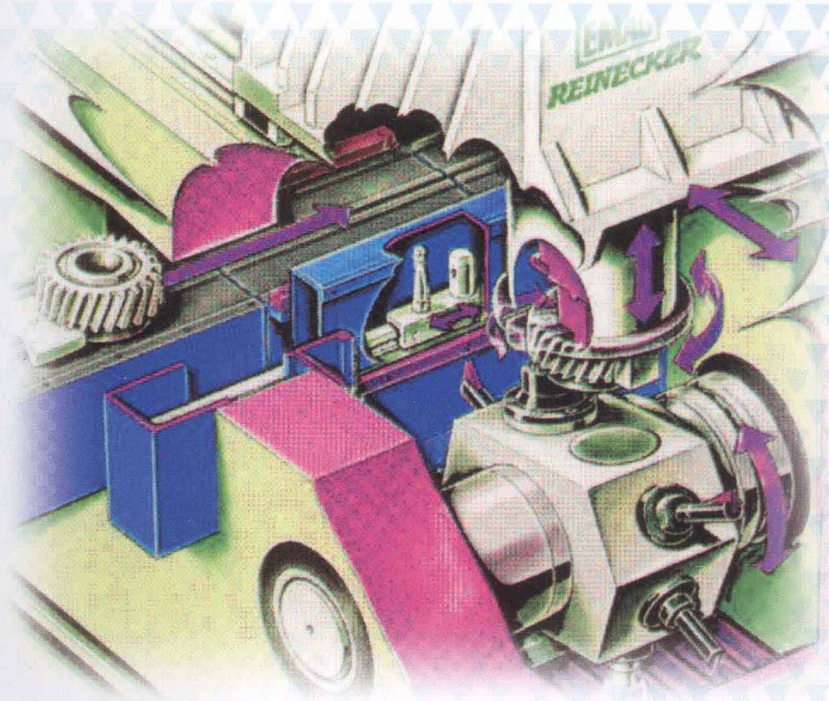


普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造装备设计 课程设计指导书

关慧贞 徐文骥 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造装备设计 课程设计指导书

大连理工大学 关慧贞 徐文骥 编著



机械工业出版社

本书是与“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《机械制造装备设计》(第3版)一书相配套的课程设计教材,也可结合实际教学独立使用。

本书立足于机械制造装备设计基础理论,结合多年教学实践,使读者可以在较低起点下进行高效的机械装备设计实践。书中主要包括普通机床或数控机床主传动系统设计、移动机器人设计和机床夹具设计三部分内容。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化专业以及相关专业的教学用书,也可供从事机械制造装备设计和研究的工程技术人员和研究生设计时参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备设计课程设计指导书/关慧贞,徐文骥编著. —北京:机械工业出版社,2013.5
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-41981-5

I. ①机… II. ①关…②徐… III. ①机械制造工艺—工艺装备—设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第064408号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 武晋 蔡开颖
版式设计:潘蕊 责任校对:闫玥红
封面设计:张静 责任印制:乔宇
三河市国英印务有限公司印刷
2013年6月第1版第1次印刷
184mm×260mm·10.5印张·1插页·246千字
标准书号:ISBN 978-7-111-41981-5
定价:19.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是与“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《机械制造装备设计》（第3版）相配套的课程设计教材，也可结合实际教学独立使用。书中的课程设计有三个方向可供选择：普通机床或数控机床主传动设计，机器人设计，机床夹具设计。课程设计是学生在学完相应的专业课之后，运用所学的基础课、技术基础课和专业课的理论知识，生产实习与实验等实践知识进行的一次实践性教学环节，是学生学习设计的综合性训练过程。学生通过课程设计，加深和扩展所学的知识，积累设计经验和提高设计能力，培养创新意识、综合素质及分析问题和解决实际工程技术问题的能力。

本书由大连理工大学关慧贞、徐文骥编著，它凝聚了大连理工大学机械学院原机床和工艺教研室教授们的心血，是数十年教学经验的提炼和总结。在本书编写过程中，多位研究生参与了其中的工作，在此一并向大家表示感谢。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及自动化专业以及相关专业的教学用书，也可供从事机械制造装备设计和研究的工程技术人员和研究生设计时参考。

