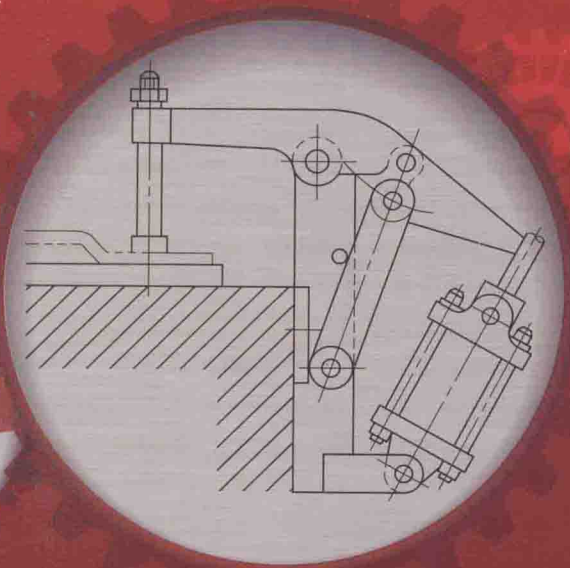
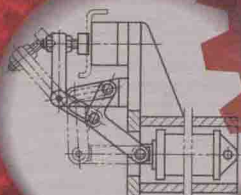
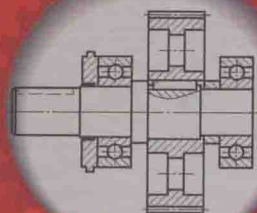


钟翔山 主编

机械设备装配

JIXIE SHEBEI
ZHUANGPEI
QUANCHENG
TUJIE

全程 图解



化学工业出版社

钟翔山 主编

机械设备装配

JIXIE SHEBEI
ZHUANGPEI
QUANCHENG
TUJIE

全程 图解



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设备装配全程图解/钟翔山主编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-122-19758-0

I. ①机… II. ①钟… III. ①机械设备-设备安装-图解 IV. ①TH182-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 026436 号

责任编辑: 贾 娜

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 刘丽华

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: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 472 千字 2014 年 7 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: 78.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

机械设备是现代社会从事生产和服务的重要装备,其应用领域非常广泛,遍布各行各业,甚至能源和材料生产部门,以及家庭和个人生活,也无不需要机械设备。随着工业技术的进步,机械设备正朝着自控、成套和机电一体化方向发展,同时,伴随着新材料、新技术、新工艺和信息技术的发展,机械设备的体积、重量和技术含量已经都发生了很大变化。

机械设备装配是一项重要而又细致的技术工作,其涉及的专业面很宽,工作范围很广,且与其他专业工种联系紧密,其所装配的机械设备质量很大程度上取决于操作人员的技术水平。为满足行业对技能型人才的需要,我们从实际需求出发,结合机械设备的发展方向及新时期对机械设备装配操作的要求,精心编写了本书。

本书结合大量图片,详细讲解了机械设备装配的方法与技能,主要内容包括:装配操作技术基础、装配工艺技术基础、常见连接的装配、典型传动机构的装配、机械设备的装配、机械设备装配的检验等。本书针对机械设备装配的实际需要及要求,对其操作步骤、过程、要点、注意事项等多方面内容做了细致讲解,并分析了重点工艺。书中选用了丰富的图例,力求图文并茂,内容翔实,以便于读者的理解与运用。本书语言通俗易懂、叙述简明扼要、力求突出实用性、针对性和先进性。

本书可供从事机械设备装配工作的工程技术人员使用,也可供高校相关专业师生学习参考。

本书由钟翔山主编,钟礼耀、钟翔屿、孙东红、钟静玲、陈黎娟副主编,参加资料整理与编写的有曾冬秀、周莲英、周彬林、刘梅连、欧阳勇、周爱芳、周建华、胡程英、彭英、周四平、李拥军、李卫平、周六根、曾俊斌,参与部分文字处理工作的有钟师源、孙雨暄、欧阳露、周宇琼、付英、刘玉燕等。全书由钟翔山整理统稿,钟礼耀、钟翔屿、孙东红校审。本书编写过程中,得到了同行及有关专家、高级技师的热情帮助、指导和鼓励,在此一并表示由衷的感谢!

