



互换性与测量技术基础

主编 田敏茹

哈尔滨工程大学出版社

互换性与测量技术基础

主编 田敏茹

哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书为高等工科院校机械类各专业的技术基础课教材。全书共分十二章,内容包括:互换性概论,测量技术基础,圆柱结合的互换性,形状和位置公差,表面粗糙度,量规与光滑工件尺寸的检验,滚动轴承与孔、轴结合的互换性,键及花键结合的互换性,圆柱螺纹结合的互换性,圆柱齿轮传动的互换性,尺寸链基础。每章后均附有思考题和作业题。

本书内容全部按最新国家标准编写,并按照“打好基础,精选内容,利于教学”的教材编写原则,全面系统地阐述了互换性与测量的基本知识、各种典型零件精度设计的基本原理和方法,以及公差标准在各项设计中的应用。

本书除可供高等院校机械类各专业及职工大学同类专业师生在教学中使用外,也可供从事机械设计、制造工艺、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

互换性与测量技术基础

HUHUANXING YU CELIANG JISHU JICHU

主 编 田敏茹

责任编辑 孙晓梅

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通街145号 哈工程大学11号楼

发行部电话(0451)2519328 邮编:150001

经 华 书 店 经 销

东北农业大学印刷厂印刷

*

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 16.25 插页 1 字数 366 千字

1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷

印数:1~3 000 册

ISBN 7-81007-867-4

TB·11 定价: 19.50 元

前 言

“互换性与测量技术基础”课程是机械类各专业的一门重要的技术基础课。本书是根据高等工业学校“互换性与测量技术基础”课程教学指导小组审定的高等工业学校《互换性与测量技术基础课程教学基本要求》编写而成的。

本书按照国家的最新标准,参考了现已出版的同类教材,融入编者多年的教学实践经验编写而成。

本书在内容安排和叙述方式上,紧密结合教学大纲,把重点放在互换性的基础理论和基本知识方面。为突出几何量标准的特点、选用及图样标准,本书给出了应用示例和习题练习,以便做到理论联系实际,学以致用。同时,为了提供以后的课程设计、毕业设计所必需的参考资料,本书对圆锥结合互换性、螺纹结合的互换性和圆锥齿轮和蜗杆传动公差等内容也作了简单介绍。

本书由哈尔滨工程大学田敏茹主编,书中的插图全部由邱英描绘。

本书在编写过程中,得到王文义、高延新、刘品先生的帮助,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在许多缺点和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
1998 年 5 月

目 录

0 绪论	1
0.1 本课程的性质、任务与基本要求	1
0.2 本课程与其它课程的关系	2
0.3 本课程的特点及学习方法	2
1 互换性概论	4
1.1 互换性的概念和作用	4
1.2 极限与配合的基本术语	5
1.3 标准化与优先数系	16
习题一	22
2 测量技术基础	23
2.1 测量的基本概念	23
2.2 测量误差及数据处理	30
习题二	38
3 圆柱结合的互换性	39
3.1 概 述	39
3.2 标准公差系列	40
3.3 基本偏差系列	44
3.4 公差与配合的选用	52
习题三	66
4 形状和位置公差	68
4.1 概 述	68
4.2 形位公差带	78
4.3 公差原则及其应用	92
4.4 形位公差的选用	100
习题四	109
5 表面粗糙度	111
5.1 概 述	111
5.2 表面粗糙度的评定	113
5.3 表面粗糙度的选用及标注	117
习题五	125
6 量规与光滑工件尺寸的检验	127
6.1 光滑极限量规	127
6.2 光滑工件尺寸的检验	133
习题六	139
7 滚动轴承与孔、轴结合的互换性	140

