



国家“七五”科技攻关环境保护项目
成果简介

国家环境保护局 编

燃煤固硫、烟气脱硫技术与酸雨研究

科学出版社

972210

X511.05

6314

国家“七五”科技攻关环境保护项目成果简介

燃煤固硫、烟气脱硫技术 与酸雨研究

国家环境保护局 编

科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书为《国家“七五”科技攻关环境保护项目成果简介》之一，简要介绍国家“七五”重点科技攻关项目计划第 58 项“大气污染防治技术研究”中的“燃煤固硫新型沸腾炉技术开发”、“火电厂排烟脱硫技术研究”和“酸雨研究”等三个课题的研究成果，共 64 篇。这些成果不仅为指导我国大气燃煤污染控制提供了宏观决策的科学依据，而且还把我国区域酸雨研究及大气燃煤污染治理技术提到一个新的高度，推广应用后将获得巨大的社会、经济及环境效益。

本书可供环境保护战线上的科学研究工作者、工程技术人员及有关的管理人员、领导干部和大专院校环保专业师生参考。

国家“七五”科技攻关环境保护项目成果简介

燃煤固硫、烟气脱硫技术 与酸雨研究

国家环境保护局 编

责任编辑 操时杰

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100707

北京怀柔县黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 8 月第 一 版	开本：850×1168 1/32
1992 年 8 月第一次印刷	印张：4 5/8
印数：1—2 300	字数：114 000

ISBN 7-03-003015-x/P·610

定价：7.00 元

国家“七五”科技攻关环境保护项目 研究成果编辑委员会

顾问 **陶葆楷** 陶诗言

主编 金鉴明

副主编 鲍 强 井文涌 刘鸿亮 辛 中

常务编委 周思毅 张忠祥 盛祖貽 雍永智 孟 伟
钱 谊 陈利秋

编辑委员 (以姓氏笔画为序)

于锡忱	王大生	王文兴	王能勤	井文涌
白宪宏	史 提	甘海章	刘鸿亮	刘培哲
刘秀茹	庄亚辉	庄德安	安鼎年	孙昌仁
戎玲玲	许鸥泳	任阵海	乔寿锁	肖佩林
吴燕玉	余之祥	李安邦	李宪法	李献文
陈利秋	陈静生	汪凯民	张 珂	张永良
张忠祥	张家锡	张貽儒	张绪祎	张冀强
金鉴明	周思毅	孟 伟	赵英民	赵殿五
胡荣梅	郭 方	徐正中	徐邦宜	高拯民
唐孝炎	唐鸿德	秦文娟	钱 易	钱 谊
夏增禄	黄钟成	章 中	阎兴中	盛祖貽
豈庆生	彭志良	傅立勋	傅国伟	雍永智
鲍 强	缪天成	臧玉祥	魏复盛	

编辑工作人员 (以姓氏笔画为序)

刘幼兰	刘鲁君	向 锋	杨景辉	陈 彦
张忠祥	钱 谊	盛祖貽		

前 言

根据党中央制定的“经济建设必须依靠科学技术，科学技术必须面向经济建设”的方针，为充分体现“科学技术是第一生产力”的思想，发挥社会主义大协作的精神，在第七个五年计划期间，从国民经济和社会发展急需出发，国家组织实施了“七五”国家重点科技项目（攻关）计划，作为国家“七五”国民经济和社会发展规划的重要组成部分。

国家“七五”重点科技攻关项目计划第58项“大气污染防治技术研究”就是针对我国亟待解决的燃煤烟尘和 SO_2 污染这一主要环境问题，在研究国外先进技术发展趋势的基础上，结合国情而提出的开发覆盖面广的成套实用技术。我们本着“环境保护与节约能源资源相结合；污染治理与废弃物资源化相结合；基础理论与实际应用相结合，多种技术路线并存；科研、设计与生产相结合；管治并举，力求实用；集中全国科研优势；发挥中央各部门和地方两个积极性”的原则，精心设计，精心组织本攻关项目。本项目共分解为5个课题（1.工业型煤开发；2.高效除尘技术的研究；3.燃煤固硫新型沸腾炉技术开发；4.火电厂排烟脱硫技术研究；5.酸雨研究），31个专题，参加研究的有136个科技研究单位，1165名科技和管理人员。

