

机械原理及設計

(初稿)

上册

机械原理及机械設計基础教研組編

西安交通大學

1960. 4.

序

这本教材系根据五八年教育革命以来，我們教研組在学习党的“教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合”的方针的基础上所拟訂的“机械原理及設計”教学大纲编写而成的。

从紀元以前起，人类在利用机器代替人力进行生产时，首先面临着各式各样如何使机器完成一定的运动要求和发挥預計的作用力的問題，因而产生了“力学”科学。中世紀以后，随着各种要求較高的专业机器（矿山机械、抽水机等）的出現，促使机械師們开始从材料和构造的观点来考虑机器。这时，一方面有了敘述具体机器的結構和应用的著作，另一方面也逐漸从“力学”中分出了研究一般机器的各种問題的課程。十九世紀产业革命后，由于机器制造业的迅速发展，于是从“力学”、“机械构造学”等学科中单独分出了“应用力学”、“材料力学”、“机构学”、“机械零件”等独立課程；俄国基尔比切夫（В. Л. Кирпичев）教授于1881年著述了“机械零件”教程才把它的研究对象逐漸稳定下来，当时的“机构学”还只局限于运动学的研究；由于20世紀高速机械和自动化的出現，才开始加入了机械动力学以及許多新的分析与設計机器的問題的研究，才逐漸形成了“机械原理”課程。

机器制造工业的不断发展，对机器的研究提出更高的要求，因而促进了机器研究工作的发展；机器科学的研究是建立在广泛的自然科学的基础上，用自然科学的成就直接为机械制造业的发展和改进服务。关于机器科学的研究一般可以分成下列四个方面来进行：

- (1) 机械的結構、运动学、动力学等問題的分析与綜合。
- (2) 研究机械中机件的强度、刚度、耐磨性及使用寿命等問題，合理地选择零件的材料、形状和尺寸等。
- (3) 研究零件的制造工艺問題。
- (4) 研究机器工作过程中的物理和化学现象，也就是研究机器运轉时的能量轉化过程。

机械原理及設計課程主要研究(1)、(2)两个內容。

随着二十世紀，特别是近十年来生产水平的飞跃提高，我們以为至少有以下几点应当进一步反映到課程中来：

(一)、机器及其零件一般都向着重載、精密、高速、自动化、紧凑等方向发展，而在我国当前的社会主义建設中，尤其要求机器制造和設計能充分体现多、快、好、省和大跃进的精神，这些都使得每个章节的內容很快因此增多起来；(二)、新型結構、新技术的推广在很多領域里正逐漸在取代着旧的結構和零件，例如以鋁代鋼，在某些方面以液力傳动代替一般机械傳动等；(三)、由于对机器紧凑性的要求日益严格，机器中各个部分的关系更加密切起来，每个零件的載荷和承載能力的确定、結構尺寸的选取、甚至零件本身的选择等等都更需要从机器整体出发来加以考虑。(四)、随着机器中机械化、自动化程度的日益提高，根据工艺要求选择、綜合机械机构的问题更为重要了。

通过五二年的教学改革，我們比較多地注意了上述第一点的前半部分，为了使我們的科技水平迅速进入世界先进行列，这是完全必要的，并且今后还应当繼續深入钻研。但是在其他三点上，以及在如何更好贯彻总路綫等問題上过去做得較少。我們感到，这样改沒有在教学中尽可能地反映当代和中国的生产实践，也妨碍了教学质量和效果的进一步提高。因此我們认为，本課程中应可建立起“机器——零件——机器”的系統以加强培养从机器整体出发来分析、綜合机构和零件的能力；加强有关机器运轉、维护方面的知識；同时也应当进一步增加符合现代科学技术发展的新篇章。

这本教材就是由我組教师根据这些認識，用集体討論分工編写的形式在五九学年度第一学期編成的，初稿中的大部分重要章节，均根据三結合的精神，充分发动教研組教师和学习过本課程的同学加以校訂。

根据这门課程的性质（技术性較强，系統上和其他基础課、基础技术課有較大差別，課程內容所涉及的面比較广等等），这本教材是和各个教学环节密切地配合起来的。学生要在过好“听課关”的条件下掌握教材（如有可能，課外概略翻閱也会有很多帮助）。它和講課之間的关系是：对于一些基本概念和理論，教材中有比較完整的闡述和演繹，但是其反复研究討論的程度可以簡一些，而对于某些具体的零件构造情况、参数的数值，則教材要詳尽得多，有些部分主要是要求在自学中加以掌握的，在講課中将只提出其考虑原則，教材上便敘述得最詳細。此外，因限于印刷条件，个别参考性的內容在本教材中大都以另起一段、加*号等方式来表明，可能不十分醒目。所以，为了更好地进行学习，应当从一开始就迅速养成自己分析內容、抓住重点、先明确每一章节的中心問題所在，然后分

別加以掌握的能力。不分主次，逐字逐句閱讀教科書的習慣一定要革除掉。

同時，這本教材中並不企圖列入進行具體設計所必要的所有數據、資料、甚至一些零件的標準結構型式（例如編制螺絲的種類等）。熟悉那些典型手冊的內容、性質，並儘快地學會它們的應用，也是學習“機械原理及設計”課程時一個極為重要的項目。

由於這本教材在系統上和一般現行教材有很大出入，在內容上也約有三分之一的章次是根據我們的觀點所新增加的，在教學中又只經過初步試行，因此從整個說來還很不成熟。根據六〇年初我們投入全民性工業機械中機械化、半機械化、自動化、半自動化運動以來的體會，感到這本教材所遵循的基本方針是合適的，但是在如何正確具體生動地體現辯證唯物主義、毛澤東思想、切實貫徹黨的總路線、大躍進、土洋並舉等方針方面，在如何幫助學生得到又廣又精又深又活的知識方面，在如何使課程內容既切合於當前生產情況，又能滿足是長遠的發展需要，既具有較高的科技水平，又符合於學生“實踐—理論—實踐”的認識過程等問題上，我們還做得很不夠。我們深切地盼望讀者們，多提出各種寶貴的意見，使這本教材能更好地發揮其應有的作用。

本教材適用於電機系各專業、動力機械系熱能動力裝置專業、以及機械製造系以工藝為主的專業。

本書在印刷過程中承本校印刷廠全體職工同志大力協助，僅在此表示感謝。

西安交通大學機械原理及設計基礎教研組

1960.4.

