

国外机械技术资料

赴日制氧机监造技术总结

开封空分设备厂

第一机械工业部情报所

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地
建设社会主义。

古为今用，洋为中用。

前 言

“赴日本制氧机监造技术总结”是根据开封空分厂孙关荣同志于一九七二年十月参加冶金部组织的赴日本空分设备监造小组在日本所见空分设备制造厂的生产制造以及日本各厂所制造的空分设备在用户运转的情况，并结合其它有关技术资料（其中部分系日本制造厂提供的）编写而成。为了减少与“深冷简报”（一九七三年第四期开始发表的）“赴日制氧机检查技术小结”的重复，在编写时，作了某些删节。仅就赴日了解的部分情况，分为概况、空分与设备、制氧机配套机组、板式换热器四个方面加以介绍。但由于有些日方资料的来源不详，估计会存在虚虚实实，真真假假的情况，仅供参考。同时由于水平有限，因此资料中错误和欠妥之处在所难免，诚恳希望读者给予批评指正。

目 录

前言

第一部分 概况	1
一、几家制氧机的制造厂	1
二、管理方面的特点	3
第二部分 空分与设备	5
一、特点	5
二、几个制氧站	8
三、神钢其它分离设备点滴	23
四、制氧设备的予装和安装	30
第三部分 制氧机的配套机组	32
一、神钢制造原料空气压缩机概况	32
1. 神钢的离心式压缩机	33
2. 神钢的轴流式压缩机	35
3. 神钢螺杆式压缩机	36
4. 引进制氧机的配套空压机	37
5. 焊接叶轮	40
6. 空压机的冷却器	50
7. 空压机的试车和安装	51
二、氧气压缩机	59
1. 引进机组的特点	59
2. 引进制氧机的配套氧压机	60
3. 试车方法	61
4. 关于透平氧压机	63
三、透平膨胀机和液氧泵	69
第四部分 板式换热器	73
一、材料与制造工艺	73
1. 材料	73
2. 焊剂	74
3. 钎接时焊根的形成	78
4. 焊前清洗和焊后清洗	79
5. 组装和钎焊	80
二、目前日本板式方面的一些情况	81
1. 结构上的特点	81
2. 工艺和工艺设备	83

第一部分 概 况

一、几家制氧机的制造厂

1. 日本酸素

日本酸素是日本唯一的制氧机制造专业厂。

- 1934年 建立
- 1935年 开始制造 15标米³/时、30标米³/时制氧机
- 1937年 制造 15标米³/时 碳氢分离装置
- 1938年 制造 35米³/时氧压机、15米³/时膨胀机、2升/时氮液化设备和 10升/时液氧泵
- 1941年 制造 100米³/时 乙烯分离设备
- 1942年 制造 4500米³/时 氢精制设备
- 1943年 制造 5米³/时 制氧车 50 台
- 1945年 制造 3000标米³/时制氧机和容量 100升/时、压力 165公斤/厘米²的液氧泵
- 1952年 恢复制造 2000标米³/时制氧机
- 1956年 制造 3000标米³/时制氧机以及 1200标米³/时液氧设备
- 1961年 制造配氮 55米³/时的 4000米³/时 制氧机
- 1962年 制造 2400标米³/时 液氧设备
- 1963年 与林德公司技术合作制造空气和气体分离设备
- 1964年 制造全铝 5000标米³/时制氧机，配套住友精密的板式换热器
- 1966年 制造 12000米³/时 制氧机和 40升/时 氮液化设备
- 1967年 与英国签订高纯度产品技术合作
- 1972年 制造 250升/时氮液化设备和 35000米³/时制氧机(目前日本运转中最大的制氧机)
- 1973年 35000米³/时制氧机已投产四套

日本酸素的制氧机制造量是日本最多的，从 1965 年至 1972 年间，全日本共制造全低压制氧机 105 套，而日本酸素就有 50 套，就容量而论占 60%。日本酸素共有人数 2500 人，其中制造部门 1070 人，自己经营 9 处制氧站，制氧机的生产能力每年达 10~20 万米³/时 (1971 年生产制氧机 12 套，共 16 万米³/时，其它分离设备 3 套)。

日本酸素有三个制造工场。机械设备 240 台、焊接设备 260 台、试验设备 25 台，最大可以生产 50000米³/时制氧机和 500 千瓦以下空气压缩机及透平膨胀机、液氧泵等。

2. 帝国酸素

帝国酸素是法国空气液化公司在日本的子公司。精馏塔采用波纹塔板，是 1960 年从法国引进技术。1969 年制造了一套 3000 标米³/时制氧机，现已投入运转的最大制氧机是 32000 标米³/时，能生产 500~50000米³/时的制氧机或部件，低温槽车的生产量比较大。帝国酸素共有 1460 人。

