

鋰電池製程X光非破壞性檢測技術 發展趨勢

Development of X-ray Non-destructive Testing Technology for Lithium Battery Manufacturing Process

王啓任 C. J. Wang¹、樓修成 S. C. Lou²

和鑫生技股份有限公司(NanoRay Biotech Co., Ltd.) 工業檢測事業¹副總經理
工研院(ITRI) 南分院²技術經理

摘要/Abstract

隨著電動車產能正逐年上升，相對安全性問題更該受到重視。國際新聞中，出現火燒車的原因多指向是動力電池肇禍。鋰離子電池是眾多車廠開發電動車所用之動力來源，其優點自然不勝枚舉，包括續航力強、自放電低、使用壽命較長等；但是鋰離子電池要達成如此多的優點，內部的材料與製程就是關鍵。本文即針對X光技術運用於各種電池產品製程品保檢測做一探討，例如：原料異物檢測、電芯的堆疊精度檢測、電解液外漏檢測等等，可以有效提升電池的品質及安全性。

As electrical vehicles production capacity increases year by year, more attention needs to be paid to battery safety concerns. Most international news points to issues with the power battery as the main reason for EV cars catching on fire. Lithium-ion batteries are the power source used by many car manufacturers to develop electric vehicles, and the advantages are numerous, including strong endurance, low self-discharge, long service life, etc. However, the key element for lithium-ion batteries to achieve these advantages, is the internal materials and the production process. This article discusses the application of X-ray technology in the inspection of various battery products, such as detection of foreign matters in raw materials, cell stacking accuracy detection, electrolyte leakage detection, etc., which can effectively improve the quality and safety of batteries.

關鍵字/Keywords

鋰電池(Lithium Battery)、X光(X-Ray)、非破壞檢測(Non-destructive Testing)、穿透視覺檢測(Transmission X-ray Inspection)



前言

鋰離子電池具有高能量密度、無記憶效應、重量輕，在不使用時只有緩慢電荷損失等優點，現今已被大量運用在各種消費類電子產品，也可應用於軍事、純電動汽車和航空等領域。相較舊有鉛酸電池、鎳氫電池等二次電池，鋰離子電池已經突破舊有電池的各種缺點，並逐漸取代之。

近年來鋰電池的製造工藝不斷進步，在供給端有效提升了安全性，再加上受惠於穿戴式裝置以及電動車崛起帶來的需求端提升，使得鋰電池市場在未來5年內的年複合成長率有望達到14%，令鋰電池的市場規模迎頭趕上成長較為緩慢的鉛酸電池，預計在2024年將會正式超越鉛酸電池，達到808億美元的水準。

鋰電池有一定安全風險，不能當作一般元件使用，要懂得如何要求電池的安全性，在製程上可從品質檢驗把關著手，降低出問題的機率以及電池失效的嚴重性。利用X光非破壞性檢測技術，加上智能化的影像辨識系統，來判別電池膜原料中是否有異物，製程中電芯內的位移、堆疊異常，電池封裝不確實等，來提高成本的安全性。

鋰電池市場概況

據工研院產科國際所數據統計，全球充電電池產值在去(2021)年達到近950億美元，今(2022)年可望突破千億美元；其中，鋰電池產值在去年正式超越長期位居主流的鉛酸電池，達到486億美元，今年更將上看至560億美元。研究機構SNE更估算，由於去年電動車市場大爆發，交車量成長逾

一倍，造成關鍵零組件鋰電池明(2023)年起將供不應求，且一路持續到2030年；如果扣除3C產品使用、放電量小的電池，僅計算放電量大、能驅動馬達的「動力電池」，供不應求的時間點更會提前到今年，預估有12%需求無法被滿足。

鋰電池規格

目前市面上的三大鋰電池種類：

1. 圓柱型18650鋰電池

規格化程度高、成本低，適合需要大量電池的品項。

圓柱型鋰電池長的跟大眾對電池的印象一樣，外型設計上可說是最傳統的設計，因此規格化程度相當高、造價也相對低廉，非常適合用於需要大量鋰電池的應用領域當中。

受惠電動車帶動，一台電動車需要超過7,000顆的鋰電池，便宜、規格又統一的圓柱型鋰電池就成為廠商愛用的品項，目前特斯拉電動車的電池就是採用這一類的鋰電池，近年出貨量年複合成長率高達20%。

2. 方扁型鋰電池

能量密度高，在手機、筆電應用最廣泛的方扁型鋰電池就是你我手機當中的鋰電池，配合了行動裝置做薄的需求，把原本圓柱型鋰電池的鋼罐換成了又方又扁的鋁殼。方扁型鋰電池比起圓柱型鋰電池更容易發生短路、膨脹、過熱的情形，使用上的安全性也因此較低，在消費者愈加重視商品安全性的現在，自然不受青睞，許多高階手機都已經逐漸改採用安全性更高

