

# 《烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理 规范》国家标准征求意见稿编制说明

2024 年 12 月

# 一、工作简况

## 1.1 任务来源

2023 年 12 月 29 日，国家标准化管理委员会发布关于下达碳达峰碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划的通知，下达了《烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理规范》国家标准制定计划，计划编号为 20232493-T-424。该标准的主管部门为国家标准化管理委员会市场监督管理总局，归口单位为中国标准化研究院，标准性质为推荐性国家标准。

## 1.2 制定背景

二氧化碳捕集利用与封存技术（CCUS）是实现化石能源低碳化利用的唯一技术选择，是实现碳中和目标的重要技术保障和不可或缺的关键性技术之一，但目前我国尚未建立完备的 CCUS 领域标准体系。

二氧化碳捕集压缩工艺可以捕集来自基于化石燃料燃料过程的烟气排放的二氧化碳，并且将二氧化碳气体压缩液化生产出液态二氧化碳产品。随着 CCUS 技术在全球的研究及示范的进展，对二氧化碳捕集压缩工艺的规范和标准的要求被日益关注。

烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理规范是 CCUS 标准化领域的一项重要工作。针对烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理建立国家标准，对 CCUS 工程进行统一约束，可推动 CCUS 技术大规模稳定运行，保障火电行业 CCUS 工程得到有效监管。华能清能院 CCUS

技术团队积成功建造并运行了多个 CO<sub>2</sub> 捕集示范项目，创立了具有自主知识产权的烟气 CO<sub>2</sub> 捕集理论和成套技术体系，研制出多项国际/国内首台(套)CO<sub>2</sub> 捕集装置，持续引领 CCUS 产业发展，为编制我国 CO<sub>2</sub> 捕集压缩装置运行与管理规范积累了大量的工程建设和运行经验。

国际标准方面，2011 年 9 月，碳捕集与碳封存技术委员会（ISO/TC265）在 ISO 技术管理局会议上获得批准，由加拿大标准理事会承担秘书处，设立联合秘书处，由中国和加拿大双方共同承担。ISO/TC 265 致力于二氧化碳捕集、运输、封存、量化与验证、CCUS 共性问题领域的国际标准制定。目前，ISO 已发布技术报告（ISO/TR27912）“二氧化碳捕集—二氧化碳捕集系统、技术与工艺”对二氧化碳捕集技术路线及其在各行业的应用情况进行了总述。已制定 ISO 27919-1:2018 “二氧化碳捕集—第 1 部分：与电厂集成的燃烧后二氧化碳捕集系统的性能评价方法”，提供了评价燃烧后二氧化碳捕集系统关键性能指标（KPI）的通用方法，已编制的 ISO/CD 27919-2 “二氧化碳捕集——第 2 部分：确保和维持与电厂集成的燃烧后二氧化碳捕集系统性能稳定的评价程序”，提供了评价碳捕集系统可靠性、可用性和可维护性的评价方法和规程。

国家标准方面，我国已开展并鼓励多项 CCUS 标准化工作。国家科技部 2017 年发布《“十三五”技术标准科技创新规划》，明确提出要加强新兴和交叉领域技术标准研制，推动基础通用与公益和产业共性技术标准优化升级，包括能源与环境管理、环保服务、应对气候

变化等方面的标准；国家住房和城乡建设部 2018 年发布 GB/T51316-2018《烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准》，规范化烟气二氧化碳捕集纯化工程设计；中国环保部 2016 年发布《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）》规范和指导二氧化碳捕集、利用与封存项目的环境风险评估工作。

在行业标准方面，目前已有 3 项碳捕集方面行业推荐标准开展实施，包括 JB/T 12535-2015《燃煤烟气碳捕集装置调试规范》、JB/T 12536-2015《燃煤烟气碳捕集装置运行规范》以及 JB/T 12909-2016《燃煤烟气碳捕集装置调试规范》。碳运输方面规范 CB/T 4407-2015《液化二氧化碳运输船用储罐》已发布实施；石油化工业《二氧化碳输送管道工程设计规范》（SH/T 3202-2018）发布实施。

本标准编制团队结合我国 CCUS 工作的实际需要，完善烟气二氧化碳捕集压缩装置运行和管理的相关标准内容，以规范 CCUS 项目建设运行，有助于提高捕集系统装置设备运行效率和管理效能，助力我国碳达峰碳中和目标顺利实现。

