

真空蒸馏过程中 埃尔莫F型真空泵的节能问题

任 德 高 译

石油化学工业中迄今还只采用不经济的蒸汽喷射真空泵来产生去湿处理过程中的真空条件。与之相比，采用埃尔莫F型真空泵不仅具有工作可靠的优点，而且还具有高效率及环境相容性。

实际上，一个单级埃尔莫F型液环泵（输入轴功率110千瓦再加上一个蒸汽喷射真空泵），可使运转成本每年大约降低25万马克。这种组合还能减轻给予环境的负担，因为与带有级间冷凝器的多级蒸汽喷射泵相比，耗热量大约只有后者的13%

真空的获得

真空泵是下列去湿处理的基本设备：烃的分馏（图1照片，略，和图2），酸和溶剂的浓缩；溶剂和混合物的真空过滤；脱水、结晶和聚合；溶剂的回收。

在工艺流程上，要区分活塞式和旋转式真空泵、涡轮真空泵以及流体喷射式真空泵的不同作用。

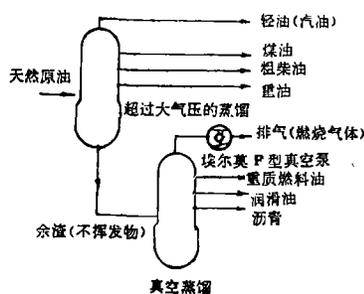


图2 汉堡炼油厂烃的分馏流程图

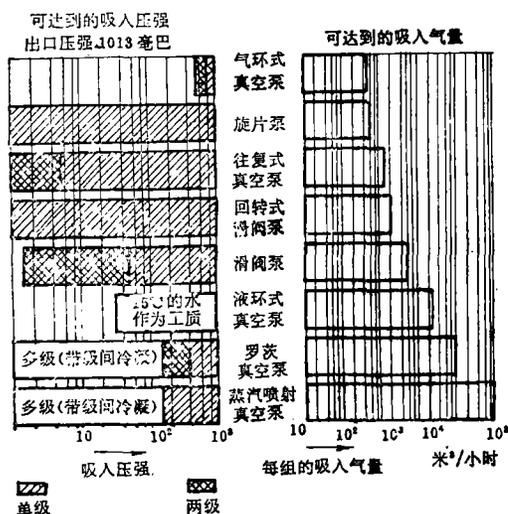


图3 各种真空泵组的使用范围（出口绝对压强为1013毫巴）

用真空泵获得所需要的真空度，而真空度范围又主要取决于流程的类型。不过，在

石油化工中，要求的真空度一般为10~100毫巴（1毫巴约为0.75托，译注），低于1毫巴的情况是较少的。

在选择适当的抽气系统时，功耗和对环境的污染小是很重要的问题，其重要性甚至超过了基本投资和维修成本。不同泵的应用范围如图8所示。

本文介绍其中的两种：属于流体喷射真空泵一类的蒸汽喷射真空泵；属于容积转子式的液环真空泵。

蒸汽喷射真空泵

化工上使用了各种不同的设备，在炼油厂中几乎离不了蒸汽喷射真空泵（图4）。

绝对压强为8~12巴的过饱和蒸汽是能源。使蒸汽在喷管中加速到超音速，被抽介质由引射（或定向）蒸汽流抽到前端，在扩压器中动能转换成为压力能。

在炼油厂中，这种传统的用于蒸馏的真空泵获得应用的原因是：

蒸汽喷射真空泵可以获得低至0.1毫巴的吸入压强（绝对压强），如果被抽介质为纯蒸汽，压强还可以进一步降低，蒸汽喷射真空泵没有运动部件，因此不存在磨损问题；炼油厂一般有充足的蒸汽源；炼油厂通常建于靠近水源的地方，冷却水的供应不会有困难。

