

高等职业技术学院

教学用书

机械设计基础

吴联兴 主编

冶金工业出版社

高等职业技术学院教学用书

机械设计基础

吴联兴 主编

叶新源 吴惠廉 副主编

北 京

冶金工业出版社

2004

内 容 提 要

本书是冶金系统“九五”规划教材,编写中参照了国家教委颁发的有关教学大纲。

全书共18章,包括机械零件、机械原理和机械传动3部分内容。机械零件部分包括键、花键和销联接;螺纹联接;轴;联轴器和离合器;滚动轴承;滑动轴承;弹簧。机械原理部分包括平面机构运动简图及自由度计算;平面连杆机构;凸轮机构;其他常用运动机构简介;回转构件的平衡;机构的组合应用。传动部分包括皮带传动;链传动;圆柱齿轮传动;其他齿轮传动;轮系等。

本书为高等职业学校及中等专业学校机械类专业教学用书,亦可供技术学校教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/吴联兴主编.-北京:冶金工业出版社,
2000.3 (2004.3 重印)

高等职业技术学院教学用书

ISBN 7-5024-2212-9

I.机… II.吴… III.机械学-高等学校-教材 IV.TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73817 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 方茹娟 美术编辑 李 心 责任校对 王永欣

北京市兴顺印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2000年3月第1版,2004年3月第2次印刷

787mm×1092mm 1/16;18印张;429千字;277页;3501~5500册

29.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010) 64044283 传真:(010) 64044283

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本教材是原冶金工业部“九五”规划教材，编写中参照了国家教育部颁布的有关教学大纲。本书为职业技术学院以及120学时左右的中等职业学校机械类专业和近机类专业教学用书，亦可作为相关专业的培训教材。

本书编写的过程中，主要体现以下三个特点：

1. 从学生的认识规律入手，本着先易后难的原则，对教材的结构作了较大调整，先讲机械零件，后讲机械原理，最后讲机械传动，克服原理难学，抽象不易懂的困难，把零件的强度计算和材料力学的强度刚度计算内容衔接起来讲授。

2. 在教材内容上注重应用成熟的结论去培养学生分析并解决实际问题的能力，改变以往教材重理论轻应用，内容偏难偏深的倾向，体现出职业技术教育的特点。

3. 加强理论和实践相结合，教材尽可能结合厂矿的生产实例来编写，为专业课教学奠定基础，使学生感到学有所用，针对性强。

本书尽量采用最新颁布的国家标准、规范和成熟的设计资料，为便于学生学习，每章之后均有小结，并有足够的思考题和习题供学生和教师选用。

参加本书编写工作的有，天津工业学校吴联兴（0、9、18章）、王宝成（13、14章），天津铁厂中等专业学校任育红（1、2章），贵州理工职业技术学院李家杰（3、4章）、吴惠廉（7章），河北工业职业技术学院王俊伟（5章），新疆钢铁学校李克硕（6章），株洲职业技术学院叶新源（16章）、朱颖（15章），上海宝钢中专谢卫（17章），黑龙江省理工学校陈永波（10、11章），昆明冶金专科学校柳文灿（8、12章）。

本书由天津工业学校吴联兴任主编，株洲职业技术学院叶新源任第一副主编、贵州理工职业技术学院吴惠廉任副主编，本书聘请株洲职业技术学院教授刘太刚和天津工业学校高级讲师季津元担任主审，他们对本书提出了许多宝贵意见和建议，编者在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编写水平所限，书中难免会有不妥和错误，恳请广大读者批评指正。

编者
1999.2

目 录

0	绪论	1
0.1	机械设计基础课程研究的对象、内容和任务	1
0.2	机械设计的基本要求和设计准则	2
	思考题	3
1	键、花键和销联接	4
1.1	键联接	4
1.2	花键联接与销联接	9
	小结	10
	思考题	11
2	螺纹联接	12
2.1	螺纹的类型和主要参数	12
2.2	普通螺纹联接	14
2.3	螺旋副的受力分析、自锁和效率	17
2.4	螺纹联接的预紧和防松	18
2.5	螺栓联接的结构设计	21
2.6	螺栓联接的尺寸选择和强度校核	23
	小结	28
	思考题	28
	习题	28
3	轴	30
3.1	轴的分类和设计要求	30
3.2	轴的材料选择	31
3.3	轴径的估算	32
3.4	轴的结构设计	33
3.5	轴的强度计算	36
	小结	40
	思考题	40
	习题	41
4	联轴器和离合器	42
4.1	联轴器	42
4.2	离合器	46
	小结	47
	思考题	48
	习题	48
5	滚动轴承	49