机械原理及設計上册目录

基本概念 § 1 本課程的任务、內容及在教學計劃中的作用(1) § 2 机器的运动簡图(1) § 3 設計机器及其另件时的基本原则(4) § 4 近代机器制造及其設計的发展(8) § 5 机器制造中所采用的材料(6) § 6 机器另件的承載能力及其計算(14) § 7 机器另件的一般設計程序(15)

第一編 机器和机构的一般分析方法

第一章 平面机构的結構 § 1 作平面运动的剛体的自由度; 运动付的約束条件及分类(17) § 2 机构結構簡图(18) § 3 平面机构的运动自由度(19) § 4 平面机构結構分析(21) § 5 平面机构的分类(28)

第二章 平面机构运动学 § 1 平面机构运动学的内容及其研究的目的和方法(26) § 2 用图解法进行平面机构的运动分析(26) § 3 用解析法进行平面机构的运动分析(44) § 4 按照給定位置进行四杆机构的运动綜合(45) § 5 按照給定速度进行四杆机构的运动綜合(48) § 6 按照給定点的軌跡进行四杆机构的运动綜合(49)

第三章 机械动力学 § 1 机械动力学引論(52) § 2 作用在机构上的力(52) § 3 用虛位移原理直接确定平衡力(56) § 4 迴轉构件慣性力的平衡(57)

第四章 机器的运轉及調节 § 1 机器的运动和运动方程式(61) § 2 力和质量的轉化(68) § 3 在已知力作用下的机械运动(63) § 4 机械运动速度的調节(65) § 5 机械效率(70)

第二編 机器中的公差、配合和摩擦、磨損

第五章 公差和配合 § 1 互换性概念(72) § 2 加工精度(72) § 3 圓柱体公差与配合制度(78) * § 4 尺寸鏈(83) * § 5 孔間距公差(87)

第六章 机器中的摩擦和磨損 § 1 滑动摩擦(92) § 2 滚动摩擦(98) § 3 摩擦表面的磨損(98) § 4 几种主要的磨損形式(99) § 5 磨損过程的基本規律(100)

附录: 国产常用工业潤滑油、脂特性及应用举例(103)

第三編 傳 动

第七章 皮带傳动 § 1 皮带傳动概述(108) § 2 皮带傳动中的型式和几何关系(109) § 3 皮带及其接头(112) § 4 皮带傳动的傳动力(116) § 5 皮带牽引力与初拉力(117) § 6 皮带速度的限制及其对牽引力的影响(119) § 7 皮带牽引力的实验、滑动曲綫、单位截面积牽引力 k 的确定(120) § 8 皮带的寿命与强度(122) § 9 普通平皮带傳动計算 例題(124) § 10 带輪(129)

§ 11 三角皮帶及其帶輪(130) § 12 三角皮帶傳動及其計算 例題(133)。

第八章 摩擦傳動及摩擦無級變速器 § 1 概述(137) § 2 定傳動比摩擦傳動簡圖(137)

§ 3 摩擦傳動的壓緊方法和壓緊力的計算(138) § 4 摩擦傳動的優缺點及其應用(139) § 5 摩擦傳動中滾動體的材料(140) § 6 剛性滾動體摩擦傳動的尺寸計算(140) § 7 摩擦無級變速器(143)

第九章 齒輪傳動 § 1 概述(147) § 2 齒輪嚙合傳動的基本定律(149) § 3 漸開綫齒廓的基本概念(150) § 4 漸開綫齒輪的幾何參數和幾何關係(152) § 5 漸開綫圓柱直齒內嚙合傳動和齒條嚙合傳動(154) § 6 漸開綫齒廓的嚙合過程和連續傳動條件(155) § 7 圓柱直齒輪製造方法概述(156) § 8 齒輪的根切現象、不發生根切的最小齒數(158) § 9 修正齒輪傳動概述(159) § 10 圓柱斜齒輪和人字齒輪傳動的幾何關係和嚙合情況(162) § 11 圓柱齒輪傳動嚙合中的力和計算載荷(166) § 12 齒輪的損壞情況(170) § 13 圓柱齒輪的表面耐久計算(172) § 14 圓柱齒輪的彎曲強度計算(173) § 15 圓錐齒輪傳動(176) § 16 齒輪的材料(179) § 17 齒輪傳動中的許用應力(184) § 18 齒輪傳動參數的選擇(187) § 19 齒輪傳動的效率及潤滑(188) § 20 齒輪傳動的計算指示(190) § 21 齒輪的結構和工作圖(190) § 22 例題(194) § 23 螺旋齒輪傳動簡述(196) 附錄：諾維柯夫齒輪傳動簡述(197)

第十章 蝸輪傳動及螺旋傳動 § 1 蝸輪傳動的型式、幾何關係和運動關係(199) § 2 蝸輪傳動的作用力及效率(203) § 3 蝸輪傳動的損壞情況和材料(205) § 4 蝸輪傳動的輪齒表面耐久計算和彎曲計算(206) § 5 蝸輪傳動的散熱驗算(209) § 6 蝸杆的蝸輪的構選(210) § 7 蝸輪傳動的潤滑(211) 例題(211) * § 8 螺旋傳動(213)

第十一章 *減速器簡述 § 1 常用減速器的型式(218) § 2 齒輪與軸的配合(219) § 3 減速器的箱殼(219) § 4 減速器的安裝、潤滑及潤滑裝置簡述(220) § 5 主要參數的選擇(223)

第十二章 輪系 § 1 輪系的分類與用途(226) § 2 定軸輪系傳動比的求法(227) § 3 回轉輪系傳動比的求法(228) § 4 輪系效率計算(230) § 5 行星輪系中齒數的選擇(232)

第十三章 鏈傳動 § 1 概述(235) § 2 鏈條的構造(235) § 3 鏈輪的構造(239) § 4 鏈傳動的優點(240) § 5 鏈傳動的選擇和計算，例題(241) § 6 鏈傳動的其他裝置(243) § 7 鏈傳動的裝配和維護(243)

第十四章 液力、氣力和電磁傳動 § 1 容積式液力傳動(244) § 2 渦輪式液力傳動(246) § 3 氣力傳動(248) § 4 電磁滑動聯軸器(249) § 5 磁粉聯軸器和電磁液體聯軸器(252)

第十五章 凸輪機構 § 1 概述(254) § 2 凸輪機構的運動分析和動力分析(255) § 3 推杆的運動規律及其選擇(275) § 4 平面凸輪廓綫的設計(258) § 5 空間凸輪機構概述(260) § 6 凸輪和推杆的材料及強度計算(260)

第十六章 傳動總論 § 1 選擇傳動裝置的指標(263) § 2 定傳動比機械傳動裝置的特性比較(264) § 3 定傳動比機械傳動的应用範圍和選擇(265) § 4 變傳動比傳動裝置的比較(269)

机械原理及設計

基本概念

§1 本課程的任务、內容以及在教學計劃中的作用

为了高速度地发展工业生产，提高劳动生产率和产品质量，获得最大的经济效果，减轻工人的劳动强度，我们在各种企业中都广泛地使用着各种不同的机器。

对于每一部新机器，从提出要求、到制成、运转、和检修，都将包括如下的一系列工作：根据生产需要，明确对于机器的要求；选择机器的整体布置方案；研究和改进机器的工作原理，确定其具体结构；分析工作情况，确定机器各部分的形状、尺寸、材料和技术要求，画成图纸；根据制造条件，准备刀具和工夹具；在生产车间中加以制造；装配成机器；在使用地点进行安装、调整、运转；在运转中加以维护、保养，掌握机器的工作性能；发生故障时作检查和修理等等。

