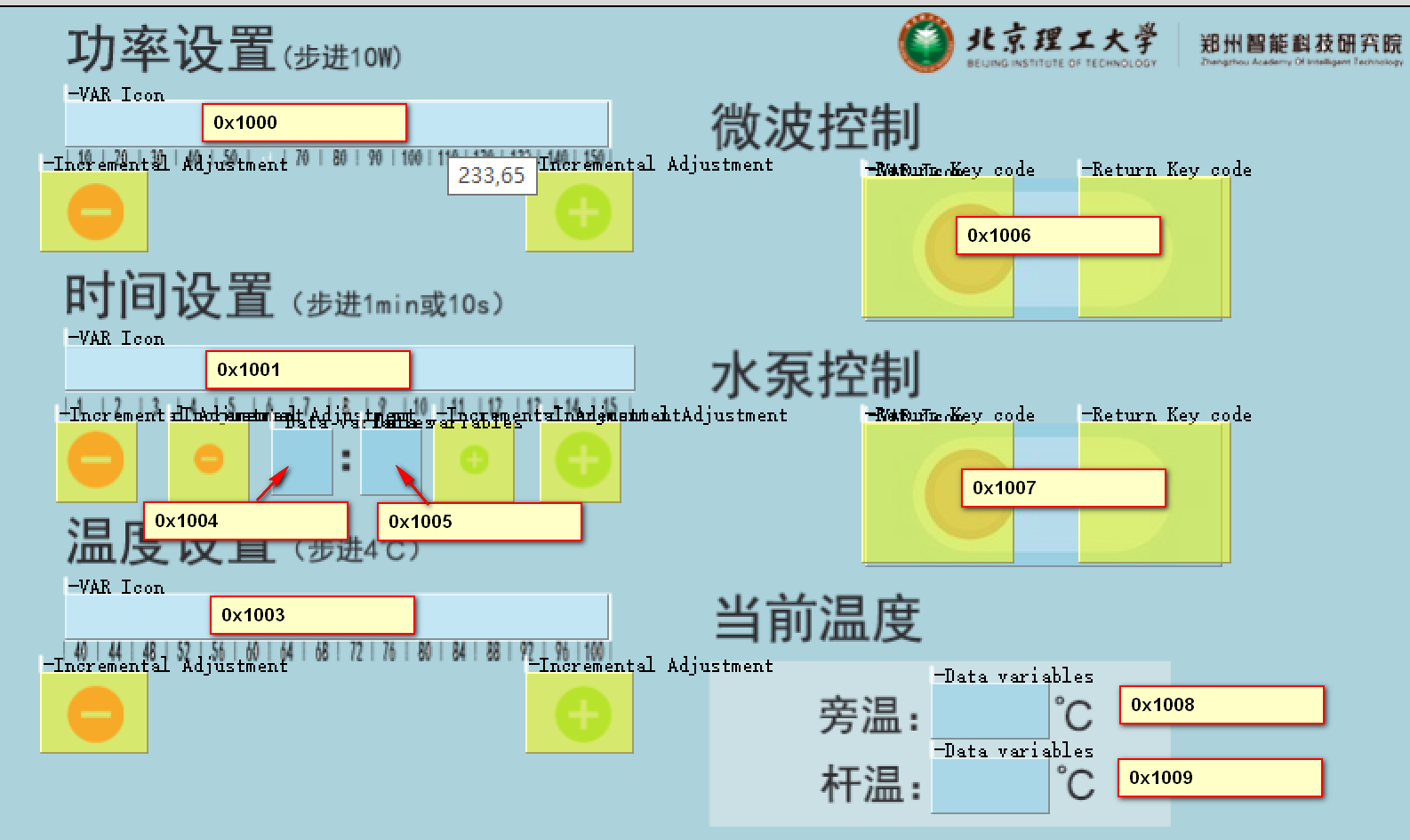
