

简介

微波加热是通过微波渗透到材料内部并使其产生体积升温的一种加热方法。具有加热速度快, 效率高, 加热系统容易控制的特点, 被创新性的应用于含油固体废弃物的热解处理^[1,2]。但由于微波反应器内电场驻波场的存在, 导致被加热物体尖端部分容易出现过热现象而造成被加热物体的性质发生大幅改变, 从而影响工业进程。微波加热均匀性及加热效率受到负载介电特性、位置、尺寸、形状以及微波馈入功率等诸多因素的影响。韩清华等^[3]利用HFSS软件仿真多馈源箱式微波加热器馈口在不同开口位置、不同数量和分段组合条件下对微波场均匀性的影响, 曹湘琪等^[4]提出了一种筒为曲面的新型圆柱形微波加热器, 相对光滑内筒能够提升均匀性, 消除微波盲区, 且加热效率提升最高可达15.8%。

计算方法

- $\nabla \times \mu_r^{-1} (\nabla \times E) - k_0^2 (\epsilon_r - \frac{j\sigma}{\omega\epsilon_0}) E = 0$
- $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T + \nabla \cdot q = Q + Q_{red}$
- $q = -k \nabla T$

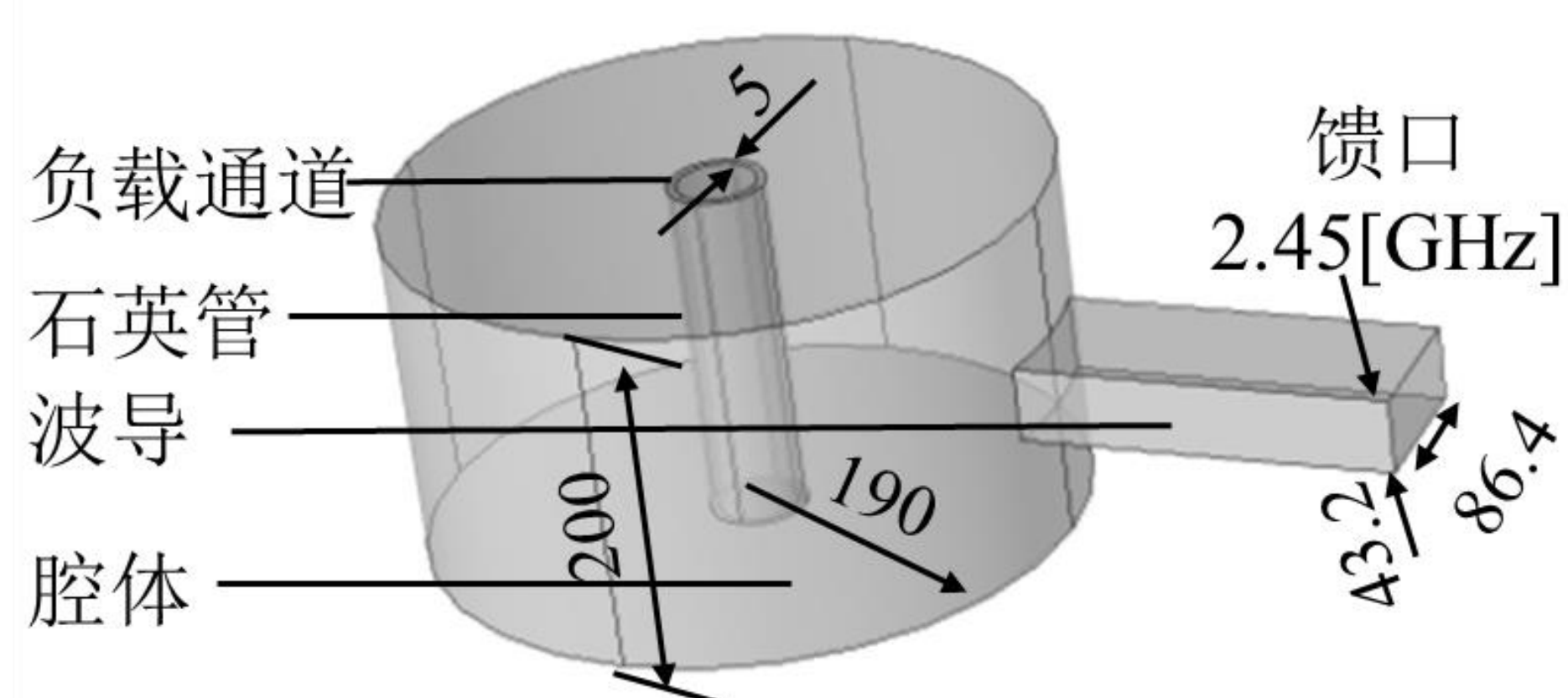


图1 微波反应器模型 (mm)

结果

● 功率变化对微波反应器加热效率及均匀性的影响

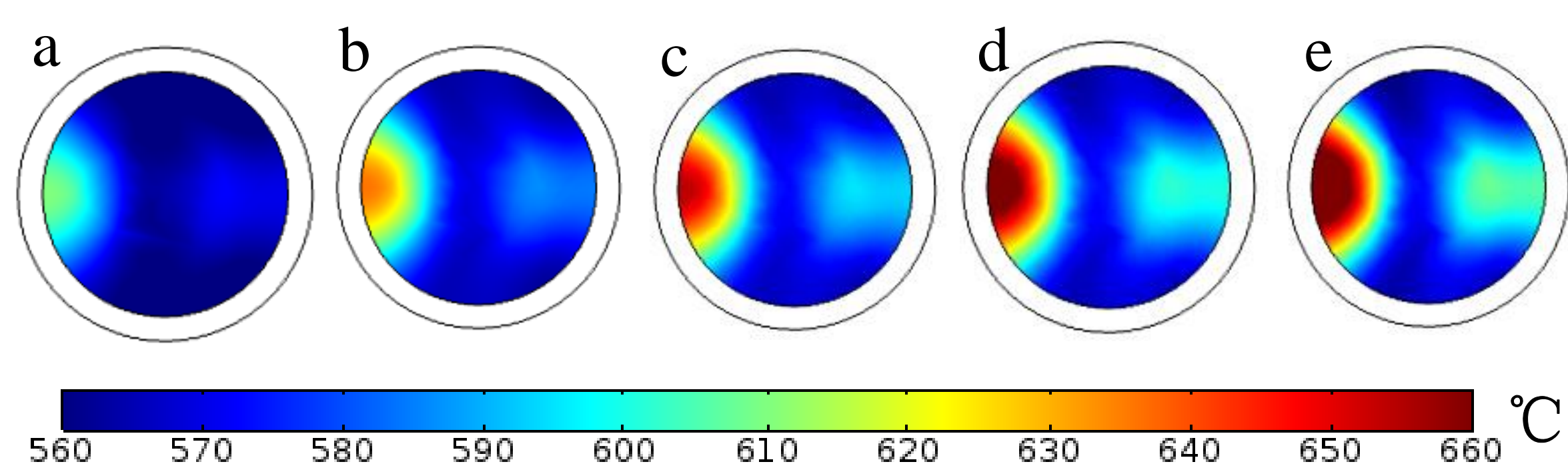


图2 功率变化负载温度分布图 (z=100mm)

