

全国流态化会议报告选集

內 部 資 料



科 学 出 版 社

內 容 簡 介

中国科学院技术科学部、中国金属学会、中国化学化工学会于1962年8月20日至25日在北京召开了全国流态化会议。会上宣读了80篇报告,包括流体力学、散料输送、换热过程、发热过程、吸热过程和催化反应过程等六个专业。

会议检阅了近几年来国内有关流态化工作的成绩,如石油工业中的催化裂化,化学工业中苯的催化氧化,冶金工业中的氧化和还原过程。

本书是由大会学术组从上述报告中选择较有代表性的14篇组成(其中有一篇因修改稿未到,故未刊印),各报告在会后均已经过修改整理。为了使读者对会议全貌有所了解,将化工部侯德榜副部长的发言、开幕词、闭幕词以及学术组总结一并列入。

本书可供从事化工、冶金、石油、煤炭等工业的工程技术人员和科学研究人员阅读参考。

全国流态化会议报告选集

大会学术组 编

*

科学出版社出版

北京朝阳门大街117号

北京市书刊出版业营业许可出字第061号

商务印书馆上海印刷厂印刷

科学出版社发行

1964年11月 第一版 开本:787×1092 1/18
1964年11月第一次印刷 印张:13 7/8 插页:2
印数:0001—1000 字数:35,000

定价:[科七] ~~2.00~~元

1.90

目 录

全国流态化会议开幕詞·····	曹本熹 (1)
在全国流态化会议开幕式上的发言·····	侯德榜 (3)
全国流态化会议闭幕詞·····	侯祥麟 (5)
在全国流态化会议闭幕式上的发言·····	侯德榜 (8)
全国流态化会议学术小组总结 ·····	郭慕孙、魏文德(彭成中代)、陶恩瑞、沈华生、錢家麟、郑世跃 (10)
硫酸工业中黄铁矿的流态化焙燒 ·····	黄以恪、孙师白 (15)
鋅精矿高温沸騰焙燒的工业实践及沸騰焙燒炉的廢热利用 ·····	四〇一厂 (34)
粉煤流态化低温干餾 ·····	曹重远、王劍秋、錢家麟、陈永健 (47)
流态化磁化焙燒貧鉄矿 ·····	郑建生、白万海 (64)
多层床焙燒明矾石(脫水)研究·····	
····· 胡 騰、孙克藩、林细霞、張志祥、周俊賢、丁炳順、王尊孝、魯文光、苏景云、孟昭兰	(75)
中压熔鉄催化剂合成工业反应器有关流态化方面的試运报告·····	
····· 張福詒、謝金春、吳至美、王金真	(98)
流态化床生产邻苯二甲酸酐的实践与討論·····	
····· 李振民、戴焯明、胡俊中、徐德寬、許毓文、張仁華	(116)
流态化：垂直系統中均匀球体和流体的运动(摘要) ·····	郭慕孙、庄一安 (128)
气固流化床中固相加工过程的研究 ·····	陈敏恒、袁渭康等 (131)
流态化技术中多孔板的初步研究·····	王中礼 (164)
流化质量的研究·····	李盘生、毛履珠、胡浩然、郭坤敏、王中南 (180)
散式錐形流态化床 ·····	庄一安、鮑敏京 (194)
顆粒化学流体力学·····	郭慕孙 (209)
温古勒沸騰炉褐煤气化最适宜負荷* ·····	吉林化学公司肥料厂
附录一 流态化技术中的术语命名·····	(235)
附录二 流态化技术中的符号·····	(240)

* 因修改稿未到,故本书中未刊印。

全国流态化會議開幕詞

(1962年8月20日)

曹 本 熹

中国化学化工学会常务理事
石油学院副院长

这次全国流态化會議是由中国科学院技术科学部、中国化学化工学会和中国金属学会共同召开的,并得到了国家科委和全国科协的大力支持.出席这次會議的有化工、冶金、石油等工业部門和有关厂矿,以及中国科学院和高等院校等 60 余个单位,共提出了报告 70 余篇.这是一次学术性的专业會議,也是第一次流态化專門會議.會議的召开标志着我国技术科学和工业生产在流态化領域已有了开展,并获得了显著的成果.在这个會議上可交流經驗,对研究方向和学术等問題进行討論,从而使这门技术科学更有系統有組織和迅速地发展起来,以便更有效地应用到我国的社会主义建設事业中去.

