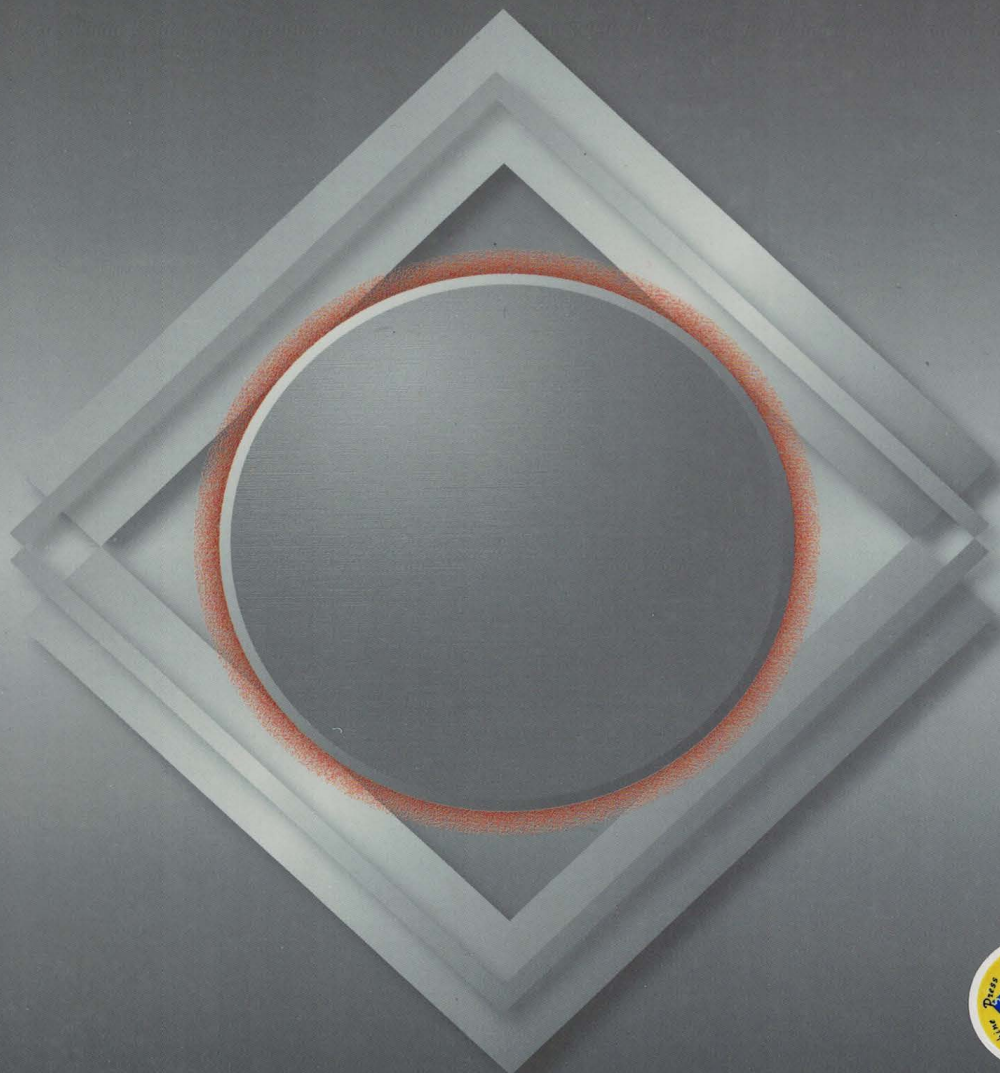


# 现代 夹具设计手册

朱耀祥 浦林祥 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 现代夹具设计手册

主 编 朱耀祥 浦林祥  
副主编 廖海明 王 玫 孙厚芳 刘利成  
唐善洲 刘贵宝 吴耀宇

机械工业出版社

本手册全面总结了我国半个世纪来的工业化过程中机械制造业内设计制造各类夹具的丰富经验，绝大部分资料都通过生产实践的考验，包括从国外引进后消化、吸收和改进的内容，也包含作者以往亲历的研发项目的成果。

本手册内容主要包括：夹具总论；夹具功能部件的典型结构；夹具设计计算；专用夹具常用零件及其标准或规范；气动、液压、电力、电磁、真空夹具传动系统及其元件和夹具案例；机床专用夹具设计方法；机床专用夹具设计及典型图例；可调夹具和成组夹具；组合夹具，数控机床、加工中心、柔性制造系统用夹具；检验夹具；焊接夹具；计算机辅助夹具设计等。

本手册主要适用于各种机床夹具、焊接夹具、检验夹具等的设计、制作、使用人员，管理人员，相关专业在校师生。

## 图书在版编目（CIP）数据

现代夹具设计手册/朱耀祥，浦林祥主编. —北京：机械工业出版社，2009.10 (2016.8重印)

ISBN 978-7-111-28402-4

I. 现… II. ①朱…②浦… III. 夹具-设计-手册  
IV. TG702-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 173314 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：庞 晖 王春雨 版式设计：霍永明

封面设计：姚 毅 责任校对：程俊巧 吴美英 责任印制：李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016 年 8 月第 1 版·第 7 次印刷

184mm×260mm·65 印张·3 插页·1615 千字

1 1001—13 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-28402-4

定价：138.00 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

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

# 序

夹具作为传统机械制造业中最重要的工艺装备之一已有了一百余年的历史，其在机械制造业的发展过程中发挥了巨大的作用。但从20世纪80年代以后由于“信息技术”和产业的飞速发展引起了一部分人的错觉，认为机械等在内的传统产业是“夕阳工业”，已经发展到头了。我国改革开放以后在市场经济驱动下的第二次工业化是在珠三角从轻工业、日用消费品工业、家电工业和信息产业开始的，经过近三十年的发展不仅东南沿海地区实现了工业化，同时深刻影响到我国对产业结构的调整，也推动了世界上传统产业继续发展和繁荣。我国“国民经济和社会发展第十一个五年规划”指出，振兴装备制造业是推进工业结构优化升级的主要内容。2006年国务院8号文件发布了《关于加快振兴装备制造业的若干意见》，所谓“装备制造业”就是传统机械制造业中的主体。因为装备制造业的发展水平是国家工业化、现代化水平和综合国力的重要标志，这意味着我国的工业将在不太长的时间内逐步赶上并达到当今世界上发达国家的先进水平。

随着装备制造业的发展，作为装备制造业的必不可少组成部分的工艺装备（夹具）也必然会得到相应的重视。再从现代化的实际生活中来看，衣、食、住、行哪一项的背后都需要强大的机械工业，即装备工业的支持，更何况国家的安全和国防如果没有强大有力的装备工业也是不能想象的。五十多年前我国曾在第一个五年计划中在前苏联技术援助下兴建了256家企业，其中相当一部分是机械制造工厂，至今仍是我国装备制造业中的骨干企业，夹具的设计制造技术早在那时就已奠定了基础。

近年来我国国民经济的飞速发展推动了机床和工具行业从低谷中走出，从21世纪开始以来我国已连续8年保持世界上机床最大消费市场 and 世界机床第一大进口国，到2007年中国机床市场的消费额已达166亿美元，2008年更达194亿美元之巨，是年进口机床和工具金额达123亿美元，其中机床附件和夹具进口约3.8亿美元，出口为1.8亿美元，两者相抵净进口约2亿美元。第十个五年计划内我国的汽车工业发展速度也是惊人的，2008年生产汽车达930万辆成为世界上第二汽车生产国，汽车制造业已成为机械装备的最大用户，数年来引进零部件生产线数十余条，价值达百亿美元以上，其中约十分之一为购置夹具的费用，实际上这些夹具我们完全有能力自行设计和制造。

