

离心沉降式脱水机在煤泥脱水中的应用

陈 昱, 邹雪晴

(北京圆之翰煤炭工程设计有限公司, 北京 100088)

摘 要:根据离心沉降式脱水机的工作原理,分析了影响离心脱水机效果的各种因素,并结合矿井水处理中煤泥的性质,论述了离心沉降式脱水机在煤泥脱水处理中应用的特点,指出与其它形式的机械脱水设备相比自动化程度高、适应性强、运行管理简单等显著优势,同时也指出其具有运行电耗较高的不利因素。

关键词:离心脱水机;矿井水;煤泥;脱水

中图分类号:X752

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2011.08.018

0 引 言

矿井水在煤炭工业中特指煤炭开采过程中从井下或露天矿排出井外的采煤废水。由于井下排出的矿井水中含有大量的煤尘、矸石粉末等杂质,随着水的澄清过程,矿井水中的悬浮物作为煤泥被分离出来,矿井水处理产生的煤泥具有含水率高、煤泥量大的特点。解决矿井水处理产生的煤泥的有效措施是对污泥进行脱水减量化处理。我国各煤炭企业煤泥处理一般采用机械脱水方式,而离心脱水机具有脱水效果好、脱水后煤泥含水率低、全封闭运行、自动化程度高、操作管理简便、调节灵活、设备体积小等优点,非常适宜在矿井水处理系统煤泥脱水中应用。

离心脱水机分为离心沉降式和离心过滤式两种,在煤矿企业煤泥脱水中通常采用离心沉降式。本文简要介绍离心沉降式脱水机(以下简称离心脱水机)的工作原理,结合在矿井水处理煤泥脱水中的应用分析影响离心脱水机效果的因素,并与其它机械脱水设备进行了技术比较。

1 离心脱水机的工作原理

离心脱水机主要由转鼓、螺旋、差速系统、驱动系统及控制系统等组成(图 1)。在高速旋转产生的离心力作用下,利用固液两相的密度差,加快固相的沉降速度,实现固液分离。在实际运行中,污泥通过入料管道被送入转鼓内,螺旋和转鼓高速旋转产生离心力,使污泥在转鼓和螺旋之间形成一个圆柱形液环层,比重较大的固体颗粒在液环层内由于离心力较大,向转鼓壁移动,并沉降到转鼓内壁形成泥渣

层,再利用螺旋和转鼓的相对速度差把泥渣推向转鼓锥端,泥渣推出液面之后在离心力作用下脱水干燥,从而实现污泥脱水,脱水泥渣由螺旋推向排渣口排出,上清液从转鼓大端排出^[1]。

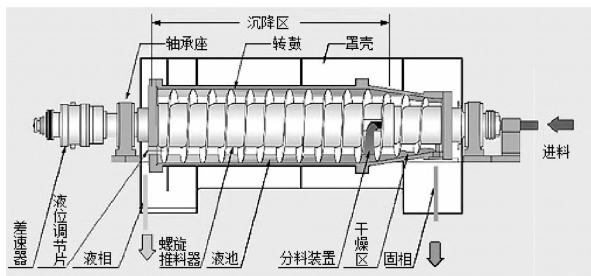


图 1 离心脱水机工作原理示意图

Fig. 1 Working principle diagram of centrifugal hydro-extractor

2 影响离心脱水机脱水效果因素分析

2.1 不可调整的机械因素

离心机的转鼓直径、有效长度、转鼓半锥角、螺距、螺旋类型等属于设备定型参数,不能在实际运行中调整。

转鼓直径大和有效长度长,分离效果好。目前离心脱水机的发展趋势倾向于高转速和大长径比,以适应低浓度、固相密度小的污泥处理,同时进一步降低泥饼含水率。

转鼓半锥角影响离心机输渣能力及离心液的澄清度,半锥角大,离心液澄清效果好,但输渣能力降低。目前各厂家生产的离心机半锥角大小一般在 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 范围。

