



实用技术工人速算丛书

零件装配速算

李秀智 编著

数据翔实便查
实例讲解易懂
公式计算简捷
有效提高技能



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



零件装配速算

李秀智 编著

495 • 第 25 卷 • 2003 年 10 月



机械工业出版社

本书较系统地介绍了装配尺寸链计算、传动机构的装配计算、轴承和轴组的装配计算、联轴器装配的计算、加热装配及装配吊具等的计算,同时附有常用滚动轴承的分类、结构形式与特性,螺纹连接的预紧和防松装置,键连接和销连接,常用计量工具,零件形状和位置公差,钳工常用工具和操作技术以及常用零件结构要素等内容。

本书的特点是内容丰富,通俗易懂,图文并茂,简明实用。可供装配钳工有关专业工程技术人员及大专院校师生参考使用,也可用作装配钳工的培训教材。

装配速算

李秀智 著

图书在版编目(CIP)数据

零件装配速算/李秀智编著. —北京:机械工业出版社,2007.2
(实用技术工人速算丛书)
ISBN 978-7-111-21008-5

I. 零… II. 李… III. 机械元件—装配—速算 IV. TG95

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 030055 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:邝 鸥 责任编辑:白 刚 版式设计:霍永明
责任校对:李秋荣 封面设计:鞠 杨 责任印制:杨 曦
北京机工印刷厂印刷

2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

140mm×203mm·6.75 印张·204 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-21008-5

定价:16.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294
购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010)68351729
封面无防伪标均为盗版

前 言

随着机械制造业的快速发展，与机械制造业相关的广大从业人员对速算技术需求越来越高。为适应这一形势，本人根据几十年在生产和教学实践中积累的计算技术、速算资料，特编写成“实用技术工人速算丛书”。

本套丛书共有7个分册，包括《工件车削速算》、《工件铣削速算》、《工件钻削与镗削速算》、《工件刨削、插削及拉削速算》、《工件磨削速算》、《零件装配速算》和《铆焊加工速算》。

由于采用了最新的国家标准和法定计量单位，并附有参考数据、图表资料，因此，本套丛书内容丰富、简明实用、图文并茂、便于查阅。同时，为了方便读者理解书中的计算公式，还列举了一些速算实例。

本套丛书可供从事金属切削加工各工种的技工、工艺技术人员作为工具书使用，也可供城乡机械、修配行业的广大技工、技校师生、参加职业资格考试者阅读和参考，还可作为下岗人员、进城农民工及各种技工的培训教材。

有关专家和读者对本套丛书的出版提出了宝贵意见和建议，在此一并深表谢意。

因限于本人水平，难免有不妥之处，恳请广大读者予以指正。

李 秀 智

目 录

前言	1
一、概述	1
二、装配尺寸链计算	2
三、传动机构的装配计算	14
四、轴承和轴组的装配计算	33
五、联轴器装配的计算	52
六、加热装配的计算	62
七、装配吊具的计算	66
附表	88
一、滚动轴承的分类	88
二、常用滚动轴承的结构型式与特性	89
三、滚动轴承座	105
四、轴套装配	110
五、螺纹连接的预紧和防松装置	111
六、键及花键连接	112
七、销连接	115
八、常用计量工具	117
九、零件形状和位置公差	130
(一) 形位公差的符号及标注	130
(二) 形状和位置公差值	134
(三) 未注出的形位公差值	138
(四) 表面粗糙度	139
十、钳工常用工具和操作技术	140
(一) 划线工具	140
(二) 锉削	144
(三) 刮削	148
十一、常用零件结构要素	154
十二、常用法定计量单位对照表	180
十三、钳工加工通用工艺守则	204

一、概 述

机器设备都是由若干零件组成的，而大多数零件是用金属材料制成的。随着科学技术的发展，一部分机器零件已经能用精密铸造或冷挤压等方法制造，但绝大多数零件还是要进行金属切削加工的。通常是经过铸造、锻造、焊接等加工方法先制成毛坯，然后经过车、铣、刨、磨、钳、热处理等加工制成零件，最后将零件装配成机器。所以，一台机器设备的产生，需要许多工种的相互配合来完成。

