



全国技工学校机械类

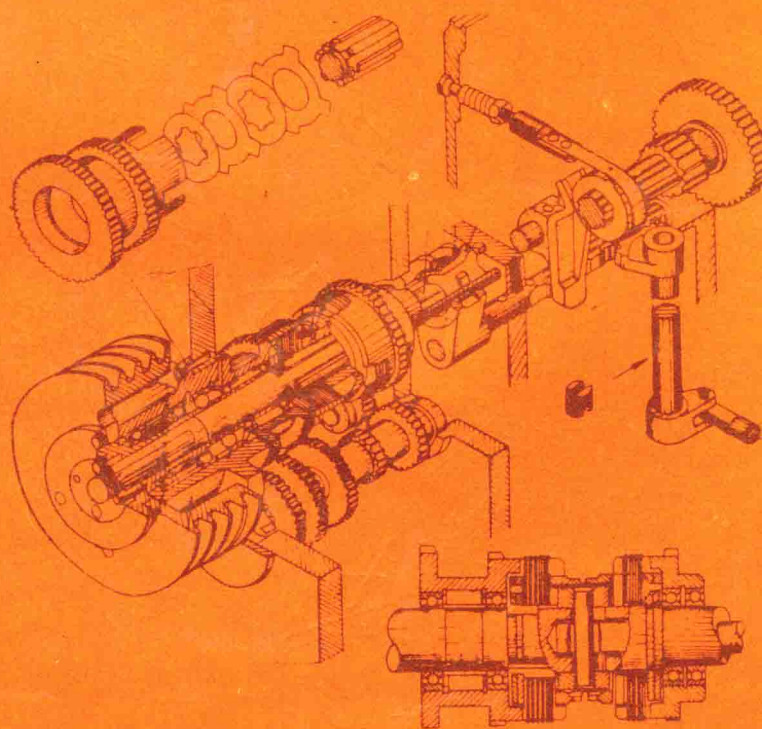
通用教材

钳工工艺学

装配、维修分册

下册

第二版



中国劳动出版社

全国技工学校机械类通用教材

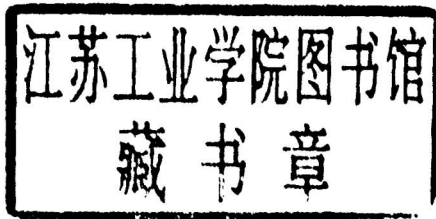
钳工工艺学

下 册

装配、维修分册

(第二版)

劳动部培训司组织编写



中国劳动出版社

(京) 新登字114号

本书是根据劳动部培训司修订的全国技工学校机械类《钳工工艺学教学大纲》进行修订，供技工学校招收初中毕业生使用的统编教材。

本书分上、下册，上册为钳工工艺学基础部分（钳工公用），下册分模具分册（模具钳工用）和装配、维修分册（装配维修钳工用）。本分册主要内容包括：装配的基础知识、固定连接的装配、传动机构的装配、轴承和轴组装配、普通车床的结构、普通车床总装配工艺、设备修理的基本知识、钻床夹具及内燃机的工作原理和构造。

本书也可作为青工培训和职工自学用书。

本书修订时，得到天津市劳动局、天津电子仪表局技工学校、天津拖拉机厂技工学校、湘潭电机厂技工学校、株洲市中级技工学校和天津市第四机床厂的大力支持，在此表示感谢。

本书第一、二版均由王兴民、卢士铎、聂雁庭编写。王兴民主编，第一版审稿郑国明，第二版由李振欧、连昌奇审稿，李振欧主审。

钳工工艺学

(下 册)

装配、维修分册

(第二版)

劳动部培训司组织编写

责任编辑：王绍林

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街1号)

北京印刷二厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 11.25印张 274千字

1986年11月北京第1版 1991年1月北京第2版

1995年4月北京第16次印刷 印数：30100册

ISBN 7-5045-0615-X/TG·063(课) 定价：6.80元

第一版前言

为了适应技工学校逐步转向以招收初中毕业生为主的教学要求，我局于一九八三年七月委托部分省、市劳动人事厅(劳动局)，分别组织编写了适合初中毕业生使用的技工学校机械类通用工种各课程所需的教材。这次组织编写的有语文、数学、物理、化学、工程力学、机械基础、金属材料与热处理、电工学、机械制图(配套使用的有机械制图习题集)、车工工艺学(配套使用的有车工工艺学习题集)、车工生产实习、钳工工艺学、钳工生产实习、铸工工艺学、铸工生产实习、铆工工艺学、机械制造工艺基础等十七种。其中语文、数学、物理、化学非机械类工种也可以选用。其他课程的教材，以后将陆续组织编写。

上述十七种教材，是按照党的教育方针，本着改革的精神组织编写的。在内容上，力求作到理论与实际相结合，符合循序渐进的要求，从打好基础入手，突出机械类技工学校生产实习教学的特点，密切联系我国机械工业的生产实际，并且尽量反映工业生产中采用新材料、新设备、新技术、新工艺的成就，以便使培养出来的学生，能够具有一定的文化知识，比较系统地掌握专业技术理论和一定操作技能，为今后的进一步提高打下基础。

