

國立中山大學通識教育博雅核心課程

中國古代科技與文明 物理與機械

程啟正

國立中山大學機械與機電工程學系

中國古代科學著作

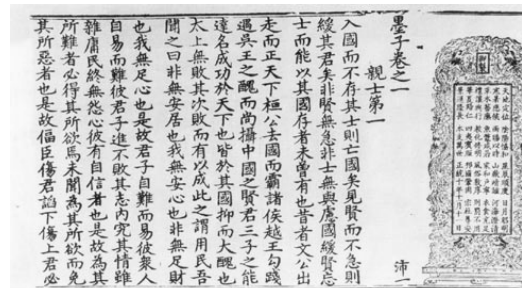
- 戰國時代《墨經》
- 戰國時代《周禮·冬官考工記》
- 西漢《淮南王書》
- 東漢《論衡》
- 北宋《夢溪筆談》
- 明朝《天工開物》

《墨經》

- 《墨子》一書乃春秋末戰國初魯國人墨子之弟子對其言行之記述。原書七十一篇，後亡佚十八篇，故今本僅五十三篇
- 其中的《經上》、《經下》、《經說上》、與《經說下》四篇即構成《墨經》，又稱《墨辯》。亦有將討論邏輯學的《大取》與《小取》一併納入
- 書中有關自然科學知識的論述共有四十多條，具高度科學價值



明刻本《墨子》



《周禮·冬官考工記》

- 儒家經典《周禮》原有六篇，分《天官塚宰》、《地官司徒》、《春官宗伯》、《夏官司馬》、《秋官司寇》、《冬官司空》；該書綜合了周王室和春秋戰國時代各諸侯國的官制，也涉及天文知識
- 其中《冬官司空》，早已亡佚。西漢年間補以《考工記》，稱之為《冬官考工記》
- 乃戰國齊人記錄有關手工業技術的官書，作者不詳
- 記述有關百工之事。分為攻木之工、攻金之工、攻皮之工、設色之工、刮摩之工、搏埴之工等六個部分，且對車輿、宮室、兵器以及禮樂諸器等製作作了詳細記載

《淮南王書》

- 西漢淮南厲王劉長之子劉安所編著
- 作《內書》、《外書》和《中篇》。《內書》二十一卷亦稱《淮南鴻烈》、《淮南王書》、或《淮南子》

《論衡》

- 東漢王充撰，共八十五篇
- 全書乃用道家的自然主義為其理論的出發點，披露儒家天人感應說的妄誕

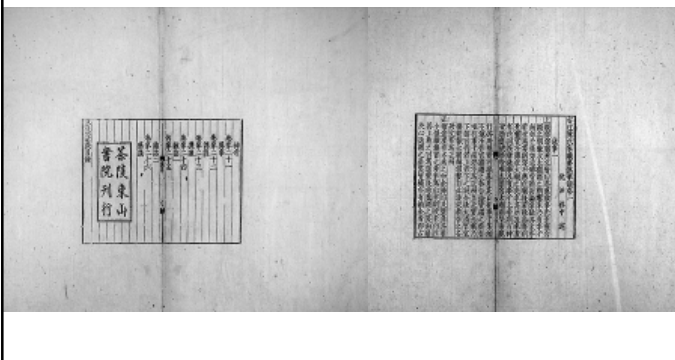


《夢溪筆談》

- 北宋沈括晚年隱居於潤州（今江蘇鎮江東）之夢溪園所著（西元1086年）
- 乃為一筆記體著作，共二十六卷，分為故事、樂律、象數、人事、官政、權智、藝文、書畫、技藝、器用、神奇、異事、謬誤、讖諛、雜誌、與藥議等十七目，後又增撰《補筆談》三卷和《續筆談》一卷



元東山書院刻本《夢溪筆談》



《天工開物》

- 明朝宋應星四次應舉，均落第而歸，從此對科舉進身絕望，潛心於科學技術。崇禎十年（西元1637年）完成此巨著
- 可說是中國古代傳統生產技術的百科全書
- 由於宋應星有很強的反清思想，《天工開物》並沒有被收入於《四庫全書》，幾乎失傳。
- 早在十七世紀，即已傳入日本；十九世紀有法文摘譯本出現。民國三年，被丁文江先生於日本東京帝國圖書館覓得，方得流傳。

宋應星與《天工開物》



《天工開物》卷上

- 凡三卷，共十八篇
- 乃粒（農作物種植）
 - 乃服（紡織技術）
 - 彰施（染色技術）
 - 粹精（穀物加工）
 - 作鹹（製鹽）
 - 甘嗜（製糖）

《天工開物》卷中

- 陶埴（陶瓷磚瓦燒製）
- 冶鑄（金屬冶鍊鑄造）
- 舟車（船車製造）
- 錘鍛（金屬鍛造）
- 燔石（石灰、煤、礬、硫磺等礦物之製造與採鍊）
- 膏液（榨油）
- 殺青（造紙）

《天工開物》卷下

- 五金（採礦）
- 佳兵（兵器製造）
- 丹青（顏料與墨）
- 麴蘖（釀酒）
- 珠玉（珍珠玉石採集）

《天工開物》國外版



磁石

- 《淮南子 覽冥訓》：「慈石之引鐵」
- 《淮南子 覽冥訓》：「若以慈石之能連鐵也，而求其引瓦，則難矣。」
- 《淮南 萬畢術》：「慈石提棋。」「慈石拒棋。」高誘注云：「取雞血兩作針磨鐵，搗之，以和磁石，用塗棋頭，曝乾之，置局上，即相拒不休。」

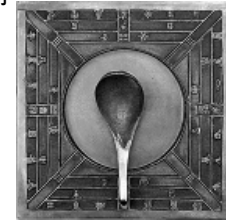
世界最早的磁偏角記載

- 北宋慶曆元年（西元1041年），天文學家和堪輿家楊維德所撰之相墓書《瑩原總錄》記述了指南針在羅盤上「取丙子、壬午之間」
- 《夢溪筆談》：「方家以磁石磨針鋒，能指南，然常微偏東，不全南也。」
- 西元1492年，哥倫布橫渡大西洋，西方才真正發現了磁偏角，較中國遲了四百年



司南

- 中國古代最早的磁性方向器，約出於戰國時期
- 乃一整塊天然磁石琢磨成勺狀而成
- 地盤以十二支；八干：甲、乙、丙、丁、庚、辛、壬、癸；與四維：乾、坤、巽、艮表二十四向



