

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理规范

Specification for operation and management of flue gas carbon dioxide capture and compression device

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 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 装置的准备和试车	2
5 装置启动	5
6 装置运行	8
7 装置停车	11
8 装置故障及处理	14
9 环保排放	19
10 数据采集	19
附 录 A (资料性) 烟气二氧化碳捕集压缩装置典型工艺流程	21
附 录 B (资料性) 节能工艺	22
附 录 C (规范性) 主要化学分析项目清单	25
附 录 D (资料性) 压缩机典型参数	26
参 考 文 献	27

## 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。

本文件由××××提出。

本文件由中国标准化研究院归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理规范

## 1 范围

本文件规定了烟气二氧化碳捕集装置和压缩装置的术语和定义、总则和运行管理的内容。

本文件适用于火电行业（燃煤、燃气）、钢铁行业、水泥行业（石灰窑）等需要进行二氧化碳捕集和压缩措施的烟气二氧化碳捕集装置和压缩装置。碳捕集工艺主要考虑化学吸收法，其他碳捕集技术可参照执行。

## 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/T 51316 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准

JB/T 12536 燃煤烟气碳捕集装置运行规范

DL/T 2493 供热用减温减压装置运行导则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 二氧化碳捕集 CO<sub>2</sub> capture

利用化学吸收法将工业尾气中的二氧化碳分离使之达到一定性能指标要求的过程。

### 3.2

#### 贫液 Lean solvent

在二氧化碳吸收/解吸循环中，二氧化碳负载量较低的液体。

### 3.3

#### 富液 Lean solvent

在二氧化碳吸收/解吸循环中，二氧化碳负载量较高的液体。

### 3.4

#### 吸收塔 Absorber

用于让贫液与烟气充分接触，从而吸收烟气中二氧化碳的塔器。

### 3.5

#### 再生塔 Stripper

用于让再沸器产生的二次蒸汽与富液充分接触，从而解吸吸收溶液中二氧化碳的塔器。

### 3.6

#### 离心式压缩机 Centrifugal Compressor

一种利用旋转叶轮产生的离心力，将气体加速并利用相继的通流元件使气流减速，将动能转化为压力能的透平式压缩机。主要用于处理中大流量、高中低压的气体。

### 3.7

#### 往复式（活塞）式压缩机 Reciprocating Compressor

一种通过活塞在气缸内的往复运动使缸体容积周期变化并实现气体的增压和输送的容积式压缩机。主要用于处理中小流量、高压和超高压的气体。

### 3.8

#### 螺杆式压缩机 Screw Compressor

一种通过一对相互啮合的螺旋转子在壳体内旋转压缩气体的容积式压缩机。主要用于处理中小流量、中低压的气体。

### 3.9

#### 减温减压站 Attemperating and pressure reducing device

利用减温系统、减压系统和控制系统将高参数的过热蒸汽调节到所需蒸汽参数（压力、温度）的装置。

[来源：DL/T 2493, 3.1]

## 4 装置的准备和试车

### 4.1 启动前基本要求

新（改、扩）建装置启动前或运行装置检修后，应对整套系统进行全面检查、试验和调整，确保各项指标达到规范要求。把要求提出来，压差等

#### 4.1 捕集装置启动前准备工作

##### 4.1.1 一般检查

a) 新建装置调试结束后或检修工作全部结束，脚手架拆除，所有设备齐全、完好，现场无杂物。各通道、栏杆、楼梯完好畅通，各沟盖板齐全并盖好。

- b) 各烟道、管道完好，保温齐全，各种流程介质标识及方向正确，各设备铭牌清晰完整。
- c) 烟道、吸收塔、再生塔及各箱、罐、池等内部已清扫干净、无余留物，各人孔门、检查孔检查后应严密关闭。
- d) 所有设备的地脚螺丝齐全牢固，联接件及紧固件安装正常。
- e) 电气系统投入正常，各辅助系统控制电源、信号电源送电，DCS/PLC等控制系统投入正常，所有信号报警系统正常。
- f) 各主、辅设备联锁、保护试验已完成并合格；所有热控、电气系统联锁、保护功能均可正常投入；
- g) 所有系统检查完毕，系统运转所需物料及药剂完备充足，手动阀门处于启动前状态；所有电动门、调整门、调节挡板送电，显示状态与实际相符合。
- h) 确认热工仪表投入、指示正确，自动保护装置完好，电源及气源正常；压力、压差、温度、液位、流量及烟气、CO<sub>2</sub>在线监测装置应完好并投入。
- i) 消防设施完备，厂区消防系统投入正常。
- j) 暖通空调设施完备，投入正常。
- k) 蒸汽系统已暖管完成，投入正常。
- l) 安全阀门校验合格
- m) 储气罐压力在正常范围；压缩空气品质符合要求。
- n) 各路水源满足设计要求，冷却水系统投入正常。

#### 4.1.2 转动机械检查

- a) 联轴器连接牢固，旋转灵活无卡涩，地脚螺丝紧固，保护罩安装完整、牢固，所有检查孔已严密关闭。
- b) 油箱油位应在正常范围以内；减速器、轴承油室油位正常，油镜清晰，油质良好，有高、低、正常油位标志，轴承带油良好，用润滑油脂润滑的轴承，应有足够的油脂。
- c) 转动机械周围应无积油、积水及其它杂物。
- d) 转动机械的密封装置完好，无泄漏，吸入口滤网清洁无杂物堵塞。
- e) 设备电动机绝缘合格，电源线、接地线连接良好，旋转方向正确。电流表、启/停开关指示灯完好。

#### 4.2 系统清洗

##### 4.2.1 烟气预处理系统冷水循环清洗

- a) 打开工艺水至水洗塔补水阀门，水洗塔塔釜液位补液至设计值，；
- b) 启动水洗塔泵，建立水洗塔工艺水循环，连接管道无泄漏；
- c) 打开水洗塔塔釜底部排污阀门，污水进入废水处理系统，直至排污水目视洁净为止。

#### 4.2.2 吸收塔与再生塔间的除盐水循环清洗

- a) 向系统补充除盐水至设计值，
- b) 启动贫/富液泵，建立两塔间除盐水循环，连接管道无泄漏；
- c) 打开吸收塔底至地沟排污阀门，打开再生塔底至地沟排污阀门，直至排污水目视洁净为止；
- d) 关闭排污阀门，继续向系统补充除盐水至设计值，系统升温，再生塔底温度宜控制在80℃，期间循环冷却水不投入，进行系统热水洗，热水洗时间应不小于4小时，热水洗合格指标见表3；
- e) 热水洗结束后，打开排污阀门，污水进入废水处理系统，直至将系统排放干净。

