

研究生:	蔡旻錦
研究生(英文姓名):	Min-Chin Tsai
論文名稱:	低溫差可變風量送風機性能檢測及送風特性研究
英文論文名稱:	Performance Rating and Study on Air-Supplying Characteristics of Low Temperature Differential Variable Air Volume Fan-Coil Unit
指導教授:	柯明村
指導教授(英文姓名):	Ming-Kang Ke
學位類別:	碩士
校院名稱:	國立臺北科技大學
系所名稱:	冷凍空調工程系所
學號:	92458001
學年度:	93
語文別:	中文
論文頁數:	120
關鍵詞:	低溫差；計算流體力學；PMV；PPD
英文關鍵詞:	Low Temperature Differential；CFD；PMV；PPD
被引用次數:	0

【摘要】

本研究以改善傳統可變風量送風機與低溫送風技術之缺失為考量，設計開發一套創新設備，稱為「低溫差可變風量 Volume Fan-Coil Unit, LTD-VAV FCU」，改善上述二項節能技術之運轉缺失，以期兼具空調節約能源與兼顧室內環境條件下進行性能檢測，之後以性能檢測結果做為計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)分析之邊行理論模擬分析，最後將模擬結果套入ASHRAE Standard 55之PMV(Predicted Mean Vote)及PPD(Predicted Percent Dissatisfied)於負載變動時，對室內氣流及舒適度之影響。

實驗結果指出，經由旁路風門特性，本LTD-VAV FCU之供風量可在0.09 ~ 0.43m³/s間調變，此時空調供應能力在藉由雙重控制的特性自行調變供風量及空調供應能力。此外，在數值模擬分析部份，依假設之室內負載逐時變動由算模式，經由數值模擬結果得知，利用旁路風門特性可增加循環風量及空氣混合率，提高室內舒適度，更可藉其風差特性，解決因供風溫度過低所造成的空調不舒適感。

【英文摘要】

This study aims to improve the defects of traditional techniques : variable air volume fan-coil unit and coil air dist Temperature Differential Variable Air Volume Fan-Coil Unit, or LTD-VAV FCU, is designed for the improvement, keeping the machine as energy effective as possible. The approach of the study is to conduct performance rating environment conditions. The result of performance rating was then used as the boundary conditions for computa LTD-VAV FCU characteristic line, which is deduced from the experiment, was introduced into numerical analysis used in PMV (Predicted Mean Vote, ASHRAE Standard 55) and PPD (Predicted Percent Dissatisfied), to analyze thermal comfort.

The results show that the air supply volume of LTD-VAV FCU ranges between 0.09 ~ 0.43m³/s, owing to the opt between 0.39 ~ 5.19kW. This shows that the equipment could change its air supply volume and capacity indeper regarding numerical analysis, the LTD-VAV FCU was simulated to be capacity and air volume self-adjustable by cooling load was assumed to be varying with time. The results of the numerical analysis show that, the control of and mixing rate of air, so as to enhance comfortableness. Furthermore, supply air temperature can be controlled temperature differential of supply air and room air. Therefore, the low temperature of supply air will no longer cau

【論文目次】

目 錄

摘 要 i

ABSTRACT iii

誌 謝 v

目錄	vi
表目錄	x
圖目錄	xi
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 文獻回顧	2
1.3 研究目的	3
1.4 各種不同系統送風特性之介紹	4
1.4.1 定風量系統與變風量送風系統比較	4
1.4.2 最佳風溫系統的特性	5
1.4.2.1 節能效果好，空間需求小，能降低建物構造成本及電費	5
1.4.2.2 降低溼氣，增進舒適度	5
1.4.2.3 改善室內空氣品質(IAQ)及噪音度	6
1.5 熱舒適性(Thermal Comfort)探討	6
1.5.1 舒適度定義	6
1.5.2 風寒效應	6
1.5.3 局部性熱感不適	7
1.5.4 舒適度指標	7
1.5.5 新有效溫度(ET*或SET)	8
1.5.6 人體舒適工作條件	9
第二章 研究方法	10
2.1 實驗方法	10
2.2 數值方法	10
第三章 實驗設計及規劃	12
3.1 低溫差可變風量室內送風機操作原理	12
3.2 實驗設備及量測儀器	15
3.2.1 實驗設備	15
3.2.2 量測儀器	19
3.3 低溫差可變風量送風機實驗規劃	23
3.3.1 實驗參數	23
3.3.2 實驗流程	24
第四章 理論分析模式之建立	37
4.1 基本假設	37
4.2 流場統御方程式	37
4.2.2 連續方程式	39
4.2.3 動量方程式	39
4.2.4 能量方程式	40
4.2.5 紊流動能傳遞方程式	40
4.2.6 紊流動能擴散率傳遞方程式	41
4.3 數值方法	41
4.3.1 離散化方法	41
4.3.1.1 擴散項	41
4.3.1.2 對流項	42
4.4 PMV及PDD理論	47
4.4.1 PMV及PPD理論公式分析	47
第五章 數值解析	53
5.1 模擬軟體解析	53
5.2 幾何模型	55
5.3 邊界條件	55
5.3.1 固定冷房負載模擬模式邊界條件設定	56
5.3.2 依逐時冷房負載模擬方式邊界條件設定	57
5.4 離散化方法與鬆弛因子	59
5.5 格點獨立分析	60
第六章 結果與討論	63
6.1 低溫差可變風量送風機實驗結果分析	63
6.1.1 旁路風門開度於0度時之分析	63
6.1.2 旁路風門開度於30度時之分析	65
6.1.3 旁路風門開度於60度時之分析	67
6.1.4 旁路風門開度於90度時之分析	69
6.2 數值模擬結果分析	72
6.2.1 固定冷房負載模式分析結果	72
6.2.1.1 旁路風門開度0度時之模擬結果	73

