

78.5851
ZJQ

《国外机械工业基本情况》参考资料

制 冷 机

《制冷机基本情况》编写小组

第一机械工业部情报所

出 版 说 明

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在党的十大精神鼓舞下，我国机械工业形势一派大好。广大革命职工，高举毛泽东思想伟大红旗，深入开展批林批孔运动，狠抓革命，猛促生产，巩固和发展了无产阶级文化大革命的丰硕成果，毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的伟大号召，正在胜利地实现。

“知彼知己，百战不殆”。为了介绍国外机械工业基本情况，我们组织有关单位，按机械工业行业分别编写与出版一套《国外机械工业基本情况》参考资料。

毛主席教导我们：“……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进胃肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”资本主义、修正主义国家的东西，必然打上资本主义的社会烙印和带有资产阶级的阶级偏见。因此，在参考国外情况的过程中，必须遵照伟大领袖毛主席的教导，采取分析、批判的态度。

本册为国外制冷机基本情况部分，参加编写工作的单位有：合肥通用机械研究所、北京冷冻机厂、上海第一冷冻机厂、大连冷冻机厂、武汉冷冻机厂、上海机械学院、上海交通大学、西安交通大学、大连海运学院。

由于我们水平有限，编辑工作中定有不少缺点和错误，请读者批评指正。

第一机械工业部情报所

一九七四年

目 录

第一章 国外制冷机生产概况	1
一、行业概况	1
二、进出口情况	3
三、在机械工业中的地位	4
第二章 国外活塞式制冷机发展动向	6
一、发展概况	6
二、技术发展水平	7
第三章 国外螺杆式制冷机发展动向	19
一、发展概况	19
二、生产现状	19
三、技术发展水平	21
第四章 国外离心式制冷机发展动向	26
一、发展概况	26
二、使用的制冷剂	26
三、驱动方式	27
四、制冷量的调节方法	28
五、技术发展动向	29
第五章 国外吸收式制冷机发展动向	50
一、发展概况	50
二、生产现状和技术发展水平	51
第六章 国外蒸汽喷射式制冷机发展动向	59
一、发展概况	59
二、技术发展动向	61
第七章 国外制冷机辅助设备发展动向	67
一、生产现状和技术发展水平	67
二、研究动态	76
第八章 国外空气调节和环境试验装置发展动向	78
一、空气调节设备的生产概况	78
二、空气调节用的制冷机	78
三、环境试验装置的发展概况	79
四、空调技术发展水平	81
第九章 国外回热式深冷装置发展动向	83
一、发展概况	83
二、技术经济指标	83
三、技术发展动向	84
第十章 国际性组织和各国主要期刊	87

一、国际制冷协会.....	87
二、日本冷冻协会.....	88
三、日本冷冻技士会.....	88
四、各国主要期刊.....	88

第一章 国外制冷机生产概况

一、行业概况

制冷机的产量,美国占有首位(1970年27282.8千台),日本第二(1970年5278.04千台),英国第三(1970年1230.23千台),再次是西德、丹麦、苏联等。这些国家制冷机的历年产量、产值列于表1-1。

美国制冷机的交货额,1960年为15.49亿美元,1972年为47.39亿美元,十二年增长约二倍。1972年美国制冷机生产厂家约有700个,其中大垄断企业主要有五家,即凯利亚(Carrier)、约克(York)、沃辛顿(Worthington)、清凉(Trane)、勃拉乌尔(Blowel)等。美国最大垄断企业中的前四家,其发货额占总额发货额31%,前八家占45%〔1,2〕。1969年美国从事空调设备的设计、承包、安装的事务处达6800家,每年合计承包等费用达340亿美元〔26〕。

1972年美国生产制冷机的总雇员数约119100人,其中生产工人85400人,占总雇员的72%。生产工人劳动生产率1965年为3.9万美元/人·年(折合人民币9.4万元/人·年),1972年为5.55万美元/人·年(折合人民币为13.4万美元/人·年),每年平均增长4.5%〔1〕。

在产品产量方面,活塞式制冷机1965年产量约853万台,到1971年为1627万台,每年平均增长9.7%。离心式制冷机产量1965年为3100台,到1971年为4000台,每年平均增长3.7%。空调设备产量1965年为370万台,到1971年为731万台,每年平均约增长10.3%。压缩机组在1971年达40万台,其中风冷式压缩冷凝机组占95%。

在产品使用方面,美国生产的各种制冷机,绝大部分用于消费。根据对美国凯利亚公司生产的空调机组在市场上销售情况的调查,家用占32~37%,商用占20~30%,工业用占15~20%,研究机关用占9~13%,宇宙开发和国防用占9~13%〔25〕。

日本制冷机的产值,1963年为800亿日元,1970年为3040亿日元,七年增长约两倍半左右。目前,日本从事制冷机生产的约有400多家厂商,其中大型垄断企业占生产量的85%。大型制冷机厂商共有30多个,最高年产量1~2万台,其中有日立制作所,三菱重工、荏原制作所、东洋凯利亚等。中型制冷机(0.75~7.5千瓦)的生产厂数约有20多个,年产一万台以上的占50%以上。小型制冷机有15家,年产10万台以上的有7家,每年超过40万台的只有一家〔24〕。

日本在1971年从事制冷机的总雇员数为24542人(包括临时工638人)〔11〕。

在产量方面,1970年总共产制冷机约527万台。其中活塞式490万台,占总产量92%;透平和回转式19.6万台,占3.7%,吸收和蒸汽喷射式17万台,占3.2%〔11〕。