当需要革新原有的机器或者改良机器的某一部分以提高其技术经济指标时，则常常是先研究工作原理，再校验机器各部份的结构、尺寸、工作情况等等，然后将需改换的部份投入制造和使用。

以上各项工作在相互之间都是有机地联系着的。例如在检修一个高压电气断路器时，如果不了解其中操纵机构的工作情况，就很难使触头合理地接合；在成批装配电动机时，如果不掌握从结构上保证其轴承同心度的方法，便不易得到正常的电机运转性能；而当确定任何机器的具体结构时，对于以后的运转和保养问题显然也是必须充分考虑到。

在近代工业生产中，根据社会分工，常把从明确要求到完成安装为止的一系列工作称为机器制造。其中到画成图纸、进行制造以前的一部份任务又专称为机器设计。

但是无论如何，对于机器工作情况的分析，乃是最具有普遍意义的。从认识一个机器起，到调整、运转或者进行检修，都首先需要能分析机器，例如根据机器的类型，应当要从电气的、热力的、液力的、机械的等等方面来加以研究。

由于所有的机器都具有作机械运动的部份，以完成一定的工作，例如在电机的主令控制器中，需要将所控制机器的极限运动量转换到开关的启闭动作，在大功率开关中应当保证其触头有既迅速又平稳的启闭动作，对于涡轮发电机组的转速波动必需通过调速装置控制涡轮机的进气量来加以调节等等。因此，在任何工业范围中，机械运动的分析和综合，就都是必要的。所谓运动综合，是指按照工作中的运动要求，定出机器的结构和主要有关参数。

此外，我们知道，机器在运转时必然会受到各种性质的作用力。只有在一定的作用力下，机器的各个构件才会运动。为了使构件按照要求作有规律的运动，必须确定出机器中的全部作用力。机器的结构尺寸在很大程度上也决定于这些力的数值和性质。

本课程的一个作用就是研究一般机器的机构结构、运动学和动力学问题，以便掌握从运动角度进行机器分析和综合的基本方法。

根据机械运动观点，可以把机器简化成由一些运动构件和静止构件所组成的机构。构件是机器中的一个刚性系统，本身成为一个运动的单元体，它与机构中的其他刚性系统相接触而保持一定的相对运动。例如图1的闸刀隔离开关，通过操纵机构转动旋转轴2时摆杆3举起绝缘提昇杆4而使闸刀旋转。则3、4、5等都称为构件。图2所示的起重机中，移动重物部份的结构（图2b）也可认为是由 $\overline{DC}$ 、 $\overline{BE}$ 、 $\overline{AB}$ 、 $\overline{DA}$ 四个构件组成的机构（图2a）。

同时，在进行“确定机器各部分形状、尺寸、材料、和技术条件”等方面工作时，可以认为任何一个机器，按照其结构和装配观点，都是由许多基本单元—零件

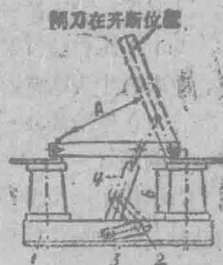


图1

組成的。有些零件在結構和作用上非常密切（例如发电机的主軸、轉子和滑环等，內燃机的活塞和連杆等），則可將这些零件組成部件（組件），然後按結構的繁簡，由若干部件和零件組成機器。几个功用互相連貫、固定聯結在一起的機器（如渦輪机和发电机、发电机和电动机）又常称为机組。

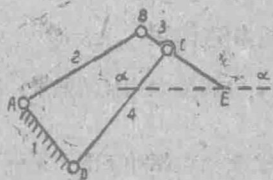


图2(a)

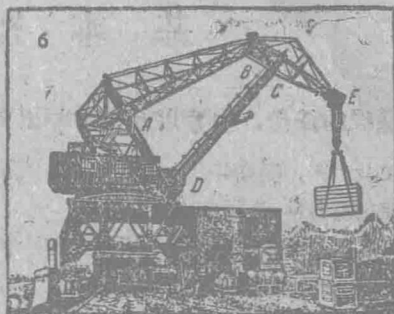


图2(b)

由于分析的角度不同，零件和构件之間并无固定关系，例如图1中的閘刀既是另件，也可認為是个构件，而图2中的构件 $\overline{AB}$ 則是由許多鉚釘、型钢、杆架等另件組成的。

机器另件可分为通用的和专用的两类。

通用另件包括：傳动另件（皮带、摩擦輪、齿輪、蝸輪、鏈条傳动、液力、气力、电力傳动等）；軸、軸承、联轴器等；連接另件（焊接、过盈、螺紋、鏈連接等）；彈簧，机架、基础等等。这类另件在各种机器中都有应用。其形式可能有差異，而功能則都是相同的。

专用另件是只应用在某一类机器中的零件，例如，电机轉子、繞組、开关閘刀等等。

本課程的另一个作用是分析机器常用零件的工作性能，掌握这些零件的運轉維護知識，和进行一般設計的能力。

本課程在专业教學計劃中作为一門基础技术課，一方面和那些敘述具体机器的理論基础、計算設計、運轉問題的专业課銜接起来，一方面和下列各門課有着密切联系：理論力学（为了分析机构的运动規律和零件上的作用力）；材料力学（为了計算零件的强度、剛度和穩定性等）；金属工学（为了选取材料、制造方法等）；机械制图等。

§2 机器的运动簡图

为了具体进行机器的运动和动力分析，了解机器各部分的工作情况，也为了在運轉机器时能够迅速发现可能的故障，或者需要設計一个新机器等等，我們都应当能拟制或者閱讀机器的运动簡图（方案图）。

根据这些要求，在簡图上必須把机器的每一个有关构件和各构件間的联系情况表現出来。同时，还应通过分析計算，在图上註明机器各个机构的速度、載荷、力矩、总体尺寸等，以便于从数量上显出机器的工作情况。这些数据在衡量生产經濟性或进一步作具体設計时也是必要的。

在拟制运动簡图时，可以認為任何机器的机构都是由三个基本部份組成：

(a) 原动部份——即机械能开始傳入的部分，通常为电动机、內燃机或水輪机等；

(b) 工作执行部份——直接完成工作、改变材料或工件的性质、状态或位置的部份，例如电气隔离开关的閘刀、冲床的冲头等等，其特点是运动比較复杂，速度也受生产条件的限制，比較低些。

(c) 傳动部分——把动力由原动部份傳到工作执行部份上去的一些中間构件，例如机械或电磁联轴器、皮带、齿輪等。

在机构中，凡相邻两个构件，通过互相接触而限制和保持它們之間作一定相对运动的，其接触表面的总和称为运动付。例如軸和軸承的接触、齿輪与齿輪的接触、滑块与导轨的接触等等都是运动付。其中如果两个构件通过接触而形成运动付以后，在結構上它們只能互作平行平面运动，則这种运动付称为平面运动付（簡称平面付）。例如轉动付（图3的滑动軸承中，构件“軸”2和“軸承”1的相对运动只能是繞軸綫 OO 的轉动），移动付（图4