以上所述主要是指机床上使用的机械加工用夹具或称之为机床夹具，这是夹具中的主流。从20世纪80年代以后夹具在制造业中的应用不仅是传统的机械加工领域，更在横向扩大到检验、焊接等多种生产过程，有了更大的发展。从夹具结构来看除专用夹具外，为了节约成本，开发出了各种模块化组合和可调整结构。从数字化和信息化层面上更是为了缩短产品生产准备周期，夹具的计算机辅助设计（CAFD）的研究和系统的开发也有了相当的进展。

半个多世纪以来我国也出版了为数不少的夹具教科书、专著和手册，其中浦林祥主编的《金属切削机床夹具设计手册》以其资料丰富、切合实用，出版以来受到广大工厂夹具设计技术人员以及大、专院校机械制造专业师生的普遍欢迎；林文焕、陈本通编著的《机床夹具设

计》一书汇集了较多的生产中实用夹具结构、紧密联系实际对夹具设计人员和学生有较大参考价值；朱耀祥主编的《组合夹具…组装·应用·理论》总结了我国研发组合夹具和使用组合夹具的独特经验，归纳出科学的组装结构和方法，不仅符合生产实用成为从事组合夹具组装和开发的工人、科技人员必备的手册，也发展了夹具的一些理论问题，受到国内外生产，教学和研发人员的关注。融亦鸣、朱耀祥等人的专著《计算机辅助夹具设计》更是先进制造技术领域国际上领先的一项开创性研究工作的总结，为 CAFD 软件的开发奠定了基础，备受国际上相关专家的重视。

在机械工业出版社领导和编辑的倡导和帮助下为适应我国当前装备制造业蓬勃快速飞跃发展，不仅汇集了量大面广的传统的专用夹具设计方面的资料，还包括了可调、成组、组合、检验、焊接等各种夹具，以及计算机辅助夹具设计等方面的全新内容。用以满足夹具设计、生产、使用和研发的需要，并作为大学、专科、职业技术学院等教学中相关课程的参考。本手册在编写过程中得到了第一汽车厂、东风汽车公司、上海柴油机厂、天津泽尔公司（原天津组合夹具厂）、北京理工大学等单位的大力支持，参考了国内外有关的书籍和手册，编辑出版了这本门类比较齐全、内容丰富的大型工具书“现代夹具设计手册”。此手册的基础和专用夹具部分即第二章至第七章不少沿袭原“金属切削机床夹具设计手册”（第二版）相应章节并以此为基础修改而成。谨向以上各单位致以深切的谢意。

此手册注重总结了我国工业化过程中半个多世纪以来机械制造业中设计制造各类夹具的丰富经验，其特点是大部分资料都通过生产实践的考验，包括引进后消化、吸收和改进的内容，也含有当前国际市场上新的夹具结构和夹具设计的最新动向和趋势，能够满足我国当前生产和教学的需要。

本手册包括 12 章，第 1 章由朱耀祥编写，第 5 章由朱耀祥、吴耀宇编写，第 2、4 两章由浦林祥编写，第 3、8 两章分别由北京理工大学孙厚芳、张发平、焦黎编写，第 6、7 两章由东风汽车公司唐善洲、周培明、王为民、李志祥等编写，第 9 章由天津组合夹具厂刘贵宝、张俊峰等编写，第 10、11 章由第一汽车厂工装设计公司王玫、王俊伟、刘瑞、张威编写，第 12 章由易博软件公司袁娜、高晓兵编写，新迪软件公司李升杰补充新迪 fixturework 夹具软件系统案例。全书由朱耀祥教授、浦林祥高工主编、修改和定稿，廖海明高工、王玫高工、孙厚芳教授、刘利成高工、唐善洲高工、刘贵宝高工、吴耀宇副教授为副主编。全书的编写得到了本书专任编辑李万宇女士的操劳，适时的规划和协调，以及庞晖、王春雨两位编辑仔细认真的审阅，对她（他）们辛勤的工作致以深切的感谢。

我俩均已年逾古稀，之所以愿意承担本手册的主编工作，主要是欣逢盛世愿将一得之见供后进参考而已。尽管我们作出努力总还有诸多不尽人意之处或存在疏忽和不当，如蒙读者不吝指出定当感激不尽。

朱耀祥 浦林祥 谨识

# 目 录

## 序

<b>第 1 章 夹具总论</b> .....	1
1.1 夹具产生和发展的背景 .....	1
1.1.1 夹具和机床附件 .....	1
1.1.2 机床专用夹具催生了现代 大批大量生产 .....	1
1.1.3 夹具是现代制造系统的重要 组成部分 .....	1
1.2 夹具的功能、组成和设计要求 .....	1
1.2.1 夹具的基本结构和组成 .....	1
1.2.2 夹具的各种功能 .....	1
1.2.3 设计夹具的基本要求 .....	2
1.3 夹具和机械零件的分类 .....	2
1.3.1 夹具的各种分类方法 .....	2
1.3.2 根据生产规模或品种和批量的 分类最重要 .....	2
1.3.3 机械零件和夹具分类编码系统 .....	3
1.4 夹具系统的选择和技术经济指标 .....	5
1.4.1 选择夹具系统的基本原则 .....	5
1.4.2 选择夹具系统的步骤 .....	5
1.4.3 常用夹具系统的技术经济指标 .....	5
1.4.4 夹具设计制作成本的估算 .....	6
1.4.5 使用专用夹具的简易经济分析 .....	7
1.4.6 夹具系统的经济分析 .....	7
1.5 现代夹具发展趋势 .....	9
1.5.1 夹具柔性化 .....	9
1.5.2 夹具自动化和智能化 .....	10
1.5.3 计算机辅助夹具设计 (CAD) .....	10
1.5.4 应对“寻位—加工”的挑战 .....	11
1.5.5 结语 .....	11

<b>第 2 章 夹具功能部件的典型结构</b> .....	12
2.1 定位装置典型结构 .....	12
2.1.1 插销定位装置 .....	12
2.1.2 V 形块定位装置 .....	14
2.1.3 齿轮齿形定位装置 .....	16
2.1.4 其他特殊定位装置 .....	18
2.2 定位支承装置典型结构 .....	19
2.2.1 可调支承典型结构 .....	19
2.2.2 辅助支承典型结构 .....	21
2.3 夹紧装置典型结构 .....	26

2.3.1 螺旋夹紧典型结构 .....	26
2.3.2 快速螺旋夹紧典型结构 .....	30
2.3.3 斜楔夹紧典型结构 .....	35
2.3.4 偏心 (凸轮) 夹紧典型结构 .....	38
2.3.5 端面凸轮夹紧典型结构 .....	43
2.3.6 铰链夹紧典型结构 .....	45
2.3.7 联动夹紧典型结构 .....	47
2.3.8 可移动位置的典型夹紧结构 .....	54
2.3.9 气 (液) 动自动夹紧装置典型 结构 .....	55
2.3.10 自动定心夹紧典型结构 .....	63
2.3.11 肘节式快速夹紧装置 .....	84
2.3.12 其他特种类型夹紧装置 .....	91
2.4 分度装置典型结构 .....	103
2.4.1 分度定位销 .....	103
2.4.2 典型分度装置 .....	108
2.4.3 精密分度装置 .....	118
<b>第 3 章 夹具设计计算</b> .....	125
3.1 定位尺寸的相关计算 .....	125
3.1.1 V 形块的计算 .....	125
3.1.2 夹具上两定位销的尺寸及定位 误差的计算 .....	125
3.1.3 夹具上定位销的尺寸及定位 误差的计算 .....	126
3.1.4 定位销高度的计算 .....	127
3.1.5 小锥度心轴尺寸的计算 .....	128
3.1.6 带圆柱部分的锥度心轴尺寸的 计算 .....	130
3.1.7 压入配合光滑心轴尺寸的计算 .....	130
3.1.8 滚柱心轴的尺寸及有关计算 .....	131
3.1.9 齿轮按渐开线齿形定位时的 计算 .....	132
3.1.10 三圆弧自定心夹紧机构偏心圆弧 尺寸的计算 .....	137
3.1.11 钻斜孔钻模工艺基准孔中心至钻套 孔轴线间的距离 $x$ 的计算 .....	137
3.1.12 弹簧夹头结构尺寸的计算 .....	138
3.2 定位误差的计算 .....	140
3.2.1 常见定位形式的定位精度计算 .....	140
3.2.2 钻模的钻孔精度计算 .....	143