日本注意从国外引进技术,特别是美国技术。日本几个大公司引进外国技术情况见表1-2。

日本不仅引进技术,而且其资本中还有外国公司投资。如日本东洋凯利亚是由美国凯利亚公司投资75%。日本三菱—约克是由美国约克公司投资49%等〔24〕。

表1-1 主要资本主义国家制冷机产量、产值和发货总额

国别	项 目	单 位	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	资料来源
美国	总发货额	百万美元	1549		1928		2314			3549	3563	4335	4394.9	4308	4739	〔1〕
	产 量	千台	7828.8				14456.9					26592.3	27282.8	29848.9		
西德	产 值	百万西德马克	435.5	516	501.7	513.28	560.1	568.4	564.3	519.7	652.2	624.2	621.3	647.4		〔6〕
	产 量	千吨	60.56	66.08	63.61	66.83	65.86	65.92	64.19	62.61	74.19	68.67	73.55	67.75		
日本	产 值	百万日元	8518	10707	60104	64387	69995	54841	58849	71539	91896	102899	108550		115112	〔11〕
	产 量	千台	38.83	49.62	153.35	4049.42	4124.39	2993.46	3244.09	4375.09	5709	6113	5278.04		6979	
苏联	产 量	万套	7.82	10.55	12.84		14.53	14.19	16.08	17.39	18.88	20.84	23.75	26.75		〔14, 15〕
英国	总发货额	百万英镑	66.40	57.1	50.6	46.9	51.5	55.3	53.50	54.4	64	42.4①	10.805②	11.178②		〔7〕
	家用和商用制冷机产量	千台	1136	948	889.56	930.69	1019.46	1135.97	1050.77	995.49	1189.85	1204.71	1230.23	1099.49		
法国	日用制冷设备产量	千台	913.10	978.30	834	854.2	1062	894	849.60	751.20	802.80	680.40				〔10〕
	工业用制冷设备产量	千台	127.55	151.48	138.27	151.2	164.82	167.82	172.57	192.69	270.91	341.352	2043③	2283③		
瑞典④	制冷设备产量	千台	315.28	274.28	278.89	315.28	404.85	450.81	378.85	341.17	469.38	651.51	701.72			〔9〕
丹麦	总产值⑤	百万克郎	67.39	76.14	95.78	93.95	82.33	94.63	130.52	156.72	172.254	196.46	226.59			〔14〕
	家用制冷设备产量⑥	千台	131.60	222	256.94	189.90	210.85	161.40	137.82	276.58	313.04	345.91	757.97			
	家用制冷设备产值	百万克郎	80.25	112.38	141.15	99.32	114.67	92.72	77.48	78.43	78.9	89.03	52.75			

注：① 除家用。

② 指工业制冷设备发货额。

③ 指空调和制冷设备总发货额。

④ 1960年为SITC标准第725、01类产品的产量；1961~1970年为SITC标准第72501和719、4、2类产品产量之和。

⑤ 1966~1970年为非家用冷库和制冷机的产值。

⑥ 1967~1969年为家用冰箱、家用冷间和制冷设备产量，产值之和。

表1-2 日本几个大公司引进技术情况

年 份	企 业 名 称	引进技术国别	引 进 技 术
1960	东洋凯利亚	美国凯利亚	大型透平、吸收
1964	三菱一约克	美国勃拉乌尔	透平、吸收、活塞
1965	大金	美国沃辛顿	透平、吸收
1966	前川、神户	瑞典 SRM 公司	螺杆
1968	东洋三洋电机	美国 G. E	回转式

制冷机生产的增长速度，日本较快，11年间每年平均增长率约27%。其次是丹麦，每年平均增长率为17.6%。西德和法国十年来制冷机的生产几乎没有增长。而英国十二年来的制冷机产量反而下降，详见表1-3。

表1-3 主要资本主义国家制冷机产量每年平均增长率

国别	产量	统计年份		年份数	每年平均增长率 %
		1960	1969~1971		
美国	千台	7828.8	29848.9	12	1.1
西德	千吨	60.56	67.75	12	≈ 0
日本	千台	38.83	5278.04	11	27
苏联	千套	78.20	267.5	12	1.06
英国	千台	1136	1099.49	12	-2.5
法国	千台	1000.65	1021.725	10	≈ 0
瑞典	千台	315.28	701.72	11	7.5
丹麦	千台	131.6	757.97	11	17.6

二、进出口情况

制冷机的主要出口国为美国、丹麦和西德。

各主要资本主义国家历年制冷机进出口额和自给率程度列于表1-4。

表1-4 主要资本主义国家历年制冷机进出口额和自给率

国别	项 目	单 位	1960	1963	1965	1967	1968	1969	1970	1971	1972
美 国	总发货额	百万美元	1549	1928	2314	3549	3563	4335	4394.9	4308	4739
	进口额	百万美元	0.4	1.9	4.6	7.5	12.6	22.3	35.9	95.0	140.0
	出口额	百万美元	133	158	209	286.8	327.2	361.4	397.3	413.0	469.0
	进口额占总发货额比率	%	0.02	0.098	0.198	0.21	0.35	0.51	0.82	2.2	2.96
	出口额占总发货额比率	%	8.6	8.2	9.1	8.1	9.2	8.4	9.0	9.6	10
	自给率		1.1	1.09	1.05	1.08	1.1	1.08	1.09	1.08	1.07
丹 麦	总发货额	百万克郎	147.64	193.26	187.35	392.9	436.14	496.70	354.68		
	进口额	百万克郎	28.7	32.9	68.2	51.5	68.1	90.2	143.1	129.5	
	出口额	百万克郎	87.6	128.7	188.3	196.5	218.9	255.8	348.5	427.3	
	进口额占总发货额比率	%	19.5	17	36.4	13	15.6	18	40		
	出口额占总发货额比率	%	59	66	≈100	50	50	51.3	98		
	自给率		1.67	1.98	2.43	1.6	1.53	2.16	2.4		

