

# 基于 GT-suite 的整车冷却系统分析及优化

## Applications of GT-suite in Vehicle Cooling System Analysis and Optimization

白鹭<sup>[1, 2]</sup>，赵铮<sup>[1, 2]</sup>，刘亚奇<sup>[1, 2]</sup>

1. 长城汽车股份有限公司技术中心，河北保定市 071000

2. 河北省汽车工程技术研究中心，河北保定市 071000

**摘要：**整车冷却系统匹配是否合理对整车及发动机可靠性、驾驶员舒适性以及燃油经济性都有着至关重要的影响。本文采用 GT-suite 和 GEM3D 软件对某汽油发动机搭载整车冷却系统进行分析并优化，最终得到一个匹配合理的冷却系统。

**关键词：**GT-suite GEM3D 冷却系统

**Abstract:** A suitable vehicle cooling system have an very important effect in engine reliability driver comfortable and fuel economical efficiency. The main content in this paper is about a analysis and optimized for a vehicle cooling system use GT-suite software for get a suitable cooling system for the vehicle.

**Key words:** GT-suite GEM3D CoolingSystem

### 1 前言

合理的冷却是保证汽车发动机能够正常运行的前提，匹配合理的冷却系统能够使发动机的动力性、经济性、可靠性、耐久性得以保证。随着排放法规的日益严格和驾驶员对驾驶舒适性要求的不断提高，也对整车冷却系统的匹配提出了更高的要求。一个匹配合理的冷却系统应该是在满足发动机及整车零部件散热要求的同时有着尽量小的燃油消耗。

水泵是为整个冷却系统提供动力来源的零部件，若其选择过小会导致发动机过热，影响发动机的可靠性和耐久性；若其选择过大导致发动机过冷同时功率消耗也会增加，影响发动机的动力性和经济性。本文利用 GT-suite 软件对某乘用车冷却系统进行一维仿真分析，主要对组成冷却系统的各个零部件流量分配、具体流量值以及水泵选型是否合理进行预测，并对不合理处进行了优化。

### 2 分析模型

#### 2.1 模型介绍

一维冷却系统模型（图 1）包括：发动机冷却水套、水泵、节温器、暖风、散热器、机油冷却器、增压器冷却水腔、膨胀水箱以及连接管路。

为了确保流量分配计算精确, 和更改布置后模型仍能保持准确性, 冷却水套运用 GEM3D 软件进行详细离散, 并根据三维 CFD 分析结果进行校核, 校核内容包括各个出口流量、压力、以及水套整体压损, 一维模型如图 2 所示。

