

浅谈催化剂设备设计

汤嘉琪 长岭炼化岳阳工程设计有限公司

【摘要】本文结合催化剂装置中的搅拌、衬里等常见设备，从设备的压力、温度、材料及结构设计等方面进行了分析和阐述，同时综合考虑与其他专业相关的问题，通过优化设计，确保设备长期安全运行。

【关键词】衬里；搅拌；结构设计；仪表

【DOI】 10.12316/j.issn.1674-0831.2022.03.003

引言

随着公司的发展，业绩越做越大，催化剂项目的设计任务也越来越广。在众多的催化剂装置设计中，有许多地方值得注意。本文根据笔者的设计实践，对催化剂设备的设计常见问题进行了探讨。

一、衬里设备

衬里设备名义壁厚的确定应同时满足刚性和强度的要求，衬里钢壳的最小壁厚不得小于5mm ($D_i \leq 4000\text{mm}$)。设备在检测合格且内、外表面彻底除锈达到相应的要求后才能进行衬里施工，必须有人孔或活动盖等结构来确保能进入到内部进行施工。按照标准衬里设备结构棱角处和角焊缝必须采用圆弧过渡（如图1），其圆角半径R最小值根据相对应的衬里标准确定。所有与设备本体相连的焊接（包括梯子、栏杆等）应该在内衬前完成，衬完后不得再施焊。设备基础应为整体硬质基础且表面应平整，罐底不允许有不均匀沉降。

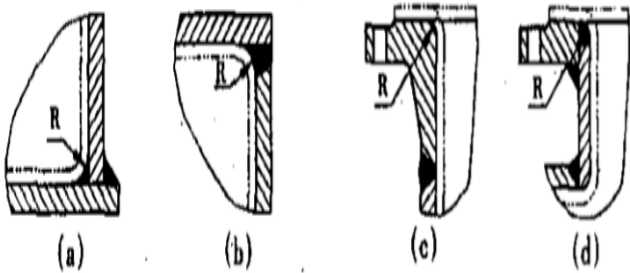


图1

接管的设计应注意接管的直径以及相应能施工最大长度，管子、管件的连接不得采用螺纹连接，对于 $DN \leq 32\text{mm}$ ，伸出长度 $l \geq 150\text{mm}$ 以及 $DN = 40 \sim 50\text{mm}$ ，伸出长度 $l \geq 200\text{mm}$ 的接管，应采用变径管或设置筋板予以支撑。选用标准件的管口（如入孔、透光孔、清扫孔等）应核算贴衬后所需螺栓长度。有内伸部件的管口（如温度计口、热电偶口等）以及手孔等应保证衬里后的有效直径满足要求。需内伸的接管长度较长时一般设计成套管结构（见图2）。

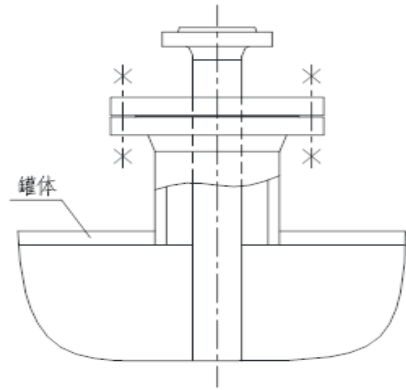


图2

衬玻璃钢设备设计温度不宜高于80℃，一般选用环氧玻璃钢作为内衬材料。环氧玻璃钢内衬由底胶层、玻璃钢层和面胶层构成，三层的作用不尽相同。底胶牢固地附着在经预处理的表面上，并与玻璃钢层有很好的粘结力起过度作用，有很好的防锈功能；玻璃钢层增强了防腐层的机械性能和整体耐腐蚀性能；面胶层起主要的防腐作用，对玻璃钢起密封保护作用，玻璃钢内衬面胶必不可少，而且要涂刷均匀，达到厚度，才能保证玻璃钢整体的防腐性能。衬层干膜厚度应达到4mm，所有玻璃钢材料需选用阻燃型，且所选用的树脂须与设备所盛装的介质相匹配。接管的直径宜 $\geq DN50$ ，接管的长度应考虑施工条件的要求。衬玻璃钢接管如需要弯曲时，直管段长度应尽量短以便衬里施工，也可做成套管结构（见图3）或半管结构（见图4）来达到同样的目的。

