余 敏 编著

GONGYICHICUNDEJISHAN

工艺尺寸的计算

湖北人民出版社

工艺尺寸的计算

余　敏　编著

湖北人民出版社

工艺尺寸的计算

余　敏 编著

·

湖北人民出版社出版　湖北省新华书店发行

潜江县印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本　1.625印张　36,000字

1979年11月第1版　1979年11月第1次印刷

印数：1—6,300

统一书号：15106·230　定价：0.18元

前　言

工艺尺寸的计算方法，是机械制造工艺中的一个重要问题，它对于分析加工精度、保证加工质量和经济性等方面有着重大的作用。尺寸链理论是机械制造的基本理论之一，它的应用甚为广泛；它是工艺尺寸计算方法的理论基础。作者试图以最少的篇幅，用通俗的文字把尺寸链理论中最基本的内容讲清楚，使广大机械工人花费不多的时间，通过自学即能掌握工艺尺寸的计算方法。

本书所选例题，有一定的代表性。生产实际中常会遇到一些复杂的工艺尺寸计算问题，这就要求读者在熟练掌握本书内容的基础上，反复实践，灵活应用。

本书原为《工艺尺寸的计算讲座》，曾刊登于《机械工人》杂志 1978 年第 7 期至第 12 期，这次合编成册，作了一些补充和修订。对本书的批评和建议，请函寄武昌华中工学院机一系。

目 录

一、什么叫做工艺尺寸

打开一张零件图，我们看到上面标注着许多尺寸，有的标注了公差，有的是自由尺寸。我们就是按照这些尺寸和其他技术要求把零件加工出来的。这些尺寸是设计人员根据产品的零件结构和使用要求制定的，所以叫做设计尺寸。但是，经常出现这样的事情，我们无法直接把设计尺寸加工出来，或者要经过几个工序或工步，最后才能得到设计尺寸。这样，我们就有必要根据具体加工条件规定一些尺寸，按照这些尺寸加工，才能最后达到设计尺寸的要求。这些尺寸是我们在加工零件时所需要的，给它们取个名字，叫做“工艺尺寸”。

在检验零件的尺寸时，也会遇到类似的情形，就是不能直接按零件图纸上的设计尺寸进行检验，而要另外计算出一个尺寸，这种尺寸也叫做工艺尺寸。换句话说，凡是在零件图上没有注出，而在加工过程中要用到的尺寸，或者在检验时需要测量的尺寸，都叫做工艺尺寸。

为了进一步把工艺尺寸的意思说清楚，我们先解释几个名词。

1. 基准和基面

设计基准：在零件图上确定某一个面、线或点的位置所依据的基准，即标注设计尺寸的起点，叫做设计基准。例如图 1-1 所示的阶梯轴，端面 2、3、4 的位置是根据端面 1 决定的。所以端面 1 是端面 2、3、4 的设计基准，或者说端面 1 是尺寸 A、B、C 的设计基准。各段外圆的设计基准是轴的中心线。

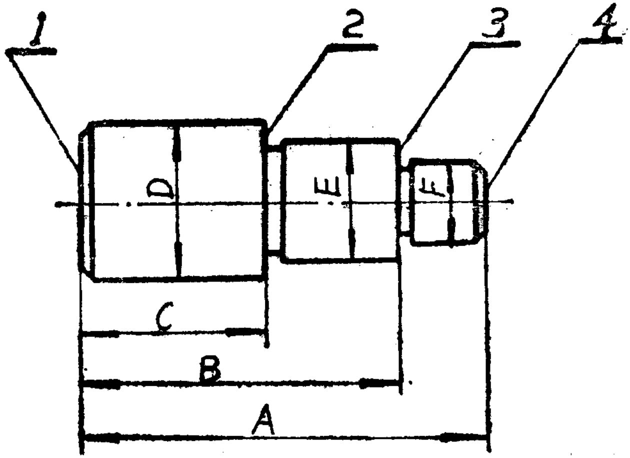

图 1-1

定位基准：就是工件加工时定位所用的基准。

度量基准：就是工件在加工时或加工完毕后测量某一尺寸所用的基准。例如图 1-1，先加工好端面 1，然后加工端面 2、3、4 时，测量尺寸 C、B、A，都是用端面 1 做度量基准。

