

石京昶

个人信息

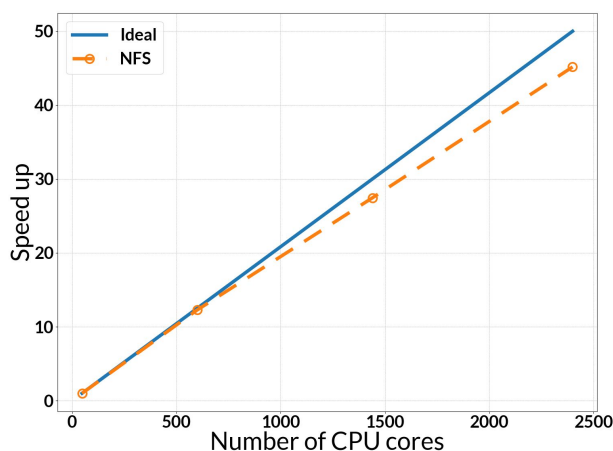
性别	男	出生年月	1992年7月
民族	汉	政治面貌	中共党员
籍贯	河北邢台	现居	中国西安
联系电话	18792802459	电子邮箱	jingchangshi@gmail.com
个人网站	http://shijingchang.cn	Github	@jingchangshi
毕业学校	西北工业大学	劳动关系	应届毕业生
所学专业	动力工程及工程热物理	学历	博士
求职岗位	高性能计算	竞业限制	无

教育经历

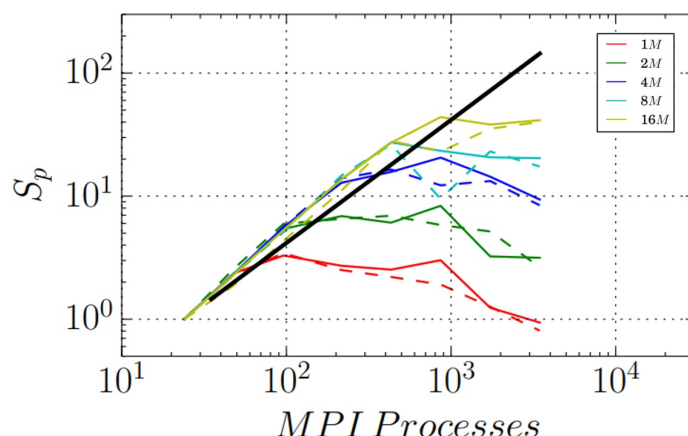
2014年9月 - 2021年12月	直博（动力工程及工程热物理），西北工业大学
2016年10月 - 2018年9月	博士联合培养（计算流体力学），美国堪萨斯大学
2010年9月 - 2014年6月	学士（飞行器动力工程），西北工业大学

大规模并行 CFD 程序

自2018年末开始，自主开发了大规模并行 CFD 程序 NFS，基于高阶通量重构方法（Flux Reconstruction）。NFS 使用 Fortran 2008 语言开发，使用 OOP 方式组织系统架构。在广州天河 2 号超算上强并行扩展性测试显示 2400 核 CPU 的并行效率 90%。与计算流体力学著名的开源软件 OpenFOAM 类似，NFS 是一个通用的非结构网格求解器。区别在于：NFS 具备高精度、高性能、高并行扩展性，但缺乏 OpenFOAM 的多相流、化学反应等物理模型（个人精力所限）。

