

石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计要点分析

杨殿阁（辽宁华正工程设计有限公司，辽宁 沈阳 110000）

张 威（中国石油集团东北炼化工程公司沈阳分公司，辽宁 沈阳 110000）

摘 要：随着社会的快速发展，石油化工生产技术进步显著，蒸汽作为石油化工生产提供热源的重要介质，是整个生产工艺运行的基础，因此，针对蒸汽管道设计的相关研究意义重大。本文对蒸汽管道配管设计基本内容和意义进行剖析，并总结相关设计要点和注意事项。

关键词：石油化工工艺装置；蒸汽管道；设计；要点

1 石油化工工艺装置蒸汽管道的意义

石油化工工业是以石油和天然气为原料，生产石油产品和化工产品的加工工业，为企业生产提供能源和材料，为社会提供产品，满足社会生活、生产的需求。在石油化工工艺装置中，蒸汽管道较少作为工艺生产的反应物，一般为工艺管道进行热交换，用以维持生产操作及停输期间管道内介质的温度，保证石油化工企业安全、稳定生产，是石油化工工艺的重要能量枢纽。

2 石油化工工艺装置蒸汽管道设计概述

石油化工工艺装置蒸汽管道设计应根据设计压力、设计温度及管内介质特性等工艺条件，并结合环境、荷载等综合因素进行。按介质分类蒸汽管道可分为饱和蒸汽管道和过热蒸汽管道；按操作压力分类，蒸汽管道分为低压蒸汽管道、中压蒸汽管道、高压蒸汽管道和超高压蒸汽管道。管道设计应确定合理的设计温度、设计压力；选择合适的管道及管件材料、壁厚、保温材料；设计合理的管道走向、管道支撑。

3 石油化工工艺装置蒸汽管道配管的设计要点

蒸汽管道的设计压力不应小于蒸汽发生装置的最大工作压力，设计温度不应小于蒸汽发生装置的最高工作温度。管道及管件的材料选择应根据设计压力及设计温度综合考量，满足材料的许用应力要求。管径的计算应根据管道流量要求进行计算。保温材料应根据设计温度选取，保证材料的燃烧性能、耐腐蚀性、防潮性及抗压强度等。装置内的蒸汽管道宜架空敷设，不宜采用管沟敷设方式，更不应采用埋地敷设方式，蒸汽管道布置应力求短而直。蒸汽管道的配管重点可分为以下4点：①蒸汽管道布置；②蒸汽支管设计；③蒸汽管道排液设施设计；④蒸汽管道的应力分析。

3.1 蒸汽管道布置

在化工装置中，有大量管道需要进出界区，通常管道进出界区通过管廊进行相互连接。管廊上进出装置的管道方位和标高应与相邻装置或全厂性管廊协调，大直径管道、腐蚀性介质管道布置在管廊的下层，其他工艺管道及公用工程管道布置在上层，火炬管道及仪表电缆桥架布置在管廊的最上层。蒸汽管道作为公用工程管道

宜布置在管廊的上层，以减少蒸汽管道对其他工艺管道的热辐射影响，当蒸汽管道操作温度小于250℃，上层管廊布管空间紧张时，可以考虑将蒸汽管道布置在下层管廊，但不应与液化烃管道相邻，保温厚度应设置合理，保证蒸汽管道与相邻管道净距要求。蒸汽管道配管时应首先考虑自然补偿，蒸汽管道宜布置在管廊的一侧，是因为蒸汽管道温度较高，易发生热膨胀，布置在管廊一侧有利于进行管道自然补偿的设计。采用自然补偿具有结构简单、运行可靠等优点，在配管空间受限时，可以考虑使用补偿器。

蒸汽伴热系统的组成一般为热源总管、热介质引入管、分配站、伴前管、伴管、伴后管、冷凝液收集站、收集站出口回流管、回流管总管。蒸汽分配站应至少有3根伴管送至半径3m范围内的地点时才设置，否则伴热供汽管可直接从蒸汽总管上引出，分配站的接管数与引入管的管径有关，DN40蒸汽分配站的接管数不多于6个，DN50蒸汽分配站的接管数不多于10个。每个分配站应预留1~2个备用口，分配站应布置在不妨碍通行、便于操作的地方，尽可能靠近墙、柱、平台栏杆等设置，同时考虑整齐、美观。分配站的蒸汽应从蒸汽总管的顶部引出，蒸汽伴热管的管径一般不大于DN25，管径较小时易堵塞，施工过程注意尽量不要采取热煨弯方式。每根蒸汽伴管应有其独立的供汽阀门和冷凝液疏水阀，不宜与其他伴管合并疏水。通过疏水阀的不回收凝结水宜集中排放。仪表采用的伴热供汽站一般宜单独设置，不宜与管道的伴热站共用。

3.2 蒸汽支管设计

蒸汽支管的设计中有许多注意事项和细节，如蒸汽支管不得从用气要求很严格的蒸汽管道上接出。蒸汽支管不应从主管上的Ⅱ形补偿器上直接引出，在靠近Ⅱ形补偿器两侧的直管上引出支管时，支管不应妨碍主管的位移。因为在管道配管设计时，考虑管道的自然补偿设置了Ⅱ形补偿器，在Ⅱ形补偿器位置管道的热位移较大，在Ⅱ形补偿器上直接引出或是在靠近Ⅱ形补偿器两侧的直管上引出支管时，支管产生的热位移可能与主管的热位移有较大偏差，易发生焊口撕裂或管道脱落

