



汽车

传感器和执行器 的原理与检修

● 齐志鹏 主编

人民邮电出版社

POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

汽车传感器和执行器的原理与检修

齐志鹏 主编

人民邮电出版社

及
通
控
电
制

继
路
具
注
线

图书在版编目(CIP)数据

汽车传感器和执行器的原理与检修/齐志鹏编著.

北京:人民邮电出版社,2002.11

ISBN 7-115-10609-6

Ⅰ.汽... Ⅱ.齐... Ⅲ.①汽车—传感器—理论
②汽车—传感器—检修③汽车—执行器—理论④汽车—
执行器—检修 Ⅳ.U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 071092 号

内 容 提 要

本书介绍汽车发动机、汽车底盘和车身控制系统的传感器和执行器的结构原理与检修方法。本书基本包括了汽车的各个控制系统。在内容编排上,除了注意传感器和执行器的自身体系外,还兼顾了汽车各系统的结构特征,同时又将结构原理和检修两方面的内容密切结合,便于阅读和理解。本书可供汽车使用与修理技术人员阅读,也可供院校汽车运用工程专业的师生参考。

汽车传感器和执行器的原理与检修

◆ 主 编 齐志鹏
责任编辑 李育民

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-64966211
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19
字数: 463千字 2002年11月第1版
印数: 1-5 000册 2002年11月北京第1次印刷

ISBN 7-115-10609-6/TB · 32

定价: 25.00元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010) 67129223

前 言

传感器是一种转换器。其作用是进行信号变换，把被测的非电量变换为电量。汽车传感器是促进汽车技术全面发展的关键器件。目前，一般的汽车上装有几十只传感器，而高档豪华汽车大约使用几百只传感器。随着汽车技术的发展，传感器不但使用的数量多，而且其地位也非常重要。传感器是汽车电子控制的“眼睛”，如果没有传感器，实现汽车电子控制是根本不可能的。

执行器也是汽车电子控制必不可少的器件。执行器是实现诸如压力调整、气体和液体流量控制、空间位置的调整、电路的通断以及能量的转换等过程的部件。

汽车中的传感器、执行器和电子控制系统是密不可分的。不同电子控制系统中的传感器和执行器，数量和类型有所不同，即便相同类型的传感器和执行器，由于应用于不同的控制系统中，其结构形式、安装调整位置也不尽相同，检修方法及注意事项也有较大的差异。因此，在系统了解传感器和执行器原理、结构的基础上，同时密切联系不同的电子控制系统，将会对使用维修起到具体的指导作用。本书力求在传感器、执行器及电子控制系统原理与检修的结合方面，做到相互呼应、特点突出、实用性强。

本书由齐志鹏主编，参加编写的有朱先民、秦蔚民、邓自强、徐安桃、张时才、任文军、孟祥军、杨华、陈军、许洪军、孟繁伯、周知、刘腾飞、周义和、麦永强、刘朝英、刘朝阳、刘冬兰、王睿洁、田耘等。本书还得到了许多同行的帮助和指导，在此深表谢意。由于编者水平有限，书中肯定会有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编者
2002年9月

目 录

第 1 篇 汽车发动机常用的传感器和执行器

第 1 章 温度传感器	1
1.1 热敏电阻式冷却液温度传感器	1
1.2 热敏电阻式进气温度传感器	5
1.3 热敏电阻式水温表传感器	8
1.4 热敏电阻式排气温度传感器	11
1.5 双金属片式温度传感器	14
1.6 热敏铁氧体温度传感器	19
1.7 温度传感器检修举例	21
第 2 章 空气流量传感器	26
2.1 感知板式空气流量传感器	26
2.2 旋转翼片式空气流量传感器	34
2.3 卡门涡旋式空气流量传感器	43
2.4 热线式空气流量传感器	48
2.5 量心式空气流量传感器	56
2.6 空气流量传感器检修举例	57
第 3 章 位置传感器	64
3.1 日产公司磁脉冲式曲轴位置传感器	64
3.2 丰田公司磁脉冲式曲轴位置传感器	66
3.3 光电式曲轴位置传感器	71
3.4 霍尔式曲轴位置传感器	75
3.5 开关型节气门位置传感器	82
3.6 线性可变电阻型节气门位置传感器	87
3.7 综合型节气门位置传感器	88
3.8 浮子可变电阻式燃油液面位置传感器	93
3.9 热敏电阻式燃油液面位置传感器	94
3.10 位置传感器检修举例	96
第 4 章 压力传感器	103
4.1 半导体压敏电阻式进气压力传感器	103
4.2 电容式进气压力传感器	106

