

## 催化裂化装置

催化裂化是炼油工业重要的二次加工装置，是提高轻质油收率，生产高辛烷值汽油，同时又多产柴油的重要手段，随着重油催化工艺的实现，其地位更加倍增。

作为一项传统的重油加工工艺，催化裂化实现工业化已经有 60 年的历史，其总加工能力超过加氢裂化、焦化和减粘裂化之和，是目前最重要的重油轻质化工艺。虽然曾多次受到加氢裂化工艺的竞争和清洁燃料标准的挑战，但由于催化裂化技术的进步，各种以催化裂化技术为核心的催化裂化“家族工艺”的不断出现，已经将催化裂化转变为“炼油—化工一体化”的主体装置，催化裂化仍然保持了其在石油化工行业中的重要地位。

我国的催化裂化技术与国际先进水平保持同步，进入 21 世纪以后，由于我国催化裂化装置在炼厂地位的特殊性，技术发展的势头更猛，目前为止，基本解决了由于产品升级换代给催化裂化工艺带来的各种问题，而且在应对产品质量问题的技术开发过程中，拓宽了催化裂化产品的品种和范围，为确保催化裂化技术在未来石油化工中的核心地位提供了技术保证。

催化裂化装置的工艺原理是在流化状态下的催化剂作用下，重质烃类在 480--520℃及 0.2-0.3MPa(a)的条件下进行反应。

主要包括：

1). 裂解反应：大分子烃类裂解为小分子，环烷烃进行断环或侧链断裂，单环芳烃的烷基侧链断裂。

2). 异构化反应：正构烷烃变成异构烷烃，带侧链的环烃或烷烃变成环异烷，产品中异构烃含量增加。

3). 芳构化反应：环己烷脱氢生成芳香烃，烯烃环化脱氢生成芳烃。

4). 氢转移反应：多环芳烃逐渐缩合成大分子直至焦炭，同时一种氢原子转移到烯烃分子中，使烯烃饱和成烷烃。

催化裂化装置的规模近三十年来逐步发展到 350 万吨/年(加工 1000 万吨/年原油)。

加工的原料为常压蜡油、减压渣油以及蜡油加氢裂化尾油。

### 原料主要性质

| 项目   | 比重     | 硫<br>wt% | 氮<br>wt% | 残炭<br>wt% | 镍<br>ppm | 钒<br>ppm | 铁<br>ppm |
|------|--------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 混合进料 | 0.9028 | 0.0858   | 0.1795   | 7.95      | 13.2     | 0.5      | 10.3     |