作为基准，可以是一个面，一条线或一个点，但是作为定位基准或度量基准的线或点，总是由具体的表面来体现的，这个表面叫做基面。例如上面说的阶梯轴，当车削加工时，装夹在车床的三爪卡盘中。此时，定位基准是三爪卡盘所夹持的外圆的中心线，但此中心线并不具体存在，而是通过这个外圆表面来体现的，所以这个外圆表面就是定位基面。经过加工的定位基面叫做精基面，没有加工的定位基面叫做粗基面。

2. 试切法和调整法

零件在机械加工时，为了达到零件图纸上设计尺寸的精度，可采用试切法或调整法。

(1) 试切法：例如在普通车床上加工轴的外圆，如图1-2(*a*)；为了按规定精度车出直径为 *d*、长度为 *l* 的一段表面，我们先在轴的端部一小段上进行试切。每试切一次后，度量一次直径。等到直径尺寸符合公差要求，即可作纵向自动或手动走刀。当车到台肩 *T* 附近时，停止走刀，又进行多次试切，直到长度 *l* 符合公差要求为止。这种方法叫做试切法。除了车削之外，试切法可用于其他各种加工方法中。试切法生产率低，

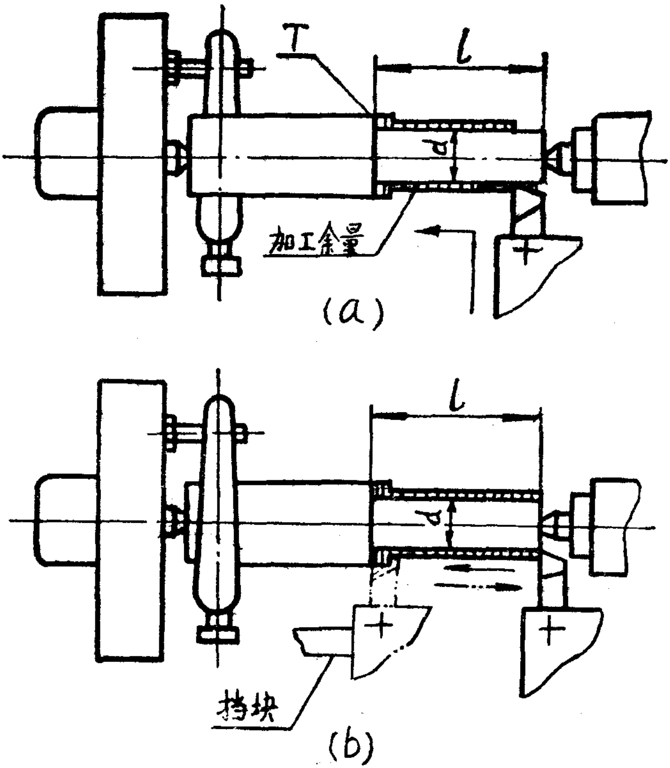

图 1-2

主要用于单件小批生产。

(2) 调整法：所谓调整法，就是按规定的尺寸预先调整好机床、夹具、刀具及工件的相对位置和运动，然后进行零件的加工。如图 1—2(*b*)，加工轴的外圆时，预先将车刀按规定尺寸 *d* 装在一定位置。在加工一批零件的过程中，不再作横向进刀。纵向走刀长度由挡块控制，挡块的位置按尺寸 *l* 调整。这样，就能保证轴在加工后得到规定的尺寸 *d* 和 *l*。大批大量生产中，在各种类型的机床上广泛采用调整法加工。

