

蜡油加氢裂化装置反应器管道设计

张 博

洛阳智达石化工程有限公司 河南 洛阳 471003

摘 要：蜡油加氢裂化装置在炼油工业中扮演着重要角色，其核心反应器管道的设计直接关系到装置的运行效率、安全性和稳定性。本文详细探讨了蜡油加氢裂化装置反应器管道设计的各个方面，包括管道材料的具体选择依据、管道布置的详细原则以及必要的安全措施，旨在为同类装置的设计提供全面、深入的理论指导和实践参考。

关键词：蜡油加氢裂化装置；反应器管道；材料选择；管道布置

引言

蜡油加氢裂化装置通过加氢反应和裂化反应，将重质蜡油转化为轻质燃料油，是炼油工业中实现原料轻质化的关键设备。反应器作为装置的核心，其管道设计至关重要。本文将针对蜡油加氢裂化装置反应器管道的设计进行深入探讨。

1 蜡油加氢裂化装置基本原理

蜡油加氢裂化装置，作为现代炼油工业中的一项关键技术，其核心在于利用高压、高温环境以及高效的催化剂，对原料蜡油进行深度加工与处理。该装置通过一系列精细设计的工艺环节，实现了蜡油的高效轻质化，为市场提供了更多高质量的轻质烃类产品。在装置运行过程中，首先，原料蜡油在严格的工艺控制下被送入加氢反应器。此时，反应器内的高温高压环境为加氢反应提供了必要的条件。在催化剂的催化作用下，原料中的硫、氮等杂质与氢气发生反应，生成易于脱除的硫化氢、氨等气体，并通过后续工艺环节被有效去除。这一过程不仅净化了原料，还为后续的裂化反应创造了有利条件^[1]。紧接着，在同样的高压高温环境下，经过净化的蜡油进一步发生裂化反应。大分子的烃类在催化剂的作用下被裂解成小分子烃类，如汽油、柴油等轻质组分。这一裂化过程不仅提高了产品的轻质化程度，还显著提升了产品的附加值。值得注意的是，在整个加氢裂化过程中，反应器管道扮演着至关重要的角色。它们不仅负责输送反应物料，确保物料在反应器内的均匀分布与充分反应；还要承受高温高压的苛刻条件，确保整个装置的稳定运行。因此，反应器管道的设计、选材与制造都需严格遵循相关标准与规范，以确保装置的安全性与可靠性。^[1]

2 蜡油加氢裂化装置反应器管道设计要点

2.1 反应器设备布置

蜡油加氢裂化装置中反应器的设备布置，应满足

GB50160《石油化工企业设计防火标准》，GB50058《爆炸危险环境电力装置设计规范》中装置内设备、建筑物的防火、防爆间距要求；反应器布置还应满足SH3011《石油化工工艺装置布置设计规范》中反应器的布置要求，需考虑反应器吊装检修、催化剂装卸运输，反应器平面布置还应协同与其相关连的加热炉、换热器等统一布置，在符合标准规范的同时尽量减少占地和节约管材。

以某炼厂蜡油加氢裂化装置为例，此装置由两台加氢精致反应器R53101、R53102串联组成，反应器上游工艺设备为反应进料加热炉F53101，下游工艺设备为反应流出物/混合进料换热器E53101，反应流出物/汽提塔底液换热器E53102，两台反应器及高压绕管换热器按中心线对齐、成排集中布置于构架内，反应器南侧留有检修区域满足催化剂装卸及消防检修的要求，反应器西侧为反应加热炉及炉前管架，加热炉至反应器间距大于15m，满足GB50160标准装置中甲类可燃气体设备至明火设备的防火间距要求。

反应器、高压换热器露天布置于反应构架内，为方便催化剂装卸、人孔检修、管口法兰拆卸、仪表操作，对构架进行分层布置，每层平台的结构梁不应妨碍反应器设备热胀，顶部平台应考虑催化剂的放置应对平台载荷进行加大，此构架为甲类可燃气体构架平台，长度大于8米，应设置不少于2个通往地面的梯子。反应区设备布置见下图：

2.2 管道材料选择

2.2.1 管道选材原则

管道材料的选择应基于全面的设计条件分析，包括但不限于管道级别、设计温度、设计压力以及介质的特殊要求。这些条件共同构成了选材的基础框架，确保了管道在实际运行中的安全性和可靠性。（1）管道级别与设计条件：根据管道的输送任务、工作压力和温度等参数，确定管道的级别。高级别管道需承受更高的压力和

温度，因此材料的选择需更加严格。（2）耐腐蚀性能：加氢装置中的管道常面临复杂的腐蚀环境，如高温氢损伤、高温硫腐蚀、氢/硫化氢腐蚀等。因此，选材时需特别关注材料的耐腐蚀性能，确保管道在长期使用过程中不受腐蚀影响。（3）加工工艺性能：管道材料需具备良好的加工性能，以便进行弯曲、焊接等加工操作。这有