### **1.3 起草过程**

2023 年 12 月，国家标准化管理委员会下达本标准制定计划，计划号：20232493-T-424。

2024 年 1 月-4 月，组建标准起草组，讨论标准大纲、任务分工和工作计划。

2024 年 5 月-7 月，组织召开标准启动会。

2024 年 8 月-9 月，按章节顺序开展小组技术讨论，各参编单位完成所负责章节编写。

2024 年 10 月-12 月，编制组逐步完善标准草案，形成征求意见稿，并同步更新编制说明。

## **二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比**

### **2.1 标准编制原则**

#### **1、原则性**

根据《中华人民共和国标准法》及其《实施细则》、GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》进行编制。

标准制定遵循“结合实际、准确测量、计算合理”的原则，与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。并力求标准具有“简洁性、通用性、指导性、引导性和可扩展性”的特点。

#### **2、格式内容**

严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》进行编制。

#### **3、与其他标准相协调的原则**

本标准整体与国际相关的标准保持一致，具有一定延续性和创新性。具备条件时可申请国际标准。

与国家政策法规一致。符合《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国土壤污染防治

法》《中华人民共和国水污染防治法》等国家法律法规和管理办法的要求。

## 2.2 标准主要内容及其确定依据

本标准规定了烟气二氧化碳捕集装置和压缩装置运行和管理相关的术语和定义、总则和运行管理等内容，适用于火电行业（燃煤、燃气）、水泥行业（石灰窑）、钢铁行业等需要进行二氧化碳捕集和压缩措施的烟气二氧化碳捕集装置和压缩装置。

本标准规定了装置准备和试车的检查、清洗和试车运转的操作规程，规定了装置启动各个主要设备的启动规范，规定了装置正常运行时各部分的调整、化学分析和操作注意事项，规定了捕集装置停车和压缩装置停车的步骤，分别归纳了捕集装置和压缩装置故障原因及处理方法，针对捕集装置和压缩装置的主要设备（塔器、塔内件、换热器、容器、泵、净化撬、压缩机、制冷机、干燥撬等）的运行和管理制定规范，以保障烟气二氧化碳捕集压缩系统安全有效运行。

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》的要求编写本标准内容。

技术内容主要以《烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准》（GB/T 51316）、《膜分离技术术语》（GB/T 20103-2006）、《蒸汽加热设备节能监测方法》（GB/T 15914-2021）、《蒸汽热量计算方法》（GB/T 34060-2017）、《水平衡测试通则》（GB/T 12452-2022）、《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

16157-1996)、《热量表》(GB/T 32224-2020)、《蒸汽与蒸汽冷凝液》(ISO 5167)、《气体分析》(ISO 6327)、《二氧化碳产品纯度》(ISO 6974)、《Carbon dioxide capture — Part 1: Performance evaluation methods for post-combustion CO<sub>2</sub> capture integrated with a power plant 》(ISO 27919-1)、《Carbon dioxide capture — Part 2: Evaluation procedure to assure and maintain stable performance of post-combustion CO<sub>2</sub> capture plant integrated with a power plant》(ISO 27919-2)、《燃煤烟气二氧化碳捕集装备》(JB/T 12909-2016)、《燃煤烟气碳捕集装置运行规范》(JB/T 12536-2015)、《燃煤烟气碳捕集装置调试规范》(JB/T 12535-2015)、《固定污染源废气》(HJ 1240-2021)、《非分散红外吸收法》(HJ 870-2017)、《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技术规范》(DL/T 2376—2021)、《火电发电厂技术经济指标计算方法》(DL/T 904—2015)、《汽轮机热验收试验规程》(IEC 60953-1)、《二氧化碳捕集利用与封存术语》(T/CSES 41-2021)、《工业排放气二氧化碳回收技术导则》(T/CPCIF 0115-2021) 等标准作为基础。

## 2.3 修订前后技术内容的对比(如适用)

无

### 三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

#### 3.1 试验验证

##### 3.1.1 启动前准备工作

##### 3.1.1.1 系统分部调试

系统经过水洗、碱洗、热水洗后，应对系统进行分部试验。操作时，将尾气洗涤液冷却器、级间冷却器、溶液煮沸器、再生气冷却器、贫富液换热器、贫液冷却器等投入系统。

分部调试期间，可注意泵出口压力是否正常。发现问题及时处理。热水清洗结束后，切断蒸汽，保持水循环，防止再生塔出现真空，待水温降至适当值后，再停止水循环。取样分析分部调试的水质，检测水样的 pH 值、浊度以及铁离子浓度。

##### 3.1.1.2 二氧化碳压缩-干燥-液化系统调试

二氧化碳捕集系统捕集回收的二氧化碳气体需经过压缩至～2.5MPa 后进行干燥，然后通过冷却液化后得到质量符合工业液体二氧化碳国家标准（GB/T6052-2011）的二氧化碳产品。