懸縷法與水浮法指南針



南宋持旱羅盤陶俑

1985年江西省臨川縣朱濟南墓出土。陶俑手中持一羅盤。俑座底部墨書「張仙人」三字，故又稱該俑為「張仙人」俑，



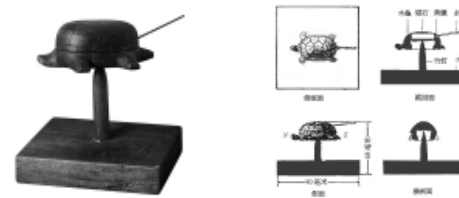
曾公亮之指南魚

- 宋初曾公亮於《武經總要》書中指出了兵家製造指南針的方法
- 這種指南針不是將鋼針與磁石直接磁化做成的，而是將薄鋼片剪成魚形，通過地磁場磁化而成的，又稱指南魚



陳元靚之指南魚和指南龜

- 南宋末年，陳元靚在《事林廣記》中記述了所設計的指南針，而分別稱為指南魚或指南龜
- 乃將鋼針與磁石直接磁化做成的



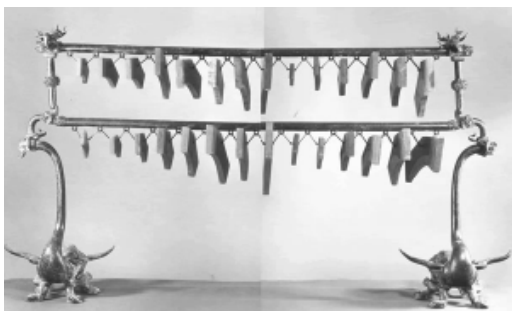
波動

《論衡·變虛篇》：「人坐樓台之上，察地之螻蟻，尚不見其體，安能聞齊聲。何則？螻蟻之體細，不若人形大，聲音孔氣不能達也。……魚長一尺，動於水中，振旁側之水，不過數尺，大若不過與人同，所振蕩者不過百步，而一里之外澹然澄靜，離之遠也。」

發聲

- 《考工記》：「鐘大而短，則其聲疾而短聞；鐘小而長，則其聲舒而遠聞。」
- 《考工記》：「磬人為磬，……已上則磨其旁，已下則磨其端。」
- 《補筆談》：「古樂鐘皆扁如盒瓦，蓋鐘圓則聲長，扁則聲短。聲短則節，聲長則曲，節短處皆相亂，不成音律。後人不知此意，悉為鐘，急叩之多晃晃爾，清濁不復可辨。」

曾侯乙編磬



共振

- 《莊子 雜篇 徐無鬼》：「為之調瑟，廢於一堂，廢於一室。鼓宮宮動，鼓角角動，音律同矣。夫改調一弦，於五因無當也，鼓之，二十五弦音動。」

宮、商、角、變徵、徵、羽、變宮

Do Re Mi Fa Sol La Si

共振實驗

- 《補筆談》：「琴琴弦皆有應聲：宮弦則應少宮，商弦即應少商，其余皆隔四相應。今曲中有聲者，須依此用之。欲知其應者，先調諸弦令聲和，乃剪紙人加弦上，鼓其應弦，則紙人躍，他弦即不動，聲律高下苟同，雖在他琴鼓之，應弦亦震，此之謂正聲。」
- 十五世紀義大利達文西(Leonardo da Vinci)才開始作共振實驗；十七世紀英國的納普爾和貝哥達才用『紙游碼』測試弦線基音與泛音的共振關係

聲速實驗

- 根據北魏酈道元《水經注》卷三十四《江水》記載：陳遵在造江陵金堤（西元512-518）時，曾利用鼓聲推算高地的高度，應是利用鼓聲的傳播速度推算的。
- 西方作類似聲速實驗的，是在西元1636年的法國人麥森，比起中國要遲了一千多年

回音壁

- 建於1530年，是一座高約六米的圓形圍牆，半徑32.5米。圍牆內有三座建築物，其中一座叫皇穹宇，整個圍牆整齊光滑，是優良的聲音反射體。在牆壁近旁即使相距較遠的二個人都可以小聲交談，這聲音並非直線式傳播，而是繞圍牆一周傳播的。



俯瞰回音壁



天壇

- 天壇是明清兩代帝王用以祭天和祈禱豐年的建築。位於北京市東南面，明成祖永樂十八年（1420年）時興建。主要建築有祈年殿、皇穹宇、與圓丘，建造在南北縱軸線上。

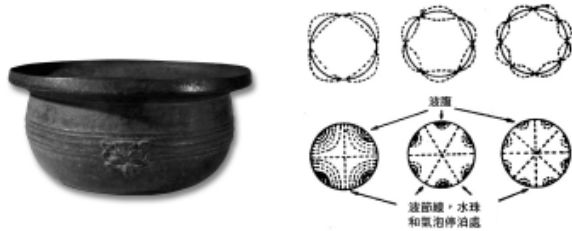


圓丘

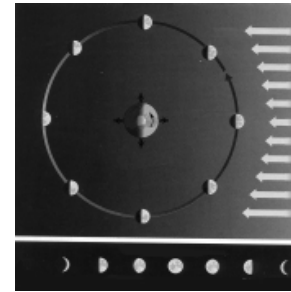
- 皇帝祭天的場所，建於明嘉靖九年(1530)。整個圓丘包括地面均由反射性能良好的青石和大理石砌成的
- 平台面從圓心向周邊稍有傾斜。當站在台中心發聲，會聽到比平常的聲音更響，且似乎是從平台下傳上來的。此乃聲波被青石欄杆反射到稍有傾斜的台面，再反射到人耳的緣故



魚洗



月之朔望



●《夢溪筆談》：「月本無光，猶銀丸，日耀之乃光耳。光之初生，日在其傍，故光側，而所見才如鉤；日漸遠，則斜照，而光稍滿。如一彈丸，以粉塗其半，側視之，則粉處如鉤；對視之，則正圓。」