限于编者的水平，书中错误或不足之处在所难免，恳请批评指正。

编 者

目 录

前言

第一部分 机床课程设计

一、机床课程设计的题目和内容	1
1. 机床课程设计的题目	1
2. 机床课程设计的内容	1
3. 学生应完成的设计工作	1
二、机床课程设计的步骤	1
1. 明确题目要求, 查阅有关资料	1
2. 设计主传动系统	1
3. 初选和初算主要传动件及参数	3
4. 绘制部件装配图	3
5. 验算主要传动件	4
6. 绘制零件图	4
7. 编写设计计算说明书	4
三、带传动的选择和计算	4
1. 同步带传动的选择和计算	4
2. V带传动的选择和计算	12
四、齿轮的设计与计算	18
1. 齿轮齿数的确定	18
2. 齿轮精度的选择	18
3. 齿轮模数的计算	19
4. 齿轮的结构设计	23
五、传动轴及其组件的设计	26
1. 传动轴的设计	26
2. 初选传动轴的轴径	27
3. 传动轴弯曲刚度的校核	28
4. 传动轴上的轴肩与孔台设计	28
5. 轴向定位	29
6. 轴在箱体上的固定	30
7. 传动轴和电动机输出轴之间的连接	31
六、主轴设计及主轴组件	31
1. 主轴	31
2. 主轴轴径的确定	31

3. 主轴组件	32
七、变速操纵机构的设计	32
1. 变速操纵机构应满足的要求	32
2. 变速操纵机构的组成	33
3. 手动与机动操纵机构	33
4. 自动控制系统的设计	37
八、结构设计中要注意的问题	38
1. 结构工艺性	38
2. 润滑与密封	40
九、机床主轴部件结构实例	41
1. 高刚度型主轴部件结构	41
2. 高速型主轴部件结构	42
3. 速度刚度型主轴部件结构	42
附录 I	44
1. 各种常用传动比的适用齿数	44
2. 安装轴承环的轴肩高度	46
3. 直流主轴电动机系列	46
4. 交流主轴电动机系列	47
5. 直流伺服电动机系列	47
6. 交流伺服电动机系列	47
7. 北京第一机床厂主轴电动机表	48
参考文献	49

第二部分 移动机器人设计

一、移动机器人设计的要求和设计内容	50
1. 移动机器人设计的目的和要求	50
2. 技术参数	50
3. 设计内容	50
4. 具体设计步骤	50
5. 时间安排(3周)	51
二、移动机器人的分类与组成	52
1. 移动机器人的分类	52
2. 移动机器人的组成	52

三、移动机器人总体方案设计	54	3. 拟订工艺路线	86
1. 确定移动机器人的主要尺寸	54	4. 选择加工设备及工艺装备	87
2. 机器人设计应满足的基本要求和原则	54	5. 加工工序设计和工序尺寸计算	87
四、移动机器人的初步设计和详细设计	55	6. 选择切削用量并确定时间定额	87
1. 初步设计	55	7. 填写工艺文件	88
2. 详细设计	55	(二) 夹具设计 (参考文献 [1] [2] [3])	91
3. 模块化设计	56	1. 夹具设计的基本要求	91
五、移动机器人的结构设计	56	2. 原始资料的分析研究	91
1. 移动机构设计	56	3. 夹具结构方案的拟订	92
2. 传动机构设计	57	4. 夹具总装图的设计	95
3. 升降机构设计	60	5. 夹具零件图的绘制 (选做)	99
4. 末端执行机构设计	60	(三) 设计说明书的撰写	99
六、驱动器的选择	62	附录 III	101
七、制作机器人的材料、截面形状及连接方式的选择	63	附录 III - 1 常见表面加工阶段的划分	101
1. 制作机器人的常用材料	63	一、获得不同精度和表面粗糙度的外圆表面加工方法 (附图 3-1)	101
2. 截面形状及连接方式的选择	65	二、获得不同精度和表面粗糙度的内圆表面加工方法 (附图 3-2)	102
八、竞赛型移动机器人中常用的传感器	66	三、获得不同精度和表面粗糙度的平面加工方法 (附图 3-3)	103
1. 红外光电检测传感器	66	附录 III - 2 夹具设计常用资料	104
2. 光电编码器	67	一、夹具设计时的摩擦因数	104
3. 超声波传感器	68	二、对刀、导向元件	104
4. 机器人视觉传感器	69	(一) 对刀块	104
5. 机器人控制系统	71	1. 圆形对刀块	104
九、竞赛型移动机器人设计实例	72	2. 方形对刀块	105
1. CCTV 第一届全国大学生机器人电视大赛	72	3. 直角对刀块	106
2. CCTV 第二届全国大学生机器人电视大赛	74	4. 侧装对刀块	106
3. CCTV 第三届全国大学生机器人电视大赛	78	(二) 对刀平塞尺	106
参考文献	83	(三) 导向元件	107
		1. 固定钻套	107
		2. 可换钻套	109
		3. 快换钻套	111
		4. 钻套用衬套	113
		5. 钻套螺钉	114
		6. 镗套	114
		7. 镗套用衬套	116
		8. 镗套螺钉	117
第三部分 机床夹具设计			
一、设计要求与内容	84		
二、设计方法与步骤	84		
(一) 工艺设计	84		
1. 分析、研究零件图, 进行工艺审查	84		
2. 选择毛坯, 绘制零件——毛坯综合图	84		

