

機械工程概論

鈕 因 梁 著

目次

第一章 緒論.....一

第二章 機械工程之基本科學.....三

第一節 機械工程之基本科學及其本原.....三

第二節 工程力學.....三

第三節 材料強度學.....五

第四節 構造材料學.....八

第五節 熱力學.....二

第六節 水力學.....三

第七節 機械學.....一六

第三章 原動力工程.....二一

第一節 原動力之來源.....二一

第二節 汽鍋.....二四

機械工程概論

二

第三節 蒸汽機.....三四

第四節 汽輪機.....三六

第五節 凝汽器.....四一

第六節 內燃機.....四三

第四章 機械傳動.....五一

第一節 機械傳動之定義.....五一

第二節 地軸.....五一

第三節 皮帶及皮帶輪.....五二

第四節 繩輪與鏈輪.....五四

第五節 磨擦輪與齒輪.....五六

第五章 機械運輸工程.....五八

第一節 機械運輸工程之定義.....五八

第二節 汽車工程.....五八

第三節 鐵路機械工程.....六七

第四節 船舶工程.....七三

第五節 航空工程	七六
----------	----

第六章 水力機械工程	八五
------------	----

第一節 水力機械工程之定義	八五
---------------	----

第二節 水力原動	八五
----------	----

第三節 水力唧筒	八八
----------	----

第四節 水力傳動	九一
----------	----

第七章 氣壓機械	九二
----------	----

第一節 氣壓機械之定義	九二
-------------	----

第二節 壓氣機	九二
---------	----

第三節 吹風機	九四
---------	----

第八章 暖氣及換氣	九五
-----------	----

第一節 暖氣工程之定義	九五
-------------	----

第二節 暖氣工程之種類	九五
-------------	----

第三節 暖氣工程之選擇	九六
-------------	----

第四節 換氣工程之定義	九八
-------------	----

第九章 機械造冷

第一節 造冷工程之種類

第二節 冷氣造冷機

第三節 真空造冷機

第四節 吸收造冷機

第五節 擠壓造冷機

第六節 造冷機與造冰

機械工程概論

第一章 緒論

英國名工程師盆德勒德 (Loughnan St. L. Pendred) 嘗云：

『工程科學之影響於人類，至爲重要，而以機械工程爲尤甚。蓋其關係至大，我人於不知不覺中所不可須臾離也。試觀吾人之衣食住，幾無一不有賴於機械工程者。他若吾人旅行之安穩快捷，房屋之寒暖適宜，夜晚之光明，以及吾人之娛樂用品，如樂器電影，吾人之文房用具，如筆墨紙張，皆不能不由機械工程而得。機械工程者，實各種工廠之父母，及一切工業之發軔點也。工廠無機械之設備，則決不能有大量精美之出品以供應於羣衆也。是以機械工程，實屬人類生存所不可缺，失此則將受影響矣。』

由此觀之，可知機械工程對於人類之重要。考機械之重要，實由於近世生產事業之進

步，以新興之機械能力，代手工之操作故也。

關於機械之工程，統稱之爲機械工程。其範圍之廣，自不待言。惟研究機械工程學者，須知機械工程之基礎，仍在物理學及化學。而其基本科學則一如其他工程之爲工程力學(Engineering Mechanics)，材料強度學(Strength of Materials)，構造材料學(Materials of Construction)，熱力學(Thermodynamics)，水力學(Hydraulics)，及機械學(Theory of Machines)等。

機械工程中最主要之發動機，有汽鍋(Steam Boiler)，蒸汽發動機(Steam Engine)，氣體發動機(Gas Engine)，水力發動機等。

機械工程之應用，在交通上有鐵路機車(Locomotive)，船舶(Steam Ship)，汽車(Automobile)，飛機(Aeroplane)；在房屋上有換氣(Ventilating)，暖汽(Heating)，冷氣(Refrigerating)裝置等。此外有抽水機(Water Pump)，起重機(Crane)，搬運機(Conveyor)，壓碎機(Crusher)，紡織機(Textile Machinery)，造冰機(Ice-making Machinery)，製糖機(Sugar-manufacturing Machinery)，造紙機(Paper-manufacturing Machinery)及化學工程機械等，種類繁多，不勝枚舉。本書所述，不外綱領而已。

