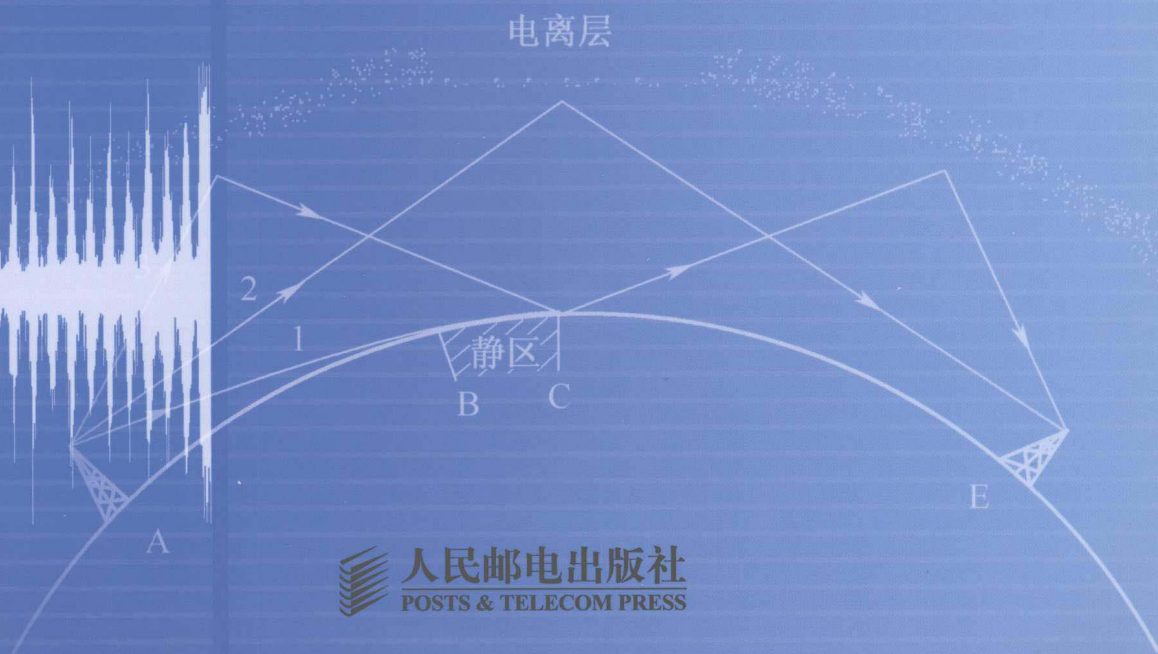


业余无线电 通信技术

◎ 刘起义 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

业余无线电通信技术

刘起义 主编

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

业余无线电通信技术 / 刘起义主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5

ISBN 978-7-115-17600-4

I. 业… II. 刘… III. 无线电通信 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 017338 号

内 容 提 要

本书由基础知识、实践操作、业余无线电通信活动及竞赛三个部分组成, 内容包括业余无线电通信的发展情况、常用电子元器件及无线电收发信过程简介; 电码练习器, 收发信机的制作与调试, 常用天线的制作、安装与调试; 业余无线电通信基本技能, 操作程序, 通信英语、活动及竞赛等。全书通俗易懂, 图文并茂, 可操作性强。

本书适合业余无线电爱好者特别是初学者阅读, 也可作为学校开展无线电活动、培养学生兴趣的课外读本。

业余无线电通信技术

- ◆ 主 编 刘起义
责任编辑 张 伟
执行编辑 蔡华斌
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11
字数: 270 千字 2008 年 5 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2008 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17600-4/TN

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

防盗版热线: (010)67171154

本书编写组

主 编 刘起义 BA6QA

主 审 蒋星桥 BG6SOA

编写组（按呼号顺序排列）

刘起义 BA6QA 阮东升 BA6QH 张 艳 BG6QAY

钱 虎 BG6QBP 朱延东 BG6QBT 陈 勇 BG6QBU

秦 斌 BG6QBW 郑茂明 BG6QBY 韦 俊 BG6QDR

冯培文 BG6QDW 谢国清 BG6QFX 黄 俊 BG6QMY

张 明 BG6QZM

前 言

业余无线电通信起源于 20 世纪初期,在我国已有近百年的发展历程,可以说,自从发明使用无线电以来,业余无线电通信活动始终伴随着业余无线电爱好者(HAM)。随着时间的发展,参加业余无线电活动的人数逐年递增,发展到今天已有几百万,他们中有专业无线电工作者,有工人、农民,有白发苍苍的老者,也有充满朝气的青年学生。然而,同是无线电爱好者,每个人的具体偏好却有差别。随着科学技术的持续发展和生活水平的不断提高,很多无线电爱好者都能购买到自己所需要的成品通信设备,他们相互之间通过无线电波这座桥梁进行各种技术交流,畅谈体会,增进了了解和友谊。我们形象地把这类爱好者称为“通联派”。还有一些爱好者,利用业余时间,潜心钻研无线电技术,并通过理论学习和不断的实践来提高对无线电技术的理解和认识;他们在实践中检验原理,在技术学习中享受过程,并从中汲取所需养分,体会着由此带来的乐趣。由于这些爱好者都喜欢动手实践,电烙铁是他们常用的工具,所以我们形象地称这类爱好者为“焊机派”。无论是“通联派”还是“焊机派”,他们之间是可以相互转化的,只不过在一定的时间段里,各自活动的内容有所偏重而已。