9. 钻套高度 H 和钻套与工件距离 h	118	(二) 回转手柄螺母	128
(四) 定位键及定向键	119	(三) 快换垫圈	129
三、常用定位元件	121	(四) 光面压块	130
(一) 支承钉	121	(五) 移动压板	131
(二) V 形块	123	附录 III -3 夹具设计中易出现的错误	
(三) 固定 V 形块	124	示例 (附表 3-25)	133
(四) 定位衬套	126	附录 III -4 夹具设计题目选编	135
四、常用夹紧元件	127	参考文献	160
(一) 带肩六角螺母	127		

第一部分 机床课程设计

一、机床课程设计的题目和内容

1. 机床课程设计的题目

机床课程设计题目包括：①普通车床主传动系统设计；②普通铣床主传动系统设计；③数控车床主传动系统设计；④数控铣床主传动系统设计。

2. 机床课程设计的内容

机床课程设计的内容是设计一个中等复杂程度的机床主传动系统，包括如下内容。

(1) 运动设计 根据任务书中给定的规格、参数，拟订传动系统结构方案，确定传动副的传动比及齿轮齿数等。

(2) 动力设计 确定电动机的功率，传动零件的计算载荷、尺寸，验算主要传动件的受力变形或零件的寿命是否在允许的范围内。

(3) 结构设计 进行主传动轴系、变速机构、操纵机构等布局 and 具体结构的详细设计。

3. 学生应完成的设计工作

(1) 设计图 绘制主传动系统装配图 (A0 号图) 1 张，部件展开图 1~2 张 (A0 号或 A1 号图)，主要零件图 1 张。

(2) 设计计算说明书 包括机床规格、用途说明、机床主传动系统的设计 (方案拟订、主传动参数、转速图和传动系统图)、动力计算和校核。通过计算确定：主要传动件的材料和尺寸；操纵机构和润滑方式；设计的优缺点和改进意见，以及参考文献等。

二、机床课程设计的步骤

1. 明确题目要求，查阅有关资料

在研究设计题目时，应明确所给定的条件、数据，所设计装备的性能、应用范围以及规定的设计内容。根据题目需要查阅有关资料。除《机械制造装备设计》教材外，还可参阅《金属切削机床》、《金属切削机床设计》、《机床设计》等教材，查阅《机床设计手册》、《机械设计手册》、《机床图册》和相关的图样等。在认真读懂有关图样的同时，还应到实验室或工厂实地了解同类型装备的结构、各传动部分与其他相邻部件的安装关系、机床的使用性能与操作等。

2. 设计主传动系统

拟订主传动系统总体方案时，要慎重考虑各传动组中传动副的传动比，一般为降速传动。同时，还要充分注意各传动轴在空间如何布置才更为合理。

设计中，常取 V 带传动的传动比 $u = 1:1 \sim 1:2.5$ 。这是因为小带轮的直径不能选得太小，大带轮的直径不能过大，以避免带因过度绕曲而缩短寿命。主传动系从电动机到主轴，

通常为降速传动。接近电动机的传动件转速较高,传递的转矩较小,尺寸小一些;反之,靠近主轴的传动件转速较低,传递的转矩较大,尺寸就较大。因此,在拟订主传动系统总体方案时,应尽可能将传动副较多的变速组安排在前面,传动副数少的变速组放在后面,使主传动系统中更多的传动件在高速范围内工作,尺寸小一些。减小变速箱的外形尺寸,也节省变速箱的成本。选择齿轮传动比时,为避免从动齿轮尺寸过大而增加箱体的径向尺寸,一般限制直齿圆柱齿轮最小传动比 $u_{\min} \geq 1/4$; 为避免放大传动误差,减少振动噪声,直齿圆柱齿轮的最大传动比 $u_{\max} \leq 2$, 即齿轮传动比 $u = 2 \sim 1/4$ 为宜。这里所推荐的极限传动比不是绝对的,有时也可超出,但不宜超出过多,设计时应根据具体情况而定。通常,应尽可能少用极限传动比,以免因增大传动件的尺寸而浪费材料或因提高转速而增强噪声。一个主传动链的最高转速和最低转速确定以后,若不采用极限传动比,可能会增加传动件的数目(如采用背轮传动),但最大零件的尺寸减小,从而使整个箱体的截面尺寸减小。但有些机床,如升降台铣床,利用立式床身作为传动件的箱体,各传动轴的中心又近似于排在一个平面上,内部空间足够容纳大齿轮;而且对断续切削的铣削来说,还希望在主轴上靠近前轴承处装一个起飞轮作用的大齿轮。因此,在最后一组扩大组中采用极限传动比是有利的。