4.3	真空膜盒式进气压力传感器	108
4.4	爆震传感器	110
4.5	大气压力传感器	117
4.6	机油压力传感器	118
4.7	空气滤清器堵塞负压开关传感器	120
4.8	压力传感器检修举例	120
第5章	气体浓度传感器	124
5.1	氧传感器	124
5.2	稀薄混合气传感器	136
5.3	广域空燃比传感器	137
5.4	柴油机排烟传感器	138
第6章	发动机控制执行器	140
6.1	电控汽油喷射系统燃油压力调节器	140
6.2	电动燃油泵	143
6.3	电磁喷油器	149
6.4	冷启动喷油器	156
6.5	怠速空气调整器	158
6.6	点火线圈	164
6.7	曲轴箱强制通风真空阀	166
6.8	排气再循环控制阀	169
6.9	节气门开度控制装置	173

第2篇 汽车底盘车身系统传感器和执行器

第7章	速度传感器	177
7.1	可变磁阻式车速传感器	177
7.2	光电式车速传感器	178
7.3	电磁感应式车速传感器	180
7.4	簧簧开关式车速传感器	183
7.5	多普勒雷达型车速传感器	186
7.6	电磁感应式轮速传感器	187
7.7	霍尔式轮速传感器	195
7.8	加速度传感器	197
7.9	碰撞传感器	199
第8章	压力传感器	213
8.1	电控防抱死制动系统用压力传感器	213

8.2	制动液泄漏压力报警传感器	216
8.3	空调系统中制冷剂压力传感器	218
8.4	制动主缸压力传感器	221
第 9 章	位置传感器	222
9.1	霍尔式车辆高度传感器	222
9.2	开关型车辆高度传感器	223
9.3	电位计式车辆高度传感器	223
9.4	光电式车辆高度传感器	224
9.5	转向角度传感器	226
9.6	笛簧开关式制动液位传感器	227
9.7	盘式制动器摩擦衬片磨损传感器	228
第 10 章	汽车底盘车身系统执行器	230
10.1	防抱死制动压力调节器	230
10.2	驱动车轮防滑转(ASR)调节器	254
10.3	空气悬架控制执行装置	259
10.4	动力转向执行装置	269
10.5	电控自动变速器执行装置	277
10.6	车门窗控制执行装置	285
10.7	驾驶位置记忆系统的执行装置	292
10.8	灯光自动控制执行装置	294

第 1 篇 汽车发动机常用的传感器和执行器

第 1 章 温度传感器

现代汽车发动机上使用温度传感器的地方很多。例如，为了判断发动机的热状态、计算进气量和供油量，要连续精确地测量冷却液的温度、进气温度、排气温度和环境温度等，这些都要通过温度传感器来实现。

1.1 热敏电阻式冷却液温度传感器

1.1.1 结构及原理

1. 热敏电阻的温度特性

有些金属材料随着温度的升高而电阻增大。但有些材料，如半导体，其电阻值却随温度的升高而降低。电阻值随温度而变化的这一类器件称为热敏电阻。按电阻变化情况，一般可分为三类：

① 在工作温度范围内，电阻值随温度升高而增加的热敏电阻，称为正温度系数热敏电阻(PTC)。

② 电阻值随温度升高而减小的称为负温度系数热敏电阻(NTC)。

③ 在临界温度时，阻值发生锐减的称为临界温度热敏电阻(CTR)。

以上三类热敏电阻的温度特性如图 1-1 所示。

热敏电阻是在半导体材料中适当掺入一些金属氧化物，根据要求的形状，在 1000℃ 以上的高温下烧结而成。按照氧化物的不同比例及烧结温度的差别，可以得到特性各异的热敏电阻。一般来说，工作温度范围为 $-20^{\circ}\text{C} \sim +130^{\circ}\text{C}$ 的热敏电阻可用于水温和气温的检测，工作温度范围为 $600^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的高温检测电阻，常用于发动机排气温度的检测。

