

ICS 13.020.01  
CCS Z 06

# 团体标准

T/CIECCPA 057—2024

## 化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备 再生设备

Device of coal-fired flue gas carbon dioxide capture by chemical absorption  
method —Regeneration equipment

2024-12-27 发布

2025-01-02 实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

CLECCRA

目 次

前言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 组成..... 3

5 技术要求..... 3

    5.1 通用要求..... 3

    5.2 性能要求..... 3

    5.3 设备要求..... 3

    5.4 配套系统..... 4

    5.5 涂漆与保温要求..... 5

    5.6 安全与环保要求..... 5

    5.7 焊接质量要求..... 5

    5.8 充水要求..... 5

6 试验方法..... 5

    6.1 主要设备试验..... 5

    6.2 焊接质量试验..... 5

    6.3 充水试验..... 5

    6.4 涂漆与保温试验..... 5

    6.5 噪声试验..... 6

    6.6 电气和控制试验..... 6

    6.7 性能测试..... 6

7 检验规则..... 6

    7.1 检验分类..... 6

    7.2 出厂检验..... 6

    7.3 安装检验..... 7

    7.4 性能检验..... 7

    7.5 判定规则..... 7

8 标志和文件..... 7

    8.1 固定产品标志..... 7

    8.2 包装和储运标志..... 8

8.3 文件.....8

9 包装、运输和贮存.....8

9.1 包装.....8

9.2 运输.....8

9.3 贮存.....8

附录 A（资料性） 再生工艺典型流程图.....9

图 A.1 热再生工艺典型流程图.....9

图 A.2 热催化再生工艺典型流程图.....10

图 A.3 热催化闪蒸再生工艺典型流程图.....11

表 1 再生设备检验项目.....7

## 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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：国电电力发展股份有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、国家能源煤基能源碳捕集利用与封存技术研发中心、国能（北京）低碳科技有限责任公司、浙江省环保集团生态环保研究院有限公司、浙江环研碳集科技有限公司、中国工业节能与清洁生产协会。

本文件主要起草人：王天堃、刘含笑、朱江涛、寻志伟、魏书洲、顾永正、贡玉萍、李歌、张利勇、刘鹏举、刘思远、王俊、刘美玲、周号、寿海迪、张磊。

本文件为首次发布。

CLECCRA

# 化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备 再生设备

## 1 范围

本文件规定了化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备再生设备的系统组成、技术要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则、标志、文件、包装、运输和贮存。

本文件适用于化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳再生设备的制造。

## 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 150 压力容器
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB 4053（所有部分） 固定式钢梯及平台安全要求
- GB/T 4208 外壳防护等级
- GB/T 4980 容积式压缩机噪声的测定
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 8174 设备及管道绝热效果的测试和评价
- GB/T 12337 钢制球形储罐
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 21508 燃煤烟气脱硫设备性能测试
- GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法
- GB/T 37400.12 重型机械通用技术条件 第 12 部分：涂装
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50128 立式圆筒钢制储罐验收规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范
- GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
- GB 50257 电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范

- GB 50316 工业金属管道设计规范
- GB 50601 建筑物防雷工程施工与质量验收规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- GB/T 51316 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准
- HG/T 20509 仪表供电设计规范
- HG/T 20513 仪表系统接地设计规范
- HG/T 20570.8 气液分离器设计
- HG/T 20592 钢制管法兰
- HG/T 21559.1 不锈钢网孔板波纹填料工程技术规范
- HG/T 21594 衬不锈钢人、手孔分类与技术条件
- JB/T 4715 固定管板式换热器型式与基本参数
- JB/T 11834 离心式烟气脱硫循环泵
- NB/T 47003.1 常压容器 第1部分：钢制焊接常压容器
- NB/T 47004.1 板式热交换器 第1部分：可拆卸板式热交换器
- NB/T 47041 塔式容器
- SY/T 0515 分离器规范
- SH/T 3088 石油化工塔盘技术规范
- SH/T 3098 石油化工塔器设计规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 化学吸收法 **chemical absorption method**