6.2.1.2 旁路風門開度30度時之模擬結果	76
6.2.1.3 旁路風門開度60度時之模擬結果	80
6.2.1.4 旁路風門開度90度時之模擬結果	84
6.2.2 依逐時冷房負載模式分析結果	89
6.2.2.1 t = 10sec時依逐時冷房負載模擬計算結果	90
6.2.2.2 t = 53sec時依逐時冷房負載模擬計算結果	93
6.2.2.3 t = 135sec時依逐時冷房負載模擬計算結果	96
6.2.2.4 t = 167sec時依逐時冷房負載模擬計算結果	100
6.2.2.5 t = 218sec時依逐時冷房負載模擬計算結果	103
6.2.2.6 t = 270sec時依逐時冷房負載模擬計算結果	107
第七章 結論與後續研究	112
7.1 運轉性能預期對節能效益的探討	112
7.2 送風特性對其室內舒適度之影響	112
7.3 後續研究與建議	114
參考文獻	115
符號彙編	118

表目錄

表3.1 量測儀器規格表	19
表4.1 不同 值所對應之有效擴散係數及一般流體性質之源項	38
表4.2 PMV及PPD計算之Excel表格	49
表4.3 各種不同活動量的典型人體發熱量[8]	50
表4.4 衣服熱保溫與滲透值[8]	51
表5.1 各模擬案例的邊界值設定值	57
表5.2 各物理量之求解法	59
表5.3 各物理量之鬆弛因子設定	60
表5.4 格點獨立誤差分析	61

圖目錄

圖1.1 PMV與PPD指標之相關對應[12]	8
圖1.2 ASHRAE Standard 55中規範之新有效溫度ET*[11]	9
圖3.1 低溫差可變風量送風機元件說明	13
圖3.2 低溫差可變風量送風機操作原理說明	14
圖3.3 旁路風門送風機之風量-溫度特性曲線	14
圖3.4 室型熱量試驗裝置[13]	16
圖3.5 平衡式室型熱量試驗裝置[13]	16
圖3.6 風道型空氣焓法試驗裝置[13]	17
圖3.7 環型空氣焓法試驗裝置[13]	17
圖3.8 熱量計型(Calorimeter Type)空氣焓法試驗裝置[13]	18
圖3.9 室型(Room Type)空氣焓法試驗裝置[13]	18
圖3.10 水側熱量計法機械配置圖[13]	19
圖3.11 監控面板	20
圖3.12 控制器	20
圖3.13 電力計	21
圖3.14 二重管玻璃溫度計	21
圖3.15 白金電阻溫度計	22
圖3.16 電磁式超音波流量計機體	22
圖3.17 電磁式超音波流量計數據顯示器	23
圖3.18 實驗流程圖	25
圖3.19 直吹出型的靜壓測定[13]	27
圖3.20 靜壓測定孔[14]	28
圖3.21 空氣試樣取出裝置[14]	28
圖3.22 空氣試樣取出風管[14]	29
圖3.23 A型空氣取樣器[14]	30
圖3.24 B型空氣取樣器[14]	30
圖3.25 C型空氣取樣器[14]	30
圖3.26 空氣取樣器設置處[14]	31
圖3.27 溫濕度測定箱[14]	32
圖3.28 紗布安裝圖[14]	33
圖3.29 風量測定裝置[13]	34

