

中国民航学院教材



DVOR VRR-51D

空中领航员

郑连兴 倪育德 编著



中国民航出版社

3 31 8 0 2 0 4

TN965.2
01

DVOR VRB-51D 多普勒全向信标

郑连兴 倪育德 编著



HK16/12

中国民航出版社



C0400026

图书在版编目 (CIP) 数据

DVOR VRB-51D 多普勒全向信标/郑连兴等编著. -北京:
中国民航出版社, 1996.10
ISBN 7 80110-110-3

I. D… I. 郑… II. 多普勒导航; 雷达导航 全向信标
N. TN965.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 14307 号

DVOR VRB-51D 多普勒全向信标

郑连兴 倪育德 编著

*

中国民航出版社出版发行
(北京市朝阳区光熙门北里街 31 号楼)

邮政编码 100028

通县曙光印刷厂印刷

版权所有 不得翻印

开本: 787×1092 1/16 印张: 16.25 字数: 392 千字
1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月第 1 次印刷 印数: 1~5 000 册

ISBN 7 80110-110 3 V·031 定价: 26.00 元

前 言

多普勒甚高频全向信标 (DVOR) 是一种得到国际公认的高精度近程相位测角导航系统, 其装备在世界范围内呈上升趋势, 得到广泛的应用。

本教材对 VOR 的工作原理作了详细的阐述, 对澳大利亚 AWA 公司生产的 DVOR VRB-51D 地面信标的工作原理和具体电路作了系统而透彻的分析, 编者根据 AWA 公司提供的一般技术说明, 参阅了大量资料编成此书。全书共十八章, 即: 概述、甚高频全向信标的技术要求、甚高频全向信标的工作原理、多普勒甚高频全向信标的基本原理、VRB-51D 多普勒甚高频全向信标、载波产生器和载波功率放大器、载波调制和保护、定时序列产生器、基准相位信号产生器、边带信号产生器、边带调制器和放大器、边带切换单元、天线开关驱动器和天线分配开关、射频放大器监视器、副载波监视器、滤波器和识别信号监视器、方位计数器监视器、控制器和遥控单元接口电路、其他功能电路。另外, 附录 A 还给出了设备操作指南。

本教材由中国民航学院电子工程系郑连兴副教授和倪育德讲师编写, 其中第一章至第六章及附录 B 由郑连兴编写, 第七章至第十八章及附录 A 由倪育德编写。在编写过程中, 得到其他教师的指导和帮助, 在此表示诚挚的谢意。

本书由北京航空航天大学丁子明教授审阅, 并提出了许多有益的意见, 在此表示深切的谢意。

虽然本教材在出版前经过多次使用, 在交付出版时又作了修改, 但由于 VRB-51D 系统较庞大, 电路繁多, 更由于编者水平有限, 编写时间仓促, 书中难免存在一些缺点或错误, 殷切希望广大读者不吝指教。

编 者

1995 年 10 月于天津



C0400026

内 容 简 介

本书详细阐述了VOR(包括普通VOR和多普勒VOR)的工作原理,系统透彻地分析了澳大利亚AWA公司生产的DVOR VRB-51D地面信标的工作原理和具体功能电路。为了便于对该设备的调试、操作与维护,本书还给出了设备操作指南。

全书共分十八章,第一章至第五章介绍了VOR的工作原理及DVOR VRB-51D的组成与结构,第六章至第十八章分析了VRB-51D的具体工作电路。

本书可作为高等院校和中等专业学校相关专业的导航教材,也可供从事导航工作的工程技术人员参考。

还 书 期 限 表

目 录

第一章 概述

第二章 甚高频全向信标的技术要求

2.1 甚高频全向信标的技术规范	2
2.2 甚高频全向信标的准确度	5
2.3 极化误差对全向信标准确度的影响	6
2.4 全向信标的选址要求	6

第三章 甚高频全向信标的工作原理

3.1 基本原理	8
3.2 简单方块图原理 (CVOR)	10
3.3 空间合成与调制	13
3.4 机载 VOR 接收机	17

第四章 多普勒甚高频全向信标的基本原理

4.1 多普勒效应	22
4.2 多普勒效应在全向信标中的应用	23
4.3 多普勒全向信标的作用原理	29
4.4 多普勒全向信标边带天线的设置与馈电方式	37

