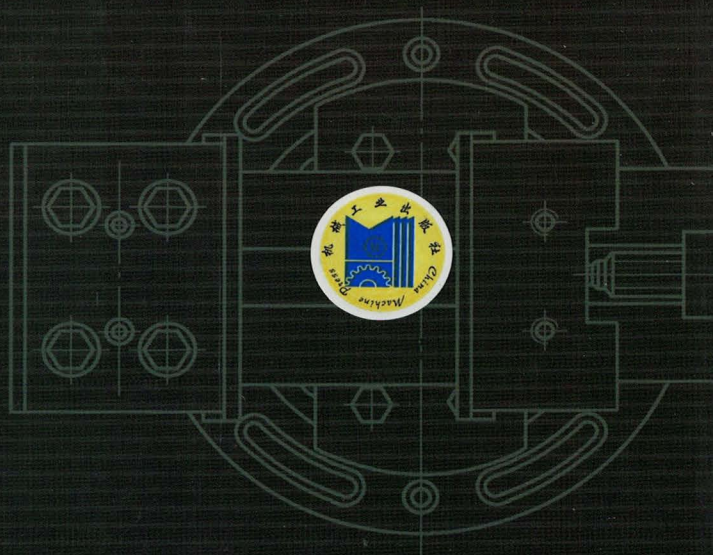


全方位解读机床夹具设计与使用问题
具有多年夹具设计经验的专家倾力奉献

机床夹具 设计与使用 **一本通**

谢诚◎编著



机床夹具设计与使用

一本通

谢 诚 编著



机械工业出版社

本书重点对机床夹具设计的主要问题(定位原理、定位和夹紧误差及影响夹具精度的各种因素等)做深入分析;对各种基本功能(定位、夹紧、分度等)元件或装置,各种类型工件和各种机加工所用夹具的结构作系统讲解;提供部分设计实用资料、设计计算示例;介绍有关试验数据和信息。同时对焊接夹具、装配夹具和特种加工装置(夹具)作简要介绍。

此外,本书对机床夹具的磨损有专题介绍,并对机床夹具设计有关的问题(生产准备,工艺装备系数,夹具制造、使用、维修和计算机辅助夹具设计等)也进行了简要的介绍。

本书可供夹具设计、研究、使用和教学人员等使用,对机制工艺人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

机床夹具设计与使用一本通 / 谢诚编著. —北京 :
机械工业出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-111-58538-1

I. ①机… II. ①谢… III. ①机床夹具—设计
IV. ①TG750.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 287216 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:李万宇 责任编辑:李万宇 程足芬

责任校对:张晓蓉 王 延 封面设计:鞠 杨

责任印制:李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·47.5 印张·2 插页·1168 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-58538-1

定价: 149.00 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

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

机床夹具在工艺装备中占有重要地位，在保证产品的质量、数量和安全生产等方面有重要的作用。随着生产的发展和科学技术的进步，在夹具设计、计算、研究、试验和使用方面积累了不少经验和资料，包括夹具结构、材料、精度分析、制造、修理和计算机辅助夹具设计等多个方面。

作者根据工作中的体会和有关资料，对机床夹具设计和使用各个方面作了较全面的介绍，其内容具有实用性和广泛性，反映了夹具技术的发展、现状和发展方向。

本书有特点的内容列举如下：

- 1) 按十二个自由度分析工件的定位。
- 2) 对矩形工件以平面定位，对箱体工件以一面两销定位(多种方式)，对轴类工件以 V 形和两顶尖(多种方式)定位，进行误差的分析和计算。
- 3) 薄盘类工件以内孔和端面定位心轴的计算。
- 4) 多轴钻削头的设计与计算。
- 5) 弹性夹头定形热处理直径胀大(或收缩)量的计算。
- 6) 圆偏心轮夹紧力三种计算方法。
- 7) 阿基米德螺旋线和对数曲线夹紧凸轮的设计和计算。
- 8) 对斜楔夹紧、滑柱在导向孔中和斜楔与滚轮之间当量摩擦系数的计算(与一般不同点介绍)。
- 9) 对气、液夹紧，弹性元件(波纹套、碟形弹簧、锥套副)夹紧，磁力、电动、静电、真空夹紧作较详细的介绍。
- 10) 对装配夹具、焊接夹具、特种加工装置(夹具)以及与机床改装有关的加工装置、滚压装置作一定介绍。

