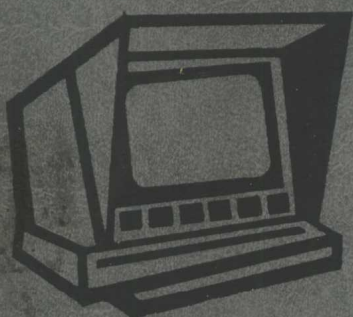
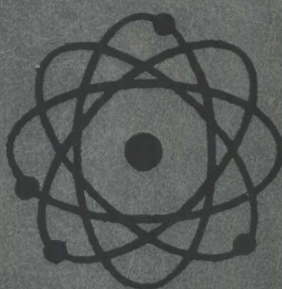
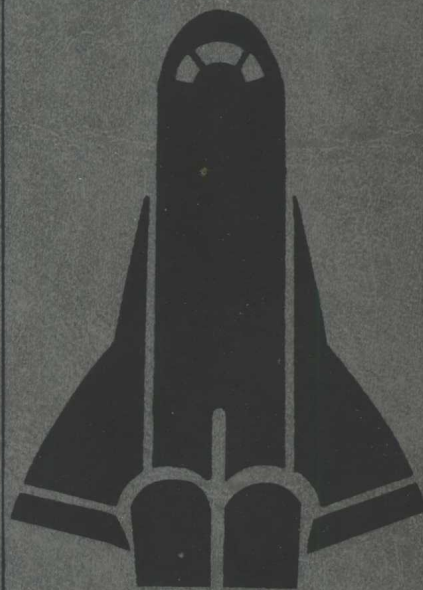
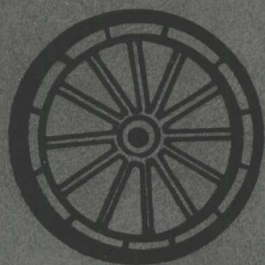


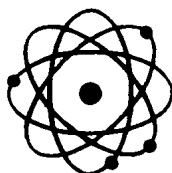
大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



6

光復書局

大英科技百科全書 6

中華民國七十四年七月初版

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 ☎307-5141
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380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

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 楨 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

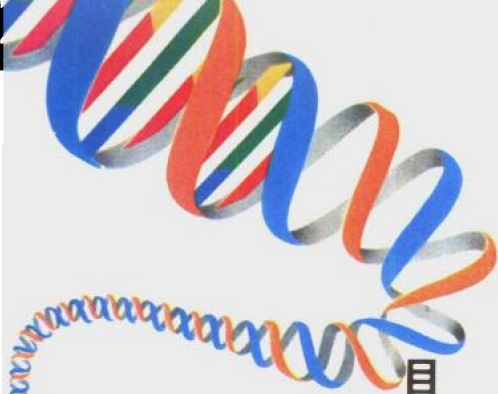
顏明雄 台灣工業技術學院副教授
日本東京工業大學博士

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

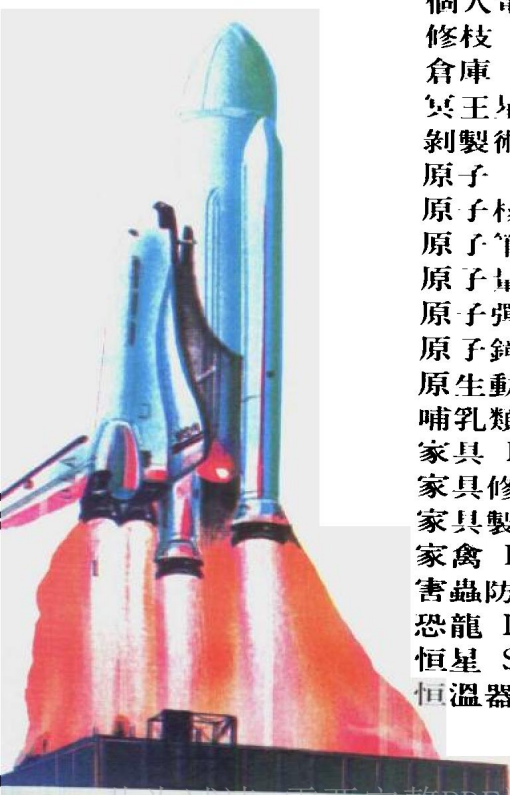
譚天錫 台灣大學動物系教授
台灣大學動物系畢業



目 錄



音響效果 Sound Effect	8
風 Wind	10
風力發電 Wind Power	12
風洞 Wind Tunnel	14
飛行操縱機械裝置 Flight Control Mechanisms	16
飛航管制 Air Traffic Control	18
飛彈 Missile	20
飛機 Airplane	24
飛機(重運輸機) Aircraft, Heavy Transport	28
飛機(輕運輸機和短場起降) Aircraft, Light Transport and STOL	30
飛機引擎 Airplane Engine	32
飛機生產 Airplane Production	36
飛機設計 Airplane Design	40
飛機翼 Wing, Aircraft	44
食物資源(海洋) Food Resources, Marine	46
食品 Food	50
食品加工 Food Processing	54
食品生產分佈圖 Food Production Atlas	56
食品自動販賣機 Food Vending Machine	58
食品保藏溫度 Food Preservation Temperature	60
食品添加劑 Food Additive	62
食品學 Dietetics	66
食象(天文) Eclipse	68
香料 Perfume	72
個人電腦 Computer, Personal	74
修枝 Pruning	76
倉庫 Warehouse	78
冥王星 Pluto	80
剝製術(動物) Taxidermy	82
原子 Atom	84
原子核 Nucleus, Atomic	90
原子筆 Ball-Point Pen	96
原子量 Atomic Weight	98
原子彈 Atomic Bomb	100
原子鐘 Atomic Clock	102
原生動物(原生生物) Protozoa(Protists)	104
哺乳類動物 Mammals	108
家具 Furniture	112
家具修復 Restoration of Furniture	116
家具製造 Cabinetmaking	118
家禽 Poultry	120
害蟲防治 Insect Control	122
恐龍 Dinosaur	124
恒星 Star	128
恆溫器 Thermostat	132





拱門 Arch.....	134
拱頂・圓頂 Vaults and Domes.....	136
挖泥船 Dredge.....	140
時間 Time.....	142
書 Book.....	144
核子武器 Nuclear Weapons.....	146
核分裂 Nuclear Fission.....	148
核反應 Nuclear Reaction.....	150
核能電廠 Nuclear Power Plant.....	152
核廢料 Nuclear Waste.....	158
核燃料 Nuclear Fuel.....	162
桁架 Truss.....	164
根 Root.....	166
氣泡室 Bubble Chamber.....	168
氣相層析法 Gas Chromatography.....	170
氣候 Climate.....	172
氣候史 Climate History.....	174
氣球・軟式氣艇 Balloons and Blimps.....	176
氣象學 Meteorology.....	180
氣象衛星 Weather Satellite.....	182
氣墊船 Hovercraft.....	184
氣壓計 Barometer.....	186
氣壓鐵鎚 Pneumatic Hammer.....	188
氣體 Gas.....	190
氣體放電 Gas Discharge.....	192
氣體渦輪機 Gas Turbine.....	194
氣體壓縮機 Gas Compressor.....	196
氧 Oxygen.....	198
氧化・還原 Oxidation and Reduction.....	202
氧化物 Oxides.....	204
氨 Ammonia.....	206
洗衣機 Washing Machine.....	208
洗碗機 Dishwasher.....	210
洗髮劑 Shampoo.....	212
洋・海 Ocean and Sea.....	214
洋流 Ocean Currents.....	220
洛蘭導航 Loran.....	224
烟火・信號彈 Fireworks and Flares.....	226
烤麵包機 Toaster.....	228
珊瑚礁・環礁 Coral Reef and Atoll.....	230
玻璃 Glass.....	232
畜牧學 Animal Husbandry.....	236
疾病 Disease.....	240
病毒 Virus.....	242
疼痛 Pain.....	246



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，其他彡應為水四畫、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，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。

