

# 燃煤电厂二氧化碳捕集测试平台运行技术规范

Technical specification for operation of carbon dioxide capture testing platform in coal-fired power plants

地方标准信息服务平台

2024 - 10 - 28 发布

2025 - 01 - 28 实施



## 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 工艺系统要求 .....	1
5 系统运行要求 .....	4
6 系统事故处理 .....	6
附录 A（资料性） 化学吸收剂测试评价指标 .....	8
附录 B（规范性） CO <sub>2</sub> 捕集碳能耗及 CO <sub>2</sub> 捕集率计算 .....	9

地方标准信息服务平台

## 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。

本文件由广东省生态环境厅提出并组织实施。

本文件由广东省碳达峰碳中和标准化技术委员会（GD/TC 73）归口。

本文件起草单位：深圳市深汕特别合作区华润电力有限公司、广东华润碳能科技有限公司、广东省粤科标准化科学研究有限公司、中国矿业大学。

本文件主要起草人：王恩泽、姜鸿起、陈阿小、景强、胡黎明、张铁刚、郑宝旭、张茅、黄振杰、赵欣雷、曾冬苗、陆诗建、吴巧。

地方标准信息服务平台

# 燃煤电厂二氧化碳捕集测试平台运行技术规范

## 1 范围

本文件规定了燃煤电厂二氧化碳捕集测试平台的工艺系统要求、系统运行要求、系统事故处理等。本文件适用于燃煤电厂有机胺溶剂化学吸收法二氧化碳捕集测试平台的运行、监控和事故处理。

## 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 151 热交换器

GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范

NB/T 47041 塔式容器

NB/T 47004.1 板式热交换器 第1部分：可拆卸板式热交换器

JB/T 12536—2015 燃煤烟气碳捕集装置运行规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**烟气 flue gas**

化石燃料燃烧后经脱硫、脱硝及除尘处理形成的气体和烟尘的混合物。

### 3.2

**富液 liquid-rich**

化学吸收剂吸收CO<sub>2</sub>后的溶液。

### 3.3

**贫液 liquid-poor**

化学吸收剂未吸收CO<sub>2</sub>或解吸CO<sub>2</sub>后的溶液。

### 3.4

**净化气 purified gas**

燃煤烟气经过CO<sub>2</sub>吸收处理后，达到一定指标的气体。

## 4 工艺系统要求

### 4.1 工艺系统烟气指标

进入CO<sub>2</sub>捕集系统的烟气指标符合下列要求：

- a) 烟气温度不宜高于 55 °C；
- b) 粉尘含量不宜大于 5 mg/Nm<sup>3</sup>；

- c)  $\text{SO}_2$ 不宜大于  $10 \text{ mg/Nm}^3$ ;
- d) 氮氧化物（以  $\text{NO}_2$ 计）不宜大于  $50 \text{ mg/Nm}^3$ 。

## 4.2 工艺系统组成

4.2.1 工艺系统包括烟气预处理单元、 $\text{CO}_2$ 吸收单元、换热单元、 $\text{CO}_2$ 解吸单元，具体如下：

- a) 烟气预处理单元主要是对烟气进行增压，同时脱除烟气中残存的污染物（硫化物、颗粒物等），降低烟气温度；
- b)  $\text{CO}_2$ 吸收单元主要是利用化学反应吸收烟气中的  $\text{CO}_2$ 气体，实现  $\text{CO}_2$ 的捕集；
- c) 换热单元是将贫液中热量回收再冷却后送入吸收塔；
- d)  $\text{CO}_2$ 解吸单元主要是利用热能将富液还原为贫液，释放高浓度  $\text{CO}_2$ 气体。

