

超导线圈交流损耗使用说明书

1. 引言

本软件适用于计算超导线圈交流损耗，分别提供了不同超导带材，包括 YBCO 及 BSCCO 带材，针对不同频率交流电流、不同匝数的线圈，均可计算出每匝线圈的交流损耗，亦可计算出整个线饼的交流损耗值，计算结果可以通过 GUI 显示损耗分布，同时计算数据可供用户使用。

2. 软件概述

2.1 软件用途

本软件的开发主要是针对超导磁体设计人员分析超导线圈在不同频率交流电流下，分析不同匝数超导线圈在上升沿和下降沿的交流损耗。

2.2 参数设置

针对超导线圈在进行交流损耗计算前，下面分别介绍了不同超导线圈不同参数的具体含义，具体详见表 1，其中部分参数，在用户计算前需提前提供其具体参数，关于其参数的具体解释请详见 2.3 具体参数设置解读。

表 1 RAA 程序输入参数

加载参数			
I_ap	加载电流 (A)	Frenquency	加载频率 (Hz)
带材参数			
Tape_Width	带材宽度 (m)	Tape_Thickness	带材厚度 (m)
SC_Width	超导层宽度 (m)	SC_Thickness	超导层厚度 (m)
Ic	临界电流	Y0	Ic(B)计算参数
A1	Ic(B)计算参数	t1	Ic(B)计算参数
A2	Ic(B)计算参数	t2	Ic(B)计算参数
建模参数			
R_enviroment	空气层半径	msize1	超导层划分网格大小 (厚度方向)
		msize2	超导层划分网格大小 (宽度方向)

线饼几何参数			
pancake_Num	超导线饼数量		
coil1_r1	线饼 1 内径	coil1_z1	线饼 1 下边缘高度
coil1_num	线饼 1 匝数		
coil2_r1	线饼 2 内径	coil2_z1	线饼 2 下边缘高度
coil2_num	线饼 2 匝数		
计算选项			
calculation_JcB	是否计算 Jc(B)	calculation_symm	是否为对称模型
calculation_ifdetail	是否采用详细模型	calculation_pnummin	简化模型中计算饼编号下限
		calculation_pnummax	简化模型中计算饼编号上限
calculation_onlyup	是否只计算上升沿	Cur_down	下降沿采用的步数参数

2.3 软件输入说明

2.3.1 加载参数

1. Applied Current (A) 为实际超导线圈运行时的加载电流（建议为 $0.3I_c-0.8I_c$ ）。
2. Frequency (Hz) 为实际运行时的频率。

The screenshot shows a window titled 'Loads' with two input fields. The first field is labeled 'Applied Current (A)' and contains the number '60'. The second field is labeled 'Frequency (Hz)' and contains the number '1'.

图 1 加载参数

2.3.2 带材参数

带材可选择 YBCO/ (BSCCO/Ag) 等两种超导带材进行超导带材交流损耗计算。

1. Tape_Width (mm) 为超导带材的宽度参数。
2. Tape_Thickness (mm) 为超导带材的厚度参数。
3. SC_Width (mm) 为超导层宽度。
4. SC_Thickness (mm) 为超导层厚度。
5. I_c 为超导带材临界电流。

当需要提供超导带材的 $I_c(B)$ 特性的时候需要提供以下参数。

其参数主要为公式中的系数，公示请参见 GUI 界面中 Tape 部分，如图 2。其中 Y_0 、 A_1 、 A_2 、 t_1 、 t_2 等参数需要客户提供。

Tape

YBCO

Tape Width (mm) 4 Tape Thickness (mm) 0.08

SC Width (mm) 4 SC Thickness (mm) 0.05

Ic (A) 120 Calculate Jc(B)

