

增潤科技教育學習領域課程

# 中一教材

5

## 結構與機械結構



科技單元 K4  
(結構與機械結構)

教育局

# 序言

為支援實施初中的「增潤科技教育學習領域課程」(增潤課程)，教育局課程發展處科技教育組製作了一套學與教資源，涵蓋其中的科技科目學習元素單元，供教師參考和使用。

提供本教材套的目的，是讓教師使用增潤課程內相關連的科技科目學習元素單元，並根據建議的學習進度，以靈活的方式引領學生深入了解和掌握在科技教育學習領域中所著重培養的科技知識、科技能力和科技覺知三方面。

本學與教資源的內容以專題形式組合，藉一系列多元化的活動，如設計作業、個案研究、科技探究及模擬實驗等活動，給予學生有目的和有意義的學習情境，使他們能產生對科技的興趣並投入學習，更有助培育其解難、實踐、創新以至創業的精神。

如對本學與教資源有任何意見及建議，請致函： 編寫：

香港九龍塘沙福道19號西座W101室  
教育局課程發展處科技教育組  
總課程發展主任（科技教育）

榮休設計與科技科科主任  
劉國權先生

翻譯及排版：



高峰進修學院 - 職業訓練局

本學與教資源的版權，全屬於香港特別行政區教育局擁有。

教育局歡迎學校等教育團體使用本教材套內容作非牟利的教學用途，教師可複製、增潤、或刪減其中內容以配合教學需要，惟在教材中必需清楚顯示鳴謝。

若未經本局事先允許，不能以任何形式使用其中教材作出版或其他用途，否則教育局將保留一切追究的權利。

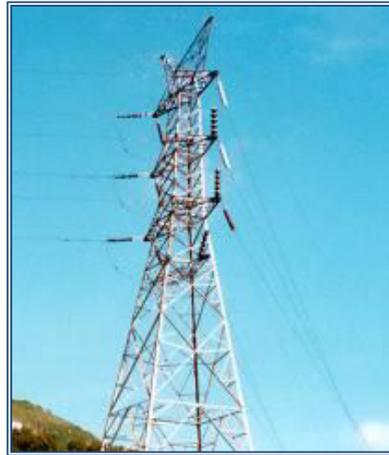
©版權所有 2014

# 相關知識

## 1 結構

### 1 結構簡介

結構是利用多個輕巧部分組合而成的，它可以用來承受較大的負載，組成結構的部分稱為構件。許多建築物和機械都屬於結構，例如：電纜塔、建築物、橋樑和起重機等。



(a) 電纜塔



(b) 起重機

### 2 結構的受力

結構承受負載時，各構件受力的性質可以分為壓縮、拉張、屈曲、扭轉和剪切等。

#### (a) 壓縮

壓縮導至構件沿施力的軸線距離縮短，例如：支柱的壓縮變形。



圖2 (a) 壓縮力



(b) 擦膠被壓縮

#### (b) 拉張

拉張使構件沿施力的軸線距離延長，例如：懸索橋上的鋼纜及鞦韆架上的鐵鏈所受的力。



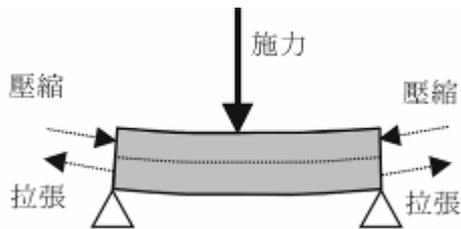
圖3 (a) 拉力



(b) 擦膠被拉長

(c) 屈曲

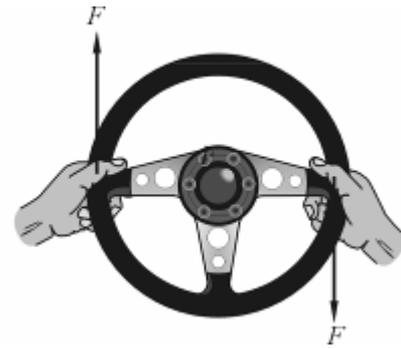
當構件在側面被垂直施力時會變屈曲。構件在施力一邊會被壓縮，而在另一面則會被拉張。例如：書架的層板受壓彎曲。



