

ICS 13.020.01
CCS Z 06

团体标准

T/CIECCPA 056—2024

化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备 吸收设备

Device of coal-fired flue gas carbon dioxide capture by chemical absorption
method —Absorption 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..... 4

 5.3 设备要求..... 4

 5.4 配套系统..... 5

 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..... 6

 5.8 充水相应要求..... 6

6 试验方法..... 6

 6.1 主要设备试验..... 6

 6.2 焊接质量试验..... 6

 6.3 充水试验..... 6

 6.4 涂漆与保温试验..... 6

 6.5 噪声试验..... 6

 6.6 电气和控制试验..... 6

 6.7 性能测试..... 7

7 检验规则..... 7

 7.1 检验分类..... 7

 7.2 出厂检验..... 7

 7.3 安装检验..... 8

 7.4 性能检验..... 8

 7.5 判定规则..... 8

8 标志和文件..... 8

 8.1 固定产品标志..... 8

 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.....9

附录 A（资料性） 吸收典型流程图.....10

图 A.1 传统胺法吸收典型流程图.....10

图 A.2 两相吸收剂工艺典型流程图.....11

图 A.3 级间冷却工艺典型流程图.....12

表 1 吸收设备检验项目.....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：朱江涛、刘含笑、王天堃、顾永正、魏书洲、贡玉萍、寻志伟、李歌、张利勇、刘鹏举、刘思远、王俊、刘美玲、周号、寿海迪、郭辰。

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 吸收设备

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吸收设备的组成、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装备的吸收设备的制造。

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 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 11944 中空玻璃
- 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 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
- GB/T 21508 燃煤烟气脱硫设备性能测试
- GB/T 26114 液体过滤用过滤器 通用技术规范
- 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 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范
- 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 50341 立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范
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 20592 钢制管法兰（PN 系列）
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
HJ 870 固定污染源废气 二氧化碳的测定 非分散红外吸收法
JB/T 10963 湿法烟气脱硫装置专用设备 增压风机
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
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

化学吸收剂 chemical absorbent

对烟气中二氧化碳有高度选择吸收性能的化学物质，通常由有机胺溶液及其活化、抗降解、抗腐蚀的助剂组成。

3.2

双相吸收剂 biphasic solvent

在吸收二氧化碳后形成两个不相溶相的化学吸收剂。

3.3

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]

3.4

吸收塔 absorber

使用化学吸收剂捕集烟气中二氧化碳，使贫液转化为富液的装置。

3.5

富液 rich solvent

经过吸收塔后吸收了二氧化碳的化学吸收剂。

3.6

贫液 lean solvent

未吸收二氧化碳或解吸后的化学吸收剂。

3.7

碳捕集率 carbon capture rate

二氧化碳捕集装置捕集前后烟气中二氧化碳质量的差值和捕集前烟气中二氧化碳质量的百分比。

[来源：GB/T 51316-2018, 2.0.7]

3.8

活性炭过滤器 activated carbon filter

以活性炭为过滤滤料，对化学吸收剂进行过滤的处理设备。

3.9

换热器 heat exchanger

将热流体的部分热量传递给冷流体的设备。

3.10

分相器 phase splitter

基于富液密度高于贫液密度，将富液和贫液进行分离，提高系统的效率和降低能耗的设备。

4 组成

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

4.2 静设备主要包括吸收塔、换热器（洗涤液冷却器、贫液冷却器、级间冷却器等）洗涤液储槽、分相器、活性炭过滤器等。

4.3 动设备包括增压风机、泵（贫液泵、富液泵、尾气洗涤泵等）。

4.4 配套系统包括烟气旁路、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，对二氧化碳捕集吸收设备进行制造、安装、调试和验收。

5.1.2 吸收工艺及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 吸收塔设计寿命应不低于30年。

5.1.4 用于捕集烟气中二氧化碳的吸收剂应具备吸收能力强、再生能耗低、腐蚀性弱、无毒性、不易降解的基本特征。

5.1.5 二氧化碳捕集吸收设备设计处理是烟气量的110%。

5.1.6 吸收塔入口烟气应满足以下要求：

- a) 温度宜低于40℃；
- b) 可过滤颗粒物浓度应小于5 mg/m³；
- c) SO₂浓度应小于10 mg/m³；
- d) NO_x浓度应小于50 mg/m³。

