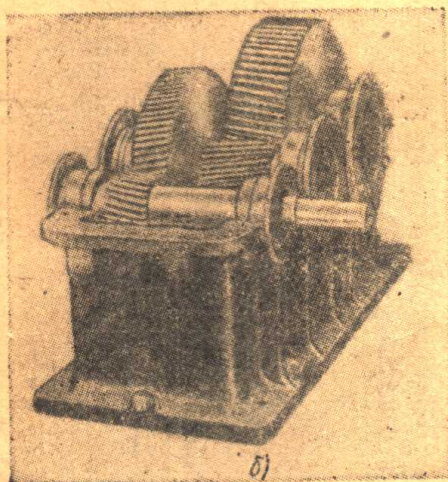


機 械 零 件

上 冊



北 京 航 空 学 院

機 械 零 件 教 研 室

1 9 5 9 . 9 . 1 .

上 册 目 录

第一章 緒 論

- 一、机械制造工業在国民經济各部門中的主导作用。机械制造工業在我国的发展前途..... 1
- 二、机械零件課程对未來設計工作者的作用以及此課程与其他課程的关系..... 3
- 三、在解决机械制造工業所存在問題时，設計工作者所起的作用..... 3

第二章 机械零件的設計及計算的基礎

- 一、机械設計的基本原則..... 5
- 二、机械設計的主要內容和一般程序..... 11
- 三、机械零件的强度計算基礎..... 13
- 四、机械制造中所采用的材料及其选择..... 19

第三章 螺紋联接

- 一、螺紋..... 29
- 二、螺紋联接的主要类型..... 36
- 三、螺母、垫圈、防松裝置、扳手和起子..... 45
- 四、螺紋联接的計算..... 51
- 五、螺栓組联接的計算..... 60
- 六、螺紋联接的許用应力..... 64
- 七、影响螺紋联接动載强度的因素和提高强度的措施..... 65
- 八、螺旋傳动..... 68

第四章 鍵、多槽軸联接

- 一、鍵的分类..... 77
- 二、推联接的計算..... 80
- 三、多槽軸联接（花鍵联接）的分类和构造..... 82
- 四、多槽軸联接的計算..... 83
- 五、无鍵联接..... 84

第五章 銷釘和楔联接

- 一、銷釘联接..... 86
- 二、楔联接..... 87

第六章 摩擦联接

一、压合座联接.....	90
二、锥形轴联接.....	95
三、夹紧联接.....	95

第七章 铆钉联接

一、铆钉的种类、形状、材料和规范.....	99
二、铆接缝的分类.....	101
三、铆钉联接的工作情况.....	103
四、铆钉联接的设计.....	107
五、铆接可能出现的缺点及其对强度的影响.....	113

第八章 焊接

一、概论.....	120
二、电弧焊接缝的型式.....	122
三、焊缝内的应力.....	123
四、焊接工艺对焊缝品质的影响.....	126
五、焊接结构采用的材料和许用应力.....	127
六、电弧焊缝的强度计算.....	129
七、设计焊接零件应注意的问题.....	138
八、焊接例题.....	139

第一章 緒 論

人类远在上古时代就制造和利用了简单的机器零件。简单紡織机械的利用，在我國可以追溯到三千年以前；古埃及、希臘和古羅馬在修建金字塔及其它建筑中也曾利用了杠杆、楔、滾子等零件。

从亞里士多得的著作中，知道紀元前 350 年就有关于齒輪的記載。文艺复兴时代意大利的偉大藝術家、数学家、力学家和工程师列奧拿尔得·达·芬奇曾研究过滑輪、杠杆、天平以及齒輪的齒形和差動輪系等問題而獲得相当的成就。

不过关于机器制造和設計的成为系統的科学是在十九世紀中叶才形成的。当时这門科学籠統地叫做“机械学”或“机械構造学”，它包括了很多性質相近的近代課程，如理論力学、材料力学、机械零件、机械制造工艺学、起重机、內燃机、蒸汽机等。以后，由于知識和經驗的積累，大大地丰富了这一門科学的内容，才使它有可能發展成为許多独立的科学部門。

“机械零件”就是从机械学这样一門总的課程中分离出来的，以現在的内容和叙述方式出現算起来不过七十多年。1882年俄罗斯的基尔比切夫教授編写的机械零件教程在彼得堡出版，才第一次为这門科学奠定了基础。

以后机械零件这門科学在各國都有不同程度的發展。到目前为止，它不僅拥有大量的一般著作，而且还拥有极其丰富的專門論文以及手冊、图集、工厂规范、标准等等。

应当指出，在机械零件学的發展过程中，俄罗斯及苏联的学者有极其輝煌的貢獻。例如別那尔多斯发明电弧焊、彼得·罗夫关于摩擦的研究、茹可夫斯基关于皮帶、螺釘的理論等，这些成就在整个科学史上也具有偉大的意义。

我國古代人民在机械零件方面的創造和发明，也如其它文化方面的成就一样，具有悠久的历史。

漢灵帝（168—189）时所制的翻車（水利）已运用了近代搬運鏈的原理；齒輪的应用，由古物考証不晚于漢朝；三國时魏國博士馬鈞所制的指南車以及晋書所記載的記里鼓車中均应用了輪系的傳动；漢朝的張衡在他的候風地动仪中利用杆的傳动而得到巧妙的自动機構；此外，在鑿鹽井时利用繩輪以及在水碓上利用凸輪也至少有一千八百年以上的歷史。

宋朝以后，由于殘酷的封建統治和近百年来帝國主义的侵略，使我國科学技術的發展受到嚴酷的摧殘。科举制度造成了重土輕工的思想，技術科学被視為雕虫小技，从事技術工作的所謂匠人从来不为統治階級所重視。近几十年来的反动統治階級更一向不注意發展祖國的科学和工業；而帝國主义又力图以經濟奴役我國，极力阻撓它的發展。

只有在人民政权建立以后，机械零件科学才象所有其它科学一样，獲得广闊的發展前途。因为我國的科学水平还比較落后，所以規定了这門科学应以學習苏联做为基本的方針，当然也不应忽視獎勵自己的創造和发明。

