

# Action Planning and Situation Analysis of Repurposing Battery Recovery and Application in China

Hsien-Ching Chung <sup>1\*</sup> Yaw-Chung Cheng <sup>2\*\*</sup>

## ABSTRACT

Due to the vigorous promotion of commercialization and the popularization of electric vehicles in China, the elimination of power batteries has gradually increased, causing environmental protection threats and waste of resources. Therefore, recycling and utilization of such batteries have been actively promoted in recent years. At present, the “Interim Measures for the Management of Recovery and Utilization of New Energy Vehicle Power Battery,” as well as related regulations and standards have been announced. The power battery traceability management platform has been established and promoted, so that the being counseled companies have cooperated to perform these policies. This article is mainly to explain the promotion system and current situation of recovery and reuse of repurposing batteries, including coding principles, traceability management system, manufacturing factory guidelines, dismantling process guidelines, residual energy measurement, etc., as well as analyze the promotion situation and policy in China. Currently, the industry and business of electric vehicles are still in the early stage of promotion. The main products include electric buses, electric motorcycles, and electric scooters. The relative policy about power battery recycling is under development. The policy, code, and standard in China and other countries can be used as references for promoting the recovery and reuse of repurposing batteries in the future in Taiwan.

**Keywords:** lithium-ion battery, power battery, repurposing battery, recovery and reuse, code and standard, policy study.

---

<sup>1</sup> R&D Manager, Masterhold International Co., Ltd.

<sup>2</sup> Chief Technology Officer, Masterhold International Co., Ltd.

\* Corresponding Author, Phone: +886-2-22192777, E-mail: [hsienching.chung@gmail.com](mailto:hsienching.chung@gmail.com)

\*\* Corresponding Author, Phone: +886-2-22192777, E-mail: [johntaichung@gmail.com](mailto:johntaichung@gmail.com)

Received Date: August 14, 2019

Revised Date: October 17, 2019

Accepted Date: October 25, 2019

# 中國汰役電池回收利用的推動現況與分析

鍾獻慶<sup>1\*</sup> 鄭耀宗<sup>2\*\*</sup>

## 摘要

近年來中國大力推動電動車輛的商業化與普及化，導致汰役電池逐漸增加，造成環保威脅與資源浪費的問題。因此積極推動汰役電池的回收與利用。目前已經公布「新能源汽車動力蓄電池回收利用管理暫行辦法」，及相關法規與標準，並建立與推廣動力電池溯源管理平台，同時輔導產業界配合執行。本文主要在說明中國汰役電池回收利用的推動制度與現況，包括編碼規則、溯源管理、設廠規範、拆解規範、餘能量測等，並分析其政府單位與民間企業的推動情形，同時檢討我國相關發展狀況。我國目前電動車輛尚在初期推廣階段，目前主要為電動巴士與電動機車，相關回收政策仍在研擬中，因此中國與國際已有的法規、標準與做法，值得我們做為未來推動汰役電池回收再利用的參考。

**關鍵詞：**鋰離子電池，鋰電池，動力電池，汰役電池，回收利用，梯次利用，法規標準，政策分析

## 1. 前言

中國是目前世界最大的新能源車輛動力電池生產和消費國。目前新能源車輛累計產量已超過230萬輛，其中2018年就達到100萬輛(IEA, 2019)。隨著產業及市場發展，數量將會持續增加，預計2020年時將達500萬輛(呂學隆，2018b)，隨之而來的是動力電池的處理問題。根據產品保固期限、電池循環壽命、車輛使用狀況等方面綜和評估後，2018年新能源汽車動力電池將進入規模化汰役階段，預計2020年，累計汰役動力電池將超過23萬噸(21 GWh)。到2020年後，動力電池將逐步進入規模化汰役期(中國電池聯盟，2018)。由碳排放當量來看，自1900年以來，全球各國碳排放當量由19.57

億噸，到2018年已攀升到368.31億噸。其中前五大排放國家分別為中國(27%)、美國(15%)、歐盟(9%)、印度(7%)、俄羅斯(5%) (Tollefson, 2019)。若大量的汰役電池處置不當，直接廢棄掉，不僅造成資源浪費，同時產生環境安全問題，甚至造成氣候變遷。

近年來動力電池的梯次利用概念被不斷提出討論，並形成汰役動力電池的解決方案(甘江華等，2017；白愷等，2017；朱廣燕等，2015；鄭旭等，2019；韓路等，2014)。另一方面，從市場面來看汰役電池回收。汰役動力電池若以第一階段進行梯次利用、第二階段進行資源再生利用的方式。整體電池回收利用市場將在2020年達到65億元人民幣左右的經濟規模，其中梯次利用市場規模約41億元人民

<sup>1</sup> 非凡能源科技股份有限公司 R&D經理

<sup>2</sup> 非凡能源科技股份有限公司 技術長

\*通訊作者電話: 02-22192777, E-mail: [hsienching.chung@gmail.com](mailto:hsienching.chung@gmail.com)

\*\*通訊作者電話: 02-22192777, E-mail: [johntaichung@gmail.com](mailto:johntaichung@gmail.com)

收到日期: 2019年08月14日

修正日期: 2019年10月17日

接受日期: 2019年10月25日

幣，再生利用市場規模約24億元人民幣(Nair & Garimella, 2010)。到2023年，市場規模將達到150億元人民幣，其中梯次利用市場規模約57億元人民幣，再生利用市場規模約93億元人民幣(中國電池聯盟，2018)。可見，動力電池梯次利用，使得產品得到最大限度應用，減少廢棄物排放，處理嚴重的環保問題，並符合綠色經濟、低碳經濟、循環經濟等理念。

現行汰役電池的回收利用可分為梯次利用與再生利用兩種，如圖1所示。如果汰役電池在檢查後還是可加以利用，例如餘能還能達到原有容量的70~80%，則可做為儲能電池(Divya & Ostergaard, 2009；Dunn *et al.*, 2011；Yang *et al.*, 2018；丁一金等，2011；丁明等，2013；王松岑等，2013；林海雪，2015)、低速電動車或不斷電系統(Uninterruptible Power System, UPS)使用；如果電池已經損壞，或者餘能不足(例如50%以下)，則轉為再生利用，亦即利用乾法製程與濕法製程回收有價金屬、電解液、塑膠等有價值的成分，並且重新做為電池或其他產品的原料(吳越等，2014；賀理珀等，2018；衛壽

平等，2017；黎華玲等，2018)。

2018年8月1日起，中國開始實施「新能源汽車動力蓄電池回收利用管理暫行辦法(Interim Measures for the Management of Recovery and Utilization of New Energy Vehicle Power Battery)」(ECOLEX, 2018；中國節能與綜合利用司，2018b)，成為動力電池回收利用和溯源管理的法源。這項法規確立生產者責任延伸制度，開展動力電池全生命週期管理，以及建立動力電池的溯源資訊系統。這項法規目的在建立一個完整的循環體系(如圖2)，從電池生產、汽車生產、汽車銷售、維修更換、車輛報廢、電池回收、梯次利用與再生利用都成為循環體系的一部分，並且配合執行相應的管理措施，才能確保循環體系的運轉與成效。

根據「新能源汽車動力蓄電池回收利用管理暫行辦法」，汽車生產企業應在車型獲得公告後六個月內，按照即將發布的「車用動力電池拆解指導手冊編制規範」編制發布電池拆解指導手冊；針對不同型號的動力電池進行編制並公開。汽車生產企業應建立完善的拆解資訊

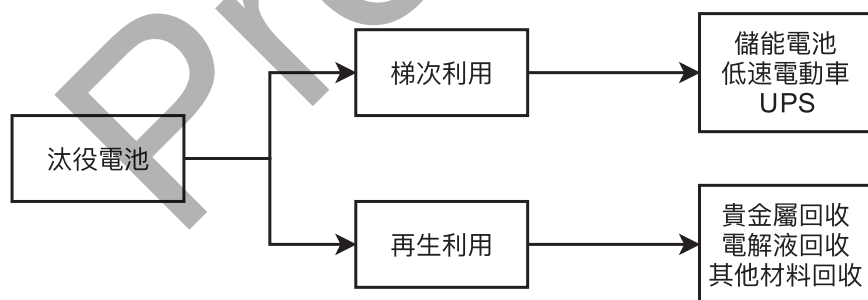


圖1 汰役電池的利用方式(本研究繪製)

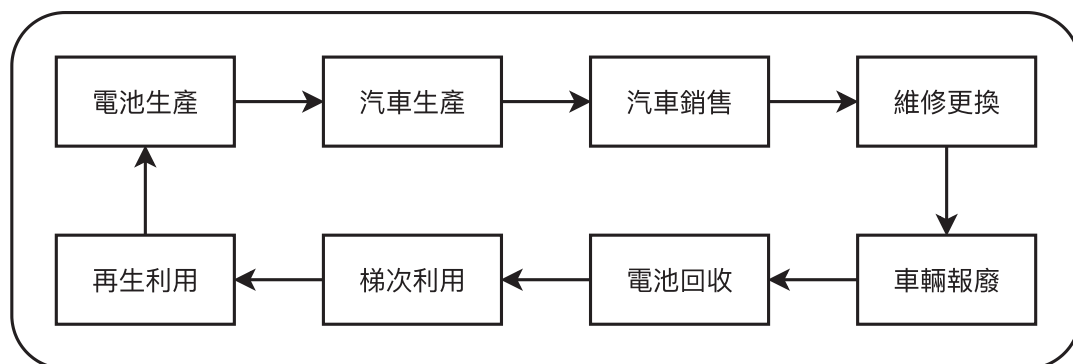


圖2 動力電池回收利用管理循環體系(本研究繪製)

推送機制，通過企業官網、協力廠商、行業平台等向後端綜合利用企業定向推送資訊，保障動力電池的規範拆解。汽車生產企業應委託新能源汽車銷售商等通過溯源資訊系統記錄新能源汽車及所有人溯源資訊，並在汽車使用者手冊中明確動力電池回收要求與程序等相關資訊(中國汽車技術研究中心有限公司，2018；北京理工大學電動車輛國家工程實驗室，2018)。

汽車生產企業應建立維修服務網路，並依法向社會公開動力電池維修、更換等技術資訊。新能源汽車售後服務機構、電池租賃等運營企業應在動力電池維修、拆卸和更換時核實新能源汽車所有人資訊，按照維修手冊及儲存等技術資訊要求對動力電池進行維修、拆卸和更換，規範儲存，將廢舊動力電池移交至回收服務網點。新能源汽車售後服務機構、電池租賃等運營企業應在溯源資訊系統中建立動力電池編碼與新能源汽車的動態聯繫(中國汽車技術研究中心有限公司資料資源中心，2018)。

本文主要說明中國汰役電池回收利用的推動現況，包括編碼規則、溯源管理、設廠規範、拆解規範、餘能量測等，並分析其政府單位及民間企業的推動情形，以及檢討我國相關發展狀況，可做為未來推動汰役電池梯次利用的參考。

## 2. 溯源管理

動力電池產品規格尺寸一致化和標準化是大勢所趨，有利於提升市場集中度與降低製造成本，便於進行溯源管理與回收利用。根據中國國家標準「GB/T 34013-2017電動汽車用動力蓄電池產品規格尺寸」(中國國家標準化管理委員會，2017b)，可分為圓柱形電芯(4種，18650、21700、26650/26700、32700/32134)，方形電芯(8種)與軟包電芯(7種)，電池模組(12

種)，以及電池標準箱(5種)。

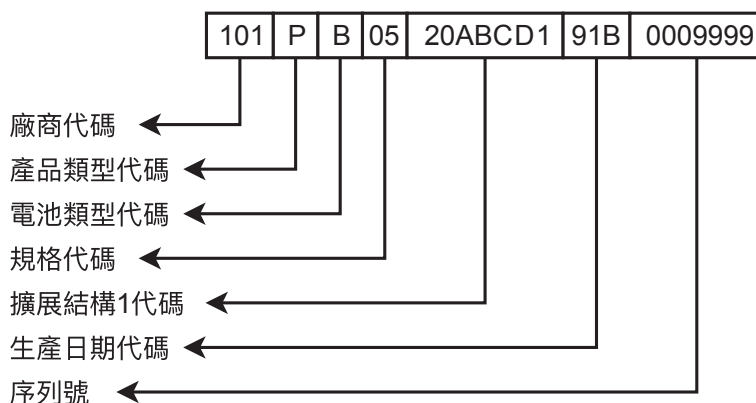
從事汽車動力電池(含梯次利用)生產、在中國銷售動力電池產品的企業，從2018年2月起，應按照「GB/T 34014-2017汽車動力蓄電池編碼規則」(中國國家標準化管理委員會，2017c)，通過汽車動力電池編碼備案系統申請廠商代碼，並備案規格代碼和追溯資訊代碼；境外企業可授權或委託代理機構代為執行。中國政府規定。對應每一款備案產品，企業應上傳編碼資料、清晰完整的產品照片，並顯示編碼及位置；同時企業必須按照規定使用編碼，並且建立產品編碼資料庫。