由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,热诚希望广大读者与专家批评指正。

编者

目录 contents

第1章 机械设备装配概述

1.1 机械设备的构成	1	1.3 装配的作用及组织形式	3
1.2 机械设备的装配方式	2		

第2章 装配操作技术基础

2.1 测量	7	2.6.2 刮削的操作方法	34
2.1.1 测量误差及量具的选用	7	2.7 研磨	40
2.1.2 测量的方法	16	2.7.1 研磨的工具与应用	40
2.2 划线	19	2.7.2 研磨的操作方法	43
2.2.1 常用的划线工具与应用	19	2.8 钻孔、扩孔、铰孔和铰孔	46
2.2.2 划线的步骤和方法	21	2.8.1 钻孔的设备与工具	47
2.3 锯割	22	2.8.2 钻孔的操作方法	50
2.3.1 锯割的工具与应用	22	2.8.3 扩孔的操作	55
2.3.2 锯割的操作方法	22	2.8.4 铰孔的操作	57
2.4 銼削	24	2.8.5 铰孔的操作	58
2.4.1 銼削的工具与应用	24	2.9 攻螺纹	60
2.4.2 銼削的操作方法	25	2.9.1 螺纹的组成要素	61
2.5 锉削	27	2.9.2 攻螺纹的工具	63
2.5.1 锉削的工具与应用	27	2.9.3 攻螺纹的操作	64
2.5.2 锉削的操作方法	29	2.10 套螺纹	70
2.6 刮削	32	2.10.1 套螺纹的工具	70
2.6.1 刮削的工具与应用	32	2.10.2 套螺纹的操作方法	71

第3章 装配工艺技术基础

3.1 装配工艺规程	73	3.4.3 过盈连接装配	96
3.2 装配尺寸链	76	3.5 旋转零部件的平衡	101
3.3 保证装配精度的方法	81	3.5.1 静平衡的调整方法	102
3.4 装配机械设备的工艺方法	86	3.5.2 动平衡的调整方法	103
3.4.1 装配精度的检测	86	3.6 装配、调试工作中的注意事项	105
3.4.2 空箱定位装配	88		

第4章 常见连接的装配

4.1 螺纹连接的装配	107	4.6.1 滚动轴承的类型及选用	126
4.1.1 螺纹连接的形式及特点	107	4.6.2 滚动轴承的装配方法及要点	127
4.1.2 螺纹连接的装配方法及要点	108	4.7 轴组的装配方法及要点	132
4.2 键连接的装配	113	4.8 焊接	134
4.2.1 键连接的类型及应用	113	4.8.1 焊条电弧焊的焊接过程及设备	134
4.2.2 键连接的装配方法及要点	114	4.8.2 焊条电弧焊的操作	138
4.3 销连接的装配	115	4.8.3 焊接构件的装配方法及要点	143
4.3.1 销的基本形式及应用	116	4.9 铆接	149
4.3.2 销连接的装配方法及要点	116	4.9.1 铆接的基本形式及加工工具	149
4.4 常见过盈连接形式的装配方法及要点	117	4.9.2 铆接的装配方法及要点	152
4.5 滑动轴承的装配	119	4.10 粘接	155
4.5.1 滑动轴承的类型及选用	120	4.10.1 胶黏剂的性能及粘接接头的选择	155
4.5.2 滑动轴承装配的方法及要点	122	4.10.2 粘接的操作方法及要点	156
4.6 滚动轴承的装配	126	4.11 咬接	166

第5章 典型传动机构的装配

5.1 带传动机构的装配	169	5.5.2 螺旋传动机构的装配方法及要点	189
5.1.1 带传动的原理及主要形式	169	5.6 联轴器的装配	192
5.1.2 带传动机构的装配方法及要点	170	5.6.1 联轴器的结构及使用	192
5.2 链传动机构的装配	174	5.6.2 联轴器的装配方法及要点	195
5.2.1 链传动的原理及传动链的结构	174	5.7 离合器的装配	197
5.2.2 链传动机构的装配方法及要点	175	5.7.1 离合器的结构及应用	197
5.3 齿轮传动机构的装配	177	5.7.2 离合器的装配方法及要点	200
5.3.1 齿轮传动机构的原理及类型	177	5.8 制动器的装配	201
5.3.2 齿轮传动机构的装配方法及要点	178	5.9 液压传动系统的装配	202
5.4 蜗杆传动机构的装配	184	5.9.1 液压传动系统的组成及工作原理	203
5.4.1 蜗杆传动的原理及类型	184	5.9.2 常见液压元件的结构及应用	204
5.4.2 蜗杆传动机构的装配方法及要点	185	5.9.3 液压传动系统的装配方法及要点	213
5.5 螺旋传动机构的装配	188		
5.5.1 螺旋传动的类型及应用	188		

第6章 机械设备的装配

6.1 装配的工作内容及步骤	219	6.4.3 柴油机总体装配	234
6.2 零部件装配的一般工艺要求	220	6.4.4 整机装配的注意事项	234
6.3 减速器的装配	221	6.5 车床的装配	235
6.4 柴油机的装配	225	6.5.1 车床装配的要求	235
6.4.1 柴油机组装要领	226	6.5.2 车床总装的顺序	236
6.4.2 柴油机部件组装	226	6.5.3 车床总装的工艺要点	239

6.5.4 车床总装后的精度检验	243	6.8.1 机床各部件的组装连接	260
6.6 铣床的装配	246	6.8.2 数控系统的连接与调试	261
6.7 精密大型设备的安装要点	249	6.8.3 机床精度和功能的调试	263
6.8 数控设备的安装与调试	260		