流态化是一門較新的技术,在国外,近二十年来才得到广泛发展,被应用于化工、冶金、石油和煤炭等部門.由于流态化过程的特性,顆粒的表面积大,加上流体和固体的强烈流动,增强了傳热和傳质的强度,以及顆粒輸送的簡易化,从而使很多工业部門在工艺过程中有可能提高生产能力,减少机械設備,节省鋼材,降低投資和成本.如炼油工业中已广泛采用流态化技术,通过催化裂化过程以增加輕质油品,而原来的移动床装置已漸少采用.在有些工业中,过去不可能进行的工艺过程或不能利用的原料,由于采用了流态化技术而得到了实现.例如用劣质粉煤的气化方法制造燃料煤气或化工原料气,一般在层状炉內是不可能进行的.在理論研究方面,国外已在流体力学、傳热、傳质、反应器的設計和放大等方面进行了大量工作,特别是有关流态化床的穩定和控制,床层中固体和流体流动的各种情况的流体流动和傳热傳质的关系,床层內部結構的影响,以及反应器的放大等問題仍是各方面广泛研究的課題.

我国自解放以来,流态化技术的研究和应用即有所开展,特别是大跃进以来发展尤快.值得提出的是,自从 1955 年硫鉄矿的沸騰焙燒成功以后,我国許多硫酸厂目前大都采用了这个方法制造 SO_2 ;許多有色金属冶炼厂采用沸騰焙燒炉,例如鋅精矿的焙燒等.在操作技术和設備改进方面取得較丰富的經驗.在流态化催化反应过程方面,萘的氧化制取苯二甲酸酐在生产上已經試用,中压鉄剂流化床合成石油則正在工业試驗阶段.在固体燃料加工方面,炼焦用煤立管式載流干燥在工业生产中已开始实现,而在电站用粉煤动力工艺綜合利用中所采用的流态化技术也正在半工业实验阶段.各研究单位除了完成工业上的任务以外,也进行了一定的理論研究,特别是流态化的流体力学方面的工作开展較多,例如流态化状态和性质的研究,顆粒和流体在相对运动中的時間距离和速度的关系,多孔板以及多段流态化床的分析等,都提出

了有意义的成果。至于在工业上采用流态化技术的较小规模的装置以及各种中间试验，为数很多不能一一例举。由此可见，在党的正确领导下，由于广大科学技术人员和工人的努力，我国在流态化技术方面已经有了一个初步基础，有了一个良好的开端。但是，我们也应该注意到，工业上在应用流态化技术方面还存在着不少技术问题，有的涉及到工业上过关的问题，有的涉及到装置和操作的改进和提高。其中很多问题对各行各业来说是带有共同性的，例如颗粒粉尘的带出问题；对于催化过程来说，引起催化剂损失过多；对于热加工过程来说，影响操作以及产品的产量和质量等等。这些问题都会影响到过程在工业上的实现和推广。此外，如床层内部的结构，催化过程反应器的设计等还都存在着不少问题，有待进一步的研究和解决。

这次会议的目的和任务首先是学术交流，互通情况。大会中将进行重点经验交流，然后进行论文报告和讨论。分流体力学、散料输送、换热和发热反应、吸热反应及催化反应六个方面。其中流体力学部分在大会上进行，其余各组在小组会进行。这样作有助于彼此熟悉工作的内容，交流丰富的经验，对已进行的工作可以有成效地讨论其预期的成绩和今后的努力方向。

其次将讨论流态化技术方面主要的研究方向和进行一些协调工作。现在中国科学院技术科学部在化学工程学中草拟了关于流态化方面的十年规划，希望在这次会上能加以讨论。同时对今后的工作将进行协调，使科学院、产业部门与高等院校之间一方面既有密切的联系，另一方面对一些研究课题也能有适当的分工。

第三，针对一些重要的带有共同性的技术问题和某些重要任务举行专题讨论，前者如除尘、分布板和多层床等，后者如化工、冶金和石油部等方面需要过关的任务。

为了开好这次学术会议，必须充分发扬学术民主，坚决贯彻百花齐放和百家争鸣的方针。参加这个会议的同志们来自各个不同单位，面很广。因此，这是各有关工业部门在流态化技术上的会师，是一次互相学习，互相探讨问题的好机会。同时这次会议也是科学工作者与生产岗位上的同志间的会师。深信在这次会议中，从事实际工作的同志能得到很多理论上的启示，而从事理论工作的同志将进一步明确实践中存在的问题，以便于使理论工作更好地联系实际。为了更好地进行学术交流，不但在会内也可以在会外交谈。对技术方面的内容，只要不涉及到国防方面的问题，在这个会内都可以谈，但是对会外仍需注意保密。

