

夾具設計

李家寶編

高等教育出版社



夾 具 設 計

李 家 宝 編

高 等 教 育 出 版 社

本书由原高等教育部組織編写，可作为高等工业学校机械
制造工艺及其设备专业的教学参考书，并可供厂矿工作者参考。

本书主要包括：夹具的定位原理和定位误差的分析；夹具各
組成元件（定位元件、夹紧元件、自动定心装置、夹具的其他元件
及傳动装置等）的結構分析和設計計算方法；各种典型夹具結構
的介紹以及各种夹具的設計步驟等。

編写本书时，除以苏联的有关教材为依据外，尽可能注意結
合中国生产实际，叙述簡明扼要，內容丰富。

夹 具 設 計

李 家 宝 編

高等教育出版社出版 北京宣武門西承恩寺7号

（北京市书刊出版业营业許可証出字第054号）

人民教育印刷厂印刷 新华书店发行

统一书号 13010·829 16开本 787×1092¹/₁₆ 印张 16⁷/₈ 插页 1

字数 359,000 印数 0001—4,000 定价 (7) 半1.90

1959年11月第1版 1959年11月 北京第1次印刷

序

在党中央提出的“在优先发展重工业的基础上实行工业和农业同时并举的方针，重工业和轻工业同时并举的方针，在工业战线上以钢为纲、全面跃进的方针，中央工业和地方工业同时并举的方针，大型企业和中小型企业同时并举的方针，土法生产和洋法生产同时并举的方针，以及工业方面的集中领导必须同在工业方面大搞群众运动相结合的方针”的正确英明指导下，各条生产战线上已经取得空前辉煌的成就。现在，全国人民正满怀信心地力争上游、不断跃进以期在不长时间内赶上和超过英国。

作为重工业心脏的机器制造业，在第一个五年计划期间以及在最近一年内已经取得了伟大的胜利及飞跃的发展。我们已经能够自己制造汽车、飞机以及各种类型的机器。有些已经达到或超过了国际水平。这样的发展速度在任何资本主义国家是不曾有过的。但是，由于旧中国留给我们的老底很穷，“没有制造生产工具的机器制造业”，“只有制造配件、装配、修理的能力，和制造某些小型而简单的机器的能力”。因此，还需要我们积极努力，使机器制造业能更好地满足社会主义建设的需要。

从长远来看，无论何时，要迅速发展机器制造业，与其他工业部门一样，关键问题在于不断地提高劳动生产率并同时使工人工作方便。列宁同志曾经指出：“资本主义可以被彻底战胜，是因为社会主义能造成新的更高得多的劳动生产率”。当然，在社会主义制度下在提高劳动生产率的同时还得要减轻工人的劳动，而不是增加劳动强度。但要在机器制造业中不断提高劳动生产率并同时使工人工作方便，那就必须在生产过程中不断并适当地提高机械化和自动化的程度。要使机械加工工艺过程不断而合适地提高机械化和自动化程度，除了改进机床及刀具之外，最主要问题之一就在于正确的设计夹具并加以充分、完善和有效的利用。

从我国当前的情况来看，要迅速发展机器制造业，主要问题在于“过好能力不足、技术不高的关”。我国第一机械工业部赵部长指出^①：“在发展生产能力上；用农业做比喻，有两条途径：一是在现有工厂里‘提高单位面积产量’；一是‘开生荒’，增加新的生产能力。”“在提高技术水平上，要苦战三年，突破重型、大型、精密、尖端产品”。这就向夹具的设计及制造工作提出了严格的要求与任务，因为无论是挖掘原有设备的潜力“提高单位面积产量”，或者是增加新的生产能力，突破重、大、精、尖等关口，都需要供给大量适用的、高效率的工具及夹具。根据过去几年各机械工厂的情况看来，充分地改进、推广及使用各种先进的夹具，乃是我国当前提高机械加工产品质量、挖掘设备潜力的最切合实际的道路之一。

夹具设计这门科学是在总结生产经验的基础上形成与发展起来的。它是一门既有理论

^① 红期杂志 58 年第 13 期：“机械工业一定要过好明年这一关”。

又有实际經驗的科学。苏联对于这门科学的形成与发展的贡献是很大的。我国在解放后,在夹具的设计、制造、使用、研究以及推广方面的成就也是很大的,得到了飞速的发展:在企业中涌现了不少象王崇倫、苏广銘那样的新夹具结构的創造者,惊人地提高了生产率;已經建立了有关夹具的研究机构,开始了对一些理論性问题的研究;制定了有关夹具零件及輔助工具的部頒标准草案;有些工厂已大量装备了先进的夹具,如第一汽車制造厂等单位已广泛使用了气动夹具,郑州紡織机械厂試制成功了万能拼合夹具,以及有些工厂对推广塑胶夹具及探尋塑胶的代用品方面已取得了一定成績等等。特别是在最近一年的大跃进中,全国各地所創造的各种以小干大、扩大机床使用范围以及有关机床的机械化和自动化夹具,更是百花齐放、不胜枚举。

本书的編写遵循了既重視介紹各种典型结构又重視介紹有关共同基本原理的原则,凡是既可归入夹具典型结构中也可归入共同原理部分中闡述的,一般都放在共同原理部分中。在介紹典型结构时采用解剖麻雀的方法来进行分析。

