
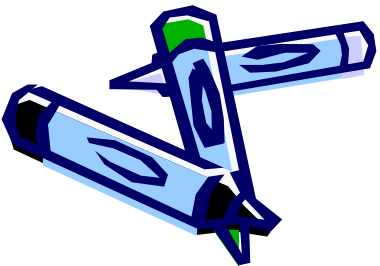
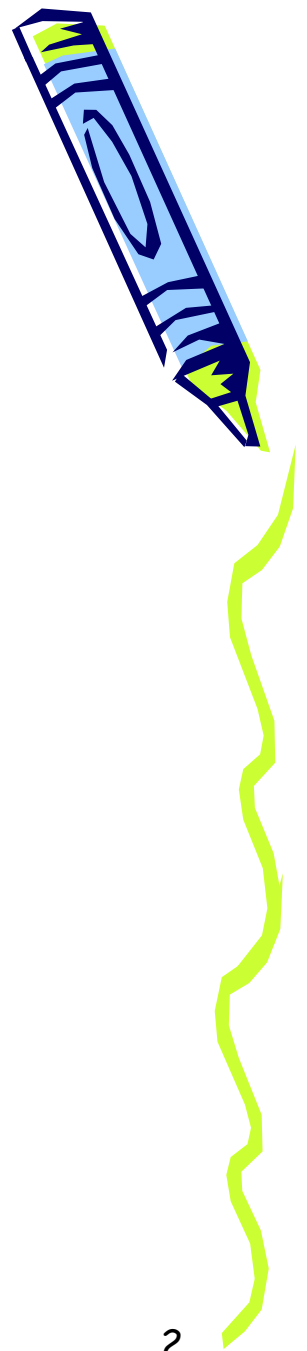


乾 燥 裝 置



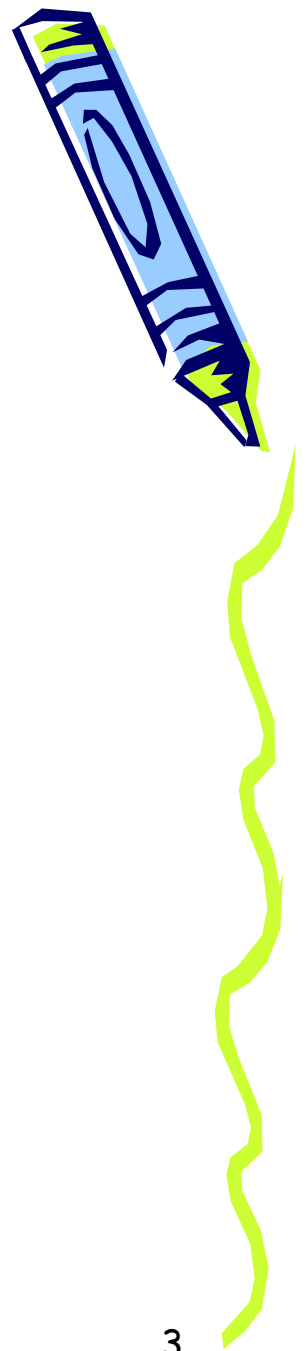
單元學習目標

- ➔ 乾燥的目的
- ➔ 乾燥的原理
- ➔ 乾燥的過程
- ➔ 乾燥的方法
- ➔ 乾燥裝置的分類



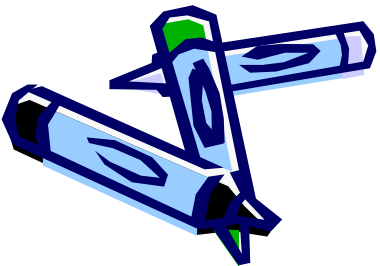
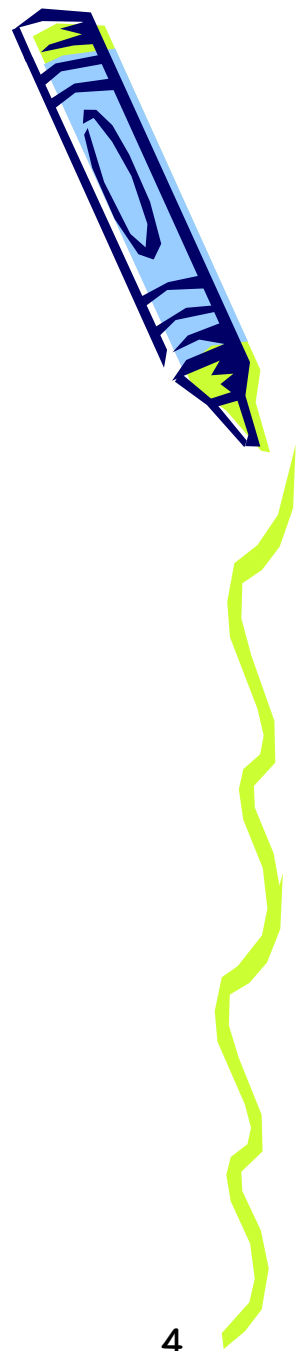
何謂乾燥

