

T/ACCEM

团 体 标 准

T/ACCEM XXXX—2025

高效变压吸附气体分离装置

High-efficiency pressure swing adsorption gas separation device

（征求意见稿）

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国商业企业管理协会

发 布

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 基本规定 1

5 技术要求 1

6 试验方法 5

7 检验规则 6

8 标志、包装、运输和贮存 7

9 工程验收 8

附录 A （资料性） 高效变压吸附气体分离装置工艺说明 9

附录 B （规范性） 装置考核组织工作方案 13

附录 C （规范性） 界区划分及供货范围 14

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。

本文件由南通正拓气体有限公司提出。

本文件由中国商业企业管理协会归口。

本文件起草单位：南通正拓气体有限公司。

本文件主要起草人：×××

高效变压吸附气体分离装置

1 范围

本文件规定了高效变压吸附气体分离装置（以下简称“装置”）有关基本规定、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、工程验收等方面的内容。

本文件适用于以沼气为原料气，通过变压吸附工艺提纯甲烷的高效气体分离装置，其他类似气源的变压吸附气体分离装置可参照执行。

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 2894 安全标志及其使用导则
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50160 石油石化企业设计防火标准
- HG/T 20512 仪表配管配线设计规范

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 基本规定

4.1 供货方式

实际项目施工中，主装置应采用现场安装，三剂、程控阀、设计应由协议中的乙方完成，其它由甲方供货及施工，乙方应派工程师于施工现场指导装置安装、吸附剂装填、试漏试压、开车等工作。

4.2 施工条件

4.2.1 公用工程条件

应以实际情况中用户方提供的材料为准。

4.2.2 气象条件

应以实际情况中用户方提供的材料为准。

5 技术要求

5.1 装置性能

5.1.1 生产能力

5.1.1.1 装置额定原料气处理能力应不低于 $6\,500\text{ Nm}^3/\text{h}$ 。

5.1.1.2 最低处理能力不低于 $1\,700\text{ Nm}^3/\text{h}$ （对应 25% 操作弹性）。

5.1.1.3 最大处理能力不超过 $7\,150\text{ Nm}^3/\text{h}$ （对应 110% 操作弹性）。

5.1.2 操作稳定性

年操作时间应不低于 $8\,000\text{ h}$ ，连续稳定运行周期内不应出现非计划停机。

5.1.3 安全性能

装置应符合 GB 50160、GB 50058 中的规定，爆炸危险区域内仪表、电气设备防爆等级应满足本质安全型或隔爆型要求。

5.2 原料气条件

应符合下列各项要求：

- a) 甲烷 (CH_4) 体积分数 $\geq 53\%$ ；
- b) 二氧化碳 (CO_2) 体积分数 $\leq 47\%$ ；
- c) 硫化氢 (H_2S) 含量 $\leq 20\text{ ppm}$ ；
- d) 原料气温度 $\leq 35\text{ }^\circ\text{C}$ ；
- e) 进入脱碳系统的管网压力为 $0.65\text{ MPa}\cdot\text{G} \sim 0.7\text{ MPa}\cdot\text{G}$ 。

5.3 产品气要求

在原料气符合本文件 5.2 要求的条件下，产品气应符合下列各项要求：

- a) 二氧化碳体积分数 $\leq 3\%$ ；
- b) 甲烷总收率 $\geq 95\%$ ；
- c) 产品气压力 $\geq 0.4\text{ MPa}\cdot\text{G}$ （满足天然气管网接入要求）。

5.4 工艺系统

5.4.1 工艺路线

应采用 6 塔 PSA 工艺，包含均压降压、逆放、抽空、均压升压、产品气升压等核心步骤，通过多次均压回收甲烷，具体流程应符合本文件附录 A 中所示。

5.4.2 解吸方式

应采用抽空解吸工艺，逆放后吸附塔压力应降至接近常压（ $\leq 0.1\text{ MPa}\cdot\text{G}$ ），抽空后真空度应达到 $-0.08\text{ MPa}\cdot\text{G} \sim -0.07\text{ MPa}\cdot\text{G}$ ，明确吸附剂彻底再生。

5.5 设备要求

5.5.1 吸附塔

应符合下列各项要求：

- a) 数量：6 台，公称直径 DN 1 500；
- b) 材质：Q345R 钢板，应符合 GB/T 150 中的要求；

- c) 结构：应设置气体分布器，明确气流均匀分布，减少床层扰动。

5.5.2 吸附剂

应符合下列各项要求：

- a) 类型：专用脱碳吸附剂，体积装填量应不低于 57.6 m^3 ；
- b) 性能：二氧化碳吸附容量 \geq 设计值，分离系数 ≥ 3 ；
- c) 使用寿命：正常操作条件下，使用寿命 ≥ 10 年。

5.5.3 程控阀

应符合下列各项要求：

- a) 规格：DN 25 ~ DN 300，PN 25，应符合 ANSI（美标）VI 级的密封要求；
- b) 性能：无泄漏开关次数 ≥ 100 万次，程控阀阀体的使用寿命 ≥ 15 年，密封件使用寿命 ≥ 2 年（免维护周期）；
- c) 配套仪表：电磁阀、阀位检测器，响应时间 $\leq 0.5 \text{ s}$ 。

