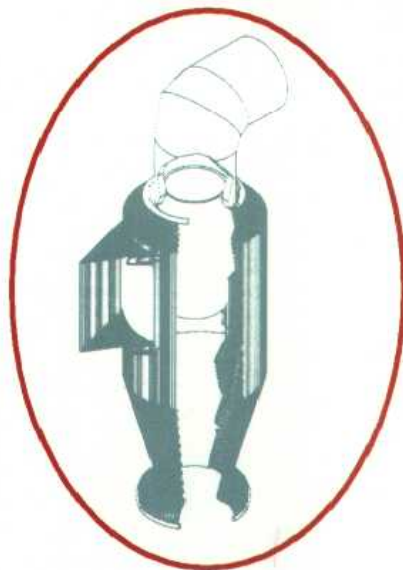
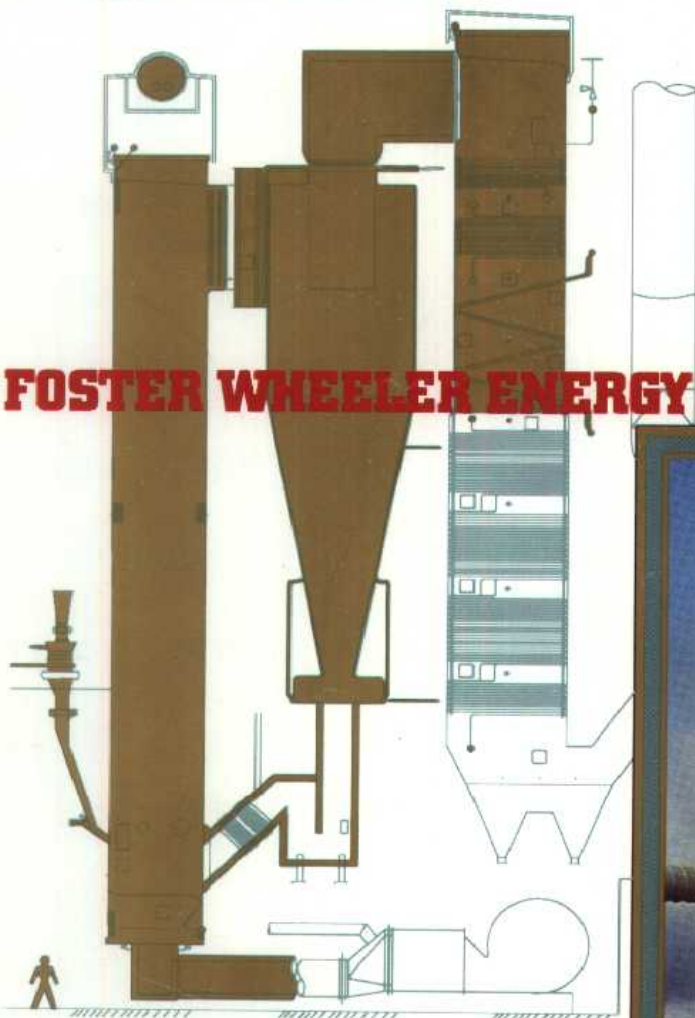