装配，是把已经加工好并经过检查合格的单个零件，通过各种形式，依次连接成组件、部件，最终连接成一台整体机器的工艺过程。

装配是机器制造中的最后一道工序。因此，装配过程是保证机器达到各项技术要求的关键。对金属切削机床来说，装配质量好，就能满足加工工件的各项精度；反之，则不能，甚至会出现设备事故。所以，装配的好坏对产品质量有很大的影响。例如：零件的配合不符合规定的技术要求，机器就不可能正常工作；零部件之间、机构之间的相对位置不正确，常常使它们无法连接，或使它们的有关零件工作不正常，达不到要求的标准。

二、装配尺寸链计算

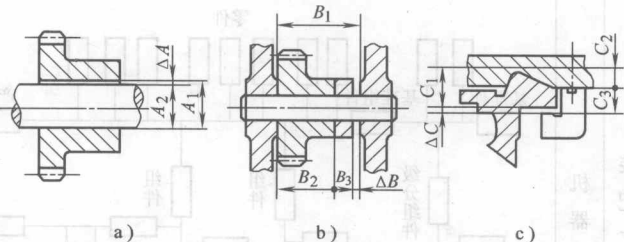
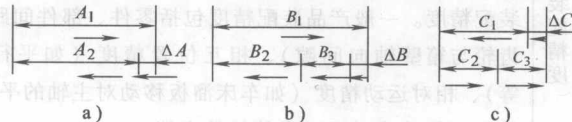
装配尺寸链的计算公式见表 2-1。

表 2-1 装配尺寸链计算公式

名称	解释与公式
装配工作概况 机器的组成	概念 一台机器在进行图样设计时，已根据它的不同结构，分为若干部分。装配工序的划分原则，基本参照设计图样，一般分为组件装配、部件装配和总装配 1. 组件装配：它是从设计图样的一个部件里分出来的，通常由几个零件连接成为一个单独的构件，一般称为装配的基本单元。其零件包括如下几种： 1) 基本零件。即主体件，如机座、床身、箱体、轴、齿轮等 2) 通用零件或部件。各工厂在该产品系列中，带有通用性质的零件或部件 3) 标准零件。即紧固件，如螺钉、螺母、接头、垫圈、销子等 4) 外购零件。如轴承、密封填料、电气零件等 2. 部件装配：以设计图样的一个部件为单位，将这个部件的所有零件都装配齐全，使之成为一个整体的机构，也就是将组件、零件连接成部件的过程。部件装配后，应根据工作要求进行调整和试验，合格后才可进入总装配 部件是由两个或两个以上零件结合形成机器的某部分，如车床主轴箱、进给箱、滚动轴承等都是部件 部件是个通称，其划分是多层次的。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一级分组件；直接进入一级分组件装配的部件称为二级分组件；其余类推。产品越复杂，分组件级数越多，如图 2-1 所示

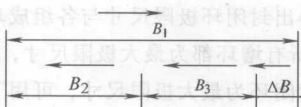
(续)

名称	解释与公式
装配工作概况 机器的组成	图 2-1 组件与分组件划分 3. 总装配：将零件、组件、部件连接成一台整体机器的过程
装配尺寸链的计算 装配精度 基本概念	产品的装配过程不是简单地将有关零件连接起来的过程，而是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 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 ΔA 的大小，与孔径 A_1 及轴径 A_2 的大小有关（图 2-2a）；又如齿轮端面 and 机体孔端面配合间隙 ΔB 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 2-2b）；再如机床溜板和导轨之间配合间隙 ΔC 的大小、与尺寸 C_1、C_2 及 C_3 的大小有关（图 2-2c）