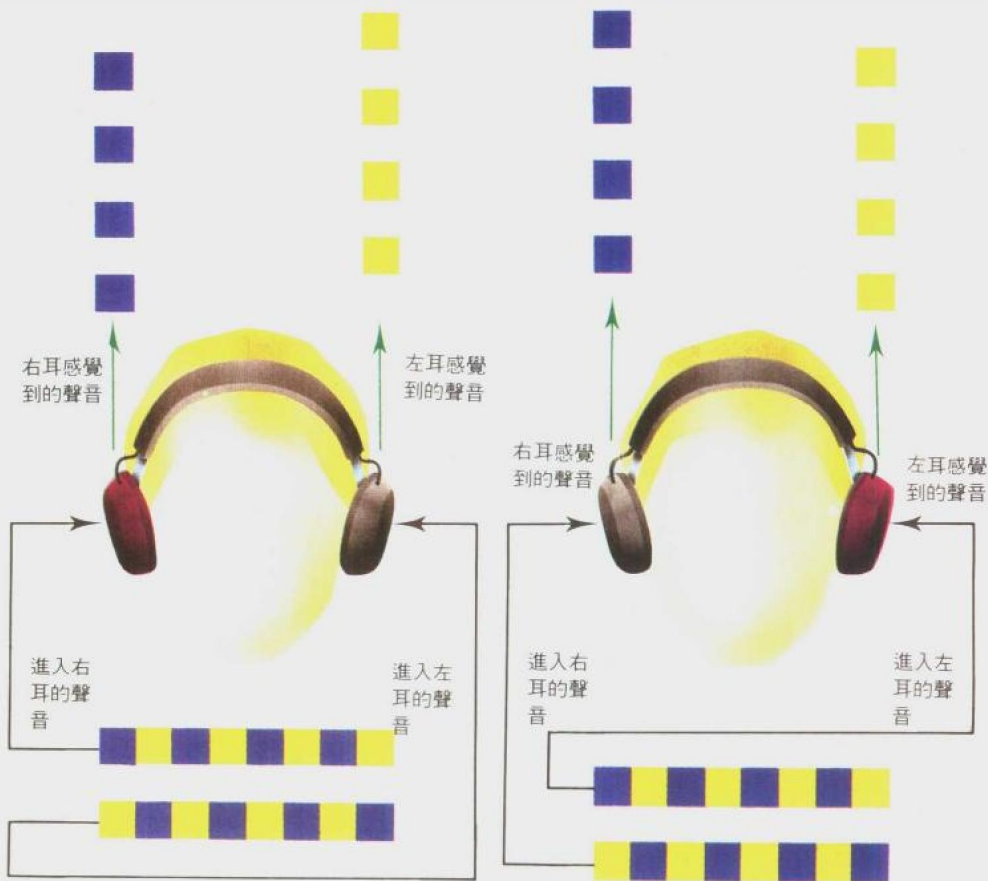
音響效果 Sound Effect

打從有戲院開始，就有一些人在舞台的內部，爲了製造雷聲或啁啾的鳥鳴聲而敲擊各種金屬來配合表演。然而音響效果的製作却是到了二十世紀廣播、電影和錄音技術的出現，才有了嶄新的意義。

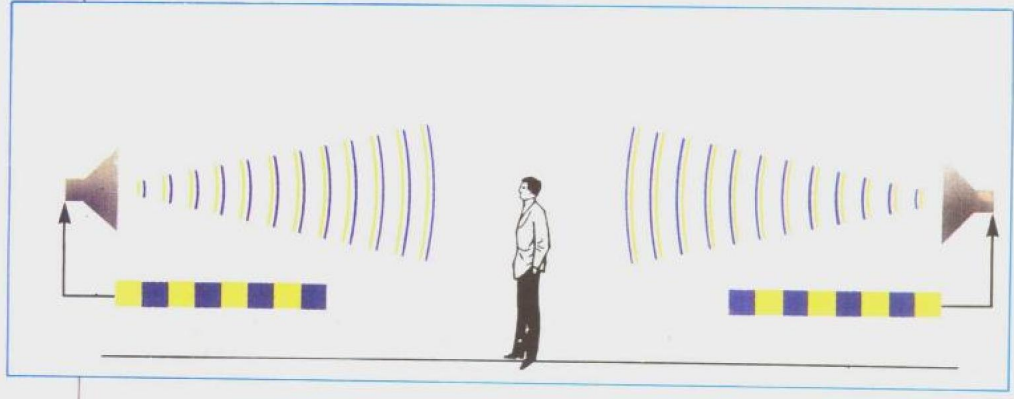
在默片的戲院裏，會有一位駐院的鋼琴演奏者，專爲銀幕上的動作從事即興而連續的伴奏；他會改變節奏去配合奔馳的馬蹄聲或叮噠的機器聲，重擊和弦代表打鬥和用力關門的聲音。而音樂則仍然用來增加氣氛，長久以來，人們用背景音效來建立特殊的時代和場所、增加懸疑的氣氛、加強情節的緊湊，並提供了全盤過程的連貫性。舉例來說，電子合音器(synthesizer)能提供科幻電影某些詭異的氣氛。

無線電的黃金時代

在 1920 年代，一些製造無線電(radio)音響效果的奇才，開始以靈巧的裝置製造逼真的現場音響。例如雨箱這種模擬雨聲的擬音裝置，是在兩公尺高的紙箱子內，將裝有鳥食如黍、豆之類的穀物，倒在可改變轉速的轉盤上，並以擋風玻璃的雨刷



上及左：奇妙的音響效果。如果高低音交替傳送到實驗者兩個耳朵上，實驗者右耳會感覺到所有高音部分(紫色方塊部分)，不管音調的順序如何都是一樣，縱使將耳機反過來也仍然是這樣。



揮刷，讓它們落到懸掛著的乒乓球、伸長的亞麻布、紙袋子以及薄紙上，如此便能發出如打到不同表面上的雨聲。

其他的設備包括電話聲、鐘聲、槍聲、報時鐘聲和在不同地板的脚步聲、敲門聲等。由於早期的廣播是現場播放，因此音響效果的工作人員，須在演員表演的同時製造音響效果。一位有企業頭腦的鋼琴調音師湯姆斯 J. 瓦倫第諾(Thomas J. Valentino)製作了特殊音效的錄音，使得調音工作變得容易一些；50 年後，他的公司仍舊是這一行業中最大的一家。

在 1940 年代末期，惡名昭彰的「罐裝笑聲」在電視攝影棚上開始流行，成堆的轉盤便被錄音帶取代了。錄音帶的另一優點

是能夠「迴繞」，即將其頭尾兩端接在一起，這樣氣氛便能維持比一般的三分鐘還長。在製作節目時，將一系列的「間插」錄音帶，以正確的順序接在一起，並在錄音帶上分別貼上標籤，而藉著暗示的紙條作爲節目腳本的參考。

