化工流程泵结构与特点

石海峡[1]，殷为民[2]，何玉杰[1]，李 强[1]
(1. 江苏大学 流体机械工程技术研究中心, 江苏 镇江 212013; 2. 丹化集团醋酐化工有限公司, 江苏 丹阳 212300)

摘 要：化工流程泵已被广泛应用在石化装置上。ZA型、ZE型化工流程泵是我国石油化工生产装置中应用最多最广的单级单吸悬臂式流程泵。依据API 610第7版标准,综合介绍了ZA型、ZE型化工流程泵的性能和使用范围;阐述了其系列规格、结构和特点以及水力特性;详细介绍了常用的适用于介质端密封、串联密封和双端面密封结构型式的4种机械密封辅助系统。为适应石化行业的巨大需求,提出化工流程泵的研发、设计和选型应符合API 610的最新标准,我国工程师们必须自主研发各种系列规格的化工流程泵,以推动我国化工流程泵的完全国产化。

关键词：化工流程泵；API 610标准；结构与特点；机械密封辅助系统
中图分类号：TE864 **文献标识码**：A **文章编号**：1005-6254(2007)01-0065-04

Discussion on chemical process pump

SHI Hai-xia[1], *YIN Wei-min*[2], *HE Yu-jie*[1], *LI Qiang*[1]
(1. Technical and Research Center of Fluid Machinery Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China; 2. Acetic anhydride Chemical Engineering Co., Ltd. of Jiangsu Danhua Group Co., Ltd. Danyang, Jiangsu 212300, China)

Abstract: Chemical process pumps of model ZA and ZE are single stage single suction cantilever type process pumps, which are widely used in petrochemical plants. According with 7th edition of API 610 standard, the performance and scope of application of chemical process pumps of model ZA and ZE are introduced, including series specifications, structural characteristics, hydraulic characteristics, and auxiliary system of common mechanical seal.

Key words: chemical process pump; API 610 standard; structure and characteristics; auxiliary system of mechanical seal

化工流程泵是石油化工行业应用最广泛的泵型,并执行美国石油学会规范——API 610《石油、重化学和天然气工业用离心泵》。随着化工流程泵的广泛应用以及API 610标准的广泛接纳,国际标准化组织也采纳了API 610标准,给予标准号为ISO 13709。

最新版的API 610是2004年发布的第10版(我国在2006年编译发行),由于API 610标准修订周期比较短,泵制造厂家在系列产品开发、工艺编制、成本核算等方面的原因,很少能同步采用最新标准[1]。只有少数厂家采用API 610标准第8版,大多数厂家采用的是第7版,甚至是第6版。

笔者介绍的化工流程泵是执行API 610标准第7版的,我国应用最广的单级单吸悬臂式流程泵,是在石油化工生产装置中应用最多的ZA,ZE型系列流程泵。

1 使用范围

1.1 性能范围

国际标准ISO 2858中规定了单级、单吸、悬臂式

收稿日期：2006-03-27
基金项目：江苏省科技发展计划资助项目(BM2002805)；江苏大学基金资助项目(BG2006024)
作者简介：石海峡(1969-),女,吉林公主岭人,副教授,主要从事特殊离心泵设计技术的研究。
殷伟民(1970-),男,江苏丹阳人,高级工程师,主要从事化工设备管理方面的研究。

离心泵的基本参数,但由于型谱范围的限制,不能完全满足石油化工装置的生产需要。ZA,ZE 型流程泵的性能范围完全覆盖了 ISO 2858 标准规定的性能参数,泵的系列规格更多,应用的范围也广。化工流程泵的流量和扬程优选数的采用与 ISO 2858 标准一致,流量的优选数为 2,扬程的优选数为 1.6[2]。化工流程泵的流量范围为 7 ~ 2 000 m^3/h,最高扬程为 250 m,转速有 1 475 r/min 和 2 950 r/min 两档,也可用到 60 Hz 电源上,性能范围还能有所拓宽。

1.2 温度、压力范围

ZA 型泵是地脚支撑结构,对应 ISO 2858 标准中的 OH1 结构,温度范围 -20 ~ 180 ℃,最高工作压力为 2.5 MPa。ZE 型是中心线支撑,对应标准中的 OH2 结构,温度范围 -80 ~ 450 ℃,最高工作压力为 5.0 MPa。最大的允许工作压力要考虑到温度对材料机械性能的影响,在高温场合下,材料机械性能有所降低。

工作温度下的最高工作压力参考相关标准 HG 20625 —97(美洲体系);如果化工流程泵压力等级采用国际标准等级,工作温度下的最高工作压力可以采用标准 HG 20604 —97(欧洲体系)。

2 化工流程泵的结构与特点

2.1 系列规格

该系列的典型结构参见图 1。整个系列采取的规格处理方式与我国 IH 型化工离心泵不同。在 IH 型泵中,把 2 950 r/min 的规格直接降速用于 1 450 r/min 的规格,而化工流程泵采用低速和高速两种不同的规格。整个流程泵系列一共有 74 种规格,其中 2 950 r/min, 3 550 r/min 共 28 种规格; 1 475 r/min,1 775 r/min 共 56 种规格,其中只有 10 种规格的高速泵和低速泵是同一泵型。

