

机械原仲子

621
6

棧械原件學

蕭菊菟編譯

漢文題

江苏工业学院图书馆
藏書章

河南圖書館惠存

國立中山大學校長鄒魯贈

學 件 原 械 機

元 式 價 定 冊 一 書 全

所有權版



究 必 印 翻

英 冠 蕭 埔 大 編 譯 者

廣州市文明路國立中山大學出版部
出 版 者

廣州市惠福東路天成印務局
印 刷 者

國內各大書局
代 售 處

中華民國二十二年九月初版

止 0 0 0 2 至 1 0 0 0 0

序

中山先生於其建國方略中論出版事業云：「此項工業爲以智識供給人民，是爲近世社會一種需要，人類非此無由進步。一切人類大事皆以印刷紀述之，一切人類智識，皆以印刷積蓄之，故此爲文明之一大因子。世界諸民族之文明進步，每以其每年出版物之多少衡量之。」可知出版事業之關係矣。今我國出版事業，其情形若何？據最近三十五年之中國教育一書所言，民國十九年各國出版數量：德國三萬一千五百七十五種，日本一萬八千零二十九種，法國一萬四千九百四十三種，英國一萬三千二百零二種，美國九千五百七十四種，我國則是年商務書館出書四百三十九種，合全國計，當不過二千種。我國出版事業之落後，就此等數字計之，不及德人十五分之一，日人九分之一，英人六分之一，美人四分之一，若再以人口數配分而比較之，則其落後之情形，尤爲可驚。德國人口六千四百二十九萬八千，是每二千零三十六人而出版一種；日本人口九千二百九十六萬零二百三十一，是每五千一百五十六人而出版一種；英國人口四千四百六十七萬二千六百七十五人，是每六千七百二十七人而出版一種；美國人口一萬三千八百三十六萬三千九百二十二，是每一萬四千四百四十一人而出版一種；我國人口以四萬萬七千萬計，是每二十三萬五千人而出版一種也。是不及外國人二十分之一乃至一百二十五分之一也。

且此不過就其數量計耳。若就其內容比較之，外國出版，多科學書籍，我國出版，偏重於文法，若自然科學，應用科學書籍之成分則尤微乎其微也。夫印刷術之發明，活字板之使用，原出於我。當二百年前我國四庫之書，已浩如淵海，遠非各國所能及。故學術文化亦度越世界。何圖晚近二百年間，彼之科學發達日盛，取我之印刷術而應用之，改良之，其出版事業乃至如上所述，在我百倍以上乎！

近世科學萬能，機械萬能之聲洋洋盈耳，而吾國對此無一自著新籍。即有若干譯本，亦不完不備，不足以資世用。無怪海通以後，屢貶於砲艦政策而受辱無窮期也。

抑歐美各國之種種發明，可以利用前民者，非必盡出於專門學者之手，而出於天才之偶獲者尤多。如電信機之發明，由於畫學之沙沐爾莫爾斯(Samuel F. B. Morse)。電話機之發明，出於聾啞教育者之亞力山大貝爾(Alexander Bell)。白熱燈之發明，出於賣新聞者之湯麥司愛迪生(Thomas Edison)。是其例也。即如炸藥大王之諾貝爾(Alfred Bernhard Nobel)固一小學僑未畢業之佝僂病夫也，自働車王之亨利福特(Henry Ford)亦農村之一青年耳。然彼等之發明雖出於一時之偶獲，而其背後必有一大力存焉，即其爲技術的基礎之學術，

