

《国外机械工业基本情况》参考资料

气体分离与液化设备

杭州制氧机研究所编

第一机械工业部科学技术情报研究所

一九八一年

出 版 说 明

党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上都比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。本书为气体分离与液化设备部分，主编单位是杭州制氧机研究所，参加编写单位有四川深冷设备研究所、哈尔滨制氧机厂、一机部第二设计院和华中工学院。

第一机械工业部科学技术情报研究所

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的气体分离与液化设备部分。内容系统地介绍了工作温度在 -120°C 以下的一些低温设备,其中包括空气分离、稀有气体提取设备、天然气分离与液化设备和氮液化设备等。此外还介绍了国外企业概况、技术水平、生产情况以及低温设备的科研、“三化”、单机水平和成套水平。可供领导干部、高等学校教师和科技人员参考使用。

气体分离与液化设备

(内部资料)

*

第一机械工业部科学技术情报研究所编辑出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京市中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店

经 售

*

1981年2月北京

代号: 80—6 定价: 1.85元

目 录

前言

第一章 空气分离设备	1
一、国外企业概况	1
二、工艺流程	12
三、技术水平	20
四、单机水平	27
五、自动化水平	46
六、实际运转水平	47
七、三化水平	47
八、产品质量管理	53
九、空分设备的预装	54
十、发展动向	54
第二章 稀有气体提取设备	60
一、氩的提取	60
二、氖的提取	70
三、氦的提取	74
四、氦和氩的提取	84
五、空分设备的全提取	88
六、稀有气体的产品标准	89
第三章 天然气分离与液化设备	94
一、概况	95
二、天然气液化	111
三、天然气分离	126
四、天然气分离与液化的主要设备	143
第四章 氦液化设备	157
一、概况	157
二、氦液化制冷循环	162
三、典型工艺流程	164
四、氦液化设备的技术水平	174
五、成套机组水平	177

第一章 空气分离设备

空气分离设备（以下简称为空分设备）是以空气为原料，生产氧气（或液氧）、氮气（或液氮）和氩、氖-氦、氪-氙等混合气的一种成套设备。分离的原理是采用深度冷冻的方法（各种制冷循环），先将空气液化（变成液体），然后根据空气中氧氮等组分的沸点不同，用精馏的方法将空气分离成氧和氮等的。

空分设备制造工业开创于1903年，随着生产和技术的不断发展，经历了各种变革和进展，其发展过程是一个不断完善的过程，即设备由小型、中型向大型方向发展；流程从高压（200大气压）、中压（65大气压）、高低压向全低压方向发展，从而使空分设备的单位电耗、金属材料消耗不断降低，运转周期不断延长。目前国外空分设备在技术上已比较成熟，可制造出各种容量、纯度的设备，基本上能满足各工业部门对空分设备的要求。目前国外空分设备的基本情况大体如下。

一、国外企业概况

国外空分设备的生产并不单独形成一个行业，它仅仅隶属于低温设备、产业机械、气体生产装置等设备之中，而上述设备也仅是一个公司经营项目的一部分。目前国外生产空分设备的公司很多，如西德林德公司、法国空气液化公司、英国氧气公司、日本酸素、神户制钢所、日立制作所、日本帝国酸素、美国联合碳化物公司、美国空气制品与化学品公司、美国空气精炼公司、意大利新比诺公司、意大利里伏拉公司、英国石油碳化物发展公司等。此外，苏联、捷克、匈牙利等国也生产空分设备。现将几个主要制造公司简介如下：

1. 西德林德公司〔1〕

林德公司（Linde）建于1879年，原称为“林德冷冻机械制造股份公司”，1965年起改用现名。该公司至今已建造2000多项低温工程，与60多个国家有贸易关系，它是世界上最早生产空分设备的公司。1903年林德公司制成世界上第一台工业用的空分设备，开创了空分设备制造业。三十年代以前，林德公司主要生产中小型设备，容量为 $2 \sim 350 \text{米}^3/\text{时}$ ；1930年后，开始生产高低压的中型工艺氧设备；1950年以后开始生产中大型全低压设备；近年来以生产大中型设备为主，目前生产的空分设备最大容量为1510吨/天（相当于 $45000 \text{米}^3/\text{时}$ ）；纯度为60%氧的富氧空分设备，最大容量达 $70000 \text{米}^3/\text{时}$ 。

林德公司制造空分设备的历史比较长，目前在空分设备的设计、制造、运转等方面，都具有较成熟的经验。它可以在大型空分设备上同时提取五种稀有气体，在技术经济指标方面也较先进，空分设备的容量可按用户需要提供。至1977年止，林德公司共生产各种空分设备1600多套，其中 $10000 \text{米}^3/\text{时}$ 以上大型设备有54套，详见表1-1。

林德公司总部设在威士巴登（Wiesbaden），现有职工11000余人，1976年总资金为12161万马克，总销售额为11.52亿马克。目前该公司拥有1200多项西德专利和外国专利。林德公司下设六个分公司，即慕尼黑低温及处理工程分公司；工业气体分公司；工业制冷分公司；冷冻设备分公司；液压及叉车分公司；冷藏库分公司等。此外，该公司还有60家入股公司，

表1-1 林德公司历年空分设备生产情况^{[1][2]}

年 份	生 产 套 数						容 量 水 平 (米 ³ /时) 套 数						品 种 发 展 数	最大机 组容量 (米 ³ /时)
	小 计	气氧 设备	气氮 设备	氧氮 设备	液氧 液氮 设备	高纯 氮设备	1000 以下	1000~ 10000	10000~ 20000	20000~ 30000	30000~ 40000	40000 以上		
1903~ 1964	1407	688	279	282	144	14	1392		14	1			427	22400
1965~ 1973	127	26	4	48	22	27	51	49	17	4	3	3	100	70000 (60%O ₂)
1974	4	1		2	1			2		2			3	24000
1975	13	1		7	5		2	10				1	9	43000
1976	12	2		9	1		2	2	3	3	1	1	11	44920
1977	39	1		30	8			28	7	2	1	1	27	43500
合计	1602	719	283	378	181	41			31	12	5	6	577	

