

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040208

「你有吸引力嗎？」

學校名稱： 臺北縣私立金陵女子高級中學

作者： 高二 方幼人 高二 林玳妤	指導老師： 藍偉瑩
-------------------------	--------------

關鍵詞：電鍍、磁場、離子價數

壹、摘要

本研究旨在探討磁場對電鍍量的影響。實驗改變磁鐵形式、排列方式與方向、磁場距離、電解液離子價數等變因進行探討。結果發現馬蹄形磁鐵產生之磁場易干擾離子而使電鍍量減少；棒狀磁鐵依排列方式與方向不同而對電鍍結果產生不同影響。進行研究，宜用棒狀磁鐵。

改變磁鐵位置及方向研究顯示電鍍結果受磁鐵位置及方向影響，磁場產生作用力與離子移動方向相反時，離子受干擾以致於電鍍量減少；反之，若方向相同時，則有利於電鍍生成。多數外加磁場無論方向為何，電流量多會增加。若磁場排列與方向會減少電鍍量者，磁場距離變近，將使電鍍量與電流量增加，反之則然。而陰陽離子之電荷乘積越大者，離子間靜電吸引力越強，電鍍量與電流量較小。然本研究發現：部分排列方式與方向變因其實驗結果之電流量與電鍍量關係相反，依本實驗設計無法探究原因，須再進一步深入探究。

貳、研究動機

上國中理化課的時候曾教到電流磁效應，當時還到實驗室做了實驗，發現指南針真的如同課本上所說的會偏轉，令我們覺得驚奇無比，很感興趣。上了高中進行電鍍、電鍍的實驗，讓我們不禁好奇：離子在水中不是會帶電嗎？那麼做電鍍實驗的時候電線所產生的磁效應，是不是也會干擾離子移動呢？干擾程度為何？電鍍成品有何差異？一連串問題故動手研究。

參、研究目的

- 一、棒狀磁鐵和馬蹄形磁鐵磁場對電鍍影響比較。
- 二、改變磁鐵位置及方向，探討其對電鍍的影響。
- 三、探討磁場距離對電鍍的影響。
- 四、探討離子價數對於具磁場環境之電鍍的影響

肆、研究設備及器材

器材：試管架、500ml燒杯、電源供應器、三用電錶、碳棒、電線、銅片、棒狀磁鐵(70MT)、馬蹄形磁鐵(30MT)、塑膠尺、塑膠盒、膠帶、竹筷、橡皮圈

藥品：硫酸銅、硝酸銀、硝酸銅、硝酸鐵

伍、研究過程或方法

一、對照組

取300毫升0.04M硫酸銅溶液至入燒杯中，連接導線、電源供應器、三用電錶和電極，將兩電極（碳棒）置入溶液中，調整電壓為3伏特，電鍍30分鐘，如圖一所示。

每3分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

二、棒狀磁鐵

(一)將兩磁鐵各放在溶液左、右(碳棒的兩側)

- 1.同步驟一，將磁鐵N極分別放置在燒杯左方與右方 3.3cm 處，如圖二所示。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極放置在燒杯左方 3.3cm 處；取另一磁鐵 N 極放置在燒杯右方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 3.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極分別放置在燒杯左方與右方 3.3cm 處，。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

(二)將兩磁鐵各放在溶液前、後(非碳棒的兩側)

- 1.同(一)步驟 1，將磁鐵 N 極分別放置在燒杯前方與後方 3.3cm 處，如圖四所示。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極放置在燒杯前方 3.3cm 處；取另一磁鐵 N 極放置在燒杯後方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 3.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極分別放置在燒杯前方與後方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

(三)將兩磁鐵各放在溶液上、下

- 1.同(一)步驟 1，重覆步驟 1，將磁鐵 S 極放置在燒杯上方 3.3cm 處；取另一磁鐵 N 極放置在燒杯下方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極分別放置在燒杯上方與下方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

(四)將兩磁鐵各放在溶液右上、左下

- 1.同(一)步驟 1，將磁鐵 N 極分別放置在燒杯右上方與左下方 3.3cm 處，如圖七。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極放置在燒杯右上方 3.3cm 處；取另一磁鐵 N 極放置在燒杯左下方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 3.重覆步驟 1，將磁鐵 S 極分別放置在燒杯右上方與左下方 3.3cm 處。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

三、馬蹄形磁鐵

(一)將兩磁鐵各放在溶液上、下

- 1.同步驟一，將兩馬蹄形磁鐵各放在燒杯上下 3.3cm 處，磁極兩邊皆以 N 極對 S 極，如圖八。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.重覆步驟 1，將兩馬蹄形磁鐵各放在燒杯上下 3.3cm 處，磁極兩邊以 N 極對 N 極、S 極對 S 極。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

四、其他

(一)磁場距離對電鍍的影響

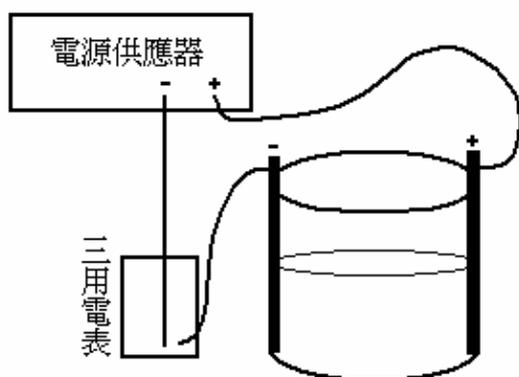
- 1.同步驟一，將磁鐵N極分別放置在燒杯上方與下方 1.1cm 處，如圖五。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.重覆步驟 1，改變為距離 5.5cm 處如圖五。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。

(二)離子價數對於電鍍的影響

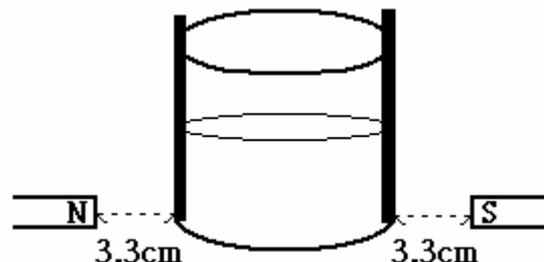
- 1.同(一)步驟 1，取硝酸銀為電解液，將磁鐵N極放置在燒杯上方 3.3cm 處；取另一磁鐵，磁鐵N極放置在燒杯下方 3.3cm 處，如圖五。每 3 分鐘觀察一次電流，紀錄結果。
- 2.同(一)步驟 1，取硝酸銅為電解液，紀錄結果。
- 3.同(一)步驟 1，取硝酸鐵為電解液，紀錄結果。

五、針對上述的實驗，我們做了進一步的改良：

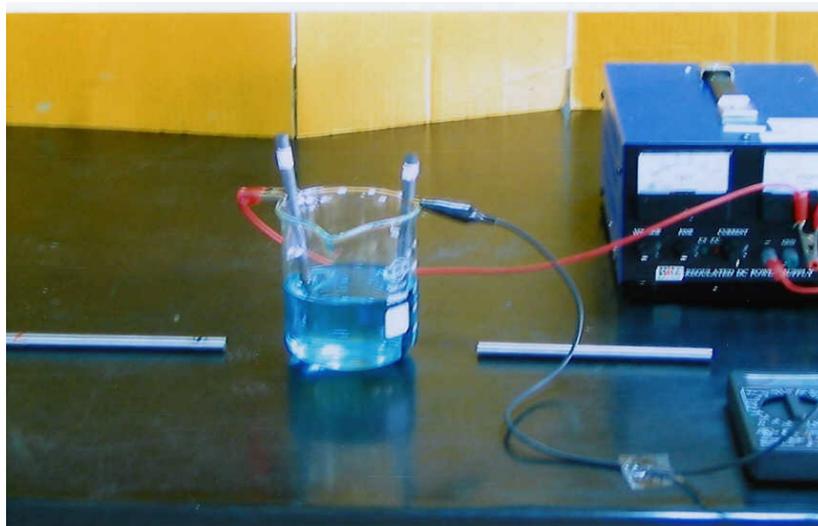
將濃度 0.04M 的電解液增加為 0.05M，電鍍時間延長為 45 分鐘，正極以銅片為電極，負極以碳棒為電極，重復相同步驟，重復實驗三次，探討對照組及棒狀磁鐵的電鍍量。



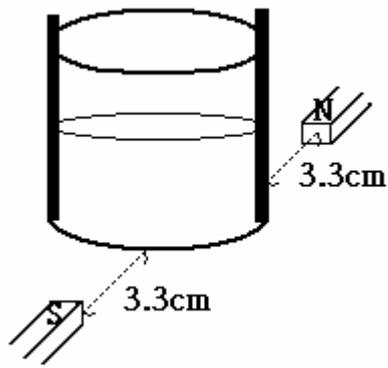
圖一 實驗裝置圖



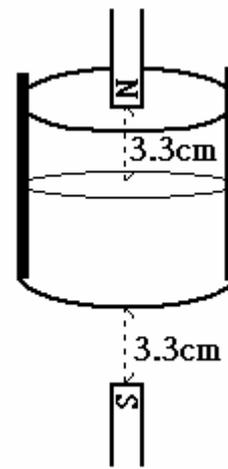
圖二 外加磁場實驗裝置圖(1)



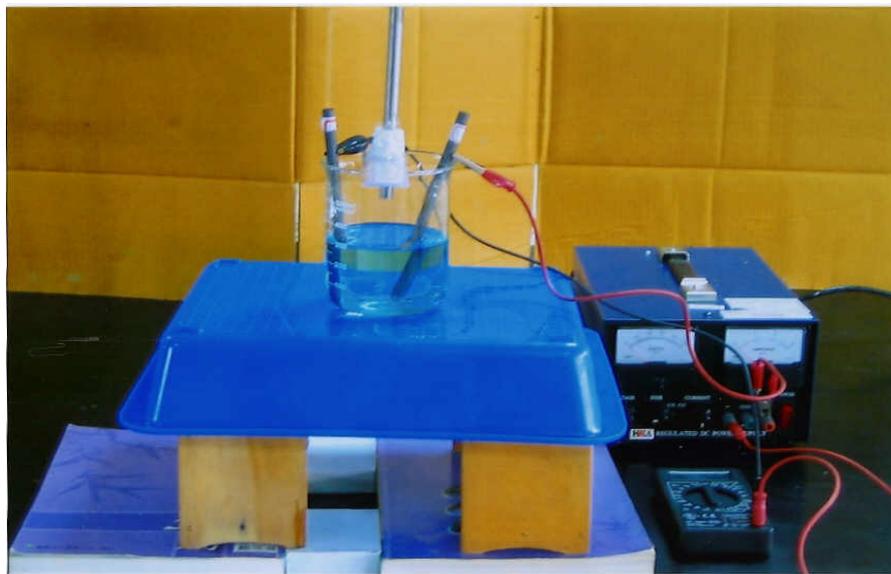
圖三 實驗裝置照片(1)



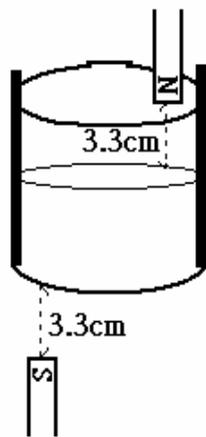
圖四 外加磁場實驗裝置圖(2)