必有深刻的研究，其日期不必甚長，其經過不必在正式的學校，然必有深遠奧蘊在專門以上之學力，而後其偶獲之發明，乃可底於成功。是則科學之普及與通俗化爲必要矣。

今我國出版之關於科學載籍者，既如其其，然則夙具發明的天才者，將由何道以發揮其天才乎？是非入專門學校不可，否則非先通外國文購讀外國籍不可。然試問此等事豈能求之於一般人乎？然則編譯外國科學書籍，且求其普及，求其通俗化，爲刻不容緩矣。否則吾國夙具發明的天才者，非流連於詩酒絲竹六博蹴鞠等事以抒其情，即束縛於米鹽瑣屑之事以困其志。昔人有言：「貧賤則攝於飢寒，富貴則流於逸欲，遂縈目前之樂，而忘千載之功，忽然與萬物遷化；斯亦志士之所大痛也！」。就個人言，可謂之自賊以賊人；就國家言，可謂之賊民以自賊。其損失之巨可勝量哉！此教育改革委員會所以有編譯科學書籍之計劃也。

頃菊魂弟以其年來所撰機械原件學一書見示，并索序於余，余喜其適應世用而與余編譯計劃同也，擬由中山大學出版部附印，并廉價出售，以濟世之急。菊魂慨然允諾，余尤感之。憶民國十四年余長廣東大學時，菊魂曾以其所著六十年來之嶺東紀畧囑余序而行之。嗣是我國統計載籍亦次第出現。今此機械原件學出世，其亦將引起國人之興趣，將努力於科學，尤其是應用科學書籍之編譯乎！果爾則夙具發明的天才者，得有所養，以成其千載之功，而一般人亦得汲其流以澤其業而善其事，是豈非國家社會之大幸也哉！

中華民國二十二年六月一日序於國立中山大學

鄒魯

序

人是製造工具底動物("A tool making animal," Franklin)。但原始的工具不過是由人底器官擬造出來，以供肢體底使用，而補助其所不逮而已。所以 Ernest Kapp氏在他的Grundlinien einer Philosophie der Technik (工學底基線)裡說，"Unter Benutzung der in der unmittelbaren Umgebung nächst" zur Hand "befindlichen Gegenstände erscheinen die ersten werkzeuge als eine verlängerung, Verstärkung und Verschärfung leiblicher Organe." 這個情形和自然工學史上動植物諸器官底發達相去無幾。及至社會的技術進了步，機械發達起來，最初的應用還不廣，而古代羅馬底技師Vitruv對牠下了一個定義，只說牠是材木底相關的結合"zus amenhängende Verbindung von Holz," 當時底機械是怎樣的單簡，也就可以想見。這不過是兩個以上底工具由人手移轉到機構去底最初一個形態。在這樣的技術底基礎上面「精神的財富」自亦有限。但自一七五〇年至一八五〇年間技術上起了大變革後，社會的技術底根柢愈加擴大，蒸汽，煤油，瓦斯，乃至電氣都拿來應用，人間社會底精神生活愈加展開，不但整個大自然可以用各種機械所生出底運動方式解析清楚，取而駕御在人力底下，即整個社會的生產關係也可以用機械底統系和結合精確的規定，管理起來，而使其合理。人類今後借機械以操縱自然，統制社會的力量，其勢更是有加無已。機械實已成了人類實現其進步的理想主義底必要條件。以牠為物質的底東西，而輕視，厭惡，甚至懼怕牠的，是直墮入感情主義，而自外於文化發達所必至底途程，於智識上已自孤陋，於實踐上亦至迂拙。

菊魂兄底這部書所記述的是普通機構，單簡機械，以及機素底種類和構造理論，而命名為機械原件學所以傳授學者以普通機械學底基本常識。就現代機械底體系看來，牠原有普通工業底動力機，配力機，作業機，交通運輸機關及其關係機械，農業機械，紡織機械，原料採掘用機械，軍械，及軍需品工業用機械，光學機械及其他精巧物品製造用機械等底

