

# 某单缸柴油机水套 CFD 仿真分析

## CFD Analysis of Cooling Water-Jacket in a Single-cylinder Diesel Engine

张丽强, 景国玺, 高丽英

(中国北方发动机研究所)

**摘要:** 利用三维流固耦合软件——STAR CCM+对某单缸柴油机水套进行 CFD 仿真分析, 考察水套内冷却水的压力分布、流速分布、水流通过各截面的流量, 水套表面的局部换热系数等, 得到该机型单缸冷却水流动特性, 为进一步的优化提供了参考。

**关键词:** 柴油机; 冷却水套; CFD; STAR-CCM+

**Abstract:** CFD analysis of Cooling Water-Jacket in a Single-cylinder Diesel Engine was done, by using a three-dimensional fluid-structure interaction software---STAR-CCM+.The pressure distribution of cooling water in water jacket,velocity distribution,the flow rate of water flows througheach section, and the local heat transfer coefficient of the waterrocket`s surface were investigated. Then,got the single cylinder flow characteristics of the model, it provides reference to the further optimization.

**Key words:** diesel engine; cooling water-jacket; CFD; STAR-CCM+

## 1 引言

冷却水套是发动机内部为高温部件降温而设计的冷却水循环, 准确地分析和设计发动机水套冷却系统, 维持部件在一个合理的温度, 是发动机正常工作的保证。本文针对开发中的某型号单缸机, 进行该机型冷却水套 CFD 分析, 旨在得到该机型的水流特性, 验证其合理性, 为进一步的优化提供了参考。

## 2 计算模型

### 2.1 计算网格

该机型缸盖有保护套来保证缸盖水套的封闭，所以将保护套装配于缸盖上，在将其装配在机体上，将其水路形成一个封闭的空间。

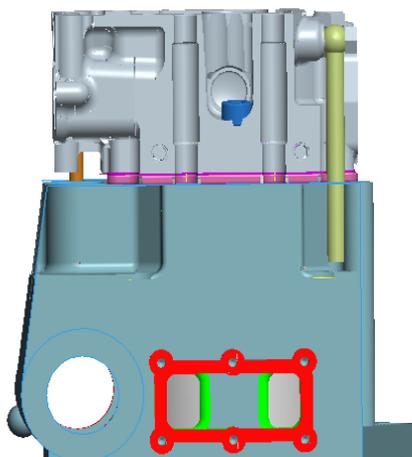


图 1 整体模型

CFD 仿真分析基于通用流体分析软件 STAR-CCM+进行，采用多面体网格，进行模型的建立，如图 2，共 568819 单元。



图 2 水套 CFD 网格

## 2.2 边界条件

入口边界: Mass Flow Inlet 2.0Kg/s 318K

出口边界: Flow-Split Outlet

壁面条件: 滑移壁面

### 3 仿真分析结果及说明

通过 CFD 仿真分析，可以得到水套内冷却水的压力分布、流速分布、水流通过各截面的流量，水套表面的局部换热系数等结果。

#### 3.1 压力损失分析

通过 CFD 仿真计算，得到各转速下单缸水套进出口压力损失如表 1 所示，对于高速大功率发动机，当冷却管道内流速达到 3 至 6 米每秒时，气缸体和气缸盖阻力为 4 到 7 米水柱（1 米水柱约为 9.807KPa），该单缸冷却水腔压力损失略微偏高，有待改进设计。

表 1 单缸水套进出口压力损失

进出口压力损失 (KPa)	进出口压力损失 (米水柱)
74.5	7.54

水套压力分布如图 3 所示，从图中可以看出，从进口至出口压力逐渐减小，水套进口压力大致为三区，缸套水腔压力最大，缸盖下水腔次之，缸盖上水腔最小，可见出现压力损失较大区域在缸体至缸盖上水孔以及缸盖火力板冷却水孔至顶部水套通道处。为分析水套各处压降，对各主要水流通道截面平均压力进行了对比分析，各主要特征截面如图 4 所示，相对进口处压降数值如表 2 所示。

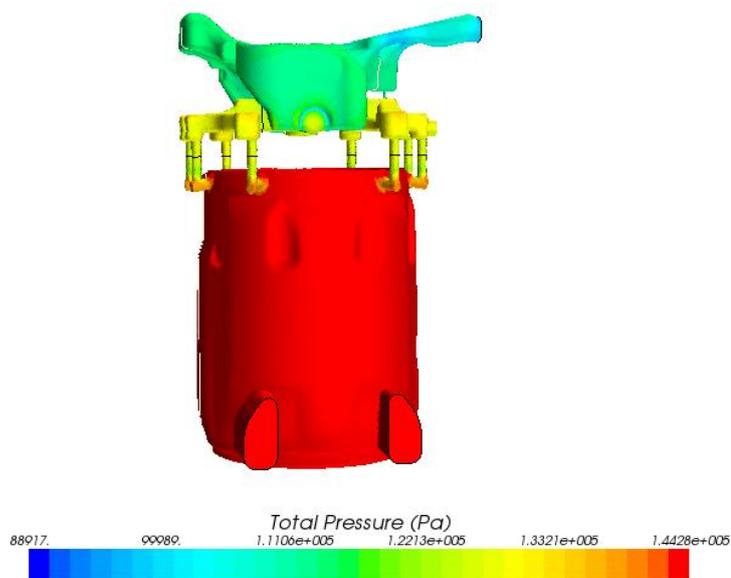


图 3 压力分布云图

表 2 特征点截面相对入口压力损失 (单位: KPa)

h1	h2	h3	h4	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
19.2	34.1	32.9	18.4	16.0	18.7	17.8	17.1	16.5	17.8	17.1	18.0