捕集纯化后得到的 CO<sub>2</sub> 气体经分离器分离除去携带的游离水后进入压缩机，增压至 2.5MPag 后进入脱水装置进行脱水。

二氧化碳从离心式压缩机进入干燥撬吸附塔进行脱水，采用干燥系统采用变温再生工艺，包括加热和冷吹两个过程。在原料气进入吸附塔之前引出一股气源作为再生气和冷吹气。加热时，再生气经预吸



附塔处理后，进入加热器加热至设计温度，自下而上进入再生塔，使其吸附剂升温，对饱和的分子筛床层进行再生，使其中的水得以解吸出来。富含水的再生气经冷却后进入气液分离器，经分离出水后的再生气与主原料气汇合，再进入吸附塔进行脱水。冷吹时，再生气自上而下进入再生塔，对分子筛床层进行冷却降温至常温。从再生塔出来的冷吹气经加热器加热后进入预吸附塔，对预吸附塔的吸附剂进行加热再生。从预吸附塔出来的再生气经冷却后分离出游离水，再返回吸附塔入口。

### 3.1.1.3 整套调试

#### （1）胺液加装前准备

对系统装置完成联动试车和设备清洗，保证系统清洁，以免系统中的杂质对溶剂的性能造成影响。将设备清洗后残留在系统中的水排放干净，检查各导淋阀门是否处于关闭状态。

溶剂达到现场后及时对外观进行检查，以避免运输过程中导致泄露。溶剂到达现场后及时进行检验分析，保证所采购溶剂的浓度。溶剂取样分析后应密封保存，以避免引入杂物对性能造成影响。

#### （2）二氧化碳捕集系统胺液加装

根据系统装置的要求进行吸收剂的首次加装，主要操作要点如下：

##### 1）溶剂配制计算：

根据单系统调试过程中，对整套系统的循环量、液位、持液量、管道和设备尺寸等核算并确认所需溶液装填量。

##### 2）分批次将复合胺加入地下槽中，同时向地下槽中补充去离子

水，配置胺溶液，通过地下槽泵打入吸收塔。

3) 分批次将配置好的溶剂打入二氧化碳捕集系统，逐渐提高系统中胺液装填量，待吸收塔和再生塔液位达到液位时，开启贫液泵和富液泵，建立胺液循环。

### (3) 尾气洗涤启动

1) 手动打开脱盐水至洗涤液储槽补水阀门，直到洗涤液储槽液位达到目标值；

2) 启动尾气洗涤泵，调节尾气洗涤泵出口控制调节阀门，控制尾气洗涤泵出口压力 0.35MPa 左右；

3) 控制洗涤液储槽液位维持在 1200mm 以上，尾气洗涤泵) 出口控制调节阀门投入自动。

### (4) 蒸汽系统启动

1) 蒸汽供应管路预热：打开蒸汽供应开关阀，参照蒸汽吹扫方案，缓慢启动蒸汽供给系统，开启减温减压撬蒸汽入口阀门；启动凝结水升压泵，开启凝结水升压泵循环管路，设定减温减压撬出口温度及压力。将蒸汽至溶液煮沸器供汽压力调节阀逐渐打开几个百分点，缓慢供应蒸汽；将管道内的冷凝水通过疏水阀排出。

2) 开启蒸汽供应：缓慢增加调节阀的开度至 100%开度，向溶液煮沸器供入更多的蒸汽，溶液煮沸器升温速率按照  $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$  以下控制。

3) 再生塔出口温度控制：逐步调节蒸汽流量设定值，直到再生塔顶部温度达到  $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

4) 启动再生气凝液回流：当再生气气液分离器位超过 500mm 时

打开阀门，小于 200mm 时关闭阀门，使液位稳定。

### （5）原料气通入

1) 检查再生塔塔顶温度在  $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，所有液位控制在设定值且保持稳定，烟气预处理系统已运行，处理后烟气和二氧化碳产品气阀门已打开，通入烟气。

2) 开启烟气挡板门，启动脱碳引风机，向水洗塔和吸收塔通入烟气，按照 50%负荷试运行。

3) 缓慢增加蒸汽流量，维持再生塔塔顶温度。

### 3.1.2 系统启动

捕集系统启动时应注意温度控制和液位控制，具体表现为：

#### 3.1.2.1 系统升温启动

系统升温前，应启动贫、富液泵，将吸收剂在两塔之间建立稳定的循环，循环量可参考设计值的 60%-100%。随着系统的升温，当再生塔底部温度达到  $60^{\circ}\text{C}$  时，吸收塔整体塔温将接近  $60^{\circ}\text{C}$ ，此时宜启动尾气洗涤循环系统，以减少不必要的有机胺挥发逃逸，此时可启动循环冷却水泵，以保证贫液进塔以及尾气洗涤水的温度约为  $40^{\circ}\text{C}$ 。

