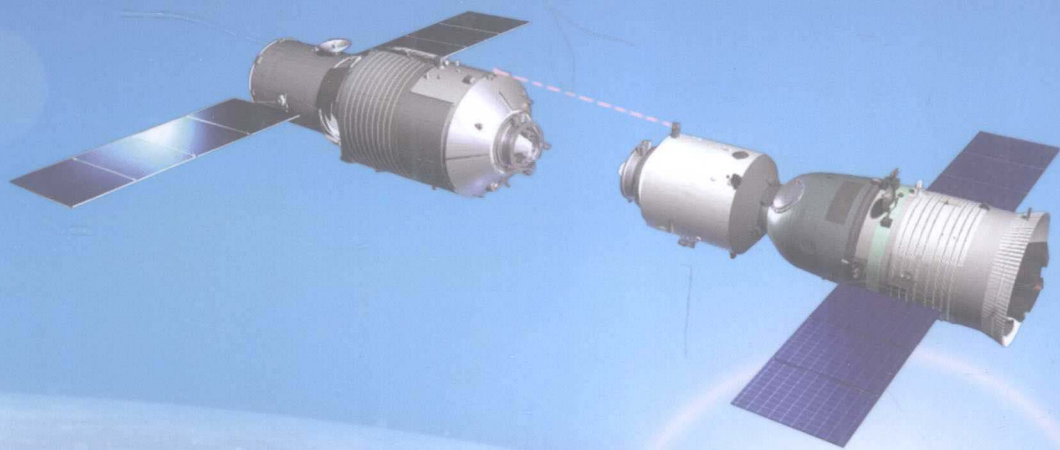


航天器交会对接任务 分析与设计

张柏楠 著



科学出版社

航天器交会对接任务 分析与设计

张柏楠 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是交会对接技术领域的一本专著。全书分为8章,主要内容包括:交会对接的基本概念、发展历史和发展趋势;空间交会问题的动力学理论;目标器轨道的选择问题和调相策略;远程段交会的标称、偏差和故障对策;近距离导引段的偏差、故障对策和安全问题;最后逼近段的控制策略与安全问题;对接动力学对相对运动状态的影响问题;撤离段的方案设计与分析等。

本书全面系统地阐述了考虑各种工程约束情况下的交会对接运动控制特性、方法和策略,其理论与实际结合紧密,具有较强的前沿性和实用性,可供从事航天任务设计的研究人员和工程设计人员参考,也可作为高等院校飞行器设计及相关专业研究生和本科高年级学生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

航天器交会对接任务分析与设计/张柏楠著. —北京:科学出版社,2011
ISBN 978-7-03-030416-2

I. ①航… II. ①张… III. ①航天器对接—研究 IV. ①V526

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 032218 号

责任编辑:刘宝莉 陈 婕 / 责任校对:钟 洋
责任印制:赵 博 / 封面设计:吴 爽

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年6月第一版 开本:B5(720×1000)

2011年6月第一次印刷 印张:29 3/4

印数:1—1 500 字数:583 000

定价:100.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

我国载人航天工程实行“三步走”发展战略,第二步的中心任务是攻克交会对接等关键技术。交会对接技术是载人航天的一项基础技术,是开展后续空间站在轨组装、补给、维修等任务的基石,也是未来实施载人登月乃至载人深空探测不可或缺的技术支撑。

美国和苏联早在 20 世纪 60 年代就相继掌握了航天器空间交会对接技术,为后续更大规模航天活动创造了条件。20 世纪末,在国际空间站计划带动下,日本和欧洲也相继通过国际合作方式成功实现了交会对接。我国载人航天一直坚持走独立自主的发展路线,已经成为第三个独立将航天员送入太空和实施航天员出舱活动的国家,取得了举世瞩目的成就,这有力地提升了我国的国际地位。而要开展更高层次的载人航天活动,实现更高远的目标,我国也必须突破交会对接技术,这已成为航天工程当前的首要目标。

近十几年来,交会对接技术引起了国内有关科研院所专家的高度重视,取得了不少宝贵的研究成果。然而,交会对接技术涉及两个在轨高速运动航天器的高精度相对运动控制,技术复杂、难度很大。美国和苏联在掌握该技术的过程中都开展了大量飞行试验,经历过多次对接失败。我国要想通过次数有限的飞行试验掌握交会对接技术,难度可想而知,整个载人航天工程体系各个层次都面临巨大挑战。

