



当前位置: [首页](#) > [新闻动态](#) > [科学前沿](#)

## 《环球科学》：7大颠覆性技术破解能源危机

2011-11-02 | 编辑: | 【小 中 大】【打印】【关闭】

<http://www.sina.com.cn> 2011年06月24日 14:34 环球科学杂志



7大颠覆性技术破解能源危机

能源技术:

科学家和工程师们正在开发一系列看起来渺茫, 却有望彻底解决能源危机的新技术。

利用原本危险的核废料作燃料, 建成一个核裂变反应堆——它先由激光驱动产生核聚变爆炸, 再由爆炸触发裂变反应, 于是产生出一种新能量; 而一种新的设备能将阳光和二氧化碳转化为燃料, 取代汽油。

一种将为制冷机带来革命的磁体, 以及能降低汽车油耗的记忆合金, 将使能源利用率大幅提高。

也许这些新技术最终成功的可能性只有10%, 但如果其中任何一种成为现实, 能源利用率和安全水平就会得到极大提高。

许多人都在研究如何更有效地利用可再生能源及如何提高能源效率, 这固然很好, 然而, 大多数研究成果可能只是对现有技术设备的一些

有限改进。我们需要从根本上彻底改变能源开发和利用的现状。

翻译：王栋

多年来，科学家和工程师为我们构想了一幅幅美妙画面：太空中，卫星吸收太阳光的能量，再将能量束传导回地面上的接收站；飘浮在大气层中的风力发电机……然而，幻想总要落实到现实。最近一些可观的政府或私人资金投入了这些研究，来帮助关键领域中各种各样的长远技术研发。接下来介绍的这些项目，都是最有可能得到回报的范例。当然，前提是它们的发明者能跨过重重障碍，并最终使科学成果投入大规模生产。

## 1、新反应堆以聚变触发裂变——利用激光从核废料中榨取电能



新反应堆以聚变触发裂变

撰文 格雷厄姆·P·科林斯(Graham P. Collins)

自然界中，太阳的光和热源自核聚变；氢弹的能量也来自核聚变。物理学家和工程师数十年来也一直在努力研究如何通过核聚变发电。现在，研究人员能够轻松制造出可控核聚变反应——只要让氢原子核足够猛烈地碰撞压缩到一起，它们就会融合，并释放出中子和能量。然而，要让核聚变用于发电，就必须做到更高效，以使反应所释放的能量大于触发反应(被称为“点火”)所需的能量，这是科学界的一道难题。

因此，美国利弗莫尔国家实验室国家点火装置(National Ignition Facility)的科学家设计出一套新方案：用核聚变来驱动裂变，利用原子分裂产生的能量来驱动传统核反应堆。该实验室主任爱德华·摩西(Edward Moses)声称，利用这一机制运作的实验性核电站有望在20年内建成。

根据利弗莫尔实验室的构想，要先在一个反应室的内壁上一厚层铀或其他核燃料，然后利用激光脉冲在反应室内触发核聚变爆炸，放射出的中子轰击到内壁上的核燃料后，会使其中的原子分裂。这可以将反应室的能量输出提升3倍，甚至更多。

和平利用核聚变驱动裂变概念的提出，要追溯到上世纪50年代。当时，苏联的氢弹之父安德烈·萨哈罗夫(Andrei Sakharov)首次提出了这个设想。

既然大部分能量仍来自裂变，为什么不继续使用传统核电站，却非要不厌其烦地研究由聚变来触发呢？原因在于，裂变反应堆要依赖于链式反应，即裂变的原子释放出的中子会触发更多原子发生裂变。想要维持链式反应的进行，就必须用钚或浓缩铀作为燃料，这两种材料都能用于生产核武器。

而聚变—裂变混合反应堆是由聚变爆炸产生的中子触发裂变反应，不再需要维持链式反应的进行。这样的设计扩大了核燃料的选择范围，可以使用的燃料包括未浓缩的铀、贫化铀(来源丰富，浓缩铀使用后的废料)，甚至其他核反应堆产生的废料——否则，这些废料必须得贮存数千年，或者需要进行复杂和危险的再处理后，重新作为裂变电站的燃料。