由于业余无线电活动组成群体的多样性、客观条件的影响以及爱好者自身兴趣的差异,再加上爱好者的身影几乎出现在各个领域,使得业余无线电通信活动的具体内容不尽相同,其所涉及的技术层面也有较大差别。鉴于此种情况,本书在内容的编排上有所创新,全书设计为三个部分,即基础知识、实践操作、业余无线电通信活动及竞赛,以方便爱好者根据自身的兴趣有选择地进行阅读。与同类书籍相比,本书中所介绍的实验制作内容均经过了编者的实际检验,而且实验制作的过程也以实物图示的方式分步骤地被详细介绍出来。本书实践操作章节中所介绍的绝大部分内容,均是编者自己设计和多年实践经验的结晶。

需要说明的是,为了与电路制板软件中的符号统一,本书第 2 章一些 PCB 电路板中的部分电路符号仍采用旧符号(如二极管用 D 表示而不用 VD 表示,三极管用 Q 表示而不用 VT 表示),与之对应的电路原理图也采用旧符号。另外,有关书中详细资料的下载,读者可访问网站 www.BA6QA.com,也可在 QQ 616464352 上与编者进行交流。

本书以电路基本常识为立足点,由简入繁,逐步深入。通过本书的引导,读者能够在轻松阅读的过程中学习到一些无线电技术,在实践制作的过程中体会到无限的乐趣。相信本书对广大业余无线电爱好者的学习和实践有一定的指导作用。

本书由刘起义主编。阮东升、张艳、钱虎、朱延东、陈勇、秦斌、郑茂明、韦俊、冯培文、谢国清、黄俊、张明参与了本书部分实验的制作和部分内容的编写。全书由蒋星桥老师审定。在此,谨对上述人员一并表示衷心的感谢。本书虽然几易其稿,但由于编者水平有限,时间仓促,所以书中错误在所难免,恳请广大读者和无线电爱好者批评指正。

编 者

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 业余无线电通信发展史	1
1.2 中国业余无线电发展史及现况	2
1.3 常用的电子元器件简介	4
1.3.1 电阻器	4
1.3.2 电位器	6
1.3.3 电容器	7
1.3.4 电感元件	10
1.3.5 变压器	11
1.3.6 半导体二极管	13
1.3.7 晶体三极管	19
1.3.8 场效应管	22
1.3.9 电子管	28
1.3.10 石英晶体	31
1.4 无线电收发信过程简介	32
1.4.1 无线电信号的发送	32
1.4.2 无线电信号的接收	33
1.4.3 电磁波的传播环境	33
第2章 实践操作	37
2.1 电码练习器	37
2.1.1 用555制作的音频振荡器	37
2.1.2 电子自动按键控制器	38
2.2 收发信机的制作与调试	40
2.2.1 直接变频式40m波段等幅电报收发信机(蛙鸣)	40
2.2.2 晶体管直接变频收发信机	43
2.2.3 简单实用的CW收发信机(啄木鸟-2)	49
2.2.4 短距80m波段PJ-80无线电测向接收机	57
2.2.5 电子管CW(等幅报)发信机	63
2.2.6 晶体管CW发信机	72
2.2.7 同轴电缆与M型电缆接头的连接	74
2.2.8 驻波表的制作和使用	77
2.3 常用天线的制作、安装与调试	81
2.3.1 天线原理简介	81

2.3.2 天线的制作	83
第3章 业余无线电通信活动及竞赛	94
3.1 业余无线电通信基本技能	94
3.1.1 英文字母解释法	94
3.1.2 Q 简语与英文缩语	94
3.1.3 莫尔斯电码的组成与训练	95
3.1.4 莫尔斯电码的拍发训练	96
3.2 业余无线电通信操作程序	99
3.2.1 语音呼叫基本程序	99
3.2.2 语音回答基本程序	101
3.2.3 CW 呼叫及回答基本程序	102
3.2.4 业余无线电通信内容	104
3.3 业余无线电通信英语	106
3.3.1 问候用语	106
3.3.2 感谢用语	106
3.3.3 祝愿用语	107
3.3.4 呼叫用语	107
3.3.5 询问呼号用语	108
3.3.6 信号报告用语	108
3.3.7 有关姓名用语	109
3.3.8 QTH 和 QSL 卡片交换用语	109
3.3.9 有关设备用语	110
3.3.10 电波传播情况用语	111
3.4 通信卡片的交换	111
3.5 QRP DX 的乐趣	112
3.5.1 QRP 的益处	112
3.5.2 QRP 的传播理论基础	112
3.5.3 QRP 机器的选择	112
3.5.4 QRP 操作频段的选择	113
3.5.5 QRP 天线的选择	114
3.5.6 QRP 操作方式的选择	114
3.5.7 QRP DX 的操作技巧	114
3.5.8 关于 QRP 的几个问题	115
3.6 业余无线电通信野外活动	116
3.7 业余无线电波段的划分与使用	119
3.7.1 160m 频段 (1.80 ~ 2.00MHz)	119
3.7.2 80m 频段 (3.50 ~ 3.90MHz)	119
3.7.3 40m 频段 (7.00 ~ 7.10MHz)	120
3.7.4 20m 频段 (14.00 ~ 14.350MHz)	120

