

把“小胖子”练成“健壮少年”的人

八年“特训”减去约九成体重，天和资源舱研制侧记

成功奔赴太空的天和核心舱，最初从“产房”里被缓缓推出来时重达4.3吨，被科研人员笑称为“小胖子”

在火箭起飞的上行段，“小胖子”是受载最大、最严酷的组成部分，但在这样严酷的承载条件下，“小胖子”的“体重”还要控制在487千克以内，为科研人员们提出了巨大挑战

一方面要保持“小胖子”强健的体魄，一方面还要让“小胖子”减去约90%的重量，科研人员们开始了8年的技术攻关

本报记者张建松、吴金花

成功奔赴太空的天和核心舱，其中的资源舱由中国航天科技集团有限公司八院研制。六年前，当它从“产房”里被缓缓推出来的时候，腰围4.2米、身高2.1米、重4.3吨，大家形象地称它为“胖子”。

“胖子”资源舱与其他三位小伙伴一起，组成了我国空间站工程的首发舱——天和核心舱。其他三位小伙伴分别是节点舱、小柱段、大柱段。八院设计师们担心“胖子”太胖了，组建了一支专业的教练团队，为它的茁壮成长保驾护航。

让“胖子”锻炼减肥

在四位一起奔赴太空的小伙伴中，“胖子”要在最下方，托举起三位重达18吨的小伙伴们。因此，不管是在地面试验中，还是在火箭起飞的上行段，“胖子”都是受载最大、最严酷的那一位。但在这样严酷的承载条件下，“胖子”的“皮下脂肪”和“骨骼肌重量”（结构重量）还要控制在487千克以内。

为此，八院教练们想尽办法，一直监督着“胖子”的锻炼减肥。经过一遍又一遍分析、计算和科学的指导，“胖子”的“皮下脂肪”越来越少，蒙皮从2.5毫米变成了1.5毫米，“骨骼”却越来越健壮，单根桁条截面积相比以往增加了3平方厘米……看着“胖子”的种种变化，教练们越来越欣慰。

在体重终于达标后（473千克），“胖子”参加了“航天八院杯”运动会（静力试验）。只有在运动会上取得好成绩的，才具备奔向神秘太空



参与研发的中国航天科技集团有限公司八院天和核心舱发射成功。

的基本资格。

在运动会上，“胖子”必须通过“三项全能”：前臂吊环、腿部吊环、举重比赛。前两项“胖子”毫无压力顺利通过，最后一项，也是最难、最大的考验举重比赛。“胖子”需要举起350余吨的杠铃，考验全身的力量，这主要是为了考验“胖子”在火箭上行阶段，能否承载3个小伙伴的重量。

一开始，“胖子”有些紧张，热身运动后，“胖子”的左右腿感到吃力不均，当杠铃加至100吨时，“胖子”的部分皮肤开始凹凸不平；当杠铃加至200吨时，“胖子”多处皮肤凹、凸，关节开始嘎吱作响。随着杠铃的持续加压，“胖子”的关节越来越响。

教练们都担心得要命。长这么俊的娃，可别给压坏了！终于，杠铃加到了设计载荷，“胖子”没有被压倒，顺利通过了静力试验，观众席上瞬间爆发出热烈的掌声。

给“胖子”穿上防护服

随着对“胖子”的塑造和考验持续推进，教练们又遇到了一项新难题。

“胖子”和小伙伴們上太空，需要乘坐长征五号B运载火箭。可是，到达既定轨道和火箭

分离时，采用了一种新型的线性分离装置，起爆时威力巨大，由于“胖子”身上装有对冲击敏感的元器件，它是否“疼”得受不了？

这威力到底有多大？第一次分离解锁冲击试验结果显示，是神舟飞船、货运飞船等型号冲击载荷的4倍，对“胖子”的影响范围在0.5米以内。也就是说巨大的痛感，是从脚下向“胖子”直击而来。

这么大的分离冲击载荷，在八院家族的兄弟姐妹中也是从来没有过的。怎么办？“胖子”的教练们与运载方，共同着手解决这一问题。

教练们查阅了大量资料，对“胖子”身上0.5米高度以内的16台产品，根据产品特点、质心位置、安装方式，有针对性地实施隔冲击防护，这相当于给“胖子”穿了一层厚厚的防护服。

两年里，教练团先后和火箭方联合开展了5次舱箭分离解锁冲击试验，分别验证隔冲措施的有效性。终于，在第5次试验火工品起爆的那一刻，“胖子”再也不觉得“疼”了，因为所有指标都控制在标准范围内。

