

考虑静态损失因素的 总体设计优化

高真空系统



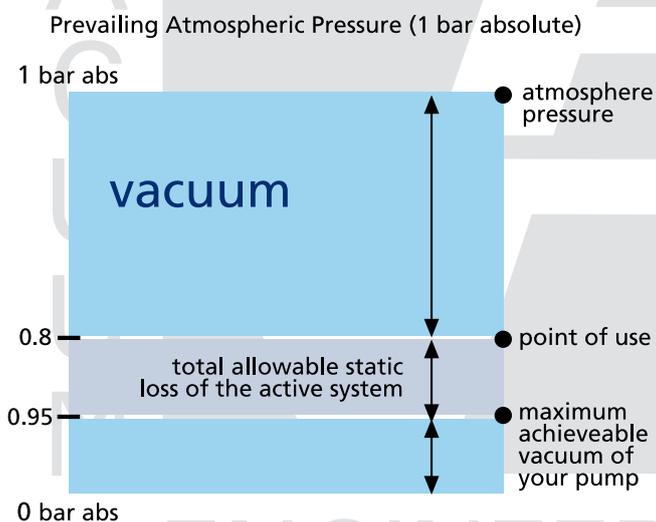
PV Vacuum Engineering Pte Ltd
(A member of Darco Water Technologies Limited)



在任何中央真空泵系统中，对静态损失进行重点计算是设计和成本优化的关键因素。

在大多数情况下，真空系统的设计起点是满足使用点的要求，然后逆向对真空源进行设计。这意味着真空系统需要对使用点和真空源之间剩余的可用压力进行设计。

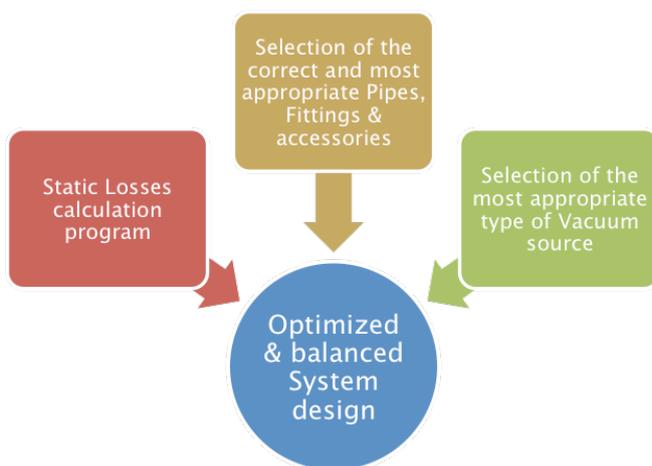
在大多数情况下，当对于真空源逆向工作时，在使用点的真空度要求即是对任何系统设计起点的要求。这意味着系统要与使用点和真空源之间的所剩余可用压力一同进行工作。



图示中可以看出，就管道系统需要满足整个车间而论，可用压力是不足的。

因此，能够准确的计算出系统静态损失至关重要。一个系统如果因为计算误差而出现高静态损失将会导致大功率真空泵数量的增加，这会增加成本或者降低效率，同时较高的静态损失还将导致系统不能满足使用点的真空度需要。

PV采用一种系统方法，这种方法运用我们验证的并以公式表达的静态损失计算程序来评估，考虑到材料/管道类型、配件、中央真空源设备的实际损失，中央真空源系统设备为用户提供均衡且成本优化的设计。





工程计算表

项目名称: XXXXXX

项目编号: NA

日期: XX-X-XXXX

主题: 特殊加工生产的真空系统 - 管道损失 -3 层点 A1 +20% 备用

给定下列标准状态下空气的参数:

空气密度 $\rho := 1.2 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

空气粘度 $\mu := (18.17 \cdot 10^{-6}) \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

理想气体常数 $R := 287.096 \text{ J/kg K}$

使用点的最大绝对真空度 $P := 115.791 \text{ mbar}$

空气温度 $T := 293.15 \text{ Kelvin}$

相对粗糙度系数取决于管路部分的材料结构, 主要包括:

- R1: 无涂层碳钢管; PVC 塑料管; 铝
- R2: 镀锌钢—连续轧制的纵向接缝&螺旋接缝
- R3: 镀锌钢, 片状热浸纵向接缝
- R4: 纤维玻璃导管, 刚性, 带有涂覆材料的纤维玻璃导管空气侧
- R5: 玻璃纤维尾管, 空气侧喷射涂覆, 柔性导管金属
- R6: 柔性导管, 各种种类的纤维、导线和混凝土

具体系统管道配置

种类	主管	次主管	支管	次支管	连接管
长度	$L := 22$	$L1 := 110$	$L2 := 58.5$	$L3 := 1$	$L4 := 1$
直径	$D := 350$	$D1 := 250$	$D2 := 150$	$D3 := 32$	$D4 := 25$
粗糙度系数	$k := R2$	$k1 := R1$	$k2 := R1$	$k3 := R1$	$k4 := R6$