➡ 利用物理或化學的方法
將水份從物料中去除，
稱為乾燥。



乾燥的目的

- ➔ 延長物料保存期限
- ➔ 使物料取用方便
- ➔ 減少重量，降低運輸成本



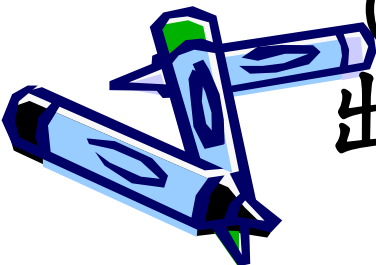
名詞定義1



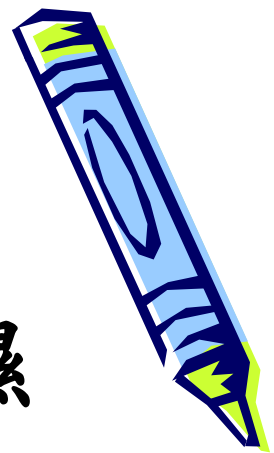
➔ 含水率：被乾燥的物料中所含的水分與物料重的比值。

➔ 以衣服乾燥為例

④ 濕衣服乾燥前的總重為 w_0 ，放在烘衣機內（ $t=0$ ），熱風乾燥一段時間後（ $t=t$ ），衣服的重量變為 w ，繼續乾燥超過某一段時間後（ $t=t_e$ ），衣服中的水分不在揮發出來，此時衣服的重量變為 w_e 。



名詞定義2

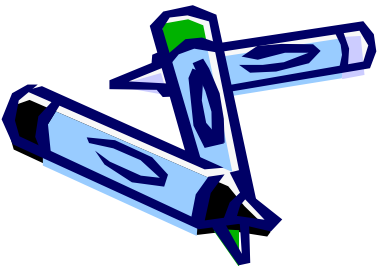


- ➔ 濕基準：含水率的表示中以濕物料的總重為基準。

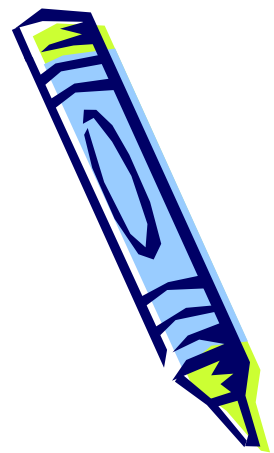
$$\text{濕基準的含水率} = \frac{w - w_e}{w}$$

- ➔ 乾基準：含水率的表示中以乾物料的總重為基準。

$$\text{乾基準的含水率} = \frac{w - w_e}{w_e}$$



名詞定義－總含水率



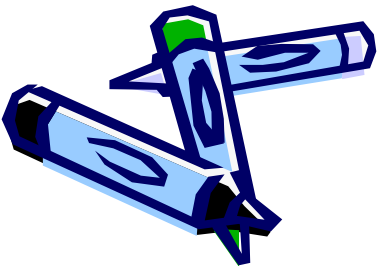
總含水率 (total moisture content)

➡ 定義：物料中所含水分的總重與乾物料重的比值。

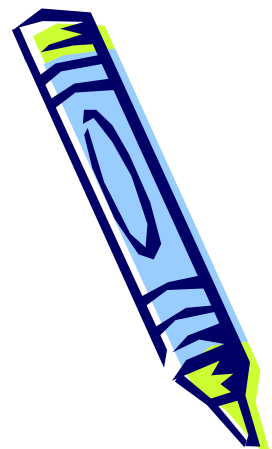
➡ 表示法：

總含水率 = $\frac{\text{物料中水分的總重}}{\text{乾物料的重}}$

$$x = \frac{w_0 - w_s}{w_s}$$



名詞定義－含水率



含水率 (moisture content)

➡ 定義：乾燥經一段時間後，物料中所含水分的重與乾物料重的比值。

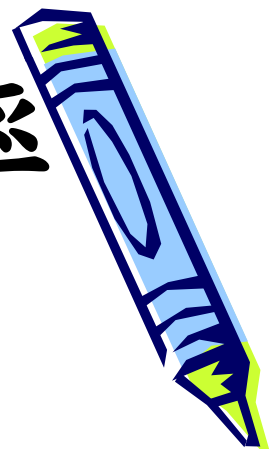
➡ 表示法：

$$\text{含水率} = \frac{\text{物料中水分的重}}{\text{乾物料的重}}$$

$$x = \frac{W - W_S}{W_S}$$



名詞定義 — 平衡含水率

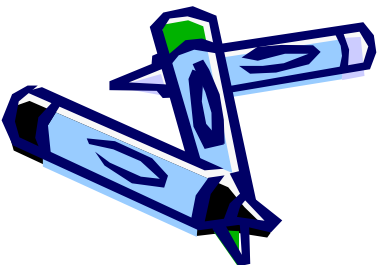


平衡含水率 (equilibrium moisture content)

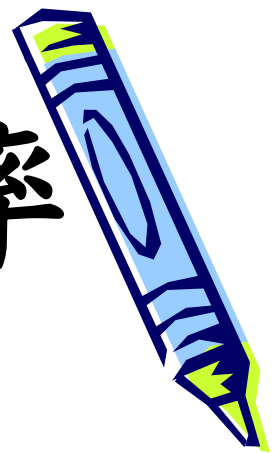
➡ 定義：乾燥再經一段時間，物料中的水分不再被揮發出來時，物料中所含水分的重與乾物料重的比值。

➡ 表示法：

$$x_e = \frac{w_e - w_s}{w_s}$$



名詞定義 — 自由含水率



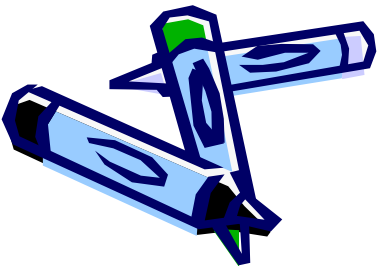
自由含水率 (free moisture content)

