

天津翔悦

天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

环保和节能——MAC干除渣的两大优势

Environment Protection & Energy Saving— — The Two Advantages of MAC Dry Bottom Ash Extraction System

山东黄岛发电厂 展学平 金英军 赵澄宇 宫革

【摘要】 阐述MAC干除渣系统在电力生产中的必要性，介绍MAC干除渣系统的流程原理；作为一种洁净的电力生产方法，其带来的环保意义和节能作用是重大的。

【关键词】 MAC干除渣系统 环保优势 节能优势

【Abstract】 This paper gives a brief introduction of MAC system and its necessity in power industry. As a pure method of power operate, it's so important in environment protection and energy saving.

【Key Word】 MAC dry bottom ash extraction system
advantage for environment protection advantage for energy saving

1 前言

火力发电厂燃煤锅炉炉底灰渣历来采用水冷却及水力除灰，专门设置冲灰水泵、冲灰沟、灰渣池、浓缩机、脱水仓、灰浆泵及泵房、输灰管道和灰场等。随着电厂容量和机组容量的不断增大，除了除灰系统建设费用和维护费用较大外，对于缺少水源或灰场和环保要求严格的地区，更是一大难题和障碍。因此新的除灰渣技术的开发与应用就显得十分必要而重要。

意大利MAGALDI公司设计制造的炉底灰渣冷却、取送系统（MAGALDI ASH COOLER，即MAC），是一种用特殊的钢带取送，同时引入适量的自然风有效冷却炽热的炉底灰渣，不需用任何水，从而改变火电厂传统的除渣方式，实现污水零排放，为火电厂提供一种洁净的电力生产的方法。

第一套MAC系统1985年安装在意大利皮埃特拉菲塔（PIETRAFICTA）电站2×35MW机组上，取得了令人满意的效果。随后几套MAC系统又成功的应用于燃用各种煤种的机组，如意大利、智利、西班牙、希腊、美国等国家均有采用，单机容量为130～500MW不等。国内北京三河电厂2×350MW机组采用该除渣系统。

2 MAC干除渣的技术特点

2.1 环保优势

(1) 因输送灰渣时不需用水冷却及水力输送，所以无需设置灰浆池和灰浆泵等，无灰水污染，而且无需辅助冷却水，避免了原水力除渣设备检修和输渣管道泄漏及检修而造成的生产现场污染和社会环境污染，能满足环境保护要求。

同时，不使用水，将极大地保护环境。不使用水进行冷却或输送灰渣意味着系统不会对水资源造成污染或者说零排放，水使用量的减少带来在排入环境前对浆水处理工作的减少。在源头除去了对水的使用，不但现在，而且为将来顺应严格的环保条例。不把水作为工作介质，我们的工作环境将更加干净。

(2) MAC系统主要由丝网不锈钢带组成，并被布置在完全封闭的箱体中，以防止不受控的冷风从炉底开口进入炉膛，因而对现场安全生产无任何影响。采用该系统可杜绝因炉膛掉渣造成的炉底周边设备损坏及人身伤害等。

(3) 如能同时实现干除灰，每年可避免对外排放灰渣水数百万吨，进而全部取消灰场，具有重大的环保意义。

2.2 节能优势

2.2.1 回收能量

提高电厂效益，冷却空气吸收了灰渣热焓、化学能和被加热输送带的辐射能，并将这些能量送入燃烧室，从而使锅炉效率提高；同时冷却空气还向输送带上灰渣中未燃尽碳粒提供氧气，使炉底灰渣未燃烧碳含量显著降低。

① 高温底渣所含的热量

这部分热量由锅炉喉部渣温和排渣机出口渣温来计算，设喉部渣温为 T_f ，排渣机出口渣温为 T_c ，它可由下式表达：

$$W_t = Q_t \cdot [E(T_f) - E(T_c)] \quad (\text{kW})$$

式中 Q_t 为底渣量， $E(T)$ 为渣的热焓。

② 锅炉喉部的辐射热量

设 ϕ_r 为穿过喉部的平均辐射热系数，辐射热量可由下式表达

$$W_f = \phi_r \cdot L_t \cdot B_t \quad (\text{kW})$$

式中 L_t 和 B_t 为锅炉喉部的长和宽。

③ 化学热量

这一项为穿过锅炉喉部的渣中所含的未完全燃烧的碳所含的热量或称为再次燃烧所释放的热量，干式排渣机能引入适当的自然空气进入锅炉喉部区域，冷空气逆向与渣流动相混从渣中获得热量，在锅炉喉部区域空气温度（400℃左右）适合于减少未完全燃烧碳的含量。干式排渣机引入的空气帮助渣中未完全燃烧的碳再次燃烧，为了确定渣中未完全燃烧碳的减少量，意大利MAGALDI公司在意大利蒙法考(Monfalcone)电厂进行实验测量，蒙法考(Monfalcone)电厂1号炉装着MAGALDI公司的干式排渣系统，渣含碳量仅为湿式排渣机排出的渣含碳量的25%，也就是说采用干式排渣机能将渣中未完全燃烧的碳含量降低75%，实验还同时表明不同的煤种渣中未完全燃烧的碳含量降低基本是一致的。

