



富氧燃烧技术在水泥分解炉上应用的可行性分析

北京汉能清源科技有限公司 陈立新 付艳辉

中国科学院力学研究所 张乐宇

DOI:10.16291/j.cnki.zgjc.2019.09.032

富氧燃烧是指助燃用的氧化剂中的氧浓度高于空气中的氧浓度。与普通空气燃烧相比，富氧燃烧具有提高火焰温度、降低燃料燃点、加快燃烧速度、促进燃烧完全、减少烟气排量、提高燃烧效率、改善熟料质量、提高产量等优点。美国 Cemex's Victorville 水泥厂采用富氧燃烧技术，发现了单位吨氧气带来的提产效果先增后降；California Portland's Mojave 水泥厂进行富氧燃烧，使提产率达到 8.85%，取得了显著的生产效果；Hercules 水泥厂富氧运行表明，可提产 8% ~ 10%，平均提产率为 4t ~ 5t 熟料 /tO₂，燃料消

耗减小 3% ~ 5%。国内应用富氧燃烧技术的主要有凌源水泥厂、佳木斯水泥厂、北京新北水水泥厂、河南汝州天瑞 5000t/d 生产线等。富氧燃烧技术应用在回转窑的众多案例中均取得了良好的效果，属于近年来发展起来的节能环保技术，也在逐渐成为国内外水泥生产节能降耗重大技术进步方向。基于此背景，笔者在已经验证的分解炉煤粉燃烧耦合碳酸钙分解的反应模型中进行实验，分析出了富氧燃烧的效果。以日产 3800 吨新型干法水泥熟料生产线为例，富氧燃烧设备可提供 1100Nm³/h 的助燃气体，其中含 80%O₂ 及

20%N₂，将其混合到送煤风中，并保持送煤风总量为5600Nm³/h，在此工况下送煤风气体组成为：煤风总量5600Nm³/h；气体组成（vol）32.6%O₂，67.4%N₂；质量分数（mf）35.6%O₂，富氧燃烧64.4%N₂。

研究方法

实验所用分解炉炉型为第三代TTF型，具有两缩口、三喷腾特性，分解炉立式剖面图如图1（a）所示。

依据分解炉实际尺寸，利用Gambit软件建立三维模型。煤粉燃烧器分两层布置，每层对称布置2个，共布置4个；三次风管位于炉体第一段主体起始位置处，呈对冲分布；水泥生料下料口位于炉体第二段主体靠近缩口处，水泥生料撒料箱位于炉体第一段主体与主燃区煤粉燃烧器所在高度持平。最下方为烟气进口，最上方为总出口，分解炉总体布局为9进口1出口。Gambit软件建立的分解炉三维模型如图1（b）所示。

根据图形特征，将模型主体按照两缩口、三喷腾的设计划分为六大区域，每个区域均以结构网格为主、非结构网格为辅的原则划分网格，在煤粉燃烧器喷口、

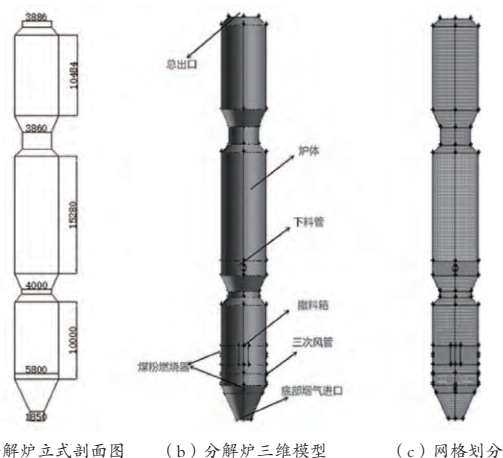


图1 TTF型分解炉物理模型及网格划分

表2 实验工况表

工况	烟气进口	三次风进口	燃烧器进口	生料进口	总出口
温度	1070℃	830℃	70℃	780℃	800℃
质量流量	27.68kg/s	22.66kg/s	4个进口均为0.775kg/s	上层15.7kg/s 下层62.8kg/s	131.94kg/s

