

尺寸极限与配合的 设计和选用

李晓沛 编著



中国标准出版社

TG801

36

尺寸极限与配合的

设计和选用

◎ 李晓沛 编著

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

尺寸极限与配合的设计和选用/李晓沛编著. —北京:
中国标准出版社, 2002. 6
ISBN 7-5066-2764-7

I. 尺… II. 李… III. ①尺寸公差-设计②配合-设计 IV. TG802

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 031164 号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19½ 插页 1 字数 471 千字
2002 年 12 月第一版 2002 年 12 月第一次印刷

*

印数 1—2 500 定价 37.00 元

网址 [www. bzebs. com](http://www.bzeps.com)

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

前言

极限与配合标准体系是国际公认的最具影响力的标准体系之一。它作为最基础的科学技术手段,是贯穿产品从研究、开发、设计、制造到维修全过程的纽带。它不仅仅是设计人员、工艺人员及计量测试人员为达到产品功能要求进行信息交流的基础,更重要的是它为国际经济运作的大环境提供了唯一可靠的交流与评判的工具。在全球经济一体化的今天,基础标准全球一致性的重要作用日益为国际社会所认同。为了使我国经济尽快与国际直接接轨,参与全球的经济竞争,1997年以来,我国根据最新 ISO 标准和国外先进国家标准,已对 1979 年发布的“公差与配合”系列国家标准进行了修订,并增订了一些新标准,形成新的尺寸极限与配合标准体系。

极限与配合标准应用的重点是产品的尺寸精度设计,它不但影响产品的性能,而且影响着产品加工工艺过程和生产成本。其结果很大程度上决定了产品的性能价格比,成为影响产品市场竞争力的关键因素之一。我国的一些产品由于质量差、性能价格比低,在国际市场竞争中败落,除了加工工艺和设备落后之外,公差设计与控制技术的落后也是重要原因。公差和配合选择的不当,即“该严的不严,该松的不松”成为影响产品竞争力的薄弱环节。

为满足机械设计及制造人员简捷、系统、完整、正确地设计和选用标准的需要,特此编写了“尺寸极限与配合的设计和选用”一书。本书对新的极限与配合标准体系作了较为全面的介绍,包括截止到 2001 年底颁布的共 14 项最新标准和现行标准,涉及术语定义、符号标注、标准数值、公差计算和测量检验等方面的内容。书中不仅介绍了 ISO 标准的发展动态、新旧标准的差别和标准的主要内容,还着重对标准的应

用进行了阐述。本书的出版对“极限与配合”系列标准的正确贯彻将起到一定的推动作用。本书主要涉及如下标准：

- GB/T 1800.1—1997 极限与配合 基础 词汇；
- GB/T 1800.2—1998 极限与配合 基础 公差、偏差和配合的基本规定；
- GB/T 1800.3—1999 极限与配合 基础 标准公差和基本偏差数值表；
- GB/T 1800.4—1999 极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表；
- GB/T 1801—1999 极限与配合 公差带和配合的选择；
- GB/T 1803—1979 公差与配合 尺寸小于 18 mm 的孔、轴公差带；
- GB/T 5371—1985 公差与配合 过盈配合的计算和选用；
- GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差；
- GB/T 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值；
- GB/T 3177—1997 光滑工件尺寸的检验；
- JB/T 9184—1999 统计尺寸公差；
- GB/T 5847—1986 尺寸链 计算方法；
- GB/T 157—2001 产品几何量技术规范(GPS) 圆锥的锥度与锥角系列；
- GB/T 4096—2001 产品几何量技术规范(GPS) 棱体的角度与斜度系列。

本书由标准主要起草人李晓沛(机械科学研究院高级工程师,全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会委员兼秘书长)编写。在编写过程中,得到了机械科学研究院俞汉清高级工程师、华中科技大学李柱教授、东北大学李纯甫教授、西安交通大学赵卓贤教授等的帮助与指导,在此表示衷心的感谢。

由于水平所限,本书难免有错漏之处,敬请广大读者指正。

编 者

2002年3月于北京

目 录

第一章 概述	1
第一节 互换性及其在机械制造中的作用	1
第二节 机械零件加工误差及其分布的基本规律	2
第三节 “极限与配合制”的发展与标准的制定	5
第四节 ISO/TC213“产品的尺寸和几何规范及检验”工作概析	15
第二章 极限与配合的基本术语和定义(根据 GB/T 1800.1—1997)	16
第一节 极限与配合的术语和定义	16
第二节 对应英、法、俄文的等效术语	25
第三章 公差、偏差和配合的基本规定(根据 GB/T 1800.2—1998)	27
第一节 标准公差等级代号、偏差代号	27
第二节 公差带和配合的表示及其在图样上的标注	29
第三节 注公差尺寸的解释	31
第四节 配合基准制和配合分类	37
第五节 基准温度	38
第四章 标准公差和基本偏差数值表及应用(根据 GB/T 1800.3—1998)	39
第一节 标准公差数值表	39
第二节 基本偏差数值表	40
第三节 标准公差、基本偏差数值表应用举例	42
第四节 标准公差的由来	44
第五节 基本偏差的由来	48
第五章 孔和轴的常用公差带的极限偏差表(根据 GB/T 1800.4—1999)	53
第一节 孔和轴的极限偏差计算	53
第二节 孔、轴的常用公差带及对应的极限偏差	55
第三节 孔、轴公差带的图示	99
第六章 公差带和配合的选择(根据 GB/T 1801—1999)	104
第一节 公差带的选择	104
第二节 配合的选择	106
第三节 基本尺寸大于 500 mm 的配制配合	116
第四节 基本尺寸大于 3 150~10 000 mm 的标准公差和基本 偏差	117
第七章 尺寸至 18 mm 孔、轴公差带(根据 GB/T 1803—1979)	119
第一节 孔的公差带	119
第二节 轴的公差带	119