(a) 彎曲力



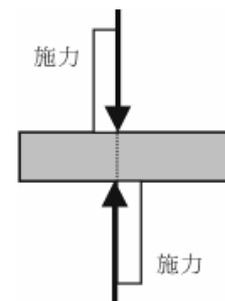
(b) 層板被書的重量屈曲



(b) 用力扭轉汽車吹盤

(e) 剪切

剪切是構件在大小相等、方向相反、作用線垂直於構件軸線的一對力的作用所產生的結果。例如：剪刀剪切紙張、鉚釘鉚接鋼板等。



(a) 剪切力

(d) 扭轉

扭轉是由兩個大小相等但方向相反的力所產生的效果，兩力的作用線並不重疊。例如：汽車轉向軸在扭動轉向盤；用手旋開瓶蓋等。

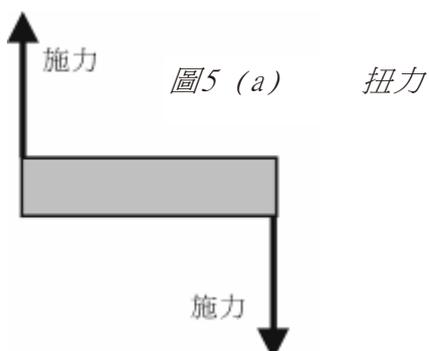


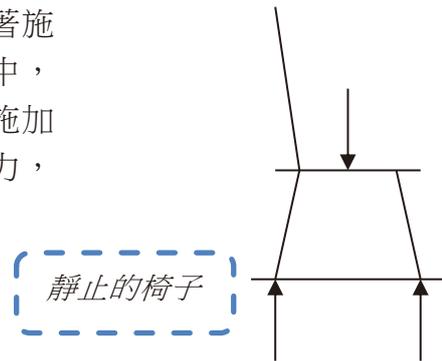
圖5 (a) 扭力



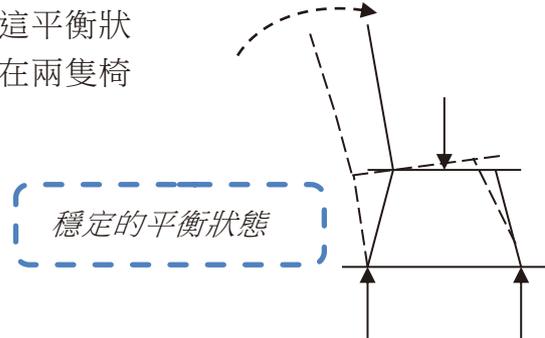
(b) 用剪刀剪紙

### 3 結構的平衡

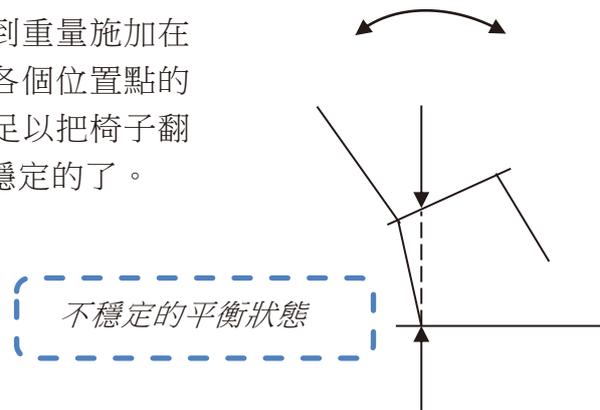
處於平衡狀態的結構，是指一個靜止的結構。這意味著施加在結構上的力量會互相抵銷而不會產生合力。在圖中，椅子自身的重量以及坐在上面的人的重量共同向下所施加的力，必須相等於由地板向上施加的力所產生的平衡力，這力便是反作用力。



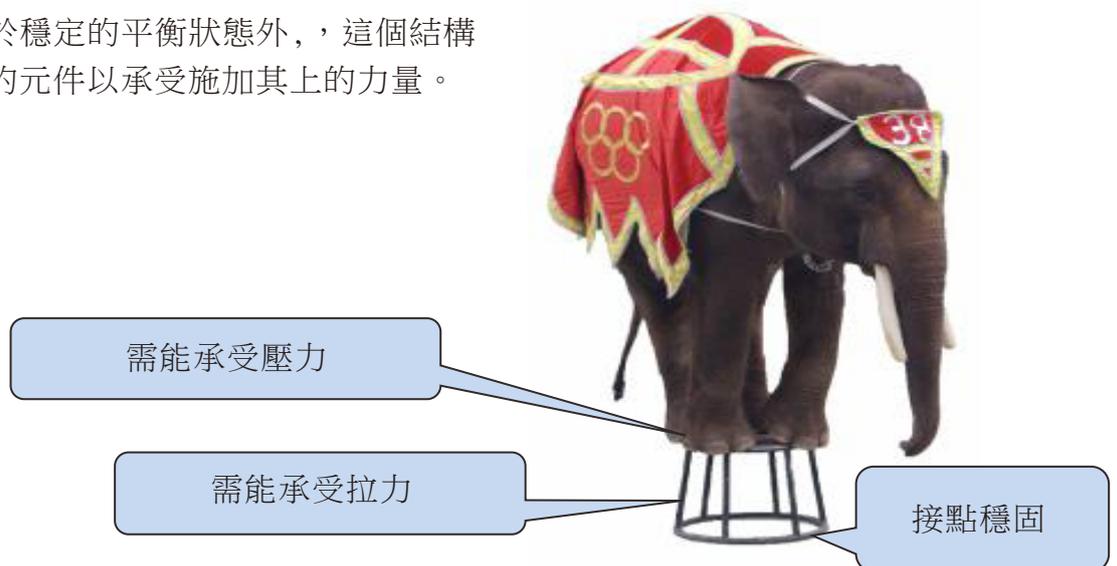
如果結構在受到干擾後能回復本來的姿態，那麼這平衡狀態的結構便稱為穩定的。以椅子為例，當重量加在兩隻椅腳著地點的範圍內，這便是穩定的平衡狀態。



