

(二)、評估我國小客車使用空調系統的能源效率

台灣位處亞熱帶，夏季溫度較高，依據[交通部中央氣象局](#)統計88年8月至89年8月期間，台灣地區溫度每月最高溫度之高值分佈在35.9~38.1℃，最低溫度之高值分佈在24.0~24.6℃，全年平均溫度分佈在20.2~24.3℃，分佈如表5。消費者於開車時一般而言至少有半年以上的時間會使用車上空調系統，車上空調系統的冷氣壓縮機運轉對車上引擎而言，係額外對增加引擎負載，造成燃油的消耗，車用空調系統的效率高低直接影響車輛的燃油效率。

目前汽油小客車耗能測試程序規定，測試期間為實驗室溫度控制在20 ~ 30℃，且測試車輛在不開冷氣狀態下實施，測試的油耗結果除做為廠商在申請耗能合格函時使用，並公佈於[能源會車輛油耗指南](#)網站上，提供給消費者做為選車的參考，但該測試油耗值係在不開冷氣狀態下實施，可能誤導消費者；而目前國內並未有針對車用空調系統的效率作過研究，無從了解各車型壓縮機廠牌的效率。機械所於88年曾對12輛汽油車進行開冷氣測試，初步發現使用車上冷氣後耗能值均較差，降低約-9.7% ~ -20%，平均大為-13%，如圖3。故分析比較國內各車型冷氣的效率，可提供較為正確的資訊給消費者參考。未來全球針對二氧化碳減量的壓力有增無減，所有耗用能源的機具均有加以管制的可能性，故各車型冷氣的效率亦可提供主管機關相關訊息作為判斷是否納入管理有其必要性。

表1 台灣地區88年環境溫度分佈表

單位：攝氏度

地 區	最高溫		最低溫		地區平均溫度
	高值	低值	高值	低值	
北 部	38	21	24.6	-1.4	21.3
中 部	35.9	14.7	24	-3.5	20.2
南 部	38.1	24.3	24.3	4.1	24.3
全台平均溫度	37.3	20.0	24.3	-0.3	

資料來源：中央氣象局

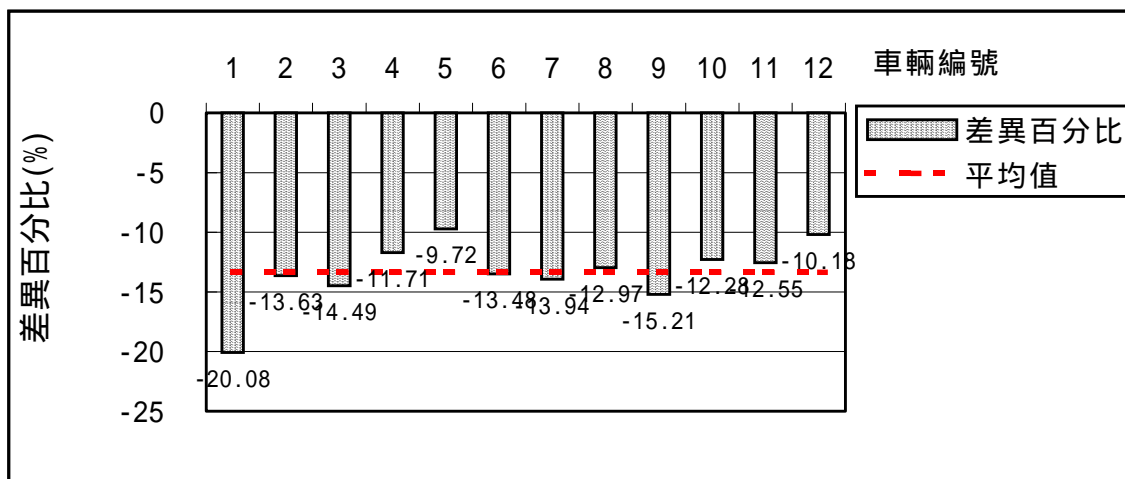


圖1 車輛開冷氣與不開冷氣差異百分比比較圖

本項目測試的方法係在實驗室內分別以法規規定的狀態下分別啓動及不啓動車上冷氣及調整測試環境溫度，以模擬夏天時戶外溫度開冷氣的方式，以我國小客車測試程序測試車輛油耗值，分析比較各車輛在使用冷氣後的燃油效率。