5.1	滚动轴承的类型和代号	49
5.2	滚动轴承类型的选择	55
5.3	滚动轴承的受力分析和失效形式	57
5.4	滚动轴承的寿命计算	58
5.5	滚动轴承的组合设计	66
	小结	73
	思考题	74
	习题	74
6	滑动轴承	79
6.1	滑动轴承的类型和结构	79
6.2	轴瓦和轴承材料	81
6.3	滑动轴承的摩擦状态和液体摩擦轴承	83
6.4	非液体摩擦滑动轴承的计算	85
6.5	滑动轴承的润滑	87
	小结	90
	思考题	90
	习题	90
7	弹簧	92
7.1	概述	92
7.2	圆柱形螺旋拉伸、压缩弹簧的结构、参数、尺寸和特性曲线	95
7.3	圆柱形螺旋压缩弹簧的计算	97
	小结	101
	思考题	102
	习题	102
8	平面机构运动简图及自由度计算	103
8.1	运动副及其分类	103
8.2	机构运动简图	104
8.3	平面机构的自由度计算	108
	小结	112
	思考题	112
	习题	113
9	平面连杆机构	114
9.1	四杆机构的基本形式	114
9.2	四杆机构的运动特性	119
9.3	铰链四杆机构的设计	123
	小结	125
	思考题	125
	习题	126
10	凸轮机构	128

10.1	凸轮机构的运动特点和类型	128
10.2	从动件的常用运动规律	130
10.3	凸轮轮廓的设计	133
10.4	设计凸轮机构应注意的几个问题	137
	小结	142
	思考题	142
	习题	142
11	其他常用运动机构简介	144
11.1	棘轮机构	144
11.2	槽轮机构	149
11.3	螺旋机构	152
	小结	155
	思考题	155
	习题	156
12	回转构件的平衡	157
12.1	回转构件平衡的目的和分类	157
12.2	静平衡	157
12.3	动平衡	160
	思考题	160
	习题	160
13	带传动	162
13.1	概述	162
13.2	V带传动的受力分析和应力分析	166
13.3	V带传动的弹性滑动和设计准则	169
13.4	V带传动的设计计算	172
13.5	V带传动的张紧、安装和维护	177
	小结	179
	思考题	179
	习题	179
14	链传动	181
14.1	链传动的应用与结构	181
14.2	链传动的运动特性	184
14.3	滚子链传动的设计	186
14.4	链传动的布置、润滑和张紧	190
	小结	192
	思考题	192
	习题	193
15	圆柱齿轮传动	194
15.1	概述	194

15.2	渐开线齿轮齿廓及啮合特性	195
15.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	199
15.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	204
15.5	渐开线齿轮的加工原理和根切现象	207
15.6	变位齿轮传动	210
15.7	圆柱齿轮传动的精度	211
15.8	齿轮常见失效形式及常用材料	213
15.9	直齿圆柱齿轮的强度计算	219
15.10	斜齿圆柱齿轮传动	225
15.11	圆柱齿轮的结构	233
	小结	234
	思考题	235
	习题	235
16	其他齿轮传动	237
16.1	圆锥齿轮传动	237
16.2	蜗杆传动	243
16.3	圆锥齿轮与蜗杆蜗轮的结构	253
	小结	257
	思考题	257
	习题	258
17	轮系	259
17.1	定轴轮系	259
17.2	周转轮系	262
17.3	混合轮系	265
17.4	其他行星轮系	267
	小结	268
	思考题	269
	习题	269
18	机构的组合应用	272
18.1	基本机构的主要特点	272
18.2	机构的组合方法	273
	小结	276
	思考题	276
	主要参考书目	277

0 绪 论

0.1 机械设计基础课程研究的对象、内容和任务

0.1.1 本课程研究的对象

本课程研究的对象是机械,如图 0-1 所示为人们所熟悉的自行车示意图。当人蹬车向前运动时,链轮 1 带动链条 2 通过后飞轮内的棘轮棘爪(通常称为千斤)驱动后轮 4 转动,使自行车向前运动。如果在自行车上装上内燃发动机,作为动力源代替骑车人做功,自行车就变成了摩托车,这就是一台完整的机器。

