

专用机床设计与制造

专用机床设计与制造

哈尔滨工业大学
哈尔滨市教育局

《专用机床设计与制造》编写组 编著

黑龙江人民出版社

1979年·哈尔滨

内 容 提 要

本书以机床零部件设计为基础，针对专用机床设计和制造的特点，较系统地介绍了专用机床的设计、制造和装配。全书共分四篇：总体设计；零部件设计；典型零件加工工艺；装配工艺。计二十一章。

本书是在哈尔滨工业大学业余大学教材的基础上编写的。可供从事专用机床设计与制造的技术人员和工人参考，也可供工科院校有关专业，厂办“七·二一”大学、业余大学用作教学参考。

专用机床设计与制造

哈尔滨工业大学 哈尔滨市教育局
《专用机床设计与制造》编写组 编著

黑龙江人民出版社出版
(哈尔滨市道里森林街14-5号)

黑龙江新华印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行
开本 787×1092毫米 1/16·印张44·插页4·字数650,000
1979年12月第1版 1979年12月第1次印刷
印数1-20,670

统一书号：15093·52 定价(精装)：5.80元

前 言

专用机床是加工某种特定零件、完成某些特定工序的专门性机床。它有利于实现单机自动化，组成生产自动线，提高劳动生产率，降低劳动强度。随着生产的发展和自动化程度的提高，专用机床目前在生产中的应用已越来越广。

由于专用机床的加工对象多种多样，因而专用机床本身的制造，往往不能成为定型产品，须由使用部门根据生产的需要而自行设计。本书即试图为此方面的设计制造提供一些较为系统的学习和参考资料。

从完成专用机床的设计和制造的全过程出发，本书在取材上力求把与此有关的内容都组织在内；在编排上，基本按专用机床的设计、制造和装配的顺序进行；在叙述上，尽量做到联系实际，突出重点，由浅入深；全书并注意了加强机床设计基础理论的阐述。

本书是在哈尔滨工业大学业余大学教材的基础上编写的。它涉及的内容较多，范围较广，其错误和不足之处，希望广大读者给予批评指正。

本书编写过程中，得到了铁道部哈尔滨车辆厂、哈尔滨空调机厂、哈尔滨林业机械厂、哈尔滨电机厂、哈尔滨松江拖拉机厂、哈尔滨市业余大学的大力协助和支持，在此一并致谢。

参加本书编写的有：徐溥滋、张舒勃（主编。以下按姓氏笔划为序）、王启平、刘树春、刘福增、冯玉成、许云志、师 戈、杨桂茂、陈铁鸣、张宗兰、邵奇惠、郑德林、宗 印、姜太吉、姜国立、郭成德、贾延林、韩元莹、薄化川、瞿茂祥。

哈尔滨工业大学
哈尔滨市教育局

《专用机床设计与制造》编写组

一九七八年十月

目 录

第一篇 总体设计	(1)
第一章 工艺方案的制定	(1)
第一节 制定工艺方案的原始条件分析	(1)
第二节 毛坯的选择	(3)
第三节 定位基准的选择	(3)
一、基准的定义及分类	(3)
二、工艺基准的选择	(5)
第四节 工艺路线的制定	(7)
一、加工方案的选择	(7)
二、加工阶段的划分	(9)
三、各表面加工顺序的确定	(10)
四、划分工序	(10)
五、绘制工序简图	(11)
第五节 工序间余量及工序尺寸的确定	(11)
一、工序间余量的确定	(11)
二、工序尺寸的确定	(12)
第六节 刀具的选择及切削用量的确定	(15)
一、刀具的选择.....	(15)
二、切削用量的确定	(16)
三、切削用量计算举例	(22)
第七节 工艺方案制定实例	(25)
一、零件图分析.....	(25)
二、毛坯选择	(25)
三、定位基准选择.....	(25)
四、主要加工面加工方法的选择.....	(28)
五、工艺过程及工序简图的确定.....	(28)
第二章 机床总体方案的制定	(35)
第一节 机床的总体布局	(35)
一、机床总体布局的基本要求	(35)
二、机床总体布局应考虑的几个关系	(35)
三、机床总体布局方案分析	(46)
第二节 机床的运动联系	(54)
一、运动联系形式.....	(54)
二、运动联系形式的选择	(55)
三、机床运动联系分析举例	(55)

