

45 m³机械搅拌式浮选机的设计与应用

张鹏^{1,2}

(1. 中煤科工集团唐山研究院有限公司 河北唐山 063012; 2. 河北省煤炭洗选工程技术研究中心 河北唐山 063012)

摘要:为实现浮选机的大型化、高效化、节能化,设计了45 m³机械搅拌式浮选机。阐述了45 m³机械搅拌式浮选机的结构和工作原理,重点分析了浮选机的槽体、叶轮、定子、刮泡机构、假底稳流板等关键部件的设计要求。浮选机清水性能试验表明:叶轮转速137.58 m/s,浸没深度895 mm时,浮选机工艺指标最优。45 m³机械搅拌式浮选机在大阳泉选煤厂的应用结果表明:改造后浮选精煤灰分为10.69%,尾煤灰分为55.35%,浮选精煤产率为68.03%,满足生产要求,且浮选机对不同粒级煤泥都有很好的回收效果。与FCMC3000浮选柱相比,在入料灰分相差不大的情况下,XJM-S45浮选机的尾煤灰分、精煤产率、可燃体回收率、浮选完善指标分别提高了18.61%、18.84%、23.90%、18.30%。

关键词:浮选机;大型化;叶轮;转速;浸没深度

中图分类号:TD456 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2014)04-0011-04

Design and application of 45 m³ mechanical flotation machine

ZHANG Peng^{1,2}

(1. Tangshan Research Institute Co., Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Tangshan 063012, China;

2. Coal Separation Engineering and Technology Research Center of Hebei Province, Tangshan 063012, China)

Abstract: Research and design a 45 m³ mechanical flotation machine in order to achieve a large-scale high efficiency energy conservation flotation machine. Describe the structure and operating principle of the flotation machine, focus on the structural design of the tank impeller, stator, scraping bubble agencies, steady flow plates in the flotation machine. The performance test by water flotation machine show that, when the impeller speed is 137.58 m/s, immersion depth is 895 mm, the flotation machine has a optimal process indicators. The application of 45 m³ mechanical flotation machine in Dayanguan coal preparation plant shows that, the ash of clean coal is 10.69%, the ash of tailings is 55.35%, the yield of clean coal is 68.03%. The flotation machine has good recovery effects on different size fractions slime. Compared with FCMC3000 flotation column, in the case of the feed ash has a little difference, the tailings ash, coal yield, combustible body recovery improve index of the XJM-S45 flotation machine flotation increased by 18.61%, 18.84%, 23.90%, 18.30%.

Key words: flotation machine; large-scale; impeller; speed; immersion depth

0 引言

浮选是细粒和极细粒煤泥分选中效果最好的一种方法^[1]。机械搅拌式浮选机是煤泥浮选中应用最广泛的设备。随着煤炭机械化开采程度的提高,原生煤泥越来越多^[2-4],-0.5 mm煤泥含量急剧增加,煤泥浮选困难^[5-7]。与此同时,随着选煤厂规模的日益扩大和市场竞争的激烈,用户对煤炭质量的

要求不断提高,实现大型化^[8]、高效化、节能化成为未来浮选机的发展方向。中煤科工集团唐山研究院有限公司(简称唐山研究院)拥有XJM-S型浮选机的全部自主知识产权^[9-10],目前已形成单槽容积4~36 m³共13个规格的产品,占据了国内机械搅拌式浮选机70%左右的市场份额。为适应市场对浮选机大型化的发展要求,唐山研究院研究开发了单槽容积更大的XJM-S45型45 m³机械搅拌式浮选机。

收稿日期:2014-04-17;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2014.04.004

基金项目:科研院所技术开发研究专项资金资助项目(2008EG122187)

作者简介:张鹏(1978—),男,河北唐山人,工程师,主要从事浮选机的设计、研发工作。E-mail:zpp525@163.com

引用格式:张鹏.45 m³机械搅拌式浮选机的设计与应用[J].洁净煤技术,2014,20(4):11-14.

