



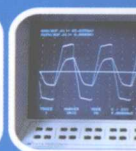
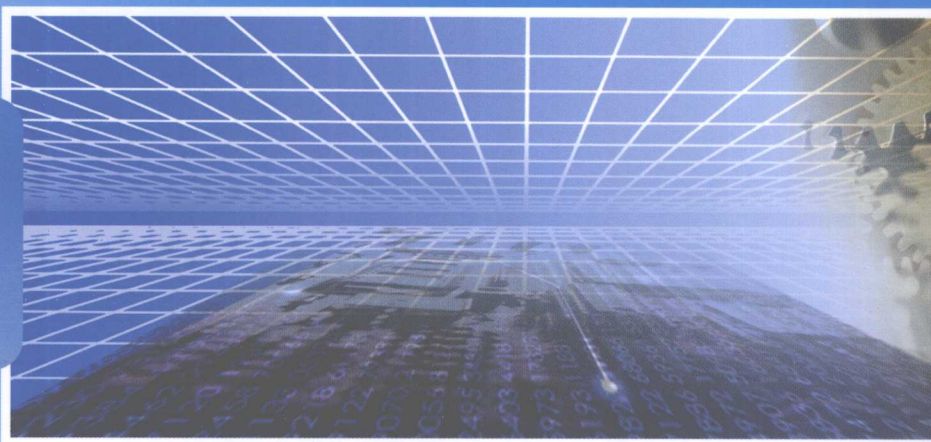
D-K-YT016-0D

空军航空机务系统教材

航空无线电导航原理

上册

陈高平 邓 勇 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

D-K-YT016-0D

空军航空机务系统教材

航空无线电导航原理

上册

陈高平 邓勇 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍了航空无线电导航的基本原理及其特点,并从实际应用的角度重点讨论了几种目前应用广泛、技术比较先进的航空无线电导航系统。在内容的安排上,本书力图让航空电子学科学生和相关的工程技术人员更快、更好地了解 and 掌握航空无线电导航的基本原理。

本书可以作为航空电子类学科本科学生的教材或参考书。同时,对于目前从事航空机务的人员、研究生以及相关的科研人员,本书也是一本很好的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

航空无线电导航原理 / 陈高平, 邓勇主编. —北京:
国防工业出版社, 2008. 9
(空军航空机务系统教材)
ISBN 978 - 7 - 118 - 05703 - 4

I. 航... II. ①陈... ②邓... III. 航空导航: 无线电导航—教材 IV. V249.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 059725 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 18 1/4 字数 430 千字

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 92.00 元(上、下册)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

总 序

发生在世纪之交的几场局部战争表明,脱胎于20世纪工业文明的机械化战争正在被迅猛发展的信息文明催生的信息化战争所取代。信息化战争的一个显著特点,就是知识和技术密集,战争的成败越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量和数量,以及人与武器的最佳配合。因此,作为人才培养基础工作的教材建设,就显得格外重要和十分紧迫。为了加快推进中国特色军事变革,贯彻执行军队人才战略工程规划,培养造就高素质新型航空机务人才,空军从2003年开始实施了航空机务系统教材体系工程。

实施航空机务系统教材体系工程是空军航空装备事业继往开来的大事,它是空军装备建设的一个重要组成部分,是航空装备保障人才培养的一个重要方面,也是体现空军航空装备技术保障水平的一个重要标志。两年来,空军航空机务系统近千名专家、教授和广大干部、教员积极参与教材编修工作,付出了艰辛的劳动,部分教材已经印发使用,效果显著。实践证明,实施教材体系工程,对于提高空军航空机务人才的现代科学文化水平和综合素质,进而提升航空机务保障力和战斗力,必将发挥重要作用和产生深远影响,是一项具有战略意义的工程。

空军航空机务系统教材体系工程,以邓小平理论和“三个代表”的重要思想为指导,以新时期军事战备方针为依据,以培养高素质新型航空机务人才为目标,着眼空军向攻防兼备型转变和航空装备发展需要,按照整体对应、系统配套、紧贴实际、适应发展,突出重点,解决急需的思路构建了一个较为完整的教材体系。教材体系的结构由部队、院校、训练机构教育训练教材3部分组成,分为航空机务军官教育训练教材和航空机务士兵教育训练教材两个系列16个类别的教材组成。规划教材按照新编、修编、再版等不同方式组织编修。新编和修编的教材,充实了新技术、新装备的内容,吸收了近年来航空维修理论研究的新成果,对高技术战争条件下航空机务保障的特点和规律进行了有益探索,院校的专业训练教材与国家人才培养规格接轨并具有鲜明的军事特色,部队训练教材与总参颁布的《空军军事训练与考核大纲》配套,能够适应不同层次、不同专业航空机务人员的教育训练需要,教材的系统性、先进性、科学性、针对性和实践性与原有教材相比有了明显提高。

