新闻热线：010—58884108
E-mail：chenm@stdaily.com
科技日報
■责编 陈 萌
2020年7月14日 星期二

### 两个月完成10次发射

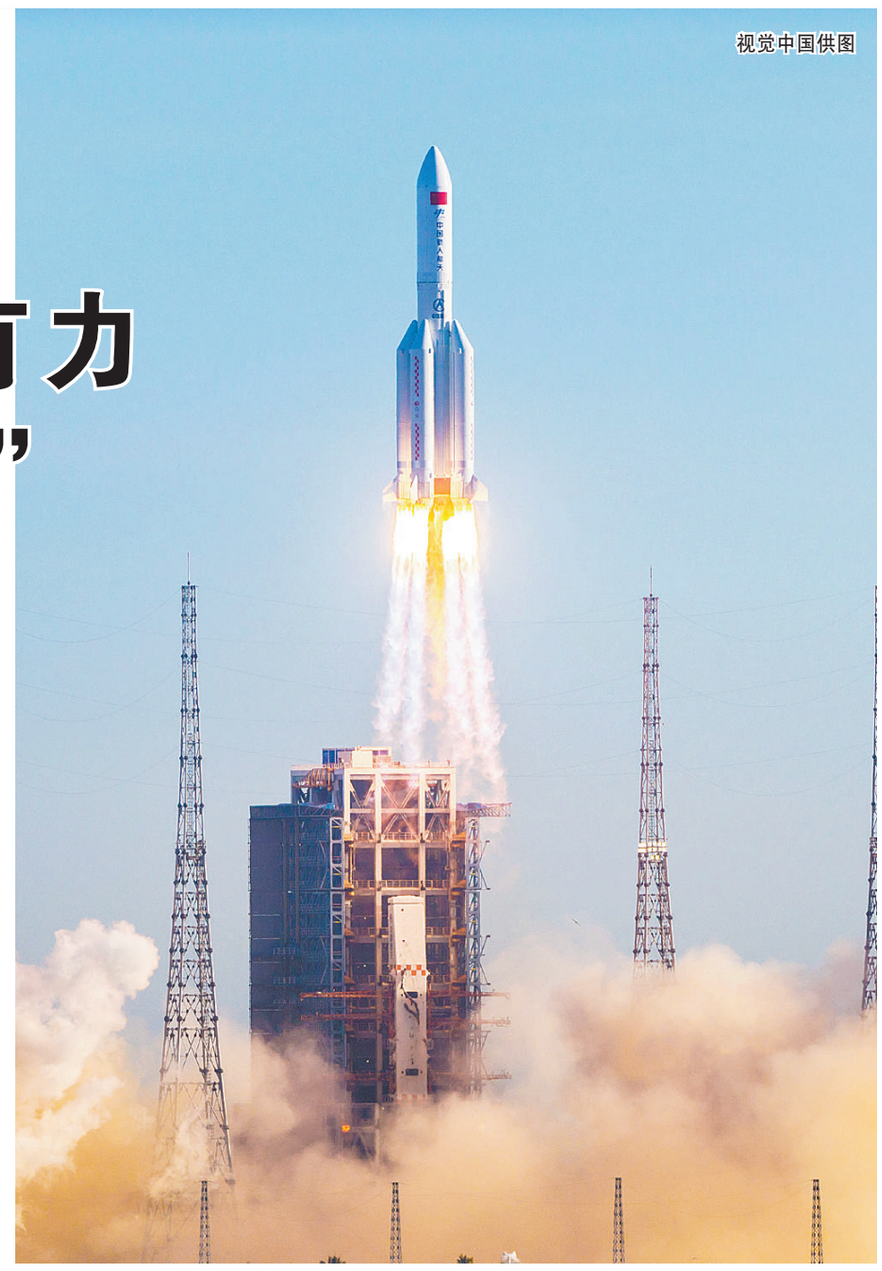
# 想让中国火箭更有力 要靠这些“神操作”

本报记者 **付毅飞**

最近中国航天很忙，从5月5日到7月9日两个月时间，就实施了10次发射，先后由长征五号B、快舟一号甲、长征十一号等型号运载火箭，执行了新一代载人飞船试验船以及多颗卫星的发射任务。

