



21世纪高等职业教育规划教材
机电系列

公差配合与测量技术

GONGCHA PEIHE YU CELIANG JISHU

■ 主编 邓子祥
■ 主审 文昌俊



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

21世纪高等职业教育规划教材·机电系列

机械制图
机械制图习题集
机械设计基础
机械制造基础
数控机床操作与编程
公差配合与测量技术
液压与气压传动
电工电子技术基础

责任编辑: 陈 勇
封面设计: 罗明波
责任校对: 方汉交

ISBN 978-7-5622-3831-7



9 787562 238317 >

定价: 22.00元

21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列

公差配合与测量技术

主 编 邓子祥

副主编 沈 锋 于 海 王志满

编 者 (按姓氏笔画排序)

于 海 (咸宁职业技术学院)

王志满 (咸宁技师学院)

邓子祥 (武汉工程职业技术学院)

汪秀珍 (武汉工程职业技术学院)

沈 锋 (襄樊职业技术学院)

孟 灵 (襄樊职业技术学院)

詹建军 (武汉工程职业技术学院)

主 审 文昌俊

华中师范大学出版社

内容简介

本书是结合当前高职高专职业教育的特点与机械加工、设备类专业最新知识而编写的。全书共分八章,主要内容包括绪论、尺寸极限与配合、形状和位置公差及其检测、光滑极限量规、表面粗糙度及其测量、机械基础件的公差与检测、圆柱齿轮传动的公差与检测、尺寸链基础等,全书内容均采用最新国家标准。

本书可作为高等职业院校机械类或近机类专业的教材,也可供机械制造业工程技术人员、计量检测人员及机加工操作者等使用。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/邓子祥主编. —武汉:华中师范大学出版社,2008. 12

(21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-5622-3831-7

I. 公… II. 邓… III. ①公差—配合—高等学校:技术学校—教材 ② 技术测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 187979 号

公差配合与测量技术

主编:邓子祥◎

选题策划:第二编辑室(027-67867362)

策划编辑:陈 勇

责任编辑:陈 勇

责任校对:方汉交

封面设计:罗明波

出版发行:华中师范大学出版社

社址:湖北省武汉市珞喻路 152 号

电话:027-67863040 67863426 67861549 67867076(发行部) 027-67861321(邮购)

传真:027-67863291

网址:<http://www.ccnapress.com>

电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

印刷:武汉市新华印刷有限责任公司

督印:章光琼

字数:290 千字

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:12

版次:2009 年 1 月第 1 版

印次:2009 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3 100

定价:22.00 元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请拨打举报电话 027-67861321

21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列

编审委员会

顾 问 (以姓氏笔画为序)

王 为	文昌俊	刘建萍	刘晓静
陈少斌	周少华	周国柱	罗元文
郑新建	胡松林	赵大兴	童应学

委 员 (以姓氏笔画为序)

王结南	王贵槐	邓子祥	刘合群
阮班强	余佑财	吴水萍	吴定智
张晓红	杨晓光	苏 明	苏朱勇
陈少艾	单小容	周文嵩	胡思霖
赵昌后	徐得志	徐国红	郭建农
高虹静	崔西武	黄堂芳	程洪涛
熊裕文	蔡慧玲		

总 序

制造业是国民经济的支柱产业,机械制造业是制造业的重要组成部分,它为国民经济各部门和国防建设提供各种技术装备,为人类生产物质财富,创造价值。没有发达的制造业就不可能有国家的真正繁荣昌盛。纵观世界各国,如果一个国家的制造业发达,它的经济和国力必然强大。大多数国家和地区经济腾飞,国力强盛,制造业是功不可没的。美国近 70% 的财富来源于制造业,日本国民经济总产值的近 50% 是由制造业提供的,制造业在我国工业总产值中所占比重为 40%。对任何国家而言,制造业均应是整个工业及国民经济、国防建设的基石,而制造技术则是国家经济持续发展的动力,亦是在世界经济激烈市场竞争中赢得一席之地的根本保障。20 世纪 70 年代,美国有一批学者鼓吹制造业是“夕阳工业”,美国已进入“后工业化社会”,致使美国制造业日益衰退,产品的市场竞争力下降,贸易逆差剧增,其制造业的生存空间不断萎缩。如此惨痛的教训引起企业界、学术界和政府部门的普遍重视,20 世纪 80 年代末期,美国终于认识到:“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”,“振兴美国经济的出路在于振兴美国的制造业”。

