

无线电测向运动

原理与方法

WUXIANDIAN CEXIANG YUNDONG YUANLI YU FANGFA

第二版



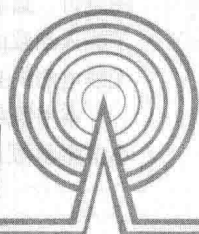
扶健华 主编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

无线电测向运动

原理与方法



WUXIANDIAN CEXIANG YUNDONG YUANLI YU FANGFA

第二版

扶健华 主编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内 容 简 介

本书主要针对无线电测向运动的基本原理、无线电测向运动技术及训练方法、野外测向训练、识图越野、运动员选材、无线电测向竞赛的组织、成绩统计管理、无线电测向竞赛裁判方法等方面进行了深入细致的阐述。全书共分13章,涵盖了物理学、体育学、教育学、心理学等学科理论,可以让无线电测向爱好者从多角度对无线电测向运动进行详细了解。

本书既可以作为学校无线电测向运动课程的教学用书,也可以作为不同人群开展户外运动和大中小学生学习无线电测向知识、组织各类无线电测向比赛的指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

无线电测向运动原理与方法/扶健华主编.—2版.—广州:华南理工大学出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5623-4831-3

I. ①无… II. ①扶… III. ①测向运动(无线电运动)—教材 IV. ①G876

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第308735号

无线电测向运动原理与方法

扶健华 主编

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学17号楼, 邮编510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scute13@scut.edu.cn

营销部电话: 020-87113487 22236386 22236378 87111048 (传真)

策划编辑: 林起提 朱彩翩

责任编辑: 朱彩翩

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787 mm × 960 mm 1/16 印张: 18 字数: 383 千

版 次: 2016年1月第2版 2016年1月第2次印刷

印 数: 2001 ~ 4000 册

定 价: 45.00 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

编 委 会

主 编：扶健华

副主编：何军华 刘 红 李荣荣 马颖琳

编 委：（按姓氏笔画为序）

马颖琳 叶前进 刘 红 吕婵加 何军华

何业清 吴海燕 扶健华 李荣荣 陈伯房

张文锋 黄 海 程应志 蔡伟玄 梁志辉

前 言

无线电技术的发展推动了人类文明的进步，各种有关无线电技术的应用和创新深刻地影响着人类活动，并且已经渗透到国民经济的各个领域，深入到人们的日常生活中：广播、通信、电视、导航、雷达、GPS、IT……可以说，我们目前所生活的地球正被一张张充满着无线电信号的网络所覆盖，人们为了各自的需要运用各种技术手段接收无线电信号来工作和生活。而作为体育项目的无线电测向运动，人们对它的认识还很有限，甚至有点疑惑。无线电测向也是体育项目吗？这样的疑问在我平时与其他的老师和朋友聊天时经常被提及，在体育课选课的时候，学生们也有同样的疑问。殊不知，无线电测向早在第6届全运会时就已经成为正式比赛项目。在我校建校伊始，无线电运动就作为体育课开设了，而且在广州市的各类学校中，青少年无线电测向活动一直开展得如火如荼，每次比赛都有一千多人参加，成为全国无线电测向运动开展最为普及的地区。然而作为非主流体育项目，直至目前，高等院校体育专业开设的课程中依然没有无线电测向的内容，带队的教练员也多是学校的科技老师，尽管他们在无线电知识方面比较熟悉，但在平时的训练中由于自身不是练体育出身，训练时往往显得捉襟见肘。面对这样一种状况，我觉得有责任也有义务为无线电测向运动做点什么。于是，在教学之余，我开始自学有关无线电测向的理论知识并总结相关的训练方法，结合体育课的特点，构建了一套无线电测向的课堂教学体系在华南理工大学的公共体育课中进行实践，取得了很好的效果。此后，我不断总结教学训练中的经验，编写了部分教学讲义作为学生的教材，同时在上体育课的班级中选拔有运动天赋的学生进行业余训练，在训练实践中不断提高理论水平，于2012

年8月带领6名学生参加全国青少年无线电测向锦标赛，拿到了6块金牌、6块银牌、2块铜牌的好成绩。由于参赛的运动员都是从平时上体育课的学生中选拔出来的，他们的文化成绩很好，在训练中一点就通，因而运动水平提升很快，成为当时教体结合的成功范例并受到上级领导的肯定。

