

实用公差指南

[美] M.F.SPOTTS 著

杨 青 廖伽尼 编译

赵卓贤 审校

中国计量出版社

76801

352343

S70

实用公差指南

【美】M.F.SPOTTS 著

杨 青 廖伽尼 编译

赵卓贤 审校



中国计量出版社

内 容 提 要

本书详细地介绍了尺寸、公差标注的基本原则和方法；分析了加工中的误差分布规律；深入浅出地引入了概率统计的基础知识及尺寸公差、装配尺寸链、质量检验和控制等各方面的应用。全书共分9章，第1章绪论；第2章和第3章为孔心尺寸公差和几何公差的标注；第4章到第7章为误差分布曲线、装配尺寸链、概率统计及质量控制；第8章常用几何学；第9章其它有关问题。内容简明实用并附题例和习题，可供大专学校工科专业师生和厂矿企业有关设计工艺检验等方面工程技术人员和工人阅读。

DIMENSIONING and TOLERANCING for QUANTITY PRODUCTION

MERLE F. SPOTTS
Prentice-Hall Inc. 1983

实用公差指南

(美) MERLE F. SPOTTS 著

杨 倩、廖伽尼 编译

赵卓贤 审校

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—11—

开本 787 × 1092/32

印张 9.875 字数 221 千字

1991 年 7 月第 1 版

1991 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—1 0000

ISBN 7-5026-0427-8/TB·342

定价 5.00 元

编译者的话

本书是以美国西北大学机械工程系教授 Merhyle F. Spotts 1983 年出版的“Dimensioning and Tolerance for Quantity Production”一书进行编译的。

书中详细介绍了尺寸、公差标注的基本原则和方法；分析了加工中的误差分布规律；深入浅出地引入了概率统计的基础知识以及它们在尺寸公差、装配尺寸链、产品检验、质量控制等方面的应用。为批量生产合理地选用和标注公差提供了理论基础及较完整的教学方法。书中通过大量计算实例，引导读者应用概率统计的方法解决生产中的实际问题。各章后面还附有众多习题及部分答案，便于读者自学及应用。

原版书首次出版后曾在几个国家先后发行，它是一本内容精练、结构新颖、深入浅出、非常实用的基础参考书。该书的内容对我国贯彻六项基础标准也十分有用。

原版书中采用英制单位，为适合我国国情，编译时均改为米制。采用的方法有两种：一种是按英制与米制的换算法则进行转换；另一种在不涉及零件的实际公差、仅介绍数值的计算方法时，直接将英制数值通过小数点移位的方法变为米制。由于在大多数情况下，英制螺纹尺寸和各种英制公差数值很难恰好转换为整毫米数，因此在涉及螺纹连接及有参考价值的有关公差表部分，同时给出英制与米制数值。为便于读者对照，在第 9 章最后附有“英制与米制换算”一

节。

本书可作为各类机械、仪器仪表、汽车拖拉机等行业中从事设计、制造、检验、修理等工程技术人员的实用参考书，也可供高等院校及各类业余大学有关专业的师生参考。

本书由西北农业大学农业工程系副教授杨青主持编译和校阅。其中1至3章由上海工程技术大学机械系廖伽尼编译，其余部分由杨青编译。全书最后由西安交通大学机械系赵卓贤教授审定。

由于编译者水平有限，时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，恳请有关专家和本书的广大读者批评指正。

1989年2月

序 言

本书的目的是为正确标注尺寸确立基本的准则和方法。它不是一般的图样标注，而是试图提供一些基本知识，以利于解决生产中不断出现的尺寸标注问题。目前这些资料分散在各类著作文献中，本书拟对这些问题提出一个统一的处理方法。