现代机械制造技术的总的趋势是机械制造科技、材料科技、电子科技、信息科技、管理科技、环保科技和生命科技的相互交叉和融合。近 30 年来,新材料不断涌现,材料的强度、刚度、硬度、耐热性不断提高,推动了制造业的发展。随着现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术、电子计算机技术和通讯技术的发展,机械制造业发生了深刻的变化,出现了电子束加工、离子束加工、超声波加工、激光加工等特种加工方法,突破了传统的金属切削方法,促进了难加工材料加工、复杂型面加工、微细加工等领域的发展;精密加工的精度已从微米级提高到了纳米级,纳米技术与微型机械已成为 21 世纪的核心技术;先进制造技术异军突起,在现代管理技术、现代工程设计技术、现代制造技术和现代物流技术等方面涌现出诸如成组技术、数控技术、计算机集成制造技术、并行工程、准时生产、精益生产、智能制造、虚拟制造、柔性制造、敏捷制造、网络制造、快速原型制造、绿色制造、传感技术、工业机器人等一系列新技术,现代制造技术面临不断的开发和创新。

我国的机械制造业借改革开放之东风已取得长足的发展,充分利用国内外的技术资源,使制造技术、产品质量和经济效益有了显著的提高,但与发达国家相比,仍然存在明显的差距,主要表现在出口的机械产品以中低档为主,高新技术机电产品、成套设备出口比例较低,产品竞争力不强。面对经济的全球化和贸易的自由化,市场竞争愈演愈烈,我国机械制造业正承受着国际市场竞争的巨大压力。但是,改革的不断深入和对外开放的不断扩大为我国制造业的发展提供了良好的机遇。尤其令人欣慰的是,大力发展先进制造技术引起了我国的高度重视,已形成既定的国策。挑战和机遇并存,我们应该面对挑战,抓住机遇,练好内功,大胆创新,提高我国机械制造业的技术水平和能力,提高我国产品的国际竞争力,争取拥有控制市场的主动权。

现代先进制造技术并不摒弃传统的制造技术,而是运用不断涌现的科学技术成果不断地去充实和改造它。这一理念可作为我们编写“21 世纪高等职业教育规划教材·机电系列”的借鉴。当前高职院校机电类专业是一个机电一体化的宽口径专业,而现行的机电类专业课程体系明显偏重于机械方面,这与当前专业所处的机电一体化定位格局很不适应;另外,高职院校目前所采用的机电系列教材大多不能满足现代机械制造业的发展水平,不仅内容陈旧落后,而且各门课程之间各自独立,有的重复,有的脱节,不能有机地相互融合渗透。因此,编写一套反映时代要求的高质量的教材是当前高职院校机电专业建设的当务之急。为此,华中师范大学出版社组织了多所高职院校机电类专业的教师致力于本系列教材的撰写工作,力争把这套教材编成在全国具有较强竞争力的精品系列教材。这套教材包括《机械制造基础》、《机械设计基础》、《机械制图》、《机械制图习题集》、《数控机床操作与编程》、《液压与气压传动》、《公差配合与测量技术》、《电工电子技术基础》等,计划在 2007 年—2008 年两年内出版完成全部教材。

由于本系列教材参编人员较多,水平和能力难免参差不齐,书中一定会有许多不尽如人意之处,因此恳请广大读者和同仁提出批评和建议。

丛书编委会

2007 年 6 月 10 日

前 言

本书是根据高职高专职业教育的特点与机械加工、设备类专业人才素质、业务范围、知识和能力结构等方面的要求编写而成的。“公差配合与技术测量”作为机电类专业的专业基础课程,是学好后续专业课程的基础。

