

基于 ABAQUS 的钢板直焊耦合及材性敏感度
分析前处理系统 V1.0
-使用说明

版本	1.0
作者:	王禹涵
负责人:	陈适才
创建日期:	2025 年 3 月 31 日
更新日期:	2025 年 4 月 2 日

研发历史

日期	版本	作者	描述
2025-1-10	0.1	王禹涵	了解背景
2025-2-10	0.1	王禹涵	初步明确系统目的
2025-2-15	0.2	王禹涵	初步建立系统雏形
2025-3-4	0.5	王禹涵	初步完成系统代码
2025-3-17	1.0	王禹涵	完善系统并设计 GUI 界面
2025-3-31	1.0	王禹涵	编写使用说明文档

目录

1 简介4

1.1 编写目的.....4

1.2 适用人群.....4

2 产品概述.....4

2.1 运行环境.....4

2.1.1 操作系统、硬件、依赖库等要求.....4

2.1.2 支持版本.....4

2.1.3 单位要求.....4

2.2 主要功能.....5

2.2.1 直接耦合 Coupled temp-displacement.....5

2.2.2 顺序耦合的温度场 Heat transfer.....5

2.3 注意事项..... 错误!未定义书签。

3 使用说明.....5

3.1 安装部署.....5

3.2 用户操作说明.....6

3.2.1 Part 模块6

3.2.2 Property 模块.....7

3.2.3 Mesh 模块.....8

3.2.4 Step 模块9

3.2.5 Interaction 模块10

3.2.6 Load 模块11

1 简介

1.1 编写目的

高校本科生及研究生在进行钢结构焊接模拟实验后，进行仿真模拟任务时，由于 abaqus 较复杂的界面，导致用户需要浪费大量的时间进行学习，并且由于在仿真模拟建模过程中再次进行参数修改等操作时，面临大量的重复操作步骤，造成我们科研效率较低。本系统正是为了解决这些问题而研发出来。

1.2 适用人群

本文档为使用说明文档，为产品的使用与维护提供信息基础。本文档的使用对象主要为土木工程专业研究方向为结构方向的本科生、研究生科研工作者。

2 产品概述

2.1 运行环境

2.1.1 操作系统、硬件、依赖库等要求

1) 操作系统

Windows: Windows10;

Linux: Red Hat Enterprise Linux6、7; SuSE Linux Enterprise Server11、12

2) 硬件

处理器: x86-64 架构的 Intel 或 AMD 处理器;

内存: 至少 8GBRAM;

磁盘空间: 至少 50GB 可用空间

3) 依赖库

Windows: 需要 Microsoft Visual Studio 和 Intel Visual Fortran, 不同版本的 abaqus 适配对应版本的 Microsoft VisualS tudio 和 Fortran;

Linux: 需要 GCC 编译器和相关运行时库。

2.1.2 支持版本

支持 abaqus16~24 版本。

2.1.3 单位要求

本系统参数单位采用国际单位制 SI(mm), 与 SI 单位制换算关系见表 2-1-1 单位换算表。

表 2-1-1 单位换算表

	SI	SI (mm)	转换系数
长度	m	mm	10 ³
质量	kg	Ton	10 ⁻³
时间	s	s	1
力	N	N	1
应力	Pa	MPa	10 ⁻⁶
能量	J	mJ	10 ³
密度	kg/m ³	ton/mm ³	10 ⁻¹²
比热	J/(kg*k)	mJ/(ton*K)	10 ⁶
潜热	J/kg	mJ/ton	10 ⁶
热膨胀系数	1/K	1/K	1
热传导率	W/(m*K)	W/(m*K)	1

2.2 主要功能

2.2.1 直接耦合 Coupled temp-displacement

适用情况：当你希望在同一分析步骤中同时计算温度场和由热引起的变形(包括应力场)时，应选择这个步骤。这是焊接仿真中最常用的步骤，能够考虑温度和位移的耦合效应。

步骤描述：该步骤适用于热-力耦合的仿真，ABAQUS 会同时求解温度和位移(包括由温度引起的应力)。这是焊接模拟中的标准步骤，适用于模拟焊接过程中温度变化及其对材料的影响。

