

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

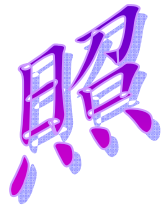
030812

照過來~誰最亮!

學校名稱：臺北縣立秀峰高級中學

作者： 國三 蕭尹璿	指導老師： 謝明哲 蕭仁貴
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：發光強度、照度、燈具種類



過來～誰最亮！

摘要

地球暖化問題益趨嚴重，如何節能減碳已成為全世界人類共通的議題，而節約能源是讓全球暖化減緩的重要方法之一。經統計照明耗電占全國耗電量的 10% 以上，因此；推動較具能源效率的照明產品，已成為節能的重要施政措施之一。

近年來照明設備多元發展，傳統白熾燈泡已逐漸被電子式螢光燈泡取代，因其發光效率優於傳統白熾燈泡，故稱為「省電燈泡」，不僅燈泡外型更加輕巧與精緻，在相同照明條件下能降低耗電量，且能延長使用壽命，大大改善了照明的品質。

省電燈泡在國內市場的使用量有逐年上升的趨勢，各家產品良莠不齊，是否真如標示內容？或者仍有其他耗電的因素未被標示？本研究試圖以國中生具備的知能及較簡單的裝置，但以嚴謹的科學方法、精神、態度來探討。

壹、研究動機

行政院劉院長於 2008 年 10 月宣布政府將在 4 年內推動全國改用省電燈泡的政策，以汰換傳統耗電量較高的白熾燈泡。2008-11-03 中國時報，曾報導成大教授的『省電燈泡並不省電』一文，引起我很大的研究動機。文中提到『省電燈泡只比愛迪生發明的鎢絲燈泡省一點電而已』，本研究會做探討。另外文中『省電燈泡比現在台灣大量普及的 PL 燈、日光燈或 T5 燈管都耗電』，本研究也會做探討。最後文中『現在最應該推廣的是一種更省電、高品質、更環保的 T5 燈管照明技術』，本研究會就相關資訊作一整理，提出結論。

在國三的『自然與生活科技』課程中，有『電的應用』、『基本電路』的單元，該單元的課程內容有提到『電功率』的觀念；及伏特計、安培計的使用方法，這些學理依據，有助於我著手本項研究。

關於燈泡的照明效率、耐用程度、製造成本以及使用壽命等很多因素，皆涉及許多專業知識，並非國中生能窺其全貌的。因此；本研究只能著重在科學的態度和精神上，再以嚴謹的科學方法做相關的探討。

貳、研究目的

- 一、研究可調式白熾燈泡的發光情形。
- 二、研究白熾燈泡與省電燈泡的發光特性。
- 三、研究白熾燈泡照度與距離的關係。
- 四、數種燈泡和燈具的比較。
- 五、探討影響燈具效能的其他因素。

參、研究設備及器材

一、設備及器材：白熾燈泡、省電燈泡、PL 省電燈管、安培計、伏特計、照度計、可變電阻、燈箱、照度板、燈座、錫箔紙、線材、捲尺、檯燈。



圖 1 部分製作器材



圖 2 部分製作器材



圖 3 測量照度的燈箱



圖 4 省電燈泡



圖 5 白熾燈泡



圖 6 燈箱內部貼錫箔紙



圖 7 PL 省電燈管

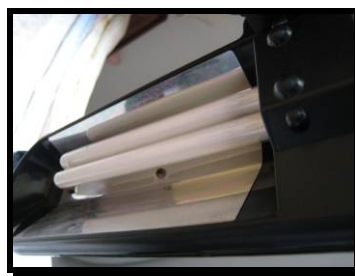


圖 8 PL-S 省電燈管



圖 9 PL-F 省電燈管



圖 10 安培計、伏特計



圖 11 可變電阻、照度計



圖 12 線材

肆、研究過程與方法

一、實驗裝置的製作與組合。

(一)：製作燈箱。



圖 13 大型燈箱



圖 14 大型燈箱，內部貼錫箔紙以增加反光。

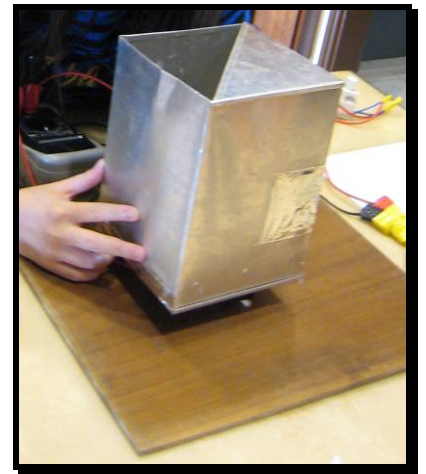


圖 15 小型燈箱

(二)：製作照度板。



圖 16 將照度計固定在木板上，對準中心線。

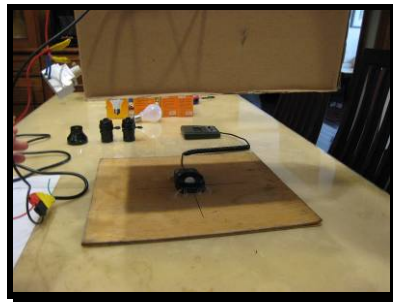


圖 17 大型燈箱與照度計結合。



圖 18 燈箱與照度計結合

(三)：製作燈座。

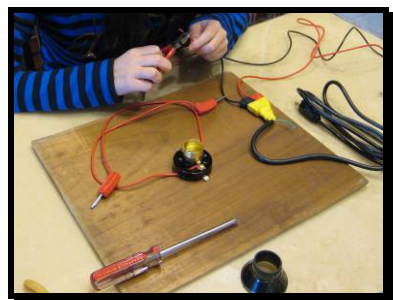


圖 19 剪接線材

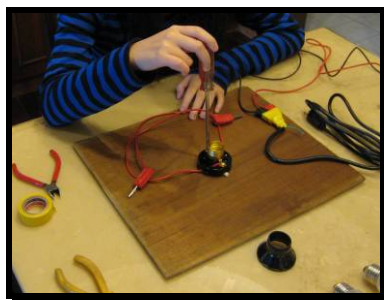


圖 20 製作燈座

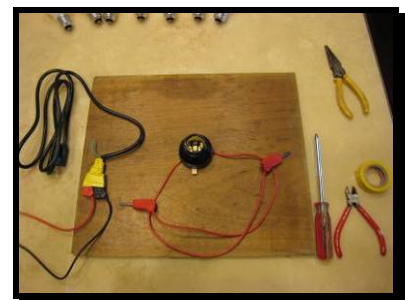


圖 21 製作燈座完成

(四)：配置電路。



圖 22 連接伏特計

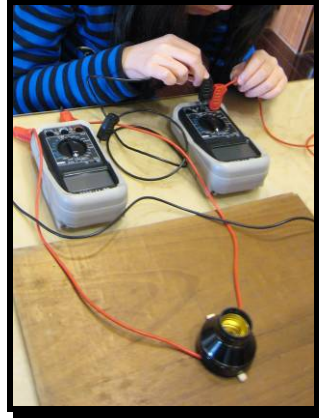


圖 23 連接安培計

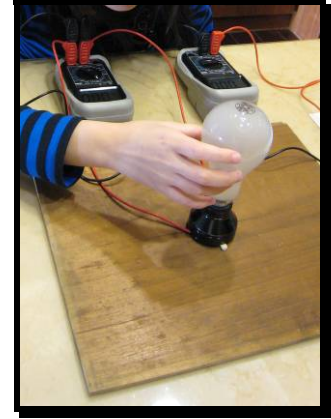


圖 24 裝上燈泡檢測

(五)：組合測試設備。

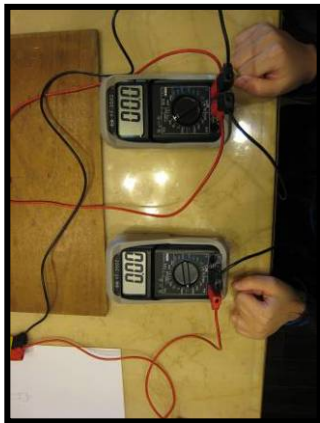


圖 25 檢測電表是否歸零



圖 26 組合完成



圖 27 測試完成

二、研究可調式白熾燈泡的發光情形。

(一)：白熾燈泡及電路連接如圖示。



圖 28 白熾燈泡

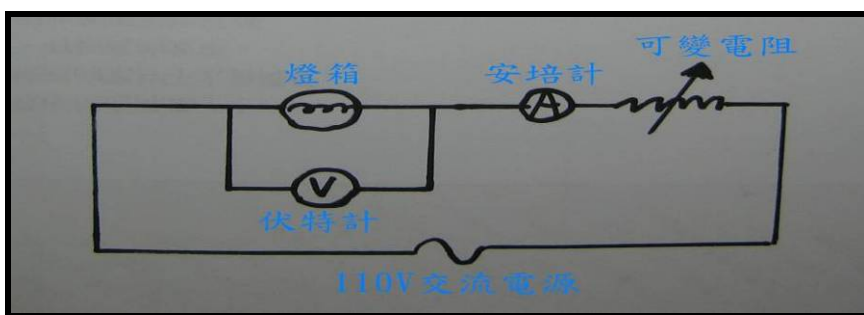


圖 29 電路圖

- (二)：調整可變電阻，記錄電流、電壓、照度的數據如表 1。
- (三)：更換白熾燈泡，重複步驟(二)，記錄數據如表 2、表 3、表 4。
- (四)：製作圖表，分析數據。

