

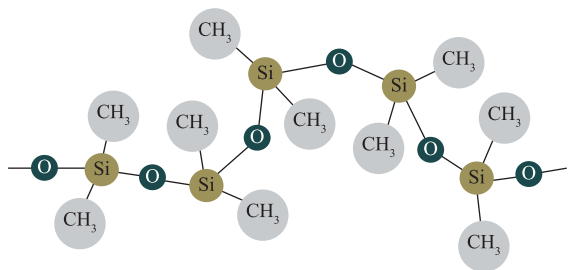
# 太阳为工业供热

文/瓦克

以瓦克HELISOL®为代表的高性能导热油应用在光热发电站，为气候保护做出重要贡献。光热发电站吸收的太阳能不仅可以用来发电，而且还可以作为工艺用热直接应用于工业生产中。

没有谁比它更渴望阳光。光热发电站的抛物面镜舒缓地将其银色肢体伸向天空，在耀眼的阳光中吸收能量。“它的转换效率高达75%以上”，比利时AZTEQ公司下属的全资子公司Solarlite CSP Technology有限责任公司总经理Joachim Krüger博士介绍。这家来自德国梅克伦堡-前波莫瑞州的专业公司致力于开发和建造分散式抛物线槽型光热发电站，用来发电并为工业生产提供工艺用热。

抛物面镜会自动追踪阳光，以便能最大程度地吸收太阳能。抛物面镜将阳光聚焦到分布在镜面上的长形集热管（即接收器）上，集热管采用钢材制成，外面裹有玻璃外罩，钢管与玻璃层之间为真空，以避免热损失。使用聚光太阳能热发电（CSP）技术的光热发电站为了转化和利用太阳能，需要在钢管中填充至关重要的传热介质。传热介质可以是水、有机油，也可以是瓦克特别为此研制的HELISOL®硅油。



△ HELISOL®硅油是聚二甲甲基硅氧烷，其硅原子连有两个功能性甲基基团，硅原子又通过氧原子彼此相连。



△ 光热发电站的接收器：接收器由黑色的钢管组成，载热油在钢管内部流通，钢管的外面裹有玻璃外罩。为了防止热能损失，400℃的钢管处于真空状态

瓦克有机硅业务部门负责载热油项目的Erich Schaffer说：“每种介质都有优缺点，但它们的任务只有一个，吸收和传递太阳能。”传热介质从太阳能集热场流出后流入一个热交换器，在热交换器中将水加热。水加热后产生的蒸汽驱动涡轮机产生电力。水蒸气冷却后又流回热交换器中，如此往复循环。收集的太阳能也可直接作为工艺用热服务于工业应用，无须经过发电步骤。

如果将水用作传热介质，其优点是100%的环保，缺点则是加热过程中会产生超过20 MPa的高压。为了承受这一高压，设备需要特别设计，制造成本随之增加。而且要确保水在节热管中不结冰，也需要对设备的设计进行相应的调整。其他的传热

介质情况与水相似。

Solarlite公司的太阳能分析师Yuvaraj Pandian介绍：“与有机油相比，使用HELISOL®硅油会明显降低穿过钢管扩散到真空中的氢气量，由此可以避免不必要的热能损失。”

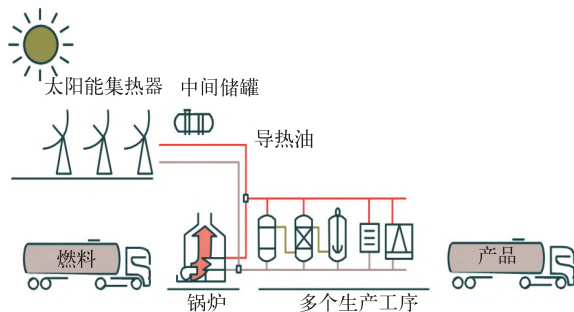
### 即使在严寒环境下仍可保持流动

瓦克导热油技术经理Kai Schickedanz博士说：“即便是有机油，在10℃上下也有一个凝固点。因此，光热发电站需配备一套伴热系统，以保持油的流动性。而瓦克的HELISOL®硅油则不同，在零下40℃时仍可保持流动。”在高温环境下，硅油也有优势：即便被加热到425℃也不会分解。基于碳氢化合物制成的导热油从特性上无法与硅油媲美。

对于Solarlite公司总经理Joachim Krüger博士来说，硅油的超大工作温度范围能给太阳能热设备带来巨大优势。使用硅油作为传热介质，光热发电站能够更加安全稳定地度过欧洲的冬季。另外，沙漠地区的夜间温度也有可能降至极低。此外，还无须使用伴热系统，由此可以降低投资成本。

Joachim Krüger博士是Solarlite公司的创办者，同时还兼任德国太阳能热发电协会（DCSP）的主席。对于光热发电站经常要面对的问题，Joachim Krüger博士一清二楚。首先，先制热再发电的流程是一个间接流程，是否有必要这么做？而且，并不是没有直接产生电力的技术选择，例如可以通过光伏发电。

