

ICS 13.020.01
CCS Z 06

团体标准

T/CIECCPA 053—2024

化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备 再生富碳气体纯化设备

Device of coal-fired flue gas carbon dioxide capture by chemical absorption
method—Equipment for regenerated carbon-rich gas purification

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

CFECCPA

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.....	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.....	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 涂漆与保温试验.....	5
6.4 噪声试验.....	6
6.5 电气和控制试验.....	6
6.6 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.....	7
8.3 文件.....	7
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） 再生富碳气体纯化典型流程.....	9
图 A.1 再生富碳气体纯化工艺典型流程图.....	9
表 1 再生富碳气体纯化设备检验项目	6

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：顾永正、刘含笑、朱江涛、王天堃、寻志伟、魏书洲、贡玉萍、李歌、张利勇、刘鹏举、刘思远、王俊、刘美玲、周号、寿海迪、王春兰。

本文件为首次发布。

CFECCPA

化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳装备 再生富碳气体纯化设备

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富碳气体纯化设备的组成、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再生富碳气体纯化设备的制造。

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 1886.228 食品安全国家标准 食品添加剂 二氧化碳
- GB 4053 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 6052 工业液体二氧化碳
- 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 18442 固定式真空绝热深冷压力容器
- GB/T 21508 燃煤烟气脱硫设备性能测试
- GB/T 23938 高纯二氧化碳
- 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

T/CIECCPA 053—2024

- 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 21594 衬不锈钢人、手孔分类与技术条件
- 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
- JC/T 1020 低温装置绝热用膨胀珍珠岩
- 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

富碳气体 **carbon-rich gas**

经过碳捕集装置吸收、再生工艺后的高浓度二氧化碳的气体。

3.3

吸附器 **adsorber**

利用吸附剂表面特性来捕集、分离混合物成分的设备。

3.4

提纯塔 purification tower

对二氧化碳气体进行液化提纯的装置。

3.5

二氧化碳液化器 carbon dioxide liquefier

利用高压降低二氧化碳沸点，再在低于沸点的低温条件下，将气态二氧化碳转变为液态二氧化碳的装置。

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富碳气体纯化设备主要由静设备、动设备和配套系统组成，二氧化碳化学吸收法捕集再生富碳气体纯化工艺及设备典型流程见附录 A。

4.2 静设备主要包括换热器（预冷器、再生加热器、余冷回收器、再沸器、过冷器等）、分离器、吸附器、干燥器、液化器、提纯塔、储罐等。

4.3 动设备包括压缩机、泵。

4.4 配套系统包括管道、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装备的再生富碳气体纯化设备进行制造。

5.1.2 再生富碳气体纯化设备布置应符合总体布置、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 提纯塔的设计寿命应不低于15年，吸附器和干燥器的设计寿命应不低于20年。

5.1.4 二氧化碳液化器、提纯塔设计选型时应符合节能、降耗和增效的原则。

5.2 性能要求

5.2.1 工业级二氧化碳纯度应大于99%，食品级二氧化碳纯度应大于99.8%。

5.2.2 吸附器的压降应小于50kPa，干燥器的压降应小于100kPa，液化器的压降应小于200kPa。

5.3 设备要求

5.3.1 换热器

5.3.1.1 预冷器、余冷回收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℃。再沸器、过冷器宜选用管壳式换热器。