3.2.3 用定位销定位的分度装置的分度概率精度 .....	144	尺寸计算 .....	204
3.3 典型夹紧形式的夹紧力计算 .....	145	3.8.3 外啮合标准斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算 .....	206
3.3.1 计算时的计算系数 .....	145	3.8.4 外啮合高变位斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算 .....	207
3.3.2 常见典型夹紧形式所需夹紧力的计算 .....	145	3.8.5 内啮合高变位直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算 .....	208
3.4 典型夹紧机构的作用力计算 .....	150	3.8.6 内齿直齿圆柱齿轮测量尺寸的计算 .....	208
3.4.1 螺旋夹紧机构 .....	150	3.9 典型加工方法切削力的计算 .....	214
3.4.2 圆偏心夹紧机构 .....	157	3.9.1 车削力的计算 .....	214
3.4.3 复合圆偏心轮夹紧机构 .....	158	3.9.2 钻削力的计算 .....	215
3.4.4 端面凸轮夹紧机构 .....	160	3.9.3 铣削力的计算 .....	216
3.4.5 复合端面凸轮夹紧机构 .....	161	<b>第4章 专用夹具常用零部件及其标准或规范</b> .....	218
3.4.6 斜楔夹紧机构 .....	162	4.1 概述 .....	218
3.4.7 压板夹紧机构 .....	167	4.2 夹具常用紧固件与连接件国家标准索引 .....	218
3.4.8 切向夹紧机构 .....	172	4.2.1 螺栓 .....	218
3.4.9 齿条滑柱钻模圆锥锁紧机构 .....	172	4.2.2 螺柱 .....	218
3.4.10 铰链杠杆增力机构 .....	172	4.2.3 螺钉 .....	218
3.4.11 离心式夹紧机构 .....	175	4.2.4 螺母 .....	218
3.4.12 楔槽式夹紧机构 .....	175	4.2.5 垫圈 .....	218
3.4.13 复合气(液)动夹紧机构 .....	175	4.2.6 销 .....	218
3.5 自定心夹紧机构的相关计算 .....	179	4.2.7 挡圈 .....	218
3.5.1 碗形弹簧片定心夹具的设计计算 .....	179	4.2.8 键 .....	218
3.5.2 碟形弹簧片定心夹具的设计计算 .....	181	4.3 定位件 .....	225
3.5.3 V形弹性夹盘定心夹具的设计计算 .....	182	4.3.1 定位销及定位插销 .....	225
3.5.4 弹性薄壁膜片卡盘的设计计算 .....	185	4.3.2 定位轴 .....	231
3.5.5 薄壁波纹套定心夹具的设计与计算 .....	189	4.3.3 键 .....	244
3.5.6 自定心夹紧装置的定心精度 .....	193	4.3.4 V形块及挡块 .....	246
3.5.7 液性塑料薄壁套筒夹具的设计与计算 .....	194	4.3.5 定位器 .....	252
3.6 端齿分度盘的相关计算 .....	198	4.4 支承件 .....	269
3.6.1 直齿端齿分度盘的结构及其参数的确定 .....	198	4.4.1 标准支承件 .....	269
3.6.2 端齿分度盘的锁紧力计算 .....	199	4.4.2 非标准支承件 .....	281
3.6.3 YX—DZ系列直齿端齿盘的规格、主要尺寸及精度 .....	199	4.4.3 辅助支承 .....	283
3.6.4 差动端齿分度装置的设计与计算 .....	201	4.5 夹紧件 .....	291
3.7 夹具夹紧误差的估算 .....	202	4.5.1 压块、压板 .....	291
3.8 多轴传动头的齿轮系几何尺寸计算 .....	203	4.5.2 偏心轮 .....	329
3.8.1 外啮合标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算 .....	203	4.5.3 支座、支柱 .....	333
3.8.2 外啮合高变位直齿圆柱齿轮的几何		4.5.4 夹具专用螺钉和螺栓 .....	343
		4.5.5 夹具专用螺母 .....	362
		4.5.6 夹具专用垫圈 .....	376
		4.6 导向件 .....	381
		4.6.1 钻套 .....	381

4.6.2	其他导向件	386
4.7	对刀块及塞尺	396
4.7.1	对刀块	396
4.7.2	塞尺	397
4.8	操作件	398
4.8.1	夹具常用操作件	398
4.8.2	其他操作件	405
4.9	与夹具相关的机床附件	418
4.9.1	顶尖	418
4.9.2	卡夹件	421
4.9.3	拨盘、花盘及过渡盘	424
4.9.4	活铁爪	430
4.9.5	角铁	431
4.10	其他件	433
4.10.1	圆柱螺旋压缩弹簧	433
4.10.2	圆柱螺旋拉伸弹簧	436
4.10.3	弹簧用螺钉	437
4.10.4	弹簧用吊环螺钉	438
4.10.5	切向夹套套	439
4.10.6	焊接环首螺钉	440
4.10.7	带锁紧槽圆螺母	440
4.10.8	带扳手孔圆螺母	442
4.10.9	堵片	442
4.10.10	螺塞	444
4.10.11	锁口	445
4.11	夹具体	446
4.11.1	夹具体的毛坯种类及基本要求	446
4.11.2	夹具体座耳尺寸	446
4.11.3	夹具体的排屑结构	447
4.11.4	夹具体的标准毛坯和零件	448
4.11.5	标准毛坯件和零件组合的夹具体 图例	453
4.11.6	夹具体结构的正误分析	455
4.12	机床夹具零部件标准件应用图例	456
4.12.1	定位件及辅助支承应用图例	456
4.12.2	夹紧件应用图例	460
4.12.3	导向件应用图例	481
4.12.4	其他零部件应用图例	482
4.13	夹具元件公差配合的选择及机床夹具 零部件通用技术条件	485
4.13.1	夹具中常用元件间的配合及 公差	485
4.13.2	常用夹具元件的配合图例	485
4.13.3	机床夹具零件及部件通用技术 条件	491

## 第5章 气动、液压、电力、电磁、真空 夹具传动系统及其元件和夹具

图例	493	
5.1	夹具夹紧动力源概述	493
5.1.1	手动夹紧和动力夹紧	493
5.1.2	动力夹紧的各种动力源	493
5.2	气动夹具	493
5.2.1	气动夹具优缺点和应用场合	493
5.2.2	气源和气压系统	493
5.2.3	气压传动夹紧系统的设计计算及 其元件	494
5.2.4	气动夹具应用图例	503
5.3	液压夹具和液压夹紧的动力源	506
5.3.1	夹具用液压系统的特点	506
5.3.2	基本液压夹紧系统、结构及 其元件	506
5.3.3	液压夹具常用典型液压回路	506
5.3.4	夹具液压夹紧系统的相关计算	506
5.3.5	液压夹具用液压缸结构和尺寸	512
5.3.6	液压夹紧的各种动力源	522
5.3.7	液压夹紧机构和液压夹具应用 示例	530
5.4	电力传动夹具	540
5.4.1	电力传动夹紧装置	540
5.4.2	偏心式电动卡盘	540
5.4.3	电磁铁夹紧装置	542
5.5	电磁夹具及其应用	542
5.5.1	电磁夹具工作原理	542
5.5.2	各种电磁吸盘结构形式和 设计要点	543
5.5.3	强力电磁夹具	544
5.5.4	电磁无心夹具	550
5.6	真空夹具及其应用	552
5.6.1	真空系统工作原理及夹紧力 计算	552
5.6.2	真空发生装置	552
5.6.3	真空夹具及典型结构	553
5.6.4	真空夹具的设计要点	553
第6章	机床专用夹具设计方法	556
6.1	机床专用夹具设计步骤	556
6.2	设计前期准备	556
6.2.1	信息资料收集与研究	556
6.2.2	加工精度和工艺性分析	557
6.2.3	切削力、夹紧力综合平衡计算	557

