

宁夏京能宁东发电有限责任公司磨煤机出力分析及提升改造方案

张建彪

宁夏京能宁东发电有限责任公司 宁夏灵武 750400

摘要: 宁东宁夏京能发电有限责任公司一期工程设计设计安装 2 台 660MW 超临界间接空冷火电机组, 锅炉采用哈尔滨锅炉厂有限责任公司超临界、单炉膛、一次中间再热、墙式切圆燃烧直流炉, 每台锅炉配置 6 台北京电力设备总厂生产的 ZGM113G-II 型中速辊式磨煤机, 设计出力 72.59 T/H。其中#1、#2 炉磨煤机静态分离器, 现已改为动态分离器, 采用一次风正压直吹式制粉系统。

关键词: 磨煤机; 出力分析; 改造方案

Output analysis and upgrading plan of coal mill in Ningxia Jingneng Ningdong Power Generation Co., LTD

Jianbiao Zhang

Ningxia Jingneng Ningdong Power Generation Co., LTD., Lingwu, Ningxia 750400

Abstract: Two 660MW supercritical indirect air-cooled thermal power units were designed and installed in the phase I project of Ningdong Ningxia Jingneng Power Generation Co., LTD. The boilers were supercritical, single furnace, primary intermediate reheating and wall type tangential combustion DC furnaces from Harbin Boiler Works Co., LTD. Each boiler is equipped with 6 ZGM113G-II medium speed roller coal mills produced by Beijing Electric Power Equipment Plant, with designed output of 72.59T/H. Among them, the static separator of coal mill in furnace #1 and #2 has been changed into a dynamic separator, and a direct blowing pulverizing system with positive air pressure is adopted.

Key words: Coal mill; Output analysis; Reconstruction scheme

一、磨煤机使用现状

目前煤炭市场价格居高不下, 为了降低燃烧成本, 入炉煤经常掺烧一定比例的低热值劣质煤、煤泥进行配烧, 其可磨性系数降低, 锅炉燃煤量大幅上升, 导致磨煤机长期处于 6 台磨运行, 严重时机组总燃煤达到 380t 左右, 仍无法保证机组满负荷运行, 机组运行调节风险大, 同时造成磨煤机磨损加剧, 使用周期降低, 严重影响机组安全经济性运行。

二、影响 ZGM 中速辊式磨煤机出力的主要因素

磨煤机出力主要包括三个部分: 碾磨出力、通风出力、干燥出力。

碾磨出力是指磨煤机将原煤碾碎的能力, 主要体现在碾磨效率(碾磨速度、碾磨面积)、加载力以及碾磨件之间的煤层厚度。

通风出力又称分离出力, 是指进入磨内的一次风的携带能力, 通过的一次风量不同, 携带走的煤粉细度也就不同, 起到的分离效率也就不同, 主要体现在磨煤机喷嘴环处的分离效率和分离器的分离效率。如果该两处分离效率不够, 磨内煤粉循环倍率增加, 将会降低磨煤机出口的最终出力。

干燥出力是指一次风干燥磨制后的煤粉能力, 一次风携带热量将带有水份的煤粉进行干燥后使磨内干燥趋于平衡, 最终使出口煤粉水份达到使用要求。

三、磨煤机出力提升方案

根据实际运行情况和影响磨煤机出力的主要因素, 分析磨煤机当前主要存在以下运行不足:

- 1.原煤煤种变化大不稳定, 煤质较差, 实际运行中部分磨煤机出力达不到需求。
- 2.磨煤机主电机功率小, 电流已超过额定值, 运行中存在电流波动大, 增加出力后电机无法满足正常运行。
- 3.实际运行中一次风量较大, 磨内喷嘴部件磨损严重或设计不合理, 导致喷嘴流速过低。
- 4.机组高负荷运行时, 一次风出口母管压力调节偏低, 导致磨通风出力、干燥出力降低, 磨煤机出力受限。
- 5.磨煤机动态分离器未适时根据煤量和煤粉细度进行调整, 影响磨煤机的制粉量降低出力。

基于以上情况, 特提出如下磨煤机出力提升方案

- (1) 磨煤机电机增容, 现有电动机在当前运行时已没有足够的安全裕度。
- (2) 磨煤机喷嘴环(旋转喷嘴和喷嘴静环)改造更换, 以提高磨煤机的通风能力。
- (3) 提升碾磨效率, 在不提高磨煤机转速的情况下, 增大磨煤机磨辊与衬板之间的碾磨面积, 以获得更高的碾磨出力。

具体如下:

- ①根据机组负荷需要, 将现有磨煤机出力提升 10-15%。
- ②采用优化设计的新型碾磨型线, 增大磨辊与衬板之间的碾磨面积。该新型碾磨型线是北京电力设备总厂有限公司基于原引进技术消化吸收, 并在众多用户现场实践运行验证, 通过实际运行检验, 达到了设计要求。