按照汽車動力電池編碼規則的規定，第一部分為設計資訊編碼，第二部分為生產資訊編碼，兩部分可以分別編碼或合併編碼(如圖3)。第一部分為設計資訊有14碼，生產資訊有12碼，詳細規定可參考表1的說明。在設計資訊方面，廠商代碼包括生產、梯次利用與進口廠商，必須由行業管理單位進行分配；其餘為產品類型代碼、電池類型代碼與規格代碼等，其中規格代碼由廠商自行定義，但要備案說明，並且必須提供給梯次利用廠商參考。至於設計資訊中的追溯資訊代碼，屬於代碼中的擴展結構，只需應用於新的電池產品，由廠商自行定義，然後備案說明。表1中的第二部分為生產資訊，包括生產日期、生產序列與梯次利用等三項代碼；其中生產日期，年月日都是採用單碼，代碼由三位英文大寫字母和數字表示。其中第一位表示年份，年份代碼按照表2規定使用(30年循環一次)，第二位表示月份，以十六進制數值表示，第三位表示自然日，按照表3規定使用；而梯次利用屬於代碼中的擴展結構，係以RP、RM、RC分別代表梯次利用電池組、模組與電芯。

至於編碼的標示方式可使用一維碼或二維碼。其中一維碼就是線性條碼，應符合「GB/T 18347-2001 128條碼」<sup>1</sup>(中國國家標準化管理

<sup>1</sup>該中國國家標準等同於ISO/IEC 15417:2000 Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Bar Code Symbolology Specification - Code 128 (ISO/IEC, 2000)。但現在已廢止ISO/IEC 15417:2000，而使用新版本取代，ISO/IEC 15417:2007 Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Code 128 Bar Code Symbolology Specification (ISO/IEC, 2007)。

(a) 動力電池編碼示範(24碼)



(b) 梯次利用電池編碼示範(19碼)

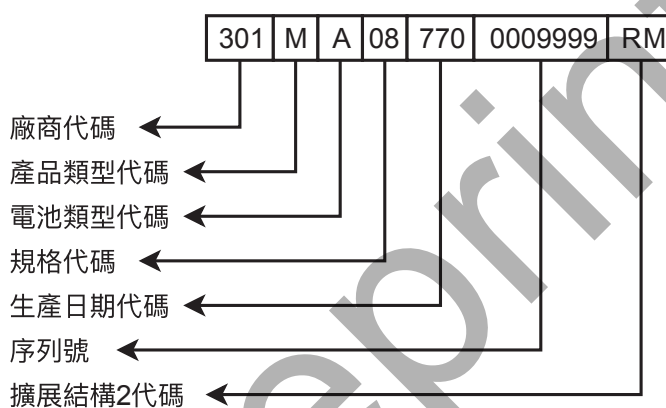


圖3 動力電池及梯次利用電池編碼示範(本研究繪製)

表1 動力電池編碼與說明(本研究整理)

分類	代碼項目	碼數	說明
第一部分 設計資訊	廠商	3	包括生產、梯次利用與進口廠商，代碼包括區域與序號。
	產品類型	1	P、M、C分別代表電池組、模組與電芯。
	電池類型	1	按材料分，例如B為磷酸鋰鐵，E為三元材料。
	規格	2	廠商自行定義。
	追溯資訊	7	新的電池產品要加入，梯次利用則無，廠商自訂。此代碼屬於擴展結構1。
第二部分 生產資訊	生產日期	3	年份、月份與自然日。
	序列號	7	生產當日順序號。
	梯次利用	2	RP、RM、RC分別代表電池組、模組與電芯的梯次利用。此代碼屬於擴展結構2。

委員會，2001)和「GB/T 15425-2014商品條碼128條碼」(中國國家標準化管理委員會，2014)的要求。而二維碼就是例如QR Code的平面圖案碼，應符合「GB/T 18284-2000快速響應矩

陣碼」(中國國家標準化管理委員會，2000)和「ISO/IEC 16022:2006 Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Data Matrix Bar Code Symbology

表2 生產年份代碼(本研究整理)

年份	代碼	年份	代碼	年份	代碼	年份	代碼
2011	1	2021	B	2031	M	2041	1
2012	2	2022	C	2032	N	2042	2
2013	3	2023	D	2033	P	2043	3
2014	4	2024	E	2034	R	2044	4
2015	5	2025	F	2035	S	2045	5
2016	6	2026	G	2036	T	...	...
2017	7	2027	H	2037	V		
2018	8	2028	J	2038	W		
2019	9	2029	K	2039	X		
2020	A	2030	L	2040	Y		

表3 生產日期代碼(本研究整理)

日期	代碼	日期	代碼	日期	代碼	日期	代碼
1	1	11	B	21	M	31	0
2	2	12	C	22	N		
3	3	13	D	23	P		
4	4	14	E	24	R		
5	5	15	F	25	S		
6	6	16	G	26	T		
7	7	17	H	27	V		
8	8	18	J	28	W		
9	9	19	K	29	X		
10	A	20	L	30	Y		

Specification」(ISO/IEC, 2006)的要求。編碼必須標識於電池組、模組與電芯便於識讀、不易變形、不易磨損的位置，同時標識符號不能變更。標識符號應使用耐磨損、耐腐蝕的介質承載，並且保持字跡清楚與堅固耐久。

2018年8月，中國政府開始實施「新能源汽車動力蓄電池回收利用溯源管理暫行規定」(中國工信部，2018)。管理規定指出，按照相關要求建立「新能源汽車國家監測與動力蓄電池回收利用溯源綜合管理平台」，對動力電池生產、銷售、使用、報廢、回收、利用等全部過程進行資訊採集，對各環節主體履行回收利用責任情況實施監測。這項規定針對獲得公告的國產和取得產品認證的進口新能源車輛產

品，以及梯次利用電池產品實施溯源管理。各責任主體企業包括電池生產、汽車生產、回收拆解、梯次利用與再生利用等企業的任務分別列於表4，其中再生利用係指將電池的鈷(Co)、鎳(Ni)、錳(Mn)、鋰(Li)等有價金屬元素加以回收與利用。此外，獨立銷售商、維修商、租賃商也須滿足溯源管理規定，完成資訊上傳。省級工業和信息化主管部門會同同級有關部門對本地區相關企業溯源責任履行情況必須實施監督檢查。

### 3. 設廠規範

2016年2月中國公布「新能源汽車廢舊動

表4 各責任主體企業實施有關溯源管理的任務(本研究整理)

企業種類	相關任務
電池生產企業	申請廠商代碼，動力電池編碼規則備案，對電池進行編碼與標識，將編碼資訊報送整車企業。
汽車生產企業	採集電池生產、車輛生產(進口)、車輛銷售、維修更換、電池回收、電池汰役等環節的溯源資訊，並上傳到溯源管理平台。報送並公布回收服務網點資訊。
回收拆解企業	上傳車輛報廢與電池移交資訊。
梯次利用企業	申請廠商代碼，電池編碼規則備案，產品編碼與標識，上傳產品生產與出庫資訊，上傳電池報廢資訊。
再生利用企業	上傳電池接收資訊，上傳電池再生利用資訊。

力蓄電池綜合利用行業規範條件」(中國工信部, 2016), 明確綜合利用企業准許進入要求。在企業布局與建設條件方面, 必須符合國家政策與地方的規劃要求, 不得建立在生態保護區域。在規模、裝備和工藝方面, 要求企業產能要達到適度規模, 具備自動化生產與相應檢測能力, 採用物理法與化學法相結合的工藝實現有價金屬的全面回收。在資源綜合利用與能耗方面, 規定必須合理拆卸與拆解, 按照梯次利用、資源再生利用、原材料能量回收利用、最終處理的先後順序進行最大化利用, 同時借鑒歐盟制定有關廢電池和電池回收過程回收效率的計算細則<sup>2</sup>, 提出的相關元素與材料再生利用水平的要求, 並且要節能降耗, 提高能源利用效率。

在環境保護方面, 企業要通過ISO 14000 環境管理系統認證, 提出環境管理要求, 設置安全環保制度與專職環保人員, 建立環境保護監測制度, 制定突發事件處理能力。在產品質量和職業教育方面, 要通過ISO 9001品質管理系統認證, 建立來源、生產、品管、銷售與應用等內容的資料庫, 實施電腦化資訊管理。此外, 要求建立職業教育培訓管理制度及職工教育檔案, 員工定期培訓與持證上崗。在安全生產、職業健康和社會責任方面, 則鼓勵企業要

通過ISO 18001職業安全衛生管理系統認證。

企業申請時要提交的資料包括申請書、營業執照、項目建設立項審查、土地審查、環保完工驗收批覆、安全設施完工報告等; 實際作業包括材料審查和現場核實的申報流程, 以及事後監督流程(如圖4)。申請企業要向省級工信部門提案, 通過後送到工信部, 然後組織專家進行現場審查, 通過後再於網站公示與公告。獲得通過的廠商每年都要提送年度報告送審, 省級工信部門也要不定期進行監督檢查, 檢查結果如有不合情況則須下令企業進行整改, 如果不通過則可撤銷公告。2018年3月有9家企業遞交申請書, 至7月進行第一批目錄公告, 共有5家通過, 包括衢州華友、贛州豪鵬、荊門格林美、湖南邦普與廣東光華, 都是再生利用的企業。

## 4. 拆解規範

2017年12月開始實施的中國國家標準「GB/T 33598-2017車用動力電池回收利用拆解規範」(中國國家標準化管理委員會, 2017a), 對廢舊動力電池回收利用的安全性、作業程式、儲存和管理等方面提出嚴格要求, 如表5所示。在一般要求方面, 回收拆解企業應有危險

<sup>2</sup> 歐盟規範其成員國家, 需確保電池和二次電池的收集、再利用以及處理符合指令要求。根據其官方公報, 在回收利用方面, 2010年9月26日前, 鉛酸電池和二次電池的回收利用率至少達到平均重量的65%; 鎳鎘電池至少達到75%; 其他電池至少達到50%。對電池及二次電池的收集率方面, 2012年9月26日前至少達到25%, 2016年9月26日前達到45% (European Parliament & Council of the European Union, 2006)。網址: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/66/oj>。

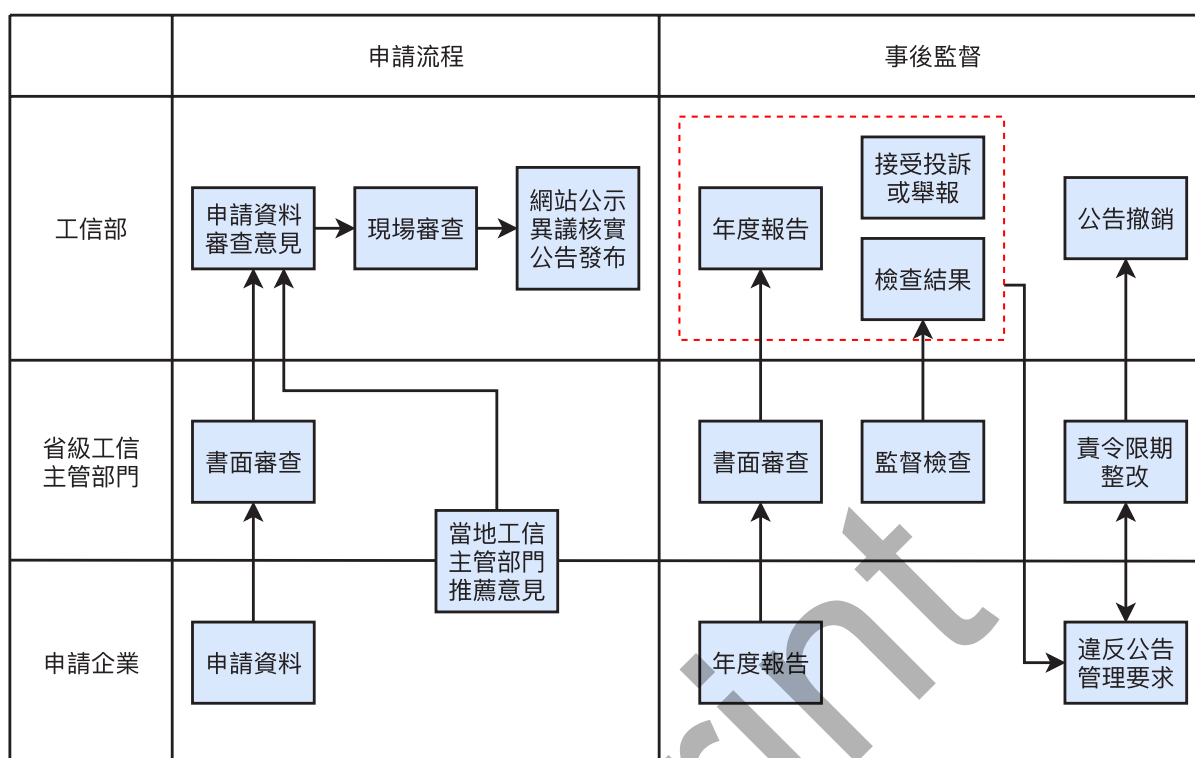


圖4 舊動力電池綜合利用企業申請與監督流程(本研究繪製)

表5 車用動力電池回收利用拆解規範的總體與安全要求(本研究整理)