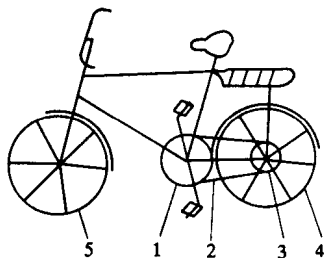


图 0-1 自行车

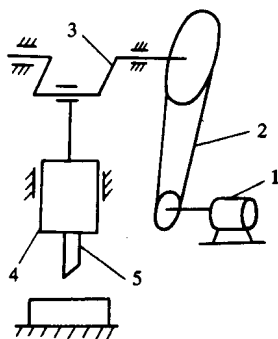


图 0-2 冲床

图 0-2 为一台常用工业冲床的示意图。启动电动机后,通过传动皮带 2 带动曲轴 3 转动,曲轴 3 的旋转运动通过滑块 4 带动冲头 5 作往复上下运动,靠上下模具的配合,冲头冲出所需要的零件。这是一台常用的机器。

在冶金企业中,如轧钢厂的轧钢机,如图 0-3 所示,它是由电动机 1 通过联轴器 2 把运动传给减速箱 3,经减速箱变速后,运动由万向联轴器 4 传给轧钢机的轧辊,实现轧辊轧制钢材的运动。这也是一台完整的机器。

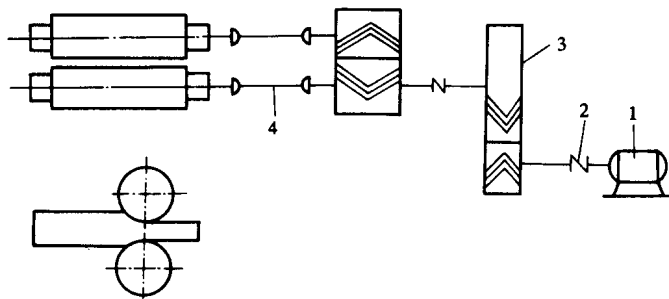


图 0-3 轧钢机传动系统图

从上述三个例子,可以得出:一台机器不管内部机构如何,一般都有三个共同的部分组成,即动力装置、传动装置和执行装置。最常见的动力装置是电动机或内燃机,传动装置通常由一些传动机构组成,如链传动机构和齿轮机构等。

在分析机械的运动原理时,一般不考虑动力装置,只研究传动装置,通常称这些传动装置为机构。如自行车是由链传动机构和棘轮机构组成;冲床是由皮带传动机构和曲柄滑块机构组成;轧钢机是由两组齿轮机构和联轴器所组成。每一台机器,一般都由一种或多种机构组合而成,以达到所需要的运动要求。人们通常所称的机械,即是机器和机构的总称。

在自行车链传动中,它是由链轮、链条和飞轮三个运动单元所组成的,通常称这些运动的基本单元为构件。构件之间具有确定的相对运动,如链条只能在链轮和飞轮上转动。而每一个构件可以由一个零件、也可以是由多个零件所组成,这些零件之间一般没有相对的运动,如链轮与脚蹬曲柄用铆接固定,中轴用销钉固定在脚蹬曲柄上,相互之间都不能有相对运动,组成了一个运动的构件。而链轮、中轴、销钉等都是机械制造的最小单元,称为零件。如图 0-4 所示的连杆,就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3、4 和 5、螺栓 6、螺母 7、开口销 8 等零件组成的一个运动构件。而零件都是分别加工的。

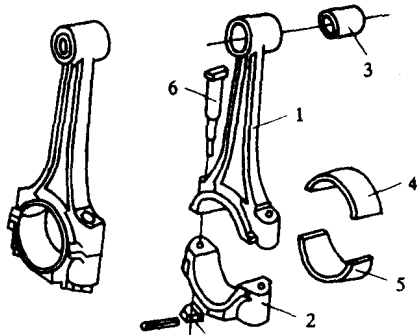


图 0-4 连杆

0.1.2 本课程的主要内容和任务

本课程研究的主要对象是机械,而机械所涉及的内容很广,有航空机械、交通运输机械、金属切削机床、仪器仪表、家用电器等。本课程只研究常用机构,通用零部件的工作原理、机构特点和基本设计计算的方法,为解决生产实际中出现的问题和后续专业课程的学习奠定基础。本课程是工科专业的一门重要的技术基础课。