$Jc(B_{perp}) = Y0 + A1 * \exp(-B_{perp}/t1) + A2 * \exp(-B_{perp}/t2)$

Y0 -4.4754e6 A1 9.10517e7 t1 0.16711 A2 9.4239e7 t2 -0.02603

图 2 带材参数

2.3.3 线饼参数

- coil1_r1 为第一线饼线饼内径，coil1_z1 为线饼 1 下边缘高度；
 - coil1_r2 为第二线饼线饼内径，coil1_z2 为线饼 2 下边缘高度；
 - coil1_r3 为第三线饼线饼内径，coil1_z3 为线饼 3 下边缘高度；
- coil1_ri 为第 i 线饼线饼内径，coil1_zi 为线饼 i 下边缘高度；其中 i 为第 i 线饼。其相应的线饼会在右侧显示出来，具体如图 3 所示。

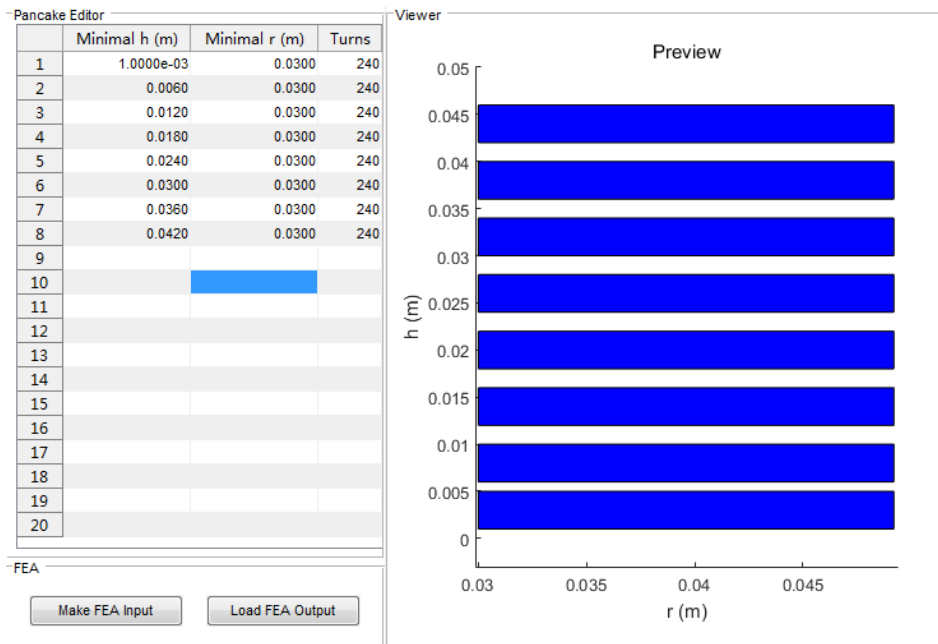


图 3 线饼参数

2.3.4 建模参数

- Symmetric Model 为对称模型选项，在不点击情况下默认为轴对称，点击后即磁体关于 X 轴和 Y 轴均对称，其中 Y 轴为线圈轴向。
- Simplified Model 为选择简单模型需计算的线饼序号，当不选择此项时，按照复杂