在经过多年的无线电测向体育课教学和训练实践后，我发现无线电测向运动不单纯是无线电知识的运用和体育锻炼那么简单，而是两者之间高度密切的结合，同时也是参与者综合素质的良好体现，其中的原因主要是由于无线电测向运动中包含的内容比较多，不仅需要熟练掌握电子学知识，而且要求身体素质达到较高的竞技水平，同时还要具备娴熟的识图能力和定向越野技能，其学科体系跨越物理学、体育学、教育学、心理学、管理学等不同学科。对于青少年来说，在无线电测向的训练中，需要收听无线电信号，分析判断信号源的方向和位置，动手制作测向机，进行野外长时间的奔跑练习，这种综合能力的训练往往使他们很容易在同龄人中脱颖而出，因而深受家长欢迎，参与的人数逐年增加。

有一句名言说得好：“发展独立思考和独立判断的一般能力，应当始终放在首位，而不应当把获得专业知识放在首位。如果一个人掌握了他的学科基础理论，并且学会了独立地思考和工作，他必定会找到他自己的道路，而且比起那种主要以获得细节知识为其训练内容的人，他一定会更好地适应进步和变化。”这句话用在无线电测向训练中非常贴切，参与者在野外训练时需要独自面对各种复杂环境，克服干扰，确定前进方向，迅速寻找到目标。然而，对于这样一个集科技性、知识性、趣味性、教育性、体育性于一体的科技体育项目，目前在理论研究方面还略显稚嫩，有关无线电测向运动训练的资料不多，训练体系还不完善，很多教练都是根据自己的经验和与他人交流总结出的经验来带队训练。基于此，我根据自己十多年的教学体会和带队经历，在总结老一辈测向工作者训练经验的基础上，编写了《无线电测向运动原理与方法》一书。

本书共分十三章，书中系统地阐述了无线电测向运动的起源与发展、无线电理论知识、测向基本原理、无线电测向技术、综合技术、地形学知识与识图越野、测向技巧、测向机制作、体能训练方法、日常训练与管理、野外伤害事故的预防与处理、电子打卡计时系统的使用、无线电测向赛事组织与裁判等。书中图文并茂，语言通俗而又具有专业特点。在理论上深入浅出，注重实用性，突出无线电测向运动的基本原理与方法，在编写过程中力求理论性与实践性相结合，知识性与科学性相结合，既考虑提高，又兼顾普及，力求使读者能够从本书的介绍中掌握无线电测向运动的日常教学训练和竞赛组织方法，并努力为一线科技辅导老师和测向教练员提供系统的理论与实践帮助。

本书汇集了作者多年来在无线电测向教学训练与竞赛裁判工作中的经验，内容丰富，既可以作为学校开展无线电测向运动的教学用书，也可以作为不同人群开展户外运动和大中小学学生学习无线电知识，参加和组织各类无线电测向比赛的指导用书。

本书在编写过程中得到了广东省无线电协会和广州市无线电协会的大力支持，参加本书编写的成员有扶健华（第1章～第9章，第11章，第12章的12.1、12.2和12.5，第13章）、何军华（第10章）、蔡伟玄（第12章的12.3、12.4）。覃俊贤等同学在书中配了部分图片，广州市第23中学的黄海老师给本书提出了很多有建设性的意见，书中有的地方还引用了我国老一辈无线电测向工作者的研究成果，在此一并表示感谢。

