

互换性与 测量技术基础

王文义 主编



哈尔滨工业大学出版社

互换性与测量技术基础

王文义 主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 摘 要

本书主要用作高等工科院校机械类专业的技术基础课教材。全书共分十二章：互换性概论，测量技术基础，尺寸公差与圆柱结合的互换性，形状和位置公差，表面粗糙度，光滑极限量规与光滑工件尺寸的检验，滚动轴承与结合件的互换性，圆锥结合的互换性，键、花键结合的互换性，螺纹结合的互换性，圆柱齿轮传动的互换性，尺寸链基础。书后附有“实验指导”。

本书系统地阐述了“互换性与测量技术”的基本知识，各种典型零件精度设计的基本原理及我国公差与配合新标准在设计中的应用，也阐述了一些典型零件的检测原理和新的测试技术。因此，它既可作为高等工科院校机械类专业的教材，又可供工矿企业、科研单位的工程技术人员参考。

互换性与测量技术基础

王文义 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

北京市新华书店发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 447,000

1986年8月第1版 1986年8月第1次印刷

印数 1—12,000

书号 15341.29 定价 2.90 元

前 言

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械类各专业的一门技术基础课。

本书是根据1983年11月全国高等工科学校《互换性与技术测量》教材编审小组第一次扩大会议所拟定的教学大纲编写的。

在本书的编写过程中，参考了现已出版的有关教材，并汲取了参加编写教师的多年教学经验，突出体现以下几点：1)紧密结合教学大纲，精减一些从不讲授的测量技术方面内容，其所需内容放入书后“实验指导”中，力求做到少而精，便于自学；2)全书均采用了新标准，而且侧重新标准的应用；3)为了做到学以致用，增加了较多的选用实例和习题；4)充分扩大适用面，既适用于多学时（50学时左右）讲授，也适用于少学时（30学时左右）讲授，第二、六、八、十章少学时不讲。

本书可用作高等工科院校机械类专业的教材，也可供厂矿企业、科研单位的工程技术人员参考。

本书由哈尔滨工业大学王文义主编，哈尔滨工业大学刘品和大连铁道学院黄玉峰任副主编；由哈尔滨工业大学成熙治、雷映辉主审；编者（按姓氏笔划排列）：王文义、刘品、刘世忠、孙太兴、孙昌秀、田克华、余守坚、李满昌、侯成林、尚其纯、杨守成、郭志贤、郝兰湘、姜乃厚、龚循礼、高延新、黄玉峰等。

由于编者水平所限，本书不妥之处在所难免，热忱希望广大读者批评指正。

编 者

1985年9月于哈尔滨

绪 论

一、课程的研究对象和任务

《互换性与测量技术基础》是高等工科院校机械、仪器仪表类等有关专业的一门技术基础课。它和《机械原理》、《机械零件》课程相同，都是机械设计的基础部分。本课程的研究对象是零、部件的精度设计及其检测原理，即几何参数的互换性。在教学计划中，它是联系机械设计课和工艺课的纽带，是从基础课过渡到专业课的桥梁。尤其近年来，随着生产和科学技术的飞速发展，对机械零件标准化要求的提高，本课程又充实了应用最新技术基础标准，介绍国际先进技术，提高产品质量的措施等内容。由此使本课程不仅为高等学校学生所必修，而且已成为厂矿企业、科研单位的机械工程技术人員必须掌握的一门知识。

