

# 二氧化碳急需“点金术”

## 将温室气体转化成燃料成全球可再生能源研究热点

Stuart Licht 设计了最终循环机。他和同事在美国华盛顿大学实验室建造的这个太阳能反应堆,可以借用太阳光把空气中的二氧化碳——化石能源氧化后的副产物——再一次转化成燃料。这中间有几个步骤:这一反应过程中需要用到水,水可以分解成氢气和一氧化碳;然后分解物可以与液态烃燃料相混合。可以说,Licht 的装置是全世界到目前为止最有效的转化装置。

事实上,Licht 的方法只是全球各个实验室利用太阳能技术进行二氧化碳转化的一个案例。这些技术代表了一个梦想:有一天,能够绕开化石能源,从太阳光、空气和水中生成交通运输所需的燃料,从而在此过程中,摆脱掉人类因为依赖化石能源而向空气中排放的二氧化碳。

现在,这些技术尚未对石油行业形成威胁。在 Licht 的设计中,部分反应堆的温度高达 1000°C,这一高温需要特殊材料盛放相关构件。其他的研究人员也在探索各种备选方案,研发可以利用太阳光或是其他由可再生能源驱动的、进行相同化学反应的催化剂,或是在室温条件下进行化学反应的催化剂。

其中的障碍之一是经济性。当前,油价依然不高,因此很难有动力采用其他高端的、成本昂贵的选择方案。但是势不可挡的气候变化及其相关效应已经吸引了全世界研究人员探索太阳能燃料。“这是一个非常热门的领域。”加州大学伯克利分校化学家 Omar Yaghi 说。正如 Licht 的反应堆所证实的那样,相关研究在不断向前推进。“我们还没有到达那里,但是我们在向着正确的方向前进。”普林斯顿大学化学家、正在研究低温催化剂的 Andrew Bocarsly 说。富有热情的研究人员甚至已经看到了一线曙光,让这些技术变得更加经济实用:比如风电和太阳能等可再生能源的稳定发展。现在,风轮叶片和太阳能电池在一些地区已经可以提供超过使用量的电能。如果这些过剩的能量可以被储存为化学燃料,专家称,或许设备供应商能够在任何时候、任何地方节省能源,由此带来额外收益。

### 技术与经济挑战

尽管存在气候变化的担忧,但是液态燃料的需求不可能消退。石油和其他液态烃的高能量密度和易于运输的特性,使其成为全球交通运输基础设施的主要依靠。研究人员在不断探索低碳气体的使用,比如甲烷和氢气作为运输燃料,使电动汽车大幅增加。但是对于长距离运输货车和其他重型交通工具以及航空业来说,现在却没有比液体燃料更好的选择了。支持太阳能的人称,应该找到一种利用可获取的化合物(如水和二氧化碳)酿造液体燃料,从而大幅降低二氧化碳排量的方法。

这一目标可以归结为逆向的氧化反应,即从太阳或其他可再生能源中获取能量,然后使其变为化合物。“这是个极具挑战性的问题,也是一场艰苦的战役。”宾夕法尼亚州匹兹堡大学化学家 John Keith 说。可以说,这就像植物需要制造出生长所需的糖分那样,但是植物仅把



冰岛的这家工厂通过地热能驱动,可以把二氧化碳转化成合成气体(一氧化碳和氢的混合物),最终转化成甲醇燃料。

图片来源:国际碳回收公司

1%左右的能量转化成化学能。为了驱动工业发展,研究人员要做的比这难得多。Keith 把这种挑战比喻成人类登月工程。

其问题在于,二氧化碳是一种非常稳定的、很难产生化学反应的分子。化学家可以通过电或热等方式迫使产生反应。其中,第一步通常是剥落二氧化碳分子的一个氧原子,形成一氧化碳。然后,一氧化碳可以和氢气混合,形成含有一氧化碳和氢的混合气体,该气体可以被转化成甲醇——一种可以直接使用或转化成有价值的化学物质和燃料的液体酒精。大型化工厂可以进行这一过程,但是它们并非是从空气中制作混合气体,而是利用大量廉价的天然气合成该气体。因此,化学家的挑战是,从比当前能源价格更低廉的可再生能源中合成混合气体。

