

一汽技术中心以JMAG为平台的热场仿真分析案例介绍

曾金玲

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，绝对禁止和其他用途。

以JMAG为平台的热场仿真案例

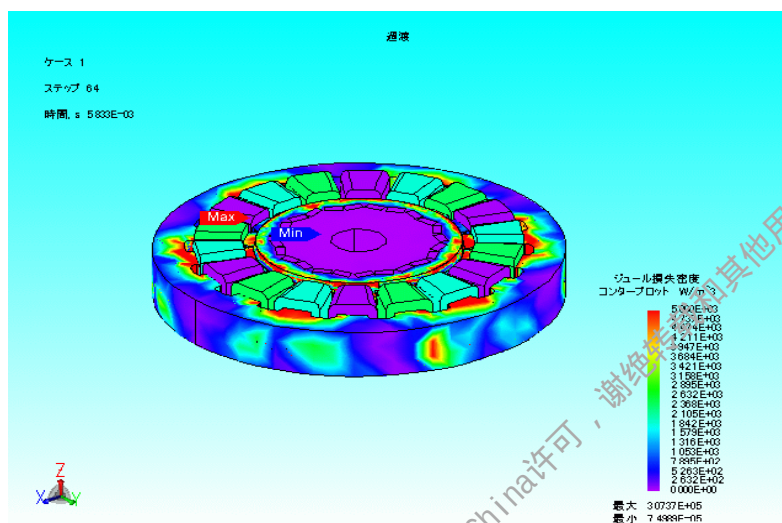
- JMAG电磁场与热场双向耦合计算热场
- JMAG与流体软件耦合计算热场
- JMAG与GT软件耦合计算热场

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，不得转载或用于其他用途

■ JMAG电磁场与热场双向耦合计算热场

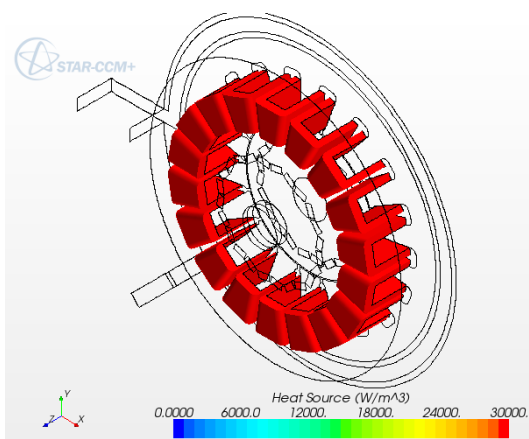
本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

JMAG磁场计算出电机的各种损耗分布

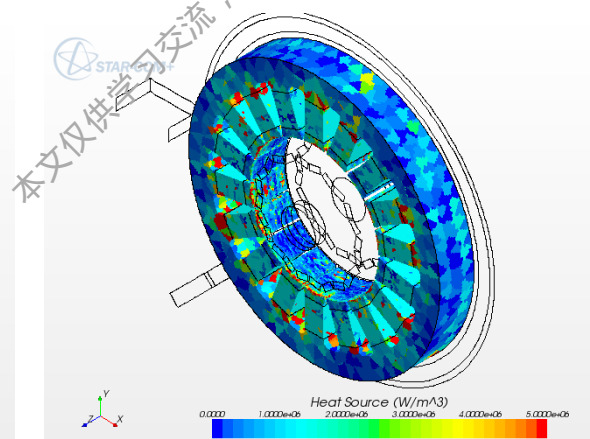


JMAG-Designer计算出的总的损耗分布

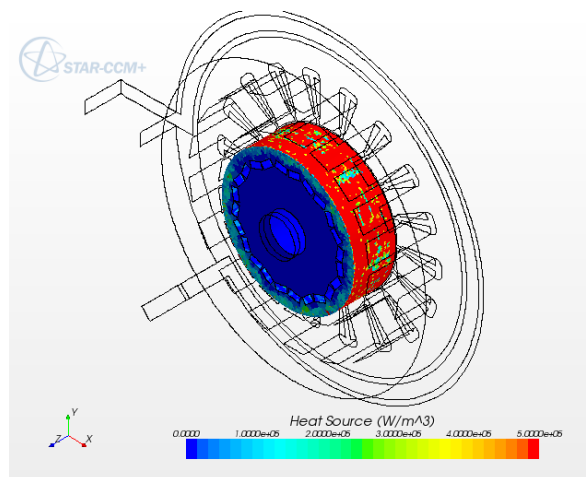
绕组的损耗分布



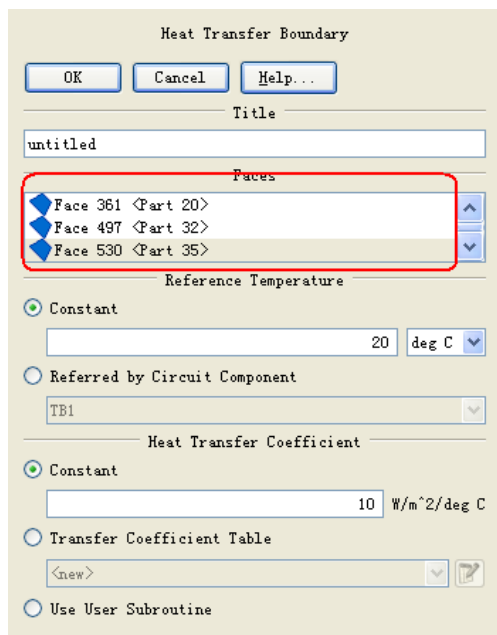
定子铁心的损耗分布



转子铁心的损耗分布



JMAG热场设置各种参数和热源



Heat Transfer Boundary

OK Cancel Help...

Title: untitled

Faces:

- Face 361 <Part 20>
- Face 497 <Part 32>
- Face 530 <Part 35>

Reference Temperature:

☒ Constant: 20 deg C

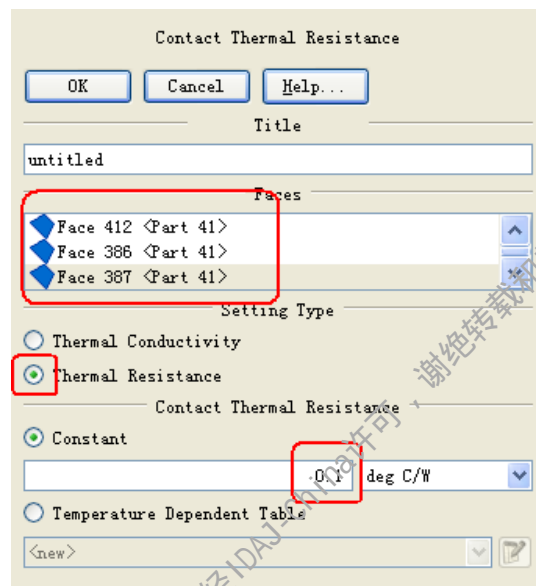
☐ Referred by Circuit Component: TB1

Heat Transfer Coefficient:

☒ Constant: 10 W/m^2/deg C

☐ Transfer Coefficient Table: <new>

☐ Use User Subroutine



Contact Thermal Resistance

OK Cancel Help...

Title: untitled

Faces:

- Face 412 <Part 41>
- Face 386 <Part 41>
- Face 387 <Part 41>

Setting Type:

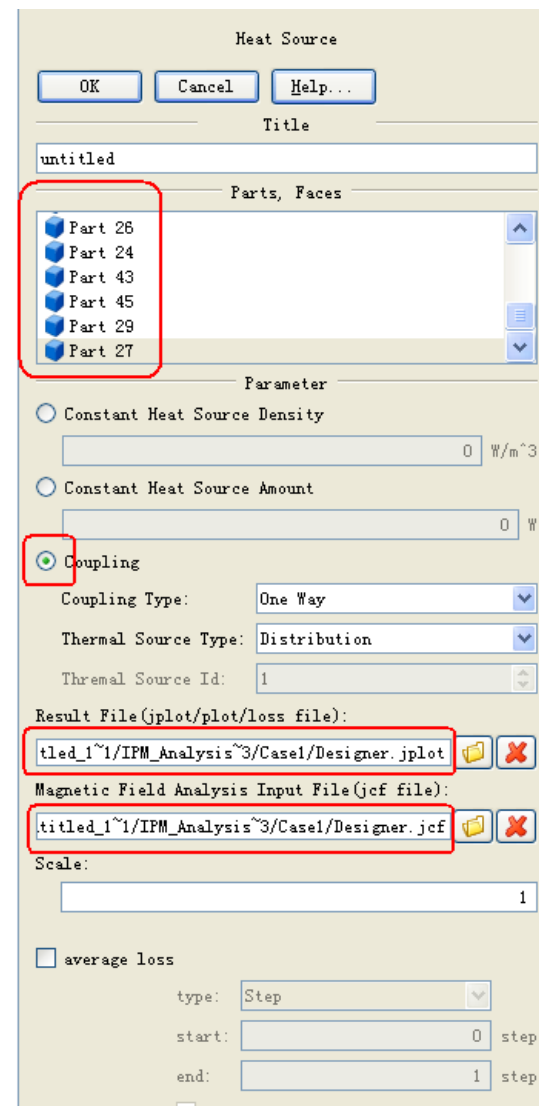
☐ Thermal Conductivity

☒ Thermal Resistance

Contact Thermal Resistance:

☒ Constant: 0.1 deg C/W

☐ Temperature Dependent Table: <new>



Heat Source

OK Cancel Help...

Title: untitled

Parts, Faces:

- Part 26
- Part 24
- Part 43
- Part 45
- Part 29
- Part 27

Parameter:

☐ Constant Heat Source Density: 0 W/m^3

☐ Constant Heat Source Amount: 0 W

☒ Coupling

Coupling Type: One Way

Thermal Source Type: Distribution

Thermal Source Id: 1

Result File (jplot/plot/loss file):

titled_1~1/IPM_Analysis~3/Casel/Designer.jplot

Magnetic Field Analysis Input File (jcf file):

