

现代机床夹具 设计要点

XIANDAI JICHUANG JIAJU
SHEJI YAODIAN

◎ 吴拓 编著

► 着重讲解机床夹具设计要点

► 分类介绍机床夹具典型结构

► 兼顾结构设计和精度设计

► 详尽解读经典设计实例



化学工业出版社

现代机床夹具

〔设计要点〕

XIANDAI JICHUANG JIAJU
SHEJI YAODIAN

◎ 吴 拓 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

现代机床夹具设计要点/吴拓编著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 7

ISBN 978-7-122-27115-0

I. ①现… II. ①吴… III. ①机床夹具-设计
IV. ①TG750.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 111369 号

责任编辑: 贾 娜 曾 越

责任校对: 王 静

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市场宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 395 千字 2016 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 69.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

机床夹具是保证机械加工质量、提高生产效率、降低生产成本、减轻劳动强度、降低对工人技术的过高要求、实现生产过程自动化不可或缺的重要工艺装备之一，它被广泛应用于机械制造业中。高效专用机床夹具的采用为大批量生产提供了必要的条件。

随着我国机械制造业、机械装备工业以及自动化设备的蓬勃发展，我国机床夹具的设计与制造技术也有了令人可喜的长足进步，然而我国从事机床夹具设计的技术人才仍显匮乏，培养和提升学生和企业技术人员机床夹具设计能力也就显得越来越重要了。直观、简洁地描述机床夹具的设计要点，以便让工程技术人员有的放矢地学习、快速提高自己的设计能力，是本书编写的主旨。

机床夹具设计一般包括结构设计和精度设计两个方面。值得注意的是，人们通常比较注重结构设计而忽视精度设计。然而随着零件加工精度的提高，对夹具的综合定位误差、累积误差的计算以及夹具的动态误差、夹具的磨损公差等，工程技术人员在进行夹具设计时都必须进行认真细致的分析，因而本书在相关章节中做了特别论述。

我国机床夹具设计与制造技术的发展既是我国工程技术人员和技术工人不断开展技术革新、不断总结实践经验的结果，也是我国工程技术人员不断引进、认真学习国外先进制造技术的结果。编者结合自己多年的教学和实践经验，综合国内外先进技术，系统地介绍了夹具设计的步骤和方法、机床夹具设计相关资料、各类机床夹具的典型结构及设计要点，各核心章节都有优秀的经典设计实例，且对定位装置、夹紧机构以及各类机床夹具加以详尽讲解，这也是本书的突出特点。

本书由吴拓编著，在编写过程中得到了各界同仁和朋友的大力支持、鼓励和帮助，在此表示衷心感谢！

由于水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正。

编著者

第1章

机床夹具设计概要

1

1.1 机床夹具设计的基本步骤	1
1.2 机床夹具设计的基本要求	2
1.3 机床夹具设计的精度分析	2
1.3.1 装夹表面可及性分析	2
1.3.2 装夹刚度和装夹稳定性校验	3
1.3.3 机床夹具精度分析与校核	5
1.3.4 夹具精度的控制	9
1.4 机床夹具设计过程示例	15
1.4.1 夹具设计任务	15
1.4.2 夹具设计过程	15

第2章

机床夹具的定位装置设计要点

19

2.1 工件的定位原理	19
2.1.1 六点定位原理	19
2.1.2 工件定位中的约束分析	21
2.1.3 常用定位元件所能约束的自由度	22
2.2 工件定位装置的设计	26
2.2.1 定位元件的设计原则	26
2.2.2 工件以平面定位时定位元件的设计	26
2.2.3 工件以外圆柱面定位时定位元件的设计	28
2.2.4 工件以内圆柱面定位时定位元件的设计	29
2.2.5 工件以特殊表面定位时定位元件的设计	30
2.3 工件的定位误差分析	32
2.3.1 工件定位中的定位基准	32
2.3.2 工件的定位误差及定位误差分析	33
2.3.3 工件的定位误差计算示例	36
2.3.4 组合表面定位及其误差分析	39
2.4 工件的定位装置设计实例	44
2.4.1 通用定位件设计实例	44

