

水温传感器测量精度优化

彭利华, 刘成, 许国松, 何元章, 李佳, 陈梦圆, 陈雨, 张立,

东风汽车集团有限公司技术中心

【摘要】: 本文重点研究水温传感器的结构及使用环境对产品开发的重要影响, 并给出了开发设计时需要综合考虑的相关因素。本文以某款自主汽油发动机水温传感器测量精度不良为例, 阐述了水温传感器结构原理, 水温传感器的温度-电阻特性、铜壳体导热性以及试验方法等方面内容。最后通过调整水温传感器温度-电阻参数, 及电阻测量等关键优化方法, 有效改善了水温传感器测量精度, 不仅解决了车辆水温测量误差大的问题, 且提出了水温传感器精度设计要点, 并可以借鉴应用到其他产品的开发。

【关键词】: 水温传感器; 测量精度; 电阻值

Optimization Analysis Of Measurement Accuracy Of Water Temperature Sensor

Penglihua, Liu Cheng, Xu Guosong, He Yuanzhang, Li Jia, Chen Mengyuan, Chen Yu, Zhang Li

【Abstract】 This paper focuses on the important influence of the structure of the water temperature sensor and the use environment on product development, and gives the relevant factors that need to be comprehensively considered in the development and design. Taking an autonomous gasoline engine water temperature sensor as an example, this paper expounds the structure principle of the water temperature sensor, the temperature-resistance characteristics of the water temperature sensor, the thermal conductivity of the copper shell and the test method. Finally, by adjusting the temperature-resistance parameters of the water temperature sensor, and key optimization methods such as resistance measurement, the measurement accuracy of the water temperature sensor is effectively improved, which not only solves the problem of large errors in vehicle water temperature measurement, but also puts forward the design points of the water temperature sensor accuracy, which can be used for reference. to the development of other products.

【Key words】: water temperature sensor; measurement accuracy; resistance value

引言

水温传感器的主要作用是采集发动机的水温信号传给ECU, 该信号一方面用于控制电子风扇开启, 来调节冷却系统的水温, 保证有效冷却; 另一方面, 当发动机在冷启动或者环境温度较低时, 发动机会根据水温信号做出喷油量的修正, 通过增加或减小喷油量以便迅速提高发动机温度到最佳工作温度, 缩短暖机时间。发动机水温传感器是发动机管理系统 (ECU) 中表征发动机实际工作状态的重要元件之一, 一般安装于发动机整个运行工况中水温最高的位置, 通常布置在缸体水套或冷却液管路上。

水温传感器一般分为单信号输出型和双信号输出型, 单信号输出型传感器, 将信号给发动机控制单元 (ECU), 控制供油、点火、怠速空气控制阀、电动冷却风扇, 并通过CAN信号发送给整车仪表; 而双信号输出传感器, 除了将信号输出到ECU, 同时还通过仪表显示为驾驶者提供水温报警。因此, 水温传感器的精度性能直接影响到发动机及车辆的使用性能。

通常, 水温传感器常见的失效模式主要有测量精度不足, 响应慢, 报警功能失效等, 将会导致发动机工作失常或出现故障, 比如车辆怠速过高或过低, 混合气稀或冒黑烟, 冷车难以启动等。其中, 测量精度直接影响传感器反馈水温的准确性,

对车辆的安全性能影响较大。若测量值比实际温度低，则可能导致发动机内部水温在超过允许温度时车辆不报警或者报警延迟的情况，在这种情况下，驾驶员不能及时发现车辆异常，容易造成安全事故。而若测量值比实际温度高，则可能出现车辆频繁报警或提前报警的情况，影响驾驶性能。因此，研究水温传感器测量精度的设计优化方法，对提高车辆水温报警准确性，及车辆驾驶安全性有非常重要的意义。