第二章 機械工程之基本科學

第一節 機械工程之基本科學及其本原

工程之基本科學，爲工程力學，材料強度學，構造材料學，熱力學，水力學，機械學等。凡專攻機械工程者，必須先研究之。而溯其本原，則在自然科學之物理學與化學也。

第二節 工程力學

工程力學爲物理學中力學之應用於工程者，故亦名曰應用力學(Applied Mechanics)。工程力學約可分爲靜力學(Statics)，及動力學(Kinetics)二部。靜力學者，研究靜物所受之力量，而動力學者，研究物體運動時所有力之關係。

靜力學 靜物所受之力量，無論其在同直線，非同直線，平行，非平行，同平面，非

同平面，凡除偶力外數力，均能合成一力，且亦能分爲數力，是爲分力 (Components) 與合力 (Resultant)。再如一物體，同時受數力作用於同一點上，其合力如等於零，而保持其靜止狀態者，名曰平衡 (Equilibrium)。凡在平衡狀態下之合力，應成爲零，即爲力之平衡之重要條件。因靜止機械有力之平衡之關係，故常能計算其機件所受之內力與外力也。

動力學 動力學之基礎，即在運動學 (Kinematics)。如等速 (Constant Velocity) 運動，等加速 (Constant Acceleration) 運動，落體 (Falling Body) 運動，射體 (Projectile) 運動，圓周 (Circular) 運動，斜面 (Inclined Plane) 運動，以及剛體之等角速 (Constant Angular Velocity) 運動，等角加速 (Constant Angular Acceleration) 運動，周期 (Periodical) 運動等是。運動學之根本原理，爲牛頓 (Isaac Newton) 氏之定律三條，即慣性定律 (Law of Inertia)，力之獨立作用定律 (Law of Independence of Force)，抵抗定律 (Law of Reaction) 是也。凡動力所作之結果爲功 (Work)。惟物體可以反抗力之作用，以作功之狀態者，謂之爲具有能 (Energy)。能之因運動而具有者，爲動能 (Kinetic Energy)。由所蓄之勢而來者，爲勢能 (Potential Energy)。動能與勢能，合稱爲力學能 (Mechanical

Energy)。動能與勢能，常有彼此變遷者，此種能之變遷之理論，即機械工程中最重要學理之一也。

第三節 材料強度學

材料力學，實係力學之一部，專研究彈性固體形狀之變化，及發生此變化之諸力者。若試驗工程材料所得之物理學常數，以其結果加於彈性固體理論中，則為材料強度學。故材料強度學者，乃專研梁 (Beam)，柱 (Column)，軸 (Shaft) 等工程材料之各種應力 (Stress)，與初幾 (First Moment)，複幾 (Secondary Moment)，撓幾 (Bending Moment) 及扭幾 (Twist Moment) 之關係者也。

應力 凡彈性物體受有外力，其內部即生抵抗力以應之，此內力為應力。當加外力於物體時，非但其內部發生應力，而其形狀亦有變化之趨勢。施力愈大，則應力變形亦愈大。若加力過大而應力不勝抵抗，物體即破斷矣。物體之受引伸者，是為牽引 (Tension)，受推壓者是為擠壓 (Compression)，受切割之作用者，是為剪割 (Shear)。發生此等應力之諸力謂之牽引力，擠壓力，及剪割力。而其應力，即為牽引應力 (Tensile Stress)，擠壓應

力(Compressive Stress)及剪割應力(Shearing Stress)是也。當物體受外力時，有形狀大小之改變，此之謂變形(Deformation)。設其力不過某限度，則當外力移去時，仍能回復原形。倘一過此限，則不能完全恢復，而有永遠變形。在此限度下之單位應力(Unit Stress)(即單位面積內之應力)為其材料之彈限(Elastic Limit)。若力不逾彈限，其單位面積之應力與單位長度內所生之變形，恆有一定之比率，即謂之曰彈率(Modulus of Elasticity)。若力已超過彈限，則生極大之變形。倘再加力不已，則必至破斷。斯時之最大單位應力，名曰極限強度(Ultimate Strength)。

安全率 凡設計機械所用之單位應力，必遠在極限強度以下，以免破斷。亦必不逾彈限，以保安全。其實際上，材料所生之單位應力，謂之工作應力(Working Stress)。工程家對於某材料所定之最大工作應力，謂之定限應力(Allowable Unit Stress)。極限強度對於工作應力之比率，謂之安全率(Factor of Safety)。安全率隨載重而異。激衝及變差載重，損傷材料，較固定載重為大，故其安全率亦較大也。

