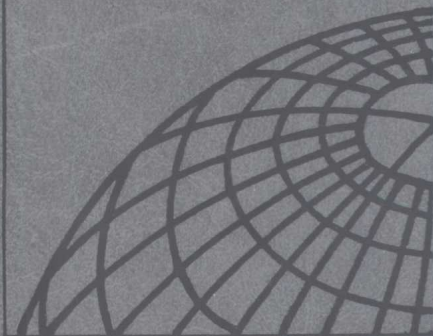
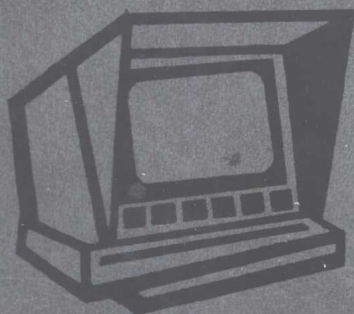
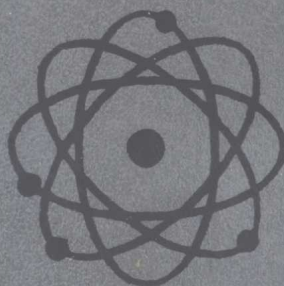
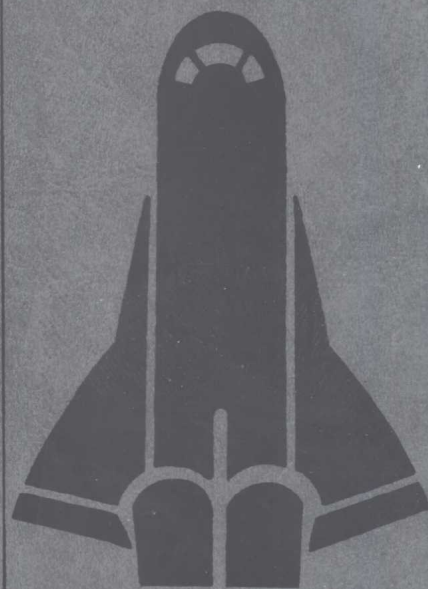
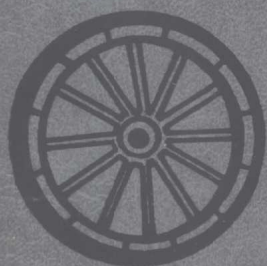


大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



大英科技百科全書 13

中華民國七十四年十二月初版

發行人 林 春 輝

編 者 本局編輯部

出版者 光復書局股份有限公司
台北市復興北路38號6樓
郵政劃撥帳號第0003296-5
電話：771-6622

登記證字號 行政院新聞局局版台業字第0262號

排 版 紀元電腦排版股份有限公司 ☎307-5111
台北市寧波西街99號2樓

紙 張 永豐餘造紙股份有限公司

印 刷 弘盛彩色印刷有限公司 ☎304-8769
台北市環河南路二段280巷24號

裝 訂 堅成印製有限公司 ☎982-2634

©Gruppo Editoriale FABBRI Editori S.P.A.

Milan 1985

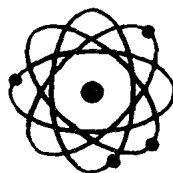
©Kwang Fu Book Co. 1985

049675

N61
G581

大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



13

光復書局

編輯委員：按姓名筆畫順序

王小川	清華大學電機所教授 美國堪薩斯大學博士	祁 甡	交通大學光電所教授 美國布洛克林理工學院博士
王秀雄	師範大學美術系系主任 日本東京教育大學碩士	何東英	台灣大學化學系副教授 美國西北大學化學博士
王詠雲	清華大學化工所副教授 清華大學碩士	宋文薰	台灣大學人類學系教授 台灣大學歷史系畢業
方中權	中央地質調查所專員 加拿大紐芬蘭大學碩士	宋賢一	台灣大學農化系教授 農學博士
方俊民	台灣大學化學系副教授 美國耶魯大學化學博士	吳泰伯	清華大學材料科學所副教授 美國西北大學博士
白寶實	清華大學核工系副教授 美國辛辛那提大學博士	吳靜吉	學術交流基金會負責人 美國明尼蘇達大學哲學博士
朱建正	台灣大學數學系副教授 美國哥倫比亞大學博士	吳鑄陶	清華大學工程研究所所長 美國西北大學博士
朱偉岳	海軍軍官學校畢業 美國田納西大學電機所畢業	李祖添	交通大學控制工程所教授 美國奧克拉荷馬大學博士
朱傲祖	中央地質調查所專員 加拿大雅基地亞大學碩士	李敏雄	台灣大學農化系副教授 美國羅格斯大學博士
朱健次	台大醫學院微生物所副教授 美國貝勒醫學院博士	林允進	台灣大學造船研究所副教授 日本東京大學船舶工學博士
江萬煊	台大醫學院泌尿科教授 日本東京帝國大學醫科畢業	林宗洲	台大醫學院耳鼻喉科副教授 日本東京大學醫學博士