POWER



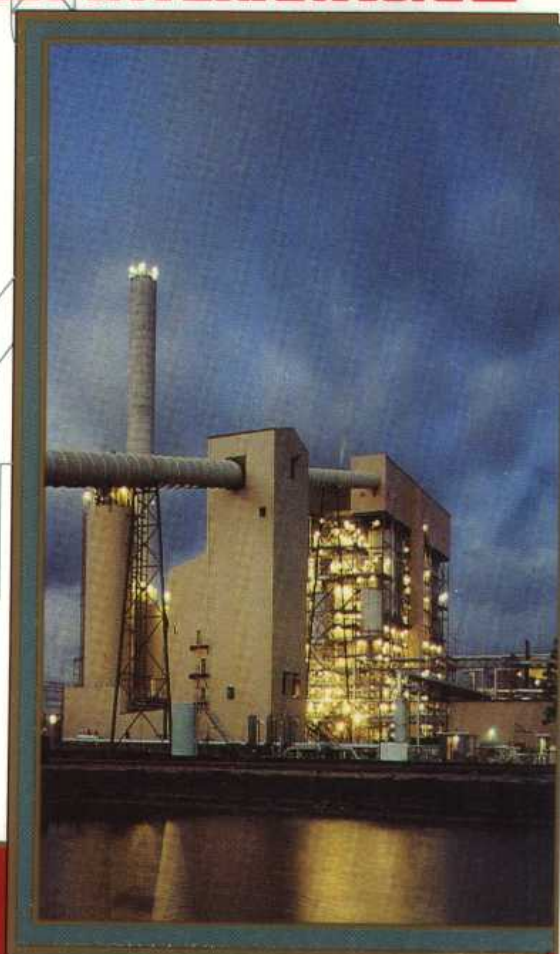
FOSTER WHEELER ENERGY INTERNATIONAL



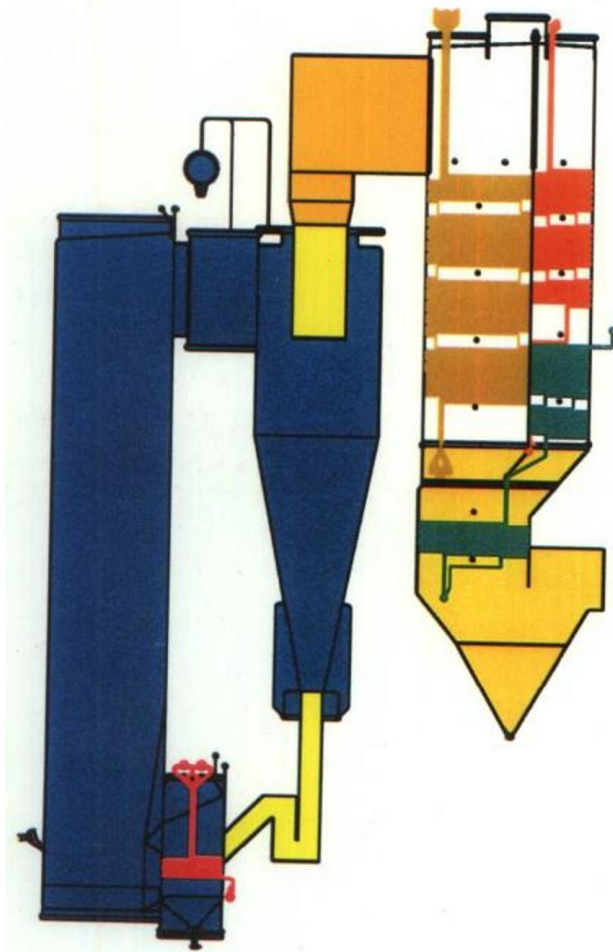
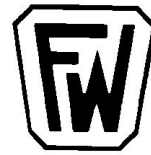
For more information please contact:

**FOSTER WHEELER ENERGY CHINA, INC.
BEIJING REPRESENTATIVE OFFICE:
RM. 04, FLOOR 21
CITIC BUILDING
19 JIANGUOMENWAI STREET
BEIJING, PRC**

**TEL: 5006464/5
FAX: 5006463**



FOSTER WHEELER ENERGY INTERNATIONAL



**250 megawatt reheat
Circulating Fluidized Bed
(CFB) steam generator
designed and supplied by
Foster Wheeler.
When complete,
it will be the largest CFB
boiler in the world.**

**This CFB boiler, which incorporates several Foster Wheeler
innovative design features, will produce 2,100,000 pounds
of steam per hour at 1005F at a pressure of 2500 psig.**

奥斯龙在竞争中取胜的法宝为系统简单，奥斯龙公司宗旨为简单即可靠。百宝炉的原理是基于流化床基础之上，增加了循环料腿形成系统。如图，该系统采用低温燃烧即炉膛温度为 800°C — 900°C ，强湍动混合床料循环，床料经空气流化，由空气携带至旋风分离器，经过分离，较粗颗粒的床料经料腿进入回料器，在回料器中与給料混合，一起回送到炉膛，一次风经一次风机由炉膛底部送入，二次风由二次风机在炉膛特定高度分层给人，经炉膛、旋风分离器进入尾部烟道，再经过过热器，省煤器，空气预热器到静电除尘器或布袋除尘器，最后由引风机送至烟囱。

