



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

工业型煤开发

科学出版社

国家“七五”科技攻关环境保护项目成果简介

工业型煤开发

国家环境保护局 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

科学出版社

1992

(京) 新登字 092 号

内 容 简 介

本书是《国家“七五”科技攻关环境保护项目成果简介》之一，内容包括烟煤、褐煤、无烟煤等的工业型煤成套技术研究，工业型煤专用机械的研究，燃用型煤的炉具研制，型煤粘结剂的研究和工业型煤特性及烟气的检测方法等。工业型煤开发研究获得了多项国家专利，整体研究水平达到了国际先进水平，并有部分达到国际领先水平。这些研究成果的推广应用，将对节约能源和改善环境起到积极作用。

本书可供从事煤炭利用研究和环境保护研究的科技人员，以及有关部门的领导和管理人员参考。

国家“七五”科技攻关环境保护项目成果简介

工 业 型 煤 开 发

国家环境保护局 编

责任编辑 吴寅泰

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4月第 一 版 开本：850×1168 1/32

1992年4月第一次印刷 印张：3 1/4

印数：1—2 300

字数：78 000

ISBN 7-03-002992-5/P·587

定价：5.00 元

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”的理论思想，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。

“七五”国家重点科技项目（攻关）计划第 58 项“大气污染防治技术研究”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，结合国情开发的覆盖面广的成套实用技术。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，精心组织本项目攻关。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，1 165 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

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“七五”国家重点科技项目(攻关) 计划第 58 项“大气污染防治技术研究”中的“工业型煤开发”课题(75-58-01) 成果。该课题从燃料入手开发了适用于烟煤、褐煤、无烟煤的清洁、高效燃烧工业型煤生产成套技术, 为 4 吨/小时以下工业锅炉尘、硫污染控制提供实用技术, 在煤成型及燃烧机理上有所突破, 在工艺上从粘结剂、脱硫剂、防水剂的筛选和工艺参数确定到设备的制造、测试方法的建立、配套烧型煤锅炉及炉具的研制等方面全面完成了攻关任务。测试表明, 烧工业型煤与烧原煤相比, 原始排尘量减少 60—80%, 固硫率达 56—70%, 节煤率达 10—27%。应用这一成套技术已建成中试装置及中试生产线 15 个, 型煤厂 6 个, 年生产型煤达 47 万吨。这些设备如全部投入使用, 将减少烟尘 8 460 吨/年, SO_2 10 800 吨/年, 节煤 9.16 万吨/年。开发出用于旅游的烧烤型煤, 实现了年创汇 60 万美元。中国矿业大学北京研究生部已建成我国工业型煤集中成型的科研基地, 分散成型的炉前成型技术正在积极推广之中。工业型煤生产技术在国内外均居领先地位。

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, 为支出的近两倍。可取得的环境效益为: 原始排尘量减少 840 万吨/年, 脱除量 786.8 万吨; 原始排 SO_2 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, 而且还推出了能覆盖各类工业点源和面源的烟尘和 SO_2 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，可以说把我国区域酸雨研究及大气燃烧污染治理技术推到一个新的高度，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煤脱硫、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，也做出了一定的贡献。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作参考，以期尽快转化为生产力。

本书所收集的“七五”国家科技攻关环境保护项目成果简介依课题、专题和子专题三个层次编序排列：不列序号的（课题概况）项为课题一级的成果简介；以一级序号编序的项为专题级的成果简介；以二级序号列序的项为子专题的成果简介。

目 录

前言

“工业型煤开发”课题概况	(1)
一、工业型煤成套技术研究	(5)
§ 1. 工业型煤粘结剂和防水剂技术研究	(8)
§ 2. 工业型煤示范厂建设	(10)
§ 3. 工业型煤厂计算机辅助设计系统	(12)
§ 4. HM 工业型煤粘结剂的研究	(14)
二、褐煤工业型煤成套技术的研究	(16)
§ 1. 褐煤工业型煤成型工艺研究	(17)
§ 2. 粘结剂筛选及应用	(19)
§ 3. 化学改性多聚物型煤粘结防水剂研究	(21)
§ 4. 型煤无烟工业窑炉研究	(22)
§ 5. 褐煤热压成型小型试验	(24)
§ 6. 型煤无烟燃烧器具研究	(26)
§ 7. 国外型煤加工技术及其应用水平调查	(28)
三、无烟煤工业型煤成套技术研究	(31)
§ 1. 以无烟煤为主的低压粘结剂成型工艺研究	(34)
§ 2. 纸浆黑液改性制取工业型煤粘结剂研究	(37)
§ 3. 无烟煤工业型煤复合粘结剂的研究	(39)
§ 4. 无烟煤型煤茶水炉改造和新炉型样机研制	(41)
四、工业型煤专用机械的研究	(44)
§ 1. 工业型煤专用机械的研究	(46)
§ 2. 工业型煤成型机的研究设计	(49)
§ 3. 工业型煤调和机的研究设计	(51)
§ 4. 工业型煤混合机的研究设计	(52)