设 Y_e 为不完全燃烧物质的百分率，假定碳的热值为33870kJ/kg，这化学热量可用下式表达

$$W_c = 0.75 \cdot Q_t \cdot 33870 \cdot Y_e / 100 \quad (\text{kW})$$

④ 采用干式排渣机能提高锅炉的效率

下面以125MW机组采用干式排渣系统后提高锅炉效率时提高的数值：

底渣量：1.4t/h

穿过锅炉喉部的底渣温度：850℃

锅炉喉部面积：11.04m²

穿过锅炉喉部的渣中未完全燃烧的碳的含量：27%

机组的效率：36.65%

通过以上公式计算出的各种热量列于表1：

表1 干式排渣机热量回收表

序号	项 目	数 值
1	底渣的热量 (KW)	252.46
2	锅炉喉部的辐射热 (KW)	386.4
3	化学热 (KW)	2316.51
4	总热量 (KW)	2955.37

采用干式排渣系统共回收热量为2955.37kW，这意味着锅炉效率将提高0.866%。

锅炉效率提高的益处是：产生同样多的能量消耗的燃料将减少，或者是消耗同样多的燃料产生的能量更多。

煤的热值为23408kJ/kg，电厂年运行小时数为7000h，机组效率提高0.866%，产生同样的电能，每年可节约煤3050t，如果每吨煤售价为200元，每年可节约费用61万元。

⑤不影响机组正常运行

通过渣处理系统进入炉膛的空气总量不超过燃烧需要空气总量的1%~1.5%。已经证明，这个数量的空气不会干扰主燃烧器的燃烧。

三河电厂2台安装MAC系统的锅炉，经运行试验，MAC系统的运行对NO_x的生成，不会产生影响。

2.2.2 降低维修费用

MAC系统装置简单，易于安装，运行可靠性高，维修工作量少（一台500MW机组MAC系统一年维修工作量约200h），维修费用低，每年可节省原捞、碎渣机维修费用及冲灰系统和灰浆系统的部分维修费用上百万元；同时完全避免了因捞、碎渣机卡涩而造成的停炉损失。

2.2.3 降低用电量

MAC系统厂用电量较水力除灰系统大幅度降低，其用电量只相当于炉底下原水力除渣设备的用电量。

2.2.4 销售市场看好

干炉底灰渣易粉碎，而且与飞灰气力输送系统混合，冷却后的干渣输送不需额外设备，干灰渣更利于综合利用。本项目投产后，通过出售干渣，又可获得一定的经济效益。北京三河电厂的干渣销售情况为180元/车。

2.3 MAC系统介绍

MAC系统是燃煤发电厂的组成部分，从炉底取出灰渣开始到最终的灰渣贮存为止，是由处理炉底灰渣所需的若干设备构成一个完整的干式除渣系统。MAC系统最主要的特点是以无水方式进行炉底灰渣处理，基本上由两部分组成，第一部分包括炉底灰渣的取送、冷却及粉碎；第二部分包括粉碎后炉渣的再冷却、输送直至灰渣仓贮存。至于仓内的灰渣，可以综合利用，也可用灰车或作其它方式处理。

2.3.1 炉底风冷排渣、碎渣装置

第一部分的主要设备是MAC风冷排渣装置（亦称风冷排渣机）。主要部件为一条闭合金属输送带，它由不锈钢丝网制成，金属丝网上覆盖相互搭接的不锈钢板，钢丝带边缘有适当高度的侧壁，整个输送带放置在适当高度的支撑托辊上，类似于橡胶输送带。由于输送带采用独特的网板式设计，具有抗高温机械性能和承受大块炉渣撞击而产生的冲击负荷的能力，适用于干、热炉渣输送的恶劣运行条件。

MAC装置的输送带由主动轮通过摩擦传动方式带动，而主动轮由电动机驱动，类似于标准胶带驱动。机尾部从动轮配有一套自动张紧装置，以补偿由于在运行中温度变化引起的输送带长度的变化。根据输送带尺寸及应用场所，张紧装置可用荷重弹簧式，也可用气（液）压操纵。钢丝带上钢板能在各个方向自由膨胀而不受抑制及扭曲。输送带被完全包罩在一密封壳体中，以防外界风无控制地漏入，也防止灰渣向周围环境洒落和散发热量。在壳体两侧装有特殊的进风门，可有效地控制进入自然风而冷却炉渣，同时使钢带温度保持在可接受范围内。壳体侧面还装有检查窗，可对壳体内部件随时检查。在壳体底部装有一条刮板式拖链，以回收从主钢带上落下的少量细灰渣，再将其输送到主钢带的出口处。