5.5.4 辅助设备

应符合下列各项要求：

- a) 原料气缓冲罐：公称直径 DN 1 200，材质 Q345R；
- b) 产品气缓冲罐：公称直径 DN 1 200，材质 Q345R；
- c) 真空泵：入口压力 $0.02 \text{ MPa} \cdot \text{G}$ ，抽气量 $2\,800 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，真空度 $-0.08 \text{ MPa} \cdot \text{G}$ ，功率 90 kW ，配置 $2 + 1$ 套（2 套使用，1 套备用）；
- d) 原料压缩机：入口微正压，排气量 $1\,700 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，出口压力 $0.7 \text{ MPa} \cdot \text{G}$ ，排气温度 $\leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ，配置 $4 + 2$ 套（4 套使用，2 套备用）。

5.6 控制系统及仪表

5.6.1 控制系统

5.6.1.1 控制系统概述

5.6.1.1.1 控制系统是变压吸附的核心设备。

5.6.1.1.2 本文件所述装置的控制系统宜采用西门子 S7-1500（品牌型号）的过程控制管理系统可编程控制器。

注：实际施工中如有特殊情况需要调整或更新替换的，应结合实际工况进一步明确。

5.6.1.1.3 控制系统设计和软件设计应在满足工艺要求的前提下，遵循可靠、稳定、准确、先进的原则。

5.6.1.2 基本控制功能

5.6.1.2.1 顺序控制

5.6.1.2.1.1 装置的全部程控开关阀，应按工艺给定的条件进行顺序开关控制，应满足装置正常工作。

5.6.1.2.1.2 所有的程控开关阀均应带阀位检测、显示和报警功能。

5.6.1.2.1.3 应能针对多种工艺运行条件进行切塔和恢复的控制，安全平稳实现多种不同的工艺控制需求。

5.6.1.2.2 PID 回路调节

应能对重要的工艺参数进行 PID 调节控制,满足生产需要。

5.6.1.2.3 参数优化控制

应能依据压力的变化自动调节充压流量,避免 PSA 系统压力波动、减少对吸附剂的冲刷,延长其使用寿命。

5.6.1.2.4 联锁控制

应具有完善的工艺参数安全联锁功能。

5.6.1.2.5 管理功能

应能完善直观地展示包括但不限于下列各项内容:

- a) 总貌图;
- b) 动态工艺流程详图(多幅);
- c) 报警画面;
- d) 调节回路棒图;
- e) 参数设定;
- f) 参数优化;
- g) 阀门状态显示与操作;
- h) 动力设备监控;
- i) 历史趋势(压力、流量、温度、液位、纯度等);
- j) 实时趋势(压力、流量、温度、液位、纯度等)。

5.6.1.2.6 故障诊断功能

本控制系统应根据压力、阀位检测、产品纯度、温度、流量等参数自动对工艺或设备故障进行自动诊断、报警处理;同时对控制系统自身的主要故障:如 CPU 故障、通讯故障也可进行自诊断,并提出故障警告和安全处理。

5.6.1.2.7 故障塔切除与恢复功能

5.6.1.2.7.1 在变压吸附部分的运行过程中,如因阀门、控制线路、电磁阀故障等问题,导致某塔不能正常工作时,应能进行故障塔切除,保证生产不间断。

5.6.1.2.7.2 切塔过程应如下列各项所示:

- a) 故障塔判断(根据压力、阀检、杂质超标);
- b) 程序产生切塔报警,并经操作工确认后手动切除故障塔,关断该塔所有程控阀;
- c) 程序将自动从压力扰动最小的点开始运行切塔后的新程序。

5.6.1.2.7.3 当被切除塔修复之后,需将其投入正常运行,实际操作中投入的时机不对,将引起较大的波动,甚至出现故障,因此软件应能自动找到最佳状态恢复,使系统平稳安全过渡。恢复过程应如下列各项所示:

- a) 在吸附塔故障处理完成后,操作人员发出塔恢复指令;
- b) 程序应根据该塔的压力状态,自动确定在恢复后进入的最佳步序;
- c) 程序自动等待至最佳时间点将该塔无扰动地恢复进最佳步序,并投入运行。

5.6.2 仪表要求

5.6.2.1 仪表概述

- 5.6.2.1.1 本文件所述装置仪表选型应遵循可靠、准确、先进、经济的原则。
- 5.6.2.1.2 压力远传检测仪表应选用压力变送器。
- 5.6.2.1.3 执行机构应主要采用气动调节阀。
- 5.6.2.1.4 流量测量仪表应主要采用金属转子流量计。
- 5.6.2.1.5 本文件所述装置的温度检测应采用双金属温度计和隔爆铂热电阻。
- 5.6.2.1.6 程控阀门是 PSA 的核心设备，本文件所述装置应采用 PSA 专用程控阀，ANSI VI（六级）密封，无泄漏开关次数应 > 100 万次，2 年免维护。

