

长输供热蒸汽管网保温性能优化研究

杨文文

山东天润热电设计院有限公司

摘要:在蒸汽热网运行过程中,由于管道与外部环境的热传导,造成了不同程度的热损耗,特别是对于远距离蒸汽供热而言更是不利。为此,选择适当的保温材料 and 耐高温反射层,对管网的保温性能尤为重要。对保温材料、反射层进行优化设计,可有效降低长距离供暖时的巨大热量损耗。蒸汽系统是能源消耗的主要来源,若蒸汽管道的隔热性能较差,不但会导致大量的热损耗,同时也不能满足生产的技术要求,对企业的经济效益也有一定的影响。另外,由于隔热材料性能退化,保护层开裂,隔热材料的耐水性较差,导致了管道内热损失过大。基于此,本文对长输供热蒸汽管网保温性能展开研究,针对影响因素提出优化措施,以供参考。

关键词:长输供热;蒸汽管网;保温性能;优化研究

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.023

引言

供热蒸汽管道是工业热网的重要组成部分,它不仅关系到蒸汽热能的有效传输,还关系到供热管网的供热半径和能效。因此,针对供热管道的实际运行工况,开展动态特性的保温性能检测是非常重要的,是进一步提高管网运行可靠性和经济性的重要途径。

一、供热能耗概述

(一) 研究背景

供热长距离输送管道由于受到各种外部环境,如风、日晒、腐蚀、外力破坏等的干扰,其隔热性能会随着时间的推移而逐渐下降。由于热气输送管线中隔热层的损伤和破坏,使得管道的隔热寿命缩短,供热输送管道的节能效果降低,从而引起能量的极大浪费,严重制约着长输管道的稳定高效运转,故开展供热输送管道的监测与节能研究十分必要。对蒸汽管道进行保温试验的目标有两个:一是对管道的发热损耗进行测定,并将测定的数值与设计数值相对比,来判定管道供热损耗是否符合设计数值,二是对保温材料的外部温度进行测定,判断这个温度是不是超过了规定范围,找到散热损耗最大的地方,从而有目标地解决这个问题。

(二) 蒸汽供热系统的实用性

蒸汽供热系统是以蒸汽为加热媒介的管网系统,由热源向不同的工业或民用用户提供蒸汽供热,满足工业生产及民用需求。蒸汽是一种很好的热传导媒介,具有很强的通用性,能很好地适应各种热源,尤其适合于某些工业过程中的应用,由于蒸汽的温度是通过气压力来

调节的,所以该过程的温控很容易,能很好地解决对蒸汽要求较高的用户的需求。与热水相比,蒸汽拥有着更高的温度和压力,而且拥有更高的热值,所以可以选择散热面积比较小的热交换系统,以此降低对换热设备的投入,同时对输送管道的管径要求也比较低。由于蒸汽在管线内具有很少的摩阻,因此管网输送的效率很高,但同时也降低了蒸汽的浓度。除了在地势较高、静压较低、无需定压装置的山地上使用外,与热水管网比较,蒸汽加热管网的连接方式要更简单一些,实际应用价值更高。

(三) 长输蒸汽加热管网的优势

蒸汽系统的节电是非常重要的,一种节约能源的方法,通过对蒸汽系统的节能改造可以节约30%,甚至50%。目前,在我国的电力市场,以热电联产为主的集中供热模式是目前最主流的供热模式,相比于传统的分散型和单以型供热模式,其节能环保的优势明显。在今后的发展趋势中,应加快发展中央集中供热系统,逐渐取代小型燃煤锅炉,使热能输送管网的辐射范围进一步扩大。对热蒸汽管道的保温性能进行精确的评价,对管道的保温设计进行合理的优化,有利于提升热能的使用效率,扩大热力管网的输运半径,从而使长输蒸汽加热管网技术得到了发展与应用。

