



JIXIE JINGDU SHEJI YU JIANCE

PUTONG GAODENG YUANXIAO
JIXIELEI SHIERWU GUIHUA XILIE JIAOCAI



普通高等院校机械类“十二五”规划系列教材

机械精度设计与检测

JIXIE JINGDU SHEJI YU JIANCE

主 编 应 琴
副主编 张良栋 李玉萍 邱亚玲
主 审 张 剑



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



PUTONG GAODENG YUANXIAO
JIXIELEI SHIERWU GUIHUA XILIE JIAOCAI
普通高等院校机械类“十二五”规划系列教材

机械精度设计与检测



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

内容提要

本书系统地论述了“机械精度设计与检测”的基础知识,分析、介绍了机械精度设计方面的相关新标准,阐述了检测的基本技术。主要内容包括:绪论、线性尺寸精度设计、测量技术基础与光滑极限量规设计、几何公差的精度设计与检测、公差原则、表面粗糙度的设计与检测、螺纹连接的精度设计与检测、键和花键的精度设计与检测、滚动轴承的精度设计、圆锥的精度设计与检测、渐开线圆柱齿轮的精度设计与检测、尺寸链等。本书以现行最新国家标准和国际标准为依据,按照专业理论知识体系论述精度设计规范及其应用,并结合检测规范介绍误差检测理论和方法,强调对学生掌握机械精度设计与检测技术基础理论知识及应用能力的培养,各章后附有习题,供读者复习和巩固知识。

本书可作为高等院校机械类各专业学生的基础教材,也可供机械工程技术人员及计量、检测人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与检测 / 应琴主编. —成都:西南交通大学出版社, 2011.5

普通高等院校机械类“十二五”规划系列教材
ISBN 978-7-5643-1144-5

I. ①机… II. ①应… III. ①机械—精度—设计—高等学校—教材②机械元件—检测—高等学校—教材 IV
①TH122②TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第054541号

普通高等院校机械类“十二五”规划系列教材

机械精度设计与检测

主编 应琴

*

责任编辑 牛君

特邀编辑 罗在伟

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都勤德印务有限公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:17.5

字数:432千字

2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-1144-5

定价:29.80元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

普通高等院校机械类“十二五”规划系列教材
编审委员会名单

(按姓氏音序排列)

主任	吴鹿鸣				
副主任	蔡勇	蔡长韬	蔡慧林	董万福	冯鉴
	侯勇俊	黄文权	李军	李泽蓉	孙未
	吴斌	周光万	朱建公		
委员	陈永强	党玉春	邓茂云	董仲良	范志勇
	龚迪琛	何俊	蒋刚	李宏穆	李玉萍
	刘念聪	刘转华	陆兆峰	罗红	乔水明
	秦小屿	邱亚玲	宋琳	孙付春	汪勇
	王海军	王顺花	王忠	谢敏	徐立新
	应琴	喻洪平	张静	张良栋	张玲玲
	赵登峰	郑悦明	钟良	朱江	

总 序

装备制造业是国民经济重要的支柱产业，随着国民经济的迅速发展，我国正由制造大国向制造强国转变。为了适应现代先进制造技术和现代设计理论和方法的发展，需要培养高素质复合型人才。近年来，各高校对机械类专业进行了卓有成效的教育教学改革，和过去相比，在教学理念、专业建设、课程设置、教学内容、教学手段和教学方法上，都发生了重大变化。

为了反映目前的教育教学改革成果，切实为高校的教育教学服务，西南交通大学出版社联合众多西部高校，共同编写系列适用教材，推出了这套“普通高等院校机械类‘十二五’规划系列教材”。

本系列教材体现“夯实基础，拓宽前沿”的主导思想。要求重视基础知识，保持知识体系的必要完整性，同时，适度拓宽前沿，将反映行业进步的新理论、新技术融入其中。在编写上，体现三个鲜明特色：首先，要回归工程，从工程实际出发，培养学生的工程能力和创新能力；其次，具有实用性，所选取的内容在实际工作中学有所用；再次，教材要贴近学生，面向学生，在形式上有利于进行自主探究式学习。本系列教材，重视实践和实验在教学中的积极作用。