(1) 普通机床主传动系统设计 通常,普通机床主传动系统设计是在给定主电动机功率、电动机最高转速的情况下,拟订传动系统。可根据教学计划,从学时实际情况考虑,决定普通机床主传动系统中的主轴级数,可选主轴变速级数 $z = 8、12、18$ 等;因学时所限,对于级数较多的机床主传动系统设计,建议采用双速电动机传动,以简化机构。这样也可以减少学生大量的计算、绘图工作。然后,确定机床主传动运动参数,拟订结构形式和转速图;确定各传动轴之间的转速比、齿轮传动比、齿轮齿数和带轮直径,绘制出主传动系统图等。

设计主变速传动系时,一般应该遵循主传动系统的设计原则,尽可能做到变速传动组的传动顺序与扩大顺序一致。即传动副数前多后少原则,传动顺序与扩大顺序一致的原则,变速传动组的降速要前慢后快,中间轴的转速不宜超过电动机转速的原则。从电动机到主轴之间的总趋势是降速传动,在分配各变速传动组的传动比时,为使中间传动轴具有较高的转速,以减小传动件的尺寸,前面的变速传动组降速要慢些,后面变速传动组降速要快些。但是,中间轴的转速不应过高,以免产生振动、发热和噪声。通常,中间轴的最高转速不超过电动机的转速。当主传动采用双速电动机时,双速电动机作为第一扩大组,虽然不符合传动顺序与扩大顺序一致的原则,但却使结构大为简化,可减少变速传动组和转动件的数目。

当各变速传动组的传动比确定之后,可确定齿轮齿数、带轮直径。对于定比传动的齿轮齿数和带轮直径,可依据《机械设计手册》推荐的计算方法确定。对于变速传动组内齿轮的齿数,如传动比是标准公比的整数次方时,变速组内每对齿轮的齿数和及小齿轮的齿数可从附录 I-1 中选取。

对转速图的设计要求:转速图标注要完整,应标明各传动轴的轴号、转速数列、带轮传动比、齿轮齿数比、电动机转速。

对传动系统图的设计要求:传动系统图应按规定的符号绘制,应标注电动机功率和转速、带轮直径、齿轮齿数、模数、各传动轴的轴号。

(2) 数控机床主传动系统设计 数控机床主传动系统设计时,主传动采用直流或交流电动机无级调速。设计时,必须要考虑电动机与机床主轴功率特性匹配问题。由于主轴要求的恒功率变速范围远大于电动机的恒功率变速范围,所以在电动机与主轴之间要串联一个分级变速箱,以扩大其恒功率调速范围,满足低速大功率切削时对电动机的输出功率的要求。在设计分级变速箱时,考虑机床结构复杂程度、运转平稳性要求等因素,根据给定的主电动机功率、主电动机最高转速及额定转速,有以下几种变速情况,可任选其一。

- 1) 采用2级减速的主传动系统设计(绘制转速图、传动系统图、功率特性图)。
- 2) 采用3级减速的主传动系统设计(绘制转速图、传动系统图、功率特性图)。
- 3) 采用4级减速的主传动系统设计(绘制转速图、传动系统图、功率特性图)。

数控机床转速图和传动系统图的设计要求与普通机床主传动系统的设计要求一样。功率特性图应按比例画出,注意功率特性图是否有缺口或重叠,若有缺口,要求标出缺口处的功率。

3. 初选和初算主要传动件及参数

需要初选和初算的主要传动件有:V带的选型和计算,包括大小带轮间的中心距、V带的型号和所需的根数;同步带的选型,包括带轮的结构和尺寸,同步带的模数、齿数,传动轴的中心距等。其中,传动轴是按扭转刚度的要求,初步估算和确定轴径;齿轮是按接触和弯曲强度计算,取两者中的大值来确定齿轮模数,再进行齿轮的几何计算,正确选择齿轮的精度;对于有线速度限制的传动件,要检查是否超过了线速度的允许值。