另一个原因是燃耗。对传统核反应堆而言，燃料使用到必须被更换之前，可裂变原子中仅有一小部分发生了裂变。摩西介绍说，而聚变—裂变反应堆能消耗掉核燃料的90%。因此，它的燃料需求量或许只是普通裂变反应堆的1/20。这种反应堆的使用寿命约为50年，其中最后十年被称为“焚化”阶段，在这一阶段里，输出电能逐渐减少，即使如此，它也能将约2 500千克的长半衰期核废料消耗到只剩约100千克。

与此同时，研究人员也在进行基于磁控核聚变的聚变—裂变设计，这是可控核聚变的另一种方式，利用超强磁场来约束聚变反应。2009年，美国得克萨斯大学奥斯汀分校的科学家提出了一个带有紧凑型磁控核聚变触发装置的混合反应堆设计方案。中国的研究人员也正在评估关于优化能量产生、传统核反应堆燃料生产，以及利用核废料发电的设计方案。

以任何形式利用核聚变产生能量，都是很超前的设想。即便是摩西的实验室于今年成功实现点火，这种混合核电站的一些主要技术障碍依然存在。例如，微小的、精细加工制成的聚变靶丸要能以可接受的成本量产；还需要一系列未经检验的新技术，来保证点火频率达到每秒10次

(目前“国家点火装置”在一天内命中靶丸的次数也没几次)。

制造混合反应堆，还需要一些在纯聚变装置中用不到的技术。具体来说，就是裂变燃料层，其中的燃料要能经受得住比传统核反应堆中多得多的温度，以及猛烈得多的中子轰击。候选设计包括从固态的多层“卵石”状核燃料，到液态的、含钚、铀或钷的熔融盐。

这无疑是一个巨大的挑战，但摩西已经设想好了一条雄心勃勃的研发路线来实现这个目标。虽然，他们实验室的首要任务还是必须证明激光核聚变能够点火成功。

## 2、液体燃料太阳能燃料——用太阳光和二氧化碳来驱动汽车



液体燃料太阳能燃料

撰文 戴维·别洛(David Biello)

太阳每一个小时照射到地球上的能量，就比人类一年消耗的能量还多。如果科学家能够将过剩太阳能转化为液体燃料，哪怕只是一小部分，就能解决我们对化石燃料的依赖，以及由此带来的种种问题。“如果能有效、经济地利用太阳能来制造化学燃料，就能彻底改变能源现状，”美国加州理工学院人工光合作用联合研究中心主任内森·刘易斯(Nathan Lewis)评论说。

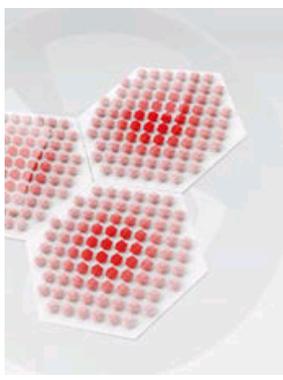
其中美国桑迪亚国家实验室(Sandia National Laboratories)开展的一项尝试非常吸引人。他们在新墨西哥州的沙漠中安装了一些直径6米的圆盘状镜面，能将太阳光聚集到安放在盘面前方的一个半米长、形状像啤酒桶的圆柱形仪器上。太阳光被这些镜面聚焦后，从仪器表面的一个窗口射入，照射到里面12个以每分钟一圈的速度旋转的同轴圆环上。圆环的边缘是以齿状排列的氧化铁(铁锈)或氧化钨，它们依次旋转进光束，并被加热到1 500℃，如此高的温度能驱出铁锈里的氧。当转到反应室较冷的暗处时，它们又能从注入反应室里的水蒸气或二氧化碳中把氧吸回去，剩下富含能量的氢气和一氧化碳。

这样产生的氢气—一氧化碳混合气体被称为合成气(syngas)，它是化石燃料、化工原料甚至塑料在分子层面的基本原料。燃烧生成的合成气所释放的二氧化碳，还能被该过程全部吸收。美国高级研究计划局能源项目部主任阿伦·麦琴达尔(Arun Majumdar)评论说，这种太阳能燃料系统“可谓一石四鸟”，即带给我们更清洁的能源供应，更高的能源保障，更低的二氧化碳排放和更小的气候变化影响。

