

# 研发30多年 商用供热堆还要等多久



我国北方已进入采暖季。近年来饱受雾霾天气困扰，清洁供热能源的替代需求愈发强烈。

上世纪80年代，我国开始核能供热反应堆研发，30多年来却始终未能迈出实质性一步，至今没有建成一座商用供热堆。

人们不禁要问，核能供热，还要等多久？

**未被列入国家科研计划 池式供热堆示范项目无法继续**

核能供热并非新概念。早在半个世纪前，北欧就有核能供暖。

“核能供热的突出优势表现在低温供热上。”清华大学核能技术设计研究院（以下简称核研院）教授田嘉夫表示，与锅炉燃烧原理不同，核裂变反应可以在任何温度下发生，如果仅仅要求供应低温热，反应堆可在低温低压条件下工作，能简化反应堆结构、提高安全性并降低造价。

1981年，我国学者提出研究开发“核能低温供热”的倡议。

核能所（现核研院）向国家科委申报的“核能低温供热”研究项目很快获批，并在“六五”期间获得支持。

1983年，核能所通过改造一座2兆瓦池式研究堆，为附近厂房成功供暖一个冬季。

但这仅仅是演示，要替代煤炭实现有经济竞争力的供热，还需要满足集中供热要求，将功率提高到200兆瓦以上，供水温度提高到90℃。

经过努力，研究人员创造性地提出了“深水池式供热堆”，该堆采用主流堆型之一的池式供热堆方案，将堆芯放在一个开口的深埋地下的钢筋混凝土容器内，利用水层的静压力提高出口温度，以满足供热的需求。该技术曾在1985年获得我国第一批发明专利授权。

但因为种种原因，深水池供热堆未被列入国家科研计划，只有少数人

员自愿组成研究小组继续设计研究和开发工作，导致天津和阜新的核能供热示范工程立项后无法继续。

**技术问题明显 壳式供热堆示范项目搁浅**

田嘉夫介绍，上世纪80年代，全世界12个国家的大多数技术方案不是池式堆，而是壳式低温供热堆——通过简化核电站技术，设想将压力壳变成低温低压容器。

走在最前面的苏联于1981年在高尔基市开工建造了2座500兆瓦商用壳式供热堆——AST-500。1983年德国也设计了与苏联技术方案完全一样的壳式供热堆，并与我国合作研究，核能所随之启动了壳式供热堆研究。

核能所决定先在院内建造一个5兆瓦壳式供热实验堆。1989年，该堆建成并为附近厂房供热。

但这仍是一种演示，不能表现堆型达到实用规模后的安全性和经济性。在随后200兆瓦壳式供热堆设计中，科研人员发现很多安全和经济方面的问题。

核能所派人去高尔基市，参观和访问了正在建设的AST-500，却被告知，该市已完成75%投资工程量的两座堆，以及其他两座城市开工的同样型号的壳式供热堆，都将被停建拆除。

德国人也认为此堆型有问题，随后退出了与我国的合作研究。

田嘉夫后来从一些资料了解到，在2兆帕压力下，AST-500供热堆要求的大口径安全阀无法满足，这是壳式供热堆没能继续建造的重要原因之一。

与此同时，2000年以前，我国200兆瓦壳式供热堆曾在哈尔滨、长春、吉化、大庆和沈阳等城市开展了示范供热站的工程前期工作，但因为技术问题明显，工程一再拖延，2002年，沈阳宣布壳式堆核供热示范项目停止工作，核供热项目再没有进展。

**首要问题是降低造价**

近年来，随着人们对大气质量的关注，核能供热再次受到关注。

2017年11月，中核集团正式宣布：泳池式轻水反应堆49-2堆安全供热满168个小时，具备原子能院部分办公楼供热、功能演示及实操培训等能力。当天还发布了实现区域供热的“燕龙”泳池式低温供热堆。