一、机械制造工業在國民經濟各部門中的主導作用。机械制造工業在我國的發展前途

解放以前，我國是个在帝國主义統治之下的半殖民地和半封建的國家，經濟非常落后。

我國在1949年，作为國家經濟發展主要标志的現代工業，在工農業總產值中只占17%，而且主要是輕工業。重工業不但比重很小，并且大多数是帝國主義國家在中國的修理廠，或是为帝國主義國家提供原料和半成品的礦山和工廠。

解放以后，人民掌握了政权，独立、自由、民主、統一的國家实现了，發展祖國工業也就提到日程上来了。为了保障人民的勝利、增进人民的就福，必須使我國逐步过渡到社会主义社会和共产主义社会。而其首要任务就是要求实现我國的社会主义工業化。毛澤东主席曾說过：“沒有工業，就沒有巩固的國防，就沒有人民的福利，就沒有國家的富强”。所以在解放后党曾提出社会主义工業化是我國过渡时期的中心任务。

社会主义工業化的中心环节是优先发展重工業。只有建立起强大的重工業，才能制造現代化的武器以保衛祖國；只有建立起强大的重工業才能制造各种現代化的工業設備，使重工業本身、輕工業、運輸業、農業及其它各生产部門得到技術改造。而各生产部門的技術改造又是发展生产的决定性条件。

被認為重工業心臟的机械制造工業，在我國社会主义工業化中負有特別重大的任务。只有高度发展机械制造工業才能供应各生产部門以生产率最高、最經濟、最可靠的机器，从而大大地提高这一部門的生产能力。因此，“机械制造工業是对國民經濟进行技術改造的主導力量”。

我國第一个五年計劃期間，机械制造工業建設的部署是以发展冶金設備、发电設備、采礦設備、運輸机械和農業机械的制造为重点，并适当地发展煉油和化工設備、金属切削机床和电器的制造。

1957年我國第一个五年計劃已超額完成。我國的工業產值，在第一个五年計劃期末，由原1949年的百分之十七上升到百分之四十以上。工業生产水平方面，不僅能自己生产各式載重汽車、噴气式飛機、50000 瓩的全套发电設備以及其它各种重型机械，而且工業建設中所需的各种机器設備，已达到百分之六十左右可以自給了。

在我國第二个五年計劃初期，党提出在优先发展重工業的同时，“应实行工業和農業并举、重工業和輕工業并举、中央工業和地方工業并举、大型企業和中小型企業并举、洋法生产和土法生产并举的方針，在工業繼續实行以鋼为綱，全面躍进的方針和集中領導同大搞群众运动相結合的方針”，以期我國重工業的发展能獲得更充足的原料和資金，并且在大、中、小型企業相結合和开展群众性运动办工業的原則下，使我國工業建設由点到面，全面发展，从而使我國的工業化能以更高更快的速度进行，以加速我國社会主义建設。

1958年我國在整風和反右的基础上，掀起了工業生产大躍进运动，在党中央提出的“鼓足干劲，力爭上游，多、快、好、省的建設社会主义”的方針下，形成了全民办工業的热潮。我國工人階級在党的号召下，以新的劳动态度，大鬧技術革命，因而使得我國工業建設面貌大为改觀，劳动生产率不断提高，生产水平已有了飛躍的发展。目前我國許多工業產品不僅达到而且超过了世界水平，机器的生产数量数倍甚至数十倍的增加。其中如机床在1957年为年產二万八千台，到1958年增加到年產九万多台；汽車由原来年產三万輛躍进到年產十五万輛；在計劃中的我國長江三峽水力发电机，每台机組的发电能力为一百万瓩，这比現今世界上最大的发电能力大五倍。我國工業建設上这一史无前例的偉大成就，不僅証明了社会主义制度无比的优越性，同时也証明了我國劳动人民在党的領導下所具有的革命性和高

度的創造性。

經過第一个五年計劃和1958年工業生产大躍進后，我國的工業建設已起了很大的变化，并且这个变化还正在深入和发展中。正如党的八届六中全会指出：“我們不但找到了一条多、快、好、省建設社会主义的康庄大道，并且在这条康庄大道上取得了丰富的經驗。这就使得我們不但有可能在1959年繼續躍進，并且有可能躍進得更好”。毫無疑問，我國机械制造工業的发展，正如旭日东升，光芒万丈；它的前途将是无限的。

二、机械零件課程对未來設計工作者的作用以及此課程与其它課程的关系

机械零件課程是介乎普通技術課与專業課之間的联系环节，学生必須在学完理論力学、材料力学、机械原理、金属工学等課程以后才能在这些課程的基础上學習机械零件。学生學習机械零件时，不但要用他們以往所学到的理論知識，而尤其重要的是必須从理論知識过渡到实际的零件設計工作中去。当他們設計一具体零件时，就不再停留于純粹的理論計算而要考慮与实际生产有关的一系列問題。所以学了这門課程，不僅使学生能領会理論是如何为生产服务的，同时也学到了做为一个設計师应如何提出問題和解決問題。

通过这門課程的課程設計，可以培养学生們初步的設計技能和解決工程問題上相当程度的独立工作能力。

三、在解決机械制造工業所存在問題时，設計工作者所起的作用

近代机器的特征是高速度、大动力、高温和高的效率。例如金属切削机床，为适应高速切削，其轉数和动力較十年前已大大提高。航空发动机的工作温度、压力、效率和速度，也在不断提高中。

設計高速、大动力、高温和高效率的机器，对設計工作者來說是一个嚴重的考驗；这要求他对于机器的合理結構，材料的性質，先进的計算方法，制造工艺及其它等方面，都要有充分的知識，并能应用这些知識进行新的、完善的机器設計工作，同时还必須进一步研究和發展新的、先进的設計方法；只有这样才能实现党中央所指示的“使我國的工業和科学技術，在短期內赶上和超过世界先进水平”。

应当注意到，在發展新的、先进的設計方法时，必須密切的結合我國目前的实际情况；在刘少奇同志的报告中曾指出“既必須尽可能采用世界上最新的技術成就，使我國的主要工業部門具有現代化的装备，又必須广泛的开展群众性的改良工具和革新技術的运动”。党的八届六中全会也特別指出：在工業生产方面，洋法生产和土法生产并举的方針。这些都应当作为我們在进行設計时的綱領。

