

# 国外机械技术资料

## 赴法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

## 前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”和“独立自主，自力更生”的教导，为适应我国钢铁、化肥工业飞速发展的需要，1972年决定从法国空气液化公司进口四套6500标米<sup>3</sup>/时的制氧机，以便更快地发展我国自己的工业。自1973年9月到1973年11月，以开封空分设备厂为主的制氧机检验小组在法国对进口设备进行中间监造和技术考察。对6500标米<sup>3</sup>/时制氧机全部机组的承包厂作了普遍的参观和考察。先后到了法国、瑞士、西德和比利时四国，共计三十余个工厂（其中有八个空分设备用户厂）。

现以所了解的情况汇编成这份资料，以供参考。由于资本主义国家对我们技术上保密，出去时间较短，加之我们水平有限，因此错误和不妥之处在所难免，希望提出批评指正。

# 目 录

一、概述	1
二、大型空分流程	4
(一) 利用分子筛吸附的流程	4
(二) 利用液态天然气的冷量制取氧氮产品的空分流程	6
(三) 大型中等纯度氧产品装置	9
(四) 利用可逆式换热器的空分流程	11
(五) 液化公司稀有气体的提取	25
(六) 总体布置, 冷箱结构及冷箱基础	27
三、分馏塔及低温容器	29
(一) 空气液化公司波纹塔结构与制造工艺	29
(二) 林德公司往复式筛板塔	34
(三) 低温液体储运设备	38
(四) 管道弯头的制造工艺	45
四、板翅式换热器	48
(一) 板翅式换热器设计结构	48
(二) 板翅式换热器制造工艺	66
(三) 几种专用设备介绍	78
(四) 其它	82
(五) 几点看法和建议	83
五、大型空分设备配套机器	87
(一) BST 公司透平压缩机	87
(二) 德马格公司透平压缩机	107
(三) 高压透平氧压机	115
(四) 循环液氧泵与中压液氧泵	129
(五) 林德公司透平膨胀机	135
(六) 活塞式氧压机	144
(七) 高速齿轮增速器	148
(八) 几点看法	162

# 一、概 述

## (一) 西 欧 制 氧 机 概 况

这次主要考察了法国空气液化和西德林德两公司。前者成立于本世纪初,至今已70年。该公司不论在流程的先进性,成套设备和气体销售方面均是林德公司的劲敌。

国外制氧机近年来均向大型化,集中化发展。如法国空气液化公司最近几年连续投产了10套45000标米<sup>3</sup>/时制氧机,在西欧几国设立了多处制氧中心并用地下管道互相连通,形成了氧气网,垄断了法国、比利时、卢森堡等国的氧气供应,仅法国北部敦刻尔克(Dunkerque)一处制氧中心就有5套制氧机,总的制氧量达115000标米<sup>3</sup>/时之多。西德林德公司在1972年投产了70000标米<sup>3</sup>/时的富氧设备,氧纯度60%,纯氧设备如30000标米<sup>3</sup>/时,40000标米<sup>3</sup>/时也陆续投入使用。

国外大型空分流程组织是根据用户的不同要求,如产量、纯度和环境等条件因地制宜地采用不同的流程。其流程特点都是一致的,即绝大部分是采用可逆式热交换器去除水分和二氧化碳;用环流保证其不冻结性;采用空气膨胀或氮气膨胀补充装置冷损;用液氧泵或液氧自循环经吸附器除碳氢化合物等。根据以上标准型又派生出两种新的类型,一是取消了可逆式换热器,而用分子筛在低温下脱水和吸附二氧化碳的分子筛流程;另一个是利用液态天然气汽化时的冷量来进行空气液化的空分流程。

空气液化公司和林德公司的分馏塔共同点是取消了中心筒采用径向对流式,增加小孔直径或密度以强化塔板。其不同点是空气液化公司采用铝制的直纹波纹塔板而筒壳用不锈钢,林德公司则采用传统的全铝筛板塔。

国外大中型空分中板翅式热交换器已全部取代了绕管式蓄冷器,具有体积小,重量轻,成本低,冷损小等优点。空气液化公司和林德公司所用的板式均由外公司配套,主要是美国特兰公司和司徒华脱-华纳公司与英国的马尔斯顿-艾克歇尔瑟公司(Marston Excelsior Ltd)三家。板式寿命据介绍已可用到15~20年以上。

空分配套的透平空压机大部分选用西德德马格的双轴四级压缩机和瑞士BST公司的单轴多级内冷等温压缩机,效率高,运转可靠。空气量大于150000标米<sup>3</sup>/时,则采用轴流加离心的压缩机或用两台离心压缩机并联。氧气量大于10000标米<sup>3</sup>/时则一律采用两台氧气透平串联,最终压力达30~40公斤/厘米<sup>2</sup>。大型空分的机组多是全部露天安装,可不建厂房,减少投资,尽快收益。

## (二) 主 要 公 司 简 介

### 1. 法国空气液化公司 (L'AIR LIQUIDE)

该公司创建于1902年,全公司现有职工22,000人,330个分厂,分布于54个国家。设计与研究中心设在巴黎东郊的向比尼(Champigny),有工程师500名。在巴黎东郊有两个直属厂

制造分馏塔和低温储槽，两厂共有工人500名。

该公司主要收入为氧气销售，所制造的空分设备一半以上留为自用，在国外设立许多制氧中心，仅法国境内地下输氧管就长达3000公里。液化公司大型空分近年生产了50多套，主要规格有6500标米<sup>3</sup>/时，16000标米<sup>3</sup>/时，28000标米<sup>3</sup>/时，32000标米<sup>3</sup>/时，45000标米<sup>3</sup>/时等制氧机。

法国空气液化公司除自制塔，小的有色容器以外，其余设备与机器均由外公司配套。

## 2. 林德公司 (Linde Ag)

西德林德公司创建于1879年，公司本部及研究中心设在慕尼黑，共有职员11000人。林德公司在世界上第一个实现了空气液化及分离。1959年就生产了10000标米<sup>3</sup>/时制氧机，1968时年生产了30000标米<sup>3</sup>/时制氧机，现正生产40000标米<sup>3</sup>/时制氧机，1972年投产了70000标米<sup>3</sup>/时氧纯度60%的富氧设备。

