

東海大學高階經營管理碩士在職專班(研究所)
碩士學位論文

鉛酸電池之狀態診斷及其管理
—以科技廠房不斷電系統為例

Condition Diagnosis of Lead-Acid Battery and Its Management
– A Case Study of UPS in High-Tech Factories

指導教授：陳澤雄 博士
研究生：李智明 撰

中華民國 102 年 01 月

誌 謝

離校數載，再度踏入校園，我就像是個尋夢的孩子，怯生生地踏出腳步，試著探尋一切，進入東海這美麗校園得到許多美好的收獲與回憶，知識不斷從學涯中湧流出來，讓我從每位老師身上獲得許多寶貴的幫助，特別感謝我的指導教授陳澤雄博士，在百忙之中給予我的教導與鼓勵，雖然工作與學業讓我兩邊相當忙碌，但重溫師長教誨與學生的幸福格外充實與值得珍惜。

感謝我的同學，回想課堂中每每因為教授的教學熱忱與同學間真誠互動而感動著，來自各行各業的菁英們，有著不同的歷練，不同的想法，一同尋求共識的有趣過程，凡事都變得沒有絕對，我的學涯路途上有你們的陪伴，讓我有著許多美好愉悅的時光，在這兒，書本已不再是唯一重點，面對同學間的互動才是最珍貴的！

感謝兩年來家人的包容與支持，進修的日子雖然忙碌與辛苦，但是一路走來卻特別豐盛。特別是我經歷到東海求真、篤信、力行的人文精神，讓我更愛這有生命力的學校，感謝老天讓我與東海結緣！謝謝各位同學與老師，感謝您們！願我們繼續學而無涯，活到老，學到老！

李智明 謹誌 2013.1

摘 要

論文名稱：鉛酸電池之狀態診斷及其管理-以科技廠房不斷電系統為例

校所名稱：東海大學高階經營管理碩士在職專班（研究所）

畢業時間：2013 年 01 月

研究生：李智明

指導教授：陳澤雄 博士

鉛酸電池目前運用相當廣泛，在人類的需求當中扮演重要的角色。例如：資訊、電信、交通、工業、醫療體系等場所設備中，都能看到它的蹤跡。鉛酸電池也被使用於許多高科技廠房及醫療產業上，特別是應用在不斷電系統，一般科技廠每隔幾年就要花費大筆預算進行電池的汰換，並且在廢電池的處理過程中，會產生鉛重金屬與硫酸化學的污染，這對環境上會造成極大的衝擊，因此有效管理鉛酸電池已是重要的議題。

鉛酸電池的動態特性是非常複雜，並且會隨著電池的老化而改變，但透過鉛酸電池檢測管理的研究，探究鉛酸電池的使用效益，讓使用者瞭解鉛酸電池目前健康狀態，以及它後續還能夠使用多少時間，我們應該在什麼時候把它汰換才能確保系統的穩定，並且得到最大的使用效益。

本論文導入可靠度高，破壞性低的線上檢測方法-瞬間電流放電法，並實際放電過程中記錄直流內阻、浮充電壓、放電電壓、回復電壓等參數。針對單顆電池容量與能力進行分析。此外，可線上進行檢測同時也使得廠房內不斷電系統可靠度得以維持，期望此方法可以準確的估算電池的堪用狀態，以達到找出劣化電池提早更換，確保系統信賴度。

最終，本研究的實驗結果推論，以維持系統可靠度及降低維護成本為原則，將科技廠房目前普遍以 Time-Base 定期提前汰換方式，調整為依實際放電檢測之 Condition-Base 的維護策略，此方式可更正確的瞭解電池更換時間，確保不斷電系統的信賴度，並且可線上檢測而不影響系統正常運轉工作。

關鍵字：鉛酸電池、瞬間電流放電法、電池壽命分析、不斷電系統

Abstract

Title of Thesis: The Study on Condition Diagnosis and Its Management of Lead-Acid
Battery

Name of Institute: Tunghai University

Executive Master of Business Administration

Graduation Time: January/2013

Student Name: Chih-Ming Lee

Advisor Name: Tzer-Shyong Chen

Lead-acid batteries have been widely applied at present that it plays a critical role in human demands. For instance, it appears on the equipment in communication, telecommunication, transportation, industry, and medical systems. Lead-acid batteries can also be utilized in high-tech plants and medical industry, particularly for uninterruptible power supply. A large amount of budget is commonly spent for battery replacement in high-tech plants every few years, and the processing of used batteries are likely to produce the pollution of heavy metal lead and sulfate, causing huge impact on the environment. For this reason, the effective management of lead-acid batteries has become an important issue.

The dynamic characteristics of lead-acid batteries are complex, which would change with the aging of batteries. With the research on the inspection management of lead-acid batteries, the utilization efficiency is explored for the users understanding the health condition and the availability of lead-acid batteries and the time to replace them so as to ensure the stability of the system for the maximal utilization efficiency.

Instantaneous Current Discharge, an online inspection method with high reliability and low destruction, is introduced to this study, and the parameters of internal DC

resistance, floating charge voltage, discharge voltage, and recovery voltage in the discharge process are recorded. Single battery capacity and capability are further analyzed. Moreover, online inspection is available for the reliability of uninterruptible power supply in a plant. It is expected to ensure the reliability of the system by accurately estimating the usability of the battery and replacing the worsened batteries in advance.

Finally, according to the experimental results, the technology plants adjust the regular Time-Base replacement in advance to Condition-Base maintenance strategies according to actual discharge inspection to maintain the system reliability and reduce the maintenance cost. Such a method allows accurately understanding the exchange time of batteries, ensuring the reliability of uninterruptible power supply, and inspecting online without affecting the normal operation of systems.

Key words: Lead-Acid Batteries, Peak Let-Through Current, Battery Life, UPS

目 次

第一章 緒 論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機與目的	2
第三節 研究架構	4
第二章 文獻探討	5
第一節 鉛酸電池介紹	5
第二節 鉛酸電池狀態與特性	7
第三節 鉛酸電池壽命與判定標準	12
第四節 鉛酸電池狀態偵測方法	15
第三章 鉛酸電池量測方法與實施	18
第一節 研究變項與假設	18
第二節 研究設計	18
第三節 研究方法	20
第四節 研究設備與實施	21
第四章 量測結果與分析	28
第一節 變數資料收集及彙整	28
第二節 統計分析	32
第三節 管理方法之架構	35
第五章 結論與建議	39
第一節 結論	39
第二節 未來發展與建議	39
參考文獻	41

表 次

表 2-1 鉛酸電池在不同放電率下的放電特性	10
表 3-1 量測設備檢查項目	22
表 3-2 不斷電系統設備檢查項目	23
表 3-3 確認人員與環境的安全	24
表 3-4 參數的按鍵功能	25
表 3-5 浮充測定作業	26
表 3-6 放電測定作業	27
表 4-1 研究資料總表	28
表 4-2 基本統計量	32
表 4-3 使用時間與放電電壓的迴歸分析數據（原始資料）	32
表 4-4 使用時間與放電電壓的迴歸分析數據（剔除離群值）	33
表 4-5 使用時間與電池內阻的迴歸分析數據	33
表 4-6 電池狀態判定、電池內阻與放電電壓的迴歸分析數據	34
表 4-7 電池狀態判定區辨分析數據-1	34
表 4-8 電池狀態判定區辨分析數據-2	34
表 4-9 各廠區不同年份之鉛酸電池數量	36

圖 次

圖 2-1 鉛酸電池的基本結構圖	6
圖 2-2 電池狀態分析圖	7
圖 2-3 電池容量與放電率的關係	8
圖 2-4 電池容量大小與溫度的關係	9
圖 2-5 開路電壓和電池容量關係圖	9
圖 2-6 儲存溫度、時間和容量關係圖	11
圖 2-7 電池循環壽命與放電深度關係圖	13
圖 2-8 電池浮充壽命與溫度的關係圖	14
圖 3-1 鉛酸電池檢測作業流程	19
圖 3-2 瞬間放電檢測儀器架構圖	20
圖 3-3 鉛酸電池放電特性曲線圖	21
圖 3-4 量測設備	22
圖 3-5 科技廠房不斷電系統設備	23
圖 3-6 量測設備的參數設定面板	25
圖 4-1 浮充電壓折線圖	30
圖 4-2 放電電壓折線圖	31
圖 4-3 內部阻抗折線圖	31
圖 4-4 電壓/內阻分布圖	35
圖 4-5 每 4 年進行電池汰換所需費用長條圖	36
圖 4-6 每 7 年進行電池汰換所需費用長條圖	37
圖 4-7 電池分級管理程序圖	38

第一章 緒論

第一節 研究背景

資訊科技不斷的進步，人類對於生活品質的要求提高，但人類面臨石油資源缺乏的危機，迫使全球的人類對於能源的取得與儲存也越來越重視。因此在 2006 時，美國十大科技計畫中便有兩項為電池項目，鉛酸電池佔電池工業銷售總額的三分之一，除了與電力、交通、資訊等產業息息相關之外，對於汽機車等之運輸工具和各式不斷電供應電源系統中掌有主控權，是人類生活中不可或缺之產品，鉛酸電池將會是二十一世紀最有發展前途和應用前景的新綠色能源體系(黃貞綸，2008)。

目前綠色產業不斷的蓬勃發展，資源再造與節約能源已成為企業重要的課題，許多企業不斷的投入許多資源在綠色產業上面，其目的是欲為地球盡一份心力，做到保護環境的功效。像在中國大陸的十二五計劃，綠色經濟或綠色產業已被視為發展重點，由此可知綠色產業已是新興產業，也是個趨勢。特別是近幾年來，全世界對能源的保護越來越重視，使得節能減碳的觀念不斷的提升，世界目前的石油產量、天然氣、煤等資源不斷短缺，資源的運用也顯得額外重要，因此許多的學者不斷的在節約能源這個主題上作研究，其要把地球上現有的資源做有效利用，發揮資源的極大效益。本研究將針對鉛酸電池上的管理為出發，透過有效管理鉛酸電池來達到節約能源與保護環境的果效。

從中國大陸相關報導來看：『按照中國大陸產業管理的要求，鉛酸電池生產企業對於生產的電池有回收的義務，這也是盡社會責任的體現，更是綠色經濟持續發展的關鍵。就企業自身而言，隨著鉛酸電池產量的增加，再生鉛在原材料中扮演著越來越重要的角色，是降本增效的利器。同時，因為再生鉛處理過程中污染危險較高，國家正在抓緊提高回收產業的集中度。目前國家已經以省為單位，實施鉛酸電池回收環境容量制度，逐步提高產業門檻。』由此可知，在經濟蓬勃發

展的中國大陸，其政府高層也不斷的規劃與投入資源在綠色經濟上面，針對鉛酸電池生產的企業已有法規強制規範，為的是預防鉛酸電池所造成的汙染，這些汙染不僅會傷害到人民的健康，也會對經濟發展有很大的傷害。

鉛酸電池產業未來是二次能源的發展關鍵，電池產業對於所應用的消費產品之未來需求十分重要，而鉛酸電池的歷史已有百年之久，其市場的結構已經成熟與穩定，其主要應用在汽機車、不斷電系統（UPS）、電動車、醫療器材、通訊設備的蓄電功能。在許多高科技廠房及醫療產業上，為了維持精密儀器設備動作正常，常需要使用不斷電系統來保持其電力供應穩定，但使用不斷電系統則需要使用大量的鉛酸電池，若這些鉛酸電池不妥善處理，則有可能會引發重金屬汙染問題，危害到全國人民的健康。除此之外，作為七大戰略性新興產業之一的新能源汽車前景廣闊，卻也遭遇了成本、市場、安全等諸多難題，這也表示鉛酸電池的管理將格外重要，若管理不當則會造成環境上的汙染。因此為了避免這樣的情況發生，本研究欲探究鉛酸電池的有效管理，讓鉛酸電池有效利用，以符合產業趨勢的需求。

第二節 研究動機與目的

鉛酸電池目前運用相當廣泛，在人類的需求當中扮演重要的角色。例如：資訊、電信、交通、工業、醫療體系等場所設備中，都能看到它的蹤跡。鉛酸電池主要用於許多高科技廠房及醫療產業上，特別是應用在不斷電系統，但它通常處於備用的狀態，一般科技廠每隔幾年就要進行電池的汰換，但在廢電池的處理過程中，會產生鉛重金屬與硫酸化學的汙染，這對環境上會造成極大的衝擊，因此有效管理鉛酸電池已是重要的議題，但是就目前的情況來看，要檢測鉛酸電池殘餘的電量與使用壽命不是容易的事，影響鉛酸電池剩餘容量及壽命的因素有很多，包括電池本身的結構、環境溫度、電池前一次的放電深度、電池本身的自我放電、電池的放電電流、對電池充電的方法、放電截止電壓...等（張永昌，2003），而且

