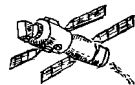


从物理学角度看“神舟六号”

杨砚儒 高建云



我国载人航天事业起步于 20 世纪 50 年代, 60 年代中国航天人研制出一种三组火箭作为运载工具, 将自己的卫星“东方红一号”送上天, 70~90 年代“长征号”火箭在多次失败和成功中日益成熟。1992 年我国确定了“三步走”的载人航天发展战略: 第一步研制载人飞船, 第二步实现空间交会对接, 第三步建立长期有人照料的空间站。

1999 年 11 月 20 日 6 时 30 分, 中国第一艘载人航天试验飞船“神舟一号”实验成功, 于 21 日 3 时 41 分, 在内蒙古中部地区成功着陆回收。2001 年 1 月 10 日 1 时 0 分, 我国自行研制的“神舟二号”飞船在酒泉卫星发射中心进行载人航天试验, 标志着我国航天事业向实现载人飞行迈出了可喜的一步。2002 年 3 月 25 日, “神舟三号”无人飞船成功发射并于 4 月 1 日顺利返回, 这是中国发射的第一艘完全处于载人状态的正样无人飞船。2002 年 12 月 30 日凌晨, “神舟四号”无人飞船起航, 这是“神舟”飞船在无人状态下考核最全面的一次飞行试验。在太空飞行 6 天零 18 小时, 绕地球 108 圈后, 于 2003 年 1 月 5 日晚在内蒙古中部地区准确着陆。中国第一艘载人飞船“神舟五号”于 2003 年 10 月 15 日在酒泉卫星发射中心载人航天发射场成功发射升空, 我国第一艘载人宇宙飞船“神舟五号”的返回舱于 16 日

6 时成功在内蒙古预定地点着陆。航天员杨利伟身体状况良好。2005 年 10 月 12 日载有两名航天员的“神舟六号”顺利升空, 10 月 17 日 4 时 33 分, “神舟六号”飞船平安飞行 115 小时零 32 分钟后重返神州, 缓缓降落在内蒙古四子王旗主着陆场的草地上, 5 时 38 分, 航天员费俊龙、聂海胜先后出舱。“神舟六号”宇宙飞船圆满完成飞行任务, 标志着我国载人航天计划第一步任务已经完成, 即将跨入第二步发展阶段。由此可见, “神舟六号”在我国的载人航天发展中起着承上启下的作用。

载人航天是一项技术复杂、涉及面广、难度系数大的系统工程, 涉及物理、医学、生物、化学、地理、气象等多个领域, 下面仅从物理角度介绍载人航天需要攻克的难关。摆在载人飞船面前的有三大难题: 一是上得去, 必须要有足够大的推力、可靠性良好的运载火箭; 二是呆得住, 要获得空间环境对人体影响的足够信息, 并找到防护措施; 三是回得来, 要有绝对安全的返回技术。

一、上得去

我们知道地球附近的物体若失去支撑, 由于万有引力作用都会落向地面, 宇宙飞船之所以能够升

间, 他向我们投射了这么多镖、箭和石块, 他难道不比神话里的百手巨人还厉害吗?” 后来, 他连夜逼近城墙, 以为阿斯米德的机器此时无法发挥作用。不料, 阿斯米德早已准备好投石机之类的短距离器械, 再次逼退了罗马军队的进攻。罗马人被吓得草木皆兵, 一看到城墙上出现木梁或绳子, 就惊叫着“阿基米德来了”, 抱头鼠窜。

由于马塞拉斯进攻叙拉古时屡次受挫, 只得带着舰队, 离开叙拉古附近的海面, 采取围而不攻的办法, 断绝城内和外界的联系。3 年后, 他们利用城内居民的大意, 终于在公元前 212 年占领了叙拉古城。马塞拉斯十分敬佩阿基米德的聪明智慧, 下令不许伤害他, 还派一名士兵去请他。此时阿基米德不知城门已破, 还在凝视着木板上的几何图形沉思呢。

当士兵的利剑指向他时, 他用身子护住木板大叫: “不要动我的图形!” 要求把原理证明完再走, 生气的士兵竟用利剑刺死了这位 75 岁的大科学家。马塞拉斯知道后勃然大怒, 处死了那个鲁莽无知的士兵。为了抚慰阿基米德的亲属, 还为他召开追悼会、修建陵墓。阿基米德被后世的数学家尊称为“数学之神”, 阿基米德在人类有史以来最重要的三位数学家中名列首位, 另两位是牛顿和高斯。

杠杆的发展和应用在中外文明史中都占有重要地位, 然而中国提倡“四两拨千斤”; 而西方发展等臂杠杆天平, 为精密测量奠定了基础, 这不能不说是中国在杠杆发展方面的憾事!

