

“十四五”职业教育国家规划教材

机械制造技术

（第3版）

◉ 主 编　陈爱荣　韩祥凤　李新德

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

目　　录

项目概论 …… 1
项目一　金属切削加工基本定义 …… 4
课题一　金属切削加工的基本知识 …… 4
课题二　刀具静止参考系和刀具静止角度 …… 9
课题三　刀具工作角度参考系和刀具工作角度 …… 14
课题四　切削层公称横截面要素和表面成形方法 …… 18
课题五　车刀角度测量 …… 21
课题六　车刀的刃磨 …… 23
项目驱动 …… 25
项目二　机械加工工艺规程制定 …… 26
课题一　机械加工概述 …… 26
课题二　工艺规程制定的原则、原始资料及步骤 …… 34
课题三　零件的工艺分析 …… 35
课题四　毛坯选择 …… 38
课题五　定位基准选择 …… 41
课题六　工艺路线的拟定 …… 52
课题七　确定加工余量 …… 56
课题八　工序尺寸及其公差的确定 …… 60
课题九　机床、工艺装备及其他参数的选择 …… 69
项目驱动 …… 71
项目三　典型零件加工工艺 …… 73
课题一　主轴加工 …… 73
课题二　箱体类零件加工 …… 83
课题三　圆柱齿轮加工 …… 91
项目驱动 …… 99
项目四　机械加工质量分析 …… 100
课题一　机械加工精度 …… 100
课题二　机械加工表面质量 …… 113
项目驱动 …… 119

对不同的零件和不同的工序，上述误差的数值与表现形式也各有不同，在决定工序加余量时应区别对待。例如，细长轴件易弯曲变形，母线直线误差已超出直径尺寸公差范围，工序加工余量即应适当放大。对采用浮动铰刀等工具以加工表面本身定位进行加工的工序，则可不考虑安装误差 ε_b 的影响，因而工序加工余量可相应减小。至于某些主要用来降低表面粗糙度的精加工及抛光等工序，工序加工余量的大小仅仅与表面粗糙度 Ra 有关。

此外，对于需要热处理的零件，还要了解热处理后工件变形的规律。否则，往往因变形过大、加工余量不足而造成工件的成批报废。

三、课题实施：确定加工余量的方法

1. 经验估计法

经验估计法是根据工艺人员的经验确定加工余量的方法。为了防止加工余量不够而产生废品，所估计加工余量一般偏大。此法常用于单件小批生产。

2. 查表修正法

查表修正法是以工厂生产实践和试验研究积累的有关加工余量的资料数据为基础，并结合实际加工情况进行修订来确定加工余量的方法，应用比较广泛。在查表时应注意表中数据是公称值，对称表面（如轴或孔）的加工余量是双边的，非对称表面的加工余量是单边的。

3. 分析计算法

分析计算法是根据一定的试验资料和计算公式，对影响加工余量的各项因素进行分析和综合计算来确定加工余量的方法。这种方法确定的加工余量最经济合理，但需要积累比较全面的资料，目前应用尚少。

课题八　工序尺寸及其公差的确定

知识点

- 工艺尺寸链
- 工序尺寸及其公差的确定

技能点

- 工序尺寸及其公差的确定

课题分析

工艺尺寸链是解决零件加工过程中加工尺寸间内在联系的重要手段。工艺尺寸链的主要特征仍然是各环连接的封闭性，即由一个封闭环和若干个组成环构成的工艺尺寸链中各环的排列呈封闭形式。工序尺寸及其公差的确定与工序加工余量的大小、工序尺寸的标注以及定位基准的选择和变换有着密切的联系。零件的加工过程，是毛坯的形状和尺寸通过

切削加工逐步向成品演变的过程，在这个过程中，加工表面本身的尺寸以及各表面之间的尺寸都在不断地变化，这种变化无论是在一个工序内部，还是在各个工序之间都有一定的内在联系。运用尺寸链理论去揭示这些尺寸间的联系，是合理确定工序尺寸及其公差的基础。

相关知识

工艺尺寸链

一、工艺尺寸链

1. 工艺尺寸链的概念

工艺尺寸链是解决零件加工过程中加工尺寸间内在联系的重要手段。下面先以如图 2-31所示两零件在加工和测量中有关尺寸的关系，来建立工艺尺寸链的概念。

图 2-31（a）所示为一定位套，A_Σ 与 A_1 为图样上已标注的尺寸。按零件图进行加工时，尺寸 A_Σ 不便直接测量。如欲通过易于测量的尺寸 A_2 进行加工，以间接保证尺寸 A_Σ 的要求，则首先需要分析尺寸 A_1、A_2 和 A_Σ 之间的内在关系，然后据此算出尺寸 A_2 的数值。