7.1 滚动轴承公差	140
7.2 滚动轴承与孔、轴结合的配合选用	143
习题七	150
8 圆锥结合的互换性	152
8.1 概 述	152
8.2 圆锥几何参数误差对圆锥配合的影响	155
8.3 圆锥公差与配合	157
习题八	163
9 键及花键结合的互换性	165
9.1 平键结合的互换性	165
9.2 矩形花键结合的互换性	167
习题九	173
10 圆柱螺纹结合的互换性	174
10.1 概 述	174
10.2 螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	176
10.3 保证螺纹互换性的条件	178
10.4 普通螺纹的公差与配合	180
10.5 普通螺纹公差与配合的选用	183
习题十	186
11 圆柱齿轮传动的互换性	188
11.1 概 述	188
11.2 影响齿轮传动质量的误差分析及检验参数	189
11.3 齿轮副的误差及其评定指标	200
11.4 圆柱齿轮公差的选用	204
11.5 圆锥齿轮公差与选用	216
11.6 蜗杆传动公差与选用	221
习题十一	229
12 尺寸链基础	230
12.1 尺寸链的基本概念	230
12.2 用极值法解尺寸链	234
12.3 用概率法解尺寸链	242
12.4 尺寸链的其它解法——不完全互换的尺寸链解法	247
习题十二	250
主要参考文献	252

0 绪 论

0.1 本课程的性质、任务与基本要求

0.1.1 课程性质

“互换性与测量技术”是机械类各专业的技术基础课,是与机械工业紧密联系的一门基础学科。它和“机械原理”、“机械零件”等课程一样,是机械设计的基础部分。本课程的研究对象是机械或仪器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,它是联系机械设计和机械制造工艺课的纽带,是从基础课过渡到专业课的桥梁。

0.1.2 课程任务

本课程的任务在于使学生获得互换性与测量技术方面的基本知识与一定的工作能力,为进一步应用公差标准及掌握测试技术打下基础。

0.1.3 课程要求

具体要求如下:

1. 建立互换性的基本概念,掌握机械零部件精度设计的基本原理和方法;了解典型零件公差与配合标准的组成和应用;合理地确定各种典型零件制造精度。这些都是保证产品质量的重要手段。

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。本课程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,具体研究的对象是机器零部件的精度设计,并且通过一定的计量测试方法保证设计要求的实现。显然,本课程既有坚实的基本理论,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(即典型零件的测试方法),从而成为对学生进行“三基”训练的重要内容。

3. 进一步培养学生分析问题和解决问题的能力。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,还是对零件检测方法的确定,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,灵活运用所学到的知识,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,知道分析测量误差与处理测量结果,才能较好地完成任务。因此,通过本课的学习,不仅能提高学生分析问题和解决问题的能力,还能提高他们的独立工作能力及动手能力。

0.2 本课程与其它课程的联系

本课程与“机械制图”、“机械原理”、“机械零件”等课程有密切联系。

通过“机械原理”与“机械零件”课程的教学,使学生对机器设计初步具备进行结构分析、运动分析、受力分析以及强度与刚度分析的能力。在此基础上,本课程使学生了解机器的精度分析,从而合理地确定公差与配合,保证制成的机器能满足使用要求。

由于公差与配合在应用上有较大灵活性,牵涉的问题多,因此在本课程的教学,只能使学生了解基本原则与方法。在“机械零件”课程设计中,应当要求学生针对所设计的具体结构、零件选择公差与配合,并将其按规定标注在图样上,以进一步提高学生选用公差与配合的能力。

本课程与“机械制图”课程有关。工程图纸上的公差标注应便于制造和检验,同时与使用要求、加工及测量要求等相联系。但是,学生在学习“机械制图”课程时,对这些知识是无法掌握的。因此,本课程对公差与配合在图样上的标注给予一定的重视,并注意进一步提高学生标注尺寸的能力。

本课程与工艺课程有密切联系。学生只有具备一定工艺知识以后,才能正确选择公差。所以在“金属工艺学”课程教学及工厂实习中,要求学生获得机械加工的一般感性认识,例如关于圆柱形零件(孔、轴)、螺纹、锥体、花键及齿轮等的加工知识;而在以后“机械制造工艺”等专业课教学中,应使学生进一步充实、提高从本课程获得的知识。在工艺课中,着重分析各种典型零件加工误差的来源,以及减少误差和提高加工精度的措施。本课程只讲这些加工误差的意义及测量方法。

本课程与专业课的课程设计及毕业设计也有密切联系。学生在本课程获得的知识,必须在以后的这些教学环节中,得到多次应用的机会,才能逐步巩固并深化。

从根本上讲,“公差”反映机器零件的使用要求与制造要求之间的矛盾,或者说设计与工艺之间的矛盾;测量技术是保证“公差”得以贯彻的技术措施。因此,本课程的教学,必须使学生具有一定的设计与工艺知识基础;后续的设计与工艺课程的教学,又进一步使学生对本课程加深理解。但要学生熟练掌握和应用本门学科的知识,还有待于在实际工作中锻炼。

