

## 德兴铜矿生产废水的综合治理

陈 林

(江西铜业集团德兴铜矿)

**摘 要** 就德兴铜矿采用堆浸工艺、酸碱中和方式、专业污水处理站方式对矿区的生产废水进行综合治理,取得了巨大的社会效果作了介绍。

**关键词** 含铜废石 酸性废水 碱性废水 综合治理 堆浸

德兴铜厂矿作为含铜含硫的金属露天矿山,主要环境污染物表现为采矿剥离的废岩,尾矿(固体污染物),含重金属离子的矿山酸性废水,选矿后的碱性废水(液体污染)及生产过程中的噪声污染。德兴铜矿开采数年来,其中废水污染最为严重,废水在未严格治理前,曾对矿区的下游河流及生态产生了严重的影响。随着我国加入 WTO,人民生活水平的提高,人们对环境的要求也越来越严格,1999 年江西省政府对德兴铜矿下达了 3 a 内德兴铜矿大污河必须变清的环保要求。通过德兴铜矿的艰苦努力,于 2003 年德兴铜矿实现了大污河变清的愿望,并一直保持到现在。德兴铜矿对生产废水的治理经验及方法在同类矿山值得推广。

### 1 生产废水产生概况

#### 1.1 酸性废水

德兴铜矿的矿石和废石中含有黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )、辉铜矿( $\text{Cu}_2\text{S}$ )、黄铜矿( $\text{CuS}$ )、方黑铜矿( $\text{CuO}$ )等,受自然环境中氧、降水和酸性水中细菌作用,经过一系列化学反应生成硫酸、硫酸铜和三价铁。经多年检测表明,德兴铜矿的矿山废水是 pH 值为 2.5 左右,含有铜、铁等重金属离子的酸性废水。6.4 平方公里的废石场产生废水 724.5 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 5.02  $\text{km}^2$  采区内约产生废水 710 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 废水中含铜 80 ~ 140  $\text{mg/L}$ , 含铁 2 000 ~ 3 000  $\text{mg/L}$ , 含硫酸根离子 5 000 ~ 10 000  $\text{mg/L}$ 。

#### 1.2 碱性废水

德兴铜矿选矿工艺流程中加入石灰、硫化钠等药药剂,大致产生的碱性水量为 1 787 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , pH 为 10 ~ 11。

### 2 废水治理

德兴铜矿结合废水特点,现已投入大量资金,建

立了一套完整的生产废水处理系统(见图 1)。具体为源头治理清污分流系统,污水处理系统。污水处理系统又分酸碱中和系统,专业污水站处理系统,堆浸综合处理系统,多级河坝渗清系统等。

#### 2.1 执行源头治理,建立清污分流拦截排系统,降低污水量

德兴铜矿的清污分流拦截排系统主要为在摸清污水源的情况下,对露天采场,废石场修建了大量的截排水明沟,截排水巷道,拦水坝,酸性水调节水库,根据水源水质对所截水引向不同处理系统,大大降低污水量。

#### 2.2 酸碱中和处理系统

将采区内边坡渗水,最低台阶地下水及堆浸富裕的萃余液泵入尾矿库与选矿所产生的碱性废水进行中和处理。

根据酸碱平衡原理达到以碱性废水治理酸性废水的目的。

德兴铜矿的碱性废水主要有尾矿溢流水、精矿溢流水和含硫废水。尾矿溢流量平均 8 887.75 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 其 pH 值为 11 ~ 12, 平均碱度 5 642.8, 尾矿浓度 18%,  $\text{CaCO}_3$  含量为 4.93%; 精矿溢流量 1 576.41 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 其 pH 值为 12 左右, 碱度为 1 489.1; 含硫废水水量 535.84 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 其 pH 值为 12 左右,  $\text{S}^{2-}$  含量为  $1\,645.4 \times 10^{-6}$ 。

通过实践,德兴铜矿尾矿溢流液与酸性水中和的混合比控制在 4 ~ 6 的条件下,中和后上清液 pH 值可达 7.0 ~ 8.5, 当沉淀 4 h 后,上清液水质澄清,各项指标均达到排放标准。