圖3.30 穩定判斷圖[14]	36
圖4.1 二維控制體積	42
圖4.2 PMV與PPD之計算流程	52
圖5.1 軟體架構圖[18]	54
圖5.2 幾何模型	55
圖5.3 風量-溫度之曲線	58
圖5.4 假設逐時變化之負載曲線	59
圖5.5 格點誤差分析	62
圖6.1 風量相對於耗電量與空調供應能力之關係	64
圖6.2 耗電量相對於空氣出口與冰水出口溫度之關係	64
圖6.3 風量相對於耗電量與冰水出入口溫差之關係	65
圖6.4 風量相對於耗電量與空調供應能力之關係	66
圖6.5 耗電量相對於空氣出口與冰水出口溫度之關係	66
圖6.6 風量相對於耗電量與冰水出入口溫差之關係	67
圖6.7 風量相對於耗電量與空調供應能力之關係	68
圖6.8 耗電量相對於空氣出口與冰水出口溫度之關係	68
圖6.9 風量相對於耗電量與冰水出入口溫差之關係	69
圖6.10 風量相對於耗電量與空調供應能力之關係	70
圖6.11 耗電量相對於空氣出口與冰水出口溫度之關係	70
圖6.12 風量相對於耗電量與冰水出入口溫差之關係	71
圖6.13 旁路風門於0° ~ 90°變動間的性能調變曲線	72
圖6.14 旁路風門開度0度時之溫度場分佈圖	73
圖6.15 旁路風門開度0度時之速度場分佈圖	74
圖6.16 旁路風門開度0度時之向量場分佈圖	74
圖6.17 旁路風門開度0度時之PMV指標分佈圖	75
圖6.18 旁路風門開度0度時之PPD指標分佈圖	76
圖6.19 旁路風門開度0度時之溫度梯度(Δt)分佈圖	76
圖6.20 旁路風門開度30度時之溫度場分佈圖	77
圖6.21 旁路風門開度30度時之速度場分佈圖	77
圖6.22 旁路風門開度30度時之向量場分佈圖	78
圖6.23 旁路風門開度30度時之PMV指標分佈圖	79
圖6.24 旁路風門開度30度時之PPD指標分佈圖	79
圖6.25 旁路風門開度30度時之溫度梯度(Δt)分佈圖	80
圖6.26 旁路風門開度60度時之溫度場分佈圖	81
圖6.27 旁路風門開度60度時之速度場分佈圖	81
圖6.28 旁路風門開度60度時之向量場分佈圖	82
圖6.29 旁路風門開度60度時之PMV指標分佈圖	83
圖6.30 旁路風門開度60度時之PPD指標分佈圖	83
圖6.31 旁路風門開度60度時之溫度梯度(Δt)分佈圖	84
圖6.32 旁路風門開度90度時之溫度場分佈圖	85
圖6.33 旁路風門開度90度時之速度場分佈圖	85
圖6.34 旁路風門開度90度時之向量場分佈圖	86
圖6.35 旁路風門開度90度時之PMV指標分佈圖	87
圖6.36 旁路風門開度90度時之PMV指標分佈圖	87
圖6.37 旁路風門開度90度時之溫度梯度(Δt)分佈圖	88
圖6.38 運轉時間為t = 10sec時之溫度場分佈圖	90
圖6.39 運轉時間為t = 10sec時之速度場分佈圖	91
圖6.40 運轉時間為t = 10sec時之向量場分佈圖	91
圖6.41 運轉時間為t = 10sec時之PMV指標分佈圖	92
圖6.42 運轉時間為t = 10sec時之PPD指標分佈圖	93
圖6.43 運轉時間為t = 53sec時之溫度場分佈圖	94
圖6.44 運轉時間為t = 53sec時之速度場分佈圖	94
圖6.45 運轉時間為t = 53sec時之向量場分佈圖	95
圖6.46 運轉時間為t = 53sec時之PMV指標分佈圖	96
圖6.47 運轉時間為t = 53sec時之PPD指標分佈圖	96
圖6.48 運轉時間為t = 135sec時之溫度場分佈圖	97
圖6.49 運轉時間為t = 135sec時之速度場分佈圖	98
圖6.50 運轉時間為t = 135sec時之向量場分佈圖	98
圖6.51 運轉時間為t = 135sec時之PMV指標分佈圖	99
圖6.52 運轉時間為t = 135sec時之PPD指標分佈圖	100
圖6.53 運轉時間為t = 167sec時之溫度場分佈圖	101
圖6.54 運轉時間為t = 167sec時之速度場分佈圖	101

