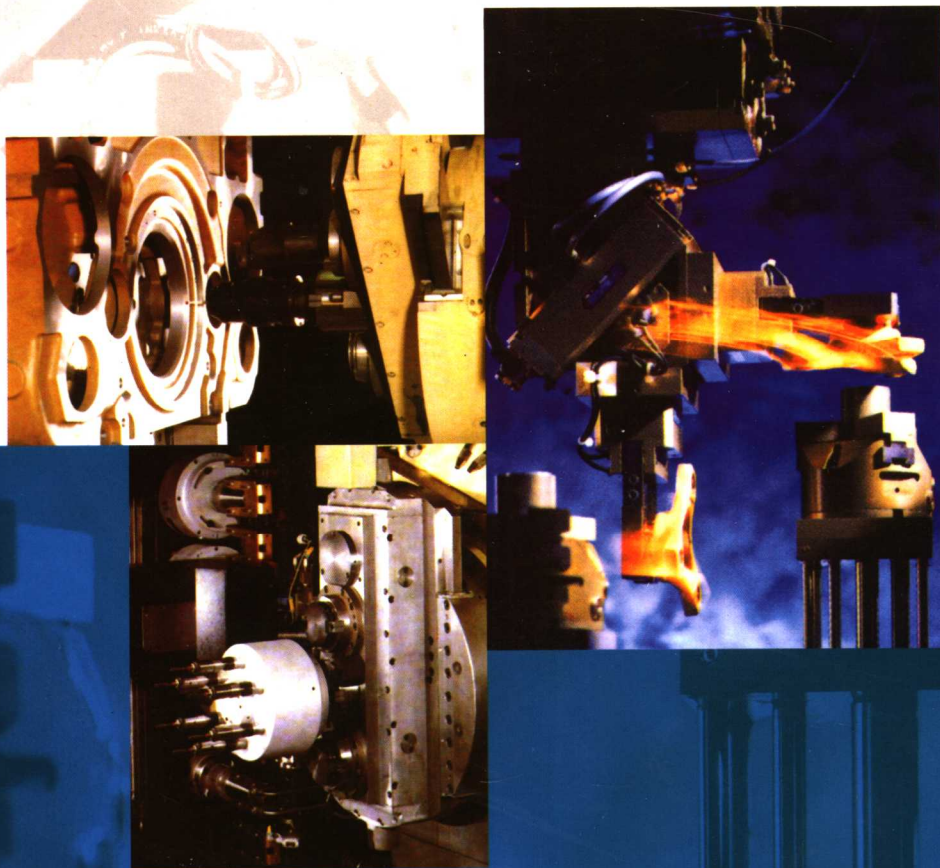


21世纪高等学校机电类重点系列教材

数控机床机器人 机械系统设计指导

谢红 编著



同济大学出版社

21 世纪高等学校机电类重点系列教材

数控机床机器人 机械系统设计指导

谢 红 编著



同济大学出版社

内容提要

本书从实用角度出发,以机电一体化的典型产品数控机床、工业机器人机械系统设计为重点,着重介绍了其设计方法和步骤。书中穿插有简明的技术资料 and 例图,便于读者参考。本书可作为高等院校机械制造及自动化类本科学生专业课程设计指导用书及其他学校相关专业的课程设计和毕业设计的参考书,也可供学生课外科普活动的设计参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床机器人机械系统设计指导/谢红编著. —上海:
同济大学出版社,2004.8
ISBN 7-5608-2881-7

I. 数… II. 谢… III. ① 数控机床—机械系统—
系统设计—高等学校—教学参考资料 ② 机器人—机械
系统—系统设计—高等学校—教学参考资料
IV. TG659 ② TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052779 号

数控机床机器人机械系统设计指导

谢 红 编著

责任编辑 蒯月红 责任校对 郁 峰 封面设计 李志云

出 版
发 行

同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂印刷

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 7.5 插页:10 页

字 数 192 000

印 数 1—3100

版 次 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2881-7/TG·8

定 价 14.60 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

前 言

本书为高等院校机械制造及自动化类本科学生专业课程设计指导用书,也可以作为其他学校相关专业的课程设计和毕业设计以及学生课外科普活动的设计参考用书。

本书根据机械制造类教学计划中的有关机械制造装备的设计内容,尽可能吸收现代传动设计的新科学技术知识,以数控机床、工业机器人设计为重点,结合作者的教学经验而编写。根据设计和计算的需要,书中穿插了必要的图表和数据,如传感器、同步带、谐波齿轮、变速电机和锥环等的技术参数及外型安装尺寸。专业课程设计的目的和要求是使学生具备一定的机械制造装备总体设计和结构设计能力,培养学生在产品设计方面分析问题和解决问题的实际能力。本书最后一章设计实例,不仅有参考的意义,而且也便于部分在做课程设计时遇到困难的学生在学习过程中加以摹仿。

本书作为同济大学“十五”规划教材,获得了“同济大学教材、学术著作出版基金委员会”的资助,在编写过程中还得到同济大学张曙教授的指导与审阅,在此一并表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中的错误或不妥之处,敬请读者指正和批评。

