



橡树岭国家实验室的一个“辐射室”,就在这里被制备。 图片来源:Alexandra Witze

# 漫漫寻铀路

## 美为深空探测囤积放射性能源物质

Ken Wilson 透过一扇黄色玻璃窗,凝视着另一边的杂瓶子和化学设备。在这样一个“辐射室”工作是 Wilson 的日常职责,他是美国田纳西州橡树岭国家实验室顶尖的原子能技术工程师。通过机械臂,他开始抓起这些瓶子,打开瓶盖,并将液体倒入另一个容器。

最终,Wilson 会将这些液体倒入一种深棕色液体中。这种液体就是铀-238 浓缩液,一种高放射性同位素,Wilson 在做的就是对它进行提纯。而铀-238 的终极目标是宇宙深处,其衰变产生的热量将为美国宇航局(NASA)的空间项目提供能量,例如未来的火星探测器和计划前往太阳系外的宇宙飞船等。

这批铀-238 将让 NASA 如释重负,因为越来越多的人担忧这种物质将要耗尽。自然界中不存在这种同位素,因此它必须在原子反应堆中制造。但 1988 年美国的主要供给源关闭,能源部(DOE)旗下的南卡罗来纳州萨凡那河工厂停止生产铀-238,作为逐步淘汰核武器计划的一部分。4 年之后,DOE 开始从俄罗斯采购少量的铀-238,但采购活动最后也停止了。

结果是,NASA 目前只有 35 公斤的铀-238,无法满足火星项目的需要。在 2013 年年底,情况更糟,当时的预算紧缩致使 NASA 取消了一个开发放射性同位素能源的项目。

这也是 Wilson 在橡树岭进行提纯工作的原因。从去年开始,NASA 每年支付给 DOE 5000 万美元恢复其长期失速的铀-238 制作能力。这是一项艰巨的工作,“铀生产工作十分困难。所有人都想当然地以为它在那里,并一直在那里。生活要比这更复杂一些。”约翰·霍普金斯大学行星学家 Ralph McNutt 说。他正在参与 NASA 内部开发用于空间项目的原子能源的研究。

### 热点区域

首台放射性同位素动力设备出现于上世纪 50 年代末和 60 年代初的美苏空间项目中。从 1961 年发射的海军导航卫星到 2011 年的“好奇”号火星探测器,美国在 27 个空间项目中使用了

放射性同位素动力设备。

所有这些设备都遵循着相同的基本原理:随着同位素的衰变,放射性会加热两种金属或半导体的结合点。多亏热电效应——这会产生电流,飞行器能够用来为设备提供能源,或将能量储存在电池里。更小的放射性同位素设备也能让探针在寒冷的宇宙中保持温度。

之所以选择铀-238,部分原因是每克物质能产生大量的能量,另外也更安全:它只释放出相对容易防护的 α 粒子。

目前,NASA 更倾向于设计一个核动力源——多任务放射性同位素热电机(MM-RTG),在任务开始时能使用 4.8 千克二氧化铀产生 2000 瓦热量和 110 瓦电能。铀-238 的半衰期是 87.7 年,能在数十年里产生能量,但产出会随着时间而减少。

拥有 35 千克二氧化铀的 NASA 似乎有能力发展核动力航天器。但这些储备时间已久,目前能满足 NASA 不到一半的能量需求。考虑到进化中的行星项目时间周期较长,并且保证铀的持续供应存在挑战,该机构远没有目前表现得这样幸运。

NASA 将使用约 5 公斤二氧化铀作为计划 2020 年发射的新火星探测器的“发电机”。而未来的太阳系外任务将需要更多的“发电机”。

与 DOE 的新合约将首次为 NASA 提供稳定的铀-238 供给。DOE 的目标是,到 2021 年,每年生产 1.5 千克二氧化铀,这些氧化物能转化为 1.1 千克铀-238。该局行星科学部门副主任 David Schurr 表示,这样一来,NASA 将有足够燃料在 10 年里维持两个任务。“在未来 20 年可预见项目上,我们可能会更好。”他说。

### 生产线

铀-238 新生产线在爱达荷国家实验室启动,该实验室主要从核反应堆乏燃料中提取同位素铀-237。然后,这些铀被送往橡树岭。在阿巴拉契亚山区的一个秋日的早上,橡树开始换上红色和橘黄色的外衣,这让人们很容易忘记

