

# 稳定塔底重沸器管道的平面布置与管道设计

胡玉耀 赵小曼 (洛阳瑞泽石化工程有限公司, 河南 洛阳 471003)

**摘要:** 对催化裂化装置中的稳定塔底重沸器的平面布置, 及进出管道的配管设计进行了说明。介绍了稳定塔底重沸器进出口管道的设计要点, 对此管道的应力分析进行了阐述。

**关键词:** 催化装置; 稳定塔; 重沸器; 管道布置; 应力分析

在石油化工装置中, 催化裂化是一个非常重要的装置, 而吸收稳定部分, 又是催化装置不可或缺的重要部分。总体来说吸收稳定部分, 设计温度不高, 压力不太大, 管道布置相对容易。但是稳定塔底重沸器进出口管道, 因为管道口径较大, 温度相对较高, 布置时要注意的地方较多, 成为吸收稳定部分设计的重点和难点。下面我们以某炼厂 100 万 t/a 催化裂化装置的稳定塔底重沸器为例, 对此类管道的布置做一个简单介绍和分析。

## 1 设备布置

根据石油化工企业设计防火标准 GB50160 及石油化工工艺装置布置设计规范 SH/T3011 的要求, 稳定塔和其附属的塔底重沸器, 在满足管道布置的要求后, 应尽量靠近布置, 重沸器的一端应留出管束检修时抽芯的空间。为了后期管道应力计算时方便, 一般取重沸器中心与塔中心对齐。如果条件不允许, 也可以选择塔在重沸器的两个鞍座基础之间的其他位置。如果将塔与重沸器的前后距离错位太多, 后期管道布置时, 由于管道和设备间的热胀值不同, 会导致重沸器和稳定塔管口受力和力矩过大的问题, 增加了管道布置的难度, 一般不建议此种做法。

## 2 管道布置

管道布置前, 首先要应确定重沸器的基础高度和稳定塔裙座高度。重沸器基础高度的确定, 一般是由重沸器底部出口管道的安装空间计算而来, 在满足管道拆卸检修, 排凝等空间的同时, 还要预留管道弹簧支架的安装空间。考虑完这些高度后, 再加上适当的设计余量, 圆整后, 保证设备基础应尽量低。这样在节省材料的同时, 也便于重沸器的后期操作和检修。稳定塔裙座高度, 首先应满足工艺要求: 因为稳定塔是依靠重沸器与塔底液自虹吸的原理循环运行, 因此工艺专业会要求稳定塔底切线与重沸器维持一个相对的安装高度差。管道设计时, 稳定塔裙座高度必须大于此安装高度外加重沸器的基础高度之和。另外, 稳定塔底一般会有稳定汽油抽出泵, 因此塔裙座高度还应满足塔底泵的“气蚀余量”要求。以上两个工艺参数计算完成后, 应选取二者中的较大值来确定裙座高度。同时, 催化装置的吸收稳定部分一般会有多个塔集中布置, 为了方便操作和检修, 宜做成联合平台, 为了兼顾几个塔的管道走向及进出管桥高度, 多塔会在满足各自工艺要求的前提下, 共同确定一个相同的裙座高度。综合考虑多重因素后, 再增加部分

