

浅谈湿式除尘在电厂灰渣卸料过程的应用

王勇¹ 左润国¹ 娄扬¹ 高辉¹ 申伟宏²

1. 青岛达能环保设备股份有限公司; 2. 山东电力工程咨询院有限公司

摘要:现阶段,为提高锅炉底渣利用率,电厂锅炉底渣主要通过风冷干式输渣机进行收集并运输至干式灰渣仓暂存,之后定期通过灰渣仓配套的干式或湿式卸料系统讲灰渣卸料装车并外运。灰渣装车过程中,因卸料落差及重量问题细微粉尘首先分离并产生飞扬,之后通过空气流通造成粉尘扩散及污染,因此电厂一般在卸料系统中增设除尘措施。卸料系统除尘措施有多种方式,但均存在部分局限性。本文主要介绍的是运用湿式除尘器来完成灰渣卸料过程的吸尘抑尘。湿式除尘器的应用能有效应对卸料产生含水汽扬尘的工况,并提高吸尘效率。

关键词:灰渣卸料; 卸料除尘; 湿式除尘

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.076

一、背景

目前电厂灰渣卸料系统主要分为干式卸料系统和湿式卸料系统,分别通过伸缩料斗散装装车和加湿搅拌机搅拌后装车的方式完成灰渣卸料并装车运输。

干式卸料是最常见的卸料方式,通过伸缩料斗直接将散装灰渣落料至运渣车,通常伸缩料斗会设置有配套布袋除尘器,但仍然会产生部分扬尘扩散;湿式卸料则是通过搅拌机加水调试搅拌混合,使灰渣达到一定的含水率,从而极大减少灰渣卸料的扬尘,但会降低干渣经济效益,同时在锅炉高负荷运行灰渣量大温高的工况时,加水调湿会产生大量水汽,水汽会携带灰尘在卸料时形成扩散。

二、卸料除尘现状

应对卸料扬尘的情况,电厂和各卸料系统制造商积极采取相关措施,进行卸料过程的吸尘抑尘处理,常规类型有下列四种方式:

(一) 人工/机器清灰

对卸料间进行封闭处理,灰渣卸料时将卸料间卷帘门关闭,形成密闭空间防止扬尘外泄,待卸料扬尘自由沉降完成后,在将运渣车开出。之后,采用人工清扫或运用吸尘清扫车的方式,对地面上沉降的积灰进行清理回收。

(二) 干雾/喷雾抑尘

对卸料间进行封闭处理,在卸料间出口和灰渣卸料口处设置喷淋管路,并按一定间距布置雾化水喷嘴。在灰渣卸料的同时启动喷淋系统,对扬尘进行水雾喷洒,水雾捕捉扬尘颗粒靠重力沉降至地面,避免扬尘扩散。

(三) 布袋除尘器吸尘

在封闭卸料间和出口处布置吸尘罩及管道,利用风机在吸尘管道口处形成负压,来完成卸料间扬尘的抽吸回收,之后扬尘进入布袋除尘器并吸附于滤袋,最终振

打或脉冲完成扬尘回收。其中布袋除尘器可布置于卸料层,回收的扬尘排入运渣车;布袋除尘器布置于渣仓顶部,通过吸尘管道连通,回收的扬尘排入渣仓。

(四) 锅炉负压吸尘

在封闭卸料间和出口处布置吸尘罩及管道,吸尘管道水平连通输渣机过度弧段,或者连通垂直联通输渣机头部位置,通过锅炉内负压完成卸料间扬尘抽吸回收。考虑到负压可能不足的情况,可在管道中增设混流风机从而增强抽吸力,来达到最佳的吸尘效果。

以上四种方式都能一定程度上进行卸料扬尘的吸尘或抑尘,但均有各自的局限性。人工/机器清扫的方式费时费力,且等待自由沉降会延长运渣车的转运时间,同时运渣车进出卸料间、机器清扫时难免会引起地面积灰的二次扬尘扩散;干雾/喷雾抑尘的方式虽然具有较好的抑尘效果,但其喷洒时易喷洒至运渣车中,影响正常干渣经济效益,并且喷洒现场环境较差,泥浆灰浆堆积,需设有排污管道或进行定期人工清理;布袋除尘器吸尘的方式只适用于干式卸料,对于湿卸料水汽扬尘无法有效处理,会造成滤袋糊袋从而影响除尘器效率;锅炉负压吸尘的方式同样只适用于干式卸料,湿式卸料扬尘中含水汽较多,长期应用易造成管道过度拐角处结垢封堵、管壁锈蚀等问题。而将以湿式除尘技术为主湿式除尘器应用到灰渣卸料过程中,能够很好的解决上述问题。