其中国内有29家，国外有31家。另外，工业气体分公司和冷藏库分公司在国内外还经营有一批氧气及其它气体供应站和冷藏库。

在六个分公司中，慕尼黑低温及处理工程分公司最大，它是林德公司低温工程研究、设计与制造的中心。据1978年1月资料介绍，该分公司共有职工3460人，其人员组成和分类如表1-2。

表1-2 林德公司慕尼黑低温及处理工程分公司人员组成和分类

部 门	人 数	类 别	人 数
经理部和工作人员	64	化学家和物理学家	41
发展部	162	化学和物理技术员	23
技术部	687	工程师	661
空气分离设备	197	技术员	565
化工和石油化工装置	283	计时和计划工程师	51
气体分离设备装置	117	电子计算机数据处理	56
原子能和深冷技术装置	33	律师	4
组件	14	经济师	57
商业部门	374	商业人员	290
人事和交际部分	167	秘书和翻译	110
制造部门	1136	管理人员	108
徒工	226	生产工人	1268
		徒工	226
合 计	3460	合 计	3460

分公司经营的业务范围：

- (1) 制取氧、氮及其它稀有气体的空分设备；
- (2) 制取烯烃产品的石油化工设备；
- (3) 制取氨合成气体、甲醇合成气体、氢、苯、甲烷、一氧化碳、二氧化碳及其它气体的化工设备；

- (4) 天然气液化及分离设备;
- (5) 低温液化气体贮槽及运输设备;
- (6) 氮液化与极低温制冷设备;
- (7) 原子反应堆气体处理设备;
- (8) 废水净化设备等。

该分公司可承担上述低温设备及有关技术的研究、设计与制造,包括咨询服务、工程管理、进度与成本控制、工艺设计、施工设计、器材选购、建筑、安装、投产及维修等,还设有专职部门处理代培人员。该分公司拥有完备的实验室及试验设备,有一台先进的IBM 370/155大型电子计算机,用于研究设计和管理工作,设计工程能力达200万小时。

该分公司下设有二个设备厂,即汉里格尔克劳特设备厂(Höllriegelskreuth)和赫尔兴设备厂(Schalchen),两厂面积超过70000米²,每年生产能力达180万小时,每年制造设备用钢材14000吨,用铝材2000吨。前者拥有工人400名,主要制造小型精馏塔、换热器、液化器等和小型空分设备的组装,厂区新建有林德公司七层研究设计大楼。赫尔兴设备厂位于慕尼黑以东100多公里的特劳斯堡附近,全厂职工1050人,其中工人700多人,技术人员300多人,主要制造低温贮槽(罐)、列管和盘管热交换器(包括蓄冷器)、钢制容器以及空分设备、其它气体分离设备的组装等。

该分公司仅制造低温设备的本体部分,其配套的透平膨胀机、活塞式膨胀机、活塞式空压机和氧压机,低温液体泵和特殊气体透平压缩机等,则由林德公司工业制冷分公司的苏斯机器厂(Sürth)制造,其它如板翅式换热器、透平空压机和氧压机、电力设备、电器等均外购配套。

苏斯机器厂位于西德科隆城附近,有职工3000余人,工人有2000余人,其余大多为设计研究人员,技术人员中工程师约300名,仅在透平机械的一个科有50余人。该厂主要研究和生产活塞式空压机和无润滑氧压机、制冷压缩机、活塞式和透平膨胀机、低温液体泵和特殊气体透平压缩机以及各种冷冻设备等。

林德公司在石油化工方面成就也十分可观。1912~1970年共生产160多套合成氨用的气体分离和低温氮洗设备,可供700万吨/年合成氨用。1975年前七年内建造了十二个乙烯烃类化工厂,总能力为350万吨/年;共生产90多套乙烯制造装置,最大为32万吨/年。至1975年止建成了500多个化工厂,还为美国建造日产1100吨高炉气分离装置。在超低温方面,已建造60多套氮液化设备,最大容量为100升/时,制冷能力最大为1.8K 350瓦氮制冷机。

2. 法国空气液化公司^[4]

法国空气液化公司(L' Air Liquide)建于1902年,是法国唯一的空分设备制造厂家,亦是世界上资格最老的空分设备制造公司之一。它不仅垄断了法国国内的氧气供应(在法国境内有3000公里长的输氧管道),而且在五大洲50多个国家拥有300多台装置,还有620哩长的输气管道。

该公司的总部设在巴黎,在法国和海外有100多家子公司,子公司下有350个分厂,分布于53个国家。在法国、加拿大、意大利和日本拥有低温设备制造厂,在西班牙和阿根廷也有规模较小的制造厂。全公司有职工22000名,国内外约各占一半。

法国空气液化公司的主要收入为销售工业气体。1971年总销售额为4.53亿美元,其中工业气体占55%,工业气体租用设备占23.5%,气体分离装置占8.5%,化工产品占9%,其它

占4%。1977年总销售额达12.279亿美元。

该公司低温设备设计与研究中心设在巴黎东郊的向比尼 (Champigny), 有工程师500名。另外与低温技术有关的还有两个研究中心: 在格勒诺布附近的沙土那日低温技术研究中心, 主要研究接近绝对零度时物质的特性和物理、电子研究、宇宙研究、生物、食品研究及设备原型研究; 在凡尔赛附近的劳恩诺沙斯的克劳特-德洛赫莫研究中心, 主要研究气体的生产、分离、纯化及气体在各领域里的应用。

法国空气液化公司下设有: 机械工程与建造推销部, 低温材料设备部, 气体分部、焊接分部等。机械工程与建造推销部 (D·C·V·M) 主要经营:

(1) 空分设备: 氧 (氮) 容量从25~5万米³/时, 已生产1000多台, 可提取氧、氮、氩、氦、氖、氪、氙, 可根据用户要求供货, 最大订货为66700米³/时×6台。

(2) 高纯氮设备: 纯氮产量从250~2800米³/时;

(3) 天然气处理设备;

(4) 氢的生产与净化设备;

(5) 高压氮净化设备;

(6) 使用NH₃-H₂同位素交换重水设备;

(7) 特种设备。

法国空气液化公司空分设备的生产开始于1910年, 至1976年底共发展383种1050套, 其中10000米³/时以上大型空分设备有54种67套, 最大机组为50400米³/时, 详见表1-3。1976

表1-3 法国空气液化公司历年空分设备生产情况

年 份	生 产 套 数						容 量 水 平 (米 ³ /时) 套 数						品 种 发 展 数	最大机 组容量 (米 ³ /时)
	小 计	气氧 设备	气氮 设备	氧氮 设备	液氧 液氮 设备	高纯 氮设备	1000 以下	1000~ 10000	10000~ 20000	20000~ 30000	30000~ 40000	40000 以上		
1910~ 1970	918	425	239	187	41	26	658	222	32	4	2		308	38000
1971	23	5	3	11		4	7	9	3	1	2	1	20	43700
1972	13	5	1	7			5	3	3	1		1	9	45000
1973	24	4	4	10		6	6	10	3	2		3	15	50400
1974	48	27		12		9	33	14	1				16	16250
1975	14	2		5		7	8	5			1		9	30000
1976	10		3	7				3	2	5			6	29600
合计	1050	468	250	239	41	52	717	266	44	13	5	5	383	

年该公司与南非煤炭与气体有限公司签订合同, 向后者提供6套66700米³/时空分设备, 1978年底安装投产三套。

该公司仅生产空分设备的本体部分和贮槽, 由在巴黎附近的二个厂承提。一个在塞纳河畔维特里 (Vitry-Suy-Seine), 主要制造精馏塔板、精馏塔和蓄冷器, 亦制造贮运设备, 另

一个设在马恩河畔香彼格里 (Champigny-Suy-Marne), 专门制造热交换器和汽化器, 并有大型金工车间, 可加工热交换器管板、调节器和生产液氧泵。两厂共有工人 500 名。对于空分设备的其它主要成套机组, 如透平空压机、透平膨胀机、离心式液氧泵、板翅式换热器等, 则均由西欧各国配套。其配套厂家如下:

- 空气透平压缩机: 西德 G · H · H 和 Demag 公司;
- 透平膨胀机: 西德 G · H · H 和 Linde 公司以及瑞士的 B · S · T 公司;
- 离心式液氧泵: 法国的 VIRAX 和 Guinard 公司;
- 板翅式换热器: 法国的 Cemat 公司;
- 氧气压缩机: 西德 Demag 和 G · H · H 公司以及瑞士的 B · S · T 公司。

该公司生产空分设备能力较强, 1973 年生产了八套大型空分设备, 制氧能力达 23.5 万米³/时。该公司生产的空分设备, 精馏塔是采用波纹塔板与其它公司均不相同, 不论在制造技术、流程先进性、成套设备性能等方面均是西德林德公司劲敌。

3. 日本酸素株式会社⁵⁾⁽⁶⁾

日本酸素建于 1910 年, 它是以出售氧、氮、氩及乙炔、氢等气体为主的一个公司, 同时也生产一些空分设备、深冷气体设备、低温装置等。经营的范围是:

- (1) 气体部门: 氧、氮、氩、氦、氢、乙炔、液化石油气、焊接切割用器具材料等。
- (2) 机器部门: 液氮、干冰式食品速冷装置, 液氮低温粉碎装置, 冷冻土木工程系统, 污水处理用氧溶解装置等。
- (3) 成套化工设备部门: 空分设备、深冷气体分离装置、各种低温装置、真空蒸馏装置、宇宙海洋环境试验装置、压缩机。
- (4) 出借部门: 专用氧气工厂。

该公司设有一个分公司和 7 个事业所, 拥有一个制作所和 3 个氧气厂及一个研究所, 共有职工 2366 人, 其中技术人员 566 人。1977 年 3 月有资本金 97 亿日元, 1976 年 6 月, 其总销售额为 601.41 亿日元, 其中机械装置占 12%; 利润为 25.6 亿日元; 每人平均销售额为 2584.1 万日元, 每人平均利润为 108.2 万日元。

日本酸素空分设备的生产始于 1934 年, 至 1977 年共生产 632 套, 其中 10000 米³/时以上大型空分设备 41 套, 详见表 1-4。目前该公司已完成 60000 米³/时大型空分设备的设计, 并可

表1-4 日本酸素历年来空分设备生产情况

年 份	生 产 套 数						容 量 水 平 (米 ³ /时) 套 数						品 种 发 展 数	最大机 组容量 (米 ³ /时)
	小 计	气氧 设备	气氮 设备	氧氮 设备	液氧 液氮 设备	高纯 氮设备	1000 以下	1000 ~ 10000	10000 ~ 20000	20000 ~ 30000	30000 ~ 40000	40000 以上		
1934 ~ 1972	604	376	71	83	44	30	504	78	17	2	3		149	35000
1973	7	1		4		2	2	2	1		2		3	35000
1974	5			3		2	2		1		2		5	35000
1975	7	1		3		3	2	2	2		1		6	30000
1976	8	1		5		2	1	2		3	2		5	35000
1977	6	2		3		1	1		1	3	1		5	35000
合计	637	381	71	101	44	40	512	84	22	8	11		173	

接受订货。其低温技术发展简况如下:

- 1934年制成第一台40米³/时空分设备;
- 1938年制成2升/时氮液化设备;
- 1943年制造50台5米³/时制氧车;
- 1956年制成1200米³/时液氧设备;
- 1961年制成配55米³/时氮设备的4000米³/时空分设备;
- 1963年与西德林德公司技术合作制造空气与气体分离设备;
- 1964年制成全铝的5000米³/时空分设备,开始配套住友精密会社的板翅式换热器;
- 1966年制成12000米³/时大型空分设备;制成40升/时氮液化设备;
- 1967年与英国签订高纯度氮产品技术合作;
- 1972年制成35000米³/时空分设备和250升/时氮液化设备。
- 1974年设计完成60000米³/时空分设备和72000米³/时90%氧的空分设备。

该公司空分设备的生产是在东京制作所内进行的,它仅制造空分设备的本体部分,其它如大型空压机和氧压机、板翅式换热器等均由外公司配套。空压机和氧压机由日本石川岛重工播磨株式会社提供,板翅式换热器由日本住友精密提供。1976年6月该制作所拥有工人605人,机械设备3.64亿日元;占地面积为53163米²,建筑面积为33433米²。该制作所下设三个工场,分别制作低温泵和透平膨胀机、钣金工产品、大型设备。

日本酸素对科研工作较重视,至1973年共有专利97个其中空气分离、气体深冷分离装置方面有35个,冷却工艺、液化气体方面7个。为了进一步加强技术研究工作,以便在技术上与其它公司竞争,于1973年8月1日建立日本酸素(株)技术本部开发中心,设有三个研究室和二一个组,共有人员55人,其中研究人员46人,主要从事低温、高压、高真空技术、食品机器的研究;宇宙、海洋、公害、原子能等方面的研究以及气体微量分析的研究。经过几年的工作,已在空气及气体液化技术和液氮、液氢的冷冻液化方面取得成绩。

该公司空分设备技术与西德林德公司进行合作,其工艺流程及设备选型等基本与林德公司相同。

4. 日本日立制作所⁽⁶⁾⁽⁷⁾

日立制作所建于1910年,是日本最大的电工机械企业。下设有10个营业所,负责生产、销售和工业性研制工作以及生产技术改造等;拥有27个工厂和6个研究所(公司一级);在国外尚有40多个营业所和30多个办事处。该公司主要经营:动力机械和重型电工机械;家用电器;通讯电子设备及测量仪器;产业机械;交通运输机械及其它等。其中产业机械包括有:压缩机、鼓风机、泵、化工设备、空分设备、制冷机、空调设备等。1977年3月,该公司共有职工71569人,拥有资本金1293.1亿日元,总销售额为12948.71亿日元,其中产业机械销售额为2048.38亿日元,约占15%。

日立制作所于1950年才开始从事低温技术工作。1952年开始制造空分设备(全低压300米³/时);1959年制成用于合成氨氮洗装置的全低压空分设备;1960年制成用多级离心式液氧泵加压的空分设备;同年制成带透平膨胀机的中压空分设备;1961年制成10000米³/时大型空分设备;1963年开始研制铝制低温机器;1965年开始在空分设备上采用铝板翅式换热器;1966年制成9%镍钢的液氧贮槽;1967年制成中压式液氧装置并制成500吨9%镍钢球形液氧贮槽;1969年制成150升/时氮液化设备,透平膨胀机转速为20万转/分;1971年制成30000

米³/时空分设备；1974年制成高炉用的47000米³/时90%氧的空分设备；从1977年起致力于降低空分设备能耗的研究。20多年来，日立在低温气体分离方面获得的专利有70项。至1976年止，日立共生产空分设备 128 套，其中10000米³/时以上大型空分设备有30套，见表 1 - 5。

表1-5 日本日立历年来空分设备生产情况

年 份	生 产 套 数						容 量 水 平 (米 ³ /时) 套 数						品 种 发 展 数	最大机 组容量 (米 ³ /时)
	小 计	气氧 设备	气氮 设备	氧氮 设备	液氧 液氮 设备	高纯 氮设备	1000 以下	1000~ 10000	10000~ 20000	20000~ 30000	30000~ 40000	40000 以上		
1952~ 1972	112	41		66	5		19	66	22	1	3	1	75	47000 (90%)
1973	9			3	2	4	4	5					8	7500
1974	1	1						1					1	1000
1975	4	1		2		1	1	1	1	1			4	26000
1976	2			1	1			1			1		2	30000
合计	128	43		72	8	5	24	74	23	2	4	1	90	

日立空分设备的生产是在笠户工场进行的。该工场已有50多年历史，早期以生产车辆为主，1941年开始制造化工机械。现已发展为车辆与化工各占一半的综合性工场，由车辆制造、化工机械制造及搬运机械制造三大部分组成。化工机械制造部分生产化工设备、深冷设备及环境机械等，产品有石油精制、石油化学、合成纤维、合成树脂、化肥、有机药品及空分设备、气体分离及液化设备、低温贮槽、膨胀透平等。该厂总面积为 863000 米²，其中厂区 428000 米²；建筑面积为199000米²，其中厂房办公室为153000米²。全厂共有人员2643人，工人有1453人，占55%；技职人员1190人，占45%，其中技术人员：化工设计 150 人，现场60人；车辆设计100人，现场60人；研究人员40~50人。