2.4.2	V形块定位件设计实例	45
2.4.3	心轴定位件设计实例	45
2.4.4	车床顶尖定位件设计实例	47

第3章 机床夹具的夹紧机构设计要点

48

3.1	夹紧机构的组成及其设计原则	48
3.1.1	夹紧装置的组成	48
3.1.2	夹紧装置的设计原则	49
3.2	夹紧机构的夹紧力的确定及计算	49
3.2.1	确定夹紧力的基本原则	49
3.2.2	切削力的计算	52
3.2.3	夹紧力的计算	57
3.3	常用夹紧机构的设计	85
3.3.1	斜楔夹紧机构	85
3.3.2	螺旋夹紧机构	85
3.3.3	偏心夹紧机构	87
3.3.4	铰链夹紧机构	88
3.3.5	杠杆夹紧机构	88
3.3.6	定心夹紧机构	89
3.3.7	联动夹紧机构	91
3.4	夹紧机构的设计要求	94
3.5	夹紧动力源装置	96
3.6	夹紧机构设计实例	99
3.6.1	外部夹紧机构设计实例	99
3.6.2	内部夹紧机构设计实例	102
3.6.3	定心夹紧机构设计实例	104
3.6.4	推力夹紧机构设计实例	105
3.6.5	压板夹紧机构设计实例	105
3.6.6	楔式夹紧机构设计实例	106
3.6.7	顶柱夹紧机构设计实例	108
3.6.8	顶起工件夹紧机构设计实例	111
3.6.9	选定部位夹紧机构设计实例	111
3.6.10	联动夹紧机构设计实例	112
3.6.11	自动夹紧机构设计实例	114
3.6.12	弹性夹紧机构设计实例	118
3.6.13	轴夹紧机构设计实例	120
3.6.14	虎钳式夹紧机构设计实例	122
3.6.15	卡盘夹紧机构设计实例	123
3.6.16	肘杆夹紧装置机构设计实例	124
3.6.17	工作台夹紧机构设计实例	124
3.6.18	快速松开装置设计实例	124

4.1 夹具的对定及对定装置设计	126
4.1.1 夹具切削成形运动的定位	126
4.1.2 夹具的对刀	130
4.2 夹具的分度装置、靠模装置及其设计	131
4.2.1 夹具的分度装置	131
4.2.2 夹具的靠模装置	141
4.3 夹具体及其设计	145
4.3.1 夹具体概述	145
4.3.2 夹具体设计的基本要求	146
4.3.3 夹具体毛坯的类型	147

5.1 车床类夹具概述	149
5.1.1 车床类夹具的分类	149
5.1.2 车床夹具的设计特点	149
5.2 车床类夹具的结构	150
5.2.1 车床常用通用夹具的结构	150
5.2.2 车床专用夹具的典型结构	151
5.3 车床夹具设计实例	153
5.3.1 心轴类车床夹具设计实例	153
5.3.2 卡盘类车床夹具设计实例	155
5.3.3 角铁类车床夹具设计实例	159
5.3.4 花盘类车床夹具设计实例	160
5.3.5 其他车床夹具设计实例	161

6.1 铣床类夹具概述	164
6.1.1 铣床夹具的分类	164
6.1.2 铣床夹具的设计特点	164
6.2 铣床类夹具的结构	167
6.2.1 铣床常用通用夹具的结构	167
6.2.2 典型铣床专用夹具结构	167
6.3 铣床夹具设计实例	171
6.3.1 卧式铣床夹具设计实例	171

6.3.2	立式铣床夹具设计实例	173
6.3.3	其他铣削夹具设计实例	174
6.3.4	多件夹紧铣夹具设计实例	175

第7章 钻床夹具的典型结构及其设计要点

177

7.1	钻床夹具概述	177
7.1.1	钻床夹具的分类	177
7.1.2	钻床夹具的设计特点	180
7.2	钻床夹具设计实例	183
7.2.1	固定式钻模设计实例	183
7.2.2	回转式钻模设计实例	184
7.2.3	翻转式钻模设计实例	186
7.2.4	盖板式钻模设计实例	188
7.2.5	滑柱式钻模设计实例	188
7.2.6	其他特殊钻模设计实例	190

第8章 镗床夹具的典型结构及其设计要点

193

8.1	镗床夹具概述	193
8.1.1	镗模的组成	193
8.1.2	镗套	193
8.1.3	镗模导向支架	196
8.2	镗床夹具设计实例	197
8.2.1	金刚镗床夹具	197
8.2.2	专用镗床夹具设计实例	199

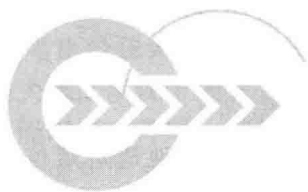
第9章 现代机床夹具的典型结构及其设计要点

204

9.1	典型数控机床夹具	204
9.1.1	数控机床夹具概述	204
9.1.2	各类数控机床夹具简介	205
9.2	组合夹具	207
9.2.1	组合夹具的分类	207
9.2.2	组合夹具的特点	209
9.3	模块化夹具	209
9.4	成组(可调)夹具	210
9.4.1	成组夹具及其结构特点	210
9.4.2	成组夹具的调整方式	212

9.4.3 成组(可调)夹具设计实例	213
9.5 自动线夹具	218
9.5.1 自动线夹具的结构	218
9.5.2 工件在随行夹具上的定位和夹紧	219
9.5.3 随行夹具定位和输送基面的设计	221
9.5.4 随行夹具在机床夹具上的夹紧	224
9.5.5 提高随行夹具加工精度的措施	224
9.5.6 随行夹具的通用化	225
9.5.7 随行夹具与自动化夹具设计实例	226

10.1 齿轮加工机床夹具	228
10.1.1 齿轮加工机床夹具设计要点	228
10.1.2 齿轮加工机床夹具设计实例	229
10.2 拉床夹具	231
10.2.1 拉床夹具设计要点	231
10.2.2 拉床夹具设计实例	233
10.3 其他加工机床夹具设计实例	235
10.3.1 刨床专用夹具	235
10.3.2 磨床专用夹具	238
10.3.3 通用夹具	244



