



中国电力教育协会

CHINA ASSOCIATION OF ELECTRICPOWER EDUCATION

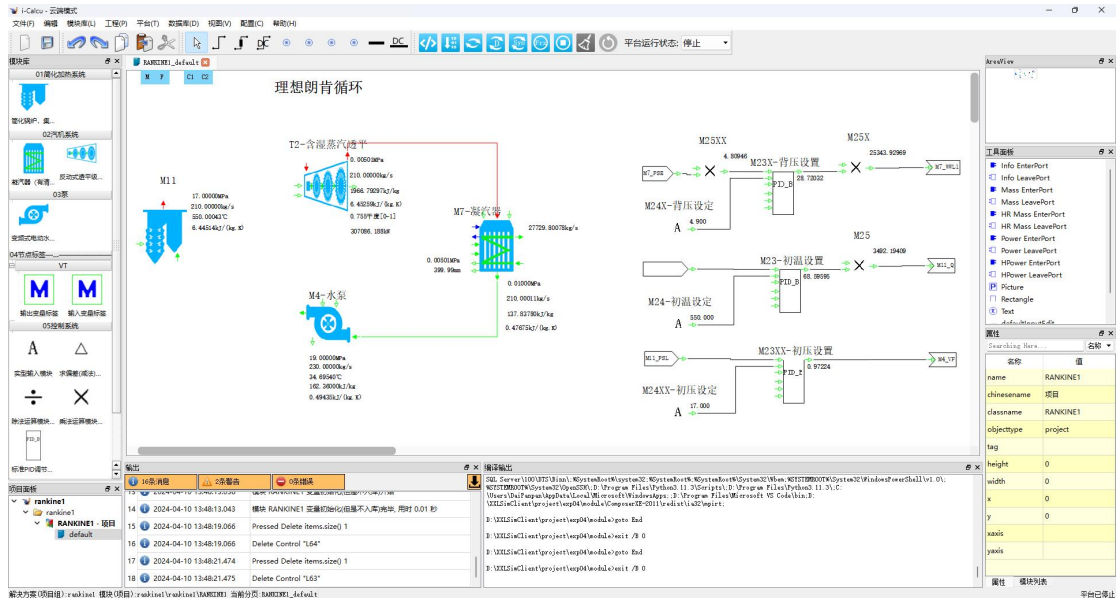
“象新力杯”第三届全国大学生电力创新设计竞赛  
工程设计赛道（赛道二）  
练习赛题操作说明书  
模块四：热力系统工程设计

全国大学生电力创新设计竞赛

# (一) 热力系统仿真数学模型设计

启动实验，进入 i-Calcu 建模平台界面（软件安装建议全英文路径）。在左侧的项目面板中，单击 RANKINE1 项目的“default”分页，打开画布，检查项目模块及任务工程是否完整。

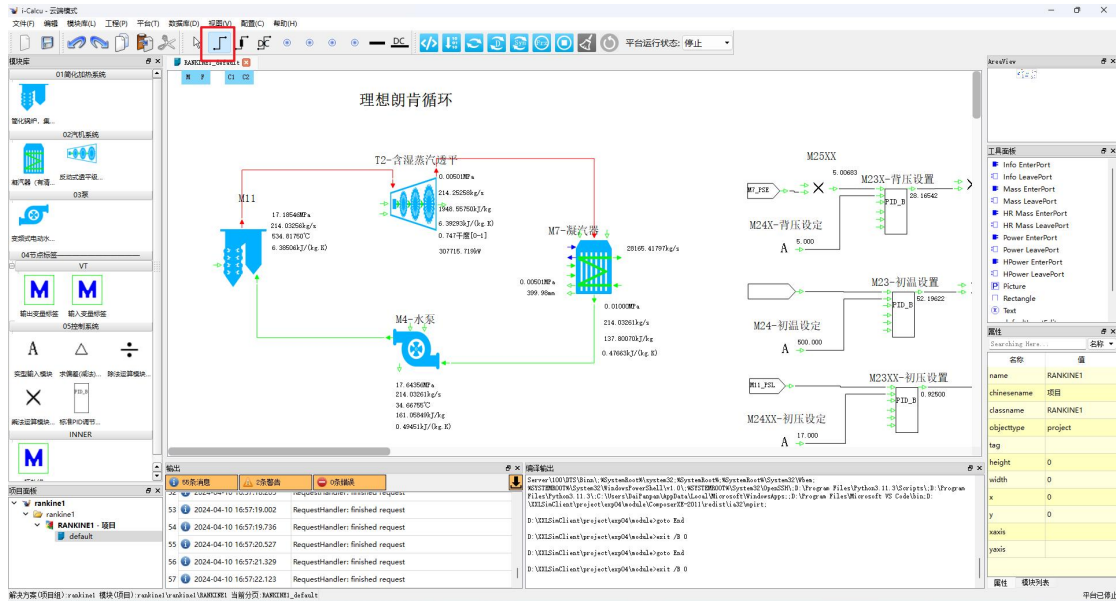
- 模块包括：简化锅炉、反动式透平级组、凝汽器、电动水泵、输入输出标签、控制系统模块、拓扑线；
- 任务工程包括：未连接完整的理想朗肯循环、缺少部分参数的控制调节系统。



## 1、制作热力系统数学模型工程

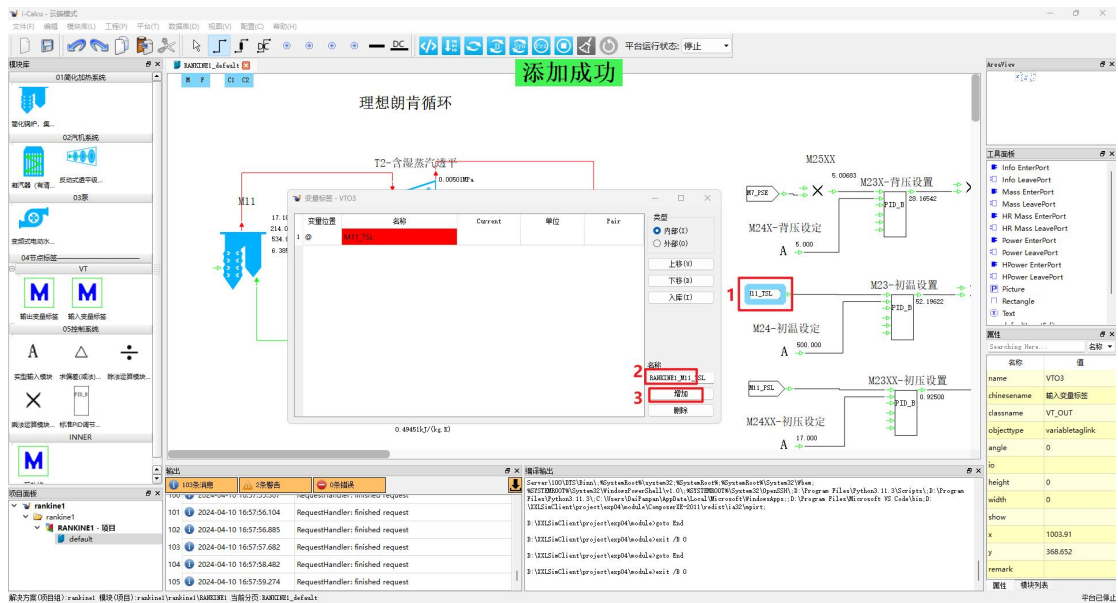
要求制作理想朗肯循环图形化系统数学模型，制作初温控制控制调节数学模型，步骤如下：