6.3 夹具结构方案选择 .....	557	7.2.9 钻床多轴头 .....	682
6.3.1 定位原则及方案选择 .....	557	7.2.10 镗床专用夹具典型图例 .....	698
6.3.2 辅助支承方式选择 .....	567	7.3 铣床专用夹具 .....	713
6.3.3 对刀与引导方式选择 .....	570	7.3.1 铣床专用夹具的主要类型 .....	713
6.3.4 夹紧原则及方案选择 .....	578	7.3.2 铣床专用夹具设计要则 .....	713
6.3.5 其他组成部分结构形式选择 .....	581	7.3.3 铣床夹具的技术要求 .....	714
6.4 夹具总装配图绘制 .....	585	7.3.4 铣床夹具的磨损极限 .....	717
6.4.1 总体结构确定 .....	585	7.3.5 铣床专用夹具典型图例 .....	717
6.4.2 定位元件结构绘制 .....	585	7.3.6 铣床通用可调夹具典型图例 .....	735
6.4.3 辅助支承结构绘制 .....	585	7.4 拉床专用夹具 .....	737
6.4.4 对刀与引导装置结构绘制 .....	586	7.4.1 拉床专用夹具主要类型 .....	737
6.4.5 夹紧元件结构绘制 .....	586	7.4.2 拉床专用夹具设计要则 .....	737
6.4.6 夹具体结构绘制 .....	586	7.4.3 拉床专用夹具典型图例 .....	737
6.4.7 其他部分结构绘制 .....	588	7.5 齿轮机床专用夹具 .....	745
6.4.8 夹具总图标注和技术条件给定 .....	588	7.5.1 齿轮机床专用夹具主要类型 .....	745
6.4.9 夹具设计普遍应注意的问题 .....	590	7.5.2 齿轮机床专用夹具设计要则 .....	745
6.4.10 夹具总装配图绘制示例 .....	592	7.5.3 齿轮机床专用夹具技术要求 .....	745
6.5 夹具零件图绘制 .....	594	7.5.4 齿轮机床专用夹具典型图例 .....	745
6.5.1 零件结构确定 .....	594	7.6 磨床专用夹具 .....	752
6.5.2 材料选择与工艺性分析 .....	596	7.6.1 圆磨床专用夹具 .....	752
6.5.3 技术要求确定 .....	597	7.6.2 平面磨床专用夹具 .....	753
6.5.4 工艺孔在夹具设计中的应用 .....	597	7.7 组合机床及其自动线专用夹具 .....	760
6.6 夹具设计与制造中的信息处理 .....	597	7.7.1 概述 .....	760
<b>第7章 机床专用夹具设计及典型图例</b> .....	<b>599</b>	7.7.2 组合机床及其自动线夹具设计要则 .....	<b>761</b>
7.1 车床专用夹具 .....	599	7.7.3 定位、夹紧及刀具导向的结构 .....	765
7.1.1 车床专用夹具的主要类型 .....	599	7.7.4 组合机床及其自动线专用夹具典型图例 .....	785
7.1.2 车床夹具设计要则 .....	599	7.8 数控机床和加工中心夹具 .....	799
7.1.3 车床(圆磨床)夹具的技术要求 .....	601	7.8.1 数控机床和加工中心夹具设计要则 .....	799
7.1.4 车床(圆磨床)夹具的磨损极限 .....	604	7.8.2 数控机床与加工中心夹具典型图例 .....	801
7.1.5 车床专用夹具典型图例 .....	604	<b>第8章 可调夹具和成组夹具</b> .....	<b>810</b>
7.1.6 车床通用可调夹具典型图例 .....	623	8.1 概述 .....	810
7.2 钻床、镗床专用夹具 .....	628	8.1.1 可调夹具和成组夹具的定义和分类 .....	810
7.2.1 钻床、镗床专用夹具的主要类型 .....	628	8.1.2 可调夹具和成组夹具的结构特点及适用场合 .....	810
7.2.2 钻床夹具(钻模)设计要则 .....	629	8.1.3 可调夹具和成组夹具的标识方法 .....	810
7.2.3 镗床夹具设计要则 .....	633	8.1.4 可调夹具和成组夹具的应用效果 .....	811
7.2.4 钻床(镗床)夹具的技术要求 .....	637	8.2 成组夹具的设计与应用 .....	811
7.2.5 钻床(镗床)夹具的磨损极限 .....	640	8.2.1 成组夹具的设计依据、原则、程序和	
7.2.6 钻模通用部件 .....	650		
7.2.7 钻床专用夹具(钻模)典型图例 .....	655		
7.2.8 钻床通用可调夹具典型图例 .....	678		

附加说明 .....	811	10.1 概述 .....	911
8.2.2 成组夹具的应用与管理 .....	815	10.2 检验夹具的组成和分类 .....	911
8.3 可调夹具示例 .....	815	10.2.1 检验夹具的概念和适用范围 .....	911
8.3.1 回转体类零件用可调夹具示例 .....	815	10.2.2 检验夹具的分类 .....	911
8.3.2 非回转体类零件用可调夹具 示例 .....	818	10.2.3 检验夹具的主要组成部分 .....	911
8.4 成组夹具示例 .....	823	10.3 检验夹具主要组成部分的结构和 应用 .....	912
8.4.1 回转体零件用成组夹具示例 .....	823	10.3.1 检验夹具定位部分的原理和 结构 .....	912
8.4.2 非回转体零件用成组夹具 .....	831	10.3.2 检验夹具测量部分的原理和 结构 .....	918
<b>第9章 组合夹具, 数控机床、加工中心、     柔性制造系统用夹具</b> .....	835	10.3.3 检验夹具辅助部分的原理和 结构 .....	919
9.1 组合夹具使用特点和发展概况 .....	835	10.4 机械加工和装配过程中检验夹具的 典型应用 .....	932
9.1.1 组合夹具概述 .....	835	10.4.1 检验夹具的设计基础 .....	932
9.1.2 我国组合夹具的发展概况 .....	835	10.4.2 检验夹具的典型应用 .....	933
9.1.3 使用组合夹具的实际经济效益 .....	836	10.5 毛坯检测用的检验夹具 .....	936
9.1.4 组合夹具的分类 .....	837	10.5.1 毛坯检验夹具的使用要求 .....	936
9.2 槽系列组合夹具系统 .....	838	10.5.2 毛坯检验夹具中的定位和测量 装置 .....	937
9.2.1 槽系列组合夹具元件 .....	838	10.6 检验夹具的调整和周期检定 .....	938
9.2.2 槽系列组合夹具元件的结构要素和 技术条件 .....	857	10.6.1 检验夹具的调整 .....	938
9.2.3 槽系列组合夹具的组装和组装 守则 .....	859	10.6.2 检验夹具的周期检定 .....	938
9.2.4 槽系列组合夹具的基本结构 .....	860	10.7 组合检验夹具 .....	939
9.2.5 槽系列组合夹具在机械加工 中应用示例 .....	868	10.7.1 组合检验夹具概述及示例 .....	939
9.3 孔系列组合夹具系统 .....	879	10.7.2 三坐标测量机组合检验夹具 .....	941
9.3.1 孔系列组合夹具的特点与发展 概况 .....	879	<b>第11章 焊接夹具</b> .....	944
9.3.2 孔系列组合夹具元件的主要技术 参数 .....	880	11.1 概述 .....	944
9.3.3 孔系列组合夹具元件 .....	880	11.2 焊接夹具的特点、分类与组成 .....	944
9.3.4 孔系列组合夹具的基本结构 .....	892	11.2.1 焊接夹具的特点 .....	944
9.3.5 孔系列组合夹具的组装步骤和 注意事项 .....	897	11.2.2 焊接夹具的分类 .....	946
9.3.6 孔系列组合夹具在机械加工中 应用示例 .....	899	11.2.3 焊接夹具的组成 .....	951
9.3.7 带有销键和键槽结合定位结构的蓝新 特孔系组合夹具系统 (LXT) .....	902	11.3 焊接夹具功能部件及典型结构 .....	951
9.4 组合夹具在数控机床、加工中心和 柔性制造系统中的应用 .....	906	11.3.1 定位功能部件及典型结构 .....	951
9.4.1 组合夹具适用于数控机床、加工中心和 柔性制造系统的基本考量 .....	906	11.3.2 夹紧功能部件及典型结构 .....	957
9.4.2 组合夹具在数控机床、加工中心上 安装应用的各种示例 .....	908	11.3.3 夹具体及典型结构 .....	961
<b>第10章 检验夹具</b> .....	911	11.3.4 特种功能部件及典型结构 .....	963
		11.4 焊接夹具设计及典型图例 .....	966
		11.4.1 焊接夹具设计原则 .....	966
		11.4.2 焊接夹具设计方法 .....	967
		11.4.3 焊接夹具设计步骤 .....	970
		11.4.4 焊接夹具设计典型图例 .....	987
		11.5 焊接夹具的制造技术与调整 .....	989
		11.5.1 焊接夹具的制造技术 .....	989

