

上地基地換熱系統的自動控制改造

一、上地信息產業基地能源服務概述

上地信息產業基地是 1991 年 10 月經大陸國家科委、北京市人民政府批准建立第一個以電子信息產業為主，集科研、開發、生產、經營、培訓和服務為一體的綜合性高科技產業基地。負責上地信息產業基地區域集中供熱系統運行管理的實創熱電公司主要負責在基地進駐的企業及生活的居民提供能源服務，系統全部投運後可滿足基地 1.8Km² 範圍內近 200 萬 m² 各類建築的生產、生活、供熱、製冷用蒸氣。採用 0.6MPa 的飽和蒸氣為基本熱力工作介質：冬季做為各用戶暖氣系統的熱源，通過換熱器(多數為板式換熱器)的工作使暖氣系統的循環水達到控制的溫度；夏季以 0.6MPa 的飽和蒸氣通過溴化鋰製冷機(多數為蒸氣型雙效式)的工作循環滿足用戶的舒適性及冷氣空調的要求。

1. 熱源

上地信息產業基地供熱場鍋爐房包括 4 台 35 噸/時、1.57MPa 飽和蒸氣鍋爐和 3 台 10 噸/時、1.25MPa 飽和蒸氣單層佈置組裝式飽和蒸氣鍋爐，總安裝容量 170 噸/時。主輔鍋爐房分別安裝有鼓引風機、給水泵、除塵器以及水處理設備。

1. 區域熱力管網

在上地信息產業基地內環形佈置了一套區域供熱管網，全長 5.2Km，由於兩根蒸氣管對供熱(製冷)負荷變化的適應性還是對提高供氣的可靠性方面都較為有利故蒸氣採用雙母管制。為節約能源確保蒸氣凝結水的回收，在熱力管網內同時佈置了一根凝結回水管，要求各蒸氣用戶採用閉式回水系統利用凝結水泵進行凝結水的回打，並保證凝結回水率不低於 80%。

3. 熱制冷站

蒸氣進入換熱制冷站點後經減壓閥送入換熱制冷設備，夏季由溴化鋰吸收式製冷機組產生 7~12℃ 冷水，用冷凍水泵通過管道供給空調機組或風機盤管及新風機組等末端裝置，站點內配備凝水泵、補水泵、凝水水箱、補水水箱和軟化水裝置，在樓頂設置冷卻塔；冬季由板式換熱器制備 55~70℃ 熱水，用暖氣循環水泵通過管道供給風機盤管及新風機組(部分系統末端採用散熱器)，換熱站內配備軟化水裝置用以儲備軟化水供取暖系統循環水使用，在頂層設置膨脹水箱，出現各類原因造成系統出現水壓不足(主要表現為膨脹水箱液位降低)需要啓動補水泵自補水水箱(某些系統補水箱與凝水箱共用)進行補水，當凝水水箱水位達到一定值時，啓動凝水泵向熱網進行凝水回打。

如此，整個基地只需一套單一熱力介質的生產輸送系統配合各冷暖氣站的二次系統便可滿足企業及生活區居民的多方面需求，根據冷暖氣負荷在冬夏兩季的不同而分別運行一種爐型，鍋爐的利用率較高，同時也便於相互備用以確保安全運行。而各冷暖氣站的設備型號、運作流程則各異，設計選用設備的不恰當會造成運行管理的困難，而運行管理的困難則直接影響到設備的使用壽命、運作的安全

穩定等，在發現各冷暖氣站的不完善情況下，予以分析、解決，在運行管理中提高設備的使用效能，使設備長期安全可靠、高效能的運行成爲基地能源服務人員的重要課題。事實上，以往的管理中大多依靠於操作人員的主觀動作，不同操作人員的工作經驗不同使得能源消耗比例大小、設備完好程度、能否及時發現隱患等都存在較大差異，操作人員長期運用同一技術，缺少新技術、新知識的訓練，使得大多數的操作人員不重視業務技術的學習，因此實創熱電公司 1999 年，大力推行技術升級，主要在帶動員工技術的提昇，更重要的是通過新技術的運用篩選出一批跟上知識、朝氣蓬勃的員工隊伍，並首先從換熱系統入手，經過方案初設的討論及各專業部門的全面決定採用計算機採集與控制方式的監控系統。

二、系統原理

本系統爲電腦化監控系統，又稱 DDC 系統，即直接控制系統，它對測量數據的處理以及控制算法都是以數字計算爲基礎，通過軟件實現的。同大多數電腦化監控系統一樣，主體部分由主控電腦、現場模組、傳感器及執行器等部件組成。

