

電子感應式水位自動控制器之研究

The Study on Water Level Controller of electric Induction

王 和 撰

由於政府的大力倡導工業自動化，加上公司重視研究發展工作，並積極鼓勵及推展此項業務，本項研究工作才能順利完成，使水錶修護檢定的工作邁向操作自動化、合理化，達企業化經營的目標。

本項研究之完成，歷經廣泛的收集各種有關資料，並經過近二年之實驗，採用適合本項工作之種類，加以改良及創新，花費了不少心血精力，促使本項工作能順利達成，同時在研究實驗期間承蒙指導人員林叔邦、李朝峻、王水旺、吳綉強等四位同仁熱忱協助，指導提供意見；另外管線連接部份承張武雄先生幫忙及廠商爲促成研究工作推展，不惜犧牲提供低成本或甚至免費提供器材作試驗研究，始能使本項研究工作在有限的經費及人力下順利圓滿完成，並經長時間多次性能實驗品質管制，獲得證實動作非常靈敏及精確並具有良好的穩定性，因此本項研究樣品性能優越，能減少失誤，提高工作效率，降低公司的作業成本，如可推廣至各單位，那麼每年將可節省百萬元費用的支出。

茲將工作原理操作流程步驟及效率分別簡述於后：

本作業流程最重要不同之處是改進前採用手動控制，誤差大、準確性低並且易受外來因素而引起偏差，改進後用按鈕方式完全全自動，控制準確而靈活、品質劃一及減少人工，進而可提昇工作效率增加營收。

壹、工作原理說明：

一、動作原理概說：

電子感應式水位自動控制器，其特徵在於藉一金屬環狀片爲電極，固定套裝於液位顯示之玻璃管外，而管內插入一金屬條做爲公共電極，兩者形成一感應電極，該電極連接至高頻振盪電路，用以感測液位之信號。

感應電極之動作原理係藉一金屬環狀片M與玻璃管內之液位升降變化，以感應出一變化電荷量之信號，該電荷量之信號變化係取決於金屬片與液面形成電容性之電氣特殊關係，該電荷量Q之動態函數可爲金屬片材料M、液體介質L、液面高度H、管徑面積A之應變數，以公式表之爲 $Q = f(M, L, H, A)$ ，因此當金屬片材料M及液體介質L設爲選定時，其電容(Capacitance)大小變化之公式爲 $C = \frac{2248 \cdot A \cdot K}{t}$ Unit，式中A爲管徑面積，K爲介質常數，t爲液面與金屬薄片之距離，由於A、K均已固定故爲常數，且

t 係隨液面高度 H 之變化而改變，故實質上 $C \propto H$ ，而液面高度 H 之改變係屬漸進，故可以線性變化量視之。今以此 C 之變化量配合一 $L \cdot C$ ，而組合成一並聯諧振電路，當管內水位達設定位置時，諧振元件受感應電極間電荷量之影響，而激發振盪電晶體動作，產生一振盪信號而輸出，其諧振頻率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

高頻振盪輸出信號 f_0 經特定頻帶放大電路，該電路調諧於一特定頻率 f_0 。經特定頻率放大而輸出，此信號再經一倍壓檢波整流電路，而得到一直流電壓。該輸出信號，傳遞至直流放大電路，將微弱信號提升至一強度，而後輸入比較設定電路，該電路用以設定輸入電壓動作點，當液位達設定感應點時，輸入比較設定電路之信號達工作點，比較器輸出一高電位，經交連至電晶體使繼電器動作，繼電器之接點輸出將 ON 及 OFF 之兩值信號向外部發信，以達控制電磁閥，警報器及馬達……等之自動啓閉。

二、構造、特點及性能：

(一)構造：可分成兩大部份。

1. 水位自動控制綫路部份，結構方塊圖 1 ~ 1 所示，其包括下列數部份，茲分述如下：

- (1) 電源穩壓部份：輸出一穩定的直流電，以供應檢信器，邏輯轉換電路，延遲電路及其他控制電路所需之一切電源。
- (2) 水位點感應器：用以檢知設定水位點，以推動控制系統。
- (3) 功能控制面板及液位顯示電路部份：按鈕操作方式，以達自動控制電磁閥之啓閉及顯示液位狀態。
- (4) 邏輯轉換電路：用以自動切換警報系統及延遲電路。
- (5) 控制電驛輸出電路：序向邏輯之輸出經電驛以控制負荷之啓閉。
- (6) 警報電路：依設定點之需要提供一適度的警報信號。
- (7) 電磁閥：用以控制水流之開與閉。
- (8) 其他另件：其他裝配之零件。

