

附件 7



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

硕士学位论文评阅书

论文题目 MTO 再生器 CFD-DEM 模拟研究

作者姓名 宋超

学位类别 工程硕士

学科（专业） 化学工程

研究所（院系） 中国科学院大连化学物理研究所

中国科学院大学制

填 表 说 明

1. 本表内容须真实、完整、准确。
2. “学位类别”名称：学术型学位填写哲学硕士、经济学硕士、法学硕士、教育学硕士、文学硕士、理学硕士、工学硕士、农学硕士、医学硕士、管理学硕士等；专业学位填写工程硕士、工商管理硕士（MBA）、应用统计硕士、翻译硕士、应用心理硕士、农业推广硕士、工程管理硕士、药学硕士等。
3. “学科(专业)”名称：学术型学位填写“二级学科”全称，专业学位填写“培养领域”全称。

硕士学位论文专家评阅意见

评阅意见（包括论文选题的理论意义和应用价值；文献资料的掌握；论文取得的成果及水平；写作规范化、逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目：M70再生器CFD-DEM模拟研究

作者姓名：宋超

阅中评阅意见见附页。

论文总体评价 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 优秀	<input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 差
是否同意组织学位论文答辩 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 同意答辩	<input type="checkbox"/> 修改以后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩	

《MTO 再生器 CFD-DEM 模拟研究》论文

评阅意见

在 MTO 反应过程中，SAPO-34 分子筛催化剂结焦失活的再生过程是非常重要的，SAPO-34 分子筛催化剂再生结果直接影响反应器中 MTO 反应的结果。2006 年 6 月，在中国陕西华县建成了全球第一套 1.67 万吨级 DMT0 工业性试验装置并完成试验，到目前近 20 套大型工业化 MTO 装置运行已经 13 年。十几年来对 MTO 再生过程的研究主要集中在积炭燃烧和再生动力学方面，对再生器中再生过程的模拟研究却鲜有报道。论文的研究方向有较强的现实意义。

基于论文内容，论文有如下需要更改或以后研究中考虑：

1. 再生器几何模型尺寸较小，厚度分别为 0.2mm 和 1mm，而颗粒的尺寸为 0.1mm，在毫米尺度内。流体在管道内流动时，壁面会影响流体速度和形态，形成边界层。在这个尺度内如何考虑壁面对流体流动和颗粒运动的影响？
2. 采用多大尺度的再生器模型，采用工业数据验证毫米尺度再生器模型的合理性有待于商榷。如果有更大尺寸的再生器模型，或接近实验室微反装置尺寸，模拟实验与工业数据相互验证更有说服力（工业再生器器的尺度为米级的，密相区直径 5.5 米以上，稀相区直径 7 米以上，高度 23 米以上）。
3. 排版问题：58 页后的图需要重新排版（图表串行）。

4. P₂₋₁₆ 页码, 如图所示的编号均有误, 需要更改。
5. P₃₃ 页 “初始流化速度基本在 0.01m/s 左右, ……”, 最小流化速度为 0.093m/s, 误差<7%,” 误差<7%需要验证准确性。
6. P₂ 页码 “DMTO 工艺中常常需要附设再生器” 这一句建议改为 “在目前 DMTO 工艺中, 须附设与烧焦能力相匹配的再生器”。

硕士学位论文专家评阅意见

评阅意见（包括论文选题的理论意义和应用价值；文献资料的掌握；论文取得的成果及水平；写作规范化、逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目：MTO再生器 CFD-DEM 模拟研究

作者姓名：宋超

甲醇制烯烃是煤化工领域的一项重大进展，而催化剂的再生是其重要组成部分。本文基于实际的工业数据，建立MTO再生器的CFD-DEM计算模型，对再生过程中的气流、温度、压力、氧含量进行模拟，为下一步的工作提供了一个较好基础。

论文的文献详实，写作规范，逻辑性强。由于本工作完全是模拟结果，建议和实验相结合，进行验证和模型的修正。

论文总体评价 (请在相应栏内划“√”)	<input type="checkbox"/> 优秀	<input checked="" type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 差
是否同意组织学位论文答辩 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 同意答辩	<input type="checkbox"/> 修改以后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩	

硕士学位论文专家评阅意见

评阅意见（包括论文选题的理论意义和应用价值；文献资料的掌握；论文取得的成果及水平；写作规范化、逻辑性等。还须明确指出论文中存在的问题和不足之处。可另附页）

论文题目：MTO再生器CFD-DEM模拟研究

作者姓名：乐超

论文总体评价 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 优秀	<input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 中	<input type="checkbox"/> 差
是否同意组织学位论文答辩 (请在相应栏内划“√”)	<input checked="" type="checkbox"/> 同意答辩	<input type="checkbox"/> 修改以后答辩	<input type="checkbox"/> 不同意答辩	