设计余量, 因此最终确定出的塔裙座高度一般会比计算的理论高度要稍微高一些, 以防止后期设计时出现颠覆性返工。

根据工艺流程要求, 稳定塔进出重沸器的管道是依靠自热虹吸原理运行的, 为了减少管道自身的阻力降, 因此一般不设置阀门, 并且要求管道布置时长度尽量短, 弯头尽量少。重沸器返塔管道, 因为操作介质处于饱和态, 运行时会出现气液两相流, 为了防止管道积液和振动, 要求弯头尽量少, 管道走向“步步高”。稳定塔底抽出进重沸器和塔底泵的管道, 应自流, 不能有高点, 同样要求管道长度尽量短, 弯头尽量少。但是, 因为此二处管道, 口径较大, 温度较高, 为了避免设备管嘴处形成较大的力和力矩, 防止管系二次应力超标, 管口处法兰泄露, 管道布置时稳定塔开口不能直接正对重沸器, 需要采用柔性布置来减少管口受力。为了解决以上矛盾 (即工艺要求管道尽量短, 阻力降小; 配管要求有柔性, 降低管口受力), 并结合塔平台上人孔、液位计等的设置, 一般让重沸器抽出口管道, 在塔的一侧与塔成夹角布置进重沸器; 而重沸器返塔管道, 在塔的另一侧, 与塔布置成一定夹角进塔。考虑到管道支撑, 重沸器返塔线的支架, 一般做到靠近返塔口嘴子下方尽量靠近塔开口的竖直管段上, 宜设置成斜撑式承重支架; 稳定塔抽出口管道的支架, 一般设置在靠近稳定塔侧的竖直管道底部。由于抽出口管道和设备裙座之间存在热胀差, 因此该支架一般选用弹簧支架, 以便吸收抽出口竖直管道的下位移, 减少塔嘴子的受力。图 1 为催化装置稳定塔底重沸器管道布置示意图:

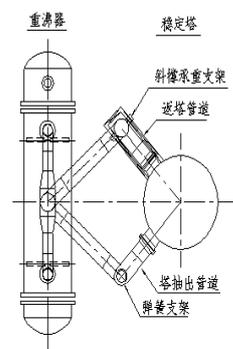


图 1 稳定塔底重沸器管道布置图

## 3 应力分析

管道布置完成后, 下面就开始进行应力计算, 根据应力计算的结果, 可以反过来调整设备基础高度, 重沸

器与稳定塔的相对位置,整体管系的走向等,总体目标就是尽量增加管系的柔性,找到一个各方都能接受的平衡点。

此次选取的案例中,稳定塔抽出口管道管径 DN500,温度 192℃,压力 1.2MPa,重沸器返塔管道管径 DN550,温度 205℃,压力同为 1.2MPa。管道主材质为 20 号钢,壁厚为 12.7mm,法兰压力等级选择 Class300。重沸器返塔口高度 15m,抽出口高度 7m,塔裙座高度 9m,重沸器基础高度 1.8m。根据以上管道参数,该管道应力分析应采用计算机分析法。本次应力分析采用的是 COADE 公司的 CAESARII 5.10 应力分析软件,该软件功能强大,能在应力分析过程中查看各种分析结果,从而对模型加以修正,目前被广泛运用于炼油化工等领域。

在此,我想谈谈该管道应力分析模型输入时的几点注意事项:①设备管口输入时可以按初始附加位移法输入,也可以按设备整体法输入。个人认为按设备整体输入法模拟结果会更加真实,且本次应力分析就是按设备输入的,但是按设备整体输入时,会比管口附加位移法工作量大,而且应特别注意设备各部分温度的差别。如稳定塔体,温度应分段输入,不同高度段应输入不同的温度:其中裙座温度和塔釜液相介质温度是不同的,同理塔釜液相温度和塔入口处气液混相介质温度也是不同的,应区分对待;又如重沸器进出管口生根在设备壳体上,重沸器的设备温度宜按壳程温度选取,不能按管程温度选择;②重沸器的固定端和滑动端应真实模拟,不能都按滑动或固定对待,滑动端应输入摩擦系数;重沸器的固定端和滑动端不能输反。这些条件输入出错都会导致应力计算结果失真或错误;③重沸器返塔管道入口处承重支架,应力输入时,应模拟为支架生根于塔体上,管道承重在支架上,否则会出现支架脱空或抱死,管口处受力过大的问题。同时如果此承重支架模拟时采用无重量刚性件,则应保证支架有足够的刚度,即支架输入时的直径和壁厚不能太小,否则会出现刚性件刚度不够,支架屈服弯曲的情况;④弹簧支架输入时应把摩擦力模拟进去,这样计算结果才更接近真实。部分设计人员,应力分析时弹簧不输摩擦系数,会导致管口受力偏小的假象,实际管口受力往往会比模拟的结果大很多;⑤法兰泄露校核时,垫片的当量直径应该填垫片的有效密封面中心圆直径,不应该只填垫片的内径或外径。否则也会出现校核结果不准确的问题。