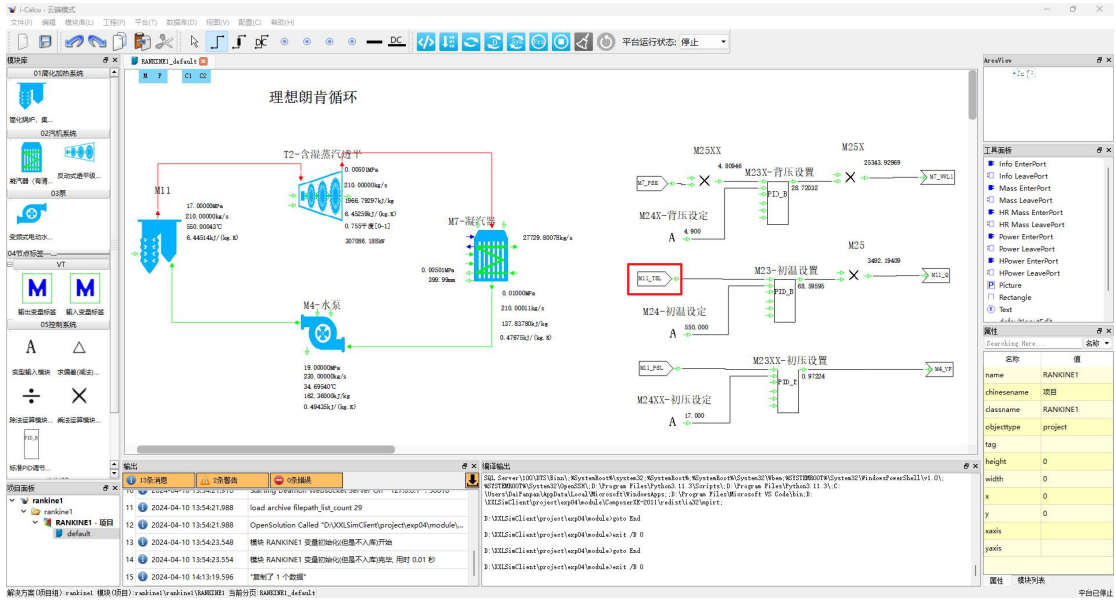
- (1) 使用将锅炉模块蒸汽出口端口与透平模块进汽端口连接，锅炉模块水进口端口与电动水泵出口端口连接，制作完整理想朗肯循环数学模型。



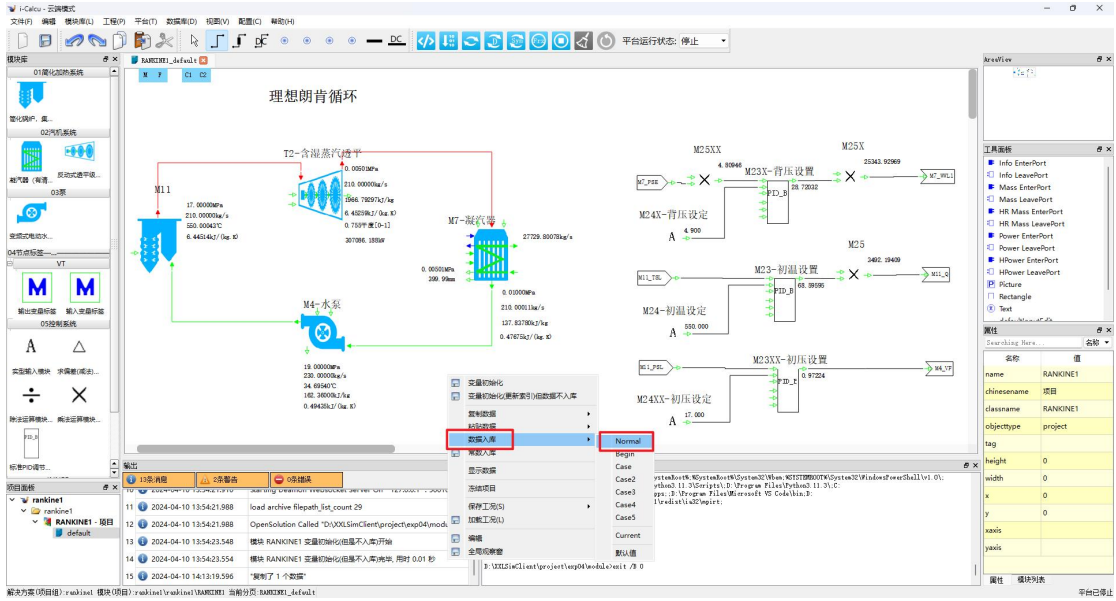
(2) 双击中输入/输出变量标签，添加缺少的参数。

例：初温控制输入变量为 锅炉模块蒸汽出口温度 RANKINE1\_M11\_TSL。

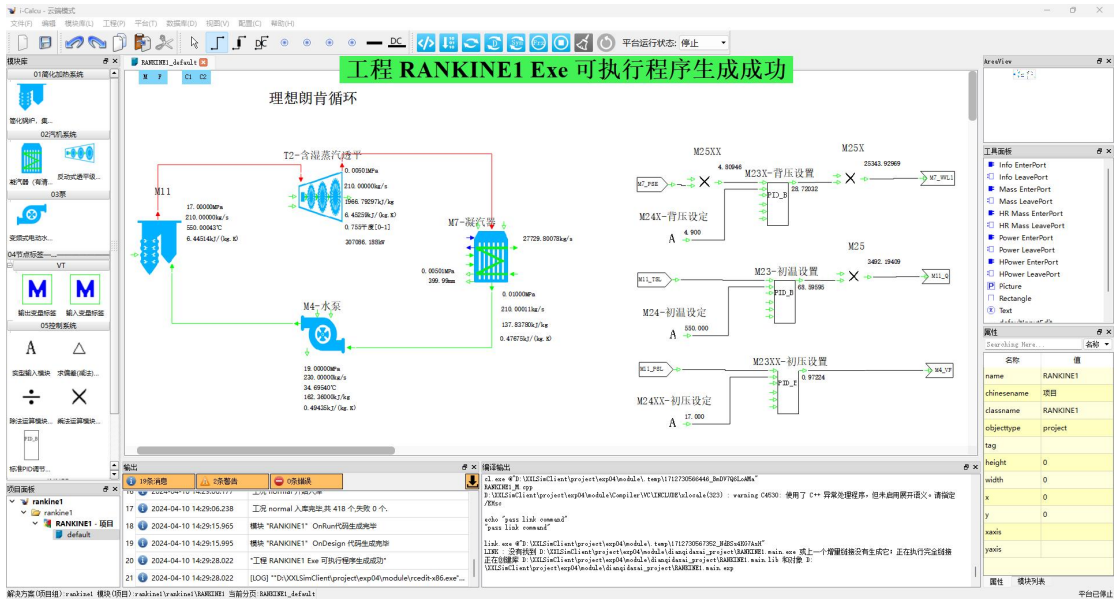
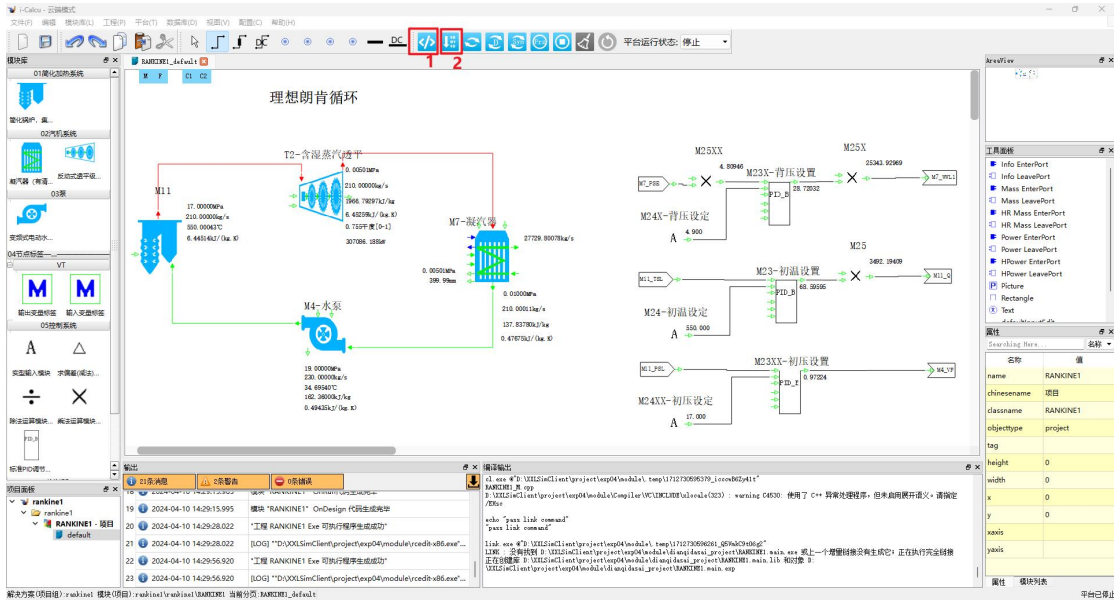