编 者

2004年3月5日

目 录

前言

第一章 总论	(1)
第一节 机械系统设计基本类型和设计过程	(1)
第二节 具体步骤	(1)
第三节 设计指导思想	(2)
第二章 数控机床的机械部件设计	(4)
第一节 工作载荷分析及计算	(4)
第二节 工作台的设计	(8)
第三节 立柱的设计	(14)
第四节 刀架与自动换刀装置设计	(16)
第三章 工业机器人的机械部件设计	(31)
第一节 工业机器人主体设计	(31)
第二节 工业机器人臂部与腕部的设计	(37)
第三节 手部设计	(41)
第四节 机身及行走机构的设计	(43)
第四章 功能部件的选用及其校核计算	(48)
第一节 滚珠丝杠螺母副的选择计算	(48)
第二节 导轨的选型及计算	(56)
第三节 电机的选用	(60)
第四节 位置检测传感器	(74)
第五节 谐波齿轮的选用	(83)
第六节 常用机械传动的选用与计算	(88)
第五章 设计实例	(101)
第一节 立式加工中心直线、回转工作台的设计	(101)
第二节 立式加工中心刀库、机械手及主轴系统和立柱的设计	(109)
第三节 机器人手腕的设计	(112)
参考文献	(114)

第一章 总 论

随着机械制造向自动化、精密化的不断发展,市场竞争在不断加剧,形成了多学科的交叉和综合,而且应用领域众多。在机械产品、工厂自动化领域中涌现出不少新概念和高新技术,如微机械或毫机械、智能机械或灵巧机械、制造单元工程、智能制造控制、灵活敏捷制造等。这些新概念和高新技术,几乎无一不以机电一体化技术作为基础。这就要求从事工程技术的工程师在培养期间增加相应的实践环节,强化训练学科融合的思维能力和设计能力,对新概念、新技术具有浓厚的兴趣。

第一节 机械系统设计基本类型和设计过程

数控机床和机器人的机械系统设计均可归类于机械制造装备设计,可分为创新设计、变型设计和组合设计三大类型。设计的过程随设计类型而不同,其中创新设计的过程最典型,可划分为产品规划阶段、方案设计、技术设计和施工设计四个阶段。

产品规划阶段的任务是明确设计任务,通常应在市场调查与预测的基础上识别产品需求,进行可行性分析,制订设计技术任务书。

方案设计阶段实质上是根据设计任务书的要求,进行产品功能原理的设计。这一阶段完成的质量将严重影响到产品的结构、性能、工艺和成本,关系到产品的技术水平及竞争能力。方案设计阶段大致包括对设计任务的抽象、建立功能结构、寻求原理解与求解方法、形成初步设计方案和对初步设计方案的评价与筛选等步骤。

技术设计阶段是将方案设计阶段拟定的初步设计方案具体化,确定结构原理方案;进行总体技术方案设计,包括确定主要技术参数和布局、初选主要零件的材料和工艺方案;进行结构设计,绘制装配草图,进行各种必要的性能校核;如果需要,还可以通过模型试验检验和改善设计,通过技术经济分析,选择较优的设计方案。

施工设计阶段主要进行零件工作图设计、完善部件装配图和总装配图,进行商品化设计。

第二节 具体步骤

为了保证教学培养目标和培养规格的实现,专业课程设计作为学生的实践环节,目的在于提高学生设计、创新和处理技术问题的能力。根据以上创新设计的四个阶段,学生应在查阅相关资料的基础上,主要进行方案设计和技术设计阶段的训练。具体步骤如下:

1. 对设计任务抽象和寻求原理解

一项设计任务往往需要满足多种要求,有些要求是主要的,更多的是次要的。设计时,应对设计任务进行抽象,抓住主要要求,兼顾次要要求,通过功能关系和对与任务相关的主要约束条件的分析,对“设计要求”一步一步进行抽象,找出具有本质性的和主要的要求,即

本质功能,以便找到能实现这些本质功能的解。例如,车床车削螺纹,用户要求能加工不同螺距、不同规格(公制、英制、模数、径节)螺纹,抓住主要要求,既要做到:主轴转动一圈,车刀精确移动一个螺距;而且螺纹加工不能一次切削完成时,每次进刀的位置必须相同;切制多头螺纹时,能正确分度。这样就有了原理性构思。将科学原理具体运用于特定的技术目的,提炼、构思成所谓的技术原理,这是设计中最关键、最富于创造性的一个环节。通常,能实现某一种功能的原理解不止一个,而不同原理解的技术经济效果也是不一样的,因此,选择和确定原理解要经过反复论证,才能取得较合理的原理解,形成初步设计方案。

2. 初步设计方案具体化

技术设计阶段是将方案设计阶段拟定的初步设计方案具体化,确定结构原理方案;进行总体技术方案设计;进行结构设计;通过技术经济分析,选择较优的设计方案。

(1) 确定结构原理方案

根据初步设计方案,在充分理解原理解的基础上,确定结构原理方案。其中包括决定尺寸的依据,如功率、流量和联系尺寸等;决定布局的依据,如物流方向、运动方向和操作位置等;决定材料的依据,如抗腐蚀能力、耐用性、市场供应情况等;决定和限制结构设计空间条件,如距离、规定的轴的方向、装入的限制范围等。在上述依据的约束下,对主要功能结构进行构思,初步确定其材料和形状,进行粗略的结构设计。

(2) 总体设计

总体设计阶段的任务是将结构原理方案进一步具体化。总体设计的内容大致包括:

- ① 主要结构参数 包括尺寸参数、运动参数、动力参数、占用面积和空间等。
- ② 总体布局 包括部件组成、各部件的空间位置布局 and 运动方向、物料流动方向、操作位置、各部件相对运动配合关系,即工作循环图。应充分考虑使用维护的方便性、安全性和外观造型。
- ③ 系统原理图 包括产品总体布局图、机械传动系统图、液压系统图、电力驱动和控制系统等。
- ④ 其他 如材料选用、配件和外协件的供应以及生产工艺等方面的考虑。

(3) 结构设计

结构设计阶段的主要任务是在总体设计的基础上,对结构原理方案结构化,绘制产品总装图和部件装配图;提出初步的零件表及装配说明书。进行结构设计时,必须遵守国家、部门和企业颁布的有关标准规范,充分考虑诸如人机工程、外观造型、结构可靠和耐用性、加工和装配工艺性等。

第三节 设计指导思想

在学习和设计过程中,应注意以下两个问题。

1. 要注意设计的科学性和条理性

各项高新技术和成果的迅速发展及其在制造领域中的广泛渗透、应用和衍生,促进了制造技术的蓬勃发展,改变了现代企业的产品结构、生产方式、生产工艺和装备。高度发展的科学技术的综合应用为我们的设计提供了广泛的空间,但同时也出现了一些问题,如可供我们参考或类比的传统经验设计的例子很少。这使部分初学者在确定结构原理方案后,在绘

制产品总装图和部件装配图时不知如何下手,难以确定相关尺寸,因此,要注意设计的科学性和条理性。设计一个部件,其过程大致如下:首先,确定末端执行件的概略形状与尺寸,然后,设计末端执行件与其相邻的下一个功能部件的结合部的形式与概略尺寸。若为运动导轨结合部,则执行件一侧相当于滑台,相邻部件一侧相当于滑座,考虑导轨结合部的刚度及导向精度,选择并确定导轨的类型及尺寸。根据导轨结合部的设计结果和该运动的行程尺寸,同时考虑部件的刚度要求,确定下一个功能部件的概略形状与尺寸。重复上述过程,直到基础支承件,设计完毕。

2. 要注意与实际的结合

在设计中,处处从实际出发分析和处理问题是至关重要的。从大处讲,联系实际是指对工艺可能性的分析,在参数拟定和方案确定中,既要了解当今的先进生产水平和可能趋势,更应了解我国的实际生产水平,使设计的机器能发挥最佳的效果。从小处讲,指对设计的机械零部件的制造工艺、装配和维修要进行认真的、切实的考虑和分析。学会使用设计手册,对推荐的设计数据和各类标准件资料要结合实际情况进行取舍。通过设计实践,了解和掌握结合实际、综合思考的设计方法。

第二章 数控机床的机械部件设计

数控机床主要由数控装置、伺服系统和机床本体组成,其中机床本体由机械部件构成。本书以数控机床的典型产品加工中心为例,选择加工中心的工作台、主轴系统、刀库和机械手作为设计对象。这些部件结构上兼有一般机械的基本特点,又采用了滚珠丝杠、滚珠导轨、传感器、无级调速电机和步进电机等新型机电产品,对提高学生的学习和设计能力很有帮助。

第一节 工作载荷分析及计算

做工作载荷分析及计算须确定机床加工时的切削力。切削力可分为主切削力和其他切削分力,图 2-1 表示切削力 F_t 是由作用在前刀面上的法向力 F_n 和摩擦力 F_f 以及作用在后刀面上法向力 F_{na} 和摩擦力 F_{fa} 合成的。主切削力最大,它消耗的功占切削功率的主要部分,是设计和选用主轴电机的主要依据。

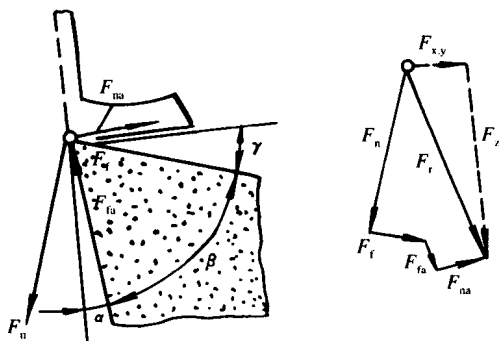


图 2-1 切削力的合成与分解

1. 车削抗力分析

车床在车削外圆时的切削抗力如图 2-2 所示。主切削力 F_z 与切削速度的方向一致,垂直向下,是计算车床主轴电机切削功率的主要依据。切削分力 F_y (称切深抗力) 与纵向进给方向垂直,影响加工精度或已加工表面质量。切削分力 F_x (又称进给抗力) 与进给方向平行且指向相反,设计或校核进给系统时要用到它。

由于 F_x 、 F_y 所消耗的切削功率可以略而不计,因此车床的切削功率 P_m 为

$$P_m = F_z V \times 10^{-3} \quad \text{kW} \quad (2-1)$$

式中 F_z ——主切削力(N);

V ——切削速度(m/s)。

考虑到机床的传动效率,机床的电机功率 P_E 为

$$P_E \geq \frac{P_m}{\eta_m} = \frac{F_z V \times 10^{-3}}{\eta_m} \quad \text{kW} \quad (2-2)$$

