108 課 綱 機 械 製 造 上 冊　重 點 整 理

CH-1　機械製造的演進　※※※

CH-2　材料與加工　※※※

2. 模型種類：

(1) 取出模型：①單體模型　②分割模型：從最大斷面處將模型分割成兩部分，ex 啞鈴之模型

③鬆件模型：鑄造鳩尾座　④流路模型：可一次澆鑄數件，增加產量，常用於鑄造小鑄件

⑤嵌模板模型：模型太薄無法承受造模時之搗砂力量

⑥分部模型：其模型只有整體模型的 1/6 或 1/8，ex 大型齒輪模型

⑦骨架模型：巨大的鑄件而截面有變化的少量產品，為省工、省料及減輕模型重量

⑧模型板(中板模型)：用於啞鈴大量生產　⑨刮板模型：斷面形狀簡單的迴轉對稱體，寺廟的吊鐘

(2) 消失模型：模型以聚苯乙烯(俗稱保麗龍 PS)製成，澆鑄時速度比一般砂模快，不必考慮拔模裕度與震動裕度

※註：蠟不屬於消失模型，屬於取出模型※

3. 模型材料：①木材：傳統砂模鑄造用　②金屬：鋁合金使用最廣　③塑膠　④蠟：**取出模型**　⑤冷凍水銀　⑥石膏

(110 年統測第 13 題)　(一樣不必考慮拔模裕度與震動裕度)

4. 模型裕度：①收縮裕度：鑄鐵 1%，鋁、鎂 1.3%，黃銅 1.5%，鑄鋼 2%　(109-第 4 題)、(114 年統測第 4、5 題)

②加工裕度：3~5mm　③拔模裕度：內孔 3°，外形 1°（難作的較大）　④變形裕度

⑤震動裕度：裕度中唯一負值

5. ①濕砂模　②乾砂模　③乾面模　④泥土模　⑤呋喃模：矽砂+呋喃樹脂+磷酸

⑥CO_2 模：矽砂+3.5~6%矽酸鈉+ CO_2 氣(先造模再通氣 CO_2)　⑦金屬模：限用低熔點的金屬

6. 冒口功能：①排氣　②除渣　③排泄低溫金屬　④檢視澆鑄情形　⑤補充收縮金屬液　(108-3 題)、(105-1 題)

7. 砂心：可形成鑄件中空部位，分成濕砂心(與砂模同時完成)與乾砂心(大量生產用)，表面可塗石墨液

8. 手工造模：先做下砂箱，再做上砂箱。　基砂主要成分是**二氧化矽**　(112 年-3 題)

9. 模砂試驗：①水分試驗(含水量 2~8%，以 5%時透氣度最佳)　②強度試驗(抗壓)　③透氣性試驗　④粒度試驗　⑤硬度試驗

(以下特殊鑄造法在 **114 年統測第 5 題考優、缺點)**

10. 金屬模鑄造法：①壓鑄法分成　1.熱室法：熔解爐在壓鑄機內，適用於熔點低的鋅、鉛、錫；(113 年第 3 題 C 選項)

(精密度最高)　2.冷室法：熔解爐與壓鑄機分開，適用於熔點高的鋁、鎂、銅；

②低壓鑄造法　③重力鑄造法　④瀝鑄法：不用砂心可以鑄出空心鑄件，適用低熔點金屬(102-1)

11. 離心鑄造法：①真離心：自來水管　②半離心：火車輪鑄件，輪緣要耐磨而心部要搪孔裝軸　③離心加壓鑄造法

(106 年統測第 3 題)　(113 年統測第 4 題，該題 3 種全考)

12. 包模鑄造法：模型材料有蠟、水銀、聚苯乙烯、聚乙烯等，其中以蠟最常用，所有鑄造法中***鑄件複雜度最高***

①脫蠟法：不考慮拔模與震動裕度，製作高爾夫球桿、自來水肘管、渦輪機葉片

②瓷殼模法：瓷質漿液，製作噴射機渦輪漿葉…等　③石膏模法：模型是黃銅材料，鑄件是**非鐵金屬**

13. 連續鑄造法：水冷式的鑄模，鑄件斷面均一，是所有鑄造法中***鑄件生產效率最高***

14. 鑄模**只能用一次**有 ①砂模鑄造法　②脫蠟法　③瓷殼模法　④石膏模法　(113 年統測第 3 題 A 選項)

15. ①殼模鑄造法：乾矽砂+酚甲醛樹脂(製模材料)，模型以金屬板製成　②真空鑄造法

③電熔渣鑄造法：以電阻熱熔化電極當作鑄液；像輪船的大型機軸，要求強度高通常採用電熔渣鑄造法

16. 溶解溫度(50~100℃) >澆鑄溫度(10~20%)>熔點

17. ①澆鑄溫度***太高時***，容易在鑄件內***形成氣孔***，且高溫拉長鑄件的凝固時間，***會形成縮孔***　(114 統測第 27 題 C 選項)

②澆鑄溫度**太低時**，**會形成滯流**，金屬液無法注滿模穴；薄鑄件為避免滯流，應採用高溫澆鑄

18. 澆鑄速度原則：溫度高、熱量大，速度慢；　溫度低、熱量小、**品質要求高**，速度快　(114 年統測第 27 題 B 選項)

CH-4　塑性加工　※※※

(8)珠擊(改變材料機械性質)：a.增加表面硬度；　b.增加疲勞強度(表面殘留**壓應力**)；　c.避免應力集中；　d.美觀　e.去除表面的黏砂或鏽皮　(110 年統測第 7 題)、(106 年統測第 4 題)

7. (1)沖床：①動力為機械式　②動作迅速　③作用力小　④ex 沖孔、下料、剪斷、沖縫、沖凹孔

(2)壓床：①動力為液壓式　②動作慢　③作用力大　④ex 壓擠、擠製、冷作引伸(鋼杯)　(108 年統測第 4 題)

8. 沖壓床機構：①單曲柄：最常用的驅動機構，類似簡諧機構，行程的中點速度最大　②偏心式　③凸輪式　④齒輪齒條式　⑤液壓式：引伸工作　⑥肘節式：壓印法與尺寸矯正　⑦關節式：引伸時胚料夾持。

