

机械传动设计手册



机械传动设计手册

下 册

主 编 江耕华 胡来瑭 陈启松
编写人 江耕华 胡来瑭 陈启松
顾本午 蒋振章

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本《手册》分上、下两册出版,上册内容包括:第一篇机械传动总论;第二篇齿轮与齿轮传动;第三篇蜗杆与蜗轮传动及有关附录。下册内容包括:第四篇轴系零件;第五篇减速器;第六篇行星齿轮传动;第七篇挠性体传动;第八篇弹簧等及有关附录。

本《手册》推荐了较适用于重型、矿山机械的渐开线齿轮强度计算方法。对行星齿轮传动着重介绍了2K-H, 3K型以及摆线针轮、谐波齿轮、少齿差行星减速器的设计;为了正确、有效地设计渐开线变位齿轮传动,书中列有大量的变位系数“封闭图”以及各类传动的设计与校核计算的实例。

本《手册》可供机械专业的工程技术人员查阅使用,也可供有关大专院校师生参考。

责任编辑:殷永龄

封面设计:郑玉水

机 械 传 动 设 计 手 册

下 册

主 编 江耕华 胡来瑑 陈启松

编写人 江耕华 胡来瑑 陈启松

顾本午 蒋福章

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本850×1168 1/32 印张 38 1/4

字数1,094千字 印数1—42,120

1983年4月第1版 1983年4月第1次印刷

书号15035·2458 定价6.60元

目 录

第四篇 轴 系 零 件

第一章 轴的设计与计算	2
第一节 轴的常用材料	2
第二节 轴的结构设计	4
第三节 轴与轮毂的联接计算	19
第四节 轴上作用力的分析	71
第五节 轴的强度计算	82
第六节 轴的刚度计算	100
第七节 轴的计算实例	108
第二章 滚动轴承的选择和计算	123
第一节 滚动轴承的种类、代号和选择	123
第二节 滚动轴承的寿命计算	131
第三节 滚动轴承尺寸表	153
第四节 滚动轴承的配合	223
第五节 常用滚动轴承的结构尺寸	230
第六节 滚动轴承的润滑和密封	233
第三章 滑动轴承	239
第一节 滑动轴承的分类和应用	239
第二节 滑动轴承的计算	240
第三节 滑动轴承计算实例	263
第四节 常用滑动轴承的结构和尺寸	268
第四章 联轴器与制动器	277
第一节 联轴器	277
第二节 制动器	364
第三节 液力联轴器	376

第五篇 减 速 器

第一章 减速器的结构型式和传动比	400
第一节 减速器的分类和型式	400
第二节 圆柱齿轮减速器的传动比 (JB716-65)	403
第三节 减速器的结构尺寸	405
第四节 齿轮的结构尺寸	417

第二章 圆柱齿轮减速器	427
第一节 ZD、ZL、ZS型圆柱齿轮减速器(JB1130-70)	427
第二节 ZDH、ZLH、ZSH型圆弧圆柱齿轮减速器 (JB1586-75) ...	512
第三节 ZQH型圆弧圆柱齿轮减速器 (JB1585-75)	533
第四节 JZQ型减速器	557
第五节 ZL2型减速器	570
第三章 圆柱蜗杆减速器	580
第一节 普通圆柱蜗杆减速器	580
第二节 圆弧齿圆柱蜗杆减速器	590
第四章 煤矿机械专用减速器	612
第五章 减速器的润滑与密封	627
第一节 齿轮和蜗轮传动的润滑	627
第二节 减速器中滚动轴承的润滑	631
第三节 润滑油的选择	634
第四节 减速器的密封	641

第六篇 行星齿轮传动

第一章 渐开线行星齿轮传动	646
第一节 行星齿轮传动的分类、符号及特点	646
第二节 行星齿轮传动的传动比和效率计算	652
第三节 行星齿轮传动的配齿计算及齿数选择	663
第四节 行星齿轮传动的几何计算	681
第五节 行星齿轮传动的强度计算	686
第六节 行星齿轮传动的受力分析和计算	694
第七节 柔性轮缘的强度校核计算	699
第八节 行星架的变形计算	712
第九节 行星齿轮传动的结构设计特点	723
第十节 行星齿轮传动设计计算实例	741
第二章 摆线针轮行星传动	761
第一节 摆线针轮行星传动的各部名称和符号	761
第二节 摆线针轮行星传动的传动比和特点	761
第三节 摆线针轮行星传动的啮合原理	764
第四节 摆线针轮行星传动的参数选择和几何计算	773