工程图样是制造机器零件的依据。因此，每个从事机械制造的人员，都十分关注如何正确理解贯穿于整个生产过程的图样的含意。

在机械制造中，始终存在这样一个客观事实，即任何两个零件都不可能制造得完全相同。因此，工程师们在设计时必须考虑零件批量生产中所产生的尺寸的微小差异，在图样上标注合适的公差，使尺寸变化限制在规定的范围内。这样，不仅能确保完工零件的功能要求，而且可达到预定的寿命。但需注意，公差也不能规定得太小，致使成本增加，超过原设计要求。

工程图样中所出现的模糊概念，会引起很多混乱以及重大的经济损失。在拟定公差时，设计人员必须充分认识到，图样是联系制造部门与完工产品之间重要的信息传递。图样应包括体现设计者意图的所有信息，标注必须完全，并尽可能地简单明了。另外，它所表示的含意对所有使用图样的人员来说（包括设计、应用、工夹具设计、生产检验、装配及修理部门），都应该是唯一的。随着科学技术的日新月异，

以及与此相应的生产发展的多样性和广泛性，使这个要求越来越迫在眉睫。

具有一般数学知识的读者便可阅读本书。书中通过大量例题，简明扼要地阐述了如何应用所提出的原理进行数值计算。为了减少累计的修正误差，有时计算所得的小数位多于实际需用的位数。

本书并没有详细列举生产中的各类问题，仅对讨论的重点提供了充足的资料。

当设计者具有一定的概率统计知识时，才能对生产及装配中出现的概率问题有更深刻地认识。因此，书中介绍了有关尺寸标注中所涉及的概率论原理。在列举的概率论诸多应用中，如何解决零件公差可能超差、而配合公差却符合设计要求这类问题时，则是最有价值的。

每章后面附有大量习题，以帮助读者更好地理解书中的内容。通过学习本书，希望能使读者的专业知识和技能得到快速的提高，以达到一般需要通过多年实践才能具有的熟练水平。

M. F. SPOTTS

目 录

序 言	(1)
第 1 章 绪论	(1)
公差	(1)
标注公差的方法	(2)
最大实体状态; 最小实体状态	(3)
圆柱体配合尺寸的标注	(4)
有累积误差和无累积误差的尺寸标注	(7)
“多余”尺寸的标注	(7)
第三角与第一角投影图	(9)
零件要素 参考尺寸	(12)
米制	(12)
第 2 章 孔心尺寸的标注	(17)
基准	(17)
用螺栓连接带孔的零件	(18)
用位置度标注	(20)
用字母符号标注孔的位置尺寸	(21)
用位置量规检验孔的位置	(23)
孔的倾斜角	(29)
孔心尺寸标注⊙用的位置量规	(32)
螺孔的尺寸标注	(33)
通孔零件与螺孔零件的装配	(37)
螺孔的倾斜角	(40)
非圆要素的尺寸标注	(44)
累积误差	(45)

链式装配的长度偏差	(47)
同轴孔的尺寸标注	(50)
第 3 章 几何公差标注	(58)
几何公差的标注符号	(58)
尺寸标注的三基面体系概念	(58)
直线度	(64)
用径向跳动控制同轴度	(65)
用位置度规定位置公差	(68)
同轴圆柱体零件的配合	(70)
用位置度控制要素的位置	(75)
回转体的尺寸标注	(78)
圆度	(80)
轮廓度的尺寸标注	(82)
锥体的尺寸标注	(83)
阶梯轴支座的检验	(83)
第 4 章 误差分布曲线	(87)
系统原因与随机原因	(88)
直方图	(89)
一组测量数据的均值	(90)
标准偏差及方差	(92)
尺寸化简	(94)
误差的正态曲线 (高斯曲线)	(97)
用正态曲线近似代替直方图	(106)
数据分组	(107)
截尾正态曲线	(108)
中位数	(118)
刀具磨损对尺寸分布的影响	(119)
均匀分布和三角分布近似的标准偏差	(120)
第 5 章 装配尺寸链	(126)
尺寸链	(127)