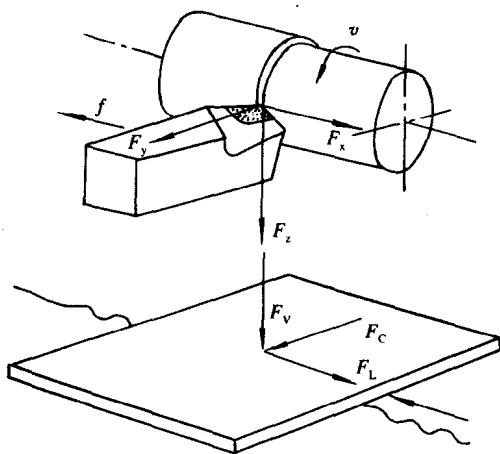


图 2-2 车削抗力分析

式中 η_m ——机床主传动系统传动效率,一般取 0.75~0.85;

F_z ——主切削力,大小可以按机床主电机功率计算(N);

V ——切削速度,可取主轴传递全部功率时的最低切削速度(m/s)。

进给抗力 F_x 和切深抗力 F_y ,可按下列比例分别求出:

$$F_z : F_x : F_y = 1 : 0.25 : 0.4$$

因为车刀装夹在拖板上的刀架内,车刀受到的车削抗力将传递到进给拖板和导轨上。车削作业时作用在进给拖板上的载荷与车刀所受到的车削抗力有对应关系,见图 2-2。因此,作用在床身上的载荷可以按对应关系求出:

$$\text{拖板上进给方向载荷} \quad F_L = F_x$$

$$\text{拖板上垂直方向载荷} \quad F_v = F_z$$

$$\text{拖板上横向载荷} \quad F_c = F_y$$

2. 铣削抗力分析

铣削运动的特征是主运动为铣刀绕自身轴线高速回转,进给运动为工作台带动工件在垂直于铣刀轴线方向缓慢进给(键槽铣刀可沿轴线进给)。铣刀的类型很多,但以圆柱铣刀和端铣刀为基本形式。通常假定铣削时铣刀受到的铣削抗力是作用在刀齿的某点上,如图 2-3 所示。设刀齿上受到切削抗力的合力为 F ,将 F 沿铣刀轴线、径向和切向进行分解,则分别为轴向铣削力 F_x 、径向铣削力 F_y 和切向铣削力 F_z 。切向铣削力 F_z 是沿铣刀主运动方向的分力,它消耗铣床主电机功率(即铣削功率)最多。因此,切向铣削力可按铣削功率 P_m (kW)或主电机功率 P_E (kW)算出

$$F_z = \frac{P_m}{V} \times 10^3 \quad \text{N} \quad (2-3)$$

或

$$F_z = \frac{P_E \eta_m}{V} \times 10^3 \quad \text{N} \quad (2-4)$$

式中 V ——主轴传递全部功率时的最低切削速度(m/s);

η_m ——机床主传动系统传动效率。

作用在进给工作台上的合力 F' 与铣刀刀齿上受到的铣削抗力的合力 F 大小相同, 方向相反, 如图 2-3 所示。合力 F' 就是设计和校核工作台进给系统时要考虑的工作载荷, 它可以沿着铣床工作台运动方向分解为三个力, 即工作台进给方向载荷分别为 F_L 、 F_C 和 F_V 。

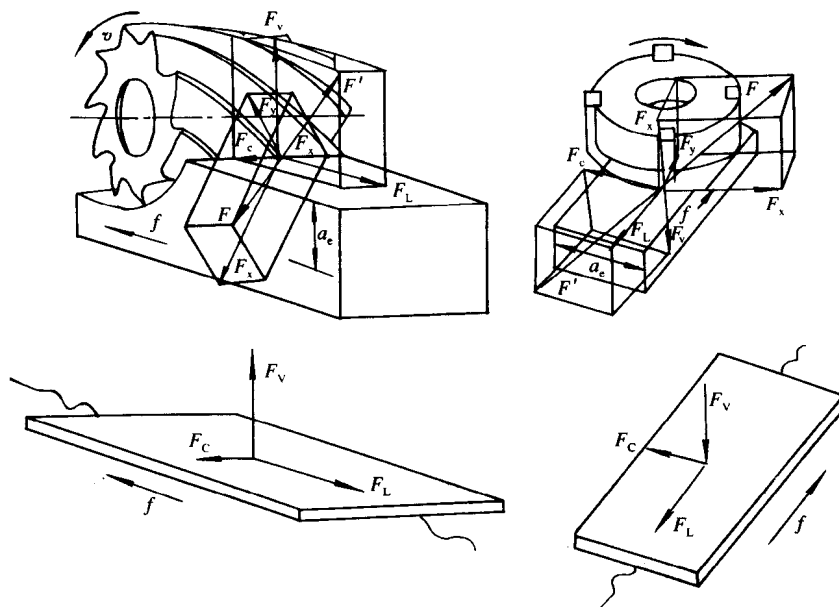


图 2-3 铣削抗力分析

铣刀切向铣削力 F_z 与工作台工作载荷 F_L 、 F_C 和 F_V 之间有一定的经验比值, 见表 2-1, 只要求出 F_z , 即可求出工作台工作载荷 F_L 、 F_C 和 F_V 。

