

机 修 手 册

第五篇 第四册

风机、水泵、真空泵的修理

(修订第一版)

中国机械工程学会 主编
第一机械工业部

机械工业出版社

第九章 机械真空泵的修理

一、概 述

真空泵在工业部门中应用相当广泛,如灯泡制造,电子管、半导体器件的制造,真空浸渍、离子氮化、真空渗碳,真空淬火、真空浇铸等。在真空条件下由于气体分子数较少,可以避免气体产生的有害作用。如在真空中热处理可以避免氧化和气体渗入金相组织,从而提高零件质量;在电子器件中保持高真空可以避免电子运动受到影响。在现代尖端科学技术中,真空技术更是不可缺少的手段,如高能加速器、受控热核反应,宇宙模拟等工程都需要高真空或超高真空技术。

真空泵的种类很多,有机械真空泵(如往复式真空泵、油封式机械真空泵、罗茨真空泵、涡轮分子泵、水环泵等),喷射真空泵(如水蒸汽喷射泵、水喷射泵、大气喷射泵、油增压泵、油扩散泵等),还有物理化学吸附泵(如钛泵、分子筛吸附泵、低温泵等)。在机械工业部门中主要采用机械真空泵,其他类型的泵则较少采用。

(一) 真空技术的基本知识

1. 名词解释

真空——从词义上讲是“什么也没有”的意思,在工程技术上是指在一个容器内压强低于一个大气压的气体状态。

标准大气压——指纬度 45° (南北纬)海平面 0°C 时的大气压力,相当于760毫米汞柱。

压强——气体分子作用于单位面积上的力,通常以毫米汞柱为单位。近来国外也有用毫巴(mbar)和帕(pascal)为单位的。

全压强——混合气体中所有气体分压强的总和。空气为混合气体。

分压强——混合气体中各种气体单独存在于原混合气体所占有的体积时所具有的压强。

蒸汽压强——真空系统中某种蒸汽的分压强或所有蒸汽的分压强的总和。

托(Torr)——是真空技术中压强的基本单位,其值等于标准大气压的 $\frac{1}{760}$ 或1333.22微巴。托(Torr)比国际标准毫米汞柱小七百万分之一,在工程应用中通常取1托(Torr)=1毫米汞柱。

极限压强——真空系统或真空泵在给定条件下经充分抽气后所达到的稳定的最低压强。

极限真空——同极限压强。

抽气速率——在一定压强、温度下,单位时间内泵从被抽容器内抽除的气体体积,简称抽速。

流量——在标准温度下,当不存在放气和漏气的情况时,单位时间内流过泵或管路断面的气体量(不包括泵的工作液蒸汽),单位:托·升/秒。

流导——在稳定状态下，通过管路的流量被该管路两端的压强差除之。

$$U = \frac{Q}{p_2 - p_1}$$

式中 U ——流导；

Q ——流量；

p_2 、 p_1 ——管路两端压强值。且 $p_2 > p_1$ 。

流阻——流导的倒数称为流阻。

2. 真空技术中的单位及单位换算

1) 压强单位换算列于表9-1-1。

表9-1-1 压强单位换算表

	巴 (bar)	毫巴 (mbar)	帕 (Pa)	大气压 (atm)	托 (Torr)
1 巴	1	10^3	10^5	0.9869	0.7506×10^3
1 毫巴	1×10^{-3}	1	10^2	0.9869×10^{-3}	0.7506
1 帕	10^{-5}	10^{-2}	1	0.9869×10^{-5}	0.7506×10^{-3}
1 大气压	1.01325	1.01325×10^3	1.01325×10^5	1	0.760×10^3
1 托	1.3332×10^{-3}	1.3332	1.3332×10^2	1.3158×10^{-3}	1

注：1托(Torr)=1毫米汞柱(mmHg)；

1微米汞柱(μ Hg)= 10^{-3} 毫米汞柱(mmHg)；

1公斤/厘米²(kg/cm²)=735.56毫米汞柱(mmHg)；

1牛顿/厘米²(N/cm²)= 10^5 达因/厘米²(dyn/cm²)；

1毫巴(mbar)= 10^3 达因/厘米²(dyn/cm²)；

1帕(Pa, Pascal)=10达因/厘米²(dyn/cm²)。

2) 真空度与压强对照列于表9-1-2。

表9-1-2 真空度与压强对照表

真空度 (%)	绝对压强(P) (mmHg)	真空压力(760-P) (mmHg)	真空度 (%)	绝对压强(P) (mmHg)	真空压力(760-P) (mmHg)
0	760	0	85	114	646
10	684	76	90	76	684
20	608	152	95	38	722
30	532	228	96	30	730
40	456	304	97	25	735
50	380	380	98	15	745
60	304	456	99	8	752
70	228	532	99.5	4	756
80	152	608	100	0	760

注：压强高于1毫米汞柱时，常用真空度百分数表示。

$$\text{真空度}(\%) = \frac{760 - P}{760} \times 100\%$$

式中 P ——气体的绝对压强(毫米汞柱)

3. 真空区域的划分

通常按压强划分：

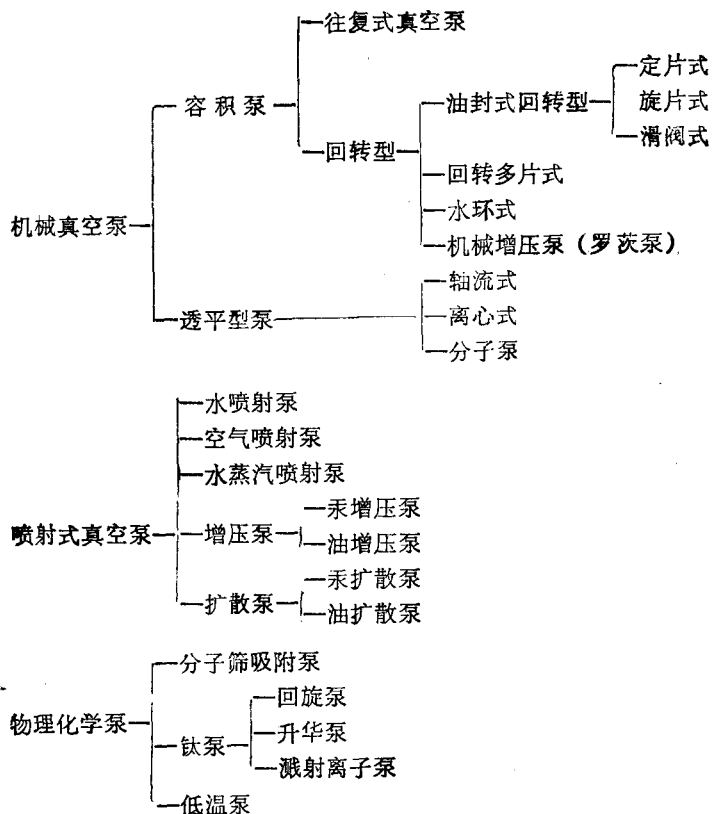
粗真空——压强范围为760~10毫米汞柱；

低真空——压强范围为 $10 \sim 10^{-3}$ 毫米汞柱；
 高真空——压强范围为 $10^{-3} \sim 10^{-7}$ 毫米汞柱；
 超高真空——压强范围为 $10^{-7} \sim 10^{-11}$ 毫米汞柱；
 极高真空——压强低于 10^{-12} 毫米汞柱。

