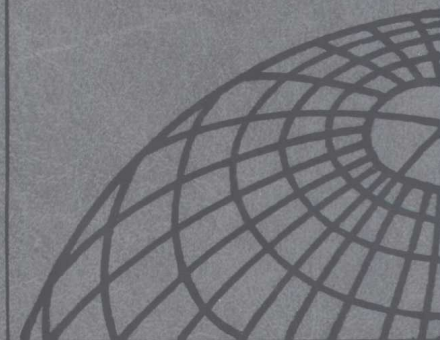
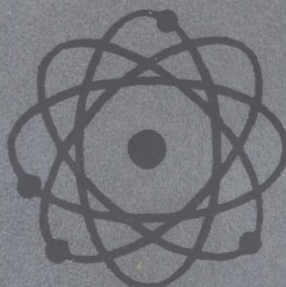
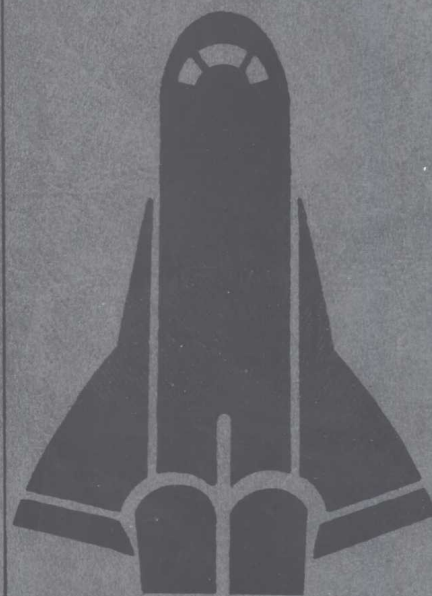
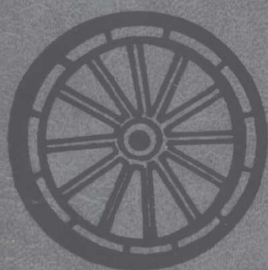


大英科技百科全书

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



大英科技百科全書 12

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

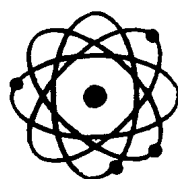
©Kwang Fu Book Co. 1985

049674

N61
G581

大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



12

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 甦 | 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 檣 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

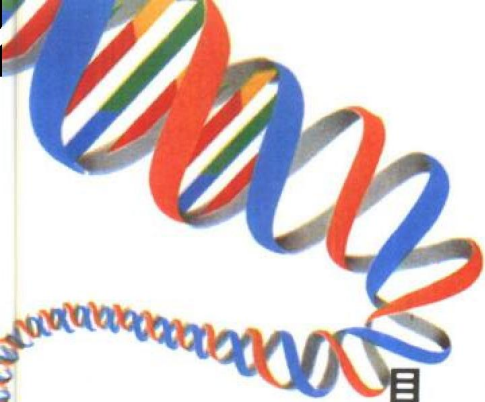
顏明雄 台灣工業技術學院副教授
日本東京工業大學博士

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



彈射座椅 Ejection Seat	8
彈道學 Ballistics	10
彈簧・彈性 Spring and Elasticity	12
影片剪接 Film Editing	14
影帶 Videotape	16
影碟 Videodisc	20
慣性 Inertia	24
慣性航行 Inertial Navigation	26
憂鬱 Depression	30
摩擦力 Friction	34
數位編碼器 Encoder, Digital	36
數位讀示 Digital Readout	38
數學 Mathematics	40
暴龍 Tyrannosaurus	44
標本收集(自然博物) Collections (Natural History)	46
模式 Models	52
模式理論 Model Theory	54
模型飛機 Model Airplane	58
模控學 Cybernetics	60
樂器 Musical Instruments	62
樂器(電・電子) Musical Instruments, Electric and Electronic	66
樣型產生器 Pattern Generator	70
演化 Evolution	72
漁撈業 Fishing	78
滴定 Titration	82
滴滴涕・其他殺蟲劑 DDT and Other Insecticides	84
滲透 Osmosis	86
熱 Heat	88
熱力學 Thermodynamics	90
熱相術 Thermography	94
熱核融合 Thermonuclear Fusion	96
熱氣球 Hot-Air Balloon	100
熱帶草原 Savanna	102
熱帶醫學 Tropical Medicine	106
熱處理 Heat Treatment	108
熱傳 Heat Transfer	110
熱電效應 Thermoelectricity	112
熱膨脹 Thermal Expansion	114
熵 Entropy	116
瑪伽琳 Margarine	118
稻米 Rice	120
窯 Kiln	122
節律器 Pacemaker	124
節約能源 Energy Conservation	126
節育 Birth Control	128





線圈 Coil	130
線型加速器 Linear Accelerator	132
線型馬達 Linear Motor	134
腳踏車 Bicycle	136
腫瘤 Tumor	140
腺 Gland	144
腸 Intestine	146
腦 Brain	148
腦下腺 Pituitary Gland	154
腦電圖記錄機 Electroencephalograph	156
葡萄園 Vineyard	158
葉 Leaf	160
葉綠素 Chlorophyll	162
萬向接頭 Universal Joint	164
萬次閃光燈 Strobe	166
衝壓噴射發動機 Ramjet	168
複印 Duplicating and Photocopying	170
質能互換 $E=mc^2$	172
質量 Mass	174
輪 Wheel	176
輪胎 Tire	178
醇 Alcohols	180
鋁 Aluminum (Aluminium)	182
鋅 Zinc	186
鋰 Lithium	188
鋯 Zirconium	190
除臭劑 Deodorant	192
除葉劑 Defoliant	194
麪包 Bread	196
齒輪 Gear	198
凝結 Condensation	200
器官移植 Organ Transplant	202
器官組織銀行 Organ and Tissue Banks	206
噴沙 Sandblasting	208
噴射飛機 Jet Airplane	210
噴霧器 Aerosol Sprays	214
噪音污染 Noise Pollution	216
戰車・裝甲車 Tanks and Other Armored Vehicles	218
戰鬥轟炸機 Fighter-Bomber	220
整形外科學 Orthopedics	224
曆法 Calendar	226
機車 Motorcycle	228
機械工場 Machine Shop	230
機械加工 Machining	234
機率 Probability	236



本書使用方法

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

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」為藍本）。

例：化學元素

太空梭

「化」與「太」同樣為四畫，「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，部首艸應為艸，艸六畫，連下面的本五畫計十一畫。例②：肺，月應為肉，肉六畫，連右邊的市五畫計十一畫，其他：氵應為水四畫、王應為玉五畫、扌應為手四畫、辵應為走七畫等，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。

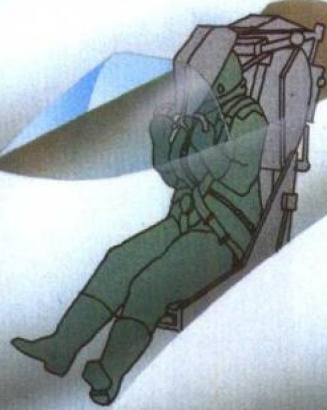
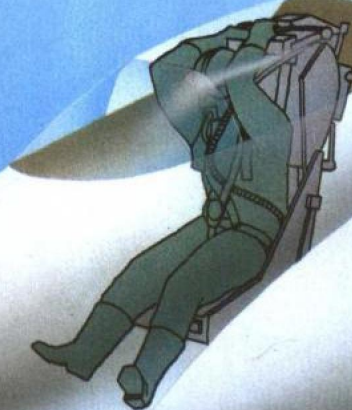
索引是本書的最大特色，除了以筆畫別排列的中英對照索引之外，為了便於僅知英文名詞而不知中文譯名的讀者，在中英對照的索引之後，也加列了英中對照的索引。本書的索引編排方式與一般傳統的編排迥然不同，索引條目分列大小條目，大條目以黑體字表示，與大條目相關的許多資料則詳列其下，使讀者查閱該條目時，可同時參考相關資料。