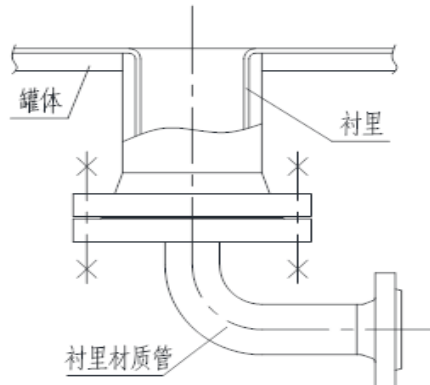


图3

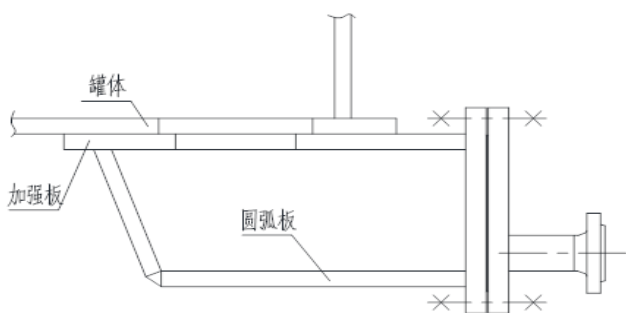


图4

橡胶衬里设备设计压力应小于或等于1.6MPa，真空度小于或等于0.1MPa；设计温度范围取决于所用衬里橡胶板的允许使用温度，一般情况下硫化橡胶板允许工作温度为-20~85℃。设备本体一般采取一层3mm硬质橡胶板作底层，一层3mm软质橡胶板作面层，管和管件可衬1~2层橡胶板。橡胶板不得采用已有自硫现象的橡胶板，且表面不允许有油污染物。一般采用天然橡胶作为衬里材料，有特殊要求也可选用其他种类橡胶，如对耐磨性要求较高时可选氯化丁基橡胶。氟橡胶因粘合性不好导致施工困难且施工时释放的气体对人体有害故一般不采用。橡胶衬里管子宜采用无缝钢管，钢管最小公称直径为25mm。

二、搅拌设备

催化剂装置中采用较多的为立式搅拌装置，对于其他形式的长轴搅拌应采取措施以防变形。搅拌设备的入孔大小设置应考虑搅拌装置的装拆要求，入孔一般设置在罐顶，有时可兼做投料口使用，侧面一般不设置入孔，侧面入孔在设备工作时影响搅拌效果且内部容易堆积物料，无法设置入孔的设备可做成部分活动或可拆卸的结构。有保温的搅拌设备顶部的保温应做硬化处理。由于搅拌罐顶的支撑槽钢一般较大，部分位置特殊的接管外伸长度应适当加大。

搅拌轴上端密封或支承处轴向串动量 $\leq \pm 0.2\text{mm}$ 、径向摆动量 $\leq 0.3\text{mm}$ ，轴下端或支承处径向摆动量 $\leq 0.5\text{mm}$ 。搅拌器轴线应与浆叶垂直，其垂直度允差为浆叶总长度的4/1000，且不超过5mm。盖板加强梁槽钢的水平度偏差须小于等于0.1%来保证搅拌轴的垂直度。搅拌器应进行静平衡试验。组装完后搅拌器以水代料试运转(严禁空运转)，试运转时间不少于4小时，在试运转过程中不得有不正常的噪声[$\leq 85\text{dB(A)}$]和震动等不良现象。