1995年美國環保署為提升汽油的能源消耗改善，對影響車輛耗能的因素加以研究，如駕駛習慣、天候、行車路況、車輛狀態等。其中影響油耗最大的為啓動車上空調(A/C)，平均油耗減少-21%，次為急促加速影響平均耗能減少-11.8%，交通擁擠造成道路平均車行速度降低，亦將影響耗能，平均減少-10.6%，如表6。

表2 美國對影響車輛耗能因素分析結果表

影響因素	狀態	平均耗能減少比例	最大耗能減少比例
溫度	20 F v.s. 77 F	-5.3%	-13%
風速	20 mph	-2.3%	-6.0%
山區	7% 爬坡度	-1.9%	-25%
惡劣路面	碎石地、彎曲、泥濘地、雪地路面	-4.3%	-50%
交通擁擠	20 v.s. 27mph(平均速度)	-10.6%	-15%
高速	70 v.s. 55 mph	N/A	-25%
急促加速	急促 v.s. 平緩	-11.8%	-20%
輪胎型式	非幅射 v.s. 幅射	< 1%	-4%
輪胎壓力	15 psi v.s. 26 psi	-3.3%	-6.0%
啓動車上空調(A/C)	最大狀態	-21%	N/A

除冰裝置	最大狀態	與啓動車上空調(A/C)同	
惰轉/暖車	Winter v.s. summer	隨駕駛變化	-20%

資料來源:美國 EPA 420-F-95-003 1995

目前國外使用中車輛在實驗室測試時，有起動車上空調測試的國家僅有美國，型態包括FTP-75、US06、SC03三種，如圖4、5，統稱為SFTP standards (Supplemental Federal Test Procedures)。依美國CFR 40 Part 86 規定，自2000年起使用中車輛須以FTP-75行車型態測試外，另加US06行車型態及SC03行車型態起動車上空調測試，再以加權方式計算其平均值，並訂有排放標準，其但此模式目前僅適用於使用中小型汽油車的污染排放。

$$\text{加權計算結果} = 0.35 * (\text{FTP}) + 0.28 * (\text{US06}) + 0.37 * (\text{SC03})$$

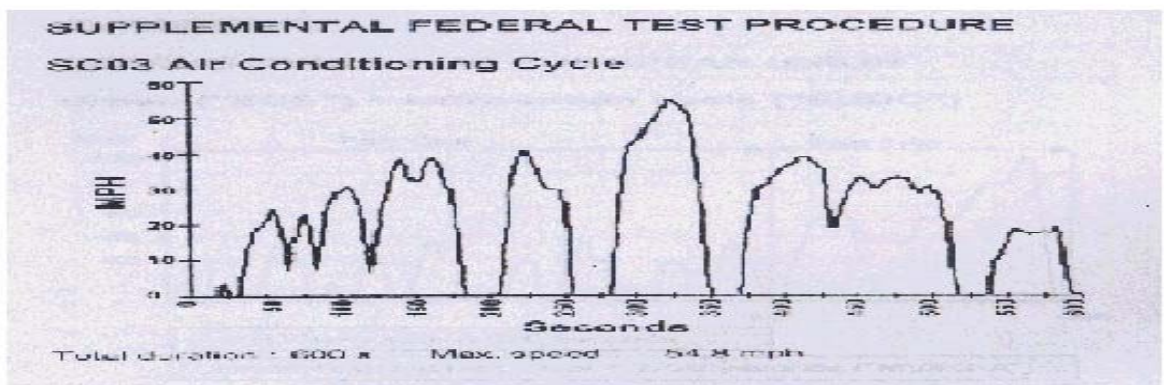
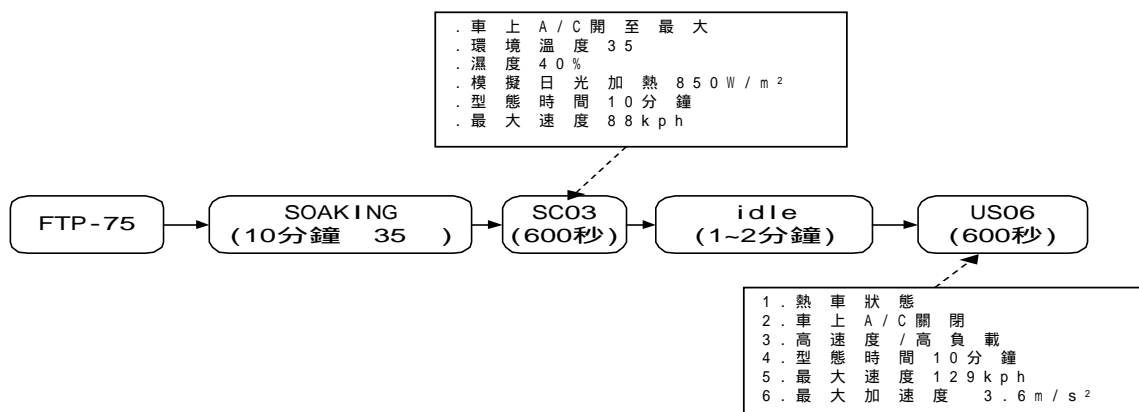