經過第一个五年計劃和工業生产大躍進后，我國在工業建設上虽有了很大的成就，但也不能不同时看到我國过去的工業基础差。目前的生产量虽有很大的增長，但与其它工業发达的國家比起来，生产力还不是很髙。尤其在農村公社化后，在農業生产和运输方面以及广大的手工業操作机械化，需要大量的机械装备，而目前我國的生产能力，还不能适应各方面广大的要求；另一方面，我國在生产技術上也还不是很髙，特別是对重型、大型、精密和尖端產品，还不能全部掌握，因此在進行設計时，必須針對我國当前情况，从实际出发充分發揮現有的設備能力。例如我國某滾珠軸承厂，曾利用原有的旧設備，設計和制造出达到世界头

等水平的高速高精度轴承；某机器厂曾利用小型简陋的设备，设计和制造出2500吨的重型压力机。从这些典型事例中，充分证明了尽管我国工业还不很发达，但这并不妨碍我们对于新的、先进的产品的设计与制造；问题在于设计工作者在设计过程中，是否能排除困难，对每一个问题深入细致的研究与分析，针对实际情况，大胆构思，打破过去的陈规，大胆的革新和创造。

一个先进的设计工作者，既不应该墨守成规，毫无根据的抄袭旧有机噐，也不应该脱离实际，盲目追求先进；他应当是一个能把科学技术上最新成就和当前生产实际情况以及自己的创造性相结合起来的工作者，并能根据多、快、好、省的方针，力求把机器设计得生产率最高、最坚固、最耐久和最可靠。要作到这点，就要求每个设计工作者必须对我国社会主义建设事业具有高度的责任感，并对先进的知识和技术有着不可遏止的进取心。

第二章 機械零件的設計及計算的基礎

一、機械設計的基本原則

機器的種類雖然很多，而且各有其特定的用途，但每一部機器都要滿足使用、經濟、工藝和生產等方面的一些基本要求，因而在各種機器的設計過程中可以抽出為數不多的一些共同的基本原則。每一個原則對於不同的機器具有不等的意義，但每一部合理設計出來的機器都應在不同的程度上滿足這些要求：

1. 使用的可靠性 為國民經濟出產的每一部機器都直接間接地為滿足人民不斷增長的物質和文化需要而服務，所以在設計時應當首先滿足與使用有關的問題。當然，每一部機器都有一定的職能，同時在執行它的職能期間應當具有足夠的可靠性。機器的使用可靠性決定於其各個零件的強度、剛度和耐磨性，而在某些情況下也與振動和穩定性等有關。

(1) 強度 這是保證機器可靠使用的基本要求。在機器中不僅要避免個別零件發生斷裂或疲勞裂紋，而且也不允許零件發生足以破壞機器正常工作的殘余變形。應該了解到機械零件的損壞不僅會使機器停頓，而且在一些情況下會引起不幸的事故，所以必須避免。另一方面，為了保證機器及其零件的強度，也不能毫無根據地增加其尺寸，這樣會引起材料的浪費及機器的加重和加大而增加機器的成本。只有詳盡地分析機器及其零件在工作過程中的各種因素，準確地掌握零件材料在不同應力下的抵抗能力，才有可能精確地計算零件的強度，並改進零件的結構形式和採用合理的工藝方法。也只有這樣才能既保證零件具有足夠的強度而又能節省材料。

(2) 剛度 零件的剛度是指零件在一定的載荷作用下的允許位移和變形而言。這個要求對於高速轉動的軸、齒輪、蝸杆及其它類似零件特別重要，因為在這種情況下可能引起相當大的強迫振動，以致可能（發生共振時）引起零件和機器的破壞。在一般情況下，一零件的剛度要求主要與此零件同其它零件相互作用的工作條件有關。例如齒輪減速箱和變速箱的軸應具有足夠的剛度，以保證精加工的齒輪或蝸輪傳動的正确嚙合；此外，有些零件的剛度也決定於這部機器的制品的精度和表面光潔度等，例如機床的主軸。

但相反地，在某些情況下，零件應具有一定的柔度，例如彈簧和受沖擊載荷的螺栓。

(3) 足夠的使用期限——持久性與耐磨性 機器的使用期限（壽命）取決於它的一個或幾個基本零件的使用期限。零件原始形狀發生損壞的原因是：

磨損，使有相對運動的零件的工作表面的形狀和零件之間的正确位置受到破壞，以及形成數值上不允許的間隙（例如滑動軸承等）；

金屬的疲勞，使零件表面層毀壞或發生裂紋而損壞；以及同時發生上述現象（例如齒輪傳動中的齒，滾動軸承等）。

由於以上原因而破壞的機械工作性能，可用修理的方法來恢復。應當了解以下的事實，就是用於修理正在使用的機器上的時間和費用比製造同樣的新機器還要多（例如在蘇聯製造ЗИС—150型汽車的勞動量是170工時，而它的大修理勞動量是600工時）。所以延長機器在兩次修理之間的工作期限，對於國民經濟有很大的意義，這樣可以節約金屬並且相當於增

加了國家的工作設備。

为了提高零件的耐磨性，在設計上应当選擇耐磨性材料，也可以适当增大摩擦表面以减小零件之間的压力强度。但增大尺寸不是主要的方法，而在工艺上采用表面淬火、滲碳，氮化以及鍍鉻等方法却更为有效。此外良好的潤滑方法和使用中的維護也可以延長零件的工作期限。

为了提高零件的疲劳持久性，采取設計和工艺相結合的适当措施是很有效的，例如增大軸的各个过渡表面处的圓角以及采用噴彈等表面强化的方法等等。

2. 高的效率（机器的工作經濟性） 从國民經濟的观点来看，机器应当具有最高的机械效率（此处不討論热力机械的热效率）。在工作机械中，尽可能减少傳动機構的运动鏈环的数目，可以减少機構中的摩擦損失和零件的数量，例如图 2—1 上所示的溶液攪拌机的傳动草图。但这不是經常能做到的。为了提高效率，設計工作者应当正确地選擇潤滑油、潤滑方法和密封裝置，采用摩擦系数低的材料，尽可能用滚动軸承来代替滑动軸承。此外也应尽可能不使用效率低的运动副如普通螺旋傳动，普通蝸杆傳动等。

