

静安“拔尖人才项目”人选教育研究系列丛书



冯景华 著

青少年 业余卫星通信入门

Qingshaonian
Yeyu Weixing Tongxin Rumen

穿越深邃无限的大空，
发现天际闪烁的精灵。
对话飞舞的“嫦娥”，
寻觅“天宫”的轨迹。
神奇的电波信使们，
将为你在宇宙间穿梭翱翔。
让所有这一切，
不再是科幻和梦想。



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

青少年业余卫星通信入门/冯景华著.

—上海:上海教育出版社,2012.11

ISBN 978-7-5444-4473-6

I. ①青… II. ①冯… III. ①卫星通信-青年读物

②卫星通信-少年读物 IV. ①TN927-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第255062号

责任编辑 耿 坚

封面设计 陈 芸

青少年业余卫星通信入门

冯景华 著

出版发行 上海世纪出版股份有限公司

上海教育出版社

易文网 www.ewen.cc

地 址 上海永福路123号

邮 编 200031

经 销 各地新华书店

印 刷 江苏启东市人民印刷有限公司

开 本 700×1000 1/16 印张 15 插页 2

版 次 2012年11月第1版

印 次 2012年11月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5444-4473-6/G·3523

定 价 70.00元

(如发现质量问题,读者可向工厂调换)

序 一

建设创新型国家的宏伟目标需要培养更多具有创新精神和实践能力的未来建设者,而空间无线电通信技术是现代高科技项目之一,它集数学、物理、电学、宇航、通信、信息科技为一体,体现了一个国家科学技术的综合实力和研究水平。

业余卫星通信项目是青少年学生了解空间无线电通信技术的窗口。通过学习业余卫星通信,除了能够学到相关的科学知识、锻炼实践技能外,更重要的是能够提高学生的科学素养,发扬科学精神。多年来广大教育工作者对青少年无线电项目的发展倾注了大量的心血。上海市青少年业余无线电通信项目的发展更是蒸蒸日上,走在全国的前列。2001年,上海市静安区BY4BJA业余电台率先成功进行了远程月面反射通信实验,成为中国青少年第一批空间无线电通信的探索者;2008年上海市科技艺术教育中心成功实现了与国际宇航空间站的通信,更是激发了本市广大青少年学生探索航天科技的浓厚兴趣。

2010年,中国首颗“希望一号”业余通信卫星的升空,填补了我国在业余卫星通信领域的空白,青少年朋友们从此拥有了属于自己的“希望之星”。

为了让更多的青少年学生了解卫星通信的相关知识,由冯景华老师编著的《青少年业余卫星通信入门》一书应时而生。该书着重激发学生对业余卫星通信知识的兴趣,普及卫星知识,指导操作实践。内容包含了业余卫星通信发展历史、业余卫星设备、业余卫星通信软件等。该书还向师生们提供了活动方案和学习指南,分别从教师组织指导和学生学习探究两个方面提供了思考,通俗易懂,是一本比较实用的青少年业余卫星通信活动手册。

目前我国的青少年业余卫星通信活动在总体上还处于初级阶段,还有大量的研究和探索工作需要广大科技教育工作者去努力完成。希望有更多的业余无线电通信项目教师能关注青少年空间通信的开拓与发展,使我国的青少年在业余无线电通信方面的创新意识、实践能力和科学精神能上一个新台阶。

冯景华老师是静安区青少年活动中心副主任,静安区教育拔尖人才。该区教育局请我担任其指导老师,使我有更多机会与他接触,对他有了较多了解。我感到冯景华老师对待所从事的工作和事业,可以用两个字来概括,那就是“钟情”。他钟情于所从事的校外教育事业、钟情于青少年业余无线电通信项目,他是一位追求教育理想、富有创新精神和现代教育理念的校外科技教育工作者。

冯景华老师要我为该书作序。由于我为他对事业的热爱和追求所感动,所以欣然应允了。我希望该书能为更多的人所喜欢,同时我也希望冯景华老师能在他所从事的青少年业余无线电通信项目上做出更大的贡献。