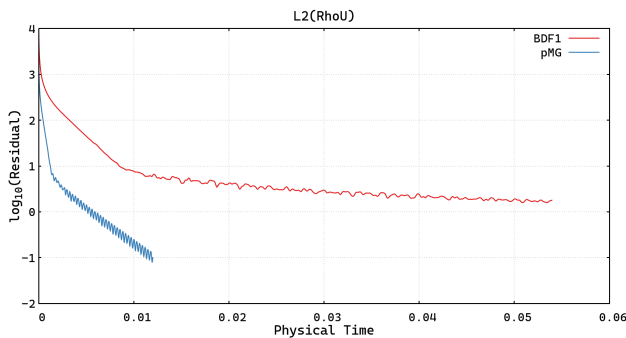


NFS 强并行扩展性

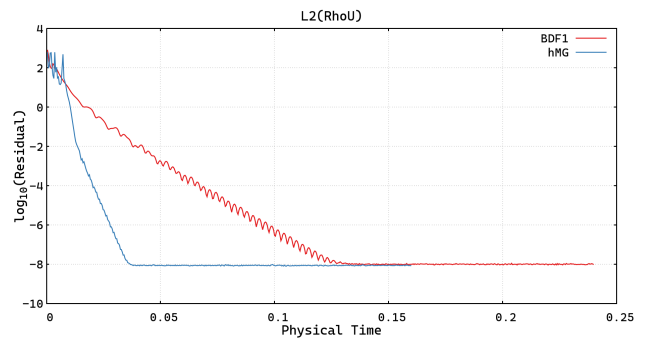


OpenFOAM 强并行扩展性

收敛加速技术方面的工作有多重网格。基准的隐式时间推进方法是 Block LU-SGS 方法，基本思路是将全隐式方法在全计算域形成的大矩阵 A 分块，形成的小矩阵 $A_x = b$ 采用 LU 分解（此时调用 MKL 高性能 LU 实现）。多重网格技术加速收敛，包括 p 型多重网格和 h 型多重网格。



p型多重网格加速20倍



h型多重网格加速4倍

★ 个人能力

1. 熟悉多种编程语言：C、C++、Fortran、MATLAB、Python。

- 在CFD领域著名美籍华人学者 Z.J. Wang 课题组访学期间开发代码 hpMusic 使用 C++
- 开发国家数值风洞工程子课题程序使用 Fortran 语言
- MATLAB、Python 为日常处理数据、自定义可视化数据、算法模型测试所用语言

2. 熟悉高性能并程序开发：Linux、MPI

- 日常在 Linux 服务器集群开发并行 CFD 程序，熟悉 Linux 平台管理运行
- MPI 为当前大规模并行程序所用的并行编程模型，自主编写的并行 CFD 程序在广州超算2400核强并行扩展性90%，在北京超算使用自主 CFD 程序运行 100 万机时
- 对 HPC 上 CFD 程序的性能优化有一定经验，编译器辅助优化+MPI并行优化使自主 CFD 程序加速至少3倍并获得良好并行扩展性
 - 针对高阶 CFD 方法特点重构了底层数据结构，大幅强化 SIMD；采用 Python 模板引擎生成 Fortran 核函数以辅助编译器优化，大幅减少了 Instructions Retired

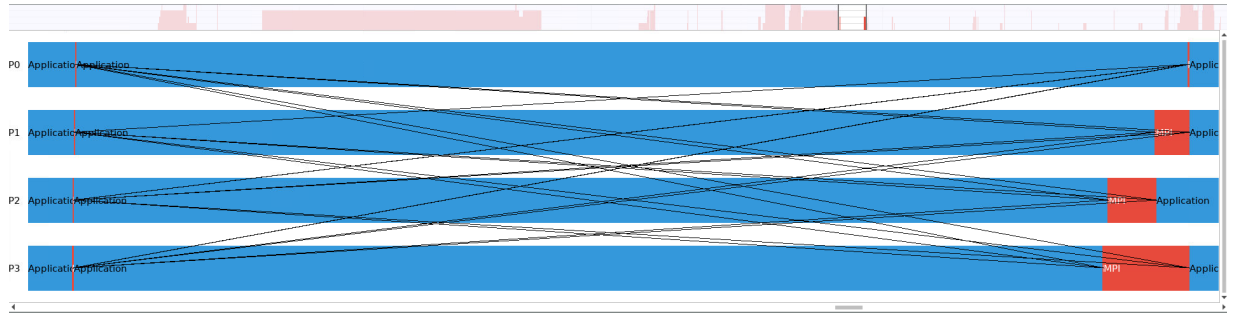
Function / Call Stack	CPU Time	Clockticks	Instructions Retired	CPI Rate	Retiring	Front-End Bound	Bad Sp
matrix_mod_mp_dot_sparse_	23.150s	84,135,000,000	276,300,000,000	0.305	71.8%	0.5%	
space_solver_mod_mp_setgradqspfp_	21.085s	76,740,000,000	270,870,000,000	0.283	94.0%	3.1%	
space_solver_mod_mp_calclcalres_	17.100s	63,555,000,000	193,575,000,000	0.328	91.7%	10.2%	
derivatives_mod_mp_gradient_for_point_r	14.145s	52,350,000,000	112,470,000,000	0.465	58.3%	1.6%	
space_solver_mod_mp_correctres_	14.025s	52,995,000,000	130,365,000,000	0.407	50.7%	10.8%	
space_solver_mod_mp_updateviscommfa	11.870s	41,730,000,000	134,445,000,000	0.310	83.6%	29.2%	
gas_dynamics_mod_mp_viscflxcv_	11.680s	41,040,000,000	133,380,000,000	0.308	40.0%	13.2%	
matrix_mod_mp_dot_mat2_sparse_unroile	10.510s	37,740,000,000	123,630,000,000	0.305	75.9%	2.3%	
space_solver_mod_mp_correctradresn	9.350s	33,750,000,000	104,415,000,000	0.323	57.3%	5.7%	
gas_dynamics_mod_mp_viscflxcv_	6.435s	24,540,000,000	84,855,000,000	0.289	97.4%	29.3%	
gas_dynamics_mod_mp_viscflxcv_	5.945s	20,595,000,000	36,405,000,000	0.566	40.7%	2.8%	
hard_base_mod_mp_get_call_fa	3.965s	10,515,000,000	25,005,000,000	0.405	60.4%	0.0%	