又如图 2-31（b）所示零件，当加工 C 表面时，应使夹具结构简单和工件定位稳定可靠，若选择表面 A 为定位基准，并按调整法根据对刀尺寸 A_2 加工表面 C，以间接保证尺寸 A_Σ 的精度要求，则同样需要首先分析尺寸 A_1、A_2 和 A_Σ 之间的内在关系，然后据此算出对刀尺寸 A_2 的数值。

由上述两例可以看出，在零件的加工过程中，为了加工和检验的方便，有时需要进行一些工艺尺寸的计算。为使这种计算迅速准确，按照尺寸链的基本原理，将这些有关尺寸（A_1、A_2 和 A_Σ）以一定顺序首尾相连排列成一封闭的尺寸系统，即构成了零件的工艺尺寸链，简称工艺尺寸链。图 2-31（c）即为反映尺寸 A_1、A_2 和 A_Σ 三者关系的工艺尺寸链简图。

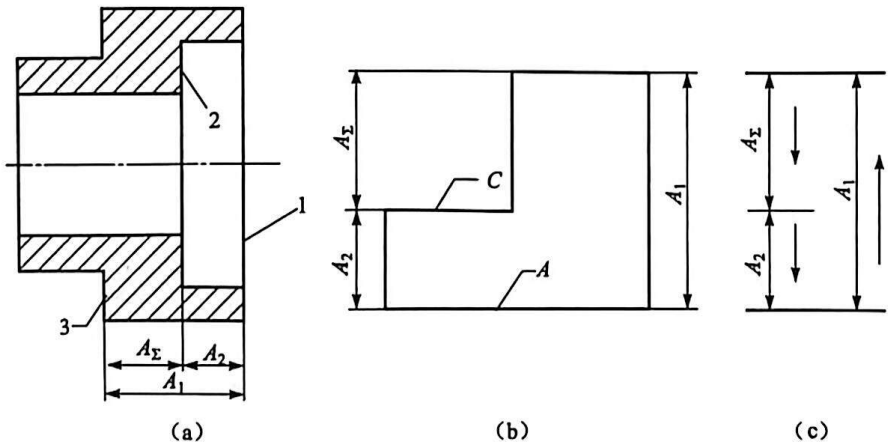


图 2-31　两零件加工和测量中的尺寸关系

（a）定位面；（b）加工面；（c）三者关系的工艺尺寸链简图

工艺尺寸链的主要特征仍然是各环连接的封闭性，即由一个封闭环和若干个组成环构成的工艺尺寸链中各环的排列呈封闭形式。组成环是指那些在加工过程中直接获得的尺寸（如上例中的 A_1 和 A_2），封闭环是指那些在加工过程中间接获得的尺寸（如上例中的 A_Σ）。

工艺尺寸链中封闭环的确定，之所以比装配、设计尺寸链中的封闭环困难，是由于它

是随着零件的加工方案在变化的。由于尺寸链具有封闭特征，故尺寸链中组成环的变化势必引起封闭环的变化。在组成环中，那些自身增大会使封闭环也随之增大的组成环叫作增环，如上例中的 A_1，在计算公式中以符号 $\overrightarrow{A_i}$ 表示；反之，那些自身增大会使封闭环随之减小的组成环叫作减环，如上例中的 A_2，以符号 $\overleftarrow{A_i}$ 表示。为了迅速确定尺寸链的组成环中哪些是增环、哪些是减环，可采用下述方法：在尺寸链简图上，先给封闭环任定一方向并画出箭头，然后沿此方向环绕尺寸链回路，依次给每一组成环画出箭头，凡箭头方向和封闭环相反的为增环，相同的则为减环，如图 2-31（c）所示。

2. 工艺尺寸链计算的基本公式

工艺尺寸链的计算方法有两种：极大极小法和概率法。生产中一般多采用极大极小法，其基本计算公式如下。

图 2-32 给出了计算中各种尺寸和偏差的关系，表 2-8 列出了计算用符号。

表 2-8　尺寸链计算所用符号

环	符号名称							
	基本尺寸	最大尺寸	最小尺寸	上偏差	下偏差	公差	平均尺寸	平均偏差
封闭环	A_Σ	$A_{\Sigma max}$	$A_{\Sigma min}$	$B_s A_\Sigma$	$B_x A_\Sigma$	T_Σ	$A_{\Sigma m}$	$B_M A_\Sigma$
增环	$\overrightarrow{A}$	$\overrightarrow{A}_{max}$	$\overrightarrow{A}_{min}$	$B_s\overrightarrow{A}$	$B_x\overrightarrow{A}$	$\overrightarrow{T_i}$	$\overrightarrow{A}_m$	$B_M\overrightarrow{A}$
减环	$\overleftarrow{A}$	$\overleftarrow{A}_{max}$	$\overleftarrow{A}_{min}$	$B_s\overleftarrow{A}$	$B_x\overleftarrow{A}$	$\overleftarrow{T_i}$	$\overleftarrow{A}_m$	$B_M\overleftarrow{A}$

