

机械加工工艺

(第3版)

● 主编 武友德 苏 珉



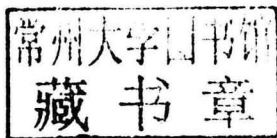
北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械加工工艺

(第3版)

主 编	武友德	苏 珉			
副主编	李亚利	吴 伟			
主 审	杨金凤	李珊琳			
参 编	项 东	王 毅	曾 荣	武明洲	
	冷真龙	卢万强	吴 勤	徐 斐	
	罗大兵	杨松凡	钟成明		



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共分为“课程认识”“机械加工精度”“机械加工工艺规程设计基础”“轴类零件的加工工艺设计”“盘、套类零件的加工工艺设计”“箱体零件的加工工艺设计”“螺纹加工方法及丝杠零件的加工工艺设计”“齿轮加工工艺设计”“数控车削加工工艺设计”“数控镗铣、加工中心加工工艺设计”“零件的特种加工工艺设计”等 11 个教学单元。

除了基础单元部分外，每个单元内容均按照“机械制造类专业的岗位能力要求”，分析本单元承担的任务，选择合适的载体，将实际生产案例有机地融入教材中，做到课堂教学与生产实际的有机结合。

本书可以作为高等院校机械制造类专业学生用书，也可作为企业技术人员的参考资料。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

机械加工工艺 / 武友德, 苏珉主编. —3 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 8
ISBN 978-7-5682-6153-1

I. ①机… II. ①武… ②苏… III. ①机械加工-工艺-高等学校-教材 IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 191691 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 382 千字

版 次 / 2018 年 8 月第 3 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 64.00 元

责任编辑 / 张旭莉

文案编辑 / 张旭莉

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言（第3版）

为了使“机械加工工艺”课程符合高素质高技能的技术应用型人才的培养目标和专业相关技术领域岗位的任职要求，课程开发团队按照“行业引领、企业主导、学校参与”的思路，经过认真分析机械制造企业中零件工艺编制、零件的生产制造等岗位的能力要求，制订了相应岗位的“职业能力标准”，依据该标准，明确课程内容，并按照企业相应岗位的工作流程对课程内容进行了组织。

本书的编写始终以“制造类专业岗位职业能力要求”所确定的该门课程所承担的典型工作任务为依托，以基于工厂“典型零件的加工”的真实加工过程为向导，结合企业生产实际零件制造的工作流程，分析完成每个流程所必需的知识和能力结构，归纳了“机械加工工艺”课程的主要工作任务，选择合适的载体，构建主体学习单元；按照任务驱动、项目导向的模式，以职业能力培养为重点，推行“校企合作、工学结合”的机制，将真实生产过程融入教学全过程。

本书由武友德教授、苏珉副教授担任主编，由李亚利副教授、吴伟教授级高工任副主编。由杨金凤副教授和李珊琳高级工程师联合担任主审。武友德教授编写第1、3、9教学单元，由杨松凡高级工程师提供相关资料，并协助编写。苏珉副教授编写第2教学单元，由钟成明提供相关资料，并协助编写。李亚利副教授编写第4教学单元，由徐斐高级工程师提供相关资料，并协助编写。项东高级工程师编写第5教学单元，由徐斐高级工程师提供相关资料，并协助编写。王毅副教授编写第6教学单元，由吴勤高级工程师提供相关资料，并协助编写。曾荣副教授编写第7教学单元，由吴勤高级工程师提供相关资料，并协助编写。武明洲讲师编写第8教学单元，由罗大兵高级工程师提供相关资料，并协助编写。卢万强副教授编写第10教学单元，由李珊琳高级工程师提供相关资料，并协助编写。冷真龙教授编写第11教学单元，由罗大兵高级工程师提供相关资料，并协助编写。

