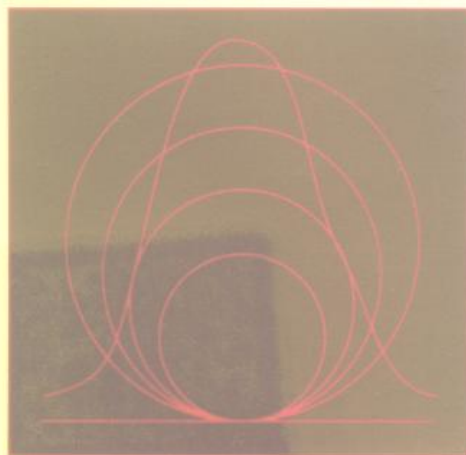


INTERCHANGEABILITY & TECHNICAL MEASUREMENT



互换性与技术测量

第三版

主编 谢铁邦 李柱 席宏卓
华中理工大学出版社

CHIEF EDITOR:
Prof. Li Zhu
Prof. Xi Hongzuo
Instructor Xie Tiebang

HUAZHONG UNIVERSITY
OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY PRESS
WUHAN, CHINA

TG 8
XJ3
(3)

442254

互换性与技术测量

(第三版)

主编 谢铁邦 李 柱 席宏卓

华中理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量/谢铁邦主编. -3 版
武汉:华中理工大学出版社, 1998 年 9 月
ISBN 7-5609-0198-0

I. 互…
I. ①谢… ②李… ③席…
Ⅱ. 机械结构-技术测量-高等学校教材
Ⅳ. TH7·70

互换性与技术测量

(第三版)

主编 谢铁邦 李 柱 席宏卓

责任编辑 钟小珉

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

武汉市科普教育印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:430 000

1982 年 4 月第 1 版 1998 年 9 月第 3 版 1998 年 9 月第 10 次印刷

印数:138 001—139 500

ISBN 7-5609-0198-0/TH·24

定价:17.50 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是在 1988 年 8 月修订版的基础上全面修改编写而成。本书内容包括：概论、圆柱体结合的互换性、形状和位置公差、表面粗糙度、典型件结合的互换性、圆柱齿轮传动的互换性，以及尺寸链等。

本书引用了最新的国家标准和技术资料，按本课程的教学基本要求编写。

本书既可作为大专院校机械类各专业的《互换性与测量技术基础》课程的教材，也可供有关的工程技术人员参考。

修 订 说 明

本书第一版于1982年4月和1983年2月两次共印刷了9万余册,受到全国许多院校的关注和广大读者的欢迎。随着教学改革的深化,由湖北省高等学校互换性与测量技术基础研究会组织部分院校教师,对本书第一版原有的内容先后进行了两次修改,于1988年8月出版了本书的修订版。

参加本书第一版编写的有:李柱、席宏卓、李光瀛、江天一、范治渊、葛梦周、凌兆伦、梁伊珍、程德云等同志,由李柱、席宏卓任主编。

参加本书1988年修订版第一次修改的部分同志有:李义方(原第二章,技术测量基础),许大全、范治渊(原第三章,圆柱体的公差与配合),余培元(原第四章,形状和位置公差),葛梦周(原第五章,表面光洁度),凌兆伦(原第六章,光滑工件尺寸的检测),罗镜冰(原第七章,滚动轴承的公差与配合),管鄂(原第十章,螺纹的公差与配合及检测),霍明理(原第十一章,圆柱齿轮传动的公差及齿轮测量),萧元德(原第十二章,尺寸链)。

参加本书1988年修订版第二次修改的主要同志有:许大全、范治渊、谢铁邦、席宏卓、李柱。由李柱、席宏卓及谢铁邦任主编。此外,熊有伦同志参与了第八章的审校工作。

1988年修订版发行至今已历时10年,随着我国机械工业基础标准的颁布和修订,以及本学科新理论、新方法和新技术的发展,原书的部分内容已显得不足,急需扩充和修订。本书自第一版发行以来,得到全国数十所高等学校的采用,全国同行对本书提出了许多宝贵的意见和建议,这些宝贵的意见和建议为本书的重新修订提供了依据。

本书(本次修订)按全国高等工业学校《互换性与测量技术基础》课程教学指导小组制定的课程教学基本要求重新编写,引用了目前最新的国家标准资料和本学科最新的科技成果,加强了基础知识及其应用的内容,同时也注意扩大学生的知识面,有利于培养学生分析、解决工程实际问题的能力和创造能力。在内容编排上,注意主次分明、深浅适当、删减界限清楚,以方便教师的教学和学生的自学,从而使本教材不但适用于机械制造专业本科生的教学要求,而且也适用于其他专业本科生和不同类型学校(专科学校、函授大学、电大、夜大、自修大学等)专科生的教学要求。

