

# 含铜废水的处理技术及研究进展

李博, 刘述平

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

**摘要:**随着冶金、电子工业的发展,产生了大量的含铜废水,给人和环境带来了危害,但这些废水又具有一定的经济价值。因此,其排放前必须净化处理并回收金属铜,以实现环境保护和资源循环利用。本文综述了化学法、物化法及生物法处理含铜废水的研究现状及应用情况,评价了各种方法的优缺点。笔者认为,生物法处理技术具备简单、高效、无二次污染等优势,在有效解决生物体颗粒化、固定化、更强的吸附及整治修复能力的条件下,生物法处理技术可望成为工业化处理含铜废水最有效可行的方法。

**关键词:**含铜废水; 化学法; 物化法; 生物法

**中图分类号:**X703 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)05-0033-06

## 1 前言

随着冶金工业和电子工业的发展,产生了大量的铜粉洗涤废水、电镀废水和印刷电路板生产过程的碱氨蚀刻废液,这些含铜废水具有较高经济价值,但对人及环境都有危害。相关研究表明,作为生命必须的有益元素,铜本身毒性较小,但人体吸入过量的铜后,就会刺激消化系统,引起腹痛呕吐,长期过量可造成肝硬化。铜对低等生物和农作物毒性也较大,对鱼类达0.1~0.2mg/L即可致死;对农作物,铜是重金属中毒性最高者,它以离子的形态固定于根部,影响养分吸收机能,使农作物出现病害。土壤中含铜量20mg/kg时,小麦会枯死;达到200mg/kg时,水稻会枯死。用含铜废水灌溉农田,将使作物受害,大大影响农作物的生长。氨蚀刻废液中铜离子超标14~16万倍,对水、土均会产生严重污染。当水中含铜0.01mg/L时,水的生化耗氧过程会受到抑制,对水体自净有明显的影响;超过3.0mg/L时会产生异味。而且水体中的铜元素不能被微生物分解,相反生物体可使其富集,并把它转化为毒性更大的重金属有机化合物,很容易通过水系进入人体。由于铜与人体中某些组织的亲和力特别大,结合后会抑制酶的活性,从而对人体发生毒害作用<sup>[1-3]</sup>。所以含铜废水在排放前如能回收利用则不仅可解决铜对环境的污染问题,而且节约资源,具有一定的经

济效益。目前,比较系统的处理方法有化学法、物化法及生物法等。

## 2 化学法处理含铜废水

目前国内外对化学法处理含铜废水研究较多,主要有化学沉淀法、置换法、电解法等。并且大多已应用于实际生产中。

**化学沉淀法:**主要分为石灰法和硫化物沉淀法等。石灰法作为工业上处理含铜等重金属离子酸性废水应用较广的一种方法,其机理主要是往废水中添加碱(一般是氢氧化钙)提高其pH,使铜等重金属离子生成难溶氢氧化物沉淀,从而降低废水中铜离子含量而达到排放标准。其处理工艺为<sup>[4]</sup>:重金属酸性废水→沉砂池 $\xrightarrow{\text{石灰乳}}$ 混合反应池→沉淀池→净化水→外排。硫化物沉淀法是利用添加Na<sub>2</sub>S、CaS和H<sub>2</sub>S等能与重金属形成比较稳定的硫化沉淀物的原理,从而达到去除重金属的目的的一种方法。其工艺为<sup>[5]</sup>:含铜废水→硫化物沉淀处理→中和处理→排放。该法用于常规的中和沉淀法无法处理的铜络合物的废水。石灰法能除去废水中大部分的铜等重金属离子,且方法简单,处理工艺成本低、处理效果好,但处理后的净化水有较高的pH值及钙硬度,净化水有严重的结垢趋势,必须采用合适的水质稳定措施进行阻垢后才能实现回用<sup>[4]</sup>,而且