0.3 本课程的特点及学习方法

本课程是由“互换性原理”与“测量技术”两部分组成。互换性是零部件精度设计的基本内容,它和标准化关系十分密切;测量技术属于计量学范畴,是论述零部件的测量原理、方法及测量误差处理等内容。本课程是将公差标准与计量技术有机地结合在一起的一门技术基础学科。

从学科特点讲,本课程是从“精度”或“误差”的观点去分析研究零件及机械的几何参数;而“机械原理”是从运动学及动力学的观点去分析研究机械;“机械零件”是从强度与刚

度的观点去分析研究机构。

本学科仅限于研究几何参数的互换性。本课程的特点是:术语意义多,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。初学者往往感到难以掌握,但是,正像任何一门科学都有其主体,任何事物都是有它的主要矛盾一样,本课程尽管概念很多,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,介绍各种典型零件几何精度的概念,分析各种零件几何精度的设计方法,论述各种零件的检测规定等,所以在学习中应重视各个教学环节。课堂教学是本课程的主要教学形式,它对提高本课程的教学质量具有决定性作用。课堂讲授内容的重点是:有关互换性、公差配合与测量技术的基本概念、基本原理、基本规律、基本知识,及贯彻始终的基本思想方法。在公差与测量比较中,公差是讲授重点,测量内容仅在需要时,才适宜在课堂上作适当介绍。对众多的术语和概念,除注意讲清其实质与作用外,还应抓住它们之间的区别与联系,进行分析。

实验课是本课程的重要教学环节。它在完成技术测量教学任务方面具有独到作用,是训练基本技能,理论联系实际的重要环节。对实验课的基本要求是:原理清楚,方法正确,数据准确,报告工整。

作业是本课程不可缺少的教学环节。它不仅有巩固课堂教学效果的作用,而且是培养学生掌握公差配合选择方法,应用公差表格的重要手段。此外,在后续课程,例如机械零件设计、工艺设计、毕业设计中,都应正确、完整地把本课程中学到的知识应用到工程实际中去。

1 互换性概论

1.1 互换性的概念和作用

互换性是指按同一图纸所规定的零、部件在几何尺寸、形状和位置上具有的相互替换的能力。换句话说,是规格相同的一批零件,在装配与更换时,不需挑选和修配便能满足使用要求。这种情况在人们的正常生活中大量存在。例如自行车上的螺钉丢了,到商店买一个同规格螺钉装上,自行车照样可以使用;照明灯泡坏了,买一个同样灯泡装上即可;手表中某个零件磨损坏了,买一个相同规格的装配上,手表就能继续使用了。其所以这样方便,是因为螺钉、灯泡及手表零件等都具有互换性。

互换性在现代机器制造业中,能创造最佳经济效益。它保证了独立制造的机器或仪器的零件、部件不经挑选修配就能装配在一起,组成完全符合技术要求的产品。产品所具有的这种保证设计使用要求的能力就是互换性。那么,怎样才能使零件具有互换性?这就要求一批零件的制造精度应当一样,即零件的尺寸、形状以及其它参数都处在零件设计所规定的范围之内。这个范围通常称为“公差”。换句话说,公差就是实际参数值允许的最大变动量。

互换性不仅决定于尺寸和形状等几何参数,也决定于其它一系列的物理参数。本课程主要讨论几何参数的互换性。几何参数的公差有尺寸公差、形状公差、位置公差及表面粗糙度等。公差大小应根据使用要求和可能来确定。加工后的零件的实际参数是否在公差范围内,需要通过测量来判断。

显然,互换性应同时具备两个条件:一是不需要辅助加工及修配便能装配与更换;二是装配与更换后能满足使用和生产上的要求。

在生产中,按互换性的程度可将其分为完全互换和不完全互换。

完全互换是零部件不需选择、不需辅助加工与修配,就能满足装配和更换要求。

不完全互换(即有限互换)是在装配前将零件按尺寸大小分组,按组进行装配,大孔与大轴装配,小孔与小轴装配等。之所以采用分组法,是因为在装配精度要求很高时,采用完全互换将使零件制造公差很小,加工困难,成本很高,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实际尺寸的大小分为若干组,使每组中各零件间实际尺寸的差别减小,装配时按相应组进行。这样,既可保证装配精度和使用要求,又可解决加工困难,降低成本。此时仅各组内零件可以互换,组与组之间不可互换,故称不完全互换。

