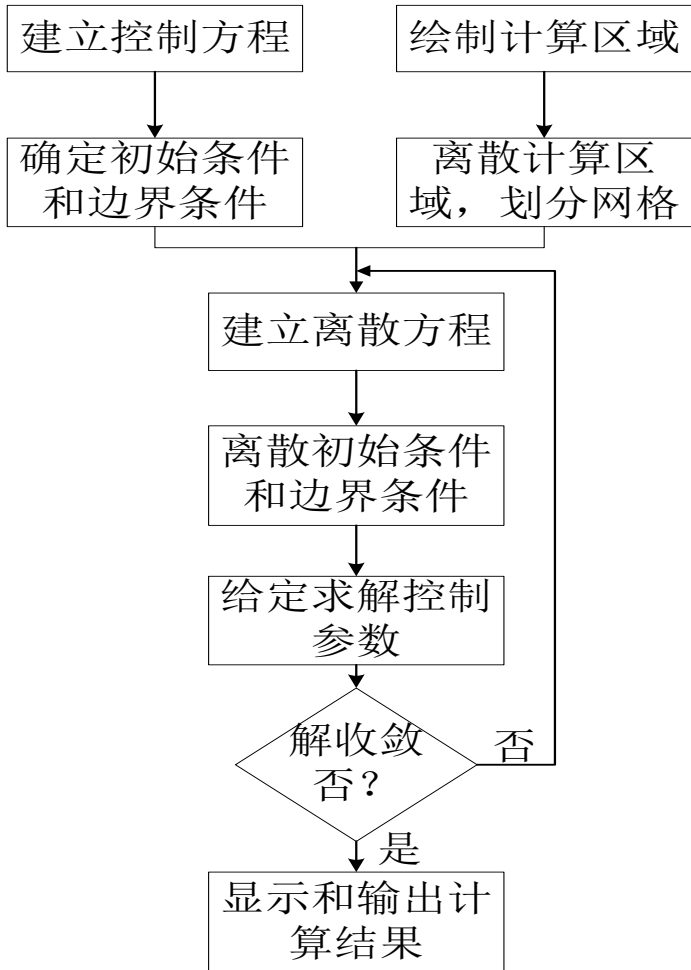


# 水泥窑炉协同处置生活垃圾CFD模拟 与参数优化

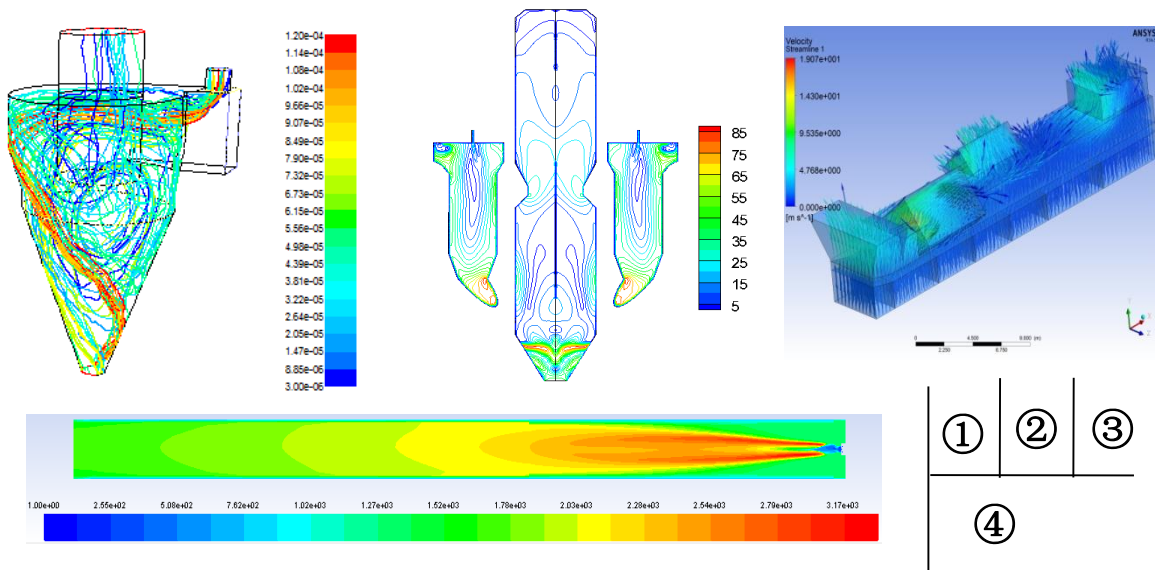
2020年8月

# CFD模拟及在水泥窑炉中的应用



数值模拟计算步骤

- 计算流体动力学（CFD）是理论分析、实验测量外又一项重要的研究手段
- 基本思路：把连续的物理量的场用一系列离散点来代替，建立场变量代数方程组，求解代数方程组获得场变量的近似值
- 应用：广泛用于模拟各种流体流动、传热、燃烧和组分运输等问题



