

2025年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100042

參展科別 工程學

作品名稱 攜帶型高效率氫能離子能雙輸出埠電力裝置

Dual-ports high hydrogen and ionic conversion
efficient power generator

得獎獎項 四等獎

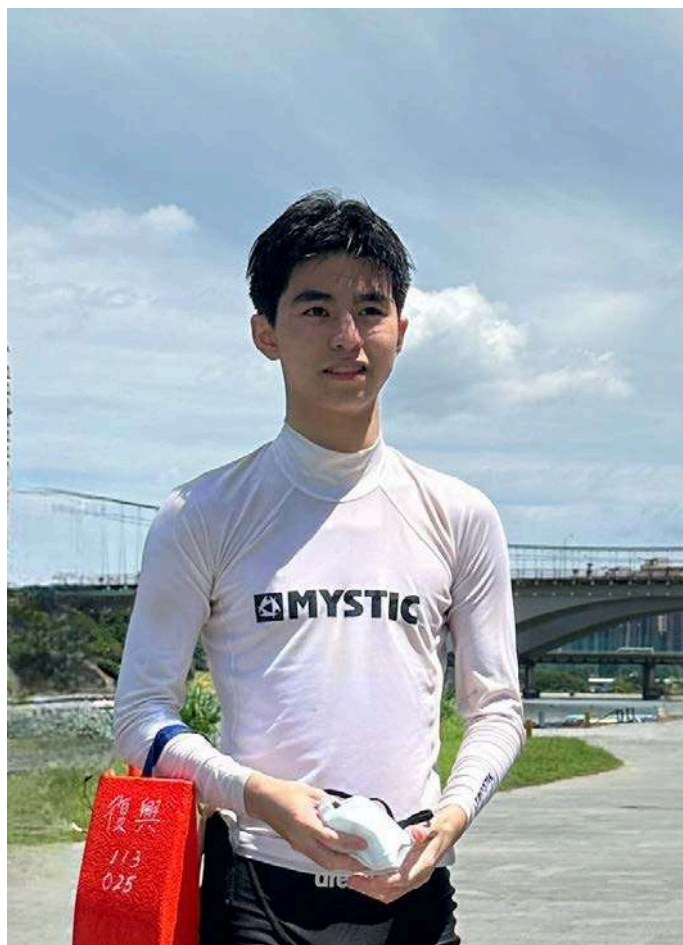
就讀學校 臺北市私立復興實驗高級中學

指導教師 馬瑪宣

作者姓名 陳柏翰

關鍵詞 氫能源、離子能、鉀離子電池

作者簡介



我是陳柏翰，一位熱愛科學與實驗的人，對能源技術和材料科學特別感興趣。我喜歡動手進行各種科學實驗，從中探索新知識，並將理論應用到實際問題的解決中。最近，我專注於鋁空氣電池的研究，希望透過創新設計提升其效率與實用性。科學不僅是興趣，更是改變世界的工具。我也熱衷分享知識，希望透過科普啟發更多人愛上科學。

2025 年臺灣國際科學展覽會研究報告

區 別：北區

科 別：工程學科

作品名稱：攜帶型高效率氫能離子能雙輸出埠電力裝置

Dual-ports high hydrogen and ionic conversion
efficient power generator

關鍵詞： 氫能源、離子能、鉀離子電池

編號：

摘要

本研究以空氣為催化劑，降低 KOH 在水中解離成 K^+ 及 OH^- 的解離能，大幅提升 KOH 在水解離的效率，配合以鋁板為電極，還原 H_2O 及 OH^- ，釋出氫氣 H_2 。這還原反應過程同時輸出 K^+ 及 H_2 為電力能源。利用解離出的 K^+ 組裝成鉀離子電池，同時以解離出的氫氣運作燃料電池，組成雙輸出埠電力裝置。本雙輸出埠電力裝置，可以分別利用 KOH 濃度及或空氣輸入量，來調控輸出功率。KOH 濃度增加或空氣輸入量增加，均可提高兩輸出埠的功率。測試時採用 KOH 濃度為 5 M，輸出電壓達 0.19 mV，電流達 0.166 mA。採用摻雜 0.3% 鈹的鋁為電極板，提升輸出電壓達 0.67 mV，電流達 0.199 mA。在鉀離子電池 2MKOH 水溶液中串聯 4 組電極板，電壓提升至 2.9 V，電流達 5 A，並能成功點亮 LED 燈及驅動市售燃料電池。再經電路板穩壓後，電壓從 2.9 V 提升至 5 V，適合 USB 充電，顯示出其作為無碳排放電力能源。

Abstract

In this study, air is used as a catalyst to reduce the dissociation energy of KOH into K^+ and OH^- in water, and the efficiency of KOH dissociation in water is greatly improved, and the aluminum plate is used as an electrode to reduce H_2O and OH^- , and to release hydrogen H_2 . This reduction reaction process outputs both K^+ and H_2 as electric energy. The dissociated K^+ is used to form a potassium ion battery and the dissociated hydrogen is used to operate a fuel cell, forming a dual output power device. The dual output power device can be adjusted by KOH concentration or air input, and an increase in KOH concentration or air input can increase the power of the two output ports. In the test, a KOH concentration of 5 M was used to achieve an output voltage of 0.19 mV and a current of 0.166 mA, and an aluminum plate doped with 0.3% bismuth was used to increase the output voltage to 0.67 mV and the current to 0.199 mA. Four sets of plates were connected in series with an aqueous solution of 2 M KOH in a potassium-ion battery to increase the output voltage to 2.9 V, and the current to 5 A. The device was able to successfully light up the LEDs and drive a commercially available fuel cell. The voltage was raised to 2.9 V and the current reached 5 A. The device was able to successfully light LEDs and drive a commercially available fuel cell. After stabilizing the circuit board, the voltage was raised from 2.9 V to 5 V, which is suitable for USB charging, demonstrating its use as a carbon-emission-free power source.

壹、前言

一、研究動機

鉀離子電池的研究動機源自於其高能量密度、環保優勢以及低成本效益，這些特點使其在能源儲存技術中具有極大潛力。鉀離子電池的理論能量密度比鋰電池高出 3 到 4 倍，這意味著在電動車和大型儲能系統中，可以顯著延長續航時間。由於能量密度高，它還能降低電池的重量和體積，為無人機、便攜式電子設備等提供理想的輕量化能源方案。

在環保方面，鋁是一種地球上豐富且可持續的材料，相比於鋰、鈷和鎳等稀有金屬，鋁的開採和製造對環境的影響相對較低。此外，鉀離子電池的副產品主要是鋁氫氧化物，這是一種對環境危害較小的物質，避免了傳統電池中有毒或危險化學物質的產生。這使得鉀離子電池在環境友好型技術中脫穎而出，成為一種潛在的可再生能源儲存解決方案。成本方面，鋁的價格遠低於鋰、鎳等電池材料，並且鋁的全球供應鏈已經非常成熟，這有助於降低大規模製造的成本，特別是在電動車、大型儲能設施等需要大量電池的應用中。此外，鉀離子電池不需要像傳統鋰電池那樣頻繁充電，只需更換鋁板就可以恢復電力，這為偏遠地區或電力基礎設施不足的地區提供了一種低成本、高效的解決方案。

鉀離子電池的應用前景十分廣闊，除了電動車和無人機外，它在軍事裝備、可再生能源儲能系統等領域也具有巨大的發展潛力。特別是在全球能源需求不斷增加的背景下，鉀離子電池有助於降低對化石燃料的依賴，推動能源轉型和減少碳排放。鉀離子電池的持續研究與發展將促進更可持續的能源技術，並為解決全球能源危機提供一種高效、環保的選擇。

二、目的

1. 開發一利用鋁合金，碳空氣電極， $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 當電解質溶液，高能量密度，環保優勢且低成本之可攜式電池。
2. 利用本研究開發之鉀離子電池產生的氫氣，加上燃料電池發電。
3. 設計一 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 的循環裝置，將裝置運作時產生的熱能降低，並使產生的氫氧化鋁沉澱可以再利用外接裝置排出。

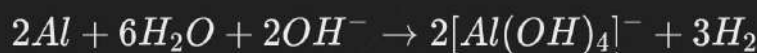
三、簡介

(一) KOH 產生氫氣原理

KOH 產生氫氣的原理涉及其與鋁 (Al) 的反應。這種反應通常稱為鋁與氫氧化鉀的反應，過程如下：氫氧化鉀 (KOH) 在水中解離：氫氧化鉀在水中會完全解離成鉀離子和氫氧根離子。



鋁的氧化：鋁會與氫氧根離子反應生成鋁酸鹽和氫氣。



在這個反應中，鋁與水和氫氧根離子反應，生成鋁酸鹽離子和氫氣。鋁與水和氫氧根離子的反應，其中鋁被氧化，氫氧根離子提供了氧化劑的角色，最終生成氫氣。

初始反應：鋁與氫氧化鉀溶液接觸後，首先會形成一層氧化鋁 (Al_2O_3)，但這層氧化物會被氫氧根離子溶解，形成鋁酸鹽。



釋放氫氣：在反應中，鋁失去電子被氧化，水分子被還原生成氫氣。



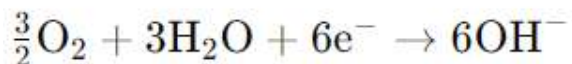
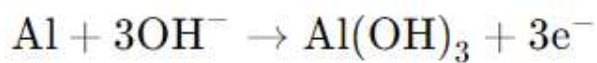
這個反應過程中，鋁不斷被氧化，氫氧根離子提供氧化劑，水分子被還原生成氫氣，反應持續進行直至鋁完全反應或氫氧化鉀耗盡。

鋁與氫氧化鉀溶液的反應生成氫氣，主要是由於鋁與氫氧根離子和水反應生成鋁酸鹽離子和氫氣。這種反應利用了鋁的還原性和氫氧根離子的氧化性，生成氫氣作為副產品。

[1]

(二) 鉀離子電池

鉀離子電池的設計基於鋁作為陽極材料，這是一種可消耗的材料，具有極高的能量密度。在此系統中，鋁在與電解質反應的過程中發生氧化反應，釋放出電子並生成鋁離子。具體來說，當鋁與電解質接觸時，鋁會失去電子，形成鋁離子，這個過程使鋁被逐步消耗，從而產生電流。鋁陽極的反應是鉀離子電池的核心部分，決定了其能量輸出和效率。陰極則利用空氣中的氧氣來完成還原反應。在鉀離子電池中，氧氣從空氣中吸入，並與鋁陽極釋放的電子結合，形成氫氧根離子。這個過程是鉀離子電池運行的另一個重要環節，通過這樣的電子轉移，電流得以持續供應，驅動外部電路。陰極的反應效率直接影響到電池的整體性能。



