

高等农业院校試用教材

机械零件

下 册

北京农业机械化学院編

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

高等农业院校試用教材

机 械 零 件

下 册

北京农业机械化学院編

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

編著者 林启輝 張熙來 林孟熾 楊炳堅
張洪錫 邱云達

高等农业院校試用教材

机 械 零 件

下 冊

北京农业机械化学院編

农 业 出 版 社 出 版

北京老錢局一號

(北京市书刊出版业营业許可証出字第106号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海洪兴印刷厂印刷裝訂

統一書号 K15144·263

1961年8月北京制型

1961年10月初版

1964年11月上海第四次印刷

印数 11,071—13,570册

开本 787×1092毫米

十六分之一

字数 145千字

印张 六又八分之七

定价 (科五) 六角九分

目 录

第四篇 軸、軸的支承及联接

第十二章 軸	1
§ 1 概述	1
§ 2 軸的結構	3
§ 3 轉軸和心軸的計算	5
§ 4 傳動軸概述	14
§ 5 提高軸的耐久强度的方法	14
第十三章 滑动軸承	18
§ 1 概述	18
§ 2 滑动軸承的構造	19
§ 3 軸瓦的材料和結構	22
§ 4 非液体摩擦徑向軸承	25
§ 5 液体摩擦徑向軸承	27
§ 6 止推軸承	37
§ 7 潤滑剂和潤滑裝置	38
第十四章 滚动軸承	42
§ 1 概述	42
§ 2 滚动軸承的主要类型。各类型的特性和应用。滚动軸承型号	44
§ 3 滚动軸承的损坏情况	48
§ 4 滚动軸承中的載荷分布及受靜載荷时的軸承計算	50
§ 5 滚动軸承的选择	52
§ 6 軸承組合的設計	57
§ 7 軸承的裝配和拆卸	62
§ 8 滾針軸承的計算	63
第十五章 联轴器	64
§ 1 概述	64
§ 2 固定式联轴器	65
§ 3 可移式联轴器	69
§ 4 离合器	78
§ 5 特殊用途的联轴器	85

第十六章 螺旋弹簧	90
§ 1 概述	90
§ 2 螺旋弹簧的制造和材料选择	94
§ 3 拉伸和压缩弹簧的计算	95
§ 4 组合弹簧的计算	100
§ 5 扭转弹簧的计算	102
§ 6 螺旋弹簧的许用应力	104
参考文献	106

