

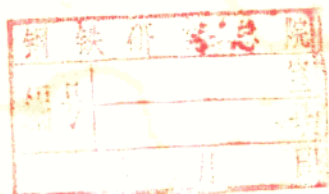
Q&A

真空技术五十问答

作者 中山胜矢

译者 彭光霞

校对 姚民生



机械工业部真空设备科技情报网

真空技术五十问答

作者 中山胜矢
译者 彭光霞
校对 姚民生

机械工业部真空设备科技情报网

一九八四年九月

前 言

《真空技术问答》原名《真空50问》于1982年12月25日第一次印刷。

本书作者中山胜矢，1954年毕业于东京大学物理系，专门从事真空学、宇宙学的研究。

现任日本工业技术院电子技术综合研究所极限技术部部长，工学博士。

中山胜矢曾编写过《真空度的测量》、《真空技术实际业务课文》等书。

《真空技术问答》一书分别对真空技术的应用、油旋转泵、扩散泵、溅射离子泵、低温泵、检漏、法兰、清洁真空、中真空用真空计、电离真空计、残余气体分析、真空计的安装方法等许多实际工作中遇到的问题作了解答。

该书对于从事真空技术工作的同志来说，无论在设计制造和使用真空设备方面都有一定的参考价值。

译者

1984、7、1

目 录

I、一般问题

- 1、真空都应用于哪些方面? (2)
- 2、有没有正式划分真空区域的方法? (8)
- 3、Torr和Pa表示真空度哪个正确? (11)
- 4、日本工业标准(JIS)中哪些与真空技术有关? (15)

II、油旋转泵

- 5、真空装置为什么要进行粗抽? (23)
- 6、怎样决定油旋转泵所需功率? (26)
- 7、能否提高油旋转泵的转速? (30)
- 8、在停泵前是否应该充入空气? (34)
- 9、能获得与产品样本相同的极限压力吗? (37)
- 10、油旋转泵是否对所有的气体都能排气? (41)

III、扩散泵

- 11、扩散泵的冷却水量多少为宜? (45)
- 12、扩散泵的油量多少合适? (48)
- 13、加热功率是否因油的不同而不同? (51)
- 14、前极压力上升会导致扩散泵的性能下降吗? (54)
- 15、使用挡板会使抽速降低多少? (58)
- 16、改变扩散泵的吸气口径抽速会怎样呢? (62)

- 17、真空装置的夜间无人运转应注意哪些问题？ (65)

IV、溅射离子泵

- 18、在超高真空中是否应该使用两台溅射离子泵？…………… (70)
- 19、用溅射离子泵的电流测量真空度准确吗？… (74)
- 20、溅射离子泵加热脱气好吗？…………… (77)
- 21、真的不用担心溅射离子泵漏磁吗？…………… (79)

V、低温泵

- 22、吸附泵有没有爆炸的危险？…………… (83)
- 23、用低温泵排气还会有残余水蒸汽吗？…………… (87)

IV、检漏

- 24、漏气量容许到什么程度为好？…………… (92)
- 25、应该用什么方法检查总漏量？…………… (97)
- 26、除了氦气以外还有别的气体可以检漏吗？…(101)
- 27、什么时候用吸气法检漏有利？……………(106)
- 28、有没有防止漏泄的紧急措施？……………(110)

VI、法兰

- 29、能否防止O形环脱落？……………(116)
- 30、改变一下垫圈槽的形状可以吗？……………(119)
- 31、用O形环密封还会漏泄吗？……………(123)
- 32、有没有超高真空法兰的标准？……………(127)

VII、清洁真空

- 33、怎样获得清洁的真空？……………(132)
- 34、怎样正确使用尼龙手套？……………(136)
- 35、用辉光放电能清洗玻璃基板吗？……………(140)
- 36、向超高真空装置充入什么样的氮气好？……(143)