五年来，在国家计委、国家科委、财政部的支持、领导下，在国家环境保护局、中国科学院和国家教委共同主持下，在能源部、冶金工业部、机械电子工业部等部门和有关省市大力支援下，全体科技人员团结协作，艰苦攻关，全面完成了攻关任务和考核目标，项目、课题、专题通过了国家验收鉴定。研究成果总体上达到了国际先进水平。这个项目共取得了123项科技成果，在31个专题科技成果中，达到国内领先水平的5个，达到国际先进水

平的 23 个，还有 3 个专题及 18 个专项技术达到国际领先水平。通过攻关，共建立了 9 个小试装置，24 个中试装置和中试线，99 处工业试验装置，6 个试验基地，6 个试验台和 2 个数据库。用攻关技术建设了 6 个工厂，一个微机设计系统。研究成果中已有 68 项得到应用，成果转化率（指科研成果用于生产性装置）为 55%。

本书简要介绍国家“七五”重点科技攻关项目计划第 58 项“大气污染防治技术研究”中的“燃煤固硫新型沸腾炉技术开发”（75-58-03）、“火电厂排烟脱硫技术研究”（75-58-04）和“酸雨研究”（75-58-05）三个课题的研究成果。

“燃煤固硫新型沸腾炉技术开发”课题从炉内燃烧着手，开发了新型循环床锅炉脱硫成套技术，为 4—75 吨/小时锅炉提供既脱硫又节煤、适于劣质煤燃烧的实用技术。同行专家认为，这一成套技术已居国际领先地位。研制成功的快装循环床锅炉（6 吨/小时）或以小工作量改造旧层燃锅炉为循环床锅炉（30 吨/小时），其燃烧效率由 63% 提高至 85%，节煤 26%。新型高温脱硫剂（950℃），在钙利用率为 50% 时，脱硫效率达 80%，NO₂ 排放比一般锅炉低 75%。固硫渣可作 425 号、325 号水泥及膨胀水泥原料。作混合材料时用量可达 30—40%，实现了化害为利的目的。该成套技术已在宜昌市用于工程建设，效果好。循环床锅炉边科研，边推广，现已投产，容量为 285 吨/小时，每年节煤 5 万吨，节省燃料费 750 万元。接受订货的还有 63 台，总容量达 1800 吨/小时。清华大学热能系、土木系、自动化系已联合形成中小锅炉循环床脱硫技术的科研基地。

“火电厂排烟脱硫技术研究”课题，在能源部、四川省电力局等单位 and 部门的大力支持下，开展了 6 种技术的攻关，开发了旋转喷雾干法脱硫技术，在白马电厂建成 7 万米³/小时中试装置，用低品位石灰脱除高硫煤烟气的硫。钙硫比 1.4 时，脱硫率 78%。该装置自动化程度高，并实现全部国产化，技术成熟程度已达到可应用于 2.5—5 万千瓦机组。在沈阳黎明发动

机厂建成的 5 万米³/小时装置（主机引进），也已取得成效，为国产化准备了条件。针对高硫煤及磷资源共存地区的状况，开发了磷铵复合肥料（湿法）脱硫技术新工艺，在豆坝电厂建立了 5 000 米³/小时中试装置，脱硫率为 95%，产品品位为 36% 的磷铵复合肥料，在制酸制肥技术上居国际领先地位。