随着我国载人航天深入开展,交会对接任务日益临近,工程需求及其约束条件逐渐明晰,研究的依据更加接近实际。《航天器交会对接任务分析与设计》一书就是在这样一个时期完成并付梓的。作者张柏楠研究员长期工作在载人航天工程第一线,是飞船系统的总设计师,正全面负责交会对接任务中飞船和对接目标飞行器的设计、研制工作,书中的内容体现了他从系统层次、理论层次、工程应用层次所开展的一系列研究成果,是他在交会对接技术方面学术思想和工程经验的全面总结。这部专著按照系统工程理论,以总体需求为设计输入条件,侧重于从工程实现角度出发,细致阐述了交会对接的运动学和动力学特点、工程约束、偏差和应急方案分析以及设计参数影响等方面内容,并给出了一系列具有实用价值的方法。

该书是理论研究与工程实践密切结合的产物,标志着我国交会对接技术研究

又到达了一个新的高度。该书是载人航天工程领域交会对接任务分析与设计的重要著述,可以供相关系统参照使用,也可以作为航天科技工作者学习和掌握交会对接技术的参考书。相信该书的出版必将进一步推动交会对接技术的深化研究,为我国早日建成空间站大系统打下坚实的基础。

中国工程院院士

王永志

2011年5月20日

前 言

航天器交会对接(rendezvous and docking, RVD)技术是航天工程中的一项关键技术,它起源于载人航天工程,但并不局限于该领域,是空间组装、在轨服务、卫星捕获等各种复杂航天任务的基石。交会对接的工程实践已经有近 50 年的历史,并逐渐被越来越多的国家所掌握。

交会对接是两个航天器在空间通过轨道和姿态控制,相遇并连接为一个整体的过程。在交会对接过程中,两个航天器的相对距离从数万公里到几百公里,再到数公里、数百米,直到接触并对接。相对距离的变化带来测量手段和控制策略的相应改变,这使交会对接问题具有很强的复杂性,并使交会对接任务存在一定的技术风险。随着未来航天技术的深入发展,交会对接将会成为一种经常性的操作。要想提高该任务的成功率,就需要对交会对接任务进行全面的分析和设计,综合考虑各种工程因素的影响。

本书是作者在交会对接领域多年研究工作的总结,主要从轨道动力学与控制角度对交会对接任务的分析和设计问题展开讨论。全书共分为 8 章:第 1 章阐述了交会对接的基本概念、发展历史和发展趋势;第 2 章比较系统地介绍了空间交会问题的动力学理论;第 3 章专题研究了目标器轨道的选择问题和调相策略问题;第 4 章专题研究了远程段的交会问题;第 5 章专题研讨了近距离导引段的交会问题;第 6 章专题研讨了最后逼近段的交会问题;第 7 章专题研讨了对接动力学问题;第 8 章专题研讨了撤离段的方案设计与分析问题。书中内容包含了作者带领的科研团队所做的研究成果,特别感谢李海阳、王翔、王华、李九人、张进、盛以龙、伍升刚、梁立波等为本书做出的贡献。

本书涉及的研究工作得到了中国空间技术研究院和国防科学技术大学相关领导和专家的大力支持,也得到了中国载人航天领域众多专家的关心和指导,在此对他们一并表示感谢。在本书成稿过程中,国防科技大学的唐国金给予了热心的指导,谭丽芬、罗亚中、黄海兵等审阅了书稿,并提出了宝贵的修改意见,在此也对他们表示衷心的感谢。

本书研究仅涉及交会对接技术领域的一部分,限于作者水平,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。书中引述或有疏漏,也在此向相关学者表示歉意和感谢。