在筹备这个大会的过程中，中国科学院化工冶金研究所的同志们作了很多工作。还有学术小组各位同志审核了全部报告的摘要，讨论了报告的日程等。因此，我代表筹委会对他们致以深切的谢意。

由于全国流态化会议还是第一次，对整个会议的筹备和召开都缺乏经验，在大会的安排上可能还有不少缺点。请同志们随时提出意见和建议，让我们共同把这次会议开好！

预祝大会胜利成功，祝同志们身体健康！

在全国流态化會議开幕式上的发言

(1962年8月20日)

(記 录 稿)

侯 德 榜

中国化学化工学会理事长
中国科学院技术科学部委員
化 工 部 副 部 长

很高兴能有机会同大家一起参加这次討論,交流經驗。曹院长(本嘉)在开幕詞中已經說得十分詳細,可以說是无以复加了。

流态化是最近几年发展的一門新技术,应用的很广泛,尤其是石油工业中的催化裂化,化学工业中的硫酸生产,也大多采用流态化技术进行黄鉄矿焙燒以制造二氧化硫;另外如合成氨生产中制造一氧化碳和氫,苯二甲酸酐生产中萘的氧化等。

发展这門技术很有意义,目前已取得了不少成績,但还有不少問題需要繼續努力加以解决,下面提供几点参考意見:

1. 沸騰炉中大多有催化剂,而催化剂的磨損問題不仅带来經濟上的損失,并且常会給工作带来許多困难。比如增加了灰尘量,大量粉碎的催化剂被气流带出,使灰尘分离过程負担过重。因此研究催化剂的磨損問題确实是件大事。

2. 另一个大問題是排出的固体与气体带走了大量的热,如何回收廢热也很重要。用一般换热器的困难是易于堵塞,小于 10μ 的粒子收不回来。最近为了解决这个問題,曾經采用一种特別构造的廢热鍋炉,可能是一个很有希望的方向,目前南京有两个单位正在試驗,希望不久能有些結果。

3. 流态化过程还可按温度区分为高温和低温两种,比如普遍采用的硫鉄矿焙燒过程,大約在 850°C 左右进行,如何在这种条件下,同时将矿中的稀有金属回收,如鈷或者鎳、銅等也很有意义。硫酸化焙燒过程就是一个例子。这种过程可将金属变为硫酸化物(硫酸鉄、硫酸銅、硫酸鎳和硫酸鈷等),在一定的二氧化硫濃度和一定温度下,不同金属硫酸化物的分解压不同,这样就可以控制反应温度,使矿石中的銅与鈷經過流态化焙燒以后生成硫酸化物,而鉄則不被硫酸化。前二种硫酸化物易溶于水,沒有硫酸化的氧化鉄不溶于水,結果便达到了分离的目的。这个过程因为对温度的要求十分严格,所以最适宜于采用流态化技术。

低温过程,常見于对各种物质的干燥,比如氯化铵、小苏打、碳酸氫铵等。采用并流干燥法,可以使用較高温度的气流达到脫水目的,但物质本身并不分解。这主要是因为进入設備的高温气体,首先是与温度低、含水高的物质接触。在物质还没来得及分解的时候,已經被气体夹带向上运动,而設備的上部气体已經将热量傳給了固体,

因此温度即降低了，可以保证物质不分解。例如碳酸氢铵的分解温度仅 60°C ，但可以在 $70-80^{\circ}\text{C}$ 的气流中干燥而不分解，就是用了并流方法。这种方法对碳酸氢钠、小苏打的干燥都很成功。

当然其它方面还有许多应用，如固体与液体的流态化系统，喷雾式制奶粉实际上也是一种流态化。在冶金部门中遇到的多为高温过程，化工部门则低温较多些，但也有 1000°C 甚至 1500°C 的。希望大家能借这个机会很好的进行交流。总之，流态化技术是一门很重要的新技术，我本人事先没有准备，临时提供的几点意见供大家争鸣时参考。希望同志们通过热烈的讨论，得出真理。祝大会成功！

全国流态化會議閉幕詞

(1962年8月25日)

侯 祥 麟

中国化学化工学会秘书长

中国科学院技术科学部委員

石油科学研究院副院长

全国流态化會議自8月20日開幕，历时六天，今天即将閉幕了。参加这次會議的单位包括科学院、高等院校和各产业部門(如化工部、冶金部、石油部)所属单位共計66个，出席的代表人数有72位，列席人数67位，旁听人数有83位。提出的报告計有80篇，涉及的内容比較广，其中关于流体力学的有17篇，散热过程的有5篇，换热过程的有16篇，发热过程的有13篇，吸热过程的有21篇，催化过程的有8篇。

