

一种皮带回程带料清洁系统设计方案

王晓磊

(中交一航局安装工程有限公司)

摘 要：为了清理回程皮带附着的物料，应用高压水冲洗技术并在回程皮带下游设置清扫器，清理附着在皮带面的物料和污水，有效解决了皮带机回程带料问题。通过结构设计，将高压喷嘴及清扫器完全封闭在箱体内部，与外界形成隔离，有效避免了污水和物料外溢对环境的污染。封闭箱体底部设置污水排放管，能够将污水有序排放至地面污水渠或污水收集坑，污水收集坑设置泵系统，能够将污水排放至厂区污水处理系统，是一种绿色环保皮带回程带料处理方案，可在皮带机回程带料处理中推广应用。

关键词：皮带回程带料；高压水清洗；清扫器；清洗箱

0 引言

皮带机输送物料在抛料滚筒卸料，经过一级清扫器和二级清扫器清理后还有一些附着在皮带表面的物料不能被清理，这种现象被称为皮带回程带料。尤其是一些黏性大、湿度大、附着性强的物料回程带料情况更加严重。随着皮带回程带料的积聚，会对环境、人员健康和设备使用寿命带来潜在危害，同时增加了大量维护费用。受皮带机清扫器性能和维护清扫器不及时的影响，在许多现场发生了严重的回程带料造成的事故。

为了解决皮带机回程带料问题，研究设计了一套高压水清理装置和污水收集系统。回程皮带通过高压水清理后，附着物料基本被清理干净，清洗过程产生的污水通过排污管排向污水收集坑集中处理。污水收集坑设置污水泵，可以将污水输送至污水运输车 and 厂区污水处理系统。皮带回程带料综合治理方案既有效清理了回程带料，又

对清理过程产生的废污水进行了集中处理，是一种绿色环保的皮带回程带料处理方案，可在皮带机回程带料处理中推广应用。

1 设计方案

皮带回程带料物料具有粒度小、密度低等特性，这些物料在皮带下游运行过程中，通过回程托辊和皮带振动作用下，形成局部堆积或逃逸在空气中造成环境 PM_{10} 超标。针对回程带料物料的特性，布置一套高效的皮带清洁装置用于清除皮带回程带料。抛料滚筒处布置一级清扫器和二级清扫器(有时布置三级清扫器)能够清理附着在皮带承载面上主要的物料，同时在抛料滚筒附近布置 1 个皮带清洗箱，皮带清洗箱与地面供水系统连通，皮带清洗箱能够喷射高压水清洗回程皮带，同时水分子与小粒度物料结合，形成大粒度水凝物自然掉落，最大限度降低回程外排。皮带清洁系统布置图如图 1 所示。