三、研究白熾燈泡與省電燈泡的發光特性。

(一)：200W 磨砂燈泡的特性曲線

- 1.白熾燈泡及電路連接如圖示。

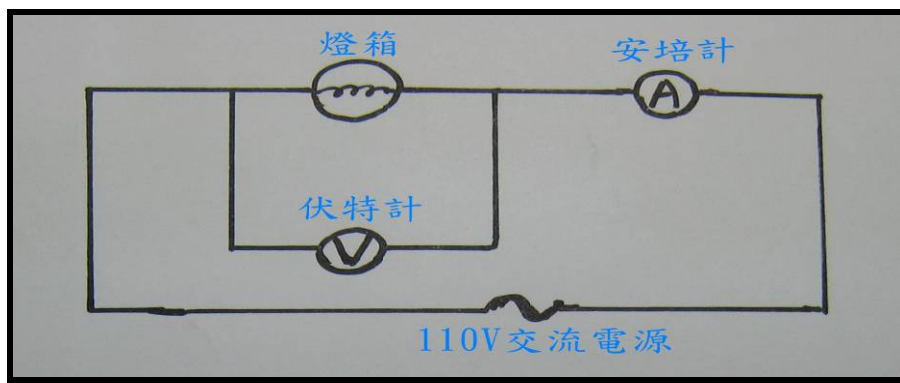


圖 30 電路圖

- 2.每隔 10 秒記錄一次電流、電壓、照度的數據。
- 3.製作圖表，分析數據。

(二)：24W 螺旋省電燈泡的特性曲線

- 1.更換白熾燈泡為省電燈泡。
- 2.每隔 10 秒記錄一次電流、電壓、照度的數據。
- 3.製作圖表，分析數據。

四、研究白熾燈泡照度與距離的關係。

(一)：白熾燈泡、燈箱、照度板、及電路連接如圖示。

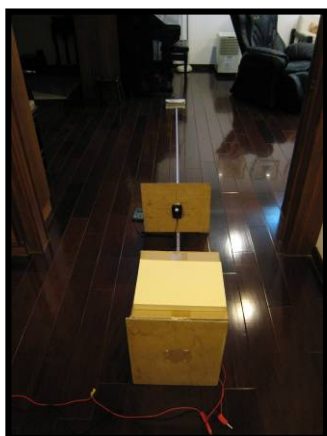


圖 31、32、33 實驗裝置

- (二)：移動照度板，記錄照度值。
- (三)：重複步驟(二)，記錄數據如表 5。
- (四)：製作圖表，分析數據。

五、各種燈泡和燈具的比較。

(一)：各種燈具如圖示。



圖 34 白熾燈泡



圖 35 省電燈泡



圖 36 PL 省電燈管



圖 37 27W 檯燈



圖 38 27W 檯燈



圖 39 17W 檯燈

(二)：更換白熾燈泡，記錄電流、電壓、照度的數據如表 6。

(三)：更換省電燈泡，重複步驟(二)，記錄數據如表 6。

(四)：更換各式檯燈，重複步驟(二)，記錄數據如表 6。

(五)：製作圖表，分析數據。



圖 40 固定燈管到照度計的距離



圖 41 實測情形

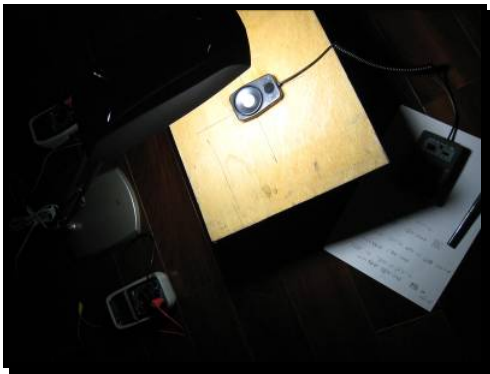


圖 42 實測情形



圖 43 實測情形

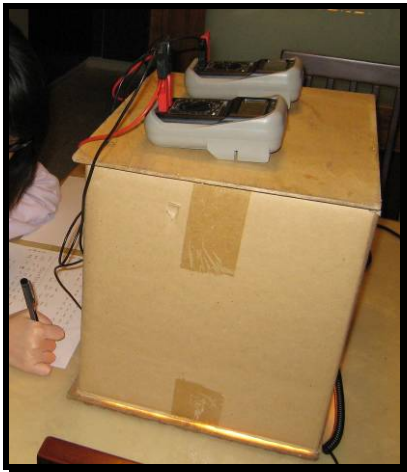


圖 44 實測情形



圖 45 實測情形

六、探討影響燈具效能的其他因素。

(一)：蒐集各式燈泡原廠的規格數據。

(二)：分類及比較原廠的規格數據。

(三)：影響燈具效能的其他因素分析。

(四)：製作圖表，分析數據。

伍、研究結果

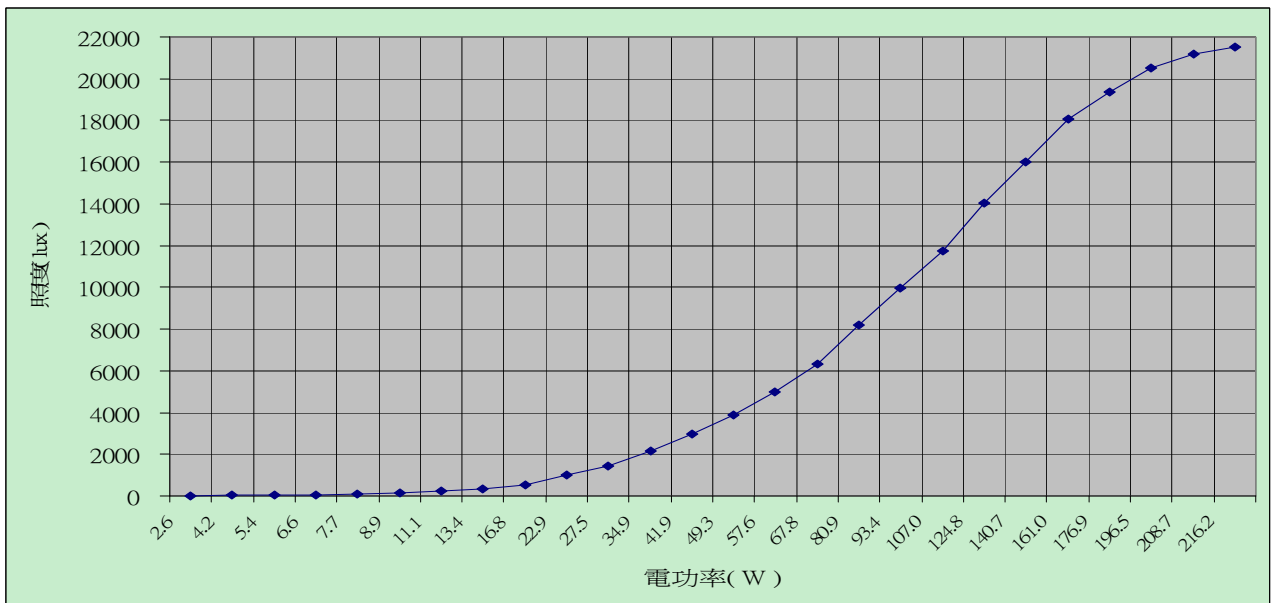
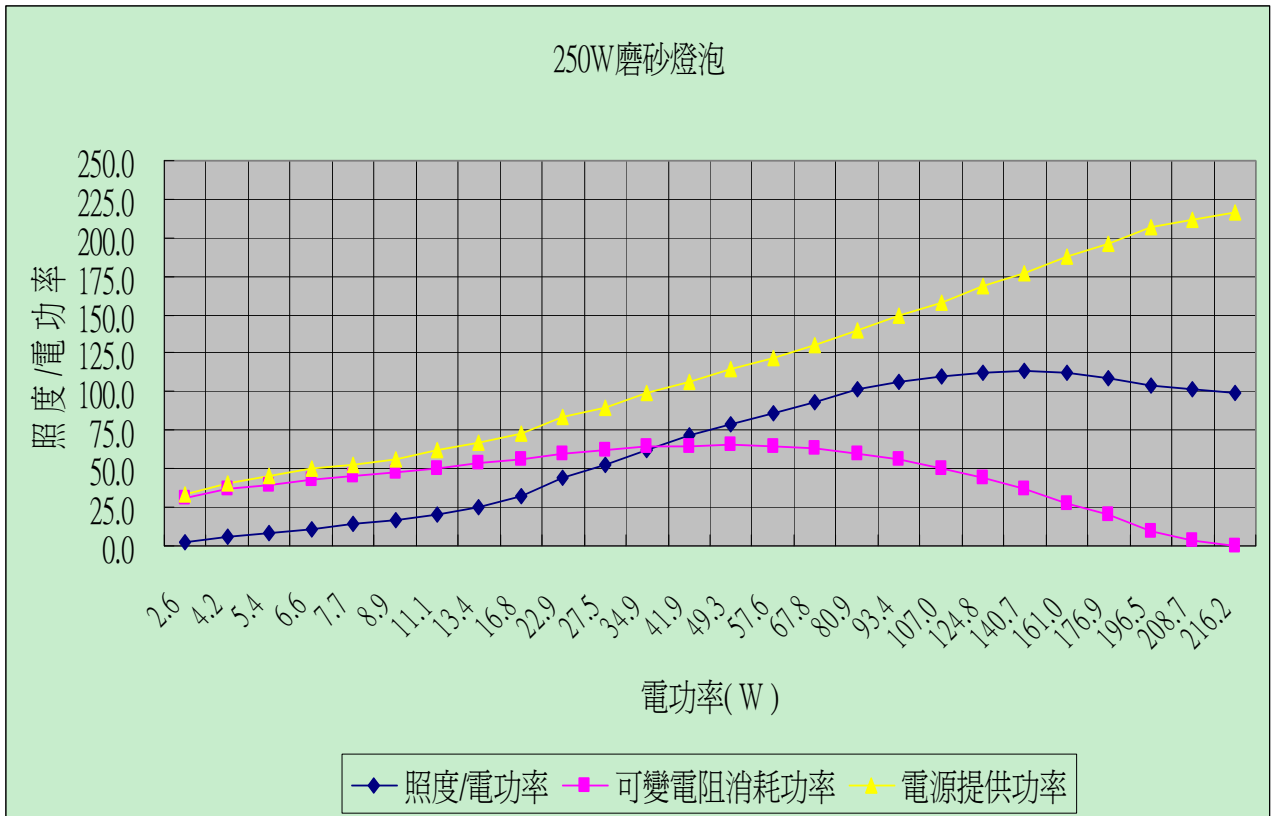
一、研究可調式白熾燈泡的發光情形。