第五节	摆线针轮行星传动的作用力分析	779
第六节	摆线针轮行星传动的强度计算	785
第七节	摆线针轮行星传动设计计算实例	793
第八节	摆线针轮行星减速器	797
第三章	谐波齿轮传动	817
第一节	谐波齿轮传动的各部名称和符号	817
第二节	谐波齿轮传动的传动原理和特点	818
第三节	谐波齿轮传动的结构方案设计	826
第四节	柔轮与发生器的结构型式和选用	834
第五节	谐波齿轮传动的参数选择和几何计算	845
第六节	谐波齿轮传动的材料选择和强度计算	856
第七节	谐波齿轮传动的效率计算	871
第八节	谐波齿轮传动设计计算实例	874
第四章	渐开线少齿差行星齿轮传动	883
第一节	少齿差行星传动的特点和类型	883
第二节	少齿差行星传动的传动比计算	889
第三节	少齿差行星传动内啮合的干涉验算	892
第四节	少齿差行星传动的参数选择	896
第五节	少齿差行星传动的强度设计和几何计算	902
第六节	少齿差偏摆锥齿轮的传动原理	908
第七节	少齿差偏摆锥齿轮传动的参数选择和几何计算	912
第八节	少齿差偏摆锥齿轮传动的结构设计特点	915
第七篇 挠性体传动		
第一章	三角胶带传动	920
第二章	套筒滚子链传动	933
第一节	套筒滚子链的结构、规格和材料	933
第二节	套筒滚子链链轮的齿形设计	936
第三节	套筒滚子链传动的特性分析	946
第四节	套筒滚子链传动的设计和计算	949
第五节	套筒滚子链链轮的材料和结构型式	960
第六节	套筒滚子链传动设计计算实例	970
第三章	圆环链传动	973

第一节	圆环链的结构型式	973
第二节	圆环链的性能指标和选择计算	977
第三节	圆环链链轮的齿形设计和尺寸计算	982
第四节	圆环链和链轮的啮合特性	990
第五节	圆环链链轮的技术条件	993
第六节	圆环链传动设计计算实例	994

第八篇 弹簧、钢丝绳

第一章	弹簧	1000
第一节	圆柱螺旋弹簧	1000
第二节	碟形弹簧	1043
第三节	弹簧的材料	1053
第二章	钢丝绳	1057
第一节	钢丝绳的分类及特点	1057
第二节	钢丝绳的选型计算及型号	1058
第三节	钢丝绳的索具、绳夹和滑轮	1078
附录 1	国内外滚动轴承型号规格对照表	1082
附录 2	一齿差行星内啮合齿轮变位系数的“封闭图”	1043
附录 3	少齿差行星传动内啮合齿轮几何参数表	1084

第 四 篇

轴 系 零 件



第 一 章

轴的设计与计算

轴是机械传动中重要的零件。在设计轴时，要按照工作要求，结合工艺因素，选择合适的材料，并进行结构设计，然后根据受力状况进行强度计算和刚度计算。

第一节 轴的常用材料

轴的材料主要是碳素钢和合金钢。毛坯多为轧制的圆钢或锻件。较常用的材料是价格较低的碳素钢，其中最常用的是45钢，经过热处理（通常是调质）以提高其机械性能，不重要的或受力较小的轴，也可用A₃、A₄或A₅等钢来制造。