众所周知，火箭是用于航天活动的运载工具。正如地面上有不同种类的汽车，火箭也分为不同型号，“力气”有大有小，根据各自的特点和运载能力，执行不同的任务。

那么，火箭按照运载能力如何分类，不同类型的火箭发动机有何特点，火箭的运载能力又该如何提升？中国航天科技集团一院（以下简称一院）型号设计师钱航以长征系列运载火箭为例，向科技日报记者进行了介绍。


视觉中国供图

## 不同类型火箭各有所长

今年5月5日，长征五号B运载火箭在我国文昌航天发射场升空，上演了首秀。未来，这型“大火箭”将在中国空间站建设中发挥重要作用。

把长征五号称为“大火箭”，可不光指个头。钱航介绍说，按照运载能力大小，运载火箭可以分为小型、中型、大型和重型（超重型）4类。不同类型的火箭各有所长。

目前这种分类方法尚无统一的量化标准，我国航天界一般将近地轨道运载能力在20吨至100吨的运载火箭，以及其衍生构型称为大型运载火箭。

由一院抓总研制的我国新一代大型运载火箭长征五号系列，目前发射过2种构型。长征五号B为一级半火箭，是我国现役运载火箭中唯一一款无需级间分离，可以直接发射入轨的火箭，可靠性大为提升。同时具备超过22吨的近地轨道运载能力。这些特点，让它成为承担我国空间站舱段发射任务的不二之选。长征五号基础型则为两级半构型火箭，虽然其近地轨道运载能力可以达到25吨以上，但它的任务却主要瞄向更深远的太空。

长征五号火箭地球同步转移轨道运载能力约为14吨，可以承担基于东方红五号平台研制的大型通信卫星发射任务。该型火箭还具备8吨以上的地月转移轨道运载能力，以及5吨左右的地火转移轨道运载能力。按计划，2020年我国将先后用长征五号火箭发射天问一号火星探测器以及嫦娥五号月球探测器。

中型运载火箭的近地轨道运载能力，通常在2吨至20吨。在长征火箭家族中，这一类别的火箭阵容庞大。曾经承担全部北斗卫星以及嫦娥系列探测器发射任务，被誉为“金牌火箭”的长三甲系列运载火箭；完成11艘神舟飞船和天宫一号、二号空间实验室发射任务的长征二号F运载火箭；以及在未来空间站任务中主要用于发射货运飞船的新一代运载火箭长征七号，都是我国中型火箭的代表。

近地轨道运载能力低于2吨的，被称为小型运载火箭。可别小看它们，在微小卫星市场日益繁荣的今天，“小火箭”也有大作为。以我国新一代小型运载火箭长征十一号为例，作为长征火箭家族中首型固体运载火箭，它的近地轨道运载能力约为700公斤，700公里太阳同步轨道运载能力约400公斤，同时具备在接到任务命令后24小时内完成技术准备并发射的能力，可以满足在应急情况下快速、机动发射卫星的需求。

此外，具备低、中、高轨道发射能力，近地轨道运载能力超过百吨，起飞推力达到3000吨级的，则属于重型运载火箭，其代表包括美国曾用于执行阿波罗载人登月任务的土星五号火箭，由苏联研制、至今保持运载能力世界纪录的能源号火箭等。

## 固体、液体发动机不分优劣

近年来面对不断增长的空间资源开发需求和日益激烈的商业发射市场竞争，我国开发出长征五号等4种型号的新一代大型、中型、小型运载火箭。钱航说，新一代运载火箭以可靠、安全、经济为主要设计原则，采用无毒环保、价格便宜、比冲（是对火箭推进剂利用效率的一种描述，指单位推进剂的量所产生的冲量）较高的液氢、液氧或液氧煤油发动机。那么这是不是意味着液体燃料发动机比固体燃料发动机更好、运力更大呢？

钱航说，液体燃料发动机优点是燃料能量密度高，比冲大，容易实现流量控制，可以用于机动或变轨。不过液体燃料不易储存，大多需要在火箭发射前加注。我国传统液体燃料发动机火箭所用的偏二甲肼、四氧化二氮燃料，更是有剧毒、强腐蚀性，且易燃易爆，十分危险，对储存和加注工作有着极为严苛的要求。近年我国陆续问世的新一代运载火箭，采用了液氢、液氧、煤油等绿色燃料，对环境基本不会造成影响，但存储和加注工作则更加复杂。

