

自主品牌轿车空调系统降温性能分析研究

A Study of Cooling Performance of Automobile Air-Condition

梁长裘 窦昊 朱贞英 门永新
(浙江吉利汽车研究院有限公司)

摘要: 空调制冷系统性能匹配直接影响乘员环境舒适性。本文通过一维空调匹配分析,并结合三维机舱流场及乘员舱流场分析,综合考察了某轿车空调降温性能,最后通过试验对乘员舱进行了降温性能验证,分析表明空调系统降温性能一维匹配结合三维流场、温度场分析对空调降温性能的设计是具有可行性的,并为后续开发提供了依据。

关键词: 空调制冷系统匹配; GT; 流场分析

Abstract: Ac cooling system matching influence the cooling performance of cabin, The purpose of 1D match analysis of AC cooling performance is to demonstrate the temperature of air outlet of evaporator. this paper studied the AC cooling performance of an automobile, by means of the software GT combined with engine room and cabin flow distribution analysis. it get some conclusions from the result of CFD and test data and provide support for AC cooling system design.

Key words: AC cooling system Matching; GT; Flow analysis

1. 研究背景、内容与方法

在轿车动力匹配过程中,子系统及零部件的选型影响空调系统的制冷性能。本文结合机舱、乘员舱三维流场分析及空调一维匹配分析研究了吉利自主品牌轿车乘员舱内降温性能。文章从机舱三维分析得到冷凝器的流场及温度场分析结果,作为空调制冷系统中的分析输入,通过一维分析得到空调出风口温度范围,结合乘员舱降温分析,评估当前机舱状态下空调降温效果,最后通过试验验证性能,证明这一分析过程对设计是具有指导的意义。

2. 机舱三维流场分析

2.1. 机舱三维模型建立

为了考察冷凝器风侧冷却情况,建立机舱三维模型,计算得到各主要工况下的冷凝器进风量、进出风温度及周边气流流动分布。

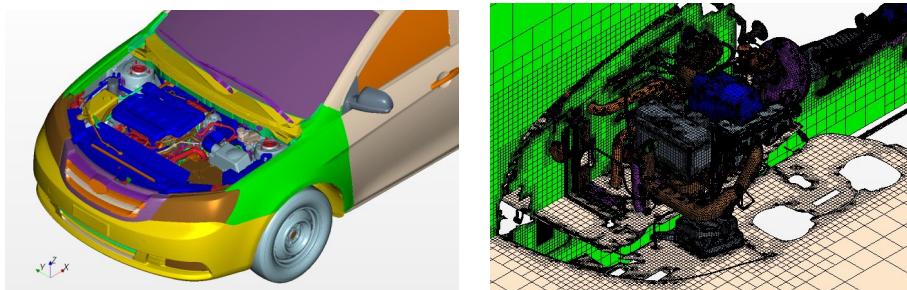


图 2.1 轿车机舱三维模型及网格示意图

2.2. 机舱流场及温度场结果分析

输入换热元件单体性能试验数据、发动机台架试验数据,进行发动机舱内热边界分析,得到冷凝器相应工况下风量及进出风温度,作为一维分析输入依据。

从流场和温度场分布来看,机舱内速度分布整体合理,气流从前舱进入到后舱流出,整个通路顺畅,但存在局部流速较低现象。在怠速工况下,冷凝器周边出现热回流,加热了冷凝器进气气流,降低了空调制冷效果,需要进行布置优化。

