

主编 陈文敏
张自劭
陈怀珍
审定 戴和武

动力配煤



动 力 配 煤

主编 陈文敏 张自劭 陈怀珍

审定 戴和武

煤 炭 工 业 出 版 社

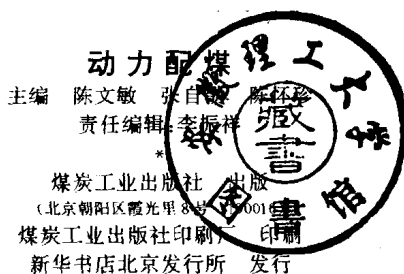
图书在版编目(CIP)数据

动力配煤/陈文敏,张自助主编. —北京:煤炭工业出版社. 1999

ISBN 7-5020-1753-4

I. 动… II. ①陈…②张… III. 动力系统-配煤
(炼焦) N. TQ520.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14926 号



开本 $850 \times 1168 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $11\frac{7}{8}$

字数 289 千字 印数 1—2,055

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

书号 4524 定价 32.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本书系统地阐述了我国动力用煤的资源、生产、质量及使用情况,较详细地介绍了国内外动力配煤的现状与发展前景,着重论述了我国近 20 年来尤其近几年来,有关动力配煤优化配方的理论、实践和最新的编程原理,配煤生产的工艺、设备与流程,以及固硫技术在动力配煤中的应用。

本书可供煤炭、电力、化工、建材、物资和轻工等方面的配煤及能源利用科技人员、管理干部和有关高等院校师生参考使用。

合 发
理 展
利 动
用 力
煤 配
灰 煤

范
维
雷

九九年八月

编委会名单

名誉主任 范维唐

主任 潘惠正

委员 (按姓氏笔画为序)

杨金和 陈文敏 陈怀珍 张自劭
戴和武

主编 陈文敏 张自劭 陈怀珍

编者 (按姓氏笔画为序)

刘天新 刘随芹 杨金和 陈 平
陈文敏 陈怀珍 尚卫东 张自劭
周俊虎 战洪学 崔凤海 翟 炯
裘兴言 潘惠正 戴和武

审定 戴和武

序

21 世纪在全球范围内将会发生新的能源革命,这场革命总的趋势是以更灵活、更方便、更洁净的新型能源替代传统能源,能源供应将由集中走向分散,使能源彻底走向可持续发展的道路。但是世纪之交之后可预期的相当长时期内,全球传统的矿物能源,特别是化石能源仍将占据主导地位。1997 年化石能源在世界一次能源消费中的比重为 90.1%,而我国多达 97.8%,专家们预测,到 2050 年我国仍将占到 70%以上。

我国是煤炭资源比较丰富、石油与天然气资源相对短缺的国家。预测煤炭的总资源量约 4000Gt(1500m 深度内),截止 1994 年末,全国累计探明地质储量 1022.9Gt。而石油总资源量和探明地质储量分别为 94Gt 与 160Gt,天然气分别为 38000Gm³ 与 1300Gm³。累计探明的可采储量煤炭、石油、天然气分别为 114.5Gt、4.81Gt 与 659.8Gm³。1997 年煤炭、石油、天然气在一次能源消费中的比重分别为 75.4%、20.5%与 1.9%。预计到 2050 年煤炭在一次能源消费中的比重仍将接近 50%。因此,在相当长的时期内煤炭在我国一次能源中的主导地位将难以改变。

我国煤炭消费的 80%以上为动力用煤,主要是发电与供热、工业锅炉和窑炉以及民用。动力用煤的最大问题是效率低、污染重。1997 年发电与供热用煤占煤炭总消费量的 40.7%,工业锅炉用煤约占 27%,生活用煤占 10.3%,动力用煤达 11Gt 之多;而全国电厂平均煤耗比世界先进水平高 25%左右,近 50 万台工业锅炉燃烧效率比世界先进水平低 15%~20%,民用烧散煤平均热效率仅 15%左右。如果我国煤炭燃烧效率达到世界先进水平,每年