第 7 章 机械设备装配的检验

7.1 装配质量的检验内容与要求	264	7.2.4 电气系统的装配质量	267
7.2 机床装配质量的检验	265	7.2.5 机床的运转试验	268
7.2.1 机床装配质量	265	7.2.6 机床工作精度的检验	270
7.2.2 机床液压系统的装配质量	265	7.3 数控机床精度的检测	270
7.2.3 润滑系统的装配质量	266	7.4 数控设备性能的检查	275

参 考 文 献

机械设备装配概述

1.1

机械设备的构成

机械设备是机器与机构的总称。机器是执行机械运动的装置，它的各部分之间具有确定的相对运动，并能代替或减轻人类的体力劳动，完成有用的机械功或实现能量的转换；而机构是用来传递运动和力的构件系统。构件系统中有一个构件为机架，构件系统是用运动副连接起来的。与机器相比较，机构也是人为实体（构件）的组合，各运动实体之间也具有确定的相对运动，但不能做机械功，也不能实现能量转换。

机器与机构的区别在于：机器的主要功用是利用机械能做功或实现能量的转换；机构的主要功用在于传递或转变运动的形式。例如航空发动机、机床、轧钢机、纺织机和拖拉机等都是机器，而钟表、仪表、千斤顶、机床中的变速装置或分度装置等都是机构。通常的机器必包含一个或一个以上的机构。图 1-1 所示的单缸内燃机，其中就有一个曲柄连杆机构，用来将汽缸内活塞的往复运动转变为曲柄（曲轴）的连续转动。

如果不考虑做功或实现能量转换，只从结构和运动的观点来看，机器和机构二者之间没有区别，因此，习惯上机械设备又俗称为机器。

（1）机器的特性

机器的种类繁多，其构造、性能和用途也各不相同，但是从机器的组成部分与运动的确定性和机器的功能关系来分析，所有机器都具有以下三个共同的特性。

① 任何机器都是由许多构件组合而成的。如图 1-1 所示的单缸内燃机，是由汽缸、活塞、连杆、曲轴、轴承等构件组合而成的。

② 各运动实体之间具有确定的相对运动。如图 1-1 所示的活塞

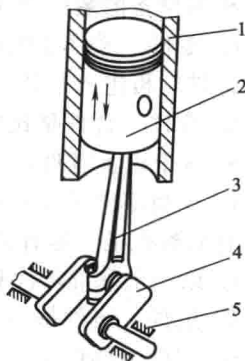


图 1-1 单缸内燃机
1—汽缸；2—活塞；3—连杆；
4—曲轴；5—轴承



2 相对汽缸 1 的往复移动, 曲轴 4 相对两端轴承 5 的连续转动。

③ 能实现能量的转换、代替或减轻人类的劳动, 完成有用的机械功。例如: 发电机可以把机械能转换为电能; 运输机器可以改变物体在空间的位置; 金属切削机床能够改变工件的尺寸、形状; 计算机可以变换信息等。

(2) 机器的种类

机器可分为发动机(原动机)和工作机两种。

发动机是将非机械能转换成机械能的机器。例如电动机是将电能转换成机械能的机器, 内燃机是将热能转换成机械能的机器。

工作机是用来改变被加工物料的位置、形状、性能、尺寸和状态的机器。工作机是利用机械能来做有用功的机器, 例如车床、铣床、磨床等金属切削机床都是工作机。

(3) 机器的组成

机器基本上是由动力部分、工作部分和传动装置三部分组成。动力部分是机器动力的来源。常用的发动机(原动机)有电动机、内燃机和空气压缩机等。工作部分是直接完成机器工作任务的部分, 处于整个传动装置的终端, 其结构形式取决于机器的用途。例如金属切削机床的主轴、拖板、工作台等。传动装置是将动力部分的运动和动力传递给工作部分的中间环节。例如金属切削机床中常用的带传动、螺旋传动、齿轮传动、连杆机构、凸轮机构等。机器中应用的传动方式主要有机械传动、液压传动、气动传动及电气传动等。

在自动化机器中, 除上述三部分外, 还有自动控制部分。

1.2

机械设备的装配方式

一台机器设备是由许多零件组成的, 根据其不同结构和作用, 可分为若干部分或分系统, 而各部分又是由若干零部件组成的。如一台机床可分为主轴箱部分、进给机构部分、液压和电气等部分。

通常, 所说的装配就是根据机械设备的不同结构, 依次完成上述各个工作部分的装配。而在机械设备的具体装配时, 为了便于组织装配工作, 往往又必须将机器以及机器的各工作部分分解为若干个可以独立进行装配的装配单元, 以便按照单元次序进行装配并有利于缩短装配周期。

(1) 机械设备的装配单元

机械设备的装配单元通常可划分为 5 个等级。

① 零件 零件是组成机械和参加装配的最基本单元。大部分零件都是预先装成合件、组件和部件, 再进入总装。

② 合件 合件是比零件大一级的装配单元。下列情况皆属合件。

- 两个以上零件, 是由不可拆卸的连接方法(如铆、焊、热压装配等)连接在一起。
- 少数零件组合后还需要合并加工, 如齿轮减速箱体与箱盖、柴油机连杆与连杆盖, 都是组合后镗孔的, 零件之间对号入座, 不能互换。
- 以一个基准零件和少数零件组合在一起。

