

机械零件计算

余俊、刘志善、欧陽怡合編



机械工业出版社

机械零件计算

余俊、刘志善、欧阳怡合编

机械工业出版社

1958

出版者的話

本書較全面地匯集了普通机械零件的必要設計資料,并列举了一些典型的計算实例,可供各大專学校中研究机械零件的教師及学生参考。工厂中的設計人員在設計一般零件时,也可参考。

NO. 1688

1958年7月第一版 1958年7月第一版第一次印刷
850×1168^{1/32} 字數380千字 印張44^{3/16} 0,001—7,500册
机械工業出版社(北京东交民巷27号)出版
机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第008号 定价(10)2.70元

目次

序言	3	第十一章 三角皮帶傳動	228
第一章 許用應力和材料	5	46 概述	228
1 概述	5	47 設計資料	230
2 安全因數的選擇	6	48 三角皮帶的皮帶輪	234
3 材料的性能	13	49 設計步驟	235
第一篇 联接零件		50 耐久性的計算	238
第二章 楔联接	18	51 計算實例	241
4 概述	18	第十二章 齒輪傳動	245
5 材料及許用應力	23	52 設計資料	247
6 設計步驟	23	53 設計公式	255
7 計算實例	26	54 設計步驟	259
第三章 鏈联接	36	55 載荷係數 K 的決定	262
8 概述	36	56 齒輪材料及許用應力	266
9 計算公式	37	57 變動載荷時齒輪的設計	279
10 材料和許用應力	41	58 修正齒輪的設計	282
11 計算實例	41	59 齒輪結構的設計	283
第四章 多槽联接	46	60 計算實例	286
12 概述	46	第十三章 蝸輪傳動	302
13 計算公式	46	61 設計資料	302
14 材料及許用應力	49	62 計算公式	311
15 計算實例	49	63 發熱計算	324
第五章 螺釘联接与螺旋傳動	52	64 載荷係數 K 的決定	328
16 概述	52	65 材料及許用應力	329
17 螺釘的強度計算	54	66 蝸杆及蝸輪的結構	331
18 螺釘組的計算	61	67 計算實例	335
19 溫度对螺釘联接的影响	65	第十四章 鏈傳動	360
20 傳動螺旋的計算	66	68 分類及規格	360
21 計算實例	74	69 傳動參數的選擇	360
第六章 鉚釘联接	88	70 鏈節單位面積上的壓力及 運轉係數	373
22 概述	88	71 計算步驟	375
23 強固鉚接縫的設計	89	72 高速鏈傳動的計算	378
24 強密鉚接縫的設計	96	73 鏈輪的材料	379
25 緊密鉚接縫的設計	102	74 計算實例	380
26 計算實例	105	第三篇 軸系零件	
第七章 焊接	128	第十五章 心軸及軸	386
27 概述	128	75 心軸	386
28 各種類型焊縫的計算	130	76 軸	386
29 影响焊縫強度的因素及焊 縫的許用應力	138	77 設計資料	392
30 計算實例	141	78 傳動軸	397
第八章 緊配合联接	154	79 計算實例	398
31 概述	154	第十六章 軸頸及滑動軸承	408
32 設計步驟	154	80 概述	408
33 計算時必須的數據和表格	159	81 軸頸的計算	414
34 計算實例	163	82 按液體摩擦原理計算滑動 軸承——選擇適當的徑向 間隙	416
第二篇 傳動零件		83 止推軸頸的計算	423
第九章 摩擦傳動	174	84 塑料滑動軸承的計算	425
35 摩擦傳動的基本類型及其 應用範圍	174	85 計算實例	430
36 設計原理及其步驟	177	第十七章 滾動軸承	442
37 滾輪材料及設計資料	189	86 滾動軸承的分類及其特性	442
38 計算實例	192	87 各類軸承的選擇方法	446
第十章 平皮帶傳動	199	88 計算實例	452
39 皮帶的種類及特性	199	第十八章 联轴器	459
40 皮帶輪結構及材料	202	89 套筒联轴器節	459
41 設計資料	205	90 凸緣联轴器節	459
42 設計原理	209	91 隔離彈性联轴器節	461
43 設計步驟	214	92 爪牙离合器	462
44 有張緊輪的皮帶傳動	216	摩擦离合器	465
45 計算實例	228	計算實例	467