(二) 真空泵的分类及其性能

1. 真空泵的分类及其工作范围

1) 真空泵的分类如下：



2) 几种主要真空泵的工作范围列于表9-1-3。

表9-1-3 真空泵的工作范围

真 空 泵 类 型	级 数	极限压强(托)	工作压强范围(托)	抽气速率范围
1. 机械真空泵				
(1) 往复式真空泵	1	10	760~10	80~4500米 ³ /时
	2	0.5	760~0.5	80~4500米 ³ /时
(2) 水环式真空泵	1	50	760~50	30~3300米 ³ /时
	2	10	760~10	30~3300米 ³ /时
(3) 回转多片式真空泵	1	20	760~20	
	2	0.1	760~0.5	280~5000米 ³ /时

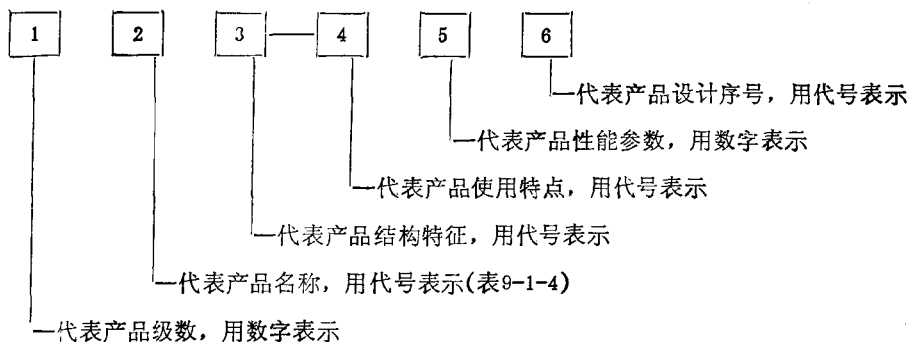
(续)

真 空 泵 类 型	级 数	极限压强(托)	工作压强范围(托)	抽气速率范围
(4)油封式机械真空泵				
1)定片式	1	5×10^{-2}	$760 \sim 10^{-2}$	0.2~10升/秒
	2	5×10^{-3}	$760 \sim 10^{-3}$	0.2~10升/秒
2)旋片式	1	5×10^{-3}	$760 \sim 10^{-2}$	0.5~150升/秒
	2	5×10^{-4}	$760 \sim 10^{-3}$	0.5~150升/秒
3)滑阀式	1	5×10^{-3}	$760 \sim 10^{-2}$	30~1200升/秒
	2	5×10^{-4}	$760 \sim 10^{-3}$	8~70升/秒
2. 机械增压泵(罗茨真空泵)	1	10^{-3}	$3 \sim 10^{-2}$	150~20000升/秒
	2	10^{-4}	$5 \sim 10^{-3}$	70~600升/秒
3. 分子泵		10^{-10}	$10^{-4} \sim 10^{-10}$	150~3500升/秒
4. 水蒸汽喷射泵	3	2	$50 \sim 2$	15~300公斤/时
	4	0.5	$5 \sim 0.5$	5~300公斤/时
	5	5×10^{-2}	$1 \sim 10^{-2}$	1~300公斤/时
	6	1×10^{-3}	$0.5 \sim 10^{-2}$	1~100公斤/时
5. 油增压泵		5×10^{-4}	$1 \sim 10^{-3}$	200~40000升/秒
6. 油扩散泵		5×10^{-7}	$10^{-3} \sim 10^{-6}$	20~100000升/秒

2. 真空泵型号表示方法

真空泵型号编制方法, 由JB1631-75规定。

1) 真空泵产品型号由基本型号和辅助型号两部分组成, 中间用短横线隔开, 并按下列顺序排列:



2) 型号规定用具有一定代表意义的汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。

3) 型号第一项代表产品级数, 用阿拉伯数字表示, 其中单级或无级区别的则省略。

4) 型号第二项代表产品名称, 用汉语拼音第一(或第二)个字母的印刷体大写字母表示(表9-1-4)。

5) 型号第三项代表产品结构特征, 用汉语拼音第一(或第二)个字母的印刷体大写字母表示(参看表9-1-5)。

6) 型号第四项代表产品使用特点(多指被抽气体种类), 对于被抽气体为可凝性气体时用“N”表示。

7) 型号第五项代表产品性能, 用阿拉伯数字表示, 参数单位见表9-1-4。

8) 型号第六项目代表产品从第二次设计起, 用汉语拼音印刷体大写字母顺序表示。

表9-1-4 真空泵代号

产 品 名 称	代 号	表 示 意 义	参 数 单 位
往复真空泵	W	“往”复—“Wang”	抽速: 升/秒
水蒸汽喷射泵	P	“喷”射—“Pen”	抽气量: 公斤/时
水喷射泵	PS	“喷”射—“Pen”, “水”—“Snui”	抽气量: 公斤/时
定片真空泵	D	“定”片—“Ding”	抽速: 升/秒
旋片真空泵	X	“旋”片—“Xuan”	抽速: 升/秒
滑阀真空泵	H	“滑”阀—“Hua”	抽速: 升/秒
机械增压泵	ZJ	“增”压—“Zeng”, “机”械—“Ji”	抽速: 升/秒
轴流分子泵	F	“分”子—“Fen”	抽速: 升/秒
油增压泵	Z	“增”—“Zeng”	口径: 毫米
油扩散泵	K	“扩”散—“Kuo”	口径: 毫米
冷凝泵	N	冷“凝”—“Ning”	抽速: 升/秒

表9-1-5 真空泵辅助代号

代 号	表 示 意 义	代 号	表 示 意 义
W	“卧”式—“Wo”	D	“多”片—“Duo”
Z	“直”联—“Zhi”		

