



精细化动力配煤在煤炭中转码头的运用

郑枫

(华能太仓港务有限公司, 江苏太仓 215424)

摘要: 华能太仓港区煤炭中转码头项目采用新型精细化动力配煤技术, 为长江下游沿江电厂提供定制的适合锅炉稳定高效工作的低成本动力配煤。该项目配煤技术方案运用由PLC、高精度电子皮带称和可变立轮活化给料机组成的数字化自动流量闭环控制给煤系统实现精细化实时配煤, 并结合堆场取料外运流程使已按设定控制流量汇聚在一条胶带输送机上的各参配煤流在后续的运输过程中自然混匀后装船。这种新型精细化动力配煤技术具有工程投资和运行成本低廉、产品性能实时稳定可控的特点。

关键词: 精细化动力配煤; 闭环控制; 可变立轮活化给料机

中图分类号: U 656.1^{†3}

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)02-0082-04

Fine blending process for steam coal used in coal transferring terminal

ZHENG Feng

(Huaneng Power International Co.,Ltd., Taicang 215424, China)

Abstract: A new fine coal blending facility for power generation is constructed in Huaneng coal transfer terminal of Taicang port, which could supply low cost blending coals for boiler of power plant keeping in high-efficiency and stable performance. The closed-loop coal flow control composed of PLC, accurate belt scale and feeder with adjustable eccentric block wheel is adopted in real-time coal blending process of this new facility. The coal blending completed in the shiploading process on belt conveyors of Huaneng coal transfer terminal has outstanding characteristics of lower investment and operation cost, controllable and stable properties of products.

Key words: fine coal blending for power generation; closed-loop control; feeder with adjustable eccentric block wheel

利用港口在煤炭转运环节中的枢纽作用和专业煤炭码头的设备, 在专业化煤炭中转码头实现精细化动力配煤, 一方面可以使各种“劣质”参配煤炭充分发挥作用, 使混配后的煤炭接近用户锅炉设计煤种指标, 保证混配煤在锅炉中高效、环保地燃烧, 降低用户的成本。另一方面, 专业化煤炭码头在增加少量必要设备的情况下, 在港口进行精细化动力配煤, 既能为港口企业拓展业务范围, 又能创造良好的经济效益。这是一个煤炭用户和港口企业双赢的举措, 可为建设资源节约型、环境友好型社会起到行业示范作用。

但目前国内在专业化煤码头进行精细化动力配煤尚处于起步阶段, 本文主要结合精细化动力配煤在苏州港太仓港区华能煤炭码头的应用情况, 对精细化动力配煤从工艺布置、设备选型和对配套系统的要求进行分析比较, 并提出合理可行的方案, 供相关专业人员参考。

1 动力配煤技术现状和存在的问题

近年来长江下游沿江建设的一些超临界和超超临界发电厂的锅炉出于环保和运行效率考虑, 一般对煤种的热值和硫分等特征参数均在设计阶

收稿日期: 2012-06-26

作者简介: 郑枫(1977—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口项目规划、建设、运营管理工作。

段根据意向煤源（设计煤种）作了优化，燃烧设计煤种可使锅炉各系统的运行得到最优的表现。随着我国经济快速发展和煤炭交易市场化趋势的发展，发电厂与煤炭生产企业不平等的市场地位导致发电厂按长期合同获得设计煤种的市场交易成本愈来愈高，使得相当多的发电企业发生运营困难。为了改变这种不利状况，一些发电厂通过短期合同在市场上（包括海外市场）采购价格较低、与设计煤种的各项特征参数有差异的动力煤，实践证明，多数电厂的锅炉对煤种变化有一定的适应能力，但也暴露了由于发热量、硫分、挥发分和可磨性等参数的差异，造成锅炉的热效率降低、烟气排放超标等问题。