机械零件计算

余俊、刘志善、欧阳怡合编

机械工业出版社

1958

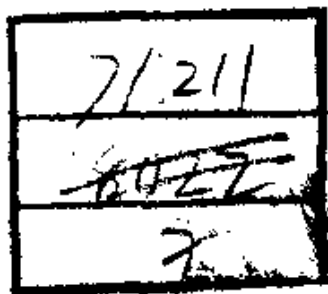
出版者的話

本書較全面地匯集了普通機械零件的必要設計資料，并列举了一些典型的計算实例，可供各大專学校中研究機械零件的教師及学生参考。工厂中的設計人員在設計一般零件时，也可参考。

NO. 1688

1958年7月第一版 1958年7月第一版第一次印刷
850×1168^{1/32} 字數380千字 印張44^{3/16} 0,001—7,500册
機械工業出版社(北京系交民巷27号)出版
機械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第008号 定价(10)2.70元



序 言

本書在設計原理方面敘述得較簡略，主要着重在對各種零件計算的分析，故適宜於已經掌握了一些機械零件設計的基本原理的讀者參考，亦可作為學習機械零件課程及設計機械零件時的輔助性的資料。如果讀者通過這本書能進一步理解零件的基本設計原理，並能運用這些原理去解決實際問題，這就是我們的希望。

本書每章有以下兩方面的內容：1)是設計時不可缺少的資料，包括各種零件的分類、優缺點、應用範圍以及設計原理、方法、公式和具體步驟，還有設計時必需參考的許用應力、材料、重要的結構尺寸、數據及圖表，使得讀者能夠較全面地考慮設計問題。以上這些內容大部分是搜集於蘇聯關於機械零件的參考書或文獻之中，還有一部分是見於哈爾濱工業大學機械零件專家斯切普金（Г. В. Щепкин）之講稿，然後通過我們自己的理解，加入一些膚淺的體會和意見整理而成的；2)是計算實例，我們收集了一些較典型的計算例題，其性質有的是能全面系統地介紹零件設計的示范例題，有的是有目的地解決某一個實際的計算問題的例題，有的是在機械零件課程設計中常遇見的例題。有些章的第一個例題就是示范題。

