



# “种太阳”的梦想，离我们还有多远

本报记者 王昱

## 终结能源问题的“黑科技”

想要搞清可控核聚变究竟是什么，必须先说清楚核聚变是啥。众所周知，物质是由原子组成的，而原子的质量则主要存在原子核中。所谓的聚变，就是指质量较小的原子，在一定条件下发生聚合作用，生成更重的原子。而裂变，则是将这一过程反过来，让更重的原子在一定条件下分裂，去制取更轻的原子。裂变和聚变都属于核反应。

由于各种元素原子核的基本构成单位都是质子和中子，所以在理论上，我们可以利用任何元素，在一定条件，去制造另外一种元素。但我们要不要进行这种反应，却要看“划算”。按照爱因斯坦的质能方程，能量和质量是可以相互转换的，如果裂变或聚变的终产物总质量小于原料的总质量，那么其损失的那部分质量就能够转换为能量，这就是所谓的核能。

就人类目前掌握的技术而言，我们玩得比较熟的还是裂变，即采用一定手段去促使铀、钚等放射性元素的原子核发生分裂，其实这些元素在自然界中原本就不稳定，时刻在发生着缓慢的衰变，因此人类想达到这一目的相对容易。除了原子弹这种“暴力”用法，目前所有的商用核电站利用的核能都来源于裂变。

但核裂变却有一个显而易见的短处，那就是带有放射性的核废料问题难以解决。为了解决该问题，人们很自然地想到了发展可控核聚变技术。

事实上，早在上世纪50年代，科学界就已经将聚变能而不是裂变能视为人类利用核能解决能源问题的终极手段。其中的原因也不难理解：首先，聚变的产能效率比裂变高得多（目前人类已知的所有产生能量的反应中，只有正反物质湮灭的放能效率超过它），产物无污染、不具放射性。其次，核聚变的原料也比裂变更易得，地球上目前可以用来进行核聚变的原料是氢的同位素（氘、氚），氘在海水中储量极为丰富，有45万吨，而且一升海水中的氘聚变后可以提供300升汽油燃烧释放的能量。如果将地球上蕴藏的聚变原料的能量都用光，按照人类目前的耗能效率，够使用几十亿到几百亿年。

由此看来，一旦掌握了聚变技术，人类的能源问题可以说将获得永久性的解决，实现真正的“能源自由”。到那时，什么电力、石油、煤炭不足都不再是问题，空气污染、雾

“我有一个美丽的愿望，长大以后能播种太阳。”这是一首曾经颇为流行的儿歌《种太阳》的歌词。

近日，一则新闻似乎让这个儿歌有望变成现实：我国聚变科学装置“人造太阳”取得重大突破，等离子体中心温度首次达到一亿摄氏度。虽然离真正实现可控核聚变仍有着相当的距离，但它意味着我们可以更加真实地模拟未来商用聚变堆。人类四处“种太阳”，用上清洁、免费能源的梦想，似乎真的离我们不远了。

霾、温室气体排放等难题也将无影无踪——听上去是不是像天国一样的图景，你也许会问，那还等什么？赶紧玩命研发啊！别急，难题多着呢。

## 这次真的还剩五十年？

据说，可控核聚变技术研究界有句笑话：“我们离实用的聚变反应堆永远只有50年。”这句玩笑从一个侧面反应出了可控核聚变研究的难度之高。

简单点说，核聚变之所以难，是因为它要求的条件异常苛刻：太阳可以轻易地发生聚变，是因为其核心温度高达1500万摄氏度，而且有很高的密度，氢弹则是依赖核心装载的裂变原子弹提供聚变发生所需的能量。然而，想搞一个能和平利用聚变能的聚变反应堆，显然不能通过起爆原子弹。经过计算，要实现稳定持久的可控核聚变，需要一个使原料达到1亿摄氏度的环境。这就比太阳最高的温度还要高10倍。而且当氢元素被加热到这么高的温度时，它的状态就会由气态变成等离子体态，这种状态类似于气体。那么问题来了，什么样的“容器”能够“盛”住这锅如此高温的“等离子蒸气”呢？

很显然，一亿度的温度是任何材料都承受不了的，但因为等离子体带电，于是科学家们很自然地想到了能不能用磁场去“装”它。于是，

磁约束聚变的概念就出炉了，科学家们设计出了各种磁场“笼子”试图约束住其中的“核老虎”。其中比较成熟的，也是本次我国技术上获得突破的，就是托卡马克装置。

实际上，从20世纪70年代开始，国际上就进行托卡马克装置的研究，上世纪90年代，欧洲的聚变装置JET第一次实现了聚变功率一千六百万瓦特，同时输出功率超过输入功率的聚变实验，该实验证明托卡马克装置方案是科学可行的。但不幸的是，实验只持续了几秒钟就被迫停机，原因是制造“磁笼”本身需要消耗相当大的电力，而导线是有电阻的，大量电流长时间通过，就会烧坏导线。所以常规导线无法用于该装置。

解决该问题的思路，是让导线本身不带电阻，或者至少让电阻降到极低，这就是所谓的“超导托卡马克”。在该技术的探索上，中国拔得了头筹。2006年，世界上第一台全超导托卡马克(EAST)在中国合肥问世，自那以后，我国就在该技术上不断获得领先世界的突破。2017年，EAST创造了纪录，实现了持续超过100秒的可控核聚变反应。而今年，EAST终于可以达到1亿摄氏度的理想运行环境，这一消息的意义在于，我们终于造出了那个能够满足可控核聚变理想运行环境的“磁笼”。