titled_1~1/IPM_Analysis~3/Casel/Designer.jcf

Scale: 1

☐ average loss

type: Step

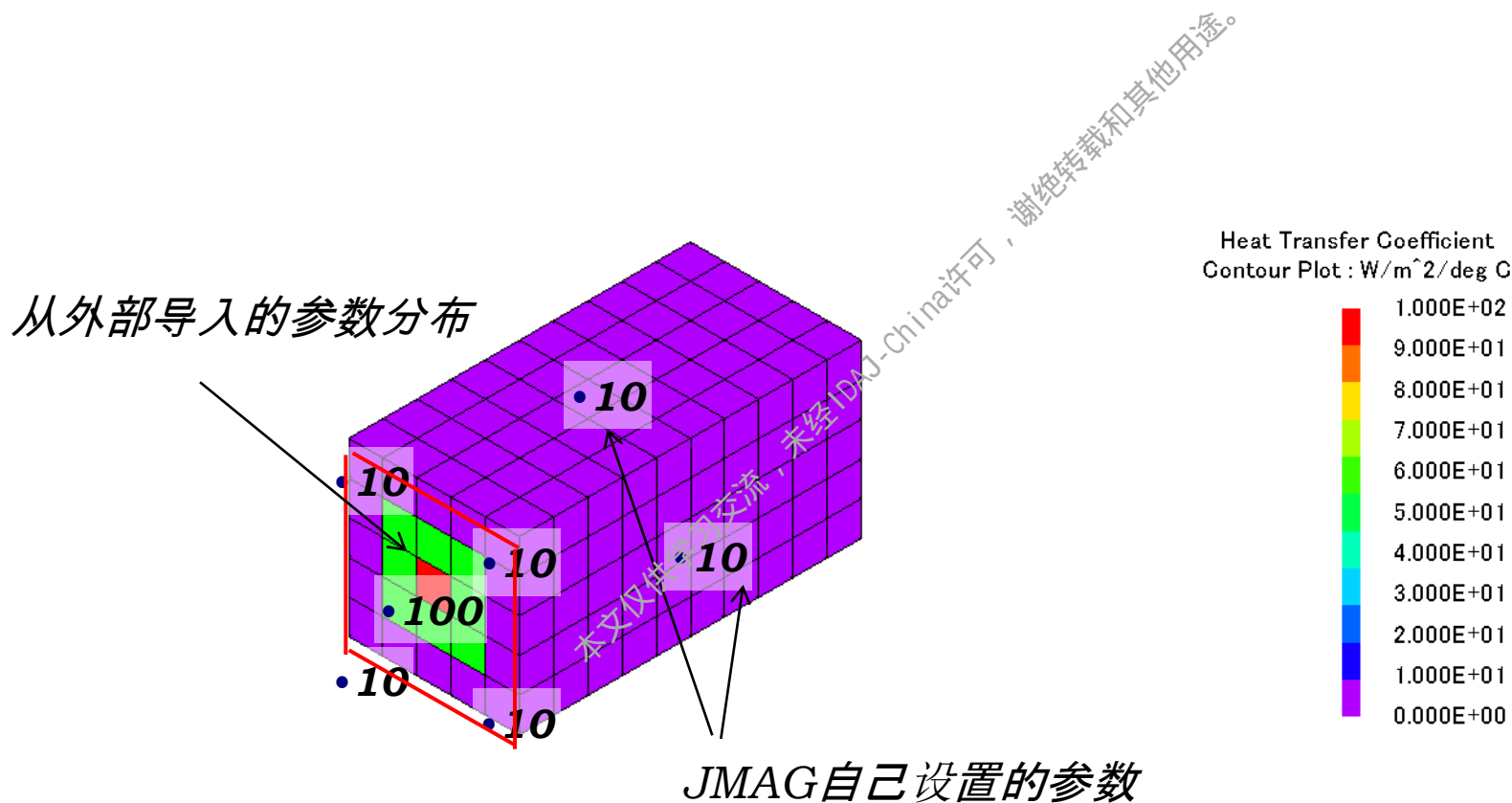
start: 0 step

end: 1 step

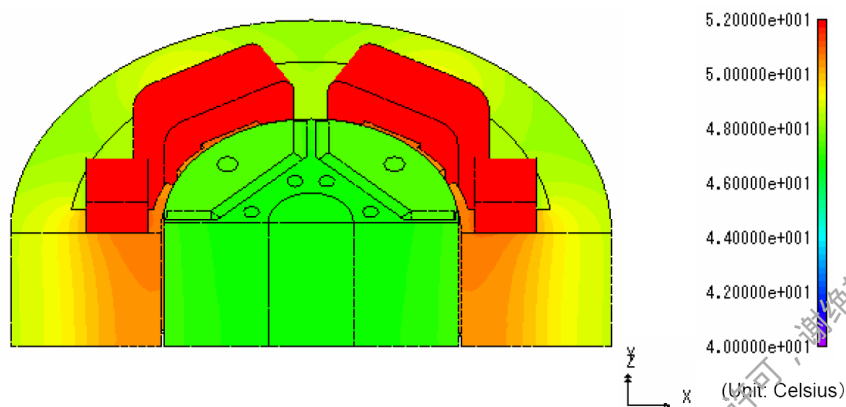
- 可设置热传导系数，热阻，热源等参数。
- 也可以设置单向磁热耦合或者双向磁热耦合。
- 在热源设置时只要告诉它磁场计算结果的路径就可以。

需要流体软件计算的各种散热系数时可导入

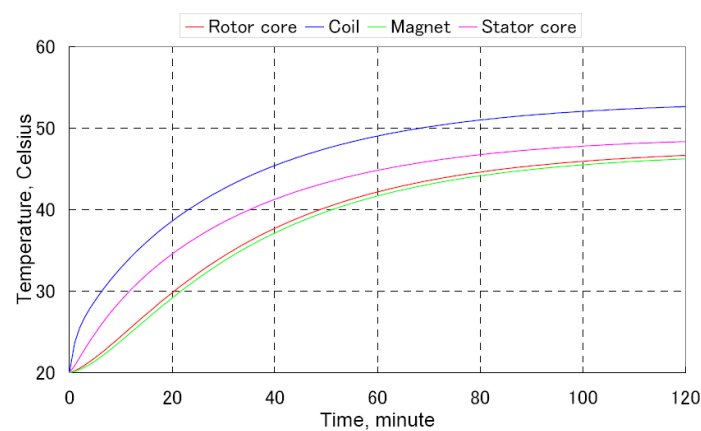
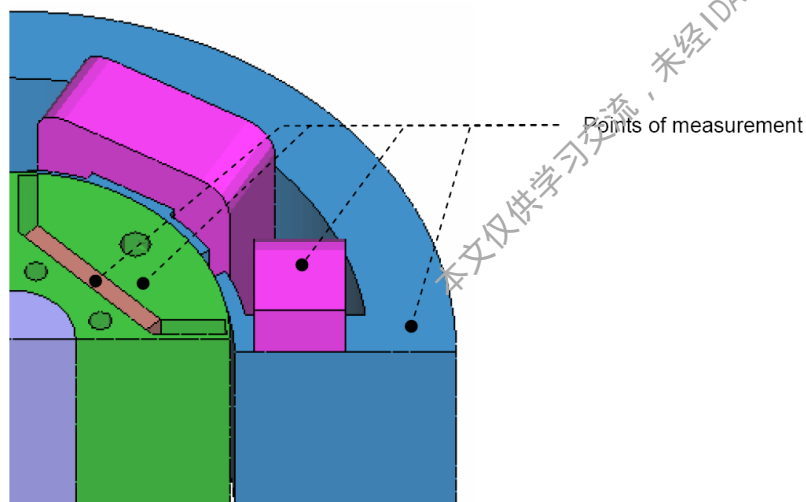
- 外部导入的参数以及JMAG自设定的参数可以同时进行：可以在JMAG内部同步处理外部导入的热传递系数、温度、位移以及力的分布。



电机的稳态温升和瞬态温升



稳态分析结果



瞬态分析结果

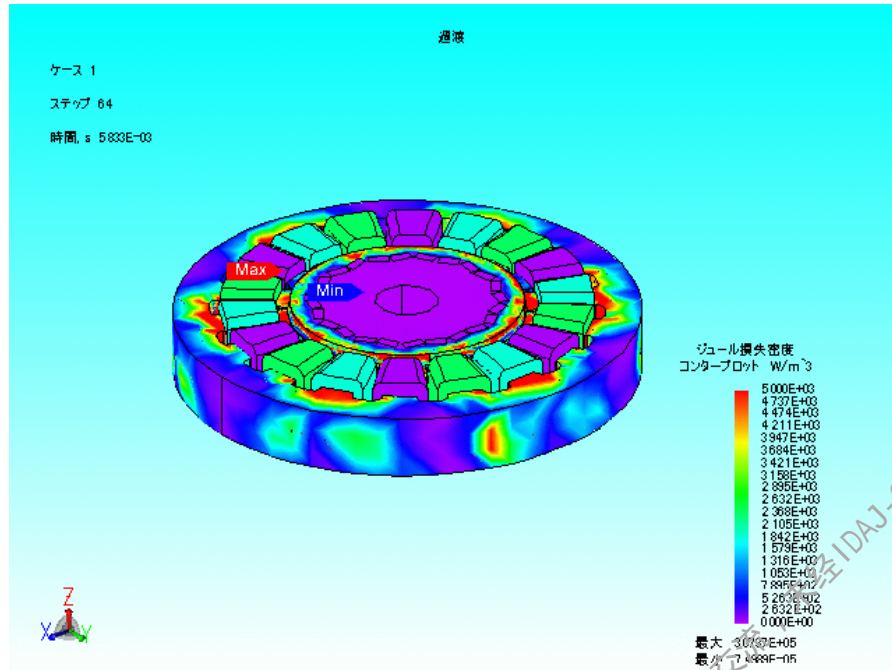
JMAG软件单独计算热场的总结

- JMAG软件可以把自己计算的损耗分布传递给自身的热场计算模型，共享一个模型，数据不需要传递。
- JMAG自身的热场计算没法考虑各种冷却方式，设置的各种热场参数需要从流体软件计算得到或者根据经验得到。
- JMAG软件可以针对每一个网格导入分布的热场参数。