化学吸收剂在吸收塔内与烟气中的二氧化碳进行化学反应，生成化合物，并在解吸塔内经升温后释放出吸收的二氧化碳，完成二氧化碳与其他气体分离的方法。

[来源：GB/T 51316-2018，2.0.4]

#### 3.2

##### 再生塔 **regenerator**

将富液中的二氧化碳分离出来，使富液转化为贫液的装置。

#### 3.3

##### 富液 **rich solvent**

经过吸收塔后吸收了二氧化碳的化学吸收剂。

#### 3.4

##### 贫液 **lean solvent**

未吸收二氧化碳或解吸后的化学吸收剂。

#### 3.5



### 再生气分离器 regas separator

应用冷凝原理，将再生气中所含的水分和二氧化碳气体进行分离的装置。

## 3.6

### 换热器 heat exchanger

将热流体的部分热量传递给冷流体的设备。

## 4 组成

4.1 典型化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备再生设备主要由静设备、动设备和配套系统组成，化学吸收法捕集燃煤烟气再生工艺典型流程见附录 A。

4.2 静设备主要包括换热器（贫富液换热器、再沸器、再生冷却器、胺回收加热器等）、再生塔、再生气分离器、槽罐（缓冲罐、地下槽、碱槽、溶液储槽、闪蒸罐）等。

4.3 动设备包括泵（补液泵、碱泵等）。

4.4 配套系统包括再生气管道、溶液管道、监测仪表、电气、控制及安全装置。

## 5 技术要求

### 5.1 通用要求

5.1.1 应按照经规定程序批准的图纸和设计文件要求，对化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳再生设备进行制造。

5.1.2 再生设备布置应符合主体工程总体布置、工艺流程、安全生产、职业健康和环境保护的要求，并符合 GB 50016 的规定。

5.1.3 再生塔的设计寿命应不低于 30 年。

5.1.4 再生塔设计选型时应符合节能、降耗和增效的原则。

5.1.5 二氧化碳捕集再生设备的设计处理能力应与二氧化碳捕集系统的规模相匹配。

### 5.2 性能要求

5.2.1 二氧化碳热再生能耗应不高于  $3.0 \text{ GJ/tCO}_2$ 。

5.2.2 再生塔压降应不小于  $50 \text{ kPa}$ 。

### 5.3 设备要求

#### 5.3.1 换热器

5.3.1.1 胺回收加热器、贫富液换热器和溶液再沸器宜选用板式换热器，板式换热器的设计应符合 NB/T 47004.1 的规定，板式热交换器的冷端温差宜大于  $3^\circ\text{C}$ 。

5.3.1.2 再生气冷却器宜采用管式换热器，规格及参数应符合 JB/T 4715 的规定，循环冷却水的温度宜在  $33^\circ\text{C} \sim 42^\circ\text{C}$ 。

#### 5.3.2 再生塔

5.3.2.1 再生塔应符合 SH/T 3088、SH/T 3098 的规定，宜采用填料塔型式，再生塔应采用不锈钢质结构。

5.3.2.2 再生塔进料时宜选择分段进料工艺，填料位置应与进料位置一致。

5.3.2.3 催化剂填料层宜分段设置，催化剂应从下至上装填，并确保催化剂不泄露。填料类型宜采用低压降规整填料，解吸塔的填料高度应小于15 m，再生塔填料宜采用防腐性能不低于 S30408的不锈钢材料。

5.3.2.4 应选择不易造成二次污染，提高反应速率，降低再生能耗的催化剂。

5.3.2.5 再生塔的设计空塔流速宜为液泛速度的50%~70%，泛点气速的计算应符合 HG/T 21559.1的规定。

5.3.2.6 塔顶出口管道宜设温度检测及高低温报警，并宜与再沸器蒸汽流量连锁调节。

5.3.2.7 再生塔顶应设置压力可调的安全阀。

5.3.2.8 再生塔应设置合适尺寸和数量的检修人孔门，人孔门设计应符合 HG/T 21594的规定。

5.3.2.9 再生塔内液体喷淋量应不低于塔内最小液体喷淋密度，应不高于塔内最大液体喷淋密度。塔内最小液体喷淋密度选取时应考虑填料型式、填料尺寸、填料最小润湿速率和填料总比表面积的影响。

