

# 紅外線鹵素燈管電暖器之電磁干擾特性研究

標準檢驗局台南分局 技正 林昆平  
技士 吳福正

## 前言

冬天一到，大家常會買個電暖器來暖冬，傳統電暖器一般採用正比溫度係數電阻發熱片 PTC(Positive Temperature Constant)來產生輻射熱，不過前幾年市面上卻出現一種新型紅外線電暖器，將原電阻發熱片代以鹵素燈管並配置反射面板，可上下調整高度，可 180 度旋轉方向，狀似雷達，電路基板用二極體作功率減半控制，據說成本是傳統五分之三，價格卻可賣到 1.5 倍，大賣場甚至賣到缺貨。但這種紅外線電暖器的電磁干擾，卻有特殊現象存在，第一是，二極體可用作半功輸出控制嗎？尤其利用二極體直接承受負載大電流。第二是，鹵素燈管的發熱體採金屬電阻材質，理應不會有電磁干擾存在[1][2][3]，但此產品切換至半功輸出模式，卻有嚴重端點干擾電壓，主要集中於 150KHz~2MHz，切換至全載輸出，反而沒有，原因何在？本文探討鹵素燈電暖器 EMI 特性，內容涵蓋 CNS13783-1 家電製品電磁相容要求及 CNS 14934-2 諧波電流，實驗以電阻負載箱代替鹵素燈管取得，並以大功率二極體作負載半功輸出控制，以符合實際產品操作，研究成果提供業界參考。

## 壹、紅外線鹵素燈電暖器構造

傳統電暖器輻射熱容易擴散，消費者取暖可能要等上一段時間，尤其房室過大，時間越久，是其致命傷，但新型紅外線電暖器卻不然，可見光除增加房室氣氛外，輻射熱經由淺碟型反射板聚焦傳送，效果遠勝陶瓷電暖器，且功率減半僅由二極體控制，圖 1 電暖器相關描述。