§ 5. 型煤干燥装置的研究	(53)
§ 6. 型煤专用机械自控系统的研究	(55)
五、燃用型煤的高效低污染锅炉的研制.....	(59)
六、炉前成型、无烟燃烧炉窑及技术经济政策研究.....	(62)
七、工业型煤特性及烟气检测方法的研究.....	(64)
§ 1. 工业型煤特性测试方法的研究	(66)
§ 2. 计算机和同步光谱联用快速测定苯并(a) 芘的 研究.....	(69)
§ 3. 烟气稀释采样装置及二氧化硫分析仪	(71)
§ 4. BSCS-I 型苯并(a) 芘半连续采样器	(73)
§ 5. 型煤固硫技术的研究	(75)
§ 6. 工业型煤燃烧性能实验评估	(76)
八、工业型煤多功能综合研究.....	(78)
§ 1. 工业型煤多功能生产线的研制	(81)
§ 2. 工业型煤燃烧试验台的研究	(82)
§ 3. 直接还原炼铁用铁炭综合成型工艺	(84)
§ 4. 高级清洁烧烤型煤成套技术	(85)
§ 5. 型煤燃烧试验台数据自动采集及热工评价微机 系统	(88)
九、工业型煤粘结剂生产技术研究.....	(90)

“工业型煤开发”课题概况

1. 目的和意义

我国 1990 年产煤 11.4 亿吨,是世界第一产煤国。我国可燃矿产地质资源中煤炭占 96%,全国能源消耗构成中 76%是煤炭,所以我国又是世界第一燃煤国,并将长期保持以煤为主的能源构成,从而造成我国“煤烟型大气污染”的严重性和长期性。

英、美等国在五六十年代就用无烟燃料(第二代型煤)成功地控制了伦敦和圣路易的煤烟污染。我国 80 年代初也曾用上点火蜂窝煤解决了民用炊事的煤烟污染。

“工业型煤开发”课题,在“七五”攻关中取得了突破性成果:型煤成为目前能够全面控制五项煤烟污染指标[黑烟、 SO_2 、烟尘、 B(a)P 、 NO_x]的唯一途径;投资少(25—40 元/吨),加工费低(12—24 元/吨),节能效益高(节煤 10—25%),适用性强(适用各种层燃锅炉、窑炉),不用改炉,易推广,是很适合我国国情(也受到国外重视),能迅速控制我国大气面源污染的经济有效途径。

2. 成果的内容、特点及技术关键

突破低投资、低运行费、高质量成型工艺关。在国内、国外首先提出“成型特性”概念,并创立了一套工业型煤工艺参数研究方法,为工业型煤机械研制和工业型煤厂设计提供系列最佳成型技术参数,使工业型煤示范厂在生产流程上比国外缩短 $1/2-2/3$,仍能获取质量相当的优质工业型煤。

突破型煤工艺的“物理加工”范畴。研究成“控制挥发成分分解过程”的技术,甩掉国外昂贵的间接无烟燃烧工艺,实现烟煤型煤直接无烟燃烧;打破国外 850°C 燃烧固硫界线,发明 1150°C 的高温固硫剂及“表面富集,多孔活化的高效固硫”专

利；开创了高活性、低尘、低 B(a) P、低 NO_x 燃烧的途径；实现全面控制煤烟污染的“清洁型煤工艺”。

突破“煤质不可改变”的概念。通过特殊成型工艺使型煤的“反应活性提高 1.2—3.6 倍，使型煤在燃烧中能‘定向、定时、定温开花’，”全面调整型煤的各种性能，如结渣性、罗加指数、燃烧速度、温度等，使型煤达到“高效燃烧”，在国内外首次形成一整套“型煤清洁、高效燃烧”新工艺，达到国际领先水平。

攻下了型煤添加剂的“价格、来源、防水”三关。筛选出达到工业实用水平的，以廉价、易得且量大的工业废弃物、粘土和烟煤为主要来源的 15 个系列粘洁剂、6 种防水剂和 4 个系列固硫剂，实现活性污染与废水、废渣资源化相结合。