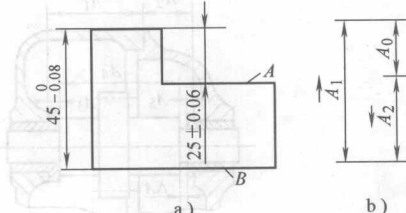
名称	解释与公式
基本概念	 图 2-2 装配尺寸链
装配尺寸链的定义和简图	1. 装配尺寸链定义：如果把这些影响某一装配精度的有关尺寸彼此按顺序地连接起来，可构成一个封闭外形。所谓装配尺寸链，就是指这些相互关联尺寸的总称 装配尺寸链有两个特征： 1) 各有关尺寸连接成封闭的外形 2) 构成这个封闭外形的每个尺寸的偏差都影响装配精度 2. 装配尺寸链简图：装配尺寸链可在装配图中找出。为简便起见，通常不绘出该装配部分的具体结构，也不必按严格的比例，而只是依次绘出各有关尺寸，排列成封闭外形的尺寸链简图。图 2-2 所示的三种情况，其尺寸链简图如图 2-3 所示  图 2-3 尺寸链简图
尺寸链术语	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 ΔA、ΔB、ΔC 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

(续)

名称	解释与公式
尺寸链术语	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 2-3 中 A_1、B_1、C_2、C_3 为增环。增环用符号 $\bar{A}_1$、$\bar{B}_1$、$\bar{C}_2$、$\bar{C}_3$ 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, 该组成环称为减环。图 2-2 中 A_2、B_2、B_3、C_1 为减环, 用符号 $\bar{A}_2$、$\bar{B}_2$、$\bar{B}_3$、$\bar{C}_1$ 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。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 2-3 所示
装配尺寸链的计算	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), 即 $\Delta A = \sum_{i=1}^m \bar{A}_i - \sum_{i=1}^n \bar{A}_i$ 式中 Σ——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 由此可得出封闭环极限尺寸与各组成环极限尺寸的关系 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, 则封闭环为最大极限尺寸, 可用下式表示: $\Delta A_{\max} = \sum_{i=1}^m \bar{A}_{i\max} - \sum_{i=1}^n \bar{A}_{i\min}$ 式中 ΔA——封闭环最大极限尺寸 $\bar{A}_{i\max}$——第 i 个增环最大极限尺寸 $\bar{A}_{i\min}$——第 i 个减环最小极限尺寸 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, 则封闭环为最小极限尺寸, 可用下式表示: $\Delta A_{\min} = \sum_{i=1}^m \bar{A}_{i\min} - \sum_{i=1}^n \bar{A}_{i\max}$

名称	解释与公式
封闭环尺寸及公差	式中 $\Delta A_{\min}$——封闭环最小极限尺寸 $\bar{A}_{i\min}$——第 i 个增环最小极限尺寸 $\bar{A}_{i\max}$——第 i 个减环最大极限尺寸 将两式相减, 可得封闭环公差 $\Delta\delta = \sum_{i=1}^{m+n} \delta_i$ 式中 $\Delta\delta$——封闭环公差 δ_i——某组成环公差 上式表明, 封闭环的公差等于各组成环的公差之和
装配尺寸链的计算实例	例 1: 图2-2b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 $0.1 \sim 0.3\text{mm}$ 的轴向间隙。已知 $B_1 = 80^{+0.1}_0 \text{mm}$、$B_2 = 60^{+0.06}_0 \text{mm}$、问 B_3 尺寸应控制在什么范围内才能满足装配要求? 解: (1) 根据题意绘尺寸链简图 (图 2-4)  图 2-4 尺寸链简图 (2) 确定封闭环、增环、减环分别为 ΔB、$\bar{B}_1$、$\bar{B}_2$、$\bar{B}_3$ (3) 列尺寸链方程式, 计算 B_3 $\Delta B = B_1 - (B_2 + B_3)$ $B_3 = B_1 - B_2 - \Delta B$ $= 80\text{mm} - 60\text{mm} - 0\text{mm} = 20\text{mm}$

(续)

