

高等学校教学用书

机 械 零 件

上 册

范垂本編著



机械工业出版社

高等学校教学用书

机 械 零 件

上 册

范 垂 本 編 著



机械工业出版社

1959

出版者的話

全書共分上、中、下三冊。上冊講述機械零件設計、計算基礎和联接；中冊講述傳動；下冊講述軸及其联接、軸承和彈簧。

本冊中共包括兩篇。第一篇為機械零件設計和計算基礎。對機械設計的基本原則；作用在機械零件上的載荷和應力；強度理論；安全係數以及材料的選擇等均作了扼要的敘述。第二篇為联接。介紹了螺紋联接；鍵、楔和銷釘联接；鉚釘联接；焊接以及過盈联接等的基本知識和計算。

本書可供高等工業學校機械类专业作為機械零件課程的教學用書，同時可供工程技術人員在設計時使用。

NO. 3102

1959年12月第一版 1959年12月第一版第一次印刷

787×1092 1/25 字數188千字 印張9 11/25 0,001—9,050冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第008號 定價(10) 1.15元

序

任何机器或設備都是由許許多多的不同的零件所組成，而在這些零件中，我們可以發現尽管各种机器的用途有很大不同，但它們总有些共同的零件，例如齒輪、軸、軸承、螺栓等等，我們把這些零件叫做通用零件。〔机械零件〕就是來研究通用零件的設計和計算。机械零件的設計包括工作能力的計算、結構設計两个不可分割的部分。〔机械零件〕課程可以起下列作用：（1）掌握通用零件的設計和計算的方法及理論；（2）培养和訓練初步的机械設計能力以及思想方法；（3）为进一步研究和學習其它課程打下基础；（4）生产过程的机械化对提高劳动生产率和改善劳动条件是一个关键，各种專業工程技術人員全都要碰到机械設備問題，机械零件給予他們以必备的机械方面的基本知識。

机械零件的研究方法有一定的概括性，例如齒輪傳動計算对各种机器都是差不多的，只是原始条件和工作条件的不同。机械零件知識的应用有其普遍性，所以它是屬於基础科学。机械零件有很多种，其特性和結構等等極為不同，所以〔机械零件〕就要只討論典型的零件以及典型的概念和方法，这样就可以起举一反三的作用。

〔机械零件〕是建筑在力学、机械原理、金屬材料学、机械制造工艺、互换性原理及技術測量、机械制圖以及实验方法之上的。这些科学領域的發展和成就都促进了机械零件的發展，并充实了它的内容。

机械零件已成为一个独立的科学領域，而其中很多內容也是独立的科学部門。目前在專門的研究机关和高等学校內正在进行着大量的有关机械零件方面的研究工作，并且有很丰富的文献資料。党和政府对机械零件的研究工作是極為重視和关怀的。

机械零件的分类方法很不相同，本書的分类方法如下：

1. 联接 包括螺紋零件、鍵、楔、銷釘、鉚釘、焊、過盈等联接；

2. 傳動 包括齒輪、蝸杆、摩擦輪、皮帶、鏈等傳動；

3. 軸及其联接 包括軸、联轴节、离合器等；

4. 軸承 包括滑动軸承、滚动軸承等。

由于彈簧在机械制造中应用很多，所以本書也加入了这部分內容，而在彈簧中以拉伸和壓縮螺旋彈簧应用最广，因而这部分內容也就着重在这方面。此外，考虑到減速器是一个專門的部件，关于它的主要零件的設計計算在本書中有关各章已經解决，而关于它的整体設計却是一个牽涉范围較广的問題，現在有很多專門的書籍和資料来論述它，所以本書未包括減速器的內容。

〔机械零件〕的叙述方法是以每个零件为独自一部分，即各零件独自成章。在每章中涉及到1) 基本知識：如优缺点、結構、材料、分类、应用范围等等；2) 工作情况的分析：如工作原理、受力分析、失效情况等等；3) 設計和計算。