表1 捕集装置清洗化学分析指标

工作内容	分析项目	指标
冷水洗	无分析项目	排出的污水与新补充的水无区别
热水洗	Fe <sup>3+</sup> 含量、总固含量	Fe <sup>3+</sup> ≤10mg/L；总固≤50mg/m <sup>3</sup>
热碱洗	Fe <sup>3+</sup> 含量、浊度、油	Fe <sup>3+</sup> ≤10mg/L；浊度≤50mg/m <sup>3</sup> ；油≤10mg/m <sup>3</sup>

#### 4.2.3 吸收塔尾气洗涤段的冷水循环清洗

- a) 建立尾气洗涤系统循环；连接管道无泄漏
- b) 打开洗涤液贮槽的除盐水补水电动阀门，连续补充除盐水，通过洗涤液贮槽溢流管进行排放，直至溢流排放水干净为止。
- c) 打开工艺水至水洗塔补水阀门，水洗塔塔釜液位补液至设计值，；
- d) 启动水洗塔泵，建立水洗塔工艺水循环；
- e) 打开水洗塔塔釜底部排污阀门，污水进入废水处理系统，直至排污水目视洁净为止。

### 4.3 系统启动前检查

#### 4.3.1 胺溶液配置

- a) 溶液贮槽、地下槽清洁干净，检查合格。

b) 若由地下槽进行补液，则地下槽中分批加入脱盐水和复合胺溶剂，配制复合胺溶液浓度至设计值后，向系统内进行补液。

c) 若由溶液储槽进行补液，则直接由槽车/吨桶向溶液储槽加注浓度适宜的溶剂，向系统内补液。

#### 4.3.2 碱液配置

a) 烟气预处理系统碱洗过程中使用的氢氧化钠溶液浓度宜在3%左右。

b) 当氢氧化钠浓度低于2%应进行补充，避免碱洗效果降低；当氢氧化钠浓度高于4%时应及时加水，调整到适宜浓度。

#### 4.3.3 烟气系统检查

a) 烟气在线监测及烟气分析仪运行正常；

b) 确认碳捕集系统入口烟气各项指标满足设计要求。

#### 4.3.4 二氧化碳压缩系统检查

a) 确认干气密封系统（如有）启动气源投入正常。

### 5 装置启动

#### 5.1 溶液循环系统启动

##### 5.1.1 建立吸收塔液位

a) 打开溶液贮槽至贫液泵阀门，手动设定贫液泵变频器频率至适当值（或手动打开贫液流量调节阀至适当开度），启动贫液泵，开贫液泵出口阀门；

b) 打开地下槽自吸泵至吸收塔的阀门，关闭地下槽自吸泵至溶液贮槽的阀门，启动地下槽自吸泵，开地下槽自吸泵出口阀门。

##### 5.1.2 建立再生塔液位

a) 确认吸收塔至设计液位后，手动设定富液泵变频器频率至（或手动打开吸收塔底液位调节阀），启动富液泵，开富液泵出口阀门；

b) 再生塔液位达到设计值后，关闭溶液贮槽至贫液泵阀门，从而建立吸收塔至再生塔之间的溶液循环。

##### 5.1.3 系统升温启动

a) 打开蒸汽切断阀门；

- b) 手动打开再生塔底温度调节阀至100%开度;
- c) 启动除盐水升压泵, 开除盐水升压泵出口阀门;
- d) 手动打开蒸汽减温减压装置的减压阀, 手动打开蒸汽减温减压装置的减温阀至一定开度, 进再沸器的蒸汽温度应控制在设计值;
- e) 向再沸器中通入小流量蒸汽, 使吸收溶液缓慢升温, 吸收溶液的升温速率宜控制在 $30^{\circ}\text{C}/\text{h}$ — $50^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ;
- f) 凝结水疏水罐液位达到设计值后, 手动打开凝结水疏水罐液位调节阀, 启动凝结水升压泵, 开凝结水升压泵出口阀门。

#### 5.1.4 循环水冷却系统启动

- a) 打开烟气预洗涤冷却器、吸收塔中间冷却器、尾气洗涤液冷却器、贫液冷却器、再生气冷却器、压缩机级间冷却器、干燥再生冷却器等设备进出口阀门;
- b) 手动打开烟气预洗涤冷却器、吸收塔中间冷却器、尾气洗涤液冷却器、贫液冷却器、再生气冷却器、压缩机级间冷却器、干燥再生冷却器等设备的冷却水量调节阀;
- c) 当再生塔底温度升至约 $60^{\circ}\text{C}$ 时, 启动循环冷却水泵, 开循环冷却水泵出口阀门, 建立循环冷却水系统正常循环。

### 5.2 烟气系统启动

#### 5.2.1 烟气预洗涤循环系统启动

- a) 手动设定烟气预洗涤循环泵变频器频率(或手动打开烟气预洗涤循环流量调节阀), 启动烟气预洗涤循环泵, 开烟气预洗涤循环泵出口阀门;
- b) 向烟气预洗涤循环系统内加入一定的碱液, 控制烟气预洗涤液的pH值宜在7-9范围内。

#### 5.2.2 尾气洗涤循环系统启动

手动设定尾气洗涤循环泵变频器频率(手动打开尾气洗涤循环流量调节阀), 启动尾气洗涤循环泵, 开尾气洗涤循环泵出口阀门。

#### 5.2.3 增压风机启动

- a) 当再生塔底温度升至 $95^{\circ}\text{C}$ 以上时, 打开脱硫吸收塔烟气出口至碳捕集的烟气挡板阀门;
- b) 增压风机启动
- c) 当再生塔出口再生气压力高于 $30\text{KPa}$ 以上时, 手动打开再生塔出口再生气压力调节阀至适当开度。

#### 5.2.4 回流补液系统启动

当再生气分离器液位高于设计值时，手动设定回流补液泵变频器频率（或手动打开再生气分离器液位调节阀），启动回流补液泵，开回流补液泵出口阀门。

### 5.3 压缩液化系统启动

当再生气分离器后再生气的压力高于设计值时，启动压缩机。

#### 5.3.1 离心式压缩机启动

- a) 确认压缩机具备投运条件，并应检查仪用空气满足使用要求；
- b) 建立干气密封的必要气体压差；
- c) 采取防喘振调节措施；
- d) 启动辅助油泵，然后检查油箱内的负压，确保润滑管接头、泵、阀门无泄漏；
- e) 启动压缩机，启动完成后，辅助油泵停机，压缩机准备加载运行。

#### 5.3.2 往复（活塞）式压缩机系统启动

- a) 确认压缩机具备投运条件；
- b) 启动压缩机，空车运行5-10分钟，确认无任何异常现象，打开I级进气阀门，将设备中的空气排入大气中，有步骤地关闭各级排污阀门，放空阀门使各段压力逐渐升高；
- c) 当末级压力达到额定工作压力，将末级阀门打开，使压缩机与系统接通，同时关闭相应的回路连通阀，完成启动。

