

化工管道支吊架选择要点及常见问题分析

张 健 (黎明化工研究设计院有限责任公司, 河南 洛阳 471000)

摘 要: 本文首先介绍了化工管道支吊架的分类方法及其基本组成等方面的问题, 然后分别讨论了支吊架在化工管道设计中所起的作用及其应用场合, 最后结合化工管道应力分析结果讨论分析了选择支吊架时应该注意的问题, 这些分析对合理地选择支吊架起到积极的作用。

关键词: 支吊架; 化工管道设计; 应力分析

0 概述

化工管道支吊架是保护化工管道的主要构件, 它与化工管道的力学分析息息相关, 而化工管道的力学分析结果对化工管道的布置和化工管道支撑设计起着决定性的作用, 因此在满足应力分析的基础上合理有效的选择支吊架对化工管道设计人员是一项十分重要的工作。

本文从化工管道设计的安全性并结合一些工程设计经验浅谈了化工管道支吊架选择的一些要点。

1 支吊架的分类

支吊架按用途可以简单分为以下三类: ①承重支吊架 (刚性支吊架、可调刚性支吊架、可变弹簧支吊架、恒力弹簧支吊架); ②限位支架 (固定支架、止推支架、导向支架); ③减振支架 (防振管卡、阻尼减振器)。

1.1 承重支吊架

1.1.1 刚性支吊架

刚性支吊架在工程中应用的最多, 它的理论刚度可以理解为无穷大, 刚性支吊架仅限制化工管道一个方向的自由度。它常用于化工管道在支撑点无向上垂直热位移和附加位移或支撑点有较小的向下位移和附加位移, 但不会由此在管系中造成较大的管系力的情况下。可调刚性支吊架是一般刚性支吊架的一种特殊型式, 它可以使支吊架的高度在一定范围内得到调整, 用于有少量竖直方向的热位移或附加位移的场合。

1.1.2 弹簧支吊架

弹簧支吊架可以分为可变弹簧支吊架和恒力弹簧支吊架, 恒力弹簧支吊架的理论刚度为零, 可变弹簧支吊架的理论刚度系介于恒力弹簧和刚性支吊架之间, 其数值等于弹簧产生单位变形所需要的力。与恒力弹簧支吊架相比, 使用可变弹簧支吊架会造成一定的荷载转移, 为防止过大的荷载转移, 可变弹簧支吊架的荷载变化率应控制在 25% 以下。恒力弹簧支吊

架适用于化工管道支撑点垂直位移量较大或管系受力要求较苛刻的场合, 恒力弹簧的恒定度应小于或等于 6%, 以保证支吊点发生位移时, 支承力的变化很小。

1.2 限位支架

限位支架是以限制和约束因热胀而引起的管系位移为目的的支架。当管系中的各点发生位移时, 在管系中适当的位置设置限位支架, 可以控制支撑点的位移或某些方向的位移, 使管系的位移朝着有利于保护敏感设备或有利于热补偿的方向进行。

通常在管系的中心设置一个限位支架, 对于热膨胀引起的位移, 要限制其在正常运行时的水平位移; 对于冷收缩引起的位移, 要限制其在正常运行时最大温度下的水平位移。其安装位置可根据管系中各点的位移方向来确定, 如管系中某一点发生倾斜 (偏斜) 时, 则可在该处安装限位支架。限位支架一般采用镀锌钢材, 常用材料有: Q235、Q345、20#、16# 等。设计人员应根据化工管道所处环境、设备工作温度及其对管系产生力的大小以及允许公差等条件对化工管道支吊架进行设计。

1.3 减振支架

防振管卡能有效地控制管系的高频强迫振动, 它对化工管道施加了较大的刚度, 从而增加了支架对化工管道的阻尼作用, 有效地降低了管系的振动, 并且它允许化工管道有一定的轴向位移而使管系不会因热胀而破坏。阻尼减振器对连续强迫高频振动的抑制效果较差, 经常用于缓解瞬间激振引起的有阻尼自由振动。一般情况下, 阻尼减振器的阻尼系数和弹簧刚度应满足如下要求: ①在一般工况下, 弹簧刚度应 $\geq 0.24 \sim 0.36 \text{ N/m}$, 阻尼系数应 $\geq 0.1 \sim 0.15$; ②在防振措施中常用阻尼器。对有抗震要求或热位移较大的化工管道, 当其管径 $< 600 \text{ mm}$ 时, 可选用钢制管卡; 当其管径 $> 600 \text{ mm}$ 时, 可选用橡胶套管式防振管卡; 当化工管道属于保温管且安装在保温墙上时, 宜采用阻尼薄膜式防振管卡。