对于受力较大的重要的轴，当尺寸受限制，并要求重量轻，耐磨性高，用于高温或低温和要求耐腐蚀时，应采用合金钢。

采用热处理（如调质、高频淬火、渗碳、氮化等）和表面强化处理（如喷丸，滚压等），对提高轴的强度有显著效果。

在一般工作温度下，合金钢的弹性模量与碳素钢相近，所以单纯为提高轴的刚度而采用合金钢是不合理的。

球墨铸铁具有良好的耐磨性、吸振性和对应力集中敏感性较低等优点，可用于制造外形复杂的轴，其缺点是韧性低。

轴的常用材料如表 4-1-1所示。

表 4-1-1 轴的常用材料及其主要机械性能

材料牌 号	毛坯直径 (mm)	硬 度 (HB)	抗拉 强度 σ_b	屈服 强度 σ_s	抗剪屈 服强度 τ_s	弯曲疲 劳极限 σ_{-1}	扭转疲 劳极限 τ_{-1}
			(kgf/mm ²)				
35	≤100	≥187	52	31	17	26	15
45	≤100	190~240	65	35	21	30	18
	≤60	240~270	80	55	33	40	23
	≤40	270~300	90	65	39	44	26

续表

材料牌号	毛坯直径 (mm)	硬 度 (HB)	抗拉 强度 σ_b	屈服 强度 σ_s	抗剪屈 服强度 τ_s	弯曲疲 劳极限 σ_{-1}	扭转疲 劳极限 τ_{-1}
			(kgf/mm ²)				
40Cr	≤300	200~220	75	50	30	36	22
	≤100	240~270	80	60	36	40	23
	≤60	270~300	90	75	45	46	28
40CrNi	≤300	240~270	80	58	35	40	24
	≤100	270~300	92	75	45	47	28
	≤60	300~320	100	80	48	50	30
40CrMnB	≤70	270~300	95	85	55	50	33
20Cr	≤60	≥197	65	40	24	30	17
12CrNi3A	≤60	≥260	95	70	49	45	23
12CrNi4A	≤60	≥300	110	85	60	54	27
20Cr2Ni4A	≤150	≥360	125	107	75	63	32
20CrMnTi	≤30	≥330	115	95	66	57	31
30CrMnTi	≤150	240~270	89	71	49	45	23
	≤120	270~300	94	75	52	47	24
	≤60	≥300	100	80	56	50	25
25Cr2MnNiTi	≤180	≥320	110	88	62	54	25
	≤100	≥340	125	100	70	61	31
	≤60	≥360	150	125	87	74	38
35CrMo	100	≥241	90	80	56	43	21
	50	≥269	90	80	56	43	21
35SiMn	≤100	228~285	85	55	33	40	25
	100~300	217~269	75	45	27	36	19
38SiMnMo	≤100	255~286	85	60	36	40	25
	100~300		80	58	35	38	20
40MnB	≤200	240~290	85	55	33	40	20
		220~270	75	50	30	38	19
	≤300	240~290	75	50	30	38	19
		220~270	70	45	27	36	18
37SiMn2MoV	≤200	269~320	92	75	52	44	22
	200~400		85	70	42	40	41

续表

材料牌号	毛坯直径 (mm)	硬 度 (HB)	抗拉 强度 σ_b	屈服 强度 σ_s	抗剪屈 服强度 τ_s	弯曲疲 劳极限 σ_{-1}	扭转疲 劳极限 τ_{-1}
			(kgf/mm ²)				
34Mn2MoB	100~300	269~320	78	63	38	39	19
	300~500	240~302	72	58	35	37	18
	500~800	229~286	65	53	32	34	17
42MnMoV	100~300	229~320	78	60	36	39	19
	300~500	217~302	72	55	33	37	18
	500~800	217~286	65	50	30	34	17

注：1.表中硬度值HB是指轴调质后的表面硬度，或指表面强化（渗炭，氮化，淬火）处理后轴的芯部硬度；

2.表中数值按下列公式求得： $\sigma_{-1} \approx 0.5\sigma_b$, $\tau_{-1} \approx (0.51 \sim 0.6)\sigma_{-1}$, $\tau_s \approx (0.55 \sim 0.62)\sigma_s$ 求得。

第二节 轴 的 结 构 设 计

轴的结构形式是由许多因素决定的，其中包括轴上安装的零件、轴承的类型和数量、轴承的安装方式、轴的受载情况、各零件的装配及拆卸方式、轴的加工工艺等，设计时应综合考虑。轴的结构应使轴受力合理，避免或减轻应力集中，并使轴上零件定位可靠、装拆方便、制造工艺性好等。对于有刚度要求的轴，还应从结构上考虑减少轴的变形。