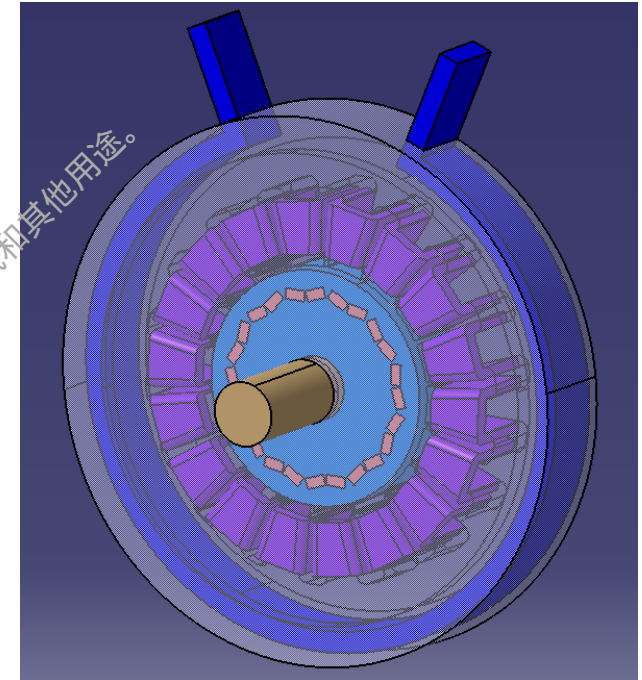
JMAG与流体软件耦合计算热场

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

JMAG软件计算出来的损耗



热源并不是规则分布的

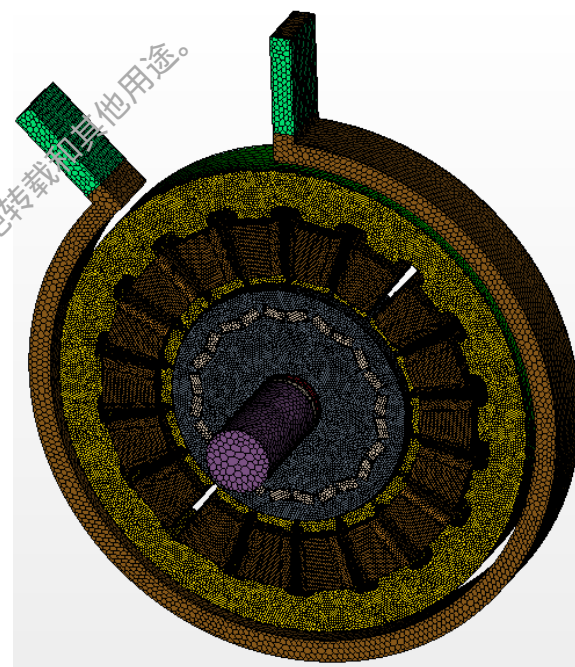


每个绕组损耗80W

转子铁耗100W

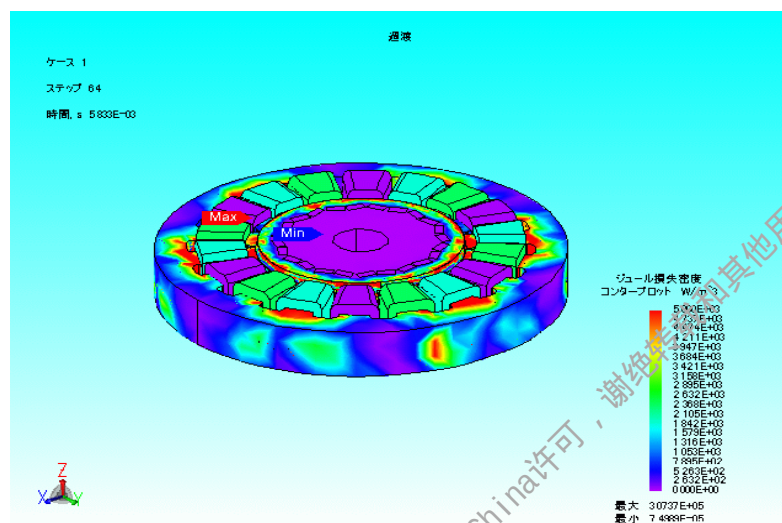
- JMAG计算出来的是损耗分布，并且是把损耗分布传递给其他软件

JMAG的损耗与其他流体软件的映射传递



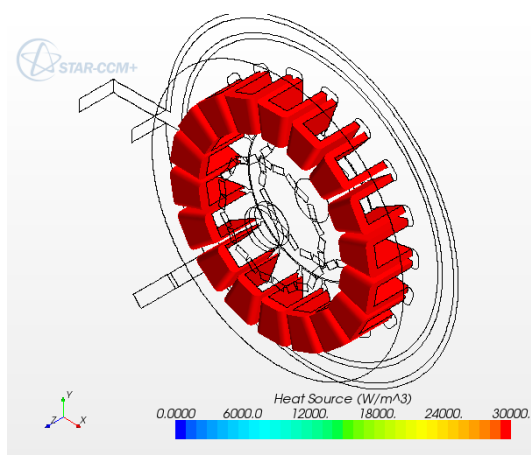
JMAG可以直接把损耗分布导出给其他流体软件

JMAG导出的损耗分布图

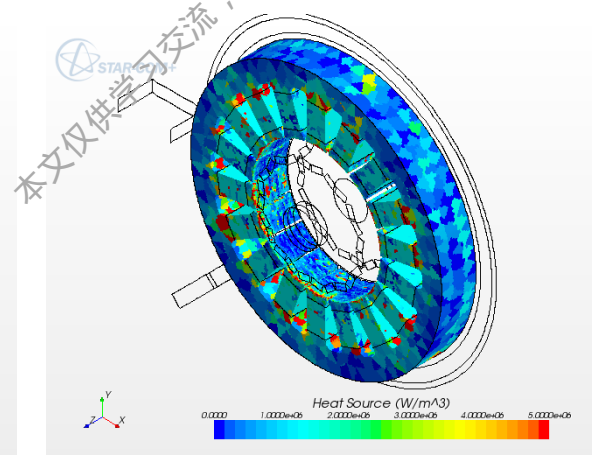


JMAG-Designer计算出的总的损耗分布

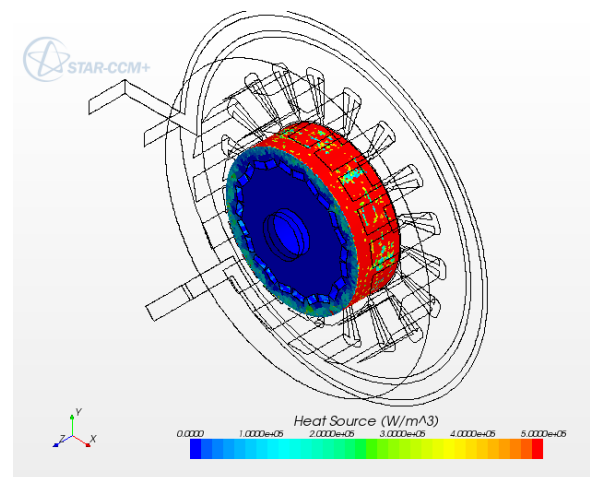
绕组的损耗分布



定子铁心的损耗分布

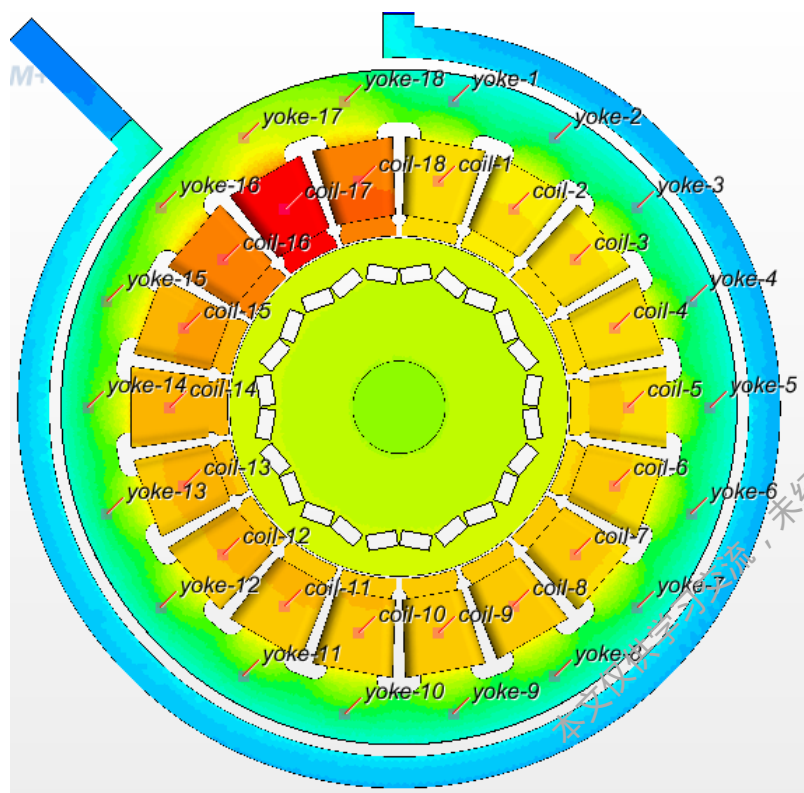


转子铁心的损耗分布

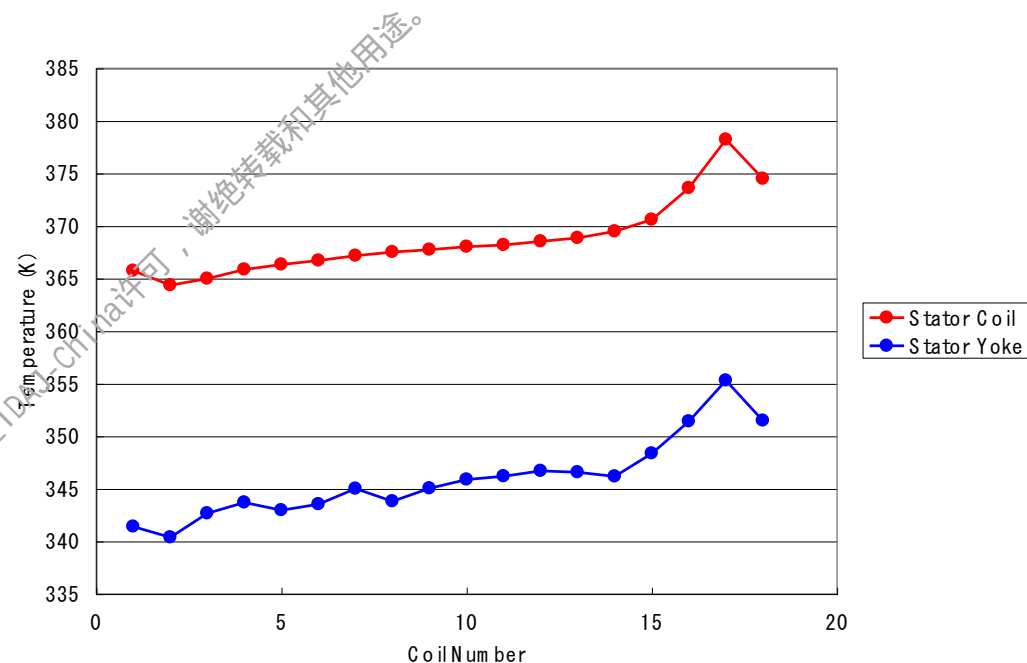


绕组和定子铁心温升(水冷)