奥斯龙“百宝炉”循环流化床锅炉的特点：

1、燃料适用性广：在炉膛中，可燃烧多种混合燃料或单一燃料，包括劣质燃料。

2、环境保护好：可省略昂贵的脱硫脱氮设备并结合环保要求做到：

** 二氧化硫的消除

通过加入石灰石，将二氧化硫吸收成硫酸钙固体从灰中排出，降低二氧化硫排放。

** 氮化物的消除

由于采用低温燃烧，使空气中的氮气不能形成 NO_x ；另采用二次风分层燃烧使燃料中的氮形成 NO_x 的机会大大减少，从而降低 NO_x 的排放。

** 粉尘

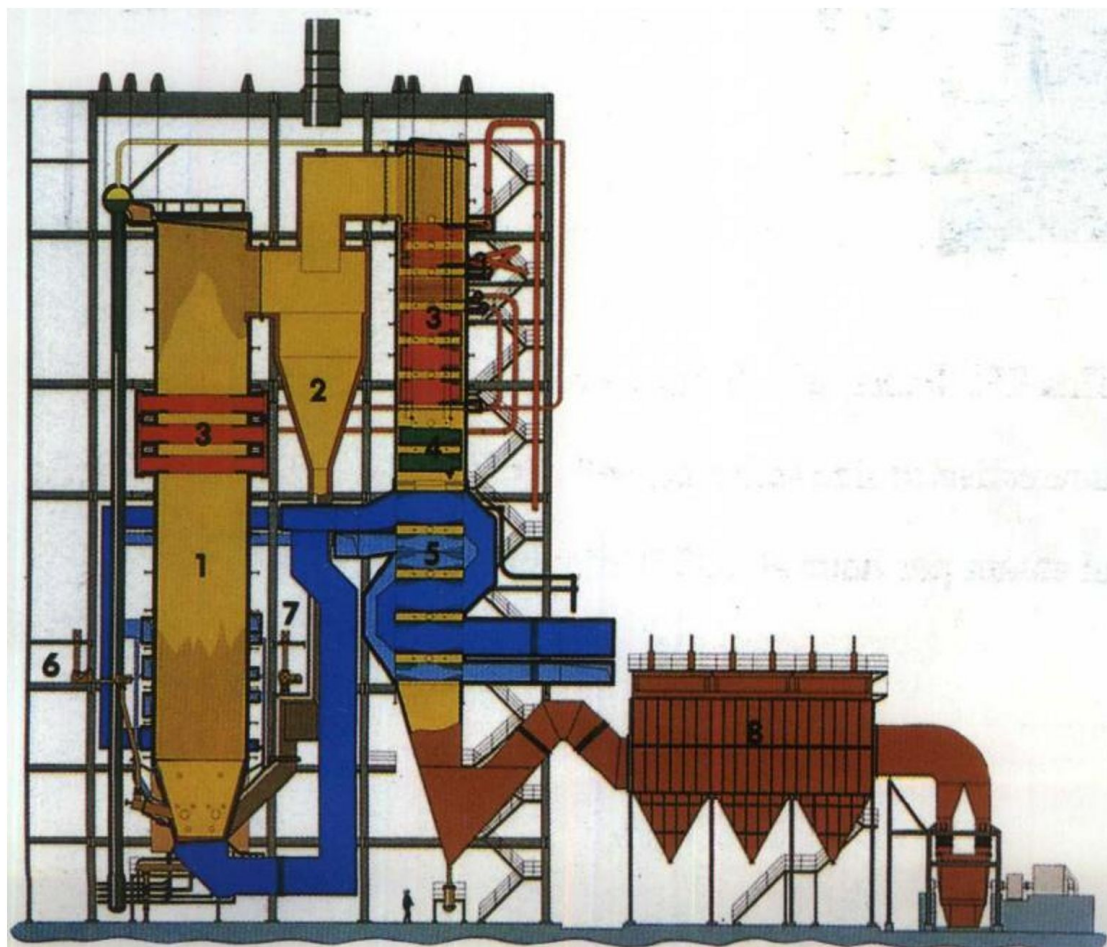
采用高效旋风分离器及静电除尘器或布袋除尘器使粉尘得以控制。

3、燃烧效率高：由于炉膛内床料的高湍动性，床料充分燃烧，实现极高的燃料效率。

4、系统可靠性高：“百宝炉”锅炉相对于其它循环床系统结构简单、可靠。因此，故障环节少，易于维护，这一点对工业用户尤其重要。

5、燃烧稳定：由于大量床料在“百宝炉”系统中运行，热惰性较大，系统稳定。

6、良好的负荷调节比：变负荷能力强，在低负荷下可良好地运行。



芬兰奥斯龙(Ahlstrom)公司成立于 1851 年,是芬兰一家私人家族国际性实业公司,主要从事造纸设备、火电设备及特殊纸张等产品的生产及设计,年销售额大约为 20 亿美元,是芬兰最大的私人公司。

奥斯龙公司从一九六八年开始进行流化床技术的研究,并于一九七六年开始研究循环流化床锅炉技术,建立了第一台循环流化床实验台,并于一九七九年投运第一台以“百炉宝”为标牌的循环流化床锅炉。之后,一直为循环流化床锅炉最先进的厂家。到一九九二年底,总销售台数已达一百一十台,其中九十余台已运行,定货最大容量为 165MWc,最大运行容量为 125MWc,用户遍及世界各地,使用燃料涉及煤泥炭,油页岩、石油焦、无烟煤、褐煤、煤矸石、废木屑及造纸废料等。无论从销售总容量还是总台数皆占世界循环流化床锅炉市场的百分之四十左右,大大超过其它循环流化床锅炉生产厂家,销售量为世界第一。

奥斯龙公司有自己的锅炉厂,有优质的加工设备及质检系统,并提供优质的售后服务,在世界上目前有三个设计单位,可提供“百炉宝”的工程设计(美国、芬兰、日本),并可为用户提供各项服务。此外,奥斯龙公司还在世界各地拥有许多许可证制造或合作生产厂家,可提供锅炉设备。

