

ICS 23.140

CCS J 72

# T/CHBAS

团 体 标 准

T/CHBAS 64—2024

液态空气

2024 - 07 - 10 发布

2024 - 07 - 10 实施

河北省标准化协会 发布



## 目 次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 前言 .....                            | II |
| 1 范围 .....                          | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                     | 1  |
| 3 术语和定义 .....                       | 1  |
| 4 技术要求 .....                        | 1  |
| 5 试验方法 .....                        | 2  |
| 6 检验规则 .....                        | 3  |
| 7 标志、包装、运输、储存、安全警示 .....            | 3  |
| 8 生产与使用 .....                       | 3  |
| 附录 A（资料性） 液态空气在不同温度下的饱和蒸汽压、密度 ..... | 5  |
| 附录 B（资料性） 液态空气的安全警示 .....           | 6  |
| 附录 C（资料性） 液空生产设备 .....              | 7  |
| 附录 D（资料性） 冷能回收设备 .....              | 9  |
| 附录 E（资料性） 液体进料空分设备 .....            | 11 |
| 参考文献 .....                          | 13 |

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由河北空分科技发展股份有限公司提出。

本文件由河北省标准化协会归口。

本文件起草单位：河北空分科技发展股份有限公司、河北建投储能技术有限公司、石家庄铁道大学、河北工业气体协会、河北英科石化工程有限公司、无锡宏盛换热系统有限公司。

本文件主要起草人：李钊、刘佳、周明君、尤占平、韩飞、张佳旭、吴建伟、郭宏飞、张彦宁、詹志成、宋曦智、宋佳良。

# 液态空气

## 1 范围

本文件规定了液态空气的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、储存、安全警示和生产与使用等。

本文件适用于以自然界空气为原料，利用低温冷能回收生产的液态空气或直接制冷生产的液态空气。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 190 危险货物包装标志

GB/T 3723 工业用化学产品采样的安全通则

GB/T 8984 气体中一氧化碳、二氧化碳和碳氢化合物的测定 气相色谱法

GB/T 10606 空气分离设备术语

## 3 术语和定义

GB/T 10606界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**液态空气**

**液空**

空气液化后形成的浅蓝色、透明、易流动的混合物液体。

注：主要组分为氧气、氮气、氩气，含有微量的水、二氧化碳、烃类物质等。

### 3.2

**贫氧液空**

含氧量(体积分数)为6%~20.5%的液空。

### 3.3

**常氧液空**

含氧量(体积分数)为20.5%~23.5%的液空。

### 3.4

**富氧液空**

含氧量(体积分数)超过23.5%的液空。

### 3.5

**低纯氧**

含氧量(体积分数)大于或等于82%且小于99.2%的气态氧或液态氧。

[来源：GB/T 10606-2023, 3.8, 有修改]

## 4 技术要求

液态空气的技术指标应符合表1的要求。

表 1 液态空气的技术指标

| 项 目                           | 技术指标         |               |               |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|
|                               | 贫氧液空         | 常氧液空          | 富氧液空          |
| 氧气 (O <sub>2</sub> ) 含量(体积分数) | >6.0%且<20.5% | ≥20.5%且≤23.5% | >23.5%且<82.0% |
| 总烃含量(体积分数), 10 <sup>-6</sup>  | ≤300         |               |               |

## 5 试验方法

### 5.1 采样

采样应符合GB/T 3723的相关规定。

### 5.2 氧含量的测定

#### 5.2.1 方法和原理

采用电化学法测定氧含量。在一定压力和流速条件下，空气样品气中的氧分子扩散到电化学式传感器的氧电极上进行电化学反应，产生一个与氧含量成正比的电信号。通过对比待测样品和已知氧气含量的标气样品的电信号输出，即可得到待测样品的氧含量。