表 2-1 中 a_e 表示铣削用量要素之一铣削宽度, 它是垂直于铣刀轴线测量的切削层尺寸 (mm)。从图 2-3 可知, 圆柱铣削时 a_e 为待加工表面和已加工表面间的垂直距离; 端铣时 a_e 为工件宽度。表 2-1 中 d_0 表示圆柱铣刀直径或端铣刀直径 (mm); a_f 表示每齿进给量 (mm/齿), 即铣刀每转一个齿间角时, 工件与铣刀的相对移动量。每齿进给量 a_f 和工作台进给速度 v_f 的关系为

$$v_f = a_f z n \quad \text{mm/min} \tag{2-5}$$

式中 z ——铣刀齿数;
 n ——铣刀转速 (r/min)。

表 2-1 工作台工作载荷与切向铣削力的经验比值

铣削条件	比值	对称端铣	不对称铣削	
			逆铣	顺铣
端铣: $a_e = (0.4 \sim 0.8) d_0$, $a_f = (0.1 \sim 0.2)$ 时	F_L/F_z	0.3~0.4	0.60~0.90	0.15~0.30
	F_C/F_z	0.85~0.95	0.45~0.70	0.90~1.0
	F_V/F_z	0.50~0.55	0.50~0.55	0.50~0.55
圆柱铣、立铣、盘铣和成型铣: $a_e = 0.05 d_0$, $a_f = (0.1 \sim 0.2)$ 时	F_L/F_z	—	1.00~1.20	0.80~0.90
	F_C/F_z	—	0.20~0.30	0.75~0.80
	F_V/F_z	—	0.35~0.40	0.35~0.40

图 2-4 表示圆柱铣的顺铣和逆铣的不同方式。顺铣时纵向进给方向载荷与进给方向一致,垂直进给方向载荷 F_V 向下;逆铣时反之。

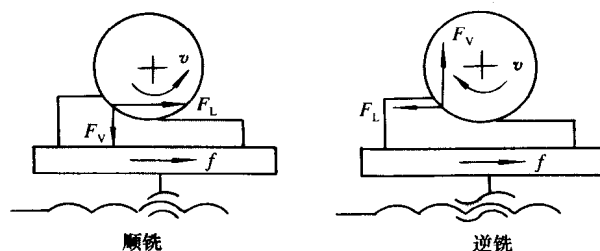


图 2-4 圆柱铣的顺铣和逆铣

图 2-5 表示对称端铣和不对称端铣。不对称端铣有逆铣和顺铣之分。

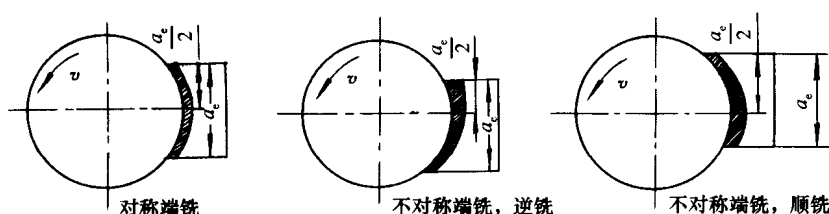


图 2-5 对称端铣和不对称端铣

3. 钻削

普通麻花钻每一切削刃都产生切向切削抗力 F_z 、径向切削抗力 F_y 与轴向切削抗力 F_x 。这些分力合成即为钻削力。当左、右切削刃对称时,径向抗力 F_y 相互平衡。切向抗力 F_z 形成钻削扭矩 $M(N \cdot m)$,它消耗了切削功率 P_m 。所有切削刃上轴向抗力 F_x 之和形成了钻头上的轴向力 $F = \sum F_x$,见图 2-6。

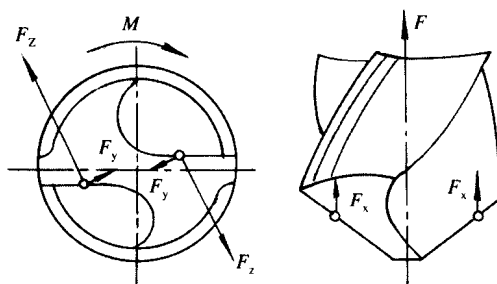


图 2-6 钻削力

钻削时,工作台载荷主要是垂直进给方向的 F_V ,其大小与钻削轴向力 F 相同,方向相反。当钻削工作台不作垂直进给时, F_V 是工作台的静压垂直载荷;当工作台作垂直进给时, F_V 是工作台垂直进给抗力。