要求項目	內容說明
一般要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 生產企業採用可拆解性與可回收性進行電池設計</li> <li>■ 回收拆解企業應有危險廢物經營許可證</li> <li>■ 拆解作業人員應有電工證等資格證書</li> </ul>
裝備要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 應具備絕緣手套、安全帽、絕緣鞋、防護面罩、救援鉤等</li> <li>■ 應配備防護罩、起吊設備、拆解台、抽排系統、取模器、拆解設備、絕緣套裝工具等</li> </ul>
場地要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 拆解與儲存場地應具備消防、報警與應急等安全防範設施</li> <li>■ 拆解與儲存場地應具備硬化與防滲漏處理，如有需要則設置廢水處理設施</li> <li>■ 拆解與儲存場地應通風乾燥，採光良好，並遠離居民區</li> </ul>
人員安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 應穿戴安全防護裝備，經過專業培訓與考核</li> </ul>
吊裝安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 吊具與起吊設備應絕緣處理，起吊前應將廢舊電池外接導線與脫落附件拆除，起吊固定點不得少於三個，並避免超載</li> </ul>
拆解安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 拆解過程嚴禁單獨作業，並應按照拆解程序或作業指導進行</li> <li>■ 應先檢查切割設備，固定切割件，做好防護措施</li> <li>■ 拆解作業應避免整體結構的失重散架和電池的破損</li> <li>■ 拆解後應對電池模組與電芯進行絕緣處理</li> </ul>

廢物經營許可證，拆解作業人員應有電工證等資格證書。此外，該標準也提出裝備與場地要求，以及人員安全、吊裝安全、拆解安全等要求。其中人員要求為應穿戴安全防護裝備，並且經過專業培訓與考核。

作業程序分為預處理、電池組拆解、模組拆解與儲存管理等四個部分，如表6與圖5所示。在預處理方面，包括採集資訊、抽空冷卻液、放電或絕緣處理、拆除外接導線與脫落附屬件與輸入資訊。在電池組拆解方面，包括吊

表6 車用動力電池回收利用拆解規範的作業程序(本研究整理)

作業程序	內容說明
預處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採集型號、製造商、電壓、額定容量、尺寸及重量等資訊</li> <li>■ 液冷式電池用抽排系統排空與收集冷卻液</li> <li>■ 對電池組進行絕緣檢測，並進行放電或絕緣處理</li> <li>■ 拆除外接導線與脫落附屬件</li> <li>■ 黏貼回收追溯碼，將預處理採集資訊輸入回收追溯管理系統</li> </ul>
電池組拆解	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採用起吊工具與設備將電池組吊至拆解工作台</li> <li>■ 拆除外殼。螺栓組合應使用相應工具拆解；金屬焊接式或塑封式利用專業切割設備拆解，控制切割位置與深度；嵌入式宜採用專業切割設備拆解</li> <li>■ 拆除托架與隔板等輔助固定部件</li> <li>■ 採用絕緣工具拆除高壓線束、線路板、電池管理系統、高壓安全盒等</li> <li>■ 拆除相關固定件、冷卻系統等部件，採用取模器移除模組</li> <li>■ 拆除過程應避免螺栓等金屬件與高低壓接頭接觸，以免造成短路起火，並且應備用專用磁吸工具取出脫落在縫隙中的金屬件</li> </ul>
電池模組拆解	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採用起吊工具與設備將模組吊至拆解工作台或進料口</li> <li>■ 拆除外殼。螺栓組合使用相應工具拆解；金屬焊接式或塑封式利用專業切割設備拆解，控制切割位置與深度；嵌入式宜採用專業切割設備拆解</li> <li>■ 採用絕緣工具拆除導線、連接片等連接部件、分離出電池電芯</li> <li>■ 拆解過程做好絕緣防護，高低壓連接插件的接口應用絕緣材料及時封堵，不應徒手拆解模組</li> </ul>
儲存管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 收集的廢液與廢棄物應進行分類，屬於危險廢棄物應按規定收集、儲存、運輸，並交由合格單位處理</li> <li>■ 電芯應儲存在一起，禁止拆解、丟棄、掩埋或焚燒</li> <li>■ 拆除後的電芯、零部件、材料等應採用容器分類儲存、標識，並進行日常性檢查</li> <li>■ 回收拆解企業應向生產企業提供回收處理報告</li> </ul>

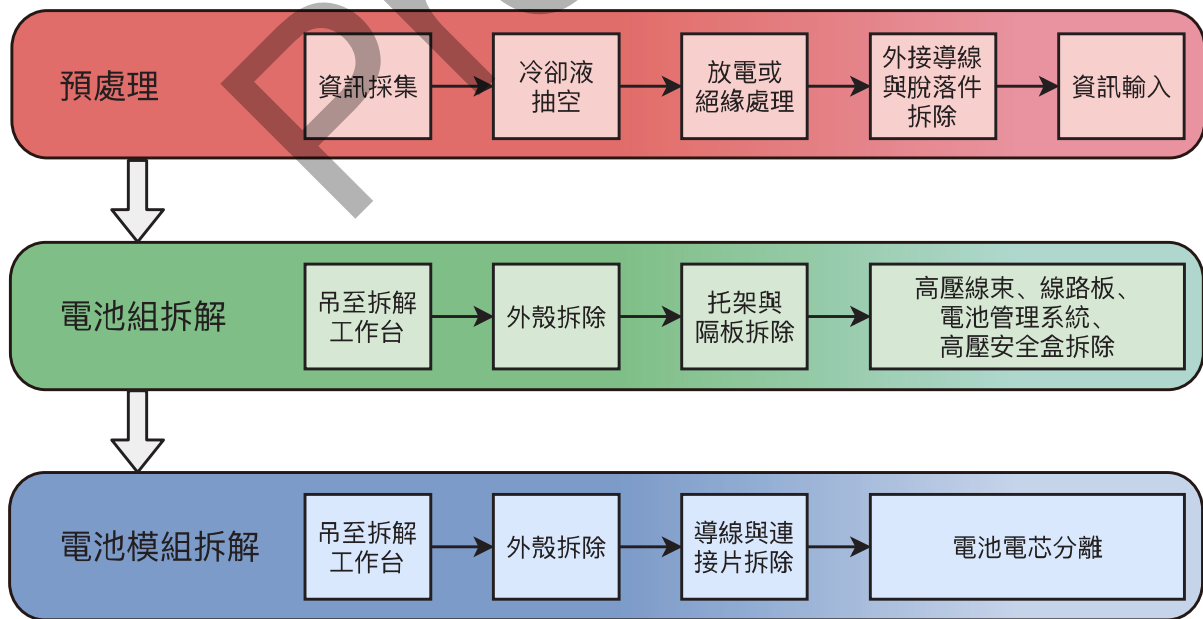


圖5 動力電池拆解流程(本研究繪製)

至拆解工作台、拆除外殼、拆除托架與隔板、拆除高壓線束、線路板、電池管理系統、高壓

安全盒等。在模組拆解方面，包括吊至拆解工作台或進料口、拆除外殼、拆除導線與連接片

等，即可分離出電池電芯，但是做好絕緣防護。在儲存管理方面，拆除後的電芯、零部件、材料等應採用容器分類儲存、標識，並進行日常性檢查；收集的廢液與廢棄物應進行分類，屬於危險廢棄物應按規定收集、儲存、運輸，並交由有資質的單位處理，回收拆解企業應向生產企業提供回收處理報告。

### 5. 餘能量測

根據中國國家標準「GB/T 34015-2017車用動力電池回收利用餘能檢測」的規定(中國國家標準化管理委員會，2017d)，可量測殘餘容量與安排後續應用或再生。回收企業取得動力報廢的電池時，有些可能是無損狀態，但是有些是缺少資訊標籤(種類、材料、廠商等資訊)，也有些是經損壞嚴重已經無法進行檢測。首先確定電池種類後，再按照電池的特性進行的充放電試驗，確定剩餘容量，流程如圖6所示，具體步驟說明如下：

首先利用目測法檢查模組或電芯的外觀，如有變形、裂紋、燒壞、膨脹、漏液等，不應進行餘能檢測；如有主動保護線路，應去除後再檢測。其次，進行資訊採集與電壓判別時，應觀察標籤以收集基本資訊，如電壓、容量或能量等，並且秤量與記錄電池重量。接著，使用電壓表量測端電壓以判定類別與極性。一般

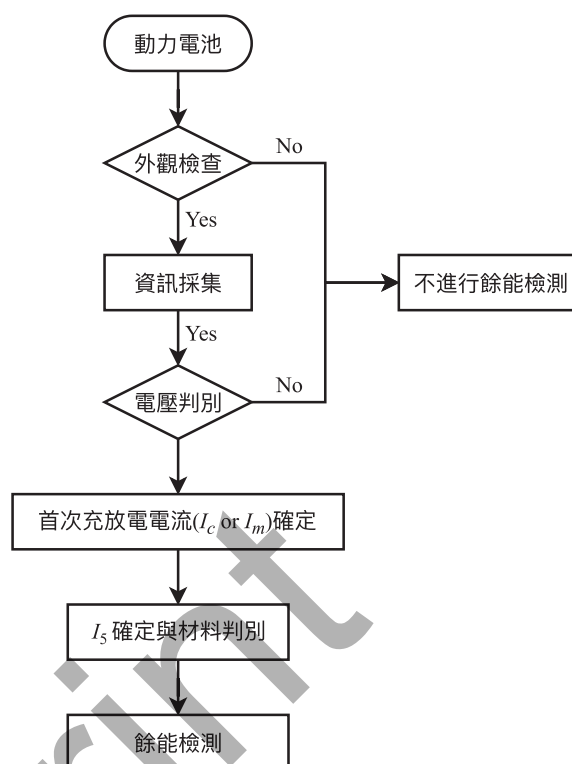


圖6 車用動力電池餘能檢測流程(本研究繪製)

鋰離子電池的充飽電後靜置電壓約為3.7 V，磷酸鐵鋰電池約為3.2~3.3 V，鎳氫電池壓是約1.4 V。對於測量電壓仍無法確定種類者，需要利用充放電試驗進行判定，如圖6所示。

就電芯或模組而言，對於有標籤且可直接從標籤上獲得電壓、容量或能量等資訊，則根據該資訊確定首次充放電電流( $I_c$  or  $I_m$ )，如表7有標籤欄所示；否則請依表7無標籤欄確定首次充放電的電流。接著，用電性能檢測儀，以首

表7 首次充放電的電流選定方法(本研究整理)

電池種類	電池電芯, $I_c$ (A)		電池模組, $I_m$ (A)	
	有標籤	無標籤	有標籤	無標籤
軟包鋰離子電池	$I_c = C_n / 5 \text{ h}$ $I_c = W_n / 5 V_n \text{ h}$	$I_c = 0.0066 * m/g + 0.8321$	$I_m = C_n / 5 \text{ h}$ $I_m = W_n / 5 V_n \text{ h}$	$I_m = n_1 * I_c$
鋼殼、鋁殼或塑料殼鋰離子電池	$I_c = C_n / 5 \text{ h}$ $I_c = W_n / 5 V_n \text{ h}$	$I_c = 0.0070 * m/g + 0.6656$	$I_m = C_n / 5 \text{ h}$ $I_m = W_n / 5 V_n \text{ h}$	$I_m = n_1 * I_c$
鎳氫電池	$I_c = C_n / 5 \text{ h}$ $I_c = W_n / 5 V_n \text{ h}$	$I_c = 0.0108 * m/g + 0.0757$	$I_m = C_n / 5 \text{ h}$ $I_m = W_n / 5 V_n \text{ h}$	$I_m = n_1 * I_c$
符號說明	$I_c$ 電池電芯首次充放電電流(A)、 $I_m$ 電池模組首次充放電電流(A)、 $C_n$ 額定容量(Ah)、 $W_n$ 額定能量(Wh)、 $V_n$ 額定電壓(V)、 $n_1$ 模組中並聯電芯電池數量(個)、 $m$ 電池電芯質量(g)			

次充放電電流恆流方式進行充放電試驗，此時測得恆流放電下的首次放電電池容量 $C_f$ (Ah)，按式計算五小時率放電電流 $I_5 = C_f / 5 \text{ h}$ 。利用電性能檢測儀進行測試，測試後可得到充放電壓平台、充放電曲線等資訊，即可初步判定電池材料類別。

最後進行餘能測試，電池電芯採用 $I_5$ 電流充電，充至充電截止電壓後放置一小時，然後利用 $I_5$ 電流在室溫 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 放電至放電截止電壓，即可測得室溫下在 $I_5$ 放電電流的餘能。至於模組的餘能測試可類比上述方式，採用 $I_5$ 電流充電，充至截止條件後放置一小時，然後利用 $I_5$ 電流分別在室溫 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 、低溫 $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ 與高溫 $55 \pm 2^\circ\text{C}$ 條件下，放電至截止電壓，即可測得室溫、低溫與高溫下的餘能。有關充放電操作可參考中國國家標準「GB/T 31485-2015 電動汽車用動力蓄電池電性能要求及試驗方法」(中國國家標準化管理委員會，2015)。