装置由反应再生、分馏、吸收稳定（包括产品精制）、烟气能量回收几个部分组成。

装置主要产品为液化气、汽油、重石脑油和轻柴油，副产部分干气和油浆。  
液化气去气体分馏装置。

汽油进入汽油精制分馏装置改质。

重石脑油和轻柴油混合后作为柴油馏分至柴油加氢精制装置。

### 装置主要产品技术指标表

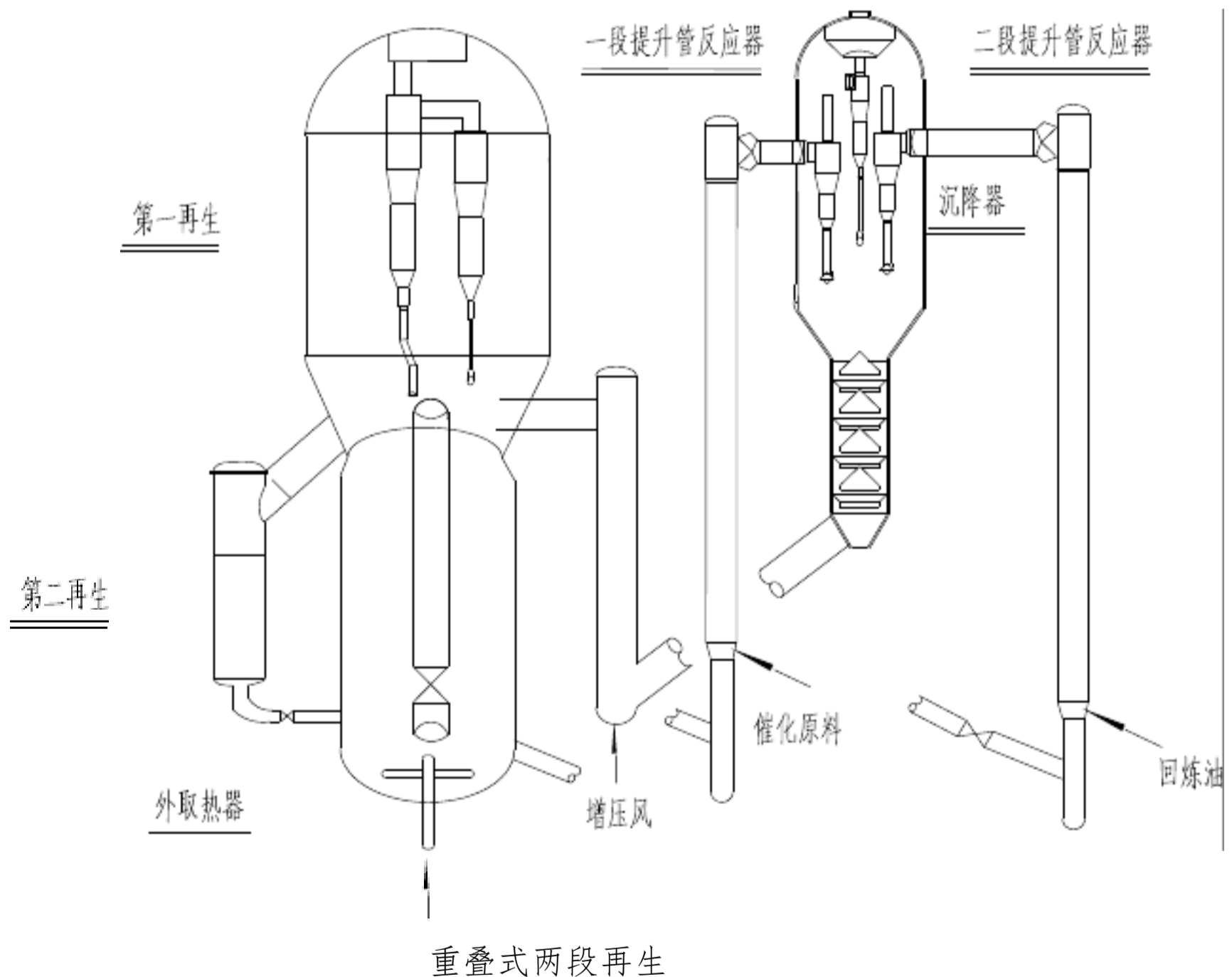
| 序号 | 名称       | 主要技术指标           |                        | 去向      | 备注 |
|----|----------|------------------|------------------------|---------|----|
|    |          |                  |                        |         |    |
| 1  | 干气       | C <sub>3</sub>   | <1.0% (V)              | 去PSA2   |    |
|    |          | H <sub>2</sub> S | ≤ 20mg/Nm <sup>3</sup> |         |    |
| 2  | 液化气      | C <sub>2</sub>   | <0.3% (V)              | 去气体分馏   |    |
|    |          | C <sub>5</sub>   | <1.0% (V)              |         |    |
|    |          | H <sub>2</sub> S | ≤ 4ppm                 |         |    |
|    |          | COS              | ≤ 0.03ppm              |         |    |
| 3  | 汽油       | ATSM90%, °C      | 142                    | 去汽油精制分馏 |    |
|    |          | C <sub>4</sub>   | <1%wt                  |         |    |
|    |          | 干点, °C           | 165                    |         |    |
| 4  | 重石脑油     | ATSM90%, °C      | 193                    |         |    |
| 5  | 轻柴油      | ATSM90%, °C      | 310                    |         |    |
| 6  | 重石脑油+轻柴油 | 闪点, °C           | 55                     | 去柴油加氢精制 |    |
| 7  | 油浆       | 灰分, ppm          | 200                    | 去罐区     |    |
|    |          | 闪点, °C           | 66-71                  |         |    |