在鉀離子電池的運作中，電解質的選擇同樣十分關鍵。常見的電解質包括鹼性或中性溶液，如氫氧化鉀或氯化鈉溶液。這些電解質能夠有效促進鋁的氧化過程，增加鋁離子的生成速率，從而提高電池的反應效率和整體性能。鹼性電解質尤其常用，因為它能夠穩定反應並增強電導率，從而提升電池的能量輸出。鉀離子電池具有多項優勢，包括高能量密度，其理論能量密度約為鋰電池的數倍，因此在需要長時間運行的設備（如電動車或無人機）中具有應用潛力。鋁是地球上資源豐富且可回收的材料，生產成本相對低廉，與鋰電池中的稀有金屬相比具有顯著的經濟優勢。在環保性方面，鉀離子電池的運行過程對環境的負面影響較小，且產生的副產品鋁氫氧化物無害，展現出良好的環保特性。

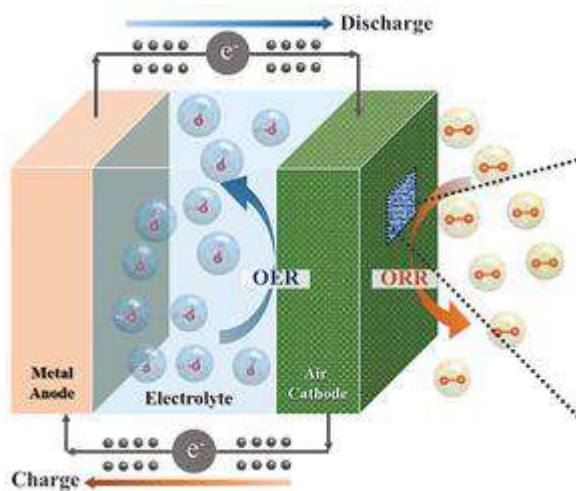


圖 1. 金屬空氣電池示意圖。[2]

(三) 氫能源

氫能源是一種利用氫作為能量載體的清潔能源技術，具有高效、環保的特性。氫作為宇宙中最豐富的元素，廣泛存在於水和各種有機化合物中，因此被認為是一種潛在的可再生能源來源。氫能源的主要優勢在於其燃燒或與氧氣反應時，只會產生水，幾乎不會對環境造成污染，這使其成為解決全球能源危機和減少碳排放的重要選擇。氫的生產方式主要有幾種：電解水是最直接的方法，通過電流分解水分子，產生氫和氧。這一過程的關鍵在於電源的選擇，若使用可再生能源（如風能、太陽能）來供電，則所產生的氫能源完全為清潔的綠色氫。天然氣重整是一種目前最常用的氫氣生產方法，通過將天然氣與水蒸氣反應生成氫和二氧化碳。然而，這一過程會釋放出二氧化碳，對環境造成一定影響，因此正在努力尋求更環保的替代方案。氫能源的應用廣泛，主要包括燃料電池、工業製程、運輸及儲能系統。在燃料電池中，氫與氧反應生成電能，推動電動車、公共交通及固定式能源系統運行，具有高效率 and 長續航的優勢。氫能源在重型運輸工具（如火車和貨輪）及航空運輸中的應用潛力也備受關注，因其能夠顯著減少這些領域的碳排放。

氫還可以作為一種儲能技術，將多餘的可再生能源轉化為氫，儲存起來以備不時之需。這種氫儲能技術在促進電網穩定和提升可再生能源的利用率方面具有重要意義。氫能源的發展也面臨一些挑戰。首先，氫的生產和儲存成本仍較高，且儲存和運輸過程中存在安全隱患。其次，燃料電池的技術成熟度尚未完全達到商業化運行的要求。因此，許多國家和企業正投入大量資源進行氫能源技術的研究和開發，以克服這些挑戰，推動氫能源的普及和應用。[3]

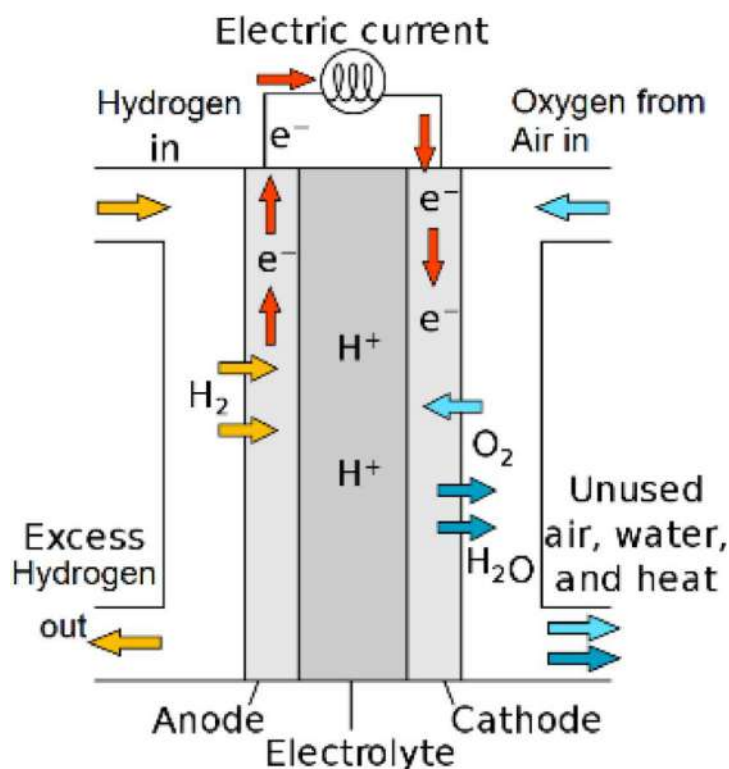


圖 2. 氫氣電池示意圖。

貳、研究設備與器材

一、研究設備及器材(照片皆由作者自行拍攝)

				
氫氧化鉀	碳粉	聚四氟乙烯乳液	果汁瓶	AB 膠
				
燒杯	電子秤	玻棒	藥勺	電線
				
疏水碳紙	純鋁	鋁(摻雜 0.1% 鈹)	鋁(摻雜 0.2% 鈹)	鋁(摻雜 0.3% 鈹)
				
鋁電極	碳電極	壓克力板	壓克力板	軟管
				
燃料電池	蠕動幫浦	發電器	電風扇	三用電表

				
鎳網	麵包板	LED 燈	電路板	鱷魚夾

參、研究過程與方法

一、實驗架構圖

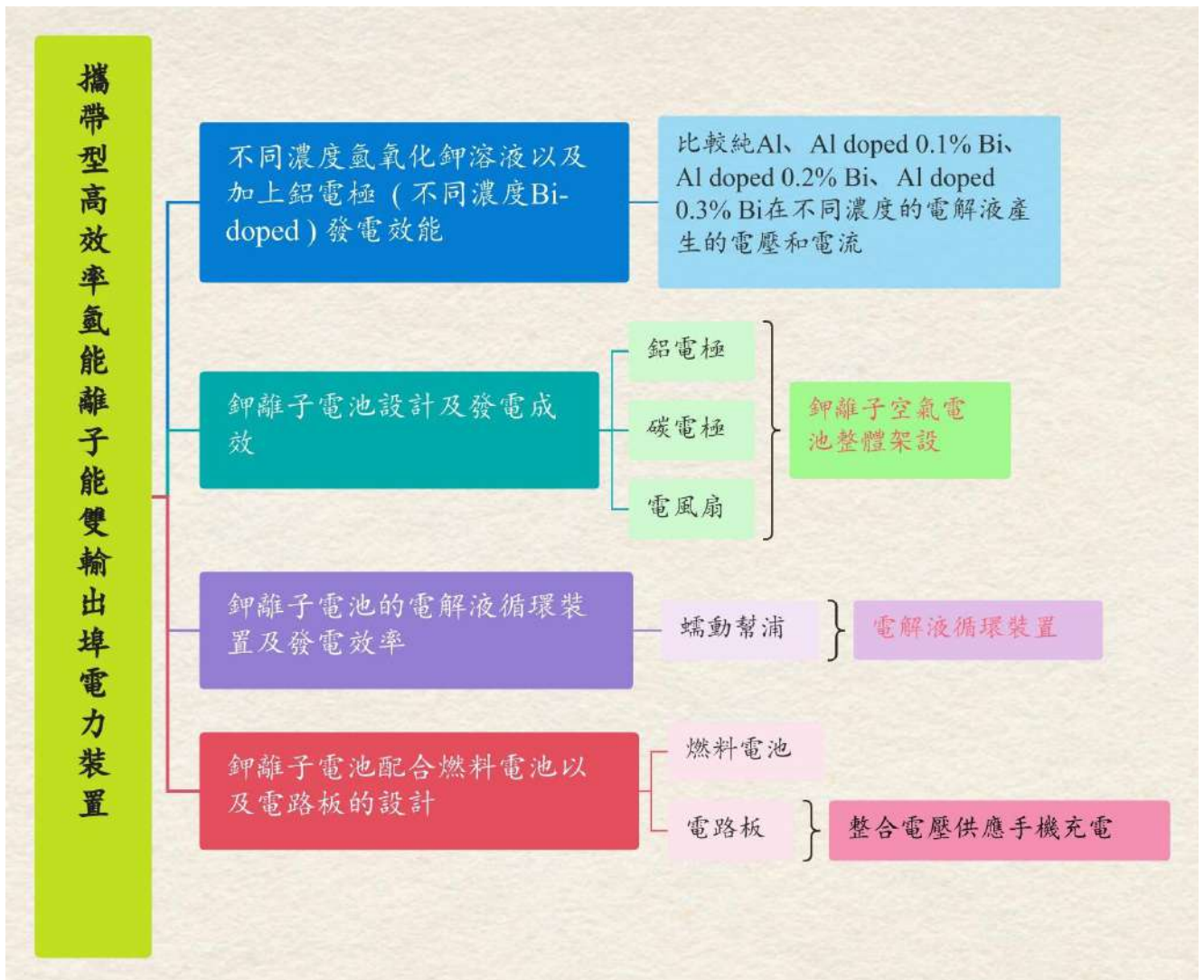


圖 3. 實驗架設圖(圖片由作者自行繪製)

二、研究方法

(一) 不同濃度 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 溶液以及加上鋁電極(不同濃度 Bi-doped)

