



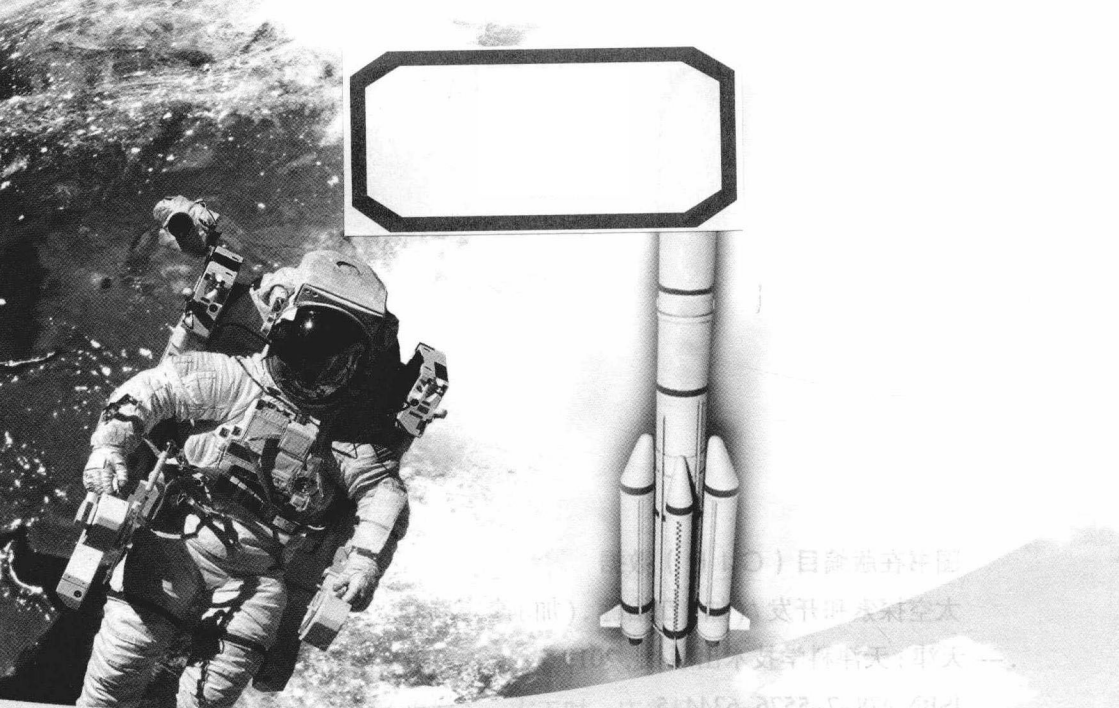
太空探索 and 开发

【加】江怡穗 【加】李定瑞 著



天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社



太空探索 and 开发

【加】江怡穗 【加】李定瑞◎著

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

太空探索和开发 / (加) 江怡穗 , (加) 李定瑞著

. -- 天津 : 天津科学技术出版社 , 2019.5

ISBN 978-7-5576-6344-5

I . ①太… II . ①江… ②李… III . ①空间探索—普
及读物 IV . ① V11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 082117 号

太空探索和开发

TAIKONG TANSUO HE KAIFA

责任编辑: 郑 新

出 版: 天津出版传媒集团
 天津科学技术出版社

地 址: 天津市西康路 35 号

邮 编: 300051

电 话: (022) 23332674

网 址: www.tjkjcs.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 北京市金星印务有限公司

开本 710 × 1000 1/16 印张 22.75 字数 300 000

2019 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 88.00 元

深切缅怀我们的父母亲：

江肇堃（再发），方玉时，庄善好

李寅文，朱倚文（“芜湖李氏，小白石山房，
寅文藏书，俪文室”主人公）

永远关爱我们的双胞胎：

Emma（孙女），Ethan（孙男）

序 言

人们把陆地称为活动的第一空间，把海洋称为活动的第二空间，把大气层称为活动的第三空间，那么，大气层以外的太空就是人类活动的第四空间。航天技术的发展把人类的活动范围从地球延伸向浩瀚无垠的太空。地球是人类的摇篮，载人航天技术的发展，为人类离开这个摇篮，以及开发宇宙提供了可能。正如俄国航天先驱者齐奥尔科夫斯基预言的那样：地球是人类的摇篮，但是人类不会永远生活在摇篮里。随着人类对外太空的探索越来越深入，太空已不再是早前那么神秘。宇宙时代，人类将是宇宙中的生命，星际飞行已经指日可待。

