

生物產業機電工程學系暨研究所

系統工程

磁化水

報告人：黃立良

2010.10.20

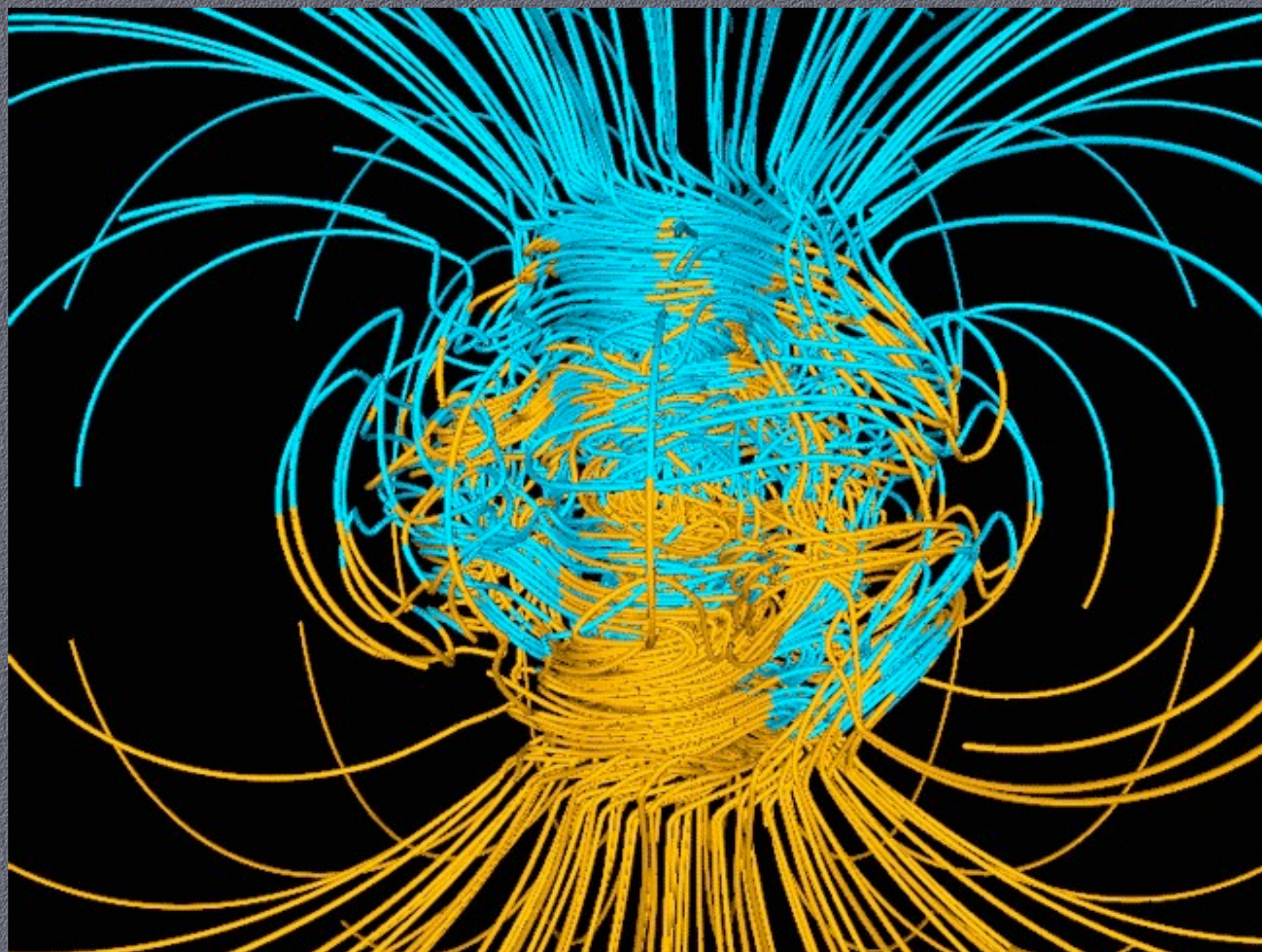
物理方式的水處理

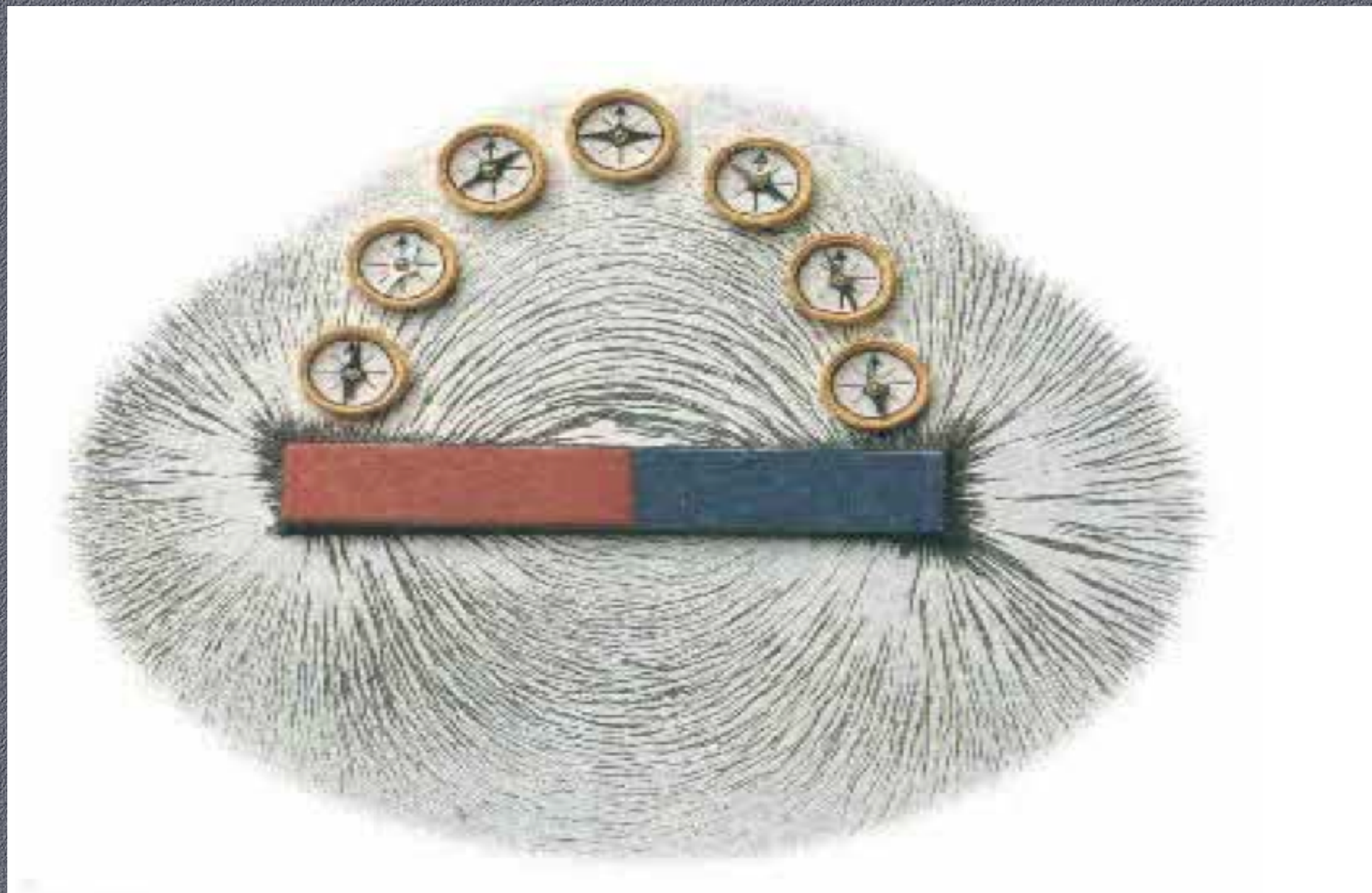
永久磁鐵
電磁鐵
離子棒
電氣石
.....

