

新能源汽车车外温度采集确定策略优化试验研究

李开洪，谢宝成，刘凡，程海文
比亚迪汽车有限公司

【摘要】 车外温度传感器作为新能源汽车空调自动控制系统的重要传感器，其能否准确反映当前环境温度，直接影响空调系统运行模式及乘员舱舒适性。当车外温度传感器由于安装位置、软件策略等原因不能准确反映真实值时，整个空调系统的运行逻辑会出现紊乱，乘员舱舒适性也会极大恶化。本文通过对车外温度传感器显示策略优化，并实车验证，解决了因沿用燃油汽车环境温度显示策略导致的复杂路况下仪表环境温度显示不准、空调系统紊乱、乘员舱舒适性恶化问题，为后续新开发车型提供了参考。

【关键词】 车外温度传感器，空调系统紊乱，乘员舱舒适性，空调自动控制系统

Study on Poor Comfort of Air Conditioning System Caused by Inaccurate Display of External Temperature Sensor

Li Kaihong, Xie Baocheng, Liu Fan, Cheng Haiwen
BYD Auto Co., Ltd.

Abstract: As an important sensor of new energy vehicle air conditioning automatic control system, the external temperature sensor can accurately reflect the current environment temperature, which directly affects the operation mode of air conditioning system and cabin comfort. When the external temperature sensor cannot accurately reflect the real value due to the installation position, software strategy and other reasons, the operation logic of the entire air conditioning system will be disturbed, and the comfort of the passenger cabin will greatly deteriorate. By optimizing the display strategy of the external temperature sensor and verifying the actual vehicle, this paper solves the problems of inaccurate display of instrument ambient temperature, disorder of air conditioning system and deterioration of passenger cabin comfort in complex road conditions caused by the use of the environmental temperature display strategy of fuel-fueled vehicles, which provides a reference for the subsequent new development models.

Key words: external temperature sensor, disorder of air conditioning system, cabin comfort, air conditioning automatic control system

引言

车外温度传感器是新能源汽车空调自动控制系统的重要传感器，空调系统运行模式判断，压缩机、冷暖混合风门、内外循环风门等部件动作逻辑均受到车外温度传感器影响。当车外温度传感器由于安装位置、软件处理策略等原因不能准确反映真实值时，空调系统运行逻辑会出现紊乱，严重时会直接导致整车空调功能失效^[1]。

目前我司新能源车型，车外温度传感器大多布置在前舱保险杠上，正对前端换热器，如图1所示。该种布置方式虽然布置简单、安装便捷，但是传感器易受前端冷却模块散热系统热回流、热辐射的影响。

一方面，车辆怠速时，冷却风扇低速运行，由于缺少空气冲压作用，前格栅与冷却模块之间的静压可能会低于冷却风扇产生的负压，使得流经导风罩的高温冷却空气通过旁通流道又返回至冷却模块前端，从而产生热回流现象^[2]。高温回流气体经过车外温度传感器时，传感器受热传导影响，实际采集值会比当前环境温度值高。另一方面，冷却风扇不运行，散热器温度较高时，传感器会受散热器热辐射影响，导致采集值比实际环境温度值高。

由上文所述可知，该种布置方式下仪表环境温度显示值

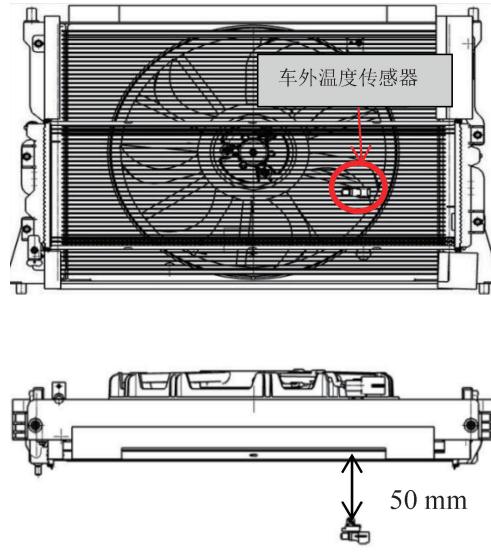


图1 车外温度传感器与冷凝器位置关系

不能随车外温度传感器采集值实时更新；另一方面，自动空调系统的运行逻辑与车外温度紧密相关，实时更新的车外环境温度会使整个空调系统一直处于波动状态，乘员舱的主观舒适性感受会极大恶化。因此需要在传感器采集环境温度值