本次修订版由谢铁邦、李柱、席宏卓任主编,并负责全书的修订。

编著者

1998年2月

目 录

第一章 概论	(1)
§ 1-1 互换性的意义与发展	(1)
§ 1-2 标准化	(3)
§ 1-3 技术测量的基本知识	(9)
结语与习题	(34)
第二章 圆柱体结合的互换性	(36)
§ 2-1 概述	(36)
§ 2-2 有关公差与配合的术语和定义	(36)
§ 2-3 公差值(公差带大小)的标准化	(43)
§ 2-4 基本偏差(公差带位置)的标准化	(45)
§ 2-5 公差带与配合的标准化	(55)
§ 2-6 公差与配合选择综合分析	(57)
§ 2-7 滚动轴承的极限与配合	(72)
§ 2-8 光滑极限量规	(81)
§ 2-9 测量器具的选择	(87)
结语与习题	(92)
第三章 形状和位置公差	(98)
§ 3-1 意义	(98)
§ 3-2 基本概念	(98)
§ 3-3 形位公差及公差带	(103)
§ 3-4 形状和位置公差的标注	(114)
§ 3-5 公差原则	(119)
§ 3-6 形状和位置公差的选择	(127)
§ 3-7 形状和位置误差的测量	(133)
§ 3-8 位置量规	(151)
结语与习题	(158)
第四章 表面粗糙度	(161)
§ 4-1 概述	(161)
§ 4-2 表面粗糙度的评定	(162)
§ 4-3 表面粗糙度的标注	(166)
§ 4-4 表面粗糙度的选用	(168)
§ 4-5 表面粗糙度的测量	(171)
结语与习题	(176)
第五章 典型件结合的互换性	(178)
§ 5-1 键与花键结合的互换性	(178)
§ 5-2 螺纹结合的互换性	(184)

§ 5-3 圆锥结合的互换性	(197)
结语与习题	(217)
第六章 圆柱齿轮传动的互换性	(219)
§ 6-1 齿轮传动的使用要求	(219)
§ 6-2 齿轮的加工误差	(220)
§ 6-3 单个齿轮的评定指标	(221)
§ 6-4 齿轮副的评定指标	(227)
§ 6-5 齿轮的精度设计	(229)
§ 6-6 齿轮测量	(241)
结语与习题	(248)
第七章 尺寸链	(250)
§ 7-1 尺寸链的基本概念	(250)
§ 7-2 直线尺寸链的分析计算	(253)
§ 7-3 统计尺寸公差	(264)
结语与习题	(268)
参考文献	(272)

第一章 概 论

§ 1-1 互换性的意义与发展

一、互换性含义

什么叫“互换性”?从日常生活中,就可找到回答。例如,规格相同的任何一个灯泡和任何一个灯头,不管它们分别由哪一个工厂制成,都可装在一起;自行车、手表和缝纫机等零件坏了,也可以迅速换上一个新的,并且在装配或更换后,能很好地满足使用要求。其所以能这样方便,就因为灯泡、灯头以及自行车、手表和缝纫机等零件都具有互换性。

怎样才能使零件具有互换性?假如制成的一批零件的实际参数(尺寸、形状等几何参数及强度、硬度等其他物理参数)的数值都等于其理论值,即这些零件完全相同,那么,在装配时,从其中任取一件,效果都是一样的。也就是说,这些零件具有互换性。但是,要获得这样绝对准确和完全一致的零件不仅是不可能的,也是不必要的。一方面,现代机器制造业可以制造出高度准确的零件,但仍然有误差。另一方面,从机器的使用和互换性生产要求看,只要制成零件的实际参数值变动不大,保证零件充分近似即可。所以,要使零件具有互换性,就应规定零件实际参数变动范围,按允许的极限来制造。

至此,可将互换性的定义阐述如下:“机器制造中的互换性,是指按规定的几何、物理及其他质量参数的极限,来分别制造机械的各个组成部分,使其在装配与更换时不需辅助加工及修配,便能很好地满足使用和生产上的要求。”这个定义既概括了各种参数、各种程度及各种范围的互换性(包括零件、部件等的互换性和机器制造及使用过程的互换性),又明确了互换性不仅是零部件等机械组成部分的一种技术属性,更重要的,互换性是具有重要技术-经济意义的生产原则与生产技术基础。

二、互换性分类

1. 按决定参数分

按决定参数的不同,互换性可分为几何参数互换性与功能互换性。

几何参数互换性是指规定几何参数的极限以保证成品的几何参数充分近似所达到的互换性。此为狭义互换性,即通常所讲的互换性,有时也局限于指保证配合要求或装配要求的互换性。