當鉛酸電池在放電過程中，其電池容量變化並不是成線性改變，除此之外，當電池老化時，有些電池會有電壓降低的情形產生，但在現實狀況下，並非所有的電池都能離線進行量測，而線上量測時充電機提供的充電電壓容易使得量測人員誤判電池電壓，且並非所有老化電池都會有電壓降低的情形，所以電池電壓並不能夠完全代表對電池老化判斷的準則，這也增加檢測鉛酸電池的難度。鑒於以上情形，市面上有許多電池容量偵測技術被提出，較為常見的有：開路電壓法、電解液比重計法、負載電壓法、內阻測定法、充電漣波電流監視法、電池 Off-line 負載器等，這些方法適用於各種不同的狀況。因此如何在兼顧時間、準確性及可線上偵測等條件下，探討準確預估鉛酸電池之堪用狀態、殘餘電量及使用壽命並導入現場管理方法，這是本研究欲探討的目的。

鉛酸電池的動態特性是非常複雜，並且會隨著電池的老化而改變，但透過鉛酸電池檢測管理的研究，欲探究鉛酸電池的使用效益，讓使用者瞭解鉛酸電池還能供應多少電量，以及它後續還能夠使用多少時間，我們應該在什麼時候把它汰換才能確保系統的穩定，並且得到最大的使用效益。透過驗證每顆電池健康情況，提供管理對策，以及確認電池真正的更換時機，節省維護成本，並將目前以 Time Base 定期提前汰換，調整為依實際放電檢測之 Condition Base 維護策略。本論文導入可靠度高，破壞性低的線上檢測方法-瞬間電流放電法，並實際放電過程中記錄直流內阻、浮充電壓、放電電壓、回復電壓等參數。針對單顆電池容量與能力進行分析。此外，可線上進行檢測同時也使得廠房內不斷電系統可靠度得以維持，期望此方法可以準確的估算電池的堪用狀態，以達到找出劣化電池提早更換，確保系統信賴度。本研究的目標為：

- 一、找出劣化電池提早更換，確保不斷電系統信賴度。
- 二、驗證每顆電池健康狀況，確認電池真正的更換時機，節省維護成本。
- 三、可線上檢測而不影響系統正常運轉工作。

本論文研究期望達到電池預知保養、電池有效利用、節約能源、降低成本、環境保護的目的。因此透過鉛酸電池供應廠商與科技廠的管理經驗與方法，做為

本研究的主要參考數據，透過數據的分析與記錄，欲從中探測出有效資料來推論研究結果，將這些資料供給企業與學術上做為參考，讓企業能夠減少鉛酸電池汰換廢棄物，藉此降低鉛酸電池汰換成本。除此之外，透過鉛酸電池的有效管理，降低鉛酸電池汰換所造成的重金屬污染，以達到維護環境的功效，為地球盡一份心力。

第三節 研究架構

根據以上研究背景、研究動機和目標，本研究將針對科技廠房的不斷電系統來進行研究，確定方向後開始蒐集鉛酸電池的相關文獻來進行探討，擬出研究架構與實驗環境，再將分析實驗得知的資料，推論鉛酸電池耗損性，量化其數據結果，最後再說明這些結果並進行探討，以得知有效的管理辦法。本研究的架構共有五章，主要內容分述如下：

第一章：緒論，主要是說明本論文之背景開始探討，並且說明研究的動機與目的。

第二章：文獻探討，主要介紹鉛酸電池，說明鉛酸電池的基本原理、電池的特性。

探討鉛酸電池老化的原因，以及影響鉛酸電池老化的因素，以找出符合本研究的方向。

第三章：鉛酸電池量測方法與實施，比較鉛酸電池狀態偵測方法，根據其特性選擇適合本研究的方法。最後再設計實驗環境與機械規格，針對科技廠房中不斷電系統的鉛酸電池來進行放電實驗，以檢測不斷電系統的鉛酸電池狀態。

第四章：量測結果與分析，將不同時期的鉛酸電池進行實驗，再將這些放電資料進行彙整，根據實驗資料進行統計分析，以瞭解不同時期的鉛酸電池狀態，最後整理研究資料，以推論本研究的探討結果。

第五章：結論與建議，根據實驗結果來進行推論，以成為科技廠房在管理鉛酸電池的有用資訊；最後再提出未來研究方向，供未來研究者進行研究。

第二章 文獻探討

第一節 鉛酸電池介紹

電池依其電能的產生方式大致上可區分為「物理電池」與「化學電池」兩大類。通常一般市面上常使用的電池大都為化學電池，顧名思義其為化學物質所構成，藉由電池內部氧化還原反應產生能量並轉換成為電能；而物理電池指利用光或熱轉換成電能的電池系統。電池的組成中，不同的化學成份，所表現出的特性及適合應用領域亦不相同，所以為因應現今各種產品的電源需求，電池工業亦衍生發展出適用於各種不同應用範圍之電池種類（段人豪，2005）。

另外，電池也可依據是否可以重複充電的特性而區分為「一次電池」與「二次電池」兩大類；其中，僅可使用一次，而不可再次充電的電池稱為一次電池，如現今市面上常用的鹼性電池等；可再次被充電的電池稱為二次電池，目前二次電池種類相當繁多，包括鉛酸（Lead Acid），鎳鎘（Ni-Cd），鎳氫（Ni-MH）及鋰離子（Li-ion）電池等是常見的二次電池種類，而其中鉛酸電池則是二次電池中，技術最成熟且最常被使用的電池，其主要優點為容易取得且價格便宜，但其缺點則有能量密度低及容量和壽命之偵測不易等問題。不過由於鉛酸電池價格便宜，因此在大部分電力系統的使用上仍以鉛酸電池為主（林頂立，2007）。

鉛酸電池是透過化學能和直流電能的相互轉化，在放電後經充電即能復原，而達到重複使用之效果。鉛酸電池主要組件有正極板、負極板、隔離板、電池槽、安全閥及其他附件等。正極板為二氧化鉛板（ PbO_2 ），負極板為鉛板（ Pb ）。在各種電池之中，具有安定的品質及適度的價格，並且可應用於廣泛範圍，較大容量需求者幾乎都會採用鉛酸電池。另外鉛酸電池依是否密封又可以分成閥調式密閉式鉛酸電池（Valve Regulated Sealed Lead-Acid Battery）與排氣式鉛酸電池（Flooded Lead-Acid Battery），兩者間最大的不同在於前者所產生的氣體會經由吸收再結合的作用，使得電池內部水分幾乎不會散失，因此可減小電解液水分之流失速度，幾乎不用補水，而後者排氣式鉛酸電池在充放電反應中，電解液的水分則因電解

產生氫氣與氧氣，當電池內部產生過多的氣體時，氣體會直接經由排氣栓排出於電池之外，使得電池內部電解液中水分逐漸減少，所以平常保養時必須進行補水（吉澤四郎，1990）。由於閥調式密閉鉛酸電池散失氣體較少，平時幾乎免保養、不需補水，所以已漸漸成為鉛酸電池之主流。圖 2-1 為鉛酸電池的基本結構圖。

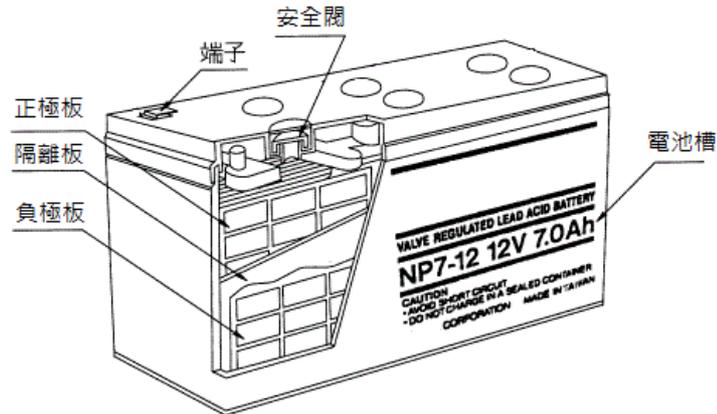
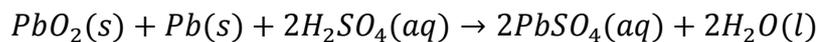
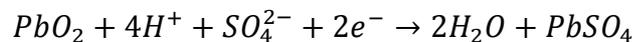


圖 2-1 鉛酸電池的基本結構圖

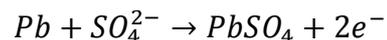
鉛酸電池中的正極為二氧化鉛（ PbO_2 ），負極為海綿狀的鉛（ Pb ），此正負極活性物質與電解液硫酸（ H_2SO_4 ）進行氧化還原反應而放電（維基百科，2012）。



正極化學反應如下，其在放電時吸收電解液中的氫離子，增加其正電量以提高與負極板間的電位差：



負極化學反應如下，在放電時其海綿狀的鉛會與電解液反應，所溶解出來之鉛離子，變成硫酸鉛，並增高負極板的負電位：



第二節 鉛酸電池狀態與特性

電池的狀態可以簡單分成：電池充電狀態 (State of Charge)、電池壽命狀態 (State of Health)，在其中各包含數個相互關聯立且會影響電池性能的參數 (Jurgen, 2000)，其狀態之間的關係如圖 2-2 所示。

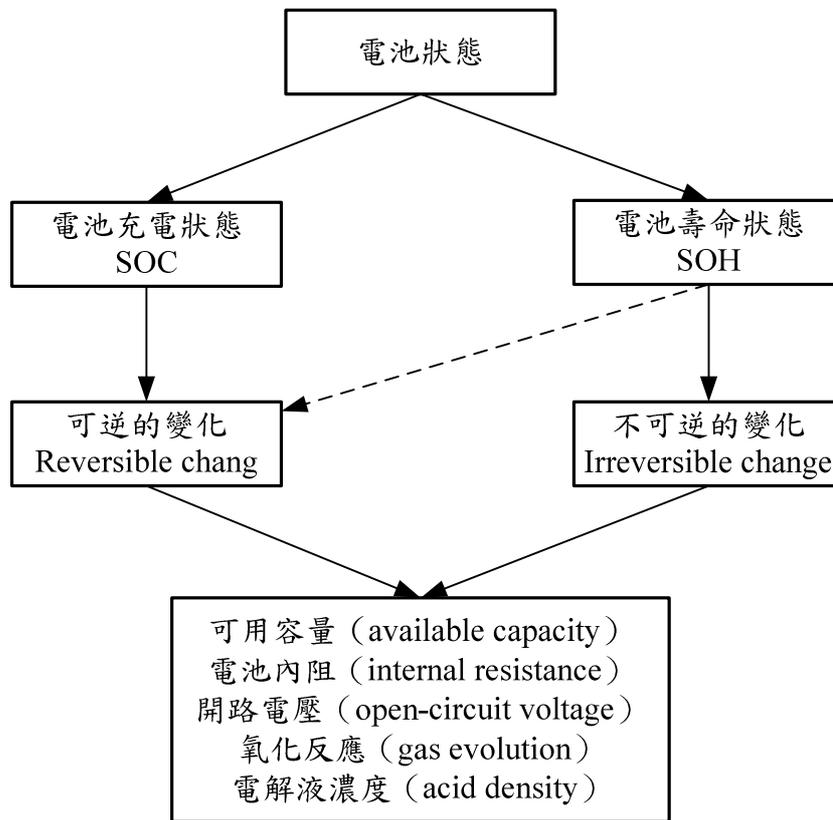


圖 2-2 電池狀態分析圖

參考來源：張永昌 (2003)

鉛酸電池的特性主要有「電池容量與電壓」、「放電特性」、「鉛酸電池的保存」這三個部份，而本節將針對這三個部份進行介紹：

一、電池容量與電壓

電池的容量一般可以電池的放電電流 (A) 與放電時間 (H) 之乘積表示。所以電池容量安培小時 (AH) = 放電電流 (A) × 放電時間 (H)。但是實際上對一個固定容量之電池而言，放電電流與放電時間之間呈現出非線性的關係，放電時

間將隨著放電電流的大小而有所改變，當電池以額定電流放電時，其所能提供的容量與額定容量相符合，但是當電池以比額定電流還大的電流值進行放電時，電池的容量則會有明顯的降低，所以通常設備上設定放電之終止電壓（End of Discharge Voltage, EODV）將會隨著不同的放電電流大小而改變。電池的容量值會隨著終止電壓、放電電流和環境溫度等因素而有所不同（林頂立，2007）。密閉式鉛酸電池的額定容量是以 20 小時放電率（20HR）來訂定。例如，電池容量為 12Ah，是以 20 小時放電率，即 0.60 安培，做定電流放電可達 20 小時。電池容量之大小受到放電率影響，放電電流愈大，電池可提供的容量愈小。電池容量與放電率的關係約如圖 2-3 所示。

