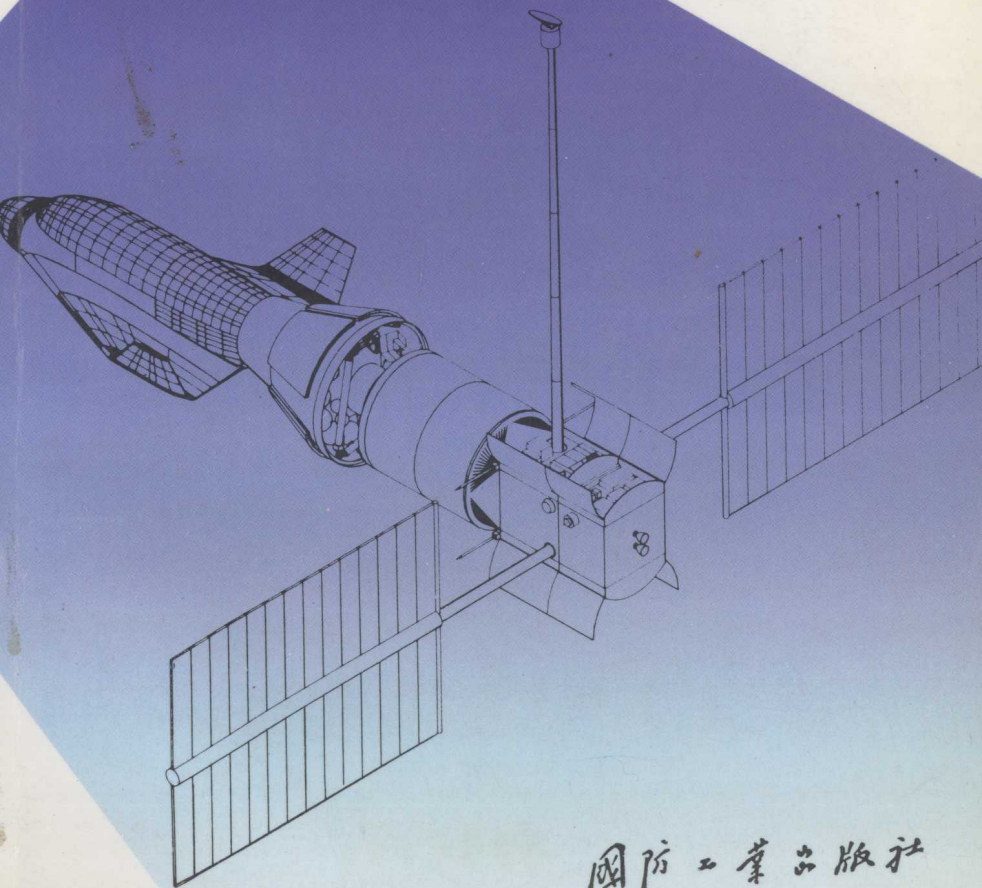


# 空间交会对接技术

林来兴 编著



国防工业出版社

1002

Vj20  
1002-1

# 空间交会对接技术

林来兴 编著



一九九六年三月七日



\*30746506\*

国防工业出版社

·北京·

746506

图书在版编目(CIP)数据

空间交会对接技术/林来兴编著. —北京:国防工业出版社,1995.9

ISBN 7-118-01406-0

I. 空… II. 林… III. 航天器对接 IV. V526

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 15960 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

开本 850×1168 1/32 印张 8½ 223 千字  
1995 年 9 月第 1 版 1995 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—1000 册 定价:14.40 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

## 前 言

空间交会对接包括两部分相互衔接的空间操作：空间交会和空间对接。英文简称 RVD (Rendezvous and Docking)。所谓交会是指两个或两个以上的飞行器在轨道上按预定位置和时间相会。所谓对接是指两个飞行器相会后在结构上连成一个整体。

空间交会对接是用于实现空间站、载人飞船等大型飞行器在轨组装、轮换宇航员、更换设备、补给和维修等高级空间技术。更具有重要意义的是通过交会对接可以在运载火箭推力有限条件下发射大型的航天器，包括大型有效载荷和永久性空间站等；发射救生船，营救在飞行轨道上发生事故的宇航员。