第八章 极限与配合的选择和应用	129
第一节 标准公差等级的选择	129
第二节 配合的选择方法和选择配合	132
第三节 间隙配合、过渡配合和过盈配合的应用	136
第九章 过盈配合的计算和选用(根据 GB/T 5371—1985)	143
第一节 过盈配合的计算和选用的基本术语和定义	143
第二节 过盈配合的计算基础	145
第三节 过盈配合的计算和选择	147
第四节 计算举例	153
第五节 实现过盈联结的一般要求	156
第十章 一般公差 线性 and 角度尺寸、形状和位置的未注公差(根据 GB/T 1804—2000; GB/T 1184—1996)	162
第一节 未注公差的线性和角度尺寸的公差(根据 GB/T 1804—2000)	162
第二节 角度尺寸的注出公差(根据 GB/T 11334—1989)	166
第三节 形状和位置公差的未注公差值(根据 GB/T 1184—1996)	169
第四节 一般公差的概念和解释	174
第五节 形位公差的注出公差值(根据 GB/T 1184 附录 B)	175
第十一章 光滑工件尺寸的检验(根据 GB/T 3177—1997)	181
第一节 验收原则和验收方法的基础	181
第二节 标准温度	182
第三节 验收极限	183
第四节 计量器具的选择	186
第五节 误判概率与验收质量的评估	188
第六节 工件形状误差引起的误收率	196
第十二章 统计尺寸公差(根据 JB/T 9184—1999)	198
第一节 统计尺寸公差的基本概念	198
第二节 规定实际尺寸概率分布特性的方案	200
第三节 统计尺寸公差在图样上的标注	201
第四节 统计尺寸公差在孔、轴配合中的应用	202
第五节 统计尺寸公差在尺寸链中的应用	216
第十三章 尺寸链计算方法(根据 GB/T 5847—1986)	223
第一节 基本术语和尺寸链形式	223
第二节 计算参数、符号和计算公式	225
第三节 达到装配尺寸链封闭环公差要求的方法	229
第四节 尺寸链计算示例	230
第十四章 线性、圆锥和棱体的尺寸系列	237
第一节 标准尺寸(根据 GB/T 2822—1981)	237
第二节 圆锥的锥度与锥角系列(根据 GB/T 157—2001)	239
第三节 棱体的角度与斜度系列(根据 GB/T 4096—2001)	247
附录 附表 1 至附表 36 基孔制常用过盈配合和优先过盈配合的结合压力(p_{fmin}、p_{fmax}) 和传递力(F_{fmin}、F_{fmax})	251

第一章 概 述

第一节 互换性及其在机械制造中的作用

互换性是保证独立制造的机器(或仪器)的零件、部件不经修配就能装配(或在修理中更换)成符合技术要求的组件,而组件不经修配就能装配成符合技术要求的产品的—种特性。为了保证零件和部(组)件的互换性,零件应当按规定的精度制造,也就是说零件的尺寸、形状以及其他参数处在产品设计所给定的界限之内。由此,可将互换性的含义表达为“机械制造中互换性是指按规定的几何、物理及其他质量参数的公差,来分别制造机械的各个组成部分,使其在装配与更换时,不需辅助加工及修配便能很好地满足使用和生产上的要求”。

互换性不仅涉及产品制造中零件及部件的可装配性,而且还涉及机械设计、生产及其使用的重大技术和经济问题。

互换性按决定参数或使用要求可分为几何参数互换性与功能互换性。

几何参数互换性(狭义互换性)是指规定几何参数公差以保证成品的几何参数充分接近所达到的互换性。通常所讲的互换性,有时也局限于指零件尺寸配合要求的互换性。

功能互换性(广义互换性)是指规定功能参数的公差所达到的互换性。这些参数可能是几何的,电学的,机械的,化学的,光学的等参数。它往往着重于保证除尺寸配合要求以外的其他功能要求,即影响产品使用性能或零、部件使用功能的参数。如机械使用指标的公差应根据其用途、可靠性要求、寿命、安全性以及其他功能确定。

互换性按其互换程度可分为完全互换性与不完全互换性(有限互换性)。零件(或部件)在装配或更换时,不经任何辅助加工与修配、选择或调整就能将其装在机械的指定位置,并在该位置能够实现技术要求所规定的功能,叫做完全互换性。零件(或部件)在装配或更换时,可能需要分选(分组选择装配)、补偿、调整某些零件(或部件)的位置,修整一些零件,叫做不完全互换性(也叫做有限互换性)。如分组选择装配,仅组内零件可能互换,组与组之间不能互换。

各种零件(如轴、衬套、销钉、齿轮、螺纹零件等)和组件(如汽缸体、离合器、滚动轴承、显微镜的物镜、产品部件等)都会有完全互换性或不完全互换性。有的两者兼容,如滚动轴承内圈内径与轴的结合,外圈外径与轴承座孔的结合为完全互换(此情况称外互换),而轴承内、外圈滚道直径与滚珠(或滚柱)直径的装配为不完全互换(此情况称内互换)。

一般说,不完全互换只限于部件或机构的制造内部装配。

互换性的程度,即采用完全互换还是不完全互换或装配,要由产品精度要求与复杂程度、产量大小(生产规模)、生产设备、技术水平等一系列因素综合确定。如采用完全互换,要求零件的制造精度太高,用经济加工方法保证不了或往往达不到;生产批量小,不能提供合理使用的工、夹具和其他装备的可能性;零件形状特别复杂,很难加工和检验等,此时应考虑改用有限互换性。一般地讲,生产规模越接近大批量生产,互换性水平则越高。在所有生产类型中,使用要求所必需的互换性都应当予以保证。