本文针对某款自主发动机水温传感器测量精度误差大的问题，对水温传感器测量精度进行分析研究，通过调整温度电阻设计值等方法将精度大大提高，并满足了车辆安全性能要求。

1 水温传感器结构及原理介绍

本次研究的发动机采用双信号输出水温传感器，内部有两个独立的信号电路(见图1和图2)，其中，a-c端输出信号到ECU，b-壳体端输出信号到仪表。水温传感器内部感温结构是热敏电阻，核心元件采用负温度系数(NTC)特性的半导体，外部壳体采用导热性良好的铜材质。热敏电阻的特性是电阻值随温度升高而减小，随温度降低而增大，因此，当发动机温度较低时，系统探测到的电压值较高，反之则较低(见图3)。

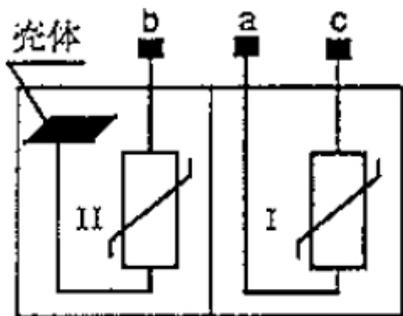


图1 水温传感器功能示意

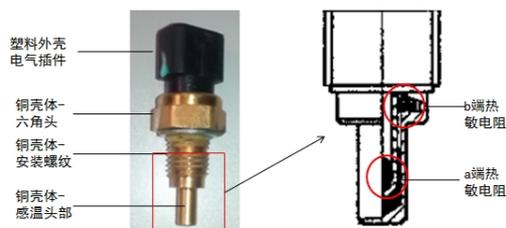


图2 水温传感器结构示意图

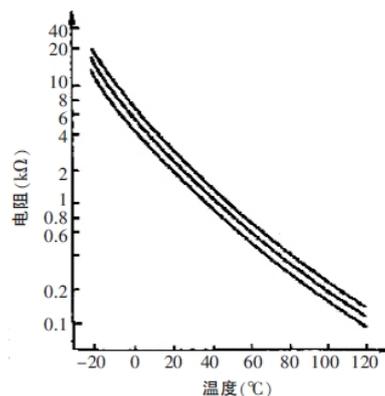


图3 NTC 温度-电阻特性图

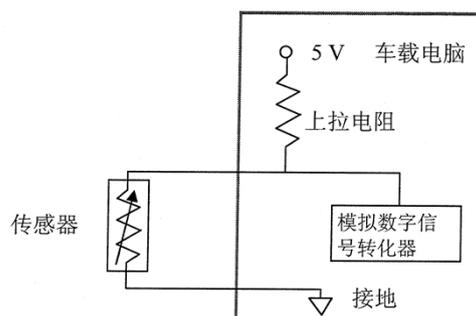


图4 传感器的实际应用电路

水温传感器的输出信号为电阻两端电压值，ECU通过内部电路为水温传感器提供5V直流信号，测量其电压降，并依据此电压信号判定发动机的实际工作状态，测量电路见图4^[1]。

2 问题介绍

2.1 问题来源

在某款自主发动机进行油水混合台架试验时，发现发动机水温传感器测量温度与台架标准传感器测量温度偏差大，5~10°C(见图5)，在水温达到平衡后，两个传感器测量水温8°C的差异，超出设计定义的≤2°C的误差范围，更换其他同批次传感器测量，结果一致，无改善，初步排除单个产品质量影响。

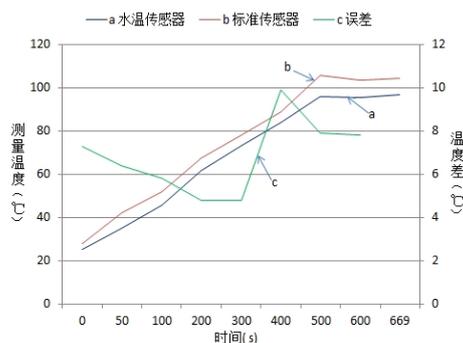


图5 相近测点的温度测值对比

2.2 问题确认

为了进一步验证车用水温传感器的测量误差真实性，在车用水温传感器的位置，增加一个标准热电偶（如图6），安装到实车上进行测试验证。测试结果显示，车用传感器测量的水温比热电偶的测量水温低4~5℃（见图7），即水温传感器测量水温低于标准热电偶的测量水温，将会导致水温报警不及时，可能造成发动机开锅现象。更换其他传感器和热电阻测量，结果一致，但精度高于台架测量的水温数据。