圖2 SC03開啓空調測試行車型態

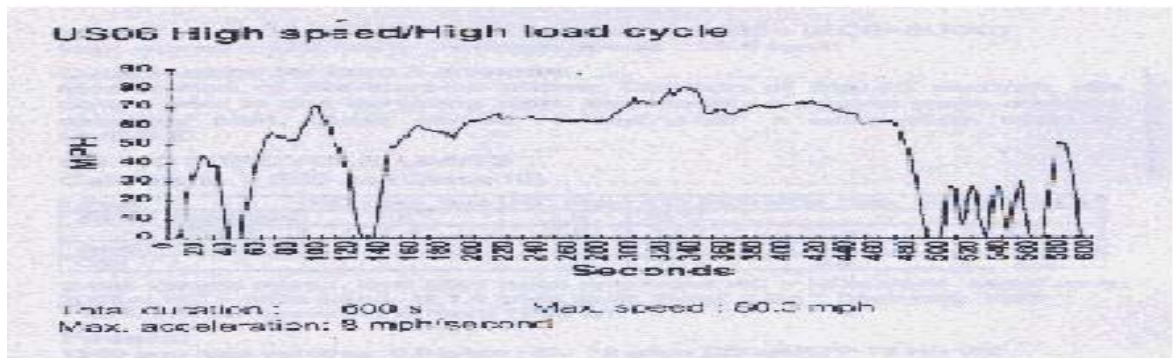


圖3 US06高速高負載測試行車型態

1. 執行方式

- 測試方法依現行的行車型態測試依美國FTP-75測試。
- 依現行法規調整測試室溫度於25 °C（按現行規定為20°C~30°C）後，在不開啓車輛空調及車上不必要的開關狀態下，進行第一次市區及高速行車型態耗能測試，以建立基準值。
- 開啓車輛空調，環境設定同前項，進行第二次市區及高速行車型態耗能測試。
- 調整測試室溫度於約35 °C，模擬夏天戶外高溫度，開啓車輛空調，進行第三次市區及高速行車型態耗能測試。
- 比較第一、二次耗能結果差異，比較各車型冷氣效率。
- 比較第一、三次耗能結果差異，比較小客車使用空調系統後的耗能差異。
- 耗能量測步驟如圖6。

2. 車輛選取

- 車型選取方式以近幾年銷售量較大的車型，有按定期保養並無重大事故的車輛。
- 其中排氣量在1500c.c.以下及2000c.c.以上至少一個車型。
- 預計選取五個車型，十五輛車，測試四十五車次。