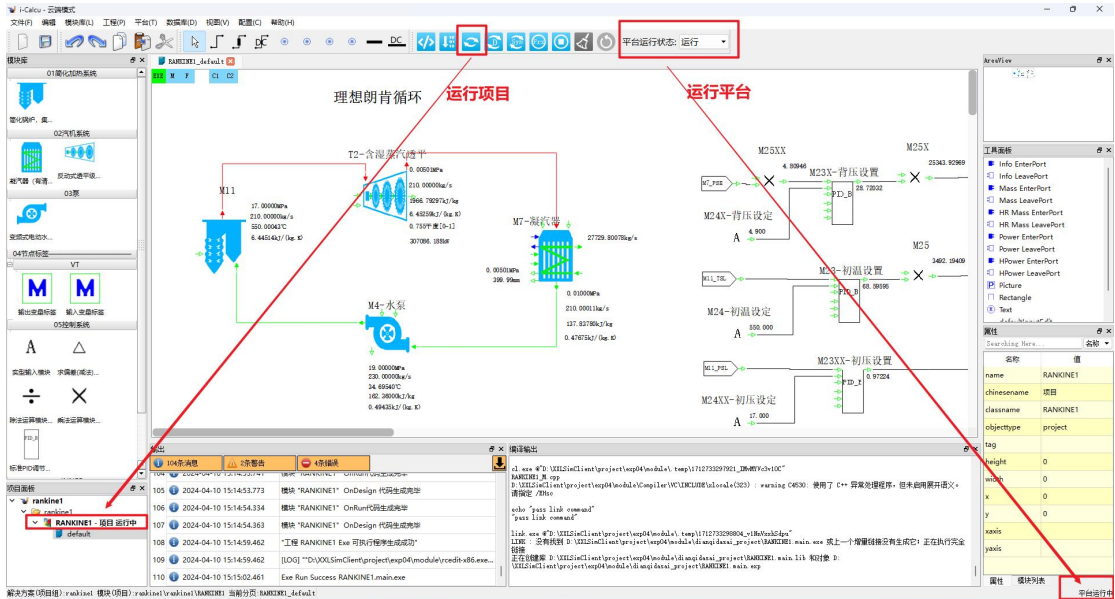
(3) 在建立好的数学仿真模型基础上，右键空白处选择数据入库中的 normal 进行预设数据入库。



