

# 一种 BB2 结构两级全衬里油浆泵的研制

葛帝宏<sup>1</sup> 尹来弟<sup>1</sup> 张甜<sup>1</sup> 马永斌<sup>2</sup>

1. 合肥华升泵阀股份有限公司 安徽合肥 231131

2. 陕西延长中煤榆林能源化工有限公司 陕西榆林 719100

**摘要:** BB2 结构两级全衬里油浆泵是针对榆林能源 150 万吨/年 DCC 装置高温、高压、高扬程工况设计。按照外壳体承压, 浸泡在油浆中的内衬里承受冲刷的方案。转子、泵壳及内衬里均为驱动侧定位, 非驱动侧轴向浮动结构。采用空间过渡流道, 叶轮背靠背安装, 内衬里采用不同材料的简单零件组合而成。

**关键词:** 两级油浆泵; DCC 装置; 催化裂化; 油浆泵; BB2 泵

## Development of a BB2 structure two-stage fully lined slurry pump

Dihong Ge<sup>1</sup>, Laidi Yin<sup>1</sup>, Tian Zhang<sup>1</sup>, Yongbin Ma<sup>2</sup>

1.Hefei Huasheng Pumps&Valves Co.,Ltd. Anhui Hefei 231131

2.Shanxi Yanchang Zhongmei Yulin Energy and Chemical Co.,Ltd. Shanxi Yulin 719100

**Abstract:** The BB2 structure two-stage fully-lined slurry pump is designed for the high-temperature, high-pressure, and high-head conditions of the Yulin Energy 1.5 million tons/year DCC (Delayed Coking) unit. The design follows the concept of the outer casing being pressure-bearing, while the inner lining is immersed in the slurry and subjected to erosion. The rotor, pump casing, and inner lining are all designed with a driving-side positioning and a non-driving-side axially floating structure. It utilizes transitional flow passages and employs a back-to-back arrangement of impellers, with the inner lining composed of simple components made from different materials.

**Keywords:** Two-stage slurry pump; DCC device; Catalytic cracking; Oil slurry pump; BB2 pump

### 一、研制背景

#### 1.1 工艺背景

150 万吨/年催化裂解(DCC)制烯烃装置包括反应再生单元、分馏单元、乙丙烷裂解炉系统、含硫氨污水汽提单元、裂解气精致分离系统及其相关的辅助单元。反应再生系统采用石油化工科学研究院和中国石化工程建设公司共同开发的催化裂解(DCC)工艺技术, 利用延长石油减压塔底渣油添加催化剂在高温高压条件下进行裂解, 整个反应过程是通过循环油浆泵将高温高压介质循环输送到反应器中进行裂解反应, 生成轻质烯烃, 实现变废为宝的功能。该工艺处于属于整个装置的前段, 为后续装置产品提供 40%的原料, 该装置安全可靠运行决定公司后续装置的运行。

装置总计有三台油浆泵, 其中两台泵并联运行作为装置油浆循环提供动力, 油浆泵的参数如下:

表 1、油浆泵性能参数

| 名称                        | 数据    | 备注 |
|---------------------------|-------|----|
| 流量 (m <sup>3</sup> /h)    | 840.2 |    |
| 扬程 (m)                    | 246   |    |
| 温度 (°C)                   | 315   |    |
| 介质密度 (kg/m <sup>3</sup> ) | 934   |    |
| 入口压力 (MPa)                | 0.18  |    |
| 出口压力 (MPa)                | 2.228 |    |
| 转速 (rpm)                  | 1490  |    |

#### 1.2、设备背景

该装置三台油浆泵是国外某公司专门为中煤榆林研制, 价格昂贵。2014 年 7 月该装置建成投产, 油浆泵运行后出现了振动大、机封泄漏、衬里磨损严重等情况。在不到一年时间里, 中煤榆林的备件衬里全部用完, 进口备品备件生产周期达 8 个月之久。在 2015 年年底, 装置面临着停工的风险。中煤榆林通过设计院联系到国内企业对备件进行了国产化。彻底解决进口备件供应周期跟不上的局面。

#### 1.3、研发背景

虽然在备件上解决了供货问题, 但是进口泵在设计之初, 存在一些隐患, 造成后期设备振动大, 机封容易泄漏等情况。中煤榆林向国外企业反馈了现场油浆泵出现的问题, 未得到有效的解决方案。

油浆泵整机国产化的研制, 可以针对性的解决目前存在的问题, 缓解榆林能源对外配件的依赖程度, 保证中煤榆林 DCC 装置的安全、稳定运行, 同时可以在很大程度上降低运行成本。

DCC 装置中的循环油浆与炼油催化裂化(FCC)装置的油浆泵相比具有扬程高、功率大的特点。该泵国产化研制成功后, 不仅可以使装置稳定运转、节省大量外汇, 同时还可以推动国内 DCC/FCC 装置重要装备的发展以及填补大型油

