

CFB 锅炉洗混煤、煤泥、煤矸石综合利用发电

张元涛

(淮南矿业集团电力公司新庄孜电厂 安徽 淮南 232131)

【摘要】循环流化床锅炉具有燃烧劣质燃料的特性,通过合理的掺烧洗混煤、煤泥、煤矸石,精心参数调整,有效的解决处理掺烧过程中遇到的问题以及技术改进,CFB 锅炉可以实现稳定运行,获得良好的经济及环保效益。

【关键词】循环流化床锅炉 洗混煤 煤泥 煤矸石烘干综合利用 运行分析 环保 节能减排

1 前言

洗煤泥、煤矸石作为煤炭生产过程中的副产品,随着煤炭产量的增加而不断增加。有关统计资料显示:2006 年我国煤炭产量达到 23.8 亿吨,洗煤泥产量达 7500 万 t、矸石产量达 10 亿 t。煤炭工业技术委员会预计 2010 年、2020 年,我国煤炭需求量将分别达到 23.4 亿 t、28.4 亿 t。目前我国煤炭工业的煤矸石和煤泥等固体废弃物综合利用率、原煤入洗比重分别约为 50%、35%,到“十一五”期末,煤矸石和煤泥等固体废弃物综合利用率、原煤入洗比重分别达 70%、50%。

循环流化床燃烧作为一种高效的洁净煤技术,近年发展较快,该技术的一大优点就是适宜燃用低热值燃料。近年来随着循环流化床燃烧技术的发展和我国资源综合利用政策的制定,有效促进了劣质煤的开发利用,一些以燃用洗混煤、煤泥、煤矸石等混合煤为主的电厂相继建立。但是,由于劣质煤本身的特点,其燃烧特性,燃烧脱硫问题以及燃烧产生的大量灰渣的综合利用途径是实现劣质煤洁净燃烧与综合利用的关键所在,也是劣质煤电厂能否正常运行发挥效益的决定因素。

2 厂况简介

淮南矿业集团新庄孜综合利用自备电厂“以大代小”项目,2×135MW 机组,2008 年开工建设,2010 年投产,采用哈尔滨锅炉厂生产循环流化床锅炉(HG-440 / 13.7-L.MN33)。锅炉主要由炉膛、高温绝热分离器、自平衡“U”形阀和尾部对流烟道组成。燃烧室发受热面采用模式水冷壁,水循环采用单汽包、自然循环、单段蒸发系统。采用水冷布风板,大直径钟罩式风帽,四台给煤机炉前给煤。

新庄孜电厂厂址距新庄孜矿选煤厂约 0.5km,设计燃用新庄孜矿低热值燃料,燃料来自矿选煤厂洗混煤、煤泥、矸石,烘干后采用皮带运输至炉前,不足部分采用汽车运输,电厂属于坑口电厂。项目配套建设煤泥烘干燃烧系统,烘干前掺配 10-15%煤泥,发热量 2100 大

卡左右（湿煤泥水分 26-30%），矸石 5-10%，发热量 500 大卡左右，其余为洗混煤，含粗煤泥在 30%-40%左右，依托该烘干系统混合烘干使用。

3 燃煤烘干系统

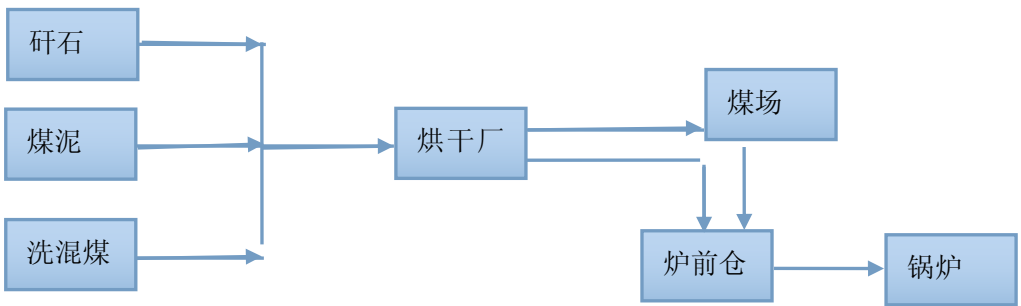
3.1 加工前煤质化验情况

表 1 加工前煤质化验情况

序号	名称	符号	矸石	洗混煤	煤泥
1	收到基全水分	Mar	5.4	8.7	29.58
2	空气干燥基水分	Mad	1.19	-	-
3	收到基灰分	Aar	86.25	35	50.6
4	干燥无灰基挥发分	Vdaf	-	34.11	13.28
5	低位发热量	大卡	472	4600	2200