目的：測試不同濃度 KOH 溶液，及 Bi-doped 鋁電極，對電壓及電流的影響。

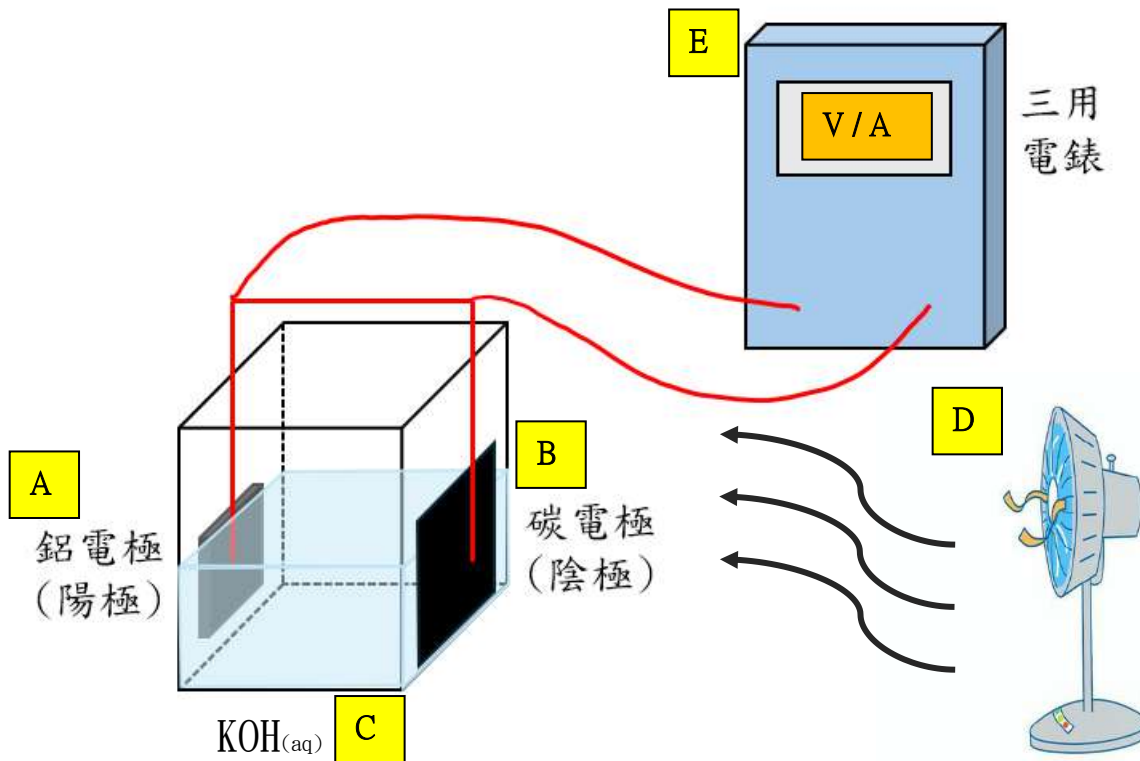


圖 4. 實驗量測示意圖(圖片由作者自行繪製)

- A. 鋁電極（陽極）：鋁會在電解液中發生反應，生成氧化鋁並釋放電子，這是鉀離子電池中產生電流的主要過程。
- B. 碳電極（陰極）：提供反應位點，使氧氣還原來接收電子，從而完成電化學反應。
- C. 電解液：提供離子導電的媒介，使用 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ ，用來促進電極反應。
- D. 風扇：用空氣吹碳電極，會催化並加速電池裝置產生電壓的能力。
- E. 三用電錶：用來測量電池的輸出電壓或電流，幫助觀察電池的性能。

說明：設計中沒有加入複雜的氣體或廢料回收裝置，找到本研究鉀離子電池最佳的 KOH 濃度，以及 Bi-doped 鋁電極對於產生電壓的影響。由於電池在工作時會產生副產品（如氧化鋁），而這些副產品在接下來的設計中將再設計進行處理或回收的方式。

(二) 鉀離子電極工作效率測試

目的：分析鉀離子電池的發電性能與長期穩定性。鋁電極（陽極）在反應中氧化，生成電能的同時會產生氫氧化鋁沉澱，這可能影響電池效能。為了提升工作效率，蠕動幫浦的功用在於持續循環電解液，確保反應均勻進行，並回收氫氧化鋁沉澱，防止其堵塞電極或降低反應速度。

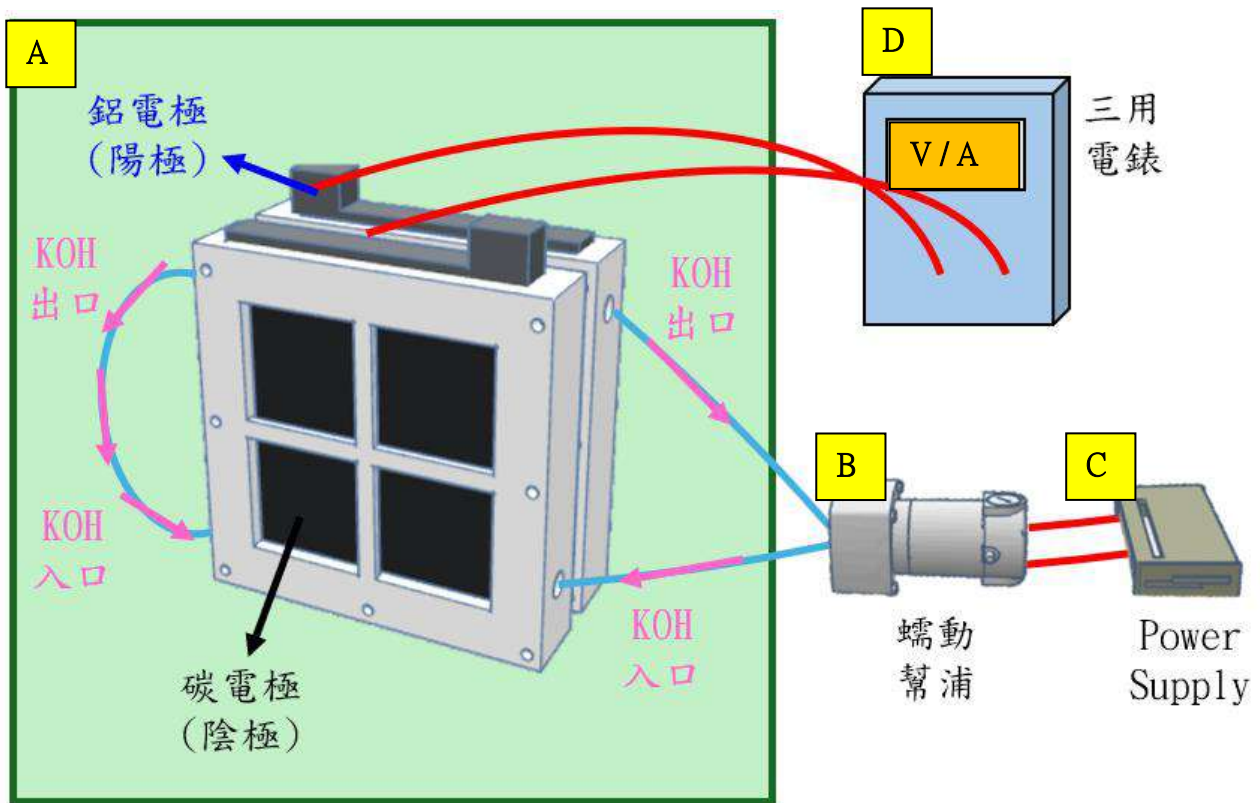


圖 5. 鉀離子電池示意圖(圖片由作者自行繪製)

- A. 鉀離子電池：是一種金屬-空氣電池，利用鋁作為陽極，氧氣作為陰極，通過化學反應生成電力。這類電池具有高能量密度，常用於需要長時間供電的應用。鉀離子電池釋放的電能可以為整個系統供電，尤其是在沒有外部電源的情況下。它的運行依賴於氧氣與鋁的反應，通常需要持續供應電解液來支持反應的進行。
- B. 蠕動幫浦：在鉀離子電池系統中，蠕動幫浦的主要作用是循環電解液，確保電池內的化學反應能夠穩定進行。如果反應物的供應不穩定，鉀離子電池的發電效率將會降低，因此幫浦是整個系統中重要的支援裝置。
- C. Power supply: 供應蠕動幫浦所需電能的裝置。
- D. 三用電表：實時監控整個系統的電壓、電流和電阻，以確保鉀離子電池的運行狀況。

(二) 鉀離子電池連接電路板充電裝置

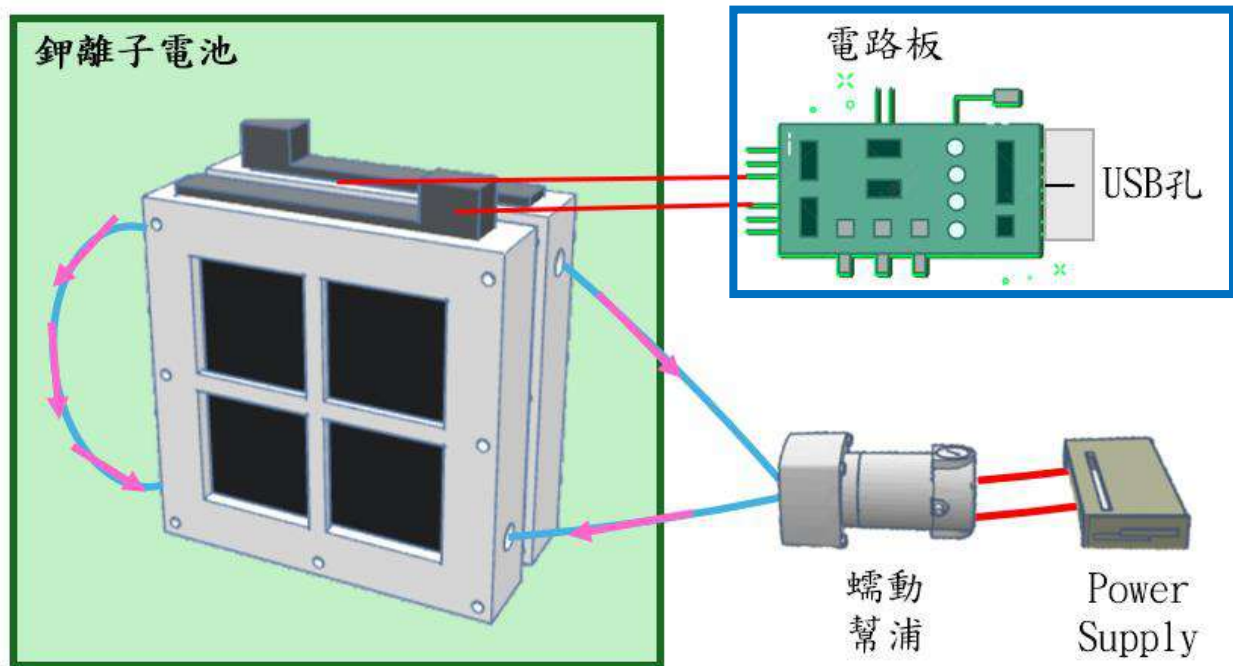


圖 6. 鉀離子電池連接電路板充電裝置示意圖(圖片由作者自行繪製)