功能互换性是指规定功能参数的极限所达到的互换性。功能参数当然包括几何参数,但还包括其他一些参数,如材料机械性能参数,化学、光学、电学、流体力学等参数。此为广义互换性,往往着重于保证除配合要求或装配要求以外的其他使用功能要求。

2. 按方法及程度分

按实现方法及互换程度的不同,互换性可分为完全互换、概率互换(大数互换)、分组互换、调整互换及修配互换。

完全互换的特点是:零件(或部件)在装配或更换时,不仅不需辅助加工与修配,而且不需

选择,即可保证百分之百地满足使用要求。

概率互换与完全互换不同之点是:零件(或部件)仅能以接近于1的概率($1-\alpha$)来断定能够满足使用要求。例如 $1-\alpha=0.95$ 或 0.99 等,此处 α 即危率。

分组互换的特点是:在装配前对所有零件必须进行分组检测。通过检测,按实际尺寸大小将零件分为若干组,按组进行装配。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换。例如,滚动轴承内、外圈及滚珠(滚柱)在装配前,通常要分十几组甚至几十组;活塞销与活塞及连杆装配前,往往要分为三四组。

调整互换与修配互换的共同特点是:在机构或机器进行装配时,为达到总装精度等使用要求,必须改变某一零件的实际大小,以补偿其他零件的累积误差,此零件称为补偿环。调整互换与修配互换的不同是:前者用更换零件或改变零件的位置来改变补偿环的实际大小;后者用去掉多余材料的修配方法来改变补偿环的实际大小。此时,组成机构或机器的所有零件仍然是按互换性原则制成的,装配过程也遵循互换性原则,但必须对补偿环进行调整或修配才能达到总装精度要求。显然,在进行这样的调整或修配后,装成的机构或机器的组成零件之间,不能再随意更换;或者说,若要更换的话,则必须对补偿环重新进行调整或修配。

若在装配时,必须对所有组成零件进行补充加工或修配,才能达到装配使用要求,则零件不具有互换性。

3. 按部位或范围分

对独立部件或机构来讲,其互换性可分为外互换与内互换。

外互换是指部件或机构与其相配件间的互换性。例如,滚动轴承内圈内径与轴的配合,外圈外径与轴承座孔的配合。

内互换是指部件或机构内部组成零件间的互换性。例如,滚动轴承内、外圈滚道表面与滚珠(滚柱)表面间的互换性。

为使用方便,滚动轴承的外互换为完全互换;至于其内互换则因装配精度要求高而采用分组互换。

三、互换性的作用

互换性在机械制造中的作用,可从机器的使用、制造及设计等方面去分析。

从使用看,若零部件具有互换性,则在磨损或损坏后,可用另一新的备件代替。例如,各种内燃发动机的活塞、活塞环、活塞销,各种滚动轴承等都是这样的备件。由于备件具有互换性,使机器维修的时间和费用显著减少,保证了机器工作的连续性和持久性,从而大大提高了机器的使用价值。

从制造看,互换性是提高生产水平和文明程度的有力手段。装配时,由于零部件具有互换性,能显著减轻装配劳动量,缩短装配周期,并且可以使装配工作按流水作业方式进行,乃至采用装配自动线或机器人进行自动装配,从而使装配生产率大大提高。加工时,由于遵循互换性的原则,同一部机器上的各个零件可以同时分别制造。用得极多的标准件还可集中由专门车间或工厂单独生产。由于产品单一、数量多、分工细,可采用高效率的专用加工设备,乃至采用计算机辅助制造。这样,产量和质量必然会显著提高,成本也将大大降低。

从设计看,由于按互换性原理进行设计,尽量采用具有互换性的零件、部件、独立机构及总成,因而可简化计算、绘图等工作,缩短设计周期,有利于采用计算机辅助设计。这对保证产品品种的多样化和产品结构性能的及时改进,都有重大作用。

综上所述,在机械制造中遵循互换性原理,不仅能显著地提高劳动生产率,而且能有效地保证产品质量和降低成本。因此,互换性是机械制造发展的重要技术基础。从根本上讲,按互换性原则组织生产,实质上就是按分工协作的原则组织生产,而“分工与协作造成的生产力不费资本分文”,因此可以获得巨大的经济效益。

四、本学科的发展

在许多国家,规模比较大的互换性生产都开始于兵器制造业,然后扩大到其他行业。例如,前苏联关于互换性生产的最早记载,是在1760年至1770年的土里斯基兵工厂;美国关于按互换性原理大量生产步枪的记载是在1798年。

