浮选细粒煤药剂乳化的试验研究

周弘文，亓欣，刘丙顺，宁万仞
山东科技大学 化学与环境工程学院，山东青岛（266510）
E-mail：wen87xz@163.com

摘 要：在捕收剂中加入乳化剂，制成乳化液使用，可有效提高捕收剂在矿浆中的分散性，减少捕收剂消耗。对孙村选煤厂细粒煤泥的试验表明：将捕收剂乳化后使用，可以节省 60%以上的浮选药剂，同时可提高精煤产率 2-5 个百分点，具有显著的经济效益及社会效益。

关键词：浮选；捕收剂；乳化；选择性
中图分类号：TD923+.1

1. 引 言

我国是以煤炭为主要能源的国家之一，70%的能源以及 60%的化工原料来源于煤炭，2006 年我国共消耗炼焦用精煤 3.6 亿吨，预计 2007 年炼焦用精煤产量将达到 4 亿吨。随着采煤机械化程度的提高以及工业矿床向贫、细、杂的方向发展,细粒煤泥在入选原煤中的比例不断增加,占原煤的 20%-30%[1]。细粒煤泥分选技术很多,但是就目前国内外的发展水平而言,浮游选煤技术仍是精选细粒煤泥最有效的方法。国内外选煤厂用于浮选的绝大多数捕收剂为石油产品，主要是煤油和轻柴油等，占浮选捕收剂的 80%-90%[2]。上述捕收剂在煤浆中分散性差，对微细粒煤捕收效果差，药剂耗量大。“十一五”规划提出今后 5 年内单位 GDP 能耗下降 20%,因此节省浮选剂用量,是全国各炼焦煤选煤厂迫在眉睫的任务。

2. 浮选药剂的使用方法

节省浮选剂用量的有效途径之一是捕收剂的乳化。由于油质捕收剂如轻柴油具有馏分高、密度大、粘度大,在水中分散的油珠直径大和在煤表面展开的速度慢等特点[3],所以在实际使用中耗量往往过高,这不仅导致吨煤浮选药剂费用上升,而且也增加了浮选外排水的处理难度。将捕收剂乳化后使用,不仅可以改善捕收剂分散性,降低药耗,而且可以提高浮选速度,增加精煤产量。部分选煤厂采用喷射水流乳化油类药剂,可使药剂耗量降低 20%左右，具有一定的经济效益[4],但目前还没有研制出简单而高效的可广泛应用于捕收剂乳化的喷射水流设备，且新工艺的使用对现有工艺流程改变较大，因而这一方法尚未广泛推广。

更为有效的做法是采用乳化剂乳化捕收剂。这种工艺操作简单，且不改变现有浮选工艺流程，应用前景十分广阔。本研究在烃类油与某乳化剂的均一混合溶液中加入一定量水，并进行机械搅拌，制得所需油水比的乳化捕收剂。从乳化药剂油水配比、浮选速度等方面，对孙村选煤厂细粒煤泥进行全面的试验，确定适合该煤浮选的最佳乳化药剂油水配比，最适合处理原煤粒级，对降低选煤厂浮选成本，提高洗选效益，有重大战略意义和现实意义。

3. 乳化作用分析

3.1 乳化剂可提高捕收剂的分散度

油质捕收剂如轻柴油是与水不相溶的液体,要使它以微细粒子分散于水中,就需要外力克服它的表面张力,乳化剂的加入使油水之间的表面张力降低了几十倍,从而形成油包水型或水包油型乳状液。乳化剂是由亲水的极性基和疏水的非极性基组成的有机物。处于油水体系中的乳化剂集中于油水界面上,分子的极性基伸向水相,非极性基伸向油相,呈定向排列,在水滴

或油滴表面形成稳定的保护膜,阻止了液滴互相兼并（如图 1 所示）。乳化液中液滴分布均匀,平均粒径可达 10-15μm。乳化捕收剂中烃类油已被预先分散成微细粒子，这样就加快了其在矿浆中的扩散速度,与细颗粒煤作用速度也加快，刮泡分选时间缩短。在浮选试验中，观察到乳化药剂产生的气泡比纯柴油产生的气泡要小些，这样就可以增加气泡与颗粒碰撞的概率,并且使得随之发生的气泡与颗粒间粘附的概率也相应增大了。

