

ICS 13.020.40
CCS Z 05

团 体 标 准

T/CIECCPA 027—2023

烟气二氧化碳化学吸收法捕集 预处理装置

Pre-treatment equipment for carbon dioxide capture from flue gas by
chemical absorption method

2023 - 06 - 16 发布

2023 - 06 - 19 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 设备组成.....	3
5 技术要求.....	3
5.1 一般要求.....	3
5.2 性能要求.....	3
5.3 烟气冷却器技术要求.....	4
5.4 预处理塔技术要求.....	4
5.5 主要塔内构件技术要求.....	4
5.6 材料和焊接要求.....	5
5.7 结构计算要求.....	5
5.8 电气和控制要求.....	6
5.9 涂漆和保温要求.....	6
5.10 安全防护要求.....	6
5.11 噪声要求.....	6
6 试验方法.....	7
6.1 主要设备检验.....	7
6.2 焊接质量检验.....	7
6.3 电气和控制检验.....	7
6.4 涂漆检验.....	7
6.5 噪声测量.....	7
6.6 性能试验.....	7
7 检验规则.....	7
7.1 检验类别.....	7
7.2 出厂检验.....	7
7.3 安装检验.....	7
7.4 性能检验.....	7
7.5 判定规则.....	8
8 标志.....	8

8.1 固定产品标志 8

8.2 包装和储运标志 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）典型预处理装置示意图 10

参考文献 11

图 A.1 典型预处理装置示意图 10

表 1 烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置检验项目及要求 8

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：浙江菲达环保科技股份有限公司、中国矿业大学、浙江天洁环境科技股份有限公司、中国科学院山西煤炭化学研究所、天府永兴实验室、华北电力大学、国能龙源环保有限公司、中国华电科工集团有限公司、华油惠博普科技股份有限公司、浙江大学、华中科技大学、华电电力科学研究院有限公司、安徽绿能技术研究院有限公司、浙江省环保集团生态环保研究院有限公司、西南石油大学、浙江菲达电气有限公司、浙江菲达科技发展有限公司、浙江菲达脱硫工程有限公司。

本文件主要起草人：刘含笑、吴黎明、周号、陆诗建、李磊、陈永东、郑妍、边宇、郑成航、赵琳、王凯亮、王争荣、孙路长、郝润龙、李国强、吴廷有、潘鑫、齐美荣、咎向明、于立元、梁军、刘小伟、张杨、刘忠、崔盈、斯洪良、刘美玲、孟银灿、寿恬雨、何宁、郭柳成、寿海迪、王帅、单思珂、杨莉。

本文件为首次发布。

CLECCRA

烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置

1 范围

本文件规定了烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置的设备组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志以及包装、运输和贮存。

本文件适用于化学吸收法用二氧化碳捕集预处理装置的设计和制造。

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 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
- GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- 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（IP 代码）
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- 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 37400.12 重型机械通用技术条件 第12部分：涂装
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50017 钢结构设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50128 立式圆筒型钢制焊接储罐施工规范
- GB 50160 石油化工企业设计防火标准
- 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 50601 建筑物防雷工程施工与质量验收规范
GB/T 51316-2018 烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准
GB 55001 工程结构通用规范
DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计规范
HG/T 2650 水冷管式换热器
HG/T 3986 塑料塔填料
HG/T 4374 金属塔填料技术条件
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 20678 衬里钢壳设计技术规定
HG/T 21559.1 不锈钢网孔板波纹填料工程技术规范
HG/T 21559.3 不锈钢丝网波纹填料
HG/T 21585.1 可拆型槽盘气液分布器
HG/T 21514 钢制人孔和手孔的类型与技术条件
HG/T 21618 丝网除沫器
HJ 836 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法
JB/T 10989-2010 湿法烟气脱硫装置专用设备 除雾器
JB/T 12909 燃煤烟气二氧化碳捕集装备
JB/T 13735-2019 管式烟气换热器 调试技术规范
JB/T 14507 环保设备 氟塑料气水换热器
NB/T 47001 钢制液化石油气卧式储罐型式与基本参数
NB/T 47041 塔式容器
NB/T 47043 锅炉钢结构制造技术规范
SH/T 3030 石油化工塔型设备基础设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置 **pre-treatment equipment for carbon dioxide capture from flue gas by chemical absorption method**

对引入二氧化碳捕集塔的烟气中的污染物进行控温和预处理的装置。

3.2

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]

3.3

烟气冷却器 flue gas cooler

利用冷媒水与原烟气进行热交换，达到降低烟气温度目的的设备。

[来源：JB/T 13735-2019，3.2，有修改]