林英智 台灣大學化學系副教授
美國加州大學洛杉磯分校博士

林宜勝 洪建全兒童圖書館館長
台灣大學外文系學士

於幼華 台灣大學環境工程所教授
美國華盛頓大學環境工程博士

洪祖培 台大醫學院神經科主任
日本北海道大學醫學博士

柳 楷 台灣省林業試驗所研究員
美國奧勒岡大學研究所研究

張石角 台灣大學地理系教授
英國倫敦大學碩士

許瀛鑑 師範大學工教系教授
美國州立東北密蘇里大學研究

楊兆麟 士林榮總婦產科主任
國防醫學院醫學學士

溫振源 台大醫學院解剖科副教授
新加坡國立大學哲學博士

錢凡之 淡江大學物理學副教授
美國休士頓大學博士

郭明彥 大同工學院電機系副教授
交大電子研究所畢業

陳君傑 清華大學動力機械所副教授
美國羅格斯大學博士

陳建初 海洋學院養殖系系主任
日本九州大學農學博士

蔡章獻 台北市立天文台台長
韓國立命館大學

蔡義本 中央研究院地球所所長
美國麻省理工學院博士

簡曜輝 師範大學體育系系主任
美國明尼蘇達大學博士

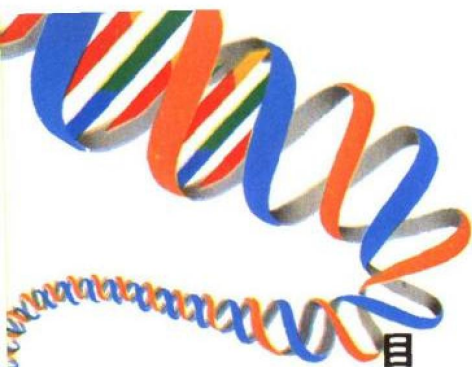
顏明雄 台灣工業技術學院副教授
日本東京工業大學博士

鄭元春 台灣省立博物館助理研究員
台灣大學碩士

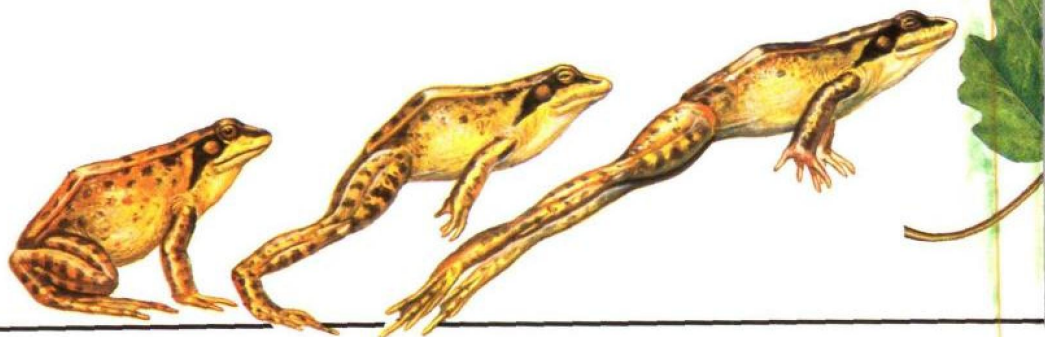
鄭文隆 台灣工業技術學院營建系教授
美國華盛頓大學土木博士

鄭復華 清華大學管理決策所副教授
美國俄亥俄州立大學博士

譚天錫 台灣大學動物系教授
台灣大學動物系畢業



目 錄



機器人 Robot	8
機關槍 Machine Gun	10
橋樑 Bridge	12
樹 Tree	16
潟湖 Lagoon	20
潤滑劑 Lubricant	22
潮汐 Tide	24
潰瘍 Ulcer	26
潛水 Scuba Diving	28
潛水艇 Submarine	30
燙傷 Burn	34
燈塔 Lighthouse	36
燃料電池 Fuel Cell	38
磚瓦(磁磚) Tile	40
糖 Sugar	42
糖尿病 Diabetes	44
糖精・甜味劑 Saccharine and Sweetening Agents	46
興奮劑 Stimulant	48
蓋格計數器 Geiger Counter	50
蒸汽・蒸汽壓 Vapor and Vapor Pressure	52
蒸汽渦輪機 Steam Turbine	54
蒸汽機 Steam Engine	56
蒸餾 Distillation	58
蓄電池 Battery, Storage	60
螞蟻 Ant	64
螢光 Fluorescence	66
衛生 Hygiene	68
衛星 Satellite	72
衛星探測 Satellite, Surveying	76
豬 Pig	78
貓 Cat	80
輸血 Blood Transfusion	84
輸送帶 Belt, Conveyor	86
輸送管 Pipeline	88
輻射 Radiation	90
輻射塵防護室 Fallout Shelter	92
輻射落塵 Radioactive Fallout	94
運河 Canal	96
運動 Motion	98
運動・身體合適 Exercise and Physical Fitness	100
運動系統(動物) Locomotory System	102
運動醫學 Sports Medicine	104
過濾器 Filter	106
都卜勒效應 Doppler Effect	108
郵票 Postage Stamp	110
鋸 Saw	112
鋼 Steel	114
鋼琴 Piano	118
錫 Tin	120
錄音機 Tape Recorder	122





錳 Manganese	124
陰極射線管 Cathode Ray Tube	126
陰陽學說和醫學 In-Yan and Medicine	128
陶金 Cermets	130
陶瓷 Ceramice	132
陷阱 Trap	134
雕凹線版畫・蝕刻版畫 Engraving and Etching	138
霍亂 Cholera	142
靜力學 Statics	144
頭痛 Headache	146
龍捲風 Tornado	148
壓力 Pressure	150
壓力鍋 Pressure Cooker	152
激素 Hormone	154
營養 Nutrition	160
營養缺乏 Nutritional Deficiency	164
癌症 Cancer	166
磷 Phosphorus	172
磷光 Phosphorescence	174
縮影膠片 Microfilm	176
縫紉機 Sewing Machine	178
縱火劑 Napalm	180
聲音 Sound	182
聲納 Sonar	186
聲學 Acoustics	188
聲學全像術 Holography, Acoustical	192
聲道 Sound Track	194
臨牀分析 Clinical Analysis	196
臨界質量 Critical Mass	200
螺絲 Screw	202
螺槳 Propeller	204
賽車 Racing Car	206
趨同演化 Evolutionary Convergence	208
輾磨(穀物) Milling	210
遙測 Remote Sensing	212
醣類 Carbohydrates	216
醛・酮 Aldehydes and Ketones	220
鍛造 Forging	222
鍍鋅 Galvanization	224
錨・碇泊 Anchor and Anchorage	226
颶風・其他風暴 Hurricanes and Other Storm	228
鯊 Shark	230
黏滯性 Viscosity	232
擬態 Mimicry	234
斷電器 Circuit Breaker	236
斷層・褶皺 Faults and Folds	238
糧秣貯存庫 Silo	240
織布機 Loom	242
織造 Weaving	244
繞射 Diffraction	246



本書使用方法

「大英科技百科全書」共計十五冊，前1～14冊爲本文，第15冊爲索引自成一冊。

本文部分是3360頁圖文並茂的科學與科技新知，依據本套書的組成單元——科技名詞編輯而成。

「大英科技百科全書」共有1240條科技名詞，依中文筆畫別排列；若筆畫別相同者，再以部首先後順序排列而成（部首順序係以中華書局出版的「辭海」爲藍本）。

例：化學元素

太空梭

「化」與「太」同樣爲四畫，「化」的部首匕在「太」的部首大之前，則「化學元素」的排列順序應排在「太空梭」之前。

因本書係採用電腦編書作業，1240條名詞的排列順序，先比第一個字的筆畫及部首，然後再依序比第二、三

個字的筆畫及部首，第四個字則依照電腦的中文內碼排列。

例：心臟病學

心臟病發作

先比前三個字的筆畫及部首，因前三個字的筆畫完全相同，第四個字「學」與「發」，因「學」的電腦之中文內碼在「發」之前，因此「心臟病學」應排在「心臟病發作」之前。

而部首筆畫的算法，係依辭海部首的排列順序。例①：苯，部首艸應爲艸，艸六畫，連下面的本五畫計十一畫。例②：肺，月應爲肉，肉六畫，連右邊的市五畫計十一畫，其他：應爲水四畫、王應爲玉五畫、扌應爲手四畫、辵應爲走七畫等，依此類推。

本書涵蓋數學、物理、化學、資訊、太空、天文、生化、材料科學、工程、醫學……等計46科科學科技範疇的1240條名詞，除了解釋該項名詞的意義，

並將其由來、演變及發展，附加圖解加以詳細的介紹。在文末也經常附註「參閱第×冊第×頁」，提供相關資料。

一般說來，使用本書最好的方法，最先從索引或目錄找起，讀者需查閱某一條目時，可先算出筆畫，由目錄或索引中找出您最感興趣的，直接翻閱那一條目的內容，這樣可以節省時間。這種條目名詞的編排方法，有助於想以這種方式閱讀的讀者。

