

ZHENKONG SHEBEI
XUANXING YU CAIGOU ZHINAN



真空设备 选型与采购指南

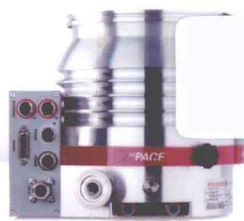
► 徐成海 主编 ► 陆国柱 谈治信 陈荣发 副主编

A PASSION FOR PERFECTION

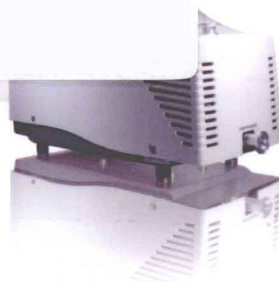
PFEIFFER VACUUM

Total pressure
management

Vacuum chamber



Leak detector,
Gas analysis



Vacuum Solutions
from a single Source

您是否正在寻找完美的真空解决方案？请联系我们：

Pfeiffer Vacuum (Shanghai) Co., Ltd.

T +86(21) 3393 3940

info@pfeiffer-vacuum.cn

www.pfeiffer-vacuum.com



Rotary vane
vacuum pump



化学工业出版社

ZHENKONG SHEBEI
XUANXING YU CAIGOU ZHINAN



真空设备 选型与采购指南

▸ 徐成海 主编 ▸ 陆国柱 谈治信 陈荣发 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是了解市场,掌握行情的指导性工具书,主要介绍真空泵、真空计、真空阀门、真空系统,各种真空应用设备和真空设备用油的选型与采购方法。本书介绍的真空设备内容齐全,通俗易懂,便于学习;附录所列真空设备的生产厂家齐全,联系地址翔实。本书可供使用真空设备的企业和技术人员查阅,也可
为采购真空设备的人员提供方便。

图书在版编目(CIP)数据

真空设备选型与采购指南/徐成海主编. —北京:化学工业出版社, 2013. 7
ISBN 978-7-122-17493-2

I. ①真… II. ①徐… III. ①真空设备-选购-指南
IV. ①TB75-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 113479 号

责任编辑:戴燕红
责任校对:蒋 宇

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 49½ 字数 1305 千字 2013 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:198.00 元
京化广临字 2013—16 号

版权所有 违者必究

《真空设备选型与采购指南》

参 编 人 员 名 单

主 编 徐成海

副 主 编 陆国柱 谈治信 陈荣发

参编人员 (按姓氏拼音排序)

白玉石 惠进德 刘 军 陆 峰 彭润玲

苏 原 王德喜 王毓民 王志坚 谢元华

徐法俭 徐 曦 徐玉江 张宝夫 张 华

张建伟 赵悦呈 周士海

前 言

“真空设备选型与采购指南”于2008年集结成册后，深受广大读者欢迎，现在还不断接到读者的咨询，希望能够正式出版。为满足读者的需要，根据实际情况，按照真空行业提供的线索，真空设备生产企业的申报，补充了新内容。

真空设备用途广泛，在国民经济发展中起到了重要的作用。国民经济的许多行业中都离不开真空技术与设备，宇宙航天事业、冶金工业、机械工业、石油化工行业、医药卫生行业、轻工食品行业、农副渔业产品的深加工等领域都离不开真空技术与设备。但是，许多行业在真空设备的选型与采购过程中遇到了很多难题，有些单位走了弯路，有些单位选择了不合适的设备，也有的单位选择了不理想的设备。除了应用真空设备的采购人员对真空设备的性能不清楚之外，还不了解真空设备的生产厂家，尤其是网络世界发达的现代，各个厂家都在网上宣传自己，使采购人员眼花缭乱，难辨虚实。为此，编写本书，供使用真空设备的厂家在设备选型和采购过程中参考。选型和采购的原则应该是选择适合本单位工艺需要的、合适的真空设备，而不是性能指标越高越好，更不是价格便宜就好。

《真空设备选型与采购指南》是了解市场、掌握行情的指导性工具书，书中较全面地介绍了真空产品的性能、结构、特点、使用与维护方法；帮助真空行业厂家宣传产品，防止假冒产品流入市场坑害正规企业；引导使用真空产品的用户，正确选用适合自己的真空产品，节约采购成本，确保采购产品的质量。

本书共分为16章。包括真空泵、真空测量仪表、真空阀门、真空系统、真空冶炼设备、真空热处理设备、真空镀膜设备、真空干燥设备、真空蒸馏设备、真空输送设备等的选型方法，并给出识别真空设备性能的标准。附录为真空企业名录。将能联系到的生产真空设备的厂家，不分大小，按其所在省份，给出地址、邮编、电话和联系人，给真空设备采购人员提供方便。