与此同时，中广核正携手清华大学共同推进壳式供热堆NHR200-II低温供热堆技术示范项目落地。国家电投研发的微压供热堆HAPPY200也于2017年完成总体方案迭代及优化，并进行了候选厂址的调研勘察。

“我觉得无论是哪种技术路线，遇到的共同问题是如何通过系统优化，提高经济性。”中核集团“燕龙”泳池式低温供热堆总设计师柯国士说，过去一年，团队干的一件大事，是在确保安全的情况下，提高经济性。此外，对“燕龙”示范堆建议厂址徐堡进行了初步设计，形成初步安全报告。“49-2堆只是研究堆，在此基础上放大100倍，是动力堆，会给技术、安全管理带来新变化，同时供热堆靠近城镇，需要增进公众对核能区域供热的认知度和接受度。”

（陈瑜）

# “洞察号”无人探测器 成功登陆火星并传回首张图像

北京时间11月27日3时53分，备受瞩目的“洞察号”探测器经过6个多月的漫长旅途后成功着陆火星，接下来，它将在2019年3月前完成所有仪器的配置，并开始人类历史上首次、为期一个火星年（地球上687天）的火星地质勘探。

今年5月5日，“洞察号”从位于美国加利福尼亚州中部的范登堡空军基地升空。这也是第一次从美国西海岸，而不是东海岸的卡纳维拉尔角发射行星际探测器。发射时还搭载了两颗立方体小卫星“MarCO”，分别命名为“瓦力”和“伊娃”，在“洞察号”着陆时提供了实时的信号中继服务。第一幅传回的火星地表图像，就来自于这两颗小卫星的数据中像。

在NASA的精密控制下，“洞察号”度过了危险的“恐怖7分钟”，尽管此前NASA已经积累了多次火星登陆的经验，但此前约有三分之一被派往火星执行任务的机器人都没能成功着陆，他们也没有100%把握保证“洞察号”的安全。

随后，“洞察号”通过与其同行的迷你卫星传回了火星的第一张照片，展示的是远处的火星地平线，拍摄时半透

明的防尘盖尚未去除，因此可以看到沾满尘埃的镜头画面。

不同于此前的火星探测任务，“洞察号”是NASA研发的第一颗火星地球物理探测器，它不能像火星车一样四处走动，着陆后只能在原地展开科研工作，作为研究火星深层内部的第一项任务，“洞察号”将利用地震调查、大地测量和热量传输进行内部探索，监测火星的地震活动、旋转摆动和地下温度，以确定其地幔、地核和地壳的大小、厚度和密度，以及当前的地热活动和陨石数量。该着陆器还将第一次在火星上进行连续的天气监测，每天提供温度、风力和气压的读数。

据此次探测任务的副总调查员、美国宇航局喷气动力实验室Suzanne Smrekar介绍说：“一颗行星内部的活动，会驱动地表的地质活动，甚至是大气演化。只有理解了整体的地质演化，才能开始理解行星的宜居性。”

为了让更多的人参与到“火星探索”的任务中，满足天文爱好者们“飞向火星”的心愿，有240万人的名字被刻在两枚特制芯片上，随“洞察号”一同登陆火星。（综合）

# 加速度传感器： 高铁敏感元器件国货难觅

加速度传感器负责对动车组的失稳、车厢舒适度和走行部件健康状态进行检测，广泛应用于轨道交通系统。

“要保证动车组高速行驶，首先要由加速度传感器对来自X（轴）、Y（径）和Z（垂）向的应力进行实时监测，并将电信号传输给列车指挥系统。”北京交通大学教授秦勇表示，加速度敏感器件负责完成电信号的传输，是高端加速度传感器中的核心部件。由于我国传感器产业长期处于产业链中下游，加速度敏感器件进口率达80%以上。

