

熒光燈

技術小叢書第一種

仇欣之編

中國技術協會出版

技術小叢書第一種

熒光燈

技術小叢書第一種

熒 光 燈

定價：每冊金圓三角

編 著 者：仇 欣 之

發 行 人：宋 名 適

發 行 者：中 國 技 術 協 會
上海(18)中正中路517弄3號

印 刷 者：中 國 科 學 公 司
上海(18)中正中路537號

(1-4000)

序

這本小冊子是爲了一般愛好工程技術知識和希望窺探熒光燈奧秘的人們而寫的。說理並不深，具備初中程度的物理知識，就可以看得懂。

熒光燈，（一般人都稱它爲日光燈，其實日光燈不過是熒光燈各種顏色中的一種）廣泛地應用到中國來，還不過是抗戰勝利以後的事，雖然，這並不是一個新發明的東西：在十九世紀中葉，已有克洛克斯（W. Crookes）、勒納爾（Lenard）等諸人試驗氣體放電發光現象，到了 1866 年又有白克雷耳（M. H. Becquerel）氏將熒光藥品塗於玻管內，充入氣體再放電發光，這些都是熒光燈的肇始；可是，真正改良完成熒光燈與其各種附件然後大量生產并大量應用於工廠、學校、商店之內，那要到 1937 年以後。

現在各型熒光燈，可以無需升壓變壓器，（如氬氣燈所用的），而且裝置方法簡單，直接可裝於家用的交流電源，不可不說是它的一大進步。而且，用電極省，從電能轉變爲光能，甚爲經濟，所以有許多地方都改裝了這種燈來照明。不過，在原理和構造方面，熒光燈比白熾燈要複雜得多，而且有許多現象，不具備普通物理知識的人們，比較不容易明白，所以，很有許多疑問縈繞在使用熒光燈人們的腦中。

本書一開頭就把熒光燈和別種照明方法的歷史、優點、以及發光效率的比較等解釋明白。第二章把熒光現象說明一番，這也許是最理論的一部分，但是並不難懂。第三章介紹熒光燈的構造和零件等；第四章講熒光燈的工作特性，如果能明白這二章，那末把它的有關問題解決了一大半。最後介紹了些熒光燈的裝置法和修理法，對於喜歡弄弄電器的人，那是很實用的。

還恐怕讀者不十分熟悉各種光學和電學上的專門名詞，所以後面還有一個專門名詞淺釋，使讀者可根據名詞後附的英文，檢查其大概的意義。

如果有讀者喜歡作進一步研究的，我願意把本書的參攷資料寫在下面，不過都是英文本，在國內恐怕不容易完全獲得：

1. A.D.S. Atkinson: Fluorescent Lighting (1944), 英國版
2. C.L. Amick: Fluorescent Lighting Manual, 2nd ed., 美國版
3. Westinghouse Lighting Handbook, 美國版

仇欣之 三十七年八月

目 錄

序.....	1
一 用熒光燈來照明黑暗的世界.....	3
二 熒光是什麼？.....	7
三 熒光燈的構造和附屬裝置.....	10
四 熒光燈的工作特性.....	21
五 熒光燈的裝置和修理.....	39
專門名詞淺釋.....	50



技術叢書

熒光燈

仇欣之編

一 用熒光燈來照明黑暗的世界

人類的歷史是一部克服黑暗追尋光明的歷史，自從神話中的普洛米修士用了最大的苦難和犧牲獲得火種以後，人對於創造光亮的種種方法上，一個世紀比一個世紀進步，一個時代比一個時代更聰明了！現在我們如果在晚上跑到任何一個大都市的街上，欣賞那五光十色，燦爛繽紛的光彩，真是目不暇接，美不勝收，我們會讚歎人類在驅除黑暗這一方面成就的偉大，我們簡直無法想像原始時代祖先們的黑暗生活，即使是十九世紀的人們，也無從設想目前照明方法進步的情形。