名称	解释与公式
装配尺寸链的计算实例	(4) 确定 B_3 极限尺寸
	$B_{3\min} = B_{1\max} - B_{2\min} - \Delta B_{\max}$
	$= 80.1 \text{ mm} - 59.94 \text{ mm} - 0.3 \text{ mm} = 19.86 \text{ mm}$
	$B_{3\max} = B_{1\min} - B_{2\max} - \Delta B_{\min}$
	$= 80 \text{ mm} - 60 \text{ mm} - 0.1 \text{ mm} = 19.9 \text{ mm}$
	所以 $B_3 = 20 \begin{smallmatrix} -0.10 \\ -0.14 \end{smallmatrix} \text{ mm}$
	例 2: 由钳工锉削如图 2-5a 所示的零件, 因条件所限, 仅有外径千分尺供测量使用。求 A、B 间距离应控制在什么尺寸范围内才能满足加工要求?
	解: (1) 根据题意绘出尺寸链简图 (图 2-5b)
	(2) 确定封闭环、增环和减环。A_1、A_2 为直接测得尺寸, 25 ± 0.06 为间接得到的尺寸, 为封闭环; 显然有 $\vec{A}_1$、$\vec{A}_2$
	
	图 2-5 工件加工要求
	(3) 计算 A_2
	$A_2 = A_1 - A_0 = 45 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$
	(4) 确定 A_2 极限尺寸
	$A_{2\max} = A_{1\min} - A_{0\min} = 45 \text{ mm} - 0.08 \text{ mm} - 25 \text{ mm} + 0.06 \text{ mm} = 19.98 \text{ mm}$
	$A_{2\min} = A_{1\max} - A_{0\max} = 45 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 0.06 \text{ mm} = 19.94 \text{ mm}$
	所以 $A_2 = 20 \begin{smallmatrix} -0.02 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$

名称	解释与公式
解尺寸链	不论采用哪种装配方法,都需要应用尺寸链的概念,正确解决装配精度与零件制造精度,即封闭环公差与组成环公差的合理分配。装配方法不同时,二者关系也不同 根据装配精度(即封闭环公差)对有关尺寸链进行正确分析,并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
装配尺寸链解法	按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。此时,装配精度由零件制造精度来保证,其工艺计算的一般步骤如下: 例3:图2-6a所示齿轮箱部件,装配要求是轴向窜动量为$\Delta A = 0.2 \sim 0.7\text{mm}$。已知$A_1 = 122\text{mm}$, $A_2 = 28\text{mm}$, $A_3 = A_5 = 5\text{mm}$, $A_4 = 140\text{mm}$,试用完全互换法解此尺寸链。 a) b) 图2-6 齿轮轴装配图 解:(1) 根据题意绘出尺寸链简图,并校验各环基本尺寸,图2-6b所示为尺寸链简图,其中A_1、A_2为增环,A_3、A_4、A_5为减环,ΔA为封闭环 $\Delta A = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_5)$ $= (122 + 28)\text{mm} - (5 + 140 + 5)\text{mm} = 0\text{mm}$ 可见各环基本尺寸确定无误。

(续)

名称	解释与公式
完全互换法解尺寸链	(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: $\Delta\delta = 0.7\text{mm} - 0.2\text{mm} = 0.5\text{mm}$ 根据 $\Delta\delta = \sum_{i=1}^{m+n} \delta_i = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 = 0.50\text{mm}$, 同时考虑各组成环尺寸的加工难易程度, 合理分配各环尺寸公差: $\delta_1 = 0.20\text{mm}, \delta_2 = 0.10\text{mm}, \delta_3 = \delta_5 = 0.05\text{mm}, \delta_4 = 0.10\text{mm}$ 再按“人体原则”分配偏差。 $A_1 = 122^{+0.20}_0 \text{mm}, A_2 = 28^{+0.10}_0 \text{mm}, A_3 = A_5 = 5^{0}_{-0.05} \text{mm}$ (3) 确定协调环: 为了能满足装配精度要求, 应在各组成环中选择一个环, 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, 此题定为 A_4。 $\begin{aligned} A_{4\min} &= A_{1\max} + A_{2\max} - A_{3\min} - A_{5\min} - \Delta A_{\max} \\ &= 122.20\text{mm} + 28.10\text{mm} - 4.95\text{mm} - 4.95\text{mm} - 0.7\text{mm} \\ &= 139.70\text{mm} \\ A_{4\max} &= A_{1\min} + A_{2\min} - A_{3\max} - A_{5\max} - \Delta A_{\min} \\ &= 122\text{mm} + 28\text{mm} - 5\text{mm} - 5\text{mm} - 0.2\text{mm} = 139.80\text{mm} \end{aligned}$ 所以 $A_4 = 140^{+0.20}_{-0.30} \text{mm}$
装配尺寸链解法	分组选择装配法是将尺寸链中组成环的制造公差放大到经济精度的程度, 然后分组进行装配, 以保证规定的装配精度。装配质量不取决于零件制造公差, 而决定于分组情况。下面举例介绍具体方法。 例 4: 图2-7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。装配技术要求: 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。设轴、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: $\Delta\delta = (-0.01)\text{mm} - (-0.02)\text{mm} = 0.01\text{mm}$ 取 $\delta_1 = \delta_2 = 0.005\text{mm}$ (等公差分配) 活塞销的公差带分布位置应为单向负偏差 (基轴制原则), 即销子尺寸应为