“酸雨研究”课题成果提供了西南和华南两个经济正在开发、自然条件各异的重污染区酸雨的污染现状、发展趋势、生态破坏、材料腐蚀、农林受损情况及经济损失的定量估算，探讨了酸雨来源、成因及控制对策，提供了量化的结论，如 pH 小于 4.5 就会对农林生态造成危害，以及不同类型土壤硫沉降量临界负荷的确定等，都为两地经济与环境协调发展提供了十分重要的科学依据。华南大面积酸雨的发现，引起了李鹏总理、宋健主任的关注，为此召开第 19 次环委会，专题讨论并作出了防治酸雨的决定。通过攻关建立的整套酸雨研究的方法、技术、模型等可用于同类研究，各项控制方案已为一些城市（如柳州市）采纳。

据专家预测，“大气污染防治技术研究”项目的科技成果，如在燃用 6 000 万吨煤的工业锅炉上推广应用，国家投资 14.3 亿元，节支和收益可达 24 亿元，为支出的一倍；能取得的环境效益为：原始排放量 840 万吨/年，脱除量 786.8 万吨；原始排 SO₂ 量 326.8 万吨/年，脱除量 270 万吨；还可减少 NO_x 7.75 万吨。

纵观本项目的攻关成果，不仅为指导我国大气燃煤污染控制提供宏观决策的科学依据，还推出了能覆盖各类工业点源和面源的烟尘及 SO₂ 治理的成套技术。这些技术既有先进性，又符合国情，节能与资源利用相结合，完整配套，大多达到工业生产应用的规模，把我国区域酸雨研究及大气燃烧污染治理技术提高到一个新的水平。有力地推进了我国大气燃煤污染的防治和尘、硫污染的全面控制。某些技术，如工业型煤、流化床燃烧脱硫、烧烤型煤等，得到国外同行专家的赞赏，赢得了国际奖励，对举世瞩目的防止全球气候变暖问题，也作出了一定的贡献。为此，

将有关材料汇编成册，供广大科研、教学、工程技术人员及有关领导参考，以期尽快转化为生产力。

最后，就本书的编排体例作简要说明。本书所收集的国家“七五”科技攻关环境保护项目成果按课题、专题和子专题三个层次编序排列。以一级序号编排的（课题概况）项目为课题一级的成果简介；以二级序号编排的项目为专题级的成果简介；以三级序号编排的项目为子专题级的成果简介。

编委会

目 录

前 言	(vii)
一、燃煤固硫循环流化床成套技术研究概况	(1)
§ 1.1 高效低污染燃煤循环床锅炉	(4)
§ 1.2 高活性脱硫剂的研究	(6)
§ 1.2.1 无烟煤脱硫剂研究	(9)
§ 1.2.2 高热值烟煤脱硫工业试验研究	(10)
§ 1.2.3 脱硫重点推广地区石灰石资源及脱硫性能	(12)
§ 1.2.4 石灰石固硫特性的评估标准	(11)
§ 1.3 沸腾炉固硫渣制作建材的研究	(14)
§ 1.3.1 沸腾炉固硫渣制作水泥的研究	(17)
§ 1.3.2 流化床固硫渣水泥中间试验	(19)
§ 1.3.3 固硫渣建材制品研究	(22)
§ 1.4 分解固硫渣回收硫资源的研究	(25)
§ 1.5 脱硫锅炉 SO_2 的监测与燃烧控制	(27)
二、火电厂排烟脱硫技术研究概况	(29)
§ 2.1 旋转喷雾干法烟气脱硫技术研究	(36)
§ 2.1.1 高速离心喷雾机研制	(39)
§ 2.1.2 喷雾干法烟气脱硫添加剂的研究	(40)
§ 2.1.3 雾粒测定仪及测试技术研究	(42)
§ 2.1.4 智能式光电露点仪	(43)
§ 2.1.5 吸收塔制造设计研究	(47)
§ 2.1.6 石灰浆制备系统研究	(49)
§ 2.1.7 智能化监控系统研究	(50)
§ 2.1.8 燃用高硫煤的干法脱硫/静电除尘系统静电除尘 器研究	(53)