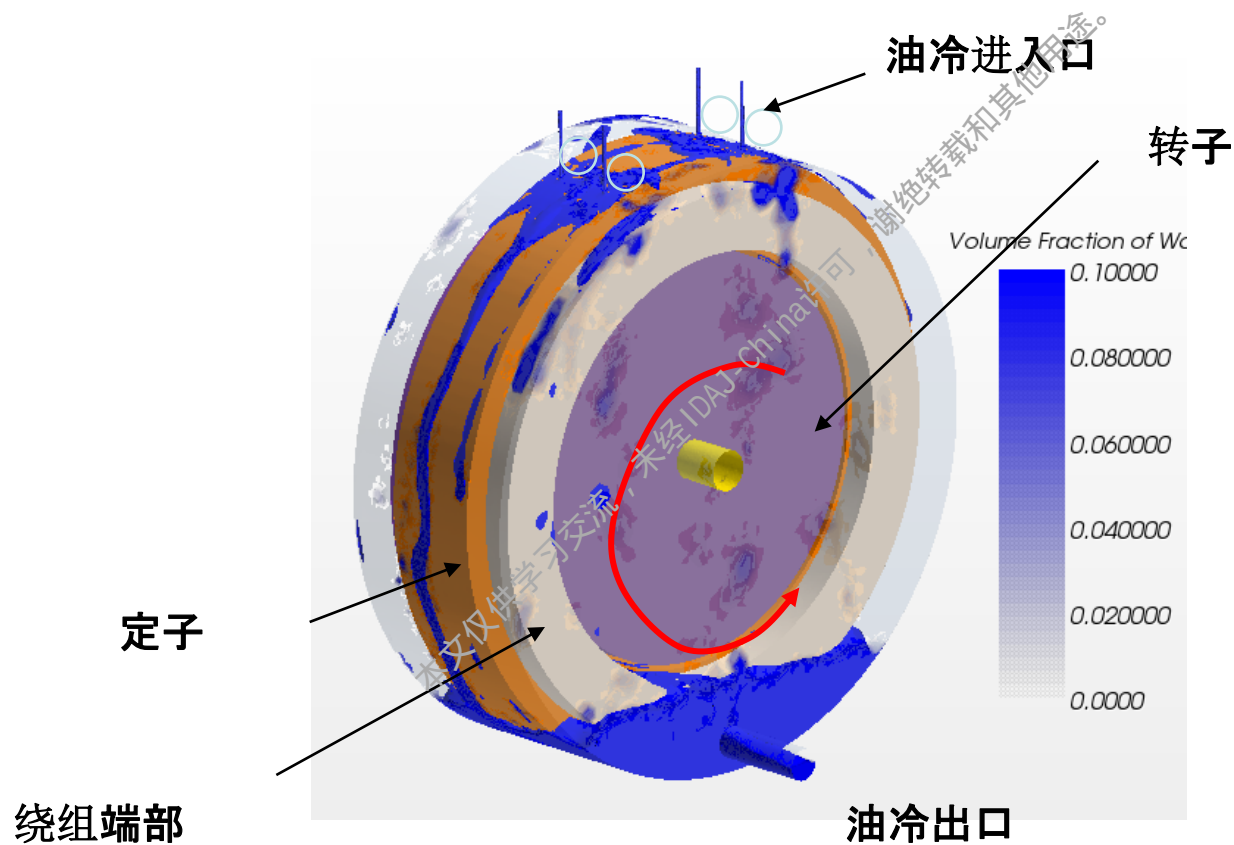
冷却水流入



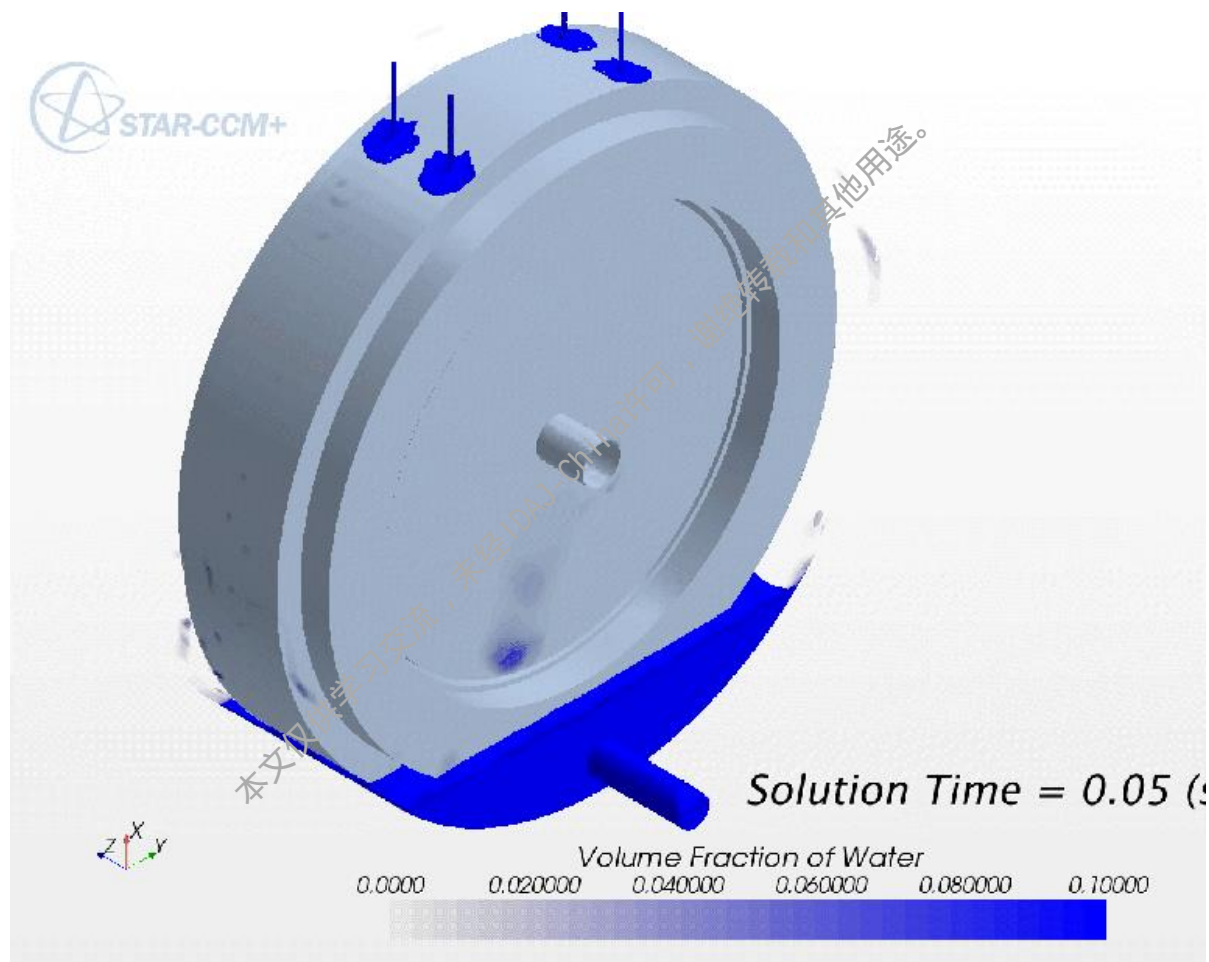
计算温升.



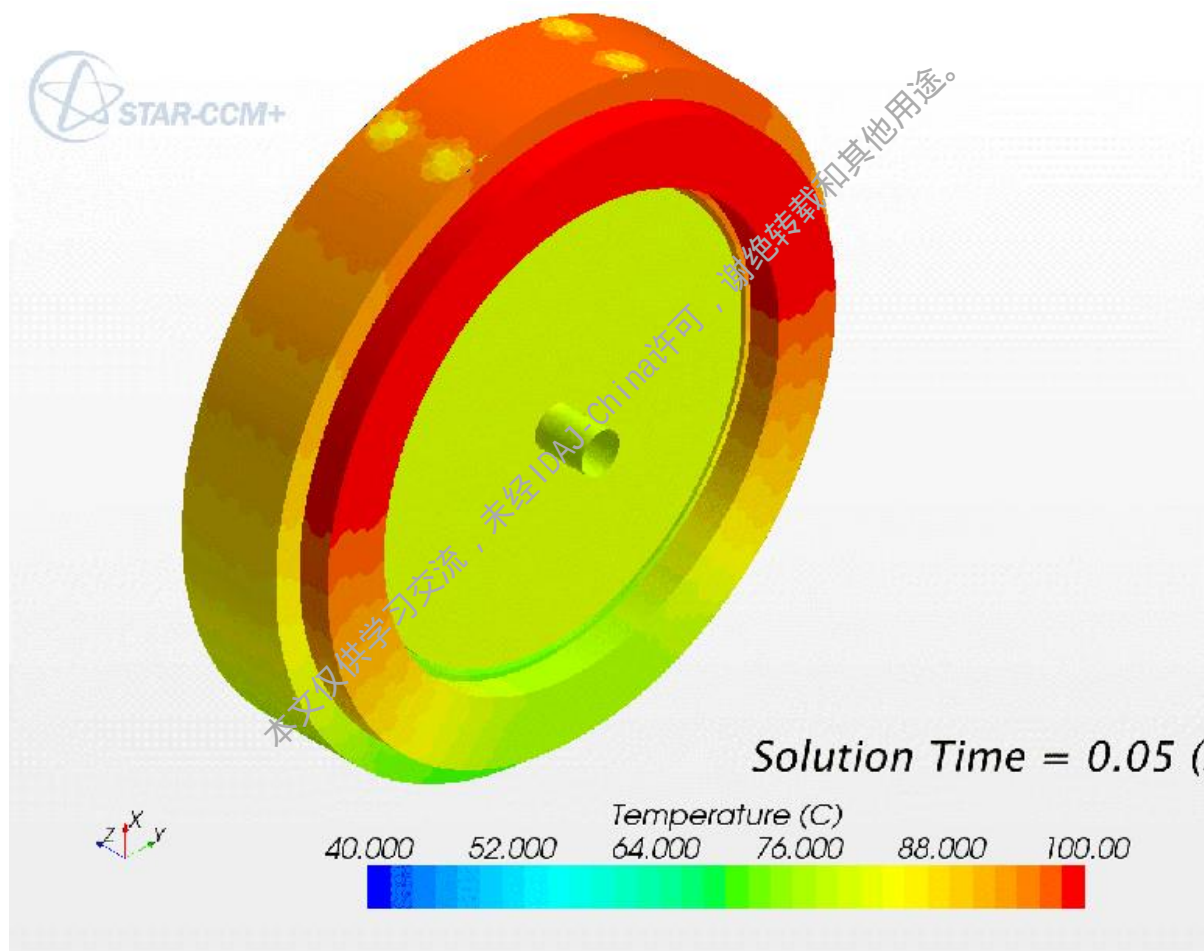
电机温升计算 (油冷)



油路走向展示：动画



温升结果：动画



JMAG联合流体软件热场计算总结

- JMAG软件可以把计算的损耗分布传递给流体软件。
- 流体软件在计算温度场时可以考虑各种不同的冷却方式, 计算结果比较接近实际。
- 流体软件在计算温升时计算周期比较久, 所以计算精度和计算时间是个矛盾。

本文仅供学习交流, 未经IDAJ Co., LTD. 许可, 谢绝转载和商用用途。

JMAG与GT软件耦合计算热场

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

GT在电机冷却模拟方面的特色

■ 完全自由开放的建模环境

- 基于Navier-Stokes的流动求解，准确反映一维流动状态
- 基于实际几何结构的离散，保证模型与物理状态一致
- 自带丰富材料库，方便材料属性参数的输入
- 模块化建模，自由搭建各种不同复杂程度的模型

■ 与多款软件的直接耦合接口

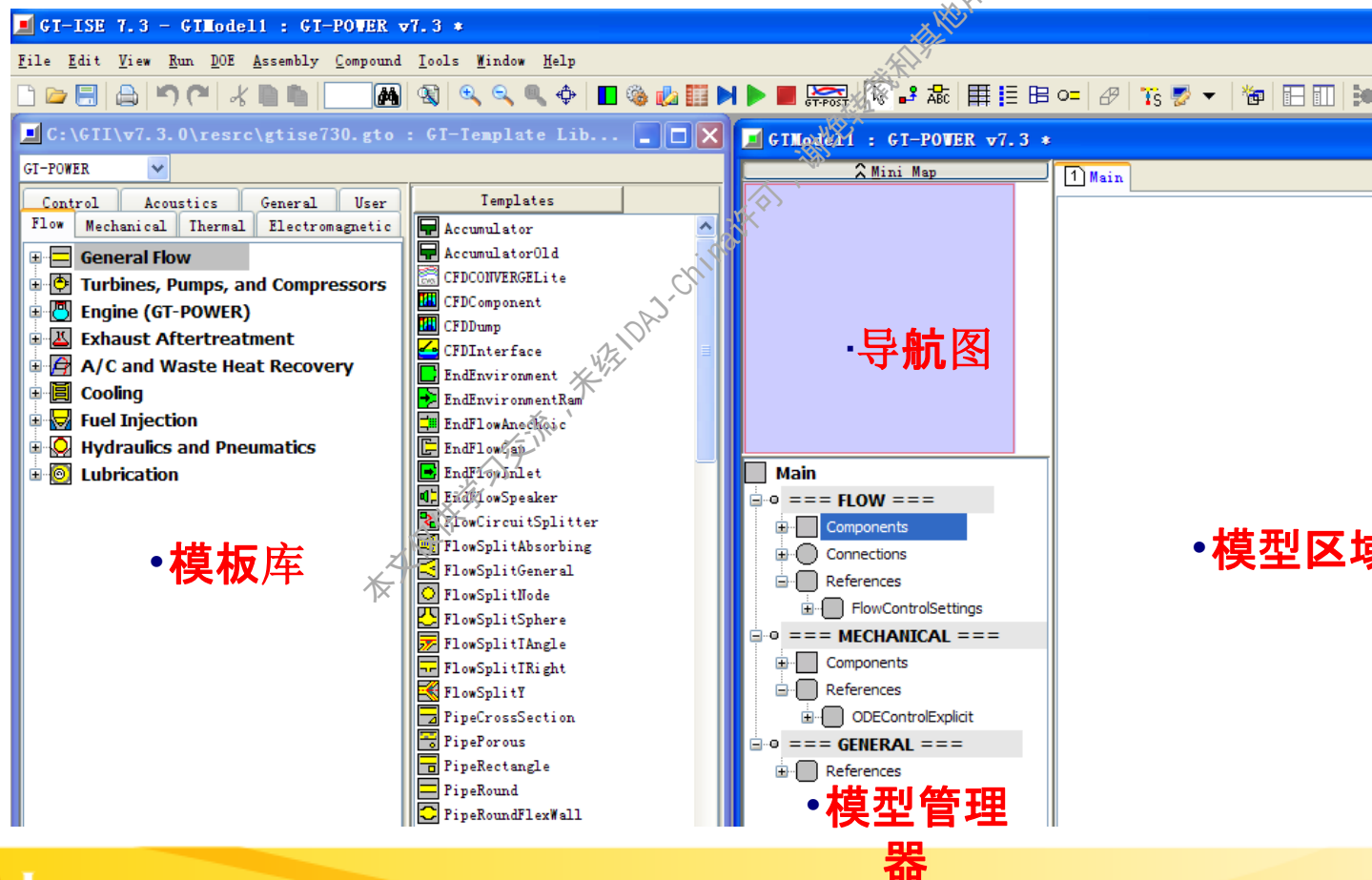
- 与JMAG、STAR-CCM+、Matlab等主流软件都有直接耦合接口
- 用户可以使用自定义模块，与自己编写的程序耦合