不完全互换一般只限于在生产部件或零件的制造厂内装配时用。至于厂外协作,即使产量不大,往往也要求完全互换。

滚动轴承就具有上述两种互换性:轴承内圈与轴颈配合,外圈与外壳孔配合属于完全互换;而轴承内、外圈滚道直径与滚珠直径之间的配合,因采用分组装配法,而属于不完全互换。

实际生产中还存在另一种情况:有时为保证达到机器的装配精度与满足使用和生产上的要求,在装配时,用补充的机械加工或钳工修刮来获得所需要的精度;也可通过移动或更换某些零件,以改变其位置与尺寸的方法来达到要求的精度。前者称为修配法,后者称为调整法。通常,在单件小批量生产中,特别是在重型机器制造中,修配法与调整法应用较多。

在实际生产中具体采用哪种互换,则要根据产品精度要求与复杂程度,产量大小,生产设备,技术水平等一系列因素来决定。

互换性是机械制造业中一个重要的生产原则,其特点和重要性有如下几个方面:

从设计上讲,由于产品采用了具有互换性的零部件、标准件,如螺钉、销钉和滚动轴承等,因而可以简化绘图和减少计算工作,缩短了设计周期和有利于促进计算机辅助设计等,从而有利于发展系列产品和促进产品结构及性能的不断改善。

从制造上讲,互换性是提高生产水平和文明程度的有利手段。加工时由于按标准所规定的公差加工,同一部机器上的各个零件可以分别由各专业厂同时制造。各专业厂因产品单一,数量多,分工细,可采用高效专用设备,或采用计算机辅助制造。这样,产品产量和质量必然会得到保证,成本也会显著降低。装配时,由于零部件具有互换性,不需要辅助加工和修配,可以减轻装配工的劳动强度,缩短装配周期,并且可采用装配流水线作业方式,使装配的生产效率大大提高。

从使用方面看,若零件具有互换性,则当零件磨损后,可以很快地用新的备件代替,使机器修理的时间和费用明显减少,保证了机器工作的连续性和持久性,从而提高了机器的使用价值。在某些情况下,互换性所起的作用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,实现零件的互换性,显然是极为重要的。

综上所述,用互换性原则组织机械制造业生产,是提高劳动生产率,保证产品质量,降低成本,提高产品使用率的极为有效的技术措施。

1.2 极限与配合的基本术语

公差与配合标准是基本的互换性标准。为了正确掌握公差与配合标准及其应用,统一设计、工艺及检验等工程技术人员对公差与配合标准的理解,应明确规定有关的公差与配合的基本概念、术语和定义。

1.2.1 有关孔、轴的概念

孔与轴的概念关系到公差标准的应用范围问题。

1. 孔 通常指工件圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由二平行平面或切面形成的包容面)。

2. 轴 通常指工件圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由二平行面或切面形成的被包容面)。

如图 1-1 所示,按照定义键槽宽 D , 滑块槽宽 D_1, D_2, D_3 均为孔, 而轴的直径 d_1 , 键槽底部尺寸 d_2 , 滑块槽厚度 d 均为轴。

上述孔和轴的定义可以从以下几个方面来理解:从装配关系看,孔是包容面,轴是被包容面;从加工过程看,随着加工余量的切除,孔的尺寸由小变大,而轴的尺寸则由大变小;从测量方面看,孔和轴使用的量具也不同。例如,内卡尺测量孔,外卡尺测量轴。由此可见,在极限与配合制中,孔和轴的概念是广义的。

1.2.2 有关尺寸的概念

1. 尺寸

尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数字。一般情况下,用尺寸表示线性尺寸值,如直径、长度、宽度、高度及中心距等。在图样上以毫米为单位时,可只写数字,不写单位。

