



## 目 錄

第一章 緒論.....	2
1.1 研究動機.....	2
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究內容.....	3
第二章 電池的世界.....	4
2.1 鉛鋅電池.....	8
2.2 鹼性電池.....	9
第三章 實驗設計.....	10
3.1 實驗目標.....	10
3.2 實驗方法.....	10
3.2.1 實驗器材.....	10
3.2.2 實驗因子.....	11
3.2.3 實驗流程.....	14
3.2.4 分析步驟.....	15
第四章 統計分析.....	16
4.1 實驗結果.....	16
4.2 統計分析.....	17
第五章 電池的使用與選取.....	26
5.1 成本分析.....	26
5.2 電池使用與維護.....	27
第六章 結論與建議.....	29
6.1 結論.....	29
6.2 建議.....	31



## 第一章 緒論

### 1.1 研究動機

西元 1752 年，富蘭克林開創了電學史上的一大里程碑，也使得科技往前邁進了一大步，許多對人類影響深遠的發明，如雨後春筍般地問世；而隨著科技的發展，人類的生活與「電」也愈來愈密不可分，沒有了「電」，許多發明只是一堆昂貴的廢物，不過，人類的慾望無窮，便進一步想要將「電」儲存起來，且能攜帶使用，於是，十九世紀初，義大利科學家伏特，開啟了『電池』的發展，而伏特電池，便為今日電池的起源；陸續地，電池的性能不斷地改良與增進，在 1862 年時，法國人 G. Lechance 發明了鉛鋅電池，即現今所稱之乾電池，而乾電池雖然發明的早，但是因為具有價格便宜、製造容易、自放電率低、高重量能量比（50~80 Wh/Kg）及攜帶方便的優勢，至今仍是產量最高、用途最廣的一種電池。

由於乾電池行之有年，歷史悠久，其所改良之種類也不在話下，琳瑯滿目，如鉛鋅電池、鹼性電池、水銀電池、鋰電池、鉛酸電池、鎳氫電池、太陽能電池等，不過，所有的電池的發明只是了滿足人類對『電』的需求，所以，如何才能延長電池的使用壽命，是為大家所關心的。同樣的電池，使用時間長短可能有不同的情況發生，其影響因素可能有很多種，包括電池保存時的溫度、濕度都是有可能原因，再加上電池內部的化學物質也有可能因為這些原因而發生化學變化，造成電池的品質產生變化，進而影響電池使用的時間；但是電池內部之化學物質是人為不易控制的因子，且難再加以改變，而保存電池時的環境，如溫度、濕度等則是在人為操作上可以控制的。因此，本研究利用實驗設計（Design of Experiment）方法，配合各種不同影響電池使用壽命的因子，對電池使用時間的長短進行探討，期望能分析這些人為可以控制之因子，進而找到能增加電池使用壽命的方法。



## 1.2 研究目的

影響電池使用壽命的因子不勝枚舉，概括來說，電池使用前的保存狀況、電池使用時的情形，甚至電池的種類，皆會影響電池使用壽命，本次實驗設計即考慮到這些可能影響電池使用壽命的因素，擷取其中較可能為日常生活中發生的因子，做為此實驗設計之因子，並配合不同的情境模擬，實際實驗電池的使用時間，期望分析其結果得到顯注影響電池使用壽命之因子，並以實驗數據增加其可靠性，做為一般使用電池時之參考依據。

## 1.3 研究內容

本研究當中，第二章將針對電池的發展進行相關的回顧，第三章將介紹實驗設計的程序，第四章則是分析實驗結果，針對結果作一個討論，第五章則是結論與建議。



## 第二章 電池的世界

隨著電子世界的進步，日常生活中隨處可見與電池息息相關的產品，從玩具、家電用品、3C 產品及運輸工具等，電池擔任著能源供應的重要角色，有了電池的應用，使我們的生活更方便也更有效率；電池為一將化學能轉換成電能的裝置，因具有可攜帶、多種組合、高能量密度以及無排放噪音與廢氣的優點，所以在許多的領域受到普遍的應用，而構成電池的四個主要部分為電極(含正極與負極)、電解液、隔離物及罐體。此四種主要組成的功能與材料的要求因電池種類的不同而有些許的差異，下面分述一般常見電池的主要組成與功能。

### 電極(electrode)

由活性物質與導電極板所構成，所謂活性物質是指在導電極板上可進行氧化還原的物質。電池的電極為化學能轉換成電能的發生處，而依其所發生的氧化或還原反應又有陽極（負極）與陰極（正極）之分。電極的選擇對電池性能的影響很大，包括電壓、電容量等。在陰極的選擇上，一般的要求為：

- 高還原電位
- 電容量大
- 與電解液有良好的化學安定性
- 良好的電子導電性
- 易加工

在陽極的選擇要求上：

- 還原電位低
- 與電解液化學安定性良好
- 加工容易
- 導電性質佳

### 電解液 (electrolyte)

在陰陽極發生了氧化還原反應後，電子透過外部線路傳遞而產生電流，在內



部帶電離子則是透過電解液在陰陽極之間傳遞，採用一個好的電解液可使陰陽極的放電更有效率。在材料的選擇上，電解液有下列基本條件：

- 不與電極的活性物質發生反應
- 具有高介電常數、低黏度以提高離子導電度
- 具有高沸點、低熔點以增廣電池的操作溫度範圍
- 本身的性質穩定

### 隔離膜 ( separation film )

放置於兩極之間，作為隔離電極的裝置，藉以避免兩極上的活性物質直接接觸而造成電池內部的短路。但隔離膜仍需能讓帶電離子通過，以形成通路。隔離膜的基本條件為：

- 離子透過度大
- 機械性強度適當
- 本身為絕緣體
- 不與電解液及電極發生反應

常見的隔離膜多為 PP 等 olefine 系不織布，或用石綿、玻璃濾材等。

### 罐體 ( shell )

作為電池的外殼，主要用以保護內部結構，所以需要有良好的機械結構、耐熱耐震動耐腐蝕等性能。常見的罐體造型有圓筒型、方型、鈕扣型等。此外，該材料與電池內部的組成亦需要有良好的穩定性，不會發生非預期的反應。以下為一般對罐體的要求：

- 與電池內部有良好穩定性
- 加工容易
- 耐熱、抗腐蝕
- 機械結構良好，抗壓耐震動

若將電池進一步分類，則又可分為「一次電池」及「二次電池」，使用過後其壽命終止，無法重覆充電使用的稱為「一次電池」，例如市售之乾電池、鹼性



電池等；可重覆充電使用的電池稱為「二次電池」。電池主要的組成成分為：電極、電解液、隔離膜與罐體，不同的化學成份，所表現出的電池特性及應用領域亦不同，而因應各種電子產品的需求，電池工業發展至今，亦衍生出各種不同應用範圍之電池種類，常見之電池種類如下表 2-1 所示。

表 2-1 電池的種類

化學電池	一次電池	錳乾電池
		鹼性電池
		氧化銀電池
		水銀電池
		鋰電池
		空氣電池
	二次電池	鎳鎘電池
		鉛酸電池
		鎳氫電池
		鋰離子電池
		鋰高分子電池
燃料電池		
物理電池	太陽能電池	

電池的應用，主要是取決於電子產品的工作電壓、電池室空間及放電特性，進而選擇最適用電池，目前許多電子產品於設計之初，便將這些因素列入考慮，設計出符合該電子產品的電池組(Battery Pack)，以下表 2-2 簡單介紹各類電池的應用領域。



