

常压塔底热油泵管道设计浅析

杨光达（中石化广州工程有限公司，广东 广州 510000）

摘 要：常压塔底热油泵作为常减压装置中重要的动设备之一，其平面布置及其管道设计对泵的长周期运转和装置的生产运行起着重要的作用。该管道输送常压塔底重油出装置或进入减压塔起到承上启下的作用。一般常压塔底热油泵出入口管道的管径大，介质温度高，对泵出入口管嘴受力要求严格，是装置中管道设计的重点和难点。本文结合某原料预处理装置中常压塔区热油泵平面布置和常压塔底热油泵的平面布置，管道布置以及支架设置，对常压渣油泵的管道设计进行了简要探讨和分析。

关键词：常压塔底热油泵；泵管嘴受力；管道设计柔性；管道支架

0 引言

常压塔底热油泵是常压塔区热油泵之一，它的作用是将常压塔底渣油升压后送至下一工序，特点是温度高，流量大，要求操作平稳，出入口管嘴受力要求严格等，是管道设计的重点。该管道输送常压塔底重油出装置或进入减压塔起到承上启下的作用。其管道设计的合理性与否直接影响泵设备正常运行和生产装置的平稳运行。某原料预处理装置设计有两台常压塔底热油泵，均采用国产泵，电机驱动，一开一备，互为备用。表 1 为泵主要操作条件。

表 1 某原料预处理装置常压塔底热油泵主要操作条件表

名称	操作温度 /℃	入口压力 /MPa(G)	出口压力 /MPa(G)	介质	流量 /m ³ /h
泵 A	357	0.21	1.96	常压渣油	373.2
泵 B	357	0.21	1.96	常压渣油	373.2

原料预处理装置即常压蒸馏装置，是原油加工的第一道工序。根据原油中各组分的沸点不同，把原油“切割”成不同馏分的工艺过程。常压塔底的重油是其主要产品之一，它常压蒸馏后剩余的最重的组分，常温下呈固态，沸点一般高于 350 摄氏度，此时常压塔底管道在高温下运输重油进入热油泵尤为关键。由于常压塔底油品温度很高，且需要抽出的流量大，对常压塔底热油泵的平面布置，管道设计及其支架设置等有较高的要求。下文就某原料预处理装置的常压塔底热油泵配管设计特点和注意事项进行分析探讨。

1 常压塔底热油泵的平面布置

国内装置的泵除了严寒或多风沙地区一般都是露天布置，通常集中布置在主管廊的下方或者侧面，这样整齐美观且节约空间；也可分散布置在被抽吸设备的附近，如设备构架的下方。随着炼油工艺的技术发展，炼油厂规模越来越大型化，对防火的要求也越来

越严格。常压塔底热油泵的操作温度达到了 357℃，属于高于自然点的可燃液体泵，在其上方不宜布置甲，乙，丙类工艺设备，若在其上方布置甲，乙，丙类工艺设备，应用不燃烧的隔板隔离保护。操作温度等于或高于自燃点的可燃液体泵宜集中布置，与操作温度低于自燃点的可燃液体泵应有 4.5m 的净距。

常压塔区相关的泵操作温度在 220℃ ~ 357℃ 之间，按工艺专业划分属于热油泵，若布置在主管桥下，则空冷器和电气槽盒在其上方。既不合理也需要做大量的隔离保护和消防措施，增加成本也有安全隐患。故将这些热油泵单独集中起来布置在 1# 主管桥的西侧，并设立 3# 管桥供相关管线的铺设。3# 管桥 A 轴距离 1# 主管桥轴线 5 米可作为装置内通道，并且与 1# 管桥下的泵有安全距离。3# 管桥南侧为消防及检修道路。3# 管桥上方没有任何设备，电气槽盒埋地铺设。这样的布局起到冷泵与热泵相隔离的作用，又可以在出现火情时便于灭火。各热油泵泵端在 3# 管桥外侧 1.5 米和 2 米，泵端基础对齐，泵和电机的中心线与 3# 管桥走向垂直，成排布置。泵周边留有操作和检修空间，满足泵吊装检修的需要。

常压塔底热油泵操作温度在热油泵区中操作温度最高且管径最大，考虑到泵入口管道压降因素，常压塔底出口至泵入口管线应尽可能短，弯头个数尽可能少，另该管线采用不锈钢，考虑到工程造价成本因素，因此该泵应尽量靠近常压塔布置。

2 常压塔底热油泵的管道布置要求

工艺管道的布置设计一般要求包括符合工艺，管道及仪表流程图的要求，应统筹规划，做到安全可靠，经济合理，整齐美观，满足施工，操作，检修等要求。但常压塔底热油泵的管道设计除了要满足上述要求外，还需要注意泵的汽蚀和泵管嘴受力。