通过本课程的学习和课程设计的实践训练,学生应当达到以下目的。

- (1) 初步掌握常用机构的工作原理和运动特点,学会正确选用满足生产需求的机构及其组合。
- (2) 初步具有合理选择零件形状和最小尺寸的能力,具有对现有机械进行机构运动分析和对零件进行强度校核计算的能力,掌握正确使用各种技术资料和查阅手册的方法。
- (3) 具有维护管理和使用机械设备的常用知识。

0.2 机械设计的基本要求和设计准则

0.2.1 机械设计应满足的基本要求

虽然机械种类很多,用途、结构和性能各不相同,但是设计的基本要求却大致相同,它们都必须满足以下几点:

- (1) 满足使用的要求 应满足使用的功能要求。如执行装置部分的运动形式、速度、运动的精度、工作的平稳性和所传递的功率,以及某些特殊要求(如恶劣工作条件、自锁),同时还应当满足寿命要求,即在预期的使用寿命内不发生各种损坏和失效。
- (2) 满足制造工艺性和经济性的要求 即在满足使用的工作性能的前提下,应当使机

械的结构简单、加工容易、便于维护,同时要使产品质优价廉,在市场上具有竞争性。

(3) 满足通用性要求 目前许多设计已采用国际 ISO 统一标准,国家也对机械设计制定了许多相关的标准,因此,设计中要求尽可能采用标准化、通用化和系列化的参数和数据,使机械设备便于使用和维护,也为产品打入国际市场创造条件。

0.2.2 机械零件的设计准则

机械零件在使用中丧失原有的工作精度称为失效。如手表由于零件的磨损,准确性超出了规定的许用范围,就称为失效。

零件的作用不同,失效的形式也不尽相同。归纳起来,常见的失效形式有:强度、刚度、耐磨性、准确性、可靠性和稳定性等方面的失效。

机械设计的准则,就是根据零件失效的形式作原因分析,并针对失效的原因进行强度或刚度设计,以保证零件在使用的期限内不发生失效。

0.2.3 机械设计的发展趋势

随着计算机的普及以及 CAD 和 CAM 技术的应用,机械设计发生了很大的变化,设计的方法也更加科学、完善,同时计算精度更高、设计速度更快,产品的更新换代时间越来越短。机械设计的发展趋势主要包括以下几方面:

(1) 改变传统设计方式,直接在计算机上应用软件技术进行最优化的机械设计,彻底甩掉图板和繁重的计算。

(2) 机电有机结合并朝着机械和电子一体化的方向发展。数控机床是一个典型的例子,它是按照计算机的指令来控制机床进行机械加工,不仅可以代替工人的劳动,而且具有加工质量好,效率高,产品更新换代快等优点,已经越来越多地在各种行业中得到应用。因此,要求设计者不仅要懂得机械设计的基本知识,还要能熟练地掌握计算机 CAD、CAM 的使用。

(3) 市场经济的发展,要求人们不仅要懂得机械设计,还要有市场竞争的意识,不仅要求产品质量好、使用期限内可靠度高,而且还要美观实用、外观感觉好、富有时代气息、具有一定的吸引力。要采用等寿命设计方法使产品质优价廉。

思 考 题

0-1 何为机构?它具有哪些特征?它与机器有什么区别?

0-2 构件与零件有什么区别和联系?请列举事例说明。通用零件与专用零件有什么区别?请列举你所见到的事例说明?

0-3 列举生活中所见到的事例说明机构的应用?

0-4 什么叫失效?机械设计的准则是什么?

0-5 机械设计中应满足哪些基本要求?

0-6 机械设计的发展方向是什么?

0-7 本课程的内容与以前所学习的课程有什么不同?学习方法应有什么变化?