需要改造升级的部件：辊架、辊套、衬板。

③按照电厂要求的最终出力，核算通风出力，包括喷嘴环处的流速、分离器容积，重新设计、生产适合工况要求的喷嘴环（动、静环）。新喷嘴环通过流体仿真分析，采取全新的设计理念，使磨煤机喷嘴处阻力更小，分离效率更高，使用寿命更长。

需要改造升级的部件：磨盘、旋转喷嘴、静环及零部件。

④磨煤机主电动机增容，功率由 630kW 增容至 750kW。

需要改造升级的部件：主电动机

⑤机壳内壁增加防磨措施，因本次改造后一次风量增加，而机壳容积没有增大，导致内部流速提高，冲刷加剧，需要在机壳内壁加贴防磨板。

需要改造升级的部件：机壳内壁加贴防磨板

⑥磨煤机改造后最大一次风量在现有最大通风量基础上增加 15%，达到 39.9kg/s。在要求出力下对现有分离器几个关键的分离截面进行尺寸核算，确定通过分离器的一次风流量（含密封风、煤粉中蒸发的水蒸气）是否超出分离器容积限制，以确定分离器是否需要改造升级。

⑦按照磨煤机运行台数核算一次风机所供风量是否足够。如不够，需要对一次风机进行升压调整。

四、磨煤机提升出力辊套、衬瓦，动、静环理论依据及研究

1. 磨煤机物料破碎理论及新型高效碾磨机理研究

磨煤机的碾磨原理是低速转动的磨盘带动衬板和被动转动的磨辊碾压物料碾磨成粉，其中碾磨件主要指的是磨辊辊套和衬板，碾磨型线指的是磨辊和衬板组成的碾磨件外形。

磨辊的辊套和衬板其外形尺寸有着对应关系，在理论模型中，在一定碾磨压力下，磨辊一次碾磨合格煤粉的产量与磨辊下通过的物料厚度、磨辊压入物料的速度、磨辊的宽度成正比。数学表示式如下：

$$Q = k \times B \times S \times V$$

Q- 一次碾磨合格煤粉的产量

k- 系数

B-有效碾磨宽度

S-煤层厚度

V-磨辊压入物料的速度

上式可看出，磨辊有效碾磨宽度对物料碾磨有直接影响，方案考虑通过优化型线半径，达到加大有效碾磨宽度的目的，对应更改衬板尺寸，可加大碾磨面积，增加物料经过碾磨件的行程，增加碾磨时间，进而达到增加碾磨效率，提高出力的目的。

与此同时，考虑不同煤种哈式可磨度不同，其易磨程度不同，针对较难磨物料，设计时适当减小包角，减小型线半径，使型线趋于平缓，如图 1 所示，从而能够增加物料与碾磨件接触面积，提高碾磨效率，增加了对不同物料的适应性。

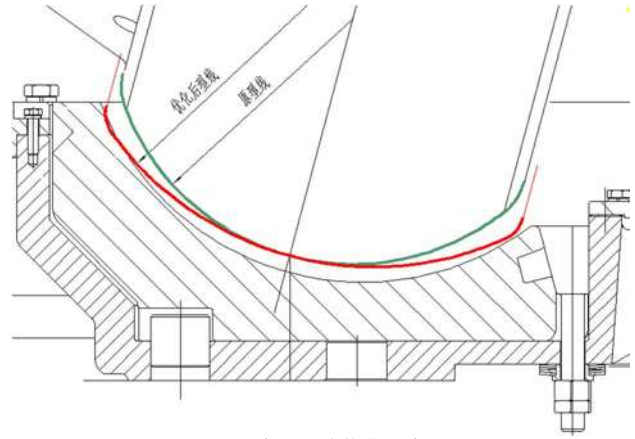
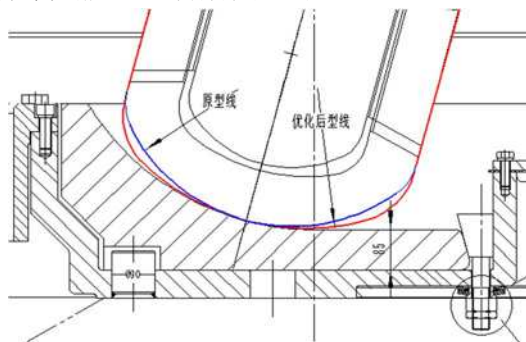