即可少用动力煤 2 亿 t。煤炭消费造成的环境污染十分严重,特别是大气污染,早已引起国际社会的关注。温室效应加剧、酸雨猖獗、臭氧层破坏等,无不与煤炭消费有关。我国大气中 90%的 SO_2 、70%的 NO_x 与 CO 、60%的烟尘及 82%的 CO_2 都是燃煤排放的。因此,提高动力用煤的热效率、降低环境污染已成为当务之急。

本世纪 80 年代中期出现的洁净煤技术,已成为当今世界各主要煤炭消费国家解决高效、洁净用煤的主导技术,成为改善全球环境状况的重大对策。这一旨在提高效率与减少污染的煤炭加工、燃烧、转化及污染控制技术,已被我国政府所采纳,列入“中国 21 世纪议程”,并已启动实施“九五”计划。国务院批准的《中国洁净煤技术“九五”计划和 2010 年发展纲要》,包括煤炭加工、高效洁净燃烧、煤炭转化、污染控制和废弃物管理 4 个领域、共 14 项技术。即煤炭洗选、型煤、水煤浆、循环流化床、加压循环流化床、整体煤气化联合循环发电、煤炭气化、煤炭液化、燃料电池;烟气净化、电厂粉煤灰综合利用、煤层气的开发利用、煤矸石和煤泥水的综合利用、工业锅炉和窑炉。洁净煤技术是一个巨大的系统工程,其特点是涉及的学科较多,新技术的组合应用强度大、投入多、研究开发周期较长,先进性与风险性并存。随着洁净煤技术的开发与推广应用,煤炭作为一种高效、洁净的能源已指日可待。

应当指出,解决动力用煤的高效、洁净问题,既要采用先进的技术装备,又必须提高动力煤本身的质量,使其各项性能参数优化组合,以满足特定技术与设备的要求,达到较为满意的应用效果。选煤可以极大地改善煤质,但是还难以实现煤质互补,而动力配煤的最大优势是能达到煤质优势互补、劣势相消,配后煤的综合性能比掺配的单一原料煤更佳、更全面,完全能成为适销对路、使用得当的新品种。动力配煤在我国经过近 20 年的发展,技术趋于成熟,理论与实践相得益彰,具备了大面积推广应用的条件。如果全面推广,使动力用煤合理化,仅此一项年节约动力煤可达几千万

吨。鉴于这项技术投入少、见效快、经济实惠,比较适合我国国情,特别是在煤炭面临能源市场激烈竞争和环境要求双重压力的形势下,为提高煤炭在国内外市场的竞争力,大力发展这项技术是十分可取的。

为了推广与普及这项技术,根据广大读者的要求,中国煤炭学会邀集煤炭科学研究总院北京煤化所、北京物资学院、国家内贸局科技质量管理中心、浙江省洁净煤技术中心、浙江大学等单位的有关专家,在调研与总结我国动力配煤理论与实践的基础上编写了这部书,力求比较全面地阐述动力配煤的现状与前景、理论基础与技术工艺、标准化与质量管理等问题。我国动力配煤起步虽早但规模有限,资料积累不多,有些理论问题还在不断深化研究,就动力配煤技术的完整性和深入性来讲,确有不尽人意之处,也肯定会有不少缺点,恳请广大读者厚赐指正。