下面談談关于本書在編著上的一些問題。

首先本書內容多是参考国外文献，这是因为我国在〔机械零件〕方面的研究和总结工作正在开展，正在不断积累，目前可以利用和得到的文献資料还很少。同时由于編著者現場工作經驗較少，收集实际資料工作不够，也影响了这个工作。

其次关于机械零件的标准方面，本書絕大多数是采用苏联标准，这是因为我国的标准工作正在进行，到目前为止頒布的国家标准只有一部分紧固件（联接件）。国内工厂的标准由于其局限性也不适于編在本書中。针对上面的情况，考虑到苏联标准的先进性和全面，并且已为我国广大的工厂、設計部門和学校所熟習和使用，因而本書中絕大部分采用苏联标准，但对目前已頒布的我国国家标准則編入。关于計量單位名称則按規定統一使用的名称（即米制）。

本書共分上中下三册，上册包括机械設計、計算基础和联接；

中册是傳动部分；下册包括軸及其联接、軸承和彈簧。

本書可供高等学校师生在〔机械零件〕課程的教学和學習中使用，也可供工程技術人員使用。

上册內的鉚釘联接、焊接、和过盈联接等章是根据編著者參加京津六院校合編的〔机械零件〕(交流講義)所写的原稿加以改編的。螺紋联接一章是參照北京航空学院郭可謙同志所編的該章講義加以改編的。在本書編写过程中，承曹仁政、張英会和熊載黎等同志对部分內容參加意見。特此对上一列諸同志致以衷心的感謝。

下册中的滑动軸承和联軸器两章是由傅德明同志編写的。

最后，限于編著者的水平和時間倉促，本書难免存在缺点，因此編者誠懇地期望讀者能提出寶貴的批評和意見，以便再版时改正。

范垂本 于北京鋼鐵工业学院机械原理
及机械零件教研組 1959年6月

目 录

序	3
第一篇 机械零件設計和計算基础	9
第一章 机械零件的工作能力和設計基本原則	9
一 机械零件工作能力的主要准則	9
二 机械設計的基本原則	13
第二章 机械設計的順序、設計計算和核驗計算	20
第三章 作用在机械零件上的載荷和应力。强度理論	24
一 載荷和应力的分类	24
二 强度理論	28
第四章 影响机械零件强度的因素	35
一 应力集中的影响	35
二 尺寸的影响	37
三 表面情况的影响	41
四 温度的影响	46
五 加载速度和应力变化頻率的影响	47
附录	48
第五章 安全系数和許用应力	72
一 概述	72
二 設計計算时安全系数和許用应力的选择和計算	73
三 核驗計算时安全系数的計算	76
第六章 机械制造中常用的材料及其选择原則	86
一 机械制造中常用的材料	86
二 材料的选择原則	88
第七章 机械零件設計的工艺性	94
第二篇 联接	102
第一章 螺紋联接	103
一 螺紋	103

	7
二 螺紋联接的主要型式和构造	109
三 螺母、垫圈和防松装置	121
四 单个螺栓的计算	127
五 螺栓组联接的计算	146
六 影响螺紋联接强度的因素和提高强度的措施	153
七 螺紋联接的許用应力	159
八 螺旋	161
第二章 键、楔和銷釘联接	173
一 键的分类	173
二 平键和切向键的计算	179
三 花键联接	183
四 无键联接的介紹	185
五 楔联接	187
六 銷釘联接	189
第三章 鉚釘联接	192
一 鉚釘	192
二 鉚接工艺和它对鉚縫品質的影响	194
三 鉚接縫的分类	196
四 鉚釘联接的工作情况和計算	198
第四章 焊接	204
一 概述	204
二 电弧焊縫的型式	205
三 影响焊縫强度的因素	209
四 焊接結構的材料和焊縫的許用应力	212
五 电弧焊縫的强度計算	214
六 焊件合理設計的注意事項	221
七 焊接例題	224
第五章 过盈联接	228
一 概述	228
二 压合壓联接过盈的計算	230
参考文献	235

第一篇 机械零件設計和計算基础

第一章 机械零件的工作能力和設計基本原則

一 机械零件工作能力的主要准则

机械零件根据其用途和工作条件可有不同的要求，但其中有些要求是为了保证零件正常工作所不可缺少的，我們称它們为工作能力的主要准则。在一般情况下，工作能力的主要准则为强度、足够的寿命、刚度和振动。