表 2-2 各類電池及其應用領域

電池種類	電池型式 / 尺寸	應用範圍	備註
<b>一次電池</b>			
錳乾電池	D, C, AA,AAA, N,9V (1 號, 2 號, 3 號, 4 號,N, 9V)	收音機, 手電筒, 遙控器, 玩具....等家電用品	耗電量小之產品適用
鹼性電池	D, C, AA,AAA, N,9V (1 號, 2 號, 3 號, 4 號,N, 9V)	收音機, 手電筒, 遙控器, 玩具,照相機, CD player,刮鬍刀...等	耗電量較大之產品適用
氧化銀電池 水銀電池	Button type (鈕扣型)	手錶, 計算機, 照相機....等	耗電穩定, 小之產品適用
鋰電池	鈕扣型, 圓柱型	量測儀器, 備用電源	適用需穩定工作電壓的產品
空氣電池	鈕扣型	助聽器	
<b>二次電池</b>			
鎳鎘電池	圓柱型*	電動工具, 各式電子產品	瞬間耗電量高或特殊環境及條件適用
鉛酸電池	Battery pack	備用電源, 運輸工具,	
鎳氫電池	圓柱型, 方型*	電動工具, 備用電源, 運輸工具,各式電子產品	
鋰離子電池	圓柱型, 方型*#	各式電子產品(3C 產品)	可攜式電子產品應用為主
鋰高分子電池	方型*#	各式電子產品(3C 產品)	可攜式電子產品應用為主
燃料電池	Battery pack	運輸工具	高耗能之產品應用

各類型的電池有不同的電氣特性及優缺點,並無一種電池可滿足所有的電子產品使用,選擇一適用的電池來使用,才能發揮該電池的效能,以便使用使能享受電池所帶來之便利性。

然而本次實驗為了探討影響電池使用壽命的因子,即選擇不能重覆使用的一次電池做為實驗對象,再以一次電池裡的鉛鎘電池與鹼性電池兩種做比較,配合



其它的因子，期望找出對電池使用壽命有顯注影響之因子，並加以改善之。

## 2.1 鉛鋅電池

一般所稱的乾電池，大多都是指鉛鋅電池，鉛鋅電池外殼鋅殼為負極，中間碳棒為正極，內部填充有氯化鋅、氯化銨、石墨粉、二氧化錳、澱粉和少量的水做成的黑色糊狀物。如圖 2-1 可見電池之基本構造，其電池電壓約 1.5 伏特。

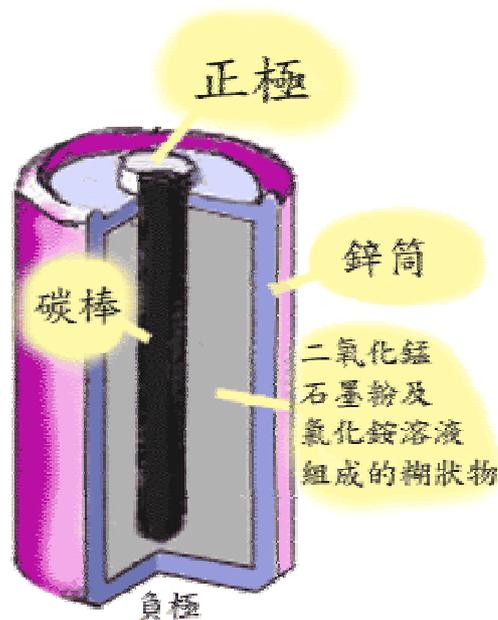


圖 2-1 電池基本構造圖

電池的電解液以氯化銨的飽和溶液為主，添加氯化鋅，是可使電解液的冰點下降，使電池在寒冷地區也可以放電。而若無二氧化錳( $MnO_2$ )存在，則會發生所謂 " 極化作用 "，陰極所生的氫為非導體，此氫會將碳棒包圍，如此則使電解液中的陽離子不能向陰極游動，導致電池的電位顯著下降，最後使導線上沒有電子流通過。而  $MnO_2$  就是用來抑制陰極之極化現象的發生，因而  $MnO_2$  俗稱 " 去極劑 "。去極劑是要將  $H_2$  氧化變成水，所以一般去極劑皆為氧化劑。

由於在糊狀物中擴散較慢，去極劑  $MnO_2$  將氫氧化的作用緩慢，亦即乾電池的極化作用較以液體為電解質之電池更甚。故當電池產生電流有一段長時間後，或電流過大時，陰極所生  $H_2$  無法快速被移去，就會使電池電壓降低。但在電池



停用一段時間，則會恢復其電壓，即使是個用盡的電池在休息之後，亦能短暫點亮手電筒燈泡（雖然其馬上又暗淡下去）這都是由於在這段休息時刻，這些  $H_2$  漸漸被  $MnO_2$  自電極表面除去之故。

未用過的乾電池品質也會變差，此乃因  $Zn$  與  $NH_4^+$  離子間會慢慢反應之故。

## 2.2 鹼性電池

一般所謂的鹼性電池是指鹼性二氧化錳電池，其外型 and 電壓都與鉛鋅電池一樣，但以氫氧化鉀為電解液，因為鹼性二氧化錳電池使用了導電性良好的氫氧化鉀電解液，所以具有較低的內阻；鹼性二氧化錳電池中的鋅陽極呈粉末狀態，因此不再具有電池外殼的雙重功能，這種陽極具有大的表面積並因高純度和特殊處理可抑制氫氣析出。陰極中使用的專用電解二氧化錳，因此具有較高的容量，由於可以產生較大的電流，且電壓維持不變，壽命較長，所以頗受歡迎，但價格較昂貴。



## 第三章 實驗設計

影響電池使用壽命長短的因素有很多，包括電池本身的影響因素，例如內部化學物質，製作電池材料等，以及外在條件，如溫度、濕度以及使用時的間隔時間等，所以本研究針對市售**碳鋅**與**鹼性**電池，以較容易控制之影響因子，設計各種不同的情境，進行電池使用時間長短之分析。

### 3.1 實驗目標

電池使用壽命之長短受到各種不同的因子所影響，所以本實驗針對一般在使用電池時，較容易發生的問題而設計不同的環境因子，期望藉由紀錄電池使用時間的長短，以統計方法分析哪一項變化因子對電池使用時間影響最大，進而可做為發揮電池最大使用功效時之參考依據。

### 3.2 實驗方法

#### 3.2.1 實驗器材

為了方便實驗之進行，選擇耗電量稍大之**彩色液晶銀幕小電視**做為實驗主要之器具，如圖 3-1 所示，然後選擇乾電池中最為普遍的**鉛鋅電池**與**鹼性電池**做為比較，如圖 3-2 所示，由於此兩種電池容易取得且對環境之危害較小(因為其電池不含有汞元素)，所以選擇其為實驗器材之一，每一次實驗時將使用三顆電池進行電視之收看，並記錄其使用時間。在使用小電視時，**為避免實驗過於費時，將其音量調整至最大，並且將銀幕亮度調至最高，期望以此設定能夠消耗較大之電量，以至於實驗時間不會過於冗長**；而鉛鋅電池與鹼性電池皆為同一時間購買同一地點之電池，並假設此電池為同一時期出廠之電池，且在相同條件下被購買以做實驗器材，期望將使用器材本身的誤差降至最低。