高速钢钻头钻孔时的轴向力 F 值可从表 2-2 中查到。

表 2-2

高速钢钻头钻孔时的轴向力

钢 $\sigma_b = 0.537\text{GPa}$												
钻头直径 d_0/mm	进给量 $f(\text{mm}/r)$											
	0.10	0.13	0.17	0.22	0.28	0.36	0.47	0.60	0.78	1.0	1.3	1.7
	轴向力 $F(\text{N})$											
10.2	1240	1480	1770	2120	2520	3000	3580	4280	—	—	—	—
12	1480	1770	2120	2520	3000	3580	4280	5120	6090	—	—	—
14.5	1770	2120	2520	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	—	—
17.5	2120	2520	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8640	10420	—	—
21	2520	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	—	—
25	3000	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14830	—	—
30	3580	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160
35	4280	5120	6090	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020
42	—	6090	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020	36200
50	—	7330	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020	36200	42380
60	—	8740	10420	12360	14830	17660	21190	25160	30020	36200	42380	51210
灰铸铁 HBS=190; 可锻铸铁 HBS=150												
钻头直径 d_0/mm	进给量 $f(\text{mm}/r)$											
	0.17	0.21	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0
	轴向力 $F(\text{N})$											
12	1230	1470	1760	2110	2500	2990	3580	4270	—	—	—	—
14.5	1470	1760	2110	2500	2900	3580	4270	5100	6080	—	—	—
17.5	1760	2110	2500	2900	3580	4270	5100	6080	7260	8630	—	—
21	2110	2500	2900	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	—	—
25	2500	2900	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	12260	14720	—
30	2990	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	12260	14720	17560	21090
35	3580	4270	5100	6080	7260	8630	10300	12260	14720	17560	21090	25020
42	—	—	—	—	8630	10300	12260	14720	17560	21090	25020	29920
50	—	—	—	—	—	12260	14720	17560	21090	25020	29920	35810
60	—	—	—	—	—	14720	17560	21090	25020	29920	35810	42680

第二节 工作台的设计

1. 工作台的种类

立式加工中心和卧式加工中心的工作台结构形式是不相同的。立式加工中心工作台，一般不作分度运动，其形状通常为长方形，如图 2-7 所示。1, 2, 4 槽为装夹用 T 型槽，3 槽为基准 T 型槽。卧式加工中心的工作台，亦叫分度(数控)工作台，它要作分度运动，而且它的分度运动驱动机构，一般都装在工作台里面，台面形状通常为正方形。无论是卧式加工中

心还是立式加工中心,根据工件加工工艺的需要,在工作台上面还可增设独立式分度(数控)工作台,另外,根据用户要求,还可配备交换工台(亦叫托盘),通过自动托盘交换装置(APC)进行托盘交换。这时,加工中心上的工作台便是交换工作台了。

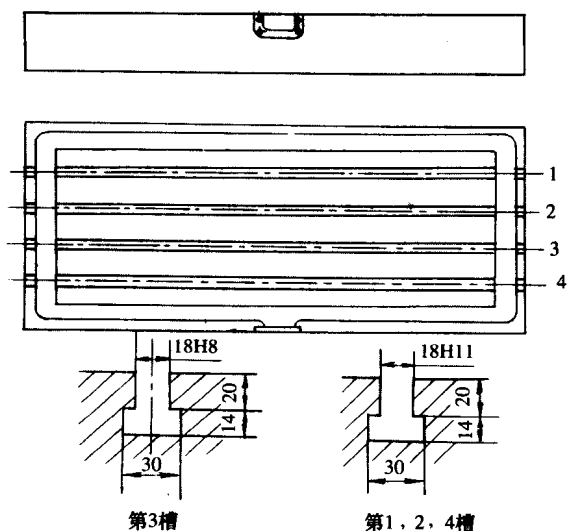


图 2-7 立式加工中心工作台

2. 工作台的尺寸参数

(1) 加工中心系列型谱的主参数,多数是按工作台面尺寸决定的

卧式加工中心的工作台面尺寸系列有 320mm×320mm, 460mm×460mm, 500mm×500mm, 630mm×630mm, 800mm×800mm, 1000mm×1000mm, 1250mm×1250mm, 1600mm×1600mm, 2000mm×2000mm。根据用户需要,ISO8526 还推荐有长方形托盘,如: 320mm×400mm, 400mm×500mm, 500mm×630mm, 630mm×800mm, 800mm×1000mm 等。

立式加工中心按工作台宽度的尺寸系列有 250mm, 320mm, 400mm, 500mm, 630mm, 800mm 等,而工作台长度尺寸则根据厂家及用户实际需要,可有 630mm, 710mm, 800mm, 900mm, 1000mm, 1120mm, 1250mm, 1400mm, 1600mm, 1800mm, 2000mm 等。

(2) 台面形状

立式加工中心台面通常都用 T 形槽形式,如图 2-7 所示。卧式加工中心当带交换工作台时,托盘台面形式有平行 T 型槽式、螺孔式和辐射状 T 形槽式等。托盘的尺寸、要求、精度及台面形式可见 ISO8526-1, ISO8526-2。

3. 工作台的结构形式

(1) 分度工作台

按在加工中心上安装形式分类,有装在工作台里面的和独立式的;按分度工作台的回转轴位置分类,有卧式、立式和倾斜式;按分度机构分类,有多齿盘方式(亦叫鼠牙盘方式)、蜗轮副方式(亦叫数控分度方式)和分度盘方式;按分度功能分类,有任意角度分度方式和等分角分度方式;按分配驱动方式分类,有电动式、气动式和液压式等方式。

① 多齿盘分度工作台

多齿盘分度有以下优点:分度精度高,精度保持性好;重复性好;刚性好,承载能力强;能自动定心;分度机构和驱动机构可以分离。

多齿盘分度可实现的分度角度为

$$n = \frac{360}{z} \quad (2-6)$$

式中 n ——分度角度,为整数;

z ——多齿盘齿数。

图 2-8 所示为卧式加工中心的分度工作台。当需要分度时,液压缸 8 的下腔进压力油,活塞 5 抬起工作台,上多齿盘 4 离开下多齿盘 9,而当上多齿盘上到顶时,触压行程开关发出信号开始分度,此时伺服电机启动,经过蜗轮副 1 和小轴端的小齿轮 3,带动上多齿盘 4 的大齿轮,按规定分度角度回转,转到位后发出下降信号,液压缸 8 的上腔进压力油,工作台下落,上、下多齿盘再度咬合,达到准确分度,此时,触压另一行程开关,发出分度完毕信号,机床即可开始加工。