該標準的檢測安全要求中，要求檢測過程應配備具有電池檢測知識的專業人員全程值守監控；檢測場所應配備消防設備；同時檢測過程應採取必要的絕緣措施，如絕緣手套、絕緣鞋、絕緣工具等。另外，不僅中國正在建立標準，Underwriters Laboratories (UL)公司也於2018年推出UL 1974二次利用電池安全評估標準(Evaluation for Repurposing Batteries)，其中簡述拆解規範及餘能量測(鍾獻慶 & 鄭耀宗，2019)。

## 6. 中國推動情形與分析

為迎接動力電池汰役高峰的到來，中國近年來推出了一系列關於汰役電池梯次利用的政策(表8)，並初步建立市場機制。政策中明定了汰役電池回收責任主體為汽車生產企業，其有

義務回收利用汰役電池。動力電池生產企業也需確實進行電池產品編碼制度，對動力電池執行全生命週期管理。為落實生產者責任延伸制度，動力電池生產企業不僅負責生產銷售，對動力電池的汰役與再利用同樣要負擔起責任。

中國工信部已經委託北京理工大學建置「新能源汽車國家監測與動力蓄電池回收利用溯源綜合管理平台」，並於2018年4月正式上線<sup>3</sup>。截至2019年7月，國家溯源管理平台中，在註冊企業方面，已經完成註冊的企業達到410家，其中中國國內企業401家、進口企業9家。但完成溯源資訊上傳的企業仍然相對較少，僅213家。在技術資訊公開方面，僅有33家企業完成技術指導資訊上傳，共計報送162種車型，其中26家企業將134種車型的回收相關技術資訊，透過企業官網、第三方網站(例如CAGDS<sup>4</sup>)等發布，完成資訊公開。在廠商代碼申請備案方面，已有339家中國國內動力電池企業、6家國外動力電池企業代理商、42家動力電池梯次利用企業完成了廠商代碼申請，開始使用一致的編碼規則進行動力電池編碼。目前動力電池企業備案數量變化不大，而梯次利用企業數量在不斷增長。可見動力電池梯次利用的產業發展趨勢呈現成長狀態。

電動汽車中四大鋰離子電池，磷酸鋰鐵電池、三元系鋰電池、鋰鈦電池、鋰錳電池在2016年的需求量比例為70%、26%、2%、2%，到了2017年則變為49%、45%、4%、2%。可見在2016年以前，新能源動力車以磷酸鋰鐵電池為主，因此在汰役初期，將有大量的汰役磷酸鋰鐵動力電池。隨著市場規模快速發展，三元系鋰電池的汰役量將與磷酸鋰鐵電池持平(劉興江，2018)。截至目前，梯次利用電池仍以磷酸鋰鐵電池為主，占比達到96%，主要應用在基地台備用電力領域(OFweek 新能源汽車網，

<sup>3</sup> 新能源汽車國家監測與動力蓄電池回收利用溯源綜合管理平台(北京理工大學電動車輛國家工程實驗室，2018)。網址：<https://www.evmam-tbrat.com/>。

<sup>4</sup> 中國汽車綠色拆解系統(China Automotive Green Dismantling System, CAGDS)。由中國汽車技術研究中心開發，於2013年8月28日正式上線。CAGDS是為汽車生產企業滿足國內外法規要求，落實生產者責任，對報廢、回收拆解企業提供技術支援和指導而建立的資訊平台。網址：<http://www.cagds.org>。

表8 2017年以來中國政府各部門汰役電池梯次利用相關政策(本研究整理)

發布時間	政策	推動部門	要點
2017.1	生產者責任延伸制度推行方案	國務院辦公廳	建立電動汽車動力電池回收利用體系，電動汽車生產企業和電池生產企業應負責建立汰役電池回收利用網絡；動力電池生產企業應實行產品編碼，建立全生命週期追溯系統(中國國務院辦公廳，2016)。
2017.1	新能源汽車生產企業及產品准入管理規則	工信部	新能源汽車生產企業應建立新能源汽車產品售後服務承諾制度，包括電池回收(中國工信部，2017)。
2017.2	促進汽車動力電池產業發展行動方案	工信部、發改委、科技部、財務部	落實「電動汽車動力蓄電池回收利用技術政策(2015年版)」(中國發改委等，2016)，適時發布新能源汽車動力電池回收利用管理辦法(中國工信部等，2017)。
2017.5	GB/T 33598-2017車用動力電池回收利用拆解規範	國家標準化管理委員會	首個動力電池回收利用的國家標準，明確指出回收拆解企業應具有相應的水準(中國國家標準化管理委員會，2017a)。
2017.7	GB/T 34013-2017 電動汽車用動力蓄電池產品規格尺寸	國家標準化管理委員會	將動力電池產品規格尺寸一致化和標準化，有利於提升市場集中度與降低製造成本，便於進行溯源管理與回收利用(中國國家標準化管理委員會，2017b)。
2017.7	GB/T 34014-2017汽車動力蓄電池編碼規則	國家標準化管理委員會	從事汽車動力電池(含梯次利用)生產、在中國銷售動力電池產品的企業，應通過汽車動力電池編碼備案系統申請廠商代碼，並備案規格代碼和追溯資訊代碼。企業必須按照規定使用編碼，並且建立產品編碼資料庫(中國國家標準化管理委員會，2017c)。
2017.7	GB/T 34015-2017車用動力電池回收利用餘能檢測	國家標準化管理委員會	規定了車用汰役動力電池餘能檢測的術語、定義、符號、檢測要求、檢測流程及檢測方法。適用於車用汰役鋰離子動力電池和鎳氫動力電池等電芯及模組的餘能檢測(中國國家標準化管理委員會，2017d)。
2018.2	新能源汽車動力蓄電池回收利用管理暫行辦法	工信部、科技部、環保部、交通部、商務部、質檢總局、能源局	明定了動力電池回收責任主體是汽車生產企業。展開動力電池全生命週期管理，推動市場機制和回收利用模式創新(中國節能與綜合利用司，2018b)。
2018.3	關於組織開展新能源汽車動力蓄電池回收利用試點工作	工信部、科技部、環保部、交通部、商務部、質檢總局、能源局	落實生產者責任延伸制度，建構回收利用體系，探索多樣化商業模式，推動梯次利用的規模化和智慧化，推動技術的創新與應用，建立完善的政策激勵機制(中國工信部等，2018)。
2018.8	新能源汽車動力蓄電池回收利用溯源管理暫行規定	工信部	建立溯源管理平台，對動力電池生產、銷售、使用、報廢、回收、利用等過程進行資訊採集，對各環節履行回收利用責任情況實施監控(中國工信部，2018)。
2019.2	關於加強綠色數據中心建設的指導意見	工信部、國家機關事務管理局、能源局	在滿足可靠度要求的前提下，使用梯次利用動力電池作為數據中心消峰填谷的儲能電池應用(中國工信部等，2019)。

2019)。另外，根據目前市場趨勢及中國對動力電池能量密度的要求，未來三元系鋰電池的市場佔有量很可能超過磷酸鋰鐵電池。

當前的動力電池梯次利用技術尚不成熟，導致在汰役電池的拆解、可用模組檢測、挑選、重組等方面的成本居高，相對於新電池而言性價比不高。將汰役電池梯次利用，不僅需要監測電池電壓、內阻、溫度等，還要通過充放電曲線計算電池的目前容量，對電池健康狀態做出評估。為保證電池的一致性和壽命，需要對電池進行平衡處理，此過程將耗費大量人力、設備、及時間成本。目前對汰役電池梯次利用布局的企業主要有寧德時代、比亞迪、中興派能、中航鋰電、中天儲能等。

中國鐵塔目前的梯次利用進展快速，也帶動其他廠商跟進。由2015年，中國鐵塔就開始汰役動力電池的回收及循環利用，並在黑龍江、天津等9個省是建立了57個汰役電池梯次利用測試站。2017年啟動大規模測試，陸續在廣東、福建、浙江、上海等12個省市展開電池替換鉛酸電池的測試。2018年初又與重慶長安、比亞迪、銀龍新能源、沃特瑪、國軒高科等16家新能源企業簽定新能源汽車動力電池回收利用戰略夥伴協議(中國節能與綜合利用司，2018a)。2019年，更成立湖南、四川兩大動力電池回收利用產業聯盟(中國儲能網新聞中心，2019b)。

中國國家電網在北京建設100 kWh梯次利用鋰錳電池儲能示範系統，在張北建設1 MWh梯次利用磷酸鋰鐵電池儲能示範系統，驗證儲能領域梯次利用的可行性。同時，組建汰役電池分選評估技術平台，制定電池配組技術規範，研製高效可靠的電池管理系統。此外，北京匠芯研發梯次利用儲能系統，北京普萊德與北汽合作實施儲能電站項目、集裝箱式儲能項目等。深圳比亞迪、國軒高科等企業利用汰役電池，生產用於備電領域的梯次利用電池產品。無錫格林美與順豐公司探索將梯次利用電池用於城市物流車輛；中天鴻鋰等通過以租代

售模式推動梯次利用電池在環衛、觀光等車輛應用(鋰電網，2019)。許多公司在汰役電池的梯次利用上也有不同的布局與進展(表9)。

目前中國在動力電池回收利用的推動並沒有處罰機制，係採用輔導與鼓勵的方式。2019年1月，中國工信部副部長辛國斌在中國汽車動力電池產業創新聯盟年度會議暨動力電池協同創新研討會中，分析當前動力電池產業發展現狀，指出產業面臨的挑戰(辛國斌，2019)。辛副部長指出動力電池回收利用管理體系有待完善，在分選重組、性能評價、拆解處理等方面缺乏技術支撐，現階段開展的示範工程投資回報週期較長，而成熟可推廣的商業模式則尚未成形。

動力電池梯次利用現階段面臨的最大問題在於成本，根據中國電池聯盟的分析，以一個3 MW × 3 h的儲能系統為例，在考慮投資成本、營運費用、充電成本、財務費用等因素後，採用梯次利用電池的儲能系統，其綜合度電成本在1.29元人民幣/kWh，而採用全新鋰電池則成本在0.71元人民幣/kWh。可見梯次利用電池成本明顯高於新電池，主要原因在於技術尚未成熟，導致在汰役電池的拆解、可用模組檢測、挑選、重組等方面的成本較高。同時，也由於梯次利用電池的一致性較差，需要再採購相關設備來加強系統穩定性。若政府可對梯次電池儲能系統進行1,200元人民幣/kWh的生產補助，則系統的綜合度電成本將可降至0.70元人民幣/kWh(中國儲能網新聞中心，2017b)。另外，相對於不同地區的工商業峰谷電價差，碳鉛電池、抽水蓄能其綜合度電成本(已接近0.4元人民幣/kWh)低於大部分地區的峰谷電價差，而具有了一定的經濟性。全新鋰電池儲能則對於部分地區的一般工商業企業具有經濟性。而梯次利用電池儲能若缺少了政府補助，則在所有區域均不具經濟性(中國報告網，2018)。

儘管動力電池梯次利用的成本居高，隨著生產者責任制的推行及電池行業標準逐漸建立，回收鋰電池的一致性可望得到提升，而回

表9 中國主要公司的汰役電池梯次利用狀況進展(本研究整理)

