

劣质烟煤发电 技术经济问题文集

水利电力部电力科学研究院 主编

水利电力部西安热工研究所

一九八二年十月

序 言

在当今能源普遍短缺的情况下,合理地使用储量较多的劣质煤及选煤副产品发电,是充分利用能源资源、解决动力燃料供应不足的有效措施之一。十余年来,火电厂燃用劣质煤炭的比重不断增加,据不完全统计,1980年全国电厂劣质煤的用量约占发电标准煤耗量的10%。经过长期不懈的努力和技术革新改造,一些燃用劣质煤的电厂在安全经济运行方面已经取得了较好的进展,为社会主义建设提供了大量电能,节约了大量的好煤,也积累了较为丰富的运行、改造和设计经验。

但是,在当前的燃烧工艺技术条件下,含惰性物质(主要是灰分)过多的劣质煤在电厂煤粉炉上燃用仍是有一定困难的。这一点在十年动乱时期内许多电厂都深有教训。煤质过劣使电厂事故增加,经济性降低,反而给国民经济带来损失。因之,总结经验,探寻规律,是很必要的。应在继续总结和发展劣质煤发电的技术的同时,加强其技术经济性的研究,正确回答劣质煤发电是否经济合理及其质量应否有一定限度的问题,使劣质煤发电做到技术上可行,经济上合理,在国民经济发展中发挥更大的效益。

近年来,曾先后在龙岩、黄山、武汉召开了火电厂锅炉运行问题和劣质煤燃烧技术学术讨论会。水电部西安热工研究所、情报研究所和动能经济研究所等又对劣质煤发电的情况做了进一步的调查研究。根据原电力部领导的指示,电力科学研究院于1981年6月在北京召开了“劣质煤发电技术经济性”座谈会,着重探讨了火电厂利用劣质烟煤发电的技术经济性问题。经过与会同志的讨论,提出了劣质烟煤在煤粉炉上使用的最低界限值和利用劣质煤发电应采取的措施。水电部领导对这项工作极为重视。李鹏同志亲自听取了会议情况的汇报,指出了这项工作的重要性,并要求继续加强劣质煤燃烧技术和综合技术经济分析的研究。

为了使从事电力和能源工作的有关同志对利用劣质煤发电的现状和技术经济性问题有所了解,为了有利于继续开展此项课题的研究,我院委托西安热工研究所选编了这份《劣质烟煤发电技术经济问题文集》,以供参考。文集内容除介绍劣质烟煤的特点、燃烧特性与劣质煤发电所采用的技术措施外,还有多篇文章着重分析探讨了劣质烟煤发电的技术经济问题,既有发电厂的具体经验,工程设计的实例分析,也有较多的调查统计材料。但是,许多问题的研究尚待进一步深入,各篇文章难免还有粗疏和错误之处,尚请读者予以指正,并欢迎广大同行继续来稿参加讨论。

水利电力部电力科学研究院

1982年6月

编者附言

为了尽量缩短文集的篇幅，对各篇文章中的一般叙述及相互重复的内容都做了删减，在个别文字、术语及数据表达方式上也有所改动，但文章的观点则完全保留，即使各篇文章的取用数据及结论意见并不完全一致。某些数据也可能略有误差或失实，但凡无十分根据者，均未加更动。在经济效果分析计算方法方面，各篇文章之间的差别更大，但都可做为参考，因此亦皆照刊。诸文所用量度单位亦未强求统一。上述种种，可能给读者造成一些不便，但因时间及人力所限，难于过细推敲，乞予鉴谅。

此外尚请读者注意：本文集系内部发行，其中有些情况及数据属对外保密范畴，且具体数据亦非绝对精确，因之，引用时请多予注意，凡未见诸公开读物者，则请勿公开发表。

为便于读者检索，兹将诸文涉及之内容列表于下（见下页）仅供参考。

先后参加本文集审阅编辑工作的人员有：姬金宏、黄金才、袁颖、李克强、赵仲骥、李若先、刘哲明等同志。最后由赵仲骥同志统稿。

文 章 涉 及 内 容		文 章 编 号 *												
号 序	项 目	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	历史情况					√		√						√
2	历年煤质情况			√		√		√					√	√
3	煤质分类意见	√		√										
4	煤的燃烧性能	√	√	√	√									
5	着火条件的探讨	√	√	√					√				√	
6	煤粉细度问题			√	√									
7	炉膛参数问题	√		√	√									
8	燃烧器问题		√	√	√									
9	输煤系统					√		√						
10	制粉系统	√	√	√	√	√		√	√					
11	送粉方式				√									
12	除尘设备					√		√						
13	运行调节				√									
14	省煤器及辅机磨损	√				√	√	√						√
15	锅炉事故统计					√		√	√					
16	改进措施		√		√	√		√						
17	设备利用率					√	√	√						√
18	燃 油 率			√		√	√	√	√					√
19	厂用电率						√	√	√	√				√
20	锅炉热效率			√			√	√	√	√			√	√
21	电厂煤耗或效率			√		√	√	√	√	√				√
22	钢材消耗							√						
23	环境保护					√		√	√				√	
24	大修改进费用					√	√	√						
25	基建投资					√	√		√	√	√	√	√	√
26	煤价问题						√	√	√	√		√	√	√
27	发电单位成本					√	√		√	√		√	√	√
28	燃煤经济效益分析					√	√		√	√	√	√	√	√
29	掺烧洗矸经济效益分析										√			√
30	烧油页岩经济效益											√		
31	采煤、运输、制粉完全能耗及能量平衡												√	
32	煤质低限				√				√				√	√