(续)

国别	项 目	单 位	1960	1963	1965	1967	1968	1969	1970	1971	1972
法 国	总发货额	百万法郎				1218	1236	1588	2043	2283	
	进口额	百万法郎				121	179	225	263	359	
	出口额	百万法郎				106	146	179	231	268	
	进口额占总 发货额比率	%				10	14	14.2	12.9	15.7	
	出口额占总 发货额比率	%				11.5	11.8	11.3	11.3	11.7	
	自给率					≈ 1	≈ 1	0.97	0.98	0.96	
西 德	总 产 值	百万西德马克						624	621	647	
	进 口 额	百万西德马克						185	218	237	
	出 口 额	百万西德马克						302	334	394	
	进口额占总 产值比率	%						30	35	37	
	出口额占总 产值比率	%						48	54	61	
	自给率							1.53	1.23	1.32	

三、在机械工业中的地位

制冷机是一般通用机械产品中的一个类别。现就制冷机的发货总额、钢材消耗和从事制冷机生产的人员情况，说明资本主义国家中制冷机的生产在机械工业中占的比重。

1. 制冷机发货额

美国在1969年，一般机械发货额为646.34亿美元，制冷机的发货额为43.35亿美元，制冷机的发货额占一般机械发货额的6.7%。

日本在1969年，机械工业总产值为131831亿日元，制冷机的总产值为3002.92亿日元，制冷机的总产值占机械总产值的2.28%。

西德在1971年，制冷机的产量占机械制造业总产量的1.2%。产值占机械制造业总产值的1.1%。

2. 钢料消耗

(1) 日本在1971年制冷机所消耗的钢材为：

型钢	3366 吨	占型钢产量的0.2%
元钢	2533 吨	占元钢产量的0.2%
中厚板	17740 吨	占中厚板产量的0.5%
薄板	60762 吨	占薄板产量的2.1%
钢管	4535 吨	占钢管产量的0.7%
其它	1678 吨	占其它的0.6%
合计	90614 吨	占钢产量的0.9%

(日本在1971年钢产量约1亿吨)

(2) 英国制冷机历年钢材消耗量

1964年

519900 吨

1965年	498100吨
1966年	462000吨
1967年	406000吨
1968年	408800吨

英国在1965年钢产量约2744万吨，制冷机钢材消耗量占同年钢产量的1.8%。

3. 从事制冷机生产的人员

西德在1971年，从事制冷机的人数占机械制造业总人数的1.4%。

日本在1971年，从事制冷机的人数为24542人，占一般机械人数的3.8%。

参 考 文 献

- [1] U. S. Industrial outlook 1965~1973.
- [2] Statistical abstract of the united states 1972.
- [3] Current industrial reports 1970~1973.
- [4] Statistik årbog danmark 1960~1972.
- [5] Statistisches handbuch für den maschinenbau ausgabe 1963~1972.
- [6] Industrie und handwerk reihe 3 1966 P. 34, 1973.1. Vierteljahr Reihe 3 P27~28.
- [7] Annual abstract of statistics 1972.
- [8] The engineering industries (Samuel Hayes) 1972.
- [9] Statistisk årsbok för sverige 1966~1972.
- [10] Annuaire de statistique industrielle 1972.
- [11] 日本机械统计年报 (1965~1972年)。
- [12] Les industries mecaniques 1973, 3, 15.
- [13] Annuaire de statistique industrielle 1972.
- [14] Народное хозяйство ссср 1968~1972.
- [15] Внешняя торговля ссср 1973, 3а.
- [16] Annuaire statistique de la France 1961.
- [17] Kompass deutschland 1972.
- [18] Swiss export directory 1973.
- [19] Kompass danmark 1966.
- [20] Components for refrigeration appliances 1972.
- [21] Kompass sverige 1972.
- [22] 会社年鉴 1964, P. 604~605.
- [23] 会社产业总览 1964, P. 1002~1005.
- [24] 冷冻机产业的资本自由化 冷冻, 1970, 3, No. 509, P. 54~65.
- [25] 空气调和装置的设计入门 冷冻空调技术, 1971, 10, Vol. 22, No. 260, P. 25.
- [26] 米国における空调市场の発展 冷冻空调技术, 1970, 6, Vol. 21, No. 244, P. 7.
- [27] 关于冷气机械市场调研情况 中国机械进出口公司赴港贸易小组, 1973.

