

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

大專/社會組 科學文章格式

文章題目：為什麼手機在入冬後耗電速度變快？

摘要：此文章探討了低溫對鋰離子電池效能的影響，當溫度下降，電解液的黏度增加，鋰離子的移動受阻；氧化還原反應速率也根據阿倫尼烏斯定律減慢，使得電池的輸出電壓降低；低溫對 SEI 膜的影響，解釋了這些現象如何導致電子設備在寒冷環境中更容易沒電。

文章內容：（限 500 字~1,500 字）

寒冬將至，隨著溫度降低，各位有沒有發現身邊的電子產品越來越容易沒電。無論是電腦、手機還是平板，在天冷時的電池續航都會明顯縮短，而有時候上一秒還有一定電量，下秒卻直接「沒電」的狀況。但神奇的是，當你將一台在低溫中沒電關機的手機移至溫暖的室內，手機又能重新開機了。這是否表示手機在低溫中會自己「充電」？當然不是！今天，讓我們探索原理，了解為什麼低溫會對手機電池造成這樣的影響。

現在的電子產品內大多採用鋰離子電池，這種電池憑藉高能量密度、無記憶效應、長壽命等優點使人們對他愛不釋手。但它也並非十全十美，鋰電池內部的構造也確定了它終究會有一些缺點。首先，我們從工作原理說起，從圖 1 我們可以發現鋰離子電池的放電原理主要就是「移動鋰離子」，通過連接負載，讓電池內的鋰離子從負極(ANODE)「脫插」，經由電解液來到正極 (CATHODE) 並「嵌入」。如果這個移動的過程中遭遇阻礙，鋰離子電池的工作效率就會被影響。電解液作為鋰離子移動的「通道」，其流動性對電池效能至關重要。然而，當環境溫度降低時，電解液中的分子熱運動減少，導致黏度上升，阻礙鋰離子的有效遷移。不幸的是，鋰電池常用的電解液：碳酸乙烯酯 ($C_3H_4O_3$) 的熔點在 $34^{\circ}C \sim 37^{\circ}C$ ，這代表即使在室溫環境下，其就會呈現固液共存狀態，在寒冬中就更不用說了。當這些液體的流動性變差時，電解液就像一條「塞車的高速公路」，使鋰離子的遷移速度顯著下降，鋰離子一旦移動受阻，電池能量傳遞效率自然就下降了。

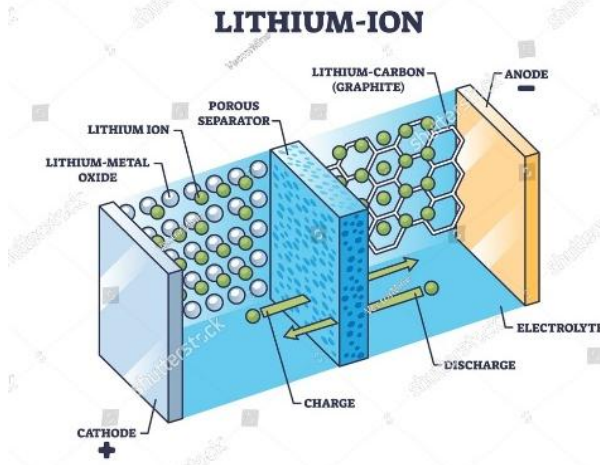


圖 1: 鋰離子電池充放電解說圖

更加雪上加霜的是，在電極上發生的那些反應都屬於氧化還原，這些化學反應也都依循阿倫尼烏斯定律($k = Ae^{-E_a/RT}$)來進行。其中， k 是反應速率常數， T 代表絕對溫度。這個公式展現溫度與反應速率呈正比關係，也就是說當溫度降低時， k 也會相應減小，意味著電極上發生的化學反應會放緩。有時手機再處理複雜任務時，瞬時的耗電量會增加，如果電池因反應速度減緩而無法提供給手機足夠的瞬時能量，就會導致手機直接關機。

最後，我們還要考慮 SEI 膜 (固體電解質界面) 的影響以及它在低溫中的變化。理想中的 SEI 膜應該是一層均勻鋪在電極上的薄膜，其作用在於保護極板材料、降低電池內阻與阻止電解液的分解。然而當溫度降低時，這層膜會逐漸增厚或變得不均勻，導致鋰離子更難穿透，從而降低效率。

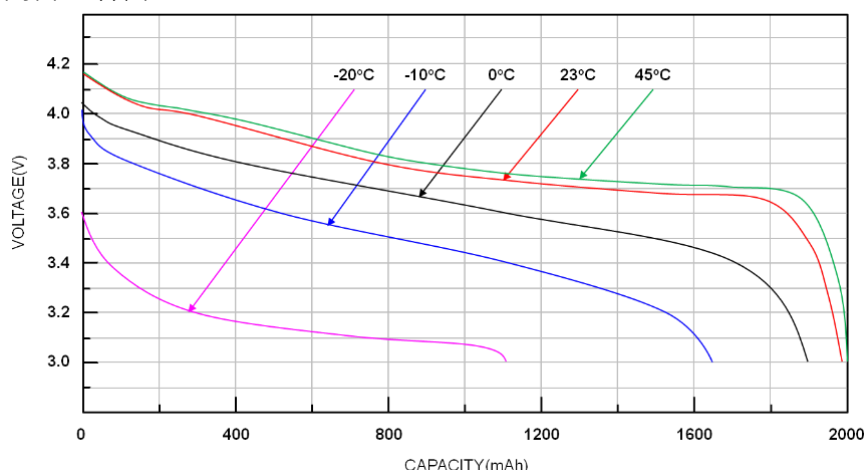


圖 2: 鋰離子電池電壓對應容量曲線圖 (立錡科技)

上原因解釋了手機在低溫情況下耗電速度加快的原因總結就是「反應速度減緩」，但更精確地說，手機其實沒有更耗電，而是電池能提供的電壓變低了。從圖 2 的實驗報告可看出，電池在儲存相同電量的情況下，越低的環境溫度會使的輸出的電壓越低，這也解釋了為什麼手機在寒冬中沒電後，拿回溫暖的室內就可以開機的懸案。

隨著技術的不斷發展，未來更穩定的電解液配方、新型電池結構以及更智慧的電池管理系統，會為低溫對的電池挑戰提供更完善的解決方案，讓手機在寒冷環境中也能穩定運作，陪伴我們渡過每一個冬天。

參考資料

- [1] 電解液成分: <https://www.benzolithiumbattery.com/blog/post/main-components-of-lithium-ion-battery-electrolyte-and-precautions-for-use.html>
- [2] 固體電解質界面 (SEI): <https://read01.com/Jkn0mL.html>
- [3] 鋰離子電池: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery
- [4] 阿倫尼烏斯定律: https://en.wikipedia.org/wiki/Arrhenius_equation
- 圖 1: <https://www.shutterstock.com/zh/image-vector/lithiumion-liion-battery-principle-power-storage-2450211605>
- 圖 2: https://www.richtek.com/Design%20Support/Technical%20Document/AN024?sc_lang=zh-TW