➡ 定義：乾燥過程中，可以被移除的水分。

➡ 表示法：

自由含水率 = 總含水率 - 平衡含水率

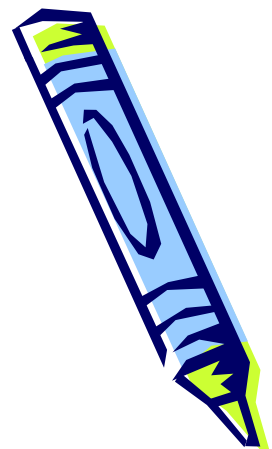
$$x_f = x_0 - x_e = \frac{w_0 - w_e}{w_s}$$



含水率的計算例

→ 某工廠製造肥皂的過程中將80kg濕肥皂，放在70°C、相對濕度為10%的空氣中乾燥8小時後，肥皂重為45kg。再將肥皂加熱到120°C完全去除水分後，乾肥皂的重變為40kg，求肥皂的總含水率平衡含水率及自由含水率各為多少kg-H₂O/kg-乾物料？

含水率的計算例題解



⇒ 總含水率

$$x_0 = \frac{w_0 - w_s}{w_s} = \frac{80 - 40}{40} = 1 \text{ kgH}_2\text{O} / \text{kg乾物料}$$

⇒ 平衡含水率

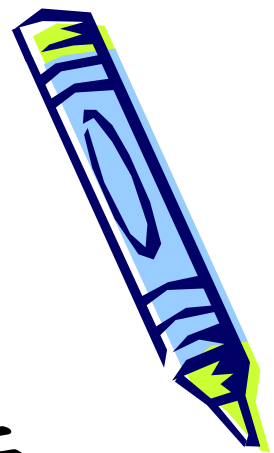
$$x_e = \frac{w_e - w_s}{w_s} = \frac{45 - 40}{40} = 0.125 \text{ kgH}_2\text{O} / \text{kg乾物料}$$

⇒ 自由含水率

$$x_f = x_0 - x_e = 1 - 0.125 = 0.875 \text{ kgH}_2\text{O} / \text{kg乾物料}$$



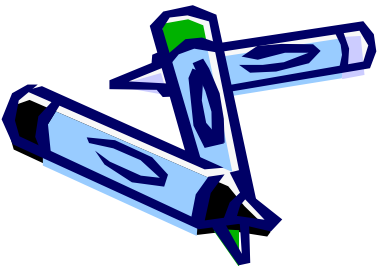
乾燥速率



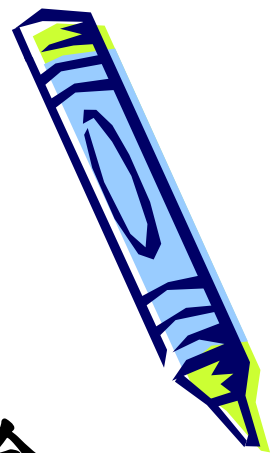
⇒ 定義：單位時間、單位乾燥面積所流失的水分重量。

⇒ 單位：

$$R = \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2}$$

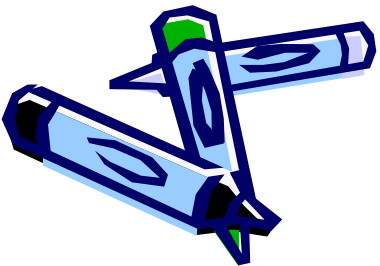


乾燥特性曲線

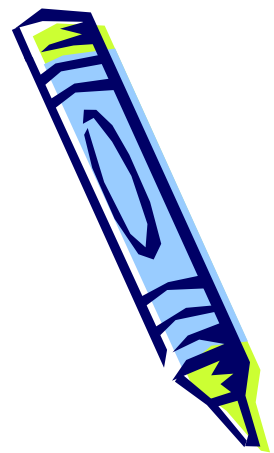


➡ 以乾燥速率為縱軸，自由含水率為橫軸。

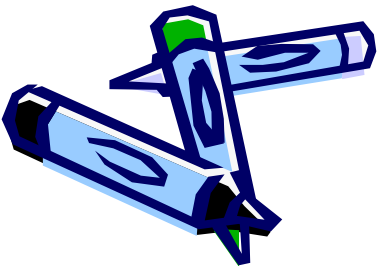
➡ 乾燥時間愈長，自由含水率愈少。



乾燥的過程

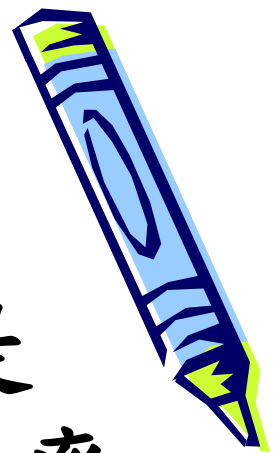


- ➔ 起始期(initial period)
- ➔ 恒速期(constant rate period)
- ➔ 減速第一期(falling period I)
- ➔ 減速第二期(falling period II)



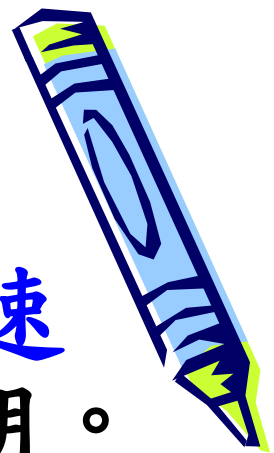
起始期的說明

➔ 開始乾燥時，被乾燥的物料是由低溫進入高溫，此時乾燥速率也上升，由A點到達B點；若被乾燥的物料是由高溫下降到低溫，則由A' 點降至B點。起始期的時間通常很短，對於整個乾燥過程影響不大。

