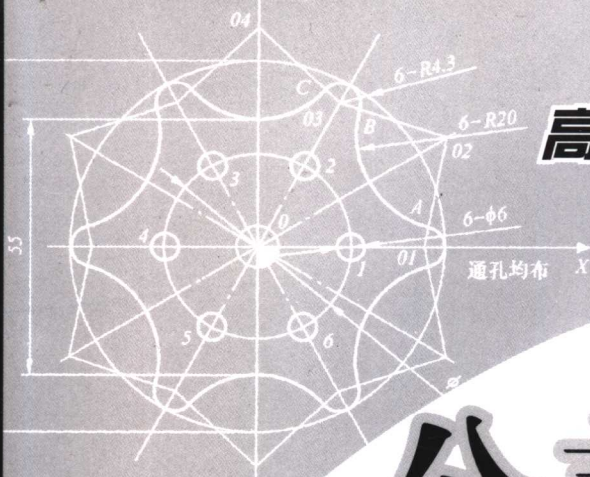
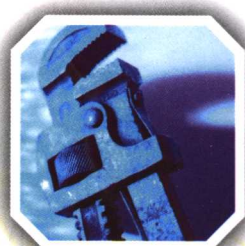


高职高专机电类规划教材



公差配合与 几何精度检测

■ 王宇平 主编 ■ 郝少祥 赵艳红 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



高职高专机电类规划教材

公差配合与几何精度检测

王宇平 主编

郝少祥 赵艳红 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与几何精度检测 / 王宇平主编. —北京: 人民邮电出版社, 2007.12

(高职高专机电类规划教材)

ISBN 978-7-115-16832-0

I. 公… II. 王… III. ①公差—配合—高等学校: 技术学校—教材②机械加工—几何误差—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 143602 号

内 容 提 要

本书分为 3 篇, 即三项基本精度、技术测量基础和典型零件精度与检测。每篇中的内容既相互联系又各自独立, 内容包括: 尺寸精度、形位精度、表面精度、检测基础理论、三项基本精度检测、滚动轴承精度与检测、键联接精度与检测、圆锥精度与检测、螺纹精度与检测、圆柱齿轮精度与检测等。

本书在内容结构上做到主线突出、主次分明: 以专科学子应该掌握的基本理论、基本技能为主线展开讨论, 将一些较抽象难懂的内容 (如公式推导等), 以★号标注称为★内容, 教师可有选择地介绍, 或留给学有余力的学生自学。

本书为高等职业院校机械类及近机类各专业“互换性与测量技术”课程的教材, 也可作为相关专业技术人员参考用书。

高职高专机电类规划教材 公差配合与几何精度检测

-
- ◆ 主 编 王宇平
副 主 编 郝少祥 赵艳红
责任编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15
字数: 363 千字
印数: 1—3 000 册

ISBN 978-7-115-16832-0/TN

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

高职高专机电类规划教材

编审委员会

主任: 郭建尊

副主任: 赵小平 孙小撈 马国亮

委员: (以姓氏拼音为序)

毕建平	陈建环	陈桂芳	陈 静	程东风	杜可可
巩运强	霍苏萍	郝 屏	黄健龙	孔云龙	李大成
李俊松	娄 琳	李新德	李秀忠	李银玉	李 英
李龙根	马春峰	宁玉伟	瞿彩萍	施振金	申辉阳
申晓龙	田光辉	童桂英	王 浩	王宇平	王金花
解金榜	于保敏	杨 伟	曾和兰	张伟林	张景耀
张月楼	章志芳	张 薇	赵晓东	周 兰	

丛书前言

目前, 高职高专教育已成为我国普通高等教育的重要组成部分。“十一五”期间, 国家将安排 20 亿元专项资金用来支持 100 所高水平示范院校的建设, 如此大规模的建设计划在我国职业教育发展历史上还是第一次, 这充分表明国家正在深化高职高专教育的深层次的重大改革, 加大力度推动生产、服务第一线真正需要的应用型人才的培养。

