中心儲存環空調系統之現況與展望

由於中心之主要設備與實驗皆位於儲存環內，因此機電小組於近幾年投入相當之人力與經費於該區域之空調改善。本文分別陳述儲存環內之隧道區與實驗區空調系統於近幾年之改善結果，並說明未來空調系統努力之方向，包括核心區之空調改善與數值模擬於空調系統之應用，特別是數值模擬之發展需累積相當之技術及經驗，模擬結果才得以更接近實際狀況，對未來加速器追求高精密溫控系統之規畫設計有所助益。

前言

空調系統基本可分爲以人爲對象之「舒適空調」(comfort air-conditioning)以及以物體爲對象之「產業空調」(industrial air-conditioning)，中心之空調兼具上述兩者功能。然而，由於中心加速器爲複雜且精密之系統，溫度擾動訊號與光束線位置變動訊號有明顯相關性(Correlation)，當溫度變異量低於0.2℃時，則觀察不到明顯關聯[1]。因此機電小組於近幾年投入相當之人力與經費致力於儲存環空調改善，包括更改儲存環之空調箱與風管之配置，大幅提高隧道區之冷卻容量[2]，針對EPU進行局部空調隔離[3]，發展數值模擬技術，分別針對實驗區及隧道區進行流場及溫度分佈分析[4][5]，乃至2005年十一月始階段完成之實驗區空調改善等，不但使目前隧道區及隧道區皆維持理想之溫控，數值模擬之持續發展，亦對未來空調更進一步提升有相當助益。

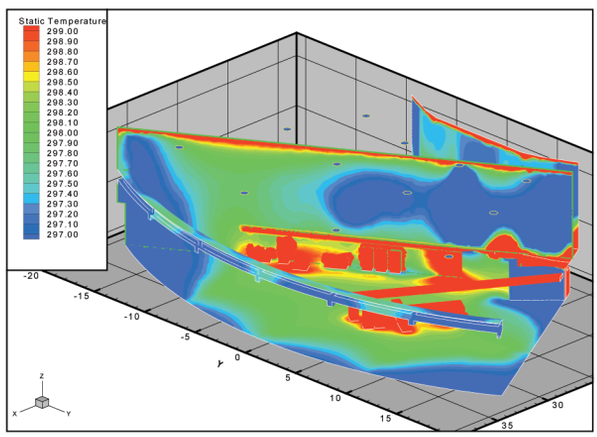
儲存環空調系統之架構

中心儲存環二期工程之空調系統規畫，係由四台同型式之空調箱AH-R4A~AH-R4D共同供應實驗區及隧道區之空調。然而隨著中心於近幾年來陸續推動之大型計畫，隧道區之設備及散熱量愈來愈高，且隨著儀器日漸精密，溫控要求也日益嚴苛，冷卻容量則相對的日趨不足，機電小組遂於2003年重新修改實驗區與隧道區之空調箱分配及更改風管，由AHU-R4A及AHU-R4C供給實驗區之空調，隧道區則由AHU-R4B及AHU-R4D供應，空調箱規格如表一所示。由於實驗區之空間遠大於隧道區之空間，將實驗區與隧道區之空調系統完全分開，能提升隧道區內之冷卻容量約兩倍以上。目前隧道區內之溫度變化已穩定的控制於±0.1℃以內。

表一 空調箱AHU-R4B、AHU-R4D規格

風　量	轉 速	靜 壓	馬 力	能 量
12800 cfm	1962 rpm	3.5 in WG	20 HP	30 RT

實驗區之空調系統由AH-R4A及AH-R4C空調箱送風管連結後，在隧道區域上方環繞，再以輻射狀向外分出12隻支管，供整個實驗區使用。由於儲存環實驗區之空間遠超過隧道之空間，經隔離後的實驗區之空調容量則明顯不足。由於送風口設置於高達11.7 m之天花板內，回風口設置於隧道區上方走道之上，導致出風口吹出之冷空氣未完全擴散至光束線及地面，就由回風口抽回，形成冷空氣之短循環，這情形可由圖一之數值模擬可看出。經過數值模擬分析，規劃送風管設置於外牆上，但由於預算之有限及改善需求之迫切性，機電小組於日前將汰換舊的AHU-R4A與AHU-R4C爲新的空調箱，其容量爲舊者之兩倍以上，其規格如表二所示。此改善工程除了大幅度提高冷卻