第二章 国外活塞式制冷机发展动向

一、发展概况

在各种类型的制冷压缩机中，活塞式是问世最早的一种机型。与其它各型制冷压缩机相比较，活塞式压缩机因活塞作直线往复运动，产生惯性力，致使转速受到限制。单机排气量大时机器显得笨重，必须设吸、排气阀，易损件多，维修量大，以及运转时有振动，输气不连续，气体压力有脉动等；但另一方面，它也具有其它各类制冷压缩机难以取代的一些突出优点：

(1) 压力范围广阔，不随排气量而变，能适应比较宽广的冷量要求。活塞式制冷压缩机既适用于中小制冷量，也能产生较大的制冷量，唯一的限制，只是由于惯性力的影响，转速不能太高，以致在制冷量较大时，机器过于笨重。

离心式制冷机就不是这样，因为离心式原属速度式压缩机中的一种，它的排气量和排气压力都与叶轮的尺寸和转速有一定的依存关系。由于叶轮的转速不须很高，尺寸很小的叶轮在实际制造中又往往难以达到，一般均不希望小于 $2500\text{米}^3/\text{时}$ ，因而也就决定了离心式制冷机只适用于较大制冷量。

此外，离心式制冷机的工况范围也较狭窄，即使在大制冷量的场合，一种叶型也难以适应宽广的冷量要求。

螺杆式虽与活塞式同属容积式压缩机，但也是要靠阴阳转子作啮合旋转运动，才能使转子凹槽与气缸内壁之间所构成的容积不断发生变化，从而达到吸排气体的目的。因此，螺杆式压缩机在转子的周速上，与离心式很相类似，同样也受到音速的限制。以喷油螺杆式制冷机为例，目前采用的周速也均在 $20\sim 50\text{米}/\text{秒}$ 之间，而不能过低。另一方面，压缩机的吸气量又与转子的周速成正比。因此，如将螺杆式制冷机用 4 级或 2 级的电动机来驱动，则吸气量将为 $400\sim 10000\text{米}^3/\text{时}$ ，所产生的冷量约相当于 $10\text{万千卡}/\text{时}$ (F_{12}) $\sim 330\text{万千卡}/\text{时}$ (NH_3 、 F_{22})。可见其最小制冷量也大体相当于中等制冷能力的活塞式制冷机。

(2) 热效率较高，单位电耗相对较少。

具有给定内压缩比的螺杆式制冷机，其效率有一决定性的峰值。使用氨时，螺杆式在大压缩比的情况下，效率比活塞式要好。但在使用 F-22 时则相反。螺杆式制冷机仅在小压缩比的情况下，效率才较活塞式为佳。至于离心式制冷机，在制冷量较小时，效率远低于活塞式的。综上所述，到目前为止，与其它各类制冷压缩机相比较，活塞式的热效率一般仍处于领先地位。因为，活塞式有较高的单位功率制冷量。

(3) 无需耗用特殊钢材，加工比较容易，造价也较低廉：

离心式制冷机使用的材料，无论是壳体、叶轮、叶轮轴、隔板或迷宫等，均需使用高级合金钢。而活塞式则一般多使用黑色金属。

当然，在螺杆式制冷机中，由于阴阳转子彼此之间以及转子与机壳之间都具有一定的间隙，并不互相接触，而且承受间距较短，无需考虑转子的刚性问题。因而除油分离器中需使用不锈钢钢丝滤网外，亦不需耗费什么贵重的材料。但转子的加工则较困难，一般多使用专用铣床，公差及装配要求也均比活塞式要高。

由于所用材料和加工要求的不同，产品在价格上也往往相差悬殊。

(4) 制造较有经验，技术水平领先。

根据东德泵和压缩机公司的资料，1970年对各种类型压缩机技术水平的评价是：如假设各相当型式的理想压缩机为100%，则目前螺杆式的技术水平为65%，离心式的技术水平为75%，活塞式则为94%。也就是说，活塞式的技术水平目前处于领先地位，而螺杆式和离心式则须后赶。

(5) 装置系统比较简单。

正是由于上述这些原因，致使活塞式压缩机直到目前为止，几乎在各种制冷用途，特别是中小制冷量的场合，都仍然广泛应用，成为制冷压缩机中使用面最广、生产批量最大的一种机型。

目前，国外活塞式制冷压缩机无论在设计制造方面，还是在运输管理方面，都已积有相当的经验，世界各主要工业国家，也均早已形成系列，批量生产。从制冷能力和基本结构型式上看，基本上有如下三类：

(1) 大型对称平衡型

这类产品制冷量都在50万千卡/时以上。但当前国外由于离心式制冷机的发展，特别是喷油螺杆式制冷压缩机在中、大制冷量场合的优越性日益明显，而对称平衡型制冷机笨重、外形大等原有的缺点就更加突出，因此，已有被取代的明显趋势，今后不宜作为重点发展。

(2) 中小型高速多缸型

此类产品为国民经济各部门广泛应用，使用面最广、量最大。国外生产的厂家甚多，它们各成系列，但从制冷能力上看，绝大多数都处于标准制冷量3000~500000千卡/时之间。

(3) 小型全封闭式

近年来，一些工业比较发达的资本主义国家，此类产品发展十分迅速，不少公司和厂家都已形成系列经营生产，产量日增。

二、技术发展水平

1. 高速多缸型活塞式制冷压缩机

(1) 国外现有产品的主要技术经济指标

国外系列产品的主要技术经济指标见表2-1。

根据目前收集到的资料，高速多缸型活塞式制冷压缩机最大单机应属捷克CKD厂生产的型号为8VN320A的8缸二级氨压缩机。该机缸径为320毫米，活塞行程为300毫米，转速是480转/分，活塞的平均线速度为4.8米/秒，在标准工况下的制冷量为220万千卡/时。