5.6.2.2 自控仪表要求

- 5.6.2.2.1 装置内部不含电路部件的仪表其防护等级最低应为 IP55，
- 5.6.2.2.2 装置内部含有电路部件的仪表其防护等级不应低于 IP65。
- 5.6.2.2.3 仪表防爆等级应满足危险区域划分要求(应采用本质安全型仪表，个别采用隔爆型仪表)。
- 5.6.2.2.4 变送器和阀门定位器均应为 $4\text{ mA} \sim 20\text{ mA}$ 信号制。
- 5.6.2.2.5 电磁阀应采用 24 Vdc 。
- 5.6.2.2.6 温度指示应采用双金属温度计。
- 5.6.2.2.7 需远传测量信号的温度计，应采用 Pt100 铂热电阻测量元件。
- 5.6.2.2.8 阀门执行机构应依据供气压力 $0.4\text{ MPa} \cdot \text{G}$ 进行计算。
- 5.6.2.2.9 阀门位置开关和其他开关量仪表应采用接近式，输出 Namur 信号。

注：NAMUR信号是德国测量与控制技术协会制定的本质安全型工业信号标准，主要用于易燃易爆环境中的自动化设备与控制系统的可靠连接。

6 试验方法

6.1 安装过程检验

6.1.1 设备就位检验

- 6.1.1.1 吸附塔、缓冲罐等静置设备安装垂直度偏差应 $\leq 1/1\,000$ 设备高度，且应 $\leq 15\text{ mm}$ 。
- 6.1.1.2 设备基础地脚螺栓紧固力矩应符合设计要求，偏差应 $\leq \pm 5\%$ 。

6.1.2 管道安装检验

- 6.1.2.1 工艺管道焊接接头应进行 10%射线检测（RT），III 级及以上为合格。
- 6.1.2.2 法兰连接密封面应无划痕，螺栓紧固应均匀，泄漏率应 $\leq 0.1\text{ Nm}^3/\text{h}$ （肥皂水检测无气泡）。

6.1.3 仪表校准检验

压力变送器、流量计等仪表应经法定计量机构校准，校准误差应 $\leq \pm 0.5\% \text{FS}$ ；程控阀阀位反馈精度应 $\leq \pm 1\%$ 。

6.2 单机及联动试车

6.2.1 单机试车

- 6.2.1.1 压缩机、真空泵等动设备空载运行 2 h ，轴承温度应 $\leq 70\text{ }^\circ\text{C}$ ，振动烈度应 $\leq 6.3\text{ mm/s}$ 。
- 6.2.1.2 程控阀单阀启闭试验 ≥ 100 次，无卡涩、泄漏现象。

6.2.2 联动试车

6.2.2.1 全系统冷态联动试车持续 48 h, PLC 控制系统应实现自动顺序控制, 均压、逆放、抽空等步骤。

6.2.2.2 压力曲线与设计值偏差应 $\leq \pm 5\%$ 。

6.3 试运转

装置考核验收前应按设计技术文件中的要求进行投料试产。

6.4 性能考核试验

6.4.1 试验条件

在原料气符合本文件 5.2 的要求、装置满负荷 ($6\ 500\ \text{Nm}^3/\text{h}$) 运行条件下, 连续考核 168 h。

6.4.2 检测项目及方法

6.4.2.1 原料气及产品气流量

应采用经法定计量机构标定的流量计测量, 精度 $\pm 0.5\%$;

6.4.2.2 气体成分

应采用气相色谱仪分析, CO_2 、 CH_4 测量精度 $\pm 0.1\%$;

6.4.2.3 甲烷收率

应按公式 (1) 中进行计算:

$$\eta = \frac{Q_p \times \varphi_{p,\text{CH}_4}}{Q_f \times \varphi_{f,\text{CH}_4}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中:

η ——甲烷收率(%);

Q_p ——产品气流量 (Nm^3/h);

φ_{p,CH_4} ——产品气中 CH_4 体积分数(%);

Q_f ——原料气流量 (Nm^3/h);

φ_{f,CH_4} ——原料气中 CH_4 体积分数(%)。

6.4.3 考核合格指标

应符合下列各项要求:

a) 产品气 CO_2 含量 $\leq 3\%$;

b) 原料符合要求情况下 CH_4 总收率 $\geq 95\%$ 。

6.5 安全性能试验

应按 GB 50058 中规定的对防爆设备进行防爆性能测试, 应采用火花点燃试验验证本质安全型仪表安全性; 应对压力管道、压力容器进行水压试验, 试验压力为设计压力的 1.5 倍, 保压 30 min 无泄漏。

7 检验规则

7.1 安装过程检验

应由甲乙双方共同组成检验小组，对本文件 6.1 中规定的安装过程关键节点进行检验，每完成一个节点检验并签字确认后，方可进入下一工序。

7.2 试车检验

单机试车、联动试车由甲方组织，乙方技术人员参与，试车合格后签署试车报告；试车中发现的问题由责任方整改，整改后重新检验。

7.3 性能考核验收

7.3.1 性能考核由甲方组织，乙方及相关单位参与，必要时可邀请第三方见证。

7.3.2 考核结果应符合本文件 5.3 中要求的，签署验收合格证书。

注：装置具体考核组织及甲方乙方工作方案应符合本文件附录C中所示。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 设备标志

