

## 来自专家的提示和建议

### 前级泵对真空系统的影响

在许多应用中，影响真空系统极限压力的主要因素是所使用高真空泵的参数。但是真空系统的特性不仅由高真空泵决定，在很大程度上也由前级泵和整个泵组内部的兼容性决定。

真空泵或泵组支撑由真空系统发出的气流。如果在真空工艺中加入了工艺气体，则气流量由该工艺气体流量决定。相反，如果真空系统在没有添加工艺气体的情况下应该达到低端压力，则气体吞吐量主要由从真空系统内表面排放的气体确定。

#### 选择合适的前级泵

如果要为泵组选择前级泵，则泵产生的压力必须小于所使用高真空泵的最大前真空压力。这个最大前真空压力可以在每个涡轮分子泵的规格中找到，其命名包括“前真空最大值”、“最大前真空”或“前压”。有 Holweck 级的现代涡轮分子泵可以在大于 20 mbar 的高前真空压力下运行，具体依其结构类型和制造商而定。因此，从所提供的标准前级泵中选择泵的可能性几乎是没有限制的。这并不对标准前级泵的选择构成限制。许多前级泵都可以产生直排大气的这种前真空压力，例如油润滑旋片泵、紧凑隔膜泵或高性能干泵。



图 1：ACP 系列的多级罗茨泵工作起来整洁可靠

在许多应用中（如薄膜技术），涡轮分子泵并非针对最小端压力进行优化，而是针对其他参数（例如最大气体吞吐量）。在实际真空工艺之前的第一步中，经常产生低压以用作清洁措施。这样便可以移除真空室或基板表面上的气体。因此，涡轮分子泵必须首先产生低起始压力，然后必须能够支撑来自真空室的工艺气流。简言之，前级泵需要在不同的运行状态下产生足够低的压力。

#### ACP 系列的无油前级泵具有足够强大的优点

旋片泵是用于涡轮分子泵的经典前级泵。它们价格相对便宜、可靠且耐用。然而，所使用的工作液-泵油-是烃污染的可能来源。因此，油润滑的前级泵存在风险，不能用于苛刻的真空应用。

普发真空的 ACP 系列是一种无油的替代品。ACP 泵是多级罗茨泵，其无接触结构原理可确保长期稳定性和可靠性。由于此类泵中转子 and 定子之间没有密封件，因此与其它无油泵相比没有磨损，因此不会产生颗粒物。

#### 低压下的不同气体组成

在抽空过程期间，气体置换介质的组成会改变。开始时，泵送空气中的主要气体，例如氮气、氧气和氩气。在压力较低的区域，由表面排放的气体占据全部气体组成的主要部分——主要是氢气和水蒸气。前级泵和高真空泵必须能够以高效率支撑这些气体。

#### 泵送水蒸气

在真空系统中，空气中的主要气体（氮气、氧气和氩气）必须非常快地泵送。真空系统的内表面覆盖有水蒸气，表面排放这些水蒸气的速度要慢于泵送速度。

如果水分子从表面排放到气相中，则可在分子流中移动到涡轮分子泵，并被泵出真空系统。在涡轮分子泵的前真空法兰处，这些水分子与其他气体原子和分子一起被收集起来，并通过前真空线和前级泵排出。在前级泵的入口处，压力相对较低。当向泵出口的方向溢流时，增加至大气压力或稍高于大气压力。在泵中的最高压力区域中，存在从气体到液相重新形成可冷凝介质的危险。必须预防这一现象。如果在前级泵内部出现冷凝，则冷凝液的蒸气压决定了前级泵可达到的端压。通过干净的旋转叶片或 ACP 泵，这意味着大约  $10^{-2}$  mbar 的端部压力将增加到几 mbar。此外，冷凝物可能导致泵内部的大量腐蚀。

为了避免这种现象，在许多情况下使用所谓的气镇。因此，气体另外进入真空泵中。气镇加热泵并且打出口阀，时间比没有气镇的情况下要早。气镇可用于 ACP 泵以及旋片泵。然而，添加的气体导致前真空泵可达到的端压轻微增加。

#### 小分子气体的抽吸

在高真空压力下，存在分子流动以及单个气体原子和分子的移动。因此，必须检查涡轮分子泵对于单个气体原子和分子的效率。这可以通过确定所谓的压缩比来完成。在该压缩比下，轻气体的行为之间存在相对较大的差异，例如氢气（质量  $2\text{ u}$ “原子量单位”）和氦气（质量  $4\text{ u}$ ），空气中的主要气体也是如此，例如氮气（ $28\text{ u}$ ）、氧气（ $32\text{ u}$ ）和氩气（ $40\text{ u}$ ）。氮气涡轮分子泵的压缩比通常非常高（约  $1 \cdot 10^8$  至  $1 \cdot 10^{11}$ ），但对于轻气体（约  $1 \cdot 10^2$  至  $1 \cdot 10^5$ ）则要低得多。