在其他地方，例如瑞士联邦理工学院(Swiss Federal Institute of Technology)和美国明尼苏达大学，研究人员也在研发生产合成气的设备。还有一些新兴公司同时在寻求其他途径来达到类似目标，例如位于马萨诸塞州的Sun Catalytix公司将一种廉价催化剂泡入水中，并利用太阳能电池板产生的电力，来制备氢和氧，新泽西州Liquid Light公司将二氧化碳气体导入一种电化学反应池来产生甲醇。此外，刘易斯本人也正在研制一种“人造树叶”(参见《环球科学》2010年第11期《人造树叶：阳光变燃料》)，它由一种半导体纳米线制成，能利用阳光将水分解成氢和氧。

当然，主要困难还是在实际应用上。在桑迪亚实验室，齿状氧化物总是破裂，阻碍了反应进行。“你让(氧化物)材料在1 500℃和900℃之间来回转，这对它们的要求很高，”亚利桑那州立大学LightWorks计划主任、未参与该项研究的化学家加里·德克斯(Gary Dirks)评论说。下一步计划是，在纳米尺度上加固氧化物的结构，或找到更合适的材料；圆盘状镜面的高昂造价也需要降低。根据桑迪亚实验室研究人员的计划，他们的合成气制造机能够生产出成本为10美元/加仑(约2.65美元/升)的燃料。“我们并非做不到这一点，但我们还有很长的路要走。”化学工程师詹姆斯·E·米勒(James E. Miller)说，他也是这项技术的发明者之一。

## 3、电力生产量子光电池——热电子能让太阳能电池的效率翻番



电力生产量子光电池

撰文 JR · 明克尔(JR Minkel)

目前市场上的太阳能电池，只能将接收到的阳光能量的10%至15%转化为电能，以致发电成本居高不下。原因之一是，单层硅吸收阳光的效率，理论上限大约是31%(实验室中最好的光电池可以达到26%)。而对半导体晶体(或称为“量子点”)的新研究表明，这一理论上限可以提高到60%以上，这为开发低成本发电设备带来了希望。

在传统光电池中，硅中的电子被射入的光子击出而成为自由电子，能够自由地流入导线，从而产生电流。不幸的是，阳光中许多光子能量太高，当它们击打到硅上时，会产生一种“热电子”，它们会以热的形式迅速损失能量，在被导线捕捉到之前又重新回到初始状态。如果能在热电子冷却前就捕捉到它们，那么光电池的效率上限就会翻一番。

解决方案之一是降低电子的冷却速度，为捕捉它们赢得更多时间。去年，美国得克萨斯大学奥斯汀分校的 chemist 朱晓阳(Xiaoyang Zhu，音译)和同事将注意力投向了一种量子点，每一个点只包含数千个原子。他们将硒化铅量子点沉积在一层导电的二氧化钛(一种普通材料)上。当光线照在上面时，所产生的热电子损失能量所需的时间要比原先长了1 000倍。美国圣母大学(University of Notre Dame)的普拉山特·卡马特(Prashant Kamat，未参与此项研究)评论道，朱晓阳的团队“确实证明了这一设想是可能实现的”。

然而，延缓电子能量损失仅仅是一个方面。目前，朱晓阳的团队正在寻找能让导体将尽可能多的热电子转化为电流的方法，这样，导体本身才不会将它们以热量的形式吸收。

在最终得到实用的太阳能电池之前，还有许多困难需要克服。朱晓阳说，“我们需要建立一整套物理理论”，包括热电子究竟如何冷却，它们怎样流入导体等等。他说：“一旦解决了所有这些问题，我们就会知道最终应该使用什么材料。”朱晓阳预计，这项工作“需要一些时间，但是我有信心取得成功。我希望看到这些新型太阳能电池板安装在自家屋顶上”。该项目的商业回报将十分可观。

#### 4、废热利用热力发电机——形状记忆合金利用废热带来额外能量



废热利用热力发电机

撰文 比扎尔·P·特里维迪(Bijal P. Trivedi)

在美国，人们消费的能源中，有60%白白浪费掉了，其中大部分以热的形式从汽车排气管和发电厂的烟囱中逃走。通用汽车公司的科学家正试图利用一种被称为“形状记忆合金”(shape-memory alloys)的新型材料，来捕捉这些宝贵的能量。形状记忆合金能将热能转化为机械能，进而产生电力。该研究组组长艾伦·布朗(Alan Browne)的第一个目标是，回收汽车排气系统中散发的热能，驱动车载空调或音响系统。