5.1.7 吸收塔设计应符合节能、降耗和增效的原则。捕集率、耗电量、耗水量、吸收剂消耗量等应满足设计要求。

5.2 性能要求

5.2.1 碳捕集率应大于90%。

5.2.2 吸收塔的压降应不高于15 kPa。

5.2.3 胺逃逸浓度应小于5 mg/m³。

5.3 设备要求

5.3.1 增压风机

5.3.1.1 设置增压风机时，应根据风量选用离心式风机，风机过流部件宜选用奥氏体不锈钢，风量裕量为10%。

5.3.1.2 增压风机参数选取应符合JB/T 10963的规定。

5.3.2 吸收塔

5.3.2.1 吸收塔应符合SH/T 3088、SH/T 3098的规定，吸收塔应采用钢质结构。

5.3.2.2 吸收塔应采用填料塔，填料类型应采用低压降填料，每层填料上方留气体取样口，填料积液盘留液体取样口。

5.3.2.3 吸收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。

5.3.2.4 进入吸收塔的贫液温度区间宜为35℃~40℃。

5.3.2.5 吸收塔洗涤系统补充用水宜采用除盐水。

5.3.2.6 吸收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。

5.3.3 换热器

5.3.3.1 贫富液换热器、贫液冷却器、级间冷却器宜选用板式换热器，材质应选用奥氏体不锈钢材质或其他耐腐蚀材质。

5.3.3.2 板式换热器的设计应符合NB/T 47004.1的规定，板式换热器的冷端温差应大于3℃。

5.3.3.3 经级间冷却器后化学吸收剂温度应不大于40℃。

5.3.3.4 应以再生能耗为主要指标对级间冷却器的位置进行设计。

5.3.4 泵

5.3.4.1 泵的流量、扬程、效率等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。

5.3.4.2 洗涤泵、贫液泵和富液泵宜采用离心泵。

5.3.4.3 贫液泵和富液泵过流部件防腐性能不低于S31603的不锈钢，贫液泵和富液泵应设置备用泵。

5.3.4.4 级间泵入口应设置过滤器，出口应设置止回阀，过流件应选用防腐性能不低于 S31603 的不锈钢。

5.3.4.5 泵出口应设置安全阀，安全阀的泄放能力应不小于泵的最大流量。

5.3.5 洗涤液储槽

5.3.5.1 洗涤液储槽宜为立式常压槽。

5.3.5.2 罐体材料应选用无缝钢管材或合金钢板等材料。

5.3.5.3 洗涤液储槽应采用防腐涂料进行防腐，罐体厚度应符合 GB 50341 的规范。

5.3.6 分相器

5.3.6.1 分相器应用于两相吸收剂捕集燃煤烟气二氧化碳工艺中。

5.3.6.2 分相器应装配可视化窗口，底部以及顶部应设取样口用于取样分析。

5.3.6.3 分相器采用耐高温、耐高湿度、耐腐蚀的不锈钢材料。可视化窗口采用耐高温、耐腐蚀的工业玻璃，应符合 GB/T 11944 的规定。

5.3.6.4 分相器应符合 GB/T 150（所有部分）的规定。

5.3.7 活性炭过滤器

5.3.7.1 采用罐体的过滤器械，外壳采用食品级不锈钢，内部填充活性炭。

5.3.7.2 选取耐高温、耐高湿度的滤纸与分隔板、框体材料，以满足生产的要求。

5.3.7.3 应选择机械强度好、吸附速度快、吸附容量大、比表面积大于 $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ 的活性炭

5.4 配套系统

5.4.1 管道设计和布置方式应符合 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 防雷装置的设计应符合 GB 50057 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 应对吸收塔和富液出吸收塔管道进行保温处理，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（所有部分）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应不大于 10Ω ，自控系统接地电阻应不大于 1Ω 。

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 化学吸收剂应采用再生技术进行回收利用，产生的降解产物应进行无害化处理。

5.6.8 高温设备、管道应设置防烫标志。

5.6.9 使用、存储化学吸收剂、碱液等化学药品的区域应设置事故淋洗器和洗眼器。

5.6.10 易发生化学吸收剂泄露的地方应设置强制通风系统，若发生泄漏，应立即使用止阀等应急系统控制泄漏源，疏散现场人员。

5.6.11 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 充水相应要求

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洗干净，试验结束后，容器内水应立即排出，以无液体泄漏为合格标准。

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 增压风机的试验按 JB/T 10963执行。

6.1.2 吸收塔内构件、零件和塔内设备的安装偏差按 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 板式换热器主要件试验按 NB/T 47004.1执行。

6.1.4 泵的试验按 JB/T 11834执行。

6.1.5 槽设备的试验按 GB/T 150和 GB/T 12337执行。

6.1.6 分相器的试验按 GB/T 150执行。

6.1.7 活性炭过滤器的试验按 GB/T 26114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试验，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应按 GB/T 29529 和 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

