

# 太阳是天然发电站

强大的真空技术和可靠的密封性控制  
提高了太阳能接收器的效率



提到太阳能发电，人们最常想到的就是光伏系统。然而，聚光太阳能热发电系统作为一种极具吸引力的替代方案，正变得越来越受欢迎。在这种类型的发电站里，集热器系统将太阳光集中并通过吸热管进行收集。这些吸热体或吸热器中的传热流体将能量输送到涡轮机上，涡轮机连接发电机。

这种类型的电站安装在阳光直射充足的地区，例如西班牙、美国（加利福尼亚和亚利桑那州）和北非（摩洛哥）。近期，这类设施遍布世界各地，涵盖印度、以色列、阿拉伯半岛、南非、澳大利亚和中国。

和内钢管组成。在温度变化时，这种设计使玻璃和钢材的不同热膨胀系数可以用柔性波纹管来平衡。传热钢管必须在不限太阳辐射的情况下进行保温。这种类型的真空保温类似于保温壶原理，通过高透光率的特殊玻璃以及在两种管道上的特殊涂层，辐射和传送中的损失显著减少。

#### 技术原理

各种聚光器技术均采用抛物槽、太阳能塔、菲涅尔反射器以及将太阳能和合成气同时作为能源的混合系统。大多数装置使用抛物槽式。在抛物槽式太阳能热发电站里，抛物线状的反射镜将太阳辐射集中在位于反射镜焦点处的吸热管中，即所谓的接收器。导热油或熔盐等传热流体会通过接收器（见图1）。接收器串联在一起，将传热流体引向系统设备集热器中的蒸汽轮机。发电站内增设的集热器可以补偿太阳辐射的突然波动，从而保障夜间运行。

**真空对发电站的效率起着决定性的作用**

由于能源生产可以根据消耗和/或电网负荷进行调整，因此可以规划带有集热器的太阳能热发电站。通过这种方式获得的热量通过换热器被引出，用于蒸汽轮机发电。抛物槽技术已经经过多年的测试和验证，其效率高、可靠性高、发电成本相对较低，因此脱颖而出。

