



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

机械制造装备设计 课程设计

第2版

主编 陈立德



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

机械制造装备设计

课程设计

Jixie Zhizao Zhuangbei Sheji Kecheng Sheji

第2版

主 编 陈立德
副主编 赵海霞 续海峰



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是全国教育科学“十一五”规划课题——“我国高校应用型人才培养模式研究”机械类子课题项目成果,是在第1版基础上修订而成的。本书是陈立德主编《机械制造装备设计》(第2版)的配套课程设计教材。

本书所含课程设计题目主要面向专用机床主轴箱设计,同时还能指导简明的普通机床主轴箱设计。书后附有多篇附录,摘录了机械设计有关最新国家标准、规范、典型结构等,便于学生进行课程设计时使用。本书力求内容简明实用,注意加强学生设计技能与结构设计能力的培养。

本书可作为普通高等学校机械类、近机类专业的教材,也可作为有关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

334039

机械制造装备设计课程设计/陈立德主编.--2版.
--北京:高等教育出版社,2012.8
ISBN 978-7-04-035107-1

I. ①机… II. ①陈… III. ①机械制造工艺-工艺装备-设计-课程设计-高等学校-教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 161804 号

策划编辑 庚欣
责任校对 刘丽娟

责任编辑 庚欣
责任印制 毛斯璐

封面设计 于文燕

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 国防工业出版社印刷厂
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 9.75
字数 230千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2007年11月第1版
2012年8月第2版
印 次 2012年8月第1次印刷
定 价 16.00元



本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 35107-00

前 言

本书是全国教育科学“十一五”规划课题——“我国高校应用型人才培养模式研究”机械类子课题项目成果,是在第1版基础上精心修订而成的。本书是陈立德主编《机械制造装备设计》(第2版)的配套课程设计教材,用以指导学生进行本课程的课程设计。

全书沿用上一版的体系,突出设计方法和设计步骤的指导,对学生易产生问题的地方加以重点说明。课程设计的题目面向专用机床主轴箱的设计,但通过学习本教材第5章内容,也可对简易普通机床主轴箱进行设计。

本书内容尽量避免与主教材重复,围绕指导课程设计精选有关数据和结构图例,力求简明实用。为适应当前机械设计工作的需要,尽量采用最新国家标准,并给出了必要的新、旧标准对照。

本书由金陵科技学院陈立德任主编,并负责全书的统稿工作,赵海霞、续海峰任副主编。参加本次修订工作的有陈立德、赵海霞(第1~6章),续海峰(附录3),罗卫平(附录4~6),卞咏梅(附录1、2)。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评、指正。

编 者

2012年2月

目 录

第 1 章 机械制造装备设计课程设计的 目的、内容与步骤	1	附表 1.1 图纸幅面、图样比例	56
1.1 课程设计的目的	1	附表 1.2 常用材料极限强度的近似 关系	57
1.2 课程设计的内容	1	附表 1.3 一般用途圆锥的锥度与锥角 (摘自 GB/T 157—2001)	57
1.3 课程设计的步骤和注意事项	2	附表 1.4 特定用途的圆锥(摘自 GB/T 157—2001)	58
1.4 课程设计的学时分配	5	附表 1.5 砂轮越程槽(摘自 GB/T 6403.5—2008)	59
第 2 章 传动轴与主轴	6	附表 1.6 插齿退刀槽(摘自 JB/ZQ 4239—1986)	60
2.1 外力作用的方向	6	附表 1.7 滚人字齿轮退刀槽(摘自 JB/ZQ 4239—1986)	60
2.2 主轴承承载的确定	7	附表 1.8 滑移齿轮的齿端圆齿和 倒角尺寸	61
2.3 弯矩图的绘制	8	附表 1.9 刨削、插削越程槽	61
2.4 主轴前端挠度的确定	10	附表 1.10 齿轮滚刀外径尺寸(摘自 GB/T 6083—2001)	61
2.5 传动轴的刚度验算	11	附表 1.11 弧形槽端部半径(摘自 GB/T 1127—1997)	61
2.6 传动轴直径的确定——美国 ASME 标准	14	附表 1.12 T 形槽及相应螺栓头部 尺寸(摘自 GB/T 158—1996)	62
2.7 角接触向心轴承的轴向载荷 计算	15	附表 1.13 T 形槽间距及其极限偏差 (摘自 GB/T 158—1996)	63
第 3 章 切削用量与切削力	16	附表 1.14 T 形槽用螺母尺寸(摘自 GB/T 158—1996)	63
3.1 专用机床切削用量的选定	16	附表 1.15 燕尾槽(摘自 JB/ZQ 4241—2006)	64
3.2 专用机床切削力计算	20	附表 1.16 矩形花键基本尺寸系列 (摘自 GB/T 1144—2001)	65
第 4 章 典型结构	21	附表 1.17 矩形内花键形式及长度 系列(摘自 GB/T	
4.1 齿轮块	21		
4.2 主轴端部结构	27		
4.3 主轴组件	32		
第 5 章 普通机床主轴箱设计	46		
5.1 公比 φ	46		
5.2 转速损失	48		
5.3 计算转速	48		
5.4 检查主轴各级转速	50		
5.5 主轴前端轴颈尺寸	50		
第 6 章 课程设计题目	51		
6.1 专用机床课程设计题目	51		
6.2 普通机床课程设计题目	53		
附录 1 常用资料、数据	56		