这里曾辉煌的原子能历史。但不会太久,穿过老旧铀浓缩工厂和废弃警戒塔的通往实验室的路又会“热闹起来”。

在橡树岭国家实验室园区里,铀-237 将先被压制成橡皮大小和形状的小球。这些球然后被一个接一个滑入一根根铝管中,并运送到该实验室历史最悠久的一座建筑:高通量同位素反应堆。

辐射管理者 Chris Bryan 望着一个看起来像室内游泳池的东西,展示着一个微型化的反应堆堆芯组合的物理模型。它被安装在一个直径 2.4 米,镶有许多小孔的铝圆筒上。在反应堆运行前,Bryan 将把装满铀的铝管插入这些小洞中,以便其与堆芯充分接触。Bryan 解释道,“我们正试着将尽可能多的铀挤入一个有限的体积内”。

一旦这些管子处在适当的位置上,Bryan 将把整个装置放入游泳池,这些水将充当防辐射屏障,然后打开反应堆 25 天。在这段时间里,大量中子轰击铀-237,结果产生能迅速衰变成铀-238 的铀-238。

这一过程一旦完成,这些管子将被移走,工作人员会使用添加了保护装置的轨道推车将它们放到隔壁房间。这里,Wilson 和同事透过黄色玻璃监视着机械臂的运作。他们的工作是利用硝酸溶解被辐射的小球,然后将铀提取并浓缩成氧化物粉末,最终它们会被装入防护桶。

终于,防辐射卡车会将这些桶运到洛斯阿拉莫斯国家实验室。在这里,这些氧化物将被压成燃料芯块。

当然,这一精心设计的过程还有许多其他阶段。首先,橡树岭国家实验室的反应堆没有足够的空间转化所有的铀-237。铀小球在这里被制作好后,一部分将被运往爱达荷实验室,其改进型试验反应堆将完成一些照射工作。

现在主要工作仍在橡树岭。化学工程师 Robert Wham 负责规划如何安全地进行两个试验批次,以便每年生产 1.5 千克二氧化铀。“这里的人之前没有使用过铀,我们几乎是从零开始。”他说。

NASA 也在寻找方法,以便从现有的铀中

“铀生产工作十分困难。所有人都想当然地以为它就在那里,并一直在那里。生活要比这更复杂一些。”

提取更多能量。其喷气推进实验室材料工程师 Jean-Pierre Fleurial 领导的研究小组正试图建造热电偶——该设备能从铀的放射性衰变中发电。通过将目前用于热电偶的铅基材料更换为钴-铈材料,Fleurial 小组在放射开始时获得的能量将至少多 25%。

### 能量渴求

直到去年,NASA 还致力于开发空间斯特林发动机,该设备利用 1/4 的铀就能产生与 MMRTG 相同的能量。斯特林变流器有时类似高科技蒸汽机:铀衰变产生的热量驱动氦气膨胀,反过来推动活塞发电。一个土卫六项目曾计划使用斯特林技术,但由于经费限制,NASA 于 2013 年 11 月取消了该计划。

这一决定引来了马里兰大学的 Jessica Sunshine 等行星学家的指责。例如,NASA 最近提出的项目建议书——低成本“发现”级宇宙飞船,甚至不允许使用超过加热设备的最低限度的放射性同位素。

尽管 NASA 决定取消斯特林项目,但一个小规模研究计划依然在继续。格伦研究中心放射性同位素动力系统项目负责人 John Hamley 及其同事目前正在研究不同构造的 12 种斯特林变流器。该项目已经进行了 10 年,以便证实活塞能长时间可靠工作,以满足长期空间任务的需求。

如果 NASA 需要铀为人类空间探索提供能量,所有的这些努力还不够。该机构目前正计划将宇航员送上小行星或更远的太空,这需要的能量将比少量铀-238 产生的能量大得多。Schurr 表示,如果一个行星项目可能需要 300-900 瓦能量,人类深空探索则需要更大的飞船,同样也需要数千瓦的能量。明年年初将发布的一份 NASA 内部报告估计了空间核动力的需求,它指出,可能需要一个类似于裂变反应堆的自持能量源。

再回到橡树岭,Wham 还在考虑如何制备更多的铀。如果需要,他说自己将使用更多的辐射室,制作更多的铀。“如果他们来找我们,想要更多的产品,我们知道怎么做。”他说。(张章)