卢晓明

(上海市特级教师、特级校长,上海市科技艺术教育中心主任)

2012年4月

序 二

对广大青少年朋友来说,“无线电通信”这个名词人人都知晓,但“业余无线电通信”会有很多同学感到陌生,而知道“业余卫星通信”的人更是寥寥无几。其实这是一项近年来,随着我国科学技术日益进步,综合国力大幅提升,正在逐渐兴起的又一项青少年空间无线电通信科学探索活动。

业余无线电通信项目自诞生以来已经走过了一百多年的历史了,作为国际电信联盟的业务之一,业余无线电通信活动以其丰富的内涵吸引着世界各国无线电爱好者踊跃加入。20世纪80年代末,随着中国改革开放形势的发展,业余无线电通信活动也在我国渐渐兴起。特别是它作为一项青少年科技活动,因其特有的科学性、综合性和趣味性,吸引着上海众多青少年爱好者。多年来,通过这项活动培养了一批又一批具有科学思想和技术素养,并立志报国的青年才俊。在校内外科技辅导员老师的指导下,同学们从最简陋的米波段收发信机起步,学习掌握了高频、甚高频、特高频电台的操作,实现了国际间远程无线电通信,成为中外友谊的使者,也成为了当时中国业余无线电爱好者团队的主力军。

20世纪90年代,静安区青少年活动中心 BY4BJA 业余电台的五位同学,在冯景华老师的指导下,经过不懈努力,成功地通过欧洲宇航局的“奥斯卡10号”高轨业余卫星的中转,成功实现了数万公里的远程通信,创造了中国青少年业余卫星通信历史上的第一。

2009年末,随着中国第一颗青少年实验卫星“希望一号”升空,标志着中国青少年业余无线电通信活动正式跨入了卫星时代。业余卫星通信不同于一般的业余无线电通信项目,这是一门多学科、专业性强,受学生欢迎但普及面相对较窄的青少年科技活动。目前我国有关业余卫星通信的技术文献屈指可数,尤其是适合教师和青少年朋友们的参考资料和活动方案,更是难觅踪迹。在上海市科技艺术教育中心卢晓明主任的指导下,在上海市业余无线电协会的支持下,集一线教学心得和多年潜心研究,通过师生们的业余卫星通信实验,总结多年的无线电通信教学的经验,静安区青少年活动中

心冯景华老师编撰完成了《青少年业余卫星通信入门》一书,为青少年无线电爱好者和老师们提供了实用信息和资料,推进了上海乃至全国的青少年业余卫星通信活动的普及与提高。

作为静安区教育拔尖人才项目的主要负责人,我十分高兴地看到项目团队中的老师们能在专业上不断成长,在教学研究上有所建树。殷切地期望在针对学生个性化教育、创新意识和实践能力的提升方面,今后有更多静安教师的个人专著能与大家见面。

陈宇卿

(上海市静安区教育局长)

2012年6月

总 序

为全面落实科学发展观,加快教育高端人才的培养,确保静安区普教系统名校名师队伍的可持续发展,上海市静安区教育局于2009年10月启动静安区“教育拔尖人才项目”的培养工作。

“教育拔尖人才项目”培养工作确定的目标是:精选培养对象,优化培养模式,自选发展路径,落实培养措施,经过一定培养周期,培养出一批专家型校长(书记)和教师,促其成长为教育管理和教育、教学领军人才,乃至上海市的知名校长(书记)和教师。

在实施“教育拔尖人才项目”培养过程中,静安区教育局依据因材施教和做中学的理念,遵循个性化、自主性和实践性的培养原则,探索和创新区域高端教育人才的培养模式,为每位培养对象进行顶层设计,量身定做发展规划,力求做到培养对象学习进修成才的多途径、个别化、自主性。