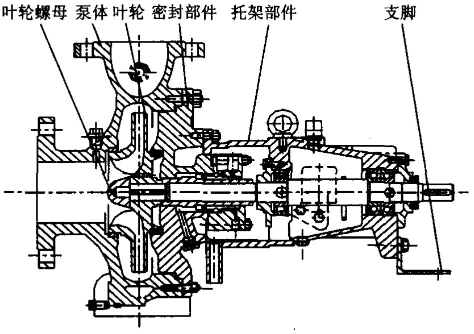


图 1 典型的化工流程泵结构

2.2 结构与特点

化工流程泵系列采用 8 种机座,轴径从 25 mm 到 90 mm,经济性上非常可取,但小规格泵机座显得有点单薄。

相比而言,北美流程泵机座规格少,一般采用小、中、大和特大 4 种机座,并且轴径也较粗。小规格机座轴径为 60 mm。

系列化方面,化工流程泵一共有 46 种规格的泵体和叶轮,54 种规格的泵盖(串联、单端面和双端面密封共有 108 套)与 8 种规格的机座,可以组合成 74 种规格流程泵。

机座有外翅片散热、风冷和水冷 3 种结构,可以适应不同温度和功率的要求。而北美流程泵一般只采用内翅片换热器的结构型式。

2.3 叶轮名义直径及优选数

叶轮名义直径的最小直径为 160 mm,最大直径为 630 mm,中间采用优选数 1.25。叶轮直径的优选数和 ISO 2858 标准规定一致,但叶轮名义直径取消了 ISO 2858 标准中规定的叶轮名义直径 125 这一档。低扬程的叶轮名义直径不足以采用切割叶轮直径来达到。最大的叶轮名义直径由 ISO 2858 规定的 400 mm 扩充到 630 mm,高扬程的区域大大拓宽了。

2.4 叶轮切割的特点

对于叶轮切割,为了保证较高的效率,一般不推荐切割量过多。国内一般按照切割量与叶轮外径比值为 0.07 ~ 0.2,高比速泵要求切割量要小。但化工流程泵整个系列切割量都超过了最大值,有些规格切割量与叶轮外径的比值达到 0.26[3]。由于化工流程泵的工艺参数要求不同,流程泵为了适应这种现状,采取扩大使用范围的措施。

3 流程泵的水力特色

叶轮、泵体的前后口环采用相同的尺寸,轴向力不能完全平衡,但保证了零件的通用性。残余的轴向力由向心推力球轴承承担。轴承承担一定的轴向力也能改善泵的刚度,提高转子的临界转速。

平衡径向力的措施只在大流量泵中采用,在泵出口口径大于 80 mm 时采用双蜗壳结构。

叶轮设计采用从进口到出口完全扭曲的型式,允许有 3 次切割,最大切割比为 0.2[4]。

同一个性能规格泵,低速泵和高速泵可能采用不同的托架配置;叶轮轴径不等,仍然共用一个叶轮模具。所以在某些低速泵中,叶轮轮毂就显得有点

不相配。

4　常见的机械密封辅助系统[5]

