



来自专家的提示和建议

涡轮分子泵的压缩比 定义、计算和数据使用

压缩比通常是指泵的排气压力与进气压力之比值。尤其对于涡轮分子泵来说，压缩比是指在**前真空法兰**测量的压力与在**高真空法兰**测量的压力之比。

压缩比的定义

压缩比通常是在泵内侧没有任何气流量时确定的。这就是所谓的零吞吐量，使用指数“0”对其进行识别。在有关涡轮分子泵的文献和技术资料中，压缩比往往被称为 K_0 。实际上，涡轮分子泵压缩比的测量是通过逐渐将气体引入前真空管道以增加前级压力同时测量随后产生的高真空压力来实现的。

$$K = \frac{p_{VV}}{p_{HV}}$$

p_{VV} = 在前真空法兰处的压力
 p_{HV} = 在高真空法兰处的压力

公式 F1：计算压缩比

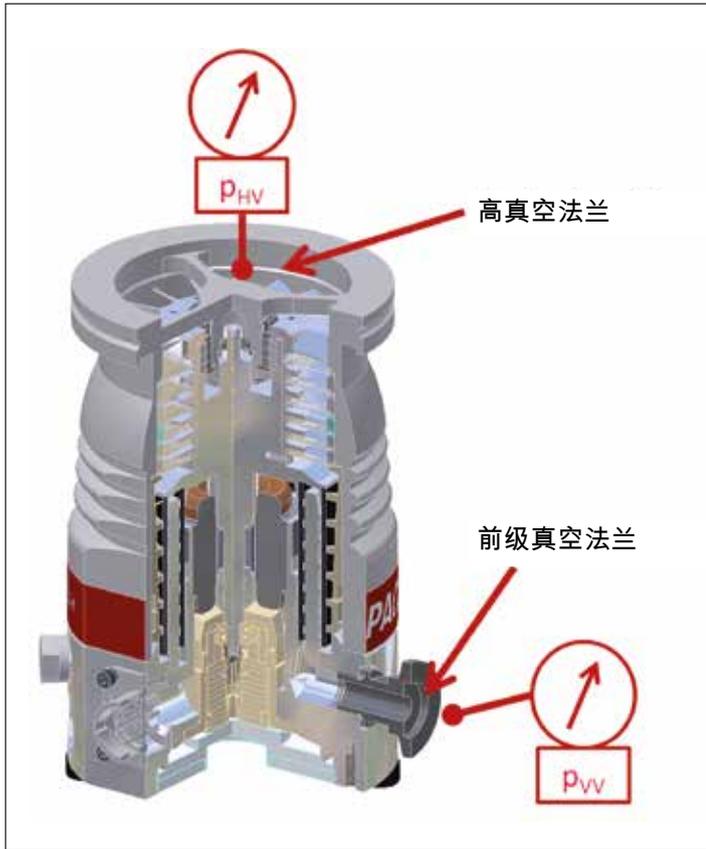


图 1：涡轮分子泵的横截面

压缩比取决于几个因素。最重要的因素是气体类型和涡轮分子泵的设计。涡轮分子泵的抽吸作用是基于以下事实，即从高真空侧流动到前真空侧的气体粒子多于从前真空侧流动到高真空侧的气体粒子。这通过转子叶片快速旋转对目标粒子进行加速来实现的。气体越轻，其分子运动的速度就越快（见表 1）。

对于较轻的气体分子，其向高真空侧的回流速度因此高于较重的气体分子。由于存在较轻的气体分子，因此高真空侧存在更多的气体粒子。这里的压力会相对较高，而压缩比较低（见图 2）。

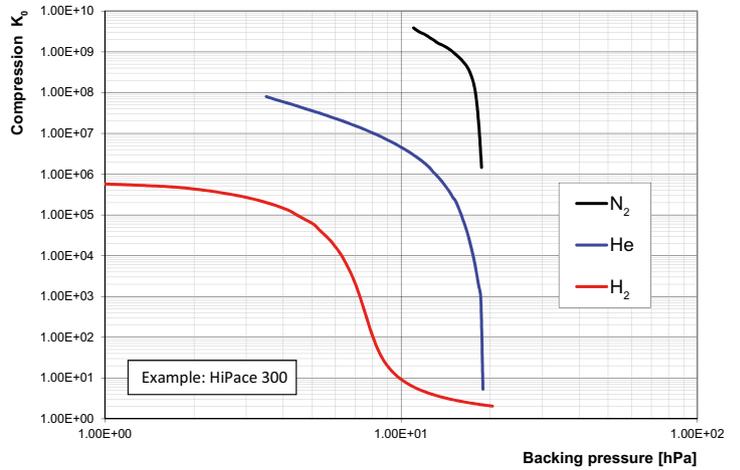


图 2：气体类型和压缩比的相关性

在现代涡轮分子泵中，通常结合了多种泵送原理。所有涡轮分子泵的涡轮泵级都是相同的。通过研究泵的高真空法兰就可以看出这些。该泵外形与涡轮机的相似性使其得名于涡轮。为了提高压缩比，抽吸阶段往往用作涡轮阶段的下游。根据生产商的不同，抽吸原理也会有所不同。这些泵级被称为“Holweck”、“Gaede”或“Siegbahn”级。在极少数情况下还会使用侧槽泵级。他们在较高压力范围内抽吸较轻气体时比只有涡轮泵级时效率更高，如图 4 所示，其使用氦气作为示例。在普发真空 HiPace 涡轮分子泵中，发现这种气体的 Holweck 级压缩比非常突出。