此次大规模教材编修工作,系统整理总结了空军航空机务事业创业50多年来的宝贵经验,将诸多专家、教授、骨干的学识见解和实践经验总结继承下来,优化了航空机务保障教材体系,为装备保障人员提供了一套系统、全面的教科书,满足了人才培养对教材的急需。全航空机务系统一定要认真学习新教材,使其真正发挥对航空机务工作的指导作用。

同时,教材建设又是一项学术性很强的工作,教材反映的学术理论内容是随实践的发展而发展的。当前我军建设正处在一个跨越式发展的历史关键时期,航空装备的飞速发展和空军作战样式的深刻变化,使航空机务人才培养呈现出许多新特点,给航空机务系统教材建设带来许多新问题。因此,必须十分关注航空装备的发展和航空机务教育训练的改革创新,不断发展和完善具有时代特征和我军特色的航空机务系统教材体系,为航空机务人才建设提供知识信息和开发智力资源。

魏 钢

二〇〇五年十二月

空军航空机务系统教材体系工程编委会

主 任	魏 钢				
副主任	周 迈	毕雁翎	王凤银	袁 强	韩云涛
	吴辉建	王洪国	王晓朝	常 远	蔡风震
	李绍敏	李瑞迁	张凤鸣	张建华	许志良
委 员	刘千里	陆阿坤	李 明	郦 卫	沙云松
	关相春	吴 鸿	朱小军	许家闻	夏利民
	陈 涛	谢 军	严利华	高 俊	戴震球
	王力军	曾庆阳	王培森	杜元海	

空军航空机务系统教材体系工程总编审组

组 长	刘桂茂				
副组长	刘千里	郦 卫	张凤鸣		
成 员	孙海涛	陈廷楠	周志刚	杨 军	陈德煌
	韩跃敏	谢先觉	高 虹	彭家荣	富 强
	郭汉堂	呼万丰	童止戈	张 弘	

空军航空机务系统教材体系工程 军械专业编审组

组 长 周志刚

成 员 查国云 刘应忠 杨 鸿 李建斌 那忠凯
王更辰 旷艾喜

前 言

本书是依据空军工程大学工程学院“航空通信导航工程专业”的专业理论课新教学大纲,按照空军航空机务系统教材体系工程要求编著的,为航空电子类学科本科学生的必修专业理论课教材。同时,对于院校教师、研究生、从事航空机务的人员以及相关的科研人员,本书也是一本很好的参考书。

本书在编著过程中,全面贯彻创新的精神,摒弃了以往只讲理论、不注重应用的做法。本书不仅详细阐述了航空无线电导航的基本工作原理,而且还介绍了与之配套的导航设备的工作原理和使用维护等情况。在理论的深度、广度上,力争做到适度;在概念、操作的准确性和内容的完整性上力争做到准确无误。同时本书广泛吸取国内外导航,特别是无线电导航技术发展的新成果、新理论、新方法;紧密结合作者长期从事导航专业教学和科研实践积累的经验及成果,集思广益;在内容选取、层次安排、分析方法和概念阐述等方面均进行了新的探索与研究,力求使读者打牢基础、开阔视野、拓宽思路,提高分析和解决专业问题的能力。

全书共分10章,共上、下两册。总体可分为4个部分。第一部分为第1章、第2章,介绍了航空无线电导航的基本定义及其分类,分析了航空无线电导航系统的工作区。第二部分为第3章~第6章,从导航参数与电波参数之间的关系的角度上,依次着重介绍了振幅、相位、频率和时间4类导航系统的基本原理,并给出了具体的应用实例。第三部分为第7章~第9章,重点介绍了几种专门的导航系统,包括近距导航系统中的塔康、用来实现远程导航的长河二号(罗兰-C)系统以及引导飞机进行着陆的几类着陆系统。最后一部分为第10章,该部分以目前热门的GPS全球卫星定位系统为基础,重点介绍了卫星导航与定位的基本原理。另外每章末还有相关的思考题和附录,可供读者练习和查阅。