施工现场安装的吸附塔、缓冲罐等设备应设置永久性标志，标志宜采用标识牌的形式，应包括但不限于下列各项内容：

- a) 设备名称及编号；
- b) 设计压力（MPa·G）、设计温度（℃）；
- c) 材质及容积；
- d) 安装日期及责任人。

8.1.2 界区及安全标识

8.1.2.1 装置界区应设置边界标识，注明装置名称、设计单位及界区范围。

8.1.2.2 爆炸危险区域、禁火区应设置符合 GB 2894 中规定的安全警示标志。

8.1.2.3 工艺管道应按 HG/T 20512 中规定的设置介质流向、名称及压力标识。

8.2 运输

8.2.1 组件运输

8.2.1.1 吸附塔、缓冲罐等大型设备运输时应设置防滑、防倾措施，运输倾斜角应 $\leq 15^\circ$ 。

8.2.1.2 程控阀、仪表等精密部件应采用防潮、防震包装，运输过程中应避免剧烈震动。

8.2.2 撬块运输

装置撬块单元运输时应固定于运输车辆，撬块与车辆连接点强度应满足运输载荷要求，运输过程中加速度应 $\leq 0.5\text{ g}$ 。

8.3 贮存

8.3.1 设备贮存

8.3.1.1 静置设备露天贮存时应加盖防雨棚，接管法兰应密封保护。

8.3.1.2 动设备应存放于室内，轴承等部件应加注防锈油，电机防潮包装完好。

8.3.2 材料贮存

8.3.2.1 吸附剂应密封贮存于干燥通风仓库，贮存期超过 6 个月应重新检测吸附性能。

8.3.2.2 管道、阀门等金属材料应涂刷防锈漆，露天堆放时底部垫高应 $\geq 300\text{ mm}$ ，避免积水。

9 工程验收

9.1 验收条件

应符合下列各项要求：

- a) 装置安装符合设计图纸及本文件要求；
- b) 单机试车、联动试车合格；
- c) 性能考核结果满足本文件 5.3 中的要求；
- d) 技术资料（含竣工图、试车报告、材质证明等）齐全。

9.2 验收程序

9.2.1 甲方收到乙方验收申请后 7 日内组织验收，验收合格后签署相关验收凭证。

9.2.2 若因乙方技术或设备原因未达标，乙方应整改后重新申请验收，整改费用应由乙方承担。

9.2.3 若因甲方原因导致验收不达标，整改费用应由甲方承担。

附录 A
(资料性)
高效变压吸附气体分离装置工艺说明

A.1 工艺流程图

应符合图 A.1 中所示。

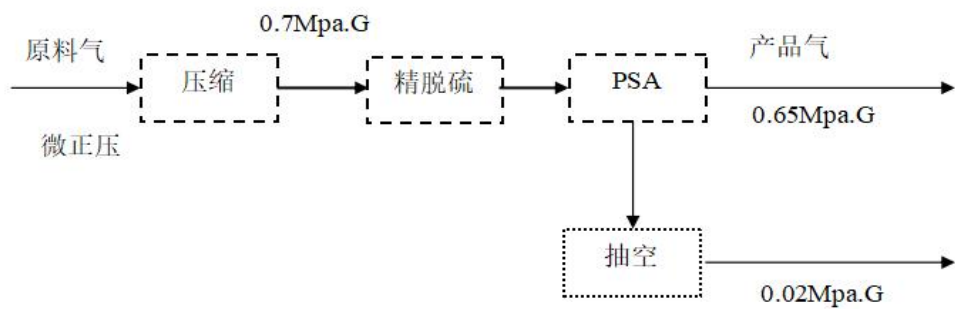


图 A.1 工艺流程图

A.2 公用工程消耗

在额定工况下，应符合表 A.1 中的要求。

表 A.1 公用工程消耗

序号	项目名称	规格	消耗指标	备注
1	电	220/380 V	5 kWh/h	照明仪表用电
2	电	380 V	685 kWh/h	压缩机用电
3	电	380 V	125 kWh/h × 2	真空泵用电
4	循环冷却水	上水 ≤ 32 ℃，回水 ≤ 40 ℃	75 T/h	连续供应
5	仪表空气	0.6 MPa · G	50 Nm ³ /h	无油、无尘、无水
6	置换用氮	纯度 99.9%	800 Nm ³	一次性消耗（开车阶段）

A.3 工艺原理

A.3.1 吸附

指当两种相态不同的物质接触时，其中密度较低物质的分子在密度较高的物质表面被富集的现象和过程。具有吸附作用的物质（一般为密度相对较大的多孔固体）被称为吸附剂，被吸附的物质（一般为密度相对较小的气体）称为吸附质。吸附按其性质的不同可分为四大类，即：化学吸附、活性吸附、毛细管凝缩和物理吸附。