第1章

机床夹具设计概要

【内容摘要】

本章主要介绍机床夹具的基本步骤及基本要求；介绍机床夹具设计时，装夹表面可及性分析、装夹刚度和装夹稳定性校验、机床夹具精度分析与校核以及夹具精度的控制；本章还列举了一个机床夹具的设计过程。

1.1 机床夹具设计的基本步骤

工艺人员应根据生产任务按以下步骤进行夹具设计。

(1) 明确设计要求，认真调查研究，收集设计资料

工艺设计人员在获得夹具设计任务书之后，首先应根据任务书提出的任务进行夹具结构设计。在进行夹具结构设计之前，必须先明确设计要求，认真调查研究，收集设计资料，做好以下工作。

- ① 仔细研究零件工作图、毛坯图及其技术条件。
- ② 了解零件的生产纲领、投产批量以及生产组织等有关信息。
- ③ 了解工件的工艺规程和本工序的具体技术要求，了解本工序的加工余量和切削用量的选择。
- ④ 了解所使用量具的精度等级、刀具和辅助工具等的型号、规格。
- ⑤ 了解本企业制造和使用夹具的生产条件和技术现状。
- ⑥ 了解所使用机床的主要技术参数、性能、规格、精度以及与夹具连接部分结构的联系尺寸等。
- ⑦ 准备好设计夹具用的各种标准、工艺规定、典型夹具图册和有关夹具的设计指导资料等。
- ⑧ 收集国内外有关设计、制造同类型夹具的资料，吸取其中先进而又能结合本企业实际情况的合理部分。

(2) 确定夹具的结构方案

在广泛收集和 research 有关资料的基础上，再着手拟定夹具的结构方案，根据夹具设计的一般规则，夹具的结构设计过程大致可分解如下。

- ① 确定定位方案；② 确定夹紧方案；③ 确定刀具导向方案；④ 确定对定方案；⑤ 设计夹

具体及连接元件。

(3) 绘制夹具图样

包括绘制夹具装配图和绘制夹具零件图。

1.2 机床夹具设计的基本要求

一个优良的机床夹具必须满足下列基本要求。

① 保证工件的加工精度。保证加工精度的关键,首先在于正确地选定定位基准、定位方法和定位元件,必要时还需进行定位误差分析,还要注意夹具中其他零部件的结构对加工精度的影响,注意夹具应有足够的刚度,多次重复使用的夹具还应注意相关元件的强度和耐磨性,确保夹具能满足工件的加工精度要求。

② 提高生产效率。专用夹具的复杂程度应与生产纲领相适应,应尽量采用各种快速高效的装夹机构,保证操作方便,缩短辅助时间,提高生产效率。

③ 工艺性能好。专用夹具的结构应力求简单、合理,便于制造、装配、调整、检验、维修等。

专用夹具的制造属于单件生产,当最终精度由调整或修配保证时,夹具上应设置调整和修配结构。

④ 使用性能好。专用夹具的操作应简便、省力、安全可靠。在客观条件允许且又经济适用的前提下,应尽可能采用气动、液压等机械化夹紧装置,以减轻操作者的劳动强度。专用夹具还应排屑方便,必要时可设置排屑结构,防止切屑破坏工件的定位和损坏刀具,防止切屑的积聚带来大量的热量而引起工艺系统变形。

⑤ 经济性好。专用夹具应尽可能采用标准元件和标准结构,力求结构简单、制造容易,以降低夹具的制造成本。因此,设计时应根据生产纲领对夹具方案进行必要的技术经济分析,以提高夹具在生产中的经济效益。

1.3 机床夹具设计的精度分析

1.3.1 装夹表面可及性分析

装夹表面是指工件上用来定位和夹紧的表面。这些表面与夹具功能元件直接接触。显然,在一次安装中工件上需要进行加工的表面是不能作装夹表面的,也就是说装夹表面只能是非加工表面。这些表面可以是平面,也可以是圆柱面。这些表面必须是夹紧力的法向分力能够触及的表面,而且表面尺寸应足够大,这样才能保证定位和夹紧可靠。

夹具可及性是选择工件装夹(特别对于定位)面和点需要认真考虑的重要方面,它包括装夹表面可及性和工件装/卸载可及性两方面的内容,前者是工件每个单独表面的可达性,它是定位和夹紧面选择的一个重要标准;后者是将工件从夹具上装/卸载的容易性。工件装夹表面可及性反映了将工件安装到夹具表面上的方便程度。在夹具设计过程中,必须认真提取工件及夹具的有关几何信息,不仅应使工件的安装、夹紧以及卸载是可行的,而且应当是方便的、无障碍的、可靠的。

夹具表面可及性是一个模糊概念,它和夹具设计中使用的夹具元件有关。为了确定工件

上的一个表面对于一个常规的夹具元件是否存在可及性,并且能表示相应的可及性程度,应该考虑以下三个主要因素。

① 应考虑作为装夹表面所包含的表面积和形状的几何信息。在一个可行的夹具设计中,所选择的定位/夹紧点通常在装夹面以内,并且在装夹面的夹具接触区之内,这些区域应该超过夹具元件相关功能表面面积的一半以上。