## 1. 工艺技术方案:

近几年，在催化剂和两器结构工艺的新技术应用方面发展很快。

A. 如国内为提高柴汽比、降低催化裂化汽油烯烃含量、增产丙烯，国内开发了多种催化裂化相关工艺，其中有多产异构烷烃的MIP工艺、多产柴油和丙烯的两段提升管工艺、灵活双效FDFCC工艺和多产液化石油气和柴油的MGD工艺等，这些新工艺在增产柴油、提高柴汽比、降低汽油烯烃含量、满足市场需求、适应汽油新标准要求、增产液化石油气和丙烯、提高企业经济效益等方面，发挥了重要作用。

B. 美国UOP公司是全球知名的催化裂化设计和技术专利商，自1940年以来，该公司已经拥有了215项催化裂化专利技术。中石油新建装置常采用UOP具有成熟应用经验的重叠式两段再生和提升管出口VSS<sup>SM</sup>快速分离技术。



## 2. 工艺设备概况:

### A. 反应器:

沉降器:

沉降器设计压力 0.35MPa, 设计温度 552℃; 上部筒体直径  $\Phi$  7700mm, 长度 13400mm, 球形封头。下部汽提段直径  $\Phi$  4200mm, 长度 7400mm, 中间锥形过渡段长度 2400mm。采用内集气室结构, 上部为带密封罩快分和 10 台单级旋风分离器组成, 旋风分离器为 UOP 指定产品; 汽提段内部有七层圆盘形挡板; 该设备采用热壁保温结构, 因其操作温度较高, 其壳体采用 SA387 GR. 11 or GR. 12 (15CrMoR) 材料, 内部的旋风分离器及内构件材质选用 SA387 GR11 or GR12 (15CrMoR), 设备需要进行焊后热处理。

再生器:

再生系统有第一再生器和第二再生器, 重叠式布置, 设计压力 0.35MPa, 设计温度 343℃。第一再生器在上, 直径为  $\Phi$  16000mm, 筒体长度 17600mm, 椭圆形封头, 内置 20 组一、二级旋风分离器, 旋风分离器全部为 UOP 指定产品, 采用内集气室结构。下部有 4 组树枝状空气分布管和一组烟气分布器。下部第二再生器直径  $\Phi$  8300mm, 筒体长度 14250mm, 内有一组树枝状主风分布管; 中间锥形过渡段长度 6200mm。再生器内衬 100mm 厚隔热耐磨衬里, 第二再生器空气分布管部位隔热耐磨衬里厚度 125mm。其壳体采用 SA516 GR. 70 (20R) 材料, 其内部的旋风分离器及内构件材质选用 304 (0Cr18Ni9), 设备需要进行焊后热处理。

B. 塔:

分馏塔

设计压力 0.35MPa, 下部设计温度 551℃, 上部设计温度 343℃。塔体直径为  $\Phi$  8200mm, 筒体长度为 44200mm, 塔体下部选用 410S+ SA387 GR. 11 or GR. 12 (0Cr13+15CrMoR) 复合钢板, 上部选用 20R, 复合钢板部分需要进行焊后热处理。塔内共设 32 层浮阀塔盘, 6 层圆形塔盘, 塔盘的材质选用 410 (0Cr13)。

吸收塔:

设计压力 2.0MPa, 设计温度 120℃。塔体直径为  $\Phi$  2800mm, 筒体长度为 30300mm, 塔的壳体材料选用 16MnR, 设备需要进行焊后热处理。塔内共设 40 层浮阀塔盘, 塔盘的材质选用 410 (0Cr13)。

再吸收塔:

设计压力 1.9MPa, 设计温度 120℃。塔体直径为  $\Phi$  1700mm, 筒体长度为 16800mm。塔的壳体材料选用 16MnR。设备需要进行焊后热处理。塔的内件材质

选用 316 (0Cr17Ni12Mo2), 塔内填料高度 10700mm。

解吸塔:

设计压力 2.25MPa, 设计温度 190℃。塔体直径为  $\Phi$  4100mm, 筒体长度为 31000mm。塔内共设 36 层浮阀塔盘。塔的壳体材料选用 16MnR。塔盘的材质选用 410 (0Cr13)。设备需要进行焊后热处理。

