

目 录

第一章 绪论	(1)
一、新的公差制	(1)
二、国家标准“公差与配合”的情况	
《GB1800~1804-79》	(3)
(一) 基本概念、名词术语及定义	(1)
(二) 标准公差系列与基本尺寸系列	(11)
(三) 公差带与配合的选用	(17)
三、测量与检验部分综述	(27)
(一) 问题的提出	(27)
(二) 检验原则	(28)
(三) “光滑表面最优”标准简介 (GB 1817-82)	(32)
(四) 国家标准“光滑工件尺寸的检验” (GB 1133-83)	
的主要任务	(38)
第二章 尺寸检验基础	(38)
一、概述	(38)
(一) 测量的有关概念	(38)
(二) 检验的有关概念	(43)
二、测量误差及其处理	(44)
(一) 测量误差的定义及表示方法	(44)
(二) 测量误差的来源	(47)
(三) 测量误差的分类	(48)
(四) 随机误差的性质与特点	(49)
(五) 系统误差的特点及其消除	(53)
(六) 粗大误差的特点及其判别	(58)
(七) 测量的精确度	(72)
三、测量的不确定度	(74)

(一) 测量的不确定度的概念 (74)

(二) 测量的不确定度的获得方法 (83)

(三) 最终测量结果的表述 (88)

第三章 测量条件 (84)

一、概述 (84)

二、温度 (84)

(一) 温度误差的计算 (86)

(二) 温度波动对尺寸测量的影响 (86)

(三) 温度误差的特点 (84)

(四) 消除温度误差的途径 (89)

三、测量力 (89)

(一) 压缩效应 (89)

(二) 表面光洁度对尺寸测量的影响 (89)

四、自重变形 (89)

第四章 安全裕度与验收极限 (116)

一、概述 (116)

二、测量误差引起的误判概率 (117)

(一) 基本关系 (117)

(二) 典型状态下过程能力与误收率 (118)

(三) 关于降低误收率的安全裕度 (123)

三、形状误差引起的误判概率 (126)

(一) 形状误差引起的尺寸测量及其分布 (126)

(二) 形状误差引起的误收率 (131)

(三) 关于降低误收率的安全裕度 (134)

(四) 由安全裕度引起的误收率 (138)

四、安全裕度与验收极限、公差与废品 (139)

(一) 安全裕度与验收极限 (139)

(二) 关于废品与废品 (140)

第五章 计量器具的不确定度 (131)

一、概述 (141)

(一) 计量器具不确定度的含义 (141)

(二) 计量器具不确定度的获得方法 (142)

二、计量器具不确定度的分析计算 (144)

(一) 例经千分尺不确定度的分析计算 (144)

(二) 游标卡尺不确定度的分析计算 (145)

(三) 百分表不确定度的分析计算 (146)

(四) 量块长度和指示表作比较时, 量块不确定度数值的确定 (148)

三、提高外径千分尺使用精度的措施 (201)

(一) 用外径千分尺测量时, 不同位置的分析计算 (201)

(二) 用 1 根外径千分尺作比较测量时的测量公差分配 (210)

第六章 对国外有关尺寸检验标准的分析 (216)

一、检点 (216)

二、ISO 检验制 (ISO/R 1948—1971) (216)

(一) 检验制、检验制 (216)

(二) 指示式量具 (222)

三、经互会标准 (1 CCB 503—76) (223)

(一) 允许测量误差的数值 (223)

(二) 验收范围 (223)

(三) 检验制、及它的确定 (223)

四、苏联标准 (1 OC 1 2, 021—73) (223)

五、ISO 1038 建设草案 (234)

第七章 “免检工件尺寸的检验”标准分析 (241)

一、标准的基本内容及其特点分析 (241)

(一) 标准的目的 (241)

(二) 标准应用的一些规定 (241)

(三) 检验原因和标准规定的范围 (246)

(四) 安全精度和检验精度的确定 (250)

(五) 计量器具的选择原则 (263)

(六) 有关特殊问题的规定 (264)

二、关于检验目的“使用指南” (255)

三、关于检验目的的应用 (256)

(一) 一些计量器具不确定度的参考值 (260)

(二) 比较测量时扩大的公差 (261)

附录一

中华人民共和国国家标准 “光滑工件尺寸的
检验” (GB 3177—82) (261)

附录二

中华人民共和国机械工业部指导性技术文件 JB/Z 181—82
GB 3177—82 “光滑工件尺寸的检验” 使用指南 (264)

附录三

一些计量器具不确定度推荐值 (271)