2. 流量顯示計及水流控制管線部份，結構方塊圖 1 ~ 2 所示，其包括下列數部份，茲分述如下：

- (1) 大流量顯示計：用以顯示大流量單位時間內的流量，單位 l / Min 。
- (2) 小流量顯示計：用以顯示小流量單位時間內的流量，單位 l / Min 。
- (3) 大小流量流速控制器：用以設定大、小流量之流速。
- (4) 其他配管另件：管線及其他裝置連接所需之零件。

(二)設計特點與性能：

- (1) 輸入電源：電壓 110 V 或 220 V 單相，頻率 60 Hz。
- (2) 電功率消耗甚小，僅約 130 W。
- (3) 按鈕方式全自動控制系統，操作簡便，亦省時又省力。
- (4) 採用進口高級精密電子零件，獲得最大可靠性。
- (5) 電子迴路，穩定性高，且具有優越的耐久性。

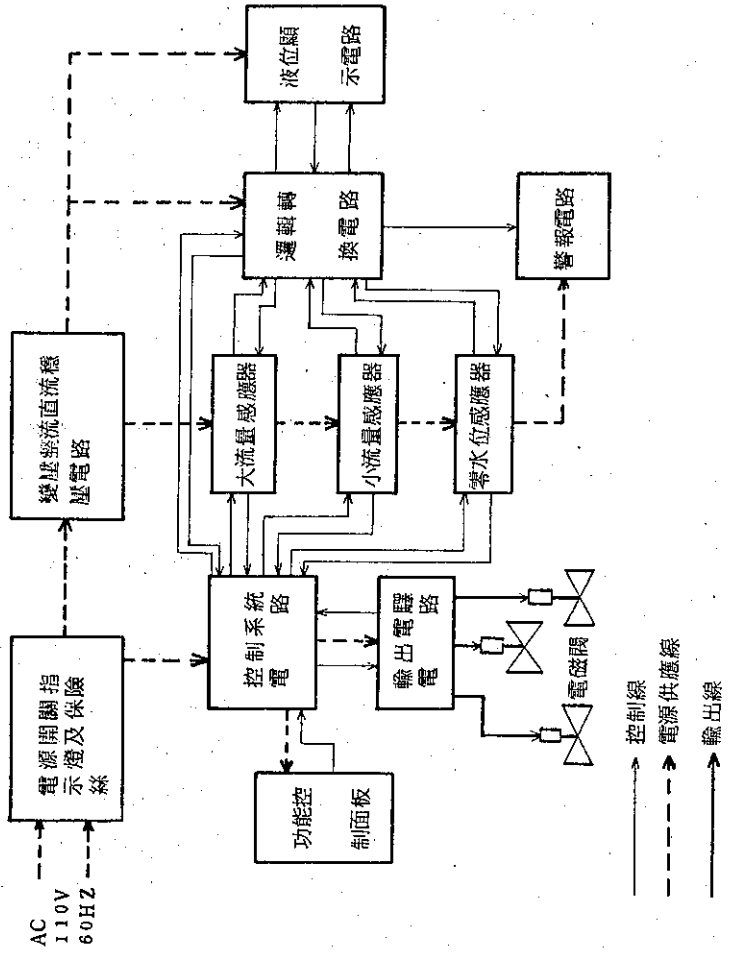


圖 1-1 水位自動控制線路結構示意圖

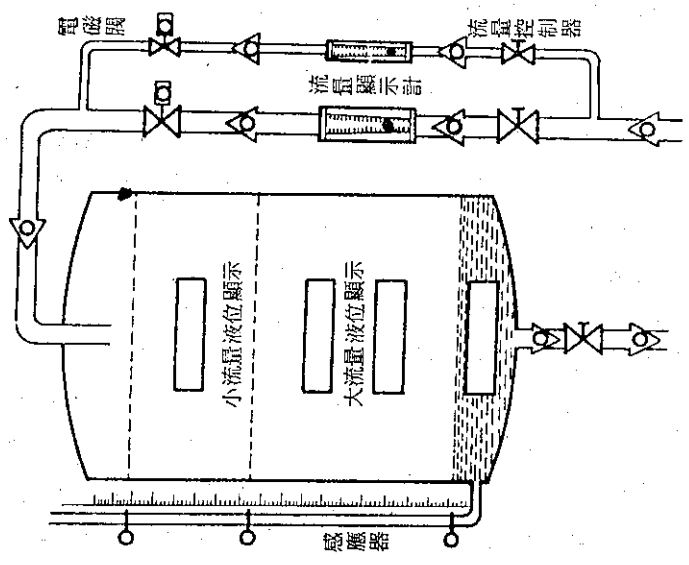


圖 1-2 流量顯示計及水流控制管線示意圖

(6)積體電路組合板(卡片式)，裝設及維護簡單。

(7)精確度高達 99.5 %。

三線路結構圖：(圖 2 所示應用範例說明)

電子感應式水位自動控制器之三種液位點被應用於水錶檢定自動控制標準桶設定水位。當水錶檢定時，首先將預備檢驗之水錶，放置於試驗台上，並銜接定位後，再進行通水，排氣，試壓及檢查有無漏水，然後做大流量及小流量之檢定。茲將詳細說明如后：

1.手動操作方式說明省略。

2.使用時，當電流開關啓通(ON)，手動開關 SW-2 置於 AUTO 時，直流電源供應器供應一穩定之直流電供各液位控制器工作，先做通水，排氣，試壓及檢查有無漏水，上述試驗按 BT-4 使 R₄ 繼電器動作，R₄-4a 接點自動保持，R₄-a，R₄-3a 分別使零位液位控制器及電磁閥動作，L₃ 指示燈亮，V₂ 電磁閥打開水錶進水與排氣此時當水位至零位設定點時，Z.P.D 動作 Z.P.D-3b 切斷 R₄ 繼電器停止動作，R₄-2a 啓動警報器，Z.P.D-b 切斷指示燈 L₃，R₄-3a 使電磁閥 V₂ 關閉以便進行試壓檢查有無漏水，此時便可抄錶，抄錶完成後先做大流量檢定。