### 从实验室到应用

Licht 把他的用太阳能生成一氧化碳和氢气混合物的装置叫作“太阳能燃气”,并表示自己的目标是利用来自太阳的热和电挑战这一障碍。在发表于《尖端科学》期刊的文章中,他详细介绍了所设计的装置。该装置利用一种叫作浓缩光伏太阳能发电技术的尖端太阳能电池,而电池可把大量太阳能集中到一个半导体板面上,然后把这些输入能量的 38% 转化成高电压电能。这些电能随后被分流至两块电化电池的电极:其中一组能量用来分解水分子,另一组用来分解二氧化碳。同时,电池中收集的其他剩余太阳能被用作热能来源,用来将两块电池预热至上千摄氏度,这一步骤可以减少分解水和二氧化碳分子所需的电能,大致可减少 25%。Licht 说,最终大约有 50% 的太阳能可以被转化成化学物质。

目前,尚不清楚通过这一过程合成混合气体的成本是否像用天然气混合气体一样低。但是 Licht 强调,2010 年对他的太阳能水分子分裂设施的单独成本分析结果是,如果花费 2.61 美元成本,可以分解出 1 公斤的氢气——这一能量相当于 4 升汽油。

考虑到其中的成本问题,Bocarsly 和其他科学家试图继续在更低温度的条件下分解二氧化碳。其中有一种方法已经实现了商业化应用。在冰岛,一家叫作国际碳回收的公司在 2012 年开设了一家工厂,利用可再生能源合成混合气体。该公司利用冰岛丰富的地热能发电,然后用来驱动分解二氧化碳和水的电解机器。生成的合成气体随后被转化成甲醇。

### 一切皆有可能

当然,全球很多地区并不像冰岛那样拥有丰富的地热能来驱动这一过程,为此,研究人员正在寻找能够利用更少能量分解二氧化碳的新催化剂。这些催化剂通常位于负电极(即电化电池的电极中含水的一边)。在相反的电极,水分子被分解成电子、质子和氧气,氧气在变成泡沫后融合到空气中。电子和质子会被传送到负电极,在那里二氧化碳分子被分解成一氧化碳和氧原子,而氧原子和电子及质子合并后形成更多的水。

目前,这种催化剂的最佳标准是“金”。上世纪 80 年代,日本科学家发现,用金制成的电极在低温装置中把二氧化碳分解成一氧化碳的效率最高。在 2012 年,斯坦福大学化学家 Matthew Kanan 和同事发现了一种更好的材料:把薄金层转化成纳米大小的晶体,然后用其制作电极。这篇发表于《美国化学学会期刊》的研究成果显示,这种材料可以让所需电量减

少 50% 以上,并且让催化剂的活性增强 10 倍。

然而,每公斤金的价格为 3.6 万美元,大规模使用这种金属过于昂贵。去年,特拉华大学化学家冯娇(音译)在发表于《自然—通讯》的研究成果中称,利用银纳米颗粒制成的催化剂效果同样明显。今年,他们在发表于美国化学学会《催化作用》期刊的研究成果中,介绍了一种价格更加低廉、高效的分解一氧化碳催化剂:即利用小锌钉制成的树枝状晶体。

当前全球范围内的研究人员仍在探索其他的“富矿”:利用太阳能直接驱动二氧化碳和水低温电解的方式。很多研究工作聚焦于吸光的半导体,例如利用钛基二氧化碳纳米管分解出一氧化碳、甲烷和其他碳氢化合物。到目前为止,类似的装置效率仍不够高;很多时候,它们仅能把不足 1% 的输入太阳能转化成化合物。Bocarsly 和一些人曾利用太阳光线作出更好的结果。但是今年 8 月,在波士顿举行的美国化学学会会议上,特拉华大学化学家 Joel Rosen-thal 报告称,他和同事已经研究出一种钼基光催化剂,可以使收集的 6.1% 的太阳能转化成化合物。

尽管这些前沿技术在不断推进,但是 Kanan 警告称,太阳能燃料和液化化石燃料并驾齐驱仍有相当长的路要走,尤其是现在每桶油价已下降至 50 美元以下。这阻碍了全球政府形成合力,对二氧化碳排量设置上限或是收取碳排放税,因此如果单从价格上考虑,太阳能可能永远不能击败化石能源。“这是一项难以完成的任务。”Kanan 说。

尽管如此,Kanan 表示,有一天,如果可再生能源的应用足够广泛,制造可再生能源的技术也有所提高,那时人们或许才能没有罪恶感地大量消耗能源,因为人们知道自己只是在燃烧太阳能。(红枫)