9) 产品型号编制示例:

a) 2X-15——双级旋片泵, 抽气速率15升/秒;

b) XD-400——旋转多片真空泵(单级), 抽气速率400升/秒;

c) P-N30 $\frac{1}{6}$ ——水蒸汽喷射泵, 抽可凝性气体, 抽气量30公斤/时, 工作真空度1托,

工作蒸汽绝对压强6公斤/厘米²;

d) ZJ-600——机械增压泵, 抽气速率600升/秒;

e) F-300——轴流分子泵, 抽气速率300升/秒;

f) Z-400——油增压泵, 入口口径400毫米;

g) K-200——油扩散泵, 入口口径200毫米。

3. 国产机械真空泵性能规格及外型尺寸

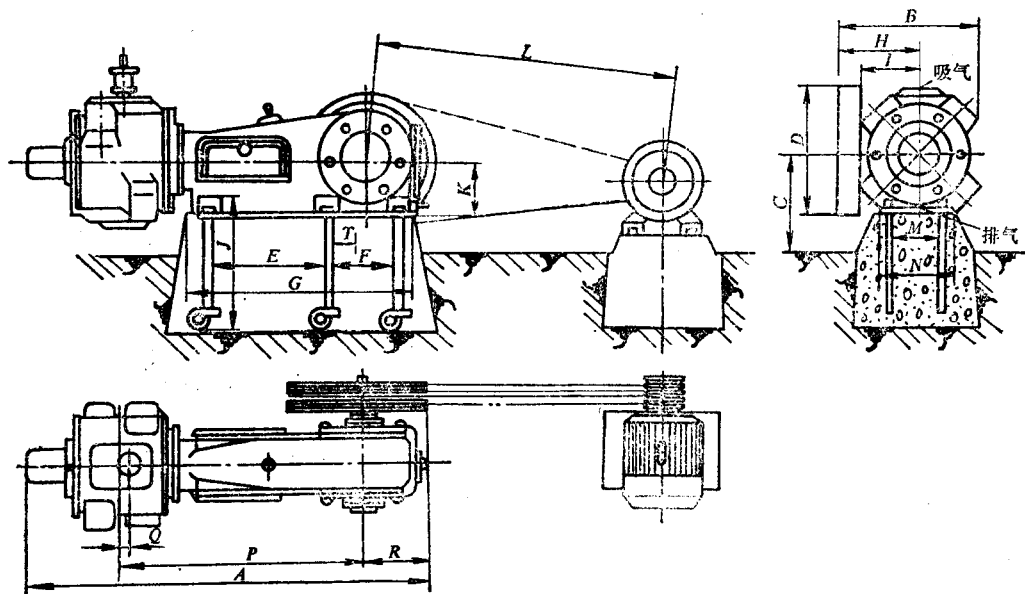
国产机械真空泵性能规格及外型尺寸列于表9-1-6~9-1-11和图9-1-1~9-1-20。

表9-1-6 往复式真空泵的性能规格

新 型 号		W2-1	W3-1	W4-1	W5-1	W6
原 型 号		W2	W3	W4	W5	W6
抽气速率(米 ³ /时)		120	200	370	770	1500
极限真空(托)		10	10	10	10	10
转速(转/分)				530	430	390
电机功率(千瓦)		4.0	5.5	10	22	40
气径直径×行程		220×130	220×130	250×150	350×200	455×250
气管直径	进	2"	2"	3"	5"	180
	出	2"	2"	3"	5"	180

(续)

新 型 号		W2-1	W3-1	W4-1	W5-1	W6
原 型 号		W2	W3	W4	W5	W6
水管直径	进	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{3}{4}$ "	
	出	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{3}{4}$ "	



型 号	尺 寸																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	T	Q	R
W2-1	1175	490	300	500	360	0	735	280	210	400	175	900	180	240	775	120		
W3-1																		
W4-1	1480	515	300	537	430	260	815	290	204	500	186	970	200	260	832	130	50	269
W5-1	1840	665	350	587	520	330	1036	380	210	630	220	935	260	326	1043	165	83	271

图9-1-1 往复式真空泵外形及安装尺寸图

表9-1-7 水环式真空泵性能规格(沈阳水泵厂)

序号	型 号	真 空 度					最高真空 度(%)	转 速 (转/分)	电机功率 (千瓦)	吸气口直 径(毫米)	排气口直 径(毫米)	水消耗量 (升/分)
		0	40%	60%	80%	90%						
		抽 气 速 率 (米 ³ /分)										
1	SZB-4	0.4	0.38	0.3	—	—	80	1450	1.7	1"	1"	—
2	SZB-8	0.8	0.7	0.5	—	—	80	1450	2.8	1"	1"	—
3	SZ-1	1.5	0.88	0.5	0.15	—	90	1450	4.5	70	70	10
4	SZ-2	4.2	2.4	1.55	0.6	0.1	92	1450	10	70	70	30
5	SZ-3	11.5	6.8	4.5	2	1	97	960	28	125	125	70
6	SZ-4	27	17.6	11	5	2	96	720	70	170	150	100
7	SZ-5	65	34	22.4	10.1	4.7	94	600	145	250	225	200

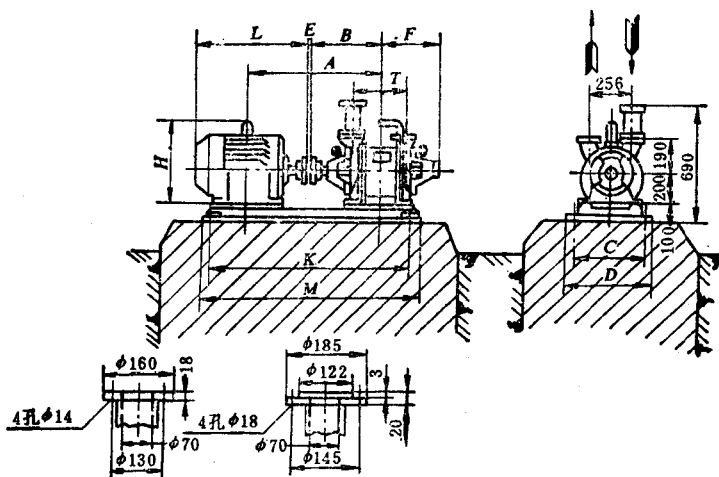
表9-1-8 水环式压缩机的性能规格(沈阳水泵厂)

序号	型 号	压 力 (公斤力/厘米 ²)					最大压力 (公斤力/ 厘米 ²)	转 速 (转/分)	电机功率 (千瓦)	吸气口直 径(毫米)	排气口直 径(毫米)	水消耗量 (升/分)
		0	0.5	0.8	1.0	1.5						
		最 大 排 气 量 (米 ³ /分)										
1	SZ-1	1.5	1	—	—	—	1	1450	4.5	70	70	10
2	SZ-2	4.2	3.8	2.8	2	—	1.4	1450	14	70	70	30
3	SZ-3	11.5	10.9	10	9	5.3	2.1	960	40	125	125	70
4	SZ-4	27	26	20	16	9.5	2.1	720	80	170	150	100
5	SZ-5	55	55	47.5	28.5	20.2	2.1	600	200	250	225	200