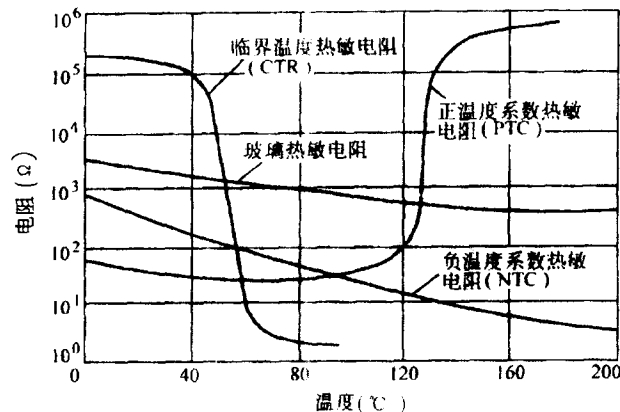


图 1-1 热敏电阻的温度特性

2. 安装位置及外形

热敏电阻式冷却液温度传感器一般安装在发动机缸体、缸盖的水套或节温器壳内并伸入水套中(北京切诺基电控发动机冷却液温度传感器的安装位置如图 1-2 所示),与冷却液直接接触,用来检测发动机的冷却液温度。冷却液温度传感器的内部是一个半导体热敏电阻(图 1-3),它具有负的温度系数(图 1-4)。水温愈低,电阻愈大;反之,水温愈高,电阻愈小。

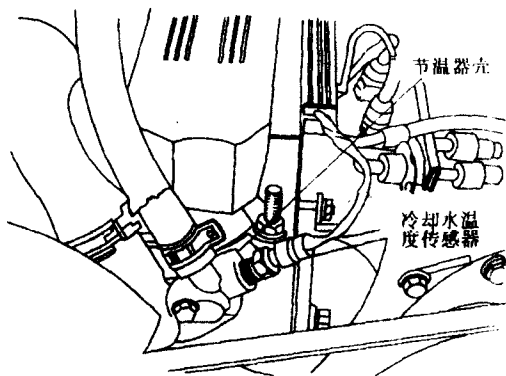


图 1-2 北京切诺基电控发动机冷却液温度传感器的安装位置

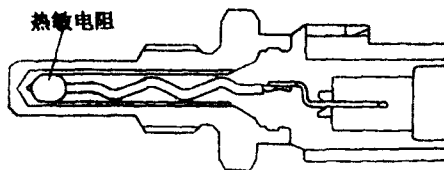


图 1-3 冷却液传感器的结构

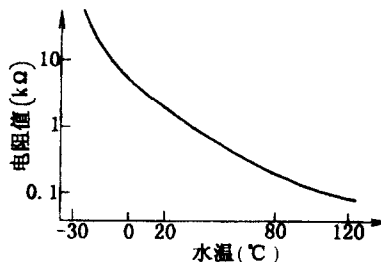


图 1-4 冷却液温度传感器的温度 - 电阻特性

3. 与 ECU 的连接

冷却液温度传感器的两根导线都和电控单元(ECU)相连,其中一根为地线,另一根上的电压信号随热敏电阻阻值的变化而变化,ECU 根据这一电压信号测得发动机冷却液温度。热敏电阻式冷却液温度传感器与 ECU 的连接电路如图 1-5 所示。

为了使传感器产生的信号更准确,在不同的温度范围内,如图 1-5 (b)所示,ECU 使 5V 参考电压分别通过 10kΩ 电阻或 10kΩ 电阻和 1kΩ 电阻组成的并联电路至冷却液温度传感器。

显著的并联电阻为 909Ω ，接近 $1k\Omega$ 。在发动机冷却液温度低于 51.6°C 时， 5V 电压只通过 $10k\Omega$ 电阻，此时传感器测定的数据很准确。但发动机一旦升温，由于 $10k\Omega$ 电阻值大，传感器热敏电阻值较小，传感器测定的数值不再准确。为此，当发动机加热到 51.6°C 时，通过 ECU 的控制，使三极管导通，则 5V 电压通过并联电阻 909Ω 至传感器，使得冷却液温度传感器在高温时也很准确。由上述可知，ECU 将根据温度变化范围，适时地控制变换档位，使 5V 电压通过不同电阻值至传感器，保持冷却液温度传感器在任何温度下都很准确。

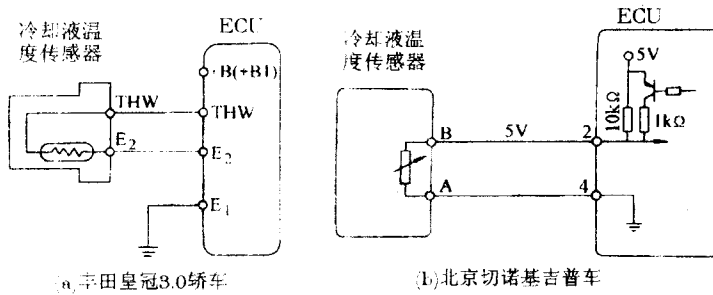


图 1-5 冷却液温度传感器与 ECU 的连接

1.1.2 冷却液温度传感器的检修

冷却液温度传感器的精度对喷油量有很大的影响。当出现混合气过浓或过稀的故障时，应检查冷却液温度传感器。检查方法如下。

1. 检测传感器的电阻值

① 点火开关置于“OFF”位置，拔下冷却液温度传感器导线连接器（线束插头），用数字式的高内阻万用表 Ω 挡就车测试传感器两端子（皇冠 3.0 轿车为 THW 与 E_2 ，北京切诺基吉普车为 B 与 A）之间的电阻值（图 1-6），其电阻值在温度低时大，在温度高时小，在热机状态时对应小于 $1k\Omega$ 。