空间交会对接技术是多种航天高技术的集成。从控制观点来说，交会和对接属于多个航天器轨道控制和姿态控制范畴。特别是对接过程，它涉及到两个飞行器同时需要进行最多具有 12 个自由度的（对惯性空间来说）轨道和姿态控制问题。这不仅在理论上，而且在技术实现上都是相当复杂的。

目前美国和俄罗斯已在不同程度上掌握了载人和无人自动交会对接技术。欧空局和日本也在开始探索研究自主式空间交会对接发展途径。

为了减轻宇航员在交会对接过程中的操作强度，减少对地面站过多的依赖，节省投资，同时也为了提高整个交会对接的可靠性，今后比较适宜发展自主的（不依赖地面站）和自动的（不依靠宇航员）交会对接技术。或者在整个正常飞行过程中实现自主自动，宇航员仅在关键时刻或决策时才介入。为此，自主自动空间交会对接技术将成为当前和今后一段时期内国际空间技术一项重大研究课题。

本书比较系统地论述了空间交会对接的发展和主要技术,尤其是自主自动的交会对接。本书包括下列主要内容:交会对接飞行阶段和飞行程序;交会对接动力学、制导和控制;交会对接测量系统和各种敏感器(主要有微波雷达、激光雷达、光学成像和位置敏感器等);对接机构;交会对接多自由度仿真方法、仿真技术和仿真设备等。

本书可供从事航空航天事业的工程技术人员参阅,尤其对从事空间站和载人飞船的科研人员和管理干部更有直接关系,亦可作为有关航空航天专业的高年级本科生和研究生的参考书。

本书原稿承北京航空航天大学章仁为教授审阅,并提出了宝贵意见;北京控制工程研究所孙承启研究员对本书第四章进行了修改,在此作者对他们表示衷心感谢。

由于作者水平有限和时间仓促,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

林来兴

1994. 10. 5. 于北京

# 目 录

第一章 绪 论	(1)
1-1 空间交会对接基本概念和主要内容	(1)
1-2 交会对接技术发展概况	(2)
1-3 空间交会对接的用途	(16)
1-4 空间交会对接今后技术发展趋势	(17)
第二章 交会对接飞行阶段和飞程序	(19)
2-1 交会对接阶段划分和控制类型	(19)
2-2 交会对接飞行任务和飞行轨道	(22)
2-3 影响交会对接的外部因素和约束条件	(26)
2-4 交会对接飞程序	(29)
第三章 空间交会动力学模型和动力学特性	(34)
3-1 概述	(34)
3-2 交会对接动力学研究内容	(35)
3-3 交会对接运动学和坐标系	(37)
3-4 空间交会的动力学模型	(40)
3-5 动力学方程的解析解和动力学特性	(47)
3-6 动力学仿真和模型比较	(50)
附录 相对轨道动力学方程推导	(54)
第四章 空间交会对接制导和控制	(60)
4-1 概述	(60)
4-2 空间交会——自由轨道法	(62)
4-3 平行交会制导	(67)
4-4 多变量解耦控制	(71)
4-5 空间交会最优制导方法	(75)
4-6 自主交会视线控制	(82)

4-7	绕飞和逼近阶段模糊控制 .....	(91)
4-8	逼近阶段位置和姿态多变量控制 .....	(96)
4-9	强迫与自由运动联合控制方案 .....	(102)
第五章	交会对接测量系统和雷达敏感器 .....	(108)
5-1	交会对接测量技术的发展和要求 .....	(108)
5-2	交会对接测量系统和敏感器分类 .....	(112)
5-3	微波雷达——交会对接测量敏感器 .....	(120)
5-4	激光雷达——交会对接测量敏感器 .....	(142)
第六章	交会对接近距离敏感器和微波雷达应用实例 .....	(164)
6-1	光学成像敏感器 .....	(164)
6-2	单目标激光敏感器 .....	(187)
6-3	位置敏感检测器(PSD) .....	(194)
6-4	微波雷达在交会对接中的应用实例 .....	(201)
第七章	对接机构 .....	(212)
7-1	概述 .....	(212)
7-2	对接机构的设计要求和分类 .....	(213)
7-3	对接的初始条件 .....	(215)
7-4	对接机构的基本结构型和技术性能 .....	(219)
7-5	异体同构周边对接机构 .....	(230)
7-6	对接机构的有关试验 .....	(238)
第八章	交会对接的仿真技术和仿真实验 .....	(243)
8-1	概述 .....	(243)
8-2	RVD 仿真实验的目的和要求 .....	(243)
8-3	交会对接的数学仿真 .....	(246)
8-4	交会对接的半物理仿真 .....	(248)
8-5	交会对接控制系统的全物理仿真 .....	(258)
参考文献	.....	(260)

