



# 智能變頻電磁爐原理剖析 與使用注意事項

林昆平／臺南分局技正

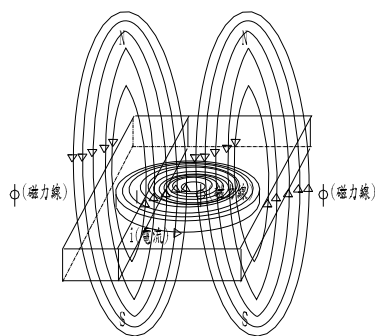
## 一、前言

178 期檢驗雜誌已介紹過電磁爐選購與使用指南，文中對其使用優點、烹調功能、市場應用、無火煮食、無污染、機型型態(攜帶型、嵌入型、單頭爐、多頭爐)、鍋子選用、電磁爐原理、適用檢驗標準等已詳盡介紹，惟對鍋具鍋底如何感應渦電流?電磁爐洩漏電磁場對人體危害程度探討?電磁線圈操作頻率為何不是 60 Hz，而是高頻的 20 KHz~40 KHz?變頻技術為何可改變電磁爐輸出功率?等仍未交待清楚，本文補充這些遺漏使該文更加完臻。電磁爐的發展史起於 1957 年的德國，直到 1972 年美國才開始大量生產，至 1980 年流行於歐美日市場，直至今日，其電子機板引入變頻技術與智慧型可程式微控器晶片 MCU(Microprocessor Control Unit)，使得功率輸出更為精準且可進行微調，連帶炒菜、鐵板燒、火鍋、蒸煮、煎炸、燉補等烹調模式變得可行，也使得電磁爐更融入現代化家庭中。安全使用上，電磁爐空鍋煮食或無人看管下湯底蒸發下，由於渦電流持續加熱鍋具會有高溫起火的危險性，所幸目前爐面下均設計有偵溫裝置，鍋底一旦異常溫升系統自動切斷電源，消費者可放心使用。智能變頻電磁爐是家電偉大的發明，其原理、選購、使用注意要點等，值得介紹給消費者認識。

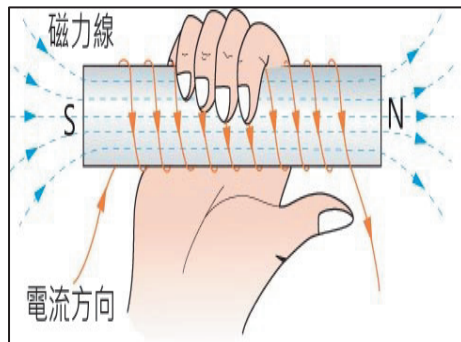
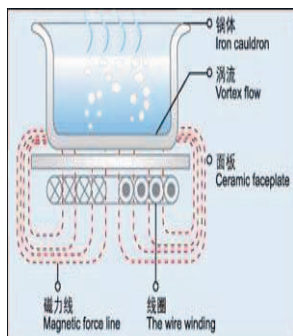
## 二、原理與結構

### 2.1 渦電流原理

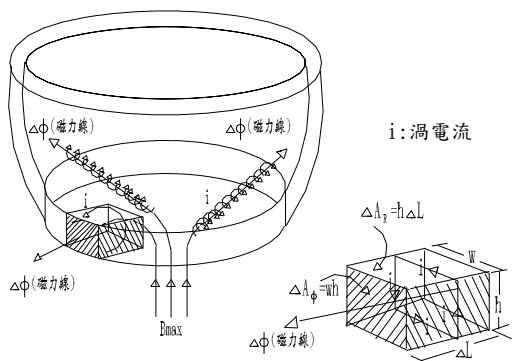
圖 1a 顯示電磁爐產生的磁場(磁力線)流動方式，鍋具放入前，爐面上下會有磁力線環繞，但此時並不會有感應電流產生，也就無功率輸出問題；鍋具放入後，由於鐵鍋比起空氣有更佳導磁率，爐面上磁力線會被導入鍋底層再返回至回路上，至於爐面下的磁力線則因線圈座架安裝有磁條與導磁罩，故整個磁力線範圍緊臨機體導回線圈，因此電磁爐電磁場對人體的危害不必太擔心，標



