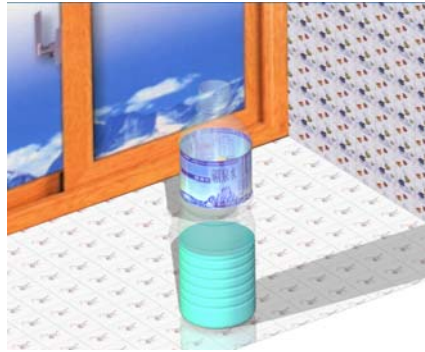
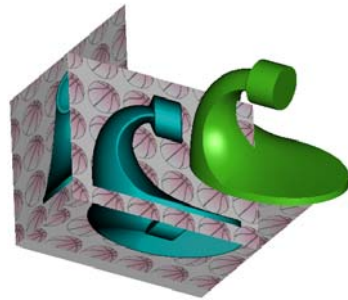
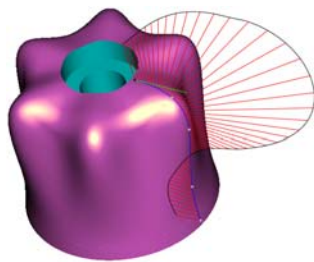




ISDX 曲線



ISDX ( Interactive Surface Design Extension ) 交互式曲面設計是提供機構工程師更輕鬆建構 3D 曲線之工具，能加速產品的開發時程及增進變化性。

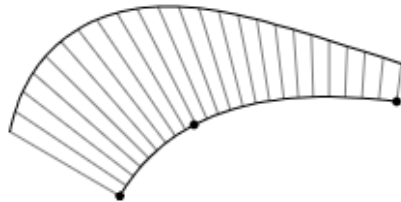
ISDX 提供直覺式拖拉曲線調整外形，無尺寸標註之拘束，能輕易產生所要的曲線造型，進而建構出曲面。

ISDX 是以「~~雲~~規線」( Spline，通過點群的平滑曲線 ) 為線條基礎，可繪製出 2D 與 3D 曲線。要得到高品質的曲面，則必須要先有高品質的曲線；亦即曲線品質差是不可能得到好品質的曲面，各位讀者應該牢記這樣的觀念。

本書重心完全放在曲線，詳述 ISDX 的曲線功能。而曲線是由「點」所構成，故各種點類型亦是您瞭解的重點。

另外，曲線的補修也是重要的。補修是透過“曲率”分佈圖，檢視曲線的滑順度，拖拉控制點或控制多邊形以達到較好的外形。

至於曲線端點狀態，可藉由端點相切、正交等設定，控制曲線的連接情況。



【圖 8-1】

## 8-1 曲線之建立

ISDX 是以「雲規線」(Spline) 為線條基礎，透過“曲率圖”(Curvature Plot) 分佈、端點相切正交等設定，生成高品質的曲線，進而建立高品質的曲面。

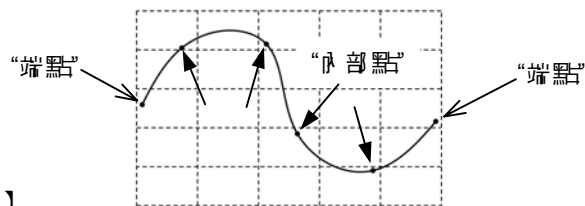
高品質曲線



高品質曲面



### 認識造型曲線

一條造型曲線是由 2 個端點(Endpoint)及 N 個內部點(Internall Points)所組成的 Spline 平滑線，若 N 為 0 則是：一條直線。



【圖 8-2】

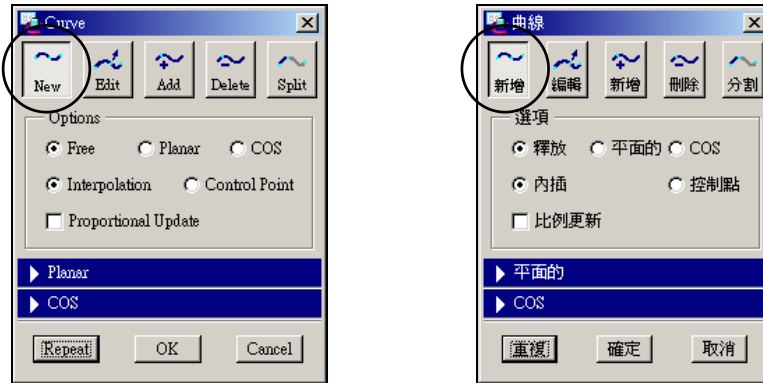
### 造型曲線之類型

點選右方工具列之 ，隨即出現 Curve (曲線) 對話框，見【圖 8-3】，點選  建立曲線，有 3 種曲線類型：

- Free (自由的)：可建立 3D 曲線。
- Planar (平面的)：在現存平面上，建立落於其上的 2D 曲線。



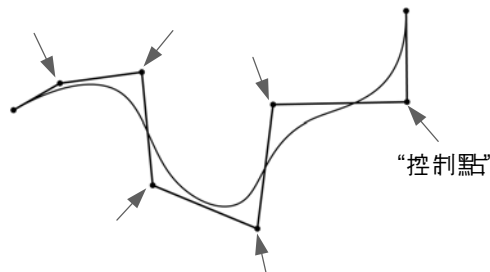
- COS (Curve On Surface, 曲線在面上): 在現有曲面上直接建立「伏貼」於其上的曲線。



【圖 8-3】

### 👤 Interpolation (內插) vs. Control Point (控制點)

如前面【圖 8-2】所示，該曲線是利用 Interpolation 方式，由曲線上數個「關鍵點」來調整外形；另外，如【圖 8-4】所示，這是以「控制多邊形」之「控制點」來調整，兩者各有優點。

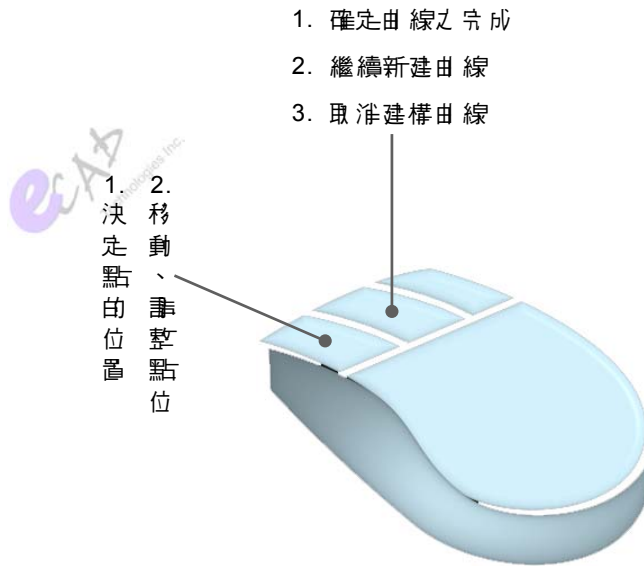


【圖 8-4】

§ 8-1-1 到 § 8-1-3 是說明 Free、Planar、COS 等三種曲線，皆以 Interpolation 方式為主。

## 滑鼠操作

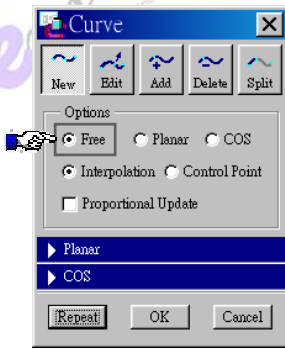
- **[左鍵]** 是決定點的位置。
- 在決定“點位”的同時，壓住 **[左鍵]** 可立刻移動、調整點位。
- **[右鍵]** 是確定曲線之完成，並且可繼續新建曲線。
- 若僅決定起點，則 **[右鍵]** 是立即取消建構曲線。