9. 沖壓床機架：①凹口式　②傾斜式　③直邊式　④拱門式　⑤凸角式：圓筒形工件邊緣的沖壓工作，沖孔、壓浮花。

10. 沖壓床工作：①剪切：間隙約板厚的 5~8%(114 年第 5 次模擬考第 6 題)，包含

(112 年-第 5 題)

a.下料：從料條上所**沖下的金屬片為有用的成品**，剩餘的框架為廢料；

b.沖孔：**沖下的料為廢料**，剩下的框架為有用的成品；

c.修邊：將邊緣修掉薄薄的一層，以獲得更佳的製品；

d.沖縫：將材料**剪三邊而留一邊**，並使剪開之材料向下彎曲 90°；

e.沖凹孔：與沖縫相反，係將材料**剪一邊而留三邊**

②彎曲：外側拉力，內側壓力，中立面不受力，沖模角度略<90°

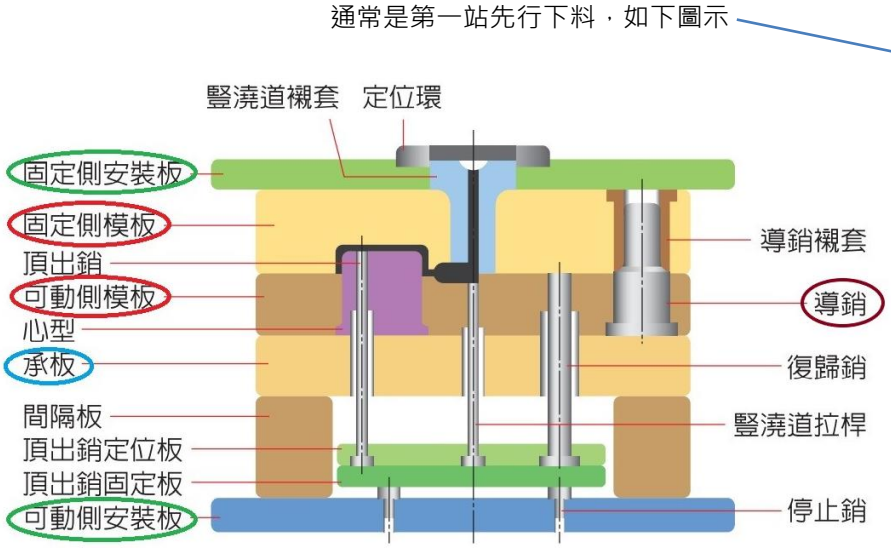
③成形：與彎曲最大之不同點，是變形部分為二維曲面　④**冷作引伸**：圓筒形**不鏽鋼杯**。

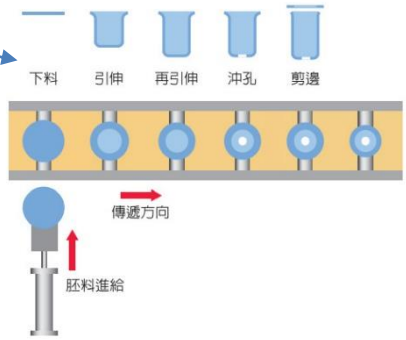
11. 沖壓模具：①單獨沖模：分成沖孔沖模與下料沖模　②複合沖模：沖壓時，在***同一位置*** 同時下料(先)與沖孔(後)

③連續沖模(級進模)：在***不同的位置*** 同時完成 2 個或 2 個以上的工作

④傳遞模：是一種多站模具，和連續模不同的是各加工站之間，材料並不相互連接；

通常是第一站先行下料，如下圖示





11. 塑膠模具設計與加工：塑膠成形法有模塑成形、加熱成形、補強成形、鑄造成形與發泡成形等

(1)射出成形模各部分零件名稱及功能說明如下：

①**安裝板**：分為固定側安裝板與可動側安裝板

②**模板**：分為固定側模板與可動側模板。固定側模板可塑製成品的外表面，通常是凹入形狀，又稱為母模板；可動側模板可塑製成品的內表面，通常是凸出形狀，　又稱為公模板

③**承板**：承板安裝在可動側的間隔板上，用以承受公模板傳來的壓力

④頂出機構：a.**包括頂出銷、頂出銷固定板、頂出銷定位板與復歸銷**

b.頂出銷的用途是頂出成形製品，通常用強韌及耐磨耗的工具鋼或模具鋼製成

⑤**導向零件**：導向零件包括導銷與導銷襯套，兩者精密的配合可導引活動模於閉模時精確地接近固定模

CH-5　銲接　※※※

5. 電阻銲接：①藉低電壓、大電流通過欲接合之金屬；最適於薄板金之搭接式銲接，常用於汽車鈑金之銲接

②H= 0.24 I^2RT(卡)= IET(焦耳)，看單位決定公式　(以**加大電流**對生熱的幫助最大)　(110-第 12 題)

③步驟：擠壓－通電銲接－維持　　④ex：冰箱、鐵櫃、電器外殼、汽車車身鈑金等的製造

6. 電阻銲接種類：①點銲：缺點為 a.銲接處有凹陷，約為板厚的 20~30%；　b.電極壽命短　(104 年統測第 4 題)

②浮凸銲：沖出約為板厚的 60%；銲接處平整，電極壽命長

③接縫銲接：兩個圓盤形的滾子為電極，大多用於水箱、汽油桶、金屬罐之製造

7. 特殊銲接：①電子束銲接(EBW)：必須在真空中，深：寬= 100：1，電子、電腦零件銲接

②雷射銲接(LBW)：可以在大氣中使用，銲接兩種物理性質差異很大的金屬

③摩擦銲接(FRW)：大鑽頭的高碳鋼鑽柄與高速鋼的鑽身　　④爆炸銲接：大面積板材的銲接

⑤超音波銲接(USW)：罐頭的封裝，振動方向與接合面***平行***　(110-第 12 題)

⑥發熱銲接(TW)：鋁粉：氧化鐵= 1：3，適用於鐵軌、大軸等必須在現場之銲接

⑦電熱熔渣銲接：可以得到**最大厚度**的銲接，此法只適用於**立銲**（類似建築業的釘板模)

⑧冷銲接：冷銲接是在不加熱的情況下，僅使用壓力使金屬接合的銲接法，常用於線材和電器的連接；

此法只適用於 Al、Cu、Zn、Pb，以及 Ni 等高可塑性金屬之接合

8. 接頭形狀：①對接代號 **B** (Butt)；　②搭接代號 **L** (Lap)；　③T 接代號 **T** (T-join)；　④角接代號 **C** (Corner)

9. 銲件的**非破壞性**檢驗：**表面缺陷有** ❶液體滲透檢驗法；　❷磁粉檢驗法(只能檢驗磁性材料)；　(107 年統測第 3 題)