	10081—2005)	66		GB/T 118—2000)	84
附表 1.18	矩形花键的尺寸公差带和 表面粗糙度 R_a (摘自 GB/T 1144—2001)	66	附表 2.16	圆锥销 (摘自 GB/T 117—2000)	85
附表 1.19	矩形花键的位置度、对称 度公差 (摘自 GB/T 1144—2001)	67	附表 2.17	圆柱销	86
附表 1.20	定位键 (摘自 JB/T 8016—1999)	67	附表 2.18	开口销 (摘自 GB/T 91—2000)	87
附表 1.21	部分通用铣床工作台 T 形 槽尺寸与定位键选择	68	附表 2.19	孔用弹性挡圈	87
附表 1.22	普通车床联系尺寸	68	附表 2.20	轴用弹性挡圈	91
附录 2 常用标准件	70		附表 2.21	轴肩挡圈 (摘自 GB/T 886—1986)	93
附表 2.1	六角头螺栓 1	70	附录 3 主轴端部结构	95	
附表 2.2	六角头螺栓 2	71	附表 3.1	凸轮锁紧型主轴端部尺寸 (摘自 GB/T 5900.2—1997)	95
附表 2.3	开槽螺钉	73	附表 3.2	凸轮锁紧型主轴端部与 花盘连接相关数据 (摘自 GB/T 5900.2—1997)	97
附表 2.4	内六角圆柱头螺钉 (摘自 GB/T 70.1—2008)	74	附表 3.3	7:24 手动换刀刀柄圆锥 连接机床主轴端部尺寸 (摘 自 GB/T 3837—2001)	98
附表 2.5	开槽锥端、平端、长圆柱端 紧定螺钉	75	附表 3.4	钻、镗床主轴锥孔标准	100
附表 2.6	T 形槽用螺栓 (摘自 GB/T 37—1988)	76	附录 4 切削用量与切削力	101	
附表 2.7	六角螺母	76	附表 4.1	用高速钢钻头加工铸铁件 的切削用量	101
附表 2.8	圆螺母 (摘自 GB/T 812—1988)	78	附表 4.2	用高速钢钻头加工钢件的 切削用量	101
附表 2.9	圆翼蝶形螺母 (摘自 GB/T 62.1—2004)	79	附表 4.3	钻削中碳钢及铝合金的 切削用量	102
附表 2.10	平垫圈	79	附表 4.4	钻削灰铸铁的切削用量	102
附表 2.11	弹簧垫圈 (摘自 GB/T 93—1987、GB/T 859—1987)	80	附表 4.5	用硬质合金端铣刀铣削的 切削用量	103
附表 2.12	普通平键	81	附表 4.6	周铣中碳钢的切削用量	103
附表 2.13	导向型平键 (摘自 GB/T 1097—2003)	82	附表 4.7	周铣灰铸铁的切削用量	104
附表 2.14	内螺纹圆柱销 (摘自 GB/T 120.1—2000、GB/T 120.2—2000)	83	附表 4.8	高速钢钻头切削用量	106
附表 2.15	内螺纹圆锥销 (摘自		附表 4.9	扩孔切削用量 (高速钢扩 孔钻)	107