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 交会对接任务概述	1
1.1.1 交会对接的基本概念	1
1.1.2 交会对接技术分类	2
1.1.3 交会对接的飞行阶段和飞行程序	6
1.2 交会对接技术发展历史	8
1.2.1 交会对接技术的诞生	8
1.2.2 交会对接技术的成熟应用	18
1.2.3 交会对接技术的新发展	28
1.3 交会对接技术发展趋势	45
1.4 本书的主要内容	46
第 2 章 空间交会的动力学基础	48
2.1 引言	48
2.2 坐标系统与运动学描述	48
2.2.1 空间坐标系	48
2.2.2 飞行器运动状态描述	55
2.3 飞行器轨道动力学模型	60
2.3.1 轨道摄动动力学模型	60
2.3.2 主要摄动项	60
2.4 飞行器姿态动力学模型	62
2.4.1 姿态描述	62
2.4.2 姿态运动学方程	69
2.4.3 姿态动力学方程	70
2.4.4 空间环境力矩	72
2.5 相对动力学模型	76
2.5.1 一般条件下的相对动力学模型	76

2.5.2	圆参考轨道下的相对动力学模型	78
2.5.3	圆参考轨道下的相对动力学特性分析	81
2.5.4	近圆轨道相对运动	89
2.5.5	绝对运动与近圆相对运动的关系	95
2.6	轨道机动	98
2.6.1	单冲量对相对运动的影响	98
2.6.2	多冲量变轨问题概述	109
2.7	小结	114
第3章	目标器轨道与交会发射窗口	115
3.1	引言	115
3.2	目标飞行器轨道	115
3.2.1	目标飞行器的轨道选择	115
3.2.2	目标飞行器的轨道调整和轨道维持	118
3.3	交会对接发射窗口问题	124
3.3.1	发射窗口总体分析	125
3.3.2	平面窗口分析计算	127
3.3.3	相位窗口分析计算	130
3.3.4	发射窗口求解	133
3.4	发射窗口的几个相关问题	134
3.4.1	异面变轨能量估算	134
3.4.2	发射窗口的高阶修正	136
3.4.3	发射场部署策略	141
3.5	考虑工程约束的窗口计算	145
3.5.1	相关模型	145
3.5.2	发射窗口设计中的工程约束	156
3.5.3	发射窗口示例与分析	161
3.6	小结	178
第4章	远距离导引段	179
4.1	引言	179
4.2	远距离导引段轨道问题研究现状	180
4.2.1	理论研究	180
4.2.2	工程实际研究	183
4.2.3	变轨任务规划模型	186

4.3	远距离导引段的变轨策略	189
4.3.1	远距离导引段工程约束	189
4.3.2	特殊点变轨	191
4.3.3	综合变轨	197
4.3.4	修正特殊点变轨	204
4.4	变轨任务实时规划	207
4.4.1	主要误差因素及误差影响敏感度分析	208
4.4.2	实时规划问题及应用过程	216
4.4.3	实时规划策略	217
4.4.4	仿真算例	220
4.5	变轨故障后轨道重构规划	223
4.5.1	交会变轨故障及故障后轨道类型	223
4.5.2	故障后轨道重构方案设计	224
4.5.3	轨道重构规划求解策略	226
4.5.4	仿真算例	229
4.6	小结	231
第5章	近距离导引段	232
5.1	引言	232
5.2	近距离导引段交会技术概述	232
5.2.1	近距离导引段的控制目标	232
5.2.2	近距离导引段轨道动力学模型与控制	232
5.2.3	近距离导引段段偏差分析	234
5.2.4	近距离导引段故障对策	235
5.3	C-W 制导方法及其改进	236
5.3.1	C-W 方程制导误差分析	236
5.3.2	C-W 制导修正算法	246
5.3.3	基于高精度轨道模型的近距离导引段控制	249
5.3.4	基于非线性相对运动的制导方法	253
5.4	Lambert 制导方法	262
5.4.1	Lambert 普适变量算法	262
5.4.2	Lambert 修正制导算法	264
5.4.3	寻的段 Lambert 三脉冲制导分析	265
5.4.4	寻的段 Lambert 四脉冲制导分析	269