极值法	(127)
某些组成环折转到另一些组成环的装配尺寸链	(128)
组成环误差均按正态分布的装配尺寸链	(131)
已知组成环的极限偏差求封闭环的固有偏差	(133)
零件误差超出公差的装配尺寸链	(133)
截尾正态曲线组成的装配尺寸链	(135)
误差接近极限值时的装配尺寸链	(142)
间隙配合的尺寸链	(145)
给出零件误差直方图的装配尺寸链	(156)
给出零件误差直方图的间隙配合	(158)
过渡配合中的间隙和过盈	(160)
用放宽零件公差来提高装配精度	(162)
分布和的数学表达式	(162)
两个连续均匀分布之和	(163)
两个均匀分布之差	(168)
第 6 章 概率统计	(176)
变量及变量的函数	(177)
均值或数学期望	(178)
标准偏差及方差	(179)
独立	(183)
两个分布和的均值及方差	(184)
协方差	(189)
总体方差的无偏估计	(189)
正态曲线	(194)
标准正态曲线	(198)
变量的抽样	(202)
总体均值 μ 的假设检验	(208)
假设判断	(211)
置信区间	(212)
接受错误假设值 μ 的风险——I 类风险	(212)

确定真值 μ 的置信区间.....	(214)
t 分布.....	(216)
χ^2 分布	(218)
中心极限定理	(223)
样本极差.....	(226)
估计总体标准偏差 σ' 的公式	(226)
用蒙特卡罗 (MONTE CARLO) 模拟法计算装配	
尺寸链.....	(230)
用积分法求连续分布的方差.....	(236)
第 7 章 质量控制	(247)
系统原因与随机原因	(247)
已知总体 μ 和 σ' 的 $\bar{x}$ 控制图.....	(248)
总体未知的 $\bar{x}$ 控制图	(250)
用样本极差 R 表示的 $\bar{x}$ 控制图	(252)
已知总体 σ' 的 σ 控制图.....	(252)
总体未知的 σ 控制图	(254)
已知总体 σ' 的 R 控制图	(255)
总体未知的 R 控制图	(256)
第 8 章 常用几何学	(260)
二次方程	(260)
三角形解法.....	(261)
与圆弧相切的点的确定	(262)
斜面和锥度.....	(269)
用正弦规和V型块检验锥度.....	(273)
键槽的定位角度	(277)
椭圆	(278)
一个物体的斜视图	(279)
两个相交平面之间的夹角	(281)
第 9 章 其它有关问题.....	(287)
有效数位的舍入法	(287)

优先数系	(287)
机械加工公差	(292)
压铸公差	(292)
冲压公差	(294)
塑料模压公差	(295)
间隙配合的尺寸标注	(295)
过盈配合的尺寸标注	(298)
英制与米制的换算	(299)
参考文献	(301)
A 标准及手册	(301)
B 尺寸及公差	(302)
C 质量控制、检验及工艺过程	(303)
D 数学、概率与统计	(304)
E 有关问题	(304)

第1章 绪 论

公 差

把零件尺寸制成某一准确值是不可能的。因此，必须在图样上标注公差，以限制其变化在允许的极限之内。完工零件的实际轮廓，必须位于公差规定的区域之中。每一个设计人员都懂得，若零件按较小的公差制造，则加工产品的成本会迅速增加。因此在满足使用要求的前提下，应尽可能采用最大的公差。然而，这里有可能出现对适合于零件功能要求的各种公差之间的关系，未作充分研究的情况。鉴于这种原因，为了使零件装配时不发生困难，设计者在规定零件公差时，往往不恰当地过于严格。由此看出，综合地分析和正确地标注公差，是一项十分复杂的工作，它需要投入很大的精力。