§ 2.1.9 脱硫灰渣综合利用性能研究.....	(55)
§ 2.1.10 电石渣脱硫吸收剂.....	(58)
§ 2.1.11 喷雾吸收塔内传热传质研究.....	(59)
§ 2.2 磷铵肥法烟气脱硫技术研究.....	(60)
§ 2.2.1 烟气脱硫制酸用活性炭催化剂研制.....	(63)
§ 2.2.2 磷铵肥法中试工艺过程及设备研究开发.....	(65)
§ 2.2.3 磷铵肥法活性炭烟气脱硫技术研究.....	(67)
§ 2.2.4 磷铵液脱硫技术研究.....	(70)
§ 2.2.5 烟气脱硫稀硫酸分解磷矿石试验研究.....	(72)
§ 2.2.6 烟气脱硫料浆浓缩干燥制肥研究.....	(73)
§ 2.2.7 耐腐蚀材料试验研究及选择.....	(75)
§ 2.2.8 50 米 ³ /小时串接试验及系统优化.....	(76)
§ 2.3 电子束辐照法烟气脱硫脱硝技术研究	(78)
§ 2.4 锅炉直接喷射吸着剂烟气脱硫技术研究	(81)
§ 2.4.1 锅炉直接喷射吸着剂烟气脱硫技术机理和规律 的研究.....	(83)
§ 2.5 微波法煤炭脱硫工艺的研究	(85)
§ 2.6 高硫煤强磁分离脱硫技术研究	(87)
§ 2.7 低硫煤工业锅炉烟气旋转喷雾干法脱硫技术 研究	(89)

三、酸雨研究概况

§ 3.1 西南地区酸雨来源、影响和控制对策.....	(93)
§ 3.1.1 贵州酸雨来源、影响和控制对策.....	(91)
§ 3.1.2 四川省酸雨形势研究.....	(97)
§ 3.1.3 重庆地区酸雨形势、来源、影响和控制研究.....	(98)
§ 3.1.4 西南地区酸雨形成的大气物理过程.....	(100)
§ 3.1.5 西南地区酸雨形成的大气化学过程.....	(100)
§ 3.1.6 酸雨对西南地区生态系统的影响和经济损失的估 计.....	(103)
§ 3.1.7 西南地区酸雨对材料影响及经济损失.....	(106)
§ 3.1.8 西南地区酸雨控制对策.....	(107)

§ 3.1.9 中国煤的硫同位素组成及燃烧过程硫同位素分馏效应.....	(108)
§ 3.2 华南地区酸雨的来源、影响和控制对策的研究	(109)
§ 3.2.1 华南地区酸雨现状与趋势的研究.....	(111)
§ 3.2.2 华南地区酸雨的物理过程研究.....	(114)
§ 3.2.3 华南地区酸雨的大气化学过程研究.....	(116)
§ 3.2.4 华南地区酸雨的生态影响及其经济损失估计.....	(119)
§ 3.2.5 华南地区酸沉降对材料破坏的研究.....	(121)
§ 3.2.6 华南地区酸雨综合防治对策研究.....	(125)
§ 3.2.7 广西酸雨来源、影响和控制对策的研究.....	(127)
§ 3.2.8 广东地区酸雨的分布和趋势研究.....	(130)
§ 3.2.9 广州市酸雨的现状和发展趋势.....	(132)
§ 3.2.10 衡阳市酸雨的现状和发展趋势.....	(134)

一、燃煤固硫循环流化床成套 技术研究概况

煤是我国的主要能源，其直接燃烧是我国用煤的主要方式。在各类燃烧设备中，工业（及供暖）锅炉因燃煤量最多，效率甚低成为节煤潜力最大之所在；同时，我国大气污染物中 87% 的 SO_2 和 67% 的 NO_x 来自于燃煤，工业锅炉又因燃煤量最大而居各类排放源之首。因此，实现工业锅炉高效与低污染燃烧意义重大。然而实现这一使我国锅炉研究者奋斗几十年的目标有很高的难度。目前的层燃炉是国内外研究几十年的对象，技术突破可能性不大；我国煤种复杂，供应体制混乱，企业用煤质量不稳定以及中小锅炉布局分散、管理水平差等因素都有待解决。对于如此错综复杂的问题，依靠有限的经费支持，要在 5 年内登上高的目标，需要正确的路线和方法。首先，要依靠创新，相对旧技术要有突破性进步；相对国外先进技术，要有能适应国情的能力。其次，要发挥综合优势，在科学上，要使大学科跨度的技术围绕总目标实现技术间的互补；在单位间，要调动各方面的积极性。第三，要刻苦实干，要经得住实践的考验、为实践所欢迎。