固体燃料发动机的基本原理是点燃药柱，燃烧产生大量高温气体从喷管喷出，推动火箭前进。相比宋代就诞生的火药玩具“窜天猴”，其结构和原理并没有太大改变。钱航介绍，固体燃料发动机主要有3方面优点。首先，相比液体燃料发动机，其不需要燃料泵等复杂的机械结构，结构更为简单且造价低廉；其次，由于药柱是以固态形式存在，其特性比液体燃料更稳定，储存起来也更安全；此外，由于结构简单，固体燃料发动机可以做得很轻，也更易于小型化。不过固体燃料发动机也有其劣势。例如燃烧时间相对较短，比冲较小，不能重复点火，也很难实现推力调节。这都对它的任务适应性造成了制约。

火箭发动机形式不分优劣，也不能决定火箭的运载能力。虽然目前国内主要的固体燃料发动机运载火箭如长征十一号，以及由中国航天科工集团研制的快舟一号甲均为小型运载火箭，但在美国正在研制的SLS重型运载火箭身上，也装着世界上推力最大的固体燃料火箭发动机。

## 4项措施可有效提升火箭运力

运载能力是火箭性能最直接、最重要的参数指标。钱航介绍说，火箭的运力主要由火箭总体设计水平、发动机性能与制造水平、箭体结构设计与制造水平等多种因素决定。

他表示，想要提高火箭运载能力，主要有4方面措施。首先是在保持火箭构型不变的情况下，通过优化级间比（第i级火箭的质量除以第i+1级火箭的质量，是影响火箭理想速度的参数之一），增加推进剂的加注量。长征三号甲系列、欧洲的阿里安5系列，以及美国的猎鹰九号运载火箭，都是通过这项措施，使运载能力显著提高。

结构优化减重是运载器设计的永恒主题。在今年7月9日实施的亚太6D卫星发射任务中，长征三号乙运载火箭就是通过减重的方法，将运载能力提升了50公斤，以满足发射要求。钱航介绍，在运载器设计和应用前期，主要是通过改进工艺、选用新材料、优化传力路径等方式提高结构效率。火箭对箭体结构系统的轻质化设计有着更高要求，一院火箭技术团队经过大量仿真计算和试验，提出了主捆绑及发动机集中力“双扩散”结构、超大气瓶变形自适应支撑结构、捆绑起吊多功能一体化结构等多项新型轻质设计方案，收效良好。

发动机性能优劣，直接影响着火箭运载能力。在美国航天飞机、猎鹰九号火箭的运力提升举措中，提高发动机推力和比冲是重要环节之一。我国在长征五号运载火箭上使用了首次研制的膨胀循环动力方式氢氧发动机，这是目前国际上比冲性能最高的火箭发动机，并且具有高空多次启动能力。

此外，总体优化设计也是提升火箭运力的有效途径。钱航表示，从火箭总体构型考虑，可尽量选用推力大的发动机作为基础级动力，为上面级选用高比冲发动机，并开展载荷姿控联合设计降低结构载荷条件，均可有效提升火箭运载能力。

### 我国制成世界最大生物塑化标本

# 近15米长抹香鲸“死而复生”

**李 迪** 本报记者 **盛 利**

4年前，两头来自深海的抹香鲸在江苏省如东县的海滩上搁浅死亡。4年后，其中一头叫“洋洋”的抹香鲸成功“复活”，它不仅成为世界上最大的生物塑化标本，也是世界上第一头被塑化的抹香鲸标本。目前该标本已正式展出，与公众见面。

## 高分子聚合物实现“千年保存”

抹香鲸是世界上现存最大的齿鲸生物，生活在2000多米的海底深处，它们体型巨大却又神秘莫测，是海洋生态系统中非常重要且珍贵的濒危野生物种。

4年前，为了留住这只来自深海的庞然大物，南通、苏州、大连、厦门等多地专家和部门纷纷赶至江苏省如东县，对搁浅的抹香鲸进行现场维护和研究，最终决定将其制作成塑化标本，以另一种方式使它“重生”。

“生物塑化技术是一种可以把生物组织保存得像活体一样的特殊技术，广泛应用于解剖学、病理学、生物学、组织胚胎学、展览馆展示等多个学科和领域。它的原理是用高分子聚合物与动物组织中的水和脂肪等物质进行置换，以达到长久保存的目的。”生物塑化技术团队成员之一，成都生命奥秘博物馆馆长吴军说。