本书的编写得到了机械工业出版社和编辑的支持和帮助，在此深表谢意。

由于水平有限，书中问题和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第 1 章 机床夹具综述 1

- 1.1 机床夹具与生产技术准备 1
- 1.2 机床夹具与工件加工精度和质量 5
- 1.3 机床夹具与加工生产率 9
- 1.4 机床夹具的统一化和标准化 9
- 1.5 机床夹具的经济效益 14
- 1.6 计算机辅助夹具设计 17
- 1.7 机床夹具设计步骤和注意事项 24

第 2 章 工件在夹具上的定位 25

- 2.1 工件在夹具上的定位及其误差 25
 - 2.1.1 定位原理 25
 - 2.1.2 工件的定位、夹紧和装夹误差及计算 27
- 2.2 工件以平面定位 33
 - 2.2.1 平面定位支承元件 33
 - 2.2.2 定位面几何误差产生的定位误差 40
 - 2.2.3 平面定位的夹紧变形和装夹误差 46
- 2.3 工件以一平面和两销孔定位 51
 - 2.3.1 一面两销孔定位方式和元件 51
 - 2.3.2 工件以圆销和菱形销定位的计算和误差分析 58
 - 2.3.3 一面两圆柱销定位的计算和误差分析 63
 - 2.3.4 一面两菱形销定位的计算和误差分析 64
 - 2.3.5 工件以一面两孔定位的计算示例 65
- 2.4 工件以内孔定位 67

- 2.4.1 各种定位心轴的设计和误差分析 67
- 2.4.2 定位孔表面形状误差对定位精度的影响 75
- 2.5 工件以外圆表面定位 77
 - 2.5.1 工件以外圆表面定位及其误差 77
 - 2.5.2 工件以两外圆表面定位 89
- 2.6 工件以两端中心孔或内外锥面定位 95
 - 2.6.1 工件以两端中心孔定位的应用和元件 95
 - 2.6.2 工件以两端中心孔定位的特性 102
 - 2.6.3 工件以两端中心孔定位的误差 102
- 2.7 工件以螺纹表面定位 103
- 2.8 工件在夹具上的回转分度定位 104
 - 2.8.1 回转分度定位装置 104
 - 2.8.2 回转分度支座和回转工作台 108
- 2.9 与工件定位有关的其他问题 124
 - 2.9.1 同一夹具在不同工位或机床上的使用 124
 - 2.9.2 夹具在机床上的安装 124
 - 2.9.3 夹具的精度 125

第 3 章 工件在夹具上的夹紧 128

- 3.1 螺纹、蜗杆蜗轮和齿轮齿条夹紧机构 128
 - 3.1.1 螺纹夹紧机构 128
 - 3.1.2 螺杆虎钳夹紧机构 157
 - 3.1.3 蜗杆蜗轮夹紧机构 164
- 3.2 斜楔夹紧机构 164
 - 3.2.1 斜楔夹紧的形式和力的分析 164
 - 3.2.2 斜楔夹紧的特性 172

3.2.3 斜楔夹紧的应用和设计计算 示例	174
3.3 圆偏心轮、曲线凸轮和端面凸轮 夹紧	179
3.3.1 圆偏心轮夹紧原理和特性	179
3.3.2 曲线面径向凸轮夹紧	186
3.3.3 端面轴向凸轮	190
3.3.4 圆偏心轮夹紧机构的应用和计算 示例	191
3.3.5 圆偏心轮夹紧的抗振及其 结构	199
3.4 铰链杠杆夹紧机构	201
3.4.1 铰链杠杆的原理和计算	201
3.4.2 铰链杠杆夹紧机构的设计、应用 和计算示例	205
3.5 弹簧夹紧机构	210
3.5.1 弹簧夹紧机构的应用	210
3.5.2 弹簧夹紧机构中弹簧的设计和计算 示例	212
3.6 液性塑料夹紧机构	229
3.6.1 液性塑料夹紧的原理和特性	229
3.6.2 液性塑料夹紧机构的设计、应用 和计算示例	230
3.7 气动夹紧机构	234
3.7.1 气动夹紧系统的组成	235
3.7.2 活塞式气缸的结构、设计和 计算	236
3.7.3 膜片式气缸	261
3.7.4 气液增压装置的原理、结构、设 计和计算	268
3.7.5 气动夹紧机构的应用	276
3.7.6 气动夹紧装置的控制	279
3.8 液压夹紧机构	288
3.8.1 液压夹紧机构的动力源和液压泵 装置	288
3.8.2 液压缸结构设计和计算	300
3.8.3 液压夹紧机构的应用	316
3.8.4 液压夹紧机构的控制	320
3.8.5 液压夹具控制系统设计计算 示例	323