若零件(或部件)具有互换性,则在磨损或损坏后,可以很容易用另一新的备件更换,使维修方便,并可保证机器工作的连续性,提高机器的使用价值。从制造看,互换性是提高生产水平和进行文明生产的有力手段。装配时,由于零件(或部件)具有互换性,可减轻装配劳动

量和缩短装配周期,并且可使装配工作按流水作业方式进行,从而大大提高装配生产率。加工时机器各个零件可以同时分别加工,用极多的标准件、通用件还可以由专门车间或工厂单独生产。这样可采用高效率的专用设备,从而提高产量和质量,加工成本显著降低。由于采用按互换原则设计和生产标准或通用零部件,可简化设计和缩短设计周期,并对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改进都有重大作用。

由此,在机械制造中遵循互换性原则,按互换性原则组织生产,不仅能显著提高劳动生产率,而且能有效保证产品质量和降低成本。所以互换性是机械制造中的重要生产原则与有效的技术措施。

在现代化机械工业生产中,标准化是实现互换性的基础。从概念讲,标准化是指制定与实施技术标准,以促进全面经济发展的整个过程。制定以标准化共性要求和前提条件为对象的机械基础标准具有特殊的作用,并为最有效的使用互换性原则提供了先决条件。

遵循积极采用国际标准和国外先进国家标准的方针,我国已制定(或修订)发布了如优先数和优先数系、极限与配合、形状和位置、表面粗糙度、螺纹、机械制图等互换性基础标准。它们是机械工业的重要基础标准。

第二节 机械零件加工误差及其分布的基本规律

在设计机械零件时,零件的几何参数是通过要素的尺寸、要素的形状及其相互位置等给定的。制造时,实际零件的几何参数会偏离设计(理想)零件的几何参数,这种偏离量叫做误差。零件的制造误差包括加工误差与测量误差。

由于存在加工误差,在同样条件下加工的一批零件,各零件上同一部位的实际尺寸是变动的,表现为尺寸误差。就一个零件的同一表面看,各点的实际尺寸是变动的。按各点实际尺寸变动的相对大小与特性,表现为几何形状、波纹度、表面粗糙度等误差。就同一零件各个表面(或轴线)之间的联系看,各处的实际联系尺寸也是变动的,即表现为位置误差。

由于存在测量误差,测得的实际尺寸不可能是真值。即使对同一零件同一表面上的同一部位,若重复进行多次测量,所得测量结果也是变动的。

在零件制造过程中,产生尺寸、形状、表面粗糙度及位置误差的原因很多,其中主要有:

- ① 机床误差和加工工具及夹具误差;
- ② 工具磨损;
- ③ 机床—夹具—工具—零件系统内的弹性变形;
- ④ 机床—夹具—工具—零件系统内的热变形;
- ⑤ 与所选择的工艺方案和加工规范有关的误差;
- ⑥ 包括测量器具误差在内的测量误差;
- ⑦ 毛坯尺寸、硬度和材料的不均匀性及其他误差。

现代机械制造可以制成高精度的零件,但不可避免地仍然存在误差。从机器使用和互换性要求来看,并不要求零件制造得绝对准确和完全一致,只要零件的实际几何参数在规定的界限之内是允许的。当然,这种规定的界限应能保证零件满足机器正确装配及运转的要求。所以不能要求得到绝对精确的理想参数值,即零误差,因为这种要求在制造与测量的实际条件下是不能实现的。同样,也不能局限于对零件只规定一些理想的参数值,因为在零件制造时会产生很大的误差,致使零件不能满足其本身的使用要求。设计人员应当给出零件的理想

参数值和允许的界限值。这些界限值在零件制造检验过程中,仍是零件合格的依据。确定允许误差界限是一个十分复杂的问题。这个问题的解决,不仅要求设计人员全面地考虑产品的功能与使用条件,而且要求考虑产品的制造与装配条件。这些条件是互相矛盾的:为了正常的功能,可能要求缩小允许误差的界限,而为了制造经济,则可能要求扩大允许误差的界限。在产品制造和使用费用总和为最低的情况下,保证产品工作能力仍是解决问题的最佳准则。

在一个批量中加工的零件,其加工误差可分为三类:

(1) 不变系统误差

对所研究的整个总体来讲,这类误差具有相同的数值。在同一生产批的加工过程中,保持常量的那些因素会影响和产生这类误差。例如用铰刀加工一批孔,若铰刀直径比要求的小 0.03 mm,则所有孔的直径均将比用正确铰刀加工的小 0.03 mm。

(2) 可变系统误差

这类误差随着工艺过程的进行而呈规律性的变化。例如,刀具正常磨损和机床一夹具一刀具—零件系统的热变形所引起的误差。显然产生误差的这些因素是加工时间的函数。

从理论上讲,系统误差是可以消除的。特别是不变系统误差,通常都易于通过鉴定分析来发现,并能够消除。但实际上,系统误差不一定能完全消除,特别是可变系统误差往往难以全部消除。对于这些未消除的系统误差,在规定公差或测量的允许误差时,应予考虑。

(3) 随机误差或离散误差

在同一生产批中,对各个零件而言,这类误差有不同的数值,它是无法预先确定的。随机误差是由于偶然性变化因素或许多因素的影响而产生的。例如,在加工时被加工材料机械性能不一致,加工余量不恒定等引起的误差。

如果说系统误差可以发现,而且在许多情况下能够在生产准备或制造过程中被消除的话,那么,随机误差的发现则需要数理统计方法的基础上专门研究零件的加工方法和条件,而且随机误差不可能完全排除。

零件总体随机误差可借助于一系列的统计特性来描述,在这些特性中需要提出的是:

1) 分布中心,或零件总体之被研究参数(例如轴的尺寸)的算术平均值

$$d_{\text{平均}} = \frac{d_1 + d_2 + \cdots + d_n}{n}$$

式中: $d_1, d_2, \cdots, d_n$ ——零件的实际尺寸; n ——零件实际尺寸的数量。

2) 参数的随机值相对于分布中心的均方根偏差用下式表示,它反映了差值 x_i 的散布程度或离散程度:

$$\sigma = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2}{n}}$$

式中: x_i ——随机值与分布中心值之差,即:

$$x_1 = d_1 - d_{\text{平均}}; x_2 = d_2 - d_{\text{平均}}; \cdots; x_n = d_n - d_{\text{平均}}$$

数值 σ 表征了随机误差的分布规律。这个规律可用方程式和相应曲线的形式来建立随机误差值与其出现的概率之间的关系。在零件制造的稳定过程中,例如,在调整好的自动机床上加工,或用定值刀具加工时,作为尺寸随机误差的分布规律,实际上常常遇到的是正态分布规律,也叫高斯分布规律。正态分布规律特征可用图 1-1 中相对于分布中心对称分布的曲线表示。关于在生产实践中所遇到均匀分布、三角形分布、偏心分布等其他随机误差分布

规律可参阅中国计量出版社出版的“互换性与测量技术基础”(李柱主编)一书中第三章。

3) 正态分布曲线(高斯曲线)的方程式为

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

式中: y ——随机误差的概率密度; e ——自然对数的底($e=2.71828\cdots$)。

数值位于 x_1 至 x_2 范围内($P_{x_1 \leq x_i \leq x_2}$)的随机误差的概率由概率密度曲线、横坐标轴线以及 x_1 和 x_2 点的纵坐标之间所围成的面积(图 1-1 中的阴影部分)确定。这种概率可以通过概率积分函数 $\phi(z)$ 求出

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^z e^{-\frac{1}{2}z^2} dz$$

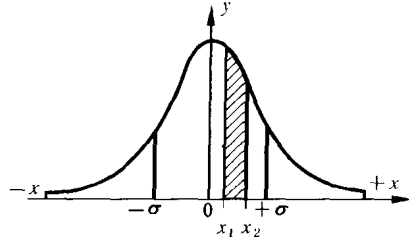


图 1-1

概率积分函数 $\phi(z)$ 所表示的是随机值 x_i

将小于所给定的 x 值的一种概率。 $\phi(z)$ 的数值列于表 1-1。

无因次比值 $z=x/\sigma$ 是函数 $\phi(z)$ 的变数。由此可见:

$$P_{x_1 \leq x_i \leq x_2} = P_{0 \leq x_i \leq x_2} - P_{0 \leq x_i \leq x_1} = \phi(z_2) - \phi(z_1)$$

式中: $z_1=x_1/\sigma$; $z_2=x_2/\sigma$, 而值 $\phi(z)$ 可由表 1-1 查得。对负值 z , $\phi(-z)=-\phi(z)$ 。

在 $-\infty < z < +\infty$ 区间内, 概率密度曲线之下的整个面积等于 1。

由 z 值查表 1-1, 即可求得相应的概率, 例如:

$z=\pm 1$, 则 $P=2\phi(1)=2 \times 0.3413=0.6826=68.26\%$;

$z=\pm 2$, 则 $P=2\phi(2)=2 \times 0.4772=0.9544=95.44\%$;

$z=\pm 3$, 则 $P=2\phi(3)=2 \times 0.49865=0.9973=99.73\%$ 。

图 1-2 表示了正态分布规律下各种区间内随机误差出现的概率。大量的零件(68%)所具有的尺寸都在距离分布中心的 $\pm\sigma$ 的范围内。当数值超出 $\pm 3\sigma$ 时, 其误差出现的概率仅为 0.27%。人们通常忽略这个值, 把 $\pm 3\sigma$ 或 6σ 视为加工尺寸的实际散布范围。加工时, 可以 6σ 为基础考虑制造公差和对加工精度的要求。

通过专门的图解法也能方便地求得各区间内随机值出现的概率。在均匀分度的横坐标轴上量取随机值 x , 而在纵坐标轴上量取概率积分函数值 $P_{x_i < x}$ (从 0 至 100%)。纵坐标轴上的概率分度应是可变的, 使积分函数曲线 $P_{x_i < x}$ 变成直线, 如图 1-3 所示。在 x_1 至 x_2 范围内 x_i 出现的概率为

$$P_{x_1 < x_i < x_2} = P_{x_i < x_2} - P_{x_i < x_1}$$

例如, 根据图 1-3 在 $\pm 2\sigma$ 范围内 x_i 出现的概率: $97.728\% - 2.272\% = 95.456\%$ 。同样, 又如在 $\pm 3\sigma$ 范围内 x_i 出现的概率: $99.865\% - 0.135\% = 99.730\%$ 。