3.4

预处理塔 pre-treatment tower

通过水洗、碱洗将烟气中的污染物进行脱除，并降低烟气温度的设备。

3.5

填料 packing

置于预处理塔内部，为气、液两相提供充分的接触面，增强其物理、化学反应能力的部件。

3.6

除雾器 demister

应用撞击式原理，分离烟气中的液态雾滴的装置。

[来源：JB/T 10989-2010，3.1]

3.7

液泛 flooding

由于各种原因造成塔内液相堆积超过其所处空间范围的现象。

4 设备组成

4.1 烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置（以下简称“预处理装置”）由烟气冷却器（可选）和预处理塔等组成。典型预处理装置示意图见附录 A。

4.2 烟气冷却器主要由壳体、管路系统和喷淋清灰系统等组成。预处理塔主要由塔体、填料、塔内构件、基础环板和平台扶梯等组成。常规预处理塔内构件主要由气体分布装置、填料支承装置、填料压紧板、液体分布装置和除雾器等组成。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 预处理装置应与烟气化学吸收法用二氧化碳捕集塔配套使用。预处理装置的设计、制造、安装、调试和验收应符合 GB/T 151 和 GB/T 51316 的规定。

5.1.2 预处理装置的布置应符合主体工程总体布置、工艺流程、安全生产和环境保护的要求，并符合 GB 50016 和 GB 50160 的规定。

5.1.3 预处理装置设计使用寿命应不低于主体工程的使用寿命，可用率应大于 98%。

5.2 性能要求

5.2.1 预处理装置入口烟气中的颗粒物浓度和 SO_2 浓度应符合国家和地方环保排放要求。

5.2.2 预处理装置的出口烟气条件：

- a) 烟气温度不宜大于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 可过滤颗粒物浓度¹⁾ 不应大于 5 mg/m^3 ；
- c) SO_2 浓度不应大于 10 mg/m^3 。

5.3 烟气冷却器技术要求

5.3.1 预处理装置应根据入口烟气条件，经技术经济比选后确定是否设置烟气冷却器。

5.3.2 烟气冷却器宜采用管式换热器，符合 HG/T 2650 的规定。

5.3.3 烟气冷却器换热面积应留有 10% 以上的裕量。

5.3.4 烟气冷却器应配置合适的通道、楼梯和平台，检修人孔设置不小于 $600\text{ mm}\times 800\text{ mm}$ 。

5.3.5 烟气冷却器烟气平均流速宜为 $8\text{ m/s}\sim 10\text{ m/s}$ ，冷却水平均流速宜为 $0.5\text{ m/s}\sim 2\text{ m/s}$ 。

5.3.6 壳体应设置冷凝水疏水管道，公称通径应大于 50 mm 。

5.3.7 管路系统应符合 DL/T 5054 的规定。

5.3.8 喷淋清灰系统应能实现自动、手动运行方式，并能实现分区操作控制。

5.4 预处理塔技术要求

5.4.1 预处理塔应采用钢制填料塔，符合 NB/T 47041 的规定。

5.4.2 预处理塔的设计空塔流速宜为液泛速度的 50%~70%，液泛率应不高于 75%。

5.4.3 预处理塔应采用直接喷淋冷却方式，洗涤液应根据烟气中 SO_2 含量选用工业水或碱液，液体喷淋量选取应不超过塔的极限喷淋密度。

5.4.4 预处理塔进出口烟道上应设取样口。

5.4.5 预处理塔洗涤液出口管道上宜设 pH 计，洗涤液的 pH 值宜控制在 6~8。

5.4.6 预处理塔应设置合适尺寸和数量的人孔门，人孔门的设计应符合 HG/T 21514 的规定。

5.4.7 填料类型应采用低压降的散装或规整填料。

5.5 塔内主要构件技术要求

5.5.1 填料支承装置选型满足以下规定：

a) 填料支承装置遮挡面积应小于 25%，主要采用气液分流型支承装置和栅板型支承装置；气液分流型支承装置宜采用波纹式支承板、孔管式支承板和驼峰式支承板；

b) 直径小于 0.8 m 的塔宜采用波纹式支撑板，直径小于 1.2 m 的塔宜采用孔管式支承板，大直径的塔宜采用驼峰式支承板；

c) 散装填料支承装置宜采用波纹式支承板、孔管式支承板或驼峰式支承板；规整填料支承装置宜采用栅板型支承装置。

5.5.2 填料压板遮挡面积应小于 30%，主要采用栅条压板和丝网压板；陶瓷材质散装填料宜采用栅条压板，金属或塑料规整填料宜采用丝网压板；栅条压板的栅条间距宜为填料直径的 60%~80%。