附表 4.11	镗孔切削用量	107			
附表 4.12	用硬质合金端铣刀的铣削 用量	108	附表 5.5	圆柱滚子轴承(摘自 GB/T 283—2007)	130
附表 4.13	面铣刀的铣削余量	108	附表 5.6	双列圆柱滚子轴承(摘自 GB/T 285—1994)	132
附表 4.14	硬质合金不重磨式面铣刀 切削用量	108	附表 5.7	向心球轴承的 X 和 Y 值 (摘自 GB/T 6391—2010)	133
附表 4.15	高速钢丝锥攻螺纹切削 速度	109	附表 5.8	机床主轴用双向推力角接 触球轴承(摘自 JB/T 6362—2007)	135
附表 4.16	组合机床设计中推荐的 切削力、扭矩及功率计算 公式	109	附表 5.9	双列圆锥滚子轴承(摘自 GB/T 299—1995)	138
附录 5 滚动轴承		111	附录 6 滚珠丝杠		140
附表 5.1	深沟球轴承(摘自 GB/T 276—1994)	112	附表 6.1	滚珠丝杠副参数代号(摘自 GB/T 17587.1—1998)	140
附表 5.2	角接触球轴承(摘自 GB/T 292—2007)	117	附表 6.2	滚珠丝杠副特征代号(摘自 JB/T 3162.1—1991)	141
附表 5.3	圆锥滚子轴承(摘自 GB/T 297—1994)	122	参考文献		144
附表 5.4	推力球轴承(摘自 GB/T 301—1995)	127			

机械制造装备设计课程设计的目的、内容与步骤

1.1 课程设计的目的

本课程设计以加工设备中专用机床主轴箱为对象,是机械制造装备设计课程的一个重要的实践性环节,其作用是巩固和扩展学生在技术基础课和专业课学习中所获得的知识,培养学生理论联系实际的工程意识以及独立的工作能力。通过本课程设计,可以使学生初步了解专用切削机床(以下简称“专机”)设计的方法和步骤,熟悉有关标准、规范、手册和其他资料的运用,学会编写设计说明书、绘制部件装配图及零件工作图,以及有计划地组织自己的工作,为完成毕业论文、毕业设计取得经验。

在整个课程设计过程中,要求学生充分利用所学到的知识,独立并具有一定创造性地进行设计,使设计合理并富有先进的设计思想。设计中应充分考虑结构工艺性,设计要求工作可靠、装拆方便、操纵简单,保证零件的强度、刚度和使用寿命,同时要保证技术安全性且维护保养方便等。

必须指出,设计中不应凭空想象或片面地追求新奇而不切合实际,真正的创造性设计应建立在现有的科学技术水平基础之上。目前生产的各种机器都是在实践中不断改进设计发展而来的,因此,设计中首先要参考现有机器的设计,当然这种参考不是盲目地照搬照抄,而是对现有机器进行分析、比较,选用其合理和先进的部分,再通过设计者的思考进行必要的改进和发展,从而使新的设计在使用上和结构上更进一步。

1.2 课程设计的内容

课程设计题目一般为专用切削机床主运动的设计。通过学习本书第 5 章内容以及查阅相关资料,学生也可对简易的通用机床主运动进行设计,从而使基本能力得到训练。本课程的具体内容如下。

1. 运动设计

根据给定的机床规格和极限转速(或转速),拟定合适的结构式(或转速图等)和主传动系统图,确定齿轮齿数、蜗轮齿数、蜗杆头数、丝杠及螺母螺距和带轮直径等基本参数,并计算转速误差。

2. 动力计算

根据给定的电动机功率,计算并确定主轴及传动轴、齿轮、蜗轮蜗杆、带的主要参数及型号;

确定摩擦片离合器的尺寸和摩擦片片数以及制动器、轴承的结构形式和尺寸等;验算主轴或某一根传动轴的刚度和轴承的承载能力。

3. 结构设计

进行传动轴组件、变速机构、主轴组件、箱体(包括导轨等)、操纵机构、制动机构、润滑装置等的布置和结构设计。

绘制机床变轴变速箱的装配图(包括展开图和一主要剖视图)和一主要零件图。

4. 编写设计计算说明书

设计计算说明书是设计的依据,用以论证设计的正确性。其主要内容应包括:

- (1) 机床的性能与用途;
- (2) 运动设计和动力计算的计算过程和分析;
- (3) 结构设计说明(包括主要结构的分析以及操纵机构、润滑方式和其他需要说明或论证的问题);

- (4) 参考文献。

说明书使用 16 开纸,二三十页为宜。

1.3 课程设计的步骤和注意事项

课程设计大体按如下顺序进行,有时也会交叉进行,以确保设计的质量。

1. 准备工作

根据设计任务书,明确设计的目的、要求和内容,在教师的指导下拟定设计的进度计划。

准备有关参考资料,包括同类型专用切削机床和通用机床的有关资料及图纸等,并尽可能地到有关工厂、实验室了解同类专用切削机床或通用机床。对机床的用途、工艺范围、结构特点等情况进行调查分析及分析比较,并开始考虑自己的设计方案及可能采用的结构或作改进设计。