說明：鉀離子電池與電路板結合的裝置，利用鋁電極作為陽極（負極），碳電極作為陰極（正極），在電解液中進行氧化還原反應來產生電能。電路板的主要作用是調節電壓，確保輸出的電流穩定，從而能有效用於為電子設備，如手機，提供充電功能。這種鉀離子電池結構具有可持續發電的潛力，特別是在便攜式裝置或應急電源中，展現了作為清潔能源來源的實用性，並能有效減少傳統電池的依賴。

肆、研究結果與討論

一、不同濃度KOH 溶液以及加上鋁電極(不同濃度Bi-doped) 發電效能

(一) 陽極：純 Al

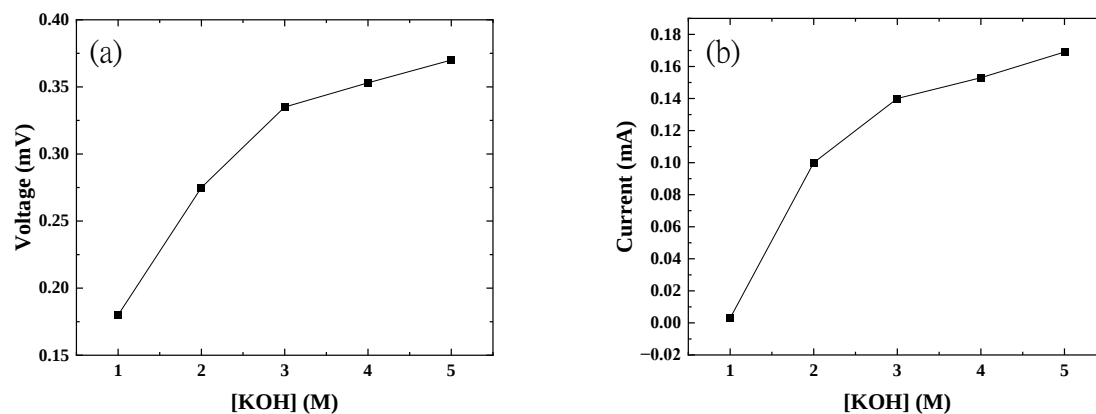


圖 7. 使用不同濃度氫氧化鉀電解液產生的(a)電壓，(b)電流。(圖片由作者自行繪製)

(二) 陽極：Al doped 0.1% Bi

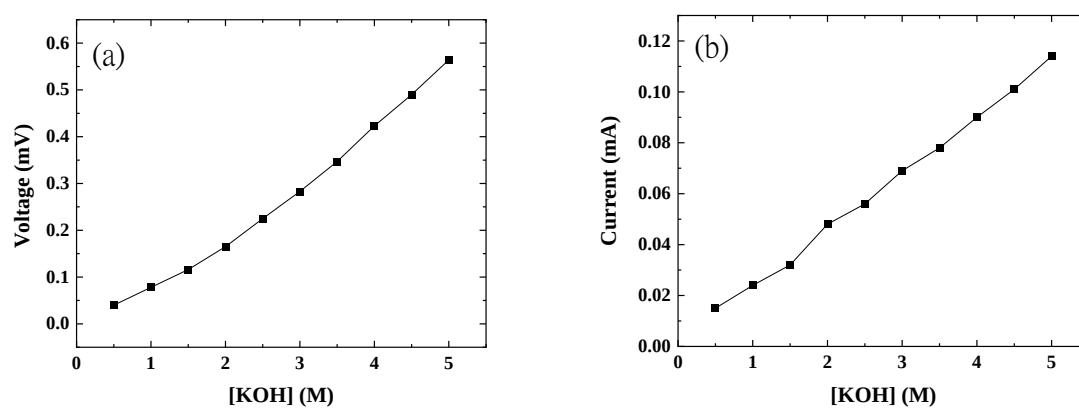


圖 8. 使用不同濃度氫氧化鉀電解液產生的(a)電壓，(b)電流。(圖片由作者自行繪製)

(三) 陽極：Al doped 0.2 %Bi

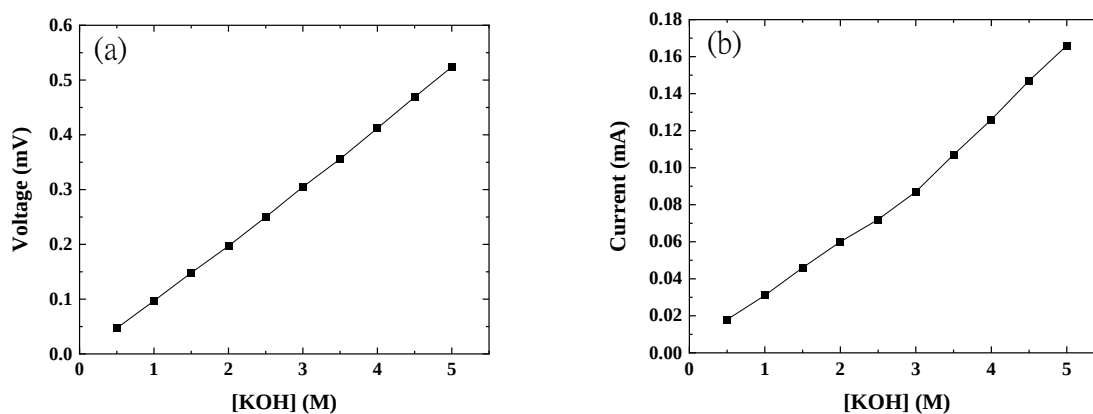


圖 9. 使用不同濃度氫氧化鉀電解液產生的(a)電壓，(b)電流。(圖片由作者自行繪製)

(四) 陽極 : Al doped 0.3 %Bi

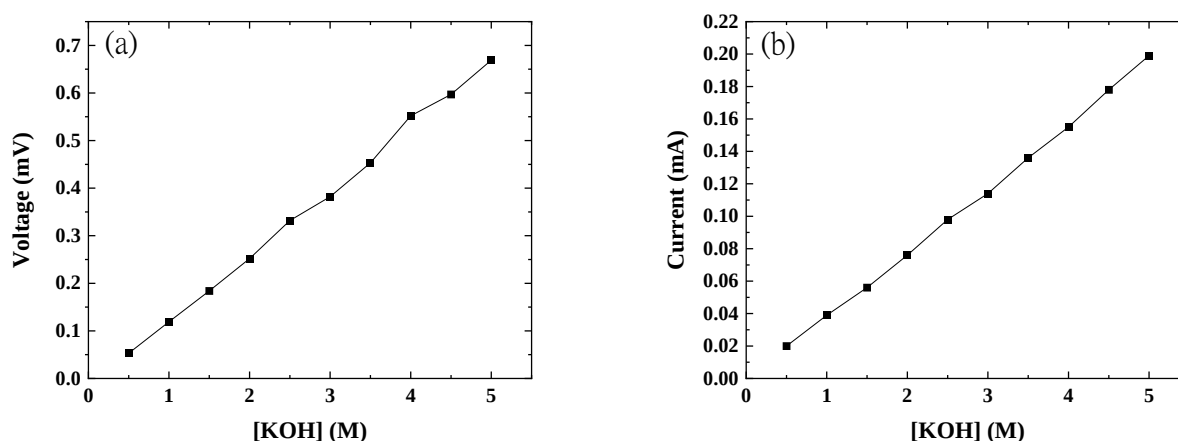


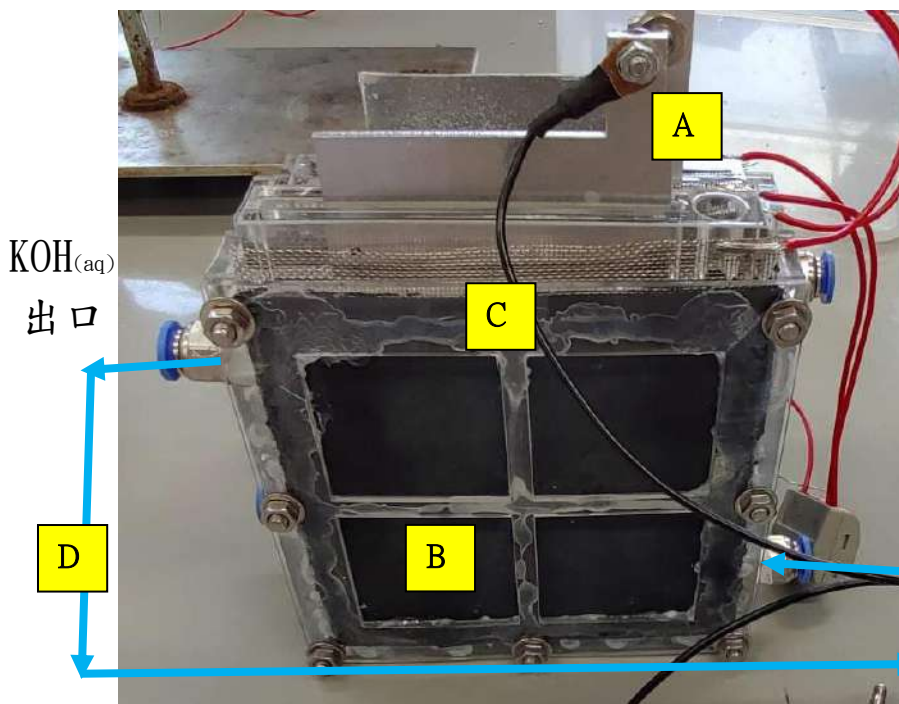
圖 10. 使用不同濃度氫氧化鉀電解液產生的(a)電壓，(b)電流(圖片由作者自行繪製)