对于裸露的旋转件，例如：机架开口处，容易接触到人，需加防护罩。各零部件之间须连接可靠，应采取可靠的防松措施。搅拌装置如果顶部空间较小时可将电

机横卧布置或选取结构紧凑的搅拌系统来确保搅拌的安装以及检维修。对于设备内部搅拌轴下端设置底支撑的结构，应核实底部管线与支撑不干涉，保证管线的正常进出料，当需要方便拆卸及清料时，可设计成底部法兰结构(见图5)。在搅拌桨叶的范围内不得有影响桨叶转动的构件，在布置设备内的盘管等部件时应尽量远离桨叶避免影响搅拌效果，设备顶部的特殊接管也应避开桨叶的范围，如：有一根缆绳固定到设备底部的仪表液位计口、流通介质对搅拌桨叶的材质有影响的管口、入孔、投料口等。

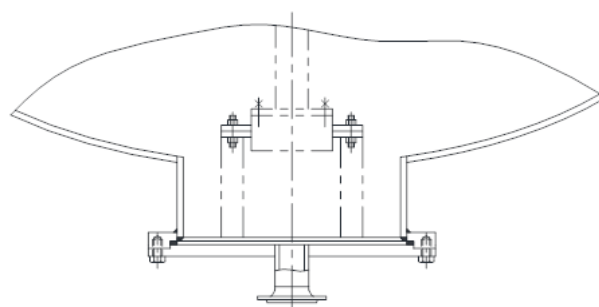


图5

橡胶衬里搅拌设备因搅拌工作时有对衬里的磨损，宜采用耐磨性好的氯化丁基橡胶材料做衬里，同时采用硬质橡胶板作底层，软质橡胶板作面层。衬胶设备内部挡板固定方式宜采用两侧筋板固定(见图6)以便于施工。

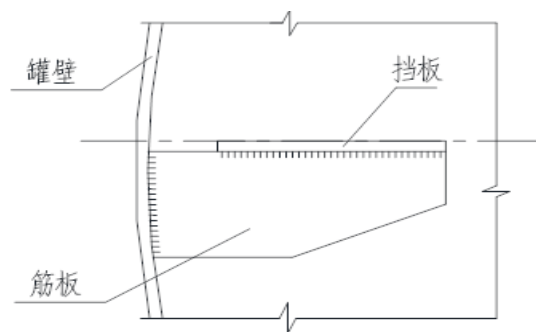


图6

三、玻璃钢设备

玻璃钢设备的设计压力不大于0.6MPa，外压设计压力不大于0.1MPa。设计温度根据所选玻璃钢类型的不同有所差别，常用的环氧玻璃钢设计温度范围为-40~90℃。机械缠绕玻璃钢设备的安全系数取 $n \geq 10$ 。对于玻璃钢储罐应限制罐壁的应变值，其材料许用应变值[ϵ] $\leq 0.1\%$ 。对于外压的圆筒，其稳定安全系数 $m \geq 5$ ；对于受外压的凸形封头，其稳定安全系数 $m \geq 15$ 。璃钢材料需选用阻燃型，且所选用的树脂须与设备所盛装的介质相匹配。

玻璃钢化工容器适用于耐腐蚀介质，其壳壁由内层、结构层和外层组成，结构层厚度按载荷条件计算确

定,内层厚度约2.5mm,外层厚度约1.5mm。接管管口法兰至罐体的距离应不小于100mm,且此距离不得小于接管装配时粘结所需的最小长度。容器内外表面巴氏硬度值均不得小于40,表面应光滑平整,厚度误差 $\leq 1\text{mm}$ 。直径不大于50mm的法兰接管应承受1360N/m的力矩载荷而无损伤,大于50mm的法兰接管应承受2700N/m的力矩载荷而无损伤。

