

湿法排渣法粉煤气化技术渣水初分装置可行性研究

刘东华

江苏晋控装备新恒盛化工有限公司, 江苏 徐州 221400

[摘要]采用湿法排渣方式的粉煤气化装置,其粗渣需外运处理,渣由捞渣机直接排出,未经渣水初分,渣含水率达50%左右,落到渣车车厢后的渣水进行了重力沉降分离,底部渣水混合状态流动性增大,大量的渣水洒落地面、外运段路面,造成环境卫生问题、环境污染问题、系统水损失等一系列问题。为了解决以上实际难题,经过问题详细分析、渣水特性分析、现有固液分离技术及设备资料搜集、部分相关单位在用装置调研、方案确定并实施及后续持续优化等环节,最终采取了在捞渣机出口口加设高频振动筛方案,取得了既定效果。文中着重详细论述了其实施过程、后续优化环节及取得的实际效果,为相似气化装置渣水初步分离方案选择提供了一定的借鉴。

[关键词]粉煤气化;湿法排渣;渣水分离;振动筛

DOI: 10.33142/aem.v5i9.9737

中图分类号: TQ546.2

文献标识码: A

Feasibility Study on the Slag Water Primary Separation Device of Wet Slag Removal Method for Powder Coal Gasification Technology

LIU Donghua

Jiangsu Jinkong Equipment New Hengsheng Chemical Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221400, China

Abstract: A powder coal gasification device using wet slag removal method requires the coarse slag to be transported out for treatment. The slag is directly discharged by the slag extractor without initial separation of slag and water, and the slag water content reaches about 50%. After falling into the slag truck carriage, the slag water is gravity settled and separated, and the fluidity of the bottom slag water mixed state increases. A large amount of slag water splashes onto the ground and the road surface of the transportation section, causing a series of problems such as environmental hygiene, environmental pollution, and system water loss. In order to solve the above practical problems, after detailed analysis of the problem, analysis of slag water characteristics, collection of existing solid-liquid separation technology and equipment data, research on some relevant units' in use devices, determination and implementation of the plan, and continuous optimization in the future, the plan of adding a high-frequency vibration screen at the discharge port of the slag extractor was finally adopted, and the established effect was achieved. The article focuses on the detailed discussion of its implementation process, subsequent optimization steps, and actual results achieved, providing a certain reference for the selection of preliminary separation schemes for slag and water in similar gasification devices.

Keywords: pulverized coal gasification; wet slag removal; separation of slag and water; vibrating screen

1 装置概况及问题描述

北方某煤制甲醇装置采用航天炉粉煤气化工艺,属于气流床粉煤加压气化、水激冷、湿法排渣气化技术,其原料利用的是劣质“三高”无烟煤,具体为高灰熔点、高硫分、高灰分。其主要工艺流程为:掺混了助熔剂:石灰石、铁粉的正常粒度 $\leq 30\text{mm}$ 的“三高”劣质无烟煤在磨煤单元磨成颗粒尺寸: $\leq 90\mu\text{m}$ 占90%、 $\leq 5\mu\text{m}$ 占 $\leq 10\%$ 、水分含量 $\sim 2\text{wt}\%$ 的粉煤,该粉煤经过粉煤输送单元加压与空分生产的氧气与蒸汽由粉煤烧嘴额喷入气化炉,在4.0MPa压力、1400~1700℃高温下充分混合,进行部分氧化反应,生成 H_2 、 CO 、 CO_2 为主要成分的合成气,一部分未反应的灰和煤进入液态熔渣。煤中的灰是以灰渣形式离开气化室的。在气化室内渣以液态形式沿着膜壁向下流动,未反应的呈熔融状态的灰渣与粗合成气一起经过均布激冷水的激冷环,灰渣被水激冷后沿下降管进入激冷室的水

浴中冷却,灰融状态的灰渣经过冷却固化,落入收渣室底部,经破渣机破碎除去大块渣后排入渣锁斗。渣锁斗经过减压以后,用灰水对管线和锁斗进行冲洗,使渣和水迅速进入捞渣机。渣排入渣池后,初始时隔离渣池两室的溢流阀保持关闭,固体灰渣降到刮板输送机上,通过刮板输送机把固体颗粒送出渣池落入渣车车厢,外运处理。

由于捞渣机刮板输送方式主要目的是把粗渣通过刮板从渣水池捞出,部分灰水仅仅通过重力流回渣池同捞出的粗渣进行初步分离,粗渣本身仍含有大约50%的自由水,粗渣落入运输车辆车厢后,渣、水开始分离,水因重力由渣间隙渗流,随着时间积累,形成一定的水位带,坑洼处部分水析出,车厢低洼处可见明显积水。由于车辆非密封型式,特别是车辆磨损后车底板、卸料口等处存在缝隙,大量的渣同灰水洒出,造成地面,尤其是外运路面的污染。这部分渣、灰水存在以下问题:

(1) 造成厂区地面、公共路面污染,特别是环保要求越发提高的情形下,对企业造成的负面影响极大。

(2) 大量的灰水流出,可能造成环境污染,也增加了系统水的消耗,不利于节能环保。

(3) 特别是气温低于 0℃的冬季,可能造成厂区地面、公共区域路面结冰,一方面不易清理,也增加了事故发生的潜在风险。

(4) 渣水混装,增加了渣外运的运输成本及能源消耗;同时,将大量灰水带入储存场所,增加了储存场所进一步处理难度。

2 问题分析

捞渣机出口渣、灰水未经过强制方式分离,致使大量水存于渣的空隙、间隙伴随渣一同落入渣车车厢,大部分水为游离态,部分水因渣温度存在呈水汽状,落入渣车车厢状态稳定后,水汽冷却成为液态水进入渣中,此部分水其中上部分同渣逐步分离在重力作用下渗流存于渣车车厢底部位置,此时渣车车厢渣呈现为上部分渣含水量低,松散状态,下部分含水量高,或者说呈渣水混合状态,凹坑处水汇集呈水洼^[1]。

3 渣、水特性分析

如何解决渣水初步分离问题,成为此时生产的重要课题。首先对渣、水特性进行分析,以寻求合适的初分方案。

3.1 渣的特性分析

湿法排渣,渣含水率为 40%-60%。渣具有一定的强度、硬度,不易破碎变形,不溶于水,具有一定的孔隙,密度大于水。其主要为无机矿物质和残留的碳质颗粒形成的固定残渣,粒径绝大部分为<5mm,小颗粒数量及占比主要受刮出时间影响,排渣前期因大颗粒沉降速度快主要以大颗粒为主,因小颗粒沉降慢,在一个循环排渣的后期主要以小颗粒为主。渣是复杂的混合物,其化学组成的差异主要与煤灰成分、助熔剂类型和添加量等有关,其化学组成通常为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 TiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等,其中以 SiO_2 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 为主。

3.2 水的特性分析

水有化合水、结合水、毛细管水、自由水、气态水,其中气态水会随着温度降低形成自由水。

粗渣中水分有四种存在形式:化合水分(内在水分)、结合水分(吸湿水分)、毛细水分、自由水分(游离水分)。

化合水分是作为物质的组成部分而存在,不能用物理脱水方法排除。

结合水是颗粒表面吸附的结果。因此,此类水分与物料表面性质(极性)及其表面大小有直接关系。结合水不能用机械方式脱除,干燥可脱除一部分,但当干燥物料与湿空气接触时,会吸附而再度“返潮”。

毛细水分是在毛细管压力作用下赋存在颗粒内部孔隙及颗粒之间微小间隙内的水分。其大小取决于三方面,

表面疏水性、孔隙率、粒度。毛细水分可用机械方法脱除一部分。

自由水是指颗粒机械地携带的水,充填于颗粒间隙中,不同之处是由于粗颗粒间隙大而容易受重力作用脱除,因而也称重力水,重力水很容易脱除,是重点脱除对象。

因此,在本方案中,渣的水分主要包括三种,即外在与内在水分,内在水分包括结合水和吸湿水分;外在水分包括毛细水和自由水,以气态存在的热态水分,该部分气态水分因渣温高而存在,不做考虑,本方案中外在水分仅考虑毛细水和自由水。

在四种水分形式中,化合水分是由物质种类所决定,与物料粒度无关,不能用脱水方法脱除,本方案不做考虑。其余三种水分形式都与粒度有关。结合水不能用机械方式脱除,须采用干燥方法,因不产生自由水,本方案不做考虑。

决定渣脱水方式的是毛细水分和自由水分。渣的毛细管水分主要存留在表面孔隙内,它是渣水分的组成部分,但对脱水方式不构成影响。由于实际生产中最大问题是渣含自由水过多造成的,而常规状态下毛细水分不会转化为自由水形式,本方案中毛细管水分不做重点脱除考虑对象^[2]。

因此,本方案重点考虑的是自由水脱除。

4 方案筛选

4.1 方案研究范围

考虑到渣水特性及分离需求,同选矿过程中的固液分离相近,把调研重点放在选矿过程所采用的固液分离技术。

目前,固液分离的基本方法有多种,根据不同的介质及工艺环节,选择不同的固液分离方法,常用的物理脱水方法有以下几种:

4.1.1 重力脱水:依靠重力作用实现的脱水,重力脱水方式有两种:

(1) 自然重力脱水:是指依靠物料颗粒表面水分的重力作用而实现脱水作用的方法,如选煤厂的固定筛、弧形筛、脱水斗式提升机及脱水仓的煤炭脱水等。

(2) 重力浓缩脱水:依靠细粒物料的自身重力作用,在液体中沉降的方法来实现固液分离的方法,如浓缩机、沉淀池等的浓缩脱水工作。

4.1.2 机械力脱水:是指依靠机械力实现水和物料的分离的方法。机械力脱水的方法有三种。

(1) 筛分脱水:是指依靠物料与筛面做相对运动时产生的惯性力而达到脱水目的,如摇动筛、共振筛、直线振动筛脱水工作等。

(2) 离心力脱水:是指利用离心力作用使固液分离的方法,如过滤式离心脱水机、惯性卸料离心脱水机、旋流筛、刮刀卸料离心脱水机、振动卸料离心脱水机和沉降式离心脱水机等脱水工作等。

(3) 过滤脱水:是液体透过滤介而留住固体,并用负压力或正压力加速其分离的一种固液分离过程。如

真空过滤机,板框压滤机,加压过滤机等脱水。

4.1.3 干燥脱水:干燥脱水是指利用热能使物料中的水汽化而蒸发的脱水方法,如热力干燥及日光暴晒等。

4.1.4 磁力脱水:是指利用磁场对磁性矿物产生的磁力来实现的固液分离的方法,如磁力脱水槽。

4.2 脱水方式及设备选择依据分析

(1)尽可能降低渣车车厢自由水的存在,底线为保证运输过程中渣水不外漏。

(2)受现场安装条件限制,尽可能占用空间小、便于安装。

(3)操作简便,不需要增设岗位及人员。

(4)有相似成熟使用案例,确保装置运行可靠稳定。

(5)便于拆装,拆装时间尽可能控制在1小时以内,确保拆除时间控制在30分钟以内,确保排渣循环程序正常。

(6)尽可能控制投资,及后续维修成本。

(7)尽可能可利用现有检修人员、设备、工具。

5 方案确定

通过周边涉及固液分离使用工况单位调研,特别是洗选煤厂、煤化工企业,结合固液分离设备制造厂技术交流,最终选择了四角悬挂安装型式的直线脱水振动筛方案。

其工作原理为:直线脱水振动筛采用双振动电机驱动,当两台振动电机做同步、反向旋转时,其偏心块所产生的激振力在平行于电机轴线的方向相互抵消,在垂直于电机轴的方向叠为一合力,因此筛机的运动轨迹为一直线。其两电机轴相对筛面有一倾角,在激振力和物料自重力的合力作用下,物料在筛面上被抛起跳跃式向前做直线运动,从而达到对物料进行筛选和分的目的。可用于流水线中实现自动化作业。具有能耗低、效率高、结构简单、易维修、全封闭结构无物料溢散的特点。

5.1 选择方案的优势特点

(1)筛分效率高,处理能力大,连续进出料,出口渣自由水含水率可控制到20%以下。

(2)筛机设计精巧和容易装配,一人即可操作筛机,可实现无人值守连续作业,不需要增设固定岗位人员。

(3)具有较宽筛选面积和处理能力调整能力,其孔径可通过更换筛板调整,振动力可通过电机偏心块调整,处理效率和含水率可通过振动筛出口倾角适度调整,进而可根据需要调整处理量、出口渣含水率。

(4)筛板安装方式合理,方便和快速更换筛网(常规维护或者更换筛板不需要拆下振动筛,10分钟内可完成),聚氨酯筛板,自洁性能好,使用寿命长。

(5)结构简单(设备本身尺寸控制在长度×宽度×高度:4.5m×2m×2m以内,垂直高度合适,落渣位置较原位置平移4.5米即可,现场条件满足),重量轻(设备本身重量2吨左右,不需要增加额外土建基础),在现有管廊钢构及捞渣机出料口支架处增设型钢吊架满足振动

筛四角悬挂固定即可。

(6)拆装方便,固定点为四个角,挂钩型式,拆装快捷,普通检修工即可胜任;重量轻,常规检修现有5吨叉车即可实现拆装倒运;易损件少,主要为筛板、弹簧、木楔等,使用成本低。

5.2 具体实施方案

5.2.1 初步确定的振动筛参数及示意图

筛面面积(m^2): 1.2×2.4 ,筛面倾角($^\circ$): $0 \sim 5$,筛孔尺寸(mm):0.15,筛板结构:聚氨酯条缝,最大激振力(kN):40,给料粒度(mm): ≤ 10 ,处理能力(t/h):12,振动频率(次/min):960,双振幅(mm):3~6。