5.4.5	接近段二脉冲制导控制	272
5.5	偏差情况下的飞行方案仿真研究	274
5.5.1	近距离导引段偏差分析的基本方法	275
5.5.2	典型设备的误差敏感度分析	277
5.5.3	正常飞行方案综合误差仿真分析	283
5.6	近距离导引段的轨迹安全分析	288
5.6.1	轨迹安全分析的一般方法	288
5.6.2	被动轨迹安全分析	296
5.6.3	近距离导引段的避撞机动	301
5.7	故障情况下的飞行方案研究	304
5.7.1	近距离导引段故障分类及其约束条件	304
5.7.2	标称方案设计	306
5.7.3	变轨机动故障对策	306
5.7.4	仿真算例	309
5.8	小结	316
第6章	最后逼近段	317
6.1	引言	317
6.2	绕飞段与停泊点的设置	317
6.2.1	停泊点的设置	317
6.2.2	-V-Bar 自主交会方案	319
6.2.3	+R-Bar 自主交会方案	319
6.2.4	+V-Bar 自主交会方案	322
6.3	基于运动学关系的交会控制模型	323
6.3.1	走廊式(水平)交会	323
6.3.2	视线导引平行交会	324
6.3.3	相平面控制	327
6.3.4	人工控制对接	329
6.4	平移靠拢段的视线控制策略	330
6.4.1	平移靠拢段的控制目标和约束	330
6.4.2	横向控制策略	331
6.4.3	纵向控制策略	331
6.4.4	悬停控制策略	332
6.4.5	算例	333

6.5 被动安全逼近速度分析	335
6.5.1 长方体禁区	335
6.5.2 球形禁区	341
6.5.3 锥形禁区	343
6.6 安全约束下的最优轨迹设计	346
6.6.1 线性系统最优轨迹设计的线性规划解	346
6.6.2 最后逼近段的最优轨迹设计	347
6.6.3 轨迹安全约束	348
6.6.4 算例	349
6.7 最后逼近段的紧急避撞机动	350
6.7.1 紧急避撞机动的启动条件	350
6.7.2 紧急避撞机动的设计原则	351
6.7.3 紧急避撞机动方案分析	352
6.7.4 算例	356
6.8 小结	356
第7章 对接动力学建模与分析	358
7.1 引言	358
7.2 对接机构发展概述	358
7.3 对接过程的变拓扑系统动力学描述	361
7.3.1 变拓扑问题的一般表述	362
7.3.2 变约束形式的变拓扑描述	366
7.3.3 其他类型的描述	367
7.3.4 变拓扑系统的模型	368
7.4 空间对接过程中的接触点检测	373
7.4.1 坐标系定义	374
7.4.2 接触点类型及判断	375
7.4.3 检测算法仿真算例	382
7.5 对接动力学数学模型	385
7.5.1 建模假设	385
7.5.2 刚体的牛顿-欧拉动力学方程	385
7.5.3 对接各阶段动力学方程	386
7.5.4 捕获段模型的求解策略	391
7.6 对接动力学仿真	393

7.6.1	仿真模型参数设置	393
7.6.2	对接过程的仿真流程	394
7.6.3	基于 ADAMS 软件的对接动力学仿真	396
7.6.4	仿真算例	397
7.6.5	基于仿真的分析	412
7.7	小结	416
第 8 章	撤离段	417
8.1	引言	417
8.2	撤离过程与约束	418
8.2.1	撤离过程	418
8.2.2	约束条件	420
8.3	撤离制导控制策略	424
8.3.1	径向与切向冲量方案	424
8.3.2	C-W 斜滑撤离制导控制	425
8.3.3	基于视线角、安全距离约束的 C-W 撤离制导控制	427
8.3.4	视线角的解析求解	430
8.3.5	算例分析	432
8.4	撤离安全轨迹设计	440
8.4.1	安全轨迹概念	441
8.4.2	撤离轨迹及被动安全的一般分析	442
8.4.3	两种撤离方案的安全性分析	446
8.5	小结	451
参考文献		452

第 1 章 绪 论

1.1 交会对接任务概述

航天器交会对接(rendezvous and docking, RVD)技术是航天工程中的一项关键技术,是各种复杂、大型航天任务的基石,例如,空间站在轨组装、空间站长期运营、航天器在轨服务、太空救援、卫星捕获、载人登月、外星采样以及星际航行等大量新概念航天任务都应用了交会对接技术。