林德公司在西德有3个直属厂，一是慕尼黑本部附属厂，有工人400名，生产小型分离设备；二是慕尼黑东南部特劳恩施太因附近的赫尔兴大型空分设备制造厂，有工人700名，技术人员300名；三是在科隆的苏斯机器制造厂，有职工3000人。

林德公司空分设备自成套能力较强，除生产设备外，还生产透平膨胀机，液氧泵和活塞式氧压机，但透平压缩机、板式等均由外公司配套。

## 3. 特兰公司 (Trane Co)

特兰公司本部在美国，1930年创立。1946年开始生产板翅式换热器（简称板式）。特兰公司在法国、英国、日本等地设有子公司。特兰公司在法国的子公司设在法国东郊厄比纳尔(E-pinal)，该厂除生产板式外，还生产空调设备。全厂总人数600人。其中板式车间职工120人，生产面积约5000米<sup>2</sup>，年产量600~800吨。该厂盐浴炉自称是世界上最大的，容量估计在110吨以上，钎接板式的最大单元尺寸为6000×1200×1200毫米。最高使用压力为48.5公斤/厘米<sup>2</sup>。

## 4. 司徒华脱-华纳公司 (Stewart-Warner Corp)

司徒华脱-华纳公司本部设在美国芝加哥，在美国共有10个业务部，其中南温特分厂(South Wind Division)是专门生产换热器的，该厂1955年开始制造板式换热器，单元尺寸为4000×1200×1200毫米。

司徒华脱-华纳公司南温特分厂在比利时的蒙斯设有子厂，该厂是1965年建立的，专门生产板式，全厂共150人，其中管理人员40人，车间面积约4000米<sup>2</sup>。该厂生产的板式换热器尺寸为4000×1000×1000毫米，使用的最高工作压力为50~60公斤/厘米<sup>2</sup>。

## 5. BST 公司 (Brown Boveri-Sulzer Turbomaschinen AG)

瑞士BST公司是1969年成立的，由瑞士的两家大公司，即BBC公司(Brown, Boveri Company)和苏尔寿公司(Sulzer)将研究制造透平机械这部分业务合并起来而成立的一个新公司。

BST公司本部设在苏黎世，有工程师500名。该公司在西德、美国、法国、英国、加拿大、日本等国都订有制造专利合同。在苏黎世的透平生产厂有职工1000名，年产各种透平压缩机80台。

BST公司的主要产品是透平压缩机、轴流压缩机、燃气轮机等。

## 6. 苏尔寿公司 (Sulzer Brothers Limited)

瑞士苏尔寿公司本部设在温特图尔 (Winterthur), 是瑞士最大的公司之一, 仅在国内就有职工35000人。该厂生产迷宫压缩机具有丰富的经验, 单台氧压机气量作到9,000标米<sup>3</sup>/时。苏尔寿公司的大型船用低速柴油机产量占世界的50%以上。此外还生产燃气轮机、内燃机车等产品。

#### 7. 德马格公司 (Demag Aktiengesellschaft)

西德德马格公司创建已有60多年, 公司本部设在杜伊斯堡, 全公司有职工4000人。在杜伊斯堡的透平压缩机厂有工人1500名, 建筑面积80000米<sup>2</sup>, 主要产品为各种离心压缩机, 轴流压缩机, 其透平氧压机的产量占世界50%以上。该厂有精密齿轮恒温加工车间, 大型透平机组试车车间和专门的透平氧压机装配车间。该厂生产的双轴四级透平空压机和高压透平氧压机在西欧空分配套中占有绝对的优势。

## 二、大型空分流程

作为制取工业气体竞争的劲敌—西德的林德和法国的空气液化公司，近年来在大型空分流程的组织和发展方面，以及在标准流程的基础上随着各工业部门的不同需要，即产品的种类、产量、纯度以及高效能吸附剂分子筛的应用，空分流程的组织，已更加灵活和多样化。时产40,000米<sup>3</sup>的大型空分装置，两家均有比较成熟的设计和运转经验。就所见的空分流程而言，可分为三种基本类型：

利用分子筛的空分流程；

利用液化天然气冷量制取工业气体的流程；

利用可逆式换热器或绕管蓄冷器冻除空气中水份和二氧化碳的流程。

### (一) 利用分子筛吸附的流程

图2-1所示是林德公司为满足某一化工厂需要大量高纯度氧氮而设计的流程图。

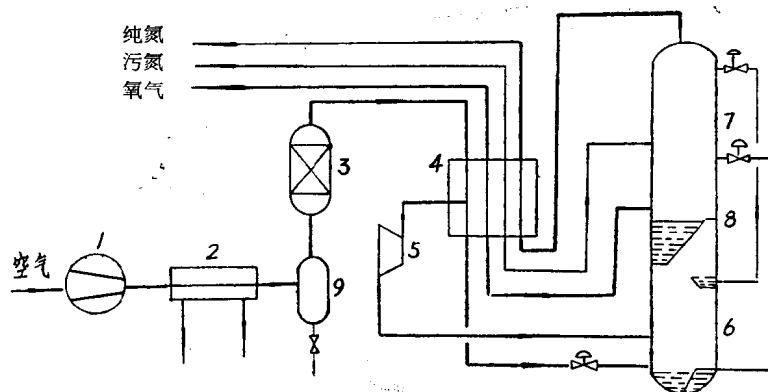


图2-1 林德公司利用分子筛吸附器的空分设备原理图

1—压缩机；2—氟里昂预冷器；3—分子筛吸附器；4—板翅式热交换器；5—透平膨胀机；6—下塔；7—上塔；8—冷凝蒸发器；9—分离器。

空气从吸入塔吸入，经干式滤清器后进入多级离心压缩机和无润滑活塞式压缩机，将空气压缩至8.2—49公斤/厘米<sup>2</sup>(绝压，以下未注明者均指绝压)，(该高压部分为满足生产更多的液体产品所需)。然后由氟里昂冷冻器预冷至+5°C分离脱水，进入分子筛吸附器脱除残余水份、二氧化碳和其它碳氢化合物，经板翅式换热器后再经节流进入下塔。下塔操作压力是6公斤/厘米<sup>2</sup>。另一部分空气在换热器中部抽出，经膨胀机降压至6公斤/厘米<sup>2</sup>，也进入下塔底部。