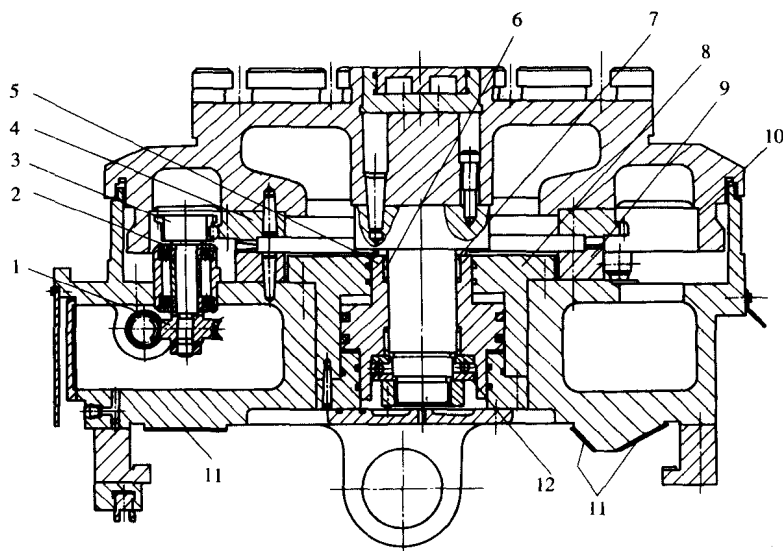


图 2-8 多齿盘分度工作台结构图

1—蜗轮副; 2—角接触球轴承; 3—小齿轮; 4—上多齿盘; 5—活塞; 6—向心滚针轴承
7—止推滚针轴承; 8—液压缸; 9—下多齿盘; 10—密封圈; 11—塑料导轨板; 12—推力球轴承

图 2-9 为另一种多齿盘分度工作台,图中固定多齿盘 3 固定,回转多齿盘 5 随工作台回转,通过夹紧多齿盘 4 夹紧定位。分度时,活塞 2 底部进压力油,克服碟簧力,使夹紧多齿盘 4 抬起,驱动机构使回转多齿盘 5 回转一定指令角度,活塞 2 底部回油,靠碟簧通过活塞杆将夹紧多齿盘 4 压紧在固定多齿盘 3 及回转多齿盘 5 上,实现准确定位,活塞杆一般有 6 个,沿圆周均布。这种结构的优点是工作台分度时不用抬起,不怕工件偏载。

多齿盘分度工作台通常采用 PC 简易定位,驱动机构采用蜗轮副及齿轮副。电气定位与多齿盘定位会产生过定位。当上多齿盘落下,为了与下多齿盘正确啮合,工作台会产生附加扭转,一旦出现不正常过大扭转,由于蜗杆的自锁作用,会导致驱动元件的损坏。