的构件“滑块”1与“导板”2的相对运动只能是平行于直线 xx 的移动)，滚动付或滚动、滑动付(图5的摩擦輪傳动；两构件“摩擦輪”1和2的相对运动只能是滚动或滚动兼滑动；此处假定沿軸向的相对运动可能性已被限制)等都是平面运动付。

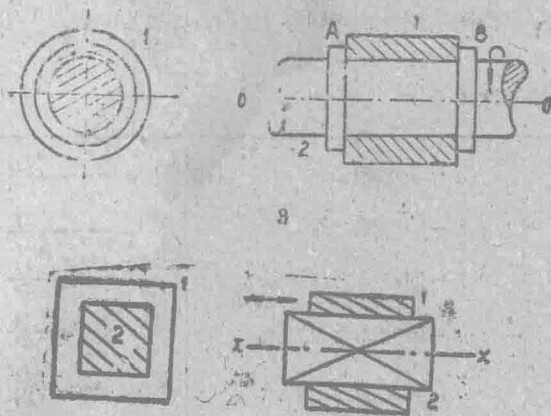


图 4

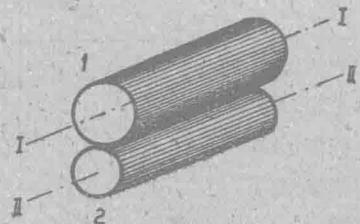


图 5

如果两个构件形成运动付以后，它們的相对运动并不局限于一些平行的平面以內的話，則这种运动付称为空間运动付（简称空間付）。常見的空間付为螺旋付和球面付。

机构中只含有平面付时，就成为平面机构。

常用运动付和典型机构的图示符号見表 1 基本上符合于ГОСТ 3462--52。应用这些符号，按每一机构在机器中的相应位置順着运动的傳遞路綫依次繪制，就能組成运动簡图。各机构应当尽可能按比例繪制，以便在一定程度上表示出机器构造方面的概念，而可以不加任何补充解釋就能比較全面和正确地了解整个机器。在这个前提下，有时也容許在图上作某些变动，帮助了解和簡化而并不完全和机器的实际构造相符。例如轉軸通常用直綫表示，但有时可能用曲綫来代表。

表 1 是运动簡图的常用图示符号。

图 6 和 7 和是运动簡图的一些实例。其中图 6 是 736 型牛头鉋床，鉋头的往复运动由电动机經蝸輪傳动 1、2，

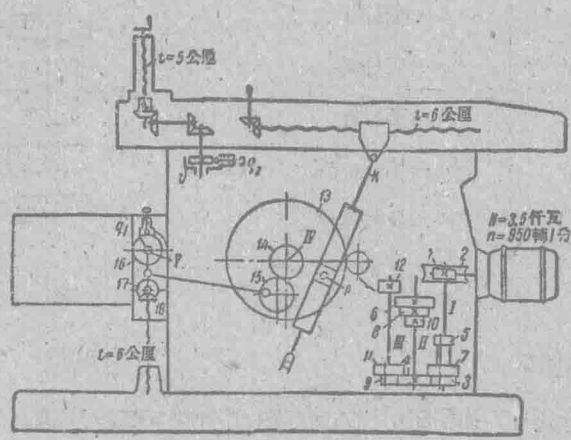


图 6

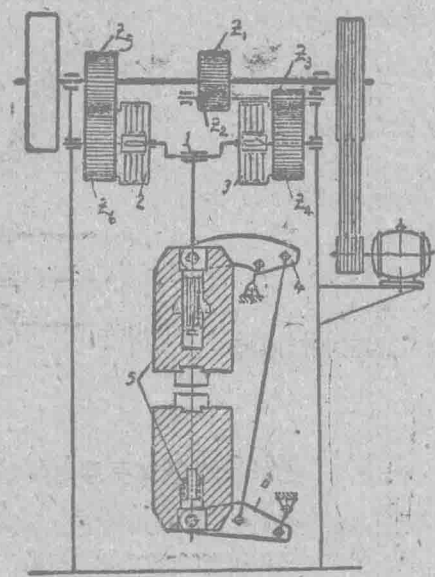
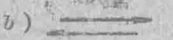
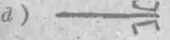
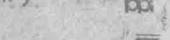
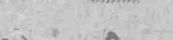
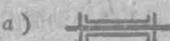
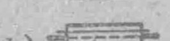
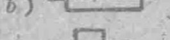
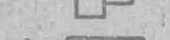
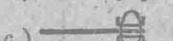


图 7

齒輪 3、4 或 5、6 或 7、8 和齒輪 4、9 或 10、11, 齒輪 12、13 以及搖杆機構 P 、 π 等獲得。軸 I、II、III 原在水平位置, 為了圖示清晰, 改畫為垂直, 因此齒輪 12 有兩個位置, 在圖中用括弧連起來。圖 7 是曲柄式模鍛錘, 電動機通過三角皮帶、齒輪 $z_1 z_2 z_3 z_4$ 或 $z_5 z_6$ 由軸 1 經連杆而驅動錘頭。由於 z_4 和 z_6 的轉向相反, 因此利用摩擦片式离合器 2 或者 3 就可使曲軸作正轉或反轉。下錘頭和上錘頭由連杆 4 連接在一起, 能作完全一致的运动。

上述圖中尚未將有关的运动参数、总体尺寸等註入, 是簡圖的初步形式, 有时也称为机构結構簡圖。

表 1 运动簡圖中的常用符号

运动的性质和方向: a — 单向直线运动 b — 往复运动 c — 单向转动 d — 摆动 e — 轉換性移动	    	d — 止推轴承 e — 向心球轴承 f — 向心推力球轴承 g — 单向推力球轴承 h — 双向推力球轴承 i — 向心滚子轴承 j — 向心推力滚子轴承	      
軸的轉動	 		
支承: a — 固定 b — 可動	 	滑动和滚动豎軸端: a — 一般符号 b — 滑动豎軸端 c — 滚动豎軸端	  
杆件的連接: a — 刚性 b — 铰鏈 c — 球面铰鏈 d — 刚性連接上鉸接第三个杆件	   	轉軸的軸向固定: a — 在双向固定 b — 在单向固定	 
杆件和固定支承的連接: a — 平面铰鏈 b — 球面铰鏈	 	軸和零件的連接: a — 松動 b — 有導鍵 c — 有拉鍵 d — 用鍵固定 e — 多槽連接	    
滑动轴承、滚动轴承 (在軸上): a — 一般符号 b — 滑动轴承 c — 油环式滑动轴承	  		

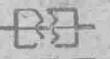
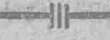
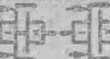
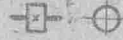
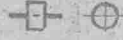
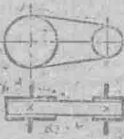
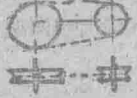
后 續