3.7.5 15m 频段 (21.00 ~ 21.450MHz)	120
3.7.6 10m 频段 (28.00 ~ 29.70MHz)	121
3.7.7 6m 频段 (50.00 ~ 54.00MHz)	121
3.7.8 2m 频段 (144.00 ~ 148.00MHz)	121
3.7.9 0.7m 频段 (430.00 ~ 440.00MHz)	121
3.7.10 0.23m 频段 (1260.00 ~ 1300.00MHz)	122
3.8 业余无线电通信活动与竞赛	122
3.8.1 WAC 通联世界各大洲的比赛 (Worked All Continents)	122
3.8.2 DXCC 联络远距离台俱乐部证书 (DX Century Club)	123
3.8.3 WAZ 联络全部 CQ 分区奖状 (Worked All Zone)	123
3.9 业余无线电通信竞赛	124
3.9.1 业余无线电通信竞赛的基本情况	124
3.9.2 CQWW 远距离竞赛 (CQ World Wide DX Contest)	124
3.9.3 CQWPX 世界比赛 (CQ World Wide Prefix Contest)	125
3.9.4 IARU 短波世界锦标赛 (IARU HF World Championship)	125
3.9.5 自制小功率发射机夏季等幅报比赛 (ARCI QRP Summer Homebrew Sprint CW)	126
3.9.6 160m 波段世界比赛 (CQWW 160m Contest)	126
3.10 无线电测向	127
3.10.1 开展无线电测向活动的意义	127
3.10.2 无线电测向原理简介	128
附录	134
附录 1 《中华人民共和国业余无线电台操作证书等级标准》	134
附录 2 允许各等级业余无线电台操作员使用的频率	135
附录 3 推荐的业余无线电频率使用规划	136
附录 4 设置个人业余电台申请表填写须知	138
附录 5 《中华人民共和国业余无线电台操作证书等级标准实施细则》	140
附录 6 业余无线电台分区表	140
附录 7 各省、自治区、直辖市业余无线电台呼号后缀分配表	141
附录 8 业余无线电台性质或操作等级代号一览表	142
附录 9 Q 简语 (节录)	142
附录 10 英文缩语 (节录)	143
附录 11 国际业余无线电呼号前缀划分及分区表	145
附录 12 无线电通信名词解释	150
附录 13 色标法识别	152
附录 14 常用中小功率三极管参数表	154
附录 15 部分 SOT-23 封装贴片三极管型号与标识对照表	154
附录 16 部分发射功率三极管参数表	155
附录 17 部分电子管引脚及功能简介	158
参考文献	168

第1章 基础知识

1.1 业余无线电通信发展史

早在 19 世纪科学家们已经知道, 当一个电路产生火花, 就有可能使另一不相连的电路受到感应, 这就是无线电报的胚胎 (如图 1-1、图 1-2 和图 1-3 所示)。1901 年 12 月 12 日中午 12 时 30 分, 27 岁的意大利著名科学家马可尼 (如图 1-4 所示) 在北美纽芬兰的一间废弃院的陋室里, 揭开了无线电的新纪元。当时, 他收到了从欧洲英国康沃尔发来的“莫尔斯电码”, 代表“S”符号的“嘀——嘀——嘀”电码声第一次成功地横越大西洋。这一消息轰动了全世界, 激起了广大无线电爱好者的浓厚兴趣, 大家纷纷起来从事无线通信的实验与研究。由于是相互间实验, 业余无线电台就在这种情况下自然而然地产生了。

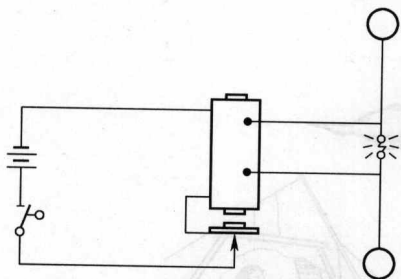


图 1-1

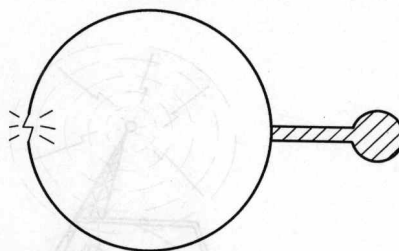


图 1-2

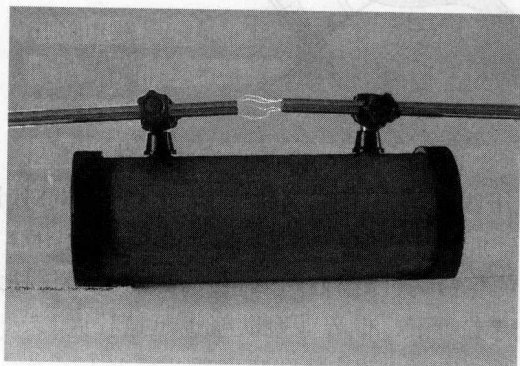


图 1-3



图 1-4

1912 年, 各国政府鉴于国家电台、商业电台、业余电台风起云涌, 实在需要法令与规则加以限制与管理的状况, 讨论把短波 (当时所谓短波是指波长在 200m 以下的电波) 划归业余家做实验用。当时认为波长愈长愈可作远距离通信, 将 200m 以下频段视为毫无用场的波长。业余家被限制之后, 不得不转动脑筋利用这个被认作是废物的短波来进行远距离通信。从 1923 年初, ARRL 发起的波长在 90m 以下的通信获得成功, 经过几个月的周