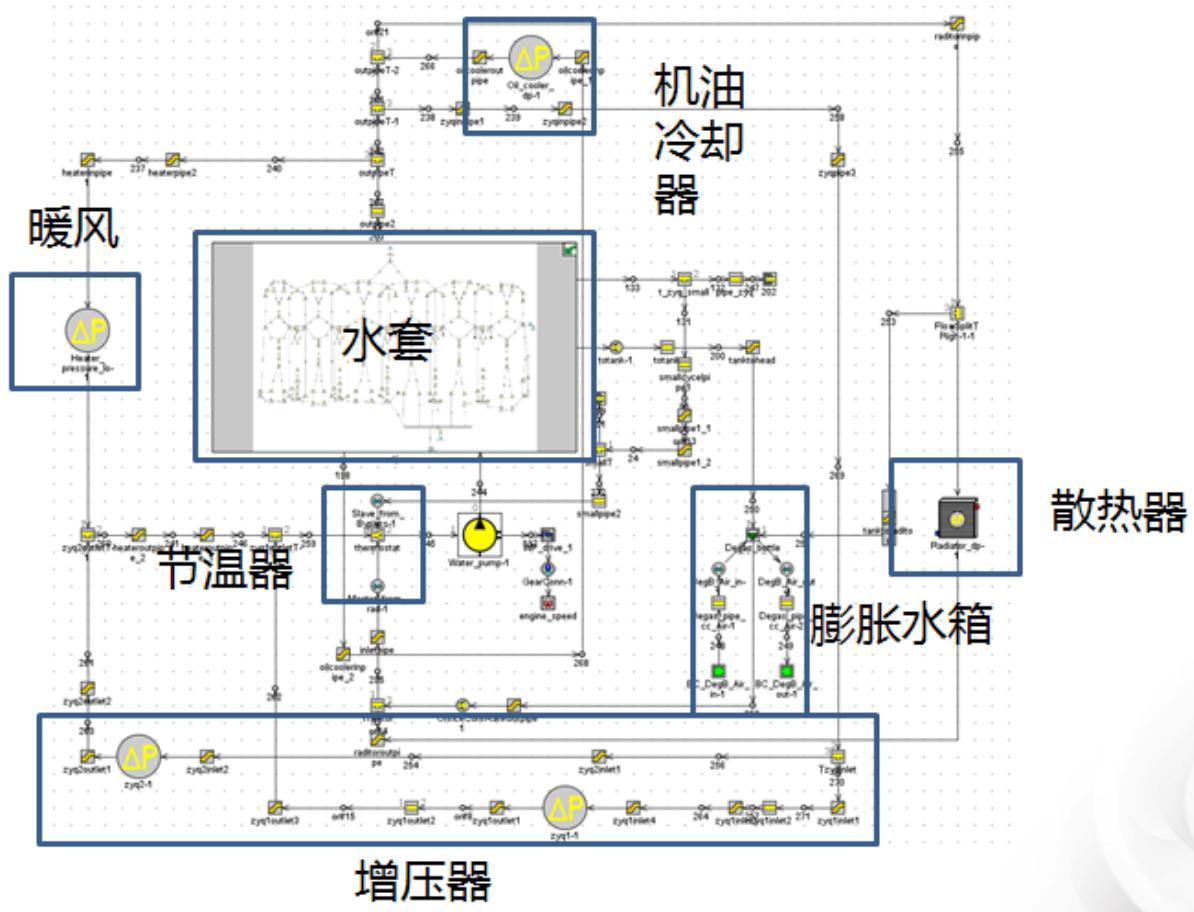


图 1 冷却系统一维仿真模型

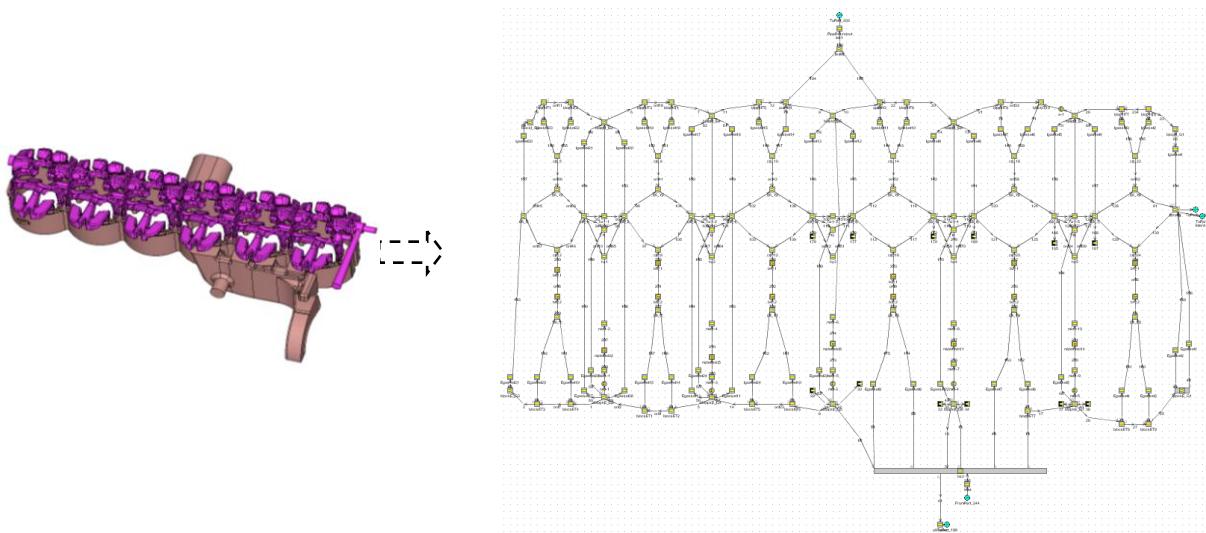


图 2 冷却水套一维仿真模型

## 2.2 模型输入

模型输入数据主要为：水泵 map、节温器温升特性曲线及各个零部件压损曲线，以上数据均为单品零部件试验数据，具体数据如图 3 所示。

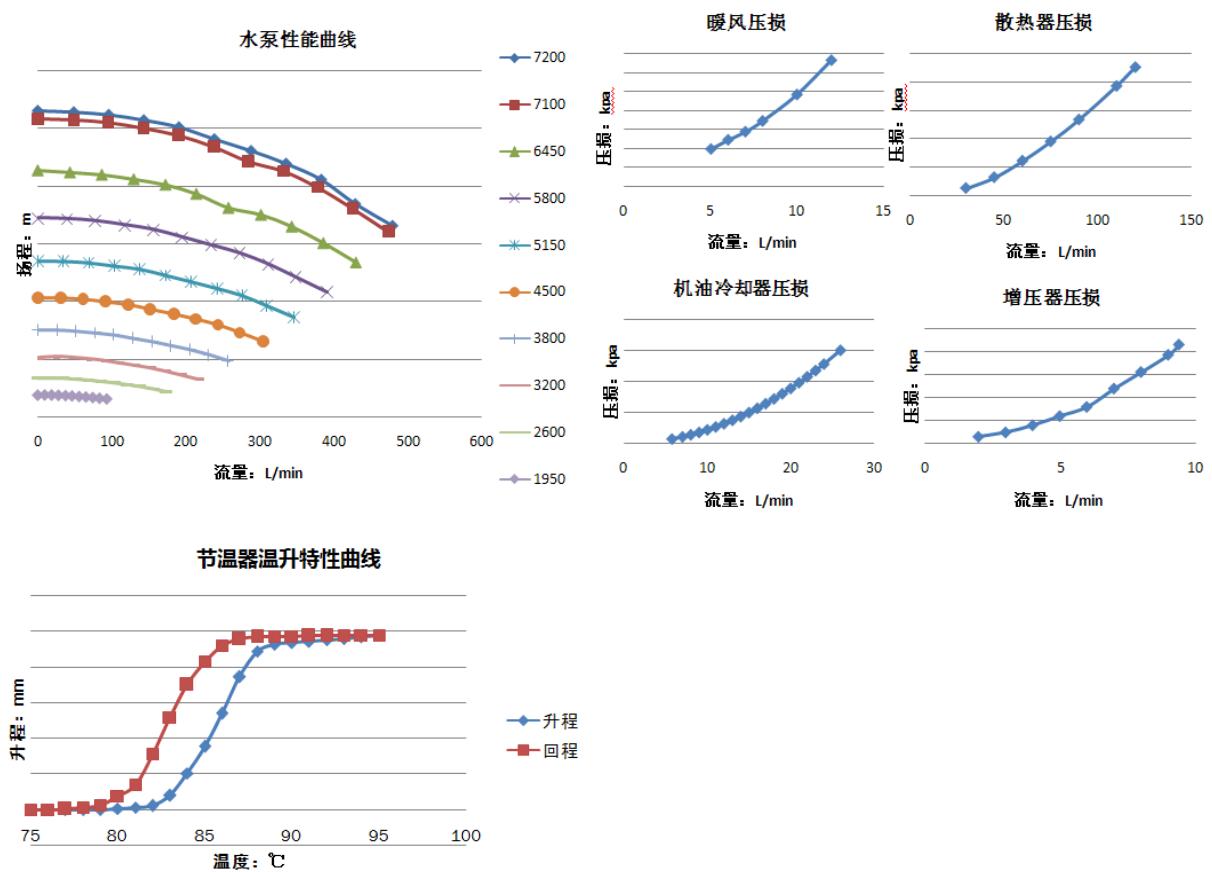


图 3 模型输入数据

## 2.3 模型校核

完整的冷却系统模型建立好之后，设置发动机运行工况点：热态（大循环常开，小循环关闭），发动机转速由怠速 750rpm 到最大转速 5500rpm、冷态（小循环常开，大循环关闭），发动机转速由怠速 750rpm 到最大转速 5500rpm。

将热态各个转速下流量计算结果与试验数据进行校核，校核结果显示在低转速和 4000rpm 以上计算结果与试验值相差较大，其余工况误差在 15% 以内。经过对试验结果的分析得知，流量计在低转速误差较大导致计算值与试验数据不符，4000rpm 以上由于泵前压力过低导致试验值转速上升流量不再上升，其余工况吻合较好，对比结果如图 4 所示。