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

糖尿病為大條目，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。

彈射座椅 Ejection Seat



在第二次世界大戰早期，如何使配有降落傘的飛行員與機上工作人員，從一架高速軍用飛機上逃生，是個亟待解決的問題。尤其從梅瑟斯密特(Messerschmitt)或噴火式(Spitfire)等飛機上逃生時，時速起碼在560公里以上，任何人都要冒著被強風吹襲受傷或刮撞到機身尾部的危險，這對逃生者而言，是相當冒險的。

首先遭遇這個問題的德國人，設計了能把飛行員爆彈出駕駛艙的座椅。他們用亨克爾(Heinkel)HE-289與多尼爾335型(Dornier-335)兩種軍機分別實驗，以高射砲彈藥將受困的飛行員連同座椅一起射出。西元1940年，首度將人由地面的高度彈射到安全網之中。而在此次試驗中，科學家們發現了一個重要課題，即一座椅被彈射出機艙時，人體究竟能承受多少加速度？

加速度的量測單位是g，一個g相當於一個重力，因此一個68公斤重的人在2g的加速度下，所感受的壓力將是他體重的兩倍。而在20g時，他則必須承受1350公斤的力量。德國人的實驗顯示出，若將一個人用28g的加速度高峯值彈出，並且於0.01秒後，以18~20g的平均加速度維持前進，應是人體可以承受的範圍。同時，他們也發現，座椅加上扶手，能夠容許更多的加速度。因為人體上半身的重量可以部分由手臂來支持，因此減輕了對脊椎骨的衝擊力量。一般而言，當G值超過28g時，脊椎骨便有碎裂的危險。英國人的實驗，也證實了德國人的發現。

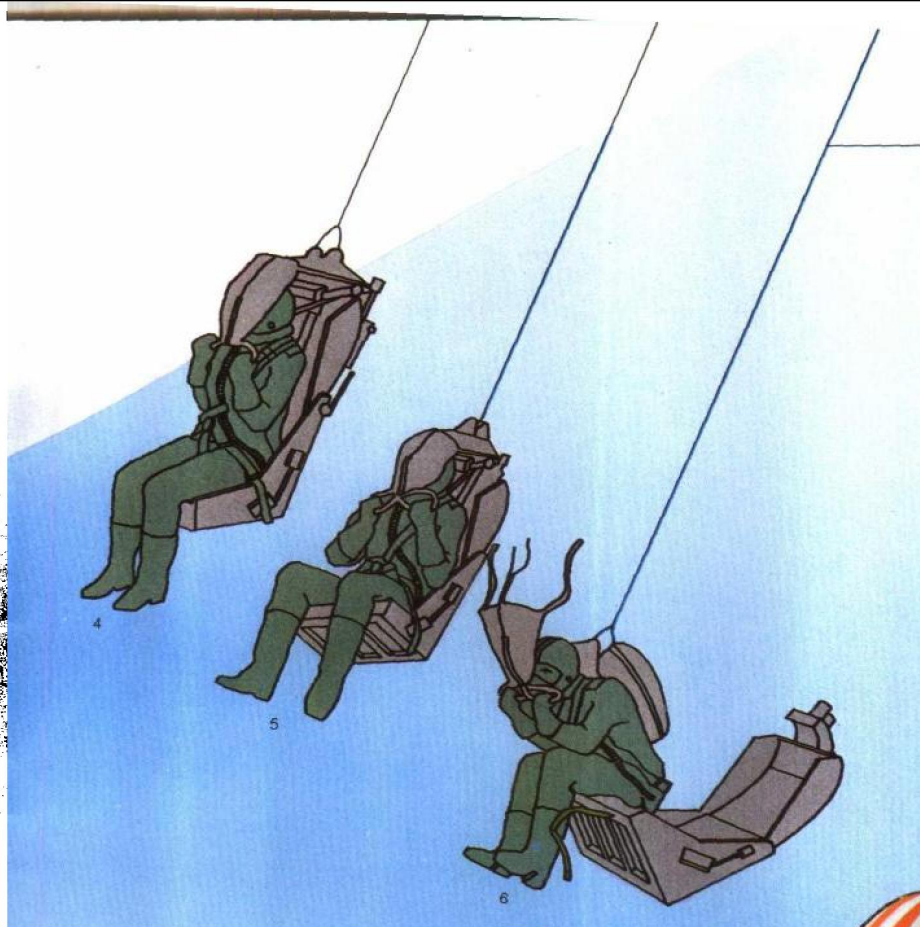
巨大的加速力量

由於彈射瞬間遭遇到巨大力量，因此逃生人員必須保持良好的姿態，即身體固定不動，手臂與腿也要綁牢，以防止彈射後，遭到強烈的風襲而受傷。推動座椅的推進劑也必須仔細計算，才不會超過人體可承受加速力的最大上限。

右：裝置在戰鬥機上的彈射座椅，此椅僅設計用於次音速中。超過音障的速度會使彈射出的飛行員遭到各種危險的壓力。

上：使用彈射座椅的順序：(1)飛行員猛拉座椅頂端的扳機柄；(2)拉下保護臉部免於受風吹襲的面罩，座椅頂端衝破座艙型膠罩；(3)自動固定裝置發動，固定住飛行員的腿，一具小火箭引擎將座椅彈射出飛機；(4)座椅一離開飛機後，一具小降落傘立即張開，以穩定座椅；(5)腿部固定裝置自動鬆開；(6)飛行員拋棄座椅；(7、8)用主降落傘安全著陸。





切電子化。一旦飛行員按下裝在椅旁的彈射控制開關時，就表示一切準備齊全，等待發射。一具彈射火箭沿著預定方向的短軌道將座椅發射出去，座椅的頂端先衝破座艙塑膠罩，此時，飛行員的頭部與四肢都已由安全帶固定，緊急供氧系統也已產生作用。當座椅到達導軌盡頭時，第二具火箭接著發動，把座椅以大約 14g 的加速度和每秒 13 公尺的速度推射出去。

當座椅飛升時，為了使座椅的飛升角度不會太大而導致翻轉現象，在座椅之下裝有陀螺儀，以確實控制座椅的升行姿態，同時並張開一具小降落傘，用來穩定座椅和減低落速。再由第二具降落傘使飛行員著陸。假如座艙內有一位以上飛行員而需作多重彈射時，愛索斯二型系統可以把座椅彈射角度錯開，以避免互相碰撞。