这次组织编写教材的工作，由于时间比较紧促，经验不足，缺点和错误在所难免，希望使用教材的同志提出批评和改进意见，以便再版时修订。

劳动人事部培训就业局

一九八四年

第二版说明

全国技工学校通用教材和配套使用的习题集，自1984年相继问世以来，对技工学校的教学和企业的工人培训发挥了重要作用，受到了广大读者的欢迎。但是通过教学实践，也反映出教材中有些内容偏多、偏深、偏难，联系生产实际不够，教材之间分工、配合与协调不够；还有某些差错。为了进一步提高教学质量，适应技工学校和职业培训的需要，我司会同劳动人事出版社组织原编审人员和有关人员，对教材进行了修订。

这次修订教材，强调要准确把握培养目标的基本业务技术要求；注意结合实际，精心选材；努力协调各门教材的关系，力争分工更为合理，衔接配合更为紧密；尽量减少差错。

组织修订教材的工作，和前段组织编审教材的工作一样，得到了北京、上海、天津、辽宁、黑龙江、吉林、陕西、四川、山东、江苏、湖南、湖北、广东、广西、河南、新疆等省市区劳动局(厅)的大力支持和协助，我们表示感谢。

修订后的教材还可能存在缺点和不足，欢迎使用教材的同志和读者提出意见。

劳动部培训司

1989年8月

目 录

第十章 装配的基础知识	1
§ 10.1 装配工艺概述	1
§ 10.2 装配前的准备工作	2
§ 10.3 装配尺寸链	6
§ 10.4 装配工艺规程	14
习 题	17
第十一章 固定连接的装配	18
§ 11.1 螺纹连接的装配	18
§ 11.2 键连接的装配	24
§ 11.3 销连接的装配	28
§ 11.4 过盈连接的装配	29
习 题	31
第十二章 传动机构的装配	32
§ 12.1 带传动机构的装配	32
§ 12.2 链传动机构的装配	34
§ 12.3 齿轮传动机构的装配	36
§ 12.4 蜗杆传动机构的装配	43
§ 12.5 螺旋机构的装配	45
§ 12.6 液压传动装置的装配	46
习 题	50
第十三章 轴承和轴组的装配	52
§ 13.1 滑动轴承的装配	52
§ 13.2 滚动轴承的装配	55
§ 13.3 轴组的装配	59
习 题	67
第十四章 普通车床结构	68
§ 14.1 金属切削机床型号简介	68
§ 14.2 CA6140型普通车床	73
§ 14.3 CA6140型普通车床的传动系统	75
§ 14.4 CA6140型普通车床的典型机构	83
习 题	92
第十五章 普通车床总装配工艺	93
§ 15.1 常用装配工具和量具	93

§ 15.2	床身与床脚的安装	97
§ 15.3	溜板配刮与床身装配工艺	99
§ 15.4	溜板箱、进给箱及主轴箱的安装	102
§ 15.5	普通车床的试车和验收	106
	习 题	117
第十六章	设备修理的基本知识	118
§ 16.1	设备修理概述	118
§ 16.2	设备修理的工作过程和修理与起吊的安全技术	119
§ 16.3	设备拆卸知识	120
§ 16.4	设备磨损零件的修换标准和更换原则	123
§ 16.5	典型零件的修理	124
§ 16.6	设备液压系统故障分析及排除	129
	习 题	130
第十七章	钻床夹具	131
§ 17.1	机床夹具的基本概念	131
§ 17.2	工件在夹具中的定位	132
§ 17.3	工件在夹具中加工时的定位误差	142
§ 17.4	工件在夹具中的夹紧	147
§ 17.5	常用钻床夹具的类型	149
	习 题	153
第十八章	内燃机的工作原理和构造	156
§ 18.1	概述	156
§ 18.2	内燃机的工作原理	157
§ 18.3	内燃机的构造	159
	习 题	171

第十章 装配的基础知识

10.1 装配工艺概述

机械产品一般是由许多零件和部件组成。零件是机器制造的最小单元，如一根轴、一个螺钉等。部件是两个或两个以上零件结合成为机器的一部分。按技术要求，将若干零件结合成部件或若干个零件和部件结合成机器的过程称为装配。前者称为部件装配，后者称为总装配。部件是个通称，部件的划分是多层次的，直接进入产品总装的部件称为组件；直接进入组件装配的部件称为第一级分组件；直接进入第一级分组件装配的部件称为第二级分组件，其余类推。产品越复杂，分组件的级数越多。

一、装配工艺过程

产品的装配工艺包括以下四个过程：

1. 装配前的准备工作主要是下列工作。

(1) 熟悉产品装配图、工艺文件和技术要求，了解产品的结构、零件的作用以及相互连接关系。

(2) 确定装配方法、顺序和准备所需要的工具。

(3) 对装配的零件进行清洗，去掉零件上的毛刺、铁锈、切屑、油污。

(4) 对某些零件还需要进行刮削等修配工作，有些特殊要求的零件还要进行平衡试验、密封性试验等。

2. 装配工作 结构复杂的产品，其装配工作常分为部件装配和总装配。

(1) 部件装配 指产品在进入总装以前的装配工作。凡是两个以上的零件组合在一起或将零件与几个组件结合在一起，成为一个装配单元的工作，均称为部件装配。

(2) 总装配 指将零件和部件结合成一台完整产品的过程。

3. 调整、检验和试车阶段

(1) 调整工作是指调节零件或机构的相互位置、配合间隙、结合程度等，目的是使机构或机器工作协调。如轴承间隙、镶条位置、蜗轮轴向位置的调整。

(2) 精度检验包括几何精度检验和工作精度检验等。如车床总装后要检验主轴中心线和床身导轨的平行度、中拖板导轨和主轴中心线的垂直度以及前后两项尖的等高。工作精度一般指切削试验，如车床进行车圆柱或车端面试验。