小孔成像一

●《墨經》：「景，光之人煦若射，下者之人也高，高者之人也下。足蔽下光，故成景於上；首蔽上光，故成景於下。在遠近有端與於光，故景庫內也。」



图 4-1

小孔成像二

●《夢溪筆談》：「若鳶飛空中，其影隨鳶而移，或中間為窗隙所束，則影與鳶遂相違，鳶東則影西，鳶西則影東。又如窗隙中樓塔之影，中間為窗所束，亦皆倒垂，。」



图 4-2

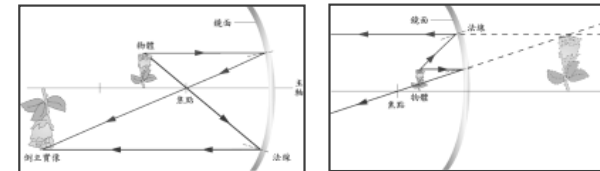
图 4-3

小孔成像實驗

- 南宋趙友欽所著《革象新書》之『小罅光景』記載曾於江西衢縣雞鳴山進行一系列小孔成像實驗
- 「是故小景隨光之形，大景隨空之像，斷無可疑者。」
- 結論：針孔太大，不能成像。針孔適當的小，就會形成影像，而且會與光源形狀相同，但方向相反。照明度與距離成反比。

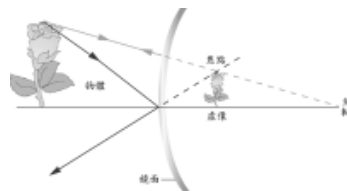
凹面鏡

- 《墨經》：「鑿立，景一小而易，一大而正，說在中之外內。」
- 《墨經》：「鑿，中之內。鑿者近中，則所鑿大，景亦大。遠中，則所鑿小，景亦小。而必正。...。中之外，鑿者近中，則所鑿大，景亦大；遠中，則所鑿小，景亦小。而必易。」



凸面鏡

- 《墨經》：「鑿圓，景一。」
- 《墨經》：「鑿者近，則所鑿大，景亦大；其遠，則所鑿小，景小。」



世界最早的潛望鏡

- 《淮南 萬畢術》：「取大鏡高懸，置水盆於下，則見四鄰矣。」



图 4-4

冰透鏡

- 西漢《淮南 萬畢術》與晉代學者張華所著《博物志》均有寫道：「削冰命圓，舉以向日，以艾承其影，則得火。」

虹霓

- 西元七世紀初，唐代孔穎達概括了虹的成因，他認為：「若雲薄漏日，日照雨滴則虹生。」明確指出產生虹的三個條件，即雲、日、及雨滴。
- 唐代的人工造虹實驗提到：「背日噴呼水成虹霓之狀。」
- 《夢溪筆談》：「虹乃雨中日影也，日照雨則有之。」
- 南宋朱熹：「虹非能止雨也，而雨氣至是已薄，亦是日色散射雨氣。」

氣化與昇華

- 明朝王夫之著《張子正蒙注》：「一甌之炊，溼熱之氣，蓬蓬勃勃，必有所歸，若盒蓋嚴密，郁而不散。」
- 《張子正蒙注》：「汞見火則飛，不知何往，而究歸于地，覆蓋其上，遂成朱粉。」

慣性

- 《尚書緯 考靈曜》：「地恒動不止，而人不知，譬如人在大舟中，閉牖而坐，舟行而不覺也。」比伽利略的《對話》至少早約1500年
- 《考工記》：「勸登馬力，馬力既竭，輶猶能一取焉。」

相對運動

- 東晉葛洪《抱朴子 內篇 塞難》：「游雲西行，而謂月之東馳。」

- 《晉書 天文志》：「天旁轉如推磨而左行，日月右行，隨天左轉，故日月實東行，而天牽之以西沒。譬之蟻行磨石之上，磨左旋而蟻右去，磨疾而蟻遲，故不得不隨磨以左回焉。」



刻舟求劍

- 《呂氏春秋 察今篇》：「楚人有涉江者，其劍自舟中墜於水，遽契其舟曰：是吾劍之所從墜。舟止，從其所契者入水求之。舟已行矣，而劍不行，求劍若此，不亦惑乎。」



欹器

- 《荀子 宥坐》：『孔子觀於魯桓公之廟，有欹器焉。孔子問於守廟者曰：「此為何器？」守廟者曰：「此蓋為宥坐之器。」孔子曰：「吾聞宥坐之器者，虛則欹，中則正，滿則覆。」孔子顧謂弟子曰：「注水焉！」弟子挹水而注之，中而正，滿而覆，虛而欹。孔子喟然而嘆曰：「吁！惡有滿而不覆者哉！」。』



槓桿

- 《墨經》：「衡，加重於一旁，必樞。權，重相若也，相衡，則本短標長。兩加焉，重相若，則標必下。」
- 本：權（重錘）之力臂；標：重（重物）之力臂

三個支點的秤



南朝張僧繇所繪的《二十八宿神像圖》(局部)

桔槔

- 春秋戰國時代之井上汲水器也，亦單稱槔
- 明代羅頤所編的《物源》：「伊尹始作桔槔。」
- 《莊子 天運》：「且子獨不見夫桔槔者乎，引之則俯，舍之則仰。」
- 《莊子 天地》：「鑿木為機，後重前輕，挈水若抽，數如沃湯，其名為槔。」



劉徽

石刻上之桔槔



山東省嘉祥縣武氏祠漢代石刻之『汲水庖廚』畫像石

劉徽

古書上之桔槔



元王禎《農書》



明宋應星《天工開物》

劉徽

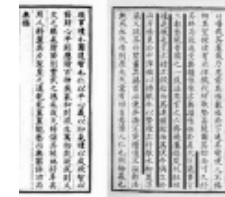
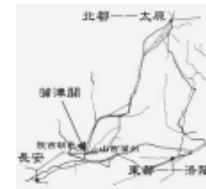
浮力

- 《墨經》：「荊（形）之大，其沉淺也，說在具（衡）。沉荊之具也，則沉淺，非荊淺也。」
- 三國時代之『曹冲稱象』

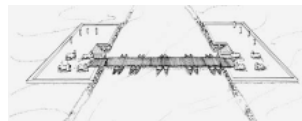
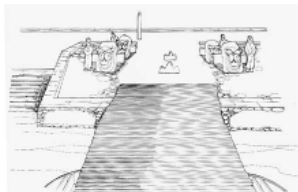


蒲津浮橋

- 位於今山西省永濟市，歷來為兵家之地，春秋戰國時代即有在此建造浮橋的紀錄
- 以舟為橋墩，舟與舟之間架板為橋
- 唐玄宗開元年間，兵部尚書張說增設沉重的鐵牛八座，以作為岸上纜柱



蒲津浮橋之重建圖



蒲津浮橋之損壞與復原

- 北宋慶曆年間，因大洪水導致橋樑損壞，鐵牛也沉沒於河中
- 二十餘年之後，真定縣僧人懷丙利用浮力起重法，將鐵牛拉出水面
- 十六世紀，義大利數學家卡丹(H. Cardano)亦利用相同的方法用於打撈沉船