¹⁾ 本文件所规定的污染物浓度指标标准状态（ 273 K ， 101.325 kPa ）下干烟气，并折算到对应行业规定的基准氧含量时的数值。

5.5.3 液体分布装置选型满足以下规定：

a) 液体分布装置主要有多孔型液体分布装置和溢流型液体分布装置；典型的多孔型液体分布装置主要包括排管式喷淋器、环管式喷淋器和可拆型槽盘液体分布器等，典型的溢流型液体分布装置主要包括溢流盘式布液装置和溢流槽式布液装置；

b) 液体分布装置底部与填料层顶部间距应为 0.15 m~0.3 m；液体分布装置的最大和最小流量比值宜取 2~4；液体分布装置的气体流通面积应为 50%~70%；

c) 液体喷淋密度小于 $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的塔宜采用排管式喷淋器或环管式喷淋器；喷淋密度大于 $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的塔宜采用双层排管式喷淋器或多环管式喷淋器；

d) 可拆型槽盘气液分布器选型应符合 HG/T 21585.1 的规定；

e) 直径小于 1.2 m、液体流量小于 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 的塔宜采用溢流盘式布液装置；直径大于 1 m、液体流量大于 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 的塔宜采用溢流槽式布液装置。

5.5.4 除雾器选型满足以下规定：

a) 除雾器宜采用丝网除雾器、折流板除雾器及其组合，应配备除雾器冲洗水系统；

b) 有效清洗条件下，单级折流板除雾器的压力降应为 50 Pa~100 Pa，丝网除雾器的压降应为 100 Pa~150 Pa；

c) 丝网除雾器的设计速度宜为 1 m/s ~ 3 m/s ，折流板除雾器的设计速度应不大于重新夹带临界速度。

d) 丝网除雾器和折流板除雾器的其他设计要求应分别符合 HG/T 21618 和 JB/T 10989 的规定。

5.6 材料和焊接要求

5.6.1 烟气冷却器壳体和管路系统材料的技术要求应符合 GB/T 151、JB/T 14507 和 HG/T 2650 的规定。

5.6.2 预处理塔体、与塔体焊接的内构件基材选用碳钢材质，其他内构件可以选用耐腐蚀性能好的材质。

5.6.3 填料材料选择应符合 HG/T 3986、HG/T 4374、HG/T 21559.1 和 HG/T 21559.3 的规定。

5.6.4 预处理塔内衬防腐材料，腐蚀裕量应根据介质腐蚀性和使用寿命而定，塔体及各元件的腐蚀裕量应符合 NB/T 47001 的规定。

5.6.5 预处理塔的设计除应满足强度和稳定性要求外，还应满足吊装和运输的刚度要求。

5.6.6 预处理塔构件现场的组装焊接，应符合 NB/T 47041 的规定，应事前制订完善的施工计划和措施，以确保施工安装的质量和焊接变形在许可的偏差范围之内。

5.6.7 预处理塔体的焊接接头型式应采用对接接头应符合 GB/T 985.1 和 GB/T 985.2 的规定。

5.6.8 预处理塔内部所有焊缝均应为连续密封焊，焊接高度应不小于较薄板的厚度。除注明的之外，所有构件、零件材料未注明焊缝的连接均应为等强度连接。

5.6.9 预处理塔内壁焊缝和金属母材的加工、制作和安装应符合 HG/T 20678 的规定。

5.6.10 焊缝的外观和质量应符合 GB/T 150.4 的规定。

5.7 结构计算要求

5.7.1 预处理塔结构计算中应考虑以下载荷：

a) 静载荷;

- 塔自重 (包括塔体壁板、填料、加强筋、塔内构件及其支撑等), 以及正常条件下或耐压试验状态下内装介质的重力载荷;
- 附属设备及隔热材料、衬里、管道、扶梯、平台等的重力荷载;
- 液柱静压力, 当液柱静压力小于设计压力的 5% 时, 可忽略不计。

b) 活载荷;

