

大学

物理实验网络课程

On Line Courses of University Physics Experiments

物理实验课程 >> 低真空获得和测量

[首页](#)[网站地图](#)[使用说明](#)[更新日志](#)[联系我们](#)

低真空获得和测量

[仪器介绍](#) | [习题](#) | [仪器使用维护方法](#) | [问题交流](#)

低真空获得和测量

(定容法测抽速)

简介

1. 真空技术入门

真空：低于一个大气压的气体状态。

1643年，意大利物理学家托里拆利(E.Torricelli)首创著名的大气压实验，获得真空。

自然真空：气压随海拔高度增加而减小，存在于宇宙空间。

人为真空：用真空泵抽掉容器中的气体。

真空量度单位：

1标准大气压=760mmHg=760(Torr)

1标准大气压=1.013x10⁵ Pa

1Torr=133.3Pa

真空区域的划分

目前尚无统一规定，常见的划分为：

粗真空	10 ⁵ —10 ³ Pa
低真空	10 ³ —10 ⁻¹ Pa
高真空	10 ⁻¹ —10 ⁻⁶ Pa
超高真空	10 ⁻⁶ —10 ⁻¹⁰ Pa
极高真空	<10 ⁻¹⁰ Pa

真空技术的应用

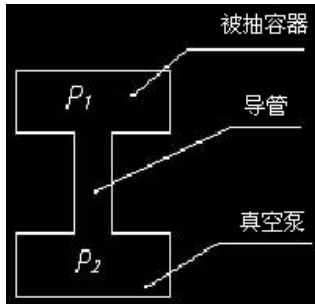
电子技术、航空航天技术、加速器、表面物理、微电子、材料科学、医学、化工、工农业生产、日常生活等各个领域。

2. 真空获得—真空泵

1654年，德国物理学家葛利克发明了抽气泵，做了著名的马德堡半球试验。

原理：当泵工作后，形成压差， $p_1 > p_2$ ，实现了抽气。





真空泵的分类

气体传输泵是一种能将气体不断地吸入并排出泵外以达到抽气目的的真空泵，例如旋片机械泵、油扩散泵、涡轮分子泵。

气体捕集泵是一种使气体分子短期或永久吸附、凝结在泵内表面的真空泵，例如分子筛吸附泵、钛升华泵、溅射离子泵、低温泵和吸气剂泵。

真空泵的主要参数

a)

S (抽气速率)：定义为在泵的进气口任意给定压强下，单位时间内流入泵内的气体体积或表示为：

其中，Q为单位时间内流入泵的气体质量。泵的抽气速率S并不是常数，随P而变。

b) 极限压强 P_u (极限真空)