让“胖子”的“内芯”无比强大

由于核心舱的尾部有和其他航天器对接

的需求，因此“胖子”的轨控发动机，没有安装在尾端，而是在它身体中部，采用下陷倾斜安装的方式，这也是教练们的第一次尝试。

这种安装方式，导致发动机非常靠近“胖子”的皮肤和骨骼，对“胖子”很不友好。但还没等“胖子”抱怨，发动机先启动了预警。

最后，“胖子”不得不做出了让步，允许教练们切割了他的8根“肋骨”（支撑杆），割掉了身上8块“皮肤”（蒙皮），教练们担心这个小手术会让“胖子”站得有些吃力，就在手术的地方给“胖子”加了几块“钢板”作为支撑。

经过局部试验，教练们发现“胖子”的骨骼性能并没有受到本质影响，都大大松了一口气。

就这样，教练们陪伴着“胖子”经历了一轮轮调整、一重重考验。经过八年的磨砺，“胖子”终于长成一个“健壮少年”。虽然从外表上看，它并没有太多的变化，但教练们知道，它的“内芯”已经被锻造得无比强大。

2021年4月29日，“胖子”和小伙伴们一起，离开了陪伴它一路成长的教练们，昂首前往400公里的高空，追寻中国人的太空梦。教练们就像送别自己的孩子一样，充满了依依不舍，更充满了骄傲和期盼……

在太空展开双翼，将为天和核心舱供能10年

揭秘我国空间站工程首个航天器天和核心舱的“太空电站”

本报记者张建松

4月29日，长征五号B运载火箭在海南文昌航天发射场发射成功，成功将我国空间站工程首个航天器——天和核心舱送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

据空间站副总指挥甘克力介绍，在核心舱的研制任务中，中国航天科技集团有限公司第八研究院承担了电源分系统、对接与转位机构分系统、测控通信产品、资源舱结构与总装及电缆网研制任务。其中电源分系统作为整个核心舱任务的四大关键技术之一，充当着未来空间站“太空电站”的作用。

首次采用大面积可展收柔性太阳能电池翼

据空间站副总设计师罗斌介绍，天和核心舱首次采用了大面积可展收柔性太阳能电池翼，双翼展开面积可达134平方米，这是我国首次采用柔性太阳翼作为航天器的能量来源。柔性太阳翼集合了大面积轻量化、重复展收高可靠、低耗10年在轨寿命、刚柔并济高承载等四大全新技术。

与传统刚性、半刚性的太阳能电池翼相比，柔性翼体积小、展开面积大、功率重量比高，单翼即可为空间站提供9kW的电能，在满足舱内所有设备正常运转的同时，也完全可以保证航天员在空间站中的日常生活。

比起传统的刚性、半刚性太阳翼，柔性翼全部收拢后只有一本书的厚度，仅为刚性太阳翼

的1/15。基板采用超薄型轻质复合材料，对用来防护空间环境的胶层的涂覆厚度也进行了严格控制。

柔性翼能否成功展开直接关系到空间站任务的成败。核心舱太阳翼采用了6台有源机构三维五步展开，就好像做一套“太空广播操”。

首先，15发火工品“热身运动”起爆，解除太阳翼与小柱段舱壁的固定；紧接着抬升机构“俯仰运动”将太阳翼从舱壁上立起；随后，展开锁定机构“扩胸运动”将两个太阳电池阵向两侧展开，约束释放机构“转体运动”解除收藏箱的约束；最后，伸展机构“伸展运动”带动太阳电池翼完全展开。每个规定动作都经过大量的地面验证试验，确保姿势标准、娴熟流畅。

展开过程持续40分钟，数节伸展机构依次向外推出，带动太阳翼向外展开，又像是一架被缓缓拉开的手风琴，因此被形象地称为“手风琴”展开方式。

核心舱太阳电池翼的另一个特殊功能，是其在轨可进行整翼拆卸、转移。考虑到后续空间站组建完成后，对核心舱太阳电池翼造成的遮挡，从而影响发电，这两个太阳电池翼可由航天员与机械臂配合，实现舱外拆卸、转移，安装于后续发射的实验舱尾部桁架上，并在轨重新组建供电通道，这又被称为“在轨能源拓展功能”。

以“锂”相助长期居住条件佳

当空间站运行到太阳无法照射的阴影区时，由锂离子蓄电池为整个舱体供电。如何确保锂电的安全性？八院811所研制人员经过长期



漫画：新华社发 徐骏作

攻关，从研制、使用、更换等多个角度，设计出了一种满足空间站运行需求的长寿命、大容量、高安全锂离子蓄电池。

据介绍，锂电最大的安全问题是“热失控”。对此，空间站锂电在研制时采取了多种

有效的手段：从源头上，采用陶瓷隔膜，提供良好的防内短路措施；在电池组内使用阻燃材料，防止高温引发燃烧；在电池组内使用卸压材料，为单体电池膨胀时提供空间；采用全密闭的锂离子蓄电池箱体式结构式设计，为舱内提供安全可靠的环境。