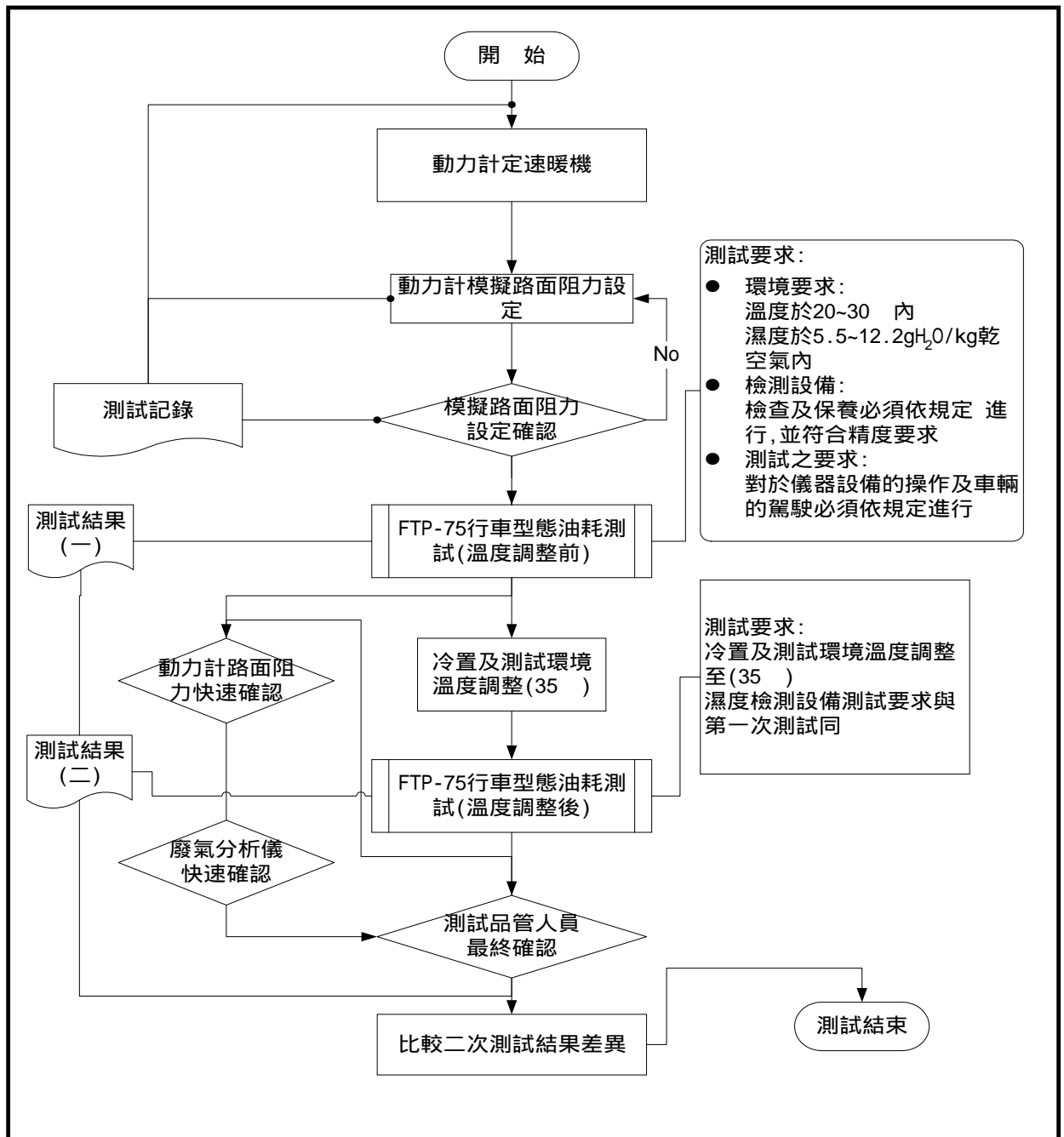


圖4 不同測試環境溫度耗能測試執行流程圖

3. 執行內容

本項係將實驗室的溫度調整於 $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，分別測試車輛啓動冷氣測試其油耗，完成 15 輛車 45 車次的油耗測試，測試結果如表 7。

分析方式採成對方式，亦即在相同的測試環境下，比較不開空調及開空調的比較及在不同的測試環境溫度（分別為 25°C 、 35°C ），同樣啓動空調狀況下比較油耗差異性。