3.2 工艺流程

洗混煤从矿选煤厂储煤场皮带运送至烘干车间，煤泥和矸石（经破碎后）使用装载机加入，以上物料同时进入烘干车间干燥系统全部干燥后直接输送至电厂，流程图如下：



电厂与矿区交界处新建烘干车间、洗混煤受煤坑、洗混煤受煤坑至烘干车间带式输送机栈桥。

炉前给煤系统将燃料煤送入炉膛内进行燃烧，产生的高温烟气进入干燥机内与被干燥的物料（洗混煤、煤泥、煤矸石）进行热交换，对燃煤进行烘干。烘干后的混合物料（煤泥、矸石、洗混煤），经 263 号带式输送机运至 0 号带式输送机，然后由 0 号带式输送机将混合物料运至煤场或炉前仓；烘干系统不生产时，将煤场内加工好的混合物料经 8 号带式输送机运至炉前仓。

表 2 加工后的燃煤与设计煤种对比表

序号	名称	符号	设计煤种	校核煤种	实际燃烧煤质
----	----	----	------	------	--------

			混煤	煤泥占 20% 中煤占 80%	煤泥、矸石、中煤加 工烘干后的混合物
1	收到基全水分	Mar	8	13	3.03
2	空气干燥基水分	Mad	1.32	1.57	1.33
3	收到基灰分	Aar	33.55	29.93	39.18
4	干燥无灰基挥发分	Vdaf	35.64	34.58	19.58
5	低位发热量	大卡	4510	4369	约 4400

4 运行分析

4.1 燃煤掺烧试验

为保证机组安全经济运行，我厂在机组调试完毕后，对其进行了煤泥、矸石、洗混煤掺烧试验，通过试验确定适合锅炉燃烧的煤质。

表 3 各发热量燃煤数据对比

项 目	类 别	单 位	3700 大卡	4100 大卡	4600 大卡	设计值
床温		℃	846	866	868	886
床压		Kpa	8.74/9.31	8.53/8.9	8.93/8.64	7—11
风量		万 Nm ³ /h	17.7/18.0	17.7/17.7	17.2/17.5	
A\B 一次风机电流		A/h	102/103	100/101	100/101	183.4
A\B 二次风机电流		A/h	71/75	70/73	71/73	118.3
A\B 引风机电流		A/h	73/73	73/72	73/72	134.2
负荷		MW	115	122.9	124	135
给煤量		t/h	72	66	61	
蒸汽流量		t/h	372	385	399	440
冷渣机转速		%	63/80	45/60	29/34	
含氧量		%	1.64/1.52	2.05/1.86	1.86/1.98	3.5—6.5
给水温度		℃	234	236	237	249

注：锅炉三大风机未进行风机变频改造

床温：燃烧 3700、4100、4600 卡的燃煤时，锅炉各项参数相对稳定，但由表三可看出 3700 大卡的燃煤比 4100 大卡、4600 大卡的燃煤燃烧时的床温低 20 多度。主要是因燃煤发热量低及燃烧不完全导致。而 4100 卡及 4600 卡燃煤与设定值相比锅炉床温低 20 度，主要是因为风煤配比不当及热损失大造成。

排渣量：燃烧 3700 大卡燃煤，锅炉排渣量极大，受冷渣机进回水温度影响，冷渣机转速几近达最大出力值，回水温度 90℃左右，容易导致冷渣机跳闸，影响机组正常运行。而燃烧 4100 大卡和 4600 大卡燃煤产生的排渣量相对 3700 大卡燃煤来说，则是很少，且相当安全。（见表三冷渣机转速）当满负荷运行时，也能够满足机组排渣量的要求。

给煤量：锅炉负荷 120WM 时，4100 大卡、4600 大卡给煤量为 60 多吨，而 3700 大卡给煤量达 70 多吨。给煤量过大容易造成床压升高，水冷风室风压升高。为保持床料流化需增加一次风机出力，从表中可以看出 3700 大卡燃煤与 4600 大卡燃煤相比，一次风机电流增加近 4A，二次风机电流增加近 2A，引风机增加近 1A，风机增大了厂用电。同时由于床料增加，必须加大排渣量，造成大量的灰渣物理热损失。而燃烧 4100 大卡和 4600 大卡的燃煤，其给煤量和排渣量相对 3700 大卡燃煤来说，无论是给煤量还是排渣量都较小（如表三所示），都能维持机组正常运行。

锅炉飞灰量：由于燃煤粒径两极分化严重，导致尾部烟道严重积灰。在运行中，燃烧 3700 大卡的燃煤时每班吹灰次数均为两次，这样既浪费了大量的汽源还加大了机组的磨损，缩短了机组工作寿命。4100 大卡和 4600 大卡燃煤相比 3700 大卡燃煤来说，其飞灰量大大减小，平均每班吹灰一次就能维持正常运行，减小了机组磨损。