內部缺陷有 ❶超音波檢驗法；　❷放射線檢驗法：汽、機車鋁合金零件的大量檢驗

CH-6　表面處理　※※※

(2)物理的表面硬化：①高週波硬化：適用於中碳鋼，**通以交流電**，ex 車床的床軌、齒輪的輪齒；

(106 統測第 6 題)　　小零件的加熱速度快、電流週波數要高，大零件的加熱速度慢、電流週波數低

②火焰硬化：適用於中、高碳鋼，使用氧乙炔火焰；

③電解淬火法：機件接陰極，陽極採用不鏽鋼板，通直流電實施電解，適用於小零件薄肉零件

(3)上述化學或物理的表面硬化法中**只有滲碳法是先滲碳再淬火**，其他都是先淬火、回火後，再做表面硬化；

但***滲硼法*** 工件***不必*** 再經淬火、回火處理

(4)表面披覆：

①化學氣相沉積 **CVD**：CVD 之沉積薄膜較厚，且複雜形狀與孔隙都能沉積；缺點是工作溫度高且循環時間長。

半導體產業可以**應用 CVD 在晶圓上做薄膜沉積**；也可應用 **CVD 將氮化鈦薄膜沉積在碳化物刀片上**

②物理氣相沉積 **PVD**：PVD 的操作溫度比 CVD 低，約 200～500℃。要在**真空中實施**，導電與不導電材料均適用；**產品：DVD 光碟片**

3. 防鏽蝕處理：為防止金屬表面因氧化作用生鏽　(107 年統測第 6 題)

(1)無電鍍：無電鍍又稱為化學鍍，是使溶液中的金屬離子予以化學還原，不需以電力鍍在基材上。

優點：①鍍層比電鍍均勻、孔隙率少，②耐蝕性比電鍍層好，③可進行複合鍍層；

缺點：鍍層厚度受到限制。 (108 統測第 6 題)+ (104 統測第 12 題 D 選項)

(2)電鍍：工件放入電解槽中接陰極，欲鍍純金屬接陽極，通以直流電；電解液：ex 鍍銅用硫酸銅

(3)化成處理：　(114 年統測第 8 題)

①**陽極氧化處理**：專用於鋁、鎂、鈦金屬，鋁、鎂工件**放在陽極**作氧化處理，形成多孔性的氧化層，耐蝕性極佳，鋁門窗做陽極氧化處理而不生鏽　(110 年第 9 題 C 選項)+ (105 年第 3 題 B 選項)

②磷酸防蝕(派克處理)：浸入磷酸鹽溶液

③發藍處理(著色處理)：將工件浸漬於 315℃的苛性鈉或硝酸鈉熔液中，可在發藍處理後再作磷酸鹽處理，改善抗蝕能力

(4)滲鋁防蝕：將純鋁熔融而滲入鋼之表面，待凝固後造成一層氧化鋁的保護膜，可防止鋼在高溫時氧化，常用於處理各種煉油設備、鍋爐及乾燥器等機件。

(5)陰極防蝕：又稱為犧牲陽極保護法，將活性高易氧化之金屬(ex 鎂、鋅)作為陽極，被保護的鋼管接陰極，利用兩者的電位差產生防蝕電流，廣用於地下油管、油槽或船隻、橋樑等(屬於電化學的濃差電池)

(6)金屬噴敷：將金屬加熱至熔融狀態，再以壓縮氣流噴射於金屬或非金屬表面，以增加其耐磨耗及防止腐蝕。

噴敷之前，基材必須以噴砂或粗切的方式，使其粗糙化增加附著力

(7)其他：①鍍銅：不要硬化的部位鍍銅保護　②鍍鉻：汽機車引擎鍍鉻，增加耐磨性

③鍍(浸)鋅：白鐵皮　④鍍(浸)錫：馬口鐵

108 課 綱 機 械 製 造 下 冊　重 點 整 理

CH-7　量測與品管　※※※

(3) 塊規：一般所用材質為**碳化鉻**，近年來開發陶瓷塊規

①等級：AA、A、B、C 級(JIS)； 00、0、1、2 級(CNS)

②適用場所： C 級：***現場工作用***，量具校正及畫線用； B 級：檢驗計量量具用；

A 級：工具檢驗室，檢驗規量量具用； AA 級：實驗室用

③使用原則： 1.先選用小數點最右邊的數字， 2.塊數越少越好， 3.組合時，由大塊先疊即***由大到小***，

4.拆卸時，由小塊先拆即***由小到大*** (要領：如同啦啦隊疊羅漢)

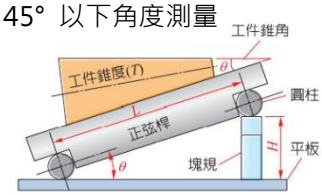
(6) 三次元座標量測機 (CMM)：可進行 3D 量測，量測精度可達 μm

(7) 萬能角度儀：利用游標微分原理，將主尺 11 格在游尺上分成 12 等分，最小讀值為 1 /12 度 (5 分)

(8) 正弦桿：①可精密地測出機件之**角度**或**錐度**

②規格係以兩滾子中心距離表示，有 100 、200 及 300 mm 三種，常用於 45° 以下角度測量

③計算公式為： $H = L \times \sin\theta \approx L \times T$ (錐度值)



(9) 組合角尺：係由直鋼尺、直角規、中心規與量角器組成 (用法參閱基礎實習 CH1)

(10) 量錶：①伸縮式量錶：測量時測軸與工件主軸**保持垂直**，否則造成**餘弦誤差**

②槓桿式量錶：測量時測軸與工件主軸**保持平行**，否則造成**餘弦誤差**

(11) 光學平鏡：原理是利用**光波干涉**現象，例如分厘卡之心軸與砧座，精測塊規及量規之平面度

4. 量規：大量生產可互換性之工件，選用量規來檢驗 ***訣竅：小狗***

①塞規：**GO 端**長度較_____，可控制孔的最_____尺寸； **NO GO 端**長度較_____，可控制孔的最_____尺寸

②環規：**GO 端**有壓花，可控制軸的最_____尺寸； **NO GO 端**有壓花+切槽，可控制軸的最_____尺寸

③卡規：功能如同環規

5. 光學投影機：***不可量測*** 項目有 ①工件厚度 ②盲孔深度 ③螺旋角 ④導程角 ⑤表面粗糙度 ⑥真平度

CH-8 切削加工 ※※※

5. 刀具角度

(1) 刀角名稱：①後斜角 **10°**　②邊斜角 **12°**　③前間隙角 **8°**　④邊間隙角　⑤刀端角 **15°**　⑥切邊角 **20°**

(2) **斜角：**①有後斜角與邊斜角　(113 年統測第 23 題)