(2) 易损件寿命：

七十年代，国外一些工厂生产的氨压缩机，阀片和气阀弹簧的使用寿命一般均在5000小时以上。氟压缩机的阀片和气阀弹簧，一般均为8000~10000小时以上。活塞环和刮油环则可使用10000~15000小时。

(3) 主要动向

1) 高速多缸型活塞式制冷压缩机的冷量上限

对高速多缸型压缩机使用的冷量上限问题，目前国外看法不一，实际生产与使用情况也有差异，基本上可归纳为如下两种倾向：

表2-1 国外高速多缸型活塞式制冷压缩

序号	国别	企业	型号	缸数	结构型式	缸径 (毫米)	行程 (毫米)	转速 (转/分)	活塞行程容积 (米 ³ /时)	制冷剂
1	丹麦	SAEROE	SMC8-180	8	V V形开启式	180	125	750	1148	NH ₃
2	英国	HALLL	VQ178	8	V V形开启式	178	140	750	1250	NH ₃
3	西德	INDE	AF81	8	V V形开启式	160	180	975	1129	NH ₃
4	苏联	莫斯科压缩机厂	AYY-400	8	V V形开启式	150	130	960	1018	NH ₃
5	日本	日立	170A8D	8	V V形开启式	170	125	725	989	NH ₃
6	日本	前川	N-8D	8	V V形开启式	170	130	750	1062	NH ₃
7	日本	新三菱	8A6	8	V V形开启式	170	130	700	990	NH ₃
8	法国	LOIRE	8FA160	8	V V形开启式	160		960		NH ₃
9	法国	SAMIFI	C ₈	8	V V形开启式	160	140	875	1182	NH ₃
1	英国	HALL	VM127	8	V V形开启式	127	102	1000	618.3	NH ₃
2	捷克	CKD	NF801	8	V V形开启式	125	100	960	566	NH ₃
3	日本	前川	V-8B	8	V V形开启式	130	100	1200	764.5	NH ₃
4	日本	日立	115A8D	8	V V形开启式	115	90	1000	540	NH ₃
5	法国	SAMIFI	S ₆	6	V V形开启式	110	125	960	411	NH ₃
1	英国	HALL	VM127	8	V V形开启式	127	102	1000	618.3	F _{2,2}
2	日本	前川	N8B	8	V V形开启式	130	100	1200	764.5	F _{2,2}
3	法国	SAMIFI	S ₆	6	V V形开启式	110	125	960	411	F _{2,2}
1	丹麦	SABROE	SMC8-100	8	V V形开式	100	80	1200	362	F _{1,2}
2	英国	HALL	LVG92	8	V V形开式	92	67	1450	277.8	F _{1,2}
3	苏联	莫斯科压缩机厂	ΦYY-80	8	V V形开式	101.6	70	1440	391	F _{1,2}
4	日本	新三菱	8F4	8	V V形开式	95	76	1500	310.3	F _{1,2}
5	日本	日立	F8R	8	V V形开式	105	86	1200	429	F _{1,2}
1	丹麦	SAEROE	CMP14	4	V V形半封闭	65	65	1460	75.5	F _{1,2}
2	苏联	国家系列	ΦY-12BC	4	V形半封闭	67.5	50	1440	62	F _{1,2}
3	苏联	国家系列	ΦY-15BC	4	V形半封闭	76	50	1410	77	F _{1,2}
4	苏联	国家系列	ΦY-15BC-1	4	V形半封闭	76	40	1410	61.5	F _{1,2}
5	日本	田尻	RC-5	5	半封闭	76.2	70	1750	167.5	F _{1,2}
1	西德	BITZER	900 S	4	W形半封闭	55	40	1450	33.1	F _{1,2}
2	西德	DWM	D9RC1-750	3	W形半封闭	60.3	50.8	1450	45.7	F _{1,2}
3	日本	前川	55-SV-4C	4	W形半封闭	55	50	1450	41.4	F _{1,2}

机产品性能规格和主要技术经济指标

标准 制冷量 (千卡/时)	所需功率 (千瓦)	压缩机 净重 (公斤)	行程与 缸径之比 (Φ)	活塞平均 线速度 (米/秒)	单位功率 制冷量 (千卡/ 千瓦·时)	单位制冷量 重 (公斤/ 10 ³ 千卡/时)	备 注
428000	145	3000	0.694	3.13	2952	7	样本值
466200	156	3544	0.786	3.5	2988	7.6	样本值
353000	114	2000	0.75	3.9	3090	5.67	样本值
415000	139	2000	0.866	4.16	2990	4.7	样本值, 重量不包括联轴器 吸排截止阀
407000	143	3400	0.735	3.02	2840	8.35	样本值
424000	139.8	3800	0.765	3.26	3028	8.95	样本值
419000	144.2	3800	0.765	3.3	2908	9.06	样本值
435000	136	2020			3190	4.65	样本值
426000	电动机 176	2700	0.876	4.08		6.34	样本值
238000	80	1486	0.795	3.4	2900	6.4	样本值
200000	74	1400	0.8	3.2	2710	7.0	样本值
303100	106.5	1700	0.77	4.0	2846	5.6	样本值
158500	67.5	1560	0.782	3.6	2795	7.75	样本值
153000	电动机62.7	1450	1.13	4.0		9.48	样本值
250000	86	1359	0.8	3.04	2907	5.44	样本值
310000	93.4	1700	0.77	4.0	3319	5.48	样本值
150000	电动机62.7	1450	1.13	4.0		9.7	样本值
84000	31.3	900	0.8	3.2	2684	10.7	样本值
75700	29.5	813	0.728	3.24	2566	10.8	样本值
84000	35	400	0.689	3.35	2400	4.76	样本值, 重量不包括联轴器 吸排截止阀
89600	32.27	800	0.8	3.8	2780	8.95	样本值
107600	38.6	1085	0.819	3.46	2735	10	样本值
18000	7.0	800	1	3.16	2571	16.6	样本值, 重量包括电机
12000	6.0	235	0.726	2.4	2000	19.5	样本值, 重量包括电机
16000	6.8	300	0.659	1.88	2345	19.0	样本值, 重量包括电机
14000	5.5	300	0.528	1.88	2545	21.4	样本值, 重量包括电机
37510	14.1	320	0.919	4.08	2660	8.53	样本值, 重量包括电机
8120	电动机4.4	130	0.727	1.93	1885	16	样本值, 重量包括电机
8050	电动机4.61	158	0.843	2.46	1746	19.6	样本值, 重量包括电机
9000	电动机5.18		0.91	2.42	1738		样本值