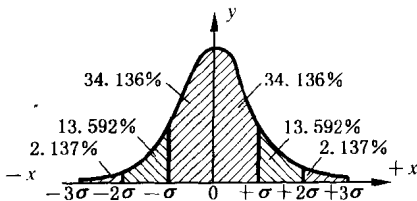


图 1-2

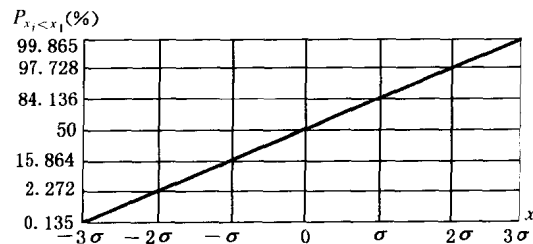


图 1-3

表 1-1 函数值 $\phi(z)$

z	$\phi(z)$	z	$\phi(z)$	z	$\phi(z)$	z	$\phi(z)$
0.01	0.004 0	0.31	0.121 7	0.72	0.264 2	1.80	0.464 1
0.02	0.008 0	0.32	0.125 5	0.74	0.270 3	1.85	0.467 8
0.03	0.012 0	0.33	0.129 3	0.76	0.276 4	1.90	0.471 3
0.04	0.016 0	0.34	0.133 1	0.78	0.282 3	1.95	0.474 4
0.05	0.019 9	0.35	0.136 8	0.80	0.288 1	2.00	0.477 2
0.06	0.023 9	0.36	0.140 6	0.82	0.293 9	2.10	0.482 1
0.07	0.027 9	0.37	0.144 3	0.84	0.299 5	2.20	0.486 1
0.08	0.031 9	0.38	0.148 0	0.86	0.305 1	2.30	0.489 3
0.09	0.035 9	0.39	0.151 7	0.88	0.310 6	2.40	0.491 8
0.10	0.039 8	0.40	0.155 4	0.90	0.315 9	2.50	0.493 8
0.11	0.043 8	0.41	0.159 1	0.92	0.321 2	2.60	0.495 3
0.12	0.047 8	0.42	0.162 8	0.94	0.326 4	2.70	0.496 5
0.13	0.051 7	0.43	0.166 4	0.96	0.331 5	2.80	0.497 4
0.14	0.055 7	0.44	0.170 0	0.98	0.336 5	2.90	0.498 1
0.15	0.059 6	0.45	0.173 6	1.00	0.341 3	3.00	0.498 65
0.16	0.063 6	0.46	0.177 2	1.05	0.353 1	3.20	0.499 31
0.17	0.067 5	0.47	0.180 8	1.10	0.361 3	3.40	0.499 66
0.18	0.071 4	0.48	0.184 4	1.15	0.374 9	3.60	0.499 84
0.19	0.075 3	0.49	0.187 9	1.20	0.384 9	3.80	0.499 928
0.20	0.079 3	0.50	0.191 5	1.25	0.394 4	4.00	0.499 968
0.21	0.083 2	0.52	0.198 5	1.30	0.403 2	4.50	0.499 997
0.22	0.087 1	0.54	0.205 4	1.35	0.411 5	5.00	0.499 999 7
0.23	0.091 0	0.56	0.212 3	1.40	0.419 2		
0.24	0.094 8	0.58	0.219 0	1.45	0.426 5		
0.25	0.098 7	0.60	0.225 7	1.50	0.433 2		
0.26	0.102 0	0.62	0.232 4	1.55	0.439 4		
0.27	0.106 4	0.64	0.238 9	1.60	0.445 2		
0.28	0.110 3	0.66	0.245 4	1.65	0.450 5		
0.29	0.114 1	0.68	0.251 7	1.70	0.455 4		
0.30	0.117 9	0.70	0.258 0	1.75	0.459 9		

第三节 “极限与配合制”的发展与标准的制定

一、极限与配合制的发展概况

极限与配合制的产生、建立和发展与工业生产的发展密切相关并与社会的技术经济相联系。极限与配合制的发展,大致经历了极限与配合制的萌芽、初期极限与配合、旧的极限与配合制和国际极限与配合制等几个阶段。现对它们的演变情况和发展趋向作一分析。

(1) 极限与配合制的萌芽

极限与配合制的萌芽出现在资本主义生产发展到机器大工业生产阶段以后。世界资本

主义发展,从 18 世纪后半期进入一个新的时期,在英国最早发生的工业革命是这一时期的主要标志。工业革命是以机器为主体的工厂制代替以手工技术为基础的工场制。机器的产生是工业革命的起点,而工业革命则大大促进了机器制造业的发展。机器的制造由初期的单件生产发展到小批、大批量生产,零件的加工由效率很低的“配件”方式发展到高效率的“互换性”生产,即按分工协作的原则组织生产。这样就导致标定量规和极限量规的产生。应用标定量规,使相互配合的零件可以分开单独制造,而装配时又可保证配合的要求,也就是零件具有一定的互换性。极限量规的出现,使零件不必精确地按一个确定的尺寸制造,而可以改用由两个极限尺寸构成的范围即按“公差”制造。这样,对零件精度就有了一个合理要求。所以在 19 世纪后期,当极限量规出现后,互换性生产便由军火工业扩大到一般机器制造业,使机器制造业得到更迅猛的发展。这时,在一些公司和企业中,开始出现有关极限与配合的规定,但都极为简单而且很不统一。

从下列图样上尺寸标注方法的变化,可以看出极限与配合制发展演变的情况。

由只标一个基本尺寸(如 1 英寸)→标明配合的间隙或过盈(如间隙 0.000 5 英寸)→分别注孔与轴的尺寸(如孔径 1 英寸,轴径 0.999 5 英寸,用标定量规检验)→注明间隙或过盈范围(如间隙 0.000 5 英寸到 0.002 7 英寸)→分别注孔与轴的极限尺寸(如孔 $\left| \begin{array}{c} 1.000\ 7 \\ 0.999\ 5 \end{array} \right|$ 英寸,轴 $\left| \begin{array}{c} 0.999 \\ 0.998 \end{array} \right|$ 英寸,用极限量规检验)→标注极限偏差(如孔 $1^{+0.000\ 7}_{-0.000\ 5}$ 英寸,轴 $1^{-0.001}_{-0.002}$ 英寸)。

(2) 初期极限与配合制

初期极限与配合制是垄断资本主义生产的产物。在 19 世纪末和 20 世纪初,随着垄断资本主义的发展,为了取得高额利润,在垄断企业内要求制定统一的极限与配合制标准,以扩大互换性生产的规模和控制机器备件的供应。为了对外经济和战争的需要,一些资本主义国家开始制定极限与配合的国家标准,以扩大和改善军需品和武器的生产。