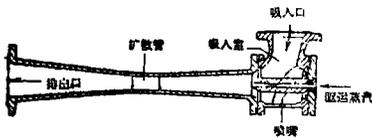


图4 蒸汽喷射真空泵的气体流动剖面图

然而，在考虑到上述因素时，还应注意以下情况：

如果排气端为大气时，蒸汽喷射真空泵的极限压缩比大约仅达1:2.5，若用多级装置使吸入压强达到0.1毫巴时，极限压缩比约为1:15。

排气压强高于大气压强时，蒸汽耗量会急剧增加。例如，排气压强为1200毫巴的绝对压强时，蒸汽耗量要增加30%。

被排出的混合气体的温度至少为50℃，这不仅意味着排气侧蒸汽含量高，因而流量损失大，而且也表明混合气体的热能高。

运动的蒸汽与被抽介质接触而污染，并会在冷凝器沉积，因而造成冷凝水的污染。散发掉的冷凝热是一个值得注意的问题。

根据西德工业标准45635，泵的噪音为88分贝。因为流速高，所以噪音较大。

埃尔莫F型液环式真空泵

化学工业的十年应用实践业已证明液环式真空泵十分有效，并正在炼油厂里用来提高运行效率。单级埃尔莫F型真空泵液环工作原理如图5所示。

叶轮偏心地装于泵体，不接触其它部件而单独旋转。

叶轮的旋转使工作液形成旋转的液环。由于离心力的原因，在吸入侧，液环逐渐远离叶轮盘的中心（好像是液体

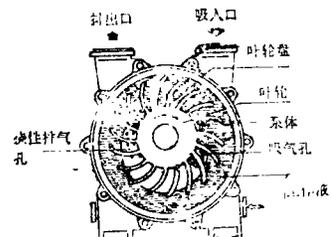


图5 埃尔莫F型液环真空泵剖面图

活塞),在气体通过的吸气口形成了真空抽吸作用。在压缩侧,液环重新靠近叶轮盘中心,产生的压力使气体从排气孔排出。液环还起着密封和散发压缩热与冷凝热的作用。液体携带着气体被排出后,通过后面的连在排气端的分离器而与气体分离。

此泵的优点是:泵的压缩比1:40,即在33~1350毫巴的绝对压强的压缩范围,被压缩的气体几乎是等温的,混合物排出温度最高为40°C,这就表明其中蒸汽的含量较低,因而像效率较高混合气体供应燃烧室的情况那样,在加压侧的损失较少;该泵属于低转速的机械,总的最大噪音按西德工业标准为78分贝;能够压缩到高于1巴的绝对压强,对于33~1200毫巴的压缩过程,功率只增加~4%;在抽吸气体—蒸汽混合物时,由于冷凝作用可以显著增加吸入气量。

埃尔莫F型真空泵的工作范围受下列因素的影响:

抽吸纯蒸汽的能力是有限的,因为受容积定律的支配。所能达到的吸入压强与工作液在进口温度下的蒸汽压强有关。例如,用15°C的水作为工质时,吸入压强可达33毫巴,而用油作工质,温度为40°C时,吸入压强只达6毫巴。

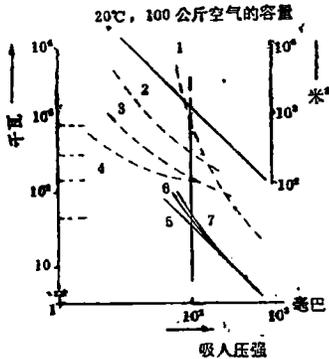


图6 [每小时压缩100公斤空气至大气压强时,真空泵的功率特性曲线(功耗:1千瓦相当于在8巴绝对压强时3公斤/小时的蒸汽流量)]

图中的破折线为蒸汽喷射真空泵(1.单级;2.两级,不带级间冷凝器;3.两级,带级间冷凝器;4.两级,带两个级间冷凝器)图中的实线为单级埃尔莫F型液环式真空泵(5.进口水温15°C;6.进口水温20°C;7.进口水温25°C)

