

汽油机缸盖热负荷流固耦合计算

Thermal Calculation on Solid-Fluid Conjugate for Cylinder Head of Gasoline Engine

毕鸿戈 张传海 赵兴天 王德春

(哈尔滨东安汽车动力股份有限公司, 黑龙江省哈尔滨市保国大街 53 号)

摘要：本文采用 STAR-CCM+对汽油机缸盖进行热负荷流固耦合计算，通过计算得到缸盖水套速度场、缸盖温度场及缸垫水孔流量分布，并利用后处理中的“探针”功能对关注的高温点进行测量。最后，根据计算结果对缸盖热负荷进行评价，为下一步冷却系统优化工作提供计算依据。

关键词：缸盖，汽油机，计算流体力学，STAR-CCM+

Abstract: This article is about thermal calculation on solid-fluid conjugate for cylinder head by STAR-CCM+, important quantities such as fluid velocity and solid temperature are displayed as surface values projected on the model, as well as volume flows through gasket holes are presented. Furthermore, probe points are given for more detailed information of the high thermal load areas. Finally, to provide references for following optimization work of cooling system, CFD results are evaluated for the thermal load of cylinder head.

Key words: Cylinder Head, Gasoline Engine, CFD, STAR-CCM+

1 前言

随着发动机强化程度的不断增加，汽油机缸盖热负荷也越来越大，为避免发生热裂、穴蚀等故障发生，在设计阶段需要对缸盖热负荷进行计算，根据计算结果对设计方案进行优化。本文利用 STAR-CCM+中的流固耦合模块，对东安动力自主开发的三缸汽油机缸盖进行热负荷计算。

2 计算模型及边界条件

缸盖及水套模型均采用 UG建模，网格利用 STAR-CCM+自带的多面体网格工具，生成缸盖网格 80万，缸盖水套网格 50万。

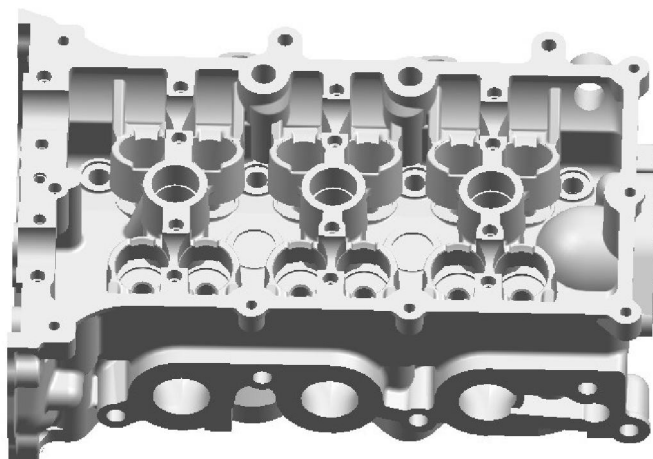


图 2-1 缸盖外形

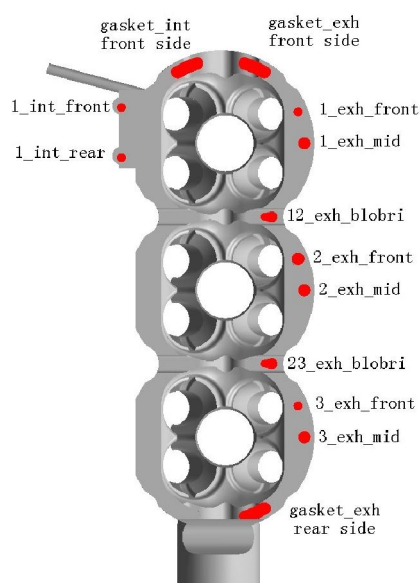


图 2-2 缸垫水孔分布



图 2-3 缸盖水套网格

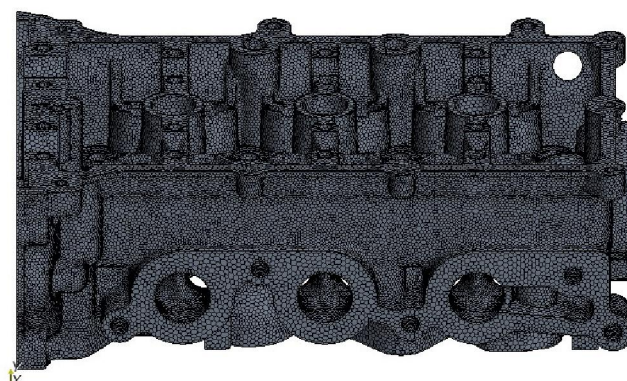


图 2-4 缸盖网格

水套入口流量为：100 L/min, 缸盖大出口分流比：95%, 缸盖小出口分流比：5% 缸盖采用第三类边界条件，即给出热交换表面与流体间的换热系数及流体温度，详见表 2-1。