3.大流量檢定時，按 BT-1 使 R₁ 繼電器動作，R₁-2a 接點自動保持，R₁-a，R₁-3a 分別使大流量檢知器及電磁閥 V₁ 動作，L₁ 指示燈亮，當水位達設定點時，L.F.D 接受由金屬環狀片感測而來之水位信號，經主振電路，檢波電路放大電路及比較設定電路而輸出，一則觸發轉換器而推動警報器(該警報器為一可調整呼叫時間之長短)一則經電驛輸出切開 L.F.D-b 及 L.F.D-2b 二接點，分別使大流量指示燈熄滅及停止電磁閥進水，又 L.F.D-a 閉合以備小流量檢定。

4.上述電磁閥關閉後，需將大流量檢定結果抄寫下來，然後再做小流量檢定。手按 BT-2 使 R₂ 繼電器動作 R₂-2a 接點自動保持 R₂-b 接點切開 R₁，R₂-a，R₂-3a 接點閉合，分別使小流量設定檢知器工作及電磁閥 V₂ 動作，L₂ 指示燈亮，當水位達設定點時，S.F.D 接受由金屬環狀片感測而來之水位信號，經主振電路，檢波電路放大電路及比較設定電路而輸出，一則觸發轉換器而推動警報器，一則經電驛輸出切開 S.F.D-b 及 S.F.D-2b 二接點，分別使小流量指示燈 L₂ 熄滅及停止電磁閥進水，又 S.F.D-a 閉合，以便排掉槽內之水。

5.小流量檢定完畢，標準桶槽內之水必須排掉，以便下一次水錶檢驗時，槽內水位由零位做起點。因 S.F.D-a 閉合，手按 BT-3，R₃ 繼電器動作 R₃-3a 接點自動保持，R₂-b 接點切開 R₂ 繼電器，R₃-a 及 R₃-4a 二接點閉合，分別使零位設定檢知器及電磁閥 V₀ 動作，L₃ 指示燈亮，同時 R₃-2a 接點閉合，當水位排至零位時，Z.P.D 輸出經 R₃-2a 接點至延遲電路，延遲電路目的在使觸發警報器之信號延後，(時間可調整)，以便槽內水位排至比零位還要低些，才警報同時 DE.CKT.-b 動作切開 R₃ 繼電器關閉排水閥 V₀。以備再進行另一週次之動作。