但是，有一些机器，为了簡化它的構造，不得不放棄高效率的要求。例如千斤頂和有些飞机上的起落架收放機構，为了避免安装制动裝置而采用有自鎖性的螺旋傳动。

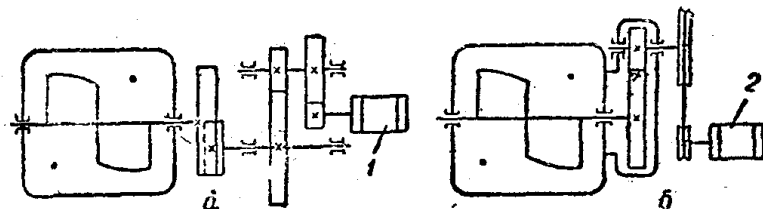


图2—1 溶液攪拌机的傳动草图

a—原来的草图；b—改进后的草图。1—电动机， $N=2$ 瓩； $n=960$ 轉/分；2—电动机， $N=1.7$ 瓩； $n=1450$ 轉/分。

3. 最小的重量 重量也是任何机器的一个重要技術經濟指标。在現代机器的成本中，金属材料的費用占很大的部分（例如在苏联的机床制造業中

这个費用平均达到生产費用总数的 25~40%，在拖拉机制造業中达 65%），所以对于許多机器來說，減輕它們的重量就是降低成本的一个有效手段。

对于运输机械和設備，如飞机、汽車、铁路車輛，同样对于其中的发动机和减速器等，滿足重量小的要求更具有特殊的意义。例如在飞机中每增大飛行重量 10%，就引起下列的飛行性能的变化：最大飛行速度减低 2~3%，飛行高度降低 700~800 公尺，降落速度、最低速度、滑翔速度和急轉速度增高 5%，每公里航程的燃料消耗增多 6~8%（飛行航程当然也就减短 6~8%），降落时跑行長度增大 10%。

每个零件的重量等于材料的比重乘上零件的体積；而零件的体積又取决于它的長度和横断面積；在長度已定的条件下，零件的横断面積是根据一个或同时几个要求来規定的：足够的强度、必要的刚度、穩定性、无干擾工作的振动、工艺性和制造可能性。因此最后可以認為，零件的重量取决于材料的比重、零件的長度、載荷的大小和性質、許用应力的数值。

可見，为了減輕在一定載荷作用下的机器及其零件的重量，可以采取下列各种方法：

采用比重較小的輕合金和非金属材料（塑料及其它）；

对于受高应力的零件則采用高强度的合金鋼以提高許用应力；

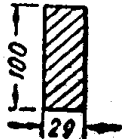
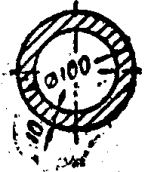
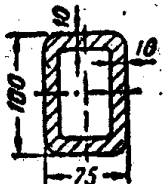
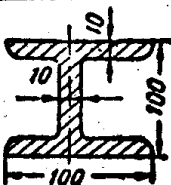
广泛采用近代的金属表面强化法（高频率淬火，喷弹强化，氮化及多孔性镀铬等）以提高零件的疲劳强度和耐磨性；

进行合理地铸件设计；

用冷冲压、焊接或冲压—焊接零件来代替铸件（例如用冲压—焊接法来制造减速器的壳体、绞车的绳卷筒等）；

合理地选择零件最经济的横断面形状，如在弯曲和扭转的作用下，应当尽量使断面系数和惯性矩的数值最大而不加大断面面积，这可以用表 2—1 来说明；

表 2—1 取决于断面形状的最大容许弯矩和扭矩

横 截 面	最 大 容 许 弯 矩		最 大 容 许 扭 矩	
	按照应力而定	按照挠度而定	按照应力而定	按照扭转角而定
	1.0	1.0	1.0	1.0
	1.2	1.15	43	8.8
	1.4	1.6	38.5	31.4
	1.8	1.0	4.5	1.9

附註 所有断面的重量均为22公斤/公尺。

合理地布置机器中的部件和零件以得到紧凑的结构并减轻重量；例如图 2—2 中的 C212 拔铜丝机经过定型审查后，结构紧凑了，四根轴中有三根减短了，因而减轻了机器的重量。

上述各项减轻机器及其零件的权重的方法，都是从减小材料比重、提高材料的强度（从而提高许用应力）、减短零件的长度等方面着眼的。除此以外，应当指出，在强度计算方面选取过高的安全系数值，和规定过大的计算载荷值，都相应地使所计算零件的尺寸和重量过大。因此在设计工作中，应当力求可靠地降低安全系数值，以及合理地规定计算载荷值。

4. 广泛采用标准化、规格化和通用化的结构元件、零件和部件 零件的标准化，就是把这种零件的型式和尺寸最大限度地减少和归并，而又能满足国民经济各部门对于这种零件的需要。在主管部门和工厂的范围内所实行的标准化称为规格化。通用化是从用途相同（或