名称

解释与公式

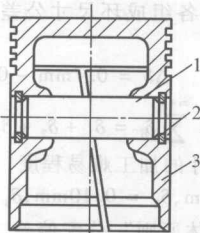


图 2-7 活塞与活塞销装配简图

1—活塞销 2—挡圈 3—活塞

$$A_1 = 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.005 \end{smallmatrix} \text{mm}$$

根据题意画出轴、孔公差带图如图 2-8a 所示。

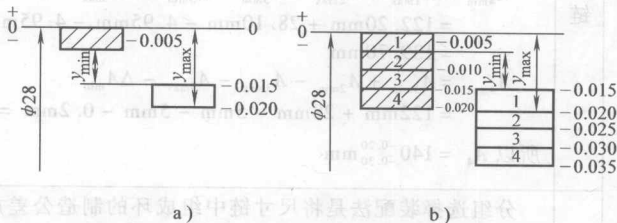


图 2-8 销子与销孔的尺寸公差带

相应地，销孔尺寸由图 2-8a 所示可知

$$A_2 = 28 \begin{smallmatrix} -0.015 \\ -0.020 \end{smallmatrix} \text{mm}$$

(2) 将得出的组成环公差均扩大四倍，得到 $4 \times 0.005 \text{mm} = 0.02 \text{mm}$ 的经济制造公差。

(3) 按相同方向扩大制造公差，得销子极限尺寸为 $\phi 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.020 \end{smallmatrix} \text{mm}$ ，销孔极限尺寸为 $\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.015 \\ -0.035 \end{smallmatrix} \text{mm}$ ，如图 2-8b 所示。

(4) 制造后，按实际加工尺寸分四组，如图 2-8b 所示。装配时，大尺寸的孔与大尺寸轴配合，小尺寸孔与小尺寸轴配合，各组配合的过盈如下表所示。因分组配合公差与允许配合公差相同，所以符合装配要求。

(续)