(4) 编译生成项目程序，此时仿真数学模型具备运行条件。



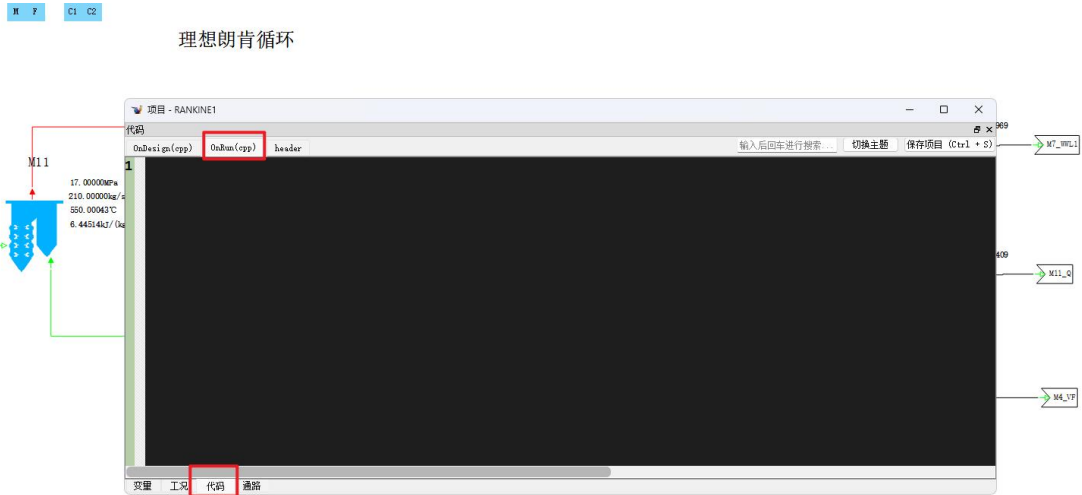
(5) 运行平台，运行项目，检查仿真数学模型运行是否正常。



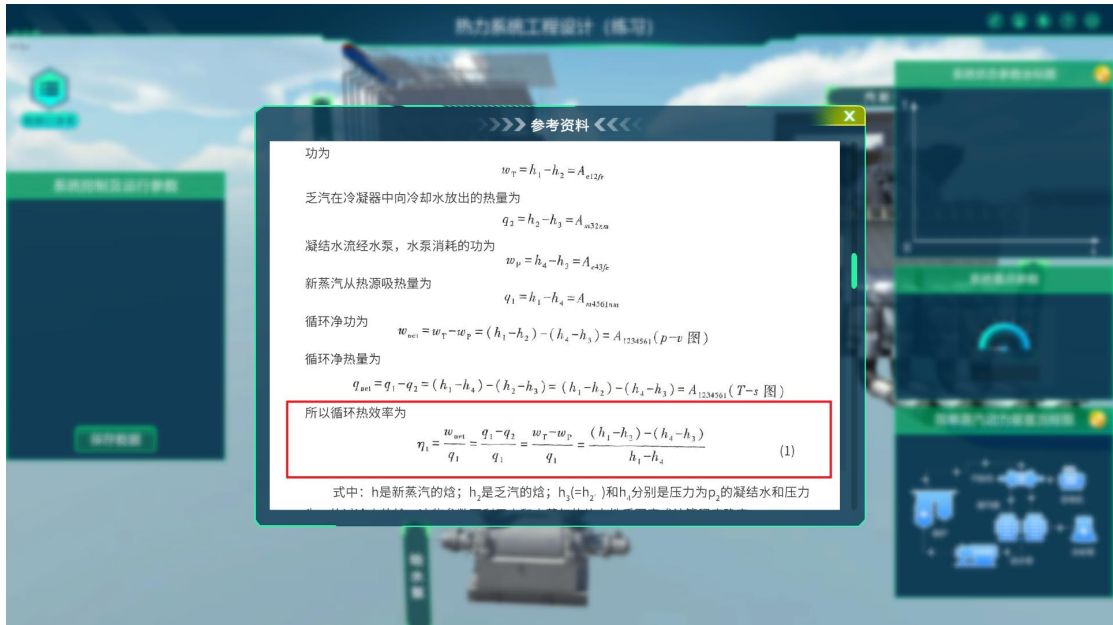
## 2、制作系统重点参数数学模型

使用设备模块中参数名称，编写并计算出朗肯循环热力系统的循环热效率，步骤如下：

- (1) 空白处右键-编辑，选择 代码-OnRun(cpp)，进入编写界面。

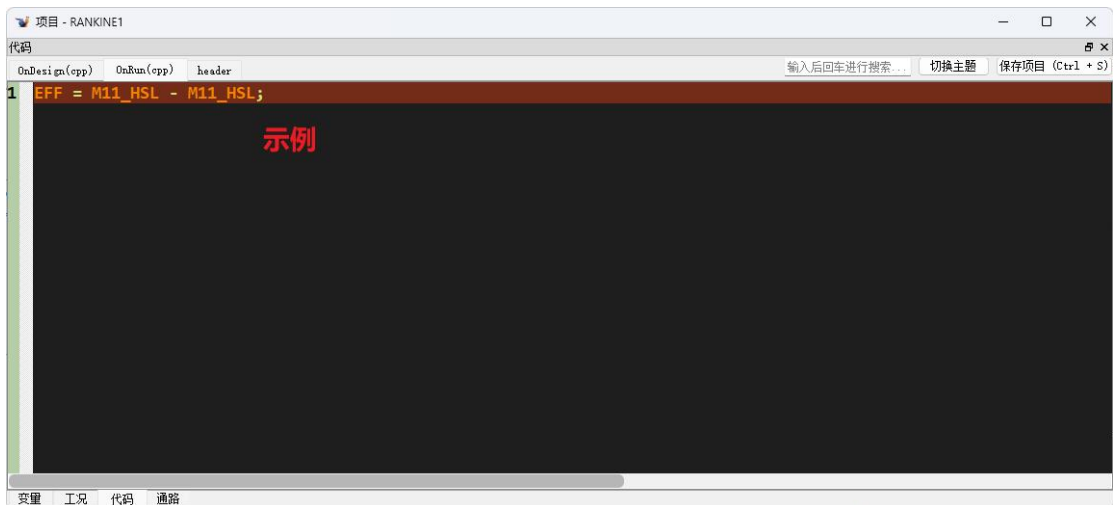


- (2) 通过参考资料查找循环热效率计算公式。



其中:  $h_1$  为锅炉模块 蒸汽出口焓,  $h_2$  为汽轮机模块 蒸汽出口焓,  $h_3$  为凝汽器模块 凝结水出口焓,  $h_4$  为电动水泵模块 给水出口焓。

(3) 在编写界面中使用 C 语言编写公式计算循环热效率。



公式中参数需要使用参数名称进行编写, 如“循环热效率”使用参数“EFF”, “ $h_1$ ”使用参数“M11\_HSL”。

项目 - RANKINE1

工况

全部 输入 输出 常量 通路 其他 design in design out

名称	Current	中文名称	normal	begin	case	case2	case3	名称
1 RANKINE1_ICHK	0	清华流网调试...	0	0	0	0	0	
2 RANKINE1_PMAX	200	流网最大限制...	200	200	200	200	200	
3 RANKINE1_PMIN	-10	流网最小限制...	-10	-10	-10	-10	-10	
4 RANKINE1_DEBUG	0	内部变量	0	0	0	0	0	
5 RANKINE1_EPSILON	1e-05	迭代精度设置	1e-05	1e-05	1e-05	1e-05	1e-05	
6 RANKINE1_MAXITERATION	20	最大迭代次数	20	20	20	20	20	
7 RANKINE1_METHOD	0	潮流计算方法	0	0	0	0	0	
8 RANKINE1_PUV	0.001	标么值与实际...	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
9 RANKINE1_RANDOMRAD	0	随机角度	0	0	0	0	0	
10 RANKINE1_RUN	245	运行状态	245	245	245	245	245	
11 RANKINE1_EFF	0	循环热效率	0	0	0	0	0	
12 RANKINE1_FLUID	125,0,0,0,0,0,0...	工质	125,0,0,0,0,0,0...	125,0,0,0,0,0,0...	125,0,0,0,0,0,0...	125,0,0,0,0,0,0...	125,0,0,0,0,0,0...	
13 RANKINE1_STEP	0.1	内部变量	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
14 RANKINE1_DT	100	内部变量	100	100	100	100	100	

工况 normal

变量 工况 代码 通路

简化锅炉, 集成了省煤器、水冷壁、汽包、过热器 - M11 \* 01简化加热系统 VHGL

工况

全部 输入 输出 常量 通路 其他 design in design out

名称	Current	中文名称	normal	begin	case	case2	case3	case4	名称
1 RANKINE1_M11_DWE	1000	进口密度	1000	997.044	1000	997.044	997.044	997.044	
2 RANKINE1_M11_HWE	162.36	进口焓	162.36	104.929	162.36	104.929	104.929	104.929	
3 RANKINE1_M11_PWE	19	进口压力	19	0.101325	19	0.101325	0.101325	0.101325	
4 RANKINE1_M11_TWE	34.6954	进口温度	34.6954	25	34.6954	25	25	25	
5 RANKINE1_M11_WWE	230	进口流量	230	0	230	278.051	227.568	205.51	
6 RANKINE1_M11_Q	686254.6	加热量	686254.6	686254.6	686254.6	0	0	0	
7 RANKINE1_M11_DSL	50.13093	出口密度	50.13093	50.13093	50.13093	997.044	997.044	997.044	
8 RANKINE1_M11_HSL	3429.108	出口焓	3429.108	3429.108	3429.108	104.929	104.929	104.929	
9 RANKINE1_M11_PSL	17	出口压力	17	17	17	0	0	0	
10 RANKINE1_M11_TSL	550.0004	出口温度	550.0004	550.0004	550.0004	25	25	25	
11 RANKINE1_M11_WSL	210	流量	210	210	210	211.553	161.07	139.012	
12 RANKINE1_M11_CB1	-0.105	支路特性参数	-0.105	-0.105	-0.105	-0.105776	-0.080535	-0.069506	
13 RANKINE1_M11_RB11	0.2380953	支路特性参数	0.2380953	0.2380953	0.2380953	0.057734	0.0758291	0.0878614	
14 RANKINE1_M11_RB12	0.2380953	支路特性参数	0.2380953	0.2380953	0.2380953	0.057734	0.0758291	0.0878614	