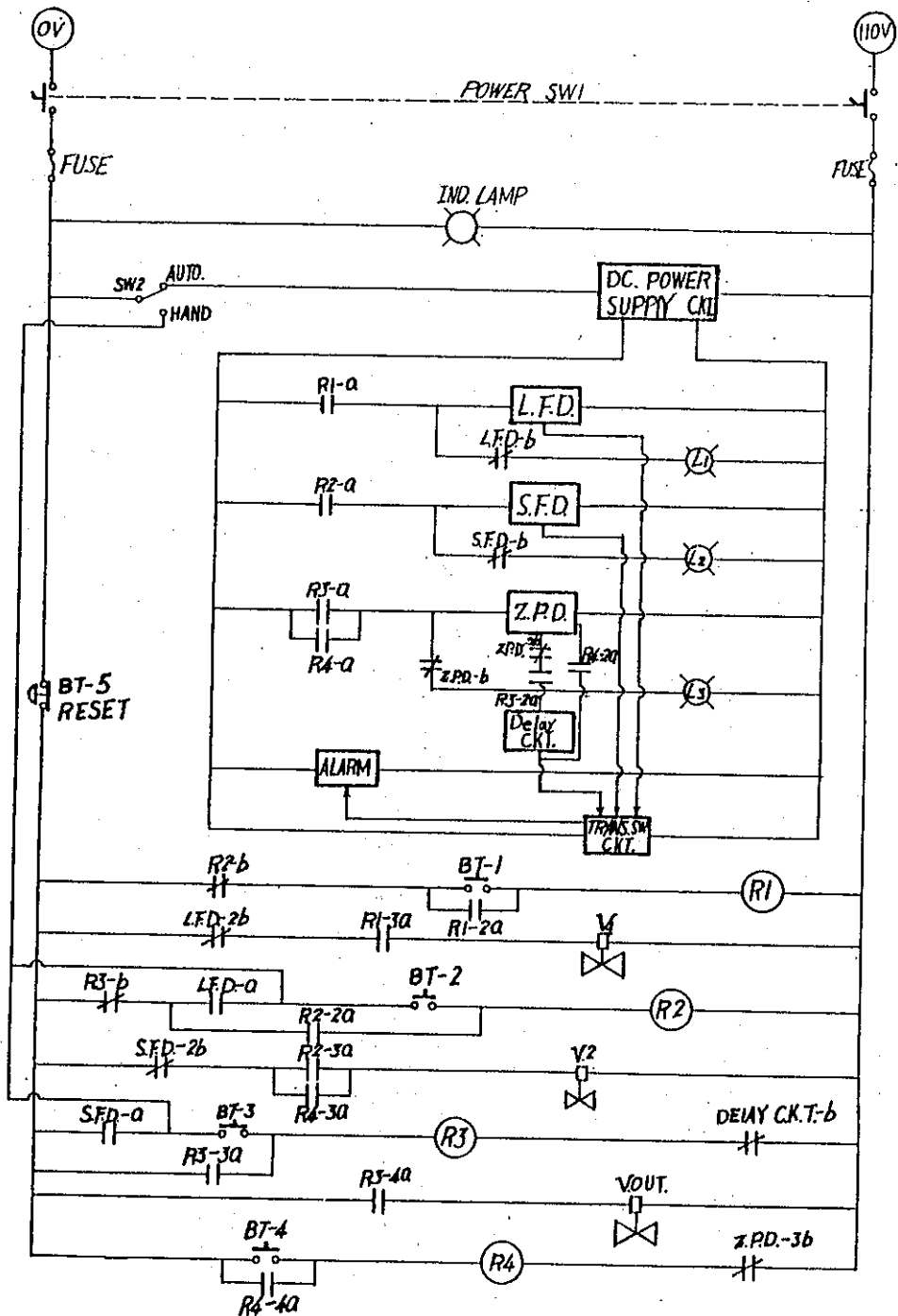
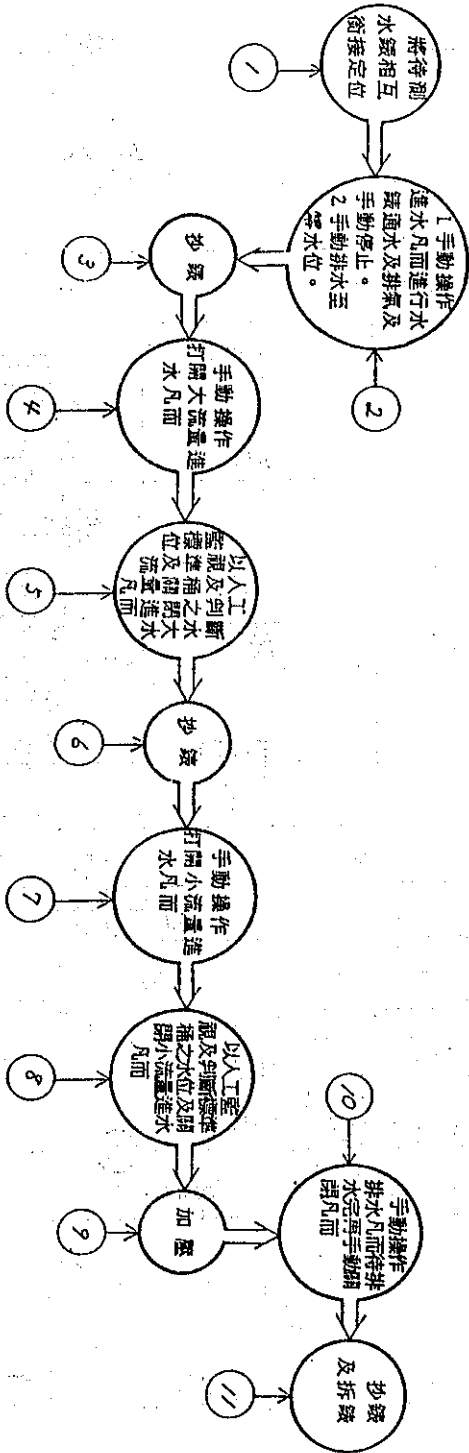