第一章 绪 论

一、新的公差制

公差与配合制（简称公差制）是适应生产和使用的要求而产生、建立和发展的。公差主要协调机器零件的使用要求和制造要求的矛盾；配合则是反映制成机器零件相互之间的矛盾。公差与配合决定了机器零件相互配合的条件和状况，是评定产品质量的重要技术指标。它的标准化，使机械工业能广泛地组织专业化的生产和协作，是实现互换性的一个基本条件，它直接影响刀具、夹具和量具的品种规格，是进行产品设计、工艺设计和生产检验各个环节的重要依据。所以，公差与配合的标准化涉及到各个工业部门，影响深远，应用广泛。

从1906年英国制订第一个公差与配合国家标准以来，公差与配合标准的发展历史，各工业区制订公差与配合标准的情况大致可概括为一个阶段：初期公差制、旧的公差制和国际公差制。英国和美国最初的公差制属于初期公差制。初期公差制为极限制，公差带的大小与位置是连在一起的，用一个代号或名称表示。它只有基孔制，配合数较少，比较简单。后来发展为旧的公差制。我国的旧国标以及德国、日本、苏联等国的旧标准都属于旧的公差制。这种公差制的主要特点是将精度等级代号与配合代号分开来，按精度等级规定配合。旧的公差制一方面保留了初期公差制的一些痕迹，概念和规律性较混乱，另一方面公差制也不完整，缺少

测量与量规方面的标准，这样就使“公差与配合”国际标准的贯彻缺乏技术保证，影响了产品质量及互换性。

我国新的国家标准是采用新的公差制——国际公差制。它是一个比较完整的公差体制，包括公差与配合制，检验制和量规制。采用新的公差制能为提高产品质量、保证产品的互换性提供科学、可靠的技术保证。新的公差制体系如图 1-1 所示。

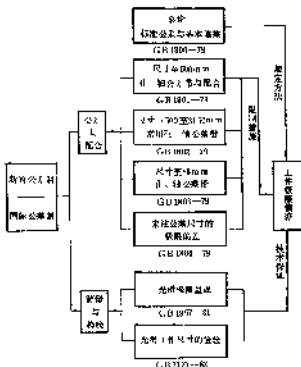


图 1-1 新的公差制体系

二、国家标准“公差与配合”概况 (GB 1800~1804—79)

(一) 基本概念、名词术语及定义

在“公差与配合”新国标中，孔和轴这两个基本术语有其特别的含义，它关系到“公差与配合”新国标的应用范围。

孔：主要指圆柱形的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。

轴：主要指圆柱形的外表面，也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。

图 1—2 是孔、轴的一个示例，从图中可以看出，除圆柱形的孔、轴以外，还包括键槽的槽宽等由平行平面或平面与平行切面所构成的内表面和外表面。又比如一个长方孔，当用尺寸公差限制时，必须将它分解成两个单一尺寸，即长度和宽度，并分别给定公差。从配合关系来看，孔为一个包容面，轴为被包容面，孔和轴的关系表现为包容与被包容的关系。从工艺上来看，在加工中的零件尺寸，孔是在不断地加大，轴则是不断地减小的。

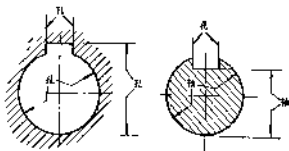


图 1—2 孔、轴示例

尺寸：用特定单位表示长度值的数字。包括直径、长度、宽度、高度、厚度以及中心距、圆角半径等等。

基本尺寸：设计给定的尺寸。

图 1—3 是公差与配合的示意图。这一图例清楚地表明了公差与配合的一些主要术语及其相互关系。从图中可以看出，基本尺寸是决定极限尺寸和偏差的一个基准尺寸（起始尺寸）。

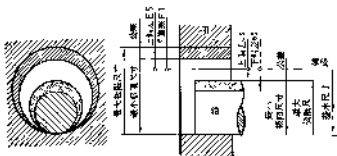


图 1—3 公差与配合示意图

极限尺寸：允许尺寸变化的两个界限值，它以基本尺寸为基准来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸。

实际尺寸：通过测量所得的尺寸。

由于存在着测量误差，所以实际尺寸仅含有允许的测量误差，并非尺寸的真值。由于形状误差等因素的影响，零件同一表面的不同部位的实际尺寸往往是不相等的。

尺寸偏差（简称偏差）：某尺寸减其基本尺寸所得的代数差。

从图 1—3 中可以看出：最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的

代数差称为下偏差。上偏差与下偏差或称为极限偏差，而实际偏差则是实际尺寸减其基本尺寸的代数差。偏差可为正值、负值或零。

尺寸公差（简称公差）：允许尺寸的变动量。如图 1-3 所示，公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差，也等于上偏差与下偏差之代数差。公差是一个绝对值，而且不能为零。