4. 绘制部件装配图

1) 部件装配图应按1:1绘制,按规定的标准和画法绘图,要求尺寸准确、线条清晰、文字工整,标准件必须按规定绘制。注意布图的匀称和美观。展开图与剖视图的绘制常需交叉进行,以便互相对照,全面检查。要先通过计算绘制出草图,安排各传动轴的位置,再绘制底图,待验算修改后一次加深。

2) 展开图,基本上是按照传动顺序,将各轴间展开画在一个平面上,清楚地表明传动系统的传动关系与结构。根据课程设计的要求,在展开图上应标注下列内容:轴号、轴承型号、主轴轴承的型号和精度等级、齿轮的齿数与模数、各配合处的配合尺寸和配合性质、一根轴的联系尺寸(即轴向尺寸链)、移动件行程的极限位置、轴向轮廓尺寸和与其他部件有关的连接尺寸等。

3) 在剖视图上,要求准确地表达出各传动轴的空间位置,尤其是做车床主传动系统设计的学生,更要注意各传动轴的空间布局,防止出现干涉。通过剖视图的设计,着重于建立空间概念。要绘制出一个操纵机构组件的结构以及在展开图上难以表达或表达不清楚的机构。剖视图中应标注出轴号,展开图中没有的轴承型号,主要的配合尺寸和配合性质,有啮合关系的齿轮。此外,轴孔的轴间距和偏差都应详细标出。车床设计中还要标注出主轴中心线到主轴箱安装基面的距离,即中心高。

4) 进行零件结构设计时,应注意如下问题:

① 齿轮的结构形状与加工齿轮的方法有关。对于双联和三联齿轮,加工方法决定了相邻齿轮的间距,设计时应注意。齿轮轮毂的长度应按导向的要求来确定,通常齿轮直径为齿

轮轮毂直径的 1.5 倍左右。

② 根据所选轴承的类型确定传动轴组件的结构, 要正确选定轴的轴向定位方式, 要考虑传动轴上所安装的零件如何固定和装拆。

③ 设计主轴组件时, 要注意主轴头已标准化, 要按标准选择和绘图。正确选择主轴上的轴承类型和精度, 注意轴承间隙的调整方法, 主轴组件的固定和装拆, 合理选择润滑与密封的方式, 并计算主轴组件的合理跨距。

④ 设计时应注意检查可能产生的干涉现象, 如轴上固定齿轮之间的间距不够长, 在滑移齿轮滑动时, 会出现原啮合的一对尚未完全脱开, 另一对齿轮就要进入啮合; 由于齿数或传动比确定的不当而引起齿轮与相邻轴的干涉问题。

5. 验算主要传动件

当传动件的尺寸和位置确定以后, 就可进行详细的验算。计算所需的原始数据可从绘制的图中得到。验算的主要内容是轴的弯曲刚度和滚动轴承的寿命。可从受载较重的轴中选出一根 (或一对) 轴进行验算。当验算结果不能满足性能要求时, 应修改设计或在说明书中阐述改进意见和措施。

6. 绘制零件图

可选择主轴、传动轴或其他零件, 视课程设计的时间而定。零件图上应有足够的视图和剖视图, 应标注尺寸和公差, 注明加工表面粗糙度、几何公差和技术要求, 只有在用符号难以表达的情况下, 才可用文字注明技术要求, 且要符合相关标准。

7. 编写设计计算说明书

设计计算说明书的编写应与设计同时进行, 在图样绘制工作全部完成后, 再继续编写未完成部分, 并加以整理, 装订成册。一般要求说明书的篇幅在 25 ~ 30 页 (B5 纸)。说明书要求叙述简明扼要, 层次分明, 文字通顺, 书写工整, 图表清晰, 计算准确。说明书后要附有参考文献目录, 包括作者、书刊名称、出版社和出版年份。

三、带传动的选择和计算

1. 同步带传动的选择和计算

同步带传动的特点是: 传动无相对滑动, 速比准确; 传动精度较高; 不需要润滑油及润滑装置; 角速度稳定, 传动效率高, 噪声小; 使用寿命长。同步带按照齿的形状分为圆弧齿和梯形齿两大类。

