

|             |                                                                              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 研究生:        | 蘇詠裕                                                                          |
| 研究生(英文姓名):  | Yung-Yu Su                                                                   |
| 論文名稱:       | 巨蛋空調分析及節能研究                                                                  |
| 英文論文名稱:     | Air conditioner analysis and energy-conservation studying for huge gymnasium |
| 指導教授:       | 胡石政                                                                          |
| 指導教授(英文姓名): | Shin-Cheng Hu                                                                |
| 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:         | 93458503                                                                     |
| 學年度:        | 94                                                                           |
| 語文別:        | 中文                                                                           |
| 論文頁數:       | 71                                                                           |
| 關鍵詞:        | 巨蛋；體育館；空氣調節；節能；氣流模擬                                                          |
| 英文關鍵詞:      | Dome ; Gymnasium ; air conditioner ; energy-conservation ; CFD               |
| 被引用次數:      | 0                                                                            |

#### [ 摘要 ]

許多人認為，巨蛋與捷運系統，都是現代都市的要件之一。以往巨蛋設計者以本身的經驗從事設計施工，從現場測試較複雜的空間，以確保成果符合環境需求。但小尺度實驗無法以單一測試完成設計所需數值，故如以等溫環境空調及節能相關研究。而氣流模擬軟體成熟並應用於建築室內環境設計，亦為近年來的研究成果，故目前僅北京體本文以空調負荷軟體計算整體空調負荷，並採用不同方式進行節能分析，其中以分層(成層)空調方式較採用全面空氣交換器可再降低25.7%以上的空調負荷量。

本文另以氣流模擬分析軟體進行全尺度氣流模擬，建立最佳化氣流方式，降低空調送風區域，減少送風量，降低空氣環境。而下吹式出風方式有最佳溫度環境較適合應用於非球類運動及商業用途。因巨蛋興建以體育運動為主，故模擬環境。

#### [ 英文摘要 ]

Hundreds people believe dome and mass rapid transit system are one of the elements for modern city. In the past experience from design construction and on-the-spot test to build the design experience and revise the design and ensure the outcome meets up with the environmental requirements, it was used a scale-down way to simulate. It is unable to achieve all the figures by united testing, people try to take unit figure testing such as engage in air conditioning environment. Due to the dome development in Taiwan is only for few years, there is no sufficient research relatively dome. Meanwhile, except of the Olympics host country was building dome around oversea, there is no giant gymnasium. Currently the CFD (Computational Fluid Dynamics) software was applying to indoor environment design of the air conditioning well at these few years. Nowadays, only Beijing gymnasium keeps simulate air pressure and air flow situation, hardly full scale, and to probe into different air current influence on indoor environment.

The dissertation aims to calculate the cooling load by cooling load software and process energy-conservation through more than 26% cooling load volume if takes layer mode, it means it could save building and operation charge at least with heater exchange, it could decrease down 25.7% cooling load volume at least.

For the other main point of this dissertation is processing full-scale CFD (Computational Fluid Dynamics) by CFD software supplier and cooling load. The testing result indicates spiral mode air flow is proper to applying in gymnasium environment, air flow mainly also could prove this evidence. On the other hands, drop mode air flow has the optimum temperature for commercial intended use. Due to the dome is built for the sport or exercise particularly, there it could take variable best sport environment and inferior commercial environment.

#### [ 論文目次 ]

|             |
|-------------|
| 目 錄         |
| 摘 要 i       |
| ABSTRACT ii |

|                     |      |
|---------------------|------|
| 誌謝                  | iv   |
| 目錄                  | v    |
| 表目錄                 | viii |
| 圖目錄                 | ix   |
| 第一章 緒論              | 1    |
| 1.1 前言              | 1    |
| 1.2 研究動機與目標         | 2    |
| 1.3 文獻回顧            | 3    |
| 1.4 本研究之應用範圍        | 6    |
| 第二章 理論模式            | 7    |
| 2.1 空調負荷計算          | 7    |
| 2.1.1 空調負荷分類        | 7    |
| 2.1.2 空調負荷計算        | 8    |
| 2.1.3 氣流模擬空調負荷設定    | 8    |
| 2.2 CFD氣流模擬軟體理論     | 9    |
| 2.2.1 統御方程式         | 9    |
| 2.2.2 數值方法          | 10   |
| 2.2.3 對流－擴散方程式的差分形式 | 11   |
| 2.2.4 壓力－速度耦合關係的處理  | 13   |
| 第三章 空調系統分析          | 16   |
| 3.1 模型概要            | 16   |
| 3.2 空調設計條件及基礎       | 21   |
| 3.3 大空間建築室內特性       | 22   |
| 3.4 建築外殼耗能          | 23   |
| 3.5 空調負荷分析          | 24   |
| 3.5.1 全區及分層空調比較     | 24   |
| 3.5.2 外氣熱交換空調比較     | 24   |
| 3.5.3 外氣冷房空調比較      | 25   |
| 第四章 氣流模擬分析          | 26   |
| 4.1 軟體及模型輸入參數       | 26   |
| 4.2 出風口風速分佈參數輸入     | 28   |
| 4.3 氣流模擬參數          | 29   |
| 4.3.1 輸入參數          | 29   |
| 4.3.2 鬆弛係數          | 29   |
| 4.3.3 收斂值設定         | 29   |
| 4.3.4 舒適度輸出設定       | 30   |
| 4.4 格點獨立分析          | 31   |
| 4.4.1 格點建立          | 31   |
| 4.4.2 格點獨立分析        | 31   |
| 4.5 氣流模擬結果          | 33   |
| 4.6 氣流模擬分析比較        | 44   |
| 4.6.1 氣流模擬比較        | 44   |
| 4.6.2 溫度模擬比較        | 45   |
| 4.6.3 空氣年齡模擬比較      | 46   |
| 4.6.4 舒適度模擬比較       | 47   |
| 第五章 空調節能分析          | 49   |
| 5.1 節能最佳化的設計原則      | 49   |
| 5.2 策略落實內容          | 52   |
| 5.3 空調系統節能效率EAC計算評估 | 53   |
| 第六章 結果與討論           | 57   |
| 第七章 結論與建議           | 59   |
| 參考文獻                | 61   |
| 附錄A 空氣年齡            | 66   |
| 附錄B 舒適度指標           | 68   |
| 符號說明                | 70   |

