

四、節約冷卻用水的各種方法

冷卻水水處理法中，化學加藥處理以防蝕、抑垢及殺藻，乃最廣泛被採用的方法。補充水水質較好的系統，可以在較高的濃縮倍數下運轉；補充水水質較差的系統，則其操作時濃縮倍數往往較低，但是，以節約用水的觀點而言，我們儘可能在不影響操作及不破壞設備的情況下，提高其濃縮倍數，以達到節約用水之目的。

標準的冷卻水化學處理方法，乃利用一些結垢及腐蝕抑制劑(例如有機磷酸鹽)及一種或多種的殺藻劑(如加氯等)來處理。這些藥劑以自動加藥裝置，直接將藥劑注入循環水中，而自動加藥裝置乃以計時器或導電度計加以控制。自動加藥裝置之可信度較人工加藥高。有許多方法可用來計算加藥量及排放損失之多寡。

市面上有各種設備、化學藥劑和方法可用來處理冷卻水。各種方法或設備都可用來提高冷卻水塔之用水效率。本章將針對一些較普遍被人採用的方法，加以討論。

冷卻水塔的管理者，必須知道，市面上許多產品大都過度宣染其功能及安全性。因此，在採購時，最好找具有公信力，而且能提出合理的處理方案之供應商。本手冊不對任何處理方法加以推薦，僅提供相關資料給使用者參考。

4-1 潛在的支出與節約

推動一個節約用水方案，所有預期的支出和節約，以及其他的利益，都必須小心地加以估算。許多方案中，除了用水節約之外，其他的財產節約也是顯而易見地。減少冷卻水塔之排放損失，一方面節約水費，另一方

面也節省了排放費用。同時減少排放，意味著減少化學水處理藥劑之排放，對於昂貴的化學藥劑費用也能大大地節省下來。而且改善冷卻水塔操作，減低結垢、腐蝕及菌藻污染的問題，不但能增加能源效率，同時，也能減少大量冷卻水塔維修費用及因停工所造成的損失。

一個設備經理在評估節水方案之可行性時，必須量化所有的支出並審查各種潛在的節約可行性。下列幾種節約用水技術及實務，將於以下各節中加以說明。

- 改良式傳統化學加藥處理系統操作 (Improved operation of conventional treatment system)
- 旁流過濾法(Sidestream filtration)
- 傳統加酸處理法(Acid treatment incorporated in conventional treatment)
- 臭氧氧化法(Ozonation)
- 磁化法(Magnets)
- 靜電場產生器(Electrostatic field generators)
- 替代補充水源(Alternative make-up water source)

4-2 改良式傳統化學加藥處理系統操作

許多情況下，傳統化學加藥可被用來提高冷卻水塔之用水效率。而這些工作，都是透過導電度控制器和流量計，對水塔的功能加以監測。

補充水及排放水流量計之裝置，對於冷卻水塔之監測工作是非常的重要。因為憑藉監測系統，冷卻水塔操作員才能確認水塔是否在特定的極限之內運轉。流量計最好能顯示

瞬間流量，或至少能量測總流量。而且我們必須謹記於心的是，流量計必須定期記錄其資料，才能發揮功能。

另一種改進冷卻水塔操作的方法，乃是改善水塔排放水的方式，大部份的冷卻水塔均由導電度計控制其自動排放裝置，當循環水之導電度達到設定之上限值，則水塔將自動排放，直到導電度降到所設定的下限值為止。這種自動排放方式，將使得冷卻水塔操作時之導電度變化幅度太大，造成操作時之平均導電度遠低於我們所期望的數值。為了改善前面所提方法之缺點，我們可改採連續自動微量排放，以保持循環水的導電度接近允許之操作上限值，這樣不僅能節約用水，同時也因為水質穩定，而減少了化學藥品之用量，系統操作之穩定性也相對地提高。