本系列教材特色鲜明，主要针对应用型本科教学编写，同时也适用于其他类型的高校选用。希望本套教材所体现的思想和具有的特色能够得到广大教师和学生的认同。同时，也希望广大读者在使用中提出宝贵意见，对不足之处，不吝赐教，以便让本套教材不断完善。

最后，衷心感谢西南地区机械设计教学研究会、四川省机械工程学会机械设计（传动）分会对本套教材编写提供的大力支持与帮助！感谢本套教材所有的编写者、主编、主审所付出的辛勤劳动！

首届国家级教学名师
西南交通大学教授

吴鹿鸣

2010年5月

前 言

本书是根据教育部制定的“高等院校教育机械类专业人才培养目标及规格”要求编写的。本书是编者们在认真汲取前几年高校教学改革和教学实践的基础上，综合一些兄弟院校对“机械精度设计与检测”课程提出的宝贵建议编写而成的。

本书在内容上注意加强基础知识，力求反映国内外的最新成就。按照专业的理论知识体系、实践经验、学科发展等组织内容，不拘泥于专业规范的介绍和应用，将最新规范的内容融合在专业基础理论知识中，将标准规范的应用融合在解决实际问题的过程中，着重强调规范的正确、合理以及灵活应用。使学生在掌握专业基础理论知识的同时，培养分析、解决实际问题的能力。

全书共12章，包括：绪论、线性尺寸精度设计、测量技术基础与光滑极限量规设计、几何公差的精度设计与检测、公差原则、表面粗糙度的设计与检测、螺纹连接的精度设计与检测、键和花键的精度设计与检测、滚动轴承的精度设计、圆锥的精度设计与检测、渐开线圆柱齿轮的精度设计与检测、尺寸链。每章后附有习题。

参加本书编写的有：西南科技大学应琴（第1章、第2章）、四川理工学院张良栋（第4章、第5章、第7章、第8章、第9章），西南科技大学金玉萍（第10章）、李玉萍（第11章），西南石油大学邱亚玲（第3章、第6章），西南石油大学韩传军（第12章）。全书由应琴统稿并担任主编，由张剑教授担任主审。

本书在编写过程中得到了许多兄弟院校和主编所在学校领导及教研室的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，加之编写时间紧迫，书中难免有欠妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2010年8月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 机械精度设计原则	3
1.3 标准与标准化	7
1.4 优先数与优先数系	9
习 题	11
第 2 章 线性尺寸精度设计	12
2.1 有关精度设计的基本概念和术语	12
2.2 标准公差和基本偏差	17
2.3 尺寸精度设计的基本原则和方法	25
2.4 线性尺寸的未注公差	33
习 题	35
第 3 章 测量技术基础与光滑极限量规设计	36
3.1 概 述	36
3.2 长度基准与量值传递	37
3.3 角度传递系统	43
3.4 计量器具和测量方法	43
3.5 测量误差及其处理	53
3.6 光滑工件尺寸的检测	66
3.7 光滑极限量规设计	74
习 题	85
第 4 章 几何公差的精度设计与检测	87
4.1 概 述	87
4.2 几何误差的评定原则	98
4.3 几何公差及其几何误差的检测	100
习 题	129
第 5 章 公差原则	131
5.1 有关术语及定义	131
5.2 几何公差原则	134
5.3 几何公差的选择	142
习 题	152
第 6 章 表面粗糙度的设计与检测	154
6.1 概 述	154