我們迫切希望得到各方面的批評和意見，作為我們今後修改的依據。如有指正，請寄武昌華中工學院機械零件教研室余俊收。

編著之初，曾得到楊仲樞教授的指導及佟丕濟先生的幫助，謹此致謝。

編者 余 俊 劉志善 歐陽怡

1957年4月



目 次

序言.....	3	第十一章 三角皮帶傳動.....	228
第一章 許用應力和材料.....	5	46 概述.....	228
1 概述.....	5	47 設計資料.....	230
2 安全因數的選擇.....	6	48 三角皮帶的皮帶輪.....	234
3 材料的性能.....	13	49 設計步驟.....	235
第一篇 联接零件		50 耐久性的計算.....	238
第二章 楔联接.....	18	51 計算實例.....	241
4 概述.....	18	第十二章 齒輪傳動.....	245
5 材料及許用應力.....	23	52 設計資料.....	247
6 設計步驟.....	23	53 設計公式.....	255
7 計算實例.....	26	54 設計步驟.....	259
第三章 鏈联接.....	36	55 載荷係數 K 的決定.....	262
8 概述.....	36	56 齒輪材料及許用應力.....	266
9 計算公式.....	37	57 變動載荷時齒輪的設計.....	279
10 材料和許用應力.....	41	58 修正齒輪的設計.....	282
11 計算實例.....	41	59 齒輪結構的設計.....	283
第四章 多槽联接.....	46	60 計算實例.....	286
12 概述.....	46	第十三章 蝸輪傳動.....	302
13 計算公式.....	46	61 設計資料.....	302
14 材料及許用應力.....	49	62 計算公式.....	311
15 計算實例.....	49	63 發熱計算.....	324
第五章 螺釘联接与螺旋傳動.....	52	64 載荷係數 K 的決定.....	328
16 概述.....	52	65 材料及許用應力.....	329
17 螺釘的強度計算.....	54	66 蝸杆及蝸輪的結構.....	331
18 螺釘組的計算.....	61	67 計算實例.....	335
19 溫度对螺釘联接的影响.....	65	第十四章 鏈傳動.....	360
20 傳動螺旋的計算.....	66	68 分類及規格.....	360
21 計算實例.....	74	69 傳動參數的選擇.....	360
第六章 鉚釘联接.....	88	70 鏈節單位面積上的壓力及 運轉係數.....	373
22 概述.....	88	71 計算步驟.....	375
23 強固鉚接縫的設計.....	89	72 高速鏈傳動的計算.....	378
24 強密鉚接縫的設計.....	96	73 鏈輪的材料.....	379
25 緊密鉚接縫的設計.....	102	74 計算實例.....	380
26 計算實例.....	105	第三篇 軸系零件	
第七章 焊接.....	128	第十五章 心軸及軸.....	386
27 概述.....	128	75 心軸.....	386
28 各種類型焊縫的計算.....	130	76 軸.....	386
29 影响焊縫強度的因素及焊 縫的許用應力.....	138	77 設計資料.....	392
30 計算實例.....	141	78 傳動軸.....	397
第八章 緊配合联接.....	154	79 計算實例.....	398
31 概述.....	154	第十六章 軸頸及滑動軸承.....	408
32 設計步驟.....	154	80 概述.....	408
33 計算時必須的數據和表格.....	159	81 軸頸的計算.....	414
34 計算實例.....	163	82 按液體摩擦原理計算滑動 軸承——選擇適當的徑向 間隙.....	416
第二篇 傳動零件		83 止推軸頸的計算.....	423
第九章 摩擦傳動.....	174	84 塑料滑動軸承的計算.....	425
35 摩擦傳動的基本類型及其 應用範圍.....	174	85 計算實例.....	430
36 設計原理及其步驟.....	177	第十七章 滾動軸承.....	442
37 滾輪材料及設計資料.....	189	86 滾動軸承的分類及其特性.....	442
38 計算實例.....	192	87 各類軸承的選擇方法.....	446
第十章 平皮帶傳動.....	199	88 計算實例.....	452
39 皮帶的種類及特性.....	199	第十八章 联轴器.....	459
40 皮帶輪結構及材料.....	202	89 套筒联轴器.....	459
41 設計資料.....	205	90 凸緣联轴器.....	459
42 設計原理.....	209	91 隔離彈性联轴器.....	461
43 設計步驟.....	214	92 爪牙离合器.....	462
44 有張緊輪的皮帶傳動.....	216	摩擦离合器.....	465
45 計算實例.....	228	計算實例.....	467

第一章 許用应力和材料

1 概述

設計机械零件或部件时，一定要解决兩個問題：第一。分析作用在所設計零件上的力和力矩，并且要找出各种可能的受力情况或力的合成，因为这些往往可能对零件有不利的影響；第二。分析危險斷面上的应力，并确定安全因數或許用应力。

第二个任务就是要确定零件的尺寸及形狀，使其破坏可能性極为微小。

所謂破坏(由工程的观点来看)是指在机构中出現了能够导致破坏零件正常工作的殘余变形、磨損、不能正常运轉或工作、过度發热、或者是机件的斷裂等情况。

因之，設計者一定要根据各种不同的情况来考虑下列一些能够影响設計的因素：

1. 載荷的性質(不变的、脉动的、反复的或冲击的等等)，其方向大小以及其合成；
2. 材料种类(塑性的、脆性的、鑄造的、鍛造的等等)；
3. 零件工作时的溫度；
4. 零件各部分变形的种类和性質(如处于拉伸、剪切、复杂应力状态等等)；
5. 零件运轉时的情况(如磨損、腐蝕、燒坏等等)；
6. 設計时由于地位的限制，零件不能超过的边界尺寸；
7. 零件的結構形狀，以及形狀与載荷作用方式的关系；
8. 加工、公差配合及殘余变形等对零件的影响；
9. 零件工作时对人身安全的影响；