圖6.55 運轉時間為 $t = 167\text{sec}$ 時之速度向量分佈圖	102
圖6.56 運轉時間為 $t = 167\text{sec}$ 時之PMV指標分佈圖	103
圖6.57 運轉時間為 $t = 167\text{sec}$ 時之PPD指標分佈圖	103
圖6.58 運轉時間為 $t = 218\text{sec}$ 時之溫度場分佈圖	104
圖6.59 運轉時間為 $t = 218\text{sec}$ 時之速度場分佈圖	105
圖6.60 運轉時間為 $t = 218\text{sec}$ 時之向量場分佈圖	105
圖6.61 運轉時間為 $t = 218\text{sec}$ 時之PMV指標分佈圖	106
圖6.62 運轉時間為 $t = 218\text{sec}$ 時之PPD佈圖	107
圖6.63 運轉時間為 $t = 270\text{sec}$ 時之溫度場分佈圖	108
圖6.64 運轉時間為 $t = 270\text{sec}$ 時之速度場分佈圖	108
圖6.65 運轉時間為 $t = 270\text{sec}$ 時之向量場分佈圖	109
圖6.66 運轉時間為 $t = 270\text{sec}$ 時之PMV指標分佈圖	110
圖6.67 運轉時間為 $t = 270\text{sec}$ 時之PPD指標分佈圖	110
圖6.68 LTD-VAV FCU運轉特性	111

[參考文獻]

參考文獻

- [1] A. J. Baker, P. T. Williams and R. M. Kelso, "Numerical Calculation of Room Air Motion-Part1 : Math, Physics", No.1, 1994, pp.514-530.
- [2] A. J. Baker, P. T. Williams and R. M. Kelso, "Numerical Calculation of Room Air Motion-Part2 : The Continuum Dimensional Incompressible Thermal Flow," ASHRAE Transactions, Vol.100, No.1, 1994, pp.531-548.
- [3] A. J. Baker, P. T. Williams and R. M. Kelso, "Numerical Calculation of Room Air Motion-Part3 : Three-Dimensional Experiment," ASHRAE Transactions, Vol.100, No.1, 1994, pp.549-564.
- [4] J. C. William, "Indoor Air Quality : A Design Parameter," ASHRAE Journal, Vol.38, No.6, 1996, pp.39-47.
- [5] M. T. Ke, "Design of Test Method and Detailed Ratings of Variable Air Volume Fan-Coil Units," Building and Environment, Vol.31, No.1, 1996, pp.1-10.
- [6] 蘇啓章，可變風量技術發展與應用，碩士論文，國立國立臺北科技大學冷凍空調工程研究所，台北，2003。
- [7] 柯明村、楊敦盛，「降低空調送風溫度對系統節能與系統效益之影響」，中華水電冷凍空調，第248期，2004
- [8] J. Srebric, Chen, Q, L. R. Glicksman, "A Couple Airflow and Energy Simulation Program for Indoor Thermal Environment," ASHRAE Transactions, Vol.106, Pt.1, 2000.
- [9] 謝明峰，空調低溫送風不結露擴散器之設計研究，碩士論文，國立國立臺北科技大學電機與能源研究所，台北
- [10] Shin Cheng Hu, J. M. Barber, and Y. K. Chuah, "A study of indoor air quality for cold air distribution systems," ASHRAE Transactions, Vol.106, Pt.1, 2000.
- [11] ANSI/ASHRAE Standard 55, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy," Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1992.
- [12] ISO 7730, "Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort," International Standards Organization, ISO, 1984.
- [13] 經濟部中央標準局印行，中國國家標準CNS 2725箱型空氣調節機，1992年1月17日修訂。
- [14] TP01-94日本冷凍空調工業會，謝桂平 譯者，箱型空氣調節機標準性能試驗方法細則，1994年7月27日修訂
- [15] S. V. Patanker, and D. B. Spalding, "A Calculation Procedure for Heat, Mass and Momentum Transfer in Three-Dimensional Parabolic Configurations," Numer. Heat Transfer, Vol.15, 1972, pp.1787~1806.
- [16] S. V. Patanker, "A Calculation Procedure for Two-dimensional Elliptic Situations," Numer. Heat Transfer, Vol.15, 1972, pp.147~163.
- [17] Van Doormal, J. P., and G. D. Rairhby, "Enhancements of the SIMPLE Method for Predicting Incompressible Flow with Generalized Boundary Conditions," Numer. Heat Transfer, Vol.15, 1972, pp.147~163.
- [18] www.fluentusers.com
- [19] P. V. Nielsen, A. Restivo and J. H. Whitelaw, "The Velocity Characteristics of Ventilated Rooms," J. Fluid Mech., Vol.106, Pt.1, 2000.