【圖 8-5】

## 8-1-1 Free 自由曲線

Free 可產生 2D 或 3D 的自由曲線，關鍵取決於 1 個或 4 個分割畫面，請讀者特別留意。

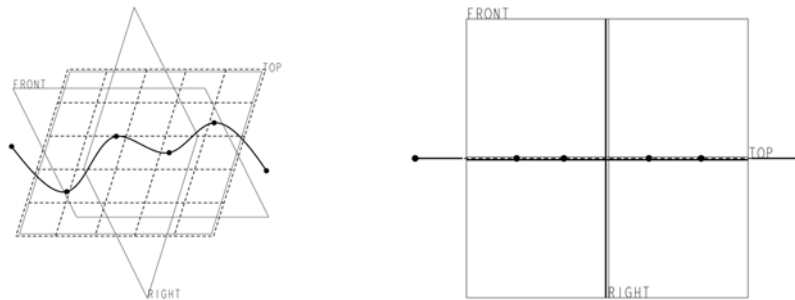


【圖 8-6】

### 1 個畫面


在 1 個畫面中，該自由曲線會落在“活動平面”上，如【圖 8-7】所示；但不能視為“平面的”（Planar）曲線，因為仍可移動點使其離開活動平面。

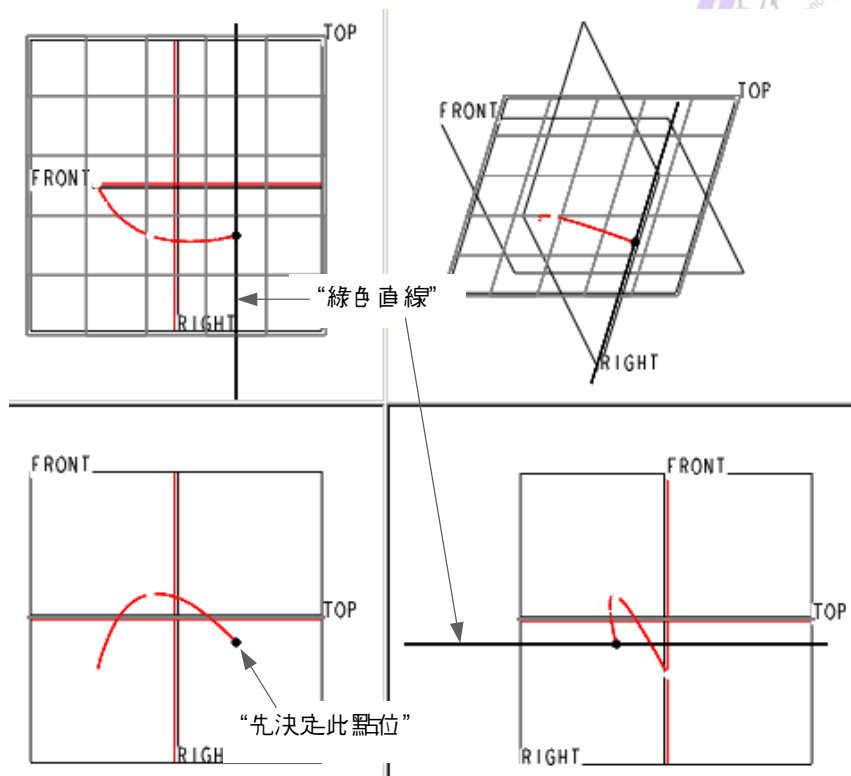
注意：在 1 個畫面中調整點位，較無法掌握點位之變化，建議使用 4 個畫面。



【圖 8-7】

## 4 個畫冊

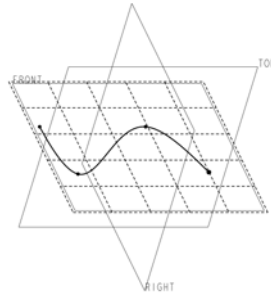
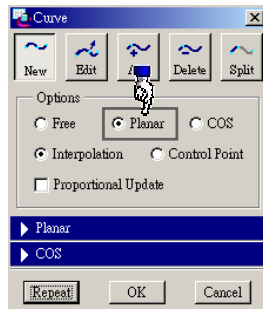
利用  切換成 4 個分割畫面，兩個視圖可決定出一條 3D 曲線。排除右上的 Default 視圖，其它三個視圖擇其一，先決定某一點位，再到剩下的兩個視圖之一（會出現綠色直線）決定出該點的另一方位，見【圖 8-8】。



【圖 8-8】

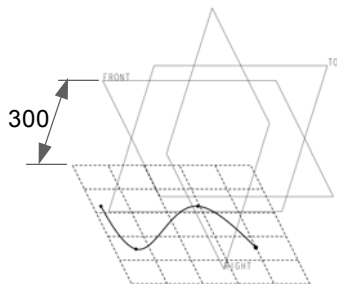
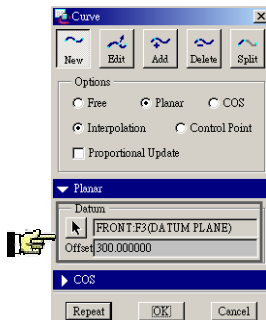
## 8-1-2 Planar 平面曲線

Planar 是在所選定的“活動平面”上“建立 2D 曲線，如【圖 8-9】所示。



【圖 8-9】

建立 Planar 曲線的同時，展開 Planar 欄位，可改選其它的活動平面或輸入“偏距值”(Offset) 平移活動平面。如【圖 8-10】所示，指定基準面 FRONT 為活動平面，並輸入偏距值 300。