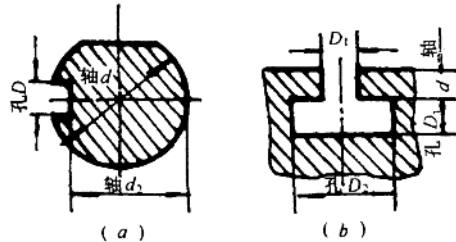


图 1-1

2. 基本尺寸

通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸。

基本尺寸由设计人员根据使用要求,按强度、刚度,或按结构、工艺条件等确定,按标准选取。基本尺寸的标准化可减少定值刀具、量具、夹具等的规格数量。基本尺寸是计算偏差和极限尺寸的起始尺寸,它可以是一个整数或一个小数值,例如 32, 15, 8.75, 0.5, ... 等等。孔的基本尺寸以字母 D 表示,轴的基本尺寸以字母 d 表示。

3. 实际尺寸

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。

4. 局部实际尺寸

一个孔或轴的任意横截面中的任一距离,即任何两相对点之间测得的尺寸。

在实际要素的任一正截面上,两对应点之间测得的距离称为局部实际尺寸。

由于存在测量误差,实际尺寸并非是被测尺寸的真值。它是测量人员使用一定的测量器具和方法,在一定的环境条件下,从测量器具上读取的数值。由于存在器具、方法、人员和环境等因素影响,易产生测量误差。该误差应在允许的范围内。例如某轴的尺寸真值为 29.987 mm,测量误差在 ± 0.001 mm 以内,则实际尺寸的数值将在 29.987 ± 0.001 mm 范围内。由于形状误差的存在,因此测量工件同一表面上不同部位的实际尺寸将是各不相同的。我们把测量器具与被测要素实现两点接触的测量方法称为两点法,两点法测量所得的尺寸称为局部实际尺寸。孔的实际尺寸代号为 D_a ,轴的实际尺寸代号为 d_a 。

5. 极限尺寸

一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。实际尺寸应位于其中,也可达到极限尺寸。

孔或轴允许的最大尺寸称最大极限尺寸,孔的最大极限尺寸代号为 $D_{\max}$,轴的最大

极限尺寸代号为 $d_{\max}$ 。孔或轴允许的最小尺寸称最小极限尺寸,孔的最小极限尺寸用代号 $D_{\min}$ 表示,轴的最小极限尺寸用代号 $d_{\min}$ 表示。

6. 最大实体尺寸

最大实体状态是具有允许的材料量为最多时的理想形体状态(简称 MMC)。在此状态下的极限尺寸,称为最大实体尺寸。它是孔的最小极限尺寸与轴的最大极限尺寸的统称。孔的最大实体尺寸代号为 D_{MMC} ,轴的最大实体尺寸代号为 d_{MMC} 。例如轴 $\phi 30_{-0.041}^{-0.020}$ mm 的最大实体尺寸为 $\phi 29.980$ mm,孔 $\phi 30_0^{+0.033}$ mm 的最大实体尺寸为 $\phi 30$ mm。

7. 最小实体尺寸

最小实体状态是具有允许的材料量为最小时的理想状态(简称 LMC)。在此状态下的极限尺寸,称为最小实体尺寸。它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称。孔的最小实体尺寸代号为 D_{LMC} ,轴的最小实体尺寸代号为 d_{LMC} 。例如孔 $\phi 30_0^{+0.033}$ mm 的最小实体尺寸是 $\phi 30.033$ mm。

8. 作用尺寸

在配合的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,称为孔的作用尺寸;与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,称为轴的作用尺寸。孔、轴的作用尺寸如图 1-2 (a)、(b) 所示。作用尺寸由实际工件的测量得到。孔的作用尺寸代号 D_m ,轴的作用尺寸代号为 d_m 。

在图 1-2 中可以看出,有形状误差的孔,其作用尺寸小于该孔的实际尺寸;有形状误差的轴,其作用尺寸大于该轴的实际尺寸。由于孔、轴存在形状误差 $f_{\text{形}}$,因此,当孔和轴配合时孔显得小了,轴显得大了,它们不能轻松地装配在一起。从图 1-2 可直观地推导出孔、轴的作用尺寸为