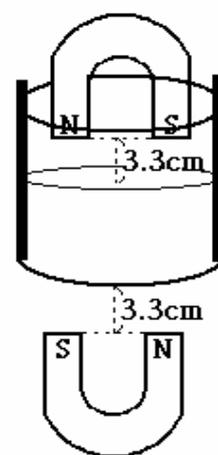
圖五 外加磁場實驗裝置圖(3)



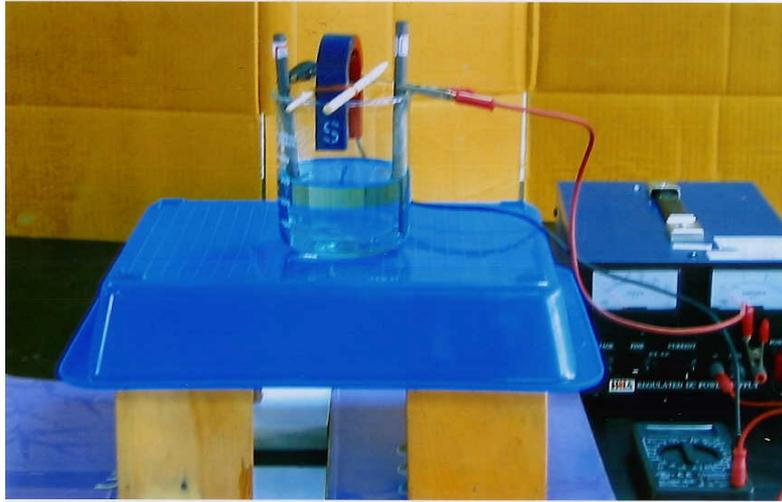
圖六 實驗裝置照片(2)



圖七 外加磁場實驗裝置圖(4)



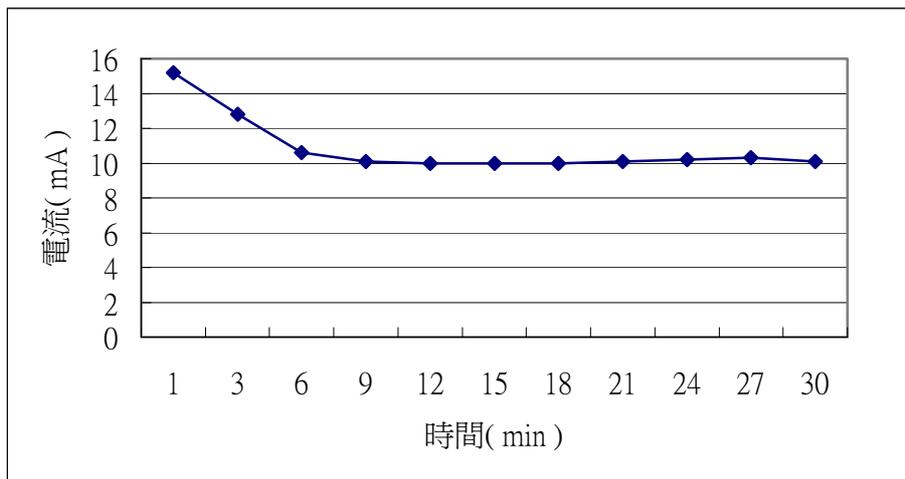
圖八 外加磁場實驗裝置圖(5)



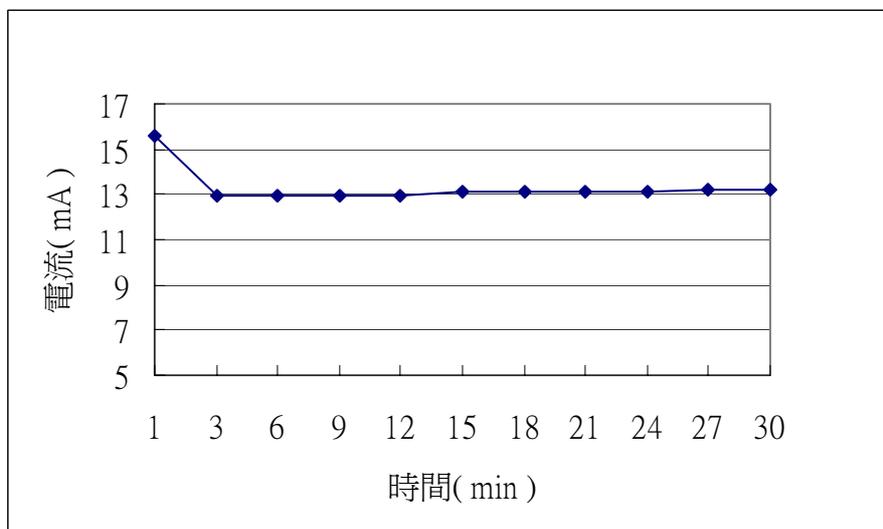
圖九 實驗裝置照片(3)

