

互换性与测量 技术基础

主 编 周宏根 景旭文

副 主 编 苏世杰

Fundamentals of Interchangeability and Measurement Tec

互换性与测量 技术基础

主 编 周宏根 景旭文

副主编 苏世杰

江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础 / 周宏根, 景旭文主编. —
镇江: 江苏大学出版社, 2015. 8
ISBN 978-7-5684-0018-3

I. ①互… II. ①周… ②景… III. ①零部件—互换
性②零部件—测量技术 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 186285 号

互换性与测量技术基础

Huhuanxing Yu Celiang Jishu Jichu

主 编/周宏根 景旭文
副 主 编/苏世杰
责任编辑/汪再非 吴蒙蒙
出版发行/江苏大学出版社
地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)
电 话/0511-84446464(传真)
网 址/http://press. ujs. edu. cn
排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司
印 刷/虎彩印艺股份有限公司
经 销/江苏省新华书店
开 本/787 mm×1 092 mm 1/16
印 张/16.5 插表 2
字 数/421 千字
版 次/2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
书 号/ISBN 978-7-5684-0018-3
定 价/34.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

◎ 前 言 ◎

“互换性与测量技术基础”是工科类专业的一门重要专业基础课,涉及产品设计与制造、生产计划与管理、质量保证与服务等整个机械行业的方方面面。该课程主要介绍机械产品的几何精度设计,其内容不仅涉及标准化领域,也涉及计量学领域。本书内容主要讲授互换性、标准化、测量技术及质量工程的基本知识,通过该课程的学习,使学生掌握机械产品几何精度设计的要求,理解和掌握各公差标准及其应用、初步掌握企业常用测量器具的应用范围和操作技能,并了解测量数据的处理办法。

本书结合编者多年的教学实践经验,依据全国互换性与测量技术基础教材编审小组审核的教学大纲编写,力求做到以下几点:

1. 内容新颖齐全,表述简明扼要、通俗易懂。为了帮助学生正确理解和标注各种精度要求,本书采用了大量图例,以强化对有关标准的解释说明。

2. 强化工程应用,注重培养实际技能。着眼于生产实践,注意理论联系实际,体现“以实用为主、以够用为度、学以致用”的原则。

3. 设计了基础知识和应用实践并重的习题。通过给出的应用实例,帮助学生掌握知识点。

4. 采用全新国家标准。本书所引用的标准全部为最新的国家标准,标准内容齐全完整。

本书可作为本科生和研究生的教材,适用于机械、电子、仪表等专业,同时也适用于近机类专业,也可以作为机械行业的工程技术人员的参考资料。

本书由周宏根副教授、景旭文教授担任主编,苏世杰副教授担任副主编。参加本书编写的有:周宏根(第2,3,9章)、景旭文(第1,5章)、苏世杰(第4,8章)、潘宝俊(第6章)、龚婵媛(第7章)、王新彦(第10章)。

本书在编写过程中参考了一些兄弟院校的教材和资料,在此谨表谢意。

限于编写者水平,书中不足之处和错误难免,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2015年6月

目 录

第 1 章 绪 论

§ 1.1	互换性的概念和作用	001
1.1.1	互换性的基本概念	001
1.1.2	互换性的分类	002
1.1.3	互换性的作用	002
§ 1.2	标准与标准化	003
1.2.1	标准与标准化的概念	003
1.2.2	标准的分类及代号	003
§ 1.3	公差标准与测量技术发展概况	004
1.3.1	公差标准的发展概况	004
1.3.2	测量技术的发展概况	006
§ 1.4	优先数与优先数系	008
1.4.1	优先数系	008
1.4.2	优先数	009
1.4.3	优先数系的应用	009
实训习题与思考题		009

第 2 章 极限与配合

§ 2.1	基本术语及定义	010
2.1.1	孔和轴	010
2.1.2	尺寸	011
2.1.3	偏差与公差	012
2.1.4	加工误差与公差的关系	013
2.1.5	配合与配合制	014
2.1.6	极限尺寸判断原则——泰勒原则	017
§ 2.2	极限与配合的国家标准	018
2.2.1	标准公差	018
2.2.2	基本偏差系列	022
2.2.3	公差带与配合的表示	027
§ 2.3	极限与配合的标准化	029
2.3.1	一般、常用和优先的公差带	029
2.3.2	优先和常用配合	030