轴的典型结构如图 4-1-1所示。

一、轴上零件的固定

1. 零件在轴上的轴向固定

通常可采用轴肩、套筒、圆螺母、轴端挡圈、轴端挡板、圆锥面、挡圈、弹性挡圈、紧定螺钉等实现零件与轴间的轴向固定，如表4-1-2所列。

部位	名称	说明
1	轴颈 d_1	按轴承决定直径, 滚动轴承的尺寸见表 4-2-21~表 4-2-36; 滑动轴承的轴颈尺寸见表 4-1-9 及表 4-1-10
2	装滚动轴承处的凸肩	见表 4-2-21~表 4-2-36
3	轴颈的过渡圆角 (非配合处)	见表 4-1-7
4	配合与零件联接时的圆角和轴肩	见表 4-1-4 及表 4-1-5
5	配合部分轴颈 d_4	由计算确定, 圆整为标准直径
6	配合为 D	见 表 4-1-6
7	密封处	按轴的结构及密封件内径尺寸确定
8	轴的倒角	见 表 4-1-4

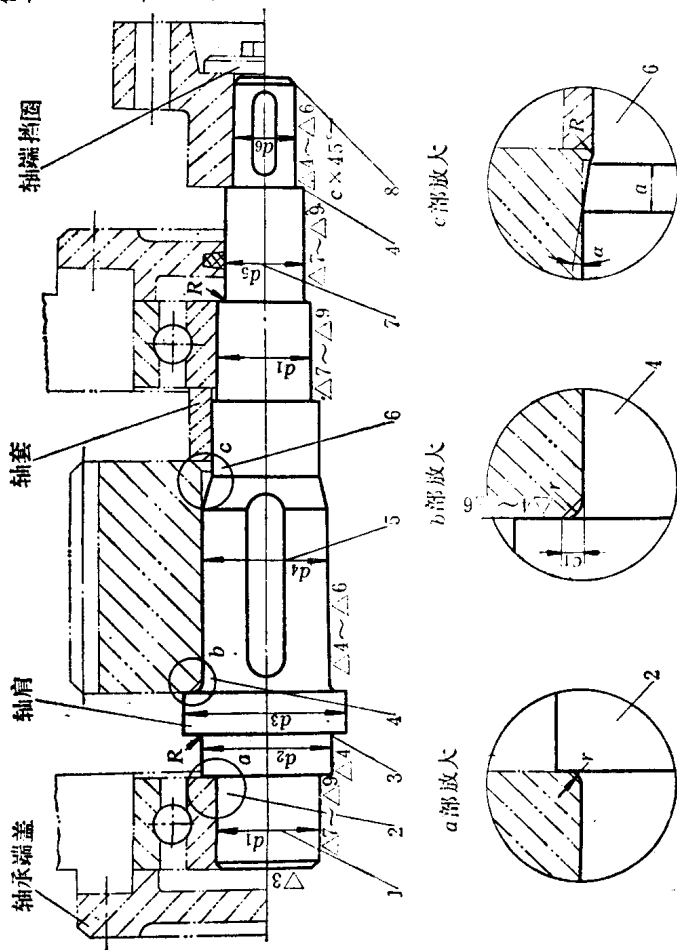
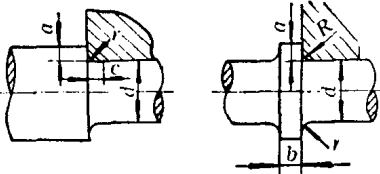
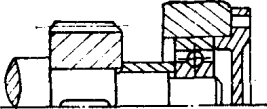
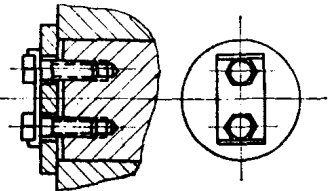
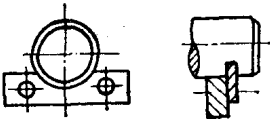
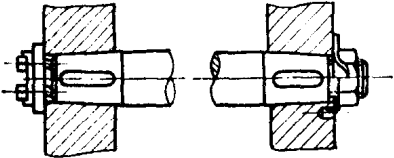
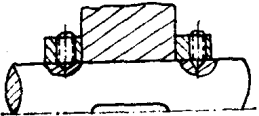
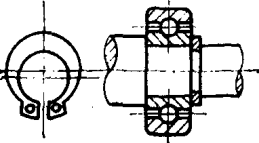
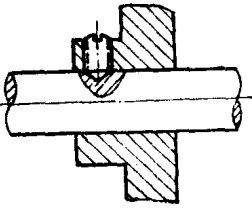