陸、研究結果

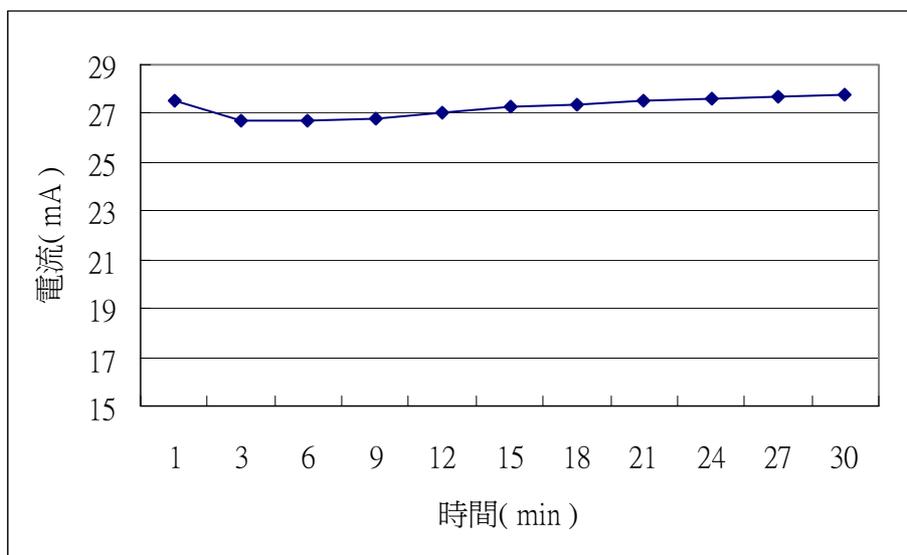
- 一、電鍍量結果如討論表一所列。
- 二、電流變化圖：



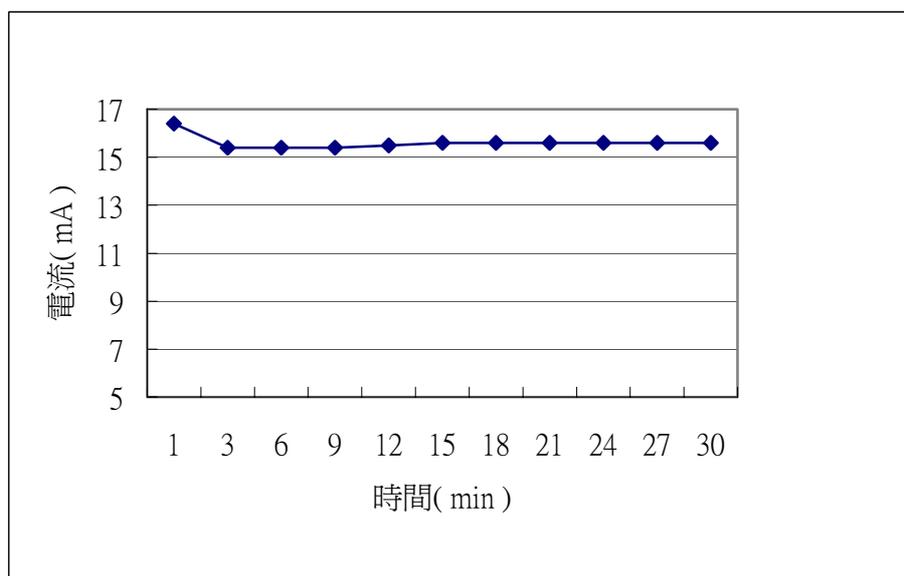
圖十 對照組電鍍過程之電流紀錄



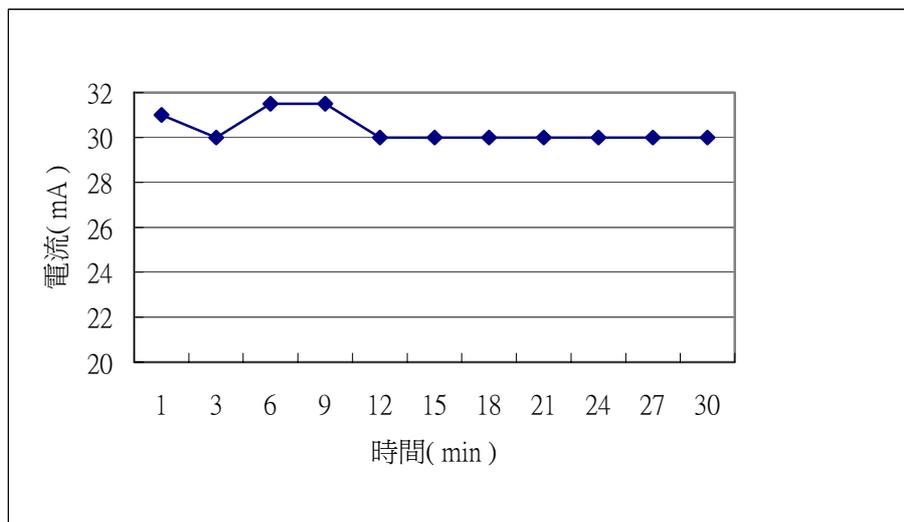
圖十一 棒狀磁鐵(N 極放在溶液左、右)對電鍍影響之電流紀錄



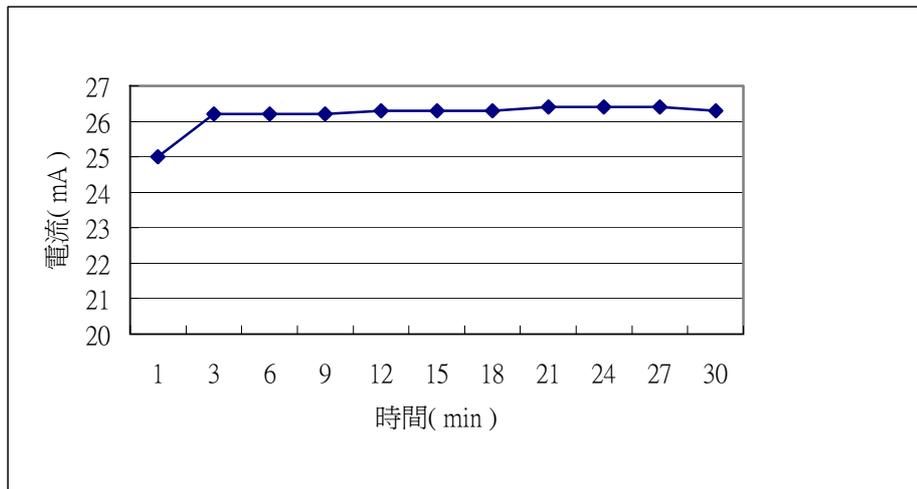
圖十二 棒狀磁鐵(S 極與 N 極各放在溶液左與右)對電鍍影響之電流紀錄



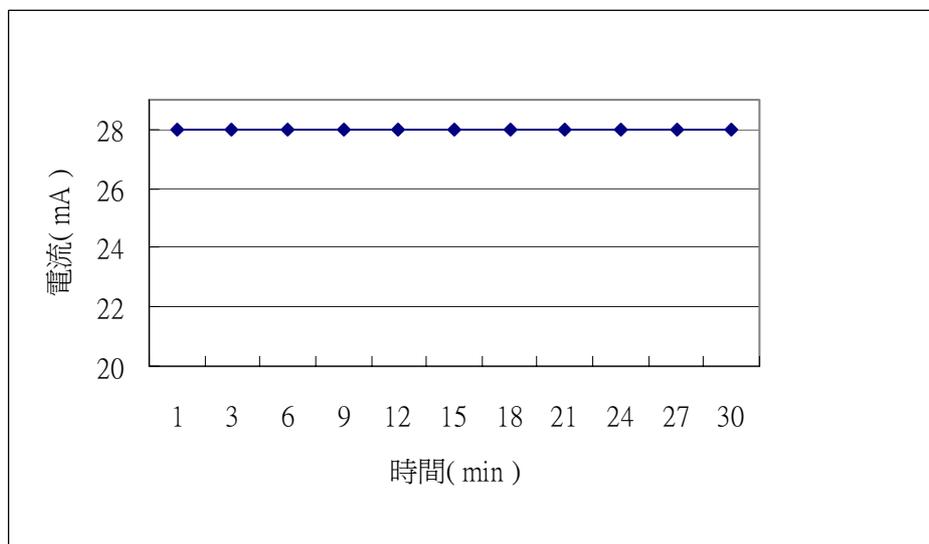
圖十三 棒狀磁鐵(S 極放在溶液左與右)對電鍍影響之電流紀錄



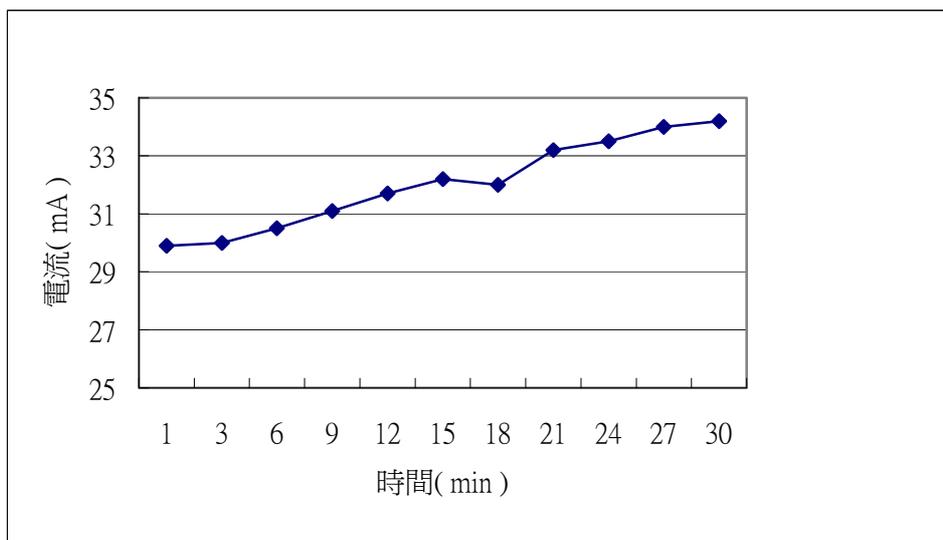
圖十四 棒狀磁鐵(N 極放在燒杯前、後方)對電鍍影響之電流紀錄



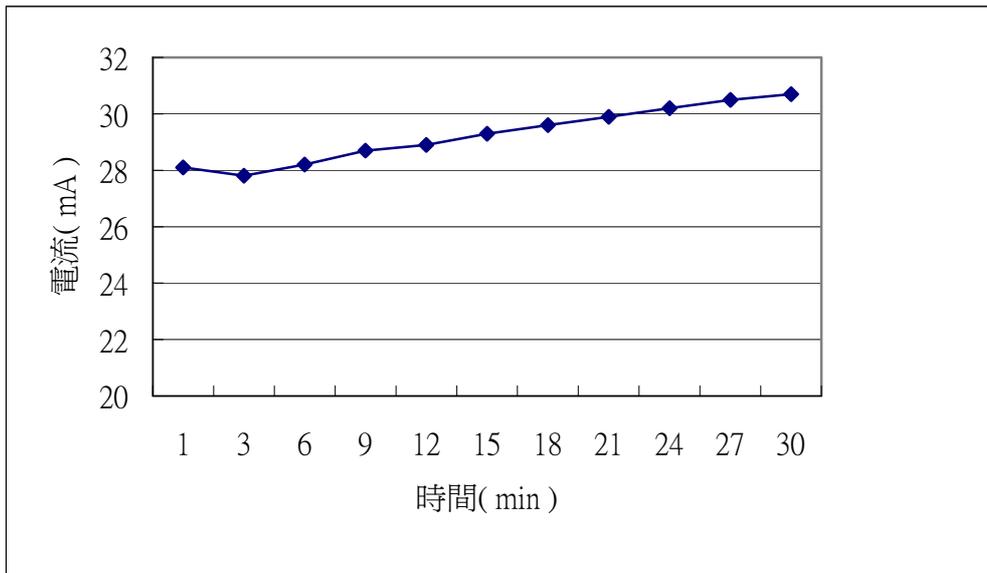