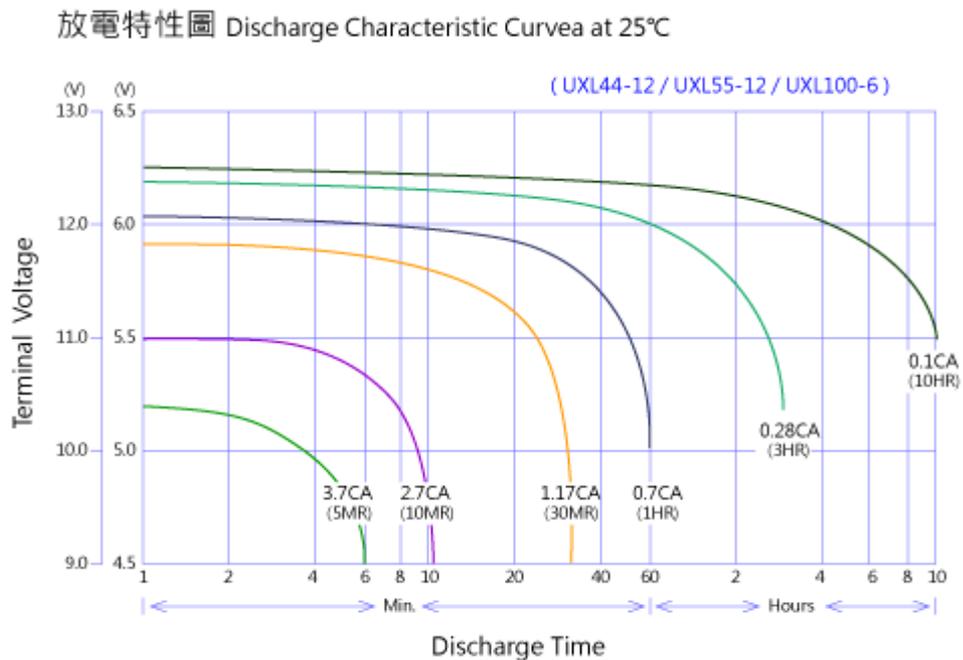


圖 2-3 電池容量與放電率的關係
資料來源：YUASA，UXL 系列電池技術手冊

電池容量之大小亦受到環境溫度的影響，其放電中的周圍環境溫度約在 0-40°C 是最適範圍，當環境溫度超過 40°C 時會使電池性能劣化，其關係如圖 2-4 所示。

溫度/容量關係表 Temperature and Discharge Capacity

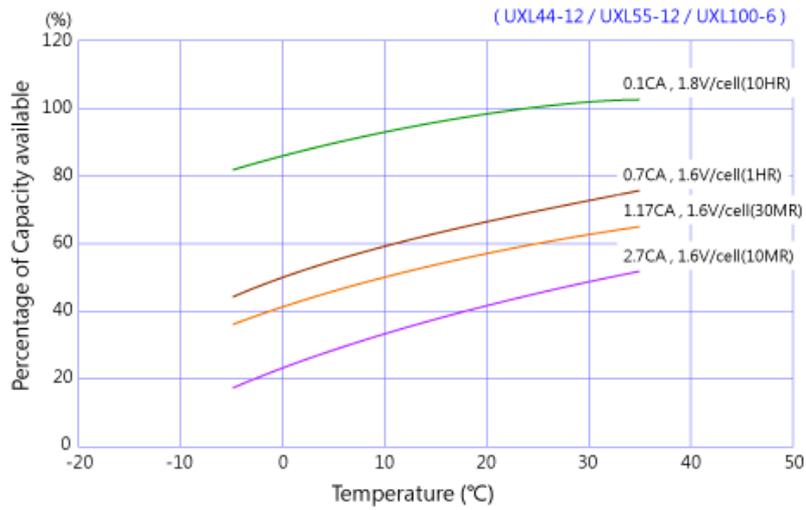


圖 2-4 電池容量大小與溫度的關係

資料來源：YUASA，UXL 系列電池技術手冊

負極與正極的電位差即為電池電壓，單一鉛酸電池電壓約為 2V。而硫酸濃度的變化可表示電池容量的改變，因此量測開路電壓可以得知電池容量情況。開路電壓和電池容量關係如圖 2-5 所示。

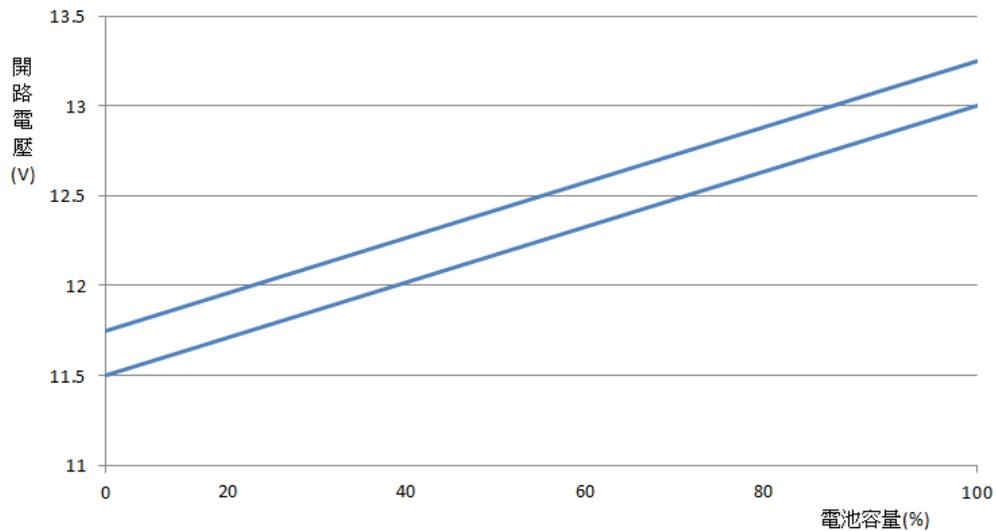


圖 2-5 開路電壓和電池容量關係圖

二、放電特性

鉛酸電池進行放電時有一特性，即小電流放電時所供應的容量較大，大電流放電時所供應的容量較小，此因素亦造成不易判斷電池的殘餘容量與使用壽命（李宗榮，2011）。表 2-1 為某電池廠鉛酸電池在不同放電率下的放電特性。

表 2-1 鉛酸電池在不同放電率下的放電特性

UXH100-12N PERFORMANCE DATA AT 25°C (77°F)-Amperes and watts																			
F.V.	Time	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	1	2	3	5	8	10	20	
		min	min	min	h	h	h	h	h	h	h								
10.98 (1.83)	A											68.0	36.0	27.0	17.0	12.0	9.9		
	W											760	445	312	204	132	108		
10.80 (1.80)	A	350.0	280.0	220.0	165.0	145.0	125.0	120.0	105.0	90.0	85.0	71.0	39.0	29.0	18.5	12.5	10.2	5.2	
	W	3600	3000	2400	2076	1770	1470	1380	1170	1080	990	786	453	324	213	141	117	63	
10.50 (1.75)	A	390.0	310.0	240.0	179.0	153.0	132.0	122.0	107.4	92.5	87.6	72.0	40.0	29.5	19.5	13.0	10.5		
	W	4000	3300	2575	2160	1830	1530	1407	1190	1120	1020	795	458	330	220	151	129		
10.20 (1.70)	A	440.0	340.0	260.0	195.0	160.0	140.0	125.0	110.0	95.0	90.0	73.0	41.0	30.0					
	W	4440	3600	2760	2250	1890	1590	1440	1290	1170	1050	810	462	342					
10.02 (1.67)	A	485.0	365.0	267.0	202.0	162.0	144.0	127.0	114.0	97.0	92.0	74.0	42.0	31.0					
	W	4750	3800	2815	2285	1910	1630	1458	1332	1200	1070	825	471	348					
9.90V (1.65)	A	500.0	370.0	270.0	204.0	163.0	145.0	128.0	115.0	98.0	93.0	74.5	42.5	31.5					
	W	4800	3850	2830	2304	1944	1690	1464	1344	1218	1098	830	480	372					
9.60 (1.60)	A	550.0	400.0	280.0	210.0	165.0	150.0	130.0	120.0	100.0	95.0	75.0							
	W	5100	4020	2910	2310	1950	1710	1470	1350	1230	1110	840							

資料來源：YUASA，UXH 系列電池技術手冊

由表 2-1 可瞭解，放電電流與電池的終止電壓是有相對之關係，放電電流越大終止電壓越低，因為電池放電後期，化學反應使得電池內部產生導電不良的狀況，因而內阻增大，電壓迅速下降，所以密閉閥調式鉛酸電池根據放電率的不同，終止電壓亦不同。大電流放電設定較低的終止電壓，反之，小電流放電時則設定較高的終止電壓。因為用大電流放電時，生成物的量減少，放電電壓較低時，對於極板也不會有損壞。但是，小電流長時間放電，對於負極板易造成生成物的阻塞，這會造成極板變形，甚至短路，直接影響電池使用壽命，所以終止電壓取較高值（李宏偉、張松林，2004）。因此密閉閥調式鉛酸電池放電電壓不可低於預定之放電終止電壓，否則產生過放電後，電池會失效甚至無法再充電（李宗榮，2011）。

三、鉛酸電池的保存

鉛酸電池的適當儲存條件為-15~30°C，相對濕度為 25~85%，不可直接照射陽光，且存放於無塵的地方。鉛酸電池內部會有自放電反應，即鉛與硫酸反應生成硫酸鉛並產生氫氣。此反應隨溫度上升而加速，其結果是容量降低及電壓下降。因此電池放置超過 3 個月以上，均應補充電之後再出貨。電池經過包裝、運輸、存放之過程，會因自放電而容量略為下降，且受溫度影響很大，儲存溫度、時間和容量關係如圖 2-6 所示。

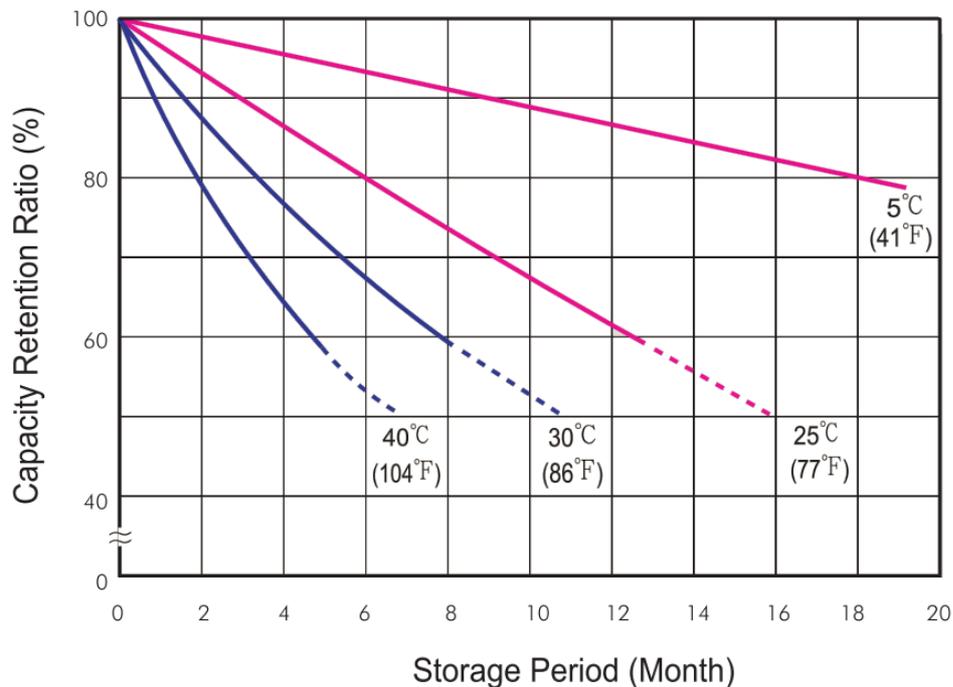


圖 2-6 儲存溫度、時間和容量關係圖

資料來源：CSB，GP 系列電池規範手冊

鉛酸電池的容量隨時間會慢慢減少。所有鉛酸電池在開路的狀態下都會自我放電，這是由於不同金屬（正極板對負極板）引起的電池內部反應所造成的。當自我放電超過正常範圍時，開路電壓降低，過多的極板硫酸物就會造成電池容量的永久性降低和電池提前失效（李宗榮，2011）。

電池儲存溫度越高，自放電率越高，所以電池儲存時應放在涼爽乾燥的地方。

第三節 鉛酸電池壽命與判定標準

鉛酸電池的不可逆壽命過程，從電解液加入電池開始，在電池使用的過程中，將受到各種因素的影響而使其容量或壽命縮減，以 IEEE Std 1188 規定而言，當電池可放電容量低於額定容量的 80% 以下時，就可以認定此電池的壽命終了。鉛酸電池壽命依放電能力區分壽命週期大致可分為：

- a. 穩定期：放電能力 100% 以上。
- b. 衰退期：放電能力 100%~80%。
- c. 崩潰期：放電能力 80%~35%。

低於放電能力 80% 後，電池之內部極板將快速劣化而進入崩潰期，因此 IEEE Std 1188 建議於此時進行不良電池汰換。但考量在此時間點後電池仍舊可有一段不算短之壽命可供使用，以企業營運成本考量，若管理者將放電能力標準限制下修後再進行不良電池汰換，就可以減少更換成本，增加企業獲利，但電池內部極板在此時進入快速劣化的崩潰期，若更換決策時間點太慢，就有可能影響設備供電品質，甚至產生工廠營運之風險，造成公司損失，因此如何訂定一個最佳更換時機，可說是電池設備管理者的一門藝術。

一般電池的壽命判斷會依照不同的用途做出不同的定義，大致可分為循環壽命 (Cycle Life) 及浮充壽命 (Float Life) 兩種，這兩種定義作說明如下 (康寧，2011)：

一、循環壽命 (Cycle Life)