我们积极拓宽学习进修渠道,尽心搭建高层次锻造磨炼平台,为培养对象设置了多项学习进修成才途径。如培养对象自选导师组成教育名家导师团带教培养,高一层次学历进修,出国出境培训学习,区内外轮岗锻炼,主持区、市级科研课题研究,出版个人学术专著,等等。

我们坚持“积极引导、尽心服务;自主学习、主动发展”的工作思路,诸多培养对象十分珍惜学习进修机会,结合自身实际,选择发展途径,自我加压,主动学习,取得了显著的成效。

经过两年多的学习和实践活动积累,部分培养对象水到渠成地选择了出版个人学术专著为自己学习进修成才的主要途径。他们刻苦钻研当前教育改革的新理论,认真梳理自己的教育教学经验,努力夯实自己的专业基础;他们紧密联系教育教学改革,聚焦教育热点和难点,积极地进行探索和实践;他们积极地对教育的改革和发展提出新问题、新观点和新方法,并力图揭示新规律或总结新经验。

今天,我们欣喜地看到他们的个人学术专著终于问世了!

我们热烈祝贺:每位作者在个人学术专著的撰写和不断完善的过程中,

经受并取得了难能可贵的淬炼和进步。

我们殷切希望:他们的学术专著能体现其广博深厚的教育理论功底和精湛的教育教学艺术特色,能为全市乃至全国的基础教育改革提供一些参考和借鉴,并经受住实践的检验。

我们衷心感谢:为我区“教育拔尖人才项目”培养对象学术专著的撰写和完善过程中作出贡献的导师们,这批学术专著的出版凝聚着你们的心血,你们对学术精益求精、乐于奉献的精神,为我区基础教育优质均衡可持续发展培养高端人才做出的成绩,我们将铭记在心;同时我们也要感谢,为各位培养对象学术专著成书和出版给予帮助的各位同仁。

上海市静安区教育局

2012年10月

目 录

1 业余卫星通信	1
1.1 业余卫星通信简史	1
1.2 中国航天科技	3
1.3 上海青少年业余卫星通信活动	5
1.3.1 中国业余卫星通信的探索	5
1.3.2 业余卫星通信活动纪实——飞逝的“奥斯卡 10 号”	7
1.3.3 业余卫星通信活动纪实——“我问星空”	9
2 业余卫星通信的特点	11
2.1 卫星通信与地面通信的区别	11
2.2 通信卫星	12
2.3 业余卫星空间轨道的运行方式	14
3 业余卫星的飞行轨道和主要结构	19
3.1 卫星轨道参数	19
3.2 卫星通信覆盖范围的计算	21
3.3 “希望一号”业余卫星的主要结构、参数和能源.....	23
3.3.1 “希望一号”的主要结构和技术参数.....	23
3.3.2 太阳能电池与卫星能源.....	25
4 业余卫星的追踪	28
4.1 卫星飞行轨道的数学计算	28
4.2 常用卫星追踪软件的应用	30
4.2.1 常用卫星追踪软件.....	31

4.2.2	Orbitron 卫星跟踪软件的基本应用	32
4.3	网格定位原理	41
5	Orbitron 卫星跟踪软件的实战应用	45
5.1	Orbitron 主选单界面	45
5.2	旋转器/电台栏功能和数据解析.....	48
5.3	业余卫星通信中的多普勒效应	50
5.4	Orbitron 软件的重要辅助界面	51
6	业余卫星通信的特点和要素	58
6.1	业余卫星通信频率与方式	58
6.1.1	业余卫星的通信频率	58
6.1.2	业余卫星的通信方式	61
6.2	业余卫星通信发射功率和设备组成	62
6.3	业余卫星主要通信设备概述	64
6.4	功率的分贝表示法	72
7	业余卫星通信收发信机	74
7.1	认识业余无线电收发信机	74
7.1.1	IC-910 卫星通信系统的连接	75
7.1.2	IC-910 收发信机的主要技术参数	77
7.2	IC-910 收发信机接收功能的设置	79
7.3	IC-910 收发信机发送功能的设置	81
7.4	SATELLITE 卫星通信操作模式	83
8	UV 波段业余卫星通信天线系统	87
8.1	业余卫星通信八木天线的结构与原理	87
8.1.1	八木天线的基本结构	87
8.1.2	八木天线基本原理	88
8.2	UV 波段业余卫星天线列阵	89
8.3	卫星通信天线的转向控制	93