圖十五 棒狀磁鐵(S 極與 N 極分別放在燒杯前與後方)對電鍍影響之電流紀錄



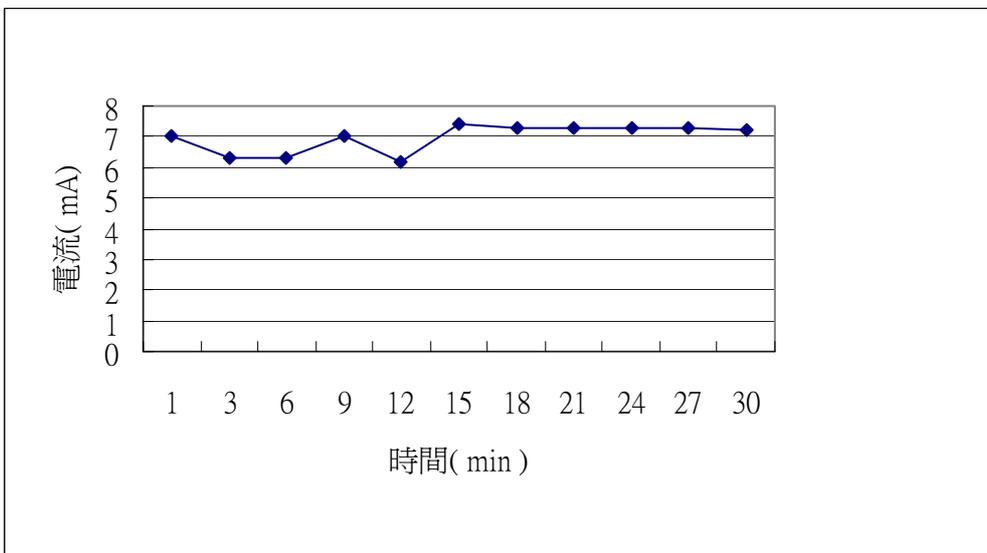
圖十六 棒狀磁鐵(S 極各放在燒杯前、後方)對電鍍影響之電流紀錄



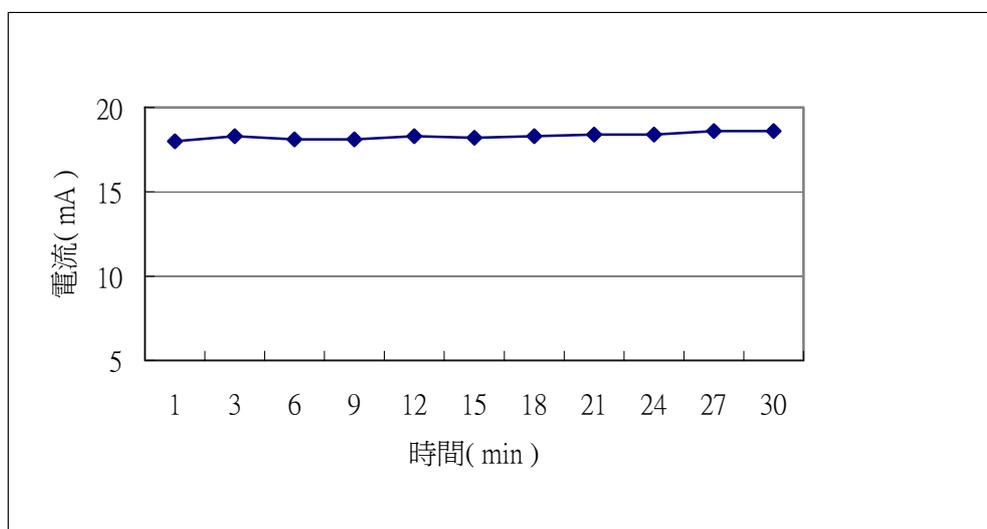
圖十七 棒狀磁鐵(N 極各放在燒杯上下方)對電鍍影響之電流紀錄



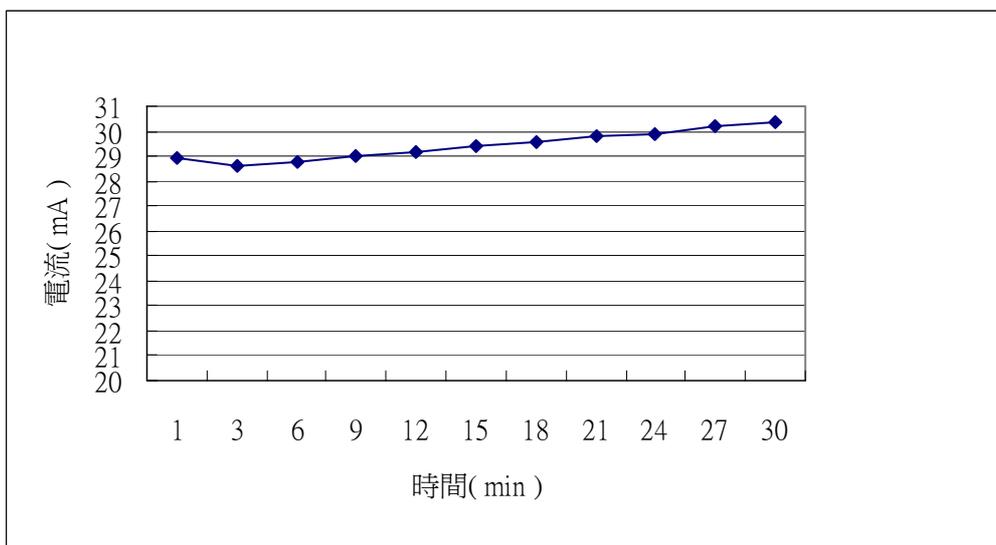
圖十八 棒狀磁鐵(S 極與 N 極各放在燒杯上與下方)對電鍍影響之電流紀錄



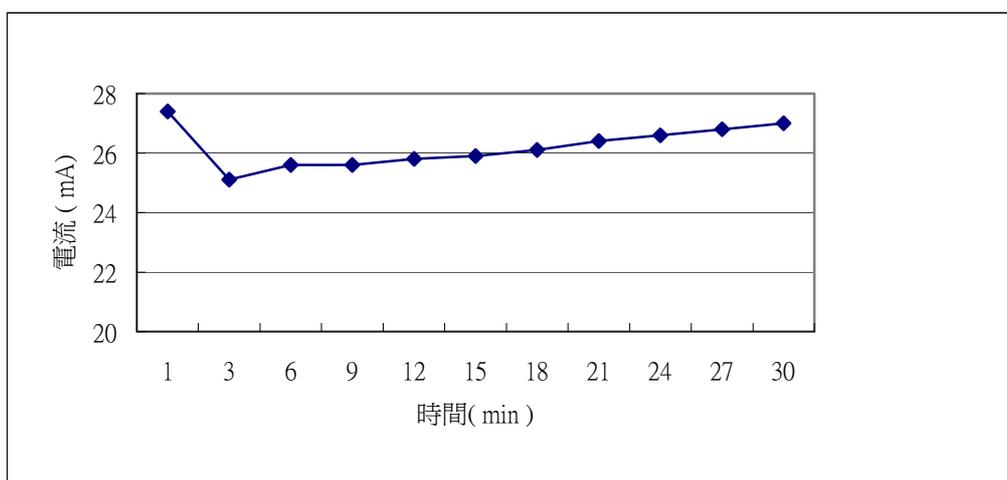
圖十九 棒狀磁鐵(S 極各放在燒杯上下方)對電鍍影響之電流紀錄



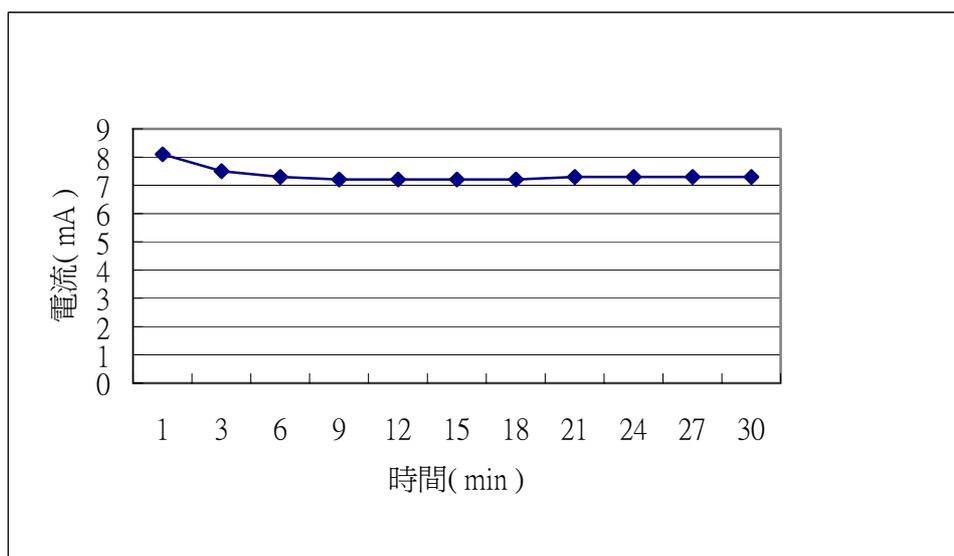
圖二十 棒狀磁鐵(N 極各放在燒杯右上與左下方)對電鍍影響之電流紀錄



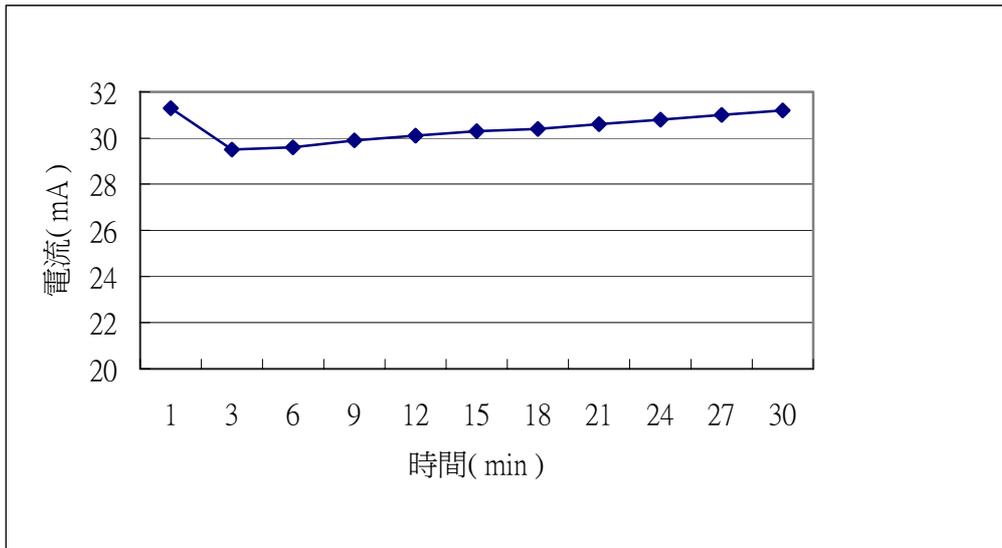
圖二十一 棒狀磁鐵(S 極與 N 極各放在燒杯右上與左下方)對電鍍影響之電流紀錄