如何解决电厂锅炉高效、环保地燃烧外购低价煤炭的问题，对发电厂摆脱依赖单一优质煤种，降低运营成本具有可观的经济意义。国内外电厂锅炉燃烧多煤种配制的动力配煤的经验揭示：根据动力配煤的主要参数（化学成份、物理特性和经计算的特征参数），可以基本预测它在某个发电厂锅炉燃烧时的运行特征，这就是动力配煤专家系统的理论基础。当然，动力配煤煤种的某些参数并不完全决定于参配煤种相应参数的加权平均值，而是由其中的一种或二种煤种起主导作用。通过对市场上各种低价煤炭中存在的高硫分或低热值等具有劣质特征煤种的混配，取长补短，使配制后的煤炭“提质”到各主要参数达到或接近发电厂锅炉设计煤种的优质指标水平，保证能在锅炉中高效、环保燃烧的动力配煤技术已成为电力行业内技术研发的热点。

目前国内已有一些北方煤炭装船港或货运站利用堆场的取料设备将不同的参配煤种通过皮带输送机在输送过程中混合，得到粗混的配制煤炭。虽然这种粗混的配制煤炭每批次其参配煤种参合总量误差不大，但均匀度离散很大，无法使锅炉稳定地达到近似设计煤种燃烧的条件。2008年10月由香港中港印集团投资2亿多人民币建成的国内第一个真正达到精细化动力配煤品质的项目（CBF）在连云港建成，它由6个有效容量9 000 m³储存参配煤种的混凝土立筒仓和配套的进出仓输送系统组成，装卸船码头、基本堆场和铁路接卸

作业均利用港口原有设施，以委托的方式获得服务。它的技术核心为从荷兰引进的6套在PLC控制下精确稳定的参配煤种闭环流量控制系统，该闭环控制系统由安装在6个立筒仓底的变频调速刮刀给料机和安装在给料机出口下短胶带输送机上的高精度皮带称及PLC组成。虽然中港印集团连云港CBF项目的试运行产品经一些电厂使用并经煤科院等研究单位论证^[1]具有较好的运用效果，但由于建设期的商务纠纷导致系统一直无法正常投入运营。

2 新型精细化动力配煤系统的布置方案

华能太仓港务有限责任公司正在长江口南岸太仓鹿鸣泾岸段建设的江苏省大规模煤炭储运中心—苏州港太仓港区华能煤炭中转码头是国内第二个具备提供符合发电厂锅炉燃烧条件、具有稳定品质参数的精细化动力配煤定制配送功能的项目。

该项目一期工程包括1个10万吨级和1个5万吨级海轮卸船泊位（水工结构按15万t设计）、4个5 000吨级和6个1 000吨级长江内河装船泊位，陆域堆场面积约50万m²。项目建成后将形成年2 700万t的沿长江转运和配送定制煤炭的能力^[2-3]，项目上游预留的二期工程具有年1 300万t的煤炭转运和配送能力^[4]。为提升该项目的差异化竞争能力，改善目前沿江港口煤炭码头水水中转取费较低的客观条件，除充分利用项目本身具备的地理位置、建设规模和泊位等级等优势条件外，设置高起点精细化动力配煤定制配送等优质延伸服务功能：在煤炭海船卸船进堆场流程中加入了煤炭分级筛分功能；在煤炭出场装长江小船的流程中加入了精细化定制配煤功能，这样不仅可满足大量沿江发电厂按锅炉特征定制煤炭的要求，同时又能增加项目的运营收益。

太仓港区华能煤炭中转码头在煤炭出场至码头的输送线路上安装了4个容量450 m³的参配煤种暂存缓冲仓，缓冲仓仓容和尺度能够满足平衡堆场取料设备取料流量波动和保持活化给料机活化振动参数稳定的需要。每个缓冲仓底分别布置一台采用可变立轮调节流量的活化给料机，在活化给料机出料口下布置一台安装有高精度电子皮带称的称量皮带输送机，由中控室的PLC与活化给

料机调振幅控制箱、皮带称组成四路独立的闭环流量自动控制给料系统。通过合理布置的下层水平移动输送机切换可形成二条二路合一或一条四路合一参配煤种料流在下游流程的输送机胶带上叠加，并最终形成合格的精细化配制煤炭配送装船。受地形限制，为减少煤炭装船流程的港内输送距离、降低提升高度和能耗，装船流程时，本项目需配制的参配煤炭出场后将进入引桥上层输送机爬升至暂存缓冲仓顶、经仓底出料和随配煤过程物流走向进入引桥下层输送机，直至码头装船；无需配制的煤炭出场后直接进入引桥下层输送机直通至码头后装船。