氧气含量测定系统主要由前处理单元和氧分析仪构成，如图1所示。

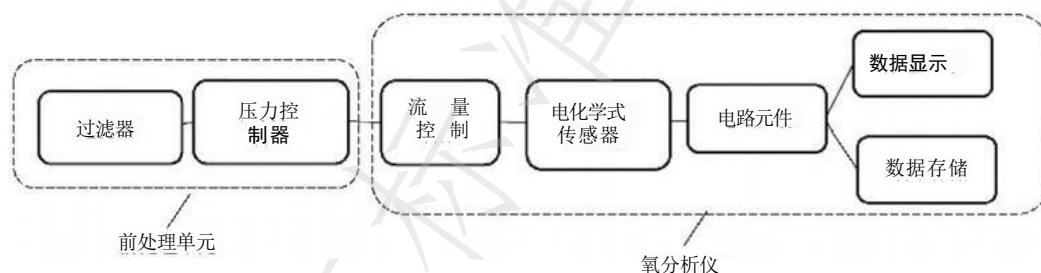


图1 氧气含量测定系统结构示意图

#### 5.2.2 试剂与材料

5.2.2.1 氧气标准物质：采用标准空气作为标准物质。

5.2.2.2 取样材料：离线测定时应采用不锈钢钢瓶进行取样。

#### 5.2.3 仪器

5.2.3.1 氧气含量测定系统主要由前处理单元和氧分析仪构成。

5.2.3.2 过滤器：根据待测样品气体类型，选择颗粒物过滤器或膜过滤器，过滤孔径不宜大于 1 μm，进入氧分析仪的样品应不含液体及颗粒物。

5.2.3.3 压力控制器：采用金属膜式减压阀，可选压力控制范围 0 MPa~2.5 MPa，准确度等级不低于 2.5 级。

5.2.3.4 氧分析仪主要由流量控制器、电化学式传感器、电路元件、数据显示单元及数据存储单元构成。当采用在线氧分析仪无流量控制器时，应外置流量控制器对进样流速进行控制。

5.2.3.5 流量控制器：可选流量范围 0 L/min~2.0 L/min 的转子流量计，准确度等级不低于 4 级。

5.2.3.6 电化学式传感器：采用能够对氧有响应且适用于空气分析的电化学式传感器，对氧的检出限（体积分数）应低于 0.0001%。

5.2.3.7 应按检定规程定期进行检定/校准。

#### 5.2.4 测定步骤

5.2.4.1 首先用标准空气通入仪器，按照仪器操作要求对仪器进行单点校准。将标准空气与氧气分析仪连接，调节进样压力以及流速，进样压力一般不超过 0.1 MPa，进样流速一般为 0.5 L/min~2

L/min,吹扫进样管路及仪器应至少 2 min。调整仪器进入测定状态,待显示数据稳定后,按照仪器的操作要求完成校准。

5.2.4.2 将待测样品与前处理单元进行连接,按照仪器操作要求调节进样压力及流速,进样压力一般不超过 0.1 MPa,进样流速一般为 0.5 L/min~2 L/min。吹扫进样管路及仪器至少 2 min。调整仪器进入测定状态,当仪器显示数据稳定后,每隔 30 s 读数 1 次,连续读取 3 次。

### 5.2.5 结果处理

三次测定的氧含量数据误差不超过 0.1% 时,测定结束,取三次测定结果的平均值,作为测定结果。其有效位数与所用标准空气的有效位数一致。否则应重新测定。

### 5.3 总烃含量的测定

按 GB/T 8984 的规定进行。

## 6 检验规则

### 6.1 出厂检验

按第 4 章的要求对氧气含量和总烃含量进行检验,检验不合格不得出厂。

### 6.2 型式检验

6.2.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 生产工艺首次运行时;
- b) 生产工艺有重大变更时;
- c) 当液空长期储存或汽化量较大时;
- d) 其他特殊情况,如相关方要求时。