6.2 表面粗糙度轮廓的评定	156
6.3 表面粗糙度的选择	161
6.4 表面粗糙度的标注	166
6.5 表面粗糙度轮廓参数的检测	173
习 题	175
第 7 章 螺纹连接的精度设计与检测	177
7.1 螺纹连接互换性的基本概念	177
7.2 普通螺纹的公差与配合	183
7.3 普通螺纹的检测	190
习 题	192
第 8 章 键和花键的精度设计与检测	193
8.1 普通平键的公差及配合与检测	193
8.2 花键的公差与配合及检测	197
习 题	203
第 9 章 滚动轴承的精度设计	204
9.1 概 述	204
9.2 滚动轴承配合的选择	207
习 题	213
第 10 章 圆锥的精度设计与检测	214
10.1 概 述	214
10.2 圆锥公差	215
10.3 圆锥配合	218
10.4 圆锥的检测	221
习 题	224
第 11 章 渐开线圆柱齿轮的精度设计与检测	226
11.1 概 述	226
11.2 单个齿轮的评定指标及其检测	230
11.3 齿轮副的评定指标及其检测	241
11.4 渐开线圆柱齿轮精度等级及其应用	246
习 题	254
第 12 章 尺寸链	255
12.1 概 述	255
12.2 尺寸链的计算方法	258
12.3 用其他方法解装配尺寸链	265
习 题	266
参考文献	268

第1章 绪论

1.1 概述

1.1.1 机械精度设计与检测概述

随着科学技术与工业的迅速发展,机械学科体系正向以设计为目标的学科体系发展,而设计又由静态向动态、由单学科向多学科综合发展。

一般来说,在机械产品的设计过程中,需要进行运动、强度和几何量精度三方面的分析与计算。

1.1.1.1 运动分析与计算

运动分析与计算是指根据机器或机构欲实现的运动,由运动学原理来分析、计算机器或机构的合理运动数据,选择合适的机构或元件,以保证实现预定的动作,满足机器或机构运动性能的各种要求。

1.1.1.2 强度分析与计算

强度分析与计算是指根据强度(包括刚度等方面)的要求,分析与计算各个零件合理的基本尺寸,并进行合理的结构设计,使其在工作时能承受预定的负荷,达到强度(包括刚度等方面)的要求。

1.1.1.3 几何量精度分析与计算

零件公称尺寸确定后,还需要进行几何量精度设计,即确定产品各个部件的装配精度以及零件的几何参数和公差,本书主要讨论的是几何量精度的分析与计算。

机械精度的分析与计算是多方面的,但归纳起来,设计人员总是要根据给定的整机精度,最终确定出各个组成零件的几何量精度,如尺寸公差、形状和位置公差、表面粗糙度等参数。

一直以来,机械精度设计与检测是与机械工业发展密切相关的基础学科,不仅涉及机械设计、机械制造计量测试、质量管理与质量控制等许多方面,也与计算机的发展紧密相连,与CAD/CAM/CAE相辅相成,是一门综合性应用技术基础学科。

随着科学技术与工业的发展,机械精度设计与检测已经不仅是现代机械工业发展的基础,而且与微型电子计算机、激光、通信、新能源、新材料、精密工程、环境工程、生物工程等学科的发展密切相关。因此,加强本学科的教学和科研,不断改革和完善、努力提高本学科的理论水平和应用水平,对于培养、提高工程科技人才的素质,促进我国机械制造业的改造

与发展,提高我国工业产品在国际市场上的竞争能力有着十分重要的意义。

现代机械产品的质量包括工作精度、可靠性、耐用性、效率等,与产品零、部件的几何精度密切相关。进行运动和强度设计后,在正确确定结构和选用材料的前提下,合理进行精度设计(选用零、部件的几何精度)是保证产品质量的决定因素。

本课程将为学生进行机械精度设计与检测奠定基础。它是各类机械、仪器仪表设计与制造专业学生必修的一门主干技术基础课。

1.1.2 机械精度设计与检测的一般步骤

机械精度设计与检测的任务包括:机器的改型精度设计与检测,扩大机器使用范围的附件精度设计与检测以及新机器的精度设计与检测。随着科学技术的发展,在 CAD/CAM/CAE 日益普及的今天,计算机辅助精度设计,并行设计,虚拟现实以及动态精度设计等新的方法与技术被不断采用和推广。采用现代化的设计手段使得机械精度设计进入一个崭新的领域。

具体的机械精度设计步骤可大致归纳为如下四个方面。

1.1.2.1 明确设计任务和技术要求

机械精度设计对象的技术要求是设计的原始依据,所以必须首先明确。除此以外还要明确设计对象的质量、材料、工艺和批量以及机器或仪器的使用范围、生产率要求、通用化程度和使用条件等。