ZHANG Peng. Design and application of 45 m³ mechanical flotation machine[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(4): 11-14.

1 45 m³浮选机的结构和工作原理

45 m³浮选机主要由搅拌机构、槽体、驱动装置、刮泡机构、支架等组成,搅拌机构主要由主轴、过流部件、钟形罩、套管架、吸浆管、轴承等组成。

电机通过三角带使大带轮转动,带动搅拌机构底端的叶轮以一定线速度旋转,煤浆由于叶轮的旋转产生漩涡,在一定范围内形成负压,负压的大小主要由叶轮转速和叶轮浸没深度决定。此时,入浮煤浆以一定流速进入浮选机第一槽,通过假底吸入到叶片间,另一部分煤浆通过叶轮上吸口进入叶轮,叶轮上部产生的负压将空气和药剂吸入叶轮腔,煤浆、空气、药剂在这里充分混合,并被叶轮径向甩出,由叶轮周边排出。定子将排出的煤浆由切向旋转流变为径向煤浆流,同时产生一个局部湍流场,空气与煤浆在这里进一步混合,之后三相混合物进入浮选区,完成浮选分离过程。矿化气泡上升到泡沫区,由刮泡机构刮出,未被及时处理的煤浆进入下一槽,过程同前,最后排出浮选尾矿。

2 45 m³浮选机的设计

2.1 槽体设计

目前,机械搅拌式浮选机通常采用矩形断面的槽体结构,能提高空气的充气均匀度和液面的平稳度,改善浮选选择性,增大煤浆和煤粒的分离精度,提高浮选机效率。槽底两侧为带有一定角度的倾斜面,避免泥沙堆积槽底,有利于煤浆向槽体中心流动后进入叶轮腔处理,减少煤浆短路,提高煤浆处理能力。矩形槽体的设计增大了浮选机的搅拌和捕捉区域,延长浮选时间,节省设备占地面积,节约基建投资。

2.2 叶轮设计

叶轮是机械搅拌式浮选机的核心部件,起着搅拌、循环煤浆、吸入、分散空气和药剂的重要作用,其设计与制造质量决定浮选机的机械性能和工艺性能。叶轮又是决定煤浆悬浮能力、空气分散能力、吸浆能力、动力消耗和液面稳定性的关键部件。

2.2.1 叶轮形状设计

机械搅拌式浮选机的叶轮为双层伞形结构(图1),这种结构有利于形成煤浆“W”型循环路径的合理流动状态。煤浆可以从叶轮的上、下吸口进入叶轮腔,增大叶轮处理能力,加速矿化气泡上浮,加快浮选速度,提高浮选选择性。叶轮通过斜度为1:

20的圆锥轴伸固定在主轴上,便于叶轮的装卸,减轻工人劳动强度。

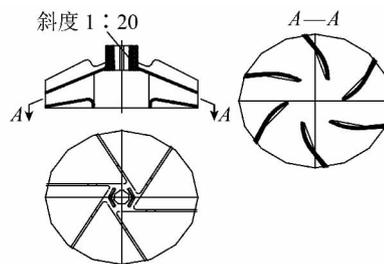


图1 叶轮结构

2.2.2 叶轮转速的确定

浮选槽内的流体是气、液、固的三相混合体系,流动状态非常复杂。叶轮线速度是考察机械搅拌式浮选机性能指标的重要参数,决定了浮选机的空气吸入量、气泡的均匀程度、功率消耗、最大煤浆吸入量等重要技术指标。适当的叶轮线速度能够确保空气在浮选机截面均匀弥散,气泡直径满足浮选工艺要求,增加矿粒与气泡碰撞和黏附机会等。

叶轮既要产生一定的搅拌力,又不能在槽内产生较大的搅拌强度。过高的转速会造成浮选分离区不稳定,导致液面翻花,降低气泡矿化能力,同时增加额外的功率消耗;过低的转速不能产生足够的充气量,同时恶化药剂的雾化效果,增加药耗,降低精煤产率,易产生矿化“死角”。适当的转速有利于煤粒、空气、药剂在浮选槽内均匀分布,在一定程度上改善浮选效果。