11.5.2	焊接夹具调试	990	12.2.4	基于实例推理的 CAFD 系统	1010
11.6	焊接组合夹具	992	12.2.5	智能式夹具 CAFD 系统	1012
11.6.1	概述	992	12.2.6	基于图论方法的自动夹具 结构生成	1014
11.6.2	俄罗斯(前苏联)焊接组合夹具 系统简介	992	12.3	CAFD 中夹具设计的验证	1015
11.6.3	德国焊接组合夹具系统	994	12.3.1	CAFD 中夹具设计验证的 必要性	1015
<b>第 12 章 计算机辅助夹具设计</b>			12.3.2	CAFD 中夹具设计验证的 项目	1016
	(CAFD)	997	12.3.3	夹具刚度与变形的验证	1016
12.1	CAFD 在现代制造业中的作用	997	12.4	CAPP 与 CAFD 并行设计集成系统	1017
12.1.1	概述	997	12.4.1	重要性、必要性	1018
12.1.2	发展背景	997	12.4.2	总体结构	1018
12.1.3	CAFD 在现代制造业中的地位和 作用	1000	12.5	已开发并在企业中试用的 CAFD 系统示例	1018
12.1.4	CAFD 的发展趋势	1001	12.5.1	易博三维 CAFD 系统	1018
12.2	CAFD 发展的不同阶段和所研究 系统	1002	12.5.2	新迪孔系组合夹具 CAFD 组装 设计系统	1022
12.2.1	第一代交互式系统	1002	<b>参考文献</b>		1027
12.2.2	基于 GT 的 CAFD 系统	1004			
12.2.3	夹具设计的专家系统	1008			

# 第1章 夹具总论

## 1.1 夹具产生和发展的背景

### 1.1.1 夹具和机床附件

早在19世纪后期欧美工场中出现天轴传动的车床时，同时就有了夹持工件的卡盘，因为两者不可分割，这是最早出现的夹具。在我国习惯称为机床附件的是指除机床主机外，用于扩大机床加工功能和使用范围的附属装置，主要包括：分度头、回转工作台、卡盘、虎钳、顶尖、吸盘、夹头、铣头、镗头、刀架、刀杆、扳手和垫铁等。机床夹具则指在机床上实施机械加工过程中按照工艺要求，迅速实现工件的定位与夹紧，并在加工过程中保持工件和机床之间正确的相对位置。不仅是机床和机械加工，其他工艺过程和生产过程中也需要保持工件和设备之间的相对位置，就出现了焊接夹具、检测夹具、装配夹具等，因此现在已泛称之为“夹具”。由于机床附件中既包含了与工件相关的附件如从分度头到夹头，这就使机床附件中与工件相关的附件和夹具形成了一个交集，或者说出现了一些重叠。生产和实际中机床附件内与工件相关的附件只是一些通用的、标准化程度高的、结构较为普通的，如三爪自定心卡盘、四爪卡盘、铣床分度头等，其余就归在夹具中了，当然这中间的界限是模糊的。

### 1.1.2 机床专用夹具催生了现代大批大量生产

20世纪之初美国只能生产汽车数千辆。福特汽车公司推出T型轿车后订单激增，为了保证零件的互换性在当时精度较差的机床上如何保证孔距精度成为提高生产率的瓶颈。钻模和随后镗模的出现有效地解决了这一问题，迅速提高了生产率。到了20世纪20年代初美国汽车工业的年产量已超过百万辆以上的规模。“普通通用机床+专用夹具”这一生产方式拉开了近现代大批大量生产的帷幕。

### 1.1.3 夹具是现代制造系统的重要组成部分

产品、制造系统和经营管理是运作制造企业的三个基本要素。在当代买方市场条件下制造系统经常成为新产品快速上市、按订单进行产品变换生产和运作管理的瓶颈所在。就现代制造系统而言主要应该解决以下问题：

①客户订单要求快速变换产品时，制造系统如何快速响应变换产品的生产。

②订制产品频繁变换时如何既能快速重构所变换产品生产要求的制造系统，又能通过重构与重复利用现有制造系统的各组成要素，降低系统投资，提高投资回报率。

③如何保证多次重构/重组的制造系统运行质量与产量的可靠性和稳定性。

从系统工程的观点按系统结构而言，日本制造系统著名学者人见胜人将制造系统的静态结构定义为：制造系统是由硬件（生产设施、机床、夹具等）、物料传送装置、工人和其他附属装置组成的统一集合体，由生产信息/知识、技术、方法和软件支持它。它实现从生产对象（原材料与零配件）转变成有规定功能与适合顾客需要的产品，从而满足市场的需求。

由此可见夹具是制造系统中与工件直接接触部分，因此为了解决制造系统的快速重组、快速响应以及质量、可靠性等各种问题，夹具起到很重要的作用。

## 1.2 夹具的功能、组成和设计要求

### 1.2.1 夹具的基本结构和组成

图1-1a、b所示分别为法兰工件上钻孔的分度钻模，和轴类工件上铣小平面的液压传动的铣床夹具。由图可见机床夹具分别由夹具体、工件定位件（简称定位件）、夹紧件、导向件、对刀件、分度组件、夹具在机床工作台上定位件、动力组件（液压油缸）等所组成。其中重要的是夹具体、定位件、夹紧件、导向件、对刀件以及夹具在机床工作台上定位件。夹具体、定位件、夹紧件则是夹具的基本组成部分。