# 第一章 绪 论

## 1-1 空间交会对接基本概念和主要内容

空间交会对接包含两部分相互衔接的空间操作:空间交会和空间对接,英文缩写为 RVD(Rendezvous and docking)。所谓交会是指两个或两个以上的飞行器在空间轨道上按预定位置和时间相会。预定位置范围多大?随着空间交会目的不同都有各种明确规定,例如以目标飞行器为中心若干公里圆半径的球形范围。所谓对接是指两个飞行器在空间轨道上相会后在机械结构上连成一个整体。

一般来说,飞行器要进行空间对接,必须先进行交会,但是进行空间交会的飞行器不一定要进行对接,例如一个飞行器向另一个飞行器靠拢。空间拦截也是交会的一种型式。

从控制观点来说,交会和对接属于航天器轨道控制和姿态控制的范畴。特别是对接,它涉及到两个飞行器相对惯性空间来说,同时要最多具有 12 个自由度的轨道和姿态控制问题。这就意味着交会对接涉及到空间控制整个技术内容。空间控制一般包括四大部分:①轨道确定(空间导航);②轨道控制(制导);③姿态确定(包括测量敏感器);④姿态控制。为了测量两个飞行器相对距离和姿态,需要上述轨道确定和姿态确定的技术和知识,为了使两个飞行器相对距离和姿态发生变化,以便它们交会和对接,需要上述轨道控制和姿态控制的技术和知识。交会对接,特别是自主和自动交会对接控制是空间控制全部内容的体现。

当轨道控制和姿态控制不能独立分开,或者两者不能解耦的时候,空间交会对接不仅在理论上,而且在技术实现上都是相当复



杂的。为此,空间交会对接是当前和今后一段时期,国际空间控制的一个关键研究课题。

空间交会对接主要研究内容如下:

- (1)研究交会对接最佳飞行轨迹和飞行程序,以及影响交会对接的外部因素与约束条件;
- (2)交会对接的动力学,其中包括碰撞动力学;
- (3)交会对接测量系统和敏感器;
- (4)交会对接最佳制导和控制;
- (5)对接机构及对飞行器其他方面的影响;
- (6)交会对接在地面上的仿真技术和仿真实验,以及在轨飞行检验。

## 1-2 交会对接技术发展概况<sup>[1]</sup>

1966年3月16日美国“双子座”8号飞船与“阿金纳”号火箭实现了世界上首次在宇航员参与下的手控空间交会对接。1969年1月15日前苏联的“联盟”4号和5号成功的实现了两艘载人飞船空间交会和对接。在“联盟”5号飞船上的两名宇航员叶里谢也夫和赫鲁诺夫从舱外空间进入“联盟”4号飞船,然后三位宇航员一同返回地面。不载人航天器最早进行自动交会对接的例子是在1967年10月30日由前苏联发射的宇宙186号和188号两个航天器实现的,186号是主动追踪飞行器,可以在空间进行机动,是追踪型的,188号是被动目标航天器,只能进行姿态变化,作为追踪航天器的目标。自从60年代起至今20多年来全世界已经成功地进行了160多次交会对接,其中有120多次由前苏联航天器完成。

• 上述这些已经实现的空间交会对接活动都是在美国、前苏联两个国家进行的。80年代以来,载人航天已经发展到实用阶段,永久性载人空间站也正在蓬勃发展,这些都强烈地促进交会对接技术向更高水平,向自动和自主方向发展。除了美国与前苏联继续大

力发展交会对接技术以外,西欧和日本也都在积极开展这方面的研究工作,下面分别介绍这些国家有关空间交会对接发展的概况。

### 1-2-1 美国空间交会对接<sup>[2]</sup>

美国为了“阿波罗”号飞船载人登月,做了大量技术准备,从1965年3月到1966年11月共进行了10次载人飞行,专门发射“双子座”号飞船。主要目的是在轨道上进行机动飞行、交会、对接和宇航员试做舱外活动等。正如上节所述,美国在1966年利用发射“双子座”号飞船的第三级火箭“阿金纳”作目标飞行器,“双子座”飞船作追踪飞行器,采用交会微波雷达和电视摄象机作测量敏感器。对接机构为“锥-环”结构型式。它由一个捕获环构件和一个对接锥结构组成。捕获环装在“双子座”飞船的通道口上,“阿金纳”尾部装一个大型的对接锥。对接采用自动和手动两种操作,对接后自然形成宇航员通行通道。