圖一 實驗區溫度分佈數值模擬結果

容量外，在儲存環二樓核心區之牆上開了11處回風口，使核心區成爲一大集風區，有利於流場之均勻分布，圖二a與b爲去年與今年同期空調系統改善前後之溫度紀錄，由圖中可看出三天之溫度隨時間之變化已由去年之±1℃降低至今年之約±0.2℃。此外，新空調箱之防震系統遠優於舊空調箱，目前空調箱暫設於儲存環之頂樓露天陽台，其對加速器所產生之震動影響亦將大爲減低。

機電小組籌備之下一個儲存環空調提升計畫，將針對一樓核心區進行改善。近幾年核心區亦增加許多儀器設備，相對之廢熱與平均氣溫日益高升，在核心區工作同仁也反映空調之不適。依據過去經驗，提高冷卻容量爲改善空調系統最關鍵因素。原本核心區係由AHU-R5空調箱供應，改善後估計冷卻容量將提高爲兩倍。其次爲出風及回風口之重新配置，將可改善核心區之流場分佈，以提高空調效率。

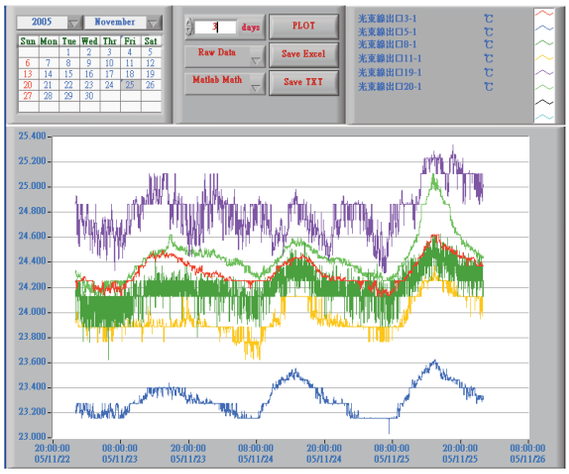
表二 新空調箱AHU-R4A、AHU-R4C規格

風　量	轉 速	靜 壓	馬 力	能 量
30000 cfm	914 rpm	3.5 in WG	30 HP	80 RT

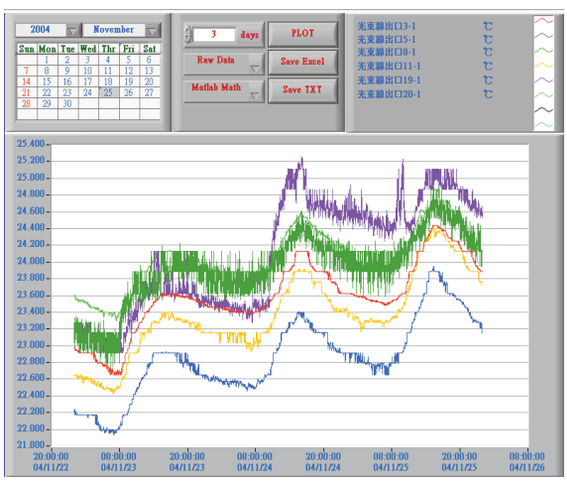
數值模擬之研發

機電小組於近幾年開始投入計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)之研發，主要係採用商用CFD軟體－Fluent進行數值模擬分析。於去年及今年分別針對實驗區及隧道

張瑞麒、蔡宗達、劉清源、鍾炎慶(NSRRC儀發組)
柯明村(國立台北科技大學冷凍空調工程系)



(a)

