

制 氧 机

故障分析 例

薛 裕 根 主 编

冶 金 工 业 出 版 社

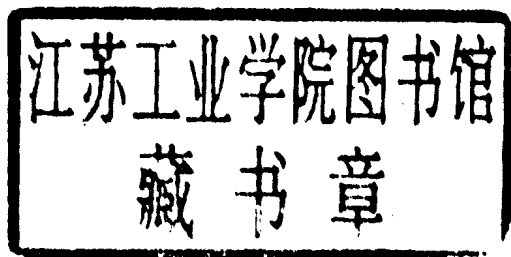
TK 116.11

X98

354565

制氧机故障分析100例

薛 裕 根 主 编



冶金工业出版社

(京) 新登字036号

DU45/01
内 容 提 要

本书搜集了100个制氧机的常见故障，系统地整理为设备、机器、操作、小型制氧机和氩的提取五部分，详细地介绍了常见故障发生时的征兆、现象及原因，阐述了故障的处理方法及预防措施，可以帮助广大制氧工人提高现场的实际操作及应变能力。

本书是《制氧机原理与操作》和《制氧工问答》两本书的配套书，它可供制氧机操作工人使用，也可供其它的有关干部、工人、技术人员参考。

制氧机故障排除100例

李裕根 主编

冶金工业出版社出版发行

(北京东黄大街16号 邮编100021)

新华书店总店科技发行所经销

河北省阜城县印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张6⁵/₈，字数169千字

1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷

印数00,001~ 2,600册

ISBN 7-5024-0907-6

TH·156 定价4.80元

前 言

随着转炉吹氧强化冶炼和高炉富氧炼铁技术的发展,以及电子工业、原子能工业、火箭、导弹、化学工业等部门对氧气需要量的急剧增加,国内出现了一支不小的制氧工人、技术人员的队伍,他们急需通过学习,提高现场的实际操作能力和制氧水平,保证氧、氮及其它稀有气体的质量,以满足日益增长的市场需求。

1978年以来,冶金工业出版社先后出版了《制氧机原理与操作》、《制氧工问答》两本书,并多次重印。冶金工业部也举办了近20期制氧机技术培训班,数千人参加了学习。但这些依然不能解决广大制氧工人、技术人员对新知识、新技术的渴求。他们在学习懂得了制氧原理、掌握了制氧机的使用之后,迫切需要提高他们在非正常工况下的操作能力,即对制氧机常见故障的分析、处理能力和故障发生时的应变能力。基于此因,我们搜集了大量制氧生产中发生的故障,选择其中最常见、有代表性的故障,编写了这本《制氧机故障分析100例》,愿对广大的制氧工人提高处理生产中故障的能力有所帮助。

本书分5部分,即设备、机器、操作、小型制氧机和氢的提取。本书由薛裕根、刘杨程、李化治、王玉林、何迺普编写,薛裕根任主编。

本书在编写过程中,受到广大制氧工人、技术人员的关注和支持,在审查、修改初稿时,他们提出了许多宝贵的意见,给予编者很大的帮助,在此,我们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免有不当之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

1990年10月

目 录

一、设 备

1. 氨水预冷器故障分析及处理	1
2. 空气冷却塔空气带水原因分析及预防	2
3. 制氧机双级精馏塔下塔压力偏高原因分析及处理	5
4. 主冷凝蒸发器传热温差扩大原因分析及处理	7
5. 主冷凝蒸发器泄漏现象分析及处理	9
6. 主冷凝蒸发器局部爆炸机理分析	10
7. 可逆式换热器热端温差过大的原因分析	13
8. 可逆式换热器中气体偏流原因分析及处理	14
9. 可逆式换热器泄漏原因分析及处理	14
10. 可逆式换热器水分冻结堵塞的现象判断、原因分析及 预防	16
11. 可逆式换热器被CO ₂ 冻结堵塞的现象判断、原因分析 及处理	19
12. 液漏及其处理	22
13. 液悬现象判断及预防	22
14. 精馏塔塔板变形与塔体倾斜原因分析	25
15. 产品气体带液与旁通空气带液的危害及消除方法	25
16. 空分基础冻裂原因分析及预防	26
17. 空分管路故障	28
18. 氧气管网及其闸阀故障原因分析及预防措施	29
19. 强制阀故障原因分析及处理	31
20. 自动阀故障原因分析及处理	34
21. 节流阀与调节阀故障原因分析及处理	36
22. 安全阀故障原因分析及处理	37