二、影响长输供热蒸汽管网保温性能的因素

(一) 温降影响因素分析

作为确保供热质量和稳定的重要基础,蒸汽管道的保温性能直接关系到最后的供热效果。在蒸汽初参数 $P_1=1.0\text{MPa}$ 、 $T_1=250^\circ\text{C}$ 时,蒸汽的温度和压力随输送距离的改变,是因为管道中的压力减小,所以蒸汽的温降和压降都有减小的趋势。压力损失的改变对蒸气温度的改变有直接的作用,且对应的蒸气温降会比压力损失更大。通过试验,得出了在运输里程 $L=6$ 千米时,水蒸气的压力从 1.0Mpa 下降到 0.43Mpa ,平均每千米的压力下降 0.095Mpa ,同时,蒸汽的温度从 250 摄氏度下降到 215 摄氏度。平均每公里气温下降 5.83 摄氏度。在蒸汽 1.5 兆帕和 2.5 兆帕的蒸汽初始压下,每一段蒸汽的温降都随蒸汽初压的升高而升高。在一定的初温条件下,随着初温的增加,每一段管道的温降也随之增加。同时,在一定范围内,当初始蒸汽输运时,每一段内的蒸汽压降、温降均随初始蒸汽输运的升高而升高。结果表明,不同温度下的水力压力损失与温度损失均有不同程度的变化。为此,在进行长距离输送蒸汽管道的设计时,应

注意蒸汽初始参数、管径和流速，对保温材料以及保温层的厚度等进行了最大限度地减少蒸汽的输送压降和温降，在保证能够在保证蒸汽用户需求的前提下，尽量地增加了沿长管道的运输距离。

（二）蒸汽管道保温设计

在蒸汽伴管中有两种主要的保温材料：一种是硬质的，另一种是软质的，这两种是与两种常用的保温结构相对应的，即一种是圆型保温结构，另一种是异型保温结构。当选择了硬质的管壳保温材料时，被伴热管的外壁和保温层内壁形成了一个更大的保温空间，从而降低了热量的损耗。在进行保温层的绑扎固定时，要留意其外形现状，避免堵塞受热的空隙而影响传热。由软性保温层与被伴热管道组成的保温空间很小，同时还会产生大量的热损耗。在工程实践中，通常会采取在二者之间加上铁丝网的方式来扩大供热空间。

三、管线保温结构形式

在长距离蒸汽管道输送系统中，保温技术是最主要的节能措施，也是目前供热企业普遍关注的问题。针对当前保温材料种类繁多，且各生产厂商之间的质量差别较大的现状，利用室内测试和实际案例相结合的方法，对现行保温材料做了较为全面的系统的分析。选择优良的保温材料，为进行高效率的蒸汽保温设计打下坚实的基础，常用管线保温结构形式主要有以下几种：

（一）内层微孔硅酸钙瓦+外层毡保温结构

在部分管段上，采取内层微孔硅酸钙瓦和外层柔性材质的保温构造，内部为微孔硅酸钙瓦和外部为柔性材质的复合硅酸盐毡保温软质材料。通过对工程实例的分析，发现此类工程中保温层沉降现象较为普遍。其主要原因是，将内层微孔硅酸钙瓦保温材料与外层软质材料组合在一起，并不能将二者组合成为一个有机的整体。在长时间的使用之后，会受到管线内蒸汽压力波动、水力冲击等因素的作用，会导致架空管线振动，导致软质保温材料发生变形、滑移。尽管在内部使用的保温材料可以对其进行隔热和保温，还可以在在一定程度上降低热量的散失。但是，由于其受到了单层厚度的制约，会导致保温管路上部的热损失标准超过国家标准。

（二）保温毡结构

注汽管道段的保温结构为复合硅酸盐毡，并在其外表面涂上防水漆和涂上沥青玻璃纤维布。实践证明，在长时间的运行中，由于管道的震动，将使管道外壁的保温材料发生沉降，提高保温管上端的热损耗。此外，由于多层型材的连接部位有裂缝，震动后裂缝变大，造成了较大的热耗。

（三）双层瓦块保温结构

在管道的某些部位，使用两层嵌套的微孔硅酸钙预制瓦片保温结构，并在外面覆盖上一层沥青玻璃纤维布和

玻璃纤维涂料。对注汽管道进行保温处理时，使用微孔硅酸钙预制瓦块双层嵌套的预制构件，将保温层材料与管道连成一体，不会产生沉降和裂缝问题，如果瓦与砖之间的接缝做好了，不会有裂缝，不会有任何的破坏，那么就可以达到表面热损小，结构稳定的要求。