有許多合格的水處理公司能提供化學藥品及相關的服務。冷卻水塔設施主管必須設定“節約用水”為選用水處理公司之重要考量，對於水處理公司所提之水處理方案中，必須要求他們明列加藥費用及預估之系統排水量。唯有如此，才能提供設施主管充分的資料訊息，以做為方案比較之參考。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> 低先期投資成本 低維修保養需求 低操作成本 	<ul style="list-style-type: none"> 濃縮倍數有一定的限度

4-3 加硫酸處理法

將硫酸加入循環水中，被發現對控制冷卻水塔結垢問題有效。硫酸主要是降低循環水之pH值，將水中部份的重碳酸鈣轉換成溶解度較高之硫酸鈣，同時也能減少不溶解物質的量。

使用加硫酸處理法，有些事情必須要特別小心，譬如，使用自動加酸裝置，必須特別預防避免其皮膚和眼睛和硫酸直接接觸。因此，在自動加酸裝置系統安裝之前，所有的操作人員必須經過操作訓練及一些緊急應變訓練。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> 較高操作濃縮倍數 低先期投資成本 低操作費用 	<ul style="list-style-type: none"> 潛在的人員安全危害 潛在的系統損壞

4-4 旁流過濾處理法

旁流過濾處理特別適用於補充水濁度較高或空氣中灰塵、油脂污染物較嚴重之地區，或冷卻水塔循環水路較小及較易阻塞的情況。

過濾系統主要是排除循環水中懸浮物質，使得冷卻水塔能更有效地運轉，同時能減少水塔之維修保養。標準的過濾系統乃將水從冷卻水塔塔底水池抽出，經過濾後，再將水直接回到水塔中。快速砂濾塔及高效能匣式過濾器是較普遍的過濾裝置。雖然，水可從塔底水池之任何位置抽出，但從經驗得知從水池中心抽出，能得到較佳的效果。一般過濾系統之取水率約為循環水量之5%。但在懸浮固體較嚴重的情況下，取水率可能高達20%。過濾系統的功用主要是減低結垢及污塞之潛勢，以及延長停車的時間。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> 減低污塞之可能性 較高的水塔運轉效率 減少水塔維修保養 	<ul style="list-style-type: none"> 略高的先期投資成本 溶解固體物質之排除有限 額外的抽水電費支出

4-5 臭氧處理法

臭氧處理法是冷卻水化學處理法的一種。臭氧是一種非常強的氧化劑，其被用作自來水的殺菌劑，已有多年的歷史。它被應用在冷卻水處理以減少排放損失，在美國已有許多成功的例子。

臭氧處理法防止結垢的原理，主要是將循環水中之礦物離子氧化成氧化物質，以污泥的型式沉澱在水塔底池中或過濾系統中。臭氧能破壞病毒和細菌的細胞膜，以及殺死循環水中的微生物。臭氧處理法也聲稱能氧化造成腐蝕的離子，達成系統防腐的效果。此外，也有報告提出臭氧有排除水塔中既有水垢之功能。

標準的臭氧處理設備包括空氣壓縮機、臭氧製造機、擴散或接觸裝置及控制系統。臭氧是氧的一種化合物，其有效半生期約一個小時，基於上述原因，它必須於現場製造。臭氧的製造，乃將乾冷的空氣或純氧，通過高電壓的電場，使其產生臭氧，此種製法稱為電暈放電法(corona discharge method)。一般而言，臭氧是利用與循環水水路直接串連之接觸器，將臭氧與循環水直接混合，由於臭氧的半生期非常短，因此其在一段時間後便分解成氧分子。當水溫超過32°C時，應用臭氧處理法必須特別小心。

臭氧處理法的缺點，包括臭氧製造機操作之複雜性、設備較昂貴及可能之健康危害。以美國為例，臭氧處理系統之製造商通常以設備及人員租用的方式提供冷卻水處理服務，這樣一來可減少水塔操作維護之負擔，同時，也減少使用者之設備投資。大量的臭氧是有毒性的，因此工廠人員應盡量避免過