1.1.2.2 调查研究

在明确设计任务和技术要求的基础上,必须进行深入的调查研究,主要要做到深入掌握现实情况和大量已有技术资料两方面。务必做到在主要方面无遗漏,对各种情况了如指掌。

具体来说要调查清楚以下几个问题:

- (1) 设计对象有什么特点,应用在什么场合。
- (2) 目前在使用中的同类机器或仪器有哪些,各有什么特点,包括原理、精度、使用范围、结构特点、使用性能等。特别是从整体来看要明确这类机器“改善性能”的趋势,以及它们在设计上会出现问题的地方。
- (3) 征询需求方对现有机器或仪器改进的意见和要求,以及对新产品设计的需求和希望。
- (4) 了解承担机器或仪器制造工厂的生产条件、工艺方法,以及生产设备的先进程度、自动化程度和制造精度等。
- (5) 查阅资料,充分掌握国内外有关这一设计问题的实践经验和基础研究两方面的动态和趋势。

1.1.2.3 总体精度设计

在明确设计任务和深入调查之后,可进行总体精度设计。总体精度设计包括:

- (1) 系统精度设计,包括设计原理、设计原则的依据以及总体精度方案的确定等。
- (2) 主要参数精度的确定。

(3) 各部件精度的要求。

(4) 总体精度设计中其他问题的考虑。总体精度设计是机器设计的关键一步,在分析时,要画出示意草图,画出关键部件的结构草图,进行初步的精度试算和精度分配。

1.1.2.4 具体结构精度设计计算

结构精度设计包括以下内容:

(1) 部件精度设计计算。

(2) 零件精度设计计算。

结构精度设计计算包括机、光、电等各个部分的精度设计和计算,在零、部件精度设计过程中,总体精度设计中原有考虑不周的地方,以及原来考虑错误的地方,要注意结合多数精度的相互配合,结合参数精度更改时要考虑相互协调统一。

1.2 机械精度设计原则

由于各种机械或仪器产品的不同,如机床、汽车与拖拉机、机车车辆、流体机械、动力机械、精密仪器和仪器仪表等,其机械精度设计的要求和方法各不相同,但从机械精度设计总的角度来看,应遵循互换性原则、经济性原则、匹配性原则和最优化原则。

1.2.1 互换性原则

互换性是指某一产品(包括零件、部件、构件)与另一产品在尺寸、功能上能够彼此互相替换的性能。由此可见,要使产品能够满足互换性的要求,不仅要使产品的几何参数(包括尺寸、宏观几何形状、微观几何形状)充分近似,而且要使产品的机械性能、理化性能以及其他功能参数充分近似。

产品在制造过程中,加工设备、工具等或多或少都存在着误差,要使同种产品的几何参数、功能参数完全相同是不可能的,它们之间或多或少地存在着误差。在此情况下,要使同种产品具有互换性,只能使其几何参数、功能参数充分近似。其近似程度可按产品质量要求的不同而不同。为使产品的几何参数、功能参数充分近似就必须将其变动量限制在某一范围内,即规定一定的公差。

1.2.1.1 机械零件几何参数的互换性

机械零件几何参数的互换性是指同种零件在几何参数方面能够彼此互相替换的性能。机械零件的形体千差万别,仅从一些典型零件来看,就有圆柱形、圆锥形、单键、花键、螺纹、齿轮等。虽然其形体各异,但它们都是由一些点、线、面等几何要素所构成。实际零件在制造中由于“机床—刀具—夹具—工件”工艺系统有误差存在,致使其尺寸、几何要素之间的相互位置、线与面的宏观几何形状以及表面的微观几何形状都或多或少地出现误差,这些误差被称为尺寸误差、位置误差、形状误差和表面粗糙度。为了实现机械零件几何参数的互换