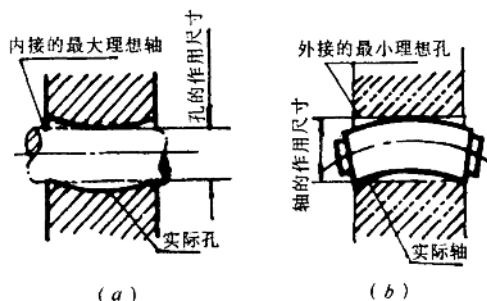


图 1-2 孔轴作用尺寸

$$D_m = D_a - f_{\text{形}} \quad (1-1)$$

$$d_m = d_a + f_{\text{形}} \quad (1-2)$$

9. 极限尺寸判断原则(泰勒原则)

从上述各有关尺寸的术语定义可以看出,实际尺寸和作用尺寸表达了实际零件的大小;而极限尺寸和最大、最小实体尺寸则表达了设计上要求控制的边界尺寸。如何根据极限尺寸来判断孔、轴零件的合格性,标准中规定了一条原则,称为极限尺寸判断原则,即泰勒原则。

孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔,其作用尺寸应不小于最小极限尺寸;对于轴,其作用尺寸应不大于最大极限尺寸。

同时,在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔,其实际尺寸应

不大于最大极限尺寸;对于轴,其实际尺寸应不小于最小极限尺寸。

这个原则实质是用最大实体尺寸控制作用尺寸,即要求在配合面长度内的整个表面上,不得超出最大实体尺寸的边界;并用最小实体尺寸控制实际尺寸,即要求在局部表面上,任意两测量点之间的距离不得超出最小实体尺寸。

极限尺寸判断原则(泰勒原则)用公式表示为

$$\begin{cases} d_m \leq d_{\text{MMC}} \\ D_m \geq D_{\text{MMC}} \end{cases} \quad (1-3)$$

$$\begin{cases} d_a \geq d_{\text{LMC}} \\ D_a \leq D_{\text{LMC}} \end{cases} \quad (1-4)$$

由此,判断一个轴合格,则有关尺寸必须满足下列方程组:

$$\begin{cases} d_m = d_a + f_{\text{形}} \leq d_{\text{MMC}} = d_{\text{max}} \\ d_a \geq d_{\text{LMC}} = d_{\text{min}} \end{cases} \quad (1-5)$$

同样,判断一个孔合格,则有关尺寸必须满足下列方程组:

$$\begin{cases} D_m = D_a - f_{\text{形}} \geq D_{\text{MMC}} = D_{\text{min}} \\ D_a \leq D_{\text{LMC}} = D_{\text{max}} \end{cases} \quad (1-6)$$

例 1.1 图样给定某轴尺寸及公差为 $\phi 30_{-0.041}^{-0.020}$, 加工后测得该轴的实际尺寸 $d_a = \phi 29.96 \text{ mm}$, 轴线的直线度误差 $f_{\text{形}} = 0.018 \text{ mm}$, 判断该零件是否合格?

解:按泰勒原则来判断。依题意已知

$$d_{\text{MMC}} = 29.98 \text{ mm} \quad d_{\text{LMC}} = 29.959 \text{ mm}$$

由方程组(1-5)式得

$$d_m = d_a + f_{\text{形}} = 29.96 + 0.018 = 29.978 < d_{\text{MMC}} = 29.98 \text{ mm}$$

$$d_a = 29.96 > d_{\text{LMC}} = 29.959 \text{ mm}$$

满足方程组(1-5)式,故该零件合格。

例 1.2 图样给定某孔尺寸及公差为 $\phi 30_{+0}^{+0.033}$, 加工后测得该孔的实际尺寸 $D_a = \phi 30.018 \text{ mm}$, 其轴线直线度误差 $f_{\text{形}} = 0.01 \text{ mm}$, 判断该零件是否合格?