第五章 VRB-51D 多普勒甚高频全向信标

5.1 组成与结构	45
5.2 主要技术性能	48
5.3 方块图工作原理	50
5.4 监控系统	63
5.5 测试组件	65

第六章 载波产生器和载波功率放大器

6.1 载波产生和驱动器	67
6.2 载波功率放大器	72
6.3 载波滤波器和定向耦合器	74

第七章 载波调制和保护

7.1 概述	76
7.2 键控 1 020 Hz 信号的产生	77
7.3 话音信号的压缩	79
7.4 调制信号的产生	82
7.5 发射保护电路	86

第八章 定时序列产生器

8.1 概述	90
8.2 主时钟及送往 RPG 与 SGN 时钟的产生	91

8.3	混合函数波形的产生	94
8.4	30 Hz 信号的产生	100
第九章 基准相位信号产生器		
9.1	概述	105
9.2	30 Hz AM 正弦信号的产生	105
9.3	Morse 识别码的产生	108
9.4	Morse 识别码输出	113
第十章 边带信号产生器		
10.1	概述	120
10.2	平衡混频器 1A71147	124
10.3	边带产生器主板 1A71146	130
10.4	边带信号振荡器 1A71150	141
第十一章 边带调制器和放大器		
11.1	概述	142
11.2	驱动放大器 1A71157	142
11.3	边带隔离器和低通滤波器	143
11.4	边带定向耦合器 1A71161	143
11.5	边带调制器 1A71159	144
11.6	电平控制板 1A71163	145
第十二章 边带切换单元、天线开关驱动器和天线分配开关		
12.1	概述	150
12.2	边带切换单元 1A71122	150
12.3	天线开关驱动器 1A71120	152
12.4	天线分配开关 2J66076	156
12.5	边带天线和边带信号的静态测试	157
第十三章 射频放大器监视器		
13.1	概述	160
13.2	射频放大器 1A71138	160
13.3	MRF 主电路板 1A71141	163
第十四章 副载波监视器		
14.1	概述	167
14.2	副载波处理器	167
第十五章 滤波器和识别信号监视器		
15.1	概述	174
15.2	识别码检测器	174
15.3	30 Hz 信号变换器	178
第十六章 方位计数器监视器		
16.1	概述	182
16.2	MBC 主板 1A71142	184
16.3	MBC 数字方位显示板 1A71143	195

第十七章 控制器和遥控单元接口电路

17.1 概述	199
17.2 CTL 组件主电路板 1A71144	200
17.3 CTL 组件控制电路板 1A71154	214
17.4 CTL 组件继电路板 1A71148	216

第十八章 其他功能电路

18.1 测试单元	218
18.2 电源系统	222
18.3 双机功能电路	227

附录 A 设备操作指南

A.1 组件的预置	230
A.2 单机操作	234
A.3 双机操作	238
A.4 组件的控制和指示	242
A.5 测试单元的操作	248

附录 B 缩略语

参考文献	251
------	-----

第一章 概 述

所谓导航，即引导飞机沿着某预定的航线安全而准确地从一点飞到另一点的技术。

要完成导航任务，必须要选择导航方案，并选用具有高可靠性和精度的导航设备。而导航设备按其任务分类，应分别测出不同的导航要素，即位置坐标，如选定坐标中的飞行速度、目标的方位及距离等。由导航设备构成的导航系统经过对各导航要素进行处理和综合，给出高精度的定位信息，从而达到对飞机的正确、可靠的引导。

导航可分为无线电导航、惯性导航、天文导航、多普勒导航和仪表导航等，其方法主要为测向和测距，进而实现定位。

甚高频全向信标（VOR）就是现代航空无线电测向导航的一种地面设备。此外，目前常用的地面无线电测向导航设备还有中长波无方向信标（NDB），仪表着陆系统（ILS）以及军用设备塔康（TACAN）等。