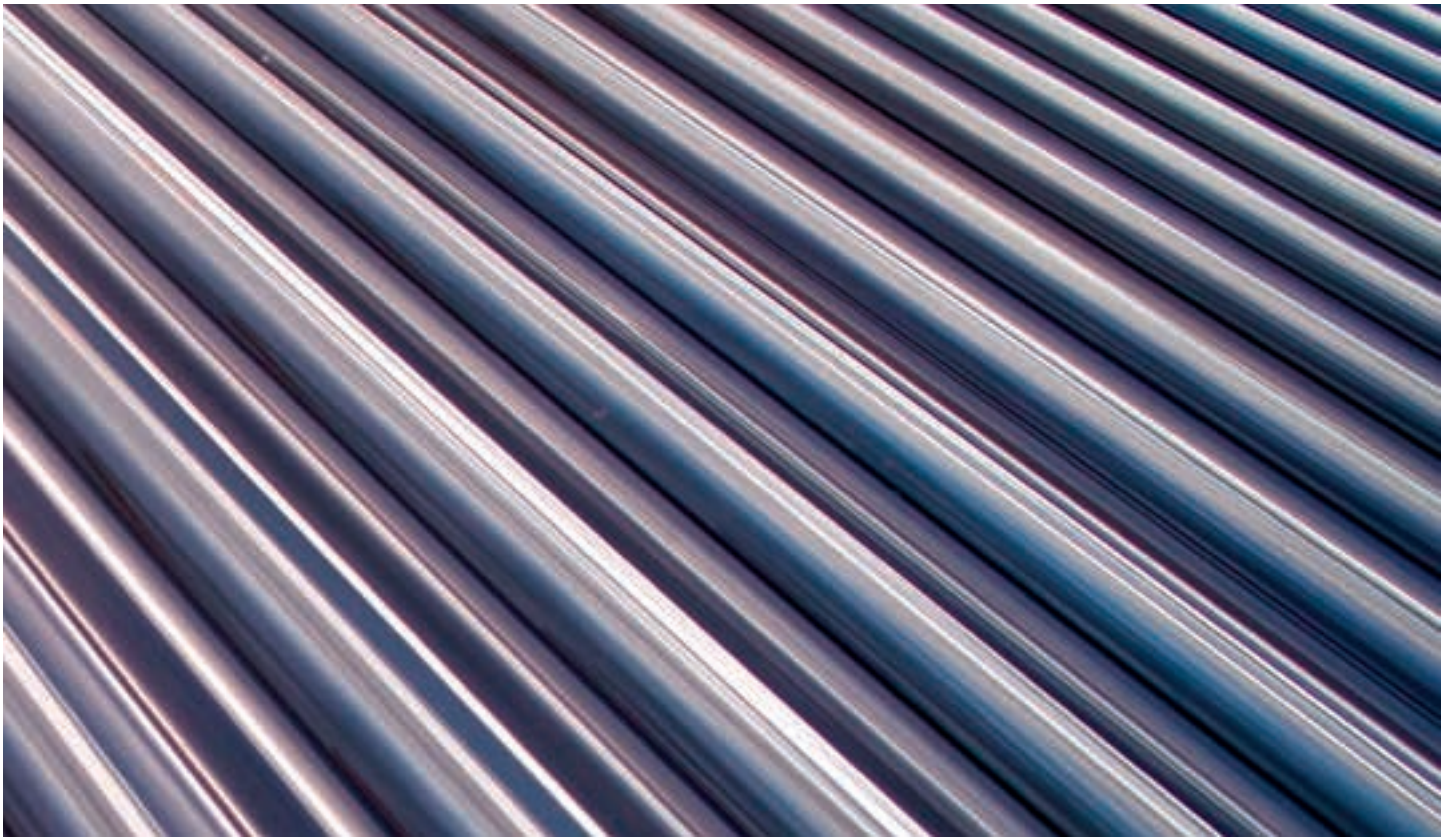
#### 为什么需要真空？

真空对发电站的效率起着决定性的作用：为了不损失所获得的热量，接收器（或集热器）必须抽真空以隔热。接收器由中空玻璃管



图 1：定制的太阳能吸热器脱气泵车





抽真空是在高温的炉子里进行的，炉子里有单个长度通常为 4 至 5 米结构的接收器，与泵组相连。通过连接套与泵进行适配。从真空技术的角度来看，连接套的直径需要尽可能的大，使抽真空过程中的传导损失最小。但是，玻璃连接套仍需熔断，以便对接收器管进行密封。如必须对连接套的尺寸进行妥协，这会导致连接套的有效泵速受限，热处理的工艺时间相对较长。在这一工艺步骤中，要对接收器材料的表面进行脱气以使长期运行过程中的脱附气体负荷降到最低。

### 何种压力？

为了有效地对管道进行保温，必须防止热量通过对流传输。如果将作为传热介质的空气抽真空，则热量的损失不是源于对流，而是辐射传输引起的，辐射传递的损失的热量比对流少得多。从物理上讲，低于  $10^{-3}$  mbar 的真空度具有最佳的隔热效果。因此，在接收器的整个使用寿命内必须保持规定的压力水平。此外，还要尽可能控制密封材料的渗透、管壁的解吸或泄漏造成的气体进入。

为了在接收器中产生所需的真空，普发真空提供了一系列的真空解决方案。涡轮泵组专门设计用于抽空接收器管道，不仅优化了真空技术，而且形状也根据生产设备进行了调整。图 1 所示为定制泵组的一个例子。除了考虑真空技术参数，选择这些组件还因为其对于接收器管破裂后的玻璃颗粒以及在空气突然涌入时对泵的强大冲击力能进行抵抗。

### 密封性

接收器的制造商必须保证至少 20 年的绝热，以便在发电站运行时维持效率。考虑到发电站的发电量、设计以及连接的接收器的数量，现场每更换一次接收器都需要花费大量的时间和金钱。

$$\text{泄漏率} = \frac{\text{压升} \times \text{内部自由容积}}{\text{寿命期}} \quad \text{或} \quad Q_L = \frac{\Delta p \cdot V}{\Delta t} \left[ \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

100% 的密封性在技术上无法实现。因此，应明确渗透率有多少，接收器交付状态下的压力必须相应地在保证值之下多大范围内，才能承受规定时间内的压升。

**为了在接收器中产生所需的真空，普发真空提供了一系列的真空解决方案。**

对最大允许泄漏率  $Q_L$  的要求来自于接收器的计划使用寿命 [s]、最大允许压升 [Pa] 和中空玻璃管的可用容积 [ $\text{m}^3$ ]。

如前所述，从技术上的真空角度来看，实现合理的最终压力受限于接收器的几何形状和真空泵端口极窄连接直径的流动阻力。

在高真空的分子流动条件延长了泵送时间，降低了压力。接收器实现的压力在理论压力和适合生产的允许周期时间上采取了一种实际的折衷。由于泄漏率和最终压力的限制，可能还需要吸气剂材料以进一步控制出现的气体，并保持低压力。然而，如何确保从生产开始，接收器中的隔热真空在整个使用寿命内始终保持不变仍然是一个挑战。这种密封度要求要在氦气检漏仪中进行测试。



检漏仪-ASI 35

#### 为何用氦气？

氦气是一种惰性气体，这意味着它不会与其他物质发生反应。其他好处还有，氦气无毒无爆，成本明确。它不会损害作业人员的健康，而且作为空气中的天然成分，也不会对环境造成危害。

