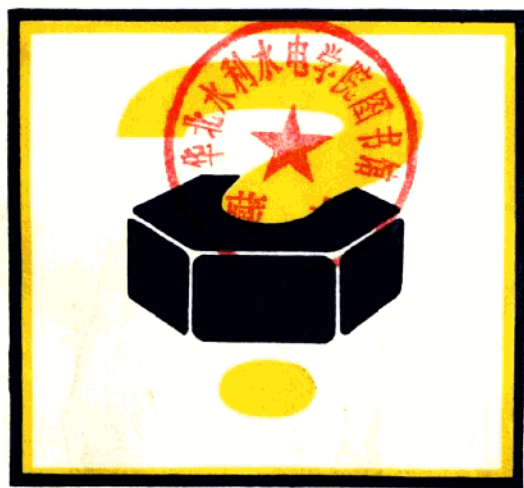


机械零件习题 解

王玉崑 等编著



中国水利水电出版社

机械零件习题解

王玉崑 等编著

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是为了帮助高等院校机械类、近机类专业学生更好地学习《机械零件》课程而编写的。全书共十四章,包括机械设计概要;机械零件强度;摩擦、磨损及润滑概述;螺纹联接与螺旋传动;键、花键、销联接;带传动;链传动;齿轮传动;蜗杆传动;滑动轴承;滚动轴承;联轴器和离合器;轴;弹簧。每章分为总结、例题、习题与解答三部分,分别对学生在学习时应注意的事项、应掌握的重点及如何解答习题作了细致的讲述。

本书可作为高等工科院校机械类、近机类本、专科的教学辅导教材,也可供函授、电视大学、夜大、职工大学及从事机械设计的技术人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械零件习题解/王玉崑等编著.—北京:中国水利水电出版社,1995.11

ISBN 7-80124-097-9

I.机… II.王… III.机械元件-解题-高等学校-教学参考资料 VI.TH13

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第20595号

书 名	机械零件习题解
作 者	王 玉 崑 等 编 著
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)
排 版	北京市密云红光照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	850×1168毫米 32开本 11.875印张 315千字
版 次	1995年11月第一版 1995年11月北京第一次印刷
印 数	0001—4060册
定 价	11.00 元

前 言

为了加强学生对《机械零件》课程学习的基本概念、基本理论的理解，帮助初学者作好练习作业、掌握设计程序与步骤，提高计算技能，培养分析问题和解决问题的能力，我们编著了此习题解。

本书是根据国家教育委员会1987年审订的《机械设计（机械零件）》课程教学基本要求，以濮良贵编写的《机械设计》为主要教材，在总结了多年教学经验，参考和吸收国内外各种《机械零件》教材、学习指导书、思考题、习题的基础上编写的。全书共分十四章，其章节顺序与《机械设计》（濮良贵主编）一书基本一致。

本习题解每章分为总结、例题、习题与解答三部分。在总结部分，把主要内容、重点、难点、注意事项加以介绍，供学生重点掌握；例题示范，使学生掌握零件的设计程序与步骤；习题分为填空题、判断题、力分析、计算和叙述题，并且分为基本题和综合题两大类型；每题均作出详细解答。

解题过程中的分析均用〔 〕加以标注，所使用的表格、插图、公式的标号，均为《机械设计》教材中的标号；本习题解中的插图标号均按章节顺序号和插图顺序号编排，例如图12-5表示第十二章中的第五图。

本习题解可作为高等工科院校机械类、近机类本、专科的教学辅助教材，也可供函授、电视大学、夜大、职工大学及从事机械设计的技术人员参考和使用。

本习题解由华北水利水电学院王玉崑、曹景华、胡志刚、窦蕴萍、娄滨生编著。其中，王玉崑编写前言，机械零件强度，摩擦、磨损及润滑概述，齿轮传动；曹景华编写螺纹联接与螺旋传

动，键、花键、销联接，轴；胡志刚编写链传动，滚动轴承；窦蕴萍编写带传动，蜗杆传动，弹簧；娄滨生编写机械设计概要，滑动轴承，联轴器和离合器。全书由王玉崑副教授统稿审定。