#### 3.1.2.2 烟气预洗涤循环系统启动

烟气预洗涤循环系统将进一步脱硫、除尘、降温，当预洗涤液 PH 值接近 7.0-7.6 之间，宜补充碱液以保证脱硫效率，补充碱液至预洗涤液 PH 值接近 8.0-8.5，可保持较好的脱硫效果。

#### 3.1.2.3 回流补液系统启动

再生气回流液宜采用小流量回流再生塔，宜保持再生塔也不小范

围波动，从而减少较低温度的回流液短暂降低再生塔的塔温。

### 3.1.3 装置故障及处理

故障现象 1 “CO<sub>2</sub>产量低”，其中原因之一烟气中 CO<sub>2</sub> 含量降低，这是由于部分的电厂为调峰电厂，负荷将处于波段性的变化，从而所排放的烟气中 CO<sub>2</sub> 含量也会随之变化，当浓度变化较小（<20%）时，通常可不用调整捕集装置的和运行参数，这是由于装置运行后具有一定范围的操作弹性和自适应性，一方面 CO<sub>2</sub> 浓度的变化不会影响装置的平稳性，同时捕集率通常会做出相应的补偿变化，总体而言再生气中 CO<sub>2</sub> 的含量变化较小。如果装置对于产气量有严格的要求，则可相应调整烟气的进气量，从而弥补产气的变化，而装置的设计通常超过弹性为 60-120%，故而要求进气量调节不宜超过设计值 20%。另一原因是再生气流量计计量问题，仪表由于运行过程中会出现计量不准确的情况，通常可以采用烟气进出塔 CO<sub>2</sub> 变化以及溶液循环量结合贫富液酸气含量差值来计算 CO<sub>2</sub> 产量。并由此反推再生气流量计是否异常。

故障现象 2 “吸收塔雾沫夹带液泛”，其原因主要是吸收剂含有易挥发组分，这是由于部分配方吸收剂中的组分含有易挥发组分，在塔内可能会形成泡沫，增加雾沫夹带的风险，进而导致液泛。此外，吸收剂的表面张力过小会使液滴更容易破碎，增加雾沫夹带的可能性。

故障现象 3 “吸收剂浓度低”，其原因主要是烟气进吸收塔带水大于吸收塔尾气带水量，由于昼夜温差、当班人员的操作经验等因素，常常会导致烟气进出吸收塔的水平衡波动大，影响吸收剂的浓度，这是在工程装置的操作上需要加以重视的。

故障现象 8 “溶剂损失过大”，其原因主要是吸收塔净化气夹带，吸收剂随净化后的尾气排出吸收塔，在工程上做好高效的尾气气液分离除设备原因之外操作条件也同样至关重要，操作上应控制好水洗段的循环量（有效喷淋密度范围内）以及控制尾气出塔温度不宜过高（ $<43^{\circ}\text{C}$ ），进气量气速应控制在设计值内。此外设计阶段宜充分考虑多种除雾措施的耦合，以达到较为理想的效果。

故障现象 9 “吸收剂中铁离子含量高”，通常铁离子的来源路径有：（1）吸收剂原液；（2）烟气带入；（3）管道设备等腐蚀产生铁离子；（4）外部冷却水等通过换热器等进入等。由于铁离子浓度积累到一定程度将促进吸收剂的降解，大大降低其寿命。故而系统内运行的吸收剂应定期进行 Fe 离子的含量检测，同时系统内部容易腐蚀的部位应采用挂片进行监控。

故障现象 10 “蒸汽消耗高”，其原因主要是贫富液换热器换热效率低，随着装置的运行，贫富液换热器作为最重要的捕集系统热量利用的设备由于结垢等原因导致效率下降，通常可以检测换热器热端进出口温差来检测换热的效率是否下降。根据换热器性能下降的情况，可分别判断可能得原因，例如换热器的热端差温度在较短时间内（几天-几周）变大，则较大可能是换热器内漏。

#### 3.1.4 节能工艺

级间冷却工艺的冷却位置一般布置在吸收塔中下段、抽出流量宜为全部循环溶剂，冷却器温度宜在  $35^{\circ}\text{C}$ – $45^{\circ}\text{C}$ 。