編写本书时,还注意了結合我国的生产实际和国内、外在夹具方面的先进經驗等问题。因此一方面介紹了一些简单、方便、省时而实用的手动典型结构,另一方面也适当地介紹了一些机械傳动的以及自动化的结构。同时,編写时既考虑到可供高等工业学校机械制造工艺专业的教师、学生参考,也适当地考虑了厂矿工作者参考时的需要。因此,使本书的篇幅稍为多了一些。教师参考本书时,不必逐頁、逐例講授,有些典型结构例子可由学生自己閱讀。

本书的主要内容包括以下几部分:夹具的定位原理及定位誤差的分析;夹具各組成元件(定位元件、夹紧元件、自动定心装置、夹具的其他元件以及傳动装置等)的结构分析及設計計算方法;各种典型夹具结构的介紹和夹具的设计步骤。对于定位方法、定位誤差的分析以及夹紧力的計算給予了足够的重視;对于夹具的傳动装置、夹具的标准化、規格化以及以數万能拼合夹具也給予了应有的重視。此外还簡要地介紹了檢驗及装配夹具。

由于編写時間比較匆促再加上其他条件的限制,来不及将 1958 年以来我国大跃进中夹具结构方面最突出的先进典型事例全部收集在本书中。若本书有机会再版,将尽可能組織“三結合”力量,广泛搜集資料,将本书加以修改和补充。

由于編者水平有限,书中的錯誤及缺点在所难免,除先表示歉意外,誠懇地希望讀者提出批評及指正。意見請寄北京承恩寺七号高等教育出版社。

本书曾蒙清华大学机械制造工学教研組审閱,特此表示謝意。此外,在編写过程中曾由我校唐振兴、王其杰、葛鴻翰、楊存曙、王文彬、于在澗、孙希禎、張守亭等同志帮助搜集資料、校对、繪图等工作,并由我校教材編譯資料室帮助組織卷稿、联系出版等工作,一并表示謝意。

李家宝

1959 年 2 月于哈尔滨工业大学

目 录

序	v
第一章 基本概念	1
§1 夹具的定义及分类	1
§2 机床夹具的使用目的及优点	2
第二章 定位原理	3
§3 安装及六点定则	3
§4 基准的定义及分类	5
§5 误差及计算不等式	7
§6 定位计算误差	9
第三章 定位方法与定位元件	14
§7 概述	14
§8 以平面作安装基准的定位方法及定位元件	15
§9 以外圆柱表面作安装基准的定位方法及定位元件	19
§10 以圆孔作安装基准的定位方法及定位元件	25
§11 以锥孔作安装基准的定位方法	30
§12 以两个以上表面作安装基准的联合定位法	30
第四章 夹紧装置	40
§13 概述	40
§14 螺旋夹紧	43
§15 偏心夹紧	47
§16 楔夹紧	53
§17 杠杆夹紧	55
§18 弹簧夹紧	56
§19 压板及复合夹紧	58
§20 多次及多件夹紧	61
第五章 自动定心装置	64
§21 自动定心原理	64
§22 各种自动定心法及其机构	67
第六章 其他元件及装置	77
§23 增力机构	77
§24 确定刀具位置及方向的元件	81
§25 对定装置	89
§26 分离装置	95
§27 夹具体及其他辅助元件	96
第七章 夹具的传动装置	97
§28 气压传动	98
§29 气液压传动	109
§30 液压传动	112
§31 塑胶在夹具中的应用	112
§32 真空传动装置	120
§33 电力传动装置	121
§34 磁铁传动	122

§ 35 离心力及慣性力傳动	126
§ 36 机动夹紧示例	127
第八章 钻床夹具	129
§ 37 概述	129
§ 38 固定式夹具	130
§ 39 滑柱钻模	132
§ 40 轉动夹具	145
§ 41 其他形式夹具	151
§ 42 钻床自动化夹具	153
§ 43 多軸傳动头	157
§ 44 絲維夹头	165
§ 45 钻孔精度計算	167
第九章 銑床夹具	169
§ 46 概述	169
§ 47 不利用机动時間装卸工件的直綫进給夹具	170
§ 48 机器虎鉗	173
§ 49 轉动夹具	179
§ 50 利用机动時間装卸工件的夹具	184
§ 51 銑削自动化夹具	191
第十章 車床及圓磨床夹具	194
§ 52 概述	194
§ 53 利用頂針加工的夹具	195
§ 54 夹头及其他不利用頂針加工的夹具	204
§ 55 車削自动化夹具	214
第十一章 其他机床夹具	217
§ 56 鐘床夹具	217
§ 57 平面磨床夹具	220
§ 58 齿輪加工机床夹具	221
§ 59 拉床夹具	225
第十二章 夹具的标准化及万能拼合夹具	229
§ 60 夹具的标准化及规格化	229
§ 61 万能拼合夹具的原理及特点	229
§ 62 万能拼合夹具的零件及标准部件	231
§ 63 万能拼合夹具的使用范围	235
第十三章 装配及檢驗夹具	237
§ 64 装配工作夹具	237
§ 65 装配工具	242
§ 66 自动装配夹具	243
§ 67 檢驗夹具的概述	245
§ 68 机械操纵的檢驗夹具	248
§ 69 其他类型的檢驗夹具	252
第十四章 夹具的设计步骤及其经济适用性	256
§ 70 夹具的设计步骤	256
§ 71 夹具的经济适用性	258
参考书刊	261
本书符号中常用俄文注脚的說明	264

