

2.4.38-4 淨水設備－結晶軟化設備

一、設備名稱：結晶軟化設備

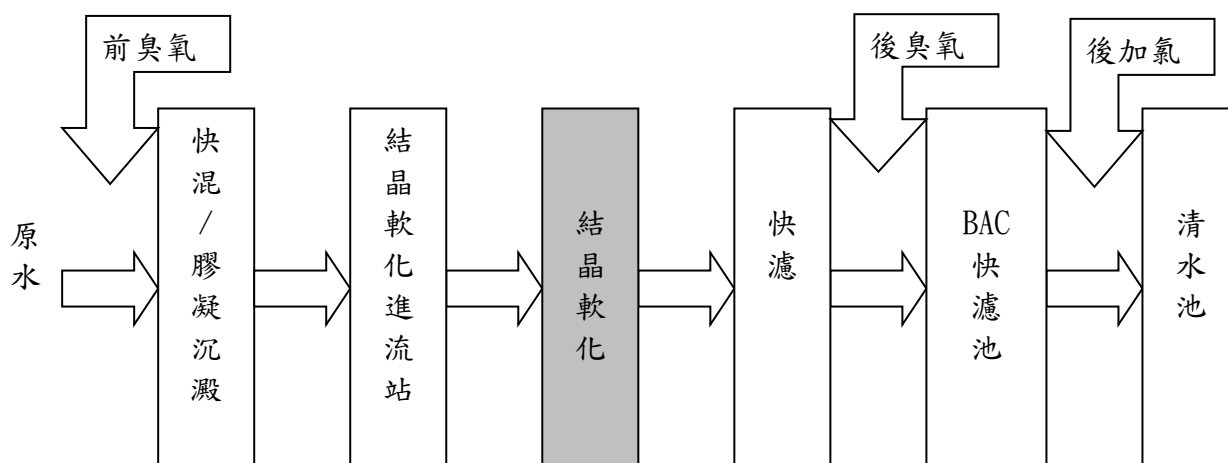
二、設備說明：

(一)作用原理

結晶軟化係利用流體化床形式處理原水，由於流體化床可提供非常大的結晶表面積，故具有極高的處理效率。在槽體內植入適當高度的擔體（細砂），將原水由下而上引入軟化槽，經水流分佈器均勻分散水量並維持結晶床成流體化狀態，為使結晶床達到結晶效果必須加入化學鹼劑控制適當的 pH 值，使水中的硬度與碳酸氫離子析出碳酸鈣後附著於擔體表面，反應一段時間後擔體持續變大，因重力而往下沉並在槽底聚積，此時應適當排晶以及植入新的擔體，維持最佳處理效果並得到高純度之結晶。

(二)流程介紹

結晶軟化為高級淨水處理單元之一，其流程圖如下所示：



1.原水

原水由攔河堰取水後，經由管線運送暫存，而高級淨水處理廠由取水口將原水抽取至前臭氧處理池，**原水水質設定如下：**

- (1)濁度：約 30～200NTU。
- (2)總硬度：180～300mg/L as CaCO_3 。
- (3)TDS：300～400 mg/L
- (4)鹼度：100～150 mg/L as CaCO_3 。