在會議的六天期間，采取了大会与小会、专业組与专题組会相結合的形式；还采取了会內会外相結合的办法。这样使會議开得既緊張又活跃。虽然时值秋伏，天气很热，但大家在学术上討論問題，在工作上互相交流經驗，情緒飽滿，勁头很大。趁全国流态化工作者相聚一堂之际，大家尽兴暢談。对今后的工作一定会有更多的帮助。

虽然會議期限只有六天，但在大家的共同努力和热心参与下，會議开得很成功，大家都有了很多的收获，归納起来可以有以下几点：

1. 檢閱了1958年大跃进以来有关流态化技术工作上的成就。固体流态化是化学工程學的一門較年青的单元操作。由于流态化技术本身有其很大的优越性，20年来发展很快，有着廣闊的前途。在国外，不仅理論基础已初步形成，而且实际应用也日趋广泛，在生产上已經开始起重要的作用。例如石油工业中重油的催化裂化，化学工业中的萘的催化氧化，冶金工业中一些氧化和还原过程等都已广泛应用流态化床。我国在这門技术上不久前还是一个空白点。大跃进以来，在党的总路綫指引下，在技术革新和技术革命中間，流态化技术得到了很大的发展，在工作中取得了不少成績。从这次报告中我們可以看到流态化技术已經在一些工业中得到实际应用：如化工部上海硫酸厂和南京化学工业公司的硫化鉄矿的焙燒，冶金部錦西401厂的鋅精矿的氧化焙燒，鞍鋼的載流式煤干燥等。此外，化工部的萘氧化制邻苯二甲酸酐的工作业已投入生产，但尚需进一步解决一些技术問題。石油工业的流态化催化裂化方法正在进行中型試驗工作。其它处于中間工厂阶段或實驗室阶段的为数更多，分别应用在干燥、氧化、还原、催化反应、散料輸送等生产过程中。应用的範圍日漸广泛。随着生产技术革新的同时，在基础理論工作上也有了良好的开端，如化工冶金研究所在散式流态化的理論上进行了一系列系統性的研究，取得了一定的成績。华东化工学院用統計方法对流态化过程进行了一些研究。有些工业部門的单位在研究工作中也对

理論工作作了一些很好地嘗試，這些工作對目前和將來的生產實踐都會具有指導的意義。

2. 檢閱了我們科學技術戰綫上的一支流態化專業隊伍。隨著流態化技術的迅速發展，我們已開始形成了一支流態化的專業隊伍。從參加這次會議的單位和人數來看，這支隊伍分布在全國各地的生產、設計、工業研究、高等院校和科學院等有關部門。由於對參加會議的人數有一定的限制，一般一個單位只有一位代表出席。因此，今天參加會議的只能說是這支隊伍中的代表。這支隊伍的成員包括研究人員、工程技術人員以及高等院校的教師等。以現有的這支隊伍作基礎，逐漸擴充壯大，將為流態化技術的提高和普及以及繼續發展和應用作出更多的貢獻。

3. 通過論文報告和學術討論交流了經驗，加強了協作配合，促進了相互了解。這次會議的人員來自四面八方，來自不同部門和崗位，通過流態化這門技術科學使大家聯繫起來，相互之間有了初步的溝通和了解，得到了比較廣泛的交流和較多的啟發。例如通過流體力學的大會報告，使與會者對流態化方面的基本概念有了更系統的了解，在理論方面有所提高。對於從事理論工作的同志，通過會議，也了解到生產上存在的問題，給研究工作指出了方向。通過各專業組的報告和專題組的討論，對各部門在應用流態化技術上的一些共同的問題，如多層床和分布板的設計等交流了經驗，並為今後進一步協作創造了良好條件。有些同志在聽過報告以後，發現自己單位存在的問題別人已經解決了，不需要再作；有些同志則感到一些已經下馬的項目，由於在會議中受到啟發，仍然大有可為，所以收穫是很大的。

4. 貫徹了黨的百花齊放、百家爭鳴的方針。這次會議充分發揚了學術民主，參加會議的人員在學術問題上各抒己見，暢所欲言。很多報告會上的熱烈討論都因時間不夠而不得不中途結束。會議中代表們對學術問題提出不同的意見和看法，大大開拓了思路和眼界，有助於更全面更系統更深入地考慮問題。尤其是通過科學研究人員和生產技術人員的充分討論，更能使理論工作與生產實踐緊密結合，給今後這方面的學術討論樹立了一個良好的榜樣。