表 1：東亞磨砂 250W 燈泡 燈芯到照度計的垂直距離 19.0 CM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流 (A)	0.31	0.38	0.42	0.46	0.49	0.52	0.57	0.62	0.68	0.77
電壓 (V)	8.5	11.0	12.8	14.3	15.8	17.2	19.5	21.6	24.7	29.7
電功率(W)	2.6	4.2	5.4	6.6	7.7	8.9	11.1	13.4	16.8	22.9
照度(lux)	7	24	46	71	107	146	231	339	541	999
照度/電功率	2.7	5.7	8.6	10.8	13.8	16.3	20.8	25.3	32.2	43.7
可變電阻消耗功率(W)	30.9	36.9	40.0	43.1	45.2	47.3	50.5	53.6	56.7	60.4
電源提供功率(W)	33.5	41.1	45.4	49.7	53.0	56.2	61.6	67.0	73.5	83.2

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
電流 (A)	0.83	0.92	0.99	1.06	1.13	1.21	1.30	1.38	1.46	1.56
電壓 (V)	33.1	37.9	42.3	46.5	51.0	56.0	62.2	67.7	73.3	80.0
電功率(W)	27.5	34.9	41.9	49.3	57.6	67.8	80.9	93.4	107.0	124.8
照度(lux)	1430	2180	2990	3880	4970	6350	8180	9950	11760	14060
照度/電功率	52.1	62.5	71.4	78.7	86.2	93.7	101.2	106.5	109.9	112.7
可變電阻消耗功率(W)	62.3	64.6	65.1	65.3	64.5	63.0	59.7	55.8	50.8	43.8
電源提供功率(W)	89.7	99.5	107.0	114.6	122.2	130.8	140.5	149.2	157.8	168.6

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
電流 (A)	1.64	1.74	1.82	1.91	1.96	2.00				
電壓 (V)	85.8	92.5	97.2	102.9	106.5	108.1				
電功率(W)	140.7	161.0	176.9	196.5	208.7	216.2				
照度(lux)	16010	18080	19350	20500	21200	21500				
照度/電功率	113.8	112.3	109.4	104.3	101.6	99.4				
可變電阻消耗功率(W)	36.6	27.1	19.8	9.9	3.1	0.0				
電源提供功率(W)	177.3	188.1	196.7	206.5	211.9	216.2				



分析

1. 標示 250W，其實最大功率只到 216W，與標示數值相差頗大。
2. 調整可變電阻，使功率約在最大功率的 8 成時，可得到最大照明效率。
3. 調整可變電阻，讓燈泡在低功率使用時，大部分電能消耗在可變電阻上。因此；若欲使用低照明時，最好用低瓦特數的燈泡，不要使用高瓦特數燈泡，再調整到低功率。
4. 調整可變電阻，讓燈泡在高功率使用時，燈泡會產生大量的熱，也影響照明的效率。

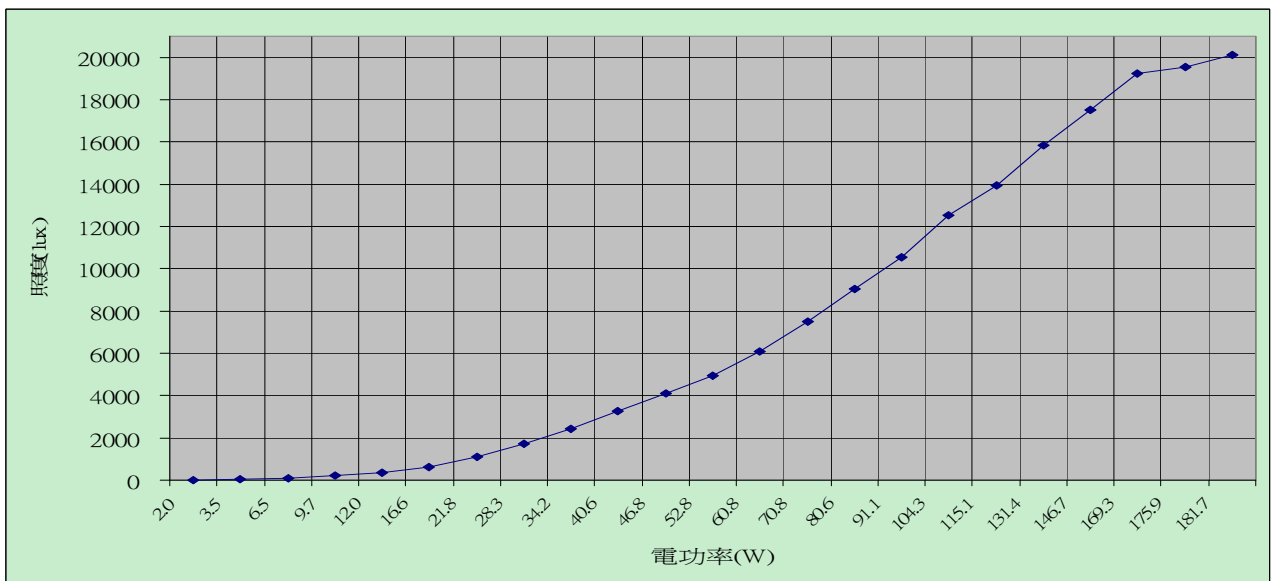
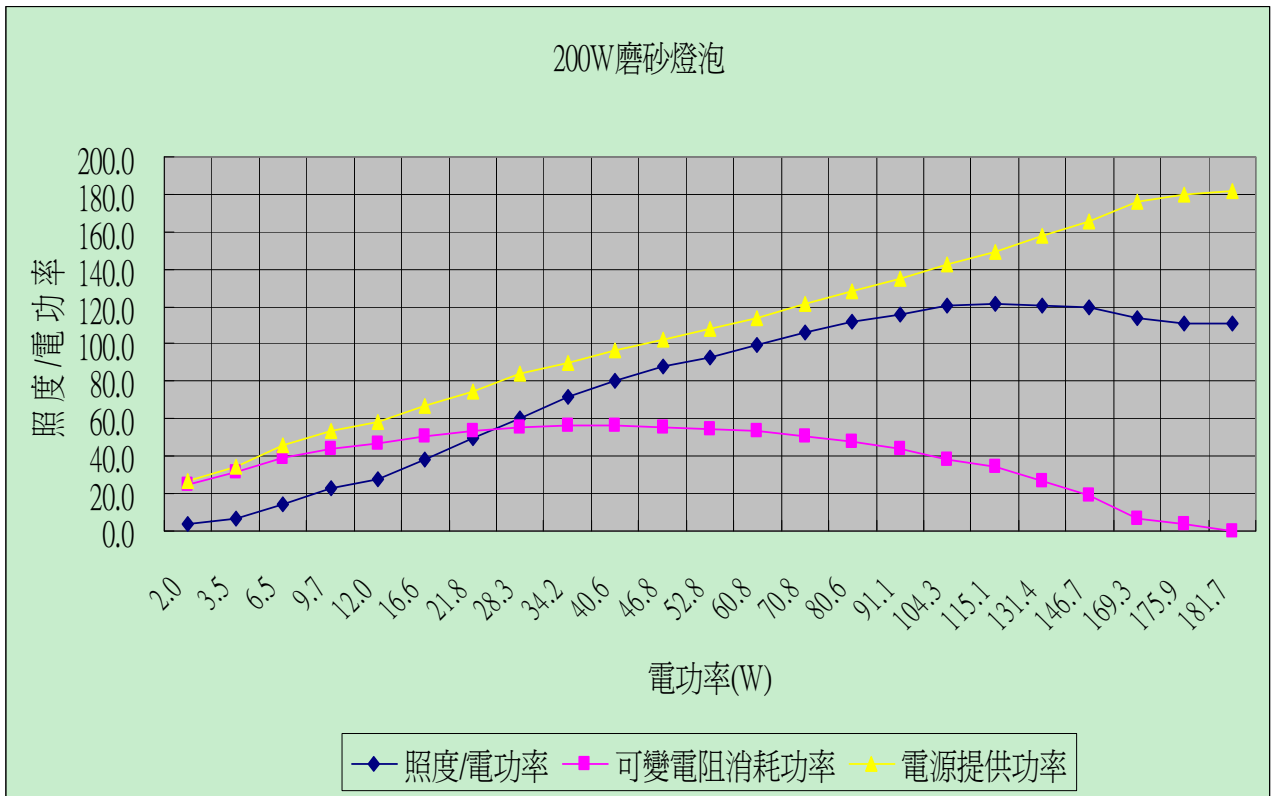
表 2：東亞磨砂 200W 燈泡

燈芯到照度計的垂直距離 19.0 CM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流 (A)	0.25	0.32	0.42	0.49	0.54	0.62	0.69	0.77	0.83	0.89
電壓 (V)	8.1	10.9	15.5	19.7	22.2	26.8	31.6	36.7	41.2	45.6
電功率(W)	2.0	3.5	6.5	9.7	12.0	16.6	21.8	28.3	34.2	40.6
照度(lux)	7	24	95	222	332	630	1089	1713	2440	3270
照度/電功率	3.5	6.9	14.6	23.0	27.7	37.9	49.9	60.6	71.4	80.6
可變電阻消耗功率(W)	25.2	31.3	39.2	43.7	46.8	50.8	53.3	55.5	56.1	56.2
電源提供功率(W)	27.2	34.8	45.7	53.3	58.8	67.5	75.1	83.8	90.3	96.8

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
電流 (A)	0.94	0.99	1.05	1.12	1.18	1.24	1.31	1.37	1.45	1.52
電壓 (V)	49.8	53.3	57.9	63.2	68.3	73.5	79.6	84.0	90.6	96.5
電功率(W)	46.8	52.8	60.8	70.8	80.6	91.1	104.3	115.1	131.4	146.7
照度(lux)	4110	4920	6070	7520	9040	10550	12550	13950	15860	17530
照度/電功率	87.8	93.2	99.8	106.2	112.2	115.8	120.4	121.2	120.7	119.5
可變電阻消耗功率(W)	55.5	54.9	53.4	51.1	47.8	43.8	38.3	34.0	26.4	18.7
電源提供功率(W)	102.3	107.7	114.2	121.9	128.4	134.9	142.5	149.1	157.8	165.4

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
電流 (A)	1.62	1.65	1.67							
電壓 (V)	104.5	106.6	108.8							
電功率(W)	169.3	175.9	181.7							
照度(lux)	19250	19550	20100							
照度/電功率	113.7	111.1	110.6							
可變電阻消耗功率(W)	7.0	3.6	0.0							
電源提供功率(W)	176.3	179.5	181.7							



