

國立中興大學機械工程研究所

碩士論文

指導教授：盧昭暉博士

無負載急加速測試中柴油車黑煙濃度之量測與
分析

The Measurement and Analysis of Diesel Engine
Smoke in the Rapid Acceleration Test

研究生：李浩然 撰

中華民國八十七年六月二十日

中文摘要

柴油引擎由於熱效率高、省油、使得柴油車的應用範圍日漸增加，尤其是行走里程較長的公共汽車及貨卡車都是使用柴油引擎。而黑煙是柴油引擎所排放污染中最明顯的一部份，由於可用肉眼明顯的分辨出來，為一般民眾所厭惡，而降低柴油引擎的黑煙排放也成為民眾一致的訴求。目前我國柴油車的排煙檢測方法分成無負載急加速檢測及全負載定轉速檢測兩部份，以污染度為單位。依交通工具空氣污染物排放標準規定，柴油車在目前所實行的二期標準中，新車型審驗與新車抽驗的黑煙標準為不得超過40%污染度。

在無負載急加速檢測中，依照 CNS 11644 之規定，煙度計之取樣時間為 1~2 秒，但此 1~2 秒之容許偏差可能引致測試結果不同，本文首先探討檢驗人員的操作方式對測試結果的影響，其中有兩項操作參數，一是開始取樣時間，一是踩油門速度。本研究分別量測引擎在急加速過程中引擎轉速，油門位移，排氣管壓力，及排氣不透光率的變化，並記錄污染度。此外，本文並以熱線測速儀來量測煙度計在取樣過程中的動作時間與瞬時吸取流量。由量測結果可知排氣不透光率的變化是先有一段遲滯期，約 0.3 秒，然後上升到最高點，又開始下降，整個變化共約 1.0sec。量測結果發現踩油門速度越快則污染度越高，且其間的關係並非線性，而是呈 "S" 的變化。而不同檢驗人員的踩油門方式對所量測的污染度也會有影響，但在一般常踩的速度範圍內影響不大。

黑煙主要是在引擎燃燒過程中所產生，再由排氣管排出。在排氣管內來自各氣缸的黑煙會互相混合與擴散，而這混合與擴散的效應又與排氣管的體積，長度，及岐管的幾何形狀有關。本文接著建立柴油引擎排氣管內的黑煙傳播模式，以探討排氣系統設計參數對柴油引擎黑煙量測的影響。

本文將排氣管內的流速分成等速與加速兩種情況，分別對應引擎定轉速與急加速兩種測試方法。當排氣管內的流速為等速時，排氣管對黑煙傳播的主要效果是延遲作用，對黑煙濃度沒有影響，最重要的參數是總體積；而消音器對黑煙傳播的主要效果是降低黑煙瞬間的最高濃度，並拉長變化的時間，最重要的參數也是總體積。當排氣管內的流速為加速時，排氣直管對黑煙傳播的效果主要是延遲作用及壓縮作用，對黑煙濃度則沒有影響。消音器對黑煙傳播的效果與在引擎等速的情況下類似，但由於同時具有黑煙與質量的混合作用，故效果更顯著。

最後本研究共設計了八隻不同體積的消音器以及不同長度的排氣管來探討不同總體積及長度的變化對黑煙量測的影響。量測結果顯示實驗值與理論值的變化趨勢幾乎完全相同，只是實驗值的變化量比理論值大。

Abstract

Smoke is the most obvious part of the exhaust emitted from Diesel engines. The methods for smoke testing currently used in Taiwan are the rapid acceleration test under no load and the constant speed test under full load. The smoke concentration is measured with the light reflection method. According to the test procedure, the smoke meter sampling time in the rapid acceleration test is 1~2 seconds. The current range in sampling time may cause discrepancies in test results. In these tests, free acceleration of engine is achieved by actuating the pedal rapidly. However, the speed of engine acceleration has not been defined clearly in the test procedure. The objective of this research is to study the effect of the operating conditions upon the results of smoke tests. There are two operating factor during smoke test , one is sampling time , the other is pedal speed.

Experiments were carried out in this study. The results of measurements showed that the opacity of the engine exhaust increased rapidly after a delay of about 0.3 seconds and then fell. The entire period of smoke variation was about 1 second. Because the extraction rate of the smoke meter was not uniform, the smoke particles contained in the sampled exhaust may have been affected by changes in the sampling time. As for the effect of pedal actuation speed, results showed that the faster the pedal speed, the higher the smoke level. However, the relationship between the smoke level and the pedal speed is nonlinear. The graphic representation is "S" shaped.

A smoke transport model was developed in this research to study the effect of exhaust system configuration on smoke measurements. It was found that under a constant engine speed condition, a straight pipe has a delay effect and the muffler has a mixing effect on smoke transport. In the case of engine acceleration, smoke transported along a straight pipe is compressed, but the peak concentration remains the same. The effects of a muffler on smoke measurements are similar to those under a constant speed condition.

At last, we design eight exhaust pipes in response to the condition of engine acceleration. During these results, we prove that the experimental value is similar to theoretic value, but the variation of experimental value is more than theoretic value.

目錄

中文摘要：	I
英文摘要：	III
目錄：	V
圖表目錄：	VIII
符號說明：	XII
第一章 緒論	1
1.1 空氣污染背景	1
1.2 柴油車的污染	2
1.3 研究目的	3
1.4 研究方法	3
第二章 煙度計之流量特性	5
2.1 流量量測原理	5
2.2 實驗設備	7
2.3 實驗結果與討論	7
2.3-1 KOMYO ST-100 煙度計的動作特性	8
2.3-2 AVL-407 煙度計的動作特性	12
2.4 結論	21
第三章 柴油車之黑煙量測與特性分析	25
3.1 黑煙之量測原理	25
3.2 黑煙量測儀器設備	28
3.3 量測結果	31
3.3-1 柴油引擎無負載急加速特性	31
3.3-2 柴油車輛排煙特性之影響參數分析	33

3.3-2-1 開始取樣時間的影響.....	33
3.3-2-2 踩油門速度的影響.....	36
3.3-2-3 柴油引擎全負載定轉速黑煙特性	38
3.4 結論.....	48
第四章 柴油引擎排氣管內之黑煙傳播模式	50
4.1 研究方法	50
4.2 黑煙傳播模式	51
4.2-1 管路模式	52
4.2-2 氣室模式	54
4.2-3 邊界條件	55
4.2-4 數值方法	56
4.3 黑煙傳播計算	57
4.3-1 引擎定轉速情況	57
4.3-1-1 排氣直管的效果.....	57
4.3-1-2 消音器的效果.....	59
4.3-1-3 排氣管與消音器的綜合效果.....	61
4.3-2 引擎加速的情況	63
4.3-2-1 排氣直管的效果.....	63
4.3-2-2 消音器的效果.....	65
4.3-2-3 排氣管與消音器的綜合效果	66
4.4 結論.....	67
第五章 柴油引擎排氣管內黑煙傳播量測	69
5.1 排氣系統設計參數	69
5.2 量測方法	70
5.3 實驗結果與討論	72

5.4 排氣管設計參數對污染度的影響	79
5.5 結論.....	81
第六章 結論與未來展望	83
6.1 結論.....	83
6.2 未來展望	84
第七章 參考文獻	86