總之，這次會議的收穫是很大的，這是我國首次的流態化會議，在我國流態化技術的發展史上有其重要的意義。

這次會議也有不足之處。由於時間太緊，學術報告未能得到充分討論。對於工作中的一些共同性的技術問題的交流還不夠充分。對一些生產上和工作上的重大問題需要在最近幾年內由各方面合力解決的雖然也徵求了代表們的意見，但也還做得不夠細緻，這些問題需要在今後進行安排。

參加這次會議，大家都有這樣一種體會，就是在近几年短短的時間內，流態化技術在各方面的重視下，取得了發展，看到了廣闊的前途，工作大有可為，感覺到在這方面有一種生氣勃勃的新氣象。這次會議的召開受到了國家科委、全國科協以及各單位領導的重視和大力支持。在會議的籌備和進行期間，中國科學院化工冶金研究所作了許多具體工作，使會議能夠順利召開和圓滿結束。另外各位工作人員在會議期間都付出了辛勤的勞動，均應致以感謝。

固体流态化毕竟还是一門年青的技术科学,还有待我們在已有成績的基础上,进一步作大量的細致扎实的工作。对一些在流态化技术上遇到的共同性的問題,如流态化床的不稳定性和不均匀性、細尘回收、分布板和多層床的設計等等,目前在很大程度上影响了工艺过程的掌握和工业生产的过关,或者影响了技术經濟指标的提髙和物资的綜合利用,在分布板和多層床方面虽已进行了一些工作,但还不够,对除尘方面更缺乏系統的研究,这些問題既是生产实践的关键問題,也是理論工作的重要領域,还有待研究单位、高等院校和生产单位共同努力,并組織力量加以解决。从而使一些能在国民經济上起重大作用的项目,逐步过关,切实地在生产上發揮作用,并在科学上取得发展。使这門技术的园地既要有鮮艳的花朵,还要有丰满的果实。

在會議期間,在学术組的組織下,还进行了流态化術語及符号草案的拟定、并汇集了代表們对“化学工程學”十年规划中有关流态化方面的意見。关于術語及符号的定稿,會議論文的选編等学术組还要在会后进行工作。至于成立流态化专业学术組的問題尚須向科协及有关上級机构請示后作出决定。关于下次會議召开的日期,看当时情况发展作决定。有关这次會議的保密資料問題,当通过一定手續发交給各单位。

最后,祝各位代表回到工作崗位上去,繼續努力,在固体流态化的科学研究工作上取得新的成績,为促进我国的工业建設,为提高我国科学技术水平作出更多更大的貢獻!

在全国流态化會議閉幕式上的发言

(1962年8月25日)

(記 录 稿)

侯 德 榜

中国化学化工学会理事长
中国科学院技术科学部委员
化 工 部 副 部 长

同志們！很高兴有机会在大会上談談个人的体会和意見。

会开的非常好，在科委等同志的领导下，六天的会开的非常紧凑，談的很全面，但時間十分短促，所以也不可能很深入。这是一个很好的开端。这个学科無論在国外或是国内都是很新的，历史較短。我們在这样一个規模的會議上，能有各方面的代表提出許多报告和論文是很难得的。

流态化技术可以說是在化学工程学中的一个重点部分，最近在中国科学院技术科学部领导下，曾召开了关于化学工程发展規划的專門會議。我們这个会可以說是在配合的很密切、很及时，进一步強調了这个技术的重要意义。化学工程学的另一个重要部分是三傳技术，我相信在同志們共同和分工的努力之下，不久一定会取得显著成果。

談談个人在旁听中的一点体会，請大家指正。

會議上反映出，我国在这門技术的应用方面已經相当广泛，工作十分全面，既有工艺流程又有設備型号、計算数据和各方面的論文，应用的部門也不仅限于化工，其它如冶金、石油、煤炭、粮食、食品等工业都已开始应用，象各种物料的干燥、矿石的焙燒等。采用的設備不仅一般流态化，还有噴霧、噴射等。