在本书的编写过程中,我们认真贯彻了教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》的精神,以“保证基础、加强应用、体现先进、突出能力为本位”的职业教育特色为指导思想,以“必需、够用”为度,遵循“宽、新、浅、用”的原则,力求针对性和实用性。在内容的选材和处理上,尽量采用通俗易懂的语言,做到“少而精”。并且每章节末均有小结和思考题,以使学加深理解,提高学生理论联系实际的能力,突出学生对所学知识的应用能力。

本书由邓子祥任主编,沈锋、于海、王志满任副主编,第1章由邓子祥(武汉工程职业技术学院)编写,第2章由沈锋(襄樊职业技术学院)编写,第3章、第4章由汪秀珍(武汉工程职业技术学院)编写,第5章由王志满(咸宁技师学院)编写,第6章、第7章由詹建军(武汉工程职业技术学院)编写,第8章由于海(咸宁职业技术学院)编写。襄樊职业技术学院孟灵参加了全书编写及书稿整理工作。全书由邓子祥统稿。

在本书的编写过程中,得到了兄弟院校许多老师的大力支持和帮助,湖北工业大学文昌俊教授对全书进行了认真细致的审阅,提出了许多宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢!同时也特别感谢华中师范大学出版社给予的大力支持与帮助。

由于本教材涉及内容广泛,作者水平有限,经验不足,书中难免存在错漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。期待读者能及时与主编联系(E-mail: dzxiang119@sohu.com),以便再版时修订。

编 者

2008年11月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 互换性概述	1
1.2 测量基础知识	2
1.3 常用计量器具和测量方法	3
1.3.1 计量器具的分类和基本度量指标	3
1.3.2 测量长度尺寸的常用测量器具及测量方法	5
1.3.3 测量角度的常用测量器具及测量方法	16
1.4 测量误差	21
本章小结	25
思考题	25
第 2 章 尺寸极限与配合	27
2.1 极限与配合的基本术语和定义	27
2.1.1 尺寸的术语定义	27
2.1.2 配合的术语和定义	31
2.2 极限与配合的国家标准	35
2.2.1 标准公差	35
2.2.2 基本偏差	38
2.3 公差与配合的选用	52
2.3.1 基准制的选用	52
2.3.2 公差等级的选用	53
2.3.3 配合种类的选用	56
本章小结	62
思考题	62
第 3 章 形状和位置公差及其检测	64
3.1 形位公差	64
3.1.1 形位公差与误差	65
3.1.2 位置公差与误差	69
3.1.3 形位公差的标注	76
3.1.4 公差原则	78
3.2 形位公差的选择	87

3.3 形位公差的检测及误差分析	95
本章小结	98
思考题	98
第4章 光滑极限量规	100
4.1 概述	100
4.2 泰勒原则	101
4.3 量规设计	103
本章小结	106
思考题	107
第5章 表面粗糙度及其测量	108
5.1 表面粗糙度概述	108
5.2 表面粗糙度的评定	109
5.2.1 基本术语	109
5.2.2 表面粗糙度的评定参数(GB/T3505-2000)	111
5.2.3 表面粗糙度评定参数及数值的选用	113
5.3 表面粗糙度的标注	116
5.3.1 表面粗糙度的符号及代号	116
5.3.2 表面粗糙度的标注	117
5.4 表面粗糙度的测量	119
本章小结	120
思考题	120
第6章 机械基础件的公差与检测	121
6.1 键连接的公差与检测	121
6.1.1 平键连接的公差与配合	121
6.1.2 矩形花键的公差与配合	125
6.2 滚动轴承的公差与检测	128
6.2.1 滚动轴承的组成及精度等级	128
6.2.2 滚动轴承配合件公差及选用	129
6.3 普通螺纹连接的公差与检测	135
6.3.1 螺纹几何参数偏差对互换性的影响	135
6.3.2 普通螺纹的公差与配合	140
6.4 圆锥的公差配合与检测	147
6.4.1 圆锥配合的基本参数	147
6.4.2 圆锥的公差与配合	149
本章小结	152

