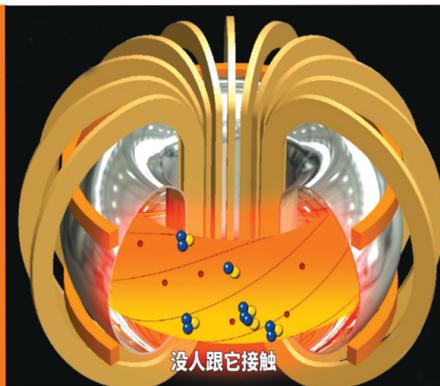


中国新一代“人造太阳”(HL-2M)“托卡马克”装置。

成都造
“人造太阳”
核聚变装置

承载着人类 追光逐日梦

大国工程 我承建



磁约束核聚变原理示意图。

精准造出“第一壁”
直面1.5亿摄氏度高温

1.5亿摄氏度,这是新一代托卡马克装置设计能达到的最高温度,是太阳核心温度的10倍,地球上没有任何材料能经得起这种温度的灼烧。因此,整个托卡马克装置是一个“甜甜圈”状,利用磁场将高温离子约束在真空环境中,不与任何材料接触,而真空环境外的第一道“防线”,被称为“第一壁”。

“第一壁”的安装,是王金面对的最大挑战。

王金回忆,整个“第一壁”花了大半年才安装完毕,为了能保护好后面的各种测量器件,“第一壁”密布在整个真空室内部,包括多层功能性和结构性材料。扑克牌大小的一块块材料,王金和同事需要一块块加工,贴到真空室壁上,听起来好像是“贴瓷砖”一样简单,但对间隙和平整度的极高要求,加上面对球形的真空壁壁面,让这项工作充满考验。

“最后拼出来,表面的高低差需要控制在1毫米以内,相邻两块材料之间的高度差超过1毫米都不行,不能有凸出来的地方,如果有,就会被超高温离子扫平。”王金说,此外,两块材料之间的间隙也不能超过2毫米,间隙太大,高温离子可能穿过去烧毁。但考虑到热胀冷缩和抽真空的需求,又不能没有间隙,需要给气体的排出留通道。

在真空室里,除了工艺上的困难,王金还面临着更加困难的工作环境。为了保证环境的洁净,工作时他需要换上全套防尘服,外加手套、口罩、发套和安全帽,整个人就只剩下眼睛在外面。“进入真空室后,里面的空间十分受限,尤其是随着各种部件的安装,空间更加受限,你每个举动都得格外小心,虽然里面通了冷气,但我们穿全套工作服进去一趟,出来身上基本都湿透了。”他说。

正是在像王金这样的工人和众多科研工作者的努力下,2020年12月,中国自主设计建造的新一代托卡马克装置建成并实现首次放电,该成果入选两院院士投票评选出的“2020年中国十大科技进展新闻”。2022年,新一代托卡马克装置(HL-2M)装置研制团队荣获第26届“中国青年五四奖章”(集体)。

对王金而言,“人造太阳”虽然不像真正的太阳那样发光,却照亮了他人生的道路。“无论是手上小小的一个零件,还是空间受限的真空室,对我来说都是一个小小的宇宙,能为人类的未来去做自己力所能及的一些推动,我觉得是干了一件很有意义的事。”他说。

中核集团核工业西南物理研究院技师王金:
“希望人类首盏聚变灯
在中国点亮”

“人造太阳”的意义是什么?近日,华西都市报、封面新闻记者采访了中核集团核工业西南物理研究院技师王金。

记者:你觉得“人造太阳”的意义是什么?
王金:太阳一直是人类希望的象征,“人造太阳”是通过核聚变解决人类的能源问题。从古至今,人类的生产生活都离不开能源。如今,无论是化石能源,还是水力、风能等,受自然条件的限制都很大,而核聚变发电虽然还有一定的距离才能实现,一旦技术成熟,就能以极小的代价产生极大的能量。核聚变发电受自然条件约束也较少,未来科幻里的星际旅行等,都需要成熟的可控核聚变技术。

记者:家人怎么看待你这份工作?
王金:孩子在小的时候可能还不是很了解,觉得就是个工人,也没什么值得说的。今年我把他带到现场来看了一下,他了解以后很激动,回去还专门写了一篇作文。在学校老师讲到“人造太阳”时,他很自豪,回来还主动给我讲。

记者:在这个岗位工作近30年,你最大的愿望是什么?

王金:我希望人类的第一盏聚变灯在中国点亮,也就是我们的核聚变发电已成功,输出能量大于输入,实现了发电,代表可以商业化了。

记者手记

从传说到实践 人类的未来值得期待

“夸父逐日”的故事告诉我们,从上古时期开始,人们对太阳就充满了向往和想象。如今,夸父没能追到的“太阳”,却正在由我们创造。

从20世纪70年代末开始,中国的核聚变研究转向了托卡马克装置。1974年,中国科学院物理研究所建成了我国第一个小型托卡马克装置CT-6;1984年,中核集团核工业西南物理研究院成功研制中国环流器一号(HL-1)托卡马克装置,此后又相继研制了HL-1M(1994年)、HL-2A(2002年)等托卡马克装置。2020年12月4日,新一代“人造太阳”(HL-2M)建成并实现首次放电,标志着中国自主掌握了大型先进托卡马克装置的设计、建造、运行技术,为我国核聚变堆的自主设计与建造打下坚实基础。该装置的成功运行将使我国堆芯级等离子体物理研究及相关关键技术达到国际先进水平,是实现我国核聚变能开发事业跨越式发展的重要依托装置,HL-2M由此开启中国磁约束核聚变能源研究,追梦“人造太阳”的新征程。