將電池當作主要電源使用，其充放電的次數較為頻繁，例如電動車輛；此應用之電池壽命的標準就是訂定於一個條件下，進行反覆充放電後，電池容量下降至初期值之某一值時(例如 60% 或 80%)，在此期間內電池所能反覆充放電的次數。其中造成影響鉛酸電池的循環壽命最大原因就是電池放電深度 (DOD, Depth of Discharge)，當放電深度越深時，電池循環壽命的次數便越少 (張永昌，2003)，其關係如圖 2-7 所示。

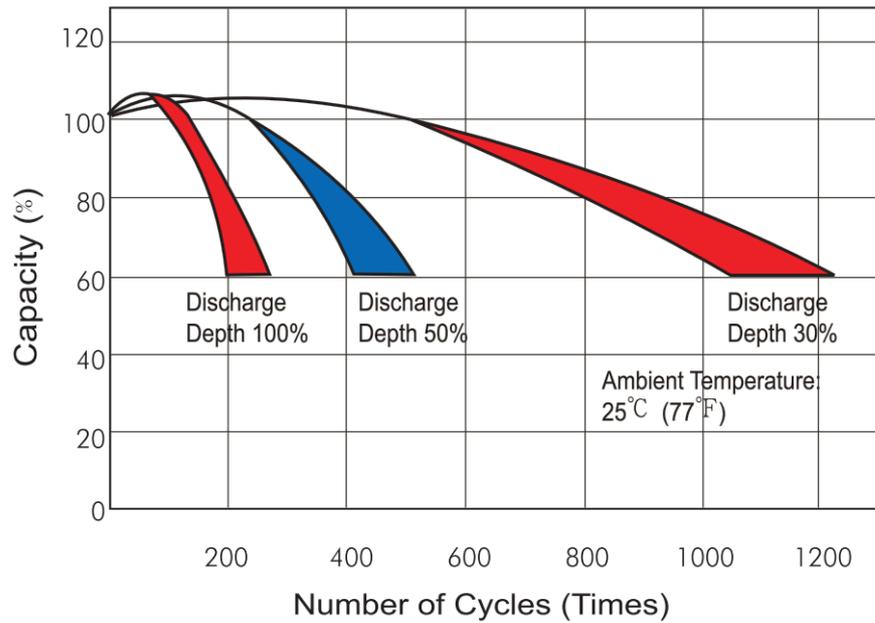


圖 2-7 電池循環壽命與放電深度關係圖

二、浮充壽命 (Float Life)

浮充壽命則是指將電池當作成備用電源，平常時並不使用，當常用電源中斷時才使用此備用電源的狀況，例如不斷電系統 (UPS)，此時電池的壽命就是以使用時間來計算。例如在科技廠房不斷電系統中使用的鉛酸電池平時以浮充狀態備用，只有在正常電力中斷異常時才會進行放電即是此類型。

造成影響浮充壽命主要因為充電電流，因為當電池在浮充狀態下時，通常會保持不斷地充電，以確保電池可維持在完全充飽的狀態，但持續充電的充電電流會造成電極極板的腐蝕。另外一個影響浮充壽命的原因就是溫度，溫度越高依樣會加速電極極板的腐蝕速度，高溫環境將會導致電池快速損壞，一般而言，當溫度每上升 10°C ，電池的浮充壽命將會減少一半 (Chalasani, 2000; 張永昌, 2003)，電池浮充壽命與溫度的關係如圖 2-8 所示。

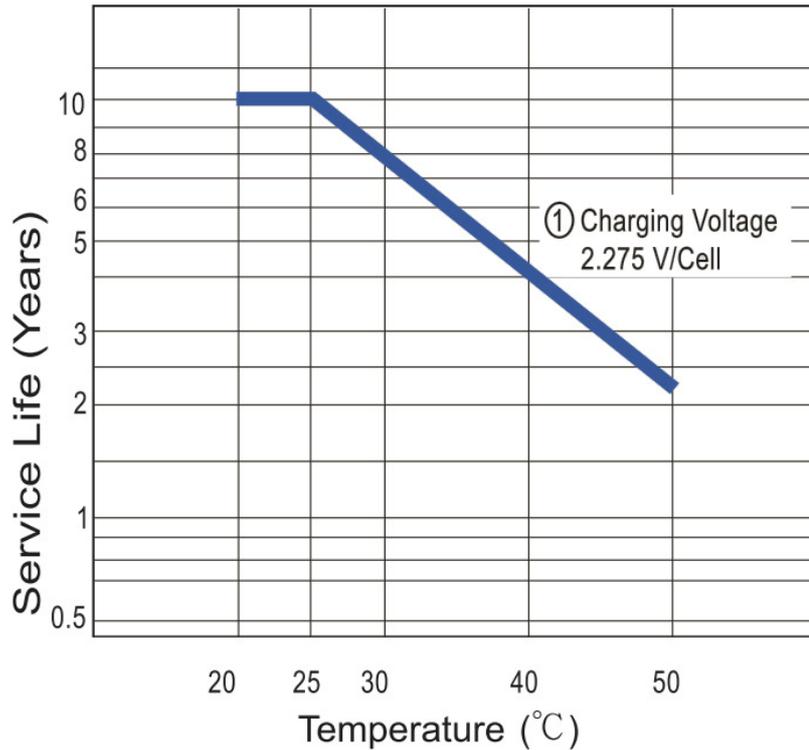


圖 2-8 電池浮充壽命與溫度的關係圖

由於充電方法與溫度會影響電池其使用壽命，以下幾點為電池壽命縮短之主要原因（Misra、Holden，1991）：

- 一、深度放電：過度的放電量則會縮短循環壽命。
- 二、大電流放電：用小放電量放電之後，再以很大電流放電則會縮短使用壽命。
- 三、大電流充電：極大充電電流產生的氣體在一定量時，會超過電池吸收速率，這將使內壓上升，氣體從安全閥排出，最後電解液被大量消耗，其電池內各組件都將因電解液散失而受損。
- 四、過充電：當電池過充電時，其電池內各組件都將因電解液散失而受損。
- 五、環境溫度影響：周遭溫度過高將加速電池各組件之劣化，若以定電壓充電，在高溫下以非必要之大電流充電，結果將導致電池壽命縮短。於過低溫充電會有氫氣產生，氫氣產生使得內部壓力增大或電解液減少，導致壽命縮短。

第四節 鉛酸電池狀態偵測方法

目前市面上量測鉛酸電池狀態的技術，主要的方法有「開路電壓法」、「電解液比重計法」、「內阻測定法」、「充電漣波電流監視法」、「電池 Off-line 負載器法」，本節將介紹各種鉛酸電池狀態的偵測方法，並且選取實驗所使用的量測方法(Toll、Moore, 2002；張永昌, 2003)。

一、開路電壓法 (Open Circuit Voltage)

電池的殘餘電量與開路電壓成一線性關係，所以電池的開路電壓可作為判斷電池狀態的參考，但是鉛酸電池在進行充放電後，電池的開路電壓會有一恢復時間，約為 30 分鐘至一個小時，才能趨於穩定，若在電壓恢復期間以其開路電壓作電池狀態的預測，將會產生相當程度的誤差。浮充電壓量測可檢出嚴重故障的開路與短路電池，無法判斷每顆電池的放電能力。開路電壓量測需離線靜置 2 小時，使電解液反應平衡，判斷充電狀態是否足夠。另外在不斷電系統中，電池保持浮充狀態，開路電壓法較不適用。

二、電解液比重計法 (Electrolyte Specific Gravity)

電解液是由純硫酸與蒸餾水調配而成，溫度 80°F 之下，標準比重為 1.280。比重計法是測量電池電解液的比重變化，因為鉛酸電池在放電時，其電解液中酸液的濃度會逐漸減少，與其電池狀態成一比例關係，故利用比重計測量電解液的比重，亦可預測該電池的殘餘電量 (Aylor, 1992)。但此方法的缺點是必須逐顆進行量測電解液濃度，需花費較長的時間，對經濟而言會提高其人力成本，且電解液本身亦有擴散速度的限制，且在電池充放電期間，其電解液比重上層較低而下層較高，生成成層化 (Stratification) 的現象，亦會對電池狀態估測結果產生誤差。

三、內阻測定法 (Internal Resistance)

內阻測定法是利用電池放電期間，內阻產生的變化，來估測電池的殘餘電量 (Hlavac、Feder, 1995)，當電池放電至末期時，內阻會急遽增加 (黃士航, 2002)，所以當所測量出的電池內阻急遽增加時，即可視為電池電量已達末期，但此方法受限於電池內阻測量的精確性，且電池內阻與其壽命亦有一定關係，使用越久之電池其電池內阻會越高，造成狀態預測的誤差。電池內阻法易受線上充電電流與漣波影響，讀值變動再現性差 (變動率約 20~25%)。內阻法可對單一電池內阻異常定位，也是電池失效的重要判斷因素之一。

四、充電漣波電流監視法

電池串中發生電池老化與鈍化時，電池容抗改變會影響充電電流中的漣波電流，此方法可建立長期判斷電池串老化趨勢，但無法做單一電池定位診斷。另外漣波電流也可能是整流器、充電機、負載變化、DC Bus 電容衰竭產生誤差，故需配合其他檢測法。

五、電池 Off-line 負載器法

電池以 Off-line 負載器進行實際放電測試，適用於不斷電系統驗收交機，但深層放電需注意電池終止電壓設定以免損傷電池。

六、瞬間電流放電法

電池電化學反應供電，經短時間測得之化學電壓值，此為可靠度高破壞性低的線上檢測方法，其檢測原理為利用外部負載進行瞬間電流放電法，以短時間放電，並於實際放電過程中記錄直流內阻、浮充電壓、放電電壓、回復電壓。其優點為可不須停機進行電池量測、易掌握單顆電池容量與能力。

根據本研究的實驗量測需求，鉛酸電池量測方法選擇「瞬間電流放電法」，其易掌握電池現有的狀態，並且排除許多不必要內阻的誤差值，使檢測數據達到更精準，以方便進行鉛酸電池的狀態及放電能力之數據分析，最後根據分析數據再評估後續的管理動作，以達到鉛酸電池有效管理之目的。

第三章 鉛酸電池量測方法與實施

第一節 研究變項與假設

一、研究變項

根據本研究的電池、電流、電壓、電池狀態相關研究變項，以下將介紹研究變項的單位與代號，以明確瞭解其代號定義，研究代號如下所示：

1. 電池代號 (NO.)
2. 電池使用時間 (Time；單位：月)
3. 浮充電壓 (FV；單位：V)
4. 放電電壓 (DV；單位：V)
5. 放電電流 (DA；單位：A)
6. 電池內阻 (R；單位： $m\Omega$)
7. 電池狀態 (Check，1：正常；2：須注意；3：異常)

二、研究假設

本研究根據電池狀況進行假設，以排除一些不符合研究的特殊情形，讓研究結果更為精準，以下為研究假設：

1. 電池使用時間 (Time) 越久，放電電壓 (DV) 越低。
2. 電池使用時間 (Time) 越久，電池內阻 (R) 越高。
3. 電池狀態判定 (Check) 與電池使用時間 (Time)、放電電壓 (DV)、電池內阻 (R) 相關。

第二節 研究設計

為了有效檢測科技廠房不斷電系統設備的鉛酸電池狀態及放電能力，本研究

根據文獻所提的鉛酸電池檢測方法，經過分析與比較，選擇瞬間電流放電法為量測研究方法。透過量測儀器檢測電池的狀態，將放電所測定數據用軟體來進行分析。圖 3-1 為本研究的鉛酸電池檢測作業流程。

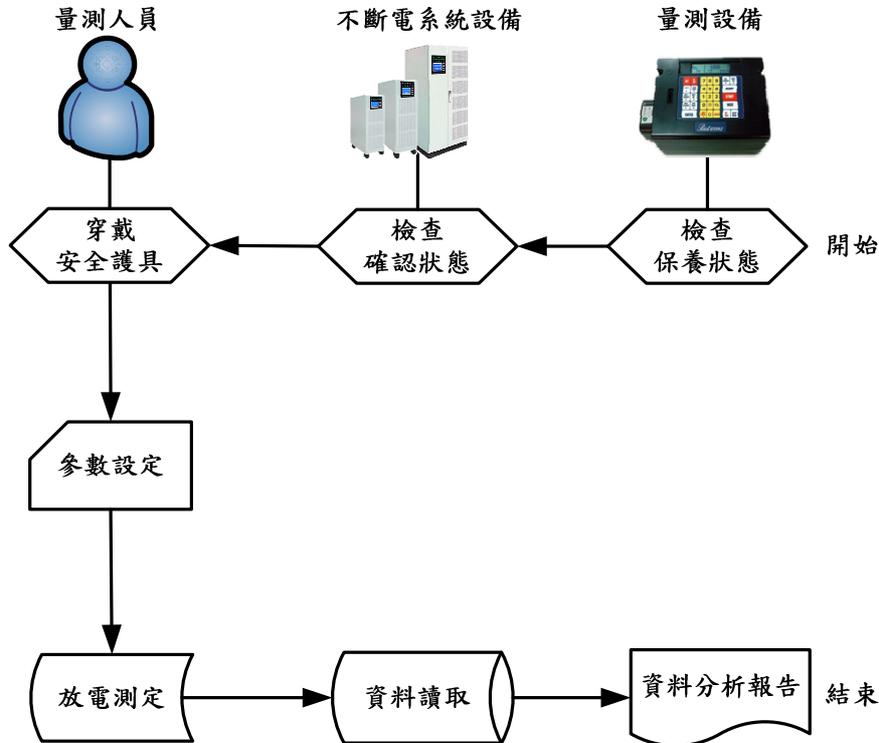


圖 3-1 鉛酸電池檢測作業流程

根據鉛酸電池檢測作業流程，其研究的執行需要兩人以上，以能夠安全且正確精準的完成研究。研究開始需要檢查量測設備，確保其為可使用的狀態，接著確認不斷電系統設備情況，若不斷電系統設備有異常的情形，則需要排除狀況再執行電池檢測工作。再來需確定人員操作及逃生路線，以確保操作人員的生命安全。以上操作設備的前置設備完成後，則設定量測設備參數，使研究實驗開始執行；在檢測過程當中，對每個 Cell 以 0.5 秒放電檢查其放電特性，同時也以 0.5 秒計測回復電壓特性，檢測期間電池 Cell 的端子電壓之變化量；除此之外，在檢測的時候將電壓監視用的端子夾接至蓄電池端子部，將放電用電流探棒直接押至電池端子即開始診斷，並且檢查裝置是否有誤接，若是有誤接造成異常操作時，則設備將會發出告警聲響提醒操作人員，以確保作業安全；最終讀取量測資料進行