6.2.2 型式检验的项目应符合表 1 的规定。

6.2.3 当型式检验有不合格项目时,允许再次对不合格项目进行复验。当复验合格,则型式检验判为合格;当复验不合格,则型式检验判为不合格。

## 7 标志、包装、运输、储存、安全警示

7.1 液态空气包装标志应符合 GB 190 的相关规定。

7.2 液态空气出厂时应附有质量合格证,其内容应包括但不限于:

- a) 产品名称,生产厂名称;
- b) 生产日期或批号,包装压力,产品技术指标;
- c) 编号,检验员号等。

7.3 液态空气运输宜采用低温液空专用槽车,槽车宜采用高真空多层绝热缠绕材料保温,采用在运输时压力宜要求表压不大于 0.8 MPa,液空槽车充装系数要求小于 95%,宜设置 4 只低温安全阀。

7.4 液态空气储存宜采用低温液空储罐储存,储罐宜采用真空绝热保温措施,液空储存时压力宜要求表压不大于 0.8 MPa,液空储罐充装系数要求小于 95%,宜设置 4 只低温安全阀。

7.5 液态空气在不同温度下的饱和蒸汽压、密度等见附录 A。

7.6 液态空气的安全警示见附录 B。

## 8 生产与使用

8.1 液空既可以作为冷媒载深冷,也可以作为空分的原料。液空作为冷媒用来载冷时,含氧量高和低对载冷的影响不大。若液空作为空分的原料,则含氧量越高,产氧量越高,液空越优质,市场价值也越大。其他用途有待市场挖掘和开发,由于市场上关于液空的生产和使用设备较少,本文件列举三种液空相关设备并附图加以说明。

8.2 液空生产设备作为一种专门生产液空的设备和深冷空分一样，深冷降温需要大量的冷能。但因为少了精馏分离的过程，流程更加简洁的同时，也避免了空分精馏对空气原料和动力的要求。设备宜节能高效、运行平稳、停开车方便。液空生产设备和方法参见附录 C。

8.3 冷能回收设备是另一种液空生产方法，该设备本身不制冷，冷能来自广泛存在于市场中的低温冷源。冷能回收设备和方法参见附录 D。

8.4 液空空分设备是以液态空气为原料。主要由循环动力系统、换热系统、单塔精馏系统组成。该设备是模块化空分的组成部分之一，具有启动时间快，易操作，控制简单，建立精馏迅速等特点。液空空分设备和方法参见附录 E。

附 录 A  
(资料性)  
液态空气在不同温度下的饱和蒸汽压、密度

液态空气在不同温度下的饱和蒸汽压、密度见表A.1~表A.2。

表A.1 常氧液空（含氧量20.95%）不同温度下的饱和蒸汽压、密度

| 液空温度<br>℃ | 对应饱和蒸汽压<br>KPa (A) | 该状态下的密度<br>kg/m <sup>3</sup> |
|-----------|--------------------|------------------------------|
| -197.2    | 70                 | 892.83                       |
| -196.1    | 80                 | 887.5                        |
| -195.1    | 90                 | 882.7                        |
| -194.2    | 100                | 878.1                        |
| -193.4    | 110                | 873.9                        |
| -192.6    | 120                | 869.8                        |
| -191.9    | 130                | 866.0                        |
| -191.2    | 140                | 862.4                        |
| -190.5    | 150                | 859.0                        |
| -189.9    | 160                | 855.6                        |
| -189.3    | 170                | 852.4                        |
| -188.8    | 180                | 849.3                        |
| -188.2    | 190                | 846.3                        |
| -187.7    | 200                | 843.4                        |
| -187.2    | 210                | 840.5                        |

表 A.2 不同纯度液空在 0.1MPa (A) 的液化温度和气化率 m<sup>3</sup>/T (101Kpa, 0℃)

| 液空含氧量  | 液空温度<br>℃ | 气化率 |
|--------|-----------|-----|
| 0%     | -195.7    | 800 |
| 6%     | -195.2    | 790 |
| 20.95% | -194.2    | 775 |
| 30%    | -193.5    | 764 |
| 38%    | -192.8    | 756 |
| 50%    | -191.7    | 744 |
| 60%    | -190.6    | 735 |
| 70%    | -189.2    | 725 |
| 82%    | -187.2    | 714 |
| 90%    | -185.4    | 706 |
| 100%   | -182.7    | 700 |