冷富液的进料位置在解吸塔顶部，热富液的进料位置低于冷富液，

冷富液的分流比例宜占总富液流量的 5%-30%。

贫液蒸汽再压缩工艺应尽量降低压缩机连接至再生塔的管道阻力，调整压缩运行参数时，应在达到一定闪蒸压力的条件下，降低压缩机后工质进入再生塔的温度。

## 3.2 综述报告

### 3.2.1 国际 CCUS 标准概况

国际 CCUS 标准侧重基础通用类、捕集类以及检测与评价类，未涉及陆海转接站/陆上首站和海洋碳汇。现阶段，CCUS 温室气体排放核算领域只有一些指导性的、框架式的规范或方法指南。例如，《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》第 2 卷《能源》提供了 CCUS 实施中的碳排放核算方法；《二氧化碳捕集、运输和地质封存的量化和审核技术报告》（ISO/TR 27915:2017）梳理了国际上几种关于 CCUS 核算的方法学，并讨论了它们的差异与适用条件，为各国核算碳捕集封存（CCS）项目温室气体减排量提供了统一的遵循；《CCS 项目的生命周期风险管理》（ISO/TR 27918:2018）国际标准，提出了 CCS 项目风险管理的关键因素和评估方法，为推动 CCS 项目安全有效实施提供有效的参考。国际标准化组织（ISO）在 2011 年成立了二氧化碳捕集、运输与地质封存技术委员会（ISO/TC265），专门负责 CCUS 相关国际标准的研究工作，ISO/TC 265 目前下设 4 个工作组，涉及碳捕集、封存、交叉问题和二氧化碳驱油领域，其工作范围是在 CCS 领域内开展设计、建设、运行、环境规划和管理、风险管理、量化、

监测和验证等方面的标准化工作。截至目前，ISO/TC 265 已发布 13 项国际标准，正在制定 8 项（见表 3.1），主要包括捕集、运输、地质封存、量化与验证、交叉问题等方面的国际标准。其中，我国牵头制定了《二氧化碳捕集、运输与地质封存-量化和核查》（ISO/TR 27915:2017）和《CCS 项目的生命周期风险管理》（ISO/TR 27918:2018）两项国际标准。从 2016 年开始，CCUS 各类别国际标准开始密集发布。

此外，美国在 CCUS 标准方面工作主要由能源部来部署，联合其他 14 个部委一起成立 CCUS 工作组，构建了较为完善的国家和地方法政策碳封存合作关系框架。除了相关的政策法规，美国采暖、制冷与空调工程师协会（US-ASHRAE）、美国石油学会（US-API）、美国压缩气体协会（US-CGA）、美国给水工程协会（US-AWWA）等组织机构陆续发布 CCUS 相关支撑性标准。加拿大作为推动 ISO/TC265 成立的主要国家，在和美国于 2012 年联合制定、由加拿大出面发布标准《CSA Z741 CO<sub>2</sub> 地质封存》是全球首项国家级 CCUS 标准。挪威以挪威船级社（DNV）机构作为主要标准指定机构，发布了系列 CCUS 相关指导性标准文件。主要的国家和机构相关标准汇总见表 3.2。

表 3.1 ISO / TC265 已发布与在研标准汇总

序号	标准号	标准名称	状态
1	ISO 27917:2017	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Vocabulary — Cross	现行

		<p>cutting terms (Under review)</p> <p>二氧化碳捕集、运输与地质封存 词汇共性</p> <p>术语</p> <p>(正在修订 ISO/AWI 27917)</p>	
2	<p>ISO/TR</p> <p>27921:2020</p>	<p>Carbon dioxide capture, transportation, and geological storage—Cross Cutting Issues CO<sub>2</sub> stream composition</p> <p>二氧化碳捕集、运输与地质封存 共性问题</p> <p>CO<sub>2</sub> 流成分</p>	现行
3	<p>ISO/TR</p> <p>27925:2023</p>	<p>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage—Cross cutting issues Flow assurance</p> <p>二氧化碳捕集、运输与地质封存 — 流动保障交叉问题</p>	现行
4	<p>ISO/TR</p> <p>27912:2016</p>	<p>Carbon dioxide capture — Carbon dioxide capture systems, technologies and processes</p> <p>二氧化碳捕集 二氧化碳捕集系统、技术和过程</p>	现行
5	<p>ISO</p> <p>27919-1:2018</p>	<p>Carbon dioxide capture — Part 1: Performance evaluation methods for post-combustion CO<sub>2</sub> capture integrated with a power plant (Under review)</p> <p>二氧化碳捕集</p>	现行