②正斜角排屑順暢，切削作用力小；　負斜角(陶瓷刀具)具有較強的切刃，刀口強度大(113 年統測第 10 題)

(3) **間隙角：**有前間隙角與邊間隙角，一定是正值，車刀之前間隙角**約 8° ~ 12°**

(4) **刀端角：**屬於間隙角，可避免刀端與工件面的摩擦；刀端角越大，車刀強度越低

(5) **切邊角：**①屬於切削角，所以角度大小與工件硬度成正比

②此角作用：a.控制切屑流向；　b.使切屑變薄；　c.增加刃口強度

(6)　A. **避免摩擦：**前間隙角、邊間隙角、刀端角；

B. **控制切屑流向：**後斜角、邊斜角、切邊角(角度越大，鐵屑越薄，切削力越小)

(7) 工件硬度高，則**間隙角與斜角都要小(成反比)，刀唇角成正比**　(影響刀具各部位角度最主要因素為***工件之材質***)

6. 刀具研磨順序：　(1)先磨切邊角+邊間隙角；　(2)再磨刀端角+前間隙角；　(3)最後磨刀頂面，包含後斜角及邊斜角

7. 切削力：①切線分力 67% ＞ 軸向分力 27% ＞ 徑向分力 6%　(112 年統測第 8 題)

②進刀量愈大、切削深度愈深，則切削力愈大；　加切削劑可略降低切削力

8. 切削溫度：①剪切區 60%　②刀頂面與切屑摩擦熱 30%　③刀腹面與工件面摩擦熱 10%

9. 刀具壽命：①兩次重磨之間的切削時間長短，以**分**為單位來表示；

②泰勒(Taylor)刀具壽命公式可知：　$V \times T^n = C$，(111 年第 15 題)　刀具壽命長短以**切削速度**的影響最大

10. 磨損位置：①**刀腹**磨損，切削**脆性**材料　②**凹口**磨損，高速切削**延性**材料

11. 切削性佳：含碳量 0.3%的中碳鋼、***肥粒鐵系不銹鋼***、灰鑄鐵、黃銅、***鎂***

12. 切削性不佳：沃斯田鐵系不銹鋼、白鑄鐵、鋁、純銅、鈦合金

13. 受***切削速度***影響最大的有：①切削溫度　②刀具壽命　③表面粗糙度　***(★★註：切削力受切削速度影響不大)***

14. 欲得良好的加工面 (表面粗糙度小)，其條件為：①切深淺、②進給小、③切削速度快(rpm)、④刀鼻半徑大

⑤切邊角大、⑥刀端角小、⑦噴注油基切削劑

15. **進給(進刀)：**　①迴轉式以 mm/rev 表示　②往復式以 mm/s 表示 (s 是衝程，不是秒)

A. 車床：工件轉一圈，車刀移動的距離，mm/rev　B. 鑽床：鑽頭轉一圈，切入工件的距離，mm/rev

C. 鉋床：衝錘往復一次，工件移動的距離，mm/s　D. 銑床：每分鐘床台移動的距離，mm/min

E. 磨床：每分鐘床台移動的距離**(同銑床)**，mm/min　F. 龍門鉋床：工件往復一次，鉋刀移動的距離

16. **影響進給率(進刀)因素：**　(114 年統測第 24 題)

①刀具材質越硬，進給率越大　②工件材質越硬，進給率越小　③切削深度越深，進給率越小

④切削速度越快，進給率越大

17. 切削劑

(1) 功能：①降低刀具和工件的溫度；　②減少切屑、刀具和工件間的摩擦；　③沖走切屑；

④改善工件表面粗糙度；　⑤增加刀具壽命；　⑥防止刀口產生 BUE

(2) 具備性質：①不易揮發，不起泡沫;　②著火點高，不易起火燃燒；　③具有良好的冷卻能力；　④具有潤滑性

(3) 切削劑的種類

①切削油的主要成分是礦物油，具有良好的潤滑作用

②乳化液(調水油、太古油)：具有良好的冷卻作用與潤滑性，機械實習工廠大都用這種切削劑；

一般工作用加水稀釋 40～50 倍

(4) 切削劑的選用：①鑄鐵：乾切削、壓縮空氣或溶解油；　②鋼：水溶性油、硫化油或礦物油；

③黃銅：乾切削；　④磨削工作：用乳化液或水溶液

(114 年統測第 9 題)