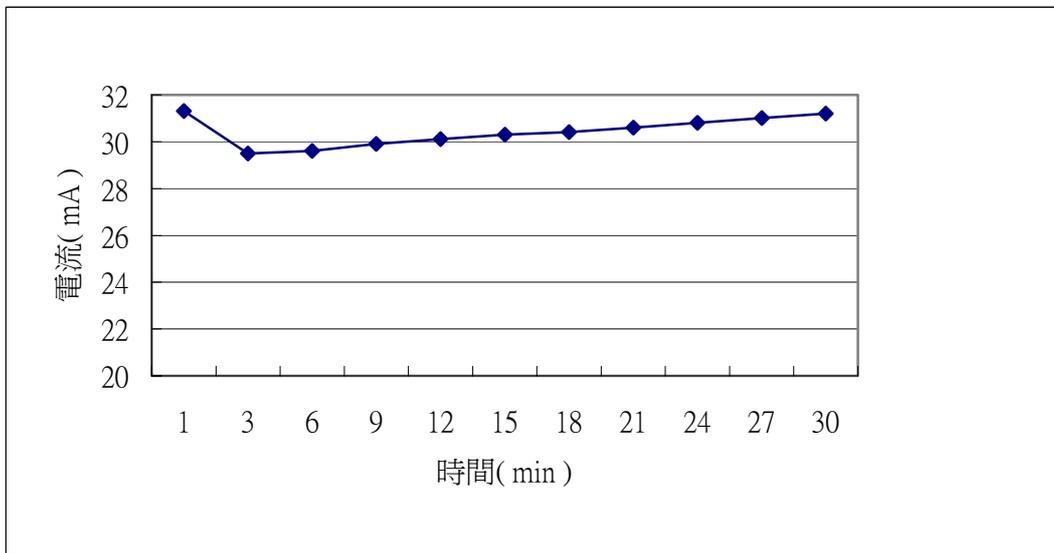
圖二十二 棒狀磁鐵(S 極各放在燒杯右上與左下方)對電鍍影響之電流紀錄



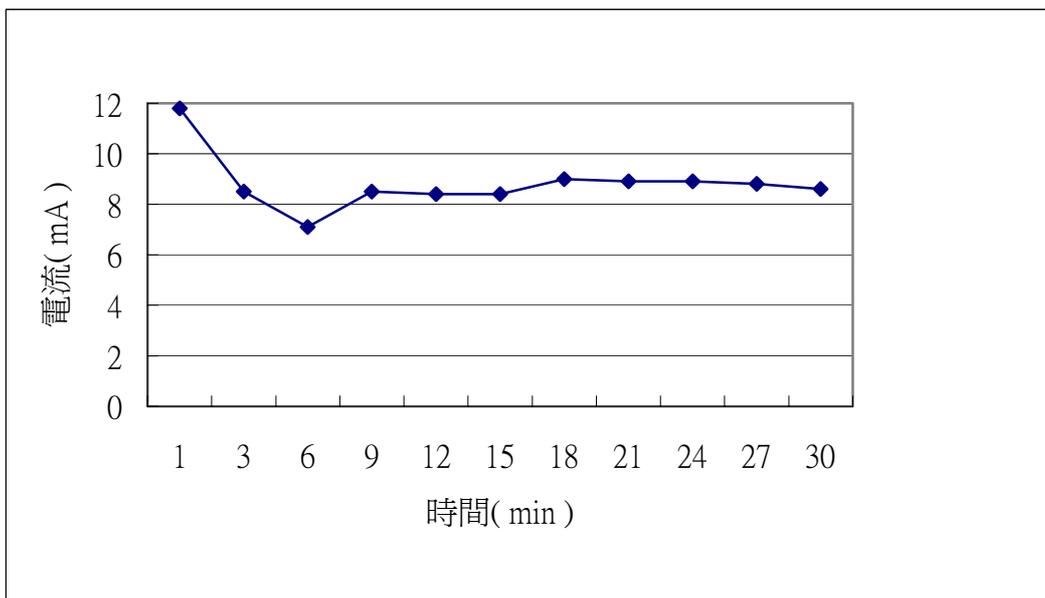
圖二十三 馬蹄形磁鐵(兩磁鐵各放在燒杯上下，異名極相對)對電鍍影響之電流紀錄



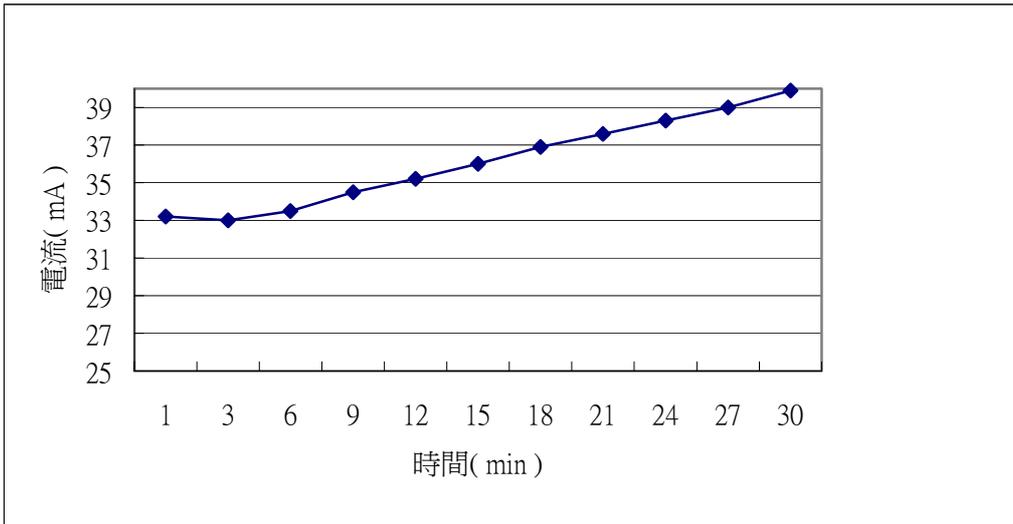
圖二十四 馬蹄形磁鐵(兩磁鐵各放在燒杯上下，同名極相對)對電鍍影響之電流紀錄



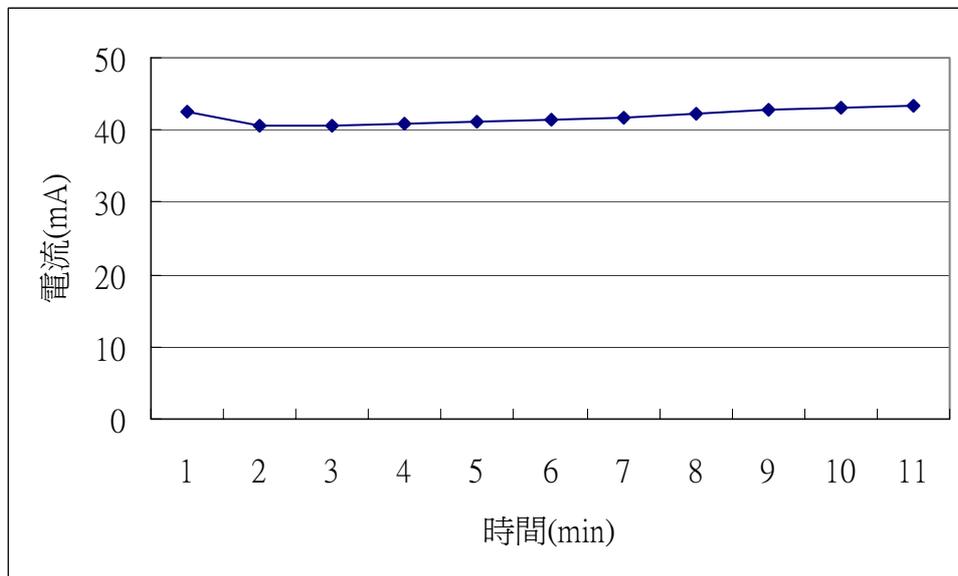
圖二十五 改變磁場距離(1.1cm)對電鍍影響之電流紀錄



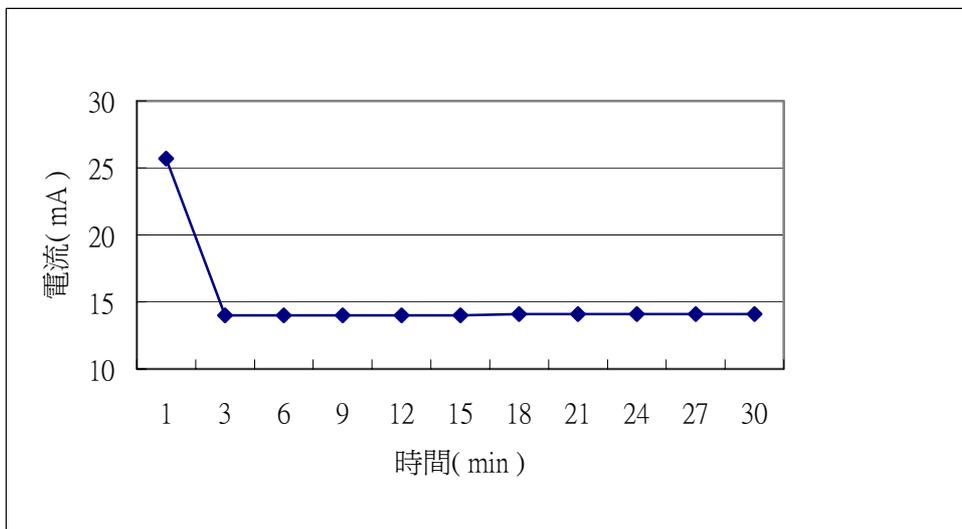
圖二十六 改變磁場距離(5.5cm)對電鍍影響之電流紀錄



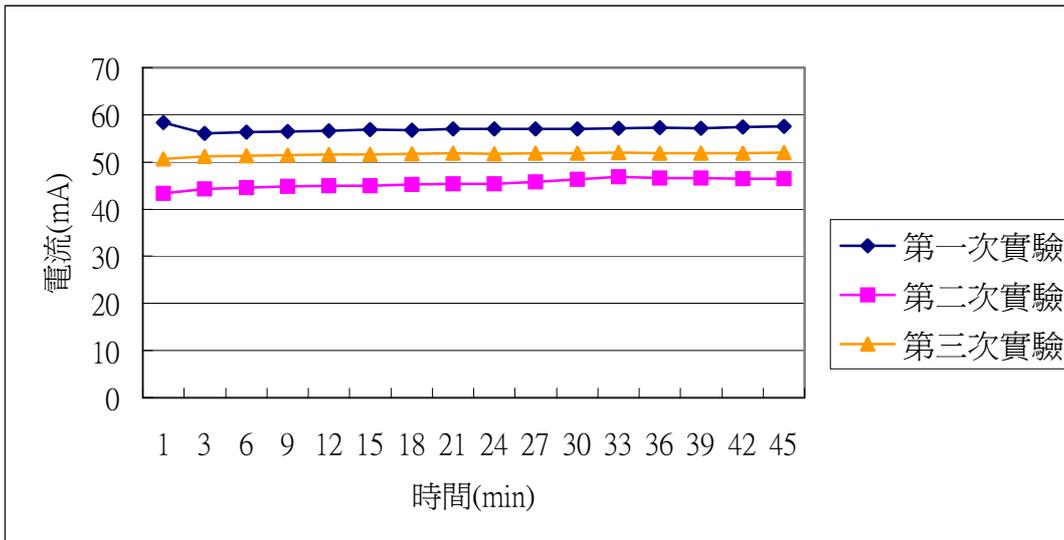
圖二十七 磁場中不同離子價數(硝酸銀)對電鍍影響之電流紀錄



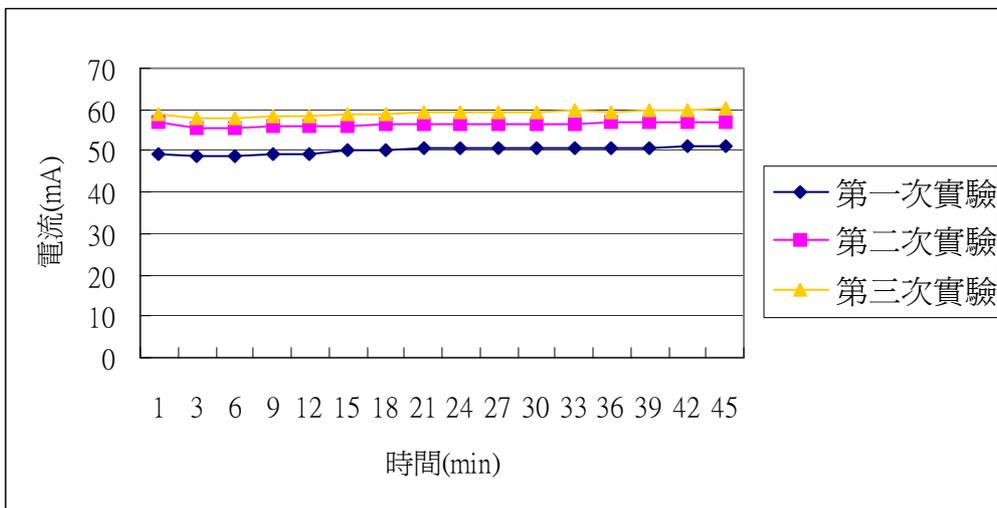
圖二十八 磁場中不同離子價數(硝酸銅)對電鍍影響之電流紀錄



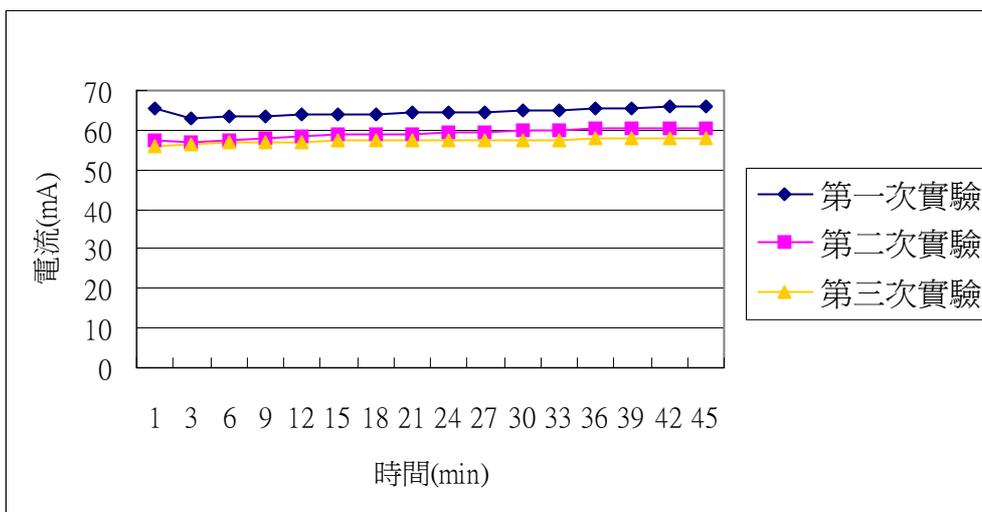
圖二十九 磁場中不同離子價數(硝酸鐵)對電鍍影響之電流紀錄



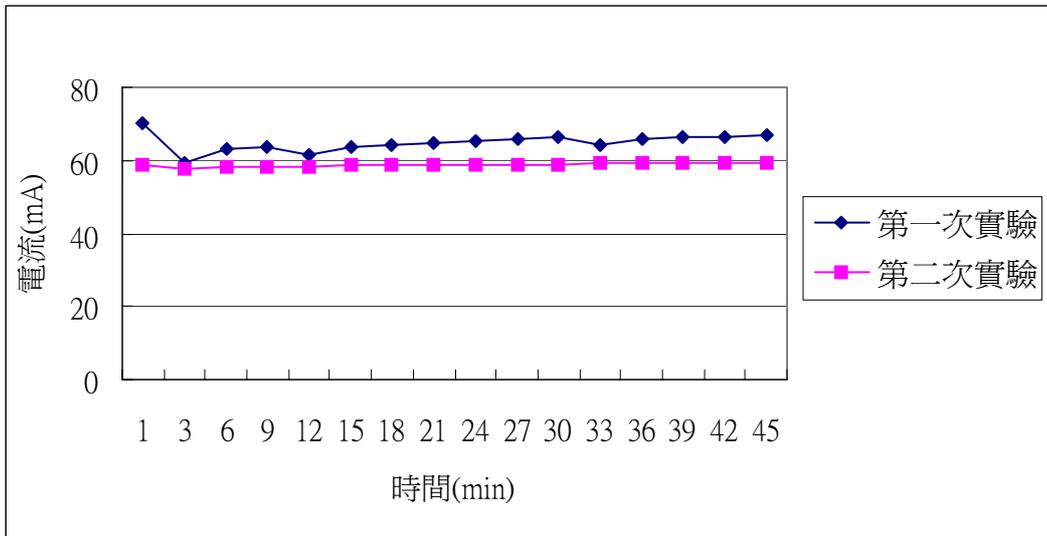
圖三十 對照組電鍍過程之電流紀錄



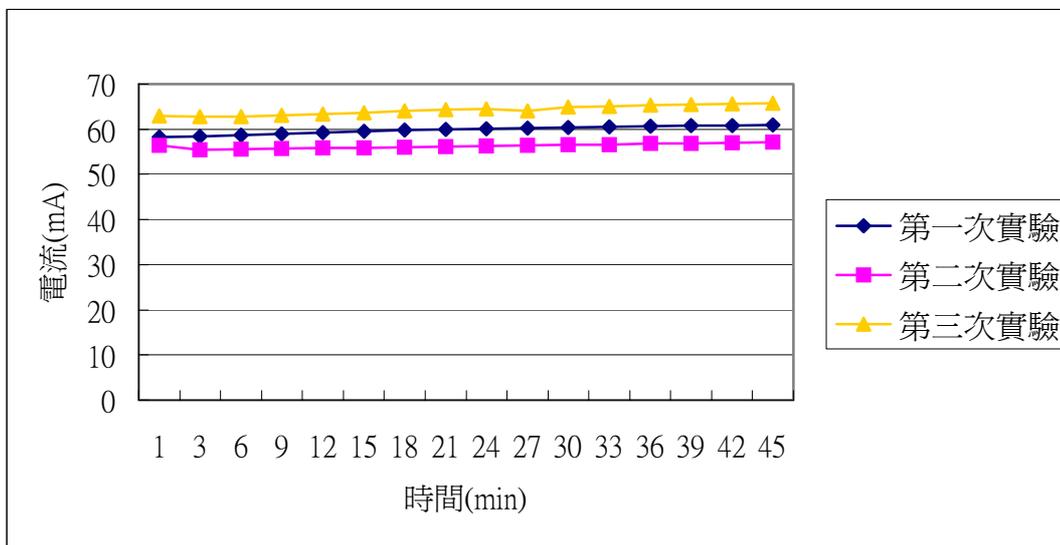
圖三十一 棒狀磁鐵(N 極放在溶液左、右)對電鍍影響之電流紀錄



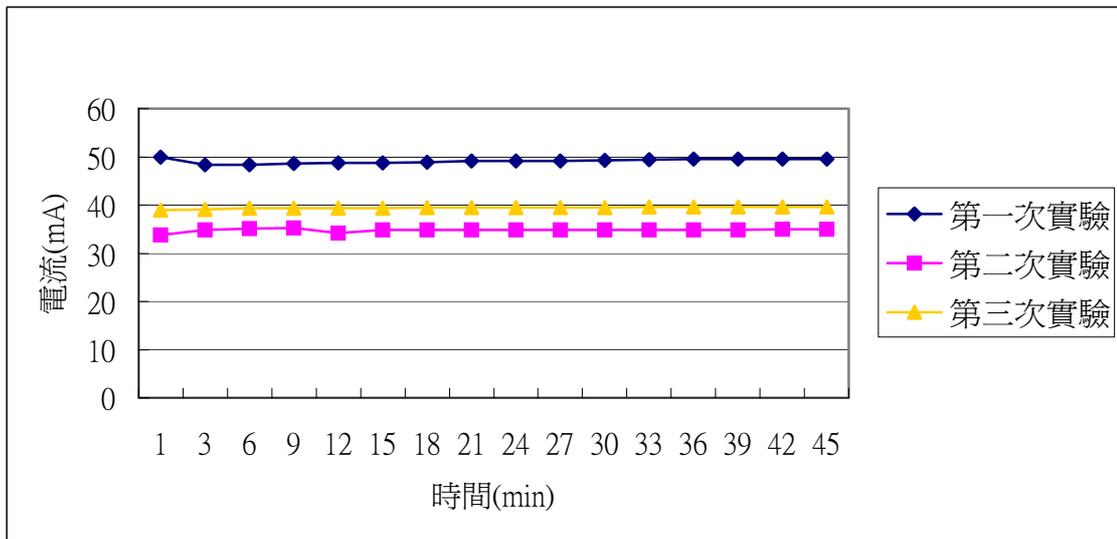
圖三十二 棒狀磁鐵(S 極與 N 極各放在溶液左與右)對電鍍影響之電流紀錄



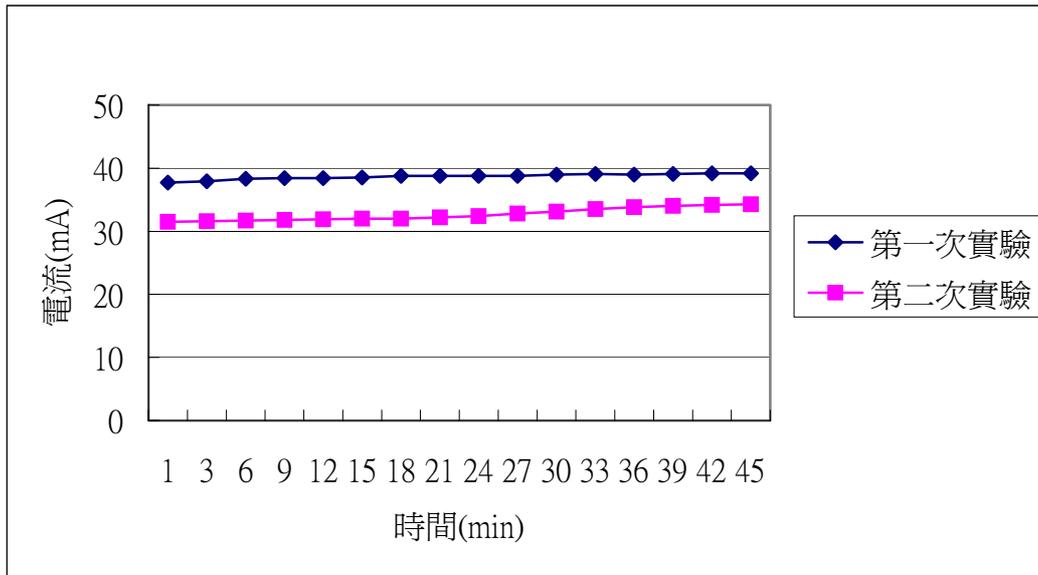
圖三十三 棒狀磁鐵(S 極放在溶液左與右)對電鍍影響之電流紀錄



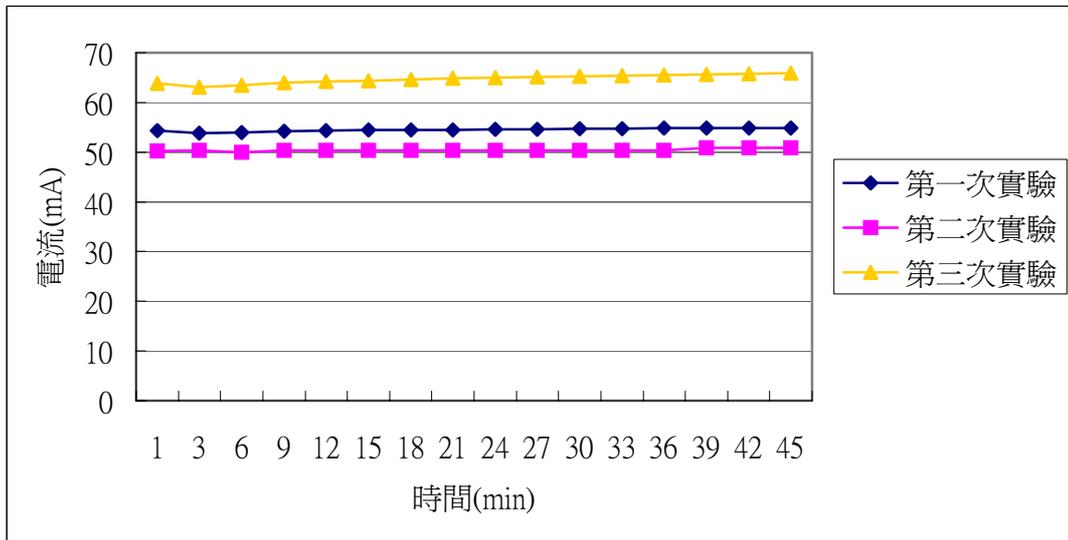
圖三十四 棒狀磁鐵(N 極放在燒杯前、後方)對電鍍影響之電流紀錄



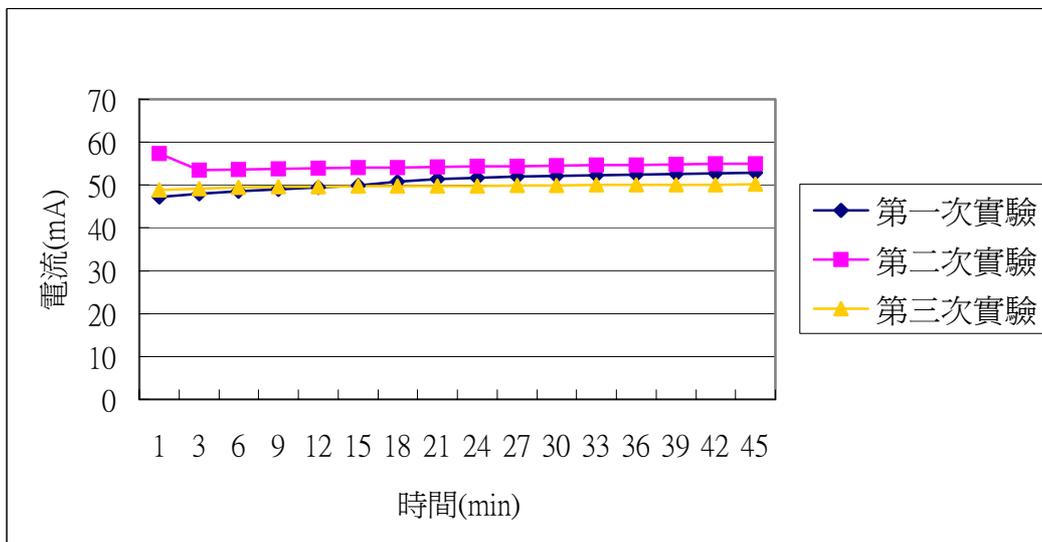
圖三十五 棒狀磁鐵(S 極與 N 極分別放在燒杯前與後方)對電鍍影響之電流紀錄



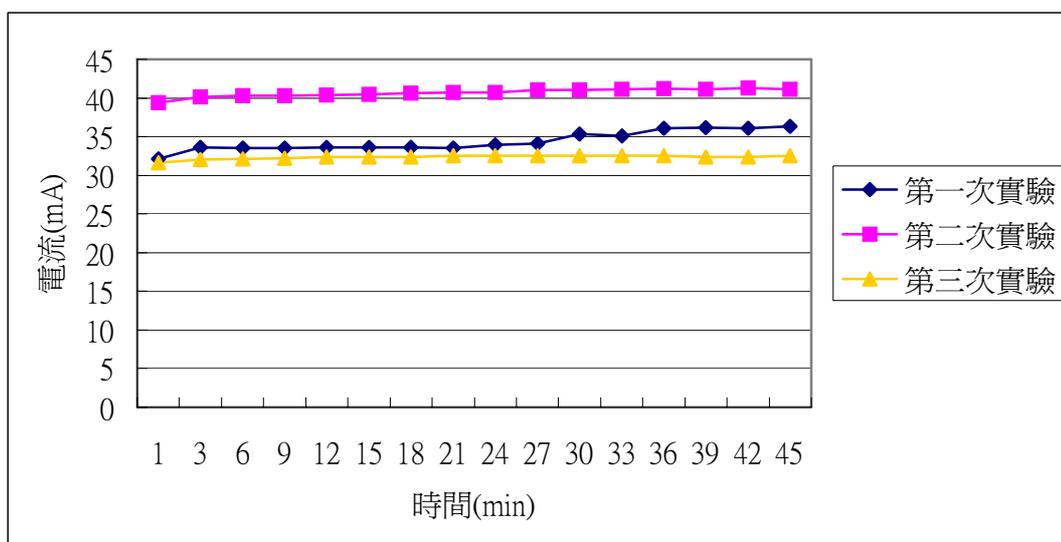
圖三十六 棒狀磁鐵(S 極各放在燒杯前、後方)對電鍍影響之電流紀錄



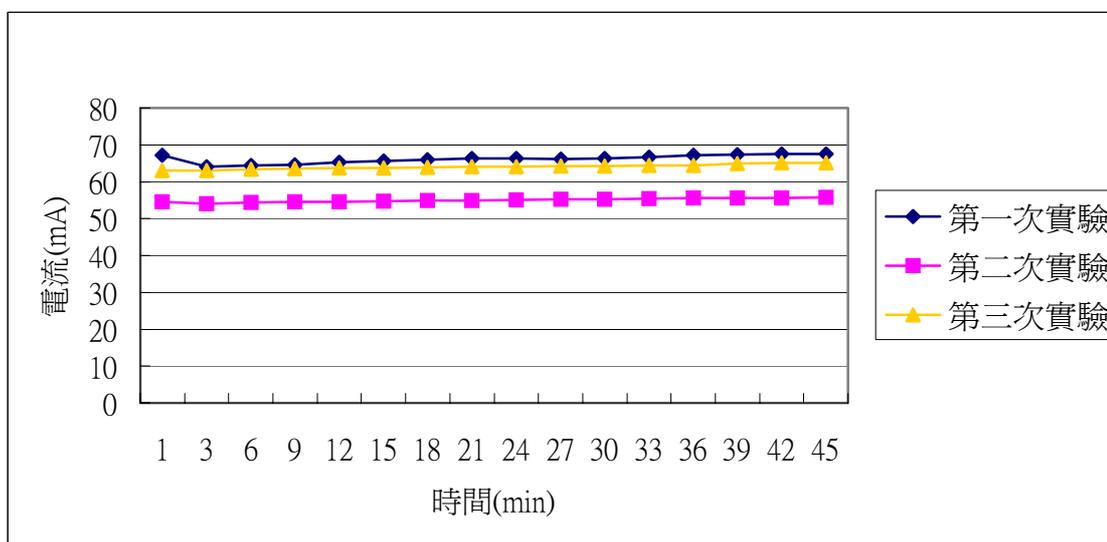
圖三十七 棒狀磁鐵(N 極各放在燒杯上下方)對電鍍影響之電流紀錄



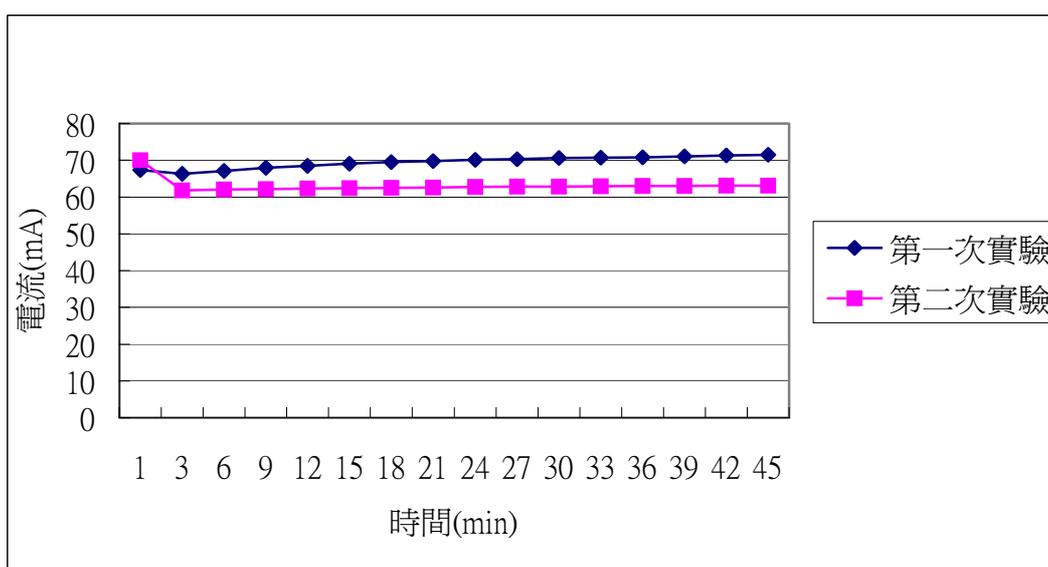
圖三十八 棒狀磁鐵(S 極與 N 極各放在燒杯上與下方)對電鍍影響之電流紀錄



圖三十九 棒狀磁鐵(S 極各放在燒杯上下方)對電鍍影響之電流紀錄



圖四十 改變磁場距離(1.1cm)對電鍍影響之電流紀錄