A.3.2 物理吸附

A. 3. 2. 1 指依靠吸附剂与吸附质分子间的分子力（包括范德华力和电磁力）进行的吸附。其特点是：吸附过程中没有化学反应，吸附过程进行的极快，参与吸附的各相物质间的动态平衡在瞬间即可完成，并且这种吸附是完全可逆的。

A. 3. 2. 2 物理吸附具有两个性质。一是对不同组分的吸附能力不同，二是吸附质在吸附剂上的吸附容量随吸附质的分压上升而增加，随吸附温度的上升而下降。利用吸附剂的第一个性质，可实现对含甲烷气体中杂质组分的优先吸附而实现沼气提纯的目的；利用吸附剂的第二个性质，可实现吸附剂在低温、高压下吸附而在高温、低压下解吸再生，从而构成吸附剂的吸附与再生循环，达到连续浓缩甲烷的目的，应如图A. 2中兰格缪尔曲线所示：

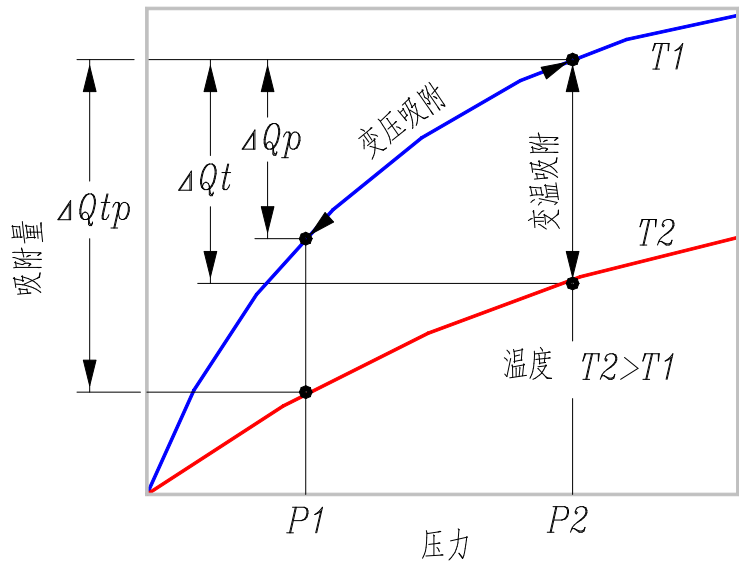


图 A. 2 吸附量与压力和温度关系示意图

A. 3. 3 从Langmuir吸附等温方程可知，在一定温度下，被吸附组份的解吸需要通过降低其分压来完成，常用的解吸方法有常压解析和抽真空解析，目的都是为了降低吸附剂上被吸附组份的分压。应如图A. 3所示：

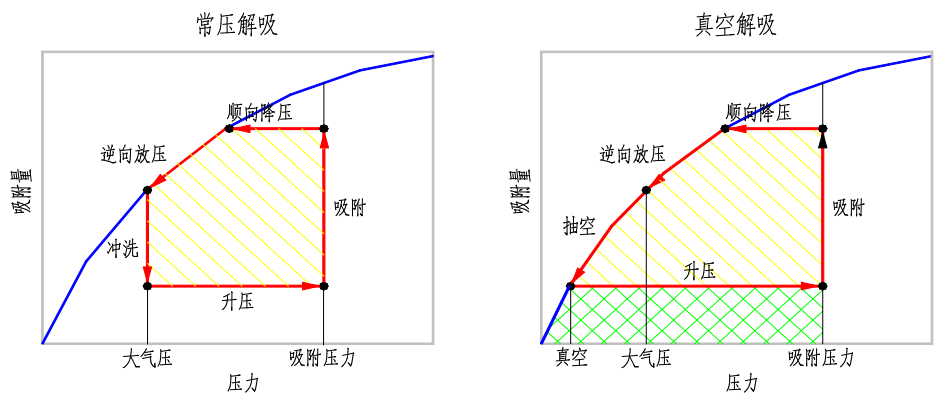


图 A. 3 吸附和解吸示意图

A. 3.4 变压吸附（PSA）及变温吸附（TSA）提纯工艺过程之所以得以实现是由于吸附剂在这种物理吸附中所具有的两个性质：一是对不同组分的吸附能力不同，二是吸附质在吸附剂上的吸附容量随吸附质的分压上升而增加，随吸附温度的上升而下降。利用吸附剂的第一个性质，可实现对含气源中杂质组分的优先吸附而使气源得以提纯；利用吸附剂的第二个性质，可实现吸附剂在低温、高压下吸附而在高温、低压下解吸再生，从而构成吸附剂的吸附与再生循环，达到连续分离提纯的目的。

A. 3.5 工业PSA及TSA装置所选用的吸附剂都是具有较大比表面积的固体颗粒，主要有：活性氧化铝类、活性炭类、硅胶类和分子筛类。吸附剂最重要的物理特征包括孔容积、孔径分布、表面积和表面性质等。不同的吸附剂由于有不同的孔隙大小分布、不同的比表面积和不同的表面性质，因而对混合气体中的各组分具有不同的吸附能力和吸附容量。正是吸附剂所具有的这种：吸附杂质组分的能力远强于吸附产品气能力的特性，使我们可以将混合气体中的杂质气体脱除。吸附剂对各种气体的吸附性能主要是通过实验测定的吸附等温线来评价的。优良的吸附性能和较大的吸附容量是实现吸附分离的基本条件。