1.1.1 交会对接的基本概念

交会对接技术是指两个飞行器于同一时间在轨道同一位置以相同速度会合并 在结构上连成一个整体的技术(林来兴,1995;Fehse,2003)。参与交会对接的两个 飞行器通常一个为被动飞行器,一个为主动飞行器。被动飞行器不做任何机动或 做少量机动,称为目标飞行器或目标器,如空间站或飞船。主动飞行器要执行一系列 的轨道机动飞向目标器,称为追踪飞行器或追踪器,如飞船或航天飞机等。飞行器 的交会问题实质上是飞行时间固定或受约束、在自然摄动与轨道机动作用下的 两点边界值问题。

空间的交会对接包括两部分相互衔接的空间操作:空间交会(rendezvous)和 空间对接(docking)。所谓交会是指目标飞行器在已知轨道上稳定的飞行,而追踪 飞行器执行一系列的轨道机动,与目标飞行器在空间轨道上按预定位置和时间相 会。所谓对接是指在完成交会后,两个飞行器在空间轨道上接近、接触、捕获和校正,最后紧固连接成一个复合飞行器的过程。

空间交会对接的交会问题要求在飞行末期两个飞行器的位置、速度接近于相 等,这不同于拦截交会(space interception)问题。在拦截交会问题中,仅要求两个 飞行器在拦截时刻位置矢量相等,而允许存在较大的相对速度。因此,为避免混 淆,在一些中文文献中,即使仅讨论交会问题,也将其称为交会对接。

交会对接任务系统的一般组成如图 1.1.1 所示,除了涉及前述的目标器和追 踪器两个飞行器外,交会对接任务还需要地面系统的支持。为适应交会对接飞行 任务,追踪器必须配备自主测量设备,用于近距离的自主导航,以及捕获或对接设 备,用于实现最后对接。在大多数交会对接任务中,目标器也会配备相应的辅助设

备,用于实现空空通信、相对测量和对接;地面系统会对两个航天器的飞行状态进行跟踪、测量和控制。而在一些特殊任务中,图 1.1.1 中的某些环节可能缺失,比如目标器上可能没有配合设备、天地通信可能中断或不可用等。此外,与地面控制中心具有类似作用的还有中继卫星、GPS 星座、通信卫星等天基系统,它们与地面控制中心相配合,可以大大提高交会对接系统的性能。

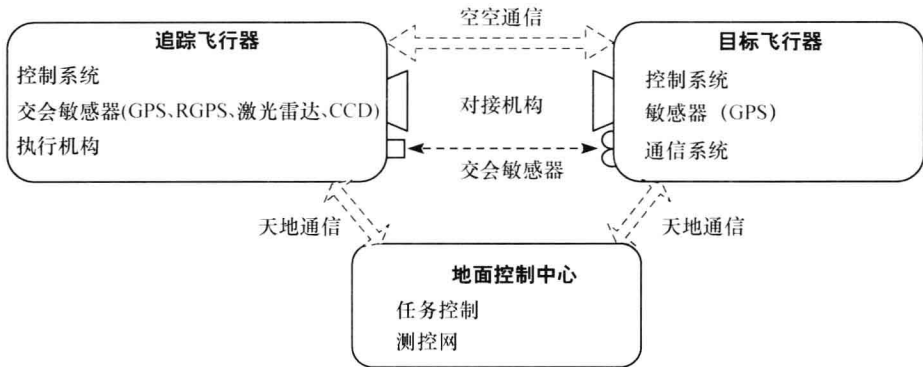


图 1.1.1 交会对接任务的系统组成

1.1.2 交会对接技术分类

交会对接技术涉及的环节和对象较多,在分类上可以选择不同的方式。

1. 按飞行器特征分类

根据飞行器是否载人,可以将交会对接分为两大类:载人航天器交会对接和无人航天器交会对接。

根据目标航天器是否具有配合能力,可以将交会对接分为两大类:合作目标交会对接和非合作目标交会对接。

2. 按控制方式分类

根据交会对接控制的自动和自主程度,通常可以将其分为下列 5 类:

- (1) 手动(manual)操作。航天员利用船载设备进行观察和操作。
- (2) 自动(automatic)控制。不依靠航天员,由船载设备和地面站相结合实现交会对接。