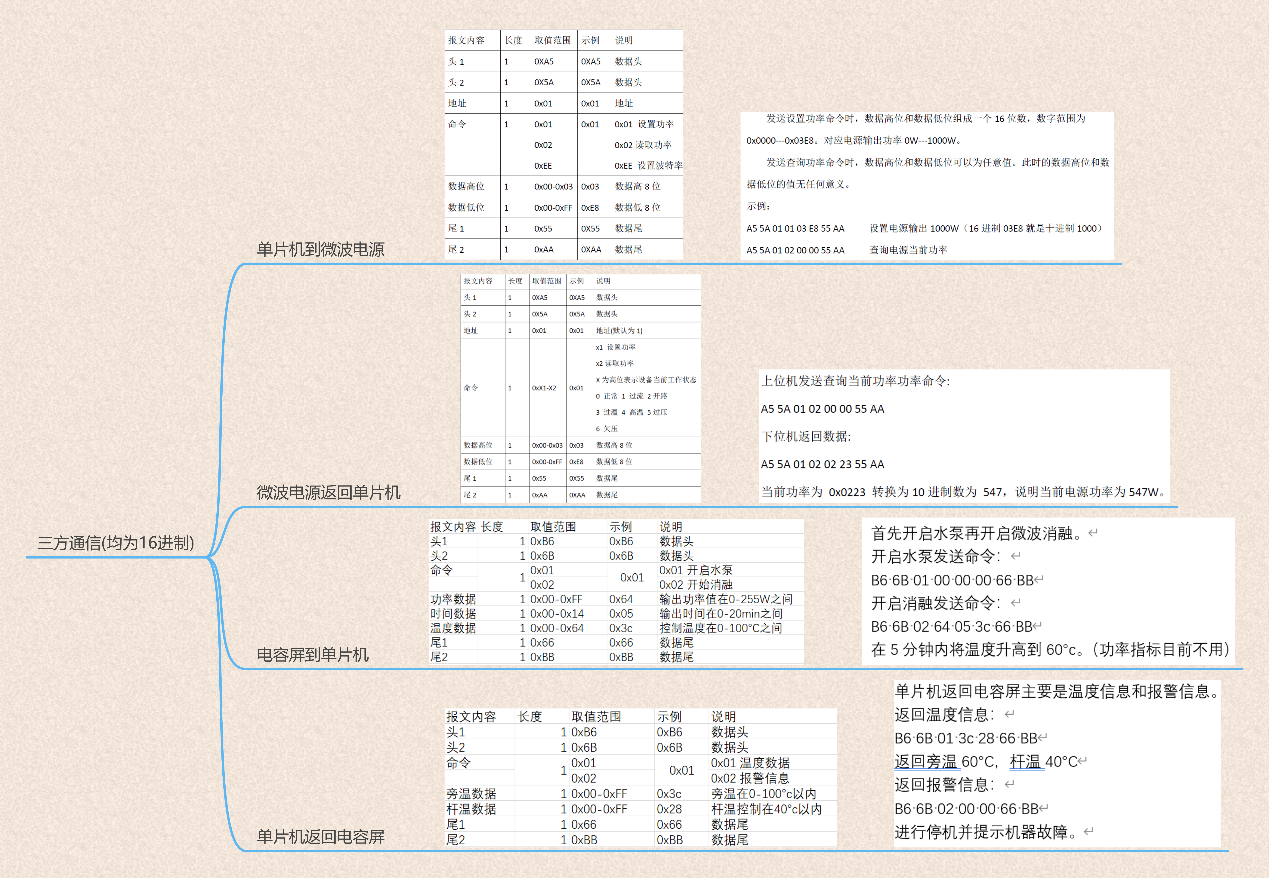
# 硬件相关