(a) 鍋子擺放前後對磁力線環繞途徑的影響



(b) 磁場與電流的感應關係及方向



(c) 鍋具鍋底產生渦電流過程(圖自創)

$$\Delta\phi = \Delta\phi_{\max} \cos \omega t, \Delta\phi_{\max} = B_{\max} \times \Delta A_s, \Delta A_s = w \times h$$

$$\Delta e = -N \frac{d\Delta\phi}{dt} = N\Delta\phi_{\max} \omega \sin \omega t, \Delta R = \sigma \frac{2(w+h)}{\Delta A_s} = \sigma \frac{2(w+h)}{h\Delta l}$$

$$\Delta P_e = \frac{\Delta e^2}{\Delta R} = \frac{(N\Delta\phi_{\max} \omega)^2}{\Delta R} = k' f^2 B_{\max}^2, k' = \frac{N^2 (wh)^2 (2\pi)^2}{\sigma \frac{2(w+h)}{h\Delta l}}$$

$$\Delta P_e = k' f^2 B_{\max}^2$$

註  $\Delta\phi$ : 某小金屬塊磁通量;  $B_{\max}$ : 電磁爐產生的磁場強度;  $\Delta A_s$ : 小塊金屬橫截面積  
 $\Delta e$ : 磁通在小金屬塊感應電壓;  $\Delta R$ : 渦電流通過小金屬的電阻;  $\Delta P_e$ : 渦電流功率

(d) 鍋底一小塊金屬層產生的渦電流功率推導(最後導出公式擷錄於式 1)

圖 1 渦電流產生過程及功率輸出推導(圖片 a,b 來源:[1]~[2]; 圖片 c,d 自繪)

準檢驗局六組市售抽測的結果也都能符合 CNS 14978 低頻電磁場量測與評估要求規範。圖 1b 顯示電磁感應原理-「電生磁，磁生電」，線圈通入電流可在四周建立感應磁場，反之，磁場穿過金屬線圈也可使線圈感應出電流，兩者方向關係由安培右手定則決定。圖 1c 顯示金屬鍋具是由有厚度  $h$  的金屬層板金而成，事實上可視為由無數金屬線圈疊繞後擠壓成型構成，當爐面下線圈產生磁場被導入鍋底層穿透時，鍋底層產生感應渦電流，這已在圖 1b 解釋且由於激膚效應，電流會在鍋底層的表面環繞。圖 1d 顯示於鍋底切一小塊金屬分析其渦電流產生功率過程，藉由磁場及渦電流走向與金屬塊電阻的關係，可分析出電磁爐輸出功率分別與線圈頻率與感應磁場強度平方成正比(式 1)，但因電源電壓已固定為 110 V/220 V，故線圈產生的感應磁場強度是定值，所以要調變功率輸出

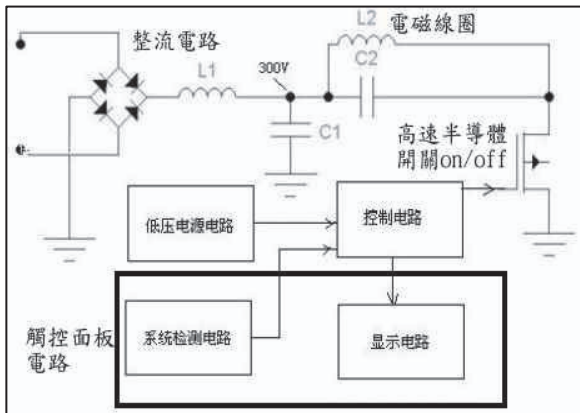


只剩調變頻率，此藉由變頻電子電路即可作到。智能微控晶片 MCU 可被寫入程式以控制半導體切換開關的啟斷及延時，應用在電磁爐上可精準控制電磁線圈頻率輸出及保護功能。另電磁爐為擴大爐面磁通量，線圈通常纏繞百匝以上，相對線圈體積龐大衍生積熱問題，需設計風扇與散熱孔。