本书在编写出版过程中,得到国家煤炭工业局、国家内贸局、中国科技发展基金会、煤炭科学研究总院、煤炭信息研究院等单位的大力支持,在此深表感谢。

中国煤炭学会副理事长兼秘书长

潘孝正

目 录

绪 论	1
第一章 中国动力煤资源与生产现状	12
第一节 华北区主要动力煤矿区资源与生产现状	14
第二节 东北区主要动力煤矿区资源与生产现状	28
第三节 华东区主要动力煤矿区资源与生产现状	34
第四节 中南区主要动力煤矿区资源与生产现状	42
第五节 西南区主要动力煤矿区资源与生产现状	47
第六节 西北区主要动力煤矿区资源与生产现状	51
第二章 中国动力煤质量与分配使用情况	60
第一节 动力用商品煤的水分、灰分、挥发分	60
第二节 动力用商品煤的硫分	81
第三节 动力用商品煤的发热量	91
第四节 动力用商品煤的灰熔融性	103
第五节 动力用商品煤的哈氏可磨性指数	111
第六节 主要动力煤矿区的煤质特征	118
第三章 动力配煤的基本原理及其优化	126
第一节 动力配煤的优越性	126
第二节 动力配煤的基本原理	128
第三节 动力配煤主要煤质指标间的关系及其可加性	131
第四节 动力配煤方案的优化	144
第五节 集成优化动力配煤(IOBSC)技术	178
第六节 低灰熔融性煤的配煤技术	188
第七节 中、高硫煤的配煤技术	191
第八节 动力配煤优化方案软件系统设计	196
第九节 利用神经网络、模糊数学求解优化配方	208

第四章 动力配煤生产工艺及主要设备	229
第一节 建设配煤场应遵循的原则和建场条件	229
第二节 动力配煤的工艺流程	230
第三节 动力配煤的主要设备	234
第四节 动力配煤的工程投资及经济评价	238
第五节 国内主要动力配煤场的工艺技术	245
第五章 动力配煤的固硫技术	261
第一节 国内外燃煤脱(固)硫技术现状	262
第二节 固硫剂及其助剂的研制开发	265
第三节 固硫技术的基本原理	267
第四节 影响动力配煤固硫效果的几种因素	276
第五节 几种固硫剂的基本配方及其固硫率	281
第六章 动力配煤标准化系列化与质量管理	293
第一节 动力配煤标准化系列化的意义	293
第二节 我国生产动力配煤主要城市的配煤标准综述	294
第三节 动力配煤标准化系列化探讨	299
第四节 动力配煤质量管理	302
第七章 国内外动力配煤发展现状与前景	307
第一节 国外动力配煤技术的现状	307
第二节 国内煤炭系统动力配煤发展概况	321
第三节 国内燃料流通系统动力配煤发展概况	327
第四节 国内电力系统动力配煤发展概况	329
第五节 动力配煤综合效益评述	333
主要参考文献	337
附录	339
附录 I 煤质及煤分析有关术语(摘录)	339
附录 II 煤炭分析试验方法一般规定(摘录)	358
附录 III 常用计量单位与符号	365

绪 论

我国是世界上少数几个以煤炭为主要能源的国家。煤炭作为我国主要一次能源的基本格局,在相当长的时期内不会改变。它是由我国矿物燃料资源条件所决定的。

我国是世界上煤炭生产量最多、同时也是煤炭消费量最大的国家。煤炭在未加工之前是一种非洁净能源和原料,煤炭的开发和利用过程中排放大量废弃物,极大地污染了我国人民赖以生存的环境。当前,人们最关注的问题之一是在开发和利用煤炭的过程中如何最大限度地减少污染,保护环境,造福人民和后代。因此,合理、有效和高效利用煤炭对于我国国民经济的可持续发展和环境改善就显得至关重要。

我国 1998 年生产原煤 12.22 亿 t,其中约有五分之四是用于直接燃烧。提高煤炭燃烧效率,降低污染,一方面需要更新和改造陈旧用煤设备和锅炉,开发和引进先进燃煤工艺和装备,例如使用循环流化床锅炉、煤气化联合循环发电(IGCC)、低污染燃烧器等;另一方面则需要提高煤炭质量,改变众多锅炉“吃粗粮”状况,大力提高煤炭经营管理水平,提高煤炭的对路供应。应该指出,先进的燃煤锅炉和工艺如果不能使用符合一定要求的对路煤炭,其降低煤耗、减少污染的先进性和优越性也是难以实现的。然而,即使常用的一般锅炉如果能使用对路供应煤炭,其燃烧效率和污染程度也能控制在合理范围内。动力配煤正是在发展煤炭对路供应的需求前提下应运而生,脱颖而出的。