但如果坐在椅子上的人把椅子往後傾斜，直到重量施加在椅子後腳著地位置後面的垂直面。雖然上述各個位置點的作用量仍可抵銷其重量，但是些微的干擾便足以把椅子翻倒。在這種情況下，平衡狀態的結構便是不穩定的了。



除了要確保結構處於穩定的平衡狀態外，這個結構也需要有足夠堅固的元件以承受施加其上的力量。



## 4 材料及切面形狀

### (a) 材料的特性

在設計和製造結構時，必須選用合適的材料。錯誤選用材料，可能會令結構容易地被外力破壞或產生永久變形。例如鋼纜可以承受較大的張力，但卻不可以承受任何壓力。另一方面，混凝土可以承受非常大的壓縮力，但卻很容易被張力拉斷。



青馬大橋的吊索



混凝土塊

由於一個結構的不同部分可能會承受不同的負荷，所以各部分可能需要選用不同的材料來構造。



### (b) 空心橫切面

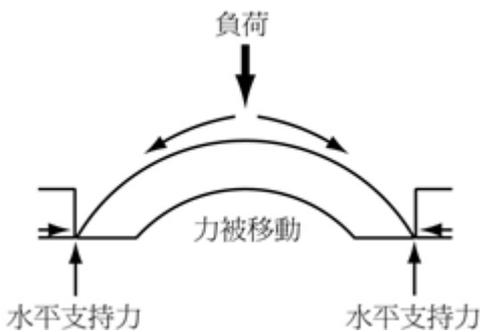
相對於用相同材料製造的實心柱體，空心柱體有較大的直徑，必需較大的徑向負荷才可以將它彎曲。例如：街燈燈柱、學校旗桿等長柱體結構大多採用空心柱來製造。



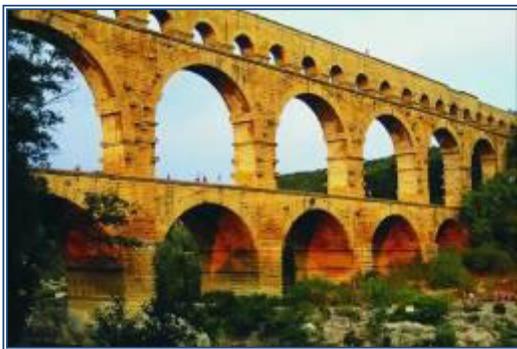
(c) 不同種類的結構

(i) 拱架

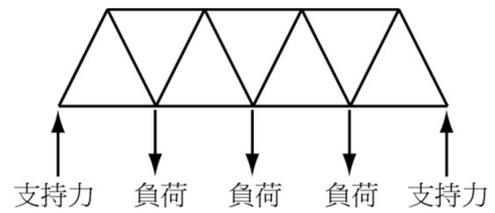
拱架是一個純粹承受壓縮負荷的結構，向下負荷的力通過各構件而轉移到左右兩方（圖a）。拱架無須接合構件，只要把構件放到適當位置，便可以產生堅固的結構，常用材料包括有石塊、磚、混凝土等。拱架常見於中國古代的石橋底部和歐洲古代建築物等。



