在北半球的我国来说,地球站站址最好选在城市的南面。

当地球站的位置确定后,可根据卫星位置的经度(δ_1)及地球站位置的经度(δ_2)和纬度(ζ)计算地球站对该卫星的仰角和方位角。

(a) 地球站指向卫星的仰角 ϵ

$$\varepsilon = \arctan\left(\frac{K - \cos\Phi}{\sin\Phi}\right) - \Phi \quad (\text{度}) \quad (1-1)$$

$$\Phi = \arccos(\cos\delta \cdot \cos\zeta) \quad (\text{度}) \quad (1-2)$$

(b) 地球站指向卫星的方位角 α (真北顺时针量度)

随着地球站与卫星相对位置的变化,方位角 α 的计算公式也不同,在我国,其计算公式如下:

当卫星位于地球站以东时:

$$\alpha = 180 - \arctan \frac{\tan\delta}{\sin\zeta} \quad (\text{度}) \quad (1-3)$$

当卫星位于地球站以西时:

$$\alpha = 180 + \arctan \frac{\tan\delta}{\sin\zeta} \quad (\text{度}) \quad (1-4)$$

上述公式中:

K : 轨道半径与地球半径之比, $K \approx 6.62$;

Φ : 地球站与卫星星下点之间的大圆弧度 (度)

δ : 地球站和卫星间的经度差 $\delta = |\delta_1 - \delta_2|$ (度)

ζ : 地球站纬度 (度)

(2) 必须满足与其他地面无线电系统间的干扰要求

由于地球站具有接收信号电平非常低且发送信号功率很大的特点,因此,在进行站址选择时,必须考虑地球站与同频段地面微波中继通信系统、广播电视系统、雷达系统等之间的相互干扰,也要考虑工业电气、工厂机械、飞机航线、人为噪声等对地球站引成的干扰,并使这些干扰符合有关指标的要求。

关于地球站与其他地面无线电系统间的干扰途径、干扰指标等请见本章第三节。

(3) 地球站进城中继的考虑

卫星通信地球站承担了电话、数据、电视等多种业务的传输,这些通信业务一般要经过本地的通信枢纽楼终端到本地或经光缆、微波转接到外地。而目前还做不到将 C 频段地球站建在城内通信枢纽楼附近或在其楼顶上,大多数建在城市郊区,为此就必须要考虑地

球站与通信枢纽楼之间的最佳连接。为了节约进城中继线路的投资、保证整个传输电路的通信质量和便于维护管理,地球站站址不宜选在离城市太远的地方。

地球站与通信枢纽楼之间的中继线路可以采用电缆、光缆和微波等多种传输手段。当采用微波作为中继线路时,微波线路采用的频段应与卫星通信的频段错开,以避免互相干扰。

(4) 气象条件的考虑

风、雨、雪、温度等气象条件的变化对地球站设备的可靠运转有很大影响。由于地球站天线口径一般较大,主瓣宽度较小,而大天线承受的风力也较大,从而摆动的角度也较大,如12~16m天线主瓣半功率点的宽度约为 $0.25^{\circ} \sim 0.2^{\circ}$,若天线摆动角度在 $\pm 0.05^{\circ}$ 以上时,就会影响通信质量,因此,要求天线具有较高的抗风性能;但天线抗风性的好坏对天线建造费用影响较大,为此,地球站选址时,要详细调查该地区的气象暴风历史,以便对天线提出合理的抗风性能要求。

雨、雾都会增加接收和发送信号的传输损耗。接收传输损耗的增加将意味着地球站接收系统噪声温度的增加,使地球站接收来自卫星信号的功率降低,导致载噪比的下降而影响通信质量;发送传输损耗的增加相当于通信卫星接收端输入通量密度的降低。因此,在选择站址时要详细调查该地区的降雨量、降雨率等有关降雨的参数,以便在系统设计时留有适当的降雨储备量。

除了风、雨、雾影响通信质量外,还有雪和冰的影响。如果在天线的反射面上积雪或积冰过多,不但会增加传输损耗,还会增加天线的荷重而影响天线的跟踪精度,所以建在我国北方地区的地球站应考虑冰雪的影响,必要时可考虑安装去冰设备和融雪装置。另外,气温过高或过低都会引起天线结构的应力和几何变形,从而降低天线反射面的精度和性能,同时还会对天线跟踪传动齿轮、电机、电子等设备造成不良影响,使跟踪精度下降。

(5) 地质条件的考虑

对大、中型地球站来说,所处的位置地质必须稳定,地面滑动和

沉降要小。

由于地球站天线一般较大、较重,而且对天线基础的下沉有比较苛刻的要求,其年沉降差异限制在几毫米以内,因此,天线基础的地质结构也是选择地球站站址时必须考虑的一个因素。地球站最好建在坚硬的岩石结构上。对于松软的土质结构,在天线基础设计时,必须采取打桩、加大基础面积等特殊的建筑技术措施,从而增加了地球站的建设费用。