要使产品加工经济地达到预计的设计要求，规定恰当的制造公差则是最重要的。公差的大小是由设计者确定的，在许多情况下是设计者根据相似产品适用的成熟经验来确定的。了解车间的工艺水平及所设计机器的性能，对于以最有效的方法确定公差值是非常有益的。如果规定的公差太小，致使现有的加工设备无法达到时，则需要修改公差。

除另行说明外，所采用的公差值适用于在无机物涂层之后的零件，例如：电镀、阳极处理等。同样，所采用的公差也适用于在有机物涂层之前的零件。例如：底漆、油漆及喷

漆等。

标注公差的方法

公差在图样上的给定方式，根据产品种类或加工类型而定。如果公差在尺寸后未特别注出，则可在图样总的注解中对这些尺寸给定公差值。然而，有时不采用注解的方式。假定对每个尺寸都逐个地进行研究，然后注出各自的公差，这些标注的公差或许比那些总的注解的公差更大。

公差在图样上可以有不同的标注方式。在单向制（图1—1）中，一个极限偏差为零，另一个极限偏差即为尺寸允许的全部变动量。在双向制（图1—2）中，在正、负两个方向上对给定的尺寸规定允许的变动量，即用平均尺寸和正、负偏差表示。

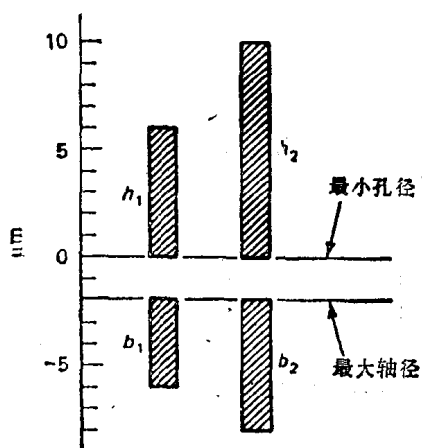


图 1—1 单向公差

单向公差的优点，是在修改公差时，对其他有关尺寸可能造成的干扰为最小。如图1—1，设配合中原来的孔、轴尺

寸公差分别为 h_1 、 b_1 ，而后，假定根据某些经验该配合可以采用较大的公差。此时，孔、轴的公差很容易变为 h_2 和 b_2 ，而不影响其它已给定的尺寸。而在双向制（图1—2）中，任一偏差发生变化至少涉及平均尺寸产生变化。单向制及双向制之间很容易相互转换，其计算也很方便。

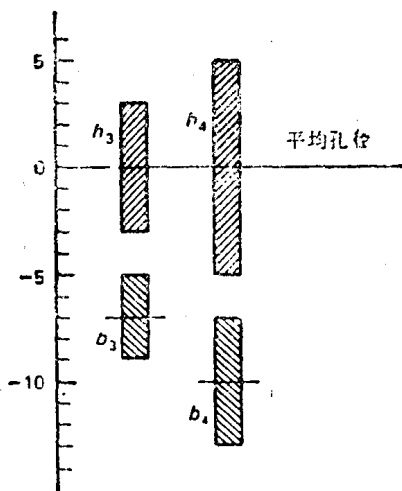


图 1—2 双向公差

最大实体状态；最小实体状态

所谓一个零件处于最大实体状态（MMC），是指零件具有允许材料量为最多时的极限状态。在最大实体状态时的尺寸，称为最大实体尺寸。按 MMC 标注公差时，对于一个公差为单向制的轴或者被包容件，它的基本尺寸为最大极限尺寸，当它在公差范围内变动时，只能使尺寸减小。对于一个公差为单向制的孔或者包容件，它的基本尺寸为最小极限尺寸，当它在公差范围内变动时，只能使尺寸增大。

所谓一个零件处于最小实体状态 (LMC), 是指零件具有允许材料量为最少时的极限状态。在最小实体状态时的尺寸称为最小实体尺寸。按 LMC 标注公差时, 对于公差为单向制的被包容件, 它的基本尺寸为最小极限尺寸; 对于公差为单向制的包容件, 它的基本尺寸为最大极限尺寸。因此, 尺寸在公差范围内变动时, 将会使零件容纳的材料量增加。

