



机电工程类专业“互联网+”创新型精品教材

公差配合与测量技术

主编
魏勇
娄阳

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

GONGCHA PEIHE
YU CELIANG JISHU

公差配合 与测量技术

主编 魏勇 娄阳

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与测量技术 / 魏勇, 姜阳主编. -- 北京:
北京出版社, 2025.8. -- ISBN 978-7-200-19641-2

I. TG801

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025145UV2 号

公差配合与测量技术

GONGCHA PEIHE YU CELIANG JISHU

主 编: 魏勇 姜阳
出 版: 北京出版集团
北 京 出 版 社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总 发 行: 北京出版集团
经 销: 新华书店
印 刷: 定州启航印刷有限公司
版 印 次: 2025 年 8 月第 1 版 2025 年 8 月第 1 次印刷
成品尺寸: 185 毫米 × 260 毫米
印 张: 16.5
字 数: 360 千字
书 号: ISBN 978-7-200-19641-2
定 价: 56.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572341 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572341 010-58572393

项目一 认识互换性..... 1

任务一 互换性的概念及意义.....2

一、互换性的概念.....2

二、互换性的种类.....3

三、公差与检测.....3

四、互换性的作用和意义.....3

任务二 标准与优先数.....4

一、标准和标准化.....5

二、优先数和优先数系.....6

职业技能知识点考核.....8

项目二 几何测量技术基础..... 9

任务一 认识尺寸测量.....10

任务二 长度和角度量值传递.....11

一、长度量值传递..... 12

二、量块..... 12

三、角度量值传递..... 15

任务三 计量器具与测量方法.....16

一、计量器具的分类..... 16

二、计量器具的基本度量指标..... 17

三、常用量具..... 18

四、测量方法的种类..... 25

任务四 测量误差.....27

一、测量误差的概念..... 27

二、测量误差的来源..... 28

三、测量误差的种类..... 30

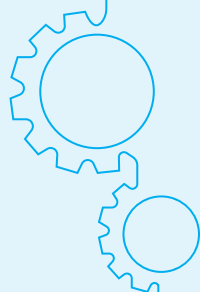
职业技能知识点考核	31
-----------------	----

项目三 光滑圆柱的公差配合与检测

任务一 认识基本术语及定义	33
一、有关尺寸的定义	33
二、有关偏差、公差的定义	35
三、有关配合的定义	37
任务二 尺寸的公差与配合	39
一、标准公差系列	40
二、基本偏差系列	42
三、公差带、配合代号及其标注	47
四、配合制	48
五、一般和优先的公差带与配合	49
六、一般公差——线性尺寸的未注公差	51
任务三 公差与配合的选择	52
一、类比法	53
二、计算法	58
任务四 尺寸的检测	59
一、验收极限和安全裕度	59
二、计量器具的选择	61
职业技能知识点考核	63

项目四 几何公差与检测

任务一 认识几何公差	66
一、几何误差对零件的使用性能的影响	67
二、几何要素	67
三、几何公差的几何特征及符号	68
四、几何公差的标注	70
五、几何公差标注举例	74
任务二 几何公差与公差带	76
一、几何公差带	76



二、形状公差与公差带	77
三、轮廓度公差与公差带	79
四、方向、位置公差与公差带	81
五、跳动公差与公差带	85
任务三 公差原则与要求	88
一、有关术语及定义	88
二、独立原则	92
三、包容要求	92
四、最大实体要求	94
五、最小实体要求	99
任务四 几何公差的选择	104
一、几何公差项目的选择	104
二、几何公差等级和公差值的选择原则	105
三、公差原则和要求的选择	109
四、几何公差的未注公差	110
任务五 几何误差的检测	113
一、几何误差的检测原则	113
二、基准体现	115
三、几何误差的评定	115
职业技能知识点考核	121