4.2.2  $\text{CO}_2$ 捕集工艺系统图见图 1。

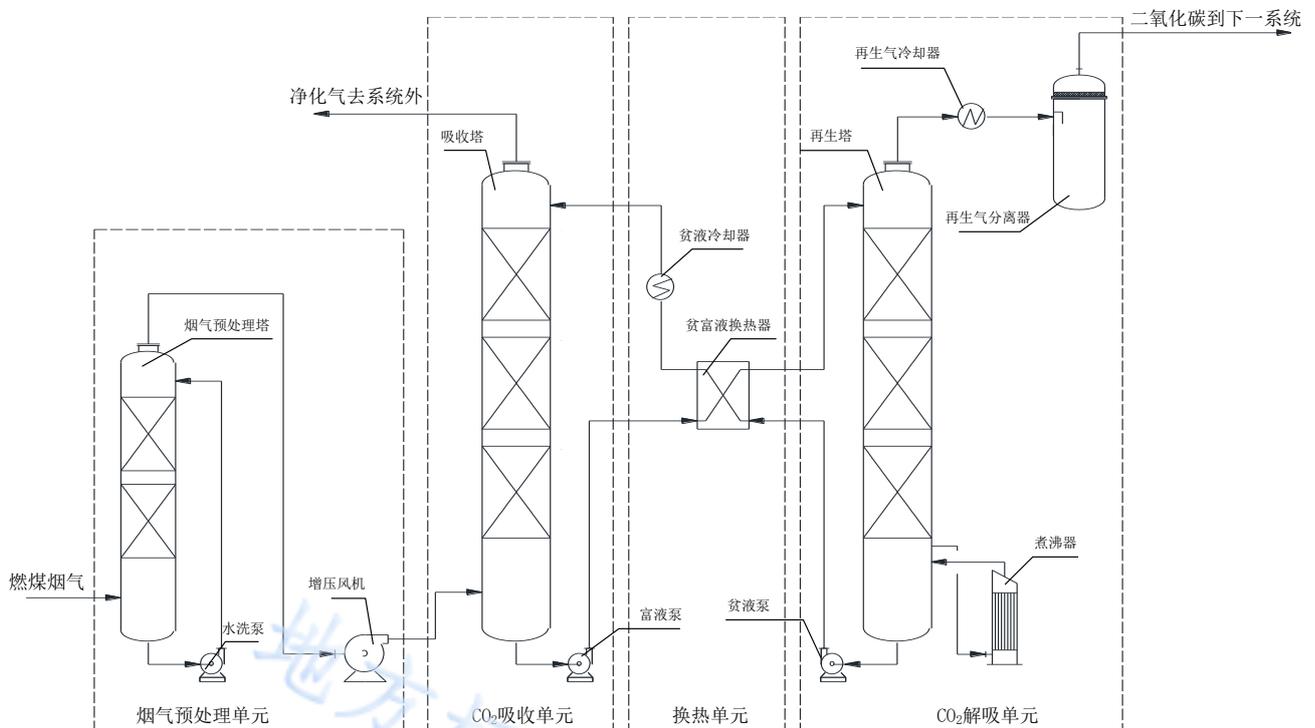


图1  $\text{CO}_2$ 捕集工艺系统图

## 4.3 工艺系统设备

### 4.3.1 设备分类

工艺系统设备分类见表1。

表1 CO<sub>2</sub>捕集工艺系统组成

工艺系统	设备组成	设备类型
烟气预处理单元	烟气预处理塔	静设备（塔式容器）
	水洗泵	动设备（离心泵）
	增压风机	动设备（离心风机）
CO <sub>2</sub> 吸收单元	吸收塔	静设备（塔式容器）
	富液泵	动设备（离心泵）
换热单元	贫液冷却器	静设备（板式热交换器）
	贫富液换热器	静设备（板式热交换器）
CO <sub>2</sub> 解吸单元	再生塔	静设备（塔式容器）
	贫液泵	动设备（离心泵）
	再生气冷却器	静设备（管壳式热交换器）
	再生气分离器	静设备（容器）
	煮沸器	静设备（管壳式热交换器）

#### 4.3.2 静设备

- 4.3.2.1 静设备中的塔式容器应符合 NB/T 47041 中的规定。
- 4.3.2.2 静设备中的管壳式热交换器应符合 GB/T 151 中的规定。
- 4.3.2.3 静设备中的板式热交换器应符合 NB/T 47004.1 中的规定。