第四篇 軸、軸的支承及联接

第十二章 軸

§ 1 概 述

軸是所有机器中不可缺少的零件,它通常是用作支承旋轉零件或傳遞扭矩。

軸的种类非常多,根据軸上所受的載荷,可以分为心軸、轉軸和傳動軸。

心軸 只起支承轉動零件的作用,不傳遞扭矩,所以只受彎曲,农业机械的輪軸,多属于心軸。圖 12—1 示鏈軌拖拉机支重輪軸即为心軸一例。

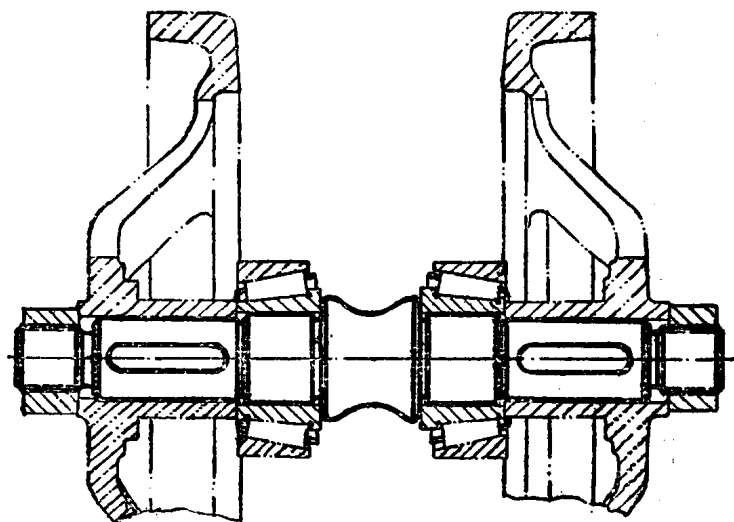


圖 12—1

轉軸 受彎矩同時亦受扭矩,見圖 12—2。

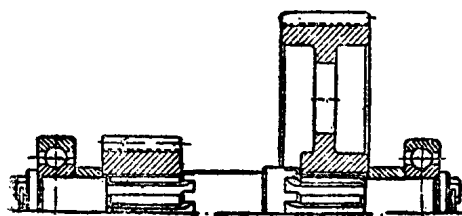


圖 12—2

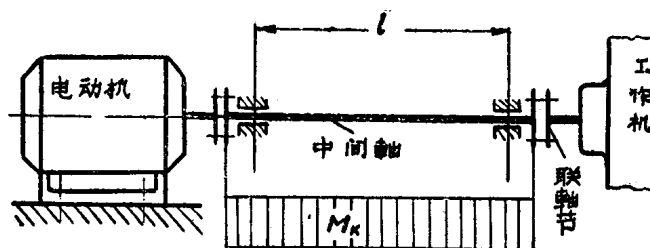


圖 12—3

傳动軸 主要是承受扭矩,圖 12—3 的中間軸就是傳动軸的例子。

按照軸綫的几何形狀,可以分为直軸和曲軸。本章只討論直軸。此外軸还可以分成成型軸(断面变化的)与光軸(断面不变的);实心軸与空心軸; 二支点与多支点的等。

軸一般是圆形断面的,在农业机械中为了便于軸上零件的安裝和固定,也常用到方形断面的軸,例如播种机及其他耕耘机械等。

根据軸的工作条件,用来制造軸的材料應該滿足下面的要求:足够高的强度;对应力集中的敏感性小;加工性好;为了降低应力集中的影响以及提高軸頸部分的耐磨性,軸的材料还必须具有良好的热处理或化学热处理的性能。

一般常用的材料为碳鋼,如 G3, G4, G5, 25, 30, 40, 及 45 等。其中应用得最广的是 45 号鋼,因为它具有良好的加工性;經过热处理后可以获得較高的机械性能和耐磨性。用于承受重載荷的軸的材料,为了保証获得較小的直徑及提高軸頸处的耐磨性,也采用各种牌号的合金鋼(如 20 Cr; 40 Cr; 40 CrNi; 12 CrNi3A_n 等)。但是这些材料成本高,对应力集中有較高的敏感性,此外,合金鋼与碳鋼的彈性模数大致相同,在滿足剛度的要求下,它并不比碳鋼好,因而其高强度的特点往往不能被充分利用(例如,当軸的直徑是根据剛度条件来决定时)。由于热处理和化学热处理工艺的發展,近年来,碳鋼已經在很多場合下代替了合金鋼。

表 12—1 鋼的机械强度特性

鋼 的 牌 号	軸的直徑 mm	硬度 H_B 不低于	σ_B kg/cm ²	σ_T kg/cm ²	τ_T kg/cm ²	σ_{-1} kg/cm ²	τ_{-1} kg/cm ²
G5 (CT5)	任 意	190	5,200	2,800	1,500	2,200	1,300
45	任 意	200	5,600	2,800	1,500	2,500	1,500
	至 120	240	8,000	5,500	3,000	3,500	2,100
	至 80	270	9,000	6,500	3,900	3,800	2,300
40Cr	任 意	200	7,300	5,000	2,800	3,200	2,000
	至 200	240	8,000	6,500	3,900	3,600	2,100
	至 120	270	9,000	7,500	4,500	4,100	2,400
40CrNi	任 意	240	8,200	6,500	3,900	3,600	2,100
	至 200	270	9,200	7,500	4,500	4,200	2,500
20	至 60	145	4,000	2,400	1,200	1,700	1,000
20Cr	至 120	197	6,500	4,000	2,400	3,000	1,600
12CrNi3A	至 120	260	9,500	7,000	4,900	4,200	2,100
12Cr2Ni4A	至 120	300	11,000	8,500	5,950	5,000	2,500
18CrMnTi	至 60	330	11,500	9,500	6,650	5,200	2,800
30CrMnTi	任 意	270	9,500	7,500	5,200	4,500	2,600
	至 120	320	11,500	6,500	6,650	5,200	3,100
	至 80	415	15,000	12,000	8,400	6,500	3,300
20CrMnTi	至 200	300	10,000	8,000	5,600	4,500	2,700
25Cr2MnNiTi	至 200	360	15,000	12,000	8,400	6,500	3,300

近年来,开始倾向于用球墨鑄鉄作为軸的材料以代替鋼或合金鋼。这种材料具有强度高、成本低、对应力集中敏感性小、能吸收震动以及可鑄造复杂外形(如曲軸)等特点。在我国,已有一些造船厂和柴油机厂用球墨鑄鉄制成了柴油机的曲軸并投入生产。

表 12—1 列出了各种鋼材的机械强度特性。

§ 2 軸 的 結 構

軸的結構和外形受着很多因素的影响,例如軸上載荷的大小、性質及作用位置;零件在軸上的分佈情况,它們与軸的配合性質及固定方法;軸承的类型与尺寸;軸的加工与裝配及对軸的特殊要求等。因此在拟定軸的結構时,必須全面的分析,使所选择的結構应该在强度、剛度上滿足要求,而又最节省材料和便于加工和裝配。