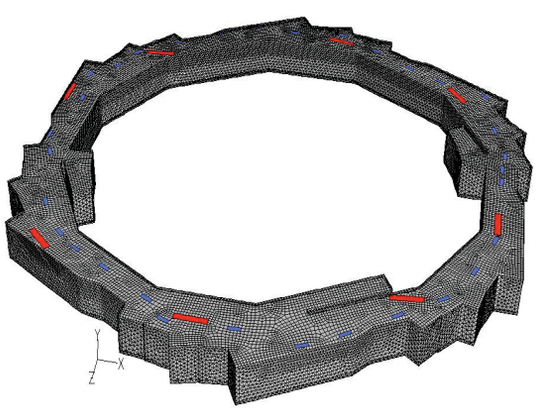


(b)

圖二 實驗區空調改善前(a)與改善後(b)之溫記錄

區進行流場及溫度分佈分析。依該空間實際尺寸，採用先前軟體Gambit建構物理分析模型，並由實際量測及估算之空調負載結果與邊界條件，模擬現有區域內之氣流分佈狀況，並對溫度場進行分析。考慮重力效應並選用標準k-ε流傳輸模式（Turbulence transport model）之下求解壓力場、速度場、溫度場等。

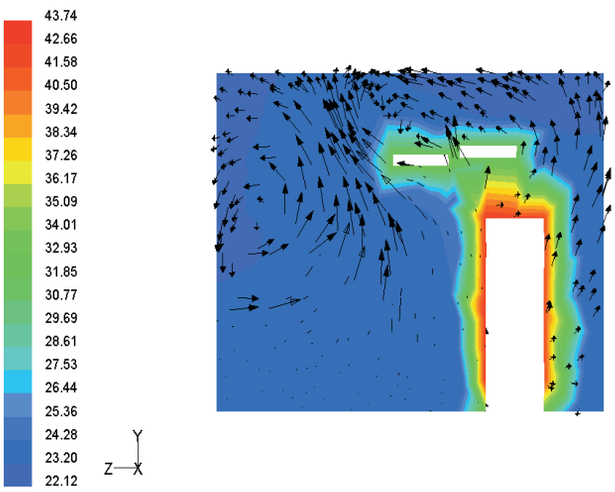
模擬之流場空間爲三維空間及穩態的模式討論，並在流場解收斂後討論其氣流場之溫度、風速及壓力分佈狀況。首先以基本的傳遞方程式推得連續方程式(Continuity Equation)、動量方程式(Momentum Equation)與能量方程式(Energy Equation)作爲基本流場統御方程式。



圖三 儲存環隧道區之網路結構

圖三爲儲存環隧道區之網格結構，圖中藍色與紅色之長方形分別爲送風口與回風口，風口係依據實際量測值設爲邊界條件。

圖四顯示隧道區內橫向切面等溫及流場圖，圖中顯示在磁鐵及支架周圍之溫度較高，線槽架周邊之溫度次高，亦可看出空氣流動之情形，分析結果對隧道區進一步改善將有相當助益。



圖四 隧道區內橫向切面等溫及流暢

未來工作

如前所述，機電小組未來將進行核心區之空調改善，並持續風管清潔，注意空氣品質之改善，提供更舒適之工作環境。

在數值模擬之研究，將逐步建立更近實際狀況之模擬，需加強方向包括下列幾點:

1.修改模型之局部形狀與尺寸與實際物體更接近。

2.進行暫態模式計算分析。

3.加強重要局部位置之網格建立。

參考文獻：

[1] J. R. Chen, H. M. Cheng, Z. D. Tsai, C. R. Chen, T. F. Lin, G. Y. Hsiung and Y. S. Hong, Proc. of 6th European Particle and Accelerator Conference EPAC98 (1998).

[2] J. C. Chang, C. Y. Liu and J. R. Chen, 2003 Particle and Accelerator Conference PAC (2003).

[3] D. S. Lee, Z. D. Tsai, J. R. Chen and C. R. Chen, Proc. of European Particle Accelerator Conference EPAC (2000).

[4] J. C. Chang, M. T. Ke, C. Y. Liu and J. R. Chen, Proc. of Asian Particle and Accelerator Conference APAC (2004).

[5] J. C. Chang, J. R. Chen, Z. D. Tsai and M. T. Ke, Proc. of Particle and Accelerator Conference PAC (2005).