由于水平有限，漏误和不当之处在所难免，敬希读者不吝指正。

编著者

1995年6月

目 录

前 言

第一章	机械设计概要	1
第二章	机械零件的强度	14
第三章	摩擦、磨损及润滑概述	25
第四章	螺纹联接与螺旋传动	32
第五章	键、花键和销联接	82
第六章	带传动	95
第七章	链传动	128
第八章	齿轮传动	153
第九章	蜗杆传动	221
第十章	滑动轴承	258
第十一章	滚动轴承	280
第十二章	联轴器和离合器	320
第十三章	轴	330
第十四章	弹簧	352
	参考文献	373

第一章 机械设计概要

一、总结

1. 主要内容

- (1) 机器应满足的要求。
- (2) 设计零件时应满足的要求。
- (3) 机械设计程序与方法。
- (4) 机械零件失效形式。
- (5) 机械零件材料的选用。

2. 重点

- (1) 对机器和机械零件的要求。
- (2) 机械零件的设计方法。
- (3) 机械零件材料的合理选用。

3. 注意事项

(1) 从机器的总体要求出发，确定对机械零件的要求。它们之间的关系很复杂，并且相互影响。

(2) 本章介绍的机械零件失效形式，是从其所能完成的功能的观点定义的，并不涉及经济分析问题。事实上随着科学技术的进步，有时有些机械零、部件，甚至整台机器虽然没有出现教材中列举的任何一种失效形式，但由于它们已不能适应技术发展的需要，而必须予以淘汰或报废。这也是一种广义的失效形式。

(3) 设计机械零件时，要明确强度既与零件的断裂有关，也与零件不允许残余变形有关。刚度所涉及的是零件的弹性变形，不能把它和残余变形相混淆。对于寿命，要注意制约寿命的主要因素是疲劳、腐蚀和磨损，对于高温工作下的机器及其零件，或者工程塑料零件，蠕变变形也是一个影响寿命的因素。

关于结构的工艺性，若正确地掌握结构工艺性的要求，必须

熟悉从毛坯生产到成品，乃至使用的全过程的有关工艺知识。

关于机械零件的可靠性，可以从不同的失效模型研究，得到不同的可靠度规律。本章所述的指数规律，不是具体考虑零件失效的原因，而是从失效的表现来研究零件的可靠性时所应用的规律。注意不要把按着强度—应力模型计算所得的零件可靠度与此相混。

$k = e^{-\int_0^t \lambda dt}$ ，这是个概括性很强的公式，随着失效率 λ 的不同，可以得到多种不同的可靠度变化规律。

(4) 关于机械零件的设计方法，要明确现代设计方法是在新的设计思想和有了现代的设计技术物质手段的前提下，由常规设计方法发展而来的，在必要时弥补常规设计方法的不足，但它并不等于能完全取代常规的设计方法。

经验设计方法也是行之有效的设计方法。它是在设计理论不成熟时，用来解决各种问题的一种较可靠的设计方法。

模型实验设计是在理论设计知识还不完备，已有的经验又不足以解决设计问题时，人们获得新经验和发展新理论的一种设计方法。

二、例题

【例 1-1】 如图 1-1 所示，杆 1 和杆 2 以销钉 3 相联接，拉力 $F = 20\text{kN}$ 。杆材料为 A₃，销钉用 A₅ 制造。杆的许用应力：拉伸 $[\sigma] = 80\text{MPa}$ ，挤压 $[\sigma]_p = 120\text{MPa}$ ，剪切 $[\tau] = 50\text{MPa}$ ；销钉的许用应力：弯曲 $[\sigma]'_b = 100\text{MPa}$ ，剪切 $[\tau]' = 60\text{MPa}$ 。要求

- (1) 列出各个零件可能的失效形式。
- (2) 列出各个零件的强度计算公式。
- (3) 以等强度设计原则确定结构的各部分尺寸。

解：(1) 杆 1、杆 2 和销钉的可能失效形式，如图 1-2 所示。

(2) 各零件的强度计算公式如下。

销钉：受剪切作用⑧， $F = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 [\tau]'$ (1)