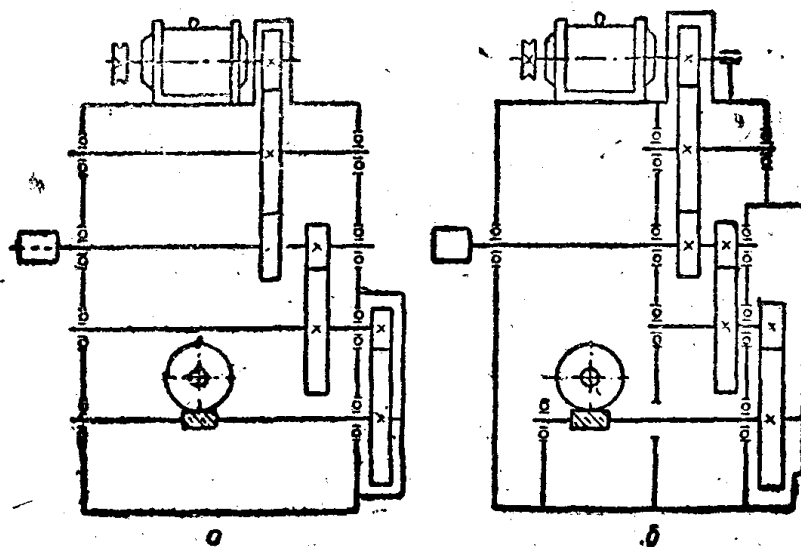


图2—2 C212 拔絲机機構的展开图

a—試件机器； 6—成批机器

甚至不相同)而規格型式不相同的系列產品中,把一些零件或部件的种类数目尽量减少,而通用于这些產品中。

普通零件的标准化和規格化,使零件有可能在專門工厂或在工厂的專門車間(或工段)用專門工具来进行大量生产,这不但能保証質量而且能大大地降低成本。

在設計中广泛使用标准化和通用化的零件和特別是部件,不但对生产有利,而且也可以減輕設計劳动量而縮短設計時間(因为采用这些部件时就不必再另行設計了)。

此外,采用标准化、規格化和通用化的零件和部件,也便于它們的試驗和修理。

应当指出,采用标准件、規格件和通用件,并不是为了限制設計工作者的創造能力,而恰恰相反是为了減輕他們在这一方面的劳动而能集中精力从事創造新的、特殊的、特別重要的結構。

5. 良好的結構工艺性 所謂一部机器或一个零件具有最好的結構工艺性,就是指它在滿足一定的使用性指标的同时,能够在既定的生产規模和生产条件下,用最低的成本制造出来。这个概念基本上指出了設計工作者在設計机器及其零件时考虑工艺、生产、經濟的正确方向。

可見,結構工艺性問題所牽涉的範圍是很广的,也不可能有一种抽象的提高結構工艺性的万能方法。但可以从下述几个方面来做一般性的考虑,它們对一切生产条件都合适。

(1) 对机器的結構工艺性的考虑(也适用于对部件的考虑):

(a) 在滿足机器的用途和性能的条件下,構成机器的零件数目应最少,机器的構造应最简单。

(6) 整部机器应尽可能分解为独立的部件,以便于在机器总装配前进行平行装配、独立轉磨和試驗,同时也便于檢修时的独立装拆。例如图2—3上所示的电动滑車是由电动机1、卷筒2、減速器3、电磁制动器4和吊鈎挂架5共五个独立部分所組成的。

(b) 减少机器的装配劳动量。从設計的角度出发,机器的装配劳动量不宜于只依靠提高零件的互換性来达到,因为这样必須提高零件的加工精度而使总的成本不能降低。应当尽可能