2. 运动设计

在分析研究所掌握资料的基础上,用算法或类比法确定所设计主轴变速箱的转速、转速级数,选择电动机的转速和功率等,然后拟定传动结构方案(结构式或结构网),绘制转速图。这时必须同时拟出 2 或 3 个方案进行分析比较,选择一个最佳方案,然后确定传动比和齿轮齿数,最后验算转速误差,使主轴各级实际转速符合下列不等式:

$$\left| \frac{n_{\text{实际}} - n_{\text{理论}}}{n_{\text{理论}}} \right| \leq 5\%$$

注意事项:

- 1) 选择切削用量时应分析在选用机床上的典型加工方法,同时要考虑切削技术的发展现状和经济性。
- 2) 应考虑整个机床的传动系统之间的关系和连接情况。
- 3) 应考虑主轴是否需要反转、空位和制动,是否有带动润滑油泵的运动等。
- 4) 分配传动比时,不宜采用过多接近 1/4 的传动比,这样会使结构庞大,或设计的小齿轮齿数太少,在结构上较难实现。
- 5) 相邻传动组的齿数和不应悬殊过大,以免大齿轮与相邻轴发生碰撞。

3. 动力计算

首先确定机床或设计部分的有效功率和电动机功率,然后进行传动件尺寸的计算。由于变速箱轴组件部分的结构及各传动轴的跨距等尚未确定,此时传动件的尺寸难以确定,只能先进行初步计算和采用类比法大致上定出传动件的主要尺寸,绘制主轴变速箱的轴组件展开图草图,在草图完成后再进行传动件的验算。

在传动件的计算中,专用机床以最小转速作为主轴计算转速 n_j 。

1) 传动轴直径的估算和选用

由于结构草图尚未画出,轴的跨距、传动力等无法确定,故无法采用弯扭组合强度计算的方法来计算轴径,一般应用轴的扭转强度来估算轴的最小直径 d_{\min} 。 d_{\min} 的计算公式可查阅参考文献[2]。

求得的传动轴直径 d 值应加以圆整。如是花键轴,则花键的内径可比计算值减小 7%。花键的基本尺寸可查阅附表 1.16。

2) 主轴轴颈的确定

机床主轴大多是阶梯轴,专用机床的前端轴颈直径可参考普通机床来确定(详见 5.5 节)。

3) 齿数模数的估计

一般同一变速组中的齿轮取同一模数,一个主轴变速箱中的齿轮采用 1 或 2 种模数。

传递功率的齿轮模数一般取大于 2 mm。在中型机床中,主轴变速箱的齿轮模数常取 2.5 mm、3 mm、4 mm。

其他传动件按参考文献[2]或有关资料进行选择或计算。各个传动件的基本尺寸确定后,便可绘制部件装配草图。

注意事项:

估算时,应尽量选择同类型机床采用类比法进行。

4. 绘制装配图草图

绘制装配图是设计的重要阶段,其主要内容为确定零件的布置和结构。由于主轴变速箱的结构比较复杂,在画正式图以前最好先画草图。草图上,主要轮廓尺寸和零件之间的相对位置一定要画得准确,某些结构的内部细节可简化。装配草图可用较浅的细线条绘制,以便于修改。设计的次序如下:

1) 选择轴承形式,大致布置轴、齿轮及轴承位置。根据各传动轴的轴间距按传动顺序依次画出各轴中心线的位置,按计算的轴颈尺寸和工作要求选择合适的轴承,参考同类型机床的装配图,布置齿轮的轴向位置,确定齿轮的排列方式。如果轴向尺寸过长,应采取措施减小尺寸,可采用共用齿轮、窄排列与宽排列交错布置;或增加定比传动组等。

2) 确定每根轴的固定方法、轴承的调节和定位、齿轮的移动和固定方法等,并确定带轮、离合器及制动器的基本结构。

3) 剖面图与展开图的绘制必须同时交叉进行,以便检查各机械零件的空间排布是否合理,例如:各轴与其上的零件是否会发生干涉,操纵机构是否能安排,能否顺利地完成任务等。

4) 结构应有良好的润滑和密封,避免漏油现象发生。

注意事项:

1) 滑移齿轮是否有足够的移动位置,是否会发生干涉。要保证前一对啮合齿轮完全脱开

后,后一对齿轮才能开始啮合。

- 2) 大齿轮外圆是否与其他轴或轴上的零件发生碰撞。
- 3) 是否有足够的空间位置容纳操纵机构及操纵件的移动。
- 4) 轴、轴承及轴上零件的固定和定位要可靠,受力后不应发生串动现象。注意推力轴承安装是否合适。
- 5) 需要调整的零件如轴承、离合器等应有调整的可能与方便。
- 6) 机床应有良好、可靠的润滑、密封装置。
- 7) 结构设计一方面要满足机床性能要求,另一方面要注意加工和装配工艺性。
- 8) 在设计中要严格遵守国家标准。
- 9) 图纸应符合国家机械制图标准,并尽可能采用 1:1 的比例,不得已时再采用其他比例。应注意保持图面整洁、美观。
- 10) 展开图及剖面图的图线加粗以前,应请指导教师审查。

5. 零件的验算

在零件的尺寸和位置确定后,才能知道它的受力状态——力的大小、作用点和方向,此时就可以对主要零件(如齿轮、轴、键、轴承等)进行较为精确的验算。如发现不合理或不正确时,应重新修改结构,重新计算,以达到要求。例如,在验算时发现工作应力超过许用值时,可改用较好的材料或改变材料的热处理来进行补救。

6. 修改和加深装配图

根据验算结果并对装配图进行审查后修改草图,完善装配图,把应该表示出来的零件清晰地绘制在装配图上,在确认无误之后按制图标准加深装配图。

在装配图上应标出如下各种数据:

- 1) 齿轮的齿数及模数、蜗轮齿数、蜗杆线数、丝杠及螺母螺距、齿条齿距、带轮或链轮直径、电动机功率及转数、轴编号等,并均应与转速图一致。
- 2) 决定配合性质的配合尺寸。
- 3) 决定某个部件对其他部件或整个机器的相对位置的基准尺寸;决定部件内基本零件的相对位置、主要轴线到主要表面间距离的内部尺寸,以及该部件的总尺寸等。
- 4) 整个部件的技术条件。
- 5) 图上所有零件应编号,相同零件应具有同一件号,并编写零件明细表。

需要指出:以上设计步骤的顺序不能机械地进行,应按实际情况交替进行,这样才能提高设计效率。在运动设计基本确定后,采用类比法,选择同类型机器作为依据进行简单的估算,画出装配草图,然后验算,修改结构,再验算,最后确定出比较完善的结构设计(装配图)。这种设计方法称为“三边”设计法,即边计算、边结构设计、边修改,三者结合进行。这是现场采用的设计方法,能大大加快设计进度。

7. 绘制零件图

在装配图加深前,根据装配图按制造和检验的要求绘制零件图。在设计零件图时可能会影响到装配图设计,此时需相应修改装配图。

8. 编写设计计算说明书

在设计过程中计算草稿应及时整理,需要说明的内容在整理说明书时要有条理地加以阐述。

所采用的论点、公式、数据要在查找资料的同时记下出处,以免在整理说明书时重新查找。设计计算说明书应在设计过程中逐步完成,最后稍加整理即成。

编写设计计算说明书的项目如下:

- 1) 设计任务书;
- 2) 目录;
- 3) 机床用途、性能及结构简单说明;
- 4) 设计部分的基本技术特性和结构分析;
- 5) 设计部分的运动设计;
- 6) 设计部分的动力计算;
- 7) 设计部分的调节、润滑、维护保养、技术保安及其他;
- 8) 设计中的优缺点,存在的问题及改进意见。

注意事项:

设计计算说明书的纸张要整齐统一,叙述、论证要有条理,文字要通顺、简练,版面要整洁,所绘图表、曲线、简图不能潦草。

1.4 课程设计的学时分配

因为课程设计时间有限,不宜搞结构过于复杂的传动装置的设计,故设计题目一般选择简易型专机和通用机床的传动装置,以保证完成机械结构设计的基本训练。

专机课程设计的总学时一般为2周,表1.1为课程设计的进度及学时分配建议,仅供参考。

表 1.1 课程设计的进度及学时分配表(仅供参考)

步骤	工作内容	学时比例
1	发题目,阅读指导书,搜集有关资料	2.5%
2	运动计算,绘制转速图、传动系统图	15%
3	动力计算(零件初算)	10%
4	绘制装配图草图	30%
5	主要零件验算	10%
6	完成装配图、零件图的绘制(包括标注配合尺寸)	20%
7	整理、编写设计计算说明书	10%
8	答辩(作答辩准备、参加答辩)	2.5%