用途：用于焊接仿真中的热-力耦合问题，考虑热传导、热应力和焊接过程中的变形。

2.2.2 顺序耦合的温度场 Heat transfer

适用情况：如果你只关心焊接过程中温度场的变化(不考虑应力和变形)，可以选择 HeatTransfer 步骤。

步骤描述：该步骤用于仅计算温度场，而不涉及力学行为。它适用于你只想了解焊接过程中的热源分布和温度变化时的情况。

用途：当你只需要模拟温度场，并且不关注由温度引起的变形和应力时使用。

此外，我们在对模拟结果与实际实验结果不匹配的情况下，可通过此系统进行快速参数修改，分析各个参数的敏感性。

3 使用说明

3.1 安装部署

1) 确保你的电脑安装了 Abaqus CAE，如图 3-1-1。



图 3-1-1

2) 在任务栏里输入 ‘%USERPROFILE%\abaqus_plugins’ 可到达 abaqus 的 abaqus_plugins 文件夹，此文件夹专门用于存放二次开发一类的插件，将压缩包里的 ‘PlateWelding’ 文件夹解压到此 abaqus_plugins 文件夹中如图 3-1-2。



图 3-1-2 路径图

3) 以管理员身份启动 Abaqus CAE，在任务栏里点击 Plug-ins，即可调用插件名为 3D_Plate_welding_Tool 的焊接模拟插件如图 3-1-3。