解:按泰勒原则来判断。依题意已知

$$D_{\text{MMC}} = 30 \text{ mm} \quad D_{\text{LMC}} = 30.033 \text{ mm}$$

由方程组(1-6)式得

$$D_m = D_a - f_{\text{形}} = 30.018 - 0.01 = 30.008 > D_{\text{MMC}} = 30 \text{ mm}$$

$$D_a = 30.018 \text{ mm} < D_{\text{LMC}} = 30.033 \text{ mm}$$

满足方程组(1-6)式,故该零件合格。

1.2.3 有关极限制的概念

1. 零线

在极限与配合图解中,表示基本尺寸的一条直线,以其为基准确定偏差和公差,如图-3所示。

通常,零线沿水平方向绘制,正偏差位于其上,负偏差位于其下,如图 1-4 所示。

2. 偏差

某一尺寸(实际尺寸、极限尺寸,等等)减其基本尺寸所得的代数差。

极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称极限偏差。极限偏差可分为上偏差和下偏差。实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称实际偏差。

上偏差:最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔的上偏差代号为ES,轴的上偏差代号为es。

下偏差:最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。孔的下偏差代号为EI,轴的下偏差代号为ei。

根据上、下偏差的定义,各计算公式为

$$ES = D_{\max} - D \quad (1-7)$$

$$EI = D_{\min} - D \quad (1-8)$$

$$es = d_{\max} - d \quad (1-9)$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (1-10)$$

偏差为代数,有正数、负数或零。计算和标注时,除零以外必须带有正号或负号。

3. 尺寸公差(简称公差)

最大极限尺寸减最小极限尺寸之差,或上偏差减下偏差之差。它是允许尺寸的变动量。

尺寸公差是一个没有符号的绝对值。孔的公差代号为 T_D ,轴的公差代号为 T_d 。

根据尺寸公差的定义,孔、轴公差计算式分别为

$$T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (1-11)$$

$$T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (1-12)$$

值得注意的是:“公差”表示允许尺寸变化的范围,是绝对值,且不能为零,“公差”还表示制造精度要求,当基本尺寸一定时,它反映加工的难易程度。“偏差”取决于加工时机床的调整(进刀的位置),不反映加工难易。“极限偏差”主要反映公差带位置,影响配合松紧程度。而“公差”代表公差带大小,影响配合精确程度。如图1-4所示。

4. 公差带

在公差带图中,由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置如基本偏差来确定,如图1-5所示。

在公差带图中,“零线”代表基本尺寸。零线上方为正偏差,零线下方为负偏差。用不同方式区分孔、轴公差带,其相互位置及大小按协调的比例绘出。

例1.3 已知孔、轴基本尺寸为 $\phi 25$ mm, $D_{\max} = 25.021$ mm, $D_{\min} = 25$ mm, $d_{\max} = 24.980$ mm, $d_{\min} = 24.967$ mm,求孔与轴的极限偏差和公差,并注明孔与轴的极限偏差在

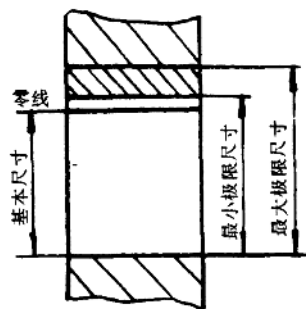


图 1-3

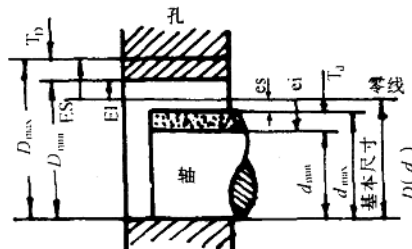


图 1-4 公差与配合示意图

图样上如何标注,最后画出它们的尺寸公差带图。见图 1-6。

解:根据(1-7)~(1-10)式可得

$$\text{孔的上偏差 } ES = D_{\max} - D = 25.021 - 25 = +0.021 \text{ mm}$$

$$\text{孔的下偏差 } EI = D_{\min} - D = 25 - 25 = 0$$

$$\text{轴的上偏差 } es = d_{\max} - d = 24.980 - 25 = -0.02 \text{ mm}$$

$$\text{轴的下偏差 } ei = d_{\min} - d = 24.967 - 25 = -0.033 \text{ mm}$$

$$\text{或 } T_D = |es - ei| = | +0.021 - 0 | = 0.021 \text{ mm}$$

$$\text{轴的公差 } T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |24.980 - 24.967| = 0.013 \text{ mm}$$