2.前臭氧處理

臭氧的產生是由液氧經由蒸發器變成氣態氧氣後，再經高壓電極管將 O_2 變成 O_3 ，經由管線輸送至前臭氧接觸池。

(1)前臭氧處理功能

消毒、除色、除臭、氧化有機物或改變有機物性質、具有微膠凝作用及去除藻類。

(2)前臭氧處理設備

前臭氧接觸池主要分為接觸子槽，每個子槽具有注入池、接觸池。水量達 450000CMD 時接觸時間約 6 分鐘。臭氧添加量為 0.5～1.5ppm。

3.快混膠凝沉澱池：

原水經臭氧接觸池後進入快混及膠凝沉澱池，目前有脈動式膠凝沉澱池及傳統沉澱池。

(1)脈動式膠凝沉澱池

功能：經由脈動方式產生泥毯，並由其控制泥毯濃度，加藥後之原水產生膠羽，當膠羽通過泥毯時、經由與較高濃度之泥毯作用（截留）而達到固液分離之效果，並將水中之有機物

或微生物屍體去除。設備：快混池、攪拌機、脈動式沉澱池及真空風扇提供沉澱池進行脈動。

(2)傳統沉澱池

功能：傳原水經加藥、快混、膠凝、重力沉澱以達到固、液分離之效果。設備：快混池、攪拌機、膠凝池及重力沉澱池。

4.結晶軟化進流站：

經沉澱後之處理水集中至結晶軟化進流站。功能：經由結晶軟化進流站之抽水機將處理水送至結晶軟化槽。設備：變頻抽水機及固定流量抽水機。

5.結晶軟化槽：

利用流體化結晶床方式加入 NaOH 反應形成 CaCO_3 ，並附著於砂種上而形成碳酸鈣結晶，進而使水中硬度降低。

功能：目前主要為降低水中硬度。設備：反應槽及 By Pass 幹管。接觸時間約 3.5~5min。砂種儲槽、結晶顆粒儲槽、稀硫酸及氫氧化鈉儲槽。

6.快濾池：

以重力方式過濾，主要功能為濾除細小微粒。

7.後臭氧接觸池：

臭氧的產生是由液氧經由蒸發器變成氣態氧氣後，再經高壓電極管將 O_2 變成 O_3 ，經由管線輸送至後臭氧接觸池。

功能：消除病毒、氧化殘留有機物及降低加氯消毒副產物之形成。設備：接觸子槽，注入池、接觸池，處理量為 400000 CMD 時接觸時間約為 14 分鐘，臭氧添加。

8.BAC 快濾池：

濾料為粒狀活性碳，以重力方式過濾。功能：減少殘存有機物、改善口感及去除因臭氧消毒有機物或無機物時所形成之色度。

9.清水池：

處理水進入清水池前進行加氯消毒，並作為處理水之儲存。

功能：配水儲存池，當水質有任何變化時可做緊急應變處置。

(三)單元功能

結晶軟化單元主要功能為將原水硬度由 180~300 mg/L as CaCO_3 降至 140 mg/L as CaCO_3 ，符合 94 年飲用水硬度標準（150 mg/L as CaCO_3 ），且不產生不易處理之污泥。

三、維護方式

結晶軟化槽在實廠操作從出水硬度使用 pH 控制或加藥量（濃度）控制、排晶及補砂的時機難以判斷，故排晶及補砂的時間與機制是維護控制的關鍵，以下針對高級淨水處理廠結晶軟化設備實際操作維護說明：

(一)流體化床之流速控制

不同上昇速度對鈣硬度去除率的影響，當上昇速度在 100m/hr 時去除率已達最大值 78%，在 80m/hr~140m/hr 之間其去除率變動不大，大致範圍為 68%~78%。

如上昇速度約 90 m^3/hr ~100 m^3/hr 之間，受限水量控制以及硬度限制，隨時調整流量在操作上必須謹慎，當軟化槽上昇速度為 80m/hr~140m/hr 時，其對應的流量為 1843 m^3/hr ~3225 m^3/hr ，如目前流量控制約為 1950 m^3/hr ~2250 m^3/hr ，超過 2800 m^3/hr 時對硬體設備可能會有不良影響，且可能發生流體化床砂子溢流情形，而流量過低亦可能影響軟化床高度，使的軟化床底部差壓計壓力變大。

流量控制主要影響停留時間，當流速為 80 m^3/hr ~140 m^3/hr 時，期對應停留時間為 4.5min~2.5min，但以停留時間約為 4.2min~3.6min，如此的停留時間其出水硬度都能符合規定，且根據研究，不同

的停留時間（HRT）對於總硬度及鈣硬度的去除率差異小，故去除效果的好壞除了與加藥量有關外，整個停留時間的反應狀況亦有很大關係，包括結晶顆粒大小、細砂與結晶顆粒的比例、比表面積狀況等。

(二)流體化結晶床原水軟化控制

原水軟化方式主要分為 pH 控制及濃度控制，兩種方式分別簡述如下：

1. pH 控制：

主要由軟化槽出水渠道設置 pH 計，測量當時之 pH 值，再由當時之出水硬度判斷是否增加或減少 pH 值，以出水硬度設為 140 mg/L as CaCO₃ 為例，如出水硬超過 140 mg/L as CaCO₃ 則 pH 值可再增加，即增加加藥量，如低於 140 mg/L as CaCO₃ 則可減少加藥量，因原水硬度變化不大所以可藉由 pH 值控制出水硬度，但亦必須時常注意硬度變化。

2.DCS 的濃度控制：

可直接將原水硬度及欲出水之硬度值輸入此 DCS 系統，DCS 將加藥量計算出，再經由 DCS 傳至 PLC，經過計算傳給加藥機控制加藥量

(三)流體化結晶床擔體加入（補砂）控制

目前高級淨水處理廠所使用的砂種為石英砂，粒徑大約為 0.3～0.5mm，粒徑的篩選與其重量及比表面積有關，粒徑太小或太輕時容易自結晶軟化槽溢流，造成砂種浪費及快濾池負荷，粒徑太大則比表面積機會變小進而影響結晶軟化效果，所以砂種要進入結晶軟化槽時必須先篩選及清洗，使進入軟化槽後不致溢流及不致使結晶效率變差，砂種的加入有一定程序，其加入的次數亦經過計算，以下大致介紹加入的程序以及補砂次數計算：