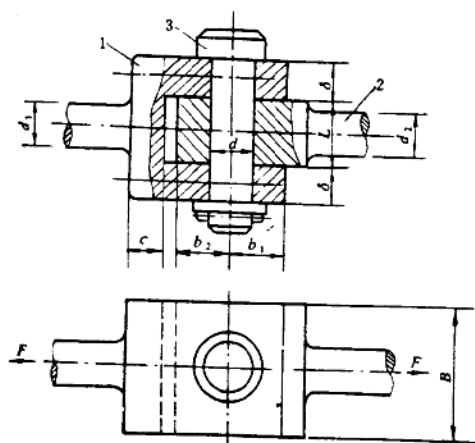


图 1-1 例 1-1图

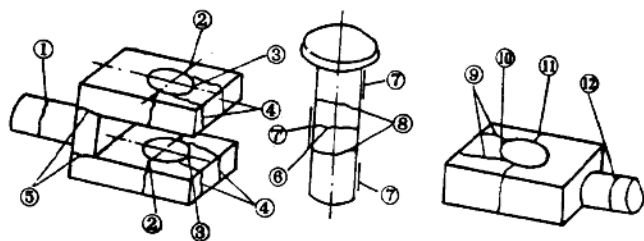


图 1-2 杆和销钉可能失效形式

受弯曲⑥, $\frac{F}{2} \left(\frac{\delta}{2} + \frac{L}{2} \right) - \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{4} < 0.1d^3[\sigma]_b$, 即

$$\frac{F}{4} \left(\frac{L}{2} + \delta \right) = 0.1d^3[\sigma]_b \quad (2)$$

杆 1: 孔受挤压③, $F = 2\delta d[\sigma]_p$ (3)

$$\text{受拉伸①,} \quad F = \frac{\pi}{4} d_1^2 [\sigma] \quad (4)$$

$$\text{受拉伸②,} \quad F = 2\delta(B-d)[\sigma] \quad (5)$$

$$\text{板边剪切④,} \quad F = 2\left(b_1 - \frac{d}{2}\right) 2\delta[\tau] \quad (6)$$

$$\text{左端板边剪切⑤,} \quad F = 2BC[\tau] \quad (7)$$

$$\text{杆 2: 孔受挤压⑩,} \quad F = Ld[\sigma]_p \quad (8)$$

$$\text{受拉伸⑪,} \quad F = L(B-d)[\sigma] \quad (9)$$

$$\text{受拉伸⑫,} \quad F = \frac{\pi}{4} d_2^2 [\sigma] \quad (10')$$

$$\text{板边剪切⑨,} \quad F = 2\left(b_2 - \frac{d}{2}\right) L[\tau] \quad (11)$$

这里略去了销钉受挤压⑦、⑦'，因销钉材料 A_3 的抗挤压能力大于杆材料 A_3 ，若杆孔受③、⑩满足强度条件，则销钉挤压强度也必定能满足。

(3) 确定结构的各部分尺寸。由上述强度条件列出的 11 个方程式中，要求解的零件尺寸未知数是 9 个，考虑到销钉的抗剪切能力要大于抗弯能力，故销钉直径 d 可按弯曲强度设计，而用剪切强度校核。这样方程 $F = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 [\tau]'$ 只作为校核计算使用；另外，根据对称性要除去一个同解方程（方程（5）与方程（9）同解），于是余下的方程有确定的解，即可求得结构的各部分尺寸。

在确定结构尺寸时，应首先选择受力情况比较简单的零件，以便先得到基本的尺寸，计算当中要注意零件尺寸的圆整，有的时候还有选用标准的问题。对于本题，由于杆 1 和杆 2 用同种材料制成，根据等强度条件，必有部分结构尺寸相等。考虑到这一点，对于计算程序和计算结果分析都是很有益处的。