课题被分解为五个相关但又独立的专题：

1. 高效低污染流化床锅炉研究；
2. 高活性脱硫剂研究；
3. 固硫渣制建材研究；
4. 固硫渣分解制 SO_2 研究；
5. SO_2 监测系统研究。

专题分属热能工程、环境工程、建筑材料、化学工程、自检测量五个学科。

循环流化床是 80 年代迅速发展的技术,发达国家竞相研究并迅速用于大型燃煤电站锅炉,其污染较小而效率与煤粉炉相同。本研究在吸收先进技术精华的同时,注意解决它结构复杂、制造和运行条件高等不宜直接用于我国急需的中小容量锅炉的缺点,研究同时注意到该技术尚处于发展期,与明显优势相伴的是若干不足,确定在关键部件——分离器和物料回送系统上采用新技术。1988 年国际首台快装式循环床锅炉投产,由于采用平面流动分离器——清华大学专利,锅炉主要部件可由火车运输,其炉膛高度不足国外循环床炉的 $1/5$,重量仅为常规锅炉的 70%,达到了快速安装的目的。在燃用灰分超过常规锅炉用煤一倍的劣质燃料时,锅炉效率较目前规定燃用好煤的合格鉴定效率 72% 提高 11.36%,较上海市统计之实用平均效率 63% 节煤 22%。同时该炉还具备脱硫 80% 以上,降 NO_x 75% 的低污染功能。

研究之另一目标是以少的投入,即以尽可能小的改动量将现有设备改造为高效低污染锅炉。1989 年使用平面流分离器在九江化工厂完成 20 吨/小时炉改造,原炉最大出力 15 吨/小时,锅炉效率 54%;改造后正常出力为 30 吨/小时,锅炉效率 86.58%,节煤 36%。1990 年节约燃料费和外购蒸汽费 240 万元,为改造投入费用的 3 倍。

由于以简单的结构、方便的操作实现高技术指标,专家鉴定认为它在中小锅炉领域达到国际先进水平。

人们早已发现流化床燃烧温度适于石灰石脱硫,深入研究后知道,石灰石煅烧成孔过于纤细,硫酸钙分子体积过大,易于堵塞孔口,降低了钙利用率。清华大学以合理组织孔结构获高利用率的技术获国家发明奖。经优选认为,固硫渣是良好粘接剂,不仅有高性能,且来自自身产生的废弃物。所建年产 5 000 吨脱硫剂生产线的产品供宜昌、柳州、淄博工业应用,证明性能良好。经核算,每年脱除万吨 SO_2 的投资小于 200 万元;万吨 SO_2 的脱除成本小于 180 万元。

研究发现,具有短细孔的脱硫剂较具有长细孔的天然石灰石

有更高的最佳脱硫温度,即由 $800-900^{\circ}\text{C}$ 提高到 $900-1\,000^{\circ}\text{C}$ 。该发现不仅促进脱硫机理研究的深入,拓宽了可脱硫煤种范围——延伸到无烟煤、贫煤,而且对燃烧、传热和 NO_x 排放均有有利影响。该脱硫剂活性高,原料易得,工艺成熟,特别是它的高温特性研究,经专家鉴定已达到国际领先水平。