a: 5kW b: 7.5 kW c: 10 kW d: 12.5 kW e: 15 kW

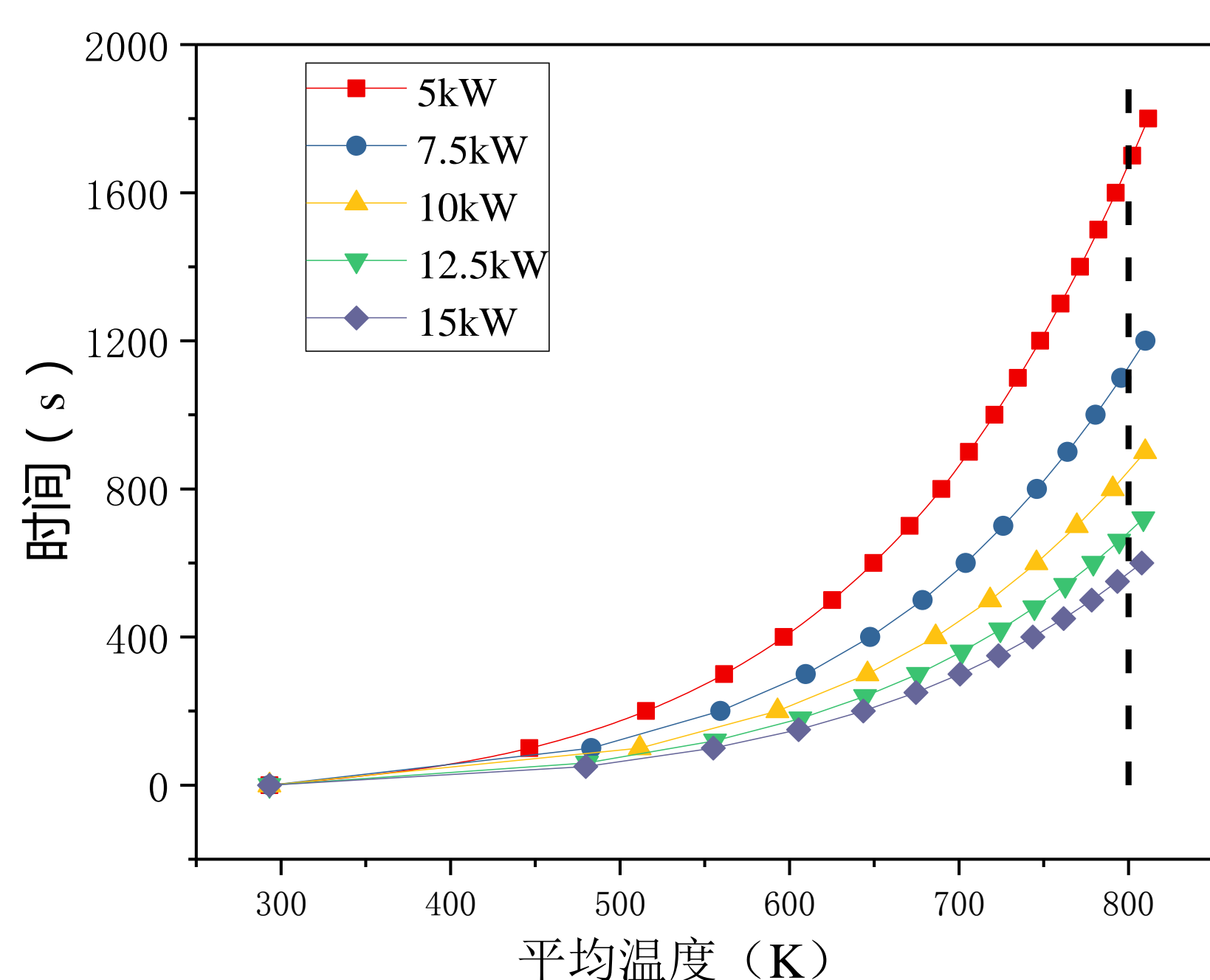


图3 不同功率负载升温曲线

功率 (kW)	COV
5	0.043
7.5	0.054
10	0.062