表 2-1 缸盖计算边界条件

	温度 (K)	换热系数 (W/m ² K)
缸盖火力底面	973	624.5
进气道	296.5	19.7
排气道	853.8	147.3
缸盖外表面	300	6.7

3 计算结果

图 3-1 图 3-2和图 3-3分别为缸盖水套速度分布、缸盖温度分布及缸盖 1缸鼻梁区切面温度分布。通过以上云图可以看到，1缸缸盖水套流速较低，3缸水套流速最高。缸盖的高温区集中在排气侧，在缸盖鼻梁区切面中，温度最高点出现在靠近排气侧的火力地面处，因为这个位置是缸盖火力底面和排气道热流交汇处。

图 3-4和图 3-5分别为缸盖温度测量点位置及温度值比较，根据表 3-1，1缸缸盖测量点温度最高，3缸测量点温度最低，温度相差 3K多。

图 3-6为缸垫水孔流量分布，分布图中显示，水孔 gasket exh rear side流量最大，流量为 23.2 L/min, 但这个水孔位于缸垫的后端，冷却液直接从缸盖水套出口流走，并没有参与到缸盖的冷却。

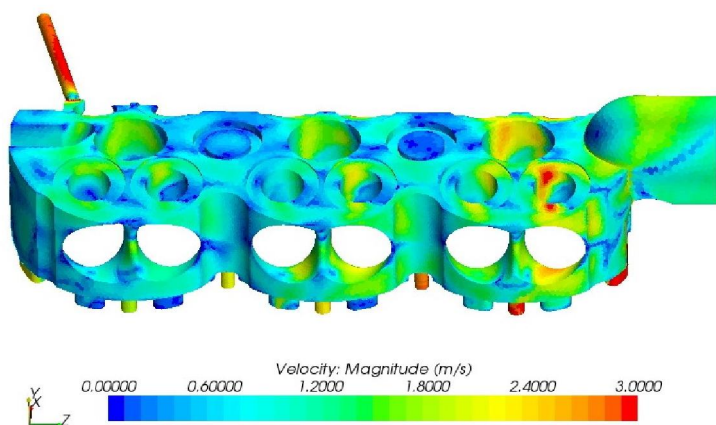


图 3-1 缸盖水套速度分布

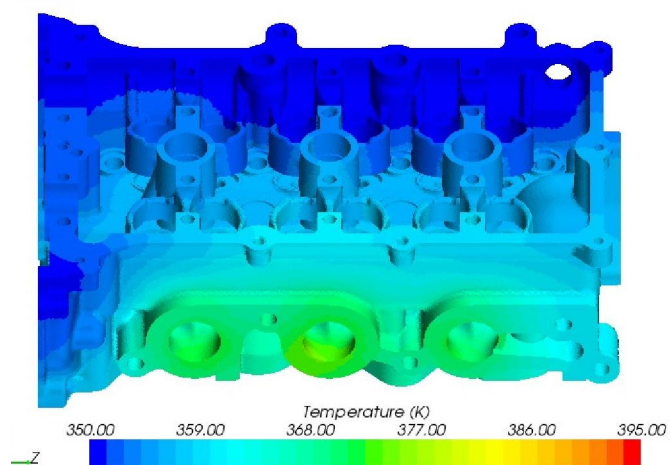


图 3-2 缸盖温度分布