說明：

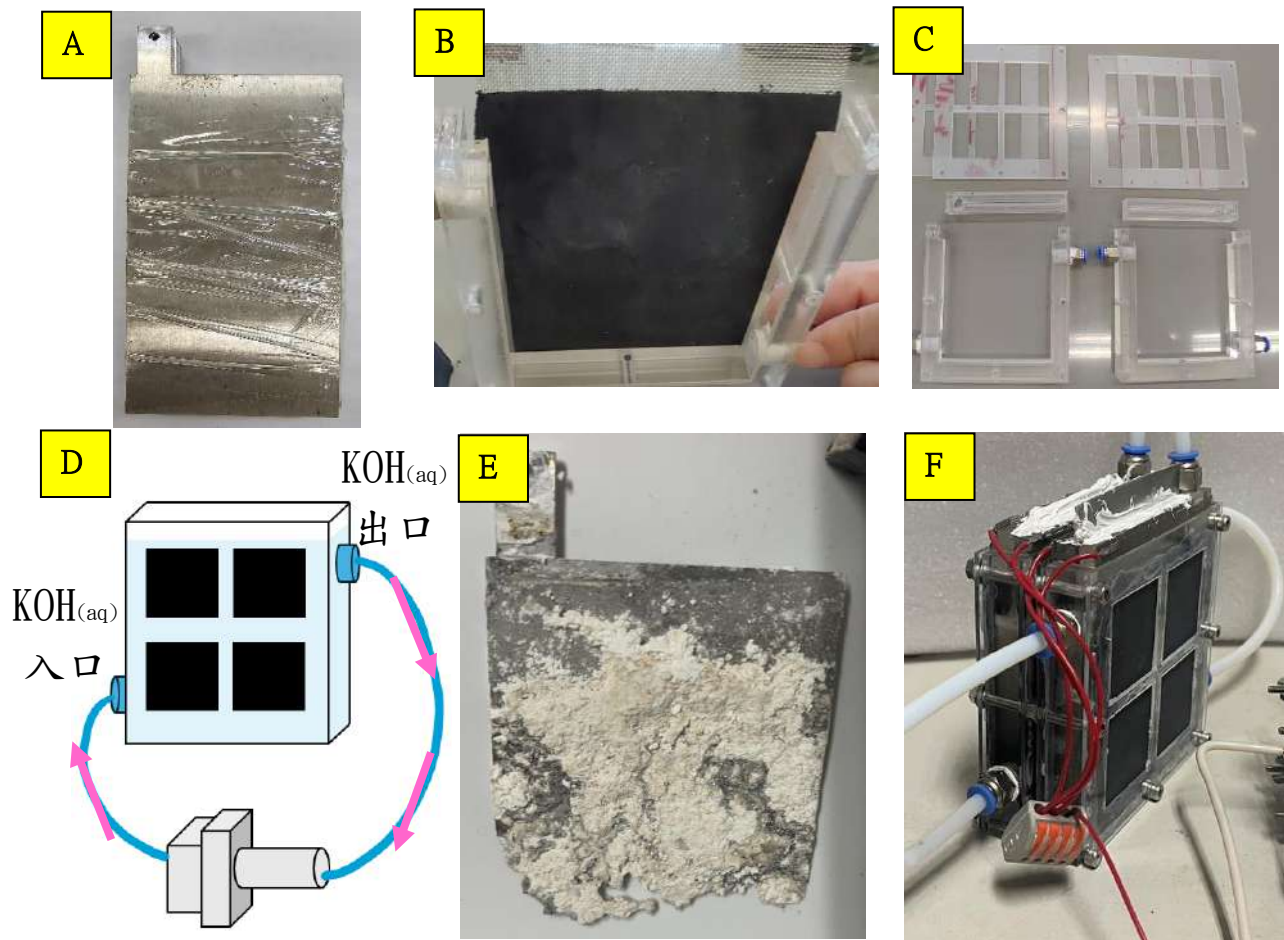
1. 隨著 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 濃度的增加，電解質中離子濃度提高，導電性增強，促使鋁電極的氧化反應和氧氣還原反應加快。因此，反應產生的電子更多，導致電壓和電流增加。以純鋁為例， $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 濃度從 1 M 到 5M 時，電壓增加 0.19 mV，電流增加 0.166 mA
2. 隨著在陽極中摻雜鉍金屬的量增加，鉀離子電池的電壓和電流也會提高。這是因為鉍具有良好的催化性能，能促進鋁的氧化反應，使電子更有效地釋放。同時，鉍可以穩定鋁電極的表面，減少表面鈍化層的形成，從而提高電池的整體反應效率和電流輸出。以 $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 濃度 5M 比較，純鋁的電壓為 0.37 mV、電流為 0.169 mA；Al doped 0.1% Bi 的電壓為 0.564 mV、電流為 0.114 mA；Al doped 0.2% Bi 的電壓為 0.524 mV、電流為 0.166 mA；Al doped 0.3% Bi 的電壓為 0.669 mV、電流為 0.199 mA。
3. 在陽極 Al doped 0.3% Bi 中，可以看到電壓達到 0.669 mV，而電流達到 0.199 mA。

二、鉀離子電池設計及發電成效

(一) 鉀離子電池整體架設



(二) 鉀離子電池各個元件說明



(一) 鉀離子電池整體架設

說明：鉀離子電池包括鋁電極、電解液、風扇。鋁電極作為陽極，與電解液中的氫氧離子反應，產生鋁離子和電子。空氣電極則從環境中獲取氧氣，作為陰極進行還原反應。這些電池被串聯以提供更高。系統還加入風扇以促進空氣流動，提升電池效能。

(二) 鉀離子電池各個元件說明

A. 鋁電極

鋁電極在鉀離子電池中扮演著陽極的角色，是電池反應的核心部分之一。鋁作為一種活性金屬，具有很高的氧化還原的能力，這使得它在化學反應中容易失去電子，因此非常適合用作陽極材料。

1. 在鉀離子電池中，鋁電極發生氧化反應，這是電池產生電能的主要來源。鋁在電池的電解液（通常是鹼性氫氧化物溶液，如氫氧化鉀 KOH ）中失去電子，被氧化成鋁離子（ Al^{3+} ），然後與氫氧根離子（ OH^- ）反應生成氫氧化鋁（ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）。
2. 鋁的氧化反應釋放大量能量，這使鉀離子電池能夠產生穩定的電流。鋁的理論能量密度很高，約為 8.1 kWh/kg （比鋰電池的能量密度更高），因此鉀離子電池的能量潛力非常大。鋁的高能量密度讓它在許多長時間維持高功率。[4]
3. 鋁與電解液中的氫氧根離子反應生成氫氧化鋁沉澱，這是一個不可逆的過程。鉀離子電池的鋁電極在使用中會逐漸被消耗掉，最終需要更換鋁陽極來恢復電池的性能。
4. 生成的氫氧化鋁沉澱會累積在電池內部，這可能會影響電解液的有效性和電池的長期穩定性。因此，電池需要設計得易於清理沉澱物或更換電解液和鋁電極。鋁的氧化還原反應相對快速，這讓鉀離子電池能夠提供高效的能量轉換。由於鋁的氧化電位較低，電子容易從鋁轉移到空氣陰極，因此這類電池可以迅速啟動，適合快速放電。



圖 13. 鉀離子電池的鋁板電極(鋁 1050，購自崇浩光電科技股份有限公司) (圖片由作者自行拍攝)

B. 製造碳(空氣)電極步驟

1. 使用透氣膠帶將鎳網上約 5 mm 遮住（需黏兩鎳網，如圖 14A）。
2. 分別秤 15 g 活性碳和 20 g PTFE 分散液（60%水溶液）。
3. 添加 50 mL 的丙酮於活性碳粉（步驟 2）中並攪拌均勻（如圖 14B）。
4. 緩慢將 PTFE 分散液滴入活性碳均勻分散於丙酮中之溶液（步驟 3），且須一邊攪拌均勻。過程中需不斷確認膠體狀況、斟酌添加，如 PTFE 水溶液膠滴完且攪拌均勻後，發現丙酮添加過多，可用加熱板加熱，將多餘丙酮揮發。（如圖 14B）。
5. 將鎳網放在矽油紙上 並將空氣極漿液均於塗抹在鎳網其中一面（如圖 14C、15B），再蓋上矽油紙並用不銹鋼棒滾勻，最後熱風槍吹乾(圖 16)。（重複相同步驟將鎳網另一面完成，共需製作兩片鎳網。
6. 撕掉鎳網上的透氣膠帶，即完成空氣電極。
7. 將電線焊接於鎳網上，以利後續導電用。
8. 使用 Silicone 密封膠將空氣極和鋁片黏電池外殼，並用橡皮筋固定且放置一晚，確認膠完全乾燥即可。

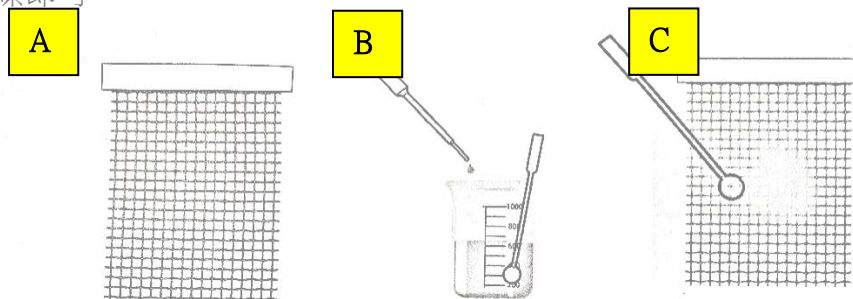


圖 14. (A) 兩片鎳網用透氣膠帶黏合 (B) 混合碳(空氣)電極漿料 (C) 將空氣極漿液均於塗抹在鎳網其中一面(圖片由作者自行拍攝)

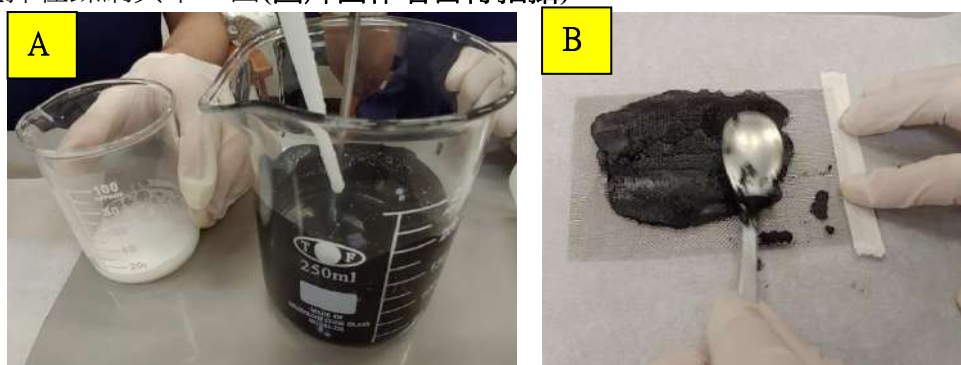


圖 15. (A) 混合碳(空氣)電極漿料，(B) 將鎳網放在矽油紙上，並將空氣極漿液均於塗抹在鎳網其中一面(圖片由作者自行拍攝)