当时,英国的毛纺织业很发达。1900 年,在伦敦建立了一家名为纽瓦尔(Newall)的公司,专门生产剪羊毛的机器,采用量规检验并按互换性原则组织生产。由于用户分布较广,随着备件供应量的扩大,迫切要求制定统一的极限与配合标准。1902 年,公司编辑出版了纽瓦尔标准——极限表,这是现在看到的最早的极限与配合制。

纽瓦尔制也是最简单的极限与配合制,它只规定了基孔制配合,只有两个精度的孔(A 和 B),而且采用双向不对称偏差。配合数非常少,只有两种压配合(F 和 D),一种过渡配合(P),三种动配合(z 、 y 和 x)。若 B 孔与 z 轴配合,则写成 Bz ,表示紧动配合。

极限与配合制标准作为国家标准,最早是英国标准 B. S. 27,发表于 1906 年。第一次世界大战后,英国出于改善军需品生产质量的要求,于 1924 年制定了英国标准 B. S. 164。美国最初的极限与配合制包括在 A. S. A. B4a 中,出版于 1925 年。

上述英国和美国标准虽比纽瓦尔制有所发展,但其基本结构相同,属初期极限与配合制,如图 1-4 所示。它只有基孔制,配合数较少,比较简单。主要特点是用一个代号或名称表示一对极限偏差,或者说公差带大小与位置是联在一起的,同时用一个代号或名称表示。所以,初期的极限与配合制都叫极限制。

(3) 旧的极限与配合制

在极限与配合制的发展历史上,德国标准(DIN)中的老极限与配合制占有重要位置,它

在总结和继承英、美初期极限与配合制的基础上有较大的发展。

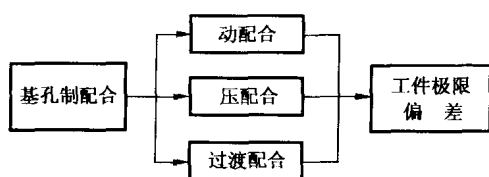


图 1-4 初期极限与配合制的基本结构

德国标准(DIN)提出的极限与配合制与英、美初期的极限与配合制比较,有以下特点:

1) 同时规定了基孔制与基轴制,但优先采用基孔制。

2) 明确提出公差单位的概念,并取公差单位为:

$$1 \text{ PE} = 0.005 \sqrt[3]{D}$$

PE 与直径 D 均以 mm 表示。

3) 将精度等级与配合代号区别开来,分四个精度等级,各级规定若干配合。精度级用小写德文字母表示:e(超精密级配合),f(精密级配合,不标注),s(中级配合),g(粗级配合)。

四个精度级的公差依次为 1 PE、1.5 PE、3 PE 及 10 PE。

4) 配合代号用配合名称(说明配合性质或装配方法)的德文缩写的大写字母表示:P(重压配合),F(压配合),T(迫配合),H(推配合),S(轻推配合),G(滑配合),EL(紧动配合),L(动配合),LL(轻动配合),WL(松动配合)。

基孔制用 B 表示,基轴制用 W 表示。

5) 规定了标准基准温度为 20 C (68 F)。德国标准(DIN)极限与配合制在当时是较先进的,它影响了一些国家的极限与配合制标准的制定,例如,原苏联旧极限与配合制(OCT、ГОСТ)、日本旧极限与配合制标准(JES)都是参考 DIN 极限与配合制标准而制定的。

我国旧的国家标准《公差与配合》(GB 159~174—59)是参考原苏联旧极限与配合制制定的。虽然我国标准、原苏联标准及日本旧极限与配合制标准(JES)等都比德国标准有所发展,但基本结构一样,都属旧的极限与配合制(图 1-5)。

旧的极限与配合的主要特点是将精度等级代号与配合代号分别开来,按精度等级规定配合。明确规定精度等级,有利于制造,也便于设计选用,这些都比初期极限与配合制优越。但是旧的极限与配合制还保留有初期极限与配合制的痕迹,对极限与配合规律性的认识还显得比较局限,因此这种极限与配合制不能适应生产逐步发展的需要。

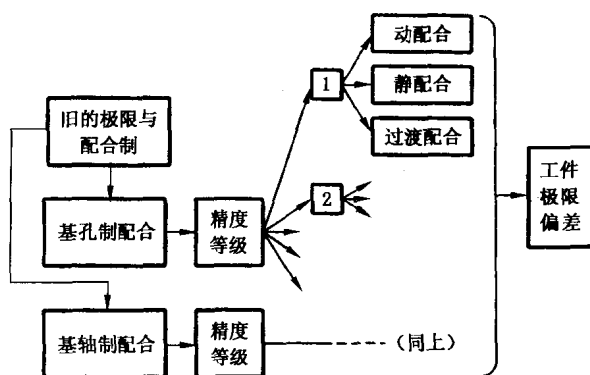


图 1-5 旧的极限与配合制的基本结构

(4) 国际极限与配合制

值得指出的是,在德国优先采用的是后来发展的,更为先进的国际极限与配合 ISA 制,而 DIN 的极限与配合制并未普遍采用。

国际极限与配合 ISA 制由国际标准化协会(1926 年 4 月成立)第三技术委员会(ISA/TC3)负责制定,秘书国为德国。

国际极限与配合 ISA 制是在总结各国极限与配合制的基础上制定的,主要参考 DIN(德国)、AFNOR(法国)、BSS(英国)、SNN(瑞士)等标准。该 ISA 制尺寸从 1~180 mm 的提案于 1932 年公布,后来范围扩大到 500 mm,1935 年以草案形式公布,最后结果正式发表于

