

液态硫磺长距离管道输送工艺设计

崔言进 (山东泰东实业有限公司, 山东 济南 271104)

吕晨曦 (华电国际电力股份有限公司莱城发电厂, 山东 济南 271100)

摘要: 硫磺是一种很重要的化学原材料, 利用液态硫磺长距离管线运输可以有效地节约建设费用。通过对液态硫磺长距离输送过程的设计, 论述其液硫磺输送工艺分析、主要设备选择、液硫磺输送管道工艺流程及控制方案等, 并对其中的一些主要技术问题作了探讨。这一技术已在国内外得到了较好的运用, 可供以后类似的工程设计参考。

关键词: 液态硫磺; 长距离; 管道输送; 工艺设计

0 引言

硫磺是一种非常重要的化学原材料, 由于近几年全球油价持续走高, 硫磺的价格也处于较高的水平。我国目前的经济发展中, 硫磺化学工业占有相当大的比例, 所以, 如何在确保产品品质与安全性的同时, 尽可能地减少其生产成本, 是我国工业发展的重要趋势。目前, 国内炼厂普遍使用的是低温蒸馏或液硫加氢工艺。通过液硫加氢反应将 H_2S 转化为 HCS (气体) 后再进行净化, 经纯化后可制得液态硫磺。但液态硫磺加氢过程较为繁琐, 而且有很大的危险性, 所以需要增设液态硫磺加氢设备作为补充。国内已建成的液态硫磺管线运输装置, 由于技术成熟, 经验丰富, 在使用过程中出现以下问题: 设计规模小, 设备投资大; 运行后, 管道的清管等作业是必须的。为了确保该装置的正常运转, 需要对该装置进行周期性的检查与维修, 以确保该装置的正常运转。

1 液硫磺输送工艺分析

①储罐设计。按照相关规定, 硫磺是一种易燃、易爆的燃气, 无论发生什么时候都不能掺入到空气中。所以, 在进行管线的设计时, 要把储罐安置在干燥通风的房间里; ②泵的选择。液态硫磺长距离管道用的泵有两种, 干式和湿式。干式系用于运输诸如天然气或其它燃气等不含有潮湿燃油的流体; 湿式用于传输含有水分的燃油, 例如: 液态硫磺; ③管道设计。液硫泵将从储罐中排出的液态硫磺经泵送到各个液硫储罐; 在此过程中, 每个液硫储罐都向各个使用地点输送液态硫磺; 使用气体点经管路将含硫磺气体输送到甲醇厂、柴油加氢设备等其它使用地点; 燃气锅炉、电热炉等其它燃气设备。各种燃气设备所产生的废物, 均送至残渣或重质再生设备进行处置, 对环境没有任

何影响; ④按流程设计需要, 液化天然气压缩机站、LNG 低温贮藏站、LNG 接收站及 LNG 储罐等要布置在管线附近, 且各自相对独立, 以方便管理及运行; 储存区域必须与输送管道配套; 在此基础上, 还应沿管路布置多处中间站点 (如: 含硫磺输送管路) 和中转站点 (也就是含硫磺的输送管路); 各储罐均应有安全、放空及事故后备装置, 以符合生产过程的要求。在满足以上条件的同时, 还应满足工艺设计中的输送量、温度和压力等条件; ⑤放空系统设计。由于液态硫磺长距离管道中全部是易燃气体, 所以在排气系统的设计上采取类似于一般化工设备的设计, 即设置有全厂性的液硫泵放空系统和全厂性的液硫泵放空系统; ⑥仪表阀门及附属设备选型。液硫泵为全厂性设备, 需要安装在管线上, 其型号、规格、数量和位置必须符合有关规定; ⑦仪表阀门的防腐和保温设计。为了避免液态硫磺在运输中的侵蚀、结垢, 液硫泵的输送管道应该由抗腐蚀性材料制成。该管线所经过的地区具有很高的腐蚀性, 因此极易出现腐蚀、结垢等问题。所以, 在设计仪表阀及其它附属设备时, 要注意对介质的侵蚀、结垢等方面的影响; 为了避免在低温条件下运输管线出现结冰的情况, 还需要对管线进行隔热处理。如仪表阀及其附属设备发生水垢、侵蚀, 必须在其四周涂上防腐蚀涂层, 并采取相应的防护措施; 有条件的地区也要考虑设置供暖和保温设施; 对一些长度比较大的管线也要做隔热层之类的。

2 主要设备选型

在液态硫磺长距离管道线运输过程中, 管线中的液相与气态介质比较, 存在着密度低、冷凝困难等问题。按照有关设计规程的规定, 在液态介质管路中通常采用的装置、仪器不得比其临界点低。同时, 由于

其在输送过程中所需的流体介质具有较强的腐蚀、有毒等特性，因此需要进行相应的处理。所以，用于管线的设备、仪表都要有较好的抗腐蚀性能和抗磨损性能。该项目包括压缩机、脱硫磺泵、计量泵、收集箱、过滤器等。在此基础上，本项目选择高效节能长寿命磺磺泵。磺磺泵内径为 $\Phi 500\text{mm}$ ，最大排量 $3\text{m}^3/\text{s}$ ，扬程 35m ，使用活塞式压气机。