③ 组件 组件是一个或几个合件与若干个零件的组合。

④ 部件 部件由一个基准件和若干个组件、合件和零件组成。如主轴箱、进给箱等。

⑤ 机械设备 机械设备是由上述全部装配单元组成的整体。

(2) 机械设备的装配过程

机器的装配就是依照机器的结构依次完成机器组件装配、部件装配、总装配和运行调试的

过程。

① 组件装配 组件装配就是将若干个零件装配在一个基础零件上而构成组件的过程。组件可作为基本单元进入装配。例如，齿轮减速箱中的大轴组件就是由大轴及其轴上的各个零件构成的一个组件，其装配顺序如图 1-2 所示，装配操作步骤如下。

- a. 将各零件修毛刺、洗净、上油。
- b. 将键配好，压入大轴键槽。
- c. 压装齿轮。
- d. 装上垫套，压装右端轴承。
- e. 压装左端轴承。
- f. 在透盖内孔油毡槽内放入毡圈，然后套进轴上。完成组件的装配。

② 部件装配 部件装配就是将若干个零件、组件装配在另一个基础零件上而构成部件的过程。部件是装配中比较独立的部分。例如齿轮减速箱。

③ 总装配 总装配就是将若干个零件、组件、部件装配在产品的基础零件上而构成产品的过程。例如一台机器。

如图 1-3 所示为一台中等复杂程度的圆柱齿轮减速箱。可以把轴、齿轮、键、左右轴承、垫套、透盖、毡圈的组合视为大轴组装，如图 1-2 所示。而整台减速箱则视为若干其他零件、组件装配在箱体这个基础零件上的部装。减速箱经过调试合格后，再和其他部件、组件和零件组合后装配在一起，就组成了一台完整机器，这就是总装配。

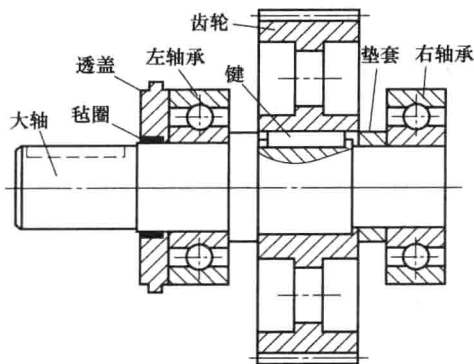


图 1-2 大轴组件装配图

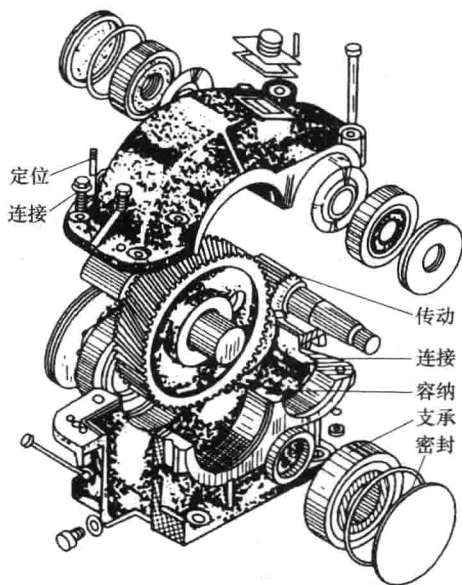


图 1-3 减速箱

1.3

装配的作用及组织形式

按照规定的技术要求，将若干个零件组装成部件或将若干个零件和部件组装成产品的过程，称为装配。更明确地说：把已经加工好，并经检验合格的单个零件，通过各种形式，依次将零部件连接或固定在一起，使之成为组件、部件或产品的过程叫装配。

就生产过程来说，产品的质量主要取决于产品的结构设计（设计水平）、零件的加工（加

工质量)和机器的装配(装配精度)三个阶段。装配是整个机器制造工艺过程中的最后一个环节,通过装配才能形成最终的产品,它主要包括装配、调整、检验和试验等工作,并保证所装配的机器具有规定的精度和设计确定的使用功能以及质量要求等。

(1) 装配工作的重要性

装配操作是一项重要而又细致的工作,其工作质量直接影响到所装配产品的质量,好的装配操作能弥补零部件加工的某些不足,如果装配不当,即使所有的零件加工质量合格,也不一定能够生产出合格、优质的产品。具体说来,装配工作具有以下重要性。

① 只有通过装配才能使若干个零件组合成一台完整的产品。

② 产品质量和使用性能与装配质量有着密切的关系,即装配工作的好坏,对整个产品的质量起着决定性的作用。

③ 有些零件精度并不很高,但经过仔细修配和精心调整后,仍能装出性能良好的产品。

(2) 装配的操作过程

装配的操作过程称为装配工艺过程,一般由装配前的准备,装配,调整、精度检验及试车,喷漆、涂油及装箱四个阶段组成。各阶段的操作内容通常由装配工艺规程给出具体的指导,因此,从一定程度来说,装配操作就是一个按照装配工艺规程的具体内容进行规范操作的过程。各阶段的主要工作主要有以下几方面的内容。

