

## 探访“人造太阳”项目：有望2050年点亮你家灯泡



原标题：“四川智慧”破解世界最大科学合作工程核心部件

人造太阳有望2050年点亮你家灯泡



↑ 10月19日，核工业西南物理研究院内的中国环流器二号装置。

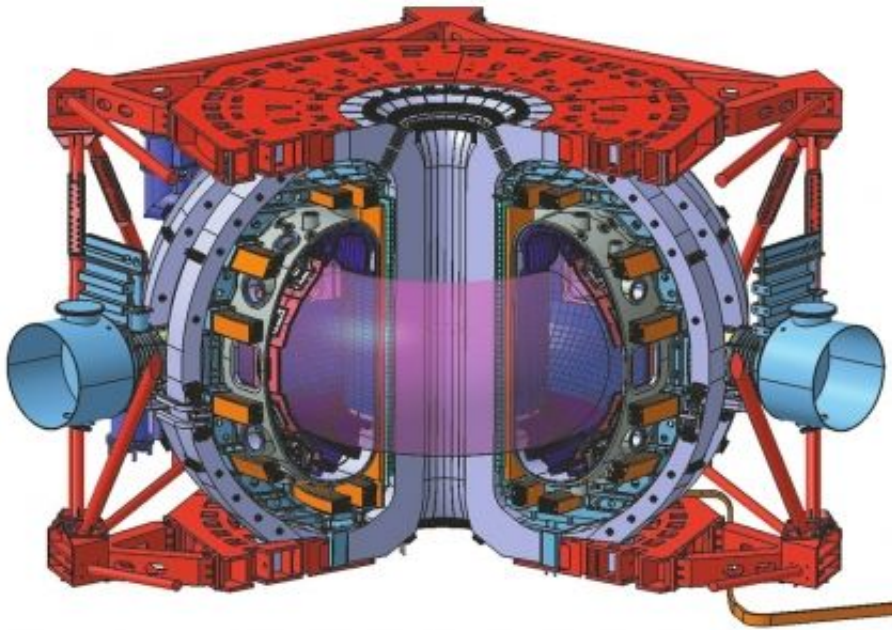
想象着有一天，当地球资源面临枯竭的时候，人类是否可以使用“人造太阳”来获取能源？

一个集结了包括中国在内的30多个国家的顶尖科学家，目前世界上最大的科学合作工程——国际热核聚变实验堆计划（简称“ITER”）正在有条不紊地进行着。由于项目模拟自太阳内部的核聚变原理，这个工程还有一个更加形象的名字：“人造太阳”。

视线转移到成都，在双流区黄荆路5号——核工业西南物理研究院，一个多达500人的团队正在为这个项目夜以继日地忙碌着。

去年10月，由“四川团队”自主研发制造的国际热核聚变核心部件“第一壁”，在国际上率先通过权威机构认证。这是“四川智慧”对这个被誉为人类历史上伟大事业之一的项目做出的重大贡献。

10月20日，记者走进这个团队，深度探访“人造太阳”项目背后的“四川力量”。



↑ 磁约束核聚变示范堆示意图

能量之大

攻关1亿℃高温 实现等离子体可控核聚变

万物生长靠太阳。作为太阳系的主星，太阳内部时刻不停地发生着核聚变反应，为地球提供了源源不断的光和热。

怎样才能实现“人造太阳”？科学家想了一个办法，就是把一团上亿℃的等离子体火球，用磁场把它悬浮起来，跟周围的任何容器材料不接触。这时，就可以对它加热、控制，进而实现“受控的核聚变”，实现“人造太阳”。

等离子体天性“放荡不羁”，更喜欢漂泊不定。如何让其乖乖“受控”？在核工业西南物理研究院，有一个专门的装置来盛放这一团火球，它就是中国环流器二号A托卡马克装置。其主体呈甜甜圈状，边缘四周延伸出数十个“触角”，形似一颗颗星星。装置内部，由无数根铜导体线圈产生一个封闭的磁场，用来约束分散等离子体的行为。

如果把试验装置看成一个微波炉，核工业西南物理研究院研究员、高级工程师黄梅的工作就是不断给这个装置加温。给微波炉加温的方式有很多种，黄梅的方式是其中一种，叫“电子回旋波加热”。“简单的说，就是通过微波注入等离子体，给微波炉添把火，让内部温度不断升高，从而让食物更快熟透。”