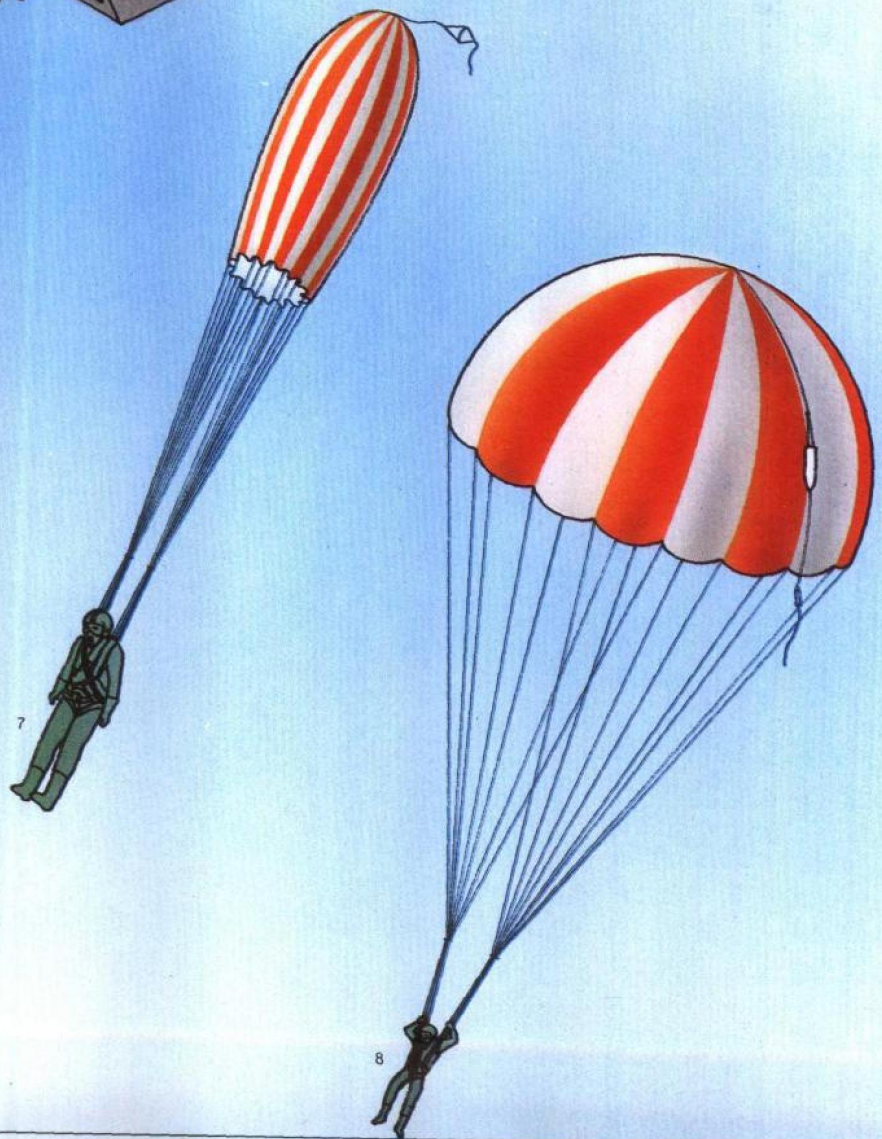
美國在第二次世界大戰後的實驗，尚包含以壓縮空氣來推進的氣體彈射系統。為了保護處於時速 480 公里以上的飛行員的面部安全，也發展出一套包括氧氣面罩、護目鏡與頭盔的裝備。但現代標準裝備中的高強度頭盔與塑膠面罩，則又更進步了。

隨著研究的進展，有些實驗設計是把飛行員置於一座具保護性的駕駛座封閉艙中，然後彈射出去。有的實驗是彈射整個駕駛艙。在另外一個實驗中，自動檢查系統一旦查覺因故障或敵人砲火造成不能修復的損害時，可將整個飛機的頭部脫落而逃生。

愛索斯二型彈射座椅

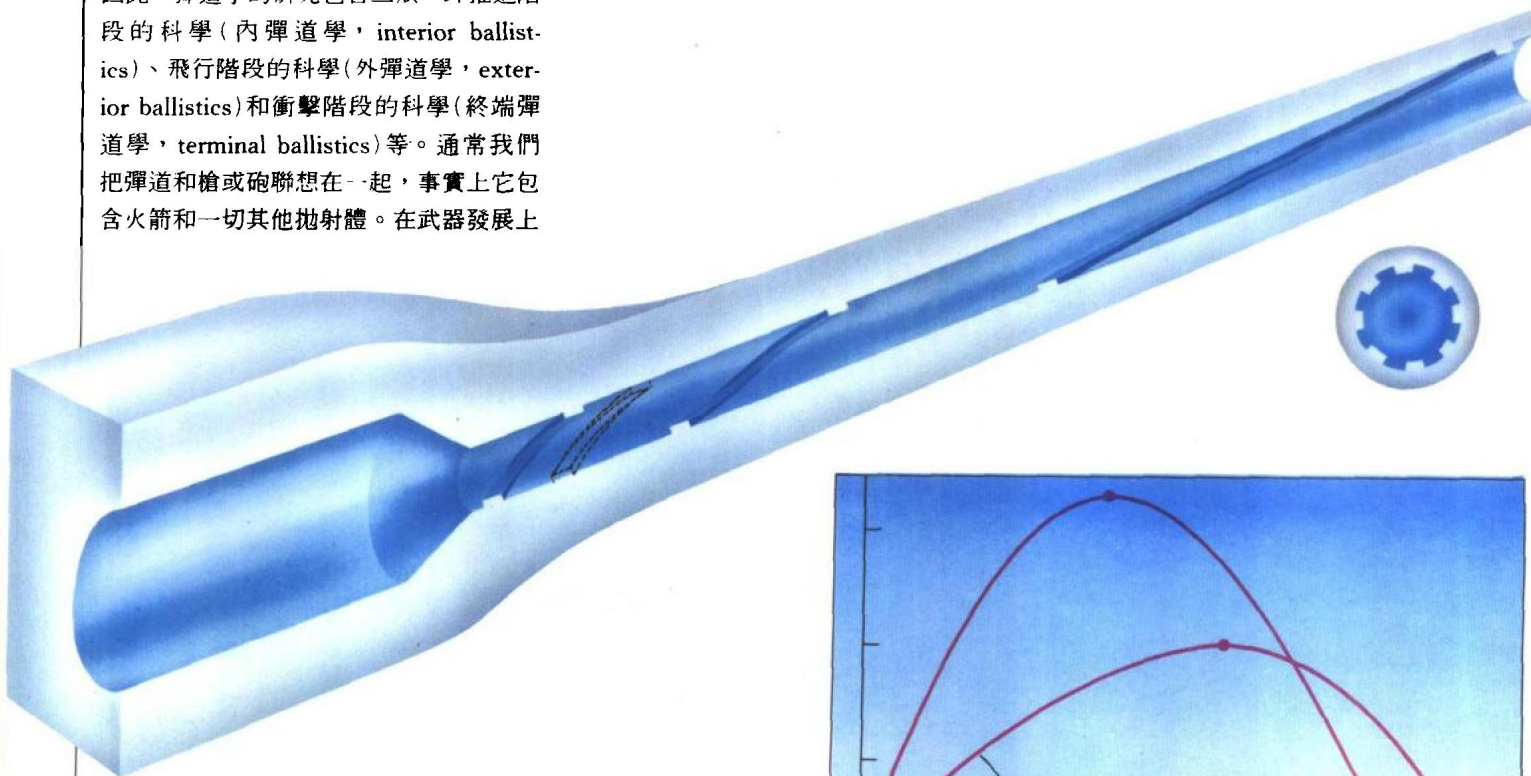
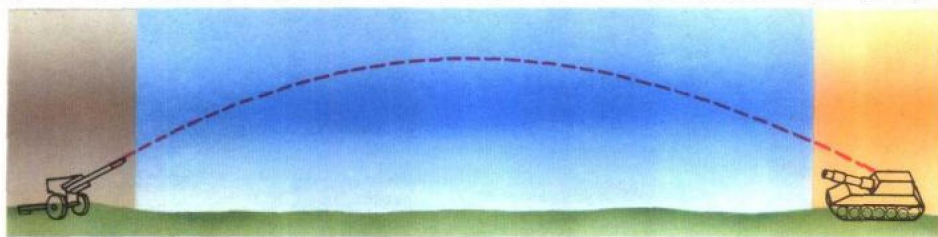
今日最進步的彈射座椅是愛索斯二型彈射座椅 (advanced concept ejection seat, 簡稱 ACES II)，由美國空軍發展、道格拉斯飛機公司製造。目前的戰鬥機如 F-15A、B 型，F-16A、B 型，A-10 等，都裝置了這型彈射座椅，這種座椅是幾乎長達 40 年研究和實驗的結晶，雖然技術上十分複雜，但却十分有效。