# 1、水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟前期准备工作

## □ 现场调研与热工检测



位置	温度/°C	气体成分	
		O <sub>2</sub> /%	NO/ppm
分解炉 SNCR-1	922-881	2.85	173
分解炉 SNCR-2	877-892	2.35	393
分解炉 SNCR-3	895-919	2.82	226
C5A	880-920	2.47	110
C5B	881-910	2.77	238
烟室东	1131	0.63	361
烟室西	1240	2.86	690

## □ 生活垃圾测试



入炉生活垃圾形态



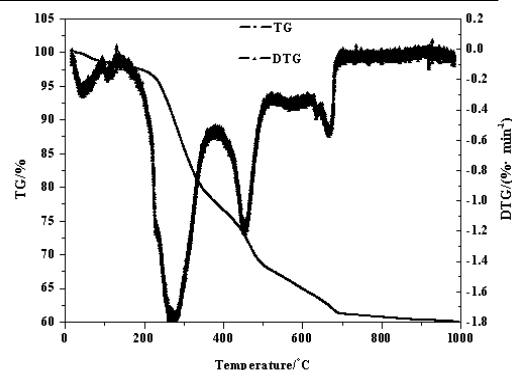
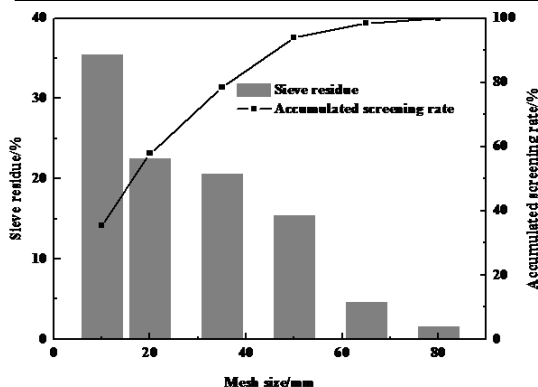
制备好的生活垃圾样品

### 表1 煤粉、生活垃圾工业分析

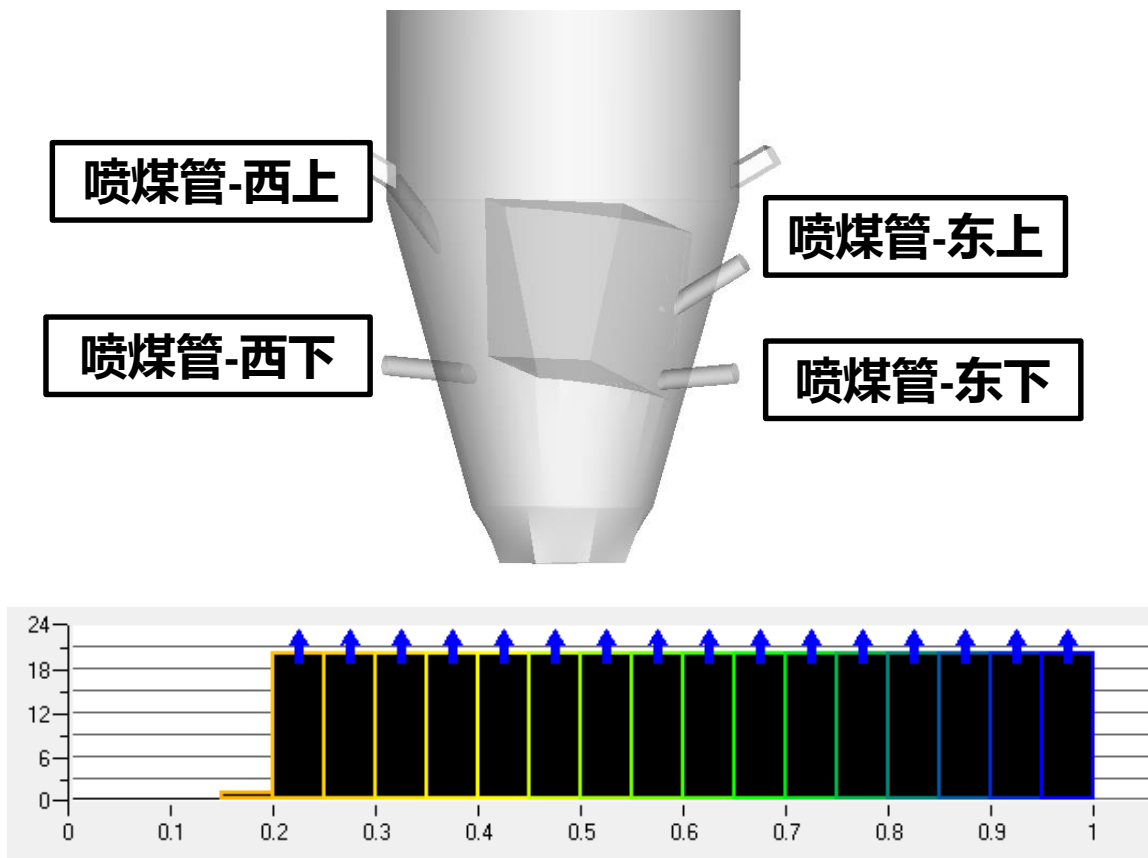
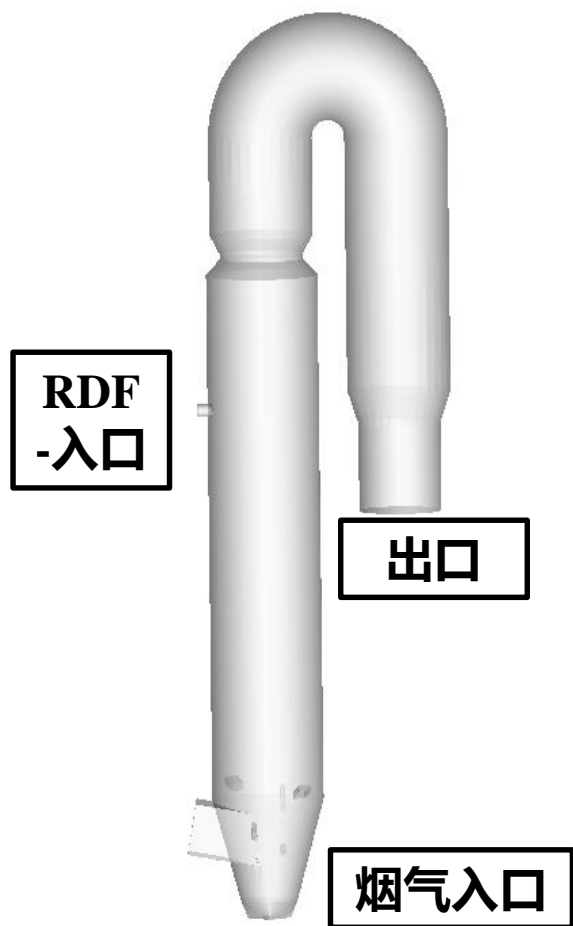
燃料	Mad /%	Aad /%	Vad /%	FCad /%	Qnet,ad /(kJ·kg <sup>-1</sup> )
煤粉	2.74	18.10	25.88	53.28	25118
RDF	0.90	56.60	35.44	7.06	9350