这种流程的最大特点是：

(1) 空气中的水份和二氧化碳靠预冷分离和吸附脱除，无需考虑板式的冻结性问题。由于不受冻结性的约束，就不存在切换和切换时空气的损失，使装置操作稳定，板式寿命长。

表2-1 林德40000标米<sup>3</sup>/时空分装置主要技术特性

名 称	容 量 标米 <sup>3</sup> /时	压 力 公斤/厘米 <sup>2</sup>	温 度 °K	纯 度 %	功率消耗及回收 千瓦
加工空气	198000	8.2—49	300		空压机: 17700
气 氧	40000	1.08	295	99.8	预冷器: 180
纯 氮	110000	1.03	295	99.999	吸附再生器: 520
液 氩	1200	1.08	88	99.999	膨胀机回收: 400

(2) 装置可以提取大量的纯气体。据介绍, 氧氮产量比可达 1:2.5 至 1:3, 即纯气体的提取量可占加工空气量的 75%~80%, 林德的这套装置已占 76%, 其中纯氮占加工气量的 55.7%, 而氧的提取率高达 97%。法国空气液化公司安装在西德巴斯福 (BASF) 地区的分子筛吸附装置加工空气量 65000 标米<sup>3</sup>/时, 提取 99.5% 的气氧 13000 标米<sup>3</sup>/时; 含氧 20 PPM 的纯氮 39000 标米<sup>3</sup>/时。纯气体占加工空气量的 80%, 其中纯氮占 60%, 氧的提取率达 95.5%。

(3) 分子筛吸附碳氢化合物的效率高。据称碳氢化合物的余量只有 0.01—0.005 P. P. M。这样, 碳氢化合物就不会在液空中积聚, 故不需设置液体吸附器和液氧泵等运转机械, 既减少装置的冷损又保证了装置的安全运转。

(4) 能耗指标不会太高。在以往的概念中, 认为由于操作压力的提高, 再加之分子筛再生和冷冻机消耗功率会使制取每立方米氧气的能耗提高, 这是问题的一个方面, 但是对一套装置来说, 加工气量的多少即氧提取率的高低, 也是影响能耗指标的重要因素。

按表2-1中的数据, 经计算能耗仅 0.447 度/标米<sup>3</sup>氧气, 而林德公司另一套氧产量与该装置接近的可逆式换热器流程制取每标米<sup>3</sup>氧气却要消耗 0.483 度的电能, 当然它制取了部分液体, 为便于比较, 此装置的主要技术数据列表于下:

表2-2 林德40800标米<sup>3</sup>/时空分装置主要技术数据

名 称	容 量 标米 <sup>3</sup> /时	压 力 公斤/厘米 <sup>2</sup>	温 度 °K	纯 度 %	能 耗 及 回 收 千瓦
加工空气	249500	7.25	300		空压机轴功率 20,500
气 氧	40800	1.08	296	98	
液 氧	2000	1.47	86	99.5	
纯 氮	30000	1.03	296	99.999	膨胀机回收 700
液 氮	330	6.66	82	99.999	
压力氮	1260	6.66	296	99.999	

(5) 这种分子筛类型的流程主要存在问题是分子筛的用量大, 到一定的时间还要更换新的, 价格昂贵。又加上预冷空气的冷冻循环, 使装置的维护保养麻烦。

这样的流程组织虽有上述优点, 但法国空气液化公司目前不主张大量采用。林德公司也介绍说: 组织这样的流程是应用户的特殊要求, 即生产大量高纯度氮时才比较合适。



## (二) 利用液态天然气的冷量制取氧氮产品的空分流程 (见图2-2)

图 2-2 流程是法国空气液化公司和法国煤气公司联合设计的, 建在法国南部马赛附近的福斯 (FOS) 地区。煤气公司用船从阿尔及利亚运来液化的天然气, 当汽化作燃料时需加入一定量的氮气, 以均衡热值, 使燃烧平稳。空气液化公司则利用液态天然气的冷量为空分所用, 液化空气后分离出来的氧氮等产品, 供给煤气公司加氮和附近的环烷化工公司所用。

空分部分设两台氮膨胀机供启动运转用。高压氮循环压缩机把 5 公斤/厘米<sup>2</sup> 的氮气压至 46 公斤/厘米<sup>2</sup> 与 -160°C 的液态天然气换热, 被降温到 -147°C, 再在换热器中冷却进装置的空气。氮气进换热器后, 分成两部分, 一部分进氮循环膨胀机, 膨胀后即进入高压氮循环压缩机; 另一部分经节流降压后进压力氮塔顶部。这就是说装置正常运转时的冷量损失是靠 -147°C 高压循环氮气来补偿的, 而高压循环氮的冷量来自液化天然气。该原理部分见图 2-3:

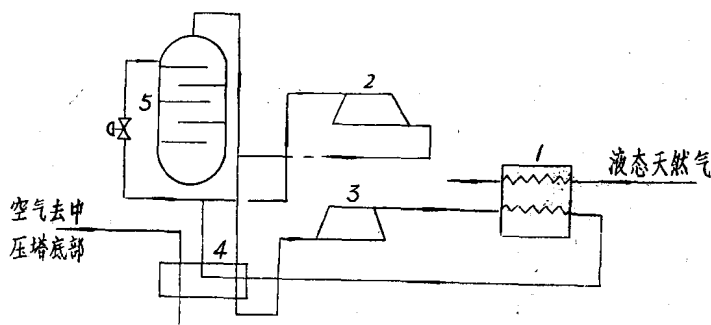


图2-3 法国空气液化公司氮循环原理图

1—翅片管换热器; 2—氮循环膨胀机; 3—高压氮循环压缩机; 4—板式换热器; 5—压力氮塔。

装置的主要特点:

(1) 空气中的水分和二氧化碳的去除是在两个装有铝胶和分子筛的球型容器中进行的, 两个容器八小时定时自动切换一次, 外形如图 2-4。

(2) 空分部分设多组板式换热器, 一个中压塔 (塔板 31 块), 一个低压塔 (塔板 61 块)。为制取纯氮, 设两个并列的压力氮塔 (每个 29 块塔板)。

(3) 空分部分设两台氮膨胀机, 供装置启动用。

(4) 高压氮膨胀循环制取部分冷量, 以补偿装置制取部分液态产品时的冷量损失。

装置的主要性能及配套:

(1) 产品:

压力为 40.8 公斤/厘米<sup>2</sup> 的气体氧: 800 吨/天, 纯度 99.5%

液氧: 250 吨/天 纯度: 99.5%

压力为 40.8 公斤/厘米<sup>2</sup> 的纯氧: 340 吨/天 含氮 10 PPM

液氮: 120 吨/天 含氧 10 PPM

含氧 1% 的氮气: 900 吨/天

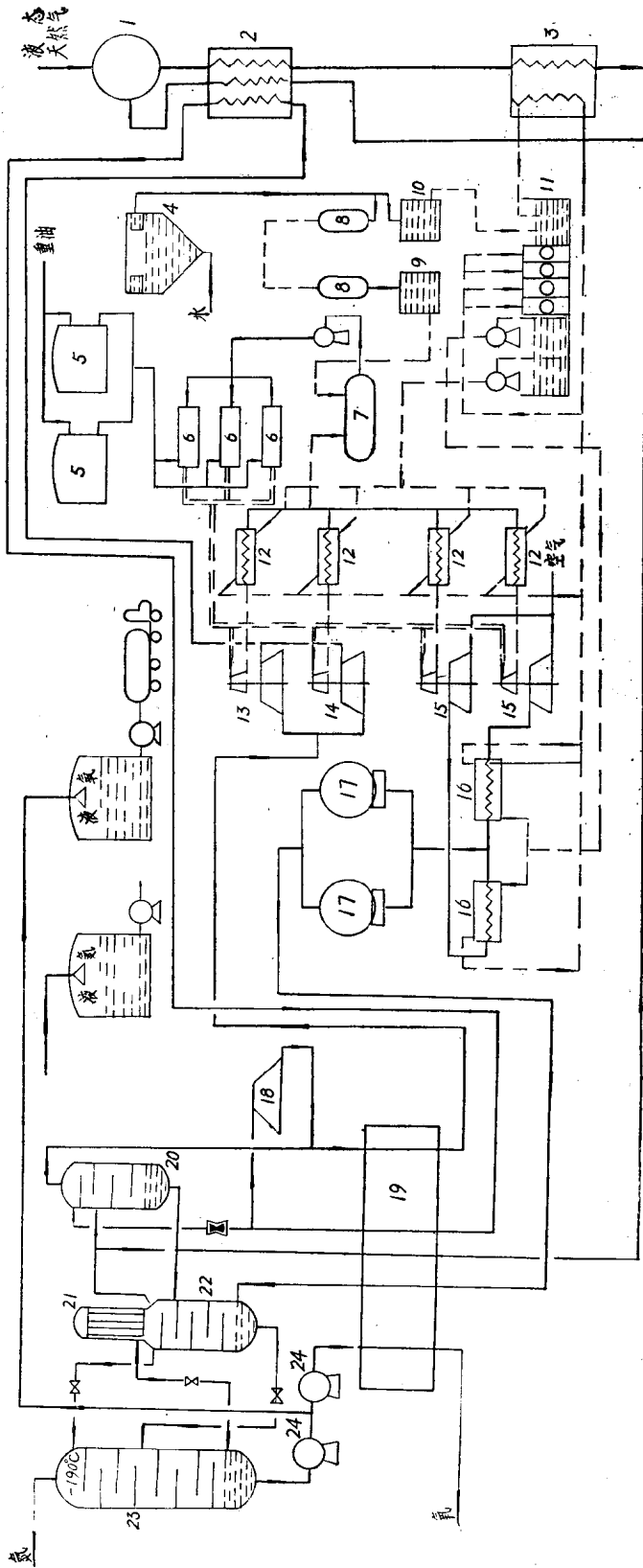


图2-2 用液态天然气冷量制取氧氮空分流程图

- 1—液体天然气、氮混合器；
- 2—液体天然气、氮换热器；
- 3—液体天然气、水换热器；
- 4—除碳水槽；
- 5—重油槽；
- 6—锅炉；
- 7—冷凝水槽；
- 8—去矿物质容器；
- 9—已除矿物质水储槽；
- 10—已除碳水储槽；
- 11—风冷循环水池；
- 12—汽蒸冷凝器；
- 13—低温氮透平压缩机；
- 14—常温氮透平压缩机；
- 15—空气透平压缩机；
- 16—空透冷却器；
- 17—分子筛吸附器；
- 18—氮循环膨胀机；
- 19—板式换热器组；
- 20—压力阀塔；
- 21—冷凝蒸发器；
- 22—中压塔；
- 23—低压塔；
- 24—氧泵。