仅就高等学校学生而言，通过学习本课可完成下列任务

1. 掌握机械零件精度设计的基本原理和方法，建立互换性的基本概念；了解典型零件公差与配合标准的组成和应用；合理地确定各种零件制造精度。这些都是保证产品质量的重要内容。
2. 进一步加强基本理论、基本知识和基本技能的学习和训练。本学科的理论基础是误差理论，其基本理论的研究方法是数理统计；具体研究的对象是零、部件精度设计，并且通过一定的计量测试方法保证设计要求的实现。显然，这既有较坚实的基本理论，又有广泛的基本知识（确定和分析零件精度的概念）和基本技能（如具体的测试方法），成为“三基”训练的重要环节。
3. 进一步培养分析问题及解决问题的能力。本课程是一门实践性很强的课程，无论是对零件的精度设计，还是对零件检测方案的确定，都需要和生产实际密切结合。只有深入了解各种生产实际因素的影响，灵活运用所学得的知识，熟练查阅各种标准表格和资料，正确使用各种典型测量工具，才能较好完成本课程的任务。因此，通过学习本课程，不仅能提高学生分析问题和解决问题的能力，还会使他们的独立工作能力及动手能力得到很大训练和提高。

二、本课程的特点和学习方法

从本课名称可知，它是由互换性与测量技术基础两部分组成的。互换性主要是研究零、部件精度设计的原理和方法，它和标准化的关系十分密切；测量技术基础是属于计量学的范畴，是论述零、部件的测量原理、方法及测量误差处理等内容。由于本课程的内容特点是：术语定义多，符号代号多，标准规定多，经验解法多。所以，对于刚学完系统性较强的理论基础课的学生，往往感到概念难记，内容繁多。而且，从标准规定上

看，原则性强，从工程应用上看，灵活性大。这使初学者又感到难以掌握。但是，任何东西都离不开主体，任何事物都有它的主要矛盾，本课内容尽管概念很多，涉及面广，但各部分都是围绕着以保证互换性为主的精度设计问题，介绍各种零件几何精度的概念，分析各种零件几何精度设计的方法；论述各种零件的检测规定等。在学习中应注意及时总结归纳，找出它们之间的关系和联系；认真按时完成作业，尤其是要特别重视实验课，因为它是本课验证基本知识，训练基本技能的一个重要环节。

目 录

绪论	(1)
第一章 互换性概论	(1)
§ 1—1 互换性的含义、分类及其在机械制造业中的作用	(1)
§ 1—2 保证互换性生产的基础	(3)
§ 1—3 公差与配合制的基本术语和定义	(13)
习题一	(22)
第二章 测量技术基础	(24)
§ 2—1 测量的基本概念	(24)
§ 2—2 计量器具和测量方法分类, 度量指标	(29)
§ 2—3 测量误差及数据处理	(31)
习题二	(43)
第三章 尺寸公差与圆柱结合的互换性	(45)
§ 3—1 概述	(45)
§ 3—2 标准公差系列——公差带大小的标准化	(47)
§ 3—3 基本偏差系列——公差带位置的标准化	(53)
§ 3—4 公差与配合的选用	(64)
§ 3—5 新旧标准的对比与过渡	(88)
习题三	(91)
第四章 形状和位置公差	(94)
§ 4—1 基本概念	(94)
§ 4—2 形状误差及公差带分析	(96)
§ 4—3 位置误差及公差带分析	(103)
§ 4—4 公差原则及其应用	(111)
§ 4—5 形位公差的选用与标注	(116)
习题四	(127)
第五章 表面粗糙度	(131)
§ 5—1 概述	(131)
§ 5—2 表面粗糙度的评定	(133)
§ 5—3 表面粗糙度的选用与标注	(136)
习题五	(146)
第六章 量规与光滑工件尺寸的检验	(147)
§ 6—1 光滑极限量规	(147)