重构底层数据结构并采用 Python 模板引擎
生成 Fortran 核函数以辅助编译器优化

Function / Call Stack	CPU Time	Clockticks	Instructions Retired	CPI Rate	Retiring	Front-End Bound	Bad Sp
calclcalres3dcellhexap2	15.645s	54,450,000,000	126,585,000,000	0.430	58.0%	1.9%	
setgradqspfp3dcellhexap2	13.165s	45,435,000,000	87,075,000,000	0.522	47.9%	2.0%	
correctgradqsp3dcellhexap2	4.405s	15,720,000,000	15,510,000,000	1.014	32.9%	1.3%	
usp2faceusp3dcellhexap2	4.020s	13,125,000,000	26,475,000,000	0.496	60.3%	0.8%	
correctres3dcellhexap2	3.985s	13,425,000,000	16,305,000,000	0.823	24.2%	2.4%	
calcvviscommfacefxint3dfacequadp2	3.270s	10,230,000,000	11,310,000,000	0.905	41.3%	5.0%	
getroeflxhuynhcv3dfacequadp2	1.870s	6,090,000,000	9,285,000,000	0.656	16.4%	1.3%	
viscflxcv3dfacequadp2	0.655s	1,830,000,000	2,805,000,000	0.652	78.7%	96.2%	
invscflxcv3dcellhexap2	0.540s	1,665,000,000	1,125,000,000	1.480	19.2%	3.2%	
getfaceduspbc3dfacequadp2	0.480s	1,560,000,000	1,665,000,000	0.937	61.5%	0.0%	
rkupdatetvd3	0.445s	1,665,000,000	2,400,000,000	0.694			
gradcv2gradpv3dcellhex	0.395s	1,530,000,000	2,190,000,000	0.699	83.7%	31.4%	
gradcv2gradpv3dfacequadp2	0.385s	1,125,000,000	3,495,000,000	0.322			
viscflxcv3dcellhexap2	0.350s	1,170,000,000	1,675,000,000	0.743	95.7%	0.0%	

- MPI 打包通信数据减少并行通信次数，并采用非阻塞式通信（优化 Load Balancing 限于精力

有限留待未来工作)



3. 本科阶段曾写过CUDA平台上有限差分的传热求解器，并探究了多种优化策略（2014年发表中国力学大会会议论文）。

◦ Coalesced Memory Access

```
1 /*Drafted Codes for Memory Access*/
2 int Row = blockIdx.y * BLOCKSIZE + threadIdx.y;
3 int Col = blockIdx.x;
```

```
1 /*Improved Codes for Memory Access*/
2 int Row = blockIdx.y;
3 int Col = blockIdx.x * BLOCKSIZE + threadIdx.x;
```

◦ Reducing Threads Divergence

```
1 int Ind = Row * ( CELLNUM >> 1 ) + Col;
2 float Gap = *(CoeRedP + Ind) *
3 ( *(CoeRedT + Ind) * *(TemBlack + Ind + (CELLNUM / 2))
4 + *(CoeRedR + Ind) * *(TemBlack + Ind + (Row & 1))
5 + *(CoeRedD + Ind) * *(TemBlack + Ind - (CELLNUM / 2))
6 + *(CoeRedL + Ind) * *(TemBlack + Ind - !(Row & 1))
7 + *(CoeRedC + Ind) );
```