采用结构合理、参数优化的叶轮,在提高浮选机工艺指标的同时,尽可能降低叶轮转速,可降低能耗,提高叶轮、定子等易损件的使用寿命。叶轮直径、转速与线速度的关系为 $v = \pi DN/60$,其中 v 为叶轮线速度, m/s; D 为叶轮直径, m; N 为叶轮转速, r/min。目前大多数浮选机的叶轮线速度为 8 ~ 12 m/s。

2.2.3 叶轮材质的选择

随着入浮煤泥中细粒含量的增多,对浮选机易损件使用寿命的要求也逐渐提高。通常浮选机的过流部件中叶轮磨损最为严重,材料一般为合金铸钢,耐磨性和抗腐蚀性较差,在生产过程中易受煤浆冲击和药剂腐蚀,使用寿命短,更换频率高。此外叶轮的磨损会导致叶轮和定子盖板间隙增大,造成浮选机充气量和充气均匀度下降,煤浆流动不畅,液面“翻花”,药剂消耗量大,影响浮选指标的稳定性。基于此,唐山研究院研发了具有良好耐磨性及抗腐蚀

性的高铬合金,使用寿命是普通材料 ZG40Mn2 的 4~5 倍,提高了浮选机工作的可靠性,有效控制了材料的消耗成本,减少了设备更换维护频率,降低了工人劳动强度,保证了生产稳定性。

2.3 定子设计

根据机械搅拌式浮选机的工作特点,定子采用鼠笼式结构,由 20 个斜叶片组成,安装在叶轮下方,由螺栓固定在假底上。煤浆在浮选槽内处于紊流状态,而分离区和泡沫区又需要相对稳定的环境,定子的 20 个斜叶片将叶轮产生的煤浆切向旋转流转化为径向流,避免了煤浆在浮选槽中打旋,有利于形成稳定的泡沫层,实现煤浆在槽内的再循环,保证叶轮最大程度吸取煤浆。叶轮和定子之间产生强烈的剪切力环形区域,促进微小气泡的形成,有利于药剂的雾化和煤浆的矿化。

2.4 刮泡机构设计

XJM-S45 浮选机液面表面积大,精煤抽出率高,为了最大限度确保精煤泡沫从浮选槽中刮出,浮选机采用了双链轮形式的刮泡机构(图 2)。刮泡机构由斜齿轮减速机、刮板、刮泡轴、连轴器、轴承座、链轮等组成。电机通过减速机使连轴器转动,刮板轴带动刮板转动,精煤被刮到精矿槽中,其中主动轮通过链条带动从动轮转动,完成另一套刮泡机构刮取精煤的过程。

刮板轴为 50 mm 中空钢管,强度高,工作可靠,避免了“塌腰”现象。刮板为 8 mm 超高分子聚乙烯板,具有突出的抗冲击性和极好的耐磨性、抗腐蚀性,适合浮选机的工作环境。刮板轴采用长轴和短轴相结合,避免了由于轴承座毁坏而更换长轴的麻烦,减轻了劳动强度。

双链轮刮泡机构运转可靠,灵活度高,精煤排出率高,确保了浮选机工艺指标的稳定。

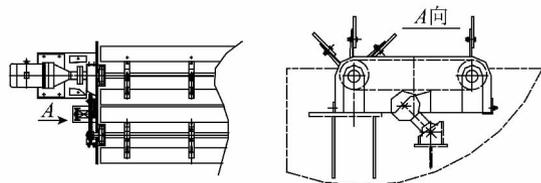


图 2 双链轮刮泡机构示意

2.5 假底稳流板设计

根据机械搅拌式浮选机的工作情况,在槽体内部真底之上增设假底稳流板。稳流板的作用主要有:①提高煤浆稳定性,避免液面“翻花”,有利于浮选环境的生成;②防止煤浆在槽内旋转,恶化浮选效