稳定塔:

设计压力 1.45MPa, 设计温度 225℃。稳定塔为变径塔, 上部筒体直径为  $\Phi$  3600mm, 其筒体长度为 12050mm, 下部筒体直径为  $\Phi$  4200mm, 其筒体长度为 18850mm, 壳体总长度 32000mm。塔的壳体材料选用 16MnR, 塔内共设 40 层浮阀塔盘, 塔盘的材质选用碳钢。

C. 容器:

外取热器直径为  $\Phi$  2800mm, 壳程筒体长度 8900mm, 设计压力 2.62MPa, 设计温度 343℃, 有隔热耐磨衬里; 管程设计压力 4.95MPa, 设计温度 285℃。外取热器为 UOP 指定产品, 整体交货。

三旋直径为  $\Phi$  7240mm, 筒体长度 7300mm, 设计压力 0.35MPa, 设计温度 343℃。隔热耐磨衬里厚度 100mm, 三旋为 UOP 指定产品。

新鲜催化剂罐直径为  $\Phi$  7200mm, 筒体长度 34000mm, 设计压力: 正压(顶部) 0.45MPa, 负压为全真空, 设计温度 343℃。设备的壳体材料选用 16MnR。

低金属平衡催化剂罐直径为  $\Phi$  7200mm, 筒体长度 34000mm, 设计压力: 正压(顶部) 0.45MPa, 负压为全真空, 设计温度 343℃, 设备的壳体材料选用 16MnR。

高金属平衡催化剂罐直径为  $\Phi$  10400mm, 筒体长度 34000mm, 设计压力: 正压(顶部) 0.45MPa, 负压为全真空, 设计温度 343℃。设备的壳体材料选用 16MnR。

D. 冷换设备:

油浆蒸汽发生器壳程设计压力 4.7MPa, 设计温度 285℃; 管程设计压力 3.65MPa, 设计温度 410℃。壳体材料选用 16MnR, 管束材料选用 410 (0Cr13)。

重循环油蒸汽发生器壳程设计压力 4.7MPa, 设计温度 285℃; 管程设计压力 3.65MPa, 设计温度 335℃。壳体材料选用 16MnR, 管束材料选用 410 (0Cr13)。

3. 机械设备概况:

在 350 万吨/年重油催化裂化联合装置中, 机械设计的主要内容包括:

A. 一套主风机—能量回收机组及其辅助设备，其中包括：轴流式压缩机、烟气轮机、齿轮箱、电动机、联轴器及润滑油站等。

主风机设计参数：

| 工 况        | 单 位                  | 额定工况   | 备注 |
|------------|----------------------|--------|----|
| 介质         |                      | 空气     |    |
| 标准状态流量（湿基） | Nm <sup>3</sup> /min | 8500   |    |
| 入口压力       | MPa(a)               | 0.1    |    |
| 入口温度       | ℃                    | 22.3   |    |
| 出口压力       | MPa(a)               | 0.415  |    |
| 出口温度       | ℃                    | ~207   |    |
| 平均分子量      | kg/kmol              | 28.2   |    |
| 轴功率        | kW                   | ~32876 |    |

主风机拟选用陕西鼓风机厂引进瑞士苏尔寿公司技术设计、制造的 AV 型全静叶可调轴流式压缩机。陕西鼓风机厂已有 100 多套配套经验，在大连石化及兰州石化 350×10<sup>4</sup>t/aFCCU 中已有成功的案例，不存在试验或试制的问题，主风机立足国内是可靠的。

烟气轮机设计参数：

| 工 况  | 单 位                | 额定工况   | 备注 |
|------|--------------------|--------|----|
| 介质   |                    | 再生烟气   |    |
| 流量   | Nm <sup>3</sup> /h | 379485 |    |
| 入口压力 | MPa(a)             | 0.241  |    |
| 入口温度 | ℃                  | 686    |    |
| 出口压力 | MPa(a)             | 0.010  |    |
| 出口温度 | ℃                  | ~550   |    |
| 轴功率  | kW                 | ~22100 |    |