② 应考虑沿装夹表面法向或者围绕装夹表面几何区域有可能阻碍工件的几何信息。这些信息很大程度反映了装夹表面的实际可及性。因为沿装夹表面法向或者围绕装夹表面几何区域有可能阻碍工件时,就可能妨碍夹具元件和装夹面某些表面子区域的接触,从而导致有效的可及性面积的减少。

③ 应考虑夹具功能元件的尺寸和形状。为了得到更加准确的可及性评价,指导后来的夹具结构设计,必须综合考虑夹具功能元件的尺寸和形状。

1.3.2 装夹刚度和装夹稳定性校验

夹具设计完成后就需要对夹具设计的质量做出评估,以校验夹具的性能。夹具性能除了主要用来保证工件加工精度的定位精度之外,还有装夹刚度、装夹稳定性和刀具切削路径不发生干涉,以及制造夹具的工艺性。

(1) 装夹刚度

装夹刚度是指在单位外力作用下,夹具组件中夹具元件及其连接处在加工精度敏感方向上的全部变形。装夹刚度反映夹具及其元件抵抗受力变形的能力,它可以阻止加工过程中定位精度的变形,也是保证定位精度不变化的重要因素。工件的装夹刚度,特别是对航空航天工业中材料价格昂贵的薄壁高精度工件的加工有重要的技术经济意义。随着工件尺寸精度要求向微米级方向发展,夹具元件标准化程度的提高,夹具结构设计趋向轻便,组合夹具、可调夹具在生产中的广泛应用,研究夹具的装夹刚度也就提到议事日程上来了。

对装夹刚度的研究首先是从已广泛使用的组合夹具开始的。组合夹具元件上开有很多T形槽(槽系组合夹具)或钻有很多孔(孔系组合夹具),因此其结构刚度是较低的。当工件定位在夹具中,切削力和其余外力作用于其上,从而产生夹紧变形并引起定位件位置的偏移。夹具元件及其连接部位的变形对工件的加工误差,以及工艺系统的动态稳定性都有较大的影响,可能成为应用组合夹具的一个制约因素。

装夹刚度分为静态刚度和动态刚度。静态刚度是诸如夹紧力等静态外力作用下相关夹具元件的变形,或者是诸如切削力等动态外力中的常值分量所引起的变形。动态刚度则可用作用于夹具上的动态合力和夹具振动幅的比值来描述。因为动态刚度总是和夹具的静态刚度相关,所以研究静态刚度十分重要。

在夹紧力和切削力的作用下,夹具元件的变形影响到加工精度和稳定性。图1-1(a)所示为槽系组合夹具元件组装的车床夹具的一例。由于在夹紧力作用下夹具元件的变形的变形,在工件中心孔测量到的位移量可达 $10\mu\text{m}$ 。为了保证要求的位置公差,必须加强夹具刚度。图1-1(b)所示为改进V形块夹紧结构后,变形大大减小的车床夹具。

此外,由于夹具组装中夹具元件之间的连接以及连接螺栓等原因,变形模态十分复杂,常规的结构分析方法和有限元法用于估算夹具刚度都不能得到满意的结果。所以,必须通过实验研究探索夹紧变形的性质,为进一步研究提供数据。

孔系组合夹具更适合用于CNC机床。因为孔系组合夹具在夹具元件的本体上用孔代替T形槽,所以它的刚度较槽系明显要高,但孔系组合夹具的刚度仍然存在一些问题,因为:

① 为了满足不同的装配和调整要求,夹具元件上必须加工出许多孔;