A. 3.6 要在工业上实现有效的分离，还必须考虑吸附剂对各组分的分离系数应尽可能大。所谓分离系数是指：在达到吸附平衡时，（弱吸附组分在吸附床空间中残余量/弱吸附组分在吸附床中的总量）与（强吸附组分在吸附床空间中残余量/强吸附组分在吸附床中的总量）之比。分离系数越大，分离越容易。一般而言，吸附提纯装置中的吸附剂分离系数不宜小于3。

A. 3.7 在工业吸附过程中还应考虑吸附与解吸间的矛盾。一般而言，吸附越容易则解吸越困难。如对于乙烯、苯、乙苯等强吸附质，就应选择吸附能力相对较弱的吸附剂如活性炭、硅胶等，以使吸附容量适当而解吸较容易；而对于N₂、O₂、CO等弱吸附质，就应选择吸附能力相对较强的吸附剂如分子筛等，以使吸附容量更大、分离系数更高。

A. 3.8 在吸附过程中，由于吸附床内压力是不断变化的，因而吸附剂还应有足够的强度和抗磨性。在变压变温吸附提纯装置常用的几种吸附剂中，活性氧化铝类属于对水有强亲和力的固体，一般采用三水合铝或三水铝矿的热脱水或热活化法制备，主要用于气体的干燥。

A. 3.9 硅胶类吸附剂属于一种合成的无定形二氧化硅，它是胶态二氧化硅球形粒子的刚性连续网络，一般是由硅酸钠溶液和无机酸混合来制备的，硅胶不仅对水有极强的亲和力，而且对烃类和CO₂等组分也有较强的吸附能力。

A. 3.10 活性炭类吸附剂的特点是：其表面所具有的氧化物基团和无机物杂质使表面性质表现为弱极性或无极性，加上活性炭所具有的特别大的内表面积，使得活性炭成为一种能大量吸附多种弱极性和非极性有机分子的广谱耐水型吸附剂。

A. 3.11 沸石分子筛类吸附剂是一种含碱土元素的结晶态偏硅铝酸盐，属于强极性吸附剂，有着非常一致的孔径结构，和极强的吸附选择性。

A. 3.12 对于组成复杂的气源，在实际应用中常常需要多种吸附剂，按吸附性能依次分层装填组成复合吸附床，才能达到分离所需产品组分的目的。

A. 4 工艺说明

A. 4.1 工艺选择

A. 4.1.1 采用天采专用脱碳吸附剂脱除沼气中的二氧化碳，该吸附剂具有较大的二氧化碳吸附容量及分离系数，在保证产品质量的前提下提高了产品收率。

A. 4.1.2 采用抽空的解吸方式以提高产品收率，可增设顺放回收工艺以进一步提高产品收率。

A. 4.2 流程简述

PSA 采用 6 塔工艺，吸附完成后经过数次均压、逆放、抽空、数次均压升以完成再次吸附前的准备工作，使得装置连续稳定运行。

A. 4. 3 均压降压过程

在吸附过程结束后，顺着吸附方向将吸附塔内较高压力的气体放入其它已完成再生、较低压力的吸附塔的过程，这一过程不仅是降压、解吸过程，更是回收吸附塔床层死空间内甲烷的过程，本流程共包括了数次均压降压过程，以保证甲烷的充分回收，提高甲烷收率、降低消耗。

A. 4. 4 逆放、抽空

在均压降过程结束、吸附前沿已接近床层出口，此时逆着吸附方向将吸附塔压力降至接近常压，被吸附的杂质开始从吸附剂中大量解吸出来。后使用真空系统对吸附塔进行反向抽空，使得吸附剂彻底解吸。

A. 4. 5 均压升压过程

在冲洗过程完成后，用来自其它吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压，这一过程与均压降压过程相对应，不仅是吸附塔升压过程，而且也是回收其它吸附塔的床层死空间气体的过程，本流程包括连续均压升压过程。

A. 4. 6 产品气升压过程

均压升过程完成后，吸附塔内的压力还未达到吸附压力，为了吸附塔平稳地切换至下一次吸附并保证产品气纯度和压力在这一过程中不发生波动，需要通过升压调节阀缓慢而平稳地用产品气将吸附塔压力升至吸附压力。经这一过程后吸附塔便完成了一个完整的“吸附-再生”循环，又为下一次吸附做好了准备。

附 录 B
(规范性)
装置考核组织工作方案

B.1 考核组织工作

B.1.1 应成立由甲乙双方共同参加的性能考核小组，负责编制和审核考核方案，检查确认并落实考核条件，实施考核工作。

B.1.2 性能考核由甲方负责组织，乙方及相关单位参加，必要时，可邀请第三方参与。

B.2 考核依据

B.2.1 生产能力以经过国家有关法定部门标定合格，双方认同的装置流量计指示为准或以贮槽测量产品气标准体积为准。

B.2.2 气体成分以色谱仪的分析结果为准，出现异议经双方协商或以国家仲裁部门现场分析检验为准。

B.2.3 考核方案以性能考核小组制定的并经双方审核确认的考核方案为依据；装置试车后由乙方提出考核验收申请，甲方负责在约定期限内组织考核；考核结束后，参加考核各方代表人应及时在考核记录（或考核报告）上签字确认。

