反渗透法处理矿山含 Cu^{2+} 废水

徐 洁 黄万抚

(江西理工大学 环境与建筑工程学院, 江西赣州 341000)

摘 要: 针对紫金山矿含 Cu^{2+} 酸性废水,采用反渗透技术进行了试验研究,结果表明,经反渗透处理后的净化水中 Cu^{2+} 浓度<0.5 mg/L,可达到国家允许的污水排放标准,同时,Cu^{2+} 在浓缩液中得到了富集,可实现 Cu 回收利用.说明,反渗透技术处理含 Cu^{2+} 废水,既能实现废水净化,又可回收其中的 Cu^{2+}.

关键词: 反渗透; 膜分离; 重金属

中图分类号: TQ028.8 **文献标识码:** A

矿山含重金属离子废水是对环境污染最严重和对人类危害最大的工业废水之一.含有重金属离子的废水、废渣、废气等排放于环境,通过土壤、水、空气,特别是某些重金属及其化合物能在鱼类及其它水生物体内以及农作物组织内累积,通过饮水和食物链的作用,对人类产生更广泛和更严重的危害.

由于重金属难以降解和破坏,迄今为止,无论国内还是国外,对含重金属离子废水的治理仍不够完善和彻底,远未能减少重金属离子废水对环境的污染.因此,急需大力加强科研与实践,推进对含重金属离子废水的治理技术的研究与发展.

1 矿山含重金属离子废水的处理现状

矿山含重金属离子废水无论采用何种方法处理都不能使其中的重金属离子分解破坏,只能转移其存在的位置和转移其物理和化学形态.因此无论从杜绝对环境的污染,还是从资源综合利用来考虑,含重金属离子废水的最理想处理原则应是水与重金属离子二者都回收利用.但是,含重金属离子废水的处理,单靠废水处理使排放的水质达标是不行的,必须采取多方面的综合性措施[1].

目前我国所采用的矿山含重金属离子废水的处理设施,大多只注意废水本身的处理,而忽视其中有用金属成分的综合利用或无害化处理,任其流失于环境中.对矿山含重金属离子废水,一般采用石灰共沉淀技术,可使处理后的水质达标,但废渣难于回收利用,形成二次污染.这是目前我国处理含重金属离子废水中存在的最突出、最严重的问题.美国雷色弗采矿公司的银湾铁燧石选矿厂,每天向萨伯雷湖倾卸尾矿达 67 kt,引起湖水酸化和金属污染.我国的永平铜矿是多金属硫化物矿床,矿区酸性污水排放量平均达 4 000 t/d,造成其附近交集河口以下 5km 河段含大量重金属的酸性水,给生态环境带来严重后果[2].因此,国内外对矿山含重金属离子废水的处理很重视,开展了大量的处理技术研究[3].

其中膜法是解决水问题的有效方法.膜法处理水的应用将会愈来愈广泛,我国膜技术工业每年将以 30%的增长率增长,我国的膜技术市场将会有一个很大的发展空间[4].1960 年,著名的加拿大国家研究院反渗透膜理论创始人索里拉金博士与他的同事劳勃合作,成功地研制出第一张非对称性、具有高脱盐率与高水通量的反渗透膜,从此为该技术研究与应用打开了大门.他提出的"优先吸附—毛细孔流模型"是当今世界重要的膜传质理论之一[5].反渗透首先应用于苦咸水淡化及海水脱盐,随后逐渐应用于高压锅炉供水、电子工业用水、饮用纯水及医药用水、工业废水处理和工业废液回收等方面[6].其中反渗透处理重金属废水也已有一些研究.根据日本有关资料介绍[7], 从含有铜、锌、铬、酸的 3 270 m^3/d 酸浸漂洗废水中,可回收约 3 000 m^3/d 水.日本的中根等人对锌、铜、锰等重金属离子的反渗透法分离特性进行了研究:认为在分离这些离子方面,反

作者简介:徐 洁(1981-),女,江西鄱阳人,在读研究生,从事环境工程废水处理技术研究. * 联系人.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