愛索斯二型座椅是為了時速從 0 (在地面) ~ 1,100 公里 (音障速度) 的飛機而設計的。它的發射程序完全由電腦控制，一



彈道學 Ballistics

彈道學的實際應用，通常始於軍事上「預備！瞄準！發射！」的口令；當成功命中之後，就在讚嘆性的「中靶！」回報聲中結束。彈道學是研究槍(砲)彈，從彈頭瞬間發射開始，在砲管內運動，離砲管後飛行，直到擊中目標時透過之運動的科學。因此，彈道學的研究包含三類，即推進階段的科學(內彈道學，interior ballistics)、飛行階段的科學(外彈道學，exterior ballistics)和衝擊階段的科學(終端彈道學，terminal ballistics)等。通常我們把彈道和槍或砲聯想在一起，事實上它包含火箭和一切其他拋射體。在武器發展上

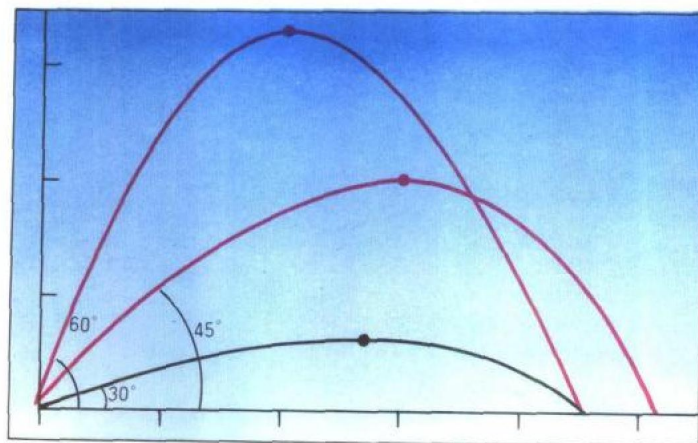


彈道學可分為三個子學科：研究彈體在後膛和槍身中的行為者(內彈道學)、飛行時者(外彈道學)，和衝擊行為者(終端彈道學)。

右上：加農砲砲膛中的來福線，使得彈頭旋轉，增加飛行之穩定性。

右：圖示彈頭的發射角度決定其射程(砲口速度和空氣狀態相同時)。

右下：假如此砲彈的尾端如虛線所示作傾斜式加長，其彈道特性將隨之改善。



研究彈道學，主要在求得子彈離開槍口時要有一定的速度及欲獲得此速度時所需的最低膛內壓力；子彈飛行時的穩定性；彈體軌道的距離和一致性；以及子彈擊中目標時的衝擊性等。

內彈道學

當人類發現儲存在火藥中的化學能可以

取代人力或機械能以推動發射體時，內彈道學就由此誕生了。火藥在槍枝的後膛燃燒，產生巨大的氣壓，使子彈加速通過槍管。究竟要子彈加速到多快，就要計算子彈底端所受的力。在子彈底端上的作用力，和推進劑的特性(推進劑是一種點火後立即燃燒的物質，釋放大量氣體)、燃燒火藥的量，以及燃燒後後膛到槍口間氣

體的分配情形等有關。由這股作用力產生的子彈加速度，可由燃燒所產生的力(燃燒壓力乘子彈底面積)除以子彈的質量，再加上子彈三分之一的重量而估算之，此值大約是推進劑所含化學能的三分之一。亦即子彈的動能大約是推進劑所釋放化學能的三分之一(其他拋射體情形亦然)。

有時候槍管內部鑲刻螺旋紋，即來福線

——使子彈能以高速旋轉的方式飛行，以增加它的穩定性。如此一來，自然影響了子彈在槍管內的運動特性，也影響了摩擦力、氣漏和槍管磨損（由於熱和摩擦所引起的腐蝕和磨耗）。假如子彈裝填正確，待瞄準和發射後，前述因素都會影響子彈發射後的旋轉、速度和飛行方向，亦即都與命中精確度發生直接關聯。

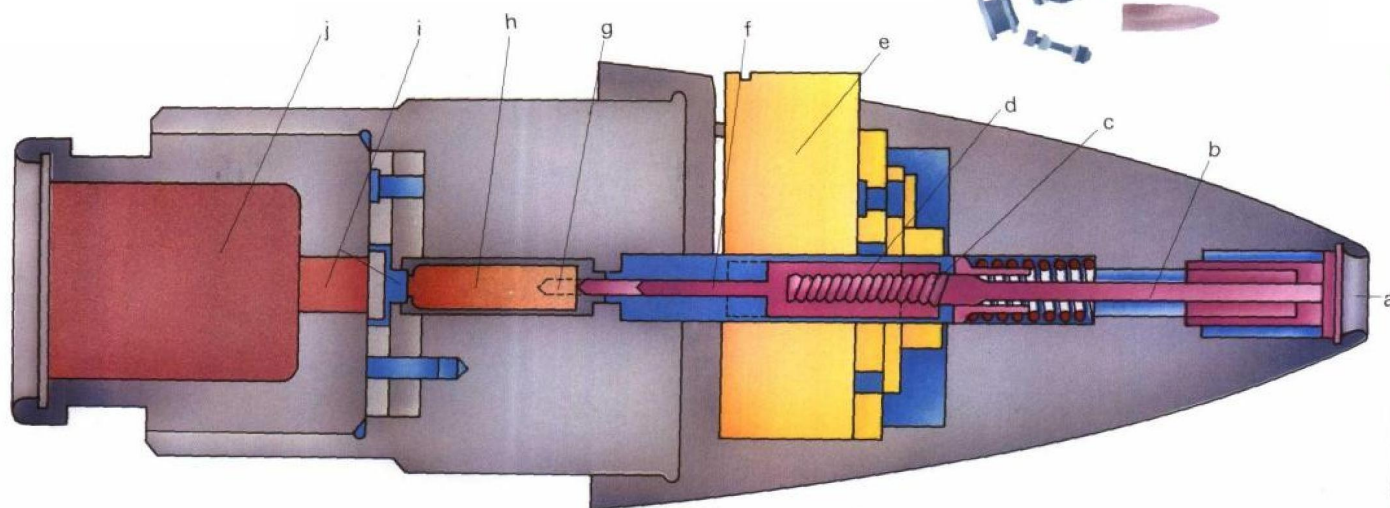
外彈道學

子彈在空氣中飛行時——即外彈道階段，要考慮以下幾個變數：彈頭特性（旋轉或非旋轉）、空氣的減緩效應（阻力）、空氣動力壓力和氣象等情況。這些變數的效果視彈頭的速度和空氣的特性而定。阻力是下列原因所造成的：彈頭尖端所承受的空氣壓力、空氣在發射體表面所產生的