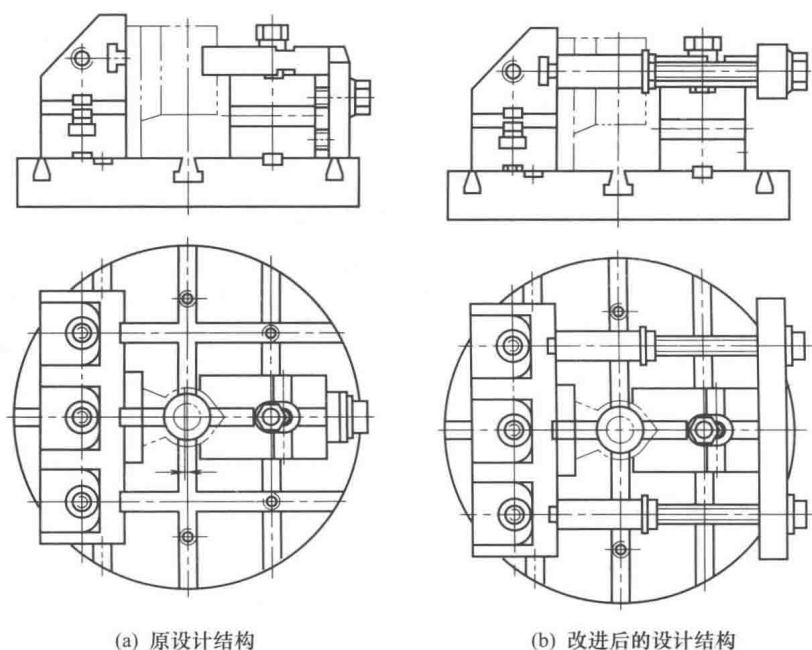


图 1-1 装夹刚度对夹具精度影响的实例

② 目前市场上孔系组合夹具元件大多用 Cr 钢制造，而槽系元件由 CrNi 钢制造，所以与槽系夹具相比，孔系夹具由赫兹接触力引起的变形更大一些；

③ 通常孔系基础板厚度比槽系的要薄，基础板的变形在夹具总变形中占有较大比例；

④ 夹具元件的选择受到已有空间和元件类型的限制。

在外力作用下加载和卸载的过程中，夹具往往会出现残余变形。残余变形主要是由夹具元件之间的装配间隙所引起，也会由接触区的塑性变形和部分弹性变形引起。在夹具元件间用定位销连接，不仅保证了定位精度，通过减少夹具元件间的相对位移，还可使残余变形减少；另外，还可用一定的预载消除或减少残余变形的影响。

(2) 装夹稳定性

夹具的定位可靠性需要对夹紧力和定位支承反作用力之间的平衡做出评估，假如定位件和支承元件的位置布置不当，夹紧力不仅保证不了定位，而且还会破坏定位。因此，校验夹具稳定性主要分析两个方面的技术问题：

① 夹紧力和定位反作用力的位置、方向；

② 夹具设计中夹紧平衡的评价。

工件和夹具的接触通常就是工件和定位/夹紧元件之间的接触，因此只需要对夹具设计中定位件和压板的位置和方向做出分析。

为了校验夹紧稳定性，首先要建立包括摩擦力在内的平衡方程。分析摩擦力时会存在某些不确定性，必须进行综合分析。对摩擦力方向需要辨认，通常在工件和夹具元件（即定位件和压板）的界面上，摩擦力方向应该和相对运动的趋向相反。摩擦的大小应为

$$0 \leq F_f \leq \mu F_n \quad (1-1)$$

式中 F_f ——摩擦力，N；

μ ——摩擦系数；

F_n ——工件和夹具元件界面上的法向力，N。

为了分析方便，可以将所有夹紧力和定位支反力投影到三个正交平面上，也就是将三维

稳定性问题转换为二维问题。如果所有力在各二维平面内的投影都在定位支承点组成的平面内,那么说明夹具二维情况下是稳定的;如果夹具在三个二维情况下都是稳定的,那么夹具在三维情况下肯定也是稳定的。

(3) 夹具设计中干涉的校验

切削刀具与夹具组件之间不发生干涉以及各夹具组件之间没有干涉是夹具设计的一项主要要求。

加工过程中,夹具用于工件相对于刀具的定位。通常,在夹具设计时可能发生以下四种类型的干涉。

① A 型干涉。由刀具产生的扫描体积和夹具元件之间的干涉,如图 1-2 所示。

② B 型干涉。加工过程中,运动中的刀具与工件之间的干涉,如图 1-3 所示。

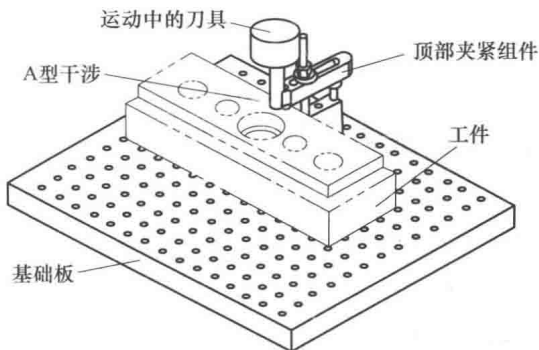


图 1-2 A 型干涉图

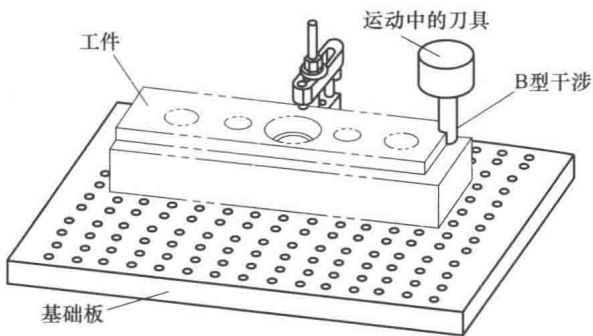


图 1-3 B 型干涉图

③ C 型干涉。夹具元件和元件之间的干涉,如图 1-4 所示。

④ D 型干涉。夹具组件之间的干涉,如图 1-4 所示。图中有两个夹具组件,一个是夹紧组件,另一个是侧面定位组件,都有放在工件的同一边,但彼此没有足够的距离,所以发生干涉。

