

國 立 交 通 大 學

機 械 工 程 學 系

碩 士 論 文

溫度與溼度對氣體感測器之影響研究

A Study of Effects on Gas Sensors by Temperature and Humidity



研 究 生：梁尚智

指 導 教 授：傅武雄 教授

中 華 民 國 九 十 三 年 六 月

溫度與溼度對氣體感測器之影響研究

A Study of Effects on Gas Sensors by Temperature and Humidity

研究生：梁尚智

Student : Shang-Chih Liang

指導教授：傅武雄

Advisor : Wu-Shung Fu

國立交通大學

機械工程學系

碩士論文



A Thesis

Submitted to Department of Mechanical Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Mechanical Engineering

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

溫度與溼度對氣體感測器之影響研究

研究生：梁尚智

指導教授：傅武雄

國立交通大學機械工程學系

摘要

本文利用二維數值計算，模擬放置於管道中的氣體感測器。考慮氣體感測器加熱造成的自然對流效應、設置方向的不同和管道內空氣流速的快慢，以找到較佳的氣體感測器安裝的方式。並且利用暫態計算，得知達到穩定所需要的時間，和管道中濃度場、流場和溫度場隨時間變化的情形。當感測器置於管道下方時，自然對流效應會在感測器內部形成的渦流，而置於管道上方時則會發生熱空氣的層化現象，各種情形對氣體感測氣的感測能力之利弊值得加以討論。

A Study of Effects on Gas Sensors by Temperature and Humidity

Student : Shang-Chih Liang

Advisor : Wu-Shung Fu

Department of Mechanical Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

A gas sensor placing in a tunnel is simulated by a 2-D numerical method in this study. In order to find a better way to place a gas sensor, natural convection caused by heating when operating a gas sensor, different directions of a gas sensor and air flow speed in a tunnel are considered. Transient computes are also done, thus we can estimate the time needed for a gas sensor to reach steady state, and know something about how humidity, flow field and temperature are changed with time. When a gas sensor is placed at the button of a tunnel, a circulation will form in the sensor due to natural convection, and when a gas sensor is placed above a tunnel, hot air will stagnate in the sensor, thus it is worth while discussing whether these phenomena do good or bad to a gas sensor's ability.

誌謝

衷心感謝傅武雄教授的指導與幫助，在此致上最高謝意。同時要感謝父母的養育和對我的支持，弟弟和女友的體貼和忍受。實驗室的學長、同學和學弟以及朋友們幫助我很多，非常感謝他們。最後期望這篇論文能對他人有所幫助。



目錄

目錄	vi
表目錄	viii
圖目錄	ix
符號說明	xiii
第一章 緒論	1
第二章 物理模式	11
2-1 內流場之統馭方程式	13
2-2 外流場之統馭方程式	15
2-3 固體之熱傳導方程式	15
2-4 無因次化	16
2-5 無因次後內流場方程式	17
2-6 無因次後外流場方程式	18
2-7 無因次後固體方程式	18
2-8 邊界條件	19
第三章 數值方法	20
3-1 數值方法	20
3-2 內流場差分方程式	20
3-3 外流場差分方程式	22
3-4 固體熱傳導差分方程式	23
3-5 邊界處理	23
3-6 程式流程	24
3-7 計算比對	24
第四章 結果與討論	30
4-1 趨近穩態所需要的時間	32

4-1-1 雷諾數=100 感測器置於管道下方	33
4-1-2 雷諾數=500 感測器置於管道下方	38
4-1-3 雷諾數=100 感測器置於管道上方	43
4-1-4 雷諾數=500 感測器置於管道上方	49
4-1-5 達到真正穩態的情形	54
4-2 短暫釋放的測試結果	56
4-2-1 雷諾數=100 釋放時間 0.5	57
4-2-2 雷諾數=100 釋放時間 5	62
4-2-3 雷諾數=500 釋放時間 0.5	67
4-2-4 雷諾數=500 釋放時間 5	72
4-2-5 雷諾數=100 釋放時間 0.5	77
4-2-6 雷諾數=100 釋放時間 5	82
4-2-7 雷諾數=500 釋放時間 0.5	87
4-2-8 雷諾數=500 釋放時間 5	92
4-3 入口濃度不均勻下的穩態流場	97
4-3-1 雷諾數=100 入口上方濃度較濃	98
4-3-2 雷諾數=100 入口下方濃度較濃	100
4-3-3 雷諾數=500 入口上方濃度較濃	102
4-3-4 雷諾數=500 入口下方濃度較濃	103
4-3-5 雷諾數=100 入口上方濃度較濃	106
4-3-6 雷諾數=100 入口下方濃度較濃	108
4-3-7 雷諾數=500 入口上方濃度較濃	110
4-3-8 雷諾數=500 入口下方濃度較濃	112
第五章 結論	114
參考文獻	115