二、机 器

23. 空气过滤器常见故障分析·····	39
24. 压缩机的中间冷却器故障分析·····	42
25. 透平空压机的密封泄漏原因分析及处理·····	44
26. 透平空压机的排气量降低原因分析及处理·····	46
27. 透平空压机的喘振现象及喘振原因的分析·····	48
28. 透平空压机的轴向位移增大原因分析及处理·····	49
29. 透平空压机并联运行中异常工况分析及处理·····	51
30. 透平空压机振动原因分析及其消除·····	54
31. 活塞压缩机管道的振动原因分析及消除·····	55
32. 活塞压缩机的顶缸事故原因分析及处理·····	57
33. 活塞压缩机气阀故障及判断·····	60
34. 活塞压缩机排气量降低原因分析及处理·····	62
35. 氧压机活塞环(胀圈)与气缸磨损原因分析及 处理·····	62
36. 氧压机着火和爆炸原因分析及预防·····	66
37. 螺杆压缩机推力瓦烧毁原因分析及预防·····	69
38. 螺杆压缩机出口管开裂原因分析及预防·····	70
39. 螺杆压缩机超压差停车现象分析及处理·····	71
40. 螺杆压缩机排气量降低原因分析及改进·····	72
41. 透平膨胀机轴承温度异常原因分析·····	74
42. 透平膨胀机的制冷量减少及调节范围变小的原因 分析·····	76
43. 透平膨胀机机前温度过低的原因分析·····	79
44. 透平膨胀机的超速运转(飞车)现象、危害及原因 分析·····	82
45. 透平膨胀机的振动原因分析及处理·····	84
46. 膨胀空气将油带入上塔的预防·····	85
47. 透平膨胀机的机械损坏事故原因分析·····	87

48. 循环液氧泵的气蚀和不压送液氧的原因分析及 预防.....	89
49. 液氧泵的密封泄漏及改进措施.....	91
50. 液氧泵的起火和爆炸事故原因分析及预防措施.....	93

三、操 作

51. 低温气体的泄漏原因分析及预防.....	95
52. 低温液体的泄漏.....	99
53. 保冷箱外部结霜原因分析及消除方法.....	100
54. 进空分装置的空气温度过高原因分析.....	102
55. 返流气体热端跑冷原因判断.....	104
56. 氧气产量低于设计指标的原因分析.....	105
57. 氧纯度差的原因分析.....	108
58. 大加热时间过长的原因分析.....	110
59. 停车后大加热操作中的局部冻结现象及预防方法.....	111
60. 洗塔操作中的腐蚀原因及预防.....	114
61. 加温操作中的冻结现象及预防.....	115
62. 短期停车再启动操作的故障分析.....	116
63. 倒换操作中主冷液面下降的预防措施及操作方法.....	118
64. 短期停车冷损过大的保冷措施.....	120
65. 启动初期切换式换热器冻结的预防.....	121
66. 启动冷却阶段使用中抽时, 阻力增大原因及操作 要领.....	123
67. 启动操作中膨胀机的堵塞原因分析及处理.....	125
68. 启动积液过程中切换式换热器的过冷现象及原 因分析.....	127
69. 启动积液过程中膨胀机过冷现象及其原因分析.....	130
70. 积液时间过长的原因分析及加快积液的措施.....	132
71. 运转周期太短的原因分析.....	136
72. 启动时冷凝蒸发器液面长时间不升高的原因分	

折及处理	138
73. 短期停车再启动时热端“跑冷”原因分析及处理	141

四、小型制氧机

74. 小型活塞空压机排气管着火原因分析	144
75. 小型活塞压缩机气缸断油原因分析	147
76. 空气冷却器冷却效果恶化原因分析	149
77. 小型活塞式膨胀机气缸见液征状、危害及处理	151
78. 小型活塞式膨胀机飞车原因分析及预防	152
79. 小型活塞式膨胀机顶缸的原因分析	153
80. 小型活塞式膨胀机进、排气阀的故障原因分析	154
81. 小型活塞式膨胀机工作循环的配气故障原因、 危害及预防	156
82. 小型活塞式膨胀机膨胀空气量减少的原因分析	159
83. 小型活塞式膨胀机绝热效率下降原因及征状	161
84. 小型制氧机主热换热器热端温差增大原因分析及 预防	163
85. 小型制氧机内二氧化碳的集聚原因分析	164
86. 小型制氧机启动操作中液面上升慢的原因分析及 处理	166
87. 小型制氧机中氧压机压力表的爆炸原因分析	169
88. 活塞式氧压机气水分离器爆炸的原因分析	169
89. 活塞式氧压机活塞杆着火原因分析及处理	170
90. 氧气瓶的着火与爆炸原因分析及预防	171