三、湿式除尘简介

湿式除尘是利用洗涤液(一般为水)与含尘气体充分接触,将尘粒洗涤下来而使气体净化的方法。运用湿式除尘技术进行除尘的装置即为湿式除尘器,俗称“水除尘器”。可以有效地除去直径0.1~20 μm的液态或固态粒子,亦能脱除气态污染物。

常见的且应用较多的湿式除尘器包括:喷淋式、水浴式、旋风式、文丘里式、复合形式。

(一) 喷淋式

喷淋式湿式除尘器,也称重力喷雾式,是最简单、应用最广的一种湿式除尘方式,多用于含污染物废气的过滤,电厂脱硫塔即是一种常见的喷淋式湿式除尘器。除尘方式为利用喷洒装置对废气进行喷淋,重力作用下洗涤液自上而下喷洒,喷淋液捕捉废气中灰尘或其他细小颗粒,净化后气体自下而上通过引风机抽吸走并排出,含尘废水于除尘器底部收集。

(二) 水浴冲击式

水浴式湿式除尘器通常情况下结构简单,安装布置方便,也是比较常用的一种湿式除尘方式。除尘方式为将一定速度的含尘烟气经过管道时进行喷水加湿后冲击洗涤液表面,纯净空气经洗涤液过滤后溢出由引风机

从上方抽吸排出，湿润的颗粒烟尘被捕捉滞留在洗涤液中。此种除尘方式，分离的颗粒杂质聚集与洗涤液中，长期使用造成洗涤液颗粒捕捉效率低下，部分颗粒会随纯净空气逃逸，影响吸尘效率，需定期更换洗涤液。

（三）旋风式

旋风式湿式除尘器类似干式旋风除尘器，主要通过离心力达到分离杂质的效果。除尘方式分为两种，一种方式为烟气切向进入筒体后螺旋上升，中心部位发散性喷头向侧壁周围喷雾，水雾使得杂质从烟气中分离；另一种方式为筒体上部的喷嘴沿切线方向将水雾喷向器壁，使壁上形成一层薄的流动水膜，烟气在离心力作用下撞击侧壁水膜后被吸尘过滤，纯净气体通过引风机自上口排出。其中旋风水膜式除尘器因杂质捕捉效果更好而得到更加广泛的应用。

（四）文丘里式

文丘里湿式除尘即是借用文丘里原理实现除尘效果，其主要除尘部件是文丘里喉管和下游分离设备。除尘方式为文丘里管上游区域注入洗涤液，文丘里效应对气流加速，洗涤液被分解成细小液滴；在文丘里管喉部，含尘废气和洗涤液强烈相互作用，污染物颗粒和洗涤液充分混合，之后经由下游离心分离结构完成气液分离，纯净气体由引风机抽吸排出。文丘里除尘器除尘效率高，但阻力较大，能耗较高。

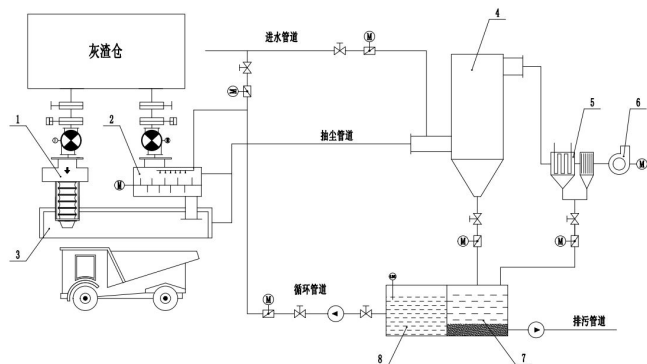
（五）复合形式

单一形式的湿式除尘器使用效果一般，因此，目前湿式除尘器大部分都是多种形式相结合使用，达到更高的除尘效率和除尘效果。为达到较高的除尘效果，一般会选用文丘里湿式除尘器，其下游后端的分离设备经常会选用喷淋式或旋风水膜式，确保杂质更加有效的实现分离。同时，除尘器底部会对含尘洗涤液进行回收，经过循环系统，再次将杂质与洗涤液分离，杂质经收集排出，洗涤液的实现过滤循环利用，能有效提高资源利用率。

四、卸料系统湿式除尘方案

（一）湿式除尘 + 净水循环系统

1. 方案流程图



1—干式卸料系统；2—湿式卸料系统；3—吸尘护罩；
4—湿式除尘器；5—冷凝器、除雾器；6—风机；7—沉降池；
8—清水池

2. 方案概述

此卸料湿式除尘系统如上述方案流程图所示，主要包括卸料部分、湿式除尘部分和循环系统三大部分。卸料部分包括干式卸料系统和湿式卸料系统，其主要设备分别为散装机和搅拌机；湿式除尘部分包括吸尘护罩、吸尘管路、湿式除尘器、冷凝器和除雾器、引风机，其主要设备湿式除尘器选用复合形式，由前端文丘里喉管和后端旋风水膜除尘器组成；循环系统包括沉降池、清水池、排污管道、循环管道、补水管道；另有循环泵、排污泵、各类控制阀门等辅助设备未在图中标示。