8.4	卫星天线的安全要素	99
9	UV 波段卫星通信手持式八木天线的结构与馈电	105
9.1	UV 波段卫星通信手持天线结构与匹配	106
9.2	UV 波段天线合路器	108
9.3	UV 双波段手持式卫星天线的驻波比	110
10	便携式双波段业余卫星天线的设计与制作	112
10.1	天线设计软件的应用	112
10.2	天线的制作	114
10.3	天线的调试	115
10.4	天线的支架与馈线的选择	117
11	“希望一号”卫星遥测信标的接收	120
11.1	无线信标台	120
11.2	“希望一号”卫星信标接收需要的硬件和方法	122
11.3	电报通信与卫星遥测技术	124
11.3.1	莫尔斯电码史话	125
11.3.2	莫尔斯电码的编码原理	126
11.4	“希望一号”卫星遥测信标格式和内容	127
12	“希望一号”业余卫星通信	134
12.1	业余卫星通信的时机	134
12.2	业余卫星通信常用调制方式	137
12.3	业余卫星通信中的 FM 操作	141
12.3.1	“希望一号”调频中继方式操作要点	142
12.3.2	BY4BJA“希望一号”卫星通信实验活动纪实	142
12.4	业余卫星通信中的 SSB、CW 操作	144
13	测量业余卫星的“体温”、“脉搏”和“血压”	148
13.1	“希望一号”业余卫星遥测活动	148

13.2	“希望一号”业余卫星遥测学生活动指南	155
13.2.1	“希望一号”青少年业余卫星追踪和遥测	155
13.2.2	“希望一号”遥测信标的接收	158
13.2.3	“希望一号”卫星追踪与信标收听	161
13.2.4	“希望一号”卫星遥测信标解码	163
14	“SUITSAT”业余卫星探究活动——发现来自太空的问候	167
14.1	从 SUITSAT - 1 到 ARISSat - 1	167
14.2	太空之眼——ARISSat - 1	171
14.3	ARISSat - 1 业余卫星慢扫描电视接收	177
14.4	ARISSat - 1 业余卫星图像通信学生活动指南	182
14.4.1	ARISSat - 1 业余卫星和慢扫描电视通信	182
14.4.2	ARISSat - 1 业余卫星慢扫描电视图像接收	187
15	业余卫星通信技术的研究	190
15.1	业余卫星 PBBS 通信技术	190
15.2	用 BPSK 方式接收业余卫星遥测信标	195
15.3	业余卫星通信的今天与未来	200
附录 1	业余卫星通信常用术语	205
附录 2	部分 V/U 段 CW 信标业余卫星频率表	207
附录 3	部分国际业余卫星简介	208
附录 4	2011 年全国青少年无线电通信锦标赛竞赛规则	220
后 记		225

1 业余卫星通信

1.1 业余卫星通信简史

浩瀚太空,无穷宇宙,令人神往。2010年2月12日,“旅行者1号”飞船从太阳系边缘以极微弱的无线电波发回消息,从此踏上了太阳系外生命探测的漫长征程。这次单程耗时为32个小时的无线电通信,使人类通信的极限距离达到了令人瞠目的近18 000 000 000千米,见图1-1,图1-2。