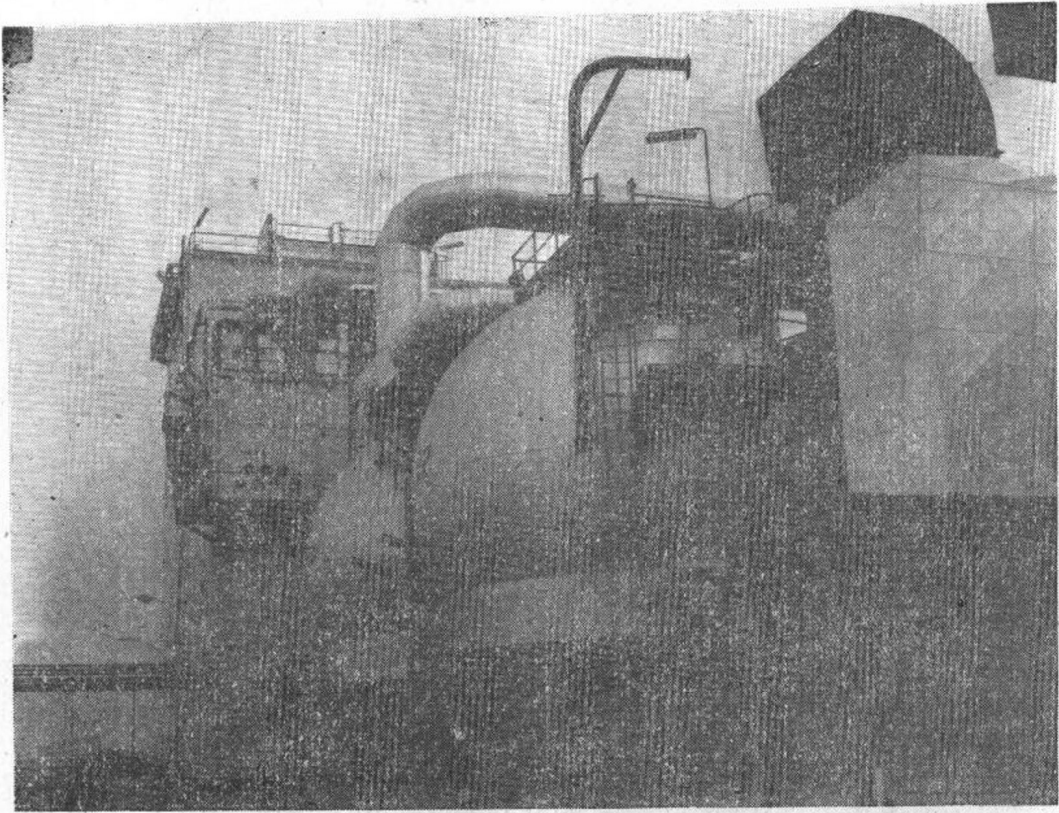


图2-4 装有铝胶和分子筛的球形容器

(2) 空气离心压缩机：三台（两台备用）均由蒸汽透平驱动。每台：

排气量：81500标米<sup>3</sup>/时

排气压力：5.88公斤/厘米<sup>2</sup>（表压）

轴功率：7,000千瓦

蒸汽透平最大功率：8900千瓦

额定转速：8500转/分

(3) 高压氮循环压缩机：二台均由蒸汽透平驱动。

(4) 六级低温氮离心式压缩机：

流量：82500标米<sup>3</sup>/时

吸入条件：5.1公斤/厘米<sup>2</sup>-147°C

排出条件：47.9公斤/厘米<sup>2</sup>+30°C

轴功率：4850千瓦

蒸汽透平转速：8340转/分。

(5) 五级常温氮离心压缩机

流量：70,000标米<sup>3</sup>/时

吸入条件：5.1公斤/厘米<sup>2</sup>+25°C

排出条件：47.9公斤/厘米<sup>2</sup>+25°C

轴功率：6900千瓦

蒸汽透平转速：10,000转/分

(6) 主要辅助机组及设备：

① 锅炉：主要承担过热蒸汽的生产，以实现主辅机蒸汽透平拖动（主机：空压机，氮压机。辅机：高压氧泵）。设三台锅炉（两用一备），三台自动联锁调节，即一台停止生产时，可以把负荷自动地调节到另外两台上去。每台锅炉的性能如下：

能力：550吨/时，

燃料消耗：4吨/时重油

过热蒸汽压力：47公斤/厘米<sup>2</sup>

温度：440°C

② 锅炉用燃料的储存：

供锅炉用的燃料主要是天然气，另外设置两个备用的2000米<sup>3</sup>的重油储罐和一个90米<sup>3</sup>的轻油储罐。

③ 水处理装置：主要是补偿锅炉蒸汽在循环过程中的损失，每小时200米<sup>3</sup>。加氯化铁和石灰，在循环吸附器中去碳，在离子交换器上除无机物，经处理的水分别装入容积为250米<sup>3</sup>的两个容器中去。

④ 液氧和液氮的储存：

液氧和液氮的最大储存压力为100毫巴，可通过泵装入运输槽车或在设备停产时，通过管道系统输送给用户。

储罐能力：液氧400万升

液氮500万升

储罐内壳为轻金属合金，外壳为碳钢，绝热材料为珠光砂。

⑤ 控制室：内设一台自动数字计算机。

a, 检查、控制整个制氧中心设备运转。

b, 检查，计算装置每天周期性变化情况。

c, 生产计划和制氧中心能量消耗的计算。

### (三) 大型中等纯度氧产品装置

这套装置是林德公司1973年上半年为某一钢厂高炉鼓风设计的。其工艺流程原理如图2-5。

该流程的特点是：设置二大组蓄冷器，即产品氧和空气切换为一组，压力氮、污氮和空气切换为另一组。在后一组设有短蛇管环流，以保证蓄冷器的不冻结和调节膨胀机前的进气状态。氧蓄冷器未设短蛇管，估计其不冻结性是靠多量的返流气体来保证的。另一个特点是设液氧液化器，即产品氧是液氧从主冷引出进液化器，和下塔底部抽出的空气进行换热蒸发而得。其次，液氧的循环是由液化器出，经液氧泵和循环吸附器后，再回液化器（如图2-6）。乙炔由于液氧的蒸发而在液化器里积聚，所以从这里引出吸附是合理的。

