炼油装置大型化动设备选型若干问题探讨

李　立　吴广宇（中石化广州工程有限公司设备室，广东　广州　510620）

摘　要：动设备被誉为炼油装置的心脏，十分关键。随着炼油装置的大型化，炼厂动设备的选型也遇到了很多新的问题，本文就炼油装置规模大型化带来的动设备选型若干问题进行探讨分析，为后续大型炼厂的炼油装置的动设备选型提供参考。

关键词：炼油装置；大型化；动设备；选型

0 前言

近年来炼油装置规模逐步扩大，新建炼油装置规模可达 2000 万 t/a，常减压装置单系列 1600 万 t/a，催化裂化装置达到 450 万 t/a、重整装置达到 380 万 t/a、加氢裂化装置达到 400 万 t/a、芳烃的 PX 装置达到 240 万 t/a 等。本文针对炼油装置大型化后的泵、往复压缩机、离心压缩机、膨胀机等的选型存在若干问题进行探讨。

1 离心泵

炼油装置的大型离心泵主要集中在常减压、加氢、PX 等装置，其中常减压装置的离心泵主要是高温、易腐蚀和易汽蚀等问题，加氢装置主要是高扬程的多级离心泵的选型，PX 装置离心泵主要是流量和扬程同时过大的问题。

1.1 常减压装置

以单系列 1000 万 t/a 常减压装置为例，建议常压塔底泵、减压塔底泵选用 API610 规定的 BB2 泵型，转速尽量选用 1500rpm 水力模型。对于减压塔底泵，如选用 3000rpm 水力模型，应保证足够的泵 NPSHr，同时根据现有管道布置，对入口管线的管道损失进行计算，以避免气蚀。

泵的选材方面，如果只考虑高硫，选用 API610 规定的 C-6 等级即可满足使用要求。如果同时考虑高硫和高酸，泵体和叶轮可选用 316L 或 317L，参考 SH/T 3129 和 SH/T3096 标准推荐，轴材质从强度上来说 XM-19 优于 304 或 316。处在环烷酸腐蚀区间的泵（218℃-400℃），过流部件材质 Mo 含量建议控制在 2.5% 以上。1000 万 t/a 常减压装置的泵组，国内泵制造厂已具备设计及生产加工能力。

1.2 加氢装置

加氢装置以蜡油加氢裂化为代表，泵的主要选型难点在加氢进料泵（API 规定的 BB5 泵型）。蜡油加氢裂化装置由于工艺的循环方式不同，进料泵参数差别较大，具体参数见下表：

表 1　进料泵参数及选型表

装置规模	流量	扬程	转速	级数	功率	制造厂	专利商
万 t/a	m^3/h	m	rpm		kW	- 泵型	
300	494	2209	4145	8	3200	FLOWERVE-HDO	UOP
260	649	2697	4200	10	5039	EBARA-HDB	SHELL
400	641	2136	4500	7	4049	SULZER-CP	UOP
350	973.9	2180	4500	5	5848	FLOWERVE-HDO	UOP

从上表中可以看出，进料泵的单级叶轮扬程一般不超过 300m，但个别单级扬程可达 436m，且已有运行业绩。进料泵的级数一般不超过 10 级，流量大于 $300m^3/h$ 转速可不超过 5000rpm（含渣油加氢装置进料泵）。

蜡油加氢、柴油加氢等进料温度比较低的加氢进料泵材质可选用 API610 规定的 S-6 材质，渣油加氢进料泵的材质可选用 API610 规定的 C-6 材质。

鉴于国内企业的生产加工能力及合资企业的合作深度，目前内壳体水平中开的 BB5 泵的生产加工，也已经采用国外图纸，国内生产加工制造的模式来进行。也可选择国内有经验和实力的厂家进行国产化研发。

1.3 芳烃装置

芳烃装置中离心泵的难点在于采用吸附分离法的 PX 装置，以 200 万 t/aPX 装置为例，吸附塔循环泵和抽余液塔底泵的具体参数如下：

表 2　吸附塔循环泵和抽余液塔底泵参数

泵名称	流量	扬程	温度	转速	功率	制造厂
	m^3/h	m	℃	rpm	kW	
吸附塔循环泵	5410	216.4	135	1450	2770	FLOWSERVE
抽余液塔底泵	2760	184.4	260	1450	1100	FLOWSERVE

泵均选用 API610 规定的 BB2 型，材质为 API610 规定的 S-6 等级。吸附塔循环泵目前国内暂没有成功应用的水力模型，需要进口。抽余液塔底泵国内有成熟的水力模型，可以国产。

1.4 泵的驱动电机的选择

对于应用于 IIC 防爆区域功率大于 1000kW 的电机，建议选用增安型，空水冷，轴承选用滑动轴承，如采用自润滑方式，2 极电机的功率建议不大于 1000kW，4 极电机不大 1600kW。由于防爆间隙要求，轴承采用滚动轴承，2 极电机功率应小于 800kW，4 极电机不大于 1250kW。对于应用于 IIB 防爆区域由于 IIB 区域的隔爆型电机可以采用滑动轴承，建议 500kW 以上电机采用滑动轴承。如采用滚动轴承，自润滑，建议 2 极电机功率不大于 800kW，4 极电机不大于 1250kW。