3. 日立

日立是综合性的电工机械制造企业，其中有部分制造制氧机和低温贮器。

- 1953年 开始制造 $300\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
 - 1957年 开始制造使用石头蓄冷器和采用环流解冻法的制氧机
 - 1958年 制造 $4500\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机（是当时日本最大的）
 - 1961年 制造 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
 - 1963年 制造 $11000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
 - 1964年 开始在分馏塔部分采用全铝结构
 - 1965年 制造 $7000\text{米}^3/\text{时}$ 全铝制氧机，配套住友精密板式换热器
 - 1968年 制造 $15000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
 - 1971年 制造 $30000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
 - 1972年 制造日本目前最大的 $47000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机（尚未投产）
- 日立至今共制造了制氧机 112 套，其中 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 以上制氧机 25 套。

4. 神钢

神钢是钢铁机械方面的托拉斯，制氧机是在它的化工本部大久保工场制造的。

- 1936年 制造 $2000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
- 1946年 制造配氮 $1\text{米}^3/\text{时}$ 的 $120\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
- 1950年 恢复制造 $3000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机
- 1956年~1957年 研究制造了 10 套采用石头蓄冷器的制氧机
- 1960年 制造 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机和出口苏联的 $17500\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机（6 套）
- 1961年 从美国引进板式换热器技术
- 1963年 板式换热器试制成功
- 1965年 开始用板式换热器作可逆式热交换器
- 1966年 提出了用板式换热器代替石头蓄冷器的报告
- 1970年 制成 $21000\text{米}^3/\text{时}$ 全板式制氧机
- 1972年 制成 $30000\text{米}^3/\text{时}$ 全板式制氧机

神钢至今共生产了板式单元 1000 个，最大可以钎接 $7000 \times 1000 \times 1000$ 的板式，最高工作压力达 $100\text{公斤}/\text{厘米}^2$ 。神钢共生产了制氧机 150 套，最大的是 $30000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机。

神钢大久保工场有 1200 人，其中板式换热器制造部门 70 人（不包括设计人员），有切断设备 26 台，成形设备 14 台，焊接设备 255 台，年产制氧机能力 $10\text{万米}^3/\text{时}$ （1973 年制造 $1500\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机 9 套、 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机 4 套、 $30000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机 1 套、 $5000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机 1 套以及 $1000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机 1 套）。

5. 住友精密

住友精密是在 1961 年从住友金属分出来的一个机械、热交换器类制造厂。住友金属早在 1954 年就开始制造铝钎焊换热器，提供为航空冷却器用。1963 年住友精密向英国 H·C·I 公司买了大型板式换热器的制造技术，1965 年开始制造大型板式换热器，至今共生产了板式换热器 1030 个单元（提供给大型制氧机配套 59 套）。目前能焊钎的最大板式单元是 $1200 \times 1200 \times 5600$ 。住友精密有 1300 人（其中板式换热器和其它换热器制造方面 350 人）。

二、管理方面的特点

1. 生产计划管理方面

日本较大的一些企业，在计划管理方面虽都采用了计算机控制，但管理人员数量仍较多，例如：西岛泵厂占 13.7%，日本酸素占 13.8%，神钢大久保工场占 14%。在管理方面有一整套以钱为基础的维护资本集团利益的制度，企业的管理人员是代表资本集团利益的资本家代理人，资本家有一套责任制来考核，对工人则是严格的管卡制度。在机床设备的安排上考虑到人力充分发挥，普通机床的配备比较多，大机床的缝隙里配有小机床，由大机床操作工兼管，在车间配有行车，悬臂吊车，杠杆吊车等多层起重工具。材料的管理到生产的出厂周期是紧凑的，材料的进厂数量、规格、使用，全控制在材料定额管理人员手里，每个零件的下料用那块料，那个地方都是卡死的，材料的利用率较高。配套的专业化协作也是生产管理上的一个特点，据称配套专业化利润高、配套快、人员可以减少，管理简化。例如，神钢就有一批专业化的小厂为它配套，很多东西神钢过去自己做的，后来改进管理交给小厂了。在制氧机生产方面，全部封头，（包括板式封头）、精馏塔塔板（神钢自己组装）、液氧贮槽和蒸发器、切换阀和其他阀门、氩纯化设备、过滤器、液氧泵、仪表空气压缩机、加热风机及相当部分的铸件、加工件、热处理等都是协作的。另外，空压机、氧压机和膨胀机虽由神钢内部的专业厂生产，但机器的过滤器、换热设备等也是外协的，这样在质量方面也有一定的保证。神钢的 1500 标米³/时制氧机基本上可以做到二个月三成套，10000 标米³/时制氧机一个月一成套。日立 6000 标米³/时制氧机也是一个月一成套。

制氧机的设计、制造、安装、调试、运转一手包到底的管理方法，显然有一定的好处。到目前为止，日本的制氧机制造厂都不同程度的自己经营制氧站，特别是日本酸素的制氧站最多。神钢本身既是设计制造厂，也是使用厂，即使是提供给其他国家的制氧机也采取了由制造厂安装调试的办法，这样对使用厂可缩短投产周期，运转可靠性大，对制造厂也可以吸取经验，提高水平。