類別，而反映着 energy 經濟底變化而發展起來底蒸汽 Turbine，內燃機關——Diselmotore，水力 Turbine，和因電化底發達而活躍起來底屬於重電機底發電機，電動機，變壓器，蓄電器，送電設備，電熱器，照明用電機等高壓電流系統底電機，屬於輕電機底電信，電話，無線電信，radio 等通信用機械及設備等，低壓電流系統底電機等亦各有其特殊構造和効用。這樣複雜的一個體系這部書當然是難得概括無遺的。但牠能舉其大畧，明其本原，不特可以指點工學者研究斯學底一個門徑，並且可以誘發一般人士對於社會改造底這個必要條件底興趣和尊重，則其裨益人類當非淺鮮矣。用敢畧抒管見，聊盡介紹底義務云爾。

中華民國二十二年六月

許崇清

自序

一國產業之盛衰，胥視其機械生產能力之強弱，此自十八世紀產業革命以來，幾成爲經濟學上之天經地義；所以機械一物，雖歷遭手工業，社會學者之詛咒抨擊，然猶依然日精月進，呈登峰造極之大觀也。我國產業落後，固夫人而知之矣；處今日而談保存種族，躋邦國於富強，即在小學兒童，亦知非亟興產業與以經濟侵畧我國之列強相拮抗不可；然則生產原動力之機械，其在我國所負責任之重大，相須之迫切，從可知已。

吾聞前此歐洲大戰，批評家認爲疆場勝敗之數，最後乃決於生產軍用品機械之能力；今者強隣逼迫，國難當前，吾人誠欲爲蓄艾三年之謀，長期抵抗，自不能無期待於國人機械智識之普及，俾從茲發明創造，日起有功，修我戈矛，利我戎機，藉是一雪積年之國恥也。

夫機械之關係於國家，其重要既如此！而環顧國人對於此等智識之缺乏又如彼；亡羊補牢，將何術以善其後乎？曰：是在多設學校，培養此項人材而已。然當此滿目創痍，司農仰屋之際，對於設備學校，能耶否耶？此有志之士，所爲扼腕長嘆，咸思獲一容易領畧機構奧妙之載籍，普遍推行，藉以補救於萬一者也。惜堂堂華夏，搜盡東壁圖書，求其能叶此目的者，竟寥若晨星，即有一二清末譯籍；如汽機必以，西藝知新等，又已絕版，購求匪易。誠可慨矣！

往古之各種發明，每賴於天才或迫於環境而出於純粹獨力之創造，時至今日，則前人遺緒，可供參考借鏡者既多，因此偶加工作而認爲可以改良或發明者，遂亦不少。從實際言之，只須研究機械各部之組合及作用，以之應用於其他機械，即有改良發明之可能，不必俟攻究一切機械之特殊作用而後能之也。然若拘泥於實地，置學問於不顧，則每因不知前人既經研究之顯著事實，致陷其所研究之結果於徒勞無益者亦自有之。

嘗聞有人欲改良一部分之機械，苦心研究之結果，卒發明一直角互傳動力裝置之螺旋齒輪（或稱螺絲輪 Worm gear），厥後知此等裝置，在許久以前，已爲世人用作一種極便利之機構，遂大失所望。竊思此等人士，其奮勵之精神，與發明之天才，至足嘉尚，而以智識狹隘，不知前人之曾遺吾人以陳跡，徒於無益之事，費去其時間與勞力，則其人之損失，固屬可惜，而社會之損失亦不鮮。孔子云：吾嘗終日不食，終夜不寢，以思無益；不如學也。又云：學而不思，則罔；思而不學，則殆。真至言哉！