5.3.1.2 再沸器控制提纯塔温度为-15℃~-13℃，塔顶蒸发温度-30℃。

5.3.1.3 过冷器蒸发温度控制在-30℃，使二氧化碳液体温度降低到-25℃进入二氧化碳储罐储存。

5.3.2 分离器

T/CIECCPA 053—2024

5.3.2.1 采用立式两相分离器。

5.3.2.2 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。

5.3.2.3 再生气分离器出口处应设置二氧化碳温度、流量传感器。

5.3.3 压缩机

5.3.3.1 压缩机宜采用往复式压缩机或螺杆式压缩机，往复式压缩机应设置备用检修套组，螺杆式压缩机可不设置备用套组。

5.3.3.2 二氧化碳液化制冷套组的压缩机宜布置在封闭式厂房内，二氧化碳液化制冷机组的压缩机宜选用螺杆式压缩机。

5.3.3.3 气阀等部件应采用耐腐蚀的不锈钢材料。若采用铜质等部件，应采用防腐涂料进行防腐处理。

5.3.3.4 二氧化碳压缩机选型应符合 GB/T 51316 的规定。

5.3.4 吸附器

5.3.4.1 工程中二氧化碳除杂宜采用固体吸附法。

5.3.4.2 二氧化碳除杂后应满足 GB/T 6052 或 GB 1886.228 的规定。

5.3.5 干燥器

5.3.5.1 工程中二氧化碳干燥方法宜采用可再生的固体吸附法，工艺宜采用等压干燥。

5.3.5.2 二氧化碳脱水后的露点温度应符合 GB/T 51316 的规定。

5.3.6 液化器

5.3.6.1 液化工艺宜采用冷冻液化法。

5.3.6.2 液化器选取低温耐高压的组件，壳体应采用不锈钢材质。

5.3.6.3 二氧化碳液化器制冷控制出口液体二氧化碳温度应在-16℃左右。

5.3.7 提纯塔

5.3.7.1 提纯塔应符合 SH/T 3088、SH/T 3098的规定，提纯塔应采用不锈钢质结构。

5.3.7.2 提纯塔应采用板式塔，塔板数应控制在合适的范围。

5.3.7.3 选取耐低温、耐二氧化碳腐蚀的填料材料。

5.3.7.4 提纯塔下部通过再沸器控制塔釜温度为-15℃~-13℃，塔顶蒸发温度-30℃，压力应为2.2 MPa左右。

5.3.7.5 提纯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。

5.3.8 储罐

5.3.8.1 二氧化碳储罐宜不少于2座，根据容量和压力选用卧式或球形储罐，应符合 GB/T 150（所有部分）、GB/T 12337 和 NB/T 47041 的规定。

5.3.8.2 二氧化碳储罐应具有良好的稳定性和抗震能力和密封性能，采用真空粉末绝热，应符合 GB/T 18442和 JC/T 1020的规定。

5.3.8.3 二氧化碳储罐应具有安全阀、压力表等安全附件。储罐及附件设计应符合 GB/T 51316的规定。

5.3.8.4 二氧化碳储罐底部可设置增压用汽化器，汽化器的设计压力应不低于储罐的设计压力。

5.3.9 泵

5.3.9.1 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。

5.3.9.2 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。

5.4 配套系统

5.4.1 管道壁厚应考虑介质对材料的腐蚀。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 应对该流程所用管道进行保温处理，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 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。

5.6.5 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。

5.6.6 设备运行噪声应不超过85 dB (A)。

5.6.7 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。

5.7 焊接质量要求

焊接应符合 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。

6 试验方法

6.1 主要设备试验

6.1.1 板式换热器主要件试验按 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 分离器的试验按 SY/T 0515、HG/T 20570.8执行。

6.1.3 压缩机的试验按 GB/T 51316执行。

6.1.4 吸附器、干燥器、液化器及提纯塔内构件、零件和塔内设备的装配偏差按 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。

6.1.5 储罐设备的试验按 GB/T 150和 GB/T 12337执行。

6.1.6 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 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。

6.4 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、GB/T 4980 执行。

6.5 电气和控制试验

6.5.1 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。

6.5.2 防雷、接地的施工试验按 GB 50601 执行。

6.5.3 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。

6.5.4 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。

6.6 性能测试

6.6.1 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。

6.6.2 性能测试方法

二氧化碳纯度测试方法按 GB/T 23938 执行；吸附器、干燥器和液化器的压降测试按 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再生富碳气体纯化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 再生富碳气体纯化设备检验项目

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	二氧化碳纯度	5.2.1	6.6.2	—	—	√
2	吸附器压降	5.2.2	6.6.2	—	—	√
3	干燥器压降	5.2.2	6.6.2	—	—	√
4	液化器压降	5.2.2	6.6.2	—	—	√
5	换热器	5.3.1	6.1.1	√	√	—
6	分离器	5.3.2	6.1.2	√	√	—
7	压缩机	5.3.3	6.1.3	√	√	—