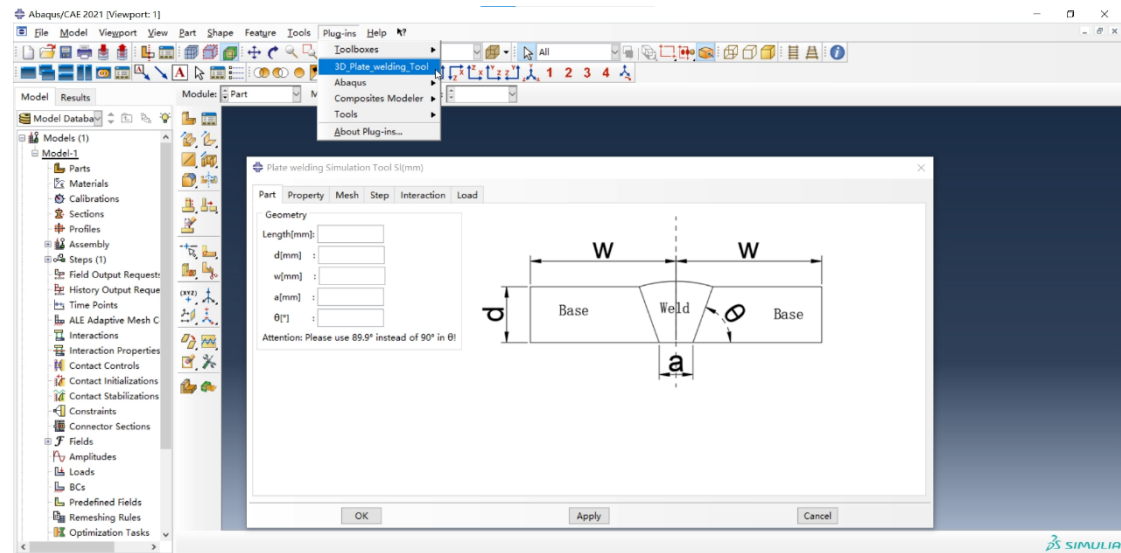


图 3-1-3

3.2 用户操作说明

3.2.1 Part 模块

本模块设置钢板母材和焊缝的几何尺寸

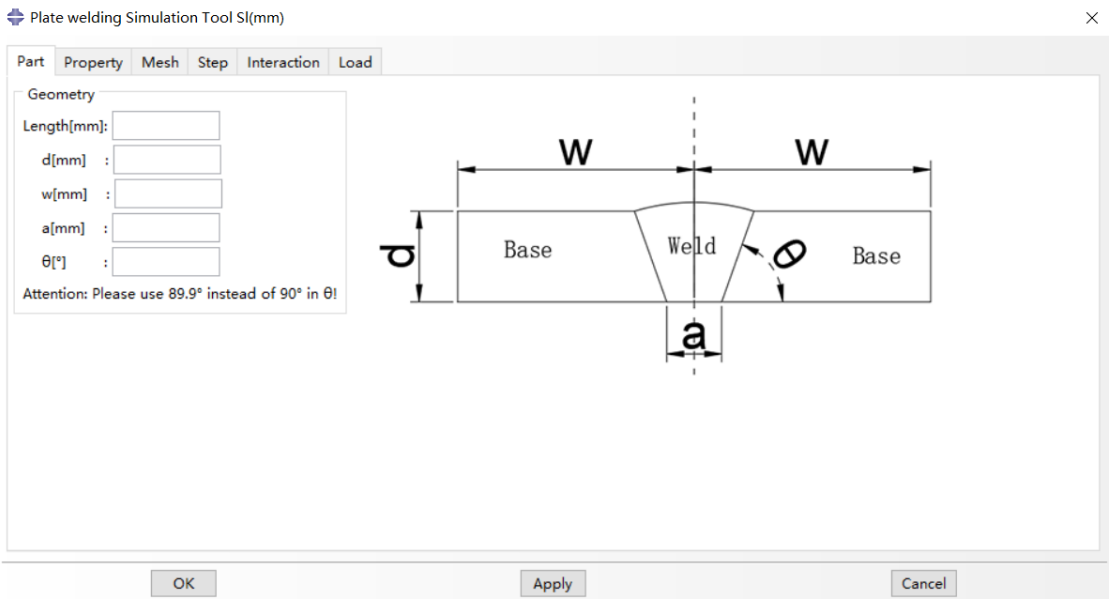


图 3-2-1 Part 任务

- Length 指钢板（母材 Base）的长度
- d 指钢板（母材 Base）的高度见图 7 右侧示意图
- w 指钢板（母材 Base）的宽度加焊缝（Weld）宽度的一半，详情见图 3-2-1 示意图
- 当焊缝（Weld）为正方形时， θ 需要取 89.9 度以代替 90 度
- 当焊缝（Weld）为梯形时，a 为短边， θ 根据要求取得
- 当焊缝（Weld）为三截形时，a 取值为零， θ 很具要求取得