$$\Delta P_e = k' f^2 B_{\max}^2 \quad (\text{式 1})$$

## 2.2 智能及變頻原理

圖 2 說明變頻電路架構與智能可程式微控晶片，變頻技術跟交換式電源供應器與電子安定器等電路非常相似，都是控制高速半導體開關 IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor)對整流電壓進行切換，使電源頻率可調變至更高頻。一般都是先將市電整流成直流電壓，再控制高速半導體開關切換直流電壓成正負直流脈波，最後再經 LC 電路轉換成交流高頻振盪弦波電壓，整個變頻技術關鍵就在設計觸發 IGBT 動作的控制電路，電磁爐工作頻率一般設計在 20 KHz~40 KHz，才有辦法產出百瓦~千瓦以上的渦電流，控制電路上也會加入智慧控制微晶片 MCU，此晶片可寫入程式並與觸控面板溝通，執行兒童安全鎖、延時散熱、防乾燒、面板過熱、金屬物品警示、電源電壓過低及過高保護、自動關機、過熱保護、一分鐘無鍋自動關機等保護功能，並可在火候段數設定後進行溫度微調功能，靠的就是精確啟動、關閉及延時電磁線圈動作的能力。



(a)變頻電路架構



(b)智能可程式控制微晶片 MCU

圖 2 變頻電路與智能可程式微晶片(圖片來源:[3]~[4])

## 2.3 智能變頻電磁爐內部結構

圖 3 顯示實際智能變頻電磁爐內部結構，包括電源機板、觸控電子機板、電磁線圈控制機板、電磁線圈等基本架構組成，電源機板上佈滿各種防制電磁



干擾的電容電感對策元件 [1]，甚至電源功率因素改善兼諧波抑制 IC 都有裝置 [2]；觸控面板功能包含爆炒、火鍋、煮水、蒸煮、鐵板燒等烹調模式 [3a]，溫度輸出可設定 80°C/100°C/120°C/160°C/200°C [3b]，也可設定後以調小(-)/調大(+)來微調溫度 [3c]；電磁線圈本身會被導磁罩 [4]及磁條 [5a]所構成的架座包覆，目的就在縮小磁力線行徑範圍，使磁力線盡量緊臨機體流動；線圈中央會設計熱敏電阻件 [5b]，功用在傳送爐面溫度信號給智能晶片，以執行各種保護功能；線圈頻率及智能控制機板位於線圈架座下方 [6a]，此機板是變頻電磁爐技術核心，重要組件包括四腳整流電路 [6b]、三腳半導體高速開關 IGBT [6c]、智能控制晶片 [6d]等，可與電源機板與觸控機板進行連線溝通，一台功能極佳的變頻電磁爐，其電磁線圈控制機板必是設計到位的。

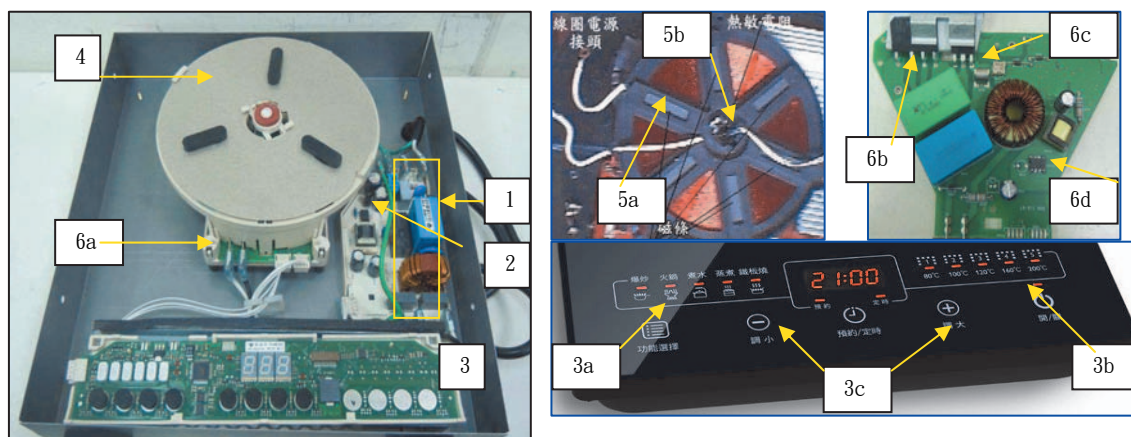


圖 3 智能變頻電磁爐內部結構(購自實體樣品拆解)