早時期的人類，最普通驅除黑暗的照明法是燃木取火和火炬，以後才是蠟燭、油盞，到了大約在1859年時，方有火油燈的出現。煤氣燈雖然很早已為中國人應用，(四川的火井老早已發現了，他們用竹管作為導氣之用。)但實際的廣泛使用要到1820年左右。進入二十世紀，人方才有電燈來照明，可是那時候的發光效率是很低的。從1907年的真空鎢絲燈泡到1947年的充氣白熾燈泡，是經過了不少的改革階段方才完成的，其發光效率也有顯著的進步，請看表一，這四十年來的進步幾乎增加了一倍呢！

表一 白熾電燈的發光效率*

(以60瓦特,120伏特,壽命為一千小時的電燈為例)

年 份	1907	1917	1927	1937	1947
每瓦特的初燃發光效率	7.9	9.4	11.2	13.8	13.9
初燃流明**	474	565	672	828	835
流明維持百分率	91%	91%	90%	95%	95%
全部壽命流明	431	514	605	787	793
全部壽命平均瓦特	56.5	56.5	59.0	59.2	59.1

* 發光效率是以電燈每消耗一瓦特可能發出的光量流明數來計算，單位以流明/瓦特表示之。

**流明(Lumen)是光通量(Luminous Flux)的單位，用來表示某一發光體所發光的總量，一支燭光的光源，在半徑為一呎的球心處可發出的光來，球面內壁每一平方呎可受的光量，叫做一個流明，換句話說，每平方呎一個流明的光度，等於一呎燭光。(Foot-candle)

發光燈的照明

然而到了1938年以後，人類在照明方法上又多了一支生力軍，那就是熒光燈！

用熒光燈來照明，真是照明方法上的一個大革新。因為從前的照明方法不論是用蠟燭也好，白熾電燈也好，都是利用各種加熱的方法所發出的直接光，現在的熒光燈却完全不同，它雖然也消耗電能，可是產生光亮的方法，並

不由於燈絲的燃燒。熒光燈本身是一種裝有低壓汞蒸汽的真空管，兩端電極不過是發生電子的總樞紐，電子和汞汽分子撞擊就能發出紫外線，紫外線再和熒光藥品撞擊，就發出可見的光來。（參看圖 2，頁 10）現在熒光燈所利用的是氣體放電，燈絲的熱能損失較少，燈內溫度，平均不會超過攝氏 40° 左右，所以熒光燈的光可以說是一種冷光。同時，熒光燈的發光效率每瓦特要在 40 至 50 流明左右，（參看表二），我們如果用同樣一百瓦特的功率來比較，各種發光物體的流明數是這樣的：

蠟燭（燃燒熱約每分鐘 6Btu，相當于 100 瓦特）……12.57 流明，
 白熾電燈（100 瓦特）……1630 流明，
 熒光燈（二枝 40 瓦特的燈管和限流器等附件）4640 流明，

換句話說，熒光燈和白熾電燈二者，如果發同樣的光強流明，前者約可省電二至三倍。

表二 熒光燈的發光效率

（以 40 瓦特的熒光燈為例）

年 份	1939	1943	1947
每瓦特的初燃發光效率	35.0	52.5	58.0
初 燃 流 明	1400	2100	2320
流 明 維 持 百 分 率	89%	89%	89%
全 部 壽 命 之 平 均 流 明	1246	1870	2065
額 定 平 均 壽 命 (小 時)	1500	2500	2500
全 部 壽 命 之 平 均 瓦 特	40	40	40
需 用 限 流 器 (雙 燈 式) 之 平 均 瓦 特	7.75	7.75	7.75

（表一及二均根據 R.J. Stefany 氏之統計）

熒光燈的優點

熒光燈不但省電，而且還有其他種種優點，主要是：

1. 光綫柔和適當照明條件 熒光燈的照明，不會有普通燈光的眩目現象，因此在照明設備方面，就少了種種控制光綫的裝置，即使用眼睛對準熒光燈看，也決不會像看強光燈一樣的刺目。而且熒光與天然光接近，所以光質甚為優良，用以照明屋內裝飾品，可以有倍增美觀的感覺。