研究實驗的數據分析，以探討出本研究數據的有效資訊，使科技廠房人員進行有效管理與減少成本。

第三節 研究方法

本研究選擇「瞬間電流放電法」為量測研究方法，其方法較適合測量科技廠房的不斷電系統鉛酸電池狀態，其優點為：

- 一、瞬間電流放電測試可掌握單顆電池容量狀態及啟動能力。
- 二、藉實際放電量測的直流內阻分析極板劣化程度、集電柱端子斷裂及假焊等問題檢出，同時避免交流內阻誤差問題。
- 三、利用浮充電壓數據瞭解充電電壓均衡性分析與短路電池檢出。
- 四、回復電壓數據可掌握電解液劣化原因分析。

本研究使用瞬間放電儀器來進行實驗研究，瞬間放電檢測儀器的架構如圖 3-2 所示，以透過系統檢測的訊息來找出劣化的電池，並根據鉛酸電池目前的時間與狀態進行管制，以幫助科技廠房達到有效管理。

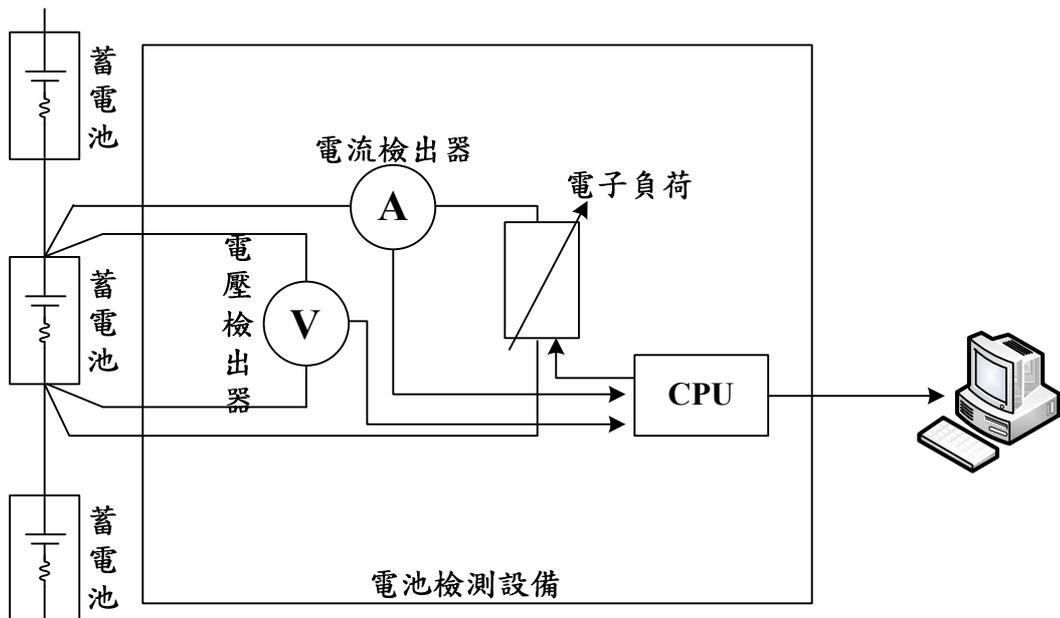


圖 3-2 瞬間放電檢測儀器架構圖

根據瞬間電流放電法，從鉛酸電池電壓與時間的關係（如圖 3-3 鉛酸電池放電特性曲線圖），蒐集測試資料來進行統計分析，從「使用時間」、「電池內阻」、「放電電壓」、「浮充電壓」這些因素來進行分析，而分析方法使用基本統計分析、迴歸分析以及區辨分析來比較，以達到有效管理之目的。

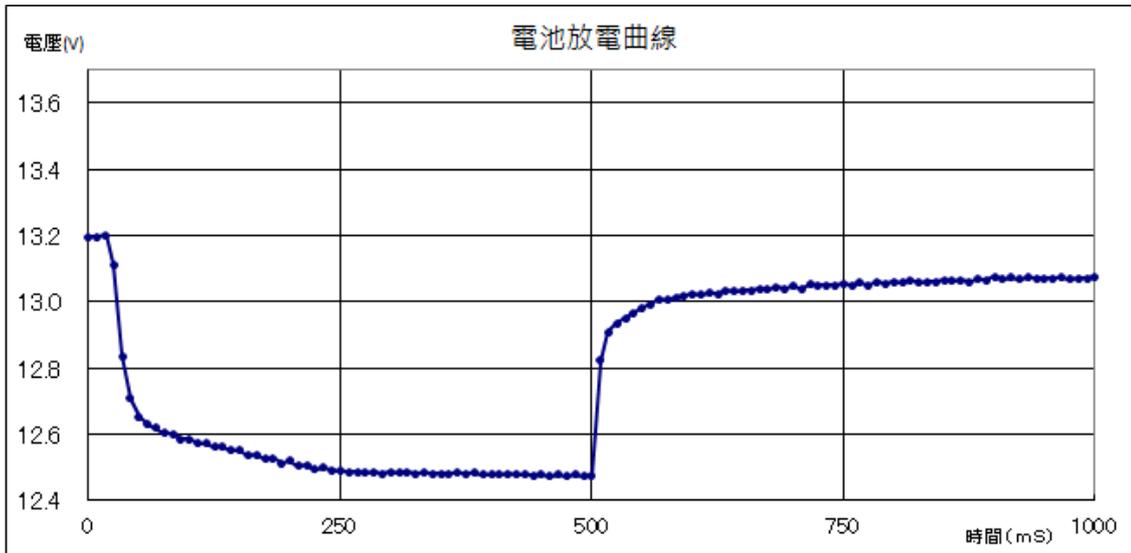


圖 3-3 鉛酸電池放電特性曲線圖

第四節 研究設備與實施

根據以上的研究流程，本節將從「量測設備檢查」、「檢查不斷電系統設備」、「研究人員安全」、「量測設備參數設定」、「浮充電壓測定」、「放電測定」這六步驟描述研究實施方法，以有效檢測電池狀態，瞭解電池真正的更換時機，以減少成本的浪費。

一、量測設備檢查

開始進行研究實測之前，初始需要檢查量測設備狀態與保養情況，以正確的檢驗不斷電系統鉛酸電池狀態，並且能夠減少誤差而有效實測。預計作業時間為五分鐘來檢查量測設備及其附件，而量測設備包含：「操作用電源」、「電壓量測工具」、「放電用探棒」、「資料傳輸線」、「13mm 鉸手」、「分析軟體」，如下圖 3-4 所

示。而其他使用工具包括：「三用電表」、「備用電池」；放電用探棒前端整平工具包括：「砂紙」、「剪線器」、「尖嘴鉗」。

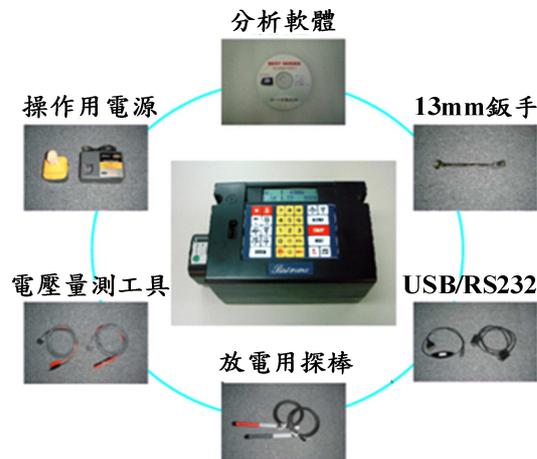


圖 3-4 量測設備

檢查與預備好以上工具後，則開始進行具體的檢查，而具體的檢查項目如下表 3-1 所示。

表 3-1 量測設備檢查項目

項目	作業內容	要點/基準
檢查本體裝置	型號是否適用鉛酸電池規格	DC6~12V
檢查操作用電源	可正常操作，顯示 LOW BATTERY 時請取下電池，使用充電器充電 30 分鐘後，重新確認此步驟	DC12V (9.5V 以上)
清點資料傳輸線	RS232C 傳輸線與 USB 轉接頭	數據讀取連線用
鉸手	拆裝電流探棒使用	13mm
分析軟體 (含資料收集)	安裝至資料收集器上	檢測數據讀取分析用
確認電壓精準度	使用三用電表直流電壓檔比對離線電池電壓值 〔±0.15V (比對 1mV)〕	±1% 以內
檢查電壓量測工具	使用三用電表電阻檔位量測，確認接線接觸良好	導通為低阻抗
檢查放電用探棒前端	放電接觸面良好且絕緣套良好無破損	前端平整光亮

二、檢查不斷電系統設備

本研究以科技廠房的不斷電系統設備為研究目標，當檢測前進行「檢查不斷電系統」，確認不斷電系統設備狀態（如圖 3-5 所示），以預防出現實驗誤差，並且保障實驗人員的安全。預計確認不斷電系統設備作業時間為五分鐘，其確認項目包含：「不斷電系統運轉狀態」、「鉛酸電池外觀狀態」、「環境條件」、「充電設定值」、「作業空間」，而其他工具與機械包含：「三用電表」、「不斷電系統面板」、「溫度計」、「目視與雙手」。



圖 3-5 科技廠房不斷電系統設備

檢查與預備好以上工具後，則開始進行具體的確認工作，而具體的確認工作項目如下表 3-2 所示。

表 3-2 不斷電系統設備檢查項目

項目	作業內容	要點/基準
裝置運轉狀態	正常運轉無異常警報	鉛酸電池充電中無供電
檢查鉛酸電池環境	空氣中無異常氣體	無異味
	確認機箱內鉛酸電池放置溫度	標準 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 以內
	手觸摸鉛酸電池表面溫度	a.需低於(電池平均 $+3^{\circ}\text{C}$ 以下) b.不可明顯昇溫
無異常狀態	近期無短暫放電動作	3 天內
	近期無均充動作	7 天內
	近期無深度放電至截止電壓動作	7 天內
檢視作業空間	確認實驗時所需空間位置大小	不危害操作人員與設備安全

三、研究人員安全

使用瞬間電流放電法有著危險性風險，因此必須要做好完善的實驗準備工作，以確保研究人員的安全。研究人員穿戴安全護具的時間約為三分鐘，其穿戴項目包含：「絕緣手套」、「長袖套工作服」、「絕緣工具」，而根據「量測操作手冊」文件來進行操作與穿戴，讓工作人員處於最佳的安全狀態。檢查與預備好後，則開始進行具體的確認工作，而具體的確認工作項目如下表 3-3 所示。

表 3-3 確認人員與環境的安全

項目	作業內容	要點/基準
確定研究人員的操作知識	量測設備研究人員必須有專業操作知識，其訓練內容包含：儀器原理、使用要領	閱讀量測操作手冊
個人安全護具	移除不適穿著：金屬項鍊、手環	避免感電風險
	安全穿著：低壓絕緣手套、安全鞋、護目鏡、長袖工作服	避免感電風險
環境需求	穿戴防護安全帽	穿戴確實
	機箱內空間光線不足時使用絕緣照明光源	使用絕緣照明光源
	在電池上方操作時使用絕緣墊	使用絕緣墊
安全逃生路線確認	手提 CO ₂ 滅火器位置確認	放置位置確認
	自動 CO ₂ 防護區域確認	清楚安全門位置
	逃生路線確認	清楚安全門位置

四、量測設備參數設定

前置作業完成後，則開始設定量測設備的參數，以精確測量出實驗數據，其設備的主要按鍵有「DATE」、「USER CODE」、「BATT GROUP」、「BATT NO.」、「DATE OF MFG」、「CURRENT」，其量測設備的參數設定面板如圖 3-6。