§ 3 設計机器及其另件时的基本原则

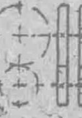
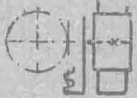
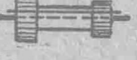
机器設計的目的是要在保證最大的社会主义經濟效果下不断提高机器的劳动生产率和減輕劳动强度。虽然提高社会主义物质生产的途径很多(如改善生产組織, 改进工作方法、提高維護检修質量、提高产品原材料的質量等), 但是改进技术、采用更为完善的机器、提高生产过程的机械化和自动化乃是取得最大經濟效果的一个重要手段。

在评价机器結構設計的质量时, 可以提出如下的一些基本原则。

續 表 1

两个轉軸間的連接: a — 固定式聯軸器 b — 保安聯軸器 c — 彈性聯軸器 d — 鉸鏈聯軸器 e — 膜繡聯軸器	a)  b)  c)  d)  e) 	曲軸和連杆的連接: a — 單曲柄 b — 多曲柄	a)  b) 
		擺杆机构:	
爪式离合器: a — 單側 b — 雙側	a)  b) 	凸輪机构: a — 滾子从动杆 b — 平板从动杆	a)  b) 
摩擦离合器 a — 一般符号 b — 單側 (一般) c — 雙側 (一般)	a)  b)  c) 		
制动器: a — 錐式 b — 閘瓦式 c — 帶式 d — 盤式	a)  b)  c)  d) 	飞輪在軸上:	
		轉輪在軸上: a — 固定 b — 游動	a)  b) 
滑块在固定导轨上		平皮帶傳动:	
汽缸連同活塞 a — 固定式 b — 摆动式	a)  b) 	三角皮帶傳动:	
曲柄和連杆的連接:		圓形皮帶或繩傳动:	
		鏈傳动:	

續 表 1

摩擦輪傳動: a - 圓柱滾子 b - 錐形滾子 c - 平面變速器	a)  b)  c) 	行星傳動:	
圓柱齒輪傳動: a - 外嚙合 (一般符号) b - 外嚙合直齒、斜齒、人字齒 c - 內嚙合 註: 直齒輪容許只画部分細綫	a)  b)  c) 	螺旋齒輪傳動:	
齒條嚙合 (一般符号):		傳動螺旋: a - 整體式螺母 b - 剖分式螺母	a)  b) 
圓錐齒輪傳動 (一般符号):		彈簧: a - 壓縮 b - 拉伸	a)  b) 
雙聯齒輪:		原動機: a - 一般符号 (除電動機外) b - 電動機一般符号 註: 簡圖中有發電機時, 電動機加註 M, 發電機加註 G	a)  b) 

1. 提高劳动生产率降低生产成本 劳动生产率是以工人在单位時間內制造的产品量或用于单位产品的劳动时间来测量的。不断提高劳动生产率是建設社会主义的最重要的条件。

从机器結構上提高劳动生产率的途徑主要有:

(a) 增加机器速度、扩大机器規模 (提高功率), 即直接用縮短生产時間或增加生产机构的能力来取得額外的产品。

(b) 改善生产工艺过程、减少輔助時間 例如往复式机器的空回行程往往不直接参与生产, 运动机构的加速度和不平衡的慣性力較大, 总的生产量就总是小于旋轉式机器。例如, 在車床工作中, 一般进行实际切削的时间只占整个工作時間的 35~45%, 而工件、刀具的装拆和測量等所費的輔助時間常达 80~60%。这时即使再将切削速度提高十倍, 生产率也不会增高一倍。

采用比較合理的机构, 使生产过程交叉进行、壓縮輔助時間, 尽量接近于連續性生产, 就能显著地提高劳动生产率。

(c) **改进操作，提高生产过程的机械化程度，发展自动化** 随着生产速度和规模的增长，对操作的速度和准确性要求也日渐严格。例如人们对于判断一般事物并作出反应所需的时间约为0.2~1秒以上，短期内能发出的工作力为50公斤以下，而当一个车床以转速2000转/分和纵向进给0.2毫米/转切削工件时，工件可能产生的轴向误差在手工操作下就将达3毫米以上。可见，在高速切削时，手工操作就很难保证被加工零件的精度。同时，在高效能的机器中，同时需要控制的参数常有多个，例如：仿形铣床中有主轴转速、纵横向走刀速度、工作台的三向定位等等，在如此复杂的条件下，只有进行自动化，才能减轻劳动强度、提高生产率、保证产品质量。

2. 保证运转中的使用质量 其具体的指标为：(a) **充分的运转可靠性** 机器可能在开始运转后很短的时间内即行损坏，例如：由于静载强度、刚度不够、或者发生强迫振动等时，就会发生此种情况。这些现象应当在设计中充分控制，完全不使发生。

机器也可能在运转一个时期后突然损坏，例如：疲乏、冲击等，或者逐渐丧失承载能力，例如：磨料性磨损、腐蚀等，使机器的准确度和工作性能降低。电动机轴承磨损以后，转子和定子间的间隙变小，导致电机的功率改变，最后引起转子和定子直接接触而损坏。零件从投入运转到丧失承载能力为止的期间称为寿命。这里的运转可靠性就是在设计中规定适当的寿命，使机器能在指定的工作期间足够可靠地不发生故障。

(b) **提高机器效率** 这也是提高机器使用质量的一个重要方向。设计时应当充分利用由原动机传来的能量。效率的提高即表示能量损失和有害阻力的降低。电能的损失转化为热量，使机器发热，而电机的线圈尺寸就是根据容许发热程度确定的。所以效率越低，同样功率的电机重量就越大。而机械能的损失主要与摩擦有关，摩擦的作用除了引起能量损失以外，还将使摩擦表面产生磨损，降低了机器的质量和寿命。因此提高机器效率还能减轻机器重量，延长机器寿命，在机器制造上具有很大的意义。

3. 保证制造上的经济性 (a) **使机器结构具有工艺性** 一个结构，如果能在具体的生产条件下进行制造和装配时所消耗的时间、劳动量和物资最少，同时又能保证规定的质量指标，则这结构称为是具有工艺性的。

所设计的机器首先应当是便于加工的。例如在图8中，钻孔必须和所在表面垂直，而不应位置在斜面上。同时，在设计中还要预计到装配和拆卸的便利。例如图9，为了在拆卸时能放入由1、2组成的工具，带轮和附近零件间应有足够的间隙。