（四）管壳保温结构

在注汽管道中，有一部分管道使用复合硅酸盐管壳来保温。对于管壳这样的保温材料，通常在接头上涂上涂料，使接头牢固。现场测试结果显示，虽然保温层没有沉降，但是出现了大量的裂缝，保温层开裂现象较为普遍，这种裂纹不仅造成了热量的增加，而且还造成了能源的浪费。最近几年新建的保温管道，因为使用的是复合硅酸盐毡，所以保温层的厚度上下不均匀，下面的厚度是上面的1.3倍，所以保温效果不太好。蒸汽管道在严酷的野外环境下工作，经历了风雨和火焰的腐蚀，两三年后就会自然而然的老化。大部分保温材料的吸水率都很高，如果外层被破坏，水很容易进入保温层，造成保温层受潮，即丧失了干燥状态下较好的保温防水特性，使热损失增大，加快了管道的腐蚀速度，使管道偏离了最佳工作状态，所以，国内外对保温防水材料的开发与应用非常重视。

四、常用的外护层材料

（一）玻璃丝布

目前普遍采用的是玻璃丝布和毛毡保护层等防护材料，其特点是成本低、重量轻、原料来源广、具有操作简便、不受天气条件的影响等特点。另外，还可以采用玻璃纤维丝布作防护层，达到一定的防水性能。其不足之处在于其易于松散、剥落，与硬质材料保温结合则效果更佳，若与柔性或半刚性被材料结合则需进行“定形”措施。此外，为了避免湿气和蒸汽，一般都会在玻璃丝布外面喷涂彩色涂料，但是这种涂料会导致玻璃丝布的强度下降，而且随着时间的推移，玻璃丝布的韧性也会下降，长期处于阳光或者温度下，很容易被破坏，所以一般都是应用在低于100摄氏度的室内的热水管道上。虽然它耐湿性能很低，但是用于供热管道保温时，受潮后对保温层的性能几乎没有什么影响。

（二）高密度的聚乙烯

聚乙烯为高分子量聚合物，能作为保温材料防水保护层，能有效地阻止水分渗透到隔热层中。由于其超高分子量使得它的力学强度很高，所以用它做的防水层，在耐磨损、耐撞击、耐拉伸、耐撕扯等方面都有很好的效果。能够达到建筑荷载的需求。在国外对聚氨酯泡沫塑料进行了防水处理，采用聚乙烯作为防水保护层。

五、长输蒸汽供热管网技术研究

以目前的技术水平，集中供热管网系统仍然存在着约5%~8%的热损耗。在远距离输送过程中，为降低热能

损耗,一般采用不超过7km的输送半径。通过对远距离供热蒸汽系统的深入探讨,提出了全新的技术方案,解决了远距离供热蒸汽系统的温降和降压问题,并在实际应用中获得了显著的效果。保温材料符合管路中各种介质对温度的需求,具有较低的热传导率,较高的强度,较小的体积密度,性能价格比适宜。在选择保温层厚度的时候,根据经济厚度进行计算,并对其进行检验,在蒸汽被送到用户端仍能满足用户蒸汽压力、温度要求的最小流量时,在不同的截面上,选用不同的保温厚度。在长距离输送蒸汽系统管线中,如何选择合适的管托会直接关系到管线整体的整体热量分配,为降低热损失、降低管网对固定管架的压力,其相对于常规的管托式可以降低80%-90%的热损失。以旋转式补偿器为基础的补偿结构,能够有效地解决架空蒸汽管道的压降问题,从而减小了管道的局部电阻,并减小了压损。长输蒸汽供热管网技术已将管道从6-8 km延伸到15-30km,目前最长23km,与传统管道比较可节约5-10%的综合投资。

六、供热管网中对新型保温材料的具体应用

(一) 使用优势

与常规的保温材料的使用状况以及所产生的不利效果相联系,因此,在供热管网中,需要对其进行调整。比如,在供热管网中,采用的固薄保温材料具有显著的节能、环保价值意义,在长距离运输上相对方便,投资也较小,含有大量的铝、镁等物质,以及高温粘结剂、矿物质、硅酸盐等,在实际应用中可以起到显著的抗酸、抗油、保温耐腐蚀等优点,具有极强的黏性和吸附能力,可耐高温1300摄氏度,一旦发生问题,检查起来很简单,维修起来也很方便,而且可以反复利用,它直接符合能源节约和环境保护的需求。