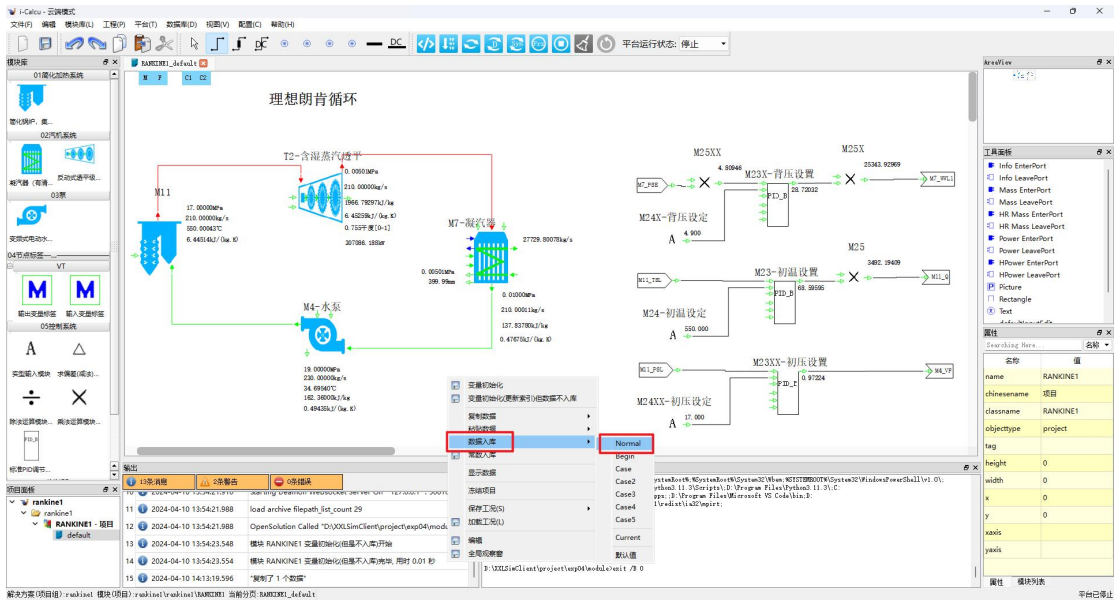
工况 normal

变量 工况 代码 通路

注意:

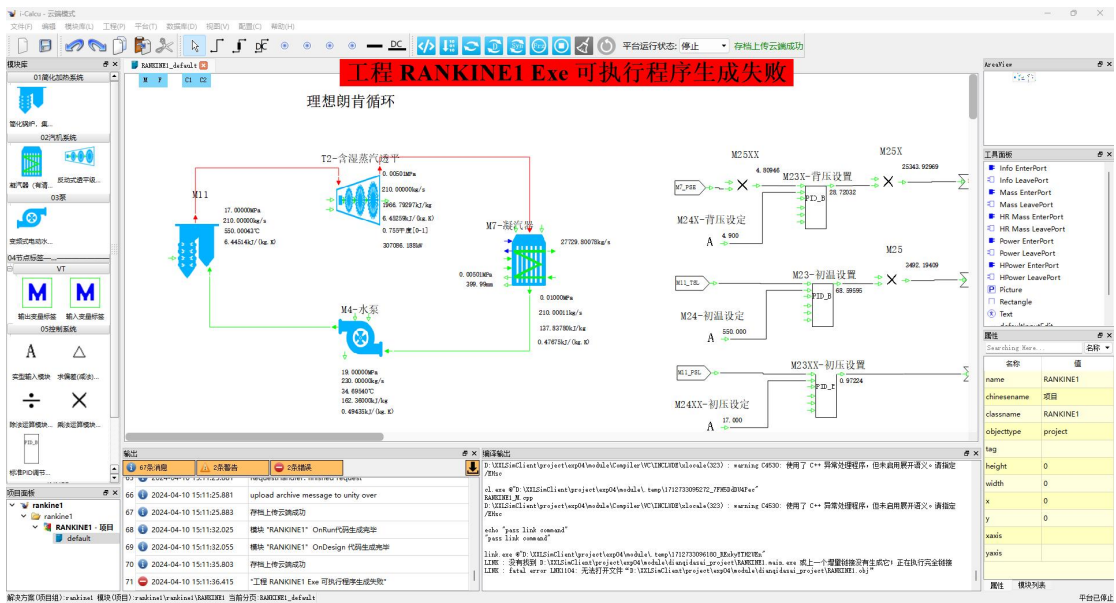
- 编写时复制的参数名称需要删除前缀“LKXH\_”，否则编译会失败。
- 计算代码结尾需要使用英文分号；进行结束，否则编译会失败。

