

导热油供热系统及其热量测量

林明校¹, 邢军², 陈俊杰², 纪波峰³, 纪纲³

(1. 腾龙特种树脂(厦门)有限公司, 福建 厦门 361026; 2. 常州能源设备总厂有限公司, 江苏 常州 213033;
3. 上海同欣自动化仪表有限公司, 上海 200070)

提要: 针对导热油在供热系统中循环时, 由于温度高始终伴随着热裂解和热聚合反应, 产生高分子黏稠物, 最后形成沉渣、结焦, 使仪表受损, 通常在循环泵的进口, 一般应设置滤网目数合适的过滤器。在选择导热油热量计量仪表时, 应杜绝导热油外泄; 在管路连接中尽量采用焊接, 用波纹管密封代替填料函。不同牌号的导热油, 密度、焓和黏度差异较大, 在用焓差法计算热流量时, 所用导热油的相关参数应准确。

关键词: 导热油 结焦 易燃易爆 焓差法 热量测量 热能计量仪表

中图分类号: TH831 文献标志码: B 文章编号: 1007-7324 (2016) 05-0051-03

Study on Heat transfer fluids heating system and heat measurement

Lin mingxiao, Tenglong specialty resins (Xiamen) Co., Ltd. (Xiamen Fujian, 361026, China)

Ji bofeng Ji gang, Shanghai Tontion Automation Instrumentation Co., Ltd. (Shanghai, 200070, China)

Abstract: Due to pyrolysis and thermal polymerization associated with high temperature during HTF cycling in heat supply system, polymer dope will be generated with forming sediment and coke. It could damage the instrument. The filter with proper mesh size is installed at inlet of circulation pump. The HTF leakage should be put an end during selecting of heat metering instrument. Welding should be used for pipeline connection. Bellows seal should be used instead of stuffing box. There are great differences among different grades of HTF in density, enthalpy and viscosity. Relative parameters of HTF should be accurate when enthalpy difference method is utilized to calculate heat flow.

Key words: heat transfer fluids coke safety explosive enthalpy difference method heat measurement
heat instrument measuring

1 概述

水和水蒸气作为传热介质因其价格低廉、水蒸气热容量大、冷凝时传热系数大等优点, 在工业上得到最广泛的应用。

但是, 由于水在高温下的饱和蒸汽压较高, 如 250℃ 时水的饱和蒸汽压为 4MPa^[1], 因此, 水和水蒸气在高温下的应用受到了限制。为了解决这个问题, 人们开始使用在常压下沸点较高的矿物油或其他类型的有机液体作为传热介质。这类介质统称为导热油或热媒^{[2][3][4][5]}。

导热油 (Heat transfer oil) 是以液相或气相形态进行热量传递的介质。它包括矿物性导热油 (称为热传导油) 和合成型导热油 (称为热传递液)。

与利用蒸汽传递热量相比, 导热油具有加热均匀、操作简便、操作压力低等优点, 在化纤、化工、木材加工、建材等多个行业被作为传热介质得到广泛应用。

导热油通常由循环泵强制循环, 将导热油炉产生的热能送往用户, 用户热交换器或其他用热设备吸收了导热油的热量后, 油温降低, 返回循环泵进口, 其流程图如图 1 所示。

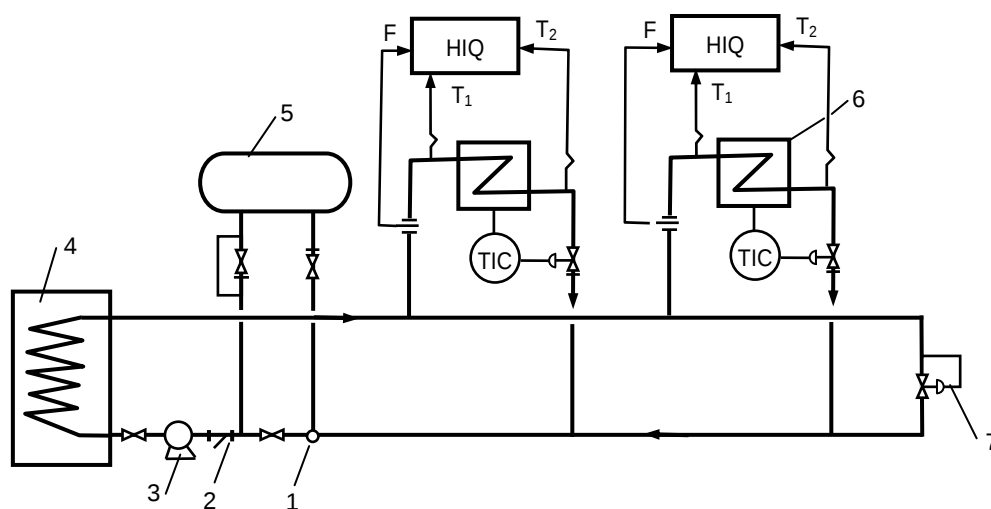


图 1 导热油供热系统流程图

1— 油气分离器; 2— 过滤器; 3— 循环泵; 4— 加热炉; 5— 膨胀槽 ;
6— 用户热交换器; 7— 压力调节系统; HIQ— 热量计量; TIC— 温度调节

