

# YD—3 型及 Carpco 型电选机电极 结构与工艺参数优化研究

王军<sup>1</sup>, 邹建新<sup>1</sup>, 周建国<sup>2</sup>

(1. 攀枝花学院钒钛材料与复合技术省级重点实验室, 四川 攀枝花 617000;  
2. 攀钢钛业公司, 四川 攀枝花 617000)

**摘要:**对国内外具有代表性的 YD—3 型及 Carpco 型电选机的选别效果进行了对比, 并就其电极结构和工艺参数对选别作业的影响进行了分析, 提出了适合攀枝花原生钛铁矿精选的电选机电极结构和工艺参数。

**关键词:**钛铁矿; 电选机; 电极结构; 参数

**中图分类号:**TD457 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2004)04-0044-05

选钛工业中, 电选通常用于原生钛铁矿 和海滨砂矿的精选, 以获取钛铁矿或金红石,

[4]傅献彩. 物理化学(下)[M]. 北京:高等教育出版社, 1990.

[5]姚志健. 化学热力学[M]. 北京:地震出版社, 1990.

[6]M Pettine, D L Ottone, L Campanella. The Re-

duction of Cr(VI) by Iron(II) Aqueous Solution [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1998, 62 (9): 1509~1519.

[7]北京师范大学. 无机化学(下)[M]. 北京:高等教育出版社, 1986.

## The Application of Coal-measures Pyrite to Treat the Wastewater Containing Cr(VI)

DING Jian-chu<sup>1</sup>, MU Xiao-ming<sup>1</sup>, ZHANG Yan-li<sup>2</sup>

(1. Luoyang University, Luoyang, Henan, China;

2. Luoyang Institute of Environmental Protection and Design, Luoyang, Henan, China)

**Abstract:** A experimental research on treatment of the wastewater containing Cr(VI) was performed by using coal-measures pyrite, the technical parameters were determined, and the test of industrial application was also carried out. The superiorities of treating the wastewater containing Cr(VI) are simple process, easy manipulation and low cost.

**Key words:** Coal-measures pyrite; Wastewater containing Cr(VI); pH value

收稿日期: 2003-08-28; 改回日期: 2003-09-30

作者简介: 王军(1971—), 男, 硕士, 讲师, 长期从事材料物理及钛资源综合利用研究工作。  
万方数据

除去石榴石、电气石、钛辉石或石英等非金属脉石矿物。目前国内最具代表性的电选机是 YD-3 型电选机,国外是美国卡普柯公司的电选机。攀钢选钛厂是国内规模最大、技术最复杂、水平最先进的选钛厂,钛精矿年产能已达 20 万 t,该厂使用了 31 台 YD-3 型电选机和 2 台美国卡普柯 HTP231-200 型电选机(以下简称 Carpco 型电选机)处理原生钛铁矿,其电选设备和工艺趋于成熟,但还存在金属回收率偏低、尾矿品位较高、精矿品位时有波动的问题。究其缘由,电选机电极结构是造成选别效果不理想的主要原因。因此,分析优化电极结构及参数,不仅对攀钢选钛厂,而且对国内选钛工业都具有积极的指导意义。

表 1 YD-3 型电选机与 Carpco 型电选机 TiO<sub>2</sub> 选别效果对比

| 粒 级 | 给矿品位<br>/% | YD-3 型电选机 |        |       | Carpco 型电选机 |        |       |
|-----|------------|-----------|--------|-------|-------------|--------|-------|
|     |            | 精矿品位/%    | 尾矿品位/% | 回收率/% | 精矿品位/%      | 尾矿品位/% | 回收率/% |
| 粗粒级 | 28.86      | 46.36     | 8.80   | 85.90 | 45.72       | 13.32  | 75.98 |
| 细粒级 | 27.82      | 47.65     | 10.91  | 78.83 | 46.15       | 11.07  | 79.34 |
| 合 计 | 28.34      | 47.00     | 9.86   | 82.52 | 45.93       | 12.20  | 77.55 |

2 电选机操作参数对比

(1)YD-3 型电晕电压比Carpco 型电选机高,电晕电流相近;(2)YD-3 型未使用交流高压,而 Carpco 型电选机使用了交流高压作为清扫极的供电;(3)电晕电极根数 YD-3 型比 Carpco 型电选机多,且电晕电极极距随分选辊的位置而变,而 Carpco 型电选机每辊只有一根,且极距不变;(4)从电极结构看,YD-3 型采用了多电晕电极对单偏转电极相结合的电极结构,而 Carpco 型电选机采用了单电晕电极对双偏转电极(包括静电极)和清刷极相结合的电极结构;(5)从辊筒转速看,YD-3 型较低;(6)从电晕电极极距看,YD-3 型较大,且随第一、二、三根减少,而 Carpco 型电选机不变;(7)从偏转电极极距看,YD-3 型比 Carpco 型大得多,Carpco 型