为适应当前我国高职高专教育如火如荼的发展形势, 配合高职高专院校的教学和教材改革, 进一步提高我国高职高专教育质量, 人民邮电出版社在相关教育、行政主管部门的大力支持下, 组织专家、高职高专院校的骨干教师及相关行业的工程师, 共同策划编写了一套符合当前职业教育改革精神的高质量实用型教材——“高职高专机电类规划教材”。

本系列教材充分体现了高职高专教育的特点, 突出了理论和实践的紧密结合。本着“易学, 易用”的编写原则, 强调学生创造能力、创新精神和解决实际问题能力的培养, 使学生在 2~3 年的时间内充分掌握基本技术技能和必要的基本知识。

本系列教材按照如下的原则组织、策划和编写, 以尽可能地适应当今高职高专教育领域教学改革和教材建设的新需求和新特点。

1. 着重突出“实用”特色。概念理论取舍得当, 够用为度, 降低难度。对概念和基本理论, 尽量用具体事物或案例自然引出。
2. 基本操作环节讲述具体详细, 可操作性强。使学生很容易掌握基本技能。
3. 内容紧随新技术发展, 将新技术、新工艺、新设备、新材料引入教材。
4. 尽可能将实物图和原理图相结合, 便于学生将书本知识与生产实践紧密联系起来。
5. 每本书配备全面的教学服务内容, 包括电子教案, 习题答案等。

本系列教材第一批共有 22 本, 涵盖了高职高专机电类各专业的专业基础课和数控、模具、CAD/CAM 专业的大部分专业课, 将在 2007 年年底出版。

为方便高职高专老师授课和学生学习, 本系列教材将提供完善的教学服务体系, 包括多媒体教学课件或电子教案、习题答案等教学辅助资料, 欢迎访问人民邮电出版社网站: <http://www.ptpress.com.cn/download/>, 进行资料下载。

我们期望, 通过本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业技术教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业技术教育日臻成熟和完善。同时欢迎更多的老师参与到本系列教材的建设中来, 如对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教材出版分社联系, 联系方式: 010-67145004, panxinwen@ptpress.com.cn。

“高职高专机电类规划教材”丛书编委会

2007.5

编者的话

公差配合与几何量检测技术是高等职业院校机械类及近机类各专业的重要基础课程。它包含几何量公差选用和误差检测两方面内容，与机械设计、机械制造及其产品质量控制密切相关，是机械工程技术人员和管理人员必须掌握的一门综合性应用技术基础课程。

● 本教材的宗旨

本教材以高职高专教育“理论够用、应用为主”的指导思想为原则，以机械制造业从业人员必需的基本理论、基本技能为主线展开讨论。力求从学生易于理解、接受的角度出发，增强可读性、易懂性。

● 本教材的结构

本教材对课程结构进行了合理调整，将内容分为3篇共10章，每篇中的内容既相互联系又各自独立。此结构的特点是：①有利于教师根据学时多少、学生层次，针对性地选择教学内容（如30多学时，可主讲第1篇、简介第2篇；40多学时，可主讲第1、2篇、简介第3篇；学时再多可全部详讲）；②突出应用能力培养，把三项基本精度检测部分，放在测量技术基础中专门讨论。