場

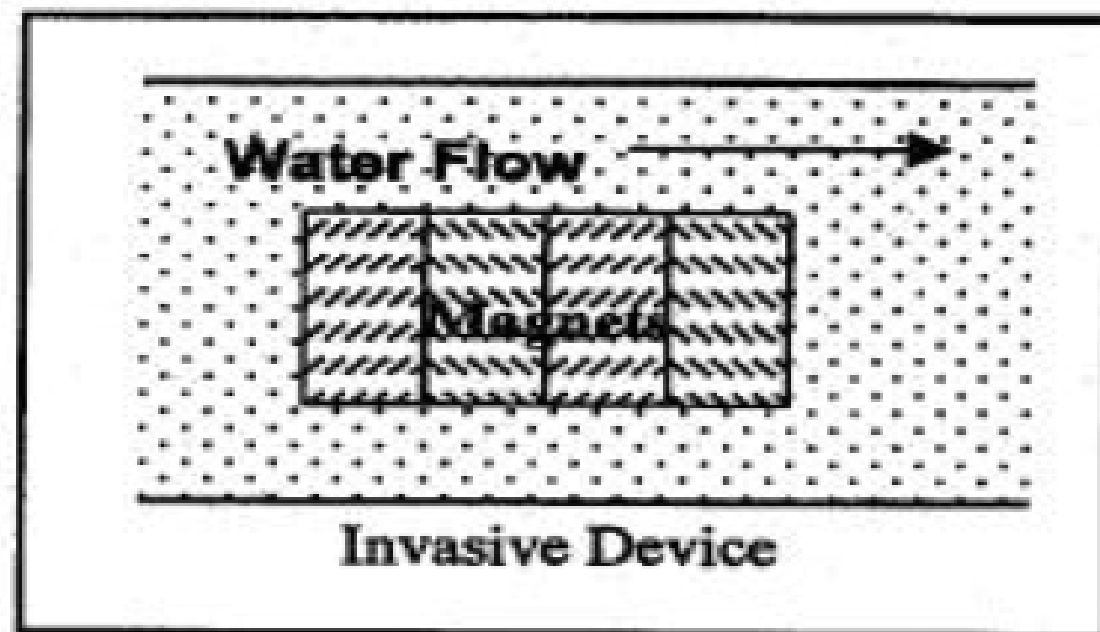
RO 蒸餾



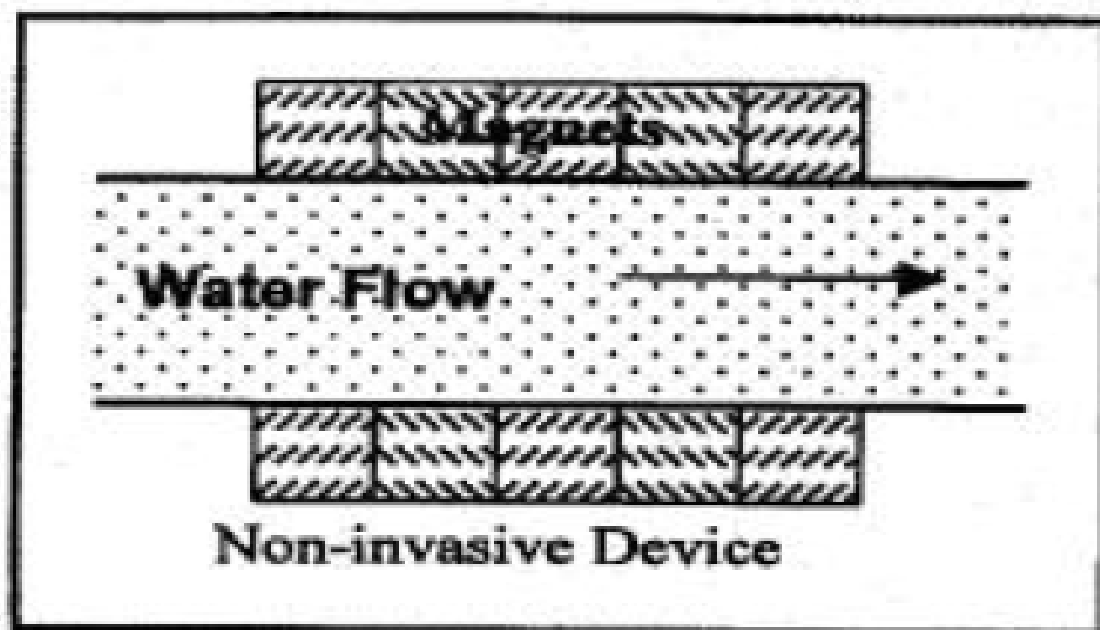