万方数据

1 两种电选机处理攀枝花原生钛铁矿选别效果对比

从表 1 可以看出,处理粗粒级时,YD-3 型电选机无论是精矿品位还是回收率均比 Carpco 型电选机高,而尾矿品位低 4.52%;处理细粒级时,YD-3 型电选机精矿品位明显比 Carpco 型电选机高。根据钛精矿质量标准,要求精矿品位含 TiO<sub>2</sub>>47%,YD-3 型电选机综合精矿品位为 47%,而 Carpco 型电选机只有 45.93%,YD-3 型电选机的回收率比 Carpco 型电选机综合结果高 4.97%,说明使用 YD-3 型电选机比 Carpco 型电选机效果理想。

在处理粗粒级时工艺操作参数基本相同,仅在处理细粒级时偏转电极极距较粗粒级大,而 YD-3 型辊筒转速和极距随粗细粒级而变化,且处理细粒级时比粗粒级大。

3 电选机的电极结构分析

3.1 YD-3 型电选机电极结构

YD-3 型电选机电晕电极由宽 10mm、长 2.105m、厚 0.1~0.3mm7 根刀片组成,弧长 0.39m(第 3 根弧长为 0.195m),弧半径为 0.231m,电晕电极固定的弧形支架由 Φ45 和 Φ25 的两金属管支撑(见图 1)。支架可水平移动,调节各电极极距,这样靠上的电晕极距稍小。Φ25 的金属管在辊筒中心水平线下,在 32~37kV 的高压作用下,面向辊筒中心线的刀片向辊筒电极近似直线形式放电在电晕电极和辊筒电极之间形成高压电场,

由于弧包角达  $97^\circ$ , 因而矿粒荷电相当充分, 导体矿粒迅速将电荷传走, 在两个静电极作用下, 对导体矿粒起提升作用, 矿粒随辊筒转动, 在机械力和重力作用下, 导体矿粒在辊筒前方落下, 由于第一、二辊弧包角达  $97^\circ$ , 矿粒随辊筒转动到水平线下, 矿粒仍然荷电充分, 在强大库仑力作用下, 导体矿粒并不作抛物线运动, 而是随辊筒继续转动, 从而使精矿量极少, 大部分导体矿粒进入中矿中, 非导体矿粒进入尾矿。第一、二辊电极结构基本相同, 因此分选过程基本相似, 从而使第一、二辊精矿量极少, 第三辊的电晕电极弧包角  $50^\circ$  左右, 电极作用区域相对较窄, 作为粗粒级分出精矿和尾矿, 细粒级分出精矿、中矿、尾矿, 中矿返回循环再选。

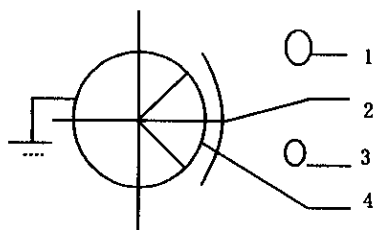


图1 YD-3型电选机的电极结构

1.  $\Phi 45$  偏转电极; 2. 电晕电极刀片; 3.  $\Phi 25$  金属固定管; 4. 圆筒电极。

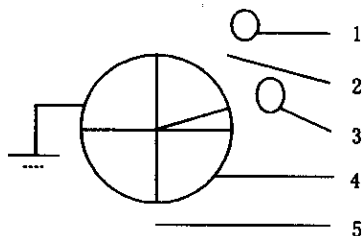


图2 Carpco型电选机的电极结构

1. 静电极; 2. 电晕电极; 3. 偏转电极; 4. 圆筒电极; 5. 清刷电极

### 3.2 Carpco型电选机电极结构

从图2可看出, Carpco型电选机采用单电晕电极和双偏转电极(包括静电极)电极结构。在20万伏数据的高压直流负电作用下,

电晕丝呈束状放电使矿粒荷电, 同时在双偏转电极作用下使矿粒分离, 第一、二辊分出精矿和尾矿, 精矿再选, 尾矿直接排出。粗粒级在第三辊只分出精矿和尾矿, 细粒级分出精矿、中矿、尾矿, 中矿返回循环再选。值得注意的是, Carpco电选机的偏转电极采用了流线型的铝条, 其结构较金属管特殊, 同时增加了一个交流清刷电极。