目前，托卡马克装置的温度已升至5500万℃，这是迄今为止国内装置达到的最高温度。“要实现受控核聚变反应，必须达到上亿℃以上高温，以及足够高的密度等，如果因某种原因导致条件不能满足，聚变反应就会停止。”对于黄梅来说，如何持续给装置加温，达到“点火”要求，是他们还将继续面临的一个课题。



↑ 机器人正在焊接“人造太阳”核心部件“第一壁”设备。（受访单位供图）

#### 40万吨氘 将解决人类能源问题

上百人的团队，围坐在操作大厅里。对着面前两块超大屏幕，观测着相关参数的变化，眼睛都不敢乱眨，生怕漏过任何蛛丝马迹。

这种高度紧张的状态，工作十年，钟武律每年都要经历两轮。通常是3月至5月的春季实验、11月到接近农历新年的冬季实验。每一次实验，内部人员称之为“一炮”。每次实验由于耗电量非常大，放炮时间通常1至2秒。

作为等离子体诊断的“专职医生”，钟武律通过每一次实验，发现等离子体在约束过程的变化。两次放炮间隔很短，只有8分钟。因此，他们必须在8分钟内，做出判断并且调整相关参数的设置。“离子体的变化是非常快的，达到微秒或者毫秒级别。”因此，在行业里有句话，做等离子体的分析和物理实验，没干够5年，根本摸不着边。类似钟武律这样的工作，还有更庞杂的分工。

如此繁复、浩瀚，为什么要启动“人造太阳”计划？在业内人士看来，核能包含两种方式：核裂变和核聚变。原子弹就是利用的核裂变的原理；氢弹、太阳则是核聚变的原理。人造太阳项目，也就是“受控热核聚变能源”，由于其固有的安全性、无污染的优越性、燃料资源丰富等特点，被认为是人类最理想的洁净能源。

核工业西南物理研究院聚变科学所副所长许敏进一步解释说，最容易实现的核聚变能源来自氢的同位素，氘和氚的剧烈反应。一公升海水里提取出的氘，完全聚变反应可释放相当于燃烧300升汽油的能量。科学家初步估计，地球上的海水中蕴藏了大约40万吨氘。另一方面，它的环境可接受性比较好，因为聚变反应，产物是氦，其本身不具有放射性。在科学家们看来，核聚变一直以来被人们视为解决未来能源问题的希望。

什么是人造太阳？

把一团上亿℃高温的等离子体火球，用磁场悬浮起来，跟周边的任何容器材料不接触。再对它加热、控制，进而实现“受控的核聚变”，从而实现“人造太阳”。



核工业西南物理研究院聚变科学所副所长许敏：

研究“人造太阳”的过程中，会产生大量的前沿尖端技术，期待灯泡被核聚变点亮。



“人造太阳”核心部件中方项目总工程师王平怀：

及时传走热量需要一种特殊的结构，仅仅是攻克两种材料连接工艺，项目组提交了多达十几项国家专利申请。



核工业西南物理研究院研究员、高级工程师黄梅：

等离子体天性“放荡不羁”，中国环流器二号A托卡马克装置专门用来约束分散等离子体的行为。



等离子体诊断“专职医生”钟武律：

离子体的变化达到微秒或者毫秒级别，必须在实验间隔的8分钟内，做出判断并且调整相关参数的设置。

表情之变

冷静、坚毅，不苟言笑。“人造太阳”核心部件“第一壁”的中方项目总工程师王平怀，有着一张标准的“科学脸”，亦或是“工科男”面孔。任何的外界喧嚣，很难在他脸上惊起太大的波澜。开口说话时，那种严谨到极致的风格，

让急于在谈话中寻找爆点的倾听者，忍不住抓狂。只有当提到“第一壁”时，他的表情才会像解冻的春水，慢慢舒展，脸上流露出无法掩饰的喜悦，一圈圈地荡漾开来。去年12月，由王平怀团队自主研发制造的国际热核聚变核心部件“第一壁”，在国际上率先通过权威机构认证。让中国落后于美国20年的技术，一跃从“跟跑”实现了“领跑”。