1. 强度、这是保证机械零件使用可靠的首要的基本要求。由于机械零件的材料机械性質和作用的载荷及应力性質的不同，在机械設計中所理解的强度可分为脆性断裂和塑性变形两种極限状态。在材料力学中已較詳尽地論及，这里仅作簡要的說明。

(1) 脆性断裂 在靜止应力作用下，脆性材料（如鑄鉄、低溫回火的高强度鋼等）由于受載后变形很小，在断裂前无明显的屈服現象，故在靜应力作用下脆性材料是以断裂为强度極限条件，即以强度極限（ σ_b ）作为極限应力。

在变动应力作用下，無論对脆性材料或塑性材料均發生疲劳断裂。承受变应力的零件在应力循环次数达某一定值时，在零件的表面或内部将产生裂紋，此裂紋的逐渐扩展使零件承受载荷的断面逐渐减小，而終至突然發生脆性断裂，这种由于变动应力作用而产生的断裂常称为疲劳断裂。疲劳断裂的损坏断面如圖 1 所示。圖中所示为一軋軋的断裂面，光滑区域为疲劳裂紋扩展区域，粗糙区域为發生脆性断裂区域。在疲劳断裂前並沒有显著变形，如圖 2 所示为尺寸相同而由同一种鋼制成的两試棒，标号 1 的試棒为疲劳断裂，标号 2 的試棒是在靜应力下拉断。

根据試驗可得到在各种应力循环次数下材料不致疲劳破坏的

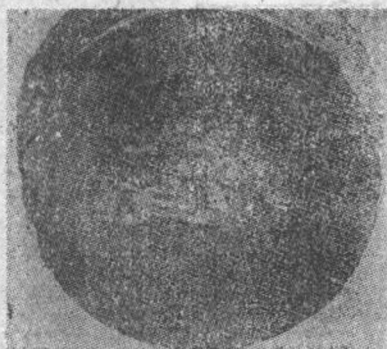


圖 1

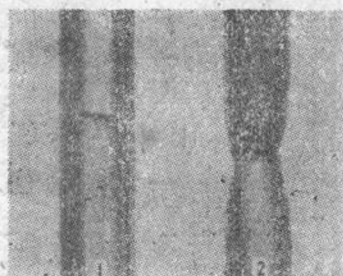


圖 2

最大应力的曲线 (圖3 a), 这种曲线称为疲劳曲线或应力-循环次数 ($\sigma-N$) 曲线。圖3 a 的横坐标为应力循环次数 N , 纵坐标为应力数值 σ 。圖3 b 是横坐标为对数坐标 ($\lg N$) 的疲劳曲线。当应力循环次数足够大时, 材料不致疲劳破坏的最大应力称为耐久限。一般对黑色金属取循环基数 $N_0 = 10^7$ 次时的该应力为耐久限 (σ_{-1})。疲劳曲线的方程式可写为

$$\sigma^m N = \text{常数},$$

式中 m ——对数坐标疲劳曲线左边倾斜角 α 的余切 ($m = \text{ctg} \alpha$), 它决定于材料种类及其机械性质, 和应力状态等。

在变应力下工作的零件, 根据上述是以材料的疲劳强度做为强度条件, 即以耐久限做为极限应力。

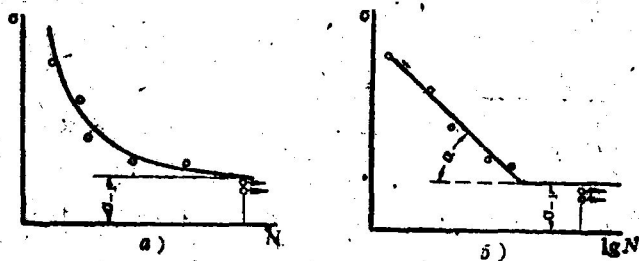


圖 3

在冲击载荷（作用時間很短的载荷）作用下的零件其破坏也呈现沒有显著残余变形的脆性断裂。目前对受冲击载荷的零件的强度計算尚无統一和切合实际的有效方法。現有的計算方法如根据假想的靜载荷計算、根据零件每單位体积所能吸收的冲击动能計算，或根据各种冲击試驗数据确定适合的安全系数等均有条件性且不完善。