10. 有国家标准的一些零件要使之合乎国家标准，并尽可能采用工厂中的标准件。

根据这些情况，往往迫使我們不得不放弃由計算得來的尺寸，改变零件的形狀而从結構的观点来考虑設計。

因之，机械零件或部件的設計，不是好像在[材料力学]課程中一样，給一些公式和数字就能够解决設計的問題，而是要在設計中考虑到一系列复杂的影响因素，虽然有些因素在設計时还不能十分肯定。

由此可見，所有实用的計算，多多少少都有些假定性。譬如計算零件时所依据的載荷变化規律，經常假定为理想的情况，这些假定的載荷数值称为[計算載荷]。

很显然，如果要致力于改进設計，一定要更精确地从理論上或实际上去分析应力，并且得到最合乎实际工作情况的安全因数或許用应力，只有这样，才能达到改进設計的目的。

正确地选用許用应力或安全因数，可以完全可靠地得到所需要的强度、剛度、耐磨性、耐久性和其他一些需要得到保証的性能。

最好的选择許用应力或安全因数的方法，是根据各种零件的不同的工作原理及不同的工作条件，由实验中或是由工厂的实践中得到它所特别具有的数值。在本書的一些零件的計算中，尽可能根据已有的資料，給出这些数值。

其次，还可以通过比較常用的部分因子法决定安全因数。这方法可应用于沒有許用应力规范的一些零件計算中，或者是設計机构中次要部分的强度时采用。

2 安全因数的选择

实际上，在設計时，一定要决定必須的安全因数。

零件所必須的安全因数是可选取的。安全因数 n 的大小應該反映出：作用于零件中的力(或应力)的可靠性；材料机械性能的一致

性及可靠性；以及对安全上的一些特殊要求。我們用 n 来表示这些因素中的每一个因子，因为这些因子都有一定存在的可能性。

將这些不同的因子 n_i 連乘起来可作为总的安安全因数。由于缺乏有关不同性質的因子 n_i 的数值，我們不可能把所有不同的、而且又可能存在的 n_i 連乘起来，只能用这些数值的簡單乘积，即

$$n = n_1 n_2 n_3,$$

式中 n_1 ——确定作用力与应力时的可靠性系数，通常取1~1.5；这个系数是考虑到由于零件变形的情况，使計算的应力和实际的应力不一致而引起的誤差（由于装配、热变形、工作时所产生的应力等）。在工作状况变化極其激烈或者处于有冲击載荷时，必須单独确定这些載荷，并列入計算中去。

这个系数也考虑到由于理論上分析应力时不能精確計算出来的实际上在零件中的应力而發生的誤差。

在某些情况下，要求結構有特殊刚度时， n_1 可取用到3~4。

n_2 ——考虑材料的性能及零件的制造情况系数。对于靜載荷与变載荷具有完全不同的数值。

靜載荷下，对鋼的屈服限取 $n_2 = 1.3 \sim 1.5$ ；对鑄鋼的强度極限取 $n_2 = 2$ ；对鑄鉄的强度極限取 $n_2 = 1.5 \sim 2$ 。

动載荷下，可參看下面的計算方法（本节第（2）及第（3）点）。

n_3 ——特殊的安全系数，如要求零件堅固可靠，使工作不受損失，保証人身安全等等。取 $n_3 = 1 \sim 1.5$ 。

用这些系数所确定的总的安安全系数的極限值是1.2~6。如果在零件的質量高，材料經過詳細的檢查，加工精確，机器管理良好的情况下，总安安全因数可取低值；反之，若零件是在用未經过檢查的材料制成，或对材料的性能掌握不够，載荷情况不能全面知道，計算上不够精確等情况下，总安安全因数用高值。