寻觅 花十年找材料

将美国垄断技术造价降低90%

什么是第一壁？实验装置中的聚变物质时刻释放着高强度的热辐射。核心区最高温度能达到1亿℃，如果材料性能不佳，要么就被高温瞬间融化，要么就会让反应堆这座锅炉熄灭。王平怀说，要构建起“人造太阳”的核心，需要特殊的材料筑起一道“防火墙”，来抵御装置内部上亿℃的高温环境。在整个国际热核聚变实验堆计划中，多个国家都在研制这样的高温核心材料。中国科学家承担研制的这种材料，处于反应堆最核心位置，直接面对高温聚变物质，因而被称为反应堆的“第一壁”。2006年，中国正式加入ITER，接受了研制热核聚变反应堆核心部件的工作。十多年来，过五关斩六将，王平怀团队开启了攻克“第一壁”的漫长科研路。王平怀说，寻找“第一壁”，第一关就是材料。面对上亿℃高温的炙烤，任何普通材料瞬间就会灰飞烟灭。当时，业内普遍认为一种特殊的金属材料耐热性高，是最佳选择。彼时，世界上拥有这种材料的高纯度提取和制造工艺技术的国家中，美国处于技术垄断地位。这种高纯度金属材料，一公斤对外销售超上百万元人民币。由于材料的稀缺性，美国只是少量出售。“大部分时候，是有钱都买不到的。”王平怀说。为此，从2004年到2013年，团队成员从高纯度金属材料提取开始，进行了长达十年的特殊材料研制工作。由王平怀所在团队自主研发的材料问世后，将美国垄断价格降低了90%。

失落 模件决定命运

一年半时间失败十几次

单程将近30个小时的火车，一路从成都平原越过秦岭之巅，再到塞外的黄沙和肃杀，最后抵达终点站宁夏的一个小城。从2014年到2015年10月，一年多里，这条跨越1300公里的铁路线，成了王平怀所在项目组32个成员共同的梦魇，项目遇到了真正的低迷期。解决了“第一壁”材料问题后，王平怀们接下来要破解的是结构问题。研制人员想到了一种特殊的结构，把热量及时地传走。那是一块看上去像三明治一样的结构，底下是不锈钢，中间是铜合金，上面则是特殊的高纯度金属材料。再用特殊的方法，将这些材料结合到一起。如何将两个“个性”完全不同的材料，形成一个完整的功能件，成为他们面临的新难题。“可以说，这也是我们过去五年最痛苦的历程。”王平怀坦言，两者的物理性相差实在是太大。上面那层金属材料是最轻、也是最活泼的碱性金属元素组成，热导率比铜和金差了一倍以上。两者强行连接在一起，会形成一种新的物相，易脆，易断裂。尤其是2013年底，ITER更改了相关设计，对于“第一壁”的制作要求更加苛刻。

这种工艺上的高难度，也让“第一壁”研发团队经历了长达一年多的低迷期。更改设计之后，他们制作的模块成功率不到20%。

王平怀至今记得那段灰暗的日子。由于四川没有相关的机加工工厂，每次模块的最终机加工要送到宁夏。每次从设计制作到检测出来，大概需要三周时间。30小时的旅途，对于送模块的人来说，疲惫，但是带着希望。

从成都到塞外，风景一路转变。这一切对于项目组成员来说，任凭风光无限，对他们都毫无意义。包里揣着的那几公斤模块件，更像是怀揣着整个项目组的心血和“第一壁”的前途与命运。

王平怀记得，每次成员把模块件拿回来，32个人都会围着两个检测人员。那一刻，空气好像都凝固了，大气不敢出，生怕把好运气吹跑了。检测的过程很短。很快，人群中的低气压便弥漫开来。彼此相视时，有的也只是互相摇头和叹气。“那段时间，组里的气氛实在太压抑了。”王平怀说，以至于院里的领导在公开场合都要心照不宣地为他们加油打气。