这門技术本身还有許多方面需要研究，（一）比如这次專門有关于分布板問題的討論，其中問題很多，这次談到了加工、构造、开孔率和孔的形式、气流方向等問題，需要作很多研究。（二）另外还应该注意破碎系統、篩分設備等，因为实际上这些东西都关系到极大的国民經济意义。（三）供气系統也是十分重要的方面。（四）干燥操作中的热源問題具有普遍意义，加热以后廢热的回收問題也需要解决。（五）除尘問題对流态化技术有密切关系，是用旋风式的还是用电除尘，应很好考虑。催化剂的回收不仅有經济意义而且影响产品质量。

其它問題还很多，比如对流态化同时进行的三傳过程的深入研究。流态化质量問題，稳定性堵塞和漏斗的研究，温度分布和粒度分級等等，都是流态化应该研究的。

这次會議能够比較全面的考虑到这些問題，是个很好的开端。

理論与实际应该很好的交流,无论是实际的經驗或是理論性很强的論文,应该整理出来,作各方面考虑,意义很大。

今后在党的领导下,在中国这块良好的土壤上,固体流态化技术一定会开花結实取得碩果,随着各单位工作的深入展开,必定能培养出又紅又专的人才来。

全国流态化會議学术小組总结

于會議期間学术組在主席团的领导下与专业組長及秘书組成員进行了有关学术报告和专题討論的工作,现将情况总结如下。

1. 我国有关流态化技术的实现

會議反映了我国流态化技术在生产中的应用、中間工厂試驗、實驗室和理論研究方面的工作如下。

在生产上已应用的流态化技术有鋅精矿和銅精矿的氧化焙燒及焙燒炉气的廢热利用,硫化鉄矿的焙燒,褐煤的沸騰气化,載流式干燥煤、氫氧化鋁等湿料,及萘的催化氧化制苯二甲酸酐。

已获得了中間工厂实验結果的流态化技术有粉煤的蒸汽气力破碎和半濃相輸送,稀相換热,水泥生料的沸騰預热,煤泥、氟硅酸鈉、保險粉等的流态化干燥,悬浮烘干和熔炼,蒸发制粒,銅精矿的硫酸化焙燒,用沸騰床法氮化电石制取氰氨化鈣,和生产漂白粉,硫化鉄和硫化銅矿的旋风焙燒和熔炼,煤和木屑的低温干餾,固体燃料的流态化燃燒,鉄矿石的直接还原,貧鉄矿的磁化焙燒,低品位含銅鋇氧化鉄矿原矿的硫酸化焙燒,明矾石的脫水和热解,沸騰焙燒法制氫氧化鋁,固体热載体炼制瀝青焦,中压水煤气合成石油,石油的催化裂化,用催化氧化法制順丁烯二酸酐,和石油的焦化。

在本會議中提出實驗室阶段的流态化过程研究有液体流态化床中用鉄珠置換銅离子和氧化鉛鋅矿的还原焙燒。

有关促进和提高流态化理論方面的研究工作有:应用統計方法研究顆粒停留時間分布、混合、粒度分布及其对于反应过程的影响,流态化床中的多孔板,多层流态化床溢流管的流体力学,沸騰床中气流与顆粒間的傳热,用压差脉动的測量来研究流态化质量,将流态化理論应用于分析高炉中的气固流动,应用散式流态化理論分析錐形流态化床,垂直系統中均匀球体和流体的运动,顆粒化学流体力学,具有沉淀管道中矿浆的运动規律,稀相換热,和液体流态化床中的金属置換。

除了上列各項目外,自大跃进以来在全国範圍內尚进行了不少其它有关流态化的生产試驗和理論研究。虽这些工作未在会中报告,但在估計全国力量时尚須考虑到这方面有关的研究和技术人員。

2. 学术討論概况

在百花齐放、百家爭鳴的精神下,与会同志打破了产业部門之間的工艺界綫,对流态化技术中共通性的問題进行了热烈的討論。对于那些引起了广泛兴趣的問題举例如下:

2.1. 气-固系统的流态化质量

这是一个基本研究中的重要问题。在测量方法上许多同志评述了电容、散热和压差法的优缺点,提出了应用声波和射线的测量方法,并指出如何发展一些能在操作条件下量测工业设备内流态化质量的仪器。

对于衡量质量的标尺亦认为有必要结合压差、浓度的波动及频率提出一个比目前更有物理意义的判据,在此基础上来衡量工业设备的尺寸、几何形状及内部结构对于流态化质量的影响。

关于颗粒-流体系统的运动特性对于反应过程速度影响的问题,一般均认识到采用化学反应速度、空间速度等概念已不能满足设计设备的要求。通过概率的应用有可能提出系统的设计方法;在另一方面传统的平衡联结法对于某些反应系统亦可进行简易的设计,尤其可以结合某些代表级间反混的参数以减低误差。在这样的基础上就有可能对于反应器的放大问题进行合乎逻辑的考虑,包括反应器的稳定性、热制度以及流程的合理热耦合等问题。