* 注 文章编号系目录中的顺序号

目 录

1、劣质煤发电技术经济性座谈会纪要(摘要).....	(1)
2、电站 锅炉燃用劣质烟煤的 初步探讨.....	吴家彬 廖庆园 华觉琪 (6)
3、劣质 烟煤着火特性的 探讨.....	哈志德 张永礼 (17)
4、广西几种劣质煤的特点及灰分对燃烧 特性的影响.....	颜松波 (27)
5、劣质烟煤的燃烧问 题.....	李克强 赵仲琥 (42)
6、滦河发电厂燃用劣质烟煤的技 术经济剖析.....	魏承漠 (58)
7、分宜电厂燃用劣质 烟煤经济性分析.....	朱学鐸 (70)
8、南昌发电厂改烧劣质烟煤对技术经济性的影响.....	潘守忠 顾汉生 (79)
9、燃用劣质烟煤极限值的研究.....	张艾登 (89)
10、电厂燃用洗混煤及劣质烟煤的经济性探讨.....	张元秀 (101)
11、火电厂掺烧低热值洗矸的初步经济分析.....	李兆蓉 (114)
12、广东茂名油页岩发电的经济分析.....	朱文 丁骏 (122)
13、关于劣质煤发电的几个技术经济问题的探讨.....	孙德周 (127)
14、劣质烟煤发电的技术经济分析.....	袁颖 李克强 (137)

劣质煤发电技术经济性座谈会纪要

(摘 要)

由电力科学研究院主持的劣质煤发电技术经济性座谈会于1981年6月9日在北京召开。这次会议主要讨论了以下几方面问题:

一、劣质煤发电概况

合理地有计划地利用劣质煤发电是充分利用我国能源资源的重要途径之一,也是当前我国一项重要的能源政策。

对于发电而言的劣质煤,主要是指低热值、多灰份 ($A^v > 40\%$ 、 $Q_b < 4000$ 大卡/公斤)的烟煤、洗中煤和无烟煤以及低热值的褐煤、油页岩,还包括高硫煤,这次会议讨论的主要是劣质烟煤和洗中煤。

我国电厂燃用劣质煤始于五十年代末。当时因煤炭供应紧张,迫使一些电厂燃用劣质煤,造成设备损坏,经济性下降。随着调整方针的贯彻,煤炭质量逐步改善,电厂的运行也逐渐正常。其后,在七十年代,由于十年动乱的影响,一些电厂燃煤质量又逐年下降,到1978年达到最低的水平 ($Q_b = 2600 \sim 2700$ 大卡/公斤)。据全国130多个重点电厂的统计,1979年燃用的劣质烟煤及褐煤总量约占全国发电总燃煤量的15%左右。燃用劣质煤较多的省区是广西、江西、湖南等。燃用劣质烟煤而年平均发热量低于4000大卡/公斤的电厂有合山、分宜、南昌、景德镇、乐平、九江、南宁、柳州、株洲、鲤鱼江、韶关、河门口、江油、唐山、陡河、桥头、岳阳、广州、邵武、浑江等。

这些电厂多数是按烟煤设计的,在改烧劣质煤后,经过多年的设备改装,改进运行操作技术,目前已基本做到燃用劣质煤(热值为3000~3500大卡/公斤)在不掺油或少掺油的条件下,稳定燃烧安全发供电。另外,一些原来就是按劣质煤设计的电厂,如唐山、陡河等厂,设计燃煤的发热量为3000~3500大卡/公斤(实际燃煤发热量多在3500~4000大卡/公斤),能够达到较好的安全和经济运行水平。

二、改烧劣质煤发电的代价和存在的问题

多年来燃用劣质煤发电,部分解决或缓和了发电用煤供应不足的问题,取得了一些成绩。但发电部门也付出了巨大的努力和代价。为了适应劣质煤的特性,首先要花费大量的资金,对锅炉本体、制粉系统、上煤除灰设备进行大规模的改造。如合山电厂6台锅炉,仅79和80两年结合大修的改造费用就达1020万元,若继续完善,今后二、三年的改造费预计还要900多万元。仅这五年的改造费就超过了全部锅炉设备费用,占全部发电机组总投资的15.5%。南昌

电厂3台120吨/时、1台75吨/时锅炉,几年大修和改造费共计583.7万元,也超过了4台锅炉机组(包括辅机)固定资产总和的40%。再加上该厂输煤系统改造费480万元,除渣系统改造费50万元,油库120万元,总共高达1233.7万元。

由于煤质多变、变劣给电厂运行带来一系列困难和问题,

1. 燃烧不正常

因为煤的热值降低,灰分增加,炉膛燃烧温度急速下降,使煤粉着火困难,燃烧不稳,时常发生灭火打炮,严重影响锅炉的安全运行。当热值低于3000大卡/公斤时,则需要喷油助燃。