◦ Redirecting Data Access to Shared Memory

```
1 __shared__ float GapBlockS[BLOCKSIZE];
2 GapBlockS[threadIdx.x] = 0.0;
3 Gap = TemNewGPU - TemOldGPU;
4 GapBlockS[threadIdx.x] = Gap * Gap;
5 __syncthreads();
```

```
1 int i = BLOCKSIZE >> 1;
2 while(i != 0)
3 {
4     if(threadIdx.x < i)
5         GapBlockS[threadIdx.x] += GapBlockS[threadIdx.x + i];
6     __syncthreads();
7     i >>= 1;
8 }
9 if(threadIdx.x == 0)
10     *(GapGrid+blockIdx.y*gridDim.x+blockIdx.x)=GapBlockS[0];
```

🏆 所获奖励

2014年-2021年 博士一等学业奖学金、二等学业奖学金

2010年-2014年 西北工业大学优秀毕业生，西北工业大学三好学生，西北工业大学一等奖学金，西北工业大学“吴亚军”奖学金，西北工业大学“7081”奖学金

2010年-2014年 全国大学生数学建模竞赛全国二等奖，全国节能减排科技竞赛全国三等奖。

☰ 项目经历

2019年9月-2021年6月 国家数值风洞工程，高阶CPR方法的保动能算法及多重网格技术研究，项目主要实施人。

2017年1月-2020年12月 国家自然科学基金（面上项目），激波/附面层干扰不稳定性的控制机理与规

律，项目参与人。

2012年1月-2015年12月 国家自然科学基金（面上项目），热激励器用于高速射流主动控制的机理、方法及规律研究，项目参与人。

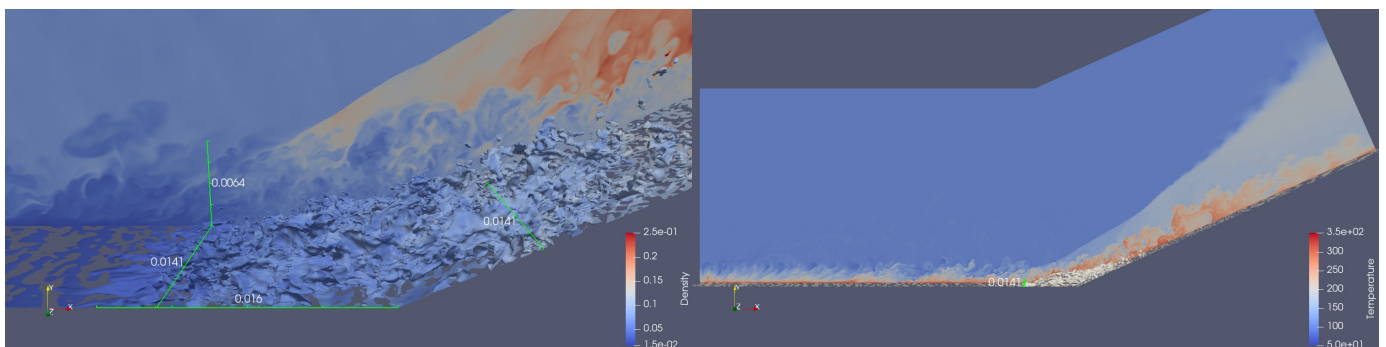
科研经历

完成完全自主知识产权软件 1 项，发表 SCI 期刊及会议文章 7 篇。

- [1] J. Shi, H. Yan, Z.J. Wang, Flux reconstruction implementation of an algebraic wall model for large-eddy simulation, AIAA Journal. 58 (2020) 3051–3062. <https://doi.org/10.2514/1.j058957>.
- [2] J. Shi, H. Yan, Z.J. Wang, Towards direct computation of aeroacoustic noise with the high-order FR/CPR method, in: 2018 AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2018. <https://doi.org/10.2514/6.2018-4095>.
- [3] J. Shi, H. Yan, Z.J. Wang, An algebraic wall-model for large eddy simulation with the FR/CPR method, in: 2018 AIAA Aerospace Sciences Meeting, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2018. <https://doi.org/10.2514/6.2018-2092>.
- [4] J. Shi, H. Yan, G. Bai, K. Lin, Effect of thermal actuator on vortex characteristics in supersonic shear layer, in: 47th AIAA Fluid Dynamics Conference, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2017. <https://doi.org/10.2514/6.2017-4307>.
- [5] 石京昶, 严红, Effects of thermal actuators on turbulent structures and acoustics of mach 1.3 jet, in: 中国力学大会2015年会议论文集, 中国力学学会, 2015. <http://dwz.date/bb4N>.
- [6] M. Mortazavi, D.D. Knight, O.A. Azarova, J. Shi, H. Yan, Numerical simulation of energy deposition in a supersonic flow past a hemisphere, in: 52nd Aerospace Sciences Meeting, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2014. <https://doi.org/10.2514/6.2014-0944>.
- [7] 石京昶, 严红, CUDA implementation of a laplace solver, in: 中国力学大会2013年会议论文集, 中国力学学会, 2013. <http://dwz.date/bb4Q>.