燃煤带负荷情况：通过燃煤试烧情况可以看出，燃烧 3700 大卡燃煤时，锅炉给煤量达 70 多吨，冷渣机受回水温度影响，出力几近达到最大值，此时锅炉负荷为 120WM 左右，到额定负荷并稳定运行，比较困难。4100 大卡燃煤给煤 66 吨时，负荷 125WM 左右，冷渣机有足够余量维持并满足额定负荷运行。而 4600 大卡燃煤则比较轻松的满足锅炉运行，三者相比而言，3700 大卡燃煤不满足锅炉设计值，4100 大卡燃煤基本满足，4600 大卡燃煤无论是机组带负荷能力还是机组使用寿命方面，都是比较理想的。

由于来煤不稳定，煤质变化较大，锅炉燃烧参数变化和实际对应煤种可能还存在差别，但从试验可看出燃用 4000 大卡以上煤种时，锅炉燃烧工况稳定，带负荷能力较好，燃用 4000 大卡以下煤种时燃烧工况明显不好，带负荷能力也不行。经过综合对比，将燃煤发热量控制在 4000 大卡以上时，其安全经济性较好。具体煤质选择，还要根据机组负荷变化而变化。

4.2 锅炉燃用情况

表 4 机组正常运行后燃烧烘干煤时参数表

负荷	总给煤量	床压	床温	烟气含氧量	一次风机电流	二次风机电流	引风机电流	一次总风量	二次总风量
MW	t/h	KPa	℃	%	A	A	A	万 Nm ³ /h	万 Nm ³ /h
70MW	48.7	7.6	897	3.4	54.1	9.4	10.6	17.1	7.9
80MW	49.8	7.7	862	2.5	52.5	15	12.4	15.9	8.9
90MW	52.6	8.1	856	2.1	53	15.4	12.2	16	10.9
100MW	57.5	8.6	842	2.1	52.1	22.5	17.2	16.1	13
110MW	61.2	8.5	863	2.3	57.2	24.5	24.2	17.4	14.5

120MW	71.7	8.0	880	2.1	57.7	36.7	27.4	18	17.3
-------	------	-----	-----	-----	------	------	------	----	------

注：三大风机均为变频改造后的运行电流

自 2010 年我厂机组投产运行以来，烘干煤可完全满足现场生产需要。通过运行调整，床温、床压、汽温、汽压、烟气含氧量等参数均在锅炉运行规程要求范围内，灰渣含碳量控制在 3%以下。风机用电量相较其他同类型机组电厂，几无差别。

运行至今，除调试运行时，因调试风量过大（一次风量 25 万 Nm³/h，二次风量 12 万 Nm³/h），造成水冷壁磨损爆管外，后通过加强参数调整、机组检修，再无发生类似现象。对锅炉进行热效率试验，#1 炉、#2 炉炉效分别为 90.98%、91.55%，基本达到锅炉保证效率（91.2%）。

4.3 运行异常及处理

4.3.1 燃煤粒径过细诱发返料异常及改进：

机组调试时，使用原煤（李嘴孜煤矿），其燃煤发热量高、粒径较好，物料相对较少，锅炉运行较稳定。使用烘干煤后，燃煤粒径两级分化严重，造成锅炉频繁发生返料异常。

针对返料异常情况，厂内相关技术人员表多次进行分析探讨，对分离器锥口及 U 阀下降段积灰处加装松动风管，对飞灰进行扰动。通过改造，返料异常情况明显得到控制。除此之外，运行人员加强煤质管理，参数控制。锅炉稳定运行，仅偶尔发生轻微异常现象，经过调整，能迅速恢复正常。

4.3.2 水汽较大致使频繁棚煤及改进：

烘干煤经烘干后表面水汽较大，加之燃煤表面温度较高，煤泥添加量较大，使炉前仓、落煤管内壁挂壁粘结现象较严重，造成炉前仓和落煤管频繁棚煤，严重时四台给煤机同时棚煤，给机组安全生产带来极大隐患。棚煤时，人员站在临时搭设的平台上，用大锤、钢钎敲击、疏通仓壁，亦威胁人员安全。

为解决此问题，专门组织专业人员进行探讨，决定在加强煤质管理的前提下，对煤仓及落煤管进行开孔清理疏通，并在煤仓增加振打装置，落煤管安装检查门。除此之外，在输煤系统增加抽湿风扇。通过以上措施，基本保证了锅炉的稳定给煤。