Ⅸ、中真空用的真空计

- 37、怎样选择真空计好呢？……………(147)
- 38、皮拉尼真空计指示的数据可靠吗？……………(153)
- 39、麦克劳真空计之间进行比较校准有意义吗？(158)

X、电离真空计

- 40、用什么方法确认灵敏度的差异？……………(164)
- 41、电离真空计灵敏度的波动能避免吗？……………(168)
- 42、什么时候使用裸规？……………(172)
- 43、电离真空计的灵敏度会因气体的不同而异吗？……………(175)
- 44、为什么必须说明氮的换算值？……………(179)
- 45、有没有直至超高真空的真空度标准？……………(183)

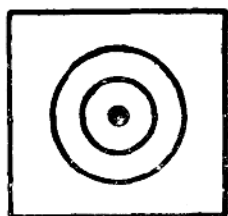
Ⅺ、残余气体分析

- 46、残余气体的分压能测量吗？……………(187)
- 47、为什么会出现令人费解的异常峰值？……………(192)

Ⅻ、真空计的安装方法

- 48、真空计的导管是否应该插入真空装置的内部？……………(198)
- 49、安装真空计能不能涂沫真空脂？……………(202)
- 50、真空计导管长了会产生什么后果？……………(205)

I、一般问题



大家都想对真空技术了解得详细些，但更想知道真空应用的全貌。本章就是回答这方面问题的。例如真空都应用于哪些方面？除了已知的应用范围外还有没有其他方面的应用？真空工业在市场的竞争能力如何？有没有发展前途？目前获得的真空最高可达多少Pa？真空也划分区域吗？Pa是什么意思？日本工业标准（JIS）是怎样形成的等等。

1、真空都应用于哪些方面？

问：听说真空应用很广，除了半导体工业以外，还在哪些方面能应用真空呢？真空在市场的规模怎样？今后发展如何？

答：（1）所谓真空并不只是指完全没有气体的状态（绝对真空），而是指所有低于周围压力的容器内的压力状态。因通常容器为一个大气压，所以我们把低于一个大气压的压力状态叫做真空。

现在已发表的在实验室里获得的最好真空为 10^{-11} Pa (10^{-13} Torr)。就压力而言，其范围涉及大气压以下15个数量级。根据其性质就可以采用各种方法，应用宽广的真空领域。如表1所示。

首先，在比大气压稍低的状态下，有利用大气压的压力差的真空吸盘，制动增力，真空成型和减压蒸馏等。

其次，在除去气体的状态下，有绝热和防止氧化的白炽灯；有除去空气中的氧和水蒸汽以保持食品质量的真空包装；有除去钢液中的有害成份的脱气铸造，也有极力减少残余气体的热传导，提高绝热效果的暖水瓶等。

还有，稀薄气体，减少气体分子与电子或离子碰撞的状态下做成的各种电子管，X射线管，显像管和回旋加速器。此外，还有适当保持气体和电子或离子的碰撞做成的荧光灯和水银灯等。

另外还有选择气体利用适当的碰撞做成等离子的溅射装置。该装置至今已是半导体工业中不可缺少的了。

表 1 真空的应用:

物理意义	应用目的	压力区域 Pa (Torr)	应 用 举 例
压力低	利用差压的力	$10^6 \sim 10^8$ (760 ~ 10)	真空吸盘, 制动增力, 真空成型, 输送过滤器, 清扫机, 减压蒸馏。
分子密度小	除去, 调整有害气体	$10^3 \sim 10^{-3}$ ($10 \sim 10^{-5}$)	白炽灯, 真空包装, 真空熔炼, 真空钎焊, 真空烧结, 真空热处理, 表面处理, 真空蒸馏。
	降低热损失	$1 \sim 10^{-3}$ ($10^{-2} \sim 10^{-6}$)	暖瓶, 真空绝热, 极低温容器, 真空天秤, 宇宙模拟试验。
	除去内部有害成份	$10^3 \sim 10^{-3}$ ($10 \sim 10^{-5}$)	真空干燥, 脱水, 浓缩, 脱气, 脱臭, 冷冻干燥, 脱气铸造
平均自由程长	避免碰撞	$1 \sim 10^{-6}$ ($10^{-2} \sim 10^{-7}$)	电子管, 粒子加速器, X射线管, 质量分析计, 电子显微镜, 电子束焊接, 真空蒸镀, 分子蒸馏。
	持续放电	$10^2 \sim 10^{-3}$ ($1 \sim 10^{-4}$)	荧光灯, 水银灯, 聚变装置、激光, 溅射, 等离子刻蚀
- 入射频度小	清洁表面的制作及维持	$10^{-6} \sim 10^{-10}$ ($10^{-8} \sim 10^{-12}$)	摩擦, 电子发射, 触媒、腐蚀等的研究, 薄膜形成, 宇宙用器材的研究。

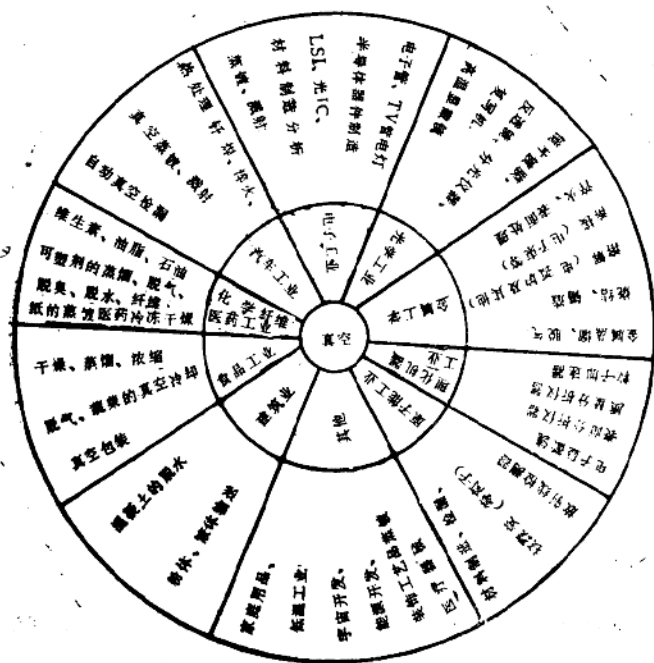
在残余气体和蒸发物不相碰撞的情况下可以进行真空蒸镀，分子蒸馏等。

在特殊气体气氛中进行表面处理，真空冶金、钎焊、反应性薄膜的制做等也是利用真空的一个方面。

当进入更高的真空—超高真空区域时，残余气体分子飞到固体表面的数量大大减少，单位时间内飞到单位面积的气体分子数叫做入射速号。为了减少入射速号，应该保持清洁后的表面，使其在一段时间内不受污染。这样一方面可以用来研究摩擦和电子发射等，另一方面，也可以用来制作电子工业要求的高质量薄膜。

(2) 从工业角度来看也离不开真空。如图1所示，早在40~50年前，主要是白炽灯和电子管工业。因此，油旋转泵和油（或水银）扩散泵发挥了主要作用。在第二次世界大战期间，真空还被用于维生素和青霉素等药品的处理，同时还广泛应用于透镜的镀膜等光学工业。

在20~30年前，从特殊金属到钢铁的生产都先后引进了真空处理，真空冶金、真空脱气等技术，并投入了大量的设备资金。从真空角度来看，的确可以说是与金属工业的时代一起发展过来的。



近10年来是电子工业特别是半导体工业的时代。过去的液相加工随着集成电路 (LSI) 时代的到来变成了使用真空的干加工。同时, 随着微电子计算机和机电一体化时代的到来, 真空设备投资相应增加, 技术革新蓬勃发展, 国内产品和进口产品都有增加的趋势。