本书在编写过程中得到许多真空界朋友的帮助，张华、赵悦呈、李铁参加了附录部分的工作，在此一并感谢。

书中不妥之处，还请读者指正。

编 者

2013.3

目 录

1 真空泵的选型技术	1
1.1 真空泵的选型原则和性能表示法	1
1.2 真空泵的类型及其工作压力范围	3
1.2.1 气体输送泵	3
1.2.2 气体捕集泵	5
1.2.3 各种真空泵的使用范围	5
1.3 真空泵的技术术语及规格型号表示法	5
1.3.1 真空泵的技术术语	5
1.3.2 真空泵的型号及规格表示法	6
1.4 真空泵的用途及适用的工艺类型	7
1.4.1 真空泵的用途	7
1.4.2 各类真空泵适用的工艺类型	7
1.5 水环真空泵的选型技术	8
1.5.1 水环泵的工作原理及特点	8
1.5.2 水环泵的基本类型与结构	10
1.5.3 水环泵的基本型式与参数	12
1.5.4 水(液)环泵的使用与注意 事项	13
1.5.5 水(液)环泵的常见故障及 消除方法	15
1.6 往复式真空泵的选型技术	16
1.6.1 往复泵的工作原理	17
1.6.2 往复泵的几种主要结构	18
1.6.3 往复泵的主要性能指标	19
1.6.4 往复泵的使用与维护	19
1.7 旋片式真空泵的选型技术	20
1.7.1 旋片泵的工作原理	21
1.7.2 旋片泵的结构特点	21
1.7.3 选用旋片泵的注意事项	24
1.7.4 旋片泵的运行与维护	25
1.8 滑阀式真空泵的选型技术	29
1.8.1 滑阀泵的工作原理	29
1.8.2 滑阀泵的结构特点	30
1.8.3 滑阀泵的选型	32
1.8.4 滑阀真空泵常见故障及其排除	32
1.9 罗茨真空泵的选型技术	34
1.9.1 罗茨泵的工作原理	34
1.9.2 罗茨泵的结构特点	35
1.9.3 罗茨泵的参数选择	37
1.9.4 罗茨泵的常见故障及解决办法	44
1.10 分子真空泵的选型技术	47
1.10.1 分子真空泵的发展概况	47
1.10.2 牵引分子泵的抽气原理与结构 特点	48
1.10.3 涡轮分子泵的抽气原理及结构 特点	48
1.10.4 分子真空泵选型须知	49
1.11 干式(无油)真空泵的选型技术	50
1.11.1 干式真空泵的选型须知	50
1.11.2 旋片型干式真空泵	52
1.11.3 爪型干式真空泵	53
1.11.4 涡旋干式真空泵	57
1.11.5 螺杆型干式真空泵	62
1.12 水喷射真空泵的选型技术	64
1.12.1 水喷射泵的主要用途	65
1.12.2 水喷射泵的工作原理	65
1.12.3 水喷射泵的主要结构型式	66
1.12.4 水喷射真空泵的选型方法	67
1.12.5 水喷射泵常见故障及排除方法	70
1.13 蒸汽喷射泵的选型技术	71
1.13.1 蒸汽喷射泵的工作原理	71
1.13.2 蒸汽喷射泵的结构与组成	72
1.13.3 蒸汽喷射泵的选型方法	75
1.13.4 水蒸气喷射泵的常见故障及其 排除方法	78
1.14 扩散泵的选型技术	81
1.14.1 扩散泵的抽气过程	81
1.14.2 油扩散泵的结构	82
1.14.3 油扩散泵的选型方法	84
1.14.4 油扩散泵的使用与维护	86
1.15 油扩散喷射真空泵的选型技术	88
1.15.1 油扩散喷射泵的工作原理	88
1.15.2 油扩散喷射泵的结构	89
1.15.3 油扩散喷射泵的选型方法	89
1.15.4 油增压泵的使用与维护	91
1.16 低温泵的选型技术	92
1.16.1 低温泵的抽气原理和分类	92
1.16.2 低温泵的总体布置	93
1.16.3 低温泵的选型方法	95

1.17 溅射离子泵的选型技术	96	1.18 其他类型真空泵的选型技术	99
1.17.1 溅射离子泵的结构与泵内的物理过程	96	1.18.1 分子筛吸附泵的选择	99
1.17.2 溅射离子泵的抽气机理	97	1.18.2 钛升华泵的选型	103
1.17.3 溅射离子泵的选择	98	1.18.3 电离升华泵的选型	104
		1.18.4 非蒸散型吸气泵的选型	105

2 真空计选型技术

2.1 概述	109	2.2.5 热偶真空计	132
2.1.1 真空、真空度概念	109	2.2.6 热阴极电离真空计	135
2.1.2 真空区域划分及其物理特点	110	2.2.7 冷阴极电离真空计	142
2.1.3 真空计及测量范围	112	2.2.8 复合式真空计	149
2.1.4 真空测量特点	112	2.2.9 B-A 式超高真空电离计	154
2.1.5 真空计选型原则	113	2.2.10 极高真空测量仪器	159
2.2 常用真空计性能参数	114	2.2.11 MFC 用途和特点	171
2.2.1 U 型管真空计	114	2.2.12 国内外 MFC 发展状况介绍	172
2.2.2 压缩式真空计	117	2.2.13 国内新产品发展情况	172
2.2.3 弹簧式真空计	120	2.2.14 MFC 在真空设备中的典型应用和注意事项	172
2.2.4 电阻真空计	124		