5.3.2.10 塔内蒸汽温度应不高于130 ℃，吸收剂温度不宜高于110 ℃。

### 5.3.3 再生气分离器

5.3.3.1 采用立式两相分离器，冷却介质宜采用循环冷却水。

5.3.3.2 再生气分离器入口二氧化碳的温度应不高于100 ℃，出口二氧化碳温度应不高于40 ℃

5.3.3.3 选取耐高温、耐高湿度的壳体与分隔板材料。

5.3.3.4 在入口处增设近水挡板或采用切线入口方式用以提高分离效果。

5.3.3.5 再生气分离器出口处应设置二氧化碳温度、流量传感器。

### 5.3.4 槽罐

5.3.4.1 地下槽宜为半埋地常压罐。

5.3.4.2 溶液储槽、碱液储槽、地下槽均采用防腐涂料进行防腐。

5.3.4.3 缓冲罐应设置安全阀、切断阀和释放阀等相关附属设备，缓冲罐及附属设备应符合 GB/T 51316的规定。

5.3.4.4 闪蒸罐宜为卧式罐，闪蒸罐运行压力宜为0 kPa~5 kPa（绝压）。

### 5.3.5 泵

5.3.5.1 泵的流量、扬程、效率等性能指标应满足设计要求，泵的出入口法兰设计应符合 HG/T 20592的规定。

5.3.5.2 碱泵、补液泵、贫液泵和富液泵宜采用离心泵。

5.3.5.3 碱泵、补液泵、贫液泵和富液泵过流部件宜采用防腐性能不低于 S31608 的不锈钢材料，贫液泵和富液泵应设置备用泵。

5.3.5.4 泵出口应设置安全阀，安全阀的泄放能力应不低于泵的最大流量。

## 5.4 配套系统

5.4.1 管道设计和布置方式均应符合 GB 50316的规定。

5.4.2 监测仪表选型应符合 GB/T 51316 的规定。

5.4.3 控制系统宜选用分散控制系统，系统的设计应符合 GB/T 51316的规定。

5.4.4 有爆炸和火灾危险场所的电气设备设计应符合 GB 50058的规定。

5.4.5 仪表及控制系统的供电及接地设计应符合 HG/T 20509和 HG/T 20513的规定。

#### 5.5 涂漆与保温要求

5.5.1 涂漆及外观要求应符合 GB/T 37400.12的规定。

5.5.2 应对再生塔和进、出再生塔的贫液、富液管道进行保温处理,应符合 GB 50264的规定。

#### 5.6 安全与环保要求

5.6.1 楼梯、防护栏杆和平台等安全技术条件应符合 GB 4053 的规定。

5.6.2 楼梯、检修平台等处应设置照明装置。

5.6.3 电气和控制设备的防护等级应适应所在场所的环境条件。

5.6.4 建构筑物每根引下线的冲击电阻不大于 $10\Omega$ ,自控系统接地电阻不大于 $1\Omega$ 。

5.6.5 应能实现人孔门、高压隔离开关柜门与高压供电电源的安全联锁。

5.6.6 危险化学品堆放和使用场所应设置明显的安全标志与安全告知牌,应符合 GB/T 51316 的规定。

5.6.7 设备运行噪声应不超过85 dB (A)。

#### 5.7 焊接质量要求

焊接应符合相关技术标准和规范执行 GB 50661 的规定,确保焊缝质量,无气孔、夹渣等缺陷,焊缝高度、形状及强度需满足设计要求,同时应采取有效措施减小焊接变形和残余应力。