大唐鐵牛重建天日

- 西元1989年七月至1991年六月，深埋已久的大唐開元鐵牛四頭、鐵人四尊、鐵山兩座、七星鐵柱一組等古物相繼出土



山西永濟蒲津浮橋遺跡



虹吸管

- 在古代稱作『注子』、『偏提』、『渴烏』、或『過山龍』
- 東漢末年，就把『渴烏』用於灌溉
- 宋朝曾公亮《五經總要》中，有用竹筒製作成虹吸管把被峻山阻隔的泉水引下山的記載



雲南元江跨江倒虹吸管

唧筒

- 宋代蘇軾《東坡志林》卷四《筒井用水鞣法》：「蜀去海遠，取鹽于井。...自慶歷、皇祐以來，蜀始創『筒井』，用圓刃齒如碗大，深者數十丈，以巨竹去節，牝牡相銜為井，以隔橫入淡水，則咸泉自上。又以竹之差小者出入井中為桶，無底而窮其上，懸熟皮數寸，出入水中，氣自呼吸而啟閉之，一筒致水數斗。」
- 古時戰爭中一種守城必備的滅火器



大氣壓力之一

- 南北朝《關尹子 九藥篇》：「瓶存二竅，以水實之，倒瀉閉一，則水不下，蓋不升則不降。」
- 唐代王冰《黃帝內經 素問》卷十九的注中：「虛管溉滿，捻上懸之，水固不泄，為無升氣而不能降也。空瓶小口，頓溉不入，為氣不出而不能入也。」

尹喜，戰國時秦人，約與老子同時，後被封為文始真人。現存《關尹子》為後人偽作，亦即所謂之《文始真經》

大氣壓力之二

- 宋代俞琰《席上腐談》：「予幼時有道人見教，則劇燒片紙納空瓶，急覆於銀盆水中，水皆涌入瓶，而銀瓶鏗然有聲，蓋火氣使之然也；又依法放于壯夫腹上，挈之不墜。」
- 明代莊元臣《叔苴子 內篇》：「覆匏而水不得入，氣拒之也。」

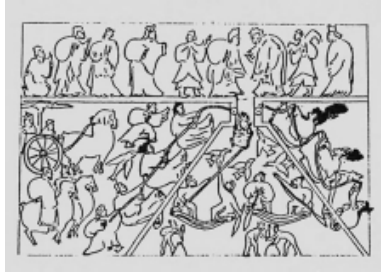
機械

- 所謂『機械』，一般指機器和機件的總稱。使用它，可以節省或代替人力和畜力。『機械工程』就是指偏重於製造、應用和實踐的一門學科。
- 《莊子 外篇 天地》：「有機械者必有機心。」
- 《韓非子 難二》：「舟車機械之利，用力少致功大，則入多。」

滑輪

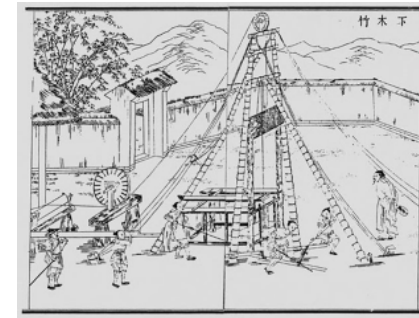
- 古代中國人稱為『滑車』
- 墨子在其《墨經》中將其稱為『繩制』，並討論了它的力學原理。
- 以繪畫形式表現滑車的，大約起於漢代

石刻上之滑輪



山東省嘉祥縣武氏祠漢代石刻之『泗水取鼎』畫像石

《天工開物》之滑輪



輓轆

- 輓轆是滑車的另一種形式，它的主要部件是一根短圓木，上繞繩索，圓木可環繞其固定軸而轉動。
- 明代羅頤所編的《物源》載：「史佚始作輓轆。」，史佚為周初史官
- 元王禎所著《農書》指出：輓轆「或用雙綆而逆順交轉所懸之器，虛者下，盈者上，更相上下，次第不輟，見功甚速。」

古書上之輓轆



元王禎《農書》



明宋應星《天工開物》

絞車

- 唐代曾公亮在《武經總要》中描述「絞車，合大木為床，前建二叉手柱，上為絞車，下施四輪，皆極壯大，力可挽二千斤。」



釣魚竿上的捲線輪 – 絞車



明代王圻所編《三才圖會》之釣鱉圖

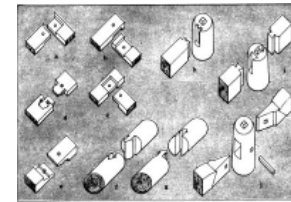
斜面與螺旋

- 《荀子 宥坐》：「三尺之岸而虛車不能登也，百仞之山任負車登焉。何則？陵遲故也。」
- 將斜面卷起來就成為螺旋。在眾多簡單機械中，獨此為西方文明的產物。大約於明末清初由傳教士傳入中國。
- 由於古代機械多為木質，明代以前，中國人發明的斗拱與榫卯接合法並不亞於螺旋接合。

斗拱與榫卯



斗拱

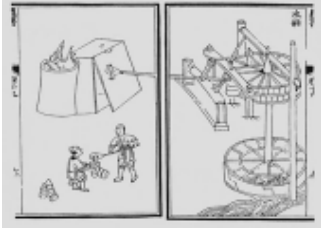


各式大木榫卯種類圖
▲ 十字榫卯之一 ▲ 十字榫卯之二 ▲ 十字榫卯之三 ▲ 榫頭開口
（榫頭開口） ▲ 榫頭開口（榫頭開口） ▲ 榫頭開口（榫頭開口）
▲ 榫頭開口（榫頭開口） ▲ 榫頭開口（榫頭開口） ▲ 榫頭開口
（榫頭開口） ▲ 榫頭開口（榫頭開口） ▲ 榫頭開口