零件在軸上的固定 根据軸上零件不同的固定方法,軸的結構也相应地有不同的外形。零件通常在軸上需作周向的和軸向的固定,根据傳遞載荷的性質、大小及对中精度的要求选用不同的固定方法。

零件的周向固定一般采用鍵及多槽軸联接或紧配合联接。对于中等載荷及不要求严格的对中精度,可以采用鍵联接;多槽軸的联接用于傳遞較大的載荷及要求較高的对中精度;当載荷有强烈的震动和冲击时,則可以鍵与紧配合联接同时联用。

鍵槽会使軸的强度受到削弱,所以在有鍵槽的地方,軸的直徑应按下列数值加大:單鍵加 4%,双鍵互成 120° 时增加 7%,双鍵互成 180° 或三鍵互成 120° 时增加 10%。

在个别的情况下,也有用銷釘,螺釘作周向固定的(同时也起軸向固定的作用),如圖 12—4、12—5,它們只用于光軸或一些輕載及不太重要的軸上。

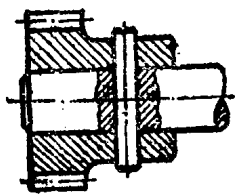


圖 12—4

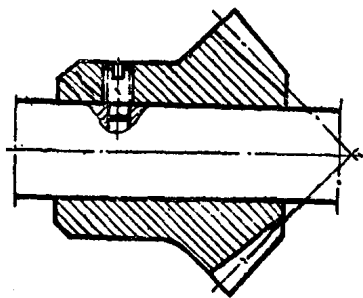


圖 12—5

零件在軸上的軸向固定常采用軸肩、軸环、挡环、圓錐面、螺母、套筒、压板、卡环或紧配合等

軸肩 即变断面阶梯的肩部,由定位面和圓角所組成(圖 12—6),为保証軸上零件紧靠定位面,軸上的圓角应小于零件上的圓角或倒角。**軸环**(圖 12—7)可以与軸制成一体,也可以热套在軸上,然后进行車削。当軸环妨碍零件沿軸拆裝时,也可以用**挡环**来代替軸环(圖 12—8),但它不能承受过大的軸向力。

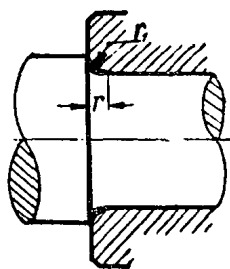


圖 12—6

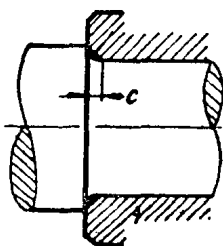


圖 12—7

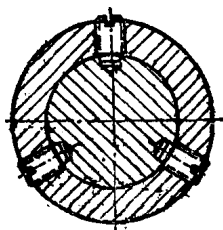
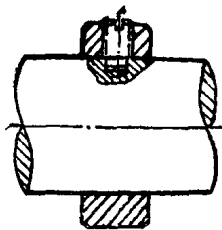
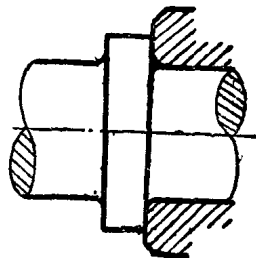


圖 12—8

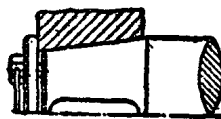


圖 12—9

圓錐面联接(圖 12—9) 常用于有震动載荷或冲击載荷的情况下,例如拖拉机驱动輪与半軸的联接。

螺母(圖 12—10,a) 一般用圓螺母,它用于当零件在軸上的位置需作軸向調節或該零件离軸的支承或别的零件較远的情况下。但是在軸上刻切螺紋,不仅增加加工工时,同时軸也受到削弱,在很多情况下,如果采用**套筒**来代替,不仅使軸的結構大大簡化,还可以提高軸的耐久强度。圖 12—10,b 就是一例。

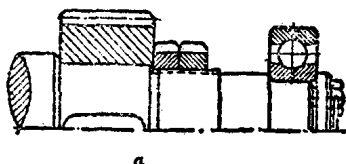
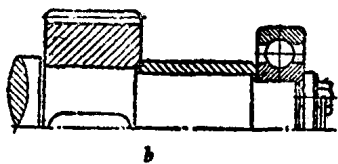


圖 12—10

压板(圖 12—11) 常用作零件在軸端的固定。**彈簧卡环**不能承受很大的軸向力(圖 12—12)。

軸的外形必須便于加工和裝配 从加工最容易来看,光軸为最好。但是一般为了便于安裝,节省材料(使軸的外形接近于等强度梁),零件在軸上的固定等原因,应用最多的还是**阶梯形变断面的实心軸**。只有以傳遞扭矩为主且很長的傳动軸才采用光軸。