2. 發熱不多，適用於減熱照明 熒光燈既有上述的所謂冷光特性，因此在使用高度光源的時候，也不致使周圍的溫度增高。如果用在有冷氣裝置的地方，可以減低製冷負荷 (Refrigeration Load)，而用在照明易於腐敗的商品時，熒光燈可以不至加速其腐敗程度。

3. 顏色紛歧，合乎藝術裝置 熒光燈不是祇有天然日光色一種，還可用各種熒光藥品來發出不同的色彩，因此新式的藝術裝置，可藉熒光燈的色彩來增加美觀，同時也比較經濟。

4. 光源細長可以減少陰影 熒光燈的熒光是在一根細長的玻管中發出的，所以在櫥窗中或在建築上需要細長的光源時，非常適用，而其主要的優點還是在減少陰影的一點上。圓點狀的光源是造成陰影的原因，但接連成長線的光源就會因光的擴散作用增加，陰影便可以自然消除。

熒光照明既有上列這許多優點，宜乎在今日能廣泛地使用了，但是，熒光的原理是怎樣的呢？熒光是靠了一種什麼力量來發生的呢？這是我們應該首先知道的。

二 熒光是什麼？

要知道熒光燈的原理，先得知道熒光是什麼？熒光 (Fluorescence) 是發光 (Luminescence) 現象的一種，凡是不屬於因燃燒後發出溫度輻射而形成的光線都叫做發光，它可以由生物發光，例如螢或海中的螢烏賊都能憑藉本身器官所分泌的特種發光質而發生光亮；也可以由化學作用來發光，例如磷的發光；更可以由光或相似的輻射作用而發光。

輻射發光

因輻射而發光還有一種叫磷光 (Phosphorescence)，但熒光和磷光的發光現象略有不同。夜光錶或別種物件上所塗的一種淡黃色藥品發出來的光，不是熒光而是磷光。熒光燈所發出的光線則是熒光而不是磷光。熒光現象是指一種發光物質為某種外來的激勵光線 (可能是紫外線) 照射時，立刻就發光，但當這種光線停止照射，也就停止發光的一種現象。磷光則不然，在激勵光線照射的時候，發光物質會吸收一部分輻射光線，而當激勵光線停止照射時，這種發光物質可能仍舊發生光輝，直至所儲蓄的輻射能完全耗盡為止。

讀過物理學的，大概都知道光是電磁輻射 (Electromagnetic Radiation) 的一種，它們在空間以每秒十八萬六千哩 (或三十萬公里) 的速度推進，來幫助傳遞；這種輻射想像起來是和池塘中的水波一浪一浪地推進差不多。每一個波浪有高峯和低谷，兩個高峯頂點之間的距離名叫波長 (Wavelength)，如果波長較長，那末每秒的振動次數 (即周率，Frequency) 必然較慢，波長較短，則周率較快，換言之，電磁輻射時的波動既有一定的速率，波長和周率的乘積一定是一個常數。這種事實，如果有無線電收音機，可以在刻度盤上立刻看得出：長波的周率一定較小，而短波的周率一定較大。圖 I 是各種電磁輻射譜，其中一部分可見光線譜特別放大了，單位都是埃 ($\text{\AA} = \text{Ångström}$ 即一萬萬分之一公分的長度)。

現在所講的熒光現象，實際上很和電學中的升壓變壓器變換電壓相似，

不過，這裏所變換的不是電壓，而是光的波長；根據斯篤克定律 (Stokes' Law)，發射光線的波長一定比激勵輻射的波長來得大，因此，我們如果要產生一定顏色的可見光線，激勵輻射線的波長一定要很短。在圖 1 中可以看到宇宙射線， γ 射線，X射線和紫外線都是較可見光線波長為短的輻射，可是要發生前三種輻射都是比較困難，而且不合一般家用，所以，熒光燈採用的激勵輻射線便是比較容易產生的紫外線。