与仪表显示值、空调系统运行模式判断值之间增加逻辑处理，使其既能准确显示环境温度又可以使得空调系统稳定运行。

1 现有外温显示逻辑问题分析

1.1 问题描述

我司某新能源车型整车性能大纲验收时，发现道路舒适性验收过程中，空调效果差，乘员舱整体闷热，见表 1。

表 1 某车型道路舒适性验收主观评价表

乘坐位置	综合得分		主观评价
	目标得分	实际得分	
主驾	≥7	6.0	前半段良好，后半段面部、后背较热
副驾	≥7	6.5	面部、后背较热
后排	≥7	6.0	整体较热

此前自行验收过程中未出现该问题，并且在相同环境温度、相同天气情况下，对验收车辆在城市道路上进行试跑，问题也未复现。经过分析，自行验收与大纲验收行车路线不同，大纲验收时行车路线为秦岭山路，山上山下环境温差较大，自行验收为城市道路，环境温度几乎不变。沿大纲验收路线进行复测，问题复现。

秦岭山路工况，道路狭窄且多急弯，山顶至山脚海拔差约 2000m，环境温度差约 10℃。上山行驶过程中，空调效果良好，下山行驶过程中，随着海拔下降，空调效果逐渐变差。通过报文数据分析（图 2），上山过程中车外温度显示值持续下降，至山顶车外温度显示 8℃，空调工作模式随着车外温度下降，从制冷模式切换到制热模式。下山过程中，显示器上车外温度显示值维持 8℃不更新，行至山脚，环境温度明显升高，为 15~20℃，空调按正常工作模式，此时应该为制冷模式，但实际工作模式为制热模式，系统工作模式紊乱，具体表现为空调效果差，乘员舱闷热。

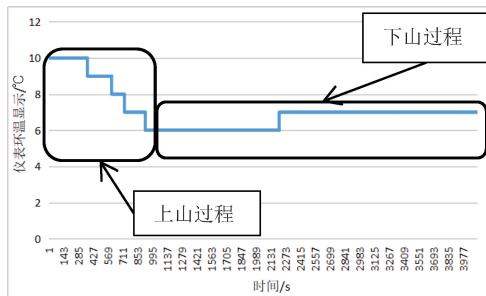


图 2 秦岭山路行驶外温显示图示

1.2 现有车外温度传感器显示策略介绍

目前我司新能源车型车外温度显示策略为平台统一策略，当 $T_{\text{采集}} > T_{\text{显示}}$ 时，为避免车外温度传感器采集值受前端散热系统热回流及热辐射的影响，对车外温度显示值是否更新进行了逻辑判定。

车速较快时，前端散热系统受冲压空气作用，车外温度

传感器基本不会受热回流或热辐射影响，环境温度显示正常更新，更新周期与车速挂钩。车速低于 $a \text{ km/h}$ 时，车辆状态判定为怠速，策略中默认空气冲压作用较弱，传感器易受热回流或热辐射影响，对环境温度显示是否更新进行了条件判定，具体见表 2。

表 2 现有车外温度显示策略

条件	车速 /(km/h)	冷却风扇	冷却液 温度/℃	更新周期 /min	处理方式
$T_{\text{采集}} > T_{\text{显示}}$	$<a$	不运行	$<b$	t	$T_{\text{显示}} + 1^\circ\text{C}$
		不运行	$\geq b$	—	不更新
		运行	—	—	不更新