思考题	152
第 7 章 圆柱齿轮传动的公差与检测	154
7.1 概述.....	154
7.2 影响齿轮传动准确性的偏差及检测.....	156
7.3 影响齿轮传动平稳性的偏差及检测.....	159
7.4 影响齿轮传动载荷分布均匀性的偏差及检测.....	161
7.5 齿轮副的评定指标及检测.....	162
7.6 渐开线圆柱齿轮精度标准.....	165
本章小结	171
思考题	171
第 8 章 尺寸链基础	172
8.1 尺寸链的概念.....	172
8.1.1 尺寸链的基本术语	172
8.1.2 尺寸链的分类	173
8.1.3 尺寸链的建立与分析	174
8.2 尺寸链的计算.....	175
8.2.1 用极值法求解尺寸链	175
8.2.2 用概率法求解尺寸链	177
本章小结	178
思考题	178
参考文献	179

第 1 章 绪 论

1.1 互换性概述

一、互换性及其意义

在日常生活中,经常会遇到零件互换的情况,例如,机器、汽车、拖拉机、自行车、缝纫机上的零件坏了,只要换上相同型号的零件就能正常运转,不必考虑具体的生产厂家,之所以这样方便,是因为这些零(部)件具有互换的特点。所谓互换性是指:同一规格的一批零部件,任取其一,不需任何挑选或附加修配就能安装在机器上,并能满足其使用功能要求。换言之,零部件所具有的不经任何挑选或修配便能在同范围内互相替换使用的特性就叫互换性。

互换性在机械制造业中具有重要意义,互换性能给产品的设计、制造和使用维修带来很大的方便。

从设计方面来看,按互换性进行设计,可以最大限度地采用标准件、通用件,大大减少计算、绘图等工作量,缩短设计周期,并有利于产品品种的多样化和计算机辅助设计。

从制造方面来看,互换性有利于组织进行大规模的专业化生产,即有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,有利于实现加工过程和装配过程机械化、自动化,从而可以提高劳动生产率和产品质量,降低生产成本。

从使用和维修方面来看,具有互换性的零部件在磨损及损坏后可及时更换,因而减少了机器的维修时间和费用,保证机器连续运转,从而提高了机器的使用价值。

总之,互换性在提高产品质量和可靠性、提高经济效益等方面具有重要的意义,它已成为现代化机械制造业中一个普遍遵守的原则。

二、互换性分类

互换性按互换的范围,可分为几何参数互换和功能互换。几何参数互换是指零部件的尺寸、形状、位置、表面粗糙度等几何参数具有互换性,本课程主要研究几何参数的互换。

互换性按其互换程度,可分为完全互换和不完全互换。同一规格工件装配前不作任何挑选,装配时不需辅助加工,装配后能满足其使用要求,这些零部件属于完全互换。适当放大公差值,加工测量后分组装配,满足其使用要求,作用在于解决加工困难,降低生产成本,则属于不完全互换。

三、互换性与标准化

标准是对重复性事物和概念所作的统一规定,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。

标准化是指标准的制订、发布和贯彻实施的全部活动过程,包括从调查标准化对象开始,经试验、分析和综合归纳,进而制订和贯彻标准,以后还要修订标准等等。标准化是以标准的形式体现的,也是一个不断循环、不断提高的过程。

互换性与标准化通常是联系在一起的,标准化是实现互换性的前提。为了实现互换性生产,必须采用一种手段,使各个分散的、局部的生产部门和生产环节之间保持必要的技术统一,以形成一个统一的整体,标准与标准化是实现互换性生产的基础。

1.2 测量基础知识

“测量”是指以确定被测对象量值为目的的一组操作,其实质是将被测几何量与作为计量单位的标准量进行比较,从而确定被测几何量是计量单位的倍数或分数的过程。

一个完整的测量过程包括测量对象、计量单位、测量方法和测量精度四个要素。

1. 测量对象

主要指几何量,包括长度、角度、形状和位置误差、表面粗糙度以及螺纹、齿轮的各种参数等。

2. 计量单位

为保证测量的正确性,必须保证测量过程中单位的统一,我国以国际单位制为基础确定了法定计量单位。我国的法定计量单位中,长度单位为米(m),平面角的角度计量单位为弧度(rad)及度($^{\circ}$)、分($'$)、秒($''$)。机械制造中常用的长度计量单位为毫米(mm), $1\text{ mm}=10^{-3}\text{ m}$ 。在精密测量中,长度计量单位采用微米(μm), $1\mu\text{m}=10^{-3}\text{ mm}$,在超精密测量中,长度计量单位采用纳米(nm), $1\text{ nm}=10^{-3}\mu\text{m}$ 。机械制造中常用的角度计量单位为弧度、微弧度(μrad)和度、分、秒。 $1\mu\text{rad}=10^{-6}\text{ rad}$, $1^{\circ}=0.0174533\text{ rad}$ 。度、分、秒采用60进制,即 $1^{\circ}=60'$, $1'=60''$ 。