《MTO 再生器 CFD-DEM 模拟研究》的学术评语

作者姓名 宋超

该论文以 DMTO 工业催化剂再生过程的模拟为研究目的。采用 CFD-DEM 方法建立了再生器烧炭反应模型,通过耦合烧炭反应动力学,对进气速度、反应温度、反应压力、氧气含量等操作条件进行了模拟,并在此基础上就初始碳含量及传热因素对反应的影响进行了长达 25 秒的模拟。

论文作者查阅了大量文献资料,对所涉及的研究领域进行了广泛的调研,掌握了系统的专门知识;模型的建立及过程模拟设计构思合理,基本能反映再生反应过程的特性。论文结构合理,写作规范,叙述条理清晰,具有理论意义和应用价值。

综上所述,评审者认为该论文达到了国家学位条例对硕士学位论文的要求,同意进行学位答辩。

质疑与建议:

1、第 33 页:对于 259K 温度下的二维冷床其初始流化速度基本在 0.01m/s 左右,根据 Syamlal 等学者给出的计算公式,最小流化速度为 0.0093m/s,误差<7%,所以模拟结果与理论计算结果比较吻合。

Syamlal 等学者给出的最小流化速度计算公式是理论公式。还是经验公式?如果是经验公式,则不能说模拟结果与理论计算结果比较吻合。说模拟结果与经验公式的计算值比较吻合更严谨。

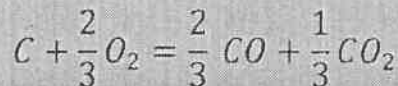
2、由图 3.7 可知,比较二维和三维颗粒的流化状态,流化平稳后三维流化床床层高度要比二维模型的床层高。其中在 0.07m/s 时三维床颗粒床层高度达到近 9.0mm,而二维流化床的颗粒床层高度仅为 5.5mm。

造成三维床与二维床的床层高度(膨胀高度)不同的原因是什么?除了空塔气速外,还与颗粒的装填量、床径(或当量直径)等有关,应考虑各个影响因素。

3、第 34 页的最上面一段中,(最小流化)速度的单位应统一。

4、第 34 页,3.4 压力对流化状态的影响中,用了“压力梯度”一词,这不合适。因为,压力梯度是指压力对空间的导数,此处只是不同的压力工况,可用不同的压力工况代替“压力梯度”。

5、低 40 页和第 44 页,由于工业产物中 CO 与 CO₂ 的比值为 2:1,因此将化学反应的方程设置为:



初步分析可以参考工业产物的组分比例,但实际过程中温度、氧气浓度会的变化,CO 与 CO₂ 的比例也不是一成不变的,上述设置是否合理?此外,第 44 页有叙述“同时,可以看到,尾气中 CO 与 CO₂ 的含量比为 2:1,与工业尾气数值基本吻合”。按照前面设置的反应方程式,CO 与 CO₂ 比例必然为 2:1,模拟结果与工业尾气数值基本吻合是必然的。第 57 页也有类似的问题。

6、第 47 页,随着温度的提高,由于气体粘度的增加,气固之间的曳力增加,所以颗粒

的运动速度相对增加。

同理，随着温度提高，气体密度减小，相同进气气速下，气固相间曳力亦减小，与文中基于粘度分析的结论是不是相反。如何关联进行解释？另外，第 59 页，4.3.3 温度对反应的影响一节中也有类似的问题。

7、第 57 页，用“氧气浓度梯度”，也不合适。

8、第 68 页，同时，考虑到工业再生中有换热的影响，因此将再生器一侧面设置为 900K，对应侧面为 950K。还有，第 70 页将模型右侧壁面温度设置为 900K，其余三个侧面温度设置为 950K，为什么？应该说明。另外，这里设置不同的壁面温度，是为了研究换热的影响。但是 5.1 小节也是在不同壁面温度下计算的么？如果是，那么 5.1 小节中 $T=950K$ 的再生温度，是否也会受到另外侧 900K 壁面温度的影响呢？

9、第 68 页，再生动力学依然才用的是神华宁英辉等工业再生动力学方程，应该是“采用”。

10、第 71 页，右侧的低温颗粒沿壁面下降到再生器底部，而后在进气作用下又吹回到再生器的中部，实现流化循环。

低温颗粒下降，说明曳力更小，与前文所述的低温时气体粘度增大进而曳力增大有所不同，是否有其它原因？请进一步解释。

11、第 72 页，“催化剂在初始反应温度为 950K 而后迅速下降”。此前在初始阶段，温度均迅速上升，为何这里会迅速下降？仅仅是一个 900K 的侧壁面温度的影响么？另外，这句话本身也有问题，可改为：催化剂颗粒温度初始为 950K，而后迅速下降。

12、在论文摘要中说，进气气速和再生过程氧含量对于催化剂再生有较大作用；而在第 6 章总结的“3”中又说，发现气速、温度及氧气含量对再生反应的影响比较大。那么温度到底有无较大影响？