在实际应用中，可将图 1-3 简化，用公差带图来表示，如图 1-4 所示。

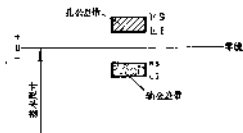


图 1-4 公差带图

尺寸公差带（简称公差带）：在公差带图中由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。

在图 1-4 中，通常零线表示基本尺寸，它是确定偏差的一条基准直线，正偏差位于零线之上，负偏差位于零线之下。由图可见，公差带由两个基本要素组成：一是公差带大小，即公差带在零线垂直方向的宽度；另一个是公差带的位置，即指公差带沿零线垂直方向的坐标位置。前者由标准公差确定，后者是由基本偏差确定。

标准公差：用以确定公差带大小的任一公差。“公差与配合”新国标中表列的数值均为标准公差。

基本偏差：用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或

下偏差，一般是靠近零线的那个偏差。“公差与配合”新国标中发列的数值均为基本偏差。

配合：基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

孔与轴配合时，若孔的尺寸大于轴的尺寸，用孔的尺寸减去轴的尺寸，其差值为正时是间隙，若孔的尺寸小于轴的尺寸，用孔的尺寸减去轴的尺寸，其差值为负时是过盈。孔与轴的配合可分为三类：间隙配合，过盈配合，过渡配合。

间隙配合：具有间隙的配合（包括最小间隙等于零）。此时孔的公差带在轴的公差带之上。参见图 1—5。

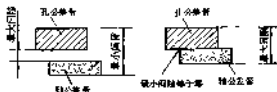


图 1—5 间隙配合

过盈配合：具有过盈的配合（包括最小过盈等于零）。此时孔的公差带在轴的公差带之下。如图 1—6 所示。

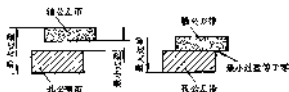


图 1—6 过盈配合

过渡配合：可能具有间隙或过盈的配合。此时孔的公差带与轴的公差带相互交叉，如图 1—7 所示，



图 1-7 过渡配合

最大间隙：对间隙配合或过渡配合，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差。

最小间隙：对间隙配合，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差。

最大过盈：对过盈配合或过渡配合，孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差。

最小过盈：对过盈配合，孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差。

配合公差：允许间隙或过盈的变动量，对于间隙配合，配合公差等于最大间隙与最小间隙之代数差；对于过盈配合，它等于最小过盈与最大过盈之代数差；对于过渡配合，它等于最大间隙与最大过盈之代数差。所以配合公差又等于相互配合的孔公差与轴公差之和，是一个绝对值。

为了减少定值刀具、量具的规格数量，获得最大的技术经济效益，“公差与配合”新国标在規定配合系列时，采用了两种基准制——基孔制和基轴制。

基孔制：基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制的孔为基准孔。标准规定基准孔的下偏差为零。

基轴制：基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏

差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。基准制的轴为基准轴。标准规定基准轴的公差为零。图 1—8 表示的是基孔制和基轴制。

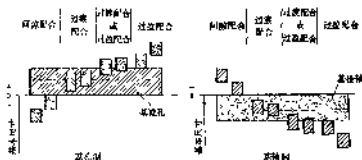


图 1—8 基孔制和基轴制

(二) 标准公差系列与基本偏差系列

在“公差与配合”新国标中，对公差带的两个基本要素分别进行了标准化，形成了标准公差系列和基本偏差系列。

1 标准公差系列

表 1—1 是“公差与配合”新国标规定的标准公差数值。

新国标规定，用 IT 表示标准公差，公差等级的代号是用阿拉伯数表示，标准公差只分为 20 级，即 IT01、IT0、IT1 至 IT18。从 IT01 至 IT18，公差等级是依次降低的，而相应的标准公差则依次加大。必须说明，属于同一公差等级的公差，所有的基本尺寸虽然数值不同，但被认为具有同等的精确程度。例如，表 1—1 中 7 级标准公差 (IT7)，基本尺寸为 10 mm 时为 15 μm ，基本尺寸为 100 mm 时为 35 μm 。虽然由于不同的基本尺寸而使标准公差的数值不同，但在使用和制造上都是由于 7 级而认为具有相同的精确程度。

「一」

[illegible]

注, 基本尺寸小于1000时, $\Delta_{11} \leq 11\mu\text{m}$.

