

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2017.05.05

自动蒸馏仪温度传感器的优化设计

李咏, 刘旭栋, 张东川

(成都航利(集团)实业有限公司, 四川 成都 611937)

摘要: 介绍了自动蒸馏仪温度传感器的优化选择及试验对比。研究证明: 优化设计后的自动蒸馏仪温度传感器用于替代馏程玻璃温度计显示温度。在玻璃液体温度计准确度的基础上, 其分辨力和准确度有较大提高和改善, 具有与馏程玻璃温度计相同的温度滞后、露出液柱影响以及准确度, 进一步提高了试验准确性和可靠性。

关键词: 馏程; 传感器; 研制; 对比试验

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795 (2017)05-0020-03

Optimum Design for Temperature Sensors for Automatic Distillation Apparatus

LI Yong, LIU Xudong, ZHANG Dongchuan

(Chengdu Holy Industry & Commerce Corp. LTD. (Group), Chengdu 611937, China)

Abstract: This article introduces the optimum options for temperature test system of sensors for automatic distillation apparatus. It has been proved that after the optimum design, the temperature sensor for automatic distillation apparatus can be used to replace the glass thermometer and indicate the temperature, and it has greatly improved its resolution and accuracy. It has the same temperature lag, effect of revealed liquid column and precision as the distillation-range glass thermometers, and it further improves the test accuracy and reliability.

Key words: distillation range; sensor; development; comparison test

0 引言

航空洗涤汽油、喷气燃料等轻质油品的蒸发性能是液体燃料的重要特性之一, 它对于油品的贮运和使用均有重要影响。由于油品的蒸气压随汽化率不同而变化, 在大气压一定情况下, 油品沸点随汽化率增加而不断升高, 因此航空洗涤汽油、喷气燃料的沸点则以某一温度范围来表示, 这一温度范围即馏程^[1]。

轻质油品馏程测试按 GB/T6536-2010^[2] 方法执行, 大多采用自动蒸馏仪进行测定。而馏程玻璃温度计需人工读数, 无法与自动蒸馏仪温度显示系统相连接, 需选择被证实过具有与馏程玻璃温度计相同的温度滞后、露出液柱影响以及准确度的温度测量系统。通过研究设计一种石油产品自动蒸馏仪温度传感器用于替代馏程玻璃温度计显示温度, 其分辨力和准确度在馏程玻璃温度计的基础上有较大提高和改善, 以提高试验准确度。

1 自动蒸馏仪温度传感器的技术要求

1.1 馏程玻璃温度计技术要求

GB/T6536-2010 规定, 温度测量装置可采用符合 GB/T514^[3] 中 GB-46 和 GB-47 号玻璃温度计或被证实具有与玻璃温度计相同的温度滞后、露出液柱影响以及精度的温度测量系统, 但仲裁试验必须选择玻璃温度计。其中 GB-46 号温度计为低温范围温度计, 测温范围为 -2 ~ 300℃, 分度值为 1℃; GB-47 号温度计为高温范围温度计, 测温范围为 -2 ~ 400℃, 分度值为 1℃。具体规格见表 1。

1.2 自动蒸馏仪温度传感器的选择

自动蒸馏仪温度传感器在油液汽化时, 其端部与油料接触状态应同标准中水银温度计端部与油料接触状态一致, 依据馏程玻璃温度计, 基于节约成本、通用的原则, 在制备代替玻璃温度计的自动蒸馏仪温度传感器时, 其测温端形状与馏程温度计感温泡形状、大小应相近, 保证与油液或汽化蒸汽接触面一致; 且不得改变被测定温场的分布特性(均匀性和波动度); 温度传感器的热响应时间应小于或等于玻璃温度计的热响应时间, 即在加热时温度传感器和仪表组合所显示的温度能够跟上玻璃温度计的读数; 感温传感器和仪表

收稿日期: 2017-07-04

作者简介: 李咏(1967-)女, 高级工程师, 从事非金属材料、油料等分析研究工作。

表1 馏程玻璃温度计技术要求

温度计编号	测温范围/℃	分度值/℃	示值允差/℃	棒径/mm	水银球直径/mm	水银球长度/mm
GB-46	-2~300	1.0	≤150℃, 0.5℃; >150℃, 1.0℃	6~7	≥5	12.5±2.5
GB-47	-2~400	1.0	≤300℃, 1.0℃; >300℃, 1.5℃	6~7	≥5~6	12.5±2.5

的组合计算准确度(分度0.1℃)不低于玻璃温度计(分度1℃)。同时,自动蒸馏仪温度传感器应具有与馏程玻璃温度计相同的温度滞后、露出液柱影响以及准确度。

1.3 热相应时间测定

根据温度传感器原理,选择了感温元件为石英玻璃套管铠装热电阻(1号)、银块金属套管铂电阻(2号)、金属管套管薄膜铂热电阻传感器(3号)进行了热响应时间的比较,试验结果见表2。