吾人幸生廿世紀時代，目睹百般工業之進步發展，諸工場公司之繼起勃興，與夫各工業各工場所使用機械之改良發明，始知前人所授與吾人之智識範圍，博大精深，誠足驚嘆；

但一細察其中可以應目前之需求而適供特種發明之利用者，其重要之點，則爲數無幾，此學問之道所以貴乎博學而守約也。蓋守約而後可以施博也。

余自束髮受書，卽偏羨諸葛木牛流馬之奇，墨翟木鳶飛翔之妙，迨東渡扶桑而後，此志得以稍償！歸國以還，雖投身社會，蜩務紛繁，而對機械一門，固中心藏之，無日忘之也。

本年春日兵寇滬江，我十九路軍奮勇守土，血戰月餘，卒以兵器遜人，退出上海，讀杜甫詩：國破山河在，城春草木深之句，爲之慨然長嘆者久之！余既有鑑於前述歐戰之批評，復感於此次我軍之失敗，與夫國人要求機械智識之急切；乃取夙昔之所研究用淺川教授所著機械之素一書爲藍本，更考諸他籍，參以鄙見，釐其編次，勘其謬訛，以成此書，猥以菲才，初未敢遽爾問世；惟念吾國出版界關於機械書籍之缺乏，此作亦聊勝於無。西諺云：“Something is better than nothing”，亦猶斯意也；復經多數友人極力從中德意，爰顏其名曰：機械原件學以付梓焉。

本書之目的，既如前述，故其內容，亦祇敘述機械，機構之一般，並未涉及深奧之原理與高深之數學，蓋今日中國，不患無宏通博雅之學者，患在缺乏常識智慧之國民耳。其醫治病，不投以龍宮秘方，而授以牛溲馬渤者，因症下藥然也。本書之取材，亦倣斯意，苟學者玩索有得，由是而推陳出新，改良創造，俾前此機械落後之邦，一變而爲蓬勃新興之工業國，是則私心之所欣願也。

中華民國廿一年十月二十一日

蕭冠英識於國立中山大學教務處

凡 例

一、是書專供工科大學及工業專科各學生與一般研究機械者或製造家及工師匠目等檢閱與參考之用，取材極其簡明，并附圖表說明，絕不涉及其他高深之原理與數學之方程式，至其編次，係依機械之構造與用途，分別歸類，列爲次第，務期合於心理學，所謂聯想理會興趣三者，兼而有之，俾讀者容易記憶，進而按圖索驥，融會貫通，領畧機械之奧妙，巧爲應用，獨出心裁，以製成新器焉。

一、是書對於機械學上常用之術語定義原則等，嘗參考多種載籍，斟酌取捨，撮其大要，編入緒論，蓋欲讀者先就此獲得一般概念，俾讀正文時，可左右逢源，而無棹格不入之弊。

一、我國各地方言不同，故對於機械名稱亦自不無少異。本書名詞，除採取最普通使用者外，並附以英文原名，庶初學者既可藉此對照，習得英文，樹他日直接研究原書之基礎，其有以名稱相異，偶感困難者，亦可以是作爲標準翻閱英漢辭典或本書索引解決之。

一、是書爲欲讀者觸類旁通，容易於腦海中留得實物印象起見，對於機械圖則，多採用暗射投影法，或將其着眼點繪成畧圖表而出之，其點線則除表示切斷面外，並以區別高低或不同之面，蓋余以爲是等用法，驟視之，雖似不無混同，而稍一審察便知其依然縷析條分，無纖毫之錯亂也。

一、圖中黑圓如●者，係爲表示固定軸（卽在一定位置迴轉或靜止之軸）；其白圓（卽中空圓）如○者，係表示移動軸，塗成純黑之部，則爲表示架框或其他靜止部份。

一、是書之編述，其遠因雖在民國十三年余長廣東省立工業專門學校時，但寔際執筆則開始於客歲孟春而殺青於今年十月，中間不過年餘。蓋賴先輩學者之遺緒，令吾省却許多時間腦力述多而作少故也，是書圖說由淺川教授所著機械之素第四版一書爲底并參証第三版，以迄譯者，十之八九，取材於西藝知新書中機動圖說及他書者，十之一二，其緒論一篇，雖由靳尼蒂（Kennedy）氏，達魯里（Durley）氏，高打利魯（Cotterill）氏威利（Willis）氏，淺川教授等著書中（書名見緒論）斟酌取捨而來，然間亦參與私見。

