

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

定容預混層狀火焰正向熱傳之探討

Numerical Simulation of Premixed Laminar

Flames Head on Heat Transfer in

A Constant Volume Chamber

研究生：楊明德 撰

中華民國八十二年五月二十八日

## 摘 要

本文主要的目的是利用數值方法，來計算定容燃燒室內火焰傳播的一般行爲及預混火焰與正向壁之間的热傳，以模擬在火花點火式引擎中，壓縮衝程終了，火星塞點火之後，火焰在汽缸內傳播的情形及其所引起的热傳現象。計算時分別使用不同初溫、不同初壓、不同當量比及不同燃料等參數，來探討這些參數對定容預混燃燒火焰正向热傳之影響，以尋找影響預混式火花點火引擎热傳的機制，作為引擎設計之參考。在數值計算時採用有限差分法 (Finite Difference Method) 及冪次法則 (Power-Law Scheme)，配合一組非均勻的移動格點來作計算。計算結果顯示，相同初壓及相同壁溫時，定容室內混合氣初溫越高者，火焰前進速度越快，但是火焰淬熄壓力則較低，淬熄距離較大，故於壁面產生之最大热傳量則越低。相同初溫及相同壁溫時，定容室內混合氣初壓越高者，火焰前進速度越慢，初壓等於 2 atm 至 5 atm 時，端壁上產生之最大热傳量值很相近，而且其值皆大於初壓為 1 atm 時火焰與端壁產生之最大热傳量。當壁溫相同時，如果初溫與初壓為等熵變化關係所對應的溫度與壓力，則火焰前進速度很接近，同樣的，初壓等於 2 atm 至 5 atm 時，於端壁上產生之最大热傳量值很相近，而且其值皆大於初壓為 1 atm 時火焰與端壁產生之最大热傳量。當量比  $\phi = 1.1$  時，火焰前進速度最快，而且壁面之瞬間最大热傳量最大。不同當量比之無因次热傳曲線很接近， $q_{max}/q_c$  值皆在 0.37 至 0.40 範圍之內。本文所使用的四種燃料依火焰前進速度快慢與壁面瞬間最大热傳量值大小，依序為  $C_2H_4$ ， $C_3H_8$ ， $C_8H_{18}$ ， $CH_4$ 。而且這四種不同燃料的無因次热傳曲線亦很接近， $q_{max}/q_c$  值皆在 0.35 至 0.41 範圍之內。

## ABSTRACT

The head on heat transfer of premixed laminar flames in a constant volume chamber was studied. This work was carried out with numerical calculations using a non-uniform moving grid system. Finite difference method and power-law scheme were used. The effects of initial temperature, initial pressure, equivalence ratio and fuel on heat transfer was studied. The calculated results show that when the pressure of chamber was fixed, lower initial temperature caused higher wall heat transfer. When the temperature of chamber was fixed, initial pressure of 2~5 atm caused almost the same maximum heat transfer. However, lowering the initial pressure to 1 atm decreased heat transfer. The maximum heat transfer occurred at equivalence ratio of 1.1. The heat transfer was normalized with a characteristic heat flux,  $q_c$ , and characteristic time,  $t_c$ . The values of  $q_{max}/q_c$  varied over the range 0.37 - 0.40 for propane at equivalence ratio of 0.8 - 1.2. The rates of heat transfer for different fuels were in a decreasing order ethylene, propane, isooctane and methane. Heat transfer for different fuels were also normalized. The values of  $q_{max}/q_c$  varied over the range 0.35 - 0.41

# 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目錄 .....	III
圖目錄 .....	VI
表目錄 .....	XII
符號說明 .....	XIII
第一章 緒論 .....	1
1.1 前言 .....	1
1.2 定容室中火焰傳播現象描述 .....	2
1.3 文獻回顧 .....	3
第二章 火焰傳播之物理模型 .....	7
2.1 簡介 .....	7
2.2 一維層狀火焰 .....	7
2.3 壓力均勻分佈 .....	8
2.4 簡化擴散機構 .....	8
2.5 化學反應機構 .....	9
2.5.1 一步反應 .....	9

2.5.2 二步反應 .....	12
2.6 火焰傳播方程式 .....	14
2.7 熱性質 .....	16
第三章 數學模式 .....	18
3.1 基本假設 .....	18
3.2 統御方程式 .....	19
3.3 初始條件及邊界條件 .....	22
3.3.1 初始條件 .....	22
3.3.2 邊界條件 .....	24
第四章 數值方法 .....	25
4.1 簡介 .....	25
4.2 計算格點 .....	25
4.3 差分方程式推導 .....	27
4.4 求解方法 .....	30
第五章 結果與討論 .....	32
5.1 簡介 .....	32
5.2 火焰傳播 .....	32
5.3 計算結果與實驗數據比較 .....	34
5.4 一步反應與二步反應比較 .....	35
5.5 初溫的影響 .....	37

5.6 初壓的影響 .....	38
5.6.1 初溫為 300 K .....	39
5.6.2 初溫隨初壓而變 .....	40
5.7 當量比的影響 .....	41
5.8 燃料的影響 .....	42
第六章 結論及未來研究方向 .....	43
6.1 結論 .....	43
6.2 未來研究方向 .....	45
參考文獻 .....	46
附表 .....	52
附圖 .....	57