### 表2 煤粉、生活垃圾元素分析

燃料	C,ad/%	H,ad/%	O,ad/%	N,ad/%	S,ad/%
煤粉	65.66	4.12	7.71	0.90	0.76
RDF	13.90	3.18	24.36	0.58	0.48

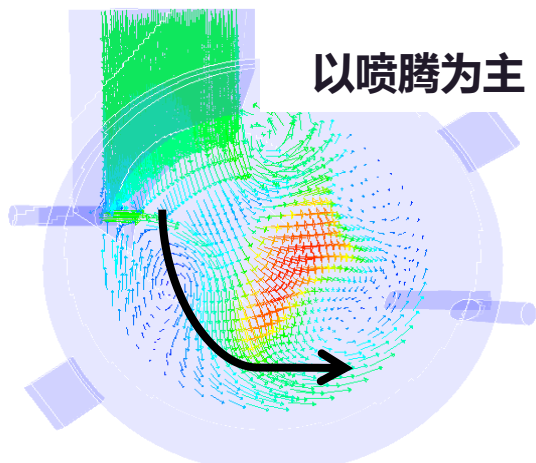


## CFD模拟平台



网格总数量107.99万个，平均质量系数0.913

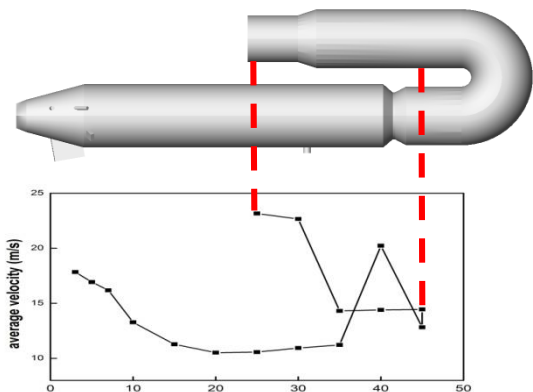
# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟平台



以喷腾为主

旋流效果不强

三次风截面位置速度矢量图



分解炉不同截面平均速度分布

□ 分解炉流动、燃烧与污染物形成的CFD模拟

参数	模拟结果	实测结果
分解炉出口温度/°C	922	890-920
分解炉出口O <sub>2</sub> 浓度/%	2.72	2.67
分解炉出口CO浓度 /ppm	350	416
入窑分解率/%	95.51	~95
煤粉燃尽率/%	95.52	/