附 录 B  
(资料性)  
液态空气的安全警示

- B.1 液态空气为低温液化气体，在 101.3 kPa 下，沸点-194.2℃，与人体接触会引起冻伤危险。
- B.2 液态空气汽化时体积迅速膨胀，1 L 液态空气可汽化为(0℃、101.3 kPa 下)约 688 L 气态空气。在密闭容器内因液态空气汽化将使容器内压力升高有引起超压、爆炸危险。应在储存、运输和使用设备中增加安全阀、呼吸阀、爆破片等防止超压的物理措施。
- B.3 液态空气随着氧含量的提高，氧化性逐渐增加，对安全性要求越高，防止泄露、防范明火。
- B.4 冻伤时，应先用大量温水冲洗或浸泡，给予及时医疗护理。

## 附 录 C (资料性) 液空生产设备

### C.1 流程简述

液空生产设备作为一种专门生产液空的设备和深冷空分一样，深冷降温需要大量的冷能。但因为少了精馏分离的过程，流程更加简洁的同时，也放开了空分精馏对空气原料和动力的要求，可以有更多更适宜的变化。本附录仅介绍一种常规的液空生产设备的方法。

本流程为常温分子筛吸附净化，空气循环增压（循环空气增压压缩机），高低温增压透平膨胀机组合制冷，高效板翅式换热器的液空流程，为专门的液空生产流程之一。采用分子筛吸附净化，提高系统运行可靠性。采用高低温膨胀机制冷，以获得更大单位焓降，采用空气循环增压膨胀，降低能耗。

### C.2 各单元工艺流程描述

#### C.2.1 空气预冷和纯化系统

原料空气在空气吸入过滤器中去除了灰尘和机械杂质后，进入空气透平压缩机中，借助中间冷却器进行中间冷却，将空气压缩至约0.55 MPa(A)，经过末级冷却器冷却后进入预冷机，降温至5℃～10℃，分离掉游离水。

出预冷机的空气进入分子筛吸附器，分子筛吸附器为立式双层床，用来清除空气中的水份、二氧化碳和一些碳氢化合物，从而可以获得洁净而又干燥的空气。两台吸附器交替使用，吸附器吸附杂质，另一台吸附器用循环气体再生和冷吹。因为没有多余气体给纯化器再生使用，所以采用循环气体给吸附桶带入热量，带出纯化器中吸附的水份和二氧化碳后，经过水冷却器，除去冷凝水，加热结束后，用少量干燥洁净空气冷吹15 min，以带走解吸附的二氧化碳，再用循环空气降温吸附桶，以备下一个吸附循环使用。

#### C.2.2 循环空气增压压缩机系统

纯化后空气和由液空冷箱来的空气进入循环空气增压压缩机，使压力得以提高，增压后的部分空气依次经高温膨胀机、低温膨胀机驱动的高温膨胀机增压端和低温膨胀机增压端再增压，其余部分进入主换热器换热后进入高温膨胀机膨胀端膨胀后返回主换热器。