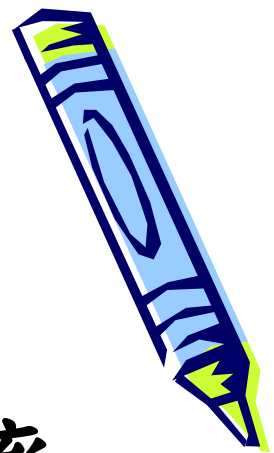


恒速期的說明-1

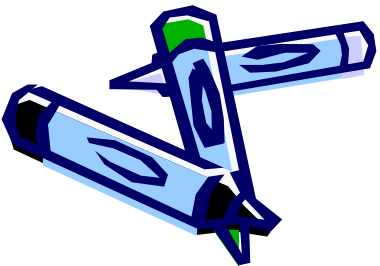
- ➔ 由B點到C點，這段期間**乾燥速率維持不變**，所以稱為恒速期。
- ➔ 如果物料是多孔性固體物，在恒速期時水份由物料表面蒸發，但蒸發後物料內部的水份會藉由毛細作用而爬升到物料表面加以補充，使得物料表面有一層薄薄的水膜，因為水份來源不斷，使得**乾燥速率維持不變**。



恒速期的說明-2



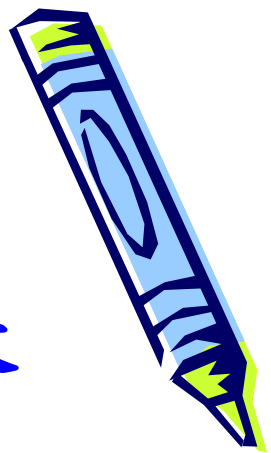
- ➔ 恒速期終了時的自由含水率 X_c ，稱為**臨界含水率** (critical moisture content)。
- ➔ 在恒速期，物料表面的溫度與空氣中的濕球溫度一樣。



減速第一期的說明

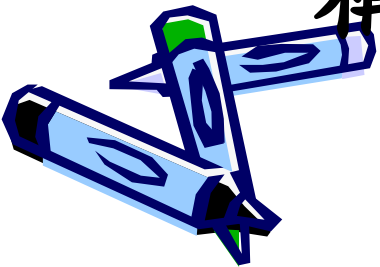
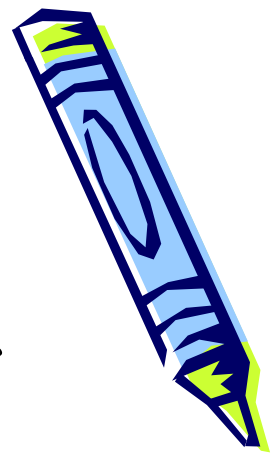
➔ 過了C點(臨界點)後，物料表面揮發掉水份的速率，較物料內部補充物料表面水份的速率為大，所以這段期間乾燥速率下降，稱為減速期。

➔ 此時物料表面的水膜面積漸漸縮小，一直到達D點時，水膜消失，這一段稱為減速第一期。



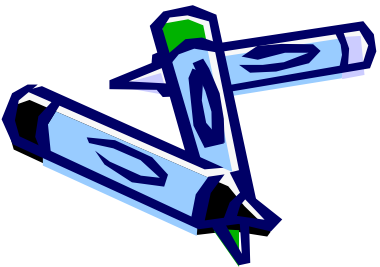
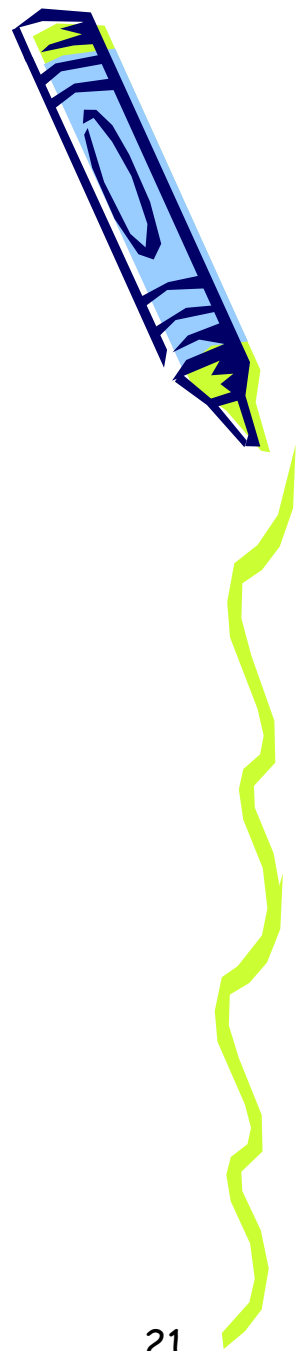
減速第二期的說明

➡ 物料表面的水份蒸發光了以後，就輪到物料內部水份的蒸發了，物料內部水份的移出當然比物料表面水份的移除更為困難，所以乾燥速率更低，所以從D點到E點，稱為減速第二期。