#### 4.3.3 动设备

- 4.3.3.1 动设备材质中的贫液泵和富液泵过流部件宜选用奥氏体不锈钢。
- 4.3.3.2 动设备中的离心泵设计符合下列条件：
- 离心泵及转子泵的轴密封宜选用机械密封；
  - 离心泵宜采用自排气型离心泵。
- 4.3.3.3 动设备中的离心风机设计符合下列条件：
- 离心风机驱动方式宜选用直连方式；
  - 离心风机振动值 $<4.6 \text{ mm/s}$ ；
  - 离心风机过流部件宜选用奥氏体不锈钢。

#### 4.4 工艺系统原料

工艺系统所需原料要求如下：

- 化学吸收剂应为醇胺类弱碱性有机胺溶剂，混溶于水，包括一乙醇胺（MEA），二乙醇胺（DEA），二异丙醇胺（DIPA），N-甲基二乙醇胺（MDEA）等，或者以上混合液，质地为无色或微黄色的粘稠液体；
- 碱液应为 10%~40% 的 NaOH 溶液；
- 除盐水中的盐分含量应低于 500 mg/L，电导率为 500~600 mS/cm，pH 值应为 6~8；
- 工艺水浊度 $\leq 3 \text{ NTU}$ ，总硬度（以 CaCO<sub>3</sub> 计） $\leq 450 \text{ mg/L}$ ，总碱度（以 CaCO<sub>3</sub> 计） $\leq 350 \text{ mg/L}$ ，pH 值应为 6.5~8.5；
- 循环冷却水应符合 GB/T 50050 的要求；
- 蒸汽压力为 0.3 MPa（G）~1.0 MPa（G）。

## 4.5 工艺系统流程

### 4.5.1 烟气预处理单元

烟气预处理单元流程如下：

- a) 满足 4.1 要求的烟气进入烟气预处理塔，脱除烟气中残存的污染物；
- b) 烟气在烟气预处理塔内自下向上流动，与从上部入塔的碱液形成逆流接触，进一步脱除烟气中残存的污染物，同时降低烟气温度；
- c) 烟气从烟气预处理塔进入增压风机增压，进入 CO<sub>2</sub>吸收单元。

### 4.5.2 CO<sub>2</sub>吸收单元

CO<sub>2</sub>吸收单元流程如下：

- a) 烟气预处理单元出来的烟气进入吸收塔进行 CO<sub>2</sub>的吸收；
- b) 烟气在吸收塔内自下向上流动，与从上部入塔的吸收剂形成逆流接触并反应，形成富液，富液经富液泵送入贫富液换热器，与高温的贫液换热，富液温度升高后进入 CO<sub>2</sub>解吸单元；
- c) 脱除 CO<sub>2</sub>后的烟气从吸收塔顶排出系统外。

### 4.5.3 CO<sub>2</sub>解吸单元

CO<sub>2</sub>解吸单元流程如下：

- a) 进入 CO<sub>2</sub>解吸单元的富液进入再生塔上部，解吸出部分 CO<sub>2</sub>成为半贫液进入煮沸器；
- b) 在煮沸器中，半贫液进一步解吸出 CO<sub>2</sub>成为贫液，从再生塔底流至贫液泵，送入贫富液换热器，与低温的富液换热；
- c) 贫液经过贫液冷却器，与循环冷却水换热，将贫液温度冷却至设定温度，进入吸收塔循环使用；
- d) 解吸出的 CO<sub>2</sub>连同水汽经冷却、分离除去水汽后得到合格 CO<sub>2</sub>进入下一个系统。