第三节 机床主传动功率的确定	(58)
一、机床功率的确定	(58)
二、切削力的确定	(64)
三、切削力、机床功率计算举例	(65)
第三章 组合机床设计特点	(68)
第一节 组合机床的应用范围及其组成	(68)
一、组合机床的应用范围	(68)
二、组合机床的组成	(69)
第二节 组合机床的配置形式	(71)
一、单工位组合机床	(71)
二、多工位组合机床	(73)
第三节 组合机床总体设计中的三图一卡	(75)
一、被加工零件工序图	(75)
二、加工示意图	(76)
三、生产率计算卡	(80)
四、机床总体联系尺寸图	(82)
第四节 组合机床通用部件的选用	(83)
一、通用部件标准简介	(83)
二、组合机床通用部件的选用	(87)
第四章 总体方案设计实例	(89)
第一节 工艺方案分析	(89)
第二节 工序图的制定	(91)
一、右壳体加工工序图	(91)
二、壳体盖加工工序图	(91)
第三节 加工示意图的制定	(92)
一、刀具及切削用量的确定	(92)
二、多轴箱工作循环的确定	(93)
三、加工示意图的绘制	(93)
第四节 机床生产率的计算	(94)
一、单件工时的计算	(94)
二、机床生产率的计算	(95)
三、填写生产率计算卡片	(95)
第五节 机床总体联系尺寸图的绘制	(96)
一、机床多轴头电动机功率计算	(96)
二、机床有关部件及尺寸的确定	(96)
三、绘制机床总体联系尺寸图	(97)
第二篇 零部件设计	(98)
第一章 主传动部件设计	(98)
第一节 主传动系统的拟定	(98)

一、主轴转速	(93)
二、转速图及其画法	(103)
三、传动系统图	(113)
四、确定齿轮齿数	(114)
五、主传动系统的结构设计	(118)
第二节 齿轮设计	(125)
一、轮齿啮合基本定律	(125)
二、渐开线及渐开线齿轮传动	(126)
三、标准渐开线齿轮的基本尺寸	(128)
四、渐开线齿轮正确啮合条件	(131)
五、标准渐开线直齿轮传动几何尺寸计算	(132)
六、齿轮加工原理	(133)
七、变位齿轮	(134)
八、根切现象及利用变位避免根切	(135)
九、变位齿轮传动几何计算	(136)
十、变位系数选择	(140)
十一、斜齿圆柱齿轮传动	(144)
十二、直齿圆锥齿轮传动	(148)
十三、齿轮的破坏形式	(151)
十四、齿轮常用材料及其热处理	(153)
十五、圆柱直齿轮的齿面接触疲劳强度计算	(155)
十六、圆柱直齿轮的齿根弯曲疲劳强度计算	(160)
十七、载荷系数和齿宽系数	(165)
十八、圆柱直齿轮设计计算举例	(169)
十九、圆柱斜齿轮的受力分析	(172)
二十、圆柱斜齿轮的强度计算	(173)
二十一、圆柱齿轮传动的简易计算方法	(174)
二十二、直齿圆锥齿轮的受力分析	(174)
二十三、直齿圆锥齿轮强度计算	(175)
二十四、齿轮的结构设计	(176)
二十五、齿轮加工精度及技术条件的确定	(180)
二十六、齿轮检验项目及公差技术条件的确定	(183)
二十七、齿轮毛坯公差	(186)
第三节 带传动设计	(188)
一、带传动工作原理	(188)
二、带传动中的应力分析和设计准则	(190)
三、三角胶带传动设计	(192)
四、带轮和带的张紧方法	(201)
五、设计计算举例	(205)
六、其它带传动	(205)