浆泵在国内的空白。

## 二、两级全衬里油浆泵的研制主要特点

### 2.1、外壳承压，内泵体衬里耐磨功能

泵体外壳为力学性能较好的 WCB 材料，内衬里采用高温耐冲刷的材料制成，内衬里与外泵壳在进出口管端面通过金属缠绕垫进行密封。内衬里在进出口压差大的部位通过填料密封进行密封。衬里其它部位通过金属对金属面定位贴合安装。在开车前暖泵的过程中，介质通过间隙进入到外泵壳与内衬里间的腔体，泵体逐渐升温。保持泵体上下左右的温差不超过 30℃，外泵壳的温度达到 250℃ 以上后可以启动油浆泵。油浆泵在运行时，外泵壳与内衬里腔体间充满静态且温度相对低的暖泵介质，是外泵壳与内衬里的温度过渡区。

### 2.2 转子、外泵体、内衬里向非驱动侧轴向膨胀

图 1 为 BB2 结构两级双壳体全衬里油浆泵，转子由驱动侧轴承箱内的成对角接触球轴承径向及轴向定位，非驱动侧轴承箱内为径向轴承，转子向非驱动侧热膨胀浮动。泵体在驱动侧下方通过定位销定位，固定到底座上，非驱动侧有一导向槽，保证沿轴向伸缩，同时保证设备联轴器的对中。内衬里在驱动侧通过螺栓轴向固定到泵盖上，径向在泵盖机封处通过止口定位，非驱动侧在泵体机封腔前台阶径向定位，内衬里在外泵壳内沿着泵轴线向非驱动侧自由膨胀浮动。

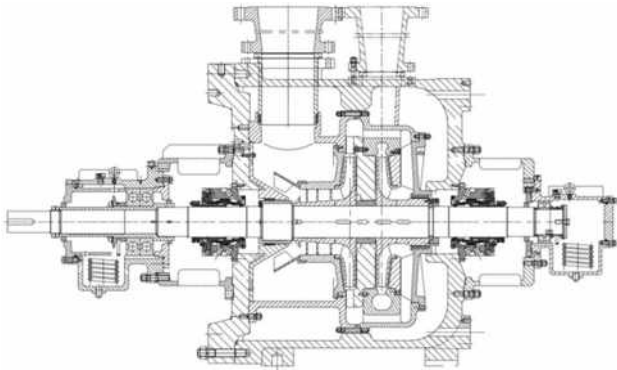


图 1、两级双壳体全衬里油浆泵

### 2.3 空间过渡流道及背靠背叶轮结构

经首级叶轮流出的介质进入到导叶，导叶实现了部分动能的转化，然后介质通过空间流道过渡到次级叶轮的进口。为了消除次级叶轮进口流体的预旋，次级叶轮前增加了径向导流板结构，然后进入到次级叶轮，经次级叶轮做工后进入到次级蜗壳，最后到泵的出口。叶轮为背靠背布置的结构形式，轴向力完全平衡。同时能够降低非驱动端密封腔压力，减少冲洗泵出口压力，增加密封可靠性，提高密封使用寿命。

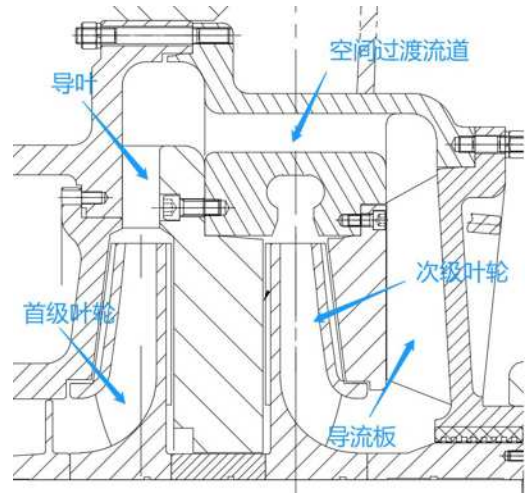


图 2、空间过渡流道及背靠背的叶轮安装

### 2.4 特殊的水力设计

采用宽叶轮窄壳体流道的设计方法，从首级叶轮流出的介质平滑过渡到导叶，能量损失比较小，同时导叶的冲刷也小，而且导叶结构转子的径向力比较小。次级叶轮与次级蜗壳的入口宽度尺寸基本相同，也有利于减小阻力。水力设计后运用计算机对泵内部流场进行模拟，根据内部流态优选水力模型，减少内部冲刷，提高设备运行的可靠性；

### 2.5 不同材料的组合衬里结构

由于油浆中带有金属催化剂颗粒，对泵体衬里造成很大的冲刷磨损。针对出现的此类问题，将油浆泵衬里进行分解，把重点磨损部位的材料加工成高铬铸铁 BTMCr25Ni2，其余磨损轻的部位选用超级马氏体不锈钢 CA6NM，通过螺栓固定到首级衬里上，针对次级衬里衬板磨损严重部位也按照高铬铸铁 BTMCr25Ni2。