从1903年12月17日，美国莱特兄弟的飞机首次在北卡罗来纳州试飞成功，到1969年美国航天员尼尔·阿姆斯特朗和巴兹·奥尔德林首次成功登上月球，只用了短短的66年时间。

如今，无人太空探测器已经造访了太阳系所有行星，还探测了彗星、小行星带和柯依伯带。深空探测遍及整个太阳系，并且向广袤的宇宙挺进。虽然人类太空探索达到移民其他星球是一个漫长的目标，但在可见的未来，一定会有更鼓舞人心的进展。如今太空探索已由政府行动发展到许多创业者追逐的太空时代。无论如何，宇宙将变得互联、通达、可知。

在人类探索和征服宇宙的过程中，当代科学的基本问题，如宇宙形成和演变，以及生命的起源等问题，都将逐步得到答案，从而使人类对自然的认识提高到一个崭新的高度。

1 太空吸引力

航天科学技术的进步使建立太空基地成为可能。丰富的太空资源成为各航天大国进行太空探索的动力。特别是在地球资源越来越枯竭的今天，月球以及其他星球已经成为航天大国的追逐目标。

月球是最靠近地球的星体，月球储存有地球上少有的氦3约100~500万吨。氦3是核聚变反应堆的理想无污染的燃料，用航天器将其运回地球，可供人类使用数万年；月球上无大气阻挡，阳光充足，能高效率利用太阳能发电，其电



能可通过微波传输到地球，供人类使用；月球含有 60 多种矿藏，极具开发价值，可用来为地球人类服务。

人类飞向太空，首先是太阳系内星体。人类除了已经到过月球，正在准备登陆火星，还在频频探测“土星－泰坦”的行星－卫星系统，因为“泰坦”是太阳系中唯一实际拥有大气层的卫星。

2009 年美国发射了开普勒太空望远镜，用于寻找“类地行星”。开普勒太空望远镜已经发现大量类地行星。2015 年 7 月 23 日“开普勒”任务宣布发现“开普勒”-452b 类地行星，与地球相似指数高达 0.98。

太空对人类的吸引力是如此之大，美国要重返月球，建立月球永久基地，就是要在走向太空的行动中占得先机。

2 大国竞争

太空成就是衡量科学、工程和国防力量的标志。太空活动对提升国家的国际地位、加速军事现代化、发展科技和经济都具有重大意义。大国把夺取空间优势作为航天领域的首要任务，以确保其航天大国地位。谁能有效地利用太空，谁将享受到更大的繁荣和安全。因此，20 世纪 50 年代末和 60 年代，美国在落后于苏联的情况下，举全国之力，和苏联进行了一场冷战时期没有硝烟的“太空赛”。

1957 年 10 月 7 日，苏联的第一颗人造地球卫星“史泼尼克”1 号进入太空，开创了太空新纪元，世界为之震惊，美国更是一片哗然。4 年半后，1961 年 4 月 12 日，苏联又成功地发射了世界上第一艘载人飞船“东方”1 号，尤里·加加林成为人类第一位遨游太空的航天员。一夜之间把人类活动疆域延伸到了太空。从此，人类以前所未有的步伐向太空迈进。美国对苏联人在头顶上空飞行更是感到末日来临，对白宫的责备络绎不绝。

苏联航天员加加林进入太空 23 天后，1961 年 5 月 5 日，美国航天员艾伦·谢泼德搭载美国“自由”7 号飞船进行首次载人亚轨道飞行，使美国成为继苏联之后世界上第二个具有载人航天能力的国家。但是，这只是一次载人亚轨道飞行。1962 年 2 月 20 日，美国航天员约翰·格伦搭载“友谊”7 号飞船绕地球飞行 3 圈，成为第一个进入地球轨道的美国人。

为了平息国内的愤怒和指责，赶超苏联的太空技术优势，1961 年 5 月 25 日，美国前总统肯尼迪在国会宣布 10 年内把人送上月球并安全返回地球的举世闻名的“阿波罗”载人登月工程。1969 年 7 月 16 日，美国“阿波罗”11 号飞船的两位航天员首次登上月球。把人类太空活动推向高潮，谱写了人类太空探险的最辉煌篇章。