陈 林(1968 -),男,江西铜业集团德兴铜矿采矿场,工程师,334224 江西省德兴市泗洲镇。



酸碱废水中和反应后,初期为成层沉淀,沉速约为0.03 mm/s,在开始3~4 h中和液的沉速较慢,随后,比尾矿溢流液沉速快,最终中和渣体积小于尾矿渣体积,因而不会影响尾矿库的固液分离和堆积容积。

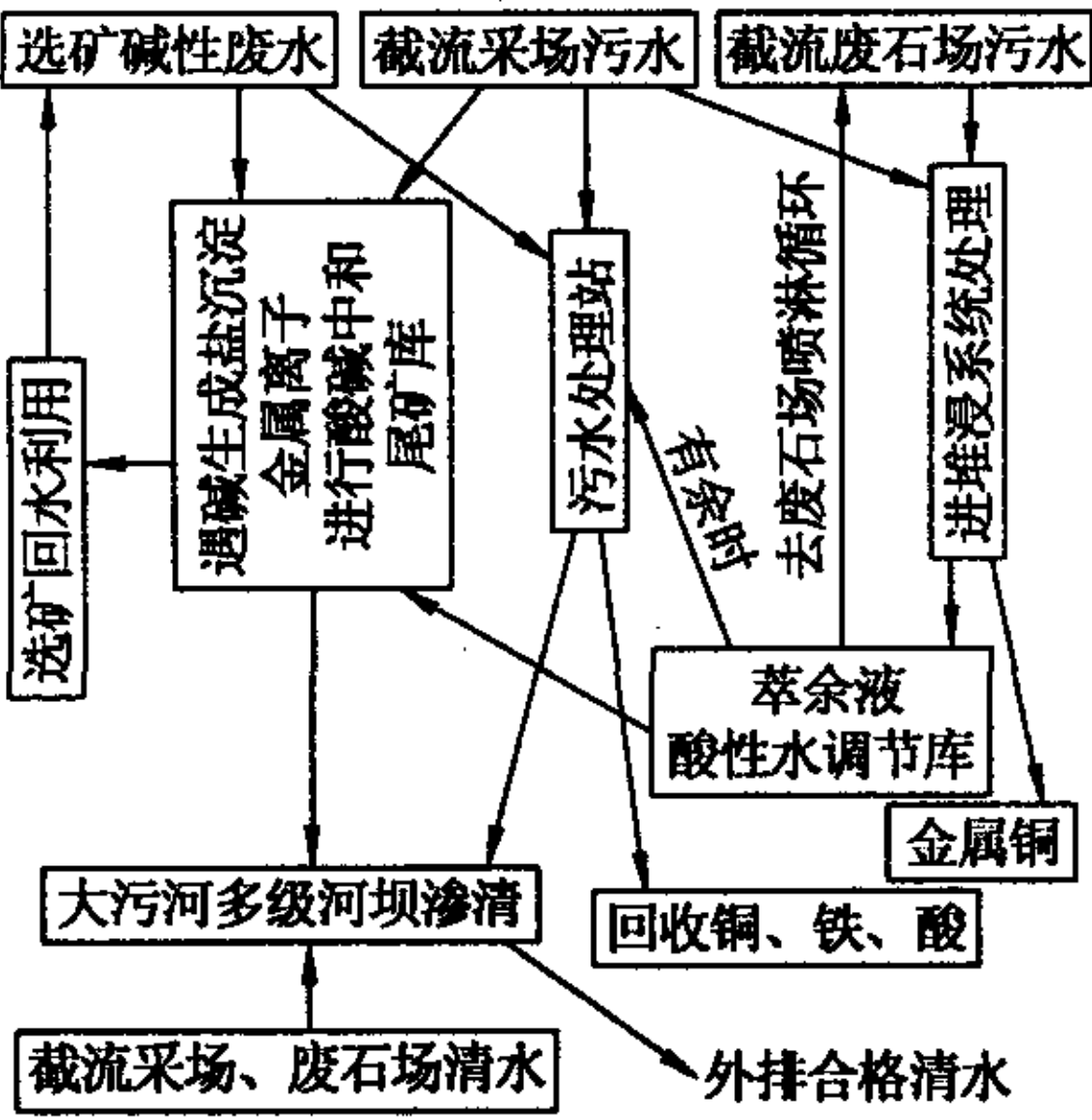


图1 德兴铜矿废水处理流程示意

经过该工艺处理,废水变为可利用的清水,多次取样全分析结果如表1。

表1 水样全分析结果 mg/L

样品来源	矿山酸性废水	尾矿溢流液	沉淀池出水
pH	2.7 *	12.5	8.95
Cu	85.05	<0.05	0.97
Fe <sup>3+</sup>	1 113.0		未
TFe	2337.3	0.24	未
Al	1025.2	0.87	5.40
As	0.068		0.007
Cr <sup>6+</sup>	未		未
So <sup>2-</sup>	14677		2232
Cd	<0.02	<0.05	<0.02
Ca	413.9	412.0	1089.1
Mg	882.9	8.00	47.58
S <sup>2-</sup>		0.04	未
Pb	<0.04	<0.20	<0.40