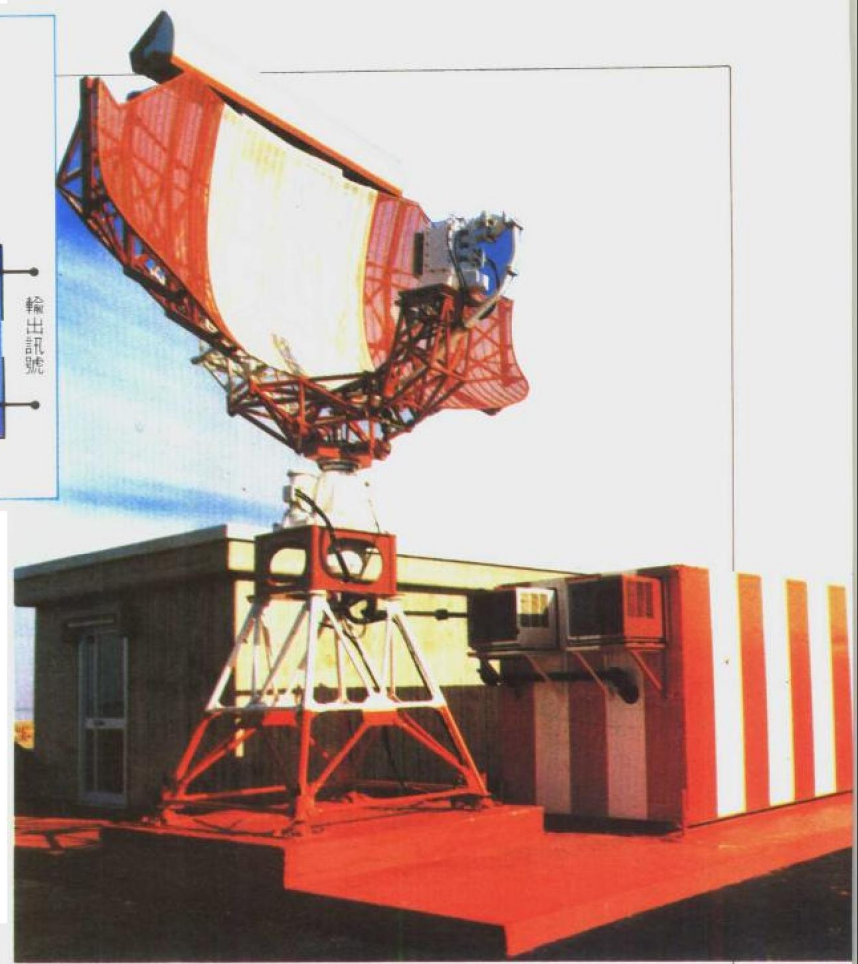
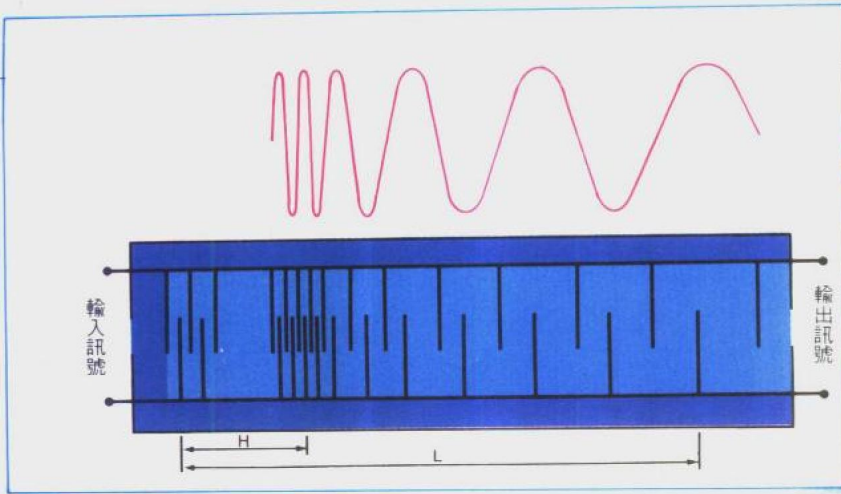
未來的技術

有一種新的技術正在這種行業中尋求改進，這技術就是數位音響效果電腦(digital sound-effects computer)，現存的只有兩種。工程師在終端機的鍵盤上按幾個指令，就可以使人聽到直昇機在頭上嗡嗡作響的聲音。想要重複這種效果，只要按一下鈕，調整一些標度，便可使直昇機飛

離、飛回和著陸。

1950 年代，影片的配音是利用立體音響和拍攝外景時所使用更爲靈敏的設備。雖有這種種的進步，但人們對音響效果的需求却反而提高。在今天，已越來越難分辨電影的配音是在影片拍攝時製作、抑或在剪輯室填加、或加以修改過、或殺青時才加以處理的。

錄音的第一個問題是，錄下的聲音可能還是不像「原該有的聲音」。例如，有一位工程師想要在商業廣告時製作攪拌沙拉的音響效果。他在麥克風前面攪拌萵苣，花了好幾個小時仍無法達到滿意的結果。最後，他拿了沾濕的報紙，置於硬紙箱內攪拌而產生嘩啦嘩啦的聲音，效果棒極了！



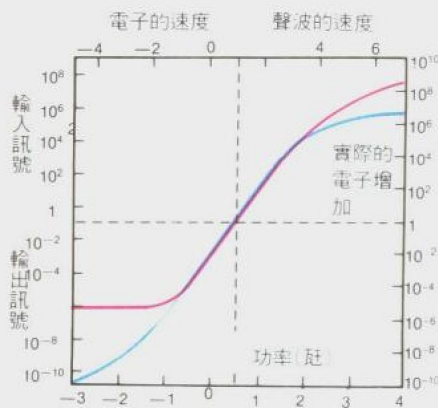
就像沙拉攪拌的聲音。

其他「真正」背景雜音，音量可能大過人們的談話聲，如吵雜舞會的情景。最簡單和有效的方式，莫過於錄下舞會的聲響加以利用。因其可以控制，不致與攝影部分搶鏡頭；某一景的精華部分便可在適當的時機穿插進去。

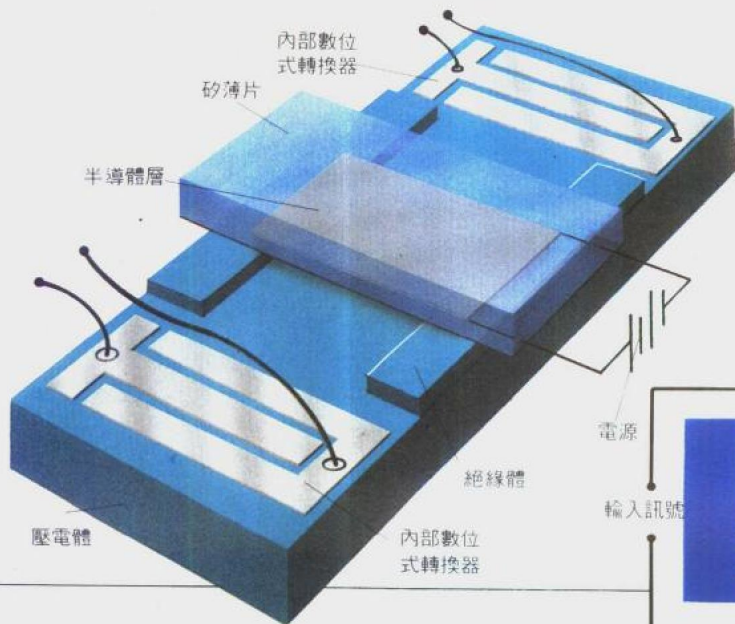
現代的聲軌軌數日漸增多，而每一軌都可以一連串的技术裝置堆砌琢磨。利用等化器可以掩飾因各個麥克風距離不等而造成的種種頻率變化；而不同的濾波器可濾掉不必要的頻率。剪輯人員可以加上迴音，或控制聲音的速度造成人們對房間大小的「感覺」，或物體所產生的聲音效果，這種結果是「提高真實性」。現代的聲軌雖然比起以前的廣播節目更加人工化，但是却能使人們的耳朵完全信服。

上：圖示用來轉換由雷達接收短促高頻脈衝，使之成為更長和更低音調的裝置。(H代表高頻波長，L代表低頻波長)