当冷却风扇运行时，该逻辑认为车外温度传感器会受热回流影响导致采集温度值比环境温度值高，环境温度显示不更新。冷却风扇不运行时，冷却液温度大于或等于 $b^\circ\text{C}$ ，即散热器温度较高时，默认车外温度传感器会受散热器热辐射影响，环境温度显示不更新。只有当冷却风扇不运行，冷却液温度小于 $b^\circ\text{C}$ ，且连续计时计满 $t\text{ min}$ 这几个条件同时满足时，车外温度显示值才会更新，执行动作 “ $T_{\text{显示}} + 1^\circ\text{C}$ ”。

1.3 现有车外温度传感器显示策略问题点

实车验证，现有车外温度显示策略存在以下问题：

1) 春秋季或夏季高海拔山路工况行驶，下山过程中，环境温度持续上升，空调工作模式为制冷或采暖除湿模式，冷却风扇运行，由于山路弯道多，车道窄，车速很难保持大于 $a \text{ km/h}$ 持续 $t \text{ min}$ ，环境温度显示不更新，因此出现车已经到山脚了，环境温度显示依旧停留在山顶温度的情况，导致空调运行模式判断错误，空调效果差，用户体验差。

2) 研发车辆试验过程中，怠速工况开空调，冷却风扇运行，车辆从室外驶入高温环境仓做测试，车外温度显示不更新，导致空调工作模式紊乱，试验无法正常开展，浪费试验资源。

以上情况要么直接影响用户体验，要么增大不必要的研发费用投入，因此需要对现有车外温度传感器显示策略进行优化，通过策略修正，使车仪表环境温度显示值能够正常更新，准确反映当前环境温度，而又能不受前端散热模块影响。

2 车外温度显示策略方案优化与验证

2.1 车外温度显示策略优化方向

根据现有策略，从以下三方面对车外温度显示策略进行优化：

1) 策略中车速划分沿用了燃油车的策略，燃油车发动机发热量大，需要较高的车速才能平衡掉热回流带来的影响。而新能源汽车没有发动机，取而代之的是高压电机，发热量小，热回流影响也较小。因此可以对判定为怠速的车速区间进行调整，降低判定为怠速的车速阈值，使山路工况行驶时，车速可以大于该阈值持续 $t \text{ min}$ ，保持环境温度可正常更新。

2) 策略中冷却风扇不运行时对冷却液温度的判定实际

上为对散热器热辐射影响的判定。可测试该阈值是否合理，冷却液温度较高或较低时，车外温度传感器是否会受散热器热辐射的影响，该判定条件能否取消。

3) 根据经验，若前端冷却模块导流板非全密封导流板，散热系统热回流情况必然存在，但只要冷却风扇运行，车外温度传感器必定会受热回流影响的判断过于武断。冷却风扇转速一定时，可将冷凝温度对热回流的影响，转化为压缩机排气温度对热回流的影响，通过测试不同排气温度下，热回流对车外温度传感器的影响强弱，找出车外温度传感器受热回流影响较大时对应的排气温度阈值，进而将环境温度显示的更新与否与排气温度关联，而非与冷却风扇关联。

2.2 车外温度显示策略优化方案及测试结果

(1) 优化判定为怠速的车速区间

1) 优化措施。如图 3 所示，基于实际行车采集的数据分析，山路行驶过程中，需要让多数情况下的车速保持大于怠速判定阈值持续 t min，阈值可选定为 $a_1(a_1 < a)$ km/h，如此可保证环境温度显示基本能正常更新。

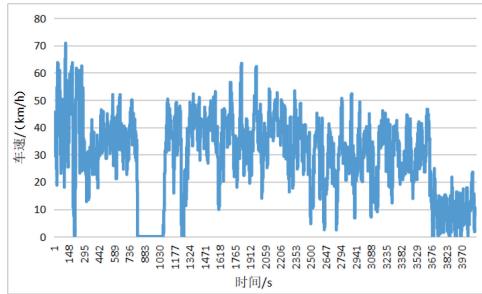


图 3 山路工况车速情况

2) 验证工况。怠速判断区间更改后，需验证车速在 (a_1, a) km/h，冷却风扇运行时，车外温度传感器采集值是否受前端散热模块热回流影响。

3) 试验计划。选用秦岭路试过程中，环境温度显示不更新车辆，在车外温度传感器处及右外后视镜处分别布置热电偶（表 3），通过连接数据采集设备采集温度。车外温度传感器处热电偶采集值记为 T_1 ，表示车外温度传感器区域当前温度，外后视镜处热电偶采集值记为 T_2 ，表示当前环境温度。