### 4.5.4 换热单元

换热单元流程如下：

- a) 富液与贫液在贫富液换热器中进行换热，回收利用贫液热量；
- b) 贫液在贫液冷却器中被循环冷却水冷却至设定温度。

## 5 系统运行要求

### 5.1 启动前检查项目

启动前检查项目如下：

- a) 系统工艺管道连接完好；
- b) 增压风机、贫液泵、富液泵等设备状态正确，具备启动条件；
- c) 控制和监测系统状态正常，具备控制和监测条件；
- d) 水、电、汽、气等公用工程具备投入条件；
- e) 碱液储量充足，正常备用。

### 5.2 系统投运

#### 5.2.1 启动烟气预处理单元

启动烟气预处理单元的步骤如下：

- a) 烟气预处理塔加入工艺水和碱液，调节烟气预处理工艺水 pH 值为 7~9，启动水洗泵，工艺水在烟气预处理塔内循环；
- b) 将烟气至 CO<sub>2</sub>捕集系统通路打开；
- c) 启动增压风机，缓慢增加增压风机频率，调节烟气流量。

#### 5.2.2 启动 CO<sub>2</sub>吸收单元、CO<sub>2</sub>解吸单元及换热单元

CO<sub>2</sub>吸收单元、CO<sub>2</sub>解吸单元及换热单元启动，建立系统水平衡的步序如下：

- a) 将化学吸收剂加入吸收塔；
- b) 启动富液泵，将化学吸收剂输送至再生塔；
- c) 启动贫液泵，将化学吸收剂输送至吸收塔，建立化学吸收剂循环；
- d) 向蒸发器供给蒸汽，控制蒸发器升温速率为 0.5 °C/min~1 °C/min；
- e) 当 CO<sub>2</sub>解吸单元的再生塔温度达到要求值时，将燃煤烟气通入 CO<sub>2</sub>捕集系统。

### 5.3 测试过程中监测与调整

#### 5.3.1 吸收塔进口烟气流量

吸收塔进口烟气流量应设定低报警值为50%，低低报警值为30%，高报警值为110%，高高报警值为130%，当烟气流量低于高高报警值或高于高高报警值时，系统停运。

#### 5.3.2 蒸发器温度

蒸发器温度高报警值宜设置比要求的温度高5°C~10°C，高高报警设置比要求的温度高15°C~25°C，当蒸发器温度高于高高报警值时，停止蒸汽供应。

#### 5.3.3 烟气预处理塔、吸收塔和再生塔压差

烟气预处理塔、吸收塔和再生塔压差应设定高报警值为10%，高高报警值为25%，当烟气预处理塔、吸收塔和再生塔压差高于高高报警值时，系统停运，检查塔内是否发生堵塞，或检测化学吸收剂是否变质。

#### 5.3.4 烟气预处理塔、吸收塔和再生塔液位

烟气预处理塔、吸收塔和再生塔液位应设定低报警值为10%，低低报警值为20%，具体如下：

- a) 当烟气预处理塔、吸收塔和再生塔液位低于低报警值时，应调整 CO<sub>2</sub>捕集系统运行参数，向系统补水，或调整烟气进、出系统温度，通过调整烟气带入、带出系统的水分，调整系统水平衡，使烟气预处理塔、吸收塔和再生塔液位在设定值范围内；
- b) 当烟气预处理塔液位低于低低报警值时，停运水洗泵，待烟气预处理塔液位高于低报警值时，再启动水洗泵；
- c) 当吸收塔液位低于低低报警值时，应停运富液泵，待吸收塔液位高于低报警值时，再启动富液泵；
- d) 当再生塔塔液位低于低低报警值时，应停运贫液泵，待再生塔液位高于低报警值时，再启动贫液泵。

#### 5.3.5 化学吸收剂浓度

在系统运行过程中，应保持化学吸收剂的浓度在合适范围，按照JB/T 12536—2015中附录A的要求进行分析化验化学吸收剂浓度。

#### 5.3.6 测试指标

CO<sub>2</sub>捕集系统性能指标、能耗指标以及物耗指标见附录A；CO<sub>2</sub>捕集系统的能耗指标及CO<sub>2</sub>捕集率的计算方法见附录B。