(1) 圆弧齿同步带的规格和结构及带轮材料

1) 圆弧齿同步带的规格标记如图 1-1 所示, 圆弧齿同步带的规格尺寸见表 1-1。圆弧齿同步带结构图如图 1-2 所示, 不同形状的圆弧齿带轮结构如图 1-3 所示。其中, 图 1-3a 是没有轮毂的, 图 1-3b、c 所示是有轮毂的, 可作为设计时的参考。圆弧齿同步带的规格尺寸见表 1-2。

2) 圆弧齿带轮材料: 一般采用 35 钢或 45 钢;

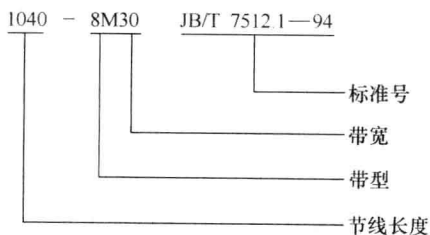


图 1-1 圆弧齿同步带的规格标记

转速在 33m/s 以下时可采用 HT200 或 HT250。此外, 根据用户具体使用要求, 可采用粉末冶金、尼龙、胶木、塑料等材料。

表 1-1 圆弧齿同步带的规格尺寸 (摘自 JB/T 7512.1—1994)

规格	节线长度/mm	齿数	规格	节线长度/mm	齿数
120-3M	120	40	450-5M	450	90
201-3M	201	67	550-5M	550	110
252-3M	252	84	635-5M	635	127
300-3M	300	100	710-5M	710	142
384-3M	384	128	800-5M	800	160
459-3M	459	153	900-5M	900	180
537-3M	537	179	1000-5M	1000	200
633-3M	633	211	1125-5M	1125	225
295-5M	295	59	1420-5M	1420	284
320-5M	320	64	2000-5M	2000	400
416-8M	416	52	1760-8M	1760	220
480-8M	480	60	2000-8M	2000	250
600-8M	600	75	2400-8M	2400	300
720-8M	720	90	966-14M	966	69
800-8M	800	100	1400-14M	1400	100
880-8M	880	110	1778-14M	1778	127
1040-8M	1040	130	2100-14M	2100	150
1200-8M	1200	150	2310-14M	2310	165
1440-8M	1440	180	4578-14M	4578	327

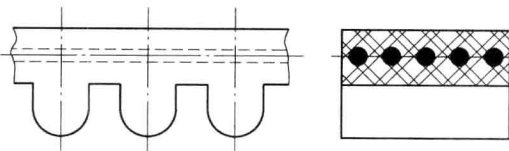


图 1-2 圆弧齿同步带结构图

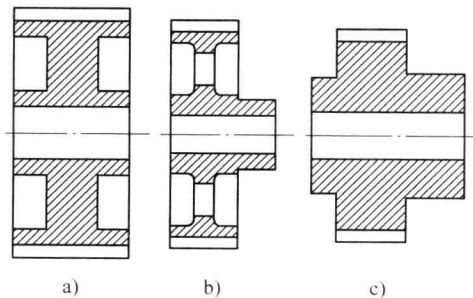


图 1-3 不同形状的圆弧齿带轮结构

表 1-2 圆弧齿带轮的规格标记

槽型	3M			5M					8M				14M			
轮宽代号	6	9	15	9	15	20	25	30	20	30	50	85	40	55	85	115
t_1	3			4					5				7			
t_2	1			1.5					1.5~2				1.5~2			
t_3	1~2			2~3					4				4~4.5			
r	0.5~1			0.5~1					1				1			
w	12	15	22	17	23	28	34	40	32	43	64	100	56	72	103	134
A	7	11	17	11	17	22	27	33	22	33	54	90	46	62	93	124
d_c	$d_a + 2t_2$															
$d_f \frac{H_9}{h_9}$	$d_a - 5$			$d_a - 7$					$d_a - 9$				$d_a - 16$			
X	6	7	8	7	8	8	8	9	8	9	12	16	14	16	21	26
L	22	25	32	32	38	43	49	55	52	63	84	120	81	97	128	159
d	$D + (20 \sim 30)$			$D + (20 \sim 50)$					$D + (30 \sim 60)$				$D + (70 \sim 130)$			
M	$d_a - 20$			$d_a - 25$					$d_a - 30$				$d_a - 40$			