密准备,最后终于在1923年11月成功地完成横越大西洋的双向业余无线电通信。当时的 Schnell (1M0) 及 Reinartz (IXAM) (现在各自为 W4CF 及 K6BJ) 与远在法国的 Deley (8AB) 三个电台,在 110m 进行了几个小时的无线电报联络后,另外的电台又做过 100m 的试验,结果亦是相同,它们都能够很容易地实现横越大西洋通信(如图 1-5 所示)。业余家们的实验证明,曾被视为无用的短波频段,是比长波更为有效的远距离通信资源,他们还发现波长愈短通信距离愈远,功率也可以用得愈小,只需要几瓦的功率,极小的天线就能实现全球性通信。业余无线电爱好者的这一重大发现,是无线电发展史上最重要的成就之一,它为全球短波通信奠定了基础。1924 年,各国政府的商业、航运、军队等越来越多地使用短波段进行通信。与此同时,从事业余无线电实验的人越来越多,因此引起了干扰,妨碍正常通信业务。在这种干扰与日俱增的情况下,各国政府和各国业余家都感觉需要制定一个大家都应遵守的法规,以保证频谱资源的合理使用和分配,他们为此召开了多次国际会议,并对频率进行了划分。为了维护业余家的利益,由美、英、法等 23 个国家的业余家代表相互商讨,于 1925 年 4 月 19 日在巴黎成立了国际业余无线电联盟(International Amateur Radio Union, 简称 IARU),以加强各国业余家间的联系,并商议一切有关业余无线电台通信的规章。1927 年,经与各国政府商议,IARU 决定把 1.9MHz、3.5MHz、7MHz、14MHz、28MHz 及 56MHz 频段的一部分频率划归业余家们作实验之用,使业余无线电通信的频率得到了国际社会的确认。

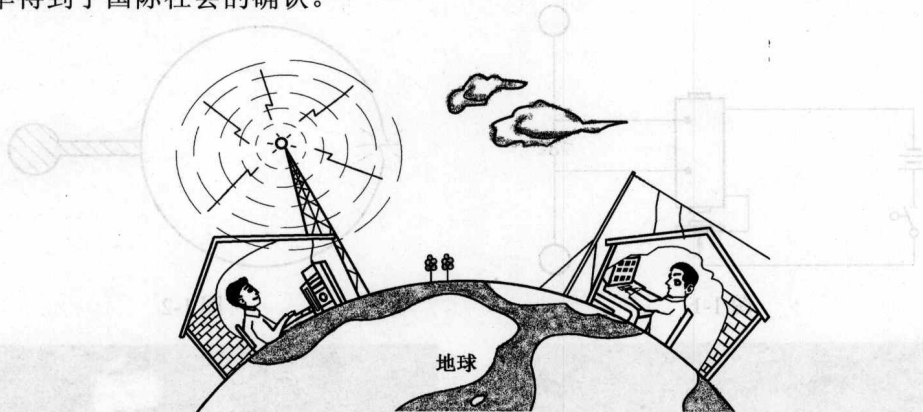


图 1-5

现在,有 100 多个国家和地区的业余无线电组织参加 IARU,这个国际组织的秘书处设在美国,通过地区性组织开展工作。

业余无线电通信活动从一开始就显示了强大的生命力,这种在当时极为先进的通信技术曾使无数科学家和政府官员为之刮目。在各国政府支持下,世界业余队伍也迅速壮大。

1.2 中国业余无线电发展史及现况

我国的业余无线电活动在 20 世纪 20 年代后期开始,不过当时受各方面条件的限制,无线电爱好者很难领到电台执照。相反地,当时在华的外国人利用了“租界”的特殊地位可以自由设立业余电台。当时的万国业余无线电上海分会(IARAC),即在华的外国人的业余无线电组织。

在我国，最早成立的业余无线电组织是“中华业余无线电社”（简称CRC）。该社成立于1936年4月，总社设在杭州。当时在上海、北平、济南、开封、天津、郑州、广州等大城市，先后成立了分支社，社员共有300多人，其中设有业余电台的有200多人。那时电台按地区分成9个业余通信区，使用的电台呼号冠字为XU。例如，江苏、浙江为第八区；我国老业余家张让之（上海）的电台呼号为XU8ZT；中华业余无线电总社的呼号为XU8A；广州岭南大学业余无线电社的呼号为XU6LN。在该社成立前后，上海的少数外侨也有类似的业余无线电组织。

1937年秋，上海和杭州两地的中华业余无线电社成员组成“中华业余无线电社非常时期服务部”，并联名写信给国民党政府要求参加抗日。后来成立的“业余无线电人员战时服务团”，属当时国民政府军事委员会政治部三厅领导（郭沫若任三厅厅长）。战时服务团团员分甲、乙、丙3种。甲种团员经申请核准后，设立业余收发信电台；乙种团员只设收信电台；丙种为一般团员。团员除按世界业余无线电规则的频率、缩语，使用业余频段通信、宣传等为抗战服务以外，不得作其他活动。战时服务团还曾通过斯沐特莱赠送给新四军20部收发信机。后来，团部由长沙迁至重庆，总台也随同搬迁；于1940年9月间停止活动，并改组为“中国业余无线电协会”（简称CARL）；中国业余无线电协会1946年迁到南京，会址设在梅园新村。1940年5月5日，协会组织了第一届空中年会。在年会活动中，有讨论会务、交流经验、宣读论文等项目，内容丰富多样，与会者很有兴趣。除召开年会外，协会还组织出版了《无线电世界》等刊物，设立无线电夜校，举办无线电技术展览会和通信竞赛等活动。这些对当年无线电技术的普及与提高，起了一定的推动作用。