初幾、扭幾、及複幾 力之及於物體，使其有繞定點而旋轉之趨勢者，則力乘其定點至施力方向線之正交距，所得之積，為該力之初幾(First Moment)，即靜幾(Static

Moment)，即普通所謂力幾 (Moment)。研究梁柱時，須用一形象係數，名複幾 (Secondary Moment) 或稱惰幾 (Moment of Inertia) 者，以其係初幾之幾，故名。複幾即平面內，諸元面各乘其與某定軸距離之自乘方，所得諸積之代數和也。

梁及撓幾 梁之種類至多：一爲普通梁之二端，靠於支柱者；二爲懸梁之一端插定，一端懸空者；三爲兩端固定梁；四爲一端固定，一端倚靠之梁；五爲外伸梁之桿端，伸過其支柱者。梁之載重，亦有集中 (Concentrated) 者，與均佈 (Distributed) 者之別。梁之破斷，恆在橫面。此由於其外力繞該破斷面內某點旋轉而起，即所謂撓幾是也。梁內任何剖面之撓幾，爲在該剖面左方諸外力之初幾之代數和。梁之大小及載重若爲已知，則可求其最大之撓幾，及中立軸之所在，與複幾之大小，並可求最大單位應力。以此與其材料之定限應力相較，即可知該梁之安全與否。是故梁之設計，即以其長度與載重爲已知，而求其剖面之大小者也。

柱 凡受擠壓之桿，其長比橫剖面之最小邊大十倍以上者謂之柱。其不及十倍者，謂之短桿 (Pier)。柱端之裝置，有種種不同，可分下列之四種：一爲兩端圓形；二爲兩端鉸狀；三爲一端鉸狀，一端固定；四爲兩端固定是也。柱之大小形式長短載重，若爲已知，

則其單位應力，可以求得。若與所用材料之擠壓極力及彈限相比，即可知其安全與否。是以柱之設計者，以柱之載重，長度，及兩端之裝置爲已知，而求其剖面之大小，以期適合於定限應力也。

軸及扭幾 加力於滑車之周線，令其支承之軸，繞軸心線發生扭捲之趨向。斯時該軸所生之應力，謂之扭換應力(Torsional Stress)，實亦剪力之一種。將上述之外力，以軸心與施力線之正交距相乘，所得之積，謂之扭幾。由原動機傳力至工作機之皮帶輪，中間傳力之軸，均受扭幾而發生剪割應力。故軸之設計者，即以預定軸之品質，及其旋轉速度，工率之程度，爲已知，而求其軸徑之大小。以期適合於其定限應力也。

其他材料 此外如彈簧(Spring)，彎鈎(Hook)，鉚釘(Rivet)，接棒(Joint)，鋼筋三合土(Reinforced Concrete)等等，均屬特別之材料。其設計之方法，亦不外應用諸多材料力學上之公式而已。

第四節 構造材料學

構造材料種類至多。況自合金屬發明以來，構造材料之複雜，更非昔比。惟構造材料

中之最普通者，莫如生鐵(Cast Iron)、熟鐵(Wrought Iron)、鋼(Steel)、木(Timber)、石(Stone)、磚(Brick)等等。

生鐵 生鐵爲近代工程上最重要之材料，其製法乃將鐵礦置於化鐵爐(Blast Furnace)熔化之而成。將生鐵運至翻砂廠(Foundry)，再投於熔鐵爐，使成流質，傾於模型，可鑄各種機件。

生鐵含鐵約 90% 至 92%。其餘碳、矽、硫、磷、錳等雜質，約爲 10% 至 8%，其中碳質至少爲 1.5%，成爲石墨狀(Graphite Form)，或爲化合狀(Combined State)。若碳質爲石墨狀，則成灰色鐵(Gray Iron)，若爲化合狀，則成白色鐵(White Iron)。矽之成分自 0.5% 至 4% 不等。矽可除免鑄件內之氣泡(Blow Hole)，而使鐵之密度(Density)增加。錳可使生鐵變硬，硫質不能超過 0.5%，因係有害之原質。磷能使生鐵更爲流動，然亦能使其變脆。良好堅強之鑄件所含之磷不能超過 0.6%。生鐵價廉而強於壓力，故用途甚廣。但其性脆而牽力頗低，不能用於受衝擊之建築。其伸長度甚微，受牽引時，無顯明之彈限。