笠户工场中，化工机械制造用的主要设备有：

剪板机： 3 台，规格为3000× 6、2000× 16、3050× 16（毫米）。

刨边机： 5 台，规格为9000× 50、2000× 70、4000× 120、开式龙门刨床1000× 4500(毫米)。

弯板机： 4 台，规格为3000× 9，3000× 24、4500× 30、4500× 70、4500× 150(毫米× 吨)。

冲床： 5 台，规格为7 × 200、250× 320、250× 300、200× 300、500× 300(吨× 毫米冲程)。

水压机： 10台，能力为1000、800、500、250、150（吨）等。

外缘翻边机： 3 台，封头成型能力为φ 4米× 40吨。

立式车床： 5 台，最大为φ 6500× 2200（毫米）。

角度折弯机： 1 台，滚筒直径 650 毫米，转速 3.4 转/分，压力70吨。

交流电焊机： 200台，其中500安有166台，400安有19台等。

直流电焊机： 76台，其中1000安有12台，500安有30台等。

桥式吊车：28台，能力为5～50吨。

重吊：一台，规格为200吨×30米。

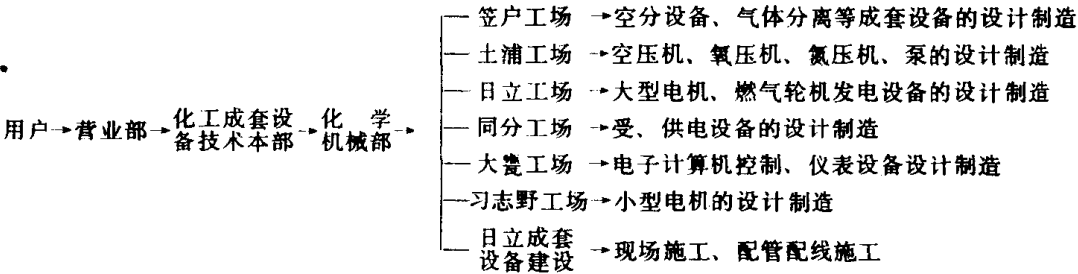
笠户工场低温设备制造部门，主要在第二制作课，共有人员299人，车间情况如表1-6。

表1-6 日立笠户工场低温设备制造车间简况

车间	大小(米)	轨高(米)	行车(吨)	人 数	生 产 内 容
J ₁	10×102	7	5	钣金工31人	塔、热交换器，
J ₂	20×102	7	10	焊工15人	
M ₆	11×42	5	2	焊工、钣金工8人	精馏塔板组装、总装，
M ₅	20×24	(17) (18)	25 10		精馏塔组装

日立空分设备的配套机器由土浦工场生产，1974年该厂由龟有、川崎二厂合并而成，现有职工1650人，占地面积为427000米²，建筑面积为175000米²，机械装置为20.94亿日元，主要生产泵、压缩机、冷冻机、变速器等。

日立制作所根据用户需要，在制造重型电工机械的基础上，集中了化工、机械、土建、冶金、电气以及仪器仪表等方面的技术专家，组成了有设备设计、施工、维修管理的一系列技术队伍，可提供空分设备及其配套机组以及电器仪表控制等方面的成套部件。该公司空分设备的成套性较强，除板式热交换器由住友精密配套外，其它均自己成套，其化工设备的成套机构见下页。



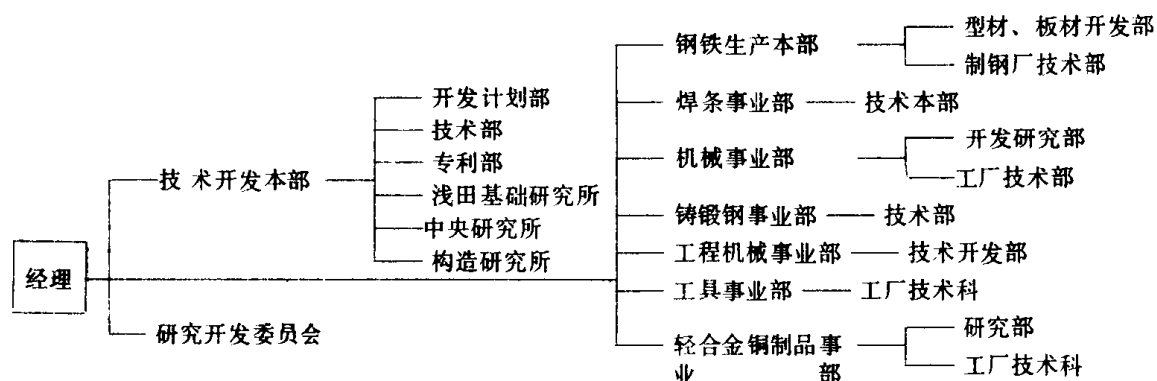
日本日立空分设备的特点是：配套的离心式空压机已采用三元翼叶轮，空压机冷却器采用板式换热器，透平膨胀机效率达90%，从而使单位电耗降低；采用优质板式换热器，使运转周期达2年以上；有些机组可做到无人管理等。

5. 日本神户制钢所〔6〕〔8〕〔9〕

神户制钢所是一个中型钢铁与机械制造的联合企业，建于1911年。其主要产品为钢铁、轻合金和铜制品，以及各种产业机械（化工设备、成套设备和工程机械等）。公司下设钢铁生产、焊条、机械制造、铸锻钢件、工程机械等七个事业部，拥有三个研究所和21个工厂。其组织机构见下页。

1977年3月，日本神钢共有职工34198人，其中男职工30795人（平均年龄33.5岁），女职工3403人（平均年龄25岁）；总销售额为8967.39亿日元，其中机械制造为1969.92亿日元，占22%；利润为113亿日元。平均每人销售额为2600万日元，平均每人利润为33万日元。

神钢于1934年开始生产空分设备（5升/时液氧）；1936年在120米³/时空分设备上配1米³/时的制氩设备；1950年制成全低压3000米³/时空分设备；1960年制成10000米³/时大型



空分设备；1963年试制成功板翅式换热器，1965年起在空分设备中应用，至今已生产 1000 多只；1972年制成30000米³/时空分设备；1976年接受35000米³/时空分设备的订货，目前已设计完成50000米³/时空分设备。神钢至1974年止共生产空分设备146套，其中10000米³/时以上空分设备为26套，详见表1-7。