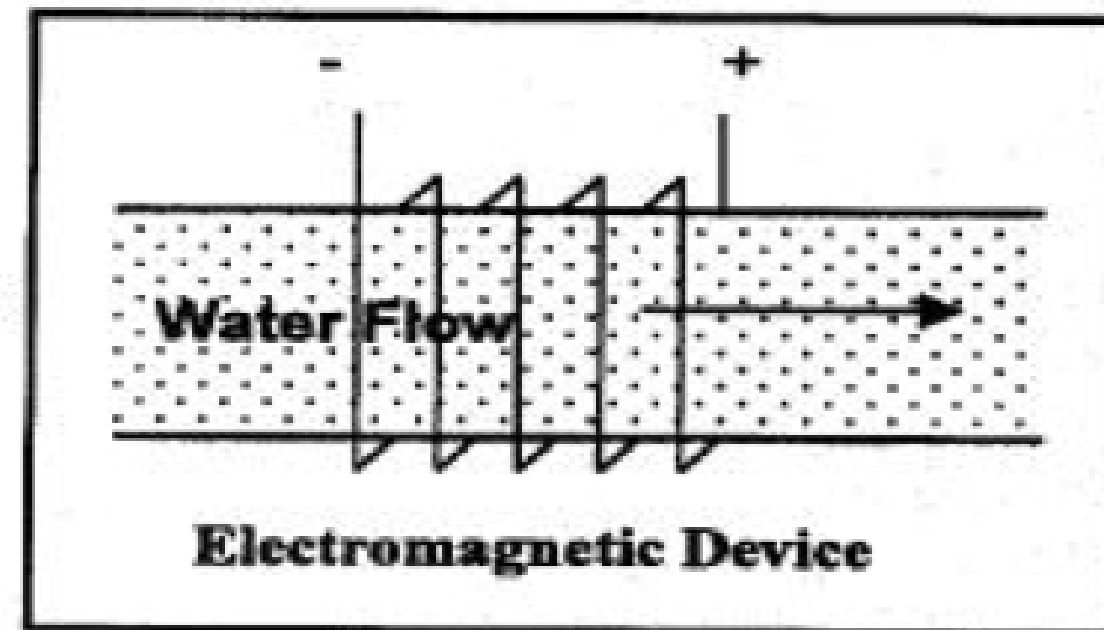




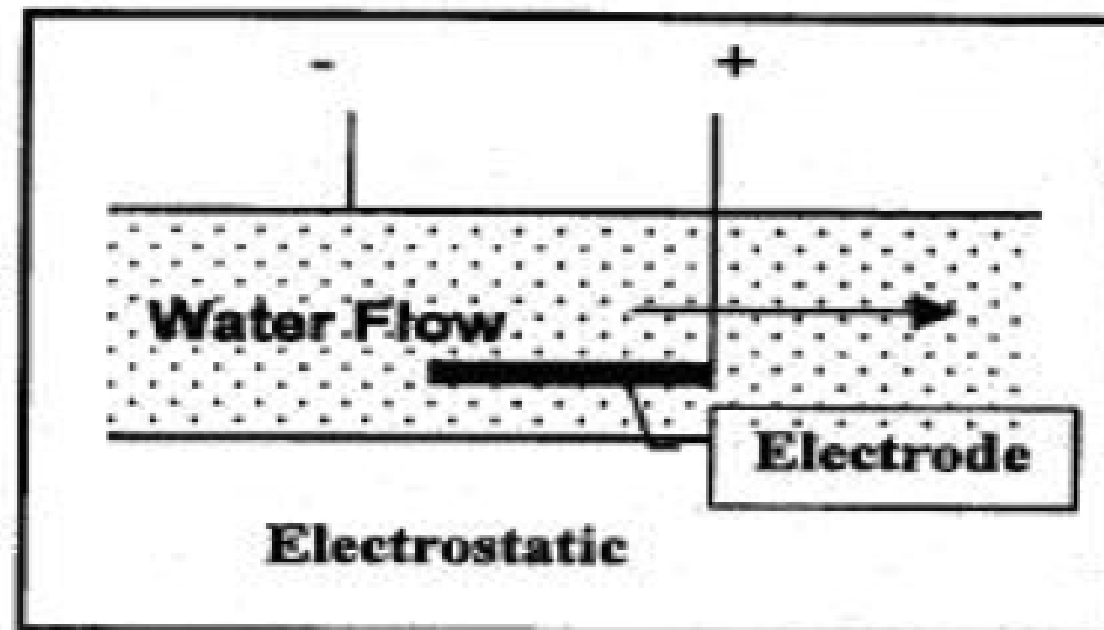
(a)