因该书涉及内容广泛，编者水平有限，难免出现错误和处理不妥之处，请读者批评指正。在此还要感谢区域内企业的大力支持。

编 者

AR 内容资源获取说明

——→扫描二维码即可获取本书 AR 内容资源！

Step1: 扫描下方二维码，下载安装“4D 书城”APP；

Step2: 打开“4D 书城”APP，点击菜单栏中间的扫码图标, 再次
扫描二维码下载本书；

Step3: 在“书架”上找到本书并打开，即可获取本书 AR 内容资源！



目 录

教学单元 1 课程认识	1
1.1 课程的性质和定位	1
1.2 该课程内容与其他课程内容的衔接	2
1.3 教学与学习方法	3
教学单元 2 机械加工精度	4
2.1 知识引入	4
2.1.1 加工精度的概念	5
2.1.2 加工误差的概念	5
2.1.3 加工精度的获取方法	5
2.1.4 影响机械加工精度的原始误差因素	7
2.1.5 原始误差与加工误差的关系	8
2.2 工艺系统的几何精度对加工精度的影响	9
2.2.1 机床制造误差及磨损	9
2.2.2 其他几何误差	15
2.3 工艺系统受力变形对加工精度的影响	16
2.3.1 基本概念	16
2.3.2 切削力对加工精度的影响	17
2.3.3 其他作用力对加工精度的影响	21
2.3.4 内应力重新分布对加工精度的影响	22
2.3.5 减少工艺系统受力变形的措施	22
2.4 工艺系统受热变形对加工精度的影响	23
2.4.1 工艺系统的热源	23
2.4.2 工艺系统热变形对加工精度的影响	23
2.4.3 减小工艺系统热变形的措施	25
2.5 保证和提高加工精度的途径	25
2.5.1 误差预防技术	25
2.5.2 误差补偿技术	26
复习与思考题	26
教学单元 3 机械加工工艺规程设计基础	28
3.1 知识引入	28
3.2 基本概念	29

3.3 零件图样的工艺分析	36
3.4 毛坯的选择及热处理	38
3.4.1 毛坯的选择	38
3.4.2 热处理方式及其工序安排	38
3.5 定位基准的确定	41
3.5.1 基准的概念及其分类	41
3.5.2 定位基准的选择	42
3.6 加工方案和加工顺序的确定	44
3.6.1 加工方案的确定	44
3.6.2 加工顺序的确定	48
3.7 加工余量、工序尺寸及公差的确定	50
3.7.1 加工余量及其确定	50
3.7.2 工序尺寸及其公差的确定	51
3.8 工序简图的绘制	54
3.9 切削用量的选择	55
3.10 工艺装备选择	57
3.11 时间定额及提高劳动生产率的工艺途径	57
3.11.1 时间定额	57
3.11.2 提高劳动生产率的工艺途径	58
3.12 填写工艺文件	60
复习与思考题	61
教学单元4 轴类零件的加工工艺设计	69
4.1 任务引入	69
4.2 相关知识	71
4.2.1 零件图样的工艺分析	71
4.2.2 材料、毛坯及热处理方式选择	72
4.2.3 轴类零件的常见加工表面及加工方法	73
4.2.4 轴类零件的加工方案	79
4.3 任务实施	80
4.3.1 编制并填写轴类零件的加工工艺文件	80
4.3.2 根据工艺文件, 设计工艺实施方案	85
复习与思考题	86
教学单元5 盘、套类零件的加工工艺设计	87
5.1 任务引入	87
5.2 相关知识	88
5.2.1 零件图样的工艺分析	88
5.2.2 材料、毛坯及热处理方式选择	89
5.2.3 盘、套类零件的常见加工表面及加工方法	89



5.2.4 盘、套类零件的加工方案	107
5.3 任务实施	109
5.3.1 编制并填写盘、套类零件的加工工艺文件	109
5.3.2 根据工艺文件,设计工艺实施方案	110
复习与思考题	112
教学单元6 箱体零件的加工工艺设计	113
6.1 任务引入	113
6.2 相关知识	113
6.2.1 零件图样的工艺分析	113
6.2.2 材料、毛坯及热处理方式选择	116
6.2.3 箱体类零件的常见加工表面及加工方法	116
6.2.4 制订箱体类零件加工工艺过程的共性原则	141
6.2.5 箱体类零件加工定位基准的选择	142
6.3 任务实施	145
6.3.1 编制并填写箱体类零件的加工工艺文件	145
6.3.2 根据工艺文件,设计工艺实施方案	146
复习与思考题	147
教学单元7 螺纹加工方法及丝杠零件的加工工艺设计	148
7.1 任务引入	148
7.2 相关知识	149
7.2.1 螺纹的分类及技术要求	149
7.2.2 螺纹的加工方法	149
7.3 编制丝杠加工工艺	151
复习与思考题	154
教学单元8 齿轮加工工艺设计	156
8.1 任务引入	156
8.2 相关知识	157
8.2.1 零件图样的工艺分析	157
8.2.2 齿轮的材料、毛坯及热处理	158
8.2.3 齿轮加工方案	159
8.3 任务实施	171
8.3.1 齿轮加工工艺过程设计分析	171
8.3.2 编制圆柱齿轮的加工工艺过程	175
复习与思考题	176
教学单元9 数控车削加工工艺设计	177
9.1 任务引入	177
9.2 相关知识	178
9.2.1 零件分析	178