布朗计划使用由数条平行的镍—钛合金薄线组成的合金带来收集热能，它能“记住”某种特定形状。所有形状记忆合金都能在两种状态之间来回变换：在较高温度下较坚硬的本态与较低温度下更为柔韧的状态。在这个设计中，合金带绕过呈三角形排列的3个滑轮。其中一角处的合金带接近炽热的排气系统，而另一角则位于温度较低的远端。合金带在高温处收缩，低温处伸张，就会让自己沿这个三角环路转动并带动滑轮旋转，进而通过轴承驱动发电机。温差越大，环路转动越快，产生的能量也就越多。

通用汽车公司制造的原型机由一条仅10克重的合金带来产生两瓦特功率，可以点亮一盏小灯。布朗声称，10年内，这种发电机产生的功率就会提高到商用的标准。他还补充说，为家用电器或发电厂冷却塔安装这种记忆合金热力发电机，不存在任何技术障碍。该项目的合作者、美国HRL实验室的材料科学家杰夫·麦克奈特(Geoff McKnight)说，这种合金为先前被认为是无法实现的一些应用领域开辟了新天地，因为即使温差只有10℃，它们也可以使用。

通用汽车公司的设计并不复杂，但离实用仍很遥远。形状记忆合金容易疲劳，会变得脆而易碎；需要连续处理3个月才能重新回到“本态”的形状记忆；合金线很难组合成带；如何解决利用空气来有效加热和冷却合金带也是一个挑战。布朗没有具体说明目前如何解决这些问题，而只提到他们不断调整合金线的直径、形状，以及加热和冷却的方式。换句话说，他们正在调试“科学上的和人能想象得到的”所有参数。

通用汽车公司并不是唯一一家试图利用废热来产生能量的机构。美国伊利诺伊大学的桑吉夫·辛哈(Sanjiv Sinha)正在研发一种可弯曲的固态材料，它也能将热力转化为电能。如果热力发电机能被安装在现有或未来的设备中，它就会有近乎无限的应用前景：从数千座的冷却塔和工业锅炉，到数以百万计的家用暖气、冰箱和烟囱，还有拖拉机、卡车、火车和飞机。全世界会有数百亿焦耳的能量可以被回收利用，极大降低化石燃料的消耗。

## 5、车辆工程冲击波汽车发动机——汽车油耗将降低80%



车辆工程冲击波汽车发动机

撰文 史蒂芬·阿什利(Steven Ashley)

一个多世纪以来，几乎所有轿车和卡车都使用的是活塞式发动机。即便是目前最新型的混合动力车，以及雪佛兰沃尔特电动车这样的全新概念车，也都还在使用小型活塞式发动机来提供动力和为电池充电。然而，美国密歇根州立大学正在研发一种完全不同的、不使用活塞的发动机。它被称为波—转子发动机(wave-disk engine)或冲击波发动机(shock-wave engine)。如果取得成功，未来混合动力汽车的油耗就能降低80%。

密歇根州立大学机械工程教授诺伯特·穆勒(Norbert Müller)是发明者之一，他说，这种紧凑型发动机仅有家用蒸锅大小，需要的部件也比活塞式发动机少得多。这种发动机将不再需要活塞、连杆和汽缸。重量的减轻和燃油效率的提高“能在消耗同样数量燃料的前提下，让一辆装备再生制动装置的插电式混合动力车的行驶距离增加4倍，相应的二氧化碳排放量也会减少80%”。不仅如此，该系统还能使制造成本降低30%。

在位于美国东兰辛的实验室里，穆勒和他的研究组正在测试一部波—转子发动机原型。他们的目标是，制造出一台25千瓦(33马力)功率发动机。他希望首台发动机能量转化效率可达30%左右，而目前最好的柴油发动机所能达到的效率是45%。但是，他对改进型发动机能够将效率提升到65%持乐观态度。

在传统电火花点火发动机中，火花塞引燃汽缸中汽油和空气的混合物，来推进活塞驱动曲柄轴，曲柄轴再带动车轮旋转。柴油发动机是通过活塞来高度压缩燃料和空气，将它们点燃。燃烧的气体膨胀，将活塞推回去，进而带动曲柄轴。