1940 年的“ISA25 号公报”上。

ISA 制建立时,考虑了各国极限与配合制的特点,但又与任何一国的极限与配合制都不一样。主要是对极限与配合制的基本结构进行了重大的改革,比其他极限与配合制优越,因而引起许多国家的重视。在 1932~1936 年间,大多数欧洲国家都以 ISA 草案为基础修订了本国极限与配合制。1953 年 1~2 月,美国、英国和加拿大在纽约召开三国标准化协调会议(ABC 协调会),决定从 ISA 制选取适当配合转换为英制,制定 ABC 草案,作为英制单位国家的极限与配合制,并先后按此修订了本国极限与配合制。例如美国修订后提出的标准为 A. S. A. B4a—1955;英国标准为 B. S. 1916:1953;加拿大标准为 C. S. A. B97—1954。日本也于 1954 年按 ISA 制修订了 JIS B0401“配合方式”标准。所以在 50 年代,ISA 制在世界的应用范围已相当广泛了。

第二次世界大战后,国际标准化组织重建,改名为 ISO(成立于 1947 年 2 月),仍由第三技术委员会(ISO/TC3)负责“极限与配合”国际标准的制定工作。1949 年 9 月 ISO 决定以 ISA 制为基础制定新的国际 ISO 极限与配合制。ISO 极限与配合制最初以草案形式出版于 1957 年,经过一系列国际会议的讨论,于 1962 年正式发布了主要的国际推荐标准:ISO/R 286—1962《ISO 极限与配合制 第 1 部分:基础 公差与偏差》。后来又陆续发布了一些相关的标准,如 ISO/R 1938—1971《ISO 极限与配合制 第 2 部分:光滑工件的检验》、ISO 2768—1973《未注公差尺寸的允许偏差》、ISO 1829—1975《一般用途公差带的选择》等。

ISO 标准发布后,各国都很重视。在 1970 年以前,美国、英国、原西德、法国、日本、原民主德国、匈牙利和原捷克斯洛伐克等国都先后修订了本国标准,采用国际 ISO 极限与配合制。后保加利亚、罗马尼亚和原苏联等国也修订了本国标准,采用了 ISO 制。我国也从 1976

年开始,采用 ISO 制对 GB 159~174—59《公差与配合》(采用的原苏联 OCT 制)等进行了修订,并于 1979 年发布了 GB 1800—79《公差与配合 总论 标准公差与基本偏差》、GB 1801—79《公差与配合 尺寸至 500 mm 孔、轴公差带与配合》、GB 1802—79《公差与配合 尺寸大于 500~3 150 mm 常用孔、轴公差带》、GB 1803—79《公差与配合 尺寸至 18 mm 孔、轴公差带》和 GB 1804—79《公差与配合 未注公差尺寸的极限偏差》等五项国家标准。所以至此,各工业国均

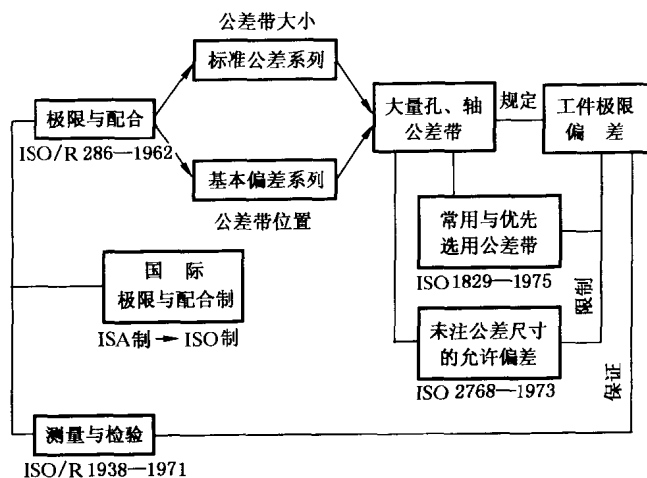


图 1-6 国际极限与配合制的基本结构

已采用了国际 ISO 极限与配合制。

国际 ISO 极限与配合制在 ISA 制的基础上有所发展与补充,增加了比 1 级更精密的 0 级与 01 级;增编了用两个字母表示的新的孔、轴基本偏差以及编入了尺寸大于 500~3 150 mm 的公差与偏差等。

ISO 制和 ISA 制的基本结构是相同的,属现代极限与配合制类型,其基本结构如图 1-6 所示。

ISO 制是由“标准公差系列”与“基本偏差系列”组成,前者代表公差带的大小;后者代表公差带的位置。二者结合构成孔、轴的不同公差带,而配合则由孔、轴公差带结合而成。由此可见,ISO 制与其他极限与配合制的传统结构不同,所有旧的极限与配合制都着眼于配合的标准化,而 ISO 极限与配合制则是对形成配合的两个基本要素——“公差带大小”和“公差带位置”分别进行标准化。这是国际极限与配合制的主要特点,也是与其他极限与配合制最主要的区别。

国际极限与配合制的另一个重要特点是它不但包括极限与配合制,还包括测量与检验制,从而形成了一个比较完整的体制。

二、现阶段“极限与配合制”标准的制定

现代化的机械工业要求机器零件具有互换性,以便在装配时不经选择和修配就能达到预期的配合性能,从而有利于机械工业广泛地组织协作、进行高效率的专业化生产。为使零件具有互换性,必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置以及表面粗糙度技术要求的一致性。就尺寸而言,互换性要求尺寸的一致性,但并不要求零件都准确地制成一个指定的尺寸,而只是要求尺寸在某一合理的范围之内。对于相互结合的零件,这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系,以满足不同的使用要求;又要在制造上是经济合理的,这样就形成了“极限与配合”的概念。“极限”是用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾;“配合”则是反映零件组合时相互之间的关系。因此,极限与配合决定了机器零部件相互配合的条件和状况,直接影响到产品的精度、性能和使用寿命,它是评定产品质量的重要技术指标。