榫卯

連桿與曲柄

- 曲柄俗稱「拐」。裝上曲柄，便於人們轉動。裝上連桿與曲柄，使手推連桿的往復運動輕易地轉變的回轉運動。

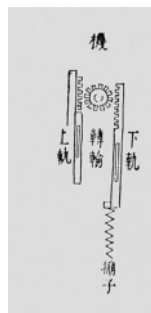


《農書》中的「水排」圖

輪與齒輪

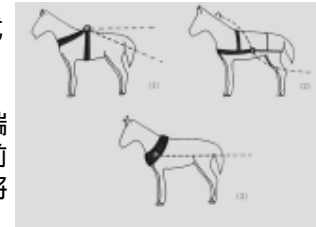
- 《考工記 輪人》對春秋戰國製輪工藝技術作了詳盡記述，對輪的各部件的形狀、規範、尺寸比例及接合工藝，與其中的科學道理都作了記載
- 「量其鑿深，以為輻廣」：車輻入轂的深度應等於輻的廣度，以保證木質輪結構堅固
- 「望其轂，欲其眼也」：車轂要向外（或內）側隆起，就像鼓腫的大眼睛，以增加載重輪在崎嶇不平的道路上能承受的外力
- 齒輪，一般用以改變傳動或轉動方向、速度及改變力矩。齒輪大量發現於戰國、秦漢時期

明茅元儀《武備制》之齒輪



挽具

- 挽具發展的三個階段：頸前和肚帶挽具、胸帶挽具、頸圈挽具
- 中國古代人用的是韉韉式馬具，一個人字形木支架，外包裹軟墊，架在馬肩上。「韉」即繩帶或皮帶，一端繫於韉叉，另一端繫於輿前環上，再用一粗繩在環上將韉接於軸。



陝西臨潼秦始皇陵銅馬車

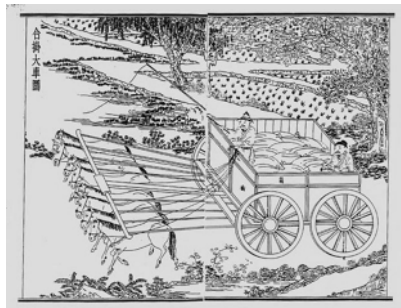
- 1980年初，陝西臨潼秦始皇陵出土兩輛隨葬銅馬車，為軛靽式繫駕法的認識提供了可靠依據。靽式馬具的特點是，車輪大、車箱小、車體較輕，馬呼吸通暢，可以達到相當高的車速。



車輛

- 在西元前2000年，中國可能出現了原始的車。早期車輪稱為「𨋖」，即無輻條的圓木板。
- 相傳夏代奚仲造車，可能是利用馬力和輻條車輪的創始。
- 造車是先秦一個大型的工程技術部門。《考工記》中「輪人」、「輿人」和「輶人」，是迄今尚存較完整敘述製車技藝的三篇文章，記載了從西周到春秋戰國之際一系列造車的技術規範與檢測標準，充滿工程工藝學、材料力學和應用物理學的內容。

《天工開物》之合掛大車



獨輪車

- 《三國志》記下「木牛流馬，皆出其意」的文字。據考，木牛流馬也就是獨輪車。
- 根據漢畫像磚和一些文字記載，獨輪車的發明時間可上推到西漢晚年，或稱為「鹿車」、「輶輪車」。
- 《天工開物 舟車》：「北方獨輪車，人推其後，驢曳其前；南方獨輪車，僅視一人之力而推之。」

《天工開物》之獨輪車



指南車

- 又稱司南車，是一種指示方向的機械裝置。在聯合運用車輪、滑輪、各種齒輪和繩索的基礎上，只要在車開始運動時將車上木人手指南方，其後「車雖回運而手常指南」
- 三國時代馬鈞是第一個成功地製造指南車的人。
- 《宋史 輿服志》則詳細地記載了燕肅和吳德仁所造指南車的結構和技術規範，成為世界史上寶貴的工程學文獻

《三才圖會》之指南車



《三才圖會》，明王圻、王思義父子撰。全書一百零六卷，成書於萬曆年間。分十四門：天文、地理、人物、時令、宮室、器用、身體、衣服、人事、儀制、珍寶、文史、鳥獸、草木。所記事物，皆繪有圖，後加記述，內容浩博，但有冗雜相處。

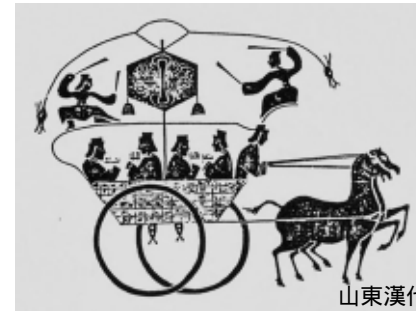
魏指南車模型



記里鼓車

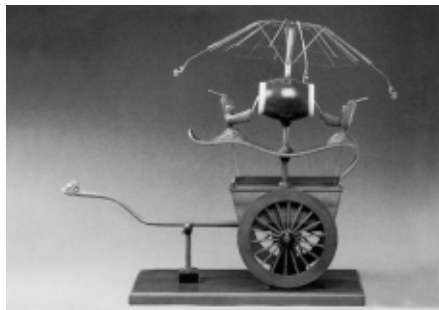
- 又名記道車、大章車。乃利用車輪帶動大小不同的齒輪，使車輪走滿一里時，齒輪剛好轉動一圈，輪軸撥動車上木人打鼓或擊鐘，報告行程
- 第一個留下姓名的記里車專家，是三國時代馬鈞
- 宋朝，盧道隆於1027年製成記里鼓車，以及吳德仁於1107年製成指南車和記里鼓車的詳情，均被記載於《宋史 輿服志》中
- 記里鼓車是減速齒輪系的典型。它也是現代計程車、計速器的重要祖先。其報告里數的設計，也是近代所有機械鐘表中報時木偶的始祖。

石刻之鼓車圖



山東漢代孝堂山石祠堂畫像石

記里鼓車模型



磨

- 元王禎《農書》：「畜力挽行大木輪軸，以皮弦或大繩繞輪兩周，復交於礮之上級；輪轉則繩轉，繩轉則礮亦隨轉。計輪轉一周，則礮轉十五餘周，比用人工既速且省」。



《天工開物》中的「磨」圖

輓輓與石輓

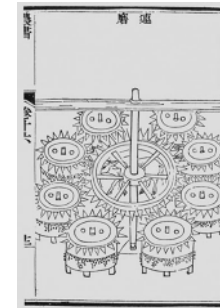


《農書》中的「輓輓」圖



《天工開物》中的「石輓」圖

《農書》中的「牛轉八磨」



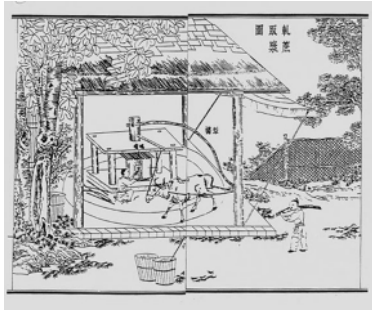
車磨

- 所謂車磨，是置於馬車或其他畜力車上的磨。
- 晉代陸翽《鄴中記》：「石虎有指南車及司里車，又有舂車木人，及作鄴行碓於車上。車動，則木人踏碓舂，行十里，成米一斛。又有磨車，置石磨於車上，行十里，輒磨麥一斛。凡此車，皆以朱彩為飾。惟用將軍一人。車行，則眾巧並發，車止則止。中御史解飛、尚方人魏猛變所造。」（約西元340年間）