表 3 热电偶布置位置

热电偶编号	布点位置
T_1	车外温度传感器处
T_2	右外后视镜处

将车辆开至堵车路段行驶，观察车速在 (a_1, a) km/h 时， T_1 与 T_2 是否存在温差。

4) 试验结果。如图 4 所示，车速在 (a_1, a) km/h，冷却风扇运行时， T_1 与 T_2 最大温差约 1℃。该结果表明低车速行驶时，热回流对车外温度传感器影响可忽略，将判定为怠速的车速区间改为小于 a_1 km/h，策略可行。

(2) 热辐射影响验证

1) 验证工况。冷却风扇不运行，探究车外温度传感器

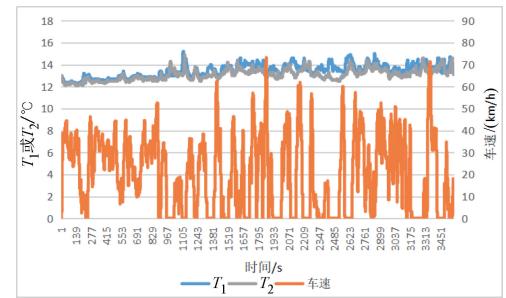


图 4 车速 (a_1, a) km/h, 热回流影响验证

受散热器热辐射影响时对应的冷却液温度阈值。

2) 试验计划。车辆选取上述同一车辆，热电偶位置及编号同表 3。控制冷却风扇停转，不给散热器散热，通过高速行驶使电机持续发热将冷却液温度升高，而后静置车辆，观察 T_1 与 T_2 是否存在温差。

3) 试验结果。高速行车过程中，冷却液温度升高至 b_1 °C，车辆静置后冷却液温度迅速降低至 b_2 °C，即停车后散热器初始温度可看作 b_2 °C。主观感受前舱温度上升幅度较大，但 T_1 与 T_2 基本保持一致，传感器位置热电偶采集值基本不受散热器热辐射影响。因此可将判断热辐射影响的冷却液温度阈值提升至 b_2 °C，冷却液温度更高时热辐射影响是否会加大，受试验条件限制，暂未进行验证。

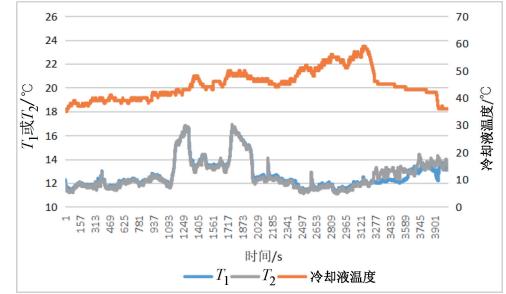


图 5 热辐射影响测试结果

(3) 热回流影响验证

1) 试验准备。布点位置，热电偶编号同表 3。为使车外温度传感器处于更恶劣的环境下，试验数据更具说服力，选取未装导流板的车辆进行测试，并调整车外温度传感器位置，至距离冷凝器表面约 30mm，恶化热回流对车外温度传感器的影响。

2) 试验计划。将车辆分别置于 25°C、30°C、40°C 等中高温环境下，空调设置 AUTO Lo，观察 T_1 与 T_2 的变化趋势。

模拟堵墙停车工况，将挡板置于车头处不同位置，如图 6、图 7 所示，观察 T_1 与 T_2 的变化趋势。



图 6 挡板完全挡回风

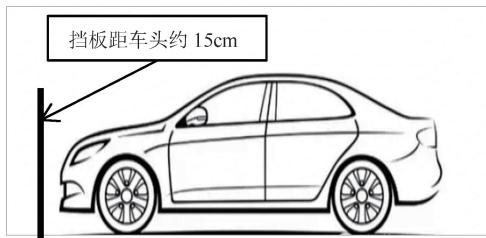


图 7 挡板距车头约 15cm

3) 试验结果。

① 环境温度 25℃。如图 8 所示,过程中排气温度为 90~95℃,挡板与车头贴合,完全挡回风时, T_1 较 T_2 上升 3~4℃;挡板后撤约 10cm, T_1 与 T_2 相差平均 2℃以内;挡板后撤约 15cm, T_1 与 T_2 基本相当。