## 5.4 系统停运步序

### 5.4.1 正常停运

#### 5.4.1.1 临时停运，应按以下步序进行：

- a) 停运增压风机，关闭烟气进入CO<sub>2</sub>捕集系统的通路；
- b) 停运水洗泵；
- c) 保持富液泵、贫液泵运行，维持CO<sub>2</sub>捕集系统化学吸收剂的循环，降低蒸汽的供给，再生塔顶的压力缓慢下降，直到CO<sub>2</sub>气体流量接近零；
- d) 停止蒸汽供给。

#### 5.4.1.2 长时间停运，应按以下步序进行：

- a) 按照5.4.1.1完成临时停运；
- b) 保持富液泵、贫液泵运行，维持CO<sub>2</sub>捕集系统化学吸收剂循环，将化学吸收剂的温度冷却至65℃以下，停运富液泵、贫液泵；
- c) 停运CO<sub>2</sub>捕集系统循环冷却水；
- d) 停运后对CO<sub>2</sub>捕集系统进行全面检查。

### 5.4.2 紧急停运

#### 5.4.2.1 紧急情况下应进行紧急停运。

#### 5.4.2.2 紧急停运应进行以下操作：

- a) 停运CO<sub>2</sub>捕集系统所有的动设备，关闭烟气进入CO<sub>2</sub>捕集系统的通道；
- b) 再生气排空；
- c) 停运蒸汽供给；
- d) 停运循环冷却水供给。

#### 5.4.2.3 停运后对CO<sub>2</sub>捕集系统进行全面检查，分析故障原因并处理。

## 6 系统事故处理

CO<sub>2</sub>捕集系统事故原因分析及处理措施见表2。

表2 碳捕集测试平台系统事故处理对照表

事故	现象	原因	处理措施
CO <sub>2</sub> 捕集率低	吸收塔出口净化气中CO <sub>2</sub> 浓度升高	a) 吸收塔内烟气流速过大; b) 富液在再生塔内解吸不够充分; c) 吸收塔内部温度较高; d) 吸收塔内气液接触不良; e) 化学吸收剂浓度低。	a) 控制烟气在吸收塔内合适的流速; b) 调整CO <sub>2</sub> 解吸单元工艺, 使富液中CO <sub>2</sub> 充分解吸出来; c) 降低贫液进入吸收塔温度, 若吸收塔设置了级间冷却器, 增加级间冷却器的循环冷却水量; d) 检查吸收塔液体分布器、填料情况, 增大化学吸收剂循环量; e) 补充新鲜化学吸收剂, 提高化学吸收剂浓度。
化学吸收剂逃逸严重	系统中化学吸收剂浓度降低	a) 吸收塔内烟气流速过大, 导致大量的化学吸收剂被烟气夹带; b) 吸收塔化学吸收剂起泡现象较严重。	a) 控制烟气流量, 控制烟气在吸收塔内合适的流速; b) 定期进行化学吸收剂泡沫实验, 密切观察化学吸收剂起泡的趋势, 如果起泡问题严重, 可适当往化学吸收剂里添加消泡剂。
化学吸收剂中有大量固体沉淀	贫液泵、富液泵容易堵塞, 且清堵的频率较高	a) 化学吸收剂中钠离子、钾离子的浓度过高, 生成盐, 在系统温度较低的地方析出结晶; b) 煮沸器温度过高。	a) 密切关注化学吸收剂中钠离子、钾离子的浓度, 累积浓度不超过500 ppmw, 必要时补充或更换化学吸收剂; b) 降低进入煮沸器的蒸汽温度和压力, 增加化学吸收剂循环量, 降低再生塔塔底温度。
化学吸收剂浓度低	化学吸收剂浓度低	a) 烟气带入过量水分; b) 化学吸收剂损失大。	a) 增大烟气预处理单元工艺水循环量, 降低烟气进入吸收塔温度; b) 补充化学吸收剂。
蒸汽消耗高	蒸汽用量增加	a) 进入再生塔的富液温度低; b) 富液中CO <sub>2</sub> 含量低; c) 化学吸收剂浓度低; d) 化学吸收剂降解严重。	a) 清洗贫富液换热器, 提高贫富液换热器的换热效率; b) 调整CO <sub>2</sub> 吸收单元工艺参数, 提高化学吸收剂吸收CO <sub>2</sub> 的能力; c) 补充化学吸收剂; d) 进行化学吸收剂再生回收, 或更换化学吸收剂。