极限与配合的标准化,是使机械工业能广泛组织专业化协作生产、实现互换性的一个基本条件,对发展我国机械工业起着极为重要的作用。对机械制造行业,它不仅是进行产品设计、工艺设计和制定各项标准的基础,而且直接影响刀、夹、量具的品种、规格,又是生产检验等各个环节的重要依据。由于极限与配合标准应用广泛、影响深远,涉及到各个工业部门,所以国际标准化组织(ISO)和世界各国主要工业国家对它给予高度的重视,并认为它是特别重要的基础标准之一。

(1) “极限与配合制”国际标准制、修订情况

为适应现代机械工业的发展以及在各国家标准机构的要求下,国际标准化组织 ISO/TC3 技术委员会对 ISO/R 286—1962《ISO 极限与配合制 第 1 部分:基础 极限与配合》进行修改并于 1988 年 6 月至 9 月间先后发布了以下两项极限与配合制新的国际标准(代替 ISO/R 286—1962):

ISO 286-1:1988《ISO 极限与配合制 第 1 部分:公差、偏差和配合的基础》;

ISO 286-2:1988《ISO 极限与配合制 第 2 部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差数值表》。

新的 ISO 286 与旧 ISO/R 286 比较,在内容上主要作了以下改变:

a) 修改了标准的编排,使设计室和车间两者均能直接采用 ISO 286。它把 ISO 极限与配合制的基础与标准公差和基本偏差的计算值分开,标准中的数值表给出了最常用的公差与偏差的极限数值。

b) 为促进使用配有限定字符装置的符号,用 js 和 JS 代替原先的代号 js 和 Js。字母“s”和“S”代表“对称偏差”,不再是注脚符号。

c) 出于需要,列入了基本尺寸从 500~3 150 mm 的标准公差和基本偏差(以前为试行)。

d) 补充了两个标准公差等级 IT17 和 IT18。

e) 从 ISO 286-1 的正文删去了标准公差等级 IT01 和 IT0, 在附录中给出了 IT01 和 IT0 的公差数值以满足使用的需要。

f) 删去了英寸值。

g) 标准中的原则、术语和符号与当代技术要求一致。

在这期间, 还对 ISO 2768—1973《未注公差尺寸的允许偏差》进行了修订, 于 1989 年发布了两项新的一般公差国际标准:

ISO 2768-1:1989《一般公差 第 1 部分: 未单独注出公差的线性和角度尺寸的公差》;

ISO 2768-2:1989《一般公差 第 2 部分: 未单独注出公差的要素的几何公差》。

在新的 ISO 2768 国际标准中提出了“一般公差”概念, 并新增一项 ISO 2768-2 标准。

现对国际极限与配合制最基础的标准 ISO 286-1:1988, ISO 286-2:1988 和 ISO 2768-1:1989, ISO 2768-2:1989 作简要介绍。

1) ISO 286-1:1988《ISO 极限与配合制 第 1 部分: 公差、偏差和配合的基础》

该标准由正文和三个附录构成。正文包括: 引言、范围、应用范围、引用标准、术语和定义、公差、偏差和配合的代号、表示和解释、图解表示、基准温度、基本尺寸至 3 150 mm 的标准公差, 基本尺寸至 3 150 mm 的基本偏差和相关的标准共 11 章。三个附录是: ISO 极限与配合制的基础; ISO 286-1 的应用举例; 同义术语。

为了满足极限与配合制标准自身的需要和规范各技术标准、文件以及科技出版物在概念表达上的一致性, 在“术语和定义”一章中给出了 40 个术语及其定义。他们是: 轴、基准轴; 孔、基准孔; 尺寸、基本尺寸、实际尺寸、局部实际尺寸; 极限制; 零线; 偏差、极限偏差、上偏差、下偏差、基本偏差; 尺寸公差、标准公差、标准公差等级、公差带、公差级、标准公差因子; 间隙、最小间隙、最大间隙; 过盈、最小过盈、最大过盈; 配合、间隙配合、过盈配合、过渡配合、配合公差; 配合制、基轴制配合、基孔制配合; 最大实体极限、最小实体极限。

“公差、偏差和配合的代号、表示及解释”一章中规定: 标准公差等级用符号 IT 和公差等级数表示, 如 IT7; 上偏差对孔用代号 ES、轴用 es, 下偏差对孔用 EI、轴用 ei 表示; 公差带用基本偏差代号和公差等级数表示, 如 H7、h7; 配合用孔、轴公差带间加一短划线表示, 如 H7/h6 或 $\frac{H7}{h6}$; 当使用有限字母组的装置传输信息时, 在公差带和配合代号前加注字母 H 或 h(对孔) 和 S 或 s(对轴) 表示, 如 H50H5 或 h50h5, H52H7/S52G6 或 h52h7/s52g6; 标注公差的尺寸, 按 ISO 8015“技术制图 公差基本原则”和未按 ISO 8015 分别对公差标注作出解释的规定。

“基本尺寸至 3 150 mm 的标准公差”一章中, 表列了标准公差等级 IT1~IT18 的标准公差数值。

“基本尺寸至 3 150 mm 的基本偏差”一章中, 分别表列了轴的基本偏差和孔的基本偏差的数值。

附录 A“ISO 极限与配合制的基础”(标准的附录)给出了基本尺寸分段; 标准公差数值的由来及计算公式; 基本尺寸至 500 mm 的公差等级 IT01 和 IT0 的标准公差数值; 基本偏差数值的由来及计算公式和对计算结果的修约规则等。

附录 B“ISO 286-1 的应用举例”(标准的附录)给出了应用标准表列的标准公差和基本偏差数值计算极限偏差时, 要注意特定的适用范围以及极限偏差和极限尺寸的计算举例等。

附录 C“同义术语”(提示的附录)给出了英、法、俄、德、西班牙、意大利、瑞典和日本等八种语言的 90 条同义术语。