

## 来自专家的提示和建议

### 在高真空中减少抽空时间的措施

为了快速达到真空室中的最终真空，材料和表面纹理是非常重要的。此外，对于实现理想最终压力的速度来说，待泵送的气体负荷具有相关性。在达到理想基本压力之前，气体负荷主要由真空室以及附着在真空室壁和夹具上的气体和蒸汽的泄漏率构成。它们在真空下从表面逐渐解吸。这种解吸对抽空时间并进而对达到指定最终压力所需的时长具有很大的影响。上述所有参数的相互作用反映在所谓的抽空曲线中，其中压力损失表示为时间的函数。

为了提高真空室的抽空速度，可以采用不同的措施。使用气体和水蒸汽分子粘附不太强的材料可减少抽空时间。表 1 给出了各种材料表面上干燥空气解吸速率的概述。由于在泵送过程期间连续去除附着的气体颗粒，气体输送速率随着抽空时间的增加而减小。一般来说，如果真空室的条件良好并且泵设计合适，则可以在十小时的抽空时间之后实现超高真空。从那时起，与气体从材料中的扩散相比，气体从表面的解吸变得不太显著，因此不再与抽空时间相关。

材料	表面质量	表面条件	解吸速率 <sup>1)</sup> $q_{des}$ [hPa · l s <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup> ]		
			1 h	4 h	10 h
不锈钢		已清洁	$2.7 \cdot 10^{-7}$	$5.4 \cdot 10^{-8}$	$2.7 \cdot 10^{-8}$
不锈钢	已抛光	已清洁	$2 \cdot 10^{-8}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$
不锈钢	已染色	烘烤 1h 用正常空气淹没	$1.4 \cdot 10^{-9}$	$2.8 \cdot 10^{-10}$	$1.4 \cdot 10^{-10}$
不锈钢	喷丸处理	烘烤 1h 用正常空气淹没	$3 \cdot 10^{-10}$	$6.5 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-11}$
钢, 镀镍	已抛光	已清洁	$2 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-9}$
钢, 镀铬	已抛光	已清洁	$1.3 \cdot 10^{-8}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$1.2 \cdot 10^{-9}$
钢		已生锈	$6 \cdot 10^{-7}$	$1.6 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$
钢		已清洁	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
钢	喷丸处理	已清洁	$4 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-8}$	$3.8 \cdot 10^{-8}$
铝		已清洁	$6 \cdot 10^{-8}$	$1.7 \cdot 10^{-8}$	$1.1 \cdot 10^{-8}$
黄铜		已清洁	$1.6 \cdot 10^{-6}$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
铜		已清洁	$3.5 \cdot 10^{-7}$	$9.5 \cdot 10^{-8}$	$5.5 \cdot 10^{-8}$
瓷	已上釉		$8.7 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$2.8 \cdot 10^{-7}$
玻璃		已清洁	$4.5 \cdot 10^{-9}$	$1.1 \cdot 10^{-9}$	$5.5 \cdot 10^{-10}$
亚克力玻璃			$1.6 \cdot 10^{-6}$	$5.6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
氯丁橡胶			$4 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$
丁苯橡胶			$4 \cdot 10^{-6}$	$1.7 \cdot 10^{-6}$	$1.3 \cdot 10^{-6}$
氟橡胶			$1.2 \cdot 10^{-6}$	$3.6 \cdot 10^{-7}$	$2.2 \cdot 10^{-7}$
氟橡胶		在 100°C 下烘烤 4h	$1.2 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$	$2.8 \cdot 10^{-8}$
氟橡胶		在 150°C 下烘烤 4h	$1.2 \cdot 10^{-9}$	$3.3 \cdot 10^{-10}$	$2.5 \cdot 10^{-10}$
铁氟龙		已脱气	$8 \cdot 10^{-7}$	$2.3 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$

<sup>1)</sup> 通过各种预处理可以提高解吸速率（即无氢燃烧）。

表 1：各种材料表面上干燥空气解吸速率的概述

与塑料相比，金属的出气率低得多。例外有铜合金等：它们同样具有高出气率。密封件中使用具有较高解吸率的塑料和金属，如用作高真空弹性体制成的 O 形环或用作金属密封件被用于超高真空区域中。

可以用不同的化学成分来降低弹性体的出气率。例如，氟碳化合物的解吸速率比丁腈橡胶化合物低一个量级。

### 减少法兰的使用

由于在法兰中使用的密封材料具有比真空室其余部分的材料更高的解吸速率，所以法兰的数量应当减到最少。这样可以降低形成泄漏的风险。

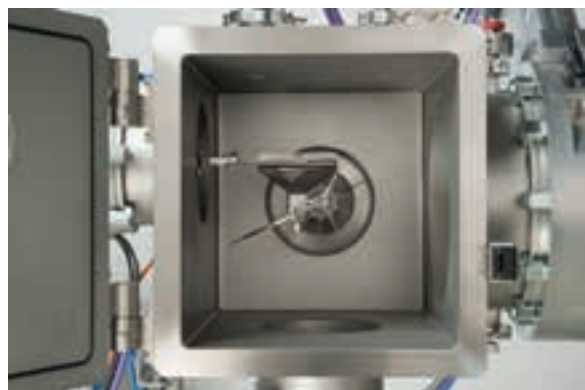


图 1：示例的组成包括真空室、前级真空泵组 WH 950 和涡轮分子泵 HiPace 2300。

## 信息框

图 2 显示了以不同解吸速率决定的两种典型抽空曲线。它们用于以下组合 ( 图 1 ) :