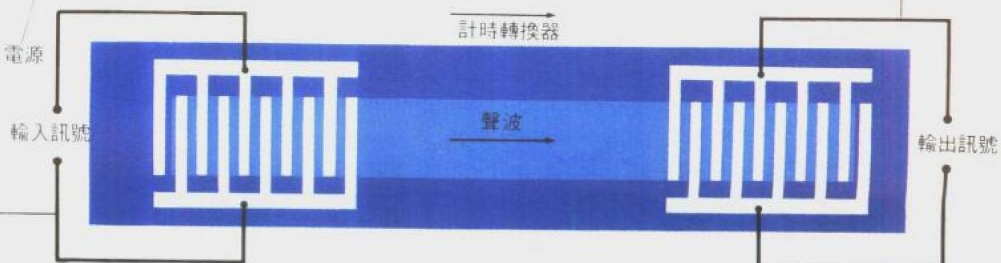
右：雷達的天線



下：人類的胎兒在母親子宮內的超音波圖像。
最下：用以說明超音波反射的轉換器。



左：音響擴大機使用半導體和壓電晶體。上：這種裝置的實際放大曲線(紅色線)，與理論上之曲線(藍色線)的比較



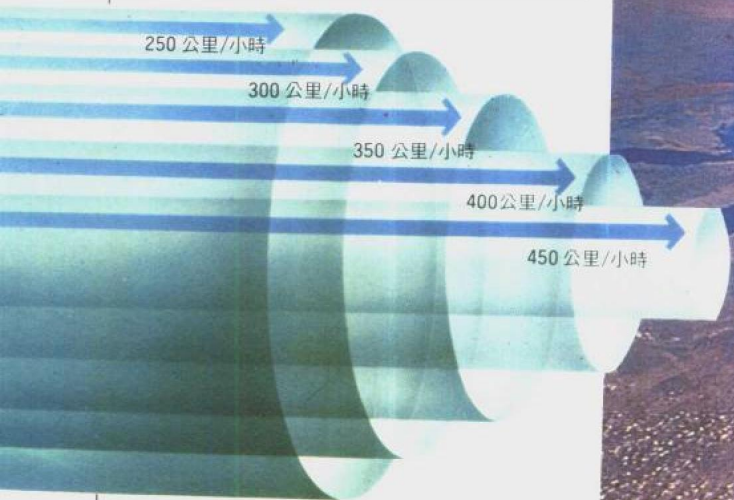
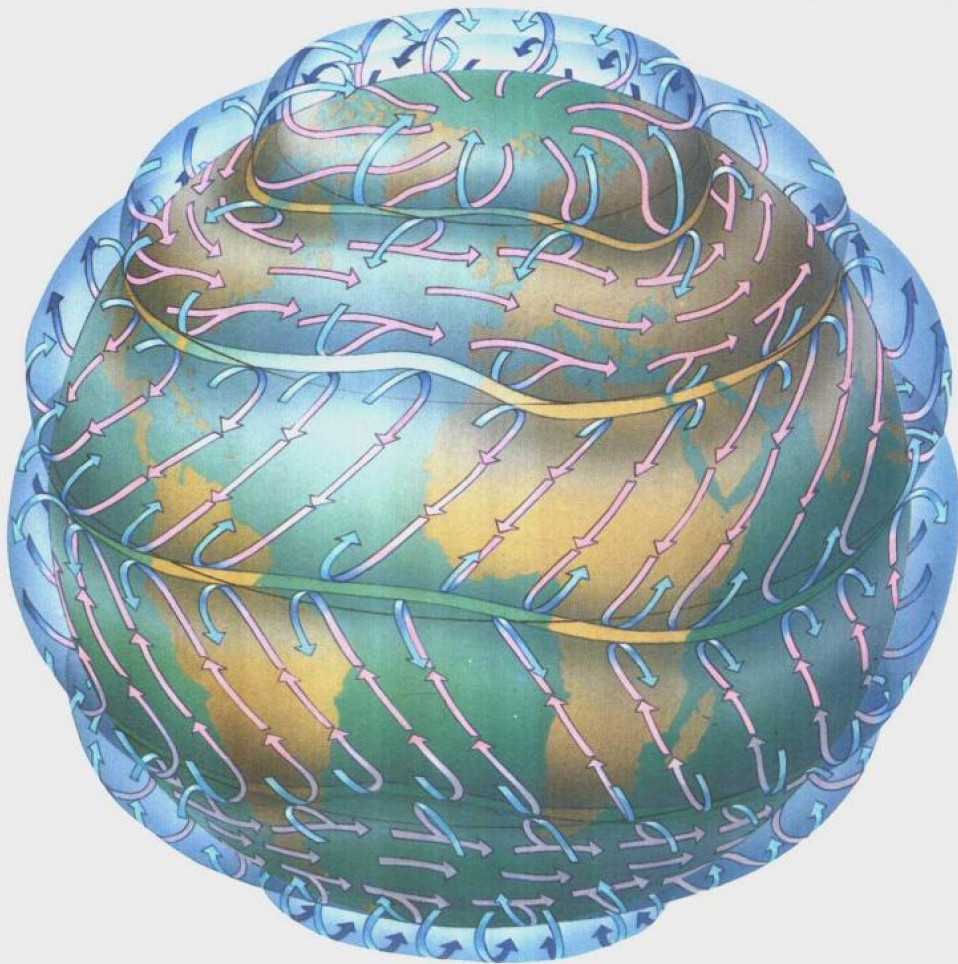
風 Wind

在古老的宗教中，「風」是一種超自然的力量，以移動的空氣來顯示它的存在。而在古典神話中，則是由希臘風神艾歐刺 (Aeolus) 所負責掌管的。現在我們已知道風其實並不是神的代表，它只不過是地球上最普遍的現象之一。

風只是空氣相對於地球表面的一種運動而已，一般而言，它大都是平行地面而運動。風的成因是由於大氣壓力的差異所引起的，所謂大氣壓力，就是在我們之上的空氣的總重量。空氣爲了使大氣壓力趨向均勻，會由氣壓較高的地區流向氣壓較低的地區，而其間壓力的高低，則完全是相對的，不是絕對的。一般而言，地球上的風可以簡單的分成二種基本型態：廣域風和局部風。

廣域風

廣域風分佈在地球上的廣大區域，它具有均勻的風向，是由地球表面某些特殊區域具有獨特的壓力特徵所引起的。而它所涵蓋的範圍可粗略地看成是環繞全球的緯度圈。一般可分成：橫跨赤道區的熱帶低壓帶、在大約南北緯 30 度區域的馬緯度無風帶 (高壓帶)、大約南北緯 60 度區域



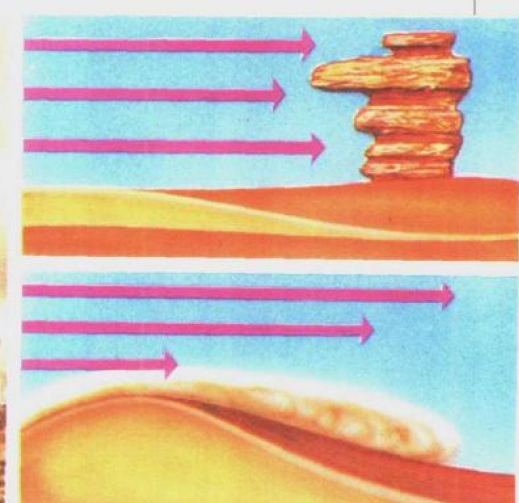
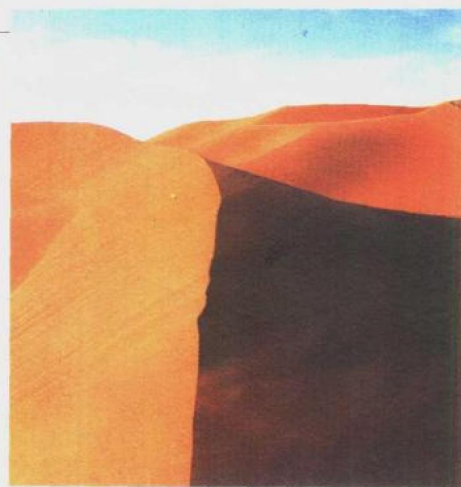
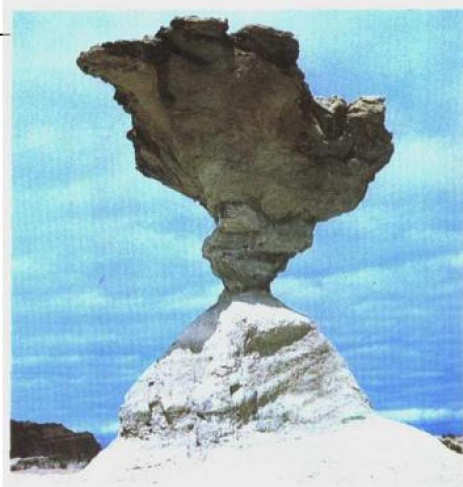
最上：地球表面持久性環流風場的理論模式。暖空氣的運動以紅色箭頭來表示，而藍色箭頭則表示冷空氣的流動。

左上：噴射氣流的想像結構圖。從圖中可看出在單一流體中，空氣速度隨測量點的不同而改變的關係。上：高緯度雲塊形成，追蹤在紅海和尼羅河河谷上空經過的噴射氣流路徑圖。

的極鋒區 (低壓帶)，最後則是在南北緯的極帽所具有的高壓系統。所謂普遍性風場，就是從高壓帶流向低壓帶而跨越地球表面氣流所形成的風場。一般低壓區域通常會比高壓區域來得溫暖，所以，會使流