9.2.2	数控车削工序的划分	179
9.2.3	工步顺序和进给路线的确定	180
9.2.4	数控车削加工刀具及切削用量的选择	181
9.2.5	数控车削加工的装夹与对刀	184
9.3	任务实施	187
9.3.1	数控车削加工工艺编制分析	187
9.3.2	填写数控车削加工工艺文件	189
	复习与思考题.....	190
教学单元 10 数控镗铣、加工中心加工工艺设计		192
10.1	任务引入	192
10.2	相关知识	195
10.2.1	数控镗铣、加工中心加工的类型对象	195
10.2.2	装夹方案的确定和夹具的选择	197
10.2.3	曲面的加工方法	198
10.2.4	零件的数控加工工艺过程分析	201
10.3	任务实施	204
10.3.1	支承套零件的数控加工工艺编制	204
10.3.2	异形支架零件的数控加工工艺编制	208
	复习与思考题.....	211
教学单元 11 零件的特种加工工艺设计		212
11.1	任务引入	212
11.2	相关知识	213
11.2.1	电火花成形加工	213
11.2.2	数控电火花线切割加工	233
11.2.3	超声加工	245
11.3	任务实施	247
11.3.1	凸模线切割加工工艺编制	247
11.3.2	凹模线切割加工工艺编制	248
	复习与思考题.....	249



教学单元 1

课程认识

1.1

课程的性质和定位

高职高专机械制造类专业，主要面向的是机械制造企业的设备操作、零件制造工艺与工装设计、产品装配与调试等岗位，培养高素质高技能的技术应用型人才。

随着科学技术的发展，对产品的要求越来越高。一方面产品的结构日趋复杂，另一方面精度和性能要求日益提高，再就是大力提倡低碳、绿色制造技术，因此对生产工艺提出了更高的要求。为适应这一新的趋势，必须紧跟当今世界先进的制造技术水平，采用低碳和环保的手段制造产品。

随着产品结构的复杂化，对制造产品的工艺设备——机床也相应地提出了高效率、高精度和高自动化等方面的要求。为满足人们的需要，产品需日益更新，且向多品种、单件、小批量的趋势发展。为了适应这种趋势，就必须找到一种能解决单件、小批量、多品种的问题，特别是复杂型面零件加工的自动化，并保证质量要求的设备，数控机床就是在此背景下产生的。数控机床加工技术是利用数控设备根据不同的工艺要求来完成零件加工的技术，应用技术水平的高低直接影响数控机床功能的发挥，从而影响产品的质量和生产效益。

产品的生产和制造，首先必须对产品的零件图样进行设计，然后分析零件图样的技术要求，确定加工方案，最后进行产品的加工。机械零件的制造离不开检测量具或量仪、刀具、夹具及机床等工艺装备，将这些项目列入具有专门格式要求的表格中，形成工艺文件。零件的制造工艺文件是指导生产不可缺少的技术文件，工艺文件所反映的主要内容包含零件生产

加工过程中所使用的刀具及参数、量具、机床设备、切削用量等。

“机械加工工艺”课程是机械制造类专业的一门主干专业课程，其培养目标就是要围绕生产加工岗位的能力要求，强化零件加工工艺的设计及应用能力的培养，使学生具备分析和解决生产过程中一般工艺问题的能力；能依据工艺文件的要求，合理选择刀具、机床和切削用量；能编制零件加工工艺文件，并具备现场工艺实施能力。

“机械加工工艺”课程，主要讲授机械质量概念、机械加工工艺规程的设计方法、常见典型零件的加工工艺设计以及特种加工工艺、数控车削加工工艺、数控镗铣、加工中心加工工艺等，使学生全面具备机械加工工艺编制与实施能力。

1.2 该课程内容与其他课程内容的衔接

“机械加工工艺”课程是机械制造类专业的一门主干专业课程，是学生学习完金属切削加工与刀具、机床夹具及应用、零件几何量检测及金属切削机床等主干专业课程的基础上，进行综合应用的一门课程，该课程与其他各课程之间衔接紧密，是培养学生零件加工工艺设计能力的主要课程。