表 2 化学成份

| 试件材料                      | 化学成分 (%)        |          |          |            |            |                 |                 |                 | 残余元素     |           |          |
|---------------------------|-----------------|----------|----------|------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------|----------|
|                           | C               | Si       | Mn       | S          | P          | Cr              | Ni              | Mo              | Cu       | V         | W        |
| AS<br>TM<br>CA<br>6N<br>M | ≤<br>0.06       | ≤<br>0.8 | ≤<br>1.0 | ≤<br>0.025 | ≤<br>0.035 | 11<br>~<br>13.5 | 3.5<br>~<br>5.0 | 0.4<br>~<br>1.0 | ≤<br>0.5 | ≤<br>0.05 | ≤<br>0.1 |
| BT<br>MC<br>r25<br>Ni2    | 2.0<br>~<br>2.4 | ≤<br>0.7 | ≤<br>1.0 | ≤<br>0.04  | ≤<br>0.04  | 23<br>~<br>26   | 2.0<br>~<br>2.5 | ≤<br>0.3        | ≤<br>0.5 |           |          |

CA6NM 高温下综合力学性能良好，BTMCr25Ni2 硬度高，耐磨性强，脆性高，较小的温差变化就容易开裂。

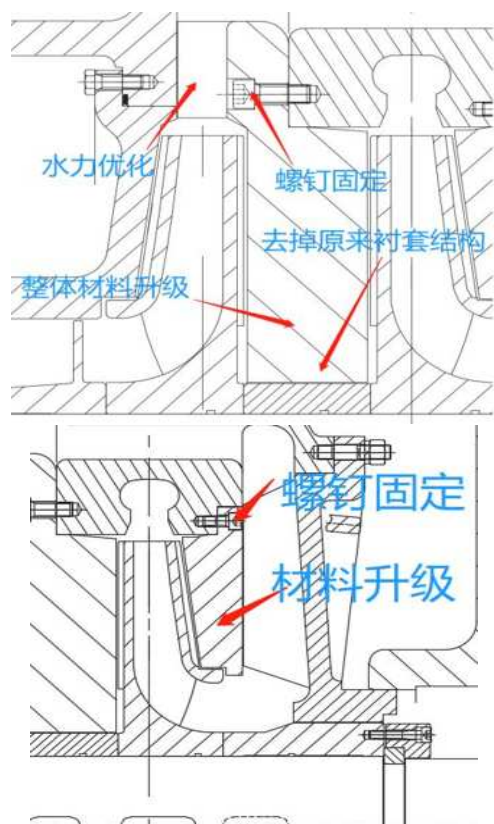


图 3、不同材料的组合衬里结构

### 2.6 背叶片密封形式

该介质中含有大量固体催化剂颗粒，采用传统的口环结构则会出现口环磨损快，衬里及叶轮寿命短的问题。因此，该泵叶轮采用背叶片密封结构，该结构能够将密度较大的催化剂颗粒甩到流道处，减少出口回流磨损，并平衡轴向力。从而实现延长衬里及叶轮使用寿命的目的。

### 2.7 级间衬套处带有缓冲腔

正常工作时，介质通过级间衬套从次级叶轮的腔体进入到首级叶轮的腔体，在进入首级叶轮腔体前设计一个腔体，高压的介质通过级间衬套后，在缓冲腔内膨胀，然后再到首级叶轮的背叶片处。这样可以减少对首级叶轮盖板处的冲刷。

### 2.8 转子上叶轮的安装定位

叶轮轴向定位为轴肩及卡环结构，安装后叶轮轴向存在

微小间隙，能够避免高温下叶轮和轴的线胀系数不同引起轴的弯曲。

## 三、两级全衬里油浆泵的使用效果

### 3.1、设备及装置的运行情况

该设备投运以后，研制泵的振动为 1.2mm/s,同位号的进口设备在 3.0 mm/s, 振动方面优于进口设备。次级密封腔的压力仅为 1.1Mpa 左右，进口设备次级密封腔压力为 2.2MPa 左右，机封压力降低，进口设备机封出现的问题得到彻底解决。为装置长周期安全运行提供了可靠的保障。

### 3.2、经济及社会效益

研制设备的费用仅为进口设备的 40%，后期易损件的价格也不到进口备件的一半。同时，供货周期缩短一半。同时彻底解决国外企业卡脖子的风险，培育了国内相关产业的协同发展。

### 参考文献：

- [1]施俊侠, 油浆泵的设计与探讨 525000
- [2]D.Clark,C.Abbott 著 张荣歧 摘译, 提高油浆泵的寿命
- [3] 陈高贵、郑鸿伟, 油浆泵的振动原因分析与处理
- [4] 于海明、石志强、陈琳等 油浆泵泵体破裂原因分析
- [5] 关醒凡, 现代泵技术手册, 宇航出版社
- [6]易超、朱铁光、胡学文等, 炼油企业泵振动故障诊断
- [J]石油化工设备技术, 2006,27(2): 62-64
- [7]何彬学、李延海, 油浆泵机械密封泄漏原因分析及改造
- [8]李旺, 惠州炼化催化油浆泵机封泄漏原因分析与改善。
- [9]占梁梁、张克危、刘伟超, 渣浆泵背叶片密封的 CFD 分析

作者简介：葛帝宏（1985-），男，汉族，甘肃会宁人，本科，中级工程师，研究方向：化工机械设备研发。