收稿日期:2007-11-19

作者简介:李博(1977-),男,硕士,主要从事有色冶金工艺和化工新材料的研究。

不适于处理印刷电路板生产过程中的含铜铬合物废水。硫化沉淀法简单、高效,但由于要加入大量的化学药剂,因此会存在二次污染。

铁氧体法:铁氧体技术是根据生产铁氧体的原理发展起来的。在含铜废水中加入过量的  $\text{Fe}^{2+}$ ,使  $\text{Fe}^{2+}$  氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ ,调节 pH 值 7~9 左右,使铁离子和铜离子产生氢氧化物沉淀。通入空气或加入氧化剂搅拌并添加氢氧化物不断反应,形成铁氧体。其典型工艺有间歇式和连续式。

铁氧体法形成的污泥化学稳定性高、易于固液分离和脱水,其处理设备简单、投资少、操作简便、不产生二次污染,适用于含重金属离子的电镀混合废水的处理。处理后的废水能达到排放标准,在国内电镀工业中应用较多。但在形成铁氧体过程中需要加热(约 70℃),能耗较高,处理后盐度高,该法不能用于处理含铬合物废水。

在处理矿山含铜量较高废水时,通常还利用铁屑置换废水中的铜离子的方法,使铜离子还原为金属铜而除去,以达到回收废水中的铜,使排放的废水  $\text{Cu}^{2+}$  含量符合要求。

电解法:电解法作为一种较为成熟的水处理技术,以往多用于处理含氰、含铬的电镀废水,近年已广泛应用于处理印染废水、制药废水、制革废水、造纸黑液等。在对含铜废水进行电解时,  $\text{Cu}^{2+}$  向阴极迁移并在电极表面析出,从而达到有效降低体系中的  $\text{Cu}^{2+}$  的目的。电解法处理含铜废水不仅在理论上较为成熟,而且平板电极电解槽、流态化电解槽等处理装置均在生产实际中得到广泛应用。

针对含铜废水处理过程中普通平板电极反应速度较慢的缺点,固定床、流化床、四级连续流动电化学反应器等设备相继应用<sup>[6]</sup>。Hatfield<sup>[7]</sup>等研究了用碳纤维阴极竖流电解槽去除模拟废水(pH 为 2.6, 150mg/L  $\text{Cu}^{2+}$ )中的铜,铜的回收率超过 99.9%。董晓雯<sup>[8]</sup>等人研究了电解法从废杜美丝(杜美丝用作电真空灯泡导体,基体为镍铁合金,外部为铜镀层)中回收铜粉的工艺。电解液中加入三乙醇胺(TEA),  $[\text{Cu}_{(\text{TEA})}(\text{OH})]^+ 0.157\text{mol/L}$ ,游离  $\text{C}_{\text{TEA}} = 0.648\text{mol/L}$ , pH = 7.00, 阴极电流密度  $14\text{A}/\text{dm}^2$ , 平均槽电压为 0.975V, 温度 40℃, 在基体金属不受腐蚀的条件下制得的铜粉粒径小于  $74\mu\text{m}$  的可达 94%, 阴极电流效率达 91%, 电耗  $900\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 。采用萃取-反萃-电沉积工艺,用 N235 作为萃取剂,

可将氰化废液中的铜锌等金属富集到能电解的浓度。电解法具有设备化程度高的优点,适于处理含铜较高的废水,对于低浓度含铜废水的处理需要先对铜进行富集。

### 3 物化法处理含铜废水

物化法一般都是采用离子反渗透膜、离子交换、吸附等方法除去废液中的铜。在物化法方面也有众多学者做了深入的研究,并取得了一定的成果。

反渗透法:反渗过程是以选择性透过膜为分离介质,借助于外界能量将原料一侧组分选择性地透过膜,从而达到分离、浓缩或提纯的目的。这一过程是物理过程,不会发生相变,其实质是两种不同物质的分离。目前,反渗透膜分离技术发展迅速,已成为一种重要的处理含铜等重金属废水的方法。据相关报道显示<sup>[9]</sup>,某有色金属冶炼企业采用常规水处理技术和反渗透膜技术集成的工艺处理电解铜粉生产过程中洗涤铜粉所产生的二次废水,废水主要成分为铜离子 2g/L、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  2g/L、 $\text{Fe}^{2+}$  0.2g/L,经系统处理后,水的回收利用率可达 90%,铜的回收率可达 99% 以上。在此过程中产生的透过液回收利用,而浓缩液返回循环冷却罐继续进行脱水浓缩,可达到设计的浓缩倍数。与其他相变化技术相比,膜法处理废水不会发生相变化,因而所需能量少、能耗低;不往系统内添加或少量添加化学物质,因此不会产生污泥和残渣,也不会产生二次污染;且处理设备占地面积小,设备紧凑,易控制,可以进行连续操作。但该法存在不耐高温、抗压实性及抗微生物的侵蚀能力较差、膜质量要求高及使用年限短、水体通常需预处理等缺点。