入的氣體溫度升高；由於熱升冷降的熱力作用，這些流入的氣體會上升而再流回高壓帶，冷卻的則下沉到地面上來，如此不斷的循環，使地表空氣永遠的來回流動。由於地球本身的自轉運動，風並不會從高

壓直接向南或向北吹向低壓區，而在北半球會向東偏一個角度，若在南半球則會向西偏，這種效應便是著名的科氏效應 (Coriolis effect)。這種由壓力帶所產生的普遍性風場，包括東北風場和東南風場，也就是有名的貿易風——此名稱是根據它的風向所到達的目的地而命名的。它是從南北半球的馬緯度無風帶向赤道區的熱帶低壓帶吹的，在北半球為東北風向，而在南半球則為東南風。另一個貿易風帶則是從馬緯度無風帶吹向極鋒區的風場，



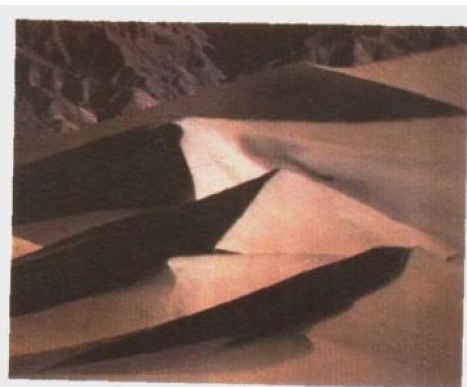
在北半球者為西南風，在南半球則為西北風。

局部風

局部風所涵蓋的區域比廣域風要小很多。局部風一般可分成三種基本型態：山谷風 (slope wind)、海陸風 (coastal wind) 和過山風 (mountain wind)。山谷風一般發生在山谷地形之中，白天山谷中的空氣因熱而沿著傾斜的山坡上升；到了夜晚，空氣又因冷卻而沿傾斜坡下降。海陸風則是由於海上和陸上空氣的溫差或壓力差所引起的風，這種風在一天之中形成，並會因日、夜而轉向。過山風一般是由區域性的地形所激發生成的風場；當風被強迫穿越山溝或在山脊處下沉所引起的風場，便是所謂的過山風。

另外，有二種非常有名的局部風，一個是奇努克 (chinook)，一個則是塞羅可 (scirocco)。奇努克是一股非常溫暖的風，它是在北美西部，洛磯山脈東部斜坡上的過山氣流在過山後下沉加溫所形成的一股溫暖的局部風，一般發生在春天，奇努克局部風的熱和乾燥特性，會引起快速

上：塵暴 (dust storm) 是風可以把物質從一個地方傳送到另一個地方的典型例子 最上左：風吹起沙塵磨蝕岩石所形成的特殊景觀 最上右：由風力所造成的沙丘的種類，隨沙的物理特性和風的強度，以及連續性而定 在上圖右邊和下圖中顯示由風所造成的地質景觀之不同機制



的溶雪，並會使溫度普遍回升，它的溫度平均可達攝氏 15 到 21 度左右。由紀錄分析，它的效用約在 24 小時內，可使溫度回升到攝氏約 27 度左右，但也曾在 2 分鐘內就增溫至 27°C。塞羅可局部風則是在地中海地區所發生的風場，它是出現在非洲北部海岸的一種熱且乾燥的南風風場。它雖發源於乾燥的北非，但當它行至歐洲南部時，則變得溫暖而潮濕。

風速

一般風速的測量是依比佛尺度 (Beaufort Scale) 來定的，它是由英國海軍的榮譽軍官法蘭西斯·比佛 (Francis Beaufort) 在十九世紀早期所制定的標準風速測量尺度。他把風速分成 0 到 17 個等級，在 0 級時是平靜無風，此時煙會筆直上升。在 6 級時是強風，大樹的樹幹會搖動，而且很難拿穩雨傘。在 10 級時是劇烈風暴或強颶風，樹木會被連根拔起且會破壞大的建築物。而從 13 到 17 級則是最近特別為了區分超強風而制定的，但是到目前為止還沒有機會用到。

風力發電 Wind Power

幾千年來，人類便懂得利用風力使船隻在海面上航行。近幾百年來，舉凡荷蘭、西班牙和希臘等國的鄉村居民都曾利用風車(windmill)來發電，新英格蘭和美國紐約州東南長島的早期移民也曾使用過這種方法。但是利用風車來做風力發電既不穩固又不可靠，所以，當其他有效的動力資源一出現，風車的地位隨即被取代了。

近年來，由於傳統燃料的價格上漲，導致工程師們嘗試發展其他更好的方法來利用風力。風力雖然不很穩定，但是比起其他動力資源要來得便利，因為：風向自由、清潔、不會產生不良的副作用，例如產生有毒的廢物等。而且風可以推陳出新、供應不斷，這是由於太陽照射局部的地球表面，使大氣壓力因地球表面的溫差而異，以致空氣因壓差而流動；所以只要有太陽的照射，風就會不斷的吹。

風車

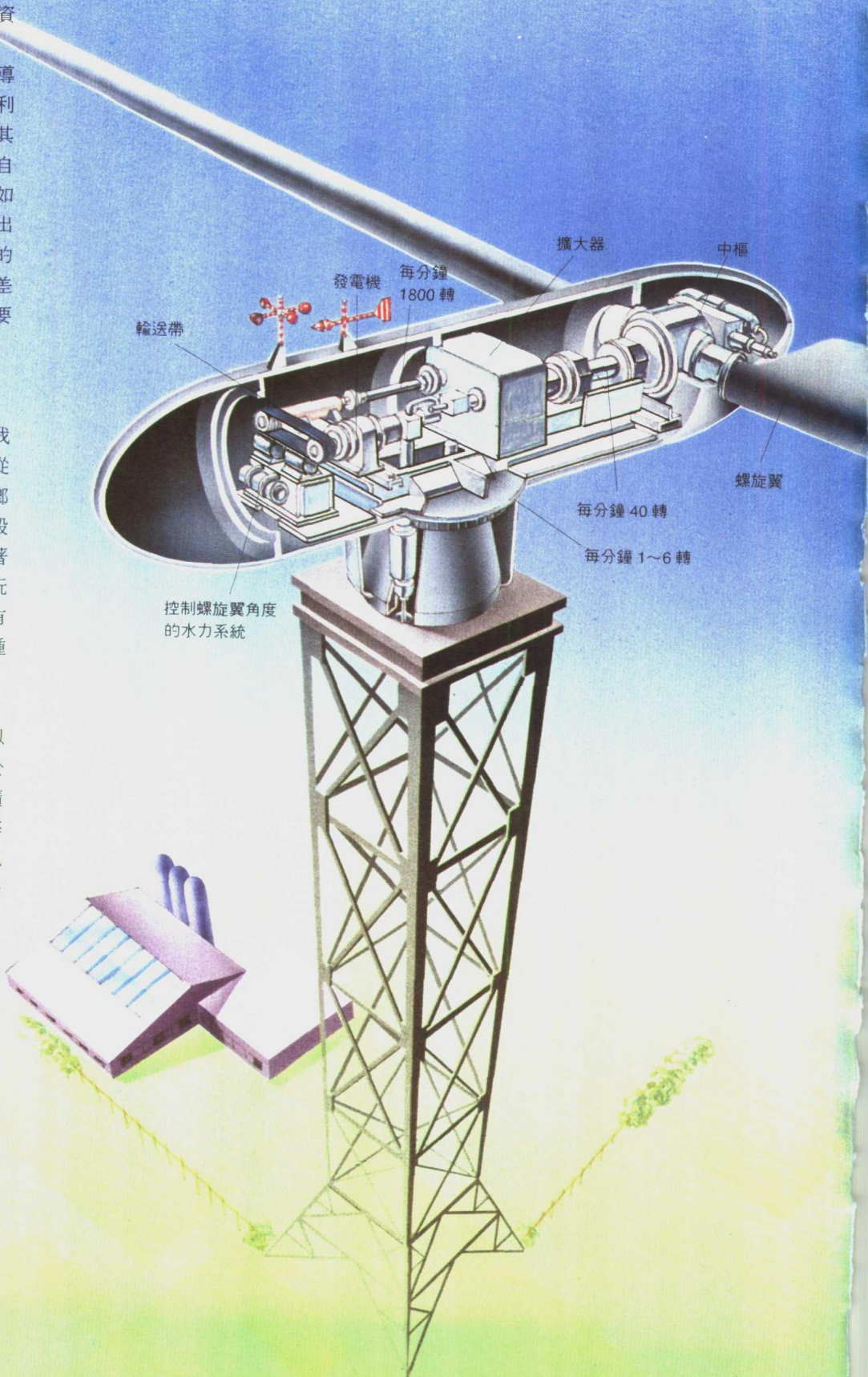
從十七、十八世紀的荷蘭風景畫中，我們往往都可以看到典型的風車，就因為從遠處望去，它總被認為是身著工作服的鄉下農夫，人們往往稱它為罩衫風車。一般而言，風車有四至六支吊臂，其上伸展著長方形的帆翼，由風力的推動使帆翼像玩具紙風車一樣的繞著主軸迴轉。風車內有一系列的傳動裝置，有效的使風力做各種不同種類的工作，譬如抽水、磨麥等。