		第 1 部分：电厂燃烧后 CO <sub>2</sub> 捕集效率评估方法	
6	ISO 27919-2:2021	Carbon dioxide capture — Part 2: Evaluation procedure to assure and maintain stable performance of post-combustion CO <sub>2</sub> capture plant integrated with a power plant 二氧化碳捕集 第 2 部分：对电厂燃烧后 CO <sub>2</sub> 捕集的确保和维持稳定效率的评估程序	现行
7	ISO/TR 27922:2021	Carbon dioxide capture — Overview of carbon dioxide capture technologies in the cement industry 二氧化碳捕集 水泥企业 CO <sub>2</sub> 捕集技术概述	现行
8	ISO 27913:2016	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Pipeline transportation systems 二氧化碳捕集、运输与地质封存 管道运输系统 (正在修订 ISO 27913)	现行
9	ISO 27914:2017	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Geological storage 二氧化碳捕集、运输与地质封存 地质封存 (正在修订 ISO/CD 27914)	现行
10	ISO	Carbon dioxide capture, transportation and	现

	27916:2019	geological storage — Carbon dioxide storage using enhanced oil recovery (CO <sub>2</sub> -EOR) 二氧化碳捕集、运输与地质封存 利用 EOR 封存 二氧化碳 (正在修订 ISO/AWI 27916)	行
11	ISO/TR 27915:2017	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Quantification and verification 二氧化碳捕集、运输与地质封存 量化和核查	现行
12	ISO/TR 27923:2022	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Injection operations, infrastructure and monitoring 二氧化碳捕集、运输与地质封存 — 注入运行、基础设施与监控	现行
13	ISO/TR 27918:2018	Lifecycle risk management for integrated CCS projects CCS 项目的生命周期风险管理	现行
14	ISO/DIS 27927	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage - Key performance parameters and characterization methods of absorption liquids for post-combustion CO <sub>2</sub> capture	在研

		二氧化碳捕集运输与地质封存 燃烧后二氧化碳捕集用液体吸收液关键性能参数和表征方法	
15	ISO/DIS 27928	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Performance evaluation methods for CO <sub>2</sub> capture plants connected with CO <sub>2</sub> intensive plants 二氧化碳捕集运输与地质封存 密集型 CO <sub>2</sub> 捕集项目的性能评价方法	在研
16	ISO/DTR 27926	Carbon dioxide enhanced oil recovery (CO <sub>2</sub> -EOR)-Transitioning from EOR to storage 二氧化碳驱油-从 EOR 到封存	在研
17	ISO 27913	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Pipeline transportation systems 二氧化碳捕集 运输与地质封存管道运输系统	在研
18	ISO/CD 27914	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Geological storage 二氧化碳捕集 运输与地质封存 地质封存	在研
19	ISO/AWI 27917	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Vocabulary — Cross cutting terms 二氧化碳捕集 运输与地质封	在研

		存-术语-交叉方面	
20	ISO/TR 27929	Transportation of CO <sub>2</sub> by ship 二氧化碳船运	在研
21	ISO/AWI 27916	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Carbon dioxide storage using enhanced oil recovery (CO <sub>2</sub> -EOR) 二氧化碳捕集、运输与地质封存 利用 EOR 封存 二氧化碳	在研

表 3.2 主要国家与机构 CCS 标准汇总

序号	发布机构	标准号	标准名称
1	(US-ASHRAE) 美国采暖、制冷与 空调工程师协会	—	Building-Integrated Carbon Capture:Carbon Dioxide Removal through Buildings' Mechanical Systems 建筑集成碳捕获：通过建筑机械系统去除二氧化碳
2	(CA-CSA) 加拿大标准协会	CSA Z741-12(R2 022)	Geological storage of carbon dioxide 二氧化碳的地质储存

3	(CA-CSA) 加拿大标准协会	CSA TS-226:24	Geological storage of carbon dioxide — Measurement, monitoring, and verification plans 二氧化碳的地质储存-测量、监测和验证计划
4	(CA-CSA) 加拿大标准协会	CSA/ANSI ISO 27916:19	Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Carbon dioxide storage using enhanced oil recovery (CO <sub>2</sub> -EOR) 二氧化碳捕集、运输与地质封存 利用 EOR 封存二氧化碳
5	(US-CGA) 美国压缩气体协会	CGA G-6.6-2022	Standard for Carbon Dioxide Bulk Transfer Hoses 二氧化碳散装输送软管标准
6	(US-CGA) 美国压缩气体协会	CGA PS-30-2021	CGA Position Statement on the Use of Railroad Tank Cars for Stationary Liquid Carbon Dioxide StorageCGA 关于铁路罐车用于固定液态二氧化碳储存的立场声明

7	(WRI) 世界资源研究所	--	CO <sub>2</sub> 捕集、运输和封存指南
8	(DNV) 挪威船级社	DNV-RP-J2 01	Qualification procedures for carbon dioxide capture technology 二氧化碳捕获技术鉴定程序
9	(DNV) 挪威船级社	DNV-RP-J2 03	Geological storage of carbon dioxide 二氧化碳的地质储存
10	(DNV) 挪威船级社	DNV-RP-F1 04	Design and operation of carbon dioxide pipelines 二氧化碳管道的设计和运行
11	(DNV) 挪威船级社	DNV-SE-04 73	Certification of sites and projects for geological storage of carbon dioxide 二氧化碳地质储存场所和项目的认证
12	(DNV) 挪威船级社	DNV-SE-06 17	Qualification management for geological storage of CO <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> 地质封存资质管理