图 1. 磨辊型线优化示意

衬板的型线需要配合磨辊辊套型线的优化而优化，型线优化的具体尺寸方案需要通过计算及结构设计论证，在保证包角及结构合理的情况下，适当调整到最佳型线。

2. 磨煤机煤粉输送特性及新型喷嘴环研究

为保证型线优化后的煤粉输送，同时考虑降低排渣量和喷嘴阻力，对喷嘴环结构及其通流通道进行优化设计。

喷嘴环的作用是加速一次风，使其能够携带煤粉经分离器分离后进入送粉管道，一次风携带煤粉的能力主要取决于一次风流速。由图 2 一次风与出力调节曲线可知，为保持合适的风煤比，保证煤粉的分离与运送，提升出力的同时需要相应提高一次风量。

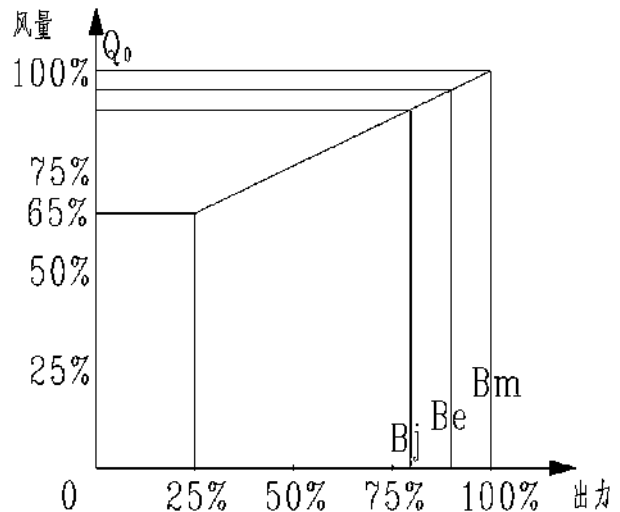


图 2. 一次风量与碾磨出力调节曲线

一次风量提高导致喷嘴环出口流速增加。喷嘴流速过高会对磨辊、机壳等部件冲刷严重，过低又会影响到煤粉的分离输送，排渣增大。

根据文丘里效应和伯努利方程在气流里，如果速度小，压强就大，如果速度大，压强就小的原理，重新设计计算，优化喷嘴环结构，降低一次风经过喷嘴环前后的压差，设计更合理的通流面积和流速，减少排渣量和风阻。

采用 Flow Simulation 对喷嘴环进行流场分析，检验结构的合理性。为既保证仿真准确性，又不增加过度无用计算量，在仿真模型中建立机壳、一次风入口、传动盘、托盘等零部件的简化模型。

设计一种双向间隙可调式喷嘴环。静环和动环之间的相对安装位置在水平和垂直两方向上都有一定的重合面，其中水平方向的

重合面间隙为 $B \pm b$ ，垂直方向的重重合面间隙为 $A \pm a$ ， a 和 b 为变量，需要根据换热计算确定，如图 3 所示。该结构通过静环与动环之间设置的重重合面及在水平及垂直方向设置的两组间隙，有效避免了一次热风对静环锥面的冲刷磨损，大幅增加喷嘴环的工作寿命。