注:上述步骤是按设计顺序安排的,有时也可交叉进行。

第 2 章

传动轴与主轴

支承零件并传递运动和动力的轴称为传动轴 (transmission shaft)。此处传动轴的概念与机械设计课程中有所区别, 相当于机械设计课程中的转轴, 也可以认为传动轴是轴的通称。主轴也是传动轴的一种。根据不同工作情况, 对传动轴的要求也有所不同。

在主轴变速箱草图画好后, 应对传动件进行验算。本章只讨论传动轴和主轴的验算。

在一般情况下, 对于主轴只需验算其刚度, 而不必进行强度验算, 并且刚度验算也只需要进行弯曲刚度的验算; 对于传动轴, 只需验算其强度。具体计算方法已在参考文献 [1, 2] 中作了详细讲述, 这里不再重复。

2.1 外力作用的方向

计算外力, 并把它们分解成垂直面和水平面内的力。

如果外力不在垂直面和水平面上, 如图 2.1 所示, 当两轴中心线连线与 z 轴有一夹角 α 时, 齿轮 2 上作用力为 F_{r2} 、 F_{t2} , 则需将作用力沿坐标轴 z 、 y 方向上分解并合成为垂直分力 F_z 和水平分力 F_y 。

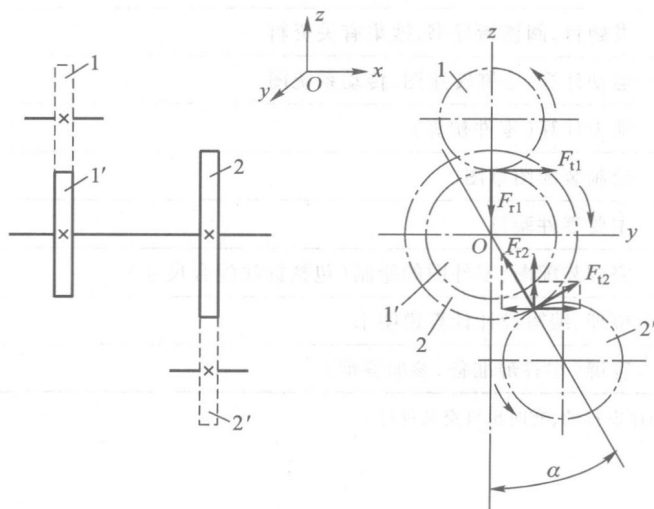


图 2.1 齿轮受力图

$$\left. \begin{aligned} F_z &= F_{r2} \cos \alpha + F_{t2} \sin \alpha \\ F_y &= F_{r2} \sin \alpha - F_{t2} \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

如果 $\alpha < 15^\circ$, 则可当作在垂直或水平方向上进行计算。

2.2 主轴承的确定

主轴上承受了总切削力、传动力和扭矩等。

2.2.1 切削力的大小和方向

以车削外圆为例, 总切削力可分解为三个互相垂直的分力: 主切削力 F_c 、背向力 F_p 和进给力 F_f (图 2.2 所示), 其中 F_c 消耗主要功率, 其具体计算方法将在第 3 章讨论。

图 2.3 所示为车床主轴承载图。如计算点设在主轴端部, 则应将外载荷平移到主轴的前端。从图 2.3 中可知, 主轴除承受弯矩和扭矩的联合作用外还承受拉力和压力的作用, 但相对于弯矩和扭矩要小得多, 一般可忽略不计。