2. 技术管理方面

技术管理方面，从研究、试制到生产的一套方法是完整的，还表现在层次多，人员多，一般产品都经样机、试制样机、再到设计投产的过程。神钢研究人员近 10%，技术人员 15~20%（其中工艺人员 5~8%），专业化厂技术人员要少一些（神钢共 34000 人，设有中央研究所，下设十室二场，共有 3300 人，还有技术开发部 40 人；神钢大久保工场 1200 人，技术人员 200 人，占 16.6%；日本酸素 1070 人，技术人员 201 人，占 18.7%；西岛泵厂 1020 人，技术人员 80 人占 7.8%）。

系列化和标准化也是技术管理上的一个特点，神钢的制氧机，从 200 米³/时到 20000 米³/时，都作了计算和各设备的设计。空压机、氧压机也采取了相当一部分标准化零部件，离心式空压机的叶轮和相应的机壳、隔板都完成了系列化计算和设计试验。这样，一方面缩短了技术工作的周期，也可以有机会充实已存在的技术资料和研究新的东西。

日本在技术发展的过程中，大批的引进了外国技术，日本至今已买进专利 15000 多项，并以此充分的发挥模仿能力和改进能力，成为日本参加国际市场竞争的雄厚基础。

3. 质量管理方面

日本一些大企业的质量管理，一方面以完善的技术管理为基础，并配合以检查部门本身的雄厚技术力量，另一方面检查部门也有较大的权限。技术文件的准确可靠，成为质量管理的依据。检查人员都是具有相当学历，大部分都是帝国大学毕业的技术人员和干部，对执行权限就有了方便的条件和力量，日本这种检查部门都是直属于企业的最高机构，适合于强制性生产管理的环境，对质量问题出现后的处理之严也保证了这种质量管理制度的实行。实际的质量情况：神钢的岩屋工场（制造活塞式氧压机和膨胀机），大约1~2个月出一件废品。检查人员的数量根据生产情况而有所差别，神钢大久保工场的板式换热器制造部门，工人70人，有5人检查；高砂工场的空压机制造部门，工人240人，却有52人检查。

4. 生产率

由于工业比较发达，机械设备和制造工艺的水平比较高，生产率也比较高。一般每人年产值日元是650万~1300万。（日元/人民币=130/1）例如：神钢34000人，年产值2500亿；日立100000人，年产值10000亿；三国重工（生产仪表空压机）200人，年产值25亿；大阪制锁（生产增速机）500人，年产值50亿。

总之，资本集团在管理上是想方设法以获得更大的利润和竞争力量。

第二部分 空分与设备

日本几家制氧机的制造厂都有自己固有的技术体系和特点，产品的配套和水平都有他们自己的风格和习惯。日本酸素基本上是林德的体系，配套比较可靠，也比较成熟，设备的灵活性比较大，各方面先进的程度较多。神钢和苏联有技术合作，空分基本上是苏联这个体系，大有独创一家的劲头，各部分的系数都取得比较紧凑，但由于成熟的程度还欠缺，所以就带上了一些冒险的色彩，失败之处也比较多，如螺杆式压缩机配中型制氧机的失策，轴流风机制造的中断，板式换热器的缺陷，基础事故，下塔爆炸事故等。日立的风格正好与神钢是一个明显的对照，日立习惯于采用稳妥可靠，不强求先进，而机器方面有比较丰富的经验。

一、特点

1. 流程方面的特点

(1) 神钢的流程特点：

采用全板式全铝焊接结构。

氧氮产品双高纯度，等量提取，考虑抽氩。

大型制氧机多采用污氮环流和污氮膨胀，这次引进的 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机中也是污氮环流和污氮膨胀，但至目前为止，已在日本国内运转的 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机中仍然是空气膨胀。

板式可逆式换热器采取三组切换，可以减少塔的波动，当停修一组时，还可以维持氧产量73%，继续运转（塔的最小允许产量是60%），这实际上也为板式可逆式换热器可能出现的质量事故留下了后路。

采用单阀自动阀箱，配一小组板式切换单元。

采用五通切换阀，简化配管和维修；

仪表空气采用三个气源，以适应各种不同的环境，从板式可逆换热器冷端抽的仪表空气经全复热后使用。

板式可逆式换热器中的环流通道按原料气量的35%设计。

采用高温膨胀，提高膨胀机效率，以保证大型制氧机中的热量平衡。引进 $10000\text{米}^3/\text{时}$ 制氧机中，设计的膨胀机进口温度为 -118°C 。（实际使用维护说明书规定为 -130°C ）。

(2) 日立的流程特点

力图采用管式，一方面因为自己不生产板式换热器，另一方面，日立却在铝管式方面作了不少工作，直至目前为止，对管式的宣传仍然十分卖力，在样本上也是以管式为主的，这次引进的制氧机中，除我方要求采用了板式可逆式换热以外，其余换热设备均采用铝管式。

液氧循环不采用液氧泵，而是采用以气化和液氧自重为动力的自然循环，即采用汉普逊式主冷凝器，并排放1%的液氧以保证安全，从而清除液氧中乙炔等碳氢物的危害。这种循环在一定程度上比液氧泵循环更为切实可行，更为安全，同时冷损也可以少些。液氧循环部分流程见图1。

环流空气和膨胀空气不含湿,从可逆式换热器冷端直接抽出送进环流通道和补给膨胀机,可逆式换热器的环流通道进口采用大组阀门控制,出口采用单元阀门和总阀控制,不设流量计。