1 键、花键和销联接

联接就是将两个或两个以上的零件联接成一个刚性整体的结构。由于机械制造、安装、运输和检修的需要，工业上广泛采用这种联接，将生产的零部件组装成机器。因此，联接是机械不可缺少的重要组成部分。

联接可分为两类：

1. 不可拆联接

当拆开联接时，至少要破坏或损坏联接中的一个零件，如焊接、铆接、粘接等。

2. 可拆联接

当拆开联接时，不损坏联接中任一零件。如键联接、销联接和螺纹联接等。

设计中选用何种联接，主要取决于使用条件和经济要求。本书只介绍可拆联接。

1.1 键联接

键联接主要用于轴与轴上零件之间的周向固定，以传递运动和转矩。有的键联接可实现轴向移动。图 1-1 是轴与蜗轮用键联接的示意图。

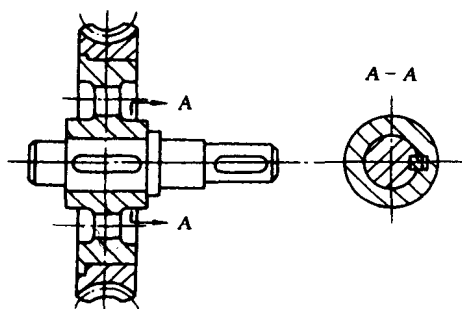


图 1-1 轴与蜗轮的键联接示意图

1.1.1 键联接的类型、标准和应用

按键联接在装配时是否需要将键压紧，键联接分为松键联接和紧键联接两种。图 1-2 中 a 为松键；b 为紧键，其上面带有 1:100 的斜度。

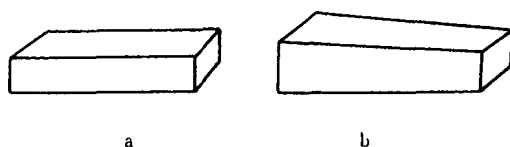


图 1-2 键
a—松键；b—紧键

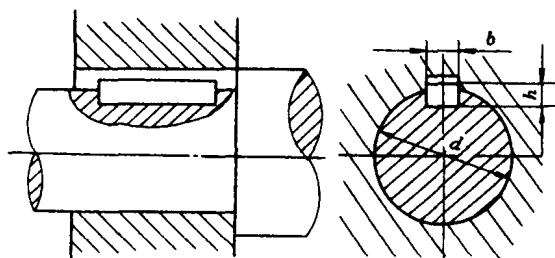


图 1-3 普通平键联接

1. 松键联接

松键联接可分为平键联接和半圆键联接。

(1) 平键联接 平键又分为普通平键、导向平键和滑键。

a. 普通平键

如图 1-3 所示为普通平键联接的结构形式，键的两侧面为工作面。工作时靠键与键槽侧面的挤压传递运动和转矩。键的顶面为非工作面，与轮毂键槽表面间留有间隙。这种联接具有结构简单，装拆方便，对中性好等优点，故应用最广。

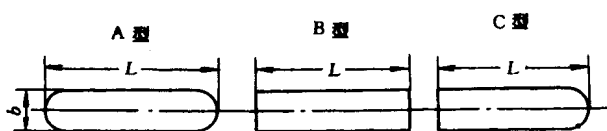


图 1-4 普通平键

普通平键用于静联接，按其端面形状不同分为圆头普通平键（A 型）、平头普通平键（B 型）和单圆头普通平键（C 型），如图 1-4 所示。

用圆头普通平键和单圆头普通平键时，轴上的键槽是用端铣刀加工的（图 1-5a）键在键槽中的轴向固定较好，但键槽两端会引起较大的应力集中。用平头普通平键时，轴上键槽是用盘铣刀加工的（图 1-5b），应力集中较小。圆头普通平键常用于轴的中部，单圆头普通平键则多用于轴端。平键联接的常用尺寸标准参见表 1-1。