功率消耗

因为驱动蒸汽喷射泵和液环式真空泵的能源采用不同的方式,所以其功耗只能按数值表进行比较。3公斤/小时的驱动蒸汽在8巴的绝对压强下相当于1千瓦的功率。

功率与吸入压强的关系如图6所示。为每小时将100公斤的干空气从80毫巴压缩至大气压,一个单级蒸汽喷射真空泵需要800千瓦的输入功率,一个两级不带级间冷凝器的泵则需要300千瓦,带级间冷凝器的泵需要130千瓦,而在相同的条件下,埃尔莫F型真空泵当入口水温25°C仅需37千瓦的输入功率。水温为15°C时,需要28千瓦。

使用的饱和蒸汽混合物的温度十有八九比水环的水温高。这种温差使蒸汽在液环式真空泵的吸气侧里被水预冷。与干空气相比,能够增加吸入气量(图7)。

实例

为了每小时将20°C的100公斤的空气(相当于1053米³/小时的流量)从80毫巴

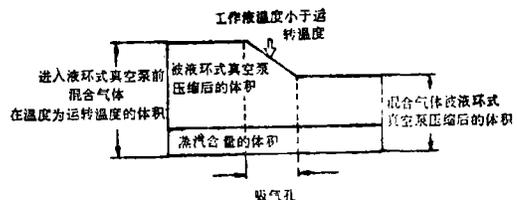


图7 相对湿度为100%的吸入空气在液环真空泵内冷凝过程

压缩到1013毫巴的绝对大气压强,选用进口水温为25°C的2BA532 埃尔莫 F 型 真空泵 (780转/分,功率37千瓦)即可。

如压缩同体积的含蒸汽的 35°C 的饱和蒸汽(相当于 28.3 公斤/小时的空气和 41.5 公斤/小时的蒸汽),可选用进口水温为25°C的2BA 埃尔莫F型真空泵(1070转/分,功率23千瓦)即可。

蒸汽喷射真空泵的性能也受吸入的气体—蒸气混合物的影响。后者的平均分子量是决定性的因素。如果比空气低,那么抽吸气量会减少;反之就会增加。

在评定蒸汽喷射真空泵时,假定是使用干空气作为介质的,因此必须适当修正由于分子量的偏差而引起的误差。简单地说,这种工艺过程值得在这里推荐,尽管上面对这两种机组作过比较,但这种比较并非完全合适。

蒸汽喷射真空泵与液环式真空泵的组合

如图 6 所示,与蒸汽喷射泵比较,埃尔莫F型真空泵在80毫巴吸入压强下具有高的效率,而级间冷凝器所能达到的压强则由冷却水温所控制。如果冷却水温为25°C,那么冷凝器析出的混合物的温度为35~40°C(与冷却水的效率和容量有关)。如果混合物的超冷温度为 4~5 K,那么所形成的吸入压强将为70~95毫巴。

由上可知,为了经济地运行,可以充分发挥这两个泵组合的优点。

从图 8 可知,级间压强(即液环式真空泵进气端压强)还是低一些为好,以保证最佳效率。一个两级蒸汽喷射真空泵每小时将100公斤的空气从10毫巴压缩到大气压所需的功率为560千瓦。当级间压强为80毫巴时,蒸汽喷射真空泵和液环式联合机组所需的最小功率为105千瓦。

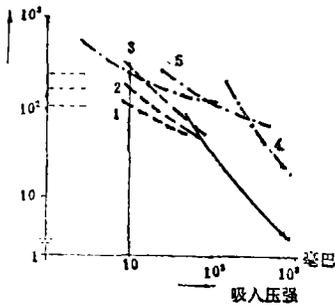


图 8 组合式真空泵系统的功率性能曲线,每小时压缩100公斤空气至大气压(一千瓦相当于在8巴绝对压强时3公斤/小时的蒸汽流量)

图中的破折线为蒸汽喷射真空泵与单级埃尔莫 F 型液环式真空泵联合机组(1. 级间压强80毫巴; 2. 级间压强120毫巴; 3. 级间压强160毫巴)

图中的点划线为蒸汽喷射真空泵(4. 单级; 5. 单级,带一个级间冷凝器; 6. 二级,带两个级间冷凝器)