CH-9　工作機械　※※※

E. 車螺紋：車刀過高或過低，會造成**牙角變大**

F. 車錐度：①車刀過高或過低，會造成**錐度變小**；　②半 錐角= 28.6˚ x 錐度值(⅕)；(114 年全國教甄綜合 12 題)

③錐度車削法有： a.尾座偏置法(T×l)÷2； b.複式刀座旋轉法； c.錐度附件法 **(有另外的重點補充)**

④錐度檢驗：a.正弦桿+塊規+量錶　b.塊規+圓棒+分厘卡(或游標尺)　c.錐度環規

G. 偏心車削：使用四爪夾頭(不能三爪)，校正時量錶讀值是偏心量的 2 倍 (114 年統測第 11 題 D 選項)

5.工件的夾持：

A. 兩頂心間夾持：①工件以雞心夾頭夾緊，兩端用活頂心與死頂心支頂著，再由驅動盤帶動**雞心夾頭**迴轉；

②兩心間工作**不可以做** a.切斷、b.鑽孔、c.搪孔、d.攻螺紋、e.鉸孔……等工作

B. 夾頭夾持：①三爪、②四爪(要能被整除者)

C. 扶料架夾持：①固定式扶料架(中心架)：a.有 3 個扶料爪、b.裝在床軌上、c.分段車削

②從動式扶料架(跟刀架)：a.有 2 個扶料爪、b.裝在床鞍上、c.跟著車刀移動而支撐工件

D. 花盤(面盤)夾持：夾持大且不規則之工件，ex：自來水肘管或曲柄軸

9-2 鑽床

1.鑽床的種類：莫斯錐度

(1) 靈敏鑽床：①手動操作，沒有自動進刀機構； ②傳動機構是皮帶輪； ③只能鑽 ø13mm 以下的直柄鑽頭

(2) 立式鑽床：①有自動進刀機構，也可手動操作； ②傳動機構是變速齒輪箱； ③適宜重切削

(3) 旋臂鑽床：適用於笨重工件或大面積板材鑽孔，**規格以旋臂長度表示**

(4) 排列鑽床：許多個鑽床頭裝置在同一個床台上，用於大量生產

(5) 轉塔鑽床：使用目的與排列鑽床相同

(6) 多軸鑽床：可以同時鑽出許多孔，工件須用鑽模夾持，用導套引導鑽頭進行鑽孔，具有很高的互換性

2.鑽床的規格： ①能裝工件最大直徑； ②能裝工件最大高度； ③能鑽削最大的孔徑； ④能鑽孔最大的深度

3.鑽頭的規格：

①公制鑽頭：ø10mm 以下，每隔 0.1mm 有 1 支；ø10~ø32mm，每隔 0.5mm 有 1 支；

ø33mm 以上，每隔 1mm 有 1 支

②英制鑽頭：(A)分數鑽頭：每 1/64″有 1 支； (B)號數鑽頭 (C)字母鑽頭

4.鑽頭的介紹：

①鑽柄：ø13mm 以下是直柄，ø13mm 以上是錐柄(莫斯錐度)

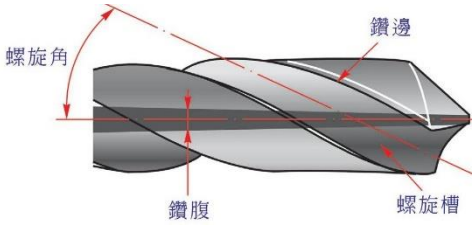
②鑽身：

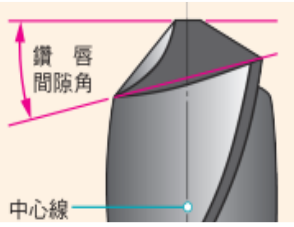
(A)螺旋槽：主要功能是排屑，其次是加切削劑

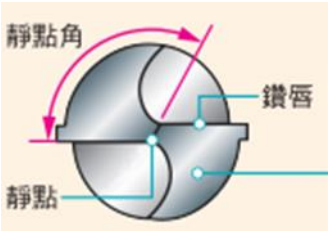
(B)**螺旋角**：螺旋槽與中心軸線的夾角，等同車刀的後斜角，主要功能是在排屑用，***此角與工件硬度成反比***

(C)**鑽唇間隙角**：鑽頂由切邊向後傾斜的角度，等同車刀的前間隙角，主要功能是在避免摩擦用，

鑽唇間隙角為 8˚~12˚，***此角與工件硬度成反比***





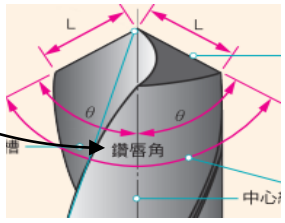


(註：鑽唇間隙角為 8˚~12˚，則靜點角為 125˚~135˚)

(D)**鑽唇角(鑽頂角)**：鑽頂兩切邊的夾角，標準角度為 118˚，***此角與工件硬度成正比***

(註：工件越硬、角度越大→成正比；

工件越硬、角度越小→成反比)



③鑽腹：兩鑽槽之間的厚度，越往柄部越厚，以避免扭曲

④鑽身尺寸：越往柄部直徑越小，形成 1：1000 的錐度，目的在避免鑽深孔時，鑽身與孔周壁摩擦

5.鑽頭的種類：

A. 麻花鑽頭：螺旋槽的功能是①排屑用(主要功能)、②加切削劑用

B. 深孔鑽頭(槍管鑽頭)：採用單槽、直槽，鑽削時採用***高轉速***、***小進給***。

C. 中心鑽頭：小麻花與 60˚錐孔鉸刀組成，規格以前端小麻花之直徑表示

D. 鏟形鑽頭：**厚工件**鑽大孔　　E. 鋸條式鑽孔刀：**薄工件**鑽大孔　　F. 翼形刀鑽頭：**薄工件**鑽大孔

6.鑽孔操作：

(1) 用相同直徑的高速鋼鑽頭，當工件材質越硬，則鑽頭轉速要越低

(2) 大鑽頭、進刀快；小鑽頭、進刀慢，　∵ 大鑽頭螺旋槽較寬，可以排除較多的鐵屑

7.搪削：鑽中心孔→鑽孔→搪孔→鉸孔的步驟進行

9-3-1 鋸床

1.鋸床的種類：

(1) 往復式鋸床：

(2) 帶鋸機：

a.立式帶鋸機：可以作直線、角度、曲線輪廓鋸切；裝鋸條順序：剪斷、銲接、*回火*、修整

b.臥式帶鋸機：大量工件切斷用(下料用)