膨胀空气因为没有进过下塔洗涤,所以上塔膨胀空气进口处上部,设有二块小孔为 $\phi 1.5 \pm 0.02$,节距为4.5的塔板,以补洗涤,防止对塔板小孔堵塞。(实际上有没有还待考核)。

液氧吸附器和过滤器分开。用污氮过冷液空,用纯氮过冷液氮,污液氮不过冷。

纯气体板式可逆式换热器的出口均有大组阀门调节。

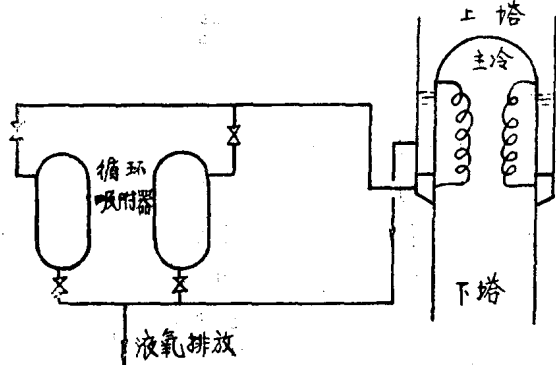


图1 汉普逊主冷液氧循环部分流程图

在板式可逆式换热器冷端设有启动旁通阀门,连通空气管和污氮管,以防止启动时因膨胀后返回气量太小,造成板式可逆式换热器换热不均匀,利用这根启动旁路,可以控制到使启动时膨胀后返回气通道的量达到额定污氮气量的70~100%。

2. 配套的特点

(1) 神钢的制氧机,自己只生产空压机、氧压机(不生产透平氧压机)、膨胀机和空分本体的主要部分和外协件进行组装。电机由富士电机制造,仪表由横河仪表制造、贮槽、氩纯化装置由大阪酸素制造,液氧泵由西岛泵厂制造,仪表压缩机由三国重工制造,阀门由大河重工制造等。就连空压机的冷却器、油箱、过滤器、增速器及全部封头、弯管、塔板和相当一部分铸件、加工件都是外协的,所以它的管理上比较简单些,配套的时间也比较快,配套部分的质量和水平也比较高。

(2) 日立是一个托拉斯类的企业,制氧机的绝大部分都由自己的专业厂制造,生产能力比较大,特别在机器方面,日立有自己独特的研究,在日本是屈指可数的,自己能生产透平氧压机及其它化工类的机器设备,生产上比较成熟先进。但在空分本体方面采取的是保守的方针。

3. 设备的结构和制造特点

(1) 神钢设备的结构特点

采用了五通切换阀,板式可逆式换热器采用单向的下支架,在热端设有强固的支座,冷端直接用槽铝支脚支承在热端上(焊在外隔板上),自动阀箱也用同样方法支承在冷端上,上部没有任何支承,板式可逆式换热器的热冷端管道连接和冷端与自动阀箱的管道连接都不设伸缩节(波纹管),据称这类结构自由度大,支座以上部分同种材料的热冷伸缩相同,而且板式部分重量不大,可以保证安全可靠。

塔的结构:上塔和下塔底部都有泡罩塔板,进行洗涤,塔的各部分采用了不同的塔板间距和不同直径小孔的塔板,上塔的空塔速度最大达到 0.505米/秒 ,小孔速度最大 5.7米/秒 ,最大小孔直径 $\phi 1.2$,孔节距3.5,塔板间距在100~140,塔板的固定采用半圆形上下压环和销钉钎焊,见图2。塔板效率,上塔取40%,下塔取85%,塔板的水平度要求基本上是3:1000,下塔内筒采用上挂式支架。

主冷凝器:全板式主冷凝器,设计的平均温度差为 2°C ,液面高度70%,总传热系数

500kcal/°C·m²·h，出气率4%，即循环比25，据神钢认为，只要出气率控制在10%以下，即循环比10以上，就可以保证避免乙炔、二氧化碳在板式表面的沾附和积存，可以避免危险。

(2) 日立笠户工场设备的一些结构特点

板式可逆式换热器的热冷端采取并列安装，虽然并列安装不如直立安装的占地面积小，也不如直立式安装那样配管简单，但是并列式安装的管道伸缩能力比较大，特别在停车和临时停车时，对板式可逆式换热器的安全作用很大，停车时，由于板式可逆式换热器的热冷端温差在200°C以上，热端空气的上升，冷端空气因重度较大而下降，会产生气体的自然对流，容易使热端冻结造成事故，并列式安装可以减轻这种对流现象，避免事故，有利于再次启动的顺利进行。

塔的特点：对大型制氧机的塔板采取了塔板的拼接加强和中间环加强。对塔的强化，日立采取缩小塔板小孔节距的办法，日立的溢流斗采用直斗，双向流动，上块塔板的斗直接伸入下块塔板的无孔板液槽内进行液封见图3，这种斗制造简单。这种溢流斗在中型制氧机中用单斗双向流动，在大型制氧机中用双斗四向流动，下塔内筒也采用上挂式支架；