(4)在建立好的数学仿真模型基础上,右键空白处选择数据入库中的 normal 进行参数入库。

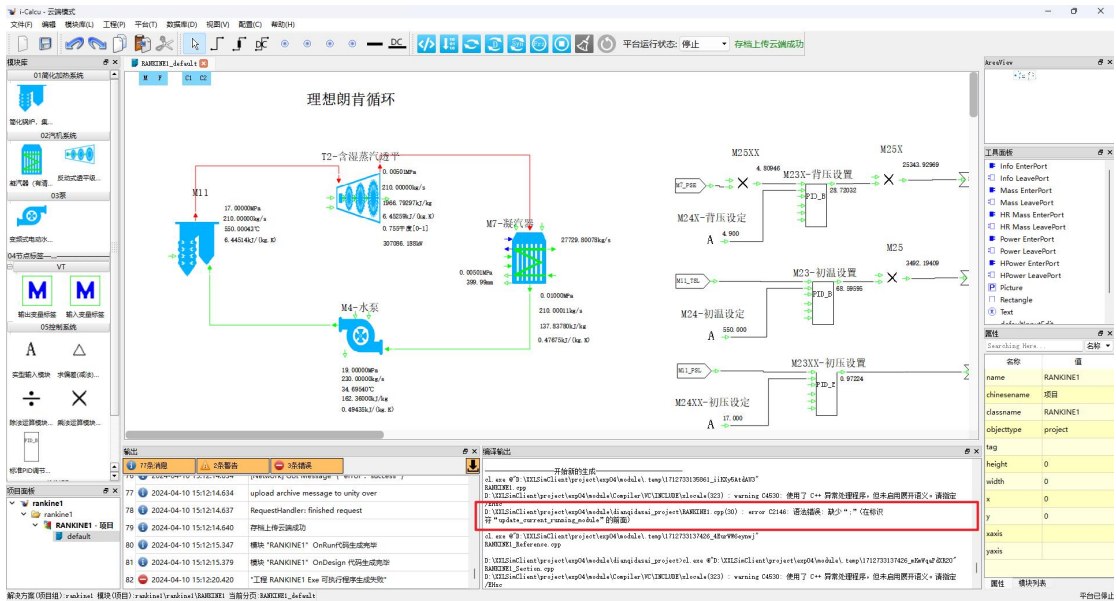


(5) 编译生成项目程序，成功后即完成热力系统仿真数学模型设计。

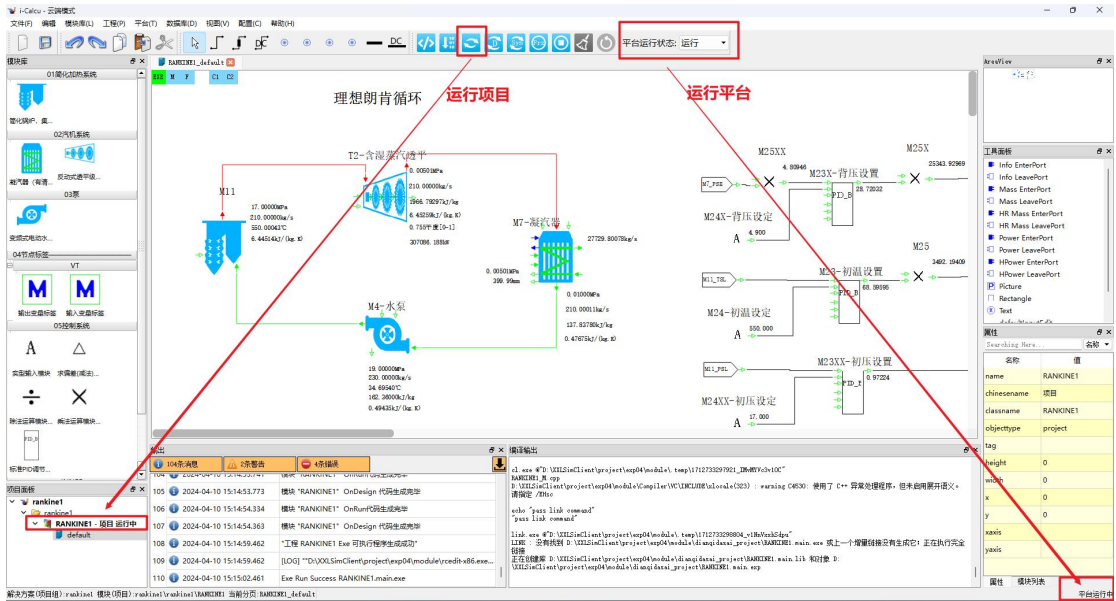
如果编译失败，会看到以下提示。



可在编译输出框中查看失败原因，下图中失败原因是计算公式结尾没有写分号；



(6) 运行平台，运行项目，检查仿真数学模型运行是否正常。



## (二) 热力系统虚拟三维模型设计

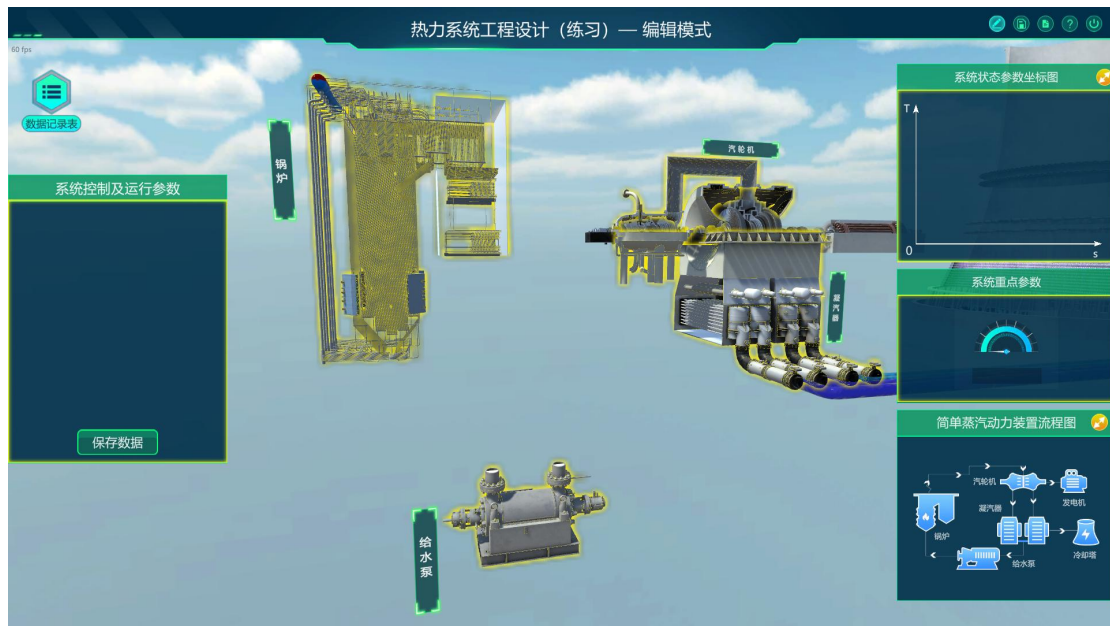
使用键盘按键“alt+tab”切换到虚拟操作软件，点击按钮“进入比赛”。



点击右上角按钮，进入编辑模式。



边框变为黄色的设备及界面，均可以左键点击进行参数设置。



## 1、设置系统主要设备控制及运行参数

### 1.1 系统控制及运行参数设置

(1) 编辑模式下，点击系统控制及运行参数界面，选择增加数据。

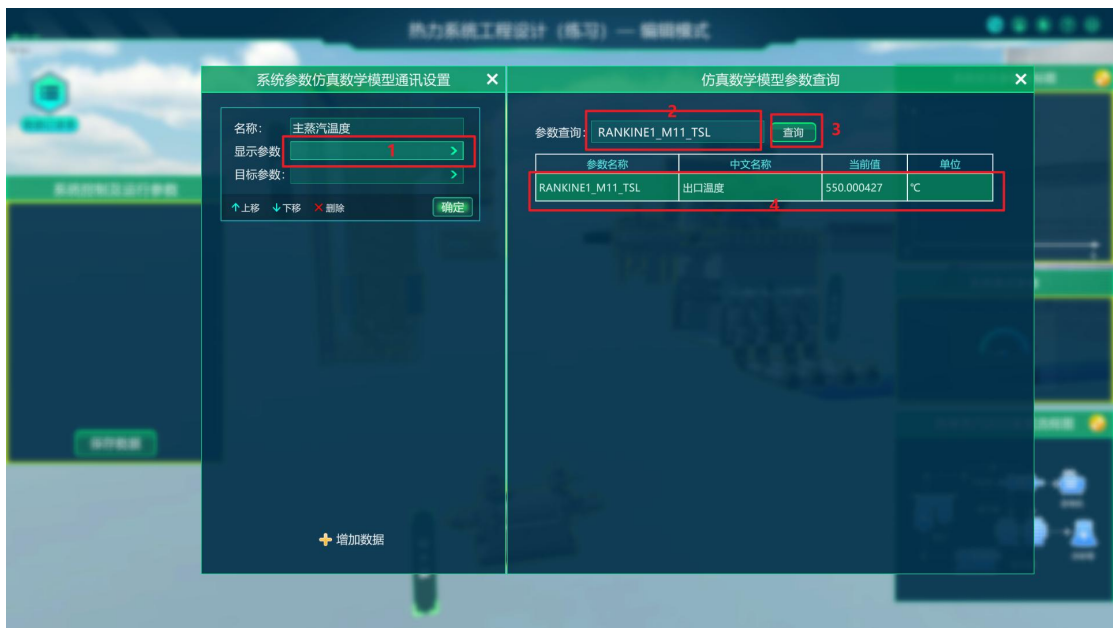


(2) 参数设置中，名称自行输入中文名称（必须设置项）。



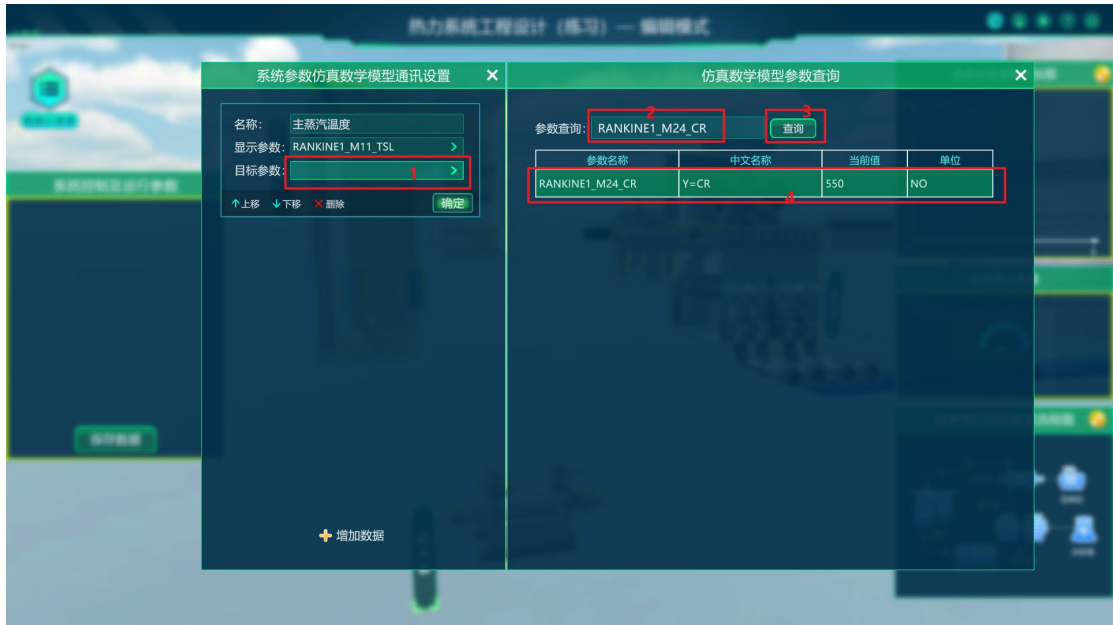
(3) 设置显示参数（数据面板实时显示的实际值，必须设置项），点击后输入查询并选择参数。