### 1.2.2 夹具的各种功能

夹具的功能包括：

①保证工件在该工序内的精度要求和质量。

②在缩短辅助时间的基础上提高生产率，降低加工成本。

③扩大机床工艺范围。

④减轻工人劳动强度，改善工人劳动条件。

⑤保障操作安全和便于工人掌握复杂或精密工件的操作。

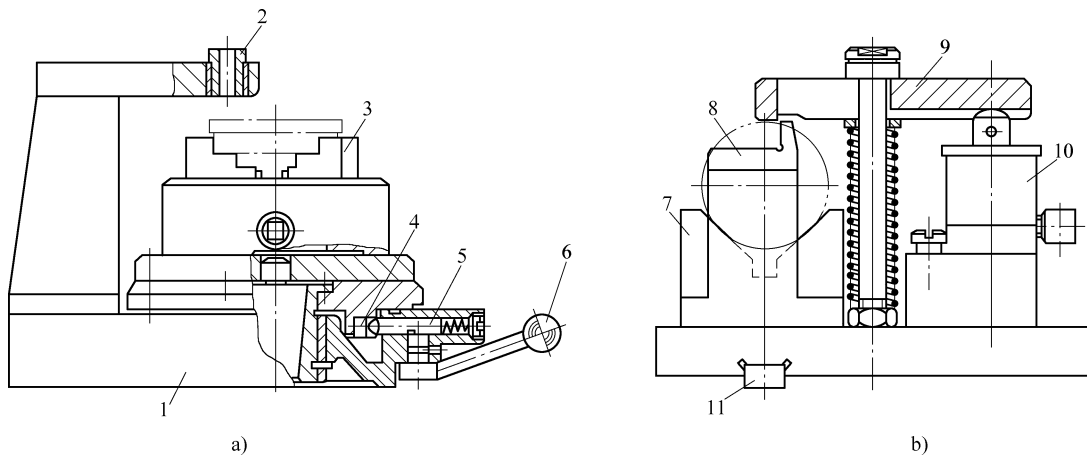


图 1-1 机床夹具基本结构和组成图

a) 法兰工件上钻孔的分度钻模 b) 轴类工件上铣小平面的液压传动的铣床夹具  
 1—夹具体 2—导向件 3—定位、夹紧件 4—对定件 5—对定件的定位销 6—操作件  
 7—工件定位件 8—对刀件 9—夹紧件 10—液压油缸 11—夹具定位件

### 1.2.3 设计夹具的基本要求

机械加工中在“机床—刀具—夹具—工件”这一工艺系统内，四要素构成了静态/动态的几何关系。图 1-2a 所示为夹具和机床、刀具、工件之间的联系关系，由于夹具由各元件和组件构成，图中点划线框内即为夹具的各元组件和其他三要素的联系关系。图 1-2b 为四要素之间相互直接联系的尺寸/几何关系。因此设计夹具时最基本的要求，就是保证图 1-2b 中工件加工尺寸在工序完成后，达到工序尺寸/几何精度要求。过去只考虑简单的一维精度，随着零件设计精度的提高今后必须要分析和研究二维，少数情况下甚至三维的尺寸和形状位置精度。在此基础上再考虑如何提高生产率和降低成本等其他问题。

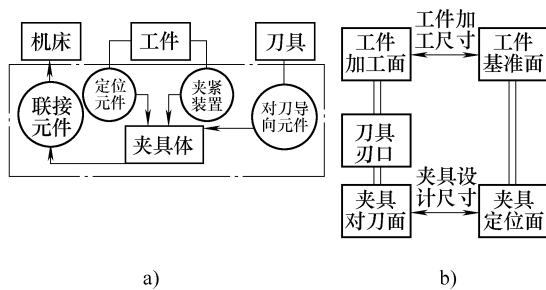


图 1-2 “机床—刀具—夹具—工件”工艺系统内四要素间的相互联系关系

a) 工艺系统四要素间的相互联系关系 b) 工艺系统四要素之间相互直接联系的尺寸/几何关系

## 1.3 夹具和机械零件的分类

### 1.3.1 夹具的各种分类方法

①按夹具所适用的工艺过程分为：机床夹具，装配夹具，焊接夹具，检测夹具等。

②机床夹具按所适用的机床类型又可分为：车床夹具，铣床夹具，钻模，磨床夹具，拉床夹具等。

③按夹具的通用程度和特点分为：通用夹具，一次性使用夹具，多次重复使用夹具，独立的传动装置等。

④按夹具的结构特点分为：专用夹具，组合夹具，可调整夹具等。

⑤按夹紧装置的动力源分为：手动夹具，气动夹具，液压夹具，电磁夹具，真空夹具等。

图 1-3 所示为夹具的分类图，也表示各种分类之间的关系。

### 1.3.2 根据生产规模或品种和批量的分类最重要

由于夹具是工艺装备并非产品，因此为了有效降低成本，设计夹具时考虑最多的因素就是经济因素。因为生产产品的品种多少和批量大小代表了不同的生产模式，不同的生产模式下经济性较好的夹具系统已有定论。在各种夹具分类中通常根据夹具结构上的特点也参考品种和批量将夹具分为：专用夹具，组合夹具，可调整夹具，这种分类，作为粗略选用夹具系统

是十分方便和有效的。其中可调整夹具又可分为通用和专业化两类，有关机床夹具系统主要类型的特点及

适用范围见表 1-1。用经济分析方法详细选择夹具系统，以后将进一步详细讨论。

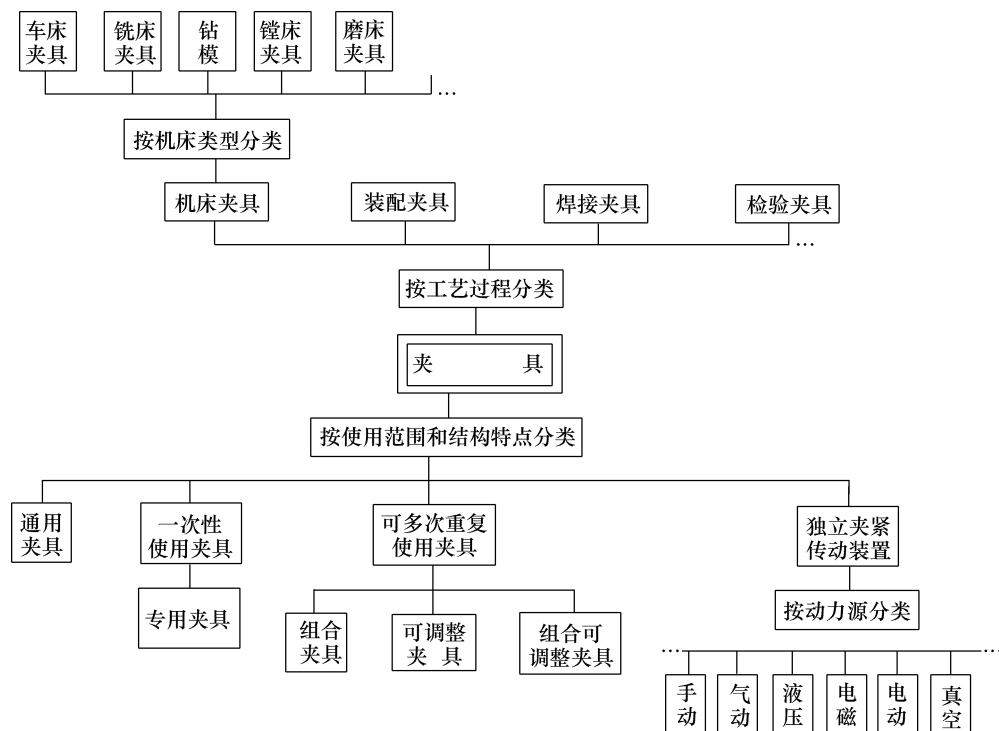


图 1-3 夹具分类图

表 1-1 机床夹具主要类型的特点及适用范围

名称	特点	适用范围
通用可调整夹具	通用性强,工件定位基准面形状较简单,生产效率较低	单件、小批量生产。部分通用可调整夹具已专业化生产,作为机床附件,如三爪自定心卡盘、分度头、平口钳等
专用夹具	针对某一工件的某一工序专门设计,结构紧凑,操作简便,生产效率高,设计制造周期长。当产品更新或改进时,只要该零件尺寸形状变化,夹具即报废	大批量生产
专业化可调整夹具	针对形状、尺寸、工艺要求相似的一组工件设计	多品种成批生产,尤其适用于成组生产,也称成组夹具
组合夹具	由预先制造好的一套标准元件、合件组装成专用夹具,使用后即行拆开,元件、合件又可用于组装新的夹具	新产品试制,单件小批量生产,也可用于成批生产