3. 2. 2 Property 模块

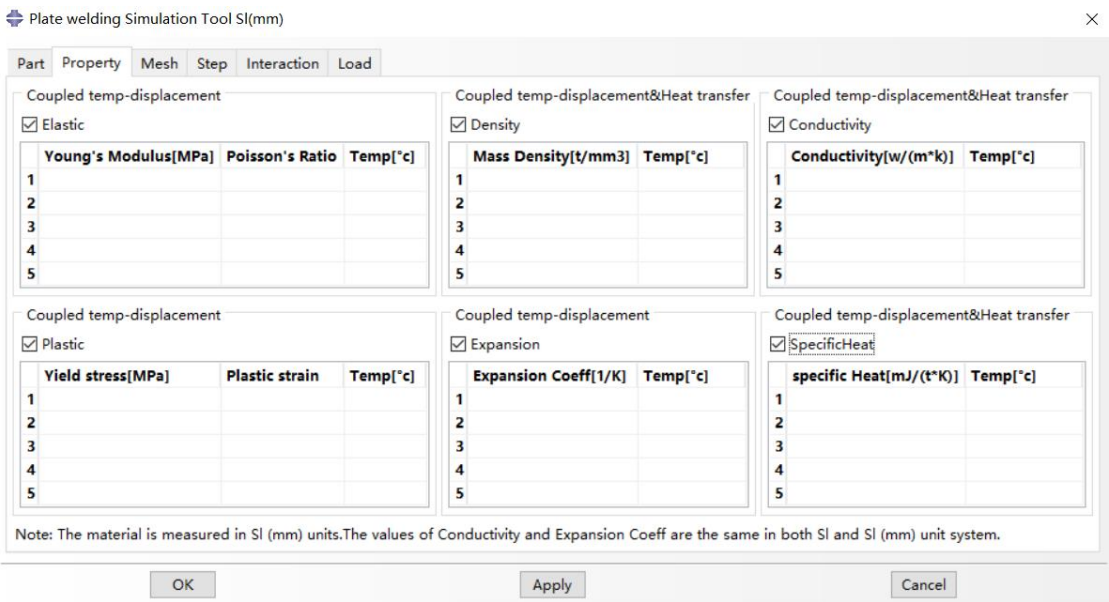


图 3-2-2 Property 任务

本模块输入母材及焊缝的材料属性，包括：密度、弹性、塑性、热膨胀、比热、传导。

1) 当我们进行直接耦合 Coupled temp-displacement

弹性 Elastic：杨氏模量、泊松比、温度；

密度 Density：密度、温度；

传导率 Conductivity：导热系数、温度；

塑性 Plastic：屈服强度、塑性应变、温度；

膨胀 Expansion：热膨胀系数、温度；

比热 SpecificHeat：比热容、温度。

2) 当我们进行顺序耦合 Heat transfer

密度 Density：密度、温度；

传导率 Conductivity：导热系数、温度；

比热 SpecificHeat：比热容、温度。

3. 2. 3 Mesh 模块

本任务主要用于为已建好的模型进行边布种，进行网格划分，用于控制仿真精度

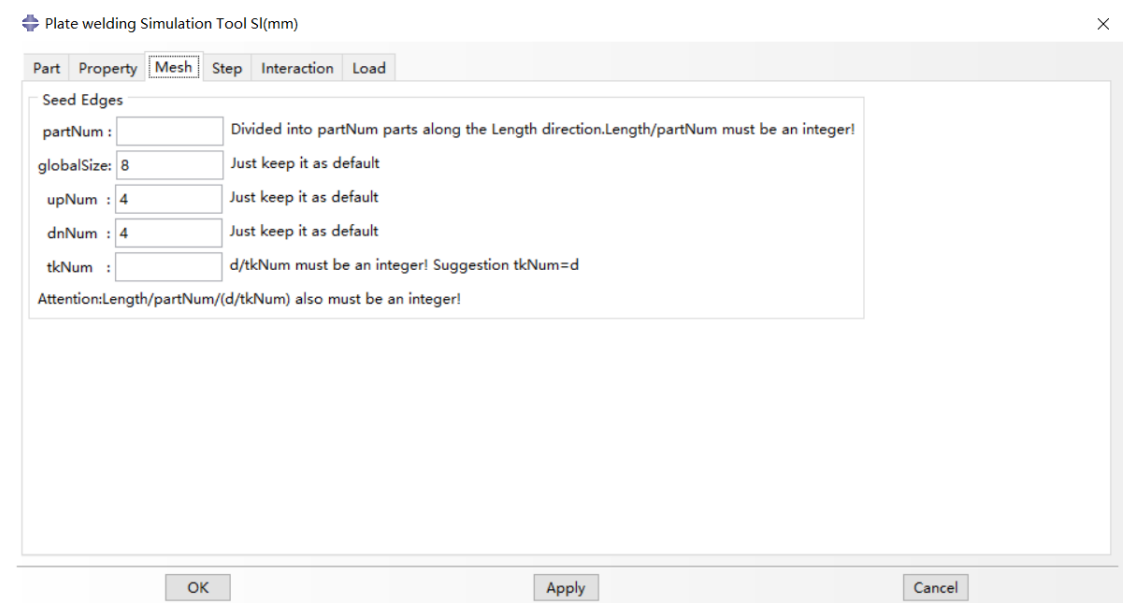


图 3-2-3 Mesh 任务

partNum：我们建完模型后，要对焊缝部分进行生死单元设置，沿焊缝 Length（长度）方向均等分为 partNum 份，因此 Length/partNum 必须为整数。