紫外線的產生法

那末紫外線是如何產生呢？普通的白熾電燈能產生一點點紫外線，只要白熾電燈的燈絲燒得比正常情形格外熱一點，紫外線便可以增加，然而，這不是一個好辦法，因為燈絲容易燒斷。炭弧燈也可以產生大量的紫外線，可是在日常應用上並不是適當的光源；這種困難，到後來發現了在氣體中放電現象後，便有了一個非常實用而效率高超的紫外線產生法。

用電子激勵蒸汽或氣體後所產生的輻射和白熾電燈的輻射有一個截然不同的地方。從光譜中可以看得很明白，凡是用燈絲燃熱後的輻射線，光譜是連續的，每一個波長都有輻射產生。但是用氣體放電而生的輻射却是不連續

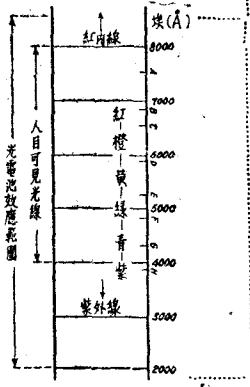
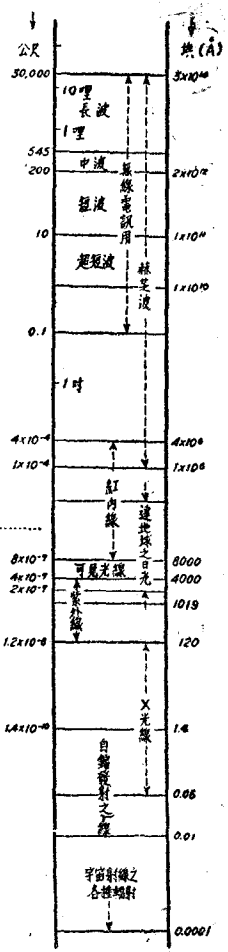


圖 1 電磁輻射譜

的，即在一定的幾個波長處有輻射。例如在汞蒸汽的真空管中放電，能發生的輻射，就祇有 2537、2967、3022、3129、3654、4047、4358、4916、5461、5770、5791 埃，這幾個主要的波長。在光譜中，這種地方叫做共振線 (Resonance lines)。其波長是一種特性，不因溫度或壓力而變更，不過，輻射能量的多少却可能因電子的多少和氣壓的高低而增減。

發光物質

其次，就要說到那幾種物質可以產生發光了。——大多數的有機物質都會發生一點發光，例如人的指甲和牙齒就會發生白色的發光，可是要用在發光燈上，一定要效率高超而性能確實的物質，在較短波長的紫外線激勵之下，馬上就會發光。經過長時期的研究工作，發現了不少的無機物質，可以作為發光藥品，如表三所列，但是在這許多藥品中，多數還含著一種金屬的催進劑 (Activator)，例如錳、銅，或銀等，其正確的成份當是一種製造上的秘密。

表三 普通發光燈所用發光藥品之顏色與輻射性能

發光藥品	色彩	刺激範圍 波長(埃)	靈敏峯點 波長(埃)	發射範圍 波長(埃)	發射峯點 波長(埃)
鎢酸鈣	藍	2200—3000	2720	3800—7000	4400
鎢酸鎂	青白	2200—3200	2850	3800—7200	4800
矽酸鋅	綠	2200—3000	2537	4500—6200	5250
矽酸鋅鉍	黃白	2200—3000	2537	4500—7200	5950
矽酸鎳	黃粉紅	2200—3000	2400	4300—7200	5950
硼酸鎳	粉紅	2200—3600	2500	4000—7200	6150

現在的白色，日光色等顏色却是混和以上各種藥品而產生的，混合的比例是各製造廠的秘密，尚未見有公開。還有金黃色及紅色的發光燈，則是以相當顏料塗佈於玻管上後，再塗上一層矽酸鋅鉍(產生黃色)和硼酸鎳(粉紅色)，顏料的作用是在吸收光譜中不需要的輻射，所以結果產生了金色和紅色。各色發光燈管，除了金紅二色以外，表面上看來都是乳白的，這是因為不攪顏料的發光藥品完全像白色鉛粉一樣的緣故。