项目五 表面粗糙度与检测

任务一 认识表面粗糙度	125
一、表面粗糙度的概念	125
二、表面粗糙度对零件使用性能的影响	125
任务二 表面粗糙度的评定	126
一、主要术语及定义	127
二、表面粗糙度的评定参数	128
任务三 表面粗糙度符号及标注	131
一、表面粗糙度符号和代号	132
二、表面粗糙度的标注	132

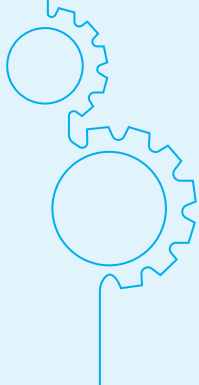
任务四 表面粗糙度数值的选择	134
任务五 表面粗糙度的测量	136
一、比较法	137
二、光切法	137
三、干涉法	137
四、针描法	138
职业技能知识点考核	138

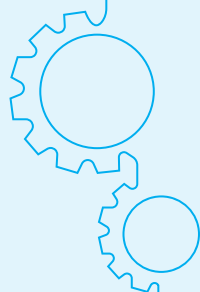
项目六 光滑极限量规设计 140

任务一 认识光滑极限量规	141
一、光滑极限量规的种类	141
二、量规按用途分类	142
任务二 光滑极限量规设计原则	142
一、极限尺寸判断原则（泰勒原则）	143
二、量规公差带	144
任务三 设计光滑极限量规	146
一、光滑极限量规量规的结构形式	146
二、光滑极限量规设计计算	146
职业技能知识点考核	149

项目七 圆锥的公差与检测 151

任务一 认识圆锥公差	152
一、圆锥配合的特点	153
二、圆锥配合的基本参数	154
任务二 圆锥配合	156
一、圆锥配合的种类	156
二、圆锥配合的形成	157
任务三 圆锥公差与标注	158
一、圆锥公差项目	159
二、圆锥公差标注	162
三、未注圆锥公差角度的极限偏差	166





职业技能知识点考核	167
-----------------	-----

项目八 常用结合件的公差与检测..... 168

任务一 键联接的公差配合与检测	169
一、平键联接	169
二、平键联接公差配合的选用与标注	171
三、平键的检测	172
四、花键联接	173
五、矩形花键联接公差配合的选用与标注	176
六、矩形花键的检测	177
任务二 螺纹联接的公差配合与检测	178
一、普通螺纹的几何参数及其对互换性的影响	179
二、普通螺纹的公差与配合	183
三、螺纹的检测方法	189
任务三 滚动轴承的公差配合	192
一、滚动轴承的精度等级及应用	192
二、滚动轴承内径、外径公差带及其特点	193
三、滚动轴承与轴和轴承座孔的配合	194
职业技能知识点考核	200

项目九 渐开线直齿圆柱齿轮的公差与检测..... 201

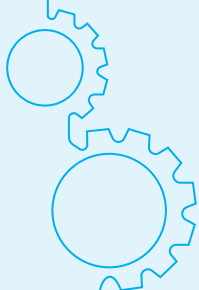
任务一 齿轮传动的要求及齿轮制造误差	202
一、齿轮传动的使用要求	202
二、齿轮制造误差	203
任务二 齿轮精度的评定指标	206
一、传递运动准确性评定参数	206
二、传动平稳性的评定参数	210
三、载荷分布均匀性的评定参数	213
四、齿轮侧隙的评定参数	214
任务三 齿轮副精度的评定指标	215
一、齿轮副的传动误差评定参数	215

二、齿轮副的安装误差和误差项目	217
任务四 渐开线圆柱齿轮的精度等级、公差组及其应用	218
一、精度等级及其选择	219
二、公差组的检验组及其选择	224
三、齿坯公差与箱体公差的确定	225
四、齿轮副的侧隙及其确定	226
五、齿轮精度与侧隙的标注	228
职业技能知识点考核	234