现在我们继续讲述关于工艺尺寸的问题。

先看一个例子，图 1-3(*a*)所示的零件（为了简明起见，我

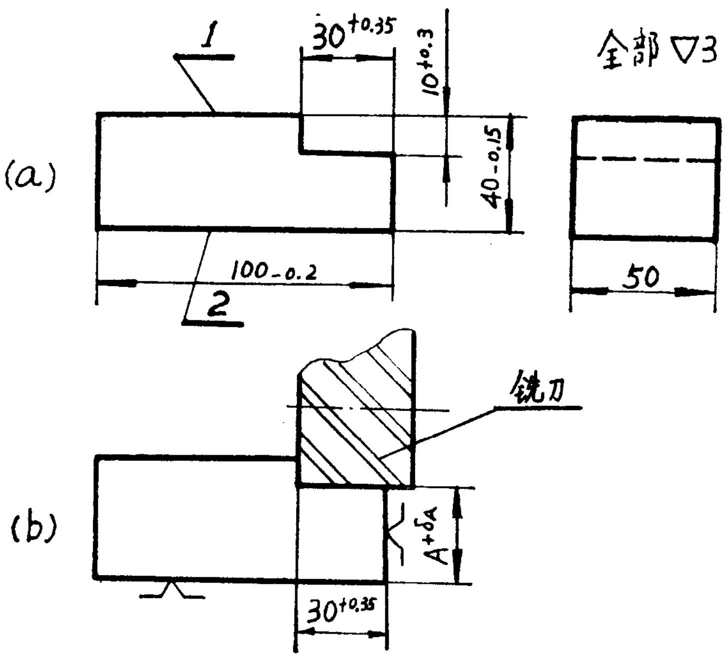

图 1-3

们所用的零件图都是简化了的，有些视图和尺寸均被省略)，属于大批生产。用圆柱铣刀加工台肩时，是用底面和侧面做定位基面，如图 1-3(*b*)。符号⌒表示定位元件。尺寸 50、$100_{-0.2}$ 和 $40_{-0.15}$ 已经在前面的工序中加工出来了。本工序用调整法加工。当调整工件相对于铣刀的位置时，需要用到两个尺寸 $A^{+\delta_A}$ 和 $30^{+0.35}$。但 $A^{+\delta_A}$ 是零件图上没有的，所以属于工艺尺寸。对比一下图 1—3 的(*a*)和(*b*)，就可发见，这个工艺尺寸是由于改变了零件图上的尺寸注法而形成的。为什么要改变呢？因为这是调整机床的需要，或者说是由于工艺要求。尺寸 $10^{+0.3}$ 的设计基准是表面 1，可是现在的定位基准却是表面 2，所以就不能按原来的设计尺寸来调整机床了。

如果采用试切法加工，就不需要这个工艺尺寸 $A^{+\delta_A}$ 了，我们可以直接保证设计尺寸 $10^{+0.3}$。

我们再来看一个例子。图 1-4 是一个圆柱齿轮，它的孔 $\phi85^{+0.035}$ 最后须经淬火、磨削，但是键槽必须在淬火以前加工

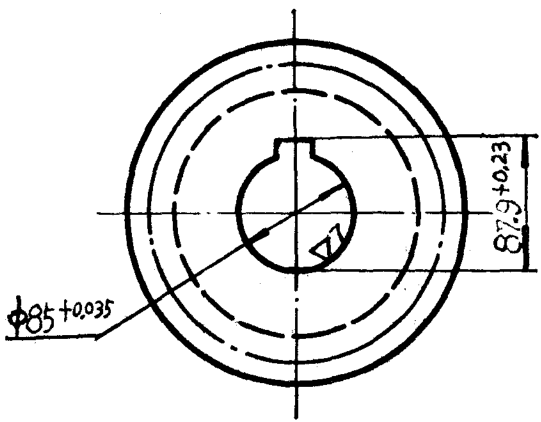

图 1-4

出来。那么键槽的深度肯定不能按图纸上的设计尺寸 $87.9^{+0.23}$ 加工，因为加工出键槽后，再淬火、磨孔，这个尺寸就变大了。假定淬火前孔已经过精镗，达到尺寸 $\phi84.8^{+0.07}$，要保证磨孔后键槽深度尺寸为 $87.9^{+0.23}$，问应按什么尺寸插键槽？

为了表示得更清楚，我们把孔画一个局部放大图，如图1-5。很明显，必须按尺寸 $A_i^{+\delta_i}$ 来插键槽，最后才能保证图纸上规定的键槽深度。

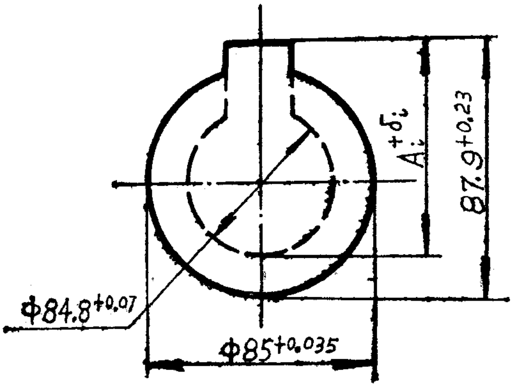

图 1-5

尺寸 $A_i^{+\delta_i}$ 是零件图纸上没有的，但是我们在加工中又需要它，所以也是属于工艺尺寸。

对比一下这两个例子里的工艺尺寸，它们各有各的特点，性质是不相同的。前面一个例子中的工艺尺寸 $A^{+\delta_A}$ 是由于工艺要求，改变了零件图上的尺寸注法而形成的。后面一个例子中的工艺尺寸 $A_i^{+\delta_i}$ 的特点是：它是从还须继续加工的表面注出的尺寸，将来这个表面加工以后，它就不存在了。