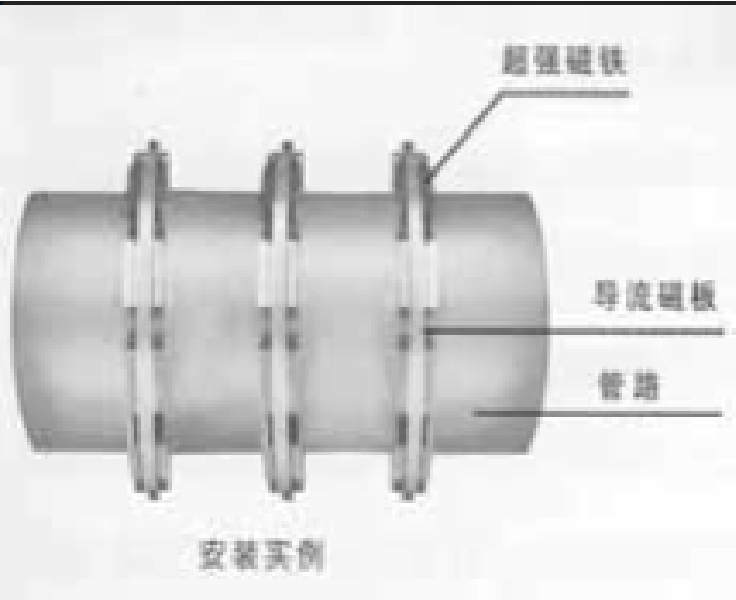
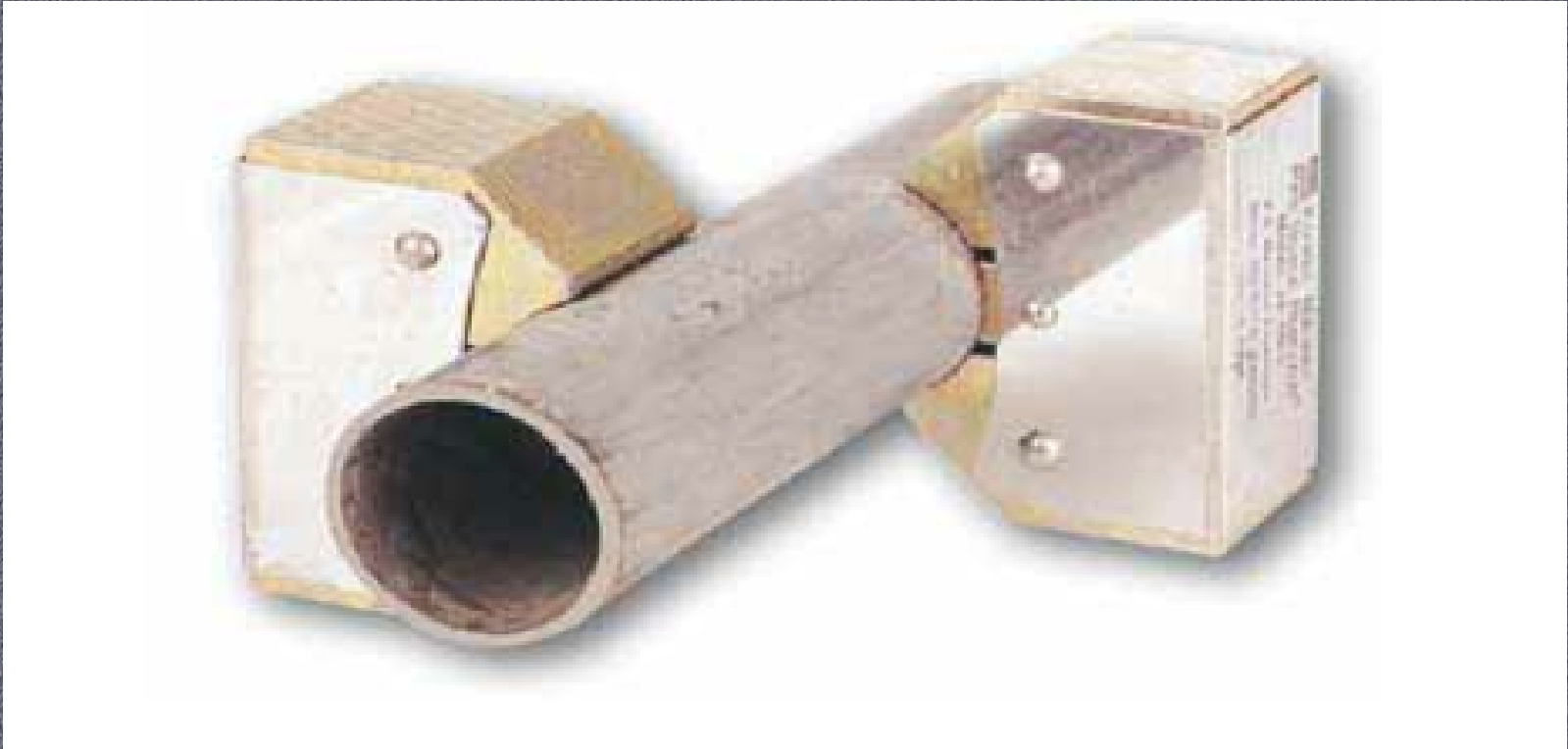
(b)



(c)



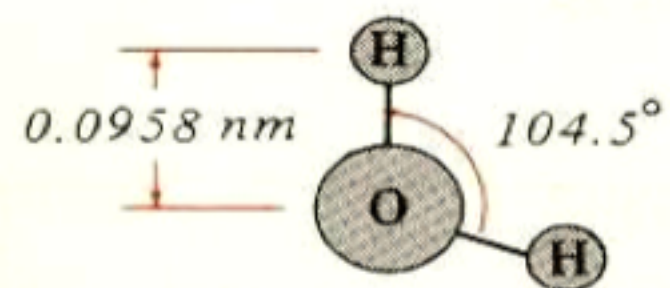
(d)



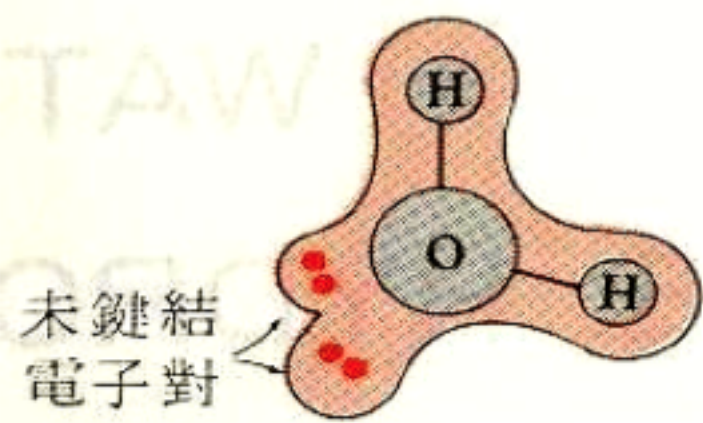
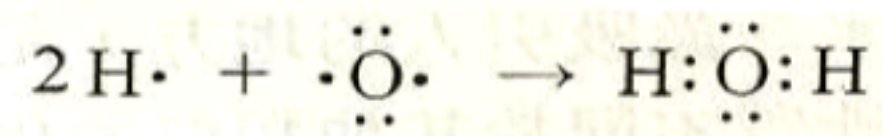
流體