### 科学线人

全球科技政策新闻与解析

## 美艾草榛鸡保护计划 反响不一



艾草榛鸡

图片来源:美国农业部

为了在一种拥有尖状尾巴的鸟类对抗美国西部几乎每个行业的战斗中寻求“停火”,联邦官员日前表示,他们将实施一项保护艾草榛鸡的计划,而无须将其列为濒危物种。对于此项举措的反应产生了分歧:支持者认为,它代表了解决一个复杂问题的创新方法,而批评者表示,它忽视了关于这种鸟类所处困境的研究发现。

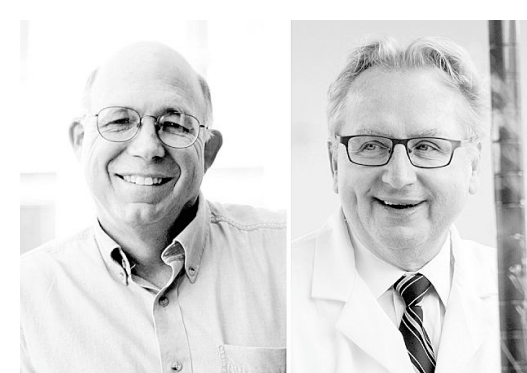
随着石油和天然气钻探、采矿、放牧、野火和入侵物种占据了北美艾草灌丛生态系统中的关键栖息地,艾草榛鸡的数量据估测跌落了 90%。如何最好地保护这种北美最大松鸡,长久以来一直存有争议。一些环保倡导者想让艾草榛鸡在联邦濒危物种法案(ESA)下获得最大程度的法律保护。不过,其他人担心,将其列为濒危物种将在这种鸟类生活的 11 个西部州造成巨大的经济损失。

为避免这一后果,联邦官员正尝试采用一种所谓的“21 世纪保护方式”,即为保护并恢复艾草榛鸡栖息地的州政府和私人土地所有者提供奖励措施。9 月 22 日,内政部部长 Sally Jewell 表示,尤其是政府机构、环保人士和业界之间“非凡的合作”,已经收获了一整套覆盖 6700 万公顷的各州和联邦土地使用计划,而这应当会逆转艾草榛鸡数量下降的趋势。Jewell 将这一努力称为“美国或者世界历史上规模最大、最复杂的土地保护举措”。而且,这尚未结束。

“我们还有很多工作要做。”Jewell 表示,实施这些计划需要数年时间。“今天的公告只是开始阶段的结束。我们需要不断了解这片土地上正在发生的事情,并且在将来把科学纳入到决策中,正如我们在取得今天的成绩时所做到的。”

很多组织对此项计划表示欢迎。纽约全美奥杜邦学会主席 David Yarnold 在一份声明中表示,它标志着依赖于北美艾草灌丛生态系统的艾草榛鸡和约 350 个其他物种获得了“起死回生”的机会。不过,位于亚利桑那州图森市的非营利性组织——生物多样性中心公共土地项目负责人 Randi Spivak 认为,通过把最高程度的保护仅限于特定区域内,政府当局正展现出“更多的政治科学而非生物科学”。(宗华)

## 两名科学家将共同领导 美斯克里斯普斯研究所



Peter Schultz(左)和 Steve Kay

图片来源: Scripps Research Institute; Max S. Gerber

位于美国加州拉荷亚的生物医药研究机构——斯克里斯普斯研究所日前宣布,一位遗传学家和一位化学家将共同领导该研究所。该机构表示,研究所化学家 Peter Schultz 将接替首席执行官和副总裁职务,而目前就职于南加州大学(USC)的分子生物学家 Steve Kay 将担任研究所总裁。

这一任命是该研究机构一系列领导职务调整中的最新变动。过去十年中,来自美国国立卫生研究院(NIH)的公共资助一直在缩减,对慈善捐赠的竞争也日趋激烈,因此研究所也开始从基础研究提供不加限制的资助上转移。这意味着斯克里斯普斯研究所和其他独立研究机构不得不艰难地维持下去。

“更广泛的意义在于全世界需要改变药物发现的模式,并且表明在非营利性机构内是能够创建一种有效的基础研究到临床应用的模型的。”目前担任 USC 文理学院院长 的 Kay 表示。