● 本教材的特点

1. 主线突出、主次分明

以高职高专学生应该掌握的基本理论、基本技能为主线展开讨论，力求思路清晰、讲述清楚。一些在课程中存在、但相对主线可有可无的内容，标记如下。

- ① 开阔眼界的内容：“☆知识扩展”；
- ② 难度偏大的内容：“★深入讨论”；
- ③ 可掌握可不掌握的内容：“*选学内容”。

教师可根据学时数按照主线讲解，对主线外内容可有选择地介绍，或留给学有余力的学生自学。

2. 增强可读性、易懂性

- ① 力求叙述简洁明了、清楚易懂；
- ② 理论叙述后紧跟图示。

3. 采用最新国家标准

全部采用国家标准总局1997年后陆续发布的第三套公差新标准。

● 本教材的适应范围

本教材适用于高职高专院校机械类、近机类各专业教学，也可作为相关专业技术人员的参考用书。

本书由王宇平主编，郝少祥、赵艳红任副主编。参加本书编写的有：王宇平（绪论、第5章的5.2和5.3节、第10章）、郝少祥（第6章、第8章、第9章、第10章）、赵艳红（第4章、第5章的5.1节）、毕建平（第2章、第3章、第7章）、刘豫喜（第1章）、吴素珍（第2章、第3章、第7章）。

本书在编写过程中，得到王新莉教授的热情帮助和支持，在此表示诚挚的感谢。
由于编者水平有限，书中难免出现疏忽错误之处，敬请各位读者批评指正。

编者

2007年8月

目 录

绪论	1
0.1 公差和检测	1
0.1.1 制造精度(公差)	1
0.1.2 几何精度检测	3
0.2 互换性和标准化	3
0.2.1 互换性	3
0.2.2 标准和标准化	4
0.3 本课程的性质、内容和特点	6
第1篇 三项基本精度	
第1章 尺寸精度	10
1.1 尺寸公差与配合的基础知识	10
1.1.1 基本概念	10
1.1.2 基本术语	11
思考作业题	16
1.2 尺寸公差与配合的国标规定	17
1.2.1 公差带大小——标准公差系列	17
1.2.2 公差带位置——基本偏差系列	18
1.2.3 公差与配合在图样上的标注与读解(计算)	25
1.2.4 国标中规定的公差带与配合	27
1.2.5 一般公差——未注公差	29
思考作业题	30
1.3 尺寸公差与配合的选择	35
1.3.1 基准制的选择	35
1.3.2 公差等级的选择	36
1.3.3 配合的选择	39
思考作业题	42
第2章 形位精度	45
2.1 形位公差概念	45
2.1.1 形位误差与形位公差基本概念	46
2.1.2 形位公差项目及其符号	47

2.1.3	形状公差及公差带	53
2.1.4	位置公差及公差带	54
	思考作业题	59
2.2	公差原则简介	60
2.2.1	有关术语	61
2.2.2	公差原则简介	63
	思考作业题	67
2.3	形位公差的选择	72
2.3.1	形位公差特征项目的选择	72
2.3.2	形位公差等级的选择	74
2.3.3	公差原则的选择	77
2.3.4	未注形位公差的规定	78
	思考作业题	78
第3章	表面精度	81
3.1	表面粗糙度基本术语	82
3.2	表面粗糙度的评定参数	83
3.3	表面粗糙度的标注	87
3.4	表面粗糙度的选择	89
	思考作业题	91

第2篇 技术测量基础

第4章	检测理论基础	94
4.1	测量四要素	94
4.1.1	几何量检测	94
4.1.2	测量四要素	95
4.2	测量对象和测量单位	95
4.2.1	测量对象	95
4.2.2	计量单位(测量单位)	96
4.3	测量方法	98
4.3.1	测量原理(测量原则)	98
4.3.2	测量器具	99
4.3.3	具体测量方法	105
4.3.4	测量条件	106
	思考作业题	107
4.4	测量精度	107
4.4.1	测量误差的概念	108
4.4.2	测量误差产生的原因	108

