



上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds



创新应用型数字交互规划教材
机械工程

INTERCHANGEABILITY
AND TECHNICAL MEASUREMENT

互换性与技术测量

朱文峰 李晏 马淑梅 · 编


上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位



上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds



创新应用型数字交互规划教材
机械工程

互换性与技术测量

朱文峰 李晏 马淑梅·编



上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

内 容 提 要

本书以我国产品精度设计新的国家标准为依据进行编写。全书共9章,内容包括绪论、孔与轴的极限与配合、长度测量基础、几何公差及几何误差检测、表面粗糙度轮廓及检测、光滑极限量规、滚动轴承的公差与配合、普通螺纹的精度与检测、渐开线圆柱齿轮精度及检测。各章末附有涵盖该章知识要点的思考与练习。本书依托增强现实(AR)技术,将视频、图片等数字资源与纸质教材交互,为读者和用户带来更丰富有效的阅读体验。

本书可供高等院校机械类各专业师生在教学中使用,也可作为继续教育院校机械类各专业的教材,以及供从事机械设计、机械制造、标准化、计量测试等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量 / 朱文峰,李晏,马淑梅编. —上海:上海科学技术出版社,2018.1

创新应用型数字交互规划教材. 机械工程

ISBN 978-7-5478-3694-1

I. ①互… II. ①朱…②李…③马… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材②零部件—技术测量—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 208759 号

互换性与技术测量

朱文峰 李晏 马淑梅 编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235 www.sstp.cn)

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.5

字数: 370千字

2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-3694-1/TG·97

定价: 55.00元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

编审委员会

主任 李郝林 陈关龙

副主任 钱 炜

委员 (以姓氏笔画为序)

王小静 李峥嵘 张慧敏 陈 浩

陈军华 徐 洋 惠 虎

顾问 曹自强

编写委员会

(以姓氏笔画为序)

丁晓红 马淑梅 王岩松 朱文峰

任 彬 李 晏 李郝林 李蓓智

张东民 张而耕 荆学东 黄迪山

支持单位

(按首字拼音排序)

德玛吉森精机公司

东华大学

ETA(Engineering Technology Associates, Inc.)中国分公司

华东理工大学

雷尼绍(上海)贸易有限公司

青岛海尔模具有限公司

瑞士奇石乐(中国)有限公司

上海大学

上海电气集团上海锅炉厂有限公司

上海电气集团上海机床厂有限公司

上海高罗输送装备有限公司技术中心

上海工程技术大学

上海理工大学

上海麦迅惯性航仪技术有限公司

上海麦迅机床工具技术有限公司

上海师范大学

上海新松机器人自动化有限公司

上海应用技术大学

上海紫江集团

上汽大众汽车有限公司

同济大学

西门子工业软件(上海)研发中心

浙江大学

中国航天科技集团公司上海航天设备制造总厂

丛书序

在“中国制造 2025”国家战略指引下,在“深化教育领域综合改革,加快现代职业教育体系建设,深化产教融合、校企合作,培养高素质劳动者和技能型人才”的形势下,我国高教人才培养领域也正在经历又一重大改革,制造强国建设对工程科技人才培养提出了新的要求,需要更多的高素质应用型人才,同时随着人才培养与互联网技术的深度融合,尽早推出适合创新应用型人才模式的出版项目势在必行。

教科书是人才培养过程中受教育者获得系统知识、进行学习的主要材料和载体,教材在提高人才培养质量中起着基础性作用。目前市场上专业知识领域的教材建设,普遍存在建设主体是高校,而缺乏企业参与编写的问题,致使专业教学教材内容陈旧,无法反映行业技术的新发展。本套教材的出版是深化教学改革,践行产教融合、校企合作的一次尝试,尤其是吸收了较多长期活跃在教学和企业技术一线的专业技术人员参与教材编写,有助于改善在传统机械工程向智能制造转变的过程中,“机械工程”这一专业传统教科书中内容陈旧、无法适应技术和行业发展需要的问题。