#### 5.8 充水要求

5.8.1 充水用于检验设备气密性,所用水应清洁无杂质,温度应接近环境温度。

5.8.2 试验前,容器内外表面应彻底清洁干净,试验结束后,容器内水应立即排出,以无液体泄漏、无明显残余变形为合格标准。

5.8.3 保压时间不宜低于20分钟,具体根据塔径及材质等进行确定。

### 6 试验方法

#### 6.1 主要设备试验

6.1.1 板式换热器主要件的试验按 NB/T 47004.1执行,管壳式换热器主要件的试验按 GB/T 151执行。

6.1.2 再生塔内构件、零件和塔内设备的安装偏差应按 NB/T 47003.1 和 GB 50128 执行,并考虑制造和安装的影响,如焊缝收缩等。

6.1.3 再生气分离器的试验按 SY/T 0515、HG/T 20570.8执行。

6.1.4 槽罐设备的试验按 GB/T 150和 GB/T 12337执行。

6.1.5 泵的试验按 JB/T 11834执行。

#### 6.2 焊接质量试验

现场设备、管道的焊缝质量试验按 GB 50236和 NB/T 47041 执行,焊接气密性可用煤油渗透法检验,密封性焊缝按100% 试验,钢结构的焊缝质量试验按 GB 50205 执行。

#### 6.3 充水试验

充水检试验符合 NB/T 47003.1 的规定。

#### 6.4 涂漆与保温试验

涂层漆膜厚度和漆膜附着力按 GB/T 37400.12 执行，保温效果试验按 GB/T 8174 执行。

## 6.5 噪声试验

静设备在正常运行时进行噪声测量，用声级计 A 计权在距离设备 1.5 m 处，采用慢速档，测量 3 次，每次 10 s，取 3 次的算术平均值为设备的运行噪声值。泵、压缩机等动设备的噪音测量按 GB/T 29529、GB/T 4980 执行。

## 6.6 电气和控制试验

6.6.1 电气装置安装工程低压电器的试验按 GB 50254 执行，爆炸和火灾危险环境电气装置试验按 GB 50257 执行。

6.6.2 防雷、接地的施工试验按 GB 50601 执行。

6.6.3 应进行联锁保护试验，试验顺序控制和模拟量控制的准确性。控制系统应正确显示设备的运行参数、运行状态、记录历史运行参数和报警信息，并能实现设备设置参数的修改和设备开停操作。

6.6.4 用电设备、控制柜和现场操作箱外壳防护等级试验按 GB/T 4208 执行。

## 6.7 性能测试

### 6.7.1 性能测试条件

性能测试宜在移交试生产 2 个月后、6 个月内进行，应选择有资质的第三方测试单位进行性能试验。

### 6.7.2 性能测试方法

6.7.2.1 二氧化碳热再生能耗的测试按以下公式进行计算：

$$E_r = \frac{Q_m \times H_v}{m_{CO_2}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E_r$ ——每吨二氧化碳吸收剂再生能耗（GJ/t）；

$Q_m$ ——每小时蒸汽使用量（t/h）；

$H_v$ ——蒸汽在实际工况下的焓值（GJ/t）；

$m_{CO_2}$ ——每小时二氧化碳产量（t/h）。

6.7.2.2 再生塔压降测试方法按 GB/T 21508 执行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

燃煤烟气二氧化碳化学吸收法捕集再生工艺及设备的检验分为出厂检验、安装检验和性能检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 所有零、部件应经制造厂质量检验部门检验合格方可交付使用。

7.2.2 出厂检验项目见表 1。

表 1 再生设备检验项目

序号	项目名称	“要求” 的章条号	“试验方法” 的章条号	出厂 检验	安装 检验	性能 检验
1	再生能耗	5.2.2	6.7.2.1	—	—	√
2	再生塔压降	5.2.3	6.7.2.2	—	—	√
3	换热器	5.3.1	6.1.1	√	√	—
4	再生塔	5.3.2	6.1.2	√	√	—
5	再生气分离器	5.3.5	6.1.3	√	√	—
6	槽罐	5.3.4	6.1.4	√	√	—
7	泵	5.3.6	6.1.5	√	√	—
8	焊接质量	5.7	6.2	√	√	—
9	充水	5.8	6.3	√	√	—
10	涂漆与保温	5.5	6.4	√	√	—
11	噪声	5.6	6.5	—	√	—
12	电气和控制	5.4	6.6	√	√	—