圖 3-1 彩色液晶小電視示意圖

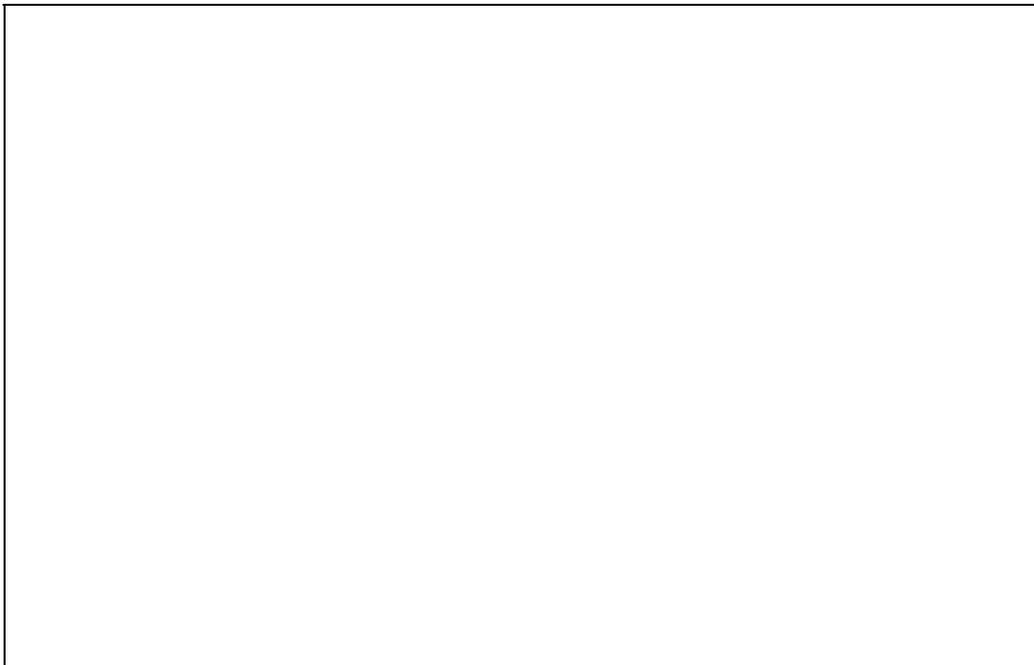


圖 3-2 鉛鋅與鹼性電池示意圖



### 3.2.2 實驗因子

本次實驗參考網路上相關電池之文獻以及電池問答天地，考慮使用電池時，常會遇到電池購買後未用完，而會遇到保存等問題，又或是在使用期間的一些影響電池壽命的之技巧，所以設計了實驗因子包括，電池種類、電池保存方法(一)(二)、電池使用方法，如表 3-1 所示，

- 1、 **電池種類**：Low Level(-)為鉛鋅電池，High Level(+)為鹼性電池，因為市面上販售的電池，這兩種電池佔了絕大多數，所以選取這兩種電池當作電池種類的實驗因子，探討這兩種電池對使用時間長短是否有影響。
- 2、 **保存方法(一)**：Low Level(-)為放置較高溫(室溫)環境下，High Level(+)為放置低溫(冰箱)環境下，這兩種保存方法將予保存方法(二)交互配合使用。
- 3、 **保存方法(二)**：Low Level(-)為放置潮溼環境下，High Level(+)為放置乾燥環境下，分別會將不同種類的電池，放在冰箱或是室溫中，並且配合潮溼或是乾燥的環境，其潮溼與乾燥環境分別如圖 3-3、3-4 所示。
- 4、 **使用方法**：Low Level 為連續使用至沒電，High Level 為每使用三十分鐘休息五分鐘，將電池放入彩色液晶銀幕小電視中，使用方法為這兩種情形，探討哪種情形對使用時間影響較大。

表 3-1 實驗因子說明

因子	High Level(+)	Low Level(-)	Response
電池種類	鹼性電池	鉛鋅電池	電池總共可使用時間長短
保存方法(一)	放置(冰箱)環境下	放置(室溫)環境下	
保存方法(二)	放置乾燥環境下	放置潮溼環境下	
使用方法	每使用三十分鐘休息五分鐘	連續使用至沒電	



圖 3-3 潮溼環境示意圖



圖 3-4 乾燥環境示意圖



### 3.2.3 實驗流程

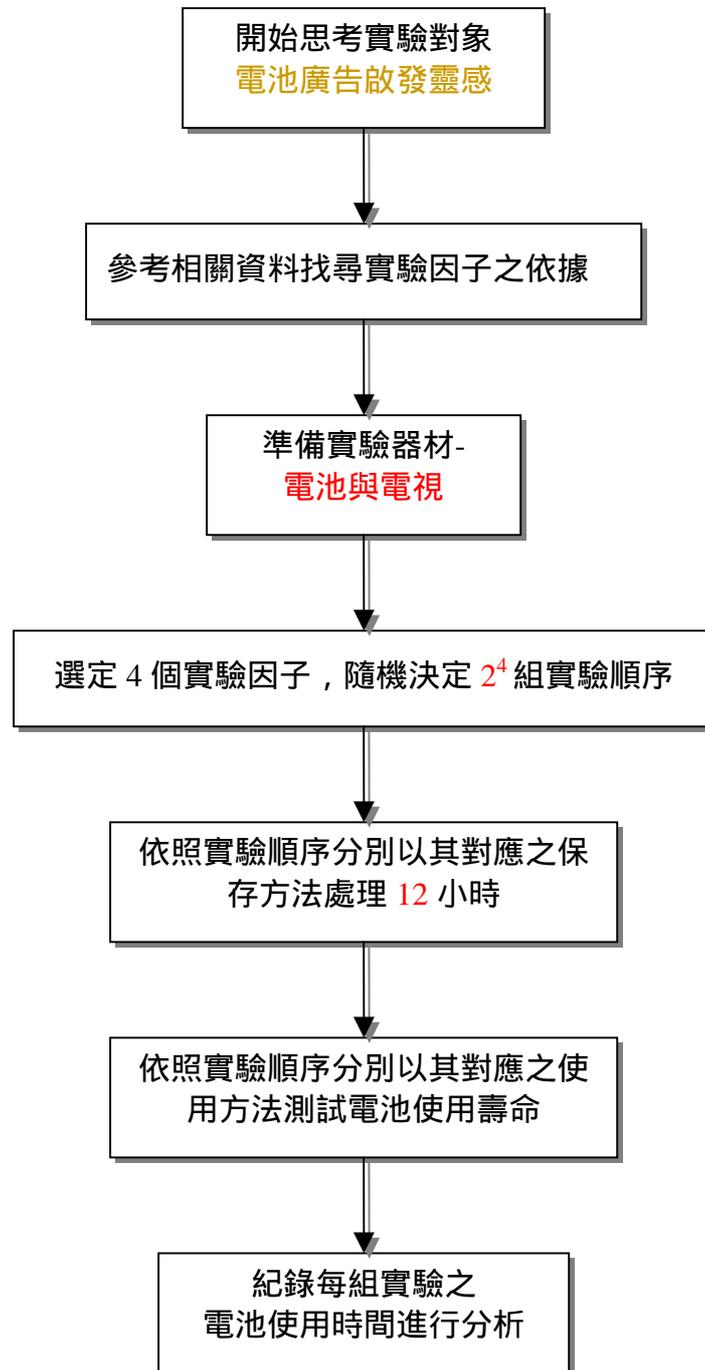


圖 3-5 實驗流程圖

在實驗過程中，使用同一台彩色液晶電視，避免實驗因為儀器的關係而產生不同的結果，可視為一種 block。另外在 noise 方面，在進行實驗時常因為實驗者無法長時間待在同一地點進行實驗，必需更換實驗地點(這也是為什麼選擇方便



攜帶的小電視做為實驗儀器)，而不同的實驗地點，或許其環境因子(例如當時的溫度)會對電池的使用造成些許之影響。

### 3.2.4 分析步驟

#### (1) 因子影響估計

透過 **Effect estimation** 和 **Normal probability plot** 並配合  $t$  檢定進行因子顯著性的判別，並確定顯著影響之因子與交互關係。

