

淤浆输送泵防聚料设计与研究

滕海龙¹ 蔡国娟² 李岚翔¹ 杨孟¹

1.合肥华升泵阀股份有限公司 安徽合肥 230000

2.中国石油化工股份有限公司天津分公司 天津 300000

摘要: 淤浆法聚乙烯装置介质含有大量的聚乙烯粉末,淤浆输送泵在输送浆料时容易发生“聚料”、“拉丝”现象。通过控制调整泵体内介质流速、过流部件表面粗糙度、叶轮与泵体衬里的间隙,合理选择叶轮设计参数实现泵性能与管阻特性最佳匹配,能够有效解决此类问题的发生。

关键词: 聚乙烯淤浆输送泵; 悬浮液泵; 陡降性曲线; 聚料; 拉丝

Design and research of anti-aggregate material for slurry conveying pump

Hailong Teng¹, Guojuan Cai², Lanxiang Li¹, Meng Yang¹

1. Hefei Huasheng Pumps & Valves Co.,Ltd, Hefei, Anhui, 230000

Sinopec Tianjin Branch, Tianjin, 300000

2. Sinopec Tianjin Oil Products Company, Tianjin, 300000

Abstract: The slurry method polyethylene device contains a large amount of polyethylene powder in the medium. During the transportation of the slurry, the slurry transfer pump is prone to "material agglomeration" and "drawing" phenomena. By controlling and adjusting the flow rate of the medium inside the pump body, the surface roughness of the flow components, and the clearance between the impeller and the pump body liner, and selecting the appropriate design parameters for the impeller, the optimal match between pump performance and pipe resistance characteristics can be achieved, effectively solving such problems.

Keywords: Polyethylene slurry pump; Suspension pump; Steep drop curve; Aggregate; drawing

淤浆聚合工艺反应器目前有管式反应器和釜式反应器两种形式,管式反应器的代表有 Phillips 公司的 Phillips 工艺、INNOS 公司的 Innovene S 工艺(图 1)及杭州双安科技的国产工艺。

从图 1 管式反应器工艺流程中可以看出,物料在管式反应器反应后经悬液分离器分离。从悬液分离器顶部分离出的介质通过淤浆输送泵增压后返回至管式反应器内。正常情况下淤浆的固含量约 20%wt。在悬液分离器出现堵塞或故障的情况下,淤浆输送泵输送浆料固含量高达 40%wt 左右。

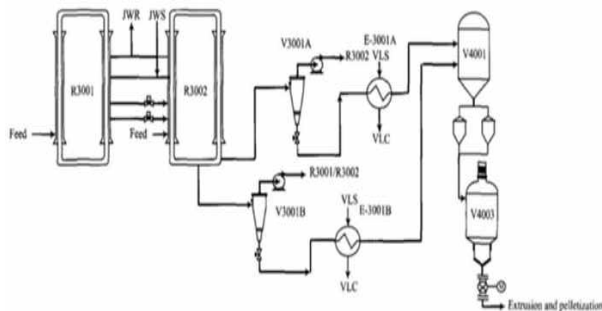


图 1 典型环管法生产聚乙烯工艺

国内某企业管式反应器聚乙烯装置淤浆输送泵采用某进口品牌设备,为单级单吸悬臂结构,泵体为双蜗壳形

式。现场使用的过程中,泵体流道很容易发生聚料,每年出现三至四次;由于泵体双流道结构,很难清理,现场同个火焰加热的方式清除流道内的聚合物。融化后的聚聚乙烯又影响了流道表面的粗糙度,加剧了聚料的发生,形成了恶性循环,严重影响到装置长周期的运行。

表 1 淤浆输送泵工艺参数

设备位号	介质	温度 (°C)	进口压力 (MP aG)	出口压力 (MP aG)	流量 (m ³ /h)	扬程 (m)	泵转速 (rpm)
P-3003 A/B	PE 浆料	108	3.8	4.42	130	126	2950

釜式反应器淤浆聚合工艺的主要代表有德国 Basell 公司的 Hostalen 工艺、日本三井油化公司的 CX 工艺及中石化上海工程公司的国产工艺。

该工艺条件下淤浆输送泵是将前段釜式反应器内浆料输送至后段的反应器中,淤浆的固含量较高(达 40%wt),聚乙烯颗粒粒径 ≤ 0.6mm,相对于管式反应器工作压力低。

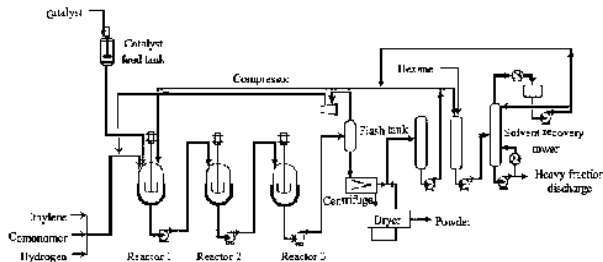


图 2 典型釜式反应器流程图

针对现场两种反应器所使用的淤浆输送泵发生聚料故障。结合现场操作方式,在生产制造过程中通过如下四个方面进行优化处理:

- a)流速的控制;
- b)避免流道内物料聚集;
- c)泵的高效点与装置工况相匹配;
- d)过流部件表面粗糙度的处理;

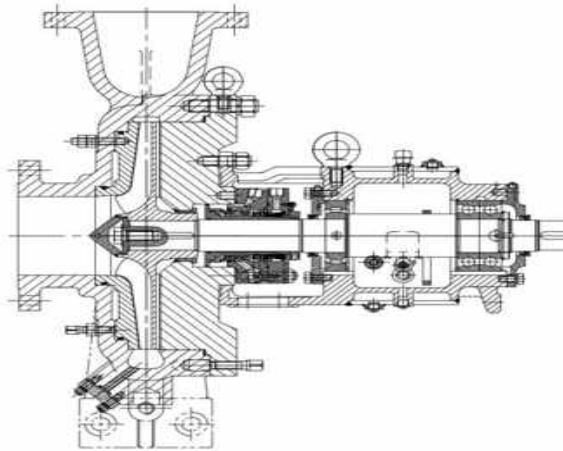


图 3 典型淤浆输送泵结构图

一、流速的控制

正常情况下管径 $\leq 200\text{mm}$ 介质管路,参照国内外实际设计经验,临界流速参照表 2 数值进行选取。

表 2 管路临界流速

浓度 C_w (%)	固体颗粒平均粒径 d (mm) ($\gamma < 2.7$)				
	≤ 0.074	$0.074 \sim 0.15$	$0.15 \sim 0.4$	$0.4 \sim 1.5$	$1.5 \sim 3.0$
1~20	1.0	1.0~1.2	1.2~1.4	1.4~1.6	1.6~2.2
20~40	1.0~1.2	1.2~1.4	1.4~1.6	1.6~2.1	2.1~2.3
40~60	1.2~1.4	1.4~1.6	1.6~1.8	1.8~2.2	2.2~2.5
60~70	1.6	1.6~1.8	1.8~2.0	2.0~2.5	

根据上表中的数据,通过数理统计与回归分析,得到临界流速的经验公式:

$$V_L = 2.5C_w^{0.27}d^{0.19}$$

为了避免泵体流道内部物料出现沉降,泵体内所有部位介质流速应大于临界流速 V_L ,同时泵在管路中的流速 $V \geq 1.3 V_L$ 。

二、避免流道内物料聚集

2.1、叶轮中心为叶轮螺母,外形采用圆锥形结构,型线与叶轮盖板流线相匹配,对进入叶轮的聚乙烯浆料形成一个渐变的导向,最大可能减少物料在叶轮入口处的聚集。叶轮帽通过反向螺纹连接到叶轮轮毂处,防止松动。

2.2、泵体优化设计

尽可能提高泵体流道的平滑性,参考油浆泵泵体的设计理念,流道采用单蜗壳设计,减少流道表面粗糙度来减小聚乙烯颗粒的聚集。泵体衬里流道型线采用数控加工,保证与叶轮型线的贴合。泵体的排液结构参照柱塞阀相关结构,在泵体排液配对法兰盖上加一个柱销头,安装后填补了排液口处的凹坑,柱销顶部高出泵体内部流道的部分,通过打磨去除材料的方式,保证内部流道光滑平整过渡。

2.3 带有锥形腔的泵盖

淤浆输送泵叶轮采用开式结构,带有背叶片,叶轮与泵盖之间间隙约 1.5~2.0mm。当泵运行时,带有聚乙烯颗粒的浆料在背叶片的作用下随叶轮旋转,聚乙烯颗粒在离心力的作用下向外进入到泵体流道;微量的聚乙烯颗粒进入到泵盖锥形腔内;聚乙烯颗粒在离心力的作用下滑到叶轮背叶片处,最终进入到泵体流道。同时从密封腔外部注入高压外冲洗液通过锥形腔体在离心力的作用下进入到叶轮背部,将腔体内的微量颗粒输送到泵体流道,随介质进入反应器的下一阶段。减少聚乙烯物料在泵盖处的聚积。

2.4 叶轮与泵体衬里间隙选择与调节

输送浆料中较大的颗粒进入到叶片与泵体、泵盖之间的间隙,在相对高的线速度下,固体颗粒卡在间隙部位,并随叶片旋转产生摩擦,产生高温将其融化,出现所谓“拉丝”现象。而且随着流道表面的光洁度的破坏,聚料的情况会急剧恶化。为避免出现此问题,设计中将叶轮叶片尖角部位全部倒圆,减少颗粒卡料的情况,同时调节叶轮与泵体、泵盖之间的间隙,使其大于固体颗粒的最大直径,从而有效避免固体颗粒的卡料。