3 真空阀门选型技术

3.1 概述	174	3.3 典型真空阀门结构型式	220
3.1.1 真空阀门的用途	174	3.3.1 低真空三通阀	220
3.1.2 真空阀门的基本要求	174	3.3.2 低真空管道阀	224
3.1.3 真空阀门分类和型号编制方法	175	3.3.3 高真空翻板阀	224
3.1.4 真空阀门选型原则	176	3.3.4 超高真空角阀	227
3.2 各类真空阀门结构型式、性能参数	178	3.3.5 超高真空三通阀	229
3.2.1 真空插板阀	178	3.3.6 超高真空管道阀	229
3.2.2 高真空挡板阀	186	3.3.7 超高真空针阀	230
3.2.3 高真空蝶阀	191	3.4 真空阀门技术要求及性能测试	230
3.2.4 真空翻板阀	198	3.4.1 技术要求	230
3.2.5 电磁真空阀	201	3.4.2 真空阀门漏气速率（简称漏率）的测试	230
3.2.6 真空球阀	208	3.4.3 真空阀流导的测试	233
3.2.7 真空隔膜阀	212	3.4.4 真空阀门寿命的测试	234
3.2.8 真空微调阀	214	3.4.5 真空阀门开闭时间的测试	234
3.2.9 真空放气阀	216		

4 真空系统选型技术

4.1 真空系统的主要参数选择	235	计算	242
4.1.1 真空室（容器）的极限压力	235	4.3 真空室出气对真空系统计算的影响	242
4.1.2 真空室的工作压力	235	4.3.1 局部出气对计算的影响	242
4.1.3 真空室抽气口处泵的有效抽速	236	4.3.2 均匀出气条件下细长真空室内压力分布	243
4.2 抽气时间的计算	237	4.4 选泵与配泵	244
4.2.1 粗真空、低真空下抽气时间计算	237	4.4.1 主泵选择	244
4.2.2 高真空下抽气时间计算	240	4.4.2 前级泵的选配	244
4.2.3 真空室压力下降时抽气时间的		4.4.3 粗抽泵抽速的确定	246

4.5 真空机组的选型	246	4.7.1 罗茨泵机组的型式与基本参数	258
4.5.1 真空机组的构成与分类	246	4.7.2 国产罗茨泵机组的技术性能	261
4.5.2 低真空机组	246	4.7.3 罗茨真空泵机组的选型方法	273
4.5.3 高真空机组	250	4.8 扩散泵抽气机组的选型	279
4.5.4 超高真空机组	252	4.8.1 国产扩散泵机组的基本参数	279
4.6 液环泵真空机组的选型	253	4.8.2 扩散泵机组的选型方法	287
4.6.1 蒸气喷射泵-液环泵真空机组	253	4.8.3 干式真空泵机组的选型	288
4.6.2 罗茨液环泵机组	256	4.9 超高真空机组的选型	290
4.6.3 罗茨泵-气体喷射器-液环泵 机组	258	4.9.1 超高真空系统简介	290
4.7 罗茨真空泵机组的选型	258	4.9.2 超高真空系统应用实例	291

5 真空冶炼设备选型技术

5.1 真空感应炉设备选型技术	295	5.2.6 电子束流轰击物料满足熔炼的 热平衡条件	308
5.1.1 概述	295	5.2.7 真空电子轰击炉的主要构成	309
5.1.2 真空感应炉的工作原理	295	5.2.8 真空电子轰击炉选型技术依据	317
5.1.3 真空感应炉的典型结构及分类	297	5.3 真空电弧炉选型技术	318
5.1.4 真空感应熔炼的独特功能及其 工艺优异性	299	5.3.1 概述	318
5.1.5 真空感应炉的熔炼主电源	301	5.3.2 真空电弧炉种类及其应用	319
5.1.6 真空感应炉的选型技术条件	303	5.3.3 真空中弧光放电及其性质	321
5.2 真空电子轰击炉选型技术	305	5.3.4 真空电弧炉、凝壳炉结构构成及 其设计和计算	322
5.2.1 概述	305	5.3.5 真空系统	334
5.2.2 真空电子轰击炉的特点	306	5.3.6 真空电弧炉、凝壳炉的电源电气 控制	334
5.2.3 电子束流轰击物料(靶)时 产生的现象	306	5.3.7 真空电弧炉、凝壳炉选型技术 条件	344
5.2.4 真空电子轰击炉的电子束加热 原理	307		
5.2.5 电子束流在电场作用下的能量	307		

6 真空热处理设备选型技术

6.1 真空热处理的一般原理	349	6.3 真空热处理设备的设计	367
6.1.1 真空热处理的作用	349	6.4 真空热处理炉的典型结构及应用	368
6.1.2 真空热处理的特点	351	6.4.1 真空正压气淬和油淬炉的典型 结构	368
6.1.3 真空热处理的一般操作及工艺 过程	352	6.4.2 真空正压气淬的典型应用	371
6.1.4 影响真空热处理的工艺参数	355	6.4.3 真空油淬的典型工艺	372
6.2 真空热处理炉的结构	357	6.4.4 真空回火炉的典型结构及应用	374
6.2.1 真空热处理炉的分类	359	6.4.5 真空渗碳炉及其应用	374
6.2.2 真空热处理炉的结构	360	6.4.6 真空热处理设备的选型	376