表2 温度传感器热响应时间的结果

传感器名称	插入深度 130 mm, 热响应时间 τ/s			插入深度 77 mm, 热响应时间 τ/s		
	一次	二次	三次	一次	二次	三次
温度计	5.9	5.9	5.4	6.1	6.2	6.1
1号传感器	19.4	19.6	19.4	20.5	20.3	20.6
2号传感器	10.2	10.5	10.6	9.8	10.2	9.9
3号传感器	3.5	2.9	3.5	4.0	3.9	3.8

从表2可以看出:1号、2号传感器的热响应时间都较玻璃温度计长;3号传感器热响应时间低于馏程玻璃温度计。

1.4 准确性测定

按 GB/T6536-2010 标准规定,1组、2组和3组试验采用甲苯进行标定,4组采用十六烷进行标定,记录甲苯或十六烷回收得到50%体积时的温度。具体见表3。

表3 50%回收体积馏程的测定

传感器名称	50%回收体积时的温度/℃							
	1组		2组		3组		4组	
	手动	自动	手动	自动	手动	自动	手动	自动
温度计	109.2	/	109.0	/	109.1	/	273.6	/
1号	105.8	106.9	105.7	106.8	106.0	107.1	270.2	275.0
2号	105.3	106.5	105.2	105.3	105.8	106.5	268.3	273.0
3号	109.8	109.0	109.8	108.9	110.0	109.0	208.3	208.3

注:1组、2组和3组要求:手动 105.9~111.8℃;自动 108.5~109.7℃。4组要求:手动 272.2~283.1℃;自动 277.0~280.0℃。

从表3可以看出3号传感器50%馏出温度符合 GB/T6536-2010 标准规定。

1.5 自动蒸馏仪温度传感器与馏程玻璃温度计温度滞后时间差异的确定

同批 RP-3 燃油按 GB/T6536-2010 标准采用4组自动法和馏程玻璃温度计进行比较试验,试验数据见图1。

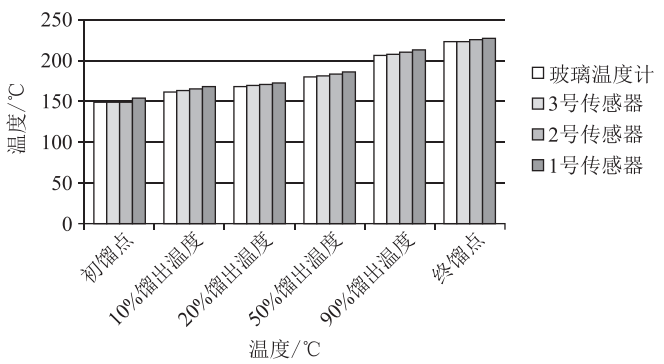


图1 传感器与玻璃温度计温度滞后时间差异比较

从图1可以看出:3号传感器的试验数据与馏程玻璃温度计最为接近,其试验数据与馏程采用馏程玻璃温度计试验数据之差小于自动法重复性数据。而其它两支传感器的误差超过了自动法重复性误差。

1.6 自动蒸馏仪温度传感器模拟水银温度计露出液柱影响

当使用无露出液柱误差的电子温度传感器时,传感器的数据系统的输出值应能模拟水银玻璃温度计的测量值。使用馏程玻璃温度计 GB-46 比对时,采用公式计算校正温度,其计算的结果小于或等于 GB-46 和电子温度传感实际测量值。表4是4号传感器模拟水银温度计露出液柱影响数据。

1.7 分析

研制自动蒸馏仪温度传感器不得改变被测定温场的分布特性(均匀性和波动度),其热响应时间应小于或等于馏程玻璃温度计的热响应时间,即在加热时温度传感器和仪表组合所显示的温度能够跟馏程玻璃温度计的读数;自动蒸馏仪温度传感器和显示仪表的组合精度不低于馏程玻璃温度计。通过自动蒸馏仪温度

表 4 传感器模拟水银温度计露出液柱影响℃

传感器	初馏点	10% 馏出温度	20% 馏出温度	50% 馏出温度	90% 馏出温度	终馏点
GB-46	148.0	164.0	168.0	182.0	210.0	216.4
4 号传感器	150.8	166.3	171.2	184.2	212.0	218.2
计算结果*	148.0	162.8	167.5	179.8	206.0	211.8