【圖 8-10】

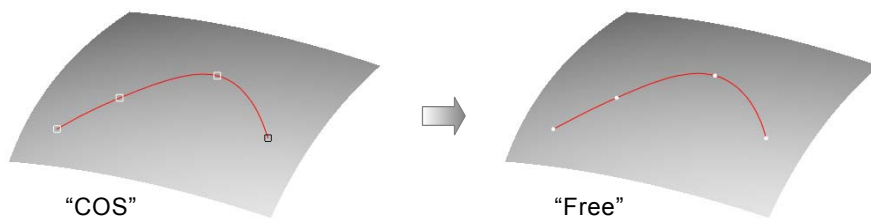
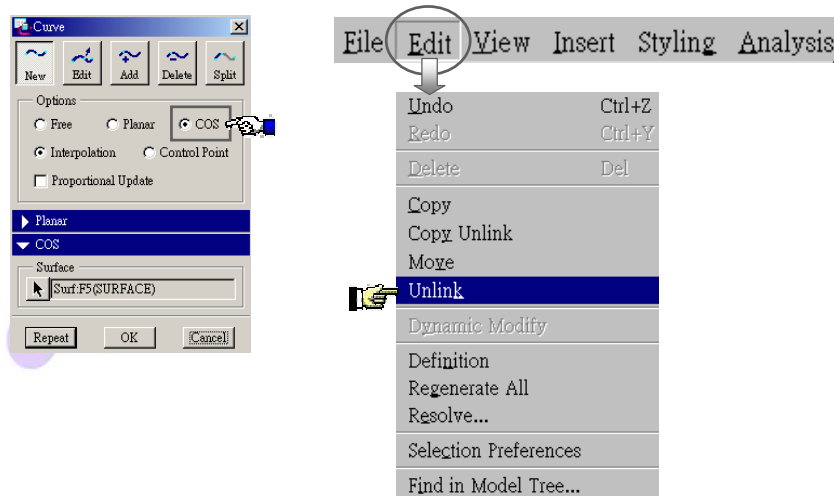
注意：鍵盤上的 **Del** 可用來刪除曲線、**Shift** 可連續選取數條曲線。



### 8-1-3 COS 曲線在面上


COS (Curve On Surface) 是在選定的現存曲面上建立“伏貼”於其上的曲線，故該曲面為其特徵、此 COS 曲線為子特徵。

不過，若使用下拉式選單 **Edit (編輯) - Unlink (斷開連結)** 可變更為 COS 為 **Free** 自由曲線狀態，即脫離曲面之約束（無父子關係），見【圖 8-11】。

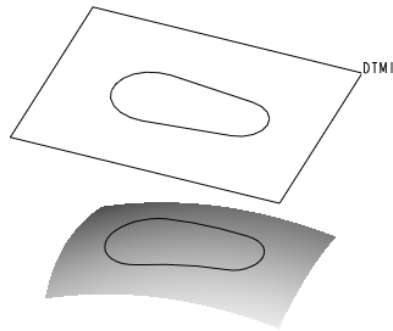


【圖 8-11】

### 8-1-4 Drop 投影曲線

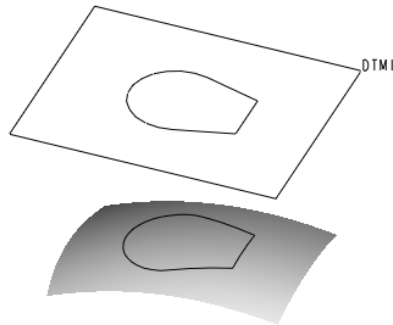
極類似上述 COS，Drop (  ) 是將曲線朝選定的平面以法向“投影”到指定的曲面上，見【圖 8-12】。

用來進行投影的曲線 (Drop Curve) 是  $\psi$  特徵、投影到曲面上的曲線 (Dropped Curve) 則為  $\phi$  特徵，所以，修改 Drop Curve 外形時，會影響 Dropped Curve，見【圖 8-13】。



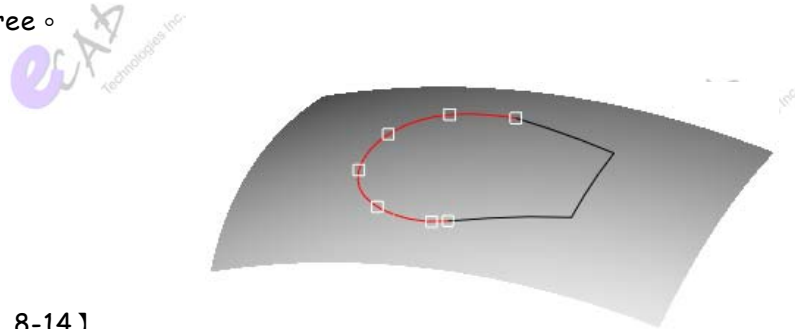
【圖 8-12】

↓ “變更 Drop Curve 外形”



【圖 8-13】

不過，若使用下拉式選單 **Edit (編輯) - Unlink (斷開連結)** 可變更為 Drop 為 COS 曲線，即脫離 Drop Curve 之約束（無任何關係），見【圖 8-14】。注意：再執行下拉式選單 **Edit (編輯) - Unlink (斷開連結)** 一次，會轉變為 Free。



【圖 8-14】

綜言之，使用下拉式選單 **Edit (編輯) - Unlink (斷開連結)** 功能改變曲線之約束性質，是從約束最多到最少之狀態，如下所示。

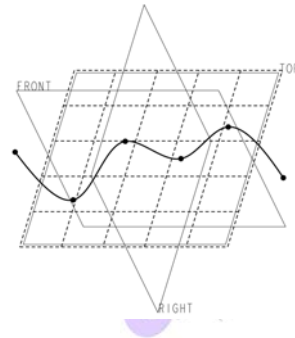


## 8-2 點類型

“點” (Point) 是曲線最基本的構成元素 (參見前面【圖 8-2】), 可分 4 種點類型: *Free* (自由)、*Soft* (軟)、*Fixed* (固定)、*Intersection* (交接), 皆有特定的點樣式。

### ★ Free (自由 ·)

顧名思義, 自由點就是空間中不與任何圖元相接觸的點 (有 3 個自由度), 點樣式為 “實心圓點 ·”。

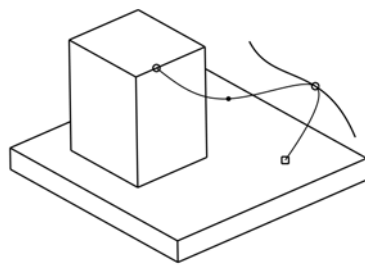


【圖 8-15】

### ★ Soft (軟 ○、□)

軟點是與曲線 (Curve)、邊 (Edge)、面 (Surface) 相接觸的點, 若與曲線相接 (可在線上滑移), 其點樣式為 “空心圓點 ○”; 若與邊或面接觸 (可在邊上滑移、面上移動), 則是 “空心方形 □”。

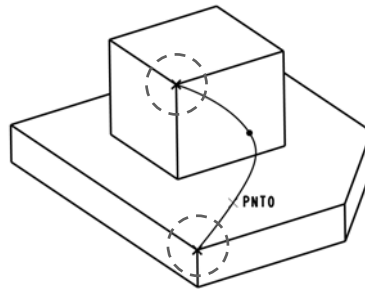
另外, 配合 **Alt** 可確實捕捉到曲線、邊、面。



【圖 8-16】

### ★ Fixed ( 固定 x )

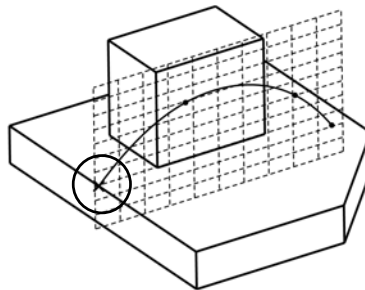
捕捉到基準點、頂點會產生固定點 ( 點樣式為 x )，不能拖拉移動即目的變為 0。



