

真空泵和机组

真空泵和机组

Б. С. 达尼林 著



国防工业出版社

73.61/713/C.2

1954

22.61
213
C2

真空泵和机组

Б. С. 达尼林 著

吕 学 身 译

21482/23

机械工业出版社

內 容 提 要

本书是闡述苏联各种旋轉式机械泵和金屬壳蒸汽扩散真空泵, 以及真空机组的結構形式与工作原理, 并列出一系列的使用数据。

本书系供从事選擇、安装和維修真空設備人員之用, 但亦可作为有关电真空专业的高等学校学生在設計各种真空裝置时的教学参考书。

苏联B. C. Данилин著 'Вакуумные насосы и агрегаты'
(Госэнергоиздат 1957年第一版)

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷, 新华书店发行

*

787×1092 $1/32$ · 3 $3/8$ 印張 70 千字

1960年5月第一次印刷

1960年5月第一次印刷

印数: 0,001—36,000 册 定价: (10-7) 0.48 元

NO. 3231

前 言

真空技术是应用科学中最年青的一个部門，近年来获得了蓬勃的发展，并从实验室发展到工业生产的各个部門。

由于在真空的获得与測量、金屬真空系統的設計和真空系統有效檢漏法的研究等方面获得了巨大的成就，以及解决了其他許多重要真空技术問題使真空技术得到了广泛应用。

虽然真空泵早已用于电真空工业和其他一系列生产中，可是到目前为止，尚沒有一本关于制造泵的单独参考手册。自然，在某些书籍和杂志內曾叙述过一些关于泵的簡要資料。因此，作者的任务是收集、总合和尽可能将这些現代真空泵和真空机組的分散設計資料加以系統化。

作者希望，收集这些資料对于在解决与制造各种真空系統和真空装置有关的問題时，有所帮助。

作者认为必須指出：因为这类手册是首次編写，所以，很自然书內有需要修改和补充的謬誤之处在所难免。

最后，承蒙教授P. A. 尼連杰尔，П. И. 索科洛夫和工程师A. Б. 采耶特林对原稿仔細地审閱，并提出許多宝贵意見，作者在此仅表示感謝。

作 者

目 录

前言	4
I. 緒論	5
II. 旋轉式油泵	9
1. 动片式泵	11
2. 靜片式泵	17
3. 活塞式(柱塞式)泵	19
III. 旋轉式多叶片泵	29
IV. 高真空蒸汽扩散泵	33
1. 水銀蒸汽扩散泵与油蒸汽扩散泵	33
2. 輔助泵	60
V. 真空机組	65
VI. 真空泵的使用特点	75
1. 旋轉式油泵	75
2. 蒸汽扩散泵	78
VII. 关于选择真空泵的建議	83

附 录

1. 旋轉式油泵的技术参数与規格	90
2. 旋轉式多叶片泵的技术規格	92
3. 水銀蒸汽扩散泵的技术参数与規格	93
4. 高真空泵的技术参数与規格	95
5. 同一系列高真空泵的技术参数与規格	96
6. 真空机組的技术参数与規格	98
7. 輔助(升压)泵的技术参数与規格	102
8. 在真空机組内应用的氮气捕集器的技术規格	103
9. 国外真空泵的簡要数据	104

03400

22.61
213
C2

真空泵和机组

Б. С. 达尼林 著

吕 学 身 译

21482/23



机械工业出版社

1960

內 容 提 要

本书是闡述苏联各种旋轉式机械泵和金屬壳蒸汽扩散真空泵，以及真空机组的結構形式与工作原理，并列出一系列的使用数据。

本书系供从事選擇、安装和維修真空設備人員之用，但亦可作为有关电真空专业的高等学校学生在設計各种真空裝置时的教学参考书。

苏联B. C. Данилин著 'Вакуумные насосы и агрегаты'
(Госэнергоиздат 1957年第一版)