三、泵的高效点与装置工况相匹配^[9]

淤浆输送泵在运行时,为了防止物料在管路中聚积,出口流程管线阀门处于全开状态。这就要求淤浆输送泵的设计参数与管阻完全匹配。实际生产中,泵运行的工况点是泵的特性曲线与管路管阻特性曲线相匹配的一个交点。

正常情况下,管路的管阻特性曲线随物料粘度、温度等变化而变化。淤浆输送泵的特性曲线上从额定点到关死点扬程升量越大(>20%),在动态管阻变化时,与泵匹配后运行点流量变化范围越小,轴功率变化越小^[3]。同时,泵特性曲线与管路特性曲线相匹配的点正好位于泵的最高效率点左侧,泵在优先工作区间运行时,浆料在泵体内的漩涡、回流最低,即不存在速度为零的点,从而有效减少物料的聚集。

3.1 淤浆输送泵陡降特性曲线的决定因素

a、叶轮出口宽度的选择^[7]

叶轮出口宽度 b_2 越小,流体在叶轮内部的流动更加稳定,出口区域流速分布更加均匀。同时泵特性曲线陡降性越明显。

$$b_2 = K_{b2} \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

其中, $K_{b2} = 0.64 \left(\frac{ns}{100}\right)^{-5/6}$

b、叶片出口角的选择^[4]

叶轮叶片的数越少,出口角越小,扬程从最高效率点到关死点升量越大,运行时流量变化范围越小,淤浆泵与现场管路管阻匹配性更佳。

c、叶片数及结构的选择^{[6][8]}

泵在偏工况运行时,在叶轮的进口和出口处出现漩涡,这种漩涡存在速度为零的区域,是造成淤浆输送泵堵塞的重要因素。叶片数量相对较少的叶轮,内部流道变化比较大,为了使叶轮流道变化趋势小,通过增加叶轮叶片的包角,降低偏工况运行时叶轮内部的回流,减少漩涡的产生,可以有效避免泵体内物料聚积。

四、过流部件表面处理

泵体及其衬板的表面粗糙度是浆料聚积的关键因素。泵体在毛坯状态下对其内部流道进行电解抛光,表面粗糙度达到 $Ra6.4 \mu m$,加工完成后进行手工抛光,过流部位表面粗糙度达 $Ra0.8 \mu m$ 。叶轮为开式或半开式结构,内部流道进行手工抛光处理,表面粗糙度和泵体相同。泵体衬板为

机加工表面,机械抛光后粗糙度可达 $Ra0.4 \mu m$ 。通过优化过流部件表面的粗糙度,可以有效降低流道内固体颗粒的聚料及拉丝现象。

五、结语

针对目前淤浆法聚乙烯装置淤浆输送泵存在的聚料问题,通过对泵内流速控制、提高过流部件表面的粗糙度、消除泵流道内的流动死区、调整叶轮与流道部位间隙、选择叶轮水力参数实现泵性能与管阻特性的最佳匹配,降低淤浆输送泵腔内聚乙烯颗粒的“聚料、拉丝”,为设备长周期连续稳定运行提供保障。

参考文献:

- [1] 严敬, 叶轮几何参数对不同比转速离心泵性能的影响 [J] 水泵技术 1994 (4) 17-19.
 - [2] 李文广编译.工业用离心泵设计与应用甘肃工业大学水力机械教研室.
 - [3] 何希杰、劳学芬 离心泵性能曲线稳定判据 石家庄杂质泵研究所 050011.
 - [4] 吴贤芳、谈明高、刘厚林等, 叶片出口角对离心泵性能曲线形状的影响, 江苏大学流体机械工程技术研究中心, 江苏 镇江 212013.
 - [5] 尚勇、刘小兵、曾永忠, 叶片数对离心泵性能影响的数值模拟及试验对比.
 - [6] 万伦、宋文武、罗旭等 叶轮出口宽度对离心泵非定场性能的影响 TV136+2;TH311.
 - [7] 戴菡葳、刘厚林、丁剑等, 离心泵叶轮出口宽度对泵腔内压力脉动分布的影响[J].排灌机械工程学报, 2015,33 (1) :20-25.
 - [8] 葛书亭、宋文武、符杰等, 叶片包角对低比转速离心泵性能的影响[J].水泵技术, 2015 (05); 13-16,20.
 - [9] 谈明高, 离心泵能量性能预测的研究 [D],镇江: 江苏大学, 2008.
- 作者简介: 滕海龙, 男, 汉族, 甘肃白银人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 化工机械产品研发。