装置的主要性能参数列于表2-3。

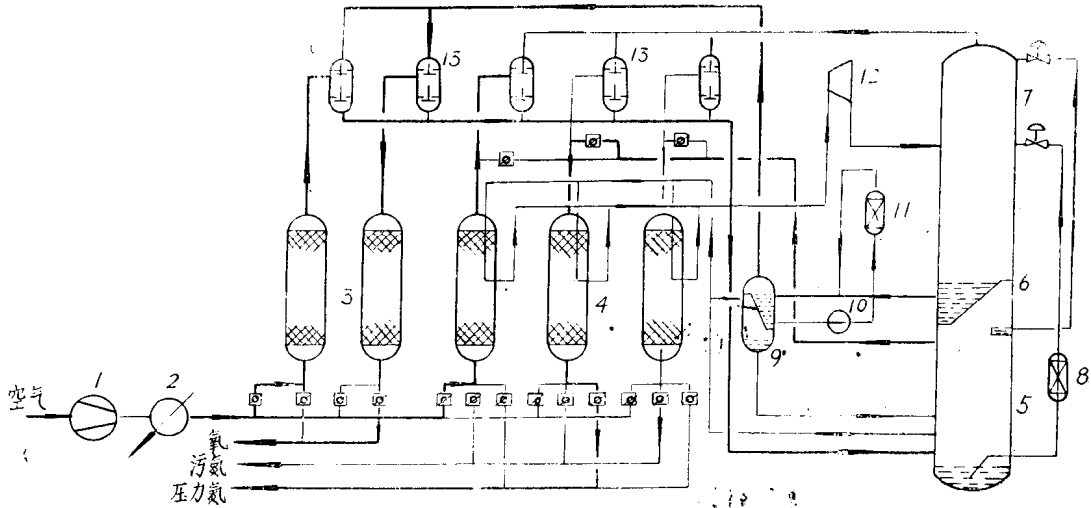


图2-5 林德70000标米<sup>3</sup>/时60%氧工艺流程原理图。

1—空压机；2—冷却器；3—氧蓄冷器；4—污氮、压力氮蓄冷器；5—下塔；6—冷凝蒸发器；7—上塔；8—液空吸附器；9—液氧蒸发，空气液化器；10—液氧泵；11—循环吸附器；12—透平膨胀机；13—自动阀箱。

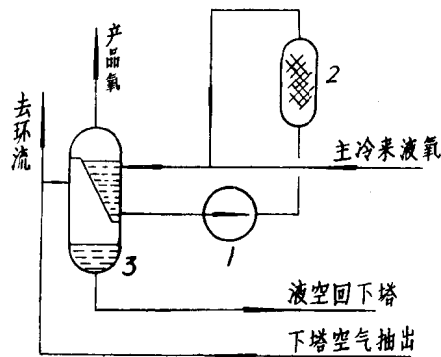


图2-6 林德70000标米<sup>3</sup>/时液氧循环

1—液氧泵；2—循环吸附器；3—液氧蒸发器。

表2-3 林德70000标米<sup>3</sup>/时空分主要性能参数

名称	容量 标米 <sup>3</sup> /时	压力 公斤/厘米 <sup>2</sup>	温度 °K	纯度 %	功率消耗及回收 (千瓦)
加工空气	212500	3.92	300	/	空压机轴功率12300
气氧	70800	1.029	295	60%	
压力氧	28000	3.42	295	99.7%	膨胀机回收300

按上表所提供的数据，经简单估算，我们认为设计这种中等纯度的空分装置比提取99.5%的工业氧，再加空气稀释，供高炉鼓风，在经济上是合算的。估算方式如下：

用纯氧稀释时，装置的加工空气量212500标米<sup>3</sup>/时蓄冷器的切换损失按通常的4%计算，

氧的提取率按90%，可制取99.5%的工业氧约38500标米<sup>3</sup>/时(含纯度为60%的氧，为63800标米<sup>3</sup>/时)若每标准米<sup>3</sup>99.5%的氧按0.45度电计算，则需空压机轴功率：17300千瓦。若直接提取富氧，由于装置操作压力低，则空压机轴功率只需12300千瓦，这就是说用纯氧稀释法每小时多消耗5000千瓦的电能。同时，由于氧纯度低，不怕蓄冷器沾污且分馏塔设备的制造也可简化。

#### (四) 利用可逆式换热器的空分流程

林德和空气液化公司这类流程组织与以往我们所了解的基本上大同小异。即可用可逆式换热器冻结空气中的水分和二氧化碳，用环流保证其不冻结；空气膨胀或氮气膨胀，补偿装置正常运转时的冷损；用液空吸附过滤器和液氧泵及循环吸附器去除碳氢化合物，保证装置安全运转；用过冷器改善上塔的精馏工况；用液化器积累液体和调整冷端温差，这是这种流程的一般特点。其次，为制取大量高纯氮，设压力氮塔；改善主冷结构，使液氧自循环等特点。

