

重新校驗技術應用於商辦能建物能源管理機制

Retro-commissioning (RCx) applied to the energy management mechanism of commercial energy buildings

摘要：

能管系統的應用除了節能之外，另一個較少被著重探討的是重新校驗機制(RCx)。重新校驗機制是使用趨勢紀錄數據分析能耗設備與系統運行用以確定運行改進的方向，以空調系統而言，目前的技術大多為設備故障時通知管理人員進行聯繫維修廠商，然而自設備故障到完成維修的期間可能面臨業務停擺的損失或是設備長期異常運轉導致異常耗能。本研究室收集與分析建物能耗相關資料，再審查和分析現有設備的情況與表現，進而決定和實行節能措施。

關鍵字：監測系統、設備健康、資料探勘、重新校驗

Abstract

In addition to energy saving in the application of the energy management system, another less focused discussion is the Retro-commissioning (RCx). The re-calibration mechanism is to use trend record data to analyze energy-consuming equipment and system operation to determine the direction of operation improvement. For air-conditioning systems, the current technology is mostly to notify the management

personnel to contact the maintenance manufacturer when the equipment fails. However, since equipment failure During the period until the maintenance is completed, you may face the loss of business stoppage or the abnormal energy consumption caused by the long-term abnormal operation of the equipment. The laboratory collects and analyzes data related to building energy consumption, then reviews and analyzes the conditions and performance of existing equipment, and then decides and implements energy-saving measures.

Keywords : Monitoring systems, Equipment health, Data Mining, Retro commissioning

一、 前言

全球處於能源資源越來越困乏的時代，各國紛紛集中注意力在節能減碳的議題，建物能耗的議題持續受到強烈的關注。根據國際能源總署(IEA)統計資料顯示，建物能耗部分占約全球 32%，估計全球建物之能耗尚有 65%之節省空間約可節省全球當前 25%之總能耗，尤以空調系統方面為高耗能設備之主要改善目標。國內外的建物能管系統的使用逐漸成熟，通常是建築能源管理系統屬於資料採集與監控系統(supervisor control and data acquisition, SCADA)的一種應用，藉由建築空調能源管理系統自動分析回傳之現場設備參數，預測負載的方式來自動決定最佳運轉模式藉此節能效果。

許多文獻方法是藉由收集設備運行的數據，經數據篩選後選取影響設備運轉的重要特徵並分析運行特徵與耗能特徵的關聯性，或是以大數據分析結合人工智慧技術建構設備運轉最佳決策支援系統達到節能的結果。文獻[1]研究使用人工神經網路(Artificial Neural Network，

ANN)建立通風和空調系統的冰水機能耗模型，基於八個輸入變數和參考建築物特徵進行建模，透過和輸出(能源消耗)之間的相關係數增加輸入變數並調整訓練數據的比例找出更佳的水水機能耗預測模型，實驗結果說明 60%訓練數據和 12 個神經元所開發的數學模型能夠達到 99.07%準確度的預測能耗。文獻[2]以冰水出水溫、冷卻水入水溫、冷凍噸(RT)當作輸入變數，耗電量(kW)為輸出變數，利用複迴歸模型、倒傳遞神經網路(BPNN)、非線性自動迴歸模型(NARX)三種模型對兩種案例之水冷式冰水主機建立耗電模型，分析並比較三種方法的模擬結果。文獻[3]使用隨機森林來分析輸入變數對冰水機性能(COP)的重要性並預測冰水機性能的變化，挑選重要的特徵比較不同的輸入參數對冰水機性能的預測結果之影響。由上述的文獻研讀，可知機器學習方法可應用於挖掘設備的重要特徵並且建構能耗模型用以預測運轉效率。

重新校驗(RCx)為具成本效益的系統性測試過程，適時的檢查現有建物的效能表現，找出操作時可優化節能的地方，從而降低能源費用以及提高室內環境質量，藉由收集能耗設備或操作數據而訂出節能管理機會(EMO)，透過提高系統操作表現而改進建物能效。重新校驗的優點如下：

1. 利用低成本方案進行建物節能以縮短回報期
2. 減少操作以及保養費用
3. 減少能耗設備或系統故障或延長設備壽命
4. 確保設備高效運轉，提供舒適的室內環境
5. 提升建物資產價值
6. 累計建築團隊內部知識和技術並加強操作及保養行業發展

二、 流程說明

重新校驗與能源審查的差別在於重新校驗(RCx)著重於檢查能耗設備與系統是否依照設定或用戶需求下正常操作，並從中確定優化空間 (如:控制設定偏移、感測器異常、不當操作…等)。