“阿波罗”工程后紧接着是载人航天飞机，美国载人航天飞机于1972年开始研制，1981年4月首次试飞，1982年11月投入使用。美国载人航天飞机又为太空的开发和利用写下了浓墨重彩的一笔，美国在太空赛中树立了独一无二的王者地位。

在深空探测方面，美苏也展开激烈竞争，1961年2月12日，苏联首先发射了“金星”1号深空无人探测器，成功飞越金星。1962年8月27日美国也向金星发射了“水手”2号深空无人探测器，成功飞越金星，标志美国进入星际探测行列。如今，美国无人探测器几乎造访了整个太阳系。

20世纪90年代初，苏联轰然垮台，美国成为世界上唯一超级大国。为了探索太空、繁荣经济和加强安全，美国一直追求健全和高效的空间能力。2006年8月31日，前总统小布什签署了新《国家太空政策》，显示美国力求独霸外层空间意图。新太空政策指出：“如有必要，美国有权不让任何‘敌视美国利益’的国家或个人进入太空”。

自从美国提出“高边疆”的大战略概念以来，美国持之以恒，把太空规划视为重中之重，认为掌控了“高边疆”，在军事上就掌握和控制了地球。美军实时指挥和控制主要靠通信卫星，精确打击主要靠全球定位系统。

美国追求“能打别人而不能被打”的绝对安全，其结果是增加了别国的不安全感。大国间的战略竞争势必加剧。同时，还将给大国间的政治互信带来阴影，影响大国间在诸多国际事务和地区问题上的合作，从而给全球战略稳定造成隐患。

然而情况并不如美国所愿，现在航天技术业已成熟，航天技术不再是美苏/美俄两个航天超级大国的专利，欧洲空间局及中国、日本、印度和巴西等国也已加入航天活动俱乐部。如果二十世纪下半叶太空活动主要表现在美/苏的太空争霸，那么二十一世纪将表现在多国竞相太空探测和开发的春秋战国局面。

3 太空合作

航天工程，特别是载人航天，投资浩大。在20世纪六七十年代“太空赛”中，虽然美国夺得了王者地位，但是庞大的经费开支也使金元美国感到力不从心。70年代末“太空赛”谢幕，美苏两个超级大国开始探索太空合作。1975年7月15日，美苏实现了“阿波罗”-“联盟”19号两飞船的太空交会和对接，两国航天员首次太空握手；1995年6月27日，美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机和俄罗斯的“和平”号轨道空间站首次对接；1993年美苏达成协议共建国际空间站。两个航天超级大国和其他航天大国间的合作也不断展开。

目前的国际空间站是迄今为止最大的国际航天合作项目。1993年12月，



以美国为首的“自由”号空间站合作伙伴正式邀请俄罗斯加盟，在原来美国“自由”号空间站和苏联“和平”2号空间站的基础上，联合建造国际空间站。参与国际空间站建设的有美国、俄罗斯和欧空局11个国家（德国、法国、意大利、英国、比利时、荷兰、西班牙、丹麦、挪威、瑞典和瑞士）以及日本、加拿大和巴西（1997年加入）等16个国家。

在深空探测方面，美国也表现了合作的意愿，前美国国家航空航天局局长格瑞芬在接见德国之声记者马耶采访时表示：“如果我们想重返月球，我们希望它将是一个国际性的计划。我们希望在重返月球方面也能够进行合作。但是，总得有一方是牵头的吧。而在当代，在这一领域，只有美国拥有实力胜任这一牵头工作。”看来美国是想合作，问题是能否做到公平合理，彼此有利。如果美国不从根本上改变诸如“沃尔夫条款”之类的阻碍国际航天合作的政策和法律制度，国际航天合作很难真正开展下去。

2017年9月27日在澳大利亚阿德莱德举行的第六十八届国际宇宙会议上，美国宇航局和俄罗斯航天局罗斯科斯莫斯宣布月球和深空探索的新合作伙伴关系，共同努力在月球空间建立微型空间站，作为未来火星及其他深空任务的垫脚石。这将包括国际空间站的伙伴和俄、中、印等航天大国，希望该工程成为人类深空探测的合作，而不是航天大国的俱乐部。