2. 运行安全可靠差

燃用劣质煤后,锅炉受热面、管道和辅机的磨损、腐蚀及堵灰严重,事故率增加,设备运行的安全性大大降低。据合山电厂80年统计,全厂6台锅炉,全年因事故和临时检修停炉98次,平均只三天多就停一次。因省煤器磨损泄漏造成事故或停炉占很大比例。有的新装省煤器只运行4000~5000小时就发生爆管,平均运行3~4年就要全组更换,尚不足一般设计寿命的1/3。江西和广西两省区的主要电厂,锅炉因烧劣质煤而需要停炉检修的次数都在10次/台·年左右,大修间隔由2~3年缩短到一年多,大修时间也由21~26天延长到30~40天。设备利用率*大大降低。几年来合山、分宜、南昌等厂的设备利用率为50~65%,而烧好煤的电厂一般可达90%。烧3000大卡/公斤左右劣质煤的电厂的发电量仅为同容量烧好煤电厂的2/3。

3. 金属耗量和检修工作量增加

因磨制劣质煤,钢球耗量大大增加。平均钢球单位耗量为1.5公斤/吨煤,比一般好煤的钢耗高4倍左右。检修钢材消耗量也增大,平均约为34吨/万千瓦,比一般电厂增加3.5倍左右。省煤器、空气预热器和除灰系统等由于磨损加速,检修工作量和检修人员也大量增加。

4. 锅炉效率降低,发供电煤耗升高

煤质变劣后锅炉效率明显降低,一般烧好煤(热值大于4000大卡/公斤)时,效率为87~90%;改烧劣质煤(热值3000~3500大卡/公斤),效率降至78~85%。厂用电率在改烧劣质煤后大约从9~10%增至11~12%。由于锅炉效率降低,厂用电率升高,发电标准煤耗较同参数机组全国平均值增加50~70克/度,供电煤耗增加80~100克/度。

5. 环境污染严重

由于燃煤量和灰量的大量增加,使电厂排放的粉尘、灰渣及排烟中有害气体(二氧化硫、氧化氮等)量急速增加,严重污染环境。以合山电厂为例,每小时排烟量达600多万立方米,其中SO₂排放量多达23吨/时。目前已有一些电厂因环保超标而被罚款。

* 设备利用率 = $\frac{\text{运行小时数}}{\text{运行小时数} + \text{临检小时数} + \text{计划检修小时数}}$

为了能燃用劣质煤发电，就必须为解决上述问题而付出巨大代价。这意味着不仅经济性有某些牺牲，而且还要花费大量的人力、物力进行设备改造和维修，机组备用容量也必需增加，同时，还要设法解决生产现场的安全、卫生以及环境保护方面产生的新问题。

当然，对于按劣质煤设计的或燃用燃烧特性和破碎性较好（如挥发分含量较高、可磨性好）的煤种，上述这些问题就不很突出，电厂运行的安全经济性也较好。如唐山电厂设计煤种为洗中煤掺矸石，混煤发热量为3500大卡/公斤以上，可燃基挥发分接近40%，锅炉效率可达90%，电厂运行安全正常。取得了电厂建设经营的好经验。

三、劣质煤发电经济性分析

1. 煤质变劣发电成本增加

大量统计数字说明，煤质变劣使锅炉效率降低，掺油率增加，厂用电率和煤耗升高，检修运行费用、设备投资等都相应地增加。这些都会使发电成本上升。尤其是当前劣质煤煤价大都不是按质计价，就更促使发电成本随着煤质的降低而迅速增加。广西和江西燃烧劣质煤主要电厂的发电成本如下：

	劣质煤电厂	一般电厂
中压机组平均	42.81元/千度	21.21元/千度
中高压机组平均	37.23元/千度	18.62元/千度

从上列数据可看出，劣质煤电厂的发电成本有可能比烧好煤电厂高近一倍。并且，在煤价未执行按质计价的情况下，煤质越差，发电成本越高，越不经济。所以不能认为燃烧劣质煤都是经济的。

2. 优先开采好煤尽量利用就地廉价的洗中煤

煤炭在采掘、运输、发电过程中均需消耗能量。但在相同的生产工艺条件下，开采和运输一吨煤，不论其质的优劣，其能耗大致相当。因此倘若开采热值很低的劣质煤，可能它所提供的能量还不敷本身在开采—运输—发电过程中所消耗的能量。所以分析劣质煤发电的经济性问题，还必须考虑采—运—发电各个环节所耗能量和所付出的代价（价格）。根据资料分析，在目前的技术条件下，考虑了综合能量平衡和成本的因素后，建议优先开发高于3400大卡/公斤的煤作为发电燃料。至于选煤中的副产品——洗中煤，一般燃烧特性较好、价廉，若能就地取材时，用于发电可收到好的经济效益。

3. 在特定条件下，掺烧一定数量的矸石是可行的

掺烧矸石较多，又有经济效益的有唐山、邯郸、抚顺等电厂。这些厂靠近煤矿，可就地取得免费或非常低价的矸石，矸石发热量比较高（1500~1700大卡/公斤，至甚高达2500大卡/公斤），掺入量在10~15%，使入炉煤发热量接近于设计值。锅炉效率可接近90%。不仅不影响安全运行，而且，使发电成本有所降低。但倘若矸石发热量太低，掺入锅炉燃烧不但收不到经济效益，反而带来许多危害。例如对平东工程（全厂规划容量为100万千瓦），在燃

烧62%原煤、20%洗中煤掺加18%热值为467大卡/公斤的矸石的条件下进行了设备投资、运行费用、发电成本等综合的技术经济比较,发现虽然节省了一部分燃料费,但投资和运行费用的增加已远远超过收益,掺烧矸石得不偿失。