本书在编写期间,得到了空军工程大学工程学院航空电子工程系通信导航教研室各位教授和老师的支持。邓勇,李建海,信中贤副教授审阅和完善了书稿,孙晔,杨海东,刘宝华、陈玉峰讲师提出了修改意见,在此一并表示谢意。

本书编写出版时,虽然做了总体规划和规范要求,鉴于航空无线电导航系统的新资料缺乏,涉及专业知识面宽,加上编写时间仓促,难免有不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者
2005年6月

目 录

(上册)

第1章 航空无线电导航概论	1
1.1 无线电导航的任务、分类和基本内容	1
1.1.1 无线电导航的定义及任务	1
1.1.2 无线电导航系统的分类	1
1.1.3 基本导航元素	4
1.1.4 无线电导航的基本内容	6
1.2 无线电观测目标位置的基本原理	10
1.2.1 坐标系及其变换	10
1.2.2 航位推测法	14
1.2.3 位置线交点法	16
1.3 无线电波传播的一般知识	19
1.3.1 无线电波传播的基本概念	19
1.3.2 无线电传播的基本方式	22
1.4 无线电导航设备	35
1.4.1 无线电导航发射机	35
1.4.2 无线电导航接收机	38
1.5 无线电导航的发展史及发展趋向	48
1.5.1 无线电导航发展史	48
1.5.2 无线电导航发展趋向	50
思考题	52
第2章 航空无线电导航系统的有效工作区	53
2.1 航空对无线电导航系统的要求和基本指标	53
2.1.1 航空对无线电导航的要求	53
2.1.2 航空无线电导航系统(设备)的基本指标	53
2.2 航空无线电导航系统工作精度及误差分析	56
2.2.1 测量飞机等航空装置位置的准确度	56
2.2.2 确定飞机等航空装置在平面上位置的误差	59
2.2.3 确定飞机等航空装置三维空间位置的准确度	65
2.3 航空无线电导航系统的有效工作区	66
2.3.1 等概率误差椭圆确定工作区	67
2.3.2 定位误差的方差及误差圆半径	76

思考题	79
第3章 导航台—无线电罗盘导航系统	81
3.1 概述	81
3.1.1 系统的功能	81
3.1.2 系统的组成	81
3.1.3 无线电测向的基础	82
3.2 测向天线	82
3.2.1 对测向天线的一般要求	82
3.2.2 环形天线	83
3.2.3 无极化误差天线	98
3.2.4 分集天线	98
3.2.5 组合天线	99
3.2.6 测角系统	102
3.3 无线电测向器测向原理	104
3.3.1 测向一般方法概述	104
3.3.2 测向信号特征	106
3.3.3 各测向法性能综述	107
3.4 无线电罗盘的工作原理	121
3.4.1 功用与组成	121
3.4.2 基本工作原理	121
3.5 地面无线电信标	125
3.5.1 无方向性无线电信标	125
3.5.2 方向性无线电信标	126
3.6 导航台—无线电罗盘导航系统性能评价	128
3.6.1 系统的工作方式	128
3.6.2 系统定向误差	129
3.6.3 各波段测向特点及天线类型的选择	133
3.6.4 系统简单评价	135
思考题	136
第4章 相位无线电导航系统	137
4.1 相位无线电导航系统概述	137
4.1.1 相位无线电导航系统的构制及基本特性	137
4.1.2 相位差测量的一般方法	137
4.1.3 多值性的消除	146
4.2 相位测角系统	147
4.2.1 相位测角系统的一般原理	147
4.2.2 甚高频全方向无线电信标的工作原理	149
4.2.3 旋转无方向性天线的相位测角原理——多普勒伏尔 (Doppler VOR)	152