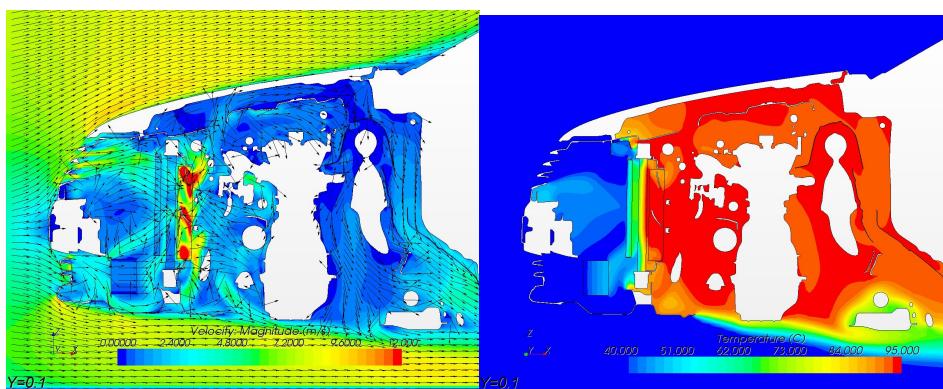


图 2.2 爬坡工况下某截面上流场及温度场分布

表 2.1 冷凝器进出风温度及进风量

挡	三挡	四挡	五挡	急速
风量 (Kg/s)	0.562	0.695	0.961	0.479
进风面 (℃)	39	38	39	46
出风面 (℃)	48.3	46	46	58.5

3. 空调制冷系统一维匹配分析

3.1. 空调制冷系统一维匹配模型建立

空调系统装配图及原理示意图如图 3.1、3.2 所示，主要由冷凝器、压缩机、高低压管、膨胀阀、蒸发器、鼓风机等构成。

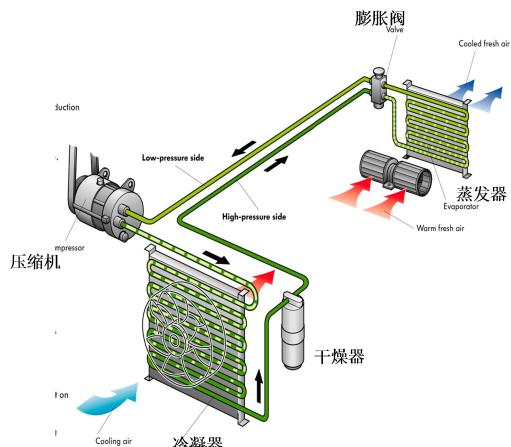
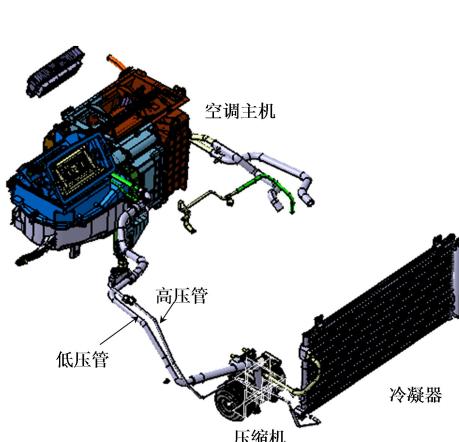


图 3.1 某轿车空调系统装配图

图 3.2 空调系统原理示意图

搭建冷凝器、压缩机、高低压管、膨胀阀、蒸发器、鼓风机等一维模型并调试运行，根据三维计算得到的各工况下的冷凝器风量及进出口温度作为一维分析的输入，建立空调系统一维分析模型。