这的确是个伟大的技术突破。不过，我们也不能开心得太早，核聚变能完成不是最终目的，我们还需要转化率，这是商业化要求。目前实验室中的可控核聚变花费太大，设备复杂，而且并不持久，只有效率提高，设备简化，至少达到裂变核电站的程度，才能谈得上商用价值。

此外，旧的问题解决了，还有很多技术难关又冒了出来，比如中子辐射，带电的质子都会受磁场约束，那么中子不带电在磁场里不受约束怎么办？高能量的中子碰撞仪器内部，仪器根本受不住，所以目前的聚变仍没办法持续太长时间。

不过，EAST成功达到1亿摄氏度并持久运行，无疑给科学家们注射了一针强心剂。它证明目前我们的努力方向是对路的，既然思路对头，目前横亘在眼前的大多就只是工程学问题，通过技术的不断进步终将获得解决。根据目前最新的预测，到2070年左右，人类有望基本完成可控核聚变——当然，算起来，这似乎又是一个“还有50年就能实现”的大饼。不过，这次的“大饼”没准真的能实现。

所以，读到这篇报道的读者朋友们，不妨把《种太阳》的儿歌教给自己年幼的孩子——我们儿时的梦想，也许将在他们老去时得以实现。

# 乐山大佛“花脸”“裂胸”谁在作怪

目前，预计进行15个月的乐山大佛胸腹部开裂残损区域抢救性保护前期研究及勘测工作正在进行。

作为世界现存最大的石刻佛像，乐山大佛开凿距今已有1300多年历史，常年受到风雨、植被等侵蚀，也留下诸多文物保护方面的“谜题”，比如覆盖在大佛额头及两侧脸颊的大面积黑色“疤痕”究竟是什么？大佛诞生之初就在螺髻耳部、胸部设有排水槽和排水廊，为何经过历代多次维护后，至今仍旧面临渗水导致胸部开裂？此次大佛“体检”的项目负责人、中铁科研院西北院文保中心副主任孙博，首次揭示上述谜题。



渗水还是炭黑？

大佛“花脸”缘于生物病害

“作为自古至今吸引游客目光的大佛，游客们近年来问到最多的问题就是，大佛的脸怎么‘花了’？这也是大佛管委会最想知道的问题。”孙博说，走进大佛不难发现，大面积黑色“疤痕”覆盖在大佛额头及两侧脸颊，这究竟是什么原因呢？

他说，此前文保界有多种猜测。首先，有人怀疑是重做的大佛发髻里含有炭，经水流冲刷后，其中炭黑下流到大佛面部造成花脸；还有人说是雨水渗透后，大佛面部岩石上形成了水锈结壳，呈现深色状。

“其实都不是。”孙博说，“体检”中，施工人员搭建脚手架走近大佛后，经初步勘探，得出结论这是“生物病害”，即主要是地衣、苔藓和其他生物藻类、霉菌造成的。

孙博说，大佛的头部和胸部都有保护层，最近一次保护层是在2001年添加的，但保护层上附着有毫米级的泥土，这些泥土已足够苔藓类植物生存。“因为当地降水充沛，植物生长季节性比较明显。降水充沛时它会变成绿色继续生长；雨水稀少时，它进入休眠期或死亡就会发黑，让大佛成了‘花脸’。”孙博说。

那么怎么处理呢？孙博说，由于植物根系吸附能力比较强，传统的物理修剪方式往往治标不治本。“就像胶水粘的信封，你直接撕开连信封也会撕破，但放在杯子口上熏一会儿，操作会更简单。”他说，如果“暴力破解”很可能连植物带着大佛表皮岩层一起撕开，到时候花得更难看。“我们推荐蒸汽法或土壤改性。”前者可以通过软化植物，减少植物分泌的酸与大佛表层碳酸钙的粘连；后者可以直接调整植物的生存微环境。

有保护还“胸裂”？

岩体隔水层令涂层黏性消失

近期乐山大佛被发现胸口岩石开裂，而岩石起鼓开裂，均是渗水造成的温度差、湿度差所引起的。其实在建成之初，人们就在大佛的螺髻耳部、胸部等修建了排水槽、排水廊道，而且在上一轮的修缮中还给大佛胸部涂了保护膜，为什么大佛的胸口还是因为渗水而起鼓开裂了呢？

此次勘探中，孙博团队对渗水的原因有了新的发现：大佛主体结构是在凌云山沿天然山体凿刻的，从上到下整体是砂岩结构，但不同的砂岩层之间又有30厘米至50厘米厚的泥岩夹层。“砂岩渗水性很强，但泥岩则相对较弱，那么泥岩夹层就变成了相对的隔水层。”孙博说，“很多人觉得奇怪，大佛身上及周边岩石上的植物，为什么呈一条直线横着生长？这正是岩体中存在利于植物生长的隔水层的证明。”

他指出，水在隔水层中堆积后，又受到了大佛外壳的阻碍无法排出。“过去大佛的涂层材料，渗透系数可能太小了，水在里面泡着，外面又干燥，涂层的黏性就会消失，从而导致大佛表面开裂、隆起。”（科技日报）