项目十 尺寸链 235

任务一 认识尺寸链	236
一、基本术语	236
二、尺寸链的分类	239
三、尺寸链的建立	240
四、尺寸链的计算类型	240
任务二 尺寸链的计算	241
一、计算尺寸链的方法	241
二、基本公式	242
三、尺寸链的计算	243
职业技能知识点考核	247

参考文献 249



项目一 认识互换性

互换性现象在日常生活以及工业生产中随处可见。例如，教室里灯泡坏了，可以更换新的；机器上的螺栓、螺母坏了，可以用相同规格的替换；自行车上的轴承坏了，可以更换一个相同规格的。互换性是现代化制造业大生产的基础。本项目主要介绍互换性的概念、分类、意义，公差、检测的概念，标准的概念、分类，以及优先数的数学基础。通过本项目的学习，培养学生对互换性专业知识的初步认知。



了解互换性

学习目标

1. 掌握互换性的概念及种类。
2. 掌握互换性的意义。
3. 掌握公差的概念、检测的概念。
4. 掌握标准的概念及种类。
5. 掌握优先数、优先数系的数学基础。
6. 能说出公差、标准等概念，能理解优先数的应用，会举例说明互换性在设计制造中的应用。

任务安排

表 1-0 本项目学习任务

序号	任务名称	任务主要内容
任务一	互换性的概念及意义	互换性的概念以及种类，互换性的意义，公差的概念、检测的概念
任务二	标准与优先数	标准的概念以及种类，优先数、优先数系的数学基础



任务一 互换性的概念及意义

任务描述

面向机械行业工程设计岗位、设备制造加工岗位、设备运行维护岗位的从业者，理解机械行业公差配合互换性的概念及其在现代化大工业生产中的重要意义。本任务学习互换性的概念、种类及意义，需要掌握公差的概念、检测的概念。

任务目标

1. 能用专业术语描述互换性的概念、种类，能理解互换性的重要意义。
2. 能用专业术语描述公差的概念、检测的概念。
3. 培养学生对机械工作岗位中“差之毫厘，谬以千里”的认知，培养学生对工作认真负责的良好职业道德。

任务实施

一、互换性的概念

20 世纪初，以汽车工业迅速发展为代表，形成了现代化大工业生产的雏形。现代化制造业以高度专业化和社会化大协作来组织生产。例如，一辆汽车通常由 2 万多个零部件组成。汽车的零部件是由分布在全国甚至全世界的几百家专业零部件制造厂生产，然后汇集到汽车制造厂的自动装配线上，4~5 分钟就能装配一辆汽车。再举个简单的例子，若自行车上的某个零部件损坏了，仅需更换一个相同规格的新零件即可正常使用。这就引出了如何保证零部件的互换性问题。

机械制造中的互换性，是指制成的同一规格的零件或部件，不需要做任何挑选、调整或修配，就能装到机器上，并能满足其使用功能要求的性能。

互换性是机械制造行业中产品设计和制造的重要原则。能够保证产品具有互换性的生产，就称为遵循互换性原则的生产。互换性原则已经成为组织现代化大生产的一项极其重要的技术经济原则，它已广泛应用在一切现代化制造业的生产部门。从汽车、自行车、手表到计算机、手机、电视，以及飞机等各种军工产品的生产，都在极大的规模和极高的程度上依照互换性原则进行生产。

二、互换性的种类

机械制造中的互换性，通常包括零件几何参数（如尺寸）间的互换、力学性能（如硬度、强度）间的互换以及理化性能（如化学成分）间的互换。这里仅讨论几何参数的互换。

几何参数，主要包括零件的尺寸、几何形状、表面粗糙度以及相互的位置关系等。

1. 按照互换程度，互换性可分为完全互换和不完全互换

若零部件在装配或更换时不需要选择和修配，则其互换性称为完全互换。当装配精度很高时，采用完全互换时零部件对精度要求高、加工困难、成本高。这时，可将零件的制造公差放大以便于加工，对加工之后的零件按照实际尺寸的大小分成若干组，使各组内零件之间误差变小，再按照对应的组进行装配。这样既能保证装配精度，又解决了加工困难，这种互换性被称为不完全互换。