例：主蒸汽温度的实际值是锅炉模块的 出口温度 RANKINE1\_M11\_TSL 。



(4) 设置目标参数（数据面板不会显示的目标设定值，非必须设置项），点击后输入查询并选择参数。

例：主蒸汽温度的目标值是初温控制部分的 初温设定 RANKINE1\_M24\_CR 。



(5) 点击“确定”，完成一个参数的设置。



## 1.2 三维设备运行参数设置

(1) 编辑模式下，点击朗肯循环设备三维模型：锅炉、汽轮机、凝汽器、给水泵。



(2) 查询并选择设备的模块。模块名称为 icalcu 中设备模块的名称，选择该模块下任意参数，即可绑定该模块。



(3) 点击确定完成设置，设置成功的设备将展示三维设备运行动画、连接管道、工质流动状态、设备运行数据。



## 2、设置系统重点参数展示

(1) 编辑模式下，点击系统重点参数界面。

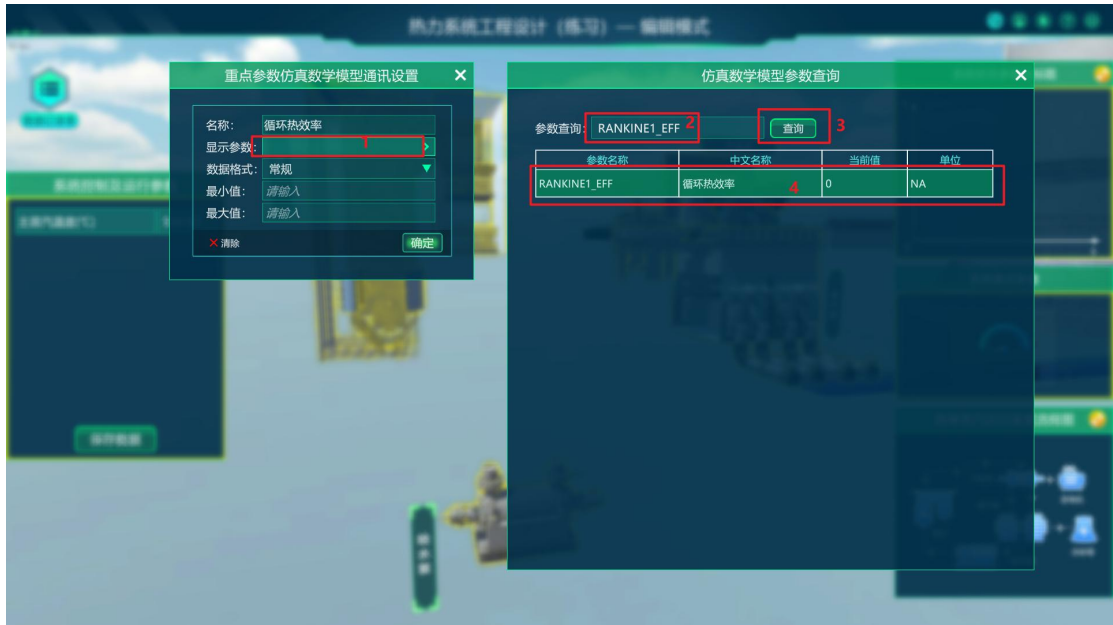


(2) 参数设置中，名称自行输入中文名称。



(3) 设置显示参数（界面实时显示的实际值），点击后输入查询并选择参数。

例：循环热效率是计算获得的数值，使用参数 RANKINE1\_EFF 。



(4) 选择数据格式。常规为小数点两位数据显示，百分比会自动换算成百分数显示，科学计数将使用科学计数法显示。

例：循环热效率需要选择百分数。



(5) 设置该参数在显示时，指针动画展示的最小值、最大值，设置完成后，指针会根据实际值大小变化进行左右摆动。

例：循环热效率最小值为 0，最大值为 100。



(6) 点击确定，完成设置。