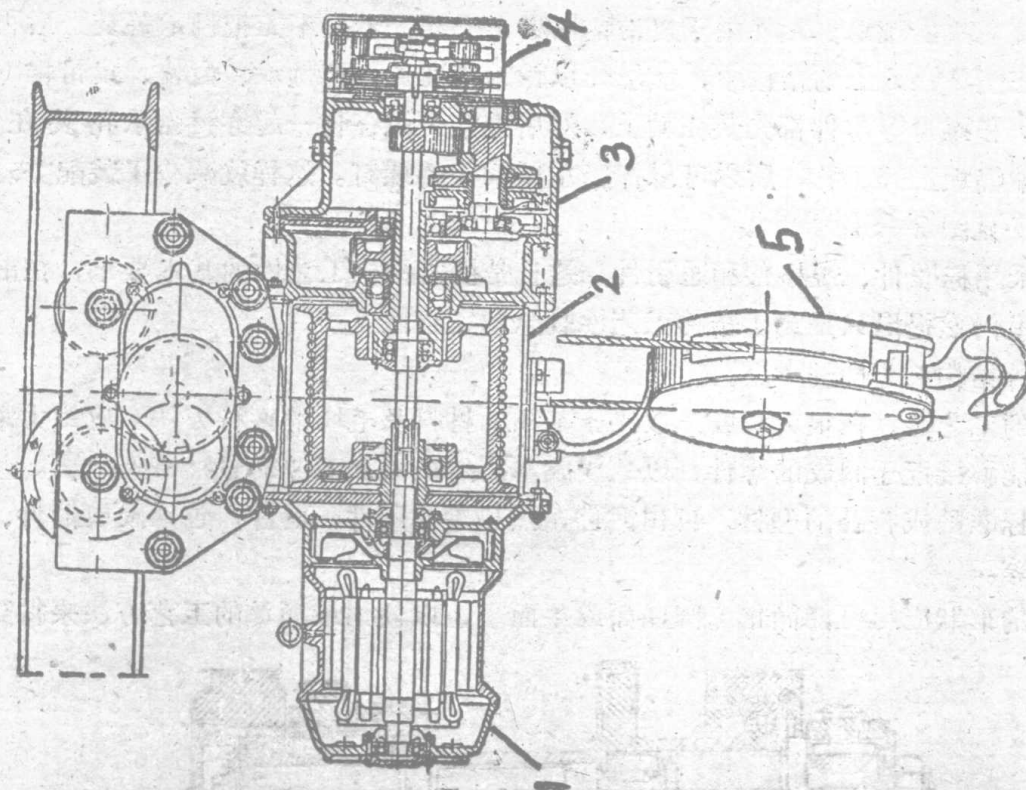


图2—3 电动滑车的五个部件

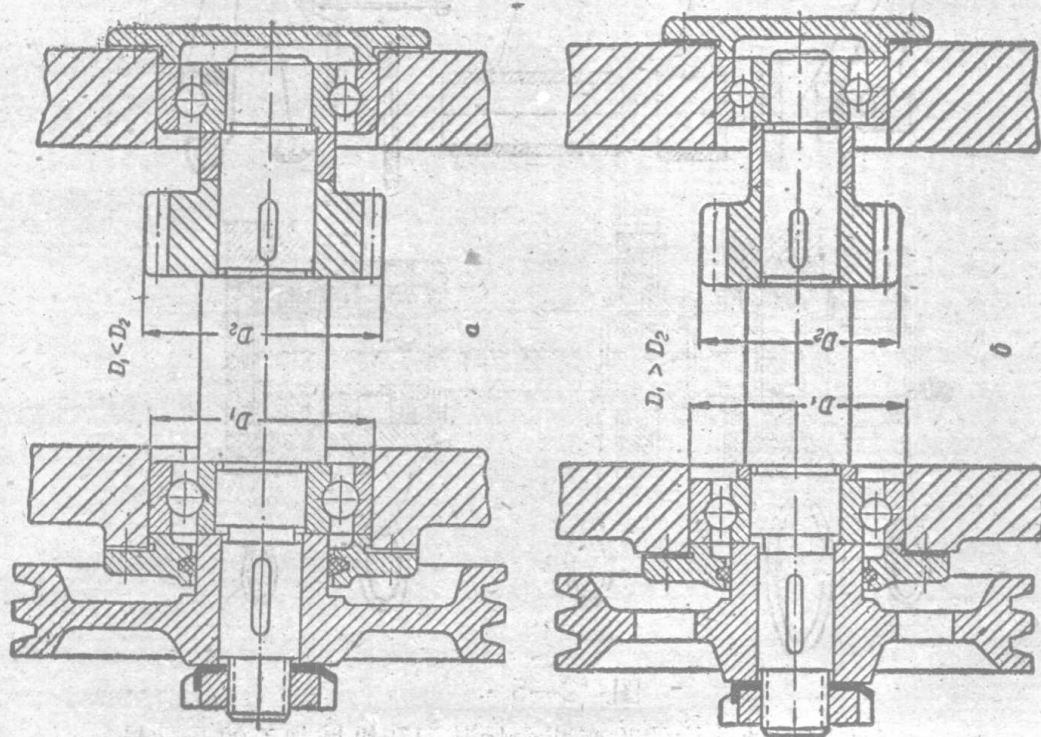


图2—4 依靠正确地规定轴承孔和零件尺寸間关
系来减少装配劳动量

改善零件或部件的结构，在不提高加工精度的条件下减少装配劳动量，例如图 2—5 上所示的结构。在图 2—4a 上的结构中，由于齿轮外径比轴承孔大，不得不在箱体内先把齿轮装在轴上，然后再装右边的轴承；此外由于皮带轮辐板上无孔，不得不先把轴承盖装上后再装皮带轮和螺母。在图 2—4b 上的结构中，能够先以轴为基准件，把轴承、齿轮、皮带轮（连同其上的轴承盖）和螺母等零件都先装在轴上，然后把这个组合件一起穿过轴承孔装在箱体上，由于皮带轮辐板上开了孔，所以可以拧紧左轴承盖的螺钉。这样就减少了装配劳动量。

另一个例子见图 2—5。

(r) 尽量采用标准件、规格件和通用件，这也是机器结构工艺性的基本要求，在前面已讨论过了。这里仍然提出只是为了结构工艺性概念的完整性。

(2) 对零件结构工艺性的考虑：

(a) 零件的工艺性，在很大程度上取决于毛坯的材料及毛坯的获得方法。应当力求毛坯的形状和尺寸能够接近于制成的零件，以减少成本高的机械加工劳动量并节省金属。基本的毛坯种类是：标准的或特种的型材，自由锻件，热和冷冲压件，铸件，包括硬模铸件、压铸件、离心铸件等。

(6) 零件的形状应尽可能简化（圆柱面或平面），以便用最简单的工艺方法来得到，同

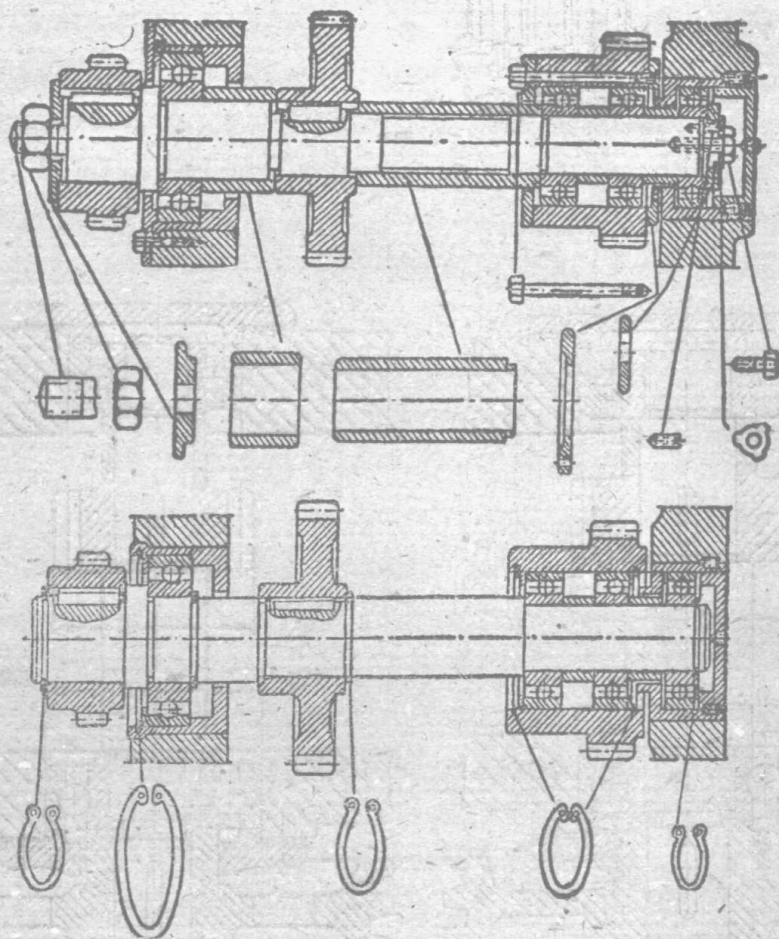


图 2—5

依靠零件结构的改变减少轴装配和机械加工的劳动量

时应注意使零件便于加工，例如轴的阶台数愈少愈好，孔最好不带阶台，被加工的平面应等

高等。

(b) 减少加工表面的数目和尺寸，在多数情况下的机械加工时间，与被加工零件的长度与直径或宽度的乘积成正比。因此应尽量减少零件上被加工表面的数目和尺寸。例如如图 2—6a 所示的减速箱体安装面应改如图 2—6b，以减少加工面积。又如当突出的螺钉头对机器的操纵安全没妨碍时，就可以不放在凹坑之中以减少加工表面的数目，如图 2—7 所示。