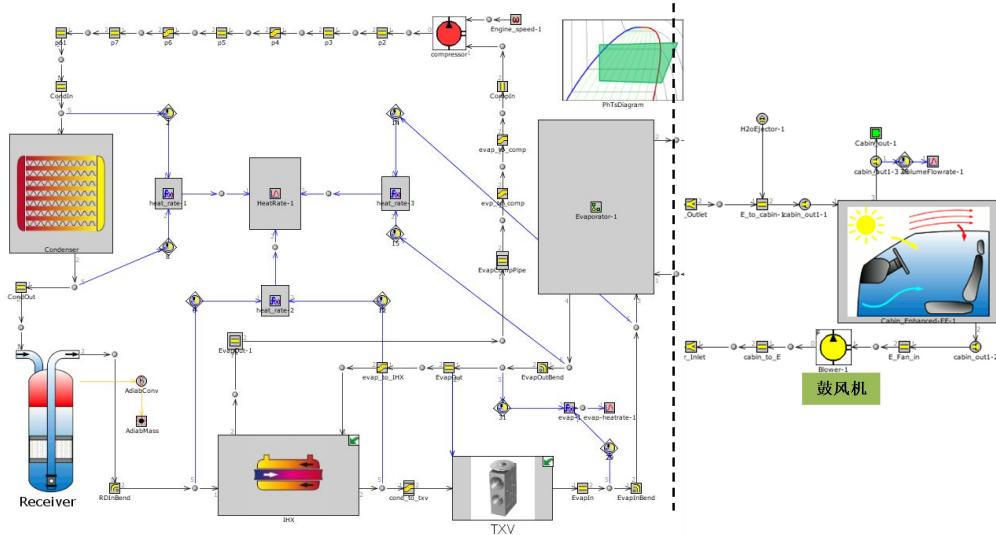


图 3.3 某轿车空调系统一维模型

3.2. 空调系统内部压力分析结果

在不考虑系统高压保护情况, 各工况下压缩机压升如图 3.4 所示。怠速工况, 压缩机排压力最大, 达 15.4bar。

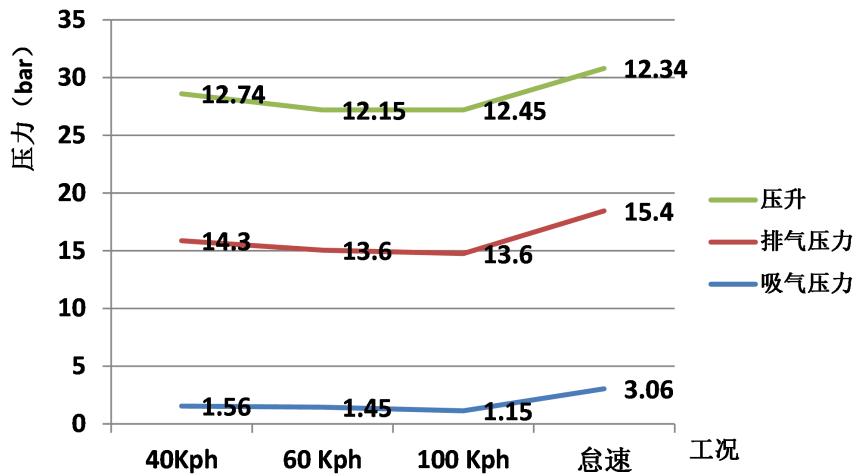


图 3.4 各工况下压缩机压力变化

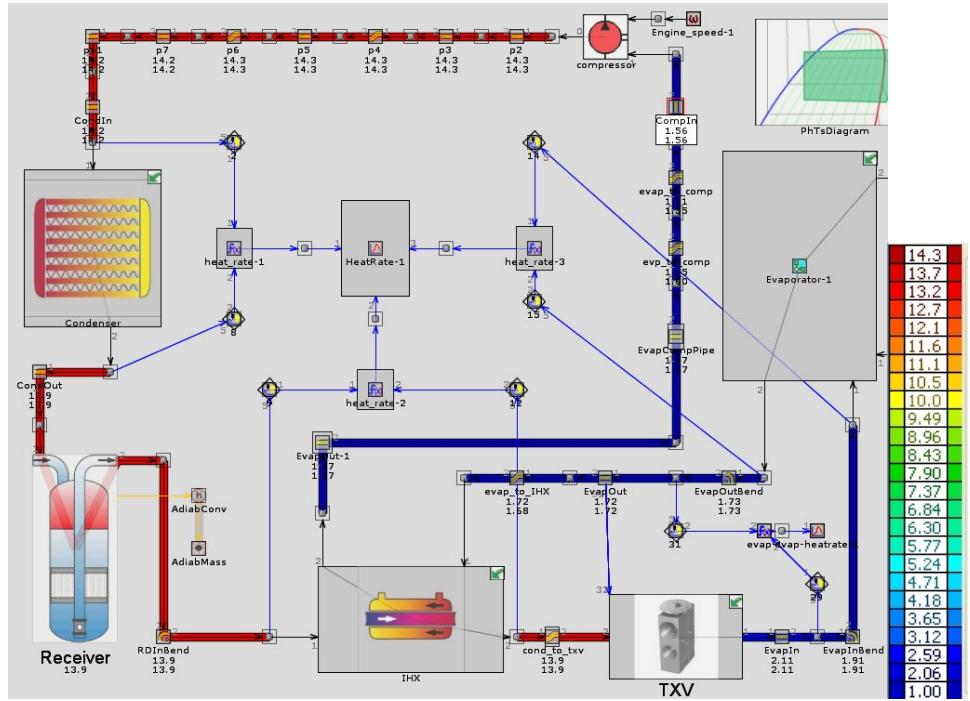