公司	梯次利用狀況
中國鐵塔	2018年底，已在中國31個省市約12萬個基地台使用梯次電池約1.31 GWh，替代鉛酸電池約4.5萬噸，相當於3.3萬輛電動車的汰役電池。並與中國一汽、上汽集團等11家汽車生產企業合作建構回收管道，並在上海、湖北、廣東等地率先實施。與再生利用企業合作優化汰役動力電池回收利用流程，確保報廢梯次利用電池的集中回收和無害化處置。同時，與中國郵政、商業銀行、國網電動車等企業合作研究將梯次利用電池應用在機房備用電源、電網消峰填谷(許崇誠等，2019)、新能源發電及電力動態擴容等方面，並正在甘肅河西地區進行15 MWh太陽能發電梯次利用、10 MWh風力發電梯次利用等試驗計畫，提升梯次利用綜合效率。2019年，將繼續擴大電池梯次利用規模，預計應用梯次電池約5 GWh，可替換鉛酸電池15萬噸，消化汰役動力電池超過5萬噸(方傾燃，2019；高工鋰電網，2019b)。
寧德時代	回收體系建設方面，與宇通、上汽、北汽、吉利等車汽展開合作回收汰役動力電池，並將其改造用於儲能(李陽，2019)。材料回收方面，與湖南邦普合作，通過對動力電池分類、拆解、進行材料回收(高工鋰電網，2017b)。
比亞迪	2018年1月，與中國鐵塔公司簽訂新能源動力電池回收利用戰略合作夥伴協議。並採用委託授權經銷商將汰役動力電池運到寶龍工廠進行梯次利用(高工鋰電網，2019a)。
中興派能	布局互聯網家庭用戶側的儲能使用，以實現主動的梯次利用(游保平，2015)。
中航鋰電	建設中國首套磷酸鋰鐵動力電池回收式產線，其技術研究院設有梯次利用研究室。研究對動力電池的回收利用，包括汰役電池回收產業化技術、全體系通用化電池回收處理技術、電解液收集及無害化處理技術、電池材料循環再利用技術(許博，2016)。採用框架式低成本結構設計的梯次利用電池，已應用於鐵塔公司通訊基地站的移動電源系統上，並分別在河南洛陽和四川眉山兩個地區試用(高工鋰電網，2017a)。
中天儲能	評估電動大巴汰役電池是第一批梯次利用對象，並且積極布局(高工電動車網，2016)。
中天鴻鋰	使用「以租代售」的商業模式來進行汰役電池的回收拆解、梯次利用與再生利用。2018年梯次利用電池組出貨量達5萬組(高工鋰電網，2019c)。
國軒高科	2012年，進行了1.3 MW和4.4 MW貨櫃式儲能系統的梯次利用計畫(鋰電大數據，2017)。2017年8月，其全資子公司合肥國軒和蘭州金川共同設立合資公司，從事鋰電回收再利用業務(中國電池網，2017)。2018年1月，國軒高科與中國鐵塔公司簽訂了關於新能源汽車動力電池回收利用合作夥伴協議。2018年6月，國軒高科與安徽巡鷹新能源科技有限公司達成戰略合作，雙方將各自發揮在鋰電領域的資源優勢，共同深耕動力電池回收梯次利用(高工鋰電網，2018b)。
煦達新能源	2017年9月，成功運行中國首套MWh級工商業梯次利用電池儲能系統，系統成本進入1元人民幣/Wh時代。該計畫的峰谷價差為0.78元人民幣/kWh，計畫自運行以來，每天產生大約625元人民幣的峰谷價差收益，預計5年可回收投資成本。儲能系統預期壽命達8~10年，投資收益率預期在12%以上，使用戶側儲能真正具有了消峰填谷的商業推廣價值(中國儲能網新聞中心，2017a)。
科華恆盛	2017年，和南方電網廣州供電局共同嘗試將變電站汰役電池作為儲能電站進行梯次利用，建成廣州白兔變電站汰役電池梯次利用儲能示範工程。第一期建設包括30套儲能系統，系統設計共5個儲能貨櫃，實現了近30個變電站汰役電池的「再上崗」(中國儲能網新聞中心，2018)。
超威動力	自2010年起，發展「一度電標準模塊」。藉以提高汰役電池使用率(中國儲能網新聞中心，2016)。
沃特瑪	2012年，利用汰役電動汽車動力電池，建成一座3 MW磷酸鋰鐵電池儲能站。並利用其生產工藝、高效回收電池中鈷、鎳、錳、鋰等有價金屬，實現從汰役電池到電池材料的「定向循環」，形成了從動力電池製造、整車使用到動力電池梯次利用到材料回收的循環體系(電池中國網，2017)。

欣旺達	2017年，與南方電網共同進行「梯次利用電池壽命及模式分析」科研計畫。在梯次利用電池的壽命、應用模式和商業模式方面展開研究(欣旺達電子股份有限公司，2018)。2018年，參與了國家重大特別計畫「梯次利用動力電池規模化工程應用關鍵技術」(高工鋰電網，2019d)。
格林美	2018年，格林美在全國已經建立6個拆解回收中心，其中武漢和無錫是集團公司的兩個動力電池梯次利用中心(高工鋰電網，2018a)。2019年6月，格林美與產業鏈上下游合作，共同在河北黃驊實施了北汽騰龍動力電池梯次利用及資源化計畫。該計畫分兩期完成，第一期為汰役動力電池梯次利用計畫，規劃總產能為10.5 GWh/年，第二期為廢舊動力電池資源化計畫，目的在提取鈷、鎳、錳、鋰等有價金屬用以生產三元電池正極材料。廢舊電池處理規模估計約10萬噸/年。項目計畫總投資額為12億元人民幣。項目達成後，年銷量收入可達30億元人民幣(中國儲能網新聞中心，2019a)。
比克電池	2015年，投資2億元人民幣，執行「廢舊新能源汽車拆解及回收再利用」計畫(高工鋰電網，2015)。2019年，與南方電網聯手建立梯次電池儲能電站，該計畫使用磷酸鋰鐵和三元系鋰電池併用儲能，其裝機容量為2 MW/7.2 MWh。該計畫提供中國首個電池整組梯次利用測試。不拆解電池組，而是直接進行整組梯次利用，若可行，是性價比很高的一種應用方式。畢竟電池模組拆開單獨檢測的成本很高(周小颺，2019；武曉娟，2019)。
科陸電子	與威馬汽車簽署協議，在全國範圍內推動梯次利用電池儲能系統應用，並將於後期進行儲能項目營運(中國電工網，2019)。
北汽新能源	2016年，與新鄉電池研究院成立北京匠芯電池科技有限公司，從事梯次利用和新體系電芯開發(天津日報，2017)。
杉杉股份	2016年，聯和投資成立北京杉杉凱勵新能源科技有限公司，通過產業合作模式，開展應用於鐵塔通訊基地站的動力電池梯次利用(寧波杉杉股份有限公司，2017)。

註：因中美貿易戰之關係，近三年的美元對人民幣匯率為6.21~7.18之間，若要將人民幣進行換算，則會產生不小的誤差，故直接以人民幣表示。

收行業逐漸系統化及規模化，將導致邊際成本的降低，加之電池價格的下降趨勢也造成梯次利用成本降低，回收汰役電池進行梯次利用將具備經濟性。此外，政府單位及各大企業也逐漸展開動力電池的梯次利用，隨著中國國內汰役高峰期的到來，其電池梯次利用將得到進一步發展。

## 7. 我國現況與分析

環保署因為擔心電池中的有價金屬可能會污染環境，1998年起開始推動廢電池回收政策，每年投入1億4,000萬元以上的經費，年回收量約有4,000噸，回收率為40~50%(王良博等，2018)。環保署採用的回收清除處理費

率，其中一次鋰電池為207元/kg，二次鋰電池為39元/kg(行政院環境保護署，2016)，鉛酸電池為1.53元/kg(行政院環境保護署，2011)。目前鉛酸電池的回收利用最為成功，回收率超過90%，2018年回收總處理量高達74,500公噸，其經處理後，回收原料鉛達5,900公噸、煉製出鉛錠約4,600公噸，電池外殼的塑膠，也再製成455公噸的塑膠二次原料，再生料其重量所占總處理重量的比率更在85%以上，合計產值近31億元(回收綠報報R-Paper，2019)。至於碳鋅、鋰離子與鎳氫電池，由於體積小容易被丟棄，回收率較差，回收後主要送到國外處理。

目前我國電動車主要是電動機車，2017年銷售四萬多輛，2018年為八萬多輛(工業局，2018)<sup>5</sup>；其次是電動巴士，2018年累積將近

<sup>5</sup>經濟部工業局於電動機車產業網，每天即時更新歷年累計及當年度消費者購車數量。網址：<https://www.lev.org.tw/default.asp>。

<sup>6</sup>相關數據可查詢交通部統計查詢網。網址：<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100>。

四百輛(林芬卉, 2018)<sup>6</sup>；其餘是一些遊園車、農產物流車、搬運車、自行車、堆高機、高爾夫球車、電動船、碰碰車、電動壓縮垃圾車等，至於電動車輛的數量還不多；有些進口的混合電動車與特斯拉的電動車。這些電動車輛的電池容量隨品牌而不同，機車大約是1~3 kWh，而巴士約為70~250 kWh (Atkinson, 2018；李逸涵, 2019)。根據政府在2017年12月的政策，我國在2018年起，逐步將現行的一萬輛公車全面更換為電動車，2030年新購公車、公務車全面電動化，2035年新售機車全面電動化，2040年新售汽車全面電動化(吳元熙, 2017)。目前雖然電動車規模與數量仍少，汰役電池不多，但是隨著政策的推動，未來數量將會大幅成長，成為一個需要解決的問題。

中科院於2014年開始執行，於小金門東坑社區建置50 kW太陽能發電機、4 kW小型風力發電機及儲電150 kWh的微型電網，結合軍民通用的智慧電網與儲電系統，該系統導入汰役磷酸鋰鐵電池，藉此運行獲得汰役電池測試數據，驗證電池關鍵技術及臺灣電動巴士的汰役電池重組(呂學隆, 2018a；謝惠子, 2018)。中科院曾經開發汰役與退役電池回收利用技術，透過電池管理技術，延長使用年限及效率，然後應用於儲能系統，並且獲得國家新創獎(楊睦雄等, 2017)。中科院在2016年，將裕隆公司納智傑多功能電動休旅車的汰役電池模組，運用分級、分容篩選技術，組成8.5 kWh家用型儲能機組，用在高雄日光小林村進行場域驗證(楊睦雄等, 2017)，已實證汰役電池適合應用於儲能產業外，還可拓展到中、低速電動載具使用(厲文誠, 2013)。中科院也與工研院、高雄市政府、金門縣政府、能源屋、中興電工、台達電、非凡能源、冠宇宙等廠商共同進行計畫，發展區域型分散式儲電系統，汰役電池轉用技術，有效降低儲電成本，推廣家庭型或社區型儲電系統於偏遠社區應用，克服併網容量20%的上限，並積極布局於海外市場(經濟部技術處, 2017)。

目前國內有關車用動力鋰電池能夠回收利用的廠商很少，以前日友環保旗下的智鵬科技曾與工研院合作，開發廢乾電池回收再生製程，後來因不具經濟規模而關閉。光洋應材擁有廢觸媒回收再生有價金屬生產能力，如果未來廢鋰電池數量足夠時，可能轉為經營電池再生利用的廠商(陳玉鳳, 2015)。

中科院邀請電池供應、測試、設備開發、機電整合、系統監控、產品應用等廠商，於2014年5月，成立「汰役鋰電池組再轉用產業聯盟」，將共同合作進行電動車用電池作梯次利用，提升電池管理技術，延長電池使用年限及效率，並應用於儲能系統(rheatsao, 2014；中山科學研究院, 2014；陳怡潔, 2014；葉圳轍, 2014)。車王電子於2018年10月與日本住友商事再生服務事業簽署「電動商用車暨除役電池應用開發合作備忘錄」，將透過住友商事將日本日產汽車汰役電池引進臺灣，應用在欣欣客運木柵場站、南臺灣客運電動巴士場站儲電設備。車王電子也會透過日本住友，將汰役電池儲能設備銷往日本，應用在電動堆高機(吳青常, 2018；沈美幸, 2018)。

臺灣電池協會理事長李桐進於2018年續任時表示，將推動鋰電池循環經濟發展，建立汰役電池回收處理平台，並結合環保署、再生處理工會、資源回收工會等，共同舉辦活動，宣導推動建立臺灣廢鋰電池回收機制，初期規劃輔導全臺一百個以上回收點，不僅可將電動車續航力不足的汰役鋰電池，轉用於儲能系統，大幅降低儲能系統投資回收期，並提升業者的再生處理能力，讓臺灣鋰電池回收處理業務接軌國際(張秉鳳, 2018)。

我國政府各部門近年來的汰役電池梯次利用方面，相關計畫於基礎研究、技術發展、應用層面、示範運行等均有補助(表10)。計畫總額自2013年以來到現在已超過10億元，其中絕大部分為經濟部技術處委託中科院進行研究，總額達9億7,000萬元。中科院在鋰電池上不只專注於汰役電池梯次利用，同時也整合動力電

表10 我國政府各部門近年來的汰役電池梯次利用相關計畫

年度	名稱	執行單位	主管機關	研究方式	研究性質
2013	下世代儲電元件與系統技術開發計畫(3/3)	中科院	經濟部技術處	補助研究	技術發展
2013	二次利用智慧電網家庭儲能系統開發計畫	新普科技股份有限公司	經濟部能源局	補助研究	技術發展
2014	大型儲電元件與系統技術開發(1/3)	中科院	經濟部技術處	補助研究	技術發展
2015	大型鋰電池元件與儲電技術(2/3)	中科院	經濟部技術處	補助研究	技術發展
2015	鋰電池歷程相關預後評估技術之研究	亞東技術學院	科技部	學術補助	應用研究
2015	電動車汰役電池再利用之研究	中山大學	科技部	學術補助	技術發展
2016	大型鋰電池元件與儲電技術(3/3)	中科院	經濟部技術處	補助研究	技術發展
2016	汰役電池應用於無線通訊基地台備用電源之研究	中山大學	科技部	學術補助	基礎研究
2017	汰役電池儲能控制技術	逢甲大學	科技部	學術補助	技術發展
2017	廢鋰電池資源循環Total Solution (I)	成功大學	科技部	學術補助	技術發展
2017	綠電節能技術應用於魚塢養殖之不斷電系統與回收電池儲能備用系統之開發	崑山科技大學	科技部	學術補助	應用研究
2018	混合式儲能系統與雲端分散式能源管理平台技術開發	中山大學	科技部	學術補助	應用研究
2018	長壽命高能量鋰電池應用系統關鍵技術開發計畫(2/4)	中科院	經濟部技術處	補助研究	技術發展
2018	廢鋰電池資源循環Total Solution (II)	成功大學	科技部	學術補助	技術發展
2018	創新型家用儲能機組技術開發與驗證計畫	非凡能源科技股份有限公司	經濟部能源局	補助研究	技術發展
2019	太陽光電結合汰役鋰電池儲能系統設計與開發	勤益科技大學	科技部	學術補助	技術發展
2019	利用汰役電池之一體式充電器設計與綠能充電站儲能實現	虎尾科技大學	科技部	學術補助	應用研究
2019	廢鋰電池資源循環Total Solution (III)	成功大學	科技部	學術補助	技術發展