该烟机入口压力较低，轮盘直径较大，所以初步考虑该烟机引进。

异步电动/发电机：

本机组被拖动的主风机轴功率~32876kW，主电机拟选用 20000kW，四级，大启动力矩，低启动电流的异步电动机。机组启动时，先开备机，待烟气合格后，

引入烟气，由烟机启动主风机，待主风机组转速被拖动到预先设定的转速时，再启动电机，由烟机和电机合力将主风机组拖动到 100% 转速。该电机可选用上海电机厂或南阳防爆集团的相应产品，以上两厂在类似的场合均有成功的业绩。该电机立足国内是可行的。

齿轮箱。

型式：平行轴，双斜齿，渐开线，硬齿面。

传递功率：20000 kW。

齿轮箱为高速重载型式，结构型式为平行轴双斜齿，硬齿面，该设备需要引进。

B. 一套备用主风机组及其辅助设备，其中包括：轴流式压缩机、齿轮箱、电动机、联轴器及润滑油站等。

主风机设计参数：

| 工 况        | 单 位                  | 额定工况     | 备注 |
|------------|----------------------|----------|----|
| 介 质        |                      | 空气       |    |
| 标准状态流量（湿基） | Nm <sup>3</sup> /min | 5000     |    |
| 入口压力       | MPa(a)               | 0.1      |    |
| 入口温度       | ℃                    | 36       |    |
| 出口压力       | MPa(a)               | 0.361    |    |
| 出口温度       | ℃                    | ~187     |    |
| 平均分子量      | kg/kmol              | 28.2     |    |
| 轴功率        | kW                   | ~16418.4 |    |

主风机拟选用陕西鼓风机厂引进瑞士苏尔寿公司技术设计、制造的 AV 型全静叶可调轴流式压缩机。

异步电动：

本机组被拖动的备用主风机轴功率~16418.4kW，电动机拟选用 20000kW，四级，大启动力矩，低启动电流的异步电动机。该电机可选用上海电机厂或南阳防爆集团的相应产品，以上两厂在类似的场合均有成功的业绩。该电机立足国内是可行的，电机采用变频软起。

齿轮箱：

型式：平行轴，双斜齿，渐开线，硬齿面。

传递功率：20000 kW。

齿轮箱为高速重载型式，结构型式为平行轴双斜齿，硬齿面，该设备需要引进。

C. 一套催化富气压缩机组，其中包括离心式压缩机、背压式汽轮机、干气密封、中间冷却器、气液分离器、汽封冷却器及联轴器等。

离心式压缩机设计参数：

| 工 况        | 单 位                  | 额定工况   | 备注 |
|------------|----------------------|--------|----|
| 介质         |                      | 富气     |    |
| 标准状态流量（湿基） | Nm <sup>3</sup> /min | 1683.3 |    |
| 入口压力       | MPa(a)               | 0.133  |    |
| 入口温度       | ℃                    | 40     |    |
| 出口压力       | MPa(a)               | 2.152  |    |
| 出口温度       | ℃                    | ~118   |    |
| 平均分子量      | kg/kmol              | 40.1   |    |
| 轴功率        | kW                   | ~13000 |    |

该压缩机压比较大，所以初步考虑该机引进。

背压式汽轮机设计参数。

| 项 目  | 单 位    | 正常工况 | 其它工况 |
|------|--------|------|------|
| 进汽压力 | MPa(g) | 3.6  |      |
| 排气压力 | MPa(g) | 1.0  |      |
| 进汽温度 | ℃      | 420  |      |

背压式汽轮机拟选用杭州汽轮机股份有限公司引进德国西门子公司技术设计、制造的多级工业汽轮机。杭州汽轮机股份有限公司生产的背压式工业汽轮机最大能力已达 25000 kW；凝汽式工业汽轮机最大能力已达 80000 kW，汽轮机立足国内也是可行的。