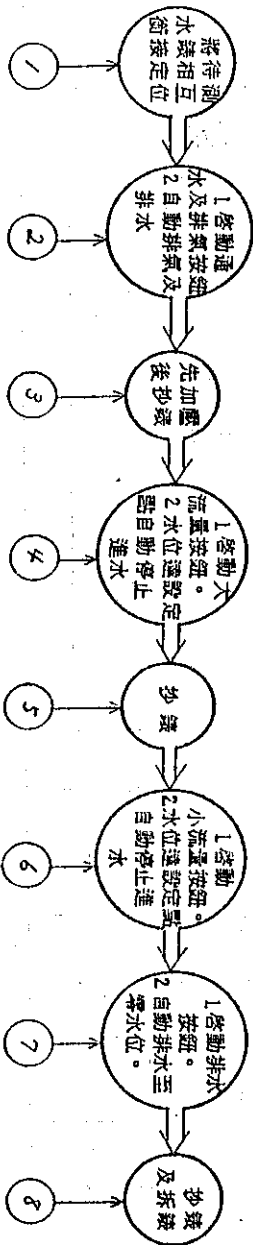
FIG. 2 電子感應式液位自動控制器應用範例

貳、操作流程說明—如工作流程圖

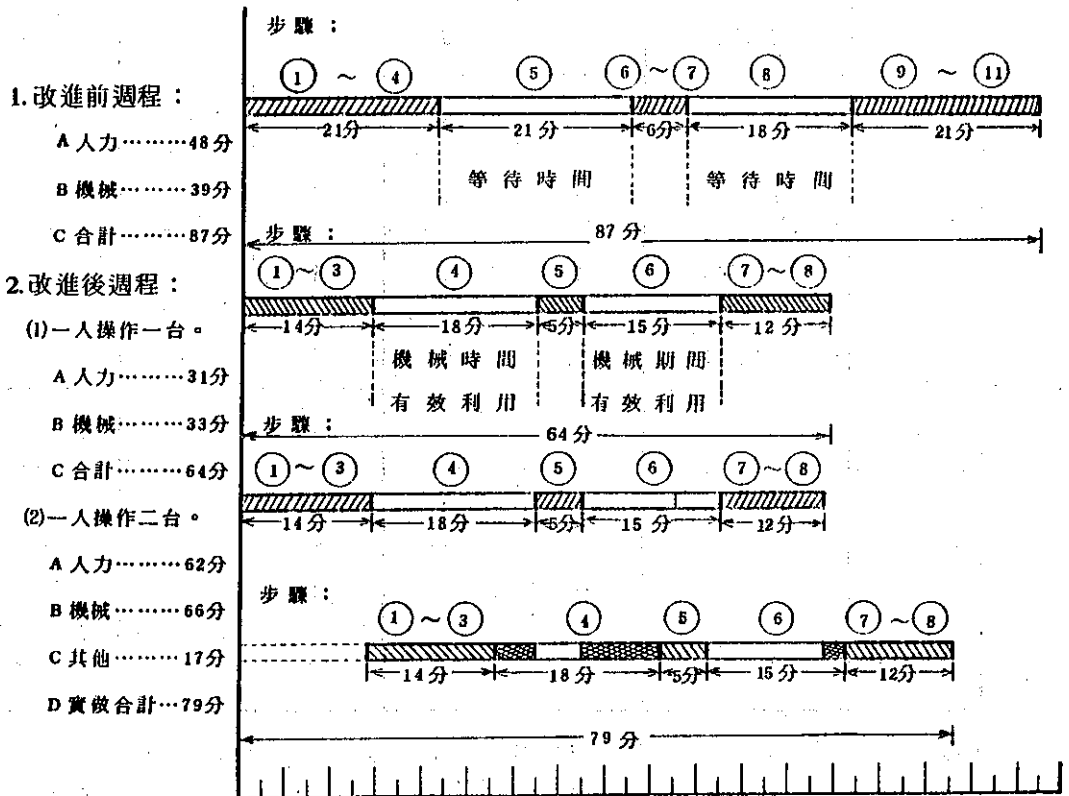
(一)改進前工作流程圖：每次檢定數量以20只計算。水錶口徑13%為準。



(二)改進後工作流程圖：每次檢定數量以20只計算。水錶口徑13%為準。



㊦工作週程時間分析比較：



3. 說明：

- A 改進前每次檢定需時約 87 分，一天可檢定 5.5 次，每次 20 只，共計 110 只；而每次合格率为 $30\% \times 110 \text{ 只} = 33 \text{ 只}$ 。
- B 改進後一人操作一台，每次檢定需時約 64 分，一天可檢定 7.5 次，每次 20 只，共計 150 只；而每次合格率为 $35\% \times 150 \text{ 只} = 52 \text{ 只}$ 。
- C 改進後一人操作二台，每次檢定需時約 79 分，一天可檢定 6 次，每次 $20 \text{ 只} \times 2 \text{ 台} \times 6$ ，共計 240 只，而每次合格率为 $35\% \times 240 \text{ 只} = 84 \text{ 只}$ 。

叁、經濟效益分析：本公司各區處每年修成水錶檢測分析。

一、有效利用工作人員節省時間：分析表如下：

區處別	每年修成水錶 檢測數量(只)	改 進 前		改 進 後		備 註