#### C.2.3 增压透平膨胀机系统

该系统主要由一台高温膨胀机和一台低温膨胀机组成。

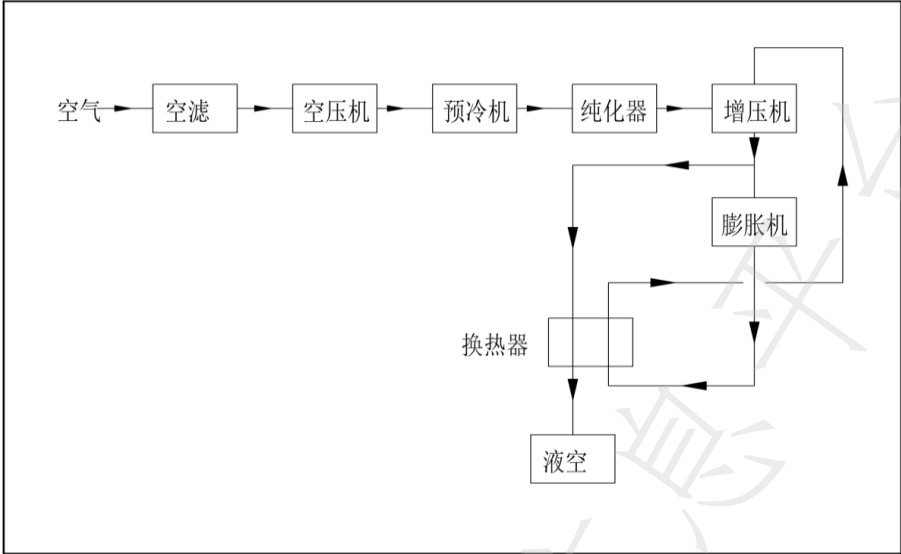
由高、低温膨胀机拖动的增压机来的循环空气，通过主换热器被从返流的低压空气以及来自高、低温膨胀机后的返流气所冷却。循环空气被冷却到一定温度从主换热器下部抽出大部分进入低温膨胀机膨胀，其余部分在主换热器内继续冷却、液化、过冷，最终节流送入气液分离罐。来自低温膨胀机的膨胀空气也进入气液分离罐，气液分离罐分离出低温液空，送入液空储罐。

#### C.2.4 换热系统

由主换热器和气液分离罐组成。高低温膨胀后的低压气体与气液分离罐分离出的贫氧空气组成返流的低温气体，与进入换热器的正流气体换热，使膨胀机达到合适的进口温度，同时在换热器底部得到高压液空。高压液空减压节流后，进入气液分离罐，液空作为产品取出冷箱。

### C.3 液空生产设备工艺流程

液空生产设备工艺流程见图C.1。



图C.1 液空生产设备工艺流程

## 附录 D (资料性) 冷能回收设备

### D.1 流程简述

液氧、液氮、LNG等液态产品已广泛应用于市场。低温使其从气态成为液态，而液态产品在储、运、用、存的优势尽显无疑。用户在使用时，只需使介质吸热汽化即可使用，在此过程中大量冷能被空浴式汽化器白白浪费。该冷能回收设备把深冷的冷链完善起来，首尾相连，形成了闭式循环，从而达到一个可观的社会和经济效益。冷能回收设备指在用户端用净化后的压缩空气回收用户冷量使其变成液态空气。

本流程为常温分子筛吸附净化，空气压缩，冷能回收，高效板翅式换热器的冷能回收流程，为液空的主要来源之一。采用分子筛吸附净化，提高系统运行可靠性。采用冷源提供高品位冷能，空气压缩至适当压力，与液氧进行相变换热，回收冷能。