第四节 轴的设计	(208)
一、轴的分类	(208)
二、轴的材料	(208)
三、轴的设计计算	(210)
四、键的选择计算	(216)
第五节 滚动轴承	(220)
一、滚动轴承的结构	(220)
二、滚动轴承的类型	(220)
三、滚动轴承的代号	(223)
四、滚动轴承的选择计算	(224)
五、滚动轴承部件设计	(228)
第六节 滑动轴承	(234)
一、滑动轴承概述	(234)
二、滑动轴承的润滑	(237)
三、滑动轴承的设计	(243)
四、滑动轴承的结构	(252)
第二章 进给部件设计	(260)
第一节 概述	(260)
一、进给运动与进给部件的特点	(260)
二、进给运动电动机功率的确定	(261)
三、快速移动功率的计算	(262)
第二节 丝杠螺母进给机构的设计	(264)
一、概述	(264)
二、丝杠螺母机构的结构形式	(264)
三、丝杠螺母传动的计算	(270)
第三节 凸轮机构的设计	(273)
一、凸轮机构的类型	(273)
二、常用的从动杆运动规律	(274)
三、凸轮机构的压力角及凸轮最小半径的确定	(277)
四、凸轮轮廓的计算	(279)
五、凸轮的材料、强度、公差	(282)
第四节 蜗杆传动机构的设计	(283)
一、蜗杆传动的特点	(285)
二、蜗轮蜗杆主要参数的选择	(285)
三、蜗轮传动的强度计算	(287)
四、蜗轮和蜗杆的结构尺寸	(291)
五、蜗杆传动的受力分析	(293)
六、蜗杆传动的润滑与散热	(294)
第五节 轮系	(296)
一、定轴轮系的传动比	(296)

二、周转轮系的传动比	(297)
三、行星轮系的效率	(299)
四、行星轮系的装配条件	(300)
第六节 设计计算实例	(302)
一、主传动部分	(302)
二、进给部分	(310)
第三章 工作台部件设计	(314)
第一节 工作台的分类	(314)
一、参与切削运动的工作台	(314)
二、不参与切削运动的工作台	(314)
第二节 机械回转工作台	(315)
一、棘轮机构	(316)
二、槽轮机构	(317)
第三节 液压回转工作台	(320)
一、采用油缸——齿轮齿条传动的液压回转工作台	(320)
二、采用摆动油缸驱动的液压回转工作台	(321)
第四章 主轴部件设计	(323)
第一节 典型主轴部件	(323)
一、转塔自动机床的主轴部件	(323)
二、专用铣床主轴部件	(324)
三、多轴钻床主轴部件	(324)
四、滚子端面磨床的砂轮主轴部件	(325)
第二节 主轴部件的基本要求	(326)
一、旋转精度	(326)
二、刚度	(328)
三、抗振性	(328)
四、温升和热变形	(329)
第三节 主轴部件的滚动轴承	(331)
一、滚动轴承类型的选择	(331)
二、主轴轴承的合理布置	(333)
三、滚动轴承的精度	(333)
四、主轴支承的刚度	(336)
第四节 主轴	(338)
一、主轴的结构形状	(338)
二、主轴的主要参数	(339)
三、传动件的合理布置	(342)
四、主轴的刚度验算	(343)
五、主轴材料	(344)
第五章 支承件与导轨的设计	(345)
第一节 机床的支承件	(345)

一、对支承件的基本要求	(345)
二、支承件的受力变形分析	(347)
三、支承件的结构设计	(350)
四、支承件材料的选择	(356)
第二节 滑动导轨	(357)
一、导轨设计的基本要求	(357)
二、导轨的结构形式	(359)
三、导轨的磨损形式	(361)
四、提高导轨耐磨性的措施	(361)
第三节 滚动导轨	(366)
一、滚动导轨的工作特点	(366)
二、滚动导轨的结构形式	(367)
三、滚动导轨的计算	(368)
第六章 夹具设计	(370)
第一节 专用机床夹具的分类及组成	(370)
第二节 定位原理及定位元件设计	(371)
一、工件的六点定位原则	(371)
二、定位元件	(374)
三、定位面与支承点的选择及布局	(378)
第三节 定位误差计算	(378)
一、V型块定位	(378)
二、两定位销定位	(380)
第四节 夹压机构设计	(382)
一、所需夹压力 $Q_{需}$ 的计算	(382)
二、施力机构的计算	(388)
三、夹具的动力装置	(402)
第五节 导向装置	(403)
一、常用的导向装置	(405)
二、“外滚式”导向装置对镗孔精度的影响	(410)
第七章 刀具设计	(413)
第一节 概述	(413)
一、专用机床对刀具的要求	(413)
二、专用机床刀具设计的内容	(413)
三、刀具夹持部分的定位基面	(414)
四、刀具图纸的内容	(414)
五、刀具工作图的习惯画法及哑图	(416)
第二节 刀具材料选择	(417)
一、刀具切削部分的材料性能	(417)
二、高速钢	(417)
三、硬质合金	(419)