根据国际公认的规定，使用这种示踪气体和基于质谱的检测器技术有多种方法。这导致其灵敏度和选择性无与伦比，易于校准，而且测试具有高重复性和复现性。

#### 测量方法

氦气是空气中的天然成分，自然浓度为 5 ppm。为了进行高精度的测量，必须抽空测试室中空气的残余氦气以产生极低的本底信号。为了能够精准检测出最大允许泄漏率，本底信号必须在至少五年内低于规定的密封度。

氦原子是用扇形场质谱仪检测的，而扇形场质谱仪是由一个专门与应用同步的涡轮分子泵抽空的。因此，测试气体在低于 1 mbar 的压力范围内能以最高的精度和高选择性检测到。

#### 整体/局部泄漏检测

接收器的密封度必须综合测定。检测所有潜在的泄漏点时，待检接收器运行的可靠证据至关重要。出于返修考虑，在定位渗透点时，可以局部使用检漏仪。

测试方位应始终与实际使用情况相对应。对于接收器，这是指大气压与玻璃管内抽空空间的压力差。接收器管道的薄弱点是管道两端的玻璃金属连接处。为了进行整体泄漏检测，在管道两端用转接器来建立一个腔室，其中充满规定浓度氦气。这种转接器必须是全自动的工业用途，并且被用于制定的氦检气体应用中。漏率测试必须符合 ISO 20485，其流程的压力和浓度都进行了规定。

### 测试方位应始终与实际使用情况相对应。

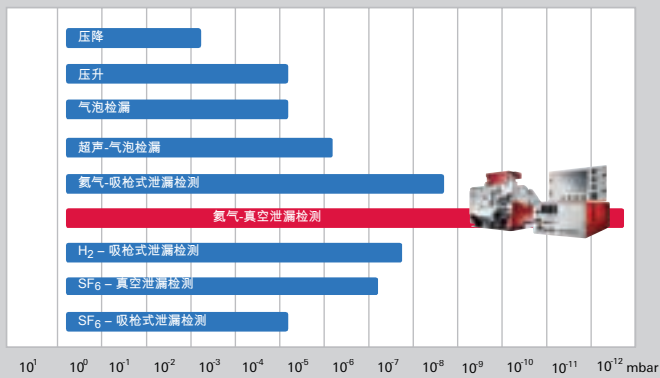
接收器管道测试系统的技术实施面临的挑战在于适应基于生产的检测周期，以及从真空的角度来看，测试对象的几何结构，以及对泵系统和测试条件的适应。此外，必须考虑到接收器材料对检漏效果灵敏度和由于开关阀导致的死区容积。



旋片泵 - DuoLine

### 确定泄漏率

按照如今的质量标准，在工业生产中需要检漏率达到 100%。在工业实践中，已经建立了不同的泄漏率测定方法：



10<sup>-6</sup> mbar l/s 以下的泄漏率只能用氦气检漏仪来确定。

### 总结

太阳能接收器管道的真空是对真空要求和玻璃加工技术的折衷。使用专用泵组是为了获得最佳的真空性能，以及在玻璃破碎时提供高耐用性和保护性。

在生产过程中，对接收器的密封度进行检查是一个很大的挑战。在将工业检漏系统融入现代化生产线的设计规划中，只有采用全自动系统才能实现工艺的一致性和可靠性。为了满足高质量的要求，获得有复检性的结果，必须考虑复杂的物理参数。

普发真空为所需系统提供咨询和规划支持，并为氦气检漏测试提供特别定制的真​​空解决方案，以及为单独生产步骤提供全套真空技术。



## 我们提供一站式真空解决方案

普发真空代表着为客户在世界范围内提供创新的、定制化的真空解决方案，完美的技术，全方位的支持和可靠的服务。

## 完整的产品线

从一个配件到复杂的真空系统：  
我们是唯一能提供完整的产品线和技术服务的供应商。

## 理论与实践的完美结合

得益于我们的专业技术和完善的培训体系！  
我们提供给您完整的生产技术提升方案和全球统一的一流的现场服务。

您是否正在寻找  
完美的真空解决方案？  
请联系我们：

普发真空技术（上海）有限公司  
Pfeiffer Vacuum  
(Shanghai) Co., Ltd.  
T +86 (21) 3393 3940  
info@pfeiffer-vacuum.cn

Pfeiffer Vacuum GmbH  
德国总部  
T +49 6441 802-0  
info@pfeiffer-vacuum.de

[www.pfeiffer-vacuum.cn](http://www.pfeiffer-vacuum.cn)



Follow us on social media  
#pfeiffervacuum

**PFEIFFER**  **VACUUM**