3.9 磁力、电动、静电和真空夹紧 机构	327
3.9.1 磁力夹紧机构概述	327
3.9.2 磁力夹紧装置和磁性夹具	333
3.9.3 磁力夹紧的特性	341
3.9.4 电动机械夹紧机构	346
3.9.5 真空夹紧机构	348
3.9.6 静电夹紧机构	351
3.10 夹紧机构设计中的几个问题	354
3.10.1 夹紧力的方向、作用点和 大小	354
3.10.2 工件在夹紧过程中的变形	362
3.10.3 机械加工切削力的计算	365
3.10.4 夹紧力的传递及其计算	375
第4章 工件在夹具上同时定位和 夹紧	379
4.1 三爪和多爪卡盘定心夹紧	379
4.1.1 几种常见的卡盘	379
4.1.2 自定心夹紧卡盘结构的改进和 发展	387
4.1.3 自定心夹紧卡盘工作的特性	389
4.1.4 自定心夹紧装置的应用	393
4.2 双面自定心夹紧虎钳(或装置)	400
4.2.1 双面自定心夹紧虎钳(或装置)的 结构	400
4.2.2 双面自定心夹紧虎钳的定位 误差	402
4.3 弹性夹头定心夹紧	403
4.3.1 弹性夹头的结构形式	403
4.3.2 弹性夹头主要参数及其确定	407
4.3.3 弹性夹头的胀大(或收缩)及其 计算	410
4.3.4 对弹性夹头的技术要求	412
4.3.5 弹性夹头夹紧力的计算	413
4.3.6 弹性夹头设计计算示例	417
4.3.7 弹性夹头的特性	419
4.3.8 弹性夹头在夹具中的应用	424
4.4 弹性膜片卡盘定心夹紧	431

4.4.1	弹性膜片卡盘的结构及应用	431	5.3.3	回转式和滑柱式钻床夹具	539
4.4.2	弹性膜片卡盘的设计与计算	433	5.3.4	多轴钻削头	552
4.5	薄壁波纹套定心夹紧	437	5.3.5	钻孔自动化和排屑装置	567
4.5.1	波纹套定心夹紧的工作原理及其性能	437	5.3.6	镗床夹具设计原则和设计中的几个问题	571
4.5.2	波纹套的结构形式、材料和技术要求	438	5.3.7	镗孔夹具导向装置和镗杆的结构	580
4.5.3	波纹套在机床夹具中的应用	443	5.3.8	镗床夹具的结构	589
4.5.4	波纹套的选用和计算	443	5.4	铣床夹具	595
4.6	碟形弹簧定心夹紧	444	5.4.1	铣床夹具设计原则和安装	595
4.6.1	碟形弹簧的形式和性能	445	5.4.2	铣床夹具的结构	600
4.6.2	碟形弹簧在机床夹具中的应用	450	5.5	其他机床夹具	611
4.6.3	碟形弹簧的选用和计算	451	5.5.1	滚齿夹具	611
4.7	薄壁锥套定心夹紧	452	5.5.2	插齿夹具	620
4.7.1	薄壁锥套的规格和性能	453	5.5.3	剃齿夹具	622
4.7.2	薄壁锥套的选用和计算	456	5.5.4	磨齿夹具	623
4.7.3	薄壁锥套在机床夹具中的应用	460	5.5.5	拉床夹具	626
4.8	可同时轴向夹紧的定心夹紧装置	462	5.5.6	刨床夹具	630
4.9	其他自定心夹紧装置	462	5.5.7	锯床和切割机床夹具	631
4.9.1	滚柱自定心夹紧装置和计算示例	462	5.5.8	装配夹具	632
4.9.2	自定心夹紧的拨动卡盘、夹头和心轴	466			
4.9.3	液性塑料定心夹紧装置和计算示例	468			
第5章	普通机床夹具	480	第6章	数控机床和柔性加工系统 夹具	650
5.1	车床夹具	480	6.1	数控机床夹具	650
5.1.1	车床夹具设计的基本原则和安装	480	6.1.1	对数控机床夹具的要求	650
5.1.2	车床夹具结构设计	481	6.1.2	数控机床夹具的类型和结构	650
5.2	磨床夹具	498	6.1.3	工件和夹具在数控机床上的定位和加工精度	661
5.2.1	磨床夹具设计的特点	498	6.1.4	数控机床夹具的应用	662
5.2.2	磨床夹具结构设计	499	6.2	柔性加工系统夹具	669
5.3	钻镗床夹具	524	6.2.1	对柔性加工系统夹具的要求	669
5.3.1	钻床夹具设计原则和设计中的几个问题	524	6.2.2	柔性加工系统夹具的结构	670
5.3.2	一般钻床夹具的结构	530	6.2.3	柔性加工系统中的定位和加工误差	672
			6.2.4	柔性加工系统夹具的应用	672
			6.2.5	夹具单元无间隙定位的结构	677
			第7章	机床夹具的磨损	680
			7.1	夹具定位支承元件的磨损	680