三 熒光燈的構造和附屬裝置

在上面一章中已把產生熒光的方法詳細說明了，此地要把現在日常應用的熒光燈解剖一下：

熒光燈的構造

熒光燈其實是蒸汽燈的一種，凡是電流經過氣體或蒸汽而發光的燈都屬於蒸汽燈的範疇，可是，隨著電極的溫度高低，還有冷極燈和熱極燈之分，像廣告牌用的霓虹燈（氖燈）就是冷極燈，因為燈極（陰極）的溫度和燈管中放電的電弧相近，而且電壓也比較來得高。熒光燈則不然，它是一種熱極燈，燈極的溫度較高，電壓也較低，適合一般家用或工商業的應用。

在熒光燈的燈管中裝著的是低壓汞蒸汽，同時還有少量的氬，以助放電，氣壓祇有 0.003 公厘；兩端是燈極（見圖 2），其材料是粗的鎢絲，再在外面鍍上一二層特種材料，使易於放電子。將燈極點燃後約二秒鐘，就有足夠的電

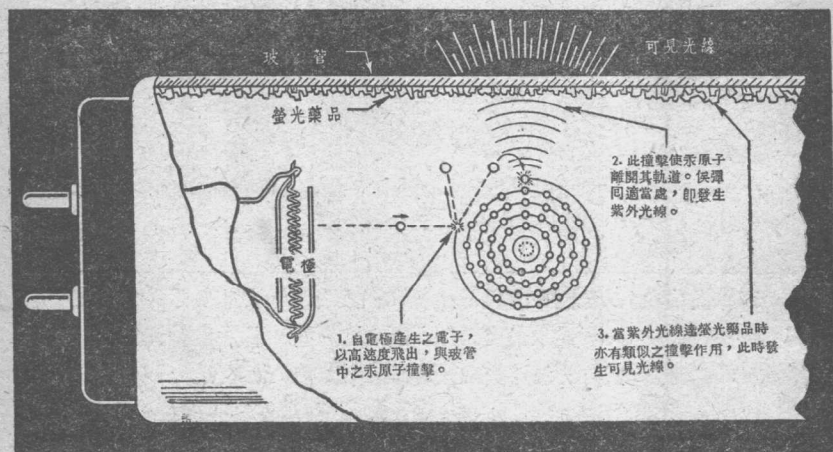


圖 2 熒光燈管的內部

流使燈極燒紅，產生放電的現象，並且只要二燈極之間的電位勢維持在10伏特，已足夠將電極附近的汞蒸汽電離化，使電子與汞汽分子撞擊，產生了紫外線，等到紫外線再刺激塗在玻管上的熒光藥品，美麗的熒光便會產生。

像這一種熒光燈是經過好多次的改良才成功的。熒光燈的零件，如開動器，起先只有手撥式的，不能自動作用，後來便發明了熱力開動器和紅光開動器。此外另有種種附件，如燈座、插頭、限電器等，無不應熒光燈的特性需要，屢經改良，到現在總算可以作為很完美的出品，同時，產生紫外線的效率也大加改進；例如西屋(Westinghouse)牌子的40瓦特T-12型白色熒光燈，它發出的紫外線波長大都在2537埃的共振線上，輸入電能的60%以上都轉變

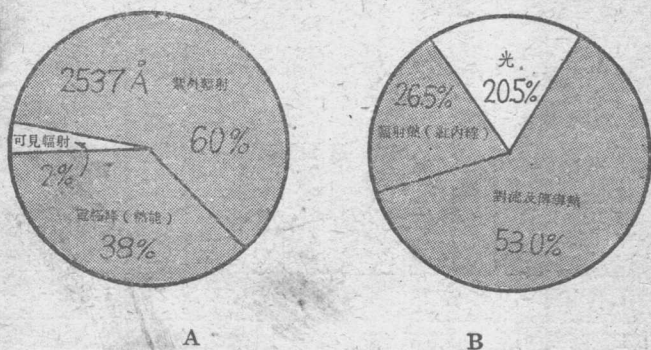


圖3 熒光燈的電能分配圖

放電的能力分配情形，其中60%為2537埃的紫外線輻射能；B表示整個燈管因熒光藥品放光後的輻射能及熱損失的分配圖。有20%以上的能力轉變成了光；可見熒光燈本身實在是一個極高效率的紫外線發生器。