附 录 A  
(资料性)  
化学吸收剂测试评价指标

化学吸收剂测试评价指标见表A.1。

表A.1 化学吸收剂测试评价指标

指标	指标分类	指标名称	单位
性能指标	效率	CO <sub>2</sub> 捕集率	%
	纯度	CO <sub>2</sub> 产品纯度	% (干基)
能耗指标	再生蒸汽	蒸汽量	t/h
	水	循环冷却水	m <sup>3</sup> / t CO <sub>2</sub>
		脱盐水	m <sup>3</sup> / t CO <sub>2</sub>
电	电耗	kWh/ t CO <sub>2</sub>	
物耗指标	化学品	化学吸收剂消耗	kg化学吸收剂/ t CO <sub>2</sub>
		碱液消耗	kg碱液/ t CO <sub>2</sub>

地方标准信息服务平台

## 附录 B (规范性)

### CO<sub>2</sub>捕集碳能耗及 CO<sub>2</sub>捕集率计算

#### B.1 CO<sub>2</sub>再生能耗

为CO<sub>2</sub>捕集系统运行过程中从富液中解吸的总热量，计算方法见公式B.1。

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

式中：

- $E_r$  ——CO<sub>2</sub>再生能耗 (GJ/tCO<sub>2</sub>)；
- $Q_m$  ——每小时的蒸汽使用量 (t/h)；
- $H_v$  ——蒸汽在实际工况下的焓值 (GJ/t)；
- $m_{CO_2}$  ——每小时CO<sub>2</sub>产量 (t/h)。

#### B.2 CO<sub>2</sub>捕集能耗

为CO<sub>2</sub>再生能耗加上电能及循环冷却水热量消耗，计算方法见公式B.2。

$$E_Z = E_r + \frac{E_e + E_w}{m_{CO_2}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $E_Z$  ——CO<sub>2</sub>捕集能耗 (GJ/tCO<sub>2</sub>)；
- $E_r$  ——CO<sub>2</sub>再生能耗 (GJ/tCO<sub>2</sub>)；
- $E_e$  ——每小时捕集装置运行所需要的电能 (GJ/h)；
- $E_w$  ——每小时捕集装置运行所需要的循环冷却水热量消耗 (GJ/h)；
- $m_{CO_2}$  ——每小时CO<sub>2</sub>产量 (t/h)。

#### B.3 CO<sub>2</sub>捕集率

CO<sub>2</sub>捕集率是烟气经过吸收塔后，烟气中CO<sub>2</sub>总量与净化气中CO<sub>2</sub>总量之间差值与烟气中CO<sub>2</sub>总量的百分比，CO<sub>2</sub>捕集率计算方法见公式B.3。

$$\eta_{CO_2} = \frac{F_1 C_1 - F_2 C_2}{F_1 C_1} \times 100\% \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- $\eta_{CO_2}$  ——CO<sub>2</sub>捕集率；
- $F_1$  ——吸收塔烟气进口流量，kg/h；
- $F_2$  ——气吸收塔烟气出口流量，kg/h；
- $C_1$  ——气吸收塔进口烟气中CO<sub>2</sub>浓度；
- $C_2$  ——吸收塔出口烟气中CO<sub>2</sub>浓度。





广东省地方标准

燃煤电厂二氧化碳捕集测试平台运行技术规范

DB44/T 2557—2024

\*

广东省标准化研究院组织印刷  
广州市海珠区南田路 563 号 1304 室  
邮政编码：510220  
电话：020-84250337