

# 含銅廢水純化的研究

高小組化學科第三名

台北市東門國民小學

作者：何艾馨、陳韻如  
徐以倫

指導教師：李新海、江澄枝

## 一、研究動機

每天翻開報紙，我都會心跳好幾百，環境污染的新聞天天都有。不久前有一則令人汗顏的報導—“台灣의 牡蠣，世界最綠”，含銅量高達四千四百PPM，翻遍文獻，也沒這麼嚴重的污染。而且業經證實，是來自廢五金處理業的污染，這實在太可怕了。我便想是否有辦法可以減少銅的污染，使我們生產的牡蠣能粒粒如明珠，而非顆顆似翡翠。

## 二、研究問題

- (一)銅濃度的判別
- (二)銅祛除效率與水中酸度的關係
- (三)沉澱劑於不同酸度下祛除銅的效益比較
- (四)沉澱劑濃度與祛除效率影響
- (五)沉澱劑之比較

## 三、研究設備器材

- (一)藥品：

1. 硫酸銅
2. 氯化鐵
3. 氯化亞鐵
4. 鹼
5. 牛奶
6. 豆漿
7. 鹽
8. 水
9. 氨水
10. 氯化氨

(二)儀器：

1. 酸鹼度測定 (PH儀)
2. 原子吸收光譜儀
3. 量瓶燒杯
4. 攪拌子及攪拌器
5. 試管
6. 天平、秤

## 四、研究過程

(一)PH值是什麼？

PH值是酸鹼強度的指標，PH值=7時代表中性，PH值>7代表鹼性，PH<7代表酸性；也就是說PH值越小，表示酸性成份愈濃，PH值愈大表示酸性成份越淡。

(二)PPM是什麼？

每公克或公撮溶液中含有百萬分之一公克的溶質時，其濃度稱之謂PPM。

(三)研究方法：

1. 取氨水5.60公撮加入氯2.80公克  
取氨水2.80公撮加入氯1.40公克  
取氨水1.40公撮加入氯0.70公克  
取氨水0.70公撮加入氯0.35公克  
取氨水0.35公撮加入氯0.17公克

再加入水使它成為10公撮，分別加入0.5公撮濃度分別為20、15、10、5、2.5、1、0.5、0.25公克/公升的含銅廢水。將0.5公撮液體置於含氯化銨及氨水之試管中搖勻後置白色背景前，於燈光下分辨其顏色。

2. 取3.70公克硫酸銅於1公升的水中，使成1,000PPM，取20公撮再加入含鹼4公克的鹼液，調酸度使酸鹼度儀上的指針分別為6、7、8、9、10、12、沉澱後取樣於原子吸收光譜儀上分析微量銅。

3. 配製濃度為16,000PPM的氯化鐵，氯化亞鐵及硫酸鋁，此為濃處理之液。
4. 取前述之濃處理液，氯化亞鐵及硫酸鋁液0.50公撮，與10公撮含銅廢液中攪拌澄清後，取樣送原子吸收光譜分析含銅量。將原濃液稀釋2、4、8、16、32倍後再依序加入約1,000PPM含銅廢液中經攪拌，俟澄清後取樣送原子吸收光譜分析含銅量。
5. 將食鹽1公撮，牛奶5公撮，豆漿5公撮，鹼液5公撮，明礬5公撮，氯化鐵5公撮分別加入20公撮廢液中，觀察沉澱速度沉澱高度及顏色。

## 五、研究結果

(一)沉澱速度快慢：含鹼、食鹽，明礬、牛奶、豆漿、氯化鐵等沉澱劑在硫酸銅溶液中沉澱速度的比較。

| 沉澱速度<br>沉澱物 | 鹼   | 鹽              | 明礬 | 豆漿 | 氯化鐵 |
|-------------|---|----------------|----|----|-----|
| 快           | ✓   | 不產生沈澱物<br>沒有效果 |    | ✓  |     |
| 慢           | ——  |                | ✓  |    | ✓   |
| 備註          | 鹼和豆漿的沉澱速度相似(快),明礬和氯化鐵的沉澱速度相似(慢),鹽不產生沈澱物,沒有發生效果。 |                |    |    |     |