分析

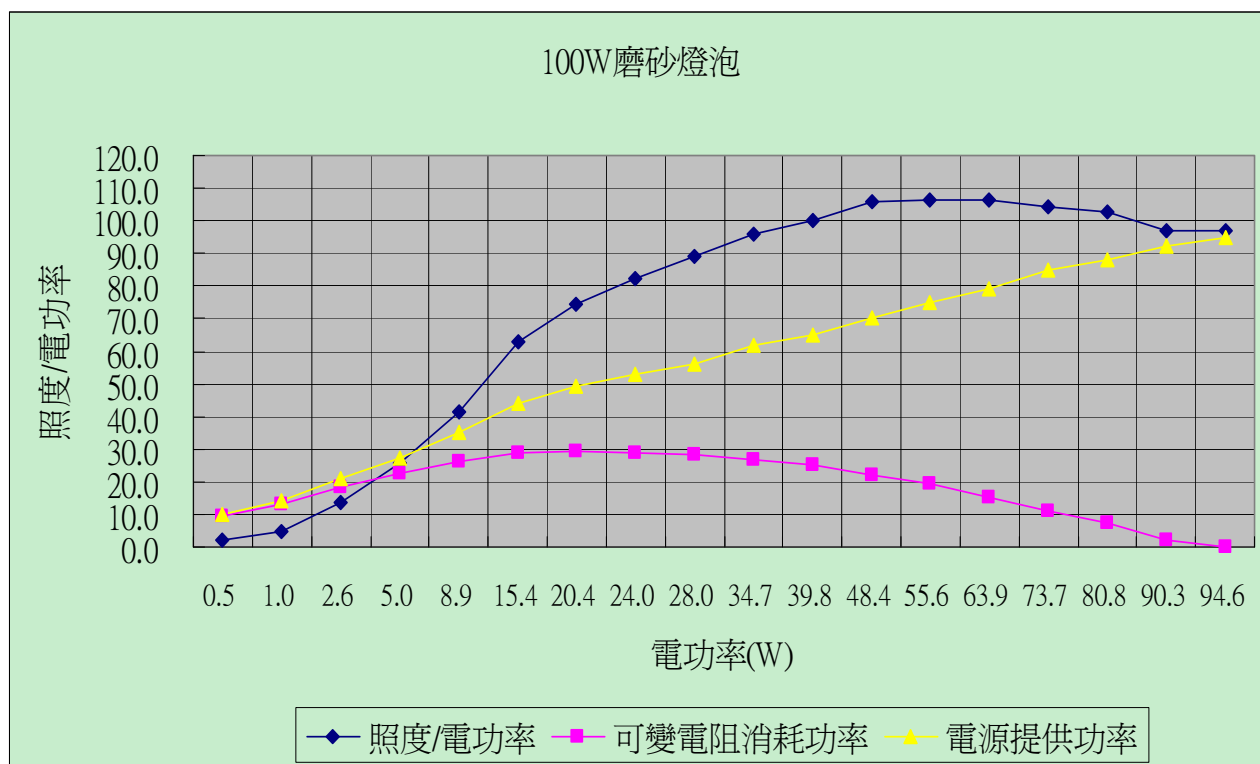
1. 標示 200W，其實最大功率只到 182W，大約是標示數值的 9 成。
2. 調整可變電阻，使功率約在最大功率的 8 成時，可得到最大照明效率。
3. 調整可變電阻，讓燈泡在低功率使用時，大部分電能消耗在可變電阻上。因此；若欲使用低照明時，最好用低瓦特數的燈泡，不要使用高瓦特數燈泡，再調整到低功率。
4. 調整可變電阻，讓燈泡在高功率使用時，燈泡會產生大量的熱，也影響照明的效率。

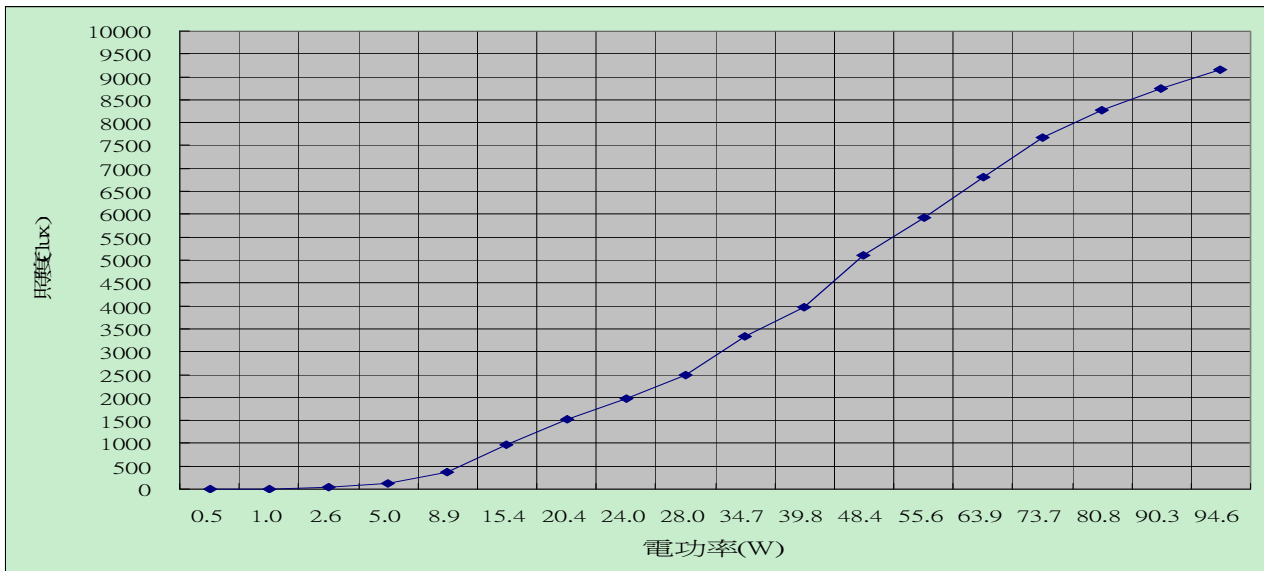
表 3：東亞磨砂 100W 燈泡

燈芯到照度計的垂直距離 22.0 CM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流 (A)	0.09	0.13	0.19	0.25	0.32	0.40	0.45	0.48	0.51	0.56
電壓 (V)	5.4	8.0	13.9	20.0	27.8	38.6	45.3	50.1	54.9	62.0
電功率(W)	0.5	1.0	2.6	5.0	8.9	15.4	20.4	24.0	28.0	34.7
照度(lux)	1	5	36	128	368	972	1518	1977	2500	3330
照度/電功率	2.1	4.8	13.6	25.6	41.4	63.0	74.5	82.2	89.3	95.9
可變電阻消耗功率(W)	9.4	13.3	18.3	22.5	26.3	28.6	29.1	28.8	28.1	26.9
電源提供功率(W)	9.9	14.3	20.9	27.5	35.2	44.0	49.5	52.8	56.1	61.6

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
電流 (A)	0.59	0.64	0.68	0.72	0.77	0.80	0.84	0.86		
電壓 (V)	67.5	75.6	81.7	88.8	95.7	101.0	107.5	110.0		
電功率(W)	39.8	48.4	55.6	63.9	73.7	80.8	90.3	94.6		
照度(lux)	3980	5110	5920	6810	7680	8280	8750	9150		
照度/電功率	99.9	105.6	106.6	106.5	104.2	102.5	96.9	96.7		
可變電阻消耗功率(W)	25.1	22.0	19.2	15.3	11.0	7.2	2.1	0.0		
電源提供功率(W)	64.9	70.4	74.8	79.2	84.7	88.0	92.4	94.6		