图 3.5 车速为 40kph 时压力分布

3.3. 流量及换热量分析结果

各工况下，空调系统流量如图 3.6 所示，怠速工况流量最低，为 0.0189kg/s，此时冷凝器制热量、蒸发器制冷量最低，同时影响其制冷水平。

车速为 100Kph 时流量最大，为 0.0257kg/s。此时冷凝器制热量、蒸发器制冷量最大，分别为 6.29Kw、3.91Kw。

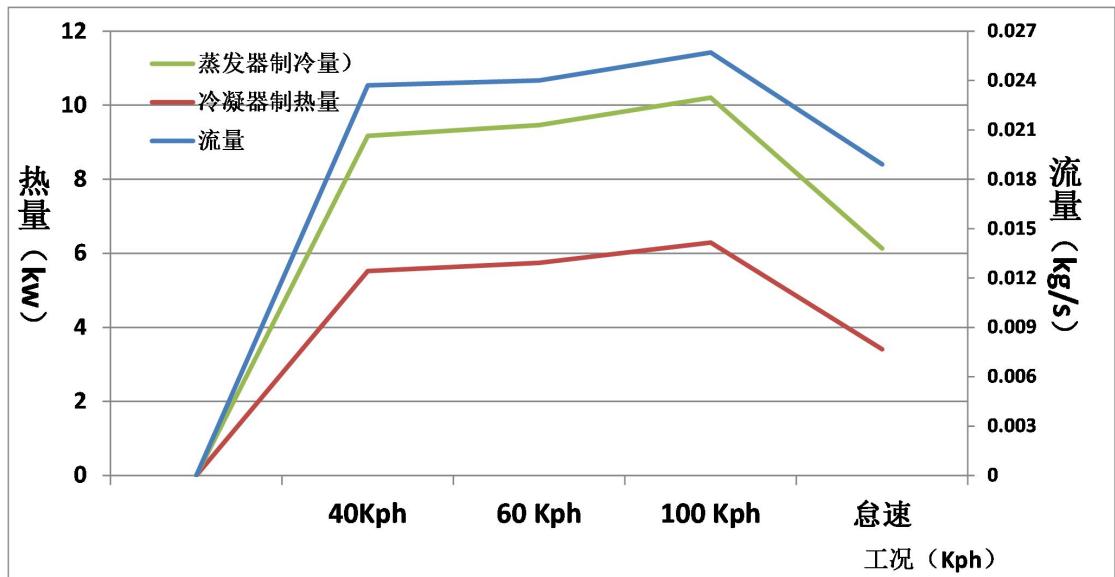


图 3.6 各工况下系统流量及换热量