对 Kay 和 Schultz 的任命是在 USC 与斯克里斯普斯研究所合并的方案失败仅 1 年后作出的。2014 年 7 月,斯克里斯普斯研究所总裁和执行官 Michael Marletta 在教职员对合并方案进行反抗后离开了研究所。随后的 1 个月,研究所细胞和分子生物学系主任 James Paulson 被任命为代理总裁和执行官。当合并未能实现时,斯克里斯普斯研究所据传每年拥有 2100 万美元的运营赤字。

“展望未来,我想很多科学家都意识到 NIH 的资助是一件好事,如果你拥有它的话,但这是不可持续的。”选择了 Kay 和 Schultz 的遴选委员会成员、有机化学家 Phil Baran 表示,“稳定的通过拥有能给你带来钱的产品而建立起来的捐赠基金和慈善捐款。通过作最好的研究,你才能获得慈善捐款,因此这就是为何对最聪明人才的争夺会如此狂热。”(徐徐)

# 悬在头顶的地质灾害

## 气候变暖使阿拉斯加公路面临滑坡风险



美国科学家不确定如何阻止大规模冻土滑坡向阿拉斯加道尔顿高速公路迈进。

图片来源:阿拉斯加大学费尔班克斯分校

的、长达 666 公里的道尔顿高速公路,此时 FDL 才引起科学家的注意。地质学家知道附近的斜坡上存在 FDL,但当时这些滑坡都没有移动。然而,在 2008 年,卫星图像显示,约有 260 米宽、1200 米长的大面积冻土已经到达科尔德富镇附近的公路 219 里里程碑 150 米以内。很快,该州和联邦政府就要求科研人员仔细观察 FDL-A 以及其他类似滑坡,并想办法拦截住它们的步伐。

从那时起,科学家一直在利用机载雷达和

其他感应器制作这些滑坡的 3D 图像,评估它们移动的速度有多快。在地面上,研究人员对 FDL 进行了钻孔取样分析。为了了解一些山坡为什么比另一些滑动速度更快,他们还测量了山坡的倾斜度,分析了土壤的种类。

他们发现了许多让人吃惊的地方。2012 年,当科学家在探索 FDL-A 滑坡下方的永久冻土时,这个重要的“剪碎带”下方冒出了水。“能看到水冒了出来,你会想‘这是什么鬼?’”Darrow 说,她表示水很有可能是从周围的土壤

中渗透过来,并储藏在冷冻的地下。

其中,高度压力——每平方米 15.5 万千克——在 FDL 的滑坡中扮演着润滑剂的角色,就像冰面上的一层浅水帮助冰球运动员的冰刀划过冰面那样,费尔班克斯国家水文地质学家 Ronald Daanen 说。当北极土壤温度升高时,其中的基础物理学原理是,这种压力或润滑剂也会增强。“再多一点(水)压力,(碎片)就会漂浮起来”,让它们滑动得更快, Daanen 说。这种令人担忧的情况同样出现在阿拉斯加其他永久冻土的陡坡上。Daanen 说,植被通常会对这些缓慢移动的碎裂面起到固定作用,但是“我担心随着气温的升高,如果重力起到更大的作用,这些滑坡将会到达临界点”。

与此同时,研究人员正在考虑各种方法保护道尔顿高速公路不受 FDL-A 的破坏(目前来看,输油管道距离该滑坡仍有 800 米远,暂时不会有风险)。在剪碎带附近挖一条沟渠,让水流走可能是方法之一,但是研究人员并不确定如何才能最佳位置开凿这条沟渠,因为他们只有从 2012 年开始的地上勘测数据。

工程师也曾设想建造一面扶垛墙阻止滑坡,但是 Darrow 担心,这样做可能只能降低低滑坡的速度,起到“缓冲剂”的作用。还有一种更加激进的想法是安装地下冷冻管道设施,使滑坡在原地冷冻,但滑坡蕴涵的巨大能量仍会撕裂这些管道,让这些管道不能发挥预期作用, Daanen 说。此外,该联邦州还计划重新规划路径,以“延缓灾难到来的时间”,阿拉斯加交通运输部的 Michael Coffey 说。

Coffey 推测,如果以当前的移动速率来看,再用 10 年时间,FDL-A 就能到达高速公路。但是研究人员表示,考虑到其他 FDL 难以预料的行为(如有时移动速度会加快 10 倍),FDL-A 也有可能加速移动。(红枫)