课题 1: 基于高阶通量重构方法的激波与湍流边界层相互干扰研究（博士课题）

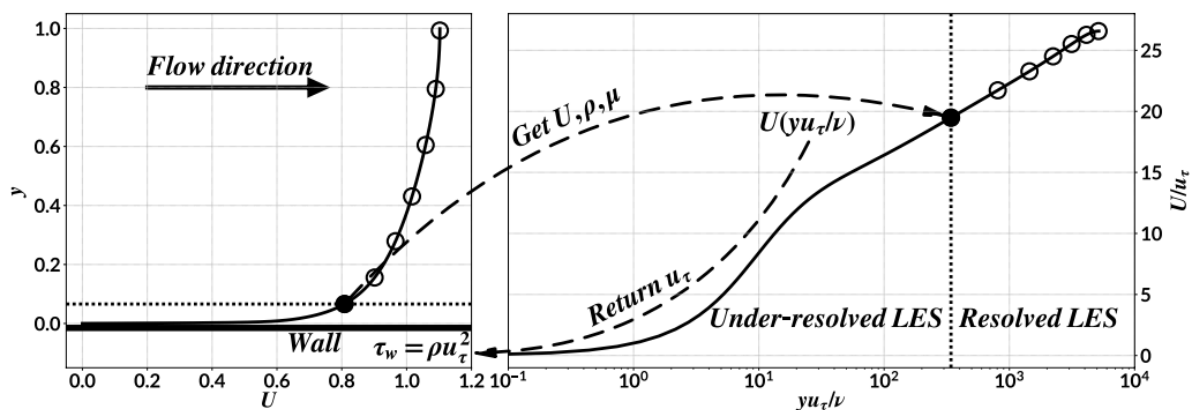
课题内容为使用自主开发的大规模并行高阶 FR/CPR 程序 NFS 模拟激波与湍流边界层相互干扰（SWTBLI）的标准算例，研究其中的边界层分离，尤其是分离泡脉动的低频特性，网格量折算成 OpenFOAM 的有限体积法下约 1 亿网格。研究创新性主要在于：公开文献中研究 SWTBLI 的均采用有限差分类方法，常见的是 WENO 方法。本研究是国际上公开文献中第一个采用间断有限元类方法，即 FR/CPR 方法研究 SWTBLI 问题的研究，并且结果与参考结果吻合良好。