#### (2) 統計分析

透過 **ANOVA** 的建立，對模式顯著性進行檢定。

#### (3) 模式構建

建立適當之**迴歸模型**，並對此模式進行解釋。

#### (4) 模式配適度檢定

利用 **Normal probability plot of residuals** 及 **Residual plots**，分別對建立之迴歸模型進行配適度檢定，包括樣本常態之檢定、樣本獨立性檢定、以及樣本變異數齊一之檢定。

#### (5) 結果解釋

對建立之迴歸模式與相關影響因子之間的關係進行解釋，並判斷各因子對反應值之關係與影響程度進行解釋，期能達到找尋最小反應值之目標。



## 第四章 結果分析

## 4.1 實驗結果

表 4-1 依標準  $2^4$  組合所得之實驗結果

Run	Std	A Type	B Temperature	C Moisture	D Operation	Y Time
10	1	-1	-1	-1	-1	50.567
5	2	1	-1	-1	-1	219.633
8	3	-1	1	-1	-1	64.917
15	4	1	1	-1	-1	202.700
2	5	-1	-1	1	-1	50.500
9	6	1	-1	1	-1	203.617
6	7	-1	1	1	-1	65.433
11	8	1	1	1	-1	216.833
16	9	-1	-1	-1	1	47.083
12	10	1	-1	-1	1	213.333
7	11	-1	1	-1	1	38.817
14	12	1	1	-1	1	190.467
4	13	-1	-1	1	1	48.000
1	14	1	-1	1	1	193.533
13	15	-1	1	1	1	36.000
3	16	1	1	1	1	214.500



## 4.2 Design-expert 統計分析

### 4.2.1 因子影響估計(Estimation of factor effects)

表 4-2 各因子之影響與係數估計值

Term	Effect	SumSqr	% Contribution	顯著性
<b>A</b>	156.66	98172.40	98.37	<i>Significant</i>
<b>B</b>	0.43	0.72	0.00072	<i>Insignificant</i>
<b>C</b>	0.11	0.051	5.061E-05	<i>Insignificant</i>
<b>D</b>	-11.56	534.38	0.535	<i>Significant</i>
<b>AB</b>	-1.83	13.38	0.013	<i>Insignificant</i>
<b>AC</b>	0.48	0.90	0.0009	<i>Insignificant</i>
<b>AD</b>	3.82	58.40	0.059	<i>Insignificant</i>
<b>BC</b>	8.85	313.56	0.314	<i>Significant</i>
<b>BD</b>	-5.97	142.39	0.143	<i>Insignificant</i>
<b>CD</b>	0.47	0.89	0.0009	<i>Insignificant</i>
<b>ABC</b>	9.64	371.84	0.373	<i>Insignificant</i>
<b>ABD</b>	6.42	164.91	0.165	<i>Insignificant</i>
<b>ACD</b>	1.06	4.48	0.005	<i>Insignificant</i>
<b>BCD</b>	1.17	5.48	0.005	<i>Insignificant</i>
<b>ABCD</b>	2.25	20.25	0.020	<i>Insignificant</i>
<b>Lenth's ME</b>	4.51			
<b>Lenth's SME</b>	9.17			



DESIGN-EXPERT Plot  
Time

A: Type  
B: Temperature  
C: Moisture  
D: Operation

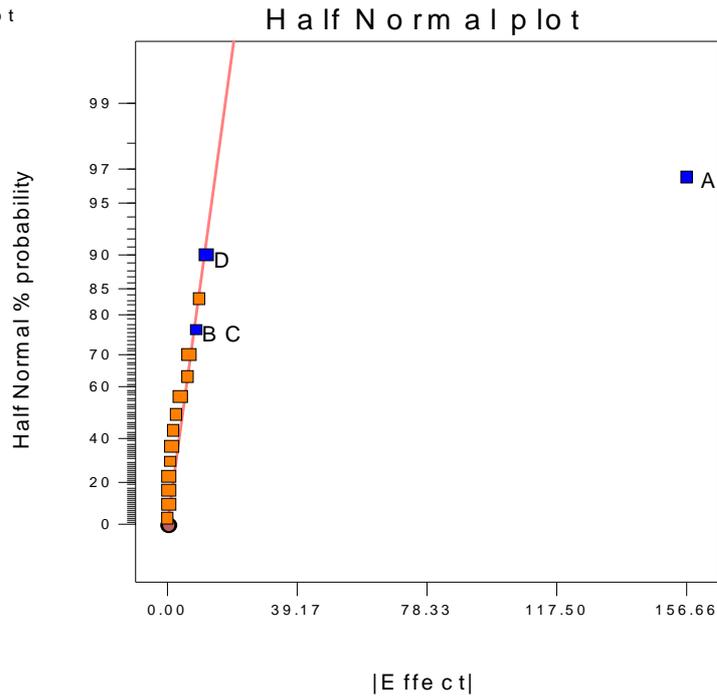


圖 4-1 Half normal probability plot

由表 4-1, 4-2 與圖 4-1 中, 可以清楚的分辨出在此一系統之中, 顯著影響的因子包括有 A-電池種類、D-使用情形以及 BC-溫度與濕度之交互作用項。其中藉由係數的正負號, 也可初步推估這些顯著因子對於反應值(液晶小電視之使用時間)的關係。

表 4-3 各顯著因子之係數與標準差

Factor	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95%CI Low	95%CI High	VIF
Intercept	128.50	1	2.02	124.09	132.90	
<b>A-Type</b>	78.33	1	2.02	73.93	82.73	1
<b>D-Operation</b>	-5.78	1	2.02	-10.18	-1.38	1
<b>BC- (Temp.)*(Moisture)</b>	4.43	1	2.02	0.025	8.83	1