表目錄

表 1-1 自 1962 年後 20 年間各種具代表性之氣體感測器[1]	3
表 3-1 格點測試結果 ($Re=100$, $Pr=0.72$, $Ra=0.72*10^4$)	25
表 4-1 詳細設定	31



圖目錄

圖 1-1 氣體感測器使用和氣體意外發生的數量之歷年比較[1]	2
圖 1-2 直接加熱式氣體感測器[1]	5
圖 1-3 間接加熱式氣體感測器[1]	6
圖 1-4 欲感測氣體濃度和感測器電阻之相關性[1]	8
圖 1-5 感測器溫度和感測器電阻之相關性[1]	8
圖 1-6 水氣濃度和感測器電阻之相關性[1]	9
圖 1-7 感測器使用時間和其電阻變化[1]	9
圖 1-8 感測器啟動開始 10 分鐘之電阻變化[1]	9
圖 2-1 物理模式	12
圖 3-1 穩態程式流程圖	26
圖 3-2 暫態程式流程圖	27
圖 3-3 謝[5]之流線圖及本文之流線圖 ($Ra = 10^4$)	28
圖 3-4 謝[5]之流線圖及本文之流線圖 ($Ra = 10^5$)	29
圖 4-1-1 (a) 等濃度線圖	34
圖 4-1-1 (b) 流線圖	35
圖 4-1-1 (c) 等溫線圖	36
圖 4-1-1 (d) 感測面濃度變化	37
圖 4-1-2 (a) 等濃度線圖	39
圖 4-1-2 (b) 流線圖	40
圖 4-1-2 (c) 等溫線圖	41
圖 4-1-2 (d) 感測面濃度變化	42
圖 4-1-3 (a) 等濃度線圖	45
圖 4-1-3 (b) 流線圖	46
圖 4-1-3 (c) 等溫線圖	47

圖 4-1-3 (d) 感測面濃度變化	48
圖 4-1-4 (a) 等濃度線圖	50
圖 4-1-4 (b) 流線圖	51
圖 4-1-4 (c) 等溫線圖	52
圖 4-1-4 (d) 感測面濃度變化	53
圖 4-1-5 (a) $Re=100$ ，開口朝上時感測面濃度變化	55
圖 4-1-5 (b) $Re=100$ ，開口朝下時感測面濃度變化	55
圖 4-2-1 (a) 等濃度線圖	58
圖 4-2-1 (b) 流線圖	59
圖 4-2-1 (c) 等溫線圖	60
圖 4-2-1 (d) 感測面濃度變化	61
圖 4-2-2 (a) 等濃度線圖	63
圖 4-2-2 (b) 流線圖	64
圖 4-2-2 (c) 等溫線圖	65
圖 4-2-2 (d) 感測面濃度變化	66
圖 4-2-3 (a) 等濃度線圖	68
圖 4-2-3 (b) 流線圖	69
圖 4-2-3 (c) 等溫線圖	70
圖 4-2-3 (d) 感測面濃度變化	71
圖 4-2-4 (a) 等濃度線圖	73
圖 4-2-4 (b) 流線圖	74
圖 4-2-4 (c) 等溫線圖	75
圖 4-2-4 (d) 感測面濃度變化	76
圖 4-2-5 (a) 等濃度線圖	78
圖 4-2-5 (b) 流線圖	79
圖 4-2-5 (c) 等溫線圖	80