另外,传统教科书形式单一,一般形式为纸媒或者是纸媒配光盘的形式。互联网技术的发展,为教材的数字化资源建设提供了新手段。本丛书利用增强现实(AR)技术,将诸如智能制造虚拟场景、实验实训操作视频、机械工程材料性能及智能机器人技术演示动画、国内外名企案例展示等在传统媒体形态中无法或很少涉及的数字资源,与纸质产品交互,为读者带来更丰富有效的体验,不失为一种增强教学效果、提高人才培养的有效途径。

本套教材是在上海市机械专业教学指导委员会和上海市机械工程学会先进制造技术专业委员会的牵头、指导下,立足国内相关领域产学研发展的整体情况,来自上海交通大学、上海理工大学、同济大学、上海大学、上海应用技术大学、上海工程技术大学等近 10 所院校制造业学科的专家学者,以及来自江浙沪制造业名企及部分国际制造业名企的专家和工程师等一并参与的内容创作。本套创新教材的推出,是智能制造专业人才培养的融合出版创新探索,一方面体现和保持了人才培养的创新性,促使受教育者学会思考、与社会融为一体;另一方面也凸显了新闻出版、文化发展对于人才培养的价值和必要性。

中国工程院院士

丛书前言

进入 21 世纪以来,在全球新一轮科技革命和产业变革中,世界各国纷纷将发展制造业作为抢占未来竞争制高点的重要战略,把人才作为实施制造业发展战略的重要支撑,改革创新教育与培训体系。我国深入实施人才强国战略,并加快从教育大国向教育强国、从人力资源大国向人力资源强国迈进。

《中国制造 2025》是国务院于 2015 年部署的全面推进实施制造强国战略文件,实现“中国制造 2025”的宏伟目标是一个复杂的系统工程,但是最重要的是创新型人才培养。当前随着先进制造业的迅猛发展,迫切需要一大批具有坚实基础理论和专业技能的制造业高素质人才,这些都对现代工程教育提出了新的要求。经济发展方式转变、产业结构转型升级急需应用技术类创新型、复合型人才。借鉴国外尤其是德国等制造业发达国家人才培养模式,校企合作人才培养成为学校培养高素质高技能人才的一种有效途径,同时借助于互联网技术,尽早推出适合创新应用型人才培养模式的出版项目势在必行。

为此,在充分调研的基础上,根据机械工程的专业和行业特点,在上海市机械专业教学指导委员会和上海市机械工程学会先进制造技术专业委员会的牵头、指导下,上海科学技术出版社组织成立教材编审委员会和编写委员会,联络国内本科院校及一些国内外大型名企等支持单位,搭建校企交流平台,启动了“创新应用型数字交互规划教材 | 机械工程”的组织编写工作。本套教材编写特色如下:

1. 创新模式、多维教学。教材依托增强现实(AR)技术,尽可能多地融入数字资源内容(如动画、视频、模型等),突破传统教材模式,创新内容和形式,帮助学生提高学习兴趣,突出教学交互效果,促进学习方式的变革,进行智能制造领域的融合出版创新探索。

2. 行业融合、校企合作。与传统教材主要由任课教师编写不同,本套教材突破性地引入企业参与编写,校企联合,突出应用实践特色,旨在推进高校与行业企业联合培养人才模式改革,创新教学模式,以期达到与应用型人才培养目标的高度契合。

3. 教师、专家共同参与。主要参与创作人员是活跃在教学和企业技术一线的人员,并充分吸取专家意见,突出专业特色和应用特色。在内容编写上实行主编负责下的民主集中制,按照应用型人才培养的具体要求确定教材内容和形式,促进教材与人才培养目标和质量的接轨。

4. 优化实践环节。本套教材以上海地区院校为主,并立足江浙沪地区产业发展的整体情况。参与企业整体发展情况在全国行业中处于技术水平比较领先的位置。增加、植入这些企业中当下的生产工艺、操作流程、技术方案等,可以确保教材在内容上具有技术先进、工艺领