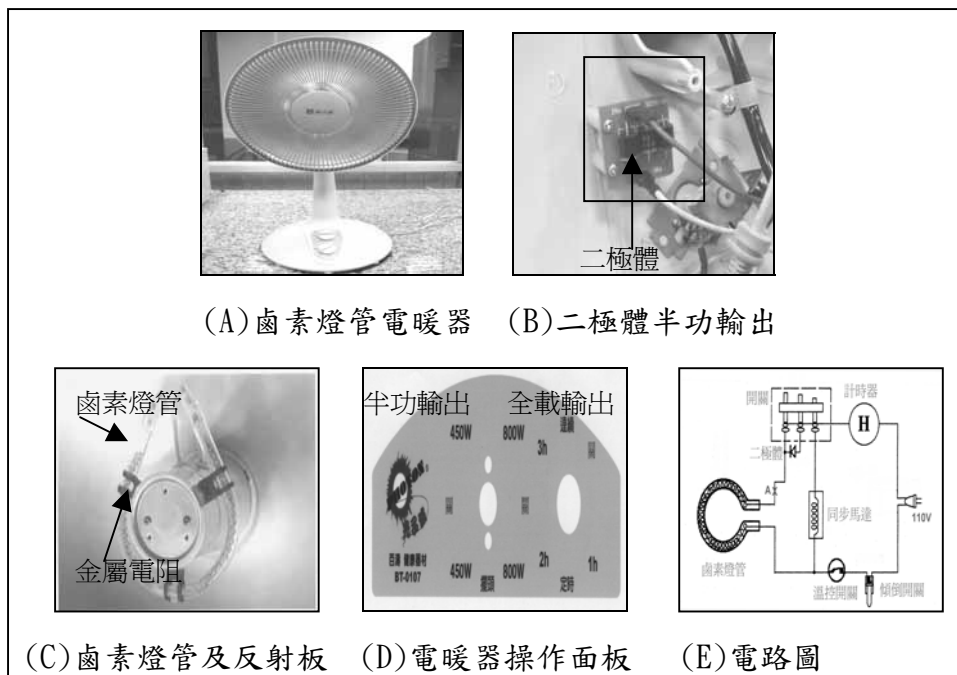


圖 1 鹵素燈電暖器相關描述

## 貳、全載輸出下的高諧波電流

圖 2~4 負載箱搭配二極體切換半載及全載，分別作諧波電流及電磁干擾量測，本節先切換至全載模式，也就是不經二極體，並將負載箱設定為 500W 及 1000W 兩種狀況輸出，這樣作是為了觀測：「升高功率對產品諧波電流及電磁干擾影響」。諧波電流量測，以日製 HIOKI 8806 電力諧波分析儀為之，量測點在負載箱 110V 電源插頭處，並依 CNS14934-2 監測 2 次~40 次諧波電流；電磁干擾量測，則將負載箱移入 EMI 隔離室，並依 CNS13783-1 端點干擾電壓及干擾功率量測。表 1~2 顯示 500W 及 1000W 量測結果，下列特徵是存在的。

1. 不管 500W 或 1000W，功因均趨近於 1。
2. 不管 500W 或 1000W，均不產生諧波電流。
3. 不管 500W 或 1000W，端點干擾電壓幾乎等同背景值。
4. 不管 500W 或 1000W，干擾功率亦幾近背景值。
5. 綜觀上述，對於純電阻構成的電暖器，若無引用任何電子控制基板，可判定並不會產生諧波電流及電磁干擾。