从这里我们可以看到，工艺尺寸有两种不同的类型。为了今后说话方便起见，我们这样规定一下：

第一类工艺尺寸，指的是由于工艺要求，改变了零件图上的尺寸注法而形成的工艺尺寸。

第二类工艺尺寸，指的是从还须继续加工的表面注出的工艺尺寸。

实际上，后面一个例子中的精镗尺寸 $\phi 84.8^{+0.07}$ 也是属于第二类工艺尺寸。在这里，我们假定它是已知的。它是怎样得来的？我们以后再谈。

工艺尺寸的数值，究竟应该怎样来决定呢？这要进行一些计算。我们不但要求出它的公称尺寸，还要求出它的公差和上、下偏差。由于计算时要用到"尺寸链"的理论，所以我们在第二部分将谈一谈关于尺寸链的基本知识。

口　诀：

工艺尺寸分两类，	各有不同的特点；
一类尺寸啥特点？	尺寸注法被改变。
二类尺寸哪注起？	继续加工的表面；
加工余量切除了，	这种尺寸看不见。
要问它们怎样算，	请先研究尺寸链。

二、尺　寸　链

我们看一看图 2-1 所示的加工情形。工件是套筒，属于小批生产，采用试切法加工。工件装夹在车床的三爪卡盘中，加工端面 2 和 3 。端面 1 已经加工好了。加工端面 3 时，以端面 1 做度量基面，保证尺寸 A_1。加工端面 2 时，以端面 3 做度量基面，保证尺寸 A_2。当尺寸 A_1 和 A_2 被加工出来后，尺寸 A_Δ

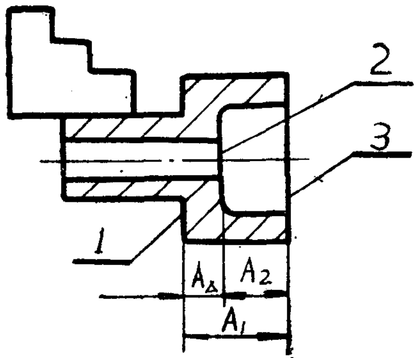

图 2-1

就随着确定了。显然，尺寸 A_Δ 的精度取决于尺寸 A_1 和 A_2 的加工精度。你看：这样一组尺寸，它们互相联接，构成一个完整的封闭形；它们中间任何一个尺寸有变化，就会引起其他尺寸的变化。这种尺寸关系，我们叫它做“尺寸链”。

图 2-2 所示的阶梯轴，由三段不同直径的外圆组成，每段的长度分别为 A_1、A_2、A_3，总长为 A_4。这四个尺寸也构成一个完整的封闭形，所以也是一个尺寸链。

大家知道，在绘制零件图时，是不允许把尺寸标注成这种封闭的尺寸链的形式，因为在加工时，我们只需要它们中间任意三个尺寸，就能把三个阶梯的长度按照要求加工出来。但是这四个尺寸所代表的长度都是具体存在的。例如：我们根据 A_1、A_2、A_3 三个尺寸把这个阶梯轴加工出来（这里我们不考虑各个直径的加工问题）。加工完了以后，总长尺寸 A_4 就自然地形成了。我们也可以根据 A_4、A_1、A_2 三个尺寸把这个阶梯轴加工出来。加工完了以后，尺寸 A_3

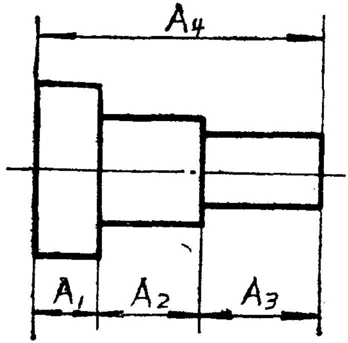

图 2-2

就自然地形成了。同样，我们还可以让尺寸A_2或A_1最后自然地形成。

由此可见，尺寸链中的尺寸，有两种不同的类型：一种是加工时直接保证的尺寸；另一种是加工后间接形成的尺寸。

为了方便起见，我们把尺寸链中的各个尺寸都叫做“环”。加工时直接保证的尺寸叫做“组成环”；加工后间接形成的尺寸叫做“封闭环”，因为是它，才使尺寸链封闭起来。一个尺寸链只有一个封闭环，而组成环可以有两个或更多。