结论是:为充分利用能源,有条件时,在优质煤中掺入适当比例的、热值较高(大于1500大卡/公斤,掺合比在10~15%)的矸石,使其接近设计值煤种,可以取得较好的经济效益。

4. 根据煤质特性,专门设计烧劣质煤的锅炉机组

多年来的经验和教训说明,燃用劣质煤(尤其是发热量 $Q_f < 3500$ 大卡/公斤的煤)的电厂,其输煤、制粉、除尘、排渣等系统以及灰场等设施都需要专门设计,锅炉本体也需要特殊设计制造。

实践表明,对原设计燃用好煤现改烧劣质煤的电厂虽然费很大代价进行设备改造,但由于锅炉结构及系统布置已基本定型,改造难免受某些条件限制,运行效果总是难于达到预期目的。

合理地利用劣质煤发电是充分利用能源资源的措施之一。但不能用简单的主观愿望和意志取代科学的综合技术经济分析。为此,建议经济计划部门纵观全局,从“采—运—发电”平均总能耗和投资、运行费用、环境影响等出发,综合衡量其经济效益的实际价值,以对劣质煤的开发和利用作出正确的决策。

四、劣质煤发电的界限值

我国劣质煤资源分布很广,各地区的自然条件、经济状况又千差万别,所以应当按照“因地制宜,因条件而异,技术上可行,经济上合理”的原则,从现有生产技术水平和本地区、本厂的实际出发,来确定燃煤质量的最低界限值。就一般情况而言,会议提出了一个燃用劣质煤发电的大致界限,作为参考,并希望今后不断修改和完善。

劣质煤在煤粉炉上使用的最低界限值(按挥发分 V_f 及发热量 Q_f 规定)

V_f % 名 称	< 6	6 ~ 16	16 ~ 40	> 40
煤 种	无 烟 煤	贫煤、瘦煤($V_f = 10 \sim 16\%$) 无烟煤($V_f \leq 10\%$)	烟煤, 洗中煤, 煤泥、贫、瘦煤 ($V_f < 16\%$)	长焰煤、褐煤
技术低限	(目前多数电厂的锅炉都必须投油助燃)	(4500~5000大卡/公斤)	3000大卡/公斤	(国内尚未遇低限以下煤质)
安全低限			3500大卡/公斤	

注: (括弧内数值及情况尚有待进一步研究探讨)

几点说明:

1. 上表所列的数值是根据目前的生产条件和技术水平而定的,重点是劣质烟煤。所定的数值皆指到厂煤质。

2. 技术低限:指锅炉燃烧系统(包括制粉和除灰除渣系统)采取与煤质相适应的设计或设备改造之后可以做到稳定燃烧,不需经常投油助燃(锅炉低限负荷约70%)。对于原设计烧优质烟煤($Q_{\text{低}} > 4000$ 大卡/公斤、或 $A^{\text{d}} < 40\%$)的锅炉改烧接近低限值煤种时,一般会由于磨煤机能力限制而影响锅炉达到额定出力;受热面磨损较难解决,导致事故率增加,利用率降低;锅炉效率将明显降低,厂用电率增加,煤耗明显升高;为使飞灰排放能符合环保要求则必须采用高效率的除尘器。

3. 安全低限:指锅炉经相应改造之后,在60~70%负荷以上不需投油助燃;在入炉煤质有500大卡/公斤波动的情况下可以不致影响电厂的安全运行。对原设计烧优质烟煤的锅炉,磨损严重程度减轻,运行全安可靠性有所保证;对电厂运行的技术经济指标影响相对较小。

4. 经济合理界限:按现行煤价,对于燃烧原煤的电厂,煤质降低,必将导致发电成本的增加,投资偿还年限亦有所增长。只有燃用上述低限煤质的洗中煤因煤价较低才是经济合理的。

煤质对电厂经济效果的影响与许多具体因素有关(设备条件、生产流程、到厂煤价、电厂运行方式、管理水平、售电价格、利润分配、供电成本计算方法、投资回收年限的规定等),因此,经济低限的确定,尚需广泛搜集资料进一步研究探讨,更有赖于对能源生产、运输、转换系统的综合经济效益的分析。

5. 为满足环保要求而必须规定的煤质低限(主要是含硫量),问题比较复杂,需专门进行研究。

五、劣质煤发电应采取的措施

1. 根据煤质特性,设计专门燃用劣质煤的锅炉机组;研究劣质煤特性和适应劣质煤特性的燃烧方式,使劣质煤发电逐步作到技术上成熟,经济上合理。

2. 有关部门应尽可能做到“定点”、“定质”、“定量”供应煤炭。发电煤质多变或燃用“百家煤”,不仅给电厂生产带来很大困难,在经济上也造成很大损失。

3. 煤炭应按质论价。这对电力和煤炭的生产、管理,经济核算都有好处。“质”不仅指发热量高低,还要考虑对于电力生产过程的利弊—例如对环境污染的程度等来确定。

4. 为保证锅炉运行的安全、经济性,不宜搞“通用化”锅炉(另件及部套通用化、标准化是可以的)。对于燃用劣质煤的电厂,在电厂设计方面应充分考虑实际的需要,便于生产运行、维护和检修。