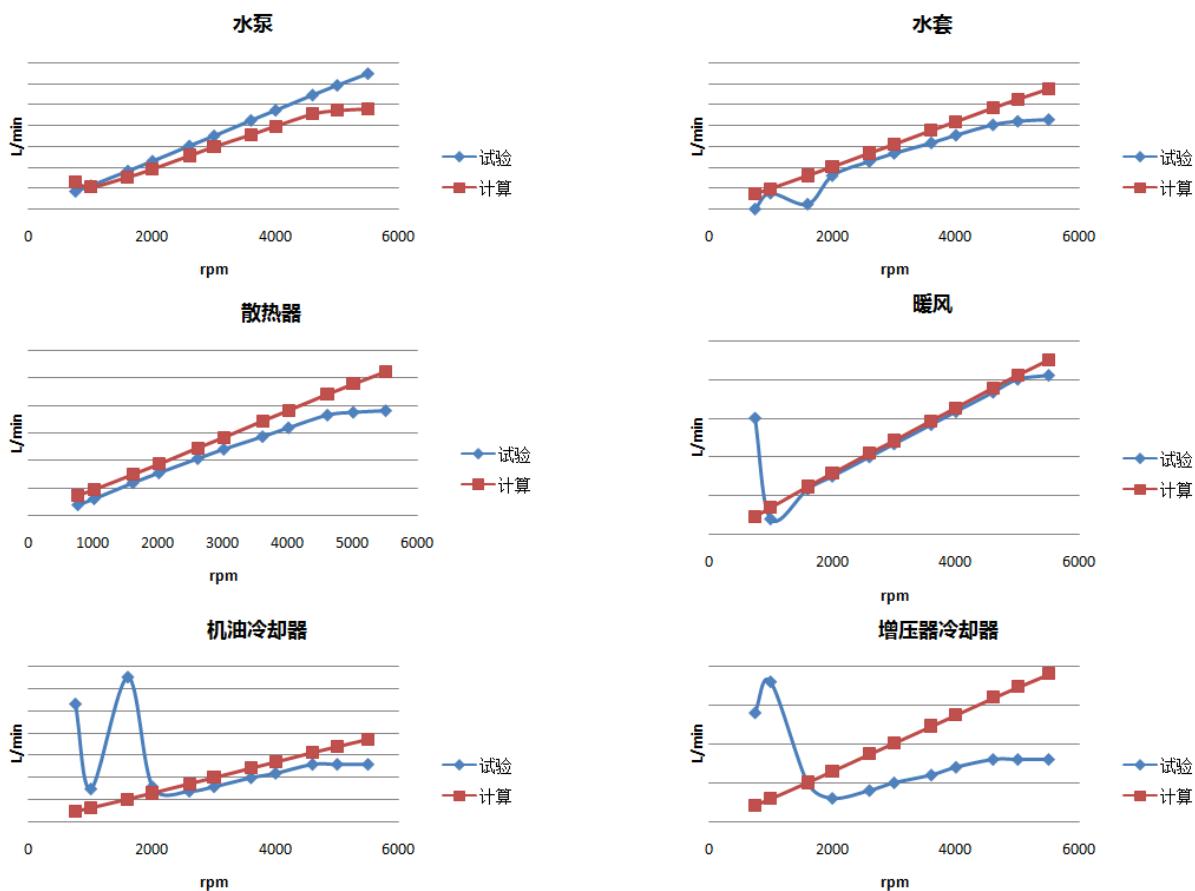


图 4 流量计算值与试验值对比结果

同一工况下各零部件流量分配比例除增压器外其他部件吻合较好。由于增压器本身流量很小，对计算误差的影响比较敏感，因此造成增压器分配比例计算结果误差较大。对比结果如表 1 所示。

表 1 流量分配计算值与试验值对比结果

部件	散热器	水套	暖风	机油冷却器	增压器
分配比例差异	0.6%	0.5%	14%	2%	50%

### 3 分析结果及优化

计算结果表明，发动机处于热态最大转速工况下，除机油冷却器流量较目标值偏小，其余零部件流量较目标值都大很多，由此可以推断，目前冷却系统存在水泵选型过大且流量分配不合理的问题。发动机处于冷态高转速工况时泵前压力过低，经分析判断为膨胀水箱回水口布置不合理导致。为此我们将机油冷却器和膨胀水箱回水口布置和水泵大小进行优化，将膨胀水箱回水口位置由节温器前移动到泵前，减小膨胀水箱到泵前的压力损失；将机油冷却器回水口位置与暖风回水管相连，减小机油冷却器支路的阻力。