資料來源：政府研究資訊系統GRB (網址：<https://www.grb.gov.tw>)。

池、高安全高能量密度材料、高分歧寡聚物 (Self-Terminated Oligomers with Hyper Branched Architecture, STOBA)、固態電解質、表面改質、極板結構、混合電力監控調度模組、易維護單元電池組、儲電系統、智慧電網、電力系統智慧管理系統、加速壽命預測等基礎材料研究及應用技術開發。其他計畫案則著重於將汰役電池梯次利用於無線通訊基地台備用電源、智慧電網家庭儲能系統、魚塢養殖之不斷電系

統、綠能充電站儲能系統等應用層面上。

2017年的815全臺大停電造成大規模無預警停電，全臺灣共17個直轄市、縣市共約592萬戶用電受到影響(PanSci, 2018；Yu, 2017；Yu & Kao, 2017)。該停電不僅暴露了臺灣電力不足的問題，再生能源併網供電再度被提出來當作解決方案之一。大量再生能源併網雖能抑制尖峰用電，但因風力能及太陽能等間歇性再生能源易受天候環境變動的影響，其預測與實際發

電量間的誤差將增加運轉調度的難度及額外的運轉成本。為了降低誤差率、維持系統頻率、穩定電網供電，具備能迅速啟動的電池儲能系統成為了關鍵配套，並且、綠電結合儲能的混合型系統將是未來重要的經濟成長主力之一(張嘉諳等，2014；葉貞君等，2016；劉玉章等，2015)。今年四月份立法院三讀通過再生能源發展條例，將儲能系統正式定義為再生能源發電設備。並規範用電大戶要設置一定比例的再生能源發電(包括裝設再生能源、儲能設備、購買綠電與綠電憑證、繳納代金四種方式)，若以契約容量大於800 kW的業者為對象，估計五、六千家企業受到影響。獎勵部分則包括新再生能源發電設備及儲能的研發，以及合作社、社區公開募集的公民電廠、原住民族地區的再生能源與儲能設備(立法院，2019；陳文姿，2019)。由此可見，在政策上儲能系統的需求缺口已被打開，加大了汰役電池的應用市場。

1970年左右，M. Stanley Whittingham為發展無石化燃料的能源科技，開始研究超導，誤打誤撞地開發出使用二硫化鈦( $TiS_2$ )當作陰極的鋰電池(電壓2.5 V)(Whittingham, 1974, 1975, 1976, 1978, 2012；Whittingham & Gamble, 1975)。但陽極的金屬鋰由於反應激烈，容易爆炸。而樹枝狀結晶容易發生在金屬鋰上，造成短路，導致鋰電池無法商業化。John B. Goodenough預測使用金屬氧化物來做為陰極會比金屬硫化物穩定，經過系統化的研究，在1980年時，展示了嵌入鋰離子的二氧化鈷( $CoO_2$ )，可製作出電壓達4 V的鋰離子電池(Goodenough & Mizushima, 1982；Mizushima *et al.*, 1980)。1985年，在Goodenough的研究基礎上，Akira Yoshino製作出第一個可商業化的鋰離子電池。他在陽極使用石油焦(一種碳材料)替代了激烈的金屬鋰，可嵌入鋰離子<sup>7</sup>(Yoshino *et al.*, 1985, 1987)。離子電池的優勢自此展現出

來，其電流的產生並非基於破壞電極的化學反應，而是鋰離子在陽極跟陰極間的非破壞性流動，因此其循環壽命較鉛酸電池長上許多。鋰離子電池於1991年正式進入市場(Nishi, 2001)，變革了我們的生活，帶我們進入一個無線、無石化燃料的社會。2019年諾貝爾化學獎，於10月9日頒發給Goodenough, Whittingham, Yoshino等人，以表彰他們在鋰離子電池發展及改變人類生活的重大貢獻(Castelvecchi & Stoye, 2019；Davis & Devlin, 2019；Guy, 2019；Nobel Prize organisation, 2019；Rincon, 2019；Science News Staff, 2019)。鋰離子電池的商業應用，由可攜式3C產品、到小型動力車輛及離網型儲能系統，及至大型動力車輛及併網型儲能系統等應用。縱觀整個鋰離子電池發展史，已從學術發想、商業化應用、到改變人類生活。現在我們正走在動力電池的梯次利用進程上，望各位共同努力！

## 8. 結論與建議

近年來全球主要國家都在積極推動電動車輛，同時紛紛宣布未來將禁止銷售燃油車輛，因此汰役電池的回收利用即將成為重要的新興產業，並有可觀的商機。由於動力電池回收尚屬於萌芽中的產業，因此各國政府、研究機構與產業界都在研究、探討並且進行示範運行。目前中國已率先提出政策、法規、標準與制度，並且開始實際嘗試與推動。儘管這些法規與標準都還要持續檢討與改進，但仍然值得我們學習與借鏡。

中國近年努力推廣電動車輛，已經獲得相當成果與績效，電池與電動車輛技術與產業也日趨成熟。臺灣廠商在中國的發展也逐漸投向電池與零組件產業，但由於臺商歸屬於外商，不易取得中國政府的補助、獎勵與推廣。建議

<sup>7</sup>近年來，奈米及低維材料的進展迅速，例如：石墨烯(Chung *et al.*, 2016a；Chung *et al.*, 2011；Chung *et al.*, 2016b；Chung *et al.*, 2013；Chung *et al.*, 2014；Chung *et al.*, 2010；Hu *et al.*, 2013；Novoselov *et al.*, 2004；Novoselov *et al.*, 2005；李連忠等，2014)及其他二維材料(Bhimanapati *et al.*, 2015；Chung *et al.*, 2019；Liu *et al.*, 2014；Matthes *et al.*, 2013)都有快速的發展，為下一代鋰離子電池的材料提供不少選擇。

兩國應加強產業合作，尤其是電動車輛產業，培養臺灣與臺商的產品發展與推廣應用。

我國已經開始推動電動機車與電動巴士，並宣布電動車輛全面化的推動時程，因此即將面臨汰役電池的回收利用問題，配套政策與產業鏈的建立刻不容緩。因應此趨勢，應該開始研究汰役電池回收利用的相關政策、法規、標準與制度，也需要開始輔導產業與教育民眾，以邁入電動車輛全面化與汰役電池回收利用的時代。

## 致 謝

本文承經濟部能源局之能源科技專案計畫補助(契約編號：107-D0720)，相關研究分析乃得以順利進行，特此誌謝。同時感謝陳騏恩(Eric Chen)於相關主題上的討論。

## 參考文獻

- 丁一金、宋強與劉文華，2011。大容量鏈式電池儲能系統及其充放電均衡控制，*電力自動化設備*，31，6。
- 丁明、陳忠、蘇建徽、陳中、吳建鋒與朱承治，2013。可再生能源發電中的電池儲能系統綜述，*電力系統自動化*，37，19，DOI: [10.7500/AEPS201210106](https://doi.org/10.7500/AEPS201210106)。
- 工業局，2018。工業局107年推動電動機車突破4萬輛，較去年同期大幅成長2倍。資料取自工業局 [https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu\\_id=40&news\\_id=80134](https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=80134)。
- 中山科學研究院，2014。鋰電池二次應用臺廠合作。資料取自中山科學研究院 <http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/productRelated.aspx?id=333>。
- 中國工信部，2016。新能源汽車廢舊動力蓄電池綜合利用行業規範條件(工信部公告2016年第6號)。資料取自中國政府網 <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n4509607/c5360250/content.html>。
- 中國工信部，2017。新能源汽車生產企業及產品准入管理規定(工信部令第39號)。資料取自中國政府網 <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757018/c5466114/content.html>。
- 中國工信部，2018。新能源汽車動力蓄電池回收利用溯源管理暫行規定。資料取自中國政府網 <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1146592/n3917132/n4061768/c6245200/content.html>。
- 中國工信部、中國科技部、中國環保部、中國交通部、中國商務部、中國質檢總局與中國能源局，2018。七部門關於做好新能源汽車動力蓄電池回收利用試點工作的通知(工信部聯節(2018)134號)。資料取自中國政府網 [http://www.gov.cn/xinwen/2018-07/26/content\\_5309433.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2018-07/26/content_5309433.htm)。
- 中國工信部、中國國家機關事務管理局與中國能源局，2019。三部門關於加強綠色數據中心建設的指導意見(工信部聯節(2019)24號)。資料取自中國政府網 [http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/xinwen/2019-02/14/content\\_5365516.htm](http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/xinwen/2019-02/14/content_5365516.htm)。
- 中國工信部、中國發改委、中國科技部與中國財政部，2017。四部委關於印發《促進汽車動力電池產業發展行動方案》的通知(工信部聯裝(2017)29號)。資料取自中國政府網 <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757018/c5505456/content.html>。
- 中國汽車技術研究中心有限公司，2018。新能源汽車國家監測與動力蓄電池回收利用溯源綜合管理平台在京啟動，*中國汽車技術研究中心有限公司-中心通訊*，6。資料取自 <http://www.catarc.ac.cn/upload/www/201809/111630242gdm.pdf>。

- 中國汽車技術研究中心有限公司資料資源中心，2018。新能源汽車動力蓄電池回收利用管理暫行辦法及新能源汽車動力蓄電池回收利用溯源管理暫行規定解讀。
- 中國國家標準化管理委員會，2000。GB/T 18284-2000快速響應矩陣碼(QR Code)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=452EB59E906021D3BEA11419CA96FA9A>。
- 中國國家標準化管理委員會，2001。GB/T 18347-2001 128條碼(Code 128)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=0BCD55B8A55B2922C0FFD40FEE3CD79>。
- 中國國家標準化管理委員會，2014。GB/T 15425-2014商品條碼128條碼(Bar Code for Commodity - 128 Bar Code)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=AF88702439737AB50E248CC1A6B706C2>。
- 中國國家標準化管理委員會，2015。GB/T 31486-2015電動汽車用動力蓄電池電性能要求及試驗方法(Electrical Performance Requirements and Test Methods for Traction Battery of Electric Vehicle)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=C6710DC541FB39A797587D74805D7425>。
- 中國國家標準化管理委員會，2017a。GB/T 33598-2017車用動力電池回收利用拆解規範(Recycling of Traction Battery Used in Electric Vehicle - Dismantling Specification)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=6F377279B21A21DF3BC36069272F9970>。
- 中國國家標準化管理委員會，2017b。GB/T 34013-2017電動汽車用動力蓄電池產品規格尺寸(Dimension of Traction Battery for Electric Vehicles)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=649BA022374AF0C35EF13CFB826CD106>。
- 中國國家標準化管理委員會，2017c。GB/T 34014-2017汽車動力蓄電池編碼規則(Coding Regulation for Automotive Traction Battery)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=60E981B01DE41613119F9C788AE3EAE4>。
- 中國國家標準化管理委員會，2017d。GB/T 34015-2017車用動力電池回收利用餘能檢測(Recycling of Traction Battery Used in Electric Vehicle - Test of Residual Capacity)。資料取自 <http://www.gb688.cn/bzgz/gb/newGbInfo?hcno=A62FD663BD4648CC1C026D8AEBCEE762>。
- 中國國務院辦公廳，2016。國務院辦公廳關於印發生產者責任延伸制度推行方案的通知(國辦發(2016)99號)。資料取自中國政府網 [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-01/03/content\\_5156043.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-01/03/content_5156043.htm)。
- 中國報告網，2018。2018年中國動力電池回收行業梯次利用應用領域及相關鼓勵政策分析。資料取自中國報告網 <http://free.chinabaogao.com/dianli/201803/03I23GR018.html>。
- 中國發改委、中國工信部、中國環保部、中國商務部與中國質檢總局，2016。中國發改委公告(2016年第2號)。資料取自中國發改委 [http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbgg/201601/t20160128\\_773250.html](http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbgg/201601/t20160128_773250.html)。
- 中國節能與綜合利用司，2018a。中國鐵塔公司等17家企業簽定新能源汽車動力蓄電池回收利用戰略合作夥伴協議。資料取自中國政府網 <http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/n1146440/c6005026/content.html>。
- 中國節能與綜合利用司，2018b。新能源汽車動力蓄電池回收利用管理暫行辦法(工信部聯節(2018)43號)。資料取自 <https://www.evmam-tbrat.com/newsdetail.ftl?id=7b720eda>