果。稳流板由 20 个与定子斜叶片方向和角度相对应的弯曲钢板组成(图 3),钢板具有一定的耐磨性和抗腐蚀性,以适应不同酸碱水质和煤泥粒度对假底稳定性的影响。假底下部靠圆管支腿与真底固定,可使煤浆流通面积增大,不会对真底造成较大的冲刷磨损,降低功率消耗,增强粗颗粒的悬浮能力,有助于煤浆循环。

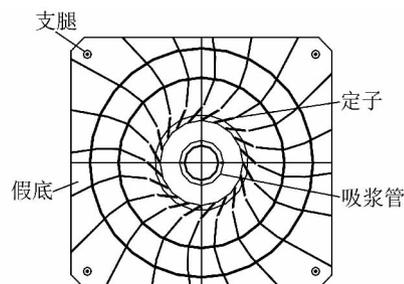


图 3 假底稳流板与定子关系

3 清水性能试验

浮选机清水试验^[11]过程中,在 107.01~148.28 r/min 九个叶轮转速下,进行充气量、充气均匀系数、功率消耗等参数的测定,结果见表 1。试验另选取 2 个槽体、3 个不同叶轮浸没深度(920、895、820 mm),考察浮选机充气性能,结果见表 2。

表 1 不同叶轮转速下浮选机充气性能参数

叶轮转速/ (r · min ⁻¹)	叶轮线速度/ (m · s ⁻¹)	充气量/ (m ³ · m ⁻² · min ⁻¹)	充气均匀 系数/%	功率消 耗/kW
107.01	7.00	0.33	88.25	50.01
114.65	7.50	0.39	85.46	56.43
122.29	8.00	0.65	82.55	57.03
129.94	8.50	0.78	83.01	58.42
136.05	8.90	0.84	83.06	61.00
137.58	9.00	0.90	84.43	61.94
140.64	9.20	0.95	84.99	64.14
143.69	9.40	1.01	84.77	66.60
148.28	9.70	1.15	85.81	68.70

由表 1 可知,随着叶轮转速的增加,浮选机的充气量、功率消耗均明显增加。研究表明,浮选机的空气吸入量随着叶轮转速的增加而增加,但当转速达到一定值后浮选机的吸气量维持一定范围不变,而功率消耗仍明显增加^[12]。因此,过度增大叶轮线速度,将导致浮选机充气量变化不大,而功率消耗明显增大。当叶轮转速为 137.58 m/s 时,能确保浮选机充气量和功率消耗均达到较理想状态。

表2 不同叶轮浸没深度下浮选机充气性能参数

槽箱号	叶轮浸没深度/mm	充气量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1})$	充气均匀系数/%	功率消耗/kW
1	920	0.79	87.85	60.00
	895	0.85	88.64	54.63
	820	0.82	86.33	59.00
2	920	0.85	90.55	56.00
	895	0.87	91.75	54.00
	850	0.86	91.35	59.00

由表2可知,不同叶轮浸没深度下,浮选机的充气量、充气均匀度和功率消耗差别很大。当叶轮浸没深度为895 mm时,浮选机的充气量、充气均匀度均达到最大,功率消耗最小;降低叶轮浸没深度,充气量和充气均匀度均下降,而功率消耗明显增加。可见,适当降低液面高度,即减小叶轮浸没深度,可以提高浮选机的充气性能,获得理想的浮选效果。

4 工业应用

45 m³浮选机在山西阳泉南煤集团大阳泉煤炭有限责任公司选煤厂(简称大阳泉选煤厂)进行了工业试验。选煤厂原采用浓缩浮选工艺,由两台FCMC3000浮选柱进行煤泥分选,但浮选柱对入料中+0.25 mm煤泥分选效果较差,导致精煤流失严重,因此,决定采用一台两室XJM-S45型浮选机进行直接浮选工艺。浮选机工业应用结果见表3。