軸上的零件和軸的外形必須要妥善地加以安排,务須使軸上的每个零件都能順利地裝上或卸除。例如为了使軸上的零件便于裝卸而不損坏配合面,常把軸做成**阶梯形**,軸的端部及配合的起点應該做出一定的倒角,一方面便于安裝,另一方面,也可避免因鋒利的稜角把工

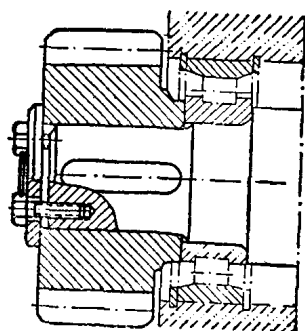


圖 12—11

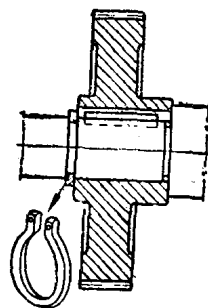


圖 12—12

人刮伤。

軸与零件配合的部分,一般要求制造精度及表面光潔度均較高,为了减少加工面,軸也以做成阶梯形为宜。同时,該配合处的直徑應該圓整至标准直徑。非配合部分則不严格要求。

軸一般在中心机床上加工,往往还經過几道工序,所以一般在軸的端部开出中心孔,以作定位用。

軸与軸承配合的部分即軸頸必需滿足軸承的工作要求。滚动軸承要求軸頸和它的內徑及寬度相适应,滑动軸承的軸頸則有各种型式(圖 12—13),采用不同的型式,軸也就有不同的結構形狀。

对于滑动軸承的軸頸,为了减少磨損,表面应有一定的光潔度且应热处理提高硬度。

軸的結構还必须保証軸工作时不發生軸向的串动。当溫度若有变化,軸的長度就会伸長或縮短。因此,对于較長的軸只应在一处作軸向固定,固定的地方应在不允許有軸向位移的零件的旁边(例如圓錐齒輪旁边)。

应该指出,軸的結構和形狀愈簡單,則加工愈容易,成本也愈低,热处理的困难也愈小,故軸的結構应愈簡單愈好。

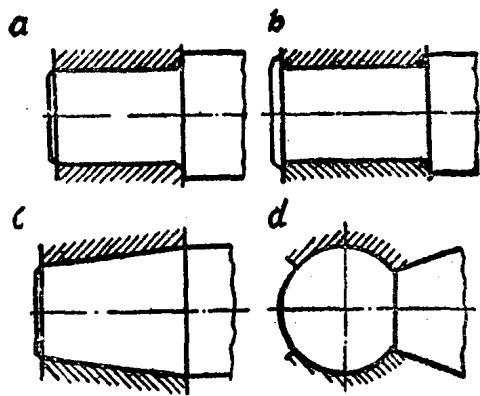


圖 12—13

§ 3 轉軸和心軸的計算

軸必須有足够的强度和剛度,所以在設計軸时,一般应进行强度和剛度的計算,对于較高轉速的軸还应作振动計算。

一开始計算軸时,由于具体尺寸、結構和支承間的距离等为未知,無法精确地确定各种影响参数(如尺寸系数、应力集中系数等)和应力情况,因此要精确計算出各部分的尺寸是困

难的。一般設計时,常首先用概略計算估計軸的主要尺寸,定出軸的具体結構,再进行精确的計算以及剛度的驗算。

1. 强度計算

(1) 根据扭矩的概略計算 按扭矩概算軸的直徑时,假設軸仅受扭矩,对弯矩的影响用降低許用应力来考虑。根据扭轉的强度公式:

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} \leq [\tau]_K$$

因为 $M_K = 71620 \frac{N}{n} (\text{kg} \cdot \text{cm})$, $W_K \approx 0.2d^3 (\text{cm}^3)$

$$\text{故, } d \geq \sqrt[3]{\frac{M_K}{0.2[\tau]_K}} = \sqrt[3]{\frac{71620}{0.2[\tau]_K} \frac{N}{n}} = c \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad (12-1)$$

式中: N ——傳遞的功率(馬力)

n ——軸的轉速 轉/min

d ——軸的直徑 cm

$[\tau]_K$ ——許用扭轉应力 kg/cm^2

$c = \sqrt[3]{\frac{71620}{0.2[\tau]_K}}$ ——計算系数,一般取 $[\tau]_K = 200 \text{ kg/cm}^2$, $c = 12$

这种方法虽然簡單,但非常粗略,一般用来估計軸徑确定跨度(因一般跨度視軸徑而定),或当弯矩和扭矩相比其值不大以及难于准确計算弯矩时用。

(2) 根据弯矩及扭矩的概略計算 用此法計算軸的直徑时,必須預先知道軸的跨度(或先估計出跨度),作用力的大小、方向、作用点的位置和載荷的种类。根据这些已知条件,求出軸承上的反力、軸上的弯矩及扭矩,然后按材料力学中受弯曲和扭轉联合作用的公式进行計算。其步驟如下:

(a) 拟出計算簡圖,在簡圖中应示出支点的型式和跨距,作用力的大小和方向,作用点的位置。然后将作用力分解为水平分力与垂直分力,求出水平面及垂直平面中的支反力(圖 12-14,a);

(b) 繪垂直平面的弯矩圖 M_1 (圖 12-14,b);

(c) 繪水平平面的弯矩圖 M_2 (圖 12-14,c);

(d) 应用公式 $M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}$ 或用圖解法將兩平面的弯矩合成为合成弯矩 M (圖 12-14,d);

(e) 繪出扭矩圖 M_K (圖 12-14,e),軸向力可忽略不計;一般來說,对于实际計算的准确度沒有多大影响。

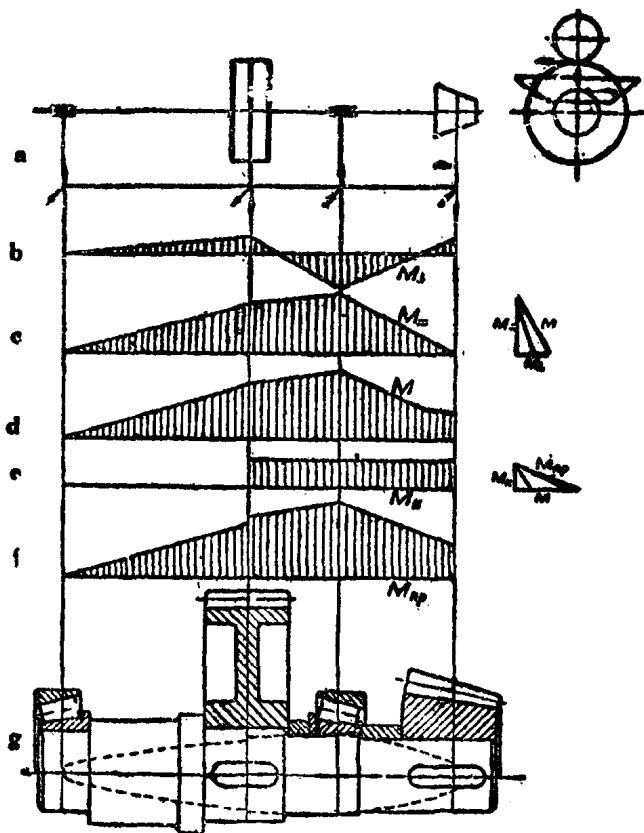


圖 12-14

应用公式 $M_{np} = \sqrt{M^2 + (\alpha M_k)^2}$ 或用圖解法扭矩与合成弯矩合成为等效弯矩 M_{np} (圖 12-14, f)。式中 α 是扭轉力矩在性質方面的校正系数, α 的数值决定如下:

对于平稳的扭矩(第 I 类扭矩)取 $\alpha = \frac{[\sigma]_{III}}{[\sigma]_{II}}$

对于脉动变化的扭矩(第 II 类扭矩)取 $\alpha = \frac{[\sigma]_{III}}{[\sigma]_{II}}$

对于反复变化的扭矩(第 III 类扭矩)取 $\alpha = \frac{[\sigma]_{III}}{[\sigma]_{III}} = 1$

式中, $[\sigma]_{II}$, $[\sigma]_{III}$, $[\sigma]_{III}$ 分别为材料在第 I, II 及 III 类载荷下的許用弯曲应力。按表 12-2 选取。

(f) 計算或驗算公式:

$$\text{对实心軸: } \frac{M_{np}}{W} = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha M_k)^2}}{0.1 d^3} \leq [\sigma]_{III} \text{ 或 } d^3 \geq \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha M_k)^2}}{0.1 [\sigma]_{III}} \quad (12-2)$$

$$\text{对空心軸: } \frac{M_{np}}{W} = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha M_k)^2}}{0.1 (1 - \beta^4) d_1^3} \leq [\sigma]_{III} \text{ 或 } d_1^3 \geq \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha M_k)^2}}{0.1 (1 - \beta^4) [\sigma]_{III}} \quad (12-3)$$

式中: $\beta = \frac{d_0}{d_1}$; d_0 ——空心軸的內徑

d_1 ——空心軸的外徑

确定各处軸徑,联成曲綫得理論的軸形(如圖 12—14, g 的虛綫所示)。

(g) 考虑軸上零件固定,裝拆及軸的工艺等問題將軸結構化(圖 12—14, g)。

心軸因只受弯矩的作用,所以在上述計算公式中 $M_K = 0$

表 12—2 軸的許用应力

材 料	强 度 限 kg/cm ²	許 用 应 力 kg/cm ²		
		$[\sigma]_{HT}$	$[\sigma]_{HT}$	$[\sigma]_{HT}$
碳 鋼	4,000	1,300	700	400
	5,000	1,700	750	450
	6,000	2,000	950	550
	7,000	2,300	1,100	650
合 金 鋼	8,000	2,700	1,300	750
	10,000	3,300	1,500	900
鑄 鋼	4,000	1,000	500	300
	5,000	1,200	700	400
灰 鑄 鉄	4,000*	650	350	250