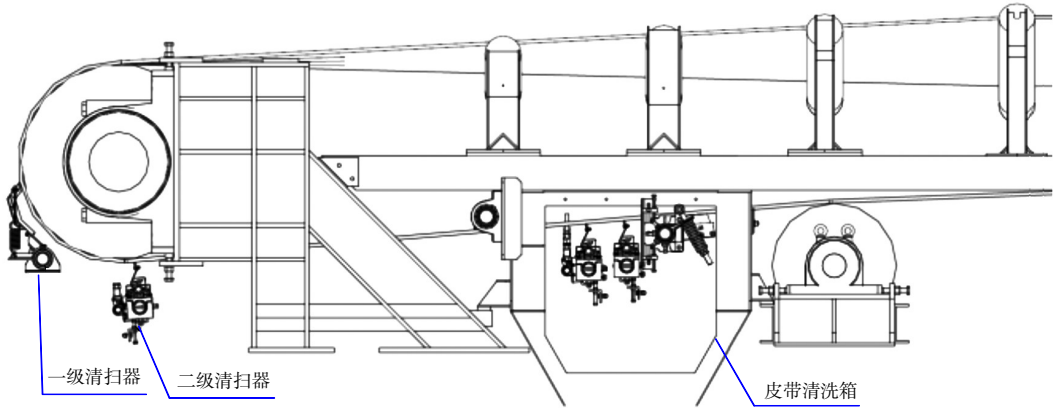


图 1 皮带清洁系统布置图

2 皮带清洗箱

皮带清洗箱由水管组件、清扫器、不锈钢箱体、观察窗、防护网等组成。皮带清洗箱构造图如图 2 所示。

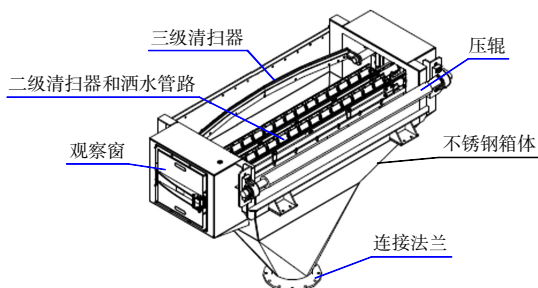


图 2 皮带清洗箱构造示意图

水管组件由喷嘴、喷嘴座、水管组成。喷嘴、喷嘴座、水管均采用不锈钢材质。喷嘴座与水管焊接连接，喷嘴与喷嘴座螺纹连接，水管与不锈钢箱体法兰连接，方便安装与维护。在洒水管上的喷嘴与回程皮带垂直面成 45° 夹角，喷嘴高压射流朝向回程带上游方向，间距 250 mm 布置。喷嘴喷射的高压水形成一把铲刀将附着在皮带表面的物料铲掉。喷嘴特性参数见表 1。

表 1 喷嘴特性参数

项目	参数
喷射形式	空心圆锥形
喷嘴直径/mm	1
喷嘴构造	直孔
喷嘴工作压力/MPa	0.3
喷嘴工作压力下喷射角度/ $^\circ$	120
喷嘴工作压力下流量/($L \cdot \min^{-1}$)	4
接口类型	外螺纹

喷水管后布置 2 个二级清扫器来清理剩余的附着在皮带表面的物料，一个三级 U 形刮刀清扫器用来清洁皮带面上多余的水。清扫器刀片和尖端选用碳化钨高耐磨材料。刮板应为多刀片形，刀片容易更换。清扫器刀片宽度大于皮带宽度 100 mm，保证刀片与皮带完全接触。清扫器采用不锈钢材质，适应潮湿的水淋环境。

不锈钢箱体为钢板焊接构件。不锈钢箱体上部为矩形框架体，下部为圆形结构法兰体，该法兰可以与排水管法兰螺栓连接。不锈钢箱体上部矩形框架体与下部圆形结构法兰体通过“天方地圆”过渡体渐变过渡，同时过渡体与水平面夹角不小于 60° ，保障排水顺畅。不锈钢箱体垂直皮带运

行方向设置左右 2 个观察窗，为内外双重门设计，皮带侧为钢丝网内门，人员通道侧为钢板式外门。不锈钢箱体上部矩形框架体将水管组件和清扫器包裹，与外界物理隔离，同时将清理下的物料和污水管控在不锈钢箱体内部，物料和污水管不能外溢到外界。

水管组件和清扫器安装在不锈钢箱体支撑板处。清扫器的张紧器、刮刀、水管组件可以通过打开观察窗外门进行检查。刮板和喷水管的维护，刮刀的更换，可通过打开钢丝网内门进行。要打开钢丝网内门时，其皮带机驱动电源必须切断，皮带机处于停止状态。

不锈钢箱体应具备重型工作制和高等级防腐要求，因此不锈钢箱体本体采用 316L 不锈钢材质，为了使煤泥水在皮带清洗箱内下排顺畅，不锈钢箱体内壁应抛光处理，达到 2B 等级^[1]。皮带清洗箱及下水管示意图如图 3 所示。

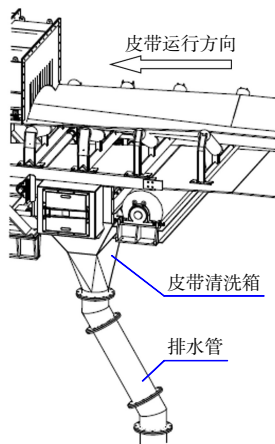


图 3 皮带清洗箱及下水管示意图

1 个或 2 个压带辊布置在皮带清洗箱两侧或中间位置，保障皮带和清扫器有良好的接触，同时防止皮带运行过程振动或弹跳，造成与清扫器和水管组件间隙变大，影响清理效果。该压辊不改变皮带的运行角度，承受的皮带张力几乎为 0，因此选用轻型制压辊或用回程托辊代替。

3 洒水控制单元

皮带清洗箱采用集中控制方式控制洒水开闭。皮带清洗箱控制信号与皮带机控制信号互锁，皮带机带载运行前，皮带清洗箱洒水提前开启；皮带机排空物料后，皮带清洗箱洒水延时关闭。

