

石油化工管道电伴热带恒温系统的控制及应用

王建兵（连云港千红石化仓储有限公司，江苏 连云港 222006）

摘要：石油化工品种需加温的品种较多，温度过高可能带来物料变质及发生易燃易爆风险，石油化工管道加温在企业中运行安全尤为重要，它的本质安全在我国化工行业中一直以来作为安全管理的重中之重。本文从石油化工管道电伴热恒温系统的控制与应用来阐述，规避常规蒸汽伴热管加热带来的安全风险，结合单位安全生产管理具体实际工作应用出发，论述了具体并联、串联电伴热带的如何选用、控制方式、安装方法，日常管理要求等几个方面做好安全工作，切实提高化工管道加温使用安全管理水。

关键词：化工管道；电伴热带；恒温控制；应用；安全管理

我公司是化工品仓储中转企业，储存的化工品种比较多，在这其中有些化工品对控制温度要求比较高（物料温度低易结晶，物料温度高有聚合或变质风险）

先前单位采用的是传统式无缝钢管通蒸汽伴热加温来提高管线进、发货时的温度，在使用中发现管线温度不容易控制，温度时上时下不稳定。加温作业时高温容易造成物料品质的改变及在过度加温后特殊化工物料可能发生聚合、火灾、爆炸的风险，而且经常操作调节蒸汽阀门开度的大小费时费力。加温过程中还会产生蒸汽跑、冒、滴、漏的现象，蒸汽高温对人员还有高温灼烫风险。针对蒸汽伴热对化工品加温带来的弊端，我建议公司采用了一种电加热恒温控制方式应用于苯酚、冰醋酸、工业级混合油等管道的加热。

1 电伴热工作原理

电伴热工作原理就是利用电加热带通电以后所产生的热能，来补充被加热物体在其工作过程中所损耗散失的能量，以维持各种化工物料或需加温普货输送过程中所需要的温度，在安全技术控制指标的范围内储存及运输。

2 电伴热带的结构和特性

分为两种，ROP型并联电加热带及EHS型串联电加热带。

ROP型电加热带电源母线为两根平行的绝缘铜线，在其内绝缘层中均匀缠绕了电热丝，并将电热丝每隔一定的距离（即发热节的长度）与该母线连接，从而形成连续性的并联电阻。当母线通电以后，各并联的电阻均匀发热，形成一条连续性的电加热带，ROP型并联电加热带适用于短距离的管线加热及分支多的管线加热（一般长度几百米）可以任意截短或在一定范围内接长使用。EHS型串联电加热带是一种由芯线作为发热导体的电伴热产品，即在具有一定电阻

的芯线上通过电流，芯线就会发出焦耳热。最适用于使用长度长，（一般长度可达数公里），输出功率恒定，首尾端发热均匀，安装敷设方便的特点，但缺点是短距离管线不适用。（由于生产厂家众多可能各家型号标注不同）。

3 恒温系统的控制方案设计

恒温系统的控制方案设计是石油化工管道电伴热带恒温系统应用的重要环节，其稳定性直接影响系统的运行效果和安全性。根据系统的特点和要求，设计出适用于石油化工管道电伴热带恒温系统的控制方案。

3.1 控制目标

在石油化工管道电伴热带恒温系统中，控制目标主要包括恒定温度、节能和安全性。恒定温度是系统能够保持稳定的温度水平，确保管道内介质的温度在一定范围内。节能是指系统在保持恒定温度时尽量降低能源消耗，提高系统的运行效率。安全性是指系统能够在各种异常情况下保持正常运行，避免温度过高或过低对管道和介质造成损害。

3.2 控制方法和控制器

常见的控制方法包括比例控制、PID控制和模糊控制等。比例控制简单易实现，但对于系统的稳定性和响应速度要求较高时可能存在一定的局限性。PID控制是一种常用的控制方法，通过调节比例、积分和微分三个参数来实现系统的稳定控制。模糊控制是一种智能控制方法，能够根据不同的输入和输出关系来调整控制策略，适用于复杂的非线性系统。根据具体情况选择合适的控制方法，并结合实际需要选择相应的控制器。

3.3 控制变量和控制参数

在石油化工管道电伴热带恒温系统中，常见的控

制变量包括介质温度、环境温度、电伴热带功率等。根据系统的需求和控制目标，选择合适的控制变量，并确定相应的控制参数。例如，通过调节电伴热带功率来实现恒定温度的控制，可以根据介质的特性和管道的长度来确定合适的功率控制策略。

3.4 系统的调试和优化

在恒温系统的控制方案设计完成后，需要对系统进行实际的调试和优化，确保系统能够稳定运行并满足控制要求。通过实际操作和数据分析，对控制参数进行调整和优化，进一步提高系统的稳定性和性能。