该设备空压机可以即停即开，与冷凝蒸发器筒的氧气或氮气压力连锁，为用户提供稳定足量的产品使用。

### D.2 各单元工艺流程描述

#### D.2.1 空气压缩系统

原料空气在空气吸入过滤器中去除了灰尘和机械杂质后，进入空气压缩机中，借助中间冷却器进行中间冷却，将空气压缩至适当压力，经过末级冷却器冷却后，进入预冷系统。

#### D.2.2 空气预冷和纯化系统

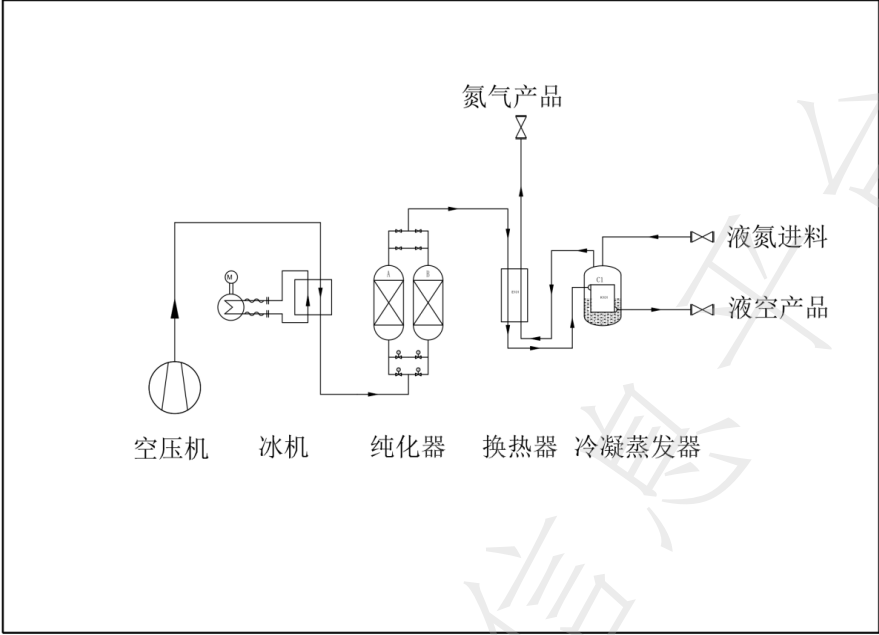
压缩后的空气进入预冷机，降温至 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，分离掉游离水。出预冷机的空气进入分子筛吸附器，分子筛吸附器为立式双层床，用来清除空气中的水份、二氧化碳和一些碳氢化合物，从而可以获得洁净而又干燥的空气。两台吸附器交替使用，吸附器吸附杂质，另一台吸附器用高温贫氧空气进行再生。吸附时间由通过的总气量连锁控制。

#### D.2.3 板式换热系统

由主换热器和冷凝蒸发器组成。压缩净化后的空气通过主换热器，被返流气体降温接近饱和状态后，进入冷凝蒸发器的高压侧。冷凝蒸发器置于冷凝蒸发筒内，筒内通入液氧或液氮，由自动进液阀门控制液面的高低。液氧受到高压侧空气的加热，变成氧气，离开冷凝蒸发器筒，作为返流气体进入主换热器，为正流气体提供冷量，自身复热后，作为产品供用户使用。高压侧空气则受到冷凝，成为低温液空，低温液空减压后，进入气液分离罐，液空作为产品离开冷箱，节流闪蒸后的气体复热后出冷箱，作为纯化器的再生气体。

### D.3 冷能回收设备工艺流程

冷能回收设备工艺流程见图D.1。



图D.1 冷能回收设备工艺流程

## 附录 E (资料性) 液体进料空分设备

### E.1 流程简述

液态空气既是原料，又携带着空分所需的大量冷能。所以液体进料空分设备没有空气原料预冷纯化提供系统和制冷系统，主要由循环动力系统、换热系统、单塔精馏系统组成。该设备是模块化空分的组成部分之一，具有启动时间快，易操作，控制简单，建立精馏迅速等特点。