2.1 脱硫磺泵

作为磺磺运输系统的核心装置，其性能直接影响着整个运输系统的安全和高效运行。在磺磺运输中，脱硫磺泵是最重要的装置，它的工作特性对脱硫磺系统的运行效率、安全性和经济效益有重要的意义。按照设计的需要，脱硫磺泵选用了单级双吸单级叶片离心式脱硫磺泵，其排量 $3\text{m}^3/\text{s}$ 、扬程 35m ，由高质量的不锈钢制造。脱硫磺泵采用立式结构，其叶轮由 4 对叶片组成。叶片与叶轮之间由支撑环和平衡盘相连，平衡盘与叶轮之间用轴承连接，轴承座位于平衡盘上。该泵设计流量为 $3\text{m}^3/\text{s}$ ，扬程为 35m ，轴封密封。要把异物挡在轴承里，在轴承座上设有油杯。随着转速的增加，油杯与叶轮之间的间隙不断减小，直到一个新的平衡。

2.2 计量泵

计量泵是一种对液态物质进行传输的装置。按生产工艺的需要，采用计量式水泵，以实现液体的连续、定量输送。工程中计量泵选用了两台双级蜗壳式计量泵。两台计量泵之间采用一级机械密封连接，以保证其高可靠性。为了提高装置的可靠性，便于操作和维修，选择双级蜗壳式计量泵。双级蜗壳式计量泵在泵身与叶轮间设置双层密封，密封性能更佳；为确保水泵正常工作时无渗漏，设计一种完全封闭的机械密封系统，并在泵体内设有两层密封；为方便泵的维修及更换，还在泵体内安装可拆式填料函。

3 液磺磺输送管道工艺流程及控制方案

3.1 输送流程

原料液磺在磺磺回收罐或脱硫磺塔内脱水处理后，由磺磺管线送入干线，通过滤网过滤后送入分磺磺机。经分离的磺粒被送入磺磺缓冲槽贮存。如有必要，可将磺粒进一步脱水；如果不用，就把磺粒送入脱硫磺塔内排出。

3.2 工艺流程简述

磺磺输送管道从磺磺回收罐至脱硫磺塔之间，沿罐底设有两个液磺出口阀和两个液磺进口阀。液态磺磺

经过脱硫磺塔的脱水后，通过分离器进行分离，然后由分磺磺机送入供磺磺管线，并将其送入到脱硫磺塔中（或出）的固态磺磺储存区。通过注入箱将固态磺磺储存区中的液态磺磺传送到磺磺传输管线的终端。如果管路中的磺磺液流速低于设置，则开启阀，使之变为人工操作。

该方法利用三个水泵的速度作为信号，实现了对磺磺缓冲槽、脱硫磺塔出流阀、排磺磺机出口阀开启量的连续控制。在主管路中液磺磺流降低至一定程度时，首先关闭出口阀和入口阀，再关闭磺磺化剂出口阀，再关闭磺磺化器出口阀，再关闭磺磺化器出口阀，磺磺流调整器和泵的速度。其中，仪表、温度传感器、电动调节阀、电动执行器等构成整个系统的重要组成部分。利用 DCS 对其进行调整和控制。

该项目通过对液磺磺流量和温度的监测，保证该装置的安全性和稳定性。并利用 DCS 对管路中的压力、流速等参数进行监测，从而实现对管路的安全状态的预警及联锁防护。

4 液磺磺输送管道配管设计

在进行液磺磺泵和管架的设计时，应根据实际情况进行选择。由于液磺磺的作用是对液态磺磺进行加压，因此必须选择高扬程大流量的水泵。在管道布局方面，应确保液态磺磺水泵排出管道与液态磺磺容器之间至少有 1000m 的安全间距。

通常，事故排放管线及应急排放管线应设置在接近液磺磺罐的附近；为避免液体和磺磺的渗漏，应在管线和泵头部之间设置弯头。为了使管路和泵头的衔接平稳，减小震动，管路和泵头之间要有弹性的连接件。

在通过城区主要道路的管线中，通常要安装有弹性的保护管。在长距离大口径输液管路中，采用柔性保护管具有明显的优点，能有效降低管路内的受力，增强工作安全性。但在通过主要干道时，管线布局与市政道路的设计需要存在矛盾。综合安全性和技术经济性等方面的原因，可以把管线整体设置在绿地中，也可以把管线设置在绿地和市政道路的中间地带；在城区主要道路上必须设阀房的情况下，宜采取地下通道方式。若采取地下敷设方式，则应按施工规程及管道直径来决定埋设深度。

在设置液态磺磺化管道时，要注意到装置管道之间的间距（即装置管道之间的最短间距），通常情况下，装置管道之间的间距要大于 300m ；对于高压管道（液磺磺出口至第一个分液罐的距离 $\geq 1200\text{m}$ ），应考虑