螺距大小影响输渣能力,难分离物料如活性污泥,采用为转鼓直径 $1/5 \sim 1/6$ 的小螺距,以提高输渣效果。对于易分离物料,采用较大的螺距

(转鼓直径的 $1/2 \sim 1/5$) 以提高输渣能力。

螺旋的类型根据液体和固体在转鼓内相对移动方式的不同分为逆流式和顺流式。逆流式的加料腔在螺旋中部,固相仅停留其通过圆锥部位所需的时间,效率较高,处理能力强,但沉降区域内已沉降的固体颗粒扰动较大,一般适用于固液密度差大,易分离物料。顺流式的进料口在转鼓端部,离心机全长都起到了沉降作用,从而使分离效果得到提高,适用于固液密度差小、沉降性能差、含量低的难分离物料。由于顺流式延长了停留时间、入料干扰影响小,同等入料条件下较逆流式絮凝剂的使用量小。

矿井水处理过程中被沉淀分离出来的煤泥主要成分是煤粉和矸石粉末,密度较大,排泥浓度相对较高,离心机分离因素在 $2\,600 \sim 3\,500$ 均能取得较好的脱水效果。煤泥属于易分离物料,可以采用 $12 \sim 15^\circ$ 半锥角和 $1/3 \sim 1/5$ 的螺距,并可选用处理能力大的逆流式离心机以获得更高的单位处理效率。

2.2 可调整的机械因素

包括转速、差速度、液环层厚度等,这些因素在运行中可以根据工艺条件进行调整。

液环层厚度影响离心机的有效沉降容积和干燥区长度。液环层厚度增加,锥端无水区面积减少,泥渣的脱水时间缩短,泥饼含水率升高,但沉降面积增大,滤液的质量会提高。合理调整液环层厚度,可以使泥饼含水率和滤液质量达到一个比较合理的水平。

离心机分离因素是评价脱水效果的重要参数,离心机的分离因素用公式(1)描述:

$$F_r = \frac{r\omega^2}{g}; \omega = 2\pi \frac{n}{60} \quad (1)$$

式(1)中: F_r : 离心机的分离因素; r : 转鼓半径(m); ω : 离心机的角速度(rad/s); n : 离心机的转速(r/min); g : 重力加速度(m/s^2)。

根据分离因素的公式,高转速分离效果好,但高转速对机体材料强度要求高,磨损大,动力消耗、振动及噪声水平也会增加,转速过大还会使污泥絮凝体被破坏,反而降低脱水效果。在矿井水处理中煤泥脱水应用中,分离因素在 $2\,600 \sim 3\,500$ 之间的离心机实际使用情况良好。

差速度是转鼓与螺旋的转速差,直接影响排渣能力、泥饼含水率和滤液质量,是离心式污泥脱水机运行中需要根据运行情况进行调节的最重要的机械参数。差速度大排渣能力强,沉渣脱水时间缩短,脱水后泥饼含水率大。但差速度过大会使螺旋对澄清区液池的扰动加大,影响到滤液质量。

降低差速度,沉渣脱水时间延长,脱水后泥饼含水率低,螺旋对澄清区物料的扰动小,滤液质量好,但会降低离心机处理能力。差速度通过差速器调整差,液压式差速器由液压泵驱动,调速性能较机械式好。

矿井水处理中有煤泥浓度变化大的特点,因此运行中经常需要根据煤泥浓度调整差速度以满足排渣能力、泥饼含水率和滤液质量的多重要求。采用液压式差速器配合液压监测可以实现自动化控制,调整范围较大,灵活性高,更适用于煤泥脱水要求,但采用液压式差速器的设备价格相对较高。

2.3 工艺因素

固相颗粒密度越大越容易分离,对于颗粒细小的矿井水处理站煤泥,絮凝效果直接影响离心脱水效果。煤泥进入离心脱水机时一般采用 PAM 进行调质,由于各矿井煤质、矸石种类差异较大,煤泥调质适宜的 PAM 种类和投加量也不尽相同^[3],需要在运行调试期间通过试验确定。

离心脱水机运行时,设备处理能力、差速度、液环层厚度、PAM 投加量互相影响,在一定范围内,差速度与液环层厚度的控制与絮凝剂投加量的控制互为补充,在达到一定泥饼含水率的前提下,当差速度降低,液环层厚度增大时,泥渣停留时间长,分离效果好,可节省絮凝剂投加量,但会降低离心机的处理能力。