② 从发动机上拆下冷却液温度传感器，将传感器置于烧杯的水中，并对烧杯中的水进行加热，同时用万用表测量在不同温度下水温传感器两接线端之间的电阻（图 1-7），其电阻值应符合图 1-4 所示的温度特性，或如表 1-1 及表 1-2 所示。如果测得电阻值不在表内的规定范围之内且误差较大，应更换冷却液温度传感器。

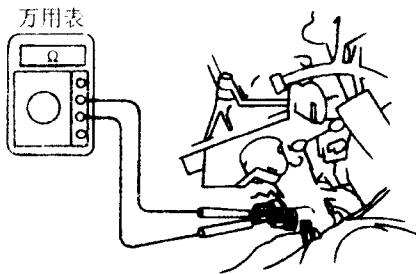


图 1-6 检查冷却液温度传感器的电阻

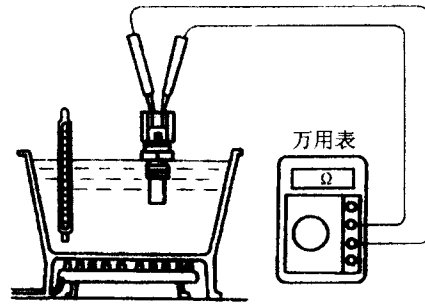


图 1-7 测量传感器在不同温度下的电阻

表 1-1 北京切诺基车用热敏电阻式冷却液温度传感器的温度 - 电阻特性

温度(℃)	电阻(kΩ)		温度(℃)	电阻(kΩ)	
	最大	最小		最大	最小
-40	291.49	381.71	50	3.33	3.88
-20	85.85	108.39	60	2.31	2.67
-10	49.25	61.43	70	1.63	1.87
0	29.33	35.99	80	1.17	1.34
10	17.99	21.81	90	0.86	0.97
20	11.37	13.61	100	0.64	0.72
25	9.12	10.88	110	0.48	0.54
30	7.37	8.75	120	0.37	0.41
40	4.90	5.75			

表 1-2 丰田汽车用冷却液温度传感器温度 - 电阻特性

温度(℃)	电阻(kΩ)	温度(℃)	电阻(kΩ)
0	6	60	0.6
20	2.2	80	0.25
40	1.1		

2. 检测传感器的信号电压值

测试冷却液温度传感器输出的信号电压值，是在冷却液温度传感器正常连接和工作时，从冷却液温度传感器接线柱 B 端(或从 ECU 连接器接线柱 2 上)，参见图 1-5，用万用表电压档测试冷却液温度传感器输出的电压信号。其电压值应随冷却液温度变化而变化，温度低时电压高，温度高时电压低，参考数据见表 1-3。

表 1-3 北京切诺基车用冷却液温度传感器在不同温度下的电压值

冷态曲线(以 10kΩ 电阻测得)		热态曲线(用 990Ω 电阻算出)	
温度(℃)	电压(V)	温度(℃)	电压(V)
-28.8	4.70	51.6	4.00
-23.3	4.57	54.4	3.77
-17.7	4.45	60	3.60
-12.2	4.30	65.5	3.40
-6.6	4.10	71.1	3.20
-1.1	3.90	76.6	3.02
4.4	3.60	82.2	2.80
10	3.30	87.7	2.60
15.5	3.00	93.3	2.40
21.1	2.75	98.8	2.20
26.6	2.44	104.4	2.00
32.2	2.15	110	1.80
37.7	1.83	115.5	1.62
43.3	1.57	121.1	1.45
48.8	1.25		