(a) 拱架結構



(b) 拱架結構的實例



(a) 構架結構



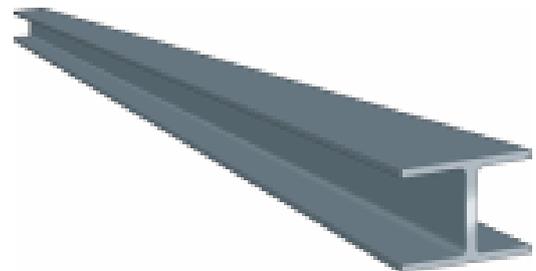
(b) 構架結構的實例

(d) 不同橫切面的樑

平日所見的行人天橋和貨物架都是屬於橫樑的一種。橫樑能承受由上向下的壓力。橫樑的切面設計有以下幾種：

(i) 工字型

工字型的樁柱或防撞欄能夠平均地承受壓力。



(a) 用於建築的樁柱

(ii) 構架

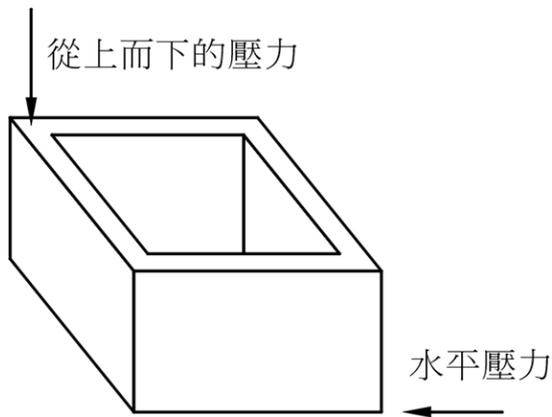
構架結構是由獨立的桿狀或棒狀物件連結而成的。構架的優點是結構較簡單和輕巧，一般用來負重，它的主要組成部份是支桿和接口。構架結構的例子有很多，許多建築物和機械都是由支架所構成的，例如：電纜塔、建築物、橋樑和起重機等。



(b) 馬路旁的防撞欄

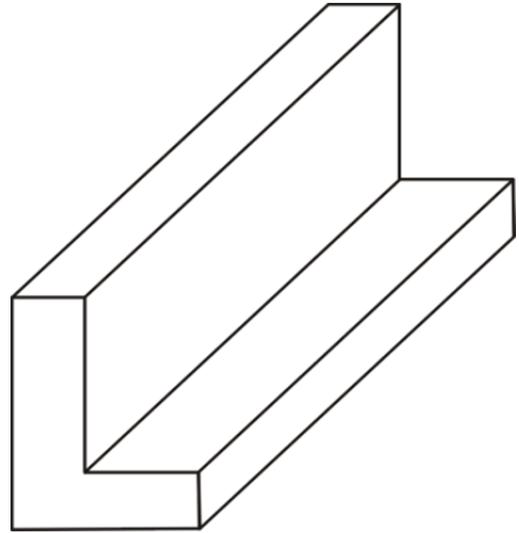
(ii) 盒式

盒式的建築材料能夠承受更大的扭力。



(iii) L字型橫樑

L字型橫樑多適用於冷氣機支架或牆上的貨物架。



(a) L字型橫樑



(b) 冷氣機支架



(e) 摺曲面

平坦的材料表面所能承受的負荷，不及摺曲表面材料所能承受的負荷強。常見的例子有：

因此，使用不同橫切面的設計能使整體結構更輕巧，更能承受負荷而不易被破壞或變形。



(a) 貨櫃箱表面坑狀外殼



(b) 波浪形的擋風膠板



(c) 瓦坑紙箱

## II 機械結構

### 1. 機械黑盒概念

要發揮機械的效用，複合機械由很多機械元件所組成，而設計師把它們以一個黑盒看待。



(a) 機械人

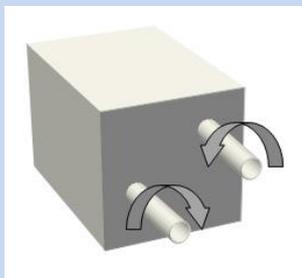


(b) 步行機械

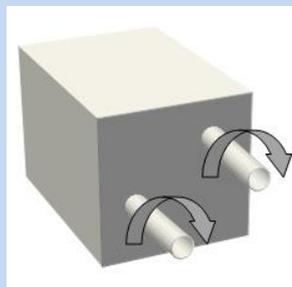
相關知識

以下為常見的機械運動黑盒：

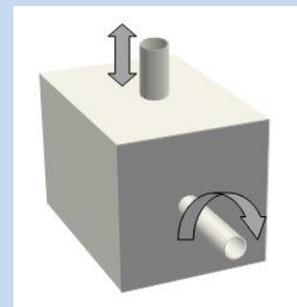
(a) 旋轉運動 →  
旋轉運動(相反方向)



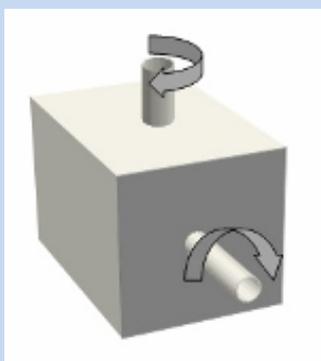
(b) 旋轉運動 →  
旋轉運動(相同方向)



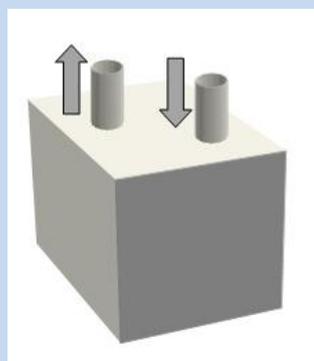
(c) 旋轉運動 →  
往復運動



(d) 旋轉運動 →  
旋轉運動(90度)