#### 3.1 流量分析及优化结果

发动机处于热态最高转速时为承受热负荷最高工况，我们将此工况的计算结果与目标值进行比对，确定冷却系统布置及水泵选型是否合理，之后对冷却系统进行优化。目标值及优化前后结果如图 5 所示。优化后的结果更加贴近目标值。

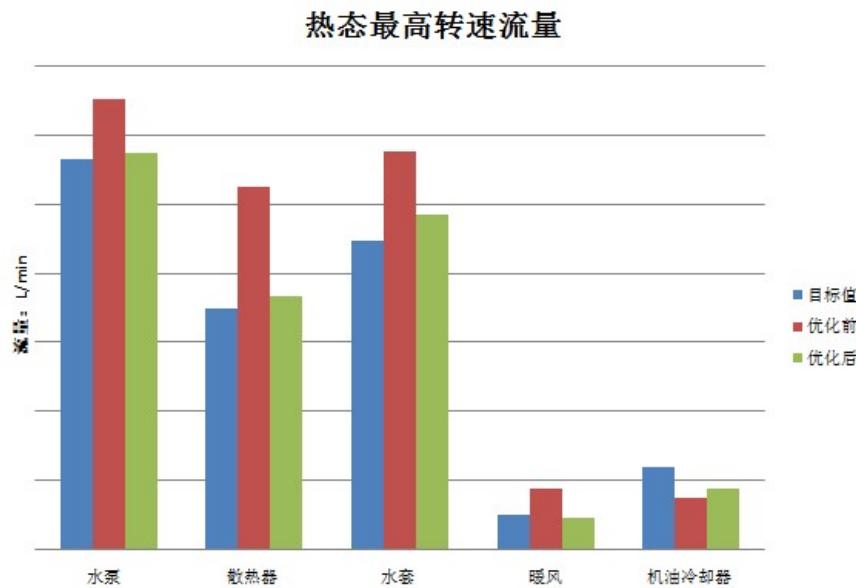


图 5 热态最高转速流量对比结果

#### 3.2 压力分析及优化结果

冷却系统压力分析及优化结果如图 6 所示。优化前冷态高转速工况下泵前压力过低，热态各个转速泵前压力也低于膨胀水箱压力，优化后泵前压力均能保证与膨胀水箱压力接近，此时的冷却系统压力更加合理。