当传感器线束断开、点火开关接通时，从 ECU 连接器接线柱 2 上测试，得到的电压值约为 5V。

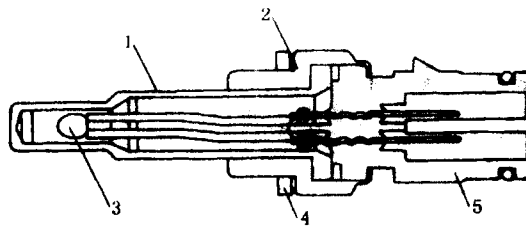
3. 检测传感器的线束电阻

检查冷却液温度传感器线束的电阻(通断检查)值，用高内阻的数字式万用表的 Ω 挡，测试冷却液温度传感器接线柱 B 和 ECU 插接件接线柱 2 之间及传感器接线柱 A 与 ECU 插接件接线柱 4 之间的电阻值(参见图 1-5)，若不通或电阻值大于 1Ω ，说明传感器线束断路或插接件接触不良，应视情况修理或更换。

1.2 热敏电阻式进气温度传感器

1.2.1 结构及原理

在电子控制的汽油喷射系统内，将进气温度传感器的进气温度信号输入到 ECU 中，根据进气温度的变化状况，确定适宜的喷油方式和喷油量。热敏电阻式进气温度传感器(图 1-8)的结构及工作特性(图 1-9)与热敏电阻式冷却液温度传感器基本一致。



1. 绝缘套 2. 外壳 3. 热敏电阻 4. 铜垫圈 5. 防水插座

图 1-8 进气温度传感器的结构

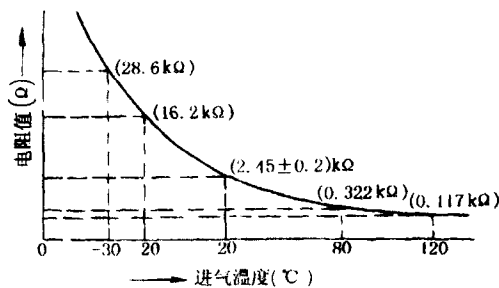


图 1-9 一种典型的进气温度传感器的温度-电阻特性

1. 安装位置及外形

进气温度传感器通常安装在空气滤清器之后的进气管上(如图 1-10 所示)，也有安装在翼片式空气流量传感器之内的(如图 1-11 所示)，有的安装在谐振腔上。还有的在空气流量传感器内和谐振腔上各装一个，以提高喷油量的控制精度(例如 1991 年后生产的马

自达 929 型轿车)。

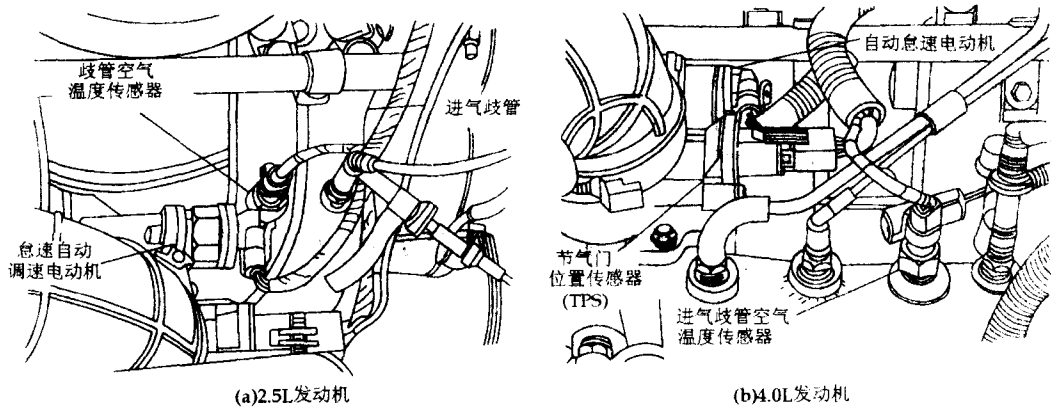
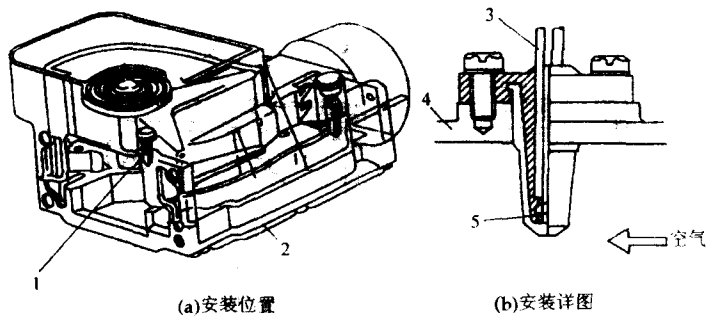