型煤成套技术建厂投产。研制了 20 吨/小时、5—10 吨/小时、1—3 吨/小时和 0.1 吨/小时的四种规格的、可用计算机控制的型煤专用设备共 15 台，均已安装在型煤示范厂中，且性能先进，运转可靠。其中，首创的翻排热风循环干燥炉、法兰均压装置、小压辊无预压成型技术和高成型率(>90%) 的成型机，该四项技术使型煤设备指标达到国际领先水平，而设备价格只有国外同类价格的 1/10 到 1/5。

在此基础上提出了烟煤、无烟煤、褐煤三个煤种的工业型煤成套工业生产流程：建成粘结剂中试线 3 条(共 6 300 吨/年)，工业型煤中试线 5 条；建成工业型煤示范厂 6 座，总能力为 47 万吨/年，生产的型煤在工业锅炉、窑炉上使用，效果良好。

完成炉前成型工艺及成型机的研制，在 6 个试验点进行了试用，是国内外首先试用的技术，具有“可分散投资”的特点，可供有条件的地方选用。

建成了多功能型煤试验线和微机控制的“全自动层燃试验台”，开发了国内外第一套“型煤厂微机辅助设计系统”，提出了 7 种型煤特性测试方法及 3 种烟气污染测试方法(包括 SO₂ 稀释采样器、苯并芘半自动连续采样器及快速测定法)和相应仪器 5 台，把工业型煤及烟气污染物的分析研究推向一个新水平。

还研究成直接还原炼铁用综合球团。这一成果可取消污染最大的“烧结工艺”，减少另一大污染源——炼焦污染的1/2，并使高炉产量提高一倍。在国内外首次建成年产综合型块1.5万吨的工业试验厂，与年产生铁7500吨的炼铁厂配套，产出的生铁合格率为91—96%；研究成“高级清洁烧烤型煤”，出口很受欢迎，获英国1990年“园艺闲暇”新产品大赛一等奖，居国际领先水平。

在国内外首次研制成与3个煤种型煤相匹配的3台1—2吨/小时的高效低污染工业锅炉，节能、节钢、低污染。研究成无烟工业窑炉、茶水炉、家用炉7台，采用侧进风，正反向导向器等新颖结构，热效率高，污染少，有的系国内外首创，或达到国际先进水平。

3. 主要技术指标、成果水平

集中成型工艺：

成型率：95—98%

抗压强度可达：1176牛/个

落下强度可达：75—95%

转鼓强度可达：70—92%

烟气黑度：0—0.5林格曼级

原始排尘减少：69—80%

总固硫率实测：52—73%

节煤率实测：10—27%

经专家鉴定，工业型煤成套技术已达国际领先水平。

炉前成型工艺：

烟气黑度：<0.5林格曼级

总固硫率：35—52%

原始排尘减少：56—67%

节煤率：8.4—9.7%

鉴定结论：该课题在研究的广度和深度方面达到国际领先水平，在总体技术水平上已达到国际先进水平，其中工业型煤成套技术（年产10万吨型煤加工技术）、型煤专用机械的4项技术以及

高级清洁烧烤型煤加工技术均处于国际领先地位。

4. 推广应用前景及效益预测

课题完成后,建成6座生产型煤的型煤示范厂,投资1500万元,形成47万吨/年的生产能力。这些厂达到设计指标后,年产值7050万元,可减少烟尘原始排放量8460吨/年,减少 SO_2 排放量10800吨/年,年节煤9.16万吨,节煤价值折合人民币1374万元,并可节约路、矿投资7328万元。其效益相当于建厂投资的4倍多,两个出口型煤厂可创汇374万美元/年(合人民币1945万元/年),同时还可解决造纸黑液5.6万吨/年和电石渣4.9万吨/年的污染问题,综合效益好。

全国有35万台4吨/小时以下的锅炉和20万台工业窑炉,年耗煤3亿多吨。本成果最适于这些设备,不用改炉即可使用,在国内有广阔的推广前景。如在上述锅炉和窑炉的10%推广(合年耗煤3000万吨),需建厂投资9.15亿元,可减少原始排尘量54万吨/年和减少 SO_2 排放量67.5万吨/年,减少 NO_x 排放量1.75万吨/年,减少B(a)P排放量50%,节煤585万吨/年,价值合人民币8.77亿元/年,节约路、矿投资44.4亿元。经济效益高于投资5.1倍。全部投资都摊在节能上,型煤的节能投资也仅165元/吨煤,远小于合理投资480元/吨。

世界目前年消耗91亿吨标准煤,并以每年3亿吨的速度增长。由于本课题成果有的达世界领先水平,因而受到各国同行重视,已有美国、英国、哥伦比亚、尼日利亚等国家和香港、台湾地区准备购买我们的技术,可见有较好的出口和应用前景。