管线的安全间距。

此外,还应指出,因管路与装置之间有一段距离(通常1.5-3m),管路在输送过程中会产生“气堵”。针对“气堵”的问题,可采取减压措施,如管路上的阀门、弯头等进行减压或排空后进行治理。

因为要运输大量的液态硫磺(可以达到50t/h),所以不能为气液两相管道提供一个安全的或压力释放的阀门。因此建议将配管时设置阀室进行泄压处理(在靠近阀室位置设一台泄压阀);在气液两相管路的端部,可以使用节流器进行减压,也可以通过旁通流来切断管路中的压力。

对于温度较高的液体管道和温度较低的液体管道(如液硫泵出口至第一个分液罐的距离 $\geq 1200\text{m}$)可以设置补偿器。在高温条件下,利用该装置对制冷进行散热,减小因膨胀而引起的应力。

5 关键技术问题分析

5.1 工艺简介

硫磺长距离输送工艺为硫磺气相输送和硫磺液相输送。硫磺气相运输是指在含硫磺量少的情况下,用压缩机将液态硫磺压缩为气态,然后用调节阀对其进行调节,使其达到预定的压力,然后由加热炉进行升温,最后送到硫磺液相传输管线中。硫磺液相运输是将液态硫磺压缩为气态,经过压缩机增压后送入蒸气发生装置,在高含硫磺气氛中进行。整体运输体系被分成三个部件:①调节阀群:将液态硫磺气作为原气,经加热炉将其加热至某一高温后,将其送至压缩机群,使之成为燃气,再经蒸气发生装置产生蒸气。②调整阀群:将液态硫磺压缩为燃气,送入调节阀,通过调整阀的开启程度,实现对蒸气发生装置的出汽量的控制。③清障器:将液态硫磺作为原气,经加压后送入脱臭机进行脱臭。整套运输系统设两个调节阀组:在硫磺液段的传输压力下降到一定的值后打开;打开液态硫磺液相流动太多。

5.2 工艺设计

结合工程实际,提出液态硫磺长距离的管线运输技术方案:①液硫磺库和分装站、集气站和分装站;②计量站的基本功能是对液态硫磺进行接收和计量,并将液态硫磺送入加液间,同时接收来液和来液中的气体。按其在管线中的运动规律,可将其分成两类:液态硫磺和低密度液态硫磺。按照管路的长短,将液化硫磺气集中站划分为3个区段:1区段是集气站,它的作用是接受从管线中流出的液态硫磺份;第2块

为分装站,其作用是对从各集气站收到的液态硫磺进行初混和分装;第3块是计量站,其作用是对各分站点的来水进行测量;③在集气站与分装站间设有液体分流设备。液硫储罐中的液态硫磺,在抵达分罐之前,必须通过分罐设备对其进行预混合。集气站中的液硫库一般为开放式,其作用是贮存液态硫磺份,供以后加工使用。为使液态硫磺能够平稳地排出,在分料台上设有若干个调整阀。另外,还应注意:液态硫磺不宜混合。

6 结论

①与常规的液硫磺输送技术比较,长距离输硫磺,设备多,占地面积大,远距离输送。我国许多炼油厂都在使用液态硫磺的管线运输,并在此方面取得了一定的成果。在未来的工程中,需要根据实际条件,进一步改进和改进液态硫磺长输管线运输技术,使之能更好地适应企业的长期安全生产需求;②在确定运输技术的过程中,要结合工厂的大小、地域的特征,并结合当地的气象条件、地形条件以及用户的需要来确定。硫磺是一种易燃的气体,因此,在进行远距离管线运输时,必须要综合考虑其它有关的影响,例如在使用过程中遇到的高温液态硫磺的侵蚀;③在进行液态硫磺管输技术的设计时,要根据实际操作条件及客户要求,对管路方向进行适当的选择。在保证安全的情况下,尽量减少项目成本;④加强对施工现场的安全管理,加强施工现场施工人员的安全意识,对施工现场出现的各类安全问题进行有效地检测与排除。在进行结构选型时,必须全面地分析各种可能发生各种意外情况和相应的对策,为保证项目施工及人民群众的人身、财产的安全提供保障。

参考文献:

- [1] 刘峰,余涵,王栋森,张羽臣,关彦磊,刘小年,王超. 泵送钻井岩屑的流动形态及压力损失计算研究[J]. 辽宁化工,2022,51(1):100-103.
- [2] 陈荣,易成高,史洛宇. 稠油注 CO_2 降黏管道输送技术研究进展及展望[J]. 油气田地面工程,2019,38(A01):1-3.
- [3] 杨信一. LNG接收站液氮直供管道项目风险管理分析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2021,11(32):19-21.
- [4] 聂小敏. 浅谈长输管道自控设计[J]. 仪器仪表用户,2022,29(5):104-107.
- [5] 童金燕. 环氧乙烷储罐安全泄放工艺系统设计[J]. 广东化工,2022,49(16):163-165.