以下則藉由表 4-3 以及 Design-Expert 中之因子分析圖分別對各顯著因子在此實驗中所代表的物理意義進行解釋說明：

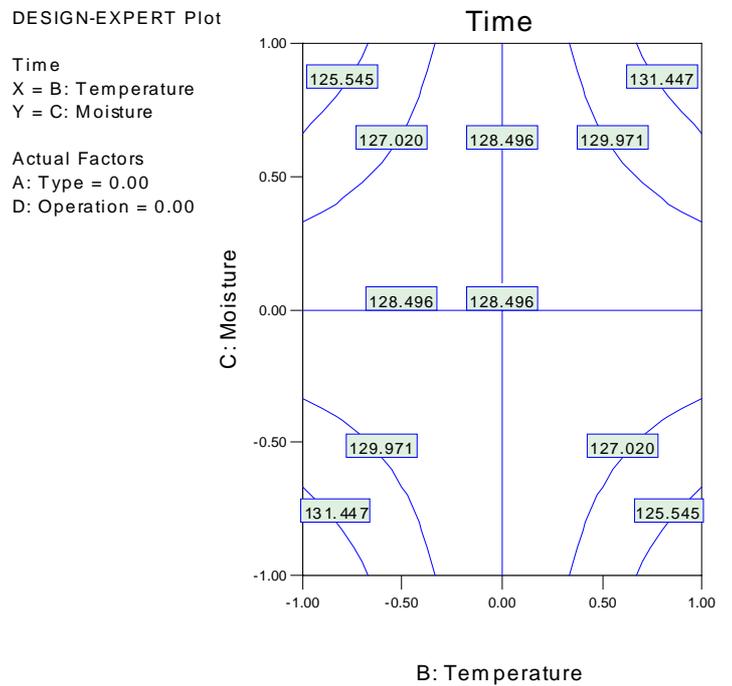
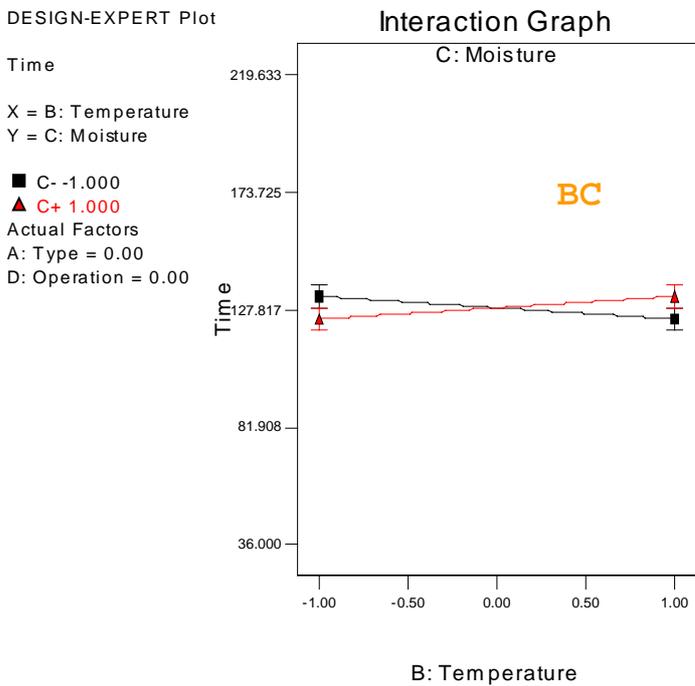
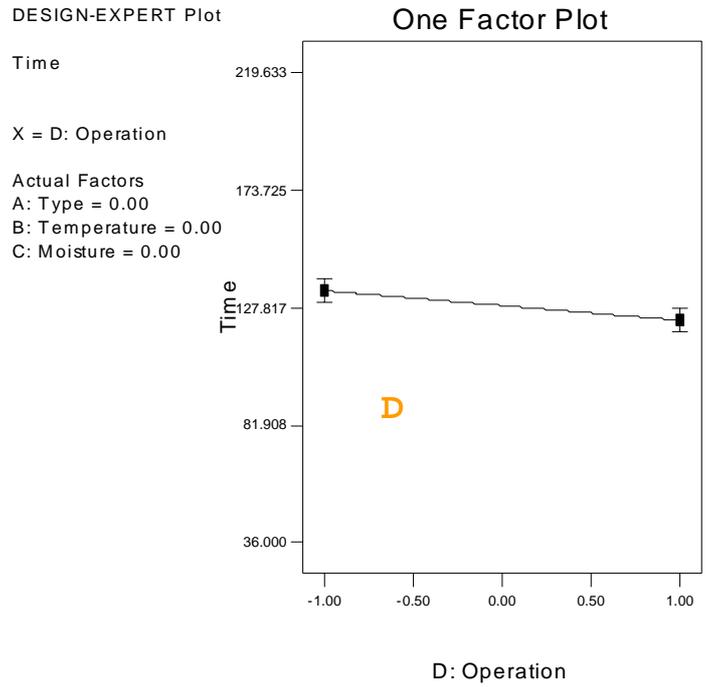
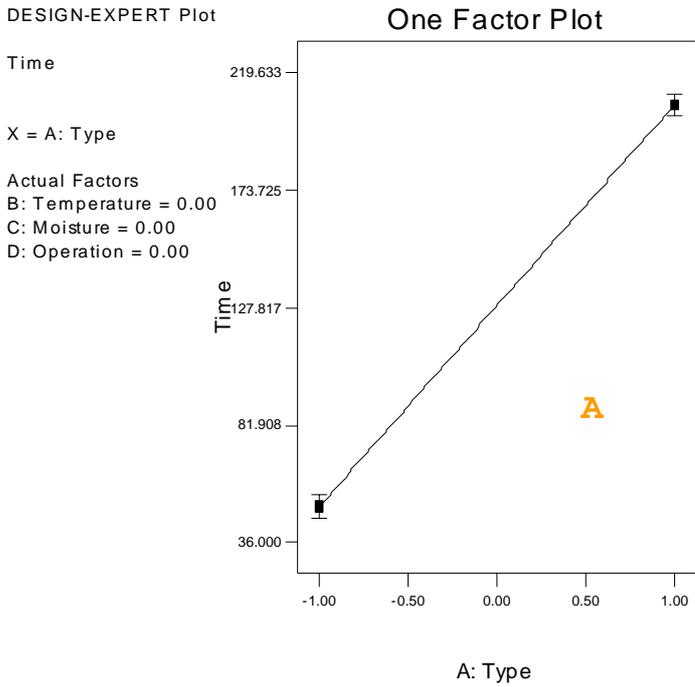


圖 4-2 各顯著因子與反應值之關係



表 4-4 各顯著因子對反應值之物理意義解釋

顯著因子	係數正負號	物理意義之解釋
A-電池種類	+	此時反應出選用鉛鋅電池與鹼性電池，對液晶小電視的使用時間有明顯的不同，建議使用 <b>鹼性電池</b> 。
D-使用情形	-	使用情形係數為負號，表示在使用電池時，連續使用反而比間接使用時得到較長之使用時間，原因為間接時間僅休息五分鐘， <b>回電時間不夠長</b> ，而多次開關液晶小電視，造成更大耗電。
BC-溫度*濕度	+	此項交互作用之係數為正，因此我們可以知道，在 <b>溫度低</b> ( High level )，且 <b>乾燥</b> ( High level ) 的環境下，此時使用時間會提昇；

4.2.2 統計分析-ANOVA TABLE(Statistical analysis)

ANOVA for Selected Factorial Model

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F	
Model	99020.35	3	33006.78	505.40	<0.0001	<i>significant</i>
A	98172.40	1	98172.40	1503.21	<0.0001	
D	534.38	1	534.38	8.18	0.0143	
BC	313.56	1	313.56	4.80	0.0489	
Residual	783.70	12	65.31			
Cor Total	99804.05	15				



Root MSE	8.08	R-Squared	0.9921
Dep Mean	128.50	Adj R-Squared	0.9902
C.V.	6.29	Pred R-Squared	0.9860
PRESS	1393.25	Adeq Precision	43.823

ANOVA 分析結果如上，顯示因子 A、D、BC 均對有反應值有顯著影響，表示電池種類 使用情形以及溫度與濕度之交互作用項均顯著影響電器使用時間長短，其中因子 A-電池種類的影響最為強烈，其次為因子 D-使用情形的影響。本模式經 ANOVA 檢定結果亦為顯著，且  $R^2$  值亦相當高，高達 0.9902，顯示此模式應具有相當合理的程度。

#### 4.2.3 模式構建(Formulate model)

最後經模式驗證後，得到之迴歸式如下：

$$Time = 128.50 + 78.33A - 5.78D + 4.43BC$$

其中可以看出明顯地 A 比其他因子影響的強度大出許多，這是因為在選取鉛鋅電池與鹼性電池時，依照購買價格來看，就相差了三倍左右，且在放置的過程中，僅將電池在實驗前依各種環境放置 12 小時，導致溫度與濕度的保存方式無法明顯地顯現，僅有交互項的因子產生，如我們將溫度與濕度都放入迴歸式中，得到：

$$Time = 128.50 + 78.33A + 0.21B + 0.056C - 5.78D + 4.43BC$$

其中，溫度與濕度的係數均為正，表示我們在保存電池時，應盡量放在低溫 (High level)與乾燥(High level)的環境中，建議為冰箱下層，如此便能使電池的自放電效應減少，延長其使用壽命(黃兆添君，電池之性能與壽命及其選取方法的研究，55 頁，民 84 年)。