(二)沉澱物的多寡：

含鹼、食鹽、明礬、牛奶、豆漿、氯化鐵等沉澱劑在硫酸銅溶液中沉澱物的多寡。

| 沉澱劑<br>多寡 | 鹼                                | 鹽              | 明礬 | 豆漿 | 氯化鐵 |
|-----------|----------------------------------|----------------|----|----|-----|
| 多         |                                  | 不產生沈澱物<br>沒有效果 | ✓  |    | ✓   |
| 少         | ✓                                |                |    | ✓  |     |
| 備註        | 明礬、氯化鐵產生的沉澱物大於鹼的沉澱物。<br>鹽不產生沈澱物。 |                |    |    |     |

(三)沉澱物的性質：

含鹼、食鹽、明礬、牛奶、豆漿、氯化鐵等沉澱劑在硫酸銅溶液中沉澱物性質。

| 沉澱劑<br>性質 | 鹼 | 鹽     | 明礬 | 豆漿 | 氯化鐵 |
|-----------|---|-------|----|----|-----|
| 凝塊狀       |   | 不產生任何 |    | ✓  |     |
| 凝膠狀       |   |       | ✓  |    | ✓   |
| 粉塊狀       | ✓ |       |    |    |     |

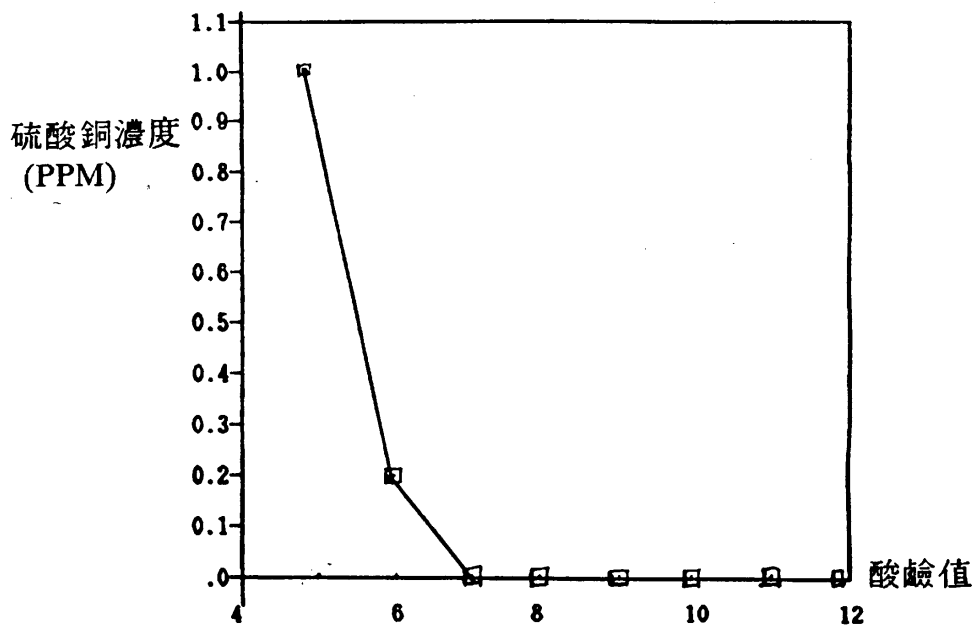
(四)沉澱粒子大小：

含鹼、食鹽、明礬、牛奶、豆漿、氯化鐵等沉澱劑在硫酸銅液中沉澱物的粒子大小。

| 沉澱劑<br>沉澱物 | 鹼                                | 鹽      | 明礬 | 豆漿 | 氯化鐵 |
|------------|----------------------------------|--------|----|----|-----|
| 大          |                                  | 不產生沉澱物 |    | ✓  |     |
| 中          | ✓                                | 沒有效果   | ✓  |    | ✓   |
| 小          |                                  |        |    |    |     |
| 備註         | 豆漿的粒子最大,明礬、氯化鐵的粒子次之,鹼最小。鹽不產生沈澱物。 |        |    |    |     |

(五)加鹼沉澱的效果：

加入鹼液PH值昇高，當PH值由5昇至6時，廢水中含銅量降低的速度最快，當PH值達7時，銅量已降至1PPM以下，再加鹼PH值昇至12，銅的祛除效果與PH值=7相彷彿。