索引是本書的最大特色，除了以筆畫別排列的中英對照索引之外，爲了便於僅知英文名詞而不知中文譯名的讀者，在中英對照的索引之後，也加列了英中對照的索引。本書的索引編排方式與一般傳統的編排迥然不同，索引條目分列大小條目，大條目以黑體字表示，與大條目相關的許多資料則詳列其下，使讀者查閱該條目時，可同時參考相關資料。

例：糖尿病 **Diabets** 3·134，
9·76，13·30，148
門診分析 **Clinical analyses**
13·188
對胰臟的作用 **effects on**
pancreas 1·20
胰島素注射 **insulin syringe**
1·136
尿崩症 **insipidus** 13·36

糖尿病爲大條目，與糖尿病相關的資料如門診分析、對胰臟的作用、胰島素注射、尿崩症等則詳列於糖尿病之下，使讀者在查閱糖尿病這一條目時，與它相關的資料一次就可以很便捷的查閱到。

總之，使用本書最好的方法就是先從索引翻閱起，再閱讀圖文並茂精彩的內容，從中發現樂趣，並藉以擴展您的心智及創造力，提昇您的科技知識。

機器人 Robot

效率專家幻想未來的神奇工人，能夠夜以繼日的工作，不用假日，也不會請假休息，更不會在上班時間喝茶或聊天。並且這樣和善勤奮的工人，在公共場合中，不活躍，也不會惹事生非，因為畢竟它只是個機器人而已。

這些「鐵領」工人已經由實驗室走入工廠的生產線。使用機器人於簡單、重複的工作方面特別有利，因為通常這些是人工最不感興趣的。同時，使用機器人操作危險材料或在危險地區工作也很理想。

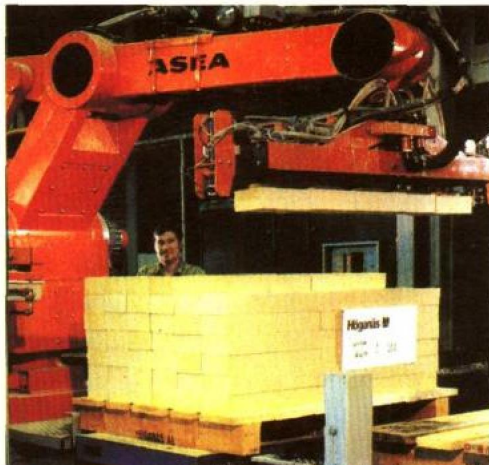
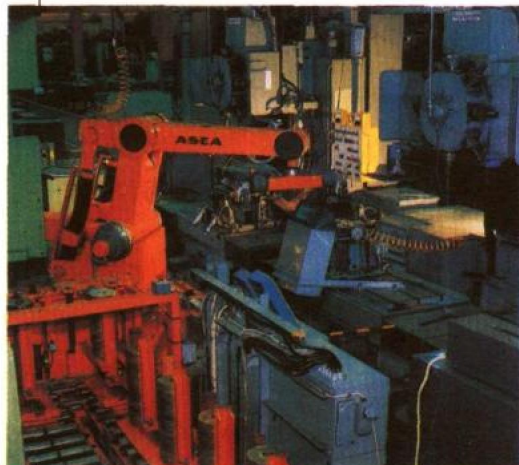
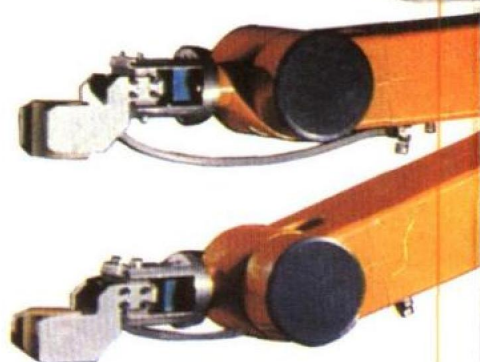
機械零件

機器人具有各式各樣的形狀。根據研究的結果，它們是可輸入設定程式以操作巧妙工作的機械裝置，通常對環境的暗示也能有所反應。對於現在工廠裏所能發現的機器人型式，大部份以功能來分類。典型的工業機器人，一般只是線路複雜的機械

機器人，而一半以上是由日本製造，並且使用於日本。舉例而言，有家公司雇用具有電視攝影機的機器人，檢查鑽油平台下的部份及船底。另一家，發展出具有視覺的機器人，能夠分辨不同種類及大小的魚，並且自動把魚分箱。機器人自動化的終極發展，據研究，可能是在一家日本的大工廠裏，機器人在裝配線上製造其他的機器人。

除此以外，機器人也發展使用於太空計畫。美國國家航空暨太空總署(NASA)在加州帕沙第納(Pasadena)的噴射推進實驗室(JPL Laboratory)，已經製造出一個能自我推進、四輪的機器人，具有一隻電力機械手臂、一雙電視攝影的眼睛，及一個雷射測距儀，以探測行星的表面。

機器人的發展



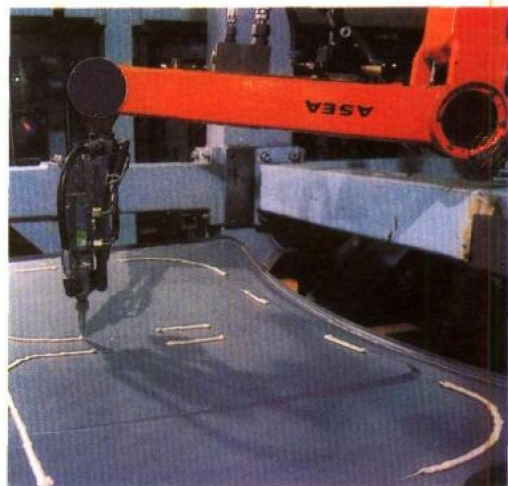
手臂裝置在可旋轉的關節上，具有手指，能抓、能握、能舉、能放等功能，這些功能都是由電腦(computer)控制。特殊的感測器，使機器人能夠感覺熱、壓力和阻力，同時在小範圍內有大略能辨識物體的視覺。雖然機器人的模樣有些笨拙，但它可以固定在裝配線上工作，或是移動。

今天，機器人最普遍的工作就是在汽車裝配線上。世界上，大部份的大汽車廠都雇用機器人從事銲接、檢查以及裝配零件、鑄模、噴漆等工作。在一些核能電廠中，處理危險的放射線物質也由機器人取代。據製造工程師學會的估計，到西元1995年時，一半以上的汽車裝配品，都將由自動化機器裝配。

西元1980年初，估計全世界約有2000台

機器人「Robot」這個字，源於斯拉夫文「robata」(工作)及「robotnik」(工作者)；由捷克劇作家卡爾·卡匹克(Karel Capek)在西元1921年的作品「羅森的萬能機器人」(Rossum's Universal Robots)中介紹給全世界。這是一部諷刺科技的作品，他想像機器人發展出靈魂，然後反抗主人，最後並消滅人類。