由于脱硫增加了成本和灰渣量,固硫渣制建材的研究目的是希望依靠资源化来补偿成本。为切实得到效益甚至高效益,研究从生成物基本特性入手,证实固硫渣自身具有胶凝性;其中的硫酸钙在短时多溶的原则下可以部分取代建材生产中原应加入的石膏;在硫酸钙含量较高时,能和未反应氧化钙一起构成膨胀组分,这样就能使固硫渣在作水泥混合材料,以其为主制作砌块(包括多孔砌块)和制水泥膨胀剂方面有良好功能。中试生产的680吨固硫渣水泥(掺入渣量分别为30%和40%,标号为425*和325*)为目前国际上固硫渣掺入量最大者,业已用于重载码头、骨干道路、大型屋面板、薄腹梁等工程。以固硫渣制膨胀水泥属国际首次,已用于亚运会工程等重要工程的防震、防渗,效果良好。除性能良好外,因不用烧制而显著降低成本。固硫渣中硫酸钙取代石膏之价值已超过脱硫剂投入,增产水泥以至制膨胀剂的价值更大。

本课题在节能、低气相污染物排放和灰渣资源化方面形成了一整套技术,具有经济、环境、社会效益均显著的特点。

为弥补我国农业发展急需之硫资源的不足,安排了以固硫渣分解制 SO_2 的探索性研究,研究以独特方式组织热过程,即利用流化床技术将加热与分解分别在两个流化床中进行,从而使用硫酸钙含量偏低的物料获得高 SO_2 浓度($\geq 7\%$)。同时对温度、气氛和流化速度的影响进行研究,得到许多有益数据,虽然流化床锅炉容量尚不能与足够规模硫酸厂匹配,但探索仍有意义。

为监测烟气中 SO_2 浓度研制了 SO_2 在线监测红外测定仪,同时研制了采用先进的分布智能控制技术,且具有综合控制与自动监视功能的系统化成套仪表,其控制精度 $<0.5\%$,容量可达32个

回路。对小型集散控制系统来说,该仪表在 DIC 系统仪表的递阶结构、智能集成机制、综合控制功能、自诊断技术、控制规模图形组态和仪表性能价格比等方面达到国际先进水平,已批量生产。

尽管研究还没达到尽善尽美的程度,一些辅助环节仍然需要继续补充完善,但总体上已为解决工业锅炉低效、高污染状况提供了切实可行的技术。

完成单位: 清华大学热能工程系、土木工程系、自动化工程系 宜昌市环境保护局等

执 笔 人: 张终祚

§ 1.1 高效低污染燃煤循环床锅炉

煤在我国能源构成中占 70% 以上,其中 80% 以上被直接燃用。数量达数十万台的中小锅炉耗煤量居各类燃煤设备之首,约占煤炭总产量的 30%。因燃烧技术水平低,长期存在低效率、高污染、燃料适应性差、出力不足等缺陷。据管理水平较高的上海市统计,锅炉效率平均为 60—65%,亦即有近 30% 的煤未能燃尽,依此计算相当于全国每年浪费 1 亿吨煤;燃煤是我国大气污染之主要来源,所排 SO_2 占排放总量的 7/8,所排 NO_x 占总量的 2/3,这些气体既危害人民健康,更在大面积形成酸雨,破坏农林植被。仅此两点已严重制约经济和社会发展。发展适用的高效低污染燃煤技术迫在眉睫。

80 年代发达国家制成能实现高效低污染燃煤之循环床锅炉,但它们的煤集中用于大型电站锅炉,因而其技术路线也与之相适应。直至 1988 年,国际上仍认为循环床燃烧不适于中小容量,即其结构将显得过于复杂,操作条件相对要求太高。在国家“六五”基础研究和攻关项目支持下,清华大学探索出一条既保留国际先进技术的优点,又能适应中小容量,特别是具有相对较低的制造和运行水平的新型循环床燃烧技术路线。本专题的目的就是使之得以实用化和部分推广,从而解决中小锅炉低效高污染的燃煤问题。