#### 4.2.4 模式配適度檢定(Model adequacy check)

##### (1) 常態之檢定

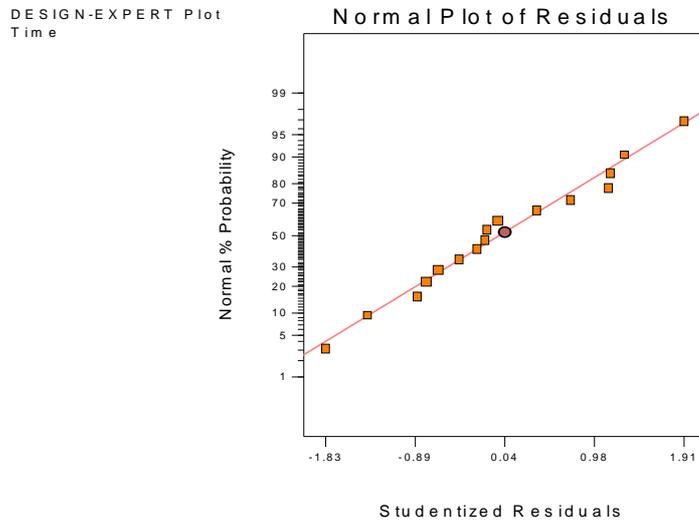


圖 4-3 Normal probability plot of residuals

由上圖可以看出，樣本點均散佈在紅線周邊，因此可以推論樣本常態之假設正確。

##### (2) 樣本獨立性檢定

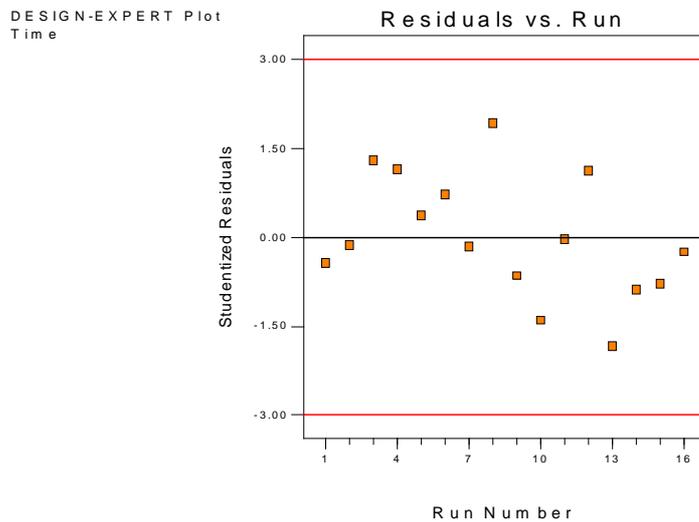


圖 4-4 樣本殘差對實驗次序之關係圖

由上圖可以看出，樣本點並不隨時間次序而有一定的趨勢變化，因此可以判斷樣本彼此獨立的假設正確。



### (3) 變異數齊一性檢定

DESIGN-EXPERT Plot  
Time

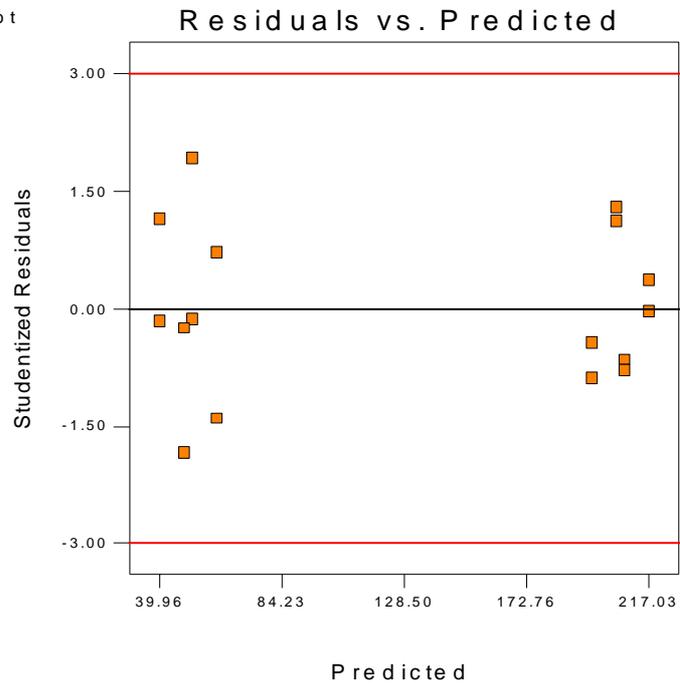


圖 4-5 樣本殘差對預測值之關係圖

DESIGN-EXPERT Plot  
Time

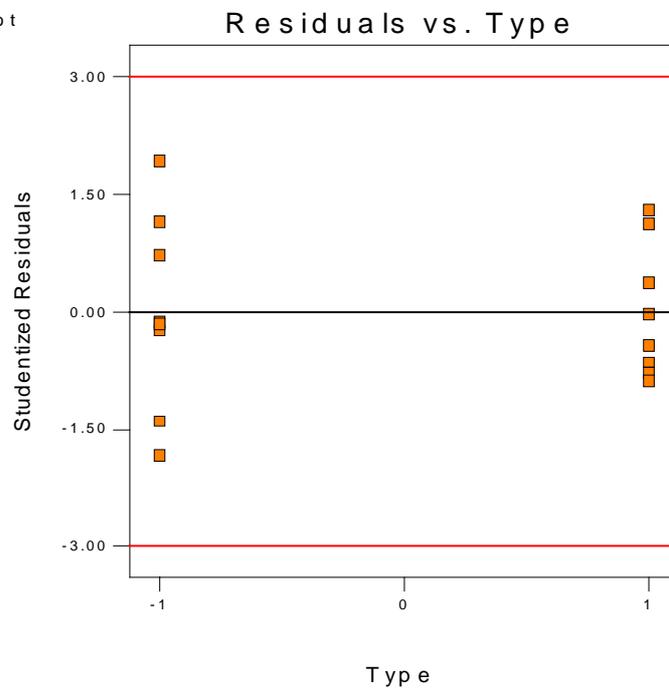


圖 4-6 殘差對 A 因子之關係圖



DESIGN-EXPERT Plot  
Time

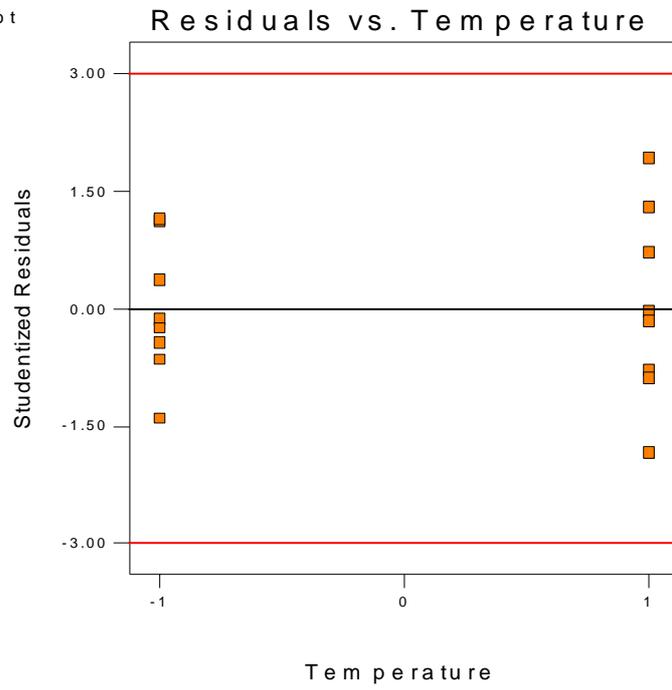


圖 4-7 殘差對 B 因子之關係圖

DESIGN-EXPERT Plot  
Time

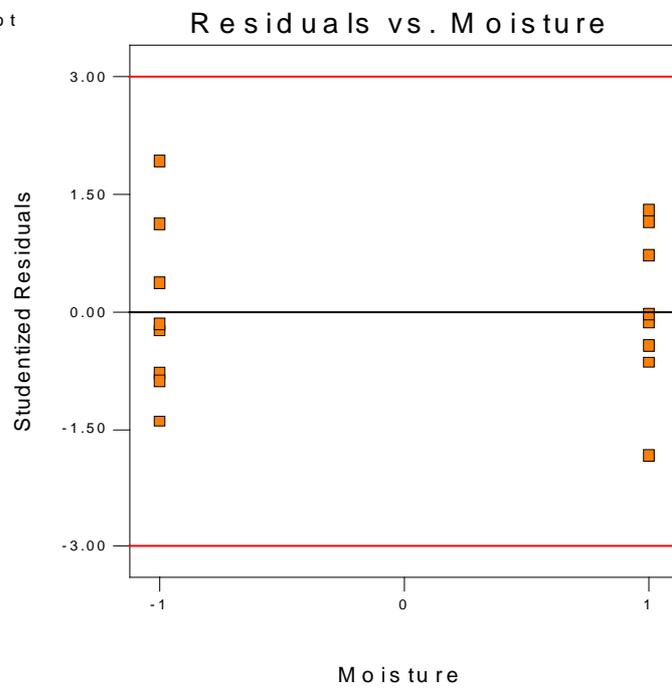


圖 4-8 殘差對 C 因子之關係圖



DESIGN-EXPERT Plot  
Time

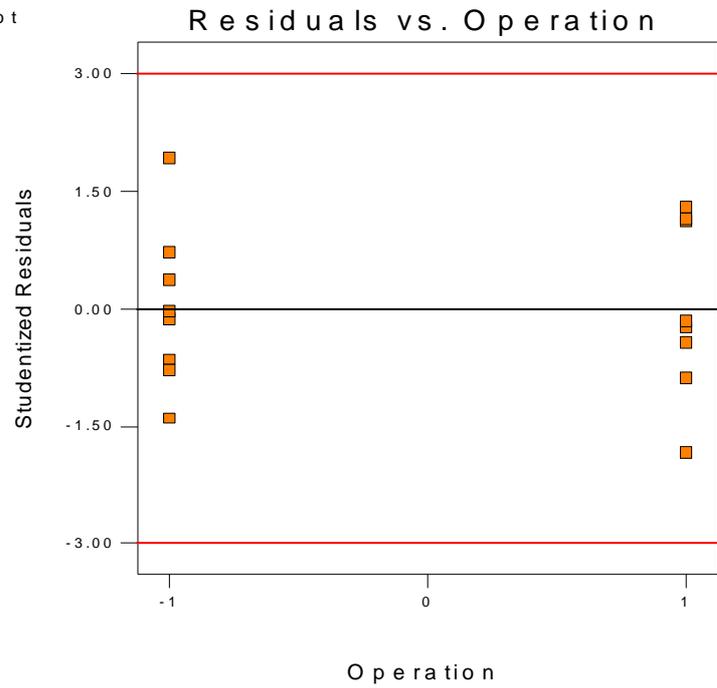


圖 4-9 殘差對 D 因子之關係圖

由圖 4-5 圖 4-9，可以看出變異數齊一性的假設符合。且於各因子的情形皆十分良好。



## 第五章 電池的使用與選取

經過以上的分析之後，我們應該對於電池的保存、使用有了初步的構想，但對於電池的整個成本，包括：購買成本、操作成本、廢棄及回收成本等，都未詳加考量，故本章作一簡單之成本分析比較，並對電池正確地使用情形與維護方法提出建議，使我們更瞭解電池使用與環境、保存方式的真正關係。

### 5.1 成本分析

在眾多電池的新用途中，要判斷選取電池的依據方法，例如（能量/重量）比可能是最重要的，尤其日後將被用在電動車或太空儀器上的電池而言；在其他應用中，判斷準則可能是循環壽命、儲存壽命、（能量/體積）比、成本、可靠度要高或污染程度要低，選取的結果將隨選取使用之條件而改變。本小節將以「成本」為考慮的依據，希望經成本分析後，找出最經濟的選擇。成本的理論採用黃兆添君直觀的分析方法加以估計，並輔以實際購買情形，分析如表 5-1 所示。

表 5-1 電池之成本分析表

種類	鉛鋅電池	鹼性電池
購買成本	3.5 元	12 元
使用成本	0	0
風險成本	0	0
更換成本	0	0
回收成本 <sup>#</sup>	0	0
總成本	3.5 元	12 元

<sup>#</sup>：碳鋅及鹼性電池已發展成熟，用完只須稍作處理即可，故回收成本可忽略不計。