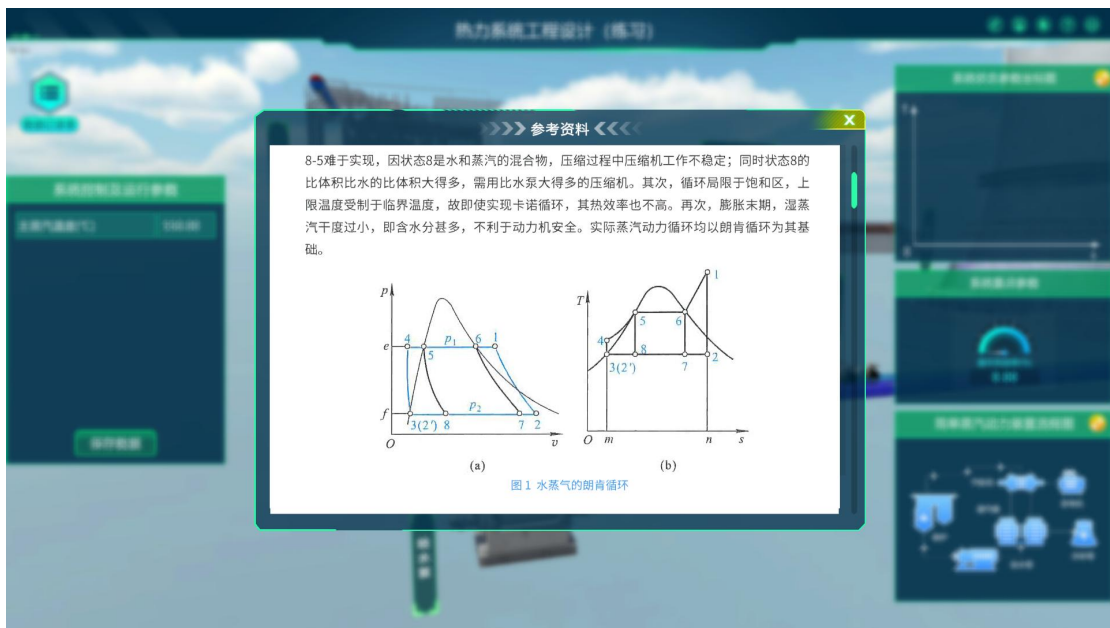


### 3、制作系统状态参数坐标图

(1) 编辑模式下，点击系统状态参数坐标图。



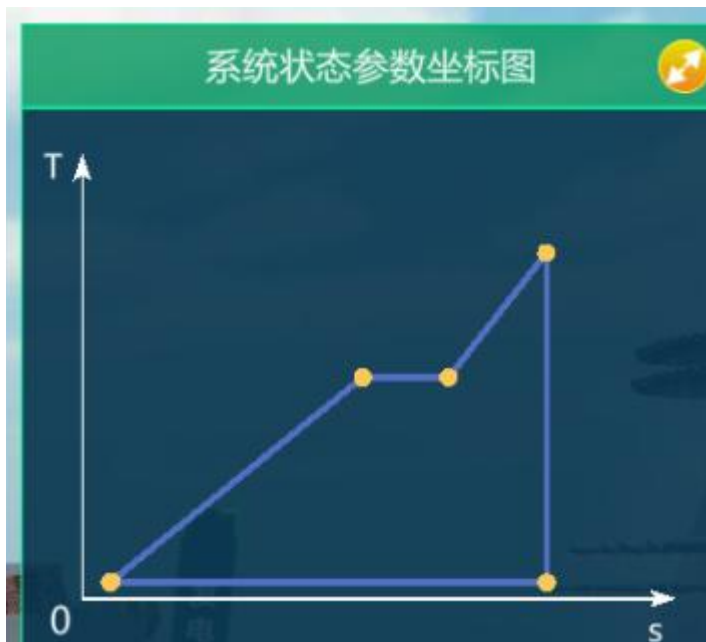
(2) 根据参考资料中朗肯循环  $t-s$  图，设置状态点 1、2、3、4、5、6 的横纵坐标参数。



例：状态点 1 为锅炉模块出口蒸汽状态，X 轴参数为 出口熵 RANKINE1\_M11\_SSL，Y 轴参数为 出口温度 RANKINE1\_M11\_TSL。



- (3) 设置完成后将实时生成朗肯循环 t-s 图，鼠标悬停各点可查看当前状态点数值。



### (三) 热力系统运行调试及探究

(1) 非编辑模式下，点击系统控制及运行参数面板中需要调节的参数，根据任务书要求设置目标值。



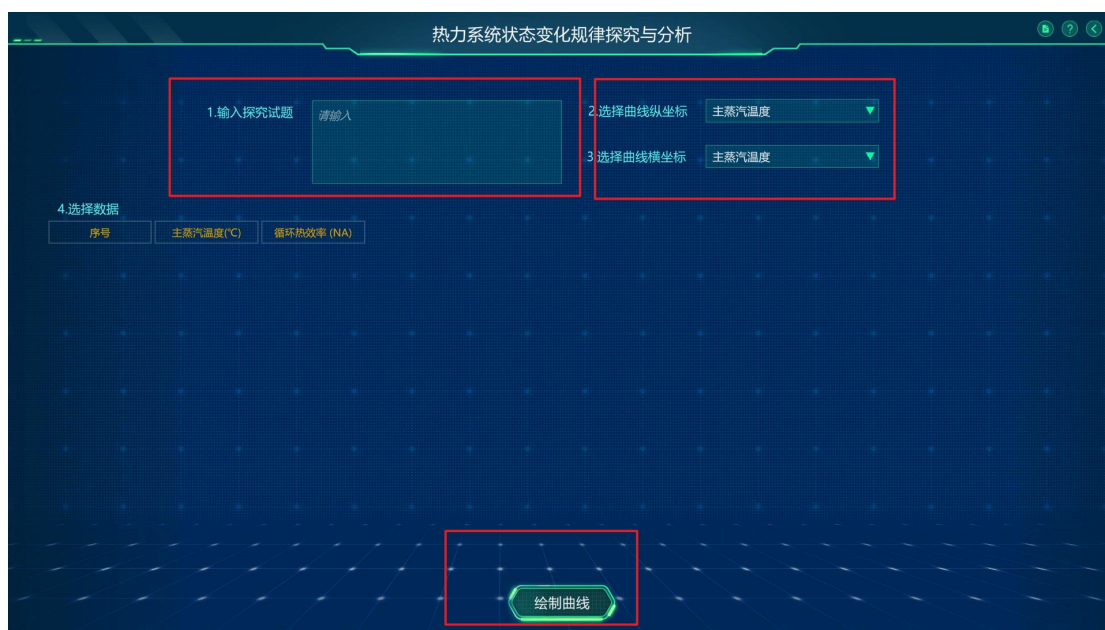
(2) 点击保存数据。



(3) 打开数据记录表，删除无效数据。



(4) 点击“系统状态变化探究”按钮，进入探究分析界面。输入探究试题、选择纵横坐标、绘制曲线。



(4) 填写分析文字，完成实验。

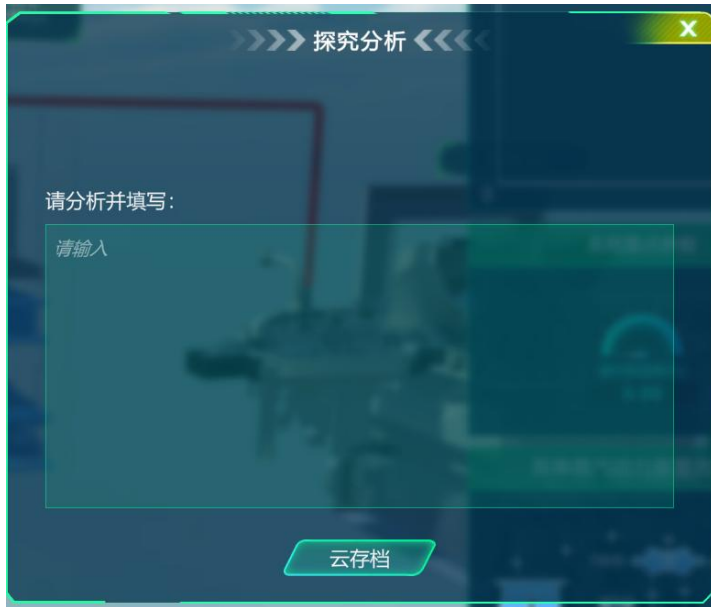
## (四) 云存档

云存档可将当前实验数据和记录上传到网站平台进行保存，软件中有 3 处可完成云存档，网站平台中点击“继续实验”可使用云存档记录。

(1) 虚拟操作软件主界面右上角按钮



(2) 虚拟操作软件绘制曲线后探究分析界面。



(3) i-Calcu 仿真建模平台保存按钮。