图 1-10 北京切诺基车用进气温度传感器的安装位置



1. 进气温度传感器 2. 空气流量传感器 3. 导线 4. 空气流量传感器壳体 5. 热敏电阻

图 1-11 进气温度传感器在空气流量传感器上的安装

进气温度传感器的安装方式有螺纹安装、螺栓安装及利用橡胶卡圈卡住的三种方法(图 1-12)。利用橡胶卡圈卡住的安装方法可以很方便地安装在空气滤清器的壳体上。不论进气温度传感器安装在何处,其作用都是相同的,即测量进气的温度,并输送给电控单元作为修正喷油量的参考依据。进气温度传感器内部也是一个具有负温度电阻系数的热敏电阻,外部用环氧树脂密封。当进气歧管内空气温度发生变化时,传感器内的热敏电阻值发生变化,温度低时电阻大,温度高时电阻小。



图 1-12 进气温度传感器的外形

2. 与 ECU 的连接

进气温度传感器与 ECU 的连接方式与热敏电阻式冷却液温度传感器相似,其与 ECU 的连接电路如图 1-13 所示。

如图 1-13 (b)所示,进气温度传感器内的热敏电阻与 ECU 内的固定电阻 R 串联,形成分

压电路。如果进气温度低而热敏电阻值高，固定电阻 R 上的电压降就很小，ECU 测得的信号电压接近参考电压 $5V$ ；如果热敏电阻开路，其电阻值为无穷大时，则信号电压等于参考电压（正常工作的传感器，其电阻值无论如何也达不到无穷大）；如果进气温度高而热敏电阻值低，则固定电阻 R 上的电压降较大，ECU 测得的信号电压较低；如果传感器内出现短路，或热敏电阻趋于零，信号电压将等于参考电压减去固定电阻 R 的电压降。对于正常工作的传感器，其电阻值实际上是不会趋于零值的。

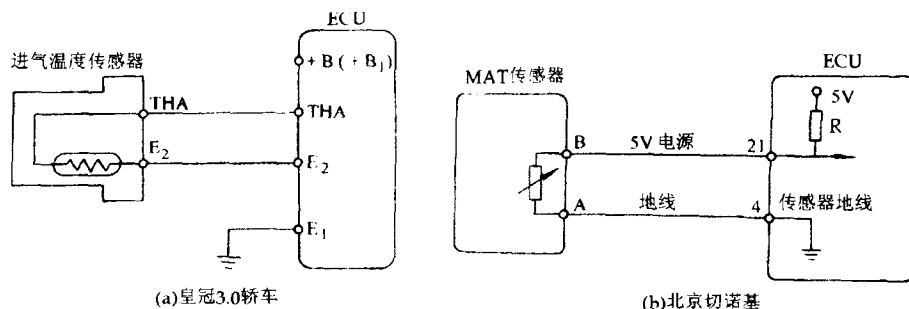


图 1-13 进气温度传感器与 ECU 的连接电路

1.2.2 进气温度传感器的检修

安装在空气流量传感器内的进气温度传感器的检修将在空气流量传感器里介绍，这里仅介绍进气管或谐振腔上的进气温度传感器的检测方法。

1. 检测传感器的电阻

进气温度传感器电阻的检测与冷却液温度传感器的检测相同，可就车检测进气温度传感器，也可单件检测。进行单件检测时，从进气温度传感器上拔下导线连接器，从发动机上拆下进气温度传感器。用电热吹风机、红外线灯或热水(图 1-14)加热进气温度传感器，并用万用表 Ω 挡，在不同温度下测量进气温度传感器两接线端之间的电阻。其电阻值的变化规律与冷却液温度传感器类似，参见表 1-1 和表 1-2。如果电阻值不符合规定，应更换进气温度传感器。最后安装进气温度传感器，用 $10N \cdot m$ 左右的力矩拧紧传感器。

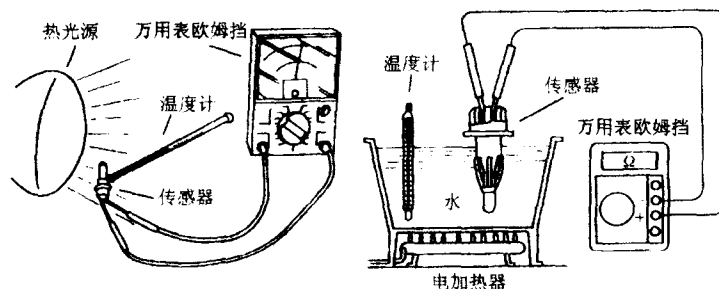


图 1-14 进气温度传感器的检查

2. 检测传感器的电压

进气温度传感器的电压检测，是在点火开关位于“ON”位置时，用万用表电压挡检测 ECU 的 THA 端子与 E₂ 端子间的电压（参见图 1-13），其电压值应为 0.5V ~ 3.4V（20℃左右时）。如无电压，则参考（以皇冠 3.0 型轿车 2JZ-GE 发动机为例）图 1-15 所示步骤顺序查找故障。