在图 1 所示的流程图中，膨胀槽（高位槽）虽不参加热载体的循环流动，但有几个重要的作用。

由于它被安装在系统管道最高点，因此为管道提供一个基础压头，使循环泵工作稳定。

排气作用：新油装入系统后，整个系统的导热油在升温过程中会将溶解的气体释放出来。导热油循环使用后，也会有少量分解，这些气体最终汇集到膨胀槽而排出系统。

补偿作用：导热油温度变化而产生的体积变化，由膨胀槽补偿。

图 1 中的油气分离器也必不可少，它用离心分离的方法将循环的导热油中不凝性气体、水蒸气及易挥发组份分离出来送膨胀槽排放掉，从而保证导热油在液相状态下稳定运行。

2. 导热油供热系统的特点

由于高温，导热油在循环过程中始终伴随着热裂解和热聚合等反应，其中热裂解作用生成气体和低沸物，热聚合反应生成高沸物和高分子粘稠聚合物，最后形成沉渣。沉渣在系统排油时，会堵塞排油阀门，沉渣还会粘附在导热油炉炉管内壁结焦，并进一步生成胶质、沥青质等粘稠物，引起导热油粘度增大，传热效率降低。

炉管内壁结焦如果很严重而又未及时发现，极易由于炉管局部过热引起爆管以致引发爆炸事故。

导热油的使用现场应特别注意人身安全，因为高温条件下的导热油渗透性极强，如果操作不当或设备维修失当，极易从法兰的缝隙中、阀杆的密封填料处外泄。一旦有导热油从管道内或设备内喷出，高温的液体极易引起人身伤害。所以，在设计和安装时，要有具体措施，未雨绸缪。在现场操作时，要严格执行安全操作规程，以防万一。其中操作人员（包括维修人员）必须穿戴好防护用品。开关阀门时动作要轻、慢，头部不要正对阀门，防止载体从阀杆与填料的缝隙中喷出，烫伤身体。

循环中的导热油从系统中喷出，另一个危险是因减压引起的导热油闪蒸，闪蒸生成的易燃易爆蒸气，如遇明火极易酿成火灾。因此，导热油供热系统的首要任务是安全，导热油不得外泄。这也是这一流程中的仪表工作之首要任务。

导热油管道及仪表如需进行动火焊接维修，需将管道内的导热油排干净。往管道内充 N_2 进行置换保护，确认管道内无导热油后方可进行动火作业，动火期间 N_2 不能停，动火周边的物品要清理干净，以免发生火灾。

3. 导热油热量计量的仪表选型

3.1 流量计的选型

导热油的流量测量仪表选型并不复杂，只是要根据导热油的特点采取适当措施。仪表的类型大多选用差压式流量计和涡街流量计，早年的装置一般都是差压式流量计，近年来的装置，也有选用涡街流量计用于流量测量。

1) 在选用涡街流量计的设计中，要解决下面几个问题：

a) 在最高温度条件下仍能正常工作，选用高温分离型涡街流量计。
b) 连接法兰处不允许导热油外泄。法兰密封面型式和法兰垫片型式及材质，应能满足易燃、易爆介质、高度和极度危险工况的需要^[1]。流量计垫片采用金属缠绕石墨垫片。每次拆卸后都应更新垫片。

c) 满足防爆要求，仪表精度等级等于或优于 1.0 级。

2) 在选用差压流量计的设计中，应采取如下措施：

a) 采用焊接式差压装置，而且差压装置与管道之间，导压管与切断阀阀体之间也采用相同材质焊接的方法连接。

b) 有的设计中，差压装置根部切断阀采用波纹管密封。能避免密封填料处的介质外泄，但波纹管的品质需保证。在差压变送器的三阀组处，导热油温度已经降得很低，不强调采用波纹管密封的阀。

c) 考虑导热油中可能存在焦屑对节流件的磨损，差压装置选用 ISA1932 喷嘴较合理^{[6][7][8]}，但考虑测量精确度的原因，采用标准孔板的方法也很多。

d) 差压变送器选用防爆型，防爆等级符合防爆规程。

e) 差压变送器引压管是否需要伴热保温，由导热油凝固温度和环境的最小温度决定。在采用伴热保温时，正、负引压管两侧伴热温度要一致，以免因两侧温度不一样，引起密度差，导致零点漂移。伴热温度应当在 20 ~ 50 范围，如果使用蒸汽伴热应采用轻度伴热。