§ 6—2 光滑工件尺寸的检验	(154)
习题六	(160)
第七章 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	(162)
§ 7—1 滚动轴承的精度等级及其应用	(162)
§ 7—2 滚动轴承与孔、轴结合的公差与配合	(164)
§ 7—3 滚动轴承与孔、轴结合的配合选用	(165)
习题七	(172)
第八章 圆锥结合的互换性	(173)
§ 8—1 概述	(173)
§ 8—2 圆锥结合的主要参数误差对配合性质的影响	(175)
§ 8—3 锥度、锥角系列及圆锥公差	(178)
§ 8—4 角度、斜度系列及角度公差	(185)
习题八	(188)
第九章 键、花键结合的互换性	(190)
§ 9—1 键结合的互换性	(190)
§ 9—2 花键结合的互换性	(193)
习题九	(197)
第十章 螺纹结合的互换性	(199)
§ 10—1 螺纹结合的使用要求和主要几何参数	(199)
§ 10—2 螺纹主要几何参数误差对其互换性的影响	(201)
§ 10—3 作用中径与螺纹的合格条件	(205)
§ 10—4 普通螺纹的公差与配合	(206)
§ 10—5 普通螺纹公差与配合的选用	(210)
§ 10—6 梯形螺纹的公差与配合及其选用	(214)
习题十	(219)
第十一章 圆柱齿轮传动的互换性	(221)
§ 11—1 齿轮传动的使用要求及其标准规定	(221)
§ 11—2 影响传动质量的因素及其检验参数	(224)
§ 11—3 渐开线圆柱齿轮公差的选用	(238)
习题十一	(250)
第十二章 尺寸链基础	(252)
§ 12—1 尺寸链的基本概念	(252)
§ 12—2 极值法解尺寸链	(256)
§ 12—3 概率法解尺寸链	(263)
§ 12—4 解尺寸链的其他方法	(267)
习题十二	(269)
附录 实验指导	(271)
实验须知	(272)

实验一	加工误差与测量误差的分析.....	(272)
实验二	孔、轴测量.....	(274)
实验三	表面粗糙度测量.....	(278)
实验四	形位误差测量.....	(284)
实验五	螺纹测量.....	(292)
实验六	齿轮测量.....	(295)
实验七	样板及孔中心距测量.....	(299)
实验八	锥度测量.....	(301)
参考文献		(301)

第一章 互换性概论

§ 1—1 互换性的含义、分类及其在机械制造业中的作用

一、互换性的含义

互换性，是指某一产品（包括零件、部件和构件）与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。这一含义表明：具有互换性的零件、部件，在装配或修配时可以相互替换，而替换后又能完全满足功能要求。

例如现代工业产品：手表、自行车、缝纫机、汽车、拖拉机等某一零件损坏后，都可以迅速替换上一个新的，并且在替换与装配后，仍能很好地满足功能要求。其所以这样方便，就因为这些零件都具有互换性。

对于具有互换性的零件，从彼此能够互相替换出发，首先应该在尺寸、形状等几何参数方面要完全一致。但是，由于零件在加工中难免有误差，各个零件在几何参数方面要达到完全一致是不可能的。因此，要保证零件具有互换性，也只能是将其几何参数（当然还有物理性能参数等）控制在一定的变动范围内，这一允许变动范围即称为公差。生产实践证明，只要把它们控制在一定的范围内也就完全能满足功能要求。所以，要使零件具有互换性，就必须合理地确定零件的公差。

应该指出，保证零件具有互换性，决不仅仅取决于它们几何参数的一致性，还取决于有关物理性能参数（如强度、硬度和弹性等）的一致性。本课主要研究的是零件几何参数的互换性。

二、互换性的分类

在生产中，由于对产品零件精度要求及生产水平的不同，常常采用以下两种互换性：

1. 完全互换（绝对互换）

具有这种互换性的零件，制造时按一定的公差要求加工，在装配或修配时不经任何选择、调整和修配，任取其一即能装上，而装上后又完全满足功能要求。这对一般产品零件，按现代生产水平都是可以做到的，所以应用很广。但当某一产品结构复杂，装配精度要求较高，生产条件又不能完全适应时，则又采用下面一种互换性。