## 4 电极结构与工艺参数对选别作业的影响

### 4.1 电极电压和电晕电流

电选是利用具有较大电阻的尖削电极, 在一定高电压下, 通过一定的电流, 从而在电极上发热, 电晕电极向圆筒电极发射电子, 使空气电离, 该区域产生矿粒荷电。因此电选效果的好坏与矿粒荷电有关, 即与通过电晕电极的电流大小有直接关系。

YD-3型电选机与Carpco型电选机相比, YD-3型采用刀片电极, 每个电晕电极的电阻相对较小, 并且7个刀片并联, 致使电晕电极电阻更小。而Carpco型电选机采用 $\Phi 0.3$ 的钨丝电极, 电阻大, 发热量高, 这样能获取相近的电晕电流  $2 \sim 3 \text{mA}$ , YD-3型电选机需要  $32 \sim 37 \text{kV}$  电极电压, 而Carpco型电选机只需要  $20 \sim 22 \text{kV}$  电极电压。这说明采用 $\Phi 0.3$ 的钨丝电极比刀片电极优越。另一方面, 刀片电极放电呈直线形式, 放电区域窄, 故YD-3型电选机需要较多的电极数量。而 $\Phi 0.3$ 的钨丝电极放电呈束状形式, 放电区域宽, 因此Carpco型电选机只需要一根电晕电极。由于电晕电极数量太少, 致使选别效果较差。

### 4.2 电极结构形式

图3为常见电极结构。结合图3和图2可以看出, Carpco型电选机电极结构在“形式”上类似于图3(b), 该电极结构由于电晕电极数量少, 放电区域窄, 矿粒荷电不充分, 致使精矿品位偏低, 中矿循环量大。

YD-3 型电选机电极结构近似图 3(d), 该电极结构矿粒荷电充分, 精矿品位高, 但弧包角太大, 致使第一、二辊基本上分不出精矿, 可选性矿粒大部分进入精矿, 可见电极数目偏低, 并且直接出产品的第三辊, 对保证精矿品位至关重要, 故其电极数目应比第一、二辊多。

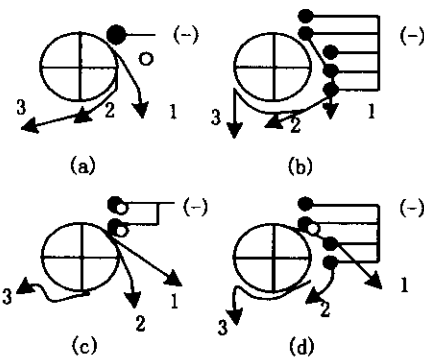


图 3 常见电极结构中导体、非导体运动轨迹示意图

(a)1 根电晕电极和 1 根静电极;(b)5 根电晕电极;(c)2 根电晕电极和 2 根静电极;(d)4 根电晕电极和 1 根静电极。

4.3 电晕电极的极距

电晕电极与圆筒之间的距离(单位 mm)分别为:15;20;25;30;35(电晕丝 0.4mm,圆筒电极直径 0.12m)。从图 4 可以看出,在一定电压下,当电晕电极与圆筒之间距离减小,电晕电流则增大。结合表 2,YD-3 型电晕电极极距随一、二、三辊逐渐减少,而 Carpco

型电选机极距不变,据此,其极距设计不合理。

4.4 偏转电极极距

偏转电极与圆筒之间距离对电晕电流的影响见图 5。从图 5 可看出,距离减小时,电晕放电电流也减小。从表 2 可看出,YD-3 电选机由于偏转电极固定在电晕电极支架上,导致偏转电极极距随电晕电极极距的减少而减少,而 Carpco 型电选机偏转电极不变,看来两种电选机偏转电极极距都有待改进。

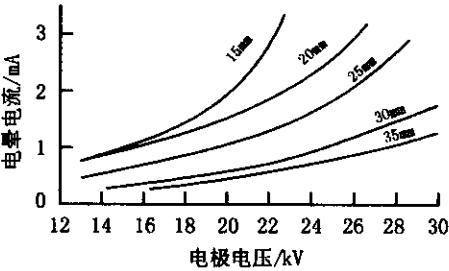


图 4 电晕放电伏安特性

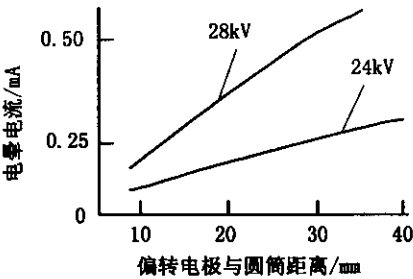


图 5 偏转电极与圆筒之间距离对电晕电流的影响

表 2 YD-3 型电选机主要工艺参数

| 工艺参数    | 粗 粒 级  |     |     | 细 粒 级  |     |     |
|---------|--------|-----|-----|--------|-----|-----|
|         | 第一辊    | 第二辊 | 第三辊 | 第一辊    | 第二辊 | 第三辊 |
| 电极距离/mm | 68     | 65  | 60  | 72     | 68  | 62  |
| 矿温/℃    | 80~120 |     |     | 80~100 |     |     |