PCB自身和元器件焊接两方面存在缺陷，导致前期软件开发部分难以进行，电路板需要重新设计、测试。

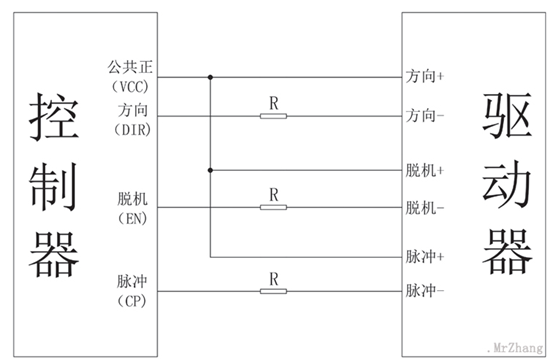
## 通信协议



## 步进电机

步进电机只用连出四根线至驱动器的A、B相，A、B相分正反，不能接错。

驱动器电源连接至控制板的24V电压口。驱动器采用共阳极解法，EN使能，DIR方向，PUL脉冲。VCC，EN，DIR，PUL四根线均连接至控制板的步进电机接口。



步进数，也叫脉冲数，是指步进电机转动一圈或是前进一段距离，需要电机需要接受的信号个数，单位为步。

步进电机的精度有限，一般的步进电机为200步走一圈，走一步转动的角度是1.8度。当我们需要电机走0.9度时，电机就没有办法了。好在步进电机驱动器，可以帮助步进电机把精度提高，把精度提高一倍，叫做半步细分，也叫1/2细分，此时电机一个信号就可以转动0.9度。再把精度提高一倍，叫1/4细分，走一步，相当于0.45度。细分都是一倍倍上去的，有1/2,1/4,1/8,1/16,1/32等。

我们使用的步进电机电流1.5A；步距角1.8°。所以此步进电机转一圈需要200个脉冲，我们将细分数设置为B/2，所以转一圈需要400个脉冲，

## PT100测温线

PT100四根测温线，需要连接至控制板的端口，红色连A1；A2，蓝色连B1；B2。红蓝各是一组，一组两端连接恒流源，一组两端连接热敏电阻。测温1连接蠕动泵温度反馈，测温2连接消融温度反馈。

程序中将测得的温度变量扩大了十倍，是为了方便电容屏显示。

# 软件相关

软件细节均在程序中有注释。

## 增量式PID参数整定：

增量式PID参数整定，增量式PID方程式：

pwm+=Kp[e（k）-e(k-1)]+Ki\*e(k)+Kd[e(k)-2e(k-1)+e(k-2)]