表9-1-9 水环式真空泵的性能规格(永固机器厂)

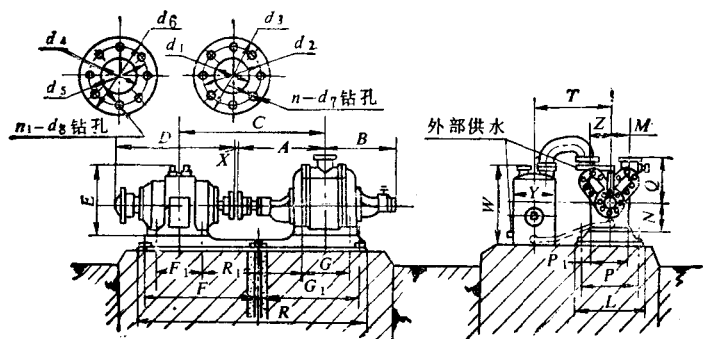
序号	型号	真 空 度			最高真空度 (%)	转 速 (转/分)	电机功率 (千瓦)	吸气口直径 (毫米)	排气口直径 (毫米)	水消耗量 (升/分)
		0	80%	90%						
		抽 气 速 率(米³/分)								
1	S1	0.4	—	—	80	1450	1.7	25	25	—
2	S2	0.8	—	—	80	1450	2.8	25	25	—
3	S3	1.5	0.15	—	90	1450	5.5	70	70	10
4	S4	4.2	0.6	0.1	92	1450	10	70	70	20
5	S5	11.6	2	1	97	960	28	125	125	60
6	S6	27	5	2	96	720	70	200	150	100

注：其他尚有佛山水泵厂、重庆水泵厂、长沙水泵厂、浙江水泵厂等工厂生产的水环式真空泵，其性能规格均与
本表所列的基本相同。



型号 \ 尺寸	A	B	E	F	T	L	H	K	M	C	D
SZ-1	590	312	2	280	186	494	378	597	912	450	500
SZ-2	740	377	2	346	316	647	475	747	1192	470	520

图9-1-2 SZ-1, SZ-2水环式真空泵和压缩机外形及安装尺寸图



型 号	尺 寸																	
	A	B	C	D	X	E	F	F ₁	G	G ₁	R	R ₁	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆
SZ-3	769	648	1289	861	5	640	800	—	800	—	1958	—	125	210	235	100	215	220
SZ-4	912	791	1622	1665	5	860	980	—	980	—	2462	—	175	255	290	100	215	220
SZ-5	1224	916	2178	1665	5	1253	—	770	—	940	—	1374	250	335	370	205	280	315

型 号	尺 寸											
	$n-d_7$	n_1-d_8	T	Z	M	L	P	P_1	W	Y	N	Q
SZ-3	8孔 $\phi 18$	8孔 $\phi 18$	912.5	142.5	142.5	710	640	—	1100	650	295	380
SZ-4	8孔 $\phi 18$	8孔 $\phi 18$	864.5	192.5	192.5	850	780	—	1100	650	405	465
SZ-5	12孔 $\phi 18$	8孔 $\phi 18$	1295	24.5	24.5	—	—	780	1400	1010	530	580

图9-1-3 SZ-3, SZ-4, SZ-5水环式真空泵和压缩机外形及安装尺寸图

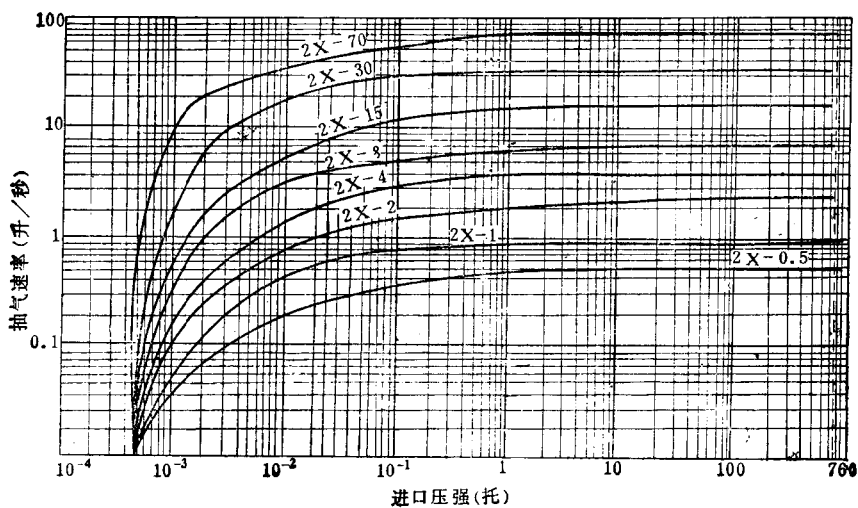
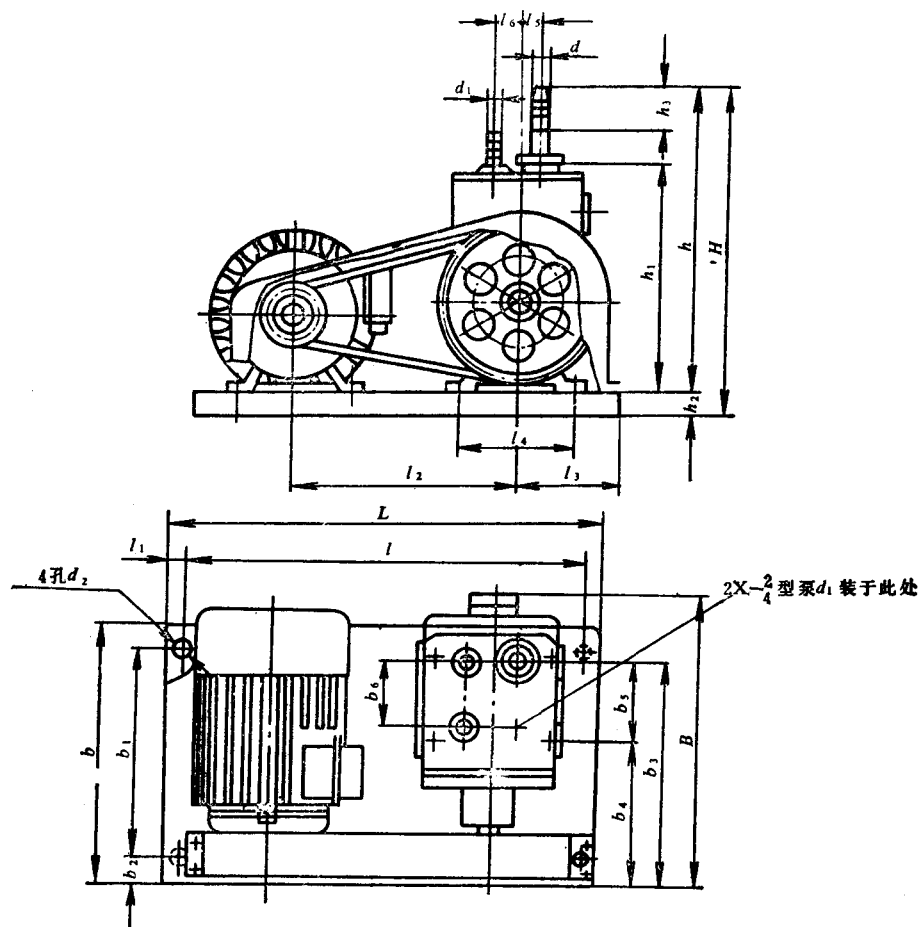