注： D 由设计者确定。

(2) 梯形齿同步带的主要参数与规格 由于强力层在工作时长度不变，所以强力层的中心线被确定为同步带的节线（中性层），并以节线的周长 L 作为同步带的公称长度，周节 t 为相邻两齿在节线上的距离。模数 m 是同步带尺寸计算的一个主要依据。带轮的齿形一般推荐使用渐开线齿形，并由渐开线同步带轮刀具用展成法加工而成。

1) 梯形齿同步带的规格标记如图 1-4 所示。

2) 梯形齿同步带的齿形图如图 1-5 所示。表 1-3 为梯形齿同步带的齿形尺寸表。

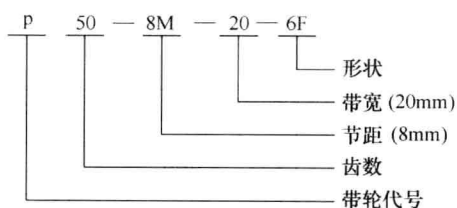


图 1-4 梯形齿同步带的规格标记

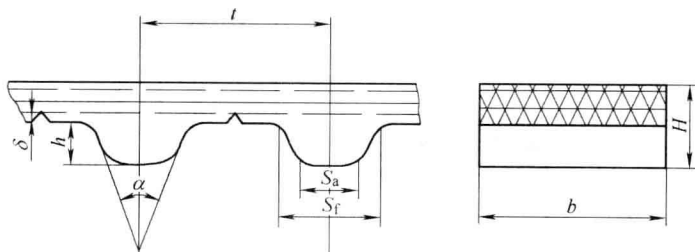


图 1-5 梯形齿同步带齿形图

表 1-5 梯形齿同步带的齿数和长度

齿数 z	模 数 m/mm					
	1.5	2.0	2.5	3	4	5
	公称长度 $L_p = \pi m z / \text{mm}$					
32	150.8	201.1				
35	164.9	219.9	274.9	329.9		
40	188.5	251.3	314.2	377.0	502.7	628.3
45	212.1	282.7	353.4	424.1	565.5	706.9
50	235.6	314.2	392.7	471.2	628.3	785.4
55	259.2	345.6	432.0	518.4	691.2	863.9
60	282.7	377.0	471.2	565.5	754.0	942.5
65	3.603	408.4	510.5	612.7	816.8	1021.0
70	329.9	439.8	549.8	659.7	879.7	1099.6
75	353.4	471.2	589.1	706.9	942.5	1178.1
80	377.0	502.7	628.3	754.0	1005.3	1256.6
85	400.6	534.1	667.6	801.1	1068.1	1355.2
90	424.1	565.5	706.9	848.2	1131.0	1413.7
95	447.7	596.9	746.1	895.4	1193.8	1492.3
100	471.2	628.3	785.4	942.5	1256.6	1570.8
110	518.4	691.2	863.9	1036.7	1382.3	1727.9
120	565.5	754.0	942.5	1131.0	1508.0	1885.0
140	659.7	879.7	1099.6	1319.5	1759.3	2199.1
160	754.0	1005.3	1256.6	1508.0	2010.6	2513.3
180	848.2	1131.0	1413.7	1696.5	2261.9	2827.4
200	942.5	1256.6	1570.8	1885.0	2513.3	3141.6

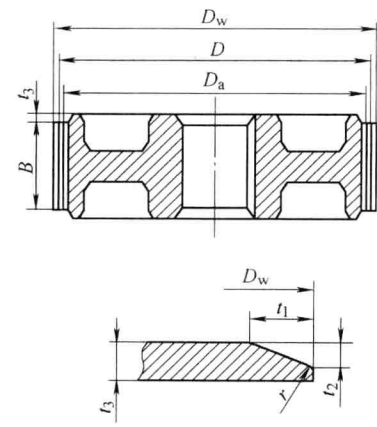
表 1-6 带轮的几何尺寸

计算项目	符号	计算公式	
		小带轮	大带轮
周节	t	$t = \pi m$	$t = \pi m$
节圆直径	D	$D_1 = mz_1$	$D_2 = mz_2$
顶圆直径	D_a	$D_{a1} = D_1 - 2\delta$	$D_{a2} = D_2 - 2\delta$
顶圆周节	t_a	$t_{a1} = \frac{\pi D_{a1}}{z_1}$	$t_{a2} = \frac{\pi D_{a2}}{z_2}$
顶圆齿槽宽	w_a	$w_a = s_f + j_1$	
齿侧间隙	j_1		
径向间隙	c		
齿槽深	h	$h = h' + c$	
根圆直径	D_f	$D_f = D_c - 2h$	
根圆齿槽宽	w_f	$w_f = s_a$	
齿根圆角半径	r_f	0.1m	
齿顶圆角半径	r_a	0.15m	
轮齿宽	B	$B = b + (3 \sim 10) \quad b$ —带宽	