（2）**塑性变形** 塑性材料零件在载荷作用下，当其中应力达某一限度时将产生屈服現象，这时的应力数值称为屈服限（ σ_r ）。应力超过屈服限将产生不恢复的塑性变形。零件的塑性变形超过極限容許值时将改变零件的尺寸而破坏了机器中各零件或部件的正常的相互关系，改变了相配零件所要求的性質等等。所以在工作时，零件的塑性变形不应超过容許值。在靜应力下，塑性材料应以屈服限作为極限应力。在零件受变应力时在所承受的应力中含有很大部分的靜应力时，除了考虑疲劳强度外，也还應該計算塑性变形。

有些零件在有塑性变形情况下仍可工作，但这时的应力和变形的計算不能应用限于虎克定律的一般材料力学的方法。

在高温下工作的零件产生一种特殊的变形，就是当应力未达屈服限，此应力虽保持定值，而变形則繼續增長，这种現象称为蠕变。这时以在一定的温度和不变的载荷下，伸長变形的速度为一定的数值（例如，每小时0.000002%或每年0.001%）时的应力作为極限应力，这个应力称为蠕变限。关于蠕变計算，到目前为止还没有滿意而通用的方法。

上面所談的断裂和塑性变形可以产生在零件整体，也可在零件表面产生。表面的强度失效是由于接触应力所引起的，例如齿輪輪齿、滚动軸承等。

零件的强度失效不仅会使零件报废而使机器停車，在某些情况下还会引起不幸事故。所以零件应有足够的强度，但也不能由于追求强度可靠而过于加大零件尺寸，这样将提高成本、浪費材

料。設計者應詳盡地分析所設計的機器和零件的工作條件、影響強度的因素，並掌握材料的機械性質、零件強度的計算理論和實驗方法，同時還應在工藝、結構等方面採取各種提高強度而又節省材料的措施。

2. 足夠的壽命 零件的工作壽命應符合工作要求，壽命過短則零件報廢快，既不經濟，又影響生產，但不切合實際的過高的壽命也會招致機器重量的增加和提高成本。壽命主要決定於疲勞強度和抵抗磨損能力。在某一變應力作用下的零件，所能承受的應力循環次數即為其壽命，所以提高零件的壽命就是設法提高其疲勞強度，例如改進零件的結構形狀、或採取各種表面強化方法等。

有相對運動的零件要發生磨損，磨損超過一定容許值時，因為機器的特性改變而影響工作，所以零件即報廢而需更換。在設計某些零件時，應保證它有足夠的耐磨性，以提高其使用壽命，例如應當選擇耐磨性材料；減小接觸表面間的壓力強度；使用合適的潤滑油及潤滑方法，以及採用各種熱處理措施等。目前對摩擦和磨損的理論以及實驗工作正在大量進行，但能用於實際計算中的還很少。

零件壽命的提高可以大大減少機器的停歇時間和修理費用。在工廠中為了修理機器上的零件常占去很多時間，有時「大修」的時間和費用接近於或超過製造新機器所需的時間和費用。所以提高零件的壽命對國民經濟有很大意義。

如果根據磨損或疲勞計算得到的零件尺寸過大，因而嚴重地增加機器的重量，這時可以考慮將零件尺寸改小些，而準備備用零件，在各次檢修中替換已失效的零件。

3. 剛度 剛度是零件在受載荷時抵抗變形（位移）的能力。零件在工作時，其彈性變形不應超過工作條件所容許的限定值，否則會破壞或影響工作質量，如電動機的軸、裝有齒輪的軸、機床的主軸等。但有的零件又要求有一定的彈性變形能力，如彈簧、