五、氩的提取

91. 粗氩纯度降低的原因分析	175
92. 粗氩产量低的原因分析	182
93. 氩馏分组分和粗氩塔工况不稳定的原因分析	184
94. 除氧系统除氧不彻底的原因分析	187

95. 除氧接触炉温度过高的危害及处理方法.....	189
96. 粗氩除氧系统的其它故障.....	192
97. 精氩纯度降低的原因分析.....	193
98. 精氩产量降低的原因分析.....	195
99. 分子筛低温吸附法制精氩时产量、纯度低的原因 分析.....	196
100. 150m ³ /h 带氩制氧机充瓶后精氩纯度下降的原因 及处理方法	199
参考文献.....	200

一、设 备

1. 氨水预冷器故障分析及处理

空分装置设氨水预冷器（见图1），既能够降低进空分塔的空气温度，又可以缩小热端温差，减少冷损及带入切换式换热器中的水分。南方炎夏季节，其功效更为明显。

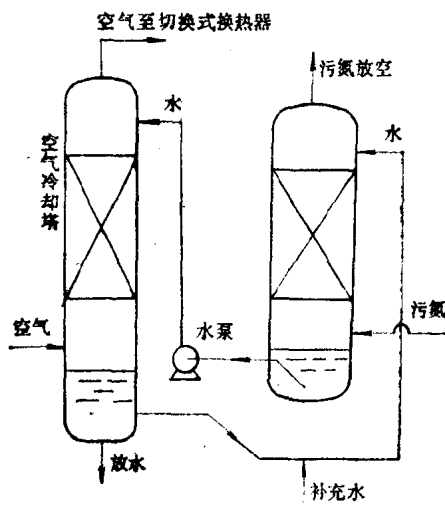


图 1 氨水预冷器系统图

氨水预冷器常见故障是瓷环破碎与结块、喷头和筛板堵塞以及空气带水等。

当污氮切换阀动作，污氮气进入水冷塔时出现较大冲击声，水冷塔顶部放空管带出许多水滴，甚至有瓷环粉末和碎片冲出。这种现象发生原因一般是因为瓷环强度差或装填时有空穴，使气流冲击下沉而造成破碎。污氮三通切换阀故障，均压后压力较