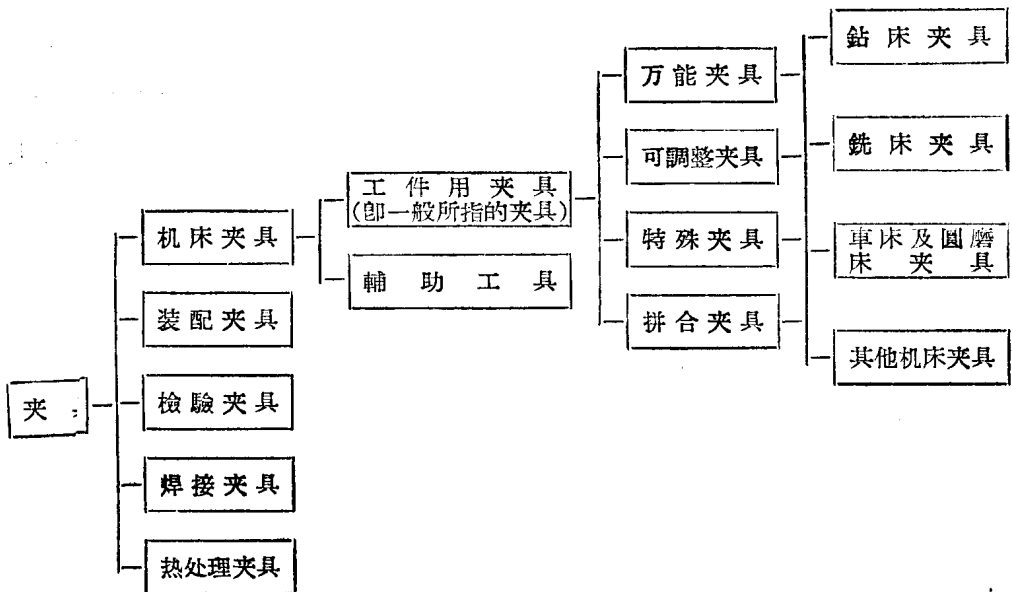
第一章 基本概念

§ 1 夹具的定义及分类

来说,在机械制造业中凡用以使机器生产工艺过程的任何工序加速、方便或增加装置都称为夹具。

工厂中,从毛坯车间直到最后完成产品的部门,都必须使用各种不同的夹具。因同情况下的夹具,如用于机械加工工序、装配工序、检验、热处理、焊接和运输(2)的动作、任务和结构等等都有很大的不同,各自包括的范围也很广泛。本课程(3)究应用在机械加工过程中而与机床有关的夹具,即机床夹具。另外还介绍一些与机床关系非常密切的检验、装配夹具等。

夹具目前尚无统一、公认的分类方法。为便于学习本课程,可就广义的夹具列出如下分类表:



机床夹具的定义 凡依机械加工工艺规程的要求,用以正确地确定工件及刀具的位置并合而迅速地将它们夹紧的机床附加装置,称为机床夹具。一般可简称为夹具。

机床夹具的定义可以看出,它包含两类:用以安放和夹紧被加工工件的以及用以安放和夹刀具的。前者一般就直接简称为机床夹具或夹具,而后者又称为辅助工具。

机床夹具、切削刀具及辅助工具三者合称为机床的工艺装备。

万能夹具是指一般已经标准化的,可用以加工不同工件而不必特殊调整的夹具。这种夹具由工具厂或其他制造厂预先造好供给使用单位,如虎钳、夹头等。

可調整夾具是指預先製造好的整個或部分萬能夾具，經過補充加工或補添零手續後即可應用在不同的加工情況。如滑柱鉗模、加特殊夾持爪的虎鉗等。

特殊夾具是指按需要特殊製造而只能加工某種固定的工件並僅能用在某一工種上的夾具。

拼合夾具是指由可以多次使用的由萬能標準部件或標準零件所組成的夾具及由萬能傳動裝置與其他部分所組成的夾具以及由萬能拼合夾具的標準件所拼成

§ 2 機床夾具的使用目的及優點

使用機床夾具，特別是設計特殊夾具時，其主要目的往往不外下列三者：凡

- (1) 提高機床的生產率；
- (2) 解決複雜或困難的工藝問題；
- (3) 改變原設備的任務。

當生產規模較大時，常常必須使用特殊夾具來縮短工藝加工時間，提高機床的生產率而達到完成生產任務的目的。這是使用夾具的最普遍的目的。

使用夾具以縮短單件加工時間，主要是使機動時間（基本工時） T_{main} 及輔助時間 $T_{\text{всп}}$ 減少，而其中更重要的是減少輔助時間 $T_{\text{всп}}$ 。 $T_{\text{всп}}$ 一般是由下列各項所組成的：安放及卸下工件所需要的时间 t_{ycr} ；夾緊及鬆開工件所需要的时间 $t_{\text{зак}}$ ；開動及關閉機床及其他控制機構所需要的时间 t_{ynp} ；空走刀所需要的时间 t_{xx} ；掃除切屑所需要的时间 t_{ov} ；等等。因此可以使用各種結構的夾具使這些項目的時間減少或與機動時間相重合。例如：可以採用或設計快速夾緊的、自動夾緊的或連續加工的夾具來縮短安放與夾緊工件所需要的时间；可以使用自動化的夾具減少 t_{ynp} 、 t_{xx} 及 t_{ov} 等項的时间；可以設計特殊的夾具或輔助工具使能同時加工好幾個工件或同時能有好幾把刀具進行加工；可以設計剛度高的夾具提高切削規範而減少機動時間等等。

先進銑工蘇廣銘同志創造的各種縮短輔助時間的夾具，如銑鋼背瓦回轉銑夾具、利用機動時間裝卸工件的銑花螺絲帽夾具等等，平均提高效率二倍到十倍，這就是一個生動的例子^①。