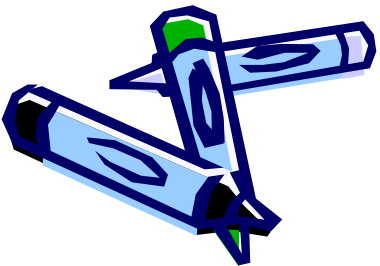
乾燥的方法

- ➡ 直接乾燥法
- ➡ 間接乾燥法
- ➡ 冷凍乾燥法



直接乾燥法的操作方式

- ➡ 讓物料與熱風直接接觸，由熱風把蒸發出來的水份帶走，是最常用的方式。



直接乾燥法的分類

➡ 依物料與熱風接觸方式的不同可分類為：

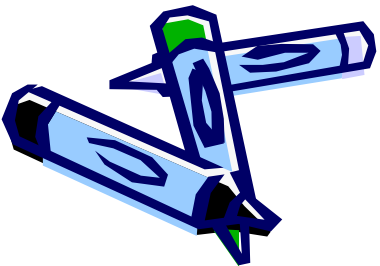
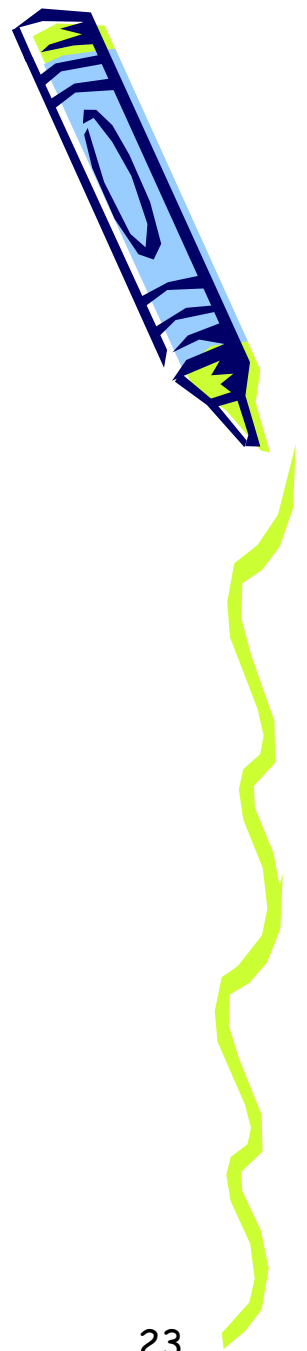
✕ 橫流法

✕ 叉流法

✕ 翻轉法

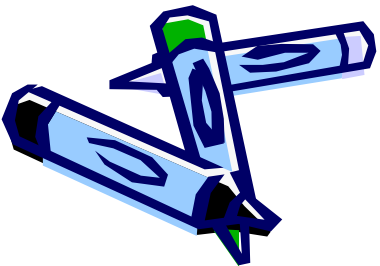
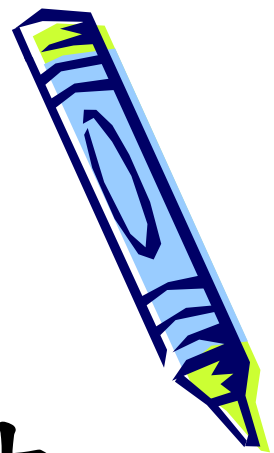
✕ 流體化法

✕ 攪拌法



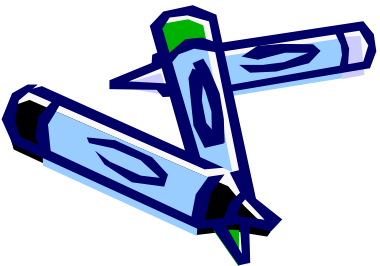
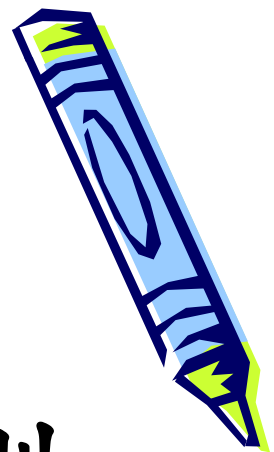
橫流法

➡ 物料平鋪於盤上，熱風則由物料上方水平吹過。

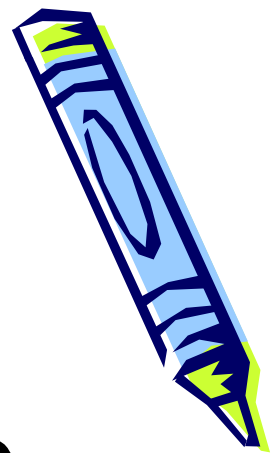


叉流法

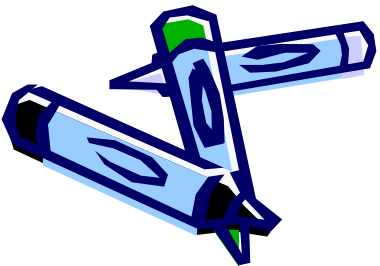
➔ 物料平鋪於篩網上，熱風則由上而下或由下而上，穿透過物料流動。



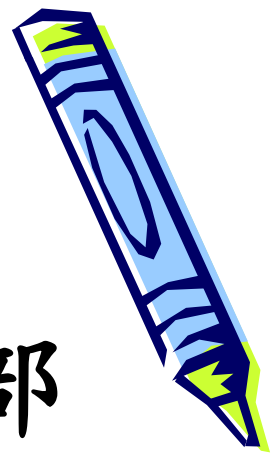
翻轉法



➡ 物料置於圓筒內，熱風吹入圓筒，當圓筒轉動時，把物料往上帶，然後掉入來。這種物料垂直掉下，熱風水平流動的接觸方式，叫做翻轉法。



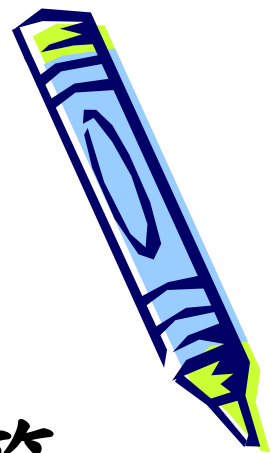
流體化法



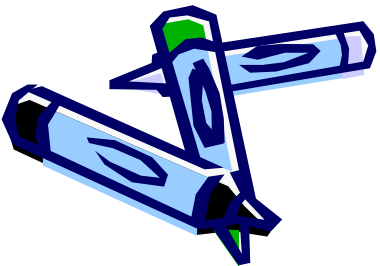
➔ 物料置於圓筒內，圓筒底部有一圓板，板上有許多小洞，熱風由圓筒底部向上吹，如果風速控制得宜，能把物料吹得上上下下浮沉，但不會被吹掉。