一般来讲，不完全互换仅限于部件或机构的同一个制造厂内部使用。而标准化零部件与其他零部件的装配尺寸和厂际间的协作生产应采用完全互换。

2. 对于标准化部件或机构，互换性又可分为外互换和内互换

外互换是指标准化部件或机构与其相配合零件间的互换性。例如，滚动轴承内圈内径与轴颈的配合尺寸采用的是外互换。

内互换是指部件或构件内部各零件间的互换性。例如，滚动轴承内、外圈滚道直径与滚动体直径的配合尺寸采用的是内互换。

三、公差与检测

在零件的制造过程中，误差是不可避免的。为了实现互换性，最理想的情况是同一规格的零部件的几何参数完全一致。但在实际生产实践中，这是不可能的，也是不必要的。无论设备的精度和操作工人的技术水平多高，也不可能将零件加工制造得绝对精确。实际上，仅需将零件的几何参数的误差控制在规定的变动范围内，就能满足互换性的要求。

零件几何参数的允许变动量称为公差，包括尺寸公差、几何公差和角度公差等。

加工后的零件是否满足要求，要通过质量检测来判断。检测包含检验与测量。检验是指确定零件的几何参数是否在规定的极限范围内，并做出合格性判断，不一定得出被测量的具体数值。测量是将被测量的量与一个作为计量单位的标准量进行比较，以确定被测量的量具体数值的过程。检测不仅用来评定产品合格与否，还用于分析产生不合格品的原因，以改进生产工艺过程，预防废品产生等。事实证明，产品质量的提高，除了需要设计和加工精度的提高外，还必须依靠检测精度的提高。

在零部件设计生产中，合理确定公差并采用相应的质量检测方法，是实现互换性的必要条件。

四、互换性的作用 and 意义

互换性在现代化大工业生产中具有十分重要的意义。具体而言，互换性给产品的设



计、制造、装配、维修及管理都带来很大的方便。

1. 在设计方面

若零部件设计采用互换性原则，能够最大限度地使用标准件、通用件和标准化部件。这种设计方法可以显著简化绘图、计算等设计工作，加快设计进度，缩短设计周期。同时，互换性设计还有助于产品品种的系列化和多样化发展，并为现代化的计算机辅助设计提供了更好的基础条件。

2. 在制造方面

互换性有利于组织专业化生产，有利于采用先进工艺和高效率的专用设备，有利于采用计算机辅助制造，有利于提高劳动生产率和产品质量，降低生产成本。

3. 在装配方面

互换性有利于装配过程的机械化、自动化，有利于实现高效率的装配，减轻装配工人的劳动强度，从而提高劳动生产率。

4. 在使用维护方面

具有互换性的零部件在磨损和损坏后可及时更换，减少维修机器设备的时间和费用。互换性不仅有利于方便维修，确保机器设备的连续运转，还提高了机器设备的利用率，延长机器设备的使用寿命，从而提高了机器设备的使用价值。

5. 在管理方面

互换性有利于形成系列化、标准化的设计、制造，大量采用标准件和通用件，可为生产管理、仓库管理等提供便利，有利于更高效地组织生产。

互换性原则不仅适用于大批量生产，也适用于单件小批生产。互换性是现代化大工业生产广泛遵循的一项原则，在提高产品质量和可靠性、提高劳动生产率、增加经济效益等方面都具有重要意义，对我国的现代化建设起着重要作用。

任务二 标准与优先数

任务描述

标准是实现互换性生产的技术基础，在工业化大生产中具有战略意义。本任务学习标准的概念、种类以及标准化的概念，学习优先数、优先数系的种类及其在标准化生产中的重要作用。

任务目标

1. 能用专业术语描述标准的概念、种类，理解标准化的重要意义。
2. 能用专业术语描述优先数、优先数系，理解优先数系在社会化大生产中协调统一的作用。
3. 培养学生在工作岗位中协作共赢的心态，以及认真贯彻执行国家标准的工作作风。