【圖 8-17】

### ★ Intersection ( 交接 x )

交接點可視為另一種固定點，發生在產生 Planar 曲線時，捕捉到另一條曲線，所以點樣式亦為 x、目的變為 0。





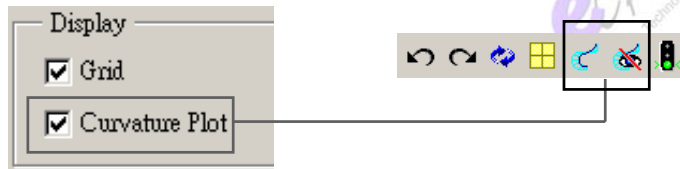
【圖 8-18】

## 8-3 曲線之編修

使用 § 8-1 節功能建立曲線後，接著是編修曲線。通常會藉助“曲率圖”（Curvature Plot）來調整曲線外形或判斷是否需新增/刪除點。

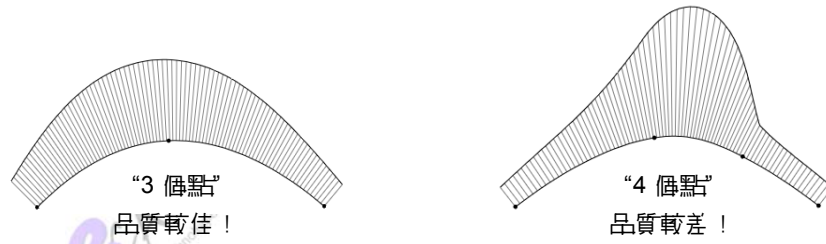
### Curvature Plot（曲率圖）

曲率圖（可由 、 控制顯示與否）是用來描述曲線的變化方向，藉此可檢視出曲線的品質。下拉式選單 **Utilities(功能)–Styling Preferences**（造型偏好選項）提供了曲率圖的相關設定，請參見第七頁。在此，筆者提出三點設計原則，有助於建立高品質之曲線：

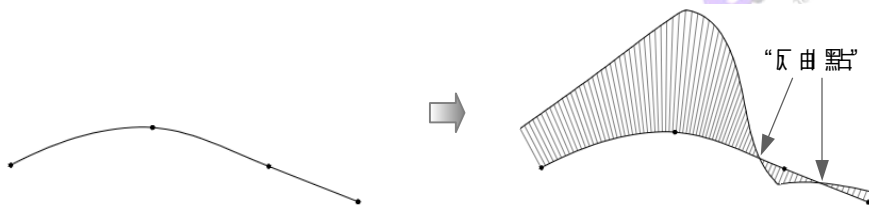


【圖 8-19】

- 善用曲率圖：一定要利用曲率圖檢視曲線的品質，單憑視覺是不夠的。
- 點數：曲線上點數多寡會影響外形及曲率分佈，越少的點數其品質越佳，見【圖 8-20】。
- 冗余點：除非必要，儘可能不要產生冗余曲點，見【圖 8-21】。



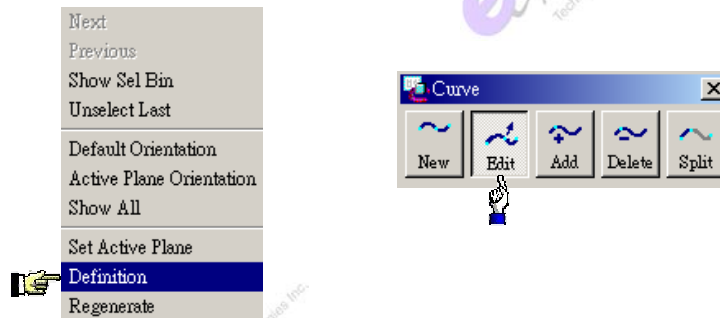
【圖 8-20】



【圖 8-21】

曲線初步產生後，可直接點選右側 **Edit** (編輯)、**Add** (新增)、**Delete** (刪除)、**Split** (分離/合併) 圖形鈕進行補修。

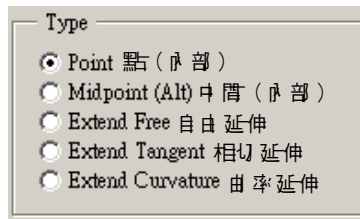
或者，已離開 **Curve** 對話框，點選 (  ) 該曲線壓 **右鍵** 選擇 **Definition** (定義) 或點選  亦可。



【圖 8-22】

## ❄️ 8-3-1 Add 新增點

Add 功能分數種新增點的方式，**Point** (內部點)、**Midpoint** (中間點) 是在曲線上 (內) 適當處新增“點”；**Extend Free** (自由延伸)、**Extend Tangent** (相切延伸)、**Extend Curvature** (曲率延伸) 是在曲面兩端延伸新的點，且能設定自由、相切、曲率連續。



【圖 8-23】

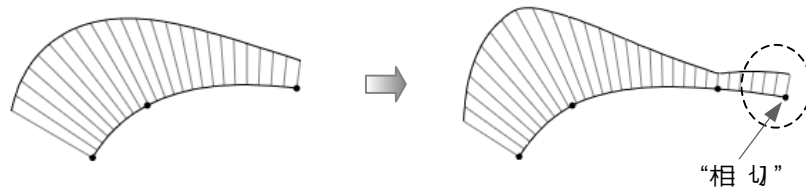
【圖 8-24】是 **Point** 之情況 (位於曲線上任意處)，而 **Midpoint** 是在曲線上任何點“正中間”新增點，可直接配合 **Alt** 鍵，見【圖 8-25】。



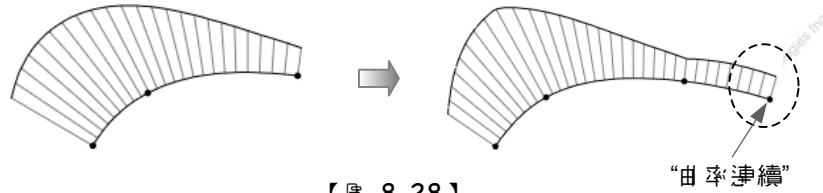
【圖 8-26】至【圖 8-28】是 **Extend Free** 自由延伸、**Extend Tangent** 相切延伸、**Extend Curvature** 曲率連續延續之情況。







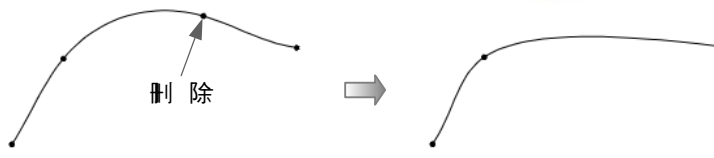
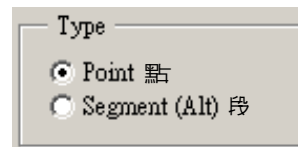
【圖 8-27】