2. 不完全互换（有限互换）

具有这种互换性的零件，制造时可按一定公差加工，但在装配时要经过适当选择、调整，才能装上，而装上后也能满足功能要求。如某机器部件要求装配精度较高，采用

完全互换将使零件公差很小，加工很难，成本也高，甚至无法加工。这时，可将零件的制造公差适当地放大，使之便于加工，而在零件完工后，再用测量器具将零件按实际尺寸大小分为若干组，此时每组之内零件尺寸差别减少，装配时按相应的组进行装配（如大孔装大轴，小孔装小轴）。这样既保证了装配精度要求，又使加工容易，降低成本，实质上这也是一种提高装配精度的措施。这种仅组内零件可以互换，而组与组之间的零件不能互换，称之为不完全互换（有限互换）。在生产中获得了大量应用的滚动轴承部件，就具有这种互换性。即轴承内、外圈与轴、孔的配合采用完全互换；轴承内外圈滚道直径与滚珠之间的配合，通常要采用分组装配，故为不完全互换。

这种不完全互换，还可以采用加调整垫片或调整螺母的方法来达到较高装配精度的要求。在生产实践中，尤其是新产品试制中，究竟采用何种互换性，则应从产品精度要求、设备条件、生产规模以及技术水平等综合因素来全面考虑。

此外，从全面满足使用要求上看，互换性又分为几何参数互换性和功能互换性；从部件或构件与其配件的关系上看，又分为内互换和外互换。如前述的滚动轴承与孔、轴配合属于外互换，而内、外圈与滚动体之间的配合则为内互换。

三、互换性的作用

互换性在机械制造中有很重要的作用。

从使用方面看，如果一机器的某零件具有互换性、则当该零件损坏后，可以很快地用一备件来代替使用。从而使机器维修方便，保证了机器工作的连续性和持久性，延长了机器的寿命，提高了机器的使用价值。而且在某些情况下，互换性所起的作用是难以用价值来衡量的。例如，发电厂要迅速排除发电设备的故障，保证继续供电；在战场上很快排除武器装备的故障，保证继续战斗。在这些场合，实现零部件的互换性，显然是极为重要的。

从制造方面看，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（部件）具有互换性，不需要辅助加工和修配，可以减轻装配工的劳动量，因而缩短了装配周期。而且，还可使装配工作按流水作业方式进行，以至实现自动装配，这就使装配生产率显著提高。加工时，由于按标准规定公差加工，同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制造。各专业厂由于产品单一，产品数量多，分工细，即可采用高效率的专用设备，乃至采用计算机进行辅助加工，从而使产品的数量和质量明显提高，成本也必然显著降低。

从设计方面看，由于产品中采用了具有互换性的零部件，尤其是采用了较多的标准零件和部件（螺钉、销钉、滚动轴承等），这就使许多零部件不必重新设计，从而大大减轻了计算与绘图的工作量，简化了设计程序，缩短了设计周期。尤其是还可以应用计算机进行辅助设计，这对发展系列产品和促进产品结构、性能的不断改善，都有很大作用。例如，目前我国手表生产采用具有互换性的统一机芯，许多新厂不用重新设计，因而缩短了生产准备周期，而且也为不断改进和提高产品质量创造了一个极好的条件。

综上所述,在机械制造业中组织互换性生产,大量地应用具有互换性的零部件,不仅能够显著提高劳动生产率,而且还能够有效地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技术措施。

§ 1—2 保证互换性生产的基础

为全面保证零部件的互换性,不仅要求合理地确定零件制造公差,还必须对形成产品质量的各个环节、各个阶段及有关问题实现标准化。诸如:

- (1) 技术参数及数值系列的标准化(优先数系);
- (2) 工艺装备及工艺规程的标准化;
- (3) 形状与位置公差及表面质量参数的标准化;
- (4) 原材料及热处理方法的标准化;
- (5) 计量单位及检测规定等的标准化。

这些内容是通过不同的生产环节来完成的,本课程及有关课程都贯穿着保证互换性的相应内容。本节为后续课(包括本课后叙内容)所需,首先介绍如何控制加工误差及数值系列的标准化问题。