(扬州教育学院物理系 225002)

空而不至于掉下来,是因为它升空时的速度大于7.9千米/秒(飞机速度约为0.25千米/秒),具备了足够的能量,可以摆脱地球引力的束缚而绕地球作圆周运动,这时万有引力恰好为其提供了向心力。

理论计算表明一级火箭不会使宇宙飞船达到如此的高速,所以火箭一般是两级或多级,火箭的级数越多发生故障的概率就越高,其中任何一级出现故障,都会导致箭毁人亡。发射“神舟六号”的“长征2号F”火箭箭体及“神六”飞船共重约50吨,而火箭内的燃料却重达450吨。燃料会在火箭升空过程中不断消耗。根据动量守恒,火箭将因此获得反推力,燃料的化学能转化为内能和机械能,使飞船的动能和势能都增加。随着一级火箭空壳、逃逸塔、助推器的抛脱,二级火箭要推动的总体质量就减少了,这样可以使火箭达到更高的速度。燃料燃烧生成的高温气体从火箭尾部向后高速喷出,为了保护发射台的台底,台底有一个大水池。水池中大量的水激烈气化为蒸汽,大量蒸汽遇到周围的冷空气,凝结成小水珠,从而在火箭升空瞬间产生庞大的白色气团。

我国地处北半球,火箭向东南方向发射可以利用地球自西向东自转的部分速度,从而节省燃料。地球作为一个整体,其自转周期是固定的。所以纬度越低、自转半径越大、自转速度就越大;反之,纬度越高可利用的速度越小。在赤道上朝正东方向发射飞船,可利用的速度最大。

由大家熟知的牛顿第二定律可知,要产生大的加速度,物体所受的力必然也大,所以飞船内的超重现象很严重。飞船在发射和返回过程中的加速度为重力加速度的3~4倍(3~4g),宇航员需承受几倍于平常大气压的压力。此时航天员若采取直立姿势,头部血液会流向下肢,影响血液向心脏回流,造成头部供血不足,引起头晕、迟钝甚至意识丧失等生理反应,所以航天员在发射和返回阶段多采取平卧或侧卧的姿势。我们普通人最多只能忍受两倍于重力加速度的“高压”(2g),而航天员训练时要承受7~8g的高压,持续时间达50个小时。航天员训练时,离心机通过一定的速度旋转,模拟飞船在上升和返回时的持续超重。当飞船遨游太空时,航天员还要经受诸如噪声、振动、低压、缺氧等许多严峻考验。

二、呆得住

“神舟六号”宇宙飞船在太空沿轨道运行时,和行星运动的规律相似,也遵循开普勒定律。飞船的

运行轨道是一个椭圆,地球位于椭圆的一个焦点上,“神舟六号”载人飞船进入太空后的前5圈,就是在这种椭圆轨道上运行,近地点高度200千米,远地点高度350千米。飞船从远地点向近地点运动时,势能减少、动能增加,速度越来越快。反之,从近地点向远地点运动时,势能增加,动能减少,速度越来越慢。飞船在这种椭圆轨道上运行时,地心到飞船的连线在相等的时间内扫过的面积相等,即飞船在椭圆轨道上的运行速度是变化的,其变化规律服从面积速度守恒,在近地点速度快,在远地点速度慢。当飞船运行到第6圈时,北京航天指挥中心发出调度号令,通过喷射燃气实施变轨控制,将飞船推入距地350千米的圆形轨道运行,飞船每90分钟绕地球飞行一周。此时飞船上的航天员90分钟就可见到一次日出日落。

随着“神舟六号”载人飞船的顺利升空,飞船两侧的太阳能帆板展开,就像飞船长出了两对硕大的翅膀。它们是光电能源的组件,通过增大受光面积,将更多的太阳能转换成电能,为飞船上的电气设备提供能源。为确保航天员与地面的话音通畅,技术人员采用了S波段、短波和超短波等多种技术手段。

当宇宙飞船在太空稳定运行时,万有引力提供向心力,所以飞船内的重力只有地面的百万分之一,这种环境称为微重力环境。微重力环境给宇航员的生活带来很大困难,他们会像气球一样在空中漂浮,只要稍微一用力,身体就不停地翻跟头,就连吃饭、走路都要重新学习。利用微重力环境可以进行太空物理材料实验,一般是将材料熔化成流体,在地面上由于地球的引力,受热的流体密度变小向上运动,而未受热的流体补充到上升流体的位置形成对流。不同深处的流体所受压强也不同,深处的流体压强大,浅处的流体压强小。地球引力还会形成流体中的重力沉降,比重大的成分沉积在容器底部,比重小的成分浮在流体的表层,使材料的成份分布不均匀。而在太空的微重力环境下制备和加工材料,则有望解决这些问题,人们正在努力了解空间微重力环境下制备和加工材料的规律,并设计加工实用可靠的实验硬件,期望尽快在太空建立特殊材料的制备和加工“车间”。空间试验科学家们还发现,在微重力条件下,两种液体混合后,液滴的运动遵循液滴表面张力的毛细作用。如果能够人为控制液滴的毛细运动,在地面上就可以使它和重力抵消,生产出十分均