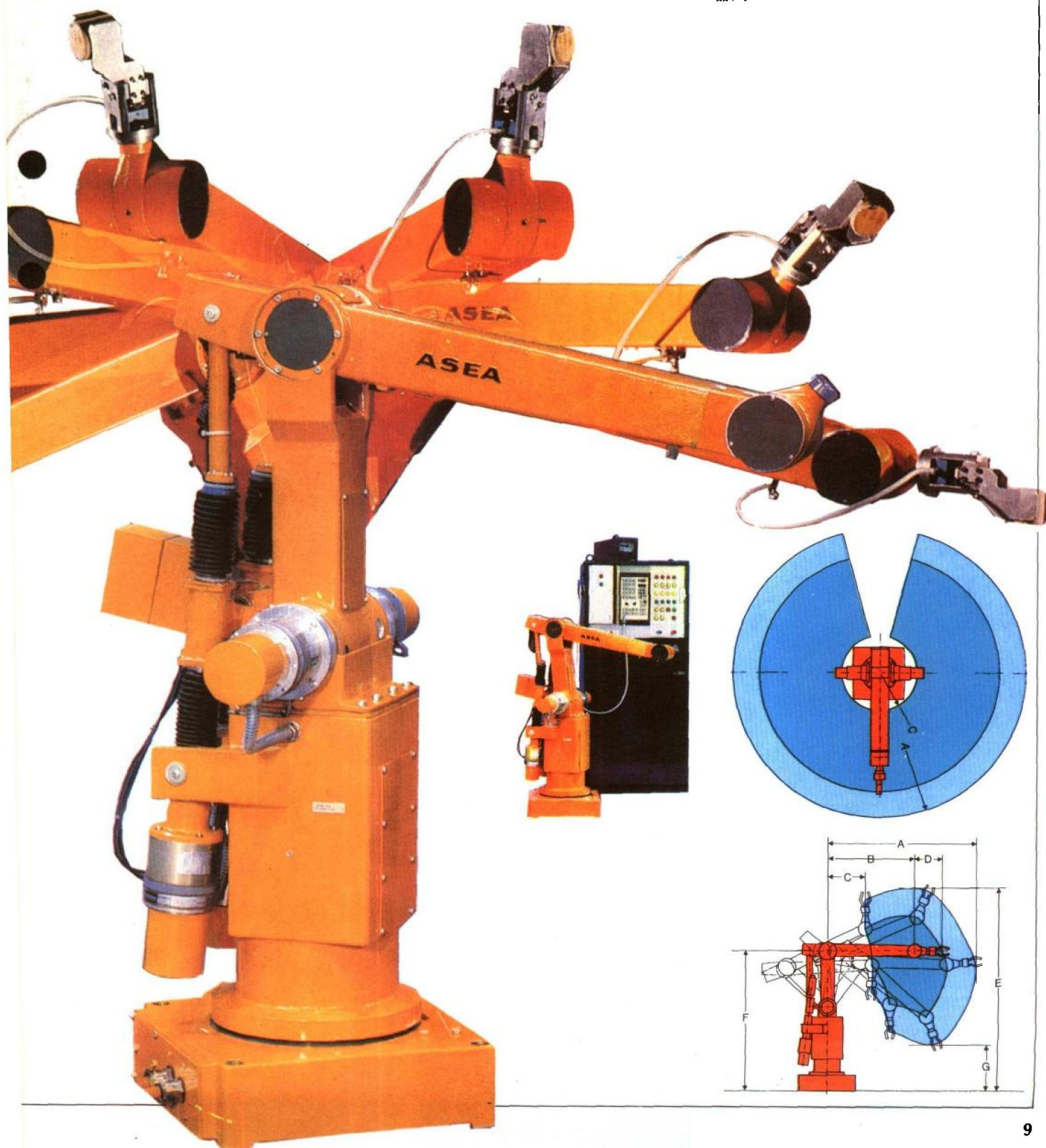
然而，現今的機器人還很難成為劇中所寫的那樣，因為它們不具有高深的智慧與特別的識別力。尤其，即使在我們眼中認為是最簡單的日常工作，實際上都包含有一連串的思考和能力。此外，這些工業產品也不能做獨立判斷，或像人類一樣運用思考力將所見的加以連貫；總之，除了最簡單的命令之外，稍微複雜一些的，它就



左：看管機械、堆軀及操作切割噴炬的工業機器人。
 下：工業機器人在許多不同位置中的幾個時間推移圖。小圖是
 機器人與其數字控制系統。
 右下：機器人運動範圍上的仰視與側視圖。

無法了解了。

但是，這種情況可能會改變，因為目前
 機器人只是在幼年期。由於微電路的迅速
 進步，結合人工智慧 (artificial intelligence) 的拓荒式研究，使得電腦更慧
 點、更有能力，也更便宜。這種趨勢，有
 可能製造出新一代，遠超過人類想像的機
 器人。



機關槍 Machine Gun

就軍事科技的歷史而言，十九世紀後半期是一個重要的發展階段，其中槍砲的研究尤其扮演關鍵性的角色。首先，由於化學炸藥的發展，取代了原有的黑火藥，再加上金屬彈殼的發明，使多型槍砲具有時下所見的面貌。

在前述時期中發展出的最重要的武器是馬克沁機槍(Maxim gun)，它是今日機關槍的前身，也是現代步兵的重要裝備。西元 1884 年，一位居住於歐洲的美籍發明家馬克沁(Hiram Stevens Maxim)獲得了一項專利設計，在這項設計中，馬氏成功的完成了許多發明家夢寐以求的東西——一種能從單管槍身中連續發射數粒子彈的大型步槍。馬氏首先發明了後座作用

槍管往目標物飛行。每當子彈向前發射彈頭之同時，也產生相同的反作用力，就是往後衝擊的力量，由槍枝本身吸收，即形成所謂後座力。馬克沁就從此處著手，他利用部分的後座力量，打開帶有空彈殼的槍膛(breech)，彈出空殼，並裝填一發新的子彈，俟後座力消失時，槍膛復歸原位，而自動備便隨時可再予發射。

利用這種後座力原理，曾發展出許多種性能良好的機槍。其中最優良之一當屬西德製 MG42-59 型，這是一種可以用 9 種不同速度發射的高性能機關槍，其速度可從每分鐘發射 600 發子彈，到驚人的 1,400 發子彈，射擊者可視需要而加以調整。

氣體傳動式機關槍

另一種自動完成發射、彈出彈殼、裝填、再發射的過程是氣體傳動式機關槍(gas-operated machine gun)。這類機槍的基本原理是利用子彈發射後，發送藥所產生的部分氣體動力，將空彈殼往後推動彈出，同時壓緊一根彈簧或活塞，藉彈簧或活塞的力量，使彈帶或彈匣內的子彈上膛，然後使機槍恢復至發射位置，重複自動發射的程序。目前大多數的現代化機槍或自動步槍都屬於氣體傳動式。其中最著名的兩種標準型式為英國製 GPMG 型(為英文 general purpose machine gun 的縮寫，表示一般目的用機槍)，與美國製 M60 型機關槍。這兩種武器發射時都