## 三、選購注意事項

### (1) 電磁爐功率的選擇

加熱速度與電磁爐的功率成正比，也就是說功率越大加熱速度也就越快，很多消費者在購買時往往注重加熱速度，挑選大功率產品。但是值得注意的是，功率越大耗電也就越多，價格也隨之水漲船高，而且很有可能影響總負量。因此選購時應根據家庭人數、主要用途、鍋具大小等因素綜合而定。一般來說，3人以下家庭選 1700 W 左右；4~5 人選 1800 W 左右；6~7 人選 2000 W 為宜；8人以上選 2200 W 電磁爐。

### (2) 品質的選擇



電磁爐好壞主要取決於主板電路設計、風機及風道設計，及高頻大功率晶體管和微晶玻璃面板的質量優劣。消費者在購電磁爐買時要根據自己的需求具體分析，而不能以價格來區分質量與功能的優劣。建議選購時：一看功率、二看面板選料、三看 IGBT---主功率大晶體管、四看功能、五看外觀。

### (3) 面板的選擇

面板是電磁爐的關鍵配件之一，市場上電磁爐的面板分為陶瓷面板與微晶玻璃面板兩種。陶瓷面板按品質又分為 ABC 三級：

#### A 級陶瓷板

白色的微米級結晶體，經過 45 天、1500 °C 高溫燒製，一次成型，耐高溫 1100 °C，耐冷熱溫差 800°C，抗衝擊性強。其質地結構緊密、易清洗、不變色、磁力線穿透充分、熱效率高，即使上面有髒物，經正確清理也可以潔淨如新。

#### B 級白色陶瓷板

燒製週期約為 7 天，在 500 °C~600 °C 的溫度下燒製，再經 200 °C 的溫度冷卻切割。它非一次成型，雖然也是白色，但相比 A 級面板易發黃、變色。

#### C 級板

一眼即可辨認，電磁爐頂板上印有花、草、蟲、魚的大都為 C 級板，因其發黃、變色快，很多廠家印製花樣來掩飾缺點。

#### 黑晶面板

因易於清潔，無發黃變色之憂，且總體質量優於陶瓷板，故商業電爐的陶瓷面板已被黑晶板替代。

### (4) 可靠性與有效壽命選擇

電磁爐可靠性指標採用平均故障間隔 MTBF(Mean Time Between Failures,單位：小時)表示，優質產品應在 1 萬小時以上；電磁爐壽命主要取決於使用環境、維護保養及主要元器件的壽命，電磁爐使用三四年後即會進入失效期。

### (5) 外觀與結構

優質產品一般外觀整潔挺括、圖案字形清晰、色澤鮮豔，塑料配件無明顯的凹凸不平，上下蓋配合緊密，給人以舒適感；內部結構佈局合理、安裝牢固、通風良好、接觸可靠，灶板以選用陶瓷玻璃為佳，若選鋼化玻璃則性能略差。