奥斯龙公司在芬兰和美国都有自己的研究开发部,以开发新的技术及进行各种试验。在中国,奥斯龙公司已与四川、大连及广东用户签署了销售合同,成为第一家进入中国循环流化床锅炉市场的外国公司。

奥斯龙公司真诚希望与中国广大用户进行交流、洽谈。请与奥斯龙驻京办事处联系地址如下:

北京建外大街 19 号、国际大厦 2702、芬兰奥斯龙公司北京代表处 徐向华先生
邮编: 100004 电话: (01)5002255 转

Large circulating fluidized bed boilers 大型循环流化床锅炉

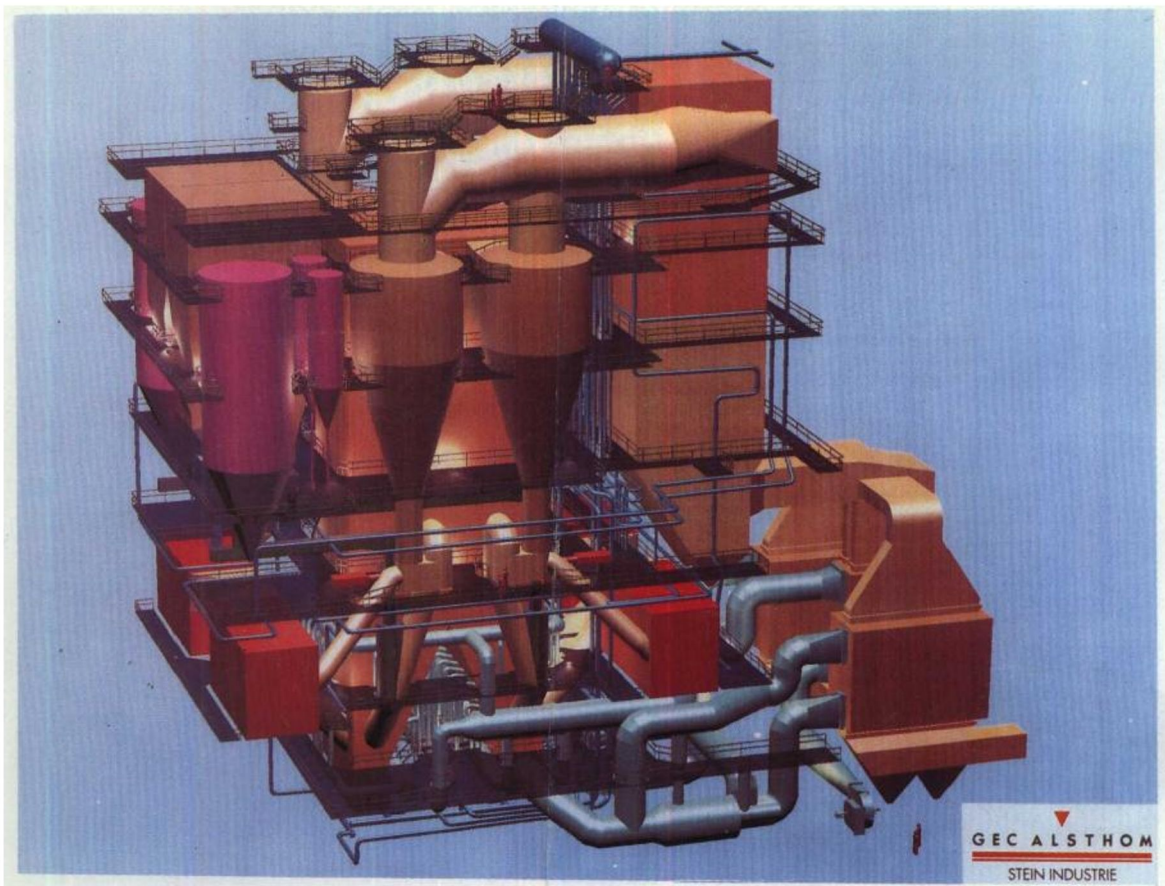


A landmark on the road to 250 and later 600 MWe units, the Emile Huchet 125 MWe CFB boiler Offers outstanding environmental performance since 1990 start up, while burning coal residues.

法国艾米路希电厂一台发电容量为 125MW 的循环流化床锅炉为开发 250MW 以及 600MW 的循环流化床锅炉打下了坚实的基础。

这台 125MW 循环流化床锅炉所用燃料为洗煤厂的煤泥，自 1990 年投入运行以来，已显示出其显著的环境保护性能。

▼
G E C A L S T H O M
—————
STEIN INDUSTRIE



A leader in CFB boilers development,
STEIN INDUSTRIE
 is currently building
 for an EDF/CDF Consortium, the first
 250 MWe CFB unit in the world.
 Installed at the
PROVENCE/GARDANNE Power
 Station in Southern France, this 700 t/h
 boiler (163 bar, 565/565°C) will burn
 high-ash, high-sulfur local coal, as well as
 imported steam coals or heavy
 oil residues. Its commissioning
 is scheduled for mid-1995.
STEIN INDUSTRIE is also actively
 working on further developments,
 notably regarding CFB boiler scale-up
 to 600 MWe size.