§ 2.4	极限与配合的选用	032
2.4.1	配合制的选择	032
2.4.2	公差等级选择	034
2.4.3	配合的选择	036
§ 2.5	大尺寸段的极限与配合	038
2.5.1	特点	038
2.5.2	标准公差	039
2.5.3	常用孔、轴公差带	041
2.5.4	配制配合	042
2.5.5	公称尺寸大于 3 150~10 000 mm 的极限与配合	043
§ 2.6	尺寸至 18 mm 的极限与配合	044
2.6.1	特点	044
2.6.2	孔、轴公差带与配合	044
§ 2.7	线性尺寸的未注公差	045
实训练习题与思考题		047

第 3 章 测量技术基础

§ 3.1	概 述	048
3.1.1	测量的基本概念	048
3.1.2	尺寸的传递	049
3.1.3	量块	050
§ 3.2	测量器具和测量方法	053
3.2.1	测量器具的分类	053
3.2.2	测量器具的指标	054
3.2.3	测量方法的分类	055
3.2.4	测量原则	057
§ 3.3	测量误差及数据处理	057
3.3.1	测量误差的基本概念	057
3.3.2	测量误差产生的原因	058
3.3.3	测量误差的分类	060
3.3.4	测量精度	061
3.3.5	随机误差的特征及其评定	061
3.3.6	测量列中各类测量误差的处理	065
3.3.7	直接测量的数据处理	066
3.3.8	间接测量的数据处理	068
§ 3.4	通用测量器具的选择	069
3.4.1	测量器具选择时应考虑的因素	070
3.4.2	普通测量器具的选择	071
3.4.3	应用举例	074

§ 3.5 光滑极限量规	075
3.5.1 光滑极限量规的种类及作用	075
3.5.2 光滑极限量规的公差带	076
3.5.3 光滑极限量规的设计	078
实训习题与思考题	083

第4章 几何公差及检测

§ 4.1 概 述	085
4.1.1 几何公差的研究对象——几何要素	085
4.1.2 几何公差的项目及其符号	088
4.1.3 几何公差标准的演变及新旧标准的差异(GPS)	090
§ 4.2 几何公差的标注方法	091
4.2.1 公差框格	091
4.2.2 公差框格在图样上的标注	093
§ 4.3 基 准	097
4.3.1 基准的含义和作用	097
4.3.2 基准的种类	098
4.3.3 基准的选择	099
§ 4.4 几何公差带	100
4.4.1 直线度公差	100
4.4.2 平面度公差	101
4.4.3 圆度公差	101
4.4.4 圆柱度公差	102
4.4.5 线轮廓度公差	102
4.4.6 面轮廓度公差	103
4.4.7 平行度公差	104
4.4.8 垂直度公差	107
4.4.9 倾斜度公差	110
4.4.10 位置度公差	112
4.4.11 同心度和同轴度公差	114
4.4.12 对称度公差	115
4.4.13 圆跳动公差	116
4.4.14 全跳动公差	118
§ 4.5 公差原则	119
4.5.1 概述	119
4.5.2 有关的术语与定义	120
4.5.3 包容要求	132
4.5.4 最大实体要求	133
4.5.5 最小实体要求	141

§ 4.6 几何公差的选择及一般几何公差	143
4.6.1 几何公差的选择	143
4.6.2 一般几何公差	147
§ 4.7 几何误差评定及其检测原则	150
4.7.1 几何误差的评定	150
4.7.2 几何误差的检测原则	153
实训习题与思考题	157

第5章 表面粗糙度

§ 5.1 概 述	161
§ 5.2 表面粗糙度的评定参数	162
5.2.1 基本术语	162
5.2.2 表面粗糙度评定参数	165
§ 5.3 表面粗糙度的标注	167
5.3.1 表面粗糙度的符号	167
5.3.2 表面粗糙度的代号	168
5.3.3 表面粗糙度在图样上的标注	169
§ 5.4 零件表面粗糙度参数值的选择	170
5.4.1 评定参数的选择	170
5.4.2 参数值的选择	171
§ 5.5 表面粗糙度的测量	174
实训习题与思考题	175