5. 燃用劣质煤电厂的各项考核指标与技术定额,宜根据实际情况加以制定。如钢耗、电耗、煤耗、检修人员定额、检修周期等应有别于燃烧优质煤的电厂。

6. 继续加强劣质煤燃烧技术的研究,提高运行安全、经济性。

7. 继续开展火电厂用煤分类及煤质特性的试验研究工作。继续搞好劣质煤发电的综合技术经济分析工作。

电站锅炉燃用劣质烟煤的初步探讨

江西省电力试验研究所 吴家彬 廖庆园 华觉琪

为了适应劣质煤燃烧的需要,我省电力系统一方面对现有锅炉及其辅助设备进行了许多改造,另一方面也为新装的机组选配了一些适应劣质煤燃烧的锅炉设备。这些工作是有成效的,使锅炉的稳定燃烧有了很大改善。但是燃用劣质煤所带来的磨损严重,燃烧效率偏低等问题,还没有很好解决。而且在不同的电厂,由于炉型不同,这些问题的严重程度也不相同。

各厂的实践表明,现有锅炉的改造是有一定限度的。为了在电站锅炉上燃用劣质煤取得最大的经济效益,即燃烧稳定、燃烧效率高、检修周期和设备利用小时数达到部颁标准,以及减少设备改造和检修费用,迫切需要从生产供销各个环节去加强火电厂燃煤的调度管理。为此应根据煤炭生产和使用的具体条件制订一个切合实际的低质煤煤质标准,以便根据这个标准为已有的锅炉配给质量适宜的煤种,并严格按不同煤质类别进行新机组及电厂的设计,做到电厂的设备条件与燃用的煤质基本适应。只有这样,才能使劣质煤得到合理的开发和利用,从根本上改变过去由于煤质与锅炉特性不合造成的被动局面。

一、劣质煤煤质标准问题

通常除无烟煤中的块煤率高的($>25\%$)作化肥用煤,还有 $A^d < 40\%$ 、 $S^d < 3\%$ 的气、肥、焦、瘦煤作炼焦原料煤外,包括上面这些烟煤的洗渣都叫动力用煤。我国幅员广大,煤炭资源十分丰富但其分布却很不平衡,因此对于不同省、区,电站锅炉用煤的质量也是千差万别的。

煤炭部最近制订的“煤炭资源地质勘探规范”中规定一般地区可采煤种的最高灰分 $A^d = 40\%$,对于缺煤地区 $A^d = 50\%$ (不包括褐煤在内,煤的低位发热量的最低值 $Q_{\text{低}} = 3000$ 大卡/公斤)。而实际上由于洗渣的利用和低质煤的开发,特别是小窑煤的开采,已使部分电厂燃煤的低位发热量低于3000大卡/公斤,灰分 $A^d > 50\%$ 。

江西煤矿井型小、矿点多,没有大型动力用煤基地,一个火电厂往往用许多矿的煤,质量就变化大,特别是小窑煤质量更差(含矸多、灰分高)。造成多年来电厂用煤质量低劣的原因有二方面:一是本省好煤不多,电厂不得不燃用劣质煤;二是错误的技术经济政策——前几年煤炭生产一味追求产量不顾质量(根本不排矸,甚至掺矸充数)。随着国家技术经济政策的扭转和落实,动力用煤的质量会有所提高,但也不能期望过高。因为有的入洗煤 A^d 达45%左右,如果要进一步降低灰分则回收率很低,经济上不合算。而对一些劣质煤,其矸石含碳质多,入洗不经济(洗选后灰分减少不多)。这样我省电厂用煤今后仍然是以劣质煤为主,而且一部分是灰分很高的劣质煤。

国内有关部门在1960年前后曾先后提出过一些锅炉设计用的代表性煤种,其中有的已把

高灰分的劣质烟煤从烟煤中分列出来。

这些低热值煤的着火和燃烧稳定性差,也不易燃尽。由于发热量低使燃料消耗量和灰渣量大量增加,磨损也随之加剧。近几年来,国内锅炉设计制造行业对劣质煤的燃烧问题给予较大的重视,这方面的成效也是显著的。但对于防磨尤其是省煤器的防磨措施考虑得不够,因而新设计制造的燃用劣质煤锅炉仍然不能有效地解决磨损问题,致使这些锅炉投产之后存在设备事故多、检修工作量大、可用率低等问题。这些问题的存在同没有明确的劣质煤煤质标准做为设计及配煤管理的依据是分不开的。

在生产现场,人们主要是关心煤的挥发分和发热量的高低,因此我们主张按燃煤的可燃基挥发分和低位发热量对动力用煤进行分类。下表(表1)是我们初步设想的分类标准。

表1 锅炉用劣质煤的煤质分类设想

煤 种	煤 质 特 性	
	V^r (%)	Q_D^y (大卡/公斤)
劣 质 贫 煤	$10 < V^r \leq 20$	3500~4500
低 质 烟 煤	> 20	3500~4200
劣 质 烟 煤 一、	> 20	3000~3500
劣 质 烟 煤 二、	> 20	2500~3000

二、劣质煤燃烧的特点

1. 煤粉气流着火所需的热量

煤粉气流着火所需的吸热量可用下式表示:

$$q = (c_m + V_1 c_k)(t_s - t_1) \quad (\text{大卡/公斤}) \quad (1-1)$$

式中 煤的比热 $c_m = c^0 \frac{100 - W^y}{100} + \frac{W^y}{100}$, (大卡/公斤·℃);

c^0 ——燃料干燥基比热(对于无烟煤、贫煤 ≈ 0.27 ,对烟煤 ≈ 0.3);