先、案例新颖的特色,将在同类教材中起到一定的引领作用。

5. 与国际工程教育认证接轨。增设与国际工程教育认证接轨的“学习成果达成要求”,即本套教材在每章开始,明确说明本章教学内容对学生应达成的能力要求。

本套教材“创新、数字交互、应用、规划”的特色,对避免培养目标脱离实际的现象将起到较好作用。

丛书编委会先后于上海交通大学、上海理工大学召开 5 次研讨会,分别开展了选题论证、选题启动、大纲审定、统稿定稿、出版统筹等工作。目前确定先行出版 10 种专业基础课程教材,具体包括《机械工程测试技术基础》《机械装备结构设计》《机械制造技术基础》《互换性与技术测量》《机械 CAD/CAM》《工业机器人技术》《机械工程材料》《机械动力学》《液压与气动技术》《机电传动与控制》。教材编审委员会主要由参加编写的高校教学负责人、教学指导委员会专家和行业学会专家组成,亦吸收了多家国际名企如瑞士奇石乐(中国)有限公司和江浙沪地区大型企业的参与。

本丛书项目拟于 2017 年 12 月底前完成全部纸质教材与数字交互的融合出版。该套教材在内容和形式上进行了创新性的尝试,希望高校师生和广大读者不吝指正。

上海市机械专业教学指导委员会

前 言

互换性与技术测量是高等学校机械类各专业的重要技术基础课程。它包含几何量公差选用和技术测量两大方面的内容,与机械设计及制造、产品精度及质量控制等密切相关,是机械工程相关研发和管理人员必须掌握的一门综合性应用技术基础课程。

为适应时代发展和技术进度以及新时期大学教材编写的需求,本书在编写过程中着重体现以下特点:

1. 在以往教材基础上,根据最新国家标准进行修订。这些新标准涉及极限与配合、形状和位置公差检测、表面粗糙度滚动轴承公差标准、普通螺纹公差标准以及圆柱齿轮传动公差等。

2. 加入大量图纸标注示例,提高学生快速读图、识图懂图的应用能力;同时可有效促进学生掌握和理解基本概念,并为今后工程实践所参考。

3. 应用增强现实(AR)技术,通过提供相关章节、概念的数字资源识别、交互、查询,为学生提升学习兴趣、全面掌握公差及其测量技术,提供全方位、多维度的学习体验。

本书编者从事该课程教学多年,对课程涉及的国家标准和基本概念以及工程实例有深入、全面的理解和体会。编者以多年教学经验积累为基础,同时参考近年来国内同类优秀教材,汇编整理成本书。书稿紧扣教学大纲基本要求,注重基础内容和标准应用,内容丰富、概念清楚、安排紧凑、难易适中。全书计划授课 40 学时左右,用书单位可根据需要对相关选学和参考内容进行调整。

本书编写团队由同济大学“互换性与技术测量”教学组的朱文峰、李晏和马淑梅三位教师组成。硕士生钟耀、王国亮、张榜、史鹏飞、谢涛、周云中参与了本书的图片、表格制作,在此一并致谢。

由于编写时间紧迫和编者水平所限,书中可能存在不妥甚至错误之处,恳请读者批评指正。

编者

本书配套数字交互资源使用说明

针对本书配套数字资源的使用方式和资源分布,特做如下说明:

1. 用户(或读者)可持安卓移动设备(系统要求安卓 4.0 及以上),打开移动端扫码软件(本书仅限于手机二维码、手机 qq),扫描教材封底二维码,下载安装本书配套 APP,即可阅读识别、交互使用。

2. 插图图题后或相关内容处有加“”标识的,提供视频、pdf 图片等数字资源,进行识别、交互。具体扫描对象位置和数字资源对应关系参见下列附表。

扫描对象位置	数字资源类型	数字资源名称
4.1.2 节标题下	pdf 图片	形状、方向、位置和跳动公差标注(国标)
4.1.3 节标题	视频	几何公差演示
图 4-115	视频	直线度误差检测
图 4-118	视频	平面度误差检测
图 4-121	视频	圆度误差检测
图 4-127	视频	圆跳动误差检测
5.1 节层次 2)下	pdf 图片	表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值(国标)
6.1 节标题	视频	光滑极限量规演示
图 8-7	视频	螺纹检测

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	互换性概述	1
1.2	本课程主要学习内容简介	2
第 2 章	孔与轴的极限与配合	4
2.1	极限与配合的基本词汇	4
2.2	孔、轴《极限与配合》国家标准	12
2.3	国家标准规定的公差带与配合	25
2.4	常用尺寸孔、轴公差与配合的选用	28
2.5	线性尺寸的未注公差	35
第 3 章	长度测量基础	38
3.1	测量的基本概念	38
3.2	尺寸传递	39
3.3	测量仪器与测量方法的分类	41
3.4	测量误差和数据处理	43
3.5	计量器具选择	55
第 4 章	几何公差及几何误差检测	62
4.1	零件几何要素和几何公差的特征项目	62
4.2	几何公差的标注	68
4.3	几何公差带	84
4.4	公差原则	108
4.5	几何公差及其未注公差值	132
4.6	几何公差的选择	136