■ 提供完整的仿真平台

- GT丰富的模型库能够完成完整系统的模拟，模型不再是独立的模块
- 一维软件能够完成瞬态计算，更符合工程运用的要求

GT操作平台

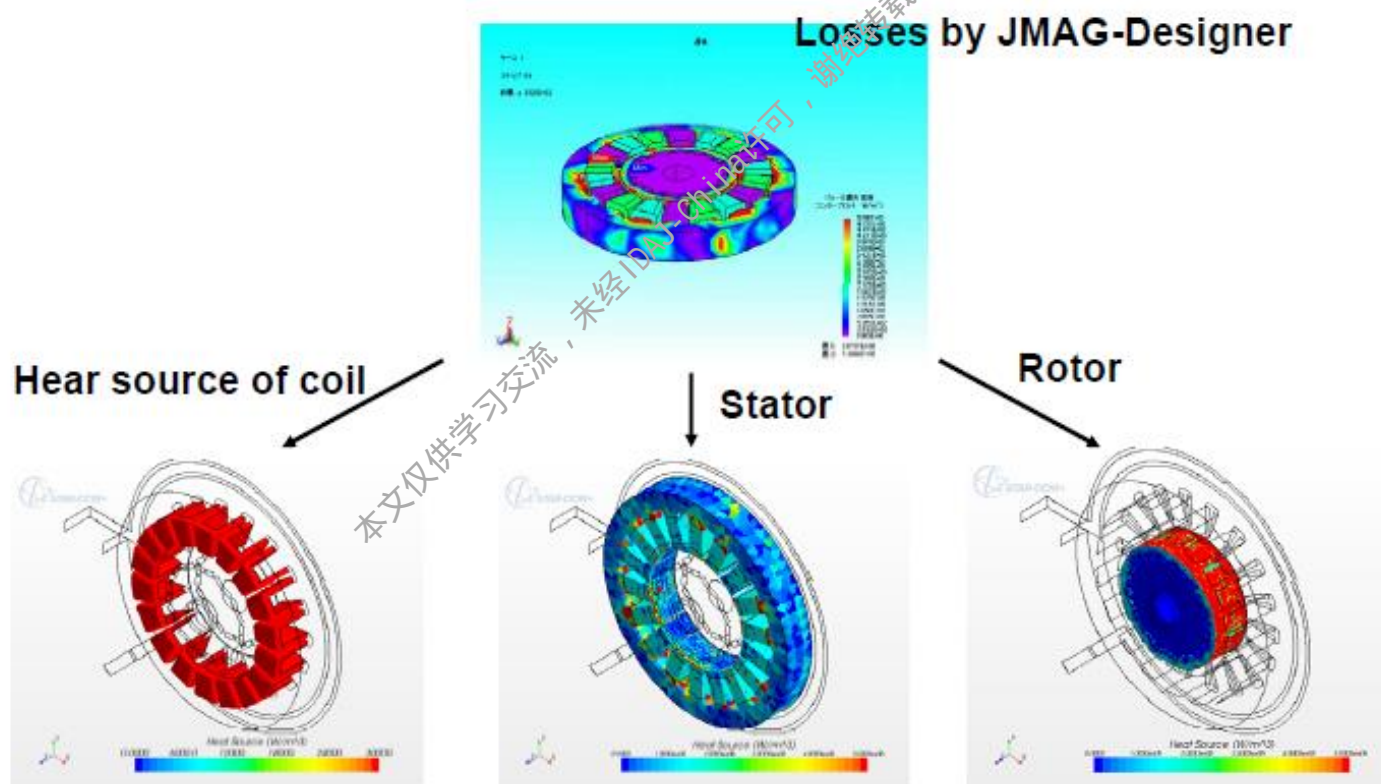
- GT-SUITE中的各个模块都有相同的操作平台和后处理器，建模操作和结果后处理均是相同的。



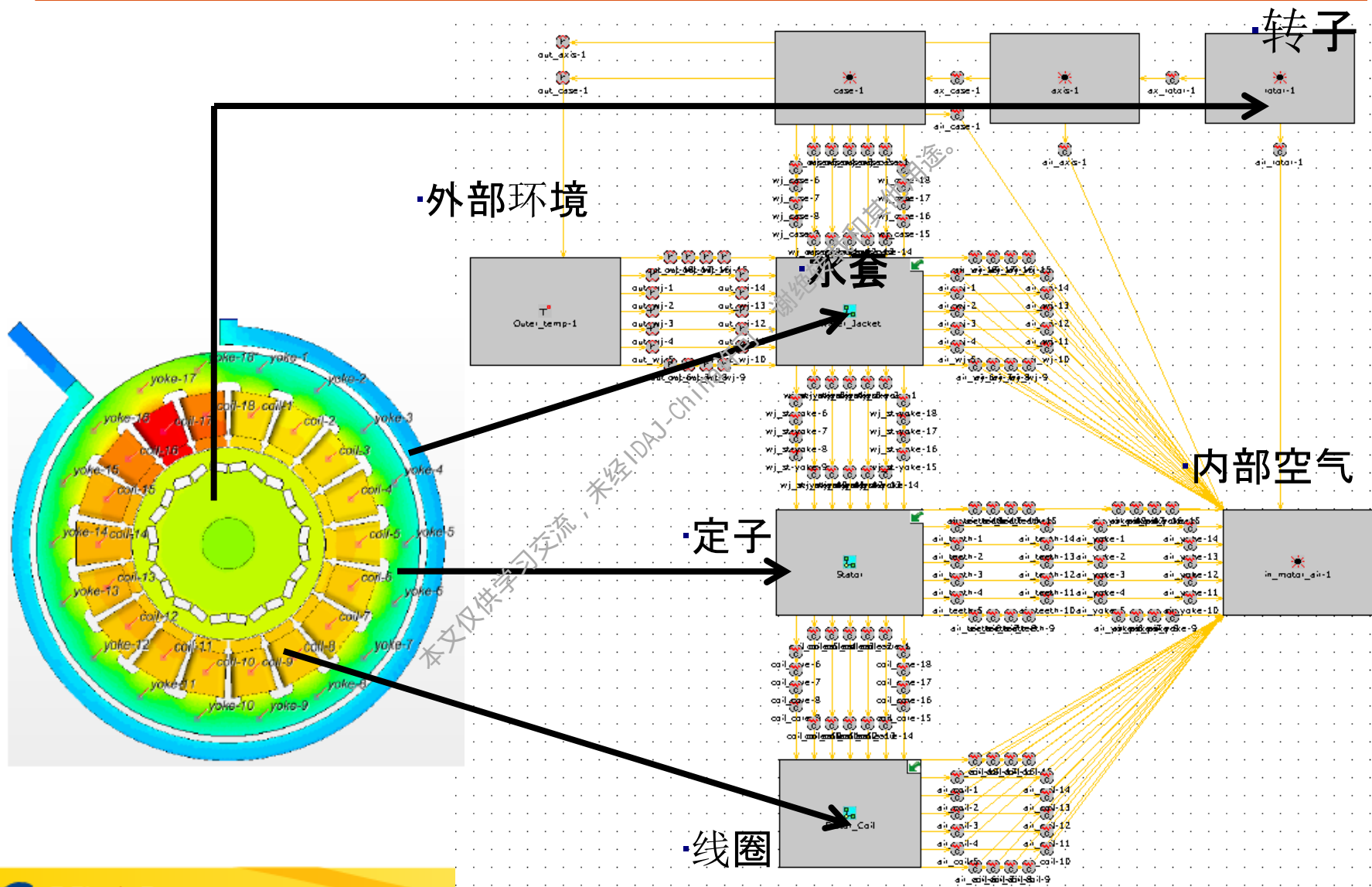
热源的确

■ 热源的确

- 主要的热源为:线圈铜损、铁芯铁损以及磁钢涡流损耗
- 通过JMAG计算铁耗和铜耗

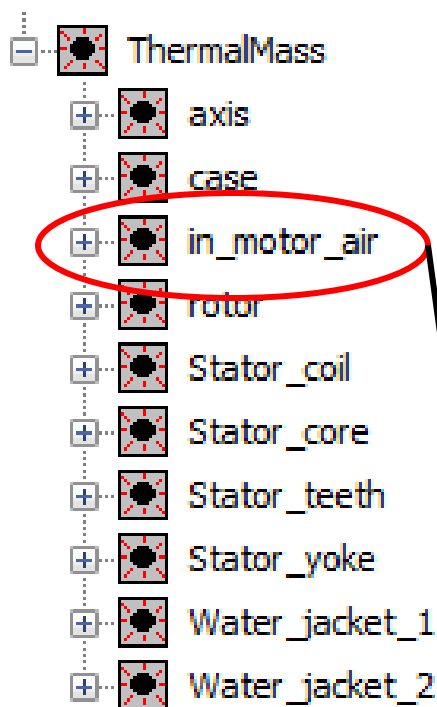


模型概況



模型搭建—固体

■ 模型中所需要用到的固体模板及输入参数



Template: ThermalMass Part: rotor-1

Object: rotor Create Parameter Ob...

Object Comment:

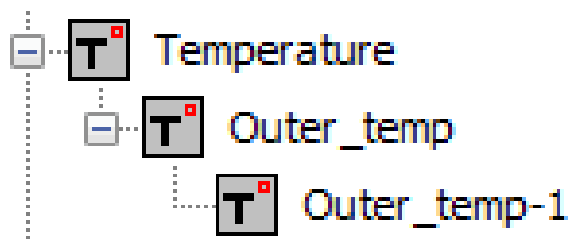
Comment:

Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Material Properties Object		Steel	
Mass	kg	8.18781	质量
Initial Temperature	K	300	温度
Source Heat Rate	W	208.077	散热

·此处把点击内部的空气也看做是固体，便于对其定义和计算传热

模型搭建—环境

■ 模型中所需要用到的环境模板



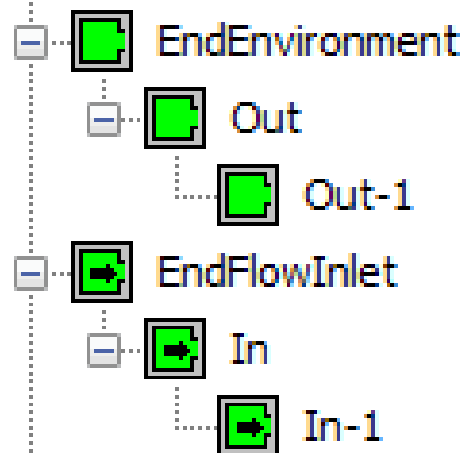
Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Temperature	K	300	

·仅需要定义环境温度

模型搭建——冷却水进出口边界

■ 模型中所需要用到的冷却水进出口模板

· 冷却水出口(压力边界)



Template: EndEnvir Part: Out-1

Object: Out

Object Comment:

Comment:

需要定义压力、温度和组份

Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Pressure	bar	1	
Temperature	K	300	
Pressure Flag		standard(total)	
Composition		h2o	

· 冷却水进口(流量边界)

Template: End Part: In-1

Object:

Object Comment:

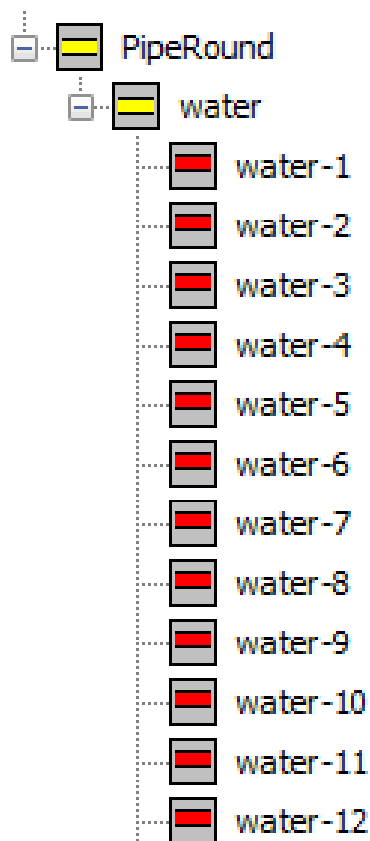
Comment:

需要定义流量、温度和组份

Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Volumetric Flow Rate	liter/min	ign	
Mass Flow Rate / Air scfm	kg/s	ign	
Velocity	m/s	0.15	
Temperature	K	313	
Composition		h2o	

模型搭建——冷却水流体

■ 模型中所需要用到的冷却水流体模板



Template: PipeRoun Part: water-8

Object: water

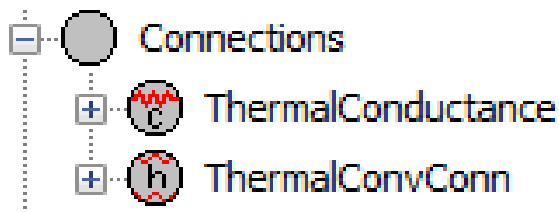
Object Comment:

Comment: **需要定义几何结构、初始状态**

Attribute	Unit	Object Value	P
Diameter at Inlet End	m	0.0146581	
Diameter at Outlet End	m	0.0146581	
Length	m	0.0623082	
Discretization Length	m	0.0623082	
Pipe Elevation Change	mm	ign	
Material for Default Surface Roughness		user_value	
Surface Roughness	mm	def	
Wall Temperature	K	ign	
Wall Temperature Solver Object		ign	
Initial State Name		water	

模型搭建——换热模块

■ 模型中所需要用到的换热系数模板



- 固体之间的热传导用：
ThermalConductance
- 固体和流体之间的热对流用：
ThermalConvConn
- 整体来说换热系数属于
- 校核参数，需要调节