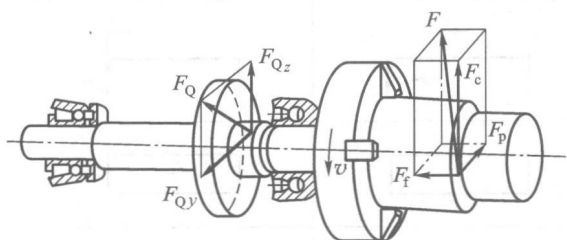


图 2.2 总切削力分解图

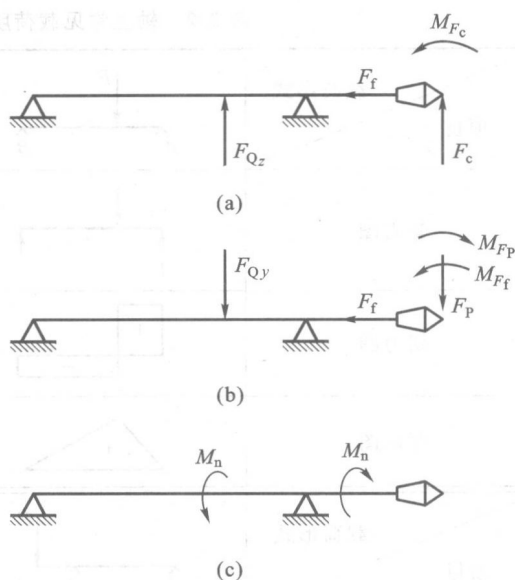


图 2.3 主轴承载图

对于主参数不同的机床, 切削试件及卡盘的尺寸 (图 2.4) 按表 2.1 中数值选取。

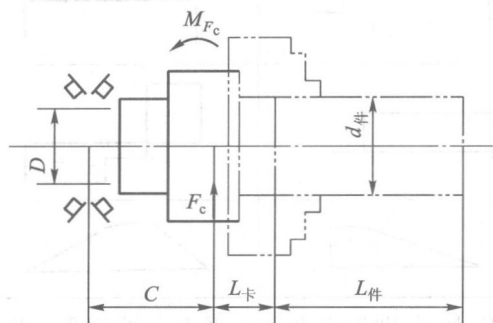


图 2.4 主参数不同的机床

表 2.1

主参数 D_{\max}	$d_{\text{件}}$	$L_{\text{件}}$	$L_{\text{卡}}$
500	140	200	150
400	130	160	150
320	108	120	80

2.2.2 切削力的作用点

以车削为例,目前切削力作用点的位置尚未有统一规定,现取切削力作用于 $L_{\text{件}}$ 处(图 2.4,尺寸从表 2.1 中选取),主轴的前端部尺寸为 $L_{\text{件}} + L_{\text{卡}}$,主轴前端部的悬伸量 C 由结构设计自行决定或根据加工对象来决定。

2.2.3 齿轮传动力 F_Q 及作用在主轴前端部的弯矩、扭矩

具体计算详见参考文献[1,2]。对于钻、铣等机床的切削力计算可查阅附录 4。

2.3 弯矩图的绘制

传动轴与主轴通常可作为简支梁。表 2.2 中为轴上常见载荷所产生的切力图 and 弯矩图。

表 2.2 轴上常见载荷所产生的受力图、切力图和弯矩图

项目 \ 载荷形式			
受力图			
切力图			
弯矩图			
项目 \ 载荷形式			
受力图			
切力图			
弯矩图			

外力确定后,可将其分解为垂直面和水平面内的分力,分别作出在此二平面上轴的受力图并求出支承反作用力,然后分别作出轴在垂直面(V平面)和水平面(H平面)上的弯矩图 M_V 、 M_H ,

从而求出合成弯矩 M ：

$$M = \sqrt{M_V^2 + M_H^2} \quad (2.2)$$

如果一轴上有两处作用着力,也可用同样方法,根据力的独立性原则分别求出各力的弯矩图,然后进行叠加求出合成弯矩 M 。

例题:图 2.5 所示为斜齿轮 - 蜗杆传动,试画出蜗杆轴的弯矩图。

步骤:

(1) 求出传动件上的作用力,并分解为 H、V 平面内的分力(图 2.6a、d);