注：打“√”表示必检的项目，“—”表示不需要检验的项目。

### 7.3 安装检验

安装检验在现场进行，安装检验项目见表 1。

### 7.4 性能检验

再生塔应做性能检验，性能检验项目见表 1。

### 7.5 判定规则

出厂检验、安装检验和性能检验项目符合要求，则燃煤烟气二氧化碳化学吸收法捕集再生工艺及设备判定为合格。若有不合格项时，允许对其进行调整、消缺，重新做性能检验。

## 8 标志和文件

### 8.1 固定产品标志

应在合适而明显位置上固定产品标牌，其型式和尺寸应符合 GB/T 13306 的规定，应在衬里设备外表面标明“严禁碰撞”、“严禁施焊”等警告语句。主要应包括以下内容：

- a) 制造单位名称或商标；
- b) 设备型号及名称；
- c) 设计处理能力；
- d) 设备外形尺寸；
- e) 设备执行的标准号；
- f) 设备编号；

g) 生产日期。

## 8.2 包装和储运标志

包装和储运的标志应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

## 8.3 文件

应随机提供安装、运行、维护等阶段的文件资料，主要应包括以下内容：

- a) 设备总图、系统图、基础图和安装图等；
- b) 设备总清单、材料清单、备件清单和耗材清单等；
- c) 安装技术要求等；
- d) 使用说明文件、运行维护手册等。