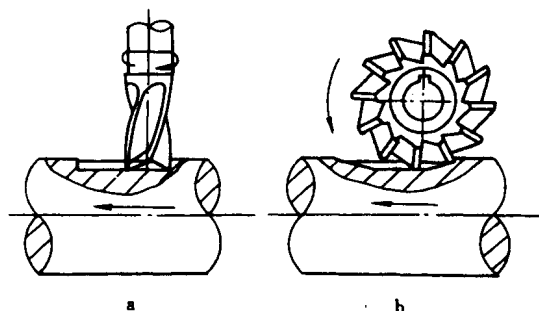


图 1-5 键槽的加工

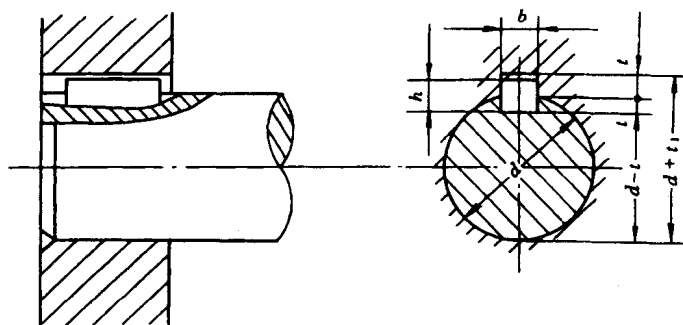
a—端铣；b—盘铣

b. 导向平键和滑键

导向平键和滑键用于动联接。当轮毂在轴上需沿轴向移动时，可采用导向平键或滑键。导向平键如图 1-6 所示，其长度较大，用螺钉固定在轴上，为了卸键方便，键中部做有起键螺钉。轮毂可沿着键做轴向滑动。如汽车齿轮变速器中传动轴上的键。当轮毂需要做较大的轴向移动时，宜采用滑键。如图 1-7 所示，滑键固定在轮毂上，与轮毂同时在轴上的键槽中做轴向滑移。

表 1-1 平键和键槽尺寸（摘录 GB 1095—79）

mm



续表 1-1

轴	键	键 槽										
公称 尺寸	公称 尺寸	宽度 b					深 度				半 径	
		极限偏差					轴 t		毂 t_1			
		较松键联接		一般键联接		较紧键 联 接						
		轴 H9	毂 D10	轴 N9	毂 Js9	轴和毂 P9	公称 尺寸	极限 偏差	公称 尺寸	极限 偏差	最小	最大
>22~30	8×7	+0.036 0	+0.098 +0.040	0 -0.036	+0.018	-0.015 -0.051	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0	0.15	0.25
>30~38	10×8	+0.043 0	+0.120 +0.053	0 -0.043	+0.021	-0.018 -0.061	5.0		3.3		0.25	0.40
>38~44	12×8						5.0		3.3			
>44~50	14×9	+0.052 0	+0.149 +0.065	0 -0.052		-0.022 -0.074	5.5		3.8			
>50~58	16×10						6.0		4.3			
>58~65	18×11						7.0		4.4			
>65~75	20×12						7.5	4.9				
键的长度系列		6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360										

注：1. 在工作图中，轴槽深用 t 或 $(d-t)$ 标注，轮毂槽深用 $(d+t_1)$ 标注。

2. $(d-t)$ 和 $(d+t_1)$ 两组组合尺寸的极限偏差按相应的 t 和 t_1 极限偏差选取，但 $(d-t)$ 极限偏差应取负号。

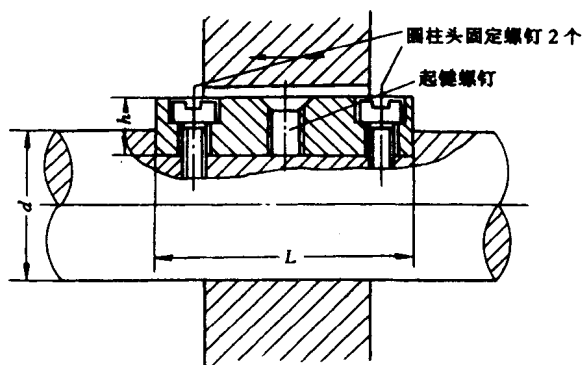


图 1-6 导向平键

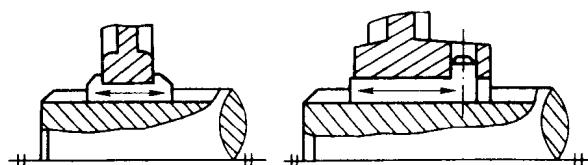


图 1-7 滑键

(2) 半圆键联接 半圆键联接如图 1-8 所示，半圆键联接也是以两侧面为工作面。轴上键槽用与键半径相同的盘铣刀铣出，所以半圆键能在键槽内摆动，以适应轴线偏斜引起的位置变化。键用精拔型钢或圆钢切制而成。这种联接装配方便，尤其适用于圆锥形轴与轮毂的联接。其缺点是键槽较深，对轴的强度削弱大，一般用于轻载的轴端部件联接，如手轮与轴的联接。