4.4.3	测量误差分类与处理方法	109
4.4.4	在测量误差存在条件下测量结果的评定——等精度测量列的数据处理 示例	112
	思考作业题	113
第 5 章	三项基本精度检测	115
5.1	尺寸精度检测	116
5.1.1	用通用测量器具检测	116
5.1.2	用光滑极限量规检测	120
	思考作业题	128
5.2	形位精度检测	130
5.2.1	形位误差评定(测量)	130
5.2.2	形位误差的检测原则	133
5.2.3	形位误差检测方法示例	134
	思考作业题	144
5.3	表面粗糙度检测	149
	思考作业题	152
第 3 篇 典型零件的精度与检测		
第 6 章	滚动轴承精度与检测	154
6.1	滚动轴承公差	155
6.2	滚动轴承与轴径、外壳孔的配合	157
6.3	与滚动轴承配合的轴颈及外壳孔的精度检测	163
	思考作业题	164
第 7 章	键联接精度与检测	165
7.1	平键的公差配合与精度检测	167
7.2	矩形花键的公差配合	171
7.3	矩形花键的精度检测	174
	思考作业题	175
第 8 章	圆锥精度与检测	176
8.1	圆锥结合的基本参数	177
8.2	圆锥配合及影响因素分析	178
8.3	圆锥公差及选用	181
8.4	圆锥精度检测	186
	思考作业题	187
第 9 章	螺纹精度与检测	193
9.1	螺纹的基础知识	193

9.2 影响螺纹互换性的因素及中径合格性判断条件	197
9.3 普通螺纹的公差带	199
9.4 螺纹精度检测	203
思考作业题	206
第 10 章 直齿圆柱齿轮精度与检测	210
10.1 齿轮传动的基本要求	211
10.2 齿轮误差分析	211
10.3 齿轮精度评定	214
10.4 齿轮精度的图样标注	217
10.5 齿轮精度检测	218
思考作业题	221
参考文献	230

绪 论

在市场上人们争相购买“物美价廉”的商品，物美即质量好、精度高，但相应成本高，而价廉则要求成本低，这是一对必然的矛盾。如何保证产品生产在满足使用要求（即保证基本质量）的前提下尽量降低成本，以使企业获得较高的经济效益，能够在竞争日益激烈的市场背景下处于优势，是制造业各企业必须面对的问题。因此在制造业中，产品制造的经济合理性非常重要。

对毕业后要投身职场从事技术或管理工作的高职高专的同学们来说，树立经济地分析生产中各种技术活动的理念，掌握技术经济分析的基本知识和基本方法很有必要。

● 绪论概要

物美：保证质量——控制精度是保证产品质量的基本保障，也就是公差和检测的问题

价廉：降低成本——实现互换性是降低产品成本的重要途径

它们的关系是：互换性是要由公差和检测来保证的，公差的制定依据是标准化

● 基本概念

精度、精度设计、误差、公差（制造精度）、检测、互换性、标准、标准化

0.1 公差和检测

0.1.1 制造精度（公差）

产品的制造过程包括设计过程和制造过程。

机械产品设计的内容有：运动设计、结构设计、强度设计和精度设计，前3个方面属于“机械设计基础”课程的内容，精度设计则是本书讨论的主要内容。

制造精度是指产品在制造过程中，产品几何参数的实际值与设计理想值之间的差异程度。差异程度越小，制造精度越高。

在加工过程中，由于生产现场诸多因素如机床、刀夹量具以及操作人员技术水平等的影响，使加工出来的零件几何参数与原设计不完全一致，经测量得出的差异值称为误差。误差越大精度越低，质量等级越低。限制误差允许范围的规定是公差，由国家制定并颁布。它包括尺寸（长度和角度）公差、形位（形状和位置）公差和表面粗糙度。

显然，公差规范限制了误差，体现出产品精度的保证，因此，公差是产品精度最直接的

反映、表征和保障，即保证产品精度的直接条件是给定必须的公差。正因为此，我们通常讨论时常将公差代之精度，而言精度时则指公差。故将尺寸公差、形位公差和表面粗糙度也称为尺寸精度、形位精度和表面精度。

综上所述，产品的制造精度包括尺寸精度、形位精度和表面精度，在实际中称为3项基本精度，是零件加工和装配过程中不可缺少的技术要求。

图 0-1 所示为机床润滑系统的齿轮油泵，其设计结果为如图 0-2 所示的装配图；图 0-3 所示为齿轮泵主动轴零件图，图中反映出在零件加工和装配过程中的精度要求。