方程的具体解法如下：

首先由方程（2）、（3）和（8）联立，即

$$\begin{cases} \frac{F}{4} \left(\frac{L}{2} + \delta \right) = 0.1 d^3 [\sigma]_b \\ F = 2 \delta d [\sigma]_p \\ F = L d [\sigma]_p \end{cases}$$

求得 $d = 18 \text{ mm}$, $l = 10 \text{ mm}$, $\delta = 5 \text{ mm}$ 。

方程 (4) 与 (10) 联立, 即

$$\begin{cases} F = \frac{\pi}{4} d_1^2 [\sigma] \\ F = \frac{\pi}{4} d_2^2 [\sigma] \end{cases}$$

求得 $d_1 = 18 \text{ mm}$, $d_2 = 18 \text{ mm}$ 。

方程 (5) 或 (9) 可求 B 。由方程 (9) $F = (B - d) [\sigma]$
求得 $B = 44 \text{ mm}$ 。

由方程 (7) $F = 2BC [\tau]$

求得 $C = 5 \text{ mm}$ 。

由方程 (6) $F = 2 \left(b_1 - \frac{d}{2} \right) 2\delta [\tau]$

求得 $b_1 = 29 \text{ mm}$ 。

由方程 (11) $F = 2 \left(b_2 - \frac{d}{2} \right) l [\tau]$

求得尺寸 $b_2 = 29 \text{ mm}$ 。

三、习题

1. 填空题

1-1 原动机部分是驱动整部机器的_____；执行部分用来完成机器的_____。

答案：动力源；预定功能。

1-2 机器的传动部分,是为了解决_____、_____及_____的转变。

答案：运动形式；运动；动力参数。

1-3 零件受外载荷作用时,由于某一危险剖面上的_____

超过零件的_____而发生断裂，或者零件在受变应力作用时，危险断面上发生的_____，均属机器零件的断裂失效。

答案：应力；强度极限；疲劳断裂。

1-4 作用于零件上的应力超过了材料的_____，则零件将产生残余变形。

答案：屈服极限。

1-5 机械零件的强度准则是指零件中的_____不得超过允许的限度。零件的刚度准则是指零件在载荷作用下产生的_____小于或等于机器工作性能所允许的极限值。

答案：应力；弹性变形量。

1-6 零件的振动稳定性，就是设计时要使机器中受激作用的各零件的_____与_____错开。

答案：固有频率；激振源的频率。

1-7 材料剖面_____越高的材料，塑性也就越高。

答案：收缩率。

1-8 对于同类材料，其_____越高，则其断裂韧性就越低。

答案：屈服极限。

1-9 在变应力条件下工作的机械零件，_____破坏是引起零件失效的主要原因。

答案：疲劳。

2. 判断题

1-10 设计一台机器包括以下几项工作：(1)零件设计；(2)总体设计；(3)技术设计。设计机器时，它们大体上按下列哪个顺序进行？

A. (1)→(2)→(3)； B. (2)→(1)→(3)；

C. (2)→(3)→(1)； D. (3)→(2)→(1)。

答案：(2)→(3)→(1)。

1-11 相互压紧的两零件，沿接触面作相对滑动，为了减轻接触面的磨损，延长寿命，采用下列哪种措施则不能取得有

效效果？

(1) 限制接触面上的比压；(2) 减小接触面的表面粗糙度；(3) 选用耐磨性高的材料；(4) 采用提高抗磨能力的热处理方法；(5) 采用表面滚压、喷丸等处理；(6) 改善润滑条件，加强润滑。

答案：采用表面滚压、喷丸等处理。

1-12 设计高速轴时，应特别注意考虑下列哪个特性？

(1) 耐磨性；(2) 疲劳强度；(3) 振动稳定性；(4) 散热性。

答案：振动稳定性。

1-13 有一机器部件，由三个零件串联组成，若它们的可靠度分别为 $R_1 = 0.99$ 、 $R_2 = 0.97$ 、 $R_3 = 0.92$ 、 $R_4 = 0.88$ ，则此部件的可靠度为多少？