斯登工业公司作为一个循环流化床锅炉发展的
 先驱,目前正在为由法国电力公司和法国煤炭
 公司组成的联合集团建造世界上第一台发电容
 量为 250MW 的循环流化床锅炉。

这台循环流化床锅炉的容量为 700t/h, 压力
 163 巴, 过热蒸汽温度 565°C, 再热蒸汽温度
 565°C。

它将燃用高灰份, 高硫份的当地煤, 以及进口
 动力煤或重油。

这台锅炉安装在法国南部普罗旺斯地区的嘎丹
 电厂, 将于 1995 年年中投入运行。

斯登工业公司还在积极地进行下一步的开发,
 主要目标是发展规模为 600MW 的循环流化床
 锅炉。

G E C A L S T H O M

STEIN INDUSTRIE

302, Scite Tower (Noble Tower)
 22 Jianguomenwai Dajie
 100004 BEIJING

Tel: (86.1) 512 7567/512 7502/512 2288 ext: 602
 Fax: (86.1) 512 7565 Telex: 22329 ALSIN CN

通用电气阿尔斯通北京办事处

中国北京 100004

建国门外大街 22 号 赛特大厦 602 室

电话: 5127502 5122288 转 602

传真: 5127565 电传: 22329 ALSIN

前 言

根据中国颗粒学会流态化专业委员会关于每三年召开一次全国流态化学术会议的决定, 第六届全国流态化会议于1993年10月6日至9日在武汉华中理工大学召开。受中国颗粒学会委托, 华中理工大学煤燃烧国家重点实验室和科学技术协会筹备组织了这次学术会议。

本届会议由筹备组于1992年3月开始征稿, 1992年12月召开了审稿会议。本论文集收入的128篇论文是经审稿修订后编辑出版的。为了保证论文质量, 要求论文采用激光打印和照相制版。由于各地条件不同, 各篇文章难以达到格式、字体和符号的完全统一, 谨向读者致以歉意。

本文集按气固两相流、液固流态化和气液固三相流态化、流化床传热传质、流化床燃烧技术、分离器及料腿、测试技术及其它分类。从文集看出: 流态化技术在我国正在朝着广度和深度方向发展; 基础研究和应用研究并重; 流态化技术在燃烧中的应用和分离器、料腿的技术研究发展更是迅速。

本文集的编辑工作是在中国颗粒学会理事长郭慕孙研究员、副理事长杨贵林研究员的关怀下, 由华中理工大学煤燃烧国家重点实验室和科学技术协会负责编辑和出版工作。参加编辑工作的有刘德昌、林志杰、黄琳、闫亚明、何齐渔、雷华灵、马建军等同志。由于时间紧迫和限于业务水平, 文集中难免仍有疏漏和错误, 恳请读者指正。

会议得到了美国Foster Wheeler Energy International (福斯特—惠勒国际能源公司), 武昌锅炉容器厂、芬兰Ahlstrom Corporation (奥斯特龙公司)、湘潭锅炉厂、法国Stein Industrie, GEC Alsthom (通用电气阿尔斯通——斯登工业公司)、四川锅炉厂的赞助, 谨致衷心的感谢。

第六届全国流态化会议学术组

1993年6月30日

第六届全国流态化会议

名誉主席：郭慕孙

执行主席：刘德昌 林志杰

学术组成员

组 长：郭慕孙

副组长：杨贵林

组员：(按姓氏笔划顺序排列)

马万荣	石炎福	刘淑娟	刘德昌	李佑楚	岑可法	杨励丹
张碧江	张蕴璧	金 涌	陈甘棠	陈宏勋	陈清如	郑 冲
郑洽余	胡宗定	胡惠民	俞芷青	秦霁光	彭成中	谢裕生

审稿组成员

(按姓氏笔划顺序排列)

马万荣	刘淑娟	刘德昌	李洪钟	李静海	岑可法	(骆仲泱代)
郑洽余	杨贵林	杨励丹	张碧江	(张济宁代)	金 涌	胡宗定
胡惠民	俞芷青	秦霁光	彭成中	郭慕孙	谢裕生	

目 录

一、气固两相流

循环流化床中颗粒内循环流动结构的实验研究

白丁荣 蒋大洲 金 涌 俞芷青..... (1)

流态化过渡状态描述

刘得金 李洪钟..... (8)