第6章 滚动轴承的公差与配合

§ 6.1 概 述	176
§ 6.2 滚动轴承的公差等级及其应用	177
6.2.1 滚动轴承公差等级	177
6.2.2 滚动轴承精度	177
6.2.3 滚动轴承的应用	177
§ 6.3 滚动轴承内、外圈的公差带	178
6.3.1 滚动轴承内、外径公差带	178
6.3.2 滚动轴承内、外径公差带的特点	178
§ 6.4 滚动轴承配合及其选择	179
6.4.1 轴颈和外壳的公差带	179
6.4.2 滚动轴承的配合选择	180
6.4.3 配合面及端面的形状和位置公差	184
6.4.4 配合面的表面粗糙度	185
6.4.5 滚动轴承的配合、轴颈及外壳孔的图样标注	185
实训习题与思考题	186

第7章 键、花键的公差与配合

§ 7.1 概 述	188
7.1.1 键联结的种类、特点及应用场合	188
7.1.2 花键联结的种类、特点及应用场合	189
§ 7.2 平键联结的公差与配合	189
§ 7.3 矩形花键联结的公差与配合	191
7.3.1 矩形花键的定心方式	191
7.3.2 矩形花键的公差与配合	191
7.3.3 矩形花键形位公差	192
7.3.4 矩形花键的图样标注	193
§ 7.4 键、花键的检测	194
7.4.1 平键的测量	194
7.4.2 花键的测量	195
实训习题与思考题	197

第8章 圆锥的公差与检测

§ 8.1 圆锥配合的特点及种类	198
8.1.1 圆锥配合的特点	198
8.1.2 圆锥配合的种类	199
§ 8.2 圆锥几何参数误差对圆锥配合互换性的影响	199
8.2.1 圆锥配合的基本参数及其代号	199
8.2.2 圆锥各参数误差对互换性的影响	200
§ 8.3 圆锥公差与配合	202
8.3.1 锥度与锥角系列	202
8.3.2 圆锥公差标准	204
8.3.3 圆锥配合标准	207
8.3.4 圆锥的公差标注	209
§ 8.4 圆锥的检测	210
8.4.1 圆锥量规	210
8.4.2 用通用量仪、量具间接测量	211
实训习题与思考题	212

第9章 螺纹的公差与检测

§ 9.1 概 述	213
9.1.1 螺纹的分类和使用要求	213
9.1.2 普通螺纹的基本牙型和主要几何参数	213
§ 9.2 普通螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	216
§ 9.3 螺纹中径合格性判断原则	218

9.3.1	作用中径的概念	218
9.3.2	螺纹中径合格性判断准则	219
§ 9.4	普通螺纹公差与配合	220
9.4.1	螺纹公差带及旋合长度	220
9.4.2	螺纹公差带与配合的选用	224
9.4.3	普通螺纹的标记	225
§ 9.5	普通螺纹的检测	226
9.5.1	单项测量	226
9.5.2	综合检验	227
实训习题与思考题		227

第 10 章 圆柱齿轮的公差与检测

§ 10.1	概 述	228
10.1.1	对齿轮传动的使用要求	228
10.1.2	齿轮加工误差的来源及其特征	229
§ 10.2	齿轮的误差项目及检测	230
10.2.1	影响运动准确性的误差项目及其测量	230
10.2.2	影响传动平稳性的误差项目及其测量	237
10.2.3	影响载荷分布均匀性的误差项目及其测量	241
10.2.4	影响侧隙的加工误差及其测量	242
§ 10.3	齿轮副的误差项目及检测	244
10.3.1	齿轮副的接触斑点	244
10.3.2	齿轮副的偏差	245
10.3.3	齿轮副侧隙与安装误差	245
§ 10.4	齿轮的公差等级及选择	247
10.4.1	齿轮公差等级	247
10.4.2	齿轮公差等级的选择	250
10.4.3	齿轮精度和齿轮表面粗糙度的选择	251
10.4.4	图样标注	252
实训习题与思考题		252