《天工開物》之「研硃」



《天工開物》之「軋蔗取漿」



《天工開物》之「汲鹵」



《天工開物》之「牛轉翻車」



水力機械

水力機械大致可分為三種：

- 將水位升高的機械，如農田中常見的刮車、筒車、龍骨水車等；而龍骨水車乃為中國所特有
- 利用水流能量來作功的機械，如水磨、水碓、舟磨、水排等均為中國人創造的現代機器
- 利用水的浮力或壓差以達到某種功用的機械，如輪船、打撈船，以及船中的橈、舵和槳等機械部件。而橈與舵也是中國人最早發明的

刮車

- 刮車就是一個帶有曲柄、連桿的水輪。先在流水岸邊挖水槽，以岸的高低決定水輪大小，以人力驅動水輪運轉，輪輻將水刮上岸。



《農書》

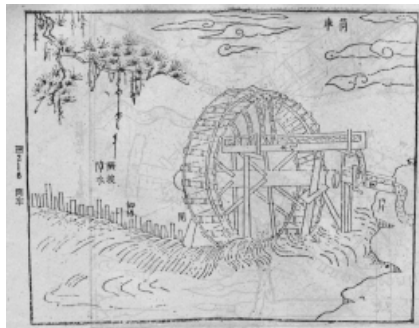


《欽定授時通考》

筒車

- 也稱流水筒車、水轉筒車或簡稱筒輪。
- 其主要機構也是一個水輪。其特點是在水輪周邊安裝盛水筒，只是水筒傾斜方向要安裝得當，使之能在輪下裝水，在輪上覆水；其輪輻製成槳葉狀，或在輪輻一端加裝受水板，以增加受水衝力。

《天工開物》之筒車



《農政全書》之筒車

- 明科學家徐光啓撰書《農政全書》，總結中國歷代農業生產經驗，認為農業是國家富強之本，後傳到日本並造成深遠影響。



龍骨水車

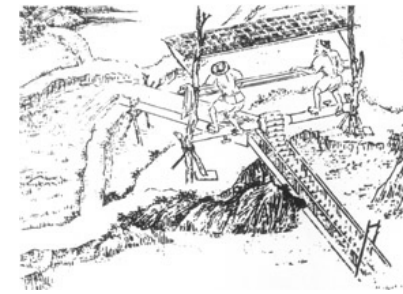
- 也稱翻車、踏車、水車，約產生於西元二世紀



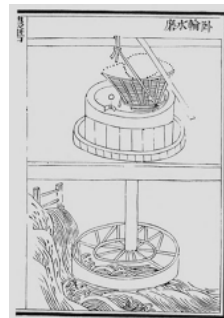
《天工開物》



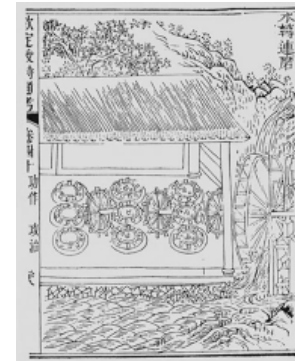
《農書》之龍骨水車



《農書》之水磨



《欽定授時通考》之「水轉連磨」

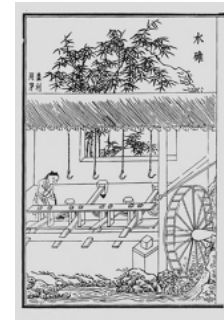


水碓

- 又稱機碓、水搗器、翻車碓、斗碓或鼓碓。
- 早在公元前後，水輪帶動桿碓，已非新奇之事。



《天工開物》之水碓

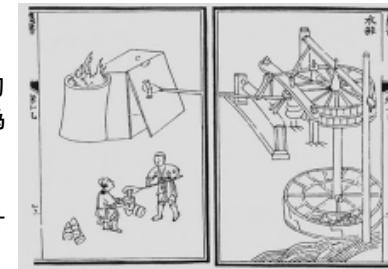


舟磨

- 元代王禎《農書》對此作了簡要描述，以大鐵錨固定兩隻相傍之舟，在舟上搭架竹棚，舟內置磨，兩舟間激流中置立式水輪。

水排

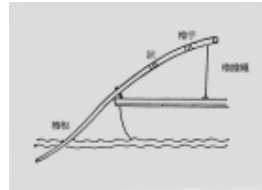
- 東漢杜詩於西元31年創造了稱為「水排」的水力鼓風器；之後，則有藉由人力或畜力的鼓風器稱為人排或馬排。
- 三國韓暨曾在河旁製作安裝水排，「計其利益，三倍於馬排。」



《農書》

橈、舵、與輪船

- 橈與舵都是中國人最早發明的，作為推進船前進的橈，它多裝於船的兩頭或船側，支點放在船舷上。
- 舵則是船航行導向機械。
- 南北朝時期，中國人已發明了輪船。以船側輪子的轉動代替划槳，以輪激水前進。古稱為「車船」、「車輪舸」



《古今圖書集成》之「車輪舸」



打撈船

- 《宋史 僧懷丙傳》：「懷丙以二大舟實土，夾牛維之，用大木為權衡狀鉤牛，徐去其土，舟浮牛出。」這是利用舟浮力打撈鐵牛的方法。
- 宋吳曾《能改齋漫錄》：「真定僧懷丙，請於水淺時以繫牛於水底，上以大木為桔槔狀，繫巨艦於其後。俟水漲，以土壓之，(牛)稍稍出水，引置於岸。」



風力機械

- 大致可分兩類：一是產生風或氣流的機械，如風扇車、風箱等；二是利用風力作功的機械，如風車。古代中國人將「風扇車」和風車統稱為「風車」。
- 中國的風車有可能是來自西亞，相關文獻的記載較晚。
- 拉桿活塞式風箱及其同類機械是中國人發明的。歐洲人直到十六世紀還在用皮囊鼓風。十八世紀時歐洲才有拉桿活塞式風箱，。