(二) 具体应用

在施工过程中,所涉及的涂料施工工艺,首先要利用搅拌机对涂料原材料进行均匀地搅拌,并持续地对空气压缩机和喷枪进行调节,以确保涂装效果能够达到理想效果,然后进行分层喷涂,第一层喷涂的厚度一定要控制在0.3mm-0.5mm,然后分批次进行喷涂,保证喷射的厚度能够得到理想效果。重点是要注意给料设备和工作风压的调整,保证涂层产量达到合适的效果,而涂层给料和搅拌速度是质量控制的重要环节。还有就是考虑喷涂的角度,最好是60度-90度为最佳,因为只有在这种情况下,才能获得最小的回弹,同时也能获得最大的压实力,在喷涂过程中,喷头应该是一条直线状态,这样才能保证喷涂的连贯性。技术人员要控制好喷涂距离,管道的拐角处不能有疏松、空洞等现象,这一部位要先进行喷涂,或采用人工填塞法来补修,同时要对被喷面的空洞和疏松进行及时的处理,以便后续维修。在喷涂施工结束后,要对喷嘴进行彻底的清洁,确保喷涂

后的喷涂层在干燥的条件下,待凝固后再进行调节和装饰,在全部工序结束之后,要对工地进行清洁。新型保温材料的应用能够持续提升蒸汽供热管道的施工效率。

(三) 蒸汽管道保温层结构的选择

保温结构的选用与设计,对管道的保温效果、投资成本、寿命等都有较大影响。一般保温结构应达到以下几个要求:在规定的热损失条件下,保温材料应尽可能地薄,保温结构应具有一定的力学强度。通过对保温层结构的合理布置和优化,发挥其优势,使保温层与软质保温层的优势得以充分发挥。根据软质和硬质保温材料的优点和不足,提出一种适用于蒸汽管道的复合保温结构。另外,各种保温材料因其特性而异,其价格也各不相同。具有良好的耐温性、高强度和低导热系数的导热材料是比较昂贵的。所以,如果对保温结构进行合理的选择,一方面能够降低保温工程的成本,另一方面还能够将保温材料的性能最大程度地发挥出来。

(四) 蒸汽管道保温层厚度

根据计算方法的不同,保温层厚度可以分为经济厚度、允许热损失保温厚度等几类。如无特别规定,则宜按经济厚度进行计算。在不能满足技术需要的情况下,再通过其他方式来决定保温材料的厚度。保温层的厚度不足,则会使热量的流失变得更多,从而导致热量的流失。虽然可以降低热损耗,但也会使保温工程的成本提高。在计算建筑的建筑保温层时,除了要综合考虑热传导的影响外,还要综合考虑建筑保温材料的价格、热能的价格等。所以,要想降低热损耗,就必须在管道保温的设计与施工中确保蒸汽管道的保温层厚度符合设计的经济厚度要求。

七、结束语

总体来说,采用长输蒸汽管网的建设和运行管理,可以提升供热模式的成熟度,提升节能能源,改善供热模式及降低企业采暖成本,也与当前社会化的发展趋势相一致。同时,根据市场资源的引进,强化了室内管道和装置的配合,改进了长输供热蒸汽管网保温性能。

参考文献

- [1]王红霞,管鸿涛,杨海亮.影响钢套钢直埋蒸汽管寿命的因素浅析[J].智富时代,2018(01):143.
- [2]朱力军.大管径蒸汽管道保温结构及选材的优化分析[J].中国设备工程,2017(23):77-79.
- [3]谢仁杰,童张法.浅谈多层保温结构的优势[J].大众科技,2017,19(11):33-35.
- [4]高永军.直埋蒸汽管保温结构优化设计[J].煤气与热力,2017,37(10):9-11.
- [5]辛建宁.蒸汽管道保温层改造的探索与实践[J].科技经济导刊,2017(19):118.