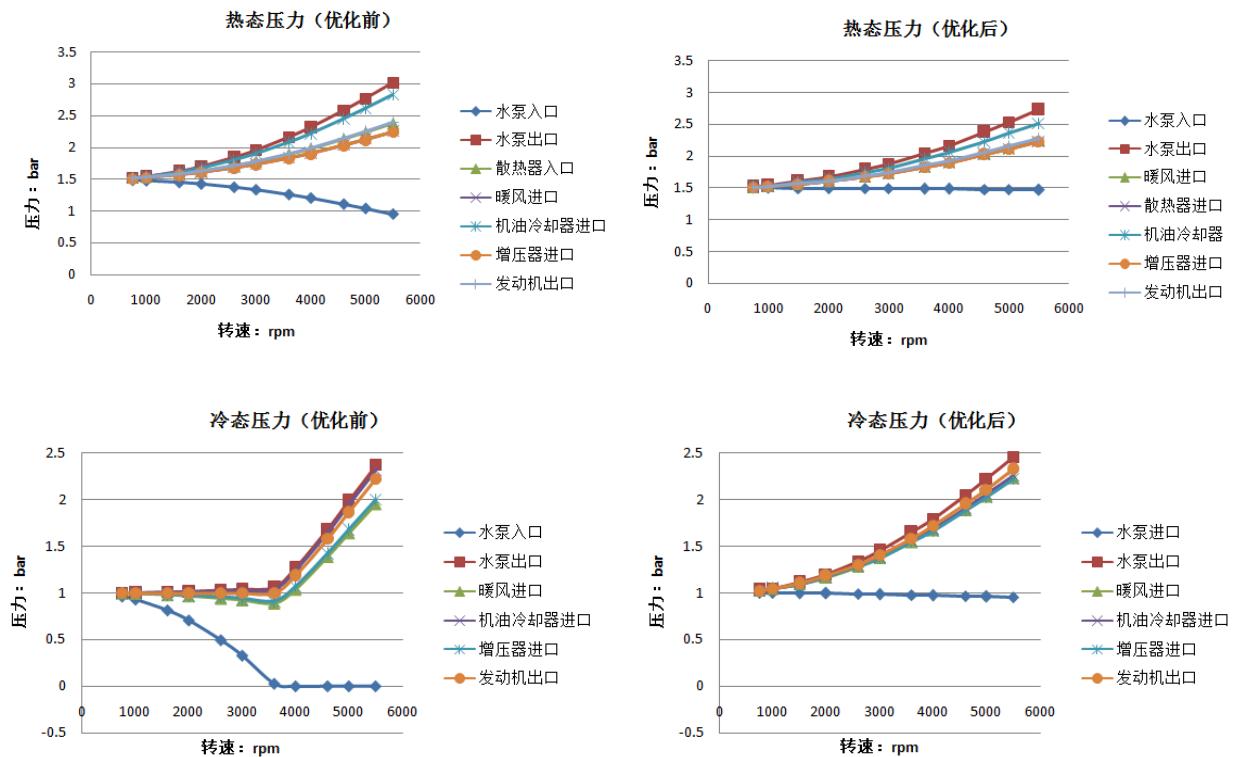


图 6 系统压力优化前后对比

### 3.2 水泵运行点

优化前水泵偏大，无论是冷态还是热态条件下水泵的运行点都偏离水泵的最大效率点，水泵偏大会导致功耗增加。优化后冷态和热态条件下水泵的运行点都更加靠近泵的最大效率点，优化后的水泵匹配更加合理，如下图所示。

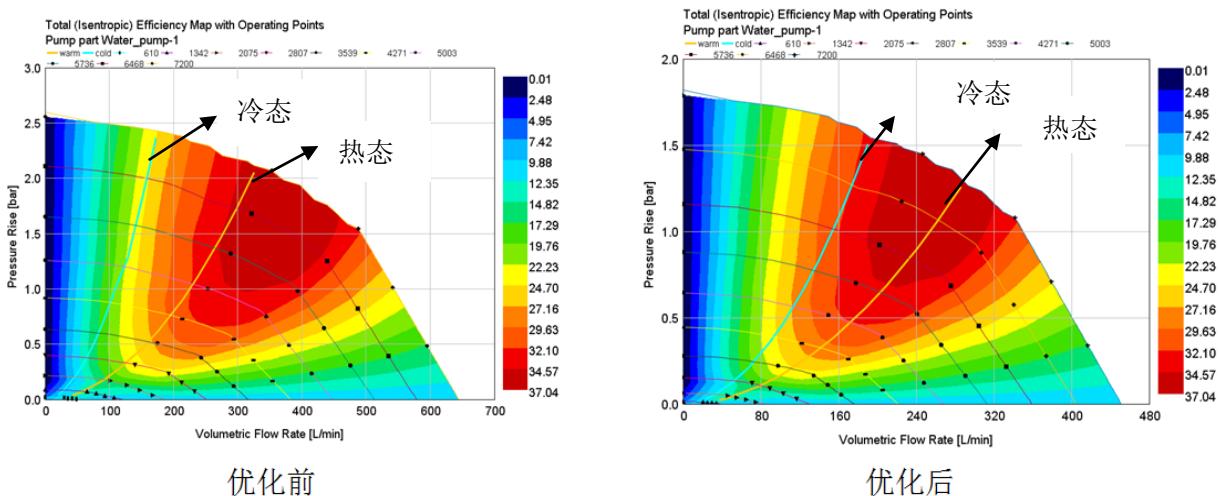


图 7 水泵运行点优化前后对比

## 4 总结

本文运用 GT-suite、GEM3D 软件对某乘用车冷却系统建立一维模型，主要对流量分配和系统压力进行详细分析。分析结果表明泵的选型过大且机油冷却器和膨胀水箱回水口位置布置不合理，因此在原有模型基础上对冷却系统进行优化，优化后的冷却系统匹配更加合理，为后期冷却系统详细设计指明了方向。

## 5 参考文献

- [1] AMESim Software Demonstration, "Simplified Cooling System" , IMAGINE S. A. 5, Rue Brison 42300 Roanne, France, 2000
- [2] Wagner, J., Paradis, I., Marotta, E., and Dawson, D., "Enhanced Automotive Engine Cooling Systems - A Mechatronics Approach", International Journal of Vehicle Design, vol. 28, nos. 1/2/3, pp. 214-240, 2002.
- [3] GT-suite 帮助文档。