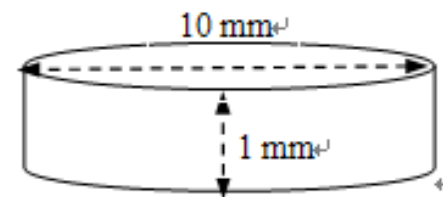
## 2、水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

开展了生活垃圾**喂入量、水分含量、粒径、喂入位置**等对分解炉内流场、温度场及生活垃圾自身燃尽率的CFD模拟研究。

### □ 生活垃圾喂入量-0、7 t/h、15 t/h

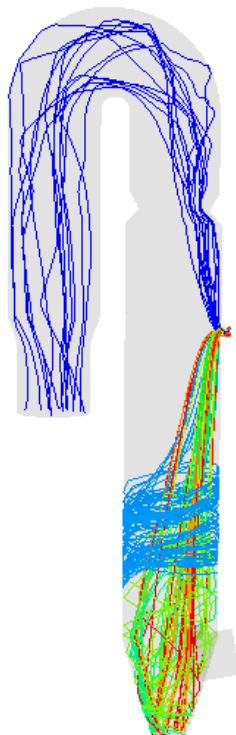
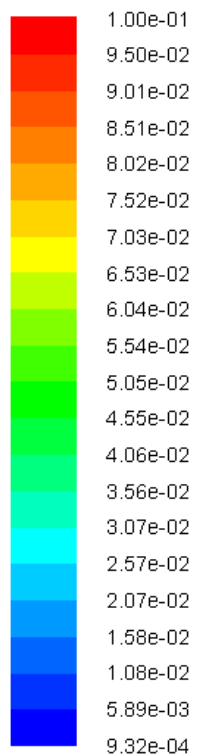
基于能量与用风平衡计算煤粉、三次风量随RDF处置量的变化。

RDF处置量t/h	煤粉用量t/h	三次风速度 m/s
0	19.50	21.42
7	17.98	20.84
15	15.89	19.76

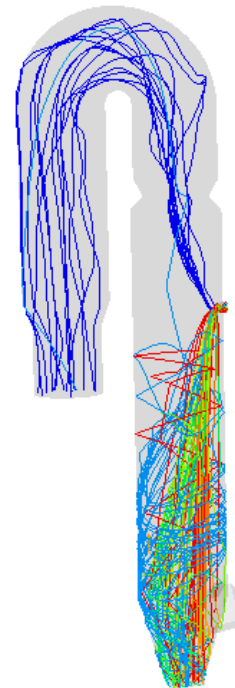
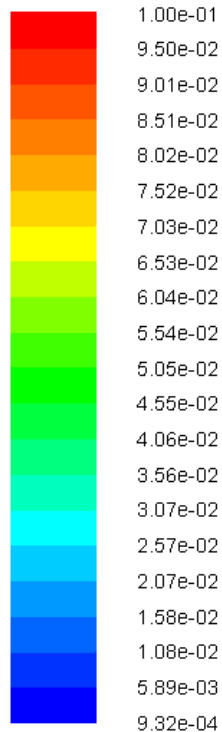