圖四十一 改變磁場距離(5.5cm)對電鍍影響之電流紀錄

柒、討論

一、不同形狀磁鐵，改變位置及磁鐵方向，探討對電鍍的影響。

(一)將研究結果一至三之電鍍量整理如表一所示，可發現：無論磁場形式與方向為何，外加磁場將影響電鍍結果。其中棒狀磁鐵磁鐵方向置於燒杯左右即電極兩側者，電鍍量減少最多；棒狀磁鐵磁鐵方向為燒杯前後者，電鍍量增加最多。

表一之一 磁場形式與方向對電鍍的影響整理表(兩極皆以碳棒為電極)

編號	一	二	三	四	五
磁鐵形式	對照組	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向		燒杯左右	燒杯左右	燒杯左右	燒杯前後
排列方式		N對N	N對S	S對S	N對N
電鍍量(g)	0.124	0.018	0.020	0.011	0.153
編號	六	七	八	九	十
項目	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向	燒杯前後	燒杯前後	燒杯上下	燒杯上下	燒杯上下
排列方式	N對S	S對S	N對N	N對S	S對S
電鍍量(g)	0.131	0.152	0.032	0.036	0.129
編號	十一	十二	十三	十四	十五
項目	棒狀	棒狀	棒狀	馬蹄形	馬蹄形
方向	燒杯斜向	燒杯斜向	燒杯斜向	燒杯上下	燒杯上下
排列方式	N對N	N對S	S對S	同名極相對	異名極相對
電鍍量(g)	0.148	0.041	0.025	0.026	0.028

(二)棒狀磁鐵磁鐵方向置於燒杯左右即電極兩側者，推測離子位於兩電極連線上者，因離子移動方向與磁場方向平行，故不受干擾。但若不在兩電極連線上之離子，將受干擾，離子移動方向與磁場方向垂直，進而影響電鍍量。由研究結果顯示影響甚大，故推測多數離子並非沿著兩電極連線移動。而三組不同排列方式，數據相差不大，更確認多數離子並非沿著兩電極連線移動，故磁場變化對電鍍量影響不大。

表一之二 磁場形式與方向對電鍍的影響整理表(正極以銅片為電極，負極以碳棒為電極)

編號	十一	十二	十三	十四	十五	十六
項目	對照組	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向		燒杯左右	燒杯左右	燒杯左右	燒杯前後	燒杯前後
排列形式		N對S	N對N	S對S	N對S	N對N
平均電鍍量(g)	0.070	0.106	0.137	0.074	0.102	0.141
編號	十七	十八	十九	二十	二十一	二十二
項目	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向	燒杯前後	燒杯上下	燒杯上下	燒杯上下	燒杯上下 距離 1.1cm	燒杯上下 距離 5.5cm
排列形式	S對S	N對S	N對N	S對S	N對N	N對N
平均電鍍量(g)	0.080	0.110	0.193	0.147	0.119	0.109