其实，太阳能光热发电和光伏发电这两种生产技术并不仅仅是竞争关系，它们之间还能互补。Joachim Krüger博士说：“相对于电能，热能更易存储。因此，光热发电站夜间也能发电，能够填补光伏电站因缺乏日光而无法发电的时间缺口。”熔盐是一种适用的热能存储材料，它可以从被太阳能加热的传热介质中吸收热能，温度能够达到大约400℃。在夜间，热交换器从熔盐中提取热能，输入发电系统，产生电能。德国宇航中心（DLR）的一项最新研究显示，大型的熔盐储罐与蓄电池相比，可以将电力存储的成本降低80%~90%，从而使太阳能发电的灵活性大大提高，并可根据用电需求进行调配。



△ 太阳能集热器可以和燃料动力锅炉一样用于制备工艺用热。根据所在地平均日照时间长短的不同，日照时间较短时，需要使用锅炉以备不时之需，但通常只需对加热的导热油进行中间存储即可

### 替代石化燃料

太阳热能设备的主要用途不仅仅是确保光热发电站全天候供电，瓦克工程师Erich Schaffer说：

“太阳热能设备的主要功用在于产生热能，这使其受到许多应用领域的青睐，例如建筑物取暖和工业生产所需的工艺用热等，特别是工艺用热的需求量很高。工业领域所消耗的能源大约占全球能源总消耗量的1/3，其中大约3/4为热能。400℃以下的工业用热约占全球工业用热需求的50%。”大部分的热能取自天然气等石化燃料，取自可再生资源的热能略低于10%，太阳热能专家Joachim Krüger博士介绍，光热发电站是提供绿色热能的一个重要途径。

位于比利时安特卫普的化工物流企业ADPO认识到这一点，对Solarlite公司建设的光热发电站进行投资，利用其热能制取蒸气。Solarlite公司的太阳能分析师Yuvaraj Pandian强调：“这是欧洲化学工艺领域的第一座聚光太阳能热发电场。”这座发电场占地面积1 100 m<sup>2</sup>，热能生产能力为500 kW·th。ADPO公司使用152℃的热蒸气来调节一座大型化学产品物流中心的温度，每年可减少100 t温室气体（即CO<sub>2</sub>）的排放。与此同时，这一示范项目也证明了此类加热系统不仅适用于沙漠地区，而且在气温较低的北海地区也能为中小型工业设备创造附加值。

而聚光太阳能热发电场的集热管中使用的传热介质正是瓦克提供的HELISOL®硅油。瓦克专家Kai

Schickedanz和Erich Schaffer说：“无论是Solarlite公司与位于比利时安特卫普的ADPO公司合作开展的项目，还是与位于比利时奥斯坦德（Ostende）的化工企业PROVIRON实施的另一个类似的光热发电项目，都对瓦克HELISOL®硅油未来在太阳热能领域的应用具有重要的示范和参考意义。”



△ Solarlite公司在比利时奥斯坦德建造的聚光太阳能发电站及位于安特卫普港的姊妹发电站，是欧洲工艺领域的第一个聚光太阳能热发电场



△ 位于比利时奥斯坦德的聚光太阳能热发电场的超压设备：之所以配备这一设备，是因为使用的导热油的体积在使用过程中会随着温度的升高而膨胀

瓦克对HELISOL®硅油的开发始于十年前，目标是使光热发电站和工业设备等能在超过400℃的工作温度下正常运行。虽然瓦克很快找到了一种适用的硅油，但要在超过400℃高温和300 MPa压

力的工作条件下采集黏度等性能参数还是一个大难题。Erich Schaffer说：“由于缺乏适用的测量工具，我们立即与德国宇航中心的专家及其他合作伙伴一起启动了一个开发项目。”

## 天衣无缝的协作

硅油的蒸气压和黏度等参数直接决定了集热管的结构设计和性能，从而影响设备的整体设计。材料、设计和生产原料之间的协调必须做到天衣无缝。

而且，瓦克的专家还要确保硅油不会受热分解或具有腐蚀性。Solarlite公司的专家Yuvaraj Pandian说：“有机油的一个典型缺点就是会随着时间的推移释放出氢气，氢气会穿过钢管扩散出去。这一现象会破坏钢管和玻璃罩之间的真空，导致不必要的热能损失。”HELISOL®硅油虽然也有这一现象，但要轻得多。

为了证明HELISOL®硅油的优势，研发团队将3种HELISOL®硅油送到西班牙太阳能测试平台（PSA），在一套太阳热能设备中通过示范循环试验验证了它的实战优势。在该试验中，瓦克与德国宇航中心和该示范设备的运营方西班牙环境与能源研究中心（CIEMAT）紧密合作。“抛物线槽型光热发电站的镜面追踪太阳光，这就意味着入口和出口管道上都要用到活动部件。”瓦克专家Kai Schickedanz介绍。更进一步来说，节点的密封件必须能够经受得住高温的考验，确保稀薄的硅油不会发生泄漏等情况。

## 用途广泛

不仅如此，HELISOL®硅油还要适用于泵送，因为大型太阳能集热场的管道网络总长可达100 km。瓦克热载体油项目负责人Erich Schaffer说：“如今，我们的这款硅油可用于众多应用领域。”

Joachim Krüger博士说：“聚光太阳热能的应用空间目前尚被远远低估。伴随去碳化的发展趋势，如果能将聚光太阳能热发电与光伏系统等相结合，其巨大的发展潜力可想而知。在采用高温电解的绿色制氢技术领域，太阳热能也有很大的应用潜力。” **EA**