图 4-1-1 轴的典型结构

表 4-1-2 零件在轴上的轴向固定方法

固定方法	简 图	特 点 与 应 用
轴 肩		结构简单, 定位可靠, 可承受较大轴向力, 常用于齿轮、皮带轮、链轮、联轴器、轴承等的定位。 设计中应使 $r < C$ 或 $r < R$ 轴肩尺寸可按下面的经验公式计算: $a = 0.07d + (1 \sim 2) \text{ mm}$, $b = 1.4a$ 或按表 4-1-5 确定。 与滚动轴承相配合处的 a 与 r 值, 要根据它的类型与尺寸决定
套 筒		结构简单, 定位可靠, 轴上不必开槽、钻孔和车螺纹, 所以不降低轴的疲劳强度。一般用于零件间距小的地方, 以免增加结构重量。轴的转速很高时不适用
轴 端 挡 圈		适用于固定轴端零件。可承受剧烈的振动及冲击载荷。螺栓紧固轴端挡圈按 GB 892-76 (单孔) 及 Q/ZB202-73 (双孔) 的规定
圆 螺 母		固定可靠、装卸方便, 可承受较大轴向力。 由于轴上车螺纹, 使轴的疲劳强度有所降低。 常用双圆螺母或圆螺母与止动垫圈固定安装的零件, 圆螺母按 GB812-76, 止动垫圈按 GB858-76 规定
轴 端 挡 板		适用于心轴的轴端固定。轴端挡板的型式及尺寸见 Q/ZB 203-73

续表

固定方法	简 图	特 点 与 应 用
圆锥面		轴与轮毂间无径向间隙，装卸较方便，能承受冲击载荷。大多用于轴端零件固定，常与轴端压板或螺母联合使用，使零件获得双向轴向固定。加工锥形表面稍麻烦
挡圈		结构简单，但不能承受大的轴向力。常用于光轴上零件的固定。挡圈的结构型式和尺寸见 GB 883~884-76，锁圈的结构尺寸见GB921-76
弹性挡圈		结构简单、紧凑，只能承受小的轴向力，常用于固定滚动轴承。 弹性挡圈按GB894-76的规定
紧定螺钉		适用于轴向力很小、转速很低或仅为防止偶然轴向滑移的场合。为防止螺钉松动，可加锁圈。 轴上固定螺钉用孔的型式和尺寸见 Q/ZB 146-73。 紧定螺钉同时可起周向固定的作用

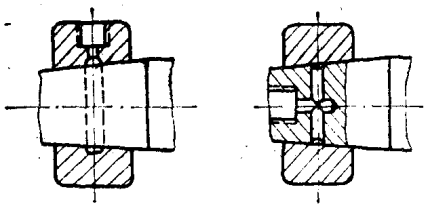
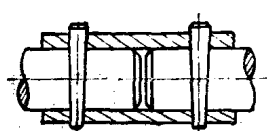
2. 零件在轴上的周向固定

为使零件在轴上周向固定，以传递扭矩，可采用键、花键、过盈配合、销钉和紧定螺钉等（紧定螺钉已如表4-1-2所述）。其中以键和花键联接应用最广。表4-1-3列出了周向定位的几种常用固定方法。

表 4-1-3 轴的周向定位与固定方法

固定方法	简 图	特 点 及 应 用
平键		制造简单, 装拆方便, 对中性好, 可用于较高精度、高转速及受冲击或变载荷作用下的静联接中, 还可用于一般要求的滑动联接中。平键剖面及键槽尺寸见 GB1095-79
楔键		在传递扭矩的同时, 还能承受单向的轴向力。由于装配后造成轴上零件的偏心或偏斜, 故不适用于要求严格对中、有冲击载荷及高速传动的联接。楔键剖面及键槽尺寸见 GB1565-79
花键		承载能力高, 定心性和导向性好, 但制造困难, 成本较高。适用于载荷较大和对定心精度要求较高的动联接或静联接。矩形花键、渐开线花键、三角花键联结的结构尺寸分别见 GB 1144-74、GB 1104-72、GB 1145-74
过盈配合		结构简单, 对中性好, 承载能力高, 可同时起周向和轴向固定作用。过盈配合常与平键联接同时采用, 以承受大的交变、振动和冲击载荷。不宜用于经常拆卸的场合