攪拌法

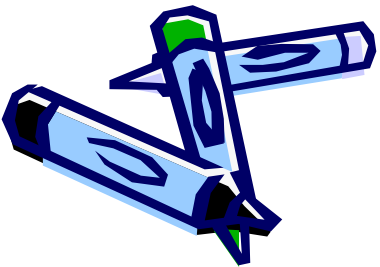


➔ 把物料堆置在錐形筒內，筒內有一個螺旋攪拌器來攪拌物料，增加熱風與物料接觸機會，螺旋攪拌器的轉速約10轉/分。

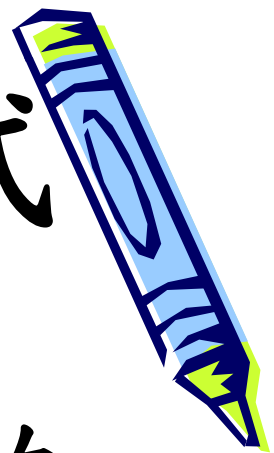


間接乾燥法的操作方式

- ➔ 將物料與高溫金屬板接觸，熱能經由金屬板傳入物料中，而將物料內的水份趕出去。



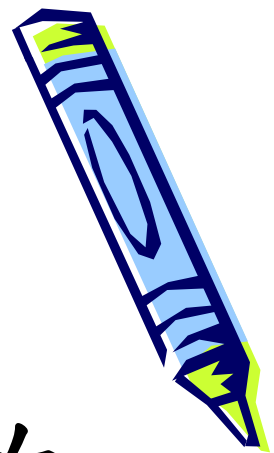
冷凍乾燥法的操作方式



- ➔ 先把物料冷凍，使物料內的水份結成冰，然後降低壓力，使冰昇華成水蒸汽而離開固體物料。



乾燥裝置的分類-1

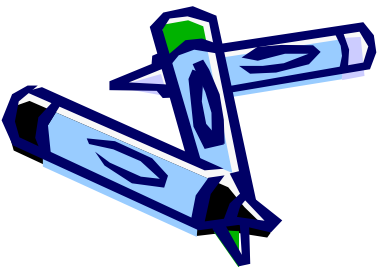


➔ 適用於塊狀或粗顆粒狀之物料(如肥皂、木片、磚瓦和藥錠):

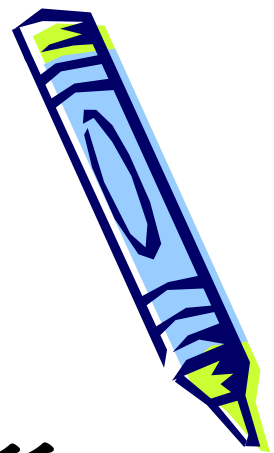
✕ 盤式乾燥器

✕ 隧道乾燥器

✕ 輸送帶乾燥器



乾燥裝置的分類-2

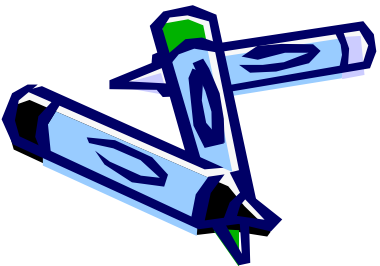


➔ 適用於小顆粒狀之物料(如稻子、食鹽和水泥):

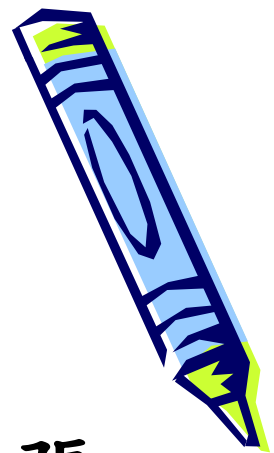
✳ 迴轉乾燥器

✳ 流體化床乾燥器

✳ 噴霧乾燥器

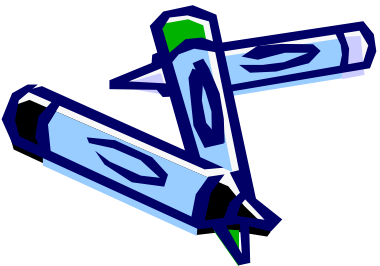


乾燥裝置的分類-3



➔ 適用於連續物料(如布匹和紙張等成捲物料):

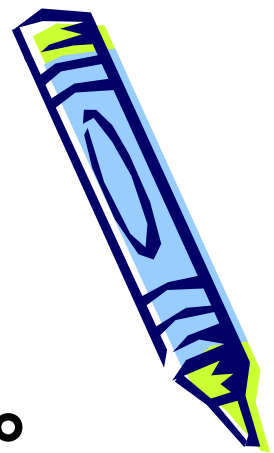
✧ 圓筒式乾燥器



盤式乾燥器的操作-1

➔ 是一個絕熱的大型櫃子，物料平鋪於盤子上，盤子則一層一層置放於架上，新鮮空氣由右下角進入後，藉著風扇吹過加熱管來提升溫度，再平行吹過盤面之物料，於左邊匯集後，一部份空氣排出櫃外，一部份空氣回流再利用，物料在達到所需的乾燥度後，將框架移出櫃外，卸下舊料裝上新料，重新推入櫃子，再進行乾燥。