(六)各種沉澱劑的效果比較：

| 沉澱劑 \ 效果 | 鹼                 | 鹽    | 明礬 | 豆漿 | 氯化鐵 |
|----------|-------------------|------|----|----|-----|
| 1        | ✓                 |      |    |    |     |
| 2        |                   |      |    |    | ✓   |
| 3        |                   | 沒果有效 | ✓  |    |     |
| 4        |                   |      |    | ✓  |     |
| 備註       | 數字愈小效果愈大。鹽沒有發生效果。 |      |    |    |     |

(七)含鹼、食鹽、明礬、牛奶、豆漿、氯化鐵等沈澱劑在硫酸銅溶

| 沈澱劑 \ 水質清度 | 鹼                                    | 鹽    | 明礬 | 豆漿 | 氯化鐵 |
|------------|--------------------------------------|------|----|----|-----|
| 1          | ✓                                    | 沒果有效 |    |    |     |
| 2          |                                      |      |    | ✓  |     |
| 3          |                                      |      | ✓  |    | ✓   |
| 4          |                                      |      |    |    |     |
| 備註         | 數字愈小效果愈大。鹽沒有發生效果。<br>時間：加入澄清澱劑後30分鐘。 |      |    |    |     |

液中沉澱後水質的澄清度。

## 六、討論

### (一)銅濃度的判別：

以氯化氨及氨水混液顯色劑，以混劑濃度要高到56%的氨水及28%的氯化氨，銅的濃度才可有效的予以區別。在1公克/公升至20公克/公升均可判別，顯出的藍度在1公克/公升以下時，藍色逐漸淡化，如需更精確的度量尚需借助原子吸收光譜儀來量測，不同濃度的廢液其顯色情形亦有差別。

### (二)銅祛除效率與水中酸度的關係：

含1,030PPM銅的廢水其溶液呈微酸性，PH值為4.70，濃度升高，PH值升高，反之PH值降低則濃度降低。經加入鹼調整PH值後，銅即形成藍色粉狀沉澱。當PH值為5-6時降低最快，當PH值為7時，其清液中殘值已小於1PPM，當PH值為8時降至最低，PH值超過11時，又逐漸升高。在各PH值下，各清液中殘餘含銅量詳見附表1；當PH值大於11時，其沉澱物逐漸變黑，而當PH值=9時，其沉澱量最多。

〔附表1〕 鹼加入含銅廢水後其殘餘銅含量

| 酸鹼值   | PH      | 硫酸銅(PPM) |
|-------|---------|----------|
| 4.70  | 1030.00 |          |
| 6.00  | 204.00  |          |
| 7.00  | 0.80    |          |
| 8.00  | 0.70    |          |
| 9.00  | 0.80    |          |
| 10.00 | 0.70    |          |
| 11.00 | 1.20    |          |
| 11.80 | 1.50    |          |

(三)沉澱劑於不同酸度下祛除銅其效益比較：

加入的氯化亞鐵，氯化鐵及氯化鋁均有祛除銅的效果，當PH值高到 $PH > 7$ 以上時，其效果均可顯示出來，且隨PH值昇高而增加其效果，見表二。但氯化鋁效果最好是在PH值=8左右，當PH值 $> 9$ 時，鋁沉澱物又逐漸的溶解，使得銅祛除效果減低。鐵、鹽以PH值為9時效果最好，PH值為7時，氯化鐵沉澱的不完全，沉澱物中褐色不深，當PH值為9時則很深。氯化亞鐵於 $PH = 7$ 即有效果。

(四)沉澱劑濃度與祛除效率的影響：

沉澱劑無論是氯化鐵、氯化亞鐵，氯化鋁或鹼加的濃度愈高，則祛銅效果愈佳，但加入祛除劑多時則增加水中鹽的濃度，反而污染了水質。只有當加入祛除劑量少而且不影響效率下最有效果的，於氯化亞鐵與氯化鐵只要PH值 $> 7$ 時，鐵量只有50PPM即有效，當PH為7時，鋁加多才有效。但在PH值為9時，加的鋁愈多反而使銅帶至水相，見表二。