一、控制加工误差,合理确定公差

给定公差的目的是为了控制加工误差。那么从保证互换性出发,应控制零件在几何参数方面的哪些误差呢?如图1—1所示,要保证这一阶梯轴能顺利地装入阶梯孔中,而且要求

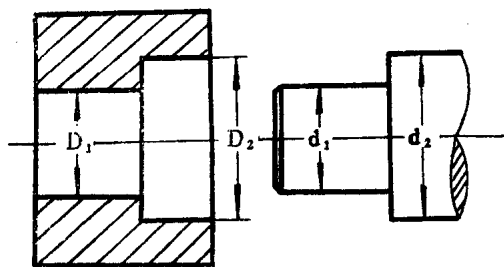


图 1—1

装入后间隙在一定范围内、工作平稳、使用寿命长等。首先必须使孔、轴直径尺寸有一定变化范围,即首先要控制尺寸误差。但只有这一点还不够,如某一轴或孔的圆度不好或呈锥形,就会造成各处间隙不均、工作不平稳,因此还必须要控制形状误差。再者,如果阶梯轴或孔的中间端面与其轴心线不垂直,也不能保证稳定地结合在一起,所以还必须控制相关面、线之间的位置误差。此外,为了保证间隙均

匀、配合稳定、工作面耐磨、耐腐蚀等,还必须控制表面粗糙度。所以,从保证互换性出发,对一般零件都应要求:(1)尺寸精度;(2)形状精度;(3)位置精度;(4)表面粗糙度。控制这四个方面的误差,这就是机械零件精度设计的基本内容。

如何通过给定公差控制这些误差呢?现以尺寸精度为例,说明加工误差的分类、特征和分布规律、误差与公差的关系。

1. 零件加工误差的分类、特征及其分布规律

在零件的制造过程中,由于设备、材料、操作方法、环境条件及人的因素等影响,难免要出现各种各样的误差,一般按其出现规律不同,主要可分为以下两类:

(1) 系统误差。系指在稳定的工艺条件下加工一批零件，产生数值和符号不变或按一定规律变化的误差。例如：钻孔时，钻头直径不准确，自动机床的对刀不准等都会使零件产生定值系统误差。而对于车刀在加工过程中磨损，工件刚度较低等，将会引起变值系统误差。这类误差的特性是：在某一段时间内，误差的数值和符号均不改变或按一定的规律变化。掌握这些误差变化规律，就可以采取相应的措施减少或消除它。

(2) 随机误差。系指在稳定的工艺条件下加工一批零件，所产生的数值和符号以不可预定的方式变化着的误差。所谓不可预定是指对某一件来说误差是无规律可循的。但对一批零件而言，它将服从统计规律。例如表1—1中即为某机床加工200个相同规格的零件，其尺寸变化的数据统计。该批零件最小尺寸为9,994mm，最大尺寸为10,010mm。将此区间的尺寸分为8段(如表中所列)然后数出各尺寸段内所包括的零件数(如表中频数)，可知，接近平均尺寸的区段包括零件数多，远离平均尺寸的区段零件数少。从误差理论可知，平均尺寸是接近真值的。设以 δ 表示绝对误差， x_i 为某一零件尺寸， μ 为真值时，则从这些零件尺寸的分布可以看出其误差变化有以下三个特征：

表 1—1 铰孔零件的频数分布表

组号	组 界 (mm)	组中值 (mm)	频 数 分 布					频 数	频 率 %
			10	20	30	40	50		
1	9.994~9.996	9.995						1	0.5
2	9.996~9.998	9.997						4	2
3	9.998~10.000	9.999						19	9.5
4	10.000~10.002	10.001						49	24.5
5	10.002~10.004	10.003						56	28
6	10.004~10.006	10.005						42	21
7	10.006~10.008	10.007						23	11.5
8	10.008~10.010	10.009						6	3
R (分布范围或极差) = $x_{max} - x_{min} = 10.010 - 9.994 = 0.016\text{mm}$ n (零件数) = 200; h (组距) = $\frac{x_{max} - x_{min}}{K} = \frac{0.016}{8} = 0.002\text{mm}$								$\Sigma m = 200$	$\Sigma \frac{m}{n} = 1$