圖 16. 用熱風槍吹乾塗好漿料的碳電極
(圖片由作者自行拍攝)

C. 壓克力固定架

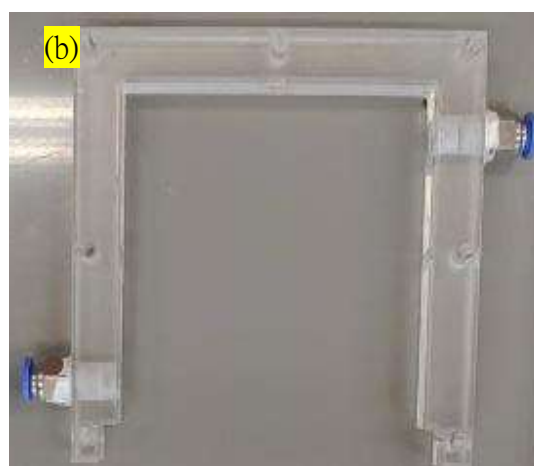


圖 17. (a)及(b) 壓克力固定架(圖片由作者自行拍攝)

D. $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 循環系統

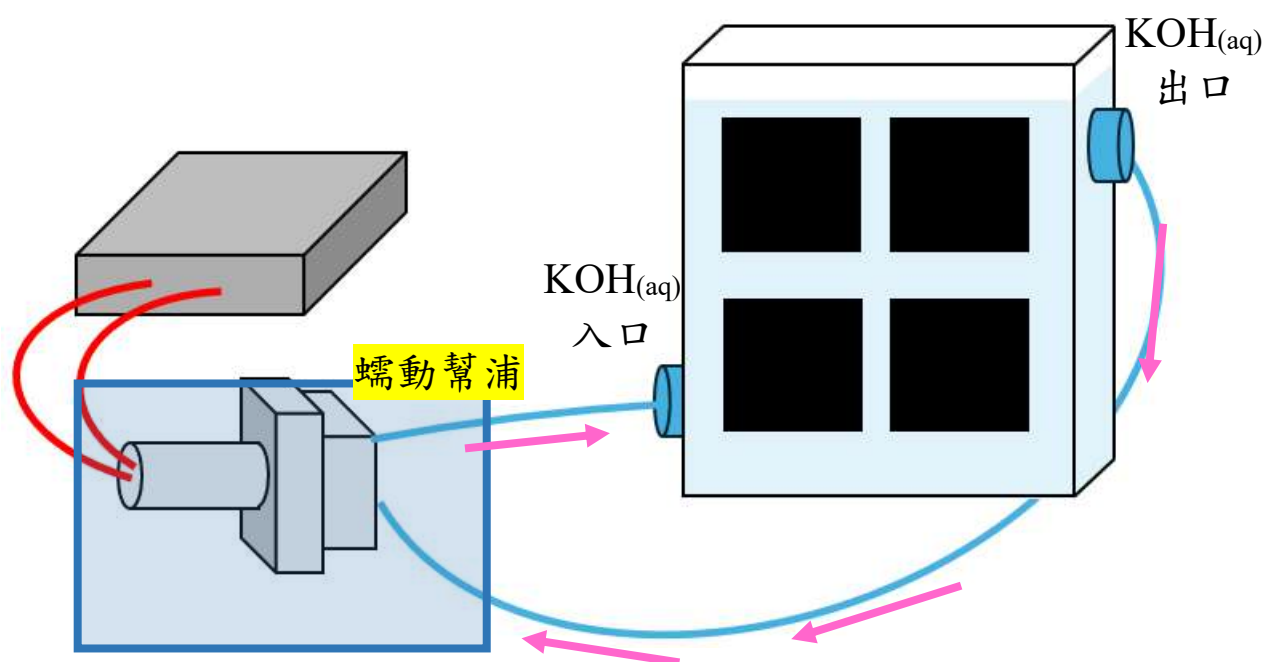


圖 18. $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ 循環系統示意圖(圖片由作者自行繪製)

1. 蠕動幫浦的功能：是一種透過壓擠管道來輸送液體的幫浦裝置，其結構設計與運行原理類似於人體消化道的蠕動運動。這種幫浦的主要優勢是流體只會接觸到軟管或管道本身，這使它特別適合用來處理腐蝕性、易污染或需要保持高度純淨的液體。(圖 18)
2. 蠕動幫浦的基本結構：第一，軟管或管道，這是一條柔軟的管道，通常由耐磨且彈性的材料製成，比如矽膠或 PVC。液體會通過這條軟管被輸送出去。第二，轉子，這是蠕動幫浦的核心部件，轉子上通常裝有數個壓輥或壓靴。當幫浦運行時，這些壓輥會隨著轉子的旋轉依次壓迫軟管，推動管內的液體流動。壓輥的持續旋轉擠壓使得管道內的液體從入口端流向出口端。(圖 19)
3. 蠕動幫浦的工作原理：當轉子上的壓輥旋轉到軟管上方時，壓輥開始壓迫軟管的某一部分，將這段管道封閉，防止液體回流。隨著壓輥繼續旋轉，壓迫的軟管區域向前移動，管道中的液體被壓擠並推向出口方向。當壓輥離開這段軟管時，被壓扁的部分迅速恢復其原本的彈性形狀。軟管恢復形狀時，管內形成負壓，吸入新的液體進入管道。這樣的壓擠和回彈動作隨著轉子的旋轉不斷重複，液體便能持續且穩定地被輸送出去。[5]



圖 19. 蠕動幫浦實體圖

(圖片由作者自行拍攝)

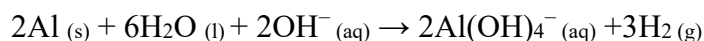
E. 鋁電極與電解液的反應

在鉀離子電池中，鋁電極與電解液的反應是整個電池運作的核心。首先，鋁電極作為陽極材料，在與電解液接觸時，鋁原子會被氧化，失去電子並轉變成鋁離子 (Al^{3+})。這一氧化過程釋放出三個電子，這些電子將經過外部電路，從而產生電流。這是鉀離子電池產生電能的第一步。具體反應可以表示為：鋁原子 (Al) 轉變為鋁離子 (Al^{3+})，同時釋放出三個電子 (3e^-)。當鋁電極釋放出鋁離子後，這些鋁離子會與電解液中的氫氧根離子 (OH^-) 發生反應，生成氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$)。氫氧化鋁是固態沉澱物，它會逐漸在鋁電極表面或電池內部積累。這個反應的具體表現是鋁離子與氫氧根離子結合，生成不溶的氫氧化鋁沉澱物，這也是鉀離子電池內部化學反應的第二步。



圖 20. 鉀離子電池的反應過程中產生的 (a) 氫氧化鋁沉澱，(b) 氫氣。(圖片由作者自行拍攝)

在鉀離子電池的工作環境中，鋁不僅會與氫氧根離子反應，還可能與水發生反應。當鋁與水反應時，鋁原子會被進一步氧化，同時生成氫氣。這個反應發生在鋁電極的表面，並導致鋁材料的消耗。具體反應式如下：



這個反應中，鋁與水和氫氧根離子共同作用，生成氫氧化鋁錯合物（ Al(OH)_4^- ），並釋放出氫氣（ H_2 ）。

三、鉀離子電池的電解液循環裝置及發電效率

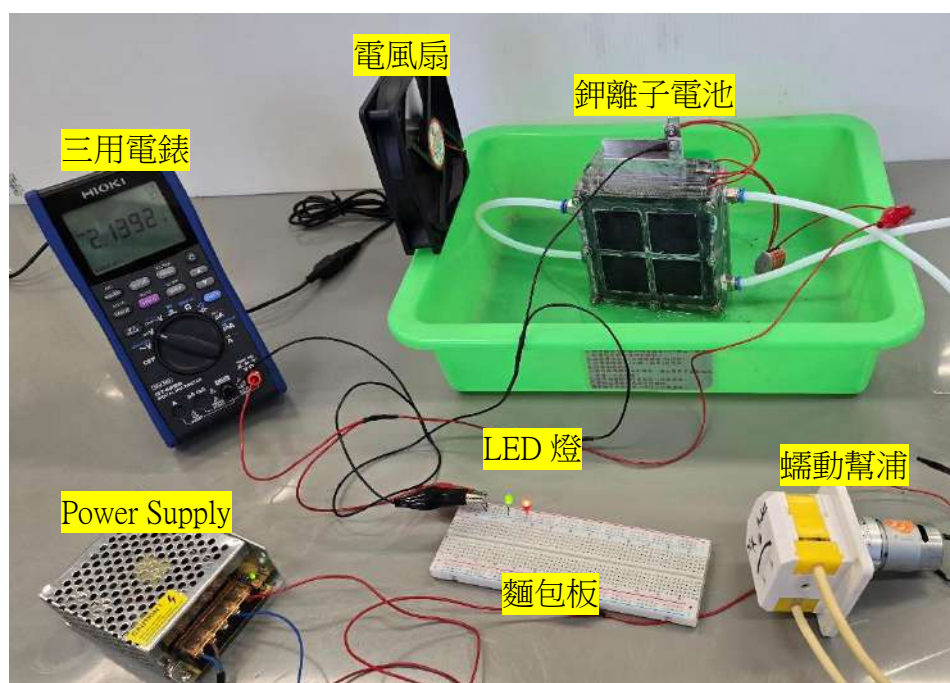


圖 21. 鉀離子電池的電解液循環裝置實體圖(圖片由作者自行拍攝)