終端彈道學

彈頭對目標衝擊的終端彈道學是彈道學中被了解最少的領域。非爆炸性彈頭對目標的穿透深度是由實驗方法觀察已知厚度銅板所受的衝擊而得。穿透深度大約和衝擊速度及彈頭的長度和密度成比例。爆炸性彈頭比非爆炸性者的影響面積大，因為它們在擊中或擊中之前會先炸裂成許多碎片。數位電腦常用於彈頭衝擊的模擬，也可用於其他彈道現象的模擬。

彈道學的研究，最早只開始於槍砲技術。在核子世紀中，彈道學主要用於洲際彈道飛彈的範疇，這種飛彈能在任何時刻將彈頭送到世界上的任一地方。它所涉及的技術是非常複雜的，從本文所提的內彈道學、外彈道學或不詳的終端彈道學，都可以看出一些端倪。

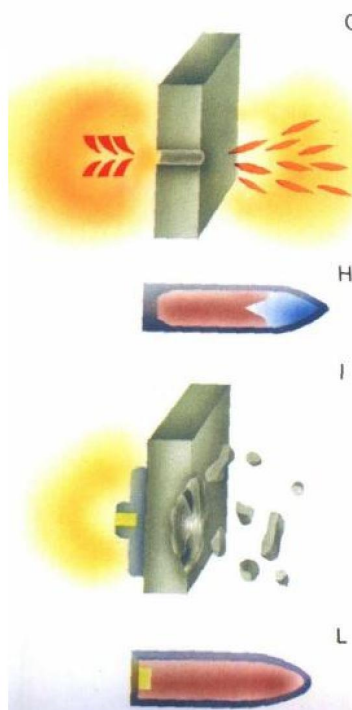
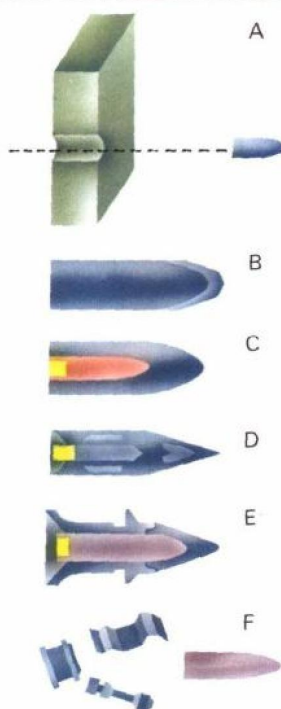


摩擦力，以及彈尾在空氣中所產生的亂流。流線型的設計和彈體表面的平滑，可以緩和前兩種因素造成的效果；而彈尾設計成錐體狀，則可減少亂流的產生。尾翼是使用了在砲彈和非旋性火箭上的翼面，用以增加飛行之穩定性。在一般的飛彈上，穩定性是由陀螺儀效應得到的，它可使彈體免於受到氣壓影響而翻滾或抖動。

地形彈道學(geoballistics)是處理在高空中長時間飛行的飛彈問題，例如，地球軌道的軌跡等。火箭學是彈道學的一個分支，專門討論在火箭推進劑燃燒的時間內，內彈道和外彈道同時作用的結果。燃燒是發生於燃燒室內，而產生的廢氣則經由燃燒室尾端的噴嘴噴出，如此則產生一個作用相反的力——即推力，作用於與噴氣相反的方向。

上：砲彈引信的內部結構——(a)引信頭，(b)引信桿，(c)擊發螺桿，(d)慣性錘，(e)引信環，(f)撞針，(g)擊發時之撞針位置，(h)引信時間延遲，(i)底火通孔，(j)主雷管。

圖示砲彈擊中金屬裝甲時的各種情形。右上：加硬金屬彈頭。標槍形的彈頭，但彈頭底部較重，使飛行時能增加空氣動力學上的穩定。右下：利用爆炸以穿透裝甲的砲彈，當其外殼軟質金屬擊中目標時，引發引信，彈頭最後在裝甲中爆炸，此時，砲彈碎片以高速穿入裝甲內部，產生致命的濺射效果。



彈簧・彈性 Spring and Elasticity

手表中的遊絲彈簧，一年之中可能上緊和放鬆數百萬次，而仍然像以往一般地工作。這是由於當彈簧被上緊時，它有回復到原本未旋緊形狀時的傾向。彈簧秤和減震器也是同樣的道理。

這種變形後能回復原狀的物質特性，即為彈性。彈簧就是為了某種目的，而利用本身物質彈性所製作出來的物品。小的彈簧可用於驅動鐘錶，而大的、重的彈簧可用於汽車或火車的減震作用。

彈性限度

有些物質如油灰、麵糰和油脂，並非彈性體，當它們變形時，若以手指對它施以壓力，則指印仍會留在上面而不會回復原狀，除非有另外的力使之再度變形。我們稱此類物質具有塑性。

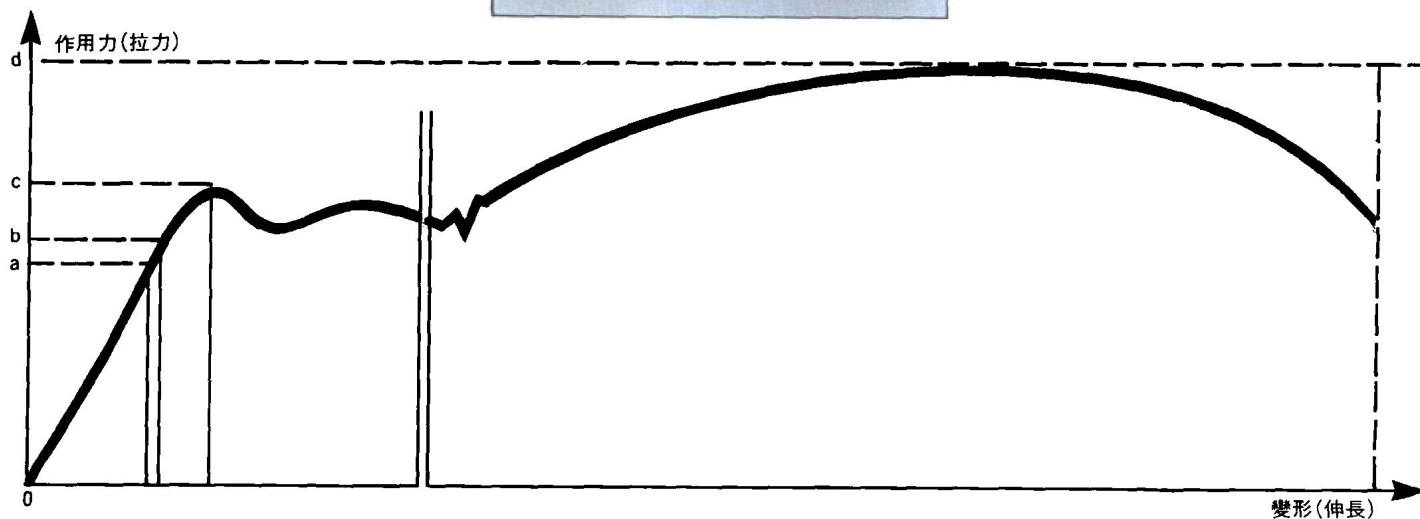
然而，其他的物質也具有回到原來形狀的傾向。如潛水板上的木塊被彎曲時，會

鐵	2,100
銅	1,200
玄武岩	1,150
青銅線	1,150
黃銅	1,000
熔合的青銅	900
鋅	850
玻璃	700
鋁	700
花崗岩	550
鉛	160
水泥	100-350
木板	80-160