* 鑄鉄的弯曲强度限

按許用应力計算,虽然已經充分地考虑了弯曲的作用,但是仍然未能离开初步計算的范畴,因为在这个方法里,对影响軸强度的一些重要因素只作了籠統的估計,因此,重要的成型軸,在結構化之后,对初步結構的应力集中、尺寸因素和載荷性質的影响还要作出估計,进行較精确的强度驗算,核算軸上各危險断面的安全系数。

(3) 精确計算 軸上任一断面的安全系数可由下列公式确定:

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_\sigma}\right)^2 + \left(\frac{1}{n_\tau}\right)^2}} \geq [n] \quad (12-4)$$

式中:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\epsilon_\sigma} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m}$$

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\epsilon_\tau} \tau_a + \psi_\tau \tau_m}$$

式中: n_σ ——只考虑弯曲时的安全系数

n_τ ——只考虑扭轉时的安全系数

σ_{-1}, τ_{-1} ——材料的弯曲和扭轉的耐久限,假如沒有 τ_{-1} 的数据,可近似取 $\tau_{-1} = 0.22 \sigma_{sp}$

σ_a, τ_a ——軸断面上的正应力和切应力的应力幅。

σ_m, τ_m ——軸斷面上的正應力和切應力的平均應力。

ψ_σ, ψ_τ ——應力循環影響係數, 表 12—3。

K_σ, K_τ ——有效應力集中係數, 表 12—4 至表 12—9。

表 12—3 應力循環係數

材 料	碳 鋼		鉻 鋼
拉伸強度限 σ_{BP} kg/cm ²	3,500—5,500	6,500—7,500	—
系 數 值	ψ_σ	0.05	0.1
	ψ_τ	0	0.05
			0.15
			0.1

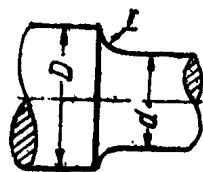


表 12—4 圓角的有效應力集中係數

比 值		k_{σ}						k_{τ}			
$\frac{D}{d}$	$\frac{r}{d}$	拉 伸 强 度 限 kg/mm^2									
		≤ 50	60	70	80	90	≥ 100	≤ 70	80	90	≥ 100
$\frac{D}{d} \leq 1.1$	0	2.32	2.5	2.71	—	—	—	1.52	1.63	1.72	1.83
	0.02	1.84	1.96	2.08	2.2	2.35	2.5	1.36	1.41	1.45	1.5
	0.04	1.6	1.66	1.69	1.75	1.81	1.87	1.24	1.27	1.29	1.32
	0.06	1.51		1.54		1.6		1.18	1.2	1.23	1.24
	0.08	1.4		1.42		1.46		1.14	1.16	1.18	1.19
	0.10	1.34		1.37		1.39		1.11	1.13	1.15	1.16
	0.15	1.25		1.27		1.3		1.07	1.08	1.09	1.11
	0.20	1.19		1.22		1.24		1.05	1.06	1.07	1.09
$1.1 < \frac{D}{d} \leq 1.2$	0	2.85	3.1	3.39	—	—	—	1.85	2.04	2.18	2.37
	0.02	2.18	2.34	2.51	2.68	2.89	3.1	1.59	1.67	1.74	1.81
	0.04	1.84	1.92	1.97	2.05	2.13	2.22	1.39	1.45	1.48	1.52
	0.06	1.71		1.76		1.84		1.3	1.33	1.37	1.39
	0.08	1.56		1.59		1.64		1.22	1.26	1.3	1.31
	0.10	1.48		1.51		1.54		1.19	1.21	1.24	1.26
	0.15	1.35		1.38		1.41		1.11	1.14	1.15	1.18
	0.20	1.27		1.3		1.34		1.08	1.11	1.12	1.15
$1.2 < \frac{D}{d} \leq 2$	0	3.2	3.5	3.85	—	—	—	2.15	2.4	2.6	2.85
	0.02	2.4	2.6	2.8	3.0	3.25	3.5	1.8	1.9	2.0	2.1
	0.04	2.0	2.1	2.15	3.25	2.35	2.45	1.53	1.6	1.65	1.7
	0.06	1.85		1.9		2.0		1.4	1.45	1.5	1.53
	0.08	1.66		1.70		1.76		1.3	1.35	1.4	1.42
	0.10	1.57		1.61		1.64		1.25	1.28	1.32	1.35
	0.15	1.41		1.45		1.49		1.15	1.18	1.2	1.24
	0.20	1.31		1.36		1.4		1.1	1.14	1.16	1.2