Zn	2.40	0.06	<0.02

目前,矿山克服成本压力,坚持采区内5 000 t/d以上量的酸性废水输往尾矿库进行酸碱混合处理。

酸碱中和系统因酸性水送入尾矿库管路长,泵运行数量多,成本相对较高,且处理的酸性水量受到一定限制,否则会对选矿回水利用造成一定影响。

2.3 采用堆浸闭路循环系统处理废石场及其他含铜酸性废水,降低酸性水量及酸性水中重金属离子

德兴铜矿在开采过程中,需要剥离堆存含铜0.1%~0.25%的废矿石,仅铜厂矿区就有3.26亿t,内含铜金属量约57万t,常年受细菌、空气和雨水

的作用,产生大量含金属离子的酸性废水,从废石场流出,成为德兴铜矿最大的污染源。

利用含细菌的酸性废水,浸出废矿石中的铜,然后从浸出液中萃取-电积生产电铜,既能回收废弃铜资源,又能减少酸性废水排放量。

2.3.1 德兴堆浸工艺流程(见图2)

整个堆浸的作业采用细菌堆浸-萃取-电积流程。流程中酸性废水在旱季,因喷淋蒸发量大,为闭路循环,需补充消耗采区内的酸性废水。在废石场清污分流截流系统未完全建好前,在雨季曾有部份萃余液需进污水处理站处理。尽管进污水处理站处理,但其处理量大大降低,且废水含的重金属离子也大大降低,其中铜离子浓渡由平均0.2 g/L以上降低到0.04 g/L以下。