对于平均粒度为10 mm的RDF，设定其直径为10 mm，高度为1 mm，则形状系数为0.47

# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化



(a) RDF处置量7 t/h



(b) RDF处置量15t/h

□7t/h时：  
60%的RDF  
从分解炉锥  
部落入烟室；

□15t/h时：  
67.5%的  
RDF从分解  
炉锥部落入  
烟室。

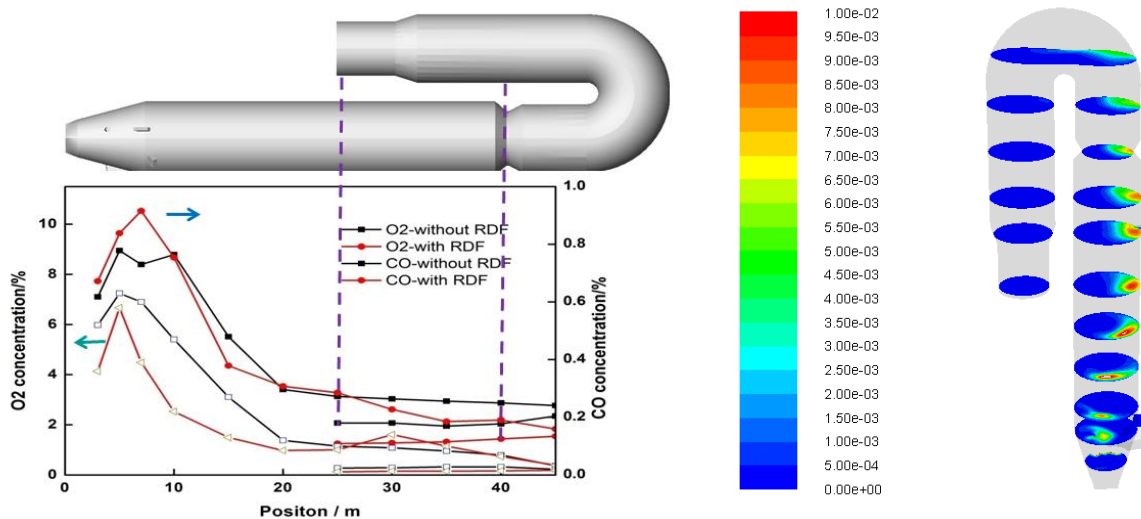


# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

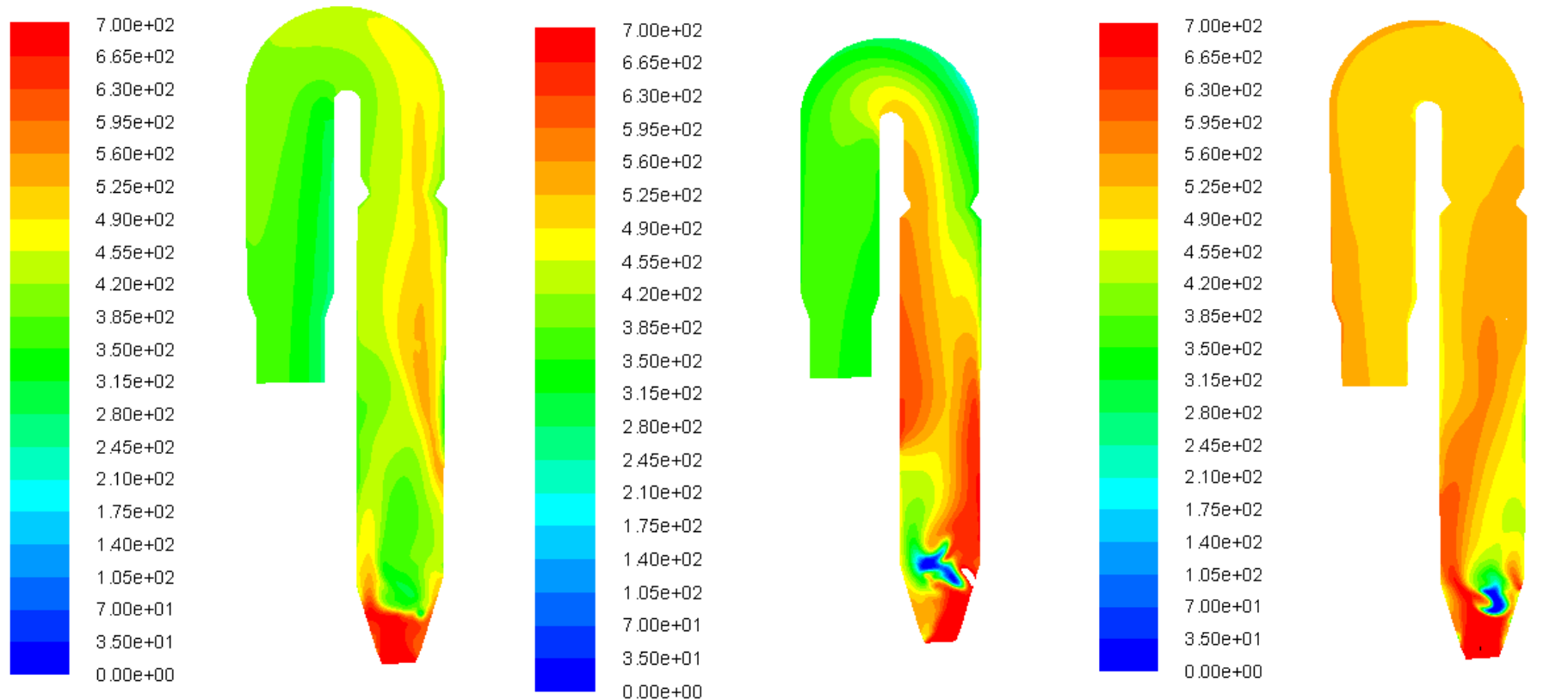
RDF处置量 t/h	种类	理论燃烧量 kg/s	实际燃烧量 kg/s	燃尽率 %
7	挥发分	0.5215	0.4513	86.54
	固定碳	0.1038	0.0462	44.49
15	挥发分	1.1175	0.7648	68.44
	固定碳	0.2225	0.0786	35.31