参考文献

第1章 绪论

互换性生产在国民经济中起着重要的作用,它是现代化大批量生产的基础。标准是规范生产活动的规范。互换性与标准化涉及产品的设计制造及质量控制、生产管理等领域。本课程主要讲解“产品几何量技术规范与认证(GPS)”方面的标准,为产品的设计和制造提供技术依据。本章涉及的规范主要有:GB/T 321—2005《优先数和优先数系》、GB/T 19763—2005《优先数和优先数系的应用指南》、GB/T 19764—2005《优先数和优先数化整值系列的选用指南》、GB/Z 20308—2006《产品几何技术规范(GPS) 总体规划》。

§ 1.1 互换性的概念和作用

1.1.1 互换性的基本概念

1. 互换性(interchangeability)

在现代生产和生活中,互换现象随处可见。例如,电灯泡坏了,买一只相同型号的灯泡换上就行;机器掉了一个螺钉,按同样规格买一个装上就行;机器零件磨损了,换上一个同规格的零件便能满足使用要求等。这是因为这些合格的零件都具有在材料性能、几何尺寸和使用功能上彼此相互替换的性能,即具有互换性。

广义上讲,互换性是一种产品或服务能够替代另一种产品或服务,并且能满足同样要求的能力。在机械制造业中,零部件的互换性是指按同种规格生产的一批零部件,在装配前不需要挑选,装配时不需要修配和调整,装配后能满足规定的功能要求的特性。在现代化的大量或批量生产中,要求互相装配的零部件都要符合互换性原则。

互换性通常包括几何参数(包括尺寸、微观与宏观几何形状及相互位置)、机械性能(硬度、强度等)和物化性能(密度、化学成分等)的互换性,本课程仅研究几何参数的互换性及其测量技术。

2. 误差与公差(error & tolerance)

误差是零件在实际生产中,由于加工系统等因素的影响,其实际几何参数与理想几何参数的差值。

公差是零件几何参数的允许变动量,即允许几何参数误差的最大值。公差是由设计人员根据产品设计要求给定的,用以控制加工误差和装配误差。

公差是实现零件误差控制和保证零件互换性的基础。合理规定公差值是保证互换性生产的基本技术措施,公差过大不能保证产品的使用性能,公差过小会增加加工成本和使加工困难。

3. 检测(detection)

在产品工艺过程中,检测包括检验、测量等意义比较宽泛的几何参数测量过程。它不仅

用来评定产品质量,还用来分析产品不合格原因,预防废品产生。其中测量是将被测量与已知标准量进行比较,获取被测量具体数值的过程;检验指判断被测量是否合格,通常不需要测出具体数值。

合理制定公差和正确进行检测是保证产品质量、实现互换性生产的两个必不可少的条件和手段。

4. 精度和精度设计(precision & precision design)

精度指零部件的实际几何形体与理想几何形体相接近的程度。一般来说,精度等级越高,公差值越小,零部件的实际几何形体与其理想几何形体越接近。

精度设计又称公差设计,即根据产品的功能和性能要求,合理地设计零部件的几何要素公差,并将其正确标注在工程图纸上。

1.1.2 互换性的分类

在不同的场合,零部件互换的形式和程度是不同的。根据互换的程度,互换性可分为完全互换和不完全互换两类。

1. 完全互换(completely interchangeable)

完全互换简称互换性,它以零部件装配或更换时不需要挑选或修配为条件,也就是零部件百分之百互换。

它的优点是生产效率高,有利于生产组织和维修。但是如果产品使用要求很高,即精度很高,若按完全互换性进行生产,就要求零部件的制造精度很高,给加工带来困难,加工很不经济,有时甚至无法加工,此时在生产中往往采用不完全互换组织生产,即零部件加工按经济精度组织生产,装配时通过一定的工艺措施来保证产品的精度要求。完全互换通常用于厂际协作与批量生产,螺母、螺钉、销、轴承等标准件大都属于完全互换。

2. 不完全互换(incompletely interchangeable)

不完全互换也称有限互换,在零部件装配时允许有附加的挑选、修配或者调整。不完全互换可采用分组互换法、调整法和修配法等方法来实现。

不完全互换一般用于中小批量生产的高精度产品,通常用于厂内生产的零部件装配。

1.1.3 互换性的作用

互换性已经成为提高制造水平、促进技术进步的有力手段之一,在产品的设计、制造、使用 and 维修等方面有着极其重要的作用。

1. 在设计方面

零部件具有互换性可以最大限度地利用标准件和通用件,这样就可以简化制图,减少计算工作,从而缩短设计周期,便于设计人员集中精力解决关键问题,对提高设计质量,改善产品性能都有重大作用。