### 真空室 :

室容积 :  $1 \text{ m}^3$

内表面 :  $6 \text{ m}^2$

室泄漏率 :  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ Pa m}^3/\text{s}$

要抽空的气体 :  $20^\circ\text{C}$  的空气

进线 : 前真空泵组和真空室之间的  $1 \text{ m DN } 100$  管

### 真空泵 :

前真空泵组 Wh 950 由 Okta 1000 罗茨活塞泵和 Hepta 300 P 干泵组成。高真空侧的 HiPace 2300 涡轮分子泵, 由于屏障和真空室上的法兰泵送速度降低 15% ( 有效泵送速度  $1615 \text{ l/s}$  )。

抽空曲线通过经验确定, 决定因素为清洁干燥的不锈钢室以及被涂层工艺略微污染的不锈钢室的解析速率。图 2 显示了抽空时间第一小时的压力曲线。到最后, 低一个数量级的解吸速率导致真空室压力低一个数量级。非常清楚的是, 一旦达到理想的解吸速率降低量, 则抽空六分钟后便能在同一个真空室内达到相同的主要压力, 而在更高的解吸速率下, 45 分钟后才能达到。

信息框 1 : 抽空曲线的示例

### 通过加热室壁减少抽空时间

气体和水颗粒从表面的解吸很大程度上取决于温度。需要能量才能克服粘附力。解吸速率  $q_{\text{des}}$  由解吸能量  $E_{\text{des}}$  与颗粒动能  $E_{\text{kin}} = kT$  的比率决定。温度依赖性由所谓的“玻尔兹曼因数”确定 :

$$Q_{\text{des}} \sim e^{(-E_{\text{des}}/kT)}$$

其中玻尔兹曼常数是  $k = 8.6210^{-5} \text{ eV/K}$ , 而绝对温度  $T$  以开尔文为单位。

水的解吸量级为  $0.5 \text{ eV}$ 。在室温下系统具有  $0.025 \text{ eV}$ 。因此, 解吸速率量级为  $0.5 \text{ eV}$ 。在室温下系统具有  $0.025 \text{ eV}$ 。因此, 解吸速率为  $e^{-20}$ , 因此为  $2 \cdot 10^{-9}$ 。如果现在温度升高到约  $100^\circ\text{C}$ , 则为系统提供约  $0.032 \text{ eV}$ 。解吸速率量级相应为  $e^{-15.6}$ , 因此为  $2 \cdot 10^{-7}$ 。出气率提高了两个小数点后, 可以更容易地去除粘附在表面上的分子。因此, 也能更快地达到室中理想的基础压力。

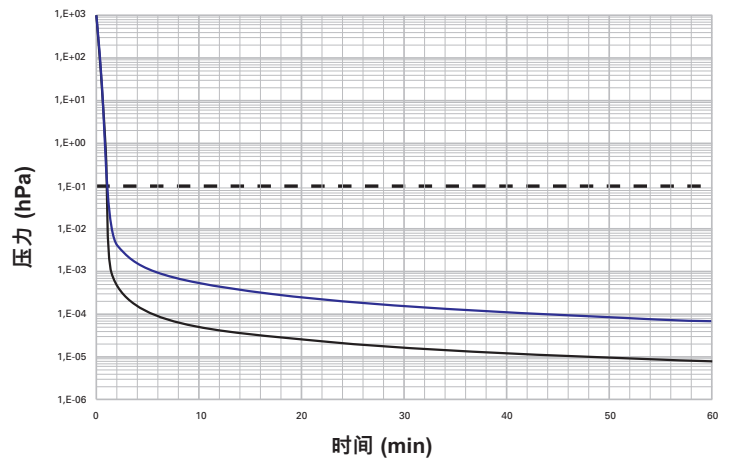


图 2 : 解吸速率为  $2 \cdot 10^{-6} \text{ hPa} \cdot \text{l s}^{-1} \text{cm}^{-2}$  ( 上曲线, 轻微污染的不锈钢室 ) 和  $2 \cdot 10^{-7} \text{ hPa} \cdot \text{l s}^{-1} \text{cm}^{-2}$  ( 下曲线, 清洁干燥的不锈钢室 ) 的抽空曲线。虚线 : 从前真空切换到涡轮分子泵组时的切换压力。

然而, 即使无法获得这种用于加热室壁的装置, 也可以很容易缩短抽空时间: 如果批次系统中的真空室频繁被打开, 则通常会导致水分子对室壁的粘附增加, 具体取决于一年中的时间和当前的环境湿度。这自动导致抽空时间较长, 但可以通过用氮气灌满真空室来缩短。在这个过程中, 真空室壁被氮分子覆盖。因此, 在打开真空室之后, 渗透的水蒸汽不能如此紧密地附着到室壁。

如果在过程中总是存在水蒸气, 则推荐使用低温冷凝器。在它们的帮助下, 水蒸气被冷冻在冷的室壁上。然后高真空泵仅需泵出不能用冷冻技术冷冻的所谓永久性气体。这将显著减少抽空时间。

最高达  $10^{-6}$  的高真空范围内的解吸对抽空时间具有显著影响。如上述示例所示, 即使在真空系统的设计中, 也可以通过考虑各种方面来帮助减少抽空时间。即使是现有系统, 小的变化 - 例如合适的密封件或用氮气对真空室排气——也可以显著缩短抽空时间。因此, 可以快速达到基础压力并开始系统的实际工作。

## 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. P10432PZH (April 2016/0)