性,就必须按照一定的要求把这些几何参数的误差限制在相应的尺寸公差、位置公差、形状公差和表面粗糙度的范围内。

机械零件的用途各式各样,有主要用于连接的,如圆柱连接,圆锥连接、单键连接、花键连接以及螺纹连接等;有主要用于传动的,如螺旋副、齿轮副、蜗轮副等;有主要用于支承的,如床身、箱体、支架等;有主要用于基准的,如长度量块、角度量块、基准棱体等。无论起什么作用,为实现同种零件的互换性,必须对机械零件的几何参数公差提出相应的要求。但是,根据用途的不同,确定几何参数公差的依据也有所不同。用于连接的,主要依据是配合性质;用于传动的,主要依据是传动和接触精度;用于支承的,主要依据是支承的精度和刚度;用于基准的,主要依据是尺寸传递精度。

1.2.1.2 互换性的种类

按照同种零、部件加工好以后是否可以互换的情形,可把互换性分为完全互换性与不完全互换性两类。

完全互换性是指同种零、部件加工好以后,不需经过任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上便具有彼此互相替换的性能。完全互换性包括概率互换性(大数互换性),这种互换性是以一定置信水平为依据(如置信水平为95%,99%等),使同种的绝大多数零、部件加工好以后不需经任何挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上即具有彼此互相替换的性能。

不完全互换性是指同种零、部件加工好以后,在装配前需经过挑选、调整或修配等辅助处理,在功能上才具有彼此互相替换的性能。在不完全互换性中,按实现方法的不同又可分为以下几种:

(1) 分组互换。

分组互换是指同种零、部件加工好以后,在装配前要先进行检测分组,然后按组进行装配,仅仅同组的零、部件可以互换,组与组之间的零、部件不能互换。例如,滚动轴承内、外因滚道与滚动体的配合、活塞销与活塞销孔、连杆孔的配合,都是分组互换的。

(2) 调整互换。

调整互换是指同种零、部件加工好以后,在装配时要用调整的方法改变它在部件或机构中的尺寸或位置,方能满足功能要求。例如燕尾导轨中的调整镶条,在装配时要沿导轨移动方向调整它的位置,方可满足间隙的要求。

(3) 修配互换。

修配互换指同种零、部件加工之后,在装配时要用去除材料的方法改变它的某一实际尺寸的大小,方能满足功能上的要求。例如,普通车床尾座部件中的垫板,在装配时要对其厚度再进行修磨,方可满足普通车床头、尾顶尖中心的等高要求。

从使用要求出发,人们总希望零件都能完全互换,实际上大部分零件也能做到。但有些情形,如受限于加工零件的设备精度、经济效益等因素,要做到完全互换就显得比较困难,或不够经济,这时就只有采用不完全互换方法了。

对于标准化的部件,如滚动轴承,由于其精度要求较高,按完全互换的办法进行生产不尽合适,所以轴承内部零件的配合(内、外因滚道与滚动体的配合)采用分组互换。而轴承内圈与轴,外围与壳体孔等外部零件的配合,采用完全互换。前者通常称为内互换,后者通

常称为外互换。所有标准化的部件，当其内部配合不宜采用完全互换时，可以采用不完全互换的办法，但其外部配合应尽可能采用完全互换，以使用户使用。

1.2.1.3 互换性的作用

广义来讲，互换性已经成为国民经济各个部门生产建设中必须遵循的一项原则。现代机械制造中，无论大量生产还是单件生产，都应遵循这一原则。

任何机械的生产，其设计过程都是：整机—部件—零件。无论设计过程还是制造过程，都要把互换性的原则贯彻始终，如图 1.1 所示。

从设计看，互换性可使其简便，因此可以在设计中选用具有互换性的标准化零、部件，从而使设计简化。另外，设计者在设计机械时，应充分考虑互换性要求，在满足功能要求的前提下，要使机构的组成零件尽可能少，公差尽可能放大，以便于制造和互换。

从制造看，一方面，互换性可方便于制造，以取得更好的技术经济效益；另一方面，制造者在制造机械时，也应充分考虑互换性要求，如尽可能选用标准化的刀具、夹具、量具，工艺尽可能保持稳定。不仅被加工的零件能严格地控制在规定的公差之内，而且还能使其误差分布合理。

