

專刊暨經驗交流**船用空調冰水主機系統之簡介**

文／洪銘聰

前言

筆者服務之船舶近日人員異動頻繁，自本人到部後，光日機艙人員的變動，已經超過1/2了。

去(104)年底歲修期間，負責管理空調之同事請調高雄返鄉就近服務，對於生活設施空調的了解是不可或缺，也由於人員異動頻繁，爲了要讓新手能夠在短時間上手，除了要求機艙人員對系統熟悉之外，自己也下來針對冰機系統及控制電路部份做教學，以期能讓機艙事務無縫接軌。

指導的過程中，大家提出的問題與實際面臨到的狀況，讓我有所感觸，於是將該系統之管路與控制電路整理出來，有句話說：「再好的腦袋比不過短短的一枝筆」，記憶是一時的，紀錄是永久的！

除了做個紀錄之外，一方面也能藉此讓日後同事能更快上手，另一方面也能讓在船上遇到類似系統的輪機人員，能有所助益。

空調管路系統介紹

空調應用在船上常用的兩種，一種是直膨，另一則是冰水系統，後者的空調系統壓縮機以冰水主機來稱呼簡稱冰機，直膨與冰機的差異在於直膨少了冰水系統，而本文所要介紹的是後者。

要了解系統，閱讀並熟悉管路圖是第一要務，大多數的輪機人員對這方面並不會太困難，四大元件蒸發器(VAPOR)、

壓縮機(COMPRESSOR)、冷凝器(CODENSER)及膨脹閥(EXPANSION VALVE)皆能朗朗上口，另有些附屬元件只要花些時日，將每個元件的位置找出來如此而已，以下就針對該系統(圖一)做個介紹。

系統分成三大部分，分別爲冷媒(REFRIGERATION)系統、冰水(CHILLER)系統及海水(SEA WATER)系統，其中冷媒及冰水系統爲封閉迴路(CLOSED LOOP)，海水系統爲開放系統(OPEN LOOP SYSTEM)。首先介紹冰水系統，冰水來自船上的淡水系統，由於水不可壓縮的特性，並爲了要將冰水系統與淡水系統分開，淡水進入冰水系統後設置一個止回閥避免冰水逆流，後經過洩壓安全閥、膨脹水箱，冰水泵(CHILLED WATER PUMP)讓冰水在系統內循環，進入冰水器(CHILLER)與冷媒做熱交換後，再分別流經空調室之比例式三通閥來控制冰水進入蒸發器的量，另一迴路則通往醫療(HOSPITAL)及拘留室(DETANEE ROOM)同樣也利用另一組比例式三通閥來控制冰水進入蒸發器的量。

空調間風箱(AIR HANDLING UNIT, AHU-1)上有個怯水閥(WATER TRAP)可以手動釋放冰水系統內的空氣，並檢查是否有冰水流出，除此之外可以利用冰水泵進出口壓力表來檢查是否冰水正常供應，目前該系統冰水出口壓力爲3.5~4kg/cm²，進口爲1kg/cm²，冰水泵與冰水

器之間有個流量開關，倘若冰水泵未開啓或流量異常時，則壓縮機無法啓動。

冷煤使用R-404A，壓縮機採用四段卸載螺桿式冰水主機(RC-12)，壓縮機將低溫低壓之氣態冷媒壓縮成高溫高壓後，冷煤在冷凝器中由氣態轉變為液態之相變化過程中釋放了汽化潛熱，經過了乾燥器(DRYER)、窺視孔及電磁閥後，再經過膨脹閥降壓後，進入了冰水器與冰水實施熱交換後，再回到壓縮機，完成了冷媒的循環。

冷煤進入冰水器之溫度差稱之為過熱度，其系統之膨脹閥採用定溫膨脹閥，除了降壓之外，膨脹閥將一個感溫球安裝在冷媒之冰水器出口，藉由偵測過熱度，控制進入冷煤的流量，以達到定溫的效果，膨脹閥為機械式，出廠後不需要做調整，如有遇到故障時就直接更新。壓縮機之進、出口分別接到高低壓開關，若高低壓異常跳脫，倘若沒有復歸，則壓縮機無法啓動。