風車本身是由一座蹲式的樓塔所構成，樓塔的形狀類似被加了帽蓋的套掛。酷似帽蓋的樁帽上面露出機軸的一部分，由於樁帽在任何方向皆能旋轉，因此帆翼能隨時對著風向。制動器在風車需要調整或修理帆翼時是不可或缺的，遇到強風時，帆翼甚至可以揭起來或收下，以防在吊臂快速旋轉下，整個吊臂被吹斷。

現代的风車結構有別於以前的風車，不再像抽水唧筒一般被吊掛著，而是連接到發電機上。在外表上，現代的风車都座落在較高、較窄的塔頂上，而且，以飛機形式的大螺旋槳來替代帆翼。

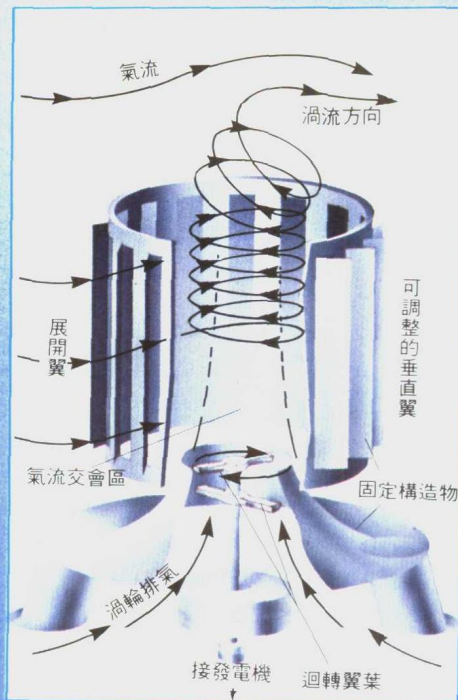
然而，現代的风車仍無法避免舊式風車風力不穩定的缺點；而在風力穩定又強的高山頂上，却又遠離需要電力的人口密集地區。不僅如此，也由於應力的限制，局限了螺旋槳的大小。

下：在俄亥俄州的 ERDA/NASA 所建造的實驗風車之剖面圖。螺旋槳的直徑長 28 公尺，在每秒 8 公尺的風速下轉速是每分鐘 45 轉。

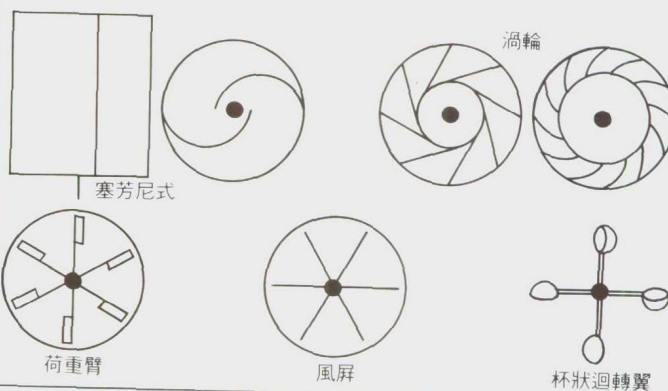


風力渦輪

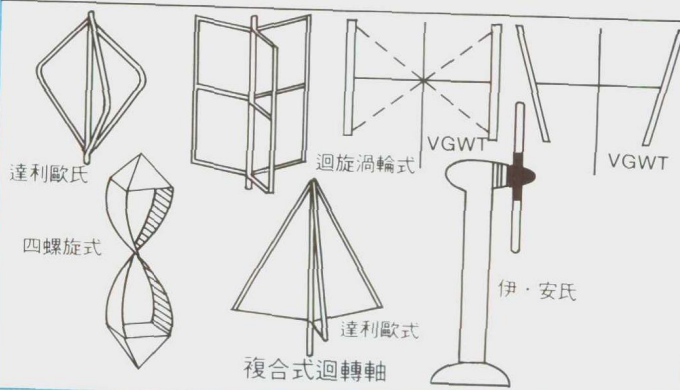
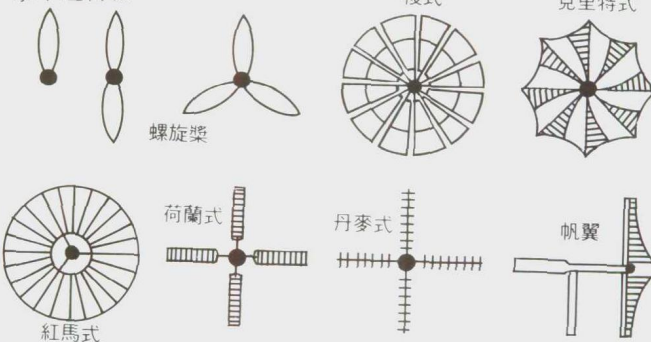
風力渦輪是一種有別於風車，但也是利用風力的裝置。現代風車時常試著由增加迴轉軸的大小來增加利用風力的能力。風力渦輪也嘗試著在風拍打迴轉軸之前先增加風速，爲了做到這一點，迴轉軸便不能直接暴露於風面，或是安裝在風車上，而是安裝在室內，在這間室內可藉由數組風翼和曲面的作用將風集中起來以增加風力。這種原理就像使飛機起飛或使高樓間的風力，保持在正常風速的空氣動力理論一樣。當控制風速的技巧增高時，風力便可經常提供我們更多日常生活中所需的能源。