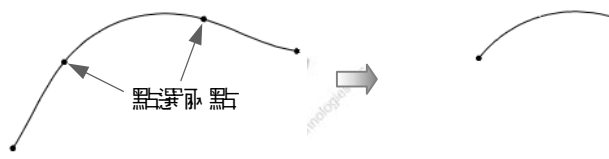
【圖 8-28】

### ❄ 8-3-2 Delete 刪除點

Delete 功能分兩種，**Point** 是刪除兩端點或內部點，見【圖 8-29】；**Segment** 是選取兩點（包括：端點）而刪除兩側保留中間曲線部份，如【圖 8-30】所示。直接壓住 **Alt** 鍵等於執行 **Segment** 功能。



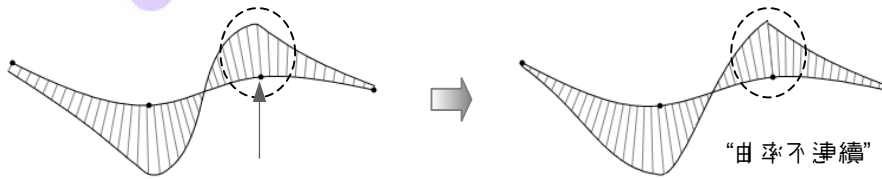
【圖 8-29】



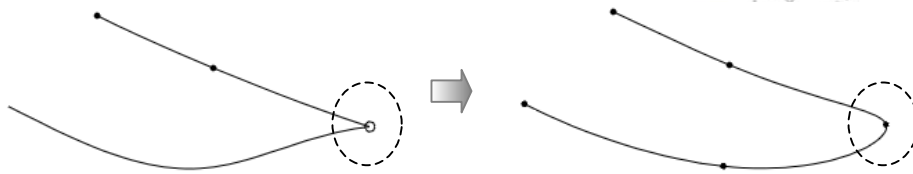
【圖 8-30】

### ❄ 8-3-3 Split 分割/合併曲線

Split 不僅能“分割”曲線，亦可“合併”兩曲線使成為一條。曲線一經分割，有時候曲率會不連續，見【圖 8-31】；某一條曲線的端點落於另一曲線上（Soft Point 軟點 ○），即可合併此兩條曲線，如【圖 8-32】所示。



【圖 8-31】



【圖 8-32】

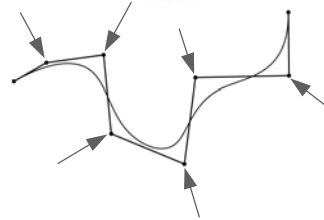
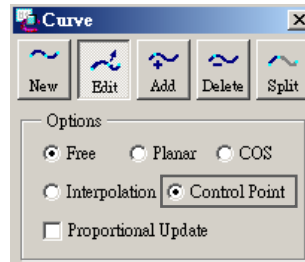
### ❄ 8-3-4 Edit 編輯曲線

本節所述 Edit (編輯) 功能有：拖拉、相切、連接、取消連接、比例更新，另外尚包括下拉式選單 Edit 中的複製與移動，一一說明如後。

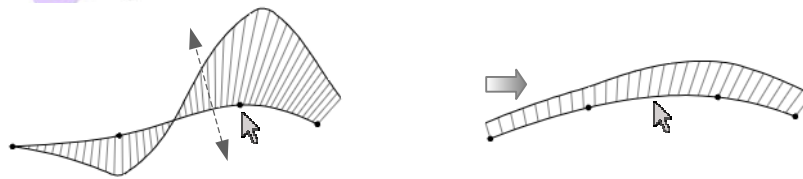
## Edit (編輯)：拖拉

前面 (第四節) 提過有兩種控制曲線的方式：(1) **Interpolation** 插關鍵點，如本章絕大部份的圖例；(2) **Control Point** 多邊形控制點，主要是調整多邊形頂點，見【圖 8-33】。兩者控制各有特色，讀者/ 您熟悉善用之！

【圖 8-33】



曲線初步建立後，接著是利用 **Edit** 進行“拖拉”移動點以調整外形，如【圖 8-34】所示 (可藉助曲率圖)。



【圖 8-34】

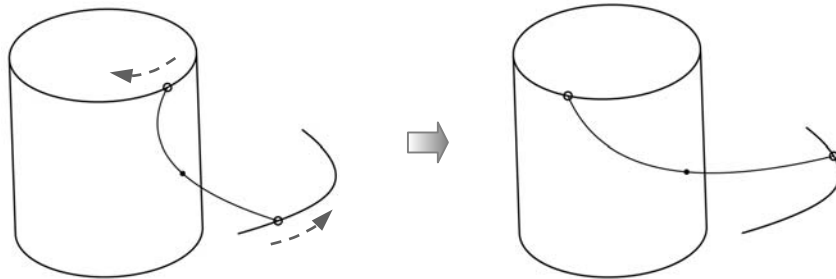


拖拉移動點時，可配合 **Shift**、**Alt** 鍵限制移動方向。

**Shift**：僅能在正交方向移動

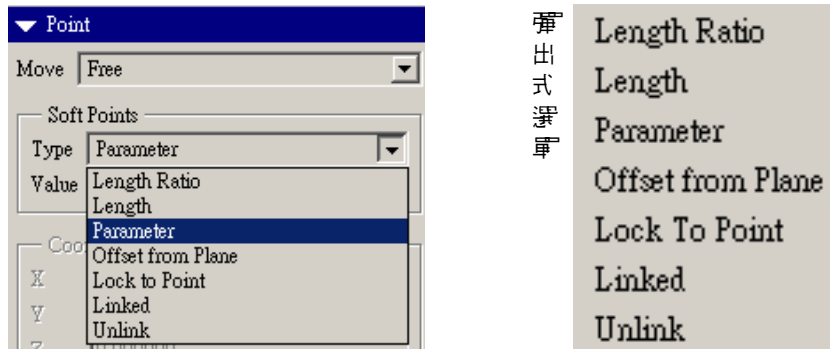
**Shift** + **Alt**：僅能在水平、鉛直方向移動

【圖 8-35】顯示了移動軟點之情況，僅能在參考曲線上移動（端點的相切等設定依舊存在）。



【圖 8-35】

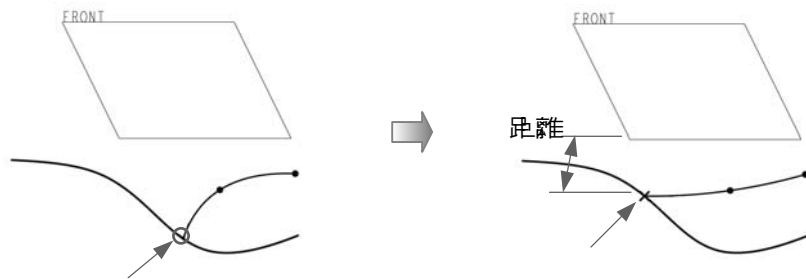
移動軟點時，除了上圖所示“自由”在曲線上移動外，可外加更明確的（數值）限制，有：**Length Ratio**（長度比例）、**Length**（長度）、**Parameter**（參數）、**Offset from Plane**（距離平面的偏距）、**Lock To Point**（鎖定點），這些選項在鼠標右鍵的彈出式選單或展開 **Curve** 對話框的 **Point** 中，見【圖 8-36】。