液膜分离技术是近年发展起来的新型膜处理技术,该技术由美国 N. N. LI 博士于 1968 年首次提出,主要依据液膜对不同物质具有选择性渗透的性质来进行组分的分离,具有高效、快速、选择性好等显著特点。近年来,使用含有流动载体的液体表面活性剂膜来分离浓缩金属离子的技术越来越引起人们的注意,在对废水中  $\text{Cu}^{2+}$  的处理研究也有报道<sup>[10-12]</sup>。谢少雄等人在对表面活性剂应用方面作了改进后发现<sup>[13]</sup>,用 Tx-10 作助剂,以增强 Span-80 的作用,可以提高所制液膜的效果。用煤油作溶剂,二(2-乙基己基)磷酸酯(P204)作流动载体,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  作内相酸处理含铜废水,在确定了体系的较

佳膜相组成和实验条件下,实现了铜离子的有效回收。

**溶剂萃取法:**利用铜离子在有机相和水相中溶解度不同,使铜离子浓缩于有机相中,从而达到去除或降低水中铜离子含量的分离方法。该方法可同时回收有价金属铜<sup>[14]</sup>。但处理后废水往往不能达到排放标准,需要进一步处理。

**离子交换法:**该方法是铜离子与离子交换树脂发生交换,以达到富集铜离子、消除或降低废水中铜离子的目的。离子交换法能有效地去除矿山废水中的铜离子,而且具有处理容量大、出水水质好等特点<sup>[15]</sup>。工业处理过程如下:混合废水→阳离子交换柱→阴离子交换柱→回用及排放。采用离子交换法来处理含铜废水,具有占地少、不需对废水进行分类处理、费用相对较低等许多优点;但存在投资大,对树脂要求高,不便于控制管理等缺点。在实际应用时,如果原水的pH值过低,应先进行pH调整,废水的 $\text{Cu}^{2+}$ 浓度过高时,应进行除铜预处理,否则树脂再生会过于频繁。

**吸附处理法:**吸附处理法是利用固体表面分子或原子因受力不均衡而具有剩余的表面活性能,当水中的铜离子碰撞固体表面时,受到这些不平衡的吸引力而停留在固体表面上。这些吸引力主要是溶质与固体表面的亲和力、溶质与吸附剂之间的静电引力、范德华力或化学键力。吸附过程结束后,吸附剂经过一定处理可以解吸并重复利用,吸附及洗脱的铜离子可以回收利用。

活性炭吸附法是最常用的一种含铜废水处理技术,Chen<sup>[16]</sup>等人研究发现,当铜离子浓度为 $0.0005\text{mol/L}$ 、溶液的pH值在6.8时,H型活性炭对Cu的吸附去除率为99%。活性炭处理含铜废水必须控制好溶液的pH,才能达到较好的结果;同时实际应用中也要考虑其再生成本较高的特点。也有研究表明,采用含有磷酸盐的土壤作为二次吸附剂处理含铜废水取得了较好的效果,而再生过程中洗脱液中铜离子浓度较高,且洗脱液的成分单一,有利于铜的二次资源化利用<sup>[17,18]</sup>。沸石和海泡石等,经过预处理后可以用于吸附金属离子。由于沸石分子具有独特的结构<sup>[19]</sup>,使其成为目前国内外研究处理含铜废水常用的吸附剂。国内外有报道称<sup>[20,21]</sup>,将沸石经过晶化、灼烧等工艺处理后制成纳米X型沸石,这种吸附剂在pH值为5.0、温度 $25^\circ\text{C}$ 、吸附时