欢悦 他们终于成功

提交了十多项国家专利申请

这样的气氛，一直持续到2015年10月1日。

那天，人们都在忙于休假，“第一壁”主要成员却早早地来到了办公室，等待远方归来的王平怀，那一次去宁夏送模

块的正是他。

有人自告奋勇去车站接他回来，然后一路小心翼翼地护送他到办公室。过去的无数次失败中，该排查和梳理的问题点，都已经排查并且进行了修正，这一次，应该不会再出问题了吧。那天到检测室的人并不多，只有六七个。王平怀清楚地记得，还是围着两个负责检测的工作人员，空气再次凝固。这一次，他们终于成功了。压抑了太久的项目组，气氛轻松起来，顾不得平时的矜持，大家紧紧拥抱在一起。由于这次创造性的突破，仅仅是他们攻克的一种材料的连接工艺，项目组就提交了多达十几项国家专利申请。

希望之源

核聚变的优势是显而易见的，如何真正实现受控的核聚变，以至于未来的并网发电，还有漫长的路要走。

“人造太阳”并网发电

有望2050年点亮四川人的灯泡

到今年为止，国家“青年千人计划”学者、核工业西南物理研究院聚变科学所副所长许敏，已经在环流器二号A装置上耕耘了五年。

过去五年里，他们取得了很多成就。譬如，实验装置的加热功率至少翻了一倍，加热手段也更多了。装置运行时，里面燃料的温度一般是2000万~3000万℃，现在十几毫秒甚至几毫秒就可以达到。此外，持续加热以及寻找诸如构成“第一壁”这样的高温耐热材料，是未来的重要命题。

目前，38岁的许敏还在积极培养后备军，成立了一个由全国各个高校聚变领域的青年学子组成的课题组。他们刚刚初步建成了目前中国最大的直线等离子体装置，目的在于寻找适合建造核聚变堆的新型耐高温材料。“还有一个难题，来自于核聚变所需要的除了氘以外的另一种原料氚。氘和氚的剧烈反应，才能发生聚变。”许敏说，氚的半衰期只有12.3年，而每年一个100万千瓦的核聚变电站发电就要燃烧56公斤的氚。

作为地球上最稀有的元素，氚的成本非常高。许敏说，一个最好的办法，就是在核聚变反应中产生氚，并且使得氚能够自持。这也就意味着，燃烧掉了多少氚，还要产生出等量的氚来。

虽然研究过程耗资高昂，核聚变试验可能还要几代人的心血，不过，许敏对于核聚变的发展还是非常乐观。首先，在研究“人造太阳”的过程中，会产生大量的前沿尖端技术。很多都有广泛的军事和商业应用前景。

以试验中使用的高功率微波技术来说，可以广泛使用到通信领域，实现国产化并能够节省大量成本。其次，等到核聚变电站能够并网发电后，核聚变能源的生产成本相对低廉，普通老百姓都能消费得起。“目前业内人士普遍认为这个时间节点是2050年。我算了一下，那个时候，我应该可以看到。”许敏说，期待灯泡被核聚变点亮。

读数

1亿℃

等离子体天性“放荡不羁”，要实现受控核聚变反应，必须达到上亿℃以上高温，以及足够高的密度等。目前，核工业西南物理研究院研发的托卡马克装置温度已升至5500万℃，这是迄今为止国内装置达到的最高温度。如何持续给装置加热，达到“点火”要求，是继续面临的课题。

100万元

构建“人造太阳”核心，必须用一种特殊金属材料筑起防火墙，这种高纯度金属一公斤对外销售超过上百万元人民币。从2004年-2013年，核工业西南物理研究院团队进行了长达十年的特殊材料研制，如今自主研发的材料问世后，将美国垄断价格降低了90%。

2050年

研究过程耗资高昂，核聚变试验可能还要几代人的心血。等到核聚变电站能够并网发电后，核聚变能源的生产成本相

对低廉，普通老百姓都能消费得起。目前，业内人士普遍认为这个时间节点是2050年。（记者张想玲 摄影雷远东）

来源：华西都市报

责任编辑：张迪

我只是想将自己的学习方法、学习心得传授给学弟学妹们。

对于整体的调查结果，前新华信汽车总监孙木子认为，经销商需要提升的服务项目主要集中在两个大的方面。

当前文章：<http://www.fdrjn.cn/article/x744td-828427.pdf>

发布时间：2017-10-24 05:40:30

[硕士充气娃娃结婚](#) [疯狂的石头](#) [咱们结婚吧](#) [碰瓷碰到派出所](#) [北京国安](#) [五子棋](#) [花冠ex](#) [奥迪rs6](#)  
[爱马仕](#) [星期六](#)