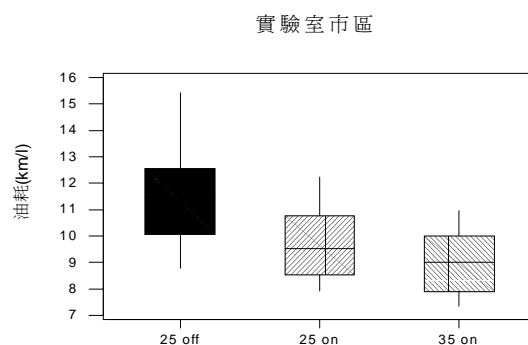
表3 不同環境狀態油耗測試結果表

實驗室市區油耗	實驗室高速油耗	實驗室平均油耗	室外溫度與空調狀況
11.9	16.67	13.7	25A/C off
9.52	15.08	11.4	25A/C on
9.02	13.08	10.5	35A/C on
12.41	17.52	14.3	25A/C off
10.78	15.7	12.5	25A/C on
9.96	13.96	11.4	35A/C on
12.56	17.97	14.5	25A/C off
10.72	16.43	12.7	25A/C on
10.01	16.03	12.0	35A/C on
12.88	17.29	14.6	25A/C off
11.33	15.94	13.0	25A/C on
10.8	16.32	12.7	35A/C on
14.43	17.47	15.7	25A/C off
12.22	15.62	13.5	25A/C on
10.96	13.99	12.1	35A/C on
15.42	18.15	16.5	25A/C off
12.05	15.69	13.5	25A/C on
10.23	---	---	35A/C on
10.12	15.67	12.0	25A/C off
8.52	13.15	10.1	25A/C on
7.84	12.53	9.4	35A/C on
10.07	15.12	11.9	25A/C off
9.01	13.46	10.6	25A/C on
7.89	12.46	9.4	35A/C on
10.33	15.24	12.1	25A/C off
8.72	13.38	10.3	25A/C on
7.94	12.07	9.4	35A/C on
11.47	17.18	13.5	25A/C off

10.01	14.37	11.6	25A/C	on
9.43	13.4	10.9	35A/C	on
11.58	17.03	13.5	25A/C	off
9.78	14.25	11.4	25A/C	on
9.2	13.72	10.8	35A/C	on
11.25	16.4	13.1	25A/C	off
9.45	13.04	10.8	25A/C	on
8.78	12.32	10.1	35A/C	on
8.79	13.3	10.4	25A/C	off
7.91	11.87	9.3	25A/C	on
7.34	11.51	8.8	35A/C	on
9.18	13.64	10.8	25A/C	off
8.03	12.49	9.6	25A/C	on
7.91	11.99	9.3	35A/C	on
9.31	13.57	10.8	25A/C	off
8.02	12.19	9.5	25A/C	on
7.56	11.59	9.0	35A/C	on

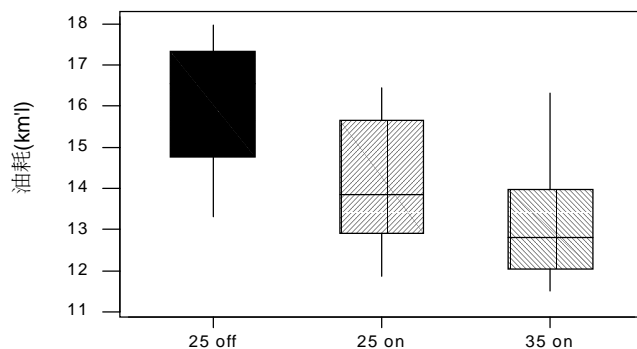
4. 結果分析

由上表得知在實驗室內，車輛分別以 25°C A/C off、25°C A/C on 及 35°C A/C on 等三個狀態進行油耗測試，其油耗值分佈如下：



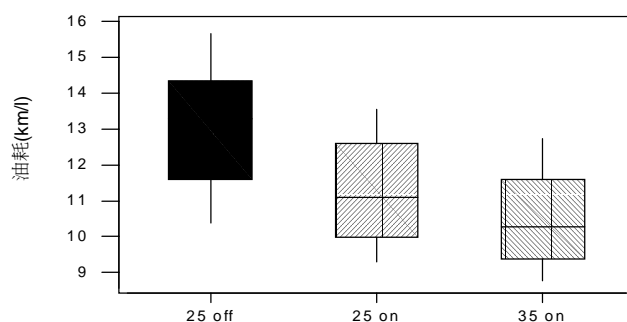
市區油耗(km/l)	25°C A/C off	25°C A/C on	35°C A/C on
平均值	11.44	9.74	8.99
標準差	1.9	1.4	1.2
最大值	15.42	12.22	10.96
最小值	8.79	7.91	7.34