甚高频全向信标（VOR）与机载甚高频全向信标接收机配合，由机载 VOR 接收机可测得地面 VOR 信标台的磁方位角。如果设在航线上，可以利用二个 VOR 信标台或一个 VOR 信标台和一个测距台（DME）实现飞机的定位；可以引导飞机沿航线飞行；可与 DME（测距机）配合完成区域导航；如果 VOR 信标设在机场附近，可用于引导飞机进出港，并可辅助仪表着陆系统引导飞机安全着陆等。

目前国际上存在二种不同制式的甚高频全向信标，一种是普通全向信标（CONVENTIONAL VOR—CVOR），另一种是多普勒全向信标（DOPPLER VOR—DVOR），两种全向信标对机载 VOR 接收机而言是兼容的。

甚高频全向信标是由德国 SEL 公司于 1936 年研制成功的，1947 年国际民航组织将其定为标准近程导航设备，1952 年英国马克尼公司开始生产，1958 年美国开始使用。我国民航 1964 年首次由法国 THOMSON 公司引进 4 套 1615/2 型电子管式的甚高频全向信标，分别安装在大王庄、无锡、昆明和英德等地（现已淘汰）；1973 年我国又从法国 THOMSON 公司引进 10 套 TAH510 型全晶体管化 CVOR；由于 1965 年 DVOR 的出现，并得到迅速发展，我国又于 1987 年引进 13 套英国 RACAL 公司的 MK-I 型全固态 DVOR；1988 年从法国 THOMSON 公司引进 12 套 512D 型全固态 DVOR；1993 年至今又引进了澳大利亚 AWA 公司的 VRB-51D 型 DVOR 一百多套，从而大大改善了我国航路导航设施，使飞行安全得到了进一步保障。

就目前国际航空发展趋势，美国联邦航空局认为在 2010 年之内 VOR/DME、NDB 等是主要的航空导航设备，而在 2010 年以后 VOR/DME 及 NDB（包括 GPS）等仍将作为重点导航设备使用。因此，本书将对甚高频全向信标（VOR）的基本原理和多普勒甚高频全向信标（DVOR）原理及设备做全面的介绍。

第二章 甚高频全向信标的技术要求

甚高频全向信标 (VOR) 是国际民航组织 (ICAO) 确定的标准近程导航设备, 其技术规范、场地要求、干扰等条件均应满足国际民航组织规定的标准。

2.1 甚高频全向信标的技术规范

2.1.1 一般要求

(1) VOR 信号应使飞机仪表指示从 VOR 台处测得的相对于磁北的顺时针方向到飞机与 VOR 台连线的夹角 (径向方位角)。

(2) VOR 台必须辐射带有两个独立的 30 Hz 调制的射频载波。其中, 一个调制信号的相位必须与接收点 (飞机) 的方位角无关 (基准相位), 另一个调制的相位在接收点处于不同方位 (除磁北外) 时与基准相位不同 (可变相位), 两个调制信号的相位差角即为接收点相对于 VOR 台的磁方位。

(3) 基准相位信号与可变相位信号在“磁北方位”上应为同相。

2.1.2 频率

VOR 使用频率范围为 108~117.95 MHz, 频道间隔为 0.05 MHz, 频率稳定度为 $\pm 0.002\%$ 。其中 108~111.95 MHz 频段与 ILS (仪表着陆系统) 共用, VOR 使用第一位小数为偶数间隔 0.05 MHz 的频率及 112~117.95 MHz 范围内间隔 0.05 MHz 的所有频率。在使用时, 应优先选用 112~117.95 MHz 范围内第一位小数为奇数的频率, 而后考虑 112~117.95 MHz 范围内第一位小数为偶数的频率, 最后选用 108~111.95 MHz 频段内的频率。

2.1.3 极化和场型准确度

(1) VOR 的射频必须为水平极化波。辐射的垂直极化成分应尽可能小。

(2) 以 VOR 天线系统为中心, 在 $0^\circ\sim 40^\circ$ 仰角范围内, 在大约 4 个波长距离上, 由 VOR 辐射的水平极化波传播的方位信息准确度应在 $\pm 2^\circ$ 以内。