图9-1-4 2X系列真空泵抽气速率与进口压强曲线图

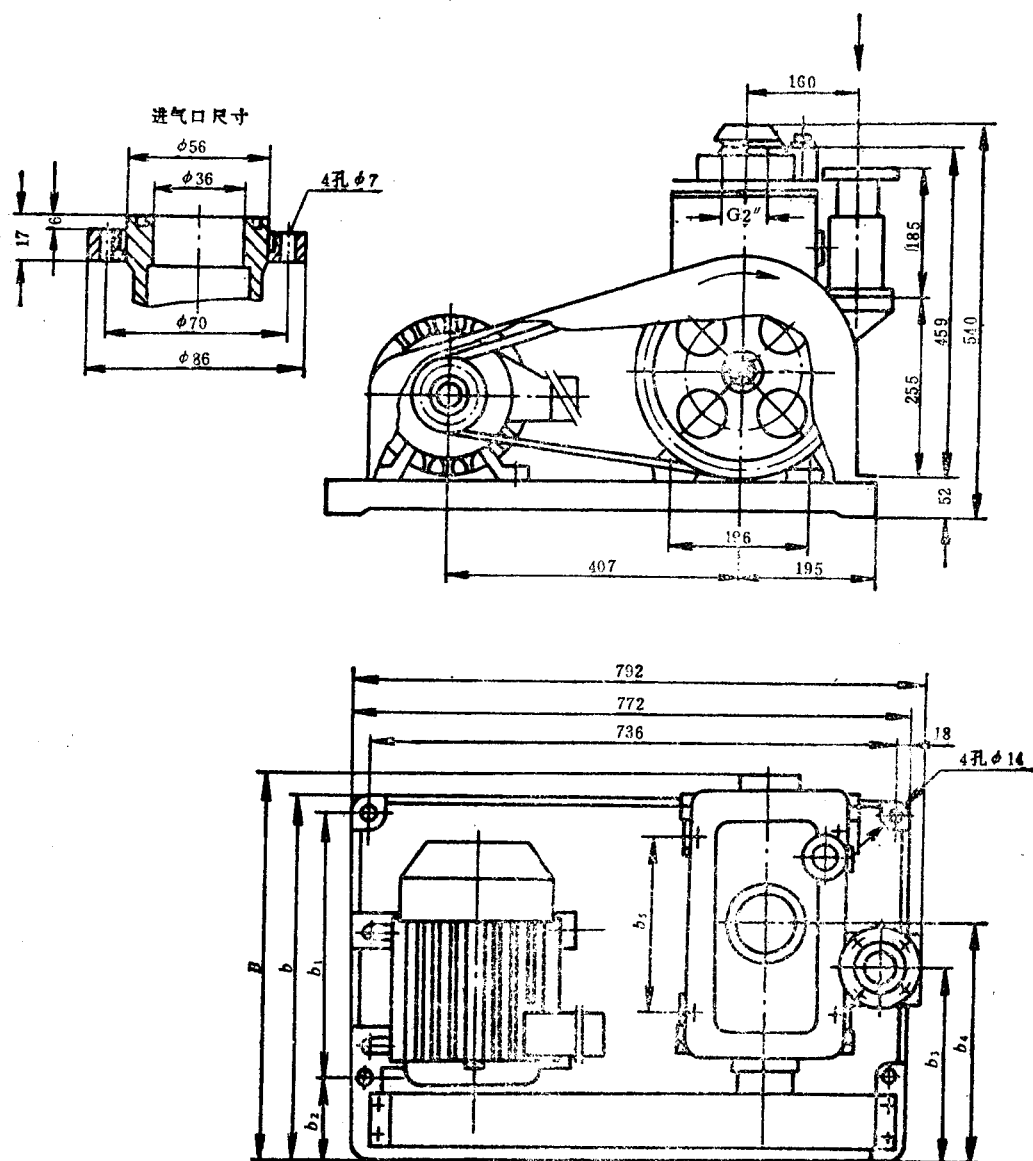
表9-1-10 2X型旋片式机械真空泵技术性能

项 目	型 号	2X-0.5	2X-1	2X-2	2X-4	2X-8	2X-15	2X-30	2X-70
抽气速率(升/秒)(在760托时)		0.5	1	2	4	8	15	30	70
极限真空(托)		5×10^{-4}							
转速(转/分)		500		450		320		315	300
配用功率(千瓦)		0.18	0.25	0.4	0.6	1.1	2.2	4	7.5
进气口径(毫米)		10	12	16	22	50	50	65	100
排气口径(毫米)		10	10	16	16	50	50	65	100
用油量(升)		0.25	0.45	0.70	1.0	2.0	2.8	4.2	5.2
体积(毫米)		412×233 ×278	412×270 ×307	560×306 ×398	560×336 ×408	787×431 ×540	787×531 ×540	932×648 ×630	1150×830 ×810
重量(公斤)		26	38	58	66	165	190	396	665