- a. 误差绝对值 $|\delta| = |x_i - \mu|$ 小者比大者出现的频数多，即分布有集中性；
- b. 绝对值相等的正、负误差，频数相近，即分布有对称性；
- c. 误差的绝对值不超过一定范围(R)，即分布的有限性。

根据各段尺寸的数目，画出分布曲线，如图1—2a)所示。该分布曲线常被称为经验分布曲线(或直方图)。大量实验和理论分析表明，当取零件数较多，分组数也较多时，经验分布曲线的折线可逐渐接近一光滑曲线，而且近似于数学中的正态分布，

如图1—2b 所示。因此，研究加工误差的分布，可用理论上的正态分布密度来描述。

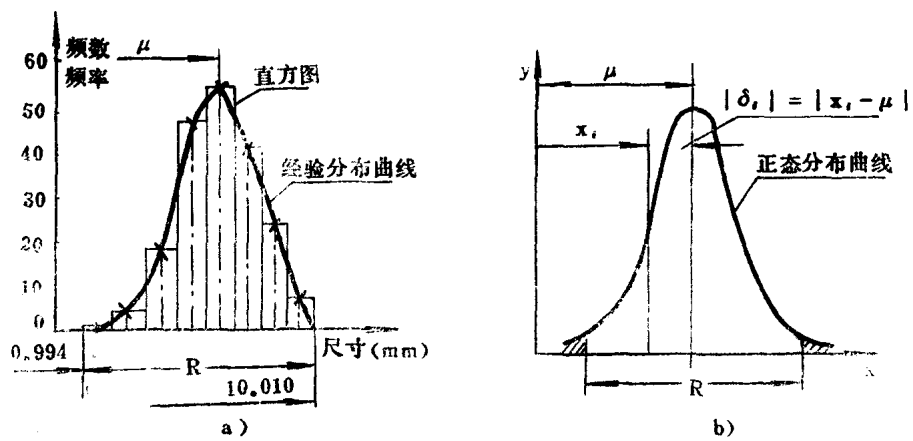


图 1—2

a) 经验分布曲线 b) 正态分布曲线

正态分布曲线的分布密度为：

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

- 式中：
- x_i ——某一零件尺寸；
 - e ——自然对数的底；
 - μ ——正态分布的均值，它表征随机误差的分布中心，即曲线的两侧以 μ 为对称；
 - σ ——标准偏差。

当标准偏差 σ 不变，改变 μ 时，如图1—3a) 中将 μ 由 μ_1 变到 μ_2 ，正态分布曲线的形状不变，仅位置沿横轴移动；当 μ 不变，仅改变 σ 时，此时曲线的分布中心不变，只是曲线

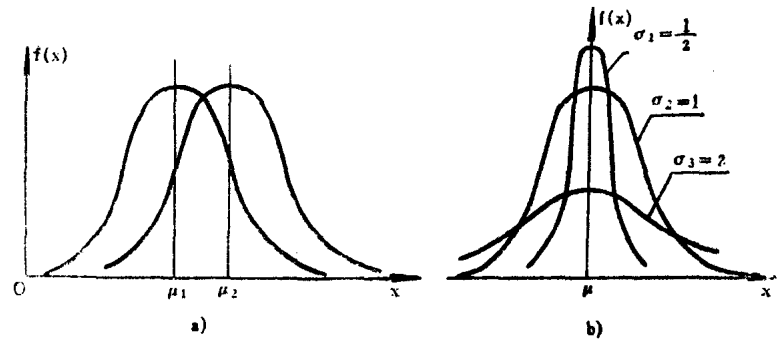


图 1—3 表征分布曲线特征的基本参数

a) μ 确定曲线的位置； b) σ 确定曲线的形状

的形状发生了变化,如图1—3b)所示。由此可知, μ 值不影响曲线的形状,与分布范围无关,它仅使曲线中心平移,显然,它相当于系统误差的影响。而 σ 变动时,曲线形状发生了变化,亦即分布范围发生了变化,因此 σ 是决定这一分布范围大小的一个参数。而且随机误差的大小取决于此分布范围的大小,所以 σ 也就成为随机误差的一个评定参数。