(3) 试车是试验机构或机器运转的灵活性、振动、工作温升、噪声、转速、功率等性能是否符合要求。

4. 喷漆、涂油、装箱 机器装配好之后，为了使其美观、防锈和便于运输，还要做好喷漆、涂油、装箱工作。

二、装配工作组织形式

装配组织的形式随着生产类型和产品复杂程度而不同。机器制造中的生产类型可分三类：

1. 单个地制造不同结构的产品, 并很少重复, 甚至完全不重复, 这种生产方式称为单件生产。单件生产的装配工作多在固定的地点, 由一个工人或一组工人, 从开始到结束进行全部的装配工作。如夹具、模具的装配就属于此类。这种组织形式的装配周期长, 占地面积大, 需要大量的工具和装备, 并要求工人具有全面的技能。

2. 在一定的时期内, 成批地制造相同的产品, 这种生产方式称为成批生产。成批生产时装配工作通常分为部件装配和总装配, 每个部件由一个工人或一组工人来完成, 然后进行总装配。如机床的装配属于此类。

这种将产品或部件的全部装配工作安排在固定地点进行的装配, 称为固定式装配。

3. 产品制造数量很庞大, 每个工作地点经常重复地完成某一工序, 并具有严格的节奏性, 这种生产方式称为大量生产。在大量生产中, 把产品装配过程划分为部件、组件装配, 使每一工序只由一个或一组工人来完成。同时只有当从事装配工作的全体工人, 都按顺序完成了所担负的装配工序以后, 才能装配出产品。工作对象(部件或组件)在装配过程中, 有顺序地由一个或一组工人转移给另一个(或一组)工人。这种转移可以是装配对象的移动, 也可以由工人移动。通常把这种装配组织形式叫作流水装配法。为了保证装配工作的连续性, 在装配线所有工作位置上, 完成某一工序的时间都应相等或互成倍数。在大量生产中, 由于广泛采用互换性原则, 并使装配工作工序化, 因此装配质量好, 效率高, 生产成本低, 是一种先进的装配组织形式。如汽车、拖拉机的装配一般属于此类。

三、装配工序及装配工步划分

通常将整台机器或部件的装配工作分成装配工序和装配工步顺序进行。由一个工人或一组工人在不更换设备或地点的情况下完成的装配工作, 叫做装配工序。用同一工具, 不改变工作方法, 并在固定的位置上连续完成的装配工作, 叫做装配工步。在一个装配工序中可包括一个或几个装配工步。部件装配和总装配都是由若干个装配工序组成。

§ 10.2 装配前的准备工作

一、装配零件的清理和清洗

在装配过程中, 零件的清理和清洗工作对提高装配质量、延长产品使用寿命具有重要的意义。特别是对于轴承、精密配合件、液压元件、密封件以及有特殊清洗要求的零件更为重要。清理和清洗工作做得不好, 会使轴承发热和过早失去精度, 也会因为污物和毛刺划伤配合表面, 使相对滑动的工作面出现研伤, 甚至发生咬合等严重事故。由于油路堵塞, 相互运动的零件之间得不到良好的润滑, 使零件磨损加快。为此, 装配过程中必须认真做好零件的清理和清洗工作。

1. 零件的清理 它包括: 清除零件上残存的型砂、铁锈、切屑、研磨剂等, 特别是要仔细清除小孔、沟槽等易存杂物的角落。对箱体、机体内部, 清理后应涂以淡色油漆。

清除非加工表面, 如铸造机座、箱体时, 可用镊子、钢丝刷清除其上型砂和铁渣, 清理加工面上的铁锈、油漆则用刮刀、锉刀、砂布清除。

清理后, 用毛刷、皮风箱或压缩空气清理干净。重要的配合面, 清理时要注意保持其精度。

2. 零件的清洗

(1) 零件清洗方法 在单件和小批生产中,零件在洗涤槽内用棉纱或泡沫塑料擦洗或进行冲洗。在成批大量生产中,则用洗涤机清洗零件。常用洗涤机有固定清洗装置和超声波清洗装置等。

(2) 常用清洗液 常用清洗液有汽油、煤油、柴油和化学清洗液。

① 工业汽油,主要用于清洗油脂、污垢和一般粘附的机械杂质,适用于清洗较精密的零部件。航空汽油用于清洗质量要求高的零件。

② 煤油和柴油的用途与汽油相似,但清洗能力不及汽油,清洗后干燥较慢,但比汽油安全。

③ 化学清洗液,又称乳化剂清洗液,对油脂、水溶性污垢具有良好的清洗能力。这种清洗液配制简单,稳定耐用,无毒,不易燃,使用安全,以水代油,节约能源。如105清洗剂、6501清洗剂,可用于冲洗钢件上以机油为主的油垢和机械杂质。