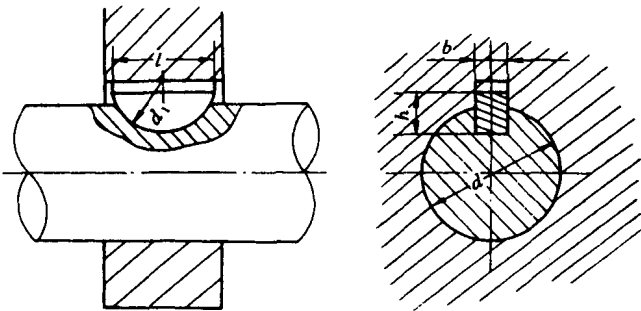


图 1-8 半圆键联接

2. 紧键联接

紧键联接有楔键联接和切向键联接两类。

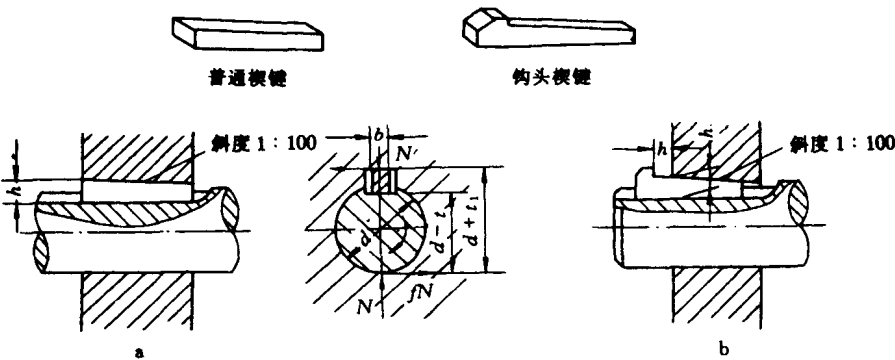


图 1-9 楔键联接
a—普通楔键；b—钩头楔键

(1) 楔键联接 如图 1-9 为楔键联接的结构形式，键的上表面与轮毂键槽的底面均有 1 : 100 的斜度。键的上下两面为工作面，分别与轮毂和轴上的键槽的底面贴紧。装配时需用力打紧，靠键的斜度楔紧在轴毂之间。工作时，靠键楔紧作用在轴毂间产生的摩擦力来传递转矩和承受单向轴向力。

楔键联接对中性差，仅适用于载荷平稳、速度较低场合。

楔键分普通楔键和钩头楔键两种（图 1-9）。钩头楔键的钩头是供拆键用的。但如果安装在轴端，则应加安全罩。

(2) 切向键联接 切向键联接如图 1-10 所示,是由两个斜度为 1:100 的楔键组成。装配时,把一对楔键分别从轮毂的两端打入,其斜面互相贴紧,共同楔紧在轴毂之间。切向键的上下两面为工作面,工作时靠工作上的挤压力和轴毂间的摩擦力传递运动和转矩。用一对切向键时,只能传递单向转矩,如要传递双向转矩,则要用两对切向键按 $120^\circ \sim 130^\circ$ 分布(如图 1-10b)。

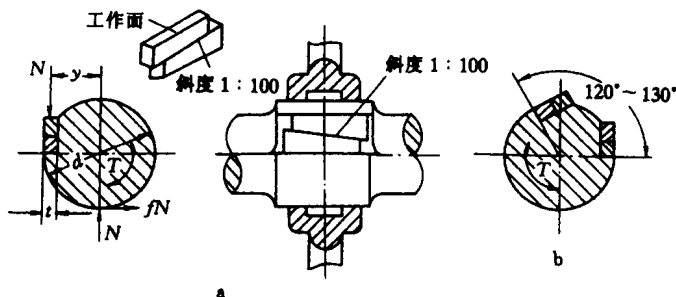


图 1-10 切向键联接

a—单对; b—两对

切向键对轴削弱较大,对中性不好,因此只适用于对中性要求不高,轴径大于 100mm、载荷较大的重型机械中。

1.1.2 平键联接的尺寸选择和强度校核

键属标准件,在设计平键联接时,一般按以下步骤进行。

1. 平键的尺寸选择

(1) 根据工作要求和条件选择合适的类型。

(2) 根据轴的直径,从表 1-1 中选择键的宽度 b 、高度 h 。键的长度 L 应略小于轮毂长度,并符合标准中规定的键的长度系列。

2. 平键联接的失效形式和强度计算

(1) 失效形式 如图 1-11 所示,平键是以键的两侧为工作面来传递转矩的。当轴传递的转矩为 T 时,键的两侧面受到正压力 F_N 的作用,其作用点到轴心的距离为 $y \approx d/2$ (d 为轴的直径),则