磁化器

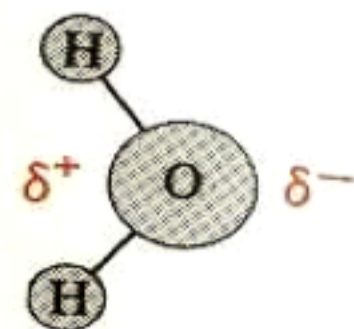
水垢
燃油
飲用
養殖
農業
水泥砂漿
化學
醫療



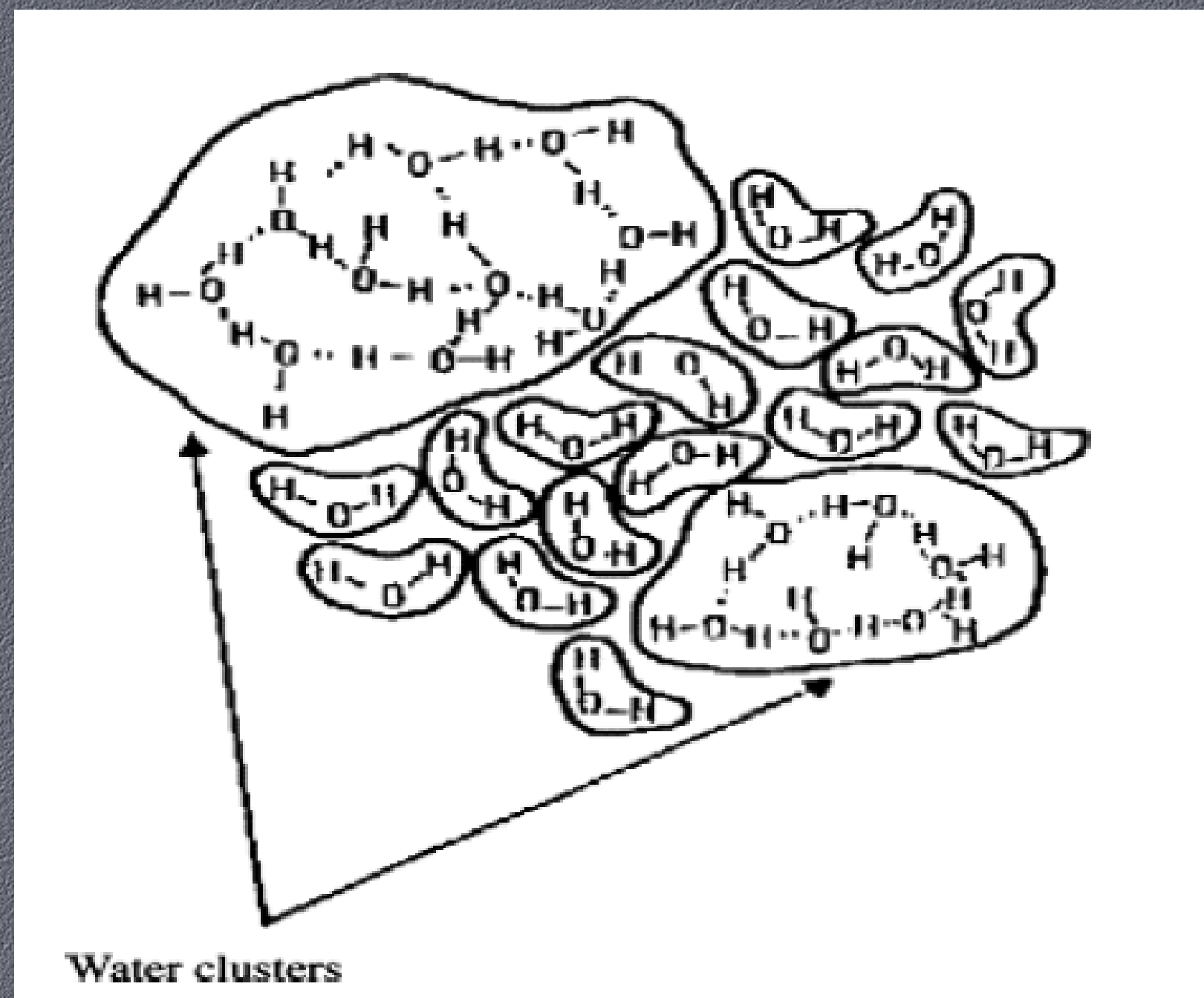
(a) 一個獨立的水分子



(b) 電子密度



(c) 水具有偶極，偶極矩 = 1.84 D



歷史

1894年 由蘇格蘭物理學家觀察到應用磁場可除垢之後，磁能除垢的技術、研究、產品相繼發展。

磁化水自 1945 年 Vermeiren 於比利時發表磁化水具有除水垢的效用以來,廣泛的被研究與討論

明朝大醫學家李時珍就已發現磁化水具有“去瘡癰、長肌膚”、“長飲令人有子、壯陽”、“宜入酒”等功效(見《本草綱目》583-----586頁)，能夠強身健體，治療多種疾病。

原理

一、水中鈣鹽結晶型態改變

水垢的主要成份是 CaCO_3 由 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 受熱分解而成的。其結晶方式有兩種，當加熱經磁化處理的水時，析出的晶體 CaCO_3 主要為針狀文滑石結晶，文滑石結晶的結構鬆弛、抗拉抗壓能力較差，黏結性弱，不易形成堅硬的水垢。而於水中形成任意的核結晶，成為泥渣狀態沉澱而隨污水排出。未經磁化處理的水於加熱時，析出的晶體 CaCO_3 主要為緊密的菱形方解石晶體，此種晶體於受熱的金屬表面上形成定型的核結晶，成為堅硬的水垢。

二、水的偶極矩變化使水垢晶體水合狀態改變

水經磁場後，由於磁場的作用，水分子的偶極矩增加，導致水分子間的范德華力得以加強，加強氫鍵的作用以及水分子之間的結合狀態。水中陽離子及陰離子受到洛倫茲力後發生位移、變形及極化。水分對水中離子水合狀態的變化，以及離子的變化與極化，使水垢結晶狀態變化。水分子與晶體或離子之間的水合狀態增強，導致晶體之間相互結合及晶體生長困難，如此，生成的水垢晶體變小，成為鬆散的泥渣狀態。

三、水中形成離子對使 CaCO_3 析出成為結晶狀泥渣

經磁化處理的水，由於受到洛倫茲力作用，正負離子接近，其同靜電力（及庫倫力）加大而結成離子對，並且水分子與水中離子的磁矩產生振動，致使 CaCO_3 在結晶核心周圍析出成為浮於水中的結晶狀泥渣。此泥渣於管壁上黏附成為一層薄而鬆的覆蓋層，水垢的晶體不能於管壁上析出。由於離子對的行成，管壁上總會結成一層薄垢，以水可沖掉；結晶形狀不會變化，晶粒可能折斷而變為細小。