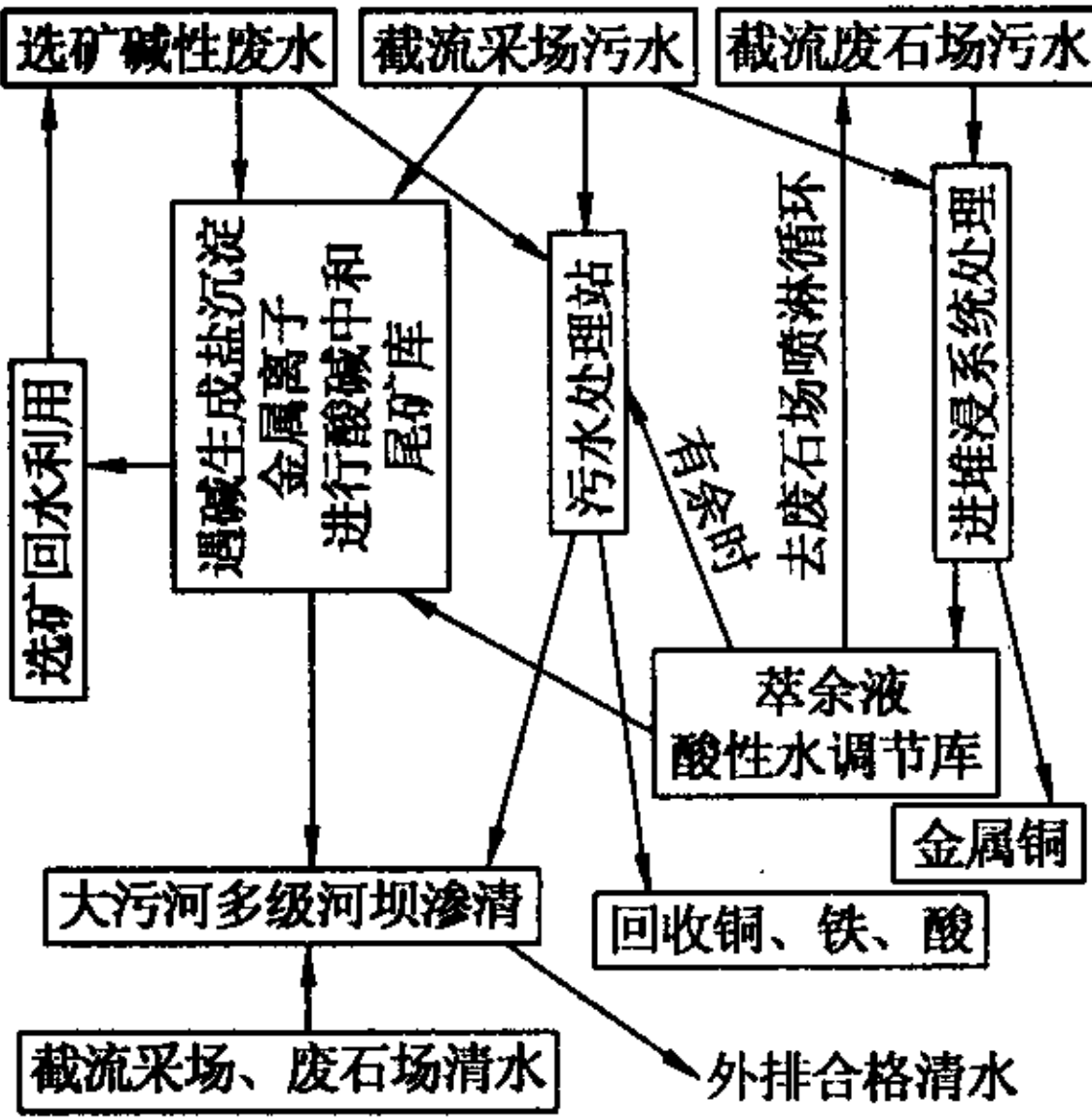


图2 德兴铜矿堆浸生产工艺流程示意

2.3.2 堆浸处理效果

德兴铜矿废石堆浸场自1997年11月投产以来,各年度从废水中回收的铜为50,506,607,611,806,1 050,1 011,1 022 t,预计2005年铜产量将达1 200 t,堆浸电铜平均生产成本2万元/t。废石场清污分流设施完成后,堆浸系统内基本无废水外排或再需处理。

几年来生产实践表明含铜酸性废水用堆浸法处理具有以废治废,低成本,高效率,处理量大的特点。

2.4 工业水处理站治生产废水

德兴铜矿1988年5月建成了工业水处理站,设计规模为处理矿山酸性废水12 370 t/d,处理选矿碱性废水2~3万t/d。其工艺流程和参数:

一段除铁:pH=3.4~3.6,一段铁去除率>97%,铜回收率>90%,一段出水Fe<sup>3+</sup><50 mg/L。

二段沉铜:pH=3.7~4.0,二段铜回收率>99%,铜渣含铜品位>30%。(下转第169页)