左：不同物質的彈性限度表，單位為公斤 平方公釐。

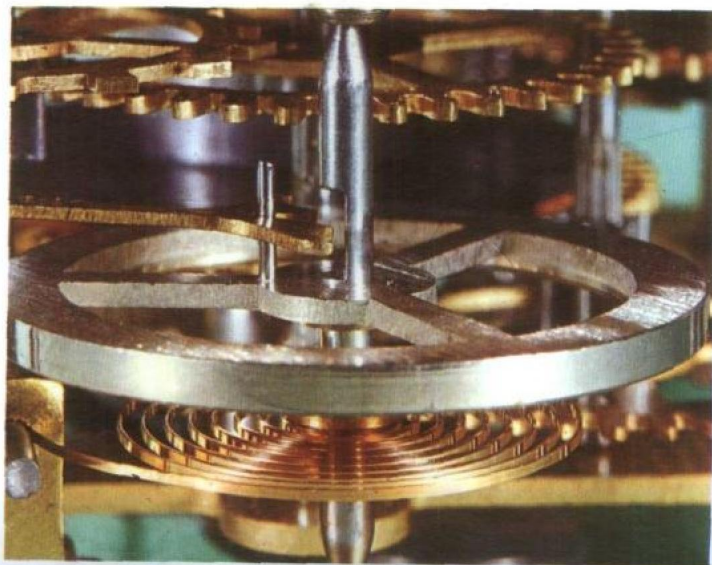
右：受到破裂點以上應力的金屬部分。

最下：手表中的主發條圖片。



回到原來的位置，就像橡皮筋被拉長時一樣。我們稱這些物質具有高度彈性。彈性和物質變形的難易無關，而是與物質變形後回到原狀的能力有關。例如鋼鐵，雖然比橡皮不易彎曲，但却比橡皮有彈性。

然而，每一種彈性物質，其回復能力都有一定的極限，只要作用在物體上的力量不超過這個極限，物體都不會有皺曲，或產生永久變形的現象。這個最大的力就稱為物質的彈性限度 (elastic limit)。若力的強度小於彈性限度，在外力消失後，物體會從變形回復到和原先一模一樣的形狀；如果力大於彈性限度，則無法恢復原



上：物質受力時變形量與應力之間的關係圖。在 a 點前，物體的伸長量和作用力大小成正比，且能回到原狀。在 a 與 b 之間，伸長量不再和作用力成比例。在 b 與 c 之間，彈簧的變形和作用力成比例。從 c 到 d (破裂點)，變形不再和力成比例。

狀。因此縱然是最可信賴的主發條，如果上得太緊仍會斷掉。

不同物質具有不同的彈性限度。鋼線有很高的彈性限度，而玻璃的彈性限度却很低。物質的彈性限度也和它所處的狀態有關，如溫度。一般而言，物質處在愈高的溫度，其彈性限度愈低。

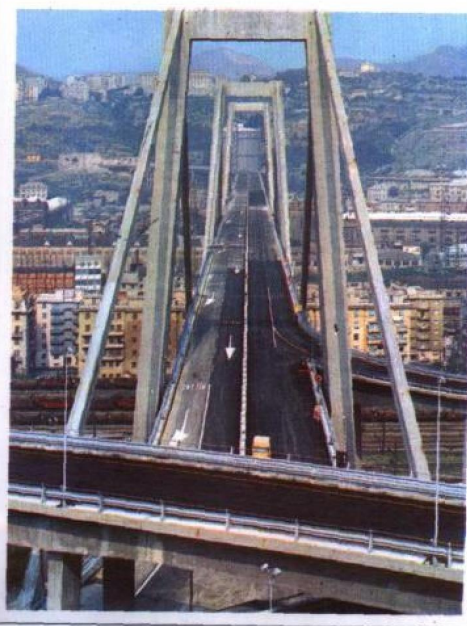
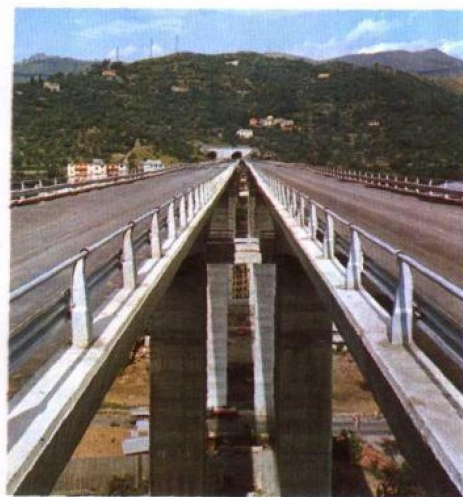
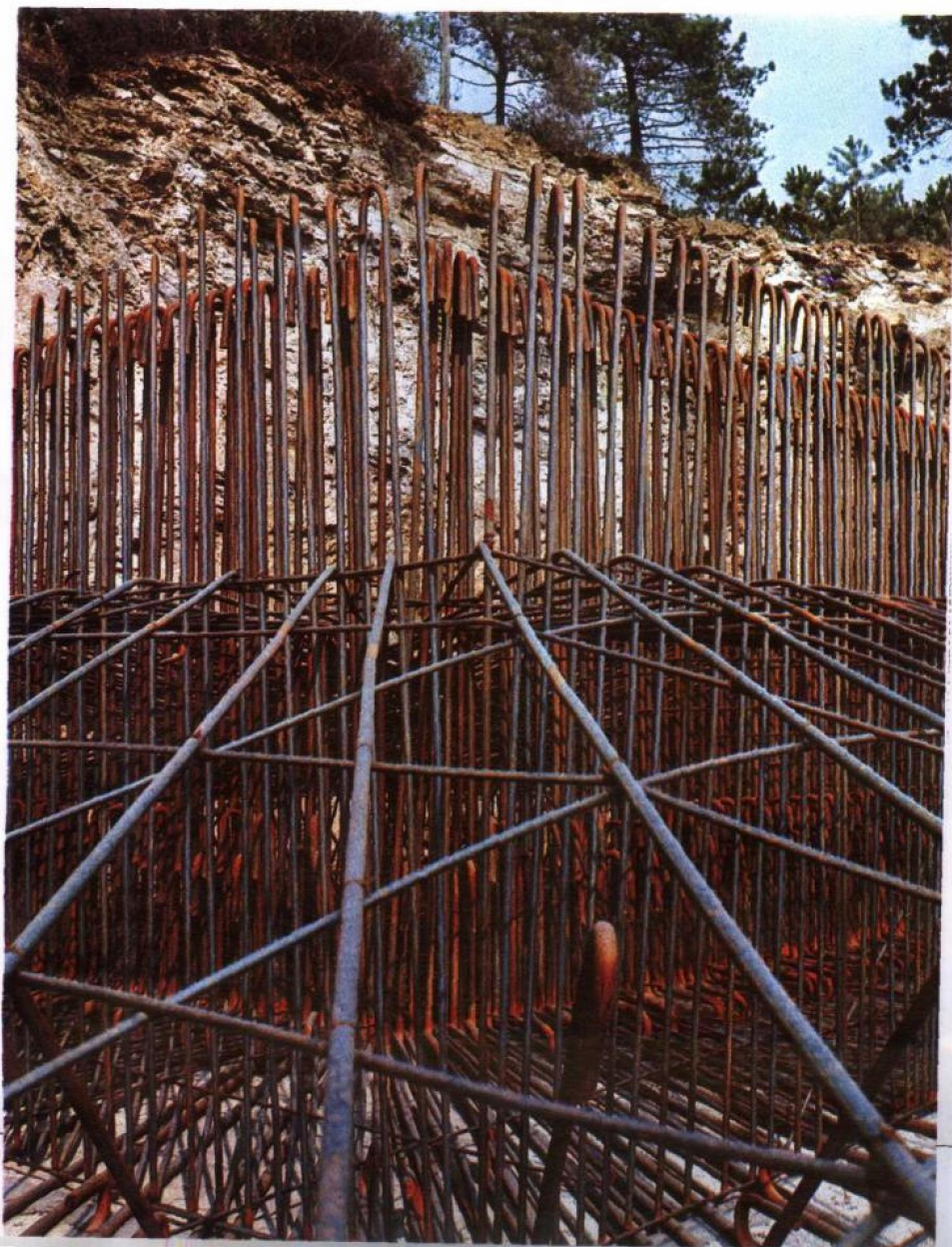
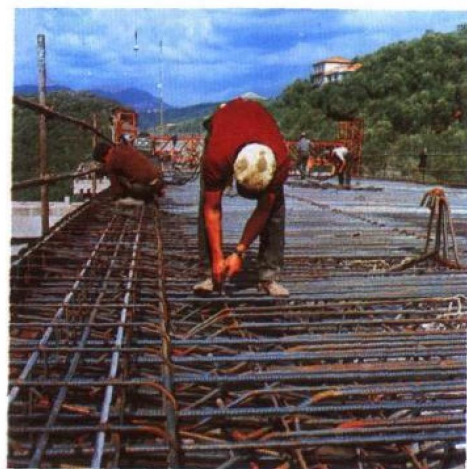
應力和應變