四、破壞氫鍵的作用，使晶體結構改變、晶粒變小

由於磁場對價電子的自旋磁矩及軌道磁矩的作用，而破壞氫鍵的作用力，水溶液電解質平衡發生變化，同時單散水分子比例的增加，改變 CaCO_3 晶體的結構。於磁場內，由於氫鍵的破壞，水中單散水分子比例的增加，水中鈣離子 $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_n]^{2+}$ 中的水分子數 n 相映增加，從而使水中 CaCO_3 結晶為文滑石狀。此外，氫鍵的破壞使溶液電解質平衡發生變化，化學反應亦起變化，使磁化水中 CaCO_3 結晶粒子多而細小，致使溶液渾濁。

五、化學作用使 CaCO_3 沉積於 FeCO_3 晶粒上

由於磁極中的鐵與水接觸後，水中的氫離子 H^+ 與溶於水中的氧分子 O_2 均可作為氧化劑，使鐵分子 Fe 氧化成為亞鐵離子 Fe^{2+} 溶於水中， Fe^{2+} 與水 CO_3^{2-} 中的結合成 FeCO_3 ，其晶形與 CaCO_3 類似，但溶解度較小。 FeCO_3 的結晶核心首先形成，而 Ca^{2+} 與 CO_3^{2-} 於 FeCO_3 晶粒上

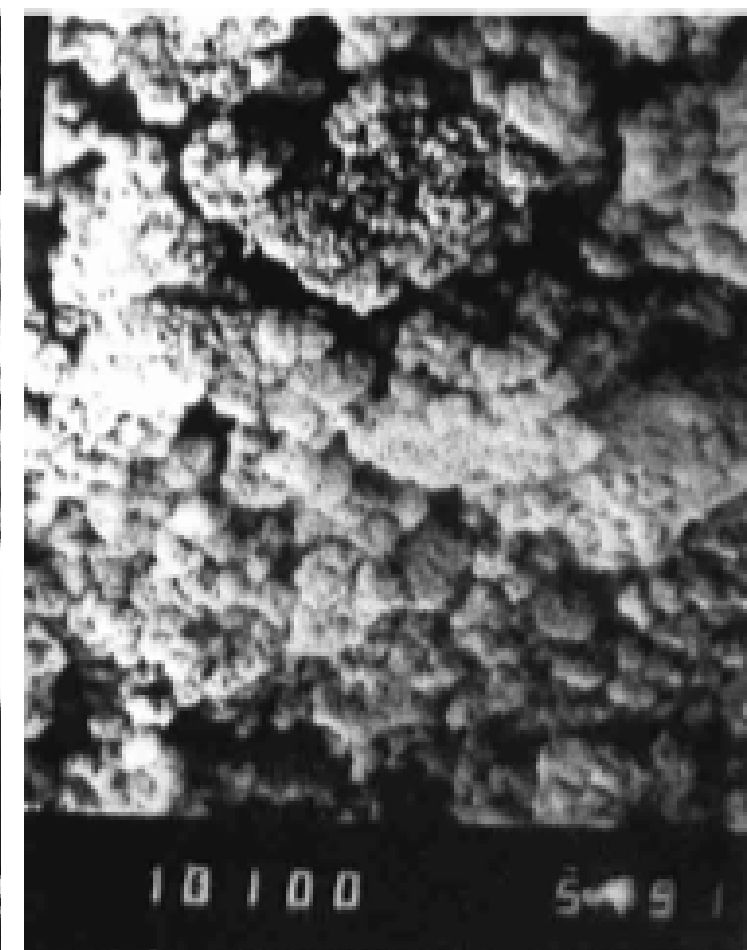
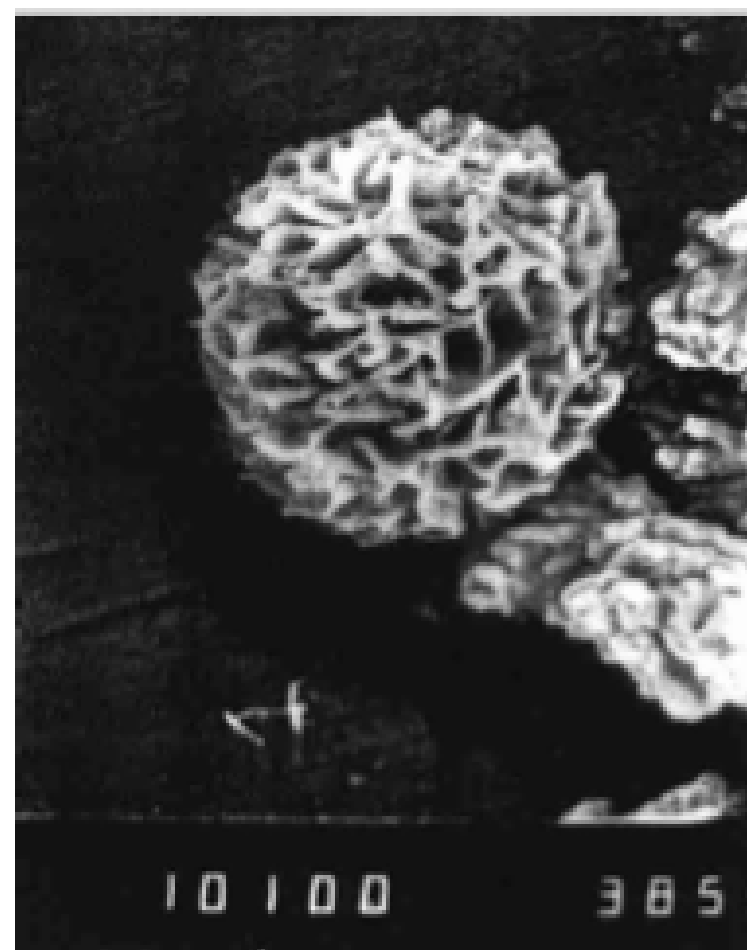
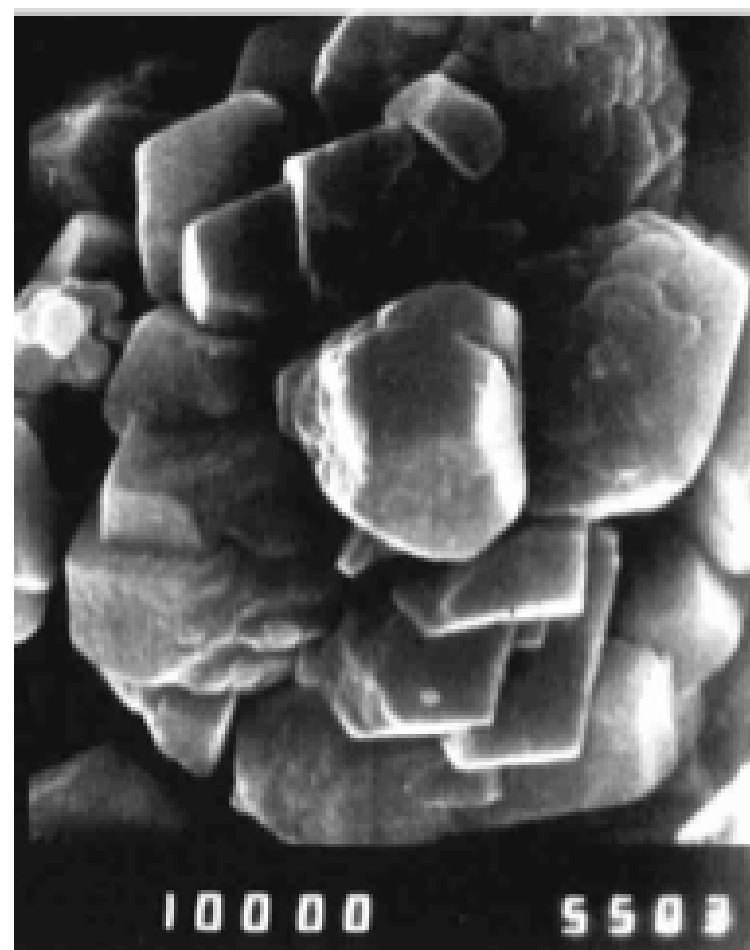
總號：93