① 装配前的准备 装配前的准备阶段主要有以下方面的工作内容。

a. 研究和熟悉产品装配图及有关的技术资料,了解产品的结构,各零件的作用,相互关系及连接方法。

b. 确定装配方法、装配顺序。

c. 清理装配时所需的工具、量具和辅具。

d. 对照装配图清点零件、外购件、标准件等。

e. 对装配零件进行清理和清洗。除去零件上的毛刺、锈蚀、切屑、油污以及其他污物等,以获得所需的清洁度。这些处理对提高装配质量、延长零件使用寿命都很有必要。

f. 对重要部件的尺寸和形状、位置公差进行检查测量。对某些零件还需进行装配前的钳加工(如:刮削、修配、平衡试验、配钻、铰孔等)。有的要进行平衡试验、渗漏试验和气密性试验等。

② 装配工作 一般说来,装配工作只需操作人员在掌握一定的操作技能之后按装配工艺规程的要求进行装配即可。但对于比较复杂的产品,生产加工中,装配工作则划分为组件、部件装配和总装配等多个操作阶段完成。

a. 组件、部件装配。组件、部件装配指产品在进入总装配之前的装配工作。把产品划分成若干个装配单元是保证缩短装配工作周期的基本措施。因为划分成若干个装配单元,不仅可以在装配工作中组织平行装配作业,扩大装配工作面,而且还能使装配工作按流水线组织生产或组织协作生产。同时各处装配单元能够预先调整试验,各部分可以以比较完善的状态参与总装配,有利于保证产品的装配质量。

b. 总装配。总装配是把零件、组件和部件装配成最终产品的工艺过程,简称总装。产品的总装通常在工厂的装配车间(或装配工段)内进行。但是在有些情况下(如重型机床、大型汽轮机和大型泵等),产品在制造厂内只能进行部装工作,而最终的产品必须在产品的使用安装现场完成总装工作。

③ 调整、精度检验及试车 调整、精度检验及试车阶段主要的操作内容有:

a. 调整工作就是调节零件或机构的相互位置、配合间隙、结合松紧等,目的是使机构或机器工作协调(如轴承间隙、镶条位置、齿轮轴向位置的调整等)。

b. 精度检验就是用量具或量仪对产品的工作精度、几何精度进行检验,直至达到技术要

求为止。精度检验包括工作精度检验、几何精度检验等。如车床总装后要检验主轴中心线和床身导轨的平行度误差、中滑板导轨和主轴中心线垂直度误差以及前后两顶尖的等高度误差等。工作精度检验一般指切削试验,如车床进行车圆柱面、车端面及车螺纹试验。

c. 试机包括机构或机器运转的灵活性、工作温升、密封性、振动、噪声、转速、功率和寿命等方面的检查。

④ 喷漆、涂油及装箱 喷漆是为了防止不加工面锈蚀和使产品外表美观。涂油是使产品工作表面和零件的已加工表面不生锈。装箱是为了便于运输。具体的操作内容及要求需要结合装配工序进行。

(3) 装配的组织形式

一台机械产品往往由成千至上万个零件所组成,为便于装配生产工作的有序进行,企业必须按照一定的装配组织形式进行生产,装配作业组织的好坏,不但影响到装配效率和周期,有时还直接影响到机械设备的装配质量。

通常企业根据生产类型的不同,会针对性地采用不同的装配组织形式。生产类型一般可分为三类:单件生产、成批生产和大量生产。各类生产类型及其装配组织形式具有以下特点。

① 单件生产 单件生产指生产件数很少,甚至完全不重复生产的,单个制造的一种生产方式。单件生产装配组织形式具有以下特点。

a. 地点固定。

b. 用人少(从开始到结束只需一个或一组工人即可),从开始到结束把产品的装配工作进行到底。

c. 装配时间长、占地面积大。

d. 需大量的工具和装备,要求修配和调整的工作较多,互换性较少。

e. 要求工人具有较全面的技能。

② 成批生产 成批生产指每隔一定时期后,成批地制造相同产品的生产方式。成批生产装配组织形式具有以下特点。

a. 一般可分先部装后总装,每个部件由一个或一组工人来完成,然后进行总装。

b. 装配工作常采用移动式。

c. 对零件可预先经过选择分组,达到部分零件互换的装配。

d. 可进入流水线生产,装配效率较高。

③ 大量生产 大量生产指产品的制造数量很庞大,各工作地点经常重复地完成某一工序,并有严格的节奏性的一种生产方式。大量生产装配组织形式具有以下特点:

a. 每个工人只需完成一道工序,这样对质量有可靠的保证。

b. 占地面积小,生产周期短。

c. 工人并不需要有较全面的技能,但对产品零件的互换性要求高。

d. 可采用流水线,自动线生产,生产效率高。

表 1-1 列出了 3 种生产类型装配工艺的特点。

表 1-1 三种生产类型装配工艺的特点

项目	单件生产	成批生产	大量生产
基本特征	产品经常变换,不定期重复生产,生产周期较长	产品在系列化范围内变动,分批交替投产,或多品种同时投产,生产活动在一定时期内重复	产品固定,生产活动长期重复
组织形式	多采用固定装配,也可采用固定流水线装配	笨重而批量不大的产品,多采用固定流水线装配,多品种可变节拍流水线装配	多采用流水装配线;有间歇、变节拍等移动方式,还可采用自动装配线