1945年抗战胜利后，在8、9月间全国各地业余家都纷纷架机恢复活动，协会成员逐渐增加。到1947年第八届空中年会时，参加年会的有沈阳、长春、北平、天津、青岛、上海、南京、杭州、南昌、福州、太原、西安、汉口、重庆、贵阳、广州、兰州、玉门、昆明等22个空中联络电台的成员，达2000余人。那时，全国已拥有甲、乙、丙3种团体会员5000人以上；设有业余电台的有400余人。其中会员以上海、天津为最多，成都、重庆、昆明、广州等次之。业余电台的呼号也从XU改为C，图1-6所示为朱天赋先生当年使用的QSL卡片，其领取新呼号为BA6QB。那时在早晚的业余时间里，无线电业余家们都戴上耳机，守候在心爱的收发信机旁，抓住每一个远方CQ呼叫信号，用无线电话（Phone）和电码信号（CW）与之通话，借以交流经验，提高通信技术，改进收发信机的性能。这种乐趣是每一个业余家都深有体会的。在20世纪40年代，各地除了抗战前的老业余家外，又不断涌现出一批批业余爱好者，如上海、贵阳、昆明、桂林、宜昌、成都、宁夏等地都有许多参加业余无线电通信活动的积极分子。在中国电子学会理事中，冯秉铨（XU6LN）、孟昭英（XU5TH）、蔡金涛等同志都是当年的业余无线电活动的老将。王光美同志是辅仁大学的业余无线电活动家之一。

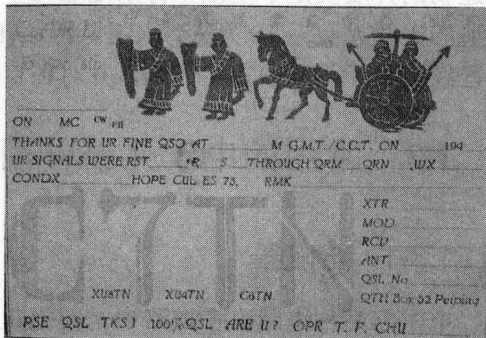


图1-6

许多当年的无线电业余家，由于在无线电方面有所专长，今天已成为我国教育、科研、工交或国防战线上的技术骨干。由于几十年境况的变迁，还有许多当年的业余无线电专家，

现在海外工作，如旅美物理学家任之恭教授和王安博士，是当年昆明西南联大的业余无线电社的成员。

1949年解放不久，上海地区的一些业余家曾重新组织了业余无线电通信活动，在上海重新登记和发展了会员1000多人，活动内容有举办无线电技术讲座及学术讨论会等。由于当时的特殊环境，业余无线电协会的活动于1950年3月底暂告停止。

在解放后的30多年间，业余无线电活动在中国被赋予了浓厚的运动竞技的色彩。快速收发报、无线电测向、航模空模等成为了运动会上的运动项目。当时的社会主义国家间经常举行这些项目的比赛，中国一直是个中强手，有的项目至今还是中国拿金牌的保留节目。尤其在快速收发报方面，中国的运动员创造了不少世界纪录。所以可以这么说，业余无线电活动在中国没有中断过，而是以另外一种形式出现的。当然，随着社会的发展，无线电活动竞技的色彩将越来越淡，而成为人们的一种业余兴趣爱好。

1981年，国务院批准在中国重新恢复业余电台活动后，业余电台活动才得以稳定的发展。1992年，国家又开放了个人业余电台活动，到现在为止中国的业余电台已经有3000多个。在此期间，中国无线电运动协会在1992年举行了首届全国业余收听比赛，选手用统一的套件自己装配、调试，并抄收竞赛电台发出的报文，这一次有2000余人参加。1994和1995年，无线电运动协会又举行了全国10m波段FM通信试验，选手也是购买统一的套件制作、调试，并通过无委验机，取得临时的呼号，进行通信试验。这两次全国性的比赛，给中国业余无线电的发展起了不小的推动作用。1997和1998年，我国沿海地区的业余无线电爱好者又开展一系列的海岛通信活动（IOTA），引起了全世界的瞩目。英国业余无线电协会（RSGB）IOTA委员会为此授予了中国无线电运动协会（CRSA）1998年度最杰出IOTA DX远征奖，这是我国业余无线电爱好者首次获得的国际性奖章。

进入21世纪，社会经济的高速发展，人民物质生活水平的不断提高为我国业余无线电活动开展奠定了坚实的基础。特别是近几年，参加业余无线电活动的人数呈几何级增长，目前注册的火腿人数近10万人，火腿队伍还在不断壮大。经过多年的发展，我国业余无线电爱好者已经形成了不同的特定群体，并对各自的目标不断地进行实践和探索。

1.3 常用的电子元器件简介

1.3.1 电阻器

电阻器简称电阻，在电路中是起阻止电流的作用并由此造成能量消耗的部分。当电流通过电阻器时，电荷在电场力的作用下要克服阻力而做功，主要以热的形式消耗掉，因此，电阻是个耗能元件。电阻器对电荷阻碍作用的大小，反映出电阻器一个重要的参数，即电阻值。电阻值的单位是“欧姆”，用“ Ω ”表示；还有 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧）。它们之间的关系是：