一、書中譯名如（Energy）一語，在此則譯爲能，在彼則譯爲力，或“動力”雖往往而有，然此乃爲通俗行文所常有事，且不難於字裏行間領畧會其爲同一語源，非錯誤也，幸讀者諒之，至其他魯魚之謬，及不備不妥之處，自知在所不免，倘蒙海內賢達，對此加以指導，俾他日再版時，得有所遵循改正，是則冠英之所切望也。

一、是書命名係取英文 "The Element of machine" 之義，而顏曰：機械原件學者也，元來 "Element" 一語日文常譯作 "元素" 或 "素" 我國學者至今多沿用之，迹其所以致是之由，則由甲午以後，留學之士，負笈彼邦者，風起雲湧，極一時之盛，是等名詞，遂亦隨挾策歸來之學子而流入中土，惟日語 "素" 字係與根本之 "本" 元來之 "元" 同一發音，而具有 "精華" "本質" "原件" 之義，本書所以名曰：機械原件學者職是故也。

一、是書之成出於東西洋諸先輩之賜者固多，而承友生之幫助者亦不鮮，如羅贊元君，張伯豪君之爲余逐句細讀。析疑指疵，黃秉哲君，何壽田君之爲余校勘，李奕君，趙炳湛君，林聖端君之爲余繪圖，於是書均與有力，附誌一言，以申謝悃。

緒 論

(一) 機械之定義

機械一語，在英國法國謂之 Machine，在德國稱為 Maschine，“有機械的器械”之義，關於機械之界說，在十七世紀時代，魯老士 (Reuleaux) 氏云：

“A machine is a combination of resistant bodies so arranged that by their means the mechanical forces of nature can be compelled to do work accompanied by certain determinate motion”

英人靳尼帝 (Kennedy) 氏所譯，載在 1786 年版之 “The Kinematic of machinery” 書中之 35 頁。

大意是：“機械為一種抵抗物體之組合，經人工配置適宜而使用之，則天然的機械力被利用而作成爲所決定之功用（或名工作）。”

靳尼帝 (Kennedy) 氏對於機械，亦曾下一種定義，其立言與前文大意相同，茲並錄如下：

“A machine may be defined to be a combination of resistant bodies whose relative motions are completely constrained, and by means of which the natural energies at our disposal may be transformed into any special form of work”

其意爲“機械之定義，可謂一種抵抗物體之組合，其相關的動作，完全受着限制，及利用此種組合，則天然的力量（energies）受人工之處置可以變成任何特殊形式之工作也”。

吾意以爲凡各種具有抵抗性之物體互相組合，而作關聯的束縛運動時，能將其所給與之能 (Energy)，變爲吾人所要求之特殊工作者，謂之機械；由是亦可作以下一種定義說：“機械者，乃爲欲利用自然界之能 (Energy)，使其自由地變成特殊之工作，因而湊合一種可能抵抗張力 (Straining action) 之物體，將其相互間之關係運動，加以一定之限制者也”。

(二) 機械之性質

根據上述的定義，不妨舉一反三，而詳細演繹之，則更可別機械之性質，如下列之四種：

甲 機械必須二個或二個以上之物體，方得構成：

刀，鋸，斧，鑿，工人之用具 (tool) 也，世人不稱刀鋸斧鑿為機械者，因其構造，單純一個物體為之也。坐是之故，凡得稱為機械之物，遂必需組合兩個以上之物體而構成之，此構成機械之各個物體，通稱為機械之各部 (member)，部有兩種：一為靜止者，一為動作者；靜止各部，即支持多數之其他各部，而成為機械的靜止部分，如架框 (Frame)，至動作部分則如印刷機，力織機之暫停裝置 (Stop motion)，發動機的調速機之輔助裝置等，皆屬於此類者也。動作各部，大別之又可分為下列三種：