当RDF喂入量由7t/h增加到15t/h时，其整体燃尽率由79.56%，降低到62.94%

RDF固定碳燃烧主要发生在分解炉柱体及锥部区域；引起此处氧气浓度降低，而CO含量增加



# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化-NO浓度分布

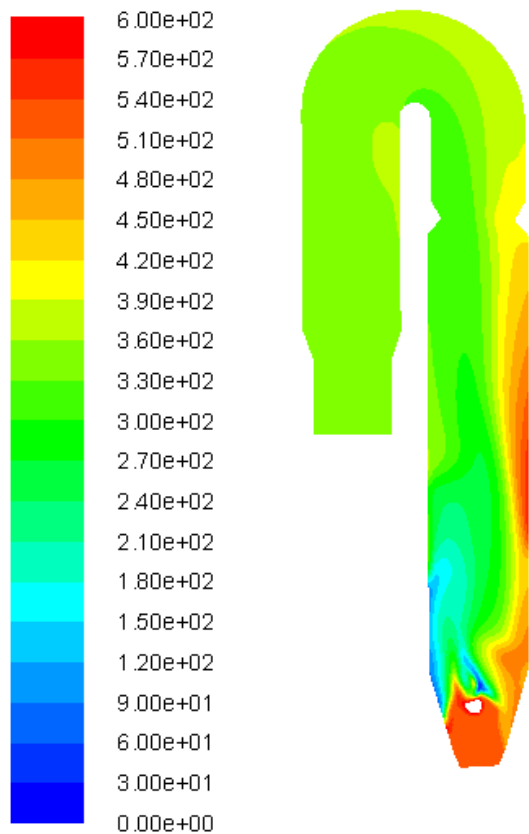


**RDF=0 , 出口NO=343**

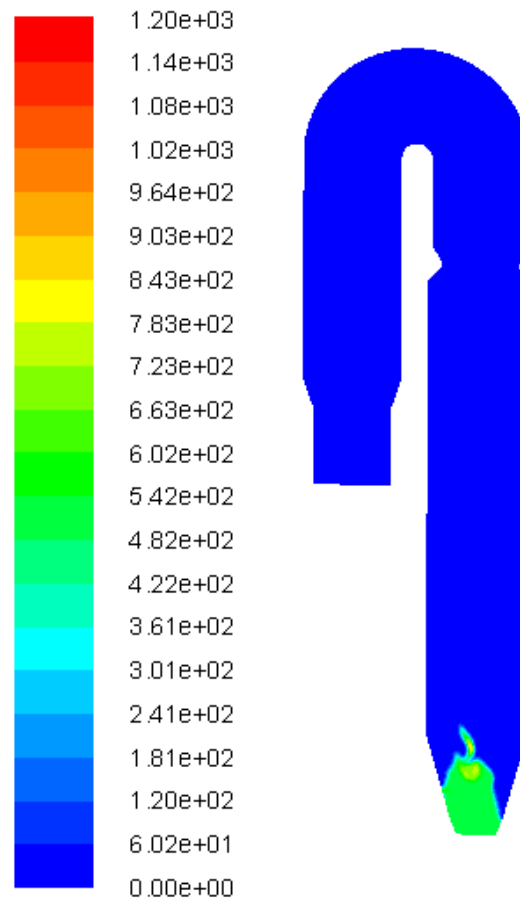
**RDF=7 , 出口NO=347**

**RDF=15 , 出口NO=527**

# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化-SO<sub>2</sub>浓度分布



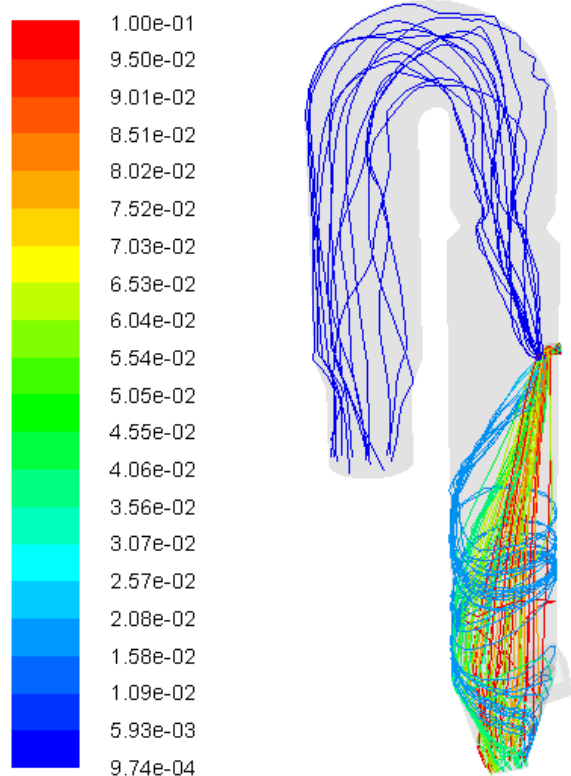
没有考虑与CaO的反应，352 ppm



考虑与CaO的反应，0 ppm

# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

## 生活垃圾分类含水量-10%、25 %



RDF水分含量为10%时其运动轨迹

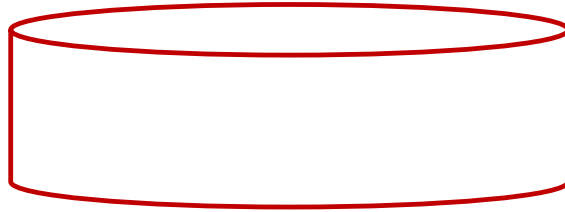
RDF水分 %	种类	理论燃烧量 kg/s	实际燃烧量 kg/s	燃尽率 %
10	挥发分	1.1175	0.8281	74.10
	固定碳	0.2225	0.0916	41.16
25	挥发分	1.1175	0.7648	68.44
	固定碳	0.2225	0.0786	35.31