7.1.1 试验数据和磨损特性	680	8.1.2 夹紧	702
7.1.2 试验数据的应用	683	8.1.3 导向	705
7.2 定位支承磨损量的估算	685	8.1.4 其他	706
7.2.1 按磨损曲线方程估算	685	8.2 夹具的修复	708
7.2.2 由定位元件制造公差估算	687	8.3 夹具制造中的若干问题	709
7.2.3 按相似推论方法估算及示例	687	8.4 其他类型夹具或装置的使用	713
7.3 钻套的磨损及其计算	692	8.4.1 滚压装置	713
7.4 磨损产生的定位误差及其计算	692	8.4.2 焊接用夹具的应用	718
7.5 夹具定位和导向元件的磨损极限	693	8.4.3 特种加工用装置(夹具)	722
第8章 夹具的使用	696	附录 机床夹具设计必要图表摘选	730
8.1 夹具在使用中的一些问题和情况	696	参考文献	745
8.1.1 定位	696		

第 1 章 机床夹具综述

1.1 机床夹具与生产技术准备

一个生产单元(工厂或车间等)为生产产品(机器、部件或零件)需要做的生产准备工作主要包括:分析产品的结构和工艺性;制订产品零件的加工工艺(过程卡和工序卡),确定所需要的工艺装备;设计和制造各种工艺装备(包括外购)。前两项工作由工艺专业人员完成,工艺装备人员配合;而第三项工作工艺装备的设计由工艺装备专业人员完成,工艺专业人员配合。有时工艺人员和工装人员在有些关键问题上要多次相互协商,才能使工艺和工装的设计不断完善,更加合理。对于较小的单位,有时工艺和工装的设计工作不分开,但在工作时,协调工艺与工艺装备相互关系也是必不可少的。

工艺装备主要包括:机床夹具、刀具和辅具,装配夹具,冲、锻、铸模具等。

几种机床各种工艺装备的数量见表 1-1。

表 1-1 几种机床各种工艺装备的数量^[15]

工艺装备种类	转塔车床	螺纹车床	半自动磨床
铸模	76	120	205
锻模	30	15	15
压模	26	42	46
冲模	114	200	96
焊接夹具	3		5
机械加工夹具	714	400	287
机械加工心轴	331	300	217
通用组合夹具	52		63
切削刀具	350	120	389
测量工具	249	95	351
辅助工具	160	110	374
装配夹具	6		23
检验夹具	19		31

对主要采用通用机床和专用夹具的生产方式,机床夹具工作量约为生产工艺准备总工作量的 60%~80%,生产准备时间主要取决于设计和制造机床夹具的时间。成批生产时机床夹具设计成本占夹具制造成本的 30%,夹具费用占产品总成本的 20%。

常用工艺装备系数表示工艺装备配备的程度,一般以制造产品所需工艺装备数量与产品专用零件(即需经各种加工的零件)数量的比值表示;也可用其他方式表示,例如按零件一个加工工序平均所用夹具的数量,或以单件产品夹具的制造费用等表示。

综合工艺装备系数表示各种工艺装备数量之和与产品专用零件数量的比值;单项(例如夹具、刀具等)工艺装备系数表示某单项工艺装备数量与相关产品零件数量的比值。工艺装备系数可对一个产品统计,也可对多个同类产品统计,通常把其平均值作为该类产品的工艺装备系数。表 1-2 列出了几种立式钻床所用部分工艺装备的原始数据,表 1-3 列出了按表 1-2 中的数据计算得到的综合工艺装备系数和部分单项工艺装备系数(在采用通用机床加工的条件下)。

表 1-2 几种立式钻床部分工艺装备的原始数据

机床型号 (苏联)	各种工艺 装备总数 N_{Σ}	机床专用 零件数量 N_m	机加工 零件数量 N_e	夹具(不包括 心轴)数量 N_f	心轴数量 N_s	切削刀具 数量 N_i	铸造零件 数量 N_i	铸模数量 N_p
2H125	1892	362	362	689	227	394	54	138
2H135	1448	379	379	651	198	365	56	—
2H150	1800	386	386	596	172	358	78	121
2H118	804	189	189	236	304	146	31	5
2H125Л	804	281	281	273	218	123	33	47