在我国,互换性原理用于现代机器制造业也主要开始于兵器制造。如1931年的沈阳兵工厂和1937年的金陵兵工厂,在互换性生产上当时已有相当规模,其历史比许多发达国家迟。但是,我国在古代应用互换性原理进行生产的历史则很早。近年来,从秦始皇陵兵马俑坑出土的上万件兵器证实了这一点。以出土的青铜弩机为例,其几个组成零件都具有互换性。从出土的大量青铜镞(箭头)的实测结果看,不仅每一个镞的三个刃口的分度尺寸和刃口长度尺寸的差别很小,而且一批镞之间的尺寸差别也很小,镞的表面光洁,镞尖曲线与现代自动步枪弹头曲线一致,可见这批镞具有相当好的功能互换性。这些历史文物证实我国在公元前200多年以前,早已有了大规模进行互换性生产的实践。

现在,互换性生产的发展,无论从深度或广度讲,都已进入一个新的阶段。不仅由装配互换性发展到功能互换性,由几何参数互换性发展到其他质量参数的互换性,由成批、大量生产的互换性发展到单件、小批生产的互换性,而且超出了机械工业的范畴,扩大到了其他行业。其中最典型的例子就是近年来发展特别迅速的微电子工业。由于按互换性原则生产电子工业产品、元器件及插板等,使制造成本大幅度降低,从而极大地扩大了产量与销售量。这些电子工业产品的公差项目很多,对互换性要求很高。另外,在其他许多新兴产业中,也都可看到互换性原理的应用及发展。

§ 1-2 标 准 化

互换性是工业生产广泛采用的生产原则,是保证产品质量,实现专业化、社会化生产的重要手段。在国民经济中有着重要的技术与经济意义。要实现互换性生产,必须进行各种技术参数(尺寸、形位、表面粗糙度等)及其公差的设计,制订有关的标准;必须进行产品的系列化、零部件的通用化、工艺及原材料的标准化等工作。互换性生产与标准化分不开,标准化是互换性生产的基础,贯彻于互换性生产的全过程中,因此,各级技术人员和管理人员掌握一定的标准化基本知识很有必要。

一、标准

1. 标准的定义

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(GB3935.1—83)。它有以下内涵:

(1)“标准”是一种为大家共同遵守的“技术依据”或“技术规范”、“规定”。一般来讲,这种

“标准”是以文字形式出现的,记述了必须满足的条件、达到的要求、检验规范、生产工艺过程等等。

(2) “标准”也可能是一种“实物标准”,包括各类计量标准、标准物质、标准样品等等。

(3) “标准”的研究对象,必须是具有重复性特征的事物和概念。

(4) “标准”产生的基础是科学技术和实践经验的综合成果。标准是把科学技术的成果引入生产的桥梁;标准又是实践经验的综合成果,这种经验不是局限的、片面的,而是人类社会实践某些带有普遍性和规律性的经验,经过有关方面的充分协商,使之上升为标准,反过来用以指导人类的社会。

(5) “标准”是协商产生的产物。由于标准涉及的面广,牵涉到不同阶层的利益,因此,面越广的标准,其产生的过程就越复杂,牵涉到不同部门的利益就越多,制订标准时必须充分协商,使标准既有一定的水平,又照顾到各部门的利益,使得标准一经确定,则具有权威性和法律性。

(6) “标准”的制订、批准、发布,具有一套严格的形式。

2. 标准的分级

目前,我国标准分为4级:国家标准、专业标准、地方标准和企业标准。从世界范围看,标准可分为6级:国际标准、区域标准、国家标准、专业标准、地方标准和企业(公司)标准,如图1-1所示。

3. 标准分类

按性质分,标准可分为技术标准和管理标准。技术标准又可分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生、环保标准;管理标准又可分为生产组织标准、经济管理标准和服务标准,如图1-2所示。