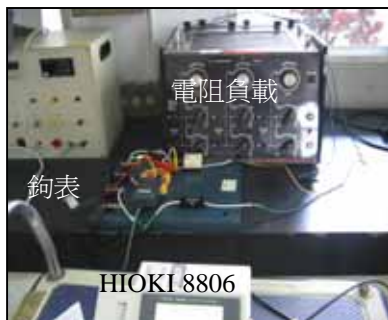


圖 2 諧波電流量測



圖 3 端點干擾電壓量測



圖 4 干擾功率量測

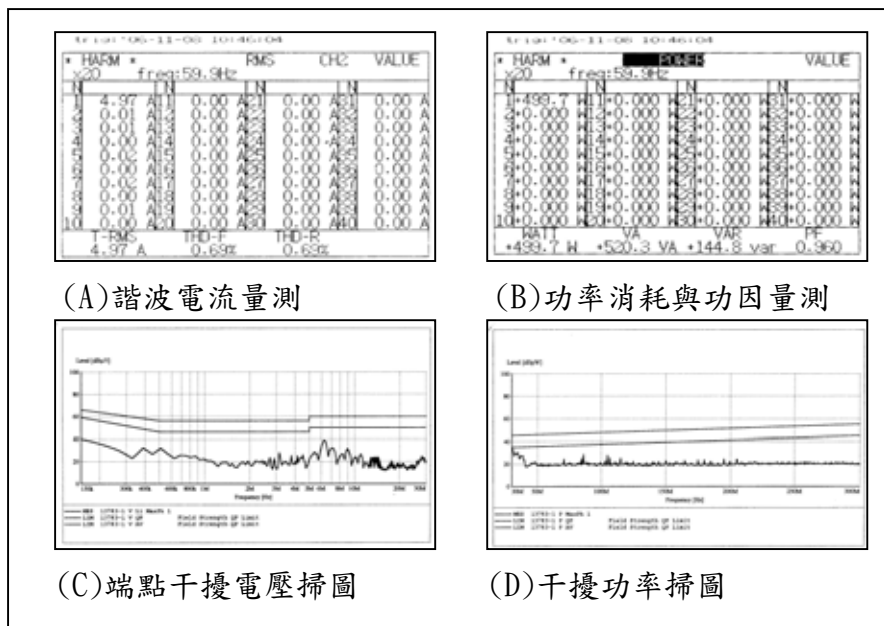


表 1 500W 全載輸出下的諧波電流及電磁干擾量測

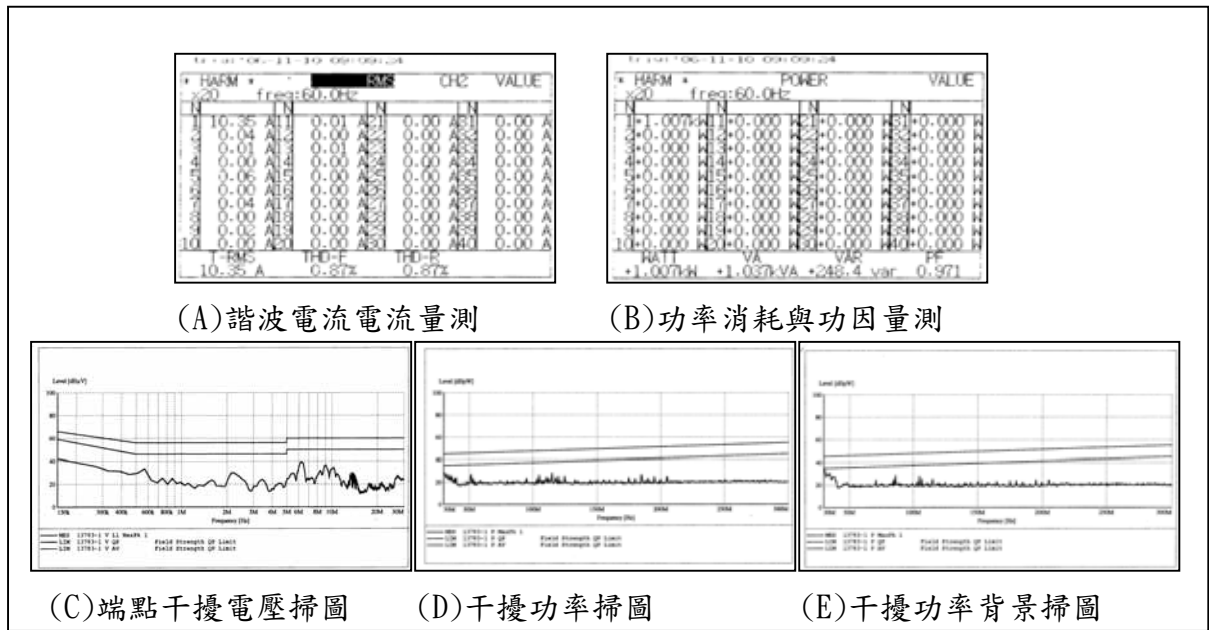


表 2 1000W 全載輸出下的諧波電流及電磁干擾量測

### 參、半功輸出下的諧波電流及電磁干擾

將圖 2~圖 4 切至二極體模式，重復第 2 節對 500W 及 1000W 量測諧波電流及電磁干擾步驟，結果如表 3~4，復測 CNS13783-1 端點干擾電壓 11 點頻率點(表 5)，結果有下列特性：

#### 1. 二極體對功因的影響

不管是 500W 或 1000W，一旦引用二極體作半功輸出，負載箱功因會由 1 降至 0.87 附近。

#### 2. 諧波電流

負載輸出越大，各次諧波電流均上升，以 2 次諧波為例，電流由 1.06A 上升至 2.33A，已超出表 6 之 CNS14934-2 對 2 次諧波管制值 1.08A。諧波耗損則由 2.03W 上升至 6.25W，由於基頻電流亦隨負載加倍，因此各次諧波相對基波含率並無變化，綜合諧波失真率始終在 45%附近。

#### 3. 端點干擾電壓

150KHz~2MHz 附近呈現上揚趨勢，雖然表 5 復測點的平均值均符合 CNS13783-1 管制標準，但於 150KHz~550KHz 頻段的準峰值 QP，卻已超出限制值，且隨負載輸出越大，略微升。