3.4. 空调系统内部温度分布

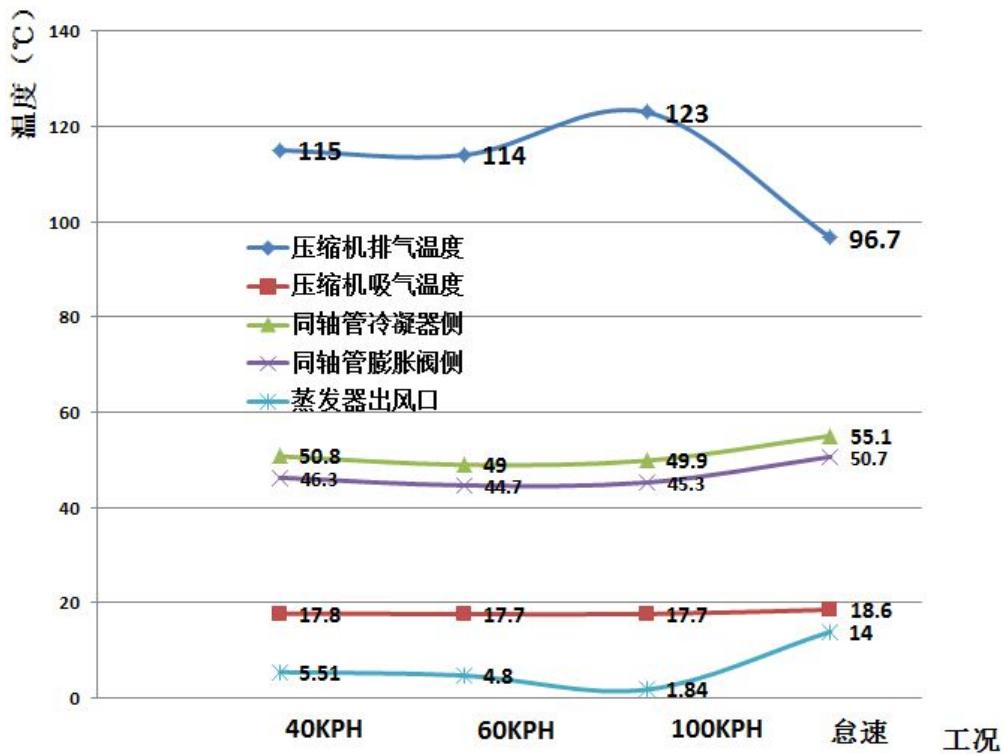


图 3.7 各工况下系统关键位置温度 (单位: °C)

计算结果显示, 除怠速工况下蒸发器出风口温度较高外, 其它三工况下, 蒸发器出风口温度均在 5°C 以下, 根据经验从蒸发器出风口至空调风道出风口存在一定温升, 约为 3°C, 风道出风口在车速为 40K/m、60 K/m、100 K/m、怠速工况下的平均温度分别为 8.51°C、7.8°C、4.84°C、17°C。

