

# 好比让两颗飞行的子弹对上

## ——航天专家详解神舟十号天宫一号对接技术细节

今天

神舟十号

与天宫一号

首次对接。

神舟十号飞船

将先后与天宫一号

进行一次自动交会对接

和一次航天员手控交会对接。

空间交会与对接过程

为：首先，由地面发射

追踪航天器，由地面控制，

使它按比目标航天器稍微低一点

的圆轨道运行；然后，通过变轨，

使其进入与目标航天器高度基本

一致的轨道，并与目标航天器建立

通信关系；接着，追踪航天器调整

自己与目标航天器的相对距离和

姿态，逐步向目标航天器靠近；

最后，当两个航天器的距离为零

时，完成对接合拢操作，结束对接

过程。

为什么既要自动交会对接又要

手动交会对接？据了解，自动对

接的优点是安全和节省人力，缺

点则是必须有地面站和卫星支持，

花费巨大，应对突发情况能力较

弱。手动对接的优点是成功率高，

如自动对接失败可作为补充，并

且节省宝贵的太空燃料；缺点是

工作时长、劳动强度大，并且受

环境条件限制。交会对接应当涵

盖自动与手动两个方面，二者互

为备份，缺一不可。只有自动和

手动技术都得到验证，才是实现

了完整的交会对接。

2011年11月3日凌晨，中国天

宫一号与神舟八号“一吻”成

功，中国成为世界上继美国、俄

罗斯之后第三个独立掌握空间交

会对接技术的国家。2012年6月

18日中午，神舟九号与天宫一号

对接成功，航天员进入天宫一号

内部。2012年6月24日，神

舟九号与天宫一号对接，中国首

次空间手控交会对接试验成功。

天宫一号和神舟十号飞船组合

体飞行期间，3名航天员将进驻

天宫一号开展多项航天医学实

验、技术试验及太空授课活动。

他们将在太空工作生活15天，

这是中国迄今为止时间最长的载

人太空飞行。

见习记者 范洁

综合中央电视台报道

### 74台发动机“保驾护航”

神舟飞船和天宫一号的飞行与交会对接，离不开发动机，两个飞行器上共有74台发动机，全部由上海空间推进研究所研制。近日，有关专家向记者详细解读了对接时发动机的工作状态。

“对接非常难，别看天宫一号和神舟十号好像是静止的，其实它们都在以第一宇宙速度飞行，在这么快的速度下不但要对接上，还得绕行飞舞，对控制系统的精准度要求极高。”上海空间推进研究所顾问韩宏印说。他用了个精妙的比喻——这好比打了一颗子弹后，又打一颗，然后还要让两颗子弹接上。

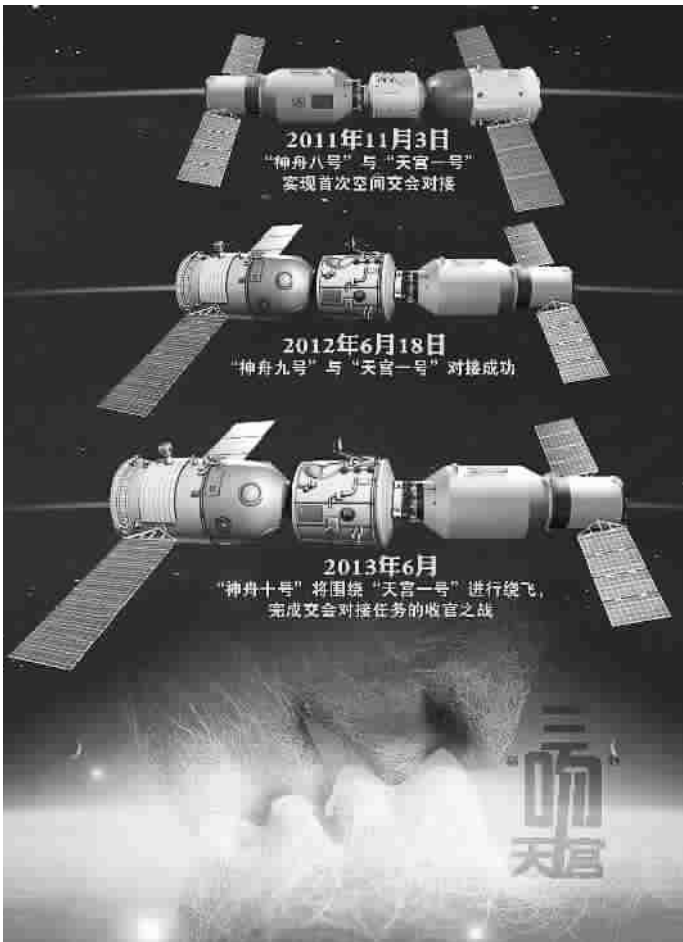
如何做到“精和准”呢？发动机至关重要。韩宏印介绍，对接机构本身没有动力，全靠发动机控制，要求在多远的距离停就要在多远距离停。韩宏印说，比如对接时要求5毫秒内关机，就要立刻关机，否则就会撞上。