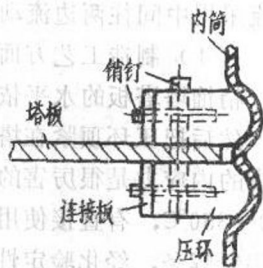


图2 塔板固定结构图

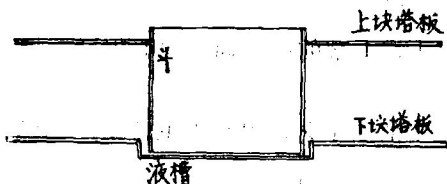


图3 直斗示意图

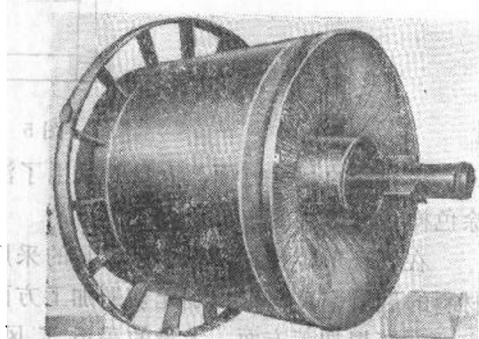


图4 汉普逊主冷凝器

铝绕管主冷凝器见图4 汉普逊主冷凝器，这次引进的3200标米³/时和6000标米³/时制氧机中都是这种主冷凝器。6000标米³/时制氧机的主冷凝器是φ3300×3830，小管是φ12.3/φ10，4030根，传热面积1252米²，全铝材结构。

日立在大中型制氧机中也采用板式主冷凝器，液氧泵强制循环。据称板式主冷凝器的液面，从热力角度考虑，60~70%最好，但日立的板式主冷凝器发生过一次爆炸，而当时分析的乙炔浓度在0.001ppm，经分析，日立认为，这是板式结构的原因，因为板式没有管式那样达到充分的气泵作用，流道比较窄小，在气液的交叉面上容易产生乙炔浓缩和颗粒摩擦，为此日立把板式主冷凝器的液面改为100%和泵循环，这样损失了热力性能，增加了动力消耗1~2%。同时认为板式主冷凝器的蒸发空间较小，有二氧化碳颗粒积存的可能，强调了膨胀空气要经过下塔洗涤。

(3) 其他典型结构

帝国酸素用的是它的传统结构，波纹塔板，用不同直径的冲制环件铆接而成，制造工艺简单，据说性能也不错。

日本酸素的 35000^{米³}/时制氧机的塔采用无中心筒的结构，用大型的高刚性塔板支架，长方形塔板，用螺钉固定，这种塔板装配简单，外筒也简单，没有槽，把塔板放进外筒就行了，溢流采用中间往两边流动的方法。

(4) 制造工艺方面的一些问题

精馏塔塔板的水平依靠塔槽来保证，在组装时用上下钢环对塔筒槽的水平度进行准确校正，然后把压环顶紧在塔筒槽内，用这样强制性的方法来保证塔板的水平度，这种方法装成的塔的内应力是很厉害的，压环、塔板、塔筒的固定采用软钎焊和销钉，钎焊用焊条熔点是 250~350℃，有直接使用的，也有用焊药的，焊条的抗拉强度是 10~20 公斤/毫米²。不用焊药的铝钎焊条，经化验定性成分是 Zn、Al、Mg、Fe、Cu、Si、Mo、Pb、Sn、Ca 等，其含量是 Zn 含 96.1%、Al 含 2.97%、Mg 含 0.06%、Fe 含 0.01%、Cu 含微量，塔组装校正示意如图 5。

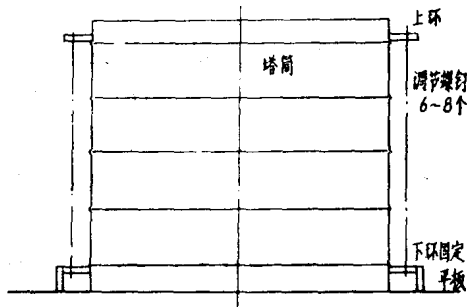


图 5 塔组装校正示意图

在容器的焊缝方面，大量的采用了涂色检查，在下塔上部的内外筒之间的焊缝，也是用涂色检查法检查的。

在圆环形零件加工方面，大量的采用了热滚压加工的新工艺，提高了生产率，也提高了材料的利用率，向少切削无切屑加工方面迈进了一步。

在钣焊加工方面，大量的采用了风动工具，有效的提高了手工劳动的机械化，促进生产和质量的提高。例如风动砂轮、风动铰、风动刨、风动锯等，特别是风动刨边铰焊根是引人注目的。这类风动工具的转速一般在 18000~80000 转/分。另外也有些电动工具，如振动锯、薄片砂轮切断等。