3 精细化动力配煤的主要设备

精细化动力配煤的关键在于如何获得稳定而精确的参配煤种给料流量、通过合理的输送机系

统布置使各参配煤种汇入一条外运带式输送机时的时间断面尽可能接近、分层汇总后的煤流须经足够长的输送过程的颠沛和至少2个转接点的翻腾最后得到均匀一致的混合煤。

目前较可行的在仓底安装可控制和调节煤炭流量的给料机形式主要有可变立轮活化给料机（图1）、变频调速刮刀式给料机和变频调速带式给料机3种，性能比较见表1。

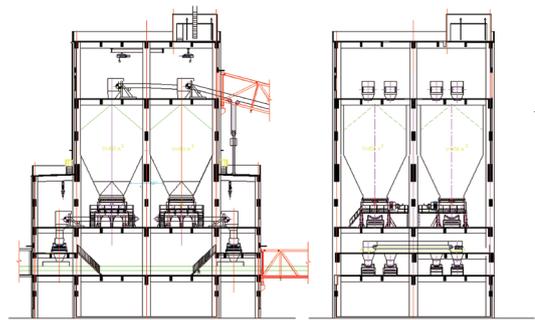


图1 方案布置

表1 给料机性能比较

设备种类	给料机流量调节方式	给料精度/%	稳定流量调节范围/%	工艺布置的适应性	可靠性和可维护性	设备价格/万元
可变立轮活化给料机	调节可变立轮位置调整活化给料机的振幅	± 1.0	5 ~ 100	好	好	200
变频调速刮刀式给料机	调节变频电机的转速调整刮刀的速度	± 0.5	3 ~ 100	较差	较差	700
变频调速带式给料机	调节变频电机的转速调整带速	± 1.0	7 ~ 100	较差	较差	20

注：设备价格以2 000 t/h规格计。

从表1比选内容综合分析，带式给料机实际作业稳定流量的调节范围相对较窄、要求仓底口门缩小至带式输送机的导料槽宽度内，将会使参配煤种的暂存缓冲仓高度大大增加，对该功能区域在码头引桥上的立体上下层输送机布置造成困难。刮刀给料机在给料精度上具有很好的特点，但它需要在仓底内布置减压锥，将减小仓容增加配煤仓的高度，也将给该处的工艺布置增加困难；刮刀给料机机构较复杂，主要构件运行在仓底内，可靠性和维护性相对较差，且价格很高。

活化给料机集活化物料功能和给料功能于一体，配煤斗斗壁的角度可按正常的60°设置，斗口尺度和斗内水力半径较大，不容易起拱堵料，而且能有效地降低缓冲仓的高度。活化给料机给料精度和流量调节范围能够满足精细化动力配煤的需要，价格适中，经技术经济比选太仓港区华能

煤炭中转码头采用了可变立轮活化给料机作为配煤流程的主体设备。可变力轮调幅是在不改变电机转速和频率的情况下，通过调整偏心块的位置来调整电机的激振力，设备运行时激振频率保持不变，固有频率可根据经验控制在一个小的波动范围内，这样有利于设备的运行工作点控制在一个稳定的亚共振区内。工作时，一对可变力轮分别安装于振动电机轴端部并与电机一起转动。振动电机转速不变，通过改变作用于柱塞端面的液压或气动压力，使力轮改变相对于转动中心的位置达到增大或减小激振力幅的目的，从而相应改变出料流量。可变力轮配合活化给料机的激振系统使得出料料流平稳均匀，理论上可使出料能力从0到100%的设计范围内无级调整。