渗透膜具有优异性，而且各种阴离子对分离性能的影响比各种金属离子影响大很多[8]．经研究反渗透系统中 KDF 金属滤料去除重金属离子及有毒离子的效果较好．将其用于反渗透预处理系统，可以减小反渗透膜的负荷，从而延长膜的使用寿命，相对降低了反渗透系统的成本[9]．在反渗透过程中，有时会产生浓度差极化现象，使膜表面浓度高于主体溶液的浓度，导致渗透率增加，降低了膜的水通量和脱盐率．实践表明，如采用中空纤维组件在正常流速条件下浓度差极化度极小，大致 2% 左右，在工程计算中可忽略不计[10]．

2　紫金山矿含 Cu^{2+} 酸性废水

紫金山矿位于温湿多雨的福建沿海山区，为硫化矿床．由于强烈的化学及生物氧化作用，当降水或地下涌水流经采矿场及废石场后产生大量含铜、铁、铅、锌、镉、砷等重金属离子的酸性废水．其废水排放量大，重金属离子主要为 Cu^{2+}，其含量变化波动较大，从每升几毫克到几百毫克．针对这种特点，应采用分点处理的方案，对高浓度的废水进行金属回收，实现废水的资源化．

试验采用二选厂处理系统的废水作为试样，其 Cu^{2+} 含量为 41.64 mg/L，pH 为 3.8．

3　反渗透法处理矿山含 Cu^{2+} 酸性废水试验研究

3.1　试验方法

对取自紫金山矿的紫金山矿含 Cu^{2+} 酸性废水水质分析．反渗透是在溶液的一边加上比自然渗透压更高的压力，扭转自然渗透方向，把浓溶液中的溶剂(水)压到半透膜的另一边稀溶液中．采用反渗透工艺进行处理，调整最佳工艺参数，使净水端出水达到国家排放标准，同时使浓缩液端出水中的 Cu^{2+} 富集到可以回收的浓度．

3.2　试验仪器和试验工艺流程

3.2.1　试验主要仪器

小型反渗透处理装置；水泵；紫外可见分光光度计。

3.2.2　工艺流程

试验工艺流程见图 1．本研究分别采用一级和二级反渗透工艺，即经一段反渗透系统后的净化水可达标排放，浓缩液可以经过二段反渗透系统进一步浓缩，从而将 Cu^{2+} 富集，进而回收．

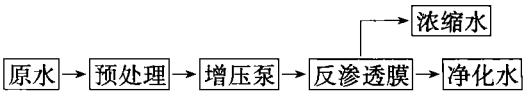


图 1　反渗透试验工艺流程

Fig. 1　The schematic of wastewater treatment by reverse Os mosis

4　试验结果和讨论

4.1　一段反渗透试验

不同流量比(净化水与废水流量比)下的试验结果分别见表 1．从表 1 可知，净化水浓度均小于 0.5 mg/L，可达标排放．但不同的流量比，将导致一段浓缩液中的 Cu^{2+} 浓度不同，以 1.72:1 时浓缩液 Cu^{2+} 浓度最高，可达 51.20 mg/L．

表 1　一段反渗透不同流量比试验结果

(Cu^{2+} 浓度/mg/L)

Tab. 1　The results at different discharge rate by reverse osmosis

原水	一段浓缩液	一段净化水	净化水与废水的流量比
41.64	28.51	0.099	1:2
41.64	51.20	0.220	1.72:1
41.64	27.85	0.164	1.9:1
41.64	40.16	0.182	2.3:1
41.64	45.32	0.297	5.3:1

4.2　二段反渗透试验

采用活性炭预处理和不采用活性炭预处理试验结果见表 2 和表 3．从表中可知采用活性炭预处理的二段反渗透试验中，净化水浓度小于 0.5 mg/L，能达排放标准，一段浓缩液中 Cu^{2+} 浓度大于一级前处理 Cu^{2+} 浓度，说明 Cu^{2+} 得到了富集，二级前处理

表 2　采用活性碳预处理的试验结果

(Cu^{2+} 浓度，mg/L)