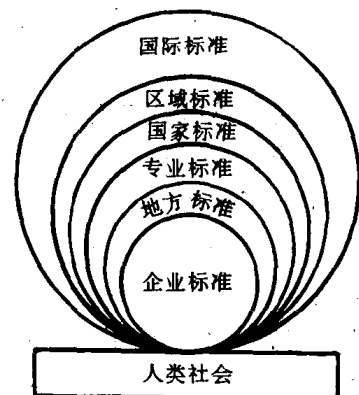


图 1-1 标准的分级

二、标准化

1. 标准化的定义

标准化,是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,对重复的事物和概念,通过制订、发

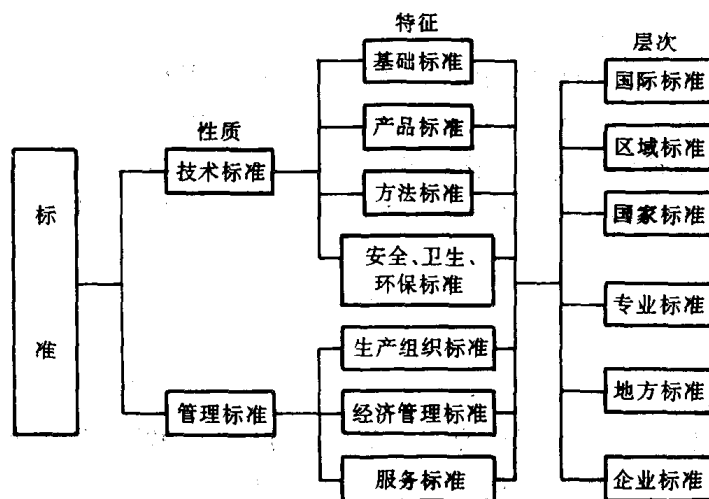


图 1-2 标准分类关系图

布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益(GB3935.1—83)。

标准化有下列含义:

(1) 标准化不是一个孤立的事物,而是一个活动过程,主要是制订标准、贯彻标准进而修订标准的过程。这个过程也不是一次就完结的过程,而是一个不断循环、螺旋式上升的运动过程。每完成一个循环,标准水平就提高一步。

(2) 标准化活动主要是通过制订和实施具体的标准来体现,所以标准化活动的基本任务和主要内容是制订、修订和实施标准。

(3) 标准化活动的目的是建立最佳秩序,取得最佳效益。

(4) 标准化的效果只有标准在社会实践中实施以后才能表现出来,决不是制订一个标准后就能达到效果,因此,在标准化的全部活动中,贯彻标准是一个不容忽视的环节。

(5) 标准化是一个相对的概念,在深度和广度上都有程度的差别。无论是一项标准还是一个标准体系都在逐步向更深的层次发展。

2. 标准化的对象

标准化的对象是具有共同利用价值的重复性的事物和概念,在工业领域内主要有以下几个方面:

- (1) 名词、术语、代码、概念、语言;
- (2) 产品、制品;
- (3) 试验方法、检查方法、验收方法;
- (4) 原料、材料、能源;
- (5) 运输、储藏;
- (6) 劳动操作、服务程序、工作方法;
- (7) 管理事务、业务;
- (8) 规范、规程、规格、等级、型号、定额。

3. 标准化原理

标准化原理是值得探讨的一个理论课题。标准化的基本原理应揭示标准化的发展规律,即反映标准化内在的矛盾运动。

由于标准化的范围极其广泛,源远流长,涉及人类生活的各个领域,并与众多学科交叉相关,所以,虽然国内外在标准化实践方面都有长足进展,在标准化理论方面也有许多研究,但在标准化原理方面,众说纷纭,至今尚无为学术界公认的原理。作为一门学科,标准化的理论体系尚待建立。

关于标准化原理,目前有代表性的论点大致可归纳如下:

(1) 以系统论(包括控制论、信息论)为指导建立标准化的理论体系。

(2) 标准化的本质是简化。可以将热力学中关于熵(entropy)的概念引入简化理论。熵的定律即热力学第二定律。热力学第一定律说明能量是守恒的、不灭的,只能从一种形式转变到另一种形式。热力学第二定律进一步说明能量只能不可逆转地沿着一个方向转化,即从对人类来说是可利用的到不可利用的状态,从有效的到无效的状态,从有序的到无序的状态转化。物理学意义上的熵就是这种不能再被转化作功的能量的总和。现在,熵的概念和熵的定律已被引用到其他自然科学乃至社会科学领域。就标准化领域来讲,就是用自觉简化的活动,减缓事物从有序状态到无序状态的转化,以减缓社会生活中熵的增加速度,从而获得社会、经济效益。

用熵作为简化的尺度,称为简化值:

$$\Delta S = K \ln \frac{P_0}{P_1} = K \ln R$$

式中, P_0 ——复杂状态的数量; P_1 ——简化后的数量; $R(=P_0/P_1)$ ——简化比; K ——常数。 ΔS 是无量纲的量, 随简化比 R 的增大而增大。若 $P_0=2, P_1=1$, 即由两个相同品种简化成一个品种时, $\Delta S=1$, 由此可得

$$K = \frac{1}{\ln 2} = 1.4427$$

把熵转化为更接近实用的尺度, 称为标准化值:

$$N = WE \cdot \Delta S$$

式中, W ——取决于标准化对象重要程度的权; E ——简化的合理程度的系数。 W 和 E 均为大于 0 而小于 1 的小数。

(3) 标准化的本质是优化。标准化的意义及标准制订的依据可概括为“最佳协调原理”, 标准化的方法可概括为“简化统一原理”与“分解合成原理”, 而标准的贯彻与修订则可概括为“重复利用原理”与“稳定过渡原理”。其中, 最佳协调原理是最基本的原理, 是其他几条原理的基础^[1]。