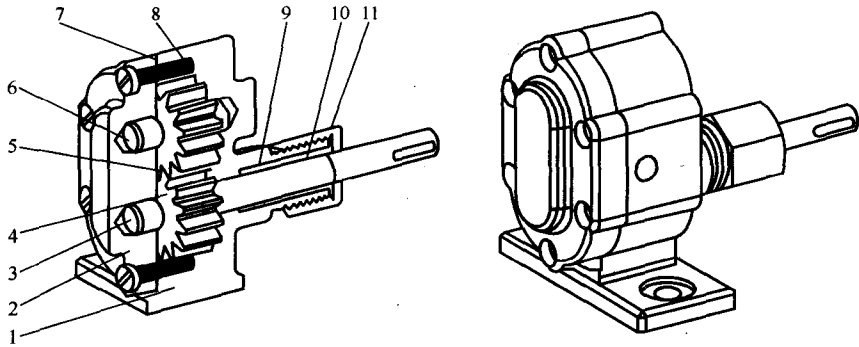


图 0-1 齿轮泵

- 1—泵体 2—泵盖 3—齿轮轴 4—齿轮(2个) 5—圆柱销(2个) 6—传动齿轮轴
7—垫片 8—螺钉(6个) 9—填料 10—压盖 11—压紧螺母

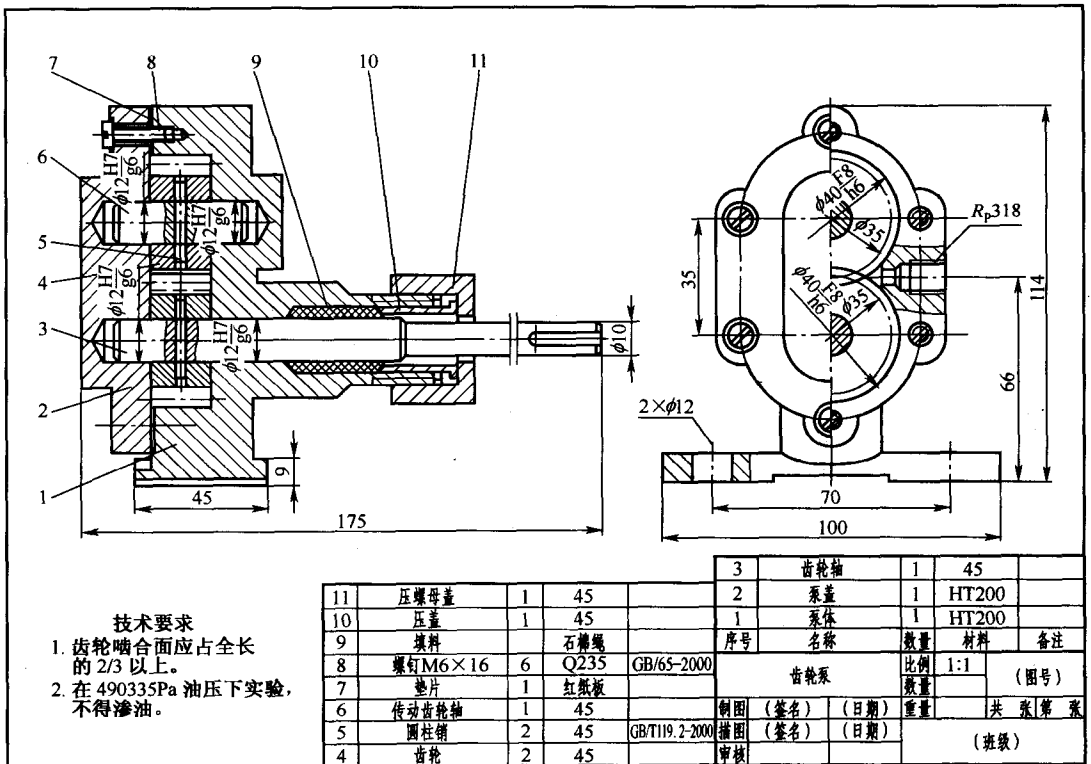


图 0-2 齿轮泵装配图

精度设计是指根据机械产品的使用要求，在设计时经济合理地给出制造精度（公差），以便在加工过程中将制造误差限定在一定的范围内，从而能够保证产品装配后正常工作。

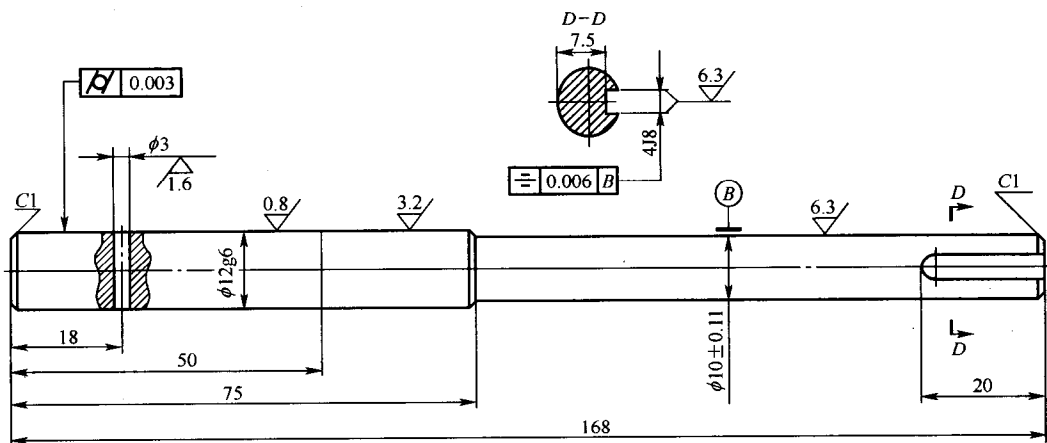


图 0-3 齿轮泵主动轴零件图

0.1.2 几何精度检测

零件加工后能否满足精度要求，要通过检测加以判断，因此检测是产品达到精度要求的技术保证。

检测是检验和测量的统称。测量是将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较，以确定其具体数值的过程，例如，用游标卡尺测量图 0-3 中轴径 $\phi 12$ 、 $\phi 10$ 等。