间为10min情况下,铜离子的去除率可以达到99.65%,最大吸附容量为 $101.4\text{mg/L}$ ,吸附饱和后采用 $\text{Na}_2\text{EDTA}$ 溶液洗脱即可使吸附剂再生<sup>[22]</sup>。

除采用无机吸附处理外,通常还使用高分子有机螯合剂或高分子絮凝剂等来处理重金属废水,它是通过高分子的吸附架桥或电中和的絮凝作用降低水中致浊物质的含量,或依靠其分子上配位基团的配位与水中的铜离子发生离子交换或是产生螯合作用,从而使铜离子从废水中脱离,达到净化的目的。

据冯爱红<sup>[23]</sup>等人报道,首先调节pH值至6.5左右,然后投加高分子有机螯合剂EP-110,搅拌,使其和废水中的 $\text{Cu}^{2+}$ 发生反应,再投加助凝剂及高分子絮凝剂加速凝聚,混合废水排入沉淀器进行固液分离,污泥压滤,清液调节 $\text{pH}=6.5\sim 9.0$ ,可以将含 $\rho(\text{Cu}^{2+})=119\text{mg/L}$ 的废水处理为 $\rho(\text{Cu}^{2+})=0.04\text{mg/L}$ 、 $\text{pH}=7.6$ 的水体进行排放。

常青等人也曾报道<sup>[24]</sup>,使用以聚乙烯亚胺和二硫化碳制备聚乙烯亚胺基黄原酸钠(PEX)投加在含铜废水中,在pH值5.0~6.0之间,可以有效去除废水中的铜和浊度,且出水中残余铜远低于化学沉淀法;而且生成的矾花较大,易于沉降分离,净化后水不需再调pH,可直接排放。有机吸附克服了无机吸附在处理含铜废水时选择性差的缺点(如有机物与金属离子共存时会对活性炭产生竞争吸附,降低金属离子的吸附量),对含铜离子废水的处理效率较高,而且不受废水中铜离子初始浓度的限制,使得废水中的有价成分能够充分富集回收。

此外,研究人员通过对无机吸附物质的改性、接枝有机高分子化合物、改变自然态无机聚合物的内腔和通道的尺寸与形状等手段,以调节这些化合物的物理特性<sup>[25]</sup>,研制出具有较高的选择性的无机-有机复合材料吸附剂。这种复合材料吸附剂对废水中的 $\text{Cu}^{2+}$ 有较强的吸附功能且原料来源广泛,在含铜废水的处理过程中具有高选择性、高洗脱率和高再生性,因此已逐渐成为资源化重金属废水处理技术的研究热点。

## 4 生物法处理含铜废水

针对化学法和物化法一般只使用于重金属离子浓度较高的情况,一些学者开始将注意力转向利用生物处理技术来处理低浓度重金属离子废水,并取得了一定的成果。

生物吸附技术是近年发展起来的一种有效的处理低浓度重金属离子废水的生物处理技术,它具有吸附容量大、选择性强、效率高、消耗少、费用低等优点<sup>[26]</sup>。生物材料吸附一般仅指非活性微生物的吸附作用<sup>[27]</sup>。生物细胞吸收金属的方式有两种过程<sup>[19]</sup>:一是活细胞体的主动吸收,另一种是通过细胞壁上或是细胞内的化学基团与金属螯合而进行被动吸收。前者是生化反应,后者则是采用物理化学吸附原理。前者可以采用活性菌种,如活性污泥<sup>[28]</sup>对金属离子废水进行处理,是生物处理。后者采用藻类、菌种或是植物<sup>[29]</sup>,通过物理、化学吸附或是通过沉降、晶体化作用沉积于细胞表面,不包括生物的新陈代谢和物质的主动运输过程,是生物吸附过程。