(3) 清洗时注意事项

① 对于橡胶制品,如密封圈等零件,严禁用汽油清洗,以防发胀变形,而应使用酒精或清洗液进行清洗。

② 清洗零件时,可根据不同精度的零件,选用棉纱或泡沫塑料擦拭。滚动轴承不能使用棉纱清洗,防止棉纱头进入轴承内,影响轴承装配质量。

③ 清洗后的零件,应等零件上的油滴干后,再进行装配,以防油污影响装配质量。同时清洗后的零件不应放置时间过长(暂不装配的零件应妥善保管),防止脏物和灰尘弄脏零件。

④ 零件的清洗工作,可分为一次性清洗和二次性清洗。零件在第一次清洗后,应检查配合表面有无碰损和划伤,齿轮的齿部和棱角有无毛刺,螺纹有无损坏。对零件的毛刺和轻微碰损的部位应进行修整。修整时可用油石、刮刀、砂布、细锉进行去刺修光,但应注意不要损伤零件。经过检查修整后的零件,应再进行二次性清洗。

二、零件的密封性试验

对于某些要求密封的零件,如机床的液压元件,油缸、阀体、泵体等,要求在一定压力下不允许发生漏油、漏水或漏气的现象,也就是要求这些零件在一定的压力下具有可靠的密封性。但是,由于零件在铸造过程中容易出现砂眼、气孔及疏松等缺陷,致使工作中液体或气体产生渗漏。因此在装配前应进行密封性试验,否则将对机器的质量带来很大的影响。

成批生产中,可以对零件进行有意识的抽查,对加工表面有明显的疏松、砂眼、气孔、裂痕等缺陷的零件,不能轻易放过。密封试验有气压法和液压法两种。试验的压力,可按图样或工艺文件规定。

1. 气压法 图10.1所示为适用于承受工作压力较小的零件。试验前,首先将零件各孔全部封闭(用压盖或塞头),然后浸入水中,并向工件内部通入压缩空气。此时密封的零件在水中应没有气泡。当有渗漏时,可根据气泡密度来判定零件是否符合技术要求。

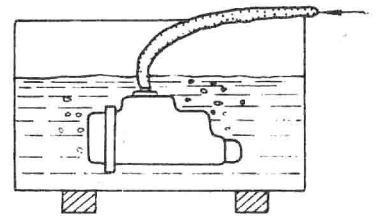


图10.1 气压试验

2. 液压法 对于容积较小的密封试验零件,可采用手动油泵进行油压试验。图10.2所示为五通滑阀阀体试验。试验前,两端装好密封圈和端盖,并用螺钉均匀紧固,各螺钉孔用锥螺塞拧紧,装上接头,使之与油泵相连接。然后用手动油泵将油注入

阀体内部，并使液体达到一定压力，仔细观察阀体各部分是否有泄漏、渗透等现象，即可判定阀体的密封性。

对于容积较大的零件，可采用机动油泵试验。

三、旋转件的平衡

机器中的旋转件（如带轮、飞轮、叶轮及各种转子等）由于材料密度不均、本身形状对旋转中心不对称、加工或装配产生误差等原因，造成重心与旋转中心发生偏移，在其径向截面上产生不平衡重量（也称不平衡量）。当旋转件旋转时，因有不平衡量而产生离心力，其大小与不平衡量大小、不平衡量偏心距离及转速平方成正比。其方向随旋转而周期性变化，使旋转中心无法固定，引起机械振动，从而使机器工作精度降低、零件寿命缩短、噪声增大，甚至发生破坏性安全事故。

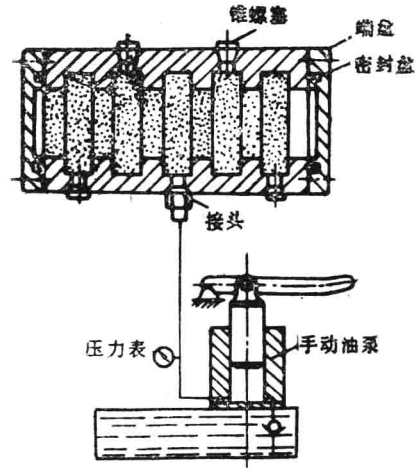


图10.2 液压试验

1. 旋转件不平衡的形式

(1) 静不平衡 图10.3所示为旋转件在径向各截面上有不平衡量，由此产生的离心力合力通过旋转件重心，不会引起使旋转轴线倾斜的力矩，这种不平衡称为静不平衡。静不平衡特点是：静止时，不平衡量自然地处于铅垂线下方。旋转时，不平衡离心力只产生垂直旋转轴线方向的振动。

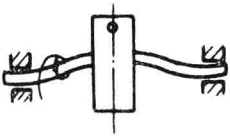


图10.3 零件静不平衡情况

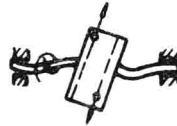
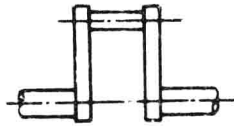
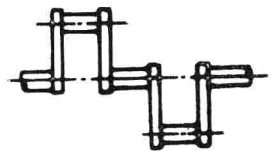


图10.4 零件的动不平衡



(2) 动不平衡 图10.4所示为旋转件在径向各截面上有不平衡量，且由此产生的离心力将形成不平衡力矩，所以旋转件旋转时不仅会产生垂直旋转轴的振动，而且还会产生使旋转轴倾斜的振动，这种不平衡称为动不平衡。

2. 旋转件的平衡方法 对旋转零件作消除不平衡的工作，称为平衡。旋转件静不平衡的消除称为静平衡法；而动不平衡的消除称为动平衡法。

(1) 静平衡法 首先确定旋转件上不平衡量的大小和位置，然后去除或抵消不平衡量对旋转的不良影响。

① 静平衡的步骤

1) 将待平衡的旋转件装上芯轴后，放在平衡支架上。平衡支架的支承应采用圆柱形或棱形，如图10.5所示。支承面应坚硬、光滑，并有较高直线度、平行度，准确调至水平。以使旋转件在其上滚动时有较高灵敏度。