正态分布曲线是向两端无限延伸的,而经验分布曲线却是有界的,因为测得的零件数是有限的,故这里常用测得值的平均值 $\bar{x}$ 代替理论值 μ , 则分布密度为:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

而

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}}$$

式中: v_i ——剩余误差(残差);
 n ——测量零件数;
 σ ——用残差计算的标准偏差(图1—4中用S表示)。

2. 随机误差的评定

由正态分布曲线可知,随机误差的分布范围(R)与其出现的相应百分率有关。因此,只要知道某些误差出现在该范围内的百分率,便可计算出随机误差的分布范围。

一般误差($\delta = x_i - \mu$)出现的频率(或概率)可用正态分布曲线所包围的面积表示。已知正态分布曲线包围的总面积为:

$$A = 2F = \int_{-\infty}^{+\infty} y d\delta = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}} d\delta = 1$$

由此某一误差出现的概率为:

$$A = 2F = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\delta} \sigma e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}} d\delta$$

为了便于计算令 $z = \frac{\delta}{\sigma}$, 则 $dz = \frac{d\delta}{\sigma}$ 代入上式得:

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

该式称为概率积分(或谓拉普拉斯函数),因其应用广泛,已列出计算结果表(见表1—2)。

表 1-2

函数: $\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$ 数值表

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0.1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0.2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0.3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0.4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0.5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0.6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0.7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0.8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0.9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1.0	3413	3437	3461	3485	3508	3531	3554	3477	3599	3621
1.1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1.2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1.3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1.4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1.5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1.6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1.7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1.8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1.9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2.0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2.1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2.2	4861	4865	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2.3	4993	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2.4	4818	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2.5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4951	4952	4952
2.6	4953	4955	4956	4959	4960	4961	4962	4963	4964	4964
2.7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2.8	4974	4975	4976	4977	4978	4979	4980	4981	4981	4981
2.9	4981	4982	4982	4983	4984	4984	4985	4985	4986	4986

z	$\phi(z)$	z	$\phi(z)$	z	$\phi(z)$
3.0	0.49865	4.0	0.499968	5.0	0.4999997
3.1	49903	4.1	499979		
3.2	49931	4.2	499987		
3.3	49952	4.3	499992		
3.4	49966	4.4	499995		
3.5	49977	4.5	499997		
3.6	49984				
3.7	49989				
3.8	49993				
3.9	49995				

举例:

z = 0.54 时,

 $\phi(z) = 0.2045$

z = 2.32

 $\phi(z) = 0.4898$ 注1) $\phi(-z) = -\phi(z)$ 2) $\phi(\infty) = 0.5$

由此表可以查得:

当 $z = \pm 1$, $\sigma = \pm 1\sigma$ 时, $\phi(z) = 0.3413$, $2\phi(z) = 0.6826$;

当 $z = \pm 2$, $\delta = \pm 2\sigma$ 时, $\phi(z) = 0.4772 =$, $2\phi(z) = 0.9544$;

当 $z = \pm 3$, $\delta = \pm 3\sigma$ 时, $\phi(z) = 0.49865 =$, $2\phi(z) = 0.9973$ 。

即当 $\delta = \pm 3\sigma$ 时, 误差在此范围内出现的概率可达99.73%, 仅有0.27%没有纳入。理论和实践分析认为, 超出 $\pm 3\sigma$ 范围的误差出现的概率只有0.27%, 即370次实验出现一次, 是可以忽略的。故生产中常把 $\delta = \pm 3\sigma$ 作为随机误差的变化范围(R), 而且也反映了随机误差分布的大小。