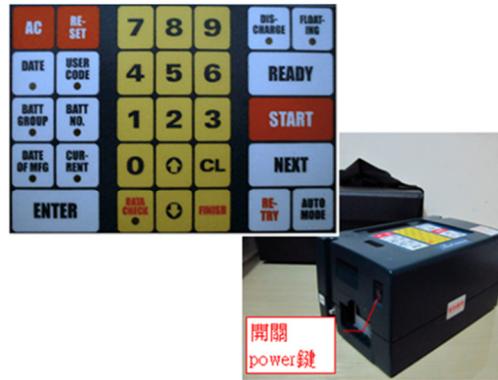


圖 3-6 量測設備的參數設定面板

參數的設定則根據「量測本體裝置」、「電池規格書」、「量測操作手冊」文件來進行參數的設定與操作，而參數的按鍵功能如下表 3-4 所示。

表 3-4 參數的按鍵功能

項目	作業內容		要點/基準
輸入電池相關參數	DATE	西元-月份-日期-時間	內建時鐘
	USER CODE	操作者代號	4 位數任意編碼
	BATT GROUP	設定待測電池群組	Max 30
	BATT NO.	設定待測電池編號	Max 300
	DATE OF MFG	設定年份-月份	4 位數編碼
	CURRENT	電池欲放電電流值	量測規格上限
其他按鍵功能	AC	清除所有參數與儲存資料	執行中不得關電源
	RESET	清除相關設定參數值	測定資料數據保留
	DATA CHECK	測定資料確認功能	按 FINISH 2 秒結束
	FINISH	功能結束時按壓	持續 2 秒才有效
	FLOATING	浮充測定功能	按 FINISH 2 秒結束
	DISCHARGE	放電測定功能	按 FINISH 2 秒結束
	READY	測定前確認	顯示 READY
	START	測定開始並記錄儲存	顯示 READY 可按壓
	NEXT	測定結束跳至下一編號	編號加 1
	RETRY	重新測定時使用	重按 READY 鍵
	AUTO MODE	單機模式	目前不使用
	CL	清除輸入資料	輸入錯誤時使用
	↑↓	選擇資料與編號	搜索鍵（加減 1）
1~9	數字鍵	輸入數值時使用	

五、浮充電壓測定

在放電測定的之前，需要進行浮充電壓的測定。接上電壓探棒進行浮充電壓量測，並且檢查電池導線導電片，確定其鎖固部份已緊密鎖固；接著再檢查檢測系統狀況，已避免錯誤而產生無效資料。其所使用的設備包含：「量測本體裝置」、「量測工具-電壓探棒」、「電池規格書」、「量測操作手冊」，而具體的放電測定作業如下表 3-5 所示。

表 3-5 浮充測定作業

項目	作業內容	要點/基準
接上電壓探棒	使用電壓量測用探棒接至量測本體接頭	確實安裝
浮充電壓量測	按壓 FLOATING 功能	紅燈亮
	1.探棒接續待測電池正端，再接續同一顆電池負端	接觸確實
	2.按壓 READY，並發出兩次斷續音...嗶...嗶	面板顯示 READY
	3.按壓 START（自動儲存記錄浮充值），保持探棒接續不動至測定聲結束一長音...嗶	面板顯示浮充電壓值
	4.先移除放電棒正端再移除負端	探棒完全移除
	5.按下 NEXT（測定編號自動加 1）	依編號順序量測
	8.接續下一顆待測電池，重回步驟 1，開始整組測定結束，按壓 FINISH 鍵持續 2 秒	量測期間注意探棒不可接觸設備外殼避免過高電壓損壞設備
檢查當次測定資料	按壓 DATA CHECK 功能	紅燈亮
	利用↑↓鍵確認檔案中所有浮充值，原廠標準±2V 資料確認結束，按壓 FINISH 鍵持續 2 秒	避免遺漏或人為疏忽 回開機畫面顯示
檢查電池導線導電片	鎖固部份必須緊密鎖固	不得鬆動

六、放電測定

在放電測定的過程，起初需要安裝放電棒，接著對單顆鉛酸電池進行放電測

定，每顆鉛酸電池測定 1 秒（含放電 0.5 秒），再進行資料確認，以避免無效資料。其所使用的設備包含：「量測本體裝置」、「量測操作手冊」、「放電工作-電流探棒」、「量測工具-電壓夾具」，而具體的放電測定作業如下表 3-6 所示。

表 3-6 放電測定作業

項目	作業內容	要點/基準
安裝電流探棒	將大電流放電棒接至量測本體兩側螺絲端	13mm 鉸手確實安裝
接上電壓夾具	使用電壓量測用夾具接至量測本體接頭	確實安裝
放電特性測定	按壓 DISCHARGE 功能	紅燈亮
	1. 夾具接續待測電池正端再接續同一顆電池負端	接觸確實
	2. 將放電棒接續同一顆電池，先接正端後接負端	避免接觸不良
	3. 按壓 READY，並發出兩次斷續音...嗶...嗶	面板顯示 READY
	4. 按壓 START（自動儲存記錄動態 50ms/500ms/1000ms 電壓值、實際放電電流值及直流內阻值），保持放電棒接續不動至測定聲結束一長音...嗶	面板顯示數值 (50ms/500ms/1000ms)
	5. 先移除放電棒正端再移除負端	放電棒完全移除
	6. 再移除電壓夾具正端再移除負端	夾具完全移除
	7. 按下 NEXT（測定編號自動加 1）	依編號順序量測
8. 接續下一顆待測電池，重回步驟 1，開始整組測定結束，按壓 FINISH 鍵持續 2 秒	量測期間注意探棒不可接觸設備外殼，避免過高電壓損壞設備	
檢查當次測定資料	按壓 DATA CHECK 功能	紅燈亮
	利用↑↓鍵確認檔案中所有放電電壓值	避免遺漏或人為疏忽
	利用 NEXT 鍵確認所有放電電流值與內阻值資料確認結束，按壓 FINISH 鍵持續 2 秒	避免遺漏或人為疏忽 回開機畫面顯示

第四章 量測結果與分析

第一節 變數資料收集及彙整

變數資料來源與研究區間：本研究以科技廠房使用之不斷電系統電池組進行探討，在整個實際量測執行過程中，共記錄 16 個電池樣本，並於電池樣本使用第 8、49、89、102 個月時間點，分別記錄了電池代號 (NO.)、電池使用時間 (Time；單位：月)、浮充電壓 (FV；單位：V)、放電電壓 (DV；單位：V)、放電電流 (DA；單位：A)、電池內阻 (R；單位：mΩ)、電池狀態判定 (Check；1：正常；2：須注意；3：異常) 等變數，合計共 64 筆數據，而電池狀態判定 (Check) 判定步驟如下：首先若放電電流小於設定值 100A 之 80% (80A) 直接判定為異常品；再者以放電電壓 $DV < \text{額定 } 13.5V \text{ 之 } 90\% (12.15V)$ 表示放電電壓不良條件成立，第三以電池內阻大於新品值 $4m\Omega$ 之 1.75 倍 ($7m\Omega$) 表示電池內阻不良條件成立，當每一不良條件成立時，Check 則由 1 開始累計加 1。另外因線上量測時，浮充電壓 (FV) 受充電機充電電壓影響，所以量測數值僅供參考暫不列入判定條件；詳細資料如下表 4-1 所示。

表 4-1 研究資料總表 (待續)

Time	NO.	FV(V)	DV(V)	DA(A)	R(mΩ)	Check
第 8 個 月	1	13.588	12.647	100	4.016	1
	2	13.603	12.624	100	4.125	1
	3	13.563	12.623	100	3.988	1
	4	13.624	12.612	100	4.089	1
	5	13.588	12.618	100	4.089	1
	6	13.614	12.627	100	4.043	1
	7	13.571	12.682	100	3.906	1
	8	13.571	12.648	100	3.997	1
	9	13.564	12.677	100	3.970	1
	10	13.591	12.681	100	3.934	1
	11	13.623	12.633	100	4.098	1

表 4-1 研究資料總表 (續)

第 8 個 月	12	13.603	12.606	100	4.143	1
	13	13.559	12.631	100	4.116	1
	14	13.515	12.695	100	3.970	1
	15	13.562	12.647	100	4.107	1
	16	13.531	12.642	100	4.207	1
第 49 個 月	1	13.365	12.58	100	4.309	1
	2	13.348	12.63	100	4.345	1
	3	13.323	12.614	100	4.300	1
	4	13.381	12.671	100	4.092	1
	5	13.333	12.507	100	4.571	1
	6	13.326	12.659	100	4.128	1
	7	13.370	12.621	100	4.345	1
	8	13.338	12.623	100	4.327	1
	9	13.385	12.649	100	4.155	1
	10	13.374	12.665	100	4.219	1
	11	13.356	12.621	100	4.462	1
	12	13.319	12.617	100	4.155	1
	13	13.308	12.607	100	4.399	1
	14	13.292	12.661	100	4.146	1
	15	13.353	12.623	100	4.381	1
	16	13.292	12.591	100	4.453	1
第 89 個 月	1	13.5	12.535	100	5.045	1
	2	13.319	12.381	100	5.188	1
	3	13.427	12.478	100	5.411	1
	4	13.382	12.243	100	6.885	1
	5	13.374	12.298	100	6.403	1
	6	13.393	12.412	100	5.662	1
	7	13.370	12.361	100	6.046	1
	8	13.363	12.243	100	6.644	1
	9	13.375	12.219	100	6.599	1
	10	13.366	12.292	100	6.412	1
	11	13.377	12.206	100	7.001	2
	12	13.355	12.432	100	5.501	1
	13	13.350	12.531	100	4.822	1
	14	13.374	12.247	100	6.930	1
	15	13.403	12.395	100	5.983	1

表 4-1 研究資料總表 (續)

	16	13.383	12.442	100	5.662	1
第 102 個 月	1	13.380	0.666	14	461.551	3
	2	13.461	12.035	100	7.558	3
	3	13.366	11.977	100	7.116	3
	4	13.413	11.960	100	7.846	3
	5	13.397	12.036	100	7.165	3
	6	13.424	12.100	100	6.835	2
	7	13.421	11.677	100	9.371	3
	8	13.441	11.999	100	7.804	3
	9	13.457	12.130	100	6.898	2
	10	13.435	11.911	100	8.162	3
	11	13.428	12.045	100	7.186	3
	12	13.449	12.059	100	7.340	3
	13	13.494	12.220	100	6.554	1
	14	13.455	12.141	100	7.095	3
	15	13.393	12.092	100	6.807	2
	16	13.333	11.311	100	11.682	3

根據以上 8 個月、49 個月、89 個月、102 個月的鉛酸電池統計資料顯示，本研究浮充電壓的數值以圖表示（如圖 4-1），可以知道第 8 個月的鉛酸電池的浮充電壓值，比其他較舊的鉛酸電池數值較高，但其他浮充電壓與電池使用時間則無較明顯關係，此部分應是受到充電機之並聯充電電壓影響所致。

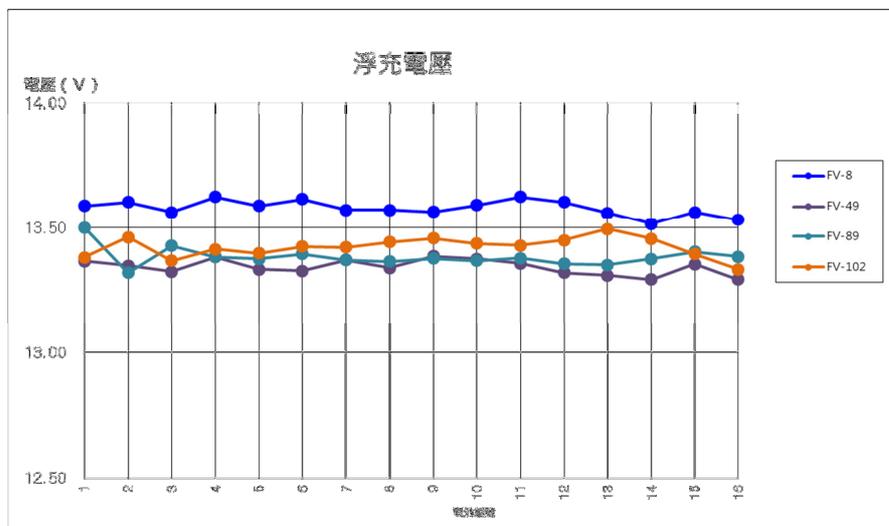


圖 4-1 浮充電壓折線圖

至於鉛酸電池的放電電壓，從實驗資料結果來看，其數據趨於平穩，數值在 12.7~12.2 之間，但電池在放置 102 個月之後，與其他對照組的鉛酸電池做比較，可以瞭解其放電電壓逐漸消減。從圖 4-2 放電電壓折線圖可以看出，放置 102 個月的鉛酸電池電壓明顯弱化，這也表明鉛酸電池的劣化與時間成正比。