7 真空干燥设备选型技术

7.1 真空干燥设备的种类	379	7.3 真空干燥设备的选择方法	388
7.2 真空干燥设备的应用	380	7.3.1 根据物料的性质选择真空干燥 设备	388
7.2.1 普通真空干燥设备的应用	380	7.3.2 根据产品质量选择真空干燥	
7.2.2 冷冻真空干燥设备的应用	382		

设备	388	7.4.7 圆筒搅拌式真空干燥设备的 选型	415
7.3.3 真空干燥设备性能的选择	388	7.4.8 振动流动真空干燥设备的选型	418
7.3.4 真空冷冻干燥设备的选择	389	7.5 冷冻真空干燥设备选型技术	422
7.3.5 真空干燥设备的效率	390	7.5.1 冷冻真空干燥设备类型的选择	422
7.4 几种普通真空干燥设备的选型技术	390	7.5.2 冷冻真空干燥设备性能的选择	423
7.4.1 双锥回转真空干燥设备的选型	390	7.5.3 实验小型冻干机的选用	423
7.4.2 微波真空干燥设备的选型	393	7.5.4 医药用冻干机的选用	424
7.4.3 带式真空干燥设备的选型	397	7.5.5 食品用冷冻真空干燥设备的 选型	427
7.4.4 耙式真空干燥设备的选型	403	7.5.6 微波冷冻真空干燥设备的选型	429
7.4.5 圆盘刮板真空干燥设备的选型	407		
7.4.6 转鼓真空干燥设备的选型	412		

8 真空压力浸渍设备的选型技术

8.1 VPI 技术的基本原理	431	8.4.2 储漆罐的结构选择	435
8.2 VPI 设备的构成	432	8.5 制冷系统与液压系统的选择	439
8.2.1 真空干燥炉	432	8.5.1 制冷系统的选择	439
8.2.2 浸渍罐	432	8.5.2 液压系统的选择	440
8.2.3 储漆罐	432	8.6 加热和输漆系统的选择	440
8.2.4 真空系统与充气系统	433	8.6.1 瑞士 Micafil 公司的储漆加热、 冷却及输漆过滤系统	440
8.2.5 制冷系统与加热系统	433	8.6.2 美国 W. H 公司输漆加热系统	441
8.3 可供选择的几种典型 VPI 设备	433	8.6.3 电加热器	442
8.4 浸渍罐与储漆罐的结构选择	435	8.7 VPI 设备的使用与维护	442
8.4.1 浸渍罐的结构选择	435		

9 真空镀膜设备选型技术

9.1 概述	444	9.3.2 溅射镀膜的方式	473
9.1.1 真空镀膜技术及其特点	444	9.3.3 溅射镀膜的实例	499
9.1.2 真空镀膜技术的应用	444	9.3.4 溅射镀膜机的选型	501
9.1.3 真空镀膜技术的分类	445	9.4 离子镀膜	508
9.2 蒸发镀膜	447	9.4.1 离子镀膜原理	508
9.2.1 蒸发镀膜原理	447	9.4.2 离子镀膜装置	521
9.2.2 蒸发镀膜设备的结构	454	9.4.3 离子镀膜的应用	535
9.2.3 蒸发镀膜的应用	466	9.5 CVD 镀膜	540
9.2.4 蒸发镀膜设备选型注意事项	470	9.5.1 CVD 镀膜原理	540
9.3 溅射镀膜	470	9.5.2 CVD 镀膜方法、类型及应用	542
9.3.1 溅射镀膜基本原理	470	9.5.3 CVD 设备的选型常识	552

10 真空钎焊设备选型技术

10.1 真空钎焊概述	557	10.2.3 净化作用	560
10.1.1 真空钎焊的发展概况	557	10.2.4 蒸发作用	560
10.1.2 钎焊的定义和方法	557	10.3 真空钎焊工艺	561
10.1.3 真空钎焊技术的特点	558	10.3.1 钎焊前的工件表面处理	561
10.1.4 真空钎焊技术的应用	558	10.3.2 工件的组装和定位	561
10.2 真空在钎焊过程中的作用	559	10.3.3 焊料装填	561
10.2.1 保护作用	559	10.3.4 工艺参数的选择	561
10.2.2 除气作用	559	10.3.5 影响钎焊质量的因素	564

10.3.6	钎焊质量的验收方法	565	10.4.5	真空钎焊设备的组成	569
10.3.7	无损检验	565	10.4.6	真空钎焊设备选型原则	570
10.3.8	破坏性检验	565	10.4.7	国内真空钎焊炉的现状及主要性能参数	570
10.3.9	工况模拟试验	565	10.5	真空钎焊炉的性能试验与验收	571
10.4	真空钎焊设备	565	10.5.1	真空钎焊炉的主要技术指标	571
10.4.1	真空钎焊工艺对真空炉的要求	565	10.5.2	真空钎焊炉的基本技术要求	571
10.4.2	真空钎焊炉的分类	566	10.5.3	真空钎焊炉性能试验的方法	572
10.4.3	热壁真空钎焊炉	566	10.5.4	真空钎焊炉的验收	574
10.4.4	冷壁真空钎焊炉	567			