机械密封辅助系统是化工流程泵的重要组成部分,这里主要介绍 4 种机械密封的辅助系统,适用于介质端密封、串联密封和双端面密封的结构形式。

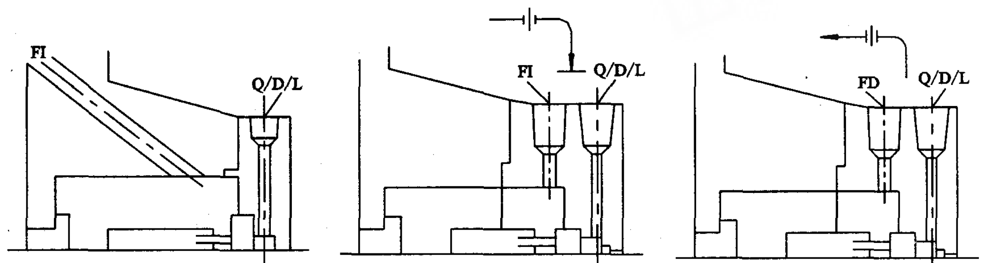
4.1　辅助系统 I

辅助系统 I 有 3 种形式,参见图 2 a, 2 b, 2 c。

方案 1 是泵后盖处到机械密封面的内部循环方式。适合于:介质端密封,输送清洁液体,应有足够的内部循环量,叶轮一定用带后口环和平衡孔的结构。立式泵一般不采用。

方案 11 是泵出口经流量控制孔板到机械密封面再到泵进口的外部循环方式。适合于:介质端密封,输送清洁液体及易汽化介质的加压。立式泵一般不采用。

方案 13 是循环液从密封室进入流量控制孔板再到泵吸入口的逆循环方式。适合于:介质端密封,易汽化介质,回液管最好回到进口贮液罐的汽相部分。

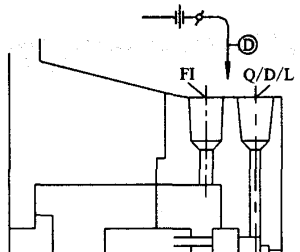


(a)方案1　(b)方案11　(c)方案13

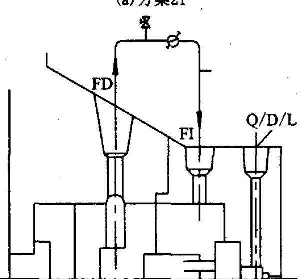
图 2　辅助系统 I 的 3 种方案示意

4.2　辅助系统 II

辅助系统 II 有两种结构形式,参见图 3 a,3 b。



(a)方案21



(b)方案23

图 3　辅助系统 II 的 2 种方案示意

方案 21 是从泵的出口经流量控制孔板、热交换器进入密封腔的方式。适合于:清洁的介质,介质温度高,介质温度达到了机械密封规定的上限。

方案 23 为介质端密封腔内的循环方式,并经冷却器冷却。适合于:温度非常高的介质,机械密封内必须有循环螺旋泵,机械密封腔体应为隔热结构。

4.3　辅助系统 III

辅助系统 32 参见图 4。

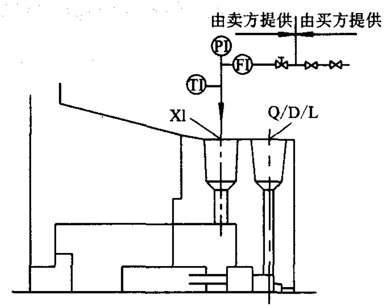


图 4　辅助系统 III 的方案 32 示意

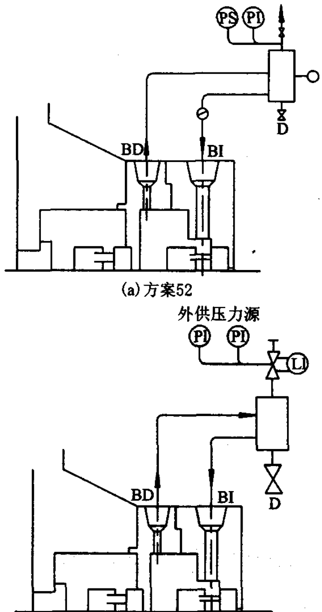
外部供液冲洗机械密封后进入主回路。适合于:高温介质的冷却冲洗,易汽化介质的冲洗,含有固体颗粒的介质冲洗。应注意:要避免高温介质冲洗使介质汽化,冲洗液与母液相溶但不污染母液。

4.4　辅助系统 IV

辅助系统 IV 有两种形式,参见图 5 a,5 b,适合输送特殊介质,缓冲液应是强制循环的。

方案 52 适合于:串联机械密封,高压、高温、有毒介质。目前大多数采用热虹吸循环的型式。缓冲液压力应比介质端密封腔压力低,要定期检查缓冲罐压力,压力大于规定压力时,应及时放气或排出一

部分缓冲液。



(a) 方案52

(b) 方案53

图5 辅助系统Ⅳ的2种方案示意

方案53的外部缓冲液应有外接压力源。适用于:输送腐蚀性强,有剧毒,易汽化的介质,一般为双端面机械密封的结构型式,常用氮气加压,压力高于密封腔压力0.05～0.1 MPa,缓冲液和母液要相溶并对母液没有污染;热虹吸是目前应用较多的结构。缓冲液有损耗,一般采用双罐结构型式,一个罐为工作罐,另一个罐是补充罐;也可采用缓冲罐外加小型手动柱塞泵的形式,以定期加注缓冲罐。介质端机械密封是高压时,也常采用这种方案。缓冲罐的压力一般是介质端密封腔压力的1/2或略低,两级机械密封共同承担高压。

5 结 论

化工流程泵越来越广泛应用于石油化工装置中。由于使用场合的多样性,对流程泵的要求也有所不同,合理地设计和选用流程泵及辅助系统,对泵及设备的安全性、可靠性是至关重要的。为适应石油化工行业的巨大需求,工程师们应参照API 610的标准,规范开发各种系列化工流程泵,使化工流程泵系列更拓展、更完善,使用范围更宽广,推动我国化工流程泵的完全国产化。

参考文献(References)

[1] 朱庆高,刘海龙,班允吉. API 610第七版和第八版之间的差异[J]. 排灌机械,2004,22(3):41-46.

[2] ISO 2858—1975,轴向吸入离心泵(16bar级)——标记、额定性能点和尺寸[S].

[3] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京:宇航出版社,1995.

[4] 沈阳水泵研究所,中国农业机械化科学研究院. 叶片泵设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,1983.

[5] ISO/CD 13709,API 610,石油、重化学和天然气工业用离心泵[S]. 沈阳:沈阳水泵研究所,2003.

(责任编辑 张文涛)