#### 5.3.3 螺杆式压缩机系统启动

- a) 确认压缩机具备投运条件；
- b) 启动辅助油泵，确认油压；
- c) 油泵启动适当时间后启动压缩机，辅助油泵停机，调整吸、排气阀，使吸气压力、排气压力在正常运行范围内。

#### 5.3.4 干燥脱水系统启动

当再生气的压力升高至设计值后，干燥脱水系统启动，具体步骤如下：

- a) 打开二氧化碳压缩机与干燥脱水系统之间的阀门；
- b) 打开干燥再生加热器出口的蒸汽凝结水切断阀，手动打开干燥再生加热器入口的蒸汽流量调节阀至适当开度，控制干燥再生加热器出口的再生气温度至设定值；

- c) 手动打开再生气进干燥吸附塔流量调节阀至适当开度，调节用于再生的支路气量至设定值；
- d) 打开进入干燥吸附塔的进出口主路阀门，关闭干燥吸附塔的再生、冷吹支路的进出口阀门；
- e) 关闭进入干燥再生塔的进出口主路阀门，打开干燥再生塔的再生支路的进出口阀门，关闭干燥再生塔的冷吹支路的进出口阀门；
- f) 关闭进入干燥冷吹塔的进出口主路阀门，关闭干燥冷吹塔的再生支路的进出口阀门，打开干燥冷吹塔的冷吹支路的进出口阀门；
- g) 各塔的运行状态根据步序时间进行切换，控制干燥吸附塔出口的水分含量应不高于设计值。

### 5.3.5 制冷机启动及储运

在干燥脱水流程的出口应进行放空操作，当出干燥撬再生气参数满足设计要求后，关闭放空装置，启动制冷系统。

- a) 确认制冷压缩机具备投运条件，并应检查液氨等制冷剂的加注满足使用要求；
- b) 启动油泵，确认油压；
- c) 油泵启动约20秒后，启动压缩机，油泵停运，调整吸、排气阀，使吸气压力、排气压力在正常运行范围内；
- d) 形成液态产品正常储存的通路，确认充车系统能够正常使用。

## 6 装置运行

### 6.1 捕集装置正常运行

#### 6.1.1 运行总要求

保证碳捕集装置的安全及经济运行，对运行中的碳捕集装置进行运行调整，装置运行应遵循以下要求：

- a) 碳捕集装置正常稳定运行，参数准确可靠；
- b) 碳捕集装置运行根据上游烟气负荷或下游二氧化碳产品需求量进行调整；
- c) 碳捕集装置运行调整过程应避免参数出现较大的波动；
- d) 在满足排放指标的前提下，优化运行参数，提高经济性。

#### 6.1.2 主要控制参数

在碳捕集装置正常运行过程中，需要控制的参数主要包括烟气负荷量，溶液贫富液循环量，再生塔温度和再生气流量，系统溶液量与水平衡。

### 6.1.3 运行控制调整

#### 6.1.3.1 烟气负荷量的调整

a) 对于部分烟气捕集系统，烟气流量应根据下游二氧化碳产品需求量，当二氧化碳产品需求量时，应调节增压风机使得烟气流量与二氧化碳压缩需求匹配；

b) 对于全烟气捕集系统，烟气流量由烟气源决定，当烟气负荷变化时，应调节增压风机保证风机的前后烟气压力稳定。

#### c) 增压风机调节

离心式增压风机调节应调节风机变频器频率，或调节风机进口导叶开度；轴流风机调节应调节风机变频器频率，或调节风机进口导叶开度。

#### 6.1.3.2 溶液贫富液循环量的调整

a) 贫液流量通过调整贫液泵变频器频率或贫液管路上调节阀开度来调整，可根据液气比设计值进行粗调，而后根据CO<sub>2</sub>捕集率进行微调，CO<sub>2</sub>捕集率宜≥90%；