检验是确定所加工零件的几何参数是否在规定的范围内，从而作出合格性判断的过程，不必一定得出其具体数值，例如，检验图 0-3 中的轴径 $\phi 12$ 、 $\phi 10$ ，用游标卡尺可得出具体数值并判断超差多少，而用极限量规则可直接判断轴径是否合格但得不到具体数值。

检测的目的不仅在于判断产品的合格性与否，更重要的意义在于分析不合格品产生的原因，以便能够及时调整加工工艺，预防废品的进一步产生，从而降低产品成本。

事实证明，设计精度、加工精度和检测精度的同时提高，才是提高产品质量的根本保证。加工精度的提高，必须有相应的工艺措施来保证，这是“机械制造基础”课程的内容。

0.2 互换性和标准化

0.2.1 互换性

1. 互换性概念

在社会化大生产中，企业提高效益（效益=效率/成本）的重要途径之一是实现产品的互

换性。自动生产线为什么效率高？如几分钟就装配出一辆汽车，就是因为具有在不同地方生产的同一规格的汽车零部件，不经过挑选、调整和修配就直接装配到汽车上去的这种特点，使得生产效率大大地提高了，同时降低了成本。

汽车生产是社会化大生产的典型例子，称之为“分散制造、集中装配”，就是由于有互换性作为基础才得以保障。在日常生活中，互换性的例子也非常普遍，如自行车、手表、电视机、计算机等上面的零件坏了，只要换上一个相同规格的新的即可。零件具有的这种可以互相替换的性能，给人们的生产和生活都带来了极大的方便。