(3) 圓鋸機：

a.金屬圓鋸機：①很大的金屬圓盤鋸片； ②高齒有倒角用於粗切，**低齒沒有倒角用於精切**

b.鋼摩擦盤圓鋸機：①沒有鋸齒作切削作用，利用摩擦生熱； ②適用於硬度高之不銹鋼或高碳鋼

c.磨料圓鋸機：①薄砂輪為刀具，工件材料不受限； ②乾式用樹脂結合法，濕式用橡膠結合法

9-3-2 拉床

1.拉床的種類：

(1) 拉力拉床：最常用的拉床，大多用於內孔拉削、螺紋孔、槍管的來復線

(2) 推力拉床： (3) 表面拉床： (4)連續拉床：

2.拉床的優缺點：

A. 優點：①粗、精切由一支拉刀，一次切削完成，效率很高 ②**內孔、外型都能加工** ③尺度精確、表面光滑

B. 缺點：①刀具昂貴，不適小量生產 ②加工面不能有硬點，會損刀具壽命 ③切除量不能太多

9-4 銑床：

1.銑床的種類： 銑床錐度 7/24

(1) 臥式銑床：刀軸平行於床台，規格以縱向(長方向)移動距離表示

(2) 立式銑床：刀軸垂直於床台，規格以縱向(長方向)移動距離表示，目前工廠最常用的銑床

(3) 萬能銑床：床台可以在床鞍上水平左右迴轉 45°； (4)床式銑床：床台只能做縱向、橫向移動，無法做上下移動

(5) 龍門式銑床：液壓式，工件不動，面銑刀向工件進給

2.銑刀的種類：

(1) 臥式銑床用：心軸銑刀，銑刀之中心有一孔

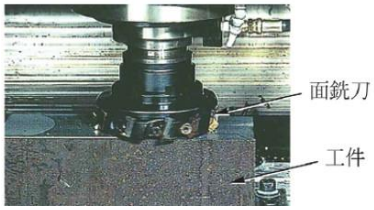
①平銑刀：銑削大平面用； ②側銑刀：銑削溝槽用； ③鋸割銑刀；

④角銑刀：上銑法； ⑤成形銑刀：齒輪銑刀、鏈輪銑刀

(2) 立式銑床用：有柄銑刀，銑刀之刀身具有柄，可用彈簧式夾頭夾持

①面銑刀：銑削大平面用； ②端銑刀：銑削溝槽用，上銑法；

③ T 形槽銑刀：端銑刀先銑明槽，再用 T 形槽銑刀銑暗槽 ④半月鍵銑刀：類似 T 形槽銑刀



3.銑削方向： 上銑法(粗銑)＆下銑法(精銑)， **(不用背，可以用畫圖思考判斷)**

(1) 上銑法(逆銑)：①**粗銑削**； ②切屑由薄而厚； ③刀口受力由小→大； ④夾(銑)厚工件； ⑤有震紋(粗銑)；

⑥壽命短(粗銑)； ⑦**適合銑削鑄鐵件**； ⑧**適用端銑削、角銑削**；

(1) 下銑法(順銑)：①**精銑削**； ②切屑由厚而薄； ③刀口受力由大→小； ④夾(銑)薄工件； ⑤無震紋(精銑)；

⑥壽命長(精銑)； ⑦**不適合銑削鑄鐵件**； ⑧會插刀**需有消除背隙裝置**；

4.銑削時間：①先利用 $V=\frac{\pi\times D\times N}{1000}$ 求出轉速 N， 計算**每分鐘進刀量**= (每刀刃進刀量) x 刀刃數 x(轉速 N)

★★★②銑削加工時間：**記得要加入銑刀的直徑** (114 年統測第 13 題) +(114 年第 5 次模擬考第 12 題)

5.銑削工作：①扁鐵件基準面銑削順序: 大→小→小→大

②平銑：粗銑削選用齒數少的銑刀，有較大的容屑空間；精銑削則選用齒數多的銑刀

③騎銑：利用兩片側銑刀，同時銑削兩平行側面的工作； ex：可銑削四角頭或六角頭

④排銑：將兩片或兩片以上的心軸銑刀裝在同一銑刀軸上； ex：可銑削車床的床軌

6.分度頭：利用蝸桿與蝸輪(40：1)之減速機構

公式① $N = \frac{40}{T}$ ， T：欲銑齒數； 公式② $N = \frac{A}{9^\circ}$ ， A：欲銑之角度；

9-5 磨床

1.磨床的種類：

(1) 外圓(圓柱)磨床：砂輪與工件**同向旋轉**，以兩頂心間夾持

(2) 內圓磨床：a.目的與鉸孔相同； b.孔徑與砂輪直徑的比例為 3：2

(3) 無心磨床：加工時沒有固定的夾持中心，適合圓柱形工件的大量生產

a.外圓無心磨床：①由切削輪、調整輪、扶料板組成； ②兩砂輪同向旋轉，工件反向旋轉；

③切削輪(硬)轉速快，負責磨削； ④調整輪(軟)轉速慢，負責❶帶動工件旋轉、❷軸向進給、❸水平支撐；

⑤兩輪偏轉 0˚~10˚，目的係為使工件產生軸向進給； ⑥進刀量：π x D x N x sinα

⑦進給方式：❶直進法：一般圓柱形工件； ❷內進法：帶頭工件； ❸端進法：錐度工件

b.內圓無心磨床：①由切削輪、調整輪、壓力輪、支持滾子組成； ②內孔孔壁厚度均一，能確保同心度

(4) 平面磨床：①床台以磁性吸盤夾持工件； ②**粗磨**每次進給為輪寬之½～2/3，**精磨**進給為輪寬之 1/3～½

2.砂輪的規格： GC 120 J 9 V 300 x19 x19.05 (112 年統測第 9 題)

(磨料—粒度—結合度—組織—製法—外徑—厚度—孔徑)

(1) 砂輪磨料：

a.天然磨料：鑽石磨料使用最多，碳化鎢刀具的精磨削

b.人造磨料： A 褐色氧化鋁：純度低，適用碳鋼、合金鋼； C 黑色碳化矽：純度低，適用鑄鐵、銅、鋁；

WA 白色氧化鋁：純度高，適用高速鋼刀具； GC 綠色碳化矽：純度高，適用碳化物刀具粗磨削

(2) 粒度選用原則：以 **25.4mm 長度**內篩網孔數表示；**說明：**號數越小，顆粒越粗，號數越大，顆粒越細

a. 粗磨(車)用粗粒(粗車刀)； 精磨用細粒 (ex：粗車削用粗車刀，精車用精車刀)

b. 軟工件用粗粒； 硬工件用細粒 (ex：銼削時，軟材料用粗齒銼刀、硬材料用細齒銼刀 ； OR 鋸木材軟材料)

c. 工件接觸面積大用粗粒 (ex：面積大磨削量大用粗顆粒)

(3) 結合度選用原則：A、B、C、D、……X、Y、Z； 由軟……到硬

說明： 軟砂輪，結合度弱，顆粒易脫落，磨粒保持銳利； **硬砂輪，結合度強，顆粒不易脫落**，容易鈍化

a. 硬工件用軟砂輪；軟工件用硬砂輪 (ex：不要硬碰硬)

b. 精磨削用軟砂輪 (ex：精磨削的表面光度要求高，所以顆粒脫落要快，隨時保持新的銳利的顆粒)

c. 工件接觸面積大、砂輪轉速高，都要選用軟砂輪 (∵摩擦多生熱快，磨粒易燒焦，**顆粒要盡快脫落，∴軟砂輪**)

d. 工件進給慢、機器穩定度夠，都要選用軟砂輪 (ex：∵砂輪承受壓力小，所以選用軟砂輪)

(4) 組織選用原則：0、1、2、3……14，**由密……到鬆** (114 年統測第 12 題 D 選項)

說明：鬆組織，顆粒與顆粒間的間隙大(容屑空間大)； **密組織**，顆粒與顆粒間的間隙小(容屑空間小)

a. 軟工件用鬆組織；硬工件用密組織 (ex：軟工件的鐵屑多，鬆組織有較大的容屑空間)

b. 粗磨削用鬆組織；精磨削用密組織 (ex：粗磨削的鐵屑多，鬆組織有較大的容屑空間)

c. 砂輪與工件接觸面積大用鬆組織 (ex：接觸面積大磨削的鐵屑多，鬆組織有較大的容屑空間)

d. 濕磨削用鬆組織 (ex：鬆組織有較大的空間可供切削劑流通)