D. 两台增压机，其中包括离心式压缩机、电机、润滑油站等。

## 增压机组

离心式鼓风机设计参数：

| 工 况        | 单 位                  | 额定工况  | 备注 |
|------------|----------------------|-------|----|
| 介质         |                      | 空气    |    |
| 标准状态流量（湿基） | Nm <sup>3</sup> /min | 500   |    |
| 入口压力       | MPa(a)               | 0.381 |    |
| 入口温度       | °C                   | 195   |    |
| 出口压力       | MPa(a)               | 0.431 |    |
| 出口温度       | °C                   | ~220  |    |
| 平均分子量      | kg/kmol              | 28.2  |    |
| 轴功率        | kW                   | ~300  |    |

增压机拟选用单极悬臂离心式鼓风机，此机组国产。

E. 两套油浆循环泵组，其中一套为汽轮机驱动，主要包括离心式泵、背压式汽轮机、润滑油站及汽封冷却器等；另外一套为电机驱动，主要包括离心式泵以及电机等。

油浆循环泵设计参数：

| 工 况   | 单 位                  | 正常工况  | 额定工况 | 备注     |
|-------|----------------------|-------|------|--------|
| 介质    |                      | 油浆    | 油浆   |        |
| 流量    | Nm <sup>3</sup> /min | 1160  | 1400 |        |
| 入口压力  | MPa(g)               | 0.186 |      |        |
| 入口温度  | °C                   | 350   |      |        |
| 出口压力  | MPa(g)               | 0.613 |      |        |
| 相对密度  |                      | 0.827 |      |        |
| 粘度    | cP                   | 0.567 |      | @350°C |
| NPSHa | m                    | 7.2   |      | @350°C |

油浆循环泵为中心线支撑式单级悬臂离心泵（API6H2）。泵入口为轴向，出口垂直向上，壳体为中心线支撑。轴封采用 API682 标准的单端面波纹管集装式机械密封，密封冲洗为 API682Plan32。材料等级 API610 C6 等级。此泵组整套从国外引进。

F. 特殊阀门部分。特殊阀门主要包括：再生单动滑阀、待生单动滑阀、外循环单动滑阀、外取热单动滑阀（两台）、烟气高温蝶阀（共三台，其中两台调节，一台切断）、烟气旁路高温蝶阀（共两台）和阻尼单向阀（共三台）等。

G. 特殊阀门部分：

特殊阀门主要包括：再生单动滑阀、待生单动滑阀、外循环单动滑阀、外取热单动滑阀（两台）、烟气高温蝶阀（共三台，其中两台调节，一台切断）、烟气旁路高温蝶阀（共两台）和阻尼单向阀（共三台）等。

| 设备名称     | 设备编号      | 型号规格 | 质量 t | 台数 | 国内/外订货 | 备注 |
|----------|-----------|------|------|----|--------|----|
| 再生单动滑阀   | M113      |      |      | 1  | 国外     |    |
| 待生单动滑阀   | M115      |      |      | 1  | 国外     |    |
| 外循环单动滑阀  | M111      |      |      | 1  | 国内     |    |
| 外取热单动滑阀  | M106/M108 |      |      | 2  | 国内     |    |
| 烟气高温蝶阀   |           |      |      | 3  | 国外     |    |
| 烟气旁路高温蝶阀 |           |      |      | 2  | 国外     |    |
| 阻尼单向阀    |           |      |      | 3  | 国内     |    |

H. 机械设备汇总表：

| 设备名称   | 设备编号    | 型号规格 | 驱动机类型   | 质量 t   | 台数  | 国内/外订货 | 备注 |
|--------|---------|------|---------|--------|-----|--------|----|
| 主风机组   |         |      | 烟机+电动机  | 245    | 1 套 |        |    |
| 主风机    | K402    |      |         |        | 1   | 国内     |    |
| 烟气轮机   | K401    |      |         |        | 1   | 国外     |    |
| 齿轮箱    |         |      |         |        | 1   | 国外     |    |
| 电动机    |         |      |         |        | 1   | 国内     |    |
| 备用主风机组 |         |      | 电动机     | 195    | 1 套 |        |    |
| 备用主风机  | K403    |      |         |        | 1   | 国内     |    |
| 齿轮箱    |         |      |         |        | 1   | 国外     |    |
| 电动机    |         |      |         |        | 1   | 国内     |    |
| 富气压缩机组 |         |      | 汽轮机     | 170    | 1 套 |        |    |
| 离心式压缩机 | K301    |      |         |        | 1   | 国外     |    |
| 背压式汽轮机 |         |      |         |        | 1   | 国内     |    |
| 增压机组   |         |      | 电动机     | 2×30   | 2 套 | 国内     |    |
| 油浆循环泵组 |         |      | 电动机或汽轮机 | 7.5+10 | 2 套 | 国外     |    |
| 离心式泵   | P203A/B |      |         |        | 2   | 国外     |    |
| 电动机    |         |      |         | 7.5    | 1   | 国外     |    |
| 背压式汽轮机 |         |      |         | 10     | 1   | 国外     |    |
| 循环水泵组  |         |      | 电动机或汽轮机 | 32+24  | 6 套 | 国外     |    |