SWTBLI问题核心区

SWTBLI问题全览

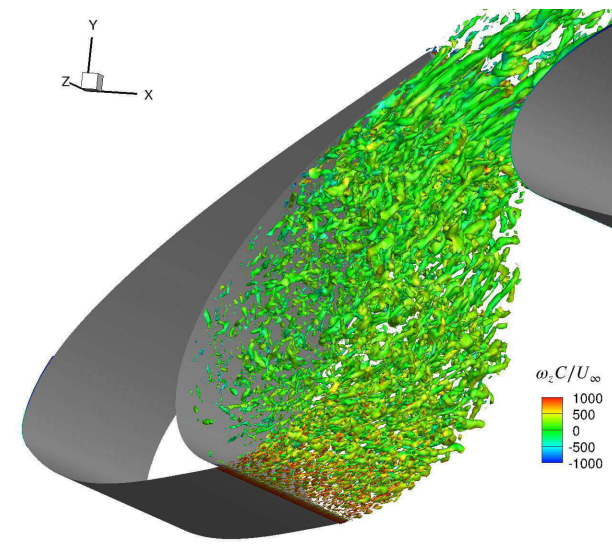
课题 2: 壁面建模的大涡模拟



本研究在通量重构算法框架下系统研究了一种新的代数壁面应力模型中各种参数对湍流模拟精度的影响。对壁面建模的大涡模拟可以分为壁面应力模型和LES/RANS混合模型。壁面应力模型的核心在于壁面附近的流动通过壁面应力来代表。因此，壁面附近的流动不再需要精细的网格来解析，从而减轻高雷诺数湍流精确解析所要求的网格量。在壁面应力模型中，壁面应力作为一个壁面模型的模型输出，以某处流场的流场解为模型输入，计算得到。这个特殊的流场位置理论上可以在壁面至壁面律的log层之间的任一位置。但是壁面湍流中相干结构对流场解析度的要求导致这个流场位置与壁面平行方向的网格精度紧密相关。

本研究发表文献: J. Shi, H. Yan, Z.J. Wang, Flux reconstruction implementation of an algebraic wall model for large-eddy simulation, AIAA Journal. 58 (2020) 3051–3062. <https://doi.org/10.2514/1.j058957>.

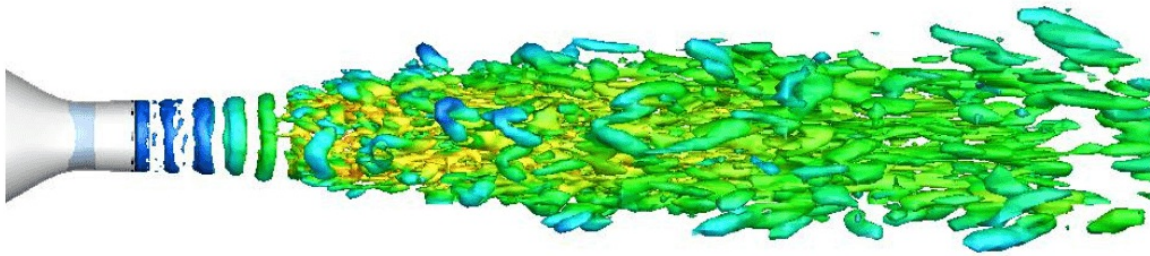
课题 3: 高阶 FR 方法模拟高升力翼型



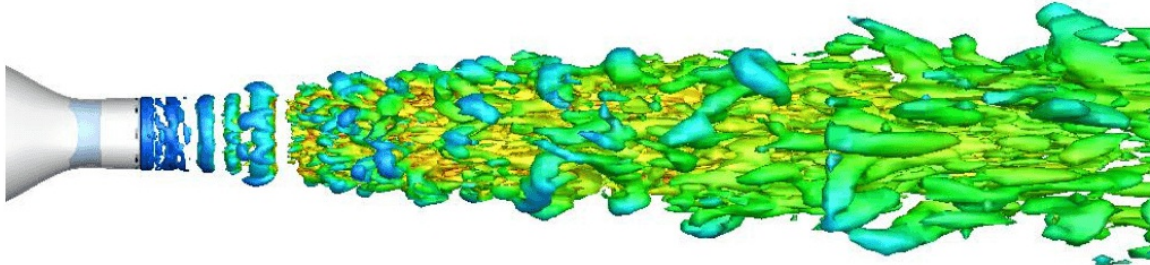
本研究采用高阶通量重构方法研究30P30N高升力翼型的噪声。本研究在粗网格下使用通量重构方法对30P30N高升力翼型进行大涡模拟，与实验结果对比显示，高阶通量重构方法能够高效模拟高升力翼型的近场声场。

本研究发表文献: J. Shi, H. Yan, Z.J. Wang, Towards direct computation of aeroacoustic noise with the high-order FR/CPR method, in: 2018 AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2018. <https://doi.org/10.2514/6.2018-4095>.

课题 4: 热激励控制圆管射流



(a) Q ISO surface: baseline case



(b) Q ISO surface: mode $m = \pm 1$

本研究模拟了热激励器对圆管射流的控制效果。通过在圆管末尾壁面加装热激励器来扰动边界层，本研究探究了不同热激励器激励模态在加强圆管射流掺混上的不同效果。

本研究发表文献: J. Shi, H. Yan, G. Bai, K. Lin, Effect of thermal actuator on vortex characteristics in supersonic shear layer, in: 47th AIAA Fluid Dynamics Conference, American Institute of Aeronautics; Astronautics, 2017.
<https://doi.org/10.2514/6.2017-4307>.