4.7	几何误差的评定与检测原则	141
第5章	表面粗糙度轮廓及检测	154
5.1	表面粗糙度轮廓的基本概念及作用	154
5.2	表面粗糙度轮廓的评定	156
5.3	表面粗糙度轮廓的技术要求	161
5.4	表面粗糙度轮廓技术要求在零件图上标注的方法	164
5.5	表面粗糙度轮廓的检测	171
第6章	光滑极限量规	176
6.1	基本概念	176
6.2	泰勒原则	177
6.3	量规公差带	178
6.4	量规的设计	179
第7章	滚动轴承的公差与配合	186
7.1	滚动轴承的组成与分类	186
7.2	滚动轴承的公差等级	187
7.3	滚动轴承内径和外径的公差带及其特点	190
7.4	滚动轴承与轴和外壳孔的配合及其选择	190
第8章	普通螺纹的精度与检测	199
8.1	有关螺纹的基本概念	199
8.2	普通螺纹的精度	201
8.3	螺纹检测	209
第9章	渐开线圆柱齿轮精度及检测	213
9.1	齿轮传动的使用要求	213
9.2	齿轮加工误差及其检测	214
9.3	单个齿轮误差及其评定指标	216
9.4	齿轮副误差及其评定指标	224
9.5	渐开线圆柱齿轮精度标准	226
参考文献		233

第 1 章

绪 论

1.1 互换性概述

在机械和仪器制造业中,互换性是指在同一规格的一批零件或部件中,任取其一,不需任何挑选调整或附加修配(如钳工修理)就能进行装配,并能保证满足机械产品使用性能要求的一种特性。它通常包括几何参数(如尺寸)和机械性能(如硬度、强度)的互换,本课程仅讨论几何参数的互换。

所谓几何参数,一般包括尺寸大小、几何形状(宏观、微观),以及相互的位置关系等。为了满足互换性的要求,似乎要求在同规格的零、部件间,其几何参数都要做得完全一致。但在实践中这是不可能,也是不必要的。实际上只要零、部件的几何参数保持在一定的范围内变动,就能达到互换的目的。而这个允许的零件尺寸和几何参数的变动量就称为“公差”。

实现几何参数的互换性(以下简称为互换性),从产品零部件的最初设计到制造过程,再到最终使用,都具有很重要的工程应用意义和价值。零、部件在几何参数方面的互换性体现为公差标准,而公差标准又是机械和仪器制造业中的基础标准。它为机器的标准化、系列化、通用化提供了技术条件,从而缩短了机器设计时间。

从设计方面看,由于采用互换原则设计和生产标准零件、部件,可以简化绘图、计算等工作,缩短设计周期,并便于用计算机辅助设计。

从制造方面来看,互换性是提高生产水平和进行绿色生产的有力手段。由于装配时不需辅助加工和修配,故能减轻装配工人的劳动强度,缩短装配周期,并且可使装配工人按流水作业方式进行工作,以致进行自动装配,从而大大提高装配效率。加工时由于规定有公差,同一部机器上的各种零件可以同时加工,用量大的标准件还可以由专门车间及工厂单独生产。这样就可以采用高效率的专用设备,乃至采用计算机辅助加工,产量和质量必然会得到提高,成本也会显著降低。

从使用方面看,如人们经常使用的自行车和手表的零件,生产中使用的各种设备的零件等,当它们损坏以后,修理人员很快就可以用同样规格的零件换上,恢复自行车、手表和设备的功能。而在某些情况下,互换性所起的作用还很难用价值来衡量。例如在战场上,要立即排除武器装备的故障继续战斗,这时主零部件的互换性是绝对必要的。

互换性可以有多种分类方法。按照使用场合,可分为内互换和外互换;按照互换程度,可分为完全互换性和不完全互换性,以及不具有互换性;按照互换目的,可分为装配互换和功能互换。