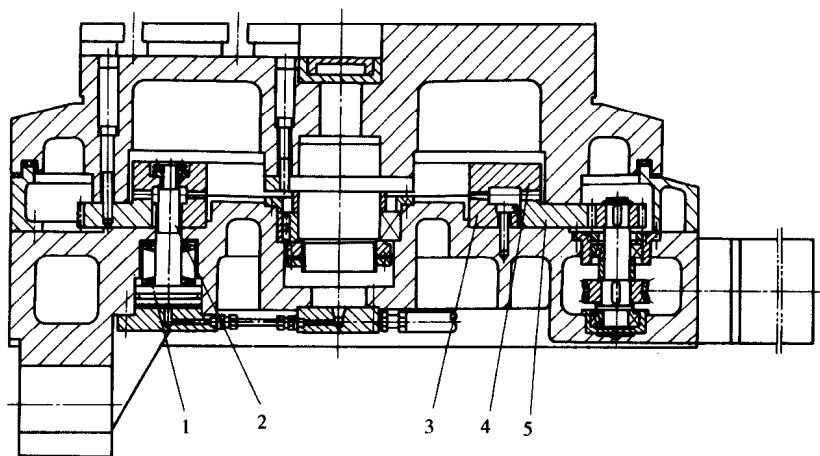


图 2-9 多齿盘分度工作台

1—碟簧；2—活塞；3—固定多齿盘；4—夹紧多齿盘；5—回转多齿盘

为此,许多制造厂家在设计上采用浮动蜗杆结构。图 2-10、图 2-11 分别为碟簧、液压浮动蜗杆结构。

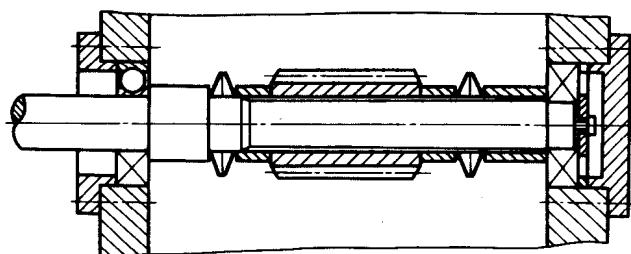


图 2-10 碟簧浮动蜗杆

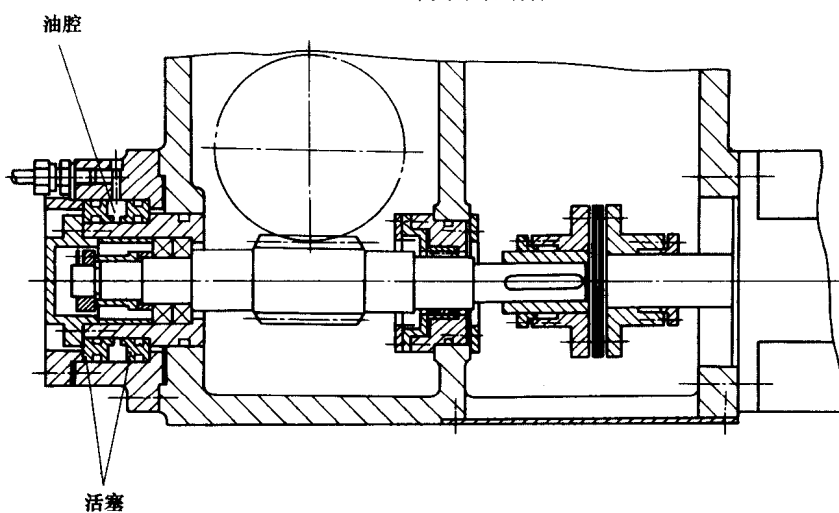


图 2-11 液压浮动蜗杆

② 分度工作台分度转速与液压缸拉紧力

分度转速影响着工作台的工作稳定性和效率,转速过快,影响工作稳定性,转速过慢,则影响工作效率。因此,为了选定较理想的分度转速,若条件允许,应统计分析类似规格加工中心的分度转速,以类比法确定分度转速。

一般情况下,分度转速范围在 $4\sim 10\text{r/min}$,规格大的加工中心取小值,而规格小的加工中心应取大值。

为使工作台在强力切削下能稳妥可靠地工作,液压缸必须有足够的拉紧力拉住工作台。

对于小型加工中心,通常推荐拉紧力为 $40\sim 80\text{kN}$ 。

近来由于切削用量的加大,拉紧力亦相应地增大了,中等规格的加工中心拉紧力已增大到 100kN 左右。图 2-8 所示卧式加工中心的分度工作台,系偏小规格加工中心的分度工作台,拉紧液压缸在工作台中心处拉紧,因为工作台尺寸较小,工作台面下凹程度不会太多。但是,当工作台面较大(例如 $800\text{mm}\times 800\text{mm}$ 以上)时,如果仍然只在台面中心处拉紧,势必增大工作台面下凹量,不易保证台面精度。为避免这种现象,采用了如图 2-12 所示的结构形式,把工作台受力点从中央附近移到离多齿盘作用点较近的环形位置上,以改善工作台受力状况,有利于保证台面精度。

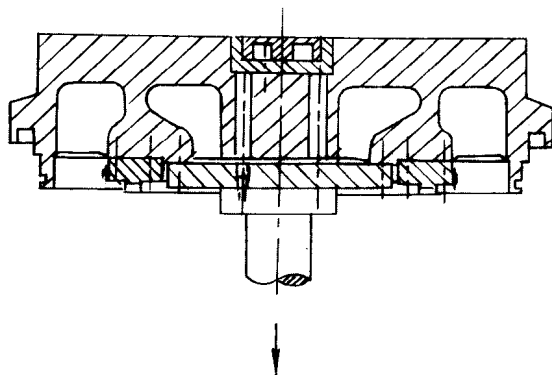


图 2-12 工作台拉紧结构

③ 数控回转工作台

多齿盘分度工作台,只能按最小分度角的整数倍分度,故即使采用 360 齿的多齿盘,亦只能是 1 的整数倍,而且只能在不切削时方能进行分度。这就使多齿盘分度方式受到一定局限。为了实现任意角度分度和在切削过程中转台能够回转(多一个 NC 坐标),采用了数控回转工作台,简称数控转台。其结构如图 2-13 所示。

数控回转工作台从外形上看与分度工作台没有多大差别,但在内部结构和功用上则有较大的不同。图 2-13 所示数控回转工作台由传动系统、间隙消除装置及蜗轮夹紧装置等组成。数控回转工作台是由电液步进电动机 1 驱动,经齿轮 2 和 4 带动蜗杆 9,通过蜗轮 10 使工作台回转。为了尽量消除反向间隙和传动间隙,通过调整偏心环 3 来消除齿轮 2 和 4 啮合侧隙。齿轮 4 与蜗杆 9 是靠楔形拉紧圆柱销 5(A—A 剖面)来连接。这种连接方式能消除轴与套的配合间隙。蜗杆 9 采用螺距渐厚蜗杆,通过移动蜗杆的轴向位置来调节间隙。这种蜗杆的左、右两侧具有不同的螺距,因此,蜗杆齿厚从头到尾逐渐增厚。但由于同一侧的螺距是相同的,所以仍能保持正确的啮合。调整时,松开螺母 7 的锁紧螺钉 8 使压块 6 与