从使用看，互换性可使用户更换零、部件方便、及时。这不仅对个人、家庭生活用品及生产带来极大益处，而且对高技术含量机械装备的制造有重要影响。

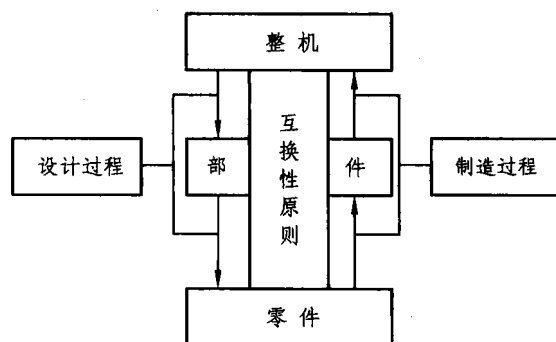


图 1.1 机械生产过程

1.2.2 经济性原则

经济性原则是一切设计工作都要遵守的一条基本原则，机械精度设计也不例外。经济性可以从以下几个方面来考虑：

(1) 工艺性。

工艺性包括加工工艺及装配工艺，若工艺性较好，则易于组织生产，节省工时，节省能源，降低管理费用。

(2) 合理的精度要求。

如果不选择合理的精度，而是盲目地提高零、部件的加工及装配精度，往往会使加工费用成倍增加。

(3) 合理选材。

材料费用不应占机器或仪器整个费用的太大比例。元器件成本太高，往往会使所生产的机器无法推广应用。

(4) 合理的调整环节。

通过设计合理的调整环节，往往可以降低对零、部件的精度要求，达到降低机器成本的目的。

(5) 提高寿命。

如果一台机械设备的寿命延长一倍，则相当于一台设备当两台用，成本便降低了一半。

1.2.3 匹配性原则

在对整机进行精度分析的基础上，根据机器或位置中各部分各环节对机械精度影响程度的不同，根据现实可能，分别对各部分各环节提出不同的精度要求和恰当的精度分配，做到恰到好处，这就是精度匹配原则。例如，一般机械中，运动链中各环节要求精度高，应当设法使这些环节保持足够的精度，对于其他链中的各环节则应根据不同的要求分配不同的精度。另外，对于同一台机器的机、电、光等各个部分的精度分配要恰当，要互相照顾和适应，特别要注意各部分之间相互牵连、相互要求上的衔接问题。

1.2.4 最优化原则

机械精度是由许多零、部件精度构成的集合体，可以主动重复获得其组成零、部件精度间的优化协调。

所谓最优化原则，即探求并确定各组成零、部件精度处于最佳协调时的集合体。例如，探求并确定先进工艺，优质材料等，这是一种创造性、探索性的劳动。

由于各组成零、部件间精度的最佳协调是有条件的，故可通过实现此条件来主动重复获得精度间的最佳协调。例如，主动推广先进工艺，发展优质产品等。

按最优化原则，充分利用创造性劳动成果免除重复探索性劳动的损失，反复应用成功的经验，可获得巨大的经济效果。

计算机的广泛使用，特别是微型机的普及和推广，对机械精度设计正在产生极为深远的影响。计算机能够处理大量的数据，提高计算的精度和运算速度，准确地分析结果，合理地进行机械的最优化精度设计。

1.2.5 几何精度设计的主要方法

考虑到绝大多数零件都是由多个几何要素构成的，而机构又是由各种零件组成的，因此，在必要时还应对零件各要素的精度和组成机构的有关零件的精度进行综合设计与计算，以确保机械的总体精度。对精度进行综合设计与计算通常采用相关要求的方法。

几何精度设计的方法主要有类比法、计算法和试验法三种。

1.2.5.1 类比法

类比法也称经验法，是与经过实际使用证明合理的类似产品的相应要素进行比较，确定所设计零件几何要素精度的设计方法。采用类比法进行精度设计时，必须正确选择类比产品，分析它与所设计产品在使用条件和功能要求等方面的异同，并考虑到实际生产条件、制造技术的发展、市场供求信息等多种因素。