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷，新华书店发行

*

787×1092 $1/32$ · 3 $3/8$ 印張 70 千字

1960年5月第一次印刷

1960年5月第一次印刷

印数：0,001—3,000册 定价：(10-7) 0.48 元

NO. 3231

目 录

前言	4
I. 緒論	5
II. 旋轉式油泵	9
1. 动片式泵	11
2. 靜片式泵	17
3. 活塞式(柱塞式)泵	19
III. 旋轉式多叶片泵	29
IV. 高真空蒸汽扩散泵	33
1. 水銀蒸汽扩散泵与油蒸汽扩散泵	33
2. 輔助泵	60
V. 真空机組	65
VI. 真空泵的使用特点	75
1. 旋轉式油泵	75
2. 蒸汽扩散泵	78
VII. 关于选择真空泵的建議	83

附 录

1. 旋轉式油泵的技术参数与規格	90
2. 旋轉式多叶片泵的技术規格	92
3. 水銀蒸汽扩散泵的技术参数与規格	93
4. 高真空泵的技术参数与規格	95
5. 同一系列高真空泵的技术参数与規格	96
6. 真空机組的技术参数与規格	98
7. 輔助(升压)泵的技术参数与規格	102
8. 在真空机組内应用的氮气捕集器的技术規格	103
9. 国外真空泵的简要数据	104

03400

前 言

真空技术是应用科学中最年青的一个部門，近年来获得了蓬勃的发展，并从实验室发展到工业生产的各个部門。

由于在真空的获得与测量、金属真空系統的設計和真空系統有效檢漏法的研究等方面获得了巨大的成就，以及解决了其他許多重要真空技术問題使真空技术得到了广泛应用。

虽然真空泵早已用于电真空工业和其他一系列生产中，可是到目前为止，尚沒有一本关于制造泵的单独参考手册。自然，在某些书籍和杂志內曾叙述过一些关于泵的简要資料。因此，作者的任务是收集、总合和尽可能将这些現代真空泵和真空机组的分散設計資料加以系統化。

作者希望，收集这些資料对于在解决与制造各种真空系統和真空装置有关的問題时，有所帮助。

作者认为必須指出：因为这类手册是首次編写，所以，很自然书內有需要修改和补充的謬誤之处在所难免。

最后，承蒙教授P. A. 尼連杰尔，П. И. 索科洛夫和工程师A. Б. 采耶特林对原稿仔細地审閱，并提出許多宝贵意見，作者在此仅表示感謝。

作 者

1 緒 論

近年来，真空泵在各个工业部門中获得了广泛的应用。首先应指出的是，在生产电子管、收发电視管、光电管、X射綫管、白熾灯、汞弧管和气体放电管等方面特別需要真空泵。

真空熔化和焊接炉、大型金屬壳汞弧整流器、高伏示波器、电子显微鏡、阴极溅射装置、真空涂复装置、真空摄譜仪、质谱仪、迴轉加速器、分子蒸餾装置及各个科学和生产部門的許多其他設備等也須用快速真空泵进行排气。

現代真空泵主要分为以下两类：

1. 容积旋轉式油泵，其作用原理是以泵的轉动部分机械地排除充滿工作容器內的气体为基础。

2. 蒸汽扩散真空泵，其作用原理是以工作液蒸汽流的排气作用为基础（靠扩散作用或粘滯作用）。

任何真空泵都可用以下三个主要参数表示：

4) 极限压强或极限真空——系指某种泵可以达到的最低压强。

一般說来，极限压强是剩余气体和工作液蒸汽分压强的总和。但是，由于工作液的性质与泵本身质量沒有直接关系，故作为泵参数的极限真空一般仅按剩余气体的分压强来估計，而且工作液蒸汽的分压强用冷凝捕集器可降低到最小值。

大多数旋轉式油泵的极限压强通常能达到 10^{-3} 毫米水銀

柱，并取决于下列因素：

1. 泵内油的性质、粘度及溶解于油内的杂质；
2. 被抽气体在油内的溶解度；
3. 有害空间的大小，即在泵工作时不能靠机械作用排除气体的空间部分；
4. 油密封的质量；
5. 外壳和轴承的密封度。