4 电伴热带系统组成

①厂家配套提供的控制柜（防爆柜可安装在现场，非防爆柜安装在单位配电间，根据需要自行选用）；②具体型号的电伴热带，根据需要自行选用；③现场测温仪表（a. 不带远传功能的双金属温度计用于现场观测；b. 带远传功能的防爆温度变送器用于中控室远程查看）；④与管道固定的压敏胶带、增加伴热面积的铝箔胶带；⑤电伴热带防爆接线盒、中间接线盒、尾端接线盒、固定卡箍；⑥电伴热带电源线、电伴热带测温信号线。

5 电伴热带恒温控制的实施

5.1 监测温度仪表

采用铂电阻防爆温度变送器作为监测温度仪表，（注意安装时不要紧贴电伴热带，应安装在管道上部，用抱箍收紧管道牢固安装）经防爆温度变送器测温仪表输出 4-20mA 标准电流信号，给控制柜内智能数字显示控制器，（控制器安装在配电间或现场防爆柜内，与继电器组成自动控制回路）经控制器转换成数字量再送入 CPU 处理，输入信号经线性化处理后得到测量值从而显示温度数值，同时与控制器设定的温度值作比较后去驱动继电器来控制电伴热系统的开启与关闭，实现电伴热系统的恒温自动控制。设定控制器温度控制值时，一般温度上下限为 5 度，避免控制回路接触器频繁启停工作。

5.2 双传感器自主动态调整恒温控制

在电伴热带系统使用中我发现此自动加温方式存在一弊端，就是温度检测点可能误传信号来影响自动恒温的控制，因为电伴热系统的自动恒温控制是由温度变送器检测点给信号控制的，为解决这一弊端，采用一个回路加热系统用两个测温点，一只作温度信号自动恒温控制用，一只作温度日常显示用，两个温度检测点既可对比管线实时温度又可切换使用，当一个温度检测点发生故障时，立即启动第二个温度检测点，

及时准确切断控制电源，保证被加热的介质温度不会超过所需控制安全范围。只需在控制器上直接输入控制温度数值，就能驱动电伴热带系统加温得到想要的控制温度，它的准确性控制精度达到 ± 1 度。

6 电伴热带的敷设方法

6.1 直线缠绕

将一根或多根电伴热带平行直铺与石油化工管道外壁，均匀固定在管道下 45 度方向，电伴热带弯曲半径不可小于电伴热带直径的 6 倍。采用直贴形式时法兰、阀门处因外表体积大应缠绕敷设增加伴热面积。

6.2 波浪缠绕

将电热带以波浪式与石油化工管道贴合在一起，按设计每米所需负荷确定每米管道所需电伴热带长度，然后再确定波浪曲率半径 R，铺设时应尽量使波幅均匀，以保证电缆系统的均匀散热，用铝箔带沿波浪曲线粘贴电伴热带，并用压敏胶带粘牢弯曲处。

6.3 螺旋缠绕

将电伴热带按每米管道所需长度均匀地以螺旋状缠绕在管道上，用铝胶带沿螺旋方向固定，或用铝胶带固定电伴热带与管子上端处。

电伴热带应紧贴管壁，一般 50-80cm 处用压敏胶带径向固定，并用铝箔胶带覆盖粘贴增加导热效果。在管道的头、尾端电伴热带应留 50-80cm 长度以便接线，接线应在防爆接线盒内完成，完成后穿线孔应做好密封处理，防止雨水及可燃气体进入，在穿防火堤处应加设套管并进行密封保护。

7 电伴热带安装注意事项

①电伴热带在敷设时切忌不要强压力冲击，不要有锐利接触面，否则很容易破坏带内的材质结构，如果带内的材质发生了变化，不仅影响了它的工作效率还容易损坏；②电伴热带敷设时切忌不要重叠，防止高温烧坏电伴热带，如果需要折叠注意折叠的直径大于带直径的六倍；③电伴热带安装时附近不要放置容易产生电火花的材料，尤其是不能在周围焊接、切割，否则很容易灼烧电伴热带表面的绝缘层。电伴热带如厂家有长度限制和其他相关要求，安装时要仔细阅读厂家安装要求细则，避免低级错误产生的线损坏；④日常使用时因电伴热带长期置于空气中，很容易产生潮湿和积水的现象，防爆接线盒露天场合安装的则必须要有防水罩；⑤安装好的电伴热带应使用绝缘摇表检查线路绝缘情况，使用万用表检查电伴热带自身电阻，经检查测试合格后通电进行系统短时加温测试，测试过程中检查电伴热带是否正常发热，用钳形表检

查通电运行时的电流。同时电伴热带系统控制回路上还要安装漏点保护器，防止电伴热带意外损坏而漏电。漏电保护器选用 30ma 漏电保护动作电流）。电伴热系统测试合格后用岩棉管做好保温，再加玻纤布均匀密实缠绕收紧，最后管线外侧使用 0.5mm 厚铝皮防护。