- 塔内压、外压或最大压差;
- 进口烟气的冲击荷载;
- 冲击荷载, 包括压力急剧波动引起的冲击荷载、烟气扰动冲击引起的反力等;
- 塔内底部液体压力;
- 塔内设备运行液体荷载;
- 检修荷载;
- 运输或吊装时的作用力;
- 连接管道和其他部件引起的作用力。

c) 其他载荷: 风载荷、雪载荷和地震载荷应符合 NB/T 47041、GB 55001 和 GB 50011 的规定。

5.7.2 预处理塔结构计算应符合 NB/T 47041 和 GB 50017 的规定, 对荷载进行分类及组合, 按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行计算, 并用使用极限状态进行校准。

5.7.3 预处理塔地脚螺栓与底部环板计算应符合 NB/T 47041 的规定。

5.7.4 预处理塔结构地基基础的设计应符合 SH/T 3030 的规定。预处理塔的基础设计, 在正常操作或充水检验情况下不应出现零应力区, 在停产检修时允许部分零应力区, 但零应力区范围不应超过相应方向基础尺寸的 15%。

5.8 电气和控制要求

5.8.1 预处理塔检测仪表选型应符合 GB/T 51316 的规定。

5.8.2 仪表的供电及接地设计应符合 GB 50057、HG/T 2050 和 HG/T 20513 的规定。

5.8.3 用电设备、控制柜和现场操作箱外壳防护等级应符合 GB/T 4208 的规定。

5.9 涂漆和保温要求

5.9.1 预处理装置涂漆及外观要求应符合 GB/T 37400.12 的规定。

5.9.2 预处理装置保温应符合 GB 50264 的规定。

5.10 安全防护要求

5.10.1 预处理塔和管道的绝热设计应符合 GB/T 4272 的规定。

5.10.2 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。

5.10.3 楼梯、检修平台等处应设置照明装置。

5.10.4 危险化学品堆放和使用、使用场所应设置的安全标志与安全告知牌, 均应符合 GB 2894 的规定。

5.11 噪声要求

距预处理装置所有设备 1 m 远的噪声应不超过 85 dB (A)。

6 试验方法

6.1 主要设备检验

6.1.1 烟气冷却器主要件检验应按 GB/T 151 和 JB/T 14507 执行。

6.1.2 预处理塔主要件检验应按 NB/T 47043 和 GB 50128 执行。

6.2 焊接质量检验

现场设备、管道的焊缝质量检验应按GB 50236执行，焊接气密性可用煤油渗透法检验，密封性焊缝应按100%检验，钢结构的焊缝质量检验应按GB 50205执行。

6.3 电气和控制试验

6.3.1 电气装置安装工程低压电器的检验应按GB 50254执行，爆炸和火灾危险环境电气装置检验应按GB 50257执行。

6.3.2 防雷、接地的施工检验应按GB 50601执行。

6.3.3 用电设备、控制柜和现场操作箱外壳防护等级检验应按GB/T 4208执行。

6.4 涂漆检验

油漆前应进行除锈检查，结合钢材表面原始锈蚀程度等级，对照GB/T 37400.12中的分析评定除锈等级。涂层漆膜厚度和漆膜附着力应按GB/T 37400.12执行。

6.5 噪声测量

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。

6.6 性能试验

6.6.1 在设备正常投运二个月后、六个月内进行，应选择有资质的测试单位进行性能试验。

6.6.2 烟气温度和 SO₂ 的测试应按 GB/T 16157 执行，颗粒物的测试应按 HJ 836 执行。

7 检验规则

7.1 检验类别

烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置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 检验项目见表 1。

7.3 安装检验

安装检验在现场进行，检验项目见表 1。

7.4 性能检验

烟气冷却器和预处理塔均应做性能检验，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均符合要求，则判定为合格。若有不合格项时，允许对其进行

调整、消缺，重新做性能检验后全部合格，方判定为合格。

表 1 烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置检验项目及要

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	烟气冷却器主要件	5.3	6.1.1	√	√	—
2	预处理塔主要件	5.4、5.5	6.1.2	√	√	—
3	焊接质量	5.6	6.2	√	√	—
4	电气和控制系统	5.8	6.3	√	√	—
5	涂漆质量	5.9	6.4	√	√	—
6	噪声	5.11	6.5	—	√	—
7	烟气温度	5.2.2 a)	6.6.2	—	—	√
8	颗粒物浓度	5.2.1、 5.2.2 b)	6.6.2	—	—	√
9	SO ₂ 浓度	5.2.1、 5.2.2 c)	6.6.2	—	—	√

注：打“√”表示要检验的项目，“—”表示不需要检验的项目。

8 标志

8.1 固定产品标志

应在合适而明显位置上固定产品标志，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。

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)