2.1.4 覆盖范围

VOR 提供的信号必须在 40° 仰角以下使飞机上的标准 VOR 接收机在飞行区域所要求的高度和距离上满意地工作。当飞行高度为 5 000 m 时, 覆盖为 200 km, 飞行高度为 10 000 m 时, 覆盖为 300~350 km。

为了保证在希望的覆盖范围内使 VOR 接收机获得满意的工作, 需要接收机具有标准的灵敏度值, 同时, 要求 VOR 信标的有效辐射功率能使覆盖空间场强达 $90\text{ }\mu\text{V/m}$, 即功率密度达 -107 dBW/m^2 (功率密度 $P_d = P_a - 10\lg(\lambda^2/4\pi)$, P_a 为接收点的功率, 以 dBW (瓦分贝) 计, λ 为工作波长, 以 m (米) 计)。

从另一角度给以定义,即以地面信标台为中心,在各径向延长线上,飞机以特定的航路 and 高度飞行,按预定程序使用信标台,当机载 VOR 接收机的输入信号降到 $5\text{ }\mu\text{V}$ (微伏) 时,将飞机与信标台的距离称为有效作用距离,该距离所覆盖的范围即为地面信标的覆盖范围。

由于 VOR 工作在甚高频波段,受地球曲率的限制,VOR 的覆盖范围只能在视线范围内;但由于电波在大气中的折射效应,所获得的最大作用距离稍大于地球曲率所限制的视线距离。

在无阻碍条件下,飞机的飞行高度与无线电视距的关系如图 2.1 所示。

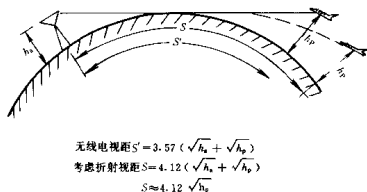


图 2.1 飞行高度与无线电视距的关系

通常选用 VOR 信标有效辐射功率为 +23 dBW, +17 dBW 或 11 dBW 等。因为欲达到场强 $90\text{ }\mu\text{V/m}$ (-107 dBW/m^2) 所需要的 VOR 有效辐射功率与接收点距天线的高度及与 VOR 信标台斜距有关,如当考虑到电波传播损耗和采用距地面 4.9 m 天线阵以及典型地面和机载设备性能情况下,在不同的斜距和高度上获得空间场强 $90\text{ }\mu\text{V/m}$,即 -107 dBW/m^2 功率密度所需 VOR 信标台的有效辐射功率为 +23 dBW、+17 dBW 和 +11 dBW (瓦分贝)。三种不同情况的曲线如图 2.2 所示。

从曲线可以看出,当高度在 12 000 m (40 000 ft) 斜距为 342 km (185 n mile) 处,要到达所需要的场强,有效辐射功率为 +23 dBW (瓦分贝);高度为 12 000 m,斜距为 300 km (162 n mile) 处,需要的有效辐射功率应为 +17 dBW (瓦分贝);如高度在 6 000 m (20 000 ft),斜距为 166.5 km (90 n mile) 处,所需有效辐射功率应为 +11 dBW (瓦分贝)。

同时还可以看出,地面信标的发射功率从 17 dBW (相当于 50 W) 增大到 23 dBW (相当于 100 W),对同一高度,如 12 000 m (40 000 ft) 的飞机的有效作用距离仅从 162 n mile 增加到 185 n mile,即发射功率增加一倍,而作用距离增加的很少。

老式电子管信标机可获得 200 W 的输出功率,但由于机载接收机性能的提高,如灵敏度,信噪比等,所以,现在采用固态电路 50 W 或 100 W 发射机也能提供老式 200 W 发射机的覆盖范围。