(3) 真空的应用是非常广泛的, 要想一点不漏地全部写出来是不容易的。现在, 我国主要真空机器制造厂都归到日本真空协会, 组成了工业部学会, 各厂家的产品销售价格各异。在工业部学会之外, 还有一些制造并销售真空装置的工厂及经营进口产品的公司。在此就不一一列举了。

日本真空协会会员厂最近的销售额如表 2 所示。

表 2: 国内真空市场的规模

历 年	77年	78年	79年	80年
会员公司销售额 (亿日元)	264.4	305.8	380.6	485.1
与前一年相比的增长率(%)	13.0	15.7	24.5	27.5
其它估算销售额 (亿日元)	~60	~100	~120	~145
国内真空市场规模(亿日元)	~320	~400	~500	~630

如果把非会员公司的销售额加在一起 (根据各种资料估算的), 1980年为630亿日元左右。

那么如果把美国的市场规模看作是我国的 2 倍, 人口是我国的 3 倍。把欧洲看作与我国相同或多一些。这样真空在世界市场的规模就是美国的销售额作为1600亿日元, 欧洲作

为800亿日元，再加上对其他国家的销售额及出口、进口额总计为3000亿日元左右。从现在的增长速度来看，到1985年也许能超过6000亿日元。

1981年日本真空协会会员厂的销售额是605亿日元，与1980年相比增长率不到25%。也许在几年之后将达到1000亿日元。

2、有及有正式划分真空区域的方法？

问：在真空技术中，常听说低真空、高真空。这是按哪个压力划分的呢？有没有正式划分区域的方法呢？这种方法与国际能统一吗？

答：（1）在真空技术中，从接近大气压起有低真空、中真空、高真空、超高真空的说法。也有人把比超高真空还低的压力区域称为极高真空，但大多数人都把它们合在一起，称为超高真空。

低真空和中真空等的划分方法也是因人而异的。例如在J. YarWood著的《High Vacuum Technique》一文中，把从大气压到1 Torr(133Pa)称为低真空。但在A·H·Beck 编的《Handbook of Vacuum Physics》一文中把从大气压到25 Torr (3.33kPa) 称为低真空。在K. Diels and R·Jaekel著的《Leybold Vacuum Handbook》一文中把从大气压到100 Torr (13kPa) 称为低真空。

把 10^{-3} Torr (1.3×10^{-1} Pa) 以下的低压区域称为高真空区域，这一点在多数书中已趋于一致。但是就高真空和超高真空的分界线问题议论纷纭。有的认为以 10^{-7} Torr (1.3×10^{-5} Pa) 为界，有的认为以 10^{-8} Torr (1.3×10^{-6} Pa) 为界。甚至还有这样的例子，在G.W·Green 著的《The Design and Construction of Small Vacuum Systems》一文中，把 $10^{-6} \sim 10^{-9}$ Torr ($1.3 \times 10^{-4} \sim 1.3 \times 10^{-7}$ Pa) 区域起名为“Very high Vacuum”，插在高真空和超高真空之间，把 10^{-9} Torr (1.3×10^{-7} Pa) 以下的压力定为

超高真空。

(2) 真空区域的划分方法从根本上说还没有严密的科学根据。如果以粘滞流和分子流为依据进行划分的话,那么在 10^{-3} Torr (1.3×10^{-1} Pa) 区域大致可分为两部分。但对真空装置还希望分得再细些,应该制定出简便的压力区域划分方法。为此不能说哪个正确或哪个错误,但是不统一又不方便,所以进行了整理。

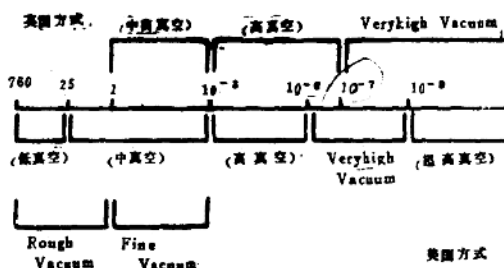


图1、各种区域的划分方法

图1是G.W.Green著书中的脚注,请做参考。据说在1968年时有两种划分方法。一种是美国真空协会标准委员会定制的,一种是英国标准协会制定的。两种划分方法差别甚大。