天宫一号上装有26台发动机，神舟十号上有48台发动机，这些发动机被安置在特定的位置，在飞行器飞行时起不同的作用。

“有两种类型的发动机，一种叫轨道控制发动机，一种是姿态控制发动机。”韩宏印说，“轨道发动机是‘长工作’，它在飞行器的尾部，工作特点就像‘长吹一口气’，推动飞行器前进，飞行器飞得高和远全靠它。”

姿态控制发动机主要用于调整飞船姿态，用打脉冲的方式，控制飞行器的俯仰、偏航、滚动和平移，“工作起来是类似‘啪啪啪’的‘短工作’”，韩宏印说，“相应地姿态发动机也分为俯仰发动机、偏航发动机、滚动发动机和平移发动机。”

在对接时，要根据天宫一号和神舟十号位置轨道的要求随时调节神舟十号的姿态。俯仰发动机在飞船的上下部，可以控制它抬头和低头；滚动发动机在切向，必要时能让飞船转起来；平移发动机则在飞船质量中心点的平面，控制飞船的平



■ 神舟系列三“吻”天宫一号

图 CFP

移运动。

为啥要给飞船安装这么多发动机呢？韩宏印说，这和飞机不一样，飞机有机翼，靠空气动力控制，而飞船在太空飞行，处于真空环境中，需要改变方向调整姿态时，全靠在各个动作控制位置安装不同的发动机。

他还说，在对接的电视画面里，如果观察仔细的话可以看到飞船腰部有火焰喷出，那就是飞船上的姿态控制发动机在工作，帮助飞船调整姿态。

### 金属膜盒贮箱供反复加注

神舟十号此次实用性飞行，是

为我国载人航天三步走中的第三步——建造大型空间站——打基础。空间站要在太空长期服务，就必须由运输飞船一次次将推进剂送上太空，加注到空间站的推进剂贮箱里去，即“空间补加”。做出能实现反复加注的容器可不是那么容易的事。目前天宫一号使用的“金属膜盒贮箱”，就是上海空间推进研究所历尽了10年时间研制出来的可反复加注的推进剂贮箱。

上海空间推进研究所容器专家、首席工程师赵和明介绍，金属膜盒贮箱的内部结构就像一个手风琴形貌的波纹管，这是根据飞行器的

## 八种手段保证高精度交会

中国的空间交会动用八种手段，保证高精度交会，这是前苏联和美国没做到的。

■ 两种卫星 一种是导航卫星。飞船上有3个国家的导航卫星的兼容接收机，把美国的GPS导航卫星，俄罗斯的导航卫星和中国的北斗导航卫星的信息接收下来计算，知道飞行器所在位置精准参数。第二种就是天链卫星，空间信息的联系都通过这种卫星，有了这种卫星，在全球任何一个位置都可以进行信息交换。

■ 两种雷达 一种是微波雷达，要求两个飞行器在满足一定的距离能够捕获到对方，自主跟踪，不要靠地面。现在我国载人航天可以做到，在远距离就能抓住对方，且神舟九号的试验效果好于神舟八号；另一种是激光雷达，飞行器相距较近距离后，启动激光雷达，精确跟踪。

■ 两种光学设备 两个飞行

器的距离近到一定距离后，启动光学相机，5台光学相机把对方的姿态准确地算出来。所以自动对接就非常精确，手动对接也很精确。

■ 相距150米左右时启动摄像设备 地面上看到的图像就是拍摄下来的。

■ 空空通讯 这是上海设计的，包括接收机、发射机和通常使用的程序控制与遥控，提供空间飞行器之间相互连接。

“我国的交会对接精度高到什么程度？”上海航天八院退休专家陶建中说：“理论上说，两个飞行器靠拢时位置、距离的12个参数横向误差允许不超过180毫米。”