二氧化碳捕集率测试方法按 HJ 870 执行;吸收塔压力降测试方法按 GB/T 21508 执行;胺逃逸浓度的测试方法按 GB/T 16157 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吸收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 吸收设备检验项目

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	二氧化碳捕集率	5.2.1	6.7.2	—	—	√
2	吸收塔压降	5.2.2	6.7.2	—	—	√
3	胺逃逸浓度	5.2.3	6.7.2	—	—	√
4	增压风机	5.3.1	6.1.1	√	√	—
5	吸收塔	5.3.2	6.1.2	√	√	—
6	换热器	5.3.3	6.1.3	√	√	—
7	泵	5.3.4	6.1.4	√	√	—
8	洗涤液储槽	5.3.5	6.1.5	√	√	—
9	分相器	5.3.6	6.1.6	√	√	—
10	活性炭过滤器	5.3.7	6.1.7	√	√	—
11	焊接质量	5.7	6.2	√	√	—
12	充水	5.8	6.3	√	√	—
13	涂漆与保温	5.5	6.4	√	√	—
14	噪声	5.6	6.5	—	√	—
15	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

吸收塔应做性能检验，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吸收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。

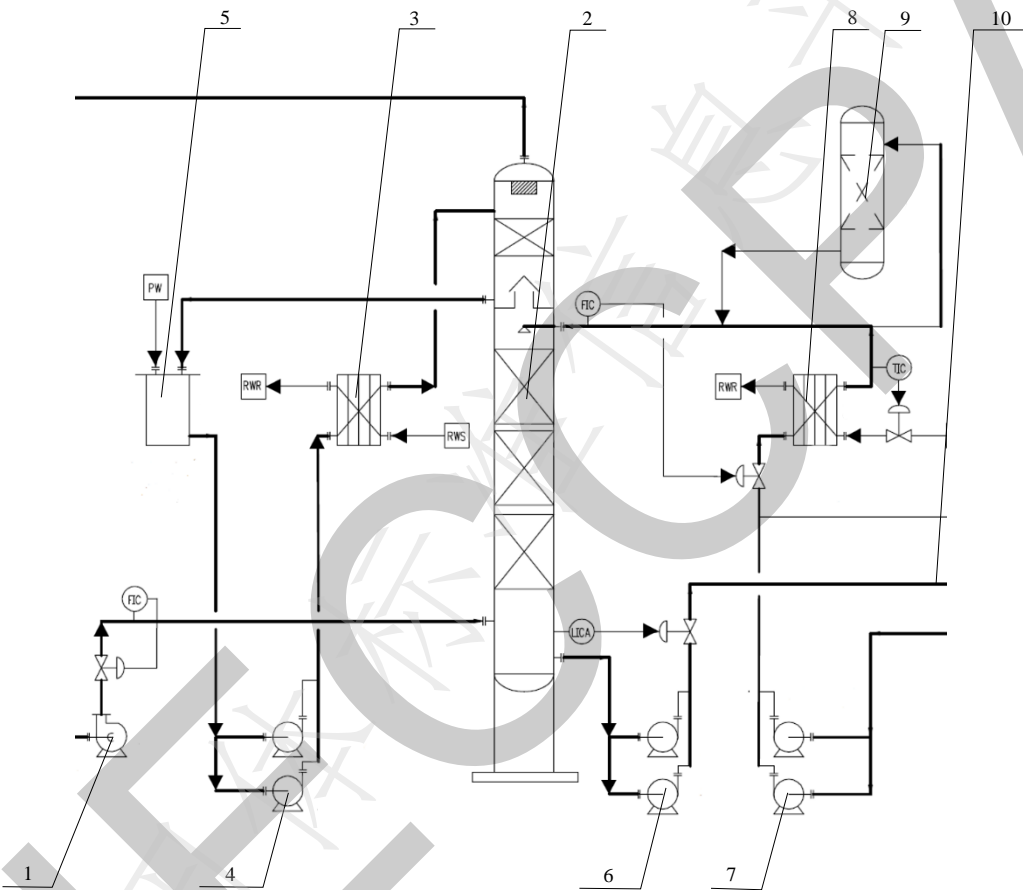
附 录 A

(资料性)