在計算同一零件时，設計过程中發現尺寸不合用，不能反过来降

低安全因数；或者在經過更詳盡的考慮后，如有可能，才能根據情況降低。

零件中可能有應力集中的地方，其數值甚致達到平均應力的10倍；由於熱加工而留下的殘余應力，對合金鋼而言可達到30~40倍。

機械加工不同、絕對尺寸的大小、表面鍍蓋的方法與式樣不同、預先硬化、零件工作時周圍介質的條件等，都對零件強度的改變起決定性的作用。

如果沒有估計到這些影響的因素，或者沒有在設計時規定一些特殊的技術要求來達到一定的質量，那麼應該把安全因數提高到 $n = 10 \sim 15$ 。

為了更精細地計算總安全因數，可用下面的公式：

$$n = S_1 S_2 K_1 K_2 M_1 M_2 M_3 T_1 T_2 T_3, \quad (1)$$

這些系數的意義及數值見表1。

(1) 靜載荷的情況下，許用應力為：

$$\text{對塑性材料} \quad [\sigma_{+1}] = \frac{\sigma_s}{(n_{+1})_\sigma}; \quad (2)$$

$$[\tau_{+1}] = \frac{\tau_s}{(n_{+1})_\tau}; \quad (3)$$

$$\text{式中} \quad n_{+1} = S_1 S_2 K_1 K_2 M_1 M_2 T_{20} \quad (4)$$

如果極限應力種類和變形的種類相同時（譬如都是扭轉）可不考慮 M_1 ；應力集中系數僅在脆性的材料（如 $\sigma_s > 130$ 公斤/公厘² 的鋼）的計算中考慮；對鑄鐵不考慮應力集中系數。

安全因數 n_{+1} 對塑性材料的限度為 $n_{+1} = 1.5 \sim 2.5$ 。

安全因數 n_{+1} 對鑄鐵為 $3.0 \sim 9.0$ 。

(2) 反復載荷的情況下，許用應力為：

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\sigma_{-1}}{n_{-1}}, \quad (5)$$

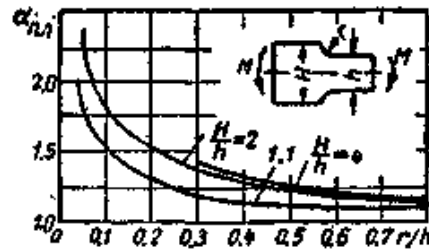
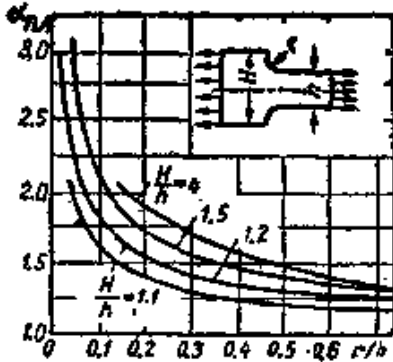
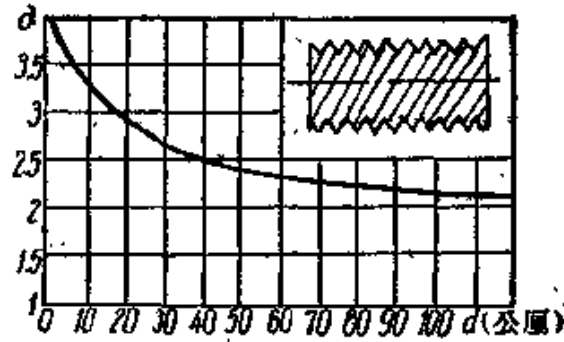
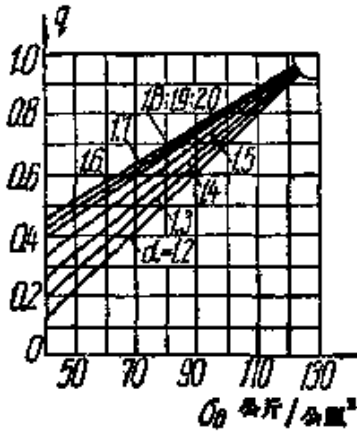
$$\text{式中} \quad n_{-1} = S_1 S_2 K_1 K_2 M_1 M_2 M_3 T_1 T_2 T_3. \quad (6)$$