1、主控電腦：是電腦監控系統的核心，它的主要特性如下：

1) 主控電腦的工作過程完全由預先編制的軟體決定，而常規儀表是由電子邏輯電路或其他機械硬件邏輯實現，控制管理功能是由軟體還是由硬體實現是電腦控制與常規儀表控制的主要區別。

2) 本系統運行以 VB 編制的程序，將各種輸入信號通過數據總線直接接到電腦輸入端口，從而實現數據採集與控制管理保護功能，而不是像常規儀表控制器由各自獨立的一對一的單回路控制或保護電路構成，如此主控電腦就有可能全面考慮控制對象的各種參數，對其進行統一的系統性的控制、保護及管理。

3) 主控電腦可以通過圖形化的界面與用戶進行信息交流，如警報的信息框、運行時間的統計等，大大方便了用戶管理設備。

2、現場模組

由 I-7000 系列現場模組完成數據採集與控制信號向執行器的發送，再通過 RS485 通訊方式將信號傳送至轉換器，轉換成能與電腦串口連接的 RS232 通訊方式。

3、傳感器

傳感器感測出需要監測控制的各種物理量並將其變爲電信號送至電腦，相當於主控電腦的眼睛。本系統將各類參數的狀態以電壓、開關信號等方式傳送至現場模組，主要有壓力傳感器、溫度傳感器、液位傳感器及電流傳感器。

4、執行器

可由電腦直接控制的各種開關和閥門，電腦通過調整執行器來具體實現控制功能，相當於主控電腦的手和腳。控制器通過現場模塊的兩類輸出通道與執行器連接：

1) 開關量輸出通道(DO)。它可以由控制軟件將輸出通道設置成高電頻或低電頻，通過驅動電路即可帶動繼電器或其他開關元件，也可以驅動指示燈顯示狀態；

2) 模擬量輸出通道(AO)。輸出的信號是 0~10V 的電壓，其值的大小是由控制軟件決定的，由於電腦內部處理的信號都是開關量信號，因此這種可連續變化的模

擬量信號是通過數字—模擬轉換電路(D/A)產生的。

閥門電動執行器是由電機通過機械減速系統與閥門相連，來控制電機的正轉、反轉或停轉，可以使閥門開大、關小或不動，下頁圖為電動執行器的電路原理圖。

本系統選用蘭吉爾公司的電動執行閥門，接收現場模塊發送的 0~10V 信號調整閥門開度。

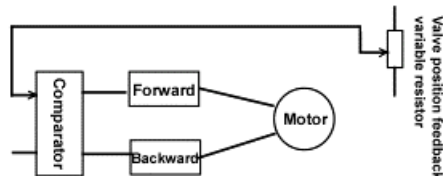


圖 1 電動執行器的電路原理圖

5、供電電源

共 3 塊，分別為電動執行閥門、壓力傳感器、電流傳感器及現場模組供電。

6、通訊網(屏蔽線雙絞線)

為減少對信號的干擾，整套系統均用屏蔽雙絞線進行信號的傳輸。

三、硬件構成

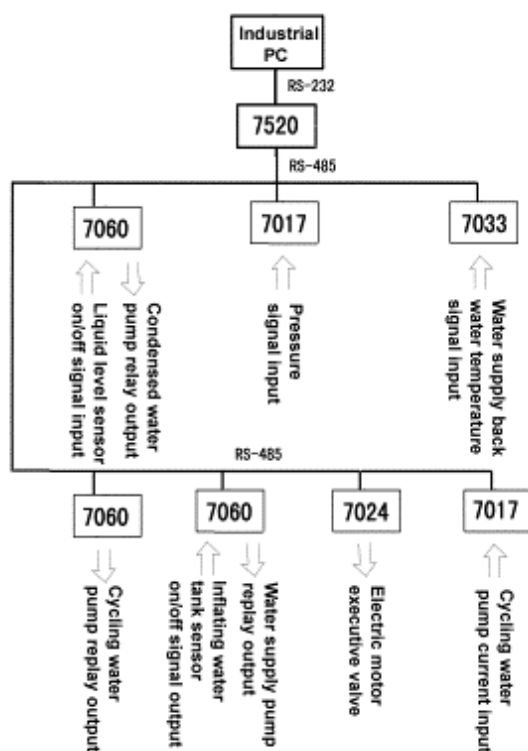


圖 2 上地基地換熱系統自動控制硬件構成

(2)液位傳感器

霍尼韋爾 LL 系列液位開關可提供非常準確的液位測量，1 個 LED 和 1 個光電接收器被放入塑料的半圓球內，根據光的內部反射原理，當無液體時，絕大多數 LED 光都會被光電接收器接收到，當液體覆蓋球表面時，圓球頂與液體界面的折射系數發生變化，光電接收器接收的 LED 光將會減少，因此輸出將會