### E.2 各单元工艺流程描述

#### E.2.1 空气循环系统

循环空气进入空气压缩机中，被压缩至适当压力，经过末级冷却器冷却后，进入冷箱内的主换热器。

#### E.2.2 板式换热系统

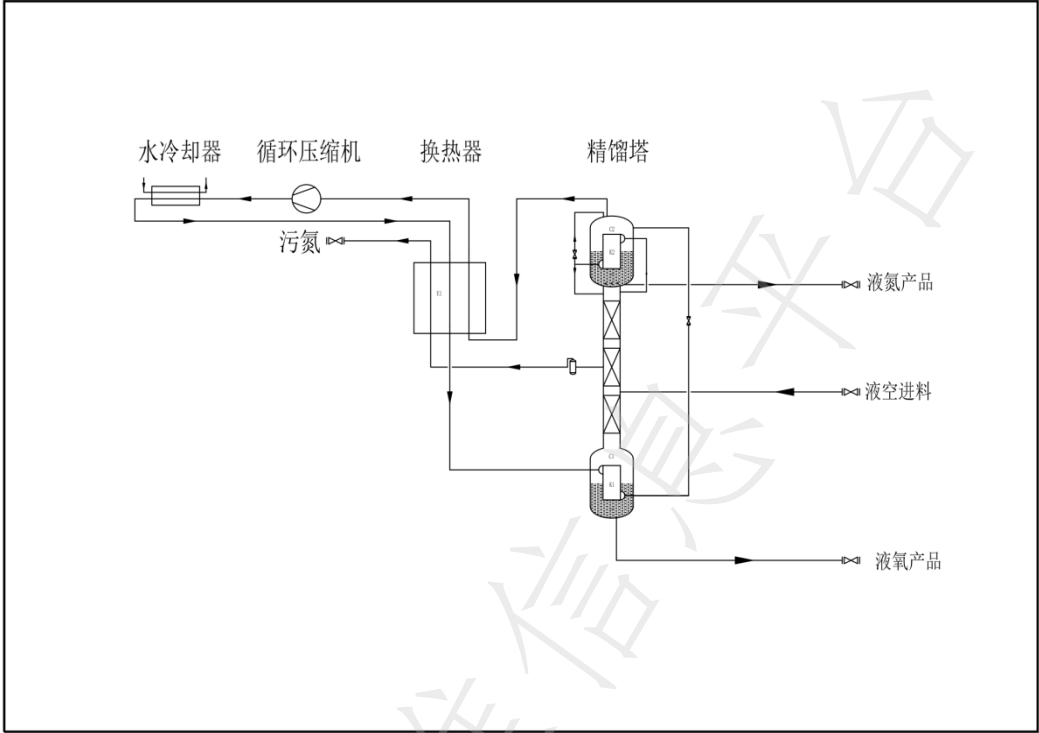
由板式主换热器、上冷凝蒸发器和下冷凝蒸发器组成。循环空气作为正流气体，从顶部进入主换热器，被返流气体降温接近饱和状态后，进入下冷凝蒸发器的高压侧，被冷凝成液空。液空经过节流阀减压后进入上冷凝蒸发器的低压侧，低压侧液空受热后变成气体，进入主换热器底部，作为返流气体复热后出冷箱，进入循环压缩机进口，再次进行压缩。

#### E.2.3 精馏系统

由单精馏塔组成，单精馏塔顶部和底部分别设置上冷凝蒸发器和下冷凝蒸发器。下冷凝蒸发器为精馏塔提供上升气氧气。上冷凝蒸发器为精馏塔提供液氮回流液。液空从精馏塔中部进料，回流至底部的过程中，与上升气体反复接触，氧气在液体中得到富集，形成液氧，回流至精馏塔底部，一部分液氧作为产品引出冷箱。其余的液氧在底部被空气加热后，形成上升气，上升气在上升过程中，与回流液互相传质传热，上升气的组分逐渐变成了高纯氮气，高纯氮气在上冷凝蒸发器被冷凝成液氮，液氮一部分作为产品引出冷箱，一部分作为回流液为精馏塔精馏所用。在精馏塔中上部抽取一部分污氮气，经过主换热器复热后出冷箱，作为纯化器的再生气。

### E.3 液体进料空分装置工艺流程

液体进料空分装置工艺流程见图E.1。



图E.1 液体进料空分装置工艺流程

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 13277（所有部分） 压缩空气  
[2] 李化治. 制氧技术（第2版）[M]. 北京：冶金工业出版社，2009.
- 

全国团体标准信息平台