(五)沉澱劑之比較：

沉澱劑雖試過鹽、牛奶、豆漿、明礬、氯化亞鐵、氯化亞及氯化鋁等，但除了鹽不產生沉澱外，其他牛奶與豆漿均形成凝膠狀沉澱，而牛奶比豆漿的祛除效果為好，但與無機類沉澱劑比，則效果顯得較差。無機類沉澱劑在適當的濃度及PH值下，均可使銅降至1PPM以下，當然，PH值調整影響因素較加入助沉劑為大，如只是含銅的廢水經加鹼，其沉澱物體積最小，而且銅中不含雜質可供有效的回收。



[表二] 不同沉澱劑量及酸鹼度對銅祛除的效率比較

=====

加入氯化亞鐵後清液中硫酸銅 (PPM)

---

| 酸鹼值PH  | 7         | 8    | 9    |
|--------|-----------|------|------|
| 加入PPM  | 硫酸銅 (PPM) |      |      |
| 800.00 | 1.35      | 1.65 | 0.80 |
| 400.00 | 0.80      | 0.80 | 1.35 |
| 200.00 | 1.35      | 0.80 | 0.90 |
| 100.00 | 3.45      | 1.00 | 0.80 |
| 50.00  | 3.20      | 0.80 | 1.10 |
| 平均值：   | 2.03      | 1.01 | 0.99 |

=====

=====

加入氯化鐵後清液中硫酸銅 (PPM)

---

| 酸鹼值PH  | 7         | 8    | 9    |
|--------|-----------|------|------|
| 加入PPM  | 硫酸銅 (PPM) |      |      |
| 800.00 | 1.75      | 1.35 | 0.95 |
| 400.00 | 1.40      | 1.47 | 0.60 |
| 200.00 | 1.80      | 1.20 | 2.00 |
| 100.00 | 1.75      | 1.60 | 1.25 |
| 50.00  | 1.95      | 1.10 | 1.35 |
| 平均值：   | 1.73      | 1.34 | 1.23 |

=====

=====

加入硫酸鋁後清液中硫酸銅 (PPM)

---

| 酸鹼值PH  | 7         | 8    | 9    |
|--------|-----------|------|------|
| 加入PPM  | 硫酸銅 (PPM) |      |      |
| 800.00 | 2.00      | 1.30 | 3.80 |
| 400.00 | 2.10      | 1.60 | 1.60 |
| 200.00 | 2.20      | 1.60 | 2.30 |
| 100.00 | 2.45      | 1.50 | 2.00 |
| 50.00  | 5.60      | 2.20 | 2.40 |
| 平均值：   | 2.87      | 1.64 | 2.42 |

=====

## 八、結論：

含銅廢水如果任它流入大地，不但污染環境，破壞土壤及河川的潔淨，也威脅魚類及其他水生物的生存，我們只有一個地球，實在不容許它污染了我們賴以生存的大地。

廢水中含銅量的多寡，希望能以簡單的顏色判別即可區別，加入一般的化學藥品，以氯化氨及氨水混劑且濃度夠高才有效，如濃度低到1000PPM以下時，只能以原子吸光儀來量測，在試過的幾種物質中，溶解在水中的鹽不具祛除銅效果，加入醬油亦無效果。但加入牛奶或豆漿形成膠凝狀沉澱，但祛銅效果不佳。如果加入鹼或是氯化鋁、氯化鐵，氯化亞鐵或是明礬則具明顯效果，在適當加入量及酸鹼度下，銅量可降到1PPM以下。加入鋁、鐵雖有祛銅效果，但沉澱量甚大，且沉澱物不具回收價值，不加鹼即可達到優異的祛銅效果。

鹼液對於含銅廢水的處理，既有它較為理想的效果，如果工廠廢水的處理，能利用它的特質，使廢水予以純化，那麼我們的大地受污染的威脅就減輕了，還我清淨的大地，應該不是一個夢了。

## 評語

作者從報紙刊載含銅離子的廢水影響生態的報導，經過種種試驗探討祛除的方法，考慮了酸度，沉澱劑及濃度等因素，內容相當完整，具有創造能力，思考周詳，表達能力亦佳，經評定給予第三名。