**最小长度为头发丝直径的1/50**

加速度敏感器件属高端芯片，多采用MEMS工艺制造。MEMS是一门综合学科，涵盖微米尺度的力、电、光、磁、声、原子、表面等物理学的各分支，乃至化学、生物、医学和仪器等各领域，学科交叉很强，研究难度很大。

“MEMS工艺则在传统的半导体工艺和材料基础上，利用平面硅加工工艺、体硅加工工艺等微纳技术，在硅片上制造微型机械敏感器件，并将其与对应电路集成为一个整体的技术。”宁波中车时代传感技术有限公司副总经理吕阳介绍，相比传统的厘米级机械器件，MEMS器件尺寸非常微小，长度从1毫米到1微米，而一根头发丝的直径大约是50微米。

硅是MEMS的主要材料，其电气性能优良，硅材料的强度、硬度和杨氏模量与铁相当，密度与铝类似，热传导率接近铂和钨。“一块几微米的MEMS传感器芯片，要集成七八种机械配件。”吕阳说。

目前全球拥有整个MEMS产业链的公司基本为美日欧公司，有博世、霍尼韦尔、ST（意法半导体）、索尼、ALLEGRO、ARM、TDK、英飞凌等，全球市场占有率达90%以上。

**国产MEMS器件 量产仅有X、Y轴方向**

为保障高铁的故障率仅允许的百万分之一，高可靠性的敏感元器件，是加速度传感器集成商的必然选择。吕阳透露，目前世界最先进的敏感器件为三轴，标准为零点偏差±50mg甚至更小、零点温度误差±1mg/℃、灵敏度温度误差±100ppm/℃、噪声低至30μg/√Hz，且使用寿命基本在10年以上。

# AI赋能博物馆

“AI赋能博物馆，不仅是为颠覆历史文物的传统呈现方式，更是为文物档案原始数据的留存和复原提供技术支撑。”在近日举办的第三届中国人工智能大会上，四维时代创始人兼CEO、智慧人工智能研究院院长崔岩表示，“智能化的博物馆，文物与场景的三维数字化仍是存储、运算、呈现的主流方式。”

要实现人工智能，大数据与算法的完美结合必不可少，但博物馆的特殊“身份”使其总是数据“匮乏”。崔岩表示，一方面文物数据量与日常生活产生的数据量相去甚远，另一方面博物馆的数据有自身的开放级别，导致文物大数据库很难建设。因此，AI

相比之下，国内规模最大、专做MEMS的企业美新，目前能形成量产的还是两轴产品，仅能测量X、Y向。MEMS传感器品类众多，以万为单位，且不同MEMS传感器之间参量较多，消费类加速度敏感器件，不能直接应用于高速轨道交通行业，需要进行可靠性优化设计。“这种行业特性，要求企业在前期研发上必须投入巨资。”吕阳说，一般而言，月产1000万只，才能保证MEMS传感器市场盈亏平衡。根据调查，国内绝大多数企业都远低于这一规模。

秦勇认为，起步晚、研发和材料工艺落后、资金和人才严重匮乏，以及产学研脱节等，都是国内MEMS行业发展滞缓的重要因素。

**SOI工艺加工等关键技术已突破**

高铁产业需要大量传感器，一列8编组动车组需要上千传感器，实时采集与监测车辆状态数据。到2020年，中国高铁里程将新增5000公里，达3万公里，而且还将提升智能化水平。“这意味着对加速度、角度和温度等传感器的巨大需求。”秦勇表示。

来自中国中车和中国铁建消息，2019年，“复兴号”智能版列车将上线运行，在世界上首次实现时速350公里自动驾驶；而中国铁建电气化局设计研发的高铁供电线材之一，即棘轮智能在线监测装置，在国内首创组装高精度角度传感器、温度传感器和振动监测传感器，其中角度传感器测量精度±0.1°，温度传感器测量精度±0.1℃。