应力分析过程中,在满足工艺要求的前提下,可通过适当调整管道走向;嘴子开口角度;弹簧支架位置;设备管口处直管段长度等方式,增加管道柔性,减小设备管口受力。应力分析结果应使所有的管口受力和力矩在一个合理的区间内;管系的一次应力和二次应力均小于许用应力值;同时保证工作态管口法兰校核不泄露。如果法兰校核时受力不过,发生泄漏,但是管道走向已没有多少可以调整的余地,可以通过提高法兰压力等级的方法,重新校核法兰。此方法也是目前管道设计时普

遍采用的提高设备管口法兰受力的办法。

案例应力分析计算结果如下:

### 3.1 许用应力

①冷态结果:冷态时一次应力最大为 30.2%,校核通过;②纯热态结果:纯热态时二次应力最大为 19.2%,校核通过。说明该管系的一次应力和二次应力均满足设计要求。

### 3.2 各管口受力和力矩

170 点:稳定塔返回口受力和力矩值:

$FX=17800N$ ,  $FY=35816N$ ,  $FZ=2123N$ ,  $MX=35935N.m$ ,  $MY=-8458N.m$ ,  $MZ=-1068N.m$ 。

415 点:重沸器底部进口受力和力矩值:

$FX=13032N$ ,  $FY=-30211N$ ,  $FZ=2720N$ ,  $MX=-29962N.m$ ,  $MY=5862N.m$ ,  $MZ=35984N.m$ 。

500 点:稳定塔抽出口受力和力矩值:

$FX=12103N$ ,  $FY=23103N$ ,  $FZ=139N$ ,  $MX=-5817N.m$ ,  $MY=-3797N.m$ ,  $MZ=10705N.m$ 。

610 点:重沸器顶部南侧出口受力和力矩值:

$FX=4923N$ ,  $FY=-22346N$ ,  $FZ=-19598N$ ,  $MX=-24377N.m$ ,  $MY=-5099N.m$ ,  $MZ=466N.m$ 。

710 点:重沸器顶部北侧出口受力和力矩值:

$FX=8587N$ ,  $FY=-41268N$ ,  $FZ=13951N$ ,  $MX=11984N.m$ ,  $MY=5924N.m$ ,  $MZ=-4781N.m$ 。

经过计算各管口处受力均符合要求。

### 3.3 法兰校核结果

工作态各管口法兰校核结果输出如:管口法兰最大受力为许用受力值的 67.4%,不会泄露,满足设计要求。

### 3.4 稳定塔返回口下方承重支架受力值

$FX=-4017N$ ,  $FY=-27703N$ ,  $FZ=-7276N$ 。

### 3.5 稳定塔抽出口弹簧支架

工作态荷载为 31032N,工作位移为 -9.5mm。

## 4 结束语

该管道设计施工完成后,运行平稳,能够满足工艺设计要求。稳定塔底重沸器进出口管道,相对温度较高,管径较大,又和塔器紧密联系,布置难度相对较高,但是只要掌握了其中的设计要点,找出关键所在,就能将设计中遇到的难题轻松解决。通过此次设计案例的分析,希望能为其他管道设计工作者提供一些参考和借鉴。

### 参考文献:

- [1] 张德江,王怀义,刘绍叶等.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标准[S].北京:住房和城乡建设部,2008.
- [3] SH3011-2011.石油化工工艺装置布置设计规范[S].北京:国家工业和信息化部,2011.
- [4] SH3012-2011.石油化工金属管道布置设计规范[S].北京:国家工业和信息化部,2011.
- [5] 唐永进.压力管道应力分析[M].北京:中国石化出版社,2006.