按最大实体尺寸标注公差对生产有利。例如, 对于一个被包容件, 工人瞄准基本尺寸或最大极限尺寸加工, 即使完工尺寸偏小, 但仍可能在允许的极限范围内。如果按平均尺寸加工, 则在任何一边的偏差允许变动范围都较小。对于零件实际材料量介于 MMC 和 LMC 之间时, 其重要性则较小了。然而, 上述概念, 为以不同方式在零件图样上标注公差提供了方便的表达形式。

例 1 设一个孔的尺寸为 $19.20 \sim 19.06$ mm, 轴的尺寸为 $18.97 \sim 18.87$ mm。将上述尺寸变为双向制和最大实体尺寸的标注形式。

解: 按双向制:

孔平均尺寸 = 19.13 尺寸标注 19.13 ± 0.07

轴平均尺寸 = 18.92 尺寸标注 18.92 ± 0.05

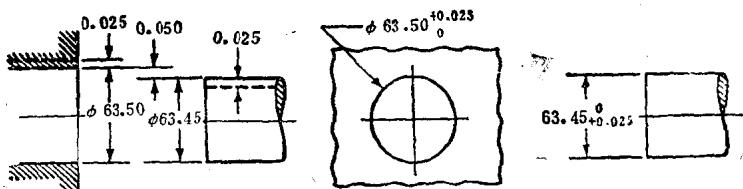
按最大实体尺寸:

孔尺寸标注 $19.06^{+0.14}_{-0.14}$

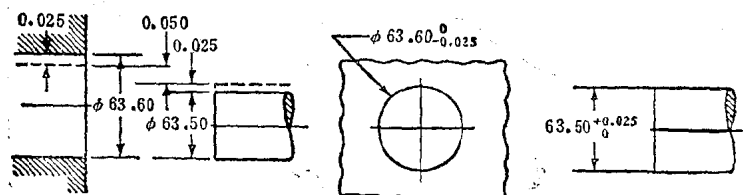
轴尺寸标注 $18.97^{+0.10}_{-0.10}$

圆柱体配合尺寸的标注

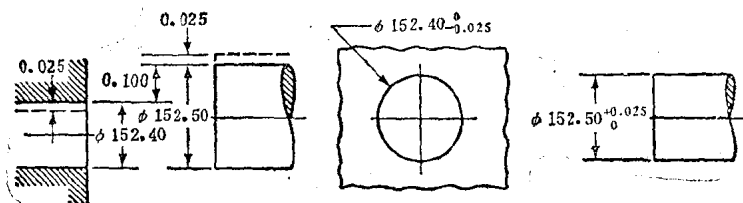
圆柱体配合尺寸可用不同的方式标注。对于间隙配合, 最不利的装配情况, 出现在孔的尺寸最小同时轴的尺寸最大时。因此采用最大实体尺寸标注最为可靠, 如图 1—3 (a) 所示。采用单向公差, 并将它们放大比例表示在左边, 它表



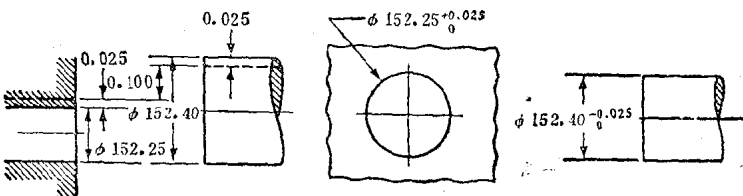
(a) 63.50mm的间隙配合，MMC，基准孔



(b) 63.50mm的间隙配合，LMC，基准轴



(c) 152.40mm的过盈配合，LMC，基准孔



(d) 152.40mm的过盈配合，MMC，基准轴

图 1—3 圆柱体配合尺寸的标注及单向公差