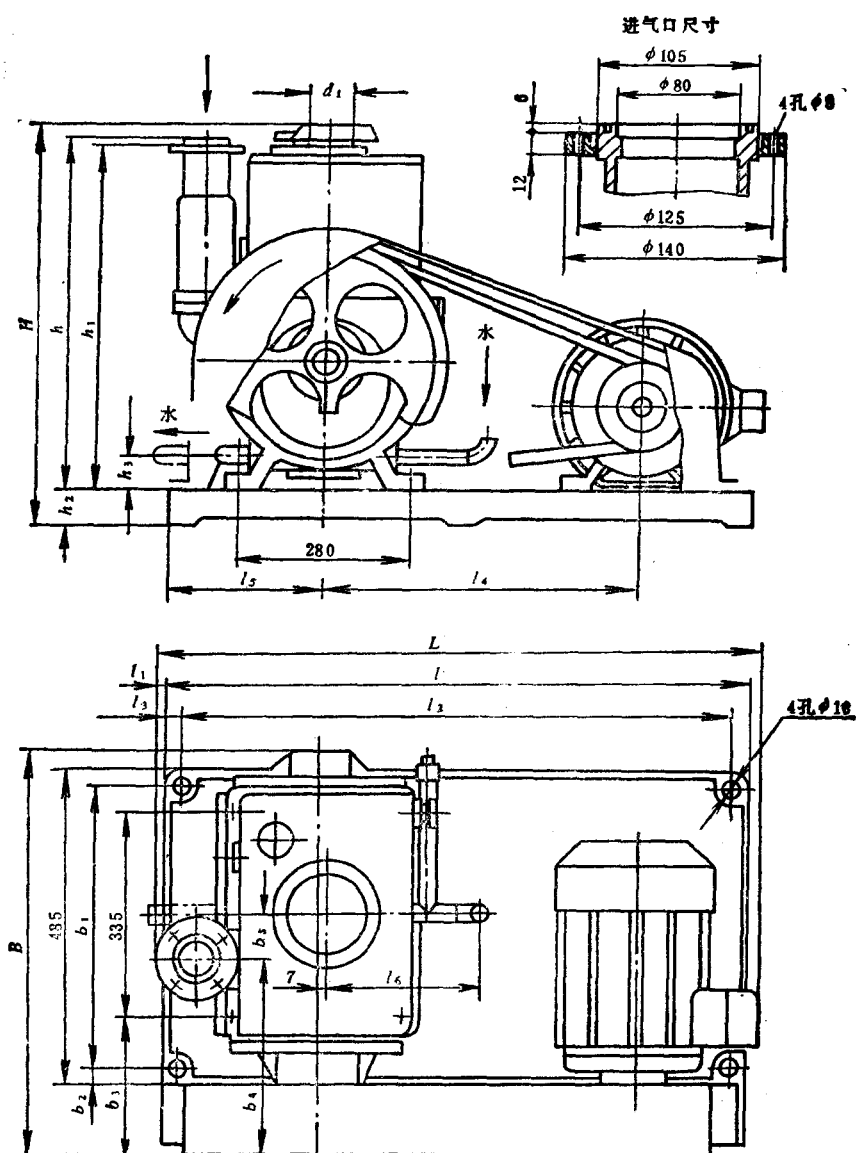
型 号	B	b	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	d	d ₁	d ₂	H
2X-0.5	233	215	115	50	177	112	70	43	Φ17	Φ14	Φ9	278
2X-1	270	242	142		205	129	80	66				307
2X-2	306				233	140		85	Φ22.6			390
2X-4	336	290	135	77.5	258	155	100	110	Φ30	Φ17	Φ11	374
型 号	h	h ₁	h ₂	h ₃	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆
2X-0.5	253	193		30	412	382	15	226	98	104	22	19
2X-1	282	210	25	40				210	102	112	20	25
2X-2				43	560	528	16					
2X-4	360	277		27				297	148	160	28	28

图9-1-5 2X-0.5~4 型旋片泵外形及安装尺寸图(上海真空泵厂)



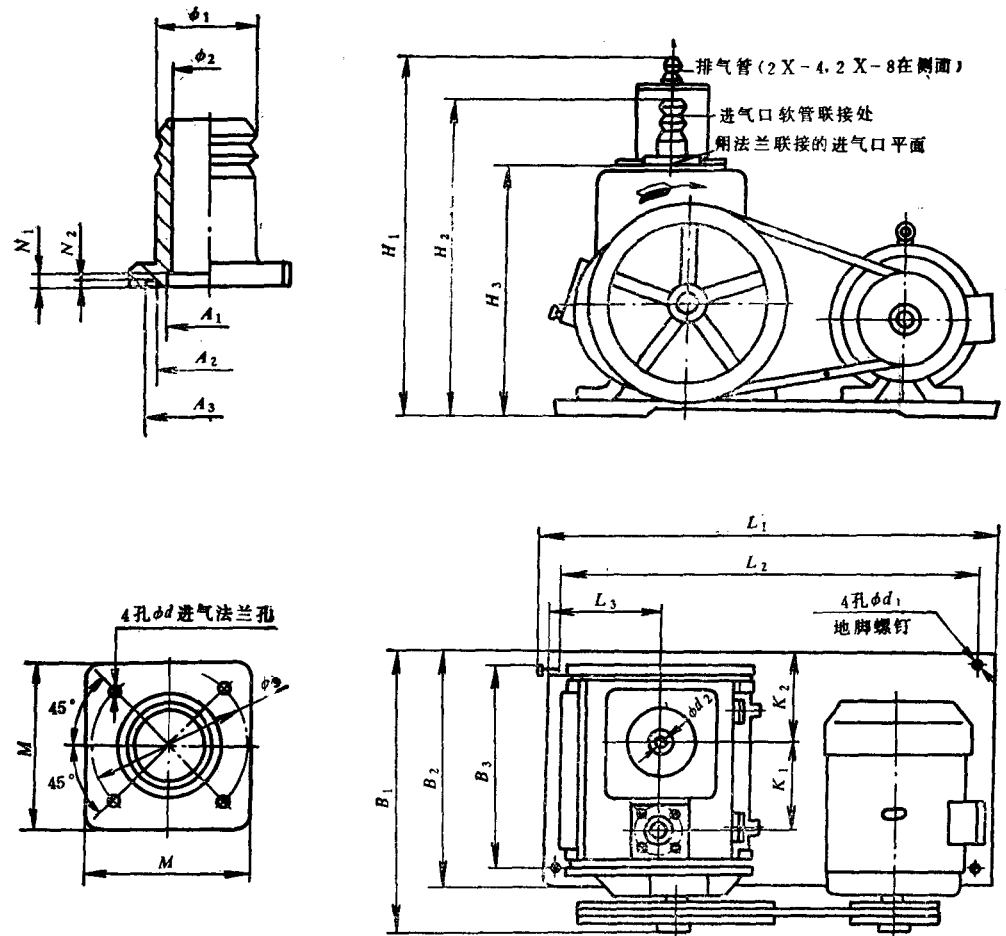
型 号	B	b	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
2X-8	431	392	270	104	215	274	168
2X-15	531	492	364	110	261	324	260

图9-1-6 2X-8、2X-15型旋片泵外型及安装尺寸图(上海真空泵厂)