“在塑化标本的制作中，不仅要防止生物腐败，还要对其进行解剖，让其暴露出神经系统、肌肉和骨骼，并取出内脏；随后，对其不同组织部位进行脱水、脱脂；最后，通过真空负压浸渗工艺完成造型的固定和聚合硬化处理。”吴军说，因为要进行缓慢的真空负压下的物质交换（即用聚合物替代动物体内的水分和脂肪），所以制作周期较长也是生物塑化的特点，其制作时间往往根据标本大小确定。

“作为目前全球最先进的标本制作技术，生物塑化不仅使标本可以展示出生物的外形，而且还可以展示出生物内脏、肌肉等内部结构，揭示生物在演化和适应环境中产生的结构特点。同时，生物塑化标本还具有无毒、无味、可触摸、后期维护方便以及可长期保存等特点，理论上可以保存上千年。”吴军告诉记者，传统的动物剥制标本，每年至少需要维护一到两次，否则就会生虫腐烂，但塑化标本只需擦灰即可。

抹香鲸塑化标本运抵展览现场 采访对象供图

## 制作过程要防爆防臭

此次的塑化标本是一头长达14.88米、重达40吨、重量相当于10头大象的巨大抹香鲸，这项工作的艰难程度史无前例。尽管制作团队有着近20年的从业经验，也不免捏了把汗。

“首先团队面对的第一个难题就是‘鲸爆’，可能很多人不知道，鲸还会‘爆炸’。”吴军说，鲸死后，内部组织器官的腐败会产生甲烷、氢硫化物等气体，这些气体在鲸的腹腔内不断积聚，压力不断增大。“若尸体处置不当，极可能发生爆炸。一旦发生‘鲸爆’，制作塑化标本将无从谈起。”他说。

为了找到“洋洋”体内蓄积腐败气体的具体位置，制作团队将自制的管子敲进鲸体内。“敲太深会伤及内脏，敲太浅又排不出气体，所以需要不停地试探，并尽量把对鲸皮肤的破坏控制在最小范围。制作团队用了整整一天的时间，直至深夜听到插入‘洋洋’体内的管子发出火车鸣笛般的‘呜呜’声，其体内的甲烷等腐败气体才算是彻底成功排出。”吴军说。

在进行解剖时，因为体型太过庞大，“洋洋”被分解成近600块。团队工作人员一边自制工具解剖，一边对“洋洋”身体进行分割固定。这其中尸体腐败的臭味，也曾给工作人员带来困扰。

“现场即使戴口罩、面具也无法隔离鲸尸腐败的臭味。只要到过现场的人，随身的衣服鞋子等物品都只能丢弃，这种臭味令现场的制作人员终生难忘。”吴军说，中期制作中工作人员不断对其进行防腐、脱水脱脂以及浸渗等工序，最终臭味才一点一点消失。

据了解，该标本参与制作的专家累计50多人、累计工时25.5万小时，消耗丙酮360吨、硅胶40吨、钢材5吨、手术刀片138公斤。

## 新知

### 汽车未对准充电模块 无线充电系统变身“热得快”

**科技日报讯** （记者**操秀英**）最近，南方科技大学电子与电气工程系蹇林旎博士研究团队在电动汽车无线充电领域取得新发现。研究人员量化评估了各类偏移对加剧系统热风险性的影响力，并据此建立了较为完善的四级热风险评价体系。该工作对无线充电技术在电动汽车领域的进一步推广应用形成了有力支撑。该研究成果近日在线发表于国际能源领域著名学术期刊《应用能源》。

据了解，无线充电是在全球汽车工业电动化背景下快速发展的一项新兴技术。它以电磁场为媒介，实现了地面发射端和车载接收端之间的无接触能量传输，近年来引起国内外的广泛关注。一般磁场耦合式无线充电依赖发射和接收线圈之间的感应。要实现两个线圈之间的有效作用，则要求停车时车辆能够对准地面充电模块，有人戏称这很考验车技。