### 科学线人

全球科技政策新闻与解析

## 欧盟打算将“地平线 2020”资金另投新项目



Jean-Claude Juncker 在欧洲议会上描述自己的投资计划。 图片来源:EC AUDIOVISUAL SERVICE

欧盟委员会新领导因计划“掠夺”欧盟科学经费到新投资项目而遭到批评,新项目旨在推动欧洲经济发展和创造新就业岗位。

上任 3 周后,欧盟委员会主席 Jean-Claude Juncker 提议将“地平线 2020”项目的 27 亿欧元经费划拨给新的“欧洲投资计划”。结合来自资助宽带和运输项目的“连接欧洲设施”计划,欧洲投资银行和未特殊指定的“边际预算”的经费,经费总额将达 210 亿欧元。Juncker 表示这将吸引来自产业和国家政府的更多经费,在未来 3 年里,经费数额将达 3150 亿欧元。

一些研究组织并不相信削减“地平线 2020”项目的 27 亿欧元经费,最终会对研究有利。“‘地平线 2020’不是一只柠檬!不要再挤它了!”欧洲研究型大学联盟(LERU)在一份声明中表示。

新投资项目经费将适用于所有欧盟国家和与该计划优先顺序匹配的所有项目。该委员会并未发布任何细节,但表示该项目计划将重点放在宽带和能源网络、交通基础设施、教育、研究和创新,以及可再生能源和能源效率方面。例如,欧盟委员会称,这些经费将帮助加速“激光研究基础设施”的建设。Juncker 已经向欧洲议会提交了计划方案。

“我知道,你们中的一些人担心这会影响到研究和基础设施分配。你们害怕重新定向‘地平线 2020’和连接欧洲设施项目的经费将意味着资金流失。”Juncker 告诉议会,“但情况不是这样。来自这些项目的每 1 欧元,放入投资项目后将为每个相同的研究和基础设施项目创造 15 欧元。我们不只是转移经费,还在最大化其投入。”

但一些人对该计划并不乐观。“在总价值超过 12 万欧元的经济体系中,你能用 210 亿欧元做什么?(Juncker)正试着创造可能性微乎其微的奇迹。”布鲁塞尔经济智库布勒勒尔的负责人 Guntram Wolf 说。Wolf 并不相信国家和私人基金将使得欧盟委员会的 210 亿欧元增值 15 倍。“5 倍就很幸运了。”他说。(张章)

## 美国将引入臭氧控制新标准



1995 年“包裏”在雾中的美国洛杉矶 图片来源:FLICKR

美国近日提议缩小可产生烟雾的臭氧的标准,使其从原来的 75 PPb(十亿分之一)降低至 65PPb-70PPb。由美国环保局(EPA)公布的新门槛是 2008 年以来的首次变动。

由汽车和工业排放的氮氧化物和其他有机化学物在低层大气中极不稳定,可以产生高浓度的臭氧。在接近地球的地方,臭氧是一种污染源,而不是日光防护屏障:它可能导致哮喘以及加重肺病。EPA 表示,新标准可以防止 96 万人遭受哮喘以及 4300 人过早死亡。一些团体如美国肺病协会欢迎新标准,但却表示 EPA 应进一步把标准降低至 60PPb。

自 21 世纪头十年末期开始,EPA 的科学顾问委员会就支持降低臭氧含量门槛。但 3 年前,奥巴马政府搁置了一项强制降低该水平的草案,指出实现这个目标对于正在从严重经济衰退中恢复的美国来说经济负担过重,近期的提案从本质上对之前的提案进行了更新和修正。美国各州被要求根据各州臭氧问题严重程度从 2020 年至 2037 年期间遵守新标准。

批评家表示,实现这一新目标昂贵且存在难度。在美国一些城市,尤其是那些高海拔的西部山区,天然背景水平的臭氧从一开始就占整个含量的相当大一部分。而制造臭氧的化合物的全球传播已经开始成为一个问题。当前臭氧水平在欧洲和美国日趋下降,而它们在东亚却正在提升。

EPA 将在 2015 年 2 月末之前接受公众对该草案的评论,并表示计划在 2015 年 10 月 1 日对该草案进行最终定案。然而,国会的一些成员仍在宣告将阻止该议案的执行。“我们将在新成立的国会中继续努力行使控制权,控制 EPA 不断调整的监管标准。”众议院众议员、众议院能源委员会高级成员 Ed Whitfield 在一份声明中说,“EPA 正在提议采取几乎不可能实现的新标准,尤其是对于这个国家仍为实现当前的臭氧标准而挣扎的地区来说。”(冯丽妃)