表1 分解炉设计参数

参数	数值
分解炉型号	TTF型分解炉
产能	3800t/d
耗煤量	11t/h
炉体内径	5800mm
气体停留时间	5.7s
炉内平均温度	880℃

烟气进口及三次风管进口附近采用局部加密网格处理。经Fluent软件检测，网格总数约为106万，数量适中，满足计算要求。网格划分如图1（c）所示。

研究结果与分析

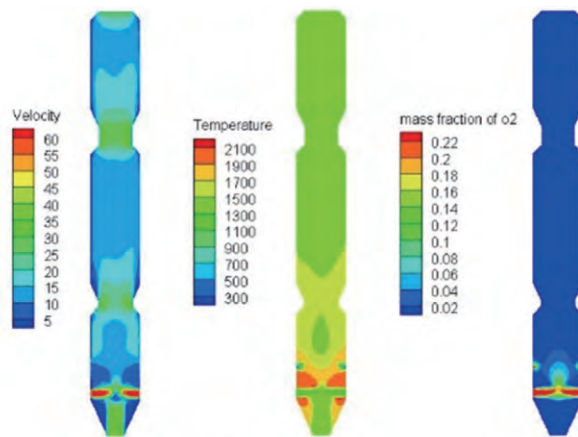


图2 速度场、温度场及氧浓度分布

富氧燃烧工况下得到炉内速度场、温度场及氧浓度分布，炉体内部显示出良好的两缩口三喷腾效应，缩口处风速可达14m/s，而炉体横截面最大直径处风速约为9m/s，缩口处加速效果明显，有利于物料的充分混合，对冲布置的三次风管在炉体第一段主体内形成了较大的回流区，有利于强化物料的反混，增加了物料的停留时间，有利于提高物料的分解率。

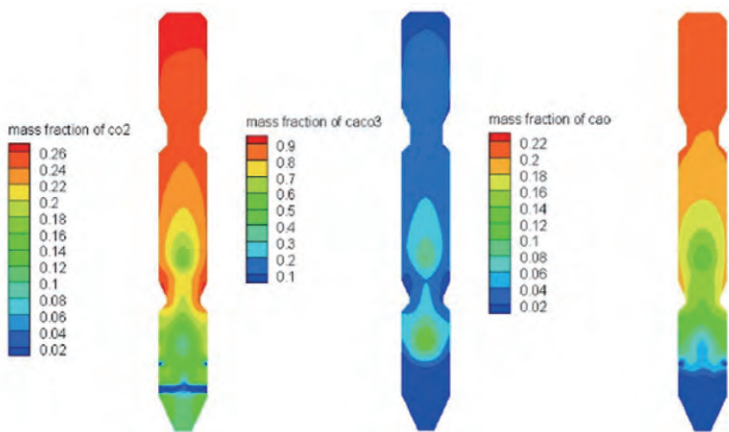


图3 CO₂分布、CaCO₃分布及CaO分布

炉内温度由炉体下部向上呈逐渐降低的趋势，主燃区的温度区间在 1500K ~ 1700K，而主燃区下方会出现部分区域超过 1700K，这是由于主燃区的温度受到碳酸钙分解吸热的影响，下部撒料箱处的温度比撒料箱周围其他区域的温度低，从而影响了温度分布。同理，上部下料管处的温度比下料管周围其他区域的温度低。当高度超过炉体第二缩口后，温度稳定在 1275K ~ 1281K 之间，满足 SNCR 的温度要求。

此外，由三次风管输入的空气全部用于主燃区煤粉燃烧，整个炉体断面剩余的氧气浓度低于 1.5%，当

还原剂在高温氧浓度较低的区域喷入时可进一步还原 NO_x，从而为高温区喷氨脱硝创造了条件。

如图 3 可知，下部撒料箱和上部下料管处作为 CaCO₃ 进口，在 CO₂ 分布图中显示的浓度较低，在 CaCO₃ 分布图中显示的浓度较高。当碳酸钙颗粒受重力下落并在下落过程中与上升气流混合时，会分解产生大量 CO₂，CO₂ 气体在炉体内上升富集，至出口处达到浓度最大值，同时，CaCO₃ 在炉体内受热分解后质量分数逐渐降低，在上方出口处达到浓度最小值 9%，这表明碳酸钙在炉体内分解率达到 91%，在实际生产中 CaCO₃ 分解率为 85% 至 95% 之间，说明模拟结果与实际情况具有良好的重合率。

结论

结合以上分析可得，富氧燃烧工艺改造后能够保持生产的有序进行，不会对生产安全造成影响，炉内组分分布及温度场、速度场分布均未见明显变化，保持了分布的稳定性。☺