電容量分別為：

$$\text{鉛鋅電池：} \frac{1.5(V)}{2(\Omega)} \times 50.165(\text{min}) \times 1(\text{次}) = 37.624A - \text{min}$$



$$\text{鹼性電池} : \frac{1.5(\text{V})}{2(\Omega)} \times 206.827(\text{min}) \times 1(\text{次}) = 155.120\text{A} - \text{min}$$

每單位成本之電容量分別為：

$$\text{鉛鋅電池} : \frac{37.624}{3.5} = 10.750\left(\frac{\text{A} - \text{min}}{\text{元}}\right)$$

$$\text{鹼性電池} : \frac{155.120}{12} = 12.927\left(\frac{\text{A} - \text{min}}{\text{元}}\right)$$

根據上面分析的結果，可確知電池的成本效益以鹼性電池優於鉛鋅電池。此結果與本實驗結論建議使用鹼性電池的說法相符。

## 5.2 電池使用與維護

有關於電池使用與維護的重要概念，包括了操作方式對壽命和電容量的影響、廢電池的污染與回收問題，以及一般使用時該注意的事項。

一個電池的 A-hr 或 A-min 容量不是一固定值，它隨所取用的電流(利用同樣電器 block)、運用程序(連續、間接)、切斷電壓、溫度、與使用前電池儲存的時間而變。由文獻(Hill and etc., *PV Battery Handbook, 1992*)得知，放電率越大，電池所釋出 A-hr 或 A-min 容量較少。發生的主要原因是電池的內電阻存在所造成，當電流越高，消耗的電能越多( $P = I^2 \times R$ )，於是，用於外電路負載的電壓亦較小，截止電壓的達成也較早，並造成容量的損失。

截止電壓亦稱端點電壓 (Cut-Off Voltage)，電池輸出流量的終止點。故當截止電壓下降時，用電的有效時間增大，而每一電池的截止電壓範圍得依據應用情況而定，截止電壓應使之儘量低下，以多應用電池中所儲存之能量。越是輕淺的放電，則電池失效前所完成的循環數越大，因在此情況下，陽極的活性物質損失(流失)較少。故當電池到截止電壓時，應立即將之取下，並加以重新充電，否則將會減短電池循環壽命。

低溫或甚至結冰溫度對於電池是無害的，但不可從低溫到高溫的重複循環。在低溫情況下儲存，有利於庫存壽命；不過低溫同時也使電容量減小，乃因電池中化學活潑性減低所致。同理，放電時的電池溫度高，能量的輸出就較大，當然



高溫將不利庫存壽命。若電能需求小或需求大但只是偶爾使用時，則選取一次電池為宜，以下就碳鋅、鹼性分別說明其最佳選取時機：

### 一、鉛鋅電池

鉛鋅電池，適用於小電流輸出，尤其在某一電流密度範圍內，若取用電流減半時，有效壽命可能增加三倍，溫度過高庫存不佳，過低則電容量極差。故對於鉛鋅電池，除了在特殊情況中，例如長時間大量電流輸出、過冷或過熱的情況下，鉛鋅電池是一種經濟而有效的電源。