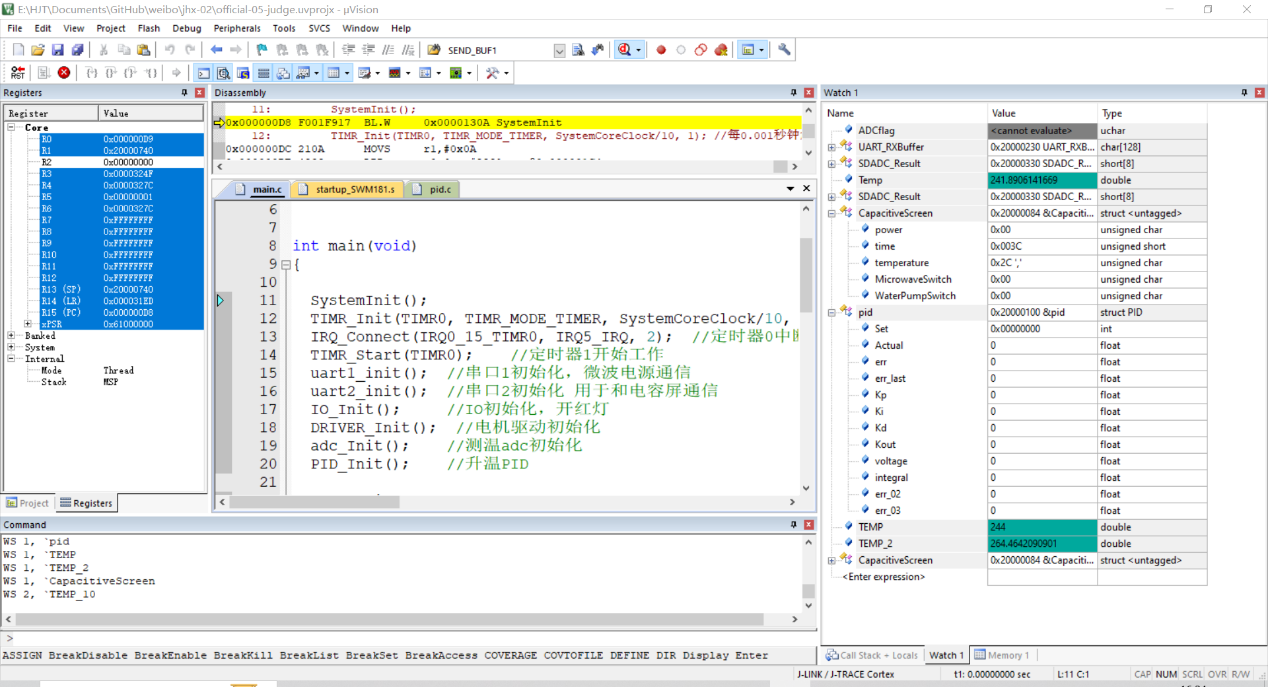
对于增量式的参数整定，应该先整定KI，它反映了响应的速度，再整定KP，它反映了对超调量的限制，也就是缓减增量式KI参数过大时候的抖动。

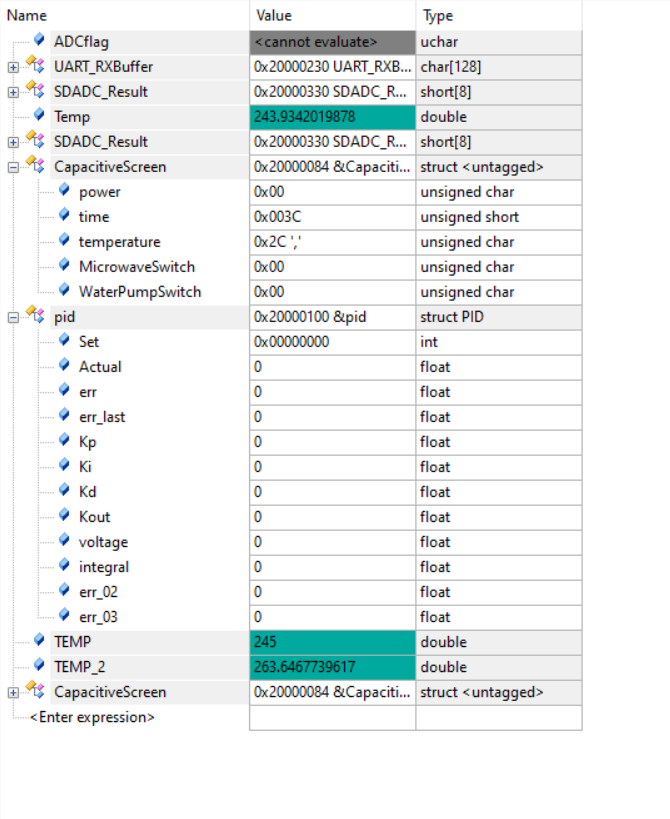
先加大KI，这时候会越来越接近实际速度，当KI过大的时候，在切换目标速度的时候，就会抖动，这时候就是KI大了响应速度高了，但导致超调量增加，这时候就加大增量式的KP，来缓减抖动，减小超调量。最后调节KD，KD使升温会预测曲线的趋势，使曲线平滑减少毛刺。

## 接收数据包的粘包现象：

使用空闲中断接收字符，即一段时间之后没有字符接收就认为是接收完成。对可能接收到的字符串进行分类，按照字符串特性对其进行相应处理，粘包则使其移位回正。接收的数据保存在CapacitiveScreen结构体中，在接收到微波开启指令后再进行处理。