(4) 标准化的原理有“简化统一”、“一致同意”、“实施价值”、“选择固定”、“定期修改”、“检验测试”及“法律强制”等原理。

(5) 没有原理, 只有原则。以上原理都只能称为原则。此外, 还有“全局利益”及“重复选优”等原则。

三、数值系列标准化

产品品种规格的过多或过杂会影响生产的技术与经济效果, 而产品的品种规格过少, 则可能不能满足社会的需求。产品的品种规格与一系列的技术参数有关, 要简化产品的品种规格, 且满足社会的需求, 就要合理地和技术参数进行分级、分档, 形成总体功能最佳的参数系列。

目前, 用于数值分级的数值系列主要有: 一般数值系列(算术级数、阶梯算术级数等)、优先数系列、模数系列和 E 系列。

优先数系列是一种科学的数值分级制度, 适用于尺寸、参数和各种质量指标的分级。

1. 优先数系和优先数

(1) 优先数系 凡是在数系项值上含有 10 的整数幂, 并且有公比 $q_r = \sqrt[r]{10}$ 的等比级数, 称之为优先数系, 用字母 R_r 表示。

当 $r=5$ 时, 优先数系为 R_5 , 其公比 $q_r = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$, 例如: 1.00, 1.60, 2.50, 4.00, ...。

当 $r=10$ 时, 优先数系为 R_{10} , 其公比 $q_r = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$, 例如: 1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 2.58, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, ...。

当 $r=20$, 优先数系为 R_{20} , 其公比 $q_r = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$; 当 $r=40$, 优先数系为 R_{40} , 其公比 $q_r = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$; 当 $r=80$, 优先数系为 R_{80} , 其公比 $q_r = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。

(2) 优先数 优先数系中任一个项值均称为优先数, 它可能是理论值、计算值、常用值、化整值、近似值等。

2. 优先数的系列

(1) 基本系列与补充系列 国家标准《优先数和优先数系》(GB321—80) 规定: R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 为基本系列, R_{80} 为补充系列, 见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 优先数基本系列

常 用 值			
R5	R10	R20	R40
1	2	3	4
1.00	1.00	1.00	1.00
			1.06
		1.12	1.12
			1.18
	1.25	1.25	1.25
			1.32
		1.40	1.40
			1.50
1.60	1.60	1.60	1.60
			1.70
		1.80	1.80
			1.90
	2.00	2.00	2.00
			2.12
		2.24	2.24
			2.36
2.50	2.50	2.50	2.50
			2.65
		2.80	2.80
			3.00
	3.15	3.15	3.15
			3.35
		3.55	3.55
			3.75
4.00	4.00	4.00	4.00
			4.25
		4.50	4.50
			4.75
	5.00	5.00	5.00
			5.30
		5.60	5.60
			6.00
6.30	6.30	6.30	6.30
			6.70
		7.10	7.10
			7.50
	8.00	8.00	8.00
			8.50
		9.00	9.00
			9.50
10.00	10.00	10.00	10.00

表 1-2 优先数补充系列 R80

1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00
1.03	1.28	1.65	2.06	2.58	3.25	4.12	5.15	6.50	8.25
1.06	1.32	1.70	2.12	2.65	3.35	4.25	5.30	6.70	8.50
1.09	1.36	1.75	2.18	2.72	3.45	4.37	5.45	6.90	8.75
1.12	1.40	1.80	2.24	2.80	3.55	4.50	5.60	7.10	9.00
1.15	1.45	1.85	2.30	3.90	3.65	4.62	5.80	7.30	9.25
1.18	1.50	1.90	2.36	3.00	3.75	4.75	6.00	7.50	9.50
1.22	1.55	1.95	2.43	3.07	3.85	4.87	6.15	7.75	9.75

(2) 派生系列 在优先数系列 R_r 中,每 P 项取一项值所组成新的系列。例如,从 R_{10} 系列中每三项取一项值,则构成 $R_{10/3}$ 系列:

1.00, 2.00, 4.00, 8.00

取值的起始项不同,所构成的派生系列是不同的。例如,从 R_{10} 系列中每三项取一项构成 $R_{10/3}$ 系列,若起始项为 1.25,则派生系列是:

1.25, 2.50, 5.00, 10.00

3. 优先数系的数学特征

(1) 包含性 在 R_{40} 系列中包含有 R_{20} 系列中的全部项值;在 R_{20} 系列中包含有 R_{10} 系列的全部项值;在 R_{10} 系列中包含有 R_5 系列的全部项值;在 R_{80} 系列中包含有 R_{40} 系列的全部项值。