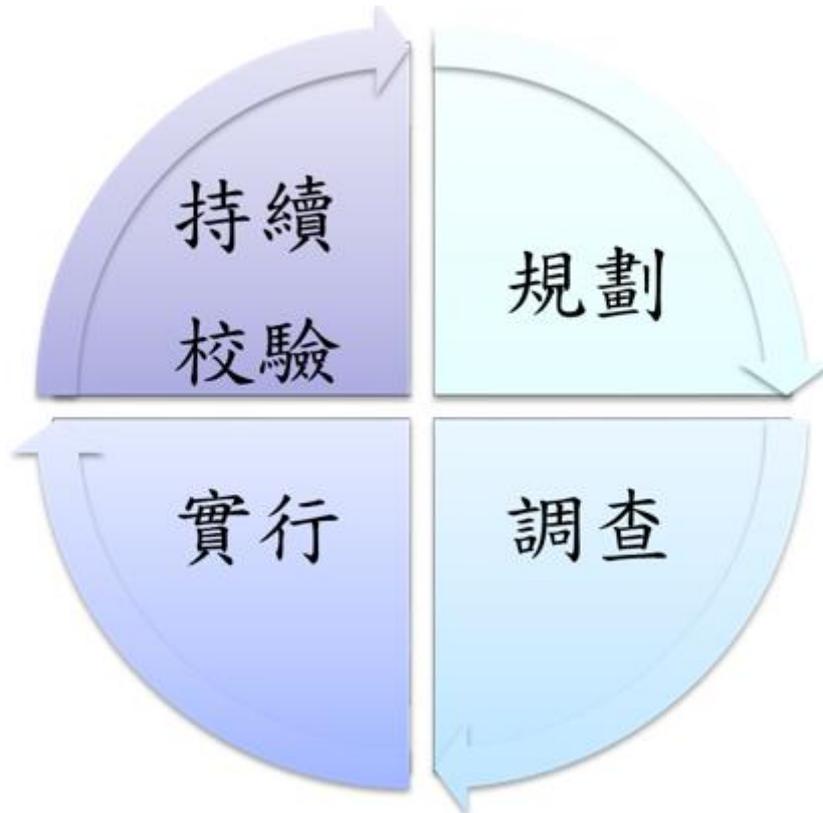


圖 1、重新校驗流程圖

- 規劃：
 1. 定義標準
 2. 審查系統手冊
 3. 設備操作比較
 4. 收集資料
 5. 建立基準
 6. 確認設備狀態
- 調查：
 1. 工作人員訪談

2. 檢查數據趨勢、異常警報、維修紀錄
 3. 節能機會建立初步量測與驗證評估
 4. 成本效益分析，擬定節能計畫
 5. 制定量測與驗證計畫
- 實行：
 1. 確定能耗基線
 2. 驗證性能變化
 3. 驗證預期效果
 4. 提供培訓
 5. 制定持續校驗計畫
 - 持續校驗：
 1. 確定能耗和節能量
 2. 量測與驗證報告
 3. 持續校驗計畫
 4. 制定操作和保養手冊

三、 案例說明

重新校驗實施後的數據可用於更新節能估算，也可用於作為建物系統建立新的基準；另外，設備或系統的生命週期中，新的基準可用於建立標準或參數的作為操作判斷以及追蹤改良，同時確保重新校驗讓建物有效地維持改良後的最佳策略，包含確保高效的操作性能、追蹤能源及系統性能、確保重新校驗的改良仍有效以及持續收集操作數據導入模擬模型進行能耗分析與預測。

以冰水主機為例，在一幢建築物裏，有 2 台水冷式空調系統（一台 350kW 恆速驅動螺桿式空調系統組和一台 350kW）變速驅動螺桿

式空調系統組供應冷凍水。根據不同的冷負荷階段，恆速驅動空調系統和變速驅動空調系統將一起運行。趨勢記錄包含冷凍水流量的趨勢記錄、冷凍水溫差的趨勢記錄、運行空調系統組設備趨勢記錄

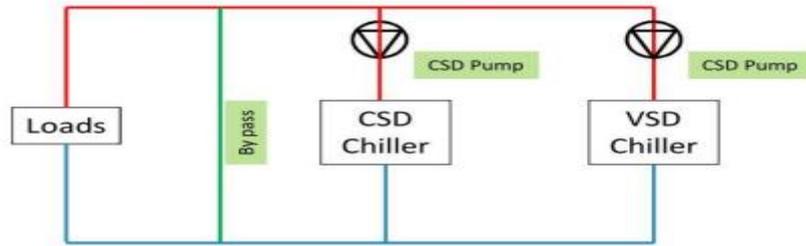


圖 2、空調系統架構

表 1、空調系統負荷分布表

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
室外氣溫 (°C)	16	15.5	17.5	23.6	26.7	29.4	29.8	28.4	27.9	26.8	22.3	19.6
建築物冷負荷 (kW)	211	222	229	422	457	510	528	535	524	457	394	239