仪器上的彈性件等。剛度由于變形或應力狀態不同而分為彎曲剛度和扭轉剛度。在沿細長的零件縱向加力時產生縱向彎曲變形，設計這種零件時應保證其穩定性。

剛度計算是限定零件的變形或變形角（撓角或扭轉角等）小於許用值或符合所要求的數值。剛度計算方法在材料力學中已述及。

在設計時，有些零件的尺寸是由剛度決定的，例如機床和軋鋼機機架的應力要比極限應力小的很多，但由于剛度要求而增大了尺寸。為了增加剛度採取增加整體尺寸的方法是經濟的，而常採用增添附加的杆、加強筋以及採用剛性大的橫斷面等。

4. 振動 為了提高生產率，或由于工作要求，常要加大機器及其零件的工作速度，這時可能引起振動。由于振動載荷的作用零件可能發生疲勞斷裂。機床主軸的振動會使產品質量不良。振動還是產生噪音的原因。最危險的是當周期性載荷的作用頻率接近零件或振動系統的自振頻率時，這時零件的振幅將逐漸加大，發生共振現象。嚴重的共振作用，將使零件或振動系統中其它零件甚至整部設備遭到毀壞。因此，對於高速機械（承受高頻率周期性載荷）或高速零件（例如高轉數的軸）應進行振動計算，並應考慮加防振或減振裝置。

關於振動的計算，目前是一個專門的領域，本書中將不討論這方面的問題。

二 機械設計的基本原則

不管機器的用途和結構如何不同，各種機器均應滿足使用、經濟、工藝和生產上的基本要求。在社會主義的國家中，每一部機器都是直接或間接地為滿足人民不斷增長的物質和文化需要而服務。我國正處在工農業大躍進的時代，要設計和生產出更多的、近代化的各種機器，所以如何合理設計一部機器是設計者的首要任務。這裡敘述一下合理設計機器的通用的基本原則。這些原則

在设计时均应熟加考虑，当然，每一个原则对于不同的机器或零件具有不同等的意义。

每一部合理设计出来的机器均应在不同程度上满足下列要求：

1. 使用的可靠性 这就是要保证机器或零件的工作能力，在上一节中已谈及强度、刚度、寿命、振动等工作能力的主要准则。这些准则是保证机器正常工作的必备条件，但由于机器或零件的工作条件不同，考虑问题和设计的出发点并不相同，例如对于蜗杆要同时保证强度和刚度，对于高转速的轴要计算振动等。

2. 效率高 尽人皆知我们应该尽量提高机器的效率。机器的功率损失受很多因素影响，在图4为影响功率损失的各因素的示意简图。

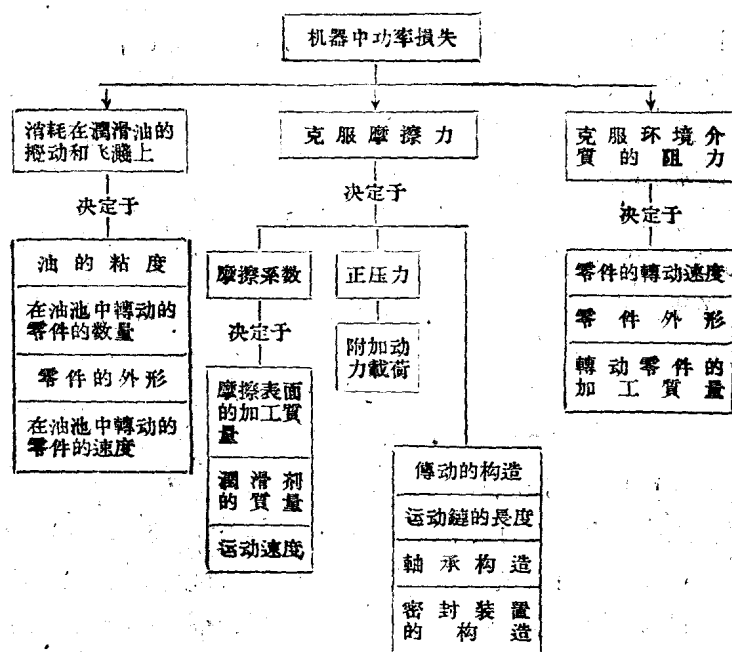


图 4

由圖 4 可見功率損失絕大部分均消耗于摩擦，所以在設計時應設法減小摩擦，例如採用摩擦係數小的材料和合適的潤滑劑；尽可能減少傳動中傳動機構的運動鏈環的數目；避免使用效率低的運動副（如螺旋、蝸杆傳動、行星傳動等）以及尽可能以滾動軸承代替滑動軸承等。