實驗室高速



高速油耗(km/l)	25°C A/C off	25°C A/C on	35°C A/C on
平均值	16.01	14.07	13.21
標準差	1.6	1.5	1.5
最大值	17.97	16.43	16.32
最小值	13.3	11.87	11.51

實驗室平均



平均油耗(km/l)	25°C A/C off	25°C A/C on	35°C A/C on
平均值	13.16	11.32	10.41
標準差	1.8	1.4	1.3
最大值	15.66	13.55	12.74
最小值	10.37	9.31	8.77

由分佈知環境在 25°C 車上 A/C off 時油耗較佳，其次為環境在 25°C 車上 A/C on 的狀態，影響油耗最大為在環境 35°C 車上 A/C on 時；另以成對方式比較在不同環境條件下，對平均油耗進行檢定，

結果如下：

(a). 相同測試環境空調分別啟動與不啟動狀態 (25°C A/C on V.S. 25°C A/C off)

本項係將實驗室的溫度調整於 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ，於相同測試環境下，分別將測試車輛的冷氣啟動與不啟動狀態下測試其油耗，比較其差異性。

Paired T-Test and Confidence Interval					
Paired T for 25A/C on - 25 A/C off					
	N	Mean	StDev	SE Mean	
25A/C on	15	11.320	1.449	0.374	
25 A/C off	15	13.160	1.815	0.469	
Difference	15	-1.840	0.505	0.130	
95% CI for mean difference: (-2.120, -1.560)					
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -14.10					
P-Value = 0.000					
T Confidence Intervals					
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0 % CI
	15	1.16149	0.03470	0.00896	(1.14228, 1.18071)

由 Paired T-Test and Confidence Interval 分析可知，在室外溫度為 25°C 時，有開冷氣時之油耗顯著比沒開冷氣低 (P-value = 0.000)。

由 T Confidence Intervals 分析可知，在室外溫度為 25°C 時，沒開冷氣時之油耗為有開冷氣之 1.161 倍，在 95% 的信心水準下信賴區間為 (1.14228, 1.18071)。

(b).不同測試環境空調均啓動狀態(25°C A/C on - 35°C A/C on)

本項係將實驗室的溫度調整於 35± 5°C，測試期間均將車輛冷氣啓動，測試其油耗，並比較在不同溫度下開啓冷氣後的油耗差異值。

Paired T-Test and Confidence Interval

Paired T for 25A/C on - 35A/C on

	N	Mean	StDev	SE Mean
25A/C on	14	11.164	1.367	0.365
35A/C on	14	10.414	1.270	0.339
Difference	14	0.7500	0.3228	0.0863

95% CI for mean difference: (0.5636, 0.9364)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 8.69

P-Value = 0.000

T Confidence Intervals

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0 % CI
25/35 A/C on	14	1.07225	0.02950	0.00788	(1.05522, 1.08928)

由 Paired T-Test and Confidence Interval 分析可知，在有開冷氣時，室外溫度為 25°C 時之油耗顯著比 35°C 時高(P-value = 0.000)。

由 T Confidence Intervals 分析可知，在有開冷氣時，室外溫度為 25°C 時之油耗為 35°C 之 1.072 倍，在 95%的信心水準下信賴區間為(1.05522, 1.08928)。

(c).不同測試環境空調分別不啓動與啓動狀態(25°C A/C off v.s. 35°C A/C on)

本項係將實驗室的溫度調整於 35± 5°C，測試期間均將車輛冷氣啓

動，測試其油耗，比較在不同溫度冷氣分別不啓動及開啓狀態下的油耗差異值。

Paired T-Test and Confidence Interval					
Paired T for 25°C A/C off v.s. 35°C A/C on					
	N	Mean	StDev	SE Mean	
25off	14	12.910	1.617	0.432	
35on	14	10.424	1.286	0.344	
Difference	14	2.486	0.611	0.163	
95% CI for mean difference: (2.133, 2.839)					
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 15.22 P-Value = 0.000					
T Confidence Intervals					
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0 % CI
25off/35	14	1.2389	0.0532	0.0142	(1.2082, 1.2696)