表 1-7 日本神钢历年空分设备生产情况

年 份	生 产 套 数						容 量 水 平 (米 ³ /时) 套 数						品 种 发展数	最大机 组容量 (米 ³ /时)
	气氧 设备	气氮 设备	氧氮 设备	液氧 液氮 设备	高纯氮 设备	小计	1000 以下	1000~ 10000	10000~ 20000	20000~ 30000	30000~ 40000	40000~ 以上		
1934~1970	41	12	56	10		119	25	74	16		4		76	30000
1971			1			1			1					11000
1972	5		16			21	1	16	4				4	11000
1973	1	2	1			4		3			1		3	30000
1974		1				1		1					1	1850N ₂
合计	47	15	74	10		146	26	94	21		5		84	

神钢空分设备是在大久保化工机工场、高砂工场和岩屋工场制造的。1977年3月，该三个工场的情况如表1-8。大久保化工机工场生产空分设备的主体部分，其装配车间有八个装配合，可同时装配八套大型空分设备；热交换器车间制造板翅式换热器，该车间有二跨（18米×100米），轨高8米。车间的主要设备有：

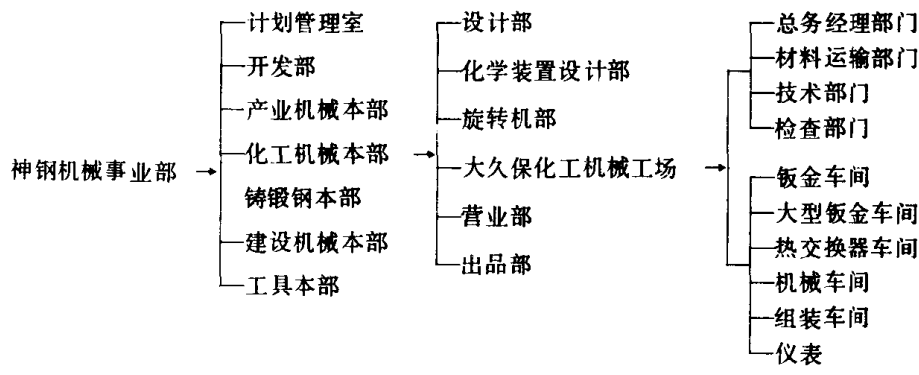
翅片成形机12台；波纹板清洗装置一套；肋条铣槽机2台；水压试验泵一台；疲劳试验

表 1-8 日本神钢大久保化工机、高砂、岩屋工场情况

	人 数	占地面积 (万平米 ²)	建筑面积 (万平米 ²)	机械装置 (百万日元)	投 资 (百万日元)	产 品
大久保化工机工场	834	11.3	3.9	1252	2144	各种分离设备、其它化学机械等
高砂工场	3464	150	30.5	20398	40625	压缩机、工程机械、矿山机械、土木建设用机械等
岩屋工场	870	13	6.0	1102	2392	压缩机及其它产业机械

台一台；气阻试验台一台；倒水灌水回转台一个；烘干装置一个；各种钎接机械；封头接管位置校正平台；板式清洗装置；波纹整平机一台；钎接炉二个（容量为 $3660 \times 1525 \times 1245$ 毫米和 $8000 \times 3600 \times 2250$ 毫米）。

神钢大久保化工机械工场的管理体系如下：



日本神钢空分设备的部机和配件过去大多由本公司自己制造，近年来改进了管理，把相当一部分零件移交外厂配套或协作。这样起到了简化管理、减少人员、加速配套和提高利润的目的。其配套和协作情况如下：

- 液氧泵：日本西岛泵厂；
- 贮槽和氩纯化装置：大坂酸素；
- 阀门：大河重工；
- 仪表：富士电机；
- 仪表压缩机：三国重工；

此外，封头、精馏塔塔板、切换阀、加热风机、空压机冷却器、油箱、过滤器和增速器等也由外厂协作；另外与外厂协作的还有相当数量的铸件、热处理件和加工件。

日本神钢具有每月生产三套 $2000 \text{米}^3/\text{时}$ 空分设备或一套 $30000 \text{米}^3/\text{时}$ 空分设备的能力，交货期大约为9～13个月。在投产9～13个月后，可连续每月提供上述数量的空分设备。

日本神钢在生产空分设备的过程中，曾引进一些外国技术。如1955年引进瑞典Svenska Rotor Maskiner Aktiebolag公司螺杆压缩机技术；1961年与瑞士Cooper-Bessemer S·A公司签订生产往复式压缩机许可协议；1961年从美国引进铝制板翅式换热器专利；1966年与美国Allis-Chalmers公司签订生产离心式压缩机许可协议等。

6. 英国氧气公司〔10〕〔11〕

英国氧气公司（British Oxygen Company Limited）建于1886年，原名为Brins Oxygen Company，1906年改用现名。该公司1967年与美国空气精炼公司（Air Reduction Company）合并，称为BOC-AIRCO，1971年又散伙。该公司共有65个子公司和入股公司，拥有164个工厂。1975年雇用人员为42500人，英国国内为20433人。该公司主要经营制造销售工业气体和医用气体、空气分离设备、气体分离设备、低温设备、焊接与切割设备、氧气医疗设备、化学品、真空冶炼设备、低温槽车及冰箱等。其经营遍及25个国家、90个地区。1975年总销售额为9.93亿美元，出口额达7800万美元，利润达3800万美元。

英国氧气公司于1940年开始生产空分设备，1940～1946年生产了约200台 $4 \text{米}^3/\text{时}$ 空分设备；1956年开始生产 $3000 \text{米}^3/\text{时}$ 以上空分设备；1966年制成 $20000 \text{米}^3/\text{时}$ 空分设备；1970年制成同时生产粗氩、氦和氖氮的 $25000 \text{米}^3/\text{时}$ 空分设备。据称目前可生产1500吨/天（约