b) 富液流量通过调整富液泵变频器频率或富液管路上调节阀开度来调整，可根据贫液流量进行粗调，而后吸收塔和解吸塔的液位进行微调，维持吸收塔与解吸塔稳定。

#### 6.1.3.3 再生塔温度和再生气流量的调整

a) 再生塔出口再生气压力通过压力调节阀开度控制在设计值；

b) 再生塔塔底的温度由进入再沸器的蒸汽用量和再生塔压力共同调节。

#### 6.1.3.4 水平衡与系统溶液量的调整

a) 控制尾气洗涤塔的出口烟气温度与吸收塔进口烟气温度差值不宜高于5℃；

b) 定期开启除盐水补充阀，维持溶液总胺溶度在设计运行范围；

c) 定期开启吸收剂补充阀，维持系统吸收溶液总量稳定。

#### 6.1.3.5 其他参数的调整

a) 预洗涤冷却器、吸收塔中间冷却器、尾气洗涤液冷却器、贫液冷却器、再生气冷却器等循环冷却水量通过阀门调节，使得冷却工质出口温度在设计范围；

b) 烟气预洗涤液流量通过手动调整烟气预洗涤循环泵变频器频率至适当值（或手动打开烟气预洗涤循环流量调节阀至适当开度）进行调节；

c) 烟气预洗涤出口烟气温度通过烟气预洗涤液流量和烟气预洗涤液冷却后温度共同调节；

d) 尾气洗涤液流量通过手动调整烟气尾气洗涤循环泵变频器频率至适当值（或手动打开烟气尾气洗涤循环流量调节阀至适当开度）进行调节；

e) 尾气洗涤出口烟气温度通过尾气洗涤液流量和尾气洗涤液冷却后温度共同调节；

f) 通过定期启停再生气凝结水泵将再生气冷凝水输送至吸收剂溶液循环，维持再生气凝结水缓冲罐液体在设计液位。

#### 6.1.4 化学分析项目

a) 捕集装置运行过程中，应定期对气液样品进行分析化验，项目见附录B；

b) 应定期检查、及时更换烟气排放连续监测系统所需的标准气体与探头滤芯等易损设备，定期对仪器进行零点和量程的手动校准。

### 6.2 压缩装置运行

#### 6.2.1 运行总要求

二氧化碳压缩机的运行应遵循以下要求：

a) 压缩机在设计工况正常稳定运行，参数准确可靠，不同类型典型压缩机参数详见附录C；

b) 压缩机在正常运转过程应避免参数出现较大的波动。

#### 6.2.2 二氧化碳压缩机正常运转数据记录

a) 运行初期或负荷变化时：每隔1小时记录一次，以密切监控设备的运行状况。

b) 稳定运行时：每隔4小时记录一次，确保对关键参数的跟踪。

c) 设备长期连续运行时：夜间或非工作时段可以适当延长记录间隔，但不宜超过6小时。

#### 6.2.3 压缩装置调整

##### 6.2.3.1 压缩液化系统调整

a) CO<sub>2</sub>压缩负荷变化时，调节压缩机的增减载机构，维持各级压缩机出口压力在设计值；

b) 压缩机调节方式包括改变进气阀门的开度、改变主电源电压、电源频率控制压缩机转速等。

##### 6.2.3.2 干燥脱水系统调整

a) 干燥吸附塔出口的水分含量由干燥吸附塔再生气量与再生气温度共同控制，保证吸附塔出口的水分含量应不高于设计值；

b) 通过干燥再生加热器入口的蒸汽流量控制干燥吸附塔再生气温度；

c) 通过干燥吸附塔流量调节阀控制干燥吸附塔再生气流量。

### 6.2.3.3 制冷机调整

调整制冷机的制冷能力维持出口产品CO<sub>2</sub>在目标液化温度，可通过调节制冷压缩机变频器频率来控制制冷量，也可同步调整制冷剂循环泵的流量。

### 6.3 检查维护要求

- a) 运行人员应严格服从调度指令；
- b) 运行人员应做好二氧化碳捕集压缩装置运行、维护、日常管理及记录工作；
- c) 应设立专职巡查人员与维护人员，应明确巡查与维护的要求和频率。

## 7 装置停车

### 7.1 通用要求

捕集装置停车分为正常停车和紧急停车两大类，捕集装置正常停车宜按下列步骤：

停运前准备—>烟气系统停车—>蒸汽系统停车—>液化压缩停车—>捕集系统停车—>其他系统顺控停车。

### 7.2 烟气系统停车

烟气系统停车宜按下列步骤：

- a) 离心式增压风机停车。
  - 1) 逐步调低电机频率，逐步关闭出口调节风门，电机关停；
  - 2) 关闭烟气系统入口挡板门；
  - 3) 关闭烟气系统出口挡板门。
- b) 动叶可调轴流风机停车。
  - 1) 电机关停，调节叶片逐步关闭；
  - 2) 关闭烟气入口挡板门；
  - 3) 关闭烟气出口挡板门；
  - 4) 停止冷却风机；
  - 5) 停止润滑油泵（油温宜低于40度后）。
- c) 烟气预洗涤循环泵顺控停车。
- d) 烟气尾气洗涤循环泵顺控停车。

### 7.3 蒸汽系统停车

- a) 减温减压站的蒸汽减压阀解列连锁手动逐步设定开度至零；
- b) 主蒸汽管路阀门关闭；
- c) 顺控停除盐水升压泵。

### 7.4 压缩装置停车

#### 7.4.1 压缩装置正常停车步骤

##### 7.4.1.1 螺杆式二氧化碳压缩机停机步骤如下：

- a) 缓慢打开回流阀，使压缩机逐步卸载。逐步关闭排气阀，同时打开放空阀，确保排出系统内的气体。
- b) 当压缩机负载减至最低时，停止电动机运转。
- c) 确认压缩机完全停止运转后，关闭放空阀。
- d) 继续运行辅助油泵3~5分钟，确保压缩机内部各部件得到充分润滑后再停止。
- e) 关闭冷却水总阀，排尽冷却水系统中的水，包括冷却器及管路内的残留水，特别是在寒冬季节，以防止结冰损坏设备。

##### 7.4.1.2 离心式二氧化碳压缩机停机步骤如下：

- a) 将压缩机的控制系统设定为“最小输出”，以逐步减少负载，降低压缩机的输出功率。
- b) 小心地停止驱动器运行，并记录压缩机完全停止所需的时间。遵循驱动器制造厂的说明书进行操作。
- c) 在压缩机停止运转后，立即关闭压缩机气体管线上的进口和出口阀，降低压缩机壳体内部的压力，确保系统与外界隔离。
- d) 将负荷装置调整至最低位置，以确保压缩机处于安全停机状态。
- e) 在停机过程中，通过调节冷却水流量，将油系统内的油温维持在要求温度，确保润滑系统的正常运作。
- f) 在油泵停止运行后，切断油冷却器的冷却水供应，防止冷却系统过冷或结冰。小心！如果存在霜冻风险，在停机和冷却水供给中断后，务必打开油冷却器和气体冷却器的排水阀，排尽残余水分，防止设备损坏。

##### 7.4.1.3 往复式二氧化碳压缩机停机步骤如下：

- a) 缓慢打开回流阀，使气缸卸载，并逐步关闭末端截止阀，打开放空阀；
- b) 停电机，一级吸入阀手动关闭；
- c) 待机器停止运转，关闭放空阀；
- d) 运行备用油泵3~5min；
- e) 关闭总进水阀，放尽各级气缸体内、冷却器内及所有水路内的冷却水，特别是寒冬季节以防冰冻。

#### 7.4.2 压缩装置紧急停车步骤

发生事故时，首先停电机，然后立即打开放空阀，并关闭末端截止阀。

- a) 当压缩机因故障需要紧急停机时，立即停止压缩机的运转，然后立即打开放空阀。
- b) 如果条件允许，测量并记录压缩机从停止命令发出到完全静止所需的滑行时间。
- c) 确认止回阀已自动关闭，防止倒流。如果止回阀未自动关闭，立即手动关闭。
- d) 如果进口和出口阀没有自动关闭，操作人员应手动关闭这些阀门，确保压缩机与管道系统隔离。
- e) 迅速查明紧急停机的原因。如果停机是由于过大的轴向位移引起的，务必检查止推轴承，即使停机后轴位读数正常也需进行检查。如果停机原因是其他故障，确保故障完全排除后再考虑重新启动压缩机。小心！只有在完全消除跳闸原因并确认设备安全后，压缩机才可以再次启动

#### 7.5 捕集系统停车

- a) 溶液冷却至50~60℃，顺控停循环水泵；
- b) 确认两台尾气洗涤泵均处于手动状态，停尾气洗涤泵；
- c) 打开富液泵、贫液泵至溶液贮槽管路排净阀门，将溶液打入溶液贮槽，贫液泵保护停后，将吸收塔液位调节阀解为手动，设定开度为30%；
- d) 非临时性停车，应排空吸收塔、再生塔、换热器及管路中的溶液至地下槽（箱、罐）；
- e) 分别打开旋风分离器及烟气分离器除盐水冲洗门，冲洗时间约20分钟，分别通过旋风分离器水封罐溢流管及烟气分离器底部电动排放阀门向地沟排放冲洗水
- f) 打开贫液冷却器、洗涤液冷却器、再生气冷却器管侧排污阀及排气阀，手动打开循环水泵出口电动门及出口排气阀，将设备及管道内循环水排放至地沟。