垂直迴轉軸



水平迴轉軸



左：風車迴轉軸的垂直式(上)、水平式(中)和複合式(下)的草圖。

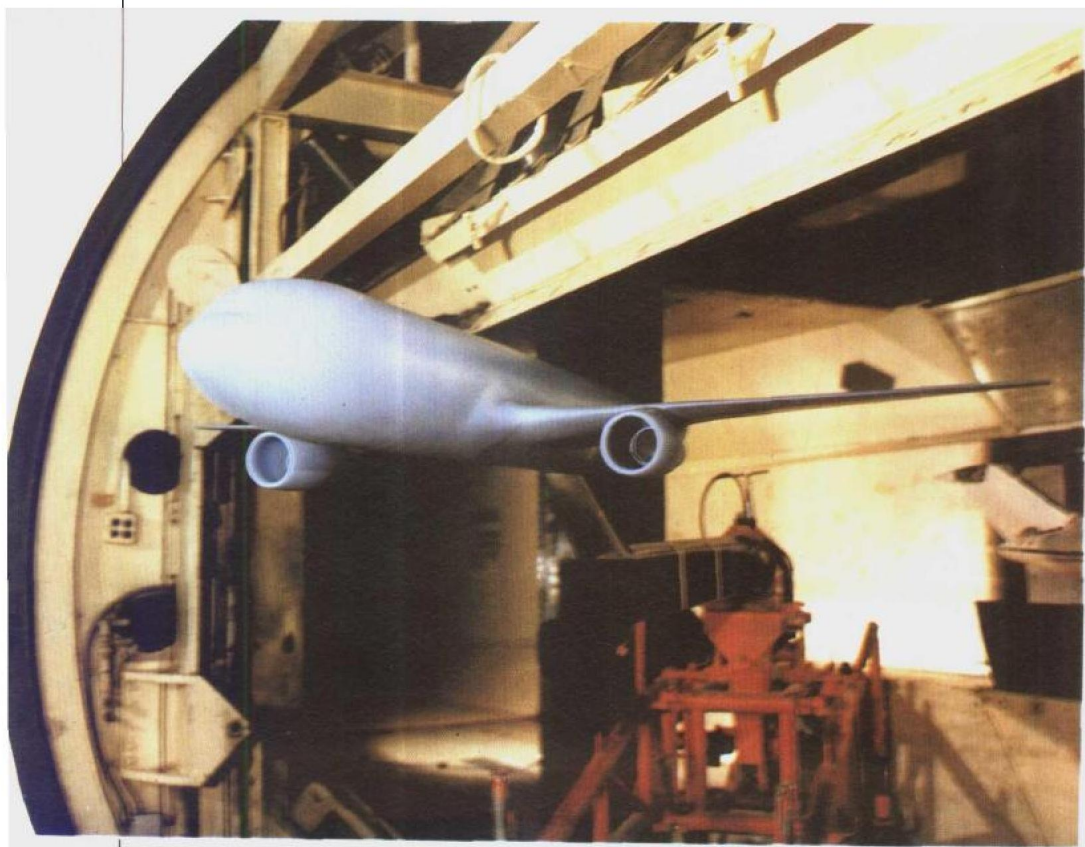
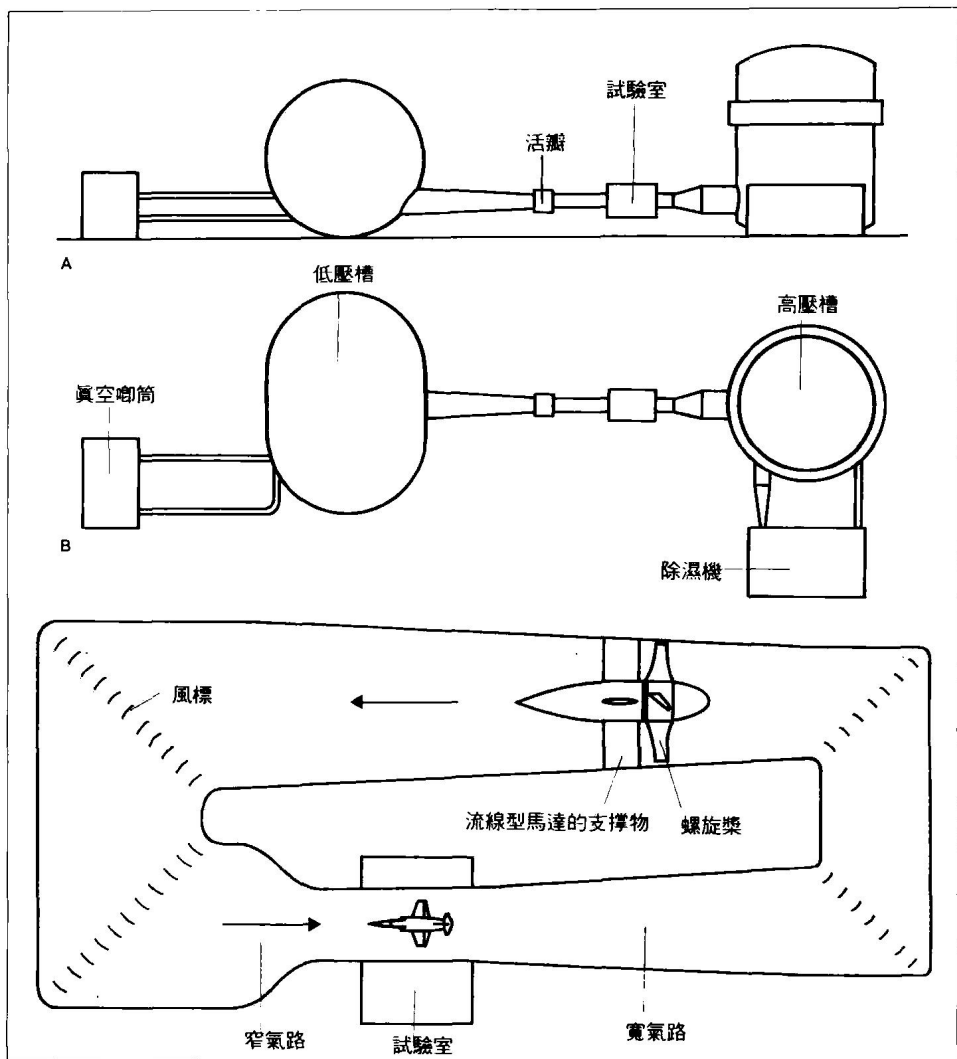
上：ERDA/NA 車的照片。

風洞 Wind Tunnel

風洞早在西元 1901 年時，就在技術上扮演著重要的角色，因為當時萊特兄弟雖然積極地建造與實物一般大小的飛機，却無法在高處試飛，這使得他們體會到風洞的實驗能幫助他們完成機翼設計，以爲了解飛行之需。因此便集中精力以兩個月的期間，建造並實驗了 200 個模型機翼，而終於找到了解答。風洞自始至終都對航空工業有莫大的幫助，而對於最近的噴射機火箭技術，也同樣扮演著重要的角色。近十年來，各行各業的工程師和研究員更把它應用到建築、汽車設計和環境研究上，並發現風洞試驗是很有價值的。

萊特兄弟的實驗是想找到一種合適的機翼形狀以輔助飛機的設計。現代的航空技術對於飛機有了更複雜的要求，其中包括增加載重量，使之成爲更有效的運輸工具，並且在艱難的飛行情況下，能有更好的穩定性和機動性。而現代的風洞通常都是相當特殊的系統，可以模擬低速的起飛及著陸情形，或是商用機、私人小飛機和許多軍用機在低於音速飛行時可能遇到的狀況，以及超音速噴射機及極超音速洲際飛彈的行進情形等。

低速風洞能產生每小時 480 公里的氣流，而超音速風洞所產生的氣流比音速還快（在正常空氣中，聲音是以每秒 331.45



公尺的速度前進)。前者只需一個效力的風扇便足以驅動空氣，但超音速風洞是將貯存在高壓的空氣引入風洞，或是以極快的速度，經過風洞而引入一個真空槽。有時採用二者混合的方式，即在一端建有壓力槽，而另一端備有真空槽。風洞可以小到擺在桌上，也可以大到與巨型建築物相當，供與實體一般大小的模型飛機試驗之用。雖然從風洞的空間和動力來源可以決定實驗用模型的大小和比例，但與實體大小完全相同的模型能產生最正確的數據。平滑的合板是大部分小型、低速的風洞所使用的建材，但需要承受高壓——如超音速模型的風洞，就需使用全鍛接式的不銹鋼結構。