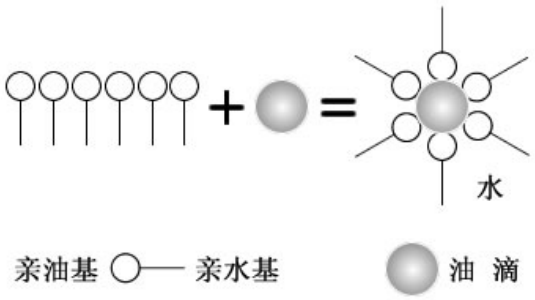


图 1 乳化剂乳化作用示意图

3.2 乳化剂可改善煤粒可浮性

煤粒表面由芳香核形成的可浮区与极性官能团和无机矿物质形成的不可浮区构成。在进行浮选时，可浮区吸附油滴，而不可浮区则形成水化层，不吸附油滴，因而形成了不连续的较厚的油膜。表面活性剂可破坏煤表面的水化层,使煤的表面不可浮区变得易于吸附油类药剂,而可浮区变得更易于吸附油类药剂,形成连续的较薄的油膜,从而增大煤粒可浮性，降低捕收剂用量。

3.3 乳化剂可促进浮选的进行

乳化剂具有一定的捕收效果。试验以孙村细粒煤泥为原料，对比了油+乳化剂和轻柴油的浮选效果,结果如图 2 所示。

由图 2 可以看出，乳化剂具有一定的捕收能力。在相同药量、相同时间内,油+乳化剂（100%乳化油）的可燃体回收率明显高于纯柴油的可燃体回收率，说明油+乳化剂比轻柴油的捕收能力强,可见乳化剂具有浮选促进剂的作用。

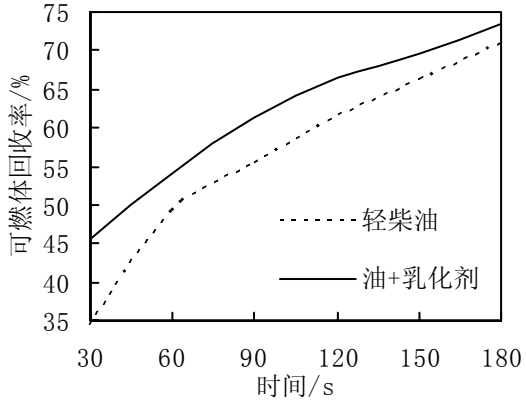


图 2 可燃体回收率与时间关系曲线

4. 细粒煤泥粒度分析

按照有关标准，对孙村细粒煤泥进行了粒度分析，分析结果见表 1。

表 1 煤泥粒度组成

粒径/mm	产率/%	灰分/%	累计 产率/%	累计 灰分/%
+0.5	9.86	22.38	9.86	22.38
0.2-0.5	31.60	19.53	41.46	20.21
0.125-0.20	16.84	20.01	58.30	20.15
0.097-0.125	8.85	22.69	67.15	20.49
0.074-0.097	12.72	23.50	79.87	20.97
-0.074	20.13	26.56	100	22.09
合计	100	22.09		

由表 1 可知，该煤样粒度分布主要集中在 0.5mm-0.2mm 的较粗颗粒与-0.074mm 的较细颗粒，两者共占煤样总量一半以上，而中间颗粒含量相对较少。随着粒度的减小，灰分逐渐升高，粒径小于 0.074mm 的较细颗粒，灰分最高为 26.56%，与其他粒级相比，灰分高出 3 个百分点以上，这一粒级占全样的 20.13%。由于高灰细粒煤含量较高，为提高精煤产量，降低精煤灰分，要求浮选药剂具有较高的选择性与捕收能力

5. 乳化捕收剂的浮选实验

取与少量乳化剂混合均匀的烃类油，加一定量水，分别配成油质量分数为 30%、35%、40%、45%的乳化油，分别进行浮选实验，用轻柴油做对照。实验选用 1L XFD 型单槽浮选机,叶轮转速 2500r·min-1,充气量 0.25m3(m2·min)-1.矿浆浓度为 100g·l-1，捕收剂用量为 1.2 kg·t-1,起泡剂用量为 0.24kg·t-1。

5.1 不同油水比乳化捕收剂的浮选试验

不同油水比乳化捕收剂，其油滴大小与数量不尽相同，因而选择性与捕收效果也不相同。在乳化捕收剂用量相同的情况下，乳化药剂中烃类油的质量分数越低，浮选成本越低。在保证浮选精煤品质及较高回收率前提下，为确定适合细粒煤泥浮选的最佳乳化药剂油水配比，分别用烃类油质量分数为 30%、35%、40%、45%的乳化油进行浮选试验，并用轻柴油做对照。试验结果见表 2。