管道中完全开放(独立)阀门的数量: $\overset{G}{\sim} := 1$ $G1 := 1$ $G2 := 1$ $G3 := 0$

管道中开放球阀的数量: $B1 := 0$ $B11 := 0$ $B12 := 0$ $B13 := 1$

管道中 90 度短半径弯管的数量: $E1 := 3$ $E11 := 10$ $E12 := 5$ $E13 := 2$

管道中 90 度长半径弯管的数量: $E2 := 0$ $E21 := 0$ $E22 := 0$ $E23 := 0$

管道中 45 度弯管的数量: $E3 := 0$ $E31 := 0$ $E32 := 0$ $E33 := 0$

管道中三通接头的数量 $T1 := 1$ $T11 := 2$ $T12 := 1$ $T13 := 1$

管道中平滑三通接头的数量 $T2 := 0$ $T21 := 0$ $T22 := 0$ $T23 := 0$

管道独立部分的 X 方向部分面积 分别是:

<u>主管部分</u>	<u>次主管部分</u>	<u>支管部分</u>	<u>次支管部分</u>	<u>连接管部分</u>
$A=0.096 \text{ m}^2$	$A1=0.049 \text{ m}^2$	$A2=0.018 \text{ m}^2$	$A3=8.042 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	$A4=4.909 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

因此，如果我们将管道尺寸限制在上述所提到的尺寸上，并且允许在管道上有适当的静态损失，需要注意以下流速：

主管部分	次主管部分	支管部分	次支管部分	连接管部分
$V_m := 14.6699 \cdot \frac{m}{s}$	$V_{1m} := 7.74 \cdot \frac{m}{s}$	$V_{2m} := 3.28865 \cdot \frac{m}{s}$	$V_{3m} := 8.005 \cdot \frac{m}{s}$	$V_{4m} := 12.62 \cdot \frac{m}{s}$

与这些速度相对应的最大流量分别为：

主管部分	$Q_m = 5.081 \times 10^3 \frac{m^3}{hr}$
次主管部分	$Q_{1m} = 1.368 \times 10^3 \frac{m^3}{hr}$
支管部分	$Q_{2m} = 209.215 \frac{m^3}{hr}$
次支管部分	$Q_{3m} = 23.177 \frac{m^3}{hr}$
连接管部分	$Q_{4m} = 22.301 \frac{m^3}{hr}$



由导管壁上的剪切应力和由导管部分变化所引起的损失而导致的摩擦，是流体中每单位质量上的能量损失(J/Kg)。

在实际流体流动中，边界壁面上会产生摩擦剪切，这会逐渐影响远离边界壁面的流动。导管中流量损失可以通过范宁公式关系原理来评估，导管壁面的属性是需要额外考虑的因素。

这种变化方式很复杂，在图表(Moody 1994)中得到诠释。Colebrook 的自然粗糙度函数很好地体现出光滑管的摩擦系数值和完全粗糙管之间的摩擦系数值变化。

当我们上述的讨论集中在圆形的管道和导管时，交叉部分为矩形的空气导管需要计算出其对应的圆形管道尺寸来估计能量损失系数。

气体阀和管道部分的变化(收缩，膨胀和扩散，肘管或者弯管，三通)，以及入口，使得管道内的流速分布发生变化，并会在管道系统中引入额外的流速损失。

因此，运用范宁方程式，可以计算出不同管道系统部分下的 Δp ，即系统中不同管道部分的摩擦系数：

主管	次主管	支管	次支管	连接管
$f = 4.117 \times 10^{-3}$	$f_1 = 4.454 \times 10^{-3}$	$f_2 = 5.898 \times 10^{-3}$	$f_3 = 7.192 \times 10^{-3}$	$f_4 = 0.028$

Crane Co(1976)发现雷诺数的变化与摩擦系数相似，而 Kittidge 和 Rowley(1957)仅在层流中进行了观察。

假设系数 K 随雷诺数的变化与摩擦系数相似，那么可以方便的通过增加均匀导管的有效长度来计算相应的损失。

这种假设还包括：每段管道的损失被全部考虑进去，并且每段的扰动在进入下个部分变化之前已经趋于平滑。这种假设经常会出现错误，同时全部的损失会被高估。

对弯管流而言，临近弯道的全部能量损失可能被高估或者低估。对于半径弯管之后的二次流而言，当相邻的第二个弯管出现时，可能位于不同水平面，第二弯管处二次流的产生可能会增强或者部分削弱第一个二次流。移动第二个弯管几个直径的距离会减小整体的能量损失(从两倍于一个弯管的能量损失) 减小到小于一个弯管的能量损失。

因此，归根结底一个管道工作系统，实际的管道布置方式对确保计算的准确性起到决定性作用。估计的准确度非常关键以确保管线的准确配置

于是，我们通过以下方式对系统各个部分的整体预计损失进行计算：

就压力值而言，系统不同管道部分的全部损失是：

在真空缓冲罐中需要的最小真空度为： $P_i=106.321 \text{ mbar-abs}$ 。

PV 真空工程授予你非独有、不可转让的使用以上信息并仅作为指导的权利。在任何情况下，PV 真空工程或其分销商/代理商均不对任何由此引发的、特殊的、偶发的或任何交付以外、执行或使用上述信息而产生的间接损失负责，即便 PV 真空工程已经就这些损失的可能性得到通知。在任何情况下，对于无论是在合同、侵权行为或任何其它责任理论中所提到的任何索赔要求，PV 真空工程的赔偿责任均不超过你方支付的咨询或合同费用。