流化床中颗粒间相互作用力的研究

宋增基 余华瑞 石炎福..... (13)

循环流化床中粒子速度的测量

王 涛 刘德昌 林志杰 朱策民 S. C. Saxena (18)

旋涡流化床旋风燃烧的空气动力学原理

段钰峰 赵长遂 徐益谦..... (23)

循环流化床内物料返混的试验研究

何王全 温 龙..... (28)

关于锥形分布板射流流化床中颗粒分布分离的实验研究

李 强 程中虎 张海生 王 洋..... (34)

快速流化床轴向空隙率分布的研究

高士秋 湛记先 秋治南 马万荣..... (38)

UL型反应器内循环系统的研究

陈秉辉 戴学谦 吕德伟..... (45)

多层挡板对流化床内气固行为影响的实验研究

陈丰秋 阳永荣 李玉秀 戎顺熙..... (50)

床内循环流动特性的实验研究

郝福民 汪保春 刘堂礼..... (54)

烯(醚)醛一步法合成异戊二烯 - 再生流化床反应器数学模型

于庚涛..... (58)

组合式快速流态化床的初步研究

刘得金 郑传根 李洪钟 郭慕孙..... (63)

气固并流下行床气体扩散行为

魏 飞 刘金忠 金 涌 俞芷青..... (67)

节涌流化床压力波动结构和波动模型的研究

朱家骅 余华瑞 石炎福..... (72)

颗粒流体两相流中的颗粒团聚

陈爱华 李静海..... (77)

FCC催化剂在大型流化床自由空域内夹带及粒度分布的研究

卢春喜 王祝安 薛惠芳..... (82)

并流下行快速流化床内气固运动速度及滑落速度的研究

曹春社 金 涌 俞芷青 汪展文..... (87)

多孔挡板导流筒型流化床内构件研究

周 游 鲁维民 郑 冲 秦雯光..... (92)

射流流化床中筛形筛板对流动影响的数值分析

洪若瑜 张济宇 程懋圩..... (100)

射流床流化分离柱中颗粒分离

张济宇 罗国华 彭 辉 王锦凤 陈荣耀 孙东凯 曹雅秀 周 立..... (105)

A、B和D类粒子的振动流态化

陈建平 汪展文 金 涌 俞芷青..... (111)

颗粒流体两相流结构的极值行为

阎周琳 陈爱华 李静海 鲍亦令 杨励丹..... (117)

快速床加速段中颗粒运动特性计算

张 恒 谢裕生 商玉明..... (122)

加压流化床冷态模拟初探

邓金明 郭广庆 曹 晏 贾建平 胡清文 胡惠民 赵连中..... (128)

V型布风板装置的试验研究及其应用

李岩峰 富震宗 姜家仁..... (134)

二组份颗粒系统的最小流化速度

张济宇 彭 辉 罗国华 陈荣耀 孙东凯 周 立 王锦凤 曹雅秀..... (140)

出口几何结构对CFB内颗粒流动影响的实验研究

郑冷金 张 海..... (146)

内循环快速床空隙率分布的研究

王兆霖 姚建中 刘淑娟 李洪钟 郭慕孙..... (150)

细粉振动流态化行为的二维床观察

陈建平 盖国胜 金涌 俞芷青..... (155)

快速床中颗粒凝聚形态的分类与讨论

毕晓涛 祝京旭 金涌 俞芷青..... (162)

喷动床中空隙率的分布

贺延龙 林尊锦 古锐思 (J. R. Grace) 祝京旭 秦绍宗..... (168)

循环流化床锅炉内颗粒的下降流动边界层

张文楠 Filip Johnsson Bo Leckner..... (174)

二、液固流态化及气液固三相流态化

固体表面活性对液固流态化的影响

刘得金 李洪钟..... (180)

浆态F-T合成数学模拟

宋同贵 赵玉龙 张碧江..... (184)

液-固循环流态化的研究 (一) 相含率及颗粒循环速率

梁五更 张书良 俞芷青 金涌 吴群伟..... (188)

液-固循环流态化的研究 (二) 表观滑落速度及曳力系数的变化规律

张书良 梁五更 俞芷青 金涌..... (193)

气液固三相流化床内气泡尾涡脱落频率的解析计算

张立国 杨军政 胡宗定..... (198)

气液固三相磁场流化床气泡聚并的机理模型

韩社教 李佟茗 胡宗定..... (202)

脉动气液流和脉动气液固流化床的气泡分裂模型

罗建军 王永安..... (207)

鼓泡浆态床内相含率研究

赵玉龙 张 错 张碧江..... (211)

液固流化床中粒子的混合和离析

钱栋英 王樟茂 陈甘棠..... (215)

气液固三相体系中增水粒子在气泡表面的滑移时间模型

韩社教 胡宗定..... (220)