注：* 采用公式计算 $T_{\text{或温}} = T_{\text{电}} - 0.000162(T_{\text{电}} - 20)2$

传感器热响应时间和准确性测定分析，由于石油产品馏程测定过程是一种动态温度变化过程，感温材料在加热时温度传感器和仪表组合所显示的温度能够跟上水银温度计的读数。1 号传感器和 2 号传感器的温度响应时间大于馏程水银玻璃温度计，其感温变化较慢，导致了测定结果偏低。而 3 号传感器采用薄膜热电阻^[4]作为感温元件，是采用真空蒸镀的办法将热电阻材料沉积在绝缘片上形成的一种微型感温元件，特别适合动态测温，在薄膜元件外镀一层高温陶瓷，起到绝缘效果，避免金属套管的导电作用，其结构见图 2。

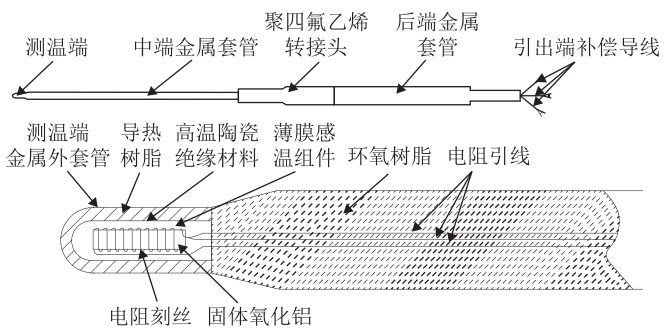


图 2 自动蒸馏仪温度传感器结构示意图

2 试验验证

2.1 自动蒸馏仪温度传感器的计量检定

3 号传感器经计量检定符合 A 级铂电阻。根据 JJG 130-2011《工作用玻璃液体温度计》^[5] 规定，GB-46 温度计在温度 ≤150℃，最大允差 ±0.5℃；>150℃ 时，最大允差 ±1℃，而 A 级铂电阻 ≤150℃ 时，最大允差 0.35℃，>150℃ 时，最大允差 ±0.75℃。同时，自动蒸馏仪整机校准时可以通过参数修正，读数误差可修正到零，因此自动蒸馏仪温度传感器和读数系统的误差基本上可由自动蒸馏仪温度传感器引起。基于以上分析，3 号传感器与读数系统的误差小于 GB-46 温度计标准规定要求。

2.2 馏程测定比较

采用 3 号传感器和 GB-46 温度计分别对航空洗涤汽油和 3 号喷气燃料进行比对试验，具体数据见表 5。

表 5 馏程的比对试验

试样编号	50% 馏出温度/℃			
	温度计	3 号传感器	重复性	
			标准规定	两者差
洗涤汽油 1	73.9	75.0	1.1 + 0.67SC = 1.3	1.1
洗涤汽油 2	85.1	86.1		1.0
3 号喷气燃料 1	180.0	181.8	1.2 + 1.42SC = 2.1	1.8
3 号喷气燃料 2	182.0	184.1		2.1

注：S 为蒸馏过程中任意点斜率 = $(T_{\text{高}} - T_{\text{低}}) / (V_{\text{高}} - V_{\text{低}})$

2.3 测量不确定度比较

馏程测定仪分别由石油产品用玻璃液体温度计和石油产品馏程测温传感器测试系统显示馏程温度，对其分别进行测量不确定度评定。石油产品用玻璃温度计的扩展不确定度为 4.0℃，石油产品馏程温度传感器测试系统的扩展不确定度为 0.8℃，这说明石油产品馏程温度传感器温度测试系统的测量不确定度^[6]（测量值分散性）明显优于石油产品用玻璃液体温度计。

3 结论

本文设计的自动蒸馏仪温度传感器用于替代馏程玻璃温度计显示温度，在玻璃液体温度计准确度的基础上，其分辨力和准确度有较大提高和改善，同时自动蒸馏仪温度传感器具有与馏程玻璃温度计相同的温度滞后、露出液柱影响以及精度，进一步提高了试验准确性和可靠性。

参 考 文 献

[1] 姜学信. 石油产品分析[M]. 北京：化学工业出版社，1999：50-75.

[2] 杨婷婷，郑煜，郭涛，等. GB/T6536-2010 石油产品常压蒸馏特性测定法[S]. 北京：中国标准出版社.

[3] GB/T 514-2005 石油产品试验用玻璃液体温度计技术条件[S]. 北京：中国标准出版社，2005.

[4] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 130-2011 工作用玻璃液体温度计[S]. 北京：中国质检出版社，2011.

[5] 刘常满. 温度测量与仪表维修问答[M]. 北京：中国计量出版社，2000：113-115.

[6] 国家质量监督检验检疫总局. JJF 1059.1-2012 测量不确定度的评定与表示评定[S]. 北京：中国标准出版社，2012.