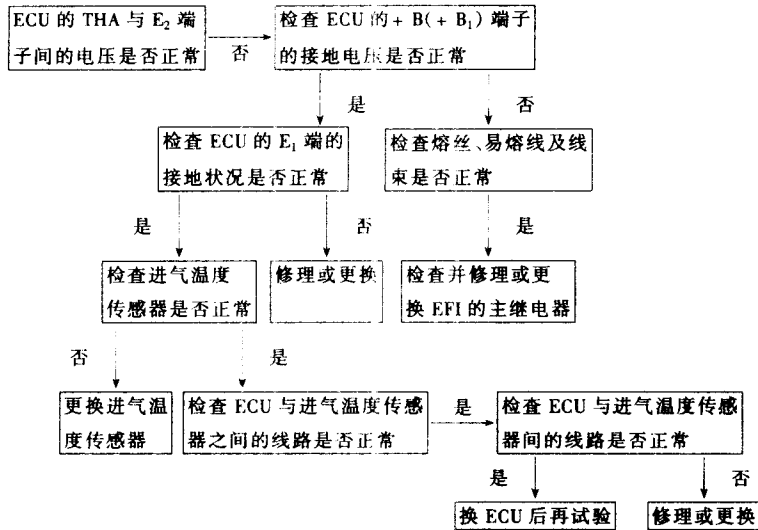


图 1-15 故障检测顺序

3. 检测传感器线束的电阻

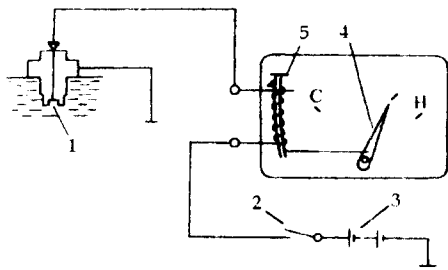
进气温度传感器线束电阻值的检测，需要用高内阻万用表的 Ω 挡，测试进气温度传感器接头 THA-B 和 ECU 插接件接头 THA-21，传感器接头 E₂-A 和 ECU 插接件接头 E₂-4 之间的电阻值，参见图 1-13。如不通或电阻值大于 1 Ω 以上，说明传感器线束断线或插头接触不良，应视情况修理或更换。

1.3 热敏电阻式水温表传感器

1.3.1 结构和工作原理

1. 工作原理

热敏电阻式水温仪表显示装置由热敏电阻式水温传感器和双金属片式水温表两部分组成，如图 1-16 所示。它以热敏电阻作为（传感器）发送部件，以电热丝（仪表）为接收部件，两者串联。把发送部件置于水中后，当水温较低时，因为热敏电阻的阻值比较大（图 1-17），所以回路中的电流比较小，电阻丝的发热量也少，双金属片稍稍弯曲，指针显示低温区（C 侧）。当水温较高时，因为热敏电阻的阻值比较小，通过电路中的电流比较大，电阻丝的发热量比较大，所以双金属片弯曲程度也比较大，指针偏向高温区（H 侧）。



1. 传感器 2. 点火开关 3. 蓄电池
4. 仪表指针 5. 双金属片

图 1-16 热敏电阻式水温仪表显示装置

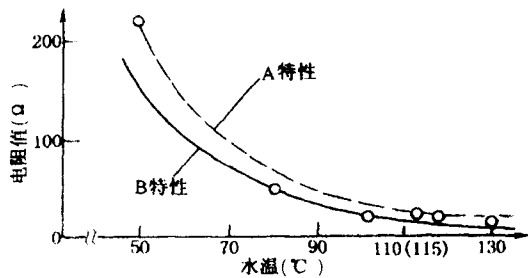


图 1-17 用于水温表上传感器的温度 - 电阻特性

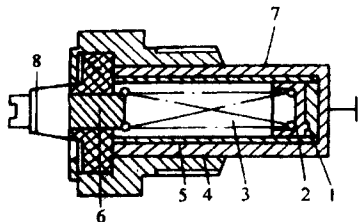
2. 传感器的结构

热敏电阻式水温仪表显示装置所用的热敏电阻式水温传感器(图 1-18)是密闭的, 外部有螺纹, 可旋进汽缸壁或缸盖的水套中, 里面也是一个负温度系数热敏电阻 1, 一端接指示表, 另一端通过传感器外壳搭铁。传感器的铜接头 4 拧入发动机汽缸盖的水套中, 使铜管 5 浸入水中。在铜管内的底部装有片状热敏电阻 1, 用导电弹簧 3 及导电套 2 压紧。弹簧的另一端与接线端子 6 的导电铜嵌件接触。在弹簧、导电套及热敏电阻的外部包着一层绝缘套以防短路。导线接指示仪表, 水温低时, 热敏电阻的阻值增大, 水温升高时, 则电阻值减小, 从而改变输出信号。