Tab. 2　The results of pretreatment process by activation carbon

原水	一段浓缩液	一段净化水	一级前处理	二级前处理	活性炭前处理	净化水与废水的流量比
41.64	21.76	0.429	21.29	20.59	9.14	5:1

表 3　不采用活性碳预处理的试验结果

(Ca^{2+} 浓度，mg/L)

Tab. 3　The results of pretreatment process without activation carbons

原水	一段浓缩液	一段净化水	二段浓缩液	二段净化水
41.64	40.0	0.22	56.32	0.24

注：二段反渗透试验，一段净化水与废水流量比为 1:3.6，二段净化水与废水比为 1.79:1.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Cu^{2+}浓度小于一段浓缩液中 Cu^{2+} 浓度，由此可知在预处理中活性炭吸附了一定量的 Cu^{2+}. 不采用活性碳预处理则浓缩液浓度可达 40 mg/L.

4.3 讨论

从以上试验结果可知采用反渗透法处理矿山含重金属离子废水，在净化水与废水流量比以任意比例调节均可使净化水含 Cu^{2+} 浓度低于 0.5 mg/L，实现达标排放. 而在浓缩液中，均能使 Cu^{2+} 得到一定程度的富集，随着流量比的增大浓缩液的 Cu^{2+} 浓度也发生变化，先升高后下降，其中流量比为 1.72:1 时浓缩液的 Cu^{2+} 最高，随后随着流量比的增大浓缩液反而减小，故在使用反渗透法处理矿山含重金属离子废水时，存在一个最佳操作工艺参数. 视处理溶液性质，也可采用二段或多段反渗透系统，以便在使净化液达标的同时，尽可能的将重金属离子富集，从而提高 Cu^{2+} 的富集比和回收率，以便于进一步回收利用.

5 结论

通过反渗透技术处理紫金山矿含 Cu^{2+} 酸性废水的试验研究表明，反渗透技术处理后得到的净化水中 Cu^{2+} 离子浓度均小于 0.5 mg/L，达到国家规定的排放标准，且 Cu^{2+} 在浓缩液中得到了富集，可进一步回收 Cu^{2+}. 采用二段反渗透系统处理，其效果更好，既可提高净化水的产率，又可使浓缩液中 Cu^{2+} 进一步富集.

参 考 文 献

[1] 王绍文，姜凤友. 重金属废水治理技术[M]. 北京：冶金工业出版社，1993 年. 1－50.

[2] 韦冠俊. 矿山环境保护[M]. 北京：冶金工业出版社，1990，76－96.

[3] 向 武. 酸性矿山废水处理技术及其进展[J]. 地质灾害和环境保护，1998，9(2)：38－40.

[4] 任建新，张保成. 膜技术和环境保护中的水处理[J]. 膜科学与技术，2001，2(1)：25－29.

[5] 勒茂新. 反渗透膜分离技术应用概况[J]. 上海化工，2003. 21(4)：36－39.

[6] 徐洪斌，张林生. 反渗透与超滤及其在水处理中的应用[J]. 电力环境保护，2001，9(3)：51－54.

[7] 化学工场，1977，21(2)：35－40.

[8] 邵 刚. 膜法水处理技术及工程实例[M]. 北京：化学工业出版社，2002. 35－44.

[9] 吕亚文，陈 莎. KDF 金属滤料运用在反渗透预处理系统中可行性的初步研究[J]. 膜科学与技术，1998，8(4)：55－60.

[10] 董建军. 反渗透处理过程的原理和实践[J]. 小氮肥设计技术，2001. 22(3)：54－56.

Research on Cu^{2+} wastewater treatment of mineral mountain by reverse osmosis

XU Jie, *HUANG Wanfu*

(College of Environment and Architectural Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: The treatment of acidic wastewate containing Cu^{2+} ion from Zijinshan Mine was investigated by reverse osmosis. The results showed that the concentration of Cu^{2+} in the treated water by reverse osmosis was lower than 0.5 mg/L, it attained the dirty water exhaust standard of the nation. The Cu^{2+} could be enriched, and reused.

Key words: reverse osmosis; membrane separation; heavy metal

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net