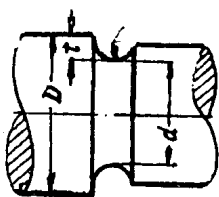
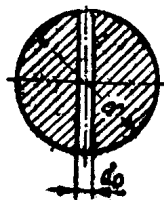


表 12—5 环形槽的有效应力集中系数

k_σ							k_τ						
比 值		拉伸强度限 σ_{BP} kg/mm ²					比 值		拉伸强度限 σ_{BP} kg/mm ²				
$\frac{t}{r}$	$\frac{r}{d}$	≤ 65	70	80	90	≥ 100	$\frac{D}{d}$	$\frac{r}{d}$	≤ 65	70	80	90	≥ 100
$0.4 < \frac{t}{r} \leq 0.6$	0	1.96	2.11	2.26	2.4	2.5	$1.02 < \frac{D}{d} \leq 1.1$	0	—	—	—	—	—
	0.02	1.82	2.92	2.06	2.21	2.3		0.02	1.29	1.32	1.39	1.46	1.5
	0.04	1.77	1.82	1.96	2.06	2.16		0.04	1.27	1.3	1.37	1.43	1.48
	0.06	1.72	1.77	1.87	1.92	1.96		0.06	1.25	1.29	1.36	1.41	1.46
	0.08	1.68	1.72	1.77	1.87	1.92		0.08	1.21	1.25	1.32	1.39	1.43
	0.10	1.63	1.68	1.72	1.77	1.82		0.10	1.18	1.21	1.29	1.32	1.37
	0.15	1.53	1.55	1.58	1.63	1.68		0.15	1.14	1.18	1.21	1.25	1.29
$0.6 < \frac{t}{r} < 1$	0	2.0	2.15	2.3	2.45	2.55	$1.1 < \frac{D}{d} \leq 1.2$	0	—	—	—	—	—
	0.02	1.85	1.95	2.1	2.25	2.35		0.02	1.37	1.41	1.5	1.59	1.64
	0.04	1.8	1.85	2.0	2.1	2.2		0.04	1.35	1.38	1.47	1.55	1.62
	0.06	1.75	1.8	1.9	1.95	2.0		0.06	1.32	1.37	1.46	1.52	1.59
	0.08	1.7	1.75	1.8	1.9	1.95		0.08	1.27	1.32	1.41	1.5	1.55
	0.10	1.65	1.7	1.75	1.8	1.85		0.10	1.23	1.27	1.37	1.41	1.47
	0.15	1.55	1.57	1.6	1.65	1.7		0.15	1.18	1.23	1.27	1.32	1.37
$1 < \frac{t}{r} \leq 1.5$	0	2.05	2.2	2.36	2.52	2.62	$1.2 < \frac{D}{d} \leq 1.4$	0	—	—	—	—	—
	0.02	1.89	1.99	2.15	2.31	2.41		0.02	1.4	1.45	1.55	1.65	1.7
	0.04	1.84	1.89	2.05	2.15	2.26		0.04	1.38	1.42	1.52	1.6	1.68
	0.06	1.78	1.84	1.94	1.99	2.05		0.06	1.35	1.4	1.5	1.57	1.65
	0.08	1.73	1.78	1.84	1.94	1.99		0.08	1.3	1.35	1.45	1.55	1.6
	0.10	1.68	1.73	1.78	1.84	1.89		0.10	1.25	1.3	1.4	1.45	1.52
	0.15	1.58	1.6	1.63	1.68	1.73		0.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4
$1.5 < \frac{t}{r} \leq 2$	0	2.09	2.25	2.42	2.58	2.69	$1.2 < \frac{D}{d} \leq 1.4$	0	—	—	—	—	—
	0.02	1.93	2.04	2.2	2.36	2.47		0.02	1.4	1.45	1.55	1.65	1.7
	0.04	1.87	1.93	2.09	2.2	2.31		0.04	1.38	1.42	1.52	1.6	1.68
	0.06	1.82	1.87	1.98	2.04	2.09		0.06	1.35	1.4	1.5	1.57	1.65
	0.08	1.76	1.82	1.87	1.98	2.04		0.08	1.3	1.35	1.45	1.55	1.6
	0.10	1.71	1.76	1.82	1.87	1.93		0.10	1.25	1.3	1.4	1.45	1.52
	0.15	1.6	1.62	1.66	1.71	1.76		0.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4

表 12—6 有横向鑽孔的有效应力集中系数



拉 伸 强 度 限 σ_{BP} kg/mm ²	$\frac{d_0}{d}$		
	0.05—0.1	0.15—0.25	0.05—0.25
	k_σ		k_τ
≤ 70	2.00	1.8	1.75
90	2.15	1.9	1.90
≥ 100	2.30	2.1	2.00