助于降低制造成本，提高生产效率。（4）焊接性能：在管道连接过程中，焊接是常用的方法。因此，选材时需考虑材料的焊接性能，确保焊缝的强度和密封性。（5）经济合理性：在满足上述要求的前提下，还需考虑材料的经济性。选择性价比高的材料有助于降低装置的整体投资成本。^[2]

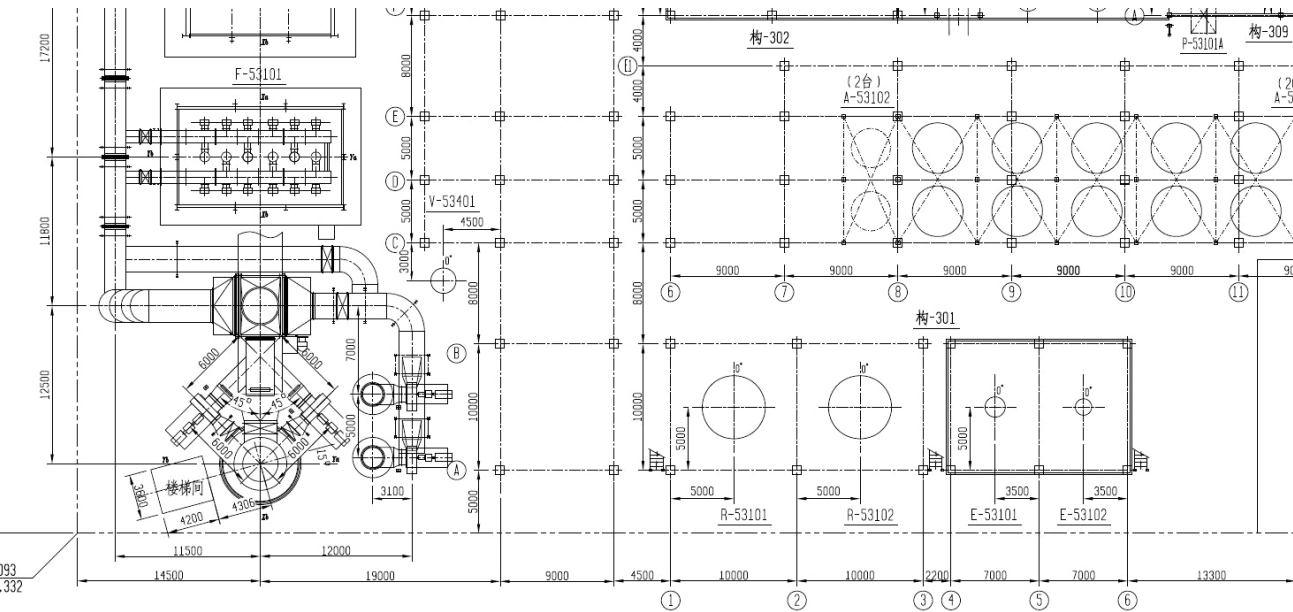


图1 反应区设备布置图

2.2.2 管道材料

基于上述选材原则，此项目反应器输送介质为油、油气、氢气、硫化氢，管道介质含高温氢气及硫化氢按

SHT3059《石油化工管道设计器材选用规范》附录C.2临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限，选择管道材料如下：

表1 管道材料表

管道位置	操作温度	操作压力	设计温度	设计压力	管道材质
第一反应器入口管线	380℃	17.95MPa	390℃	18.85MPa	A312 TP321
第一反应器出口管线	435℃	17.25MPa	445℃	18.11MPa	A312 TP321
第二反应器出口管线	427℃	16.35MPa	437℃	17.17MPa	A312 TP321

反应流出物管道面临高温高压和腐蚀环境，管道材料应考虑连多硫酸腐蚀和材料敏化的影响因此，管道材料选用ASTM A312 TP321和ASTM A312 TP347稳定型不锈钢。这些材料能够确保管道在复杂工况下的稳定性和安全性。考虑到管道价格的因素，此项目选用ASTM A312 TP321管材，能够确保管道在长期使用过程中的稳定性和可靠性。

2.3 管道布置

2.3.1 布置原则

一是工艺流程合理：管道布置的首要原则是满足工艺流程的要求。这要求设计者在布置管道时，需深入了解装置的工艺流程，确保管道的连接顺序、流向和位置

均符合工艺要求。同时，应尽量减少不必要的弯头和三通等管件的使用，以降低流阻和压降，提高物料的输送效率。通过优化管道布局，还可以减少管道的长度和重量，从而降低装置的建设成本和维护成本。二是操作方便：管道布置还应考虑操作、检修和维护的便利性。为了确保操作人员能够方便地进行日常操作和维护工作，应在关键位置设置操作平台、检修通道和爬梯等设施。这些设施不仅便于操作人员接近管道和阀门，还能在紧急情况下迅速进行抢修和救援工作。此外，管道布置还应考虑未来可能的扩建和改造需求，预留足够的空间和接口，以便后续工作的顺利进行^[2]。三是安全可靠：安全是管道布置中不可忽视的重要因素。在进行管道布置时，