Curve 對話框：Point

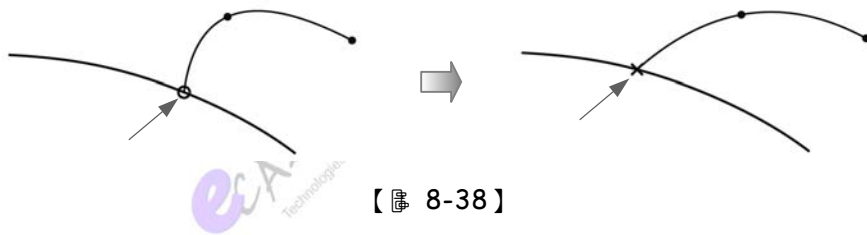
【圖 8-36】

- **Length Ratio (長度比例):**  
將參考曲線設定視為 1，輸入設定比例值控制軟點位置。
- **Length (長度):**  
系統自動指定從參考曲線某一端算起，輸入設定值控制軟點位置。
- **Parameter (參數):**  
預設情況，類似 **Length Ratio**，但比例值稍有不同。
- **Offset from Plane (距離平面的偏距):**  
指定一基準面，輸入與基準面之距離值，符號會轉為  $x$ ，見【圖 8-37】。



【圖 8-37】

- **Lock To Point (鎖定點):**  
系統會自動移動軟點到參考曲線上最近的控制點，如此猶如“固定”在該控制點上，故符號會轉為  $x$ ，如【圖 8-38】所示。

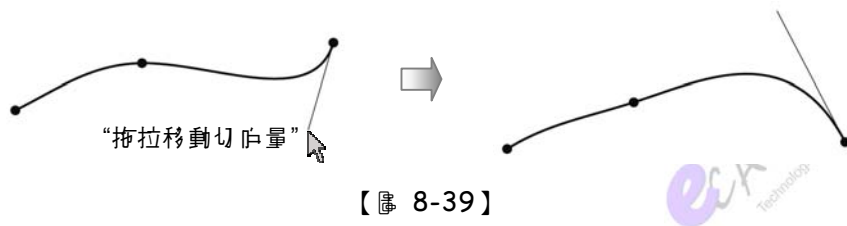


【圖 8-38】

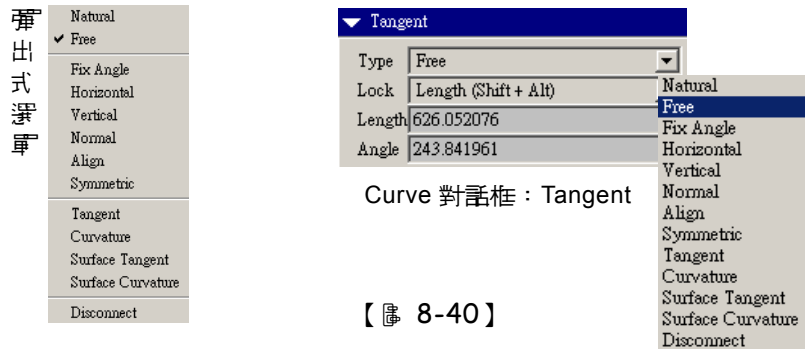
另外，Link (已連結) 主要表現一種狀態，如軟點捕捉 (落於) 到曲面、曲線、點等。Unlink (取消連結) 則是“脫離”參引點/曲線/曲面等項目之約束，可參引第 04 節的 **Edit (編輯) - Unlink (斷開連結)** 情況。

### Edit (編輯): 相切

編輯曲線兩端點時，會出現一條“黃色”直線 (切向量 Tangent Vector)，直接拖拉黃直線可控制相切的“長度”及“方向”，如【圖 8-39】所示。

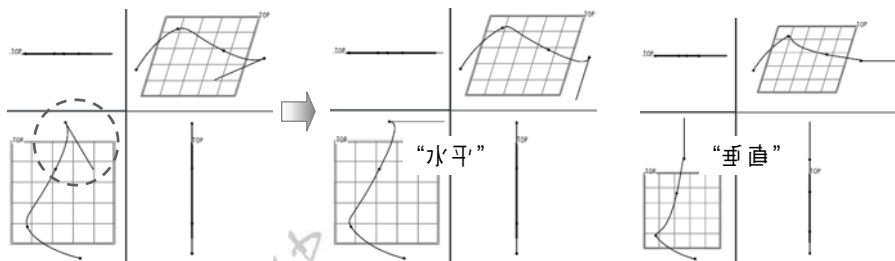


另外，可加上更明確的 (數值) 限制，有：**Nature** (自然)、**Free** (自由)、**Fix Angle** (固定角度)、**Horizontal** (水平)、**Vertical** (垂直)、**Normal** (法向)、**Align** (對齊)、**Symmetric** (對稱)，這些選項在鼠標鍵的彈出式選單或展開 Curve 對話框的 Tangent 中，見【圖 8-40】。



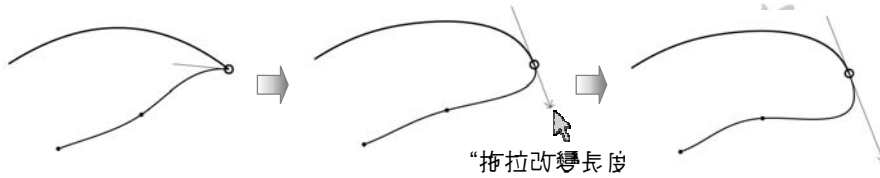
- **Nature (自然):**  
由系統控制相切的改變及方向，若輸入數值則會轉換為 **Free**。
- **Free (自由):**  
由使用者自定改變及方向，按住 **Shift** 鍵可固定方向調整改變；按住 **Shift** 與 **Alt** 則是固定改變改變方向。
- **Fix Angle (固定角度):**  
維持住目前的角度(方向)，僅能變更改變。
- **Horizontal (水平):**  
維持平行於目前的活動平面，即相切方向在左下畫面(分割為4個畫面時)前視圖中為水平，故方向已固定僅能變更改變。
- **Vertical (垂直):**  
維持垂直於目前的活動平面，即相切方向在左下畫面(分割為4個畫面時)前視圖中為水平，故方向已固定僅能變更改變。

如【圖 8-41】所示，基準面 **TOP** 為活動平面，切換為 4 個分割畫面後，從左下畫面檢視水平及垂直之兩情況。



【圖 8-41】

- **Normal (法向):**  
朝所取平面之法向。
- **Align (對齊):**  
需在另一條參引曲線上選取一點，以該處的切線方向作為曲線端點的相切方向，故方向已固定僅能變其長度。
- **Symmetric (對稱):**  
適用於連接某參引曲線端點上的軟點，在兩側呈現對稱且相切狀態，見【圖 8-42】：可拖拉軟點調整其變（方向固定）；不過，之後會轉為 **Tangent** 連接設定，見下面內容。