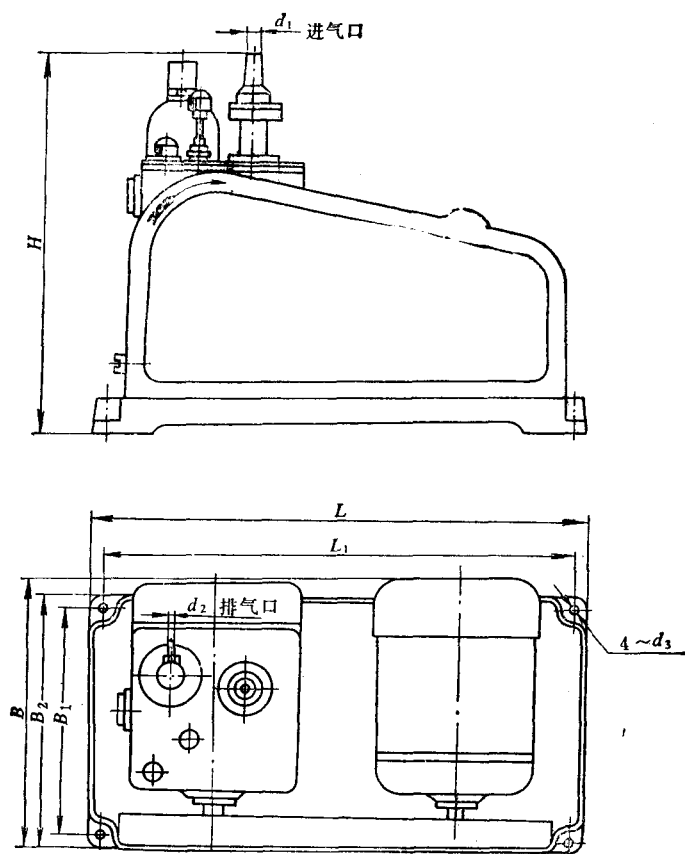
型 号	B	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	d_1	H	h	h_1
2X-30	648	435	25	218	314	72	G2 1/2"	650	578	549
2X-70	714	420	40	254	330	92	G4"	756	665	636
型 号	h_2	h_3	L	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
2X-30	60	52	938	920	19	870	25	507	246	214
2X-70	80	54	1080	1060	5	1010		570	290	230

图9-1-7 2X-30、2X-70型旋片泵外形及安装尺寸图(上海真空泵厂)



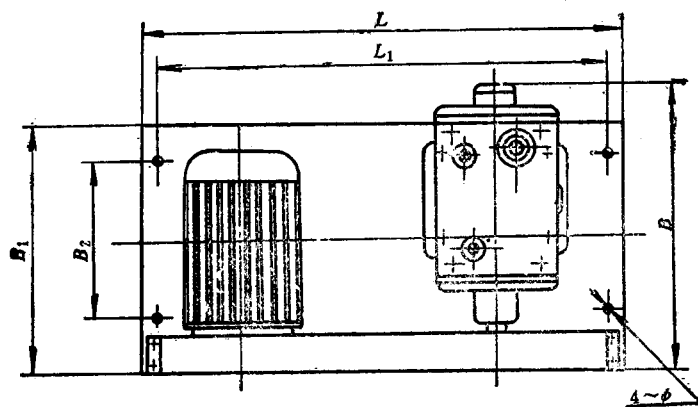
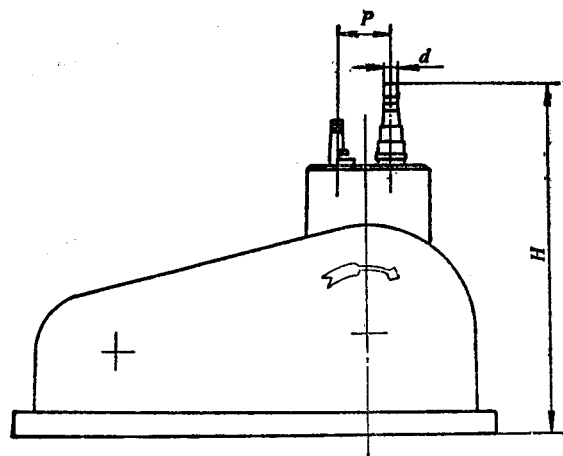
型 号	代 号	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	A_1	A_2	A_3	N_1	N_2	M	ϕd	H_1	H_2	H_3	L_1	L_2	L_3	B_1	B_2	B_3	K_1	K_2	ϕd_1	ϕd_2
2X-0.5																								
2X-1		27	20	50	23	30	34	3	3	48	5.5	265	230	435	352	135	250	215	157	60				
2X-2																								
2X-4		32	28	55	31	35	45	4	3	55	6.5	325	312	252	530	450	119	300	260	190	82	105	10	25
2X-8		40	34	64	39	42	52	4	3	64	8.5	$\leq H_2$	360	282	580	490	130	328	280	210	88	112	10	25
2X-15			40	90	40	50	65		4	80	11	400	400	340	650		170	420	370		120	80		
2X-30			70	105	76	80	90	5	3	100	8.5	715		463	720	660	185	467	360	320	140	135	12	32
2X-70			90	130	100	105	115	5	3	130	11	810		556	800	770	210	548	400	370	176	144	12	32

图9-1-8 2X系列旋片泵外形及安装尺寸图(南光机器厂)