一般倾向认为喷油螺杆式制冷压缩机在大、中制冷量的场合，日益显现其巨大的优越性。因此，原由高速缸型占据的标准制冷量在30万千卡/时以上的区间，基本上以螺杆式来取代。而将高速多缸型的冷量范围缩减到30万千卡/秒以下的范围内。

例如，瑞典STAL-ASTRA公司即认为螺杆式制冷机的适用冷量是20~200万千卡/时。因此，该厂在其U型系列中，高速多缸型的最大冷量限定到30万千卡/时。而在此以上，则由其SV系列的螺杆式制冷机来取代。

再如，日本神户制钢所自1964年生产喷油螺杆式制冷机以来，就淘汰了活塞式制冷机。目前该所生产的螺杆式冷量范围是10.8~379万千卡/时。

又如，苏联在1963年的国家标准(ГОСТ6492-63)中，原规定高速多缸型的冷量上限为40万千卡/时，但到1967年在制定更新系列(ГОСТ6492-68)时，则改为用螺杆式包括30~200万千卡/时的冷量范围。而高速多缸型的冷量上限被减缩为22万千卡/时以下。

此外，在美国、英国等国家，螺杆式制冷机也得到了广泛的应用，出现了活塞式有部分被取代的趋势。

另一种倾向则认为，尽管螺杆式在中等制冷量的场合也日益显现其优越性，高速多缸型的冷量上限仍应包括到30~50万千卡/时，并具有很大的竞争性。

例如，日本《冷冻》杂志1972年12月(第542号)关于“冷冻用压缩机的现状与发展”一文中谈到：“高速多缸型最大容量做到250日本制冷吨(约折83万千卡/时)，在价格上与离心式制冷机相接近。实际上，大多数国家现仍只做到100日本制冷吨(33万千卡/时)”。

又从国外现在同时经营高速多缸与螺杆式制冷机的一些主要厂家的实际生产情况来看，像丹麦的SABROE-ATAS公司、英国的HOWDEN公司、日本的前川制作所和三菱重工业株式会社以及西德的G、H、H公司等，目前都处于高速多缸型和螺杆式各成系列，处于同时并存的局面，特别是由于螺杆式在小压缩比和大压缩比的情况下优越性比较明显。因此，目前多使用在空调和单级低温(-40℃)的系统中，或是在低温系统中作升压压缩机之用。而在中等压缩比的范围内，则螺杆式和活塞式尚处于竞争阶段，使用仍不及高速多缸型为多。

综合分析上述情况，可以认为高速多缸型目前不仅在30万千卡/时以下的冷量区间仍然占有完全的优势，即使在30万~50万千卡/时的范围内，也仍处于和螺杆式并存发展、互相竞赛的状态，应属实际使用中的冷量重叠区域。

2) 关于速度参数和基本结构参数

从当前国外产品看，大、中型活塞式制冷机的活塞平均速度大体处于3.5~4.5米/秒的范围内， φ 值多为0.8左右。而转速则基本不超越1750~1800转/分。与六十年代相比，没有很明显的变化。

但是，近一、二十年来，外刊不断报导对通过自动阀的气体流动，自动阀本身的运动规律，气阀的结构型式，阀片的应力与破损，压缩机装置中的压力波动与管路振动，压缩机主要运动件的强化与覆盖工艺，轻合金的使用，噪音音源和消除措施等问题的试验与研究。在研究计算上，也日益广泛地使用了电子计算技术，客观上有力地反映了高速小形化仍然是一个潜在的发展趋势。

至于缸数和气缸的配置问题，目前仍多采用3缸、4缸、6缸、8缸、并布置成V型、W形、VV形和星形。缸径大多不超过200毫米。此外，作为一种变形产品，最多也有采用16缸并分级使用者。如丹麦SABROE公司的TSMC16-100型即为一例。

3) 关于结构型式与出厂形式

国外高速多缸型产品,近年来在结构型式上没有多大变化,目前各公司主要是致力于改进局部结构,改进加工工艺,以便提高产品的工作性能,并延长其寿命。

在油泵型式上,根据我们对几十家厂商所生产的高速多缸型压缩机所作的统计,采用齿轮油泵者约占统计数的83.2%,采用柱塞泵者占8.3%,采用回转式叶片泵者占2.78%,螺杆式油泵占5.5%。在使用齿轮油泵的产品中,除13种没有搞清外,内齿轮泵约占半数以上,发展最为迅速。