典型预处理装置示意图

烟气二氧化碳化学吸收法捕集预处理装置由烟气冷却器和预处理塔组成。烟气冷却器主要由壳体、管路系统和喷淋清灰系统等组成。预处理塔主要由塔体、填料、塔内构件、基础埋件和平台扶梯等组成。常规预处理塔内构件主要由气体分布装置、填料支承装置、填料压紧板、液体分布装置和除雾器等组成。典型预处理装置示意图如图 A.1 所示。

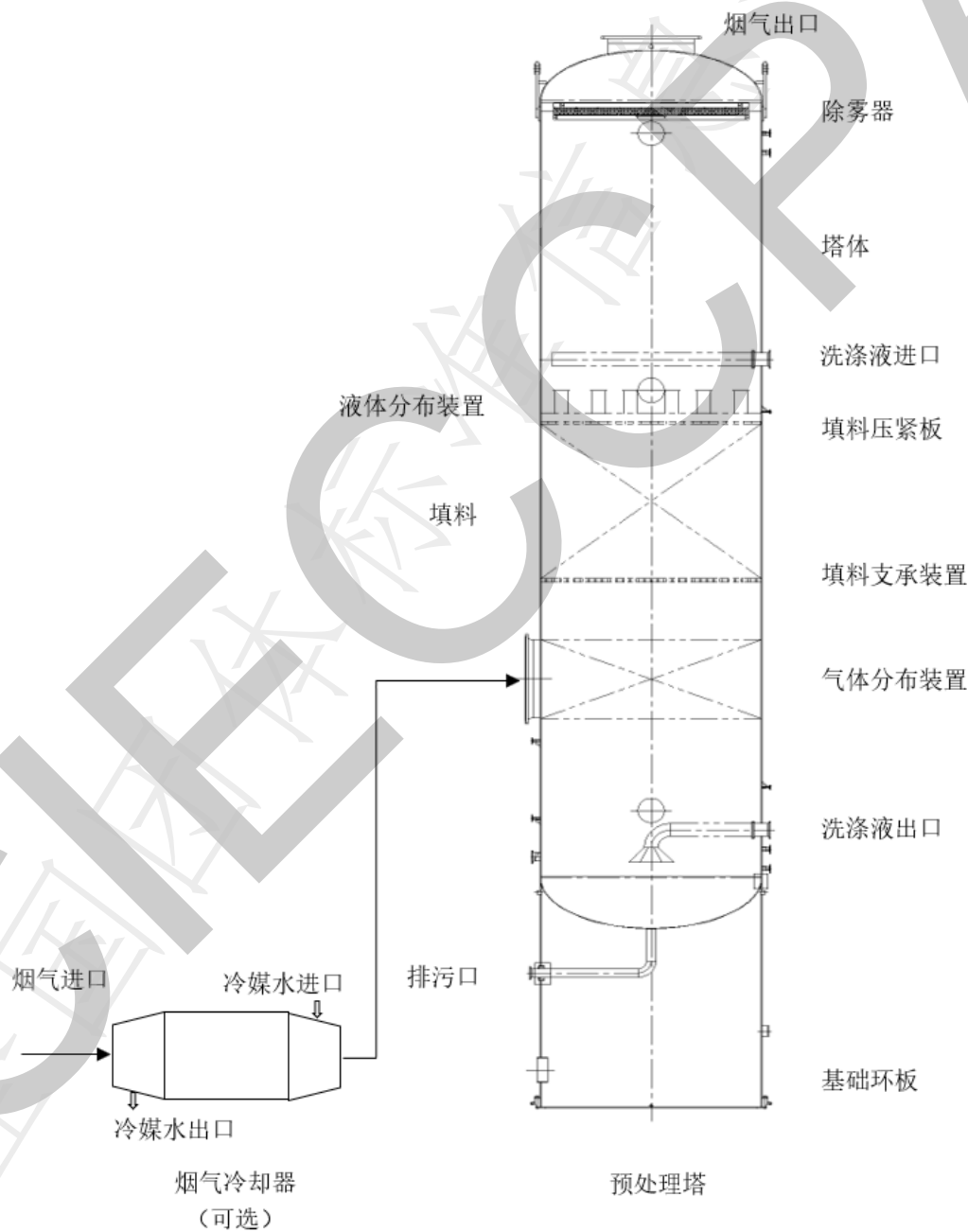


图 A.1 典型预处理装置示意图

参 考 文 献

- [1] TCIECCPA 012-2022 燃煤烟气二氧化碳捕集塔
- [2] JB/T 14090 低低温电除尘器用烟气冷却器