表 1-3 按表 1-2 中的几种立式钻床计算得到的工艺装备系数

机床型号(苏联)	2H125	2H135	2H150	2H118	2H125Л	各机床平均值
综合工艺装备系数 N_{Σ}/N_e	5.22	3.82	4.66	4.25	2.86	4.16
夹具(不包括心轴)工艺装备系数 N_f/N_e	1.9	1.72	1.54	1.25	0.97	1.48
夹具(包括心轴)工艺装备系数 $(N_f+N_s)/N_e$	2.53	2.24	1.98	2.85	1.75	2.27
刀具工艺装备系数 N_i/N_e	1.09	0.96	0.93	0.77	0.44	0.84
铸模工艺装备系数 N_i/N_p	2.56	—	1.55	0.16	1.42	1.14

在开发新产品时,应确定所需工艺装备配备的程度,工艺装备系数用于初步估算为生产产品而进行的工艺装备设计和制造的工作量和费用,这是组织规划生产的重要组成部分。

工艺装备系数值主要与生产规模有关,当主要采用通用机床加工时的规律是:对于单件、小批生产,采用较少的专用夹具,这时工艺装备系数小;当产量不断增加到中批生产时,工艺装备系数显著增大,这时从数量上采用较多的简单夹具;当产量进一步提高到大批、大量生产时,工艺装备系数增大的程度减缓,因为这时为满足生产率和质量的要求,大多采用结构先进的高效率专用夹具(多位夹具、多轴钻削头、气液夹紧等)。

例如成批生产摇臂钻床,在八年内每年工艺装备的数量见表 1-4^[15]。

表 1-4 成批生产摇臂钻床时, 在八年内每年工艺装备的数量

年 份	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年	第六年	第七年	第八年
各种工艺装备数量	494	970	1471	1824	2044	2275	2401	2448
机械加工夹具数量	280	501	682	707	791	865	909	922
夹具每年与第一年数量比	1.0	1.78	2.43	2.53	2.83	3.09	3.25	3.29
夹具每年与上一年数量比	1.0	1.78	1.36	1.03	1.13	1.09	1.05	1.01

由表 1-4 中的数据可知, 在前 2~3 年工艺装备系数增加较快, 以后增加量减慢; 到第六年以后工艺装备数量趋于稳定。在前六年产品生产工时减少了 80%。

工艺装备配备情况在一定程度上反映了生产单位的技术和文明生产水平, 工艺装备不足会影响产量、质量并使成本增加; 但对于一定生产形式和规模, 如工艺装备数量过大, 会造成资金的浪费和成本的增加。一般主要采用对过去情况的统计分析和根据具体情况作适当修正的方法来确定工艺装备系数。

对同一生产规模, 各生产单位的工艺装备系数不尽相同, 甚至差别较大, 这是因为工艺装备系数不仅与产品结构、制造工艺有关, 而且与各单位所采用的生产工艺方式和水平的差异有关。表 1-5、表 1-6 列出了有关工艺装备系数的一些数据(在采用通用机床的条件下)。

表 1-5 综合工艺装备系数^[15]

产 品 种 类	大量生产	成批生产	小批生产
重型和通用机床	7.8	2.7	1.36
精密机床	9.5	3.5	2.0
电动机	1.35~3.6	0.55~1.1	0.22~0.37
汽车	—	—	3.64
轻型汽车	—	5.05	—

表 1-6 夹具工艺装备系数^[15]

机械制造项目	生产形式				
	单件	小批	成批	大批	大量
农业机械	—	—	—	0.4~0.5	0.4~0.6
纺织机械	—	0.05~0.07	0.15~0.3	0.4~1.2	—
机床、工具	0.08~0.1	0.2~0.3	0.5~0.9	1.2~2.0	1.6~2.2
拖拉机制造	—	—	—	—	1.75
汽车制造	—	—	—	—	1.8
仪表制造	0.2~0.6	0.6~1.0	1.0~1.8	1.8~2.3	2.3~2.7
电动机制造	0.03~0.04	0.05~0.07	0.15~0.3	—	0.4~1.2
起重运输机械	0.15~0.3	0.33~0.66	1~2	—	—
建筑和道路机械	—	0.07~0.09	0.12~0.21	0.35~1.1	—

在一般批量生产情况下,部分零件按每个工序专用夹具,系数为:花键轴、蜗杆、离合器半轴取 0.1~0.2;轴承、法兰盖、单拐曲轴取 0.2~0.3;齿轮、齿条轴取 0.3~0.4;杠杆、叉类件、发动机连杆、支座取 0.4~0.5;机床导轨、楔条件取 0.4~0.6;箱体件、差速器壳、离合器外壳取 0.55~0.75;六缸凸轮轴取 0.65~0.8。