高真空蒸汽扩散泵的极限压强主要不是取决于泵的结构，而是取决于工作液的性质；首先取决于：在泵的冷凝捕集器所造成的温度下工作液的蒸汽压强。大多数现代油蒸汽扩散泵内采用 Д-1 牌号真空油，其蒸汽压强在 20°C 时为 2×10^{-8} 毫米水银柱。

蒸汽扩散泵应用的经验证明，极限压强值取决于工作液的纯度及溶解于油中的杂质和气体的数量。

如果允许将油加热或使热油与大气接触，那么，蒸汽油泵的极限压强值可以大大地增加，因而形成具有高蒸汽压强的挥发性产物。

由于现代蒸汽扩散泵达到的极限压强极低（数量级为 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 毫米水银柱），故泵壁及整个真空系统的密封度和加工的精度对其工作来说具有重大意义。

Б) 最大排气压强——系指泵的排气管极限最大压强值，超过此值时会造成进气管逆流。

旋转式油泵的最大排气压强略高于大气压。

蒸汽扩散泵排气压强比旋转式泵低得多，很少超过 $1 \sim 2 \times 10^{-4}$ 毫米水银柱。因此，为了保证蒸汽扩散泵正常工作，必须使排气管与旋转式泵的进气管串联，旋转式泵能产生所

需的預真空度。只有当被抽真空装置內的压强低于泵的最大排气压强时，才允許开动蒸汽扩散泵进行抽气。

B) 作用速率——系指单位時間內以压强 p 通过泵进气管截面的气体体积。泵的作用速率（也常用“抽气速率”和“抽气速度”等术语）用下式确定：

$$S_u = \frac{Q}{p}$$

式中 Q ——单位時間內泵自容器中排出的气体量；

p ——泵的进气管压强。

真空技术中通常用 pV 表示气体量，因为体积 V 內的气体量取决于气体的压强 p 。

泵的作用速率，一般是用某一段時間內的压力下被抽气体体积，对時間的导数来表示：

$$S_u = \left(\frac{dV}{dt} \right)_p$$

如須繪出表示被抽容器內压力变化与時間关系的曲綫，則泵的作用速率須用下法确定。用 V 表示被抽容器的体积，用 p 表示压强，設若被抽容器內的压强与泵进气口压强相一致（設：管道很短），則可写成：在 dt 時間內进入泵中的气体量为 $pS_u dt$ ；在同一時間內容器中减少的气体量为 $V dp$ 。显然，这种气体量相等，但符号相反，即：

$$pS_u dt = -V dp,$$

或

$$S_u dt = -V \frac{dp}{p}$$

为了确定 S_u 必須使获得的方程积分。由于泵的进气口压强不同，作用速率也各异（在抽气开始时最大，随着压强降低而减小，当达到极限压力时等于零），所以 S_u 是压强的函数；因此，若需积分时，只有在极窄範圍內进行积分的条件

下，才能将此值放到积分符号外。在此种场合下，对于选定的一段短时间内的压强范围而言，泵的作用速率是以平均速率的形式确定的。

将初压作为 p' ，时间 t 内的压强作为 p'' ，得：

$$S_n \int_0^t dt = -V \int_{p'}^{p''} \frac{dp}{p}$$

或

$$S_n t = V \ln \frac{p'}{p''}$$

若把自然对数换算成常用对数，并将式子两端除以 t ，则得出泵的作用速率方程式如下：

$$S_n = 2.3 \frac{V}{t} \lg \frac{p'}{p''}$$

旋轉式泵的作用速率取决于轉子每轉一次自泵內排出的气体体积和轉子旋轉的速度。由图 3 看出，这种泵的作用速率与压强十分有关。

大多数高真空蒸汽扩散泵的作用速率主要取决于进气管截面面积，因此，实际上在很寬的範圍內并不取决于被抽气体的压力（图 37）。

每分钟的轉数、电动机功率、油和水的耗量等是旋轉式泵的輔助参数。

除加热器功率和水耗量外，蒸汽扩散泵的輔助参数还有、所謂比特性，它表示为获得 1 升/秒的抽气速率，泵內所消耗功率值，以及与进气孔单位面积有关的抽气速率（升/秒）。