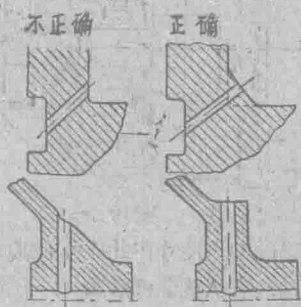


图8

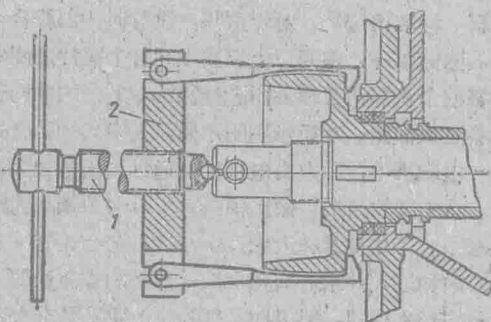


图9

(b) **节约材料** 节约金属问题在任何时候都有很重要的意义。我们一方面要合理安排材料，例如在受弯曲时采用工字形或箱形结构代替方形或圆形杆件。减少机器重量，另一方面要少用贵重金属，例如将蜗轮分成轮箍和轮心两个部分，而只将对减摩性有很高要求的轮箍用铜合金制成。

此外，采用新的金属表面加强法，以提高零件的耐磨性（如高频电淬火、喷丸硬化、氮化等）；采用优质铸铁如球墨铸铁；采用非金属材料（塑料及其他）来代替钢铁和有色金属等都可以节约很多材料。

(c) **广泛地推行标准化** 零件和组件的标准化的目的就是：使常用的典型零件和整个组件，采用最合理的、实际上很成功的结构型式；这样，不但简化生产过程，降低成本，而且会提高产品质量。只要不与任何特殊要求相抵触，应当尽量放底使用标准零件。因为国家标准综合了本国工业的先进经验，这样设计的机器和组件将是最简单、最便宜，并能保证所需的寿命和优良的品质。

有了标准，并不使设计师感到困难，反而能减轻工作量，使他可以集中精力，创造特殊的、新式的、特别重要的结构。

除了以上三个方面以外，机器设计的基本原则中还应当包括以下几点：为便于运输，每一个零件的外廓尺寸和重量都使它能由运输工具来运载。例如，为了尽量便利运输并避免在运输途中发生弯曲等理由，不能限制轴的送料长度、（通常不超过7米）。此外还应当注意机器的外表形状和装饰的完善性以与先进的社会主义机器制造的高度水平相适应。装饰工作中包括喷漆、镀铬、抛光、珐兰、烧兰等，这些表面装饰同时也起了防止腐蚀的作用。

应当指出，所有这些设计原则事实上都是互相有机地联系着的。例如，提高机器的使用可靠性，就减少了检修、停车的机会，对于使用质量是同样有利的；采用标准化能保证机器制造上的经济性，同时也提高了使用质量等等；又如增大机器规模、提高使用经济性时，其制造工艺性便较难满足；要求提高机器中滑动轴承的磨损寿命，便常需要更为完善的润滑设备，油量消耗较多，降低了制造和使用的经济性。因此，在设计机器时，我们必须总的多快好省地进行生产的前提下综合地考虑上述各个原则，而有时需要拟出几种不同的设计方案，进行全面比较，然后才能得到最合理的设计。

必须注意，所谓设计的合理性，是以一定时间、地点和一定的生产技术条件为其前提的。例如普通机器的机座用铸铁制造时，一般比水泥耐久、便于迁移。但水泥机座除吸收振动能量的能力较强以外，还有便宜、制造周期短等优点，因此在必须节约金属材料时，也是完全可用的。

为了保证今后国民经济的更大、更好、更全面的跃进，我们在设计中应当坚决贯彻洋土并举的方针。即既要设计制造机械化、自动化程度高的机器作为提高工业技术水平的骨干，也应当设计制造大量机械化程度比较低甚至半机械化和手工劳动相结合的机器设备来满足当前生产发展的需要。

洋土并举的方针，不仅应当在一个产业部门内实行，而且在一个企业内、一个车间内、甚至在一个机器上也同样应当实行。主要的机器和部件可以根据需要采取较高的标准，次要的部分就可以合理地采取较低的标准。设计方面的洋土并举方针，是一个普遍的长远的方针。

在确定了机器结构，即机器中具体包括那些部件、零件以后，每个零件的设计基本原则就主要集中在保证运转可靠性和制造经济性方面：各种寿命、强度、刚度、工艺性、材料、标准化等等。对于这些，设计时必须综合地加以考虑。除此以外，在同一个机器中的各个零件之间，既都有为着整个机器的合理性而设计得力求完善的共同性，也存在着互相制约、互相影响的矛盾。在图10的组合式齿轮箱——电动机中，动力由电机主轴通过斜齿轮由大齿轮轴传出。从强度的原则，输出轴上两个滚动轴承的跨距应当尽量缩小。但如轴承和齿轮过于靠近，则会使润滑油难以向上输送和进入轴承。又几个滚动轴承的寿命原则上应当和齿轮的寿命相同，都根据电机的使用期限要求来取定。然而由此定出的轴承尺寸在此处可能过于庞大，甚至妨碍电机的通风、主轴的设计等等。由此可见，在设计机构和零件时，应当具有从整个机器出发，全面考虑各个参数的观点，即整体观点。零件设计得是否合理，将在很大程度上决定于其是否合于这个观点。

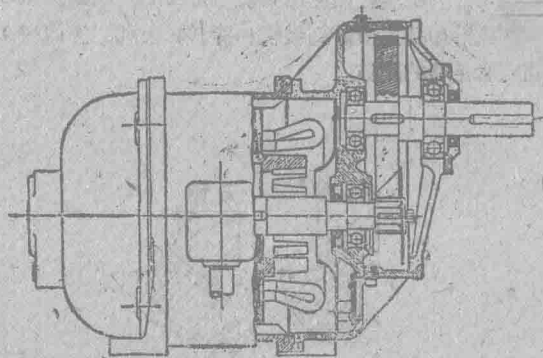


图10

§4 近代机器制造及其设计的发展

人类在劳动中制造出机器以后，又在生产实践中得到不断的改善。生产条件和使用条件（例如机器的速度、功率）不断提出了新的要求，而科学的发展、新材料的出现以及制造技术上的改善，又逐步提供着发展机器制造的可能性。

近代机器的发展基本上就是上述机器设计基本原则的提高过程，其趋势可以由如下事例中得到具体说明。

在生产规模上，我国在1958年制造了12000瓩的汽轮发电机，而在第二个五年计划期内即将建造容量为200,000瓩的汽轮发电机组。1959年建立的新安江水电站每台水轮发电机的容量为72,500瓩，而计划建造的长江三峡水利枢纽中，每台水轮发电机的容量将达450,000瓩以上。

自动化方面，我国在锅炉方面已从解放前的手工运转发展到1959年制成了仅需2名工作人员操作的280吨/小时蒸

发展的大型锅炉。在金属切削机床方面，也已经从1949年仅能制造通用的中小型企业床到1958年制出了年产100万套滚动轴承而完全不需工人直接操作的自动生产线、用电子放大器控制的自动仿型机床等等。