1、硬件框架圖如圖 2 所示。

2、硬件主體：對各類傳感器、現場模組及執行器等分述如下：

1)傳感器

(1)壓力傳感器

4040PC 型壓力傳感器為霍尼韋爾開發的第一個採用單芯片的壓力變送器，它的封裝適合用於嚴酷環境，工作溫度為 $-45 \sim 125^{\circ}\text{C}$ ，結構由不鏽鋼、玻璃、焊劑、硅和黃銅組成。採用全校整和溫度補償，提供線性放大的輸出，基於阻特性的單芯片技術極大地提高了長期使用的可靠性。變送器由 5VDC 供電，輸出變化幅度 4V， $0.5 \sim 4.5\text{VDC}$ 線性正比於輸壓力。

發生變化，開/關輸出信號與現場模組數字量輸入端相連從而為電腦定時讀取。

供電電源：光電施密特管 5V

輸出電流：最大 40mA，NPN

輸出：空氣中高電頻、液體中低電頻

(3)電流傳感器

型號 CSNE151 電流傳感器是基于霍爾效應及零磁場平衡原理(反饋系統)來測量電流的。傳感器內部磁場總是被控制在零點，用以平衡零磁場的電流是流過導體的初級電流乘以初次級線圈的比例系數。閉環電流就是傳感器的輸出，且反映初級電流被次級線圈減少的關係，電流輸出可以通過外接電阻轉換為電壓輸出。

供電電源：±15VDC

輸出/輸入電流比：25mA/25A

(4)溫度傳感器

選用熱電阻溫度傳感器，熱電阻是隨溫度變化的測溫元件，其電阻值隨溫度上升而增大，其受熱部分(感溫元件)用細金屬絲均勻地雙繞在絕緣材料制成的骨架上，工業上用的熱電阻有鉑熱電阻和銅熱電阻兩大類，本系統使用的是鉑熱電阻，分度號為 Pt100，適用溫度範圍-200~850°C，兩個接線端柱，允差 $\pm(0.3+0.005|t|)$ ，普通熱電阻基本結構除感溫元件外，還有保護套管、安裝固定裝置、接線盒等。鑲裝鉑熱電阻的外殼採用堅固耐磨的不鏽鋼作鑲套，內部充滿高密度氧化物作為絕緣體，感溫元件被緊固在鑲套端部內。

2)現場模組

本系統選用 ICP DAS 的 I-7000 系列現場模組，全部為 9600bps，功能及地址、通道分配如下：

(1) I-7060

功能

通過液位傳感器採集凝結水箱的液位信號，根據液位狀況在高液位有水時起凝水泵，低液位無水時停凝水泵

地址 01

In3 採集高液位信號

In4 採集低液位信號

RL3NC 控制凝水泵停止

RL1NO 控制凝水泵起動

(2) I-7017

功能 通過壓力傳感器採集各種壓力信號

地址 02

Vin0 供水壓力

Vin1 補水泵出口壓力

Vin2 循環泵出口壓力
Vin3 凝水泵出口壓力
Vin5 除污器後回水壓力
Vin6 換熱器入口蒸氣壓力
Vin7 入戶蒸氣壓力

(3) I-7033

功能 通過溫度傳感器採集供回水溫度
地址 03
Sense0 供水溫度
Sense1 回水溫度

(4) I-7060

功能
通過液位傳感器採集膨脹水箱的液位信號，根據液位狀況在低液位無水時起補水泵，高液位有水時停補水泵
地址 04
In3 採集高液位信號
In4 採集低液位信號
RL3NC 控制 1 # 補水泵停止
RL1NO 控制 1 # 補水泵起動
RL4NC 控制 2 # 補水泵停止
RL2NO 控制 2 # 補水泵起動