#### 7.6 制冷剂停车

- a) 确认制冷压缩机具备停运条件，调整吸、排气阀，保证吸气压力、排气压力在设备正常工作范围内，压缩机按20%的级差间隔10分钟逐级减载至零载位，停机；
- b) 关闭吸气阀，油温至40℃，油泵延时自动停止；

- c) 关闭排气阀；
- d) 延时停止水冷油冷却器供水。

### 7.7 干燥脱水系统停车

- a) 关闭干燥再生加热器热源（蒸汽或电加热器）；
- b) 关闭二氧化碳压缩机与干燥脱水系统之间的阀门；
- c) 关闭再生气进干燥吸附塔流量调节阀；
- d) 关闭进入干燥吸附塔的主路阀门。

### 7.8 装置紧急停车

凡遇断电、断冷却水及设备严重泄漏等事故时，应紧急停车。紧急停车步骤如下：

序号	停运步骤	动作或状态	备注
1	蒸汽管路自动阀门	快关	
2	捕集装置旁路挡板门	打开	
3	增压风机	停车	
4	活性炭过滤器进出口手动阀	关闭	
5	烟道进口/出口挡板	关闭	
6	其他各泵	停车	设备冷却水泵除外
7	其他系统按正常停车顺控停车		

## 8 装置故障及处理

### 8.1 捕集装置故障原因及处理方法

捕集装置可能出现的故障现象及其原因和相应的处理方法归纳至下表：

表2 捕集装置故障原因及处理方法

序号	故障现象	原因	处理方法
1	CO <sub>2</sub> 产量低	吸收剂再生温度过低	可加大再沸器蒸汽用量，达到设计值或优化值
		吸收剂循环量不足	可增大吸收剂循环量，达到设计值或优化值
		吸收剂浓度偏低	可参考故障现象3#
		贫液进吸收塔温度过高	可降低贫液温度，达到设计值或优化值
		烟气中CO <sub>2</sub> 含量降低	周期性变化且变化不超过20%，可不予处理或者可将烟气进气量提高且不宜超过设计值20%。
		吸收剂降解明显、颜色较深、热稳	采用胺回收加热器或电渗析等净化装置，并补充新

序号	故障现象	原因	处理方法
		定盐等杂质多	鲜吸收剂至设计值
		换热器等关键热回收设备效率下降	对比换热器端差温度变化，清洗换热器
		再生气流量计计量问题	宜对烟气进出口CO <sub>2</sub> 量以及吸收剂中酸气净值含量等进行多方产量对比，确认流量计是否需要进一步校核。
2	吸收塔雾沫夹带液泛	烟气进气量过大	宜迅速减少进气量至设计值的50-80%以观察，综合判断是否有其他原因
		吸收剂脏、杂质多、起泡	应降低烟气进气量并开启吸收剂过滤吸附单元，或加大该单元的循环量；宜加入消泡剂
		填料损坏严重	应停车更换填料
		吸收剂含有易挥发组分	应降低烟气进气量并宜确认吸收剂挥发组分，是否更换吸收剂
3	吸收剂浓度低	非正常运行损失	应杜绝跑、冒、滴、漏，减少损失
		吸收剂降解	宜开启吸收剂再生装置，并应补充新鲜吸收剂达到设计值或优化值
		烟气SO <sub>2</sub> 含量高	应分析上游烟气中SO <sub>2</sub> 含量的波动，并对预处理塔脱硫剂浓度进行监控，按设计及时补充
		烟气进吸收塔带水大于吸收塔尾气带水量	可降低烟气出口烟气温度，并低于尾气出塔温3-5℃，该操作建议短时间操作，并应补充新鲜吸收剂至设计值浓度
4	再生塔液位下降快	磁翻板液位计受蒸发器出口气液混合物物流脉冲式冲击	降低蒸发器蒸汽量后重新调整蒸汽用量；进行技改，增加虹吸式蒸发器的出口物流的连续性和稳定性；改造液位计位置，尽量远离沸器出口
		再生塔拦液	降低再生塔温度，宜检查气液比是否在设计范围内，并迅速同步降低气、液流量，对吸收剂加强过滤、消泡等处理；检查再生塔压差是否异常，并清洗填料
		吸收塔液位自控失灵	改手动操作
		贫液循环量显著高于富液循环量	通过调节贫富液循环泵的操作，恢复再生塔液位
5	贫液泵抽空（泵循环量波动大、声音异常。）	再生塔底部液位低	应关闭贫液泵，并通过富液泵或补液泵向再生塔内补充吸收剂至塔液位正常范围内
		泵进口有堵塞或进气等	可敲击管道入口、排气操作、继续运行观察；如有必要停泵检修。
6	富液泵抽空（泵循环量波动大、	液位自控失灵	手动操作
		吸收塔液位低	系统补水或适当调低再生塔液位

序号	故障现象	原因	处理方法
	声音异常。	泵进口有堵塞或进气等	可敲击管道入口、排气操作、继续运行观察；如有必要停泵检修。
7	CO <sub>2</sub> 吸收不充分（吸收剂角度）	烟气进吸收塔温度过高	降低烟气进塔温度至设计值或优化值
		贫液进塔温度过高	调节贫液冷却器冷却水量，以降低贫液进吸收塔温度至设计值或优化值
		吸收塔产生泡沫	加强过滤，防止油、粉尘过多进入系统，补充消泡剂
		贫液酸气含量过高	CO <sub>2</sub> 再生不充分，应增大再沸器蒸汽用量
		烟气与吸收剂在吸收塔内接触不良，产生壁流、沟流、分布不均	大修时，检查塔内气液分布器、填料等情况适当增大贫液循环量观察捕集率情况
		吸收剂循环量过小	增大贫液循环量至设计值或优化值，并同步富液循环量
		烟气进塔流量过大	调节烟气流量至设计值
8	溶剂损失过大	吸收塔净化气夹带	不要超过吸收塔的最大通过烟气流速，增加或修理除沫器丝网
		吸收塔顶部温度过高	降低洗涤液温度或贫液温度
		泄漏	堵漏或将漏液收集返回系统
		再生气夹带损失	应增加再生气冷却水循环量，降低再生气进分离器温度
9	吸收剂中铁离子含量高	系统管道、设备等有腐蚀	情况严重则需要停车检修易腐蚀部位的情况，相应检修
		循环水铁离子高并且冷却器有漏液	检查循环水铁离子含量并检查是否通过循环水冷却器漏液至系统吸收剂
		烟气夹带金属离子	加强预处理塔的金属离子控制，如加入金属离子阻垢剂等
		缓蚀剂浓度不足	补充缓蚀剂，提高管道设备等抗腐蚀能力
10	蒸汽消耗高	贫富液换热器换热效率低	检查是否内漏；清洗贫富液换热器；
		吸收剂浓度未在设计值或优化值	可参考故障现象3#
		装置各部位温度压力参数未在设计值或优化值	调整各部位温度、压力参数至设计值或优化值，且保持系统稳定
		煮沸器效率低	核对煮沸器设计参数（核对设计文件以及调试蒸汽量与胺液出煮沸器温度以及煮沸器冷凝液温度的变化情况，以判断设计） 煮沸器出现内漏、结垢等情况，视情况需要进行清