我们把构成尺寸链的这些尺寸画成一个专门的图，这个图叫做尺寸链简图。上面说的阶梯轴的尺寸链简图如图 2-3 所示。

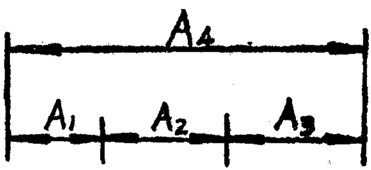

图 2-3

根据尺寸链简图，我们绕此尺寸链的封闭轮廓，依次把各个尺寸写下来，并标上正负号，当改变方向时就改变符号。这样便可列出尺寸链方程式。

我们来写图 2-3 所示尺寸链的方程式。如图 2-4，从A_1开始向右写，A_2、A_3都和A_1同方向，都标上正号；写到A_4时，就是向左回行了，方向与前面的相反，所以应该标上负号。于是得到如下的尺寸链方程式：

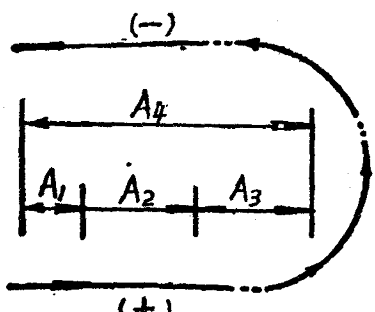

图 2-4

$$A_1+A_2+A_3-A_4=0$$

图 2-5 的尺寸链方程

式为：

$$A_1 + A_2 + A_3 - A_5 - A_4 + A_\Delta - A_7 - A_6 = 0$$

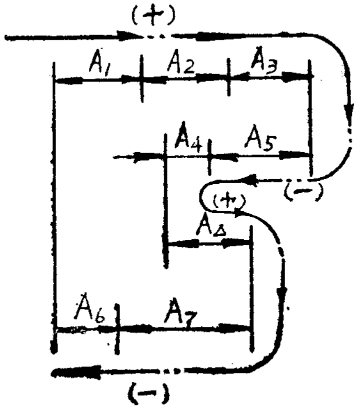

图 2-5

尺寸链方程式充分表达了各个组成环和封闭环之间的尺寸关系。我们研究尺寸链的目的，就是研究尺寸链中封闭环与组成环的公称尺寸、极限尺寸以及公差等之间的关系。

公称尺寸可以很容易地根据尺寸链方程式计算出来。

如图 2-3，假定在加工时我们直接保证 A_1、A_2 和 A_4，则 A_3 是加工后自然形成的，是封闭环。设 $A_4 = 50$ 毫米，$A_1 = 10$ 毫米，$A_2 = 20$ 毫米，那么封闭环 A_3 就可求出：

$$A_3 = A_4 - A_1 - A_2 = 50 - 10 - 20 = 20 \text{ 毫米}$$

由此可以得到一个结论：**封闭环的公称尺寸等于各个组成环的公称尺寸的代数和。**

我们把这个结论写成一般的公式：

$$A_\Delta = (A_1 + A_2 + A_3 + \cdots + A_m) - (A_{m+1} + A_{m+2} + A_{m+3} + \cdots + A_{n-1}) \qquad (1)$$

式中：

A_Δ——封闭环的公称尺寸，

m——尺寸链中带正号的环的数目，

n——尺寸链中总环数。

上式等号右边第一个括弧中的组成环，有一个共同的特点，

就是它们的数值如果增大，那么封闭环的数值也随着增大。我们把这些组成环叫做“增环。”也就是说 A_1、A_2、$A_3 \cdots A_m$ 都是增环。

第二个括弧中的组成环，也有一个共同的特点，就是它们的数值如果增大，那么封闭环的数值便跟着减小，因为括弧的前面是负号。我们把这些组成环叫做“减环”。也就是说：A_{m+1}、A_{m+2}、A_{m+3}、$\cdots A_{n-1}$ 都是减环。