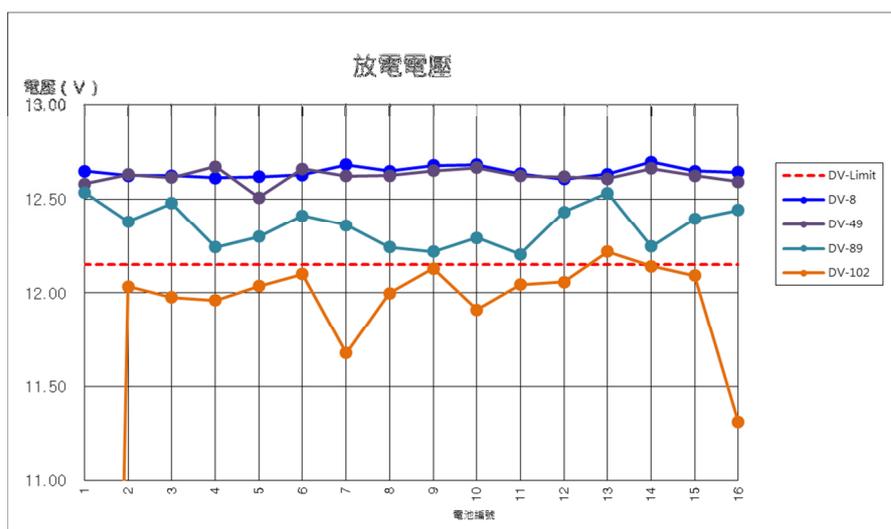


圖 4-2 放電電壓折線圖

從實驗測試第 8 個月、第 49 個月、第 89 個月、第 102 個月的電池來看，統計數據顯示第 8 個月的電池內阻值較小，第 102 個月的電池相對的較大，出現問題的機率也較為高。從圖 4-3 內部阻抗折線圖來推論，使用時間越久的電池，其內部漸漸開始劣化，導致電池內阻數值上升。

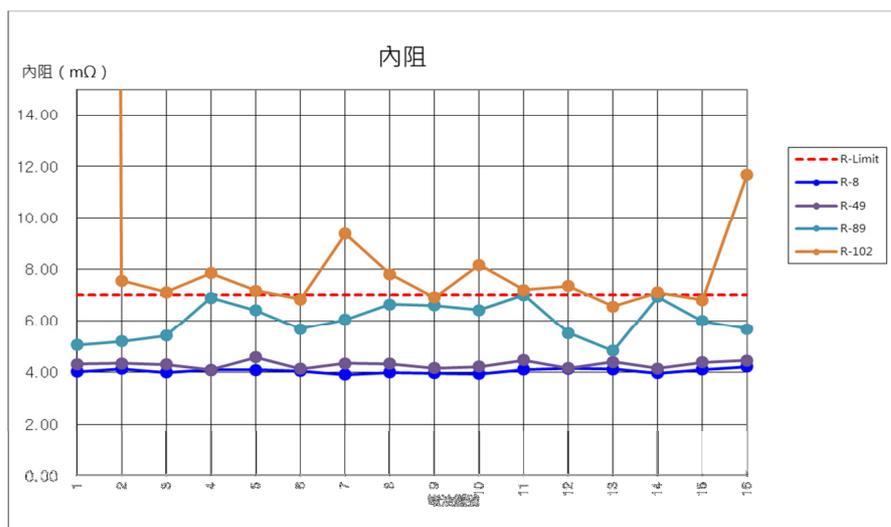


圖 4-3 內部阻抗折線圖

根據量測軟體針對電池檢測的數據顯示，電池在第 8 個月內，電池的檢測結果為 16 顆電池皆為正常，表示在 8 個月內出異常的狀況極低；電池在第 89 個月之內，有 15 顆電池為正常，唯獨 1 顆電池為須注意，表示電池慢慢開始出現劣化狀態，但電池依然處於安全的情況，電池管理需要密切注意電池狀態變化情形，以便因應管理；而電池在第 102 個月時，有 3 顆為須注意，另有 12 顆的電池為異常，其表示電池劣化程度嚴重，電池在 102 個月之後多已不堪使用，這時管理者必需要進行電池的汰換決策。

第二節 統計分析

表 4-2 是本研究各項變數之平均數、中位數、最大值、最小值、標準差數值資料基本統計量。

表 4-2 基本統計量

變數名稱	使用時間	浮充電壓	放電電壓	放電電流	電池內阻	狀態判定
變數代號	Time	FV	DV	DA	R	Check
平均數	62	13.431	12.224	98.656	12.605	1.438
中位數	69	13.393	12.533	100	4.697	1
最大值	102	13.624	12.695	100	461.551	3
最小值	8	13.292	0.666	14	3.906	1
標準差	37.081	0.097	1.496	10.750	57.032	0.794

將實驗樣本量測資料數據中的電池使用時間 (TIME) 與放電電壓 (DV) 進行迴歸分析，發現模型相關係數偏低(如下表 4-3 所示)，檢查數據並將離群值剔除。

表 4-3 使用時間與放電電壓的迴歸分析數據 (原始資料)

變數	係數估計值	標準差	t-Value	p-Value	顯著性	R-Square
Const	12.937	0.354	36.54	<0.0001	**	0.0665
Time	-0.0115	0.0049	-2.34	0.0224	*	

註：*表 5%的顯著水準、**表 1%的顯著水準

將實驗樣本量測資料中剔除離群值後數據，再進行電池使用時間（TIME）與放電電壓（DV）迴歸分析，模型相關係數提高為 0.6072，可得知，鉛酸電池放電電壓會受到電池使用時間的影響，在 5% 的顯著水準下呈現負向的顯著關係，此表示電池使用時間越久，放電電壓會下降，如下表 4-4 所示。

表 4-4 使用時間與放電電壓的迴歸分析數據（剔除離群值）

變數	係數估計值	標準差	t-Value	p-Value	顯著性	R-Square
Const	12.787	0.0450	283.93	<0.0001	**	0.6072
Time	-0.0062	0.0006	-9.84	<0.0001	**	
註：*表 5% 的顯著水準、**表 1% 的顯著水準						

將實驗樣本量測資料數據中的電池使用時間（Time）與電池內阻（R）進行迴歸分析，模型相關係數為 0.6538，可得知，鉛酸電池內阻也會受到電池使用時間的影響，在 1% 的顯著水準下呈現正向的顯著關係，此表示電池使用時間越久，電池內阻會增大，如下表 4-5 所示。

表 4-5 使用時間與電池內阻的迴歸分析數據

變數	係數估計值	標準差	t-Value	p-Value	顯著性	R-Square
Const	3.2847	0.2354	13.96	<0.0001	**	0.6538
Time	0.0358	0.0033	10.87	<0.0001	**	
註：*表 5% 的顯著水準、**表 1% 的顯著水準						

將實驗樣本量測資料數據中的電池狀態判定（Check）對電池內阻（R）、放電電壓（DV）進行迴歸分析，模型相關係數為 0.7507，可得知，鉛酸電池堪用狀態與電池放電電壓，在 1% 的顯著水準下呈現負向的顯著關係，表示電池放電電壓越低，電池堪用狀況會有不良的趨勢。電池內阻對於電池堪用狀態與顯著關係則不如放電電壓般，表示電池堪用狀況除實際放電電流（DA）外，仍應量測實際放電電壓後進行判斷，如下表 4-6 所示。

表 4-6 電池狀態判定、電池內阻與放電電壓的迴歸分析數據

變數	係數估計值	標準差	t-Value	p-Value	顯著性	R-Square
Const	86.9502	14.9149	5.83	<0.0001	**	0.7507
DV	-6.5462	1.1146	-5.87	<0.0001	**	
R	-0.7881	0.2002	-3.94	0.0002	**	

註：*表 5%的顯著水準、**表 1%的顯著水準

最後將全部實驗樣本量測資料數據進行區辨分析，正常（OK）佔總樣本數比例為 75%，須注意（WARNING）佔總樣本數比例為 6.25%，不良品（NG）佔總樣本數比例為 18.75%。其中，正常（OK）誤判為不良品（NG）有一次，比例為 2.08%。最終歸類結果，正常（OK）判定 97.92%正確，須注意（WARNING）判定 100%正確，不良品（NG）判定 100%正確，整體誤判比例顯示此檢驗方法正確性頗高，下表 4-7 為電池狀態判定區辨分析數據整理。

表 4-7 電池狀態判定區辨分析數據-1

電池狀態判定 (Check)	次數	比例
OK	48	0.75
Warning	4	0.0625
NG	12	0.1875

表 4-8 電池狀態判定區辨分析數據-2

電池狀態判定 (Check)	OK	Warning	NG	Total
OK	47	0	1	48
	97.92%	0%	2.080%	100%
Warning	0	4	0	4
	0%	100%	0%	100%
NG	0	0	12	12
	0%	0%	100%	100%

第三節 管理方法之架構

根據鉛酸電池實驗結果，其會發現電池的劣化與時間有成正比的關係。其期間的變化是到電池壽命末期而開始加速衰減。圖 4-4 為本研究 64 顆電池樣本的放電電壓/內阻分布圖，其研究結果如同先前分析一樣，使用時間越久，放電電壓有下降，而內阻有增大的趨勢。

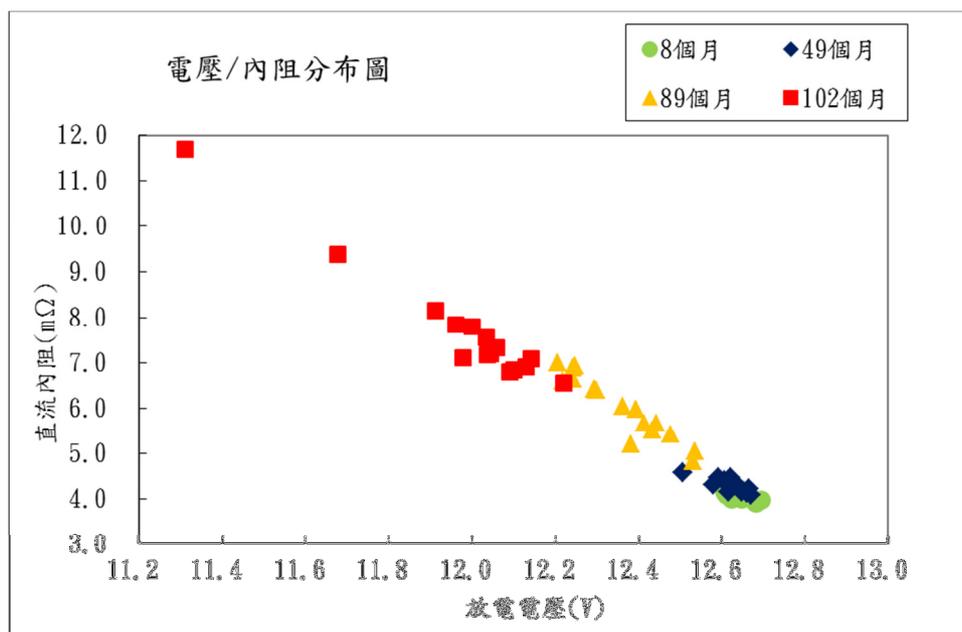


圖 4-4 電壓/內阻分布圖

IEEE Std 1188 建議於鉛酸電池放電能力低於 80%時進行不良電池汰換。但考量在此時間點後電池仍舊可有一段不算短之壽命可供使用，(如圖 4-4 實際放電電壓量測數據中只有樣本 1 無法進行放電)，其餘樣本均可以滿足額定放電電流之需求。以企業營運成本考量，若將限制下修後再進行汰換，就可以減少設備更換費用節省成本，但相對若更換決策時間點太慢，就有可能影響設備運轉穩定度，甚至影響工廠營運之風險，造成公司損失。

依本研究公司內部標準程序規定，原本不斷電系統鉛酸電池組依規定須於使用 4 年 (48 個月) 後進行汰換，若以本研究數據開始出現需注意狀態電池之使用時間保守估計，延長電池使用時間至 7 年，統計本研究公司各廠區合計共 9,559 顆

不同年份購置之鉛酸電池數量如表 4-9，若依原標準程序規定估計自 2004 至 2020 年合計約需支出 136,810,000 元新台幣進行電池更換作業（如圖 4-5）。若將汰換時間依照研究數據延長至 7 年（84 個月）後再進行，估計自 2004 至 2020 年合計電池更換支出費用可降為 88,215,000 元新台幣（如圖 4-6），總計 16 年間可降低鉛酸電池採購費用約 48,595,000 元新台幣，平均每年約可節省 3,037,187 元新台幣費用支出。

表 4-9 各廠區不同年份之鉛酸電池數量

—	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	合計
Site_A	480	—	480	—	—	—	—	—	—	990
Site_B	320	—	—	512	120	—	240	40	—	1,232
Site_T	—	—	—	1,943	44	—	—	—	—	1,987
Site_C1	—	—	—	862	—	—	—	—	128	990
Site_C	—	—	—	709	—	—	—	—	—	709
Site_C2	—	—	—	150	582	—	—	—	—	732
Site_C3	—	—	—	120	978	—	—	—	—	1,098
Site_Y	—	—	—	—	144	—	—	—	—	144
Site_L	—	—	—	—	—	—	1,707	—	—	1,707
Sum	800	0	480	4,296	1,868	0	1,947	40	128	9,559