序号	故障现象	原因	处理方法
			洗或检修技改
		吸收剂自身能耗高	更换低能耗吸收剂
11	电耗高	风机运行功率过大	减少烟气管路阻力，在满足烟气进吸收塔条件的前提下降低风机功率
		吸收剂循环量过大	降低吸收剂循环量
		冷却水循环泵流量过大或阻力大	降低冷却水循环泵流量，清洗冷却器
12	吸收塔顶尾气中CO <sub>2</sub> 含量高	烟气负荷偏高或操作不稳定，温度液位波动大	降低烟气负荷或稳定操作，控制各工艺参数在指标范围内
		吸收剂再生不好	适当增加循环量
		填料被腐蚀或填料支承脱落堵塞，传质面积减少	判定塔内填料状况并进行检修处理
13	再生气中胺液夹带	再生气分离器温度过高	应加大再生气冷却水量，降低再生气温度至设计值
		吸收剂易于挥发	可更换吸收剂配方，减少易挥发组分
		富液分级流工艺	关闭富液分级流，并分析再生气冷凝液胺含量
		再生塔顶部压力突然下降	检查突然下降原因，如再生塔顶部安全阀是否动作，再生气进压缩机工段前是否有放空阀开启等，针对性进行处理，应尽快恢复再生塔温度和压力分布达到正常运行状态。

## 8.2 压缩装置故障原因及处理方法

压缩装置可能出现的故障现象和处理办法：

表3 压缩装置故障原因及处理方法

序号	故障	原因	处理方法
1	驱动机无法启动	润滑油压太低	(见第6点)
		高位油箱中油位太低	检查并补充高位油箱中的润滑油，确保油位符合操作要求
		没有工作介质	检查工作介质供应线路，确保介质充入无障碍
		没有电源	通知专业电气技术人员检查电源及电气线路的完整性和工作状态，排除故障并恢复电力供应
		润滑油油温太低	打开油箱加热器

2	驱动机关闭	电源故障	委托电气技术人员进行全面电气系统故障诊断，确保设备恢复正常供电后重新启动
		安全保护装置由于外部因素或设备自保护机制启动，导致设备自动停机。	检查安全连锁装置的动作状态，并根据需要进行重置或更换，确保设备安全运行条件满足
3	主油泵不起动	无工作介质	检查并确保工作介质充足，符合设备运行要求；
4	当油压下落时 辅助油泵不起 动	电气故障	检查电气控制回路，排除电气系统故障，必要时替换相应的电气元件；
		泵自动设备电气故障	检查并修理泵控制设备，确保自动化系统的功能恢复正常。
5	油泵不输出油	油管线上的闸阀或止回阀关闭	检查并调整所有相关阀门至正确开闭状态，确保油路畅通，必要时更换失效阀门；
		管路系统内未进行充分排气，导致空气滞留在油路中，形成气阻现象。	对油路系统进行彻底排气操作，确保管路内不存在空气滞留，保障润滑油顺利流动。
6	润滑油油压降 低	泵出现问题	检查油泵的运行状态，必要时进行维护或更换
		油管线漏泄	对油管系统进行全面检查，修复或更换漏油部件
		冷却器，过滤器或粗滤器脏污	转换油冷却器、油过滤器，清洁粗滤器滤芯
		油压平衡阀或减压阀有缺陷	检查阀门，如果必要，更换
7	润滑油油压太 高	油压平衡阀有问题	检查阀门，如果必要，更换
8	润滑油漏泄	法兰连接处漏泄	更换密封垫片
		油管线破裂危险	如果同热的部件相接触会出现火灾危险
9	供油温度太高	冷却水不足	检查冷却系统，确保其功能完好，并及时维护或更换故障部件
		冷却水温已升高	
		润滑油质量不符合设备规定	使用符合设备技术要求的润滑油，并定期检查油品质量。
10	供油温度太低	冷却水过多	节流冷却水流量
		环境温度太低	关闭油箱加热器
11	轴承温度高	油流量太低	增大进轴承前的油压
		油供给温度太高	见第9点
		油冷却器有问题	转换油冷却器，并进行清洁

		润滑油质量不符合设备规定	使用符合设备技术要求的润滑油，并定期检查油品质量。
		轴承损伤	检查轴承，观察其振动状况
			小心！如果温度快速上升，立即关闭压缩机
12	轴承振动增大	对中已改变	检查对中和基础情况
		过大的轴承间隙	安装新的轴承
		油起泡沫	安装新轴承，当必要时改变油粘度
		转子不平衡（可能结污）	检查转子平衡，必要时清洁
		转子变形	平直转子（只能由压缩机厂商专家来作）然后检查平衡

## 9 环保排放

9.1 工艺流程设计应采取清洁生产工艺，减少废水、废气、废渣排放。在满足环保排放达标要求的前提下，应采用低能耗的“三废”处理工艺。产生的“三废”宜综合利用。（完全摘自）

9.2 废水排放应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB8978的有关规定。

9.3 废气排放应满足现行国家标准《大气污染物综合排放标准》GB16297、《火电厂大气污染物排放标准》GB13223的有关规定。

9.4 一般工业固体废弃物处置应满足现行国家标准《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB18599的有关规定，危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597）相关要求。

9.5 溶液净化回收过程中产生的降解产物应进行无害化处理。（完全摘自）

9.6 工厂厂界噪声应符合现行国家标准《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348的有关规定

## 10 数据采集

10.1 碳捕集压缩装置运行期间应具备以下基本的数据采集及显示功能：

- a) 工艺流程图、趋势、成组参数、报警显示；
- b) 事故追忆、操作、事件等记录；
- c) 班报表、月报表、用户定义的报表；
- d) 历史数据存储和检索。



## 附录 A

(资料性)