- (三)棒狀磁鐵磁鐵方向置於燒杯前後者，由(二)之討論可知，多數離子並非位於兩電極連線上，故因離子移動方向與磁場方向平行，而不產生作用力，少數離子移動方向與磁場方向垂直，而受作用力影響進而影響電鍍量。其中N極與N極相對、S極與S極相對者，電鍍結果較佳，這是由於兩個相對的N極，根據安培右手定則可知：其中之一會使鄰近它的離子受到向下的力量，另一會使鄰近它的離子受到向上的力量，如此離子移動時減少離子間的碰撞與干擾，反而使電鍍量增加。而N極對S極者，雖產生相同方向的力，但因使離子移動方向統一，故電鍍量亦增加，然效果略遜於前者。
- (四)棒狀磁鐵磁鐵方向置於燒杯上下者，故離子移動方向與磁場方向垂直，而產生作用。其中N極與N極上下相對者，根據安培右手定則可知：其中之一會使鄰近它的離子受到向左的力量，另一使鄰近它的離子受到向右的力量，但離子移動時將因干擾而無法移動至電極生成金屬，使電鍍量減少。同理N極與S極上下相對者，雖產生相同方向力，離子移動方向雖統一，但因干擾而無法移動至電極生成金屬，使電鍍量減少。而S極與S極上下相對者，因磁力線通過較少，不影響離子移動，與對照組結果相近。
- (五)棒狀磁鐵磁鐵方向斜放者(右上左下)，其影響情形與(四)相同，N極與S極右上左下相對者，雖產生相同方向的力，離子移動方向雖統一，但因干擾而無法移動至電極生成金屬，使電鍍量減少。

表二之一 磁場形式與方向對電鍍過程電流的影響整理表(兩極皆以碳棒為電極)

編號	一	二	三	四	五
磁鐵形式	對照組	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向		燒杯左右 (電極兩側)	燒杯左右 (電極兩側)	燒杯左右 (電極兩側)	燒杯前後 (電極異側)
排列方式		N對N	N對S	S對S	N對N
最大電流量(mA)	15.20	15.60	27.80	16.40	31.50
最小電流量(mA)	10.10	12.90	26.70	15.40	30.00
平均電流量(mA)	10.85	13.27	27.27	15.61	30.36
編號	六	七	八	九	十
項目	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向	燒杯前後 (電極異側)	燒杯前後 (電極異側)	燒杯上下	燒杯上下	燒杯上下
排列方式	N對S	S對S	N對N	N對S	S對S
最大電流量(mA)	26.40	28.00	34.20	30.70	7.40
最小電流量(mA)	25.00	28.00	29.90	27.80	6.20
平均電流量(mA)	26.18	28.00	32.03	29.26	6.96
編號	十一	十二	十三	十四	十五
項目	棒狀	棒狀	棒狀	馬蹄形	馬蹄形
方向	燒杯斜向 (右上左下)	燒杯斜向 (右上左下)	燒杯斜向 (右上左下)	燒杯上下	燒杯上下
排列方式	N對N	N對S	S對S	同名極相對	異名極相對
最大電流量(mA)	18.60	30.40	27.40	8.10	14.60
最小電流量(mA)	18.00	28.60	25.10	7.20	12.20
平均電流量(mA)	18.30	29.44	26.21	7.35	13.69

(六)馬蹄形磁鐵方向置於溶液上、下，其中異名極相對者，根據安培右手定則可知：磁力線由N極向S極，但因上下兩磁鐵距離甚遠，故磁力線多由同一磁鐵之N極進入S極。如此，磁場方向將與離子移動方向垂直，離子移動時將因受到向上與下的作用力干擾而無法移動至電極生成金屬，使電鍍量減少。