为了进行这些在轨交会对接飞行实验,美国NASA在地面上针对“双子座”和“阿金纳”火箭的特点,专门研制了一套交会对接仿真器,一方面提供进行交会对接研究工作,另一方面也为宇航员进行交会对接操作训练。

空间交会对接技术在美国“阿波罗”计划中得到工程实践和发展。“阿波罗”飞船登月往返飞行一趟,需要在空间进行两次交会对接。第一次由于指挥舱和服务舱需要调头 $180^\circ$ ,先分离然后与登月舱对接。由于两舱活动距离很近,这次主要是对接技术。第二次是登月舱返回月球轨道,先与在轨道上的指挥舱和服务舱交会,然后登月舱与指挥舱和服务舱实现对接。这次交会对接是全过程的。除此以外,“阿波罗”飞船在进入地球-月球过渡轨道后,需要进行中途轨道校正,以便“阿波罗”飞船与月球交会。这种交会的目的就是使“阿波罗”飞船进入环月轨道。由此可见交会对接技术在“阿波罗”登月飞行中占有非常重要的地位。

“阿波罗”飞船对接机构采用一种“栓-锥”结构型式。栓装在“阿波罗”飞船指挥舱的通道里,锥安装在登月舱通道内。当宇航员从指挥舱进入登月舱时,要人工拆卸对接栓和导向锥结构,并移

出通道。这是由于舱内容积限制,在舱内存放造成很大困难。“阿波罗”飞船对接机构不具备互换性能,也就是说追踪飞行器与目标飞行器的对接面与对接机构不相同。两个指挥舱无法相互对接,同样的两个登月舱也无法相互对接。

从1969年7月16日成功发射了“阿波罗”11号飞船到1972年12月止,三年半时间相继发射了“阿波罗”12号至17号飞船,其中除了“阿波罗”13号飞船因服务舱液氧爆炸中止登月任务外,其余6次登月完全成功。这说明“阿波罗”飞船所使用的交会对接设备和技术是完全可靠的,而且适合多次使用。

美国继“阿波罗”飞船登月以后,在1973年5月14日又成功发射了“天空实验室”,这是美国第一个试验性空间站。为了运送和接回空间站的宇航员,美国同年先后发射了3艘“阿波罗”飞船与“天空实验室”进行交会对接。“天空实验室”专门设有一个称为“多用途对接舱”,该舱能同时提供两个对接口,一个沿纵轴方向,另一在侧面。为此可以同时停靠两艘飞船。宇航员通过对接舱进入轨道舱。对接舱还可作为实验设备和胶卷盒等物品的储藏室。

“天空实验室”对接机构基本上和“阿波罗”登月所使用的对接机构一样,但是在对接技术上有两大发展:首先对接口有两个,“天空实验室”设计上要考虑同时接受两个飞行器的连接;其次,“天空实验室”是一个多体组合飞行器,它由轨道舱、过渡舱、多用途对接舱和大型挠性太阳望远镜以及“阿波罗”飞船五大部分组成。在交会对接过程需要考虑多体和挠性动力学的影响。在文献[1]中美国NASA专门组织多体挠性飞行器动力学对交会对接过程的影响进行研究并提出解决办法。

“天空实验室”用“土星”五号运载火箭发射。在上升飞行过程中,高速气流冲掉了轨道舱的防护罩和一个太阳电池翼,另一个太阳电池翼被防护罩碎片缠住而没有打开,以致“天空实验室”入轨后严重缺电,舱内温度上升到 $50^{\circ}\text{C}$ 。1973年5月25日NASA及时派了三名宇航员,乘“阿波罗”飞船去抢救出事故的“天空实验室”。这也进一步说明交会对接对空间抢救和空间维护起到的关键作