在近代機械加工中，常常出現很多工藝上極為複雜、困難的工序，遠非一般萬能機床或特殊機床不用夾具所能完成的。這時設計特殊夾具就成為勢在必行的問題。如不選用或設計各種結構的夾具，一般萬能機床是无法充分發揮其效用的。

當生產規模很小，有些機床生產負荷率不足，而本車間又無完成某一工序所要的機床時，則必須設計夾具，以便把本來由其他類型機床所擔負的工作而現在由本車間機床來擔負。

① 見“機械工人”1958年第4期。

如車間中无拉床而車床負荷又不滿時，則可設計一種夾具以使用車床來代替拉床而進行拉削。王崇倫設計的萬能工具胎就是利用刨床來進行插削的典型例子。

必須指出，無論是為上述哪一種目的而使用夾具，都必須與使得工人工作盡量方便的目的相結合。若所設計的夾具雖然完成了上述目的因而降低了成本，但如果工人在工作過程中必須很緊張而非常容易疲勞或甚至根本無法進行工作，則所設計的夾具也就失去了它的價值。除了上述使用夾具的三種主要目的外，有時也有專門為達到使工作安全，使工作方便的目的而設計特殊夾具的。

具體說來，使用機床夾具有下列優點：

- (1) 可以不必在加工前進行劃綫而能正確、迅速地將工件安裝到對刀具的相對需要位置，因而既可簡化加工手續又可大大縮短機械加工的單件時間；
- (2) 可以避免工人在定位時所產生的誤差而影響加工精度；
- (3) 可以充分發揮已有設備的潛力，用以完成複雜、困難的工序，用以進行多件加工，或是用以改變為生產新的產品；
- (4) 可以縮短輔助時間、提高機床的生產率；
- (5) 可以使工人的工作方便、安全、減輕體力勞動，並可以得到精確的工作定額；
- (6) 可以調整各工序的延續時間並可以使機床自動化，因而便於進行流水生產或組成自動綫。
- (7) 可以縮短掌握新產品生產的熟悉期限以及縮短其準備期限。

第二章 定位原理

§ 3 安裝及六點定則

用夾具加工工件之前，必須將工件安裝好。所謂“安裝”就是指使工件得到定位及將它夾緊的過程。使任一工件在夾具中靜止狀態下得到確定位置的過程稱為定位。使工件在加工過程中仍保持定位所得位置的過程稱為夾緊。

位於任何空間內的剛體對於三個互相垂直的坐標平面來說，都有六個自由度，即：沿 OZ 、 OX 及 OY 三個軸向的移動及繞三個軸的相對轉動，如圖 2-1, a)。要使工件在空間的位置完全確定下來，則必須消除這六個自由度。要完全消除六個自由度必須使工

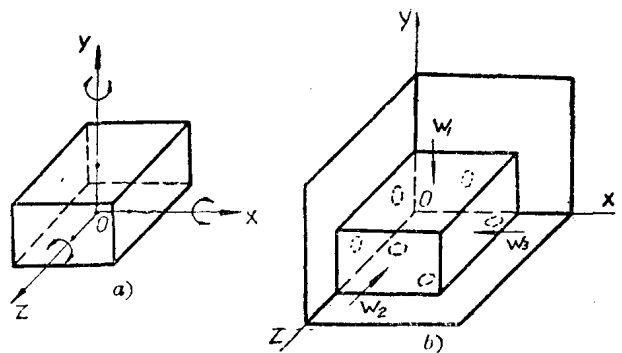
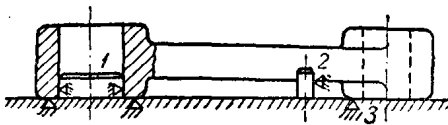


圖 2-1 工件在空間的定位

件沿三个坐标平面靠住六个虚线支持点如图 2-1, b)。其中 XOZ 面上的三点可消除三个自由度, 即: 沿 OY 方向的移动; 绕 OZ 及 OX 轴的转动。 ZOY 面上的两个支持点可消除两个自由度, 即: 沿 OX 方向的移动及绕 OY 轴的旋转。 YOX 面上的一个支持点可消除沿 OZ 方向移动的最后—个自由度。

用夹具加工工件时, 三个坐标平面常是工件的表面; 而六个虚线点常是定位元件(如支钉, 支板等)。图中所示的三个外力 W_1, W_2, W_3 是夹紧力, 它们的主要作用是保证在加工过程中虽受一定的外力而仍能使工件与六个支持点靠紧。因此, 它们不应该与六个支持点的作用相混淆。

在一般情况下, 任何形状的工件安放在夹具中, 若已完全消除了六个自由度, 则一定都

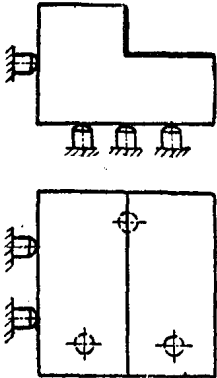


适合于上述情况, 即可找出相应于六个支持点的定位元件。图 2-2 为加工连杆时的定位方法。工件由短的大销钉 1, 小销钉 2 及平面 3 来确定位置。大销钉 1 相当于两个支持点, 小销钉 2 相当于

图 2-2 连杆定位时定位元件的情况
一个支持点, 平面 3 相当于三个支持点。

由上述情况可以得出结论: 任何工件在夹具中定位时, 若要消除所有的六个自由度, 则必须利用工件上相当于三个坐标平面的连续或间断表面作为安放时的准则, 并由定位元件与它们相接触来确定工件的位置; 定位元件所相当于的主要支持点的总数应刚好等于六个, 其中三个点应位于第一个坐标平面上, 另两个点应位于第二个坐标平面上, 最后一个点应位于第三个坐标平面上。这个结论就称为六点定则。