11 真空蒸馏设备选型技术

11.1	概述	576	11.6.1	板式精馏塔	583
11.2	减压蒸馏装置	576	11.6.2	填料塔	585
11.3	间歇式蒸馏装置	576	11.6.3	薄膜塔	585
11.3.1	蒸馏罐	576	11.6.4	旋转塔	585
11.3.2	冷凝器	577	11.7	分子蒸馏装置	586
11.3.3	阱	578	11.7.1	分子蒸馏装置	587
11.3.4	蒸馏釜	578	11.7.2	分子精馏设备	588
11.4	半连续蒸馏装置	581	11.7.3	各种分子蒸馏设备的主要特征	589
11.5	连续蒸馏装置	582			
11.6	连续精馏装置	583			

12 真空包装设备选型技术

12.1	真空包装原理与包装机分类	590	12.6	热成型真空包装机	593
12.2	机械挤压式真空包装机	590	12.7	蓬松柔软物品缩体包装机	593
12.3	插管式真空包装机	590	12.8	回转真空室式包装机	594
12.4	腔室式真空包装机	591	12.9	充气真空包装机	595
12.5	输送带式真空包装机	591	12.10	真空包装机的选型	597

13 真空输送设备选型技术

13.1	真空输送原理及应用	608	13.2.9	粉粒装物料真空吸送设备的选择	622
13.1.1	真空输送原理	608	13.3	液态物料的真空输送装置	622
13.1.2	真空输送的应用	608	13.3.1	水库防汛无动力真空虹吸溢洪装置	622
13.1.3	真空输送的特点	609	13.3.2	真空高速流装置	623
13.2	粉粒状物料真空吸送设备及选择	610	13.4	固态物料的真空吸吊装置及选择	627
13.2.1	真空吸送系统的构成	610	13.4.1	基本原理	627
13.2.2	氧化锌粉真空吸送设备	611	13.4.2	特点	627
13.2.3	粮食真空输送设备	613	13.4.3	门式真空吸吊机	628
13.2.4	炭黑真空输送系统	615	13.4.4	VacuPowerLift 系列真空吊具	628
13.2.5	药品真空输送设备	618	13.4.5	AutomacVLG 系列真空吊具	629
13.2.6	SW/VR 系列节能气力驱动型真空输送设备	619	13.4.6	真空搬运装置	630
13.2.7	无菌真空输送机	620	13.4.7	真空起重机	630
13.2.8	粉煤灰真空输送与分选一体化系统	620	13.5	垃圾灰尘清理设备及选型	631

13.5.1	HV 系列工业吸尘器	631	13.5.8	截料斗与截料车	637
13.5.2	VW3600-9 气力吸排车	632	13.5.9	管网、吸嘴等附件的选择	637
13.5.3	UV 吸尘车系列	633	13.6	真空吸鱼泵	639
13.5.4	T3000-8 吸尘车 (new)	633	13.6.1	吸鱼泵种类及特点	639
13.5.5	UV 工作站系列	633	13.6.2	PV-500 型活鱼吸取泵	640
13.5.6	集疏通清理/真空抽吸一体化的 清污车	633	13.6.3	射流式吸鱼泵	640
13.5.7	RV 系列	637	13.6.4	网箱真空活鱼起捕机和真空 吸鱼泵	640
14	真空过滤设备选型技术	642			
14.1	真空过滤设备简介	642	14.3.4	陶瓷圆盘真空过滤机	649
14.1.1	真空过滤设备的工作原理	642	14.4	带式真空过滤机	650
14.1.2	真空过滤机的特点	643	14.4.1	固定室型真空带式过滤机	651
14.1.3	真空过滤机的分类	643	14.4.2	移动室型带式真空过滤机	652
14.2	转鼓式真空过滤机	644	14.4.3	滤带间歇运动型真空带式 过滤机	652
14.2.1	刮刀卸料式转鼓真空过滤机	644	14.4.4	连续移动盘带式真空过滤机	653
14.2.2	滤布行走式转鼓真空过滤机	646	14.5	真空过滤机的选型	655
14.3	圆盘式真空过滤机	647	14.5.1	选型的依据	655
14.3.1	结构与原理	647	14.5.2	选型的基本原则	656
14.3.2	发展趋势	648			
14.3.3	特征及用途	649			
15	真空绝热设备选型技术	658			
15.1	真空低温容器选型	658	15.2	真空玻璃	680
15.1.1	概述	658	15.2.1	真空玻璃概述	680
15.1.2	我国真空低温容器的发展和 应用	658	15.2.2	真空玻璃的制造工艺	680
15.1.3	真空低温容器的分类	661	15.2.3	真空玻璃的性能	681
15.1.4	低温容器典型结构介绍	665	15.2.4	真空玻璃的隔热原理	684
15.1.5	低温容器选择要点	675	15.2.5	真空玻璃中的应力	686
15.1.6	低温容器的特性	677	15.2.6	真空玻璃的除气与抽空	687
15.1.7	真空低温容器的选择原则	678	15.2.7	选用真空玻璃的注意事项	688
16	真空设备用油的选型技术	691			
16.1	真空泵油	691	16.3.1	矿物油型扩散泵油的选用	707
16.1.1	真空泵油的性能	691	16.3.2	合成油型扩散泵油	708
16.1.2	真空泵油的分类	693	16.3.3	扩散泵油的使用注意事项	708
16.1.3	真空泵油的质量标准	695	16.4	真空密封油	709
16.1.4	国外真空泵油质量标准	698	16.4.1	真空密封油的特性	709
16.1.5	真空泵油的选用	699	16.4.2	真空密封油的用途	709
16.1.6	真空泵油的使用事项及换油 期限	703	16.4.3	真空密封油的质量标准	710
16.2	油蒸汽流泵	705	16.5	真空淬火油	710
16.2.1	增压泵油	705	16.5.1	真空淬火油的特性	710
16.2.2	惠丰 HFV-Z 增压泵油	706	16.5.2	真空淬火油的用途	710
16.3	油蒸汽流泵 (扩散泵)	707	16.5.3	真空淬火油的质量指标	710
			16.5.4	真空油淬时注意的几个问题	711