三、磁場距離對電鍍的影響

(一)整理數據如表三，可知距離越近，電流越大，電鍍量亦越大。棒狀磁鐵N極與N極上下相對，故離子移動方向與磁場方向垂直，而產生作用，其中，根據安培右手定則可知：其中之一會使鄰近它的離子受到向左的力量，另一會使鄰近它的離子受到向右的力量，但離子移動時將因干擾而無法移動至電極生成金屬，使電鍍量減少。但由於磁場距離近，N極與N極相對時，磁場抵銷，使影響減少，電鍍量與電流都增加。

表二之二 磁場形式與方向對電鍍過程電流的影響整理表(正極以銅片為電極，負極以碳棒為電極)

編號	十六	十七	十八	十九	二十	二十一
項目	對照組	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向		燒杯左右 (電極兩側)	燒杯左右 (電極兩側)	燒杯左右 (電極兩側)	燒杯前後 (電極異側)	燒杯前後 (電極異側)
排列形式		N 對 S	N 對 N	S 對 S	N 對 S	N 對 N
最大電流量(mA)		52.00	66.10	60.30	66.80	50.00
最小電流量(mA)	43.30	56.00	49.00	57.80	33.80	55.40
平均電流量(mA)	51.36	60.31	55.27	61.83	41.12	60.13
編號	二十二	二十三	二十四	二十五	二十六	二十七
項目	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀	棒狀
方向	燒杯前後 (電極異側)	燒杯上下	燒杯上下	燒杯上下	燒杯上下 距離 1.1cm	燒杯上下 距離 5.5cm
排列形式	S 對 S	N 對 S	N 對 N	S 對 S	N 對 N	N 對 N
最大電流量(mA)	39.20	55.00	65.90	41.30	67.60	71.50
最小電流量(mA)	31.50	47.20	50.20	31.60	54.10	61.80
平均電流量(g)	35.68	51.67	56.55	33.70	58.72	66.28

(二)本變因僅研究棒狀磁鐵N極與N極上下相對情形，其他排列方式與方向可依本研究進行推論。例如棒狀磁鐵磁鐵方向置於燒杯前後者，因多數離子並非位於兩電極連線上，故離子移動方向與磁場方向平行，不產生作用力，少數離子移動方向與磁場方向垂直，而受作用力影響進而影響電鍍量。其中兩個N極相對的研究，根據安培右手定則可知：其中之一會使鄰近它的離子受到向下的力量，另一會使鄰近它的離子受到向上的力量，如此離子移動時離子間碰撞與干擾減少，使電鍍量增加。距離越近作用力越強，電鍍量和電流量皆增加。

表三 磁場距離(N極對N極)對電鍍影響整理表

距離(cm)	1.1	3.3	5.5
電鍍量(g)	0.031	0.018	0.016
平均電流量(mA)	30.42	13.27	8.8

四、離子價數對於具磁場環境之電鍍結果的探討

(一)整理數據如表四，可知硝酸銀為電鍍液所鍍出來的量較硝酸銅、硝酸鐵多。根據凡特荷夫因子理論可知，當離子帶電量越大時，越易因吸引而使實際解離量減少。除

離子量少外，也因電荷大而使離子間靜電吸引力較大，使移動受干擾，故電鍍量與電流都較價數小者少。

表四 離子價數於磁場中電鍍情形表(0.04M, 3V, 30分鐘)

電鍍液	AgNO ₃	Cu(NO ₃) ₂	Fe(NO ₃) ₃
陽離子價數	+1	+2	+3
陰離子價數	-1	-2	-1
Q+Q-乘積	1	4	3
電鍍量(g)	0.199	0.035	0.035
平均電流量(mA)	36.1	41.88	14.05

(二)因陽離子移動至陰極時，因三價鐵離子價數太高，造成離子在電極附近溶液中因電荷排斥而不易靠近電極，使電鍍量減少。

(三) Cu(NO₃)₂因Q+Q-乘積最大，故離子間吸引力最大，電鍍量最少。

五、將陽極由碳棒代換成銅片之電流結果探討

將本實驗中的陽極的碳棒代換成銅片後，我們發現每組的電流都上升不少，這是因為銅片的電阻較小，而由「V=IR」即可知，電壓固定時電阻變小，電流會上升。

六、被鍍物上的紅黑物

在電流過大（超過 50 mA以上）的幾組實驗中，碳棒上常鍍出一種黑紅物，曬乾後顏色帶點紅褐色，我們推測應為氫氧化亞銅。由於本實驗的固定電壓為 3V，而Cu²⁺+e⁻→Cu⁺ E⁰=0.158V；CuSO₄溶液中某部份Cu²⁺反應為Cu⁺，並與水中OH⁻起反應，形成氫氧化銅。

七、電鍍過程與均勻度整理：

表五 電鍍成果整理

項目	磁場	電鍍狀態	電鍍成果
磁鐵於左右	NN	氣泡少	靠玻璃面少
	SS	氣泡多，小	靠玻璃面少，其餘均勻
	NS	氣泡多，小	電鍍成果均勻
磁鐵於前後	NN	氣泡小，多	靠玻璃面少，其餘均勻
	SS	氣泡大	靠玻璃面少，但鍍出來效果漂亮均勻
	NS	氣泡小、多、綿密、上升速度快	幾乎看不到
磁鐵於上下(棒狀磁鐵)	NN	氣泡非常綿密	靠玻璃面少，其餘均勻
	SS	氣泡非常綿密	電鍍成果均勻
	NS	氣泡由小、少到氣泡大、多	靠玻璃面少，其餘均勻
磁鐵於上下(U形磁鐵)	NS, NS	氣泡小、少、不綿密	靠玻璃面少，其餘均勻
	NN, SS	氣泡非常小、少	靠玻璃面幾乎沒有，其餘均勻
磁鐵於上下斜	NN	氣泡小、少	幾乎看不到
	SS	氣泡由小變大	靠玻璃面少，碳棒下方鍍銅量較多
	NS	氣泡多，小，速度快	靠玻璃面少，其餘均勻
磁鐵距離	NN 上下, 1.1cm	氣泡小、少、不綿密，有幾顆大氣泡	靠玻璃面較少，但整支碳棒均勻漂亮
	NN 上下, 5.5cm	氣泡小、綿密、上升速度快	靠玻璃面幾乎無，其餘均勻
陽離子價數	NN 上下, +1	氣泡非常綿密	整支碳棒均勻漂亮
	NN 上下, +2	氣泡非常綿密	靠玻璃面少，其餘均勻
	NN 上下, +3	氣泡非常綿密	幾乎沒有

八、文獻參考：研究電鍍過程中，外加磁場的強度對電鍍的影響如下：由上述(六)已知，外

加磁場對整個電鍍實驗有一定的影響力，可使碳棒上的銅量增加，於是我們分別製作出 50 圈漆包線、75 圈漆包線、100 圈漆包線的電磁鐵(外加電壓為 1.5V)，使其圈數為等差數列，做出的結果所成數列雖和漆包線圈數不成等差，但有一定的等差規律，由此實驗即可證明改變磁鐵的強度和所產生的電鍍改變量成正比。

捌、結論

一、棒狀磁鐵和馬蹄形磁鐵磁場對電鍍影響比較

馬蹄形磁鐵因上下兩磁鐵距離甚遠，故磁力線多由同一磁鐵之N極進入S極。故磁場方向將與離子移動方向垂直，產生之作用力干擾離子而使電鍍量減少。棒狀磁鐵因磁力線範圍大，作用力依排列方式與方向不同而對電鍍結果產生不同影響。若要進行相關研究，宜使用棒狀磁鐵。

二、改變磁鐵位置及方向，探討其對電鍍的影響。

(一)電鍍量：電鍍結果受磁鐵位置及方向影響，磁場產生作用力與離子移動方向相反時，離子受干擾以致於電鍍量減少；反之，若方向相同時，則有利於電鍍生成。

(二)電流量：多數外加磁場無論方向為何，會使電流量增加。對於部分排列方式與方向變因，其電流量與電鍍量關係相反者，本研究之設計並未能探究原因，對於此特殊情形，宜再進一步深入探究。

三、磁場距離對電鍍的影響

若磁場排列與方向會減少電鍍量者，則磁場距離變近，將因磁場作用抵銷，使電鍍量與電流量增加。反之，若磁場排列與方向會增加電鍍量者，則磁場距離變近，將因磁場作用抵銷，使電鍍量與電流量減少。

四、離子價數對於具磁場環境之電鍍：陰陽離子之電荷乘積越大者，離子間靜電吸引力越強，電鍍量與電流量較小。

五、探討電鍍量的均勻度：實驗後我們發現，大部分的碳棒大多是靠玻璃的銅離子較少，我們推測，實驗中是把碳棒整支靠在燒杯上用膠帶固定的，所以在碳棒和燒杯玻璃壁間的水溶液本來就少，鍍上去的銅相對也少。且離子和電流一樣，都喜歡走好走較近的路，故大致上少有離子是鍍在靠玻璃那面的。然實驗結果顯示仍有例外，疑為實驗時膠帶鬆脫，導致碳棒和燒杯底部並非垂直，而是有角度的。

六、探討碳棒為陽極和銅片為陽極對電流影響：銅片的導電度比碳棒來得好，電阻小，而本實驗又將電壓設為固定值，故電流隨之上升。

七、探討被鍍物上的氫氧化亞銅：在實驗中電流大將導致被鍍物上析出氫氧化亞銅，特別是第二次實驗的組別更為明顯，由於銅片導電度佳，電阻小，使電流大，析出銅多，故析出氫氧化亞銅也多；第一次實驗使用碳棒，電阻大，電流小，比較沒有這種現象。

八、最佳電鍍：組合：上下 SS，距離 3.3cm(註：本實驗電壓固定為 3V)

優點：雖非實驗中電鍍量最大者(第二大)，但鍍出之成品均勻，被鍍物上也沒有氫氧化

亞銅。建議在電鍍時不時攪拌溶液，使溶液密度均勻，效果會更好。

九、展望：本實驗找出幾項能增加電鍍量及使電鍍效果均勻漂亮變因，如把這些變因重新排列組合，達到節省時間、成本及高品質的最高經濟效益，如能運用在工業上將是一大福音。

玖、參考資料及其他

- 一、李岱育、陳思伶、翁小喬，電鍍 DIY，台北，金陵女中教務處編，民國 90 年。
- 二、陳竹亭，高級中學物質科學化學篇下冊，A 版，台北，泰宇出版股份有限公司，民國 94 年。
- 三、陳竹亭，高級中學選修化學上冊，A 版，台北，泰宇出版股份有限公司，民國 94 年。
- 四、陳竹亭，高級中學選修化學下冊，A 版，台北，泰宇出版股份有限公司，民國 94 年。
- 五、胡郁昇、許淑婷、林奕瑩、何孟穎，電解質溶液的電流磁效應，台北，中華民國第 42 屆中小學科學展覽會，民國 91 年。
- 六、曾國輝，氧化還原反應，再版，台北，建宏出版社，P.112-P.127，民國 91 年。

評語

040208 「你有吸引力嗎？」

本件作品在探討磁場的效應，如何影響電鍍量。這些變項包括磁鐵的形狀，排列方式、方向、距離與電解液離子價等變因。探討層面廣泛完整。

不過，本件研究作品對於磁場影響的量化以及電鍍量品質的標準須加以量化，以補充說明本件作品所要強調的磁場效應。