現在市上所出售的熒光燈牌子很多，奇異(G.E.)，西屋，以及錫爾文(Sylvania)都是著名製造廠的出品，中國已有資委會中央電工器材廠的電照廠和華通廠等在籌備製造，表四是西屋式的各種熒光燈尺寸和其他有用的參攷數字，別的品牌也相仿，不過售價有上下，性能也有參差，讀者不可不加以注意。

表四 西屋式各種熒光燈的參攷數字

燈管尺寸 ¹	燈座型式	近似工作電流電壓		最低開路電壓伏特	平均預熱安培	額定平均壽命 ³ (小時)	額定初燃流明 ⁴				
		安培	伏特 ²				白色	4:00 白色	日光色	柔白色	
預熱式	6W 9" T-5	小型雙釘	.145	47	118	.18	2500	210	198	186	*
	8W 12" T-5	小型雙釘	.165	55	118	.21	250	330	31	295	*
	13W 21" T-5	小型雙釘	.160	95	200	.20	250	585	545	520	*
	14W 15" T-12	中型雙釘	.370	41	118	.55	2500	490	460	435	380
	15W 18" T-8	中型雙釘	.300	56	118	.55	2500	615	600	585	485
	15W 18" T-12	中型雙釘	.330	48	118	.55	2500	600	570	540	460
	20W 24" T-12	中型雙釘	.360	90	118	.55	2500	920	860	800	700
	30W 36" T-8	中型雙釘	.340	103	20	.53	2500	1470	1380	1350	1170
	40W ⁵ 48" T-12	中型雙釘	.420	109	200	.65	2500	320	2100	1920	1720
100W 60" T-17	大型雙釘	1.450	72	150	1.78	3000	4200	4300	3900	3300	
立開式	40W 48" T-12	中型雙釘	.420	106	450	—	2500	2320	2100	1920	—
	40W 60" T-17	大型雙釘	.400	110	450	—	2500	—	2100	—	—
細管式	16W 42" T-6	單釘式	0.1	180	450	—	2500	930	880	—	—
	25W 42" T-6	單釘式	0.2	150	450	—	2500	1400	1220	—	—
	24W 64" T-6	單釘式	0.1	285	600	—	2500	1440	1370	—	—
	39W 64" T-6	單釘式	0.2	230	600	—	2500	2250	215	—	—
	22W 72" T-8	單釘式	0.1	250	600	—	2500	1410	1340	—	—
	38W 72" T-8	單釘式	0.2	220	600	—	2500	2500	2250	—	—
	29W 96" T-8	單釘式	0.1	335	750	—	2500	1890	1800	—	—
	51W 96" T-8	單釘式	0.2	295	750	—	2500	2090	3050	—	—
環管式	32W 12" 徑 T-10	四釘式	.43	84	150	.65	2500	1600	—	—	—

註：1. 燈管尺寸係用瓦特(W)，燈管長度(全長加燈座長)及燈管直徑(T表示管狀，T後之數字表示 $\frac{1}{8}$ "的數字，T-8意即 $\frac{1}{8}$ "徑管子)三數字表示之。

2. 此處伏特表明限電器的額定線電壓(line voltage)。

3. 此處之額定壽命小時，係根據每次燃3小時之燃點總時間，參看20頁，表六。

4. 額定初燃流明係根據在標準試驗狀態下，周圍溫度為80°F，燃點100小時後的發光強度，新燈管應比較此處的數字略高，參看23頁，圖19。

5. 另有一種有L T記號的燈管，比較適宜在0°F溫度的運用，但額定壽命只有1500小時。

6. 這種細管式燈管，在0.1到0.2安培之間均可工作，且其發光量隨電流量而增加。例如96" T-8燈管，現0.12安培時，流明增加了16%。

* 較白色燈管約低25%。

熒光燈的附屬裝置

各種弧光燈都有一個特殊的限制電流器去限制放電時的電流，如果沒有這個東西，則電流會增高得很利害，可能將燈絲燒燬。熒光燈當然沒有例外，它需要一個附件叫限電器 (Ballast, 俗稱日光燈方柵) 來完成這個作用。此外，它必需有燈座及插頭，以固定燈管接連電線。