互换性是指同一规格的零部件，不经过挑选、调整和修配，就能装配到机器上去，并能够满足使用要求的特性。

2. 互换性分类

按照互换性程度分为完全互换和不完全互换。

完全互换是指零部件具有在装配时不需要经过挑选、分组、调整和修配，装配后就能达到预定要求的特性。如图 0-1 齿轮泵中的螺栓，只要是同一规格的螺栓，装到任何一台机器上都能达到预定要求。

不完全互换是指在装配时需要挑选、分组，或者需要调整、修配的零部件。比如分组互换，是指一批零件完工后由于某些原因造成误差过大，致使一定数量的孔轴会因超差而成为废品，但是若按照实际尺寸大小进行分组装配，遵循“大孔配大轴、小孔配小轴”的原则对各组提出不同的精度要求，装配后仍能够满足不同精度的使用要求。在企业内部的生产中，常采用这种不完全互换的方式，可达到既保证不同等级的装配精度要求、又不致增加生产成本的经济生产效果。

3. 互换性的作用

在产品设计中，互换性可以最大限度地使用标准件，以简化绘图和计算工作量，并有利于计算机辅助设计技术的应用，有效地缩短设计周期。

在制造过程中，互换性作为组织专业化协作生产的重要基础，有利于组织自动生产线、使用现代化工艺装备等先进生产手段，并便于应用计算机辅助制造技术于生产中，极大地提高了产品质量和生产效率。同时在装配过程中由于不需要附加修配，可直接采用自动化装配线等先进生产方式，从而产生大大缩短生产周期、大幅度地降低生产成本的极好效果。

在使用维修过程中，利用互换性可以在最短时间内及时更换损坏的零部件，减少维修时间和费用，降低生产成本，并提高设备的利用率和使用价值。

综上所述，互换性是进行社会化大生产的重要基础，是企业提高经济效益的重要途径，已成为现代制造业普遍遵守的技术经济原则。

互换性是由公差来保证的，公差的制定依据是标准化，故标准化则是实现互换性的基本保证。

0.2.2 标准和标准化

1. 标准

在现代化生产中，一个机械产品的制造过程往往涉及许多行业和企业，有的还需要国际间的合作。为了满足相互间在技术上的协调要求，必须有一个共同遵守的规范的统一技

术要求。

标准是规范技术要求的法规，是在一定范围内共同遵守的技术依据。标准按不同级别颁发，在世界范围，企业共同遵守的是国际标准（ISO）。我国标准分为国家标准（GB）、行业标准（如机械标准（JB））、地方标准（DB）及企业标准。地方标准和企业标准是在没有国家标准及行业标准可依据、而在某个范围内又需要统一技术要求的情况下制定的技术规范。

标准的范围很广，涉及人们生活的各个方面。按照针对的对象，可以分为基础标准、产品标准、方法标准和安全与环境保护标准等。本书讨论的制造精度标准属于基础标准。

2. 标准化

标准化是指制定、贯彻标准的过程。标准化的工作过程如图 0-4 所示。

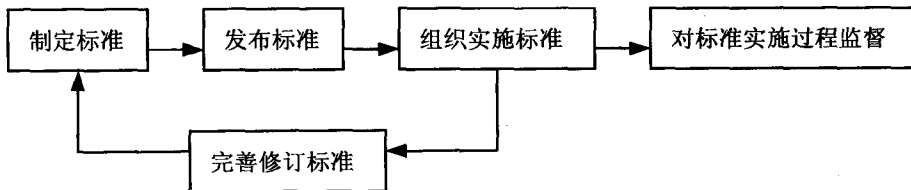


图 0-4 标准化的工作过程

标准化是组织社会化生产的重要手段，是管理科学化的主要依据。标准化水平的高低反映出一个国家现代化水平的程度，所以各个国家对标准化工作都非常重视。

3. 优先数系标准

在机械设计与制造中，常需要确定诸多技术参数，而这些参数又会向与它相关的一系列参数传递下去。如加工螺栓，其直径尺寸的确定必然会影响到与之相配合的螺母，以及丝锥、板牙、钻头加工工具及相应的装夹具，还有螺纹量规等测量工具的一系列直径尺寸。规格数值的繁多必然给生产的组织和管理带来困难，并增加生产成本。