标准部件内部各零件间的互换性称为内互换,如滚动轴承,其外圈、内圈滚道直径与滚动

体间的配合为内互换。而标准部件与其相配件间的互换性称为外互换,如滚动轴承,其外圈外径与机座孔、内圈内径与轴颈的配合为外互换。

若零、部件在装配时无需选配或辅助加工即可装成具有规定功能的机器,此称为完全互换。而零、部件在装配时需要选配(但不能进一步加工)才能装成具有规定功能的机器,则称为不完全互换,或者称为大数互换。

不完全互换性可以降低零件制造成本。在机械装配时,当机器装配精度要求很高时,如采用完全互换会使零件公差太小,造成加工困难,成本很高。这时应采用不完全互换,将零件的制造公差放大,并利用选择装配的方法,将相配件按尺寸大小分为若干组,然后按组相配,即大孔和大轴相配,小孔和小轴相配。同组内的各零件能实现完全互换,组际间则不能互换。

在大批量生产中,为了放宽零件尺寸的制造公差,有时用概率法来计算装配尺寸链。用这种算法给定的零件尺寸,在装配后的产品中合格率就不能保证 100%,但能保证 99.73%,即绝大多数的产品是合格的,这时的互换就叫不完全互换或者大数互换。

例如在滚动轴承生产中,由于滚动轴承外圈的内滚道和内圈的外滚道与滚动体配合的准确度要求很高,这时若采用完全互换法进行生产,则制造厂的工艺难以达到。因而只能采用分组装配的方法,即组内零件可以互换,组际间则不能互换。

为了制造方便和降低成本,内互换零件应采用不完全互换。但是为了使用方便,外互换零件应实现完全互换。

当零件装配时需要加工才能装配完成规定功能的零件,称为不具有互换性。一般高精密零件需要相互配合的两个零件配做或者对研才能完成其功能。在单件生产的机器中(特重型机器、特高精度的仪器),往往采用不完全互换。如对机器中的某个零件的某个尺寸进行配做或进行修配,或进行调整等。

规定几何参数公差达到装配要求的互换,称为装配互换;既规定几何参数公差,又规定机械物理性能参数公差达到使用要求的互换,称为功能互换。上述的外互换和内互换、完全互换和不完全互换皆属装配互换。装配互换目的在于保证产品精度,功能互换目的在于保证产品质量。

1.2 本课程主要学习内容简介

互换性与技术测量课程是机械工程类各专业必修的基础课程。它与机械设计、机械制造、质量控制等方面知识密切相关。它包含以相关国家标准为基础的几何量精度设计与误差检测两方面的知识,前一部分内容主要通过课堂教学和课外作业来完成。后一部分内容主要通过实验课来完成。它为后续机械设计、机械制造工艺学、机械制造装备设计等课程及其课程设计奠定基础。

该课程术语及定义多、代号符号多、具体标准与规定多、叙述性内容多、经验总结和应用实例多,而逻辑性与推理性较少。学生在学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识,即能够读图,懂得图样标注法,了解机械加工的一般知识和熟悉常用机构的原理。学生在学完本课程后,应达到以下要求:

- (1) 掌握标准化和互换性的基本概念。
- (2) 掌握几何量公差标准的主要内容、特点和应用原则。
- (3) 能够查用本课程讲授的公差和基本偏差表格。

(4) 初步学会根据机器和零件的功能要求,选用公差与配合,并能正确标注图样。

(5) 熟悉各种典型几何量的基本测量原理与方法,初步学会使用常用计量器具,知道分析测量误差与处理测量结果。

概言之,本课程是从理论课教学到工程技术实践的衔接性课程,也是工程技术人员形成工程思维方式的开端。随着后续课程的学习深入和工作实际锻炼,将会使学生更进一步加深理解和逐渐熟练掌握本课程的内容。

孔与轴的极限与配合

◎ 学习成果达成要求

学生应达成的能力要求包括：

1. 掌握极限与配合的基本词汇。
2. 掌握孔、轴《极限与配合》国家标准。
3. 掌握国家标准规定的公差带与配合。
4. 掌握常用尺寸孔、轴公差与配合的选用。
5. 掌握线性尺寸的未注公差。