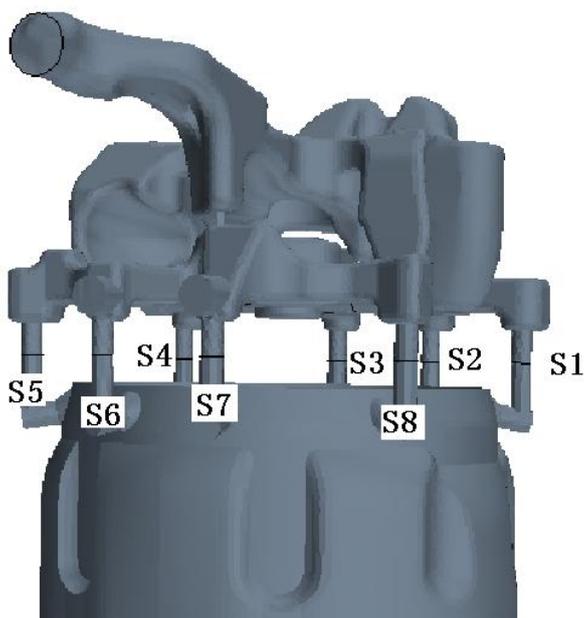
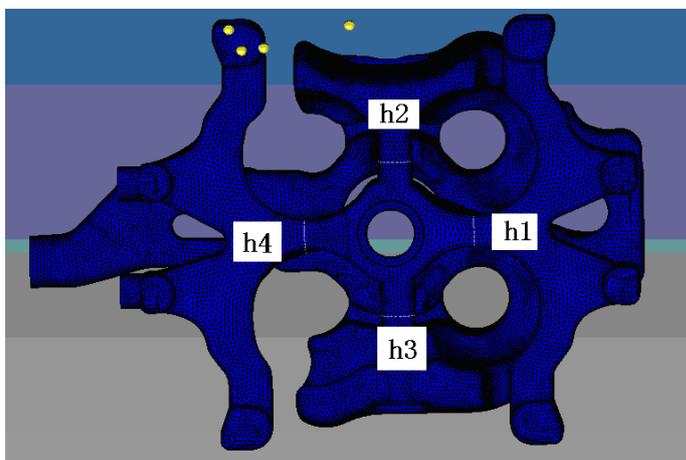


图 4 水套特征点分布图

### 3.2 冷却水套流量分配特性

通过图 4 中各流通截面的冷却水流量如表 4 所示,表中数据仅为数值大小,流动方向与流速有关,流量最小值出现在截面 S1 处。从整体比例来看,排气侧 h1 所占流量相对进气侧 h4 大,流量分配比较合理。

表 3 上水孔流量及其它特征点流量分布 (单位: Kg/s)

h1	h2	h3	h4	S1	S2
1.0013	0.9934	0.9878	0.9798	0.2372	0.2632
S3	S4	S5	S6	S7	S8
0.2489	0.2520	0.2416	0.2518	0.2532	0.2521

### 3.3 冷却性能分析

如果冷却液流速过低, 冷却表面局部区域可能出现过渡沸腾, 将严重影响冷却水与壁面之间的换热, 造成零件温度上升。所以冷却流速是个重要的考察对象。图 5 为考察截面的位置情况, 图 6 为切片流速分布示意图。可以看出整体速度较高, 水套冷却充分。