4.3	相位测距系统	157
4.4	相位测距差系统	158
4.4.1	相位测距差系统测距一般原理	158
4.4.2	频分制相位测距差系统的工作原理	159
4.4.3	时间分割法相位测距差系统的工作原理	163
4.5	相位无线电导航系统测量相位差的准确度	166
4.5.1	土壤电导率对电波相位测量的影响	166
4.5.2	空间波信号对接收场强相位的影响	168
4.5.3	测距差系统测量信号相位的误差分析	169
	思考题	170
第5章	频率无线电导航系统	171
5.1	频率测距导航系统——无线电高度表	171
5.1.1	调频式高度表测距(测高)原理	171
5.1.2	频率测距(测高)的理论分析	172
5.1.3	频率测距(测高)的误差分析	177
5.1.4	最小可测高度与最大可测高度	180
5.1.5	频率测高灵敏度的改善	181
5.2	跟踪式无线电高度表	182
5.2.1	跟踪调频式高度表的基本工作原理	183
5.2.2	跟踪调频式高度表的跟踪环路	185
5.2.3	跟踪调频式高度表的组成	186
5.3	频率测速无线电导航系统——多普勒导航系统	194
5.3.1	多普勒导航系统工作的理论基础	195
5.3.2	多普勒导航系统	199
5.4	频率式测距差系统	202
5.5	频率式测角系统	204
5.6	频率式无线电导航系统的准确度	205
5.6.1	测量地速和偏流角的多普勒无线电导航系统的准确度	205
5.6.2	调频式无线电测高系统的准确度	207
	思考题	208
第6章	脉冲无线电导航系统	210
6.1	概述	210
6.1.1	脉冲无线电导航系统的一般特性	210
6.1.2	脉冲无线电测距在导航中的应用	210
6.1.3	无线电测距系统工作原理	211
6.1.4	无线电测距系统的基本特性	213
6.2	脉冲无线电测距系统	221
6.2.1	脉冲测距系统的基本原理	222
6.2.2	测距方法	223

6.3 脉冲无线电测距系统自动化	233
6.3.1 补偿法自动脉冲测距	234
6.3.2 距离跟踪系统的测距误差	242
6.3.3 数字式脉冲自动测距	245
6.4 干扰对脉冲测距系统的影响	252
6.4.1 噪声干扰对测距准确性的影响	252
6.4.2 脉冲干扰对测距系统的影响	253
6.4.3 脉冲编译码及其抗干扰作用	255
6.5 脉冲无线电测距系统的工作容量	259
6.5.1 基本概念	259
6.5.2 应答效率	260
6.5.3 工作容量的确定及其有关参量的选择	261
6.6 脉冲无线电测距差系统	262
6.6.1 脉冲测距差系统的一般特征	262
6.6.2 脉冲测距差系统位置线的最大数目	263
6.6.3 脉冲测距差系统的工作状态	264
6.7 脉冲无线电导航系统测量时间间隔的准确度及误差分析	265
6.7.1 基本概念和定义	265
6.7.2 噪声干扰对脉冲信号前沿重合的影响	268
6.7.3 干扰对脉冲信号对称轴时间位置的影响	273
思考题	276

(下 册)

第7章 近距导航系统	277
7.1 概述	277
7.2 伏尔系统和测距器	277
7.2.1 伏尔系统	277
7.2.2 测距器	280
7.3 塔康系统	292
7.3.1 概述	292
7.3.2 塔康系统工作原理	293
7.3.3 塔康系统性能选择	301
7.3.4 塔康信标台	308
7.3.5 塔康机载设备	315
7.3.6 塔康系统新技术及性能扩展	321
7.3.7 塔康系统性能	326
7.3.8 发展前景	328

思考题	330
第8章 远程导航系统	331
8.1 概述	331
8.1.1 远程导航	331
8.1.2 双曲线定位原理	332
8.1.3 罗兰系统	335
8.2 测距差系统的时间关系	336
8.2.1 独立基线测距差系统的时间关系	337
8.2.2 同步基线测距差系统的时间关系	338
8.3 长河二号系统的基本工作原理	339
8.3.1 发射台链的组成与配置形式	339
8.3.2 脉—相测距差系统的工作原理	340
8.3.3 长河二号系统的主要战术指标	347
8.4 长河二号系统的信号设计	348
8.4.1 单个脉冲的波形设计	348
8.4.2 脉冲群发射及群重复周期的确定	353
8.4.3 脉冲组的相位编码	357
8.4.4 故障告警方式及信号识别方式	372
8.5 长河二号系统的组成和应用	374
8.5.1 长河二号系统的组成	374
8.5.2 主、副台同步方式	376
8.5.3 长河二号系统的岸台配置及校试	378
8.6 罗兰—C(“长河二号”)系统的特性及其应用	384
8.6.1 罗兰—C系统的特性	384
8.6.2 定位精度和覆盖区	385
8.6.3 系统应用的扩展	389
8.6.4 GPS/罗兰—C导航系统	392
附注一 “和函数”法噪声干扰的分析	393
附注二 罗兰—C系统的发展历史和应用现状	395
附注三 我国罗兰—C系统的建设和使用	396
思考题	398
第9章 着陆系统	399
9.1 概述	399
9.1.1 着陆及着陆标准	399
9.1.2 着陆过程	400
9.1.3 着陆系统的战术指标	401
9.1.4 着陆系统及其发展史	403
9.2 仪表着陆系统	411
9.2.1 工作原理	411