45000米³/时)的设备。至1977年止,该公司共生产空分设备 452套,其中10000米³/时以上大型设备有31套。详见表 1-9。

英国氧气公司空分设备的设计制造是由其子公司低温设备公司 (Cryogenic Plant Limited) 承担的。低温设备公司共有职工 850 人,其中技术人员约 200 人,从事科研工作 8 人。设备的生产在该公司的埃德蒙顿工厂进行,如尺寸许可、在厂内进行预装。该厂制造车间共有七跨,简要情况如下:

跨 数	厂 房 尺 寸 (米)			行 车		
	长	宽	高	数量	吨位	吊钩高度 (米)
1	97.4	22.9	18.3	2	25	14.6
2	97.4	18.3	9.8	4	10	7
3	36.6	18.3	9.1	4	10	7.6
1	27.4	13.7	4.4	1	5	3.6

表1-9 英国氧气公司历年空分设备生产情况

年 份	生 产 套 数						容 量 水 平 (米 ³ /时) 套 数						品 种 发展数	最大机 组容量 (米 ³ /时)
	小计	气氧 设备	气氮 设备	氧氮 设备	液氧 液氮 设备	高纯氮 设备	1000 以下	1000~ 10000	10000~ 20000	20000~ 30000	30000~ 40000	40000~ 以上		
1940~1972	393	303		58	26	6	286	98	8	1			44	25000
1973	10	8		2			1	5	2	2			9	25000
1974	14	12	1	1			3	5	4	2			12	25000
1975	16	8	3			5	3	10	1	2			14	25000
1976	3	2	1					3					2	
1977	16	1		13	1	1		12	2	2			11	25000
合计	452	334	5	74	27	12	293	133	17	9			92	

该厂拥有加工设备的情况请见资料^[12]。该厂仅制造空分设备的本体部分,其它机组则由西欧各国配套,配套情况如下:

空气透平压缩机: 西德 Demag、G.H.H公司或瑞士 BST 公司;

透平氧压机: 西德 Demag 或瑞士 BST 公司;

活塞氧压机: 西德 Linde 或瑞士 BST 公司;

透平膨胀机: 西德 Linde 公司;

液氧泵: 西德 Linde 或瑞士 Cryostar 公司;

板翅式换热器: 英国 Marston 公司。

低温设备公司除生产空分设备外,还生产氨液化设备、天然气液化设备、低温贮槽以及其它低温设备等。

7. 苏联^{[13][14]}

苏联空分设备的生产始于1932年。在头几个五年计划期间制成氧气量为30~250米³/时的系列装置,以及几种能力为7~30升/时的专用液氧设备;1951年,12500米³/时95%氧的大型低压空分设备投入运转;1966~1970年,苏联共提供制氧能力为150万米³/时的空分设备;1970~1975年,设计完成K_T—70、K_{AP}—30、K_TK—35—3、KA—5、A—8—1和K_x—6等新型空分设备。K_T—70可生产66000米³/时95%氧和3500公斤/时液氧,该设备正在建造中;K_{AP}—30可生产30000米³/时99.5%氧,并可同时提取350米³/时纯氩和氮-氩、氦-氮混合物;K_TK—35—3可生产25000米³/时95%氧并可同时生产10000米³/时纯氧。苏联在生产大型空分设备的同时,还生产小型和中型的固定式和移动式空分设备。其小型设备,大多采用中压循环(40~60大气压)或高压循环(200大气压),采用分子筛吸附净化和干燥空气,近年来还对采用中压或高压透平膨胀机代替活塞式膨胀机进行了大量工作,并开始在产品中应用。在大型空分设备中,大都还采用蓄冷器,但目前已完成采用板翅式换热器的研究和试验设计工作。对大型空分设备的精馏塔,苏联也进行了一系列试验,设计出径流式筛板结构,并已应用于K_T—70设备上,目前正在研究采用效率较高的喷射型或涡流型的塔,以期在超大型100000米³/时空分设备上应用。

为了使科研成果较快地应用于生产,苏联近年来成立了《制氧机械》科研生产联合公司,使科研和生产在现场结合。

8. 其它公司

国外制造空分设备的主要公司还很多,除上述几个外,其它一些公司请参见资料^[12]。

二、工艺流程

空分设备的工艺流程是随着空分设备本身技术的发展而不断完善的,其发展过程是从高压、中压、高低压向全低压方向发展的。目前已充分确立了制取气体、液体及同时制取气体液体等的任何型式,其基本流程已趋于一致。目前在空分设备中应用的基本流程有以下几种:

1. 高压流程

该流程主要用于小型空分设备,其特点是:

- (1) 空气压缩:采用多级高压活塞式压缩机;
- (2) 杂质净除:采用碱液洗涤净除二氧化碳,硅胶干燥净除水分,液空吸附器净除乙炔;近年来多用分子筛吸附净除;
- (3) 热交换:采用绕管式热交换器、过冷器和列管式冷凝蒸发器;
- (4) 产冷:高压节流循环;
- (5) 精馏:双级或单级精馏塔。

图1-1示出美国高级空气制品公司(Superior Air Products Co.) D型高压空分设备的工艺流程^[15]。

2. 高压带膨胀机流程

该流程主要用于中小型液体设备,其特点除产冷主要靠高压带活塞式膨胀机外。其空气压缩、杂质净除、热交换、精馏等与高压流程相同。图1-2示出意大利里伏拉(Rivoira)的APL/ON型高压带膨胀机的工艺流程^[16]。