## 烟气二氧化碳捕集压缩装置典型工艺流程

典型的烟气二氧化碳捕集压缩装置工艺流程如图A1所示。经过除尘、脱硫、脱硝处理的烟气通过增压机加压后首先进入烟气预处理塔进行降温和洗涤，除去烟气携带的水分和微量石膏。从烟气预处理塔顶部出来的烟气进入吸收塔底部，与从上部入塔的吸收液形成逆流接触，使 $\text{CO}_2$ 得到脱除，净化后的烟气由塔顶去烟囱排放。由于吸收溶剂与烟气中的 $\text{CO}_2$ 在吸收塔中的反应将放出热量，温度升高不利于吸收反应的进行，所以在吸收段中部设置级间冷却系统，提高吸收剂的负载量。由于吸收液具有较高的蒸汽压，为减少吸收液蒸汽随烟气带出而造成吸收液损失，在吸收塔上部设置尾气洗涤系统，以降低烟气中吸收液蒸汽的含量。当系统需要补水时，首先将尾气洗涤水作系统补水，损失的洗涤水由除盐水补充。

吸收 $\text{CO}_2$ 后的富液进入经富液泵加压后分为两路：一路直接进入再生塔顶部，起到激冷作用；一路送入贫富液换热器，回收贫液热量后送入再生塔上部喷淋，通过汽提解吸部分 $\text{CO}_2$ 。经汽提解吸后的半贫液进入再沸器，使其中的 $\text{CO}_2$ 进一步解吸。解吸 $\text{CO}_2$ 后的贫液由再生塔底流至贫液闪蒸罐，通过降低贫液压力进一步回收部分 $\text{CO}_2$ 。闪蒸出的蒸汽经MVR压缩后，回到再生塔，剩余的贫液经贫富液换热器、贫液冷却器降温后，进入吸收塔吸收 $\text{CO}_2$ ，形成溶剂连续吸收和解吸 $\text{CO}_2$ 的往返循环。

再生塔解吸出的高浓度 $\text{CO}_2$ 经再生气冷却器降温后，分离除去所含的水分，送入后序工段使用。再生气中被冷却分离出来的冷却水，用泵送至吸收塔顶部的尾气洗涤循环。从捕集系统来的高纯度二氧化碳气体随后送至 $\text{CO}_2$ 压缩机压缩。为满足液化和输送要求，压缩机出口的 $\text{CO}_2$ 气需送入分子筛干燥器中进一步脱水。

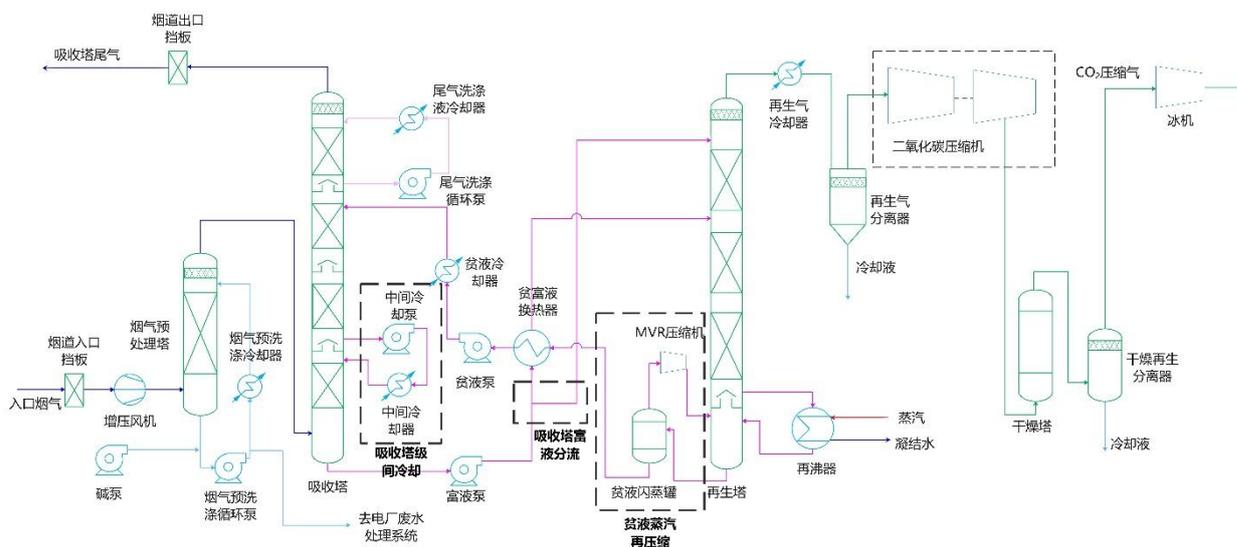


图 A1. 典型的烟气二氧化碳捕集压缩装置工艺流程

## 附录 B

### (资料性)

### 节能工艺

#### B.1 吸收塔级间冷却

吸收塔级间冷却（也称中间冷却）是指在多级吸收过程中，在各级之间进行冷却。通常是在吸收塔的不同阶段之间设置冷却器，冷却通过上一级吸收的气体或液体，然后再进入下一阶段的吸收过程。流程图示如图B1所示。

级间冷却主要是降低各级吸收过程的温度，避免由于吸收反应放热造成温度的累积，进而提高整体吸收效率。级间冷却也可以使得每一级吸收过程都在较低的温度下进行，从而优化每一级的吸收效果。

级间冷却通常会改善整个系统的温度分布，使每一级的吸收剂保持较高的吸收能力，但可能需要增加额外的冷却设备和能量消耗。

与级间冷却有关的操作参数包括：冷却位置、冷却器温度、泵压、抽出流量。

级间冷却可以增加吸收塔的吸收效率，降低约5-10%的溶剂再生能耗。

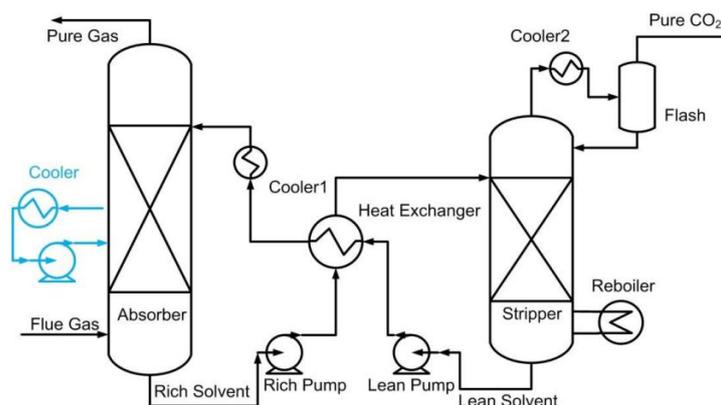


图 B1. 吸收塔级间冷却流程简图

#### B.2 富液分流

富液分流是将吸收塔塔底流出的富液分成两股物流，其中一股按照标准流程进入交叉换热器换热后注入解吸塔低于塔顶的某一块塔板，而另一股不经过换热，冷的富液直接进入解吸塔塔顶。经过分流处理后，一部分冷的富液未被加热，而进入交叉换热器的冷富液流量减小，可以被加热到更高的温度。流程图示如图B2所示。