## 9 包装、运输和贮存

### 9.1 包装

9.1.1 设备包装应符合 GB/T 13384 的规定。

9.1.2 零部件及外购件应在出厂检验合格后方可进行包装。

9.1.3 包装箱内应有产品合格证。

### 9.2 运输

9.2.1 运输时应应对设备的法兰表面加以保护，采用合理装载加固措施，对易变形的部件应有在运输和贮存环节不致发生损坏的包装措施。

9.2.2 产品要用干燥、有遮棚运输工具运输，在运输过程中，应防止雨淋、水浸、压轧、撞击和玷污。

### 9.3 贮存

设备的钢结构件及大件设备可露天存放，其余设备、电气、仪表等零部件及保温材料应分类平整地存放在通风、干燥和无腐蚀气体的场地内，并应远离火源和高温物体。

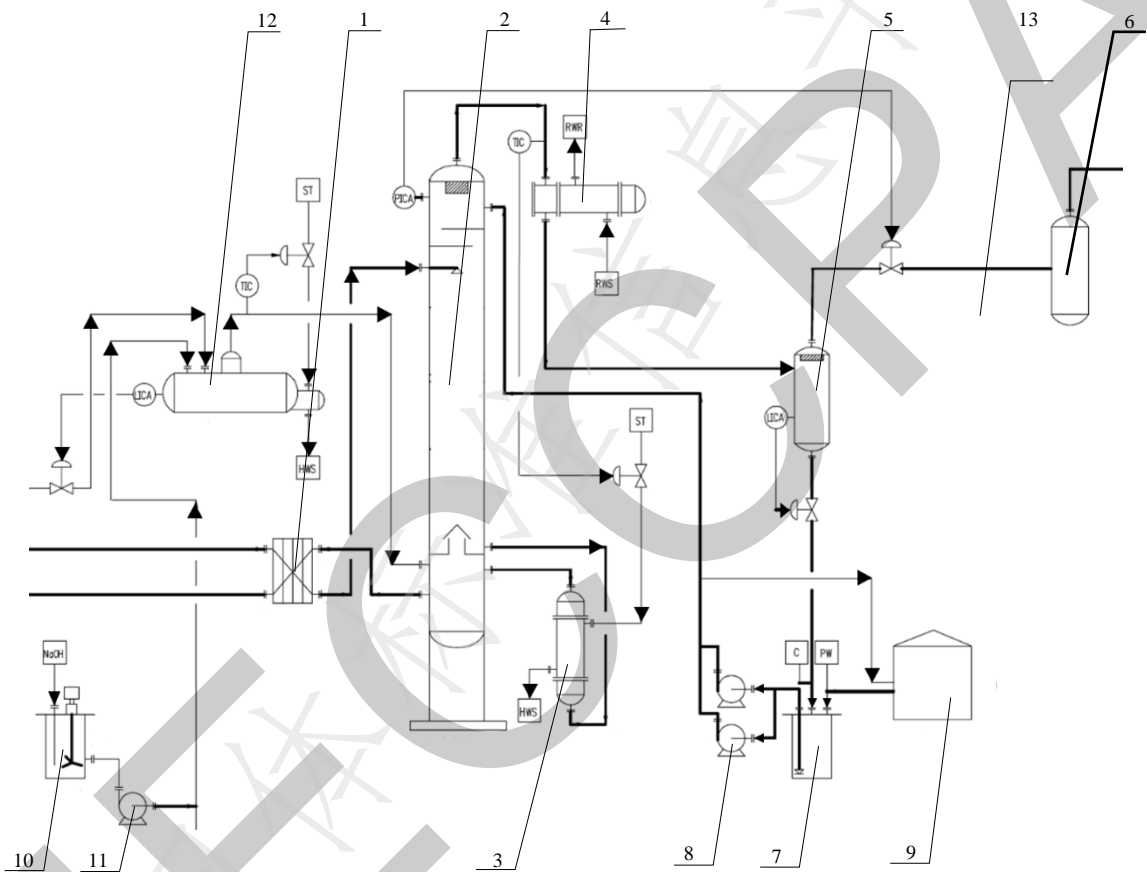
附 录 A

(资料性)

再生工艺典型流程图

热再生工艺典型流程主要由贫富液换热器、再生塔、再沸器、再生冷却器、再生气分离器、缓冲罐、地下槽、补液泵、溶液储槽、碱槽、碱泵和胺回收加热器组成。