圖 4-2-5 (d) 感測面濃度變化	81
圖 4-2-6 (a) 等濃度線圖	83
圖 4-2-6 (b) 流線圖	84
圖 4-2-6 (c) 等溫線圖	85
圖 4-2-6 (d) 感測面濃度變化	86
圖 4-2-7 (a) 等濃度線圖	88
圖 4-2-7 (b) 流線圖	89
圖 4-2-7 (c) 等溫線圖	90
圖 4-2-7 (d) 感測面濃度變化	91
圖 4-2-8 (a) 等濃度線圖	93
圖 4-2-8 (b) 流線圖	94
圖 4-2-8 (c) 等溫線圖	95
圖 4-2-8 (d) 感測面濃度變化	96
圖 4-3-1 (a) 等濃度線圖	99
圖 4-3-1 (b) 流線圖	99
圖 4-3-1 (c) 等溫線圖	99
圖 4-3-2 (a) 等濃度線圖	101
圖 4-3-2 (b) 流線圖	101
圖 4-3-2 (c) 等溫線圖	101
圖 4-3-3 (a) 等濃度線圖	103
圖 4-3-3 (b) 流線圖	103
圖 4-3-3 (c) 等溫線圖	103
圖 4-3-4 (a) 等濃度線圖	105
圖 4-3-4 (b) 流線圖	105
圖 4-3-4 (c) 等溫線圖	105
圖 4-3-5 (a) 等濃度線圖	107



圖 4-3-5 (b) 流線圖	107
圖 4-3-5 (c) 等溫線圖	107
圖 4-3-6 (a) 等濃度線圖	109
圖 4-3-6 (b) 流線圖	109
圖 4-3-6 (c) 等溫線圖	109
圖 4-3-7 (a) 等濃度線圖	111
圖 4-3-7 (b) 流線圖	111
圖 4-3-7 (c) 等溫線圖	111
圖 4-3-8 (a) 等濃度線圖	113
圖 4-3-8 (b) 流線圖	113
圖 4-3-8 (c) 等溫線圖	113



符號說明

英文符號

c 濃度 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

C 無因次濃度 [-]

C_p 比熱 $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right]$

d_p 多孔性介質之粒徑

D 擴散係數 $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$

Da 達西數 [-]

D_p 無因次多孔性介質之粒徑, (d_p/H) [-]

F 慣性因子 [-]

g 重力 $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$

Gr Grashof number $\left[\text{Gr} = \frac{\text{Ra}}{\text{Pr}} \right]$

H_D 入口高度 [m]

H₁ 固體高度 [m]

H_p 多孔性介質高度 [m]

k 熱傳導係數 $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{mK}} \right]$

K 滲透率 $[\text{m}^2]$

L₁ 固體長度 [m]

L_{IN} 入口長度 [m]



L_{OUT} 出口長度 [m]

L_p 多孔性介質長度 [m]

M 分子量

p 壓力 $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

P 無因次壓力 [-]

Pr Prandtl number $\left[Pr = \frac{\mu}{\alpha\rho} \right]$

Ra Rayleigh number $\left[Ra = \frac{g\beta(T_h - T_c)H_D^3\rho}{\alpha\mu} \right]$

Re Reynolds number $\left[Re = \frac{\rho u_{in} H_D}{\mu} \right]$

Sc Schmidt number $\left[Sc = \frac{\mu}{D\rho} \right]$

T 溫度 [K]

t 時間 [s]

u x 方向速度分量 $\left[\frac{m}{s} \right]$

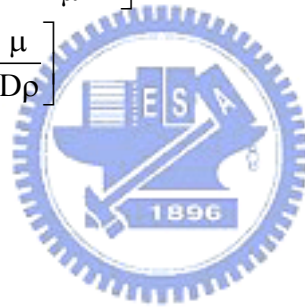
U 無因次 x 方向速度分量 [-]

v y 方向速度分量 $\left[\frac{m}{s} \right]$

V 無因次 y 方向速度分量 [-]

x, y 卡氏座標 [m]

X, Y 無因次卡氏座標 [-]



希臘符號

α 熱擴散係數 $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$

ε 孔隙率 [-]

μ 黏滯係數 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{sm}} \right]$

ν 動黏滯係數 $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$

θ 無因次溫度 [-]

ρ 密度 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

上標符號

$\bar{\quad}$ 平均值

$\vec{\quad}$ 向量

n 本次疊代時間

$n+1$ 下次疊代時間



下標符號

a 空氣性質

c 低溫

d 靜態性質

e 等效值 (多孔性部分)

f 相態

fp 多孔性介質內部流體

h 高溫

in 入口值

m 由濃度差造成之效應

s 固體相態

sp 多孔性介質內部固體

t 由溫度差造成之效應

v 水蒸氣性質

0 初始值