3.2 测温元件的选型

测温元件一般选用 A 级铂热电阻，应满足以下要求：

- 1) 防爆等级符合 GB3836 国家防爆标准和相关规程^[9]。
- 2) 热电阻元件可以从套管中抽出以便维修，若不能抽出应考虑采用双支铂热电阻，一用一备，或在套管中插入铠装铂热电阻，以免电阻体损坏后影响计量。
- 3) 密封垫片的材质应具有足够的耐温和耐酸能力。因为导热油可能会有热氧化反应，生成低分子或高分子的酸性物质，具有一定的腐蚀性。

3.3 热量演算器的选型

导热油的热量计量表达式如式 (1) 所示，即^{[10][11]}

$$\phi = q_m \cdot (h_i - h_o) \quad (1)$$

式中： ϕ ——热流量，kJ/h； q_m ——导热油质量流量，kg/h； h_i ——供油焓值，kJ/kg（由查导热油焓值表得到）； h_o ——回油焓值，kJ/kg（由查导热油焓值表得到）。

$$h_i = f(t_i) \quad (2)$$

$$h_o = f(t_o) \quad (3)$$

式中： t_i ——供油温度，； t_o ——回油温度，。

当流量计采用涡街流量计，还要测量出流量计安装处的导热油密度，用式 (4) 计算质量流

量。

$$q_m = q_v \rho \tag{4}$$

式中： q_m —— 质量流量，kg/h； q_v —— 体积流量， m^3/h ； ρ —— 工况条件下导热油密度， kg/m^3 （由查导热油密度表得到）。

$$\rho = f(t) \tag{5}$$

式中： t —— 导热油温度， $^{\circ}C$ 。

当流量计安装在供油管道上时， t 为供油温度，流量计安装在回油管道上时， t 为回油温度。

导热油的焓值表和密度表由导热油供应商提供。不同制造商提供的同牌号的导热油，在相同温度条件下焓值、密度和粘度差异较大，不能随意代用。

用于供热收费的系统中所使用的导热油，强调要导热油供应商提供物性数据^[12]，否则无法对热量进行准确计量。导热油技术数据项目很多，但自控设计起码要有表 1 所列的几项。

表 1 Diphyl[®] 导热油物理性质

温度	蒸气压 MPa	密度 kg/m ³	焓 kJ/kg	动力粘度 mPa·s
180	0.0132	927	290.5	0.461
200	0.0242	909	331.1	0.399
220	0.0418	892	372.9	0.347
240	0.0686	873	415.5	0.304
260	0.108	855	459.0	0.270
280	0.162	836	503.7	0.238
300	0.237	818	549.3	0.210
320	0.335	798	596.1	0.189
340	0.463	779	643.3	0.172
360	0.624	759	692.2	0.159

4. 使用情况

用上述方法设计安装的热量计量系统，符合行业标准和计量检定规程^[13]，能通过计量机关的检定。在现场长期使用，满足计量收费的需要。

参考文献：

1. 王森, 纪纲. 仪表常用数据手册[M].2 版.北京: 化学工业出版社, 2006 : 403-421.

2. 沈德清. 导热油与导热油加热系统[J].化工设计, 1995(02): 24-26, 29.

3. 石油化工科学研究院. GB/T 7631.12—1994 润滑剂和有关产品(L 类)分类第十二部分: Q 组(热传导液) [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.

4. William M. Haynes. CRC The handbook of chemical and physics[M]. Florida: CRC Press,2014

5. 国家石油和化学工业局. SH/T 0680—1999 热传导液热稳定性测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.

6. 上海工业自动化仪表研究所.GB/T 2624.3—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第 3 部分: 喷嘴和文丘里喷嘴[S]. 北京:中国标准出版社, 2007.

7. 孙准清, 王建忠. 流量测量节流装置设计手册[M].2 版. 北京: 化学工业出版社, 2005.

8. 纪纲. 流量测量仪表应用技巧[M].2 版. 北京: 化学工业出版社, 2009 : 139.
9. 国家防爆电气产品质量监督检验中心.GB 3836—2010 爆炸性环境 第一部分:设备 通用要求[S].北京: 中国标准出版社, 2011.
10. 甄兰兰, 沈昱明. 热能表的热量计量原理及计算[J]. 自动化仪表,2003,24(10): 41-44.
11. 测试与测量技术委员会.JIS B7550—2001 积算热量计[S]. 东京: 日本工业标准调查会, 2001.
12. 中石化石油化工科学研究院.SH/T 0677—1999 热传导液[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
13. 国家计量科学研究院.JJG 225—2001 热能表检定规程[S]. 北京: 中国计量出版社, 2002.
14. 罗雄麟, 赵晓鹰, 孙琳, 等. 乙烯精馏塔质量控制的温度测量精度问题及改进措施[J]. 化工自动化及仪表, 2015, 42(07): 789-793, 797.

作者简介：林明校

林明校（1980- ），男，2001年毕业于福建化工学校工业仪表及自动化专业，毕业后在腾龙特种树脂（厦门）有限公司仪控课从事仪表自动化设备管理工作，任助理工程师。

本文发表在《石油化工自动化》2016年第5期