气液固三相循环流态化的研究

吴群伟 俞芷青 金涌 梁五更 汪展文..... (224)

锥形鼓泡浆液反应器内固体颗粒浓度分布研究

张 镨 赵玉龙 张碧江..... (229)

气液固三相流化床分散鼓泡区局部气含率径向分布的模型分析

秦 曦 杨军政 王一平 胡宗定..... (233)

液-固流化床轴向扩散系数以及流化状态划分判据的研究

许国军 王樟茂 陈甘棠..... (237)

下喷自吸环流反应器的气液固性能研究

刘振华 杨军政 胡宗定..... (241)

三相鼓泡床中湍动剪应力对植物细胞生长影响的研究

杨军政 王一平 胡宗定 江碧云 高俊起 张晓滨..... (245)

气液固三相喷射自吸式环流反应器处理含酚废水的研究

王一平 宋宽秀 杨军政 胡宗定..... (249)

三、传热、传质

分级循环流化床第一级分离器返料腿中的传热实验研究

孙孝兰 崔 平 王达三..... (253)

高温流化床水平埋管局部瞬态换热系数的实验研究 - I 测量装置及实验结果

李宏顺 黄文迪 钱壬章 陆继东..... (259)

高温流化床水平埋管局部瞬态换热系数的实验研究 - II 统计分析

李宏顺 黄文迪 钱壬章 陆继东..... (263)

循环流化床内竖直光管传热的试验研究

刘景源 王思禄 杜庆翔 张建兴..... (271)

气固流化床传热区域的定量分析

陆继东 G. Flanmant (276)

循环流化床内水平光管传热的试验研究

王思禄 刘景源 还博文 赵 华..... (281)

对流态化系列换热器的研究

李化治 倪学梓..... (286)

竖直下喷流化床射流区射流与乳化相传质研究

陈虎魁 李 杰 张蕴璧..... (291)

低倍率循环流化床锅炉稀相区的辐射换热

陆慧中 鲍亦令 张子栋 吴文渊 杨励丹..... (295)

四、流化床燃烧技术

75T/H循环流化床锅炉初步调整试验经验

岳光溪 李 岩 张绪祯 江 峰 胡振声 赵晓星..... (299)

快速流化床燃煤一维分布两相模型

李佑楚 凌学军 王凤鸣..... (304)

循环流化床锅炉应用流态化技术制备锅炉燃料

朱桂根..... (311)

流化漩涡综合燃烧电站锅炉研究

缪德林 李骥洪 罗春华 朱石伟 涂长法 焦春风..... (317)

稻谷壳流化床的试验研究

刘 皓 林志杰 吕焕尧 伍蔚恒 黄 琳 刘德昌..... (323)

风水共冷式冷渣器的排渣温度及温度分布

赵广播 朱群益 阮根健 戴 坚..... (327)

提高循环流化床燃烧效率的探讨

魏谭政 李辉杰 傅家骥 张佩兰 戴现初..... (332)

流化床燃烧技术在石煤提钒中的应用

康齐福 施正伦..... (337)

设计循环流化床锅炉的几个技术问题

田子平..... (341)

高温烟气沸腾炉的试验研究

伍蔚恒 林志杰 刘德昌 陈汉平 黄 琳..... (346)

循环流化床床内飞灰浓度

魏谭政 李辉杰 傅家骥 张佩兰 戴现初..... (350)

流化床燃烧技术的发展—实现蒸汽(热水)-水泥熟料联产的试验研究

郑琼桥 杨国华 曹海滨..... (356)

燃用高硫煤的10T/H流化床锅炉

宋文立..... (360)

烟煤沸腾燃烧及其燃煤炉前处理

曹源泉 郑航 任有中 钱剑青 柯敏远 陈立水..... (365)

茂名油页岩沸腾燃烧过程的评估

李术元 王剑秋..... (369)

沸腾炉燃烧低热值小块油页岩的探索及改造

杨君涛..... (373)

褐煤循环流化床锅炉研究

姜秀民 孙健 王擎 董万印 周春林..... (381)

循环流化床循环倍率与高温分离器分离效率

魏谭政 李辉杰 傅家骝 张佩兰 戴现初..... (385)

流化床锅炉灰平衡的测试方法

蒋兴峰..... (390)

双循环流化床锅炉及其内构件

汪保春 郝福民 王金铭..... (396)

高效低污染小容量工业沸腾锅炉的研制和改造

肖朝文 王致均 卢啸风 胡平..... (401)

生物质流态化热解气化制中热值煤气

刘淑娟 李桂兰 姚建中..... (406)

煤在快速流化床中的燃烧特性

米文生 李佑楚 王凤鸣 韩锐..... (411)

煤泥浆在流化床燃烧试验装置上的燃烧试验

王涛 王润清..... (417)