小分子气体氢气和氦气对于真空系统很重要：氢气由真空室中的金属材料排放。氦气在低温技术和泄漏检测中被用作工作气体。因此，必须检查用于小分子气体的前级泵性能。小分子气体则在相对较低的压力下进入前级泵，并在大气压力或略高的压力下排放。在前级泵的排气口处形成的所有压差-无论是阀门、排气消声器、油雾过滤器还是仅仅是空气柱的静态压力-都可以防止真空系统极小的气流离开前级泵。因此，前真空压力以及端压可能会增加。为了在高真空范围内达到低端压，必须有效地减少前真空系统中的小分子气体。

这可以通过稍微降低前级泵出口处的压力等手段来实现。因此，在前级泵的出口处存在一种泵送效应。所需的压力衰减约为  $20\text{ mbar}$ 。通常，在将泵连接到排气系统时可能已经达到该值。

同样，通过使用气镇或清洗气体，前级泵比只使用来自高真空系统的气流能处理更多的气体。这对于尺寸为每分钟几标准升（slm）的 ACP 泵来说是有效的。前级泵的端压被附加气体负荷略微降低。清洗气体是重气体，例如干燥空气或氮气。提醒：涡轮泵的压缩比对于重气体比对于轻气体更高。即使通过重气体增加了前级泵中的端压，高真空范围内的端压也通过排出轻气体被优化。

这可以在几个实验中证明。由于在气镇的连接处使用了针型阀，因此气体吞吐量是可控的，用户可以进行微调。无电流关闭的串联电磁阀允许在电源关闭的情况下阻塞清洗气体流。

### ACP 和 HiPace 的组合：最佳解决方案

在过去，各种用户已经建立了多个测试设置。有了它们，最合适的前级泵和涡轮分子泵的组合应该是合格的。在许多组合可能性中，ACP 罗茨泵与 HiPace 系列的涡轮分子泵目前为止是最令人信服的。不同测试的结果以及过去几年的经验表明，与其他方案相比，这种泵组合具有决定性的优点。

普发真空的 ACP 前级泵与 HiPace 涡轮分子泵组合

- 完全无氟，因此没有任何工艺污染的危险
  - 极为易于维护
  - 节能且节约成本
  - 低噪音水平
- 端压极低。

您是否正在寻找完美的真空解决方案？请联系我们！

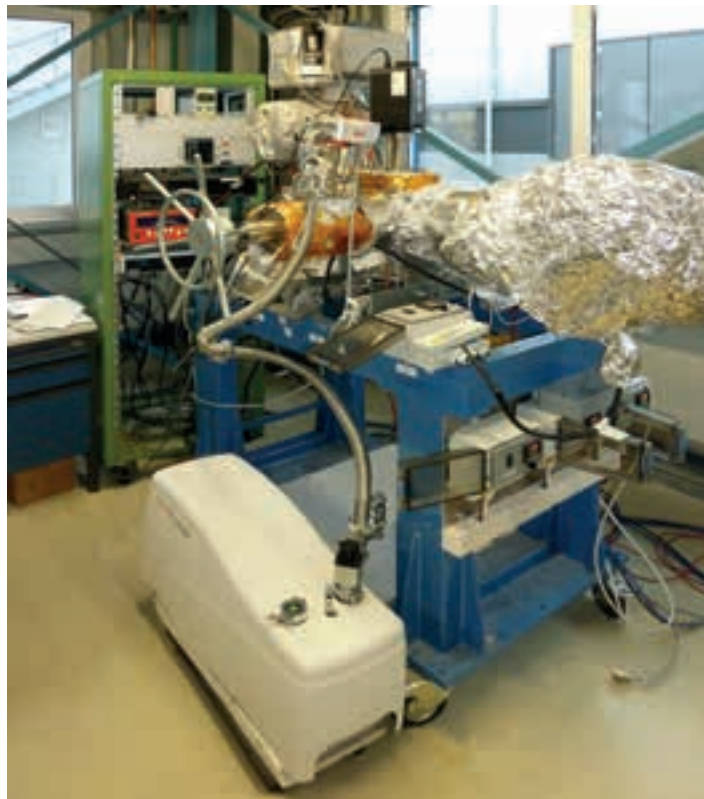


图 2：用于确保 ACP 前级泵和 HiPace 涡轮分子泵的组合合格的测试设置

## 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

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

All information is subject to change without prior notice. P10429PZH (October 2019/0)

**PFEIFFER**  **VACUUM**