(a) 接受動力 (即能 Energy) 之各部；

(b) 變更機械的能，使成為其他特殊之能；或位於其間，令能與能互相傳達之各部；

(c) 實現吾人所要求工作之各部是已。

乙 機械各部，均具有抵抗性：

機械各部，無論其為剛體，柔體，或液體，皆具有因應所接受的力 (此處之力，其義與能同，即英語之 (Energy)，下做此) 之種類，而發生抵抗 (Resistance) 之性質，譬如：鐵製或木製之節桿 (Link)，一剛體之機械各部也，而對於拉力或名引張力 (tensile stress)，及擠力或名壓縮力 (compressive stress)，皆能發生強大之抵抗；皮帶 (Belt) 及繩 (Rope)，一柔軟之物體也，因其能於受張力時，發生抵抗，故終不失為機械之各部；唧筒 (pump) 及水壓機 (Hydraulic press) 內之水，一流動之液體也，因其對於壓縮力，具有莫大之抵抗性故亦成為機械各部之資格。

此處所稱為抵抗性者，蓋謂各部抵抗其所受力時，其形態雖不無少變，而此等變形 (或稱歪 (Strain) 之各部，對於使用者，依然可以不發生障礙，且構成各部之材料，亦可完全負起抵抗外力之任務也。

丙 各部之運動為束縛運動 (Constrained motion)

機械各部之運動，常循一定之軌道而運動，換言之，即各部之運動，不為加於其上的外力所支配，無論所受外力或大或小，皆能作一定之運動是也。此際反之，若其運動物體，在自由狀態時，則此物體常欲向加力之方向而運動；又物體在某一方向，以某種速度而運動時，則於所加力之方向，更能發生一種分速度，通常此分速度，每與元來之速度相合；於元來之方向，用合成速度而開始運動；惟在機械上，則加力于運動者 (Driver) 時，不論其力之方向如何，動者常沿其運動軌道，以所加之力，作為運動之

分力，即所加之力，祇能以一部分之力加於動者，使成為機械的運動之素因；其他一部分之力至是則變為摩擦作用。約言之，則摩擦作用愈大，其機械的効率愈減；摩擦作用愈小，則其機械之効率愈增也。能將所給與之力（即Energy）使完全變成為工作之機械，謂之完全機械（Perfect machine）；惟在實用上，有許多機械，皆只能將所給與之力，令其一部分成為有効之工作，其他殘餘部份，則變為無効之工作，即：——

所給與之力（即能Energy）等於有効工作加無効工作。有効工作與所給與之力之比（用百分率表示之），名曰：此機械之効率（Efficiency）——（機械，蓄電池，電分布系統，或相類物體所放出之功或能與加入之功或能之比曰効率，其能不必為同種，例如水蒸汽機關，加入者為熱能，而放出者則為機械能）——故此，凡完全機械之効率，必為1或100%；更將無効工作細別之，則（一）是變成為可恢復運動之能（Energy）者；（二）為變作摩擦消耗運動，或衝擊等，而化為多量之熱，自由飛散，無復能收回者。

機械各部之速度增加時，其所加增之力（Energy），雖有幾分變為運動之能（Energy）；惟各部之速度減少時，則其運動能，常有幾分變為有効之工作。如蓄勢輪又名飛輪（Fly wheel）之迴轉，唧子（piston），聯桿（connecting rod）之惰勢等，是其例也。

丁 令能（Energy）變為特殊之功用：

功用之謂何？反對抵抗而運動物體之謂也。功用之分量，可以物體受作用移動之距離與其反對移動方向的抵抗力之相乘積表示之，例如；抵抗P磅之力，而於其力之反對方向，將物體移動L呎（Foot）時，則其所做之功用，當為PL呎磅；此際其物體之移動方向，與抵抗成為 θ 度角時，則其所做之功用為 $PL\cos\theta$ 呎磅；吾人通常稱為一馬力者（Horse power），即每一分間作三萬三千呎磅功用之名詞，譬如：抵抗二千磅張力，而每一分間移動三十三呎時，則其每一分間所做之工作當為： $33\text{呎} \times 2000\text{磅} = 66000\text{呎磅}$ ，即等於二馬力之功用也。