气体	摩尔质量 [g/mol]	平均速度 [m/s]	马赫数
H ₂	2	1,762	5.3
He	4	1,246	3.7
H ₂ O	18	587	1.8
N ₂	28	471	1.4
空气	29	463	1.4
Ar	40	394	1.2
CO ₂	44	376	1.1

表 1：各种气体的分子质量和平均速度

数据解读和使用

最重要气体类型（往往是氮气、氩气、氦气和氢气）的压缩比 K_0 是泵目录数据的一部分，当然可以在技术资料中查找到。

压缩比越高，在高真空侧得到的最终压力就越低。对此进行解释最容易的方法便是引用示例：

一台型号为 HiPace 300 的涡轮分子泵在氦气含量超过 $1 \cdot 10^8$ 时的压缩比为 K_0 。如果使用极限压强为 0.1 hPa 的前级泵，如通过操作旋片泵，通过移项公式 F1 即可获得低于 $1 \cdot 10^{-9}$ hPa 的理论极限压力。

$$p_{HV} = \frac{p_{VV}}{K_0} = \frac{1 \cdot 10^{-1}}{1 \cdot 10^8} [hPa] = 1 \cdot 10^{-9} [hPa]$$

然而在实际中，这样的压强很难达到，因为气体分子通过密封件的渗透中以及真空室壁的解吸，总有气流穿过泵。不过，具有高压缩比的涡轮分子泵比低压缩比的涡轮分子泵更能获得相对较低的最终压强。

我们非常乐于帮助您针对某些特定的应用来优化您的真空解决方案—请随时向我们提问！

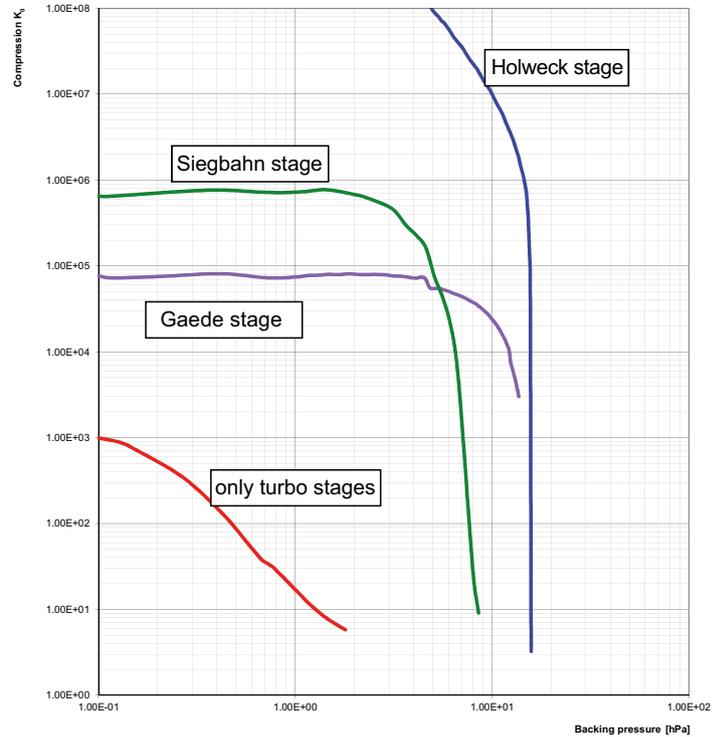


图 4：使用不同抽取原理的氦气压缩对比

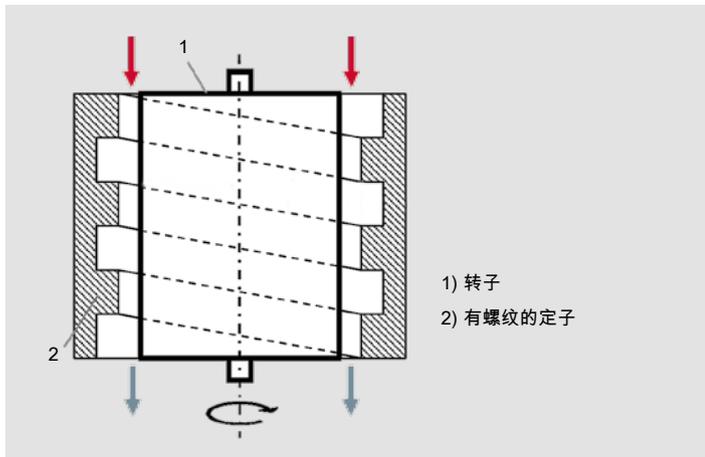


图 3：Holweck 级的操作原理，其压缩比非常突出

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.com

PFEIFFER  **VACUUM**