另外,还由于机载接收机性能的差别,目前采用的 50 W 和 200 W 发射机所获得的覆盖范围及导航效果差别很小。

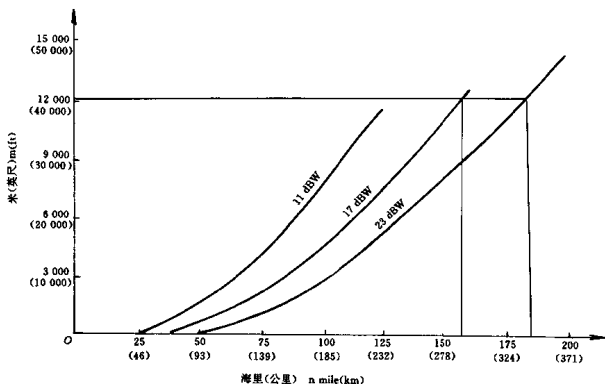


图 2.2 不同高度时, 辐射功率与作用距离的关系

2.1.5 导航信号的调制

(1) 在空间任何一点上观察, 射频载波必须由下列两个信号调幅:

一个等幅的 9 960 Hz 副载波, 该副载波由 30 Hz 调频, 调频指数为 16 ± 1 。对于 CVOR, 对副载波调频的 30 Hz 调制信号的相位是固定的, 与方位无关, 称为“基准相位信号”; 对于 DVOR, 30 Hz 调制信号的相位是随方位同步变化的, 称为“可变相位信号”。

另一个为 30 Hz 调幅成分。对于 CVOR, 该成分是由一个 8 字型旋转场形成的, 其相位随方位同步改变, 称为“可变相位信号”; 对于 DVOR, 该成分在所有方位上相位均相同, 全方向辐射, 称为“基准相位信号”。

(2) 30 Hz 或 9 960 Hz 信号对射频载波的调制度, 在 5° 以下任何仰角上观察都应在 28% ~ 32% 之内。

(3) 可变相位信号和基准相位信号的频率均为 $30 \text{ Hz} \pm 1\%$ 。

(4) 副载波的中心频率应为 $9 960 \text{ Hz} \pm 1\%$ 。

(5) 9 960 Hz 副载波的调制度, 对于 CVOR, 应不超过 5%, 对 DVOR, 在离 VOR 信标台至少 300 m (1 000 ft) 处测量, 不应超过 40%。

(6) 辐射信号中的 9 960 Hz 成分的谐波边带电平应符合如表 2.1 所示的要求。

表 2.1

副 载 波	电 平
9 950 Hz	0 dB 基准
二次谐波	-30 dB
三次谐波	-50 dB
四次以上谐波	-60 dB

2.1.6 语音和识别

(1) 如果 VOR 信标台同时提供一地空通信波道, 则它必须与导航功能信号在同一射频载波上工作。该波道的辐射必须为水平极化波。

(2) 通信波道上载波的最大调制度不应大于 30%。

(3) 语音在 300~3 000 Hz 范围内电平的变化相对于 1 000 Hz 的电平必须在 3 dB 以内。

(4) 在 VOR 射频载波上必须同时发送一个识别信号, 其辐射必须为水平极化波。

(5) 识别信号应采用国际莫尔斯 (Morse) 电码, 由 2~3 个字母组成码组。发送速率为每分钟大约 7 个字, 每 30 s 重复一次, 其调制单音应为 $1\,020 \pm 50$ Hz; (识别信号应每 30 s 至少等间隔地发送 3 次, 可采用语音作为识别信号的一种)。

(6) 编码的识别信号对射频载波的调制度约为 15%。

(7) 发语音时不得干扰基本导航功能, 且编码识别信号不能被抑制。

2.1.7 监控

监控天线向监控器提供监视信号。当出现下列情况之一时, 监控器即发出告警并去掉载波中的识别信号和导航信号, 或者中止辐射。

(1) 在监控天线处, VOR 辐射的方位信息变化超过 1° 。

(2) 在监控器处, 副载波或 30 Hz 调幅信号, 或两者的射频信号电压的调制成分减小 15%。

(3) 监控器本身失效。

2.2 甚高频全向信标的准确度

全向信标的准确度主要取决于各种误差的影响, 通常在考虑各种误差因素概率都为 95% 时, 全向信标系统使用准确度在 $\pm 4^\circ \sim \pm 6^\circ$ 之间。