熟鐵 熟鐵係以生鐵置於攪煉爐(Puddling Furnace)內，使氧化其碳矽等雜質而成。

惟爐內溫度不高，煉出之熱鐵，係漿糊狀(Pasty)，且含有渣滓(Slag)，故牽之使破斷時，恆現纖維組織(Fibrous Structure)。熱鐵頗強於牽力，而伸長度則較小於鋼，性強韌，可延長，可展薄，易於鍛接(Weld)，能抵抗衝擊，惟不能煨(Temper)之使硬，用為切割器具。

鋼 鋼為鐵與碳之化合物，其成分介於生鐵與熟鐵之間。(一) 罐鋼(Crucible Steel)，以熟鐵，廢鋼(Steel Scrap)及木炭或生鐵，置於有蓋之罐(Crucible)，入爐而焙煉之，約閱四五小時後，即成罐鋼，常用以製機械上之工具。(二) 別色麻鋼(Bessemer Steel)，置熔融之鐵於變鋼器(Converter)內，速射空氣，使碳矽等起劇烈之氧化作用，即成為鋼。此法無庸外加燃料，且為時甚速，僅需數十分鐘。別色麻鋼多用為鐵路之軌條。(三) 露焰爐鋼(Open-Hearth Steel)，將生鐵，廢鋼，或鐵鑛，置於露焰爐(Open-hearth Furnace)內而焙化之，大約需七八小時，方可煉成。露焰爐鋼用以造鎗砲，鐵甲板，及各種機械。

鋼之物理性質，視其製造法及化學成分而定。碳之成分自1.5%至0.1%不等。其成分之多少與鋼之強度及硬度均有關係。錳可增其硬度，矽可增其強度。磷、硫則使之變

脆，俱爲有害之原質，其成分不得過 0.08%。

木 木材採伐時含水分甚多，須暴露於風日之下，或置於蒸汽窖 (Kiln) 內，使之乾燥。木之良者，顏色及組織 (Texture) 皆均勻，且無節瘤 (Knot)，風割 (Wind Shake)，白身 (Sap Wood)，朽質 (Decay) 等情狀。大都顏色愈深，年輪 (Annular Ring) 愈密，則愈堅強。若節瘤不甚有害，用時須令有節之邊受壓力。木之彈限不顯著，其強度以沿木紋 (Grain) 方向爲最大。側方之抵抗牽引或擠壓之力，不及縱方之四分之一。

石 用於建築之石，須強固耐久及價廉觀美。通常最硬最密緻最均勻之石，可具此四項要件。石之斷面 (Fracture) 須明淨尖銳而無鬆散顆粒及暗黑泥土狀。花崗石 (Granite) 爲常用石中之最固及最耐用者，係由石英 (Quartz)，長石 (Feldspar)，及雲母 (Mica) 組成。石灰石 (Limestone) 爲含碳酸鈣 (Carbonate of Lime) 之巖石，顏色成分有種種不同。其經過變質作用 (Metamorphism) 者，爲大理石 (Marble)，用爲美觀之建築及屋內裝飾材料。沙石 (Sandstone) 爲沙 (Sand) 所膠結而成。顏色強度，有種種不同。其抵抗風化 (Weathering) 之能力，與花崗石相同，且較不易受火之影響，鑿割頗易，故爲建築上最常用之材料。

磚 磚爲泥所製成，其強固不減於石。因易於製造運輸及處理，故昔之用石者，今多以磚代之。佳良之磚，須面平，角銳，大小一律。其邊應互相平行。組織須均勻，錘擊時，當發清銳之音，且磚面應不易被刀劃成痕。磚罕用於抵抗牽引，其性質與生鐵相似，無顯著之彈限。

第五節 熱力學

熱之本性 考溫度之升高，由於有熱進入物體。而氣體壓力之增加，則由於其分子在蓄氣器內與四壁衝突而生之打擊。故實際上，加熱於氣體，使其溫度升高，則壓力增大，其分子之打擊力亦隨之而增加。故溫度升高，無異乎增加其分子之動能。如在液體，或固體，則其溫度升高，無異乎增大其分子之振動能。概言之，則熱之本身，爲分子之動能，離開物質即無所依存。是故熱既爲能之一態，故亦可用功能之單位計量之。

熱力學定義 熱由於分子之動能，而生分子之運動及衝突，均須遵從力學定律。故將力學適用於分子上，即可解釋熱學現象。但從另一方面言之，不必問其內部分子，如何構造，如何作用。專就其全體着想，則所謂熱亦僅能之一態而已。而此法以解釋一切熱現象