分析

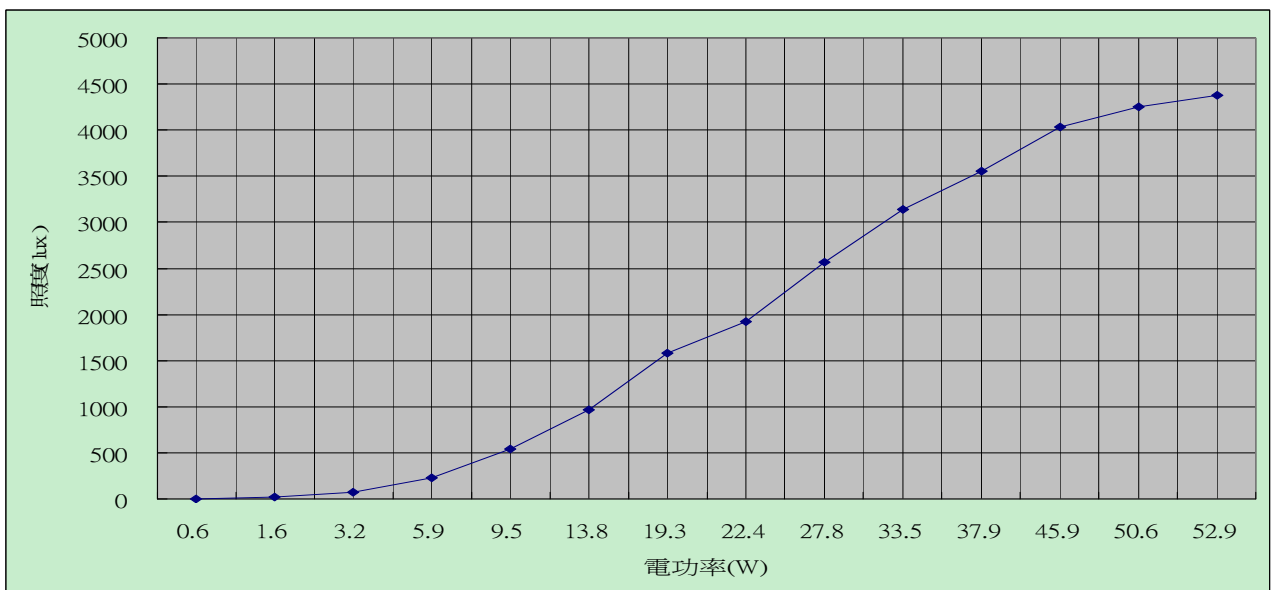
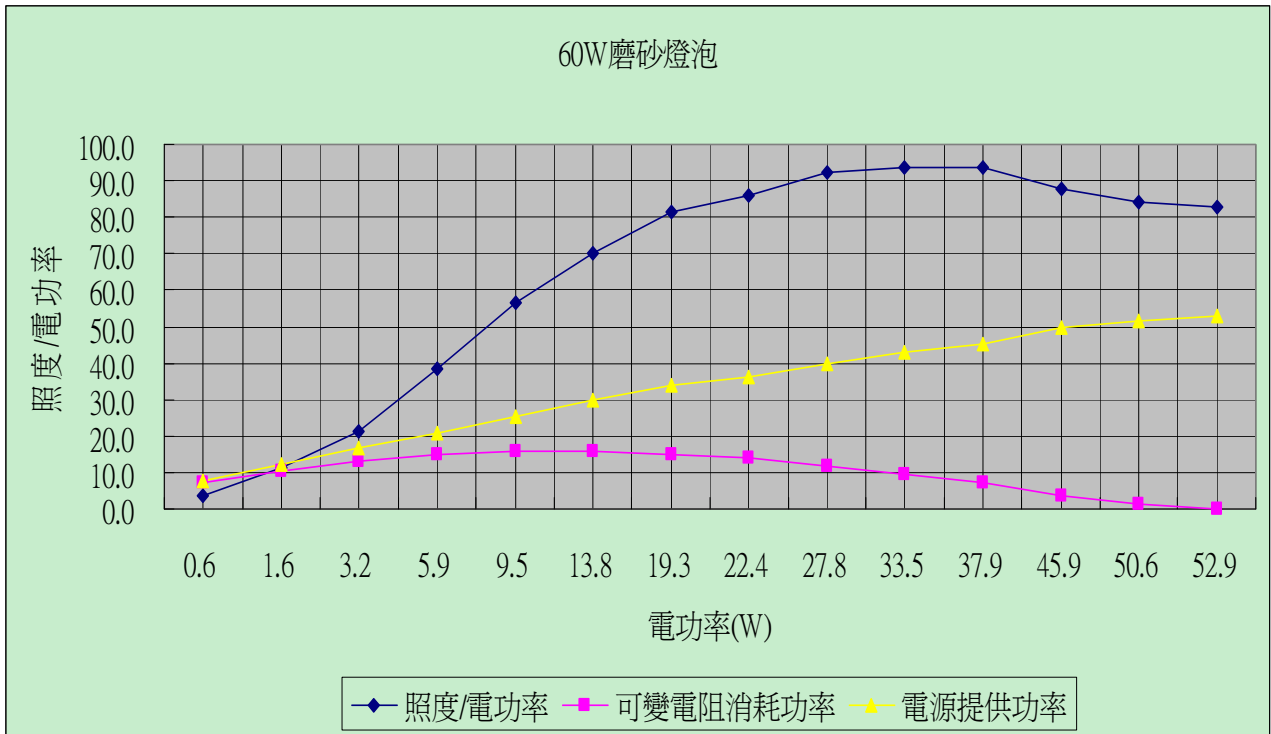
- 1.標示 100W，其實最大功率只到 95W，與標示數值接近。
- 2.調整可變電阻，使功率約在最大功率的 8 成時，可得到最大照明效率。
- 3.調整可變電阻，讓燈泡在低功率使用時，大部分電能消耗在可變電阻上。因此；若欲使用低照明時，最好用低瓦特數的燈泡，不要使用高瓦特數燈泡，再調整到低功率。
- 4.調整可變電阻，讓燈泡在高功率使用時，燈泡會產生大量的熱，也影響照明的效率。

表 4：東亞磨砂 60W 燈泡

燈芯到照度計的垂直距離 22.5 CM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
電流 (A)	0.07	0.11	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.33	0.36	0.39
電壓 (V)	8.4	14.6	21.5	30.8	41.4	51.0	62.3	67.9	77.3	85.9
電功率(W)	0.6	1.6	3.2	5.9	9.5	13.8	19.3	22.4	27.8	33.5
照度(lux)	2	18	69	224	538	965	1575	1925	2570	3140
照度/電功率	3.4	11.2	21.4	38.3	56.5	70.1	81.6	85.9	92.4	93.7
可變電阻消耗功率(W)	7.1	10.5	13.3	15.1	15.8	16.0	14.8	14.0	11.8	9.5
電源提供功率(W)	7.7	12.1	16.5	20.9	25.3	29.8	34.2	36.4	39.7	43.0

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
電流 (A)	0.41	0.45	0.47	0.48						
電壓 (V)	92.4	101.9	107.7	110.2						
電功率(W)	37.9	45.9	50.6	52.9						
照度(lux)	3550	4030	4250	4380						
照度/電功率	93.7	87.9	84.0	82.8						
可變電阻消耗功率(W)	7.3	3.7	1.2	0.0						
電源提供功率(W)	45.2	49.6	51.8	52.9						

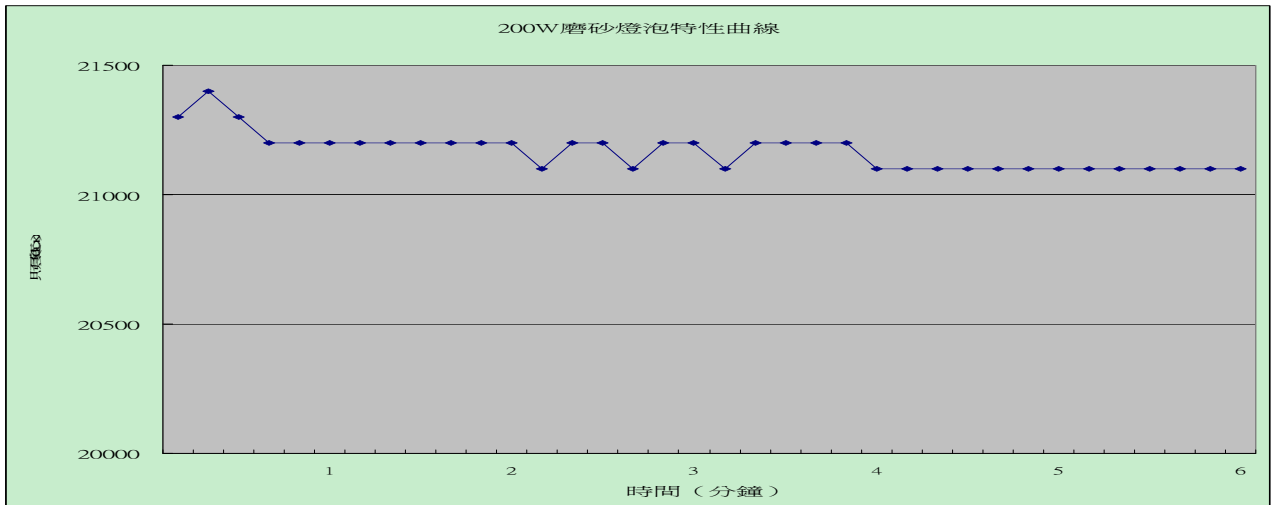


分析

1. 標示 60W，其實最大功率只到 53W，大約是標示數值的 9 成。
2. 調整可變電阻，使功率約在最大功率的 8 成時，可得到最大照明效率。
3. 調整可變電阻，讓燈泡在低功率使用時，大部分電能消耗在可變電阻上。因此；若欲使用低照明時，最好用低瓦特數的燈泡，不要使用高瓦特數燈泡，再調整到低功率。
4. 調整可變電阻，讓燈泡在高功率使用時，燈泡會產生大量的熱，也影響照明的效率。

二、研究白熾燈泡與省電燈泡的發光特性。

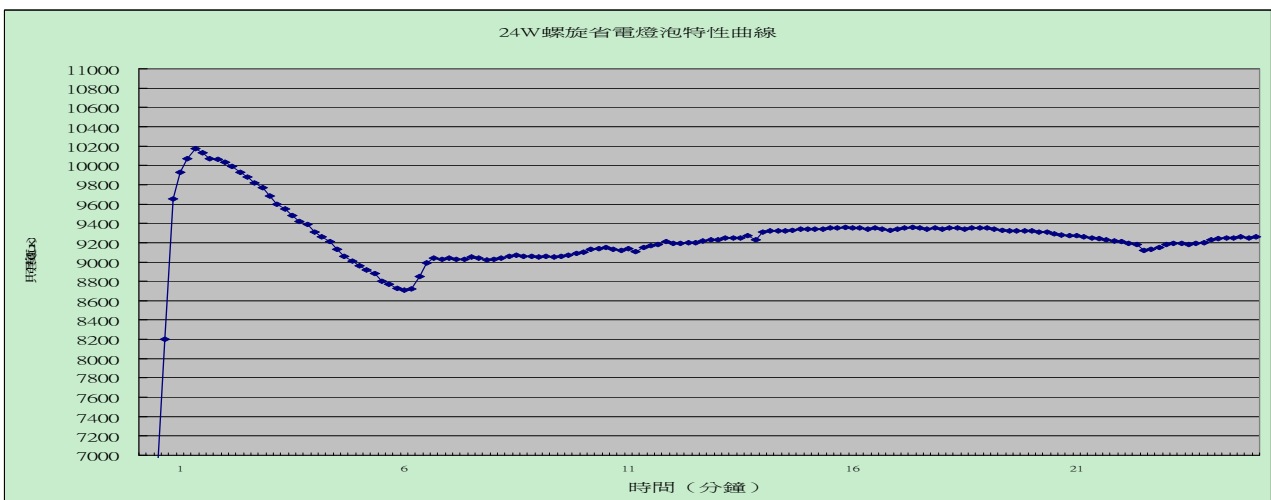
(一)：200W 磨砂燈泡特性曲線



分析

1. 啟動開關瞬間，電流、電壓皆為最大值，在幾秒內便到達最大發光狀態，此時燈泡內的燈絲溫度由低溫開始上升，電阻較小。
2. 大約 10 秒左右，照度開始下降，此時燈泡內的燈絲溫度逐漸上升到高點，電阻變大，電流也下降一些。
3. 約在 30 秒後，照度維持幾分鐘後，再下降一些，就到達穩定狀態。