## 运行时的调试模式

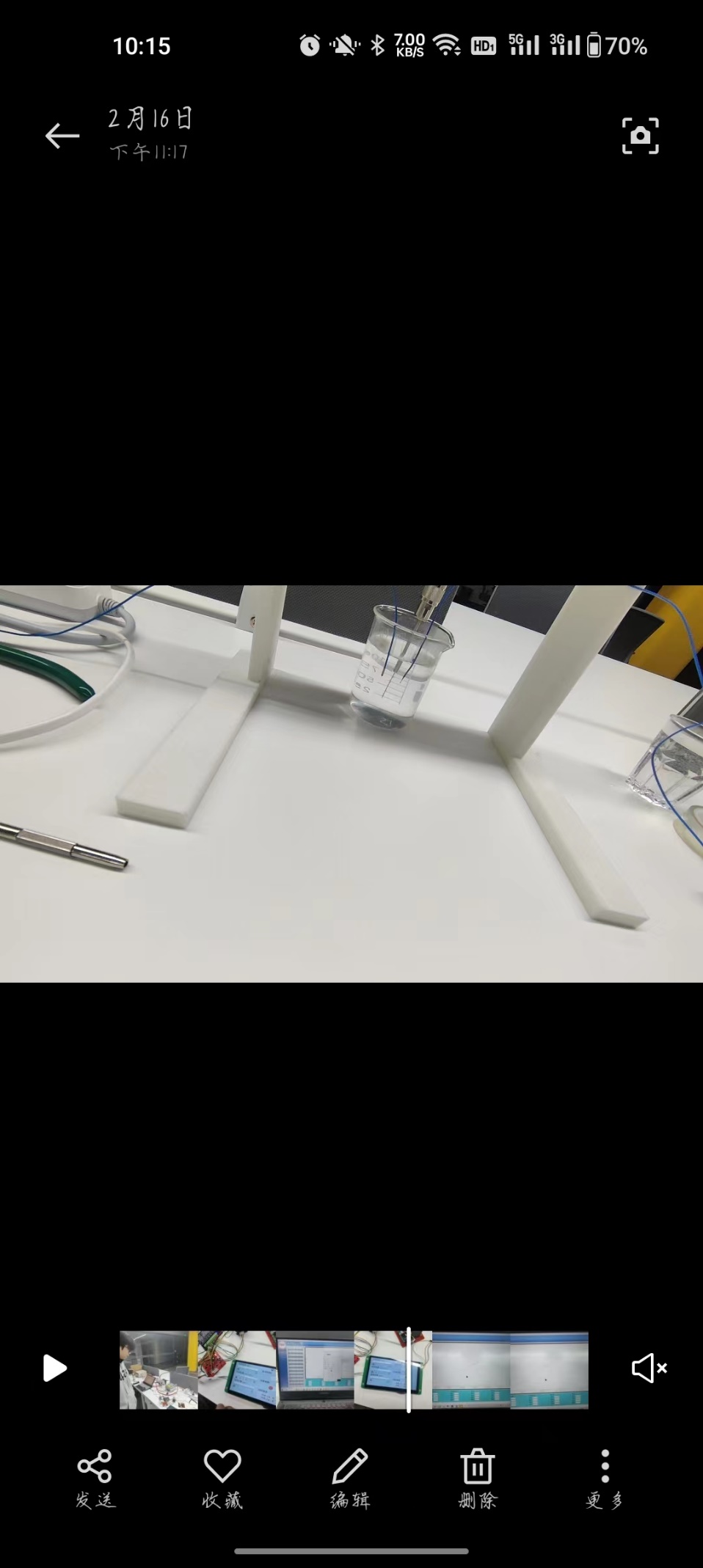


这是调试运行模式，CapacitiveScreen表示屏幕接收到的信息，pid.Set是当前设置温度，pid.voltage是pid输出的值（算法中加入了限幅，此处是实际值）