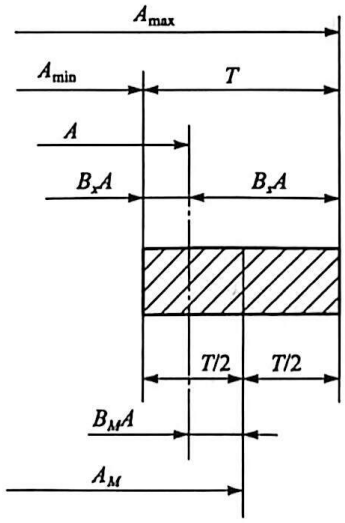


图 2-32　各种尺寸和偏差的关系

（1）封闭环基本尺寸计算。

$$A_\Sigma = \sum_{i=1}^{m} \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A_i} \tag{2-1}$$

式中，n 为包括封闭环在内的尺寸链总环数；m 为增环的数目；$n-1$ 为组成环（包括增环与减环）的数目。

（2）封闭环极限尺寸计算。

$$A_{\Sigma max} = \sum_{i=1}^{m} \overrightarrow{A}_{imax} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{imin} \tag{2-2}$$

$$A_{\Sigma min} = \sum_{i=1}^{m} \overrightarrow{A}_{imin} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{imax} \tag{2-3}$$

（3）封闭环上、下偏差计算公式。

$$B_s A_\Sigma = \sum_{i=1}^{m} B_s \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_x \overleftarrow{A_i} \tag{2-4}$$

$$B_x A_\Sigma = \sum_{i=1}^{m} B_x \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_s \overleftarrow{A_i} \tag{2-5}$$

（4）封闭环公差的计算。

$$T_\Sigma = \sum_{i=1}^{n-1} T_i \tag{2-6}$$

（5）封闭环平均尺寸计算。

$$A_{\Sigma m}=\sum_{i=1}^{m}\vec{A}_{im}-\sum_{i=m+1}^{n-1}\overleftarrow{A}_{im} \tag{2-7}$$

式中，A_{im}为各组成环平均尺寸，按下式计算：

$$A_{im}=\frac{A_{imax}+A_{imin}}{2} \tag{2-8}$$

（6）封闭环平均偏差计算公式。

$$B_M A_\Sigma=\sum_{i=1}^{m}B_M\vec{A}_i-\sum_{i=m+1}^{n-1}B_M\overleftarrow{A}_i \tag{2-9}$$

式中，$B_M A_i$ 为各组成环平均偏差，按下式计算

$$\begin{aligned}B_M A_i &= A_{im}-A_i\\ &=\frac{A_{imax}+A_{imin}}{2}-A_i\\ &=\frac{(A_{imax}-A_i)+(A_{imin}-A_i)}{2}\\ &=\frac{B_s A_i+B_x A_i}{2}\end{aligned} \tag{2-10}$$

二、课题实施：工序尺寸及其公差的确定

工序尺寸及其公差的确定与工序加工余量的大小、工序尺寸的标注以及定位基准的选择和变换有着密切的联系。下面依次讨论几种常见情况下工序尺寸的确定方法。

1. 工序基准与设计基准重合时工序尺寸及其公差的确定

零件上外圆和内孔的加工多属于这种情况，当表面需经多次加工时，各工序的加工尺寸及公差取决于各工序的加工余量及所采用加工方法的经济加工精度，计算的顺序是由最后一道工序向前推算的。

案例 1：某法兰盘零件上有一个孔，孔径为 $\phi60^{+0.03}_{0}$mm，表面粗糙度 Ra 为 0.8 μm，需淬硬。工艺上考虑需经过粗镗、半精镗和磨削加工。各工序的公称加工余量经查手册数值如下：

磨削余量：0.4 mm；

半精镗余量：1.6 mm；

粗镗余量：7 mm。

各工序的尺寸计算如下：

磨削后孔径应达到图样规定尺寸，故磨削工序尺寸即图样上的尺寸 $D=\phi60^{+0.03}_{0}$mm。

半精镗后孔径的基本尺寸为

$$D_1=60-0.4=59.6\ (\text{mm})$$

粗镗后孔径的基本尺寸为

$$D_2=59.6-1.6=58\ (\text{mm})$$

毛坯孔径的基本尺寸为

$$D_3=58-7=51\ (\text{mm})$$

项目编辑：赵　岩
执行编辑：蔡丽丽
封面设计：ᘛ慧通ᘚ

免费电子教案下载地址
www.bitpress.com.cn

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信地址：北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮政编码：100081
电　　话：（010）68914775（总编室）
　　（010）82562903（教材售后服务热线）
　　（010）68944723（其他图书服务热线）
网　　址：www.bitpress.com.cn

关注理工职教
获取优质学习资源

ISBN 978-7-5763-0984-3
定价：49.90 元