表 1-1 所示标准公差数值是按不同的公差等级计算而得的。标准公差 IT 可表示为:

$$IT = ai$$

式中, a 为公差单位数或等级系数, i 为公差单位,

公差单位是评定公差等级与制定公差数值的基础, 它是以实验为基础的, 通过专门的试验和统计分析方法, 找出零件加工和测量误差随直径而变化的规律, 新国标按国际公差制, 对 ≤ 3 至 500 mm IT5 至 IT18 的公差单位取:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001 D \quad (\mu\text{m})$$

式中第一项主要反映的是加工误差, 第二项是用以补偿与直径成正比의误差, 主要是由于测量时温度不稳定及对标准温度有偏差而引起的测量误差, 以及量规变形误差等。

对于 > 500 至 3150 mm 的大尺寸段, 公差单位取:

$$i = 0.004 D + 2.1 \quad (\mu\text{m})$$

对于大尺寸和精度高的公差等级, 测量误差是主要矛盾。由于尺寸大, 受温度影响大, 而由温度引起的系统误差基本上是线性关系, 因此, 大尺寸的公差单位是采用线性关系式。

公差等级系数从 IT6 开始, 按 R5 优先数系, 公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$, 即每增加 5 个公差等级, 公差值增加 10 倍。

对于尺寸至 500 mm 的 IT01, IT0 和 IT1, 主要考虑测量误差, 公差计算式采用线性关系式, 而 IT2 至 IT4 的数值, 大体上在 IT1 至 IT5 的数值之间按几何级数分布, 标准公差的计算公式如表 1-2 所示。

对于 > 500 至 3150 mm 的标准公差的计算公式如表 1-3 所示, IT01, IT0 和 IT1 分别按 $1i$ 、 $\sqrt{2}i$ 和 $2i$ 计算, IT2 和

表 1-2 基本尺寸至500mm, 标准公差的计算公式

公差等级	公 式	公差等级	公 式	公差等级	公 式
IT6	$0.3+0.008D$	IT4	11	IT12	400
IT5	$0.3+0.012D$	IT3	10	IT13	2500
IT7	$0.3+0.020D$	IT2	18	IT14	4000
IT8	$(IT1)\left(\frac{IT5}{IT1}\right)^{\frac{1}{4}}$	IT1	25	IT15	8000
IT9	$(IT1)\left(\frac{IT5}{IT1}\right)^{\frac{1}{2}}$	IT9	40	IT16	10000
IT4	$(IT1)\left(\frac{IT5}{IT1}\right)^{\frac{1}{4}}$	IT10	60	IT17	16000
		IT11	100	IT18	25000

式中：为公差单位，

$$i=0.45\sqrt[3]{D}+0.001D$$

式中：——以 μm 计， D ——以 mm 计。

IT4与常用尺寸段一样，在IT1和IT5之间近似几何级数分布。

在新国标中，标准公差表列数值就是按上述公式计算而得的。计算时注意： D 为基本尺寸分段首尾两个尺寸的几何平均值，单位为 mm 。对于 $\leq 3\text{mm}$ 这一尺寸分段， D 取 $\sqrt{1 \times 3}\text{mm}$ 计算后所得的数值，要按标准规定的尾数化整规则化整。

新国标规定的公差单位的计算公式较为合理，也是符合生产实际的。标准公差各级之间的公差分布规律性强，便于向高、低等级延伸，还可插入中间等级，因此，它的适用范围

表 1-3 基本尺寸大于500mm, 标准公差的计算公式

(μm)

公差带	公差	公差带	公差	公差带	公差
IT01	IT	IT9	7IT	IT12	160IT
IT5	$\sqrt[3]{i}$	IT13	10IT	IT13	250IT
IT1	i	IT17	16IT	IT14	400IT
IT2	$(IT1) \sqrt[3]{\frac{IT6}{IT1}}$	IT18	20IT	IT15	640IT
IT3	$(IT1) \sqrt[3]{\frac{IT6}{IT1}}$	IT19	30IT	IT16	1000IT
IT4	$(IT1) \sqrt[3]{\frac{IT6}{IT1}}$	IT15	40IT	IT17	1600IT
		IT11	100IT	IT18	2500IT

式中 i 为公差单位,

$$i = 0.001D^{1/3}$$

式中 D——以 μm 计, D——以 mm 计。

同较广, 便于掌握, 也有利于今后的发展。

2. 基本偏差系统

基本偏差是使公差带位置标准化的唯一指标。对所有的公差带, 位于零线上方的基本偏差为下偏差; 位于零线下方的基本偏差为上偏差。

基本偏差代号用拉丁字母及其顺序表示, 如图 1-9 所示。用大写字母代表孔, 小写字母代表轴。孔和轴各有 28 个基本偏差, 除了 J 和 j 以外, 基本偏差均靠近零线, 即绝对值较小的那个偏差。JS 和 js 为完全对称的偏差, 因此, 其基本偏差可以为上偏差 (+IT/2); 也可为下偏差