采用类比法进行精度设计的基础是资料的收集、分析与整理。类比法是大多数零件要素精度设计采用的方法。

1.2.5.2 计算法

计算法就是根据由某种理论建立起来的功能要求与几何要素公差之间的定量关系，计算确定零件要素精度的设计方法。

例如，根据液体润滑理论计算确定滑动轴承的最小间隙；根据弹性变形理论计算确定圆柱配合的过盈量；根据机构精度理论和概率设计方法计算确定传动系统中各传动件的精度等。

目前，用计算法确定零件几何要素的精度，只适用于某些特定的场合。而且，用计算法得到的公差，往往还需要根据多种因素进行调整。

1.2.5.3 试验法

试验法是先根据一定条件，初步确定零件要素的精度，并按此进行试制，再将试制产品在规定的使用条件下运转，同时对其各项技术性能指标进行监测，并与预定的功能要求相比较，根据比较结果再对原设计进行确认或修改。经过反复试验和修改，就可以最终确定满足功能要求的合理设计。试验法的设计周期较长且费用较高，因此主要用于新产品设计中个别重要要素的精度设计。

计算机科学的兴起与发展为机械设计提供了先进的手段和工具。但是，在计算机辅助设计（CAD）的领域中，计算机辅助公差设计（CAT）的研究还刚刚开始。它不仅需要建立和完善精度设计的理论与精确设计的方法，而且要建立具有实用价值和先进水平的数据库以及相应的软件系统，只有这样才能使计算机辅助公差设计进入实用化的阶段。

1.3 标准与标准化

1.3.1 标准

GB 3935.1—1996 标准化基本术语第一部分对标准作如下定义：“标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机构批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。”该定义包含以下几个方面的含义：

(1) 标准的本质属性是一种“统一规定”。这种统一规定是作为有关各方“共同遵守的准则和依据”。根据《中华人民共和国标准化法》规定，我国标准分为强制性标准和推荐性标准两类。强制性标准必须严格执行，做到全国统一、推荐性标准是国家鼓励企业自愿采用。但推荐性标准如经协商，并计入经济合同或企业向用户作出明示担保，有关各方则必须执行，做到统一。

(2) 标准制定的对象是重复性事物和概念。这里讲的“重复性”指的是同一事物或概念反复多次出现的性质。例如，批量生产的产品在生产过程中的重复投入、重复加以及重复检验等；同一类技术管理活动中反复出现同一概念的术语、符号、代号等被反复利用等。只有当事物或概念具有重复出现的特性并处于相对稳定时才有制定标准的必要，使标准作为今后

实践的依据,既能以最大限度地减少不必要的重复劳动,又能扩大“标准”重复利用范围。

(3) 标准产生的客观基础是“科学、技术和实践经验的综合成果”。这就是说标准既是科学技术成果,又是实践经验的总结,并且这些成果和经验都是在经过分析、比较和综合验证的基础上,加以规范化,只有这样制定出来的标准才能具有科学性。

(4) 制定标准过程要“经有关方面协商一致”,就是制定标准要发扬技术民主,与有关方面协商一致,做到“三稿定标”,即征求意见稿一送审稿一报批稿。即制定产品标准不仅要有生产部门参加,还应当有用户、科研、检验等部门参加共同讨论研究,“协商一致”,这样制定出来的标准才具有权威性、科学性和适用性。

(5) 标准文件有其自己一套特定格式和制定颁布的程序。标准的编写、印刷、幅面格式和编号、发布的统一,既可保证标准的质量,又便于资料管理,体现了标准文件的严肃性。所以,标准必须“由主管机构批准,以特定形式发布”。标准从制定到批准发布的一整套工作程序和审批制度,是使标准本身具有法规特性的表现。

1.3.2 标准化

标准是科学、技术和实践经验的总结。为在一定的范围内获得最佳秩序,对实际的或潜在的问题制定共同的和重复使用的规则的活动,即制定、发布及实施标准的过程,称为标准化。

标准化是伴随现代工业的发展而发展起来的一门新兴科学。标准化的基本原理应揭示标准化的发展规律,即反映标准化的内在矛盾。标准化的目的是发展商品经济,促进技术进步,改进产品质量,提高社会经济效益,维护国家和人民的利益。