而在机器制造所用的材料方面，由于机器性能上的要求，也已经有了极大的发展。一方面出现了许多新材料，例如随着锅炉制造向高温高压发展的要求，我国在1958年已制出能在 400°C 下仍保持高强度的锅炉钢板；随着飞机制造业的发展，出现了高强度的轻合金等等。另一方面，现有材料的使用品质也在不断改进。例如铸铁在五十年前所具有的抗拉强度极限不超过 $10\sim 15$ 公斤/毫米²，现在由于有了有效的合金元素的方法和调质处理，其强度极限达到了80公斤/毫米²以上，即提高了4~7倍。优质铸铁和球墨铸铁因为强度高，又保持了铸铁的特点：铸造性好、便宜、对凹槽的应力集中较不敏感等，已成为非常有价值的机器制造材料，现在已用来制造以前只用钢材来做的曲轴。又如一些结构钢的强度，由于采用了不同的合金元素和热处理方法，已有可能比三十年以前提高近二倍了。

在机器制造工艺方面，近几十年来的发展也是惊人的。它为提高机器的质量和制造经济性提供了广泛的可能性。例如，对于小批生产的机架（图11），焊接不需要铸造木模、制造周期较短，因而随着焊接工艺的趋于完善，已在逐渐地替代了铸造。在大批生产1462型车床时，进刀变速箱盖由冷冲压制造来代替铸造，可节约金属用量64%，而机械加工劳动量也能减少83%。又如，各种近代表面冷加工（喷丸，用滚轮辗压等）热处理（淬火、调质等）和化学热处理（表面渗碳、氮化、氟化等）工艺的日益普遍，由于其能提高机器零件的表面强度和耐磨性，在很多场合已可采用一般的结构钢来代替合金钢。

与此同时，随着生产和科学技术理论的发展，机器结构的布置原则、设计方法也有了巨大的发展。例如在进入二十世纪以后，箱形结构已公认为能合理地代替只起支承机件作用的普通柱形结构的一种型式。例如如图12，采用箱形结构后，机器上裸出可见的只有直接进行生产的部分，既提高了整个机器的刚度，也保证了工作人员的安全，和改善了机器维护条件、提高了机器寿命。

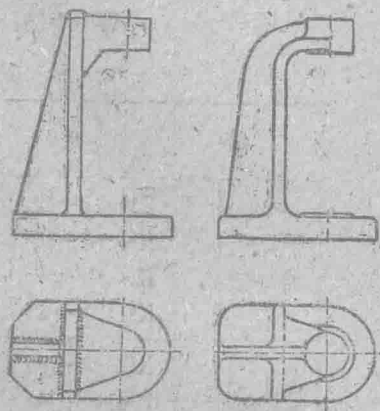


图11

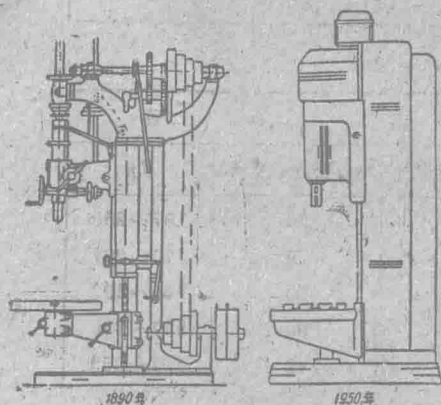


图12

综上所述，机器制造在过去的发展情况是，生产力不断增长刺激着制造工艺、材料、机器结构的发展，而这些领域内的水平的提高又提供了使生产进一步发展的可能性。毫无疑问，今后的发展也还将是这样，即任何生产率指标、材料制造、机器结构的是否合理都是具有时代性的，并不是固定不变的。

我们社会主义的设计工作人员，应当根据党对当前的经济发展的要求，对当时的原材料、设备的生产和供应条件，对当时的科学技术水平和劳动力条件等等的实际情况，进行全面了解和具体分析，来改进旧的、提高新的，做出合乎实际需要的設計，使我们的机器制造日新月异、丰富多采地向前发展。

§5 机器制造中所采用的材料

在机械制造中采用的材料有：钢、铸铁、有色金属（铜、铝、锡、铅等）及其合金（各种青铜、黄铜、锡铅合金等），非金属材料（橡胶、塑料、皮革、木材等）。主要材料的各种性能数据和相对价格大多可从参考手册中查到，其化学成分、详细性能和加工方法则在金相及热处理、金属工艺、机械制造工艺等课程中研究。

与选择材料有关的各种材料性能，主要包括下列各项：

强度和寿命——极限强度 σ_B ；屈服极限 σ_T ；疲劳极限 σ_{-1} ， σ_0 等等；

塑性——断裂伸长率 δ_5 （ δ_{10} ）；截面收缩率 ψ ；冲击韧性 α_K ；

硬度——勃氏硬度 H_B ；洛氏硬度 H_C ；

特殊性能——减摩性、耐热性、耐腐蚀性、耐酸性、可铸造性、可加工性、热处理性、焊接性等。

1. 铸铁 是机器制造中普遍应用而极为重要的材料。铸铁可分为灰铸铁、改善（孕育）铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁和合金铸铁。

表2中是各种灰铸铁的性能。

表 3 是关于可鍛鑄鐵，表 4 是关于球墨鑄鐵的性的性能。

表 2 灰鑄鐵 (ГОСТ1412-54)

牌 号	强 度 极 限 (公斤/毫米 ²)			硬 度 H_B
	拉 伸	弯 曲	压 缩	
СЧ 0-0	不試	不試	不試	不 試
СЧ12-28	12	28	50	143-229
СЧ15-32	15	32	65	163-229
СЧ18-36	18	36	70	170-229
СЧ21-40	21	40	75	170-241
СЧ24-44	24	44	85	170-241
СЧ28-48	28	48	100	170-241
СЧ32-52	32	52	110	187-255

牌号举例: СЧ12-28 灰鑄鐵, 抗拉12, 抗弯28

表 3 可鍛鑄鐵 (ГОСТ1215-41)

牌 号		σ_B (公斤/毫米 ²)	σ_T (公斤/毫米 ²)	δ (%)	H_B
黑心可 鍛鑄鐵	КЧ 37-12	37	24	12	149
	КЧ 35-10	35	23	10	149
	КЧ 33-8	33	33	8	149
	КЧ 30-6	30	19	6	163
白心可 鍛鑄鐵	КЧ 40-3	40	—	3	201
	КЧ 35-4	35	—	4	201
	КЧ 30-3	30	20	3	201

牌号举例 КЧ37-12, 即可鍛鑄鐵, $\sigma_B=37$, $\delta=12$

表 4 高强度球墨鑄鐵 (ГОСТ7293-54)

牌 号	規 定		参 数		
	σ_B 公斤/毫米 ²	δ %	σ_T 公斤/毫米 ²	σ_{BM} 公斤/毫米 ²	H_B
ВЧ 45-0	45	不限	36	70	187~255
ВЧ 45-5	45	5	33	70	170~207
ВЧ 40-10	40	10	30	70	156~197
ВЧ 50-1.5	50	1.5	38	90	187~255
ВЧ 60-2	60	2	42	110	197~269