完成单位: 中国矿业大学北京研究生部型煤研究设计所
沈阳环境科学研究所 重庆市环境保护局
上海工业锅炉研究所 物资部节能中心 中
国科学院生态环境研究中心 山西省科学技术委员会

执笔人: 黄钟成

一、工业型煤成套技术研究

1. 成果的目的和意义

我国是世界第一产煤国，煤占我国能源总耗量的76%，预计2000年要增加到79%。统计表明，我国煤炭的84%被直接燃用，每年排入大气的污染物中有87%的 SO_2 、79%的尘和67%的 NO_x 来源于燃煤。

世界能源构成中，煤炭所占比例日益回升，1985年耗量达到91.3亿吨，并以3亿吨/年的速度增长，给全球大气环境带来危害。英、美等国在五六十年来就用无烟燃料（型煤）成功地控制了伦敦和圣路易的烟尘污染。我国50年代以来在第二代型煤研究中取得不少成果。例如，烟煤上点火蜂窝煤，使民用炊事煤实现直接无烟燃烧；“六五”后期，对机车锅炉进行探索试验。

研究工业型煤成套工艺技术，开发第三代型煤，适合我国国情。它投资少、易推广、适用性强，是迅速控制我国大气燃煤面源污染的经济有效的途径。

2. 成果的内容、特点及技术关键

(1) 开发型煤燃烧成套新工艺。

①型煤清洁燃烧工艺。

以特殊工艺控制型煤挥发分分解过程，省去国外昂贵的无烟化（干馏）工序，实现高挥发分型煤直接无烟燃烧。本技术和国外的工艺相比，加工成本低2/3，加工能耗低90%。

突破国外850℃的燃烧固硫界线，研究成以Ca843和Ca895为代表的、能在1150℃以上固硫的高温、高效钙系固硫剂，以及固硫剂表面富集、多孔活化固硫新工艺。采用有机化工厂电石渣作主固硫剂，无机化工厂废渣作主添加剂，价格只有国内外商

品固硫剂的 1/10—1/40。固硫率可达 56—70%，并使工业废渣资源化。

研制成低尘（降低 74—89%）、低 B(a)P（降低 50%），低 NO_x（降低 25%）燃烧技术。

②型煤高效燃烧工艺。

以特殊工艺把型煤化学反应活性提高 1.2—3.6 倍。研制成型煤“定向、定时、定温开花”燃烧技术，并能控制型煤的燃烧温度和速度，改善型煤灰熔点和结渣率，提高型煤热稳定性，改变型煤罗加指数、燃烧比等，形成了一整套能全面改善煤质的“第三代型煤工艺”。

这一成果已申请了两项专利（专利号：861057074, 88108587）和一项美国专利，引起国外同行的浓厚兴趣。

（2）型煤粘结剂的研制。

高活性的 BS 粘结剂，用造纸原黑液作主活化剂，不需加热或浓缩，使粘土活化后作型煤粘结剂，从常规加入量 15—25% 减少到 5—6%，吨型煤粘结剂费用只需 2—5 元，型煤的反应活性比原煤提高 3 倍以上。

BH 粘结剂，采用原始稀黑液和风化煤的高温高速萃取工艺，加入十万分之一的微量消泡剂，攻克起泡溢料关，实现单釜高温操作，萃取时间从 6 小时缩短至 40—60 分钟，投资减少 2/3，加工费减少 1/2。

粘结、固硫二合一的活化电石渣粘结剂，既改善燃烧性能，还治理了废渣。

还研制成适于多种型煤的高效水溶性防水剂，浸水 2 小时湿强度下降率小于 20%，处理工艺简单，防水费 5—10 元/吨型煤。

（3）本技术还提供了系列最佳工艺参数和完整的工业规模应用生产流程，设计建成邯郸（10 万吨/年）、洛阳（7.5 万吨/年）和重庆（20 万吨/年）三座工业型煤示范厂和两条中试线。经测定证明，在锅炉和工业窑炉中燃用型煤，环境效益、节煤效益好，大大减轻工人劳动强度，深受司炉的欢迎；成本低，不用改炉，