- [2b484fcc8b7fe9f89e65e38d](http://www.chinaet.net/news/201902/107663.html)。
- 中國電工網，2019。科陸電子攜手威馬汽車展開合作。資料取自中國電工網 <http://www.chinaet.net/news/201902/107663.html>。
- 中國電池網，2017。投資超10億！國軒高科擬設三元材料前驅體及電池回收合資公司。資料取自中國電池網 <http://www.itdcw.com/news/focus/0S1R4C2017.html>。
- 中國電池聯盟，2018。《動力電池回收利用行業報告(2018)》發布：2020年市場規模將達65億元。資料取自北極星儲能網 <http://chuneng.bjx.com.cn/news/20180412/891430.shtml>。
- 中國儲能網新聞中心，2016。詳解超威集團“一度電標準模塊”。資料取自中國儲能網 <http://www.escn.com.cn/news/show-353137.html>。
- 中國儲能網新聞中心，2017a。煦達新能源：國內首套MWh級梯次利用工商業儲能系統項目成功投運。資料取自中國儲能網 <http://www.escn.com.cn/news/show-459666.html>。
- 中國儲能網新聞中心，2017b。儲能產業發展及動力電池回收梯次利用的機遇與挑戰。資料取自中國儲能網 <http://www.escn.com.cn/news/show-618725.html>。
- 中國儲能網新聞中心，2018。國內首例“變電站退役電池梯次利用”科華恆盛煥發能源新活力。資料取自中國儲能網 <http://www.escn.com.cn/news/show-508052.html>。
- 中國儲能網新聞中心，2019a。北汽/格林美/廈門鎢業等共建動力電池梯次利用項目。資料取自中國儲能網 <http://www.escn.com.cn/news/show-739258.html>。
- 中國儲能網新聞中心，2019b。推進電池梯次利用！中國鐵塔牽頭成立湖南、四川兩大動力電池回收利用產業聯盟。資料取自中國儲能網 <http://www.escn.com.cn/news/show-755006.html>。
- 天津日報，2017。北汽新能源發布“擎天柱計畫”五年內建3000座光儲換電站。資料取自天津市發展和改革委員會 [http://fzgg.tj.gov.cn/fzgggz/xdfwy/201711/t20171107\\_67353.shtml](http://fzgg.tj.gov.cn/fzgggz/xdfwy/201711/t20171107_67353.shtml)。
- 方傾燃，2019。退役動力鋰電池開始蠶食鉛酸電池市場 但儲能市場撼得動嗎？資料取自電池中國網 <http://m.cbea.com/djgc/201902/669965.html>。
- 王良博、楊穎婷與黃瑛琦，2018。廢電池政策推動20年回收率不到50%。資料取自小世界周報 <http://shuj.shu.edu.tw/blog/2018/12/02/%E5%BB%A2%E9%9B%BB%E6%B1%A0%E6%94%BF%E7%AD%96%E6%8E%A8%E5%8B%9520%E5%B9%B4-%E5%9B%9E%E6%94%B6%E7%8E%87%E4%B8%8D%E5%88%B050/>。
- 王松岑、來小康與程時杰，2013。大規模儲能技術在電力系統中的應用前景分析，*電力系統自動化*，37，3，DOI: [10.7500/AEPS201209150](https://doi.org/10.7500/AEPS201209150)。
- 北京理工大學電動車輛國家工程實驗室，2018。新能源汽車國家監測與動力蓄電池回收利用溯源綜合管理平台。資料取自 <https://www.evmam-tbrat.com/>。
- 甘江華、劉懷照、陳世鋒、徐武鋒、盧高慶、許紅英…等與張超鋒，2017。梯次利用電池的中型儲能系統工程方案設計，*電器與能效管理技術*(13)，82。
- 白愷、李娜、范茂松、徐彭亮、董文琦與龔宇，2017。大容量梯次利用電池儲能系統工程技術路線研究，*華北電力技術*(3)，39。
- 立法院，2019。再生能源發展條例。資料取自全國法規資料庫 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0130032>。
- 回收綠報R-Paper，2019。發電好幫手—「廢鉛蓄電池」的再生精煉之旅。資料取自The News Lens關鍵評論 <https://www.thenewslens.com/article/119982>。

- 朱廣燕、劉三兵、海濱與陳效華，2015。動力電池回收及梯次利用研究現狀，*電源技術* (7)，1564。
- 行政院環境保護署，2011。鉛蓄電池回收清除處理費費率(環署基字第1000032835號)。資料取自 <https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=GL006391>。
- 行政院環境保護署，2016。乾電池回收清除處理費費率修正總說明。資料取自 <https://oaout.epa.gov.tw/law/Download.ashx?FileID=29371>。
- 吳元熙，2017。賴揆拍板2040年汽機車全面電動化，臺灣最大考驗是什麼？資料取自數位時代 <https://www.bnext.com.tw/article/47549/taiwanese-government-announced-dateline-for-prohibit-fuel-vehicles-from-2035>。
- 吳青常，2018。車王電攜手日臺住友 布局全球電巴暨儲能市場。資料取自經濟日報 <https://money.udn.com/money/story/5722/3474548>。
- 吳越、裴鋒、賈露路與田旭，2014。從廢舊磷酸鐵鋰電池中回收鋁、鐵和鋰，*電源技術* (4)，629。
- 呂學隆，2018a。臺灣電網用儲能產業發展回顧與展望，*電力電子*，16(6)，79。
- 呂學隆，2018b。全球鋰離子二次電池市場及其相關技術的關鍵問題及未來發展。資料取自CIBF2018-第十三屆中國國際電池技術交流會展覽會 <http://www.cbea.com/xjdcjs/201805/057334.html>。
- 李連忠、胡龍豪、林正得與吳豐宇，2014。電化學石墨烯及包含其之電極複合材料與鋰電池(Electrochemical Graphene and Electrode Composite Materials and Lithium Ion Battery Including the Same)。Taiwan Patent no. I441947。
- 李逸涵，2019。電動巴士市區上路 港都客運：72度電足矣。資料取自DIGITIMES [www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=35&id=0000559641\\_8rl76ob63ty7sk2avyobs](https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=35&id=0000559641_8rl76ob63ty7sk2avyobs)。
- 李陽，2019。電池企業系列特寫：寧德時代車汽“朋友圈”成長史。資料取自OFweek儲能網 <https://chuneng.ofweek.com/news/2019-03/ART-180220-8420-30309125.html>。
- 沈美幸，2018。車王電集團雙喜臨門 攻2大商機有斬獲。資料取自工商時報 <https://m.ctee.com.tw/focus/cedt/201011>。
- 辛國斌，2019。工信部：動力電池行業的五大挑戰和重點工作。資料取自高工鋰電 <http://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-36032-.html> [http://www.pmgnd.com/news/14\\_59](http://www.pmgnd.com/news/14_59)。
- 周小颺，2019。退役電池拿來做儲能電站，國內首個電池整包梯次利用項目落地。資料取自新浪財經 <https://finance.sina.com.cn/roll/2019-08-08/doc-ihytcitm7652013.shtml?source=cj&dv=1>。
- 林芬卉，2018。妥善率、續航里程配合營運調度、拉近與柴油車成本為電動巴士普及三大關鍵。資料取自DIGITIMES [https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000546504\\_f8q6jbrxlpognc5rhyetu](https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000546504_f8q6jbrxlpognc5rhyetu)。
- 林海雪，2015。現代儲能技術應用概況及展望，*電源學報*，13，34，DOI: [10.13234/j.issn.2095-2805.2015.5.34](https://doi.org/10.13234/j.issn.2095-2805.2015.5.34)。
- 欣旺達電子股份有限公司，2018。欣旺達電子股份有限公司：2017年年度報告。資料取自欣旺達電子股份有限公司 [http://pdf.dfcfw.com/pdf/H2\\_AN201804171124585014\\_1.pdf](http://pdf.dfcfw.com/pdf/H2_AN201804171124585014_1.pdf)。
- 武曉娟，2019。國內首個電池整包替次利用儲能項目落地。資料取自中國能源報 <http://www.es.cn.com.cn/news/show-758624.html>。
- 高工電動車網，2016。中天儲能斬承鈺：梯次利用和升級換代是動力電池未來兩大出

- 路。資料取自高工電動車網 <https://www.gg-ev.com/asdisp2-65b095fb-18541-.html>。
- 高工鋰電網，2015。比克電池布局新能源車動力電池回收市場。資料取自高工鋰電網 <https://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-18298-.html>。
- 高工鋰電網，2017a。中航鋰電洛陽三期及江蘇一期年底投產 江蘇二期已開建。資料取自高工鋰電網 <http://gg-ev.com/art-21350.html>。
- 高工鋰電網，2017b。湖南邦普12.26億廢舊電池循環項目五期工程開工。資料取自高工鋰電網 <http://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-27253-.html>。
- 高工鋰電網，2018a。29.5億定增獲批 格林美涉足梯次利用及PACK。資料取自高工鋰電網 <https://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-33430-.html>。
- 高工鋰電網，2018b。國軒高科計畫將LFP單體電芯提升至200 Wh/kg。資料取自高工鋰電網 <https://www.gg-lb.com/art-33474.html>。
- 高工鋰電網，2019a。10家車汽的動力電池回收選擇。資料取自高工鋰電網 <http://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-36367-.html>。
- 高工鋰電網，2019b。2019高工鋰電儲能大會聚焦⑤：中國鐵塔退役動力電池梯次利用“攻略”。資料取自高工鋰電網 <http://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-37690-.html>。
- 高工鋰電網，2019c。中天鴻鋰：梯次利用電池的市場打法與護城河。資料取自高工鋰電網 <https://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-38253-.html>。
- 高工鋰電網，2019d。欣旺達H1營收109億 3C/動力/儲能多線發展。資料取自高工鋰電網 <https://www.gg-lb.com/art-38718.html>。
- 張秉鳳，2018。李桐進 續任電池協會理事長。資料取自工商時報 <https://www.chinatimes.com/newspapers/20180629000412-260210?chdtv>。
- 張嘉諳、藍柏荏、林彥均、羅亭竣、呂承鴻、劉人豪與陳斌魁，2014。智慧電網及推動再生能源面臨的挑戰。臺灣能源期刊，1(2)，259。
- 許崇誠、紀毓駿與馬志傑，2019。比較兩種解微電網電力負載削峰填谷問題之線性規劃方法，臺灣能源期刊，6(1)，91。
- 許博，2016。中航鋰電工廠探秘。資料取自電池中國網 <http://www.cbea.com/html/www/ldc/201606/ff80808155115f28015513d8f480007c.html>。
- 陳文姿，2019。《再生能源發展條例》十年大翻修 六大修法重點解析。資料取自環境資訊中心 <https://e-info.org.tw/node/217428>。
- 陳玉鳳，2015。從貴金屬材料出發跨足再生與綠色物料供應-卓越創新企業獎-光洋應用材料科技股份有限公司。資料取自經濟部 [https://www.niia.tw/share\\_detail.aspx?NO=92](https://www.niia.tw/share_detail.aspx?NO=92)。
- 陳怡潔，2014。F-立凱等獲邀成立汰役鋰電池組再轉用產業聯盟。資料取自MoneyDJ <https://www.moneydj.com/KMDJ/News/NewsViewer.aspx?a=862b6863-ae64-409d-b674-440937cdfb39>。
- 游保平，2015。中興派能袁巍：你來或不來，梯次利用都在路上。資料取自高工鋰電網 <https://www.gg-lb.com/asdisp2-65b095fb-18233-.html>。
- 賀理珀、孫淑英與于建國，2018。退役鋰離子電池中有價金屬回收研究進展，化工學報(1)，327。
- 楊睦雄、任國光、黃穎生、傅國盛、游國輝、吳宗融…等與余若君，2017。汰役電池轉用家戶型儲能系統之創新技術。資料取自國家新創獎網站 <https://innoaward.taiwan-healthcare.org/AwardDetail.php?REFDOCTYPID=0mgpou8q55g8b075&NumID=0p1110ixnccjzda3&REFDOCID=0p20qldbhf6b7xdt>。