表3 XJM-S45型浮选机工业应用

粒级/mm	入料/%		精煤/%		尾煤/%	
	产率	灰分	产率	灰分	产率	灰分
+0.500	3.12	6.71	1.55	5.15	3.87	9.51
0.500~0.250	8.16	6.66	7.15	5.29	7.54	12.37
0.250~0.125	20.36	8.18	23.61	6.34	14.91	35.02
0.125~0.074	6.34	11.20	5.92	9.25	8.53	40.61
-0.074	62.02	35.22	61.77	13.26	65.15	69.63
合计	100.00	24.97	100.00	10.69	100.00	55.35

由表3可知,浮选精煤灰分为10.69%,尾矿灰分为55.35%,计算得知,浮选精煤产率为68.03%,满足生产要求,且浮选机对不同粒级煤泥都有很好的回收效果。与FCMC3000浮选柱相比,在入料灰分相差不大的情况下,XJM-S45浮选机的浮选尾煤灰分、精煤产率、可燃体回收率、浮选完善指标分别提高了18.61%、18.84%、23.90%、18.30%。

XJM-S45浮选机在大阳泉选煤厂的生产实践表明,浮选机运行稳定可靠,空气分散均匀,气泡大小适中,节能效果明显,达到了设计要求,且浮选精度高,分选效果好,处理能力大,能耗低,对煤泥的选择性强,是大型选煤厂回收细粒煤泥的有效分选设备。

5 结 语

随着煤质的变化和市场对煤炭质量要求的不断提高,用户对浮选机的要求朝着大型化、节能化、高效化的方向发展^[13]。45 m³浮选机作为目前单槽容积最大的机械搅拌式浮选机,优化了叶轮、定子、假底稳流板等关键部件的结构,提高了浮选效率,降低了单位能耗,减轻了零部件磨损。45 m³机械搅拌式浮选机工业应用结果表明该浮选机具有处理量大,对煤质适应性强,回收率高等优点,性能达到或超过国外浮选设备的水平,提高了中国在世界选煤领域的竞争力,标志着中国在大型机械搅拌式浮选机领域走在了世界前列,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 张 鹏. XJX-T16型浮选机改造实践[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(5): 13-15, 34.
- [2] 桂夏辉, 程 敢, 刘炯天, 等. 异质细泥在煤泥浮选中的过程特征[J]. 煤炭学报, 2012, 37(2): 301-309.
- [3] 王佳雁. 有机高分子凝聚剂改善细粒煤泥沉降的研究初探[J]. 煤质技术, 2010(6): 57-60.
- [4] 王燕明, 杜振宝. 高灰细泥对煤泥水处理系统的影响[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(5): 28-30, 41.
- [5] 蔡 璋, 刘红缨, 陈彩茶, 等. 极细粒煤泥脱硫研究[J]. 中国矿业大学学报, 1997, 26(4): 25-29.
- [6] 高 伟, 刘 磊, 乔 鹏, 等. 泉店选煤厂工艺系统的改造[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(3): 34-37, 41.
- [7] 王市委, 石海明, 王晓明. 高灰难选细粒煤泥浮选工艺探讨[J]. 山东煤炭科技, 2013(5): 227-228.
- [8] 程宏志. 我国选煤技术现状与发展趋势[J]. 选煤技术, 2012(2): 79-83.
- [9] 张 鹏. XJM-S28(3+2)型浮选机的设计与应用[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(2): 13-16, 20.
- [10] 北京矿冶研究总院. 一种大型浮选机: 中国, 200620149112.4 [P]. 2007-12-05.
- [11] 国家选煤机械质量监督检验中心. XJM-S45型浮选机检验报告[R]. 唐山: 煤炭科学研究总院唐山研究院, 2011: 4-5.
- [12] 吴大为. 浮游选煤技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004: 183-184.
- [13] 程宏志, 李红旗. XJM-S28型浮选机开发与应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(9): 185-187.