用。

航天飞机和即将发射的“自由”号大型空间站交会对接是美国当前和今后一段时期开展交会对接研制最大的一个工程项目。由于美国航天飞机结构关系,航天飞机和空间站采用垂直对接方式。上述各种对接都是水平方式的(或称为轴向),这种对接方式的优点是在飞行方面(轴向)上进行,对接受力近轴线,邻质心,具有较小的干扰力矩,这对航天器姿态稳定和控制大有好处。而垂直对接方式,由于对接时冲击力作用点偏离航天飞机的质心,将产生旋转力矩,这对交会对接姿态稳定和控制将带来不利的影响。

与大型空间站对接的航天器一般采用在空间站附近停泊,这样将很大程度上减小像通常采用碰撞对接给空间站带来的扰动。“自由”号空间站采用间接停泊方式,它将需要对接的航天器分别停泊在空间站附近的预定位置,然后由空间站移动运输服务中心的机械臂伸出去抓获,按设备组装方式进行对接。这样就避免交会对接过程中与空间站任何碰撞现象发生。为此进行对接的航天器需要解决向空间站附近预定地点停泊,并且保持住航天器与空间站相对位置和姿态。由于空间站机械臂长度有限(只有10多米),而进行对接的航天器和空间站结构复杂又很庞大,为此停泊时需要高精度保持位置和姿态稳定,这也是一个关键控制问题。

80年代以来,美国航天飞机用交会和接近技术,辅以遥控机械臂以及宇航员在舱外作业相配合,已经成功追踪、捕获并回收了失控的太阳峰年卫星(SMM)。在这以后,又以同样方法捕获和回收了两颗出故障的通信卫星,使之重新恢复工作,其经济效益为几亿美元。1990年航天飞机用交会和接近技术又成功回收了一颗10t重的长期暴露在空间的美国军事卫星。航天飞机以这种交会、接近与回收技术可以有效营救许多有价值出故障的卫星,经济效果是非常可观的。

1975年7月15日由美国“阿波罗”飞船和前苏联“联盟”19号飞船在空间进行交会对接,在世界航天史上创建了一个史无前例的航天活动:利用交会对接技术实现美国与前苏联太空握手。

首先前苏联发射“联盟”号飞船,经过两昼夜的飞行,完成了几次机动飞行,其目的是要过渡到 225km 的交会圆轨道,在这里同“阿波罗”飞船对接。“阿波罗”飞船在“联盟”号飞船发射后 7h30min 发射。“阿波罗”飞船完成逼近操作所必需的机动飞行后,在飞行的第 36 圈(即“联盟”号起飞后 51h55min)两船进行对接。然后联合飞行两昼夜,两船分离,然后再次进行对接。第一次“联盟”号飞船为目标飞行器,“阿波罗”飞船为追踪飞行器。第二次交会对接时,两艘飞船相互对换。“阿波罗”为目标飞行器,“联盟”号为追踪飞行器<sup>[3]</sup>。

这次“阿波罗”与“联盟”号的交会对接,除了对交会对接技术的发展起了很大的推动作用以外,对航天技术和航天设备的相容性也提出了很高的要求,并且找到工程解决途径。这些相容性包括交会对接设备和操作的相容性;宇航员从一个飞船直接穿越到另一个飞船的相容性;飞船控制的相容性;与地面站通信的相容性等内容。这些相容性对交会对接技术来说,“阿波罗”号飞船的对接结构是最突出的。这种对接结构称为异体同构周边结构型式。两艘飞船对接口上的对接机构完全一样,即可以主动追踪,也可以当被动目标。为将来交会对接走向国际化打下了基础。只有在解决航天设备相容性基础上,今后才能谈到全世界空间救援和营救工作。

### 1-2-2 前苏联空间交会对接

前苏联是世界上进行交会对接活动次数最多的国家。无人航天器自动交会对接在 1967 年首先在前苏联实现。在这以后前苏联航天器交会对接经常采用自动方式。到目前为止前苏联自动交会对接在轨实现技术水平一直为全世界领先地位。在此以前于 1962 年前苏联在东方 2 号和 3 号第一代载人飞船就进行了空间编队飞行,这也是空间交会的一种型式,为了编队,首先就要交会,然后保持一定距离飞行,这种编队飞行的空间交会技术要求比较低。