2. 在加工和装配方面

在加工和装配方面,按互换性进行生产可以分散加工、集中装配,有利于组织跨地域的专业化厂际协作;有利于采用先进工艺和高效率装备或先进制造系统,实现生产过程的自动化;有利于保证装配过程连续进行,减轻劳动强度,缩短装配周期,保证装配质量。

3. 在使用维修方面

零部件具有互换性可以及时更换那些已经磨损或损坏了的零部件,可以减少机器的维修时间和费用,保证机器正常运转,从而提高机器的寿命和使用价值。

4. 在生产组织管理方面

技术和物质供应只有贯彻零部件具有互换性的生产理念,才能实现科学化管理。互换性原则是机械工业生产中的基本技术原则,也是设计生产中必须遵循的基本思想,因为无论采用何种生产方式,都要采用具有互换性的刀具、夹具和量具等工装,并且在整台产品中一定会用到大量具有互换性的标准件和通用件。

§ 1.2 标准与标准化

1.2.1 标准与标准化的概念

所谓标准是指对需要协调统一的重复性事物(如产品、零部件)和概念(如术语、规则、方法、代号、量值)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。

所谓标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。标准化包括制定标准和贯彻标准的全部活动过程。这个过程是从探索标准化对象开始,经调查、实验和分析,进而起草、制定和贯彻标准,而后修订标准。因此,标准化是个不断循环而又不断提高的过程。

标准化的主要形式有简化、统一化、系列化、通用化和组合化。标准化覆盖面很广,包括产品规格的标准化、尺寸和参数的标准化、公差配合的标准化、检测的标准化。为了全面保证互换性,不仅要合理确定零部件的制造公差,而且要对影响制造精度及质量的各个生产环节、阶段和方面实施标准化,它是科学管理的重要组成部分。

标准化对人类进步和科学技术发展起着巨大的推动作用,是国家现代化水平的重要标志之一。标准化是组织现代化生产的重要手段,是实现互换性生产的必要前提。

1.2.2 标准的分类及代号

1. 标准的种类

标准的范围很广,涉及人类生活的方方面面。按照标准的地位和作用,标准通常分为技术标准、管理标准和工作标准三大类。按照标准化对象的特性,技术标准又分为基础标准、产品标准、工艺标准、方法标准、检测试验标准,以及安全、卫生、环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并被普遍使用,且具有广泛指导意义的标准。在每个领域中,基础标准是覆盖面最广的标准,它是该领域中所有标准的共同基础。基础标准是机电产品设计和制造中必须采用的工程语言和技术数据,也是机械产品公差设计和检测的依据。本课程涉及的极限配合标准、检测器具和方法标准等,大多属于基础标准。

2. 标准的级别

根据《中华人民共和国标准化法》规定,我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级标准体系。国家标准、行业标准、地方标准又分为强制性标准和推荐性标

准,其中,强制性标准必须执行,不符合强制性标准的产品,禁止生产、销售和进口;国家鼓励企业自愿采用推荐性标准。

(1) 国家标准。国家标准是四级标准体系中的主体,指由国家标准化主管机构批准、发布,在全国范围内统一的标准。我国的国家标准分为国标(GB)和国军标(GJB)。强制性国家标准的代号为 GB,推荐性国家标准的代号为 GB/T。

(2) 行业标准。由我国各主管部、委(局)批准发布,在该部门范围内统一使用的标准,称为行业标准。行业标准是对国家标准的补充,是专业性、技术性较强的标准。不同行业标准前面的两个字母不同,例如:机械-JB、交通-JT、轻工-QB、汽车-QC、农业-NY、环境-HJ、林业-LY、电子-SJ、通信-YD、教育-JY、卫生-WS、航空-HB 等。