盤式乾燥器的操作-2



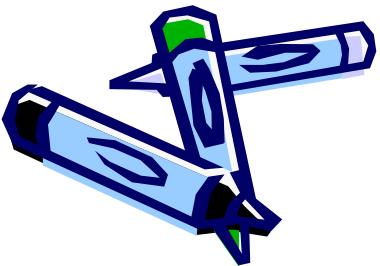
➡ 乃直接乾燥法中的橫流法。

➡ 採批式操作。

➡ 特點：

✳ 構造簡單，操作容易。

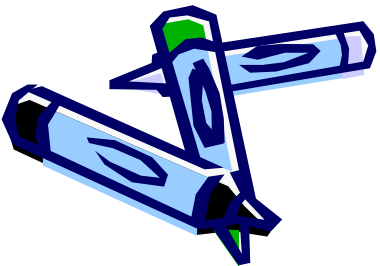
✳ 人工費用高，處理量較少。



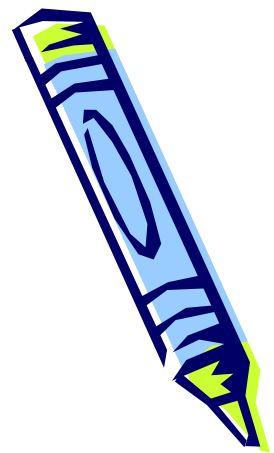
隧道乾燥器的操作-1



➡物料裝在圖下方的小車內，車子一輛接一輛地由左邊進入隧道，由右邊離開隧道時，已完成乾燥；空氣由左上角進入，經過加熱管加熱後，吹到右邊盡頭後下降，接著熱空氣在隧道下層由右向左移動，將物料乾燥，最後由空氣出口離開隧道。



隧道乾燥器的操作-2



➡ 乃直接乾燥法中的橫流法。

➡ 採連續式操作。

➡ 特點：

✕ 構造簡單。

✕ 處理量較多。

✕ 常用於木材、磚塊及陶瓷物料的乾燥。



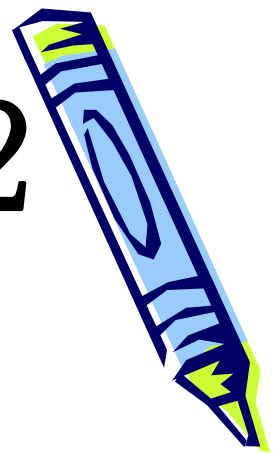
輸送帶乾燥器的操作-1



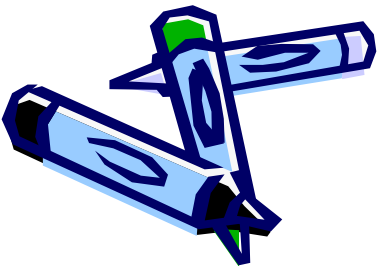
- ➔ 固體物料置於鑽有孔洞的輸送帶上，由左向右輸送，前半部份，熱風由下向上吹；後半部份，熱風則由上向下吹，等物料由左向右輸送完成，即成乾燥物料。



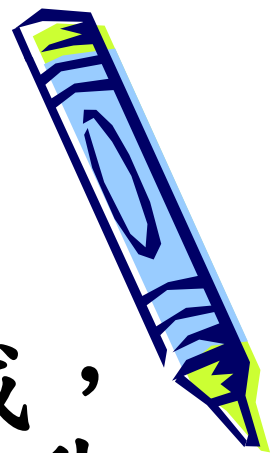
輸送帶乾燥器的操作-2



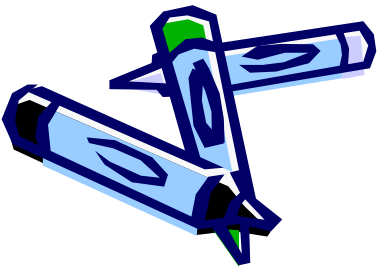
- ➡ 乃直接乾燥法中的叉流法。
- ➡ 採連續式操作。
- ➡ 特點：
 - ✖ 速率大。
 - ✖ 設備成本低。
 - ✖ 操作成本低。



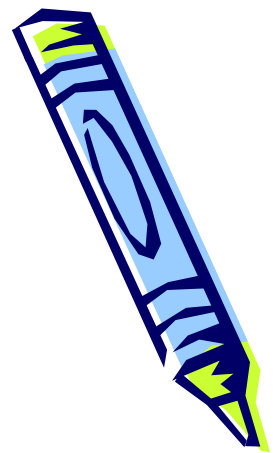
迴轉乾燥器的操作-1



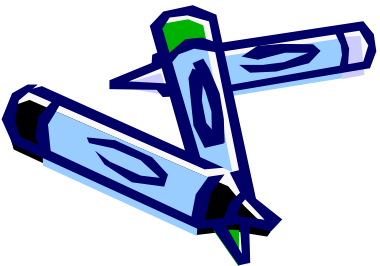
➔ 由一傾斜可旋轉的圓筒所構成，圓筒轉動的很慢，筒內有數片升舉板，當圓筒旋轉時，物料會被帶往上升，然後由上往下掉落。物料由較高的左方進入，一面轉動，一面往右下方流動，物料與熱風呈逆向流動，熱風會把物料中的水份帶走，完成乾燥程序。