定位元件所相当于的主要支持点若超过六个时, 由于工件的表面不可能绝对精确, 因此同批工件先后在夹具中被夹紧以后不仅不能得到确定一致的位置, 反而会使工件位置不稳固。这个道理正象四只脚的桌子不如三只脚的那么稳固一样。



有时工件被加工时不需要消除全部六个自由度, 即自然也就不必要有六个支持点。如图 2-3 表示加工矩形工件上右端的槽的情况。工件万一发生沿槽向的移动, 这对于加工精度并无影响, 因此, 定位时只要消除五个自由度, 亦即定位元件也只要相当于五个支持点就可保证加工精度。

反之, 有时因为某种特殊原因, 必须使用相当于比六个支持点多的定位元件来定位。这时, 这些支持点中必须有一点或若干点是活动的、自动定位的或是可以调节的; 否则必然有若干点不会与工件表面相接触。如图 2-4, a), 若以工件上互为垂直的平面 A 及 B 靠好夹具上互为垂直的相应两平面, 并以工件水平面上的圆孔 C 套在夹具的

图 2-3 铣矩形工件直槽的定位情况

圆柱销 2 上来定位, 由穿过工件垂直面上四个孔的螺栓 1 及装在定位销上的螺母 3 来夹紧。在这种定位法中, 互为垂直的两定位平面各相当于三个支持点, 圆柱定位销相当于两个支持点。这样实际上已是八点定位, 因此是不合理的。因为工件上 A B 两平面不可能绝对垂直,

在定位并夹紧后,工件会发生变形,否则就只能有一个表面与定位元件保持良好接触,而另一表面就不可能,因此定位精度反而不高。

正确的定位法如图 2-4, b) 所示。以工件的平面 A 靠好夹具的垂直平面,并由一个短的

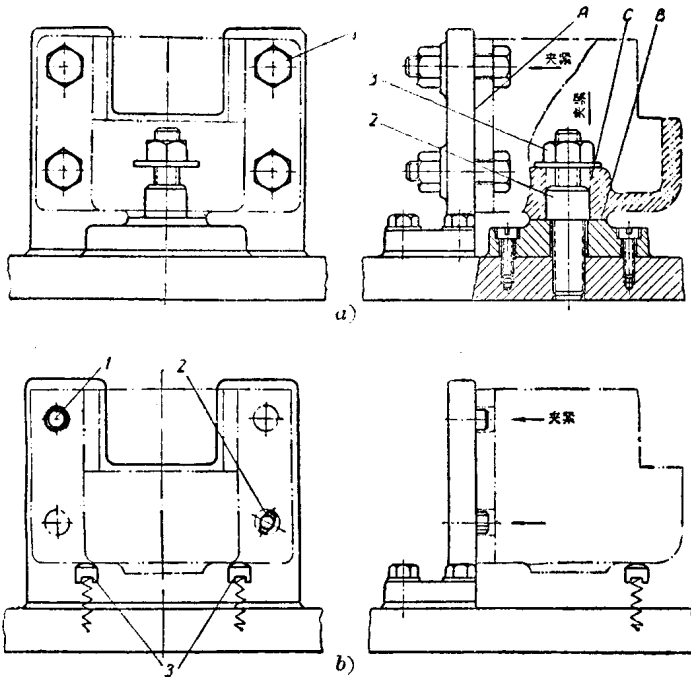


图 2-4 主要支持点多于六个的定位示例

圆柱定位销 1 及一个短的削角定位销 2 通过工件上位于对角的两个圆孔来定位。这时夹具的垂直定位平面相当于三个支持点,圆柱定位销相当于两个支持点,削角定位销相当于一个支持点,刚为六点定位。若需要增加定位刚度,则可在工件底面上加两个活动的辅助支承 3,这时定位元件虽然已相当于八个支持点,但其中两点是活动的,并不影响定位所得位置。这样既符合了六点定则又增加了刚度。

有时由于特殊原因与定位元件相应的支持点只能少于六个,

但又必须完全消除六个自由度,则在不得已的情况下可用夹紧力来帮助消除最后剩余的自由度。

§ 4 基准的定义及分类

在目前尚无关于基准面(简称基准或基面)的统一的定义及分类方法。以下是本书所综合得出的基准定义及分类。

就广义来说,所谓基准即指一些点、线或面的综合,根据与它的一定关系可以确定被考虑的其他点、线或面的位置。

按它的任务一般可以分为设计基准及工艺基准两大类:

设计基准——凡是任何的点、线或面,根据与它的关系可在零件图纸上确定其他点、线或面的位置;

工艺基准——应用于机械加工工艺过程中的基准。

工艺基准又可分为下列三种:

(1) **原始基准**——工件的任何点、线或面,根据与它的关系在工艺卡片上确定了被加工表面的位置;

(2) **安装基准**——工件的任何表面,用它来确定工件在夹具中沿原始尺寸方向的位置

(所謂原始尺寸即指被加工表面与原始基准間的关系尺寸);

(3) **度量基准**——工件的任何表面或在任何表面上的組成部分, 以它作为依据来度量被加工表面的位置。

除上述基准外, 在本課程中还常遇到檢驗基准、装配基准, 即是指在檢驗或装配工艺过程中所用的基准。

简单說来, 上述各种基准主要就是按照它的用途来区分的。凡是用在設計图或工件图上的基准就是設計基准; 凡是用在工艺卡片或工序草图上的基准就是原始基准; 凡是直接在加工时所用的基准就是安装基准; 凡是在加工过程中进行度量所用的基准就是度量基准。后三者都是应用在机械加工过程中的, 所以又統称为**工艺基准**。