冷凝器出口有一個角閥，如需更換乾燥器時，則系統停機並關閉該角閥，系統停機後電磁閥亦關閉，此時則可更換，完畢後抽真空補充該段漏出之微量冷媒即可。

冷凝器的所產生的汽化潛熱，由海水系統帶走，海水係利用前、後機艙之通用泵(GS PUMP)來供應，海水進口有個流量開關，倘若海水流量不足，壓縮機無法啓動。

通用泵出口壓力會隨著海底門(SEA CHEAST)乾淨程度而有所變

化，目前通用泵出口壓力調整在2kg/cm²並確認進入冷凝器之海水各閥皆開啓，則海水能正常供應，海水進口設有流量開關，該開關安裝於艙壁，海水管與流量開關有個考克(COKE)，常在保養完後忘記打開，導致壓縮機無法啓動，因此檢查工作不可不慎。

蒸發器位於空調間風箱內(AHU-1)，當冰水進入蒸發器吸收汽化潛熱後，鼓風機則將空調送至各艙間，風管型溫度控制器(HONEYWELL-T7984)設在空調間內，藉由偵測回風溫度來控制比例三通閥，進入蒸發器之冰水流量。一般回風溫度設置在28℃，若回風溫度高於設定值，則控制三通閥全開，冰水完全進入蒸發器，接近設定值後則少量進入蒸發器，當達到設定值後，則冰水則回流至冰水系統，不再進入蒸發器內。

該系統除冰水泵與壓縮機有兩部，一部運轉一部備用外，其餘系統皆共用。

冰機控制裝置

接下來看冰機控制電路圖(圖二)再配合配電箱內的元件說明，就容易瞭解了，控制電路設置在前機艙冰機前面，打開電路箱一堆人就投降了，其實就是線路比較多的控制線路而已，需要多花點時間，拿本工業低壓配線的書籍回來溫習一下，回頭再來看實際船上的線路圖，如果有人能幫忙說明，再看看看完本文，相信就容易懂了。

線路圖的右側是主電路，左側是控制電路，電路箱中有一個無熔絲開關(NFB)，打開後主電路通電，CS1為控制電源開關，ON後控制電路通電，CS2為現場(LOCAL)/遙控(REMOTE)啟動按鈕，預設為現場(LOCAL)，CS3為三切開關選擇#1壓縮機/停止/#2壓縮機，這三個旋鈕開關設置在配電盤外，另有電壓表及電流表。

啟動壓縮機之前，事先準備工作不可少，啟動冰水泵觀察出口壓力值，檢查冷凝器海水各閥是否開啓，通用泵壓力是否足夠？啟動#2壓縮機，則壓縮機進、出口閥要打開，#1則需要關閉，接著檢查壓縮機冷凍油是否充足，壓縮機冷凍油冷卻油的容量為7L，利用油窗觀察油位需在2/3位置，沒問題後NFB送電，CS1控制電源打開，CS2切至現場，CS3選擇#2壓縮機，則系統開始運轉。

主電路電源為三相440V，控制電路為110V利用變壓器降壓後供控制電路使用，溫控開關為220V，因此將控制電路之110V利用變壓器提高電壓至220V專門供給溫控開關(FSE-020A)使用。

打開配電箱，內部主要分成兩部份，#1壓縮機與#2壓縮機的主電路與控制電路，還有部份共用的元件，設備出廠的時候就已經有利用標籤標註說明，如遇到標籤模糊不清或尚未標註的，可以利用奇異筆重新做記號，以利日後方便查修，筆者試著以自己的心得來做說明。

配電箱有個無熔絲開關(NFB)、比流器(CT)、左上方有兩個變壓器，大的是將440V將壓成110V給控制電路使用，另一個較小的是將110V升壓220V專屬給溫控開關使用，接著看電磁接觸器(MC)與熱動電驛或稱積熱電驛(TH-Ry)其功用是過載時跳脫，以保護壓縮機，該電路圖上以OL為英文OVERLOAD之簡寫表示過載，這兩者組合而成，稱之為電磁開關(MS,MS=MC+TH-Ry)即3M與6M，其他電磁接觸器分別為1M、2M、4M、5M與5R，另外還有電力電驛(POWER RELAY)亦稱輔助電驛(AUXILIARY RELAY)1R、2R、3R、4R、7R、8R與控制繼電器CR(CONTROL RELAY)與逆相繼電器(PR,PHASE REVERSAL RELAY)若是電路成逆相序，則與壓縮機無法啟動，限時電驛(TIMING RELAY)除1T與4T為斷電延遲式電驛(OFF DELAY RELAY)外，2T、3T、5T、6T、7T、8T皆為通電延遲電驛(ON DELAY RELAY)，其中2T與5T為Y-△啟動專用的限時電驛，無熔絲斷路器旁有個比流器(CURRENT TRANSFORMER,CT)與電磁接觸器2M、5M及電磁開關3M、6M連接，當電流過大超過設定值時，則熱動電驛作動，壓機縮停止，NO.1壓縮機過載黃燈亮起。配電箱左、右兩側各有一組接線端子台TB-1與TB-2，線路上與端子台上都清楚標註線號，以上則為配電箱內的各個元件，接著為大家說明控制原理。