16.6 真空密封脂	711	16.7.1 分子泵油的特性	712
16.6.1 真空密封脂的特性	711	16.7.2 分子泵油的用途	712
16.6.2 真空密封脂的用途	711	16.7.3 分子泵油的质量指标	712
16.6.3 真空密封脂的质量指标	712	16.7.4 分子泵油的更换和维护	713
16.7 分子泵油	712	16.8 真空用润滑油（脂）技术问答	713

参考文献	719
------------	-----

附录 企业名录	721
---------------	-----

北京市	721	四川省	732
天津市	727	陕西省	734
重庆市	728	广东省	735
河北省	728	江苏省	744
河南省	729	浙江省	750
宁夏回族自治区	730	福建省	758
山西省	730	安徽省	758
吉林省	730	山东省	758
贵州省	730	辽宁省	763
云南省	730	上海市	768
湖北省	730	甘肃省	775
湖南省	731	外资企业	776
江西省	732		

1 真空泵的选型技术

真空泵的种类较多,选择真空泵时应该根据工艺要求,认真分析对比,选出物美价廉的适合工艺过程要求的真空泵。

1.1 真空泵的选型原则和性能表示法

选择真空泵总的原则是根据工艺特点选择泵的类型,按照工艺过程需要的真空度选择泵的型号,依照真空室的容积和工艺过程放气量决定泵的大小。具体原则如下。

(1) 选用的真空泵必须能抽除工艺过程中释放出来的气体。例如,在工艺过程中产生的是水蒸气,选用的真空泵必须能抽水蒸气,而能直接抽水蒸气的真空泵只有水环泵、湿式罗茨泵、水喷射泵、水蒸气喷射泵和低温冷凝泵五种。

(2) 选用主泵的极限真空度,必须高于被抽容器要求的极限真空度,至少要高一个数量级,并且能在要求的工作真空度范围内正常工作。

(3) 选用主泵的抽速必须大于工艺过程中的最大放气量。如果在主泵前面有冷阱或挡板,则加阱或挡板之后的有效抽速应大于工艺过程中的最大放气量。如果工艺过程中会出现突然大量放气,主泵的有效抽速应选为工艺过程中最大放气量的 2~3 倍。

(4) 选用的真空泵,其工作介质和制造泵的材料必须满足工艺要求。在抽除具有腐蚀性的气体时,应采取防腐措施。抽除含有灰尘或颗粒的气体时,要在主泵前加除尘器或过滤器。

(5) 对于连续性生产的工艺,所选用的真空泵必须可靠地满足连续性生产的需要。必要时,最好加一套自动更换的备用真空泵。如果工艺过程中放气量越来越小,可以备用抽气量较小的维持泵,以实现节能降耗。

(6) 如果有一种以上的真空泵能满足同一种工艺需求时,要进行成本和运转费用的经济性分析,选用经济性好、运行可靠、维修量小、使用与维修方便的真空泵。

对各种真空泵的性能,都有规定的测试方法来检验其性能的优劣,真空泵的主要性能有以下几个。

(1) 极限压力。将真空泵与检测容器相连,放入待测的气体后,进行长时间连续地抽气,当容器内的气体压力不再下降,而维持某一定值时,此压力即为泵的极限压力,其单位用 Pa 表示。

(2) 流量。在真空泵的吸气口处,单位时间内流过的气体体积称为泵的流量。在真空技术中,流量的单位用压力×体积/时间来表示,即用 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{h}$ 表示。通常泵要给出流量与入口压力的关系曲线。

(3) 抽气速率。在真空泵的吸气口处,单位时间内流过的气体的体积称为泵的抽气速率。即气体 A 的抽气速率 s_A (m^3/s) 为流量 Q_A ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$) 除以测试罩内这种气体 A 的分压力 p_A 而得。如

$$s_A = \frac{Q_A}{p_A} \quad (1-1)$$

一般真空泵的抽气速率与气体种类有关。给定的抽气速率，表示对某种气体的抽气速率。如无特殊标明，多指抽空气而言。

(4) 抽气的概念。若真空容器所有的内表面上无气体的吸附和脱附现象发生，这种抽气过程称作理想状态的抽气过程。设被抽容积为 V (m^3)，泵的抽气速率为 s (m^3/s)，在这种理想状态的抽气过程中，容器内压力 p (Pa) 的变化如下式所示。