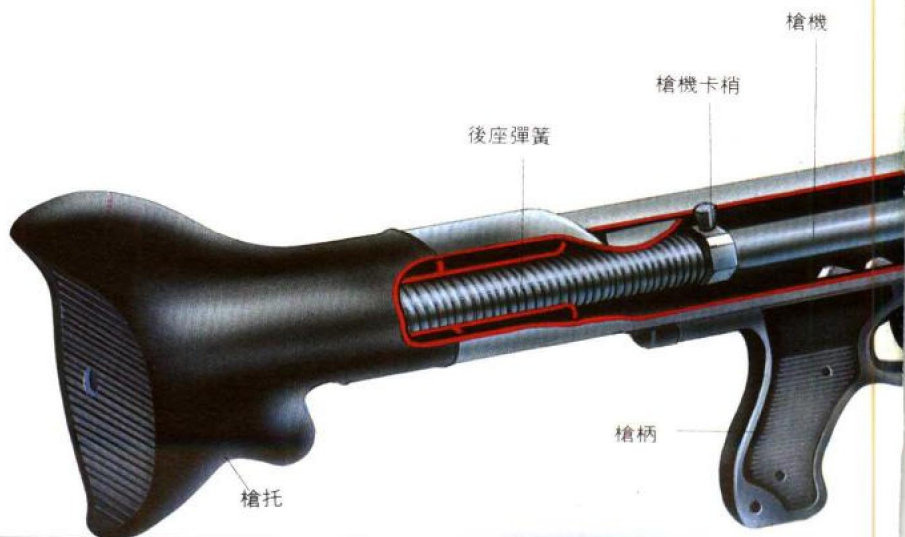


左：美國製M60氣體傳動式機關槍
右：為德國製MG42型機槍系列，這是迄今所發展出來後座力傳動式機關槍中最好者之一
這種機槍可視需要而採用各種不同發射速度，例如在叢林戰中，可使用低速；而在對付敵機時，則可採用高速發射而成為防空武器。MG 42型機槍原則上使用彈帶，但為攜帶方便，也可改用彈匣。

原理，這種原理是此一世紀中，兩種主要機槍機械構造的原理之一，也是武器製造界的一項迫切需求。

後座力傳動式機關槍

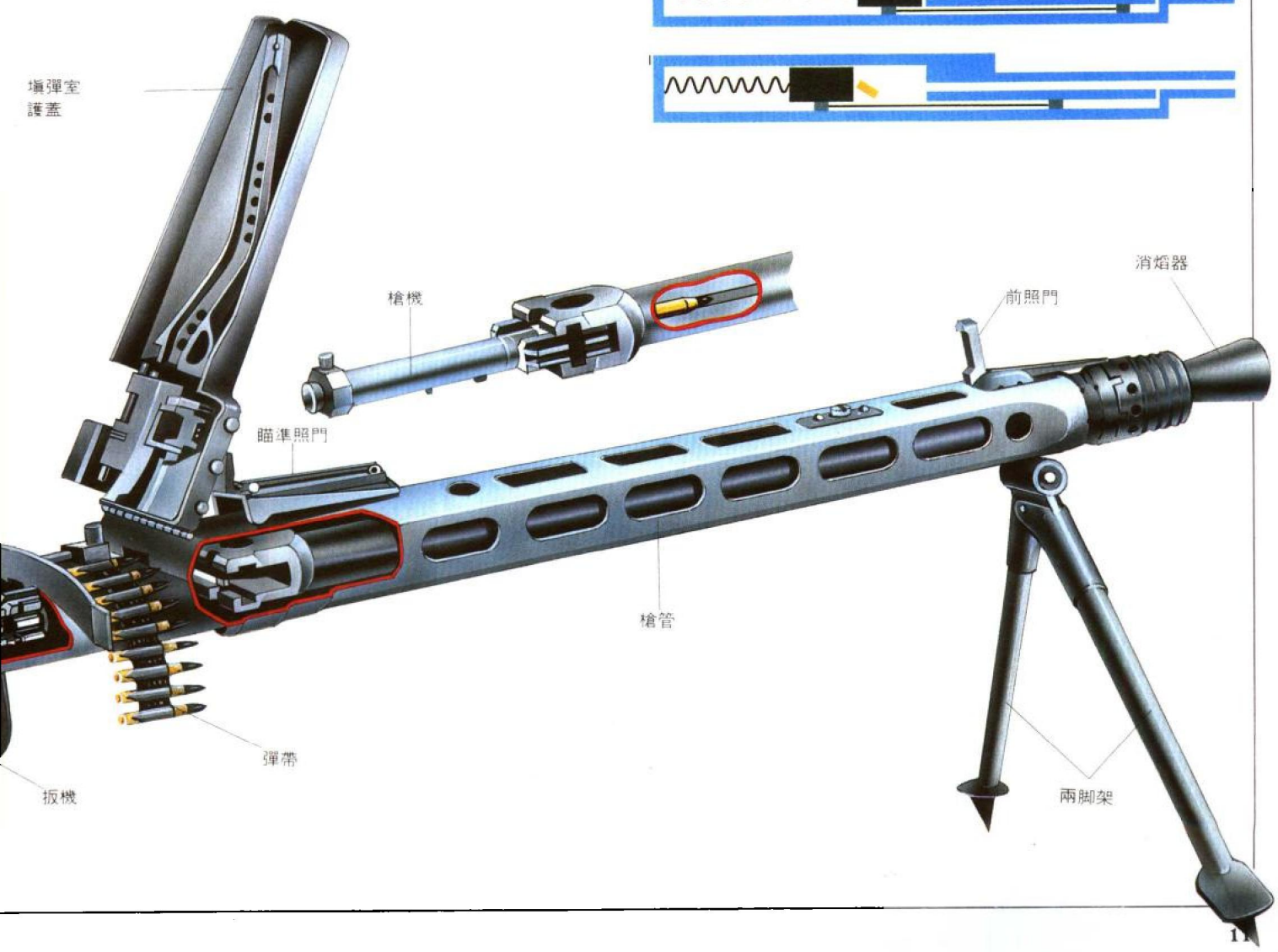
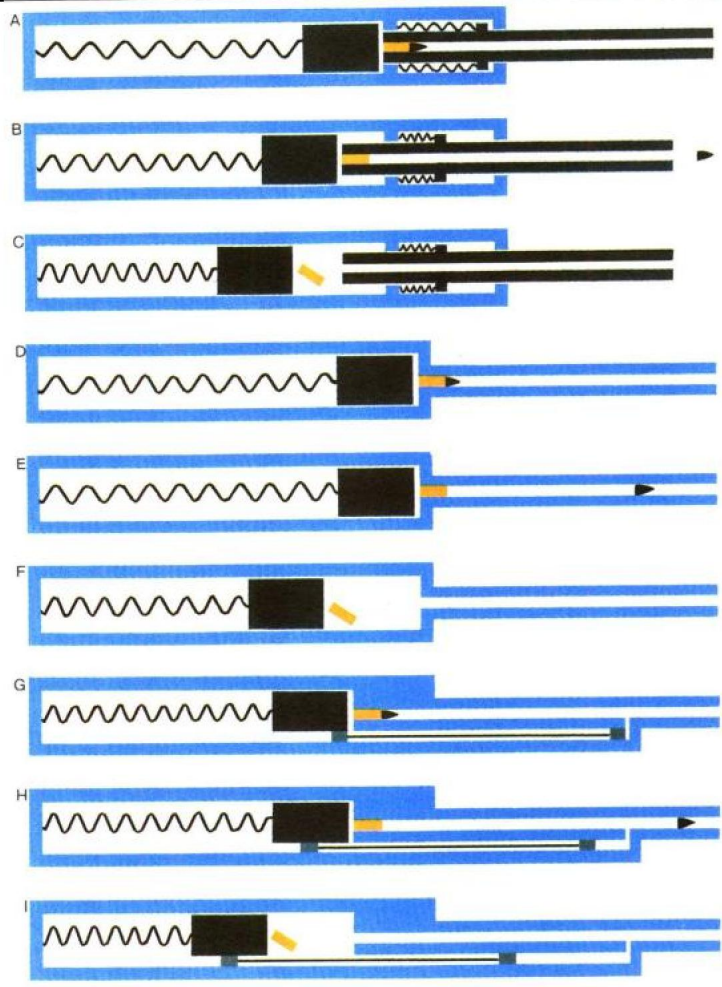
馬克沁在處理槍枝的後座力時，發現可利用每發子彈所產生的部分後座力自動填裝下一發子彈。馬氏的這項構想，主要是藉重新發展出來的子彈。這種子彈包含底火(primer charge)、無煙發送藥(硝化纖維)與彈頭三部分。在傳統的單發式步槍中，扣了扳機後，撞針會向前撞擊子彈底端的底火。底火引燃無煙發送藥，產生大量的氣體與熱能，藉此能量推動彈頭沿著