四、其它刀具材料	(420)
五、各种刀具材料的比较及选用原则	(421)
第三节 刀具角度选择	(421)
一、刀具角度的认识	(421)
二、刀刃的设计与改进	(422)
三、切削角度的合理选择	(429)
第四节 容屑、断屑和分屑	(443)
一、容屑	(444)
二、断屑	(445)
三、分屑	(449)
第五节 刀具的结构	(449)
一、硬质合金刀具的机夹结构	(449)
二、组合刀具	(456)
三、复合孔加工刀具	(460)
四、刀具的容屑空间和刀齿强度	(460)
第八章 工业机械手	(461)
第一节 机械手的组成和分类	(461)
一、机械手的组成	(461)
二、机械手的分类	(461)
第二节 手部	(463)
一、夹持式手部	(463)
二、吸附式手部	(467)
第三节 手腕	(469)
一、手腕的结构	(470)
二、手腕运动的驱动力计算	(471)
第四节 手臂	(472)
一、手臂的结构	(472)
二、手臂设计要求	(475)
三、手臂的驱动力计算	(475)
第五节 机械手应用实例	(476)
一、平衡管上下料机械手	(476)
二、电机转子上下料机械手	(477)
三、花键轴上下料机械手	(478)
第九章 联轴器	(480)
第一节 概述	(480)
第二节 联轴节的用途、种类及特点	(481)
一、套筒联轴节——固定式联轴节	(481)
二、十字滑块联轴节——可移式联轴节	(481)
三、弹性圈柱销联轴节	(482)
四、万向联轴节——十字铰链联轴节	(482)

五、安全联轴节·····	(484)
第三节 离合器的用途、种类及特点·····	(485)
一、爪牙式离合器·····	(485)
二、摩擦式离合器·····	(486)
三、超越离合器·····	(489)
第三篇 典型零件加工工艺·····	(491)
第一章 床身加工工艺·····	(491)
第一节 床身的技术条件分析·····	(491)
一、床身导轨面的技术要求·····	(491)
二、床身其它方面的技术要求·····	(492)
第二节 床身加工工艺过程分析·····	(492)
一、床身加工工艺过程·····	(492)
二、床身加工的定位基准选择·····	(494)
三、床身的粗加工·····	(495)
四、床身的热处理·····	(496)
第三节 床身导轨面的精加工·····	(499)
一、导轨面刮研·····	(499)
二、导轨面精刨·····	(499)
三、导轨面磨削·····	(500)
第四节 床身导轨的精度检验及测量数据处理·····	(503)
一、精度检验·····	(503)
二、测量数据的处理·····	(504)
第二章 箱体加工工艺·····	(508)
第一节 箱体的作用及技术条件·····	(508)
第二节 箱体加工工艺过程分析·····	(508)
一、定位基准的选择·····	(508)
二、工艺过程的制定·····	(509)
三、工艺过程制定中的几个问题·····	(511)
第三节 箱体主要表面加工工艺分析·····	(512)
一、箱体的平面加工·····	(512)
二、箱体的孔及孔系加工·····	(513)
第四节 箱体的检验·····	(523)
一、外观及加工表面光洁度的检验·····	(523)
二、孔的尺寸及几何形精度检验·····	(523)
三、平面几何形精度检验·····	(523)
四、孔的相互位置精度·····	(524)
第三章 主轴加工工艺·····	(526)
第一节 主轴的作用及技术条件分析·····	(526)
一、主轴支承轴颈的精度·····	(526)