### 3.2.2 国内标准概况

中国在二氧化碳捕集与封存技术方面的发展还相对滞后，CCUS 标准制定在技术理论、基础方法、项目建设与管理、风险监测及管理、

规模化应用等多个环节还处于空白或起步阶段。虽然中国政府已经提出了一系列关于减少二氧化碳排放的政策和措施,但在 CCUS 技术标准和规范方面还没有形成完整的体系。国内负责 CCUS 相关标准的机构为全国碳排放管理标准化技术委员会 (SAC/TC548) 和全国环境管理标准化技术委员会 (SAC/TC207), 2023 年 5 月 23 日, 国标《二氧化碳捕集、输送和地质封存 管道输送系统》发布, 该标准修改采用 ISO 国际标准: ISO 27913:2016, 规定了二氧化碳流输送管道安全可靠设计、建设和运营等方面的要求和推荐做法。GB/T 40543-2021《石油天然气工业 高含 CO<sub>2</sub> 环境用套管、油管及井下工具的材料选择》规定了高压高含 CO<sub>2</sub> (含量高于 10%和分压大于 1MPa) 环境下的 CO<sub>2</sub> 气体注入井和采气井用无缝套管和油管及井下工具的选材指南和要求; 此外还有烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准和二氧化碳制甲醇技术标准。行业标准则涉及石油天然气、油气田注二氧化碳、液化二氧化碳运输和燃煤烟气碳捕集等行业。国家标准委下达的 2022 年碳达峰碳中和国家标准计划中, 由全国环境管理标准化技术委员会和全国碳排放管理标准化技术委员会归口, 中国石油大学 (北京)、中国标准化研究院等起草的《碳捕集、利用与封存 (CCUS) 项目温室气体减排量化和核验技术规范》国家标准正在征求意见; 由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会归口, 中国地质科学院等单位起草的《二氧化碳地质封存场地评价指标体系》国家标准正在批准发布。此外, 由中国电力企业联合会归口, 国家能源集团新能源技术研究院有限公司等单位起草的《火力发电厂烟气二氧化碳捕集系统能

耗测定技术规范》正在批准发布；中国石油工程建设有限公司西南分公司申报了《二氧化碳管道输送工程设计规范》。

国内现行 CCUS 相关标准数量不多，国标 5 项，已发布的 CCUS 相关行业标准相对较少，除了首项团体标准《二氧化碳捕集利用与封存术语》T/CSES 41—2021 外，正在制定一些团体标准，在基础方法、技术推广、项目建设与管理、监测、风险管理等多个环节的标准还处于空白状态，影响市场对 CCUS 技术的接受和项目推广应用。我国 CCUS 相关标准汇总见表 3.3。

表 3.3 我国重点 CCUS 标准（部分）

序号	标准号	标准名称	标准性质
1	GB/T 42797-2023	二氧化碳捕集、输送和地质封存 管道 输送系统	国家标准
2	GB/T 40543-2021	石油天然气工业 高含 CO <sub>2</sub> 环境用套 管、油管及井下工具的材料选择	国家标准
3	GB/T 51316-2018	烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准	国家标准
4	GB/T 34236-2017	二氧化碳制甲醇技术导则	国家标准
5	GB/T 34250-2017	二氧化碳制甲醇安全技术规程	国家标准
6	JB/T	燃煤烟气二氧化碳捕集装备	行业标准



	12909-2016		
7	JB/T 12535-2015	燃煤烟气碳捕集装置调试规范	行业标准
8	JB/T 12536-2015	燃煤烟气碳捕集装置运行规范	行业标准
9	SY/T 7619-2021	二氧化碳环境油管和套管防腐设计规程	行业标准
10	SY/T 6565-2018	石油天然气开发注二氧化碳安全规范	行业标准
11	CB/T 4407-2015	液化二氧化碳运输船用储罐	行业标准
12	SY/T 7454-2019	砂岩油田二氧化碳驱油藏工程方案编制技术规范	行业标准

国家标准化管理委员会发布关于下达 2022 年碳达峰碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划的通知中, 包含 CCUS 项目温室气体减排量化和核查技术规范 (计划号: 20220841-T-469) 和二氧化碳地质封存场地评价指标体系 (计划号: 20220864-T-334) 两项标准。2023 年下达的碳达峰碳中和国家标准专项计划及相关标准外文版计划中, 包含 CCS 相关技术标准 10 项, 其中采用国际标准 5 项。具体情况见表 3.4。