(e) 往復運動



## 2. 機械運動的特性

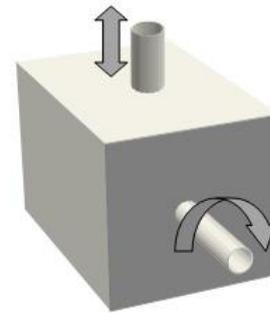
人體的力量有限，我們需要機械來增加力量、增加速度或者方便施力。

### (a) 增加力量

例如汽車千斤頂，可以用來增加使用者的力量，我們便可以用較小的力來提升極重的汽車。



增加力量的機械(千斤頂)

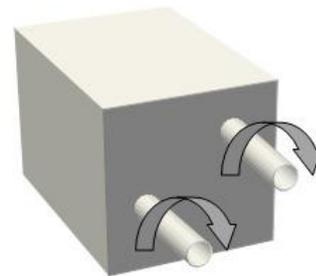


### (b) 增加速度

例如腳踏車，它可以增加我們的速度，令我們可以移動得比跑步更快。

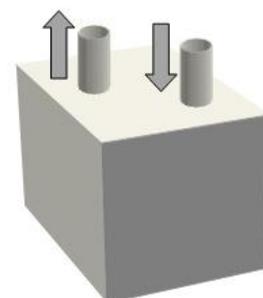
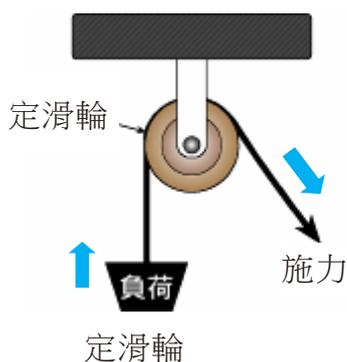


增加速度的機械(腳踏車)



### (c) 方便施力

還有一些機械雖然不能省力或增加速度，但它可以改變用力的方向，方便我們施力，例如固定滑輪便是一個常見的例子。



### 3 機械結構的應用

所有機械均由不同的部分組合而成，各部分均稱為機械元件。由兩種或以上簡單機械所組成的機械則稱為複合機械，它們可以傳動和控制運動。

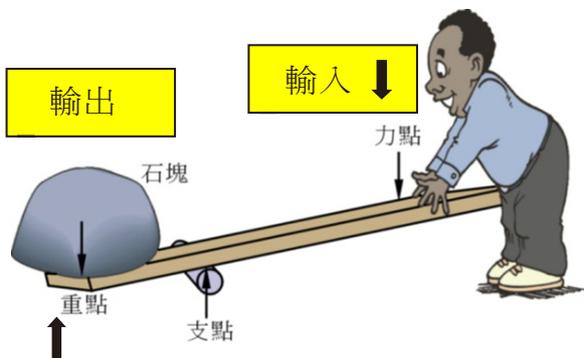
#### (a) 簡單機械

最早被人類利用，而又是最簡單的機械元件，可能是槓桿。它是一根堅硬的直桿，能按固定點轉動，這固定點稱為支點。施力的位置稱為力點，而荷重的位置稱為重點。槓桿的功用是通過改變力點、重點和支點相互之間的位置和距離，來達到改變力的大小、速度和方向。

它包含了一個系統通常包括三大主要部分：



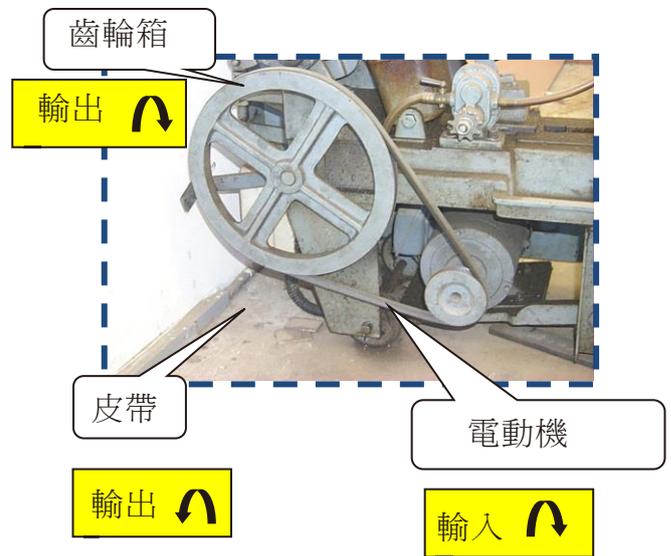
- 輸入 — 人力的按下運動
- 處理 — 槓桿改變力的大小和方向
- 輸出 — 石塊被提升。