V_1 ——一次风量(标米³/公斤);

c_k ——空气比热(大卡/标米³·℃);

t_s ——气粉混合物的着火温度(℃);

t_1 ——气粉混合物初温(℃)。

按上式对烟煤、低质烟煤和劣质烟煤煤粉空气混合物的着火吸热进行计算,其结果列于表2。

再根据锅炉计算热效率得出 SG130—39/450 炉(图号50232)单位时间内不同煤质的煤粉气流着火吸热量相对值如表3。

另一方面,由煤质的工业分析数据,按下式计算可得出各煤种的挥发分发热量近似值列于表4。

$$Q_1^y = \frac{Q_G^y - 78.50 \times FC^y}{V^y} \quad (\text{大卡/公斤挥发分}) \dots\dots\dots(1-2)$$

式中 Q_G^y ——燃料的应用基高位发热量 (大卡/公斤) ;

FC^y ——应用基固定碳含量 (%) ;

V^y ——应用基挥发分 (%) 。

表 2 煤粉气流着火吸热比较表

序号	煤 种	V^r (%)	Q_D^y	W^y	V^y (理论空气 气量)	α_1 (一次 风率)	V_1	c_g	c_k	t_z (℃)	t_1 (℃)	q (大卡/公斤)
1	淮 南 烟 煤	41.20	5250	3.00	5.649	0.35	1.977	0.3	0.3163	850	70	548.7
2	低 质 烟 煤 (涌山*2井煤)	28.7	3606	4.26	4.067	0.30	1.220	0.3	0.3163	750	70	486.7
3	劣质烟煤一、 (巨源原煤)	22.6	3025	10.34	3.4	0.25	0.85	0.3	0.3163	840	70	493.8
4	劣质烟煤二、 (高坑原煤)	35.24	2642	5.63	2.982	0.30	0.895	0.3	0.3163	700	70	392.2

表 3

序	煤 种	V^r (%)	Q_D^y (大卡/公斤)	蒸 发 量 D_{gr} (吨/时)	锅炉热 效 率 η (%)	计算煤量 (吨/时)	煤 粉 气 流 吸 热 量	
							Q (大卡/秒)	相对值
1	淮南烟煤	41.20	5250	130	92	16.825	2564.4	100
2	涌山*2井煤	28.7	3606	130	89.44	24.495	3311.6	129.1
3	巨源原煤	22.6	3025	130	89.23	29.27	4014.9	156.6
4	高坑原煤	35.24	2642	130	89.04	33.59	3659.4	142.7

表 4 各煤种计算的挥发分发热量

序	煤 种	V^r (%)	Q_G^y (大卡/公斤)	V^y (%)	FC^y (%)	Q_A^y (大卡/公斤)	V^y 、 Q_A^y (大卡/公斤煤)	相对值
1	淮南烟煤	41.20	5455	28.75	41.02	7774	2235	100%
2	涌山*2井煤	28.7	3774	14.0	34.78	7457	1044	46.7%
3	巨源原煤	22.6	3197	9.21	31.54	7828	720.9	32.26%
4	高坑原煤	35.24	2789	13.09	24.06	6875	899.9	40.26%

综合上述着火吸热量和挥发分发热量这二个影响着火特性的主要因素, 得出不同煤质的综合着火性能相对值(在相同的锅炉热功率下), 如表 5。

表 5 不同煤质的综合着火性能计算的相对值 *

序	煤 种	V^r (%)	V^y (%)	Q_D^y (大卡/公斤)	煤粉气流着火 吸热量相对值 (%)	挥发分发热量 相 对 值 (%)	综合着火性能 相 对 值 (%)
1	淮南烟煤	41.20	28.75	5250	100	100	100
2	低质烟煤	28.7	14	3606	129.1	68.0	52.7
3	劣质烟煤一	22.6	9.21	3025	156.1	56.1	35.8
4	劣质烟煤二	35.24	13.09	2642	142.7	80.4	56.3

煤粉气流着火吸热量还与燃煤水分, 送粉的热空气温度(热风送粉)有关。现以 $Q_D^y = 3606$ 大卡/公斤, $V^r = 28.7\%$ 的涌山原煤(*2井)为例, 计算不同热空气温度不同燃煤水分对着火热量的影响如表 6。

表 6 煤粉气流着火吸热量与燃煤水分、送粉热空气温度的关系

热空气温度 (°C)	250	300	350	400
热风送粉、着火所需之热量 (大卡/公斤)	409	390	371	351
从炉内吸收的着火热量 (%)	0.84	0.80	0.76	0.72
燃 煤 水 分 W_y (%)	5	7	10	13
乏气送粉、着火所需之热量 (大卡/公斤)	490.2	499.7	514.0	524.3
从炉内吸收的着火热 (%)	106	102	105	108

从上面粗略的对比计算来看, 可燃基挥发分含量对煤的着火性能影响最大, 而燃煤的灰分、水分即发热量和热风送粉的热风温度对煤种的着火情况也有一定的影响。

2. 燃烧的经济性

劣质煤燃烧热损失一般较大, 主要是机械未完全燃烧热损失大。所以, 提高残碳的燃尽度是解决劣质煤燃烧经济性低的关键。据资料介绍, 焦碳残核的燃尽时间($\tau_{\text{燃}}$)有下列规律:

$$\tau_{\text{燃}} \propto \rho_{\text{焦}} \cdot d^2 \cdot \frac{1}{T_{\text{烟}}^{0.5}} \cdot \frac{1}{O_2} \cdot k \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