#### 4. 干擾功率

均符合 CNS13783-1 管制標準且與電源背景值相當。

#### 5. 綜觀上述，由於二極體具半導體非線性特性，及本身亦為電子切換開關的一種，隨著週期性正弦電源切換，產生週期性突波，衍生諧波電流及電磁干擾。

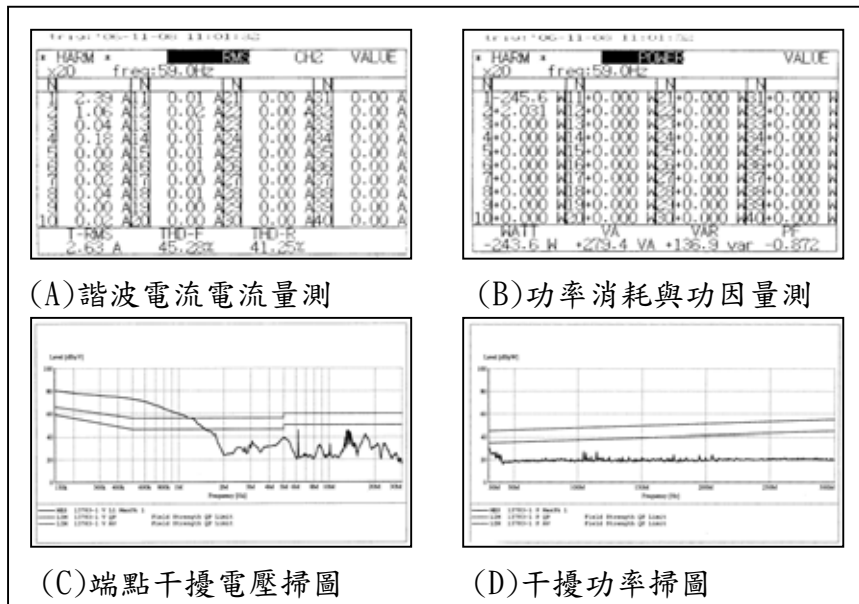


表 3 應用二極體對 500W 電阻箱作半功輸出下的諧波電流及電磁干擾量測

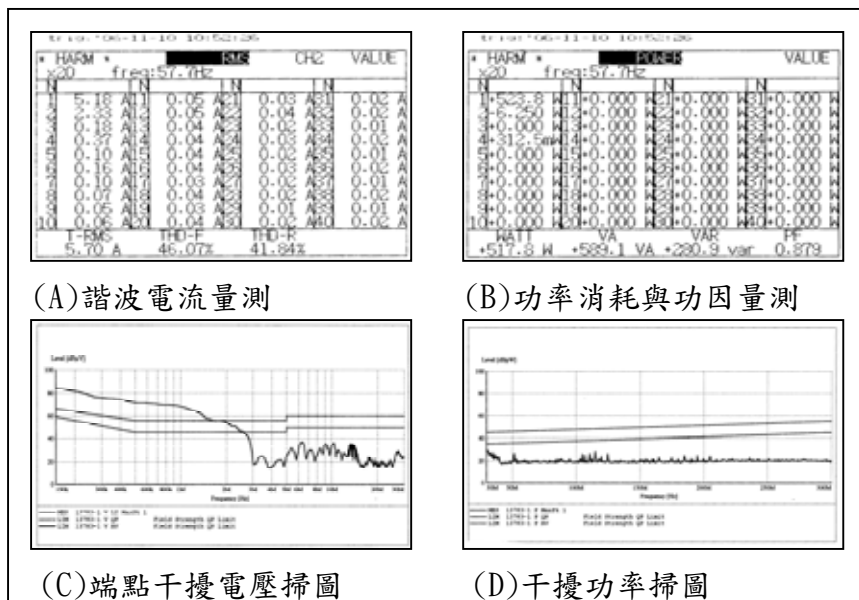


表 4 應用二極體對 1000W 電阻箱作半功輸出下的諧波電流及電磁干擾量測

| 複測頻率<br>MHz/dB | 500W 電熱 |      | 1000W 電熱 |      | CNS13783-1 |      |
|----------------|---------|------|----------|------|------------|------|
|                | QP      | AV   | QP       | AV   | QP         | AV   |
| 0.16           | 74.8    | 39.1 | 79.8     | 44.1 | 65.5       | 58.3 |
| 0.24           | 70.3    | 34.9 | 74.4     | 38.9 | 62.1       | 53.9 |
| 0.55           | 56.9    | 22.1 | 54.8     | 20.8 | 56.0       | 46.0 |
| 1              | 39.5    | 9.9  | 27.0     | 5.8  | 56.0       | 46.0 |
| 1.4            | 23.7    | 7.0  | 9.1      | 4.1  | 56.0       | 46.0 |
| 2              | 8.6     | 4.0  | 11.4     | 8.3  | 56.0       | 46.0 |
| 3.5            | 9.1     | 2.2  | 21.8     | 19.6 | 56.0       | 46.0 |
| 6              | 10.6    | 7.4  | 11.9     | 5.3  | 60.0       | 50.0 |
| 10             | 5.8     | -0.3 | 17.3     | 10.8 | 60.0       | 50.0 |
| 22             | 13.7    | 7.1  | 4.8      | -0.5 | 60.0       | 50.0 |
| 30             | 4.4     | -1.3 | 14.5     | 5.9  | 60.0       | 50.0 |