B.2.4 乙方提出验收申请后，甲方应及时组织考核，自乙方提出验收申请7日内甲方不组织考核验收或因甲方原因导致装置投入生产使用后 10 日内不能考核验收，装置视为自动考核验收。

B.2.5 若因乙方提供的技术或设备原因没有达到考核指标的要求，乙方应负责对工艺、设备进行整改，保证产品达到指标要求，整改产生的费用由乙方承担；整改结束后，乙方可再次提出考核申请，相关方仍按上述程序进行考核。

B.2.6 若因甲方提供的设备、原材料、原料气、公用工程条件等原因导致考核不达标或无法进行考核测试，甲方应负责整改，整改产生的费用由甲方承担。

附 录 C
(规范性)
界区划分及供货范围

C.1 界区划分

C.1.1 乙方提供工程设计（土建工作提供设计条件，不负责设计），吸附剂、程控阀及PLC自动操作系统由乙方提供，其余硬件均由甲方提供，由甲方现场安装，乙方提供技术支持。

C.1.2 本单元界区范围应如图C.1中所示：

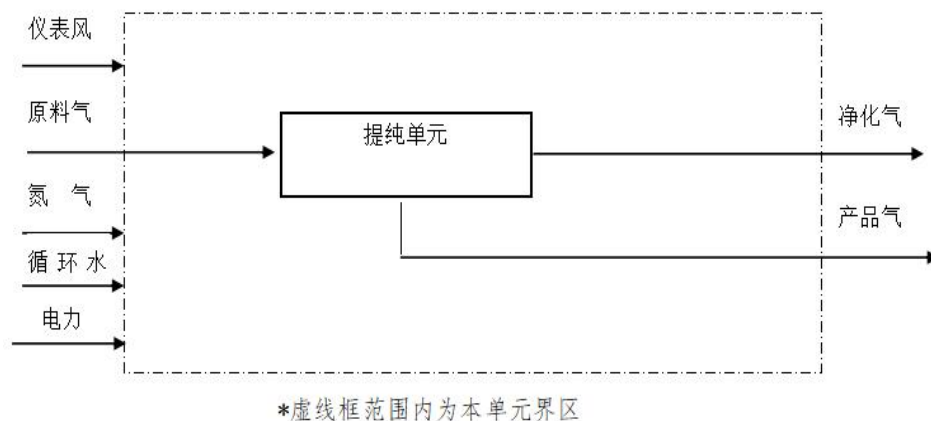


图 C.1 界区范围图

C.2 乙方设计范围

C.2.1 整套设备内的工艺、设备、仪表、电气、安全设施、在线分析、钢结构施工图设计，土建提供设计条件。

C.2.2 管道。以界区阀门为交接位置。

C.2.3 电气。界区内照明、接地、配电、桥架路由，爆炸危险区域划分等级。

C.2.4 仪表。以接线箱为交接位置，负责组态设计。

C.2.5 提供装置报建用的图纸资料以及其他资料如下：

- a) 工艺专业设计条件；
- b) 电气接口条件；
- c) 仪表接口条件；
- d) 提供装置的设备基础条件；
- e) 外管接口条件。

C.3 甲方设计范围

C.3.1 负责至提纯设备的动力电缆、桥架、管廊、支架的设计。

C.3.2 负责控制室至界区接线箱的控制电缆、桥架、管廊、支架设计。

C.3.3 负责提纯装置外原辅材料、公用工程、地下管网、防雷、照明、消防、土建、外管、暖通等设计。

C.4 供货范围示意图

应符合图 C.2 中所示。

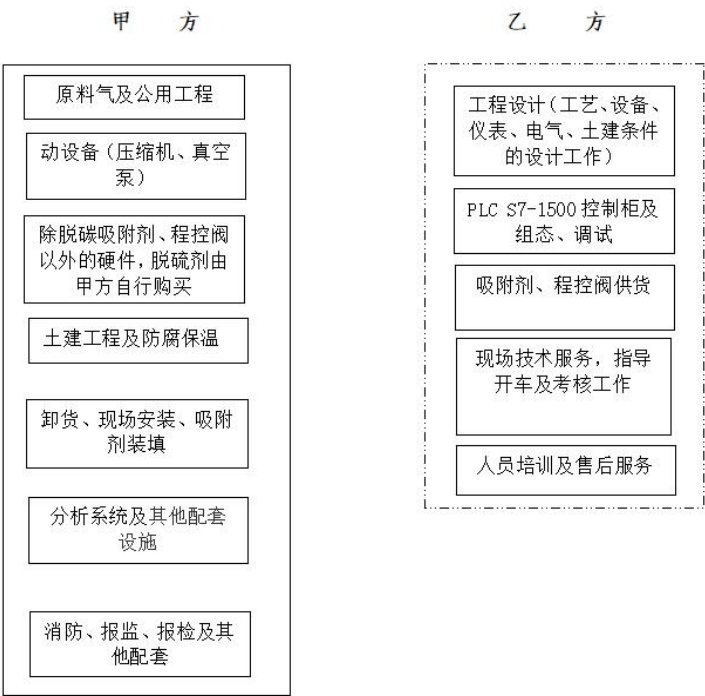


图 C.2 甲乙双方供货范围

C.5 乙方供货范围

C.5.1 程控阀及配套仪表

应符合表 C.1 中所示。

表 C.1 程控阀及配套仪表

序号	名 称	型 号	单 位	数 量	备 注
1	气动截止阀	DN25-300 PN25	台	42	天采专供
	阀门密封件	各种规格	套	2	每种规格各 2 套
2	配套仪表	电磁阀	台	42	ASCO
		阀检	台	42	P+F
3	PLC	PS7-1500，西门子	套	1	含控制柜，不含电脑
注：以上参数若有出入，以最终设计为准					

C.5.2 吸附剂

应符合表 C.2 中所示。

表 C.2 吸附剂

序号	名 称	数 量	备 注
1	脱碳吸附剂	57.6m ³	天采技术
注：以上参数若有出入，以最终设计为准			

C.6 甲方供货范围

C.6.1 非标设备

应符合表 C.3 中所示。

表 C.3 非标设备

序 号	名 称	型 号	数量(台)	材 质	备 注
1	吸附塔	DN1500	6	Q345R	
2	原料气缓冲罐	DN1200	1	Q345R	