囊與風箱

- 囊是最早的鼓風器，也是風箱的前身。
- 囊，也稱囊龠。囊，以牛皮製成的風袋；龠，原指吹管樂器，借喻輸風管。戰國時期已有。

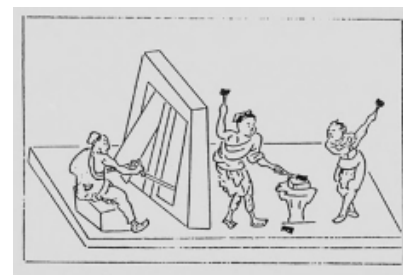


元陳椿
《熬波圖》



《天工開物》

西夏壁畫中的風箱



敦煌榆林窟西夏壁畫中的雙木扇風箱畫

唧筒

- 古代唧筒也就是水泵。



《武經總要》

猛火油櫃

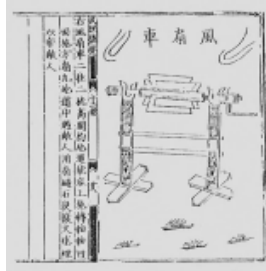
- 在軍事上用的猛火油櫃，實質上是噴火槍或油泵。



《武經總要》

風扇車

- 古籍中將一種能產生風(或氣流)的機械叫風扇車、扇車、揚車或「風車」。



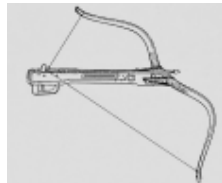
《武經總要》

《天工開物》中的「風車」



弓弩

- 在山西朔縣峙峪舊石器晚期遺址中，曾發現28000多年以前的石鏃，表明人類製造弓箭的歷史極為久遠。
- 在中國，木弩產生於上古時代。戰國時期已有銅製弩機。
- 漢代，有多種形式的弩，如擘張弩(以手臂開弩)、蹶張弩(以足開弩)、腰引弩(以身體的力量開弩)等。



戰國弩復原示意圖

絞車弩與元戎

- 最為精巧的是東漢時期發明的床弩，唐代時期稱作絞車弩，因為該弩要用絞車來拉緊其弦。
- 三國時代諸葛亮曾改進連弩，稱「元戎」。弩臂上裝弓一把，是輕型弩。其特點在於矢槽裡可裝十支箭。每射出一支箭後，矢槽裡會自動彈出第二支，從而節省了裝箭時間並提高發射速度。

連發弩與次三弓弩



《天工開物》

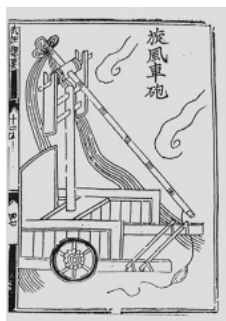


《武經總要》

砲車

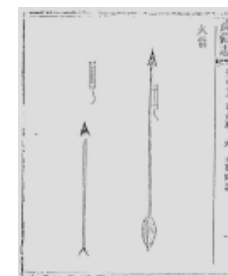
- 砲車，或稱拋車、拋石機。在火藥發明之前，這種機械的功用是將石塊拋擲到敵方
- 起源於春秋戰國之際，兩漢時普遍用於軍事上
- 漢獻帝建安五年（西元 200年），袁紹與曹操戰於官渡。袁紹以高檣車置山坡，以高治下，箭矢齊發；曹操則以砲車反擊，石破檣樓，因而取勝
- 唐至德二年（西元 757年），李光弼與叛臣安祿山手下大將史思明戰於太原，光弼除挖地道迎賊外，亦以巨大砲車擊之

《武經總要》中之旋風車砲



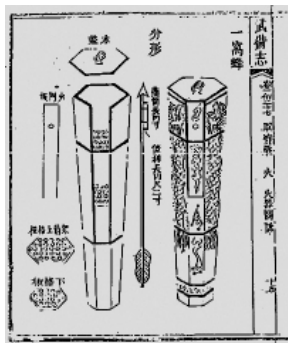
火箭

- 火箭起源於十二世紀初，其製法與造鞭炮類似。
- 西元1233年金與蒙古的歸德戰役中，金兵的火箭「以束紙十六重為筒，長二尺許」，內實以火藥。二尺相當於62.52公分。



《武備志》中的「火箭」圖

《武備志》中的「一窩蜂箭」

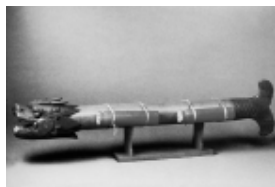


第一個企圖乘火箭飛行的人

- 約15世紀時，萬虎試圖乘坐火箭上天。他在座椅背上裝置47支當時最大的火箭，手持兩個大風箏坐在椅上。當僕人點燃火箭後，他也失去了蹤跡。如今，月球上的一個環形山脈即以他的名字來命名，以表彰其科學想像和勇敢精神



火箭復原模型

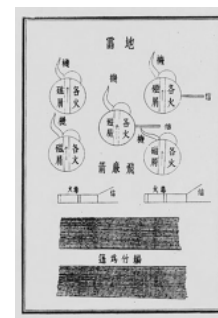


「火龍出水」



「神火飛鴉」

地雷與水雷

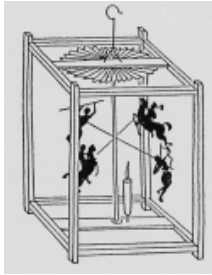


《天工開物》



走馬燈

- 原理：加熱空氣，造成氣流，並以氣流推動輪軸旋轉
- 走馬燈的發明，至晚在宋代。
- 宋代吳自牧的著作《夢粱錄》述及南宋京城臨安夜市時，已指出其中有買賣走馬燈的。
- 周密《武林舊事》在記述臨安「燈品」時也說：「若沙戲影燈，馬騎人物，旋轉如飛。」



水運渾象

- 東漢張衡在漢安帝元初四年(西元117年)曾製成一架渾象
- 西元130年製成「水運渾象」，球狀的渾象直徑達一米以上。
- 《晉書 天文志》：「以漏水轉之於殿上室內，星中出沒與天相應。因其關戾，又轉瑞輪蓂莢於階下，隨月盈虛，依曆開落。」
- 「蓂莢」，是神話中的植物，隨月盛衰而開落。新月初長出一莢，滿月時長出十五莢，月圓之後又一天掉落一莢。



水運渾天

- 唐開元十三年(西元723年)，唐僧一行(俗名張遂)和梁令瓚等人合作製成「水運渾天」。它不但能演示天球和日月的運動，還能按刻擊鼓、按辰撞鐘。這是一架地道的可控的天文鐘。
- 在一行於公元727年卒後，因銅鐵潮濕生鏽，水運渾象不能自轉，而被棄用。