3. 误差与公差的关系

在零件设计中, 给定公差的目的就是为了控制误差。系统误差被消除后, 主要控制的就是随机误差。设零件的公差为T时, 保证零件合格的条件是:

$$T \geq R = 6\sigma$$

如果 $T < R$ 即有废品产生, 而当公差带的中心与分布中心一致时, 产生尺寸过大或

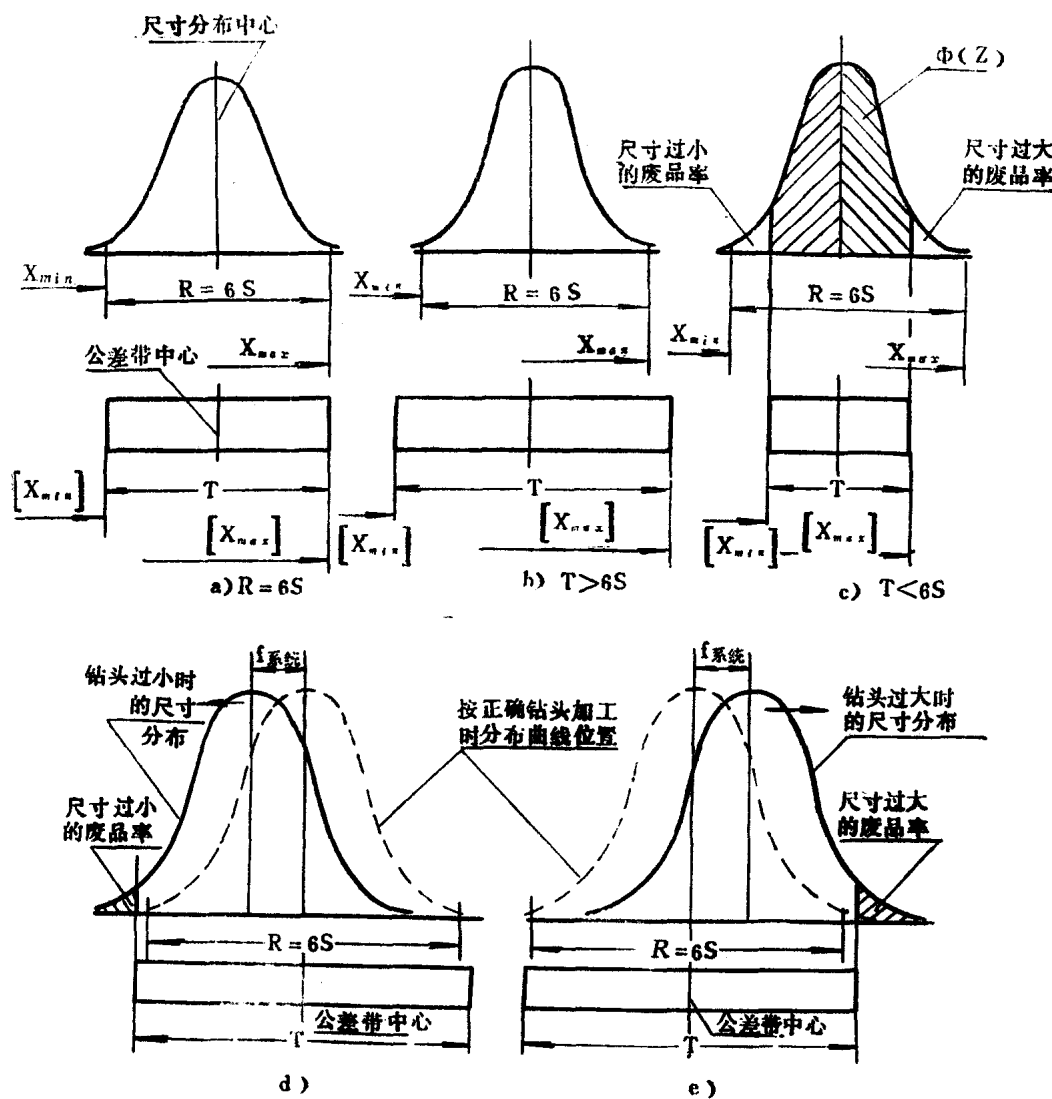


图 1-4 公差与误差的分布