在波—转子发动机设计中，产生动力的过程是在一个旋转的涡轮中进行的。涡轮就像平放在桌面上的电脑风扇(转子)，有许多弯曲的叶片和外壳。压缩后的高温空气和燃料经过位于中央的轴，被导入叶片之间的空隙。当高度压缩的混合气体被点燃时，燃烧的气体在有限空间里急速膨胀而形成冲击波，压缩剩余部分的空气；从外壳上反射回来的冲击波也会进一步压缩和加热空气。最后，经过压缩和加热的气体会在恰当时机通过外壳释放出去。压缩气体在弯曲的叶片上施加的力，和气体喷射产生的力一起，驱动转子旋转，进而带动曲柄轴。

据波—转子发动机的另一发明人，波兰华沙科技大学(Warsaw University of Technology)的副教授雅努什·皮埃切纳(Janusz Piechna)介绍说，从1906年起，工程师们就开始研究波—转子装置了，而且它们已经被用在了一些赛车的增压器里。但是，穆勒说，里面不稳定的气流非常难控制。要想预测这些间歇性气流极其复杂的非线性行为，需要进行精细的数值计算，这类计算一直因为太过费时或不够精确而无法达到要求，该问题直到近几年才得以解决。目前，密歇根州立大学和其他一些研究机构正通过高仿真模拟，来辅助叶片几何形状的精密设计，以及精确到零点几秒的燃烧时间控制，期望得到最佳性能。

计算机模型能否最终变成在路上跑的实际产品，我们还不得而知。“波—转子技术的应用可能会很困难，”丹尼尔·E·帕克森(Daniel E. Paxson)说，他在美国航空航天局戈兰研究中心(NASA Glenn Research Center)从事流体模型设计。帕克森认为，密歇根州立大学的研究“毫无疑问是超前了”。他的评论既包含着务实的怀疑，更有从创新角度的赞赏。“无论最终的结果是什么，我确信他们都会学到很多”。

穆勒相信，他的研究组最终能制造出合适的波—转子发动机，并将它们成功应用于更清洁的混合动力车上，从小型摩托车到家用轿车和运输卡车，他对此似乎毫不怀疑。“这只是时间、努力和想象力的问题，当然，还有资金问题”。

## 6、家用电器磁体制冷机——能为冰箱和房间制冷的特殊合金



家用电器磁体制冷机

撰文 蔡宙( Charles Q. Choi)

在日常生活中，我们通常使用空调、冰箱和冰柜来制冷，但它们都需要能量驱动，所消耗的电能占到美国家庭耗电量的1/3。而一项依赖于磁体的全新制冷技术，能显著降低这部分能耗。

大多数商业化制冷机，都是通过反复压缩和膨胀气体或液体制冷剂来制冷。随着制冷剂的循环，能将热量从房间或设备中吸出带走。然而，压缩机的能耗巨大，并且要是最常用的那些制冷气体泄漏出去的话，它们的每一个分子对大气层的加热效率要比一个二氧化碳分子至少高1000倍。

美国宇航公司(Astronautics Corporation of America)的研究人员正在研发一种不使用压缩机，而是基于磁体的新型制冷机。从某种程度上来说，所有磁性材料都会在被置入磁场后升温，在移出磁场后降温，这一特性被称为“磁致热效应”(magnetocaloric effect)。原子通过自身振动贮存能量；而当外加磁场将金属中的电子有序排列，并阻止它们自由移动时，金属原子的振动就会加强，温度随之增加。移除磁场后，温度则会降低。虽然这一效应早在1881年就被发现，但它的商用价值却一直被人忽视。这是因为，从理论上来说，只有在极低的温度下使用超导体，才能将这种效应最大化到产生可利用的效果。然而在1997年，美国能源部爱艾姆斯实验室(U.S. Department of Energy's Ames Laboratory)的材料科学家偶然发现，一种由钆、硅和锆构成的合金能在室温下显示出巨大的磁致热效应。自那时起，美国宇航公司还陆续把注意力集中在具有同样性质的其他合金上。

目前，美国宇航公司正在设计一种空调，目标是为面积约100平方米的公寓或住宅制冷。这种空调里有一个小而平的、由某种此类合金制成的多孔楔形体构成的圆盘。在圆盘两侧，固定着一个环形永磁体。磁体中空，里面分布着强磁场。当圆盘旋转时，每一个磁致热楔形体会通过这个通道而升温，然后继续转出磁场范围而冷却。在系统内部循环的液体被这些旋转的楔形体反复加热和冷却，冷却后的液体就能从房间中吸走热量。精心设计的磁体能够防止磁场从设备中溢出，所以它不会影响到附近的电子仪器或人身上的心脏起搏器。