空间站核心舱共有6组锂离子蓄电池，每组有66个单体电池。而锂电使用时的难点，在于实现对每个单体电池的过充保护。811所研制人员设计出了一套智能化的锂电管理系统，实现高精度、高可靠、高安全的锂电充电控制。

例如，国内首次采用高精度锂电集采集系统，让采集精度更高、控制点更准；国内首次使用高效率高压大功率充电模块，充电时启用三级保护机制，在任意情况下保证用电安全；同时，在充电过程中实施温度监测，当充电温度高于设定安全温度值时，立即停止该机组蓄电池充电。

空间站在长达10多年的在轨运行过程中，航天员需定期对锂电进行在轨更换。如何在不影响空间站的正常供电情况下，确保航天员的操作安全呢？

研制人员为锂电更换操作上了“双保险”。核心舱有两个功率通道，当其中一个通道需要更换电池时，由另一个通道作为主力供电。且每个功率通道采用“2+1”机组工作模式，任意一个机组中的电池需要更换时，将本机组断电，剩余两个机组可以保证本通道正常供电。

此外，航天员在更换锂电的时候，高压电

本报记者张建松

2021年4月29日，长征五号B遥二运载火箭在海南文昌航天发射场，成功将我国空间站天和核心舱精准送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

这是长征五号B首次应用性飞行。其中，位于上海的中国航天科技集团八院805所抓总研制了4个3.35米助推器。

据长征五号运载火箭副总指挥兼副总设计师鲍国苗介绍，4个助推器为长五B火箭提供了90%以上的起飞推力，并创造了多个“国内第一”。

一是国内第一个规模最大的液体助推器，不仅体现在它10层楼高的“个头”和直径3.35米“腰围”，还体现在单个助推器推力最大，达到240吨，超过了普通中小型运载火箭的起飞推力。

二是国内第一次采用了气动外形良好的斜头锥和前捆绑主传力结构，前捆绑点大偏置集中力设计载荷高达310多吨，后捆绑点径向设计载荷高达80多吨，这对助推器的结构设计要求非常高，必须要“站得稳”“传力强”“耐高温”。

三是国内第一次采用助推器支撑全箭竖立载荷，有效减轻了芯级重量和芯级结构的设计难度，提升了全箭运载能力。

为空间站任务“应运而生”的长征五号B运载火箭，担负着发射空间站舱段的重要使命。八院805所所长王B团队秉持高标准严要求，在发射场期间展开了与载人航天要求的深度对标，确保此次任务万无一失。

团队坚持把每一项工作“一次做对”，全面策划开展高质量发射场工作。首次采用发射场“质量确认制”，以清单化、表格化形式，确保工作无盲区、无盲点，梳理出发射场产保项目共162项，确保发射场工作逐项落实、操作过程正确规范，数据记录精准有效。

围绕型号提出的“7+7”质量工作要求，团队聚焦“7个重点”与“7个再确认”，对各系统进行全面质量复查，确保火箭技术状态正确、风险识别到位、产品质量可靠。秉持“四总结”，即对当天工作的完成情况进行“每日总结”、在重要工作结束后进行“重点总结”、在阶段性工作完成后对阶段性工作进行“阶段总结”、在试验任务结束后进行“任务总结”。

百万次试验确保万无一失

核心舱作为我国寿命设计要求最长的一個飞行器，10年的在轨飞行，对所有产品的长寿命提出了最高要求。

太阳翼作为舱外产品，要面对的空间环境极其恶劣，除了需要经历88000次±100℃的高低温循环外，还要经受低轨环境中原子氧、等离子体、紫外辐照、电离辐照等多种空间环境的考验。

为了使太阳电池翼具有良好的空间环境适应性，八院805所柔性太阳电池翼研制团队，开展了3年多的方案论证和比较工作，集合了国内相关行业的顶级专家，总结出5项影响太阳翼长寿命的关键攻关项目，并经过大量的地面模拟长寿命测试。

比如，太阳翼上的张紧机构，是一套恒力弹簧索系统，通过它的不断伸缩，才能保证太阳翼在高低温环境下的足够刚度以及姿态控制。张紧机构的寿命试验要求是88000次，但为了确保它在10年的在轨工况中“张弛有度，收放自如”且“万无一失”，团队历经多年攻关，地面完成了40万次热真空疲劳寿命试验，100万次常温常压寿命试验，充分验证了产品的高可靠、长寿命。

它是送天和上天的『大力士』

创造多个『国内第一』，为空间站任务『应运而生』