尽管数易其稿，由于作者的能力和水平有限，书中肯定还存在许多缺点，甚至疏漏，敬请广大读者批评指正。

扶健华

2015年12月于华园



目 录

1 无线电测向运动概述	(1)
1.1 无线电的产生	(1)
1.2 无线电测向运动的起源与发展	(4)
1.2.1 无线电测向技术的发展与变革	(4)
1.2.2 无线电测向运动的起源	(5)
1.2.3 我国无线电测向运动的开展现状与发展趋势	(7)
1.2.4 无线电测向运动的分类	(10)
1.3 无线电测向运动的特点与功能	(11)
1.3.1 无线电测向运动的主要特点	(12)
1.3.2 无线电测向运动的作用	(13)
2 无线电测向理论基础	(17)
2.1 无线电测向原理	(17)
2.1.1 无线电波的发射	(17)
2.1.2 电磁波	(18)
2.1.3 无线电波的分类	(18)
2.1.4 无线电波的传播	(20)
2.2 天线	(23)
2.2.1 传输线	(23)
2.2.2 天线的特性和参数	(25)
2.2.3 几种常见的天线	(27)
2.3 短波测向天线及工作原理	(29)
2.3.1 磁性天线	(29)
2.3.2 环形天线	(34)
2.3.3 八木天线	(35)
3 无线电测向运动基本技术	(42)
3.1 测向机的使用	(44)



3.1.1	测向机各旋钮、开关的功能	(44)
3.1.2	正确的持机方法	(44)
3.1.3	熟悉测向机的性能	(45)
3.2	收测电台信号	(47)
3.2.1	收听电台信号	(47)
3.2.2	测出电台方向线的基本方法	(48)
3.3	学会利用音量估计距离	(50)
4	无线电测向运动综合技术	(52)
4.1	起点测向综合技术	(52)
4.1.1	起点前技术	(52)
4.1.2	起点测向	(53)
4.1.3	离开起点	(55)
4.1.4	起点特殊情况的处理	(55)
4.1.5	分析地图(标准距离测向)	(56)
4.1.6	收测电台信号和标图	(57)
4.1.7	初定首找台和找台顺序	(57)
4.2	途中测向	(58)
4.2.1	确定找台顺序	(58)
4.2.2	到位技术	(63)
4.2.3	道路选择	(65)
4.3	近台区测向	(66)
4.3.1	有信号找台	(66)
4.3.2	无信号找台	(70)
4.3.3	搜索	(72)
4.3.4	几种基本方法的综合运用	(73)
4.4	几种典型影响及处理办法	(74)
4.4.1	造成影响的主要环境	(74)
4.4.2	识别与对策	(75)
5	无线电测向技术训练与比赛技巧	(76)
5.1	无线电测向技术训练	(76)
5.1.1	收听电台信号训练	(76)
5.1.2	收测电台方向线训练	(77)



5.1.3	方向跟踪训练	(78)
5.1.4	交叉定点训练	(79)
5.1.5	体会音量变化	(79)
5.2	专项和综合技术训练	(79)
5.2.1	正确确定首找台和台序的训练方法	(79)
5.2.2	提高到位率的训练方法	(80)
5.2.3	近台区测向技术的训练方法	(81)
5.2.4	综合外场训练方法	(81)
5.3	无线电测向比赛技巧	(82)
5.3.1	比赛	(82)
5.3.2	打卡技术技巧	(82)
5.3.3	穿越绿色区域技巧	(83)
5.3.4	比赛技巧	(83)
5.3.5	出现混乱时如何处理	(83)
5.3.6	无线电测向技术训练经验总结	(83)
5.3.7	无线电测向训练中的注意事项	(84)
5.3.8	无线电测向技术训练技巧	(85)
5.4	无线电测向训练中测向机产生误差的原因及解决办法	(86)
5.4.1	识别方向误差是否是外界环境影响所致	(86)
5.4.2	检测测向机方向性的简单方法	(87)
5.4.3	解决 PJ-80 型测向机双向的简单办法	(87)
5.5	赛后/练习后总结的重要性	(88)
5.6	无线电测向运动员的心理训练	(88)
5.6.1	心理训练的作用	(88)
5.6.2	心理训练的内容与方法	(89)
5.6.3	心理训练的程序与注意事项	(91)
6	地形学知识与识图越野	(92)
6.1	地形图的基本知识	(92)
6.1.1	地图比例尺	(92)
6.1.2	等高距	(93)
6.1.3	地貌	(94)
6.1.4	图上基本地貌形态	(95)
6.1.5	图上起伏的判定	(96)