1.3.2 热敏电阻式水温显示装置的检修

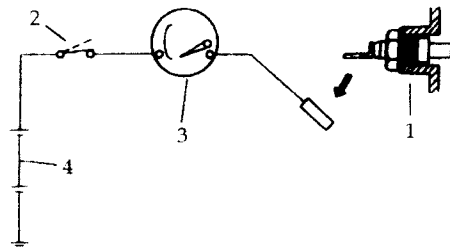
1. 检查水温表的功能

- ① 拆下水温传感器上的接线, 接通点火开关, 水温表应显示低温“COOL”。
- ② 按图 1-19 所示, 拆开水温表的一端接线, 然后在该线和车身搭铁之间接入一只 4W/12V 的灯泡。



1. 热敏电阻 2. 导电套 3. 导电弹簧 4. 铜接头 5. 铜管 6. 接线端子 7. 导电杆 8. 导线

图 1-18 热敏电阻式水温表用传感器



1. 水温传感器 2. 点火开关
3. 水温表 4. 蓄电池

图 1-19 检测水温表

③ 接通点火开关，观察灯泡是否发亮及水温表的指针能否偏移到水温最高的对应位置，如果灯泡不亮或水温表无偏移显示，说明水温表性能不良，应拆检或更换水温表。在车上通过测量水温表上的各个接头的电阻(如图 1-20 所示)，即可发现水温表是否正常。

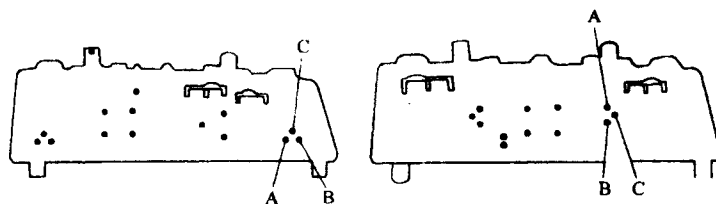


图 1-20 水温表各个接线端头的位置

④ 水温表正常时各接头的电阻值为：A-B 之间为 54Ω ，A-C 之间为 175.7Ω ，B-C 之间为 229.5Ω 。

2. 检测传感器的电阻

水温表传感器电阻的检测有两种办法：就车检查和拆下后单件检查。

① 就车检查根据传感器的温度 - 电阻特性，可用万用表检查传感器的好坏。将传感器接头引线断开，把万用表置于 $R \times 1$ 挡，用图 1-21 所示的方法检测传感器的电阻。当水温不同时，其电阻值与水温的关系见表 1-4。

表 1-4 水温与传感器电阻的关系

水温(℃)	电阻值(kΩ)	水温(℃)	电阻值(kΩ)	
-20	1020	80	0.2~0.4	
0	47	皇冠轿车	Yazaki	Nippondenso
20	23	60	0.146	—
40	0.9~1.3	115	0.0243	0.0243
60	0.4~0.7			

② 单件检查如图 1-22 所示。逐渐升高水温的同时，用万用表 Ω 挡测量传感器两端子间的电阻，这时，冷却液温度与阻值之间的关系应符合表 1-4 所列的范围。如果超出规定值就应该换用新的水温传感器。

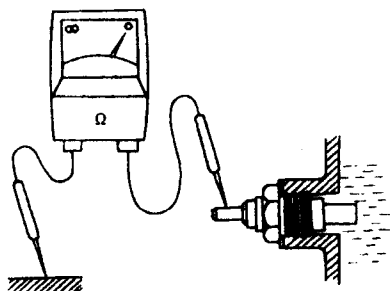


图 1-21 检测传感器的电阻

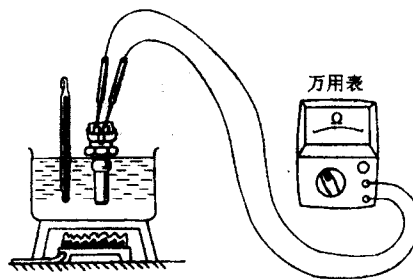


图 1-22 用电加热器升高水温检测传感器的电阻