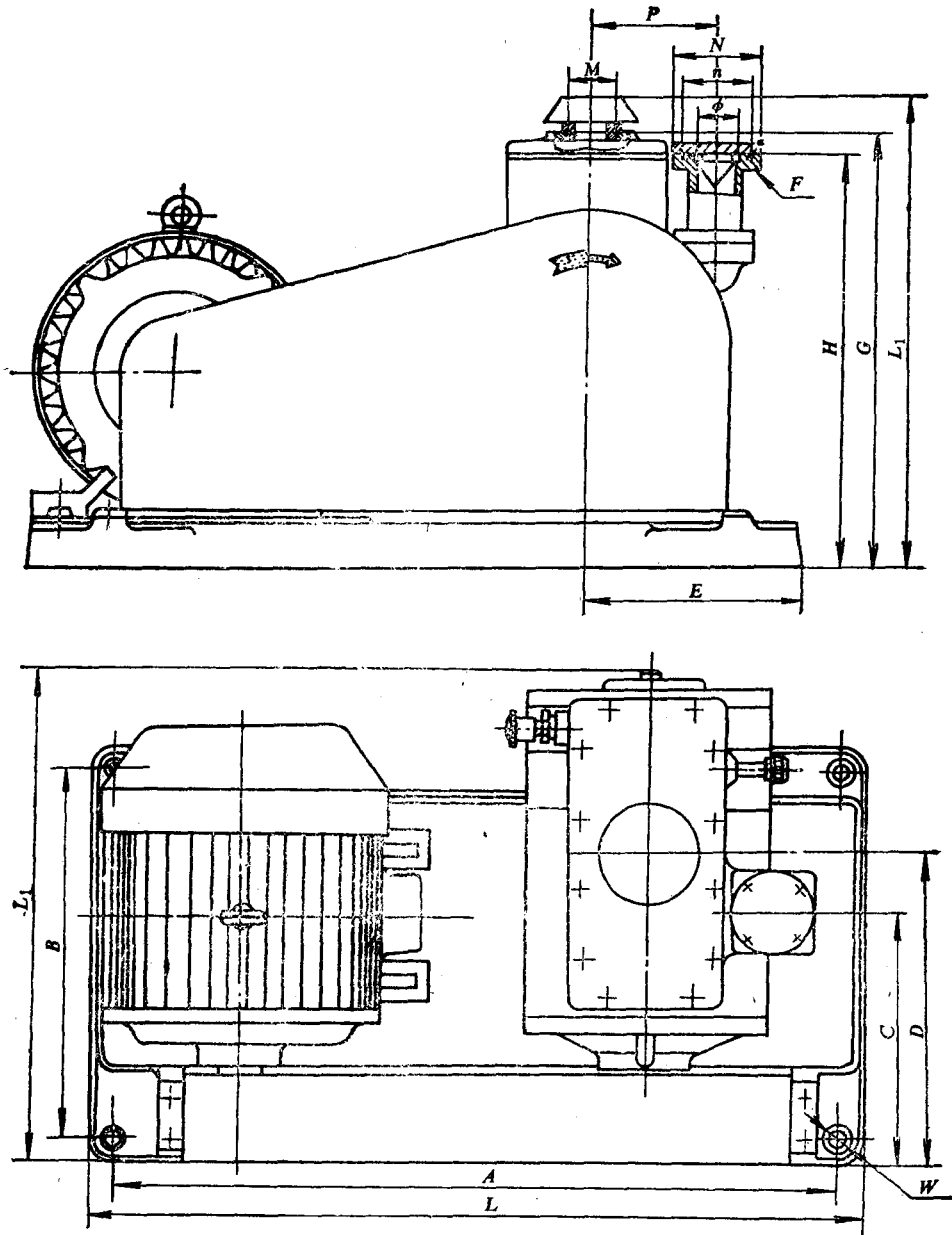
产品型号	L	B	H	L_1	B_1	B_2	d_1	d_2	d_3
2X-0.5	394	220	278	330	200	220	16	12	7
2X-1	470	240	350	450	220	240	19	16	9
2X-2	470	260	355	450	220	240	25	16	9
2X-4	500	310	355	480	240	260	25	16	9
2X-8	570	350	450	540	270	300	32	14	32
2X-15	660	410	500	620	326	346	50	14	32
2X-30	920	525	565	860	380	440	65	38	17

图9-1-9 2X系列旋片式真空泵外形及安装尺寸图(北京仪器厂)



型 号	尺 寸	d	P	ϕ	L	L_1	H	B	B_1	B_2
2X-2		20	60	10.5	430	400	315	290	243	200
2X-4		25	55	12	430	400	360	290	280	250

图9-1-10 2X-2
2X-4 旋片式真空泵外形及安装尺寸图(沈阳真空机械二厂)



型 号	安 装 尺 寸 (毫米)														外形尺寸 (毫米)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	ϕ	n	N	P	M	W	L	L_1	L_2
2X-15	655	341	225	313	195	9	510	415	50	82	96	150	60×2	17	700	470	546
2X-30	845	426	290	380	250	9	550	465	65	82	112	145	75×2	18	900	565	586
2X-70	935	585	385	465	310	12	700	710	90	130	160	225	85×2	22	1000	764	753

15
图9-1-11 2X-30旋片式真空泵外形及安装尺寸图
70

表9-1-11 滑阀式机械真空泵技术性能表 (浙江水泵厂)

型 号		2H-8	2H-15	2H-30	2H-70	H-150	H-300	H-600	H-1200	1401
原 型 号		2H-4	2H-5	H-6	H-7	H-8	H-9	H-10	H-11	
极限真空 (托)	有气镇	8×10 ⁻³				5×10 ⁻¹				
	无气镇	5×10 ⁻⁴				8×10 ⁻³	1×10 ⁻²			
抽气速率(升/秒)		8	15	30	70	150	300	600	1200	54
转速(转/分)		550	500			450	600	360	480	385
配 带 电 机	功率(千瓦)	1.1	2.2	3	7.5	17	30	55	100	5.5/4.5
	转速(转/分)	930	940	950	960	970	975	975	1480	960
	型 号	JO ₂							JQO ₂	JO ₂ /JO
最大蒸汽抽除率(公斤/时)		0.45	0.84	1.68	3.9	8.4	16.8	33.6	67.2	3
长期运转泵入口最大压强(托)		10	10	100	100	100	760	760	760	100
冷却方式		风 冷		水 冷						
冷却水消耗量(升/时)		—	—	150	350	700	1500	2800	5400	480
润 滑 油	牌 号	机 械 真 空 泵 油								
	油量(公斤)	3	5	8	25	35	75	130	200	20
进气口径(毫米)		50	65	80	125	150	200	250	300	75
排气口径(毫米)		25	25	40	65	80	100	150	200	50
总重(不包括电机)(公斤)		100	125			600	1000	2500	4000	450
备 注										

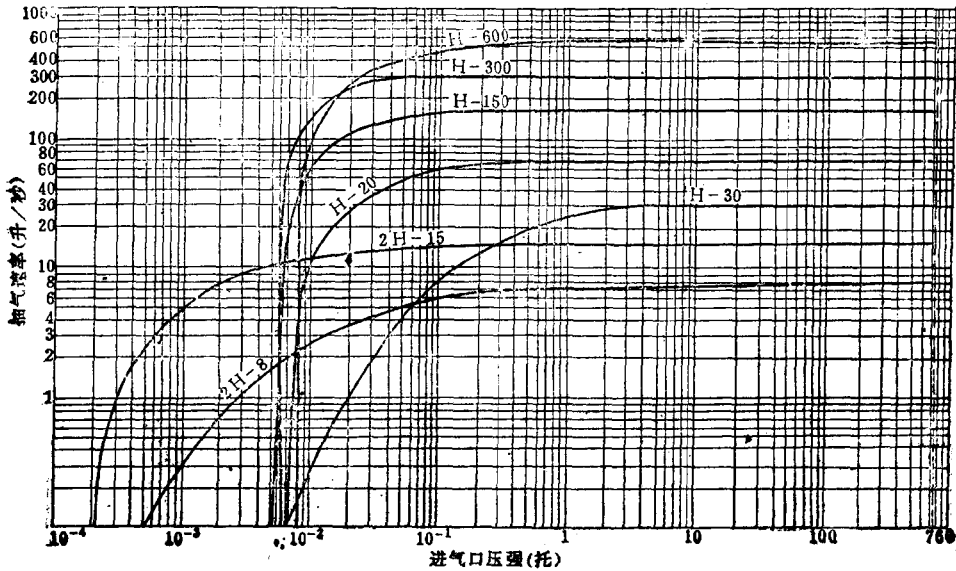


图9-1-12 滑阀式真空泵性能曲线