吸收典型流程图

吸收典型流程主要由增压风机、吸收塔、洗涤液冷却器、尾气洗涤泵、洗涤液储槽、富液泵、贫液泵、贫液冷却器和活性炭过滤器组成。

吸收典型流程图见图 A.1。



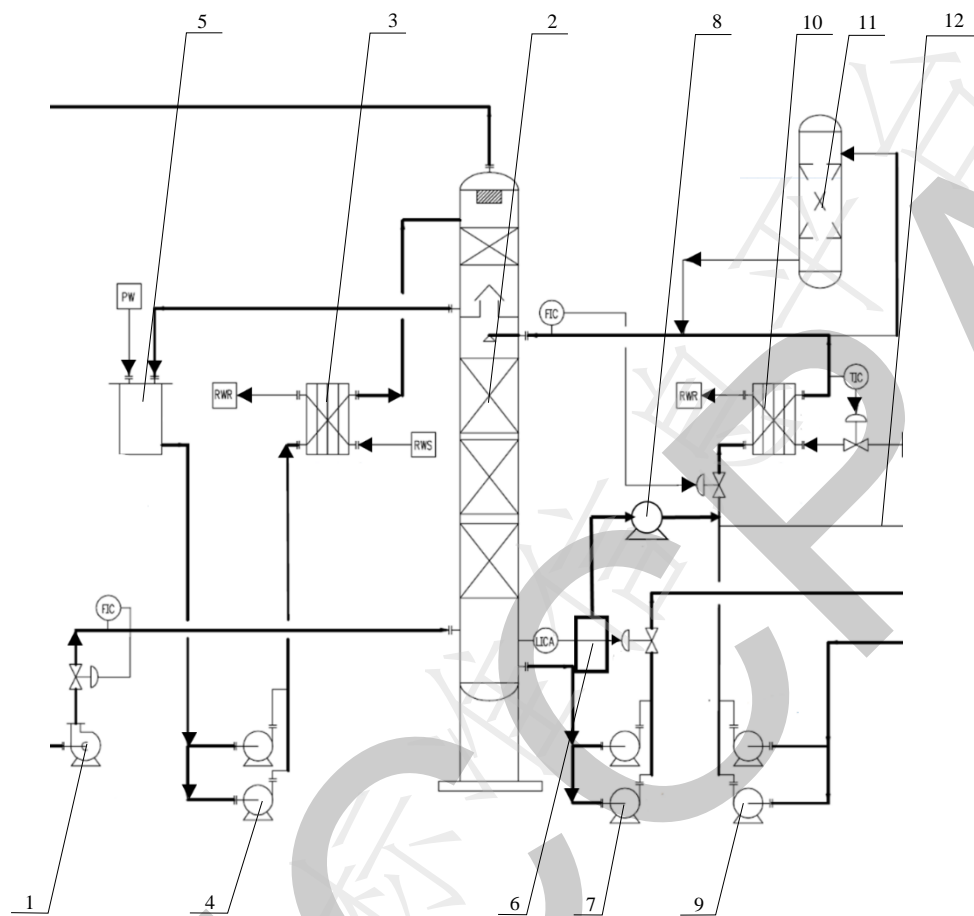
标引序号说明：1-增压风机 2-吸收塔 3-洗涤液冷却器 4-尾气洗涤泵 5-洗涤液储槽 6-富液泵 7-贫液泵
8-贫液冷却器 9-活性炭过滤器 10-配套系统

图 A.1 传统胺法吸收典型流程图

传统胺法捕集典型吸收典型流程：经预处理后的烟气在增压风机的作用下从吸收塔底部进入，吸收塔吸收段顶部自上而下喷淋传统有机胺化学吸收剂，与烟气逆向接触捕集二氧化碳，脱碳之后烟气经由尾气洗涤泵运输经过洗涤液冷却器的洗涤液水洗并回收部分胺和水后从吸收塔顶部排出，并且吸收二氧化碳的富液从吸收塔底部排出进行后续再生。与此同时，经由再生塔排出的贫液经过贫液冷却器后由活性炭过滤器吸附脱除贫液中的杂质污染物后进入吸收塔实现循环利用。