其结构示意图:

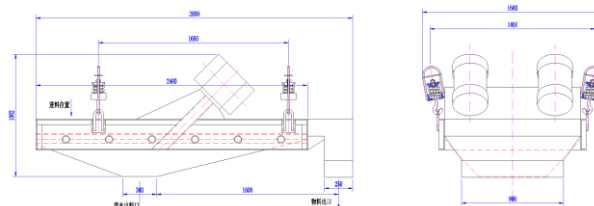


图1 结构示意图



图2 安装后的示意图

5.2.2 方案流程简述

渣水经捞渣机刮板运输至机头出料口落入振动筛,通过振动筛的高频振动由进料位置在筛面上被抛起跳跃式向前做直线运动,而水及比筛板孔小的部分颗粒通过聚氨酯条缝落入振动筛收集箱,由废水出料口流出,此处加装了收集管,将废水回流至捞渣机渣水池回用,从而达到渣水分离的目的至物料出口落入拉渣车车厢^[3]。

5.2.3 方案实施效果及存在问题

通过本方案,初步实现了外运渣的渣水分离目的,渣的含水量由捞渣机出渣口的50%降至20%左右,大大降低了渣水流失。

运行中暴露出问题有:

(1)气化炉排渣前期刮板运输渣量大时及细渣过多时,振动筛出渣口含水量仍过大,有肉眼可见的水迹。

(2)振动筛筛板容易堵塞,需经常冲洗。

(3)振动筛收水口容易堵塞不畅。

(4)振动筛进口处筛板使用寿命过短。

(5) 车厢底部仍有存水流出。

5.2.4 方案存在问题原因分析及优化措施

通过分析判断其原因有：

(1) 振动筛筛板面积偏小，瞬时渣量过大时无法满足工况要求；筛板缝隙偏小，渣量大时无法及时排出分离下的废水、细渣。

(2) 筛板缝隙过小，容易堵塞。

(3) 收水口细渣流动性差大量存积。

(4) 捞渣机出料口到振动筛筛面落差过大，造成渣水落下冲击筛面致损。

(5) 渣量过大时部分水未彻底分离排出，温差大，落入渣车的渣水降温，进一步析出自由水。

采取相应措施，对振动筛进行进一步优化，具体有：

(1) 更换振动筛，将处理能力由 12t/h 调整为 18t/h，筛面面积：1.5m×3.6m，由聚氨酯换成不锈钢材质，条缝由 0.15mm 扩大至 0.5mm。

(2) 收集箱增加冲洗水管。

(3) 捞渣机出料口加设缓冲挡板，减缓落渣速度及打散落渣；

(4) 对渣车底板进行修补，卸料口处焊一斜板，增加车厢底部容水空间，卸料口进行密封处理。

通过以上优化，基本解决了存在的振动筛运行问题，但仍出现筛板堵塞、收水口不畅情况，分析原因有：

(1) 不锈钢筛板振幅偏小，造成底部细渣粘附堵塞条缝。

(2) 筛板条缝过大，造成大量细渣落入收集箱。

采取了进一步优化措施：

(1) 振动筛入料口处保持不锈钢筛板，其他改为聚氨酯筛板。

(2) 入料口处筛板条缝间隙保持不变，离物料出口端含水量低筛板条缝调整为 0.35mm。

优化后的振动筛运行稳定，出口处含水量可降至 15% 左右，渣外运落渣、水问题基本解决。

6 结论

通过本方案的实施及持续优化，实现了外运渣水的初步分离，大大减少了粗渣外运过程中渣、水洒向路面造成环保事件、清理难度大、冬季道路结冰等问题，降低了后续渣处理难度，同时将分离出的水回收至系统，降低了新鲜水的消耗，进一步提升了气化装置清洁、环保、节能效能。对采取湿法排渣的气化技术渣的汽车外运或者皮带输送等预处理具有一定的借鉴意义。

【参考文献】

- [1] 宋瑞领, 蓝天. 气流床煤气化炉渣特性及综合利用研究进展[J]. 煤炭科学技术, 2021(15): 227-236.
 - [2] 刘艳丽, 李强, 陈占飞, 等. 煤气化渣特性分析及综合利用研究进展[J]. 煤炭科学技术, 2022(50): 257-263.
 - [3] 朱晨军, 王娟, 汪臻, 等. 煤气化细渣残碳燃烧中试装置及其资源化利用可行性研究[J]. 化肥设计, 2022(4): 060.
- 作者简介：刘东华（1984.12—），毕业院校：中国矿业大学，所学专业：过程装备与控制工程，当前就职单位：江苏晋控装备新恒盛化工有限公司，职务：机动部技术负责人，职称级别：中级工程师。