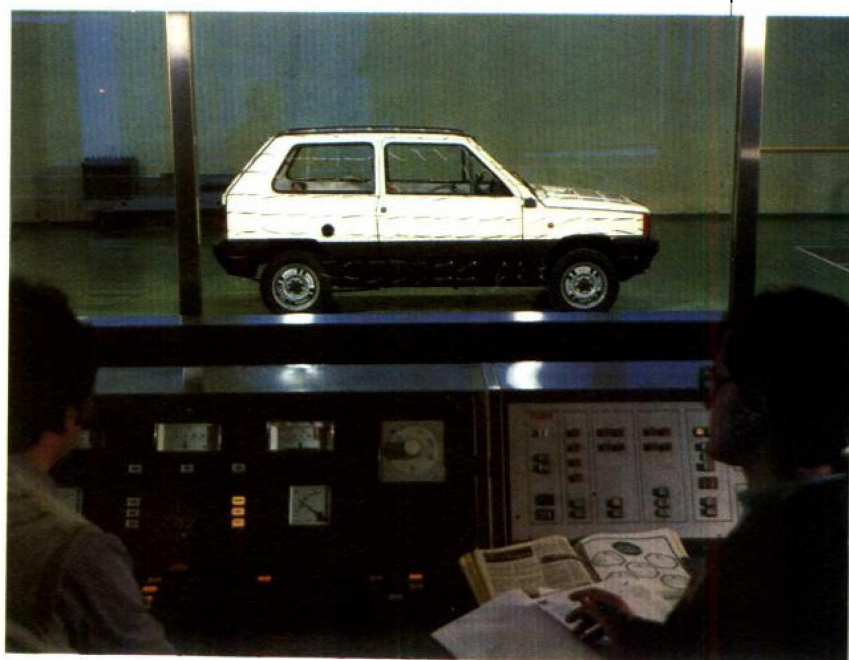
風洞是如何的工作

大部分風洞的基本結構是一樣的，空氣被逼入模型室內，經由多組筆直的风標、網狀罩，或蜂巢式濾網處理，而擴展成穩



最左：上圖是一超音速風洞的簡圖。在壓力槽和真空槽之間運動的空氣以非常高的速度流動。(A)是側視圖，(B)是俯視圖。在其下方是一低於音速風洞的俯視圖。

左、下：照片上顯示一飛機機身的模型和與實物大小相同的汽車和卡車在風洞內進行空氣動力試驗。



際影響。不論在自然因素或人為因素上，工程師和建築師也對設計中的摩天大樓和橋樑，模擬施加猛烈的強風。若不適當的採取這些步驟，可能會引起嚴重的後果，就像發生在美國波士頓的事件一樣，一座大建築物的窗戶整個被強風吹掉。若有這類的試驗根據，設計家會注意到他們設計品的能力，並建議採用適當的抗壓材料。

科學家也對動物和自然界的一切事物所受到風的影響感到興趣，並進行風洞實驗。他們曾經觀察蝴蝶翅膀上的皺褶或隆起的部分是如何幫助蝴蝶利用氣流來產生昇力；也可以研究土壤的風化現象，以及

定的平行氣流，其主要目的在於盡可能的消除氣流中原有的亂流。因此，當氣流通過模型，由所產生的渦旋和渦流，便可知這全是模型的形狀所造成的。

在進行試驗的模型都是懸掛著的。為了要使流經模型的氣流形式清晰可見，有時會在模型的許多地方繫上一簇毛線的穗邊。當亂流產生時，穗邊會隨著搖動；如果氣流的流動很平穩，穗邊便平直的飄揚。事實上，不僅可以觀察到氣流產生的效果，將受熱的石蠟油或氫氣泡所產生的煙注入氣流，還可以觀察氣流的流動情形。

研究這些空氣流動形式的科學，便叫做空氣動力學(aerodynamics)。設計家就是根據這些現有的理論，才能找出他們模

型初期的問題並加以改良，直到達到最高的效率為止。除了空氣動力的性能之外，也能利用風洞從事對飛機材料的耐壓和耐熱等試驗，這是火箭和太空艙在返回大氣層時要考慮的一個很重要的因素。在從事這一類試驗時，高溫的氣流是從電弧室引入風洞內。

用途不斷的增加

汽車工業與航空工業一樣，皆多方面利用風洞的功能，但其大都著重在低阻力流線型的實驗上，以達到省油的目的。汽車設計家用黏土製造出與實物大小相同的模型放置到風洞裏，這樣他們就能像雕刻家一樣，慢慢的修改。

風洞也可以用來研究風對我們環境的實

暴風雨中的樹木如何能夠屹立不墜等。

在環境科學的領域裏，風洞可用來研究分析各種氣體的擴散情形。而這些資料能告訴我們，工廠排放出來煙灰的散布情形；或從一件意外的氣體外洩事件中產生有毒蒸汽的可能行徑；以及如何在市區內交通頻繁的地帶，避免產生有毒的一氧化碳等。簡而言之，任何與風有關，或在空氣中流動的現象，都可以進行極有助益的風洞實驗。

飛行操縱機械裝置 Flight Control Mechanisms

飛機是以三度空間運動，因此必須有一些操縱機械裝置來控制其垂直運動(向上和向下)、左右運動(或稱為轉彎)和前進速度。而飛機上操縱這些運動的部分有引擎機翼、機尾面或稱為水平安定面(stabilizer)、方向舵(rudder)，亦即尾部的垂直翼等。駕駛艙內有了各種操縱這些配置的儀表設備，飛機才有能力完成某些飛行動作。有些是靠直接機械連動到各控制面，和其他相關的組件上；另有一些藉著撥送一操縱訊號到機械裝置上，使其產生遠大於任何駕駛員所能使出的力量到空氣動力操縱面上。

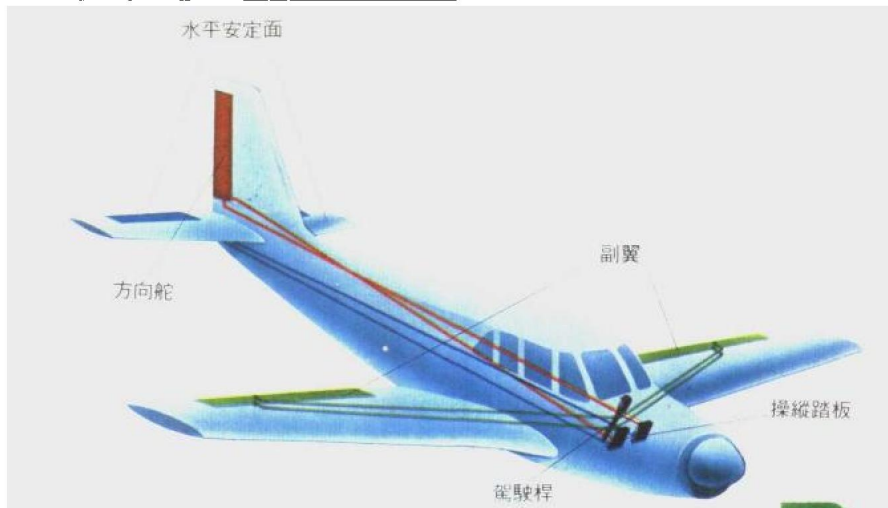
引擎控制飛機的前進速度，駕駛員只要操縱油門，便能加以控制。

機翼的傾斜

飛機轉彎時，並不像船隻一樣，僅受方向舵或垂直安定翼的影響，還需在要轉彎的方向，將飛機的機翼向下作適度的傾斜。靠近翼梢處，有兩片鉸鏈著的襟翼，叫做副翼(aileron)，固定在機翼的後緣。副翼能向上或向下運動，來改變機翼的剖面形狀。它們是靠駕駛桿的橫向運動操縱，就像汽車的轉彎是靠方向盤操縱一樣。將駕駛桿向右邊轉動，右邊的副翼於是升起，使機翼下垂。同時，左邊的副翼下垂，而使得左邊的機翼向上傾斜，飛機便以傾斜的姿態轉向右邊。方向舵作了很輕微的移動，即擺動尾翼向左。油門以最小限度推進，而升降舵則用來抬高機頭；由於飛機在轉彎時有掉高度的傾向，這就是決定轉彎時，須有一傾斜角度的原因。

在直線上水平飛行經過不穩定的氣流時，飛機會顯現出輕微的「俯仰」；即水平地向上和向下運動，看起來像輕微波動一般。這些運動是靠水平安定翼，或水平安定面操縱的，還有兩片鉸鏈的襟翼，叫做升降舵，位於水平安定面的後緣。將駕駛桿往前推，尾部升起，機頭便往下降；將駕駛桿慢慢放鬆往後拉，則尾部會被壓下而使機頭往上升。

另一種使用在小型私人飛機上的機械裝置，叫做輔助操縱器(auxiliary control)。它裝設在升降舵上，猶如小襟翼般，叫做配平片(trim tab)。當飛機進入著陸位置時，駕駛員會減小引擎的動力，如需調整機頭時，則轉動小曲柄或駕駛盤來操縱配平片；若讓附屬於升降舵上的配平片稍微向上升，則機頭便跟著抬高了。



上：圖中的輕型飛機所標示的，是飛行時導引飛機飛行的操縱面

下、右：圖上顯示大型噴射客機的伺服操縱系統，可用來移動襟翼和空中煞車面。伺服操縱器用於需要移動襟翼和機尾面的機械力大於駕駛員的體力時；除此之外，還使用一貫作業的操縱系統，稱為自動駕駛，乃依照原先設定好的程式指令駕駛飛機