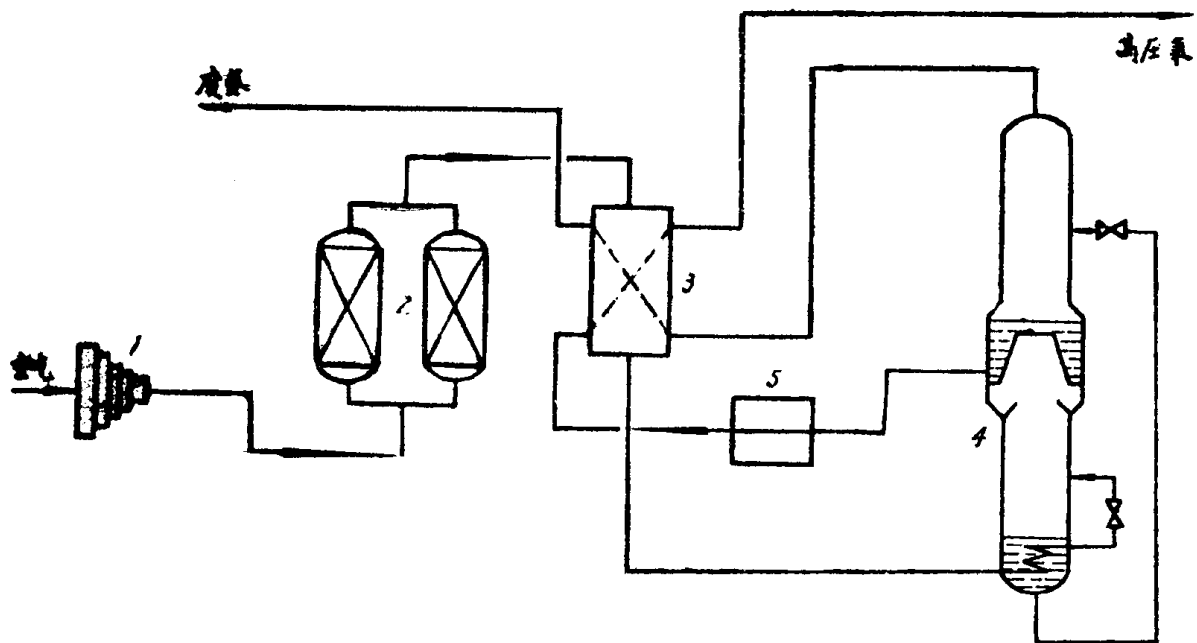


图 1-1 D型高压空分设备流程

1. 高压空气压缩机; 2. 分子筛纯化器; 3. 热交换器; 4. 精馏塔; 5. 高压液氧泵。

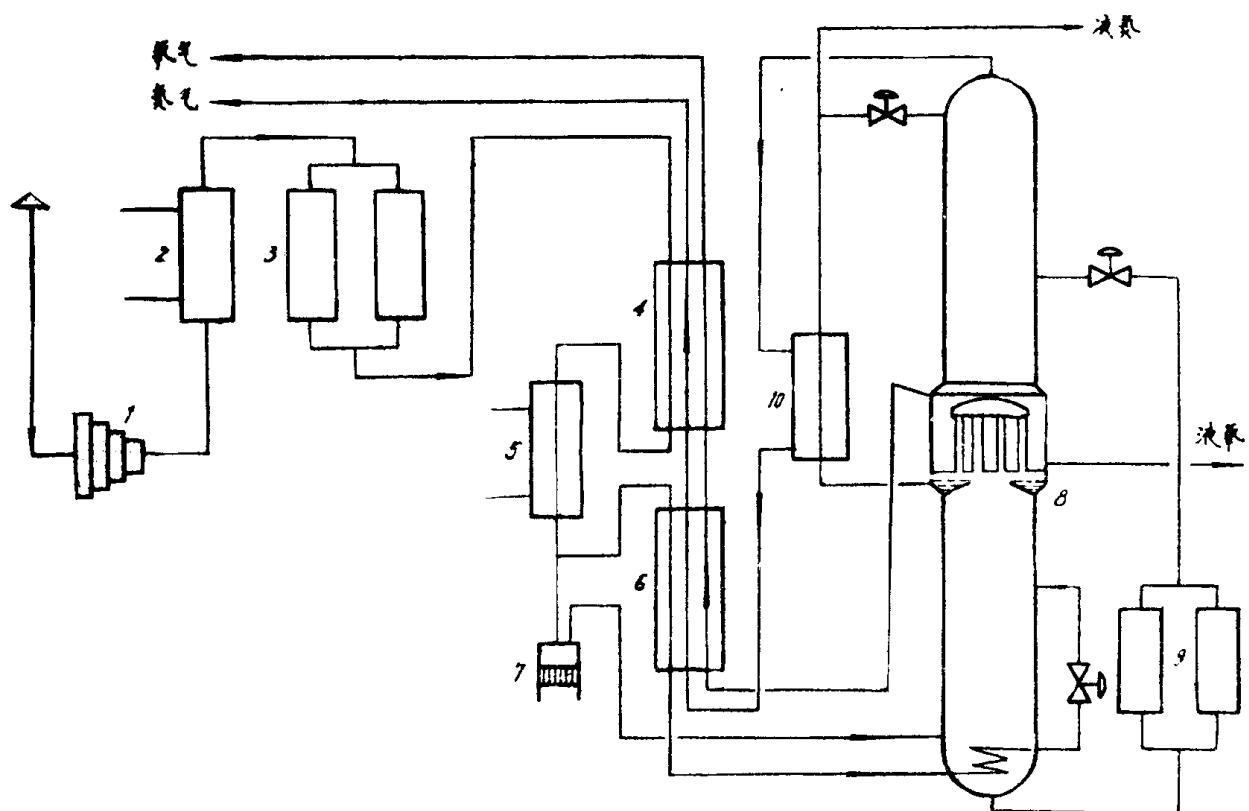


图 1-2 APL/ON 型高压带膨胀机工艺流程

1. 高压压缩机; 2. 水冷却器; 3. 分子筛吸附器; 4、6. 热交换器;
5. 低温制冷机; 7. 膨胀机; 8. 精馏塔; 9. 液空吸附器; 10. 过冷器。

3. 中压带膨胀机流程

该流程主要用于中小型空分设备，其特点是：