由表 2 可知，随着油质量分数的增加，乳化捕收剂浮选精煤产率逐渐提高，捕收能力逐渐增强。当油质量分数为 40%时，乳化捕收剂浮选精煤产率比纯柴油提高了 2.53 个百分点，尾煤灰分提高了 0.41 个百分点，可燃体回收率从 70.82%提高到 72.79%。45%乳化油也具有较好的浮选效果，但节油率低于 40%乳化油。即使在乳化油浓度为 35%时，精煤产率仍高达 52.15%，充分说明药剂乳化后，具有更高的药效。但当乳化油浓度为 30%时，浮选效果明显下降，说明油水比低于 3：7 时，乳化油粘度显著提高，药剂分散性下降。综合各项指标可以看出，40%乳化油浮选效果优于轻柴油，并可有效降低捕收剂消耗，最适合用于孙村细粒煤泥的浮选。

表 2 不同油水比乳化油的浮选结果

捕收剂	折合油用量/kg·t^{-1}	节油率/%	入料灰分/%	精煤产率/%	精煤灰分/%	尾煤产率/%	尾煤灰分/%	可燃体回收率/%
30%乳化油	0.36	70	23.37	42.01	9.40	57.99	33.49	49.67
35%乳化油	0.42	65	23.37	52.15	6.79	47.85	41.44	63.43
40%乳化油	0.48	60	23.37	60.68	8.07	39.32	46.98	72.79
45%乳化油	0.54	55	23.37	59.92	8.23	40.08	46.01	71.76
轻柴油	1.2	-	23.37	58.15	6.67	41.85	46.57	70.82

5.2 浮选速度试验

分别用 35%、40%、45%的乳化油及轻柴油做捕收剂，对孙村细粒煤泥进行浮选速度试验。四组试验按照同一条件进行：预先搅拌 3min，加捕收剂搅拌 1min，再加起泡剂搅拌 10s 开始充气刮泡。从刮泡开始 60s 后，隔 30s 收集一次精煤，共收集 5 次,试验结果如图 3 所示。

由图 3 可以看出：

(1)到刮泡结束时，40%乳化油浮选可燃体回收率最高。45%乳化油可燃体回收率高于轻柴油但低于 40%乳化油。

(2)浮选初期，轻柴油可燃体回收率略高于 40%乳化油，到刮泡 90s 时，40%乳化油的可燃体回收率已明显高于轻柴油，到刮泡结束时，40%乳化油的可燃体回收率比轻柴油高出约 2.5 个百分点。说明乳化剂提高了药剂分散度，促进了药剂分散，提高了药效。浮选初期，由于轻柴油用量较大，浮出精煤较多，但 40%乳化油浮选速度最快。随着浮选的进行，轻柴油大量消耗，煤浆中油滴数量急剧下降，因而浮选速度下降，而 40%乳化油油滴小而多，药剂得到了充分利用，浮选速度明显优于轻柴油。