$$F_N = \frac{2T}{d}$$

在力 F_N 的作用下,键和键槽侧面受挤压,键的剖面 $a-a$ 受剪切。实践证明,联接的主要失效形式是工作侧面的压溃。

(2) 强度计算 根据键的受力情况和失效形式,对于静联接,应按挤压应力进行校核计算;对于动联接,应按磨损进行核算。

其计算公式和许用应力见表 1-2。

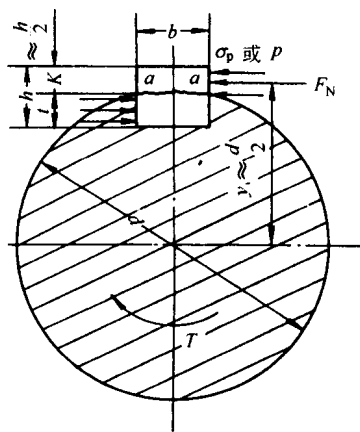


图 1-11 平键受力分析

表 1-2 平键联接的强度校核计算

受力面	联接方式	失效形式	强度校核公式	联接中薄弱零件的材料	许用应力		
					静载荷	轻微冲击	冲击
工作侧面	静止	挤压	$\sigma_p = 4T/dhl \leq [\sigma_p]$	钢	150	100	50
				铸铁	80	50	30
	可动	磨损	$p = 4T/dhl \leq [p]$	钢	50	40	30

注：表中 T 为转矩 (Nmm)； d 为轴的直径 (mm)； h 为键高 (mm)； l 为键的工作长度 (mm)； $[\sigma_p]$ 、 $[p]$ 分别为许用挤压应力 (MPa) 和许用比压 (MPa)。

键的材料常采用 45 钢。

例 1-1 选择如图 1-12 所示的减速器输出轴与齿轮间的平键联接。已知传递的转矩 $T = 600\text{N} \cdot \text{m}$ ，齿轮材料为铸钢，载荷有轻微冲击。

解：1. 尺寸选择

根据轴的直径 ($d = 75\text{mm}$) 及轮毂长度 (80mm)。选择圆头平键，查表 1-1 得 $b = 20\text{mm}$ ， $h = 12\text{mm}$ ， $L = 70\text{mm}$ ，标记为：

键 20×70 GB 1096—79

2. 强度验算

由表 1-2 查得 $[\sigma_p] = 100\text{MPa}$ ，键的有效工作长度 $L = 70 - 20 = 50\text{mm}$

则 $\sigma_p = 4T/dhl = 4 \times 600 \times 1000 / 75 \times 12 \times 50 = 53.3\text{MPa} < [\sigma_p] = 100\text{MPa}$

故此平键联接强度足够。

验算结果如强度不够，可采取以下措施：

(1) 采用双键且相隔 180° 放置。考虑到载荷在两键上分布不均匀，故只按 1.5 个键计算。

(2) 增大键的长度。一般键长为 $(1.6 \sim 1.8)d$ 。

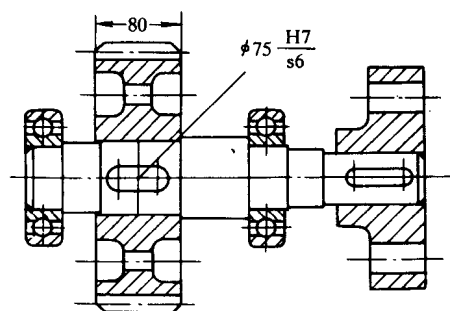


图 1-12 键联接

1.2 花键联接与销联接

1.2.1 花键联接

1. 花键联接的特点和应用

花键联接是由周向均布多个键齿的花键轴与带有相应键槽的轮毂相配合的可拆联接 (图 1-13a)，工作时靠键齿与键槽的侧面受挤压而传递转矩。

与平键相比，由于键齿与轴一体，且受力的齿数多，故花键联接承载能力高，定心性和导向性好，应力集中较小，因此适用于载荷较大和对定心精度要求较高的场合，如在飞机、汽车、拖拉机、机床及农业机械中应用较广。其缺点是加工需专用设备，制造成本高。

2. 花键联接的分类

花键根据其齿形的不同，可分为矩形花键和渐开线花键。

(1) 矩形花键 (图 1-13b) 矩形花键的齿廓为两条平行于键齿的对称直线。矩形花键