续表

项目	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
工艺方法	以修配法及调整法为主,互换件比例较小	主要采用互换法,同时也灵活采用调整法、修配法、合并法等节约装配费用	完全互换法装配,允许有少量简单调整
工艺过程	一般不制订详细工艺文件,工序与工艺可灵活调度与掌握	工艺过程划分须适合批量大小,尽量使生产均衡	工艺过程划分较细,力求达到高度均衡性
工艺装备	采用通用设备及通用工装,夹具多采用组合夹具	通用设备较多,但也采用一定数量的专用工装,目前多采用组合夹具和通用可调夹具	专业化程度高,宜采用专用高效工装,易于机械化、自动化
手工操作要求	手工操作比重大,要求工人有较高的技术水平和多方面的工艺知识	手工操作占一定比重,技术水平要求较高	手工操作比重小,熟练程度易于提高,便于培训新人
应用实例	重型机床和重型机器,大型内燃机,汽轮机、大型锅炉,水泵,模夹具,新产品试制	机床、机车车辆,中小型锅炉,飞机,矿山采掘机械,中小型水泵等	汽车,拖拉机,滚动轴承,自行车,手表

第2章

装配操作技术基础

2.1

测量

在机械设备的装配操作过程中,除需用计量器具对参与装配的工件进行测量外,还需经常用计量器具对所装配的零部件进行检测,以便及时了解装配的状况,以保证装配的精度和质量。

2.1.1 测量误差及量具的选用

计量器具根据其测量使用场合的不同,可分为:长度量具、角度量具两大类。常用的长度量具主要有:钢直尺、游标卡尺、高度尺、深度尺、塞尺、半径样板尺、百分表、量块等;角度量具主要有:直角尺、万能角度尺、正弦规等。此外,在装配和调整机械设备水平或垂直位置,测量其工作面的直线度、平面度、垂直度、平行度等形位公差时,还常需选用水平仪、光学平直仪等量仪。

熟悉常用量具、量仪的性能及结构特点,掌握其正确的使用方法,是装配操作的前提及基础,此外,装配人员还应能根据被测工件尺寸的大小、精度正确选用与之相适应的量具、量仪。而要正确地选用量具进行测量,首先必须对测量误差进行分析。

(1) 测量的误差

正确的测量,保证测量数值的精准是保证装配质量及精度的重要因素之一,但由于计量器具、测量方法、人员素质等众多原因,造成测量结果不可避免地存在着误差。因此,任何测量结果都不是被测值的真值。但是,通过分析误差的规律、种类和原因,可以采取的措施减小测量误差。

① 测量误差的种类 测量误差按其性质的不同可分为系统误差、随机误差和过失误差三大类。

a. 系统误差。在同一条件下对同一个量多次重复测量时,其误差值的正、负号始终保持

不变；或者当条件改变时，其误差按一定的规律变化，这类误差称作系统误差。前者称常值性系统误差，后者称变值性系统误差。系统误差可以通过分析和计算得出其数值和符号的正或负，然后对测量结果加入相应的值进行修正，以消除或减小其影响。

b. 随机误差。在同一条件下对同一个量多次重复测量时，其误差的大小和符号没有规律，这种误差称为随机误差。随机误差没有规律，无法修正，在足够多的重复测量中，出现正负误差的概率大致相同。因此，可用增加测量次数而取其平均值的方法使其正、负误差相互抵消。这样就可以减小随机误差对测量结果的影响。

c. 过失误差。过失误差，又称反常误差或粗大误差。由于使用了不合格的计量器具、操作错误或读数错误等人为的主观失误；或者由于外界特殊原因（如严重的冲击、振动等）所引起的个别较大误差，称为过失误差或粗大误差。这种误差只能通过把多次测量结果进行分析比较才能发现，而后将其去除。