模型计算。

3. Calculate Down Process 为选择计算是否选择计算下降沿，点击选项即可实现下降沿计算，否则按照上升沿计算。

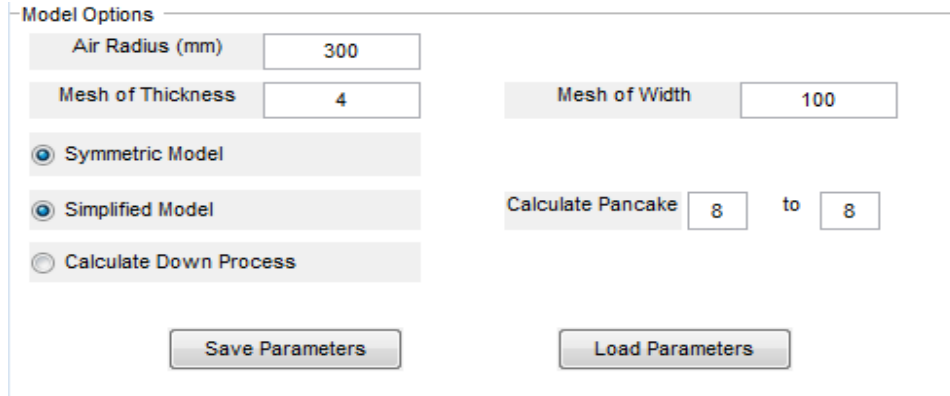


图 4 建模参数

其软件运行界面如图 5 所示，为所有需要的输入参数。

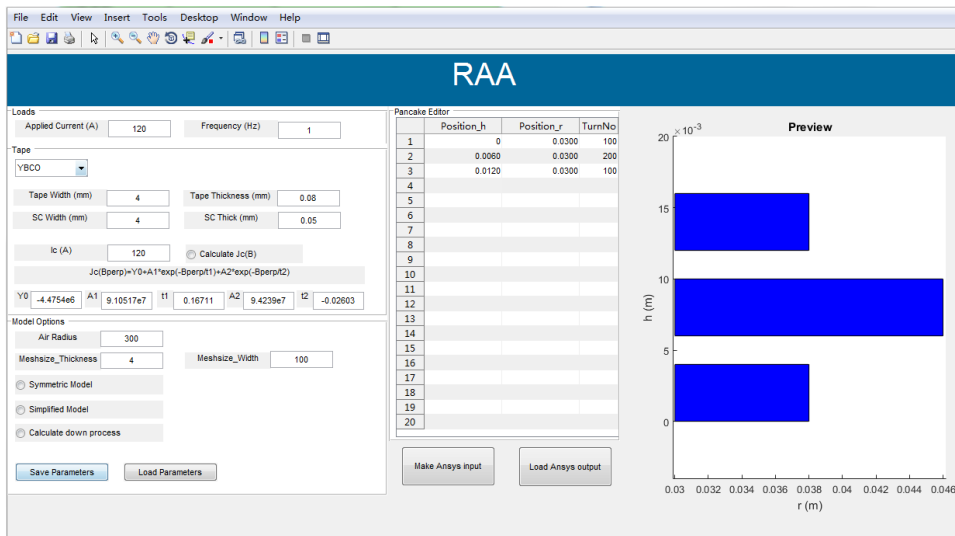


图 5 GUI 程序界面 1

当运算完成后可以显示对应的交流损耗分布，如图 6 所示。

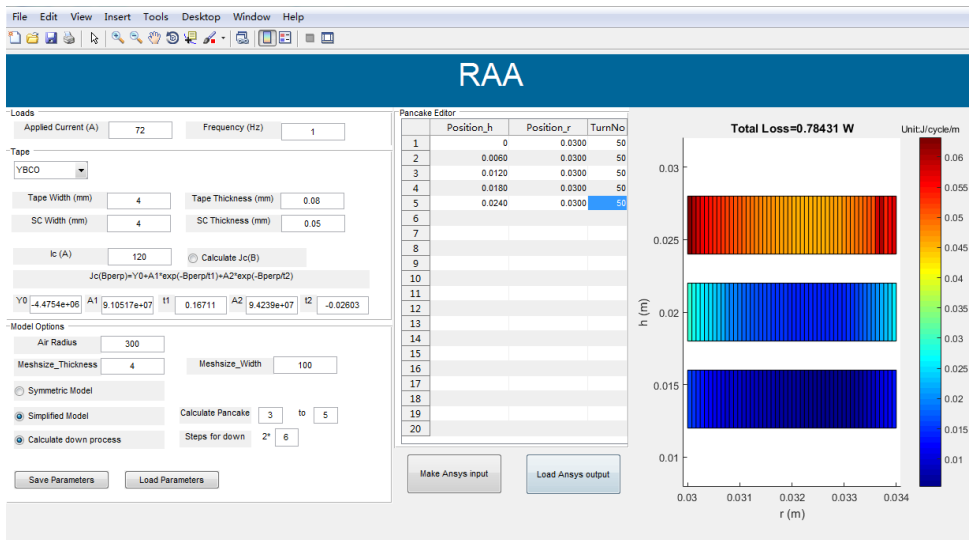


图 6 GUI 程序界面 2