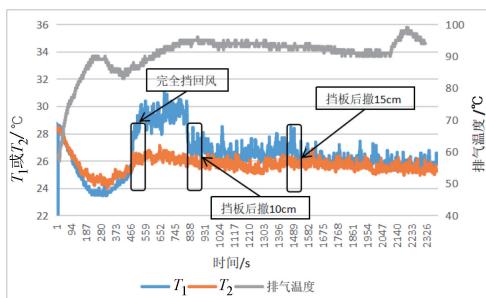


图 8 环境温度 25℃, 热回流影响测试结果

环境温度 25℃, 排气温度 90~95℃时,热回流对车外温度传感器影响可接受。

② 环境温度 30℃。如图 9 所示,过程中排气温度为 106~110℃,不挡回风时, T_1 较 T_2 高 1~1.5℃;完全挡回风, T_1 较 T_2 高 4~5℃;挡板后撤 10~15cm, T_1 较 T_2 高 2~2.5℃。

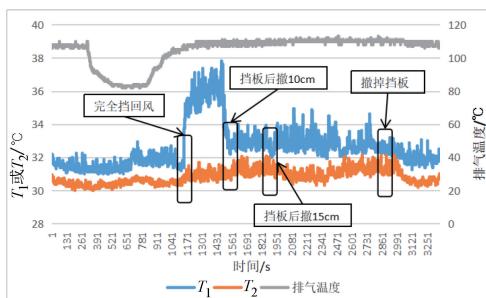


图 9 环境温度 30℃, 热回流影响测试结果

环境温度 30℃, 排气温度 106~110℃时,模拟堵墙停
车开空调工况,车外温度传感器有受热回流影响风险。

③ 环境温度 40℃。如图 10 所示,过程中排气温度 116~120℃,不挡回风时, T_1 较 T_2 高 1~1.5℃;完全挡回风, T_1 较 T_2 高 5~6℃;挡板后撤 10~15cm, T_1 较 T_2 高 2~2.5℃。

环境温度 40℃, 排气温度 116~120℃时,模拟堵墙停
车开空调工况,车外温度传感器有受热回流影响风险。

4) 热回流影响测试结论。中高环境温度下,怠速工
况,冷却风扇运行时,当冷凝器回风不受影响,车外温度传
感器受热回流影响可接受;模拟堵墙停车工况,排气温度高

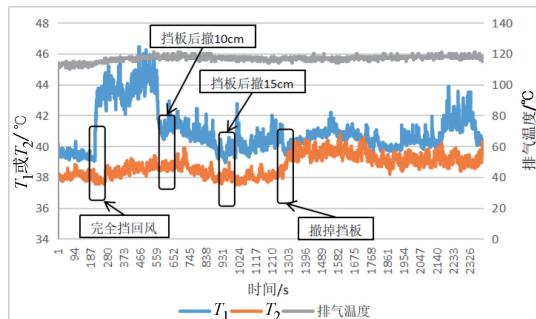


图 10 环境温度 40℃, 热回流影响测试结果

于 105℃左右时,车外温度传感器受热回流影响,温度值会有 2~2.5℃提升,需要通过策略修正避免。

2.3 车外温度显示策略优化结论

根据热回流影响测试结果可知,怠速工况,系统工作、冷却风扇运行时,车外温度传感器是否受热回流影响与排气温度相关。排气温度高于 105℃会受影响,低于 105℃则不会受影响。因此原策略中应去掉冷却风扇的关联,改为和排气温湿度关联,并且由于真实堵墙停车工况下,光照较强时,墙体本身作为热源对车外温度传感器具有热辐射作用,策略更改时将排气温湿度阈值保留 5℃的余量,定为 100℃。