2) 用手轻推旋转体使其缓慢转动，待自动静止后在旋转件正下方作记号，重复转动若干次，使所作记号位置确实不变，则为不平衡量方向。

3) 在与记号相对部位粘贴一定重量 m 的橡皮泥，使 m 对旋转中心产生的力矩，恰好等

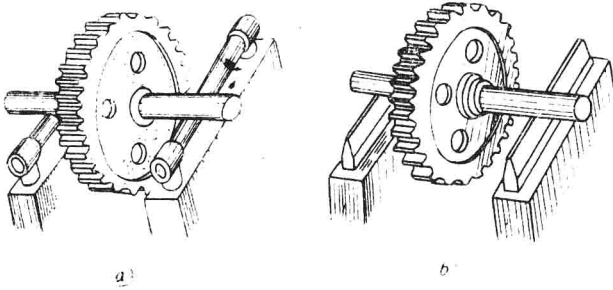


图10.5 静平衡装置

a) 圆柱式平衡架 b) 棱形平衡架

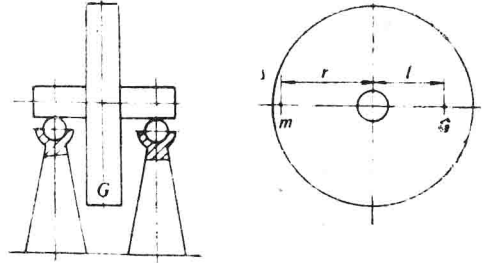


图10.6 静平衡法

于不平衡量 G 对旋转中心产生的力矩，即 $mr = Gl$ ，如图10.6所示。此时，旋转件获得静平衡。

4) 去掉橡皮泥，在其所在部位加上相当于 m 的重块，或在不平衡量处（与 m 相对直径上 l 处）去除一定重量（ G ）。待旋转件可在任意角度均能在支承架上停留时，静平衡即告结束。

② 静平衡应用 静平衡只能平衡旋转件重心的不平衡，无法消除不平衡力矩。因此，静平衡只适用于“长径比”较小（如盘类旋转件）或长径比虽较大但转速不太高的旋转件。

(2) 动平衡 对于长径比较大或转速较高的旋转件，通常都要进行动平衡。

动平衡不仅要平衡离心力，而且还要平衡离心力所组成的力矩。动平衡的力学原理如图10.7所示。

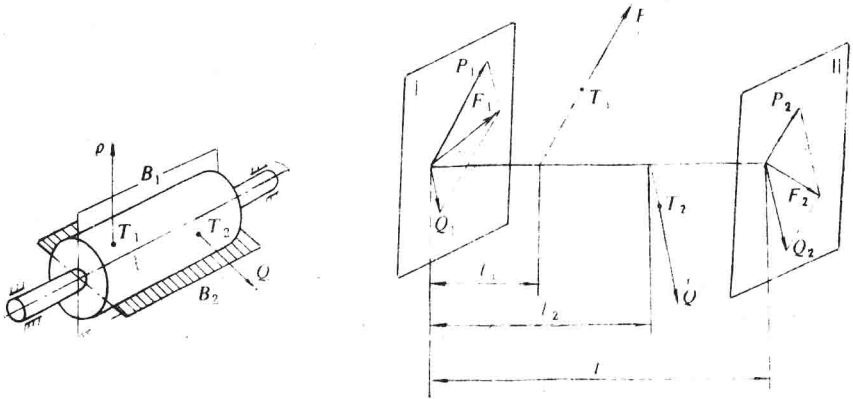


图10.7 动平衡的力学原理

假设转子存在两个不平衡量 T_1 和 T_2 ，当转子旋转时，产生离心力分别为 P 和 Q 。 P 在 B_1 平面内， Q 在 B_2 平面内， P 和 Q 都垂直于轴线。为平衡这两个力，在转子上选择两个与轴线垂直的径向截面 I 和 II 作为动平衡的校正面，利用力的平移原理将 P 和 Q 沿 B_1 和 B_2 平面，分别分解到 I 和 II 这两个校正平面上。

根据力的平移原理，它们应满足以下方程：

$$P = P_1 + P_2$$

$$P_1 l_1 = P_2 (l - l_1)$$

解该方程组得：

$$P_1 = \left(1 - \frac{l_1}{l}\right)P$$

$$P_2 = \frac{l_1}{l}P$$

同理:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 l_2 = Q_2 (l - l_2)$$

解得:

$$Q_1 = \left(1 - \frac{l_2}{l}\right)Q$$

$$Q_2 = \frac{l_2}{l}Q$$

在 I 平面将 P_1 、 Q_1 合成 F_1 ，在 II 平面将 P_2 、 Q_2 合成为 F_2 。显然 F_1 和 F_2 与 P 和 Q 是等效的。如果在 F_1 和 F_2 两力的对面各加一相应的平衡重量，使它们产生的离心力分别为 $-F_1$ 和 $-F_2$ ，那末，转子就被动平衡了。

动平衡在动平衡机上进行，把被平衡转子按其工作状态安装在动平衡机的轴承中，转子旋转时由于不平衡量产生离心力造成动平衡机轴承振动，通过仪器测量轴承振动值，便可确定在校正平面上需要增减平衡量的大小和位置。经过反复的驱动、测量和增减平衡重量后，转子逐步获得动平衡。