## 重建医疗体系 减少新发病例

# 埃博拉战役步入新阶段



利比里亚邦埃博拉治疗点的墓地掘墓人 图片来源:K. KUPFERSCHMIDT/SCIENCE

如果时光倒流至 1 年前,即便每天新增 20 例感染者也是不可思议的现象。而几内亚的情况则表明,抗击埃博拉的胜利可能非常短暂:这个国家曾两次走到疫情结束的边缘,然而埃博拉病毒却又两次卷土重来。

一些人甚至怀疑利比里亚近期的感染人数下降是否真实。近日在利比里亚卫生部的一次会议上,美国国际开发署一名代表人员表示,他被派来调查这一数字是否可信。“确实如此。”瑞

典统计学家 Hans Rosling 说,过去一个月来他在蒙罗维亚帮助利比里亚政府分析疫情数据。例如,CDC 研究人员曾用口腔采样药签在蒙罗维亚检测死者尸体中携带的埃博拉病毒,其中约有 20%-30% 呈阳性,而此前疫情暴发高峰期的阳性比例接近 90%。感染病例的真实数据可能是报道数据的 2 倍,但不会更高,Rosling 说。“我们现在已经到了一个新的阶段。”

国际回应一直很迟钝。尽管五角大楼(美国国防部)曾说它不会筹建更多的埃博拉新治疗中心,但工程仍在继续。“这听起来根本就不合理。”无国界医生组织(MSF)利比里亚任务带头人 Thierry Goffeau 说,“这分明是在浪费人力与财力资源。”Rosling 也认为需要改变策略。今年 9 月的主要工作是建设门诊,清除死者,让尽可能多的患者隔离。作为对新疫情的回应,是时候建立一个灵活的系统,同时迅速区分患者,跟踪他们的接触者以防更多感染。“我们在第一阶段应该做的是橄榄球运动。”Rosling 说,“现在该下棋了。”

在埃博拉的重压下被摧毁的利比里亚医疗系统正在重新换挡。医生正回到岗位上,门诊也重新开业。Goffeau 说这些都是迫切需要的:“很多人因为埃博拉以外的疾病在死亡线上挣扎,因为他们没有办法得到医疗。”但医务人员仍然面临重大风险,仍有百分之一或是千分之一的患者可能感染埃博拉病毒,这可能会引起新一轮的感染。有一些报道称,一些门诊的医生正穿着埃博拉防护服进行外科手术或是接生婴儿。

蒙罗维亚急救医院住院部今年夏季在若干名医生死于埃博拉之后被关闭,MSF 现正

当今年 8 月 Kevin De Cock 从这座拥有 100 万人口的城市飞回家时,留在他身后的是一幕启示录中的灾难场景。每天有超过 100 人感染埃博拉病毒,垂死的患者挤满了治疗点门外,大街上横陈着正在腐烂的尸体。一些数学模型推测,利比里亚到 12 月份每周会面对数千例新增病患。“确实毫无办法知道局势会有多糟。”美国疾病控制与预防中心(CDC)流行病学学家 De Cock 说。

但当他 11 月 9 日重新返回利比里亚首都蒙罗维亚时,那里的情况已大不相同。此前无情的推测被证明是错误的,尽管埃博拉疫情依然在塞拉利昂蔓延,几内亚的感染人数则忽高忽低,而利比里亚现在据报道每天新增病例仅有 20 人左右。治疗机构已经出现成百上千张空床,利比里亚总统 Ellen Johnson Sirleaf 已宣布撤销 8 月份开始的全国紧急状态。现在,该国正面临新的挑战:重建支离破碎的卫生保健系统,减少当地疫情,寻找办法使新感染案例降低到零。

没有人知道是什么让这场瘟疫消退。芬兰兽医、世界卫生组织(WHO)流行病学顾问 Katri Jalava 说,安全下葬可能是一大因素。她说,当地的一个风俗是清洗尸体,然后失去亲人的家属要用同样的水洗手。“但是遇到埃博拉,这样做绝对是疯狂的。”很多人都认为人们的日常行为也发生了改变。街上随处可见的标语警示“埃博拉是真实的”,提示蒙罗维亚市民“不要成为下一例感染者”。很多人家门外都设有小型洗手池和漂白剂,利比里亚人打招呼时也不再像以往一样拥抱或是握手。

“然而,这依然是一场灾难。”De Cock 说。