循环床燃烧是流化床燃烧技术之新发展，其核心是在炉膛出口设置分离器以捕捉未完全反应之颗粒并送返燃烧区。已有循环床锅炉多用旋风分离器，因而炉体甚高大且结构复杂，本专题认真研究燃烧、脱硫和气固分离等过程，确定用平面流动的通道式分离器。1988年10月国际上首台快装循环床锅炉在宜昌造纸厂一次投产成功。所谓快装是锅炉本体在制造厂完成安装。与国外循环床炉相比，该炉高为1/6，单位负荷炉膛容积为1/3；测定表明，在燃用发热量仅为12500千焦/千克的劣质烟煤时，锅炉效率达83.36%；与同容量层燃炉相比，锅炉重量减少30%，其NO_x排放量减少75%，在使用清华大学发明的高活性脱硫剂时脱硫效率≥80%，钙利用率≥50%。从而以小体积、低成本实现了高效低污染燃煤。

随后，该技术被用来改造旧有散装层燃炉。1989年11月，九江化工厂5*炉完成改造，原炉为20吨/小时链条炉，实际最大出力15吨/小时，正常出力10吨/小时，锅炉效率仅为54%。适当调整受热面后将其改造为30吨/小时，实际最大出力37吨/小时。经测定，在燃用发热量为15000千焦/千克的二类烟煤和30吨/小时负荷时，锅炉效率为86.58%，即改装后节煤36%。实际改造费用为79.3万元。运行一年节约燃料费120万元，节省外购蒸汽费200万元。与国内外改造为循环床的技术不同，本技术不需增加锅炉外形尺寸（实际略有缩小），没有复杂的结构，改动工作量最小，因此多种炉型的改造工程已完成投产和正在施工中。

湘潭锅炉厂6吨/小时快装循环床炉已销售十余台，继其后，扬州、南京、呼和浩特和新乡航运等锅炉厂引进该技术着手生产4—10吨/小时快装循环床锅炉，个别已投运；在九江化工厂改装成功的基础上，四川、江西、湘潭、呼和浩特锅炉厂生产10、20和35吨/小时散装循环床锅炉产品已批量售出；一批锅炉厂和江苏节能中心、太原工业大学等单位代理组织锅炉改造工程，在一年左右的时间里，初步形成了一个推广新技术的工程技术网络。该网络目前已形成年节煤6万吨的能力，通过更新和改造并举，

预计在“八五”期间可形成年节煤 200 万吨的能力，仅建矿修路投资就可节约 12 亿元之多。企业将年节约燃料费 3 亿元。

优选推广应用的领域为：

1. 4—35 吨/小时容量的锅炉；
2. 难燃燃料或利用其它炉的未燃尽灰渣；
3. 高硫煤地区；
4. 燃料昂贵和紧缺地区，燃料费在成本中占重要份额的行业。

完成单位：清华大学热能工程系 江西锅炉厂 湘潭锅炉厂 九江化工厂 宜昌市环境保护局 四川锅炉厂

执笔人：张绪祎 张振杰

§ 1.2 高活性脱硫剂的研究

我国能源以煤为主，煤炭占总能源的 70% 以上，其中 84% 的煤未经任何处理就直接燃烧。由于直接燃烧，燃煤所排放的烟气中含有二氧化硫有害气体污染大气环境。目前我国的西南、中南、华东等燃用高硫煤地区，主要由二氧化硫引起的酸雨危害已十分严重。考虑到我国能源结构在长时期内仍将是煤为主这一国情，解决我国煤烟型二氧化硫污染问题已迫在眉睫。

80 年代以前，国外主要采用洗煤、烟气脱硫等技术来解决燃煤二氧化硫的污染问题。然而这些技术投资大、运行成本高，不适合我国国情。60 年代末，人们发现，燃煤硫化床可以低温燃尽，加入天然石灰石就可以实现炉内燃烧过程中的脱硫。因此，流化床燃烧技术被看作具有巨大潜力的清洁燃烧方式，并在 80 年代后期得到大力发展。但国内外研究表明，天然石灰石在流化床燃烧脱硫中钙利用率不高。本专题旨在为我国量大面广的工业锅炉实现流化床燃烧脱硫提供一种高活性高温脱硫剂。

新型高活性脱硫剂研制是在“六五”攻关基础上进行的，“六