从一些采用活化给料机输送煤炭的电厂反映和现场情况分析，活化给料机在小流量情况下瞬

时流量波动幅度比大流量的高，特别在大块比例高时瞬时波动率可达近20%，随着流量的增加和块煤粒度减小波动值逐步减小。波动值与电厂入厂煤未经筛分，大块煤比例较多且大块粒度与小流量断面尺度较近关联较大。针对上述给料机精度受煤炭粒度和块煤比例影响的问题，太仓港区华能煤炭中转码头根据精细化配煤对煤炭粒度和块煤比例的要求在卸船进场流程中设置了在线高效煤炭粒度分级筛分系统。采用3 600 t/h复合正弦辊轴筛一次将来煤按 >80 mm、 $30 \sim 80$ mm和 <30 mm粒度分成3个粒级煤，分别进入不同的堆场堆存，其中筛出的 <30 mm末煤用于动力配煤供电厂锅炉燃烧，块煤提价后销售作为气化炉造气使用。这样可以保证经筛分后的末煤才能进入配煤流程，上述的流量波动比例值将有极大改善。

根据动力配煤的经验，项目配置的配煤环节4台活化给料机中2台规格为1 800 t/h，2台规格为1 000 t/h，小规格给料机有利于小流量参配煤种在50 t/h或以下仍能保持流量控制精度要求。

4 闭环控制在精细化配煤系统中的作用

在工业生产中，常常需要用闭环控制方式来实现温度、压力、流量等连续变化模拟量的控制，闭环控制技术使用广泛、技术成熟。PID控制器是比例—积分—微分控制的简称，积分控制可以消除系统的静差，微分控制可以改善系统的动态相应速度，比例、积分、微分三者有效地结合可以满足不同的精度控制要求。它具有：1) 不需要精确的控制系统数学模型；2) 有较强的灵活性和适应性；3) 结构典型、程序设计简单，工程上易于实现，参数调整方便等优点。

PID控制程序是PLC生产厂家设计的，并存放在模块中，可用于多回路闭环控制。使用时需要设置一些参数，使用起来非常方便。为使活化给料机能够自动稳定、精确地给料，需将中控室的PLC系统与活化给料机、活化给料机调幅控制箱和皮带秤组成闭环流量控制系统。配煤作业时可根据动力配煤专家软件系统计算的各参配煤种流量给PLC指令，PLC功能模块根据反馈值（皮带秤反馈的4~20 mA量）与设定值的误差量，自动生成

PID输出结果并下达控制执行系统（活化给煤机的调振幅控制箱），如有偏差则通过PID调节作用使偏差为零。太仓港区华能煤炭中转码头配煤系统通过运用闭环控制和PID控制器，自动实时地调节给料误差，使活化给料机的作业精度达到 $\pm 1\%$ ，达到精细化动力配煤的要求。

精细化动力配煤作为为长江下游电厂客户定制的商品煤，稳定的质量控制十分重要，太仓港区华能煤炭中转码头除上述闭环控制的煤炭配制系统外，对入场煤和出场商品配制煤均在相应流程的输送机栈桥上设置了在线煤质检验仪器和自动采样设备，用于原料煤种和商品配煤的实时质量检验和采样分析。在生产综合楼内配建煤样化验室用于对煤炭粒度、灰分、硫分、水分、挥发分和发热量进行试验，为精细化动力配煤专家系统提供依据。在堆场煤炭输送系统中设置了实物标定称量系统，除能够为进出场煤炭计量皮带称提供实物校验外，还为配煤系统的电子皮带称提供日常高精度效验，以保持闭环控制系统检测环节的精度稳定。

5 结语

苏州港太仓港区华能煤炭码头依托项目具备的煤炭中转设施，采用在装船流程中嵌入4个小型配煤缓冲仓和精确稳定的闭环流量控制系统获得精细化配煤的定制配送功能，具有配制精度高、质量稳定、投资省、运行成本低、占地面积小和布置灵活的特点。该项目的建设和配建的精细化动力配煤定制配送系统对煤炭中转企业延伸物流服务内容、提升企业经济效益具有重要的经济意义。以该项目的规模及其示范作用不仅会促使大批类似港口煤炭物流企业寻求进入精细化动力配煤的定制配送业务领域，使长江下游沿江电厂能获得定制的“价廉物美”的混配煤，对降低发电成本十分有利，而且精细化动力配煤技术的广泛使用将对我国众多的高硫、高热值或低硫、低热值等“劣质”煤炭资源增值利用，对发电行业的排放控制具有十分重要的社会意义。