二、主轴前锥孔、前端短圆锥面及端面的精度	(527)
三、主轴轴向定位面的精度	(528)
四、主轴其它表面的精度	(529)
五、主轴的热处理	(529)
第二节 主轴加工工艺过程分析	(529)
一、主轴的材料和毛坯	(529)
二、主轴加工工艺过程	(529)
三、安排主轴加工工艺过程中的几个要点	(532)
第三节 主轴主要表面加工分析	(533)
一、主轴外圆表面加工	(533)
二、主轴的锥孔加工	(536)
三、主轴的深孔加工	(538)
第四节 主轴的检验	(541)
第四章 丝杠加工工艺	(543)
第一节 丝杠的技术条件	(543)
一、丝杠的精度等级及公差	(543)
二、丝杠材料	(544)
第二节 丝杠加工工艺过程分析	(544)
一、丝杠加工工艺过程举例	(544)
二、丝杠加工工艺过程中的几个问题	(546)
三、丝杠加工方法的选择	(548)
第三节 丝杠精车工序的误差分析	(550)
一、螺距误差	(550)
二、牙形半角误差	(556)
三、中径误差	(558)
四、提高丝杠螺距加工精度的方法及校正装置	(558)
第四节 丝杠的检验	(560)
一、螺纹牙形半角检验	(560)
二、螺纹中径检验	(561)
三、螺距检验	(562)
第五章 齿轮及蜗轮加工工艺	(565)
第一节 圆柱齿轮加工工艺过程分析	(565)
一、齿轮加工工艺过程实例	(565)
二、齿轮基准面加工	(567)
三、轮齿加工	(568)
第二节 齿轮的齿形加工	(569)
一、成形法加工齿形	(569)
二、展成法加工齿形	(571)
第三节 齿轮加工质量分析	(579)
一、运动精度分析	(579)

二、工作平稳性精度分析	(582)
三、接触精度分析	(586)
四、齿侧间隙精度分析	(588)
五、齿面光洁度分析	(588)
第四节 直齿圆锥齿轮加工	(589)
一、成形法加工	(589)
二、展成法加工	(591)
第五节 蜗轮加工	(596)
一、蜗轮付的作用及技术条件	(596)
二、一般精度的蜗轮加工	(596)
三、蜗轮滚刀设计	(600)
四、精密蜗轮加工	(609)
第六节 齿轮和蜗轮的检验	(617)
一、齿轮精度的检验	(617)
二、蜗轮精度的检验	(620)
三、齿轮周节误差的测定及数据处理实例	(621)
第四篇 装配工艺	(623)
第一章 装配工艺对设计的要求	(623)
第二章 装配尺寸链	(625)
第一节 装配尺寸链概述	(625)
一、装配尺寸链的组成	(625)
二、装配尺寸链的分类	(626)
三、装配尺寸链的运算形式	(626)
第二节 装配尺寸链的计算	(626)
一、正运算	(626)
二、反运算	(633)
第三节 装配方法	(639)
一、严格控制装配尺寸链各组成环在装配时的尺寸	(640)
二、改变装配尺寸链中组成环尺寸	(640)
第三章 装配工艺过程	(644)
第一节 装配前的技术准备	(644)
一、总装工艺规程的编制	(644)
二、部件装配工艺规程的制定	(645)
第二节 组件和部件的装配	(646)
一、轴承的装配	(646)
二、齿轮付及丝杠螺母付的装配	(651)
第三节 专用机床的总装	(655)
一、测量床身安装水平及床面精度	(656)
二、回转工作台与床身的安装及调整	(657)

三、进给油缸的配刮	(657)
四、夹具的安装	(658)
五、滑座导轨的精度检验	(659)
六、滑台与滑座的安装及滑座与床身的初安装	(660)
七、夹具定位中心与转塔主轴中心同轴度的调整	(661)
附录一 切削用量参考资料	(663)
附录二 切削力及切削功率计算参考资料	(675)
参考资料	(688)

总体设计

专用机床区别于普通机床的最基本特点就是它是专为某一固定工序服务的。因此，专用机床又可广义地称为工艺装备，它包括具有通用部件的组合机床。由于专用机床是服务于某一固定工序的，所以专用机床的先进程度，以及种类、型式和规格都取决于工艺需要。只有制定出先进合理的工艺，才能设计出先进合理的专用机床。