(5) I-7024

功能
根據軟件程序計算得出的值向電動執行閥門發送 0~10V 的電壓信號以控制閥門開度
地址 05
Vout0 輸出電壓信號至電動執行閥門

(6) I-7017

功能 通過電流傳感器採集循環泵的電流
地址 06
Vin31 # 循環泵電流
Vin42 # 循環泵電流

(7) I-7060

功能 控制循環泵的起停

地址 07

RL3NC 控制 1 # 循環泵停止

RL1NO 控制 1 # 循環泵起動

RL4NC 控制 2 # 循環泵停止

RL2NO 控制 2 # 循環泵起動

(8)I-7520

功能 實現 RS485 與 RS232 通訊方式的轉換

四、軟體的流程

1、軟體功能綜述

1)識別與記錄：對於進入系統的人員進行密碼識別，進入時間及姓名的記錄

2)自動採集運行參數及狀況

(1)以數值顯示下列參數

a.壓力(MPa)：供水壓力、補水泵出口壓力、凝水泵出口壓力、循環泵出口壓力、回水除污器後壓力、換熱器入口蒸氣壓力、入戶蒸氣壓力；

b.溫度(°C)：供水溫度、回水溫度；

c.顯示閥門開度(0~1)：全關至全開；

(2)以圖片顯示下列狀

a.水箱高低液位：低水位常態有水→綠色、異常無水→紅色，高水位常態無水→綠色、異常有水→紅色；

b.泵類起停顯示：起時開關閉合顯示紅色，停時開關斷開顯示綠色；

3)自動或遠程手動控制運行狀況

(1)自動

a.根據凝水箱液位自動控制凝水泵的啓停：高液位有水起泵，低液位無水停泵；

根據膨脹水箱液位自動控制補水泵的啓停：低液位有水起泵，高液位無水停泵；

對補水泵而言系統不是隨機啓泵，一般啓動的是累計運行時間長的泵；

b.循環水泵遠程手動啓動或現場手動啓動後進入自動控制狀態，根據連續運行時間進行換泵；

c.根據一段時間內採集到的回水溫度對電動執行閥門進行 PID(比例積分微分調節)；

(2)遠程手動

a.循環水泵必須通過點擊圖片的方式進行啓停控制；

b.在特殊情況下(如不得回打凝水時)，補水泵、凝水泵通過手動/自動轉換按鈕轉換為手動後，通過點擊圖片進行泵類啓停；

4)異常情況報警

(1)報警設置：除供回水溫度因需要進行經常性的調節而不設限制外，系統其他主要參數由具備一定權限的人員進行高、低限的設置；

(2)警報功能：詳見第 9 頁警報明細表

5)生成運行記錄表及日曲線

6)統計與查詢及列印與更新

(1)統計與查詢

統計泵類連續及累計運行時間

查詢進入及退出系統的人員及時間

查詢警報及警報後處理記錄

主要運行參數的歷史記錄

(2)列印與更新：列印查詢得到的

信息

無需保留的信息進行更新

軟件流程如圖 3 所示

五、實際運行效果

本系統自 1999 年 11 月中試運行，經過一段時間的測試(主要是軟件程序的測試)，至 1999 年底運行狀況良好，目前，換熱站內不再設置運行人員，本系統投用具有以下效果及長遠意義：