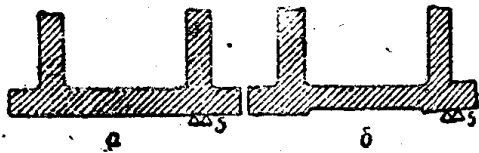


图 2—6
减少加工面积

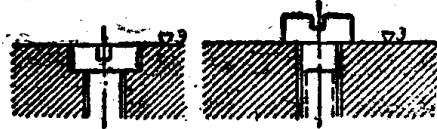


图 2—7
取消不必要的加工

(c) 合理地规定零件加工精度和表面光度；零件表面的加工精度和光度，应当在满足零件工作要求的条件下尽量降低，而不应提出过高的要求，以免增加机械加工劳动量和成本。

(d) 尽可能采用标准直径、标准螺纹和生产中已经采用了的标准配合，这样可以避免使用特殊的刀具和量具，从而简化生产过程和降低成本。

应当指出：不能离开整部机器的结构工艺性来考虑零件的工艺性，因为有时零件的结构虽然简化了，却会使机器的装配复杂化，反而使整部机器的结构工艺性恶化。结构工艺性和具体的生产条件有关，也不应离开生产条件来评定工艺性；例如图 2—8 中，因某工厂没有插齿机床，就不得不把双联齿轮（图 2—8b 和 c）制成组合式的（图 2—8a）。此外结构工艺性和生产规模也有关，在单件生产中工艺性好，在大批生产时却不一定好。

6. 机器的使用和操作管理要安全方便，在社会主义生产条件下，应为工作人员创造最好的劳动条件，使机器便于安全地操纵和维护。

7. 其他要求如机器的运输要便利，大型机器的尺寸必须与铁路尺寸（主要是宽度和高度）相符合，机器外表形状的美观等。

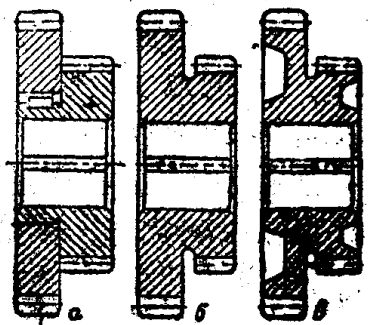


图 2—8 齿轮体结构

二、机械设计的主要内容和一般程序

机械设计工作者在设计机器时面临着下列的任务，这些任务也就是一般机械设计所包含的主要内容，下述各项任务次序可以代表设计机器的一般程序：

1. 决定机器的用途、型式和技术特性 所设计的机器的型式，根据机器的具体用途而定，由此可以拟定机器的技术特性。例如，在某机械加工车间中需要起重机来为机床装卸工件，根据它的具体用途（如工件的重量、工件搬运的范围面积和频繁程度等）决定采用桥式起重机而不宜采用其它型式的起重机，以此为出发点可以拟定这部桥式起重机的技术特性（如起重量、工作速度、起升高度和机架跨度，工作频繁程度等）。

2. 拟定机器的运动图 工作机（即利用机械能以改变工件形状，性质或位置的机器）

的机构可以分为执行机构，传动机构及其它操纵、连锁等机构。设计工作者要根据机器的用途和技术特性来拟定各个机构的运动方案；其中传动机构的运动方案的设计对机器效率的影响最大，而对执行机构的工作准确与否更是直接有影响，因此在很多机器中传动机构的设计往往占重要的地位（例如机床中的变速箱、电动滑车的减速箱等）。

应当指出，在上述两个步骤中，无论是决定机器的型式或是运动图，都应该详细了解已有的这种机器的技术特性和一切成就，同时也应该防止盲目的摹仿，而应该创造性地工作以使新机器更加完善。

3. 研究机器的工作过程 研究机器的工作过程的主要目的，在于判明主要零件在机器的各种工作情况下的处境，从而为选择零件的材料、确定零件的形状尺寸和规定零件的加工技术条件提供前提。这里所谓处境的具体内容主要是：

- (1) 零件在机器的各种工作情况下所受载荷的大小和性质；
- (2) 零件与零件之间的关系——有无相对运动、静联接还是动联接等。

4. 选择零件的材料 研究了机器的工作过程并分析了零件的处境以后，就能够规定对零件材料的基本要求，从而选择合适的材料，这将在第四节中讨论。

5. 规定制造零件的工艺过程 规定了对零件的基本要求并选定了金属材料以后，设计者应当为零件指定基本的工艺过程（锻、铸、焊、冲压、用型料机械加工等）。

实际上选择材料和规定工艺过程，往往必须同时解决。

6. 确定零件的形状和尺寸 在已经确定了零件的工作情况、材料及作用于其上的载荷以后，就可以通过计算（强度、刚度或磨损）或根据结构、工艺方面的要求，来决定零件的形状和尺寸。材料的选择和零件尺寸的决定之间有着紧密的联系。对重要的零件应当进行精确的强度验算，从经济的观点出发，零件应当在重量最小的条件下具有足够的使用可靠性。（这一项工作内容是本门课程的主要内容之一）。

7. 选择配合座和规定加工精度 配合的选择应当根据相互配合的零件的工作情况分析而定。一般可以参考类似的相配零件的配合情况来选择，但在某些情况下的过盈或间隙必须根据计算来决定以充分保证工作的正确性（例如压合座联接和滑动轴承等）。相配零件的配合座选定以后，就可以根据零件的名义尺寸来规定尺寸公差。

通常，零件的形状误差比尺寸公差小得多，如无特殊要求就可以不必另行规定。但当根据零件的工作情况，需要对零件的形状误差或表面位置误差提出特殊要求时，则应另行规定此零件的加工技术条件。

8. 规定零件的表面加工质量 表面加工质量对于有相对摩擦的相配零件有重要意义，摩擦面的速度愈高且所受压力强度愈大，则表面应愈光。在动配合中的公差规定得愈小，则相配表面的光度应愈高。

高速高压的滚动摩擦表面，宜于有高的光度。

受到周期性变应力的零件自由表面以及能发生应力集中的圆角和凹槽等表面，也应当具有较高的表面光度以免降低其疲劳强度。

9. 规定零件机械加工和热处理的方式 零件的加工精度和表面光度的确定，是从相配零件的最好工作情况出发的。设计工作者应当考虑能达到加工要求的机械加工方法和主要加工工序。加工的方法往往对零件的形状提出一定的要求，对于零件的工艺性直接有影响。