		人 力 (人 次)	機 械 (台)	人 力 (人 次)	機 械 (台)	
一	25,346	3	3	1	2	
二	66,860	4	4	2	4	
三	11,285	1	1	1	1	
四	26,145	2	2	1	2	已經裝置 一台
五	26,858	3	3	1	2	
六	23,731	2	2	1	2	
七	86,726	4	4	2	4	
九	9,956	2	2	1	2	
合 計		21	21	10	18	一 台

1. 改進前與改進後相比較，節省人力(21 人 - 10 人) = 11 人。

2. 按八等一級技術士平均每年應支費用約 \$ 145,000 元。

3. 則每年約可節省人力費 $145,000 \times 11$ 人 \$ 1,595,000 元。

二、節省人力與設備折舊額效益比較

1. 裝置本案研究之控制器 18 台。

2. 設備費用 $18 \times 110,000$ \$ 1,980,000 元。

3. 使用年限十年，則每年折舊額 \$ 198,000 元。

4. 每年純經濟效益 $1,595,000$ 元 - $198,000$ 元 \$ 1,397,000 元。

三、結 論：

綜上所述，使用本創作除每年純經濟效益壹佰叁拾玖萬柒仟元之外尚可節省設備費用，提高水錶精確度、確保品質可增進效益；進而可提昇工作效率，降低成本，符合工作簡化之要求，增大工作效果，向現代自動化之目標邁進；同時本創作投資少，效益宏大，值得極力推廣至各有關單位使用為本創作之精神與研究發展之宗旨。