第一章 工艺方案的制定

在生产中，用机械加工方法直接改变毛坯的形状、尺寸和材料性能，使之变成零件的过程，叫做机械加工工艺过程。设计时，工艺方案的制定是否合理，对生产效率和产品质量有着极大的影响。

制定工艺方案时，应首先分析生产类型。生产类型是衡量生产规模大小的标志。根据生产规模，可分成三种不同的生产类型：

1. 单件生产 生产产品的数量较少，甚至只有一件，例如试制某种产品（专用机床制造的本身往往就是单件生产）。

2. 成批生产 成批地周期性地重复生产一种产品。每批制造的数量，称为批量；按照批量的大小和产品的特征，又分为小批生产、中批生产及大批生产。

3. 大量生产 产品的制造数量很大，大多数工作地点及工序内容经常不变，例如汽车、自行车的生产。

生产类型不同，生产组织、生产管理、车间布置以及毛坯、设备、工艺、工具加工方法和工人的熟练程度等各方面的要求均有所不同。例如在大量生产的情况下，每个工序的任务比较稳定，因此就有条件采用高效率的专用机床和工、夹具，劳动生产率可大大提高，产品成本也可降低。但在产量较小的情况下，如仍使用这些高效率专用机床和工、夹具，由于加工对象经常改变，势必造成机床调整的复杂化，降低机床利用率，提高加工成本。所以制定工件的工艺过程，应与生产类型相适应，以取得合理的经济效果。

各种生产类型的工艺特征见表 1·1-1。

第一节 制定工艺方案的原始条件分析

在制定工艺方案时，首先要对产品的装配图进行研究分析，熟悉该产品的用途、性能及工件条件，明确该工件在产品中的地位和作用，然后对工件的工作图进行分析和工艺审查。

表 1-1-1

各种生产类型的工艺特征

序号	工艺特征	单件生产	成批生产	大量生产
1	产量(件/年)	少	中等	大
2	产品品种	多样	几种同类型的产品	主要的只一种
3	生产过程的重复性	基本上不重复	周期性重复	长时期不断重复
4	机器设备	主要是通用	使用通用和部分专用设备	广泛采用专用和高生产率设备
5	自动化程度	较低	部分自动化	较高
6	刀 具	通用和标准的多	专用的和标准的	专用的和标准的
7	量 具	通用的多	多用界限量规, 部分专用检验仪	界限量规和特殊检验仪器
8	夹 具	通用的及少数专用	专用的较多	专用的机床夹具
9	对刀方法和机床调整	机床不调整, 按试切法、划线法加工	大部分零件在调整好的机床上加工, 部分零件用试切法划线法加工	机床调整较复杂, 不用试切法及划线法
10	机床布置的方式	按机床的型式排列	按型式排列, 但考虑产品流动方向	按加工过程流水线顺序排列
11	工艺过程进行方式	产品在少数机床上加工	产品在较多的机床上流动	产品在流水线上加工
12	工人操作技术	要求较高	少数要求水平高, 大部分为中等	要求调整工水平高, 工人操作技术可低
13	产品的互换性	一般情况下不要求互换, 采用钳工修配	广泛采用互换性装配, 同时保证某些修配工作	完全互换或选择装配, 一般不用修配工作
14	工艺规程	很简单, 只有工艺过程卡片	较详细, 一般有工序卡片	详尽地拟定工艺规程
15	生产周期	长	中等	短

此时一般应注意:

1. 检查图纸的完整性, 即检查图纸是否具有足够的投影和剖面图, 所有尺寸, 技术条件要求及其它说明工件特性的资料是否标注齐全。

2. 分析图纸上规定的尺寸公差、表面几何形状和相互位置的允差, 以及表面光洁度等技术要求的合理性, 找出其中最主要的和某些特殊的要求(如动平衡等)。

3. 审查工件结构的工艺性, 即从工艺观点出发, 分析工件结构是否合理。若工件的结构便于加工, 则其加工工艺性好; 反之, 则其加工工艺性不好。

如果发现图纸在完整性、技术要求的合理性及工件的结构工艺性等方面有缺点及错误, 应及时提出, 同产品设计人员进行讨论, 按照规定的审批制度对图纸作必要的补充和修改。