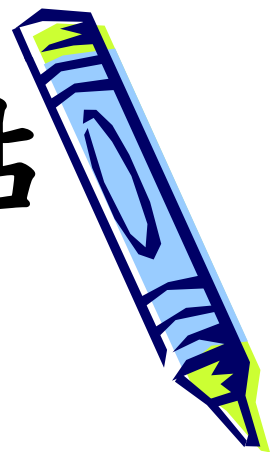
迴轉乾燥器的操作-2



- ➡ 乃直接乾燥法中的翻轉法。
- ➡ 採連續式操作。
- ➡ 常應用於必須保持清潔又不能直接曝露於很熱煙道氣的顆粒物料，如鹽或糖。



迴轉乾燥器的優、缺點

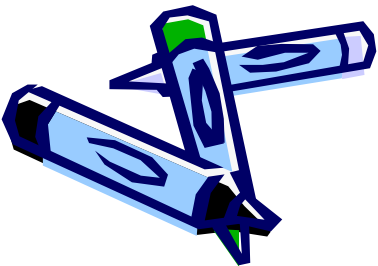


➔ 優點

- ✕ 處理量較多。
- ✕ 熱效率高。
- ✕ 設備成本低。
- ✕ 操作成本低。

➔ 缺點

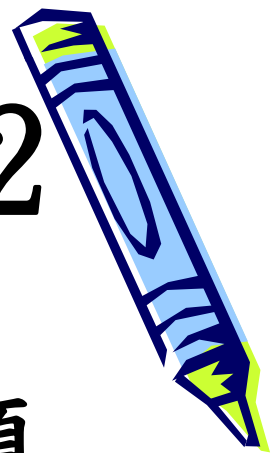
- ✕ 產品的乾燥程度較不平均。
- ✕ 會產生噪音。
- ✕ 會產生大量灰塵。



流體化床乾燥器的操作-1

- ➔ 潮濕的固體物由左邊的進料器送入流體化室，空氣則由床下方的空氣管入口進入，經過加熱器內的加熱管化室，此時固體物料被高速的熱空氣帶動，在室內到處亂跳而乾燥。
- ➔ 乾燥後的物料與空氣由流體化室上端逸出，經過旋風分離後，空氣由上端逸出，乾燥物料則由下面出口排出。

流體化床乾燥器的操作-2



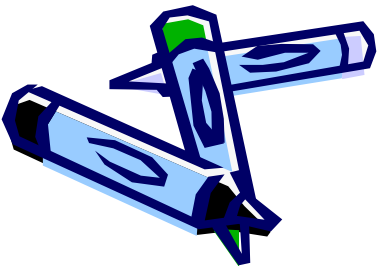
➡ 通常用在顆粒小且濕度低的顆粒物料之乾燥。

➡ 優點

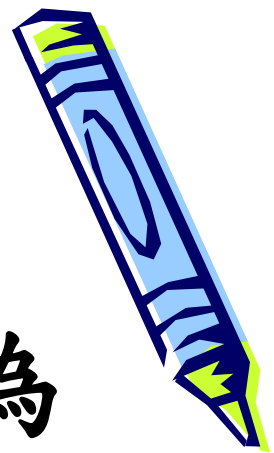
✳ 乾燥速率大，乾燥程度均勻。

➡ 缺點

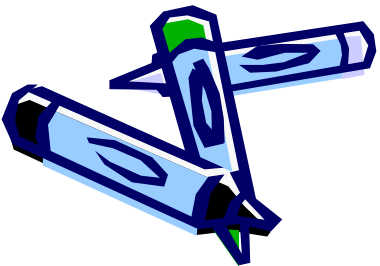
✳ 消耗較多能源



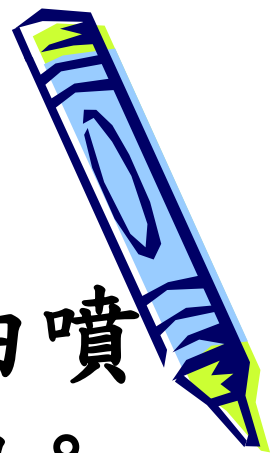
噴霧乾燥器的原理



➡ 先使物料成為液滴，再成為霧狀分散在熱風中，利用熱風將霧狀物料乾燥成細微的顆粒，熱風與霧狀物料可同向流動或逆向流動。



噴霧乾燥器的操作-1



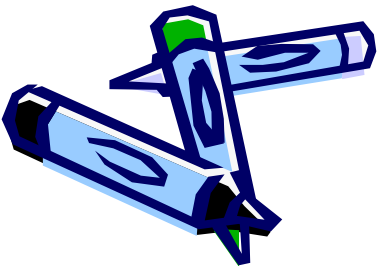
- 物料由乾燥室的上方進入，由噴霧裝置噴成霧狀液體向下移動。
- 同時，空氣經加熱器加熱成熱風後，也由乾燥室的上方進入，霧狀液滴與熱風在乾燥室內同向流動並接觸後，水分被熱風帶走，溶質則形成固體的微小顆粒向下落，微小顆粒被熱風帶到旋風分離器分離。



圓筒式乾燥器的操作-1



- ➔ 由兩排加熱圓筒所構成，筒內通入水蒸汽加熱，布匹或紙張則貼捲在圓筒外面，當圓筒轉動時會把布匹或紙張向右拉，當布匹或紙張由左邊拉到右邊時，乾燥程序就會完成。



圓筒式乾燥器的操作-2

➡ 乃間接乾燥法中的一種。