| 设备名称   | 设备编号                   | 型号规格 | 驱动机类型 | 质量 t | 台数 | 国内/外订货 | 备注 |
|--------|------------------------|------|-------|------|----|--------|----|
| 离心式泵   | P101A/B/C<br>P102A/B/C |      |       |      | 6  | 国外     |    |
| 电动机    |                        |      |       | 4×8  | 4  | 国外     |    |
| 背压式汽轮机 |                        |      |       | 2×12 | 2  | 国外     |    |

4. 附表 装置主要设备表:

|   | 主要工艺设备台数 | 台(套) | 299 |  |
|---|----------|------|-----|--|
| 1 | 反应器      | 台(套) | 5   |  |
| 2 | 塔类       | 个    | 12  |  |
| 3 | 容器类      | 个    | 25  |  |
| 4 | 冷换类      | 台(套) | 66  |  |
| 5 | 空冷类      | 台(套) | 37  |  |
| 6 | 机泵类      | 台(套) | 144 |  |
| 7 | 压缩机类     | 台(套) | 6   |  |
| 8 | 加热炉类     | 台(套) | 4   |  |

A 反应器

| 序号 | 设备名称         | 规格            | 介质名称 | 操作条件    |           | 数量 | 重量, t |    | 材质 | 备注 |
|----|--------------|---------------|------|---------|-----------|----|-------|----|----|----|
|    |              |               |      | 温度℃     | 压力 MPa(g) |    | 单重    | 总重 |    |    |
| 1  | 反应再生两器       |               |      |         |           | 1  |       |    |    |    |
|    | 其中包括: 提升管反应器 |               |      | 500-530 |           |    |       |    |    |    |
|    | 沉降器          | Φ 7700×13400  |      | 500-530 |           |    |       |    |    |    |
|    | 沉降器单级旋风分离器   |               |      | 710     |           |    |       |    |    |    |
|    | 汽提段          | Φ 4200×7400   |      | 500-530 |           |    |       |    |    |    |
|    | 提升管出口快分      |               |      | 500-530 |           |    |       |    |    |    |
|    | 一段再生器        | Φ 16000×17600 |      | 710     |           |    |       |    |    |    |

|   |             |   |          |     |     |   |  |  |  |                    |
|---|-------------|---|----------|-----|-----|---|--|--|--|--------------------|
|   | 二段再生器       | $\Phi 8300 \times 14250$                  |          | 710 |     |   |  |  |  |                    |
|   | 再生器两级旋风分离器  |   |          | 710 |     |   |  |  |  |                    |
| 2 | 外取热器        | $\Phi 2800 \times 7700$                   |          | 710 |     | 2 |  |  |  |                    |
| 3 | 液化气羰基硫水解反应器 | $\Phi 3000 \times 17200 \times 20$<br>(切) | 液化气, 硫化氢 | 40  | 1.5 | 1 |  |  |  | JX-6B<br>脱硫剂<br>立式 |
| 4 | 液化气脱硫化氢反应器  | $\Phi 3000 \times 17200 \times 20$<br>(切) | 液化气, 硫化氢 | 40  | 1.5 | 1 |  |  |  | JX-2A<br>脱硫剂<br>立式 |
|   | 合计          |   |          |     |     | 5 |  |  |  |                    |

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/588120121036006060>