四、设备共性问题

设备材质可参照相应的标准结合工艺推荐材质进行选取,接管材质一般与设备本体材质相匹配,但如果接管中的介质较特殊时可另选匹配的材质或将此接管做成套管结构。寒冷地区的设备地脚螺栓宜采用16Mn的材质,所有螺栓的长度需圆整以方便采购。设备温度不高时保温材料选用复合硅酸盐,温度在60℃以上但工艺不需要保温的设备需考虑是否做防烫。较小的设备宜采用限位结构来加以固定,防止设备受力移动或倾翻。设置入孔和投料口的部位必须注意设备内部构件布置以及开口位置是否方便操作,比如开口处是否有结构高度限制。无法进行水压试验的设备可考虑采用煤油渗漏。

五、结构相关问题

对于设备侧面的出口,当需要做到尽量低时法兰可能会碰到基础,此时应核实土建的外边缘尺寸,保证法兰在基础外并留足把螺栓的距离(见图7)。筒体较长的设备从框架侧面安装时可考虑先安装后补焊梁,如果设备高度超出时可设计成分段形式,安装就位后现场焊接。当设备安装接管、法兰等零部件需穿过楼板时应注意土建的预留孔是否足够大,如设备截面最大尺寸超出结构尺寸限制时可将零部件设计为现场焊接。在楼板下方的设备零部件需核实与结构楼层的高度是否足够。设备穿过顶层楼板时应要求结构专业设计防水围堰并在设备图上设置相对应的防雨罩。框架内的高耸设备可在相应的层高设置导向支撑环来加强设备。

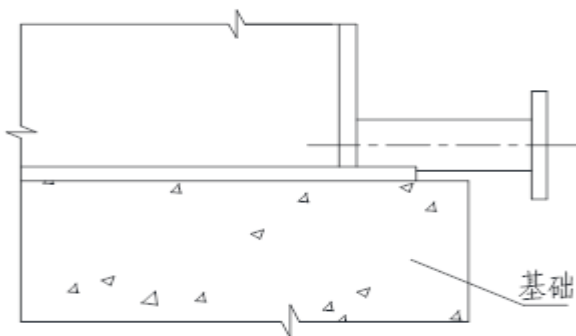


图7

六、仪表相关问题

需注意仪表的液位计的形式,不同的液位计测量时对安装空间的需求不一样,比如雷达液位计和超声波液位计的射角差别就导致所需无障碍区域大小不同。有内伸部件的仪表口应保证设备接管的外伸长度满足要求并且内伸部分避开设备内构件,同时明确是否需要做套管以及套管端部是否封口。接管的实际内径应满足仪表提出的最小尺寸要求,对有衬里的管口,应核实衬里施工完后的接管内径是否满足要求。在仪表口周边留足操作空间并保证仪表有足够的拔出空间。

七、结束语

针对催化剂的不同特性,设计阶段应全面考虑,正确选材、优化布置,采用合理的防腐措施以及使用先进可靠的结构设计,从源头上精细设计,注重每个细节,确保设备安全和产品质量。

参考文献:

- [1]国家石油和化学工业局.HG/T 20678-2000《衬里钢壳设计技术规定》[M].化工工业出版社,2001.
- [2]国家能源局.SY/T 0326-2012《钢质储罐内衬环氧玻璃钢技术标准》[M].石油工业出版社,2012.
- [3]中华人民共和国工业和信息化部.HG/T 20677-2013《橡胶衬里化工设备设计规范》[M].中国计划出版社,2013.
- [4]中华人民共和国工业和信息化部.HG/T 2268-2009《钢制机械搅拌容器技术条件》[M].化学工业出版社,2009.
- [5]国家石油和化学工业局.HG/T 20696-1999《玻璃钢化工设备设计规定》[M].化工工业出版社,2000.
- [6]中华人民共和国工业和信息化部.JC/T 587-2012《玻璃纤维缠绕增强热固性树脂耐腐蚀立式贮罐》[M].中国建材工业出版社,2013.

作者简介:汤嘉琪(1989-),男,汉族,本科学历,湖南省临湘人,工程师,研究方向:化工机械设备。