匀的高质量合金。

太空环境十分恶劣,真空、极端的冷热、微流尘、空间碎片和各种辐射如同“宇宙杀手”,时刻威胁着航天员的安全。到了太空,一旦飞船发生故障出现真空、低压缺氧及高低温的恶劣环境,宇航服便是宇航员的“护身符”。1971年前苏联的“联盟11号”飞船在返回时,由于一个压力阀过早开启,造成返回舱突然迅速减压,3名宇航员在2分钟内全部窒息而死,如果他们穿上宇航服,悲剧就不会发生了。宇航服分为舱内航天服、舱内工作服和舱外航天服三类。舱内航天服在发射、返回和应急飞行时穿,“神六”的宇航服指的就是这种舱内航天服,当飞船在轨道运行时宇航员就可以穿这种轻便的航天服。直接面对外太空的舱外航天服,我国目前正在研制。

三、回得来

返回技术是载人航天三大关键技术之一,“神舟六号”飞船在圆形轨道运行5天5夜到第76圈时接到返回控制指令。首先按返回要求调整飞船的姿态,再使返回舱与轨道舱分离(轨道舱继续留在轨道上运行,只需让返回舱返回),然后启动制动火箭,使飞船受到一个与飞行方向相反的作用力,降低飞行速度,脱离原轨道进入返回轨道。制动火箭的点火时间要控制得十分精确,点火时间相差1秒,点火位置就相差8千米左右,这会直接影响返回舱的落点位置。而制动方向直接决定飞船再入大气层的角度,若再入角度太小,飞船会像在水面上打水漂一样重新弹起不能返回;若再入角度太大,则减速太快,会因发热过快而烧毁。飞船制动结束,就到了再入大气层的过渡阶段,此时飞船飞行高度大于100千米,没有空气阻力,只受地球引力作自由下落运动,在这个阶段中要再次调整飞船的姿态,将返回舱小头朝前改为大头朝前,这样可以减轻座舱的受热,避免座舱被高温烧毁。

当飞船进入稠密的大气层后,返回舱与空气剧烈摩擦,被几千摄氏度的高温气流包围,为了防止舱内航天员的座舱过热,必须给飞船降温,这是返回技术中最大的难点,“神舟六号”飞船主要采取了三种防热措施:一是吸热,在返回舱的某些部位,采用导热性能好、熔点高和热容量大的金属吸热材料来吸收热量;二是辐射,用具有辐射性能的钛合金及陶瓷等复合材料,将热量辐射出去;三是烧蚀,利用高分子材料在高温加热时表面部分材料会溶化、蒸发、升

华或分解气化等性质,带走大量热量。“神舟六号”飞船采取的是以烧蚀为主的防热系统。正是有效的防热措施使座舱内的温度仅为20℃左右,尽管舱外的温度高达几千摄氏度。

当返回舱降到离地面15千米左右时,受到的空气阻力与地球引力渐趋平衡,返回舱以大约每秒200米的速度匀速下落。这时降落伞着陆系统开始工作:抛掉防热罩,打开引导伞,拉出减速伞,打开主伞,最后利用缓冲装置实现软着陆。这时,“神六”的飞行任务就圆满结束了。

载人航天的意义首先是可以充分利用空间环境资源,传统意义上的资源是指土地、矿藏、水利等,人类进入外太空后发现太空具有高真空、高洁净、无污染、微重力、强宇宙粒子射线辐射等特点,这种得天独厚的太空环境对发展太空工业有着巨大的潜力。而开发和利用太空环境必须有人的参与,所以需要发展载人航天。

“神舟六号”飞船的成功发射,将对我国航天产业和国民经济发展产生深远影响。我国有3000多家民用企业参与载人航天的生产、研制,包括电子行业、原材料等很多方面。目前有些载人航天的研究成果已经转化为民用技术,如热控、遥控、遥测、航天服技术、民用火箭等,推动了技术产业的发展,目前还很难测算出具体的经济效益。但从长远看,前景无可限量。

“神舟六号”载人航天的成功,为和平利用空间资源做出了新的贡献,为我国在太空建立空间实验室和空间站打下了坚实基础,同时为探月做好了技术准备。

(天津职业大学 300402)

科苑快讯

能确定大分子形状范围的软件就像初学瑜伽的人不能将动作做到位一样,一些分子也不能弯曲到合适的位置。化学键和疏水相互作用会锁定蛋白质或其他高分子的某个片断,防止其弯曲或旋转。研究者利用亚利桑纳大学生物物理学家迈克尔·索普(Michael Thorpe)的程序FIRST能够跟踪柔性和刚性的分子片断。这一免费软件不预测蛋白质或DNA链将如何折叠,而是能很快确定其可能的形状范围。这一信息有助于研究蛋白质是怎样与药物结合的,以及病毒的蛋白质外壳是如何形成的。

(高凌云编译自 *Science*, 2006年8月11日号)

现代物理知识