这两种比特性可以說明蒸汽扩散泵的各种结构的完善程度。热效率（与单位面积有关的壓縮功）也是高真空泵的重要参数。

II 旋轉式油泵

旋轉式油泵的功用在于排除被抽容器內大部分气体并造成数量級为 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 毫米水銀柱的真空度。

最好不用这种泵排除含氧量高的空气和能积极与金屬及油类起化学反应的气体（氯、氟、氯化氢等）；这种泵也不适宜将某一容积內的空气或气体抽到泵的另一容积內。

当不需要較高的真空度时，旋轉式油泵可单独用来对容器抽气；这种泵可作輔助泵用，借其形成保証高真空蒸汽扩散泵正常工作所必需的真空度。

所有这些泵的主要部分都是偏心轉子，它使泵的工作室容积分隔成若干部分。这种作用是靠下述办法达到的：1）使固定在这子上的叶片与偏心輪滑动接触（靜片式泵）；2）或使叶片沿定子內表面滑动接触，叶片本身則与轉子一起旋轉（动片式泵）；3）最后或靠定子表面直接与旋轉的轉子接触，在此情况下轉子应具有特殊的形状（活塞式泵）。

靠机械作用增大和縮小工作室的容积达到最小值时，泵的进气管即打开。在工作室的容积增大时，被抽气体經进气管吸入工作室內。直到工作室达到最大容积使进气管断开后，气体才停止流入工作室。随着容积的縮小，气体受到压缩，使压强增大到 1 个大气压以上，从而使气体冲开能防止气体逆流的排气閥。

倘使要求現代旋轉泵具有高的极限真空值，即令对泵的零件进行最仔細的相互調整，也很难达到防止气体自高压方面反冲入进气口的目的。在此情况下，高极限真空值須靠下

列办法来达到：旋轉部分与排气閥零件間的微小空隙借能保証高度密封的油膜来实现密封。

泵内油的质量，对于旋轉式油泵的良好工作來說具有决定意义。

由于油的作用首先在于隔离压力不同的各个区域（容积），故在泵的工作温度下（約60°C）它应具有足够的粘度，而且粘度不应过高，以便防止克服不必要的摩擦力所作的功，也就是防止增大泵的消耗功率值。

其次，对油的要求是不含易揮发的成分。这种油的主要特性——发火点一般不应低于200°C。

表1 对BM-4真空油的基本要求

指 标 名 称	額定值
流动粘度(油的动力粘度与測定温度时的密度比值)，厘斯：	
a) 50°C时粘度范围	47~57
6) 100°C时粘度范围	8~11
用无盖坩埚測定的发火点范围，°C	206~213
用带盖和无盖坩埚測定的发火点差数，°C，不大于	12
凝固点，°C，不大于	-15
20°C时蒸汽压强，毫米水銀柱，不大于	$4 \cdot 10^{-5}$
炭渣值，%，不大于	0.2
含灰量%，不大于	0.005
机械杂质含量，%，不大于	0.007
酸值，以每克油內含KOH毫克数計算，不大于	0.2

此外，油內不应含水、水溶酸和水溶碱，并且在使用过程中其性能不应发生变化。

旋轉式油泵最常用的油是国产（苏联）真空油中的BM-4牌号油；其他牌号的油（如渦輪机油等）用得很少。

BM-4 真空油 (ГОСТ 7903-56) 是一种 CY 牌号的机油, 若加以真空分馏可从中蒸馏出 12~15% 的低沸点馏分。

对这种真空油的基本要求列于表 1。

1 动片式泵

这种型号的泵示于图 1。泵的工作室 (1) 位于油槽 (2) 内。泵的进气管 (3) 与被抽空间 (4) 连通。在此空间内旋转的活塞是由圆筒 (5) (转子) 和位于转子槽内的两个叶片 (6) 组成。两叶片之间有一钢弹簧, 借其保证叶片与泵室的圆柱体壁紧贴。圆筒的旋转轴与其几何轴相吻合, 但对着泵室中心向上移动, 使旋转时圆筒始终保持与泵壁紧贴。在泵工作时, 叶片总是沿着圆筒上的槽移动, 使吸气区域与压缩气体和排出气体的区域隔开。