为了避免地震的破坏,在选择站址时应调查该地区的地震活动历史,预计抗震的烈度要求,作为地球站天线基础设计和站内其他建筑物设计的考虑的因素。

地球站是一永久性建筑,因此,其站址不能选在可能发生洪水、塌方、泥石流、滑坡等自然灾害的地质不稳定的地方,也不应该选在埋藏着有开采价值的地下矿藏或古迹遗址的地方。

(6) 其他因素的考虑

在选择站址时,除了上述必须考虑的因素以外,还需要考虑以下几个问题:

(a) 地球站应选择在安全可靠的地方,而不应选择在生产过程中散发较多粉尘、腐蚀性气体和腐蚀性排放物的工厂、企业附近,也不应选择在易燃、易爆的仓库和材料堆积场以及在生产过程中易发生火灾、爆炸的工厂、企业附近。

(b) 地球站应有较安静的环境,避免在飞机场、火车站以及发生较大震动和较强噪声的工厂、企业附近设站;避免地球站天线波束与飞机航线(特别是起飞和降落航线)交叉。

(c) 水、电、路是建站和设备正常运转必不可少的条件,因此,在站址附近应有可靠的变电站,以减少市电引入的投资;在站址附近应有充足并符合饮用水标准的水源,以保证地球站职工生活用水、地球站施工用水及其他用水;地球站应靠近公路,便于设备运输和职工上下班,从而节约非通信性的投资。

(d) 随着卫星通信的发展,地球站可能需要增加天线和扩大建

筑设施,因此,所选择的地球站站址的场地应开阔一些,以适应将来发展的需要。

二、地球站天线近场的电气特性和电磁辐射环境保护要求

1. 地球站天线近场电气特性

(1) 近、远场区的划分

地球站天线一般分为大、中型的反射抛物面天线,对于这种天线来说,自天线开口面算起,大体可分为至近场区、辐射近场区和辐射远场区三个场区。在远场区可以把发送天线看作一个点源,在测量点可以把射束之波前看作平面波;在近场区不再把天线看作点源,而是看作有限的面积;距离天线很近时,可以把天线开口面看作若干个费涅耳区。天线场区的划分如图 1-1 所示。

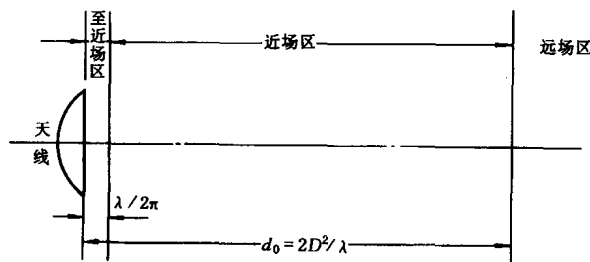


图 1-1 天线场区划分图

为了分析上的方便,我们人为地给距离下一个定义,即瑞利距离 d_0 ,作为近场区和远场区的分界,与天线的距离 $> d_0$ 处称为远场区,反之称为近场区。通常取瑞利距离为:

$$d_0 = 2D^2 / \lambda \quad (1-5)$$

式中:

D : 抛物面天线的直径 (m)

λ : 工作波长 (m)

表 1-1

各种地球站天线的近场距离

天线	频段	近场区距离 (km)			
		4GHz	6GHz	11GHz	14GHz
天 线 直 径 (m)	5	0.67	1.00	1.83	2.33
	6	0.96	1.44	2.64	3.36
	7	1.31	1.96	3.59	4.58
	8	1.71	2.56	4.69	5.97
	9	2.16	3.24	5.93	7.57
	10	2.67	4.00	7.33	9.33
	11	3.23	4.84	8.86	11.31
	12	3.84	5.76	10.55	13.46
	13	4.51	6.76	12.39	15.77
	15	6.00	9.00	16.50	21.00
	16	6.83	10.24	18.75	23.93
	18	8.64	12.96	23.74	30.28
	20	10.67	16.00	29.30	37.38

(2) 天线近场的电气特性

对于一个高增益的抛物面天线,在近场区不能应用天线的远场辐射特性来确定相应的场分布,也就是说,在近场不能用一个单一的方向图来表示天线的辐射特性,这时的辐射特性实际上是离天线距离和主轴角度的函数。

大、中型地球站的天线主瓣半功率角宽很小,频率 $f = 6\text{GHz}$ 、直径为 12m 的天线,其半功率角宽只有 0.27° ,因此,对天线的支架和基础要求较高。另外,由于天线的自重和风荷等因素,一般直径较大的天线不宜安装在高层建筑物顶上或建设很高的天线基础,所以,天线距地面不会太高。这样,天线附近的房屋、树木和其他构筑物均可能对天线电气性能产生不良影响,尤其是处在天线近场内的物体对天