(二)：24W 螺旋省電燈泡特性曲線



分析

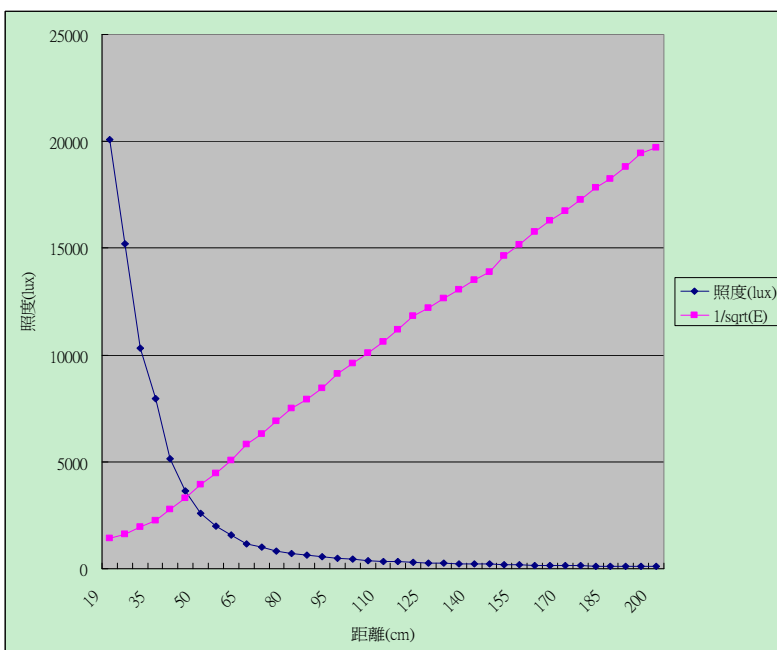
1. 啟動開關瞬間，電流、電壓皆為最大值，發光強度逐漸增加，大約 1 分鐘便到達最大發光狀態，此時燈泡內的安定器、變壓器，溫度由低溫開始上升，電阻較小。
2. 大約 6 分鐘後，照度下降到最低值，此時燈泡內的安定器、變壓器，溫度逐漸上升到高點，電阻變大，電流也下降一些。
3. 約在 6 分鐘後，照度又逐漸上升，慢慢進入穩定狀態。
4. 約在 20 分鐘後，照度再下降一些，就到達穩定狀態。

三、研究白熾燈泡照度與距離的關係。

表 5：白熾燈泡照度與距離的關係

距離 R (cm)	照度 E (lux)	$E \cdot R^2$	$1/\sqrt{E}$
19	20100	725.6	1410.7
24	15200	875.5	1622.2
30	10320	928.8	1968.7
35	7950	973.9	2243.1
40	5140	822.4	2789.6
45	3630	735.1	3319.5
50	2580	645.0	3937.5
55	1990	602.0	4483.4
60	1560	561.6	5063.7
65	1175	496.4	5834.6
70	1005	492.5	6308.8
75	840	472.5	6900.7
80	710	454.4	7505.9
85	635	458.8	7936.8
90	560	453.6	8451.5
95	480	433.2	9128.7
100	433	433.0	9611.4
105	392	432.2	10101.5
110	354	428.3	10629.9

距離 R (cm)	照度 E (lux)	$E \cdot R^2$	$1/\sqrt{E}$
115	320	423.2	11180.3
120	286	411.8	11826.2
125	269	420.3	12194.2
130	250	422.5	12649.1
135	234	426.5	13074.4
140	219	429.2	13514.7
145	207	435.2	13901.0
150	187	420.8	14625.4
155	174	418.0	15162.0
160	161	412.2	15762.2
165	151	411.1	16275.8
170	143	413.3	16724.8
175	134	410.4	17277.4
180	126	408.2	17817.4
185	120	410.7	18257.4
190	113	407.9	18814.4
195	106	403.1	19425.7
200	103	412.0	19706.6



















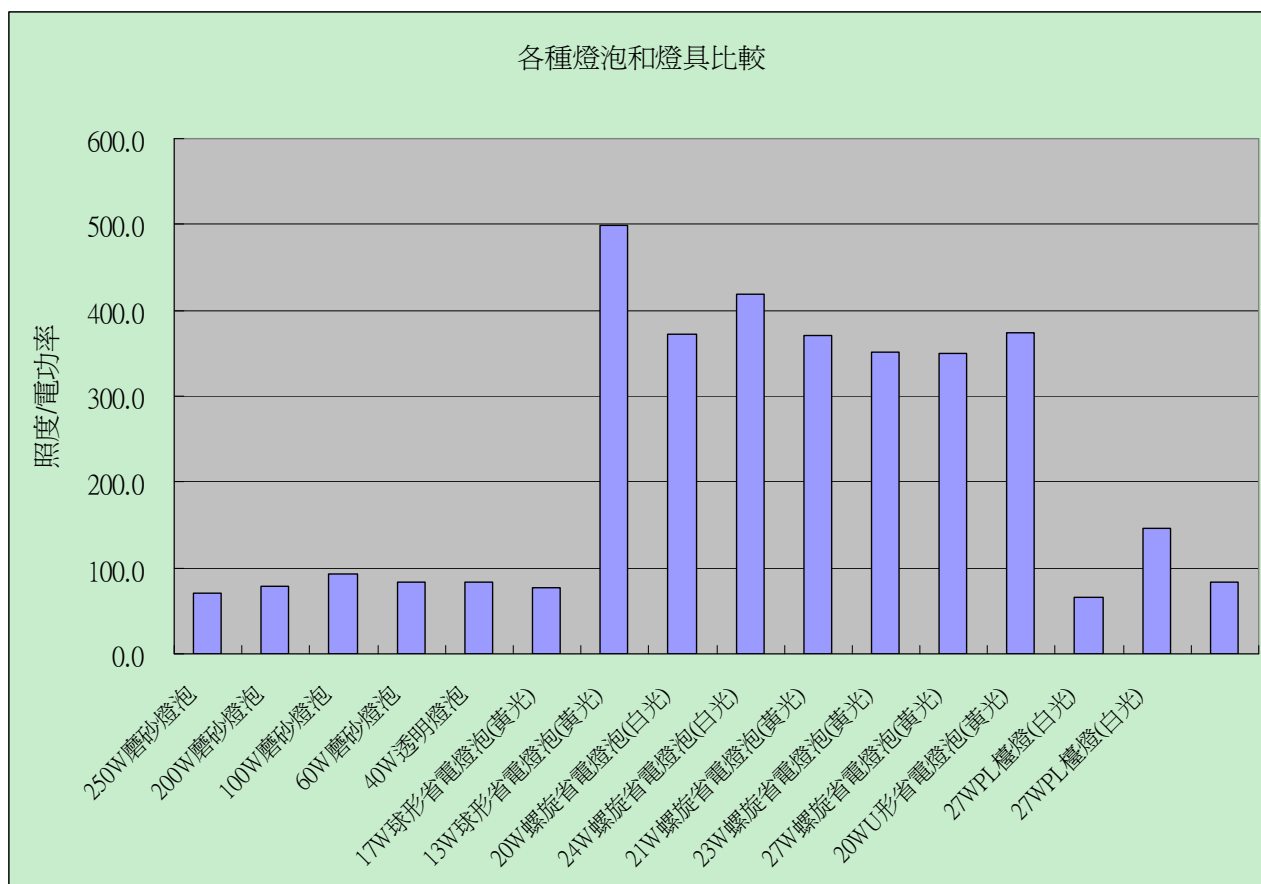
分析

1. 照度隨距離增大而變小。
2. 照度與距離平方的乘積約為定值，表示照度與距離平方成反比。
3. 照度平方根的倒數與距離的關係圖為一斜直線，就表示照度與距離平方成反比。

四、各種燈泡和燈具的比較。

表 6：各種燈泡和燈具的比較

	燈具種類	電流 (A)	電壓(V)	最大電 功率 (W)	照度 (lux)	照度/電 功率	距離 (cm)	照度/電 功率(調 整後)	
1	250W 磨砂燈泡	2.00	108.1	216.2	21500	99.4	19	70.9	
2	200W 磨砂燈泡	1.67	108.8	181.7	20100	110.6	19	78.9	
3	100W 磨砂燈泡	0.86	110.0	94.6	9150	96.7	22	92.5	
4	60W 磨砂燈泡	0.48	110.2	52.9	4380	82.8	22.5	82.8	
5	40W 透明燈泡	0.30	110.0	33.0	2740	83.0	22.5	83.0	
6	17W 球形省電燈 泡(黃光)	0.23	110.1	25.3	2730	107.8	19	76.9	
7	13W 球形省電燈 泡(黃光)	0.09	112.1	10.1	5770	571.9	21	498.2	
8	20W 螺旋省電燈 泡(白光)	0.15	109.9	16.5	7045	427.4	21	372.3	
9	24W 螺旋省電燈 泡(白光)	0.16	110.4	17.7	8490	480.6	21	418.7	
10	21W 螺旋省電燈 泡(黃光)	0.15	109.4	16.4	6975	425.0	21	370.3	
11	23W 螺旋省電燈 泡(黃光)	0.21	110.4	23.2	9370	404.2	21	352.1	
12	27W 螺旋省電燈 泡(黃光)	0.21	110.6	23.2	9330	401.7	21	349.9	
13	20WU 形省電燈泡 (黃光)	0.10	110.3	11.0	4740	429.7	21	374.3	
14	27WPL 檯燈(白光)	0.45	110.8	49.9	3730	74.8	21	65.2	
15	27WPL 檯燈(白光)	0.14	110.8	15.5	2590	167.0	21	145.4	
16	13WPL 檯燈(白光)	0.24	111.0	26.6	2540	95.3	21	83.1	


























分析



















1. 白熾燈泡效能最低，瓦特數以 100W 在白熾燈泡中效能最高。推測原因為：瓦特數高者發熱太多，瓦特數低者，不能使鎢絲有效發光。
2. 省電燈泡的效能為白熾燈泡的 4~5 倍，其效能與內藏安定器有很大關係，新式的電子安定器，能讓效能提高許多。
3. 螺旋型省電燈泡的效能 > 3U 型省電燈泡 > 球形省電燈泡。
4. PL 省電燈管的效能與外置安定器有很大關係，本實驗使用傳統式安定器，效能並不理想。
5. 部分產品測試所得消耗電功率與標示不符。推測原因為：燈管僅標示燈管的消耗電功率，並不包含外置安定器的消耗電功率。



