此系统主要原理为：卸料产生的扬尘经由风机形成的负压抽吸，通过吸尘管道，在通过文丘里喉管和旋风水膜湿式除尘器时经过水雾拦截和水膜冲刷中完成收尘过滤，最终上口排出纯净气体；整个过程中收集的含尘废水进入沉降池，经过沉降和溢流为清水，通过循环管路完成循环使用。

3. 方案工作流程

(1) 灰渣经干式卸料系统或湿式卸料系统完成装车卸料，卸料过程产生扬尘或含尘水汽；

(2) 扬尘或含尘水汽通过吸尘护罩、吸尘管道进入文丘里喉管，完成加速及雾化后进入湿式除尘器，在湿式除尘器内完成纯净气体和杂质的分离；

(3) 纯净气体从除尘器上口排出后，经过冷凝器和除雾器去除水汽后，在风机处排出；

(4) 含尘废水在除尘器底部收集后排入沉降池完成沉降过滤，上层清水溢流至清水池，经循环管路输送至除尘器和搅拌机内循环使用。

(5) 沉降池底部布置有排污管道，定期将底部沉降灰渣泥浆清理排出。

4. 方案设计说明

(1) 吸尘管道应合理分布于卸料口周围及卸料车间进出口，来达到最佳的吸尘效果。

(2) 此方案湿式除尘器为复合形式，前端采用文丘里管以水雾捕捉固态颗粒，实现与气体一级分离；后端采用旋风水膜湿式除尘器，实现更大颗粒度范围的灰尘颗粒收集，从而实现与气体的二级分离。

(3) 此方案各水路管道均应设置控制阀（蝶阀、球阀等），方便后期设备检修。

(4) 此方案循环管路应设置有管道泵，排渣管路应设置有渣浆泵。

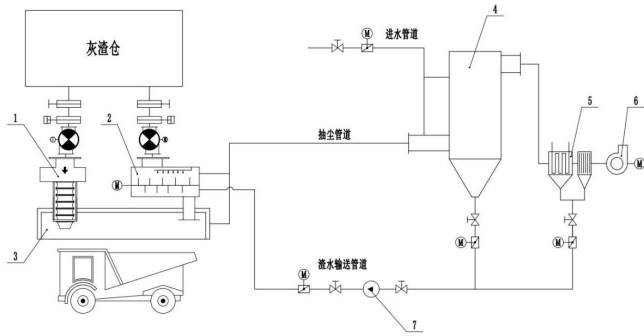
(5) 因湿式除尘器进行吸尘除尘整体水量使用较小，沉降池和清水池储量可尽量小，并且可直接布置于湿式除尘器底部，节约占地面积。

(6) 循环管路循环水可能无法完全满足设备正常用水消耗，因此需设置有补水管路，在循环水不足时补足设备用水需求。

(7) 此方案在风机前设有除雾器/冷凝器，提前将气体冷凝除雾，来解决最终风机出口排出气体可能依然携带水雾或排出气体与环境气体碰撞产生水雾的问题。

（二）湿式除尘 + 尘水输送系统

1. 方案流程图



1—干式卸料系统；2—湿式卸料系统；3—吸尘护罩；4—湿式除尘器；5—冷凝器、除雾器；6—风机；7—渣浆泵

2. 方案概述

此卸料湿式除尘系统如上述方案流程图所示，与4.1提供方案相比，对最终循环回收部分做出调整，以尘水回收管路替代原有循环系统管路。渣水回收主要包括渣浆泵、各类控制阀及连接管道。

此系统主要原理：卸料部分及湿式除尘部分原理与4.1提供方案一致，对于整个过程中收集的含尘废水经过渣浆泵输送直接排入湿式卸料双轴搅拌机，经过双轴搅拌机的搅拌后卸料进入运渣车。

3. 方案设计说明

(1) 此方案节约了造价成本，优化了系统流程，将收集渣水直接回收输送至双轴搅拌机，同样保证了资源的再次利用。

(2) 因湿式除尘器进行吸尘除尘整体水量使用较小，此方案可选择小型复合湿式除尘器，直接布置于灰渣仓卸料平台，对现场空间进行高效利用。

(3) 收集尘水最终输送至双搅中搅拌后排入运渣车，因此本方案更适应与湿式卸料系统，只有干式卸料系统建议依旧选用布袋除尘的方式；同时，因运渣车有转运周期，湿式卸料不可能一直在运行，最终产生的尘水需设有暂存设备，建议要求湿式除尘器厂商直接设置有小型尘水暂存箱，以便于尘水的收集暂存。