(3) 自主控制。不依靠地面站,完全由船载设备来实现。广义地说,这种自主控制方式,航天员可以参与,因此,它也可以称做船载导引(onboard targeting)控

制方式。若航天员不参与,则是自动自主方式,这种方式在技术上比较复杂。近年来研究较多的自主(autonomous)交会对接问题,是狭义上的自主控制,它往往同时包含自动、自主和无人的特征。

(4) 地面导引(ground-targeting)控制。与船载导引控制相对应,由地面站系统进行导航计算和控制指令生成,然后将指令注入飞行器,执行相应的变轨操作。

(5) 遥操作(teleoperation 或 remote manipulate)控制。通过实时图像、测量信息、控制信息的交互传输,在地面或其他航天器上对追踪航天器进行直接手动控制。狭义的遥操作,往往限于空间机械臂的操作。

上述几种交会对接操作方式有各自的特点和使用范围。为了提高可靠性,一个交会对接任务可能同时包含几种不同的控制模式,互为备份和补充。

3. 按对接口方向分类

按对接口(轴)方向的不同,交会对接通常可划分为 $-V\text{-bar}$ 、 $+V\text{-bar}$ 、 $R\text{-bar}$ 、 $H\text{-bar}$ 对接以及其他特定逼近方向对接。 $V\text{-bar}$ 、 $R\text{-bar}$ 、 $H\text{-bar}$ 均在目标航天器当地轨道坐标系中定义(参见 2.2.1 节), $V\text{-bar}$ 与目标轨道速度方向一致, $R\text{-bar}$ 由目标航天器指向地心, $H\text{-bar}$ 沿轨道角动量矢量反方向。

在最后逼近阶段,不同的对接口方向必然会要求截然不同的轨道,相应地会带来基线交会轨道、交会对接传感器安装(包括目标和追踪)以及制导控制系统的不同,这可以作为区分不同的交会对接任务的标准。Marsh 和 White(1992)以货运转移航天器和自由号空间交会对接任务为背景,通过高精度的仿真软件详细分析对比了 10 种可能的交会逼近策略,采用的评价指标包括被动避撞特性、发动机羽流影响、保持或中止任务能力、导航需求和燃料消耗等。Yamanake 和 Yokota(1998)以 H-II 转移飞行器(HTV)与国际空间站的交会对接任务为背景,从控制、轨道动力学、任务中止能力以及相对导航等方面对比了 $V\text{-bar}$ 和 $R\text{-bar}$ 逼近策略。美国的航天飞机为了适应不同的任务需求,已经具备在 $-V\text{-bar}$ 、 $+V\text{-bar}$ 和 $R\text{-bar}$ 三个方向进行对接的能力。

4. 按任务特征分类

在进行交会对接任务分类时,由于对接通常是一个标准程序,一般不对对接阶段任务加以详细考虑,交会对接任务的不同主要体现在交会阶段。Jezewski 和 Brazzel(1992)从任务约束条件和技术要求出发,划分交会任务为如下 6 种类型:

1) 释放和捕获(deploy/retrieve)

从任务规划的角度来看,释放和捕获是最简单的交会任务类型。所谓释放和捕获是指追踪航天器释放目标从几千米到几十千米处,然后又接近捕获目标航天器。美国航天飞机早期的交会对接的飞行试验任务就是释放和捕获类型,日本的工程试验卫星-VII的交会对接也是这种类型。

2) 空间启动交会(space-based rendezvous)

空间启动交会对接是指当启动交会对接任务时,追踪航天器和目标航天器均在空间轨道上。基于空间的交会通常难以保证初始轨道共面和初始相位角要求,当初始轨道非共面时将会带来巨大的燃料消耗。为了避免大的异面机动,通常要求一个长的滑行段,利用地球重力场摄动,让轨道面自然退化到共面。轨道机动航天器(orbital maneuvering vehicle,OMV)和轨道转移航天器(orbit transfer vehicle,OTV)执行的交会任务通常是此类。

3) 地面启动交会(ground-based rendezvous)