五、探討影響燈具效能的其他因素。

(一)：蒐集各式燈泡原廠的規格數據。(以晝白色為準)

編號	廠牌	名稱	標示功率 W	光通量 (lm)	lm/W	壽命	
1	日立	電子雙子星	27	1550	57	6000	
2	日立	電子 3U 燈	15	780	52	6000	
3	日立	電子 3U 燈	23	1380	60	6000	
4	日立	電子省電燈泡	15	730	49	6000	
5	日立	電子省電燈泡	25	1370	55	6000	
6	日立	BB 燈管	18	1070	59	6000	
7	日立	BB 燈管	27	1550	57	6000	
8	日立	四管並排燈管	27	1600	59	6000	
9	日立	二排平行燈管	27	1800	67	7500	
10	日立	二排平行燈管	36	2900	81	9000	
11	日立	二排平行燈管	55	4500	82	9000	
12	日立	子母燈管	40	3100	78	9000	
13	日立	子母燈管	70	5900	84	9000	
14	日立	子母燈管	100	8800	88	9000	
15	日立	三波長太陽燈管	10	555	56	6000	
16	日立	三波長太陽燈管	15	970	65	6000	
17	日立	三波長太陽燈管	20	1470	74	8500	

	廠牌	名稱	標示功率 W	光通量 (lm)	lm/W	壽命	
18	日立	三波長太陽燈管	30	2500	83	8500	
19	日立	三波長太陽燈管	40	3560	89	12000	
20	日立	圓形自然光燈管	30	2100	70	6000	
21	日立	圓形自然光燈管	32	2510	78	6000	
22	日立	圓形自然光燈管	40	3270	82	6000	
23	Philips	T5 日光燈管	14	1460	104	20000	
24	Philips	三波長太陽燈管	36	3350	93	15000	
25	Philips	普通型日光燈管	38	2700	71	7000	
26	Philips	PL-F 燈管	27	1750	65	6000	
27	Philips	螺旋省電燈泡	23	1500	65	6000	
28	Philips	圓形日光燈管	28	1400	50	7000	
29	Philips	BB 燈管	27	1350	50	6000	
30	Philips	球形省電燈泡	18	730	41	6000	
31	Philips	3U 省電燈泡	18	1000	56	6000	
32	Philips	U 型省電燈泡	8	377	47	6000	
33	Philips	真柔鎢絲燈泡	60	730	12	3000	
34	Philips	真柔鎢絲燈泡	100	1390	14	3000	
35	Philips	真亮鎢絲燈泡	100	1495	15	3000	

	廠牌	名稱	標示功率 W	光通量 (lm)	lm/W	壽命	
36	東亞	T5 / 高頻 燈管	14	1140	81	20000	
37	東亞	T5 / 高頻 燈管	21	1770	84	20000	
38	東亞	T5 / 高頻 燈管	28	2450	88	20000	
39	東亞	三波長燈 管(直管)	18	1400	78	7500	
40	東亞	三波長燈 管(直管)	29	2350	81	7500	
41	東亞	三波長燈 管(直管)	38	3400	89	10000	
42	東亞	三波長燈 管(圓管)	28	1650	59	5000	
43	東亞	一般型燈 管(直管)	18	1150	64	7500	
44	東亞	一般型燈 管(直管)	29	1820	63	7500	
45	東亞	一般型燈 管(直管)	38	2730	72	10000	
46	東亞	一般型燈 管(圓管)	28	1650	59	5000	
47	東亞	一般型燈 管(圓管)	32	1850	58	6000	
48	東亞	一般型燈 管(圓管)	40	2550	64	6000	
49	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	5	30	6	1500	
50	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	10	60	6	1500	
51	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	25	240	10	1200	
52	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	40	470	12	1200	
53	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	60	780	13	1200	

	廠牌	名稱	標示功率 W	光通量 (lm)	lm/W	壽命	
54	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	100	1450	15	1200	
55	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	200	3240	16	1200	
56	東亞	白熾燈泡 (磨砂)	250	4000	16	1200	
57	東亞	FPX 燈 管	9	540	60	6000	
58	東亞	FPX 燈 管	13	750	58	6000	
59	東亞	FPL 燈管	18	1000	56	6000	
60	東亞	FPL 燈管	27	1610	60	6000	
61	東亞	FPL 燈管	36	2590	72	6000	
62	東亞	FML 燈 管	27	1410	52	6000	
63	東亞	FML(BB) 燈管	27	1380	51	6000	
64	東亞	電子省電 燈泡	17	850	50	6000	
65	東亞	電子省電 燈泡	21	1050	50	6000	
66	東亞	電子省電 燈泡	25	1250	50	6000	
67	東亞	電子 3U 燈管	21	1155	55	6000	
68	東亞	電子 3U 燈管	23	1265	55	6000	
69	東亞	螺旋省電 燈泡	16	880	55	6000	
70	東亞	螺旋省電 燈泡	21	1155	55	6000	
71	東亞	螺旋省電 燈泡	23	1265	55	6000	

(二)：日光燈管分類整理如下：

T5 日光燈管口徑 5/8 英吋(16mm) ，T5 日光燈管口徑較細小，但其發光效率卻高於 T8 與 T9 燈管。T5 必須專門使用電子式安定器。

T5 高效率	長度	流明(lm)	瓦數(W)	lm/W 估計
T5-14W	22in	1275	14	91
T8-21W	36in	2000	21	95
T8-28W	46in	2750	28	98
T5-35W	58in	3450	35	99

T5 高輸出	長度	流明(lm)	瓦數(W)	lm/W 估計
T5-24W	22in	1895	24	79
T8-39W	34in	3320	39	85
T8-54W	46in	4740	54	88

T8 日光燈管口徑 8/8 英吋(26mm)

T8 歐規	長度	流明(lm)	瓦數(W)	lm/W 估計
T8-16W HF	604mm	1400	16	87.5
T8-18W	595mm	1350	18	75
T8-36W	1213.6mm	3350	36	93

T8 日規美規	長度	流明(lm)	瓦數(W)	lm/W 估計
T8-17W	24in	1200	17	71
T8-25W	36in	2050	25	82
T8-32W	48in	2950	32	92

T9 日光燈管口徑 9/8 英吋(29mm) 為台灣最常見的日光燈

T9	長度	流明(lm)	瓦數(W)	lm/W 估計
T9-20W	604mm	1150	20	58
T9-40W	595mm	3400	40	85

(三)：綜合分析。

- 1、省電燈泡是屬於「螢光燈系」的一種，與日光燈管一樣，以氣體放電產生的紫外線照射管壁的螢光粉而發光。以螢光燈系效率言，通常越短、越彎曲、越變形、越外加玻璃罩的光源，其效率就越差。
- 2、目前最通用的日光燈，也並非高效率的好光源，因為它每秒頻閃六十次、演色性差，會妨礙視力，造成偏頭痛的症狀。現在最應該推廣的是一種更省電、高品質、更環保的 T5 燈管照明技術。

- 3、安定器內藏式螢光燈泡，以螺旋狀最能夠有效提高發光的效率與散熱效率！螺旋燈之所以比 3U 燈管和圓球形省電燈泡更具發光的優勢，主要是因為 3U 的燈管結構會相互的遮蔽彼此的照度，而圓球形省電燈泡在燈管的設計上與 3U 省電燈泡類似，皆以兩個 U 型燈管相互圍繞外加玻璃燈罩製成，會受到不透明玻璃燈罩阻隔光通量。
- 4、省電燈泡平日並不需要特別的保養，但是要避免不必要的及短時間內的開開關關，如此可以有效的延長省電燈泡的壽命。
- 5、「電子式省電燈泡」是集傳統鎢絲燈泡和日光燈管的優點於一身，採用「電子式安定器」，不僅提高效率，且一點就亮，不閃爍，更護眼，更省電，使用壽命更長。
- 6、目前省電燈泡以「安定器」來分有兩種：一是「傳統式安定器」，重量較重、啓動較慢、功率較差，另一是「電子式安定器」，重量較輕、啓動較快、效率高。
- 7、以螢光燈來說，發光效率最高者當首推 T5 直管日光燈，效率約有 95-105 Lm/W，其次是三波長的直管日光燈，效率約 75-90 Lm/W，而螺旋燈管效率約 60Lm/W，3U 燈管約 55Lm/W，傳統白熱燈泡只有約 15Lm/W，近來流行的 LED，他的效率約 50Lm/W（以上的比較是以皆配備高效能的電子安定器為準）
- 8、螢光燈類有越直越長、功率越高，則效率越高的特性。一根 T9-40W 會比兩根 T9-20W 亮度相加還亮很多。
- 9、飛利浦宣稱其 T8 與 T5 燈管含汞量皆低於 3mg/每一根。此數據已比傳統 T9 大幅改善含汞率，T5 更好的一點是其為固態汞填充，燈管破裂時不易外洩。
- 10、綜合比較效能的結果如下：
 - 效能第一：T5 高效能日光燈管+高品質電子式安定器
 - 效能第二：T8 傳統日光燈管+高品質電子式安定器
 - 效能第三：省電燈炮 與 傳統安定器日光燈 效能相差不多
 - 效能第四：白熾燈泡

陸、討論

一、名詞解釋：

- 1、消耗電功率：消耗電功率就是耗電量。
- 2、全光束：全光束是光源在單位時間所發出的光量，單位為流明 (lm)，全光束愈大，表示燈泡愈明亮，是反映燈泡亮度最直接的數值。
- 3、發光效率：發光效率是以所消耗的電功率能產生的全光束量表示，也就是燈泡產生的亮度與耗電量之間的關係。發光效率數值愈大，表示消耗相同的電力能獲得較高的亮度，也就是在獲得相同亮度的情況下，較為省電。
- 4、功率因數：功率因數為電器實際消耗功率佔輸入電力多寡的一種指標。在相同消耗電功率的條件下，功率因數愈低者，其整體電力系統的效率較差。
- 5、平均演色性指數 (Ra)：平均演色性指數為物件在光源照射下顯示的顏色，與其在參照光源照射下的顏色兩者相對差異，也就是被照射物所呈現原色彩真實度的指數，在演色性愈高的光源下看到的物體會愈接近自然色。