如果採用和許用應力性質相應的極限應力， M_1 可不考慮。

表1 部分系数

名称及符号	确定的条件及经验资料		注
基本系数 S	材料可靠性系数 S_1	锻件或冲压件 1.1~1.2	根据材料的均匀性选取
		铸件 1.2~1.5	视形状的繁简与金属的流动性而定
	重要性系数 S_2	破坏后不会停车的 1 破坏后引起停车的 1.1~1.2 破坏后引起事故的 1.2~1.3	视零件的贵贱而定
计算准确性系数 K_1	误差属于危险方面的 1.05~1.65		此地所谓误差是指公式或示意图与实际情况之间的差异
	误差甚小或明知属于安全方面，但无法估计的 1		
	误差属于安全方面而有把握估计的 <1		

$$K_2 = 1 + q(\alpha - 1)$$

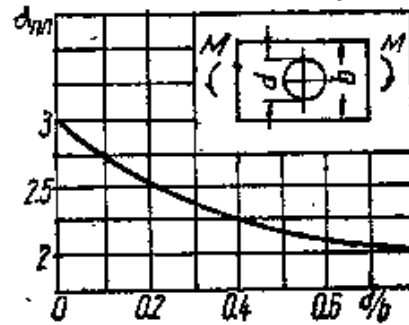
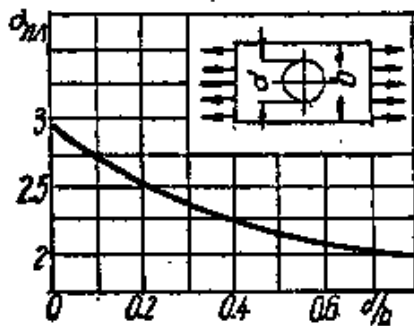
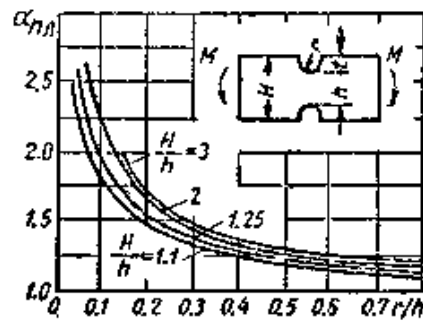
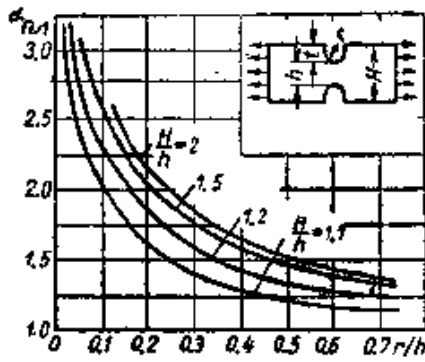


应
力
集
中
系
数
 α ——理论应力集中系数; α_n ——扁平试件的理论应力集中系数; α_{exp} ——实际应力集中系数。对于圆试件的理论应力集中系数 $\alpha_{exp} = 0.25 + 0.7\alpha_n$ 。可以通过下式估计:

计算系数 K_2

基本系数 S

計算係數
應力集中係數 K_2



除鑄鐵以外，一切材料的 M_1

彎曲	1	剪切	1.25
拉壓	1.15	扭轉	1.35

對於鑄鐵之 M_1

變形的種類及試件的表面狀態	圓形	矩形	工字	六角	八角	十字	Y形
彎曲，未加工	1.0	1.25	1.35	1.10	—	—	1.30
彎曲，加工	0.835	1.05	1.10	1.835	—	—	—
扭轉，未加工	2.0	1.50	1.25	1.25	2.50	1.65	—
拉伸，加工	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
壓縮，加工	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