### 1.3.3 机械零件和夹具分类编码系统

约 50 年前,计算机还在襁褓之中,成组技术(GT)传到德国之时,为了使零件分类方法系统化和科学化,奥匹茨(Opitz)教授“以数代形”创建了以机床零件为主要对象的第一个零件分类编码系统,此后三四十年中随着计算机技术的飞速发展,数以百计的零件分类编码系统在世界各工业发达国家如雨后

春笋般被开发出来,既促进了成组技术的推广和应用,也推动了计算机辅助工艺设计(CAPP)技术的大步前进。总结三四十年全球 GT 在机械制造业中的作用和意义,可以用以下三句话来概括:相似原理、重用原则、柔性原由。这样一套系统化和科学化的分类编码方法在其他工程中也得到了仿效和应用。有关零件分类编码系统与成组技术相关的书刊中已有详细

介绍,不再赘述。在夹具设计中也仿效采用了这种分类编码系统,迄今为止已研究和开发过两类夹具设计的分类编码系统:一类是由笔者为清华大学 CIMS 实验研究中心(CIMS/ERC)研发的夹具结构设计时用作检索的分类编码系统;另一类是由北京理工大学研发的夹具分类编码系统。现作简介如下。夹具结构设计的分类编码系统 JJBM 系用于加工中心上根据工件的主要几何形状和尺寸,再加上已决定的定位、夹紧方案用以检索加工非回转体类零件的孔系组合夹具的结构设计方案。图 1-4a 为 JJBM 系统的基本结构图,图 b 为第 5、6 位码的标志或属性。

机械加工夹具分类编码系统(JJDM) WJ/Z319—1993 由兵器工业标准化研究所和北京理工大学共同提出,1993 年发布。系统采用三个相互独立的层次分别描述夹具、夹具部件、夹具零件。关于

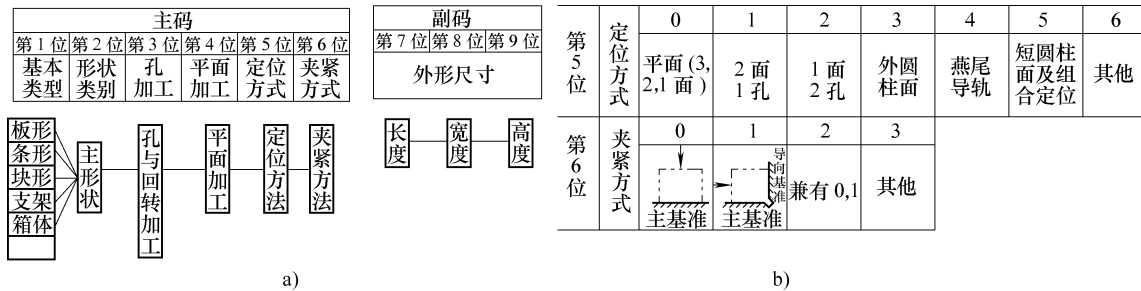


图 1-4 夹具结构设计的分类编码系统

a) JJBM 系统的基本结构图 b) 第 5、6 位码的标志或属性

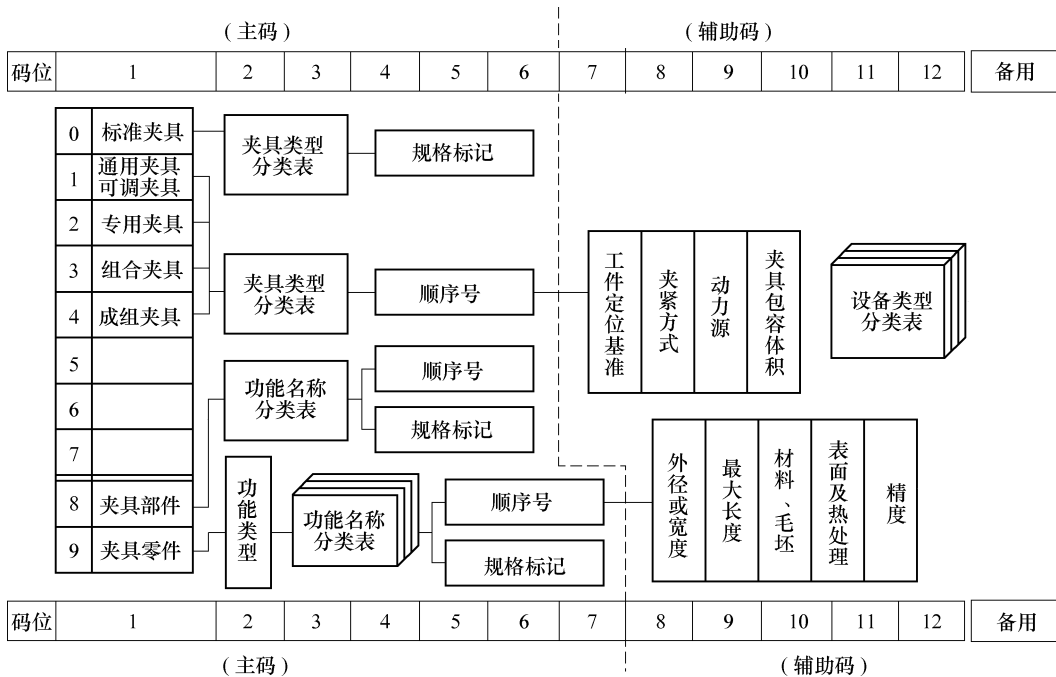


图 1-5 JJDM 机械加工夹具分类编码系统

表 1-2 JJDM 系统中非标准夹具第 1~6 位码分类代码表

第 1 位		第 2 位		第 3 位									第 4 ~ 6 位	
代码	夹具类别	代码	设备类别	夹具结构类型及代码									顺序号	
				0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
1	通用夹具 可调夹具	C	车床	不可调 顶尖心 轴夹具	可调顶 尖心轴	不可调尾 锥心轴	可调尾 锥心轴	弯板类 夹具	夹头类 夹具	花盘类 夹具	靠模类 夹具	分度类 夹具		
2	专用 夹具	Z	钻床	覆盖式 钻模	铰链式 钻模	悬吊式 钻模	固定式 钻模	移动式 钻模	翻转式 钻模	斜孔式 钻模		分度式 钻模		
3	组合 夹具	M	磨床	外圆磨 夹具	内圆磨 夹具	万能磨 夹具	平面磨 夹具	端面磨 夹具	无心磨 夹具	珩磨 夹具		分度式 夹具		
4	成组 夹具	X	铣床	立铣 夹具	卧铣 夹具	万能铣 夹具	工具铣 夹具	靠模类 夹具				分度式 夹具		
		T	镗床	立式镗 床夹具	卧式镗 床夹具									
		Y	齿轮 机床	滚齿类 夹具	插齿类 夹具	刨齿类 夹具	剃齿类 夹具	磨齿类 夹具	珩齿类 夹具	研齿类 夹具	铣齿类 夹具	齿轮倒角 类夹具		
		N	数控 机床	数控车床 类夹具	数控铣床 类夹具	数控钻床 类夹具	数控镗床 类夹具			线切割电 加工机床 夹具	加工中心 类夹具	柔性制造 系统用 夹具		
		L	拉、刨、插 锯机床	立式拉床 类夹具	卧式拉床 类夹具		刨床类 夹具		插床类 夹具		锯床类 夹具			
		Q	其他 机床	专用车床 类夹具	专用铣床 类夹具	专用钻床 类夹具	专用镗床 类夹具	专用磨床 类夹具	专用拉床 类夹具		电加工机 床类夹具	多功能机 床类夹具		
代码	夹具类别	代码	设备类别	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	顺序号
				夹具结构类型及代码										