$$V \frac{dp}{dt} = -sp \tag{1-2}$$

当时间 $t=0$ 时，压力为 p_0 ，压力 p 与时间 t 的关系式为

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{s}{V}t\right) \tag{1-3}$$

由上式可以看出，当 t 不断增加时，压力 p 则不断下降，达到了抽真空的目的。

若极限压力 p_u 对 p 和 p_0 的影响不容忽略时，上式则变成如下形式

$$(p - p_u) = (p_0 - p_u) \exp\left(-\frac{s}{V}t\right) \tag{1-4}$$

上式仅适用于大气压力到 10^{-1} Pa 范围内。当压力再低时，抽气时间要大大延长。因为，当压力低于 10^{-1} Pa 时，容器的内表面上大量放气。若单位时间内，容器内气源产生的气体量为 $\sum Q$ ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)，则式 (1-2) 变成

$$V \frac{dp}{dt} = -sp + \sum Q \tag{1-5}$$

式中 $\sum Q$ 包括如下各项：

$$\sum Q = Q_1 + Q_d + Q_p + Q_b + Q_r \tag{1-6}$$

- 式中 Q_1 ——漏气量；
 Q_d ——容器内表面吸附气体的脱附量；
 Q_p ——容器内部的扩散或渗透的放气量；
 Q_b ——泵向真空容器的返流气体量；
 Q_r ——真空容器内装配的机构的放气量。

这种关系，在对数坐标上，压力 p 与时间 t 呈直线关系，如图 1-1 所示。从图上可以看出式 (1-3) 有效的范围，压力成直线减少。称作容积抽气，超过这个范围，压力下降有所偏移，最后与横轴平行。这时式 (1-5) 的 $\sum Q$ 起作用了，在真空系统中 Q_d 及 Q_r 占大部分，因此这段为表面放气的排气过程，通常称表面排气。

式 (1-5) 的解为

$$p(t) = \frac{\sum Q}{s} + \left(p_0 - \frac{\sum Q}{s}\right) \exp\left(-\frac{s}{V}t\right) \tag{1-7}$$

若长时间抽气， $\exp\left(-\frac{s}{V}t\right)$ 项的影响可以忽略，这时压力下降，仅取决于上式的右侧第一项，即

$$p(t) = \frac{\sum Q}{s} \tag{1-8}$$

经研究得知放气率也与时间有关，即

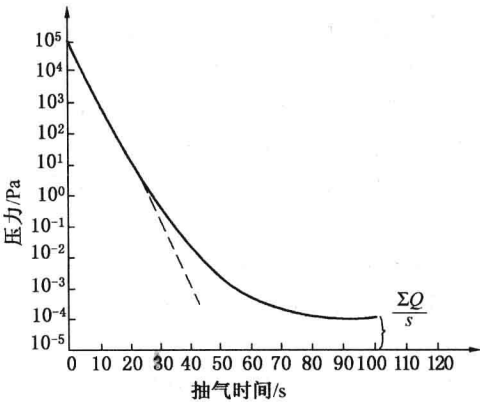


图 1-1 真空容器内压力和抽气时间的关系曲线

$$Q(t) = Aq(t) \quad (1-9)$$

式中 A ——表面积；

$q(t)$ ——单位面积的放气率，经研究得知，表面上常吸附有大量的水蒸气。

为了获得超高真空，烘烤这道工序是必不可少的。因为温度高了，气体分子在表面上滞留时间短了，短时间 Q 能快速下降。在 $250 \sim 450^\circ\text{C}$ 条件下烘烤比不烘烤，压力能够下降 $3 \sim 4$ 个数量级。除掉水蒸气后，残余气体多为金属中溶解的氢气了，有针对性地排除氢气，可使真空度进一步提高。

由式 (1-5) 得知，处于平衡态时 $\frac{dp}{dt} = 0$ ，而 ΣQ 为定值时，得到极限压力为

$$p_u = \frac{\Sigma Q}{s} \quad (1-10)$$

这时得知，容器内压力 p 不能继续下降的原因是 ΣQ 引起的。在容器不漏气的情况下，极限压力取决于表面放气率。式 (1-5) 即为古典的真空排气的基本方程。为了获得更低的极限压力，必须使 ΣQ 值进一步降低。对容器的检漏是必不可少的。目前可使 p_u 达到 10^{-10} Pa 以下，获得了极高真空。

1.2 真空泵的类型及其工作压力范围

近年来，已开发出从大气压到高真空，仅用一台泵就能实现的新型真空泵。但一般来说，为了获得高真空、超高真空及极高真空，还是串联多台真空泵构成机组形式来完成抽气任务的。因此，正确了解泵的工作原理、主要性能、结构特点以及分类等，对于用户选择经济适用的真空泵是非常重要的。