冰機控制原理

NFB送電主電路通電，逆相繼電器PR燈亮，CS1控制電源開，控制電路通電，壓縮機加熱器1CCH-150W與2CCH-150W加熱，系統要啓動前需先加熱8小時，當CS2切至LOCAL，則電磁接觸器5R、吸住，控制電驛CR燈亮，。

CS3從STOP切至#1壓縮機輔助電驛7R、1R燈亮，CS3串連通路，#1壓縮機Y-△啓動，運轉燈亮，1CCH-150W加熱停止。

啓動時電磁接觸器1M、3M吸住，2T計時15秒，1M退2M吸，則完成Y-△啓動程序，啓動時壓縮機在最低負載啓動，容控電磁閥25%作動，3T計時20秒，再依序加載50%、75%，最高100%，此加、卸載動作由溫控開關控制壓縮機本身之三顆容控電磁閥。

溫控開關有一條紅線，爲變壓器從控制電路升壓成220V的線路，溫度感測器接到冰水器，接線爲藍色，其餘控制線路爲黃色，溫控開關尚有個旋鈕可以設定冰水溫度，當冰水溫度達到溫控開關之設定值時，則壓縮機停止運轉，新船試車紀錄時，在100%負載下可以打到7.33℃，壓縮機停止後斷電延遲式電驛1T開始計時，一般壓縮機停止後最少需間隔3分鐘後再啓動，而該型壓縮機再啓動間隔時間爲6分鐘，也就是說壓縮機停止後，配電箱前面有個溫度(冷凍)藍燈亮起，1T開始計時6分鐘，壓縮機繼續啓動運轉，有種狀況是壓縮

機打停打停，常常發生在有新人上船後，由於不知道該定時電驛功能是在做什麼的，好奇去轉看看，轉到設定10秒鐘，因此每10秒壓縮機啓動，打一下冰水溫度到了就停止，剛上船膽子小又不敢講，只說故障了，造成頻繁起停，只要將該定時電驛調至正確時間即可，不然就是該定時電驛故障該換了。

另有一個限時電驛7T，陸上的系統則無設置，由於船舶在海上航行，惡劣天候、大風浪與湧浪洋流等因素影響，造成壓縮機冷凍油位會隨之晃動，因此7T的功能是在偵測壓縮機冷凍油不足時，需要連續偵測多少時間才會使壓縮機停止運轉。壓縮機油位不足時7R斷路，壓縮機停止，配電盤前有個黃燈亮，顯示壓縮機油液位不足。

若高、低壓跳脫壓縮機停止，3R激磁，觸發壓縮機警報，配電盤NO.1高低壓黃燈亮起，需將故障排除並手動復歸(RESET)，才能重新啓動壓縮機。

當冰水溫度持續降低至5℃時，避免銅管結冰被撐破，防凍開關作動，壓縮機停止，防凍黃燈亮起，故障排除後防凍開關亦須手動復歸。

啓動#2壓縮機時控制原理相同，只要找到相對映的電磁接觸器、定時電驛與輔助電驛即可。

結論

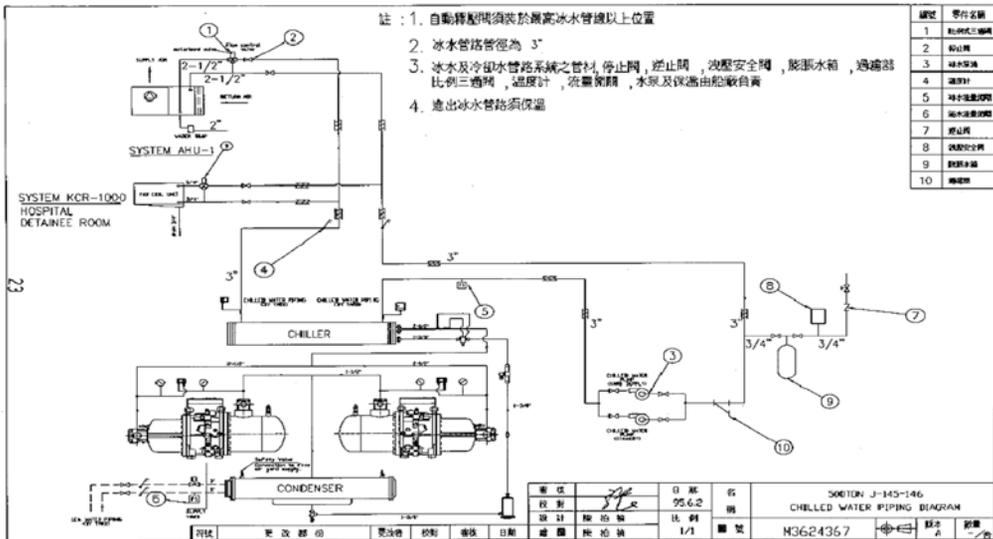
有句話說「十個輪機九個怕電，一個不怕的是自己去了電匠補習班」，殊不知從何時開始船公司爲了