图 1-1 旅行者 1 号飞船

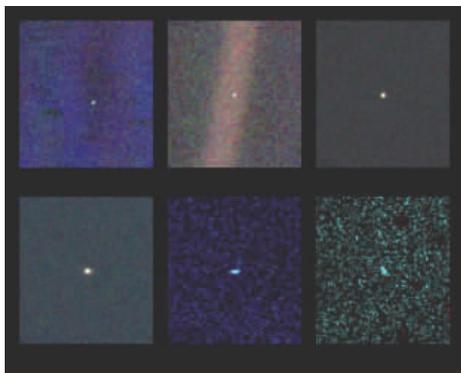


图 1-2 旅行者 1 号在太阳系边缘拍摄的六大行星照片,第一排中间为地球

青少年朋友们对空间无线电通信可能并不陌生。每天,我们都会通过卫星电视接收来自世界各地精彩的电视节目;通过气象卫星了解天气的变化;通过遥感卫星发现宝贵的资源;通过导航卫星给汽车、飞机、轮船定位,等等。

遍布世界各地的业余无线电爱好者们,同样对空间通信技术的研究充满了热情。早在上世纪60年代,全世界业余无线电爱好者的第一颗业余卫星就成功地遨游太空,她有一个非常美妙的名字——“奥斯卡1号(OSCAR 1)”,见图1-3。“OSCAR”是 Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio 首字母的缩写。业余卫星通信项目简称为:“RASC”,即: Radio Amateur Satellite Corporation。此后的20年间,苏联、美国、欧洲、日本等国家和地区纷纷发射

了自己的业余通信卫星(见图 1-4),这代表了业余无线电通信进入了太空时代。至 2010 年底,包括中国、印度等,世界各国发射的业余卫星总数达到了 126 颗。在这些业余卫星中,还包括了装有业余无线电通信设备的国际空间站 ISS(International Space Ship),见图 1-5。浩瀚的太空从此成为了业余无线电爱好者们探究未知世界的又一天地。



图 1-3 奥斯卡 1 号



图 1-4 奥斯卡 27 号



图 1-5 ISS 国际空间站

由于业余卫星通信技术上的快速进步和爱好者队伍的不断发展壮大,业余卫星通信已被国际电信联盟(ITU)确认为一项专门的无线电业务——

业余卫星业务(Amateur Satellite Corporation)。业余卫星通信业务定义为:利用地球卫星上的无线电台开展与业余业务相同的无线电通信业务。国际上还有开展这项业务的专门的组织机构:AMSAT(The Radio Amateur Satellite Corporation)。业余卫星通信业务目前遍布世界上数十个国家和地区,另外还有一些大学与研究机构(如日本东京大学、美国太空研究院)也成立了相应的业务机构,开展了深入研究,并成功发射了多颗业余卫星。

1.2 中国航天科技

人造地球卫星的种类很多。目前正在广泛应用的有:通信卫星、气象卫星、测地卫星、导航卫星、科学实验卫星等。新中国成立以来,经过几十年的不断发展,中国在航天及卫星科学技术上的进步为世人瞩目。

地球同步通信卫星是公认的最有价值的卫星之一。通信卫星位于地球赤道上空约 36 000 千米的轨道上,与地球保持相对静止。理论上讲,只要向赤道上空发射三颗等距离的地球同步卫星,就可以解决环球通信问题。

气象卫星是用于气象观测和气象预报的人造卫星。从气象卫星上可获取云图和其他气象资料,可应用于工农业生产、航空、航海、捕鱼及日常天气预报。

测地卫星使用的领域包括土地资源调查及监测、地形测绘、农作物长势及产量预估、火山和地震预报、洪水监测和预报、渔区测定等领域。

1970 年,中国成功地发射了第一颗人造地球卫星:“东方红一号”(Dong Fang Hong 1/ The East Red 1),见图 1-6^①。这是由以钱学森为首任院长的中国空间技术研究所研制。按时间顺序,我国是继苏、美、法、日之后,世界上第五个用自制火箭发射卫星的国家,它宣布我国已豪迈地进入了空间技术发展的新阶段。这就是著名的“两弹一星”工程中的“一星”。“东方红一号”从酒泉卫星发射基地升空,主要的任务是进行卫星技术试验,探测大气层与电离层。卫星为近似球形的 72 面体,质量 173 千克,直径约 1 米,采用自旋姿态稳定的方式,转速为 120 转/分,外壳采用经特殊处理的铝合金材料,球体主体上装有四条 2 米多长鞭状超短波天线,负责把各类遥测信号和太空探测资料传回地球;“东方红一号”卫星除了装有试验仪器设备外,还通过 20 兆赫频率发射《东方红》乐曲。卫星采用银锌电池为电源。“东方红一号”的设计寿命是 20 天,