(5) 製法：①黏土(V)：使用最多，佔 75~90% ②水玻璃(S)： ③蟲漆(E)：只適用精磨削，不適用粗磨削

④橡膠(R)：適用於無心磨床的調整輪 ⑤樹脂(B)：結合力強，手提砂輪機的輪磨

⑥金屬(M)：適用於金屬的切斷

CH-10 螺紋與齒輪製造 ※※※

9. 樣板切削法適用於加工***斜齒輪***， 用鉋床、拉床可切削**齒條或正齒輪**

(註：①拉床拉削工作，內孔、外形都能拉； ②螺紋拉刀只能拉內螺紋； ③齒輪拉削，內、外齒輪都能拉削)

10. 齒輪精加工中，搪齒、磨齒、研齒都適用於熱處理後的硬面齒輪，且都需要使用顆粒研磨

CH-11 非傳統加工 ※※※

11-2 塑膠加工

1. 塑膠之基本是碳分子，具有可塑性者稱為樹脂，屬於有機材料
2. **塑膠分類：** (1)熱塑性塑膠：分子呈鏈狀結構，屬於物理反應； (2)熱固性塑膠：分子呈網狀結構，屬於化學反應
3. **塑膠種類：**

(1) 熱塑性塑膠：

①聚乙烯 PE ：常用於保鮮膜、耐熱塑膠袋、奶瓶

②聚丙烯 PP ： a.有極優的電絕緣性； b.行李箱、電視機外殼、電絕緣件

③聚苯乙烯 PS ：俗稱保麗龍，可用於鑄造時的消散模型

④聚氯乙烯 PVC ：雨衣、水管、電線的外皮絕緣塑膠 ⑤ABS 塑膠 ：現代機車的車身外殼

⑥壓克力 PMMA ：a.所有塑膠中具又最高的透明性； b.廣告招牌、汽機車的大燈尾燈、隱形眼鏡

⑦PET 寶特瓶

(2) 熱硬性塑膠：

①酚醛樹脂：又稱電木，使用最多 ②矽喃樹脂：鑄造用矽喃模

③環氧樹脂：印刷電路板、IC 外殼、陶瓷刀片與鋼質刀把的黏結劑 ④尿素甲醛

4. **塑膠成型法：**

(1) 模塑成形：

①壓縮模成形法：常用於熱硬性塑膠，製造面積較大、凹凸較深的電器開關或家電外殼

②傳遞模成形：

③射出成形法：a.目前塑膠加工大量生產、高速操作最常用的方法； b.產品有玩具、垃圾桶、臉盆、各種容器

④擠製成形法：a.為長條狀或薄片狀斷面均一產品； b.製品為管(澆花水管)、桿、板

⑤吹製成形法：寶特瓶、塑膠容器 (113 年統測第 16 題)

⑥吹**管**擠製法：**管袋**式的塑膠袋或垃圾袋

(2) 加熱成形

(3) 補強成形：①在塑膠中添加纖維狀的補強材料，以增加強度； ②塑鋼(FRP)，常用於浴缸、洗衣機外殼、遊艇

(4) 鑄造成形：①膠埋：將電子零件預先放置於模中，再澆入塑膠一體成形，常用於電容器或電阻器製造

②嵌埋或封裝，是將生物標本或裝飾品，膠裝在透明的壓克力裡面。

(5) 發泡成形：塑膠泡棉(多孔性的產品)，具有絕緣、隔音、隔熱等功效

11-3 電積成型

1. 與電鍍原理相同，將導電的模子接陰極，欲鍍金屬接陽極；電積成型鍍層較厚，電鍍鍍層較薄

(114 年統測第 16 題的 C 選項)

2. 特別適用於薄殼、高精密度、內面光平及內孔形狀複雜產品，ex 喇叭口型之鐘、鋼筆殼、無縫管
3. 優點：①尺寸精密度很高； ②粗糙度可達 μm 以下； ③可製極薄、極複雜的產品； ④高純度製品
4. 缺點：①速度慢； ②***外部***形狀尺寸難以控制； ③只限於薄層製品之生產，工件厚度限制在 10mm 以下

11-4 非傳統加工

1. 熱電式：利用**電熱能**將材料熔解或蒸發切除工件， ex：放電加工、電子束加工、雷射加工、電漿加工。

   (1) 放電加工(EDM)：

   ①雕模放電加工：a.工具與工件分開小間隙(不接觸)，通以直流電，工具接正極，工件接負極

   b.兩極之間浸於絕緣液(常用煤油)，沖出的廢屑由絕緣液帶出

   c. EDM 的工具電極為導電體，ex：碳化鎢、銅鎢、純銅、黃銅、***石墨***

   ②線切割放電加工(WEDM)：

   a.工具電極是一條金屬線 (純銅或黃銅線)，以脫離子水或蒸餾水做為絕緣液

   b.由 CNC 程式指令床台在軸向移動加工出 2D 形狀

   ③優點：a.工件只要能導電就能加工，**不受硬度限制**

   b.加工時沒有真正的切削作用，**沒有殘留切削應力**，可以加工太脆或太薄的工件

   c.製品精密度高　　d.可以完全自動化，操作者不需太高操作技術

   ④缺點：a.**工件與工具都必須能導電才能加工**　　b.加工時間**太慢**

   c.**電極有消耗**　　d.由於急冷急熱的反覆作用，加工面會有***殘留熱應力***

   (2) 電子束加工(EBM)：在真空中以電子高速撞擊工件產生高熱，將工件熔解或蒸發；極適合加工微細電子電腦零件

   (3) 雷射加工(LBM)：

   (4) 電漿加工(PAM)：①使用電漿做為**非鐵金屬**及**不銹鋼板**的切削加工；

   ②優點是切削速度快，切縫寬度小；　③缺點是加工面有氧化現象，表面粗糙，尺寸不精確

2. 機械式：磨料噴射加工(AJM)、超音波加工(USM)、水噴射加工(WJM)

   (1) 磨料噴射加工(AJM)：適用於**硬脆材料**之鑽孔、除鏽、去毛邊工作；常用切削顆粒是氧化鋁或碳化矽

   (2) 超音波加工(USM)：此種加工法特別**適用於硬脆之材料**，ex：玻璃、陶瓷

   (3) 噴射加工(WJM)：此法常用於木材、塑膠、皮革之切割；混砂水刀可切割大理石

3. 電化式：電化加工(ECM)、電化研磨(ECG)