---

#### [ 參考文獻 ]

---

[1]馬曉鈞、李先庭、竇春鵬，中國北京市體育館空調系統營運調研分析，2001。

[2]范存養，空間建築空調設計及工程實錄，中國建築工業出版社，2001.9。

---

- [3]日本建築設備技術者協會，大空間の設備計劃と實例，1991。
- [4]Robert L Towell, HVAC for domed stadium, ASHRAE Journal; Jul 1998; 40, 7; Proquest Science Journals pg
- [5]空氣調和衛生工學會，「大阪城國際文化スポーツホール」，建築設備集成9 空氣調和篇1.1, 1990。
- [6]空氣調和衛生工學會，建築設備集成9 空氣調和篇1.1, 1990。
- [7]日 HPAC97/1.HPAC 日本 建築設備と配管工事雜誌，「東京國際會議場」，1996.6。
- [8]空氣調和衛生工學，「東京體育館, 1994.4月號」。
- [9]日本<空.衛>，「日經アーキテクチャ編<福岡ドーム>」，Vol68.第4號，1974。
- [10]空氣調和衛生工學會，「東京ドーム」，建築設備集成9 空氣調和篇1.1，1990。
- [11]苗文博、樊春、唐湘，北京國家體育場空氣流動的力學分析，中國北京大學力學與工程科學系，北京100871
- [12]日 空氣調和衛生工學，「代代木體育館(日本國立室內競技場)」，1965.3月號。
- [13]Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones,冷凍與空調，蘇金佳譯，國立編譯館主譯，1995。
- [14]Fluent Incorporated, FLUENT 5.5 User's Guide, Europe:Fluent Incorporated, 1998, vol. 1-4.
- [15]劉政熙、施陽正，「分離式空調機橫流扇相似定律之研究」，國立台北科技大學冷凍空調工程系碩士論文，在
- [16]大成建設，現代化綜合體育館民間參與開發案基本設計計畫書綜合體育館建築設計規劃，高雄2004。
- [17]Room Air Motion; Effect of Buoyant Air Jets, Vahab Hassani, Terry Penney, Thermal Eng ineering & Science Cole Boulevard Golden, Co 80401.
- [18]蕭富文、胡石政、蔡炳煌，半導體廠潔淨室空調系統之節能探討，能源節約技術報導、經濟部能源委員會-第51
- [19]施陽正、江旭政，利用氣流電腦模擬研究窗型空調機擺設位置對室內送風氣流分佈之影響，中華民國八十八年1999。
- [20]林俊賢、柯明村，「大型區域空調氣流精細控制之實驗與數值模擬研究」，台北科技大學冷凍空調工程系所碩
- [21]廖崇文、周伯丞，不同空調通風路徑對室內空氣與溫熱環境影響之研究，樹德科技大學應用設計研究所論文，2
- [22]陳翕琮、戴昌賢，苗志銘，空調室內氣流分佈與舒適度之數值模擬分析，中正理工學院兵器系統工程研究所，19
- [23]林憲德，綠建築解說與評估手冊（2003年更新版），內政部建築研究所，2003。
- [24]林憲德，綠建築解說與評估手冊（2001年更新版），內政部建築研究所，2001。
- [25]范存養，国外大空間建築空調設計，中国暖通空調4.5，1996。
- [26]范存養，上海体育建筑的大空間建築空調設計，中國建築工業出版社,1999。
- [27]施绍南，北京国家奥林匹克体育中心游泳馆采暖空調设计，中国暖通空調，1992.3。
- [28]张汝良，关于体育馆的空气调节，中国北京市建筑设计院印，1986.3。
- [29]北京市建筑设计院，首都体育馆的通风与空调总结，建筑技术通风，中国建筑科学研究院建筑情报研究所编，
- [30]梅季魁，现代体育馆建筑设计，中国黑龙江科学技术出版社,1999。
- [31]曹涛，体育建筑设计手册，中国建筑工业出版社,2001.8。
- [32]北京市建筑设计院编，体育建筑设计，中国建筑工业出版社,1981。
- [33]北京市建筑设计院选编，体育建筑国外建筑实例图集，中国建筑工业出版社，1979。
- [34]贺绮华、邹月琴，体育建筑空调设计，中国建筑工业出版社，1991。
- [35]江世焕、洪山，体育馆分区旋流送风空调模型试验，中国湖北省工业建筑设计院交流资料，1985,9。
- [36]神谷宏治、関伸二、松縄堅等，建築設備集成9スポーツ施設計画.設計，日本空氣調和.衛生工學會，1990.11
- [37]中原信生，大空間の空氣調和計劃，日本空氣調和.衛生工學，1977.11。
- [38]日 HPAC97/1.HPAC-日本，「東京國際会议場」，日本建築設備と配管工事，1996.6。