c) 最高工作压强 P_m

d) 工作压强范围 (P_u - P_m)：泵能正常工作的压强范围

几种常用真空泵的工作压强范围

旋片机械泵 10^5 — 10^{-2} Pa

吸附泵 10^5 — 10^{-2} Pa

扩散泵 10^0 — 10^{-5} Pa

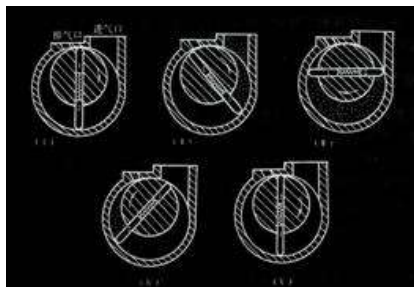
涡轮分子泵 10^1 — 10^{-8} Pa

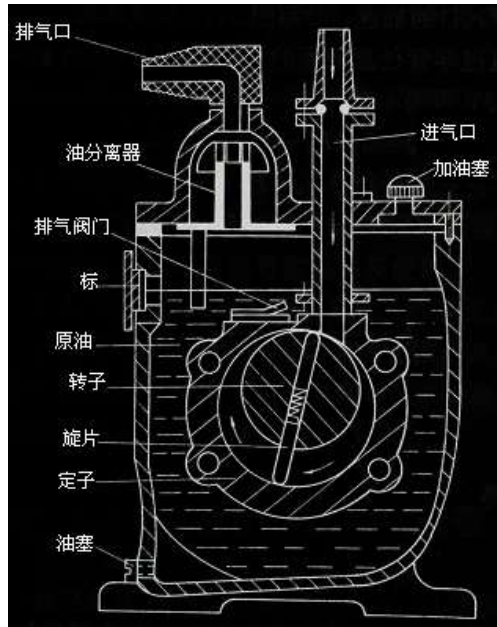
溅射离子泵 10^0 — 10^{-10} Pa

低温泵 10^{-1} — 10^{-11} Pa

几种常用真空泵的工作原理

a) 旋片机械泵

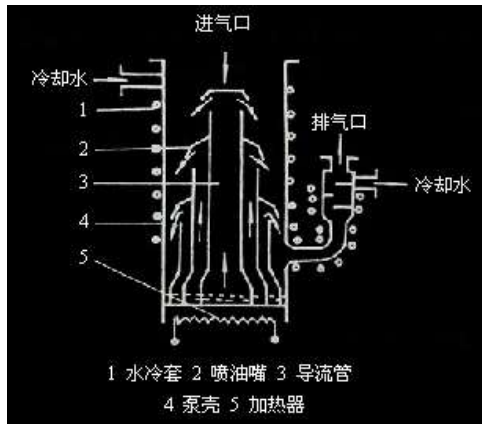




工作过程是：吸气—压缩—排气。定子浸在油中起润滑，密封和堵塞缝隙的作用。

主要参量是：抽速和极限压强。由于极限压强较高，常用做前级泵(预抽泵)。

b) 油扩散泵



工作原理是：油蒸发—喷射—凝结，重复循环

由于射流具有工作过程高流速(约200米/秒)、高密度、高分子量(300—500)，故能有效地带走气体分子。

扩散泵不能单独使用，一般采用机械泵为前级泵，以满足出口压强(最大40Pa)，如果出口压强高于规定值，抽气作用就会停止。

实验目的

- 3. 学会用机械泵获得低真空以及观测不同真空度时辉光放电现象。
- 4. 用U型计和热偶计测量真空以及用定容法测量机械泵的有效抽速。

实验原理

1. 辉光放电

随着真空度的提高，容器内的剩余气体分子逐渐减少，由于机械泵对各种气体的抽气速率不同，残余气体中各种气体成分的比例随着气压的降低而变化。当对玻璃容器加一高压时，容器中的游离电子（宇宙射线产生）被加速与气体分子碰撞，当电子的能量足够大时，使气体分子电离，电离产生的次级电子再被电场加速与气体分子碰撞，再使气体分子电离，正负离子复合过程会有光子释放，即产生辉光放电，辉光放电是气体电离的基本形式之一，它反映了容器内气体的电离和复合过程。由于各种气体的电离电位不同，在复合过程中释出的光子频率不同，即辉光放电的颜色也不同，根据颜色变化可大致判断真空度的量级。

2. 定容法测机械泵的有效抽速

设被抽容器的容积为 v , 气体压强为 p , 容器内的气体总量为 pv 。

令机械泵的有效抽速 s , 则单位时间抽出的气体量等于气体总量的减少, 即

式中 V 是衡量, 故有

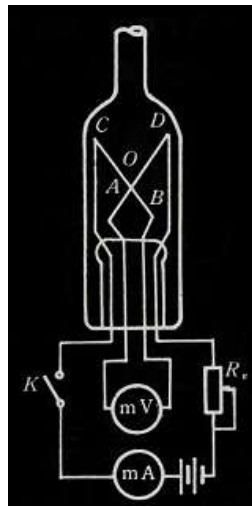
由 s 的表达式可看出, 随着气压 p 的降低, 有效抽速 s 也越来越小, 达到极限压强时, 即 p 不再变化时, 有效抽速 s 为0。由实验可知, 气压 p 在 10^5 — 10^3 Pa之间, s 是常量。

3. 热偶真空计(热传导真空计)

气压下降, 管内气体分子减少, 热丝温度升高, 由热电偶产生的热电势增加, 输出电压增加。

测量范围: 100 — 10^{-1} Pa

测量下限: 热丝温度较高, 气体分子热传导很小, 热丝引线本身的热传导和热辐射引起的热量减小占主导地位, 这两部分与压强无关。



热电偶规管及其电路原理

本实验重点

1. 真空的定义, 真空的单位, 真空的区域划分, 真空与气压的关系。
2. 玻璃真空系统的操作规程及注意事项。
3. 机械泵、热偶计、高频电火花真空测定仪、放电管的原理及使用。

本实验难点

1. 真空系统排气的操作程序要搞清楚, 顺序不可颠倒, 关机械泵后立即放大气入泵。
2. 机械泵的有效抽速和铭牌标称抽速的区别。有效抽速是指在特定气压下机械泵单位时间从容器排出的气体量, 它与阀门口开的大小、泵与容器连接管道口径的大小有关。而铭牌标称抽速可以说是理论抽速, 它是在进气口气压为一个大气压时的抽速。
3. 为什么高频电火花真空测定仪只能对玻璃真空系统进行检漏?

高频电火花真空测定仪的探头产生一簇杂散的火花, 当玻璃上有漏孔时, 漏孔处的气体密度较大, 电导率大, 杂散的火花在此处变成一束, 并在漏孔处产生一亮点。金属是导电的, 火花打在任何一个地方都产生亮点。

4. 对不同真空度下产生不同颜色的辉光放电的解释。(见实验原理)

思考题

1. 高频电火花真空测定仪可检测的真空度范围是

- (a) $10^3—10^{-1}\text{Pa}$ (b) 任何真空度 (c) $10^2—10^{-2}\text{Pa}$

[答案: (a)]

2. 热偶真空计的测量下限为 10^{-1}Pa , 原因是

- (a) 热电偶的性能 (b) 热丝电流饱和 (c) 热丝引线的热传导和热辐射占主导地位。

[答案: (c)]