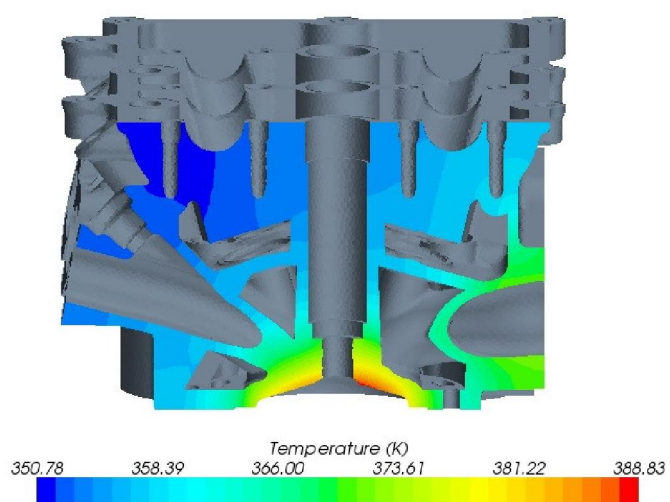


图 3-3 缸盖 1缸鼻梁区切面温度分布

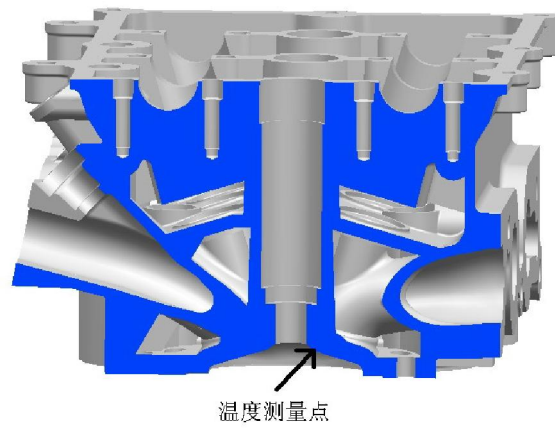


图 3-4 缸盖温度测量点

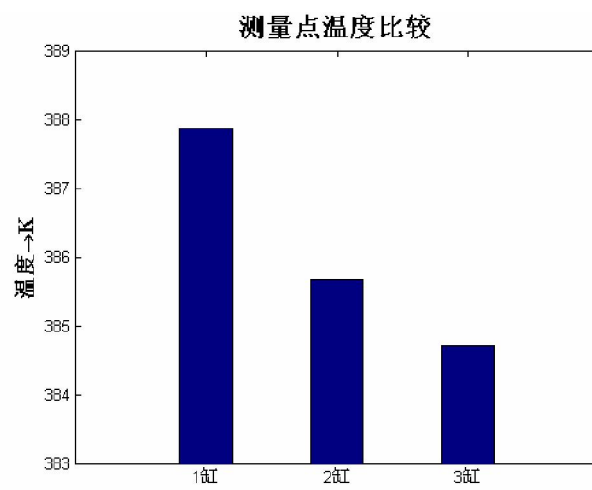


图 3-5 缸盖温度测量点温度比较

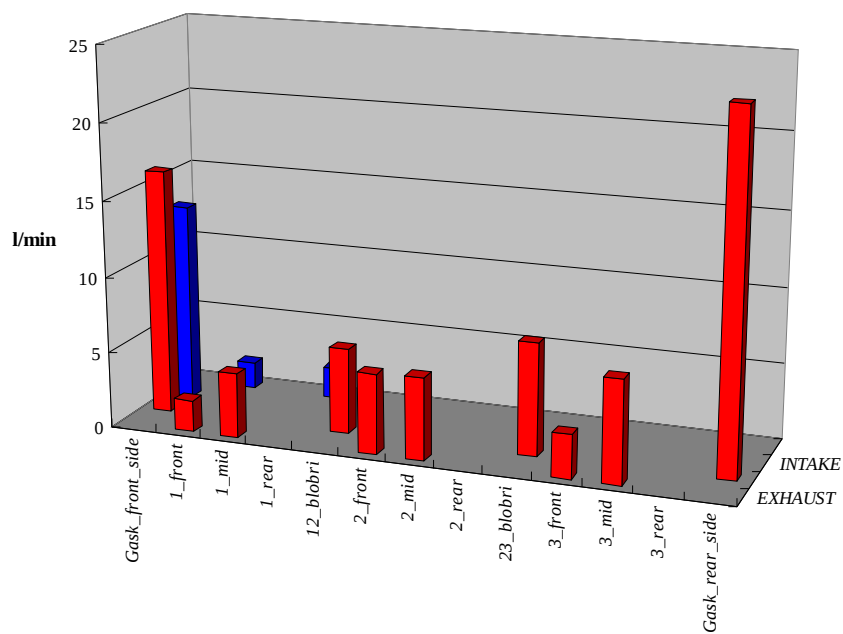


图 3-6 缸垫水孔流量分布

4 结论

通过以上对缸盖进行的流固耦合计算及分析，得到以下结论：

(1) 由于缸垫水孔设计存在缺陷，导致缸盖冷却并不均匀。

(2) 通过分析发现，由于位于缸垫后端的水孔过大，导致大量冷却液白白流走，不利于形成从 1 缸到 3 缸的纵向流动，建议减小 gasket exh rear side 的面积，同时增大 1 exh front，以增强 1 缸缸盖的冷却效果。

(3) 由于在设计初始阶段没有样机和样件，所以无法通过试验给出准确的边界条件，计算的意义在于设计方案之间的比较。

5 参考文献

- [1] 陶文铨 编著 《数值传热学（第 2 版）》 西安交通大学出版社 2001.5
- [2] User Guide STAR-CCM+ 3.04.009