3. 测量方法

测量方法是指在进行测量时所采用的测量器具、测量原理和测量条件及综合。测量条件是测量时零件和测量器具所处的环境,如温度、湿度、振动和灰尘等。

4. 测量精度

测量精度是指测量结果与真值的一致程度。测量结果越接近真值,则测量精度越高;反之,则测量精度偏低。

测量的基本要求是:保证测量精度,测量效率高,测量成本低。同时结合测量技术分析零件的加工工艺,积极采取措施,避免废品的产生。

1.3 常用计量器具和测量方法

1.3.1 计量器具的分类和基本度量指标

一、计量器具分类

计量器具按结构特点可分为以下四类。

1. 量具

量具是以固定形式复现量值的计量器具,一般结构较简单,没有传动放大系统。只用来复现单一量值的量具称单值量具,如量块、直角尺等。可用来复现一定范围内的一系列不同量值的量具,称为通用量具。通用量具按其结构特点分为以下几种:固定刻线量具,如钢尺、圈尺等;游标量具,如游标卡尺、万能角度尺等;螺旋测微量具,如内、外径千分尺和螺纹千分尺等。

2. 量规

量规是指没有刻度的专用计量器具,用于检验零件要素的实际尺寸及形状、位置的实际情况所形成的综合结果是否在规定的范围内,从而判断零件被测的几何量是否合格。量规检验不能获得被测几何量的具体数值。如用光滑极限量规检验光滑圆柱形工件的合格性;用螺纹极限量规综合检验螺纹的合格性等。

3. 量仪

量仪是能将被测几何量的量值转换成可直接观察的指示值或等效信息的计量器具。量仪一般具有传动放大系统。按对原始信号转换原理的不同,量仪又可分为以下四种:

(1) 机械式量仪

机械式量仪是指用机械方法实现原始信号转换的量仪,如指示表、杠杆比较仪和扭簧比较仪等。

(2) 光学式量仪

光学式量仪是指用光学方法实现原始信号转换的量仪。如万能测长仪、立式光学计、工具显微镜、干涉仪等。

(3) 电动式量仪

电动式量仪是指将原始信号转换成电量形式信息的量仪。这种量仪具有放大和运算电路,可将测量结果用指示表或记录器显示出来。如电感式测微仪、电容式测微仪、电动轮廓仪、圆度仪等。

(4) 气动式量仪

气动式量仪是指以压缩空气为介质,通过其流量或压力的变化来实现原始信号转换的量仪。如水柱式气动量仪、浮标式气动量仪等。这种量仪结构简单,可进行远距离测量,也可对难以用其他计量器具测量的部位(如深孔部位)进行测量;但示值范围小,对不同的被测参数需要不同的测头。

4. 计量装置

计量装置是指为确定被测几何量值所必需的计量器具和辅助设备的总体。它能够测量较多的几何量和较复杂的零件,有助于实现检测自动化或半自动化,一般用于大批量生产,以提高检测效率和检测精度。

二、计量器具的基本度量指标

度量指标用来说明计量器具的性能和功用,它是选择和使用计量器具,研究和判断测量方法正确性的依据,常用的度量指标如下:

1. 分度值(刻度值)

是指在测量器具的标尺或分度盘上,相邻两刻线间所代表的被测量的量值。如千分表的分度值为 0.01 mm 。对于数显式仪器,其分度值称为分辨率。一般来说,分度值越小,计量器具的精度越高。