由 Paired T-Test and Confidence Interval 分析可知，在室外溫度為 35°C 時，有開冷氣時之油耗顯著比在室外溫度為 25°C 時沒開冷氣低 (P-value = 0.000)。

由 T Confidence Intervals 分析可知，在室外溫度為 25°C 時沒開冷氣時之油耗為在室外溫度為 35°C 時有開冷氣之 1.239 倍，在 95% 的信心水準下信賴區間為 (1.2082, 1.2696)。

但由差異百分比而言，在不同測試環境下將各測試車的得之市區油耗及高速油耗分別計算其平均油耗，於法規所訂之測試環境 (25 ± 5°C) 下所得之測試結果為基準，分別比較在相同測試環境下啓

動車輛冷氣及不同測試環境(35± 5°C)，啓動車輛冷氣分別計算其差異，結果爲在相同測試環境下啓動車輛冷氣時較爲費油平均減少 16.1%，在不同測試環境下啓動車輛冷氣時較爲費油平均減少 7.2%，如圖 7。

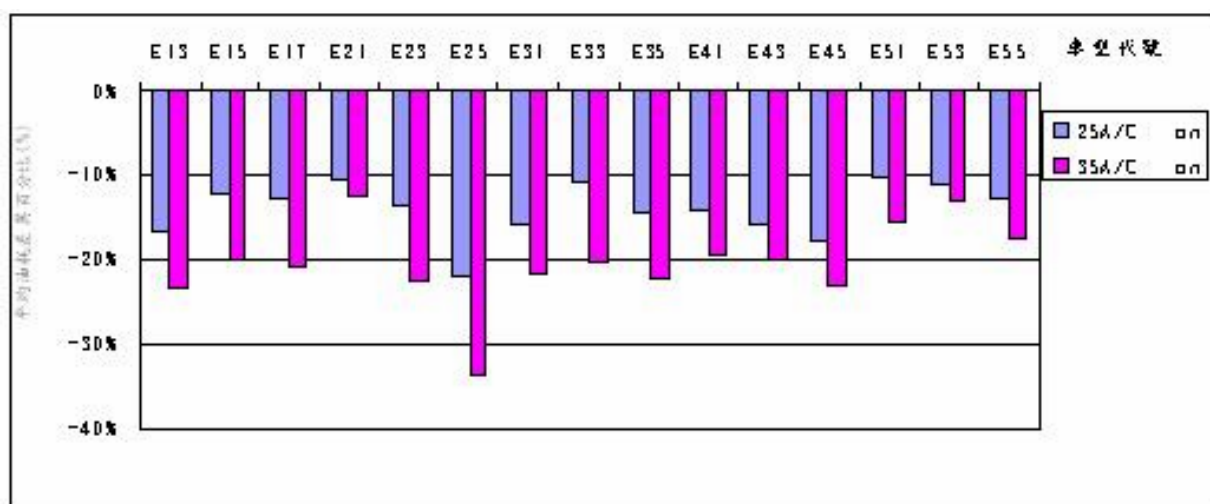


圖5 小客車使用空調系統的油耗差異百分比比較圖

(d). 不同排氣量與啓動空調對平均油耗的影響

由相同環境溫度下，分別不啓動及啓動空調比較冷氣壓縮機作動後(25°C A/C off v.s. 25°C A/C on)對油耗的影響，其油耗差異由-12.9%至-18.9%，就冷氣壓縮機負載啓動至最大時(25°C A/C off v.s. 35°C A/C on)，其耗能差異由-18.2%至-27.3%，如表 30 及圖 22；另啓動冷氣壓縮機後對油耗的差異與排氣量的大小並無太大的關聯性。但就排氣量與冷氣壓縮機的壓力而言，排氣量小的車輛其冷氣壓縮機的壓力亦較低。另由測試車壓縮機廠牌及壓縮壓力知，目前大多數的冷氣壓縮機僅標示壓縮壓力，並未標示壓縮機的功率，如表 8。