同样地，热处理的要求也是从零件的工作情况出发而定的，需要采取适宜的方式。

10. 审定机器和零件的结构 对于所设计的结构必须进行各方面的审定——使用方面、经济方面、工艺、生产方面。对于较复杂的机器，审定工作是很艰巨的，需要设计，工艺、冶金、经济各方面的工作者协作进行。

最后应当指出：以上所述的十项内容及其顺序，并不是也不可能是死板板的規定。实际上，在设计过程中的各个步骤中对于个别问题（例如决定型式、选择材料、决定尺寸等）常需要或多或少的反复进行；同时设计程序也时常是同时交错进行的（例如选择材料和指定热处理，决定零件形状和考虑加工方法，工艺审查也并不需要等待整部机器设计完畢之后才进行等等）。这样叙述只是为了有助于了解一般机械设计的任务、程序以及所需要的各方面的知識。

三、机械零件的强度计算基础

机械零件的尺寸，如在第二节中所述，是通过计算（强度、刚度、磨损等方面）或根据结构、工艺要求而定的。通常，零件尺寸的确定是从强度方面的计算来进行的，同时考虑其它各方面的要求。有时是从刚度或磨损方面来计算零件的尺寸，或从结构、工艺方面的要求来直接规定零件的尺寸，但此时常需要做强度方面的验算。可见，强度计算是零件设计中的一个主要问题。在本节中将简述一般机械零件强度计算中的一些基本问题。

1. 载荷和应力的类型 要计算零件，一定先要知道作用于零件上的载荷大小，方向和性质；然后再随零件形状和工作情况的不同，来确定零件中的应力随时间变化的情况。

同时，在计算零件时，恰当地选择计算载荷和确定应力状态，也是很重要的。

(1) 从载荷及其相应的应力随时间而变化的情况出发，可分为静的、变的和冲击的——

(a) 静载荷和静应力 如果载荷和应力长期作用在零件上而不随时间变化或变化得很慢，就是静载荷和静应力。例如零件的自重、等速旋转时的离心力、予锁紧的弹性力及其相应的应力。

(6) 变载荷和变应力 随时间变化的载荷和应力就是变载荷和变应力。变应力可能是由于变载荷所引起的（例如在活塞式机器中，零件在流体压力和惯性力的作用下所受的载荷就是变化的，因而所产生的应力也是变化的）；但也可能是由于静载荷所引起的（例如轴在静载荷作用下等速转动时，轴中的弯曲应力却是随时间而周期变化的）。变载荷和变应力可能是稳定变化的（例如上例轴中的变应力），也可能是不稳定变化的（例如汽车行驶部分中的零件所受的载荷和应力、机床主轴和变速箱齿轮上的载荷和应力等）。

应力作周期变化时，与一整个周期相应的一次应力变化，称为应力循环。应力循环的特性由图 2—9 中所列的各量来表示图中：

σ_m 为应力循环的平均应力，而；

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2};$$

σ_a 为应力循环的应力幅，而；

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2};$$

γ 为应力循环的循环特性（或不对称系数），而

$$\gamma = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}。$$

(B) 冲击载荷和冲击应力 突然施加而作用时间很短的载荷及应力称为冲击载荷和冲击应力，例如锻锤和碎石机所受的载荷和应力。

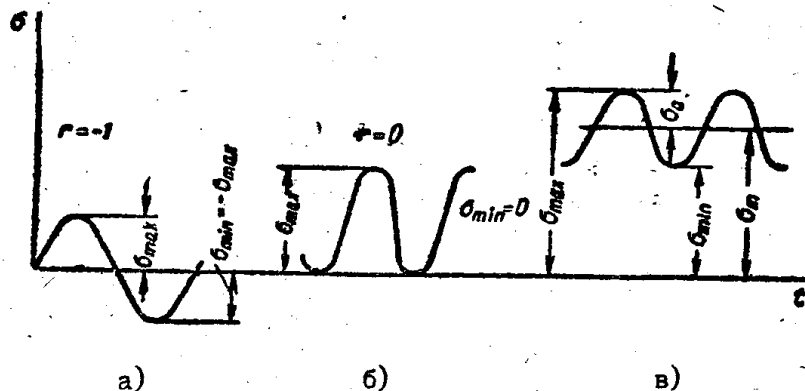


图2—9 应力随时间而变化的简图

a—对称循环，b—脉动循环，B—不对称循环。

在机械零件课程中，有把产生静应力的载荷叫做第Ⅰ类载荷；产生脉动循环应力的载荷叫做第Ⅱ类载荷；产生对称循环应力的载荷叫做第Ⅲ类载荷。应该注意到，第Ⅰ或第Ⅲ类载荷本身未必是变化的。

(2) 从机器的工作过程出发，载荷可分为起动载荷、正常工作载荷、制动载荷、以及在工作过程中可能发生的长期或短期过载。适当地选择计算载荷是很重要的；例如计算轴时，静力强度应按最大短暂载荷计算，疲劳强度应按最大长期工作载荷计算。

(3) 从主应力的存在情况出发，应力状态可分为——

(a) 单向应力状态 此时三个主应力中只有一个不等于零，例如等断面的杆件受拉，压或纯弯曲时所产生的应力状态。

(b) 平面或双向应力状态 三个应力之一等于零；例如受纯扭的杆件中的应力状态，受内压的薄壁圆筒的壁中的应力状态，弯扭同时作用下的杆件中的应力状态。

(B) 立体或三向应力状态 三个主应力都不等于零；例如在高内压力下的厚壁容器的壁中的应力状态，表面接触下的应力状态，零件与轴的压配合处的应力状态。

2. 许用应力，安全系数和负荷能力 在初步计算零件时，通常利用有关许用应力的概念和方法。在保证零件可靠工作的条件下，在此零件的危险断面中可以允许的应力值，称为许用应力 $[\sigma]$ 。此时的公式为：

$$\sigma_{np} \leq [\sigma] \quad (2-1)$$

式中 σ_{np} ——按合适的强度理论（视材料所处的状态而定）计算出来的折算（相当）应力。

在进一步计算零件时，通常按极限载荷来确定零件的安全系数（强度裕度）。

当零件达到某种状态就不能再继续正常工作时，则此种状态就称为此零件的极限状态。

零件在强度方面的极限状态可以是：开始塑性变形，一定的残余变形、静力破坏（拉断或剪