2.1 防止泵的汽蚀

当离心泵运转时,液体压力沿着泵入口到叶轮入口而下降,在叶片入口附近的液体压力达到最低,此后由于叶轮对液体做功,液体压力很快上升。当叶轮叶片入口附近的最低压力小于液体输送温度下的饱和蒸汽压力时,液体就汽化。同时使原来溶解在液体内的气体也逸出,它们形成气泡。当气泡随液体流动至高压处时,受到周围高压液体压迫而急剧缩小以至破裂形成液击,产生噪声和振动,严重时损坏离心泵叶片,这就是离心泵的汽蚀现象。防止泵的汽蚀现象的发生是保证离心泵正常运转的关键。

一般泵都有必需汽蚀余量(泵吸入口至压力最低点的压力降)的要求,这是泵自身结构决定的。而泵吸入管侧的有效汽蚀余量(泵吸入口防汽蚀的富余能量)至少是泵必需汽蚀余量的1.2倍。输送在操作温度下容易蒸发的液体或处于泡点(或平衡)状态下的液体时,应设法增加有效汽蚀余量。在给出固定工艺条件下,常压塔裙座安装高度确定后,对于管道设计来说,为了增加有效汽蚀余量,必须通过降低管道系统阻力,即尽可能缩短泵入口管道长度和减少弯头个数。其次,如果泵吸入管路中有气体聚集,如管路中有U型,泵入口大小头选择低平等易造成气袋,从而导致气体随液体进入泵体发生汽蚀。以上情况在管道设计中尽量避免,否则应在高点设置放气阀。

2.2 泵的管嘴受力

常压塔底热油泵正常工作时处于高速运转状态,达到2980r/min,泵嘴对受力状态很敏感,一旦超出其受力范围就易造成管嘴变形,设备振动,进而造成轴承损毁或法兰泄漏引起火灾,造成人员伤亡和财产损失。常压渣油泵在正常运转状态下,作用在泵管嘴上的管道力主要是热胀荷载,端点附加位移荷载,重力荷载,以及压力荷载等。为了保证泵能够平稳高效的长周期运行,就必须满足泵管嘴受到其出入口管道的作用力和力矩应符合泵制造厂或API Std 610《石油,重化学和天然气工业用离心泵》的要求。

对于管道设计专业来说,可以通过合理的管道布置,调整支架的位置和形式等方式增加或改善管道的柔性,通过管道柔性吸收管路的热胀量,进而减小管道对泵管嘴的作用力和力矩。

3 常压塔底热油泵的管道布置和支架设计

3.1 常压塔底热油泵的入口管道设计

从常压塔底出口到泵入口的管道采取“步步高”

设计。由于该泵的操作温度很高(357℃)所以为了增加管道设计的柔性,降低管道作用在泵管嘴的力与力矩。图1为泵入口管道应力分析图。根据图1进行管道设计分析。

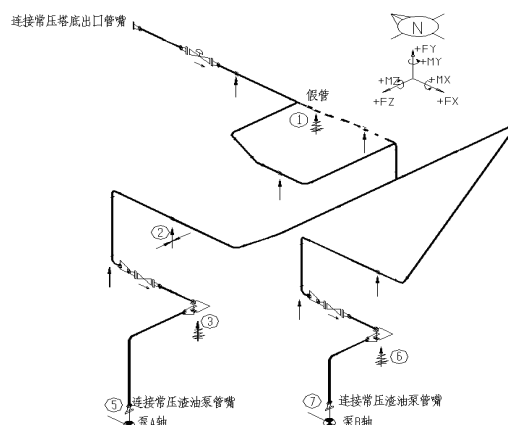


图1 常压渣油泵入口管道应力分析图

图1中虚线部分是原常压塔底热油泵入口管道设计方案,从常压塔底出口引出一段直管后,加弯头向下分两路分别进入两台常压塔底热油泵入口。虽然从常压塔底出口到第一个弯头向下分两路有一定的柔性,但水平直管比较长,向下的垂直管比较短,经过应力计算后,管道的热胀量在x方向过大,使泵入口管嘴受力不能满足要求。后来方案调整为图中实线部分,在塔底出口水平直管上增加一个水平 π ,同时由于3#管桥梁高的因素,添加一个45度弯头使管底标高在合适的高度在梁上支撑,再加一个弯头形成一个水平 π 可以更好地吸收塔底出口水平直管的热胀。在节点1处用假管配合弹簧支架,起到承重和吸收向上的位移。节点2设置限位支架来提高整个管系的稳定性。靠近泵入口管嘴的节点3,6处设置弹簧支架,一方面分担管嘴承重,另一方面通过弹簧吸收入口管道竖直向上的热胀和泵管嘴热位移产生的形变,减少泵管嘴出产生的作用力和力矩,更好的保护管嘴。在过滤器后的水平变径管采用顶平大小头,防止气袋。通过应力计算,泵入口管嘴实际最大受力值计算结果与允许受力值见表2。

表2 常压塔底热油泵入口管嘴实际最大受力值与允许受力值

名称	Fx /N	Fy /N	Fz /N	Mx /(N·m)	My /(N·m)	Mz /(N·m)
泵AB管嘴受力允许值	9450	12225	7775	8825	6450	4400
泵A管嘴受力实际值	3014	-6938	4336	1824	-3024	3178
泵B管嘴受力实际值	1193	-5351	-2741	-1015	1433	3534