在“金属切削加工与刀具”课程中，讲到了金属切削加工原理以及刀具的选择、加工质量的控制、切削用量的合理选择等知识，这些内容与“机械加工工艺”课程关联性极大，机械加工工艺的主要内容之一就是要合理的确定切削用量和正确的选择刀具，因此该课程知识点的掌握直接影响“机械加工工艺”课程的学习。

“机床夹具及应用”课程，主要讲授的是工件加工时的定位、安装及装夹，工件的装夹是离不开夹具的。这些内容与“机械加工工艺”课程的关联性极大，因为机械加工工艺主要反应如何把零件从毛坯加工到符合零件图样要求的全过程的方法和手段等，其中当然包含每种加工方法的零件的定位和装夹方式。由此可见，“机床夹具及应用”课程学的好与坏，也直接影响到“机械加工工艺”课程的学习。

“金属切削机床”课程，主要讲授的是加工机械零件的机床设备的性能及使用等，通过该课程的学习，学生能够根据实际的加工要求，合理地选择机床设备的规格、型号和技术要求。这些内容也是工艺设计的主要内容，可以说该门课程与“机械加工工艺”课程的衔接与相互关联性强。

“机械加工工艺”课程就是要把前面各主要课程的知识点进行综合应用，解决工艺设计问题。所以说，该课程是机械制造类专业重要的专业主干课程，只有学好该门课程才能保障机械制造类专业“工艺”核心能力的培养，才能保证专业培养目标的实现。



1.3

教学与学习方法

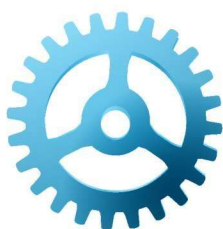
由于该门课程对理论与实践要求都很高，所以必须强化理论与实践的有机结合，要充分利用行业、企业优势，大力推行“校企合作、工学结合”的教学模式，做到理论与实践并重，强化应用能力的培养。

教师教学方法：

- (1) 采取任务驱动的教学模式；
- (2) 完善实践教学资源，开发多种教学手段；
- (3) 引入企业典型案例，理论联系实际开展教学。

学生学习方法：

- (1) 了解该门课程的重要性；
- (2) 重视该门课程，端正学习态度；
- (3) 强化理论钻研，拓展相关知识面；
- (4) 深入实验室认真做好实验；
- (5) 深入校内生产实训基地，全面了解企业生产过程，切实了解各类常用刀具及其在生产中的正确应用。

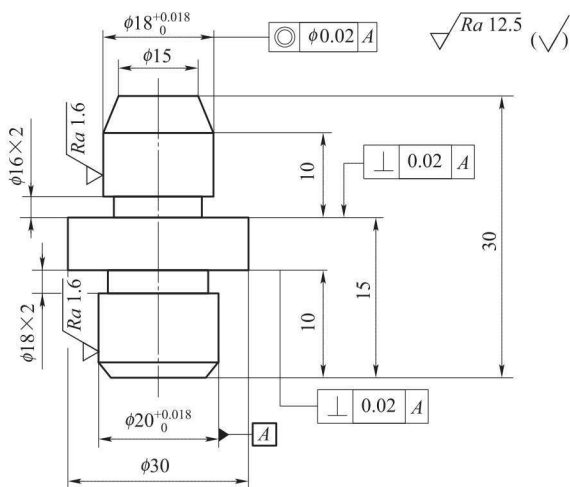


教学单元 2

机械加工精度

2.1 知识引入

如图 2-1 所示定位销轴，在加工时要考虑到工件尺寸精度、表面粗糙度、形状位置精度、热处理等方面的要求。那么哪些因素会影响到上述几个方面的要求呢？采用什么方法来保证上述要求呢？这是本单元要解决的问题。



技术要求

1. 尖角倒钝。
2. 防锈处理。
3. 热处理55~60HRC。
4. 材料T10A。

图 2-1 定位销轴



2.1.1 加工精度的概念

加工精度是指零件加工后的实际几何参数（尺寸、形状和位置）与理想几何参数的符合程度。加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度三个方面。