Template: ThermalConductance

Object: air_case

Comment: 需要定义接触面积、换热系数

At...	Node 1/Port 1	Node 2/Port 2	Unit Thermal Conductance	Surface Area
Unit			W/m^2-K	m^2
1	def	def	[hconv]	2.68606
2				
3				

Template: ThermalConvConn

Part: hConv-1

Object: hConv

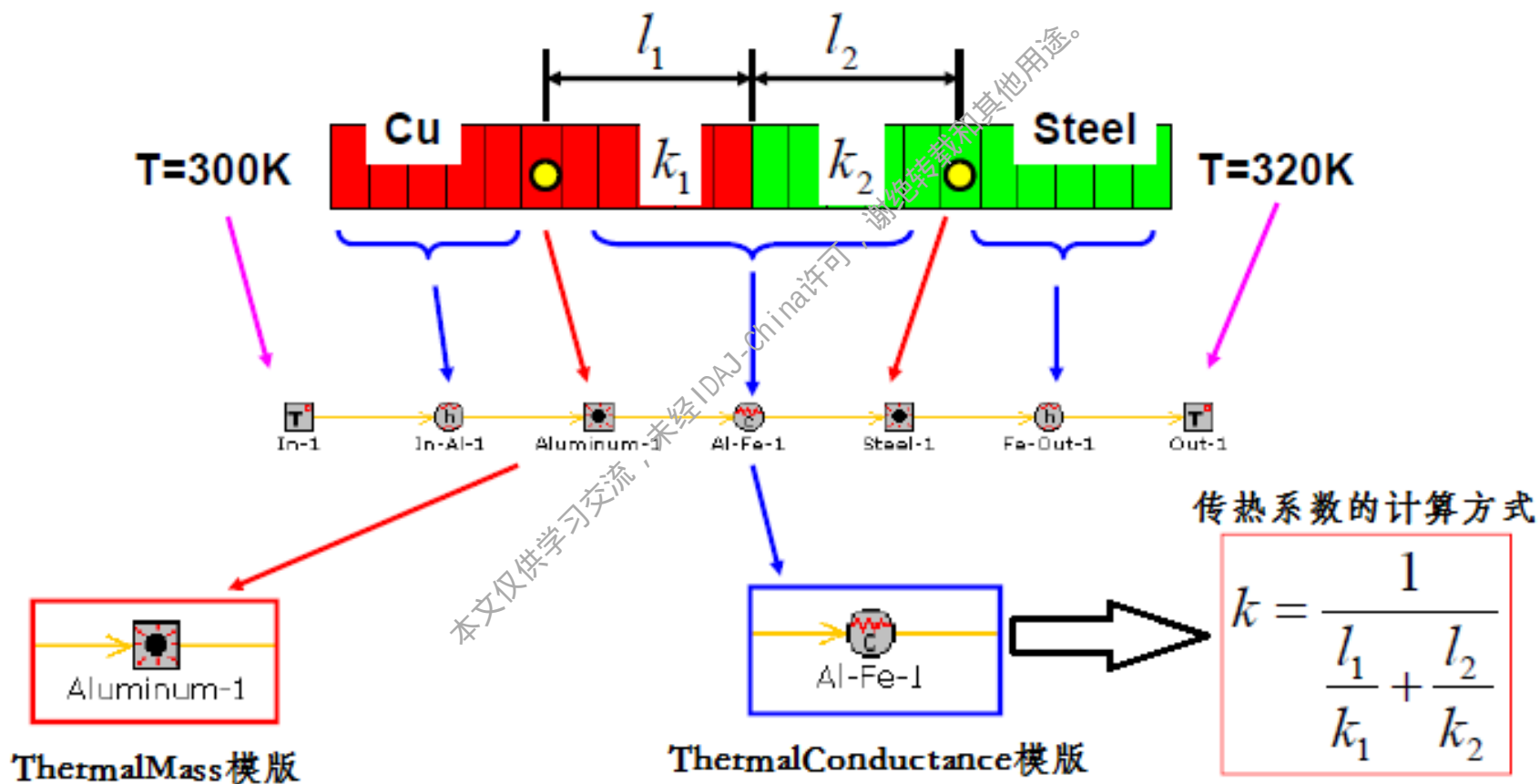
Object Comment: 需要定义接触面积、换热系数

Comment:

Attribute	Unit	Object Value	Part Override
Convective Heat Transfer Coefficient	W/m^2-K	400	[hw-1]
Surface Area	m^2	0.00654236	