##### 1. 林德公司10000标米<sup>3</sup>/时空分装置。

这是林德公司1969年9月安装在西德迈克思钢厂(MAX)的，其工艺流程如图2-7。

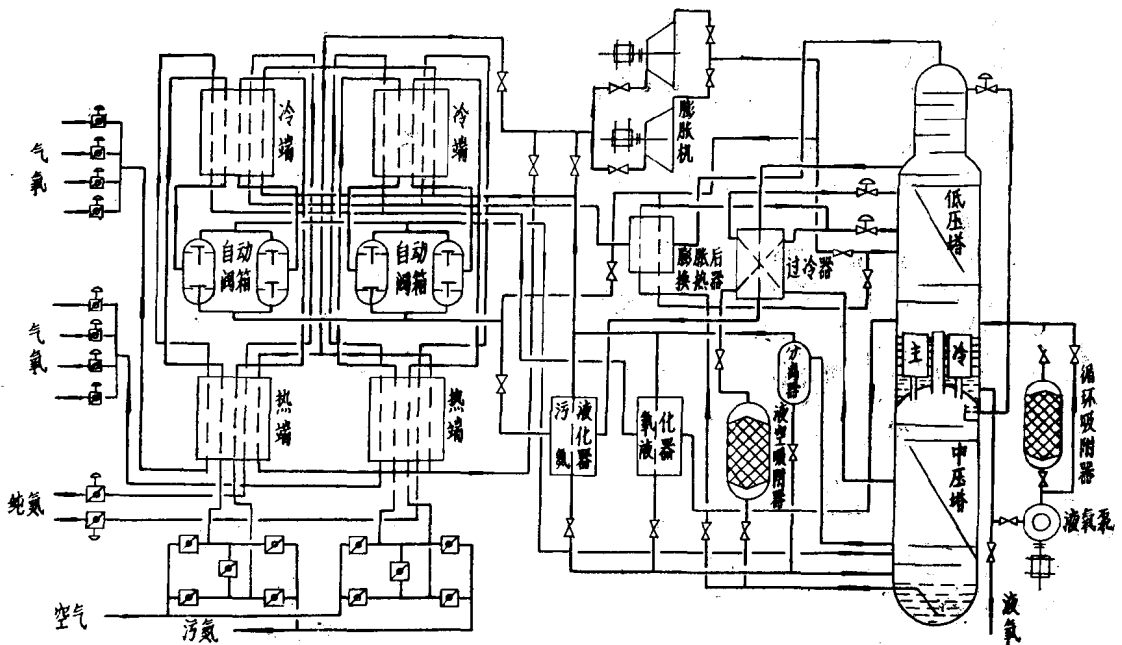


图2-7 林德10000标米<sup>3</sup>/时空分装置工艺流程

(1)可逆式换热器按假倒立型布置分两大组切换，每组八个单元(热冷端各四个)。板式单元尺寸为875×875×3375毫米，冷热端尺寸完全一致。

(2)环流的组织较特殊，从下塔底部抽出空气进板式冷端，出来后分成两路，一路直接进膨胀机，另一路进板式热端经复热至常温，与前一路汇合进膨胀机，如图2-8。

这种组织的主要出发点，是为满足膨胀机的变工况运转，同时板式的冷热端可以通用。

(3)为适应装置的变工况运转，即生产液体时，以上的环流布置也是合理的。

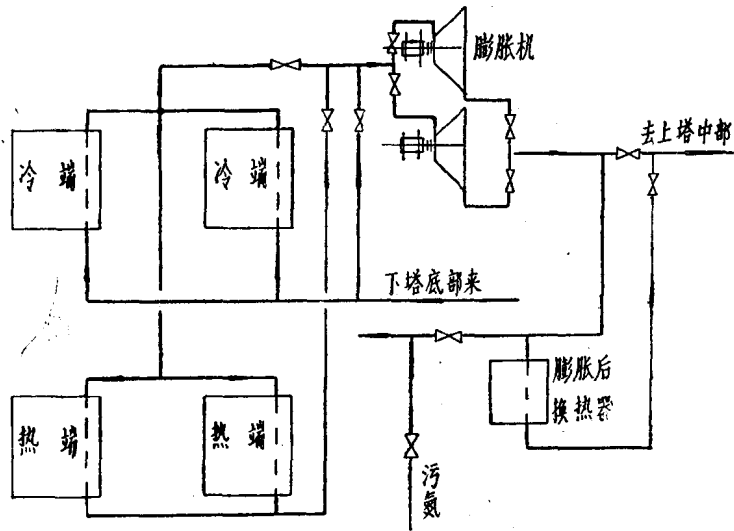


图2-8 林德10000标米<sup>3</sup>/时空分装置制冷系统组织

装置的主要性能：（正常情况下）

加工空气量：	53500标米 <sup>3</sup> /时
空压机排压：	6.3公斤/厘米 <sup>2</sup>
气 氧：	10000标米 <sup>3</sup> /时99.8%O <sub>2</sub>
纯 氮：	6000标米 <sup>3</sup> /时含氧10P.P.M
工 况 A：	
气 氧：	5000标米 <sup>3</sup> /时99.8%
液 氧：	6000标米 <sup>3</sup> /时99.8%
氮 气：	6300标米 <sup>3</sup> /时含氧100P.P.M
工 况 B：	

装置进气65%：	即34800标米 <sup>3</sup> /时
气 氧：	5800标米 <sup>3</sup> /时99.8%
纯 氮：	3300标米 <sup>3</sup> /时含氧10P.P.M

为适应变工况运转，膨胀机也设计成两种状态。

生产气体时：

进气温度：	173°K
排气温度：	123.5°K
进气压力：	5.92公斤/厘米 <sup>2</sup>
排气压力：	1.36公斤/厘米 <sup>2</sup>
膨胀机转速：	13500转/分
电机转速：	1500转/分

生产液体时：

进气温度：	127°K
排气温度：	92.2°K

进气压力:	5.81公斤/厘米 <sup>2</sup>
排气压力:	1.45公斤/厘米 <sup>2</sup>
膨胀机转速:	12500转/分
电机转速:	1500转/分

配液氧泵一台:

流量: 15米<sup>3</sup>/时

电机功率: 11千瓦, 转速145转/分。

空气压缩机选用西德德马格双轴离心式, 配用电动机功率5300千瓦。氧压机是排压32公斤/厘米的氧透平。

据介绍, 装置运转二年后, 配了粗氧塔, 纯度为95%的粗氧可产200标米<sup>3</sup>/时, 以液体形态运慕尼黑精制。

## 2. 法国空气液化公司的空分流程

空气液化公司14000, 16100, 32000和45000标米<sup>3</sup>/时氧气的空分装置均为可逆式换热器流程, 分空气和氮气膨胀两种类型。为钢厂提供气氧的, 一般都采用氮气膨胀, 如1968年—1970年装在法国东北部萨西劳(SACILOR)钢厂的四套16100标米<sup>3</sup>/时的空分装置, 和1973年底安装在南部绍尔曼(SOLMER)供北方钢厂用的三套14000标米<sup>3</sup>/时气氧装置。但安装在法国北部敦刻尔克液化公司制氧中心的16100标米<sup>3</sup>/时的氧气装置, 却采用了空气膨胀。因为在这套装置上既提取了大量高纯氮, 又提取了氩等稀有气体。

该种类型装置总的特点:

- ① 可逆式换热器全部采用例U型布置, 20000标米<sup>3</sup>/时以下的装置, 分两大组切换。20000—45000标米<sup>3</sup>/时的装置分四大组切换, 切换放空消音器设两个;
- ② 取消氨水予冷系统, 设空压机末端冷却器, 避免水和空气的直接接触。设置以污氮或液体产品蒸发为冷源的水泥冷却塔或喷淋冷却水槽;
- ③ 空气进装置前的管路上, 均设置成对的以电加热再生的启动干燥器, 如图2-9。装置启动时两个同时使用; 以去除空气中的水分, 保证膨胀机安全运转。当板式冷端达-110°时, 即开车4小时左右, 停止使用, 空气旁通进装置。同时也是装置加温系统的干燥器和仪表空