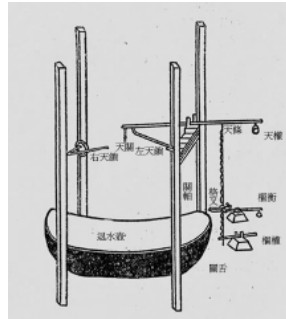
水運儀象台

- 宋朝蘇頌於元祐三年(1088年)造成小樣，即實驗模型，年底完成大木樣製作。
- 《宋史》：「(儀象之器)共置一台中，台有二隔，渾儀置於上，而渾象置於下。樞機輪軸隱於中，鐘鼓時刻司辰運於輪。上木閣五層蔽於前，司辰擊鼓、搖鈴、執牌出沒於閣內。以水激輪，輪轉而儀象皆動。此兼用諸家之法也。」。



天衡

- 水運儀象總高為35.65尺(約12米)，寬21尺(約6米)
- 其中的「天衡」裝置是近代一切機械鐘錶中擒縱機構的祖先。。

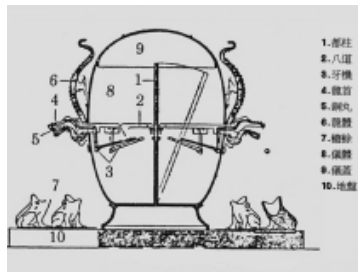


候風地動儀

- 《後漢書 張衡傳》：「陽嘉元年(西元132年)，復造候風地動儀。以精銅鑄成，員徑八尺，合蓋隆起，形似酒尊，飾以篆文山龜鳥獸之形。中有都柱，傍行八道，施關發機。外有八龍，首銜銅丸，下有蟾蜍，張口承之。其牙機巧制，皆隱在尊中，覆蓋周密無際。如有地動尊則震，龍發機，吐丸而蟾蜍銜之。震聲激揚，伺者因此覺知。雖一龍發機，而七首不動，尋其方向，乃知震之所在。」

候風地動儀結構圖

- 世界上最早關於地震儀的文字記載
- 關鍵機構是一根稱為「都柱」的倒立擺

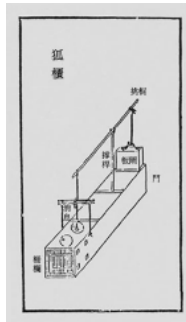


復原之候風地動儀



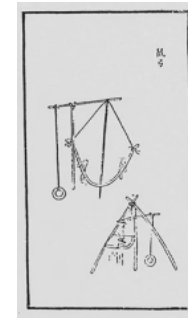
狐櫃

- 清代麟慶在1836年成書的《河工器具圖說》：「前以挑棍挑起閘板，以撐桿撐起挑棍，後懸繩於挑棍而繫消息於櫃中。以雞肉為餌，安置近柵處，使狐見而入櫃攫取。一碰消息，則繩鬆棍仰，桿落板下，而狐無可逃遁矣。」



鼠弓

- 「鼠弓」有三種。清代麟慶《河工器具圖說》：「一用鐵簽張於弓上，簽直如矢；一用挑棍、撐桿，懸以消息；又一式三叉其木，墜以巨磚，懸以消息。」
- 所謂「消息」，即指機件中最靈敏的部分。



飛行木鳶

- 《墨子》：「公輸子削竹木以為鵠，成而飛之，三日不下。」
- 漢代，張衡創造了飛行木鳥，「假以羽翮，腹中施機，能飛數里。」

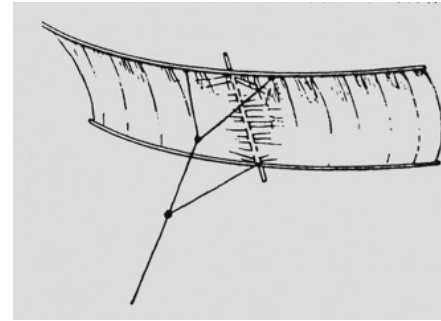
熱氣球

- 《淮南萬畢術》：「艾火令雞子飛。」註釋中說：「取雞子去其汁，燃艾火內空卵中，疾風高舉自飛去。」

風箏

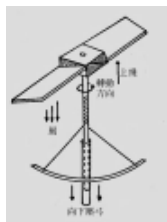
- 風箏被世界航空史界公認為最早的飛行器，初期名為紙鳶、紙鷗、風鳶，形狀似鳥。
- 風箏起源的兩種說法：宋代高承《事物紀原》認為是漢初韓信所創製；明代郎瑛《七修類稿》則認為是五代漢隱帝與李業所作。
- 南朝梁武帝太清三年(公元549年)，侯景反於壽陽，圍台城，簡文帝「與太子大器為計，縛紙鳶飛空，告急於外。」另一種說法是，一位叫「羊車兒」的人「獻計作紙鴉，繫於長繩，藏敕於中。簡文出太極殿前，因西北風而放，翼得書達援軍。」

中國的彎曲翼風箏



竹蜻蜓

- 「竹蜻蜓」的主要部件是一個加工成斜面或彎曲面的薄竹片，彎曲面類似向下吹風的風扇葉。竹片中央樁接一根直立軸，將繩帶(或牛革)絞扭在立軸上。當竹片急速旋轉時，竹片借其彎曲面造成的氣流而上升。
- 竹蜻蜓傳到歐洲後，被稱為中國陀螺。1792年，近代航空之父喬治·凱萊(George Cayley)用弓鑽驅動兩個羽毛螺旋槳，並由螺旋槳帶起陀螺升入空中。他稱其為「旋浮器」或「飛升器」。



陀螺與平衡環



《西京雜記》：「長安巧工丁緩者……，又作臥褥香爐，一名被中香爐。本出房風，其法後絕。至緩始更為之。為機環轉運四周，而爐體常平，可置之被褥。故以為名。」



降落傘

- 《史記 五帝本紀》：「瞽叟尚欲復殺之，使舜上塗廩，瞽叟從下縱火焚廩。舜乃以兩笠自捍而下，去，得不死。」
- 唐代司馬貞在「索隱」中指出，舜持兩笠自捍跳下，「有以鳥張翅而輕下，得不損傷」。
- 宋代名將岳飛的孫子岳珂所著《程史》：「予以登也，挾二雨蓋，去其柄。既得之，伺天大風，鼓以為翼，乃在平地，無傷也。」