钣焊件复杂形状零件的下料，采用了一些电磁头仿形气割，更先进的就有电光反射控制气割。

焊缝的检漏大量的采用了氮检漏，提高了工艺的可靠性和容器的质量。

大量的采用喷镀工艺。

二、几个制氧站

1. 福山氧气中心

福山氧气中心是日本酸素主要为日本钢管提供氧气的—个制氧站，配有 10 套制氧机，氧产量 166800^{米³}/时，100 人经管，是日本目前最大的制氧站。

(1) 设备配备情况

制氧机概况如表 1。

表 1 福山氧气中心制氧机概况

机 型 号	1, 2, 5, 6 NR 68	3 NR 67	4 NR 68	7 NR 65	8 NR 65	9, 10 NR 187
制品 氧气×氮气	12100×4000	12100×0	12100×4000	12100×4000	同左	35000×15000
标米 ³ /时 液氧×液氮	0×120	0×0	0×0	0×240	同左	350×0
单位电耗 千瓦/标米 ³ 氧 已考核	(0.473)	(0.473)	(0.473)	(0.452)	(0.452)	(0.455)
空压机 型式	五级透平各级冷却	同左	同左	同左	轴流+轴流 中间冷却	轴流+透平 中间冷却
加工空气量×出口压力 标米 ³ /时×公斤/厘米 ²	68000×5.15	75000×5.15	77000×5.15	65000×5.15	65000×5.15	187000×5.3
电机功率 千瓦	6300	7000	7100	6000	6300	17500
可逆式换热器 型式 数量	石头蓄冷器 中部抽气 4	石头蓄冷器 环流 4	同左 5	板式 冷热端各12	同左 同左	同左 冷热端各30
膨胀机 型式 制动方式	卧式辐流反动式 1, 2, 电机风机各 1 5, 6, 电机 2	同左 电机 2	同左 同左	同左 同左	同左 同左	同左 同左
塔配置形式	并列式	直立式	同左	同左	同左	并列式
主冷凝器型式	管式	直立波纹板式	同左	卧式波纹板式	同左	同左
投产时间	1, 67年4月 2, 66年10月 5, 69年12月 6, 70年7月	68年9月	69年5月	71年4月	71年6月	73年1月

表注：1. 在NR187中有一套试用了轴流膨胀机，转速9200转/分，效率85%以上。

2. 每两套配用一套加温装置，每二到三年大加温一次，每次加温15天左右，主要问题在空压机系统。

配套氧气压缩机如表 2：

表 2 福山氧气中心配套氧压机概况

机 号	1, 3, 4	2	5, 6, 7, 8, 9	10, 11, 12
型式	3机15级透平	同左	同左	2机12级透平
容量 标米 ³ /时	12100	12100	12100	25000
进口压力 毫米水柱	100	400	2000	2000
出口压力 公斤/厘米 ²	25	25	25	25
电机功率 千瓦	2400	同左	同左	4700
单位电耗 千瓦标米 ³ 氧	0.18	0.18	0.174	0.16

液体设备如表 3：

(2) NR65 型 12100米³/时制氧机，流程见图 6，产量见表 4。

表3 福山氟气中心液体设备概况

型式	H	HGE12000	液化装置
装置能力液氮(液米 ³ /时) 液氮(标米 ³ /时) 氮气(标米 ³ /时)	800(1300) 50 4000	2400 50 4000	4000(1400)
单位电耗千千瓦时/米 ³ (液)	1.4(0.83)	1.27	(1.1)
装置概要		高压液氮装置	
压缩机名称			氟气压缩机 2机门级透平
型式	空气升压机	同左	
容量(标米 ³ /时)	6000	12000	26300
进口/出口压力(公斤/厘米 ²)	4.5/200	4.8/200	130毫米水柱/35
电功率(千瓦)	1200	2400	5300
膨胀机	进口压力(公斤/厘米 ²) 出口压力(公斤/厘米 ²)	200 5	1号35 2号5 1号5 2号0.3
回收电能(千瓦)	175	400	400, 210