当各个增环都是最大极限尺寸，而各个减环都是最小极限尺寸时，我们就得到封闭环的最大极限尺寸。即：

$$A_{\Delta\max} = (A_{1\max} + A_{2\max} + A_{3\max} + \cdots + A_{m\max}) - (A_{m+1\min} + A_{m+2\min} + A_{m+3\min} + \cdots + A_{n-1\min}) \qquad (2)$$

(max 表示最大值，min 表示最小值)

当各个增环都是最小极限尺寸，而各个减环都是最大极限尺寸时，我们就得到封闭环的最小极限尺寸。即：

$$A_{\Delta\min} = (A_{1\min} + A_{2\min} + A_{3\min} + \cdots + A_{m\min}) - (A_{m+1\max} + A_{m+2\max} + A_{m+3\max} + \cdots + A_{n-1\max}) \qquad (3)$$

我们知道，最大极限尺寸等于公称尺寸加上偏差，最小极限尺寸等于公称尺寸加下偏差。用式子写出来就是：

$$A_{\max} = A + ES \quad A_{\min} = A + EI$$

(ES 代表上差偏，EI 代表下偏差)

因此，(2) 式和 (3) 式又可写成下面的形式：

$$A_\Delta + ES_\Delta = [(A_1 + ES_1) + (A_2 + ES_2) + (A_3 + ES_3) + \cdots + (A_m + ES_m)] - [(A_{m+1} + EI_{m+1}) + (A_{m+2} + EI_{m+2}) + (A_{m+3} + EI_{m+3}) + \cdots + (A_{n-1} + EI_{n-1})] \qquad (2')$$

$$A_\Delta + EI_\Delta = [(A_1 + EI_1) + (A_2 + EI_2) + (A_3 + EI_3) + \cdots + (A_m + EI_m)] - [(A_{m+1} + ES_{m+1})$$

$$+(A_{m+2}+ES_{m+2})+(A_{m+3}+ES_{m+3})+\cdots$$
$$+(A_{n-1}+ES_{n-1})] \qquad (3')$$

从 (2′) 式减去 (1) 式，得到：

$$ES_{\Delta}=(ES_1+ES_2+ES_3+\cdots+ES_m)-(EI_{m+1}$$
$$+EI_{m+2}+EI_{m+3}+\cdots+EI_{n-1}) \qquad (4)$$

从 (3′) 式减去 (1) 式，得到：

$$EI_{\Delta}=(EI_1+EI_2+EI_3+\cdots+EI_m)-(ES_{m+1}$$
$$+ES_{m+2}+ES_{m+3}+\cdots+ES_{n-1}) \qquad (5)$$

于是我们得到第二个结论：**封闭环的上偏差等于所有增环的上偏差之和减去所有减环的下偏差之和。封闭环的下偏差等于所有增环的下偏差之和减去所有减环的上偏差之和。**

从 (2) 式减去 (3) 式就得到：

$$A_{\Delta\max}-A_{\Delta\min}=(A_{1\max}-A_{1\min})+(A_{2\max}-A_{2\min})$$
$$+(A_{3\max}-A_{3\min})+\cdots+(A_{n-1\max}-A_{n-1\min})。$$

令各环的公差分别为 δ_{Δ}、δ_1、δ_2、$\delta_3\cdots\delta_{n-1}$，那么：

$A_{\Delta\max}-A_{\Delta\min}=\delta_{\Delta}$，$A_{1\max}-A_{1\min}=\delta_1$，$A_{2\max}-A_{2\min}=\delta_2$，$A_{3\max}-A_{3\min}=\delta_3$，…，$A_{n-1\max}-A_{n-1\min}=\delta_{n-1}$

将这些数值代入上面的式子中，我们得到：

$$\delta_{\Delta}=\delta_1+\delta_2+\delta_3+\cdots+\delta_{n-1} \qquad (6)$$

从这里，我们得到第三个结论，就是：**封闭环的公差等于各个组成环的公差之和。**

把 (2) 式和 (3) 式相加，再用 2 来除，得到：

$$\frac{A_{\Delta\max}+A_{\Delta\min}}{2}=\left(\frac{A_{1\max}+A_{1\min}}{2}+\frac{A_{2\max}+A_{2\min}}{2}\right.$$
$$\left.+\frac{A_{3\max}+A_{3\min}}{2}+\cdots+\frac{A_{m\max}+A_{m\min}}{2}\right)$$
$$-\left(\frac{A_{m+1\max}+A_{m+1\min}}{2}+\frac{A_{m+2\max}+A_{m+2\min}}{2}\right.$$