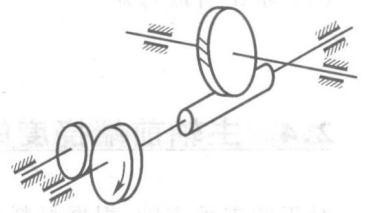


图 2.5 斜齿轮 - 蜗杆传动

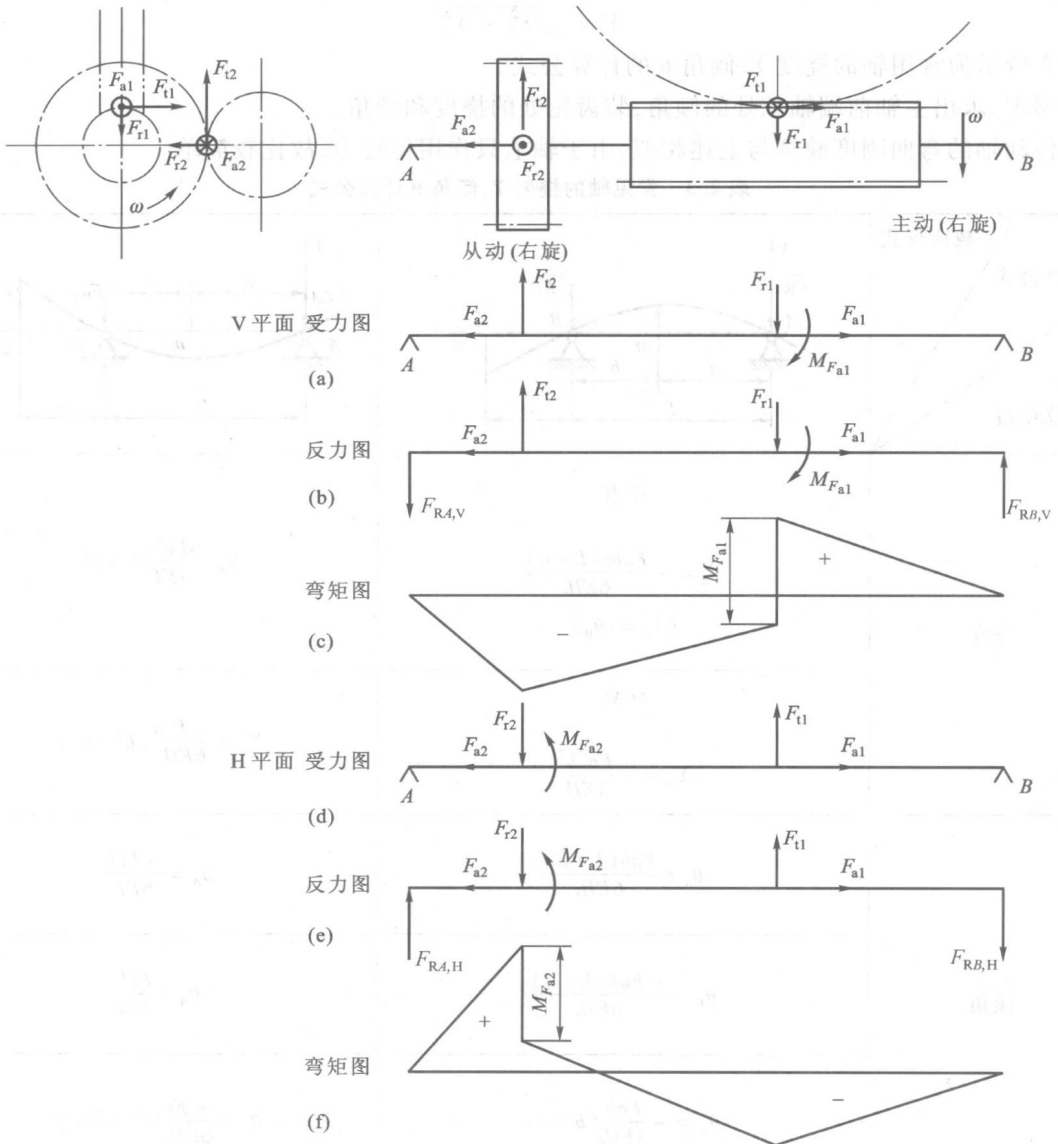


图 2.6 载荷图

(2) 求出作用在轴线上的各力、弯矩以及支承反作用力(图 2. 6b、e);

(3) 作出 H、V 平面内的弯矩图(2. 6c、f);

(4) 求出合成弯矩

$$M = \sqrt{M_H^2 + M_V^2}$$

2.4 主轴前端挠度的确定

对于两支承主轴,根据材料力学求出各力和弯矩作用下垂直平面和水平面上的主轴前端挠度 Y_V 和 Y_H ,则主轴前端的总挠度

$$Y = \sqrt{Y_V^2 + Y_H^2}$$

表 2.3 所示为常用轴的挠度 Y 、倾角 θ 的计算公式。

同理,求出主轴前端轴承处的倾角,装齿轮处的挠度和倾角。

传动轴的弯曲刚度验算与上述相似,由于轴上只作用传动力,故比较简单。

表 2.3 常见轴的挠度 Y 、倾角 θ 计算公式

计算公式	载荷形式	计算项目	
挠度	C 点	$Y_C = -\frac{Fabc(L+a)}{6EIL}$ $(Y_C = c\theta_B)$	$Y_C = \frac{Fc^2}{3EI}(L+c)$
	m 点	$Y_m = -\frac{Fa^2b^2}{3EIL}$	$Y_m = \frac{-Fca}{6EIL}(L^2 - a^2)$
倾角		$\theta_A = \frac{Fab(L+b)}{6EIL}$	$\theta_A = \frac{-FcL}{6EI}$
		$\theta_B = \frac{-Fab(L+a)}{6EIL}$	$\theta_B = \frac{FcL}{3EI}$
		$\theta_m = -\frac{Fab}{3EIL}(b-a)$	$\theta_m = \frac{-Fc}{6EIL}(L^2 - 3a^2)$