这里最麻烦的就是Very high Vacuum这一技术术语,因为在日语中没有此词。美国标准中把 10^{-3} Torr (1.3×10^{-1} Pa) 以下的压力区域按每3个数量级分为一个区域方法区分,像电波那样,分为High · Very high · Ultra-high,但是要让我们马上接受这种方式还感到有些困难。因为它与

我们搞真空的实践经验不一致。

例如 $(10^{-3} \sim 10^{-7}) \text{ Torr}$ ($1.3 \times 10^{-1} \sim 1.3 \times 10^{-6} \text{ Pa}$) 即是可以用带有平板收集极的电离真空计进行测量的区域,也可以不进行加热脱气,用油扩散泵就可以获得的区域。从技术方面来说,以 10^{-6} Torr ($1.3 \times 10^{-4} \text{ Pa}$) 划分是很难使人理解的。

(3) 谈到我国的情况,过去还没有正式的划分方法,习惯用表 1 (I) 那样的划分方法。但是最近提出了真空技术术语 ISO 草案 (国际标准草案)。

表 1、各种压力区域的划分法。

压 力 区 域	I	II
低 真 空	大气压 $\sim 1 \text{ Torr}$	100Pa 以上
中 真 空	$1 \sim 10^{-3} \text{ Torr}$	100 $\sim 0.1 \text{ Pa}$
高 真 空	$10^{-3} \sim 10^{-7} \text{ Torr}$	0.1 $\sim 10 \text{ uPa}$
超高真空	$10^{-7} \sim 10^{-10} \text{ Torr}$	10uPa 以下
极高真空	10^{-10} Torr 以下	——

日本真空协会的规格标准部接受了这个草案,并开始工作,制定了正式的 JISZ8126—1980 真空技术术语 (基础)。根据新的标准,压力区域的划分不以 Torr,而是以 Pa 为单位,区域划分的方法如表 1 (II) 所示。今后就可以使用这种划分方法了。当然,这种方法与 ISO 草案相同,所以可以认为这种划分方法是与国际标准相互统一的。

3、Torr和Pa表示真空度哪个正确？

问：最近用来表示真空度除了 Torr 以外，还有使用 Pa 这一单位的。那么，应该用哪一种呢？在国外杂志上常见到 Torr 是不是错误的呢？

答：要想解释的很多，所以首先还是简单地下个结论。

要说哪个正确，可以说现在哪个都没有错。不过 Pa 是国际单位制 SI 的压力单位，有普遍性。而 Torr 只是在低于一个大气压的真空学中所承认的特殊单位。所以我国现在正在努力把 Torr 转换成 Pa 这一单位。

所谓 Pa 是什么呢？它是与一位法国著名科学家帕斯卡的名字有关，是压力单位帕斯卡的符号：

$$\begin{aligned} 1\text{Pa} &= 1\text{N}/\text{m}^2 \\ &= 1\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}^2 \\ &= 10 \text{ dyn}/\text{cm}^2 \end{aligned}$$

式中 N 是代表力的单位符号，读作牛顿。

长期以来，我们习惯用的 Torr 是与托里析利有关的压力单位符号，与 mmHg 相同。计量法中论述的 mmHg 的正式定义为：mmHg 与水银的密度和重力加速度无关，是从 MKS 绝对单位制中推导出来的。即：

$$1\text{mmHg} = 101325/760 \text{ N}/\text{cm}^2$$

按计量单位命令的法令第 4 条规定，Torr 是真空学中压力的计量及其它类似压力的辅助计量单位，可以代替 mmHg 使用。

Torr 只是在一定的条件下有效，而缺乏普遍性。因此，