## 1.4 夹具系统的选择和技术经济指标

### 1.4.1 选择夹具系统的基本原则

1) 所选用的夹具系统应保证满足该零件的工艺过程要求和相应的技术条件, 同时还要保证生产准备工作的时限要求。

2) 应遵守所选用的夹具系统符合通用化、典型化、组合化、标准化的原则。一般情况下: 大批大量生产可以允许采用专用夹具系统; 单件小批生产尽量采用组合夹具系统和通用可调整夹具系统; 成批生产条件下可采用专业化可调整夹具系统; 样品试制阶段尽量采用组合夹具系统。

3) 当批量界限不够明确而产量、批量不小时, 应按夹具系统经济分析的方法对夹具的工艺工序费用进行分析, 缩短其投资回收期, 提高经济效益。

4) 尽量采用商品化的夹具系统和夹具零部件。

### 1.4.2 选择夹具系统的步骤

1) 了解和熟悉待设计夹具的工件

①工件几何和结构特征(轮廓尺寸、外观形状、材料、相关精度、结构特点、各表面形状特征)。

②加工工件的生产组织形式和工艺条件(基准和定位原理图、工艺工序类型、生产组织形式、加工批量)。

2) 决定此夹具的原始技术要求

3) 根据选择夹具系统的基本原则, 确定适合于工艺要求的夹具系统(专用、可调整、组合夹具系统)

4) 根据现有商品化夹具及零部件, 尽量选用及采购, 力求减少企业自制夹具的数量。

5) 决定设计和制造自制夹具的原始数据。

6) 编制自制夹具的设计任务书。

### 1.4.3 常用夹具系统的技术经济指标

(1) 专用夹具系数  $K_z$  和专用夹具成本系数  $K_c$ 。

专用夹具系数  $K_z$  是机械行业内长期以来衡量企业工艺装备水平的传统方法

$$K_z = N_z / N_k \quad (1-1)$$

式中  $N_z$ ——专用夹具种数;

$N_k$ ——专用零件种数。

专用夹具系数过大, 则夹具设计制造工作量大, 生产准备周期长, 成本高; 此系数如太小, 可能会影响零件加工质量及生产率。在大批量生产条件下一般根据产品生产类型、生产批量、寿命周期、设备自动化程度以及企业设计制造夹具的能力, 合理选择专用夹具系数。生产实际中常将各种产品和行业的现有企业的专用夹具系数进行统计, 用作投入新产品或建设同类型新工厂时作参照。

专用夹具成本系数  $K_c$ 。

$$K_c = C_z / C \quad (1-2)$$

式中  $C_z$ ——单台产品专用夹具成本 (元);

$C$ ——单台产品成本 (元)。

专用夹具成本系数常用作控制工艺装备成本不致过高, 从而降低总成本。

(2) 夹具复杂系数  $K$  和夹具复杂等级

$$K = C_f / T_b C_n + N_j / N_{jb} + G_b / G + N_c / N_{cb} + L / L_b \quad (1-3)$$

式中  $C_f$ ——夹具的设计、制造、使用及维护费用 (元);

$T_b$ ——企业的月工时 (h);

$C_n$ ——企业的夹具设计、制造、使用及维护费平均值 (元/h);

$N_j$ ——夹具专用件数;

$N_{jb}$ ——企业夹具专用件数的平均值;

$G_b$ ——企业夹具精度等级的平均值;

$G$ ——夹具最高精度等级;

$N_c$ ——保证产品尺寸要求的夹具计算尺寸数量;

$N_{cb}$ ——企业夹具计算尺寸数量的平均值;

$L$ ——夹具最大尺寸;

$L_b$ ——企业中夹具最大尺寸的平均值。

企业可根据夹具复杂系数  $K$  将夹具划分为 A、B、C 三级, 夹具复杂等级作为夹具划分成本的界限, 并确定各级技术领导的审批权限。

(3) 单套夹具负荷系数  $K_n$

$$K_n = t N_d / T \quad (1-4)$$

式中  $t$ ——完成工序所需的工时 (h);

$N_d$ ——单套夹具每月执行工序的重复次数 (次/月);

$T$ ——夹具每月有效工作时间 (h/月)。

通过这一系数的数值可以决定此套夹具是否需要制作两套或多套才能满足生产要求。

#### 1.4.4 夹具设计制作成本的估算

##### 1. 专用夹具

专用夹具年度支出成本费用为  $C_{sy}$  (元), 则

$$C_{sy} = (t_d S_d + t_p S_p + G S_{mt}) \eta_s \varepsilon \quad (1-5)$$

式中  $t_d$ ——一套专用夹具设计工时 (h);

$S_d$ ——专用夹具设计费用 (元/h);

$t_p$ ——一套专用夹具制造工时 (h);

$S_p$ ——一套专用夹具制造费用 (元/h);

$G$ ——一套专用夹具消耗的原材料 (kg);

$S_{mt}$ ——材料费 (包括毛坯和热处理) (元/kg);

$\eta_s$ ——专用夹具年折旧系数;

$\varepsilon$ ——夹具复杂程度等级系数。

在一定条件下用工厂具体数字代入后, 式 (1-5)

变为

$$C_{sy} = K \varepsilon \quad (1-6)$$

式中  $K$  为一常数, 对某一具体夹具其复杂程度等级系数确定后,  $C_{sy}$  亦为一常数。

##### 2. 可调整夹具

可调整夹具年度支出成本费用为  $C_{gy}$

$$C_{gy} = C_{bj} \eta_{bj} + C_d \eta_d \quad (1-7)$$

式中  $C_{bj}$ ——可调整夹具基本部分成本 (元);

$C_d$ ——调整件成本 (元);

$\eta_{bj}$ ——可调整夹具基本部分年折旧率 (%);

$\eta_d$ ——调整件年折旧率 (%).

而  $C_{bj} = C_{bd} + C_{bm} + C_{bu} \quad (1-8)$

$$C_d = C_{dd} + C_{dm} + C_{du} \quad (1-9)$$

式中  $C_{bd}$ 、 $C_{dd}$ ——基体和调整件的设计费用 (元);

$C_{bm}$ 、 $C_{dm}$ ——基体和调整件的材料费用 (元);

$C_{bu}$ 、 $C_{du}$ ——基体和调整件的制造费用 (元)。

故式 (1-7) 可改写为

$$C_{gy} = (C_{bd} \eta_{bj} + C_{dm} \eta_d) + (C_{bm} \eta_{bj} + C_{dm} \eta_d) + (C_{bu} \eta_{bj} + C_{du} \eta_d) \quad (1-10)$$

##### 3. 组合夹具

使用组合夹具年度支出成本费用为  $C_{zy}$ 。

$$C_{zy} = S_c / M + S_v n_s \quad (1-11)$$

式中  $M$ ——一年内组装的组合夹具总套数, 包括备用套数在内;

$S_c$ 、 $S_v$ ——具体生产条件决定的固定开支费用和可变开支费用 (元);

$n_s$ ——一套夹具一年内重复组装次数, 决定于同一零件一年内投产的批次, 即

$$n_s = N / n \quad (1-12)$$

式中  $N$ ——零件年产量 (件数);