在传统制冷机中，核心部件是压缩机。而在磁体制冷机中，核心部件是带动圆盘旋转的马达，而马达通常要比压缩机的能量效率高得多。美国宇航公司的目标是在2013年制造出一台原型机，能在达到同样制冷能力的情况下将耗电量降低1/3。磁体制冷机还有一个额外的显著优点：它只是用水来输送热量，“你没法找到比水更环保的材料了，”美国宇航公司技术中心经理史蒂文·雅各布斯(Steven Jacobs)说。

但是别说把这项技术实际应用于冰箱和冰柜，即便是仅仅制作一台原型机，也需要跨过许多障碍。首先，如何控制水流通过多孔的楔形体就是个棘手的问题，因为圆盘要以每分钟360~600转的速度高速旋转。此外，磁体由一种昂贵的钆—铁—硼合金制成，因此，如果要想商业化生产，在仍能保持提供足够强磁场的前提下尽可能小型化也是必要的。正如加拿大维多利亚大学(University of Victoria)的机械工程师安德鲁·罗(Andrew Rowe)所说：“这是一项高风险技术，但它有巨大的应用潜力，而且就其突出的性能而言，也值得去努力。”

研究人员还在试验其他一些特殊制冷技术。美国Sheetak公司，正在研发一种完全不使用制冷剂的制冷设备，它依赖于一种所谓的“热电材料”(thermoelectric material)，充电时，这种材料的一面变冷，而另一面变热。不管怎样，降低燃料消耗和减少温室气体排放总会为我们带来一个清凉的世界。



排放处理更清洁的煤炭

撰文 迈克尔·勒莫尼克 (Michael Lemonick)

煤炭是美国最便宜、最丰富的能源，但由于含碳量最高，它也是引起气候变化的主要原因。工程师设计出了多种途径和方法，以在火力发电厂排放废气前清除掉其中的二氧化碳，但这么做的最大问题是，这些工序会消耗煤炭燃烧所产生能量的30%，让所谓的“可清洁燃烧煤炭”概念难以令人信服。

然而，清除废气中二氧化碳的设想确实令人向往，所以，美国能源部高级研究计划局能源项目部以及其他一些机构，一直都在为此类可能降低该工序能耗的研究提供资金支持。

其中，美国圣母大学能源中心(University of Notre Dame's Energy Center)的一种设计尤其引人注目，他们使用了一种被称为“离子液体”(ionic liquid，本质就是一种盐)的新型材料。这种材料的第一个好处是，它所能吸收二氧化碳的量，两倍于其他化学结构类似的碳吸收材料。另一个优点是，在吸收过程中，这种盐会经历一个从固态到液态的相变，这种变化释放的热量能被回收利用，将碳从液体中汲出，便于后续处置。

“我们的模型显示，应该能将(除碳工序的)能耗降低到22%或23%,” 能源中心主任、化学工程师琼·F·布伦内克(Joan F. Brennecke)说，“我们希望最终能降低到15%。”她的研究团队正在制造一个实验室规模的装置来演示这项技术。

这一技术听起来还只是个理论设想，事实上也的确如此。“这是一个全新的概念，”布伦内克承认，“因为这些材料完全是最新的，”它们出现只有短短两年。布伦内克的研究团队的工作也才刚刚起步，无法预料的困难可能随时出现。即便这一过程在实验室里被证明是成功的，把它的规模放大到能应用于发电厂的级别，或许也不可行。

另外，如果碳汲取过程确实有效，收集到的碳又该如何存放？科学家眼中的最佳解决办法是将它们注入地下多孔的岩石结构中，即所谓的“封存”(sequestration)，这种方式已经过实地检验，但还缺乏大规模应用的验证(参见《环球科学》2000年第10期《埋葬二氧化碳》)。另一种离实用更遥远的概念是，将二氧化碳与硅酸盐混合，即人为复制自然界中二氧化碳被束缚进碳酸盐岩石的过程，使它丧失活性。

除了以上提到的这些困难，那些在煤矿开采和处理毒煤灰过程中的健康和环境威胁，都会让环保人士一听到“清洁煤炭”四个字就火冒三丈。

□ 相关新闻