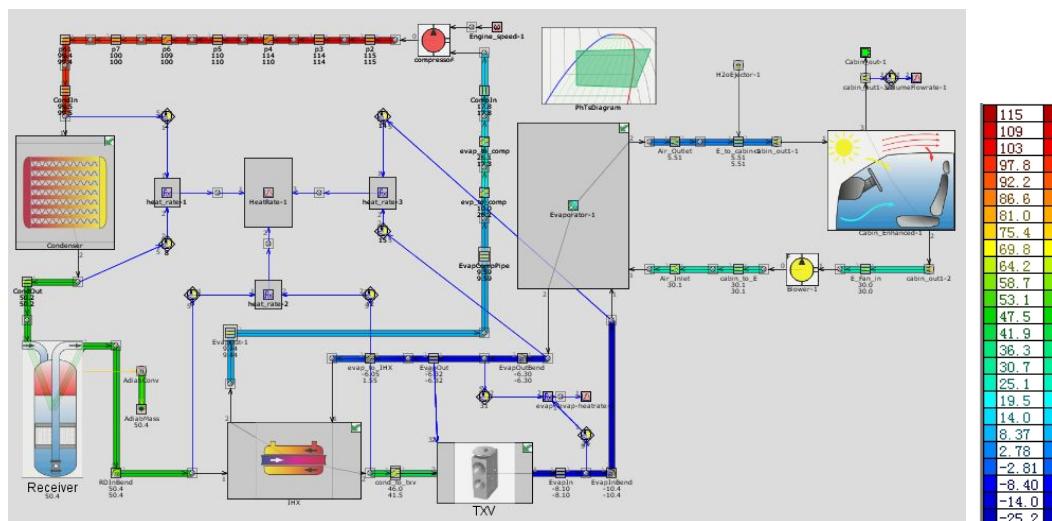


图 3.8 车速为 40kph 时温度分布

4. 乘员舱降温性能分析

根据一维分析稳态结果可知, 40K/m、60 K/m、100 K/m、怠速工况下的平均温度分别为 8.51°C、7.8°C、4.84°C、17°C。前三个工况出风口温度较低, 预计可以满足降温性能要求, 但在怠速工况下出风温度较高。

按试验工况对该空调制冷系统进行一维瞬态分析, 得到蒸发器出风口温度并修正为风道出风口温度, 如图 4.1。

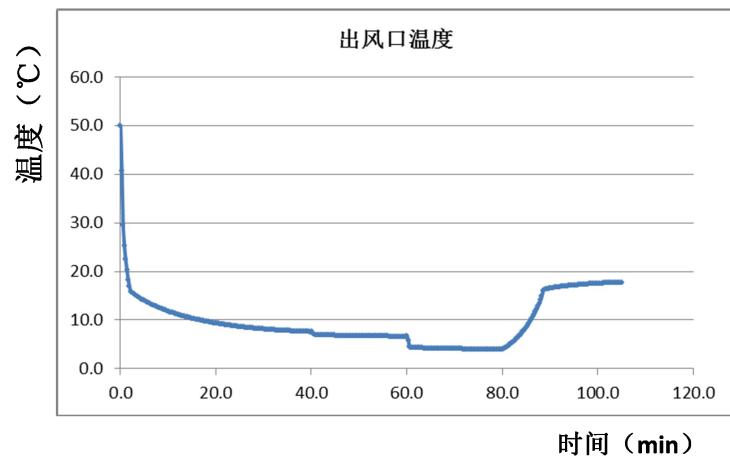


图 4.1 一维瞬态分析出风口温度随时间变化曲线

乘员舱头部温度测点, 如图 4. 2。

同时通过乘员舱流场结果显示, 格栅全开状态驾驶员鼻部气流速度比副驾驶员侧低, 预计降温过程主驾测点温度比副驾略高, 如图 4. 3。

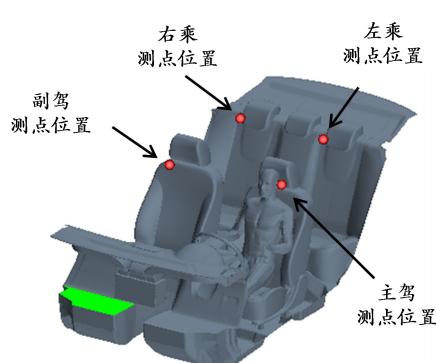


图 4.2 乘员舱温度测点示意图

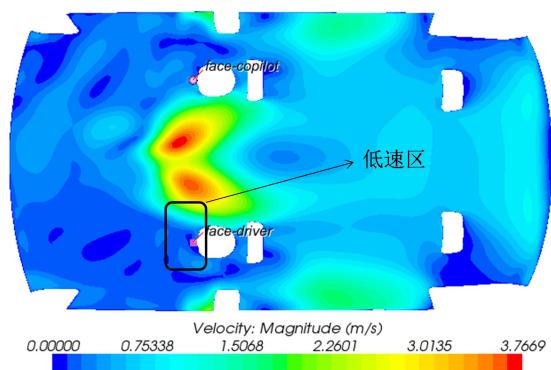


图 4.3 乘员舱内头部截面流场分布

5. 仿真与试验结果分析

从试验结果来看, 三挡时速为 40Kph 时, 30 分钟到 40 分钟, 出风口平均温度在 7~8°C 之间, 四挡时速 60Kph 出风口平均温度在 6~7°C, 分析与试验一致。