(3) 地方标准。对没有国家标准和行业标准而需要在省、自治区、直辖市范围内统一的技术要求,可以制定地方标准(DB)。例如 DB32/856—2005 为江苏省强制性地方标准,DB 后面的阿拉伯数字代表省、自治区或直辖市。如北京 11、天津 12、河北 13、山西 14、内蒙古 15、辽宁 21、吉林 22、黑龙江 23、上海 31、江苏 32、浙江 33、安徽 34、福建 35、江西 36、山东 37、河南 41、湖北 42、湖南 43、广东 44、广西 45、海南 46、重庆 50、四川 51、贵州 52、云南 53、西藏 54、陕西 61、甘肃 62、青海 63、宁夏 64、新疆 65。

(4) 企业标准。企业标准(QB)是指由企(事)业或其上级有关机构批准发布的标准。企业生产的产品没有相应的国家标准、行业标准和地方标准的,应当制定相应的企业标准;对已有国家标准、行业标准或地方标准的,鼓励企业制定严于前三级标准要求的企业标准。

3. 国际标准

国际标准是指由国际标准化机构通过的标准。国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)和国际电信联盟(ITU)是三大权威的国际标准化机构。随着贸易国际化,标准也日趋国际化。以国际标准为基础制定本国标准,已成为世界贸易组织(WTO)对各成员国的要求。各成员国可自愿而不是强制采用国际标准,但国际标准往往集中了发达工业国家的技术经验,因此从本国的利益出发,也应当积极采用国际标准。

§ 1.3 公差标准与测量技术发展概况

1.3.1 公差标准的发展概况

1. 国外公差制

随着生产的发展,要求企业内部有统一的公差与配合标准,以扩大互换性生产的规模和控制机器备件的供应。1902 年,英国伦敦以生产剪羊毛机为主的纽瓦(Newall)公司编辑出版了“极限表”,即最早的公差制。

1906 年,英国颁布了国家标准 B. S. 27。1924 年,英国又制定了国家标准 B. S. 164。1925 年,美国出版了包括公差制在内的美国标准 A. S. A. B4a。1929 年,苏联也颁布了一个“公差与配合”标准。上述标准即为初期的公差标准。

在公差标准的发展史上,德国的标准 DIN 占有重要位置,它在总结和继承英、美等国初期公差制的基础上,有较大的发展。其特点为:① 明确提出标准公差因子的概念;② 将精度等级与配合代号区别开来;③ 规定了基孔制与基轴制,但优先采用基孔制;④ 规定了标

准参考温度(20℃)。德国标准 DIN 公差制在当时是先进的,它影响了一些国家公差制的制订。例如,苏联旧公差制(OCT. ΓOCT)、日本的旧公差制(JES),都是参考 DIN 公差制制订的。虽然这些公差制都比 DIN 制有所发展,但基本结构一样,都属于旧的公差制。

由于生产的发展,国际交流也越来越多,1926年,成立了国际标准化协会(ISA),1940年正式颁布了国际公差标准 ISA。

ISA 制建立时,考虑了各国公差制的特点,大多数欧洲国家都以 ISA 草案为基础修订了本国公差制。德国首先采用 ISA,取代了 DIN。美国、英国、加拿大和日本等国也先后按此修订了本国公差制。

由于第二次世界大战的爆发,ISA 无法继续工作,于 1942 年解体。

第二次世界大战以后,1947年2月,国际标准化组织重建,改名为 ISO,仍由第三技术委员会(ISO/TC3)负责公差配合标准,秘书国为法国。在 ISA 公差的基础上制定了新的 ISO 公差与配合标准,此标准于 1962 年公布,其编号为 ISO/R 286:1962(极限与配合制)。以后又陆续公布了 ISO/R 1938:1971(光滑工件的检验)、ISO 2768:1973(未注公差尺寸的允许偏差)、ISO 1829:1975(一般用途公差带选择)等,形成了现行国际公差标准。

ISO 标准颁布后,各国都很重视,美国、英国、原联邦德国、法国、日本、原民主德国、匈牙利、捷克、波兰及中国等国家都先后修订了本国标准,采用了国际公差制。第三世界新独立的国家为了独立自主地发展本国工业,都采用 ISO 标准,而不采用某个国家的标准。所以,到目前为止,各工业国均已采用了国际公差制。