### 二、鹼性電池

鹼性電池在用電多或繼續用電的情況下，單位成本的性能勝過傳統鉛鋅電池。且其實用電容量於放電程序變更時，維持相當的恆定，容量隨放電電流得變更沒有鉛鋅電池那麼大，尤其在連續或重負高電流的狀況下運作，仍具有高效率，而鉛鋅電池於此是不令人滿意的。同時，在放電時，電壓下降並不如鉛鋅電池來的顯著；在低溫時有較長的特性而毋須間歇使用，運作的範圍更廣闊(約 $-20^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ )，它的構造使它能夠忍受嚴峻的情況，如機械撞擊與高壓。因此，此行電池正迅速被廣大消費大眾所接納，並加速取代原來由鉛鋅電池盤據的市場(*R. A. Powers, "Advances and Trends in Primary and Small Secondary Batteries, 1994*)。鹼性電池的售價較一般電池昂貴，但是從放電量及儲存壽命考慮，其實鹼性電池每單位放電容量的平均價格較一般鉛鋅電池便宜，此由上一小節的成本分析已得到驗證。

不過，鹼性電池在輕度放電或在間歇使用情況下，可能不易表現其優點，例如，鹼性電池在 300mA 的間歇放電情況下，會失去它超越鉛鋅電池組的經濟優點(*C. L. Mantell, "Batteries and Energy Systems, 2<sup>nd</sup> Ed., 1983*)。



## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

電池在現今人類生活中無所不在，加諸電子、電訊科技更為發達，產品大量問世，電池的用量將隨之繼續成長，日後電池的性能也因研發的努力會不斷地被改善，可使用的受命和可靠度也將日益提昇，不過也因環保意識高漲，高污染性的電池也逐漸被淘汰。對於眾多電池的出現，我們該如何選取適當的電池配合妥善的保存方式，是本研究所要探討的重點主題，而有關各類電池之性能、壽命與成本方面的分析，正可提供這方面的資訊。

本研究之實驗所測試的電池乃是較為常見的碳鋅、鹼性兩種乾電池，最主要的目的在利用實驗設計之  $2^k$  因子方法來評估電池的各種功能表現特性，期望根據本學期所習得相關之實驗統計方法建立其他種類電池或操作環境下不同的功能表現情況。經由實驗的分析，可以得到下列幾個重要結論：

1. 經實驗得到之迴歸式如下：

$$Time = 128.50 + 78.33A - 5.78D + 4.43BC$$

其中可以看出明顯地 A 比其他因子影響的強度大出許多，這是因為在選取鉛鋅電池與鹼性電池時，依照購買價格來看，就相差了三倍左右，且在放置的過程中，僅將電池在實驗前依各種環境放置 12 小時，導致溫度與濕度的保存方式無法明顯地顯現，僅有交互項的因子產生，如我們將溫度與濕度都放入迴歸式中，得到：

$$Time = 128.50 + 78.33A + 0.21B + 0.056C - 5.78D + 4.43BC$$

其中，溫度與濕度的係數均為正，表示我們在保存電池時，應盡量放在低溫 (High level) 與乾燥 (High level) 的環境中，建議為冰箱下層，如此便能使電池的自放電效應減少，延長其使用壽命

2. 藉由實驗分析結果顯示，因子 A-電池種類、D-使用情形與 BC-溫度與濕度之交互作用為顯著影響之因子。透過物理意義的解釋，我們可以得到下述結論：



顯著因子	係數正負號	物理意義之解釋
A-電池種類	+	此時反應出選用鉛鋅電池與鹼性電池，對液晶小電視的使用時間有明顯的不同，建議使用 <b>鹼性電池</b> 。
D-使用情形	-	使用情形係數為負號，表示在使用電池時，連續使用反而比間接使用時得到較長之使用時間，原因為間接時間僅休息五分鐘， <b>回電時間不夠長</b> ，而多次開關液晶小電視，造成更大耗電。
BC-溫度*濕度	+	此項交互作用之係數為正，因此我們可以知道，在 <b>溫度低</b> ( High level )，且 <b>乾燥</b> ( High level ) 的環境下，此時使用時間會提昇；

3. 經本實驗結果顯示，電池在連續使用的情況下比間接使用的情況好，原因為**鹼性電池在輕度放電或在間歇使用情況下，可能不易表現其優點**，例如，鹼性電池在 300mA 的間歇放電情況下，會失去它超越鉛鋅電池組的經濟優點(C. L. Mantell, "Batteries and Energy Systems, 2<sup>nd</sup> Ed., 1983)，與文獻相呼應。
4. 以實用的角度來看，鹼性電池將會取代鉛鋅電池成為市場上的主流。這是因為鹼性電池正迅速被廣大消費大眾所接納，並加速取代原來由鉛鋅電池盤據的市場(R. A. Powers, "Advances and Trends in Primary and Small Secondary Batteries, 1994)。鹼性電池的售價較一般電池昂貴，但是從放電量及儲存壽命考慮，其實鹼性電池每單位放電容量的平均價格較一般鉛鋅電池便宜，此由上 5.1 小節的成本分析已得到驗證。
5. 經由本研究所選取出之樣本資料在模式配適度檢定時均呈現良好的分佈，顯示模式符合常態的假設、樣本獨立的假設與變異數齊一的假設。



## 6.2 建議

1. 電池的種類繁多，本研究只作了其中較為常見之碳鋅 鹼性電池的實驗而已，同時電池之性能、受命與操作方式及環境有著密切的關係。若要得知有關其他種類電池之功能、壽命及其適用環境等更為詳盡的知識，最好的方法就是對每種電池都進行類似的實驗，如此將會有更詳細的資料可供參考。
2. 本研究室以完整實驗(Full Factorial)進行設計並分析，由於分析因子為四項，其中建立 16 種電池組合耗時許久，尤其是鹼性電池實驗平均約需三小時半，因此未來若在分析更多影響因子時，建議可利用部分實驗(Fractional Factorial)的方式進行，利用各種技巧以有效的減少實驗數。
3. 如要進行相同實驗，建議應將保存時間拉長，並將保存的環境溫度、濕度範圍拉大，或能經由實驗得到較佳之反應結果，使得溫度與濕度的 main effect 也能表現在迴歸式中。
4. 由本實驗得到之結果，建議將不用的電池應保存於低溫、乾燥的環境中，建議可為冰箱下層，此與一般文獻與常識均相符合。

未來在時間、成本、技術較不受限的情形下，考慮可加入其他因素的考量，例如負荷狀況、充放電循環及所需電壓等。而此多因子的加入是否對電池使用時間有顯著提升的作用，未來也將是值得探討的因素之一。



## 參考文獻

1. 黃兆添，電池之性能與壽命及其選取方法的研究，中央機械工程碩士論文，1995。
2. 閻路，電池學，東華書局，1982。
3. C. L. Mantell, “Batteries and Energy Systems”, 2<sup>nd</sup> Ed., McGraw-Hill, 1983.
4. Hill and etc., “PV Battery Handbook”, Hyperion Energy System Ltd, 1992.
5. R. A. Powers, “Advances and Trends in Primary and Small Secondary Batteries, IEEE Aerospace and Electronics Systems Magazine Vol. 9 Iss.4, 1994.
6. J. Sasakura, “Recent Developments in Japan Primary Battery Industry”, Japan 21<sup>st</sup> (BJP) Vol.39 Iss.1, 1994.