高，气体进入冷却塔内冲击瓷环，也能将瓷环冲击破碎。

在空气冷却塔中，喷淋水中的碳酸氢钙、碳酸氢镁沉积于瓷环表面，使瓷环互相粘结在一起，因而气流通道面积减小。

采用强度较高的塑料环以及软化水等方法可预防瓷环破碎及结块。

喷淋冷却水喷头堵塞，使空气冷却效果差。这一般因水中含有较多泥沙、杂质或水质太硬，致使喷头积垢造成堵塞。

筛板式冷却塔筛孔被堵时，很容易造成液泛，使空气中夹带的水分增加，冷却效果下降。防止筛板筛孔堵塞的主要方法是改善水质。

氨水预冷系统中空气冷却塔空气带水事故常见发生，其后果严重，故在下例中作专门阐述。

2. 空气冷却塔空气带水原因分析及预防

空气冷却塔出口大量带水，使切换式换热器不能把空气中的水分清除掉（即含水量过多超出了切换式换热器的自清除能力），使换热器热段很快冻结。

这种事故发生快，危害大，往往来不及处理。

设置氨水预冷系统的目的是为了降低空气进入换热器的温度，减少空气中的饱和含水量，从而减轻切换式换热器清除水分的负担。

制氧机空气冷却塔（见图2）出口空气大量带水显然失去了设置氨水预冷系统的目的。

为此对空气冷却塔空气大量带水事故必须分析其原因而加以预防。

空气冷却塔带水原因如下：

1) 空气冷却塔液面达到空气入口管高度而大量带水。空气冷却塔液面过高而未能及时发现，是因为就地指示玻璃管液面计失灵，或者因为空气冷却塔液面自动调节仪表指示失灵。

2) 空气冷却塔若采用筛板式，当筛孔因水质不良等原因而

局部堵塞时，空气通过筛孔的速度加快，水被气流托住而不易下流，使空气中带水量大大增加。

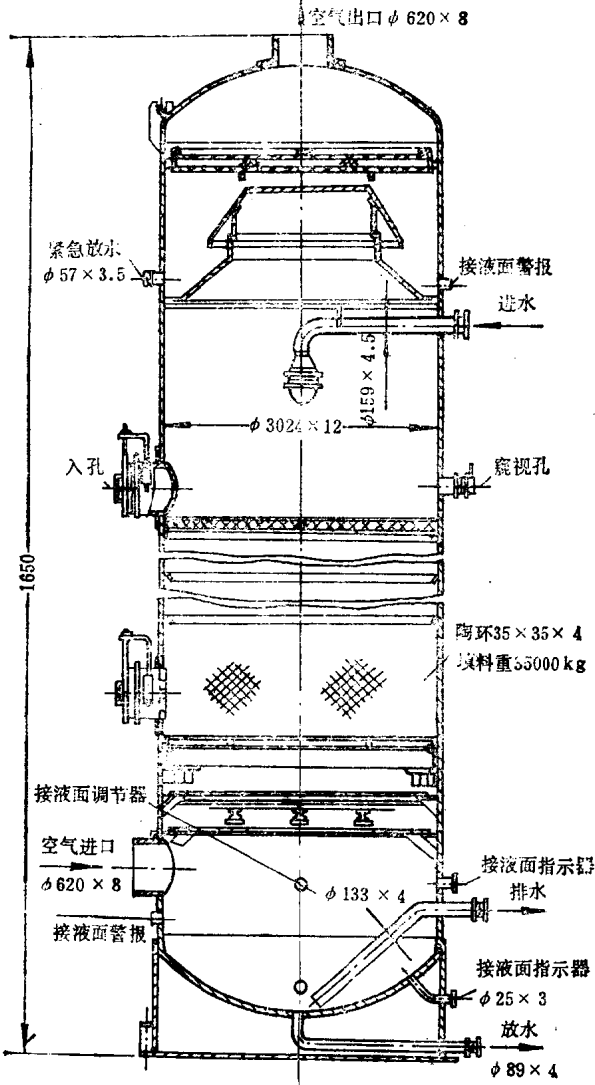


图 2 制氧机空气冷却塔

3) 空气冷却塔若采用填料式, 当空气冷却塔内的瓷环互相粘结时 (含有碳酸氢钙和碳酸氢镁的硬水在 40°C 以上时, 生成碳酸钙和碳酸镁沉淀, 沉积于瓷环表面致使瓷环结块), 空气冷却塔内气流通过面积减少, 气流速度加大, 带水量增加。

4) 空气出空气冷却塔后进入水分离器, 当水分离器效果不好或者未及时排水吹除时, 使空气中的水分未能分离掉而带入切换式换热器 (当空气冷却塔出口空气大量带水时, 水分离器不可能把水分离干净)。

5) 空分系统中因某些原因, 如自动阀等故障, 使空分系统压力突然下降, 造成空气冷却塔内的空气流量突然增加, 同时空气冷却塔内压力的突然下降, 使空气冷却塔进水量也增加。当液面调节阀失灵时, 空气冷却塔水位剧增, 造成带水。

6) 空气冷却塔冷却效果不好, 其出口空气温度大大超过设计值而增加了饱和含水量, 造成换热器冻结。

空气冷却塔出口空气大量带水初期, 空气冷却塔上的空气流量表、压力表及阻力表指针剧烈波动, 切换式换热器阻力增加, 污氮消音器在切换时排出的空气较湿, 肉眼能看到水汽很多, 切换声沉闷。这时, 空压机应紧急放空, 关闭空分装置空气入口阀及空气冷却塔的上水阀。如果这样处理后无效, 则只能停车, 加温解冻。

一般说来, 由于空气冷却塔出口空气大量带水而造成切换式换热器的大量进水, 若为可逆式板式换热器, 因其冷段在上, 热段在下, 故进水后比较容易排除。而热段在上、冷段在下的蓄冷器一旦大量进水, 就会超出其允许的自清除能力, 造成冻结堵塞, 只能停车加温解冻。如某厂 $6000\text{m}^3/\text{h}$ 空气装置的蓄冷器进水后, 立即采取缩短切换时间的方法, 由原来的3分30秒缩短到2分、1分30秒, 并加大中抽量, 将蓄冷器中部抽气总阀由原来的40%到全开 (注: 要缓慢进行), 同时减少氧、氮取出量, 缩小冷端温差, 这样维持了35h, 由于蓄冷器进水严重, 最后还是被迫停车进行装置大加热。