## 四、使用注意事項

### (1) 使用前

- a. 應檢視爐面是否有裂縫或破損現象，如已損壞勿使用。



- b. 電源線若已損壞勿使用。
  - c. 爐具若有任何形式損壞，不要嘗試自行維修。
  - d. 遠離水與熱源，確保煮食時有足夠空間。
  - e. 未放上鍋具前不宜啟動電源。
  - f. 電磁爐僅限家用，不可用於商業用途。
  - g. 鍋具必須是由金屬製成的，鍋底要平整，而且要具有良好的導磁性(磁鐵可吸附在鍋具底部)，底部直徑與電磁爐加熱區域直徑相當。如果烹煮器具選擇不當，可能會產生火力段異常或噪音等現象。
- (2) 安裝和連接
- a. 切勿與其它大功率電器共用同一插座。
  - b. 不要安裝在洗碗機、洗衣機、乾衣機或雙門冰箱之上，因電磁爐散發的電磁波可能引起下面電器之電子機板誤動作。
- (3) 保護爐面及爐具不受損壞
- a. 不要朝面板丟任何東西，即使小而輕物件也可能造成損壞。
  - b. 面板若發現裂縫，應立即關掉電源並停止煮食，送經銷商維修。
  - c. 不要讓熱的物件與觸控面板部位接觸，因可能造成煮食出現誤動作。
  - d. 不要將金屬物如刀、叉、勺子、蓋子、鐵罐或鋁箔等放在爐面上，因這些物品會吸收面板熱度而造成取用時燙傷。
  - e. 不要加熱空的爐具或使之過熱，也不要將加完熱的爐具擺在觸控面板上，熱度可能損壞控制區的電子組件。
  - f. 不要阻塞進氣孔和出氣口，因這樣會導致爐具溫度上升，也會引起過熱保護功能啟動，使煮食爐停止工作。
  - g. 烹飪時請小心勿將糖或甜食撒在加熱區上，或將有可能融化的材質或物體(塑膠或鋁箔包裝)放置其中，以及將食材直接置於爐面上燒烤，如果發生這樣的情況，為了避免損害玻璃表面，應立即關閉電源，並趁熱度仍殘留時清除表面。如果沒有立即清潔，有可能會在爐子冷卻後留下無法去除的痕跡。
- (4) 防止電磁爐起火與燙傷
- a. 電磁爐溫度感應功能可能失效而導致過熱起火，操作時應有人在場。
  - b. 煮食後爐面仍有餘溫，為防燙傷，搬動須小心並讓小孩遠離該設備。
  - c. 爐具冷卻下來後，才能對其清洗。
  - d. 當用脂肪或油烹飪，須在旁看管以防止油引起火焰。
  - e. 不要在爐面或儲放附近放置引起小孩感興趣東西，以避免誘使小孩爬至爐



面燙傷。

- f. 煮食時，因油或脂肪起火，不要用水滅火，應使用滅火毯或滅火器。
- g. 不要嘗試加熱沒有開封的罐頭食品，因氣壓升高可能造成罐頭爆炸，導致受傷和燙傷。
- h. 使用後，可以不用立即切斷電源，因爐具內部風扇有助爐面及機體的降溫。

#### (5) 電磁爐放置要平穩

如果電磁爐某一腳懸空，使用時鍋具重力將會迫使爐體傾斜，導致鍋內食物溢出；如果爐面放置不平整，鍋具產生的微震也容易使鍋具滑出而發生危險。另鍋內量勿超過七分滿，避免加熱後湯汁溢出造成短路故障。

#### (6) 保證進氣孔和出氣孔通暢

運轉中的電磁爐隨鍋具升溫而升溫，故電磁爐應放置於空氣流通處，使出風口處與牆壁或其他物品離開 25 cm 以上，並保證爐體進、排氣孔無任何物體阻擋。當電磁爐在工作中如發現其內置的風扇不轉，應立即停用並送修。