在夹具验证阶段,只考虑 A 型、C 型、D 型三种干涉,因为 B 型干涉未涉及到夹具元件。

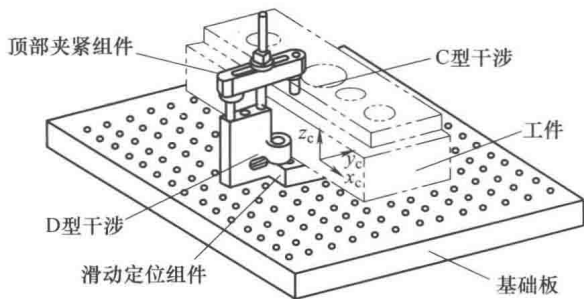


图 1-4 C 型和 D 型干涉图

无论刀具和夹具元件多么复杂,都可以简化成圆柱形、块状形以及圆柱形-块状

形的组合。因此在校验时,可将这些元件作出如此简化后,在刀具移动的路径中,将它们三个投影面上投影,如果刀具高度和夹具元件高度发生重叠,就可能发生 A 型干涉。而对于夹具元件和夹具组件之间,如果两者的投影轮廓发生相交,则可能发生 C 型或 D 型干涉。

1.3.3 机床夹具精度分析与校核

使用夹具的首要目的在于保证工件的加工质量,具体来说,使用夹具加工时必须保证工件的尺寸精度、形状精度和位置精度。

在机械加工过程中,不可避免地会出现各种载荷和干扰,它们以不同形式、不同程度地反映为各种加工误差。工件的加工误差是工艺系统误差的综合反映,其中夹具的误差是加工误差直接的主要误差成分。

(1) 夹具精度的概念

夹具的误差分为静态误差和动态误差两部分，其中静态误差占重要的比例。因此，夹具的精度在无特殊注明时是指夹具的静态误差，或称静态精度，即指夹具非受力状态下的精度。

夹具的精度是由一组完备的测量项目决定的，具体说来包括以下内容。

- ① 定位及定位支承元件的工作表面对夹具底面（在机床上的安装基准面）的位置度（平行度、垂直度等）误差。
 - ② 对刀和导向元件的工作表面或轴线（或中心线）对夹具底面和定向键中心平面或侧面的尺寸及位置误差。
 - ③ 定位元件上工作面或轴线（或中心线）之间及对刀、导向元件工作面或轴线（或中心线）之间的尺寸及位置误差。
 - ④ 定位元件及导向元件本身的尺寸。
 - ⑤ 对于有分度或转位机构的夹具，还应有分度或转位误差。
- 其中①、②两项是定位、导向元件相对夹具安装基准的误差；③、④两项是定位、导向元件本身及相互位置误差。