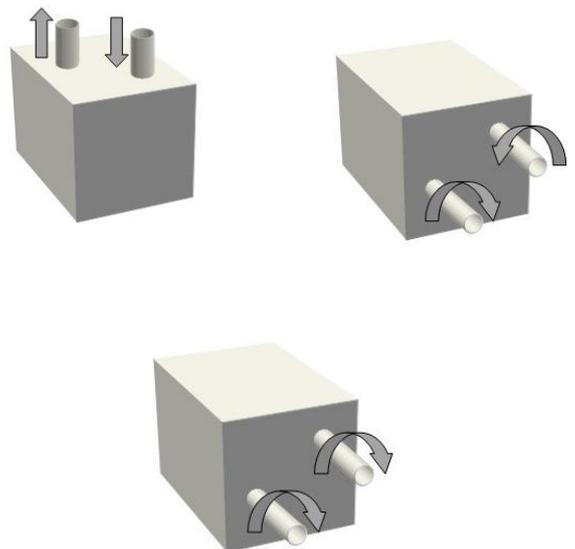
#### (b) 複合機械

在複合機械中，槓桿、凸輪、帶、齒輪、連桿、曲柄...等混合使用，把各式的輸入運動改變為各式的輸出運動。

- 輸入 — 人力或機械的運動
- 處理 — 凸輪、帶、齒輪、連桿或曲柄等改變力的大小和方向
- 輸出 — 複合機械被推動。



(a) 機床的皮帶和齒輪箱





### III 專用詞彙

結構	Structure	盒式	Box
壓縮	Compression	摺曲	Corrugated
拉張	Tension	黑盒	Black box
屈曲	Bending	機械結構	Mechanism
扭轉	Twist	齒輪	Gear
剪切	Shear	帶	Belt
平衡	Balance	鏈	Chain
拱架	Arch	凸輪	Cam
支架	Frame	連桿	Linkage
切面	Cross section	曲柄	Crank
機器	Machine	機械	Machinery

### IV 相關資訊

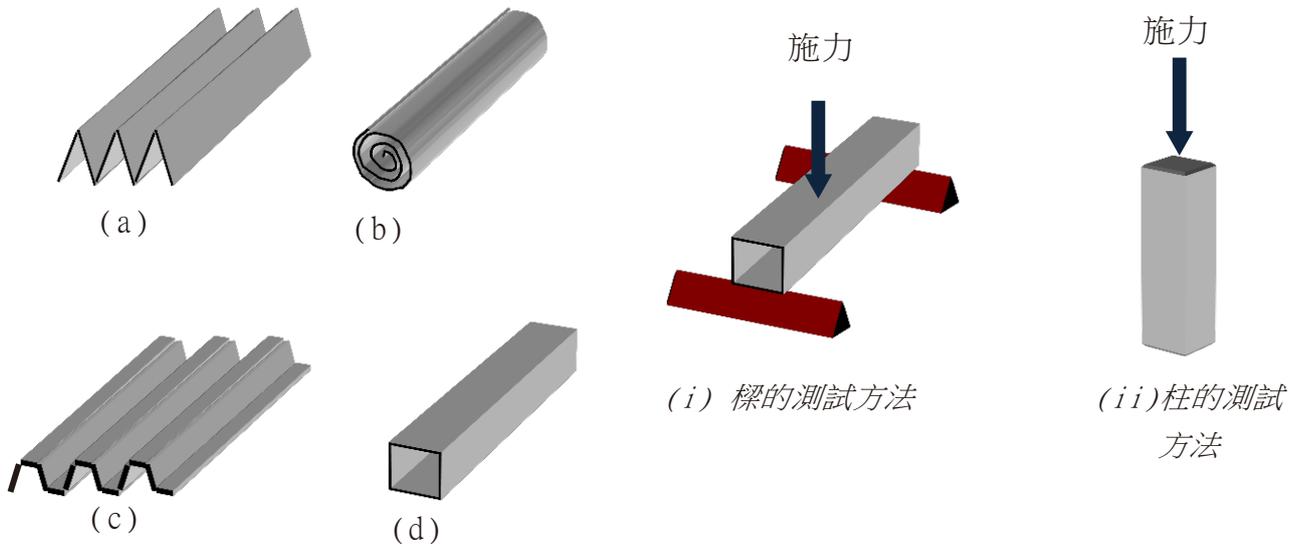
	網址	內容簡介
1	<a href="http://lizarum.com/assignments/physical_computing/2008/mechanisms/cams.html">http://lizarum.com/assignments/physical_computing/2008/mechanisms/cams.html</a>	簡單機械 - 凸輪
2	<a href="http://www.petervaldivia.com/technology/mechanisms/gears.php">http://www.petervaldivia.com/technology/mechanisms/gears.php</a>	簡單機械 - 齒輪
3	<a href="http://www.lizarum.com/assignments/physical_computing/2010/FPMechanisms/index.html">http://www.lizarum.com/assignments/physical_computing/2010/FPMechanisms/index.html</a>	機械黑盒內有甚麼
4	<a href="http://wsdt.office-on-the.net/resources/DTonCD1/school/cranks.html">http://wsdt.office-on-the.net/resources/DTonCD1/school/cranks.html</a>	簡單機械 - 曲柄
5	<a href="http://www3.ul.ie/~kirwanp/examplesofsystems/inuse.htm">http://www3.ul.ie/~kirwanp/examplesofsystems/inuse.htm</a>	簡單機械 - 凸輪