2018年5月28日，中国驻维也纳联合国代表和联合国外层空间事务司一同发布公告，宣布中国空间站正式开启国际合作，邀请世界各国积极参与，尤其欢迎发展中国家利用未来的中国空间站开展舱内外搭载实验等合作活动，为太空探索合作树立了良好的典范。

地球的资源是有限的，人口的增长是无限的，人的永生迟早也会到来，人类向宇宙空间发展是全人类的共同责任与使命。宇宙探索是人类的伟大事业，越来越多的国家和人民参加，宇宙探索力量才会更强大，良好的合作也会增强国际间的相互信任。各国应该携起手来共同探索和开发浩瀚无际的宇宙新天地。

在本书的编译过程中，参考了许多国内外专家和学者的著作，在此表示衷心感谢。限于编译者水平，不妥之处，敬请读者批评指正。

在本书的编写和出版过程中，得到董满强、郁志发、江玮、江晓燕的支持与鼓励，特此表示感谢。

编译者（yisuijiang@163.com）

2018年8月

目 录

第 1 章 天体运行轨道	001
1.1 天体运行基本定律	001
1.1.1 开普勒行星运动定理	001
1.1.2 牛顿运动定律和万有引力定律	002
1.2 宇宙速度	003
1.2.1 第一宇宙速度 v_1 —环绕速度	003
1.2.2 第二宇宙速度 v_2 —脱离速度	005
1.2.3 第三宇宙速度 v_3 —逃逸速度	005
1.3 航天器轨道要素	005
1.3.1 航天器轨道	005
1.3.2 开普勒轨道要素	006
1.4 航天器轨道分类	007
1.4.1 按轨道中心体分类	007
1.4.2 按轨道离地球表面高度分类	007
1.4.3 按轨道平面对赤道平面倾角分类	008
1.4.4 按轨道偏心率分类	008
1.4.5 按与中心体同步分类	009
1.5 航天器入轨	010
1.5.1 直接入轨	010
1.5.2 滑行入轨	010
1.5.3 过渡入轨	011

1.6 轨道滑行	011
1.6.1 能量守恒定律	011
1.6.2 航天器沿飞行轨道滑行	011
1.7 轨道转移	012
1.7.1 霍曼转移轨道	013
1.7.2 双椭圆转移轨道	013
1.7.3 地球同步转移轨道	014
1.8 再入大气	014
1.8.1 航天器返回轨道	014
1.8.2 再入大气	015
1.9 轨道摄动和轨道维持	015
1.9.1 近地轨道航天器轨道维持	015
1.9.2 高轨道航天器轨道维持	015
1.10 航天器姿态控制	016

第2章 运载火箭	017
2.1 火箭结构	017
2.2 火箭推进原理	019
2.2.1 液体火箭发动机	019
2.2.2 固体火箭发动机	020
2.3 火箭早期发展	021
2.3.1 早期火箭活动	021
2.3.2 对德国火箭人才和技术的争夺战	022
2.4 “德尔塔”运载火箭	026
2.4.1 “德尔塔”系列运载火箭简介	026
2.4.2 早期“德尔塔”运载火箭	027
2.4.3 “德尔塔”II 运载火箭	029
2.4.4 “德尔塔”III 运载火箭	029
2.4.5 “德尔塔”IV 运载火箭	030
2.4.6 “德尔塔”运载火箭未来	031
2.5 “大力神”运载火箭	031