2 支吊架的承载情况及其结构组成

2.1 支吊架的承载情况

根据支吊架的类型及其对化工管道所起的作用不同,大体上承受如下几类载荷:①管子及附件重量;②弹簧支吊架预压所产生的作用力及其转移至刚性支吊架的荷重;③活动支吊架的摩擦力;④化工管道热胀冷缩产生的作用力和力矩;⑤管内介质的不平衡内压产生的推力;⑥风载荷、雪载荷、地震等偶然载荷。

上述每一种载荷都对支吊架本身起着关键的作用,在选择时要充分考虑它们的存在。

2.2 支吊架的结构组成

一般情况下,化工管道支吊架由三部分组成,既与管子直接接触的附管部件、与地面、设备、构筑物等支撑设施相连的生根部件及连接附管部件和生根部件的中间部分。

2.2.1 附管部件

附管部件与管子直接连接,选用支吊架的时候我们必须考虑附管部件与管子材料及安装条件的融合性,附管部件与管子可以直接焊接或管卡连接。在选择两种连接方式时应注意一些关键问题:

直接焊接结构在如下工况下应禁止使用:①低温化工管道;②高空敷设的合金钢或有热处理要求的碳钢化工管道;③生产中需要经常拆卸检修和高空敷设且不宜焊接施工的化工管道;④吊架支撑,且管内介质温度 $\geq 400^{\circ}\text{C}$ 的碳素钢化工管道。

管卡结构应注意如下问题:①保冷化工管道应选用管卡型式,且管卡卡在保冷层的外层;②与不锈钢管子相连时,应在管子与管卡之间设置非金属垫层;③对于 $\text{DN} \geq 50$ 的管子,当采用管卡承重时,应设置挡铁;④当管子有保温时,管卡与中间连接件相连的部分应漏出隔热层外;⑤当水平管子在工作状态下有平面位移时,管卡宜与吊架配合使用;

2.2.2 生根部件

根据装置总平面及化工管道布置的要求,支吊架一般生根在地面、构筑物的梁或柱、平台、设备本体等部位,无论生根在哪个部位都应满足生根点的承载面积、载荷极限和与生根构件的连接方式等要求。

2.2.3 中间连接件

中间连接件起到的是过渡作用,它对被支撑的管子和生根部位不会产生直接的影响,一般只需材料本身的特性满足要求即可,所以普通碳素钢比较常用。例如,当某些中间连接件与高温的被支撑管子或被生根设备较近时,材料应适应高温的要求,当中间连接

件为一些专用定型件时,其材料尚应符合定型部件的加工标准需要。

3 设置支吊架的位置

3.1 化工管道允许基本跨距

化工管道的基本跨距是指化工管道相邻两承重支架之间的距离,此距离要保证化工管道既不会失稳,更不会发生强度破坏。对于水平连续敷设的化工管道,工程上以三跨连续梁作为计算模型,并按承受均布载荷分别根据刚度条件计算和强度条件校核其最大允许跨距,取二者中的较小值。不同管径基本跨距的数值我们可查阅相关资料直接选用,对于末端化工管道和水平拐弯化工管道按照基本跨距取相应的比例即可。

3.2 承重支吊架位置的确定

承力支吊架安装的位置选择是根据化工管道系统设计的有关要求及管架位置、荷载等因素综合确定的。按化工管道系统所承受的力及其运动规律,确定支架的位置。支架位于管架上或管架下时,其载荷由支架承担;管架位于主化工管道上时,其载荷由支承件承担,从而保证化工管道系统安全。

通常,支架和吊架安装在基本跨距以外的地方。基本跨距是化工管道设计和安装的重要参数之一,对此要充分重视。

承重支吊架除满足基本跨距要求外,还应在下列情况下着重考虑:①应布置在靠近集中载荷的地方;②在敏感设备的附近,宜设置承重支架;③应设在弯管和大直径三通式分支管附近;④当塔的水平管嘴直接安装 $\text{DN} \geq 150$ 的阀门时,应在其附近设承重支架;⑤沿立式设备敷设的竖直化工管道,应在尽可能靠近嘴子处的竖管上设承重支架;⑥当装置检修或改造需要移走相连设备或管件时,应考虑与其相连管子的稳定性,必要时应设承重支架。

3.3 限位支架位置的确定

根据本文前面的描述,限位支架所起的作用就是对化工管道的线位移和角位移起到一定的限制作用,以此使化工管道满足要求,根据前面的分类分别讨论如下:

3.3.1 导向支架位置的确定

①水平化工管道直线距离较长而且中间无固定点和止推点时,应在中间若干点设置导向支架;②允许化工管道轴向位移而不允许径向位移的位置应设置导向支架;③水平设置的 π 型补偿器和波纹管膨胀节两侧应设置导向支架;④竖直化工管道较长时,为了防止因风载荷等引起的化工管道大幅度振动或摆动,