12.5	0.067
15	0.072

表1 不同功率的负载
变异系数表

● 负载位置变化对微波反应器加热效率及均匀性的影响

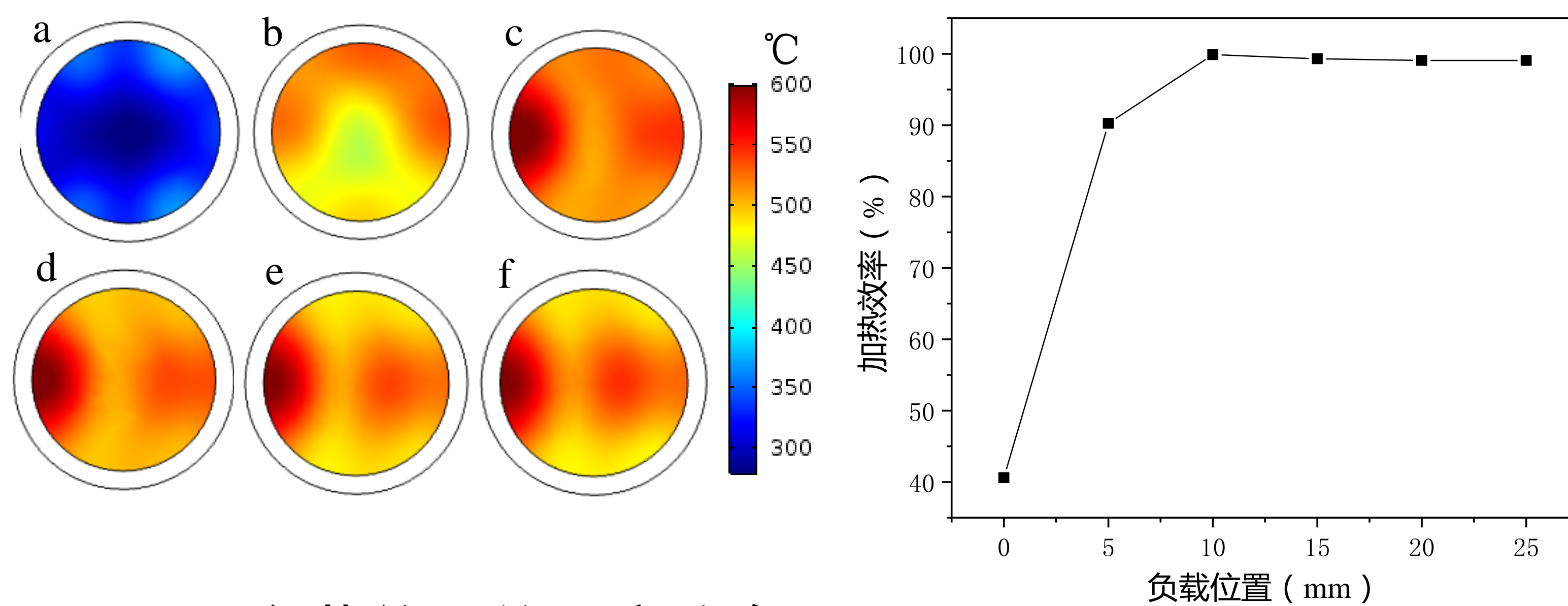


图4 不同负载位置的温度分布图
(z=100mm)