因此，空气冷却塔出口空气大量带水会造成切换式换热器大量进水事故，必须严加预防。办法如下：

1) 严格操作规程。当气压稳定并达到规定压力值时才启动上水泵，在停车时，先停空气冷却塔的上水泵，后停供气。

2) 经常检查空气冷却塔水位变化情况，保证空气冷却塔水位的自调系统、报警装置、水泵联锁装置灵敏、可靠。

3) 定期检查冷却塔筛板、填料和水分离装置的情况，要控制冷却塔的阻力在正常操作范围内，当阻力显著增加时，应暂时将部分空气旁通，以降低冷却塔内气体流速。

4) 注意空气冷却塔后的空气温度变化和空冷塔水位变化。水位发生变化，或可逆式换热器前空气压力表的表针抖动、可逆式换热器阻力迅速增大、塔压力升高、污氮气放空时有水滴喷出、交换声音沉闷，可逆式换热器中部温度计变化迟钝、进塔空气量减少等，都是空气带水故障的征兆，应及时查明原因，严重时，必须紧急停车，再作处理。

5) 为防止空气冷却塔内气流速度过大，应防切换系统压力突然下降而使空气量突然增加，因此，应检查强制阀、自动阀等是否能关严。

6) 当空气冷却塔内压力降低时，由于上水泵继续上水，则水冷却塔水量会减少，而空气冷却塔水量会增加，造成水位急增，因此，为防止带水事故发生，应增设水泵自动联锁控制。

3. 制氧机双级精馏塔（见图3）下塔压力偏高原因分析及处理

空分装置下塔压力的高低，影响着原料空压机的排出压力和空气量，它与产品的产量和成本有着密切的关系。当下塔压力升高时将使产品成本提高，产量降低，甚至还会出现其它故障。

影响下塔压力的因素主要是上塔压力、冷凝蒸发器传热工况及下塔阻力。

上塔压力升高 $9.8 \times 10^3 \text{Pa}$ 时，下部压力就要增加 $27.4 \times$

10^3Pa 。因此要设法降低出塔各物流（包括纯氧、纯氮和污氮）

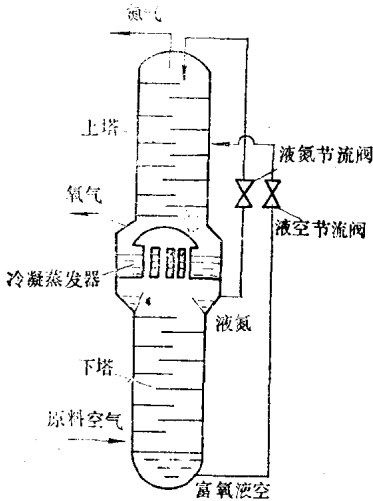


图 3 制氧机双级精馏塔

的出塔压力和装置内的阻力。

在操作中，污氮和纯氮的排出阀不要都成半开状态，阻力大的管路阀门全开，用阻力小的管路上的阀门来控制物流。上塔压力还与上塔阻力有关，如果上塔因故发生液悬，硅胶和二氧化碳固体颗粒堵塞或加热不良而有水分冻结时，都会增加上塔压力。

冷凝蒸发器因二氧化碳颗粒增多或硅胶、卵石粉末杂质的影响，使传热系数降低，或因液面过低冷凝侧积聚了大量不凝性气

体、液氮侧液面过高，使传热面积减少，或管式冷凝蒸发器中液氧液面过高，影响传热效果。在热负荷不变时，就要增加传热温差。

冷凝蒸发器的传热公式为：

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t$$

式中 Q ——冷凝蒸发器的热负荷， kJ/h ；

K ——传热系数， $\text{kJ/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ；

F ——传热面积， m^2 ；

Δt ——传热温差， $^\circ\text{C}$ 。

热负荷 Q 主要由原料空气量来决定。当 Q 不变时，传热系数 K 值降低或传热面积减少，都引起 Δt 值升高，也就是下塔压力的升高。

例：某 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 空分装置在运行中下塔压力逐渐升高，从 0.47MPa （表压）升至 0.519MPa （表压），产量也从 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 降至 $940\text{m}^3/\text{h}$ 。当停车后再启动时，下塔压力恢复正常，然后又重新升高（查液面、纯度都正常）。