度曝露在臭氧之中，以免有害其健康。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> • 有達到高濃縮倍數之可能 • 不需傳統化學加藥 	<ul style="list-style-type: none"> • 高投資成本 • 系統較複雜，須仰賴設備供應商負責操作維修 • 對健康有危害之可能 • 水溫超過32°C時，效果則非常有限

4-6 磁化處理法

磁化處理法乃利用強力永久磁鐵，將循環水中粒子之表面電荷改變，當這些粒子與沉積物質接觸時，電荷將傳至沉積物上，改變其沉積狀態，使其從系統之設備或管線之表面剝落。這些剝落的物質則會沉澱於冷卻水塔底池，可用機械方法輕易地將之清除。此種設備之供應商，經常聲稱能利用此法清除設備中之結垢，而不需加任何化學藥劑。但在美國，大部份仍是磁化處理與傳統之加藥合併使用。

使用磁化處理法必須特別留意，因為水塔中，原本被水垢堵住之滲漏處，一但水垢被剝除，則會導致水塔之滲漏。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> • 減少污塞 • 提高濃縮倍數 • 低投資成本 • 減少水塔的維修保養 	<ul style="list-style-type: none"> • 可能無法完全免用化學加藥

4-7 靜電場處理法

靜電場處理法可以應用於冷卻水之水處理，其原理與磁化處理法相同。使用時將靜電場產生器放置在泵送冷卻水之管路上或底

池內。本裝置需要自外另加獨立電源供其使用，使用時就好像偵測電極般可直接裝入管路中，或放置於容器內，而此容器可安裝於冷卻水塔之底池或儲槽或某一管流中。此裝置週遭通電後會產生感應靜電場，水中帶正電粒子(Ca⁺⁺、Mg⁺⁺等)因為吸收電子被中和。此產品之供應商宣稱藉由電子的吸收，可避免粒子間形成共價鍵，進而使得結垢難以形成。另外他們也宣稱在靜電場中，水中的自由氧會形成少量的臭氧，這些微量的臭氧在冷卻系統中可控制細菌的成長。

這些裝置的能效目前仍有很大爭議，所以使用前務必徹底了解其用途。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> • 減少結垢 • 增加濃度倍數 • 低投資成本 • 減少冷卻水塔的維修保養頻率 	<ul style="list-style-type: none"> • 可能需化學處理配合 • 需要另外提供能量

4-8 回收水作為補充水之替代水源

冷卻水節約利用工作中，將回收水作為補充水之替代水源，也是一種可行的方式。工廠中某些製程之排放水，可以直接不經處理或經簡易處理，便作為冷卻水塔補充水之用。這種排放水，包括逆滲透系統之排放水、貫流式冷卻水塔之排放水或其他製程之排放水(其所含之化學藥劑與冷卻水塔中所使用之藥劑是相容的)。

假如冷卻水塔大到能設置現場處理系統或位於都市污水處理廠附近，則冷卻水塔可利用處理後之廢水作為水塔之補充水。許多研究顯示，若冷卻水塔在較低的濃縮倍數下操作，三級處理之廢水可作為冷卻水之補充水。但是，由此三級廢水之磷酸鹽濃度高，很容易產生磷酸鹽結垢。磷酸鹽必須用石灰軟化法(lime-soda softening)將之去除。

優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> • 減少整個設施的取水量 	<ul style="list-style-type: none"> • 可能需要預處理系統 • 可能需要額外預處理費用 • 如果替代水源水質不良，將增加污塞之可能性 • 可能需要額外的能源消耗

4-9 其他的選擇

許多冷卻水塔製造商提供特別系統設計，這種特殊系統可減輕一些特定的水質問題。但是，這些水塔一般比較大且貴，而且不適用於小型的系統。有些號稱「零排放」的處理方法，也被針對發電廠的特定需求而發展出來，這些方法包括了許多複雜的回用處理設備。由於這些設備非常的昂貴，以致於其被應用到工商業小型系統之可能性，非常的低。