使用兩腳架或三腳架，使用彈帶裝填。二次世界大戰與韓戰期間，盟軍所使用的 0.30 與 0.50 口徑的機關槍，到了西元 1957 年後則為 M60 機槍所取代。M60 機槍可發射 7.62 公釐的子彈，槍身重量從 11 到 22 公斤不等，視其裝配之附件與彈藥多寡而定。

與機關槍同一級，卻屬於輕兵器之類的機槍稱為輕抬槍 (submachine guns)，所發射的子彈大小與手槍子彈類似，譬如自動步槍或小型自動步槍，其重量多在 7 公斤左右。這些武器用作突擊暗殺步槍時，其發射的子彈較手槍子彈略大，但較一般步槍子彈又小一些。

右：三種機槍作用系統的圖解說明。(A)後座式機槍發射時的情形。(B)槍管後退，拉動機槍。(C)槍管已至定位無法再退，但機槍繼續後退，此時退出空彈殼，新子彈填入。(D、E、F)為槍機後座式機槍，這種機槍槍管固定不動。當子彈發射後，後推力使槍機後移，這種機關槍的槍機重量與彈簧拉力都經過精確計算，使槍機後退時，能排除空彈殼並填入新子彈。(G、H、I)為空氣傳動式機關槍的運作情形，槍管也是固定的，但是在槍管下方有一小活塞，當子彈發射後產生的壓縮活塞，帶動槍機後移，清除空彈殼，填入新的子彈，並使槍機恢復至重新發射位置。



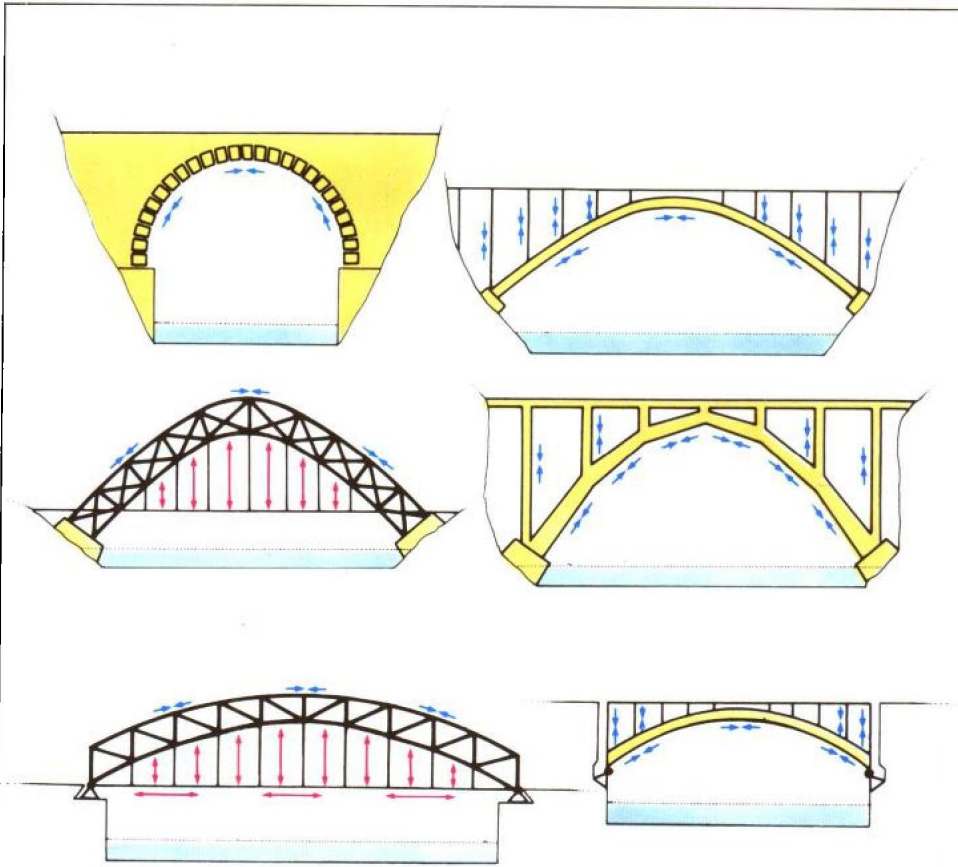
橋樑 Bridge

從羅馬的石橋到美國的金門大橋，世界上很少有其他的建築物像這些巨大的橋樑如此美麗而壯觀。人類建造橋樑跨越河流、溪谷、港灣和一些人造的障礙如公路、鐵路以及運河等。橋樑的歷史演進多少與當時可供使用的材料種類有關；早期多使用木材、繩索和石塊來建造橋樑，而近代的橋樑則多以鋼筋水泥建造。

早期的橋樑

任何一座橋樑的建造不出以下三種基本形式：樑式 (beam)，拱式 (arch) 和懸掛式 (suspension)，獨木橋就是樑式橋最簡單的例子。比較複雜的，是將石板或木板一塊接一塊的安放在一系列的橋柱或橋墩上，構成一座完整的橋。最簡單的懸掛式橋 (或稱吊橋)，就是懸吊於山谷間的一條繩索，要越過此橋，無異表演空中走索特技。因此建橋者就想到使用三條繩索，三條繩索間再以一些短索依設定的間距垂直綑接，中間的一條繩索位置較低，以供行走，另外的兩條則正好當作扶手。