1) 尺寸精度

尺寸精度是指加工后零件表面本身或表面之间的实际尺寸与理想尺寸之间的符合程度。这里所说的理想尺寸是指零件图上所标注的有关尺寸的平均值。

2) 形状精度

形状精度是指加工后零件各表面的实际形状与表面理想形状之间的符合程度。这里所说的表面理想形状是指绝对准确的表面形状，如平面、圆柱面、球面、螺旋面等。

3) 位置精度

位置精度是指加工后零件表面之间的实际位置与表面之间理想位置的符合程度。这里所说的表面之间理想位置是绝对准确的表面之间位置，如两平面平行、两平面垂直、两圆柱面同轴等。

对于任何一个零件来说，其实际加工后的尺寸、形状和位置误差，若在零件图所规定的公差范围内，则在机械加工精度这个质量要求方面能够满足要求，即是合格品；若有其中任何一项超出公差范围，则是不合格品。

2.1.2 加工误差的概念

1) 加工误差

加工误差是指零件加工后的实际几何参数与理想几何参数的偏离程度。无论是用试切法加工一个零件，还是用调整法加工一批零件，加工后都会发现可能有很多零件在尺寸、形状或位置方面与理想零件有所不同，它们之间的差值分别称为尺寸、形状和位置误差。

2) 原始误差

造成零件加工后在尺寸、形状或位置加工误差的工艺因素称为原始误差。在零件加工中，造成加工误差的主要原始误差大致可划分为如下两个方面。

(1) 工艺系统的原有误差。在工件未进行正式切削加工以前，加工方法本身存在着加工原理误差或由机床、夹具、刀具、量具和工件所组成的工艺系统本身就存在某些误差因素，它们将在不同程度上以不同的形式反映到被加工的零件上去，造成加工误差。工艺系统原有的原始误差主要有加工原理误差、机床误差、夹具和刀具误差、工件误差、测量误差以及定位和安装调整误差等。

(2) 加工过程中的其他因素。在零件的加工过程中，在力、热和磨损等因素的影响下，破坏了工艺系统的原有精度，使工艺系统有关组成部分产生新的原始误差，从而进一步造成加工误差。加工过程中其他造成原始误差的因素，主要有工艺系统的受力变形、工艺系统热变形、工艺系统磨损和工艺系统残余应力等。

2.1.3 加工精度的获取方法

在机械加工中，根据生产批量和生产条件的不同，可采用如下一些获得加工精度的

方法。

1) 尺寸精度的获取方法

在机械加工中, 获得尺寸精度的方法主要有下述四种。

(1) **试切法**。它是获得零件尺寸精度最早采用的加工方法, 同时也是目前常用的能获得高精度尺寸的主要方法之一。**所谓试切法, 是在工件加工过程中不断对已加工表面的尺寸进行测量, 并相应调整刀具相对工件加工表面的位置进行试切, 直至达到尺寸精度要求的加工方法。**工件上轴颈尺寸的试切车削加工、轴颈尺寸的在线测量磨削、箱体零件孔系的试镗加工及精密量块的手工精研等, 都是采用试切法加工的。

(2) **调整法**。它是在成批生产条件下采用的一种加工方法。**所谓调整法, 即按试切好的工件尺寸、标准件或对刀块等调整确定刀具相对工件定位基准的准确位置, 并在保持此准确位置不变的条件下, 对一批工件进行加工的方法。**如在多刀车床或六角自动车床上加工轴类零件、在铣床上铣槽、在无心磨床上磨削外圆及在摇臂钻床上用钻床夹具加工孔系等。

(3) **定尺寸刀具法**。它是在加工过程中采用具有一定尺寸的刀具或组合刀具, **以保证被加工零件尺寸精度的一种方法。**如用方形拉刀拉方孔, 用钻头、扩孔钻、铰刀或镗刀块加工内孔, 及用组合铣刀铣工件两侧面和槽面等。

(4) **自动控制法**。**在加工过程中, 通过由尺寸测量装置、动力进给装置和控制机构等组成的自动控制系统, 使加工过程中的尺寸测量、刀具的补偿调整和切削加工等一系列工作自动完成, 从而自动获得所要求尺寸精度的一种加工方法。**如在无心磨床上磨削轴承圈外圆时, 通过测量装置控制导轮架进行微量的补偿进给, 从而保证工件的尺寸精度; 以及在数控机床上, 通过数控装置、测量装置及伺服驱动机构, 控制刀具在加工时应具有的准确位置, 从而保证零件的尺寸精度等。