RDF水分由25%降低至10%时有助于提高RDF在分解炉内的燃尽率；RDF整体燃尽率由62.94%提高至68.63%

# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

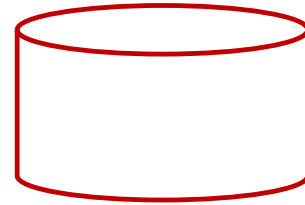
## □ 生活垃圾粒径-10mm、5mm

保持生活垃圾喂入量为15t/h，将生活垃圾平均粒径由10mm降低到5mm，示意图如下。



平均粒径10 mm  
高径比 1:10  
最大粒径 0.1 m  
球形系数 0.47

原有粒径

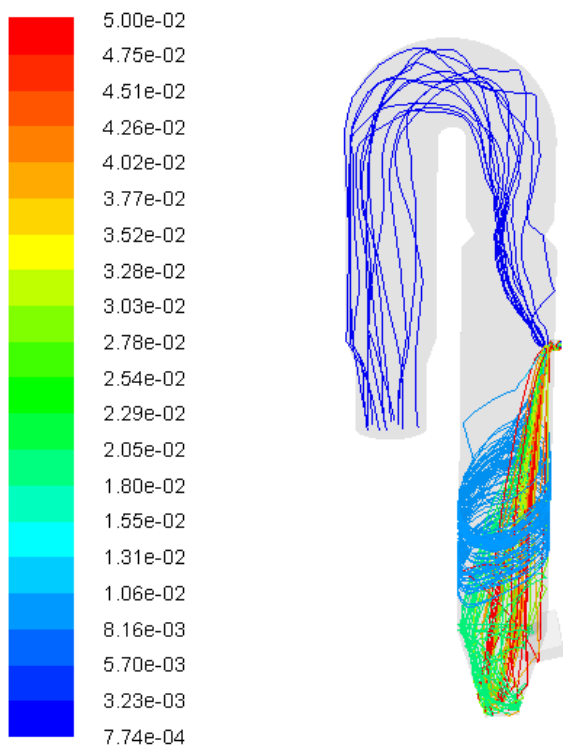


平均粒径5 mm  
高径比 1:5  
最大粒径 0.05 m  
球形系数 0.64

减小后粒径

# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

## 生活垃圾分类



RDF粒径改变后其运动轨迹

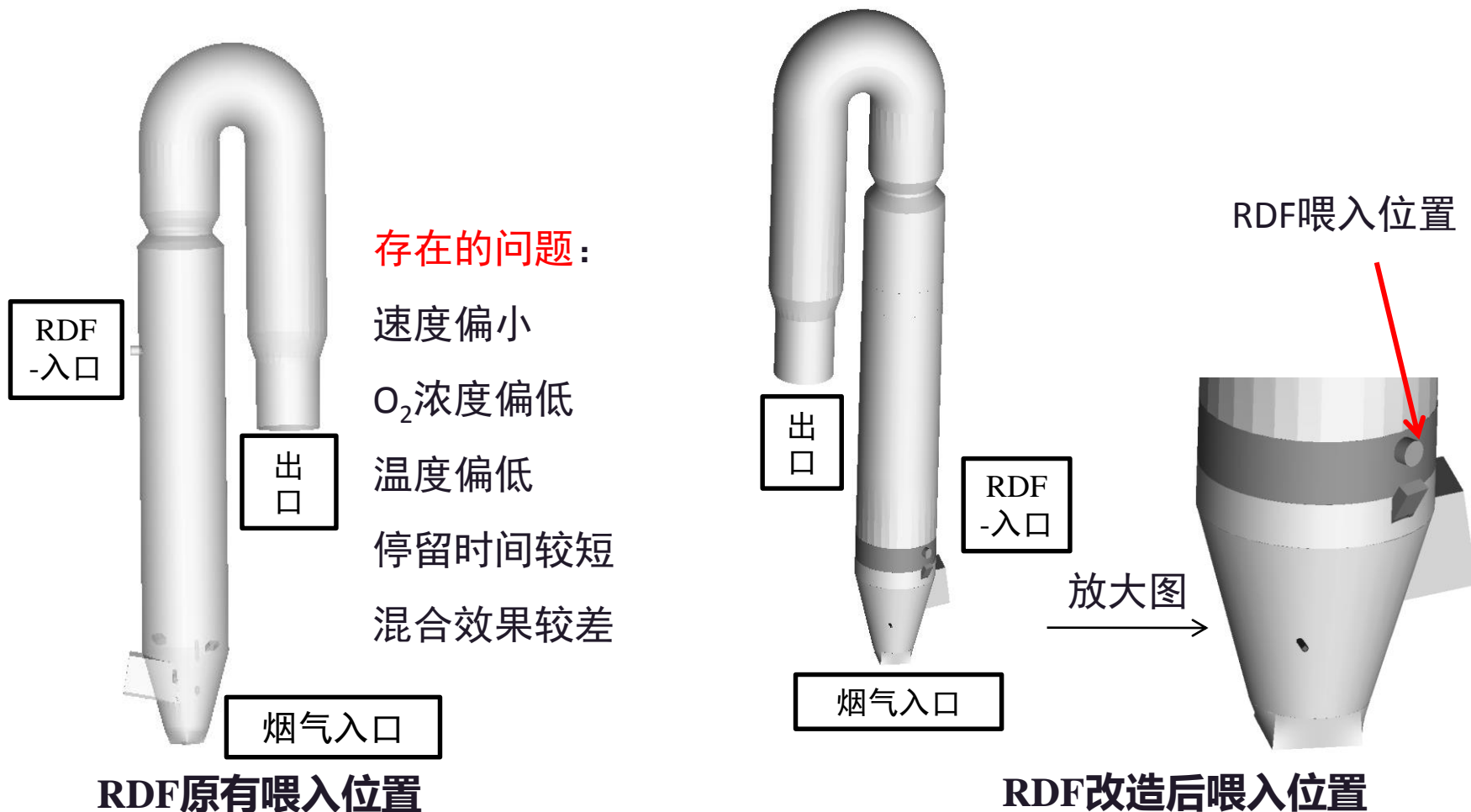
从分解炉锥部落入烟室的RDF比例降低为55%。

RDF平均粒径 mm	种类	理论燃烧量 kg/s	实际燃烧量 kg/s	燃尽率 %