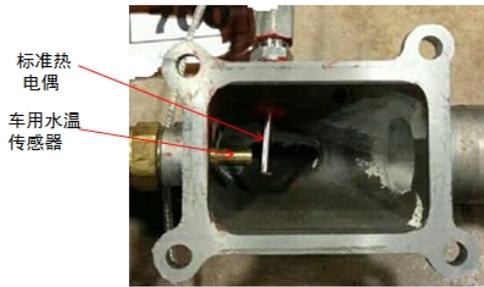


图6 出水口盖上增加标准热电偶示意图

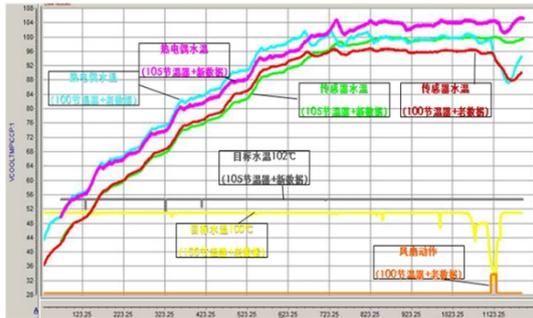


图7 实车水温测量对比图

3 原因分析

3.1 故障FTA分析

根据水温传感器的使用环境及设计指标，制定FTA故障分析树（见图8）。

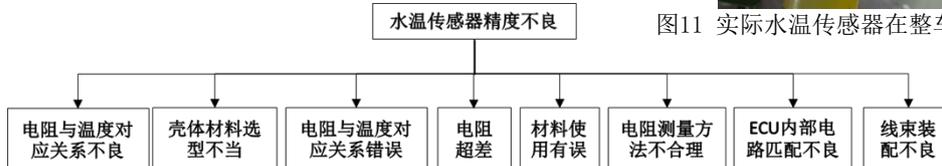


图8 水温传感器测量精度不良FTA

3.2 原因排查

经过对实车检查及分析,并通过ABA对比验证,线束、ECU及相关零件均未发现异常。

将发动机及整车使用过的7个水温传感器的样品,发送到供应商处进行产品质量检测,均符合图纸的要求(见图9)。

综上所述,并结合供应商处的产品下线检查方案,初步确定导致该现象的原因,为供应商对产品的下线检查,与水温传感器实车使用环境不一致导致。

产品名称	温度传感器	零件名称	成品	型号规格	CS013								生产单位
数量		抽检数量		合格质量水平	AQL(0.4)								产品批号
序号	技术要求	实 测 结 果											
	温度	0℃	10℃	25℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	100℃	110℃	120℃
	标准值(Ω)	9097-9700	5493-5823	2725-2865	1430-1499	958-1003	656-686	459-479	327-341	236.7-246.9	173.9-182.1	129.7-136.4	98.2-103.6
1	批号: 03551	9431	5612	2752	1460	986.3	669.2	467.8	338.8	240.3	179.6	133.4	101.86
2	批号: 9470	5668	2761	1478	987.0	675.4	471.3	339.7	242.5	180.7	134.9	102.7	
3	批号: 06351	9398	5588	2753	1457	986.1	663.4	463.9	336.7	239.6	177.3	132.4	99.52
4	批号: 06351	9427	5622	2778	1468	988.3	678.2	468.8	338.5	240.5	178.8	133.6	101.24
5	批号: 06351	9508	5711	2812	1483	990.7	681.3	472.1	340.1	243.3	181.2	135.2	102.85
6	批号: 06351	9486	5691	2785	1476	984.3	680.5	470.6	339.6	242.8	180.8	134.7	100.77
7	批号: 06351	9455	5652	2769	1479	985.8	676.9	471.5	338.9	242.1	180.3	133.9	100.28