影响工艺装备系数的因素较多,为了较精确地估算某种产品的工艺装备系数,可在统计生产情况资料的基础上,对影响工艺装备系数的各种因素进行相关分析,确定各因素的影响占总影响的比例。最后找出各主要因素,确定该产品工艺装备系数随各主要因素变化的统计关系式。

例如,根据所统计的 37 种铣床 20 年的有关资料,在计算机上对回归方程组各参数进行计算,对各种计算方案进行分析后,得到计算铣床工艺装备系数(按专用夹具)的计算式^[40]

$$\alpha_f = 0.27 + 0.0012N_1$$

式中 N_1 ——产品的折算产量(考虑生产同类型多种规格产品时,相互借用件和零件品种的重复性);

$$N_1 = (N_0 + K_{1A}N_A + K_{1B}N_B + \dots)K_2$$

式中 N_0 ——主产品年产量;

N_A, N_B ——产品 A、产品 B 的年产量;

$K_{1A} = \frac{m_A}{m_0}, K_{1B} = \frac{m_B}{m_0}$ ——产品 A、产品 B 与主产品零件的规格统一系数;

m_A, m_B ——产品 A、产品 B 等借用基本产品专用零件的数量;

m_0 ——主产品中专用零件和统一零件数量的总和;

K_2 ——产品零件重复系数,其值等于主产品专用零件的数量与主产品零件总数的比值。

在求出 α_f 值后,即可计算主产品所需机床夹具的数量 $N_f = \alpha_f N_0$ 。

为达到好的经济效果,可用下述方法估算合理的工艺装备系数^[43]。

设计和制造工艺装备的费用 C_f 可表示为

$$C_f = aK^b$$

式中 a 和 b ——由处理统计数据得到的系数;

K ——工艺装备系数(一个工序所需装备数量),使用和修理工艺装备的费用 C_{if} 见下式

$$C_{if} = qC_f = qaK^b$$

式中 q ——使用和维修费用系数(占设计和制造费用的百分比)。

由分析可知,可以足够的精度将生产工人的工资 C_w 与工艺装备系数的关系表示为

$$C_w = b_1 - a_1K$$

式中 a_1 和 b_1 ——由处理统计数据得到的系数。

采用工艺装备所需生产基金 I_f 按下式计算:

$$I_f = C_f R = aK^b R$$

式中 R ——工厂生产总投资利润系数。

采用工艺装备总的费用 C 为上述各项费用之和

$$C = C_f + C_{if} + C_w + I_f = aK^b + qaK^b + b_1 - a_1K + aK^b R$$

对上式按 K 微分, 可求出合理的工艺装备系数为

$$K = \sqrt[b-1]{\frac{a_1}{ab(1+q+R)}} \quad (1-1)$$

以上对采用通用机床和专用夹具生产时的工艺装备系数作了介绍, 对采用数控机床和柔性加工系统的工艺装备系数问题将在第6章中介绍。

1.2 机床夹具与工件加工精度和质量

为保证在夹具上加工工件的质量, 在实际工作中有下述处理方法。

对一般精度和精度要求不高、形状较简单的工件, 取工件在夹具上的定位误差 ε_L 为工件工序尺寸(或产品的尺寸)公差 T 的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$ (或更小) 即可。

这时允许定位误差 $[\varepsilon_L]$ 为

$$[\varepsilon_L] \leq T - \omega \quad (1-2)$$

式中 ω ——机床加工该尺寸能达到的精度或平均精度。

对精度要求高、形状较复杂的重要工件, 应符合下列条件:

$$\varepsilon_{Lc} + \Delta_a + \Delta_m \leq T$$

式中 ε_{Lc} ——工件在夹具中的装夹误差(包括定位和夹紧误差, $\varepsilon_{Lc} = \varepsilon_L + \varepsilon_c$ 或 $\varepsilon_{Lc} = \sqrt{\varepsilon_L^2 + \varepsilon_c^2}$);

Δ_a ——机床调整误差(包括夹具在机床上、刀具相对工件或机床的位置误差等);

Δ_m ——与机床精度、工艺系统弹性变形、夹具和刀具磨损、热变形等有关的加工误差。

在很多情况下, 夹具的装夹误差 ε_{Lc} 是影响加工精度的主要因素, 所以提高工件加工精度在一定程度上是靠夹具实现的, 夹具应有足够的刚性、夹紧力稳定和可靠, 减小加工时的振动, 以降低表面粗糙度, 提高加工质量。