6.1.6	我国基本地形图图例	(98)
6.2	识读地图	(100)
6.2.1	竞赛地图比例尺	(100)
6.2.2	等高距	(100)
6.2.3	地貌符号	(100)
6.2.4	地物符号	(101)
6.2.5	无线电测向、定向地图图例	(105)
6.2.6	符号与颜色	(106)
6.3	熟练使用指北针	(110)
6.3.1	指北针的结构	(110)
6.3.2	磁偏角	(110)
6.4	标定地图	(111)
6.4.1	概略标定	(111)
6.4.2	指北针标定	(111)
6.4.3	明显地貌、地物点标定	(111)
6.4.4	地貌、地物的线标定	(111)
6.4.5	利用明显面状地物标定	(112)
6.4.6	图地对照,确定站立点和目标点	(112)
6.4.7	按地形图行进	(113)
6.4.8	识图越野训练方法	(116)
6.5	识图越野基本技能	(117)
6.5.1	精确定向和概略定向	(117)
6.5.2	简化地图(概略读图、概略定向)	(118)
6.5.3	偏向瞄准	(118)
6.5.4	简化到达下一检查点的路段的周边特征	(118)
6.5.5	扩大目标范围	(119)
6.5.6	选择攻击点	(120)
7	无线电测向运动体能训练原理与方法	(121)
7.1	体能训练的基本原理	(121)
7.1.1	体能训练概述	(121)
7.1.2	无线电测向运动员的体能特点	(124)
7.1.3	体能训练的内容与基本要求	(125)
7.1.4	无线电测向的一般体能训练	(126)



7.1.5 测向运动员的专项体能训练	(127)
7.2 无线电测向运动的体能训练方法	(129)
7.2.1 力量素质训练	(129)
7.2.2 耐力素质训练	(130)
7.2.3 速度素质训练	(132)
7.2.4 发展柔韧性和灵敏度等素质	(134)
7.2.5 专项身体素质训练	(134)
8 无线电测向运动日常训练与管理	(135)
8.1 无线电测向运动训练计划的制订	(135)
8.1.1 多年训练计划	(136)
8.1.2 全年训练计划	(136)
8.1.3 大周期训练计划	(138)
8.1.4 周训练计划	(140)
8.1.5 课训练计划	(140)
8.2 学校无线电测向运动队的组织与管理	(141)
8.2.1 学校测向运动队的组建	(141)
8.2.2 学校无线电测向运动队的管理	(142)
8.3 学校无线电测向运动员选材	(144)
8.4 选拔办法	(146)
9 无线电测向机制作	(148)
9.1 识读电路图	(148)
9.1.1 电路图种类与识图方法	(148)
9.1.2 识图要求与方法	(149)
9.2 熟悉并掌握 PJ-80 型测向机的元器件	(152)
9.2.1 电阻	(152)
9.2.2 电容	(154)
9.2.3 晶体二极管	(155)
9.2.4 晶体三极管	(155)
9.2.5 电感器	(155)
9.2.6 集成电路	(156)
9.3 元器件安装	(157)
9.3.1 电子元器件的布局	(157)



9.3.2	安装的基本要求	(157)
9.3.3	印制板上元器件的安装	(157)
9.4	手工焊接	(160)
9.4.1	焊接基础知识	(160)
9.4.2	焊接工具与材料	(161)
9.4.3	手工焊接工艺	(162)
9.4.4	焊接元器件的注意事项	(163)
9.4.5	拆焊	(164)
9.5	整机调试	(164)
9.5.1	调试	(164)
9.5.2	调试的目的与过程	(165)
10	无线电测向机与发射机的维修与维护	(168)
10.1	测向机的校验与检修	(168)
10.1.1	方向性	(168)
10.1.2	灵敏度	(169)
10.1.3	衰减(远、近程)开关的适用距离	(169)
10.1.4	频率覆盖范围	(170)
10.1.5	测向机的故障排除	(170)
10.2	发射机的使用和维护	(175)
10.2.1	发射机的结构及各部分的作用	(175)
10.2.2	发射机的使用常识	(176)
10.2.3	发射机的修理	(177)
10.2.4	测向信号源(业余无线电测向发射机)故障排除	(178)
11	野外测向教学训练中伤害事故的处理与预防	(182)
11.1	运动损伤	(182)
11.1.1	运动损伤的处理	(182)
11.1.2	运动损伤的预防	(183)
11.2	抽筋	(184)
11.3	中暑	(184)
11.3.1	中暑症状	(185)
11.3.2	中暑的处理	(186)
11.3.3	中暑的预防	(186)