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

说明：除超导体外，所有的导体均会呈现出一定的电阻值，只不过在通常情况下，导体的电阻值相对较小，忽略不计罢了。

电阻器的电路符号如图1-7所示，电阻的串、并联电路

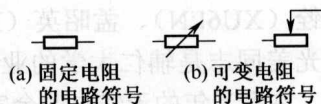


图1-7

及相关参数如表 1-1 所示。

常见的电阻有碳膜电阻、金属膜电阻、色环电阻、线绕电阻和水泥电阻等，如图 1-8 所示。对于体积较大的电阻，阻值数字可直接印在电阻本体上；而对于体积较小的电阻，一般采用色环的方式（即色环电阻），用不同的颜色表示不同阻值，具体说明见“附录 13”。

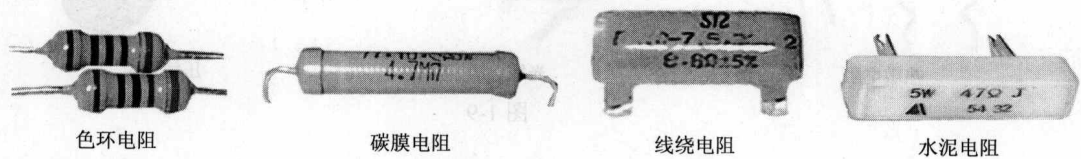


图 1-8

在纯电阻电路中，电阻的连接种类分为：简单电路、电阻的串联电路、电阻的并联电路（具体参见表 1-1）。

表 1-1 电阻的串、并联电路及相关参数

电 路 名 称	电 路 图	电路关系式	说 明
简单电路		$R = E/I$	I : 总电流 E : 电动势 R : 负载电阻
电阻的串联		$R = R_1 + R_2$ $I = I_1 = I_2$	R : 总电阻 I : 总电流 I_1 : R_1 的电流 I_2 : R_2 的电流
电阻的并联		$1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ $I = I_1 + I_2$	R : 总电阻 I : 总电流 I_1 : R_1 的电流 I_2 : R_2 的电流

还有一些特殊的电阻，如热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻等，如图 1-9 所示。热敏电阻是一种对温度反应较敏感，阻值会随着温度的变化而变化的非线性电阻器，通常是由半导体材料制成。在实际中，根据实际电路的需要，将几个同阻值的电阻封装在一起，就形成了如图 1-10（a）所示的排阻，其内部电路图如图 1-10（b）所示。由图可知，在排阻内部，所有电阻中的一个脚均连接在一起，并由导线引出，此引脚称为该排阻的公共端。为了方便识别，排阻的公共端印有一个圆点，圆点所对应的引脚为 1 脚，其他引脚通过排阻的引脚引出，依次为 2 脚、3 脚、4 脚……排阻被广泛应用于数字电路中。

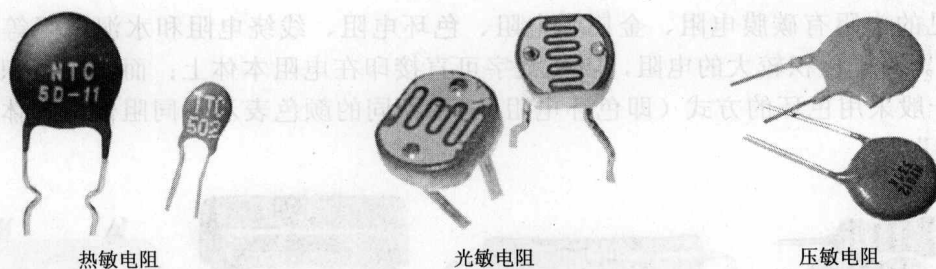
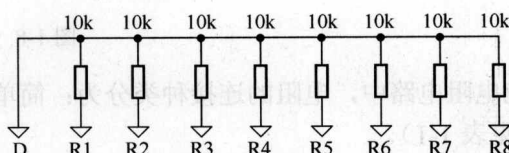


图 1-9



(a) 10kΩ 的排阻



(b) 排阻的内部电路

图 1-10

1.3.2 电位器

电位器实际上就是一个可变电阻器，其典型的外部结构如图 1-11 所示。它有 3 个引脚，通过调整中间的滑臂，可以改变中间引脚与其他两个引脚之间的阻值。



图 1-11

从阻值变化的特性来说，电位器可分为线性电位器、指数电位器和对数电位器，由图 1-12 可以很清楚地看出 3 种电位器阻值的变化规律。线性电位器的阻值变化在整个调整范围内是均匀的，线性电位器的标识是用“X”开头的，如 X-50k；指数电位器的阻值变化是按照指数规律进行的，即随着调整旋钮角度（或位置）的变化而变化，开始时电阻值缓慢变化，继续调整旋钮，阻值的变化量较前面旋钮同等角位移量有更大的变化，指数电位器的标识是以“Z”开头；对数电位器与指数电位器刚好相反，即开始时电阻值急剧增加，而后逐渐转入缓慢变化，对数电位器的标识是以“D”开头。根据具体的结构，电阻器可分为固定电阻器和可变电阻器。固定电阻器大体上分为直插式和贴片式，直插式电阻器的两端有两个引脚线，而贴片式电阻器两端没有引线，使用时可直接焊连在电阻器的两端头的电极上。可变电阻器的电阻值是可以调整而改变的，最小阻值为零，最大阻值为器件上的标称值。例如，取一个标称值为 10kΩ 的电位器，将万用表置 R×1k 挡，再将电位器的旋钮调至任意一端头，以电位器中心触头为公共端，分别测量与两端引脚的电阻，若一端为 0Ω，则另一端应为 10kΩ 左右，如图 1-13 所示。