落渣斗连接在锅炉出渣口与风冷排渣机之间。渣斗用碳钢板制作，内壁衬有耐火材料。渣斗侧壁上装有检查窗和足够数量的检查孔。在渣斗合适部位设置数个带有密封的捅渣孔，可对斗内积渣进行有效的处理。渣斗上部区域有一定数量的开孔（正常情况下用盖子密封）用于引入空气，以避免一旦贮渣时发生由于火焰辐射而产生灰渣熔结的可能性。渣斗的容积能够保证锅炉最大出渣率时至少贮存10h的灰渣量。

在渣斗底部配有隔离门。隔离门用特殊铸钢制造，暴露于炉膛一侧的板面上加装耐火衬。隔离门用液压装置控制。当门后部设备需要检修时（10h以内）可关闭隔离门，不需停炉即可对设备进行维修。

每台炉设一台风冷干式排渣机，正常出力为1.5t/h，最大出力为6t/h。正常运行时，落渣斗隔离门常开，输送带以约3~10cm/s速度连续运转，从锅炉炉膛出渣口落下的热灰渣经渣斗落在输送带上，被送至排渣口。灰渣在被输送的同时逐渐被风冷却，又同时逐渐完全燃烧。这一冷却及燃烧过程，是通过一股有控制的进入壳体的逆流冷风（环境空气）来实现的。这股逆流冷风是利用输送带壳体上的入口风压（大气压力）和灰渣斗内的负压，两者之压差所形成的连续不断的空气流动，冷风吸收灰渣

热量逐渐提高温度后进入炉膛加入燃烧，冷却后渣的温度小于200℃，冷却风量约为锅炉总燃烧风量的1%~1.5%。炉底灰渣从输送带排渣口落入一级碎渣机，被粉碎至不大于20mm的颗粒，然后进入二级碎渣机，破碎后渣的粒径不大于10mm，碎渣机的正常出力均为1.5t/h，最大出力为6t/h。碎渣机之后的设备设置及其系统布置，可根据不同的情况及需要，确定几种不同的系统布置。

2.3.2 输送系统

(1) 机械式输送系统：

机械式输送系统的特点：1 出渣口灰渣颗粒≤ 50mm；2 运行及维护费用非常低；3 可靠性高；4链式输送机的仰角可达30°；5 全封闭在机壳内，对周边环境无二次污染；6 不需用水，系统简单。

(2) 正压气力输送系统：

正压气力输送系统的特点：1 最终出渣口灰渣颗粒的大小可根据系统要求确定，一般经二级粉碎后灰渣粒径≤10mm；2 即使由于破碎机磨损，需要一定的维修，系统的可靠性仍很高；3 可将二级粉碎后的细灰渣正压输送至飞灰贮仓内与飞灰一起综合利用或一起贮存；4 不需用水；5 与传统水力除渣系统相比较，系统简单、投资低、检修工作量小、维修费用低。

(3) 负压气力输送系统：

负压气力输送系统的特点除输送系统是负压以外，其它特点与正压系统相同。

3 我厂应用前景展望

我厂现有4台发电机组，其中2台国产125MW

(下转第39页)

机组，2台苏制210MW机组。1997年年发电量达45.25亿kWh，煤耗220多万t，粉煤灰量达55万余t，一、二期灰场占地面积达1730亩。既影响周边环境，又需每年投入大量的人力物力进行维护。如果三期工程2台600MW机组上马，灰场面积要加大、排灰量将增加，其影响就更加可想而知了。

二期#3、#4炉自1989年投运以来，冲灰、渣系统一直采用水力除灰渣。经常年海水侵蚀，设备锈蚀严重，泄漏现象时有发生；且由于采用水力除灰渣，除每年上缴排污费外，大量的灰渣得不到充分利用，造成了很大的浪费。

我厂位于青岛经济技术开发区内。青岛市作为风景秀丽的海滨城市，属粉尘排放控制区，环境保护工作显得尤为重要。因此，充分合理地利用粉煤灰渣，是治理环境污染、贯彻保护环境基本国策的一项重要措施。

而我厂一、二期灰场属围海造田土堰式灰场，灰场贮量大，但使用年限有限。一旦上马干式除灰渣系统可充分利用现有的粉煤灰资源，逐步取消灰场、其经济效益和社会效益都是十分显著的。

一期干除灰工程已于2001年4月投运，二期干除灰工程设计方案已制定，安装工程将在下半年进行，到2001年底，全部4台机组实现干除灰。届时炉渣的排放仍将占用灰场，无法实现全部取消灰场的大目标。

我厂在确定创国际一流时作出规划，2001年底我厂4台机组将全部实现干除灰；2002年全部实现干排渣；2003年在彻底实现灰渣零排放的基础上实施取消灰场的运作，2005年实现取消灰场的目标。

根据国家环保政策的要求及我厂环保工作的需要，在现有基础上，加装干除渣装置是十分必要和重要的。

文章作者： 展学平等

发表时间： 0000-00-00 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)