离心脱水机煤泥浓度的适应性较强,入料含水率在 $99.5\% \sim 90\%$ 时,都可获得良好的脱水效果^[4],矿井水处理中产生的煤泥可直接絮凝后进入离心机脱水,不需要浓缩,但稳定的入料浓度却是影响离心机运行的重要因素。矿井水处理站通常设有污泥池储存调节池及沉淀池定期排出的煤泥,由于煤泥比重较大,静置后很快分层,污泥池内不同部分的煤泥浓度的差异给煤泥调质带来了很大的困难,进入离心脱水机的煤泥浓度不断变化,使 PAM 无法定量投加,或造成调质效果差,影响泥饼含水率和滤液质量,或造成药剂浪费,使脱水效果不稳定。因此设计中应保证煤泥均质,在污泥池内设置搅拌机是较为简便的均质煤泥措施^[5]。

3 离心脱水机与其它脱水设备的比较

目前在矿井水处理站运行的机械脱水设备除离心脱水机外,有板框压滤机和带式压滤机两种。

晋煤集团长平煤矿矿井水处理站一期工程煤泥脱水采用 2 台 1.5 m 带式浓缩脱水一体机,二期工程使用选煤厂闲置的隔膜式板框压滤机,并配置了入料搅拌桶。设备运行工况见表 1。

表 1 板框压滤机与带式脱水一体机运行工况对比

Table 1 Plate and frame filter press and belt press filter operation condition comparison

设备名称	板框压滤机	带式浓缩脱水一体机
型号	KM300/2000	DNYA-1500
过滤参数	过滤面积 300 m ² ,入料量 70 m ³ /h,1 台	带宽 1.5 m;入料量:15~40 m ³ /h. 台,2 台
入料泵参数	渣浆泵,50ZJ-I-A46,Q=77 mm ³ /h, H=82.3 m,55 kW,2 台,1 用 1 备	螺杆泵:NM053,Q=20~30 m ³ /h,H=0.3 MPa,5.5 kW,3 台,2 用 1 备;变频调速
冲洗泵	KQW50/220-7.5/2,Q=10.8 m ³ /h,H=60 m,7.5 kW,1 台,卸料后冲洗 10~15 min	KQW65/220-11/2,Q=21.6 m ³ /h,H=61 m,3 台,2 用 1 备,连续运行
搅拌桶	V=30 m ³ ,搅拌机 7.5 kW	
加药设备	PAM 加药设备,加药流量 1.5 m ³ /h,2.2 kW,1 套,加药量 2~3 gPAM/kg 干煤泥	PAM 加药设备,加药流量 1.5 m ³ /h,2.2 kW,2 套,加药量 4~5 g PAM/kg 干煤泥
入料浓度	95%~98%(质量分数)	95%~98%(质量分数)
泥饼含水率	68%~74%	72%~78%
过滤材料寿命	6~9 个月更换一次滤布	运行两年,更换过三次滤带
运行周期	3~3.5 h	连续

从实际运行情况看,板框压滤机与带式浓缩脱水一体机均满足煤泥脱水要求,板框压滤机泥饼含水率略低,但板框装机功率较大,能耗较高.由于矿井水处理站煤泥颗粒细小,压滤时,板框滤布压力上升很快,入料 20~25 min 后,压力即上升至入料泵额定压力,继续持压 2~2.5 h 后才能保证泥饼含水率要求,卸料后泥饼粘性较强,滤布需要人工清理,因此运行周期较长,虽然单台板框设备处理能力大,但日处理量与一期的带式浓缩脱水一体机相仿.据操作工人反应,板框压滤机运行操作复杂,劳动强度大.带式浓缩脱水一体机全自动运行,过程不需人工干预,但当煤泥入料浓度突变,PAM 加药量未及时调整时,滤带容易跑浆滤液质量较差.滤带磨损较快,更换滤带成本较高.

潞矿集团司马矿矿井水处理站设计采用 1 台转鼓直径 450 mm,转鼓长 1 800 mm,分离因素为 3 000 的逆流式离心脱水机,锥角 12.5°,螺距 1/4,电机功率 30 kW,转鼓及螺旋材质为 S304 不锈钢,采用摆线针轮机械式差速器,螺杆泵入料,设计入料量 15~20 m³/h,调节池底泥与沉淀池底泥在煤泥池混合,浓度 96%~98%(质量分数),采用阴离子型 PAM 调质,运行时加药量根据底泥浓度为每 kg 干煤泥 2~4 g PAM,脱水煤泥含水率 70%~74%.运行时根据泥饼含水率,调速差速器差速比,泥饼含水率偏高时,减少差速比,延长停留时间.每次工作结束后,打开清水进水阀门 5~10 min,耗水量较低.设备运行两年多,脱水效果良好,由于煤泥在全封闭的转鼓内脱水,车间环境较好,缺点是运行噪音较大,实测噪音 80~85

dBA,机械机差速器不易调整,需要管理人员根据排渣情况人工操作,曾发生过未及时调整差速器导致排渣堵塞事故.S304 不锈钢耐腐蚀性不强,螺旋磨损较严重.