应满足SH3012《石油化工金属管道布置设计规范》的要求,确保管道系统的安全性和可靠性。应设置必要的防火、防爆和泄漏检测设施,及时发现并处理潜在的安全隐患。对于高温高压管道,还应特别关注其热膨胀和冷缩问题,采取相应的措施确保管道的稳定性和安全性。

2.3.2 反应出入口管道布置

反应器热膨胀会产生大的竖直方向位移,带动入口管线变形,造成刚性支架脱空,致使反应器管口法兰所受的力和力矩过大造成法兰泄露,因此在靠近入口法兰处考虑设置弹簧支架,既防止支架脱空又能吸收热位移避免管口法兰泄露;

反应器顶部设置催化剂装卸及检修平台,顶平台靠近反应器顶部人孔法兰螺栓处设置,便于人孔法兰螺栓的安装拆卸,注意平台结构梁不能影响反应器设备的热胀;

反应器出口管线会产生向下的热胀位移,此管线通过改变管道的走向,可以增加管道的柔性,从而减少管嘴受力。在设计过程中,可以充分利用管道的弯曲和转折来吸收热膨胀和冷缩引起的变形,降低管道的应力水平。

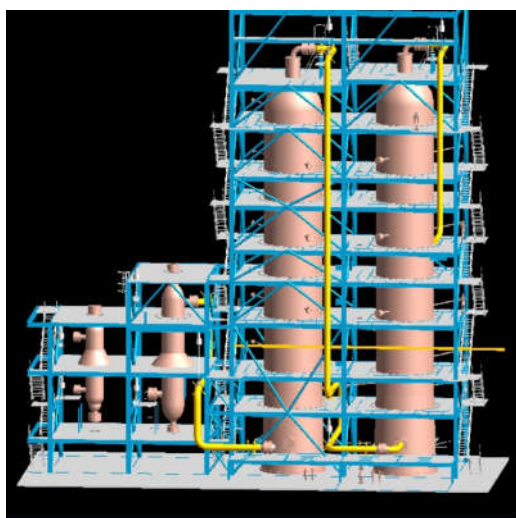


图2 管道布置图

反应器冷氢管线温控阀组布置于地面层便于操作处,冷氢管线与设备连接处应考虑设备向上的热胀位移,设计时可以增加平面内的管道补偿,从而减少管嘴

受力。

反应器构架各层平台上应设置软管服务站,服务站管道包括净化风、氮气和低压蒸汽,用于吹扫和消防。

反应器构架应按GB50160《石油化工企业设计防火标准》的要求设置半固定式消防给水竖管,对高于自燃点的设备管口处设置消防环管。

2.3.3 管道支吊架设计

管道支吊架作为管道系统的重要组成部分,其设计合理性直接关系到管道的稳定性和安全性。在进行管道支吊架设计时,应考虑以下因素:

热膨胀补偿:对于高温管道,支吊架应能够补偿管道的热膨胀量。由于高温管道在运行过程中会产生较大的热膨胀,如果支吊架无法有效吸收这些膨胀量,就会导致管道产生过大的应力和变形^[3]。因此,在设计支吊架时,应充分考虑管道的热膨胀特性,并采取相应的措施来确保支吊架能够吸收管道的膨胀量。

稳定性:支吊架应具有足够的刚度和稳定性,以确保在各种工况下均能保持稳定。这要求支吊架的结构设计应合理、材料选择应恰当,并且安装过程应严格按照规范进行。此外,还应定期对支吊架进行检查和维护,及时发现并处理潜在的问题,确保支吊架的长期稳定运行。^[3]

结语

蜡油加氢裂化装置反应器管道设计是炼油工业中的一项重要工作。通过合理选择管道材料、优化管道布置和热补偿设计等措施,可以确保管道的安全运行和装置的整体性能。未来,随着炼油技术的不断发展,蜡油加氢裂化装置反应器管道设计也将不断完善和创新。

参考文献

- [1]刘振英,李杰,张宇松.蜡油加氢裂化装置加工原料多样化的工业实践[J].中外能源,2024,29(12):55-62.
- [2]阎凯.160万吨/年蜡油加氢裂化装置运行分析[J].广东化工,2024,51(12):104-107.
- [3]张华阳,杨志和,李景耀.蜡油加氢裂化装置生产工业粗白油的工艺优化[J].石化技术与应用,2024,42(02):121-124.