为什么核聚变让人们如此追求探索?又为何被誉为人类的终极能源?核聚变能源具有“环境友好性”。以氘-氚为燃料的核聚变能发电,虽然氚具有放射性,但它的半衰期非常短,并且氘-氚核聚变反应的产物是氦,没有长寿命的强放射性核废料,其少量的低放射性活化产物经过简单的堆放处置,便可很快失去放射性。

如果“人造太阳”的愿望成真,那么我们从1升海水中提取氘,通过核聚变反应可以释放出相当于300升汽油产生的能量。占地球表面积70%的海洋中含有的氘燃料,足够人类使用上亿年。

本版采写:华西都市报·封面新闻记者 陈彦霖
本版图片除署名外,均由受访者提供



科研人员在新一代“人造太阳”真空室安装设备。



王金在真空室工作。郑铁流摄



王金(第二排左二)和同事们在今年央视《开学第一课》中讲授核聚变科学知识。刘雪梅摄

从零开始学习技术 手工清洗安装数万零件

1996年,王金从技工学校毕业。事实证明他的确找到了自己擅长的领域。毕业考核,他被老师安排到最后一个“压轴”出场,取得了实操第一名的成绩,也顺利进入了中核集团核工业西南物理研究院。

初到岗位,在校成绩优异的王金被现实浇了盆冷水。和他之前接触到的流水线工作不同,研究院项目多,涉及学科广,分工不会像工厂一样细,很多时候需要有开创性解决问题的能力。“流水线上,你可能这辈子只需要拧好几颗螺丝,但在研究院,需要有多学科知识储备。比如同样是拧螺丝,我们需要研究螺丝为什么拧在这里、为什么用这种材料等。”他说,“这时我才发现自己不懂的实在太多了,甚至感到惭愧。”

为了弄懂关键技术,王金曾专程去德国慕尼黑黑学习培训。两个月的时间不算长,但他十分珍惜。“现在看来一些简单基本的技术问题,那时的确不懂,虽然不知道对方回答多少,但

太阳急速衰老膨胀,地球面临被吞没的灭顶之灾,为推动地球离开太阳系,人类建造了1万座比珠穆朗玛峰还高的行星发动机。当蓝色离子流喷向天际,地球正式开始流浪。

这是电影《流浪地球》中最令人震撼的一幕。故事中设想的能推动地球的行星发动机,便是利用可控核聚变中的重核聚变技术。电影中全人类的希望,也是现实中人类能源的终极梦想。虽然重核聚变还是人们的科幻梦,但利用“氘”“氚”进行可控核聚变的梦想已在逐步实现。

成都,中核集团核工业西南物理研究院里,新一代“人造太阳”(HL-2M)将以最高1.5亿摄氏度的温度,承载着人类这

一炽热的梦想。这是我国目前规模最大、参数最高的托卡马克装置。该装置等离子体体积是国内现有装置的2倍以上,等离子体离子温度可达到1.5亿摄氏度,能为未来我国自主建造核聚变堆提供重要技术支撑。

王金是中核集团核工业西南物理研究院的技师,托卡马克装置上数万个零件,都是他亲手调试和安装上去的。在成为“造太阳”的人之前,他经历过高考落榜,在工厂生产过保温杯,做过宾馆前台,还干过信息咨询。那时,只为找一个“饭碗”糊口的他,没想到有朝一日能为人类“造太阳”。

而这,是一名普通工匠和人类终极能源梦的故事。

工作的光荣和重要意义,是在我工作之后。”长大后,王金有点“叛逆”,但父亲并没干预他的人生道路。1992年高考落榜后,王金决定去社会上闯荡一番。在进入技工学校前,他尝试过很多职业:最初到宾馆做前台,后来在一家保温杯厂从事镀膜工作,还趁着风头去做过一段时间信息咨询行业。

“父亲没有强迫我去找一份稳定的工作,我才有机会在不断尝试中,发现自己的特长和使命。”王金说,在外面工作的那段时间,他时常想起小时候从父亲和邻居身上感到的那种为理想奋斗的纯粹,加上发现自己动手能力较强,便决定去厂里的技工学校进修。

“当时给自己的定位还是比较悲观,没什么职业规划,也没想到能参与大工程,只想学门手艺,像颗螺丝钉一样干好自己的本职工作。”王金坦言,对当时的他而言,个人梦想还离得很遥远,更不会想到自己的人生能与人类的梦想相关联。

“核二代”成长记 从闯荡社会到当个“螺丝钉”

王金是个“核二代”,他从不讳言提起这个身份,因为对他而言,能走上利用可控核聚变“造太阳”之路,远非子承父业那样简单。

“我虽然是‘核二代’,但父亲不是负责工程施工类的,所以除了能感受到老一辈核工业人的精神,家里对我实际的影响是有限的。”王金说,小时候,他从有武警站岗的单位大门,感受到父亲工作的神秘,他也很好奇,却终究难以对父亲的工作有具体深入的认识,“当时我印象最深刻的是,去邻居家一道数学题,他抬起头,我看到他的眼睛布满血丝,后来才知道他是负责核聚变实验的指挥长。”王金说:“那时候我才意识到他们所做的事业是多么艰辛。但真正认识到这项