表 1 再生富碳气体纯化设备检验项目

8	吸附器	5.3.4	6.1.4	√	√	—
9	干燥器	5.3.5	6.1.4	√	√	—
10	液化器	5.3.6	6.1.4	√	√	—
11	提纯塔	5.3.7	6.1.4	√	√	—
12	储罐	5.3.8	6.1.5	√	√	—
13	泵	5.3.9	6.1.6	√	√	—
14	焊接质量	5.7	6.2	√	√	—
12	涂漆与保温	5.5	6.3	√	√	—
13	噪声	5.6	6.4	—	√	—
14	电气和控制	5.4	6.5	√	√	—

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

再生富碳气体纯化设备应做性能检验，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富碳气体纯化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

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。

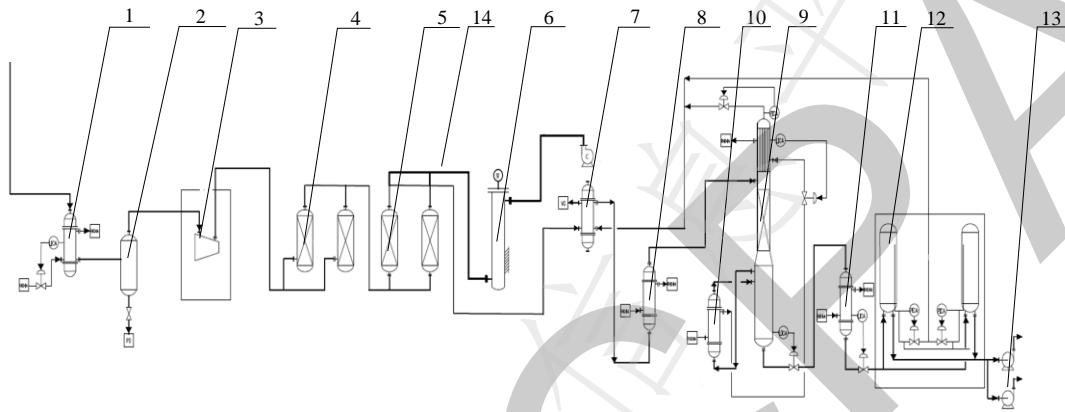
附录 A

(资料性)

再生富碳气体纯化典型流程

再生富碳气体纯化典型流程主要由预冷器、分离器、压缩机、吸附器、干燥器、再生加热器、余热回收器、液化器、提纯塔、再沸器、过冷器、储罐、泵组成。

再生富碳气体纯化典型流程见图 A.1。



标引序号说明：1—预冷器 2—分离器 3—压缩机 4—吸附器 5—干燥器 6—再生加热器 7—余热回收器
8—液化器 9—提纯塔 10—再沸器 11—过冷器 12—储罐 13—泵 14—配套系统

图 A.1 再生富碳气体纯化工艺典型流程图

化学吸收法捕集燃煤烟气二氧化碳再生富碳气体纯化工艺典型流程：该工艺主要由富碳气体降温、气液分离、压缩、除水、除杂、液化、精馏提纯等技术组合而成。经过再生塔的再生二氧化碳气体经预冷器冷凝降温，降温后的气体通过分离器进行气液分离，气体进入压缩机进行压缩，压缩后二氧化碳气体依次通过吸附器和干燥器除水除杂提高纯度，经过纯化的二氧化碳气体随后进入二氧化碳液化器，在低温高压下将气态二氧化碳转化为液态二氧化碳，然后流入提纯塔，提纯塔底部连接的再沸器将液态二氧化碳加热至气态上升，提纯塔顶部的制冷区则将上升的二氧化碳气体冷凝液化，并经过余热回收器将冷量回收。最终，经提纯塔提纯后二氧化碳经过过冷器冷却，将符合要求的二氧化碳存入储罐储存。