综合以上结果, $T_{\text{采集}} > T_{\text{显示}}$ 时,对车外温度传感器显示策略做如下优化:

- 1) 车速为怠速的判定区间改为小于 $a_1 \text{ km/h}$ 。
- 2) 影响车外温度传感器的冷却液温度判断阈值由 $b_1^{\circ}\text{C}$ 提升至 $b_2^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 去掉策略中冷却风扇的关联。
- 4) 增加排气温湿度的判断,排气温湿度大于 100℃时不更新。

具体描述:车速大于 $a_1 \text{ km/h}$,正常更新;小于 $a_1 \text{ km/h}$,冷却液温度 $< b_2^{\circ}\text{C}$ 且排气温湿度 $< 100^{\circ}\text{C}$ 时更新,更新周期 $t \text{ min}$,冷却液温度 $\geq b_2^{\circ}\text{C}$ 或排气温湿度 $\geq 100^{\circ}\text{C}$ 时不更新,见表 4。

表 4 优化后车外温度显示策略

条件	车速 / (km/h)	风扇	冷却液温度/°C	排气温湿度/°C	更新周期/min	处理方式
$T_{\text{采集}} > T_{\text{显示}}$	$< a_1$	—	$< b_2$	< 100	t	$T_{\text{显示}} + 1^{\circ}\text{C}$
			$\geq b_2$	—	—	不更新
			—	≥ 100	—	不更新

3 策略优化后实车验证

策略更新后,使用问题车型在秦岭山路中重跑验证,结果见表 5 和图 11,空调运行于制冷制热模式,冷却风扇运行,至山顶环境温度 6℃,下山过程中,车速频繁小于 $a \text{ km/h}$,仪表环境温度显示可正常更新,空调运行模式正常,乘员舱舒适性效果良好。

表 5 策略优化后舒适性验收主观评价表

乘坐位置	综合得分		主观评价
	目标得分	实际得分	
主驾	≥7	7.5	整体舒适
副驾	≥7	7.8	整体舒适
后排	≥7	7.5	整体舒适

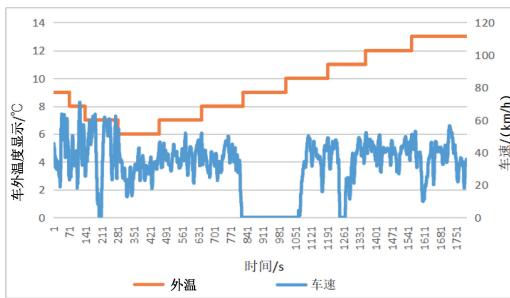


图 11 策略优化后山路工况车外温度显示与车速

4 结论

本文通过分析我司新能源车型在山路工况行驶时空调系统运行模式紊乱、乘员舱舒适性恶化问题，发现针对新能源车型，车外温度传感器受前端散热系统影响未进行单独评估，依旧沿用传统燃油车型的策略，导致在低速及怠速工况下，环境温度变化时，环境温度显示无法正常更新，空调系统无法正常运行。本文在现有策略基础上针对新能源车型的特点对车外温度显示策略进行优化：

1) 车速为怠速的判定区间改为小于 $a_1 \text{ km/h}$ 。

2) 影响车外温度传感器的冷却液温度判断阈值由 $b^\circ\text{C}$ 提升至 $b_2^\circ\text{C}$ 。

3) 去掉策略中电子风扇的关联。

4) 增加排气温度的判断，排气温度大于 100°C 时不更新。

该策略解决了我司某新能源车型在低速及怠速工况下环境温度显示不准问题，避免车辆上市后由于空调系统工作模式紊乱受到用户投诉，为后续新能源汽车空调自动控制系统的研发提供了参考。

参 考 文 献

- [1] 杨亚轩. 汽车空调温度传感器位置及控制参数优化研究 [J]. 内燃机与配件, 2018 (22): 196-197.
- [2] 郭耀华, 王宏朝, 刘积成, 等. 前置式客车发动机舱热

- 风回流研究 [J]. 客车技术与研究, 2019, 41 (6): 26-29.