在结构方面特别值得注意的是,近七八年来,国外高速多缸型产品日益由开启式转向半封闭式,而且变化十分迅速。

据外刊报导,在日本,除船用以及用氨作制冷剂的机器,目前仍采用开启式。7.5千瓦以下的小型制冷机几乎平均由半封闭发展为全封闭式。5.5~7.5千瓦的机器,则从开启式转为半封闭式。即使是15千瓦以上的中型制冷机,也已向半封闭式迅速发展。据介绍,日本从1969年起,就已生产了两台机器由两侧接到电动机上,并可作为100马力冷凝机组使用的半封闭式活塞式制冷压缩机(3000转/分,50马力)。

在美国,转向半封闭和全封闭各种倾向,比日本更为显著。除特殊用途者外,活塞式压缩机几乎已再看不到开启式。

在苏联,1968年更新系列时,也规定了从1万~7万千瓦/时使用半封闭式。

据了解,日本现在已有缸径为115毫米、功率为94千瓦的半封闭式制冷机。

随着半封闭式制冷机的发展,也带来了一些新的问题,其中主要是因散热不良而招致电动机绕组和压缩机本身温度上升,电机与压缩机的润滑问题,以及用F-22作制冷剂时,因F-22对高分子塑性材料具有强烈腐蚀作用因而产生的电机绝缘问题等。

关于电机的绝缘材料问题,在封闭式制冷机中不仅因温、压的剧变,容易发泡和变质,而且还经常处于氟族制冷剂与油的混合气中,特别F-22对弹性材料具有强烈的腐蚀作用。因此,近十年来,国外对耐F-22的电机绝缘材料问题,曾进行了不少试验研究工作。根据收集到的一些塑料,国外对聚氨酯系,丙烯睛系、聚四氟乙烯和聚乙烯漆包线等均进行过试验和研究。试验方法一般是将待试材料浸入F-22和油的混合液(比例1:1)中,将其加热到100~120℃,放置一周,以测定浸渍时间内绝缘电阻值的变化。并观察材料的外表情况,如龟裂、发泡、剥落和变软、伸长等情况。目前,国外多采用聚氨酯线、丙烯睛漆包线、聚乙烯醇缩甲醛树脂包线、聚脂线和尼龙乙烯线等。

除结构问题外,近年来,国外也愈益以机组形式出厂。

4) 吸排气阀

最近廿年来,对有关自动阀的理论和实验研究以及相应结构努力进行改进,而电器与电子方法进行实验测量技术的发展,以及数字电子计算机在科技各部门中的普遍应用,也为对自动阀工作过程中所发生的各种现象数字计算工具进行观察和系统研究提供了可能性。

到目前为止,在大中型活塞式制冷机中广泛应用的气阀型式,仍然还是以传统的环状阀为多。在统计的43种产品中,环状阀即占63%,网状阀占16.3%,吸排分别采用环片阀和网状阀的占14%,条状阀占7%。而在环片阀中,目前又以采用可分阀座式的单环片阀应用最为普遍。例如丹麦的SABROE、日本的前川、三菱电机、新三菱、田尻和长谷川、美国的BRUNNER、CHEOYSLER、AIR TEMP、英国的HALL等。据称,可分阀座式单环片

阀片的阻力系数比多环式减少 20~40%。至于小型制冷机，则照旧以舌状阀、条状阀和马蹄形应用居多。

阀片的材料多采用瑞典兰牌阀片钢 (ASSAB-928)、13 铬、铬钼钢 (日本采用 SCM-2)、镍铬钢 (SNC-2)、镍铬钼钢 (SNCM2、SNCM26)，英国有些工厂则采用镍钒钢、铬钒钢。

在阀片的加工工艺上，从热处理方面也作了一些研究。如采用低温下的冷态处理等。另外，在精加工前，也有将阀片置于卵石中加以振动滚击，以消除其内应力，并增加其表面的疲劳强度等。

关于气阀弹簧，据日本资料介绍，弹簧材料一般采用 8-18 不锈弹簧钢和琴钢丝。制造过程中，对冷拔后弹簧丝直径变化率比值，应严格控制在 80~85% 的范围内。设计应力 τ 推荐采用 30 公斤/厘米²。弹簧寿命一般可达 10000 小时。日本的日立、三菱电机和石川岛播磨还采用了锥形小弹簧，来达到变刚性的目的，即阀片开启终了时能具有足够的弹簧力。有些还加装一个聚四氟乙烯制成的弹簧帽来提高寿命。据介绍，保证合理的弹簧力，对压缩机的效率有很大的影响。在一篇试验报告中曾报导，在 970 转/分的压缩机中，排气阀片开启到全开占用了 0.9/1000~1.4/1000 秒的时间，而从全开到全关约占 3/1000~6/1000 秒。由此可见，阀片及时启闭的重要性。

5) 工作温度条件

由于资本主义国家工业畸形发展，水源及环境污染十分严重，而城市人口又高度集中，致使用水问题也日益紧张。为了适应这一情况，国外不仅对小型活塞式制冷机及空调机，甚至对制冷量为 425 万千卡/时的大型离心式机组，也日益趋向采用风冷式冷凝器。这就带来了冷凝温度、冷凝压力的提高，因而使压缩机排出压力也相应提高。例如日本目前生产的功率为 40 瓦~15 千瓦的封闭与半封闭式压缩机，低、中、高温用的蒸发温度分别为 -23.3°C (使用 F-12)、-6.6°C 和 +7.2°C (使用 F-22 或 F-502)，而冷凝温度在水冷时为 +40°C，风冷时则为 +54.4°C。