9.2.2	航向无线电指向信标台	414
9.2.3	下滑无线电指向台	423
9.2.4	无线电指点信标台	429
9.2.5	仪表着陆系统的性能要求	430
9.2.6	分米波仪表着陆系统	431
9.2.7	仪表着陆系统	434
9.3	雷达着陆系统	436
9.3.1	雷达测距、测角原理	436
9.3.2	着陆雷达工作原理	437
9.3.3	着陆雷达与其他导航设备配合工作	441
9.3.4	着陆雷达评价	442
9.4	微波着陆系统	443
9.4.1	测角和测距原理	444
9.4.2	微波着陆系统的组成及其在机场上的配置	445
9.4.3	微波着陆系统的信号格式	453
9.4.4	微波着陆系统的特点	455
9.5	差分 GPS 着陆系统	456
9.5.1	基本的差分 GPS 着陆系统	456
9.5.2	差分 GPS 着陆系统研究的最新进展	457
9.5.3	多模式接收机	460
9.6	探索中的新着陆系统	461
9.6.1	自动精密引进着陆系统	462
9.6.2	多传感器前视探测器原理	463
	思考题	464
第 10 章	卫星导航系统	465
10.1	概述	465
10.1.1	卫星导航系统介绍	465
10.1.2	卫星导航系统的作用和特点	465
10.1.3	卫星导航系统的发展史和现状	467
10.2	卫星导航系统的定位原理	469
10.2.1	卫星轨道要素及其运动	469
10.2.2	卫星定位常用坐标系	474
10.2.3	时间系统	479
10.3	GPS 导航系统	483
10.3.1	GPS 简介及其特点	483
10.3.2	GPS 的信号结构和导航电文	489
10.3.3	GPS 应用	496
10.4	GLONASS 卫星导航与定位系统	504
10.4.1	GLONASS 简介	504

10.4.2	GLONASS 的电文内容及格式	508
10.4.3	GLONASS 的空间信号和改频计划	510
10.4.4	GLONASS 的差分和增强应用	511
10.4.5	GPS 和 GLONASS 的比较	511
10.4.6	GLONASS/GPS 兼容接收技术	512
10.5	卫星定位方法	514
10.5.1	多普勒法定位原理	515
10.5.2	伪距法定位	517
10.5.3	载波相位法定位	526
10.5.4	干涉法定位	529
10.6	卫星导航系统误差分析	530
10.6.1	概述	530
10.6.2	卫星导航系统误差的消除和削弱	537
10.6.3	几何位置精度因子	542
10.6.4	接收机自主完善监测	545
10.6.5	卫星导航系统精度描述方法	547
	思考题	549
	参考文献	550

第1章 航空无线电导航概论

1.1 无线电导航的任务、分类和基本内容

1.1.1 无线电导航的定义及任务

航空无线电导航是一门研究航空导航装置和导航方法的科学。

引导飞机、舰船、车辆(总的称作运载体)能够按既定航线航行的过程称为导航。利用无线电技术对运载体航行的全部(或部分)过程实现导航的方法,称为无线电导航。能够完成一定的无线电导航任务的技术装置组合,称为无线电导航系统。

在各种复杂气象条件下,采用最有效的方法,以规定的准确度,在指定的时间内把飞行器(飞机、导弹、火箭、宇宙飞船等)引导到预定目标是航空导航的基本任务。

无线电导航在保证空军战斗活动中的任务大致包括:

(1) 引导飞机飞达航线地点,进入并沿预定航线正确飞行。飞机沿预定航线飞行时,需随时知道飞行的方向是否正确和到达目标的距离,为此航空导航设备应能指示出飞机和目标间的相对方位关系和距离。为了检查飞机的航线是否正确,导航设备应提供出飞机所在位置的参数,例如经、纬度等。

(2) 引导飞机进入着陆机场和正确调度飞机等待着陆。多架飞机同时进入着陆机场后,为了安全可靠,防止混乱、碰撞,就必须利用地面和机上的着陆导航设备,对飞机进行有秩序的空中调度,使他们正确地按顺序着陆。