§ 10.3 装配尺寸链

一、装配精度

产品的装配过程不是简单地将有关零件连接起来的过程。每一步装配工作都应满足预定的装配要求，即应达到一定的装配精度。一般产品装配精度包括零件、部件间距离精度（如齿轮与箱壁轴向间隙）、相互位置精度（如平行度、垂直度等）、相对运动精度（如车床溜板移动对主轴的平行度）、配合精度（间隙或过盈）及接触精度等。

二、装配尺寸链的基本概念

机器及部件都是由零件组成的。显然，零件精度对装配精度有直接影响。

例如，齿轮孔与轴配合间隙 $A\Delta$ 的大小，与孔径 A_1 及轴径 A_2 的大小有关（图 10.8 a）；又如齿轮端面和机体孔端面配合间隙 $B\Delta$ 的大小，与机体孔端面距离尺寸 B_1 、齿轮宽度 B_2 及垫圈厚度 B_3 的大小有关（图 10.8 b）；再如机床溜板和导轨之间配合间隙 $C\Delta$ 的大小，与尺寸 C_1 、 C_2 及 C_3 的大小有关（图 10.8 c）

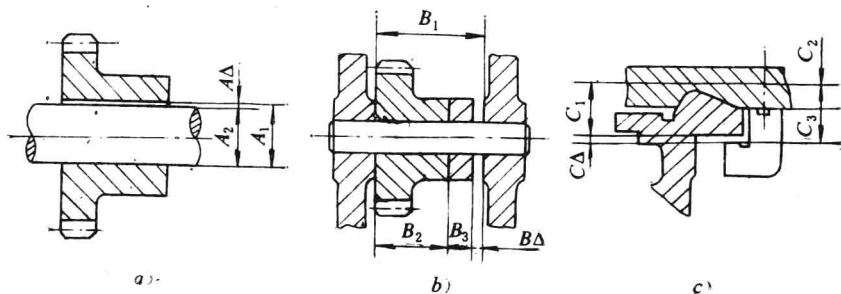


图 10.8 装配尺寸链

1. 装配尺寸链定义 如果把这些影响某一装配精度的有关尺寸彼此按顺序地连接起来, 可构成一个封闭外形。所谓装配尺寸链, 就是指这些相互关联尺寸的总称。

装配尺寸链有两个特征:

- (1) 各有关尺寸联接成封闭的外形;
- (2) 构成这个封闭外形的每个尺寸的偏差都影响装配精度。

2. 装配尺寸链简图 装配尺寸链可在装配图中找出。为简便起见, 通常不绘出该装配部分的具体结构, 也不必按严格的比例, 而只是依次绘出各有关尺寸, 排列成封闭外形的尺寸链简图。图10.8所示的三种情况, 其尺寸链简图如图10.9所示。

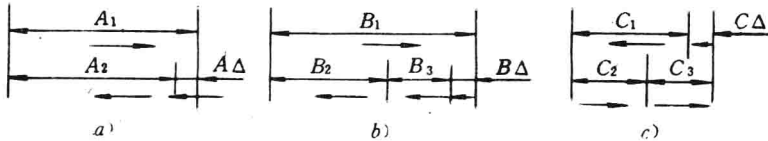


图10.9 尺寸链简图

3. 装配尺寸链中专门术语

(1) 尺寸链的环 构成尺寸链的每一个尺寸都称为“环”。每个尺寸链至少要有三个环。

(2) 封闭环 在零件加工或机器装配过程中, 最后自然形成(间接获得)的尺寸, 称为封闭环。一个尺寸链只有一个封闭环, 用 $A\Delta$ 、 $B\Delta$ 、 $C\Delta$ 等表示。装配尺寸链中, 封闭环即装配技术要求。

(3) 组成环 尺寸链中除封闭环以外的其余尺寸, 称为组成环。同一尺寸链中的组成环, 用同一字母表示, 如 A_1 、 A_2 、 A_3 、 B_1 、 B_2 、 B_3 、 C_1 、 C_2 、 C_3 等。

(4) 增环 在其他组成环不变的条件下, 当某组成环增大时, 封闭环随之增大, 那么该组成环称为增环。图10.9中 A_1 、 B_1 、 C_2 、 C_3 为增环。增环用符号 \vec{A}_1 、 \vec{B}_1 、 \vec{C}_2 、 \vec{C}_3 表示。

(5) 减环 在其他组成环不变的条件下, 当某组成环增大时, 封闭环随之减小, 那么该组成环称为减环。图10.8中 A_2 、 B_2 、 B_3 、 C_1 为减环。用符号 \overleftarrow{A}_2 、 \overleftarrow{B}_2 、 \overleftarrow{B}_3 、 \overleftarrow{C}_1 表示。

增环、减环也可用简易方法判断: 由尺寸链任一环的基面出发, 绕其轮廓一周, 以相反方向回到这一基面。如果所指方向与封闭环相反的为增环, 所指方向与封闭环相同的为减环, 如图10.9所示。

4. 封闭环极限尺寸及公差 由尺寸链简图可以看出, 封闭环的基本尺寸 = (所有增环基本尺寸之和) - (所有减环基本尺寸之和)

$$A\Delta = \sum_m \vec{A}_i - \sum_n \overleftarrow{A}_i \quad (10.1)$$

式中 Σ —— 是数学符号, 代表“总和”、“连续相加”的意思;

m —— 增环的数目;

n —— 减环的数目。

封闭环极限尺寸与各组成环极限尺寸的关系, 可由下列假定得出:

(1) 当所有增环都为最大极限尺寸, 而减环都为最小极限尺寸时, 则封闭环必为最大极限尺寸。可用下式表示为

$$A\Delta_{\max} = \sum_m \vec{A}_{i_{\max}} - \sum_n \overleftarrow{A}_{i_{\min}} \quad (10.2)$$

式中 $A_{\Delta_{\max}}$ ——封闭环最大极限尺寸;
 $\vec{A}_{i_{\max}}$ ——各增环最大极限尺寸;
 $\vec{A}_{i_{\min}}$ ——各减环最小极限尺寸;
 m ——增环数;
 n ——减环数。

(2) 当所有增环都为最小极限尺寸, 而减环都为最大极限尺寸时, 则封闭环必为最小极限尺寸, 可用下式表示为

$$A_{\Delta_{\min}} = \sum_m \vec{A}_{i_{\min}} - \sum_n \vec{A}_{i_{\max}} \quad (10.3)$$

式中 $A_{\Delta_{\min}}$ ——封闭环最小极限尺寸;
 $\vec{A}_{i_{\min}}$ ——各增环最小极限尺寸;
 $\vec{A}_{i_{\max}}$ ——各减环最大极限尺寸。

式 (10.2)、(10.3) 两式相减, 可得封闭环公差为

$$\delta\Delta = \sum_{m+n} \delta_i \quad (10.4)$$

式中 $\delta\Delta$ ——封闭环公差;
 δ_i ——各组成环公差。

式 (10.4) 表明, 封闭环的公差等于各组成环的公差之和。

例1.1 图10.8b所示齿轮轴装配, 要求装配后齿轮端面和箱体孔端面之间, 具有0.1~0.3mm的轴向间隙。已知 $B_1 = 80_{0}^{+0.1}$ 、 $B_2 = 60_{-0.06}^0$ 、问 B_3 尺寸应控制在什么范围内才能满足装配要求?

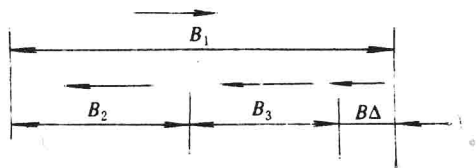


图10.10 尺寸链简图

解: ① 根据题意绘尺寸链简图 (图10.10)。

② 确定封闭环、增环、减环 B_{Δ} 、 \vec{B}_1 、

\vec{B}_2 、 \vec{B}_3 。

③ 列尺寸链方程式, 计算 B_3 。

$$B_{\Delta} = B_1 - (B_2 + B_3)$$

$$B_3 = B_1 - B_2 - B_{\Delta} = 80 - 60 - 0 = 20$$

④ 确定 B_3 极限尺寸。

$$B_{\Delta_{\max}} = B_{1_{\max}} - (B_{2_{\min}} + B_{3_{\min}})$$

$$B_{\Delta_{\max}} = B_{1_{\max}} - B_{2_{\min}} - B_{3_{\min}}$$

$$B_{3_{\min}} = B_{1_{\max}} - B_{2_{\min}} - B_{\Delta_{\max}}$$

$$= 80.1 - 59.94 - 0.3$$

$$= 19.86 \text{ mm}$$

$$B_{\Delta_{\min}} = B_{1_{\min}} - (B_{2_{\max}} + B_{3_{\max}})$$

$$B_{\Delta_{\min}} = B_{1_{\min}} - B_{2_{\max}} - B_{3_{\max}}$$

$$B_{3_{\max}} = B_{1_{\min}} - B_{2_{\max}} - B_{\Delta_{\min}}$$

$$= 80 - 60 - 0.1$$

$$= 19.9 \text{ mm}$$

$$B_3 = 20_{-0.14}^{+0.19}$$

三、装配精度与零件制造精度间关系

由于封闭环公差之和等于组成环公差之和，装配精度直接取决于零件制造公差。这将提高被装配零件的加工要求，提高成本。如果在装配时采取一定的工艺措施，如装配时对工件进行测量，挑选；对某一装配件进行修配；调整装配件位置等。虽然零件制造精度较低也能保证装配要求。所以零件精度是保证装配精度的基础，但装配精度并不完全取决于零件精度。

在长期的装配实践中，为合理解决装配精度与零件制造精度的关系，创造了不同装配方法。其中，装配精度完全依赖于零件制造精度的装配方法是完全互换法，精度不完全取决于零件制造精度的装配方法有选配法、修配法和调整法。

四、装配尺寸链解法

不论在生产中采用哪种装配方法，都需要应用尺寸链的概念，验算装配精度。装配精度或装配技术要求，常常是装配尺寸链的封闭环。

对与某项装配精度有关的尺寸所组成的尺寸链进行正确分析，根据装配精度（即封闭环公差）合理分配各组成环公差的过程，叫解尺寸链。它是保证装配精度、降低产品制造成本、正确选择装配方法的重要依据。

1. 完全互换法 按完全互换法进行装配时，装配精度由零件制造精度保证。在同类零件中，任取一个装配零件，不经修配即可装入部件中，并能达到规定的装配要求，这种装配方法称为完全互换法。