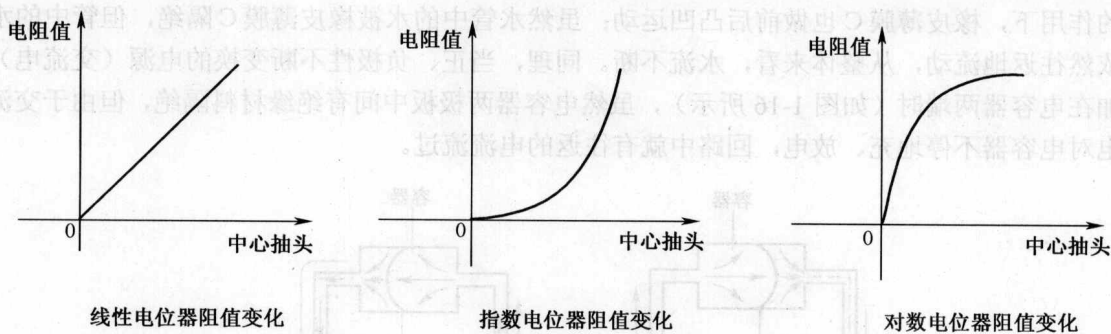


图 1-12

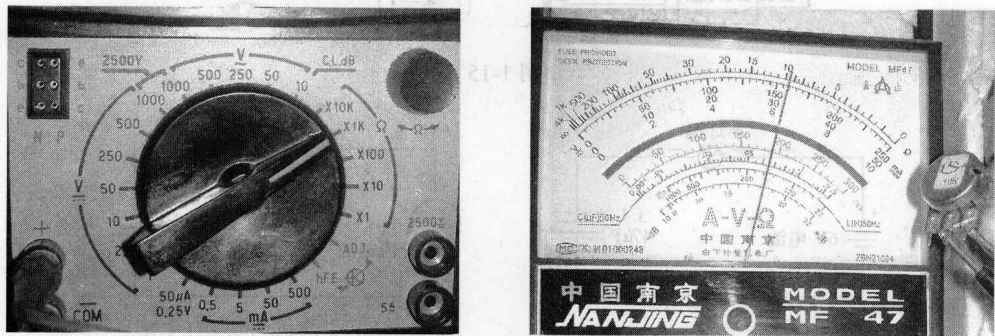


图 1-13

1.3.3 电容器

简单说，电容器就是存储电荷的容器。反应电容器储存电荷的能力的量称为电容量。电容器是由两个相互靠近的金属电极板，中间夹一层绝缘介质构成的，其结构示意图如图 1-14 所示。如果在电容器的两个电极加上电压时，电容器的两个极板上就会逐渐聚积电荷，两个极板的面积越大，所能容纳的电荷就越多，如图 1-15 (a) 所示，该电容器的容量就越大；反之则越小。电容量还与两极板间的相对距离有关。电容量用“C”表示，单位是“F”（读作“法拉”）。由于“F”的单位比较大，故而常使用“ μF ”和“pF”等单位，它们的换算关系如下：

$$1\text{F} = 1000\text{mF}(\text{毫法})$$
$$1\mu\text{F} = 1000\text{nF}(\text{纳法})$$

$$1\text{mF} = 1000\mu\text{F}(\text{微法})$$
$$1\text{nF} = 1000\text{pF}(\text{皮法或微微法})$$

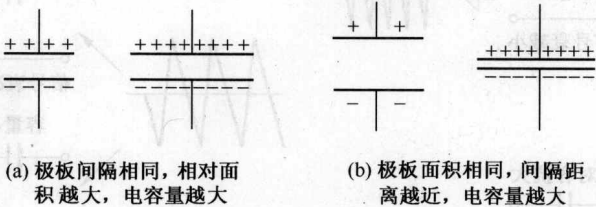


图 1-14

由于电容器的内部两极板之间是绝缘介质，所以其对于直流电是不通的，只是在直流电与电容器接通时才会有一个瞬间充电的电流。对于交流电来说则有不同，它好比一个活塞式水泵，如图 1-15 所示，随着活塞前后往返地不停运动（如同交流电不停地变换极性），在水压

的作用下，橡皮薄膜C也做前后凸凹运动；虽然水管中的水被橡皮薄膜C隔绝，但管中的水依然往返地流动，从整体来看，水流不断。同理，当正、负极性不断变换的电源（交流电）加在电容器两端时（如图1-16所示），虽然电容器两极板中间有绝缘材料隔绝，但由于交流电对电容器不停地充、放电，回路中就有往返的电流流过。