10	挥发分	1.1175	0.7648	68.44
	固定碳	0.2225	0.0786	35.31
5	挥发分	1.1175	1.0065	90.07
	固定碳	0.2225	0.1436	64.54

RDF平均粒径由10 mm降低至5 mm后显著提升了RDF在分解炉内的燃尽率；RDF整体燃尽率由62.94%提高至85.83%，提高了23%以上

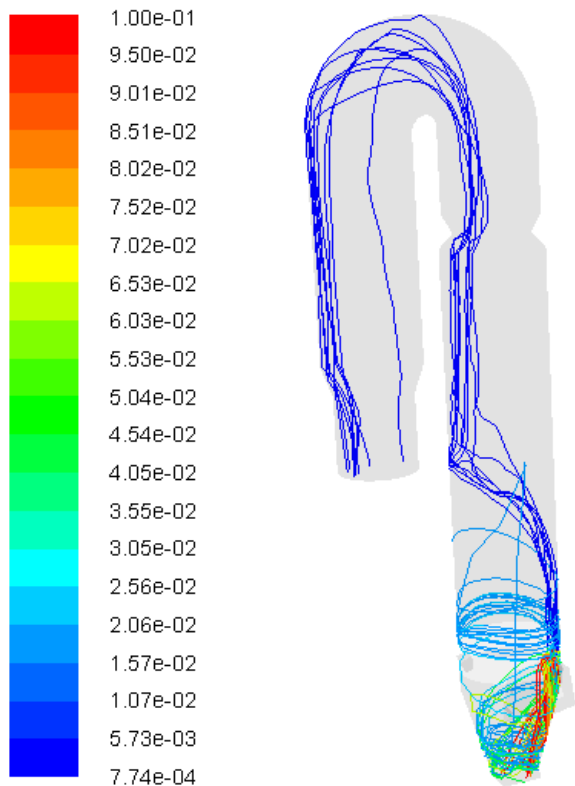
# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

## 生活垃圾分类位置-原有位置、改后位置



# 水泥窑协同处置生活垃圾CFD模拟优化

## 生活垃圾分类-原有位置、改后位置



RDF喂入位置改变后其运动轨迹

RDF喂入位置	种类	理论燃烧量 kg/s	实际燃烧量 kg/s	燃尽率 %
原有	挥发分	1.1175	0.7648	68.44
	固定碳	0.2225	0.0786	35.31
改后	挥发分	1.1175	0.7288	65.22
	固定碳	0.2225	0.1356	60.94

RDF喂入位置改变后，显著改变了RDF在分解炉内的运动轨迹；

改变位置后明显提升了RDF固定碳的燃尽率，但是挥发分燃尽率降低，整体燃尽率仅从62.94%提高到64.51%。