1.5 大型高温泵自润滑轴承的选择

高温泵轴承应与泵体保持适当距离，以减少传导热和辐射热。轴承箱体可采用水冷，如有相当的使用经验，

也可采用风冷。高温泵轴承不宜采用油雾润滑，以保证冷却效果，图 1 为各种轴承型式的对比：


轴承距离泵体太近


轴承和泵体有适当距离


风冷高温泵轴承

图 1　各种轴承型式的对比

2 往复式压缩机

大型往复式主要用于各类加氢装置，目前 2000 万 t/a 的炼化装置，蜡油加氢裂化的装置规模可达 400 万 t/a，单系列常规渣油加氢装置规模可达 250 万 t/a，沸腾床渣油加氢规模可达 300 万 t/a，浆态床渣油加氢规模为 300 万 t/a，往复机许用综合活塞力以 100t 和 130t 为主，且存在多台往复机并联操作工况。大型多列往复压缩机应对进行扭转振动分析。

2.1 多台压缩机并联操作

多台往复机并联操作，机组的脉动分析计算组合工况太多，计算周期太长，需要与工艺密切配合，挑选几组经常运行的主工况进行计算，部分符合工况可暂不予以考虑。

2.2 大型机组检修方案

往复机大型化后，电机的功率也随之增加，国内大型往复机的驱动大部分采用增安型同步电机，电机检修时需要定子和转子一起起吊，对于 7000kW 以上的电机，检修重量需要 80t，甚至更大，降低压缩机厂房检修用起重机的起重量，可大大降低厂房投资。建议采用以下两种方案来降低最大检修件重量：

①采用活动可拆式压缩机顶棚，电机需要检修时，临时调用大型起重机起吊；②电机设计成可抽转子的型式，检修时可单独吊转子或定子。

2.3 联合供氢方案

对于同时新建多套反应压力差别不大的加氢装置，可考虑集中供氢以减少投资和占地。

3 离心式压缩机

催化裂化、焦化装置富气压缩机介质分子量较大，主要采用水平剖分式离心压缩机，加氢、重整装置离心压缩机介质主要为氢气，主要采用垂直剖分筒型结构。

3.1 压缩机和汽轮机匹配

随着装置规模的扩大，400 万 t/a 加氢裂化装置的循环氢压缩机组，其轴功率超过 10000kW，转速也超过 10000rpm，为功率转速双过万机组，炼厂常规的蒸汽参数为 4.0MPaG，400℃，此参数下如选用背压式汽轮机，会造成汽轮机流量过大，转速与压缩机匹配不好，效率下降较多的问题，可考虑选用凝汽式汽轮机。

3.2 叶轮及扩压器选型

随着装置规模的扩大和压缩机能头要求进一步提高，单级叶轮的输送能级很大，有的超过 2000kW 甚至更高，叶轮直径超过 1200mm，在这种情况下末级叶轮要尽量避免采用全高有叶扩压器，以避免出口气流的振动能量过大，造成管线振动。如受能头限制，必须采用，制造厂应在此领域有相当的业绩和实用经验。

3.3 多缸离心压缩机检修方案

重整增压机采用的是离心式筒型压缩机，分低压缸、中压缸、高压缸三个缸体，具体布置方案见图 2：

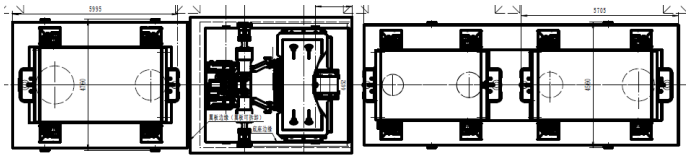

低压缸　汽轮机　高压缸　中压缸

图 2　重整多缸离心压缩机布置筒图

由于采用筒型压缩机，需要采用抽芯或者整体起吊方式检修。最优检修方案为先抽中压缸芯包，再吊中压缸筒体，最后再抽高压缸芯包，并非高压缸整体起吊，可以将最大检修件重量由 ~140t 降低到 ~60t。

4 轴流式压缩机

轴流机主要用于催化裂化装置的主风机和丙烷脱氢装置的再生空气压缩机，在 UOP 工艺的脱氢装置中，也有采用轴流机做产品气压缩机的一段压缩，其轴流机的干气密封方案已得到解决。脱氢装置的再生空气压缩机，可采用轴向进气，可有效缩短进气管线长度，降低压缩机的轴功率。对于催化裂化装置的能量回收机组，其主风机的进气方向仍需采用径向进气。

5 膨胀机

高入口压力膨胀机：为提高烯烃收率，大型炼化装置可能会设置一套 C1/C2 回收装置，分离处 C2 为乙烯供料。如采用高压分离工艺，分离压力约为 4.0MPaG，分离后的高压气体需减压至燃料气管网压力，约 0.7MPaG，可设置膨胀机来回收能量。该类型膨胀机可选用向心式膨胀机，流量调节采用入口导叶调整，用于直接发电或拖动适合的机泵。

6 结论

炼油装置规模的大型化，对动设备的选型带了挑战和很多不确定性，大型机泵的合理选型应综合考虑装置及工艺参数特点、机泵的可靠性、综合投资（包括管道、土建、仪表、电气等）、运行经济性、检修方案等因素，最终确定机泵方案。

作者简介：

李立（19800-），男，汉族，籍贯：河南洛阳人，学历：本科，高级工程师，研究方向：炼油化工动设备专业。