答案： $R_4 = 0.88$ 。

[提示：一部由零件串联组成的机器或部件的可靠度，为组成该机器或部件的各个机械零件的可靠度的乘积，即 $R = R_1 R_2 R_3 \dots R_n$]

1-14 下列通过设计计算获得的几何尺寸中，哪些参数应当进行圆整？

(1) 直定圆柱齿轮的分度圆直径；(2) 链轮节圆直径；(3) 带传动实际中心距；(4) 蜗轮齿宽；(5) 斜齿轮的端面模数。

答案：蜗轮齿宽。

1-15 划分材料是塑性或脆性的标准，主要取决于下列哪个因素？

(1) 材料的强度极限 σ_B 的大小；(2) 材料在变形中有无屈服现象；(3) 材料硬度大小；(4) 材料的疲劳极限 σ_r 的大小。

答案：材料在变形中有无屈服现象。

3. 叙述题

1-16 设计机器时应满足哪些基本要求？

答：(1) 使用功能要求：机器应具有一定的使用功能。

(2) 经济性要求: 设计制造的经济性指机器的成本低, 使用经济性指机器具有高生产率、高效率, 能源、原材料和辅助材料的低消耗, 低的管理和维修费用等。

(3) 劳动保护要求: 使操作者方便、安全。改善操作者和机器的工作环境。

(4) 可靠性要求: 在规定的使用时间内和预定的环境条件下, 机器能正常工作的概率高低。

(5) 其他专用要求。

1-17 机械零件有哪些主要的失效形式?

答: 机械零件的主要失效形式有: (1) 整体断裂; (2) 过大残余变形; (3) 零件表面破坏; (4) 破坏正常工作条件引起的失效。

1-18 设计机械零件时应满足哪些基本要求?

答: (1) 避免在预定寿命期内失效的要求: 即对零件的强度、刚度和寿命的要求。

(2) 结构工艺性要求: 零件具有良好的结构工艺性。

(3) 经济性要求: 设计出耗资最少的零件。

(4) 质量小的要求: 力求减少其质量。

(5) 可靠性要求: 要在规定的使用寿命内和预定的环境条件下, 零件能够正常地完成其功能。

1-19 机械零件的计算准则与失效形式有什么关系? 常用的计算准则有哪些? 它们是针对什么失效形式而建立起来的?

答: 机械零件的计算准则是从设计理论出发, 为防止零件失效而采取的措施。它是为防止各种可能的失效而制定的该零件的工作能力所依据的基本准则。机械零件的设计公式都是由相应的计算准则导出的。

常用的计算准则有: 强度准则, 刚度准则, 寿命准则, 振动稳定性准则和可靠性准则。

强度准则是针对零件的应力不得超过允许的极限而建立的。刚度准则是针对零件在载荷作用下产生的弹性变形量小于或等于

机器工作性能所允许的极限值而建立的。寿命准则是针对影响寿命的主要因素——腐蚀、磨损和疲劳——而提出来的。振动稳定性准则是针对机器中存在许多周期性变化的振源，当某一零件的固有频率与上述激振源的频率重合或成倍数关系时，这些零件就会发生共振，使零件破坏或机器工作条件失常而提出的。可靠性准则是针对一批某种零件，在一定条件下的失效率而建立的。

1-20 什么叫机械零件的可靠度？它和零件的可靠性有何关系？机械零件的可靠度与它的失效率有什么关系？

答：机械零件的可靠度，指一大批件数为 N_0 的零件，在一定的工作条件下， t 时间以后，仍有 N 件正常工作，则此零件在工作环境条件下工作 t 时间的可靠度为 $R = \frac{N}{N_0}$ 。机械零件的可靠度

和失效率的关系为：由公式 $R = e^{-\int_0^t \lambda dt}$ 可以看出来，随着时间的延长，零件的可靠度 R 总是降低的，可靠度 R 总是时间的函数；而失效率既可以是时间的函数，也可以为某一常数。