图9 试验用水温传感器的温度测量结果

3.3 原因确认

组织标定、材料等相关专业,一起赴供应商处进行现场考察及确认。在供应商下线检查工序中,发现供应商采用的电阻测量方式确实与实车使用情况不一致。供应商在测量传感器电阻时,将传感器的铜壳体,全部浸没在油浴里(见图10),仅留塑料壳体在油浴外,避免了铜壳体的对外散热;而实际车辆使用过程中,铜壳体的六角头是在测量液体外的(见图11),环境温度对测量的数据是有一定影响的。



图10 供应商水温传感器的电阻测量方法



图11 实际水温传感器在整车上的布置位置

通过模拟实车的水温传感器的布置方法,对水温传感器的电阻进行了复检,发现前面7件的样件电阻均高于设计定义值,确定传感器电阻的测量方法不当是导致水温传感器的测量精度低的真实原因。这与在整车上采集的水温精度高于台架测试的水温精度高相吻合。

3.4 试验验证

为了再次核实分析原因的准确性,分别用标准温度传感器(PT100)、原水温传

感器、磨掉头部的水温传感器测量发动机出水口盖同一位置处水温，并和出水管处测量水温比较，由测量结果可知（见图12）：

1、水温传感器测量的水温与PT100测量水温差10℃左右；

2、磨掉头部的水温传感器测量水温与PT100测量水温差2℃；

3、采用铜壳体全浸没测量的方式测量水温与PT100测量水温最大差1.4℃（见图13）；

根据上述分析，确认水温传感器测量精度不良为传感器电阻值的测量方法不当引起，未考虑机舱环境下铜壳体的热传导作用，而对其进行补偿设计导致。

传感器	90		100		90		100		90		100	
出水管测量水温 T_WO/℃	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100
出水口盖测点温度/℃	89.9	99.9	79.9	89.0	88.1	98.0	89.9	99.9	89.9	99.9	89.9	99.9
测量结果差值/℃	0.1	0.1	10.1	11	1.9	2	0.1	0.1	10.1	11	1.9	2

图12 验证试验测试结果

加热炉显示温度 T/℃	台架PT100测量温度 T_OIL/℃	发动机水温传感器温度 T_engine/℃	台架和INCA温度值的差 ΔT/℃
29.97	30.4	29.9	0.5
39.94	40.1	39.7	0.4
49.94	50.3	49.7	0.6
59.95	60.4	59.7	0.7
70.00	70.5	70.0	0.5
80.00	80.2	79.6	0.6
89.99	90.4	89.5	0.9
100.0	100.8	99.4	1.4
110.0	110.4	109.2	1.2
119.8	120.4	119.5	0.9
129.9	130.7	130.1	0.6

图13 采用铜壳体全浸没测量的结果

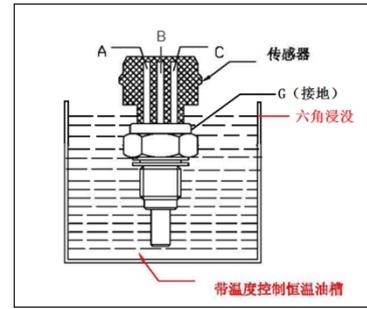
4 改善方案

4.1 改善制定

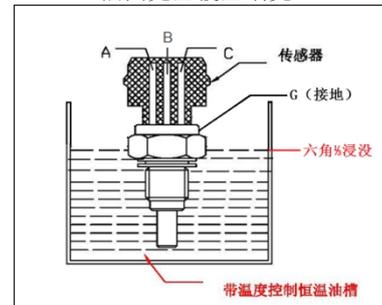
经过多次测试和验证，在不影响标定数据的基础上，确认采用如下改善方案：

1) 调整温度-电阻特性参数，优化热敏电阻化学成分，使之在相同电阻输出较高温度，弥补铜壳体散热损失，将热敏电阻裸片在90℃条件下电阻下调11.2Ω，能够有效弥补散热损失。