說明：

1. 原理：鉀離子電池是一種利用鋁作為陽極，空氣中的氧氣作為陰極的能量轉換裝置。在這個系統中，電解液的存在促進了鋁的氧化反應，從而產生電能。具體來說，當鋁電極浸泡在電解液中時，鋁原子會失去電子，形成鋁離子 (Al^{3+})，這一過程釋放出的電子會進入外部電路流向陰極，從而形成電流。
2. 串聯的設計：在設計中，為了提高整體系統的輸出電流，將多個鉀離子電池以串聯的方式連接。這種串聯配置的主要目的是將多個電池的電流相加，因為每組電池的輸出電流相對較低。當這些電池串聯時，電子流從一個電池的陰極流向下一個電池的陽極，形成一個連續的電流路徑。因此，整個系統的輸出電流便得以增強，能夠滿足對高電流需求的各種設備或應用。
3. 電風扇的功用：電風扇有助於促進空氣流通，由於鉀離子電池的陰極反應依賴於空氣中的氧，風扇的引入可以加速氧氣的進入，確保陰極的還原反應更加高效。當電風扇運作時，它會將周圍空氣引入電池系統中，提供更多的氧分子供陰極反應使用，這樣可以提高整個電池的能量輸出。
4. 蠕動幫浦的集成：其運作基於壓輥反覆擠壓和釋放柔性軟管來輸送液體。將蠕動幫浦集成到鉀離子電池系統中，其目的是自動維持電解液的流動，確保電池內的化學反應能持續進行，並防止氫氧化鋁沉澱在電池內部過度積累。蠕動幫浦在該系統中負責將電解液從電池中的一端輸送至另一端，並實現電解液的持續循環。
5. 整體裝置設計的優勢：在鉀離子電池的工作過程中，氫氧化鋁等反應產物可能會在電極表面積累，這會導致內部阻塞，進而減少電池的效能。蠕動幫浦的引入能夠確保電解液持續流動，這不僅促進了新鮮電解液的進入，還有助於將這些沉澱物及時排出電池系統。

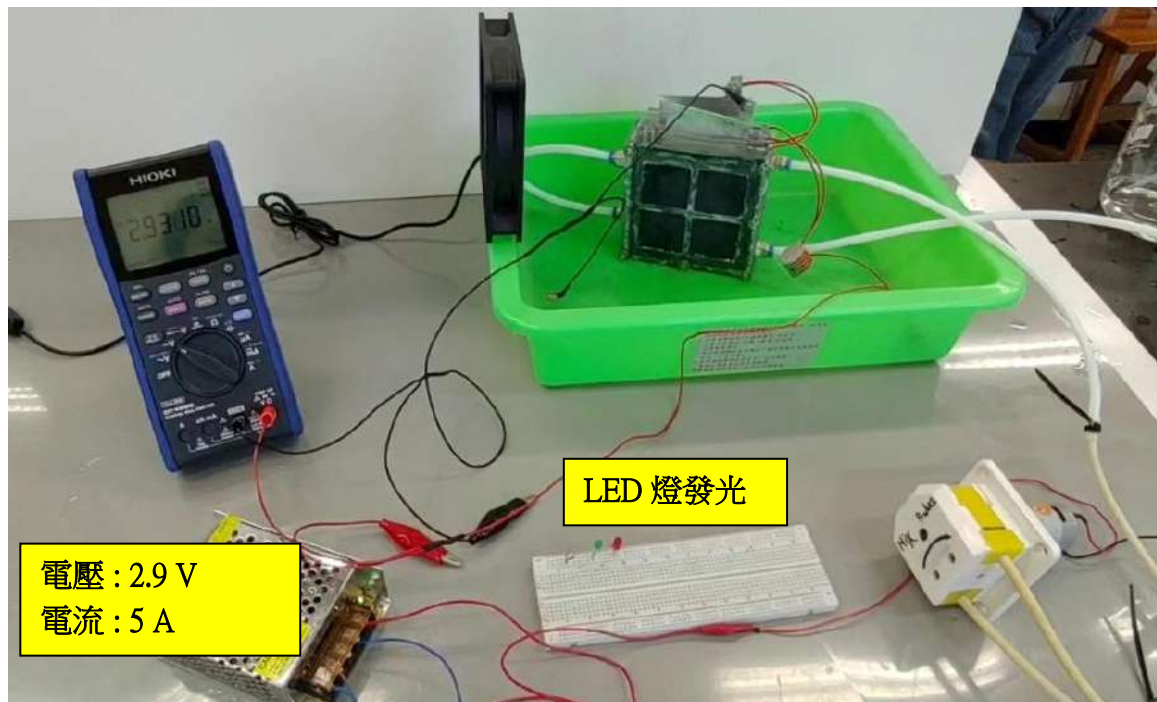


圖 22. 鉀離子電池的電解液循環裝置以及亮燈裝置實體圖(圖片由作者自行拍攝)

發電效率說明：鉀離子電池在未串聯的情況下，電壓只有 1.4 V，而電流只有 2.4 A，在串聯後，其電壓為 2.9 V，電流為 5 A。在串聯後，有助於提升電壓以及電流，且將鉀離子電池的正負極皆在麵包板上時，能夠使 LED 燈亮起來。

四、鉀離子電池配合燃料電池以及電路板的設計

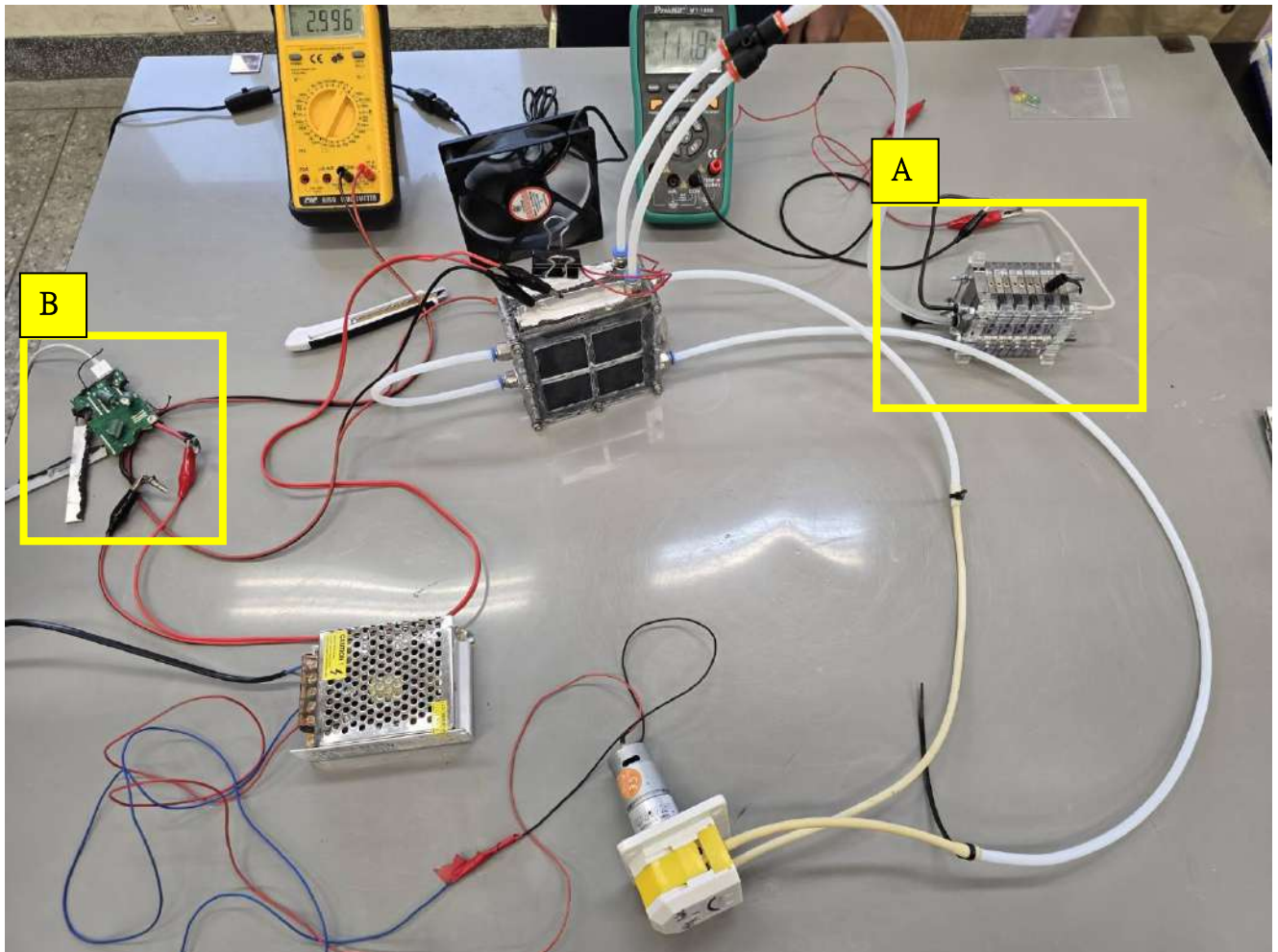


圖 23. 鉀離子電池配合燃料電池以及電路板 USB 充電裝置實體圖(圖片由作者自行拍攝)

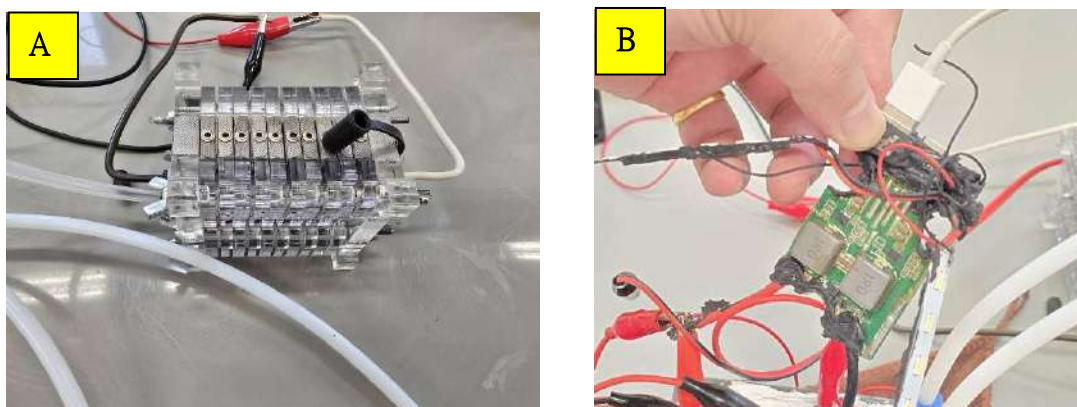


圖 24. A. 燃料電池實體圖，B. 電路板實體圖(圖片由作者自行拍攝)

說明：

1. 鉀離子電池的反應：鋁與電解質中的氧氣發生氧化還原反應，產生電能。然而，在鋁與水的副反應中，鋁會與水和氫氧根離子反應，生成氫氧化鋁和氫氣。這個過程在鉀離子

電池中比較常見，氫氣的產生通常被認為是降低鉀離子電池效率的副作用，但是此裝置能夠收集這些氫氣，則可以進一步用於燃料電池。

2. 燃料電池的運作：這是一種使用氫氣作為燃料的電池。氫氣在陽極發生氧化反應，產生質子和電子，電子在外部電路流動，產生電流，最終質子和電子與氧氣在陰極反應生成水。燃料電池的特點是能夠提供穩定的電力，因此，與鉀離子電池串聯可以進一步提高裝置的電力輸出，確保穩定的電壓。將鉀離子電池產生的氫氣通入燃料電池，可以實現一個互補的能源系統。在鉀離子電池中，由於副反應生成的氫氣本來會造成能源浪費，將其收集並輸送到燃料電池中，就可以進一步利用這些氫氣產生額外的電能。