随着科学技术和生产的发展,原有关几何参数的公差标准体系已不适应新形势的要求,必须重新建立一个新的体系。为此,于 1996 年,国际标准化组织(ISO)将原来独立的 ISO/TC3(极限与配合、尺寸公差及相关检测)、TC57(表面纹理与相关检测)和 TC10/SC5(几何公差与相关检测)三个技术委员会合并,成立一个新的技术委员会“产品几何技术规范及认证技术委员会”(即 ISO/TC231),并由该委员会着手建立一个基于信息技术,适应计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术要求的新的“产品几何技术规范与认证”体系。简称 GPS。该体系包括从公差标准、标注方法、精度控制到检验、测量在内的一系列标准和细则,它和 CAD/CAM 相结合,也有利于计算机辅助公差(CAT)和计算机辅助测量(CAM)的发展与完善。

2. 国内公差制

在我国,公差制的使用情况可分为四个阶段。

(1) 新中国成立前:据传 1910 年巩县兵工厂已经开始使用量规,而规模较大的互换性生产则开始于 1931 年的沈阳兵工厂和 1937 年的金陵兵工厂。旧中国由于机械工业落后,采用的公差制是混乱的,虽然 1944 年当时的政府经济部中央标准局完全借用 ISA 制颁布过中国标准 CIS 制,但实际上并未执行。

(2) 新中国成立初期:鉴于当时的历史条件,为了加速发展我国的机械工业,1955 年第一机械工业部按苏联 OCT 公差制颁布了《公差与配合》标准,完全借用 OCT 公差制的内容,只是规定了配合名称的中文译名。

(3) 1959 年至 1978 年:1959 年 6 月 3 日国家科学技术委员会颁布了《公差与配合》国家标准 GB 159~174—1959,于 1960 年 7 月 1 日起实施。这个标准也与 OCT 公差制基本相同,不同之处只有两点:① 精度等级完全按阿拉伯数字顺序排列;② 配合名称按类别及松

紧程度顺序称呼,代号用汉语拼音字母。旧国标使用 20 年,对统一我国的公差制度,促进工业的发展起到了重要作用。但是,随着科学技术的发展,发现它存在许多不足之处,已不能满足我国机械工业生产与技术发展的需要,更满足不了国际贸易和技术交流的需要,所以不能继续使用。

1978 年中华人民共和国恢复为 ISO 成员国,当选为 ISO 理事国,承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准草案起草工作。

(4) 1979 年至今:1979 年 11 月国家标准总局颁布了《公差与配合》国家标准 GB1800~1804—1979。接着又陆续制定了各种结合件、传动件、表面光洁度以及表面形状和位置公差等标准。此后,我国的公差标准随着国际标准的不断更新,并结合我国的生产实际也在不断地审定、修改着。

为适应国际交流与对接,我国也将有关的几个独立的标准化技术委员会合并,组建了“全国产品尺寸和几何技术规范标准化技术委员会”(SAC/TC240),该委员会负责全国“产品几何技术规范与认证”(GPS)工作。该委员会成立后不久,就着手对我国原有的“极限与配合”、“几何公差”(原形位公差)及“表面粗糙度”等标准按新的体系进行了修订。如:GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第 1 部分:公差、偏差和配合基础》,GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第 2 部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表》,GB/T 1801—2009《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 公差带和配合的选择》,GB/T 1182—2008《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注》,GB/T 16671—2009《产品几何技术规范(GPS) 几何公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》,GB/T 4249—2009《产品几何技术规范(GPS) 公差原则》,GB/T 3505—2009《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 术语、定义及表面结构参数》,GB/T 1031—2009《产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值》等。用这些新体系标准替代原有标准。

1.3.2 测量技术的发展概况

1. 国外测量技术

要进行测量,首先就需要有计量单位和计量器具。

18 世纪末期,由于欧洲工业的发展,要求统一长度单位。1791 年,法国政府决定以通过巴黎的地球子午线的四千万分之一作为长度单位“米”。后又制成 1 米的基准尺,称为档案尺。该尺的长度由两端面的距离决定。

1875 年,国际米尺会议决定制造具有刻线的基准尺,并用铂铱合金制成(含铂 90%、铱 10%)。1888 年,国际计量局接收了一些工业发达的国家制造的共 31 根基准尺,并经与档案米尺进行比较,以其中 No. 6 最接近档案米尺。于是在 1889 年召开的第一届国际计量大会上规定该尺作为国际米原器(即米的基准)。