(3) 提供相对方位和距离数据,引导飞机在空中集合编队飞行。

(4) 保证飞机能够在各种复杂气象条件下安全着陆。导航设备应提供正确的航向、下滑和高度数据,使飞机对准跑道,沿预定下滑轨道着陆。

(5) 特殊任务。夜间或复杂气象条件下引导飞机飞向地面目标进行轰炸、攻击、侦察、照相以及巡逻、反潜、救援等战斗任务。为此,各种航空导航设备必须提供正确的高度、方位、地速、位置等飞行参数。

由此看出,航空导航的核心问题是确定飞机的位置,只要解决实时精度定位的问题,就可以完成各种导航任务。因此我们可以说导航的基本任务就是:在任何时候都能够准确而简便地确定出飞机所处的位置。

1.1.2 无线电导航系统的分类

无线电导航设备与无线电导航系统没有严格的定义。通常用来产生或确定一条位置线的无线电导航装置称为无线电导航设备,如无线电罗盘、定向台、测距器、无线电信标等。而用来解决飞机导航一定任务的地面和机上整套无线电导航设备和辅助设备称为无线电导航系统,如测向系统、测距系统、测距差系统、测向—测距系统、仪表着陆系统、雷达引导自动着陆系统等,通常概括起来总称为无线电导航设备和系统。无线电导航设备和系统的分类方法很多,一般可有以下几种分类方法。

1. 按用途分类

(1) 航行导航系统。该系统用以保证飞机沿航线飞行以及用以指示飞机位置。常有近、中、远程导航系统和一些测向、测距设备等。

(2) 空中管制及机场调度指挥系统。该系统用以保证飞机在机场上空安全飞行,指挥调度飞机在机场上空运动并使其有次序地进入着陆。它包括机场的引导及调度雷达、测向设备、测距设备、防碰撞设备和机场场面监视雷达以及相应的计算、数据传递、通信设备等。

(3) 盲目轰炸系统。该系统用以保证在夜间和任何复杂气象条件下,借助无线电设备进行准确的轰炸。通常应用的有精密测距的盲目轰炸仪、盲目轰炸雷达等。

(4) 盲目着陆系统。该系统用以保证飞机在夜间和任何复杂气象条件下安全或自动着陆。具体来讲,是能够给出飞机按预定的下滑轨道或给出着陆数据的整套无线电设备称为盲目着陆系统。例如仪表着陆系统、地面控制雷达着陆系统、引导电缆着陆系统、雷达引导自动着陆系统、微波着陆系统等。还有一些为保证着陆阶段安全仅能提供着陆数据的简单无线电设备称为着陆设备。例如地面定向台、无线电指点信标等。

(5) 辅助航行设备。辅助航行设备是指不能单独完成导航任务,但能给出某一导航参数的设备,例如无线电高度表等。

2. 按位置线形状分类

按照确定位置的位置线几何形状,导航系统可分为:

(1) 测向系统。该系统位置线为射线。机载无线电测向器、地面无线电测向器、无线电指向台等均属于该系统。

(2) 测距系统。该系统位置线为圆周。大、小高度无线电高度表、机载测距器、精密测距导航系统等均属于该系统。

(3) 测距差系统。该系统位置线为双曲线。目前大多数的中、远程导航系统均属测距差(双曲线)系统。

(4) 综合系统。近距测向—测距($\rho - \theta$)无线电导航系统即属于该系统。

3. 按导航参数和电波参数之间的关系分类

无线电波的任何一个或两个参数(振幅、频率、相位、时间)都可用以体现某一导航参数信息。如果无线电波电场表示为 $e = E\sin(\omega t - \varphi)$, 则导航设备接收的无线电波中的电场分量可能有下列情况:

$$e = E(x)\sin(\omega t - \varphi)$$

$$e = E\sin[\omega(x)t - \varphi]$$

$$e = E\sin[\omega t(x) - \varphi]$$

$$e = E\sin[\omega t - \varphi(x)]$$

式中 x ——预测的导航参数,如方向、距离等。

根据预测导航参数与电场参数之间的关系,可以把无线电导航设备和系统分为以下4类:

(1) 振幅式导航系统。利用电波电场强度的振幅或调制电压振幅与导航参数之间的依从关系测定导航参数的系统,称为振幅式导航设备和系统。到目前为止,这种系统(设备)被广泛地用于测向。

(2) 相位式导航系统。利用电波电场强度的相位或调制振荡相位与导航参数之间的依从