此故障是由于冷凝蒸发器不凝性气体吹出管安装不当,排不出气体而造成的。当装置停车再启动时,不凝性气体会大部分随氮气流走,而正常运行后,下塔压力稳定,不凝性气体又积聚在冷凝蒸发器顶部,占据一部分传热面积,使液氧与气氮换热面积减小,传热温差增大。

液氧和气氮的纯度也影响传热温差。当液氧从98%的含氧量提高到99.5%时,蒸发温度大约提高 0.4°C ,为保证温差不变(也即冷凝蒸发器热负荷不变),则要求下塔气氮冷凝温度也要相应提高 0.4°C 。若气氮纯度不变,则下塔压力相应提高约 $1.96 \times 10^4 \text{Pa}$ 。若气氮纯度从98%的含氮量提高到99.9%时,冷凝温度约降低 0.2°C ,为保证温差不变,下塔压力需升高约 $9.8 \times 10^3 \text{Pa}$ 。

同理,冷凝蒸发器传热面积 F 值和传热系数 K 值减少时,都使下塔压力上升。在全低压流程中,下塔压力每上升 $9.8 \times 10^3 \text{Pa}$ 能耗相应增加1%左右。

下塔阻力一般变化不大,只是在加热不彻底,产生液悬等的情况下,阻力才有变化。

因此,在生产中,设法降低上塔压力,按着工艺生产要求的数值,调节液氧、液氮纯度,及时排除不凝性气体,使液面保持在最佳高度上。避免下塔压力升高,以增加产量,减少能耗,降低成本。

4. 主冷凝蒸发器传热温差扩大原因分析及处理

在空分装置中,下塔压力取决于主冷凝蒸发器(见图4)的温差,主冷温差大,下塔压力就相应升高,这样,在其它条件相同时,压缩机排出压力就将升高,能耗就增加。

为此,空分设计总是力图主冷温差取得小些,以降低能耗。在实际运行中,总希望主冷温差越接近设计值越好。但事实上,生产过程中,主冷传热面会因脏污而使传热系数减小。液氧中二氧化碳固体析出较多时,液氧趋近于粘性流体,使传热系数下降。液氧操作液面过低或管子堵得过多、氮侧不凝性气体的积聚

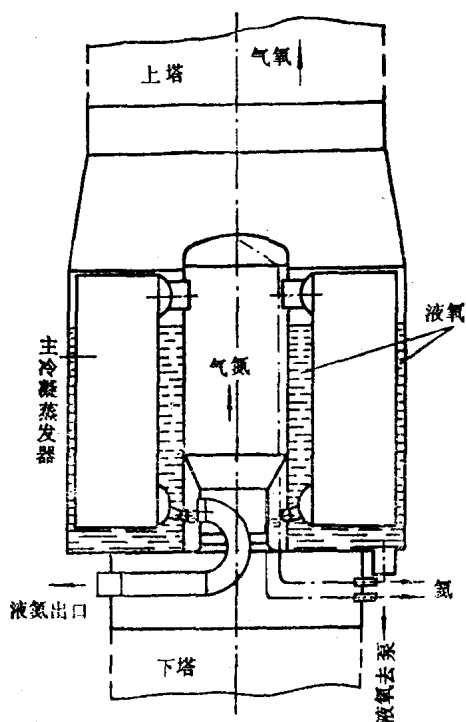


图 4 主冷凝蒸发器

等均使传热面积减小。主冷凝器的热负荷与传热面积、传热系数、传热温差成正比。

为保证生产所需要的主冷热负荷不变，当传热系数和传热面积减少后，必须增加传热温差。而传热温差的扩大必然需要提高下塔压力，下塔压力的升高又使压缩机能耗增加。同时下塔压力升高后，进空分装置的空气量将减少，使氧产量下降。

为了保证主冷的正常热负荷又不使传热温差扩大，必须注意液空过滤器的效率，使之有效地防止二氧化碳等固体杂质进入上塔；定期吹除氮、氩等不凝性气体；注意液氧液面，防止液面过低；一旦需要超负荷运行时，需注意主冷传热面是否富裕，必须