表 3.4 2023 年碳达峰、碳中和国家标准专项计划 CCS 项目汇总表

序号	计划号	项目名称	标准性质	制修订	采用国际标准
1	20232492-T-424	二氧化碳捕集 第 2 部分:电厂燃烧后 CO <sub>2</sub> 捕集确保和维持稳定性能的评估程序	推荐	制定	ISO 27919-2:2021
2	20232493-T-424	烟气二氧化碳捕集压缩装置运行与管理规范	推荐	制定	/
3	20232494-T-424	海上 CO <sub>2</sub> 咸水层场地封存量评价	推荐	制定	/
4	20232495-T-424	海上 CO <sub>2</sub> 咸水层封存场地适宜性评价方法	推荐	制定	/
5	20232496-T-424	二氧化碳捕集 燃烧后二氧化碳捕集系统通用要求	推荐	制定	/
6	20232497-T-469	二氧化碳捕集 第 1 部分:电厂燃烧后 CO <sub>2</sub> 捕集性能评估方法	推荐	制定	ISO 27919-1:2018
7	20232498-T-424	火电厂碳封存 CO <sub>2</sub> 检测方法	推荐	制定	/

8	20232500-T-469	二氧化碳捕集、运输和地质封存 — 二氧化碳用于提高原油采收率	推荐	制定	ISO 27916:2019
9	20232501-T-469	二氧化碳捕集、运输和地质封存 — 地质封存	推荐	制定	ISO 27914:2017
10	20232510-T-469	二氧化碳捕集、运输和地质封存 — 词汇 — 共性术语	推荐	制定	ISO 27917:2017

### 3.3 技术经济论证

本标准的制定，填补国内烟气二氧化碳捕集装置和压缩装置运行和管理方面的空白，规范的制定对于火电行业、水泥行业、钢铁行业等需要进行二氧化碳捕集和压缩措施的企业和工厂将起到重要的指导作用。标准制定过程中从捕集和压缩装置的启动前准备、启动、正常运行、停车要求以及故障处理等全环节进行了充分的研究和论证，使本标准具有科学性和技术经济可行性。

### 3.4 预期效益

#### (1) 经济效益

CCUS 技术是我国应对气候变化、保障能源安全、非传统国防安

全和促进可持续发展的重要手段，但目前我国尚未建立完备的 CCUS 领域标准体系。预计到 2060 年，我国每年约 20 亿吨 CO<sub>2</sub> 必须通过 CCUS 实现减排，按照 300 元/吨减排成本计算，碳捕集市场规模将达 6000 亿元/年，经济效益显著。

## （2）社会效益

中国 CCUS 示范工程建设发展迅速。中国已投运和规划建设中的 CCUS 示范项目超过百个，其中已投运项目超过 60 个，具备 CO<sub>2</sub> 捕集能力超过 430 万吨/年。针对电厂燃烧后 CO<sub>2</sub> 捕集性能评估方法建立国家标准，对 CCUS 工程进行统一约束，可推动 CCUS 技术大规模稳定运行，保障火电行业 CCUS 工程得到有效监管，有利于促进 CCUS 技术商业化大规模推广应用。

## （3）生态效益

CO<sub>2</sub> 与主要大气污染物的排放具有很强的“同根、同源、同过程”特征，燃煤电厂排放源加装 CCUS 有助于推进 CO<sub>2</sub> 和大气污染物的协同治理。采用 CCUS 技术，在保证能源稳定供应的情况下减少 CO<sub>2</sub> 温室气体排放，可有效控制温室效应的加剧，减少极端天气的发生，缓解气候变化问题，有利于农业的稳定发展、生物多样性的保持和自然生态文明的建设，具有巨大的生态效益，助力实现美丽中国建设。

# 四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

国外没有相应的国际标准和国外先进标准，只有相关的标准。本

次制定的标准优于相关的标准。本次制定根据我国的国情为出发点，因此在国内属于领先水平。

## **五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因**

国外没有相应的国际标准和国外先进标准，只有相关的标准。本次制定的标准优于相关的标准。本次制定根据我国的国情为出发点，因此在国内属于领先水平。

## **六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系**

本标准编制过程遵循了现行的国家《标准化法》和《产品质量法》，与现行的相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

## **七、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见和建议，无重大分歧。

## **八、涉及专利的有关说明**

本标准推荐性国家标准，本标准不涉及专利。

## **九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议**

建议本文件在批准发布 6 个月后实施。

十、其他应当说明的事项。

无。