动力配煤自 80 年代首先在几个大城市发展起来。早在 1979 年,上海市燃料公司因供煤品种复杂,质量不稳定,将几种煤加工

成“混合煤”供应用户,结果很受用户欢迎,随后天津、北京等地逐渐加以推广和应用。1982年4月,国家物资局在北京市召开了混合煤座谈会,根据北京煤化所的建议,将“混合煤”改名为“动力配煤”。进入90年代,动力配煤愈来愈引起有关领导部门和专家的重视,认为动力配煤的发展规模在全国不过2000万t左右,仅占全国动力用煤的2%左右,远远不能满足改进我国燃煤质量的要求。1990年9月中国科协工程联合会提出了开展“动力煤合理利用”课题的研究,中国煤炭学会和煤炭科学研究总院组织有关专家和技术人员深入现场,广泛研究,认为必须改变我国动力煤长期存在“重量不重质”“管产不管用”、“产运销脱节”的现象,在提出6个专题报告中包括有“动力配煤生产现状与对策”的内容,并在“提高动力煤质量,发展煤炭对路供应,节约4000万t煤炭的建议”中明确指出动力配煤简易可行,节煤效果显著,具有广阔发展前景。随着动力配煤不断推广,动力配煤不仅在城市开展,许多煤矿和煤炭集散地、港口都对动力配煤日益重视和关心,并积极参与,而且在开展动力配煤过程中暴露出技术粗放、整体工程配套性差、检测水平比较低、产品结构不够完善等急需解决的问题。为此煤炭工业洁净煤工程技术中心、中国煤炭学会于1997年4月17日在北京联合召开了“发展动力配煤专家座谈会”,中国工程院范维唐等7位院士;煤炭、电力、物资等行业和浙江、福建、山东等省有关专家以及国家计委、国家科委、国内贸易部、煤炭工业部有关领导参加了会议。与会专家对中国发展动力配煤技术的现状与前景、技术研究、工程开发等方面作了广泛的交流和研讨,对如何加强动力配煤的研究与应用取得了共识。为了促进动力配煤技术的发展,更好地达到煤炭的高效、洁净利用,与会专家提出了“关于发展动力配煤技术的建议”。这次会议又一次推动和促进了我国动力配煤的健康发展。一个规模空前又扎扎实实地发展动力配煤的高潮正在兴起。为此,国家煤炭工业局于1999年4月向国家经贸委提出报告,要求

国家给予贷款和拨款,在 2000~2005 年间,在中南和西南区的高硫煤矿区建立 30 多个动力配煤场,年产配煤几千万吨。

动力配煤是一项改善燃煤品质的实用技术。那么什么是动力配煤?动力配煤的涵义包括哪些内容呢?应该说明,随着动力配煤的发展,对动力配煤的认识和涉及有关的内容也在不断增加和深化。通常动力配煤可理解为根据用户对煤炭质量的要求,将若干种不同种类、不同性质的煤按照一定比例掺配加工得到对锅炉燃烧状况最佳的燃料煤。它虽具有单煤的某些特征,但其综合性能已有所改变,也可以认为是一种人为加工的新“煤种”。由于不同地区煤炭性质、锅炉类型和规格及环境要求等方面的差别,可综合考虑,对原煤还可经筛分、洗选等加工后再相配,同时亦可加入一定量的固硫剂、助燃剂等添加剂以取得理想的综合效果。因此,动力配煤是以煤化学、煤燃烧学为基础,结合煤质检测、计算机优化控制等新技术应用,与筛选、加入添加剂等工艺组合,以实现煤质互补,提高燃煤质量,取得较好的经济、社会与环境效益。目前动力配煤技术是相对成熟、投入较低、见效较快、符合我国国情、应予优先发展的洁净煤技术之一。