牌号举例: ВЧ45-5, 即球墨鑄鐵, $\sigma_B=45$, $\delta=5$ 。

2. 鋼 根据用途鋼可分为結構鋼(机器制造用的鋼)、建筑鋼、工具鋼和特种鋼。根据成形方法可分为鍛鋼、鑄鋼和軋压鋼。根据化学成分,可分为碳素鋼和合金鋼。根据质量可分为普通鋼、优质鋼和高优质鋼。普通品質的碳素鋼又可分为A和B二組。A組限制机械性能,不限化学成分,一般用于不經热处理的零件。B組保証化学成分,不限机械性能,一般用于經受热处理的零件。在B組的普通碳素鋼,还有冶炼方法上的区别,分为平炉鋼(即馬丁炉鋼)(代号M)和轉炉鋼(即貝氏炉鋼)(代号B)。优质碳素鋼則既保証机械性質,又保証化学成分,用于重要的机械零件,按需要情况可以热处理或不热处理。合金鋼的化学成分,除碳以外,还含有錳、硅、鉻、鎳、鈹和銅等等成分,主要用于要求較高的机械性能或特种工作条件下。

表 5 中列出合金鋼牌号中合金元素的代号。合金元素总含量不超过 3%的称为低合金鋼,合金元素达3~5.5%的为中合金鋼,5.5%以上的为高合金鋼。只在必要时才采用合金鋼,尤其要节约我国目下还很稀少的合金元素。

表 6 中列出普通4組碳素鋼的性能和用途。

表7 中列出优质碳素结构钢（机器钢）的性能和用途。

表5 合金钢化学元素符号

元素名称	化学符号	苏联钢品中所用代表符号	中国钢品中所用代表符号
碳	C	—	—
锰	Mn	Г	△
硅	Si	С	丁
磷	P	—	—
硫	S	—	—
铬	Cr	X	力
镍	Ni	Н	世
钼	Mo	M	П
钨	W	В	×
钒	V	Ф	□
铝	Al	Ю	山
钛	Ti	Т	万
铜	Cu	Д	—
铌	Nb	Б	—

例如：12X2H4Л（苏联牌号为12X2H4Л）表示合金钢中含碳0.12%，铬2%，镍4%；字母Л(Л)表示品质优良，即含硫磷甚低（硫≤0.030%磷≤0.035%）。

表6 普通品质碳素钢（4组）（重4—52）

牌 号		σ_{BP} (公斤/毫米 ²)	σ_T (公斤/毫米 ²)	$\delta_5\%$ ≥	H_B	应 用 举 例
中国	苏联					
尤0	C _{T.0}	32~47	19	22	80~152	金属结构中不受载荷的零件、垫片、垫圈。
尤1	C _{T.1}	34~40	—	33	132	金属结构中受轻载荷的零件、铆钉、螺钉、水管、蒸汽管和气管、垫片、外壳、焊制零件。
尤2	C _{T.2}	34~42	22	31	133	烟道和火管；受力不大的铆钉、螺钉、轴、凸轮；焊制或经渗碳的零件。
尤3	C _{T.3}	38~40 41~43 44~47	24	27 26 25	132	金属结构的零件；螺钉、螺母、拉杆、钩、连杆、楔；心轴、小轴齿轮、焊制零件。
尤4	C _{T.4}	42~44 45~48 49~52	26	25 24 23	152	金属结构的零件；拉杆、轴。
尤5	C _{T.5}	50~53 54~57 58~62	28	21 20 19	170	重要的螺钉、拉杆、钩、楔、连杆；轴、销、齿轮。
尤6	C _{T.6}	60~63 64~67 68~72	31	15 14 13	201	键、牙嵌离合器和摩擦离合器、键板、闸带；承受大的静载荷的齿轮和轴。
尤7	C _{T.7}	70~74 75~79 80及以上	—	11 10 9	—	同上，也作需要高强度和高耐用性的零件，通常经过热处理。

苏联牌号详见 ГОСТ 380—50

表 8 是普通碳素鋼鑄件的性能和用途。

表 7 優質碳素結構鋼 (正火)

鋼 号	σ_B (公斤/毫米 ²)	σ_T (公斤/毫米 ²)	$\delta_5\%$ $\geq$	H_F		应 用 举 例
				热 軋	退 火	
10	34	21	31	137	—	冷冲压零件, 垫片, 垫圈, 管子, 叉, 拉杆。
15	37	22	27	143	—	鍛制和热模鍛零件, 冷冲压零件, 渗碳零件, 焊制机件, 特别是螺栓、螺母、板手, 杆, 叉, 凸緣。
20	41	25	25	165	—	同上, 亦用于鍛制或模鍛拉杆、钩、杆件、衬套。
25	44	26	23	170	—	同上, 亦用于心轴、轴, 联轴器, 不受高应力的螺钉、螺栓、螺絲、双头螺栓和垫圈。
30	48	29	21	179	—	有高韧性的鍛制或热模鍛零件, 心轴、轴、拉杆气缸、凸轮。
35	52	31	20	187	—	鍛制拉杆、心轴、轴、螺栓、螺絲、螺母、垫圈、平衡杆、隔膜。
40	57	32	19	217	197	心轴, 活塞杆, 曲轴, 齿轮, 凸轮, 园盘等正火零件。
45	60	34	16	241	207	齿轮和齿条, 联轴器、衬套、小轴, 摩擦盘、螺栓、双头螺栓、螺母。
50	63	35	14	241	217	同 上
55	64	36	12	255	229	活塞杆, 心轴, 轴, 齿轮, 不重要的弹簧。
60	65	37	10	255	229	偏心轮, 弹簧圈, 调正垫片。
65	66	38	10	255	229	板弹簧, 螺旋弹簧。
70	67	39	8	269	229	同 上
15 $\angle$	40	23	24	163	—	鍛制和热模鍛制零件, 渗碳零件, 特别是凸轮的销轴, 拉杆, 联轴器的铰链。
20 $\angle$	43	25	22	197	—	
30 $\angle$	55	29	15	217	187	受磨损的零件: 轴, 齿轮等。
40 $\angle$	65	37	11	255	229	受磨损的零件, 多槽轴, 永久啮合的齿轮。
50 $\angle$	70	38	9	269	229	弹簧垫圈, 止推环。
55 $\angle$	75	40	8	269	229	弹簧环, 弹簧垫圈, 盘簧, 板弹簧。
50 $\angle$ 2	75	43	10	269	229	心轴、轉軸。

表 8 普通碳素鋼鑄件, 正火或退火 (ГОСТ977-58)

牌 号	σ_B (公斤/毫米 ²)	δ_5	应 用 举 例
15Л	40	24	机座 机架
25Л	45	19	同上 强度較大
35Л	50	15	齿轮, 叉
45Л	55	12	重载荷下的齿轮, 起重机行輪
55Л	60	10	各种高度耐磨鑄件。