【圖 8-42】

### Edit (編輯): 連接

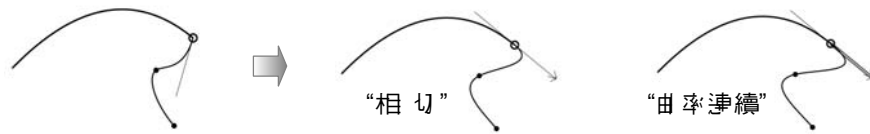
繼續前面【圖 8-40】所示選項，其中有 4 個選項是用來設定軟點與鄰接曲線、曲面的關係，包括：

Tangent
Curvature
Surface Tangent
Surface Curvature
Disconnect

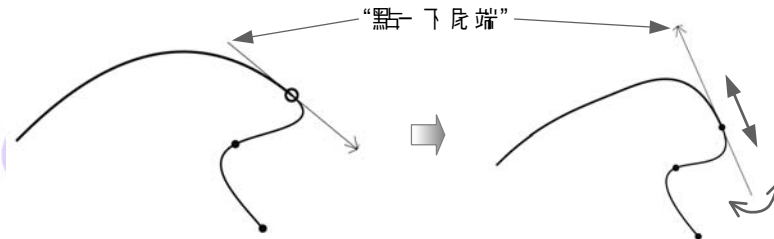
- 連接曲線時 — **Tangent** (相切，單箭)、**Curvature** (曲率連續，雙箭)
- 連接曲面時 — **Surface Tangent** (曲面相切，單箭)、**Surface Curvature** (曲面曲率連續，雙箭)



如【圖 8-43】所示，分別設定右方曲線之上端點為 **Tangent** 及 **Curvature**。箭頭尾端的參考曲線為“主控”、前端則是“受控”；不過，點一下“尾端”後會轉為箭頭即代表“主控”，兩曲線之身份關係互換，見【圖 8-44】：拖拉尾端是改變方向、箭頭是調整位置。

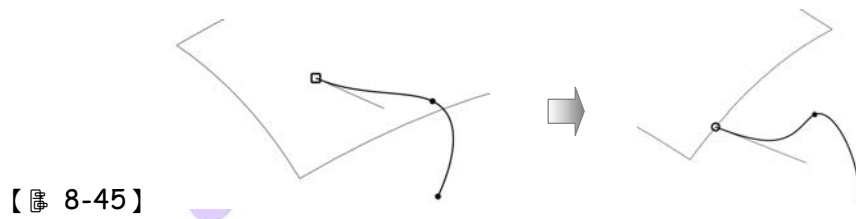


【圖 8-43】



【圖 8-44】

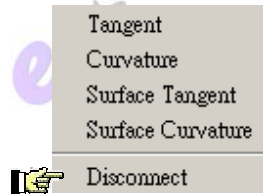
若曲線端點落於曲面上（包括在邊界上）或為軟點，可設定曲線端點為 **Surface Tangent** 及 **Surface Curvature**，如【圖 8-45】所示；不過，並不會出現箭頭，所以，也就不能改變主控與受控關係，完全以曲面為主控。



【圖 8-45】

### Edit (編輯)：取消連接

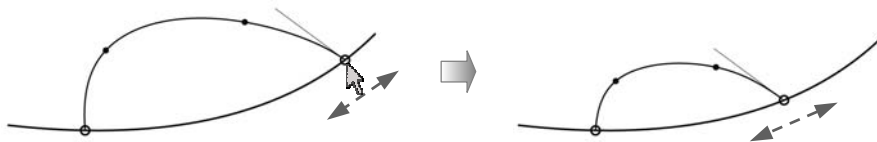
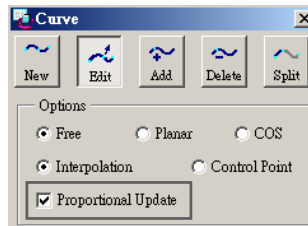
Disconnect 是取消額外的相切設定 (Fix Angle、...、Symmetric、...、Surface Curvature) 回復到 Free 狀態。



【圖 8-46】


### Proportional Update (比例更新)

若某曲線具有兩個(含)以上軟點時，可勾選：Proportional Update (比例更新)，如此拖拉其中一個軟點，在兩軟點間的外形會隨拖拉軟點而成比例調整，見【圖 8-47】。

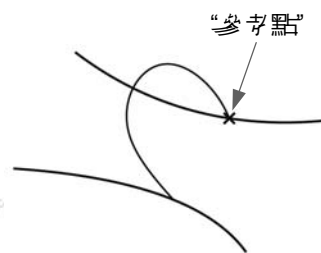
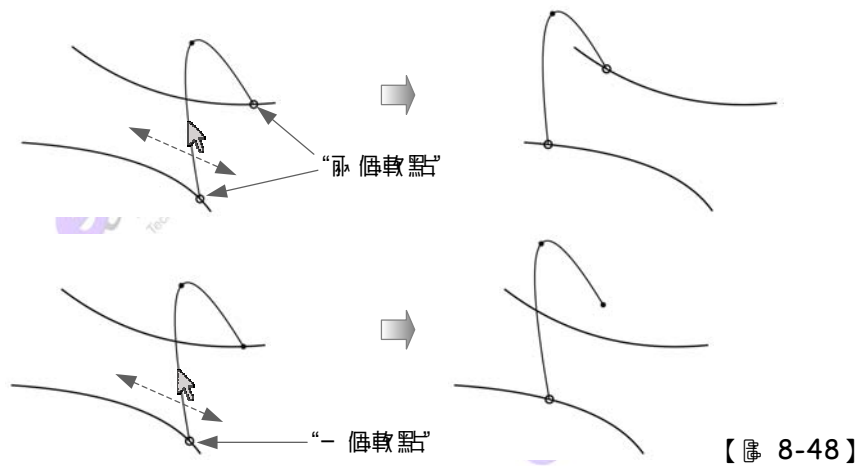
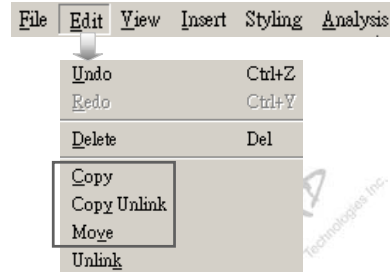


【圖 8-47】

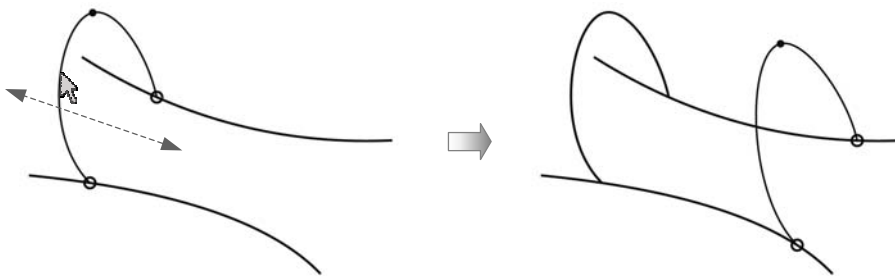
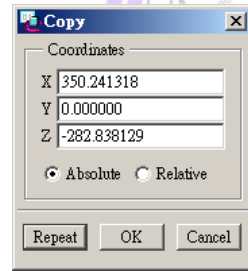
## Copy & Move (複製 & 移動)