各方面十分关心的一个问题是流态化床中的不均匀粒度。目前比较有基础的计算流态化参数的方法仍基于均匀球体,但工业中所遇的颗粒一般既非均匀又不属球体,因此如何将这均匀球体的数据延伸至一般颗粒的领域将是一个具有重要实践意义的理论课题。会议讨论中提出了某些平均粒度及形状系数的建议,但得不出结论。另一个有关粒度的问题是工业设备中是否应当考虑采用广粒度分布的颗粒。经验证明这类颗粒有利于改善流态化质量,但亦造成不可避免的细粒扬析和粗粒失流问题。在这方面什么是合理的判据将是一个重要的研究课题。此外适应于广粒度分布颗粒的设备设计,以及广粒度分布颗粒对于防制粘附和促进造粒等问题均属众所欲知而尚无解答的新领域。

类似上述的讨论说明我国流态化技术已达到了提出基本研究课题的水平。有关这方面的题目虽提得不多且不够深入具体,但这种提法已指出有迅速进行化学工程中有这方面研究的必要,为生产寻找新的门径和解决老的难题。

2.2. 流态化床的构件和操作

有关流态化床构件中一个引起了不少讨论的问题是分布板。这几年来我国工业中的实践以及科研工作已肯定了分布板是一个不稳定构件的看法。为了分析这种不稳定的机理,会议中提出了等压降和有效射程的两个概念。对于前一个问题讨论中有许多提法关于如何应用有关的参数来定量地描述高流速区和低流速区的现象;对于有效射程会议中尚未提出定量的分析。一个普遍的信念是高温流态化床中烧结的潜伏泉源是床中易于失流的区域,尤其是分布板面的积料堆。为此,提出了不积料的板面设计,以及导向的进气孔以搅动这些积料堆,但在这方面仍缺乏理论分析和系统的实验结果。

另一个重要的问题是分布孔的堵塞,许多同志提出了阻制堵塞的孔眼几何及气流方向的建议,但对于堵塞作为颗粒随机运动和架桥力学等方面的考虑尚不普遍。

近几年来国内对于明矾石的脫水和热解,汞矿的焙燒,固体燃料的加工方面均提出了有关多层流态化床研究的要求,对于多层床的稳定操作和溢流管的設計进行了广泛的討論。为了达到稳定操作及可变固体流率的目的,目前提出了防制溢流管失去稳定性的构件,例如管底孔板或堵头,以及不插入式溢流管的两种方案。在这方面进行了不少意見上的討論,但由于实验数据不多、理論分析尚不够定量,尚不能得出結論。多层床中温度或濃度梯度的建立对于过程要求的关系亦是一个討論中出現的問題,在这个問題上尚需提出若干不同的数学模型及計算結果以便与实际数据比較,作为更深入討論、分析問題的基础。

錐形流态化床是一个引起了多方面注意的发展,但由于會議中仅有的理論分析限于散式流态化、实验經驗亦不够系統,討論中多半限于提出这方面进一步工作的重要性的意見而已。顆粒在流态化中的破碎以及設備的磨損亦作为課題提上了日程,但會議中尚无有关研究的报导。

一个与流态化技术密切相关而經常不被納入流态化領域的研究是除尘。許多与会同志认为对于某些过程(如粉煤干餾、催化裂化)除尘問題解决的好坏对于整个流态化工艺的采用将起决定性的作用。但由于这方面工作开展得不多,討論中提出具体的理論分析和对于設備設計的意見尚不够普遍。

上述的討論說明工艺的要求已走在設計設備的理論之前。为了使应用流态化的工艺順利进行,現在有必要在适当的单位中統一集中力量对某些重点設備的設計理論进行深入和系統的研究,形成較能长期稳定的組織力量。

2.3. 技术經濟分析

許多討論集中于設備的技术过关(如粉煤干餾、萘的催化氧化、从硫鉄矿渣中回收氧化鉄),而对于过关后的經濟效果,以及如何根据經濟来考虑技术过关問題等方面的意見不多。

这些现象指出在研究工作中尚存在着如何在思想上将技术和經濟統一的問題。对于許多工艺过程的研究討論往往集中于某些单一指标的追求,例如某些矿的回收率,某些产品的純度,或某一个設備的高度;但对于某一研究項目所要达到的最終技术經濟目标的綜合性的考虑尚不够重視。換言之,討論中很少涉及如何将某一产物的生产成本及該生产車間的投資作为衡量研究成果的指标,对于少数提出了指标的成果亦缺乏落实的評价。