二、白熾燈泡動作原理：白熾燈泡是靠鎢絲通電流並加熱至白熱化狀態，放射出光來的一種裝置。鎢絲所產生紅外線大於可視光，電力所消耗的 80% 大概均發出紅外線(熱)，僅約 20% 發出可視光可以利用。鎢在熔點以下就開始蒸發，因而燈絲會逐漸變細，不久就到達最終了的位置而斷掉。另外，在燈泡玻殼的內壁，由於鎢絲蒸發的附著關係會逐漸黑化，放射出來的光也會因此逐漸的漸少。

三、螢光燈動作原理：螢光燈是放電燈的一種，在玻璃管中充有容易放電的氬氣和極少量的水銀，在玻管內壁上塗敷有螢光物質，在管的兩端有用鎢絲製作的二螺旋或三螺旋鎢絲圈電極，在電極上塗敷有發射電子的物質。

點燈(啓動)時，電流流過電極並加熱，從燈絲向著內發射出熱電子，並開始放電。放電產生的流動電子跟管內的水銀原子碰撞，發生紫外線(253.7nm)。這種紫外線照射螢光物質，變成可見光。隨著螢光物質的種類不同，可發出多種多樣的光色。要點亮螢光燈，需要啓動器，啓動器可分為，「啓動器式點燈電路」、「快速啓動器式點燈電路」、「變頻器式(電子式)點燈電路」三種。

四、適用於 T5、T8、T9 甚至於 PL 燈、PL-BB 燈的各式電子安定器比較。

- 1、預熱啓動：燈管啓動時，先給予燈絲預熱或者加溫至約 700 度再點燈，其最大特色為較不受燈管開關點滅次數的影響，能減輕燈管黑化現象，可以延長燈管的壽命，適合開關頻率高的使用場所，或者維修困難的場所。預熱啓動型的電子安定器對燈管提供最佳的保護。一般來說；其點滅次數約在 6,000 次左右。
- 2、快速啓動：從啓動至燈管點燈使用當中，一直在燈絲上保留一很低的電壓(約 3.5V)，但可使點燈電壓較低(約 405-550V)。因此其耗電量比預熱或者瞬時啓動型多出 1.5w 至 2w，一般以串聯式設計居多，此種啓動方式較適合氣溫較冷的地區，起動時間約 0.5 秒。
- 3、瞬時啓動：利用高壓啓動燈管(啓動電壓約介於 800V 至 1,200V 之間)，點燈非常容易，但易造成燈管黑化，燈絲斷裂，燈管壽命降低，其最大競爭的優勢是價格較低，適合用在開關次數不頻繁的場所，效率不若預熱電子式。其優點是便宜(但不耐用)，且適合用在需要立即點亮電燈的場所，點滅次數約在 2,000~3,000 多次。

五、安定器有傳統電磁式安定器和電子安定器兩種。傳統電磁式安定器效率較低，但使用壽命長。電子安定器效率較高，但使用壽命短。

柒、結論

一、研究可調式白熾燈泡的發光情形。

- 1、瓦特數越高的燈泡，實測消耗電功率與標示數值有些差距，商品有標示不實之嫌。
- 2、調整可變電阻，使功率約在最大功率的 8 成時，可得到最大照明效率。
- 3、調整可變電阻，讓燈泡在低功率使用時，大部分電能消耗在可變電阻上。因此；若欲使用低照明時，最好用低瓦特數的燈泡，不要使用高瓦特數燈泡，再調整到低功率。
- 4、調整可變電阻，讓燈泡在高功率使用時，燈泡會產生大量的熱，也影響照明的效率。
- 5、經實測後，發現 100W 燈泡能得到最佳照明的效率。

二、研究白熾燈泡與省電燈泡的發光特性。

- 1、白熾燈泡在啓動開關瞬間，電流、電壓皆為最大值，在幾秒內便到達最大發光狀態，此時燈泡內的燈絲溫度由低溫開始上升，電阻較小。大約 10 秒左右，照度開始下降，此時燈泡內的燈絲溫度逐漸上升到高點，電阻變大，電流也下降一些。約在 30 秒後，照度維持幾分鐘後，再下降一些，就到達穩定狀態。
- 2、省電燈泡在啓動開關瞬間，電流、電壓皆為最大值，發光強度逐漸增加，大約 1 分鐘便到達最大發光狀態，此時燈泡內的安定器、變壓器，溫度由低溫開始上升，電阻較小。大約 6 分鐘後，照度下降到最低值，此時燈泡內的安定器、變壓器，溫度逐漸上升到高點，電阻變大，電流也下降一些。約在 6 分鐘後，照度又逐漸上升，慢慢進入穩定狀態。約在 20 分鐘後，照度再下降一些，就到達穩定狀態。
- 3、省電燈泡需較長時間才達穩定狀態，因此不適合用在短時間開開關關的場所。

三、研究白熾燈泡照度與距離的關係：得到照度與距離平方成反比。

四、各種燈泡和燈具比較。

- 1、白熾燈泡效能最低，瓦特數以 100W 在白熾燈泡中效能最高。推測原因為：瓦特數高者發熱太多，瓦特數低者，不能使鎢絲有效發光。
- 2、省電燈泡的效能為白熾燈泡的 4~5 倍，其效能與內藏安定器有很大關係，新式的電子安定器，能讓效能提高許多。
- 3、螺旋型省電燈泡的效能 > 3U 型省電燈泡 > 球形省電燈泡。
- 4、PL 省電燈管的效能與外置安定器有很大關係，本實驗使用傳統式安定器，效能並不理想。
- 5、部分產品測試所得消耗電功率與標示不符。推測原因為：燈管僅標示燈管的消耗電功率，並不包含外置安定器的消耗電功率。

五、探討影響燈具效能的其他因素。

- 1、省電燈泡是屬於「螢光燈系」的一種，與日光燈管一樣，以氣體放電產生的紫外線照射管壁的螢光粉而發光。以螢光燈系效率言，通常越短、越彎曲、越變形、越外加玻璃罩的光源，其效率就越差。

- 2、安定器內藏式螢光燈泡，以螺旋狀最能夠有效提高發光的效率與散熱效率，其次是3U燈管，最後是圓球形省電燈泡。
- 3、「電子式省電燈泡」是集傳統鎢絲燈泡和日光燈管的優點於一身，採用「電子式安定器」，不僅提高效率，且一點就亮，不閃爍，更護眼，更省電，使用壽命更長。
- 4、目前省電燈泡以「安定器」來分有兩種：一是「傳統式安定器」，重量較重、啓動較慢、功率較差，另一是「電子式安定器」，重量較輕、啓動較快、效率高。
- 5、以螢光燈來說，發光效率最高者當首推 T5 直管日光燈，效率約有 95-105 Lm/W，其次是三波長的直管日光燈，效率約 75-90 Lm/W，而螺旋燈管效率約 60Lm/W，3U 燈管約 55Lm/W，傳統白熱燈泡只有約 15Lm/W，近來流行的 LED，他的效率約 50Lm/W（以上的比較是以皆配備高效能的電子安定器為準）。
- 6、綜合比較效能的結果如下：
 - 效能第一：T5 高效能日光燈管+高品質電子式安定器
 - 效能第二：T8 傳統日光燈管+高品質電子式安定器
 - 效能第三：省電燈炮 與 傳統安定器日光燈 效能相差不多
 - 效能第四：白熾燈泡
- 7、螢光燈類有越直越長、功率越高，則效率越高的特性。一根 T9-40W 會比兩根 T9-20W 亮度相加還亮很多。
- 8、目前最通用的日光燈，也並非高效率的好光源，因為它每秒頻閃六十次、演色性差，會妨礙視力，造成偏頭痛的症狀。現在最應該推廣的是一種更省電、高品質、更環保的 T5 燈管照明技術。
- 9、飛利浦宣稱其 T8 與 T5 燈管含汞量皆低於 3mg/每一根。此數據已比傳統 T9 大幅改善含汞率，T5 更好的一點是其為固態汞填充，燈管破裂時不易外洩。
- 10、省電燈泡平日並不需要特別的保養，但是要避免不必要的及短時間內的開開關關，如此可以有效的延長省電燈泡的壽命。

六、做完研究後的期許：

- 1、不管是長形或圓形的省電日光燈管或燈泡，內部均含有水銀，縱使是少量，也要特別回收處理，不要隨意丟棄，以免污染環境。
- 2、政府在推動汰換傳統耗電量較高之白熾燈的同時，亦應切實執行省電燈泡的檢驗，加強節能標章的認證，以避免劣質省電燈泡標示不實，欺瞞消費者。由於省電燈泡內裝有電子式安定器，若當中的零組件有瑕疵，對居家安全也是一大隱憂。

捌、參考資料

- 一、高職物理 II 東大圖書出版 作者：郭鴻銘、蕭仁貴
P40~P47 光的本性、強度與照度
- 二、高職物理 II 三民書局出版 作者：郭鴻銘、蕭仁貴
P104~P114 電學相關知識 、 P150~P153 安培計與伏特計
- 三、高中基礎物理 三民書局出版 作者：許貞雄、蕭仁貴...等
P106~P107 電流、電壓、電功率
- 四、網路相關知識：經濟部能源局 節能標章全球資訊網
<http://www.energylabel.org.tw/purchasing/product/upt.asp>
- 五、網路相關知識：原廠規格數據
<http://www.holjact.com/> 日立照明
<http://www.chinaelectric.com.tw/> 東亞照明
- 六、網路相關知識：
<http://ahmow.blogspot.com/2008/10/t5-t8-t9-fluorescent-lamps-guide.html>
日光燈選購指南
<http://ahmow.blogspot.com/2008/10/new-regulation-for-compact-fluorescent.html>
省電燈泡選購指南

【評語】 030812

對於燈泡、燈具的效率有不錯的觀察，並輔以實驗數據。若能進一步對於效率的改善給予建議，將可提高貢獻度。