任务实施

现代化大生产的特点是规模大、品种多、分工细、协作广，如果同类产品的规格太多，或者因规格相同而规定的公差大小各异，就会给互换性带来很大困难。为使社会生产高效率地运行，必须采用一定的手段，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，使产品的品种规格简化，使分散的生产环节相互协调。标准和标准化正是建立这种关系的重要手段，是实现互换性的前提。

一、标准和标准化

所谓标准，就是对需要协调统一的重复性事物和概念所作的统一规定，它以科学试验和生产实践的综合成果为基础，经有关方面协调制定，经主管部门批准后，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。

标准的范围极其广泛，种类繁多，涉及人类生产、生活的各个领域。本文所介绍的公差与配合标准、几何公差标准等，均属于国家基础标准。

我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准，代号为 GB，是对全国范围内统一规范的技术要求。行业标准（如机械标准 JB 等）是对全国某个行业范围内统一规范的技术要求。地方标准，代号为 DB，是在某一地域范围内统一规范的技术要求。企业标准，代号为 Q，是在某一企业内统一规范的技术要求。

《中华人民共和国标准化法》规定，国家标准和行业标准分为强制性标准和推荐性标准。有关人身安全、健康、卫生及环境之类的标准一般属于强制性标准，强制性国家标准代号为 GB，国家用法律、行政和经济等手段来实施强制性标准。工业化生产中大量的标准属于推荐性标准，推荐性国家标准代号为 GB/T，推荐标准应积极采用。国家标准是科学技术的结晶，是多年实践经验的总结，它代表了先进的生产力，对生产具有普遍指导作用。

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的全部活动过程。

标准化是组织现代化生产的重要手段之一，是实现专业化协调生产的必要前提，是



科学管理的重要组成部分。标准化不是一个孤立的概念，而是包括制定、发布和贯彻实施标准的全部活动过程。标准化既是整个国家社会经济活动合理化的技术基础，也是发展对外贸易、提高产品在国际市场竞争力的技术保障，它在工业生产和经济建设中起到重要作用。其中，贯彻实施标准是标准化的核心。同时，标准化也是一个通过修订标准，向更深层次不断发展、不断完善和不断提高的活动过程。

制定了标准并正确贯彻实施，可保证产品质量，缩短生产开发周期，进而提高企业经济效益。

国际上，有国际标准化组织（简称 ISO），它负责制定和颁布国际标准，促进国际技术统一和交流，代表了国际上先进的科技水平。我国于 1978 年恢复为 ISO 成员国，1982 年、1985 年两届当选为 ISO 理事国。

我国的标准化工作，从 1958 年发布第一批 120 项国家标准起，至今已经制定了 4 万多项国家标准。现在，正以国际标准为基础制定许多新的国家标准，向 ISO 靠拢。

总之，标准和标准化对于发展国民经济、提高产品质量、提高劳动生产率、改善人民生活等方面都有着重要作用。学习公差配合与互换性有关的国家标准并研究它们的应用是本课程的核心内容。

二、优先数和优先数系

在产品设计中，需要确定各种技术参数。为了满足市场需求，即使同一类产品的同一技术参数也需要确定不同的数值，从而形成不同规格的产品系列。产品系列确定得是否合理与这些技术参数的数值选取密切相关。与此同时，产品设计中的一些参数往往不是孤立的，一旦选定一个数值作为某个产品的参数指标后，这个数值就会按照一定规律，向所有相关的参数指标传播。例如，当零部件上的螺纹孔尺寸一旦确定，与其相关的钻孔的钻头直径、加工螺纹的丝锥、检验螺纹孔的螺纹塞规、配合的螺母等尺寸也随之确定。这种技术参数的关联和传播在生产实践中是极为普遍的现象。如果这些技术参数取值不合理，必将给生产的组织管理、协调配套、设备维修等方面带来很大困难。因此，产品中的各种技术参数不能随意确定。