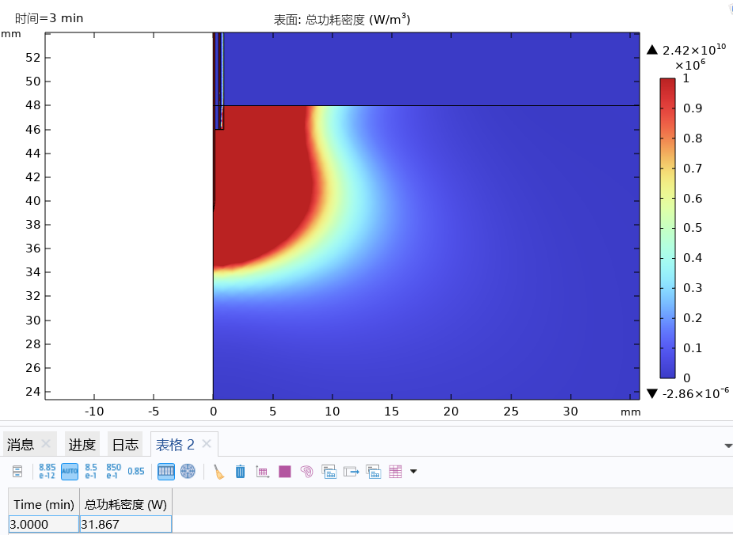
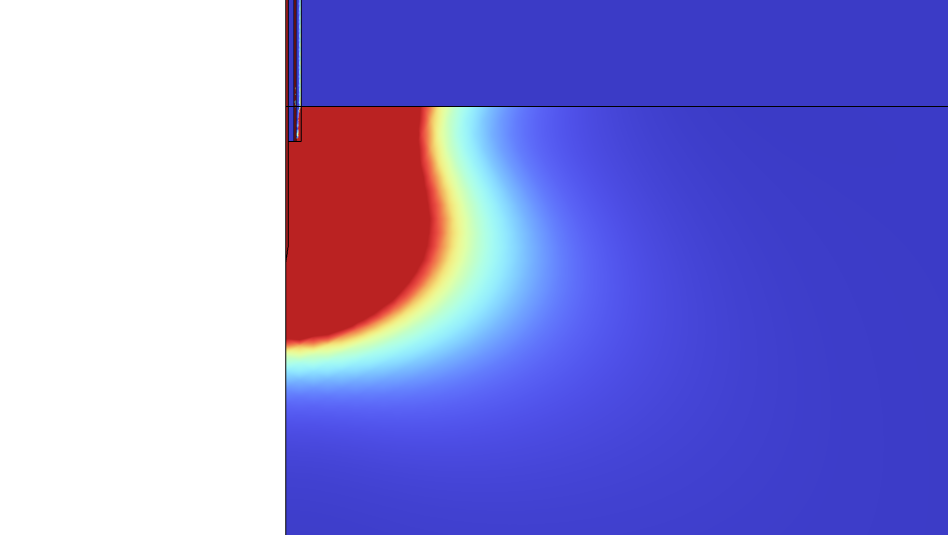
进行消融时，建议都开启调试模式，这样有利于找到程序的BUG，并且可以随时监控变量的变化，对PID参数的整定有很大帮助。