《 《 《

孔、轴配合是机械制造中应用最广泛的一种结合形式,适用于这种结合形式的《公差与配合》等国家标准是应用最广泛的基础标准。它不仅适用于圆柱形孔、轴的配合,也适用于由单一尺寸确定的配合表面的配合。

2.1 极限与配合的基本词汇

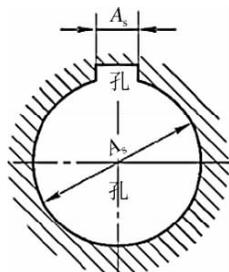
2.1.1 有关孔和轴的定义

1) 孔

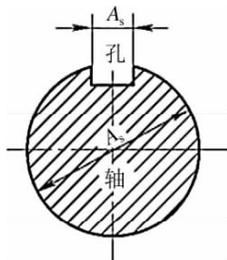
孔通常是指圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面),如键槽、凹槽的宽度表面,如图 2-1a 所示。这些表面加工时尺寸 A_s 由小变大。

2) 轴

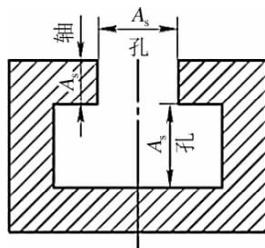
轴通常是指圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面),如平键的宽度表面、凸肩的厚度表面,如图 2-1b 所示。这些表面加工时尺寸 A_s 由大变小。



(a) 圆柱形内表面和键槽



(b) 圆柱形外表面和键槽



(c) 凹槽和凸槽

图 2-1 孔和轴的定义示意图

2.1.2 有关尺寸的术语及定义

1) 线性尺寸

尺寸通常分为线性尺寸和角度尺寸两类。线性尺寸(简称尺寸)是指两点之间的距离,如直径、半径、宽度、高度、深度、厚度及中心距等。

按照 GB/T 4458.4—2003《机械制图尺寸注法》的规定,图样上的尺寸以毫米(mm)为单位时,不需标注计量单位的符号或名称。

2) 基本尺寸(或公称尺寸)

基本尺寸是指设计确定的尺寸,它是根据零件的强度、刚度等的计算和结构设计确定的,并应化整,尽量采用标准尺寸,执行 GB/T 2822—2005《标准尺寸》的规定,以减少刀具、量具、夹具的数量。

标准规定:轴的基本尺寸代号为 d ,孔的基本尺寸代号为 D 。

3) 极限尺寸

极限尺寸是指一个孔或轴允许尺寸变化的两个界限值,它以基本尺寸为基数来确定。两个界限中允许的最大尺寸称为最大极限尺寸,孔和轴的最大极限尺寸分别用符号 D_{\max} 和 d_{\max} 表示。允许的最小尺寸称为最小极限尺寸,孔和轴的最小极限尺寸分别用符号 D_{\min} 和 d_{\min} 表示。

4) 实际尺寸

实际尺寸是指零件加工后通过测量获得的某一孔、轴的尺寸(两相对点之间的距离,用两点法测量)。孔和轴的实际尺寸分别用 D_a 和 d_a 表示。由于存在测量误差,测量获得的实际尺寸并非真实尺寸,而是一近似于真实尺寸的尺寸。由于零件表面加工后存在形状误差,因此零件同一表面不同部位的实际尺寸往往是不同的。

基本尺寸和极限尺寸是设计时给定的,实际尺寸应限制在极限尺寸范围内,也可达到极限尺寸。孔或轴实际尺寸的合格条件如下:

$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max} \quad (2-1)$$

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max} \quad (2-2)$$

5) 最大实体尺寸

孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态,称为最大实体状态,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和轴的最大极限尺寸的统称。孔和轴的最大实体尺寸分别用符号 MMS 和 mms 表示。

6) 最小实体尺寸

孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态,称为最小实体状态,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。孔和轴的最小实体尺寸分别用符号 LMS 和 lms 表示。

7) 作用尺寸

工件都不可避免地存在形状误差,致使与孔或轴相配合的轴与孔的尺寸发生了变化。为了保证配合精度,应对作用尺寸加以限制。

在配合面的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,称为孔的作用尺寸,用 D_m 表示;与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,称为轴的作用尺寸,用 d_m 表示,如图 2-2 所示。