2. 刻度间距

是指计量器具的刻度尺或分度盘上相邻两刻线中心之间的距离。为便于目视估计,一般刻度间距为 $1\sim 2.5\text{ mm}$ 。

3. 示值范围

是指计量器具所显示或指示的最小值到最大值的范围。如光学比较仪的示值范围为 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。

4. 测量范围

是指计量器具所能测量零件的最小值到最大值的范围。如某一千分尺的测量范围为 $75\sim 100\text{ mm}$,某一光学比较仪的测量范围为 $0\sim 180\text{ mm}$ 。

5. 灵敏度

是指计量器具对被测量变化的反应能力。若被测量变化为 ΔL ,计量器具上相应变化为 Δx ,则灵敏度 $S = \Delta x / \Delta L$ 。当 Δx 和 ΔL 为同一类量时,灵敏度又称放大比,其值为常数。

通常,计量器具的分度值越小,则该计量器具灵敏度越高。

6. 测量力

是指计量器具的测头与被测表面之间的接触压力。在接触测量中,要求有一定的恒定测量力。测量力太大会使零件或测头产生变形,而测量力不恒定会使示值不稳定。

7. 示值误差

是指计量器具上的示值与被测量真值的代数差。

8. 示值变动

是指在测量条件不变的情况下,用计量器具对被测量件测量多次(一般为 $5\sim 10$ 次)所得示值中的最大差值。

9. 回程误差(滞后误差)

是指在相同条件下,对同一被测量进行往返两个方向测量时,计量器具示值的最大变动量。

10. 不确定度

是指由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度。不确定度用极限误差表

示,这是一个综合指标,包括示值误差、回程误差等。如分度值为 0.01 mm 的千分尺,在车间条件下测量一个尺寸小于 50 mm 的零件时,其不确定度为 $\pm 0.004\text{ mm}$ 。

1.3.2 测量长度尺寸的常用测量器具及测量方法

一、量块

1. 量块的形状、用途及尺寸系列

量块是没有刻度的平等端面量具,也称块规,是用特殊合金钢制成的长方体,如图 1-1 所示。量块具有线膨胀系数小、不易变形、耐磨性好等特点。量块有经过精密加工的平整、光洁的两个平等平面,称为测量面。两测量面之间的距离为工作尺寸 L ,又称标称尺寸,具有很高的精度。量块的标称尺寸大于或等于 10 mm 时,其截面尺寸为 $35\text{ mm} \times 9\text{ mm}$;标称尺寸在 10 mm 以下时,其截面尺寸为 $30\text{ mm} \times 9\text{ mm}$ 。

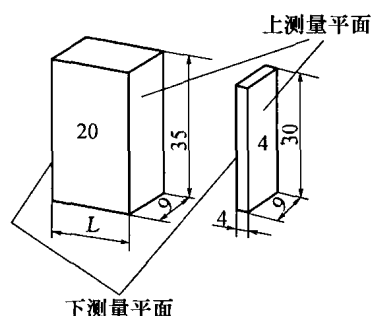


图 1-1 量块

量块的测量面非常平整和光洁,用少许压力推合两块量块,使它们的测量面紧密接触,两块量块就能粘合在一起,量块的这种特性称为研合性。利用量块的研合性,就可用不同尺寸的量块组合成所需的各种尺寸。

量块的应用较为广泛,除了作为量值传递的媒介以外,还用于检定和校准计量器具,相对测量时调整量具和量仪的零位,以及用于精密机床的调整、精密划线和直接测量精密零件等操作。

在实际生产中,量块是成套使用的,每套量块由一定数量的不同标称尺寸的量块组成,以便组合成各种尺寸,以满足一定尺寸范围内的测量需求。GB/T6093-2001 共规定了 17 套量块。常用成套量块的级别、尺寸系列、间隔和块数如表 1-1 所示。

表 1-1 成套量块尺寸

套别	总块数	级别	尺寸系列/mm	间隔/mm	块数
1	91	00,0,1	0.5	0.001 0.01 0.1 0.5 10	1
			1		1
			1.001,1.002,...,1.009		9
			1.01,1.02,...,1.49		49
			1.5,1.6,...,1.9		5
			2.0,2.5,...,9.5		16
			10,20,...,100		10