913-6

沉積，如此形成的晶粒難以借助分子引力附著於管壁上， Fe^{2+} 的加入，使 CaCO_3 的平均離子活化係數下降，而溶解度增加，如此，將可使原有的水垢可能逐漸溶解而脫落。

六、水分子變形導致凝集沉降形成水渣

水經磁場處理，使水分子變形而減少極性，降低其介電常數，從而增加水中水垢粒子間的引力，降低其相互間的排斥力，而產生凝集沉降形成水渣。



問題

[illegible]

參考文獻	觀察結果
Narasiah, 1970	磁場對 140ppm 硬度之溫水有減少結垢的效果；但冷水則完全無效
Kirgintsev, 1971	磁場會增加成核
Ellingsen and Kristiansen, 1979	沉澱速率隨著磁場強度增加
Gruber and Carda , 1981 ; Hasson and Bramson , 1981 、1985	磁化對於硬水的水垢問題，無改善；磁化無法抑制與預防水垢生成。
Ellingsen and ViK , 1982	磁化使碳酸鈣的溶解度增加。
Kronenberg , 1985	磁化增加無附著性之水垢的沉澱。
Crolet and Ledion , 1988	磁化改變水垢的型態。
Donaldson , 1988 、1994	磁化抑制成核，加速碳酸鈣顆粒生成大顆粒結晶。

Grimes, 1988	磁化影響水垢的附著性。
Chou and Lin , 1989	磁化使二氧化矽在鹽水中的溶解速率增加。
Dalas and Koutsoukos , 1989	增加碳酸鈣的結晶速率。
Bernadin and Chan , 1991	無改變飽和矽酸溶液的聚合速率。
Lloyd , 1991	PVC 管線、鋁管和鋼管之水垢皆減少。
Higashitani , 1993	靜態磁化, 抑制水垢成核, 可維持 120 小時。
Gehr , 1995	增加飽和硫酸鈣懸浮液的沉澱, 減少 zeta 電位。
吳志高 , 2002	1.磁場愈大晶體成長速率愈小。 2.磁場抑制成長率隨過飽和的增加而減少 3.不同管材造成不同結果。
謝榮忠 , 2003	1.pH=9 時可有效抑制結垢, pH>10 的水質反而加速結垢。 2.離子濃度 0.005~0.0035M 有抑制功效。 3.流速 1~3L/min 有抑制功效, 但大小對抑制無影響。

參考文獻	觀察結果	註解
Joshi and Kamat, 1966	使用 0.8T 磁場，磁化後 pH 增加 0.4。	使用蒸餾水。
Gruber and Carda, 1981	磁化後沸點、表面張力和導電度皆無變化。	使用硬水。
Gonet, 1985	使用 0.8T 磁場，磁化後 pH、表面張力和介電常數皆無變化。	使用蒸餾水。
Bernardin and Chan, 1991	IR 光譜分析磁化後之溶液，發現無物理結構的改變。	因為鐵離子的增加，而減少矽質水垢的形成。
Ozeki, 1991	磁場大於 0.9 T 會增加水的吸附作用。 磁場小於 0.76 T 會減少水的吸附作用。	只在斥水物質的表面才會反應磁場的影響。

Ayrapetyan, 1994	0.1 M CaCl ₂ 溶液暴露於 0.027 T 的磁場 2 分鐘，其導電度減少 200 mS/cm 。	因為磁化改變了水分子的性質，限制了鈣離子的遷移率。
Simon, 1997	磁化後 pH 由 8 減少到 7.5，但又緩緩增到 8。	使用 0.7 T 的磁場強度。
Kenneth, 1997	1.磁化後陽極端 pH 減少，陰極端 pH 增加。 2.若使用鐵質管線，則 pH 會增加，若使用 PVC 管線，則無變化。	鐵離子的輔助，會使 pH 明顯變化。

Bruce , 1998	磁化後自來水黏度增加 0.04，去離子水增加 0.03，氯化鈣溶液減少 0.09。
費慶志， 1998	磁化後對某些物質的溶解度增加 20%，並增加溶氧量。
安燕和劉雲，2000	1.水經磁化後 pH 上升約 2.6%。 1. 表面張力隨磁場強度增加而降低。 NMR 結果與表面張力結果相符。 2. 表面張力可維持 15 天。
吳忠 等 人，2004	表面張力下降 5.21%