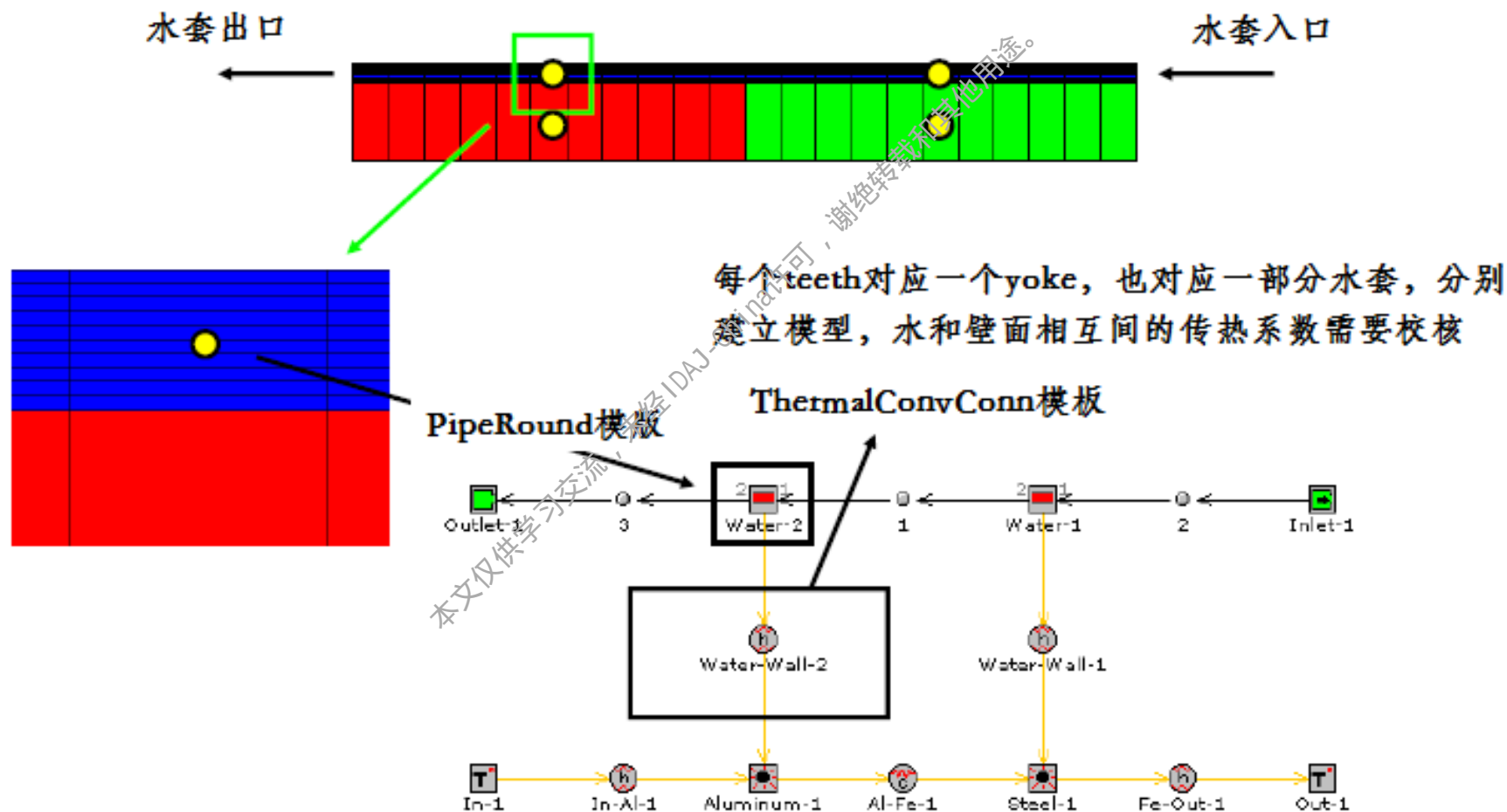
固体连接处在GT中的建模

- 如：定子yoke、coil、teeth之间为此种连接



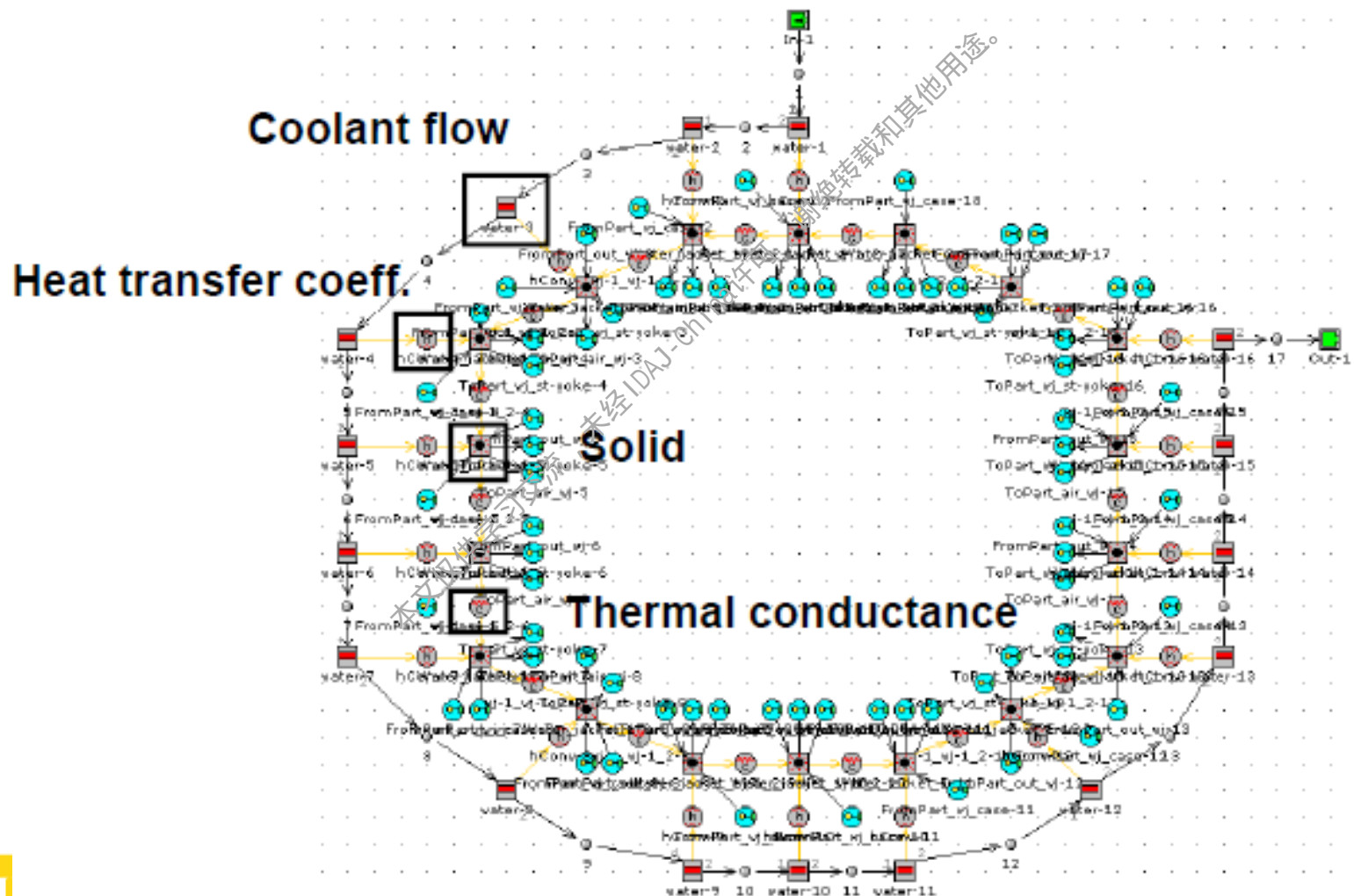
冷却水和壁面在GT中的建模

- 水套中的冷却水和水套壁面之间的换热系数不易确定

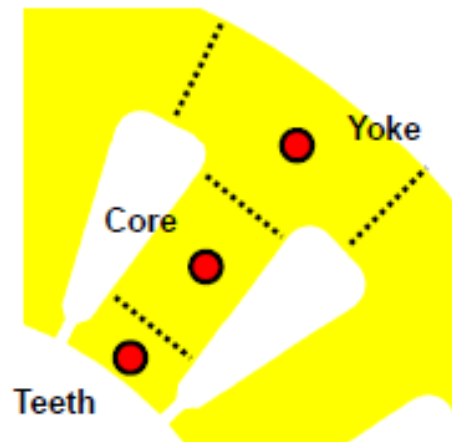
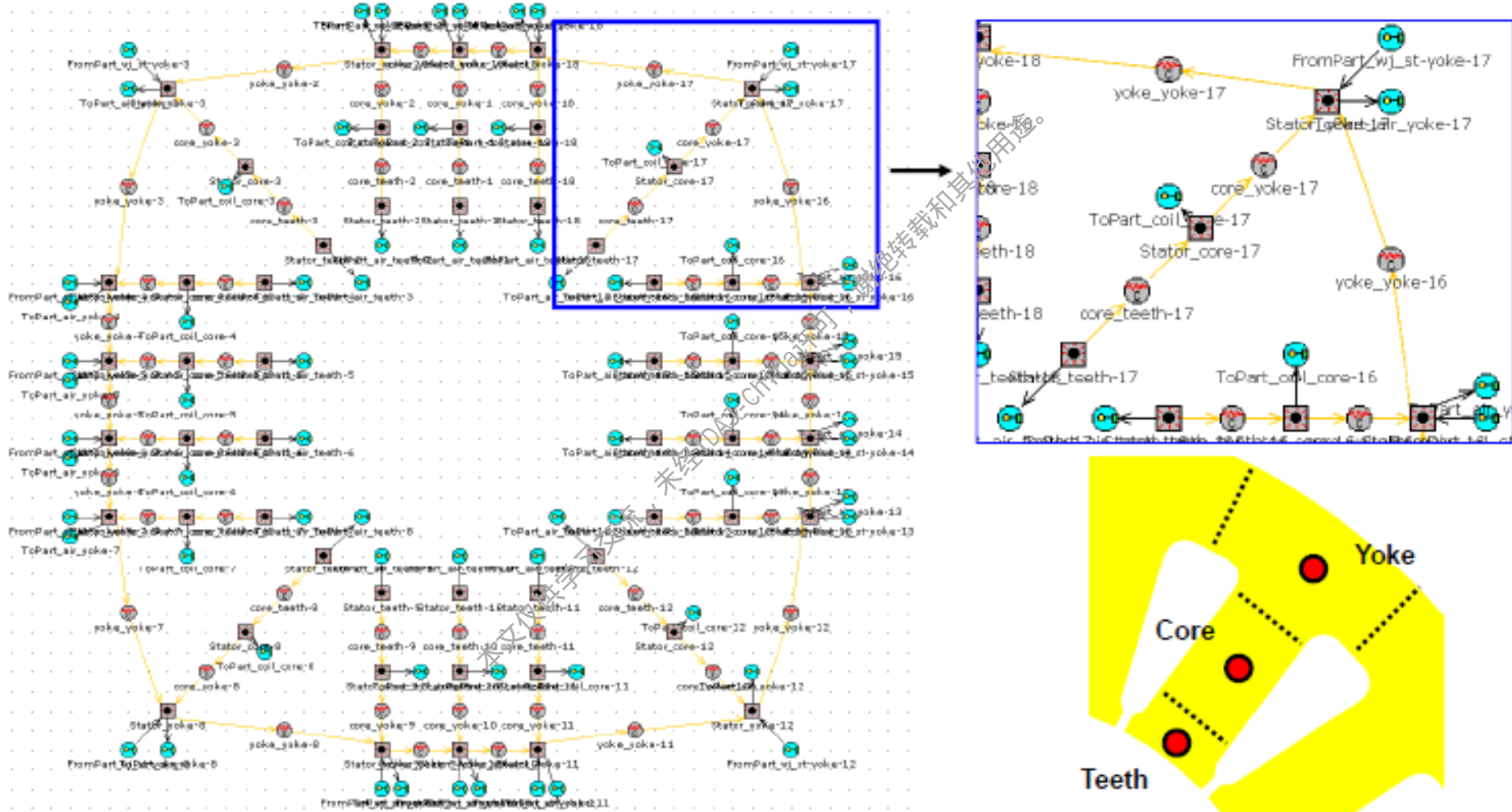


水套模型

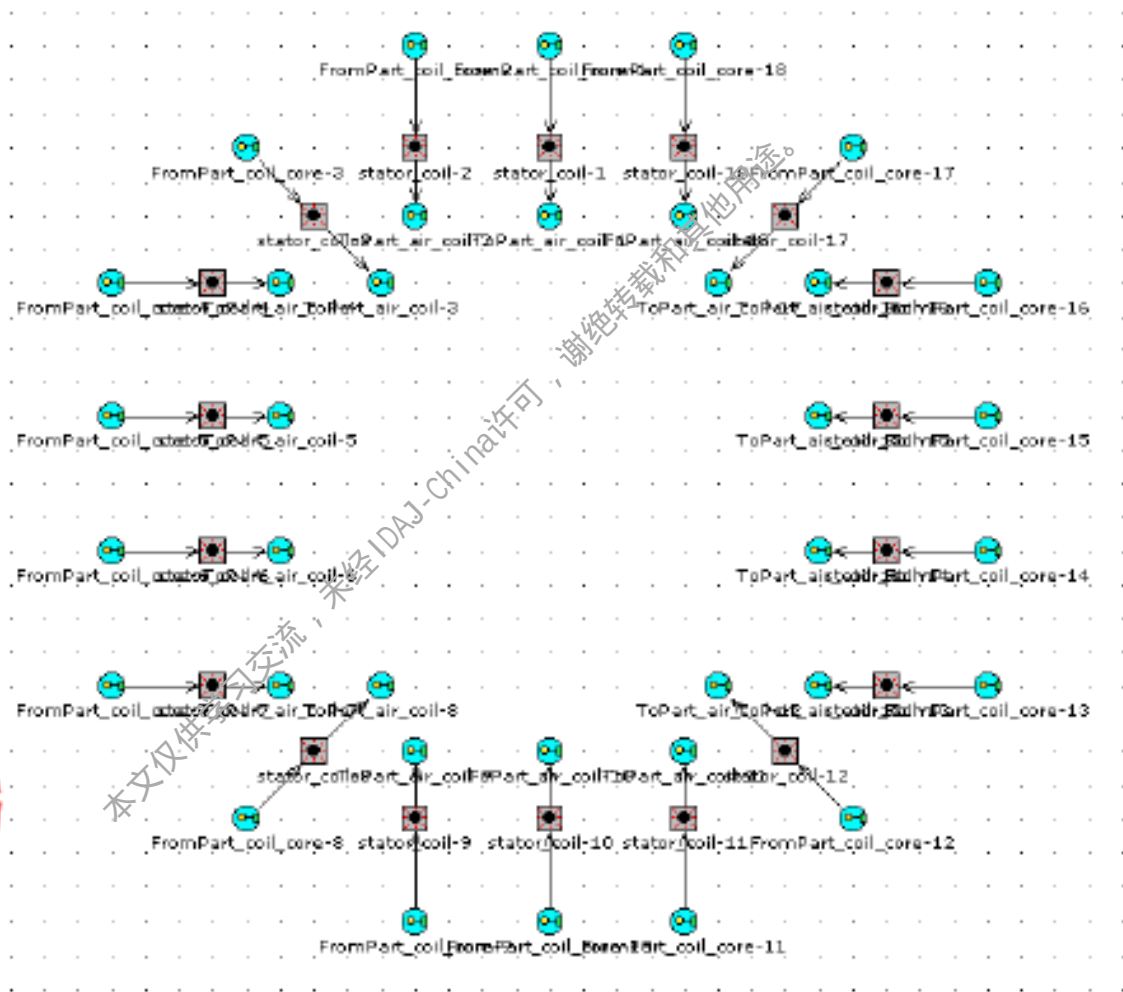
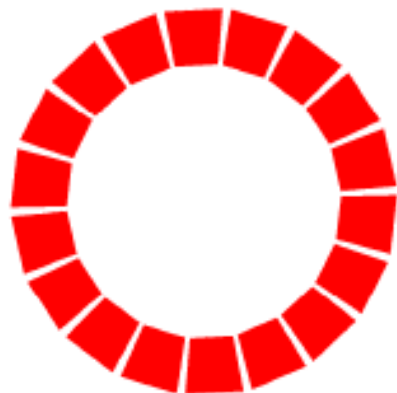
- 每个齿及其对应的水套部分都需要独立建模