2) 形状精度的获取方法

在机械加工中, 获得形状精度的方法主要有下述两种。

(1) **成形运动法**。以刀具的刀尖作为一个点相对工件做有规律的切削成形运动, 从而使加工表面获得所要求形状的加工方法。此时, 刀具相对工件运动的切削成形面即是工件的加工表面。机器上的零件虽然种类很多, 但它们的表面不外乎由几种简单的几何形面所组成。例如, 常见的零件表面有圆柱面、圆锥面、平面、球面、螺旋面和渐开线面等, 这些几何形面均可通过成形运动法加工出来。

在生产中, 为了提高效率, 往往不是使用刀具刀口上的一个点, 而是采用刀具的整个切削刃口 (即线工具) 加工工件。如采用拉刀、成形车刀及宽砂轮等对工件进行加工, 这时由于制造刀具刃口的成形运动已在刀具的制造和刃磨过程中完成, 故可明显简化零件加工过程中的成形运动。宽砂轮横进给磨削、成形车刀切削及螺纹表面的车削加工等, 都是这方面的实例。

在采用成形刀具的条件下, 通过它相对工件所做的展成啮合运动, 还可以加工出形状更为复杂的几何形面。如各种花键表面和齿形表面的加工, 就常常采用这种方法, 此时, 刀具相对工件做展成啮合的成形运动, 其加工后的几何形面即是刀刃在成形运动中的包络面。

(2) **非成形运动法**。零件表面形状精度的获得不是靠刀具相对工件的准确成形运动, 而是靠在加工过程中对加工表面形状的不断检验和工人对其进行精细修整加工的方法。

非成形运动法虽然是获得零件表面形状精度最原始的加工方法, 但直到目前为止, 某些



复杂的形状表面和形状精度要求很高的表面仍然适用。如具有较复杂空间型面锻模的精密加工，高精度测量平台和平尺的精密刮研加工，以及精密丝杠的手工研磨加工等。

3) 位置精度的获取方法

在机械加工中，获得位置精度的方法主要有下述两种。

(1) **一次装夹获得法**。零件有关表面间的位置精度是直接在工作的一次装夹中，由各有关刀具相对工件的成形运动之间的位置关系保证的。如轴类零件外圆与端面、轴肩的垂直度，箱体孔系加工中各孔之间的同轴度、平行度和垂直度等，均可采用一次装夹获得法。

(2) **多次装夹获得法**。零件有关表面间的位置精度是由刀具相对工件的成形运动与工件定位基准面（亦是工件在前几次装夹时的加工面）之间的位置关系保证的。如轴类零件上键槽对外圆表面的对称度，箱体平面与平面之间的平行度、垂直度，箱体孔与平面之间的平行度和垂直度等，均可采用多次装夹获得法。在多次装夹获得法中，又可根据工件的不同装夹方式划分为直接装夹法、找正装夹法和夹具装夹法。

2.1.4 影响机械加工精度的原始误差因素

零件的加工过程中可能出现种种的原始误差，它们会引起工艺系统各环节相互位置关系的变化而造成加工误差。下面我们以活塞加工中精镗销孔工序的加工过程为例（图2-2），分析影响工件和刀具间相互位置的种种因素，以使我们工艺系统的各种原始误差有一个初步的了解。

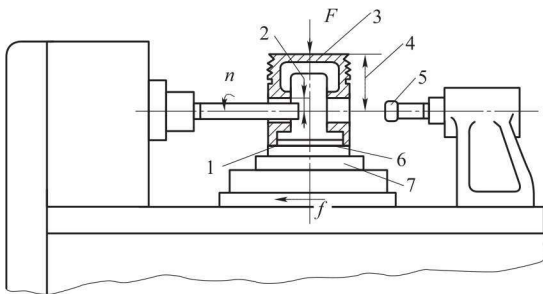


图 2-2 活塞销孔精镗工序示意图

1—定位止口；2—对刀尺寸；3—设计基准；
4—设计尺寸；5—定位用菱形销；6—定位基准；7—夹具

(1) **装夹**。活塞以止口及其端面为定位基准，在夹具中定位，并用菱形销插入经半精镗的销孔中做周向定位。固定活塞的夹紧力作用在活塞的顶部，这时就产生了由于设计基准（顶面）与定位基准（止口端面）不重合，以及定位止口与夹具上凸台、菱形销与销孔的配合间隙而引起的定位误差，还存在由于夹紧力过大而引起的夹紧误差，这两项原始误差统称为工件装夹误差。