3	产品气缓冲罐	DN1200	1	Q345R	
4	尾气缓冲罐	DN2200	1	Q345R	利旧（混合气高闪槽）
5	精脱硫罐	DN2400	2	Q345R	
6	顺放缓冲罐	DN2000	1	Q345R	
注：以上参数若有出入，以最终设计为准。					

C.6.2 仪表系统

应符合表 C.4 中所示。

表 C.4 仪表系统

序号	名称	规格、型号	数量	供应商
1	调节阀		7 台	川仪、吴忠
2	流量远传		3 台	川仪
3	压力远传		14 台	川仪、天康
4	现场压力显示		一批	布莱迪 天康

表 C.4 仪表系统（续）

序号	名称	规格、型号	数量	供应商
5	现场温度显示		一批	布莱迪 天康
6	气动三联件	减压阀、消音器、油雾器等	1 套	SMC/国内品牌
7	仪表安装材料	电缆、桥架、管道及接件等	1 批	
8	可燃气体报警仪		4 台	安可信
9	接线箱		1 套	飞策、邦亚
10	控制系统		1 套	
		DO	48	
		DI	52	
		AI	20	
		AO	7	
注：以上参数若有出入，以最终设计为准。				

C.6.3 电气系统

应符合表 C.5 中的所示。

表 C.5 电气系统

序号	名 称	型号及规格	数量	备注
1	照明系统	防爆灯具、防爆接线盒等	1 套	
2	防静电跨接系统		1 套	
3	电器安装材料	桥架、管道及接件等	1 套	
4	防爆检修箱		1 套	
注：以上参数若有出入，以最终设计为准。				

C.6.4 安装及安装材料

应符合表 C.6 中所示。

表 C.6 安装及安装材料

序号	名称	规格材质	数量	备注
1	安装材料	界区内管道、型材、密封、连接等	1 套	
2	工艺阀门		1 批	
3	工厂安装		1 套	
4	钢结构	碳钢	1 套	不含耐火处理
5	现场组装		1 套	
注：以上参数若有出入，以最终设计为准。				

C.6.5 备品备件

应符合表 C.7 中所示。

表 C.7 备品备件

序号	名 称	单 位	数 量	备 注
1	温度计	个	2	
2	压力表	个	2	
3	电磁阀	个	2	
注：以上参数若有出入，以最终设计为准。				

C.6.6 其他配套设施

应符合表 C.8 中所示。

表 C.8 其他配套设施

序号	设备名称	工艺要求	数量
1	仪表空气系统		1 套
2	供电系统（含低压柜）		1 套
3	土建施工、地下管网、防雷接地网、给排水、地脚螺丝、二次灌浆、管廊架及乙 界区外其它物质采购		全套

表 C.8 其他配套设施（续）

序号	设备名称	工艺要求	数量
4	配电室、控制室至现场线缆		全套
5	消防、给排水、SIS 系统、GDS 系统		全套
6	其它装置需要的配套设施		全套
7	分析系统		全套
8	安全仪表系统		全套
9	原料压缩机全套组件	入口微正压，排气量 1700Nm3/h，出口压力 0.7Mpa. G，排气温度 40℃（可改造利旧）	4+2 套
10	真空泵全套组件	入口压力 0.02Mpa. G，抽气量 2800Nm3/h，真空度-0.08Mpa. G, 90KW	2+1 套
11	脱硫剂/除油剂	脱硫深度<1ppm，硫容>15wt%	一批
注：以上参数若有出入，以最终设计为准。			