發電效率結果：

鉀離子電池的電壓為 2.8 V，電流為 4A；而燃料電池的電壓為 1.8 V，電流為 2 A。

A. 燃料電池：

1. 燃料電池的構造：

陽極（負極）：這是燃料電池中燃料供應的一側。陽極是由一種催化劑（通常是白金或其他貴金屬）覆蓋的材料製成。當氫氣通過陽極時，催化劑會促使氫分子分解為氫離子（質子）和電子。這是燃料電池電化學反應的第一步。

陰極（正極）：陰極位於燃料電池的另一側，負責吸收氧氣並促進氧化還原反應。與陽極類似，陰極也覆蓋著催化劑，以加速氧的還原反應，將氫離子和電子轉化為水。

電解質：陽極與陰極之間的部分是電解質，它的作用是使特定離子（通常是氫離子或氧離子）通過，但阻止電子通過。這樣的設計可以確保電子必須經過外部電路來進行傳導，從而產生電流。電解質材料的選擇十分重要，最常見的是質子交換膜（PEM），能有效地將氫離子從陽極傳導到陰極，而不讓氣體或電子直接穿透。[6]

2. 燃料電池的原理：

燃料電池的陽極上會發生氧化反應。當氫氣進入陽極後，在催化劑的作用下，氫氣分解為氫離子（ H^+ ）和電子（ e^- ）。這些氫離子會透過電解質進入陰極，而電子則被迫通過外部電路，流向陰極。電子的流動便形成電流，成為可以利用的電能。在燃料電池的陰極處，會發生還原反應。氧氣與來自陽極的氫離子和電子發生反應，生成水。

B. 電路板：

1. 將原本的電壓 3.1 V 調整為 5 V。

2. 電路板的功能：將電池輸出的電壓調整到適合 USB 充電的需求。鉀離子電池和燃料電池通常會產生較低的電壓，這使得它們無法直接為 USB 設備充電。為了應對這個問題，電路板上安裝了一個升壓模組。這個模組的功能是將較低的電壓提高到大約 5V，這是 USB 充電所需的標準電壓。
3. 電路板的原理：升壓模組利用 DC-DC 升壓轉換器的技術，通過調整開關頻率和輸出電感來提高電壓。在這一過程中，模組會盡量提高轉換效率，減少能量損耗，確保輸出電壓達到 USB 充電標準；穩壓模組會確保在電壓提升的過程中，輸出電壓保持穩定。穩壓模組會監控輸出電壓，確保輸出電壓保持在約 5V 的範圍內。電路板還有一個 USB 接口，通過這個接口，電能可以傳輸到手機中進行充電。[7]

五、用鉀離子電池連接電路板充電裝置

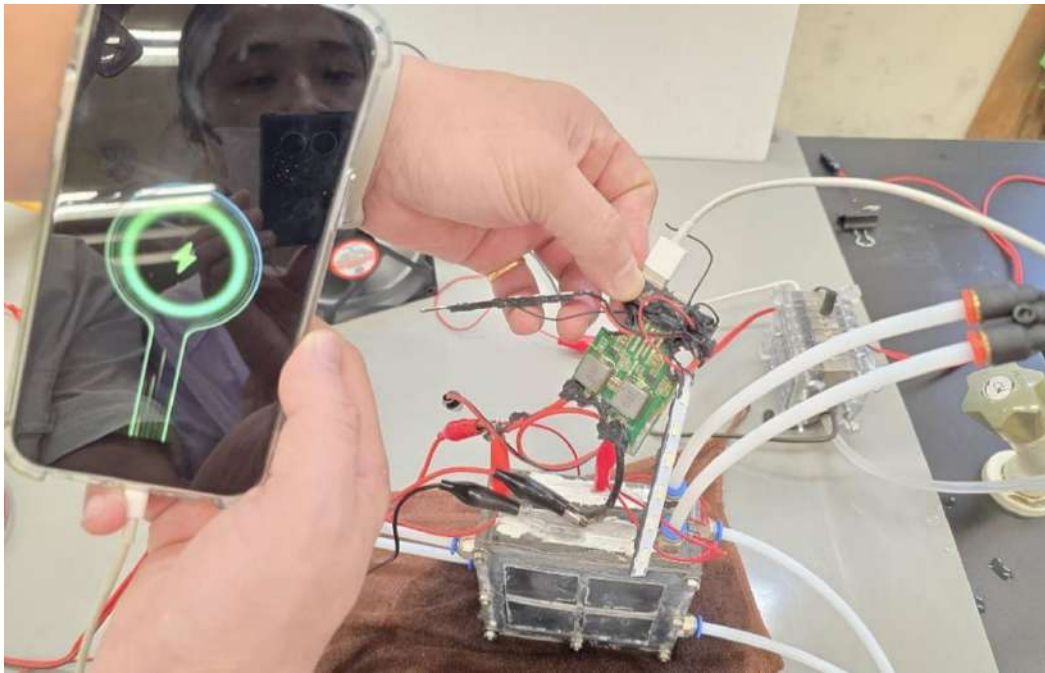


圖 25. 用鉀離子電池連接電路板充電裝置實體圖(圖片由作者自行拍攝)

說明：透過串聯鉀離子電池以及在其正負極接上電路板，電路板將 2.5 V 的電壓變為 5V，就可幫手機充電。顯示透過環保的鉀離子電池，能夠經過電路板整合電壓後，再加上 USB 的插頭即可幫手機充電。

陸、結論與應用

- 一、隨著 KOH(aq)濃度增加，電解質中的離子濃度提高，鉀離子電池的導電性和反應速率增強，導致電壓與電流上升。如 KOH(aq)濃度從 1 M 增加至 5 M，純鋁電極的電壓增加 0.19 mV，電流增至 0.166 mA。另外，摻雜鈹金屬也能提升電池性能，因為鈹的催化性能促進鋁氧化反應，減少表面鈍化層形成。以 0.3%鈹摻雜為例，電壓達 0.669 mV，電流達 0.199 mA。
- 二、鋁電極作為鉀離子電池的陽極，通過氧化反應產生電能。鋁在電解液中失去電子，生成鋁離子和氫氧化鋁沉澱。鋁的高能量密度使其適合長時間高功率輸出，但電極會逐漸消耗且需更換。為製作空氣極，將活性碳與 PTFE 分散液混合丙酮後，均勻塗抹於鎳網兩側，乾燥並完成空氣電極，再焊接電線以導電。過程中需控制膠體狀況與溶劑揮發。
- 三、蠕動幫浦透過壓擠管道輸送液體，在鉀離子電池中，蠕動幫浦可有效減少氫氧化鋁的沉澱，保持電解液流動，防止沉澱物阻塞系統。鋁電極與電解液反應時，鋁失去電子生成鋁離子 (Al^{3+})，並與氫氧根離子生成氫氧化鋁沉澱。鋁也會與水反應生成氫氣及氫氧化鋁錯合物，這些反應釋放能量，產生電流，同時消耗鋁電極並生成氫氣。
- 四、鉀離子電池透過鋁作為陽極、空氣中的氧氣作為陰極進行反應，並產生電流。未串聯時，電池電壓為 1.4V，電流 2.4A；串聯後，電壓提升至 2.9V，電流達 5A。串聯設計增強了輸出電壓與電流，適合高電流需求的設備。此外，電風扇促進氧氣流入，蠕動幫浦則循環電解液，減少氫氧化鋁沉積，提升反應效率。系統串聯後，可成功點亮 LED 燈，顯示出其有效的能量輸出。
- 五、鉀離子電池的主要反應是鋁與電解質中的氧氣發生氧化還原反應，產生電能。然而，鋁會與水反應生成氫氧化鋁和氫氣，這通常被視為降低效率的副作用。不過，裝置能收集氫氣並輸送至燃料電池進一步利用。燃料電池運作過程中，氫氣在陽極分解成質子和電子，電子流經外部電路形成電流，質子與氧氣在陰極結合生成水，這樣兩者互補可提高能源效率。
- 六、為提高鉀離子電池的實用性，串聯電池後將電壓從 2.5V 提升至 5V，經電路板穩壓，適合 USB 充電。升壓模組利用 DC-DC 轉換技術，將低電壓提升至符合 USB 標準的 5V，並透過穩壓模組保持輸出穩定。此技術能將鉀離子電池產生的電能整合，轉換成可供手機充電的穩定電壓，展示其作為環保能源的應用潛力。

柒、參考文獻資料

- [1] Koen Michiels, Jeroen Spooren, Vera Meynen. (2015). Production of hydrogen gas from water by the oxidation of metallic iron under mild hydrothermal conditions, assisted by in situ formed carbonate ions.
- [2] Bo Wei, Zhongheng Fu, Dominik Legut, Timothy C. Germann, Shiyu Du, Haijun Zhang, Joseph S. Francisco, and Ruifeng Zhang. (2021). Rational Design of Highly Stable and Active MXene-Based Bifunctional ORR/OER Double-Atom Catalysts.
- [3] Babusi, Balopi1, Mahluli, Moyol, Joshua, Gorimbo. (2022). Autothermal Reforming of Bio ethanol: A Short Review of Strategies Used to Synthesize Coke Resistant Nickel Based Catalysts.
- [4] Vegh, J. M., & Alonso, J. J. (2016). A comprehensive review on recent progress in aluminum-air batteries.
- [5] Jordan M Berg, Tim Dallas. (2015). Peristaltic Pumps.
- [6] Meiling Yue, Hugo Lambert, Elodie Pahon, Robin Roche. (2021). Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges.
- [7] Seongha Park, Yongho Kim, Kyuhwan Lee, Anthony H. Smith. (2020). Accessible Real-Time Surveillance Radar System for Object Detection.

【評語】 100042

本作品討論鉀離子電池特性討論不同氫氧化鉀濃度與鋁陽極於摻雜不同比例鈹金屬下之電壓電流特性並實作一 KOH 循環系統。內容涵蓋材料特性之討論與實驗之建構但建議可更完整分析所得之數據並勾勒更完整之雙輸出埠電力架構。而鉀離子電池的高能量密度及環保特性使其在能源儲存技術中具備潛力，尤其是在降低對化石燃料依賴方面有其需求性。建議輸出電力的量測需考慮有附載的條件下，另外產氫的效能可加以探討量化。