(2) **调整**。装夹工件前后必须对机床、刀具和夹具进行调整，并在试切几个工件后再进行精确微调，才能使工件和刀具之间保持正确的相对位置。例如，本例需进行夹具在工作台上的调整，菱形销与主轴同轴度的调整，以及对刀调整（调整镗刀刀刃的伸出长度以保证镗孔直径）等。由于调整不可能绝对精确，因而就会产生调整误差。另外机床、刀具及夹

具本身的制造误差在加工前就已经存在了,这类原始误差称为工艺系统的几何误差。

(3) 加工。由于在加工过程中产生了切削力、切削热和摩擦,它们将引起工艺系统的受力变形、受热变形和磨损,这些都会影响在调整时所获得的工件与刀具之间的相对位置,造成种种加工误差。这类在加工过程中产生的原始误差称为工艺系统的动误差。

在加工过程中,还必须对工件进行测量,才能确定加工是否合格,工艺系统是否需要重新调整。任何测量方法和量具、量仪也不可能绝对准确,因此测量误差也是一项不容忽视的原始误差。

此外,工件在毛坯制造(铸、锻、焊、轧制)、切削加工、热处理时的力和热的作用下产生的内应力,将会引起工件变形而产生加工误差。有时由于采用了近似的成形方法进行加工,还会造成加工原理误差。因此,工件内应力引起的变形及原理误差也是原始误差。

最后,为清晰起见,可将加工过程中可能出现的种种原始误差归纳如下:

原始误差分为:与工艺系统初始状态有关的原始误差(几何误差)和与工艺过程有关的原始误差(动误差)。其中“几何误差”包括原理误差、定位误差、调整误差、刀具误差、夹具误差(工件相对于刀具在静止状态下已存在的误差)和机床主轴回转误差、机床导轨导向误差、机床传动误差(工件相对于刀具在运动状态下已存在的误差),“动态误差”包括工艺系统受力变形(包括夹紧变形)、工艺系统受热变形、刀具磨损、测量误差、工件残余应力引起变形等。

2.1.5 原始误差与加工误差的关系

切削加工过程中,由于各种原始误差的影响,会使刀具和工件间的正确几何关系遭到破坏,引起加工误差。通常各种原始误差的大小和方向是各不相同的,而加工误差则必须在工

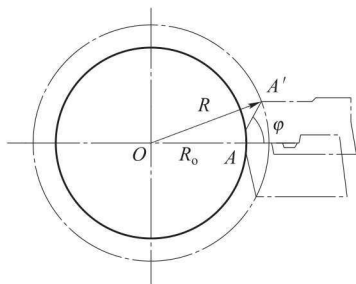


图 2-3 原始误差与加工误差的关系

序尺寸方向度量,因此,不同的原始误差对加工精度有不同的影响。当原始误差的方向与工序尺寸方向一致时,其对加工精度的影响最大。下面以外圆车削为例来进行说明。

如图 2-3 所示,车削时工件的回转轴心是 O ,刀尖正确位置在 A ,设某一瞬时由于各种原始误差的影响,使刀尖位移到 A' , AA' 向量即为原始误差 δ ,它与 OA 向量间夹角为 φ ,由此引起工件加工后的半径由 $R_0 = OA$ 变为 $R = OA'$,故半径上(即工序尺寸方向上)的加工误差

ΔR 为

$$\Delta R = OA' - OA = \sqrt{R_0^2 + \delta^2 + 2R_0\delta\cos\varphi} - R_0 \approx \delta\cos\varphi + \frac{\delta^2}{2R_0}$$

可以看出:当原始误差的方向恰为加工表面法线方向($\varphi = 0^\circ$)时,引起的加工误差 $\Delta R_{\varphi=0^\circ} = \delta$ 为最大;当原始误差的方向恰为加工表面的切线方向时($\varphi = 90^\circ$),引起的加工

误差 $\Delta R_{\varphi=90^\circ} = \frac{\delta^2}{2R_0}$ 为最小,通常可以忽略。为了便于分析原始误差对加工精度的影响,我们

把对加工精度影响最大的那个方向(即通过刀刃的加工表面的法向)称为误差的敏感方向。