② 量具的基本计量参数 计量器具是检测工作的主要工具，要正确地选用，首先应特别注意到其基本计量参数，主要有以下方面。

a. 刻度间距。刻度间距是指标尺或刻度盘上两相邻刻线中心的距离。一般刻度间距为 $1\sim 2.5\text{mm}$ 。

b. 分度值。分度值又称为读数值，是指标尺或刻度盘上每一刻度间距所代表的量值。常用的分度值有 0.1mm 、 0.05mm 、 0.02mm 、 0.01mm 、 0.002mm 和 0.001mm 等。

c. 示值范围。示值范围是指计量器具标尺或刻度盘所指示的起始值到终止值的范围。

d. 测量范围。测量范围是指计量器具能够测出的被测尺寸的最小值到最大值的范围。如千分尺的测量范围就有 $0\sim 25\text{mm}$ 、 $25\sim 50\text{mm}$ 、 $50\sim 75\text{mm}$ 和 $75\sim 100\text{mm}$ 等多种。

e. 示值误差。示值误差指计量器具的指示值与被测尺寸真值之差。示值误差由仪器设计原理误差、分度误差、传动机构的失真等因素产生，可通过对计量器具的校验测得。

f. 校正值。校正值又称修正值。为消除示值误差所引起的测量误差，常在测量结果中加上一个与示值误差大小相等、符号相反的量值，这个量值就称为校正值。

③ 减小测量误差的方法 测量时，应尽量减小测量的误差，主要有以下方面的方法。

a. 减小测量器具本身的误差。应正确选择测量器具的灵敏度、量程范围，并定期校准及正确保养，保持器具有良好的使用状态和技术性能。

b. 减小因环境条件引起的测量误差。测量的标准温度是 20°C 。计量器具的标称尺寸及工件尺寸都是指标准温度下的尺寸。当偏离标准温度较多及工件热胀冷缩性较大时，必须考虑温度的影响。对于高精密度测量时，除温度外，还应考虑湿度、气压和振动等因素的影响。

c. 减小测量力及测量方法造成的误差。测量力是指计量器具的测量元件与被测工件表面接触时产生的机械压力。测量力过大会引起被测工件表面和计量器具的有关部分变形，在一定程度上降低测量精度；但测量力过小，也可能降低接触的可靠性，这些均能引起测量误差，应该引起注意，其对高精度的测量影响甚大。因此，必须合理控制测量力的大小，通常情况下测量力的控制范围为 $(800\pm 200)\text{g}$ 。

此外，还应合理选择测量基准和测点。

d. 减小人为主观因素造成的误差。操作人员必须熟悉计量器具的使用方法。认真检查所用器具是否合格，清除被测面的毛刺，操作时精神集中，认真负责，尽量避免操作、读数、计算等方面的失误。

(2) 常用量具的选用

根据零件的加工精度，合理选用好量具，并实施正确的测试方法是保证零件测量数值的准确性及其测量精度的重要因素之一。

① 零件的加工精度 做到合理地选用量具，必须考虑到零件的精度要求、零件的形状及

测量尺寸的大小，以便发挥量具的作用，延长其使用寿命，降低加工成本。零件的加工质量包括多种因素，属于机械加工的因素统称为加工精度。零件的机械加工精度分以下四类。

a. 尺寸精度。尺寸精度是指零件机加工后的尺寸准确程度，以公差来表示。零件的精度愈高，公差数值愈小。

b. 表面形状精度。表面形状精度是指零件机加工后，表面几何形状的准确程度，以形状偏差的大小来表示。形状偏差是机加工后，零件的实际形状和理想形状之间的偏差。

c. 相互位置精度。相互位置精度是指零件机加工后各表面之间、表面与轴线之间或轴线与轴线之间相互位置的准确程度，以位置偏差来表示。位置偏差是指零件各表面之间的实际相互位置，与理论上的相互位置之间的偏差。

d. 表面粗糙度。表面粗糙度是指零件机械加工后，表面的粗糙程度。

② 尺寸的测量量具 对高度、长度、厚度、深度、外径、内径等简单几何体的尺寸，选用测量量具时，一要考虑测量尺寸的大小，二要考虑测量精度，表 2-1~表 2-3 分别给出了游标卡尺、外径千分尺、百分表适用测量精度的范围。

表 2-1 游标卡尺的适用范围

mm

游标读数值	示 值 误 差	读 数 误 差	适用精度范围
0.02	0.02	± 0.02	IT12~IT16
0.05	0.05	± 0.05	IT13~IT16
0.10	0.10	± 0.10	IT14~IT16

表 2-2 外径千分尺的适用范围

级 别	适 用 范 围	级 别	适 用 范 围
0 级	IT6~IT16	1 级	IT7~IT16

表 2-3 百分表的基本参数

mm

精 度 等 级	示 值 误 差			适 用 范 围
	0~3	0~5	0~10	
0 级	0.009	0.011	0.014	IT6~IT14
1 级	0.014	0.017	0.021	IT6~IT16
2 级	0.020	0.025	0.030	IT7~IT16

如测量长度尺寸 145 ± 0.035 ，测量尺寸为 145，精度要求 ± 0.035 。可选用 $200 \times \frac{1}{50}$ 的游标卡尺或测量尺寸为 125~150 的外径百分尺，不仅保证能测尺寸 145，而测量精度分别为 0.02 及 0.01，保证测量准确。