^① 选自《物理》(一年级用),高级中学课本,上海科学技术出版社,1996 年 7 月出版。

但实际它工作了 28 天,于同年 5 月 14 日停止工作。但这并不意味着它的终结,“东方红一号”将继续在太空中飞行数百甚至上千年。1990 年 10 月 5 日,我国用长征系列火箭(见图 1-7)发射了一颗科学探测卫星,在西安卫星测控中心的测量控制下,经过 8 天的太空遨游,于 10 月 13 日顺利返回地面。

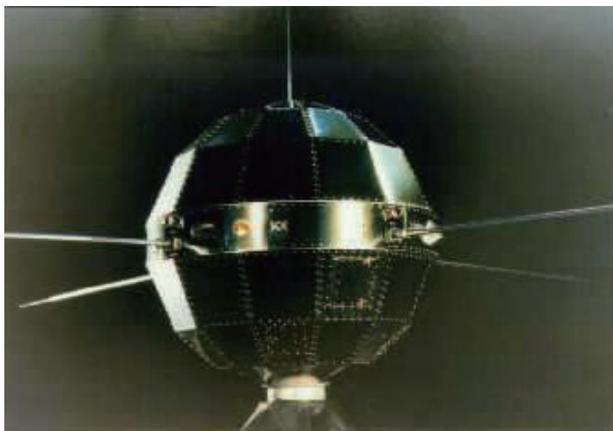


图 1-6 东方红一号



图 1-7 长征三号火箭



图 1-8 北斗二号导航卫星发射瞬间

到上世纪 90 年代末,我国共成功发射了 30 余颗不同类型的人造卫星。我国的运载火箭技术、卫星遥感技术和卫星通信技术取得了巨大的进步。

在空间物理研究、遥感技术、返回技术、通信、广播、电视传输及其他科学领域中取得了大量研究成果,并服务全国。如:我国的同步通信卫星成功发射后,拉萨、乌鲁木齐等边远地区的居民均可直接接收以同步卫星为中继站转发的中国中央电视台与地方卫星电视台的节目。

近年来,中国的宇航工业与卫星发射更是大踏步前行,特别是在 2011 年,中国安排进行 20 次火箭发射,有 30 颗卫星升空,其中包括了独立开发的北斗导航卫星(见图 1-8)。“神舟”系列飞船与“天宫一号”的成功发射与对接(见图 1-9,图 1-10),标志着中国在航天科技领域取得重大突破,国际影响力大大增强,成为了世界空间技术强国之一。



图 1-9 神舟七号飞船



图 1-10 神舟八号与天宫一号

1.3 上海青少年业余卫星通信活动

上海青少年业余卫星通信活动起步很早。鉴于上海良好、独特的业余无线电活动的氛围和条件,上海卫星通信活动已成为全国青少年业余卫星通信项目发展的标兵。

1.3.1 中国业余卫星通信的探索

随着无线通信技术的不断发展,业余卫星由原来低寿命的信标发射平台逐步过渡到长寿命并拥有多路转发器的椭圆轨道的卫星,如后来的奥斯卡 10 号高轨卫星。早在 1997 年 6 月,上海静安区青少年活动中心 BY4BJA 业余电台的青少年爱好者,在上海市无线电协会专家徐儒老师的指导下,通过这颗卫星成功实现了日本与香港之间的空间通信,他们成为了中国第一批尝试空间通信的探索者(见图 1-11);2008 年,上海与南京青少年无线电