将活生物体用于处理含铜废水曾有报道<sup>[30]</sup>。从温州东方集团电镀厂废水池淤泥中分离得到的抗铜细菌为铜绿假单胞菌,对10~80mg/L浓度的含铜废水处理效果较好。此外中国科学院研发的高效微生物菌剂治理电镀废水已经获得成功,并进行了工业化应用<sup>[31]</sup>。同样,一些藻类对 $\text{Cu}^{2+}$ 也有吸附作用,Sheng等的研究表明,海藻 *Sargassum Sp* 在吸附Cu、Pb、Cd时,1h内可吸附所有金属总量的90%,6h内吸附达到了平衡<sup>[32]</sup>;另外,大部分品种的首蓿对铜离子都有束缚能力,而首蓿吸附的铜离子用0.1mol/L的HCl即可洗脱<sup>[33]</sup>。但高浓度重金属离子对活生物的毒性作用使其应用受到了限制。由于死的生物比活性微生物更易保存,铜离子的生物吸附剂的发展逐渐会从活的微生物向死亡的微生物发展。MoSheng<sup>[34]</sup>于1990年对藻类去除水中铜离子进行了研究,在吸附和积累重金属离子方面,死亡的海藻比活细胞和组织更有效,吸附容量更大。

生物吸附技术具有广泛的工业应用前景,但目前利用此技术大规模处理废水的系统还相对较少,这主要是因为现在对生物吸附金属机理的认识还不够深入,并缺乏金属离子和生物吸附剂相互作用的动力学数据,从而影响工业过程的系统设计和放大。另外,不论是利用活性微生物还是死亡的微生物处理含铜废水,生物材料要能实现其应用价值,都必须具有较好的物理性质和化学稳定性。需要实现菌体颗粒化或固定化,这样将活性成分固定于载体上,才可能进行大规模的工业应用。

## 5 结 语

资源利用可持续性与合作的协调发展是当今世

界各国共同关注的重大问题,而资源的综合利用是可持续发展的关键。对含铜废水采用适当的方法进行处理,在废水得到治理的同时,又能充分回收其中的有价成分,变废为宝。虽然化学法、物化法都可以达到从废水去除铜的目的,但以生物法处理为佳。该方法处理含铜废水成本低、效益高、容易管理,不对环境造成二次污染,有利于生态环境的改善。目前,应积极寻找使生物体具有更强的吸附、絮凝、整治修复能力的方法,进一步推动含铜废水生物处理过程的工业化应用。

## 参考文献:

- [1] 郭仁东, 吴昊, 张晓颖. 高浓度含铜废水处理方法的研究[J]. 当代化工, 2004, 33(5): 280~282.
- [2] 徐新阳, 尚·阿嘎布(赞比亚). 矿山酸性含铜废水的处理研究[J]. 金属矿山, 2006(11): 76~78.
- [3] 王绍文. 重金属废水的危害及防治[J]. 金属世界, 1997(5): 12~13.
- [4] 殷志伟. 含重金属离子酸性废水石灰法处理后回用技术研究[J]. 矿冶, 2002, 11(2): 77~80.
- [5] 杨维生. 多层印刷板生产过程中的废水处理技术[J]. 环境与保护, 2006(6): 17~18.
- [6] 王雅琼, 许文林. 电化学沉积法处理含铜废水[J]. 水处理技术, 1995, 21(6): 359~362.
- [7] Hatfield T L, Kleven T L, Pierce D T. Electrochemical remediation of metal-bearing waste waters. Part 1: Copper removal from simulated drainage waters[J]. Journal of Applied Electrochemical, 1996, 26: 567~574.
- [8] 董晓雯, 肖振业, 梁璇琪. 电化学法综合利用废杜镁丝[J]. 环境科学, 1998, 19(1): 58~61.
- [9] 姚志春. 含铜废水处理及资源循环利用的应用研究[J]. 甘肃科技, 2005(12): 96~98.
- [10] 陈强, 梁收运, 袁九毅, 等. 乳状液膜法处理化工废水应用研究进展[J]. 甘肃环境与监测, 1999(12): 218~221.
- [11] 韩景田, 兰孝征, 刘为忠, 等. 乳状液膜传输 $\text{Cu}^{2+}$ [J]. 膜科学与技术, 1997, 17(1): 69~71.
- [12] 舒万良, 梁刚. 乳状液膜法分离提取 $\text{Cu}^{2+}$ [J]. 膜科学与技术, 1998, 18(1): 14~17.
- [13] 谢少雄. 液膜接触法处理含铜废水的实验研究[J]. 膜科学与技术, 2003(4): 65~68.
- [14] 罗凯, 张建国. 矿山酸性废水治理现状研究[J]. 资源环境与工程, 2005(1): 45~49.
- [15] Amanda Black, Dave Craw, Arsemic Copper and zinc occurrence at the Wangaloa coalmine[J]. International Journal of Coal Geology, 2001, 45: 181~193.