# 課堂活動

課堂活動

- (一) 把班上學生分成八人一組，每人取A4紙一張
- (二) 其中兩人依(a)方法、兩人依(b)方法、兩人依(c)方法、另兩人依(d)方法把A4紙摺曲

- (三) 以組內同學們的膠擦、原子筆等物品作為承托及重物，測試並比較各摺曲方法分別作為樑及柱所能承受的負荷強度：



- (四) 記錄結果 (為最高能力，為最低)

	(a)	(b)	(c)	(d)
作為樑所能承受的負荷強度				
作為柱所能承受的負荷強度				

# 課堂練習

課堂練習

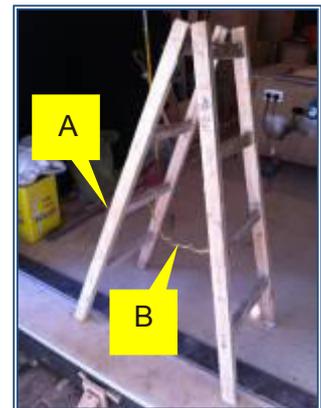
- 1、請舉出結構受力的五種性質(壓縮、拉張、屈曲、扭轉、剪切)的一個例子。
- 2、列出五類負荷常用材料例子，並舉出一些相關例子。

受力的性質	例子	常用材料
壓縮力		
拉力		
彎曲力		
扭力		
剪切力		

表 1

3、小明由老師帶領參觀一座建築中的橋樑。小明發現混凝土內有很多鋼筋，但他不明白這些鋼筋的用處，請解釋使用鋼筋的原因？

- 4、右圖是一裝修工人常用的摺梯，試指出當工人踏上梯後：
- (i) A所示的腳，承受甚麼力？
  - (ii) B所示的索，承受甚麼力？
  - (iii) 如果沒用B所示的索，可能引起甚麼意外？



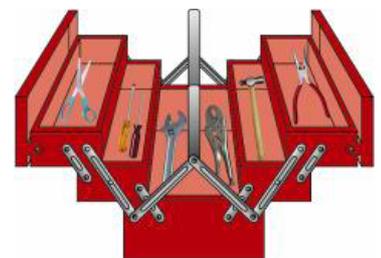
- 5、(i) 從結構強度這方面考慮，為甚麼學校旗桿使用空心柱來製造？  
 (ii) 列舉兩個例子是以改變橫切面來增加結構的強度。

6、說明拱架結構的特點。(需要附以草圖解說)