图中的实线为单级埃尔莫 F 型真空泵,进口水温25°C

用于节能和环境保护的埃尔莫 F 型真空泵

西门子埃尔莫F型液环式真空泵的高效率 and 与环境相容性可用使用厂家实例说明。

在加拿大的某个炼油厂,第二级和第三级蒸汽喷射真空泵装置(图 9)已被埃尔莫液环式真空泵装置(图10)取代,运转成本大幅度降低。

未安装这套新的装置前,由于损失和冷凝耗热量总计为 6575×10^3 千焦耳/小时;安装泵以后,降为 858×10^3 千焦耳/小时,仅为安装前的13%。通过冷凝器 1 耗散的热量可忽略不计。

埃尔莫F型真空泵能够达到比用两级蒸汽喷射装置达到的132.3毫巴还要低的级间压

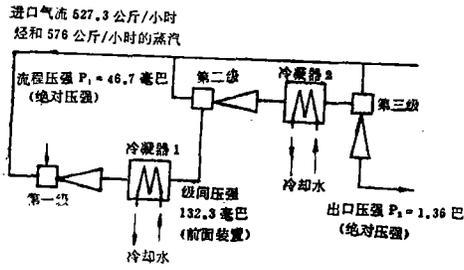


图9 三级蒸汽喷射真空泵的运转成本和装置除第一级蒸汽喷射真空泵和冷凝器1外,计算每1个小时的运转成本;第二级和第三级蒸汽喷射真空泵驱动蒸汽需要量为2454公斤/小时,计23.26元;冷凝器2的冷却水供应量为168米³/时,计1.11元;总计为24.37元(为加拿大元)

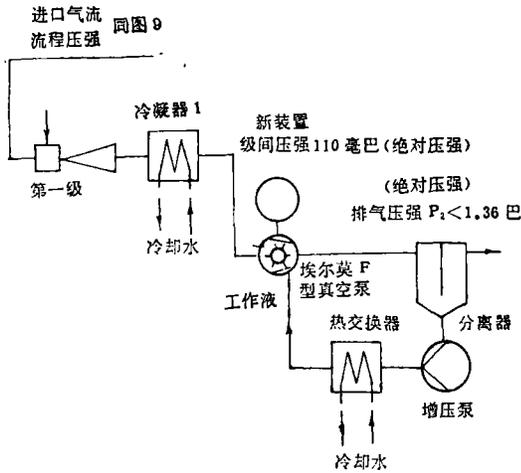


图10 埃尔莫F型真空泵取代第二级和第三级蒸汽喷射真空泵后,新系统运转成本和装置简图

除第一级蒸汽喷射真空泵和冷凝器1外,每1个小时的运转成本,埃尔莫F型真空泵,功效110千瓦,计2.75元,热交换器每小时使用50米³冷却水,计0.33元,总计为3.08(为加拿大元)

强。于是,对于大致相同的压缩比而言(第一级蒸汽喷射真空泵的蒸汽耗量略有降低),整个系统就能在较低的压强下工作,成本还可进一步降低。

小 结

在去湿处理和抽吸压强高于33毫巴绝对压强的工艺流程中,西门子单级埃尔莫F型液环式真空泵可以经济地取代蒸汽喷射真空泵。

抽吸压强低于33毫巴时,两种泵组的联合运行会更加经济,特别当级间压强选得较低的时候。

对于多级蒸汽喷射泵系统,将后面的一级或几级用蒸汽喷射泵和液环式泵联合机组取代来进行节能运行。在某些情况下,降低级间压强可以导致系统效率的提高。

在新的装置中,一开始或者单独正确地使用西门子埃尔莫F系列液环泵,或者以最佳的级间压强与蒸汽喷射泵正确地联合使用。通过设计,使蒸汽喷射真空泵、冷凝器、液环泵能够合理地协调配合运行,将会大大有助于节能和环境保护。

译自Siemens Power Engin. 3 7 (1981) 卢榆孙校,原文作者: A.Zimmert