在这种情况下，虽然使用 F-22、F-502 可以控制排气温度的上升，但冷凝压力以及压缩机和压缩比则将变高。因此，国外一些活塞式压缩机产品的压缩比和最大吸排压差也就相应提高了。像日本三菱-约克型 H 系列的半封闭活塞式制冷机，轴功率自 10.5~40 千瓦，最高吸气压力 6 公斤/厘米² (表压)，最高排气温度 135°C，最高冷凝温度为 57°C，压缩比 1~9.5，最大吸排气压差可达 19 公斤/厘米²；而其开启型 F 系列的制冷机，最高吸气压力 6.3 公斤/厘米² (表压)，最高排气温度 135°C，最高冷凝温度当使用 F-12 时达 65.6°C，使用 F-22 时为 57.2°C，压缩比 1~9.5，允许的最大吸排气压差可达 19.3 公斤/厘米²。在国外产品中，已经不乏此例。

可见，由于使用温度条件的扩大，引起排气温度剧增，致使新的制冷剂 F-502 的使用日渐广泛。

6) 制冷剂的使用情况

早期，1920 年前后，主要是使用 CO₂ 作为制冷剂。由于 CO₂ 压力太高，以后又转而采用氨。1930 年前后，F-12 等氟族制冷剂陆续问世，于是，又进而采用 F-22。

近年来，国外除已较广泛地使用 F-22 外，亦开始推广使用 F-502 等氟族的混合制冷剂。据外刊报导，F-502 在商业上采用是在 1962 年。它是 F-22、F-115 的共沸混合物 (在

常温下，如按重量计，含有 F-22 48.8%、F-115 51.2%)，与 F-22 相比，F-502 在低温下工作时，具有如下一些主要优点：

① 可使压缩机的排气温度大大降低

表 2-2 为在蒸发温度 -30°C ，蒸汽离开蒸发器时为 18°C ，压缩机吸气温度为 38°C ，冷凝温度为 38°C ，F-502 与 F-22 主要特性的比较（理论的）。

表2-2 F-502 与 F-22 主要特性比较表（理论的）

名 称	制 冷 剂	
	F-22	F-502
排气温度($^{\circ}\text{C}$)	152	118
压缩热(千卡/公斤)	19.34	12.16
压缩比	8.50	7.58
制冷剂循环量(公斤/分)	1.20	1.70
单位制冷剂制冷量(千卡/公斤)	42.09	29.67
容积制冷量(千卡/米 ³)	250.00	268.40

从表 2-2 中可见，在上述温度条件下，F-502 压缩机的排气温度将比 F-22 要低 34°C 。实际上，往往相差还要大一些。

据报导，在许多 F-22 制冷装置中，排气温度超过 200°C (400°F)，而改用 F-502 后，排气温度显著降低。

由于工作温度高，已成为今天影响设备寿命的首要因素。因此，采用 F-502 将可大大延长设备的使用年限，并减少维修与运转费用。

显然，这对使用制冷剂冷却电动机的封闭式压缩机来说，将尤为适宜（表 2-3）。

表2-3 使用 F-502、F-12 和 F-22 时封闭式压缩机壳体的温升

制冷剂	在 18°C (65°F) 时的热容量 卡/克($^{\circ}\text{C}$ 英热单位/磅 $^{\circ}\text{F}$)	气 体 流 量 公斤/分·千卡(磅/分·冷吨)	压缩机壳体的温升 $^{\circ}\text{F}$ ($^{\circ}\text{C}$)
F-502	0.166	0.053 (5.68)	42 (5.6)
F-12	0.146	0.043 (4.81)	57 (13.9)
F-22	0.150	0.031 (3.41)	78 (25.6)

注：工作温度条件是：蒸发温度 -30°C (-22°F) 吸气温度 18°C (65°F) 冷凝温度 43°C (110°F)

至于 F-502 在不同蒸发温度下排气温度降低的程度，在冷凝温度 38°C 、蒸发温度 -15°C 时，F-22 的排气温度为 120°C ，F-12 和 F-502 的排气温度都小于 100°C 。

② 随着蒸发温度的降低，可使机器的制冷量提高 5~30% 或更高。

表2-4 在不同蒸发温度下，F-502、F-22、F-12 制冷机特性

名 称	蒸发温度	-40°C			$+4.4^{\circ}\text{C}$		
		制冷剂			制冷剂		
	F-502	F-22	F-12	F-502	F-22	F-12	
比容 ($-40 \sim +37.8^{\circ}\text{C}$ 过热时, 米 ³ /公斤)	0.178	0.277	0.330	0.0328	0.0476	0.0562	
单位容积制冷量(千卡/米 ³)	163.2	147.3	94.96	841.1	840.6	536.7	
压缩比	12.9	14.9	15.2	2.58	2.72	2.73	
排出气体的温度($^{\circ}\text{C}$)	141	180	146	78.3	92.8	79.4	

注：工作温度条件：冷凝温度 $+40.6^{\circ}\text{C}$ ，压缩机吸气温度 $+37.8^{\circ}\text{C}$ 。