8 电伴热系统的安全管理

8.1 制定《电伴热系统管理规定》

为规范电伴热带控制系统的安全使用，降低单位能源损耗，防止因维护检查或使用不当造成加热设施损坏及对货物品质影响，单位要制定《电伴热系统管理规定》定好部门职责，做好人员分工，一般使用单位当班电工负责对电伴热系统操作、巡检、记录，建立健全电伴热带使用档案，发现异常情况要及时处理并反馈。

8.2 《工艺任务管理书》

使用部门按照制定的加热品种《工艺任务管理书》的温度控制要求，提前通知当班电工开启需要使用的电伴热带，（根据存储货物理化特性定，一般管线提前 12-24h 加热）进、发货 2h 后，连续作业的可关闭管线电伴热带，节约能源。

8.3 温度比对、记录

运行过程中当班电工每班对加热管线温度，电流进行记录，并与中控室电脑上显示的加热管线温度进行对比，同时通知中控室进行监控，若发现加热过程中温度没有变化，需对电伴热带进行检查，发现异常情况及时进行处置，如无法处置报设备主管部门进行处置。

8.4 定期检查

电伴热带系统每年定期检查，检查内容包括，电伴热带加热情况下各相电流是否平衡，控制柜内线路有无异常，接头有无灼烧或发黑，检查控制器、控制回路是否完好、有效；保温检查，检查电伴热管线保温是否完好；管线所有防爆接线盒接线点是否密封，是否受到腐蚀和潮气的侵蚀。对损坏电伴热带及保温要及时进行维修。电伴热带维修时需进行断电，严禁带电作业，同时注意维修时包裹电伴热带的胶布要使用厂家提供的专用高温绝缘胶布，不得使用普通绝缘胶布，防止电伴热带加热后产生的高温影响绝缘效果等。

9 电加热带恒温系统的优势

在石油运输管道中，电伴热带恒温系统的应用主要有以下几个方面的优势：①有效控制管道内介质温度。物料在运输过程中，温度的变化会直接影响其流

动性和品质。通过安装电伴热带，可以实现对管道内介质温度的精确控制，保证在运输过程中的稳定性和质量；②防止管道结冰和堵塞。在寒冷的季节或寒冷地区，石油运输管道很容易受到低温的影响，导致结冰和堵塞。而电伴热带可以通过加热管道，防止管道结冰和堵塞的问题，确保石油的顺利运输；③提高管道的安全性。石油运输管道经常面临一些安全隐患，如泄漏、爆炸等。通过应用电伴热带恒温系统，可以有效地预防和解决这些安全隐患，保障石油运输的安全性；④提高管道的运输效率。管道内介质的温度对于流动性有很大的影响，过低或过高的温度都会导致流动性变差，从而影响石油的运输效率。通过应用电伴热带恒温系统，可以保持管道内介质的恒定温度，提高石油的流动性，从而提高运输效率；⑤系统装置简单，发热面均匀，温度控制比较准确，加热反应速度快，可以远距离控制，便于实现自动化管理。且具有防火，防爆及全天候工作特性，传输无泄漏，不污染环境，运行及投资成本低，系统维护简单。

综上所述，电伴热带恒温系统是一种利用电能加热的温度控制系统，不仅可以应用于石油运输管道中，还可以广泛应用于化工、医药、食品等领域。在石油化工行业发展中，电伴热带恒温系统将继续发挥重要作用，为石油运输管道的安全运行和高效运输提供有效的解决方案。在环保节能的当今时代，电加热恒温系统应得到更加广泛的推广应用及更科学合理的改进。

参考文献：

- [1] 丁世博 . 石油化工仪表控制系统的应用 [J]. 石化技术 ,2018(11):131-132.
- [2] 姜智博 . 切换系统最优控制的泛函方法及应用研究 [J]. 化工管理 ,2019(16):153-154.
- [3] 杜凯 . 石油化工仪表控制系统的应用分析 [J]. 市场周刊 (理论版) , 2019(04):97-98.
- [4] 解红霞 , 马国瑞 . 石油化工仪表控制系统的应用分析 [J]. 化工管理 ,2020(02):195-196.
- [5] 赵霄 , 刘蕴文 , 张晨韵 . 石油化工装置控制性能监控系统设计和应用探讨 [J]. 石油化工自动化 ,2022(11): 133-134.
- [6] 赵华 , 杜天军 , 乔丽君 , 等 . 双传感器自主动态调整恒温控制系统 [J]. 石化技术 ,2023(09):119-121.

作者简介：

王建兵 (1976-)，男，本科，工程师，主要研究方向：仪表自控与环保能源应用。