處於“選取”(  ) 狀態，可直接拖拉移動 (Move) - 一條或數條曲線 (配合 **Shift** 鍵連選)，即使曲線有連接其它曲線，見【圖 8-48】。

執行下拉式選單 **Edit (編輯) - Move (移動)**，更可輸入 X、Y、Z 座標值置切控制位置，見【圖 8-49】。

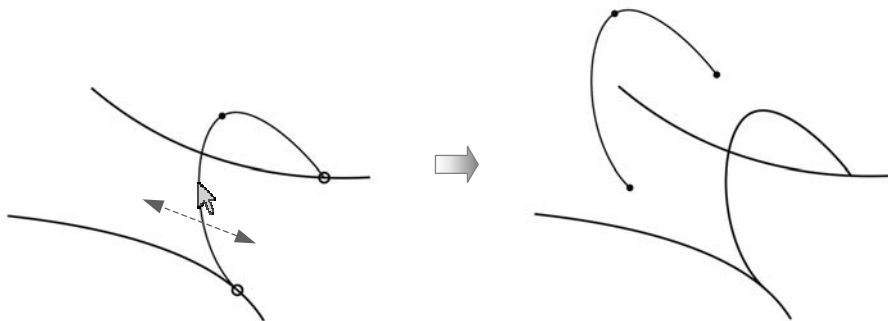


按說明 **Copy + Move** (複製 + 移動), 如【圖 8-50】所示, 先選取一條或多條曲線, 按住 **Ctrl** 及 **Alt** 鍵可複製並拖拉移動位置 (軟點會在參考曲線上移動)。執行下拉式選單 **Edit (編輯) - Copy (複製)**, 更可輸入 X、Y、Z 坐標值確切控制位置。



【圖 8-50】

延續 Copy 功能, 可使用 **Edit (編輯) - Copy Unlink (複製斷開連結)** 排除“軟點約束”, 複製並任意移動, 見【圖 8-51】。



【圖 8-51】



- 🍎 Copy、Move 功能僅限於 Free 與 Planar 曲線，並不適用於 COS 曲線。
- 🍎 欲複製的曲線其端點之相切設定會在複製移動過程中保持不變，軟點亦保持與參考曲線連接。
- 🍎 若曲線端點為“固定點”(x)，僅能 Copy Unlink 該曲線；除非連同參考曲線一併複製移動。
- 🍎 使用 Copy Unlink 時，曲線移動方向是平行“活動平面”，可懸住 **Shift** 鍵限制朝活動平面之正交方向。



## 👁️ Delete Parent (刪除父項)

由於“父子關係”之故，當“刪除”(可直接懸 **Del** 鍵) 父項時，系統會詢問：如何處理子項？有 4 個選項，分述如下：







- Delete：“刪除”子項。
- Unlink：“斷絕”子項與父項之關係，使子項為獨立。
- Suspend：先“暫停”子項的再生，待解決父項問題後才再生子項。
- Cancel：“取消”刪除父項。

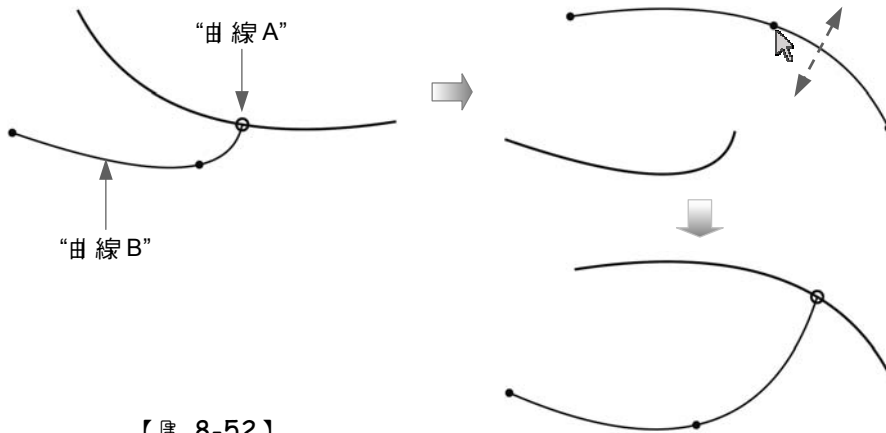
## 8-4 Regenerate 功能

在 ISDX 模式下，也有“再生”（Regenerate，）這樣的動作。在同一個 Style 特徵內，當子項改變時，再生圖形鈕會亮“黃燈”（），此時，須執行再生使其子項更新。



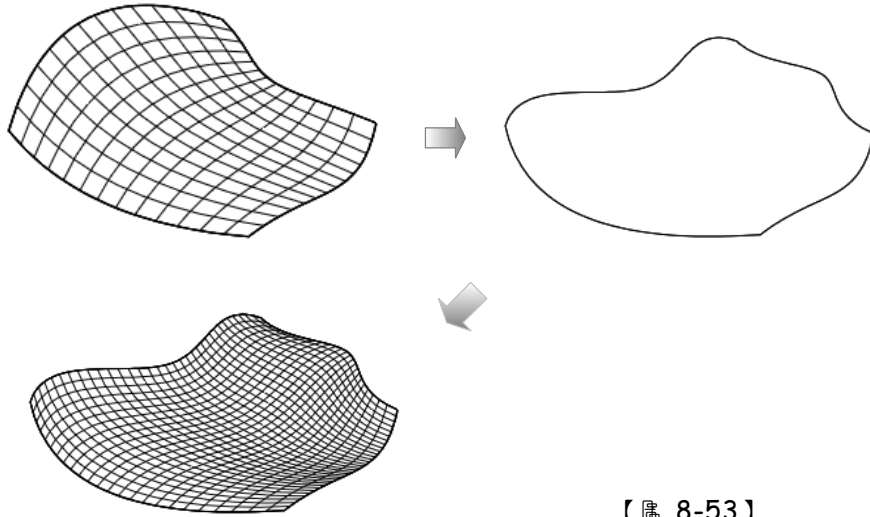
紅		—— 失敗發生
黃		—— 必須更新
綠		—— 沒問題

如【圖 8-52】所示，曲線 B 的端點落於曲線 A 上，若曲線 A 變更外形後，則必須“再生”（Regenerate，）以更新曲線 B 的相關位置。



【圖 8-52】

同樣地，若曲面模型的邊界曲線調整外形時，亦須再封曲面，見【圖 8-53】。



【圖 8-53】

*ecAd*  
Technologies Inc.

*ecAd*  
Technologies Inc.

*ecAd*  
Technologies Inc.