2.5.1 “大力神”系列运载火箭简介	031
2.5.2 “大力神” I 洲际弹道导弹	032
2.5.3 “大力神” II 洲际弹道导弹 / 运载火箭	033
2.5.4 “大力神” III 运载火箭	035
2.5.5 “大力神” IV 运载火箭	035
2.6 “宇宙神”运载火箭	036
2.6.1 “宇宙神”运载火箭简介	036
2.6.2 早期“宇宙神”洲际弹道导弹 / 运载火箭	037
2.6.3 “宇宙神” I 运载火箭	040
2.6.4 “宇宙神” II 运载火箭	040
2.6.5 “宇宙神” III 运载火箭	041
2.6.6 “宇宙神” V 运载火箭	042
2.7 “土星”运载火箭	043
2.7.1 “土星”运载火箭简介	043
2.7.2 “土星”运载火箭早期发展	044
2.7.3 “土星” I 运载火箭	047
2.7.4 “土星” IB 运载火箭	049
2.7.5 “土星” V 运载火箭	051
2.8 “战神”运载火箭	056
2.8.1 “战神”运载火箭出台背景	056
2.8.2 “战神” I 运载火箭	057
2.8.3 “战神” V 运载火箭	057
2.8.4 “战神” IV 运载火箭	058
2.9 太空发射系统	058
2.9.1 太空发射系统火箭系列	059
2.9.2 太空发射系统的比较	059
2.10 未来运载火箭的发展	060
2.10.1 改进一次性运载火箭	060
2.10.2 开发核动力火箭	061
2.10.3 离子电推进火箭	061
2.10.4 私人企业太空商业活动	061



第 3 章 人造卫星	065
3.1 通信卫星	066
3.1.1 通信卫星	066
3.1.2 地球静止轨道通信卫星	067
3.1.3 近地轨道通信卫星	068
3.1.4 大倾角大偏心率椭圆轨道通信卫星	069
3.2 导航卫星	069
3.2.1 卫星导航	069
3.2.2 “子午仪”卫星导航系统	070
3.2.3 全球卫星定位系统	071
3.3 气象卫星	074
3.3.1 气象卫星观察	074
3.3.2 “泰罗斯”“艾萨”、改进“泰罗斯”极轨气象卫星	075
3.3.3 “云雨”系列极轨气象卫星	076
3.3.4 “戈斯”系列地球静止轨道气象卫星	077
3.4 地球资源卫星	079
3.4.1 卫星地球资源勘探	079
3.4.2 “陆地”卫星	079
3.4.3 地球观察系统	080
第 4 章 “水星”计划	083
4.1 “水星”载人飞船	083
4.2 运载火箭	085
4.3 航天员选拔和训练	086
4.4 不载人飞行	088
4.5 载人飞行	089
4.6 “水星”计划成果	092
第 5 章 “双子星座”计划	093
5.1 “双子星座”计划的诞生	093

5.2 “双子座”载人飞船	094
5.3 “双子座”运载火箭	096
5.4 “双子座”计划不载人飞行	096
5.5 “双子座”计划载人飞行	096
5.5.1 “双子座”3——铺路飞行	096
5.5.2 “双子座”4——美国第一次太空行走	097
5.5.3 “双子座”5——创世界纪录的8天太空飞行	097
5.5.4 “双子座”7——14天太空飞行	098
5.5.5 “双子座”6A——太空交会	099
5.5.6 “双子座”8——人类首次实现太空对接和死里逃生紧急迫降	100
5.5.7 “双子座”9A——不幸的任务	102
5.5.8 “双子座”10	104
5.5.9 “双子座”11	105
5.5.10 “双子座”12——圆满结束	106
5.6 “双子座”计划载人飞船和运载火箭	108
第6章 “阿波罗”计划	109
6.1 “阿波罗”计划出台背景	110
6.2 登月方式选择	112
6.3 “阿波罗”飞船指令舱/服务舱	113
6.4 “阿波罗”登月舱	114
6.5 “土星”运载火箭	115
6.5.1 “土星”I运载火箭	115
6.5.2 “土星”IB运载火箭	116
6.5.3 “土星”V运载火箭	116
6.6 不载人飞行	116
6.6.1 “土星”I运载火箭飞行	116
6.6.2 “小乔伊”II运载火箭飞行	117
6.6.3 “土星”IB/“土星”V运载火箭飞行	117
6.7 载人飞行	118
6.7.1 近地轨道载人飞行	118