动力配煤是基于各单一原料煤的发热量、挥发分、硫分、灰分等主要指标配制过程中相应的存在着线性可加成性。通过优化配比和控制给料量及成分,就能配制出既符合燃烧要求又减少污染物排放的动力配煤。动力配煤的综合性能比单一原料煤性能更佳,它可使各原料煤的各成分和性质间实现“相互弥补”、“取长补短”,充分发挥各种原料煤的优点和长处。因此,动力配煤代表着燃料煤优化利用的发展方向。在发展和推广动力配煤过程中,也发现配煤后某些特性(如煤灰熔融性温度、着火特性、结渣特性、排放特性)并非完全符合子煤相应性质的相加,而可能存在着非线性关系。目前,浙江大学热能工程研究所、北京煤化学所等单位正利用先进方法对动力配煤特性及配煤机理进行更深入研究。

动力配煤在解决我国煤矿分布不均、煤质变化大,与燃烧锅炉要求燃料均匀、稳定的矛盾中能起到很好结合和衔接作用,受到普遍关注和欢迎。我国煤炭资源主要集中在中西部和北部,用户主要集中在东部和南部,大量煤炭要长途运输,贮、装、运等中间环节多,而且煤矿类型多,矿点相当分散,全国 1349 个县分布生产矿井 8 万多处,构成煤种和质量变化极其复杂,可以想象煤炭直接对路供应和定点供应是何等困难。众所周知,锅炉又是针对一定用煤质量和标准设计、制造的,锅炉运行对煤质有严格的要求。以发热量为例,如燃煤的发热量低于要求值,锅炉能力就不能充分发挥,锅炉效率和燃烧效率都会降低;发热量高于要求值,则会造成设备损坏加剧、炉内结渣、煤耗增高等问题。同时锅炉设计时对水分、挥发分、结焦性、煤灰熔融性等都有一定要求。因此,煤质稳定、符合燃煤设备要求是实现高效、洁净燃烧的基本前提。实际使用动力配煤的情况亦证实其效果是明显的。虽然各地区推广使用动力配煤效果不尽相同,但通常与烧单种煤比较,炉渣含碳量降低 6%~10%,节煤率达 5% 以上。如果全国近 50 万台工业锅炉和 17 万台燃煤炉窑能逐步推广使用动力配煤,其节煤效果和改善环境效应将是不可低估的。

动力配煤与煤炭工业的发展关系密切,它有利于煤炭资源的有效利用。动力煤虽占我国煤炭资源的多数,煤种齐全,但并非都是优质动力煤,也并非都适用于所有燃煤工艺和装置。采取配煤方式来实现有效利用煤炭资源,在炼焦工业中已广泛应用,它不仅扩大了炼焦煤资源,而且比单种煤炼焦更具有优越性。近年来,高炉喷吹燃料也从单一喷吹无烟煤转向与烟煤的混合煤方向发展,这不但可以兼顾高炉对煤粉性能的多种要求,而且有利于稳定煤粉质量和提高煤粉的燃尽率。同时,实现动力配煤也体现燃料煤利用的技术进步。动力用煤的质量要求虽然没有炼焦和喷吹用煤那样严格,但用于发电、动力、采暖以及在多种多样的炉型中发挥其最

佳燃烧效率都有一定的标准和要求,事实上,煤矿所产的煤炭直接供应用户很难都符合和达到上述规定。煤矿通过动力配煤充分利用各种煤炭资源,相当于扩大了动力用煤资源。我国许多煤田具有多个含煤时代形成的煤层,其煤质有显著差异,这在我国煤炭资源最丰富的东北南部、华北和华东地区及西北东部地区尤为明显。我国著名的大同矿区目前主要开采的侏罗纪煤层煤的灰分、硫分已有逐渐增高的趋势,按现在的采掘进度计算,侏罗纪煤的开采尚可维持 15~20 年,而随后含硫较高的石炭纪煤的开采量势必不断增加。华东地区枣庄、徐州等老矿区开采石炭纪煤的比例已占或超过三分之一。兖州虽是开采历史较短的矿区,但下部石炭纪煤的产量也在逐渐增多。值得指出的是赋藏在这些矿区下部石炭纪煤的硫分虽然较高,但其可选性一般较好,易选,精煤灰分显著低于上部煤。因此,这些矿区都在十分重视高、低硫煤层的合理配采的同时,积极开展动力配煤,使本矿区各类煤炭资源得到合理优化利用。