1-21 机械零件常用的设计方法有哪些？各在什么条件下采用？

答：机械零件常用的设计方法有：理论设计、经验设计和模型实验室设计。

理论设计用于设计计算和校核计算。经验设计用于那些使用要求变动不大而结构形状已典型化的零件的设计。模型实验室设计用于那些尺寸巨大而结构又很复杂的重要零件的设计，尤其是一些重型整体机械零件，为提高设计的可靠性而采取的设计方法。它是在理论设计知识还不完备，原有经验又不足以解决实际设计问题时，人们获取新经验和发展新理论的一种设计方法。

1-22 设计计算与校核计算有什么区别？各在什么条件下采用？

答：设计计算用于能通过简单的力学模型进行设计的零件；校核计算则多用于结构复杂、应力分布较复杂，但又不能用现代的应力分析方法或变形分析方法进行计算的场合。

1-23 什么是机械零件设计中的标准化？标准化有什么优越性？

答：机械零件的标准化，就是通过对零件的尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计方法、制图要求等，制定出各式各样的大家共同遵守的标准。

标准化有如下的优越性。

(1) 能以最先进的方法在专门工厂中对那些用途最广的零件进行大量的、集中的制造，以提高质量降低成本。

(2) 统一了材料和零件的性能指标，使其能够进行比较，并提高了零件性能的可靠性。

(3) 采用标准结构和零部件，可以简化设计工作，缩短设计周期，提高设计质量。也简化了机器的维修工作。机械制图的标准化保证了工程语言的统一。

1-24 什么是机械产品的系列化？

答：机械产品的系列化，是对同一产品，为了符合不同的使用条件，在同一基本结构或基本尺寸的条件下，规定出若干个辅助尺寸不同的产品，称为不同的系列，就是系列化。系列化大小的规定，一般以优先数系为基础。

1-25 指出图1-3所示的零件结构的工艺不合理之处，并提出改进意见。

答：(1) 图1-3(a)中带轮轮毂螺纹孔无法加工。改进意见，应在轮缘上打出工艺孔。

(2) 图1-3(b)中零件加工平面的刚度不足而影响精度。应改进设计，增设加强筋。

(3) 图1-3(c)中的轴肩过高，使轴承拆卸困难。应使轴承高度低于轴承内圈厚度尺寸。

(4) 图1-4(d)中过多的定位使螺母装配困难。应去掉不必要的结合表面，在 D_1 处留有间隙。

1-26 如何将机械零件的受力和变形简化，并得到可用于计算的力学模型？

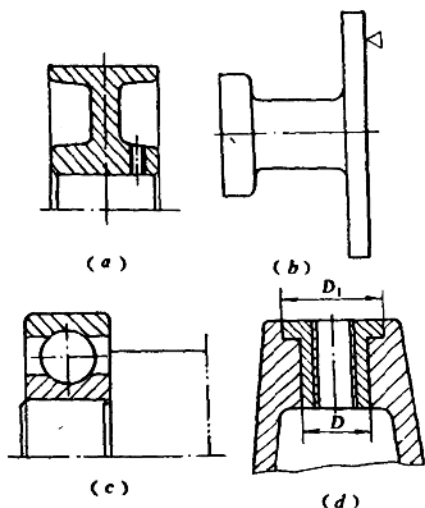


图 1-3

答：机械零件计算中常常对某些复杂的受力和变形现象作适当而又合理的简化，使计算能顺利进行，如以集中力代替某些实际上的分布力，以点支承代替某些面支承等。这样的简化在工程计算中是允许的，由于其结果有一定的近似性和条件性，故通常也将这些计算称为条件性计算。下面举例加以说明。

图 1-4(a)中，滑轮轴受力简化，以集中力 F 、 R 代替实际上的分布力。

图 1-4(b)中，将滑动轴承支点简化。

图 1-4(c)中，将滚动轴承支点简化。

1-27 对于图 1-5 所示轴 1 与轮毂 2 的联接，试从联接部分的形状、联接件所处的位置、联接尺寸的大小和联接件的数量等四个方面分析可采用哪些联接方式，从中总结出机械零件设计的一些特点。

答：可能采用的联接方式如图 1-6 所示。