2) 改善传感器电阻测量方式，即测量时油面只覆盖铜壳至1/3螺母处，使之与车辆实际使用情况相近，改善后的测试设备及测试方式（见图14）。



油面完全覆盖铜壳



油面覆盖铜壳至1/3螺母部分

图14 改善前后电阻测试方法对比

4.2 改善效果验证

1)、对改善样件的测量精度进行测量确认，水温传感器的测量精度≤1℃（见图15），满足设计定义的要求。

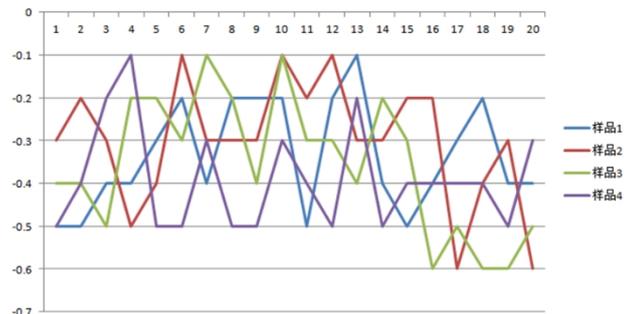


图15 改善后样件单体精度测量

2)、为了验证改善后的对采用改善后样件的发动机，进行试验性能及标定数据校核，主要有点火角、点火线圈充磁时间和起动空燃比等，确认与水温相关的标定参数无需进行调整。

3)、将改善样件分别在发动机台架及整车上进行对比试验，验证结果如下：

- ✓ 在发动机台架上进行验证，测量误差范围为0~2.8℃，优化效果较好，可以满足发动机性能要求。测试结果如图17。
- ✓ 在整车上进行验证，稳态工况下，测量误差范围为0~1.3℃，优化效果良好，可以满足整车性能要求，并达到及时进行水温报警的要求，测试结果如图

18。

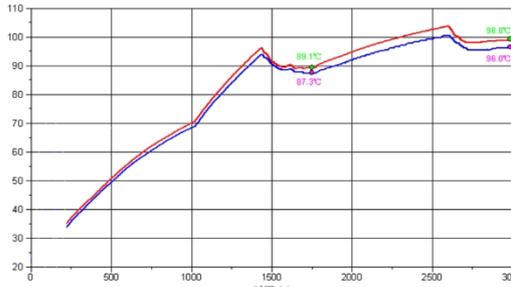


图17 改善件台架测试结果

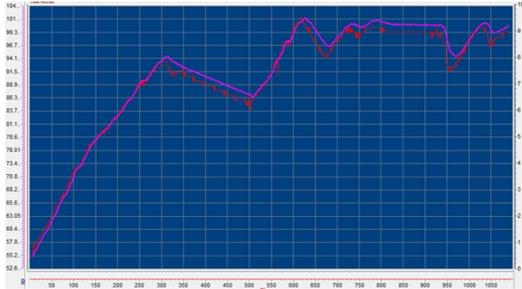


图18改善件整车测试结果

5 结论

1) 通过对案例的解析,提出了设计优化水温传感器测量精度的关键思路,即在进行水温传感器设计温度-电阻特性参数时,需要充分考虑其铜壳体的导热性能,设计温度补偿方式对铜散热影响进行弥补。温度-电阻特性和壳体材料的属性是影响水温传感器测量精度的重要因素,二者之间也存在相互影响的关系,需同步关注。

2) 在进行水温传感器类产品设计时,需考虑零件结构与使用环境的相互关联性,同时关注试验环境与使用环境的一致性,这些因素都将极大的影响零件的使用性能。

参 考 文 献

- [1] 徐增祥, 李霞霞. 汽油发动机水温传感器检测与故障分析, 汽车实用技术, 2012年第3期;
- [2] 姚仲鹏、王新国等. 车辆冷却传热, 北京理工大学出版社. 2001.6 ISBN7-81045-769-1 P2