4.3.3 积灰严重、排烟温度高处理：

因燃煤粒径过细，易造成炉膛火焰中心上升或燃料未被完全燃烧就被流化风带入尾部烟道进行二次燃烧，使受热面积灰，排烟温度上升，导致排烟热损失和飞灰含碳量增加，降低燃烧经济性。机组调试阶段，每班平均吹灰 1.5 次，而使用烘干煤后，平均每班吹灰 2.5 次，严重时几乎一班均在吹灰中。每吹灰一次负荷降低约 2000KW ~ 3000KW，机组经济性受较大影响，

为降低排烟温度，降低吹灰次数，对吹灰器进行改造。将原尾部烟道固定短吹更换为伸缩式长吹，加大了吹灰效果。改造后排烟温度由原来 170 多度降至 130 多度（接近设计值），每班平均吹灰 1.5 次即可满足运行要求。

4.3.4 挥发分低

因燃煤经过烘干，造成烘干后的煤质挥发分较低。一方面使其着火温度增高，且不易着火，着火推迟。另一方面尤其当燃煤粒径较粉时，易使烟气夹带未完全燃烧燃煤颗粒，造成

灰渣含碳量增大，增大煤耗。我厂通过控制锅炉运行参数，维持合理的床料厚度，基本控制灰渣含碳量在 3%以内。

5 燃煤综合利用的经济、社会效益

5.1 资源综合利用、经济效益

自使用烘干煤以来，烘干物料产量可保证电厂的用煤需求，产品较好地适应了新庄孜电厂生产要求，资源综合利用和环保方面取得了重大成果。2010 年 7 月投产至 2011 年底，我厂单机运行消耗煤泥约 8 万吨，矸石 5 万吨，洗混煤 65 万吨。平均每年单机约消耗煤泥 5 万吨，矸石 4 万吨，洗混煤 41 万吨。燃煤掺烧一方面使废弃资源再次得以利用，另一方面减少了环境污染，充分体现了该项目的综合利用性。另，其相较调试用煤（原煤），价位相对较低。尤其在煤炭市场紧俏时，其价位优势更为明显，经济效益更为可观。

5.2 节能减排

我厂机组除上网发电外，还负责向新庄孜矿及附近企业进行供汽。外供汽取自汽机三抽，做完部分功后再进行供汽，可最大化的降低能耗。同时矿区、企业亦不需自建锅炉，生产热汽，减少了自建锅炉而造成的资源浪费、大气污染、灰渣排放等。

应环境监管新规定要求，安装了二套烟气在线自动监控设备。根据国家相关环保标准规定，主要检测项目为：SO₂、NO_x、颗粒物、含氧量以及流量、压力、温度。使用烘干煤后，各项污染物排放指标均符合指标控制要求，SO₂ 值控制在 120mg/m³ 以内、NO_x 值 650mg/m³ 以内。

5.3 满足环境保护及矿区可持续发展的需要

多年的煤炭生产已经对淮南矿区环境产生了严重的污染，该项目解决了新庄孜矿选煤厂生产的低热值燃料堆放占用农田和土地，产生的扬尘污染空气，雨水冲刷形成的污水污染水系等长期历史性遗留疑难问题。一定程度上形成淮南矿区在构建和谐社会的过程中具有可持续发展的动力，切实保护自身的环境权益。

5.4 符合国家产业政策要求

国家《能源节约与资源综合利用“十五”规划》明确指出：研究制定能源节约与资源综合利用技术改造项目纳入政策性银行支持范围，并在贷款方面给予优惠的政策。

新庄孜电厂为了充分利用和消化新庄孜矿选煤厂产生的低热值燃料——洗混煤、煤泥，将新庄孜矿选煤厂的洗混煤运输系统进行改造，经烘干、合理降低其水分达到锅炉燃料煤标准，从而满足新庄孜电厂用煤量的要求。生产使用后，经相关部门检测认证，目前，企业享受相关产业政策补贴及优惠。

6 总结

淮南矿业集团电力公司新庄孜电厂循环流化床锅炉洗混煤、煤泥、煤矸石综合利用发电表明循环流化床（CFB）锅炉具有良好的环保性能，调峰能力强，燃料适应性也很广，不仅可以燃用烟煤等优质煤种，而且可以燃用发热量较低的各种劣质燃料（煤泥、煤矸石等）。因此在煤炭紧张、价格高的情况下，循环流化床锅炉更能充分发挥其自身优势，不仅能实现

国家提倡的资源综合利用、环保、节能减排，还可缓解企业高价格采购煤炭的压力，最大限度的降低企业的发电成本，提高电厂生产经济性，同时创造了较为突出的社会价值。

作者简介：

淮南矿业集团电力公司新庄孜电厂 张元涛 锅炉专工 安徽省淮南市八公山区新庄孜电厂安全生产技术部 邮编：232072 邮箱：928186098@qq.com