名称		解释与公式			
分组选择装配法解尺寸链	活塞销和活塞销孔的分组尺寸（单位：mm）				
	组别	活塞销直径	活塞销孔直径	配合情况	
				最小过盈	最大过盈
	1	$\phi 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.005 \end{smallmatrix}$	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.015 \\ -0.020 \end{smallmatrix}$	0.010	0.020
	2	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.005 \\ -0.010 \end{smallmatrix}$	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$		
	3	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.010 \\ -0.015 \end{smallmatrix}$	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.030 \end{smallmatrix}$		
4	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.015 \\ -0.020 \end{smallmatrix}$	$\phi 28 \begin{smallmatrix} -0.030 \\ -0.035 \end{smallmatrix}$			
装配尺寸链解法	修配法解尺寸链	在装配时，根据实际测量的结果，用修配的方法改变尺寸链中某一预定组成环的尺寸，使封闭环达到规定的精度，叫做修配法			
		采用修配法时，尺寸链各尺寸均按经济公差制造。装配时，封闭环的总误差有时会超出规定的允许范围，为了达到规定的装配精度，必须把尺寸链中某一零件加以修配，才能予以补偿。要进行修配的组成环叫做修配环，也叫补偿环。通常，选择容易加工修配，并且对其他尺寸没有影响的零件作为修配环			
		修配法解尺寸链的原则，是确定修配环在加工时的实际尺寸，在修配时有足够的而且是最小的修配量			
		例 5：如图 2-9 所示，为保证精度要求，卧式车床前后顶尖中心线只允许尾座高出 0 ~ 0.06mm。已知 $A_1 = 202\text{mm}$ ， $A_2 = 46\text{mm}$ ， $A_3 = 156\text{mm}$ ，组成环经济公差分别为 $\delta_1 = \delta_2 = 0.1\text{mm}$ （镗模加工）， $\delta_3 = 0.5\text{mm}$ （半精刨）。试用修配法解该尺寸链。			
		解：（1）根据题意画出尺寸链简图，如图 2-10a 所示。实际生产中通常把尾座体和尾座底板的接触面先配制好，并以尾座底板的底面为定位基准，精镗尾座体上的顶尖套孔，其经济加工精度为 0.1mm，装配时尾座体与底板是作为一个整体进入总装的。因此原组成环 A_2 和 A_3 合并成一个环 $A_{2,3}$ ，如图 2-10b 所示。此时，装配精度取决于 A_1 的制造精度（ $\delta_1 = 0.1\text{mm}$ ）及 $A_{2,3}$ 的制造精度（ $\delta_{2,3} = 0.1\text{mm}$ ）。选定 $A_{2,3}$ 为修配环。			

(续)

(续)

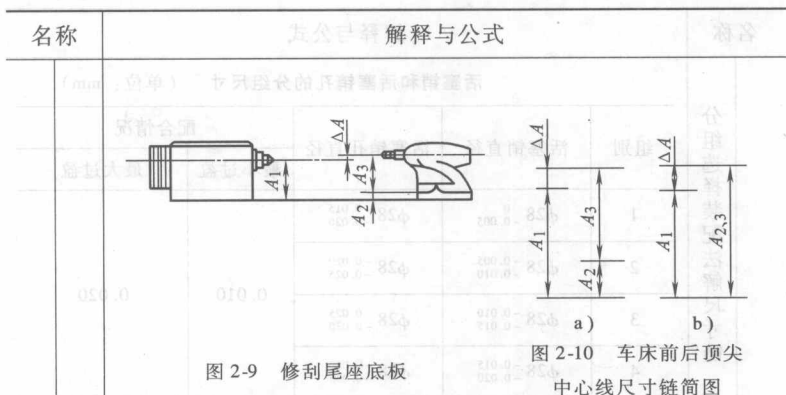


图 2-9 修刮尾座底板

图 2-10 车床前后顶尖
中心线尺寸链简图

(2) 根据经济加工精度, 确定各组成环的制造公差及公差带分布位置, 如图 2-11 所示。

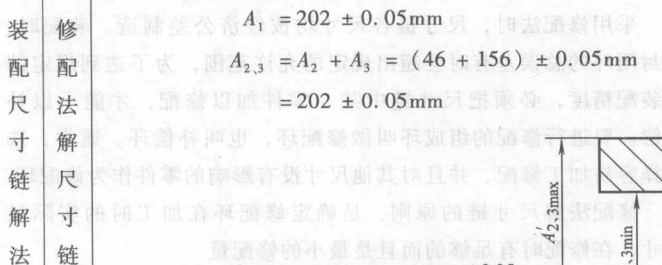


图 2-11 刮前余量示意图

(3) 确定修配环尺寸: 对 A_1 及 $A_{2,3}$ 的极限尺寸进行分析可知, 当

$$A_{1\min} = 201.95 \text{ mm} \quad A_{2,3\max} = 202.05 \text{ mm}$$

时要满足装配要求, $A_{2,3}$ 应有 $0.04 \sim 0.10 \text{ mm}$ 的刮削余量, 刮削后 ΔA 为 $0 \sim 0.06 \text{ mm}$ 。当

$$A_{1\max} = 202.05 \text{ mm} \quad A_{2,3\min} = 201.95 \text{ mm}$$

时则已没有刮削余量。