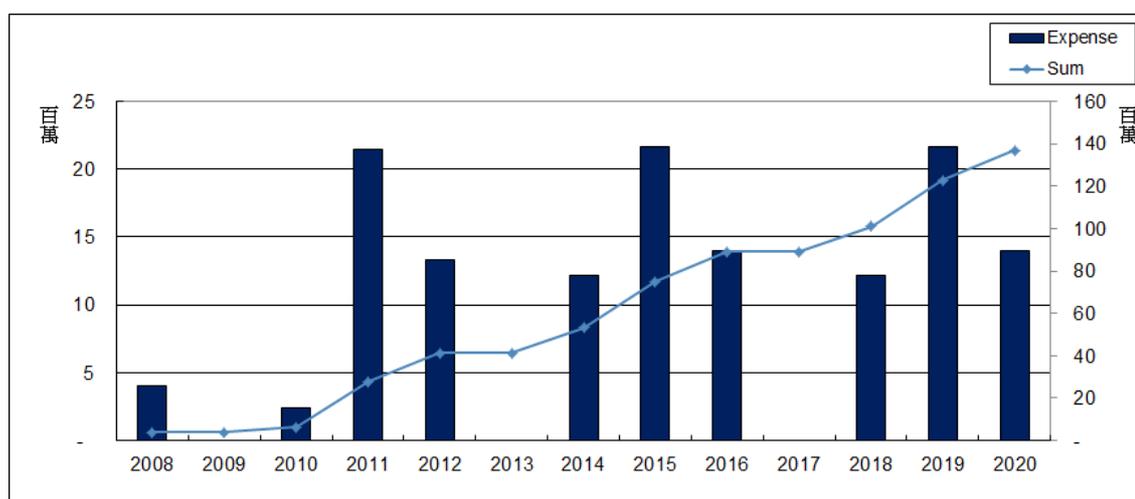


圖 4-5 每 4 年進行電池汰換所需費用長條圖

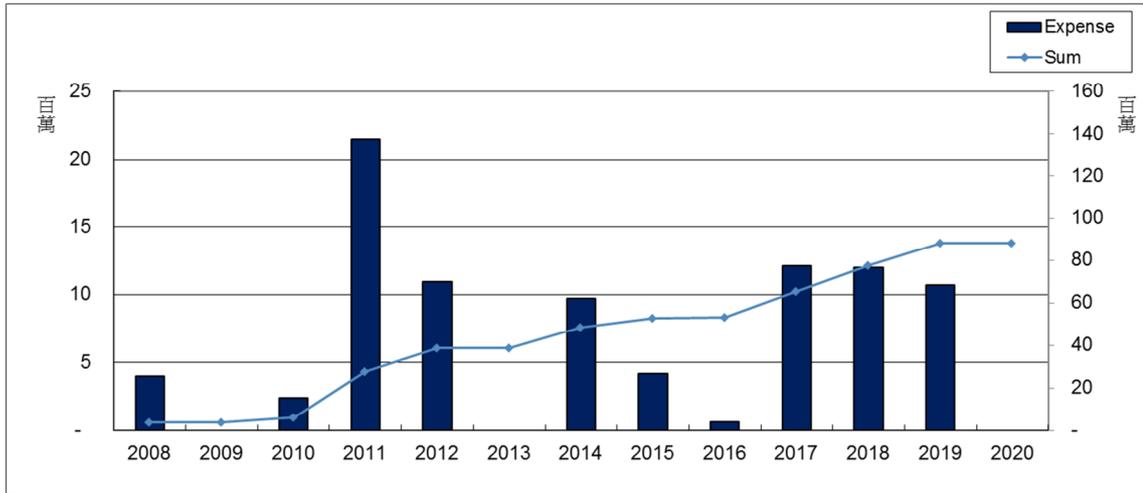


圖 4-6 每 7 年進行電池汰換所需費用長條圖

根據分析數據結果，此檢驗方法可正確辨別電池狀態之堪用與否，而電池除了品質瑕疵或壽命末期以外，其電池內阻及放電電壓的衰減狀況是一個緩慢而持續進行的，而且通常約需經過數個月的時間才得以量測發現。以此概念，我們將電池保養維護區分為新品、中期品及末期品三個分類執行檢測程序，其中新品為新購買安裝之電池，可定義為入料檢驗，於電池購入安裝初期進行檢驗，將品質瑕疵的風險降低；另外因相關影響鉛酸電池剩餘容量及壽命的因素有很多，包括電池本身的結構、環境溫度、電池前一次的放電深度、電池本身的自我放電、電池的放電電流、對電池充電的方法、放電截止電壓...等，故將末期品定義為使用時間超過電池設計壽命一半之電池，每六個月甚至縮短至三個月進行一次檢測，期望能及早發現故障電池，並進行維護更換，確保系統可靠度；其餘則定義為中期品，因為此期間電池使用狀況相對穩定，故障風險較低，採每年進行一次檢測，亦可降低檢測執行人員工作上的負荷。

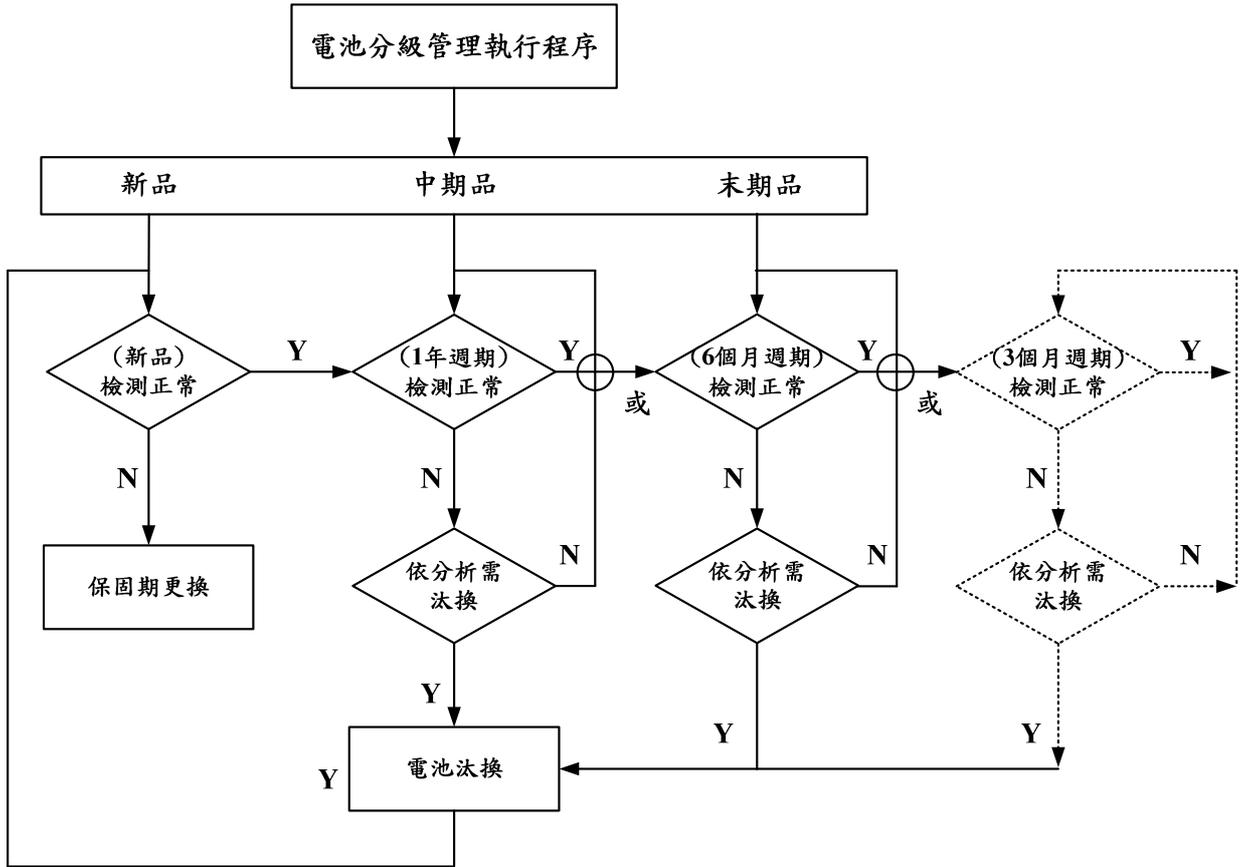


圖 4-7 電池分級管理程序圖

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究針對科技廠房具有衰退性質之不斷電系統系統鉛酸電池設備管理，在多種檢測方法中選擇一可不影響系統於線上進行之方式，並依研究結果建立一電池檢測程序，期望將原本以時間為主（Time-Based）的「定期檢測」方式轉換為透過監測設備重要參數，在設備即將發生異常或故障前即可檢出，並採取適當的維護作業以避免因而可能發生的故障的設備狀況為主（Condition-Based）的主動維護方式。此檢測策略的特徵是：

- 一、在兼顧時間、準確性及可線上偵測等條件下，以短時間進行放電檢測，並於檢測過程中記錄直流內阻、浮充電壓、放電電壓、起電電壓等參數，針對電池堪用狀態提供一檢測方法。
- 二、針對科技廠房廠務系統電池提供管理方法，並期望此法可以驗證每顆電池健康情況，找出劣化電池提早更換，確認電池真正的更換時機，可以確保系統信賴度，並提供使用者管理對策。
- 三、以降低設備維護成本為原則，將目前普遍以 Time-Base 定期提前汰換方式，調整為依實際放電檢測之 Condition-Base 的維護策略。

第二節 未來發展與建議

在現今科技業競爭激烈的狀況下，降低成本是經營管理者不斷的要求，但在設備運轉維護及考量系統穩定度的角度下，可考慮進行維護成本最小化與系統設備的穩定度最大化來進行最佳化設備維護策略。

在定期檢測的過程中，量測週期的訂定是一困難點，週期太長，會因此減少檢測次數而增加故障電池異常未被檢出之風險；週期太短，會因此增加檢測次數而提高檢測人力成本造成過度保養及人力負擔。而影響電池壽命因素眾多，本研

究將瞬間電流放電法應用研究並建立一管理方法，未來若能加入電池環境溫度、即時漣波監測、即時浮充電壓監測等因素，並完整進行電池檢測資料庫的建立，相信在未來針對電池維護管理將能更有效掌握電池性能的實際狀態。我們不但可以確保廠房內系統的穩定，並且可以得到設備最大的使用效益，節省維護成本，進而提高公司競爭力並可因減少不必要的電池更換，降低廢電池對環境造成的衝擊，為環保減廢貢獻一份心力。

參考文獻

一、中文文獻

1. 方仁傑（2009），〈鉛酸電池充電特性之研究〉，來源：義守大學電子工程研究所。
2. 吉澤四郎（1990），賴耿陽譯著，《最新電池工學》，復漢出版社；台南市。
3. 李沛融（2012），〈利用高分子複合材料開發鉛酸電池雙極板〉，來源：國立成功大學。
4. 李宗榮（2011），〈密閉閥調式鉛酸電池修護的研究〉，來源：逢甲大學資訊電機工程。
5. 李宏偉、張松林（2004），〈閥控式密封鉛酸蓄電池實用技術問答〉，來源：中國電力出版社。
6. 林頂立（2007），〈類神經網路應用於鉛酸電池殘電量估測之研究〉，來源：國立高雄應用科技大學電機工程系碩士班。
7. 徐瑞祥（2005），〈行業別售電量預測網路服務系統建置研究〉，來源：國立高雄應用科技大學。
8. 張永昌（2003），〈鉛酸電池殘量偵測及壽命分析之研究〉，來源：國立彰化師範大學電機工程學系。
9. 康寧（2011），〈UPS鉛酸電池減廢與維護管理—UPS鉛酸電池〉，來源：逢甲大學經營管理碩士在職專班。
10. 黃貞綸（2008），〈應用灰色理論GM(1,1)模式於鉛酸蓄電池產品需求預測-以廣隆光電科技股份有限公司為例〉，來源：朝陽科技大學。
11. 黃士航（2002），〈密閉式鉛酸電池AC內阻之研究〉，中華民國第二十三屆電力工程研討會，pp. 1552-1556。
12. 蔡政勳（2009），〈鉛酸電池電量狀態估測器之研製〉，來源：聖約翰

科技大學。

13. 段人豪 (2005) , 〈鉛酸電池量測技術之研究〉 , 來源 : 高雄應用科技大學。

二、英文文獻

1. Chalasani S. C., et. al.(2000), “Battery State of Health Estimation through Coup de Fouet,” the 22nd International Telecommunications Energy Conference, pp. 597-601.
2. Hlavac M. J. and Feder D.(1995), “VRLA Battery Monitoring using Conductance Technology,” the 17th International Telecommunications Energy Conference, INTELE '95, pp. 284-291.
3. J. H. Aylor, et. al. (1992), “A Battery State-of-Charge Indicator for Electric Wheelchairs,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, pp. 398-409.
4. Jurgen Garche, et. al.(2000), “Battery Management System (BMS) for Increasing Battery Life Time,” the 3rd International Conference on Telecommunications Energy Special, pp. 81-88.
5. Reuben Z. Toll and Michael R. Moore(2002), “Real-Time Capacity Prediction and Uncertainty for VRLA Products: A Customer’s [End User] Perspective,” the 24th Annual International Telecommunications Energy Conference, pp. 115-120.
6. S. S. Misra, L. S. Holden(1991), “UPS battery life characteristics,” *IEEE Battery Conference on Applications and Advances*, Jan., No.6, pp. 11-19.

三、網路文獻

1. 維基百科 (2012) , 〈鉛酸電池的介紹〉 , 來源 : <http://zh.wikipedia.org>