a:x=0mm b:x=5mm c:x=10mm
d:x=15mm e:x=20mm f:x=25mm

图5 负载位置变化对加热
效率的影响

● 负载半径变化对微波反应器加热效率及均匀性的影响

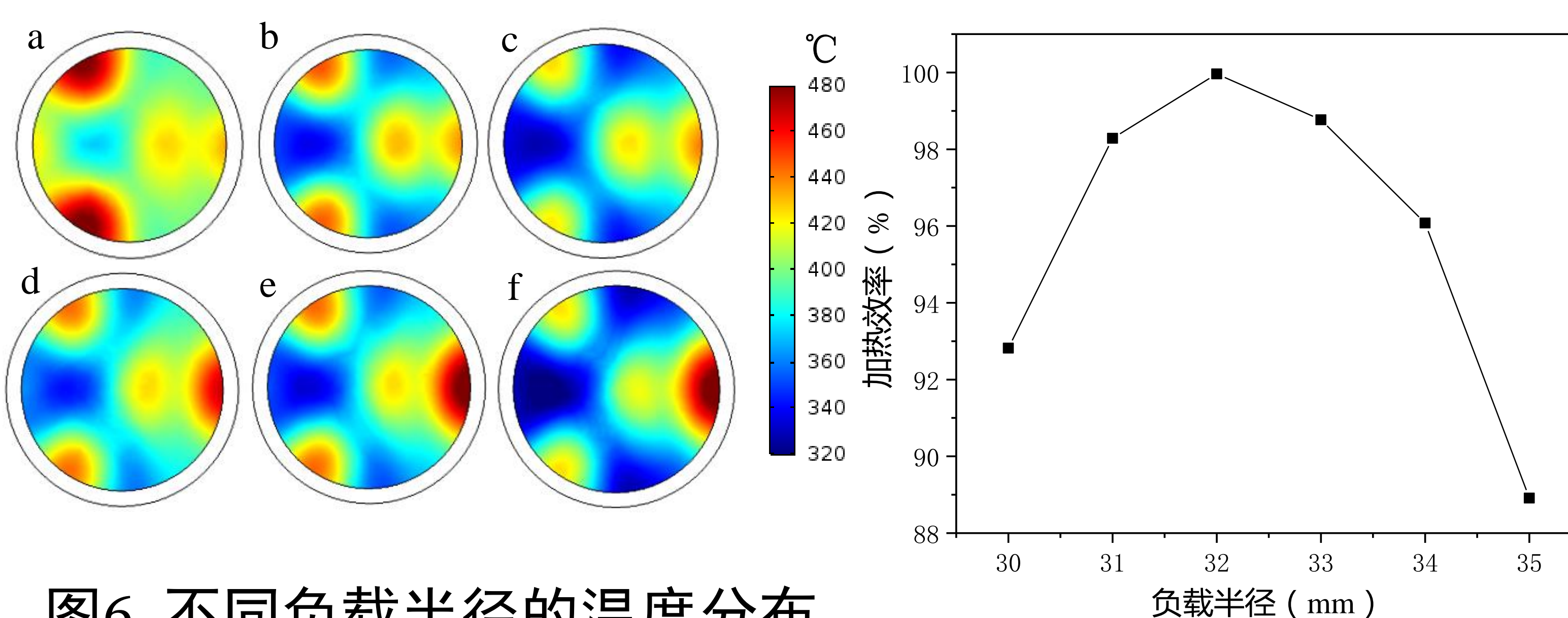


图6 不同负载半径的温度分布
图 (z=100mm)

a:r=30mm b:r=31mm c:r=32mm
d:r=33mm e:r=34mm f:r=35mm

图7 负载半径对加热效率
的影响图

结论

通过对微波反应器仿真研究, 成功建立微波反应器谐振腔模型; 在此模型中, 微波反应器的加热均匀性以及加热效率与负载半径、负载位置、微波馈入功率紧密相关, 负载半径和负载位置的变化导致微波反应器中负载温度均匀性以及加热效率的改变, 而波导馈入功率的改变则对微波反应器的加热效率没有影响, 同时不会改变负载中的温度分布, 仅仅改变负载的升温速率导致负载中的温差差异明显; 当负载半径 $r=32\text{mm}$, 负载位置 $x=10\text{mm}$, 微波馈入功率 $P=10\text{kW}$ 时, 微波反应器获得最优的加热均匀性, 同时获得了理想的加热效率, 可达99%以上。

参考文献

- [1] 陈晓琳, 李悦钦, 蔡成功. 微波热解析处理油基泥浆钻屑的可行性研究[J]. 化学工程与装备, 2015(10): 86-87.
- [2] Pereira M.S., Panisset C.M.D.Á., Martins A.L., et al. Microwave treatment of drilled cuttings contaminated by synthetic drilling fluid[J]. Separation & Purification Technology, 2014, 124(6): 68-73.
- [3] 韩清华, 李仪凡, 赵东林, 等. 多馈源箱式加热器的微波场均匀性仿真分析[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(6): 6-9.
- [4] 曹湘琪, 姚斌, 郑勤红, 等. 圆柱形微波加热器加热效率及均匀性仿真分析[J]. 包装与食品机械, 2014(6): 29-31.

* 通讯联系人: 游海鹏, 18306429681, S15030475@s.upc.edu.cn