“目前国产轨道交通装备传感器尚属二代产品，仍以模拟量传输为主，易受干扰，同时在恶劣条件下发生故障后，尚无法实现自诊断，不具备自愈能力。”秦勇说，MEMS工艺就是要实现信号输出从模拟改为数字，具备自校正、自诊断、自判断和自愈能力。

MEMS加速度传感器国产化替代正紧锣密鼓。“相关科研院所已突破高精度SOI工艺加工、晶圆级可调阻尼封装、低功耗ASIC专用集成电路等关键技术。”吕阳说。

SOI工艺，指在顶层硅和衬底硅之间，引入一层二氧化硅层，起绝缘和隔离作用。基于SOI工艺的MEMS器件具备工艺简单、漏电流小、无门锁效应、电流驱动能力强等诸多优点。（矫宇）

# “千克”迎来新定义

11月16日，来自60多个国家的代表在巴黎举行的第26届国际度量标准大会（General Conference on Weights and Measures）上齐聚一堂，投票通过了有关修改现有千克定义的提案。

新定义将自2019年5月20日起正式生效，届时，千克依靠物理实体，至今沿用了约130年的定义方式将被一种以自然常数之一，普朗克常数为基础的定义方式所取代。

虽然新千克并不会让超市里的一公斤白菜变多或变少，但解除国际标准单位对物理实体的依赖，将它们以自然常数进行定义，或许宣告着人类科学真的已经进入了一个新纪元。

**千克的起源**

千克（Kilogram）一词的起源要从大革命时期的法国说起。当时，法国的新政府成立了一个度量制改革委员会，旨在废除腐朽旧政府的度量标准，为人们日常生活以及科学研究中常用的物理量建立一个新的国际标准。该委员会由当时法国众多名望颇高的科学家组成，其中就有著名化学家，有“现代化学之父”之称的安托万·拉瓦锡（Antoine Lavoisier）。

拉瓦锡于1791年提出，将质量（mass）的标准单位定义为一立方分米水在0摄氏度时的重量，也就是1升冰水混合物的重量，并将这一单位重量命名为“Grave”，源自拉丁文中的“重量”一词——“Gravitas”。

该定义虽乍看没什么问题，但由于拉瓦锡的贵族背景，以及其在旧政府时期曾任政府税务专员的仕途经历，拉瓦锡很快（1793年8月）就被新政府解除了其在委员会的职务，并于1793年11月被捕入狱，最终在1794年5月被送上断头台。而由于“Grave”在法语中的发音与“Graf”类似，也就是法语中的“伯爵（贵族头衔之一）”一词，提倡平等自由的法

国革命政府后来自然舍弃了这一由旧贵族所定的“旧”重量标准，改用重量为原Grave定义重量的千分之一为重量基本单位，并将其重新命名为“Gramme”（后来英文里的gram，也就是中文里的“克”）。

然而，新政府很快就发现，采用原Grave定义重量的千分之一作为基本重量单位实在是太小了，给很多事情都带来了不便，但新政府又不能明目张胆地重新采用旧贵族拉瓦锡所制定的标准，于是便发明了“Kilogramme”，也就是法语中的“千克”一词，意指“一千个Gramme”，而英文里的千克一词“Kilogram”也正是由此而来。

后来，到了1799年，由于水在4摄氏度时密度约为最大，千克的定义又被改为一升水在4摄氏度时的重量，但由于水毕竟是一种液体，杯子里晃晃就出去了，并不是一种理想的重量衡量方式。所以，人们在1799年制造了一个重量与4摄氏度下一升水重量大抵相当的金属块，并以此重新定义了千克，而这个金属块，便是后来按“一立方米水处于最大密度的温度气压环境时的重量”为标准，于1889年用铂-铱金属（platinum-iridium）所铸的“国际千克原件（IPK, the International Prototype Kilogram）”前身。