(2) 延伸性 系列中的项值可以向两端无限延伸。

(3) 相对差 同一系列中,任意相邻两项优先数的相对差近似不变。

(4) 积、商和幂 同一系列中,任意两项的理论值之积和商,任意一项理论值的整数幂,仍为此系列中一个优先数的理论值。

(5) 和与差 同一系列中,两个优先数的和与差,一般不再为优先数。

4. 优先数系的主要优点

(1) 经济合理的数值分级制。优先数系是一种十进等比数列,其相对差不变,不会造成数的排列疏的过疏,密的过密。产品技术参数选用优先数系,能以较少的品种规格,经济合理地满足用户的要求。

(2) 统一和简化的基础。优先数系是国际上统一的数值分级制,可用于各种参数的分级,为技术经济工作上的统一和简化,以及产品参数的协调提供了基础。

(3) 具有广泛的适应性。优先数系可满足较密和较疏的分级要求,具有不同形式的系列和系列的组合供选择,便于选取最佳系列以达到最佳的经济效果。

(4) 简单、易记、使用方便。

(5) 简化设计计算。优先数系是等比数列,任意个优先数的积和商仍为优先数,其对数是一个等差级数,这些特点可简化设计中的计算。

优先数系适用于能用数值表示的各种量值的分级,特别是产品的参数系列。例如,长度、直径、面积、体积、载荷、应力、速度、时间、功率、电流、电压、流量、浓度、传动比、公差、测量范围、试验或检验工作中测点的间隔以及无量纲的比例系数等等。

§ 1-3 技术测量的基本知识

要使零、部件具有互换性,必须按标准正确设计它们的技术参数公差,如长度、角度公差和表面粗糙度等等。零、部件加工后是否达到设计规定的要求,还需通过测量来验证。测量结果的精确与否直接影响零、部件的互换性,因此,在互换性生产中,测量十分重要,它是保证零、部件具有互换性不可缺少的措施和手段。

测量就是将被测的量与作为单位或标准的量进行比较,从而确定二者比值的实验过程。因此,测量所得量值即用测量单位表示的被测的量的数值。

测量过程包括以下一些因素:被测对象,测量单位,测量方法,测量器具,测量者及测量环境等。由于这些因素的缺陷及不稳定性,测得值与被测的量的真值总有差别,这就是测量误差。

在机械制造中,技术测量(精密测量)的主要对象是几何量,包括长度、角度、粗糙度及形位误差等。对技术测量的基本要求是:必须将测量误差控制在允许限度内,以保证所需的准确度。此外,还要求正确选择测量方法与测量器具,以保证所需的测量效率,做到经济合理。

一、长度的计量单位及尺寸传递系统

为了保证计量的准确度,首先需要建立统一、可靠的计量单位。所谓计量单位是用以量度同类量大小的一个标准量。

国际单位制的基本长度为米,用 m 表示;机械制造中常用的长度单位为毫米,用 mm 表示,一毫米等于千分之一米。精密测量时,多用微米为单位,用 μm 表示,一微米等于千分之一毫米。

国际单位制基本长度单位原以保存在巴黎的由铂铱合金制成的米原器为基准。由于金属内部的不稳定性,以及受环境的影响,国际米原器的可靠性并不理想。此外,各国要定期将国家基准米尺送往巴黎与国际米原器校对,亦很不方便。所以,在1960年第十一届国际计量大会上决定采用光波波长作为长度单位的基准,并通过了关于米的定义:“一米是氪 $86(Kr^{86})$ 原子 $2P_{1/2}$ 与 $5d_{5/2}$ 能级之间跃迁辐射在真空中波长的 1650763.73 倍的长度”。随着科学技术的发展,特别是由于相对论的创立,激光发生器和原子钟的发明又为米的定义开拓了新的境界。相对论使光速的地位从一个普通的物理量提高成为取恒值的不变自然量,只要能精确地测定光速值,凭借由铯原子钟定义的秒,就可用光在某个时间间隔(秒)中行进的路程来定义长度单位。1983年10月在第十七届国际计量大会上通过米的新定义为:“米是光在真空中 $1/299\,792\,458$ 秒的时间内所经过的路程。”国务院1984年2月颁布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》就是以光行程为基础的新定义。从此,这个新定义取代了借助 Kr^{86} 橙色光波长的米定义。

采用光的行程作为长度基准,不仅可以保证测量单位稳定、可靠和统一,而且使用方便,并从本质上提高了测量精度。

为了保证机械制造中长度测量的量值统一,必须建立从长度基准到生产中使用的各种测量器具(量具、量仪),直至工件的尺寸传递系统,基本情况如图1-3所示。

从光波长度基准到测量实践之间的尺寸传递媒介,有线纹尺与量块(块规)。它们是机械制造中的实用长度基准,而尤以量块的应用为广。

量块是一种平面平行长度端面量具,一般都用铬锰钢,或用线膨胀系数小、性质稳定、耐磨、不易变形的其他材料制成。有长方体与圆柱体两种形状(图1-4a、b)。两测量面之间的距离