五挡时速为 100Kph 工况下 80 分钟状态出风口温度为 7.2℃，分析结果为 4.2℃，比试验低 3℃，差距较大。

怠速工况，试验温度比分析结果低 2.8℃，试验时降温效果更好，符合前期预测怠速工况结论，总体来看 CAE 分析结果具有一定参考意义。

表 5.1 出风口温度分析与试验对比(单位: ℃)

车速	40Kph	60 Kph	100 Kph	怠速
出风口温度	8.2	7.0	7.2	14.2
分析值	7.6	6.6	4.2	17

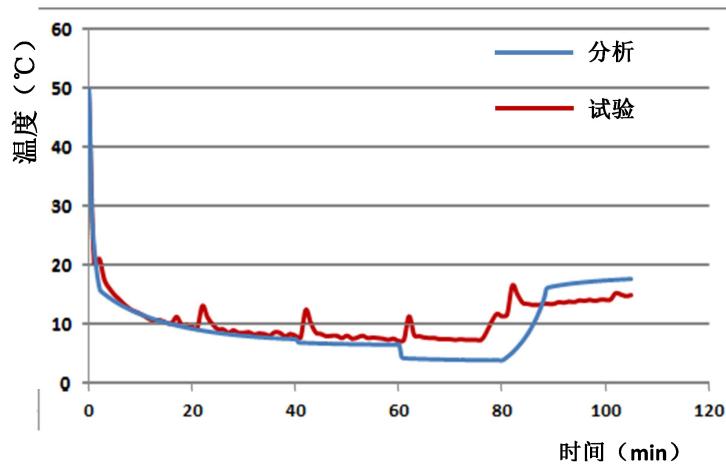


图 5.1 出风口温度分析与试验曲线对比

由于试验条件限制，试验时只采集了风道出风口及乘员舱平均温度，目前状态，针对高速工况 100K/m 与怠速工况下，试验与分析误差的原因还需要进一步分析与研究。

格栅全开状态，驾驶员鼻部测点由周围气流速度比副驾驶员侧低的影响，试验时降温过程，主驾测点温度比副驾略高，与乘员舱流场及温度场分析趋势一致。

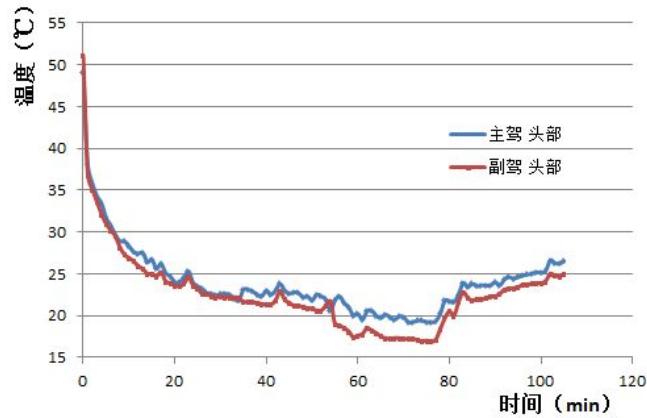


图 5.2 主副驾测点温度试验结果

6. 分析结论

本文分析研究了空调制冷系统降温性考察方法，得到结论：

- 1、基于前期机舱怠速回流现象对空调降温性能的影响预测，结合空调制冷系统一维匹配分析结果，考察了制冷系统性能状态，指导相应优化；
- 2、以一维分析结果作为乘员舱三维分析的输入，得到乘员舱流场及温度场分布状态，反映乘员降温性能水平，最后结合试验验证降温性能。

结果表明，通过三维机舱分析与空调一维制冷系统匹配分析预测，再结合乘员舱 CFD 分析，对新开发的车型进行降温性能预测，并在开发过程对设计进行指导是具有意义的。

7. 参考文献

- [1] GT 帮助文档；
- [2] 刘向农. 汽车空调冷凝器的匹配设计研究 [J]. 合肥工业大学学报, 2002,
- [3] 白三卯, 车辆空调制冷系统性能试验及数字化匹配研究 [M], 吉林大学, 2012.