而自国际千克原件于1889年诞生后，以此定义的千克便一直被沿用至今。国际千克原件会每40年左右与存放在世界各地的“副本”进行比较，以保证该定义方式的精准性，但在1948年的比较过程中，科学家们发现，国际千克原件的重量与各副本所衡量的1千克重量存在明显差异，甚至各个副本所衡量的1千克重量也有所不同，而这种差异则在1990年的比较过程中被发现“有了进一步的扩大”。

而这个重量差异问题说明，虽然国际千克原件和各个副本都以相同的严格条件被仔细地保存着，但这些金属块的重量还是会因不明原因而流失，导致一些科学家得出了“依靠物理实体定义千克的做法并不可靠”的结论，并由此引发了后来一些科学家对“更新千克定义”的呼吁，进而最终造就了上周国际度量标准大会投票通过的新定义。

**新的定义**

新定义由一个化学测量方法和一个物理测量方法组成，由于在两种方法中科学家们都需要借助现有的千克定义将自然常数固定为一个确定的值，再以此值定义千克，两种方法实际上起到了基于物理的体积和硅的原子间距信息能够精确算出构成该球体的硅原子数量，并以此重新定义阿伏伽德罗常数，再以此根据阿伏伽德罗常数的常规定义，“12克的碳-12中所包含的碳原子数量”反过来重新定义千克。

物理测量方法则涉及用一种名为“基布尔秤”（Kibble Balance）的实验仪器精准测量普朗克常数。基布尔秤虽然在设计和外观上与传统的称量不同，但其工作原理与传统的称量类似，都是同平衡两个物体的重量来通过已知重量测得未知重量，区别在于基布尔秤的实际原理要更为复杂。基布尔秤有称重和速度两个工作模块，科学家会先在称重模块中将重1千克的物体放在仪器的一个称重托盘中，让基布尔秤根据该物体的重量在一个可移动线圈中生成能产生与该物体重力相抵电磁力的电流，然后从称重盘上取走物体，让速度模块中，让被物体抬起的悬挂质量下移，该悬挂质量与称重模块中的可移动线圈

相连，导致线圈在磁场中上下移动切割磁感线，进而在该线圈中产生出一个感应电压，而科学家则能根据该电压与磁场强度、线圈长度和线圈移动速度的关系，将该电压与此前生成与物体重力相当电磁力的电流联系起来，再利用由“该电流产生的电磁力与物体重力相当”这一信息将重量与感应电压联系起来，并通过化简得出一个电功率（电压乘以电流）与机械能（质量乘以重力乘以速度）之间的关系，再以此通过一种由被一个绝缘体薄片分开的两个超导体构成，名为“约瑟夫节点”（Josephson junctions）的电路设计，利用“该电路设计能产生在数值上与普朗克常数有关的特定电压”将电压和普朗克常数联系起来，进而以一千克的物体为基础精确测量与之相对应的普朗克常数取值，以此固定普朗克常数的取值，再以此值永久定义一千克的重量。

总的来说，虽然新定义或许不会对我们的日常生活构成什么影响，但以自然常数定义千克的方法将会帮助我们避免基本度量单位的取值不确定情况发生，为科学家们带来一个更为自治的单位系统，助力研究顺利进行。

在国际标准单位中，很多量的定义都涉及质量，而质量的定义则直接决定了这些量的可靠性，比如衡量物质的量的单位摩尔（mole）的定义与阿伏伽德罗常数有关，而阿伏伽德罗常数的定义又与质量有关。

而在实际研究中，一些量的初始误差在经过许多运算后可能会被放大很多倍，导致结果数据无效，而这对许多理论来说是致命的，比如在一些物理模型中，能量上的微小偏差能够直接导致一个假想宇宙的毁灭，或是物理法则的变化。

或许，通过用自然常数以一种“永恒”的方式重新定义国际标准单位，就像“人类最初意识到描述自然及宇宙需要定义一些基本量”一样，象征着人类科学的一个新起点。（麻省）



存放于巴黎的国际千克原件。