再如测孔 $\phi 40^{+0.027}_0$ ，可选用测头尺寸为 35~50 的内径百分表，表 2-4 给出了常用测量范围内的内径百分表的技术参数。用 25~50 外径百分尺或量规按尺寸 40 对准内径百分表，将表针调至零位，即可进行测量。这种比较测量法的测量精度为 0.01mm。

表 2-4 内径百分表的基本参数

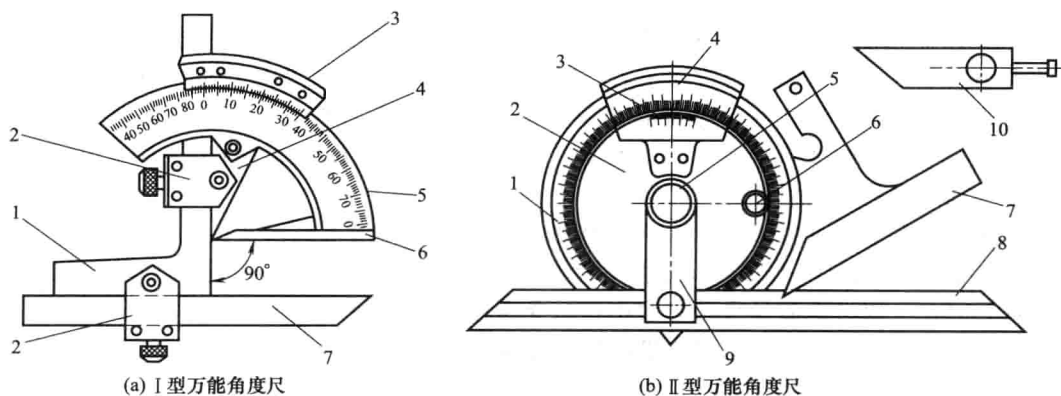
mm

测量范围	10~18	18~35	35~50	50~100	100~160	160~250	250~450
活动测头工作行程	0.8	1.0	1.2	1.6	1.6	1.6	1.6
示值误差	0.012	0.015	0.015	0.020	0.020	0.020	0.020

若孔的尺寸为 $\phi 40^{+0.17}_0$ ，因精度低，可直接用精度为 0.05mm 或 0.1mm 的游标卡尺进行测量。

③ 角度的测量量具 对于角度的测量量具,常用的有万能角度尺,此外,也可采用水平仪进行测量。

万能角度尺分I型万能角度尺 [结构见图 2-1 (a)] 和II型万能角度尺 [结构见图 2-1 (b)]。



(a) I型万能角度尺
1—直角尺; 2—套箍; 3—游标副尺; 4—扇形板;
5—主尺; 6—基准板; 7—直尺

(b) II型万能角度尺
1—圆盘主尺; 2—小圆盘副尺; 3—游标;
4—放大镜; 5—锁紧手轮; 6—微动手轮;
7—基尺; 8—直尺; 9—卡块; 10—附加直尺

图 2-1 万能角度尺的构造

万能角度尺的技术参数如表 2-5 所示。

表 2-5 万能角度尺的技术参数

形 式	测 量 范 围	游标读数	示 值 误 差
I 型	$0^{\circ} \sim 320^{\circ}$	$2', 5'$	$\pm 2', \pm 5'$
II 型	$0^{\circ} \sim 360^{\circ}$	$5', 10'$	$\pm 5', \pm 10'$

④ 表面几何形状的测量量具 零件几何形状的误差,在一般情况下不超过零件的尺寸公差;对于精度高的零件,由于使用性能的需要,几何形状误差要求也严,此时在零件图上应注明。

如某零件图上轴径尺寸注明 $\phi 30^{+0.033}_0$ 而没注明其他要求,测量时对轴的椭圆度等几何形状误差,以不超过 0.033 为合格;若图中技术条件要求轴径 $\phi 30^{+0.033}_0$ 的椭圆度不大于 0.015mm,此时轴的几何形状误差为 0.015mm 而不是 0.033mm。

高精度的零件,其几何形状误差可取尺寸公差的 $1/3 \sim 1/2$,对于尺寸公差数值较小的零件,可取其尺寸公差的 $2/3$ 。

a. 直线度的测量量具。直线度是指零件表面直线性误差的程度。不同的测量精度,可采用不同的测量方法,选用不同的量具。常见的测量方法及选用量具有以下几种。

第一种:塞尺插入法。即利用刀口尺、直尺、配合塞尺测量直线度。这种方法适于测量精度要求大于 0.02mm 的一般长度表面的直线度,测量方法如图 2-2 所示。

第二种:透光估测法。透光估测法的测量量具及方法如图 2-3 所示。主要用于对平面直线度的估测。

第三种:光缝比较法。光缝比较法测量平面的直线度用于平面直线度要求很高时的测量。测法是将直尺刀口放在被测表面上,观察其光缝的大小与标准光缝进行比较,以判断平面的直线度偏差。

标准光缝是用平板、刀口尺寸及块规组合而成,如图 2-4 所示。

在刀口尺两端与平板之间放两片尺寸为 1mm 的块规、中间按需要放不同尺寸的块规,如