globalSize、upNum、dnNum 保持默认数值即可。

tkNum：沿焊缝 d(高度)方向均等分为 tkNum 份，因此 d/tkNum 必须为整数。

特别的，由于进行网格划分代码编写时的原因，Length/partNum/（d/tkNum）也必须为整数。

3. 2. 4 Step 模块

本模块主要用于对分析步进行时间设置

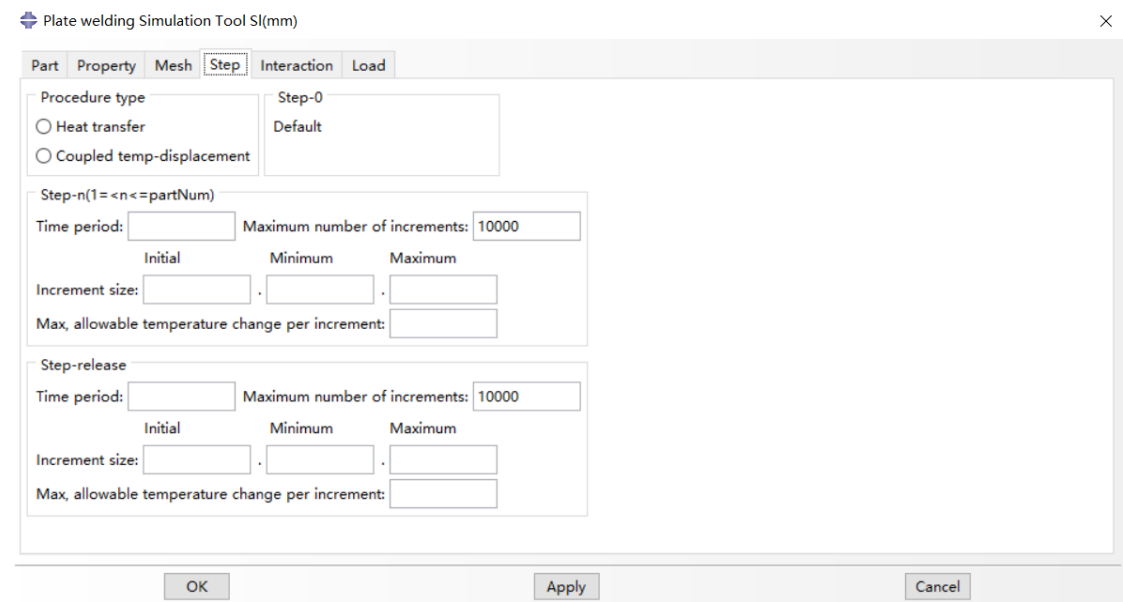


图 3-2-4 Step 任务

1) Procedure type

Heat transfer: 当我们进行顺序耦合仅求解温度场时，勾选此单选框。

Coupled temp-displacement: 当我们需要进行直接耦合焊接分析，考虑温度场下应力应变实时效应的时候，勾选此单选框。

当我们进行分析步 Step 设置时，分为三部分，第一部分是在极短的时间内杀死焊缝单元的杀死焊缝分析步；第二部分是按照之前均等分为 partNum 份，将这些份一份份的重新激活的激活分析步；第三部分是高温之后要对整体模型进行冷却的冷却分析步，如图 3-2-4。

2) Step-0 杀死焊缝分析步

直接耦合与顺序耦合的杀死焊缝分析步相同，因此采用代码内置的默认设置。

3) Step-n（1=<n<=partNum）激活分析步

Time period:激活步的每一步持续时间，激活分析步的持续时间计算公式参考 Length/partNum/welding。

Maximum number of increments:最大增量步。Abaqus 采用隐式求解器（如 Standard）或 显式求解器（如 Explicit）进行计算时，会自

动调整时间增量（Increment）以确保计算的收敛性，而这个参数限制了整个分析过程中最多能使用的增量次数。此值通常为 10000 默认即可。

Increment size:增量步时间。分为 initial（初始增量）、Minimum（最小增量）、Maximum（最大增量）、Max, allowable temperature change per increment（每步允许的最大温度变化）。

initial 参考值： $\text{Length/partNum/welding} \times 0.005$ 。

Minimum 参考值： $\text{Length/partNum/welding} \times 1\text{e-}8$ 。

Maximum 参考值： $\text{Length/partNum/welding} \times 0.03$ 。

Max, allowable temperature change per increment 参考值：2000。

4) Step-release 冷却分析步

Time period:冷却步的持续时间。

Maximum number of increments:最大增量步，设置同激活分析步。此值通常为 10000 默认即可。

Increment size:增量步时间。分为 initial（初始增量）、Minimum（最小增量）、Maximum（最大增量）、Max, allowable temperature change per increment（每步允许的最大温度变化）。