Coey and Cass, 2000	200	碳酸鈣含量 $\approx$ 120mg/L，水垢結晶
Baker and Judd, 1996	130	—————
Barrett and Parsons, 1998	60	添加CaCl ₂ and Na ₂ CO ₃ in air tight containers，0.45T，
謝榮忠，2003	46	碳酸鈣溶液 0.018M，抑制結垢
Botello-Zubiate et al., 2004	30	1T，水垢結晶，up to 200h
Hoyzs et al., 2003	24	CaCl ₂ and Na ₂ CO ₃ (0.008M)，zeta potential，0.45T
劉占金 等人，1994	12	-----
游意雯，2000	10	SiO ₂ + NaCl ₂ (0.001M)，zeta potential，0.65T
Hoyzs et al., 2002	4	CaCl ₂ and Na ₂ CO ₃ (0.008M)，zeta potential，0.45T



水垢



地球上因天然而存在的水稱為天然水，按其來源可分為地表水與地下水。河水、湖水、水庫水及海水屬於地表水；井水及泉水屬於地下水。地表水由雨水與雪水餘地層表面上沖刷、流動、匯集而成。因沖刷流動過程中，地表水會混入大量泥砂及有機物等雜質，並溶入較多氧氣，使其含有懸浮物質及氧氣。地下水是由地表水滲入地下而形成，於地表水流經土壤或岩層滲入地下時，經過地層過濾使水中所含泥砂等懸浮物及有機物減少，但卻會溶入大量鹽類。

冷卻水是吸收熱交換器所發出熱量，將水升溫到一定的溫度，經過循環管路輸送到冷卻塔進行散熱降溫。冷卻水中若含有懸浮物、有機物或鹽類，將會造成結垢、腐蝕等現象。對於散熱的效率、熱交換器的使用壽命與經濟運轉有著重要的影響。

在冷卻水塔中，溫水被噴灑經過空氣流，造成部分水量之蒸發，水溫因此而降低。水滴在空氣流中，經由輻射（ radiation ）、傳導（ conduction ）、對流（ convection ）及大部分由蒸發（ evaporation ）的方式，將熱從水塔中帶出。

由於冷卻水以純水的型態蒸發損失，復因不斷循環利用，水中雜質便留存在水池裡，但本身含有雜質的補充水又不斷注入，即可補充蒸發損失的水量，維持系統的平衡。經過一段時間後，雜質持續累積，便形成水垢，水垢的產生將造成系統的障礙。

●濃縮倍數

$$\text{濃縮倍數} = \frac{\text{蒸發水量} + (\text{強制排放量} + \text{自然排放量})}{(\text{強制排放量} + \text{自然排放量})}$$

蒸發水量， $\Delta T = 5.8^{\circ}\text{C}$ 時循環水量的1%為蒸發損失量計算
自然排放量約為循環水量的0.05%，估算中忽略

$$\text{強制排放量} = \frac{\text{蒸發水量}}{\text{濃縮倍數} - 1}$$



水中雜質

由於自然及人為污染，水中含有各式各樣的雜質，依據其尺寸可分為三類，依次為懸浮物質、膠體物質及溶解物質。

懸浮物質

懸浮物質其直徑為 10^{-4}mm 以上的顆粒懸浮於水中，使水出現渾濁現象。在靜水中，輕的懸浮物質會浮於水面上，主要有動植物排出的或在其死亡後腐敗產生的有機物質；重的懸浮物質在靜水中將會沉於水底，如砂石或黏土等有機化合物。

膠體物質

水中膠體物質其顆粒直徑約為 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ mm之間。此微粒是由許多分子及離子集合而成的個體，由於其表面吸附許多離子而帶有電荷，從而使同類膠體顆粒因帶有相同電荷而相互排斥。因此，膠體物質的特點是不能相互結合，亦不能自行沉澱，而是處於一種相對穩定的膠體狀態中。天然水中的膠體物質可分為兩種，一為有機膠體物質，為由動植物腐敗後形成的有機膠體；一為由鐵、鋁、矽等礦物質形成的礦物質膠體。

溶解物質

水中的溶解物質的顆粒直徑小於 10^{-6} mm，一般以離子或分子狀態存於水中。水中的離子是由於水中溶解的鹽類產生的。鹽類中的金屬原子都形成陽離子，而酸根則為陰離子。

天然水中溶有的陽離子如：

Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Co^{2+} 及 Al^{3+} ；陰離子如： HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HSiO_3^- 、 F^- 、 NO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 HS^- 、 BO_2^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 I^- 、 HPO_4^{2-} 及 H_2PO_4^- 。

水中的溶解的氣體，則以分子狀態存在。天然水中常見的溶解氣體有 O_2 、 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 及 NH_3 。

結垢型式

在熱交換系統裡面，結垢通常並不是單獨存在。當整個熱交換系統開始產生結垢時，有可能會同時產生兩種或者三種的結垢。

沉澱結垢 (Precipitation Fouling)

沉澱結垢為常見的水垢，也就是水中的一些礦物質或雜質。礦物質或鹽類的物質將會沉澱，然後附著在表面上。

腐蝕結垢 (Corrosion Fouling)

腐蝕結垢主要是工作流體與熱交換器（或管路表面）所產生的一種化學反應。腐蝕結垢通常會讓熱交換器的表面開始剝離，到最後熱交換器會穿孔，造成熱交換器內兩種流體的混合。此時，就必須更換熱交換器。

微粒結垢 (Particulate Fouling)

微粒結垢通常是有一些 particulate (顆粒狀) 物質的沉澱。因此，微粒結垢會堵塞管路。

微生物結垢 (Biological Fouling)

微生物結垢通常是指菌類、藻類。大家觀看冷卻水塔時，常常發現其表面有綠色的物質，這就是藻類，屬於微生物的一種。

化學反應結垢 (Chemical Reaction Fouling)

因為工作流體本身含有其他的成分，當產生化學反應後，就會產生一些物質附著在管路表面，或是熱交換器內部，稱之為化學反應結垢。

固化結垢 (Solidification Fouling)

固化結垢通常是從結冰狀態，形成固體的物質，也就是流體本身固化，固化以後，很有可能堵塞管路。

傳統處理

冷卻水處理方法中，化學加藥處理以防蝕、抑垢及殺藻，為最廣泛被採用的方法。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。這些藥劑或以人工方式，或以自動加藥裝置，接將藥劑注入循環水中，而自動加藥裝置乃以計時器或電導度計加以控制。日常固定添加化學藥劑的方式只能抑制水垢生成的速度、必須配合定期化學藥劑酸洗或機械刷洗等方法來解決此類問題。使用同時，需兼顧操作成本及是否會產生二次污染。

結垢形成之機制