- 經濟部技術處，2017。科技專案成果投入鋰電池關鍵技術促成綠能時代來臨。資料取自經濟部技術處 [https://www.moea.gov.tw/Mns/doit/achievement/Achievements2.aspx?menu\\_id=5391&ac\\_id=1330](https://www.moea.gov.tw/Mns/doit/achievement/Achievements2.aspx?menu_id=5391&ac_id=1330)。
- 葉圳轍，2014。承德汰役電池再利用推手。資料取自工商時報 <https://www.chinatimes.com/newspapers/20140115000207-260210?chdtv>。
- 葉貞君、楊宗穎、沈柏丞、郭傳薪、黃柏元、林彥均…等與陳斌魁，2016。推動再生能源面臨的議題，*臺灣能源期刊*，3(4)，385。
- 電池中國網，2017。沃特瑪：2017年年底動力電池產能將達20 GWh。資料取自電池中國網 <http://www.cbea.com/djgc/201704/98235.html>。
- 寧波杉杉股份有限公司，2017。寧波杉杉股份有限公司2016年年度摘要報告。資料取自寧波杉杉股份有限公司 <http://file.finance.sina.com.cn/211.154.219.97:9494/MRGG/CNSESHTOCK/2017/2017-4/2017-04-18/3243094.PDF>。
- 劉玉章、曾育貞、呂永方、沈錦昌與鍾人傑，2015。電網級儲能技術研發現況與進展，*臺灣能源期刊*，2(2)，169。
- 劉興江，2018。電池技術研究新進展與產業持續發展展望。資料取自CIBF2018-第十三屆中國國際電池技術交流會展覽會 <http://www.cbea.com/xjdcjs/201805/136203.html>。
- 厲文誠，2013。汰役車用鋰電池組再轉用之環保價值與產業前景(The Environmental Values and Industry Prospects of the Repurposing Applications of Retired Lithium Ion Battery Packs on Electric Vehicles)，*新新季刊*，41，71。
- 衛壽平、孫杰、周添、李吉剛與曹煥露，2017。廢舊鋰離子電池中金屬材料回收技術研究進展，*儲能科學與技術*(6)，1196。
- 鄭旭、林知微、郭汾與黃鴻，2019。動力電池梯次利用研究，*電源技術*(4)，702。
- 鋰電大數據，2017。幾大動力電池廠梯次利用及電池回收布局進程。資料取自電池中國網 <http://www.cbea.com/html/www/ldc/201703/ff8080815afde9c1015b0d6fc1eb028e.html>。
- 鋰電網，2019。政策利好 電池回收梯次利用已形成示範效應。資料取自鋰電網 <https://libattery.ofweek.com/2019-02/ART-36007-8420-30305798.html>。
- 黎華玲、陳永珍、宋文吉、涂小琳、馮自平、黃敦新與吳文峰，2018。鋰離子動力電池的電極材料回收模式及經濟性分析，*新能源進展*，6(6)，505，DOI: [10.3969/j.issn.2095-560X.2018.06.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-560X.2018.06.007)。
- 謝惠子，2018。無三不成「鋰」，汰役電池發揮二春「活」力。資料取自能源報導 <https://energymagazine.tier.org.tw/Content.aspx?CatID=&ContID=2906>。
- 韓路、賀狄龍、劉愛菊與馬冬梅，2014。動力電池梯次利用研究進展，*電源技術*(3)，548。
- 鍾獻慶與鄭耀宗，2019。汰役電池安全標準的內容與說明，*enrXiv*，October 24，DOI: [10.31224/osf.io/d4n3s](https://doi.org/10.31224/osf.io/d4n3s)。
- Atkinson，2018。欣欣客運採華德動能方案，臺北市首條純電動巴士聯營路線上路。資料取自科技新報 <https://technews.tw/2018/10/29/electric-bus-in-taipei/>。
- Bhimanapati, G. R., Z. Lin, V. Meunier, Y. Jung, J. Cha, S. Das *et al...* and Robinson, J. A., 2015. Recent Advances in Two-dimensional Materials Beyond Graphene, *ACS Nano*, 9(12), 11509, DOI: [10.1021/acsnano.5b05556](https://doi.org/10.1021/acsnano.5b05556).
- Castelvecchi, D. and E. Stoye, 2019. Chemistry Nobel Honours World-changing Batteries, DOI: [10.1038/d41586-019-02965-y](https://doi.org/10.1038/d41586-019-02965-y). From Nature <https://www.nature.com/articles/>

- [d41586-019-02965-y](#).
- Chung, H. C., C. P. Chang, C. Y. Lin and M. F. Lin, 2016. Electronic and Optical Properties of Graphene Nanoribbons in External Fields, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 18(11), 7573, DOI: [10.1039/c5cp06533j](#).
- Chung, H. C., C. W. Chiu and M. F. Lin, 2019. Spin-polarized Magneto-electronic Properties in Buckled Monolayer GaAs. *Scientific Reports*, 9(1), 2332. DOI: [10.1038/s41598-018-36516-8](#).
- Chung, H. C., M. H. Lee, C. P. Chang, Y. C. Huang and M. F. Lin, 2011. Effects of Transverse Electric Fields on Quasi-Landau Levels in Zigzag Graphene Nanoribbons, *Journal of the Physical Society of Japan*, 80(4), 044602, DOI: [10.1143/jpsj.80.044602](#).
- Chung, H. C., Y. T. Lin, S. Y. Lin, C. H. Ho, C. P. Chang and M. F. Lin, 2016. Magneto-electronic and Optical Properties of Nonuniform Graphene Nanoribbons, *Carbon*, 109, 883, DOI: [10.1016/j.carbon.2016.08.091](#).
- Chung, H. C., W. P. Su and M. F. Lin, 2013. Electric-field-induced Destruction of Quasi-Landau Levels in Bilayer Graphene Nanoribbons, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 15(3), 868, DOI: [10.1039/c2cp43631k](#).
- Chung, H. C., P. H. Yang, T. S. Li and M. F. Lin, 2014. Effects of Transverse Electric Fields on Landau Subbands in Bilayer Zigzag Graphene Nanoribbons, *Philosophical Magazine*, 94(16), 1859, DOI: [10.1080/14786435.2014.897009](#).
- Chung, H. C., Y. C. Huang, M. H. Lee, C. C. Chang and M. F. Lin, 2010. Quasi-Landau Levels in Bilayer Zigzag Graphene Nanoribbons, *Physica E*, 42(4), 711, DOI: [10.1016/j.physe.2009.11.090](#).
- Davis, N. and H. Devlin, 2019. Nobel Prize in Chemistry Awarded for Work on Lithium-ion Batteries. From The Guardian <https://www.theguardian.com/science/2019/oct/09/nobel-prize-in-chemistry-awarded-for-work-on-lithium-ion-batteries#targetText=Nobel%20prize%20in%20chemistry%20awarded%20for%20work%20on%20lithium%2Dion%20batteries,-John%20B%20Goodenough&targetText=The%20Nobel%20prize%20in%20chemistry,in%20developing%20lithium%2Dion%20batteries>.
- Divya, K. C. and J. Ostergaard, 2009. Battery Energy Storage Technology for Power Systems-An Overview. *Electric Power Systems Research*, 79(4), 511, DOI: [10.1016/j.epr.2008.09.017](#).
- Dunn, B., H. Kamath and J. M. Tarascon, 2011. Electrical Energy Storage for the Grid: A Battery of Choices, *Science*, 334(6058), 928, DOI: [10.1126/science.1212741](#).
- ECOLEX, 2018. Interim Measures for the Management of Recovery and Utilization of New Energy Vehicle Power Battery. From <https://www.ecolex.org/details/legislation/interim-measures-for-the-management-of-recovery-and-utilization-of-new-energy-vehicle-power-battery-lex-faoc173695/>.
- European Parliament and Council of the European Union, 2006. Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on Batteries and Accumulators and Waste Batteries and Accumulators and Repealing Directive 91/157/EEC, *Official Journal of the European Union*, L 266, 26.29.2006.
- Goodenough, J. B. and K. Mizushima, 1982. Fast Ion Conductors, US patent no. 4357215.
- Guy, J., 2019. Nobel Prize in Chemistry Awarded for Work on Lithium Ion Batteries that 'Revolutionized Our Lives'. From CNN

- <https://edition.cnn.com/2019/10/09/world/nobel-prize-chemistry-2019-intl/index.html>.
- Hu, L. H., F. Y. Wu, C. T. Lin, A. N. Khlobystov and L. J. Li, 2013. Graphene-modified  $\text{LiFePO}_4$  cathode for lithium ion battery beyond theoretical capacity, *Nature Communications*, 4, 1687, DOI: [10.1038/ncomms2705](https://doi.org/10.1038/ncomms2705).
- IEA, 2019. Global EV Outlook 2019 - Scaling Up the Transition to Electric Mobility.
- ISO/IEC, 2000. ISO/IEC 15417:2000 Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Bar Code Symbology Specification - Code 128.
- ISO/IEC, 2006. ISO/IEC 16022:2006 Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Data Matrix Bar Code Symbology Specification.
- ISO/IEC, 2007. ISO/IEC 15417:2007 Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Code 128 Bar Code Symbology Specification.
- Liu, H., A. T. Neal, Z. Zhu, Z. Luo, X. F. Xu, D. Tomanek and P. D. Ye, 2014. Phosphorene: An Unexplored 2D Semiconductor with a High Hole Mobility, *ACS Nano*, 8(4), 4033, DOI: [10.1021/nn501226z](https://doi.org/10.1021/nn501226z).
- Matthes, L., P. Gori, O. Pulci and F. Bechstedt, 2013. Universal Infrared Absorbance of Two-dimensional Honeycomb Group-IV Crystals, *Physical Review B*, 87(3), 035438, DOI: [10.1103/PhysRevB.87.035438](https://doi.org/10.1103/PhysRevB.87.035438).
- Mizushima, K., P. C. Jones, P. J. Wiseman and J. B. Goodenough, 1980.  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  ( $0 < x < 1$ ): A New Cathode Material for Batteries of High Energy Density, *Materials Research Bulletin*, 15(6), 783, DOI: [10.1016/0025-5408\(80\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0025-5408(80)90012-4).
- Nair, N. K. C. and N. Garimella, 2010. Battery Energy Storage Systems: Assessment for Small-scale Renewable Energy Integration, *Energy and Buildings*, 42(11), 2124, DOI: [10.1016/j.enbuild.2010.07.002](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.002).
- Nishi, Y., 2001. The Development of Lithium Ion Secondary Batteries, *Chemical Record*, 1(5), 406, DOI: [10.1002/tcr.1024](https://doi.org/10.1002/tcr.1024).
- Nobel Prize organisation, 2019. The Nobel Prize in Chemistry 2019. From Nobel Prize organisation <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/summary/>.
- Novoselov, K. S., A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos *et al.* and A. A. Firsov, 2004. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films, *Science*, 306(5696), 666, DOI: [10.1126/science.1102896](https://doi.org/10.1126/science.1102896).
- Novoselov, K. S., D. Jiang, F. Schedin, T. J. Booth, V. V. Khotkevich, S. V. Morozov and A. K. Geim, 2005. Two-dimensional Atomic Crystals, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(30), 10451, DOI: [10.1073/pnas.0502848102](https://doi.org/10.1073/pnas.0502848102).
- OFweek新能源汽車網，2019。動力電池溯源管理平台遇冷，僅213家企業參與信息上傳。資料來自OFweek新能源汽車網 <https://nev.ofweek.com/2019-09/ART-71001-8440-30407471.html>。
- PanSci，2018。815全臺大停電，你搞清楚發生什麼事了嗎？資料來自泛科知識股份有限公司 <https://pansci.asia/archives/146001>。
- rheatsao，2014。臺廠組聯盟推廣鋰電池二次應用，瞄準電動車與儲能商機。資料來自EnergyTrend <https://www.energytrend.com.tw/news/20140527-8455.html>。
- Rincon, P, 2019. Nobel Chemistry Prize: Lithium-ion Battery Scientists Honoured. From BBC News website <https://www.bbc.com/news/>

- [science-environment-49962133](#).
- Science News Staff, 2019. Nobel Prize in Chemistry Goes to Development of Lithium Batteries (DOI: [10.1126/science.aaz7918](#)). From Science <https://www.sciencemag.org/news/2019/10/nobel-prize-chemistry-goes-development-lithium-batteries>.
- Tollefson, J., 2019. The Hard Truths of Climate Change - by the Numbers, *Nature*, 573, 324.
- Whittingham, M. S., 1974. Electrointercalation in Transition-metal Disulfides, *Journal of the Chemical Society-Chemical Communications*(9), 328, DOI: [10.1039/c39740000328](#).
- Whittingham, M. S., 1975. Batterie à Base de Chalcogénures, Belgian patent no. 819672.
- Whittingham, M. S., 1976. Electrical Energy-storage and Intercalation Chemistry, *Science*, 192(4244), 1126, DOI: [10.1126/science.192.4244.1126](#).
- Whittingham, M. S., 1978. Chemistry of Intercalation Compounds - Metal Guests in Chalcogenide Hosts, *Progress in Solid State Chemistry*, 12(1), 41, DOI: [10.1016/0079-6786\(78\)90003-1](#).
- Whittingham, M. S., 2012. History, Evolution, and Future Status of Energy Storage, *Proceedings of the IEEE*, 100, 1518, DOI: [10.1109/jproc.2012.2190170](#).
- Whittingham, M. S. and F. R. Gamble, 1975. The Lithium Intercalates of the Transition Metal Dichalcogenides, *Materials Research Bulletin*, 10(5), 363, DOI: [10.1016/0025-5408\(75\)90006-9](#).
- Yang, Y. Q., S. Bremner, C. Menictas and M. Kay, 2018. Battery Energy Storage System Size Determination in Renewable Energy Systems: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 109, DOI: [10.1016/j.rser.2018.03.047](#).
- Yoshino, A., K. Sanechika and T. Nakajima, 1985. Secondary Battery, Japanese patent no. 1989293.
- Yoshino, A., K. Sanechika, and T. Nakajima, 1987. Secondary Battery, US patent no. 4668595.
- Yu, J. M., 2017. Millions of People Were Left in the Dark as a Massive Power Cut Hit Taiwan. From Time <https://time.com/4902500/taiwan-power-cut/>.
- Yu, J. M., and J. Kao, 2017. Taiwan Probes Massive Power Cut that Affects Millions of Households. From Reuters <https://www.reuters.com/article/us-taiwan-power-outages/taiwan-probes-massive-power-cut-that-affects-millions-of-households-idUSKCN1AV1SQ>.