   (1) 電化加工(ECM)：原理與電鍍完全相同，但裝置不同；**工件接陽極**、工具接陰極，**又稱反電鍍法**

   (2) 電化研磨(ECG)：工件 90%是以電解作用去除，10%是磨削作用去除

4. 化學式：

   (1) 化學銑切：係以化學腐蝕方式，代替銑床銑切加工，以鋁、鎂合金為主

   (2) 化學切胚：代替沖床將薄板狀之材料加工，ex：小齒輪

   (3) 化學雕刻：不鏽鋼雕花門及各種名牌

5. 雷射加工(LBM)：

   (1) 雷射加工(LBM)分類：雷射熱加工和光化學反應加工兩類

   ①雷射熱加工：是指利用一束極強之單色光束，經過透鏡聚焦後在焦點上激發高能量密度並投射到材料表面產生的熱效應，使部分材料因光的熱能將工件融化、汽化而除去的加工過程

②光化學反應加工：是指雷射光束照射到物體，借助高密度雷射光化學反應的加工過程。包括光化學沉積、立體光刻、雷射蝕刻等

(2) 常見加工用途：

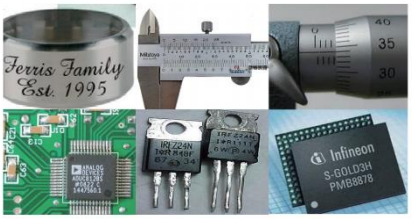
①雷射銲接：應用於微、小型零件銲接中。主要優點是雷射銲接速度快、 深度大、變形小

②雷射打孔：用 CO_2 雷射器加工可獲得過 孔直徑在 30 ~ 40 微米 (μm) 的小孔；雷射打孔之表面光度比機械鑽孔**差**，但大深徑比的孔徑一般都用雷射打孔，特別適於打微孔和異形孔

③雷射熱處理：為一種改變表面的機械性質的熱處理方法

④雷射劃片：雷射劃片技術是非接觸加工，是生產積體電路的關鍵技術，一塊矽基片劃片與切割時不可受機械力而產生裂紋

⑤雷射打標與雕刻：雷射打標在各行業中運用最成熟、最廣泛的技術用，如電子元器件商標、印刷電路板編號、量具刻劃



(B) 雕刻式打標應用實例

⑥雷射標記：利用高密度能量的雷射光束在工件表面掃描，使材料表面發生物理或化學變化，導致工件表面的光反射特性的變化，從而獲得可見圖案

⑦雷射蝕刻與切割：

6. 積層製造(3D 列印)：

(1) 積層製造產品建構步驟： ①建模 (三維模型) 與轉檔 ②切層處理 ③堆疊分層列印 ④物件後處理

(2) 層疊製造方法：

①層積型

分層實體製造(LOM)：印製過程類似點陣式印表機的列印方式，以雷射或刀具將塑膠薄膜切成所需形狀，再經滾輪一層層使用膠水黏貼，堆出立體物件

②光聚合成型

a.數位光處理(DLP)：將切層處理後的截面圖案，用**燈泡照射**在**光固化聚合物樹脂**上，逐層拉出光固化樹脂，堆疊形成物件之法；適合製作**模型、玩具等強調表面精細度**而不強調硬度的產品

b.立體平板印刷法(SLA)：又稱立體光刻成型法，乃透過**雷射光束**，將液態的**光敏樹脂**表面進行逐行、逐點掃描產生聚合反應，再將物件沉入樹脂覆蓋新層，如此逐層掃描固化列印成型物件

③擠壓沉積型

熔合沉積成型(FDM)：用純樹脂熱熔性材料加熱到半熔融狀態，通過微細噴嘴將其擠出在平面工作檯上後迅速變成固態，如此反覆堆疊作業印出立體物件之法。

想要**機械強度用 FDM**，而欲**表面精細度者用 DLP** 製造

④粒料結合型

a.選擇性雷射燒結(SLS)：以高能量雷射光在塑膠粉末上使其燒結凝固成型 ***(114 年統測第 16 題的 D 選項)***

b.直接金屬雷射燒結(DMLS)：此法與 SLS 相似，DMLS 雷射功率與溫度相對 SLS 為高。DMLS 是將金屬粉末以高能量雷射光束加熱到融化臨界點；此法機械強度和開模澆鑄產品同佳，使用材料以金屬為主，如不鏽鋼、鈦、金、銀、銅，以及其他金屬或合金等

c.選擇性雷射熔化(SLM)：將 SLS 的雷射功率再加高即為 SLM 或 DMLS，SLS 和 SLM 的不同點在於 SLM 的溫度比較高，這種技術主要材料**以金屬為主**

d.電子束熔煉成型(EBM)：把 SLM 的雷射換成高真空環境下的電子束，將金屬粉末層層融化，是一種可用於製造鈦合金金屬件的積層製造技術

CH-12　電腦輔助製造　※※※

9. 五軸加工機 (5 Axis Machining)：

(1)五軸加工機的五軸是指 3 個線性軸(X、Y、 Z 軸)和 2 個旋轉軸(A、B、C 軸中任兩軸) (114 統測第 17 題 D 選項)

(2) 3 個線性軸決定**刀具位置**，2 個旋轉軸決定**刀具方向** (114 年統測第 17 題 B 選項)，

5 軸可以同時到達指定位置及方向(五軸同動加工)

(3)五軸加工機採用連續式控制，平面輪廓或 3D 空間曲面均可加工；廣泛應用於航太引擎構件加工、模具加工、渦輪葉片加工

(4)五面加工機：進行 2 軸或 3 軸之加工順序，**不具有**五軸同時到達(與五軸加工機的差異)定位與方向之功能

10. 車銑複合機

車銑複合機是在車床上，設置了銑削刀具軸，使得車床在原來的切削操作外，再加上銑削的操作；此種工具機的設計主要還是車削。

11. 智慧製造 (Smart Manufacturing)：(111 年統測第 11 題)、(112 年統測第 13 題)

(1) ①工業 1.0 是機械化 ②工業 2.0 是電氣化 ③工業 3.0 是資訊化與自動化 ④工業 4.0 是智慧化

(2)工業 4.0(第四次工業革命)最早由德國提出；工業 4.0 利用**大數據**讓工廠效率大幅提升

(3)智慧製造是①利用大數據與人工智慧、②結合***物聯網技術*** 融入製造、③機械學習具感知、決策**虛實整合系統**，藉以降低勞力成本，迎接未來的挑戰。