这样才能使夹具精度有一定的储备, 保证夹具具有一定的使用期限。

工件的定位误差和夹紧误差将在第2章中介绍。各种加工精度 ω 可查阅工艺手册, 下面作一简单介绍, 见表1-7~表1-13。

表 1-7 外圆表面加工经济精度和表面粗糙度^[3]

加工方法	加工经济精度(IT)	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	加工方法	加工经济精度(IT)	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$
粗车	12~13	10~80	半精磨	7~8	0.63~2.5
半精车	10~11	2.5~10	精磨	6~7	0.16~1.25
精车	7~8	1.25~5	精密磨	5~6	0.08~0.32
镜面车	5~6	0.005~1.25	镜面磨	5	0.008~0.08
粗磨	8~9	1.25~10			

注: 加工非铁金属时 Ra 取小值。

表 1-8 孔表面加工经济精度和表面粗糙度^[19]

加工方法		加工经济精度	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	加工方法	加工经济精度	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$
钻孔	$\phi 15\text{mm}$ 以下	IT11~IT13	5~80	粗拉毛坯孔	IT9~IT10	1.25~5
	$\phi 15\text{mm}$ 以上	IT10~IT12	20~80	一次拉孔	IT10~IT11	0.32~2.5
粗扩孔		IT12~IT13	5~20	精拉钻后孔	IT7~IT9	0.16~0.63
一次扩孔 (铸孔或冲压孔)		IT11~IT13	10~40	粗镗孔	IT12~IT13	5~20
精扩孔		IT9~IT11	1.25~10	半精镗孔	IT10~IT11	2.5~10
半精铰孔		IT8~IT9	1.25~10	精镗孔(浮动)	IT7~IT9	0.63~5
精铰孔		IT6~IT7	0.32~5	金刚镗孔	IT5~IT7	0.16~1.25
手铰孔		IT5	0.08~1.25	精磨孔	IT9~IT11	1.25~10
				半精磨孔	IT7~IT10	0.32~1.25
				精磨孔	IT7~IT8	0.08~0.63
				精密磨孔	IT6~IT7	0.04~0.16

注：加工非铁金属时，表面粗糙度 Ra 取小值。

表 1-9 多轴加工钻孔轴线位置精度^[19]

(单位: mm)

参 数	孔径 /mm	工 件 材 料	
		铸铁和铝	钢
孔轴线对钻套轴线的偏移	~6	0.13~0.12	0.18~0.17
	>6~10	0.13~0.11	0.18~0.16
	>10~18	0.15~0.13	0.20~0.18
	>18~30	0.20~0.18	0.28~0.26
	>30~50	0.27~0.25	0.38~0.36
孔轴线对工艺基准的偏移(不包括工件定位误差)	~6	0.17~0.15	0.23~0.21
	>6~10	0.17~0.15	0.22~0.20
	>10~18	0.18~0.17	0.25~0.23
	>18~30	0.25~0.23	0.34~0.32
	>30~50	0.32~0.30	0.46~0.44
在一个工位同时加工两孔轴线之间的距离精度	~6	$\pm 0.23 \sim \pm 0.20$	$\pm 0.31 \sim \pm 0.29$
	>6~10	$\pm 0.23 \sim \pm 0.20$	$\pm 0.31 \sim \pm 0.28$
	>10~18	$\pm 0.25 \sim \pm 0.23$	$\pm 0.34 \sim \pm 0.31$
	>18~30	$\pm 0.35 \sim \pm 0.32$	$\pm 0.48 \sim \pm 0.45$
	>30~50	$\pm 0.45 \sim \pm 0.42$	$\pm 0.65 \sim \pm 0.61$

注：当用复合钻加工时，表中数据应加大；钻孔长度 l 等于 $(2\sim 3)d$ (d 为刀具直径) 时，增大到 1.5 倍； $l > 3d$ 时，增大到 2.5~2.8 倍。

表 1-10 镗孔轴线位置精度^[19]

机床	加工方式	轴向位置偏差/ μm
车床	移动滑台(溜板)	100~300
卧式镗床	用油标尺刻度调整	200~400
	用块规调整	50~100
	用千分尺调整	40~80
	用镗夹具夹持	50~100
	用程序控制坐标	25~60
多轴镗床	带导向镗杆	25~70
	镗杆不导向 [$l < (3\sim 4)d$]	50~100

注： l 为镗孔长度， d 为刀具直径。

表 1-11 多轴加工扩孔轴线位置精度^[19]

(单位: mm)