表 5 二極體應用 500W 及 1000W 電熱輸出，復測端點干擾電壓 11 頻率點

| 諧波次 n       | 最大容許諧波電流(A)  |
|-------------|--------------|
| 奇數次諧波       |              |
| 3           | 2.3A         |
| 5           | 1.14A        |
| 7           | 0.77A        |
| 9           | 0.40A        |
| 11          | 0.23A        |
| 13          | 0.21A        |
| 15 ≤ n ≤ 39 | 0.15A, 15A/n |
| 偶數次諧波       |              |
| 2           | 1.08A        |
| 4           | 0.43A        |
| 6           | 0.3A         |
| 8 ≤ n ≤ 40  | 0.23A, 8A/n  |

表 6 CNS14934-2 家電諧波電流管制值

## 肆、高頻電磁干擾抑制策略

第 3 節二極體衍生高頻電磁干擾主要集中於 150KHz~2MHz 附近，並以 150KHz~550 KHz 較易超出限制值，且隨負載輸出越大，干擾值略升。我們以(1000W+二極體)為最糟狀況，進行抑制，對策元件分別施予 X 電容 0.1uF、1.0uF、6.8 uF，掃圖復測如表 7~8，結果顯示：

### 1. 端點干擾電壓

0.1uF 投入，已符合 CNS13783-1 管制標準，電容值加大，抑制效果更佳，但值加太大，效果卻有限，考慮成本，有關 1000W 以下以二極體作半功輸出之鹵素燈管電暖器，建議以單價 5 元之 0.47uF~1.0 uF 等 X 電容作為對策。