应用流态化的新工艺过程的研究和其它化工类型过程研究一样,若一旦不在技术經濟分析的指导下进行,容易失去方針、使研究脫离实际、工作抓不到关键。

2.4. 发展方向

會議期間总的討論情况指出純的、或傳統式的、流态化技术的研究已不能解决应用流态化技术时所遇到的系列問題,其中突出的尤以細尘的抑制和回收,旋渦过程,載流及稀相技术等。大部分同志认为有需要将有关顆粒-流体系統中有关处理速率的物理及化学現象的研究和技术問題合并成一門总的技术科学,以便概括地掌握有关的規律,以便更易于多快好省地对生产提出理論基础和启发性的意見。

2.5. 提出的要求

在討論中許多同志提出了有關組織措施方面的建議,歸納如下:

(1) 學科組織:

i. 如何根據技術和學科內容將理論和實踐相結合,這種結合必須要便於具體的技術和研究力量的組織;

ii. 人員組織: 進行學術交流及工作上的協調及分工; 舉辦定期和不定期、全國或地方性、全學科或專題的會議;

iii. 成立流態化學會及研究核心。

(2) 資料的匯編:

數據及計算方法;

經驗總結;

文獻、資料、情況(研究和生產)報導。

(3) 研究單位和生產單位的分工:

前者多進行理論性和探索性的工作; 後者着重流程等方面需要較多人力、物力的研究。

關於以上的意見學術組將在會議後進行研究, 提出意見交有關領導審核考慮。

3. 對於今後工作的建議

根據以上的現狀以及估計到國民經濟在化工、石油、冶金、煤炭加工等方面的發展前景, 學術小組建議下列兩組問題作為值得繼續投入人力和物力的研究方向。

(1) 重要的新過程和新技术的研究:

催化氧化(如苯二甲酸酐的製造),

明礬石的热解,

石油的催化裂化,

中壓水煤氣合成,

鐵礦石的直接還原,

貧鐵礦的磁化焙燒,

濕料的流態化干燥和預熱(如煤、水泥、礦、化工原料、糧食種子),

旋渦過程,

制粒干燥,

低溫干餾(煤、木屑),

液體流態化的應用(顆粒的粒度和密度分級、浸取、置換、離子交換等),

混合氣體的吸附分離。

(2) 流態化技術中需要解決的共通性和理論性的問題:

流態化床的不穩定性和不均勻性, 包括流態化質量的改進, 多孔板的設計,

多層流態化床的設計,

細塵的回收及降低塵率的途徑,

散料的加料和卸料。

学术小组认为如能集中一些主要力量就上述问题进行有组织、有系统的研究,不但可使一些重要的新生产方法过关,并可在此基础上带动其它有关的生产工艺,培养出科技人才,和促进理论的研究。

为了达到上述的努力目标,建议如下:

- i. 广泛应用数学方法(包括电子计算机的应用)分析流态化技术中的问题;
- ii. 应用现代化的测、示、记录方法于流态化技术的研究,特别注意瞬时现象和动态变化,并为生产工艺提出特殊测量仪器;
- iii. 开展颗粒-流体系统中三传一反的基本研究(见化学工程学规划中心问题(一)和(二));
- iv. 在干部培养方面注意理论学习和研究水平的提高。具体建议增加化工原理中有关颗粒-流体系统中的教材并将有关的单元操作合并于统一的基础上进行教学;对在职干部可以考虑脱产或半脱产学习颗粒-流体系统的三传一反,数学方法和电子技术;
- v. 为了促进应用(生产单位)和理论(学校和科研单位)的纵横组织,建议组织情报交流(包括资料汇编和出版),定期会议,相互观摩,短期学习,交换研究课题、学术出差等。

学术小组建议于会议报告中选择 20 篇合并成 14 篇报告,编成资料汇编,于适当范围内出版。选择的原则如下:

- i. 表现出生产实践中的重大成就;
- ii. 理论上有新的见解、分析或实验技术;
- iii. 理论结合实际而指出解决生产问题的方向。

选出的报告将经书面征求与会代表的同意,请本人修改,并经学术组负责审阅后付印。

全国流态化会议学术组

组长: 郭慕孙

组员: 魏文德(彭成中代)

陶恩瑞

沈华生

钱家麟

郑世跃

1962年8月25日