热再生工艺典型流程图见图 A.1。



标引序号说明：1—贫富液换热器 2—再生塔 3—再沸器 4—再生冷却器 5—再生气分离器 6—缓冲罐  
7—地下槽 8—补液泵 9—溶液储槽 10—碱槽 11—碱泵 12—胺回收加热器 13—配套系统

图 A.1 热再生工艺典型流程图

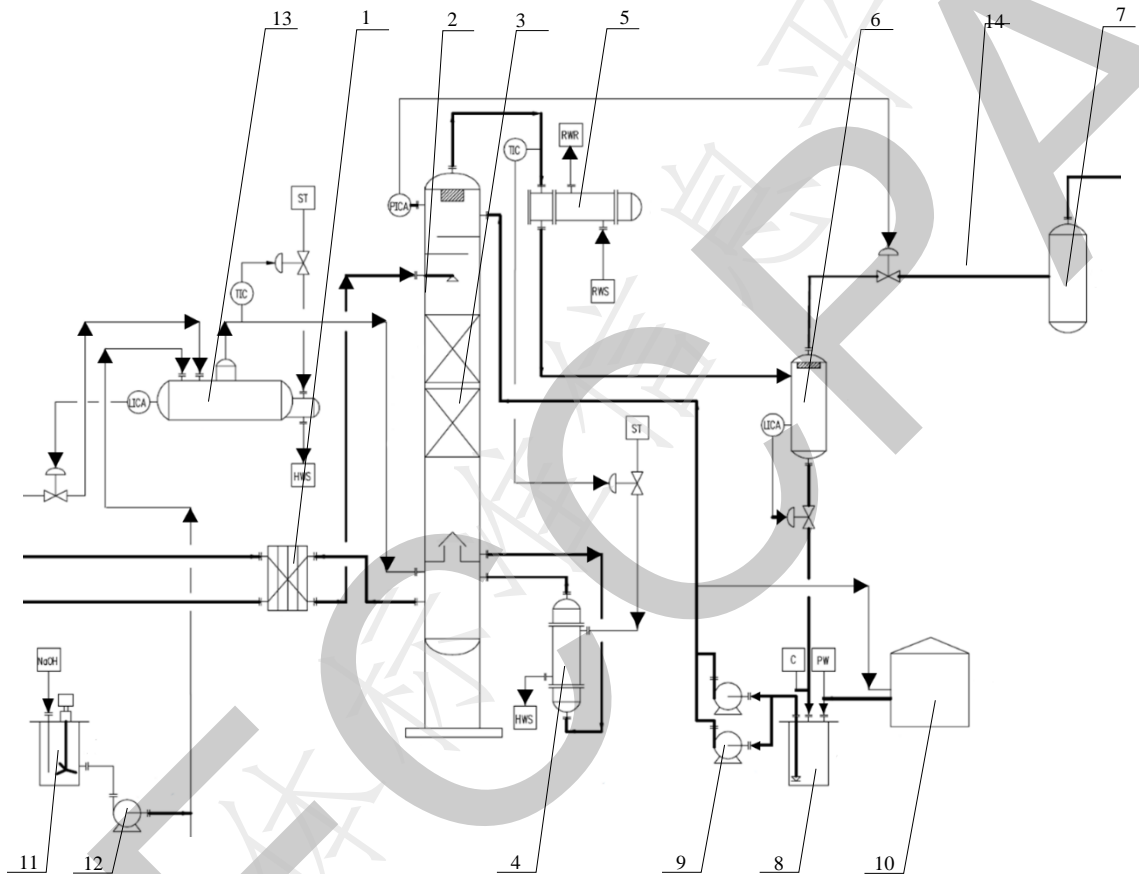
热再生典型流程：吸收塔塔底的低温富液通入贫富液换热器，与再生塔塔底排出的高温贫液换热，转变为高温富液进入再生塔上部，再生塔底的溶液在再沸器中被高温蒸汽加热产生蒸汽，蒸汽与富液在高温条件下促使其解吸并汽提出二氧化碳，再生气从塔顶排出，经再生冷却器冷凝后进入再生气分离器中进行气液分离，再生气通入缓冲罐待后续净化提纯，冷凝液体进入地下槽，用于配置贫液。通过补液泵清洗再生塔或输送贫液至溶液储槽。经贫富液换热器换热后的低温贫液进入吸收系统完成循环。