标准化又是一门系统工程,其任务就是设计、组织和建立标准体系。在机械制造中,标准化的目的是提高产品质量,发展产品品种,加强企业的科学管理,组织现代化生产,便于协作和使用维修,巩固推广技术革新成果,提高社会劳动生产率和经济效益等。目前,世界上各工业发达国家都高度重视标准化工作。

科技创新体系将标准化作为面向创新 2.0 的科技创新体系的重要支撑以及技术创新体系、知识社会环境下技术 2.0 的重要轴心。标准化是实现互换性生产的前提,发展互换性生产,必须将产品、零部件、原材料、工夹量具及机床设备的规格、质量指标、检测方法统一和简化,制定相互协调的标准,并按照统一的术语、符号、计量单位,将它们的几何性能参数及其公差数值注在图样上,在生产过程中加以贯彻。这样做不仅可取得较好的经济效益,并且有利于推行互换性,扩大互换的范围。

1.3.3 标准的分类

标准的类型划分有很多种,按使用范围划分有国际标准、区域标准、国家标准、专业标准、企业标准;按内容划分有基础标准(一般包括名词术语、符号、代号、机械制图、公差与配合等)、产品标准、辅助产品标准(工具、模具、量具、夹具等)、原材料标准、方法标准(包括工艺要求、过程、要素、工艺说明等);按成熟程度划分有法定标准、推荐标准、试行标准、标准草案。机械设计所采用的技术标准大致分成下列四类:

(1) 基础标准。

在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用,具有广泛指导意义的标准。如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、公差与配合等标准。

(2) 产品标准。

为保证产品的适用性,产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准。其范围包括品种、规格、技术性能、试验方法及检验规则等。

(3) 方法标准。

以试验、检查、分析、抽样、统计、计算、测定和作业等各种方法为对象制定的标准。如设计计算方法、工艺规程和测试方法等标准。

(4) 安全标准和环境保护标准。

以安全与环境保护为目的而制定的标准。

标准的制定:国际标准由国际标准化组织(ISO)理事会审查,ISO理事会接纳国际标准并由中央秘书处颁布;国家标准在中国由国务院标准化行政主管部门制定;行业标准由国务院有关行政主管部门制定;企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为组织生产的依据,并报有关部门备案。法律对标准的制定另有规定,依照法律的规定执行。制定标准应当有利于合理利用国家资源,推广科学技术成果,提高经济效益,保障人民安全和身体健康,保护消费者的利益,保护环境,有利于产品的通用互换及标准的协调配套等。

标准按不同级别颁布。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。从世界范围看,还有国际标准和区域标准。为了促进国际间工业标准的协调和统一,1947年,世界各国成立了国际标准化组织,简称ISO。1979年,我国参加了ISO组织,并参照国际标准修订或制定了各项国家标准。这是对外开放政策的需要,而且有利于加强我国在国际上的技术交流,促进我国四个现代化的建设。

1.4 优先数与优先数系

工程上各种技术参数的简化协调和统一,是标准化的重要内容。

在机械设计中,常常需要确定很多参数,而这些参数往往不是孤立的,一旦选定,这个数值就会按照一定规律,向一切有关的参数传播。例如,螺栓的尺寸一旦确定,将会影响螺母的尺寸、丝锥板牙的尺寸、螺栓孔的尺寸以及加工螺栓孔的钻头的尺寸等。这种技术参数的传播扩散在生产实际中是极为普遍的现象。

由于数值如此不断关联、不断传播,所以,机械产品中的各种技术参数不能随意确定,否则会出现规格品种恶性膨胀的混乱局面,给生产组织、协调配套以及使用维护带来极大的困难。

为使产品的参数选择能遵守统一的规律,使参数选择一开始就纳入标准化轨道,必须对各种技术参数的数值作出统一规定。人们在生产实践的基础上,总结了一种合乎科学的统一的数字标准——优先数及优先数系。这种优先数和优先数系就是对技术参数的数值进行简化和统一的数值制度。《优先数和优先数系》(GB 321—2005)就是其中最重要的一个标准,要求工业产品技术参数尽可能采用它。