图 1-5 所示为一简单钻床夹具，其需要测量控制的项目包含如下内容。

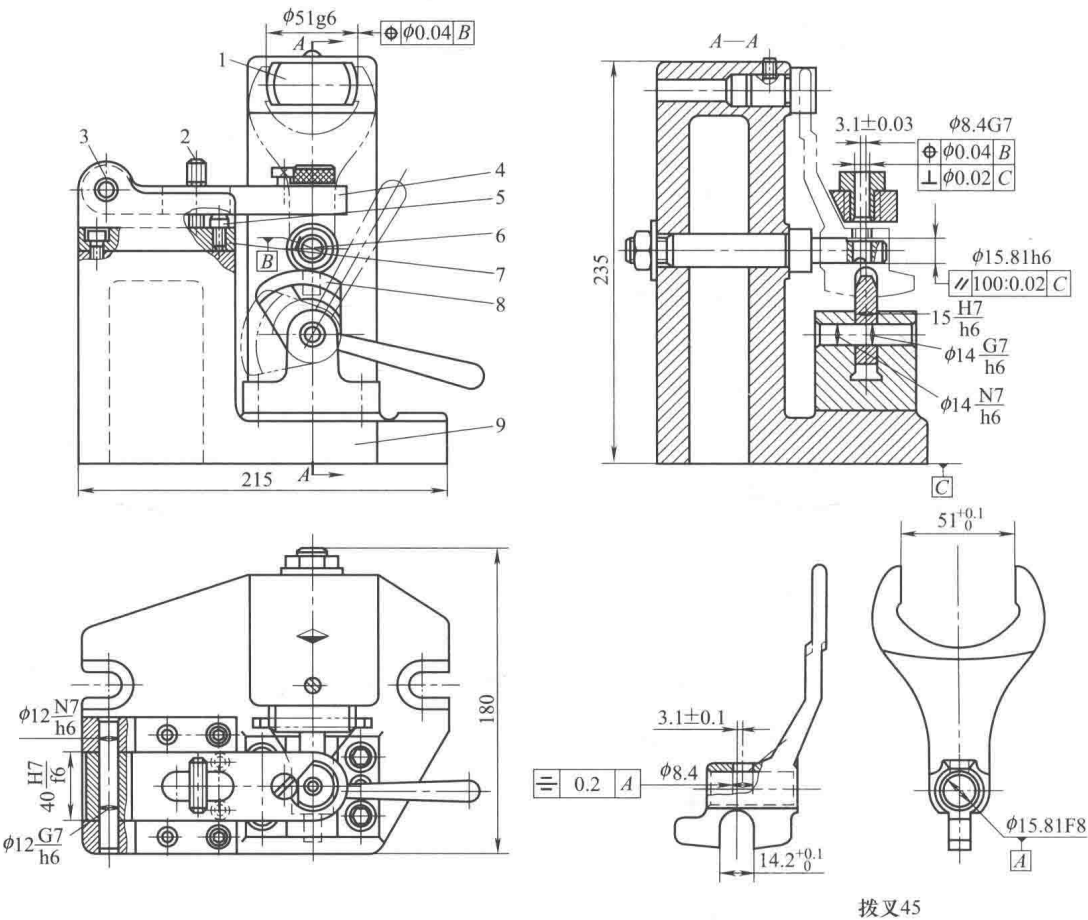


图 1-5 钻床夹具

1—扁销；2—紧定螺钉；3—销轴；4—钻模板；5—支承钉；6—定位轴；7—模板座；8—偏心轮；9—夹具体

a. 属于第①项的有：定位轴 6 ($\phi 15.81h6$) 对夹具的安装基准面 C 的平行度 $100 : 0.02$ 。

b. 属于第②项的有：钻模套 $\phi 8.4G7$ 的轴线对夹具的安装基准面 C 的垂直度 $\phi 0.02mm$ 。

c. 属于第③项的有：钻模套 $\phi 8.4G7$ 的轴线及扁销 1 的轴线对定位轴 6 的轴线的尺寸度误差 $0.04mm$ ；钻模套 $\phi 8.4G7$ 的轴线对偏心轮 8 厚度方向的对称中心平面的尺寸为 $(3.1 \pm 0.03) mm$ 。

d. 属于第④项的有：定位轴 6 的直径 $\phi 15.81h6$ 、扁销 1 的直径 $\phi 51g6$ 及钻套的直径 $\phi 8.4G7$ 。

图 1-6 所示为一简单铣床夹具，其需要测量控制的项目包含如下内容。

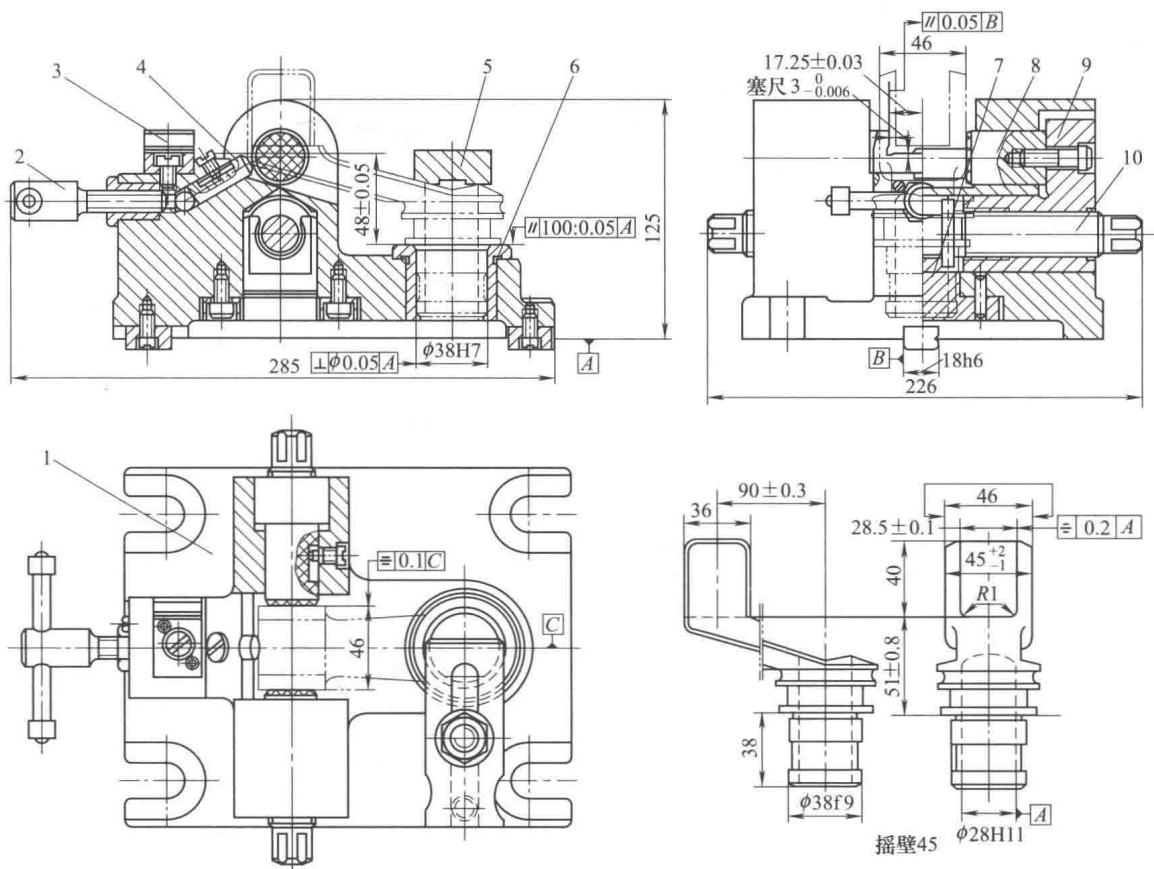


图 1-6 铣床夹具

1—夹具体；2—扳手螺钉；3—对刀块；4—滑柱；5—压块；6—定位衬套；
7—限位卡箍；8—圆柱花纹压块；9—左右夹紧螺母；10—双头左右螺栓

a. 属于第①项的有：定位衬套 6 的上端面对夹具的安装基准面 A 的平行度 $100 : 0.05$ ；定位衬套 6 的轴线对夹具的安装基准面 A 的垂直度 $\phi 0.05mm$ 。