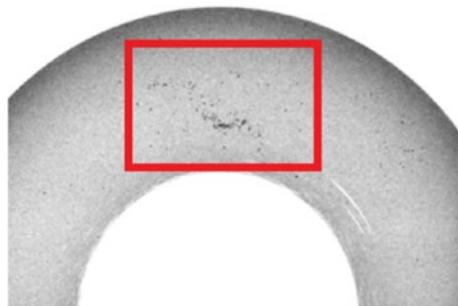
的軟包鋰高分子電池。

3. 軟包型鋰電池

安全性高、形狀可選擇性多，適合用於精密、客製化產品的軟包型鋰電池，也被稱作鋰高分子電池，名字源自於與圓柱型電池以及方扁型電池不一樣的電解液，鋰高分子電池使用了高分子聚合物取代前面兩類電池所用的有機溶劑，大大降低電池爆炸起火的機率，安全性極高。裝填上也不再需要金屬殼，只需要用類似鋁箔包的鋁塑模包覆即可，因此相當輕盈、且可以按照客戶需求設計成各種形狀，逐漸成為目前穿戴式裝置以及消費電子的電池首選。

X光檢測重點

使用非破壞X光檢測優勢，可提供高階動力電池製程開發效率以及量產品缺陷檢測，創造新一代儲能系統可靠度驗證，進一步提供儲能與電動車和高階電子產品之使用 and 安全性規範。先進製程開發除了細微結構變化需製程管控參數，更需要高解析透視影像來進行再現性分析與生產線QC品管。在智能工廠並可開發演算法進行電極電性與儲能品質分析，整合非破壞性2.5D偵測系統以及AI自動缺陷演算來進行產線缺陷偵測，用於量產品與成品之安全性管控，滿足快速且正確之非破壞性缺陷之必要性，整合在電子業高階檢測與演算之實際成功案例，拓展至細微結構製程開發之改善。而在產線良率與安全性/缺陷之2D/2.5D判讀，傳統大多由人工進行，導致耗工耗時，因此採用AXI技術由電腦協助高速2.5D AI判讀機台進行，線上動力電池成



▲圖一 電池隔離膜內部50 μm的異物屑

品缺陷檢測與安全性AI判讀有其領先性。

1. 電池材料

電池隔離膜等內部異物進行全面檢出如圖一，確保電池品質及安全，通用於電子應用的製造材料。

2. 圓柱電池

圓柱型鋰電池如同家用常見的三號電池，都是以圓柱包裝方式。這種電池採用卷繞方式製成，在自動化程度發展成熟且高生產，因此在企業上都將X射線檢測設備加入生產線，以提高檢測效率，通過軟體設定減少人工干預，自動判別不良品。可檢測項目包括：絕緣距離的間隙及排列成蛇型狀之量測（圖二），以及角度偏移、封裝完整性確認（圖三）。

3. 軟包電池

軟包型電池是近幾年來興起的一種電池封裝方式，在外包裝使用軟性材料，這種包裝電池容易發生漏液等問題，因此在包裝密封後需要X射線檢測設備。可檢視項目包括如：極耳精度量測、絕緣間隙及蛇



▲圖二 絕緣距離的間隙及蛇行量測

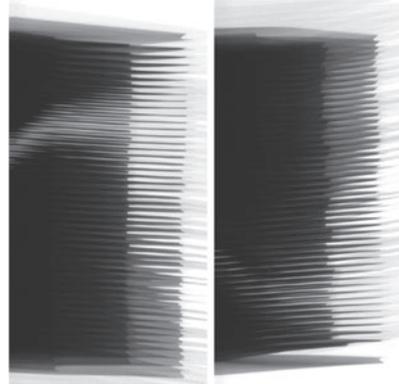


▲圖三 角度偏移及封裝完整性確認

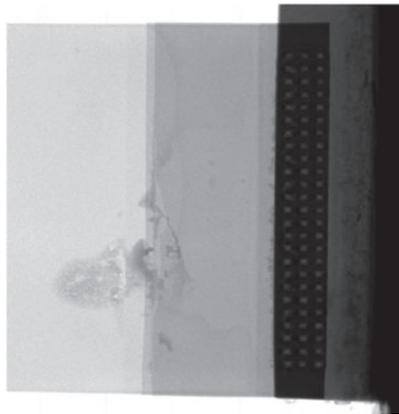
型量測、角度偏移、疊片偏移(圖四)、結晶、漏液(圖五)、封裝完整性確認。

結語

對於一輛電動車而言，最關鍵的零組件絕對是鋰電池，其約占整輛車最多40%的成本，也是電動車安全性考量的最大因素。正因為如此，各大車廠對鋰電池品質有越來越多的要求與規範，而鋰電池生產製造廠也在製程中加入了更多的檢測技術及設備，來提升良率及品質，以確保鋰電池產品的使用安全。其中X光檢查機是快速準確的非破壞性檢查設備，運用X光透視的原理，針對各種不同類型及各製程中的鋰電池原料、半成品及產品內部做拍攝，將取得之影像做異物、對位、尺寸量測等的基本檢查，再結合智能影像辨別技術來撿選出不良品，大幅提升鋰電池的品質及安全性。🔍



▲圖四 軟包電池疊片偏移穿透檢測與分析



▲圖五 軟包電池內部電解液漏液

參考文獻

1. 1輛電動車就要7000顆鋰電池！需求遽升將帶動「鋰電池市場規模」5年內翻倍！
<https://www.money.net.com.tw/api-mag/channel?article=8633&u>
2. 電池應用市場發展回顧與2021年未來展望—中大型電池應用，Battery Application Market Development Review and 2021 Future Prospects—Medium and Large Battery Applications，張萍(Ping Chang)
https://ieknet.iek.org.tw/iekrpt/rpt_more.aspx?actiontype=rpt&indu_idno=15&domain=79&rpt_idno=859902127
3. 和鑫生技開發股份有限公司
<https://www.nanoray.com>