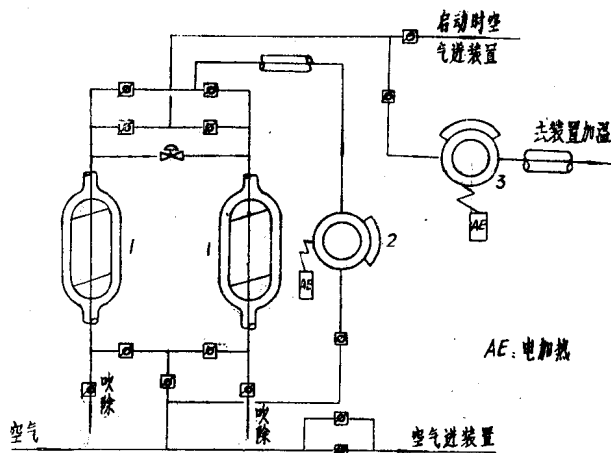


图2-9 启动干燥系统

1—干燥器; 2—再生电加热器; 3—加温电加热器



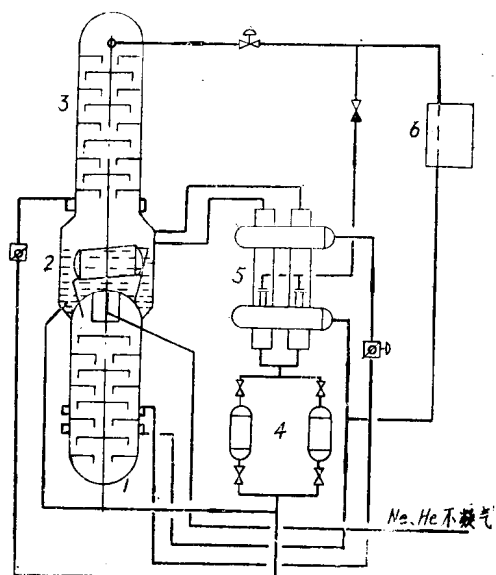


图2-10 安装在比利时蒙斯的32000标米<sup>3</sup>/时制氧机液氧自循环原理

1—下塔；2—冷凝蒸发器；3—上塔；4—循环吸附器；5—板式辅助冷凝器；6—过冷器

气干燥器，并设气动蝶阀进行启闭。

④ 没有单独的自动阀箱，不锈钢制半圆型空心阀头的自动阀，成对的装在板式冷端的垂直管道中，减少冷损，缩小了冷箱体积；

⑤ 空气滤清器均采用干式，以杂毛毡和轻金属滤网分别作成墙式的，分两道过滤，总的阻力为30—40毫米水柱，过滤效果为97%。

⑥ 部分装置，加了特殊结构的辅助冷凝器，以实现液氧自循环，从而省掉了液氧泵(如图2-10)

(1) 14000 标米<sup>3</sup>/时氧气空分装置，该装置是液化公司73年底安装在法国南部绍尔曼地区，为北方钢厂服务的，其三套工艺流程及外形图见图2-11和2-12。

该装置的主要特点是：

① 可逆式换热器分两大组切换，每组八个单元(冷热端各4个)单元尺寸约950×950×3000毫米。

② 氮气膨胀：下塔顶部抽氮，经冷端环流后分成两股，一股进膨胀机，另一股去热端复热后，作为压力氮引出。如图2-3

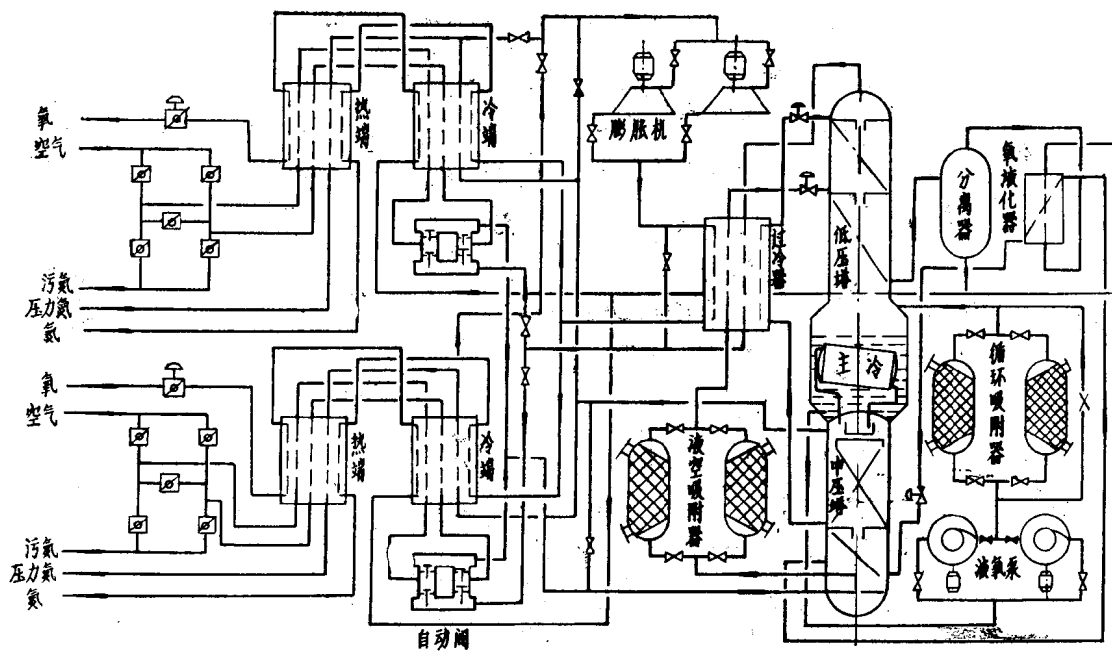


图2-11 液化公司安装在绍尔曼地区的14000标米<sup>3</sup>/时氧气装置流程图