表4 各種排氣量在各種溫度狀態下啓動空調對油耗的影響

油耗差異 百分比 排氣量 (c.c.)	狀態	25°C A/C off	25°C A/C off	25°C A/C on	壓縮機廠牌 及壓縮壓力
		v.s. 25°C A/C on	v.s. 35°C A/C on	v.s. 35°C A/C on	
1300		-16.6%	-22.3%	-8.5%	日本精工 (p=130psi)
1600		-16.2%	-25.3%	-7.5%	日本ND(電裝)(150psi)
1800		-18.9%	-26.4%	-6.1%	三菱 (p=150psi)
2000		-12.9%	-18.2%	-4.8%	日本精工 (p=200psi) (power:3.6kW取自日本原廠)
2200		-15.9%	-27.3%	-9.3%	日本ND(電裝)(200psi)

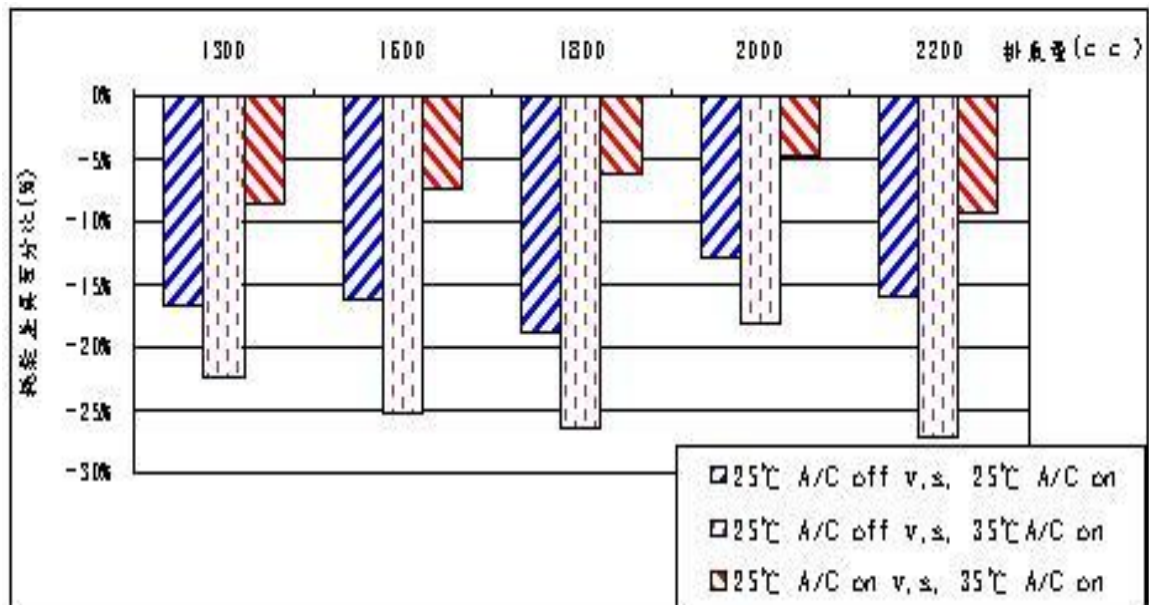


圖6 各種排氣量在各種溫度狀態下啓動空調對油耗

(e). 市區型態及高速型態時，不同測試環境對油耗的影響

於實驗室內分別量測市區型態及高速型態油耗，在不同測試環境狀態下，對油耗的影響，其測試結果分佈如下：

➤ 就市區型態而言

測試環境在 25°C A/C off 時，市區油耗最為省油平均市區油耗為 11.4km/l，其次為 25°C A/C on 時，平均市區油耗為 9.74km/l，溫度在 35°C A/C on 時最費油，平均市區油耗為 8.99km/l。即在

相同溫度時不開冷氣較省油約 17.5%；在 35°C A/C on 時，若不開冷氣則較省油約 26.7%。

➤ 就高速型態而言

測試環境在 25°C A/C off，時高速油耗最爲省油平均高速油耗爲 16.0km/l，其次爲 25°C A/C on 時，平均高速油耗爲 14.1km/l，溫度在 35°C A/C on 時最費油，平均高速油耗爲 13.2km/l；即在相同溫度時不開冷氣較省油約 13.4%；在 35°C A/C on 時，若不開冷氣則省油約 21.2%。

由前述二個型態知，在市區型態時啓動空調的油耗影響較高速型態時爲大，原因可能爲在市區型態時的車速較低，相對的冷氣的冷凝器冷卻效果較差。