任何一座橋，無論使用那一種材料，它所承受的應力 (來自本身重量和通過的人車重量) 不外兩種基本型態：壓力和拉



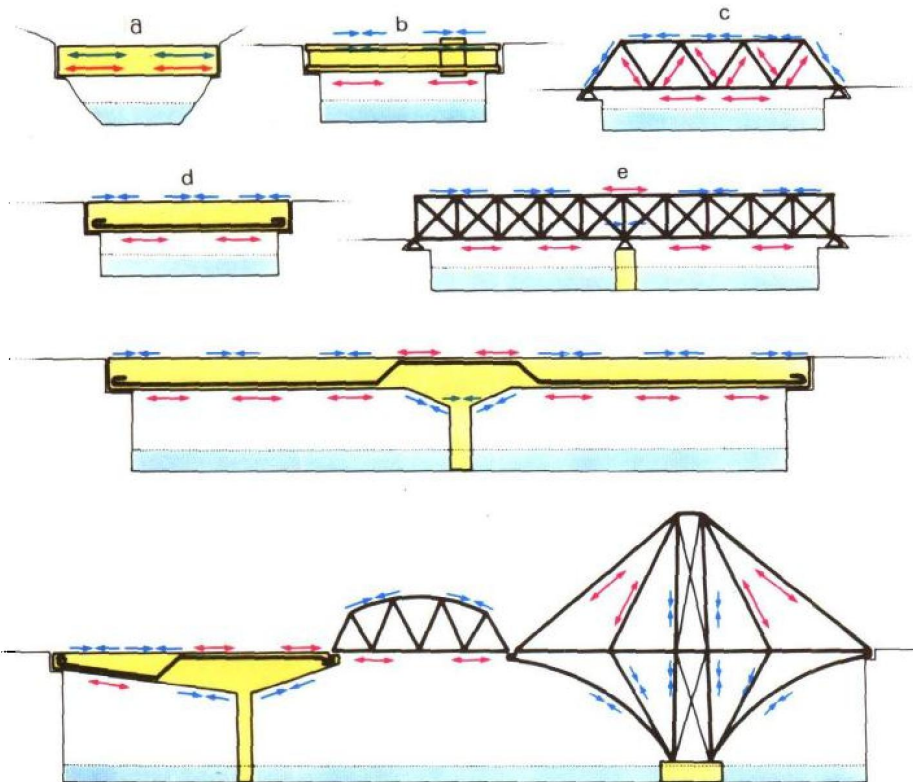
橋樑是一種複雜的結構，包含抵抗壓力的構件和抵抗拉力的構件。圖中以箭頭表示力量的方向，箭頭互指 (藍色箭頭) 表示結構正承受壓力；而箭頭背指則表示正承受拉力。圖中一系列的

橋樑設計說明，只有那些懸吊於壓力拱的組件是承受拉力。左下圖的橋樑，路面本身就是設計來承受拉力。



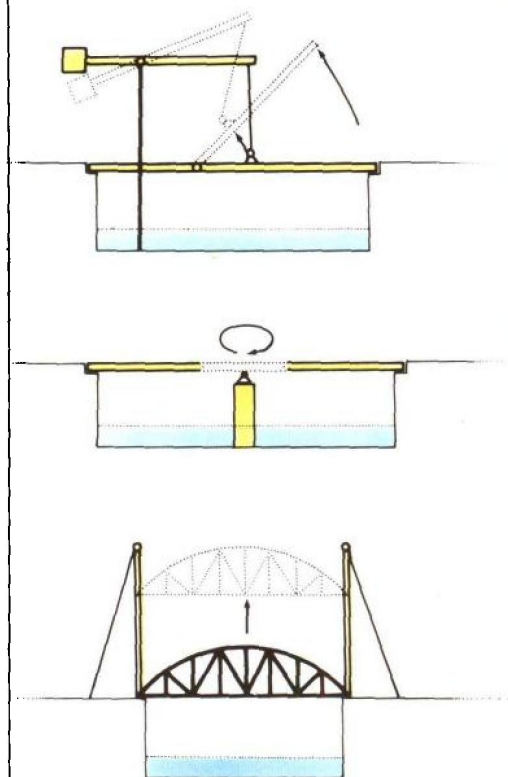
力。壓力就是將物質壓縮聚集在一起的力量，而拉力恰好相反，是將物質拉張分開的力量。樑式橋施於橋柱上的是直接向下的力量，即為壓力；而樑的部分則同時承受壓力和張力。在樑的中間部分，由於離支承點最遠，因此有彎曲下陷的趨向。如此樑的上面部分就承受了壓力，而下面部分則承受張力。至於懸掛式橋，施於懸掛索上的則完全是拉力，橋索受力拉張時，兩端的支承點受力最大。施於拱橋上的應力與懸掛式橋相反，完全是壓力——橋身的重量同時向下方和外方施力。

羅馬人最早在建築工程上使用拱式結構。他們不但使用在一般建築上，同時也大量用在橋樑建造和水道工程上。這些橋樑和水道有些甚至長達數千公尺。一般羅馬人所建造的橋，都是由一系列支撐橋面的石拱所組成。許多這樣的拱橋，在經過



圖中的橋樑設計圖，也以箭頭表示力量的方向（藍色表示壓力，紅色表示拉力）。在 a、b 和 d 圖中的混凝土橋中，混凝土部分承受壓力，而其中的鋼筋則用來抵抗拉力。為了簡單起見，

圖中其他的橋樑設計均避免這種混合的結構，而把壓力和拉力清楚地分開。在橋樑設計中，這兩種力量的彼此作用必須要詳細計算。工程師經常使用電腦來完成這項工作。



可開閉吊橋的三種形式。上：以平衡力系統用鉸鏈拉起橋面。中：不拉起橋面，但旋轉至一側以允許船隻通過。下：橋面整個被平行舉起。

2,000 多年後，仍然堅固屹立。建造橋樑在經過一段時間的低潮之後，於中世紀時期在歐洲又興起建造石拱橋的風潮。最有名的一座，就是西元 1209 年建於英國泰晤士河上的倫敦橋。這座橋由 19 個石拱組成，橋面上甚至蓋了有住屋和商店。它一直使用到西元 1820 年，才因為新橋工程的開始而拆除。

桁架橋

到了十八世紀，一種以短木樑連結組成的堅固三角形結構，稱作為桁架 (truss)，也被應用在橋樑工程上。一個三角形的木樑就是最基本的桁架結構，當力量施於三角形的任一頂點時，連結於此點的兩根樑承受壓力，而另一根樑則承受拉力。橋樑工程上曾應用了多種不同形式的桁架結構，但一般來說，它的主要構造

仍是相似的，下樑以一根對角的斜柱和上樑連接受力。建於瑞典和美國的一些有頂橋 (covered bridge)，是屬於最早的一批建造完成的桁架橋。西元 1812 年，在費城附近的蘇爾基河上建造了一座稱為巨神 (Colossus) 的巨型桁架橋，這座橋的跨距長度達到驚人的 102 公尺。