物質的彈性限度，亦與所受外力或稱應力(stress)的形式有關。流體所受的應力是壓縮性，而繩索上所受的力是張力。彎曲、扭曲(扭矩)，和拉撕(剪力)是其他常見的應力形式。每種物質對不同的應力都有不同的彈性限度。

應力對物體單位長度上所引起的變形量稱為應變(strain)。十七世紀的英國科學家羅勃·虎克(Robert Hooke)發現：在彈性限度內，應力和應變成正比關係；即物體所產生的變形量和物體所受的力成比例關係。

為了紀念這個發現者，這個關係就稱為虎克定律(Hooke's law)。我們所熟知的一個例子就是彈簧秤，物體掛在鉤子上會拉長彈簧；而彈簧上的指針，會在一個靜止的垂直刻度上指出物體的重量。物體愈重，伸長量愈大，則指針往下移動的距離愈長。虎克定律並不只限於應用在具有彈簧的儀器上，在設計其他任何機械中的零件和結構時，也都必須考慮此項定律。

下：不同樣式的構造物，它們的彈性限度和應力形式必須精確地計算出來。加強樣是用於增加水泥的抗張強度。



影片剪接 Film Editing

在一部著名的恐怖影片中，從精神病院中溜出來的一個病患，正在一個安靜的住宅區中尋找一個天真的少女，這個少女極為神似他十六年前被殺害的妹妹。這精神病患一找到這屋子，便從他藏身的小樹叢中向窗戶衝過去。這時銀幕顯現的是一連串的快拍景，每一場景只有一個影像，完全以一種扣人心弦、令人恐怖的手法剪接而成，觀眾看了都緊張得透不過氣來。少女會不會遭毒手？當然不會！不過在你知道答案以前，一連串的刀光閃爍，腳步聲，少女的小手慌慌張張的忙著鎖門，電燈一下子關了，全屋一片漆黑，這種種剪接都是導演希望能控制觀眾情緒的手法。

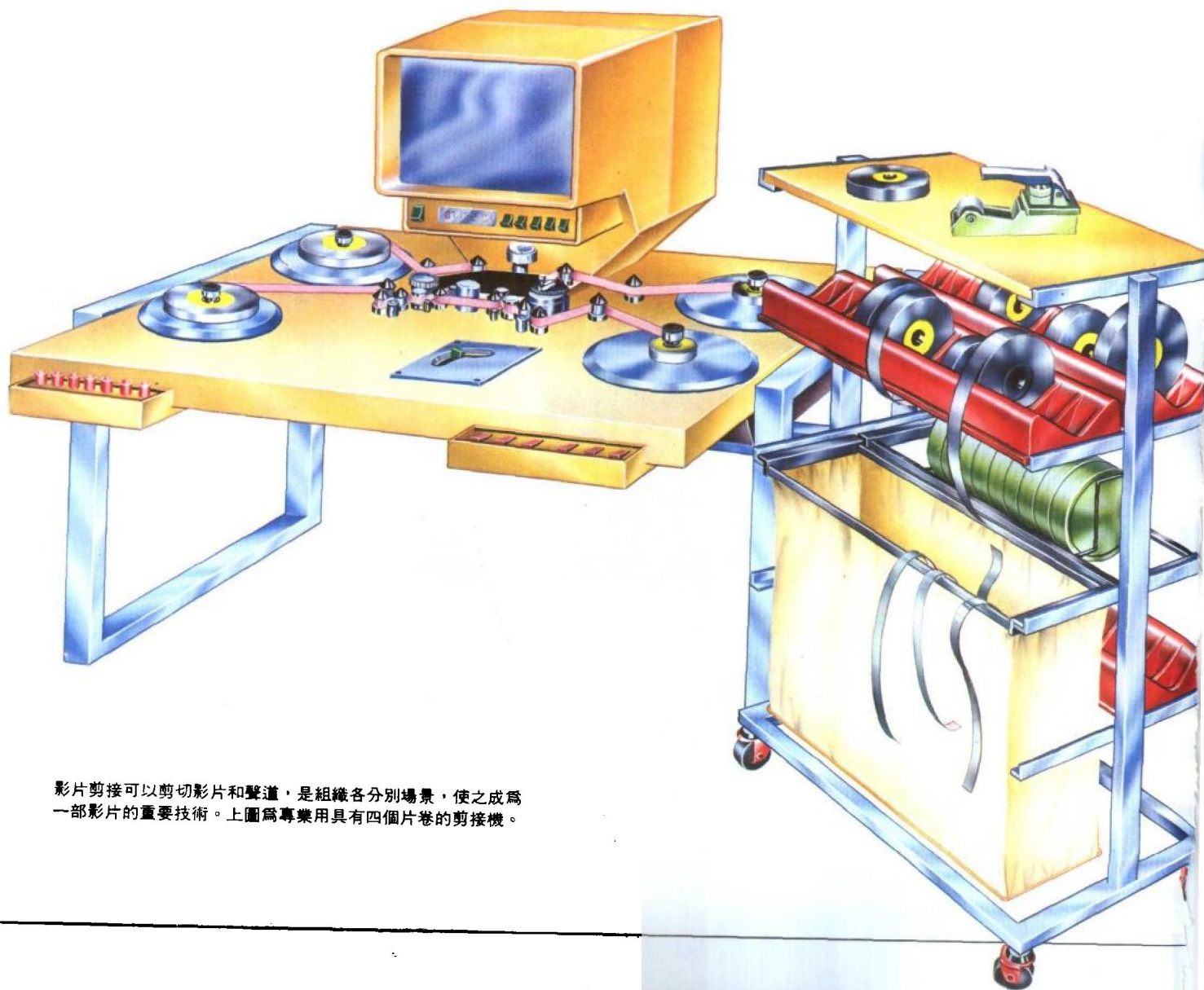
剪接師的任務

一部電影可比一部書，每一場景便好比書的一個段落，自有其內涵意義及訊息，那麼各個景便是組成段落的因素。剪接師的任務便是貫聯全片，一景接一景，一場接一場，要把整個故事內容或特殊的視覺組織成一部有條有理的影片。剪接師經常和導演商討、驗看自同一場景中各個不同角度拍攝而得的片子。例如一場景中有三位演員，這時便可能有幾個鏡頭從不同角度對某一角色作特寫、幾個對第二位的特寫，或幾個對第三位的特寫，再加上幾個是全體的鏡頭。一般說來，一部影片所拍攝底片的長度多為實際放映長度的 10 或 15 倍，剪接師得一一觀看，挑最好的鏡頭，將之連貫接妥以造成全片的格調、氣氛及故事。