7. 試指出以下兩件機械的 輸入--處理--輸出 是甚麼？

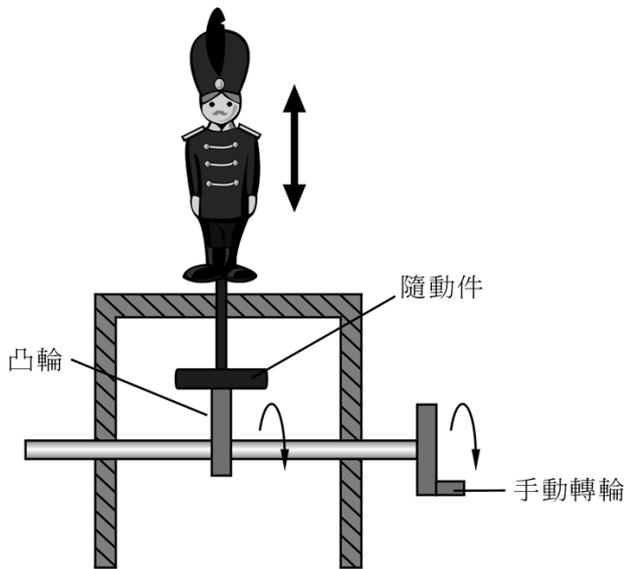


(a) 拔釘鎚

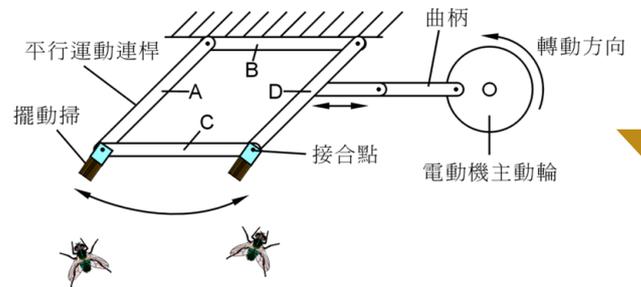


(b) 工具箱

8. 下圖為一活動玩具，試簡單說明它是如何活動。



9. 在一處旅遊區的小食店內，店主為了驅逐飛蟲滋擾放於櫥窗上的食品，所以在櫥窗內安裝了以下的裝置。



- 簡述這裝置的運作情況。
- 試建議一些改變擺動掃的搖擺幅度的方法。

課堂練習

# 專題活動 - 結構

## 瞭望塔

### 專題活動指引

#### 1. 目的

學生對設計程序及安全使用手具有基礎的認識，運用合適的傳意技巧表達設計的意念及使用合適的手工具製作習作。

#### 2. 學生完成專題活動後應能掌握

運用傳意技巧，表達設計意念；  
運用手工具，製作習作。

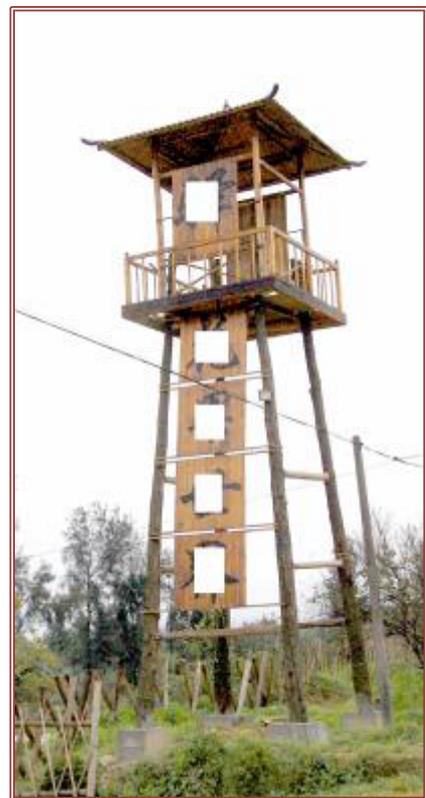
#### 3. 處境

登上山或到一些地勢較高的地方，登高望遠，是一件賞心悅目的事。在古時亦常建造高塔，作為防禦盜賊或敵人之用。

#### 4. 專題活動要求

##### (a) 任務概要

同學要做一座瞭望塔，能承載一罐汽水(~335ml)



(b) 分組

以四人為一組

組別名稱：\_\_\_\_\_

組員姓名：

(1) : \_\_\_\_\_ ( )                      (2) : \_\_\_\_\_ ( )

(3) : \_\_\_\_\_ ( )                      (4) : \_\_\_\_\_ ( )

5. 建議時間

(3教節 + 1教節供比賽)x 40分鐘 (共160分鐘)

6. 所需物料

- (i) 報紙2張(另報紙2張供測試)
- (ii) 12mm寬膠紙一卷

7. 活動內容

- (i) 各組員討論、測試及改良：
  - (i) 各種增加紙張強度的方法
  - (ii) 用較少的材料而能建成較高的瞭望塔的方法
  - (iii) 用較少的材料而能承載所需重物的方法

(ii) 考慮因素



在設計及製作瞭望塔時，應考慮下列問題：

- (i) 只可用報紙兩張及膠紙一卷
- (ii) 如何增加報紙的強度
- (iii) 如何善用膠紙卷
- (iv) 汽水罐的重量
- (v) 汽水罐對塔的重心的影響
- (vi) 時間有限

**(iii) 製作步驟**

- (i) 測試增加報紙強度的效果
- (ii) 設計瞭望塔的外型
- (iii) 設計如何放置汽水罐
- (iv) 製作
- (v) 測試
- (vi) 修改設計，再製作，再測試
- (vii) 比賽

**(iv) 比賽：**

同學把汽水罐放在高台上，離開汽水及瞭望塔，計時10秒而不倒塌。

老師會從檯面量度至汽水罐的最低點。比賽以能夠將汽水罐承載得最高的一組為勝，如有相同成績則以較輕的使用物料為勝。

**(v) 記錄及反思：**

我們的瞭望塔設計：

*自行繪畫或貼上相片*

**我們的成績：**

我們的瞭望塔總重量：\_\_\_\_\_克

我們的瞭望塔將汽水罐升起了：\_\_\_\_\_mm

我們瞭望塔的效率：\_\_\_\_\_mm/克  
(升起高度 ÷ 瞭望塔重量)

班內的最好成績是將汽水罐升起了：\_\_\_\_\_mm

我們的瞭望塔改良版：

如果我們能再做這瞭望塔，它會是……

自行繪畫或貼上相片

以不少於三十字來簡述你們會的改良設計的地方：

---

---

---