为了尽量减少各环节的生产成本，必须对各种技术参数作出统一规定，将参数选择纳入标准化轨道。国家标准 GB/321—1980《优先数和优先数系》就是其中一项重要标准，由于其应用的方便性，在生产中得到广泛推广。

优先数系 R_n 是一种十进制几何级数，公比是 10 的 n 次方根，其数值传递规律为：每经 n 项，数值扩大 10 倍。

例如 R5 系列，第一项是 1.00，经过 5 项，第 6 项是 10.00，依此类推。

GB/321—1980 推荐了 5 个系列，各系列公比如下所示：

$$R5 \text{ 系列: } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$$

$$R10 \text{ 系列: } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R20 \text{ 系列: } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R40 \text{ 系列: } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

$$R80 \text{ 系列: } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$$

表 0-1 列出优先数的基本系列。如将表中所列优先数值乘以 10, 100... 或乘以 0.1, 0.01,

0.001…，即可得到所有大于 10 或小于 1 的优先数。

从基本系列中还可按一定规律取值组成派生系列，如常用的倍数系列，就是从基本系列中隔两项取值组成的。其传递规律是：每经 3 项，数值倍增。如表面粗糙度 (R_a) 的数值排列，其基本系列就是由倍增规律派生而来，在实际中应用非常方便。

表 0-1 优先数基本系列

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40				
1.00	1.00	1.00	1.00	2.50	2.50	2.24	2.24	6.30	6.30	5.00	5.00				
			1.06				2.36				5.30				
			1.12				2.50				5.60				
			1.18				2.65				6.00				
	1.25	1.25	1.25				2.80			2.80	6.30	6.30	6.30	6.30	
						1.32				3.00		6.70			
		1.40	1.40			1.40				3.15	3.15		7.10	7.10	
							1.50				3.35		7.50		
			1.60			1.60	1.60				3.55	3.55	8.00	8.00	8.00
										1.70		3.75		8.50	
2.00	2.00	1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00		9.00	9.00					
			1.90		4.25	10.00	10.00	10.00	10.00						
			2.00		4.50										
			2.12		4.75										

实践证明，优先数系是一种科学的数值系列，不仅对技术参数的简化和传递起到重要作用，而且是制定一些相关标准的重要依据。

0.3 本课程的性质、内容和特点

本课程是联系《机械制图》、《机械设计基础》等技术基础课程和《机械制造基础》等专业课程的纽带，是从基础课过渡到专业课的桥梁，是机械类各专业一门必修的、重要的技术基础课程。

本课程的内容包括三部分：三项基本精度、几何精度检测基础以及典型零件的精度等。通过本课程，可以学习到有关制造精度和几何精度检测的基础理论和基本技能，以及技术经济分析的基本思路和方法。

本课程的特点是：理论性强、内容抽象，概念多、图表多。

本课程的学习方法如下。

- (1) 记：在理解的基础上熟记基本概念（切忌机械地死背）；
- (2) 用：应用基本概念去解释实际现象、解决实际问题；
- (3) 作：检测技术实践性很强，一定要动手参与检测操作。

☆ 知识扩展——标准化发展历史简介

1. 国际标准化发展历史

早在 20 世纪初，公差标准在工业革命中就起到非常重要的作用。随着当时机械制造业的飞速发展，在企业内部以及企业之间制定统一技术标准、以扩大互换性生产规模和控制机器备件供应的需求日