3. 最小的重量 對於機器設備，其重量是技術-經濟指標中很重要的一項。機器重量的減輕一方面可以節約金屬，另一方面還可以使零件加工時容易固定和夾持，再者運輸也方便。機械零件的重量取決於材料的比重、尺寸、載荷的大小和性質許用應力數值以及毛坯的製造方法等等。

為了減輕機器和零件重量可以採取下列各種措施：

- (1) 準確地計算和確定零件的載荷和應力；
- (2) 可靠地降低安全係數或增大許用應力數值，合理地確定計算載荷；
- (3) 採用比重小的輕合金或非金屬材料（如塑料）；
- (4) 合理地選擇零件最經濟的橫斷面形狀，例如在承受彎曲或扭轉應力時，應盡量使斷面係數大而不加大斷面面積；
- (5) 選擇合理而重量最小的結構；
- (6) 採用合理的和先進的毛坯製造方法，例如採用沖壓件、焊接件、沖壓-焊接件，或焊接拼合鑄造件來代替大型鑄件；
- (7) 合理而緊湊地布置機器中的部件和零件；
- (8) 採用各種熱處理方法和表面強化方法。

機器重量的減輕受到使用要求和工藝要求的限制，例如在沖擊下工作的鍛壓機器應當有足夠的重量，以方便於吸收沖擊動能，機車為了使車輪與鐵軌間有足夠的摩擦力不致打滑，也必須有足夠的重量，這些情況下機器中各個零件的重量必將增加到某種必要程度；又如為了考慮流動性，鑄鐵的減速器箱體的壁厚不能小於臨界值，這樣重量的減輕也受到限制。

一般機器的重量指標是以重量係數 a 來表示

$$a = \frac{Q}{N},$$

式中 Q ——机器的重量； N ——机器的额定功率。

上式中的功率 N 有时可换为转矩或机器产生的最小作用力（例如锻压机器）。

重量系数对不同机器是不同的，它要根据对旧有机器的实验分析和考虑到机器重量继续降低的趋势来确定。

4. 合理地选择材料 一部机器的成本除了设计、制造、装配的费用外，材料费占很大比重，材料的成本决定于其重量和种类。设计时应合理地选择材料，以较便宜的材料代替昂贵的材料，例如用变性铸铁代替某些钢制零件，以价值相同但更易于加工的材料代替另一种材料，采用组成结构等。图5所示为一用钢板焊接的并填充以水泥的机座代替铸铁的机座。关于选择材料的原则将在第六章中叙述。

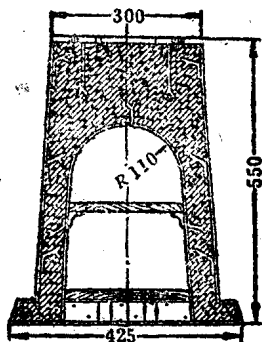


图 5

5. 工艺要求 设计好的零件和机器必须能最经济地制造和装配。工

艺问题好像只是工艺工作者的任务，但实际上设计者却有更大的责任，因为零件的形状、构造和精度等级，以及对工艺和加工质量的要求往往是由使用要求所决定，而是由设计者在图纸上所规定的了。零件工艺性是否合理大大地影响着零件制造的可能性和机器的成本，这方面牵涉的问题非常广，在第七章中将对它概括扼要地论述。

6. 标准化 工业上为了适应大量生产的规模，并且为了便于设计、制造和使用，国家和有关部门规定了一系列的标准，在标准中包括基础性的标准文件、产品标准、通用零件标准、工艺和工艺装置标准、以及用于管理的标准等。对于机械设计最重要的是零件和部件的标准、尺寸数据和参数的标准、公差配合标准、