表 12-7 过盈配合的有效应力集中系数 $\frac{K_\sigma}{\epsilon}$ 值

直 徑 mm	配 合	σ_{BP} kg/mm ²						
		50	60	70	80	90	100	120
30	第一种静配合	2.5	2.75	3.0	3.25	3.5	3.75	4.25
	第三种过渡配合	1.9	2.05	2.25	2.45	2.6	2.8	3.2
	第一种动配合	1.6	1.8	1.95	2.10	2.3	2.45	2.75
50	第一种静配合	3.05	3.35	3.65	3.95	4.3	4.6	5.2
	第三种过渡配合	2.3	2.5	2.75	3.0	3.2	3.45	3.9
	第一种动配合	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.4
≥ 100	第一种静配合	3.3	3.6	3.95	4.25	4.6	4.9	5.6
	第三种过渡配合	2.45	2.7	2.95	3.2	3.45	4.0	4.2
	第一种动配合	2.15	2.35	2.55	2.75	3.0	3.2	3.6

註：扭轉的 $\frac{k_\tau}{\epsilon}$ 可近似地取 $\frac{k_\tau}{\epsilon} = 1 + 0.6 \left(\frac{k_\sigma}{\epsilon} - 1 \right)$

表 12-8 表面状态的有效应力集中系数

表面光潔度等級	σ_{BP} kg/mm ²		
	40	80	120
	k_σ 和 k_τ		
磨 削 $\nabla\nabla\nabla_9 - \nabla\nabla\nabla\nabla_{10}$	1	1	1
精 車 $\nabla\nabla_8 - \nabla\nabla\nabla_8$	1.05	1.10	1.25
粗 車 $\nabla_8 - \nabla\nabla_5$	1.20	1.25	1.5
表面不加工	1.35	1.5	2.2

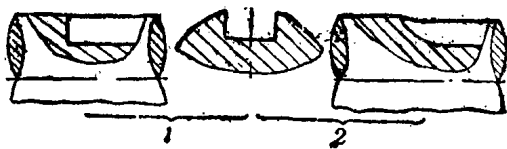


表 12-9 鍵槽的有效应力集中系数

載 荷 型 式	鍵槽型式	拉伸強度限 σ_{BP} (kg/mm ²)					
		50	60	70	80	90	100
彎 曲 k_σ	1	1.5	1.63	1.75	1.84	1.92	2.0
	2	1.42	1.49	1.64	1.71	1.85	1.5
扭 轉 k_τ		1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1

$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$ ——绝对尺寸影响系数, 表 12—10。

表 12—10 尺寸系数 $\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$

材料及载荷型式	轴的直径 (mm)										
	15—18	18—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50	50—60	60—70	70—80
	尺寸系数 ε										
碳钢受弯曲时(ε_σ)	0.93	0.92	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.82	0.78	0.76	0.74
对于所有钢材受扭转的 ε_τ , 及对于高强度合金钢受弯曲的 ε_σ	0.85	0.83	0.8	0.77	0.75	0.73	0.71	0.70	0.67	0.65	0.62

材料及载荷型式	轴的直径 (mm)										
	80—90	90—100	100—110	110—120	120—130	130—140	140—150	150—160	160—170	170—180	180—200
	尺寸系数 ε										
碳钢受弯曲时(ε_σ)	0.72	0.70	0.7	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61
对于所有钢材受扭转的 ε_τ , 及对于高强度合金钢受弯曲的 ε_σ	0.6	0.59	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53			0.52	

[n]——许用安全系数, 由下式决定

$$[n] = n_1 n_2 n_3.$$

n_1 ——考虑零件重要程度的系数

轴的破坏只引起机器的停车 取 1.3

轴的破坏会引起事故 取 1.5

n_2 ——考虑决定计算载荷精确程度的系数

对于计算载荷能精确决定的或很明显地看出定得较大的 取 1.1—1.3

计算载荷只是近似地计算 取 1.3—1.5

n_3 ——考虑材料可靠程度系数

对于锻造或热轧的轴 取 1.3

对于经过热处理的轴 取 1.5

如果轴上受暂时的短期过载, 则还必须作静强度校核, 核核的目的是校验它对塑性变形的抵抗能力。此时应以工作过程中最大的、短时作用的载荷作为计算载荷(所谓最大载荷是考虑机器在最严重工作条件下的载荷, 包括动力载荷和冲击载荷等)。计算可按下进行:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma'_{nT \max}} \leq [n_T] \quad (12-5)$$

式中 σ_T ——材料的屈服限 kg/cm^2

$\sigma'_{nT \max}$ ——轴上断面最大转化应力 kg/cm^2