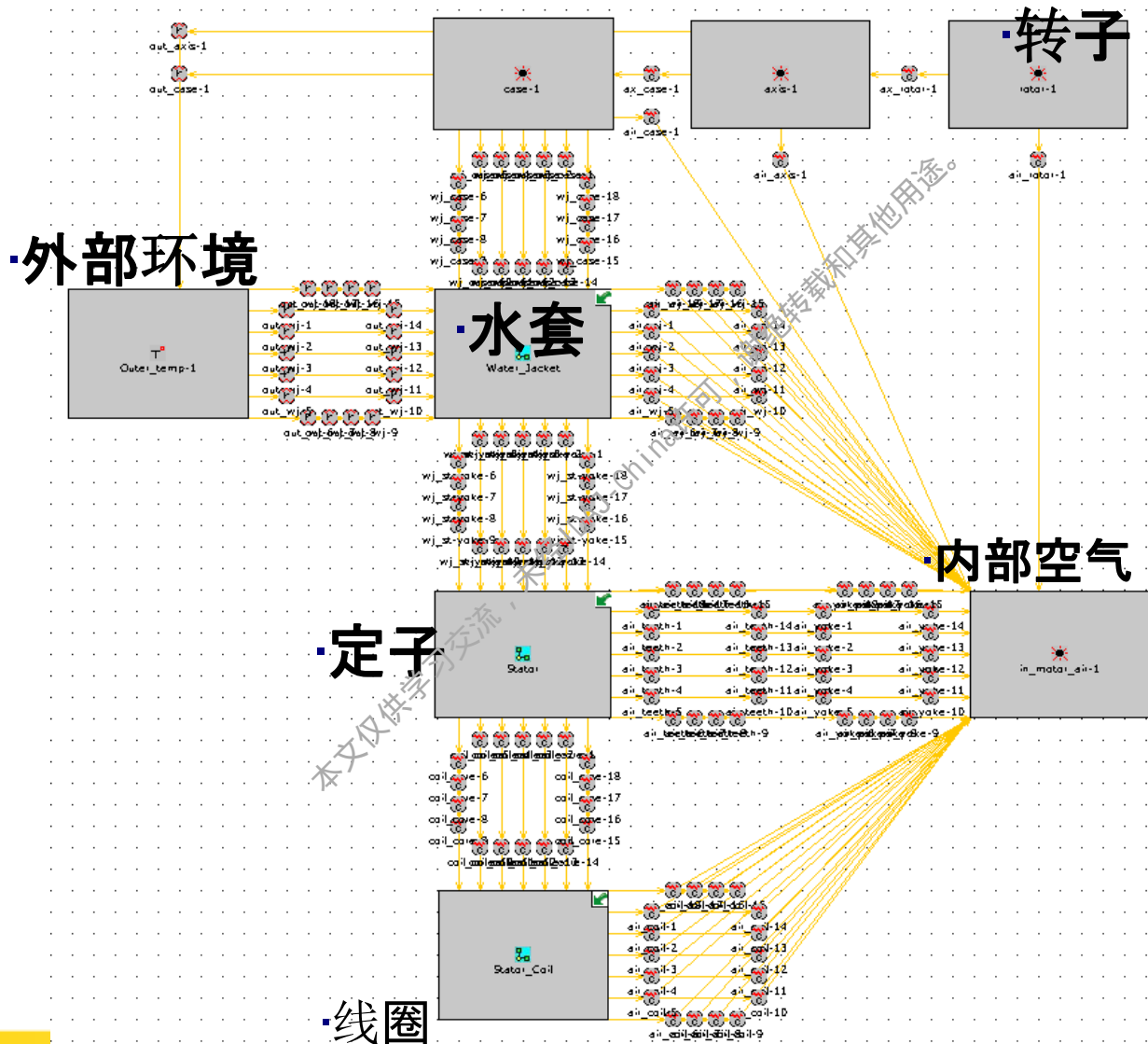
定子模型



线圈模型



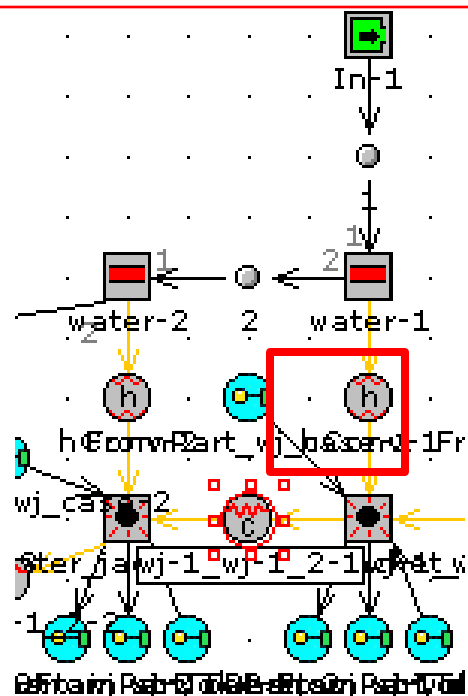
完整模型



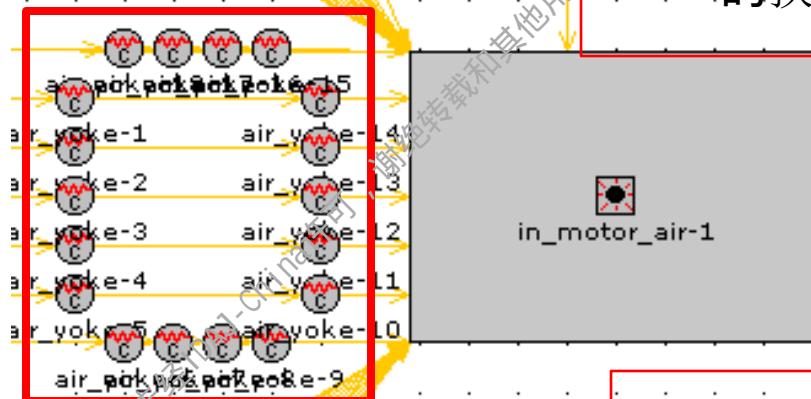
模型的校核

■ 多个部分的传热系数需要校核

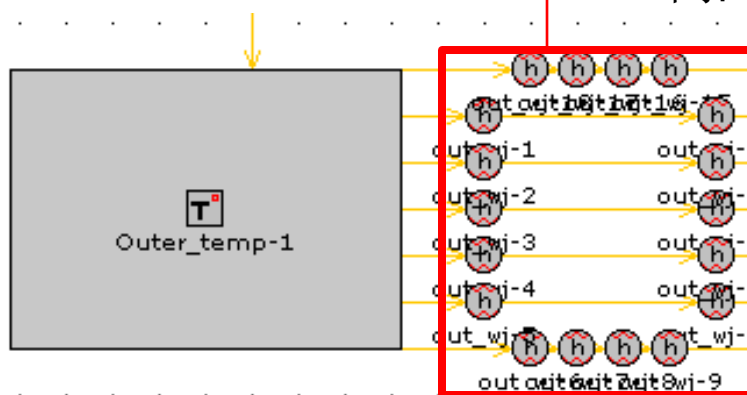
- 水和壁面间的换热系数
- 每个teeth对应一个



- 所有部件和内部空气间的换热系数
- 的换热系数

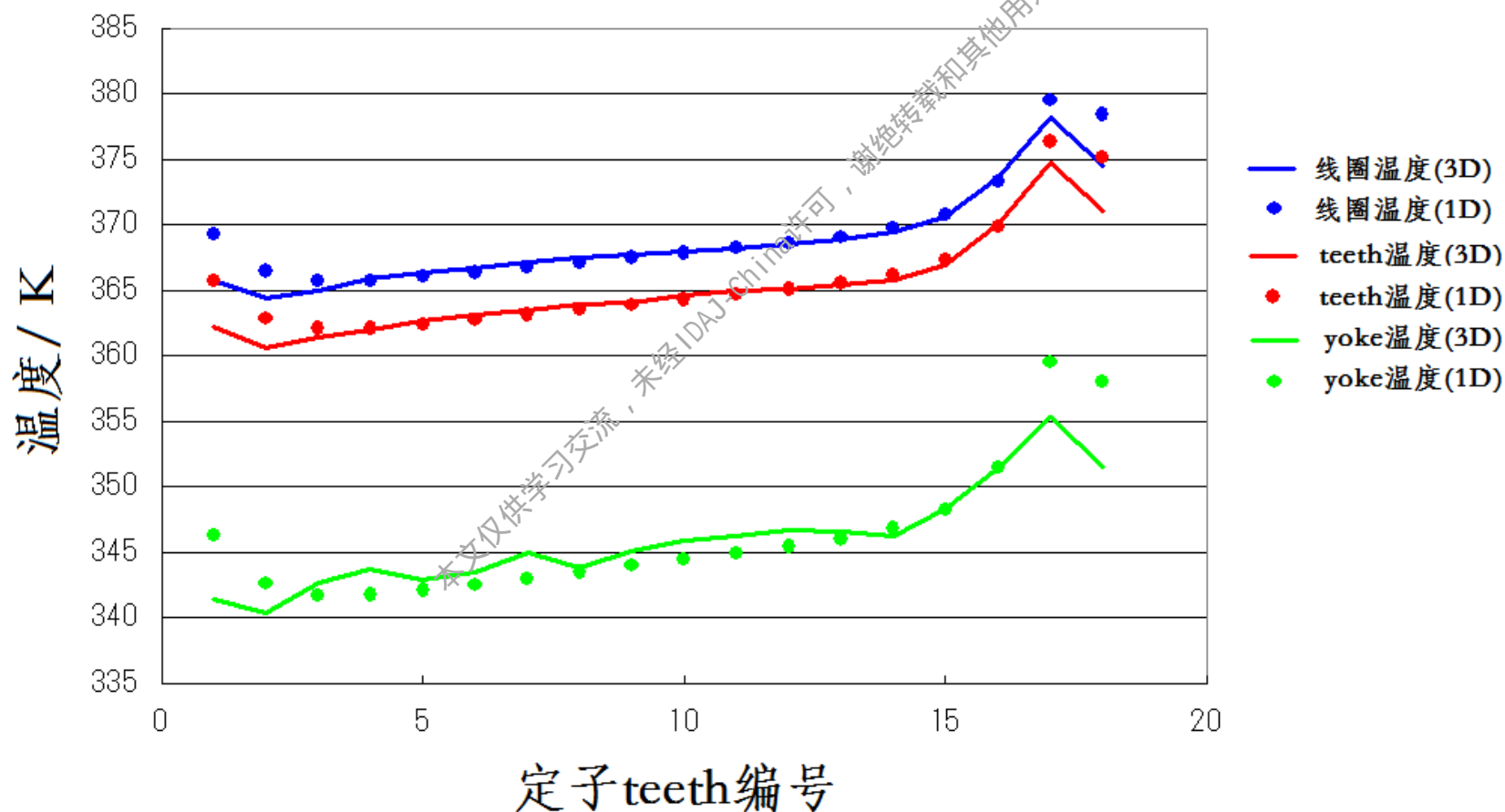


- 水套、壳体和外部空气间的换热系数
- 的换热系数



计算结果

- 校核各部分的传热系数, 可以选用优化软件来完成
- 部件温度

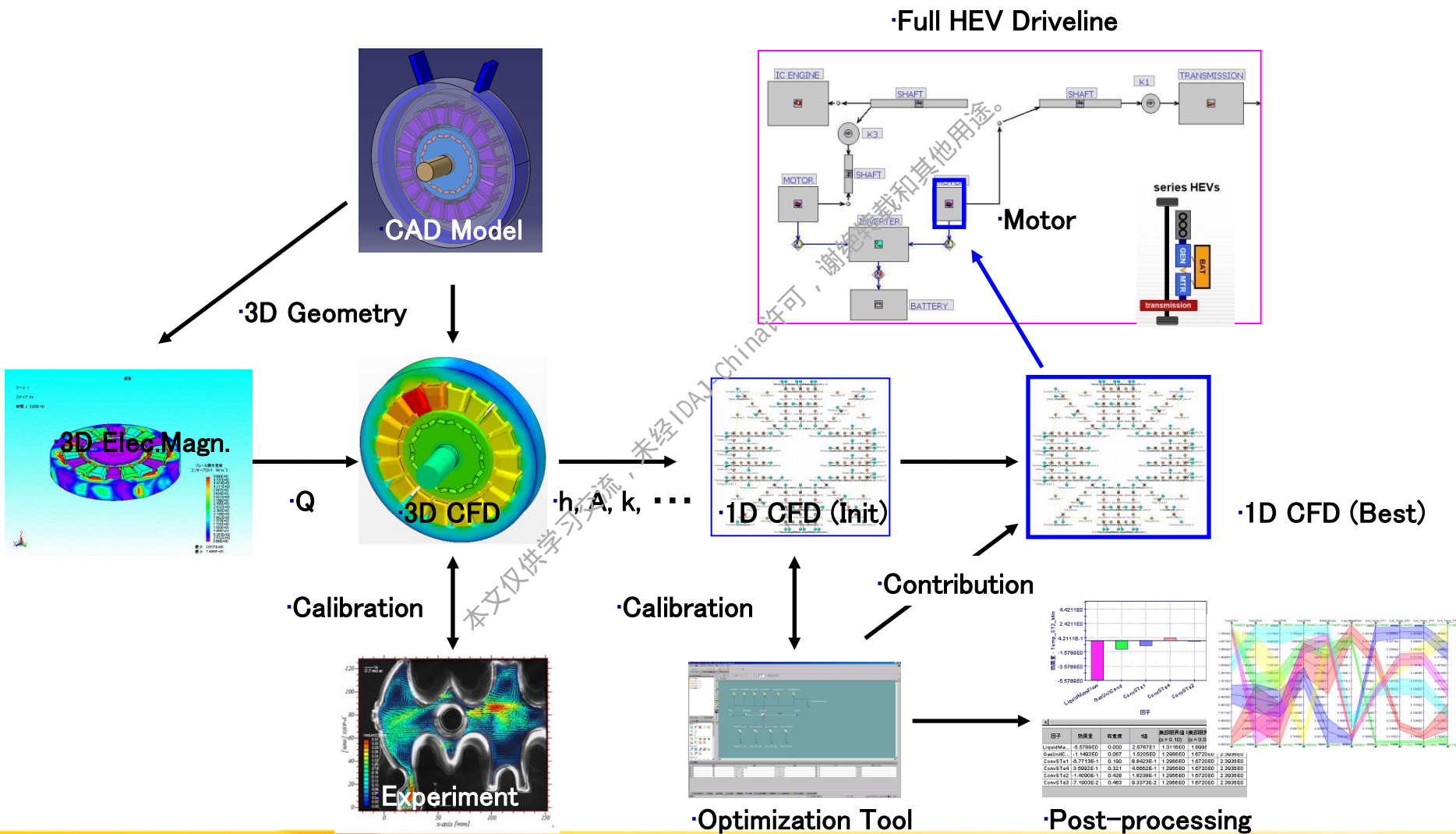


JMAG联合GT热场计算总结

- 模型一次性搭建后，可以修改冷却流量，热源等，非常快速的计算出电机各个节点的温升。
- GT可以搭建系统仿真模型，联合其他软件一起仿真，如在新能源混合动力中，连同电动机和发动机的热管理一起来计算。

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。

电机散热全方案图总结



谢谢大家！

本文仅供学习交流，未经IDAJ-China许可，谢绝转载和其他用途。