参 数	孔径/mm	工件材料					
		铸铁		铝		钢	
		刀具状态					
		刚性	浮动	刚性	浮动	刚性	浮动
孔轴线对导套轴线的 偏移	~12	0.10	0.08	0.11	0.09	0.12	0.12
	>12~18	0.09	0.08	0.11	0.10	0.12	0.12
	>18~30	0.12	0.10	0.15	0.12	0.17	0.13
	>30~50	0.14	0.13	0.18	0.14	0.20	0.16
	>50~60	—	0.06	—	0.07	—	0.07
	>60~80	—	0.07	—	0.07	—	0.07
孔轴线对工艺基准的 偏移(未考虑工件定位误 差)	~12	0.12	0.10	0.14	0.12	0.15	0.13
	>12~18	0.12	0.11	0.14	0.13	0.15	0.13
	>18~30	0.16	0.14	0.19	0.15	0.21	0.17
	>30~50	0.18	0.16	0.22	0.18	0.25	0.19
	>50~60	—	0.09	—	0.10	—	0.10
	>60~80	—	0.10	—	0.10	—	0.10
在一个工位同时加工 两孔轴线之间距离的 精度	~12	0.16	0.14	0.19	0.16	0.21	0.17
	>12~18	0.16	0.15	0.19	0.17	0.20	0.18
	>18~30	0.21	0.19	0.26	0.21	0.29	0.23
	>30~50	0.24	0.22	0.30	0.25	0.34	0.26
	>50~60	—	0.11	—	0.12	—	0.13
	>60~80	—	0.13	—	0.13	—	0.13

表 1-12 多轴加工铰孔轴线位置精度^[19]

参 数	直径/mm	导套精度/ μm	
		较高精度	高精度
孔轴线对固定导套轴线的偏移	~18	0.042	0.038
	>18~30	0.047	0.045
	>30~50	0.052	0.049
	>50~80	0.018	0.010
孔轴线对工艺基准的偏移(不包括定位误 差)	~18	0.070	0.066
	>18~30	0.074	0.072
	>30~50	0.079	0.076
	>50~80	0.053	0.052
在一个工位同时加工两孔轴线之间距离的 精度	~18	0.070	0.067
	>18~30	0.076	0.069
	>30~50	0.092	0.087
	>50~80	0.039	0.036

注: 当采用钻铰复合刀具加工时, 各孔轴线位置精度按表 1-11 选取。

表 1-13 平面加工的经济精度和表面粗糙度^[4]

加工方法	加工种类	经济精度 IT	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$
圆铣刀加工	粗铣	11~13	5~20
	半精铣	8~11	2.5~10
	精铣	6~8	0.63~5
面铣刀加工	粗铣	11~13	5~20
	半精铣	8~11	2.5~10
	精铣	6~8	0.63~5
车削	半精车	8~11	2.5~10
	精车	6~8	1.25~5
	细车	6~7	0.63~5
刨削	粗刨	11~13	5~20
	半精刨	8~11	2.5~10
	精刨	6~8	0.63~5
	宽刃刨削	6~7	0.008~1.25
插削	粗插	11~13	5~20
	精插	7~8	2.5~10
拉削	粗拉	10~11	5~20
	精拉	6~9	0.32~2.5
平面磨削	粗磨	8~10	1.25~10
	半精磨	8~9	0.63~2.5
	精磨	6~8	0.16~1.25
	精密磨	6	0.04~0.32

注：加工非铁金属时表面粗糙度取小值。

采用机床夹具对提高产品质量有很大的作用，例如当用划线方法在钻床上加工工件时，孔的位置精度为 0.5~1mm，而采用钻孔夹具加工时，孔的位置精度为 0.1~0.2mm；采用镗孔夹具加工时，孔的位置精度为 0.05~0.2mm；采用钻孔夹具和光学仪器结合时，孔的位置精度为 4~20 μm 。

在各种机床上采用夹具精加工时，工件能达到的表面形状误差的平均值见表 1-14。

表 1-14 在各种机床上采用夹具加工工件被加工表面形状误差的平均值^[16]

机 床	工件定位方式	被加工面种类	工件直径/mm	形状误差平均值	
				误差名称	数值/ μm
多轴立式半自动车床	在卡盘中定位	圆柱形	250~400	圆度	30
			400~630		40
多刀车床	在两顶尖上定位	圆柱形	200~320	圆度	12
			>320		16
螺纹车床	在卡盘中定位	圆柱形	≤ 250	端面平面度	4~10
			250~400		5~16
			400~800		10~20
立式车床	在卡盘中定位	圆柱形	~1600	端面平面度	40
			1600~2500		50
			2500~4000		60