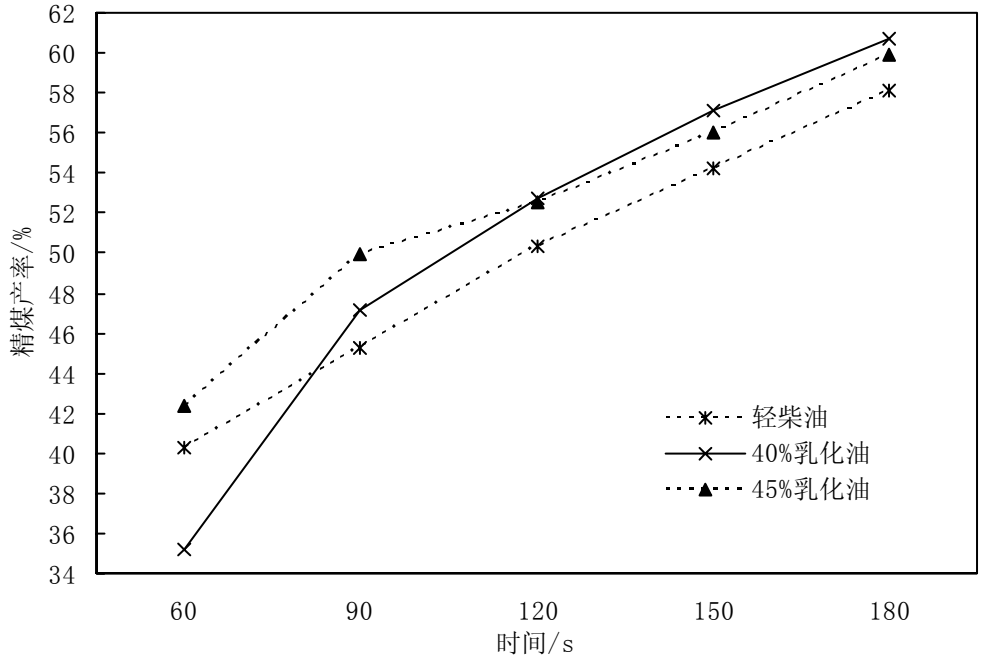


图 3 累计可燃体回收率与时间关系曲线

6. 经济效益分析

孙村选煤厂，年入洗量为 100 万吨，-0.5mm 级占 20%，即 20 万吨。这部分原煤如采用 40%乳化油代替轻柴油进行浮选，经济效益如下：

(1)年节省药剂费用：按轻柴油单价为 5000 元/吨，100%乳化油单价为 6000 元/吨，捕收剂用量按 1.2kg/t 计算，入浮每吨原煤可节约药剂费用：1.2×5-0.48×6=3.12（元）。全年可节约药剂费用：20×3.12=62.4（万元）

(2)年多出精煤效益：按精煤单价为 700 元/吨，尾煤单价为 100 元/吨，精煤产率提高 2%计算，全年多出精煤效益为：20×2%×700-20×2%×100=240（万元）

全年总计提高收入 302.4 万元。

7. 结论

(1)与喷射水流乳化药剂相比，乳化剂乳化工艺操作简单，且不改变现有浮选工艺流程，因而应用前景十分广阔。

(2)将捕收剂乳化后使用，提高了药剂利用率，可以节省 60%以上的浮选药剂，同时可提高精煤产率 2-5 个百分点，在目前能源紧缺，油价上涨，精煤与尾煤的价格差距又很大的情况下，乳化捕收剂的推广应用，具有十分重要的现实意义。

(3)各种选煤厂的原煤性质各异，采用乳化捕收剂后节油率虽有不同，但效果很显著，就全国而言，则更为可观。2006 年全国炼焦煤选煤厂大约共入选 5 亿吨原煤，若浮游分选细粒煤按 15%计算，入浮总量为 7500 万吨，若浮选药剂单位用量按 1.2kg 计算，全年共消耗 9 万吨烃类油。如果全国选煤厂均采用乳化捕收剂，平均节油率按 60%计算，则全年可节油 5.4 万吨，由此可见，全国选煤厂节约浮选药剂的空间是很大的。

8. 致谢

该实验研究得到了山东科技大学化学与环境工程学院王力副院长、崔广文副教授、于洪观副教授的大力支持，在此一并致谢！

参考文献

[1] 唐利刚,谢广元,石常省.细粒煤脱硫降灰的途径探讨[J].选煤技术,2007(1):49-52.
[2] 李亚萍,沈丽娟,陈建中,等.煤炭浮选药剂评述[J].选煤技术,2006(5):83-88.
[3] 谢广元,张明旭，边炳鑫,等.选矿学[M].江苏:中国矿业大学出版社.2001.
[4] 江明东,闫锐敏,于一栋,等.浮选剂乳化系统在选煤厂的推广应用[J].煤质技术,2006(4):7-10.

Experimental Research on Emulsifying the Agent for Fine Coal Flotation

Zhou Hongwen, Qi Xin, Liu Bingshun, Ning Wanren
College of Chemical & Environmental Eng., SUST, Qingdao, Shandong, China (266510)

Abstract

The collector to add emulsifiers, made use of emulsion can be effective in improving collector in the pulp dispersed, reduce consumption collector. Suncun of fine coal preparation plant, an experiment: collector emulsified use, can save more than 60% of reagent and improve coal yield 2-5% have significant economic and social benefits.

Keywords: flotation; collector; emulsion; selectivity.

作者简介：周弘文（1986-），男，山东临沂人，现就读于山东科技大学化学与环境工程学院矿物加工工程专业，曾被评为“山东科技大学学生科技拔尖人才”。