$$\text{或 } T_d = |es - ei| = |(-0.02) - (-0.033)| = 0.013 \text{ mm}$$

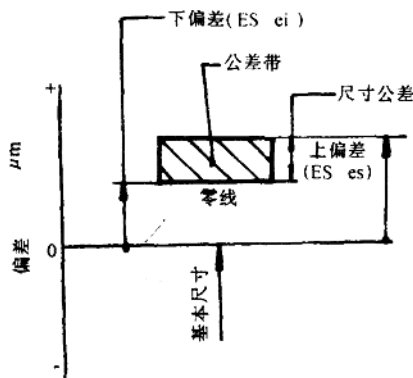


图 1-5 尺寸公差带图

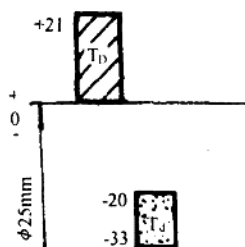


图 1-6 尺寸公差带

1.2.4 有关配合的概念

1. 间隙

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为正,如图 1-7(a)所示。

由于设计上对孔、轴规定了两个极限尺寸,因而间隙有两个极限值,即最小间隙 $X_{\min}$ 和最大间隙 $X_{\max}$ 如图 1-7(b)所示。其中最小间隙为在间隙配合中,孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差。

最大间隙:在间隙配合或过盈配合中,孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差。

2. 过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸之差为负,如图 1-9(a)所示。

同间隙一样,过盈也有两个极限值,即最小过盈 $Y_{\min}$ 和最大过盈 $Y_{\max}$,如图 1-8 和图 1-9(b)。

其中,最小过盈指在过盈配合中,孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸之差。最大过盈指在过盈配合或过渡配合中,孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸之差。

其计算公式分别为

$$X_{\max} (\text{或 } Y_{\min}) = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-13)$$

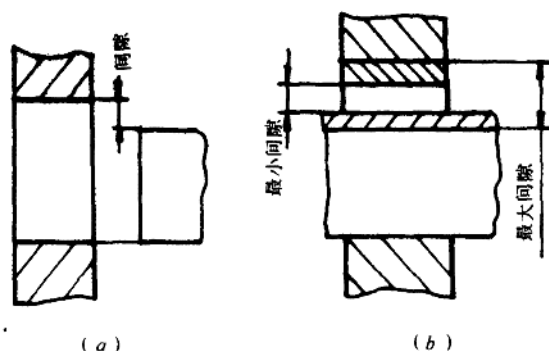


图 1-7 间隙配合的示意图

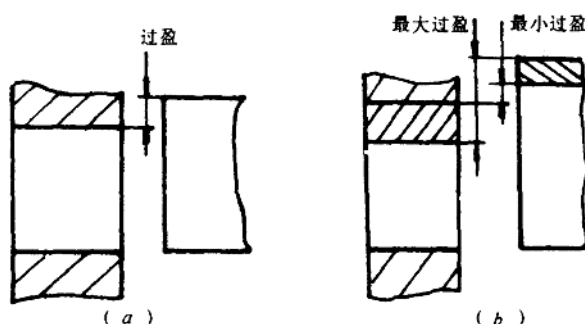


图 1-8 过盈配合的示意图

$$X_{\min}(\text{或 } Y_{\max}) = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-14)$$

在工程中有时也使用平均间隙或平均过盈的概念。平均间隙 X_{av} 或平均过盈 Y_{av} 的计算式为

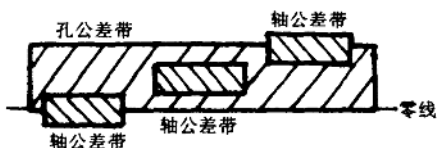


图 1-9 过渡配合的示意图

$$X_{av}(\text{或 } Y_{av}) = \frac{1}{2}(X_{\max}(\text{或 } Y_{\min}) + X_{\min}(\text{或 } Y_{\max})) \quad (1-15)$$

3. 配合

配合是指基本尺寸相同的,相互结合的孔、轴公差带之间的关系。形成配合应有两个基本条件:一是孔、轴的基本尺寸必须相同,二是具有包容和被包容的特性,即孔和轴相结合。而且配合是通过它们的公差带相互位置关系来体现的。配合所反映的是一批孔、轴的装配关系,而不是单个孔与单个轴的装配关系。由于零件使用要求不同,需要配合的松紧程度也不同。配合的松紧可用间隙值或过盈值来表示。

由孔、轴公差带相对位置关系,配合可分三类,即间隙配合、过盈配合和过渡配合。