表 2、空調系統狀態表

	冷水機 1	冷水機 2
冷水機類型	恆速驅動	變速驅動
現有冷凍水供水溫度設定值	7°C	7°C
現有冷水機組平均負荷系數的分佈	60%	60%

表 3、冰水供水溫度設定值重置前每月效率系數

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
冷水機 1 (恆速) COP	NA	NA	NA	4.04	3.97	3.56	3.56	3.56	3.56	3.97	3.85	NA
冷水機 2 (變速驅動) COP	5.36	5.36	4.8	4.19	4.38	3.81	3.68	3.68	3.68	4.38	4.64	6.22

根據定頻驅動和變頻驅動空調系統的特性，可以看出定頻驅動在接近全負荷情況下具有較高的效率系數，而變頻驅動在其部分負荷情況下具有較高的效率系數。因此，應適當調整空調系統負荷分佈，使定頻驅動空調系統承受更高負荷，而變頻驅動空調系統承受較少負荷。結果空調系統組裝置的整體效率系數得到改善。

為了獲得更高的效率系數範圍，建議重新安排負荷，以便定頻驅動空調系統可承受更多負荷，同時變頻驅動空調系統承受更少的負荷，從而提高其整體效率系數。

表 4、建議空調系統狀態分佈

	冷水機 1	冷水機 2
冷水機類型	恆速驅動	變速驅動
建議冷凍水供水溫度設定值	6.5°C	7.5°C
建議冷水機平均負荷系數分佈	70%	50%

表 5、調整後冰水供水溫度設定值重置後每月效率系數

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
冷水機 1 (恆速驅動) COP	NA	NA	NA	4.07	4.07	3.61	3.61	3.61	3.61	4.07	3.97	NA
冷水機 2 (變速驅動) COP	5.36	5.36	4.8	4.56	4.64	4	4	4	4	4.64	4.72	6.22

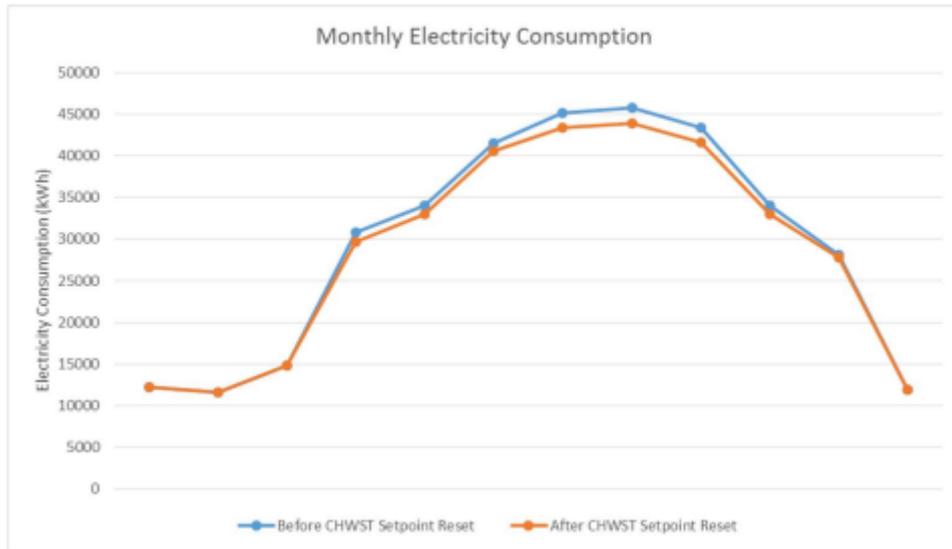


圖 3、冷凍水供水溫度設定值重置前後的月電量消耗

四、 結論

本研究依據重新較驗技術了解現有設施的操作需求，並且更新節能估算以及實際改良成本；依據案例除新調整負載運行於上班時段早上八時至下午六時，全年節電量約 9920kWh(佔 3%空調系統一年用電量)。辦公大樓若以定期方式建議 3 至 5 年進行一次校驗，通過持續反饋，建立預測基線、基準測試、追蹤效能的變化，將可維持建築系統以最有效的方式執行。

五、 參考文獻

- [1] J. H. Kim, N. C. Seong, and W. Choi, “Modeling and optimizing a chiller system using a machine learning algorithm,” *Energies*, vol. 12, no. 15, pp. 2860, 2019.
- [2] 黃仲翊, 外部輸入非線性自動迴歸模型應用於冰水主機耗能分析, 碩士論文, 國立台北科技大學冷凍空調工程系所, Available: <https://ir.lib.ntut.edu.tw/wSite/ct?ctNode=447&mp=ntut&xItem=68483>.
- [3] F. W. Yu, W. T. Ho, K. T. Chan, and R. K. Y. Sit, “Critique of operating variables importance on chiller energy performance using random forest,” *Energy and Buildings*, vol. 139, pp. 653-663, 2017.
- [4] ENERGY STAR, “Retrocommissioning” Revised October 2007, ENERGY STAR