载人航天器的交会对接,前苏联首次是“联盟”4 号和 5 号飞船开始实现的。交会对接采用手动和自动相结合的方式。宇航员

根据交会雷达测量的距离与距离速度和光学瞄准器来机动飞行器,也就是改变两个飞行器的距离,使它们相会。飞船姿态是根据姿态敏感器和速率陀螺测量信息实现自动控制的。对接机构采用一种“撞杆-接收锥”型式。一艘飞船在对接面装有接收锥形体,另一艘飞船在接收面内装有碰撞杆。在飞行器最后接近时,碰撞杆渐渐指向接收锥内,接收锥将杆头锁定,然后收缩对接杆长度,最后在结构上实现全部对接。这种对接机构的特点是:能吸收两飞行器对接相碰和相互振动所产生的能量,能实现刚性连接。但是这种对接机构不具备既有主动又有被动的功能,即两个对接面机构不能互换,在空间活动中难于实现营救。

在“联盟”4号和5号飞船首次实现对接时,由于没有密封过渡通道,宇航员只有经过舱外进入另一艘飞船。以后“联盟”号飞船对接机构经过改进后,能实现密封连接,而堵塞在通道内的锥形体和对接装置,当需要时可移开它们,利用一种传动机构把它们自动移放在通道旁侧,从而构成宇航员来往通道。1969年在前苏联首次实现同时对接三艘“联盟”号7、8、9飞船飞行。

“联盟”号飞船交会对接控制方式基本上采用视线运动平行控制,这种控制方案测量系统最简单,主要为雷达测量相对距离和速度。对接过程由手动和自动两种方式。若采用手动方式,则宇航员借助电视摄像机和光学瞄准器,以目视方式,手动操作轨道和姿态控制执行机构,从而达到对接。若自动对接,则飞船相对距离和姿态的测量在采用雷达方式的基础上,还需要附加各种天线测量设备,以便获得满足需要的轨道位置和姿态变化信息。以上这种交会对接控制方式经过“联盟”号飞船实验、应用和发展,基本上形成了前苏联主要交会对接技术,一直沿用到现在。

1971年4月19日前苏联首次发射了世界上第一个空间站——“礼炮”1号。这个空间站曾经有“联盟”10号和“联盟”11号两艘飞船与它对接。到1982年4月19日苏联成功发射礼炮7号空间站为止,总共发射了九个空间站,即“礼炮”1号到7号以及宇宙557号和宇宙1443号两个航天器,从“礼炮”1号到“礼炮”5号

称为前苏联第一代空间站,只有一个对接口,从“礼炮”6号到“礼炮”7号称为前苏联第二代空间站,飞船前后端共有两个对接口,其中有一个对接口用于供应燃料和必需品的不载人货运飞船——“进步”号的对接。在前苏联第一代和第二代空间站先后11年期间进行交会对接活动不下70次,其中公开报导交会对接失败的有8~9次,主要发生在初期阶段。“礼炮”6号空间站与各种航天器进行过32次交会对接,这是世界上在一个航天器上进行交会对接次数最多的。“礼炮”7号空间站与各种航天器进行25次交会对接。以上这些交会对接活动详见表1-1。对接机构全部采用“栓-锥”结构型式。控制和测量采用“针”系统。

1986年2月前苏联成功发射了“和平”号空间站,它是前苏联第三代空间站。这个空间站具有6个对接口,分布在前端对接舱的有5个对接口,一个在最前端轴向,其余4个均匀分布在侧向(上下和左右),后端还有一个轴向对接口。有手控和自控两种对接方式。由于“和平”号空间站具有多个对接口,它可以组成一个庞大复杂的空间站,这也是前苏联发展空间站的主要结构型式。

表 1-1 前苏联“礼炮”号空间站与各种航天器交会对接一览表

名称	发射日期	在轨道上天数	类型	平均轨道高度(km)	有关的飞行
礼炮-1	1971. 4. 19	175	军/民	250~270	2次(联盟-10、-11)
礼炮-2	1973. 4. 3	55	军	260~290	0次(入轨后不久解体)
宇宙-557	1973. 5. 11	11	民	未入工作轨道	0次(未进入预定轨道)
礼炮-3	1974. 6. 25	214	军	260~270	2次(联盟-14、-15)
礼炮-4	1974. 12. 26	770	民	340~350	4次(联盟-17、-18A、-18B、-20)
礼炮-5	1976. 6. 22	412	军	260~270	3次(联盟-21、-23、-24)

(续)