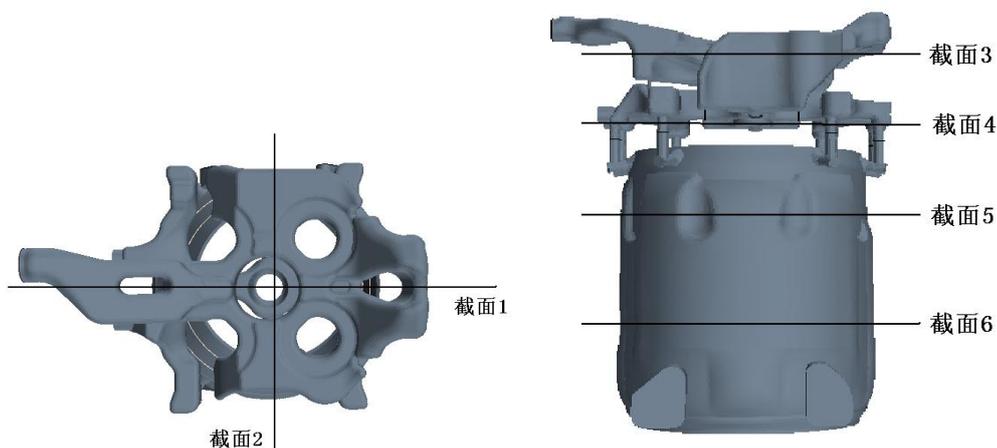
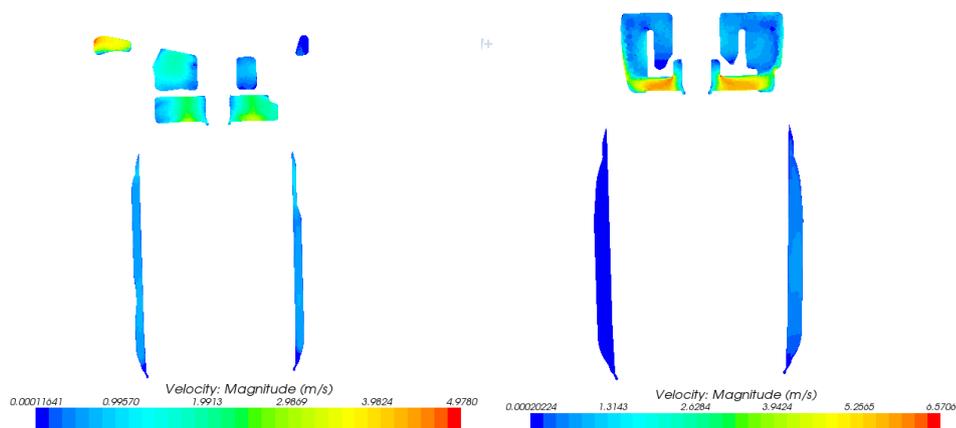


图 5 缸体水套切片位置示意图



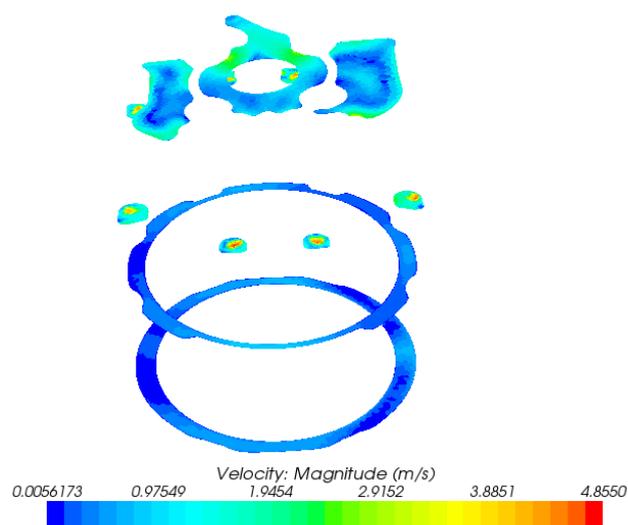


图 6 缸体水套切片水流速度幅值分布

### 3.4 水套表面换热系数

水套表面换热系数如图 7 所示，整体来看，换热系数分布较为合理，关键区域换热系数在 10000  $W/(m^2 K)$  以上，冷却性能良好。

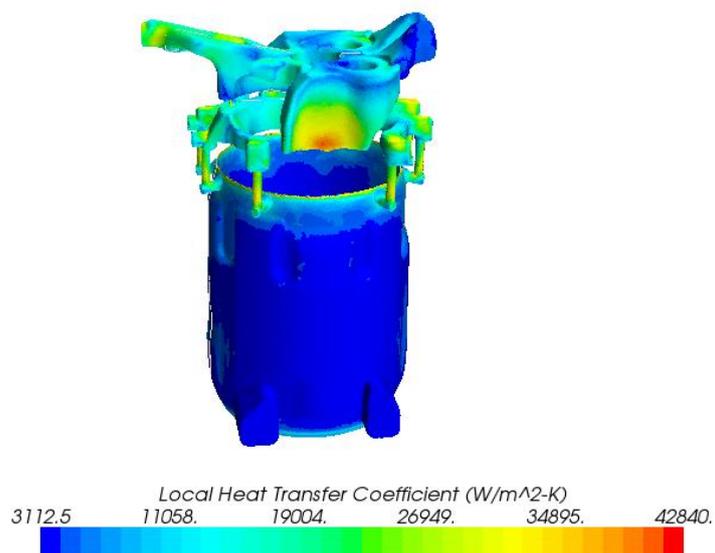


图 7 水套表面换热系数

## 4 结论

利用 STAR CCM+对某柴油单缸机水套进行 CFD 仿真分析，得到了冷却水套压力分布，该单缸冷却水腔压力损失为 74.5KPa，略微偏高，有待改进设计，从流量分配特性来看，比较合理，水套整

体速度较高，关键区域换热系数在  $10000 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  以上，冷却性能良好。

### 参考文献:

- [1]刘巽俊, 陈群, 李骏, 等. 车用柴油机冷却系统的 CFD 分析. 内燃机学报, 2003; 21(2);
- [2]屈盛官. 高强度大功率车用发动机冷却水流动的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2001;
- [3]任玉新, 陈海昕编著. 计算流体力学基础. 北京: 清华大学出版社, 2006.