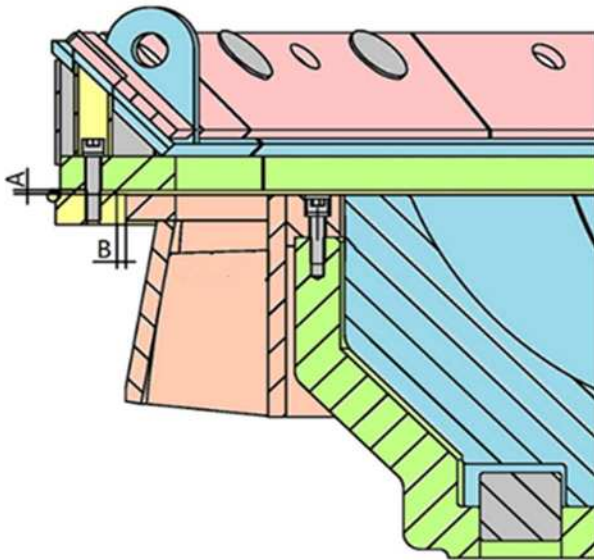


图 3.新型喷嘴环结构示意图

新设计喷嘴环会将其改造成动环、托盘分体式结构，方便动环的检修更换。

3.高效碾磨型线及新型喷嘴环元素耦合研究及工程应用技术。

磨煤机的磨辊、托盘、衬板、喷嘴之间有着相互关联的关系，如图 4 所示，其结构的优化需要整体进行，为保证结构合理，需探究各部件间的结构关系。

新型碾磨型线和喷嘴流道改变后，出力提升，为保证干燥出力，需要加大一次风量，保证给煤机的给料能力，核算送粉管道的流速。

优化后的型线出力提升，需要根据现场实际煤质，进行出力计算和热平衡计算，以确定正确的一次风参数，指导喷嘴环的设计。

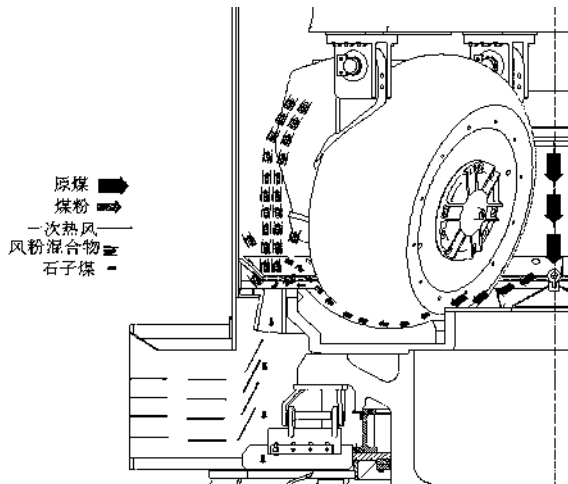


图 4. 磨煤机碾磨结构及碾磨示意图

根据计算优化系统运行参数，给出合适的一次风量、风温、加料力、磨进出口压力推荐值，提出对系统内其他设备的要求。

4.研发装置试验

首先进行样机试验。依托制粉试验站，开发设计样机用碾磨装

置及喷嘴环，进行制粉试验，记录试验数据，包括煤质参数、出力、磨煤机进出口压力、煤粉细度、排渣量、一次风量及风温、出口温度等参数，与原结构进行对比论证，验证优化后的使用效果。

依据理论与应用性研究，对研发装置进行模型实践实验，通过对不同煤质的运行，提炼出实验数据，并结合理论计算，验证研究目标。

5.新型碾磨件与喷嘴环的设计及制造

在前述理论及试验研究的基础上，依托现有磨煤机，设计开发相关的设备，主要包括碾磨件及相应部件：磨辊装置、衬板、托盘、新型喷嘴环，对应更换现磨煤机上的相同部件。

6.新型碾磨件与喷嘴环现场安装方案的制定；

完成新设备的制造后，对现有设备进行更换。根据新设备结构的特点，制定详细安装方案，考虑施工周期和便利性，对较大零部件如喷嘴环进行整体处理，有利于现场安装和后续的检修便利性。

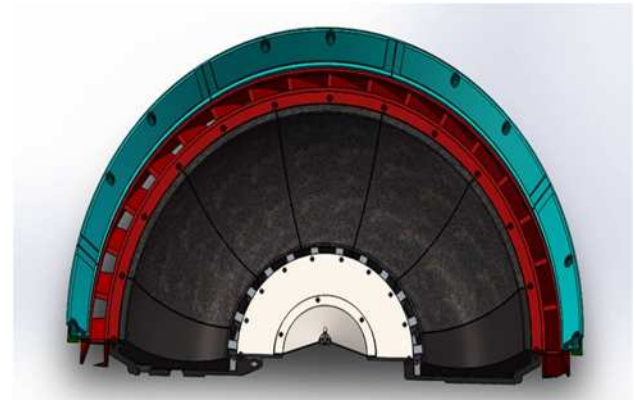


图 5.喷嘴环示意

7.新型碾磨件与喷嘴环现场运行调试及调整。

新设备安装完成后需要通过试运检验其可靠性、合理性及参数性能。在固定煤质的情况下，通过试运行检验设备，同时对制粉系统参数进行调整，如一次风量、风温、加料力等，以适应出力提升带来的参数变化。

8.磨煤机提升出力改造前试验

改造前，对磨煤机的运行状况进行摸底试验，以确定磨煤机在现有煤质条件下，风煤比调控，动态分离器转速调控适宜时，最大出力运行工况数据，作为改造设计依据和改造后性能试验数据对比依据。

五、结束语

综上所述，技术人员需要不断加强试验数据对比，促进磨煤机改造效果不断加强。

参考文献：

- [1]茅建波, 徐小琼, 陈小波. ZGM 型中速磨煤机提升出力改造与效果评估[J]. 电站系统工程, 2022, 38(5):4.
- [2]王荣, 贾志军, 王耀. ZGM113 型中速磨煤机提高出力改造方案[J]. 黑龙江电力, 2022, 44(1):86-90.
- [3]李强. ZGM 中速磨煤机局部磨损问题分析及治理[J]. 热能动力工程, 2021, 36(2):6.
- [4]侯岩, 王贺新, 王轩, 等. 中速磨煤机改造技术在煤电制粉系统中的应用分析[J]. 电站辅机, 2022, 43(4):4.