两相吸收剂工艺典型流程主要由增压风机、吸收塔、洗涤液冷却器、尾气洗涤泵、洗涤液储槽、分相器、富液泵、贫液泵、贫液冷却器和活性炭过滤器组成。

两相吸收剂工艺典型流程图见图 A.2。



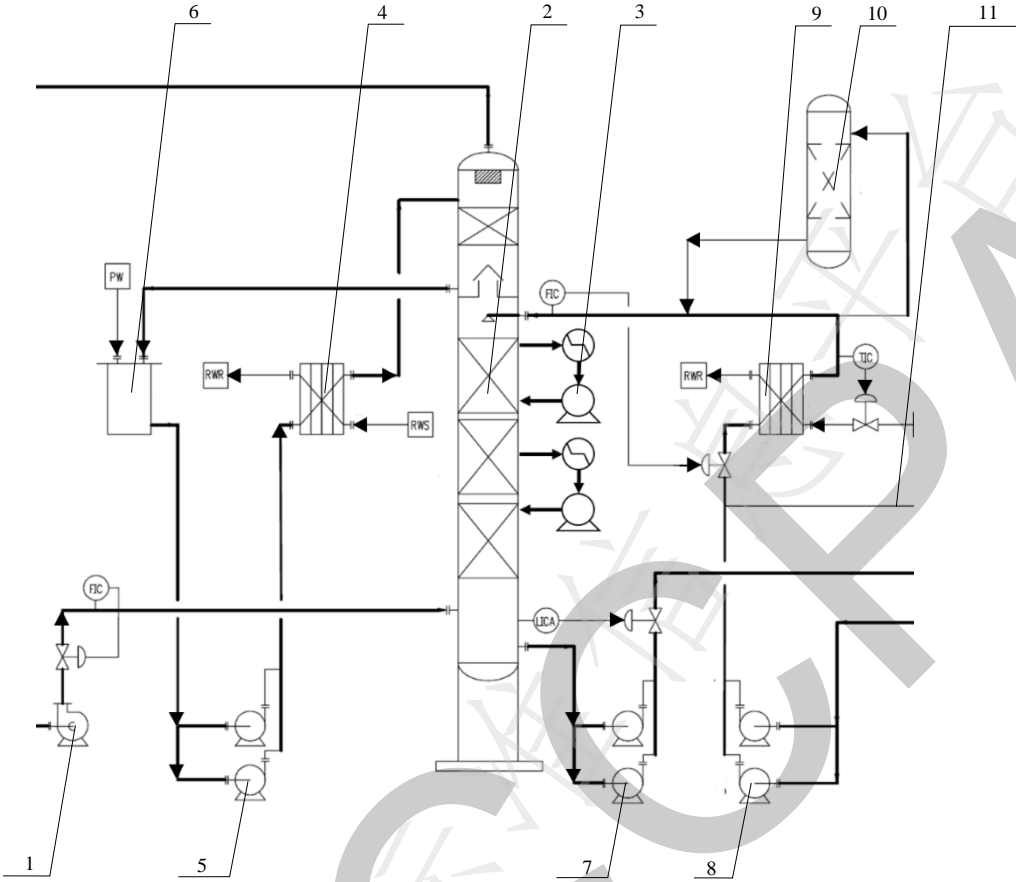
标引序号说明：1-增压风机 2-吸收塔 3-洗涤液冷却器 4-尾气洗涤泵 5-洗涤液储槽 6-分相器 7-富液泵
8-贫液泵 9-贫液泵 10-贫液冷却器 11-活性炭过滤器 12-配套系统

图 A.2 两相吸收剂工艺典型流程图

两相吸收剂工艺典型流程：经预处理后的烟气在增压风机的作用下从吸收塔底部进入，吸收塔吸收段顶部自上而下喷淋传统有机胺化学吸收剂，与烟气逆向接触捕集二氧化碳，脱碳之后烟气经由尾气洗涤泵运输经过洗涤液冷却器的洗涤液水洗并回收部分胺和水后从吸收塔顶部排出，并且吸收二氧化碳后的溶液进入分相器，在分相器中分为贫富两相，富液经由富液泵送入再生塔解吸，贫液经由贫液泵经过处理后送入吸收塔进行吸收反应。与此同时，经由再生塔排出的贫液经过贫液冷却器后由活性炭过滤器吸附脱除贫液中的杂质污染物后进入吸收塔实现循环利用。

级间冷却工艺典型流程主要由增压风机、吸收塔、级间冷却系统、洗涤液冷却器、尾气洗涤泵、洗涤液储槽、富液泵、贫液泵、贫液冷却器和活性炭过滤器组成。

级间冷却典型工艺流程图见图 A.3。



标引序号说明：1-增压风机 2-吸收塔 3-级间冷却器 4-洗涤液冷却器 5-尾气洗涤泵 6-洗涤液储槽
7-富液泵 8-贫液泵 9-贫液冷却器 10-活性炭过滤器 11-配套系统

图 A.3 级间冷却工艺典型流程图

级间冷却典型工艺流程：吸收塔级间冷却工艺是通过在吸收塔适当位置设置级间冷却系统（由冷却器和级间泵构成），将塔内温度升高的吸收剂部分抽出，进行温度冷却送回吸收塔内部循环以增强吸收剂吸收性能，在一定程度上可降低能耗。