通过对标准化无线充电设备的在线监测，研究人员发现，在电动汽车无线充电系统的运行过程中，各类损耗以热的形式耗散，导致系统可接触部分的温度不断升高，从而成为异物燃烧和活体烫伤的热源和风险源——轻则烫伤小猫小狗，重则引燃枯枝落叶。尤其在车辆没有对准地面充电模块的情况下，无线充电系统发热功率更大，风险系数更高。以6.6千瓦充电系统在10厘米侧移处（即在垂直于汽车行驶方向上汽车和地面充电模块有10厘米误差）为例，能量发射端损耗相比对准时增加了82.11%，达到591.51瓦。该值与普通家用电热水壶的功率相仿，导致能量发射端的表面最大温度高达95℃，从而使其具备了引燃柳絮等低燃点异物、烫伤小动物的可能性。

蹇林旎表示，尽管无线充电技术有待更长周期和更大范围的持续验证，但他对该项技术的应用前景充满信心。“国标的出台将进一步促进国内电动汽车无线充电产业的健康快速发展。未来，团队将致力于超安全性无线充电系统的研发，为国家能源安全战略贡献力量。”蹇林旎说。

### 大灭绝致生物多样性骤降 促使生物古地理格局巨变

**徐 燕** 本报记者 **刘志伟**

近日，记者从中国地质大学（武汉）获悉，该校宋海军教授团队在二叠纪—三叠纪之交生物古地理研究领域取得新进展。他们研究发现，史上最大规模的灭绝事件不仅导致生物多样性骤降，还促使生物古地理格局发生巨变。最近，相关成果以《二叠纪—三叠纪大灭绝导致扁平化的多样性纬度梯度》为题，发表于国际著名综合性学术期刊《美国国家科学院院报》上。

当今生物多样性最普遍、最具全球性的特征之一就是存在多样性纬度梯度。多样性纬度梯度是指地球物种多样性具有从两极向赤道增加的特征，这一生物地理分布特征在陆地和海洋生物中广泛存在。当今地球显著的生物多样性纬度梯度是多种因素共同作用的结果，例如地理条件、气候环境、生态特征等。但是，地质历史时期（指现代以前即第四纪全新世以前的各个地质时期）生物多样性纬度格局变化规律及其原因并不清楚。

有观点认为生物多样性纬度梯度主要存在于地球处于较冷的气候背景下，例如晚古生代冰期、晚新生代（包括现代）。因为较冷的时期，地表气候沿纬度方向的变化更为明显，气候的纬度梯度显著，进而导致生物的地理分布也随之变化。

生物地质与环境地质国家重点实验室宋海军团队基于二叠纪—三叠纪海洋生物数据库5万多条化石数据，采用多种化石重采样分析方法，发现无论是在气候较冷的晚二叠世，还是气候较温暖的中—晚三叠世，海洋生物多样性纬度梯度都十分明显。这说明不仅在寒冷期地球上存在显著的多样性纬度梯度，在温暖期也同样存在。这些发现表明稳定的环境（而不是寒冷气候条件）可能是维持热带地区生物多样性高峰的关键因素。

约2.5亿年前的二叠纪—三叠纪之交的生物大灭绝，导致生物古地理格局发生巨大变化，多样性纬度梯度逐渐减弱，热带地区显著的生物多样性高峰消失，生物多样性从两极到赤道没有显著区别。这种扁平的纬度多样性梯度持续了整个早三叠世（约500万年前），到中三叠世逐渐恢复到一个类似于现代的生物多样性纬度梯度。

研究发现大灭绝后显著的多样性纬度梯度消失。这种现象发生的原因之一是热带地区生物灭绝率高，导致该地区生物多样性下降幅度大。另外一个原因是热带地区的新生物种较少。而低纬度地区的生物向高纬度地区迁移，进一步减弱了这种差异，最终导致从两极到赤道生物多样性差别不大。

早三叠世极端的环境条件也是导致多样性纬度梯度消失的重要原因。西伯利亚大规模的火山喷发，导致了全球温度快速升高，同时伴随着长期的异常环境事件，例如陆地风化作用加强、陆源物质大量输入海洋、海洋缺氧等。这些环境事件一方面导致纬度方向的温度梯度减弱，另一方面导致全球范围的环境异常，不仅造成陆地生物多样性急剧下降，还影响了海洋生物古地理格局。

宋海军教授团队的研究结果表明，地质历史时期的极端环境事件在生物地理格局演变中作用巨大。确定全球生物地理格局的驱动机制是预测未来生物多样性如何响应环境变化的关键一步。