的补充勘察,已超出本次详细勘察阶段岩土工程勘察工作要求。在这种情况下则只有由建设单位再次委托勘察单位进行施工勘察阶段岩土工程勘察工作来解决此问题。如若不进行施工勘察阶段的勘察工作,则桩基设计的依据必然不足,桩基本身的合理,可靠性不能得到保证,桩基施工时亦可能会遇到一些不曾预计到的问题。

### 2.3 矿山建筑市场不尽规范

一方面,勘察工程建设单位(矿山企业业主)建筑招标行为不尽规范:如为赶矿山建筑工程工期而不切实际的压缩勘察工程工期,或为节省矿山建筑工程投资费用而盲目投标人(勘察单位)投标报价,有的工程标底压缩到工程直接费或以下;很明显,这两方面任何之一足以让一些本身不太规范的勘察单位做出不能满足矿山建筑工程质量的勘察成果。

另一方面勘察单位投标行为不尽规范:为抢工程项目而压低了报价,遇到意外情况就有费用风险(工程亏损),或为赶矿山勘察工程工期而采取非正常手段(如偷工减料、减少工程数量尤其是隐蔽工程),从而致使矿山勘察工程质量大打折扣,直接影响矿山建筑工程质量。

### 3 建议与对策

针对矿山建筑勘察市场存在的上述问题,笔者

(上接第 156 页)

三段中和:进行酸性废水与碱性废水中和,达到  $\text{pH} = 6.5 \sim 7.5$ 。

2005 年江铜集团公司通过国际招标选择采用加拿大 PRA 公司的“高浓度浆料处理技术(HDS)”对工业水处理站进行技术改造,预计改造完工后,将大大提升德兴铜矿污水处理能力。

目前工业处理站处理酸性废水处理量有限,且成本较高,只作为矿山对其他方式处理未净的矿山废水处理的必不可少的有效补充。

### 2.5 多级河坝渗清系统

德兴铜矿酸性水源范围超过 11.5 平方公里,尽管在采区内、废石场等场所修建了大量清污分流设施。但在雨季,尤其是遇暴雨天气,采区及废石场截流的非酸性废水及由于受输往尾矿库的泵排设施能

提出以下建议。

(1)规范市场行为,加大对勘察市场的行为管理与监督。针对有些工程无明确的设计要求和荷载情况,或平面位置不确定,或工程比较重要,需解决的岩土问题较复杂,应不得直接进行详细勘察阶段岩土工程勘察,即使勘察工作按详勘类似要求来完成,亦只能提供初步勘察阶段岩土工程勘察报告。从源头抓起,把好勘察关,提高勘察行业地位,通过宣传学习《中华人民共和国建筑法》、《建设工程质量管理条例》、《建设工程勘察设计管理条例》和《建设工程勘察质量管理办法》。

(2)加强职业道德教育,提高行业自律。加强职业道德教育,进行行业自律,规范市场行为十分必要。勘察单位应加强自我保护意识,对一些业主的不规范行为,要据理力争。在勘察工作进行前必须广泛收集资料,详细了解和明确建设、设计单位要求,精心勘察,精心分析,提出资料真实准确,评价确切合理的勘察报告。所提供的数据必须准确可靠,不能模棱两可,若在该阶段不能准确提供的数据则应坚决不提供,以免误导设计和施工。

(收稿日期 2005-07-18)

力限制,仍有少量被稀释了的采区废水流入自然水系,该废水 pH 值,重金属离子等指标符合或接近排放标准,但由于水量大,大部份由采区边坡,废石场表面,水库面流出,夹带大量泥沙,为避免河道阻塞,德兴铜矿在矿区内 5 公里长的河道上每隔 400 m 左右就修建拦水坝。雨季时,河水的大量泥沙自然沉淀在河底,雨季后,对河道进行清淤。河坝使原本秋冬干涸的河流如今一年四季皆水波荡漾。

### 3 结 语

德兴铜矿通过 4 a 多重大投入的酸性水科学综合治理,取得了酸嗅了二十多年的红褐色河流如今河中碧波荡,水草漂,1 a 至少 300 d 清澈见底的巨大社会效果。

(收稿日期 2005-07-18)