发展动力配煤与选煤并不矛盾,且动力配煤应该在大力发展选煤的基础上开展,动力配煤与选煤是协同发展的关系。我国电力用煤平均灰分在 28% 左右,动力商品煤平均灰分除西北、华北外,西南、华东、东北等地区都超过 25%,而西南动力煤中硫分大多高于 2.5%,显然我国动力煤质量还比较差。动力煤洗选在我国发展缓慢,1997 年入选动力煤只有 8530 万 t,仅占当年煤产量的 6.44%。要降低动力煤的灰分和硫分,其主要方法还是通过洗选,因此发展动力煤洗选的任务是艰巨、迫切的。在相当长的时期内,我国应把动力煤的洗选放在优先发展的地位,以全面提高动力煤的质量。动力配煤虽不能代替选煤,但在某种程度上可以弥补选煤的不足。通过洗选,动力煤的灰分、硫分下降了,并不等于动力煤其他燃烧特性(如挥发分、着火点、粘结性、煤灰熔融性等)和批量都能满足每个用户的需求,而通过人工配煤加工得到的动力配煤就能够实现和满足这些需求。因此,动力配煤与选煤是互为补充的关

系,动力配煤在煤炭充分洗选的基础上才能发挥最佳的效果。

动力配煤另一个突出优点在于它能长期保证供煤的均质化和最佳化。任何燃煤锅炉都期望供煤长期稳定并且均质化。实际上即使由一个煤矿定点供煤,由于采区各煤层的变化,也很难做到供煤长期均质化。而动力配煤却可以通过调整各煤种间的配比,依据供煤情况机动调节煤质各指标的关系,以最大限度实现供煤的均质化。要实现动力用煤的最佳化,必须全面了解所有来煤的燃烧特性,并有充分的科学和试验依据。福建省每年产高变质无烟煤 750 万 t 左右,其中有相当数量 V_{daf} 小于 5% 的 01、02 号无烟煤,这种煤着火点高,火焰短,很难充分燃烧,如配入部分高挥发分烟煤,将大大改善锅炉燃烧状况。众所周知,每种煤的着火点、挥发分逸出时间长短和速度、固定碳燃烧速度和燃尽时间均不相同,如果加上煤灰渣特性间的相互作用和影响,要想获得动力配煤性质的最佳化并非易事。生产实践表明,通过科学方法配制的动力配煤来实现煤质均质化和最佳化是完全可能的。福建省通过若干示范点的动力配煤,初步实现了燃煤的稳定均质化,其燃烧效果和经济效益比单烧本省高变质的无烟煤好得多。

发展动力配煤需要一定条件,目前在发电、出口部门以及缺煤和劣质煤集中的地区条件较好,可以优先发展。发电部门和用煤大户发展动力配煤条件优越。为提高发电效率和满足环保要求,国外电厂日益重视和发展来煤通过计算机对挥发分、发热量、硫分、可磨性指数、灰熔融性温度等指标综合计算,以实现发电用煤的均质化、最佳化,取得良好的效益。日本是对用煤要求很严格且进口煤最多的国家,洗后动力煤占很大比重,但仍采取配煤方法来实现锅炉燃煤性质的稳定和提高。日本福岛勿来电厂进口加拿大、澳大利亚和我国大同优质动力煤。大同煤的挥发分和发热量都较高,但硫分和灰熔融性指标并不理想,而通过几个国家不同煤源掺入配合后,使得燃煤质量长期处于最佳状态,不仅发电煤耗低,而且灰渣