11.4	晕厥	(186)
11.4.1	晕厥的常见原因	(187)
11.4.2	诊断	(188)
11.4.3	处理	(189)
11.5	自然伤害及预防	(189)
11.6	人为伤害及预防	(189)
12	无线电测向运动电子计时系统	(190)
12.1	电子打卡计时系统	(190)
12.1.1	指卡	(190)
12.1.2	点签器	(191)
12.1.3	无线电测向电子打卡计时系统基本操作介绍	(192)
12.1.4	电子计时系统的使用流程与方法	(194)
12.1.5	电子打卡系统在赛事中的硬件配备	(198)
12.2	成绩统计软件系统	(211)
12.2.1	赛事管理	(211)
12.2.2	赛事组织管理	(215)
12.2.3	找台顺序管理	(219)
12.2.4	出发时刻管理	(220)
12.2.5	点签器管理	(224)
12.2.6	竞赛日管理	(226)
12.2.7	报表管理	(227)
12.3	成绩统计软件使用流程	(228)
12.3.1	赛前	(228)
12.3.2	赛中	(233)
12.3.3	赛后	(236)
12.4	对时器使用说明	(239)
12.4.1	对时器功能简介	(239)
12.4.2	对时器的操作	(240)
12.4.3	注意事项	(245)
12.5	阳光测向计时系统操作流程	(245)
12.5.1	阳光测向起点运行流程	(245)
12.5.2	计时卡操作方法	(245)
12.5.3	比赛终点打卡流程	(246)



12.5.4	找错了台怎么办	(247)
12.5.5	团队赛	(247)
13	无线电测向运动赛事及裁判方法	(248)
13.1	无线电测向运动赛事	(248)
13.2	长距离(标准距离)无线电测向的竞赛方法	(248)
13.2.1	竞赛项目和组别设置	(248)
13.2.2	隐蔽电台工作方式	(249)
13.2.3	参赛要求及竞赛方法	(249)
13.3	短距离无线电测向的竞赛方法	(251)
13.3.1	竞赛项目和组别设置	(251)
13.3.2	隐蔽电台工作方式	(251)
13.3.3	竞赛形式	(252)
13.3.4	参赛要求及竞赛方法	(253)
13.4	无线电测向运动的裁判方法	(254)
13.4.1	无线电测向赛事的裁判工作	(254)
13.4.2	长距离(或标准距离)无线电测向竞赛的裁判方法	(255)
13.4.3	短距离无线电测向的裁判方法	(261)
13.4.4	竞赛出发顺序的编排	(263)
13.4.5	犯规与处罚	(263)
13.5	全国大型竞赛的组织程序	(263)
13.5.1	竞赛前期的组织管理	(263)
13.5.2	建立有关组织机构	(264)
13.5.3	竞赛前的准备工作	(264)
13.5.4	竞赛前面向竞赛参加者的有关工作	(265)
13.5.5	竞赛的后期工作	(266)
	案例	(267)
	参考文献	(269)



1 无线电测向运动概述

1.1 无线电的产生

无线电从 19 世纪末兴起, 经过无数科学家的毕生研究, 积累了大量的理论和实践经验, 随着社会的发展逐渐发展起来。

1864 年, 英国物理学家麦克斯韦 (图 1-1) 总结前人的工作, 第一次提出了电磁理论。他在递交给英国皇家学会的论文《电磁场的动力理论》中用数学证明, 在导体中来回振荡的交流电可以向空间辐射出电磁波, 而这些波会以光的速度向外传播, 麦克斯韦方程见图 1-2。当然, 在未被实践证明之前, 这还仅仅是一种预言, 但这是一个划时代的科学论断。