真空泵是用以产生、改善和维持真空的装置。按其工作原理，基本上分为气体输送泵和气体捕集泵两种类型，如图 1-2 所示。

1.2.1 气体输送泵

气体输送泵。是一种能使气体不断吸入和排出泵外以达到抽气目的的真空泵。这种气体输送泵分为变容式和动量传输式两大类。

1.2.1.1 变容真空泵

变容真空泵是利用泵腔容积的周期变化来完成吸气、压缩和排气的装置。这种泵分为往复式和旋转式两种。

(1) 往复式真空泵。利用泵腔内活塞的往复运动，将气体吸入、压缩并排出。因此，又称它为活塞式真空泵。

(2) 旋转式真空泵。利用泵腔内活塞的旋转运动，将气体吸入、压缩并排出。属于此类的泵种很多。

① 油封式机械泵。是利用油类密封各运动部件的间隙，减少有害空间的一种旋转式变容真空泵。这种泵通常带有气镇装置，故称气镇式真空泵。按其结构特点分为：旋片泵、定片泵、滑阀泵、余摆线泵以及多室旋片泵等。

② 无油真空泵。目前所谓的干式真空泵。一般通用的说法是：能在大气压到 10^{-2} Pa 的压力范围内工作的真空泵，在泵的抽气流道（如泵腔）中，不能使用任何油类和密封液体，排气口与大气相通，能连续向大气中排气的泵，即称为干式真空泵。按其工作原理分，也有容积式干式泵，如多级罗茨泵、多级活塞泵、爪型泵、螺杆泵、涡旋泵等；此外还有动量传输式干式泵，如涡轮干式泵、离心干式泵等。这种泵的抽气不再有油的污染了，是近期开发

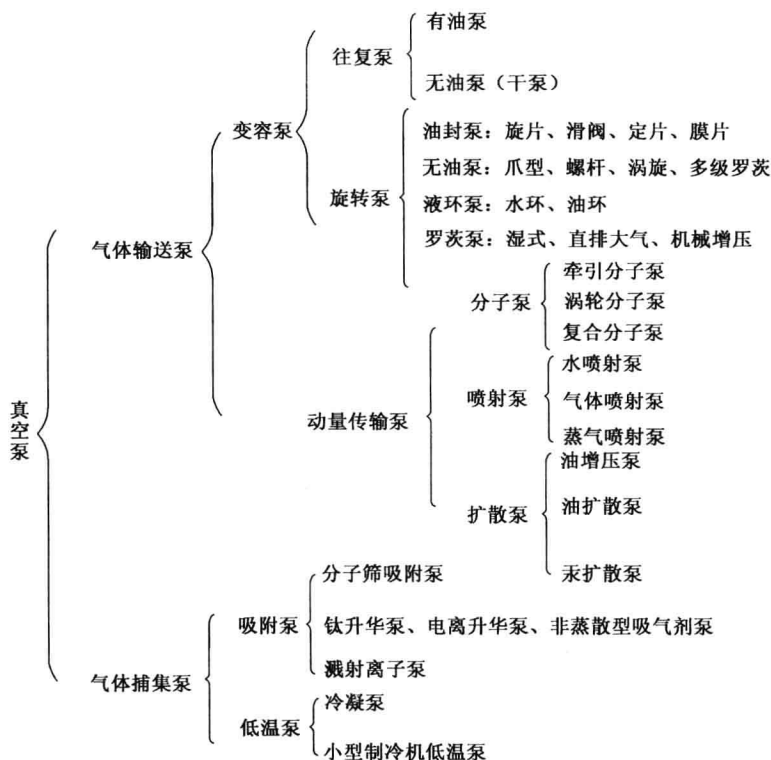


图 1-2 真空泵的分类

研制较多的泵种。

③ 液环真空泵。带有多叶片的转子偏心装在泵壳内，当转子旋转时，把液体（水或油类）抛向泵壳形成与泵壳同心的液环，液环同转子上的叶片形成了容积周期性变化的几个小容积实现吸气、压缩和排气，由于液环起到压缩气体的作用，故又称它为液体活塞真空泵。

④ 罗茨真空泵。泵内装有两个相反方向同步旋转的双叶或多叶形的转子，转子间、转子与泵壳内壁之间均保持有一定的间隙。它属于无内压缩式的真空泵。按用途又分为湿式罗茨泵、直排大气式罗茨泵和机械增压泵等类型。

1.2.1.2 动量传输式真空泵

动量传输式真空泵是利用高速旋转的叶片或高速射流，把动量传输给被抽气体或气体分子，使之吸入、压缩、排气的一种真空泵。这种泵可分为以下几种类型。

(1) 分子真空泵。是利用高速旋转的转子把动量传输给气体分子，使之压缩、排气的一种真空泵。它有如下几种形式。

① 牵引分子泵。高速旋转的转子表面与气体分子相碰，把动量传给气体分子，将气体分子拖动到泵的出口排出。因此，它是一种动量传输泵。

② 涡轮分子泵。泵内装有多级带槽的圆盘或叶片的转子，在定子圆盘（或定片）间旋转，转子的圆周线速度很高，这种泵通常在分子流状态下工作。

③ 复合式分子泵。是由涡轮分子泵和牵引式分子泵经优化组合，串联起来工作的一种真空泵，可在分子流或过渡流状态下工作。

(2) 喷射真空泵。是利用文丘里效应的压力降产生的高速射流把气体输送到泵出口的一种动量传输泵，适于在黏滞流和过渡流状态下工作的真空泵。这种泵又可细分为以下几种。

① 水喷射泵。以水为工作介质的喷射真空泵。