目前製造的熒光燈，已有兩種型式，即是預熱式及立開式。預熱式 (Pre-heat Type) 的熒光燈，要用一隻開動器 (Starter)；若為立開式 (Instant Start Type) 則不需要，但限電器和燈座的設計都要適合立開式的電路特性。大概預熱式熒光燈的裝置費較為低廉，效率較高，需用電壓也較低，應用亦較普及；立開式却有立即開亮，無需等待的優點；電路中也沒有可動的另件，接線似更簡單，所以也有應用的地方。在中國目前，後一種型式的熒光燈，尚少應用。下面分別把各種型式的熒光燈另件，詳加敘述：

預熱式的熒光燈的另件

1. 限電器——這種熒光燈上所用的限電器有三種作用：

(一) 使電極預熱，以供給大量的電子。

(二) 供給較高電壓，使電極之間產生電弧。

(三) 防止過量的弧電流，以免燈管燒燬。

普通所用的限電器，主要是一個電抗器 (Reactor)，裝置在一隻金屬盒內，如圖4所示。圖5是單燈管和限電器的線路。圖6則為雙燈管的裝置線路；雙燈管的限電器較為複雜，但原理仍相同。

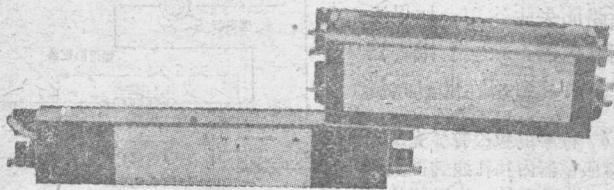


圖4 限電器的外狀

雙管熒光燈用的限電器，是用一具東西來控制二盞熒光燈，它有相當的

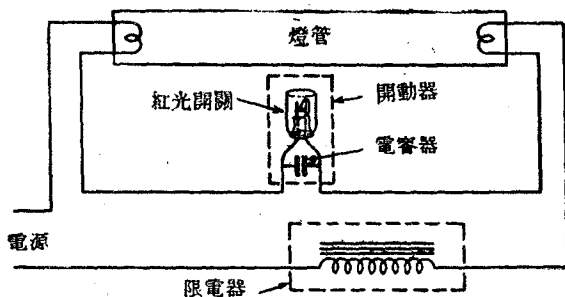


圖5 熒光燈的單燈管線路，圖示的紅光式開動器可參看圖7，附裝電容器的在減弱無線電波的干涉。

優點，最主要的是：功率因數較好，閃爍效應(Stroboscopic effect)較少，以及附件的損失較小。因此現在多採用此種式樣的限電器。電抗器供給較電源電壓移前的電流，它與因為電感影響而滯後的電流併合，結果是使供電線的功率因數達到95—100%。

在二根燈管中的交流電相角(Phase angle)差度大約為 115° 至 120° ，在電流循環中的燈管所發生的閃光現象，大見減少，而供電總線中電流值的變更亦為之緩和。

2. 開動抵償器(Starting Compensators)——雙燈管所用的限電

器中(除 100 瓦特的燈管外)必需附裝開動抵償器。如圖 6 所示，它是裝在移前電流的燈管電路中的。它的作用僅在熒光燈開動的時候，熒光燈一旦啓弧後，就隨了開動器斷路而失去作用，如果沒有了這個抵償器，在接有電容器的一路燈管，其燈絲在開動時就

圖 6 標準的雙燈管熒光燈線路，雙燈限電器內往往連裝補償器和電容器，有電容的一支燈管是有移前電流的，這樣一來功率因數便可增高。