由于科学技术的发展,发现地球子午线有变化,米原器的金属结构也不够稳定,因而提出要从长期稳定的物理现象中找出长度的自然基准。1960 年,在第十一届国际计量大会上,决定把米的定义改为:“1 米的长度等于氪 86 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_1$ 能级之间跃迁的辐射在真空中波长的 1 650 763.73 倍”。这一自然基准性能稳定,没有变形问题,容易复现,而且具有很高的复现精度,相对误差不超过 4×10^{-9} ,相当于在 1 千米长度测量中误差不超过 4 微米。

米的定义更改后,国际米原器仍按原规定保存在国际计量局。

随着科学技术的发展,发现稳频激光的波长,比氪 86 波长更稳定、误差更小(甲烷稳定的激光系统,波长 $3.39\ \mu\text{m}$,其准确度为 1×10^{-11})。因此,以它作为米的新定义似乎更理想。但是,为了避免今后发现一种更稳定的光波又更改一次米的定义,在 1983 年第十七届国际计量大会通过了以光速定义米的新定义,即:米是光在真空中于 $1/299\ 792\ 458\ \text{s}$ 时间间隔内的行程长度,这就是目前所使用的米的定义。

伴随长度基准的发展,计量器具也在不断改进。1926 年,德国 Zeiss 厂制成了小型工具显微镜,1927 年,该厂又生产了万能工具显微镜。从此几何参数计算的准确度、计量范围,随着生产的发展而飞速发展,误差由 $0.01\ \text{mm}$ 提高到 $0.001\ \text{mm}$ 、 $0.1\ \mu\text{m}$,甚至 $0.01\ \mu\text{m}$;测量范围由二维空间(如工具显微镜)发展到三维空间(如三坐标测量机);测量的尺寸范围从集成元件上的线条宽度到飞机的机架;测量自动化程度从人工对准刻度尺读数,发展到自动对准,计算机处理数据,自动打印或自动显示测量结果。

这里还应提到的是在 20 世纪 80 年代初期由 Bining 和 Rohrer 研制成功并于 1986 年获诺贝尔奖的隧道显微镜,该仪器的分辨率可达 $0.01\ \text{nm}$,可测原子或分子的尺寸或形貌,这就为微尺寸的测量打开了新的篇章。

2. 国内测量技术

长度计量在我国具有悠久的历史。早在我国商朝时期(前 1600—前 1046 年)已有象牙制成的尺。到秦朝我国已统一了度量衡制度。公元九年,即西汉末王莽始建国元年已制成铜质的卡尺,它可测车轮轴径、板厚和槽深,其最小读数值为一分。但是由于我国长期的封建统治,科学技术未能得到发展,计量技术也停滞不前。

新中国成立前,我国没有计量仪器制造厂。新中国成立后,随着生产的迅速发展,新建和扩建了一批计量仪器制造厂,如哈尔滨量具刃具厂、成都量具刃具厂、上海光学仪器厂、新添光学仪器厂、北京量具刃具厂、中原量具仪器厂等。这些厂为我国成批生产了诸如万能工具显微镜,万能渐开线检查仪、触针式粗糙度检查仪、接触式干涉仪、干涉显微镜、电感测微仪、气动量仪、圆度仪,三坐标测量机以及齿轮单啮仪等,满足了我国工业生产发展的需要。

为了做好计量管理和开展科学研究工作,1955 年我国成立了国家计量局(现为国家质量监督检验检疫总局)。以后又设立中国计量科学研究院,各省、市、县也相应地成立了从事计量管理、检定和测试的机构。

新中国成立以后,我国在计量、测试科学的研究工作中也取得了很大的成绩。自 1962 年至 1964 年建立了氪 86 原子长度基准以来,又先后制成了激光光电光波比长仪、激光二坐标测量仪、激光量块干涉仪,从而使我国的线纹尺和量块测量技术达到世界先进水平。此外,我国研制成功并进行小批生产的激光丝杆动态检查仪、光栅式齿轮全误差测量仪等,均进入了世界先进行列。近年来,我国又相继开发出了隧道显微镜和原子力显微镜,在纳米测量技术方面也紧跟世界先进水平。

可以预言,随着现代化建设事业的推进,我国的计量测试技术将得到更大的发展。