胺回收加热器用于处理废吸收液，回收废吸收液中的有机胺。碱槽通过碱泵为胺回收加

热器提供碱液，用于胺回收加热器的清洗。

热催化再生工艺典型流程主要由贫富液换热器、再生塔、催化剂填料层、再沸器、再生冷却器、再生气分离器、缓冲罐、地下槽、补液泵、溶液储槽、碱槽、碱泵、胺回收加热器组成。

热催化再生工艺典型流程图见图 A.2。



标引序号说明: 1—贫富液换热器 2—再生塔 3—催化剂填料层 4—再沸器 5—再生冷却器 6—再生气分离器 7—缓冲罐 8—地下槽 9—补液泵 10—溶液储槽 11—碱槽 12—碱泵 13—胺回收加热器 14—配套

## 系统

图 A.2 热催化再生工艺典型流程图

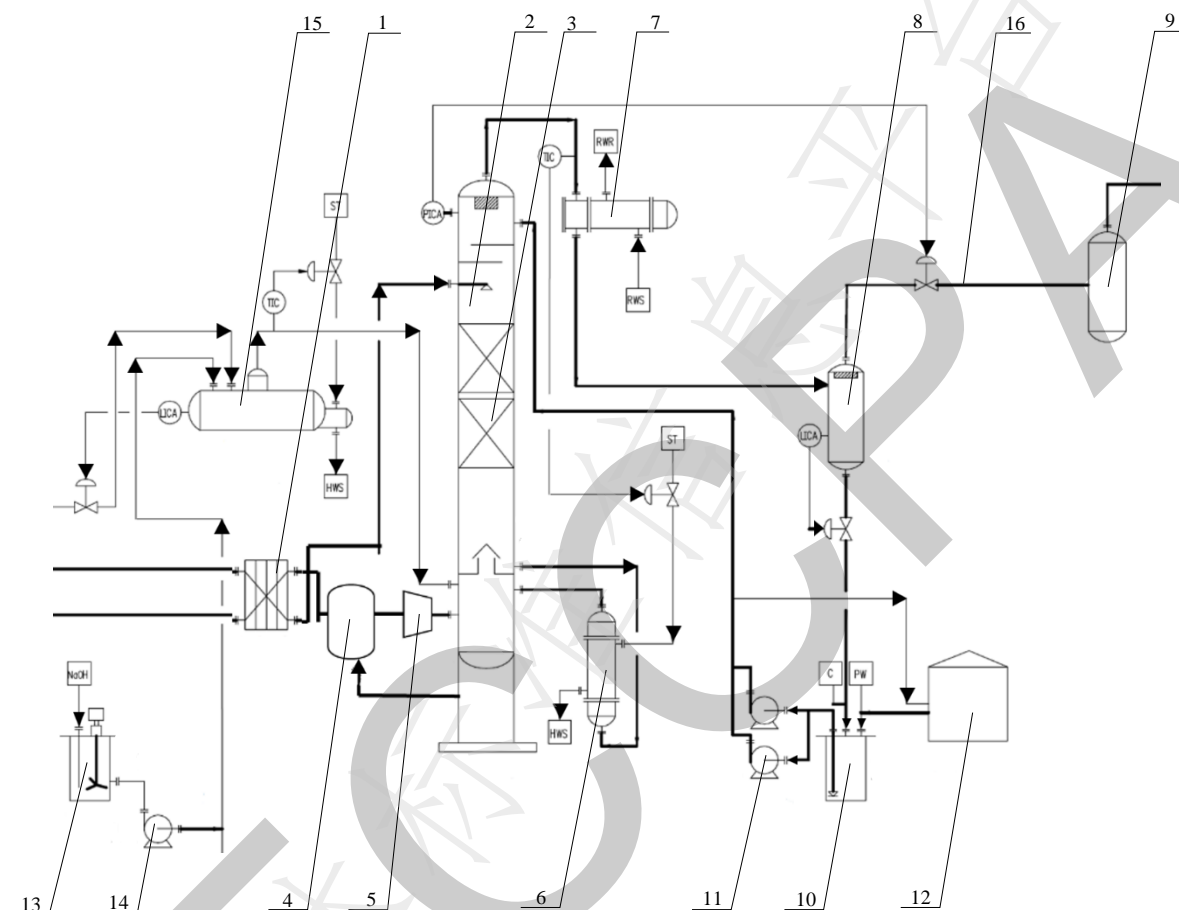
**热催化再生典型流程：**吸收塔塔底的低温富液通入贫富液换热器，与再生塔塔底排出的高温贫液换热，转变为高温富液进入再生塔上部，热富液从再生塔上部喷淋与催化剂填料层充分接触，在催化剂及一定温度下促使两者反应解吸并汽提出二氧化碳，再生气从塔顶排出，经再生冷却器冷凝后进入再生气分离器中进行气液分离，再生气通入缓冲罐待后续净化提纯，冷凝液体进入地下槽，用于配置贫液。通过补液泵清洗再生塔或输送贫液至溶液储槽。经贫富液换热器换热后的低温贫液进入吸收系统完成循环。

热催化闪蒸再生工艺典型流程主要由贫富液换热器、再生塔、催化剂填料层、闪蒸罐、



压缩机、再沸器、再生冷却器、再生气分离器、缓冲罐、地下槽、补液泵、溶液储槽、碱槽、碱泵和胺回收加热器组成。

热催化闪蒸再生工艺典型流程图见图 A.3。



标引序号说明：1—贫富液换热器 2—再生塔 3—催化剂填料层 4—闪蒸罐 5—压缩机 6—再沸器 7—再生冷却器 8—再生气分离器 9—缓冲罐 10—地下槽 11—补液泵 12—溶液储槽 13—碱槽 14—碱泵 15—胺回收加热器 16—配套系统

图 A.3 热催化闪蒸再生工艺典型流程图

热催化闪蒸再生工艺典型流程：在二氧化碳化学吸收法捕集热催化闪蒸再生工艺流程上增加富液闪蒸压缩或者贫液闪蒸压缩。富液闪蒸压缩是将贫富液换热器出来的高温富液进入闪蒸罐和压缩机进行闪蒸压缩后蒸汽进入再生塔底部进行供热；贫液闪蒸压缩是再生塔塔底出口的热贫液直接送入闪蒸罐中闪蒸加压回收，蒸汽经进一步压缩升温后送入解吸塔汽提二氧化碳，闪蒸罐出口的高温贫液经贫富液换热器回收热量后温度降低，之后用泵送至吸收系统。利用该工艺可有效回收蒸汽的潜热和显热，并利用回收的热量提升富液温度以促进再生反应的进行，降低再生能耗。