- [39]井上宇市，屋内体育館の機械設備，空気が調和.衛生工學，1965.3。
- [40]井上宇市，国内屋内競技館の機械設備，空気が調和.衛生工學，1965.3。
- [41]須貝隆等，日本武道館の設備，空気が調和.衛生工學，1965.3。
- [42]桂川慎，駒沢体育館の設備概要，空気が調和.衛生工學，1965.3。
- [43]金子良司，劇場ビルの空気が調節(特集総論)，空気が調和の冷凍，1964.11。
- [44]建築と社会，大阪府立体育館特集，1987.5。
- [45]日経アーキテクチュア編，「福岡ドーム」，日本空気が調和.衛生工學，Vol68 第4号，1974。
- [46]西脇康夫等，体育館(多目的ホール)の空調計画，空気が調和.衛生工學，1994.4。
- [47]野村豪，大空間の空気が調和一総論，空気が調和.衛生工學，1977.11。
- [48]Room Air Motion; Effect of Buoyant Air Jets, Vahab Hassani, Terry Penney, Thermal Engineering & Science Cole Boulevard Golden, Co 80401.
- [49]Eric N Jal, USING CFD FOR SPORTS ARENA AND STADIA DESIGN, EcoLibrium™ P20-P24, October 2006.
- [50]Zhang Xiaosong, Xu Guoying, K.T. Chan、Xia Yi, A novel energy-saving method for air-cooled chiller plant Engineering ,January 2006.
- [51]T. Nishioka, K. Ohtaka, N. Hashimoto, H. Onojima, Measurement and evaluation of the indoor thermal environment, Energy and Buildings 32 217 – 22, 2000.
- [52]Robert L Towell, HVAC for domed stadium, ASHRAE Journal; Jul 1998; 40, 7; ProQuest Science Journals pg. 281.
- [53]R.K. Calay, B.A. Borresen, A.E. Hold, Selective ventilation in large enclosures, Energy and Buildings 32 281 – 290, 2000.
- [54]Josephine Lau, Qingyan Chen, Energy analysis for workshops with floor – supply displacement ventilation using CFD, Energy and Buildings 32 291 – 300, 2000.
- [55]T. Miyazaki, A. Akisawa, T. Kashiwagi, Energy savings of office buildings by the use of semi-transparent solar control glass, Energy and Buildings 30 304, 2005.
- [56]Pyeongchan Ihm, Moncef Krarti, Gregor P. Henze, Development of a thermal energy storage model for EnergyPlus, Energy and Buildings 36 855 – 863, 2004.
- [57]Robert H. Henninger, Michael J. Witte, Drury B. Crawley, Analytical and comparative testing of EnergyPlus and EnergyPlus, Energy and Buildings 36 855 – 863, 2004.
- [58]Chanvit Chantarasrisalai, Vinay Ghatti, D.E. Fisher, D.G. Scheatzle, Experimental Validation of the EnergyPlus, Energy and Buildings 36 855 – 863, 2004.
- [59]J. Neymark, R. Judkoff, G. Knabe, H.-T. Le, M. Duong, A. Glass, G. Zweifel, Applying the building energy simulation verification of space conditioning equipment models used in whole-building energy simulation programs, Energy and Buildings 36 855 – 863, 2004.
- [60]Richard K Strand; Curtis O Pedersen, Modeling radiant systems in an integrated heat balance based energy simulation program, Energy and Buildings 36 855 – 863, 2004.
- [61]Drury B. Crawley, Linda K. Lawrie, Frederick C. Winkelmann, W.F. Buhl, Y. Joe Huang, Curtis O. Pedersen, Michael J. Witte, Jason Glazer, EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program, Energy and Buildings 36 855 – 863, 2004.
- [62]Carrier, Carrier E20-II Hourly Analysis Program 4.1 Customer Direct Service Network, Carrier Company, 2001.
- [63]TRANE, Trane 600 Customer Direct Service Network, Trane Company, 1992.