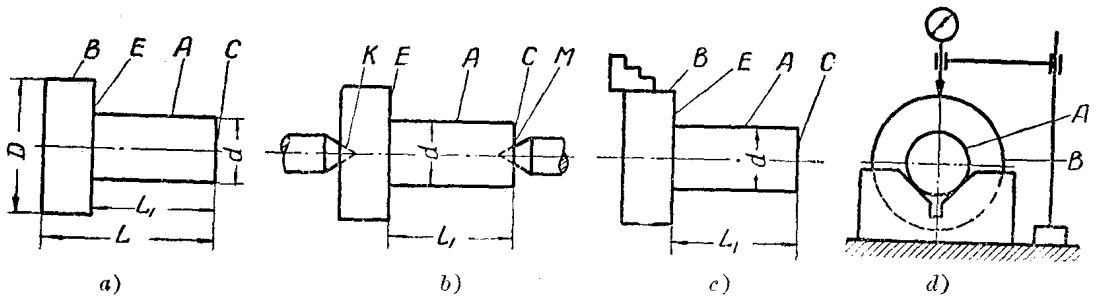


图 2-5 加工階級軸的各种基准

图 2-5, a) 为階級軸的工件图, 图中的中心綫就是圓柱面 A、B 的**設計基准**; 端面 C 是表面 E 的**設計基准**。

图 2-5, b) 及图 2-5, c) 为加工階級軸上圓柱面 A 及端面 E 时的**工序草图**的两个方案: 第一个方案是用頂針加工; 第二个方案是用夾头加工。在两个方案中圓柱面 A 的**原始基准**都是中心綫, 端面 E 的**原始基准**都是端面 C。但用頂針加工时, 錐面 K、M 是**安装基准**; 用夾头加工时, 圓柱面 B 是**安装基准**。

图 2-5, d) 是量度圓柱面 B 时的草图, 图中圓柱面 A 是**度量基准**。

从上述例子可以看出, **設計基准**、**原始基准**及**安装基准**不一定同是一个基准。**設計基准**往往是中心綫、对称軸心綫等, 因而它并不是工件上一个**真实部分**的基准, 故又可称为**假想基准**。反之工件上的一个**真实部分**的基准, 就可称为**真实基准**。

本书着重研究**安装基准**。

安装基准可按下列特点再进行分类:

按它与被加工表面間的关系可分为:

(1) **主要基准**——与被加工表面有直接尺寸关系或一定关系的**安装基准** (所謂一定关系是指平行度、垂直度、同心度等);

(2) **輔助基准**——与被加工表面无直接尺寸关系的**安装基准**。

在图 2-6 中, 1 是**安装基准**, 2 是**被加工表面**。图 2-6, a) 中的 1 是**主要安装基准**; 图

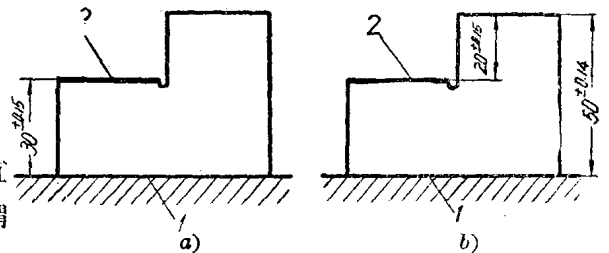


图 2-6 主要与輔助安装基准

2-6, b) 中的 1 是輔助安裝基準。又如图 2-5, b) 与图 2-5, c) 中的安裝基準都是輔助的。

按該基準所能消除的自由度的數目或按与它接觸的定位元件所相當的支持點數目, 安裝基準又可分为:

- (1) **首要基準**——能消除三個自由度的安裝基準(或与它接觸的定位元件相當於三個支持點);
- (2) **導向基準**——能消除兩個自由度的安裝基準(或与它接觸的定位元件相當於兩個支持點);
- (3) **定程基準**——能消除一個自由度的安裝基準(或与它接觸的定位元件相當於一個支持點)。

此外, 按幾何形狀還可分为: 平面的、外圓柱面的、圓孔的、圓錐面的以及各種複雜外形的(如齒輪表面、螺旋表面)等。

§ 5 誤差及計算不等式

工件在夾具中進行加工時, 必然產生对被加工表面原始尺寸上的誤差。這個誤差包括三大部分: (1) 一次機床調整時, 同批工件由于偶然誤差的總合所產生的原始尺寸的分佈範圍, 以 ϵ_s 表示; (2) 由于規律誤差的總合所產生的聚集中心的偏移, 以 η_s 表示; 以及 (3) 由于工件外形的偏差所引起的原始尺寸的誤差, 以 γ_s 表示。

如图 2-7, a) 要銑平面 AB, 由于加工過程中不可避免的誤差因素, 使得加工好的表面不可能絕對精確且為非平面, 如图 2-7, b)。若以一次對刀后同批工件上相應的同一點