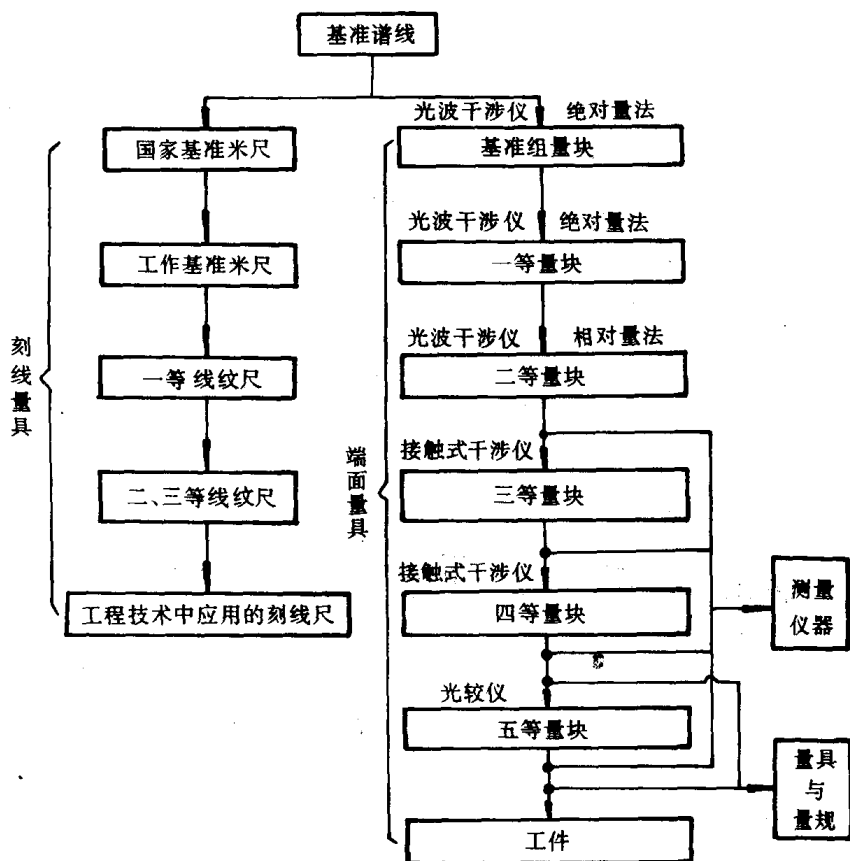


图 1-3 尺寸传递系统

为其工作尺寸(标称尺寸),此尺寸非常准确。

量块除作为尺寸传递媒介,用以体现测量单位外,还广泛用来检定和校准量具和量仪;比较测量时用来调整仪器零位;低精度量块允许直接用于检验零件,或者用于机械加工中的精密划线和精密机床调整。

量块具有可粘合的特性。当用少许压力把两个量块的测量面相互推合后,即可牢固地联结起来(图 1-4d)。此种现象是因量块表面经过精细加工,表面极为光洁,平面度误差很小,当表面上留有极薄一层油膜(约 $0.02\mu\text{m}$)时,在推合作用下,由于分子之间的吸力而粘合在一起。此种粘合特性大大地扩大了量块的应用,使有可能在一定范围内,按照需要将不同工作尺寸的量块组合起来。

量块的精度很高,但其测量面并非理想平面,两测量面也不是绝对平行。因此,根据量块尺寸的测定方法,规定量块的尺寸以中心长度尺寸代表;对于长方体量块,则是由量块上测量面中心到与量块下测量面粘合的平晶表面的垂直长度(图 1-4c)。

为了满足不同应用场合对量块精度的要求,一般量块按制造精度分为 0、1、2、3、4 共五

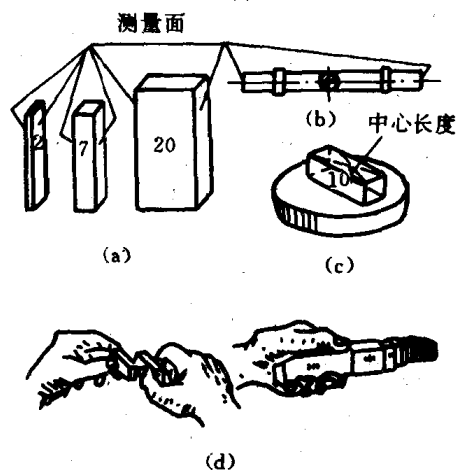


图 1-4 量块