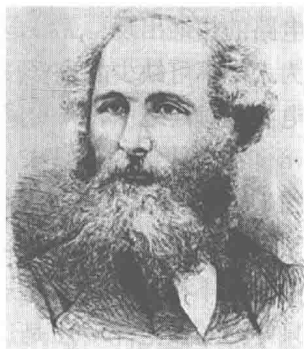


图 1-1 麦克斯韦

麦克斯韦的理论在当时曾受到一些著名科学家的怀疑, 因为人们并没有看见过电磁波。许多科学家千方百计做实验去证明它或否定它。二十多年之后, 德国科学家赫兹在 1887 年用人工方法成功地进行了产生电磁波的实验, 从而在实践中证明了无线电的存在。在赫兹的实验中, 收发之间不过是一墙之隔, 通信距离是微不足道的, 但确实证明了不用电线连通就可以传播电信号。

$$\begin{aligned}
 E_r &= \frac{I_A l}{4\pi \omega \epsilon_0} \cos\theta \left(\frac{-j}{r^3} + \frac{k}{r^2} \right) e^{-jkr} \\
 E_\theta &= \frac{I_A l}{4\pi \omega \epsilon_0} \sin\theta \left(\frac{-j}{r^3} + \frac{k}{r^2} + \frac{jk^2}{r} \right) e^{-jkr} \\
 E_\phi &= 0 \\
 H_r &= 0 \\
 H_\theta &= 0 \\
 E_\phi &= \frac{I_A l}{4\pi} \sin\theta \left(\frac{1}{r^2} + \frac{jk}{r} \right) e^{-jkr}
 \end{aligned}$$

图 1-2 麦克斯韦 (Maxwell equations) 方程



赫兹实验的成功，激发了很多人进行扩大通信距离的实验，其中有代表性的是俄国的波波夫和意大利的马可尼。他们认为，既然一墙之隔能够成功，通信距离扩大到几米、几十米、几百米甚至更远一些，能不能产生同样的实验结果呢？1895年波波夫表演了他新制造的一架无线电接收机，次年向250 m外发送了电报。几个月后，马可尼实现了1500 m左右距离的通信。两人的实验是彼此独立的。马可尼于1896年取得了专利。自此以后，通信距离不断增加。1900年波波夫通过无线电对45 km外的破冰船发出指令，拯救了落入大海的27名渔夫。马可尼于1901年12月12日成功地进行了跨越大西洋的无线电通信实验，无线电波从英国的波尔多城飞越重洋到达美国的纽芬兰，距离约3200 km，从此，世界进入了无线电通信的新时代。此后，随着电子管、晶体管、集成电路的相继出现，无线电广泛用于通信、广播、电视、导航、遥控、遥测等各个领域，成为人类不可缺少的重要技术手段之一。现在人们周围环绕着无数的无线电波，仿佛置身于电波的海洋之中，几乎家家户户通过广播、电视、移动通信同无线电保持着密切的联系。

在无线电通信技术发展进程中，几乎每个阶段都留下了业余无线电爱好者的足迹。图1-3为世界无线电通信相关照片。在无线电通信技术发展初期，专业工作者还仅限于使用长波和中波作为主要的手段。他们认为，短波容易被地面吸收，衰减快，通信不可靠、不稳定，波段越短越糟糕。而广大无线电爱好者由于被禁止使用长波和中波，便只好向短波进军。正是这些数以万计的业余无线电爱好者，多次利用小功率短波电台实现了数千公里的通信，在20世纪20年代积累了极其丰富的经验，取得了大量的第一手资料，证明了短波通信的优越性。之后，各国政府又制定法律，把短波划属专用，禁止业余爱好者使用短波段。为此，在20世纪末期，由美国业余无线电协会会长作为业余无线电爱好者的代表在海牙国际法庭据理力争，取得胜利，把短波中的几个频段专门划归业余无线电爱好者使用。目前，航海和航空模型比赛中使用的遥控设备的工作频率、业余无线电短波通信和无线电测向运动中最常用的2 m波段（144 ~ 146 MHz）和80 m波段（3.5 ~ 3.6 MHz），都处于“业余频段”中。业余无线电爱好者最早使用晶体控

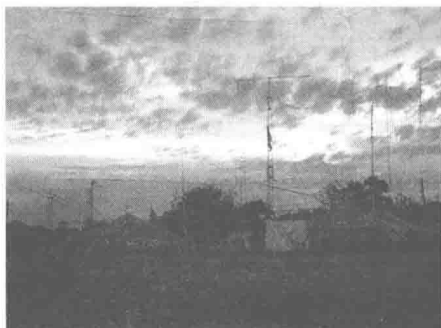


图1-3 世界无线电通信相关照片