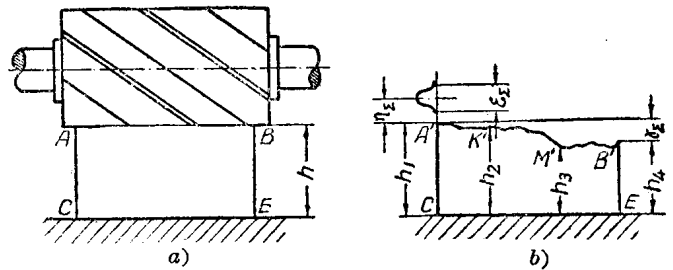


图 2-7 銑平面的誤差的分佈情況

A 來說, 由于偶然誤差的原因, 所得的尺寸 h_1 各不相等而產生一定的尺寸分佈範圍, 這就是誤差 ϵ_s 。同時若尺寸分佈曲線的集聚中心由于各規律誤差的影響而發生偏移, 這就是誤差 η_s 。若以同一個加工好的工件上各不同點 A', K', M' 及 B' 來說, 它們離 CE 的距離 h_1, h_2, h_3 及 h_4 由于工件被加工表面外形誤差的影響而各不相等, 這就是誤差 γ_s 。

為保證必要的精度, 那就必須使所有的誤差總和不超过原始尺寸的公差範圍, 即:

$$\epsilon_s + \eta_s + \gamma_s \leq \delta_n; \dots\dots\dots (A)$$

δ_n ——工件原始尺寸的公差。

同批工件一次機床調整時, 產生尺寸分佈的原因可分为兩大類: (1) 直接与加工過程有關的原因; (2) 与定位方法有關的原因(這部分誤差称为定位計算誤差^①)。

直接与加工方法有關的原因又可分为: (1) 偶然性的因素, 如加工留量的變化, 工件材料的機械性能和溫度的變化, 工人施于刀架使靠好擋板的力的變化等等; (2) 在加工過程中有

① 关于“定位計算誤差”的定义及計算方法等在 § 6 中将加以詳細研究。

規律地变化的因素,如刀具的磨損,机床、刀具及工件整个系統温度的升高等。

聚集中心的偏移 η_z 主要是由于規律誤差所引起的,如: 刀具尺寸的不准确; 夹具的不准确; 机床的不准确; 夹具、机床調整的不准确等等。

引起工件外形不准确的原因有: (1) 所用的加工方法及刀具在理論上就与所需加工的工件外形有差誤, 如用非所需齿数的齿輪模数銑刀所銑出的齿輪外形必然与理論上的外形有差誤等; (2) 工件安裝的不准确; (3) 刀具外形及机床的不准确; (4) 切削力、夹紧力和温度等所引起的工件、机床及夹具整个系統的变形。

夹具設計者对于上述引起誤差的原因, 有的可以在設計时进行控制使其减少或消除; 有的就不可能。但上述各因素常常不是同时存在而影响加工精度的, 因此設計夹具时必须分析影响加工精度的各个因素, 以便将它们控制在原始尺寸公差的范围以内。

对夹具設計者來說, 机床、刀具、加工方法及切削规范等都是事先知道而不能改变的。因此, 他在設計夹具时对誤差 η_z 只能部分地控制其中因夹具本身及調整时的不准确所引起的誤差。对于誤差 γ_z 中的有些部分, 如切削力、夹紧力等所引起的工件变形, 虽可事先进行計算, 但却不能完全进行控制。对誤差 ε_z 中直接与加工过程有关的部分也无法进行控制。

但是, 夹具設計者可以精确地計算出 ε_z 中的定位計算誤差, 并可根据夹具的結構及定位方法将它控制到一定的限度以内。因此, 設計夹具时仔細選擇定位方法及定位元件使所产生的定位計算誤差不超过容許限度是一个极重要的問題。若以 Δ_{py} 表示真实的定位計算誤差所引起的尺寸分布范围, 則得:

$$\varepsilon_z = \sqrt{k_z^2 \varepsilon^2 + k_d^2 \Delta_{py}^2}$$

式中 ε —— 除定位計算誤差外, 由于其他原因而引起的尺寸分布范围;

k_z 及 k_d —— 与分布規律有关的系数。

將上式代入(A)式中得:

$$\sqrt{k_z^2 \varepsilon^2 + k_d^2 \Delta_{py}^2} + \eta_z + \gamma_z \leq \delta_n;$$

$$\Delta_{py} \leq \sqrt{\frac{(\delta_n - \eta_z - \gamma_z)^2 - k_z^2 \varepsilon^2}{k_d^2}}$$

上式称为計算不等式, 若以容許定位計算誤差 Δ_{py}' 代表式中的右端, 即令

$$\Delta_{py} = \sqrt{\frac{(\delta_n - \eta_z - \gamma_z)^2 - k_z^2 \varepsilon^2}{k_d^2}}$$

則計算不等式又可写为:

$$\Delta_{py} \leq \Delta_{py}'$$

在大多数情况下, 很难精确計算出容許的定位計算誤差, 故在計算时实际上可用下列近似法求解:

$$\Delta_{py}' = \delta_n - \omega$$

式中 δ_n —— 工序图上原始尺寸的公差;

ω —— 完成該工序时若不考虑定位計算誤差所能达到的加工精度 (当无更可靠的数据时, 可粗略地取 ω 等于加工平均經濟精度, 而从有关表中查得)。

§6 定位計算誤差

1. 定义

定位計算誤差从它的有关名詞、定义起直到計算方法为止,目前尚无一个統一的公認的方案。为便于初学者領会及进行計算起見,本书中介绍以下的定义及計算方法。

图 2-8 为圆盘状工件,以其外圆柱面为安装基准,要钻孔 O_1 , 使离 BC 面的距离为 L (即以 BC 面为原始基准)。由于安装基准的直径 D 有公差 δ_d , 而原始基准 BC 与安装基准之间的距离 A 有公差 δ_A , 必然会使同批工件被加工所得的孔离 BC 面的尺寸 L 会产生一定的尺寸分布范围。当夹具定位元件 EE' 有誤差时, 同样会使同批工件被加工所得的孔离 BC 的距离 L 发生变化。同批工件原始尺寸 L 的最大变化量就是定位計算誤差。