節省營運成本，將船上電機師職務取消，交給了眾管輪們，從此開始了輪機人員的噩夢。

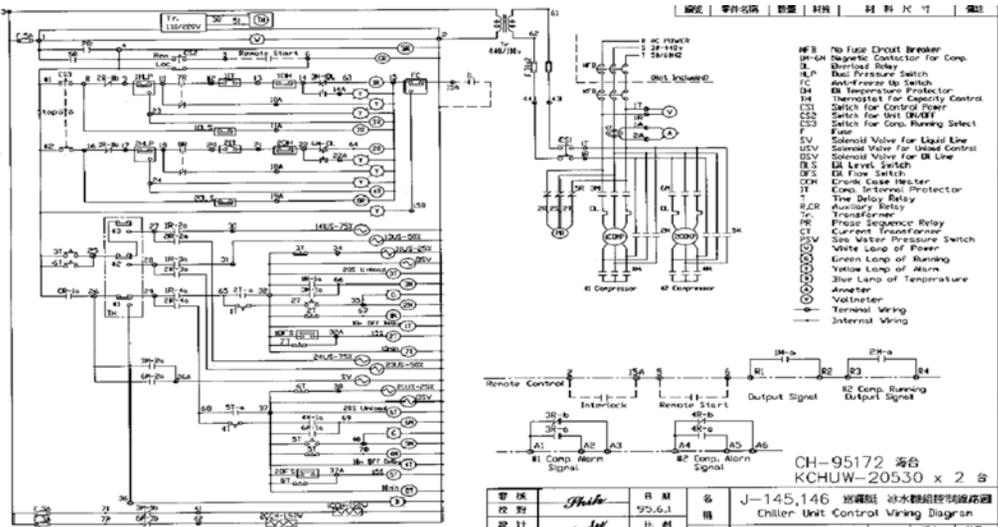
回想當初剛開始看著電路圖也是直嘆氣，曾經看見過大師抓毛病，眼珠子轉轉連三用電錶都沒拿就跟你說這個電磁接觸器壞了，換好之後真的好了，敬佩崇拜的眼神油然而生。現在新同學上船我自己要求要會，而且都要求要會冰機與肉、菜庫之電路

圖，雖然我都有解說，常常是有聽沒有懂，若是了解該控制電路，只要在各工作時序檢查，該亮的燈不亮，該吸的不吸，該計時的不計時，就先把它換掉，希望我分享的心得能讓懼怕電的朋友們，稍微不怕一點點，我就功德無量。

筆者才學尚淺，錯漏疏失在所難免，如有需補正之處，亦請各位前輩不吝指導。



圖(一) 冰水主機管路系統圖



圖(二) 冰機控制電路圖



照片(一) 配電盤外部開關及指示燈



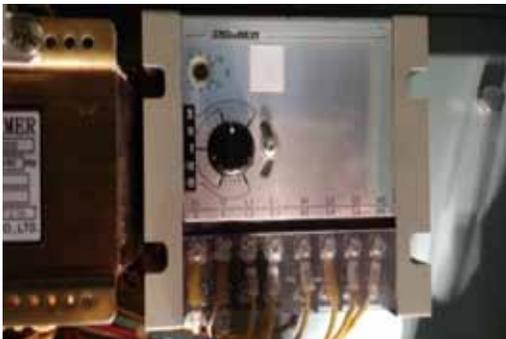
照片(二) 配電盤內部元件



照片(三) NFB及定時電驛



照片(四) 電磁接觸器及電磁開關



照片(五) 溫控開關



照片(六) 比流器



照片(七) 相序繼電器



照片(八) 斷電延遲式電驛



照片(九)輔助電驛



照片(十)膨脹閥

照片(十一)冷凝器海水入口流量開關
考克

照片(十二)高低壓表

照片(十三)Y- Δ 專用定時器

照片(十四)電壓及電流表