板框压滤机工作的最大特点是间歇运行,自动化程度相对较低,操作人员工作量较大,卸料结束后,通常需要人工进行滤布冲洗,冲洗耗水量中等.脱水泥饼含水率低,但设备体积大,重量大,设备价格高,运行电耗中等.由于卸料、冲洗均在开敞的空间中进行,操作环境较差.

带式压滤机连续运行,可实现全自动控制.设备体积中等,重量较小,价格较低,运行电耗低.脱水泥饼含水率较高,带式压滤机运行时需要连续冲洗,耗水量较大,大量冲洗水增加滤液回流系统的压力,同时也增加了水处理系统的负荷.脱水效果受絮凝效果影响较大,絮凝效果不佳时易跑浆或影响泥饼含水率^[2].目前设计良好的带式压滤机机架上均带有护板,使脱水过程在一个相对封闭的空间里进行,但运行过程中仍不可避免有泥水溅出,操作环境好于板框压滤机但较离心脱水机差.

与上述两种脱水设备相比,离心脱水机与具有连续工作的特点,运行过程中不需要冲洗水,一个工作班次结束后,只需少量冲洗水即可将脱水机清理干净,不需专用冲洗泵.离心脱水机泥饼含水率优于带式压滤机.设备脱水效果受煤泥絮凝程度影响较小,并可通过调整差速、环流层厚度等参数调整脱水机运行工况,改善泥饼含水率.设备可实现全自动运行,自动化程度最高,管理简便.

设备体积相比最小,机体重量大致与相同处理能力的带式压滤机相当或稍大,煤泥脱水过程在全封闭的转鼓内进行,操作环境干净卫生. 但由设备对材质要求高,特别是在煤泥脱水处理中,需要选用 316L 或双相不锈钢材质的设备,以提高抗磨性能,延长设备使用寿命,但价格较高. 由于设备需要驱动沉重的转鼓和螺旋高速旋转,功率大,电耗高,运行噪音较大.

4 结 语

由于离心脱水机具有脱水效果好、自动化程度高、运行管理方便、对絮凝效果要求相对较低、设备体积小,操作环境好,操作管理相对简单,脱水车间占地面积小的特点,而煤炭企业矿井水处理中所排出的煤泥具有比重大,易沉降分离,脱水性能好的性质,因此离心脱水机特别适合在矿井水处理站煤泥脱水中应用. 但离心脱水机也具有

电耗高的不利因素,在设计时需要结合矿井水处理规模,煤泥处理量,总平面布置、工程造价等方面因素综合考虑.

参考文献:

[1] 王洪臣. 城市污水处理厂运行控制与维护管理[M]. 北京:科学出版社.

[2] 郑小明,王海亮,朱斌. 排泥水处理技术在闵行一水厂的应用[J]. 给水排水,2003,29(6):14-17.

[3] 高荣,龙战元,张业兵,等. 沉降过滤式离心脱水机在汪家寨洗煤厂的应用[J]. 煤质技术,2010(3):46-49.

[4] 刘莉. LWZ1200×1800A 型沉降过滤式离心脱水机在滴道矿洗煤厂的应用[J]. 煤质技术,2011(2):30-33.

[5] 卡洛里斯. 沉降式卧螺离心机分离技术[J]. 中国给水排水,2002,18(8):11-14.

Application of centrifugal hydro-extractor in mine drainage disposal and coal sludge dehydration

CHEN Yu ,ZOU Xue -qing

(Beijing YZH Coal Engineering Design CO. ,LTD,Beijing 10088,China)

Abstract: Various factors affecting the function of centrifugal hydro-extractor on the basis of its working principle were analyzed. The application features of centrifugal hydro-extractor in coal sludge dehydration in light of the coal sludge properties in mine drainage disposal were discussed, and pointed out that in comparison with other machinery, centrifugal hydro-extractor has such prominent advantages as high automation, strong adaptability and easy operation management in spite of the such disadvantages as high power consumption in operation.

Key words: centrifugal hydro-extractor; mine drainage; coal sludge; dehydration

本文编辑:龚晓宁