等事故,存在安全隐患。还有工艺要求蒸汽支管上设置切断阀时,切断阀应布置在靠近主管的水平管段上。因为支管上的切断阀应尽量靠近主管,减少盲端,将切断阀布置在立管上,当切断阀关闭时,管内蒸汽冷凝产生的凝结水会在立管切断阀上端聚集。在整个设计环节中,务必要以石油化工工艺装置运行的安全性和可靠性为前提,进行科学、合理的设计。

3.3 蒸汽管道排液设施

蒸汽管道由于热量损失会产生冷凝水,如果冷凝水不能及时排出,高速流动的蒸汽会推动积结在一起的冷凝水在管道中前进,在弯头或其他改变管道走向的部位可能出现水击情况,轻则造成管道震动,严重时可能导致管道破裂。因此需要采取措施,对蒸汽管道内可能出现的冷凝水进行排液。根据产生冷凝水的方式可分将其为经常性疏水和启动性疏水,经常性疏水为装置平稳运行情况下,蒸汽管道经过换热后温度降低产生的凝液;启动性疏水为在石油化工装置停车阶段或蒸汽管道间歇操作时,管道温度降低产生的凝结水。在以下位置需设计蒸汽管道排液装置:①蒸汽管道的末端;②蒸汽管道的低点;③蒸汽管道进入界区的切断阀上游;④当蒸汽管道水平敷设时,需要间隔一段距离设置1个排液设施。在装置内,饱和蒸汽排液设施设置不宜大于80m,过热蒸汽排液设施设置不宜大于160m;在装置外,顺坡时排液设施设置不宜大于300m,逆坡时排液设施设置不宜大于200m。

蒸汽管道的疏水方式有两种:一种是手动排液,一种是安装疏水阀。启动性疏水不需要一直进行,可以在分液包下设置双阀排液,排液口需要接到安全,不得妨碍人员行走、操作的位置;经常性疏水则需要安装疏水阀,在液包侧面引出疏水管线,在易于操作位置安装疏水阀,经止回阀接入凝液总管,疏水阀前后需设置切断阀,疏水阀前设置排污阀,阀后设置检查阀。巡检时打开检查阀,观察是否有水流出,可以判断疏水阀是否正常工作。不同压力等级的蒸汽疏水阀出来的凝结水应分别接至各自的冷凝水回收总管。公称直径大于等于50mm的直管应顺应介质流向45°斜接在冷凝水回收总管的顶部。在工程设计阶段,设计人员需要注意根据管道走向的不同,进行个性化设计,以满足工艺要求及操作需求。

3.4 蒸汽管道应力分析

蒸汽管道的设计核心是管道的应力分析。在进行管道系统的应力分析时,应将管道系统作为一个整体,并应计算管道系统在各可能工况下的所有危险部位及其受力。比如部分蒸汽管道为开工暖管线,仅在开停车情况下启用,在进行应力分析时需要综合工况考虑。当管道系统符合下列条件之一的,可使用简化分析方法:①管径小于DN50;②设计温度低于150℃;③设计温

度大于等于150℃,并且低于200℃,公称直径大于等于DN50,并且小于等于DN400;④设计温度大于等于200℃,并且低于350℃,公称直径大于等于DN50,并且小于等于DN200。目前对蒸汽管道应力分析采用最多的方法是CAESAR II软件三维立体模型的计算机模拟分析。

依据应力分析结果对蒸汽管线进行热补偿设计。常用的热补偿设计分为两种:①自然补偿;②补偿器补偿。自然补偿是利用管道布置时通过弯头、三通等管件改变管道走向,在三维空间上产生的自然弯曲所具有的弹性来吸收管道的热变形。当自然补偿不能满足应力条件时,需要在管路上设置补偿器进行热补偿。补偿器能够吸收管道热胀冷缩引起的位移。常用的补偿器有方形补偿器、波纹管补偿器、套筒补偿器及球形补偿器等。由于补偿器需要频繁变形,可能引起疲劳损坏,因此在整个管道系统中,补偿位置为最脆弱的环节,考虑补偿器的使用寿命,石油化工企业安全、平稳运行,一般采用自然补偿方式。在合适的位置设置Π形补偿器可有效吸收管道由于热膨胀产生的位移,施工简单,扎实可靠。

4 石油化工工艺装置蒸汽管道设计注意事项

蒸汽管道的设计不仅要合乎相关标准规范,也要依据实际生产运行情况而定,管道设计首先要满足石油化工企业生产的需要,其次要符合经济性的要求,同时兼顾场地空间布置,保证设备及阀门检修场地,美观大方,要与周围其他建构筑物形成一个整体,令石油化工装置具备安全性、可靠性以及美观性的特点。设计者在设计过程中需要合理选择管道直径,使蒸汽管道的设计既能满足经济效应,减少热损失,也能有效实现较大流速的蒸汽运输,避免出现水蚀、结渣等不良后果。同时,在布置蒸汽管道时也要考虑其与补偿器之间的关系,确保系统间压力状态正常,避免出现水锤的情况。

5 结束语

综上所述,蒸汽管道为石油化工装置提供能源,是生产的重要动力,是石油化工装置的基石。在石油化工工艺装置蒸汽管道设计过程中,设计人员需要深入研究系统环境内外的联系,充分考虑各种不利因素的影响,掌握前文所述有关蒸汽管道的配管设计的要点,并进行设计总结,提高设计水平。

参考文献:

- [1] 白洁,庄江鸿,高冬梅.石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计分析[J].化工管理,2020(21):124-125.
- [2] 惠泽航,牛芳菲,韩元仿.石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计[J].化工设计通讯,2020,46(06):96+111.
- [3] 魏亚鹏,程永帅,程伟.石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计要点解析[J].河南化工,2020,37(04):30-31.
- [4] 钱帅丞.论石油化工工艺装置蒸汽管道配管设计的研究[J].华东纸业,2020,50(02):37-40.