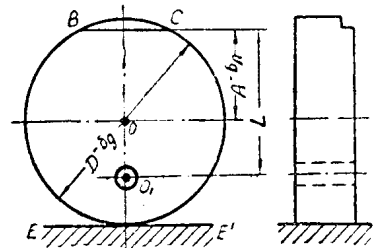


图 2-8 圆盘状工件的定位

由此可见,定位时使原始尺寸产生定位計算誤差的根本原因是:工件安装基准的公差;定位元件的誤差以及安装基准与原始基准間尺寸的公差。

为便于分析及計算起見,往往先不考虑原始尺寸及原始基准的位置与方向,而先計算出由于安装基准的公差及定位元件的誤差所引起的安装基准的位置变化情况(称为定位誤差),再求出由于原始基准与安装基准之間尺寸的公差所引起的安装基准的位置变化情况(称为基准不符誤差),最后再换算为对原始尺寸的影响。据此得出下列定义:

定位計算誤差是指由定位誤差及基准不符誤差所引起的工件原始尺寸的誤差。

定位誤差是指由于工件安装基准与定位元件的誤差以及定位元件結構的不同,所引起的同批工件在夹具中沿某指定方向安装基准的最大可能位移。

若安装基准为非平面时,很难由安装基准上的各个部分来表示同批工件定位时安装基准自己的位移,故这时可用安装基准的曲率半径中心的最大可能位移来表示。一般最常用的非平面安装基准是圆柱面,因此当安装基准为圆柱面时,則它的位移可由該圆柱表面的中心綫的位移来表示。

如图 2-9,若以工件的外圆柱表面作为安装基准,因为它有公差 δ_d ,故同批工件定位时安装基准所得的位置有变化。图中实綫及虚綫表示两个极端位置,这时很难表示出这两个极端位置間的最大可能位移。安装基准的中心綫最具有代表性,因此以它的位移来表示安装基准的位移最为恰当。如图中 OO_1 的位移就用以表示定位时安装基准的最大可能位移,也就是定位誤差。由于在加工过程中定位元件的誤差对同批工件来说是固定不变的規律誤差,而安装基准的誤差却是按公差范围分布的偶然誤差,因此一般情况下为便于討論起見,定位誤差常只指由安

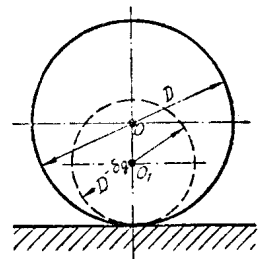


图 2-9 圆柱形工件的定位誤差

装基准的误差所引起的它自己的最大位移,而不包括由定位元件的误差所引起的位移部分。

基准不符误差是由于原始基准及安装基准不符时,所引起的原始基准对安装基准(若安装基准为非平面时,即指对安装基准的曲率半径中心)的最大可能相对位移。

所谓基准不符即是原始基准与安装基准并非同一个表面,或原始基准只是安装基准的一部分。根据这个定义只有取安装基准的整个部分作为原始基准时才算基准相符;但若安装基准是圆柱面,而取安装基准的中心线为原始基准时,即等于取安装基准的整个部分作原始基准,因此也可算基准相符。

如图 2-10,被加工表面是 KM , 原始尺寸是 A 。图 2-10, a) 的原始基准 CB 与安装基准

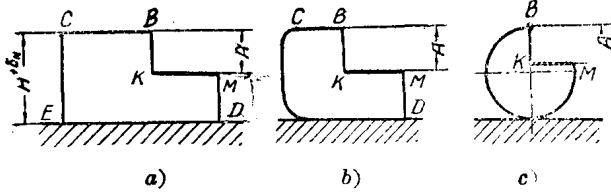


图 2-10 基准不符示例

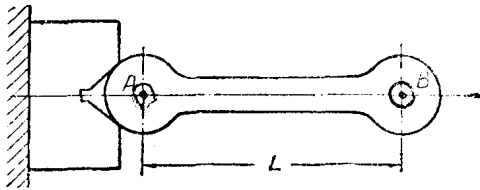


图 2-11 基准相符示例

如图 2-11, 要钻孔 B 使离安装基准的中心线 A 的距离为 L , 即原始基准是安装基准的中心线, 故为基准相符。

2. 定位计算误差的求法

工件在夹具中定位时,常出现的情况是只有一个或两个安装基准,故现在着重介绍这两种情况下求定位计算误差的一般方法。

求定位计算误差时,一般是先分别求出定位误差及基准不符误差,然后根据一定的关系求出定位计算误差。

只有一个安装基准的求法 先找出由于安装基准的公差及定位元件表面的公差或误差所可能使安装基准产生最大位移的两个极端情况,任意假设其中之一为第一极端情况,然后根据平面几何原理求出沿某规定的坐标方向上由第一极端情况到第二极端情况的位移。此位移的大小及方向即是定位误差的大小及方向,用 Δ_y 表示。

基准不符误差的求法,同样是先找出相应的使安装基准(若安装基准为非平面时即它的曲率半径中心)所产生最大位移的两个极端情况,然后假设安装基准不动(若为非平面时即假设安装基准的曲率半径中心不动),求出由第一极端情况到第二极端情况间原始基准的最大可能位移。此位移的大小及方向即是基准不符误差的大小及方向,用 $\Delta_{n, \sigma}$ 表示。