式中 $\rho_{\text{焦}}$ ——焦碳的视在比重;
 d ——初始的煤粉质点直径;

* 注: 着火吸热量与挥发分发热量似宜采用同一单位综合比较不同煤质的着火特性, 例如采用 $\frac{q}{V^y Q_A^y}$

指标。若如此, 则表中 1、2、3、4 类煤的 $\frac{q}{V^y Q_A^y}$ 值分别为: 0.246、0.466、0.684、0.436。

———— (编者)

$T_{\text{烟}}$ ——焦炭周围的烟气温度；

O_2 ——烟气中的氧气浓度；

k ——实际焦炭尺寸和挥发分与计算值的偏差系数。这与煤质有关，对弱结焦煤比值较大。

$$\text{炉膛烟气平均温度} \quad T_{\text{烟}} = \sqrt{T_{\text{T}}'' \cdot T_a}, \quad (^\circ\text{K}) \quad \dots\dots\dots (1-4)$$

式中 T_{T}'' ——炉膛出口烟气温度 ($^\circ\text{K}$)；

T_a ——理论燃烧温度 ($^\circ\text{K}$)。

SG130—39/450(50232)炉各个煤种的理论燃烧温度和炉膛烟气(火焰)平均温度如表7。

表 7

序	煤 种	V^r (%)	Q_D^y (大卡/公斤)	折算灰分 A_{zs}	折算水分 W_{zs}	T_a ($^\circ\text{K}$)	T_{T}'' ($^\circ\text{K}$)	$T_{\text{烟}}$ ($^\circ\text{K}$)	$T_{\text{烟}}^{0.9}$ ($^\circ\text{K}$)
1	淮南烟煤	41.20	5250	5.19	0.57	2291	1275.8	1709.6	812.1
2	涌山原煤 (#2井)	28.7	3606	13.02	1.18	2141	1272.4	1650.5	786.8
3	巨源原煤	22.6	3025	16.17	3.42	2096.6	1268.2	1632.6	778.2
4	高坑原煤	35.24	2642	21.66	2.13	2056	1270	1616	771.9

从 $T_{\text{烟}}^{0.9}$ 和 $\rho_{\text{焦}}$ 这两个影响因素来看，劣质煤需要更长的燃尽时间。

据文献[4]介绍，B & W公司规定对于烟煤，若煤粉细度为70%通过200Bss，则为保证燃尽，煤粉在炉膛内停留时间约需1.4秒。停留时间可按下式计算：

$$\tau = \frac{546V}{vW_g(t_1 + 0.85t_a + 546)} \quad (\text{秒}) \quad \dots\dots\dots (1-5)$$

式中 V ——炉膛容积(米^3)，指上排燃烧器到屏底部的炉膛几何体积；

v ——在 0°C 和炉膛实际压力下的烟气比容 ($\text{米}^3/\text{公斤}$)；

W_g ——烟气重量流速 (公斤/秒)；

t_a ——理论燃烧温度 ($^\circ\text{C}$)；

t_1 ——屏下端的烟温 ($^\circ\text{C}$)。

表 8

煤 种	v ($\text{米}^3/\text{公斤}$)	W_g (公斤/秒)	t_1 ($^\circ\text{C}$)	t_a ($^\circ\text{C}$)	$V(\text{米}^3)$	$\tau(\text{秒})$
淮 南 烟 煤	0.7575	43.877	1002.8	2018	455.4	2.29
低 质 烟 煤	0.7575	46.98	999.4	1869	455.4	2.23
劣质烟煤一	0.7575	47.35	995.2	1823.6	455.4	2.24
劣质烟煤二	0.7575	47.58	997	1783	455.4	2.26

表8是按SG130吨/时炉计算的煤粉停留时间,可见各煤种的 τ 值差别不大。
对本省几种型号的130(120)吨/时煤粉炉所做计算得到的停留时间如表9。

表 9

炉 型	炉膛容积 $V=F \cdot h(\text{米}^3)^*$	停留时间 τ (秒)**
SG130—39(50232)	$45.54 \times 10 = 455.4$	2.23
SG130—39(50228)	$43.9 \times 6.5 = 285.35$	1.40
WZG120—39(20—1)	$40.9 \times 6.5 = 265.85$	1.30
WZG120—39(20K)	$40.9 \times 8.5 = 347.65$	1.70

注: *h——上排一次风口中心至费斯登管底部的距离。

**皆以 $V^r = 28.7\%$, $Q_D^Y = 3608$ 大卡/公斤的涌山*2井原煤为计算煤质。

与煤粉停留时间长短密切相关的锅炉炉膛热负荷是锅炉设计的主要指标之一,它选用的合理与否,直接影响着锅炉的安全、经济运行。

西安热工所1973年初对国内一些中小容量(75~230吨/时)固态排渣煤粉锅炉实际运行的燃烧室热负荷作了一些调查和统计分析,大致得到燃用难熔融类煤时炉膛容积热负荷的极限值为:

$$V^r < 20\% \text{ 时, } q_v = 130 \times 10^4 \text{ 大卡/米}^3 \cdot \text{时,}$$

$$V^r > 20\% \text{ 时, } q_v = 170 \times 10^4 \text{ 大卡/米}^3 \cdot \text{时,}$$

上面的统计分析资料大多是对发热量大于5000大卡/公斤的煤质得出的,而对于低热值的劣质贫煤和劣质烟煤来说, q_v 还应取更低的数值。

我省劣质烟煤大多为难熔融性煤种,在七十年代初超出力运行,结焦问题也不严重,主要问题是飞灰未完全燃烧热损失较大。

从本省所有65(75)吨/时煤粉炉和一些原来按较好烟煤设计的130(120)吨/时煤粉炉在改烧劣质烟煤后的运行实绩来看,它们选用的 q_v 都偏高,一般都在 $140 \sim 170 \times 10^3$ 大卡/米³时。炉膛有效高度(指上一次风中心到炉膛出口烟窗中点标高差)仅9米多,因而导致汽温偏高和飞灰可燃物高(10%左右)。另一些后期投产按低质烟煤设计的煤粉炉如SG130吨/时(50232)炉和SG220/100(50288)炉,它们的 q_v 分别为 117×10^3 和 167×10^3 大卡/米³时,炉膛有效高度是14米和15米,燃用劣质烟煤($Q_{\%}$ 为3500—4200大卡/公斤)的飞灰可燃物约3%、锅炉热效率在89%左右。所以对劣质烟煤来说,炉膛有效高度应在14米以上,而 q_v 应低于烟煤炉,以 $120 \sim 150 \times 10^3$ 大卡/米³时为宜,容量大的炉子取高限,容量小的炉子取低限。对劣质贫煤、灰分更大的劣质烟煤来说(如景德镇电厂SG220/100型炉燃用的煤种), q_v 应更小些而断面热强度可取较高数值,炉膛有效高度相应就更高些。

三、劣质煤对制粉系统运行的影响

按好煤设计的锅炉改烧劣质煤之后,突出的问题之一是由于燃煤量增加,磨煤机出力不

能满足负荷需要。

燃煤量基本上与低位发热量成反比。当燃煤发热量由 $(Q_b\%)_1$ 变化为 $(Q_b\%)_2$ 时, 燃煤量由 B_1 变为 B_2 , 有如下式关系:

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{(Q_b\%)_1}{(Q_b\%)_2} \cdot K_A, \text{ (吨/时)} \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

式中 K_A 为灰分修正系数, 可从图 1 查得。上式关系亦可用图 2 表示。

由式(2-1)和图 2 可见, 当发热量降低到只有原来发热量的 0.6 倍, 而灰份增加一倍的话, 那么燃煤量将增至 1.8 倍。

干燥出力必须与磨煤出力相适应, 而制粉系统的干燥能力决定于介质所拥有的热量, 即干燥介质数量和干燥剂的温度, 同时还与煤粉浓度、细度以及蒸发水分等因素有关。当煤质变化时,

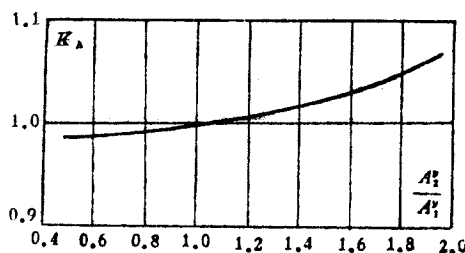


图 1 灰份修正系数曲线

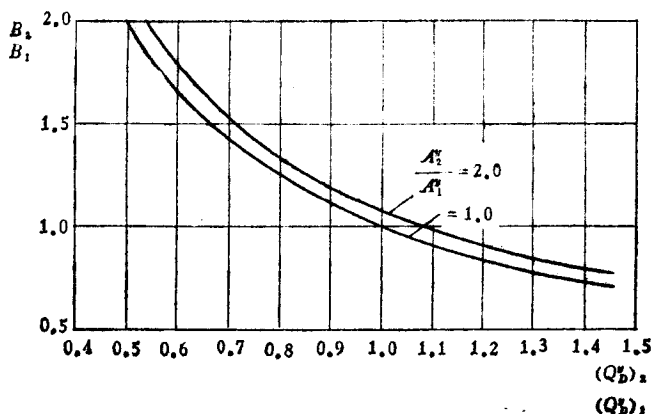


图 2 煤质变化对燃煤量的影响

干燥通风量仅为磨煤出力、蒸发水分和初温的函数, 即

$$V_{it} = f\left(\frac{B_m \cdot \Delta W}{t_1 + 273}\right) \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

显然, 干燥通风量随着磨煤量、蒸发水分的增加而增加。由于干燥通风量的增加, 将使三次风风率提高、风速增大, 使炉内燃烧恶化。同时, 当干燥通风量大于磨煤通风量时就会使煤粉变粗, 燃烧热效率下降。

我省煤质下降后, 许多电厂, 设法提高热风温度以提高干燥剂初温 t_1 ; 相应地扩建干煤棚, 加强煤场管理, 从而使得干燥通风量与磨煤通风量相差不致过大。

四、省煤器磨损问题

1. 煤质变劣对受热面磨损的影响

燃烧劣质煤后, 灰量成倍或数倍增加, 受热面、管道的磨损十分严重, 尤其以省煤器磨损更为突出。

我省分宜电厂在烧劣质煤方面是比较成功的, 但是磨损问题还远远没有解决。该厂*1炉和*2炉都是 SG130 吨/时 煤粉炉, 投入运行时间较早, 当时煤质不算很坏, 因此省煤器磨损