对接的精准主要靠对接机构，这是上海航天八院805所研制的。陶建中介绍，两个飞行器在太空对接需要10分钟：碰撞捕获缓冲要60秒，强制校准80秒，用对接盘把对方拉进240秒，拉进后用12把对接锁拉紧，完成刚性连接和密

封要220秒，加起来是600秒，共10分钟。我们的对接机构能精确进行这些工作，“已经完成的4次对接，由于对接精度很高，都没有强制校准，这说明对接机构自身能力很强。”

陶建中介绍，全世界共进行过约300次交会对接，早期美国和俄罗斯失败了近20次。1966年，俄罗斯第一次尝试无人自动对接，由于有多余物，两个飞行器碰上后没插进去；第一次手动对接，航天员方向搞反了，差了180度，没对上；第三次，相距只有200米，都看到对方了，但雷达坏了，又没对上；第四次是1971年，礼炮号飞船升上太空后对接，由于空间摩擦增大，三个撑角拉不开，又失败了。

“我们四次对接全都成功，原因是进行了充分的地面实验，且模拟性很高。4个大型实验设备精确实验，才能保证上天后成功。”陶建中说。本报记者 姜燕

太空任务特点设计的。

“水装在容器里会因为运动而产生晃动，飞行器在太空中要进行多次的变轨和姿态控制，常规空间飞行任务使用的推进剂贮箱，其内装的推进剂难免会因为飞行器的运动而产生晃动，从而增加飞行器在空间的姿态调整、空间对接等的控制难度，而金属膜盒贮箱里有类似于波纹管的装置，全任务阶段波纹管都能紧贴着推进剂液面，由金属膜盒紧压在推进剂液面上，使得液体没有了晃动的空间，且随着推进剂不断消耗，金属膜盒亦随之改变其形貌，彻底消除飞行器在运动过程中所造成的推进剂晃动力。”

金属膜盒贮箱的另一特点是能够重复使用，目前我国是继前苏联以后第二个可将可补加推进剂的金属膜盒贮箱应用于空间飞行的国家。前苏联第一代空间站的设计寿命是2年，就是因为推进剂不能补加，后来可以补加了，空间站的寿命就延长了。和平号空间站的设计寿命是5年，最后用了15年才“退休”，一大原因就是能够补加推进剂。当然，“太空加油”的难度和精度非常高，要求万无一失。

其三，材料的选择至关重要，推进剂腐蚀性厉害，很多金属不能使用。除了抗腐蚀，还要考虑到重量。赵和明说，我国使用的贮箱重量比前苏联的轻了三分之一，这非常不容易。我们在贮箱设计方案中选用了钛合金这样的轻型材料及异种金属可靠连接等技术，大大减轻了贮箱的结构重量，从而增加了飞行器的有效运载载荷。

贮箱中的推进剂消耗情况如何测量，也是一大技术难题。在我国载人航天工程早期，只能推算，误差较大。而金属膜盒贮箱内安装了推进剂的检测装置，可通过遥测数据实时监测，且精度非常高，能够准确掌握推进剂剩余情况。目前能够进行推进剂测量的贮箱有两种，一种是金属膜片贮箱，一种是金属膜盒贮箱，前者在神舟十号上亦有应用。

本报记者 姜燕

### 花絮

#### 来自太空的问候

“今天是中华民族的传统节日端午节，我们神舟十号航天员向全国人民、全球华人致以节日祝福，祝大家端午节快乐！”昨天下午1时，3名航天员举起一块写着“端午节快乐”的字板，通过摄像机送出问候。

#### 王亚平玩漂浮粽叶

随后，航天员进入轨道舱，品尝节日美食豆沙粽。为了让航天员找到在家过节的感觉，科研人员还专门将端午节粽子包上了一层粽叶。王亚平调皮地用手指拨弄着漂浮着的粽子，不少网友会心一笑，纷纷表示，这一动作实在“太萌了”。

#### 刘洋天宫留礼物

对于王亚平来说，等待她的还有一个意外的“惊喜”，那就是上一位飞天女航天员刘洋在天宫一号里给她留下的礼物。这个惊喜是什么？刘洋希望王亚平自己去发现。王亚平笑着说，她也不知道是什么，要到天宫一号去找。 王文佳