當所用 σ_{gn} 符合變形種類時，本係數不予考慮，即 $M_1 = 1$ 。應用本係數時， σ_{gn} 以彎曲應力代入。

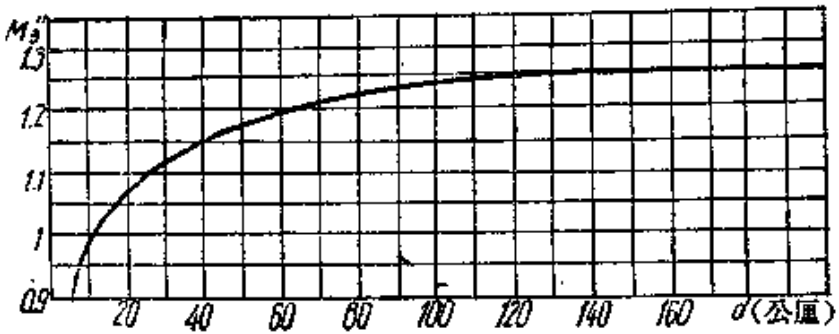
試驗係數
驗收係數 M_2

抽查	1.15~1.3
每個檢驗	1.11~1.15
嚴格地每個檢查	1.05~1.10

(續)

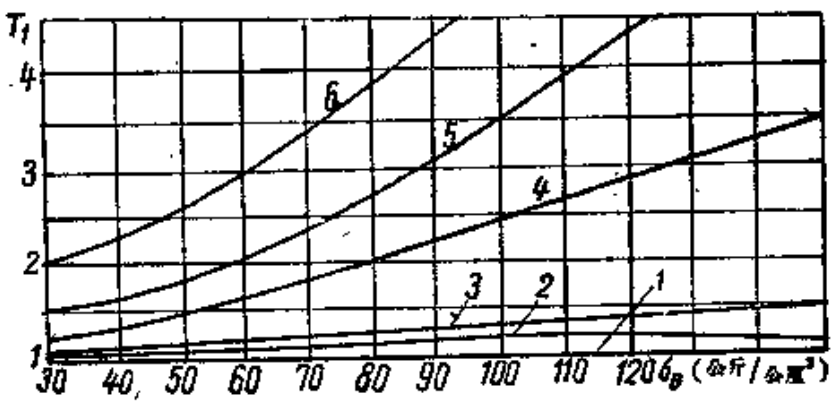
試驗係數 M_3

$$M_3 = M_3^* M_3^0; M_3^* = 1.05 \sim 1.25$$



M_3^0 視取試样的地位而定。

工藝係數 T_1

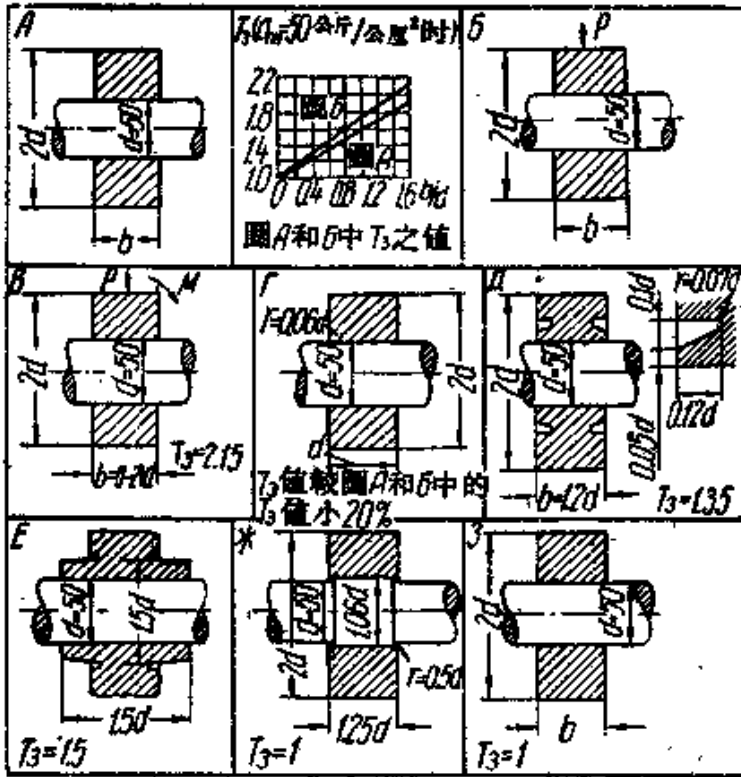


1—拋光表面；2—磨光表面；3—粗加工表面；
4—有氧化鐵皮的；5—在淡水中侵蝕的；6—在
海水中侵蝕的。

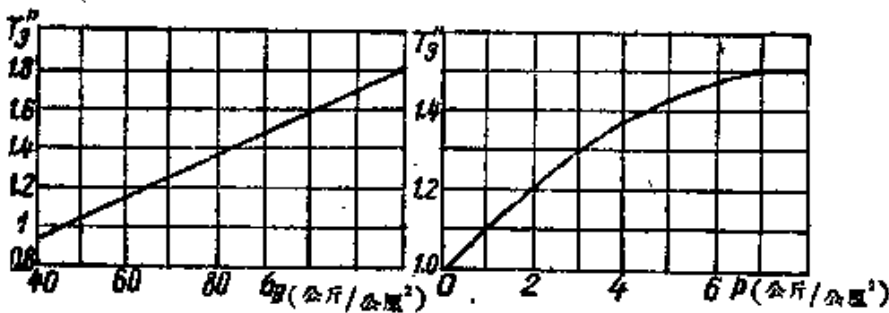
殘余應力係數 T_2

鍛件	1.0~1.1
鑄鋼鑄件	1.0~1.15
鑄鐵鑄件	1.0~1.2

如殘余應力方向與知與工
作應力方向相反允許 $T_2 < 1$



A—不受力的套筒；B—受徑向力 P 的套筒；E—帶有缺口的套筒；Z—帶有彈性端的套筒；X—裝在軸的較粗部分上的套筒；3—裝在軸上的套筒，經過氮化處理到深度 0.2~0.3 公厘。



T_3 —考慮軸的強度極限。
 T_3 —考慮配合面上的壓力。

(3) 对于不对称循环应力的安全因数, 可参看第十五章 | 心轴和轴 | 的计算, 此处不詳述。

3 材料的性能

下面推荐常用的几种材料的性能, 以供设计时参考(表 2)。

如果试验数据不完全, 可按照下列公式计算:

对结构钢: $\sigma_{-1} = 0.44\sigma_B$;

$\tau_T = (0.5 \sim 0.7)\sigma_T$ 低值为低碳钢或中碳钢, 高值为合金钢及低温回火钢;

$$\frac{(\sigma_{-1})_{\text{拉}}}{\sigma_{-1}} = 0.7 \text{ 拉伸、压缩的对称循环};$$

