

把“小胖子”练成“健壮少年”的人

八年“特训”减去约九成体重，天和核心舱研制侧记

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



射成功。

参与研发的中国航天科技集团有限公司第八研究院工作人员庆祝天和核心舱发射成功。

中国航天科技集团有限公司八院供图

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”和小伙伴们上太空，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次舱段分离解锁冲击试验，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，允许教练们切削了他的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……

它是送天和上天的“大力士”

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发射成功，成功将我国空间站天和核心舱送入预定轨道，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有限公司第八研究院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主要使命。八院805所长王五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”。

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、低轨10年在轨寿命、刚柔并济高承载等四大新技术。

与传统刚性、半刚性的太阳电池翼相比，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



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，锂电最大的安全性问题是“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

池组带来了安全隐患。为此，研制人员在锂离子蓄电池模块中，安装了两个并联的分段开关，通过将电池组的电压降低到人体的安全电压范围，满足人体的36伏安全电压要求，保护了航天员开展在轨维修时的人身安全。

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个飞行器，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、紫外辐射、电离辐射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，并经过去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。