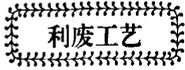
- [16] Chen J P, Yiacoumi S. Adsorption and its application in industry and environmental protection vol. II [M]. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [17] ZHUO DAI HUA, DONG YUANYAN. Effects of phosphate on kinetics  $\text{Cu}^{2+}$  secondary adsorption in soils [J]. Pedosphere, 1995, 5(2): 143 ~ 149.
- [18] LI XUE YUAN, DONGYUANYAN, LUOHUO - TING. Effects of phosphate adsorption - desorption and availability of Cu and Zn ions in Ultisols and Alfisols [J]. Pedosphere, 2000, 10(4): 355 ~ 362.
- [19] ZHAO YA PING, GAO TINGYAO, JIANG SHANGYING, et al. Ammonium removal by modified zeolite from municipal waste water [J]. Journal of Environmental Sciences, 2004, 16(6): 1001 ~ 1004.
- [20] RUBIO J, TESSELE F. Removal of heavy metal ions by adsorptive particulate flotation [J]. Minerals Engineering, 1997, 10(7): 671 ~ 679.
- [21] BRIGATTIM F, FRANCHINI G, FRIGIERI P, et al. Treatment of industrial waste water using zeolite and sepiolite, natural micro porous materials [J]. Canadian Journal of Chemical Engineering, 1999, 77(1): 163 ~ 168.
- [22] 施平平, 王银叶. 纳米 X 型沸石制备以及对含铜废水处理 [J]. 安全与环境学报, 2004, 4(1): 80 ~ 82.
- [23] 冯爱红, 迟大明. 重金属螯合剂在印刷电路板含铜废水处理中的应用 [J]. 电镀与环保, 2006, 26(6): 39 ~ 42.
- [24] 常青, 安瑜, 于明泉. 高分子重金属絮凝剂的制备及含铜废水处理 [J]. 环境化学, 2006, 25(2): 176 ~ 179.
- [25] MAHAIRUI, WANGYAOYU, LIUPING, et al. Two novel Copper(II) complexes with a novel ligand 2,4 - Di(2 - aminopyridine) - 6 - methy lpyrimidine [J]. Chemical Research in Chinese Universities, 2005, 21(3): 365 ~ 367.
- [26] 王宪, 徐鲁荣, 陈丽丹, 等. 海藻生物吸附金属离子技术的特点和功能 [J]. 台湾海峡, 2003, 22(1): 120 ~ 124.
- [27] 韩润平, 石杰, 李建军. 生物材料对重金属离子的吸附富集作用 [J]. 化学通报, 2000(7): 25 ~ 28.
- [28] XIE BING, KANGKYOUNG - SOON. Uptake of copper ion by activated Sludge and its bacterial community variation analyzed by 16sr DNA [J]. Journal of Environmental Science, 2003, 15(3): 328 ~ 333.
- [29] NICAIFYING, CHEN YINGXV, LIN QI, et al. Subcellular localization of copper in tolerant and non - tolerant plant [J]. Journal of Environmental Science, 2005, 17(3): 452 ~ 456.
- [30] 董新娇, 林晓华, 周仕官. 铜绿假单胞菌对  $\text{Cu}^{2+}$  的吸附条件及动力学初步研究 [J]. 江西科学, 2002, 20(2): 85 ~ 89.
- [31] 吴乾菁. 微生物治理电镀废水的研究 [J]. 环境科学, 1997, 18(5): 47 ~ 50.
- [32] Sheng P X. Ting Y P, Chen J P. Biosorption of lead, copper and cadmium by the marine alga Sargassum Sp [C]. Proceedings of International Symposium on water Resources and the Urban Environment, Wuhan, China. 2004: 262 ~ 266.
- [33] SHAO JIA NZHENG, YUN FENGHE, YUSUKE ARAKAW A, et al. A copper - deficiency - induced root reductase is different from the iron - deficiency - induced one in red clover [J]. Plant and Soil, 2005, 273(1 - 2): 69 ~ 96.
- [34] MO SHENG, JAMES A HOLCOMBE. Reconcentration of copper on algae and determination by slurry graphite furnace adsorption spectrometry [J]. Anal Chem, 1990, 62(18): 1994 ~ 1997.