完全互换法的特点：

- (1) 装配操作简便，生产效率高。
- (2) 容易确定装配时间，便于组织流水装配线。
- (3) 零件磨损后，便于更换。
- (4) 零件加工精度要求高，制造费用随之增加，因此适于组成件数少、精度要求不高或大批量生产采用。

根据完全互换装配法的要求解有关的装配尺寸链，叫完全互换法解尺寸链。其工艺计算一般步骤如下：

例1.2 图10.11 a 所示齿轮箱部件，装配要求为轴向窜动量为 $A_{\Delta} = 0.2 \sim 0.7 \text{mm}$ 。已知 $A_1 = 122 \text{mm}$ ， $A_2 = 28 \text{mm}$ ， $A_3 = A_6 = 5 \text{mm}$ ， $A_4 = 140 \text{mm}$ ，试用完全互换法解此尺寸链。

解：① 根据题意绘出尺寸链简图，并校验各环基本尺寸，图10.11 b 所示为尺寸链简图，其中 A_1 、 A_2 为增环， A_3 、 A_4 、 A_6 为减环， A_{Δ} 为封闭环。

$$\begin{aligned} A_{\Delta} &= (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_6) \\ &= (122 + 28) - (5 + 140 + 5) \\ &= 0 \end{aligned}$$

可见各环基本尺寸确定无误。

② 确定各组成环尺寸公差及极限尺寸 首先求出封闭环公差：

$$\delta_{\Delta} = 0.7 - 0.2 = 0.5 \text{mm}。$$

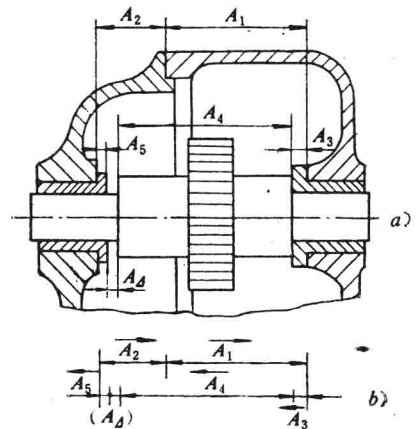


图10.11 齿轮轴装配图

根据 $\delta_{\Delta} = \sum_{m+n} \delta_i = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 = 0.50\text{mm}$, 同时考虑加工难易程度, 合理分配各

环尺寸公差:

$$\delta_1 = 0.20, \delta_2 = 0.10, \delta_3 = \delta_5 = 0.05, \delta_4 = 0.10.$$

再按“入体原则”分配偏差。

$$A_1 = 122^{+0.20}_0, A_2 = 28^{+0.10}_0, A_3 = A_5 = 5^{-0.05}_0$$

③确定协调环 为了满足装配精度要求, 应在各组成环中保留一个组成环, 其极限尺寸由封闭环极限尺寸方程式来确定, 此环称协调环。一般以便于制造及可用通用量具测量的尺寸充当。

$$\begin{aligned} A_{4\min} &= A_{1\max} + A_{2\max} - A_{3\min} - A_{5\min} - A_{\Delta\max} \\ &= 122.20 + 28.10 - 4.95 - 4.95 - 0.7 \\ &= 139.70(\text{mm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{4\max} &= A_{1\min} + A_{2\min} - A_{3\max} - A_{5\max} - A_{\Delta\min} \\ &= 122 + 28 - 5 - 5 - 0.2 \\ &= 139.80(\text{mm}) \end{aligned}$$

$$\therefore A_4 = 140^{-0.20}_{-0.30}$$

2. 选择装配法 选择装配法是将尺寸链中组成环的公差放大到经济可行的程度, 然后选择合适的零件进行装配, 以保证规定的装配精度, 即封闭环精度。

选择装配法有直接选配法和分组选配法两种。

(1) 直接选配法是由装配工人直接从一批零件中选择“合适”的零件进行装配。这种方法比较简单, 其装配质量凭工人的经验和感觉来确定, 但装配效率不高。

(2) 分组选配法是将一批零件逐一测量后, 按实际尺寸的大小分成若干组, 然后将尺寸大的包容件(如孔)与尺寸大的被包容件(如轴)相配; 将尺寸小的包容件与尺寸小的被包容件相配。这种装配方法的配合精度决定于分组数, 增加分组数可以提高装配精度。

分组选配法的特点是:

① 经分组选择后零件的配合精度高。

② 因零件制造公差放大, 所以加工成本降低。

③ 增加了对零件的测量分组工作量, 并需要加强对零件的储存和运输的管理。同时会造成半成品和零件的积压。

分组选配法是在大批量生产中, 装配精度要求很高, 组成环数较少时, 达到装配精度常用的方法。

例1.3 图10.12为某发动机内直径为 $\phi 28\text{mm}$ 的活塞销与活塞孔的装配示意图。它们装配技术要求规定, 销子与销孔的冷态装配时, 应有 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 的过盈量。试用分组装配法解该尺寸链并确定各组成环的偏差值。轴、孔的经济公差均为 0.02mm 。

解: ① 先按完全互换法确定各组成环的公差和偏差值:

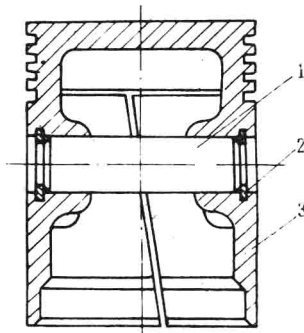


图10.12 活塞与活塞销装配简图

1—活塞销 2—挡圈 3—活塞