鋼鐵橋

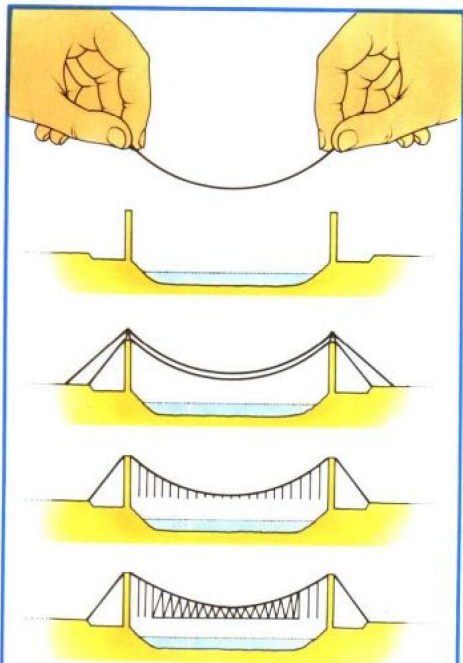
在十九世紀，建築上開始使用鋼鐵材料，橋樑工程也因為使用了這種材料而能建造更堅固的橋。而且這種橋在材料的花費上還比石橋更經濟，也比木橋更牢固、更持久。十九世紀建造的最早一批鐵橋，是用鐵材構成的拱來支撐橋面。西元 1845 年建造於英國威爾斯的鐵路大橋 (Britannia Railway Bridge)，則是首次使用大型的鑄鐵板築成。這是一座雙層的

橋樑，能通過兩條火車軌道。它的兩層都是以鐵板組成長方形的箱型結構，然後以四根跨樑連接各點，火車就直接從此箱型結構中駛過。這座長達 461 公尺的鐵橋，一直使用到西元 1970 年才被一場大火焚毀。

鋼料一直到十九世紀才開始作為建材，西元 1890 年，建於蘇格蘭福斯河口的大橋就是以鋼為其鑽石型支撐塔的材料。到了二十世紀，則大量使用各種形式 (T 型樑、鉚接鋼板，或是箱型樑等) 的鋼料來建造橋樑。我們在公路上最常見到的，就是這種建於混凝土基礎上的鋼架橋。

懸掛式橋 (或稱吊橋)

十九世紀鋼索和鐵索的發展，使得懸掛式的吊橋又被嘗試建造。老式的吊橋 (亞洲國家有許多) 橋面是直接設置於跨索



在吊橋的建造過程中，主索最先安置於橋塔間，然後安置連接於主索而用來懸支橋面的次索，橋身和一些斜拉的支索則到最後才裝上。

(spanning cable)上，而新式的吊橋則是懸掛於跨索下。紐約的布魯克林橋便是早期最有名的新式吊橋之一。這座橋共費時18年才在西元1833年建造完成。

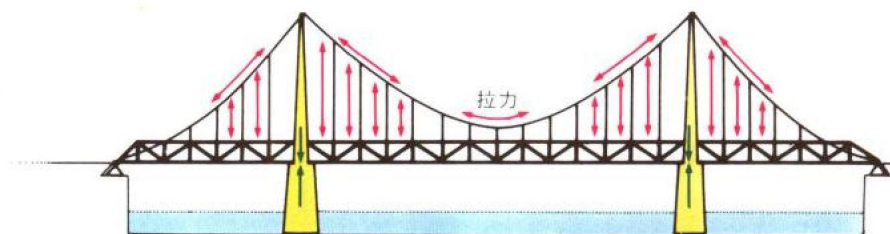
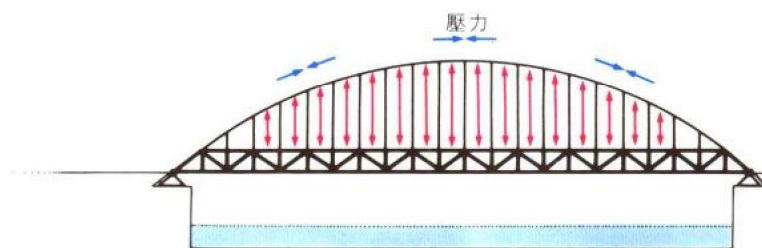
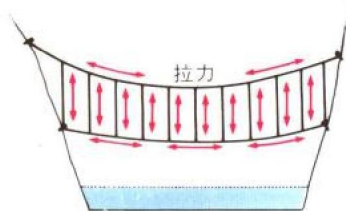
布魯克林橋的中央跨距長達486公尺，它的四座主索固定於兩岸的石造基礎上，每一座主索都是由5,400條平行鋼絲組成，而且都拉張於兩岸的高塔之間。從主索上懸下的次索是用來懸掛橋面；另外在橋面和橋塔間還有許多放射狀的支索，用來增加橋的穩定。

布魯克林橋揭開了本世紀懸掛式吊橋的序幕，緊接著就有西元1931年建造於紐約哈德遜河上的喬治華盛頓大橋，它的跨距長達1,066公尺；而於西元1937年建造的金門大橋，跨距更長達1,280公尺。

此後，吊橋的建造繼續發展，工程師不

斷的嘗試以較少的材料來建跨距更長的橋。西元1940年終於發生了一次大災難，位於華盛頓州的泰科瑪海峽(Tacoma Narrows)大橋才使用了四個月，就在時速67公里的大風中倒塌。這座橋在啓用時，就因為在風中會大幅度搖擺而聞名，許多人為了要體驗這種經驗而駕車經過此橋。當初建橋時所考慮的抵抗風力遠大於時速67公里，但由於在暴風中橋面的振動逐漸成了強大的扭力，橋面終於從吊索上崩落。這座橋的橋面僅僅只有12公尺寬2.4公尺深。經過這次教訓，工程師們認為，如果採用較固定而有桁架支撐的橋面，而又合乎空氣流動力學的構造，就可以防止同樣的災難發生。





當吊索與橋面的曲度相同時(左上)，整座橋因此而更加固定。拋物線形曲線的吊索(左下)，將拉力分配至其他部分，而路面不受拉力。

右上：圖中的吊橋因為拱承受壓力而穩固。但這種形式的吊橋，由於結構上的限制，只能使用於較短的跨距。右下：在跨越的水面極為寬闊的地點，則通常建造有橋塔的吊橋。

二十世紀其他的橋樑

本世紀中，混凝土是工程中既堅固又耐久的材料。它能像石頭一樣承受很大的壓力。如果在混凝土中加上鋼條，則成了鋼筋混凝土，而拉力承受度也隨之加強。瑞士工程師馬拉(Robert Maillart)曾經使用這種材料設計建造出令人驚異的薄型拱

橋。混凝土的抗拉力後來更由於預力混凝土的發展而更為加強。所謂預力，就是在倒入混凝土前，先把鋼筋拉緊，然後在混凝土硬化後，放鬆鋼筋上的拉力而拉緊混凝土，以增加其載重力。在美國和部分歐洲公路上的橋樑，很多就是使用預力的T型混凝土樑為主要的支撐。

自紐約布魯克林吊橋建造成功後，許多吊橋也陸續建造了出來。