洒水控制单元进水口与地面供水系统连接，出水口与皮带清洗箱连接。洒水控制单元由管子及管件、水力元器件、固定板等组成。水力元器

件主要由切断阀(球阀)、过滤器、压力调节阀、压力表、流量开关、电磁控制阀、旁通阀等组成。

其中，切断阀选用手动球阀形式，系统运行时切断阀设置为常开模式。可手动关闭阀门从而切断皮带清洗箱与地面供水管路系统连接，方便皮带清洗箱维修。在切断阀下游设置过滤器，用于过滤水中沙石等异物，防止堵塞下游皮带清洗箱里的喷嘴。压力调节阀用于调节地面供水系统给皮带清洗箱的系统压力，保证为喷嘴提供合理压力。压力表用于读取实际输入至皮带清洗箱的水压。可选用过滤器、压力调节阀、压力表一体化三联件或压力调节阀、压力表一体化二联件。

流量开关用于检测地面供水系统流量，当系统流量降低时，流量开关发出警报信号，通知人员及时检查供水系统管路。电磁控制阀控制信号与皮带机控制信号联通并互锁，电磁控制阀信号接入中央控制系统。旁通阀与电磁控并联连接，系统运行时旁路阀设置为常闭模式，地面供水系统与皮带清洗箱开、关正常工况由电磁控制阀控制。当电磁控制阀故障时，可手动打开旁通阀，保证地面供水系统为皮带清洗箱正常供水。上述洒水控制单元元件集中安装在固定板上，固定板与皮带机清洗箱附近的皮带机支架固定。洒水控制单元原理图^[9]如图4所示。

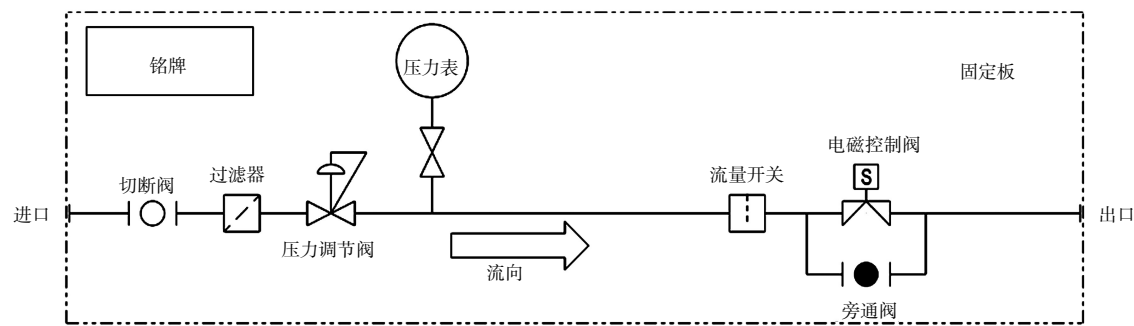


图4 洒水控制单元原理图

4 排水管

排水管顶部设置法兰，与皮带清洗箱下部法兰连接。排水管根据现场实际情况布线，排水管应与水平面大角度布置，同时布线管路严禁水平布置，保障排水顺畅。为了方便现场运输和安装施工，排水管采用分段式法兰连接。排水管选用不锈钢标准直径系列管，分段管路两侧焊接不锈钢法兰。排水管设置管夹并现场设施固定连接，管夹间距为2~3 m，并优先布置在管路改向处。排水管头部、尾部应布置管夹。排水管尾部设置45°倾斜段，防止排水垂直冲击地面发生飞溅。

5 污水收集、分离系统

污水收集、分离系统由污水渠、污水收集池、污水泵及管路、污水收集喷淋系统组成。污水收集、分离系统控制信号与中央控制系统联通。

在地面设置污水渠，污水渠一直延伸到污水收集池。根据现场实际情况，1个污水收集池可以接受多个污水渠排来的污水。

污水收集池有1个泵室和1个污水室，泵室和污水室之间设置1道过滤筛。污水先进入污水

室，经过过滤筛进入泵室，由污水泵将过滤后的污水输送到厂区污水处理系统。收集池设置1个斜坡，装载机或类似设备通过斜坡进入污水收集池，清理过滤筛分离的固体废物。污水泵外形图见图5，污水泵数据见表2。