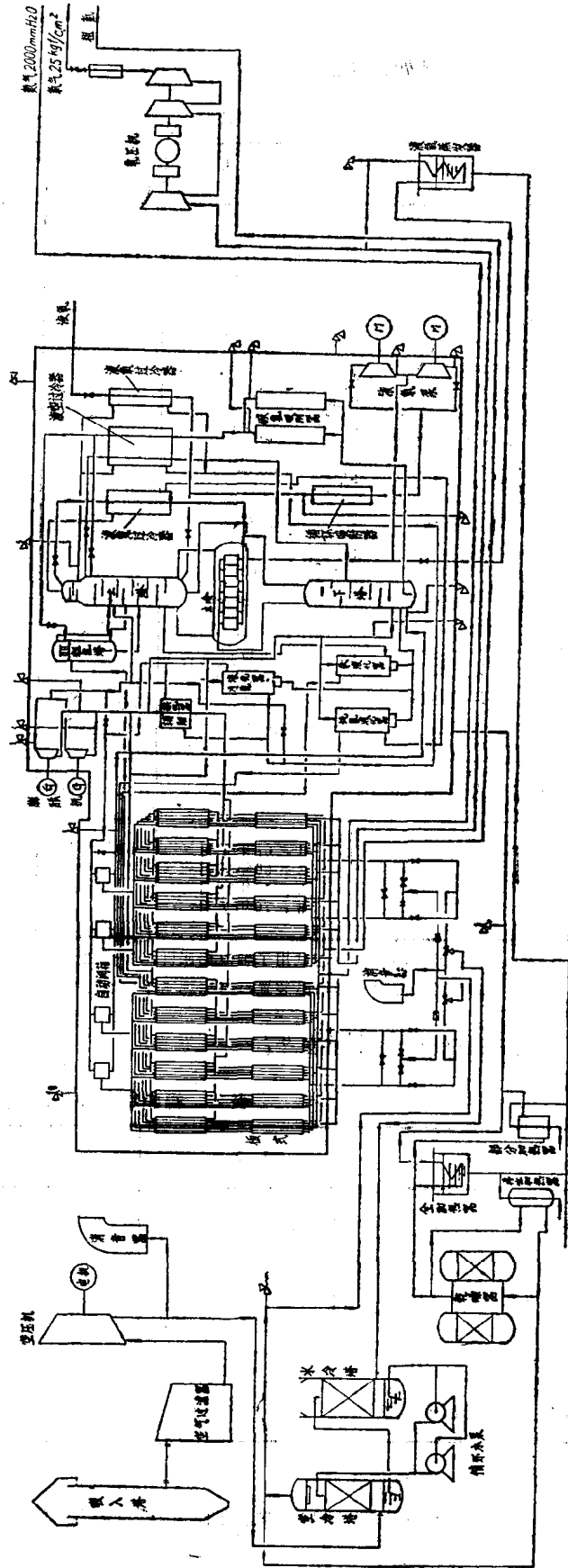


图6 日本酸素NR65 12100米³/时制氮机流程图

表 4 NR65型制氧机产品

产 品	纯 度 %	产 量 (米 ³ /时)	压 力 (毫米水柱)
氧 气	99.6以上 N ₂ ≤ 100ppm	12100	2000
氮 气	O ₂ ≤ 10ppm	4000	130
液 氧	99.6以上	650	
粗 氩	O ₂ ≤ 3%	200	

设计标准:

气象条件:

气 温

30°C (-5~35°C)

相对湿度

80% (40~90%)

气 压

760 毫米汞柱

冷却水:

水温

夏季30°C, 冬季10°C

水压

供水 25 米水柱, 排水 10 米水柱

水质

工业用水(循环水)

蒸汽压力

13公斤/厘米²

其他:

液氧循环泵:

型式

立式二级离心泵

容量

15000升/时

吸入压力

1.5公斤/厘米²

扬 程

25米

电机功率

5.5 千瓦

透平膨胀机:

型 式

卧式单级辐流反动式

处理空气量

11000米³/时

进口空气压力

4.8公斤/厘米²

进口空气温度

-124°C

出口空气压力

0.4公斤/厘米²

热 效 率

85 \pm 5%

制动方式

电机制动

数 量

2 台

制动电机功率

每台 165 千瓦

(3) NR187 型 35000米³/时制氧机流程见图 7。

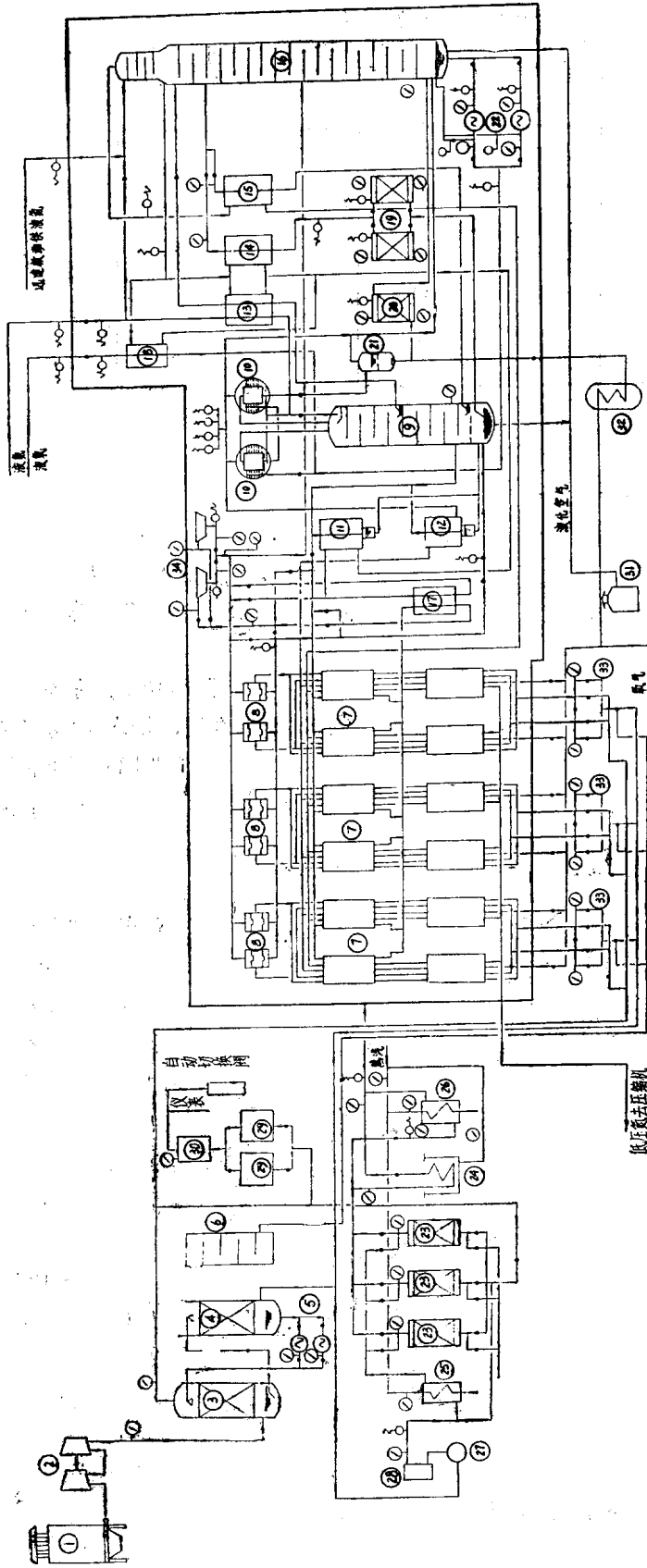


图 7 日本酸素 NR18735000米³/时制氧机流程图

1—空气过滤器；2—空压机；3—空冷塔；4—水冷却塔；5—循环水泵；6—消音器；7—可逆式热交换器；8—自动阀箱；9—下塔；10—主冷凝器；11—氮液化器；12—氧液化器；13—液氮过冷器；14—液空过冷器；15—液空过冷器；16—上塔；17—辅助换热器；18—液氧过冷器；19—乙炔吸附器；20—循环吸附器；21—液氧计量槽；22—液氧循环泵；23—干燥器；24—全加热用加热器；25—再生加热器；26—部分加热用加热器；27—部分加热用风机；28—同上用二次冷却器；29—仪表空气干燥器；30—仪表空气膨胀；31—液化空气排放槽；32—排放液氮蒸发器；33—自动切换阀；34—透平膨胀机

在福山氧气中心运转中的两套 35000米³/时制氧机，是目前日本运转中的最大制氧机。日本酸素的大型制氧机制造与西德林德公司是技术合作的。

2. 神钢加古川制铁所制氧站

神钢加古川制铁所制氧站的制氧机都是神钢自己制造的。

(1) 设备配备情况：制氧机及液体设备如表 5。

表 5 神钢加古川制氧站制氧机概况

机 号	№ 1 制氧机	№ 2 制氧机	№ 1 液体设备
产品 氧量, 标米 ³ /时 纯度, % 压力, 毫米水柱 氮量, 标米 ³ /时 纯度, % 压力, 毫米水柱	21000 99.6O ₂ 2000 18000 99.999N ₂ 300	30000 99.6O ₂ 2000 30000 99.999N ₂ 300	A 液氧(3000米 ³ /时) B 液氧(2400米 ³ /时) 液氮(500米 ³ /时)
透平膨胀机 型式 处理空气量, 标米 ³ /时 容量调节, % 流体 进口压力×温度 公斤/厘米 ² ×°C 出口压力 公斤/厘米 ² 制动方式 转速, 转/分	卧式单级辐流反动式 24000 75, 50, 25 氮 气 4.5×-135 0.35 风机制动 12000	同 左 28000 75, 50, 25 氮 气 4.5×-120 0.25 风机电机 430 千瓦各 1 11400	32000 90, 85, 75 氮 气 24×-126 4.7 电机制动 430 千瓦 17100
空压机 型式 容量, 标米 ³ /时 吸入压力, 公斤/厘米 ² 出口压力, 公斤/厘米 ² 轴功率, 千瓦	VC1204 122000 1.175 5.5 9900蒸汽透平	VC1404 165000 -200毫米水柱 5.5 14800蒸汽透平	循环空压机 VS305 32000 4.5 25 3000电机
氧压机 型式 容量, 标米 ³ /时 吸入压力 出口压力, 公斤/厘米 ² 轴功率, 千瓦	螺杆加往复 22000 +100毫米水柱, 9公斤/厘米 ² 9, 25 2550, 1100	透 平 30000 +2000毫米水柱 25 5200(33000米 ³ /时)	冷冻机 KS40LC-25SR-16LR 制冷量260000千卡/时 冷媒×蒸发温度 氟里昂×-65°C 贮槽 液氧1300吨 液氮70吨

(2) 特点:

№ 1 号机: 1970年 7 月投产, 连续运转周期六年半。

为了延长运转周期, 增加的备机是吸入空气滤清器, 原料空气升压机, 空压机、水分离器, 可逆式换热器(板式冷热端各六个单元), 自动阀箱一组, 气相吸附器, 主冷凝器(板式单元五个), 切换装置一套, 液空、液氮节流阀各一个, 总增加投资 30% 左右, 同时把主冷凝器装在单独冷箱内, 所有冷箱内都装有自动检漏装置, 板式可逆式换热器采用均压方式, 冷热端采取并列安装, 板式可逆式换热器和主冷凝器的备机可以与本机切换使用。

№ 2 号机: 1972年 9 月投产, 连续运转周期四年, 有板式可逆式换热器和主冷凝器备机与本机切换使用, 有自动检漏装置。