续表

固定方法	简 图	特 点 及 应 用
液压装拆的过盈配合		除具有上述过盈配合的优点之外,可实现多次装拆。装配时,可将高压油(压力可达2000kgf/cm^2以上)注入配合面间,使轴径缩小,孔径扩大,以一定的轴向力将零件装配在轴上,当高压油卸压后,由于配合零件双方的弹性变形部分恢复,形成过盈联接,也可用高压油注入配合面间而实现拆卸
销		用于固定不太重要,受力不大,但同时需要轴向固定的零件。由于轴上钻孔,对强度削弱较大,对重载的轴不宜采用。常用于光轴上零件的固定,有冲击振动时可采用开尾圆锥销

二、轴的结构要素及提高轴强度的措施

轴的截面变化处(如轴肩、键槽、环槽等)会引起应力集中,是多数轴产生疲劳破坏的部位。为了不致过分削弱轴的疲劳强度,除了要合理选用上述轴与零件的固定方法之外,轴肩处的过渡圆角半径不应过小。配合表面轴的圆角和倒角推荐按表 4-1-4 的尺寸选用;配合表面的轴肩推荐按表 4-1-5 的尺寸选用;静配合联接零件的嵌入倒角推荐按表 4-1-6 的尺寸选用。自由轴肩可按表 4-1-7 推荐的尺寸选用。如圆角半径受到限制,可改用凹切圆角或过渡肩环来保证圆角的大小,如图 4-1-2 所示。

当轴的某一段需要磨削时,应留有砂轮越程槽(JB3-59)。当轴上切削螺纹时,应留有退刀槽(GB3-58)。

当不同轴段上有几个键槽时,这些键槽应位于同一直线上,以便

于加工, 但键槽尺寸不应开到圆角及过盈配合的边缘处, 以避免应力集中过大。

渐开线花键应力集中小, 强度大, 性能比矩形花键好, 应尽量采用渐开线花键联接。

当轮毂的周向固定采用键或花键连接时, 矩形花键滚刀直径推荐按表 4-1-8 选取。键槽铣刀的直径 D_0 和越程长度 l' 推荐按图 4-1-3 确定。

滚动轴承轴向固定的轴肩外径应小于轴承内圈的外径, 以便于轴承的拆卸。

表 4-1-4 圆角半径和倒角尺寸 (JB5-59) (mm)

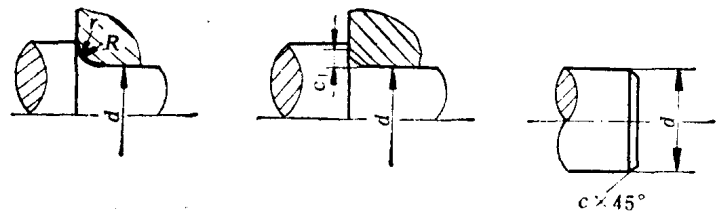
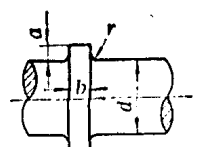
								
d	3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180
r 及 c	0.4	0.5 ($c=0.6$)	1	1.5	2	2.5	3	4
R 及 c_1	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5
d	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630	>630~800	>800~1000	>1000~1250	>1250~1600
r 及 c	5	6	8	10	12	16	20	25
R 及 c_1	6	8	10	12	16	20	25	32

表 4-1-5 轴 肩 尺 寸 (mm)

		d	28	68	100	175	240	290	320	370	420
		r	1.5	2	3	4	6	6	10	12	12
		a	2	3	4	6	9	10	14	16	18

注: 轴肩宽度 $b = (0.1 \sim 0.15) d$ 或 $b \approx 1.4a$ 。