易推广。

(4) 开发出国内外首套微机辅助设计系统, 便于多方案比较, 提高型煤厂设计质量和设计效率。

(5) 形成一个研究、设计、生产、开发、推广相结合的研究基地。

3. 达到的技术经济指标及水平

建型煤示范厂: 三座

建型煤中试线: 两条

成型率: 95—98%

抗压强度: 245—1 176 牛/个

落下强度: 71—95%

转鼓强度: 62—92%

烟气黑度: 0—0.5 林格曼级

原始排尘减少: 69—89%

总固硫率: 54—73%

B(a)P 减少: 50—60%

NO_x 降低: 25%

节煤率: 20—25%

吨型煤投资: 30—40 元

吨型煤加工费: 12—18 元

鉴定委员会认为, 本成果已达到国际领先水平。

4. 成果的直接效益、应用领域及推广前景

(1) 目前已投资 1 520 万元, 建成 3 个型煤厂, 形成 37.5 万吨/年的生产能力, 投产后每年减少烟尘排放量 6 750 吨, 减少 SO₂ 排放量 8 432 吨, 节煤 7.5 万吨, 价值合人民币 1 125 万元 (价值比加工费高 0.5—1 倍), 可节约路、矿投资 6 080 万元; 年总经济效益比建型煤厂投资高 4.6 倍。

(2) 全国有 4 吨/小时以下的锅炉 35 万台, 工业窑炉 20 万

台, 蒸汽机车 3 万台, 年耗煤量达 3.5 亿吨。如在上述 10% 的炉具中推广使用本成果, 每年可节煤 700 万吨, 合人民币 10.2 亿元, 减少 SO_2 排放量 78.7 万吨, 减少烟尘排放量 54 万吨。

(3) 本成果处世界领先水平, 受到各国同行重视, 技术和产品都有较好的出口前景, 已有美国、英国、哥伦比亚、尼日利亚等国家和台湾、香港地区准备购买该技术和产品。

完成单位: 中国矿业大学北京研究生部型煤研究设计所
国家建材总局地质研究所 清华大学热能系
中国科学院生态环境研究中心 中国矿业大学北京研究生部选矿室

执笔人: 黄钟成

§ 1. 工业型煤粘结剂和防水剂技术研究

1.1 研究目的、方法和意义

工业型煤粘结剂和防水剂技术是工业型煤清洁、高效燃烧的技术关键之一, 是第三代型煤工艺的核心。

型煤粘结剂是影响型煤特性的最主要因素, 其成本是型煤加工成本的主要部分。型煤的防水性能影响型煤的特性和推广范围。

本子专题采用实验室研究和中试相结合的方法, 研究成果立即应用到实际生产中去。研制成以 BS 粘结剂为代表的 5 种粘结剂及相应的型煤成型工艺, 以及 GS 防水剂和防水新工艺。研究结果表明, 完全可以用较低的成本, 有效地解决型煤的粘结剂问题。这为我国推广工业型煤扫清了主要技术障碍, 对我国的型煤事业的发展具有重要意义。

1.2 研究成果

(1) 首次提出了“型煤粘结剂的多效性”概念, 从根本上改变了型煤粘结剂的研究方法, 并在实际研究及生产中取得了很好

的效果。

(2) 研制成 5 种廉价的高效型煤粘结剂。

首次提出“型煤粘结剂的活化”概念，研制成高效的 BS 粘结剂，这一粘结剂用造纸原始黑液作主活化剂，不需加热或浓缩，使粘土活化后作为型煤粘结剂，能适用于无烟煤、烟煤和褐煤三大煤种的成型。粘结剂添加量从常规的 15—25%，减少至 5—6%；吨型煤粘结剂费用 2—5 元；型煤的反应活性比原煤提高 3 倍以上。用 BS 粘结剂生产的型煤还具有防水防潮性能。

采用原始稀黑液和风化煤，单釜高温快速萃取工艺研制成 BH 粘结剂。与常规的工艺相比，萃取时间从 6 小时缩短到 40—60 分钟，投资减少 2/3，加工费减少 1/2。

研制成粘结、固硫二合一的活化电石渣粘结剂，以十分低的成本既改善了型煤的燃烧性能，又治理了废渣。

钙化浓缩黑液粘结剂不但使型煤获得了很高的反应活性和固硫效果，而且解决了黑液的环境污染问题，达到以废治废的目的。吨型煤粘结剂成本小于 4 元。

废弃淀粉粘结剂具有很高的粘结性能，而且制备简单，无二次污染，十分适用于高级民用型煤的生产。

(3) 研制成与多种型煤粘结剂相适应的成型新工艺，改善了型煤的反应活性、灰熔点、结渣率、热稳定性和燃料比等一系列型煤特性，并且与其他技术一起构成了型煤清洁高效燃烧成套新工艺。

(4) 开发出适用于多种型煤的高效水溶性防水剂和表面疏水化防水新工艺，使型煤浸水 2 小时湿强度下降率小于 20%。吨型煤防水费为 5—10 元。

1.3 达到的技术经济指标、推广应用取得的效益

成型率：95—98%

抗压强度：250—1 200 牛/个

落下强度：71—95%