名称	发射日期	在轨道上天数	类型	平均轨道高度(km)	有关的飞行
礼炮-6	1977. 9. 29	4年 10个月	民	340~350	32次(联盟-25、-26、-27、进步-1、联盟-28、-29、-30、进步-2、-3、联盟-31、进步-4、联盟-32、进步-5、联盟-33、进步-6、7、联盟-34、联盟 T-1、进步-8、联盟-35、进步-9、联盟-36、联盟 T-2、进步-10、联盟-37、-38、进步-11、联盟 T-3、进步-12、联盟 T-4、联盟-39、-40)
礼炮-7	1982. 4. 19	9年,但从1986年后被遗弃,实际工作4年	民	340~350	25次(联盟 T-5、进步-13、联盟 T-6、进步-14、联盟 T-7、进步-15、-16、联盟 T-8、-9、进步-17、联盟 T-10(失败)、进步-18、联盟 T-10、进步-19、联盟 T-11、进步-20、-21、-22、联盟 T-12、进步-23、联盟 T-13、进步-24、宇宙-1669(改进型进步号)、联盟 T-14、联盟 T-15、宇宙-1686)

空间对接分为水平(轴向)对接和垂直(侧向)对接两种。由于水平对接两个飞行器在同一个轨道平面,容易实现;而垂直对接由于两个飞行器飞行方向与对接方向不在一个线上,比较难于进行控制。“和平”号空间站有4个对接口在侧向位置,而且都集中在前端,结构密度很高。如何实现对接,这是当今研究交会对接的一个关键问题。前苏联用一个既简单又方便可靠的侧向对接方案来解决这个问题。这个侧向对接方案,要求所有要与前端侧向对接的航天器必须先在前端对接舱实现水平轴向对接,然后通过专门机构移到侧向对接。专门机构是在飞行器头部装有一小机械臂,它可以绕固定轴转动,臂端有一个对接头,与这个对接头相匹配的是一个对接插座,这个对接插座安装在需要对接的航天器头部。“和平”号空间站实现侧向对接顺序如下:①首先在前端实现轴向对接;②接着把机械手臂对接头连到对接插座;③收缩机械手臂,脱开已实现轴向对接的飞行器;④机械臂将飞行器慢慢转动90°,将它对准侧



向对接口,然后实现再对接。根据“和平”号空间站经验,这过程所花费时间大约 90min。

在航天史上一个非常复杂的,而且是史无前例的空间飞行与在轨控制和操作活动在“和平”号与“礼炮”7号空间站实现。由“和平”号与“联盟”T-15号以及“进步”26号三个航天器组成一个空间复合体。当这个复合体进入同“礼炮”7号相同轨道后,飞渡到“礼炮”7号复合体的任务由“联盟”T-15号承担。它首先脱离“和平”号空间站,完成了由远程到接近的两次机动飞行。当距“礼炮”7号 12km 时,“联盟”T-15号利用星上计算机自动控制将船体对准“礼炮”7号。到了距离为 2.2km 时,改用手动,激光测距仪测量相对距离,然后由宇航员执行接近操作,直到完全对接好。

前苏联第二代空间站“礼炮”号与“联盟”T飞船交会对接,一般需要在入轨后第 18 圈(将近两天)才能全部完成。与“进步”号货船进行交会对接需要更长时间,一般在第 33 圈(将近 3 天)完成。这是顺利正常情况下,稍有不顺利就需要更长时间。

“和平”号空间站与“联盟”TM 飞船交会对接都由“航向”(КУРС)无线电测量设备和控制系统来完成。“航向”测量系统具有可靠性高,作用距离远的特点。最主要是不需要“和平”号空间站作任何机动和姿态变化,因为“和平”号空间站上对接了各种飞行器,已经成为一个庞大复合体。

前苏联“进步”号货船和科学实验舱的交会对接都是用“针”系统(игла),它也是无线电测量设备和控制系统。但是这种交会对接要求空间站对“进步”号货船定向。“针”测量和控制系统,可以把追踪飞行器自动接近到目标飞行器的距离 200m 左右,以后的接近和对接全部改由宇航员手控来实现。

“进步”号货船上装的是“针”系统。“联盟”TM 飞船上装的是“航向”系统。所以“和平”号空间站同时使用两种交会对接测量控制系统。

“和平”号空间站与各种航天器进行交会对接过程中,也发生了多次故障和险情。例如 1989 年“和平”号空间站与“量子”号天体