流化床脱硫时几个计算问题的探讨

郑世才 胡茹..... (421)

流化床燃烧中N₂O排放的试验研究

冯波 林志杰 蔡学军 袁建伟 刘德昌..... (427)

增压流化床燃烧和排放控制

刘前鑫 章名耀..... (431)

脱硫剂与煤泥混合的流化床燃烧脱硫研究

罗建东 黄国权 倪明江 岑可法..... (437)

低携带率循环流化床锅炉的若干设计要点

王锡高 万良彬 黄羽雕 汤宇春 熊学俊..... (442)

花窗曲径悬浮室出口

李三如 朱善贤 陈琳..... (446)

循环流化床锅炉的开发与研制

宋金煌 林志杰..... (449)

对我厂流化床锅炉运行经验的探索及改进

王日光..... (450)

湘潭锅炉厂循环流化床锅炉的开发研究

傅家骧 李辉杰..... (451)

五、分离器及料腿

循环流化床锅炉新型水冷旋风分离器的试验研究初探

陈文七 曹柏林..... (452)

固体物料在V阀料腿中的流动特性

陆永琪 李佑楚 王凤鸣 包月天..... (457)

旋风分离器内部气流组织及对分离效果的影响

徐明杰 高俊霞..... (461)

L型阀门气固两相流体流动特性的研究

郑洽余 麻智文 王安波..... (467)

循环流化床下料管气固下行过程中气体流动规律的实验研究

董众兵 杨贵林 赵连仲..... (473)

新型高温多管旋风分离器的研究

田志鸿 刘隽人 时铭昱..... (478)

组合式旋风分离器在流化床锅炉上的使用效果

郑世才 郑 谱..... (482)

开发循环流化床锅炉的新型分离器

何佩敦..... (486)

采用气动阀控制的密相循环流化床及其操作特性

许国良 钱壬章 黄文迪 陆继东 康忠新..... (496)

立管中催化剂密相输送

张振干 石宝珍 牛风宾..... (501)

平面流分离器入口段内的气固流动

林 江 张振杰 张绪祯 冯俊凯..... (507)

循环流化床下料管中气固下行流动状态图

董众兵 杨贵林 赵连仲..... (512)

L阀对固体流率的调节特性关联式

刘景源 王恩禄 还博文 魏 星..... (516)

三叶型快分结构改进与模型

王祝安 赵民刚 时铭显 唐 涛..... (520)

旋转式煤粉分离器阻力特性的试验研究

孔文俊 栾庆富 张晓梅..... (525)

'Y'型送灰器的试验研究

张世红 林志杰 伍蔚恒 刘德昌 刘焕彩..... (530)

立管移动床中架拱现象的力学分析

李洪钟..... (534)

论循环流化床锅炉物料循环回路设计

田正渠..... (540)

六、测试技术及其它

运动颗粒团一维连续成像分析系统的研究

魏 飞 罗序昆 金 涌 俞芷青 汪展文..... (541)

不均匀气固两相流中颗粒速度的测量

钱贵华 李静海..... (546)

分维在流态化图象解析中的应用

胡宗定 段一然..... (550)

气控气球式高压粉料连续加料装置

李洪钟 郭慕孙 张建国 李连轩 周玉枫..... (554)

新型内热式流化床热处理电炉的开发研究

卢啸风 王致均 肖朝文 胡 平..... (558)

移动颗粒层除尘技术应用于流化床锅炉冷态试验

吕 太..... (563)

新型微珠烘干流化床的开发研究

王致均 卢啸风 肖朝文 胡 平..... (567)

旋流喷动干燥机(原名GKG高效快速干燥机)

刘桂华..... (574)

流化床中玉米干燥特性的研究

赵广播 阮根健 朱群益 刘文铁 黄怡珉 于洪彬 戴 坚..... (580)

微细粉的流态化干燥研究

薛惠芳..... (585)

水泥生料粉在 输送床中 分散过程的初探

徐德龙 胡道和 黄尧五..... (589)

萘氧化制苯酐流态化床催化反应器的改进

王尊孝 张秀兰 秋绍南 赵国清 马万荣 姜永凯 王书民 乔文煥..... (595)

快速流化床丁烯氧化脱氢制丁二烯中间试验

张瑞英 刘健生 杨贵林..... (601)

细颗粒湍流床反应器及构件的开发与设计

陈大保 郑燧耀 秋绍南 马万荣 刘忠和 陆贵根 王淑俊 蔡英珠..... (606)

UL型丙烯晴流化床反应器的开发研究

陈秉辉 戴孳鏊 吕德伟 陈甘棠..... (612)

水氯镁石流态化热解制备氧化镁粉末

白孟田 罗建军 王永安..... (617)

细粉带出的动态特性

张志刚 王 洋..... (621)

流化床中铁精矿粉附碳的研究

石耀军 姚建中..... (625)