应力计算时包含了泵 A 开泵 B 备, 泵 A 备泵 B 开和两台泵同时开的工况。从表 2 的数据可以看出, 两台常压塔底热油泵泵入口管嘴实际最大受力值和力矩均小于其允许值。该泵入口管线的布置即满足工艺要求又符合泵嘴受力要求。

3.2 常压塔底热油泵的出口管道设计

常压塔底热油泵出口操作温度仍然是 357°C , 温度很高, 需要考虑到管道热胀量, 设计时尽量提高管道的柔性, 尽量用管道自身走向吸收热胀。图 2 为泵出口管道应力分析图。

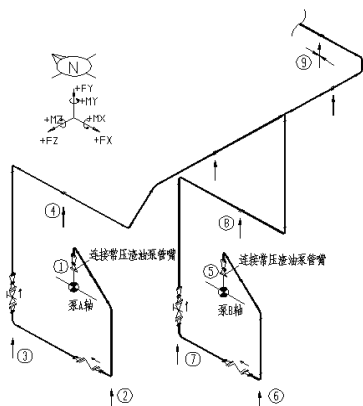


图 2 常压渣油泵入口管道应力分析图

如图 2 所示, 泵出口管道从泵嘴出来后最小连接加大小头变径, 再最小连接加弯头向西侧水平变向一段距离, 再加弯头竖直向下形成 π 弯, 止回阀放在水平管道上, 切断阀放在止回阀后的竖直管道上, 到达 3# 管桥侧梁高度后加弯头进入管桥, 在管桥主梁合成总管。从图中可以看出节点 2 和 3, 3 和 4, 6 和 7, 7 和 8 形成 π 弯能很好吸收管道的热胀量。需要注意的是, 在节点 3 和 4, 7 和 8 之间的水平距离要足够长, 并在节点 4 和 8 处设置刚性支架。否则通过应力计算, 节点 4 和 8 向上位移较大, 使这部分管道脱空, 如果用刚性支架, 则起不到承重作用, 造成管道变形损伤。如果在节点 4, 8 处设置弹簧支架, 既不经济实用又没必要。节点 9 处设置沿管道轴向止推支架, 使管道受力分段, 靠近泵一侧管道系统不受另一侧沿主管桥布置的较长管路热胀的影响。从而避免 F_x 方向的热位移影响泵嘴受力。

通过应力计算, 泵出口管嘴实际最大受力值计算结果与允许受力值见表 3。

应力计算时包含了泵 A 开泵 B 备, 泵 A 备泵 B 开和两台泵同时开的工况。从表 3 中数据可以看出, 两台常压塔底热油泵泵入口管嘴实际最大受力值和力矩均小于其允许值。该泵入口管线的布置即满足工艺

要求又符合泵嘴受力要求。管道布置经济合理。

表 3 常压渣油泵出口管嘴实际最大受力值与允许受力值

名称	F_x /N	F_y /N	F_z /N	M_x /(N · m)	M_y /(N · m)	M_z /(N · m)
泵 AB 管嘴 受力允许值	6225	7775	5125	5750	4400	2950
泵 A 管嘴受 力实际值	-1277	-2107	4589	3176	-2608	2598
泵 B 管嘴受 力实际值	2759	-2115	-2836	-1477	3608	1059

4 结语

本文简要分析了某原料预处理装置中常压塔区热油泵平面布置和常压塔底热油泵的平面布置, 管道布置以及支架设置。常压塔底热油泵是常减压装置最重要的动设备之一。该管道输送高温塔底重油去下道工序或出装置起到重要作用。对于管道专业来说, 除了要满足防火规范要求, 汽蚀余量和工艺要求, 还要通过合理的泵平面布置, 管道柔性设计和支架的设置, 有效地降低泵出入口管道对泵管嘴的作用力和力矩, 保证常压塔底热油泵长期安全平稳运行。其平面布置和管道设计对于类似装置具有一定的代表性和参考价值。

参考文献:

- [1] 张德姜等. 石油化工装置工艺管道安装设计手册 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [2] GB50160-2008. 石油化工企业设计防火规范 [S]. 北京: 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2008.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局. 全国压力管道设计审批人员培训材料 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2015.
- [4] 刘宗旭. 高温泵的配管及应力计算 [J]. 当代化工, 2019, 45(5): 38-41.
- [5] 李园. 塔底热油泵的管道设计探讨 [J]. 广东化工, 2021, 44(12): 2.
- [6] 张林青. 塔底热油泵入口管道设计探讨 [J]. 焊管, 2021, 27(2): 52-56.
- [7] 钱文英. 减压塔塔底热油泵管道设计浅析 [J]. 云南化工, 2020, 47(11): 4.
- [8] 张栋. 塔管道设计常见问题及注意事项分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2021(09).
- [9] 李超. 芳烃分馏装置塔底泵管道设计浅析 [J]. 山东化工, 2021, 50(18): 3.
- [10] 柳坤, 等. 加氢装置热油泵的管道设计 [J]. 山东化工, 2021, 46(19): 4.