### 2. 干擾功率

第 4 節已透露二極體衍生諧波電流，並未深及 30MHz~300MHz 頻段，X 電容加與否，並不影響干擾功率。

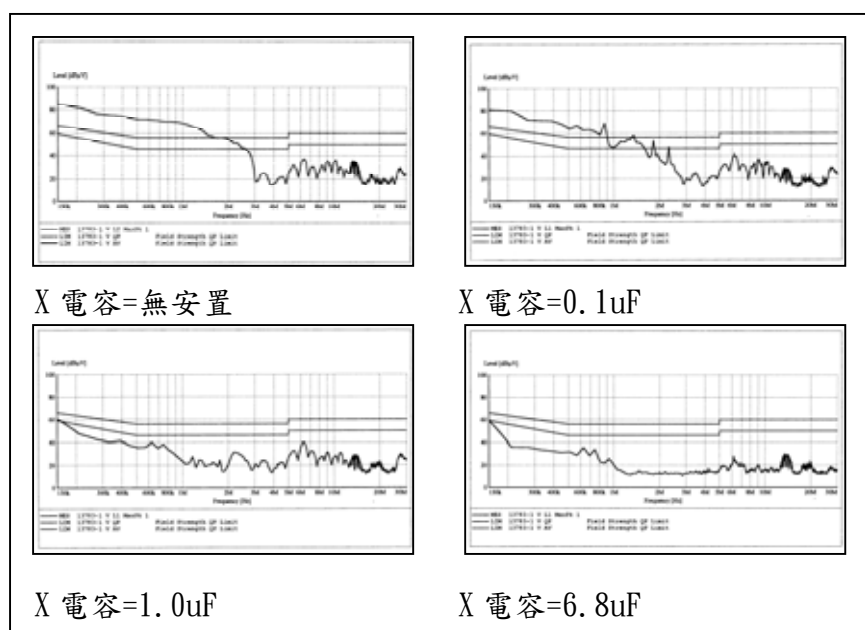


表 7 二極體應用 1000W 半功輸出，投入 X 電容 0.1uF, 1.0uF, 6.8uF

| 複測頻率<br>MHz / $\mu$ V dB | 未投 X 電容 |      | 0.1uF X 電容 |      | 1.0uF X 電容 |      | 6.8uF X 電容 |      | CNS13783-1 |      |
|--------------------------|---------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
|                          | QP      | AV   | QP         | AV   | QP         | AV   | QP         | AV   | QP         | AV   |
| 0.16                     | 79.8    | 44.1 | 62.5       | 28.4 | 39.7       | 10.7 | 28.0       | 7.3  | 65.5       | 58.3 |
| 0.24                     | 74.4    | 38.9 | 51.9       | 20.4 | 29.1       | 6.6  | 26.3       | 5.3  | 62.1       | 53.9 |
| 0.55                     | 54.8    | 20.8 | 28.8       | 2.7  | 24.6       | 1.6  | 20.2       | -0.6 | 56.0       | 46.0 |
| 1                        | 27.0    | 5.8  | 9.2        | -5.6 | 7.2        | -5.6 | 5.6        | -5.7 | 56.0       | 46.0 |
| 1.4                      | 9.1     | 4.1  | -2.0       | -6.4 | -2.0       | -6.5 | -1.4       | -6.2 | 56.0       | 46.0 |
| 2                        | 11.4    | 8.3  | 6.1        | 4.1  | -1.9       | -5.4 | -2.5       | -6.1 | 56.0       | 46.0 |
| 3.5                      | 21.8    | 19.6 | 22.0       | 18.2 | 11.0       | 7.0  | 5.5        | 1.3  | 56.0       | 46.0 |
| 6                        | 11.9    | 5.3  | 10.6       | 4.8  | 11.5       | 4.3  | 11.8       | 7.0  | 60.0       | 50.0 |
| 10                       | 17.3    | 10.8 | 7.8        | 2.4  | 3.5        | -1.3 | 2.1        | -2.6 | 60.0       | 50.0 |
| 22                       | 4.8     | -0.5 | 1.7        | -2.9 | 1.3        | -3.2 | 1.3        | -3.3 | 60.0       | 50.0 |
| 30                       | 14.5    | 5.9  | 16.6       | 9.2  | 9.8        | 2.4  | 12.6       | 6.4  | 60.0       | 50.0 |

表 8 二極體應用 1000W 半功輸出，投入 X 電容 0.1uF, 1.0uF, 6.8uF 復測

## 伍、結論

本文對鹵素燈電暖器進行諧波電流及電磁干擾特性研究，為模擬實際操作狀況，也考慮加大負載輸出影響，結果發現：『不引用其它電子控制基板，鹵素燈電暖器於半功輸出模式，才有諧波電流及電磁干擾存在，元凶是二極體，而並非電暖器主功率發熱元件』，另利用二極體承載負載電流，所引發端點干擾電壓，掃圖會出現拋物線曲線，非常特別，也常是筆者用來 check 各實驗室繳交 EMI 報告，是否將該產品操作在最糟模式輸出的依據，其它重點總結如下，供各界參考。

1. 鹵素燈電暖器不管功率多高，只要全載輸出，其功因均很高，無諧波電流及電磁干擾問題。
2. 當電暖器切換至半功輸出，會引發諧波電流，主要由二極體非線性元件特性及開關特性造成，諧波電流會造成產品功因下降及線路損耗問題，並隨電熱負載功率規格加大，諧波電流也越大。
3. 鹵素燈電暖器切換至半功輸出，還會引發電磁干擾，主要集中於 150KHz~2MHz 頻帶端點干擾電壓，尤其 150KHz~550KHz 特別嚴重，但並無干擾功率問題。
4. 鹵素燈電暖器引用二極體作半功輸出，其端點干擾電壓抑制對策，應以 X 電容為之，0.47uF~1.0uF 被建議，此因電容值取太小，達不到效果，取太大，成本上升且效果有限，何況 X 電容還有額外功率消耗問題。
5. 二極體作半功輸出是不被准許的，因為 IEC555-2 已明文規定：『伴隨少或等於 40 個半週波之供應電壓的交換式操作(即整流電路)，不應該被用來作發熱元件或發熱器具的控制，特別是二極體就不應該用來提供一半功率給發熱元件』。

## 參考文獻

1. 低頻及高頻相關諧波資料，可至下列網址下載  
<http://www.bsmi.gov.tw/wSite/index.jsp> -> 台南分局-> 本分局簡介-> 業務簡介-> 第一課-> 技術資料.
2. Gyugyi and E. R. Taylor, "Characteristics of static, Thyristor Controlled Shunt Compensators for Power system Applications", IEEE TRANS. Vol. PAS-99, No. 5 SEPT/OCT 1980, pp.1795-1804.
3. Lin Kun-Ping, "An Advanced Computer Code For Single-Tuned Harmonic Filter Design", IEEE Transation on Industry Application, Vol. 34, No. 4, July/Aug, 1998, PP. 640-648.