应沿化工管道分段设置导向支架；⑤化工管道在拐弯处有较大位移并影响到邻近化工管道或其他设施时，应在适当位置设置导向支架。

3.3.2 固定支架位置的确定

出于对化工管道柔性的考虑，一般情况下要慎重使用固定支架。确定化工管道固定支架位置时，应使其有利于两固定点之间管段的自然补偿，在下列情况下可以考虑使用固定支架：①选用 π 型补偿器时，宜将其设置在两固定支架之间的合适位置；②固定支架宜靠近需要限制分支管位移的地方；③生根在地面的调节阀组等，在不妨碍热补偿的情况下，应在一端设固定支架；④对于复杂管系，为了满足其柔性，可用固定支架将它划分成几个形状较为简单的管段；⑤固定支架应设置在需要承受化工管道振动、冲击等载荷或需要限制化工管道多方向位移的地方；⑥在装置分界处宜设固定支架。

3.3.3 止推支架位置的确定

①在热态情况下，当管系的热胀方向朝向敏感设备嘴子时，可在适当的位置设置逆热膨胀方向的止推支架；②刚度较大的化工管道对设备、设备基础等产生较大推力时，可在适当的位置设止推支架；③在补偿器的两端，装置边界线的化工管道固定点等，止推支架在某些场合可代替固定支架。

3.4 防振支架位置的确定

使用防振支架时应保证其生根部分应有足够的刚度，并且尽量生根在地面上，避免生根在其他结构上，以免振动传递而产生不利的影响，目前防振管卡应用的比较多，防振支架主要应用在如下场合：①有地震设防要求的化工管道；②可能发生水击、两相流等容易引起振动的化工管道；③有机械振动的化工管道。

4 化工管道应力分析结果对支吊架选择的启示

对于一般的化工管道，我们使用本文前面的方法，再结合工程实际经验进行支架选择，但是对于一些高温高压的大直径化工管道，通过应力软件进行详细分析后，我们发现原有的支吊架需要做出调整或者重新选择，这说明了分析前我们选择的支吊架不合理，这对支吊架的选择有着深刻的启示。通过对一次应力及二次应力的理解，在通常的情况下，应力分析后会产生如下几种与支吊架有关的问题值得我们注意：①支吊点的载荷或垂直位移过大，此时应考虑在支吊点设置弹簧支吊架，以增加管系垂直方向上的柔性；②限位支架所受水平力过大或二次应力超标，可能是固定支架或者止推支架的位置选择不正确，使得管系的柔

性不够，不能吸收本身的变形量；③热态水平位移过大，缺少固定点，应加固定或者止推支架；④一次应力或者冷态位移过大，此时应该在合理的位置加上支吊架；⑤设备受力超标，支吊架设计不合理，重新选择。以上几方面与支吊架相关的问题，足够引起我们的重视，通过应力分析的化工管道为我们选择支吊架提供了良好的借鉴。我们要充分消化吸收应力分析结果带给我们的启示，我们可以利用多次的分析结果进行比较，逐步完善选择支吊架的经验，从而使设计更加完美。

5 问题分析

在工程中如下关于支吊架的选择问题值得我们思考：①弹簧支吊架确实能对管系的柔性起到一定的作用，但是弹簧的应用也带来造价增加、管系稳定性下降等问题，最主要的是应用弹簧以后一些管线的振动问题异常严峻，顾此失彼。此外，一些位移量很小的管线也应用了弹簧，此时可以考虑刚性可调支架的选用；②只注重支吊架作用的管线，却忽视了支吊架本身的保护，支吊架的腐蚀、自身强度等都是十分重要的问题；③对于同一个支吊点，可能有不同的支吊架可以选择，没有分析比较最优的支吊方式；④选择支吊架的，只按照其形式选择，没有深入核算生根空间和承载能力等问题，从而使得现实中无法实现，特别是带有附属结构的支吊架尤其注意；⑤支架和吊架相比，由于摩擦力的作用使其更加稳定，在多数情况下优选支架，但在某些情况下，由于吊架生根在化工管道上侧，为人的通行提供了方便，其次吊架本身允许有一个摆角，这对缺少柔性的管系是一个帮助；⑥随着装置的大型化，大化工管道的支吊架要充分重视其稳定性和抗摩擦能力，对于一些化工管道还要考虑使用防接触垫板，以防止电位腐蚀和满足热处理的要求；⑦大直径厚壁化工管道尽量不使用假管支架，在人方便操作的位置尽量使用可调支架；⑧严格按照施工和检验标准完成支吊架的施工和检验，只有选择恰当，施工无误，才能起到支吊架应有的作用。

6 结语

本文介绍了支吊架的结构组成、作用、应用场合及应力分析给我们的启示等问题，最后结合实际情况阐述了支吊架在使用中存在的一些问题。作为化工管道设计人员，要把管线和支吊架做为一个系统问题来处理，只有把这个系统做好了，在满足工艺要求的前提下，化工管道设计才是优化的。