一般電影長片都是以 16、35 或 70 公釐底片來拍（8 公釐或超 8 公釐底片一般是學生或家庭才用）。這些數字指的是底片每一格的寬度。所有這些大小不同的影片，其剪接方法都是一樣的：剪接師先觀看並組合他要剪接的某一場景底片，然後把選用的底片先接成一「毛片」，再加以剪接，自攝影機中拍得的原片是絕不用來作剪接用的。剪接用的另有一套，稱為剪接拷貝，如果最後剪接還有再更改的時候才不致把原片剪得七零八落。

試片和剪接

剪接師通常先在一小型試片室觀看底片，然後在剪接機上仔細觀看。剪接機可能是直立型的，也可能是平桌型的，這些



影片剪接可以剪切影片和聲道，是組織各分別場景，使之成為一部影片的重要技術。上圖為專業用具有四個片卷的剪接機。

剪接機可儲存、放映影片和聲帶，聲帶通常是分別儲存，等到影片要送到戲院上映時才拿出來。影片可以正放或倒放，放的速度亦可以是正常速度或較快較慢，以便於觀察、挑選鏡頭或片段供剪接之用。

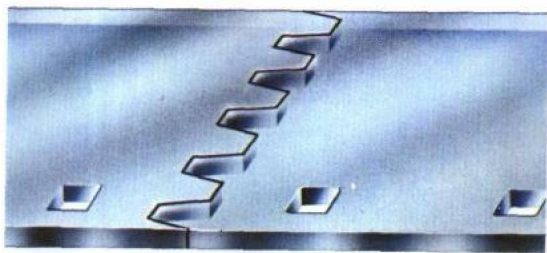
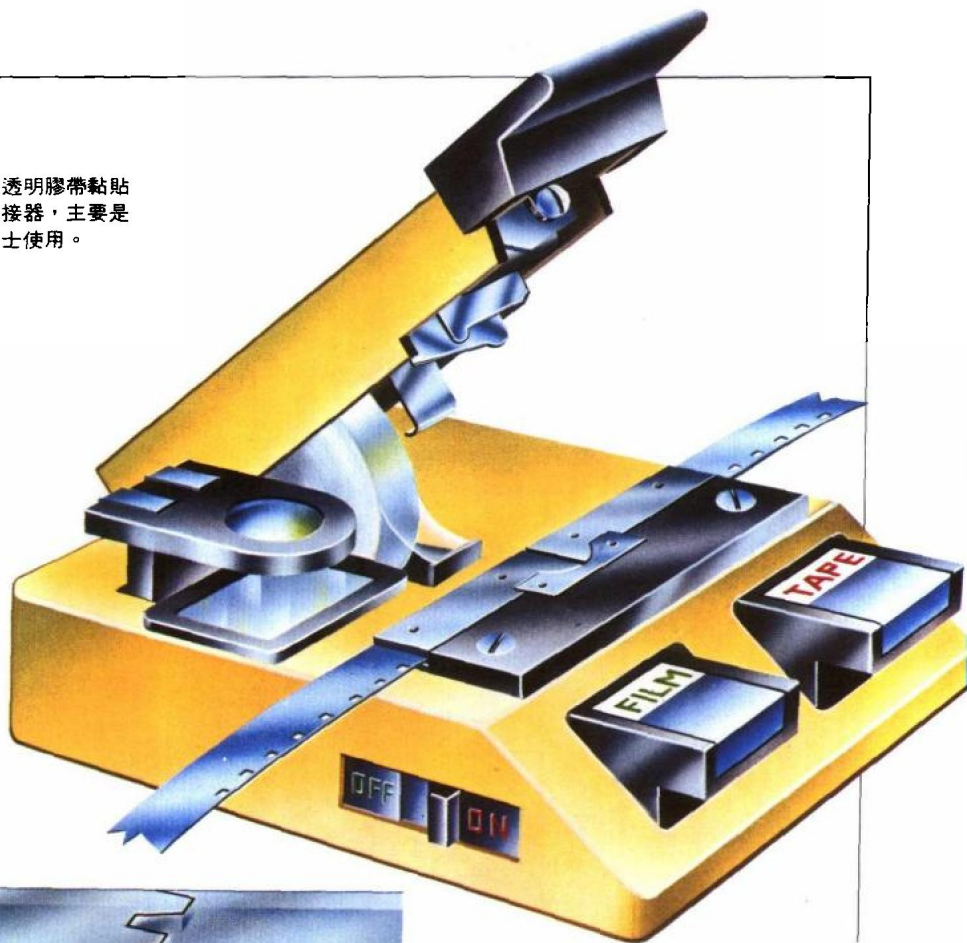
剪接師觀看影片時，所尋求的乃是一個動作的中間點，這種點必須能使他自一鏡頭角度換至另一鏡頭角度而不著痕跡地自由剪接。一旦某一特定底片格選定之後，剪接師便從此處剪切。另外要接上此段的毛片，便在另一部剪接機觀看以決定何處應切入接合。此一點亦作一剪切。然後此二場景便依底片兩側卷孔排正，兩段末端排放在分切機(splicer)上用膠帶貼連一起(以往分切好的底片是用膠水黏合，因為以膠帶分切較易，近日已全用此法)。一個場景便是這樣一個鏡頭一個鏡頭的分切接好，然後便可試映。這時導演或剪接師如果仍有不滿意之處，會再行剪接。剪接師剪接影片時也同時剪接聲帶以使畫面和聲帶「同步」(即畫面和聲帶「對嘴」)。

剪接工作往往和拍製工作同時進行，一般為時約 10 個星期，拍片完成後的各個階段又需要 6~10 個星期，在此全部過程中往往有許多改善全片的工作可做。錯得離譜的場景可以全部剪棄，噪音或不合場景的聲道由聲道剪接師修改剪接(例如古代武俠劇中背影聽到飛機聲音等等)，聽不清楚或漏了的對白可以重新配音，最後還要配上背景音樂。最後，把以上各種聲道混合重錄成為一完整聲道，再和工作室中新翻印好的拷貝配在一起。配好的影片最後再作拷貝以便分發到各片商發行、供戲院上映。

精湛的剪接技術——對時間空間的重組，影片或脚本進行韻律的控制——可以令觀眾對所觀看的一切深信不疑。希區考克(Alfred Hitchcock)導演的驚魂影片中著名的浴室謀殺一景便運用了七十個鏡頭，由於剪接之高明，使得觀眾看不出來兇手的兇刀一直不曾碰到珍妮李的身體的事實。由此可見，剪接此一少為人懂，但極為珍貴的技藝常令一堆七零八落的底片變成一個精采的故事。

參見第十冊 196 ~ 197 頁電影(Movie)。

右：利用透明膠帶黏貼的乾式切接器，主要是供業餘人士使用。



上：兩種不同的影片剪切法，均可增加黏接的面積。
右：供業餘使用的最簡單的濕式切接器。