## The Technologies for Treating Wastewater Containing Copper and Research Progress

LI BO, LIU Shu-ping

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** With the development of metallurgical and electronic industries, a large quantity of wastewaters containing copper ion were produced. Although they do harm to humanity and natural environment, but they have some economic values. Thus, first of all, these wastewaters must be purified and reclaimed before discharging them. This paper reviewed the present situation of research and testwork, and practical application of some physical - chemical, chemical and biological methods in treatment of wastewaters containing copper ions, and analyzed the advantages and disadvantages of various methods. It is believed that as far as removal of copper ion from wastewaters is concerned, the biological treating process is more simple and efficient, and can reduce secondary pollution, furthermore,



# 某浮磷尾矿综合回收钛铁矿试验研究

戴新宇

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

**摘要:**针对某浮磷尾矿的性质特点,确定采用“弱磁除铁—强磁预选—钛浮选”综合回收工艺流程。结果表明:物料经过 Slon-750 型脉动高梯度强磁机两段预选,达到钛浮选入选品位要求;采用 EM121 作为钛铁矿的捕收剂,经过一粗一扫四精,可以得到钛精矿 TiO<sub>2</sub> 品位为 45.97%、回收率为 51.50% 的技术指标。

**关键词:**浮磷尾矿; 钛铁矿; 浮选; Slon-750 型脉动高梯度强磁机

**中图分类号:**TD985 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)05-0038-05

## 1 矿样性质

该试验研究矿样是某生产现场的浮磷尾矿,其

多元素分析结果见表 1, 钛物相分析结果见表 2, 矿样粒度筛析结果见表 3。

本次试验矿样含 TiO<sub>2</sub> 近 8%, 钛矿物含量较高,

表 1 试验矿样化学多项分析结果/%

TiO <sub>2</sub>	TFe	FeO	S	P	Co	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO
7.98	12.36	11.20	0.216	1.11	0.0088	11.16	4.84	37.92	2.15	0.68	0.074	9.91

表 2 试验矿样钛物相分析结果

项目	钛磁铁矿	钛铁矿	脉石等	合计
TiO <sub>2</sub> 含量/%	<0.01	7.32	0.64	7.97
TiO <sub>2</sub> 分布率/%	<0.13	91.84	8.03	100.00

表 3 试验矿样粒度筛析结果

粒级/mm	产率/%	TiO <sub>2</sub> 品位/%	TiO <sub>2</sub> 分布率/%
+0.45	8.87	5.73	6.30
-0.45 +0.25	19.79	6.94	17.03
-0.25 +0.154	18.76	7.37	17.15
-0.154 +0.1	21.44	9.04	24.03
-0.1 +0.074	12.16	8.06	12.16
-0.074	18.98	9.92	23.33
合计	100.00	8.07	100.00

具有较好的回收利用价值。矿样中含硫 0.216%, 含钴 0.0088%, 属于硫、钴含量比较低的钛磁铁矿。主要脉石成分为硅酸盐类。

矿样中金属矿物以钛铁矿、褐铁矿、(磁)赤铁矿、黄铁矿为主,同时尚有少量的钛磁铁矿、锐钛矿、白钛矿、钴黄铁矿、黄铜矿、铜蓝、磁黄铁矿等;主要

脉石矿物有绿泥石、钛辉石、斜长石、黑云母、白云母、绢云母、滑石、蛇纹石、透闪石、透辉石、橄榄石、

the copper may be reclaimed. Under the conditions of granulation, fixation, stronger adsorption and restoration of organism can be effectively resolved, the biological treating process will be a effective way for removal of copper from wastewaters.

**Key words:** Wastewater containing copper ion; Chemical process; Physical-chemical process; Biological treating process

收稿日期:2008-01-14

作者简介:戴新宇(1970-),女,副研究员,主要从事选矿工艺技术研究工作。