# 实验现象分析

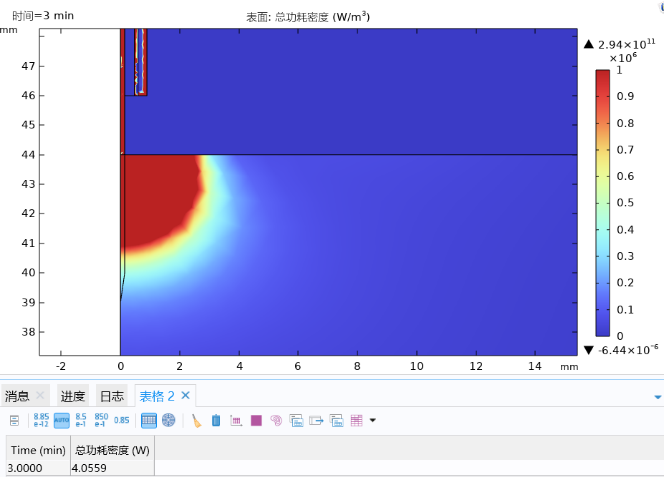
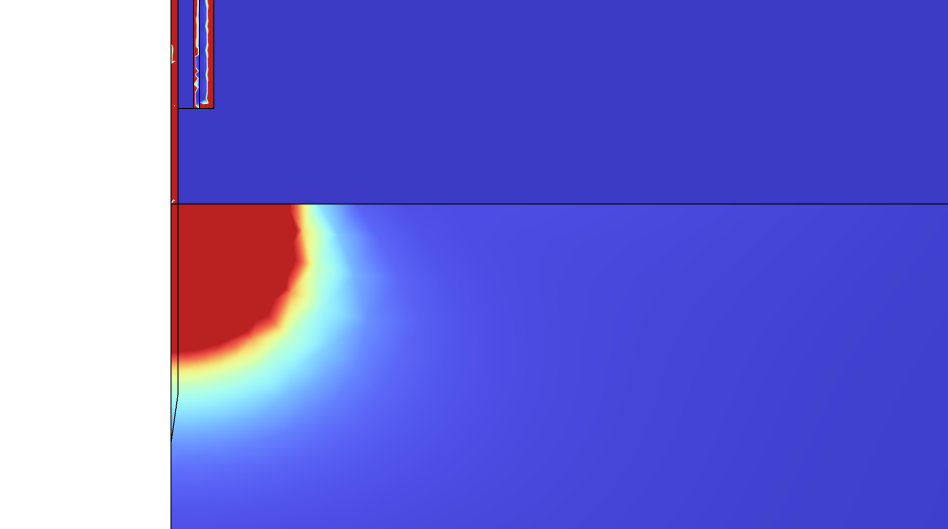
## 测温干扰问题



如图所示，我们将微波针头和细杆部分(如图中红色方框区域)均插入水中，此时温度传感器并不会收到干扰，但是如果只将黄色方框所圈出的针尖部分插入水中，温度传感器则会受到很大的干扰。这是因为在针尖和针杆的交界处存在输出的大量微波。



这张图片描述的是针尖和针杆部分全部在肝脏组织内部时的电磁波分布情况，我们设置的输入功率为40W，时间设置为3分钟，此时的功率耗散密度为31.867W。



这张图片描述的是针尖部分全部在肝脏组织内部，而针杆部分裸露在空气中的场景，此时的电磁波分布情况如图所示，我们设置的输入功率为40W，时间设置为3分钟，此时的功率耗散密度为4.0559W，也就是有将近28W的功率被耗散在了空气中。

由于PT100传输的是模拟量信号，电磁波会对其造成较大的干扰，做水的升温实验时，我们可以将针尖和针杆全部放入烧杯中，此时的电磁波不会从交界处泄露出去也就不会造成测温的干扰问题。做肝脏组织消融实验时是否可以将针尖针杆全部放入还需考虑（之前曾经发生过针头融化现象，但是也可能是当时功率过高导致的）。

## 功率的传播效率问题

在微波传输的过程中，由于其经过了多个器件才能到达组织内部。在这多个器件中间由于介质不均衡，阻抗不匹配等问题，就会形成驻波损耗，造成功率的损耗，最明显的现象就是器件连接处发热。

现阶段这种现象非常明显，在我们做升温实验时，针头连接处发热严重，并且水温上升速率慢，和功率计显示的功率不匹配。