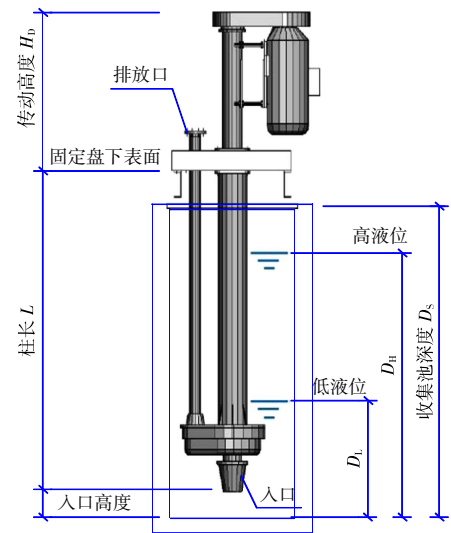


图5 污水泵外形图

表 2 污水泵数据表

项目	参数
泵总成类型	垂直轴悬臂离心泵
工作制	间歇性
安装装置	户外
泵轴长度 L/mm	2 400
传动高度 H_0	见制造商标准
入口高度/mm	150
低液位深度 D_l/mm	600
高液位深度 D_H/mm	1 800
收集池深度 D_s/mm	2 300
收集池尺寸 $L \times W/\text{mm}$	1 350×1 350
吸口直径/mm	175
出口直径/mm	100
出口连接形式	平面法兰 PN16 根据标准 HG/T20592
驱动配置	电机配 V 型皮带
电机方向	立式 C 型电机轴向上
定速或变速	定转速
电机额定功率/kW	37
极数	4
启动方式	直接启动

5.1 污水泵控制原理

污水收集池泵室有高液位和低液位检测开关。污水泵通常在自动模式下运行。当液位升高至设定的高度后，触动检测开关，污水泵自动开启运行。污水泵持续运行，至到污水降到设定的低液位后，检测开关被触发，污水泵关停。

流量计用来观测泵排放的流量，为了得到正确的数值，流量计应设置在距离污水收集池足够远处。如果泵运行过程中，流量计检测到管线中的流量低，表明堵塞可能已经形成或正在形成。当这种情况发生时，会在中央控制室的 HMI 上显示警报；如果流量进一步下降，低于预设值，PLC 会将泵停止运行。

在自动模式下，控制系统能够从中央控制室远程开闭污水泵，也能够机旁开闭污水泵。比如，当需要清除收集池内的固体废物时，可用机旁

箱控制污水泵的启闭。

排污管选用聚乙烯(PE)管。管路大约每隔 30 m 布设 1 个法兰接口，每个法兰后设置 1 个冲洗管口，用于清理管线的堵塞。排污管的每个死角处设置 1 个排空口。排污管线包含 1 个止回阀，布置在污水泵排放口的上游附近，防止污水倒流回集水坑中。

5.2 收集坑喷淋系统

在污水泵进水口周围设有喷淋水，防止污水泵运行时堵塞。

收集坑喷淋系统设置有手动切断节流阀，用于控制喷淋水的流量，同时也可在维修喷头及内联设备时隔离水源。过滤器被设置在节流阀后，过滤水中可能堵塞喷嘴的杂质。过滤器下游设置电磁阀，作为自动控制喷淋水的开闭。水泵启动时打开阀门启动喷淋；水泵停止时关闭喷淋。喷淋水流量由控制系统通过流量开关控制。当流量开关的状态与节流阀的状态不一致时，控制系统会发出警报。喷淋系统运作中检测到故障时，不影响污水水泵的运行。

6 结语

本次设计方案调研了现场皮带回程带料现状和处理方法，研制过程中考虑了使用性、维护性、安全性等因素，可减少皮带回程带料的外排、设备周围的散落料和清洁用工数量，减轻洒落料和聚积料对设备和结构造成的腐蚀。污水收集系统可以大大加强对生产污水的控制，是清洁生产的重要组成部分，同时也积极地控制了灰尘的排放，可有效提升企业厂区的清洁程度。

参考文献：

- [1] 中国重型机械工业协会,《中国重型机械标准》编写委员会. 重型机械标准[M]. 云南: 云南科技出版社, 2008.
- [2] 成大先. 机械设计手册(最新第五版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [3] 任好玲, 林添良, 陈其怀, 等. 液压传动[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.