在圆筒按箭头所示方向移动的过程中, 与泵进气管连通的容积增大, 于是被抽气体吸入该容积内。当圆筒继续移动时, 位于圆筒槽内的叶片使这一容积与进气管 (3) 隔断, 容积随之缩

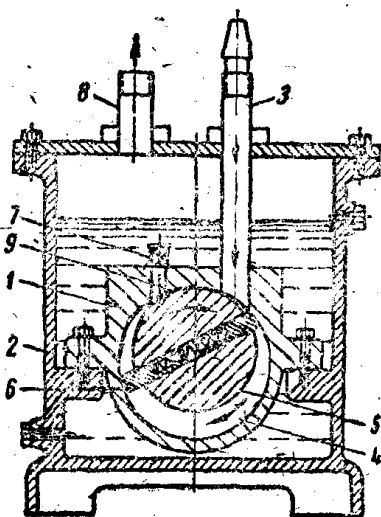


图 1 单级动片式泵的结构

1—工作室; 2—油槽; 3—进气管; 4—抽气容积; 5—圆筒; 6—叶片; 7—阀门 (带弹簧的小球); 8—排气管; 9—有害空间 (在排气管和圆筒与室壁接触处之间)。

小, 从而该容积内的气体受到压缩。在压缩气体作用下, 排

气阀(7)被冲开,于是气体经排气管(8)流出泵外。泵的排气阀(7)位置低于槽内的油液面,阀门上油层的作用是保证阀门的密封可靠,并阻止大气逆流泵内。

活塞旋转时,轮流工作的两个叶片保证泵能不停的吸气和排气,因而,保证与泵进气管连接的真空系统的抽气。BH-494泵(图2、3、4)是动片式泵中最流行的一种。这种泵时常与高真空泵及升压泵(ДМН-20, ММ-40А,

Н-5Р, Н-40Р, ДРН-10型)配合使用,以便形成真空泵工作所必须的预真空度。

泵形成的极限真空首先取决于泵的转动零件摩擦移动处的密封可靠性;这种可靠密封是用将整个泵浸入真空油槽内的办法达到的。

有害空间(在排气管和圆筒与室壁接触处之间)对极限真空值有重大的影响。残留在有害空间容积内的气体不可能将阀门冲开和跑出泵外;因此,就有一些气体在泵内不停地

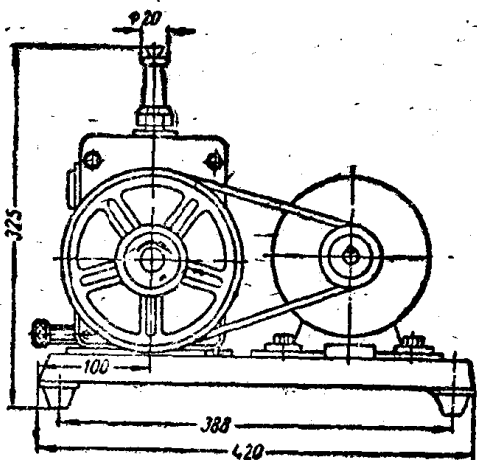


图2 BH-494 动片式泵。

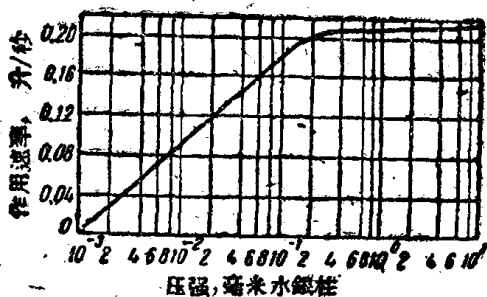


图3 BH-494动片式泵的作用速率与压强的关系。