今設加P磅之力于完全機械的動者之移動方向，而令其移動a呎，若被動者（Follower）因此抵抗Q磅之力，逆其方向，移動b呎時，則是不啻加Pa呎磅之能（功用）於機械中，而此機械所完成之功用，則為Qb呎磅矣。故此以方程式表示之如下：

$$Pa = Qb;$$

$$\text{即 } Q \div P = a \div b,$$

在上式中之 $Q \div P$ ，謂之力比（Force Ratio）；其 $a \div b$ ，謂之速比（Velocity Ratio）

。在完全機械時，其速此乘力比，常等於一，即速比愈大，則力比愈小，速比愈小，則力比愈大也。若力有增加，則移動距離必有減損。此等力比，又別名之曰：機械之利益(Advantage of machine)。

自然界之能(Energy)，可以變成爲功用者：(一)爲人類及其他動物之力；(二)爲風力；(三)爲水力；(四)爲水蒸汽，空氣，及其他加于瓦斯體而爲膨脹工作之熱力等。

以上所述之能(Energy)，除動物所有之力外，其餘皆可利用之以爲原動力(motive power)或原動機(prime mover)之裝置，即在一種裝置之下，可令其變成爲作一定迴轉之機械的動力也。

風車，水車，蒸汽機關，煤氣機關(gas engine)等原動機，皆利用風力，水力，水蒸汽之膨脹力，煤氣之爆發力等，使變爲機械的動力者也。紡織機的錘車之軸，當其迴轉時，雖輕快非常，頗似無須多大之力，但吾人以手執之，決不能令其於一分間，作數千回之迴轉；惟其有此錘車裝置，故雖祇有一個緩慢旋轉之大車，亦遂不難用人力以達所希望之目的。裁縫機的針之上下運動，若非有是種裝置，恐人類之技巧，到底不能使之如此快捷；吾人不能移動之物體，用槓桿則可移動自如；鐘鏢之長短針，吾人可用不規則之迴轉力，蓄貯其能(Energy)於機械法條中，而令作均一之等速轉迴轉。凡此皆人類腕力之能，可使變成特殊功用之例也。其他原動機之機械的動力，若有傳動機(如鏈條，導帶，滑車，齒輪，輪軸等)爲之傳達迴轉，便能運轉所要之作業機械，是即原動機之可變爲特殊功用之一例也。

(三) 機械與機構及機素「對」

機械之運動，既爲一定，則機內之各部份，亦當依一定之次序作有限制的運動，是以在機內兩部份間之連接部，須常使其兩者間之相對的運動，爲一定不變也。如是，則接觸部之性質，其一方之「原件」(element)，應爲約束其他方原件之運動，吾人合稱此接觸之兩方原件爲「對」(pair)；並稱此種之連結法爲「對接」(pairing)；而稱此二「對」間之剛體部份爲「節桿」(link)，由若干之「節桿」互相啣接，其各個「節桿」對於其他「節桿」相互限制其運動，使作適當運動之結構者，稱爲「節環」(Kinematic Chain)，及將其中之一「節桿」固定之時，則此「節桿」變爲完成一種工作之運動的模形，吾人乃名之爲機構(Mechanism)，而將此種機構按照所欲傳遞之力，及

各種情形，付以適當之尺寸，使適合於所需要工作之要求者，稱為「機械」(Machine)

。機械之定義，雖既如前所述，然機械既由機構組合而成，則易詞言之，即謂為：

“利用機構及使用自然界之能將之變成爲特殊之功用者亦無不可”惟是，機械雖由機構之湊合而成，而在研究上，則兩者間不可不劃一鴻溝，以免思想混淆也。達魯里

(Durley) 氏云：

機械與機構之區別：即機械不特可以傳達「能」(energy)或變化「能」之性質，位置，且其各部，亦常以比例計算，所得之適宜長度而組成；機構則否，其各部祇須有一定之關係運動(Relative motion)，至於長短大小，則在所不計，故機構一物，實爲表示機械關係運動之理想的樣本。