4.5 辊筒转速

接地辊筒转速提高,矿粒随圆筒运动而不至于被抛出,所需的径向力也就越大;同时矿粒通过电晕放电区时间减少,其得到的电

荷减少。因此提高转速可使矿物品位下降,产率提高。YD-3 型与 Carpco 型电选机在一、二、三辊上矿物速度分别为:2.83~3.61m/s、3.61m/s;2.36~2.83m/s、

2.74m/s; 1.57~2.04m/s、2.74m/s。因此可以看出 YD-3 型与 Carpc 型电选机第三辊上矿粒线速度差异较大,这是 Carpc 型电选机精矿品位低的一个重要原因。

#### 4.6 矿温的影响

从表 2 可看出,YD-3 型电选机最低矿温要求达到 80℃ 即可,这是因为 YD-3 型采用了多电晕电极,放电充分,可使电极之间的空气温度和矿粒温度升高,因此在相对较低矿温(80℃)下即有很好的选别指标。而 Carpc 型电选机要求矿温相对较高(150℃),在现场生产难以达到,加之放电区域少,放电量少,故选别指标较差。

#### 4.7 电极夹角

偏转电极对导体矿粒起提升作用,对非导体矿粒起排斥作用,另一方面对电晕电极起屏蔽作用,使电晕电流减小。偏转电极电压越高,与圆筒电极距离越近,越靠近电晕电极,屏蔽作用就越强。一般电晕电极夹角 25°~35°,偏转电极夹角 50°~70°。

#### 4.8 粒度影响

电选过程对物料粒度的不均匀性极为敏感。作用在颗粒上的静电力、重力与颗粒的大小有关。随着粒度减小,矿粒比表面积增大,荷电量相对增加,使颗粒吸在圆筒上的静电力要比颗粒自身重力大。因此矿粒越细,要求电晕放电量相对减小,圆筒的转速适当

增大。如果物料中存在大量的微细粒(-200 目以下)矿粒,矿粉就会粘附在圆筒表面和较大的矿粒上,缩小了物料中各组分导电性的差异,给分选带来困难。

### 5 电极结构与工艺参数的改进

根据以上分析,结合 YD-3 型与 Carpc 型电选机的优劣,以及原生钛铁矿的选别特性,应对电极结构与工艺参数进行如下改进和优化:

1. 电晕电极材料采用Φ0.3 的钨丝电极;

2. 电晕结构采用多电晕电极对双偏转电极形式。电晕电极粗粒级一、二、三辊分别采用 2、3、4 根,细粒级分别采用 2、2、3 根。偏转电极采用 Φ45 金属管和铝合金流线型铝条。电晕电极采用 30°~40°弧包角,并且电晕电极位置高于圆筒中心水平线,第一根电晕电极夹角 15°~25°之间。偏转电极夹角第一根 25°~30°之间,第二根 50°~70°之间;

3. 极距(单位 mm):电晕电极粗粒级一、二、三辊分别采用 68、65、60,细粒级分别采用 72、68、62。偏转极距第一根为 130~150 之间,第二根 80~90,并且极距随一、二、三辊应适当增大,粗粒级比细粒级极距略大;

4. 设立清刷电极;

5. 圆筒转速可调,并且随一、二、三辊逐渐降低,粗粒级比细粒级极距略低。

## Optimization of Electrode Configuration and Technical Parameters of YD-3 & Carpc Type Concentrators

WANG Jun<sup>1</sup>, ZOU Jian-xin<sup>1</sup>, ZHOU Jian-guo<sup>2</sup>

(1. Panzhihua Institute, Panzhihua, Sichuan, China;

2. Pangang Titanium Co., Panzhihua, Sichuan, China)

**Abstract:** A comparison of beneficiation effects for YD-3 and Carpc type concentrators which are representative in the world today was performed, the influence of the electrode configuration and technical parameters on mineral processing efficiency was analyzed, and the electrode configuration and technical parameters of the concentrators were proposed which are fit to clean the primary ilmenite in Panzhihua.

**Key words:** Ilmenite; Concentrator; Electrode configuration; Parameter