表 1-7 齿侧间隙和径向间隙

模数	1.5	2	2.5	3	4	5	7	10
齿侧间隙 j_1	0.4	0.5	0.55	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0
径向间隙 $c = \frac{j_1}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}$	0.55	0.69	0.75	0.82	1.10	1.37	1.37	1.37

表 1-8 带轮挡边尺寸

	m	1.5 ~ 3	4、5	7、10
	t_1	2	4	8
	t_2	1	1.5	2
	t_3	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4
	r	0.5 ~ 1		
	D_w	$D_a + 2t_1$		

(4) 带轮的材料与齿形加工 带轮的材料一般采用铸铁或者钢，在高速、小功率场合下也可采用轻合金、塑料等。带轮轮齿最好采用直线齿廓圆盘铣刀或者展成直线齿廓的特制滚刀加工，小批量生产时也可以采用渐开线圆盘铣刀或者标准齿轮滚刀加工或成形加工。

(5) 同步带的强度 应该保证同步带有足够的强度，避免由于强度不够，同步带工作时可能产生的弯曲疲劳破损、断裂，带齿的磨损等。同步带的强度计算是计算作用在同步带单位宽度上的拉力，计算公式为

$$b = \frac{1000P}{([S] - S'_c)v} \quad (1-1)$$

式中 b ——同步带的宽度 (mm)；

P ——同步带所传递的功率 (W)；

$[S]$ ——同步带单位宽度上的许用拉力 (N/mm)，见表 1-9；

S'_c ——同步带单位宽度上的离心拉力 (N/mm)，其计算公式为

$$S'_c = \frac{q'v^2}{g} \quad (1-2)$$

式中 q' ——单位宽度、单位长度的带重 (N/mm·m)；

v ——带速 (m/s)；

g ——重力加速度，取 9.81m/s^2 。

表 1-9 列出了聚氨酯同步带的 $[S]$ 和 q' 值。

表 1-9 聚氨酯同步带的 $[S]$ 和 q' 值

模数/mm	1.5	2	2.5	3	4	5	7	10
单位宽度的许用拉力 $[S]/(N/mm)$	3.9	5.9	7.8	9.8	15	25	29	39
单位宽度、单位长度的重量 $q'/(N/mm \cdot m)$	18	24	29	34	47	59	80	110

(6) 同步带的计算 主要有同步带的模数、齿数和宽度，带轮的结构和尺寸、传动中心距、作用在该轴上的载荷等。

1) 同步带的模数选取：主要根据同步带所传递的计算功率 P_c 和小带轮的转速 n_1 。可按图 1-8 所示的同步带模数选择图选取。计算功率 P_c 按下式计算

$$P_c = K_g P \quad (1-3)$$

式中 P ——同步带所传递的功率 (W)；

K_g ——工作情况系数，见表 1-10。

表 1-10 工作情况系数 K_g

载荷性质	一天运转时间/h		
	≤ 10	10 ~ 16	> 16
载荷平稳	1.0	1.1	1.2
载荷变动小	1.2	1.4	1.6
载荷变动较大	1.4	1.7	2.0

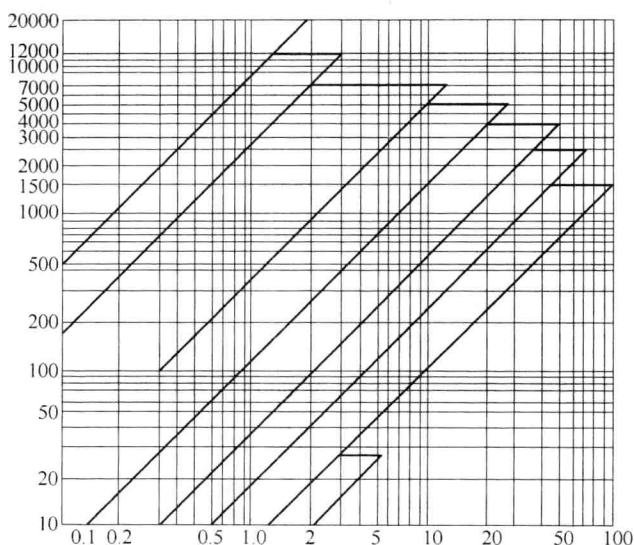


图 1-8 同步带模数选择图