全向信标系统使用准确度可用全向信标使用误差表示和计算, 即为 $\sqrt{E_s^2 + E_e^2 + E_p^2}$, 它是由全向信标径向信号误差 (E_s)、全向信标设备误差 (E_e) 和全向信标驾驶因素误差 (E_p) 三种因素决定的 (上述公式是考虑各因素为给定相同概率值, 如 95% 时的独立变量)。

全向信标径向信号误差, 即为从全向信标地面台测量空间某一点的磁方位与在该点处由全向信标信号测得的磁方位之差。该误差是由某些固定因素, 如航道位移误差 (稳定长期不变的, 也叫全向信标径向位移误差), 大部分台址和地形效果误差和某些随机可变误差 (也称全向信标径向可变性误差) 等形成的。全向信标径向信号误差只与地面电台等因素有关, 用 E_s 表示。

全向信标机载设备误差。它主要取决于飞机上的设备（接收机，指示器等）不能将 VOR 信号变为准确的径向方位信息而造成的误差（不包括指示器中的罗盘误差），用 E_s 表示。

全向信标驾驶因素误差。驾驶员使用全向信标时，不能准确地保持在径向方位上，用 E_d 表示。

用以表示全向信标准确度的另一方法也可用全向信标合成误差，用 $\sqrt{E_s^2 + E_d^2}$ 表示，它包括地面信标台和传播路径的误差以及机载 VOR 接收机和指示器所造成的误差。

在实际运用中，应根据地面、空中及飞机设备、驾驶因素等的实际情况并综合后来确定全向信标系统使用的准确度。

2.3 极化误差对全向信标准确度的影响

甚高频全向信标向空间辐射水平极化波，但由于波的极化而产生垂直极化波分量，使测向产生误差即极化误差，影响 VOR 信标系统使用的准确度。

目前还不能规定垂直极化分量的最大允许值，因此，通常采用飞行校验的方法来确定极化误差对方位指示准确度的影响。

飞行校验的三种方法是：

(1) 30°机翼摇动。使飞机保持固定航向向 VOR 信标台做径向飞行，慢慢地从 +30°向 -30°倾斜。测量飞机坡度所遇到的极化误差，记录偏航指示器电流并将其转换为航道位移度数。

(2) 在地面检查点上空，让飞机每隔 45°平飞 8 种不同的航向飞越一个规定的地面检查点。记录偏航指示器电流，将每个航向所指示的方位与飞机飞向信标台并飞越检查点所指示的方位相比较。

(3) 以 30°倾斜作圆周飞行。飞机首先朝向全向信标台飞越地面检查点。从该点开始保持 30°倾斜飞行一周，并记录偏航指示器电流，将其转换为地面检查点上空开始飞圆时指示方位的误差度数，从偏航误差减去飞机相对于全向信标台的方位变化，再减去接收机误差，即为极化误差。地面检查点可选在离全向信标台约 33.4 km (18 n mile) 的某点。

2.4 全向信标的选址要求

(1) 台址选择在周围的最高点，以获得最大的视线距离，且在 300 ~ 600 m 距离内为平地或台址向下倾斜坡度不得超过 4°。

(2) 以天线阵为中心，半径 300 m 圆周内的等高线应是圆。

(3) 台址应尽可能远离线路和篱栅。从天线阵测量，线路和篱栅的高度所对应的垂直张角不应大于 1.5°，或不高于天线阵水平面 0.5°。如果线路或篱栅是沿天线阵的径向方位或水平张角小于 10°时，上述限制可增加 50%。