$$\frac{\tau_{-1}}{\sigma_{-1}} = 0.55 \sim 0.58 \text{ 扭转的对称循环};$$

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_{-1}} = 1.6 \sim 1.8 \text{ 弯曲的脉动循环};$$

$$\frac{\tau_0}{\tau_{-1}} = 1.9 \sim 2.0 \text{ 扭转的脉动循环}。$$

表 2

碳钢的机械性能(公斤/公厘²)

牌 号	σ_B	机 械 性 能									硬 度 H_B	热 处 理
		拉 伸 - 压 缩			弯 曲			扭 转				
		σ_T	σ_{-1}	σ_0	σ_T	σ_{-1}	σ_0	τ_T	τ_{-1}	τ_0		
10	32~42	18	12~15	22	26	16~22	30	14	8~12	20	137	正常化
15	35~45	20	12~16	—	26	17~22	—	14	8.5 ~13	—	143	正常化
20	40~50	22	12~16	—	30	17~22	—	16	10~13	—	156	正常化
25	43~55	24	13.5	25	30	19~25	35	16.5	11.5	23	170	正常化
30	48~60	26	17~21	—	37	20~27	—	17	11~12	—	179	正常化
35	52~65	28	17~22	34	37	22~30	44	19	13~18	26	187	正常化
45	60~75	32	25~34	36	43	19~25	47	22	15~20	30	241	正常化
50	63~80	34	—	—	—	27~35	—	—	16~20	—	241	正常化
60	75~90	42	23	41	50	32.5	52	26	19	38	255	正常化
45Г2	70~90	40	—	—	—	31~40	—	—	—	—	269~229	正常化
60Г2	67~87	34	25~32	—	—	—	—	—	—	—	269~229	正常化