又高打利魯(Cotterill)氏亦云：

“將兩個構成機械之原素對(Element of pair)，用可變其形狀或長度之節桿連結之，若其力可打勝在他一兩原素對間的相似連結物所起之抵抗力而運動機構時，謂之機械”。

高氏此言，雖爲一種機械界說，然觀此則機械與機構之不同，已昭然若揭。姑以利用蒸汽力(Steam power)鼓動起重機爲例而說明之：蒸汽之部，爲汽筒(Cylinder)及活塞(piston 或稱鞴鞴又名唧子)兩機構原素對之連結物——或稱中繼——；而重力(gravity)之部，則爲繩及車輪兩原素對間之他一連結物也。故就利用蒸汽力之起重機而言，當其鼓吹蒸汽令舉千百斤之重物時，雖爲一致用之機械，而將此製成模形，從事研究其關係運動時，則爲機構矣，茲爲便利學者起見引用 Mc Kay 著 The Theory of machine 第九十二頁之圖表，以明示其相互間之關係如下：

運動對節桿

Kinematic pairs — when coupled together as above

節環 — 當固定一節桿時

Kinematic chain — when one link is fixed

機構

Mechanism — when force is transmitted

機械

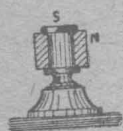
Machine

本書所稱為機構者，係由英文Mechanism一語翻譯而來，即是具有：“由二個或二個以上所組成之物體。假如其中有一個固定於空間時，其餘皆依構造之方法，作一定之關係運動”之意也。對此種學問，最初作系統的研究者，當推前述之魯老氏，其所著之書，世嘗推為研究機構學之良本。——英人靳尼帝氏常將魯氏著作譯成英文，顏曰：“The Kinematics of machinery”在倫敦市之Macmillan公司出版，此實為研究機構學之良本也。——其他如美人威利(Willis)氏所著之“The principle of mechanism”及達魯里氏所著之“Kinematics of machines”二書，皆允稱為一時傑作，可為吾人良好之參考書也。

組成機構之要素厥為「對」，謂之「對」者，蓋以其當發生特殊關係連結成為機構時，常兩個互為依存，而不相離，顧名思義，遂以對名其物也。構成為「對」之物體名曰「對之原件」或稱「對之原素」(element)，「對」之一方原件，有約束其他方原件運動的性質，泛言之，即兩剛體間之運動的限制可分為三種即：滑動(Sliding) 轉動(rolling) 及此兩者之結合的運動(combination of sliding and rolling or combine motion) 稱第一種之滑動為低級限制，第二種之轉動者為高級限制，第三種之兩者結合的運動，在機構學上無甚重要，故又可將「對」之種類簡分為二：其以面互相接觸者稱為低級對(lower pair)；其以點或線互相接觸者稱為高級對(higher pair)，茲將此兩對舉例圖說如下以供讀者之參考焉。

1. 低級對(Lower pair)

屬於低級對者，其數極少，可分為三種，即：迴轉對(turning pair)；滑動對(Sliding pair)；螺旋對(Screw pair)是也。



第一圖

迴轉對則如圖一：S為軸，N為軸承，S入於N內時，則S及N皆為對之原件，而兩者互以面相接觸，此際若固定N，則S可於N內自由迴轉；若固定S，則N可旋動於S之周圍，故有迴轉對之名，似此，對之原件，其關係運動常一定不變者，乃低級對特有之性質也。



第二圖

又如第二圖，設於S之六角柱內，套入N筒，則固定S時，N便可沿S而作上下之運動；固定N時，S亦能作同樣之運動，如此兩原件對，因其柱為六角之故，祇能互相作滑動之運動者，謂之滑動對。