6.7.2 绕月飞行	119
6.7.3 理想“阿波罗”载人登月过程	120
6.7.4 “阿波罗”11-17 载人登月飞行	122
6.8 “阿波罗”登月任务的结束	129
6.9 “阿波罗”-“联盟”测试计划	130
6.10 登月 40 周年奥巴马会晤当年航天员	132
第 7 章 航天飞机	133
7.1 航天飞机问世	135
7.2 航天飞机构造	136
7.2.1 轨道器	137
7.2.2 固体火箭助推器	139
7.2.3 外挂燃料箱	140
7.3 综合发射中心 39	141
7.3.1 发射台 39A 和 39B	141
7.3.2 轨道器准备厂房	142
7.3.3 垂直装配厂房	142
7.3.4 移动发射平台	142
7.3.5 履带式运输车	143
7.4 航天飞机任务简述	143
7.4.1 航天飞机发射	143
7.4.2 轨道器在轨飞行	144
7.4.3 轨道器返航和着陆	145
7.5 航天飞机应用	146
7.6 航天飞机退休	146
7.7 航天飞机成本	148
第 8 章 载人航天计划主要事故	149
8.1 “阿波罗”I 号指令舱大火	149
8.2 “挑战者”号航天飞机起飞爆炸	151
8.3 “哥伦比亚”号航天飞机返程解体	154

8.3.1 飞行任务	154
8.3.2 返航解体过程	156
8.3.3 碎片回收	157
8.3.4 “哥伦比亚”号事故调查委员会	157
第 9 章 空间站	159
9.1 空间站发展背景	159
9.2 “载人轨道研究实验室”和“载人轨道实验室”	161
9.3 “太空实验室”	162
9.3.1 “太空实验室”任务 1	163
9.3.2 “太空实验室”任务 2	163
9.3.3 “太空实验室”任务 3	164
9.3.4 “太空实验室”任务 4	164
9.3.5 “太空实验室”结束	164
9.4 “自由”号空间站	165
9.4.1 设计更改不断	166
9.4.2 转向国际空间站	167
9.5 国际空间站	167
9.5.1 国际空间站的建设	168
9.5.2 国际空间站主要结构	170
9.5.3 国际空间站轨道装配	171
9.5.4 能源和生命保障系统	172
9.5.5 轨道控制	172
9.5.6 空间站运输	173
9.5.7 空间站应用	174
9.5.8 任务结束和退出轨道	174
9.5.9 国际空间站私有化	176
9.6 空间基地	176
第 10 章 “星座”计划	179
10.1 “星座”计划背景	180



10.2 “猎户座”载人飞船	181
10.2.1 乘员舱	182
10.2.2 服务舱	183
10.2.3 发射天折系统	183
10.3 “牵牛星”月球着陆器	184
10.4 地球出发级	185
10.4.1 地球出发级动力配置	185
10.4.2 地球出发级飞行	185
10.5 “战神”运载火箭	186
10.6 飞行任务	186
10.6.1 近地轨道飞行	186
10.6.2 飞往月球	187
10.6.3 星际飞行	188
第 11 章 深空探测	189
11.1 月球探测	190
11.1.1 “徘徊者”计划	191
11.1.2 “勘测者”计划	192
11.1.3 “月球轨道环行器”	193
11.1.4 “双子星座”计划	194
11.1.5 “阿波罗”计划	194
11.1.6 后续探月工程	194
11.2 金星探测	196
11.3 火星探测	198
11.4 其他行星探测	203
11.4.1 水星探测	203
11.4.2 木星探测	203
11.4.3 土星探测	205
11.4.4 天王星探测	206
11.4.5 海王星探测	206
11.5 太阳、矮行星、小行星带、彗星和柯依伯带探测	206

11.5.1 太阳探测	207
11.5.2 矮行星和小行星探测	209
11.5.3 柯依伯带探测	211
11.5.4 彗星探测	211
11.6 星际航行	212
11.6.1 “水手”号项目	213
11.6.2 “先驱者”项目	214
11.6.3 “旅行者”计划	216
11.6.4 “新视野”计划	219
11.7 太空观测	220
11.7.1 “大天文台”计划	220
11.7.2 后续太空观察计划	221
第 12 章 航天测控通信网	225
12.1 小型跟踪网	226
12.2 航天器跟踪和数据采集网	228
12.3 载人航天网	229
12.4 深空网	231
12.5 跟踪与数据中继卫星系统	233
第 13 章 发射场和着陆场	237
13.1 肯尼迪航天中心发射场和着陆场	237
13.2 卡纳维拉尔角空军基地发射场	238
13.3 范登堡空军基地	239
13.4 沃洛普斯飞行基地	241
13.5 安德华兹空军基地	243
13.6 白沙试验设施	244
13.7 海上发射	246
13.8 空中发射	247