3. 关机机械泵后一定要将大气放入

- (a) 真空系统 (b) 机械泵内腔 (c) U型计

[答案: (b)]

4. 使用高频电火花真空测定仪或放电管会引起

- (a) 系统真空度提高 (b) 系统真空度减小 (c) 系统损坏

[答案: (b)]

5. 研究放电对真空度和热偶计的影响。

实验仪器

RZH—2型热偶真空计

76—1型高频火花测定仪及探头

真空系统

2XZ—0.5型真空泵

霓虹灯变压器

放电管

实验数据处理

令有效抽速为S, 容积V, 气体压强为P:

(1)

(2)

若想测得S, 只要先求 $\ln P$ 和t的关系曲线

P (Torr)	540	496	460	418	380	346	314	286	258
t (S)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
P (Torr)	234	214	190	174	156	142	128	116	106
t (S)	90	100	110	120	130	140	150	160	170
P (Torr)	2×10^{-1}	1×10^{-1}	8×10^{-2}	6×10^{-2}	4×10^{-2}	2.5×10^{-2}	2.0×10^{-2}	1.5×10^{-2}	
t (S)	0	18	29	41	79	95	162	252	

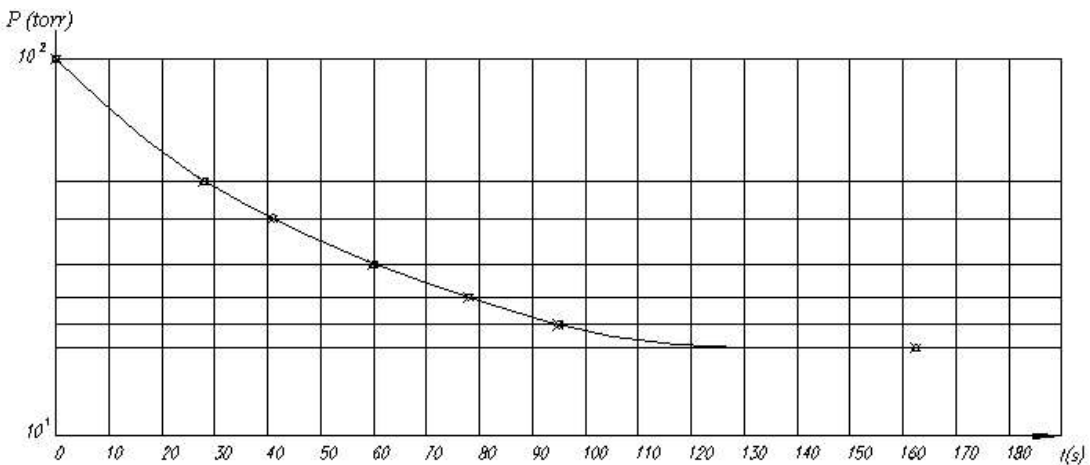
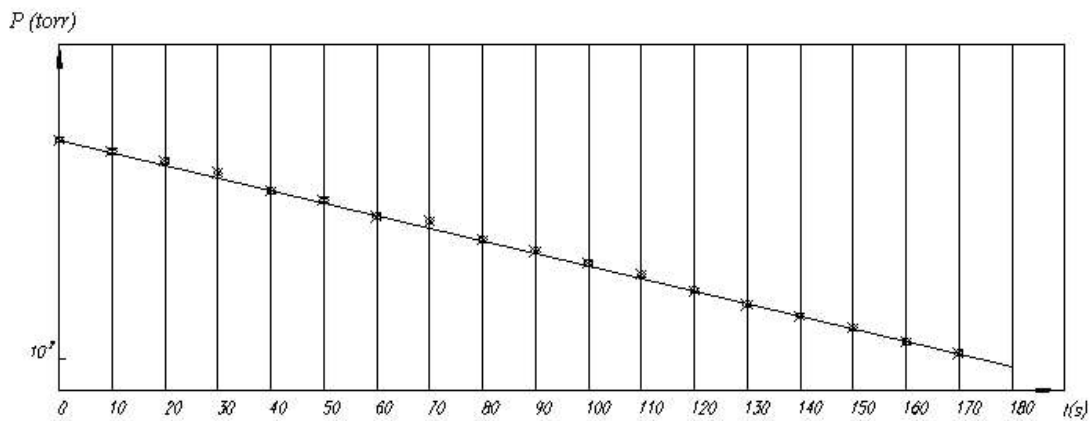


图1 lnP和t的关系

从图1中可得：

$$(3)$$

$$(4)$$

∴当P>1时，机械泵有效抽速为 1.94×10^{-2} L/S

[根据图上，每一点切线斜率为K，V=2L]

参考资料

1. 赵宝生 真空技术 北京 科学出版社 1998
2. 骆定作 实用真空技术 长沙 湖南科学技术出版社 1993

设计性内容



现有一密封容器需要抽成低真空，利用图4.1.1-9低真空系统，怎样实现？写出详细步骤。

<完>