(4) 在 150 m 以外可以容许有低于 9 m 高的中等单棵树。不能有垂直张角大于 2°的树林，或在距信标台 300 m 以内应没有树林。

(5) 距信标台 150 m 内没有建筑物，或 150 m 以外建筑物的垂直张角不应大于 1.2°，金属结构很少的木结构建筑垂直张角可达 2.5°。

(6) 在高山地区，台址应选择在山顶，山顶半径至少在 45 m 以内是平整的，天线置于平

整区中心，高于地面约半个波长，而机房设在平整区以外低于天线阵水平视线的低坡上。天线阵水平视线的 45°~360° 之间，应没有场地、树木、电力线和房屋等。

但不同国家和不同厂家生产的甚高频全向信标 (CVOR/DVOR) 对其选址的具体要求还有所不同，这里就不一一列举。

第三章 甚高频全向信标的工作原理

3.1 基本原理

甚高频全向信标的基本功用是为机载 VOR 接收机提供一个复杂的无线电信号,经机载 VOR 接收机解调后,测出地面甚高频全向信标台相对于飞机的磁方位——VOR 方位。

所谓 VOR 方位,实际上是以飞机所在位置的磁北方位为基准,顺时针方向转至飞机与地面 VOR 信标台之间连线的夹角 θ ,如图 3.1 所示,并直接显示在飞机上的无线电磁指示器上(RMI)。如果驾驶员调定某预选航道,在飞机的水平状态指示器(HSI)上还可以显示出此时飞机偏离预选航道的情况及飞机是向台或背台飞行。这些信息提供给飞机的自动飞行控制等其他系统使用。

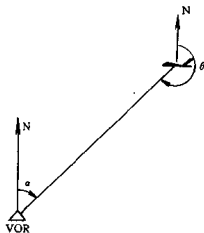


图 3.1 VOR 方位角

目前国内外所使用的二种不同制式的甚高频全向信标 CVOR 和 DVOR,对机载接收机是兼容的。其共同特点是均采用比较基准相位 30 Hz 信号与可变相位 30 Hz 信号的相位来实现定向的。

假设地面的一个灯塔,打开灯光向四周发射全方位光线同时还发射一个从磁北方向开始顺时针方向以一定速度 (30 r/s) 旋转的光束。如图 3.2 所示。

当远距离观察者从开始见到全方位光线起到看到旋转光束之间的时差为 t ,并已知旋转光束的旋转速度 v (r/s),则可算出远距观察者相对于灯塔的磁方位角 α 为:

$$\begin{aligned}\alpha &= 360^\circ / (1/v)t \\ &= 360vt(^{\circ})\end{aligned}$$

如旋转光束以 30 周/s 的速度旋转, 则

$$\alpha = 10\ 800\ t$$

甚高频全向信标台辐射信号中的基准相位 30 Hz 信号即相当于全方位光线, 它在 VOR 信标台的各个方位上相位不变; 而可变相位 30 Hz 信号相当于旋转光束, 它的相位随 VOR 信标台的径向方位而改变。而飞机相当于远距观察者。那么, 飞机相对于地面 VOR 信标台的磁方位角 α , 就是基准相位 30 Hz 信号与可变相位 30 Hz 信号的相位差 α , 机载 VOR 接收机将测得的 α 角再加入 180° , 就是飞机指示器上显示的 VOR 方位角 θ , 即地面 VOR 信标台相对于飞机的磁方位。

$$\theta = \alpha + 180^\circ$$

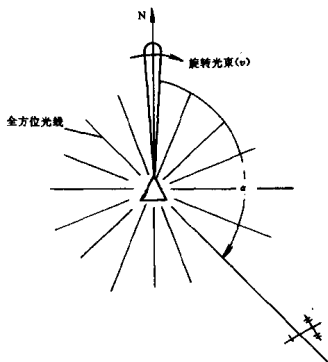


图 3.2 灯塔光束

图 3.3 可以看出, CVOR 信标辐射信号中的基准相位 30 Hz 信号与可变相位 30 Hz 在磁北方位上是同相的, 而在其他任何径向方位上基准 30 Hz 与可变 30 Hz 信号的相位是不同的, 其相位差随径向方位的改变而改变, 如在 90° 方位上两个 30 Hz 信号相位差为 90° , 在 180° 方位上两相位差为 180° , 在任意径向方位 α 上, 其相位差为 α , 但可变相位 30 Hz 信号始终落后于基准相位 30 Hz 信号。