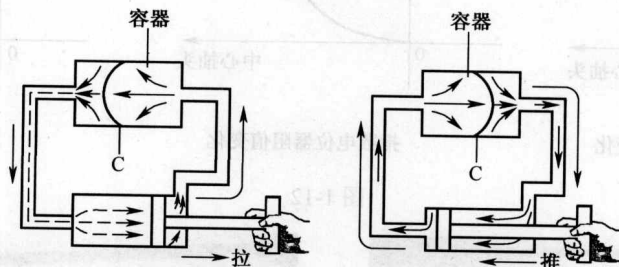
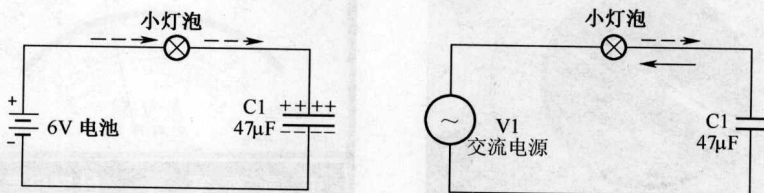


图 1-15



电容器在直流电路中通电的瞬间有电流

电容器在交流电回路中始终有电流

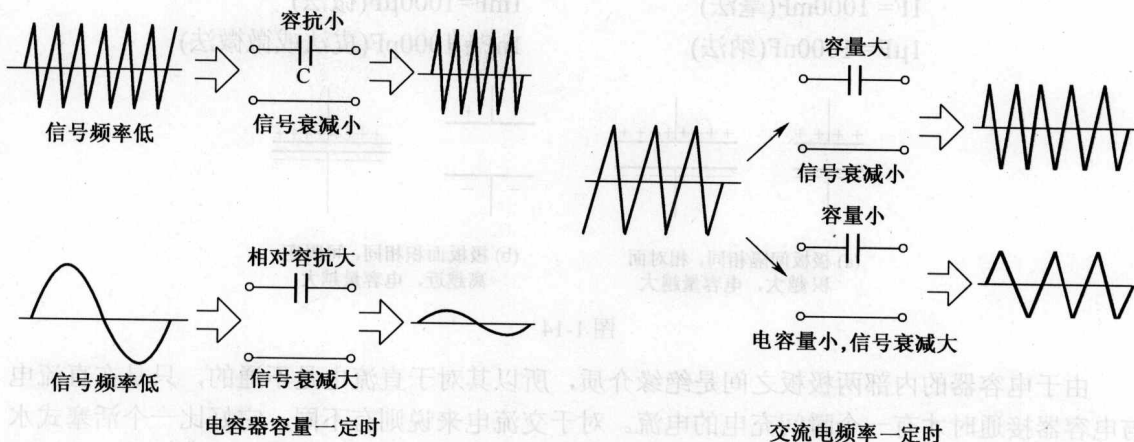
图 1-16

在实践中还发现，加在电容器两端交流电的频率越高，或电容器容量越大，电路中的电流就越大（如图1-17所示）；反之则越小。这反映出电容器对交流信号也存在阻力作用。电容器表现出对交流电阻止能力大小的量叫做容抗，用“ X_C ”表示，单位是 Ω ，其大小计算如下：

$$X_C = 1/6.28 fC$$

上式中， f 为交流电的频率，单位是Hz； C 为电容器的容量，单位是F。

由上式不难看出，交流电的频率 f 和电容器的容量 C 与电容器的容抗值成反比，即通过电容器的交流电频率 f 值越大，容抗 X_C 值就越小；电容器的容量越大， X_C 值越小。



电容器容量一定时

交流电频率一定时

图 1-17

小结:

- ◆ 电容器是一个储存电能的元件。
- ◆ 电容器具有隔断直流通交流的特性（隔直通交）。
- ◆ 电容器对交流电也有一定的阻碍作用，容抗的大小与交流电频率和电容量成反比。

根据结构特性不同，电容器分为固定电容器和可变电容器。固定电容器的电容是固定不变的；可变电容器可以通过改变两极板的相对面积来改变电容量，也可以通过改变两极板之间的距离，或者改变电容器极板之间的电介质来改变电容量。根据需要，在实际中可以将几个电容器串、并联的方式来达到理想的容量值，如图 1-18 所示。

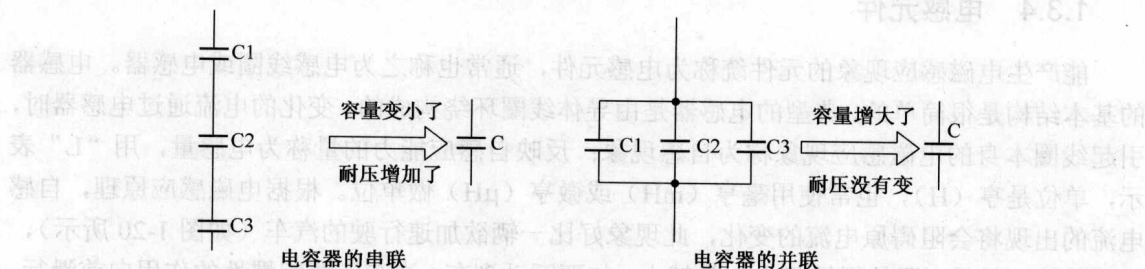


图 1-18

3 个电容器串联后的总容量为： $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

3 个电容器并联后的总容量为： $C = C_1 + C_2 + C_3$

根据电容器两极板之间的电介质特性不同，电容器分为电解质电容器、有机或无机介质电容器、空气介质电容器等，如图 1-19 所示。



图 1-19