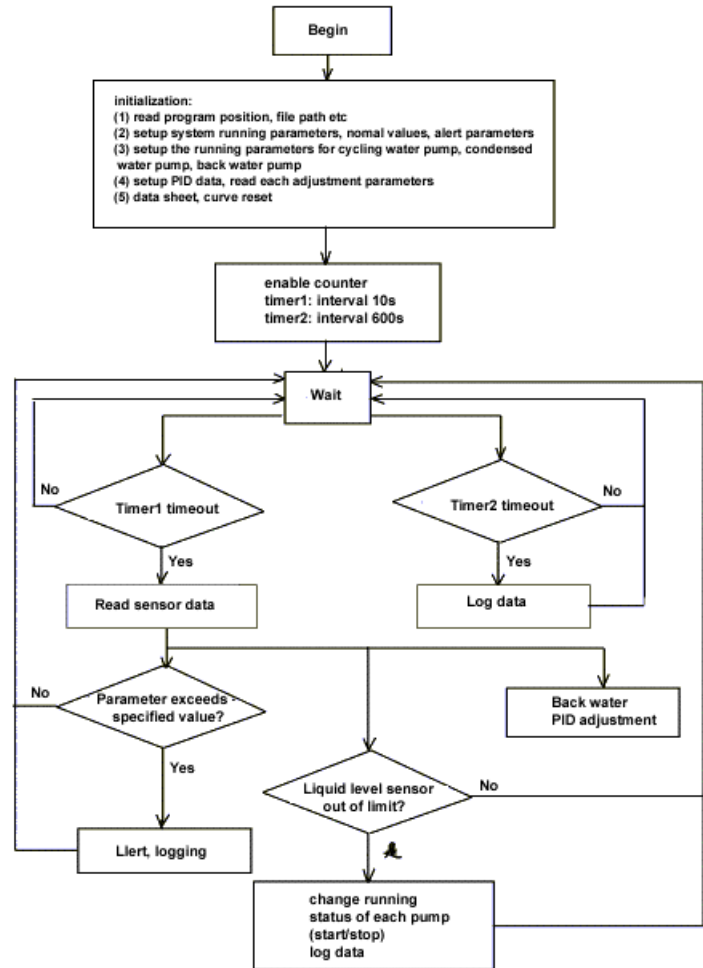


圖 3 軟件框圖

1、解決原設計缺項

1)原設計缺少膨脹水箱液位信號的傳輸而造成運行人員需要經常性爬上八層樓觀察液位變化，發現系統虧水後還需要回到換熱站內再啓動補水泵；

2)原設計缺少凝水水箱液位信號的傳輸(甚至無玻璃管液位顯示)而造成運行人員需要依靠個人經驗或是爬上凝結水箱觀察液位狀況後進行啓停凝水泵的操作。

2、節約能源確保穩定運行

以往冬季供暖運行一般就是運行人員將換熱器入口的蒸汽閥門調整到一定的開度後系統運行，一個運行季只有兩三次根據天氣的變化而進行的調節，根據蒸氣壓力的變化的調節幾乎不進行。其弊端在於：當蒸汽壓力較高時，供回水溫度均呈現上升趨勢而不做調整，造成運行不穩定和能源的極度浪費。系統投運後，對應某一期待回水溫度，系統電動執行閥門的開度隨著蒸氣壓力的改變而不斷變化，實現節約能源消耗的目的；當蒸汽壓力較穩定時，閥門開度也就穩定了，回

水溫度保持在期待水平，從而使系統運行穩定。

3、指向性作用

由於基地建設周期較長，集中供熱工程相對超前，設計是幾年前完成的，工藝水準目前看來已經落後，再者設計人員長期脫離生產運行實際，所以在基地建設的中、前期設計的換熱制冷站的自動化不多、技術程度較低，能耗浪費嚴重。這種情況不符合上地基地為高科技開發區的形象，更與進駐企業的要求存在差距，改變這種局面已成為企業生產中的關鍵問題，我們認識到：為確保安全生產和設備正常運行，為降低消耗、提高設備運行效率和經濟效益而進行技改是一項長期性策略。而在節約能源、提高設備性能以及控制系統的數字化、智能化等方面加以改善和提高就必須採用新技術，這不僅是一個觀念問題，它反映了管理部的技術能力和管理水平，為此更是管理問題、科學問題。運行實際表明：這項新技術在企業生產活動中優勢明顯，效益顯著，達到了社會效益與經濟效益雙豐收的目的。我國能源工業要"堅持開發與節約並重的方針，把節約放在突出的位置"。技術改造與能源節約的重點是技術改進、設備改進和產品改進，從而達到技術先進、運行可靠、經濟合理。試用期間將原來站點的邏輯控制系統與改進後的控制系統兼容，採用可以隨時切換的方式運作，對於蒸氣系統也通過旁通的方式保證一旦發現故障時轉入手動，此外，電動執行閥門本身也具有轉入手動的功能。通過試用和短時間的培訓，運行員工對系統的熟悉程度達到較高水準，達到獨立操作的要求，並通過一個運行季的實際運行使運行和維護人員對其性能掌握更加深入，這樣就為明年的聯網自動採集與控制鋪就一條通往成功之路，有利於熱電公司的長期可持續發展

六、現場環境照片，如圖 4 所示。



7、結語

實創熱力電力公司目前設備總資產已近八千萬，本項目的投運及電腦控制的應用只是企業由基本建設為中心向生產經營管理轉軌的一步，作為一名從事專業技術管理並過渡到參與宏觀企業管理領域的人員，特別是此次技改的技術負責人和領導者，系統能夠在實際生產運行中取得理想的效果，我感受到新技術在企業生產活動中推廣應用的重要性，認識到在通過技術改造促進企業技術進步和經濟效益的同步增長方面今後還有大量的工作有待完成。上地基地的能源管理還涉及到蒸氣熱源和電力供應等方面，在其他領域 ICP DAS 產品同樣具有

良好的應用前景，此外探索其他技術的應用也是今後技改工作的重點，具體內容為一些大型電機的變頻調速技術應用(如在灰渣泵、給水泵等處)；變電所內改造電量表工作，使其具有集中監測與控制功能；幾個獨立變電所(樓花廠房、一號標廠、二號標廠等處)低壓配電環網供電改造工作；變電所負荷的分級管理技術的應用；基地內所屬中央制冷空調系統、換熱系統集中監測與控制的網路的架構等等……可以說今後應用新技術的工作任重道遠。相信新技術更為廣泛的應用必將切實有效地促進企業的生產和經營工作。