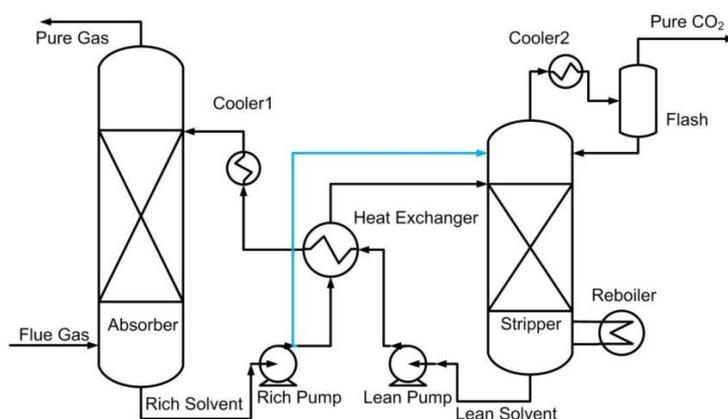
一部分冷富液被分流出去未被加热，剩余通过换热器的冷富液能够被加热到一个更高的温度，这部分富液将更容易在解吸塔中释放出 CO<sub>2</sub>，同时也能够气化出更多蒸汽循环于解吸塔之中，减小了再沸器需要提供的产生蒸汽的热负荷；未被加热的冷富液从解吸塔塔顶进入，遇到塔顶处的高温气相（主要成

分为气态 H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) 后, 二者逆向接触发生传热传质。冷富液通过热传递吸收高温气相的热量, 并释放出 CO<sub>2</sub>; 高温气相中的部分水蒸气遇冷液化, 随富液返回解吸塔, 而 CO<sub>2</sub> 则继续从塔顶排出

富液分流技术减少了再生塔的热能需求, 从而降低了整个捕集系统的能耗; 优化了再生塔的操作条件, 使 CO<sub>2</sub> 解吸过程更为高效, 减少了富液的再生时间和再生设备的体积。

与富液分流有关的操作参数包括: 分流股进料位置、分流比。

富液分流可以增加解吸塔的解吸率, 降低约 10-15% 的溶剂再生能耗。



图B2. 吸收塔富液分流流程简图

### B.3 贫液蒸汽再压缩

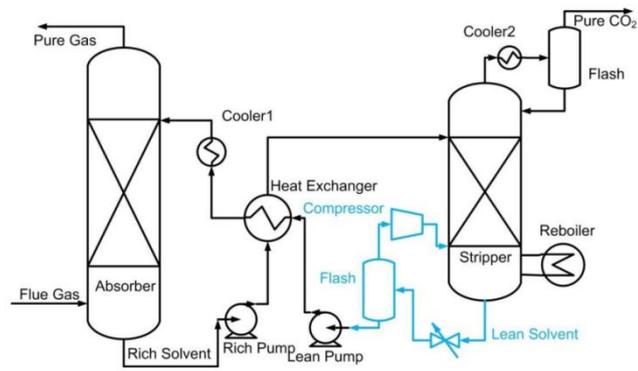
贫液蒸汽再压缩是引入了MVR进行节能的技术, 从解吸塔塔底采出的热贫液将首先被通入一个低压闪蒸罐中进行闪蒸, 闪蒸得到的高温气相再经压缩机进一步压缩, 最后通入解吸塔塔底, 而闪蒸后的液相则仍首先经过换热再返回吸收塔进行吸收过程。

贫液蒸汽再压缩的闪蒸罐中出来的气相首先吸收了液相的热量, 再经压缩机做功, 最终可以达到很高的温度, 这部分高温高压的气相在通过解吸塔塔底后, 可以为解吸过程提供附加的蒸汽循环以及巨大的热量, 可以大幅降低解吸塔再沸器的热负荷。

MVR技术有效地回收了蒸发过程中产生的二次蒸汽, 减少了对外部蒸汽或其他加热源的需求, 大大降低了能耗。额外引入的压缩机需要做功, 增加了电能的消耗。

与贫液蒸汽再压缩有关的操作参数包括: 压缩机设置、闪蒸罐压力。

贫液蒸汽再压缩可以提高能量利用效率, 减少蒸汽需求, 降低约 2-5% 的能耗。



图B3. 贫液蒸汽再压缩流程简图

附 录 C  
(规范性)  
主要化学分析项目清单

取样点	分析项目	分析频率
贫液	总胺	一次/天
	液相 CO <sub>2</sub>	一次/天
	液相总硫	一次/周
	铁离子	一次/周
	镍离子	一次/周
富液	液相 CO <sub>2</sub>	一次/天
	液相总硫	一次/周
	缓蚀剂（如添加）	一次/周
	抗氧化剂（如添加）	一次/周
洗涤液	总胺	一次/周
再生气冷凝液	总胺	一次/周
入吸收塔烟气	CO <sub>2</sub> 含量	在线分析
出吸收塔烟气	CO <sub>2</sub> 含量	在线分析
再生气	CO <sub>2</sub> 含量	在线分析

附 录 D  
(资料性)  
压缩机典型参数

C.1 典型的螺杆压缩机主要参数表

项目	正常值	备注
进气压力	0.1-0.3 MPa	根据项目设计压力确定，通常为低压
排气压力	0.8-1.2 MPa	根据项目设计压力确定，通常为中低压
进气温度	15-40℃	根据项目设计温度确定
排气温度	< 150℃	排气温度需保持在安全范围内
流量	100-10000m <sup>3</sup> /h	具体根据气体处理量确定
轴功率	50-1000 kW	
润滑油温度	40-50℃	确保润滑效果，防止过热

C.2 典型的离心压缩机主要参数表

项目	正常值	备注
进气压力	0.1-0.5 MPa	根据项目设计压力确定，通常为低压
排气压力	0.8-20 MPa	根据项目设计压力确定，通常为中高压
进气温度	15-40℃	根据项目设计温度确定
排气温度	< 190℃	排气温度需保持在安全范围内
流量	2000-500000m <sup>3</sup> /h	具体根据气体处理量确定
轴功率	200-50000 kW	
润滑油温度	40-50℃	确保润滑效果，防止过热

C.3 典型的往复式压缩机主要参数表

项目	正常值	备注
进气压力	0.1-0.5 MPa	根据项目设计压力确定，通常为低压
排气压力	3.0-30 MPa	根据项目设计压力确定，通常为中高压
进气温度	15-40℃	根据项目设计温度确定
排气温度	< 190℃	排气温度需保持在安全范围内
流量	100-20000m <sup>3</sup> /h	具体根据气体处理量确定
轴功率	50-5000 kW	
润滑油温度	40-50℃	确保润滑效果，防止过热