b. 属于第②项的有：对刀块 3 的工作面对夹具的安装基准面 A 的平行度 $0.05mm$ ；对刀块侧平面对夹具定向键中心平面的距离尺寸为 $(17.25 \pm 0.03) mm$ 。

c. 属于第③项的有：定位夹紧装置的两个圆柱花纹压块 8 的工作面同步对中移动对定位衬套 6 的轴线的对称度为 $0.1mm$ ；对刀块 3 的上平面与定位衬套 6 的上端面之间的尺寸为 $(48 \pm 0.05) mm$ 。

d. 属于第④项的有：定位衬套6的直径 $\phi 38H7$ 。

夹具的静态精度就是用这些测量项目来描述的。完整地标注出这些项目是控制夹具精度的必要条件。由于每个测量项目都是各自独立的，都是直接或间接影响夹具加工精度的因素，因此夹具的精度就是这些测量项目的多元函数。

(2) 夹具零件制造的平均经济精度

为了使夹具制造尽量达到成本低、精度高的目的，需要研究夹具零件制造的平均经济精度的问题。由机械制造工艺学知识可知，零件的加工精度和加工费用是成正比关系的，即加工精度越高，误差越小，费用就越高。所谓平均经济精度，就是对某种加工方法而言，费用较低而加工精度最高的一种合理加工精度。也就是说，对某种加工方法规定零件的加工精度比平均经济精度高，则加工费用会急剧增加；规定零件的加工精度比平均经济精度低很多，而加工费用也不会明显减少。夹具零件属单件小批量生产，精度要求较高，设计时应该十分重视零件加工的平均经济精度的问题，否则将会急剧增加制造成本。

(3) 加工精度分析

机床夹具是用于保证工件相对于刀具的正确相对位置的，而产品的加工精度主要取决于机械加工过程中工件与刀具之间的相对位置，所以夹具的精度直接影响产品的质量。

夹具设计中，为了保证制造精度，必须将工件定位在一个合适的位置，并在一个或多个工序加工中保持位置不发生变化，首先应选择好定位表面（基准），其次应考虑定位点的合理分布。定位件的位置不准确，必须造成工件定位和方位的变化，进而引起工件产生几何误差，因此设计时必须认真分析，综合考虑各方面因素，包括受力变形、受热变形、磨损等动态因素对定位的影响。

夹具总图上标注的测量项目中的尺寸，都是由两个以上零件尺寸组合而成的。属于两组组合件之间距离的称为双组合；属于一支承和一组组合件之间距离的称为单组合。由于每一个零件都存在制造误差，组合后各零件的误差会以不同形式累积起来，这就形成了组合后的累积误差。累积误差直接影响夹具的精度，正确估计组合件的累积误差对夹具设计具有十分重要的意义。正确估计累积误差，一方面不会因为设计公差合理而使得夹具无法按图样要求制造出来，发生设计与制造之间的矛盾；另一方面能使设计者掌握所设计的夹具能达到的精度极限，如果工件精度的要求过高，即加工误差小于累积误差时，则应从结构设计上另想办法，如减少组合件数量、利用配磨法等提高组合件精度等。

用夹具装夹工件进行机械加工时，影响精度的各种误差通常可分为三大类，即：安装误差、对定误差和过程误差。

① 安装误差 Δ_{AZ} 。由定位误差和夹紧误差组成，以 Δ_{AZ} 来表示， $\Delta_{AZ} = \Delta_D + \Delta_J$ 。

a. 定位误差 Δ_D 。定位误差产生的原因大多由于工件在夹具中逐个定位时，各个工件的位置不一致，这主要是因为基准不重合，而基准不重合又分为两种情况：一是定位基准与限位基准不重合产生的基准位移误差；二是定位基准与工序基准不重合产生的基准不重合误差。

夹具设计中，当定位基准与设计基准和测量基准不重合时，必须利用工艺尺寸链来分析和估算加工误差，然后决定夹具设计应选取的公差值。

b. 夹紧误差 Δ_J 。夹紧机构的作用是使工件在加工过程始终保持正确的定位状态，以确保加工精度。但是，如果夹紧机构的结构不合理或使用不当，夹紧力也会导致工件偏离定位状态，使工件产生弹性变形，定位副产生接触变形，即产生夹紧误差。

一般情况下可视夹紧误差为零。

② 夹具的对定误差 Δ_{DD} 。为了保证工件相对刀具及切削成形运动处于规定的正确位置，除了使工件得到正确定位之外，还要使夹具相对刀具及切削成形运动处于规定的正确的位