地面启动交会对接是指当启动交会对接任务时,追踪航天器从地面发射,目标航天器在空间轨道上。这是目前实际执行最多的交会对接任务。基于地面的交会对接要求追踪发射时瞄准目标轨道的虚拟共面(要求升交点偏差目标轨道,倾角尽量接近)。由于地面发射可以较好地保证初始轨道共面,地面启动交会对接的异面轨道调整量通常较少。俄罗斯联盟(Soyuz)号和进步号飞船的交会对接、美国双子座(Gemini)号的交会对接、阿波罗(Apollo)登月飞船的交会对接均属此类,此外,美国航天飞机的大部分交会对接操作也属于此类。不加特别注明,人们通常所说的交会对接都是指此类交会对接。

4) 合作交会(cooperative rendezvous)

合作交会是指为完成交会操作,目标航天器和追踪航天器都做轨道机动。合作交会的目的是充分利用目标航天器的轨道机动能力,减少追踪航天器的机动任务负担。早期的 EURECA(european retrievable carrier)、日本空间飞行单元和美国航天飞机的交会对接是合作交会的典型代表。航天飞机和 EURECA 的合作交会中使用了控制箱(control box)技术。控制箱定义为在事前确定时间内相对追踪航天器一定距离范围,目标航天器首先机动到控制箱的某一位置,在目标航天器未完成机动之前追踪航天器一直保持被动模式。

5) 多次交会(multiple rendezvous)

多次交会是指在一次飞行任务中,追踪航天器同多于一个目标航天器完成交会对接。一个简单的多次交会的例子就是航天飞机捕获一个卫星,然后将它转移到空间站。简单的多次交会飞行任务在双子座和航天飞机的飞行任务中实现过。最近美国的 XSS-11 飞行试验进行了多次交会对接飞行任务。

6) 往返交会(round trip rendezvous)

往返交会是多次交会任务的特例,特指追踪航天器在完成交会任务后重新回到基站。追踪航天器通常是一个轨道机动服务器,基站可能包括空间站、航天飞机等,交会任务通常用来捕获和维修有效载荷。

5. 按交会轨道分类

根据交会对接所处的空间环境,可以将交会对接飞行任务和飞行轨道大致划分为如下三种类型:地球近地轨道交会对接、地球同步轨道交会对接和行星(如月球)轨道交会对接。

1) 地球近地轨道交会对接

截至目前,人类共完成了两百多次的交会对接飞行,其中绝大部分是在近地完成的。美国的双子星座号飞船、航天飞机,俄罗斯的联盟和进步系列飞船完成的交会对接均是在近地轨道完成的。在近地轨道进行交会对接有四个典型的任务需求:飞行试验,掌握交会对接技术;建造大型的空间站;替换航天员、运输燃料、设备,取回空间产品;释放、回收和维修卫星。

美国和俄罗斯为了掌握交会对接技术,在近地进行了多次无人和载人的交会对接飞行试验。对建造大型的空间站来说,需要通过运载工具多次发射各种舱段,然后把它们组装成大型空间站,例如,苏联20世纪80年代发射和组装和平号空间站,以及最近十年美国航天飞机和俄罗斯飞船发射和组装国际空间站。空间站长期在轨运行时需要替换航天员,补充燃料消耗和生活必需品,以及更换设备和取回试验产品,都需要飞船进行定期的访问,执行交会对接。美国航天飞机执行交会对接任务完成了多次卫星捕获和维修任务。

2) 地球同步轨道交会对接

在地球同步轨道进行交会对接主要为组装大型通信平台,除此外还包括一些需要更换陈旧设备、加注燃料和维修等轨道服务活动。这类交会对接任务虽然有很多人进行过研究,但是迄今为止还从未实现过。

3) 行星轨道交会对接

有些星际飞行任务需要在行星轨道之间进行交会对接或者仅需要交会,例如,阿波罗飞船登月舱返回环月轨道,然后与指挥舱先交会,后对接;发射载人飞船上火星,由于宇航员来回于地球与火星,需要像阿波罗飞船登月一样的飞行程序,在火星轨道上进行交会对接。另外,在行星轨道进行空间交会的飞行任务是很多的,例如,无人航天器——海盗空间探测器(1975年发射)先与火星交会,然后软着陆在火星表面。鉴于信号传输延迟方面的原因,在其他行星进行交会对接对地面的依赖程度低,通常需要实现自主交会对接。