#### (7) 選用合適鍋具

電磁爐外殼和爐面承載重量有限，一般電磁爐連鍋具帶食物不應超過 5 公斤；鍋具底部也不宜過小，以防止電磁爐爐面承受壓力過於集中而破裂。

#### (8) 使用與保藏需防水、防潮、防蟑螂

一般電磁爐大部份沒有防水功能，當受潮或進入水，甚至蟑螂爬入排泄物等，都可能引起短路故障，因此擺放應遠離潮氣和蒸汽，並嚴禁用水沖洗。

#### (9) 操作與干擾預防

- a. 不要將手錶、錄音磁帶等易受磁場影響的物品放在爐面上，或帶在身上進行電磁爐的操作，以免被電磁爐干擾。
- b. 嚴禁鍋具空燒、乾燒，以免電磁灶面板因受熱量過高而裂開。且爐面板破裂時應停止使用。
- c. 鍋具必須放置電磁爐中央，以避免加熱不均勻。
- d. 不要在高溫或大功率輸出狀態下，頻繁拿起容器鍋具再放下，否則易造成故障，因瞬間功率忽大忽小易損壞主板。
- e. 鍋具應選用導磁性佳之材料如鐵，不銹鋼等，最好使用專門適配鍋具，如用其他代替品可能受影響；通常配送鍋具都是 304 和 430 不鏽鐵，其質量比普通鍋具好很多，建議使用專用鍋具。
- f. 玻璃表面觸控功能區及手指上有液體時會降低操作靈敏度，此為正常現象，請用抹布擦乾後再操作。
- g. 鍋子不可蓋住觸控鍵，否則 IH 微晶調理爐有可能自動停止運作。



- h. 配帶心律調節器的人必須確保其植入的儀器不受電磁爐(20~40 KHz)的影響。
- i. 如玻璃面板蓄積水滴，請先將表面之水滴擦拭乾淨，以避免鍋具滑動。
- j. 請將任何易受磁力影響之物品遠離電磁爐，如金融卡、磁卡、信用卡等。
- k. 不可將可燃、易燃或易變形的物品、食物、罐頭及調味料放在電磁爐下方，或下方櫥櫃內儲藏空間。
- L. 請勿在 IH 微晶調理爐上使用密封罐頭或容器，否則在烹煮中有可能因容器內壓力過大而有爆炸危險。

## 五、清潔保養

### (1) 面板清潔

如果是輕微的污垢用柔軟的濕抹布擦拭；如果是油污垢用柔軟的濕抹布沾少量牙膏或中性洗潔劑在電磁爐處於熱態時擦拭，再以柔軟的濕抹布擦拭至不留殘渣；為防止面板發黃，每次使用時保持鍋底乾淨，不要有乾燒情形發生，不要墊報紙再放鍋具煮食；若已變色可使用牙膏或洗潔劑擦洗降低色調。

### (2) 機身外殼清潔

用一般的中性洗潔劑清洗就可以了，每次使用時保持鍋底乾淨並不要乾燒，關機時需要等風扇完全停止再拔掉電源。

### (3) 清洗內部散熱風扇

風扇網罩用軟毛刷擦洗即可。

### (4) 清潔時應避免接觸液體，更不可把電磁爐放入水中清洗或用水進行直接沖洗；也不能用溶劑、汽油來清洗爐面或機身。

### (5) 不要用金屬刷、砂布等較硬的工具來擦拭爐面上的油污；油污可用軟布沾一點低濃度洗衣粉水來擦。

### (6) 正在使用或結束時，爐面不要馬上以冷水擦拭，以免熱脹冷縮損壞面板。

## 六、答問集(Q&A)

Q.各式烹調家電熱效率如何?

A:以澳洲 CEG (CEG electric glass company)) 公司針對不同烹煮家電之加熱方式熱效率評估結果(下表)。電磁爐由於加熱速率最快及溫度分布均勻因素，其熱效率轉換可達 90 %，優於其它傳統家電。





烹煮加熱方式	熱效率
電磁爐 (Induction)	90%
雅樂爐 (Halogen)	58%
電熱爐 (Electric)	47%
瓦斯爐 (Gas)	40%

資料來源：澳洲 CEG (CEG electric glass company) 公司

## 七、參考文獻

1. 圖 1a 照片，  
<http://share.yioumu.com/tech/2104/%E7%94%B5%E7%A3%81%E7%82%89%E5%8E%9F%E7%90%86>
2. 圖 1b 照片，[https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRk0G3h9EMcEqGFs\\_l0jxE1xiHNMVFuP8Fu2AzACOaomeXFb4mD2w](https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRk0G3h9EMcEqGFs_l0jxE1xiHNMVFuP8Fu2AzACOaomeXFb4mD2w)
3. 圖 2a 照片，<http://wenda.chinabaike.com/b/35220/2013/1103/609735.html>
4. 圖 2b 照片，[http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnlID=13&packageid=7855&id=0000354349\\_V1D2V0955CC3AB8JBJCZ&cat=10&ct=1](http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnlID=13&packageid=7855&id=0000354349_V1D2V0955CC3AB8JBJCZ&cat=10&ct=1)