initial 参考值： $\text{Length/partNum/welding} \times 0.005$ 。

Minimum 参考值： $\text{Time period（冷却步的持续时间）} \times 1\text{e-}8$ 。

Maximum 参考值： $\text{Length/partNum/welding} \times 0.2$ 。

Max, allowable temperature change per increment 参考值：2000。

3. 2. 5 Interaction 模块

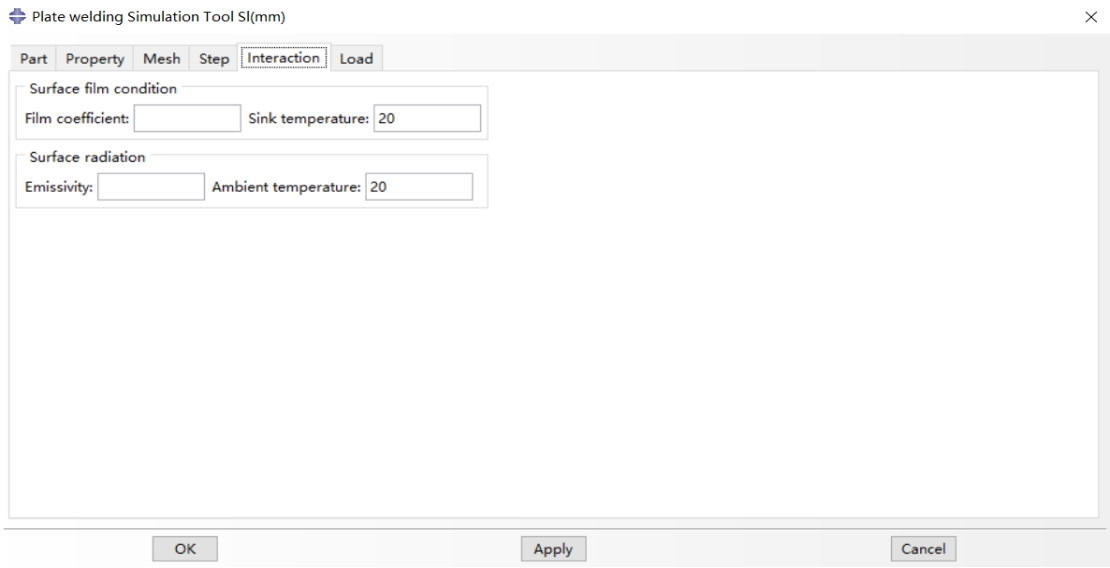


图 3-2-5 Interaction 任务

对模型进行表面及环境相互作用设置。

1) Surface film condition

在进行 Interaction（相互作用）的设置时，要对母材表面和焊缝表面进行表面热交换条件设置

Film coefficient:膜层散热系数

Sink temperature:环境温度通常设为 20 摄氏度

2) Surface radiation

在进行 Interaction（相互作用）的设置时，要对母材表面和焊缝表面进行表面辐射设置

Emissivity:发射率

Ambient temperature:环境温度，通常设为 20 摄氏度

3.2.6 Load 模块

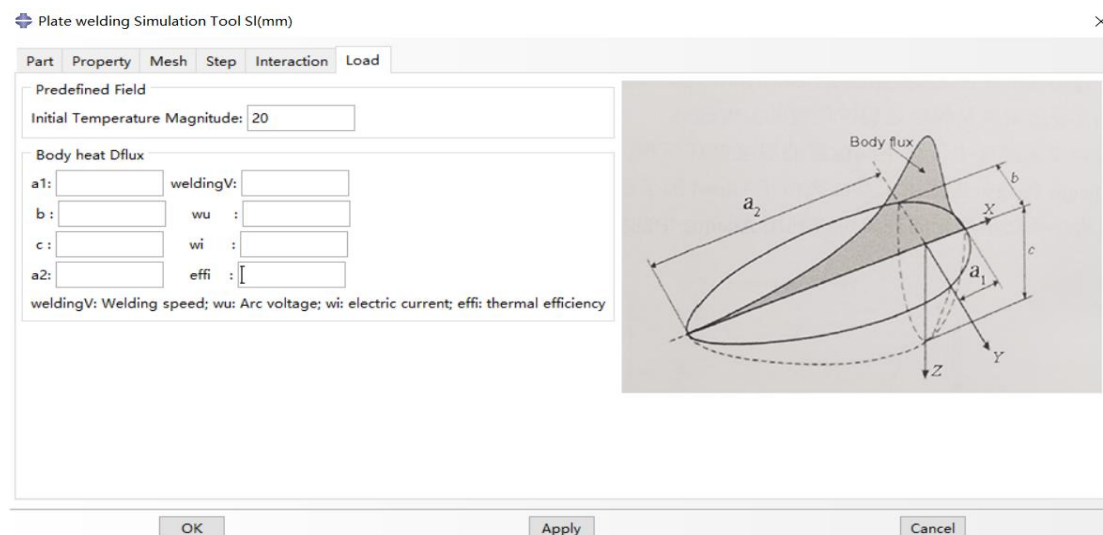


图 3-2-6 Load 任务

1) Predefined Field

Initial Temperature Magnitude:我们要选中模型全体进行预定义场温度设置，此温度为开始焊接之前的温度，通常为室温 20 摄氏度

2) Body heat Dflux

体热源，本系统采用双椭球热源，a1、b、c、a2 如图 3-2-6

weldingV: 焊接速度；wu: 焊接电压；wi: 焊接电流；effi: 热效率