(4) 因渣水回收排入双轴搅拌机内含有一定水量，为保证湿式卸料设定的含水率，应减少双轴搅拌机喷淋系统水量，使得进入双轴搅拌机的水量达到动态平衡；渣水回收进出口应设置与双轴搅拌机前端，保证进入的渣水能够达到充分搅拌。

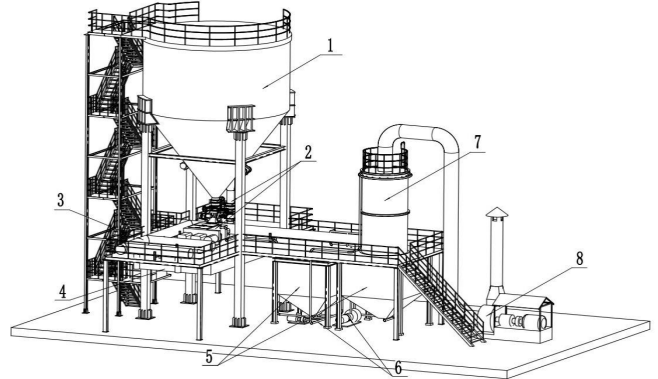
五、卸料湿式除尘实施案例

北方地区的电厂很多都是热电厂，冬季时发电的同时还需进行产热，所以一般负荷都较大，产生的渣量增多，后端底渣处理时渣仓暂存冷却时间变短，导致卸料渣温一般在50℃左右，因此此种情况通常采用湿式卸料进行装车卸料。又因渣温较高，加水调试时易产生大量水汽，水汽带尘扩散，常规布袋除尘、负压吸尘等卸料除尘方式无法很好的解决这一问题。

内蒙古某热电厂，其卸料系统为标配干式卸料系统和湿式卸料系统各一套，干式卸料系统配备有布袋除尘器，以减少干渣卸料时产生的扬尘；湿式卸料系统未配备卸料抑尘措施。后由于冬季高负荷工况较多，渣温始终较高，只得更多的应用于湿式卸料系统进行卸料输

送，同时也造成了卸料现场含水汽扬尘弥漫，最严重情况时水汽甚至会冲击开双轴搅拌机检修顶盖，使得灰渣烟尘弥漫出渣仓卸料层。

因此最终该电厂对其渣仓卸料系统进行了升级改造，增设了湿式除尘系统，有效解决湿卸料系统卸料扬尘的问题。其改造情况如下所示：



1—灰渣仓/灰渣库；2—干式/湿式卸料系统；3—吸尘管道；4—吸尘护罩；5—沉降池、清水池；6—管道泵、输送管路；7—湿式除尘器；8—风机

(1) 在原灰渣仓卸料平台空置的一侧增设有湿式除尘器平台，其实布置吸尘管路和除尘器，选用文丘里除尘和喷淋塔相结合的方式对卸料车间产生的扬尘和水汽进行吸收；

(2) 除尘器平台下方空间布置有小型沉淀水箱和清水箱、循环和排污管路，以及其对应的电控箱；

(3) 卸料车间内设有吸尘护罩，吸尘管合理布置于卸渣口附近及进出车门挡处，保证更佳的吸尘效果；

(4) 含水汽扬尘经由湿式除尘器过滤，最终纯净空气由风机抽吸排出。

本实施案例使用后发现，除尘过滤后水汽依然有部分余温，在经风机排出后与环境冷空气接触后会形成气雾，虽然不污染环境，但造成现场雾气弥漫。因此，考虑到此因素，建议实施时考虑风机前增设除雾器/冷凝器，来达到去除水雾的效果。

六、结语

综上所述，对于经常使用湿式卸料系统进行灰渣卸料的电厂，使用复合式湿式除尘器进行卸料扬尘的吸尘抑尘，能起到很好的应用效果。应用湿式除尘器能完全替代原有除尘方式，能同时对干灰卸料扬尘和湿灰卸料扬尘起到控制作用，提高卸料除尘效果和除尘效率；湿式除尘器配套循环过滤系统或输送系统可实现水资源的再次利用，提高资源利用效率，具有较好的社会效益和环境效益。

参考文献

[1] 郭春荣. 关于湿式除尘器类型选择的探讨[J]. 知识经济, 2013, (14): 113.
 [2] 杨元林. 大气颗粒物污染治理的一般技术[J]. 民营科技, 2016, (6): 237.
 [3] 刘志伟. 湿式除尘中除灰系统应注意的问题[J]. 低温建筑技术, 2010, (7): 108-109.