1.砂種加入程序

砂種儲槽→補砂機（設定砂子落下的時間，並大致了解其重量）
→洗砂（設定洗砂時間及控制流速）→補砂（設定補砂時間及流量）
→經由補砂泵及適當水量將砂種輸出→軟化槽。所有補砂動作皆由 DCS 控制，所以現場設備狀況攸關補砂進行是否順暢及是否皆能將砂種完整補入。

2.補砂次數計算：

補砂次數的計算與原水硬度及砂種重量有關，並適時的依照排晶狀況做調整，當原水硬度高時補砂次數增加而硬度低時則減少，相對的每次補的砂種多（重量大）時則補砂的時間間隔較長、次數亦較少。整體的計算由 DCS 計算之，而操作員則依現場排晶及流體化結晶床高度等狀況做適當調整排晶及補砂比例。

(四)結晶顆粒排放控制

結晶顆粒的排放視流體化結晶床成長狀況而定，當結晶顆粒成長至直徑 1 mm 左右時則可將結晶顆粒排出，在結晶顆粒的成長狀況不易判斷，原因是無法從槽體看出結晶砂成長狀況，如要得知結晶成長狀況則須從流體化床底部取得結晶砂或從排晶系統中結晶砂輸送泵取得結晶砂，並將取得之結晶砂烘乾做篩分析，以了解粒徑分佈情況，此方法要了解結晶顆粒狀況需耗費一些時間與人力，所以排晶時機由結晶軟化槽中所設置之壓力計決定，當壓力到達一設定值時開始排晶，使流體化結晶床維持一定壓力值，除了保護硬體設施外更使的軟化槽保持良好的新陳代謝，維持最高的軟化效率。

結晶顆粒排放控制：軟化槽壓力偵測器到達壓力設定值→啟動排晶相關設備（高壓泵、低壓泵、排晶輸送泵）→排晶管線沖洗→排晶→經結晶砂輸送泵→結晶顆粒儲槽→排晶管線沖洗。

四、檢查項目週期及內容

檢驗別	檢驗週期	檢驗項目內容
定期檢驗	每季	軟化槽上昇速度是否正常
		軟化槽停留時間是否正常
		出水硬度是否正常
		軟化槽石英砂粒徑是否符合標準
		補砂次數是否足夠
		結晶顆粒排放控制是否正常
		壓力計運作是否正常
		pH 計運作是否正常
		DCS 系統運作是否正常

五、文件管制

藉由巡迴、檢查點發現故障或不順暢時，不僅須進行詳細之清查，就其狀態及原因加以確認，且須加以修理或補強，清查、設備內容需正確記錄，並妥為保存。

六、注意事項

工作人員應穿戴完善之防護具，如安全鞋、安全帽等，以維護作業安全。在設備作業時，人員應注意其運轉情形，若進行保養維護作業時，務必關閉總電源，避免造成感電危害。

自來水設備檢驗報告表

編號：04-38-04-A

檢驗日期： 年 月 日

設備名稱	結晶軟化設備			
檢驗期程	☐ 日檢 ☐ 週檢 ☐ 月檢 ☒ 季檢 ☐ 半年檢 ☐ 年檢 ☐ 其他_____			
設備形式			設備編號	
設備地點		數量	檢驗單位	
檢驗細項		檢驗方法/標準	實際 檢驗情形	檢驗結果
1	軟化槽上昇速度是否正常	目視/有無		
2	軟化槽停留時間是否正常	目視/有無		
3	出水硬度是否正常	量測/_____		
4	軟化槽石英砂粒徑是否符合標準	量測/_____		
5	補砂次數是否足夠	目視/有無		
6	結晶顆粒排放控制是否正常	目視/有無		
7	壓力計運作是否正常	測試/有無		
8	pH 計運作是否正常	測試/有無		
9	DCS 系統運作是否正常	測試/有無		
10				
11				
12				
13				
14				
15				
預計改善期限		年 月 日		
檢驗人員		審核人員		批示
備註： 1.檢驗結果合格者註明「√」，不合格者註明「×」，如無需檢驗之細項則打「/」。 2.檢驗有缺失應填具「缺失改善報告表」進行追蹤改善。 3.本表由檢驗人員實地檢驗後覈實記載。				

自來水設備檢驗缺失改善報告表

編號：04-38-04-B

檢驗日期： 年 月 日

設備名稱	結晶軟化設備				
改善日期	年 月 日 ~ 年 月 日				
設備形式				設備編號	
設備地點		數量		檢驗單位	
缺失項目		缺失狀況		改善過程/結果	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
備註： 1. 2.					
填報人員		審核人員		批示	