为使产品的设计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。《优先数和优先数系》国家标准 GB/T 321-2005 就是其中最重要的一个标准，要求产品设计中尽可能采用它。优先数和优先数系是一种科学的数值制度，也是国际上统一的数值分级制度，它不仅适用于标准的制定，也适用于标准制定前的规划、设计。

国家标准中规定优先数系是一种十进制几何级数，级数的公比 $q = \sqrt[5]{10}$ ， r 值有 5/10/20/40/80 五种，称为五个系列，它们分别用国际代号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示。五种优先数系的公比如下。

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

R10 系列的公比： $q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

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

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

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

其中，R5、R10、R20、R40 系列是基本系列、常用系列，R80 为补充系列。R5 系列的项值包含在 R10 系列中，R10 系列的项值包含在 R20 系列中，R20 系列的项值包含在 R40 系列中，R40 系列的项值包含在 R80 系列中。优先数系的基本系列见表 1-1。

表 1-1 优先数系的基本系列（摘自 GB/T 321-2005）

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

除此之外，为使优先数系有更大的适应性，可以从基本系列中每隔几项选取一个优先数，组成一个新的系列，称为派生系列。例如，常用的派生系列 R10/3，它是从基本系列 R10 中每隔 3 项取出一个优先数组成的，当首项为 1 时，R10/3 系列为 1.00，2.00，4.00，8.00，16.00，…。公比 $q = 2$ ，即倍数系列。

优先数系具有很多优点：相邻两项的相对差均匀，疏密适当，前后衔接不间断，运算方便，简单易记。同一系列优先数的积、商、整数幂仍是该系列中的一个优先数。

优先数系按公比计算得到优先数的理论值，除 10 的整数幂外，都是无理数，工程技术上不能直接应用。实际应用中都是经过圆整后的近似值。优先数系应用广泛，适用于生产中各种尺寸、参数的分级，如长度、直径、转速、功率等。选用优先数系时，应遵循先疏后密的原则，按照 R5、R10、R20、R40 的顺序，优先采用公比较大的系列，以免规格太多。基本系列不能满足分级要求时，可选用补充系列和派生系列。

单元小结

本单元主要学习互换性的概念、种类和意义，公差的概念，检测的概念，标准的概念、种类，标准化的概念，优先数系的种类等。

本单元的学习重点是：

- 1. 互换性及其在生产中的重要意义。
- 2. 标准及标准化。
- 3. 优先数与优先数系。



职业技能知识点考核

一、判断题

1. 完全互换的零件装配精度高于不完全互换的零件。 ()
2. 企业外部协作生产加工需要不完全互换。 ()
3. 企业标准比国家标准层次低, 标准要求也比国家标准低。 ()
4. 国家标准中的推荐性标准, 企业可以按照标准执行, 也可以不按照标准执行。 ()
5. 优先数系是十进制等差数列。 ()

二、选择题

1. 互换性的零件属于 ()。
A. 不同性质的零件 B. 相同规格的零件
C. 相互关联的零件 D. 相互配合的零件
2. 互换性按照互换 () 可分为完全互换和不完全互换。
A. 方法 B. 程度 C. 性质 D. 效果
3. 加工后的零件, 实际尺寸和理想尺寸之间的差值, 称为 ()。
A. 形状公差 B. 尺寸偏差 C. 公差 D. 尺寸误差
4. 标准化是制定标准、贯彻标准的 ()。
A. 上级规定 B. 环境要求 C. 条件保障 D. 全过程
5. 优先数系中 R10 的数列公比是 ()。
A. 1.6 B. 1.25 C. 1.12 D. 1.06

三、简答题

1. 什么是互换性? 互换性在机械制造中有何意义?
2. 什么是公差? 什么是检测?
3. 表面粗糙度的数值为 0.8, 1.6, 3.2, 6.3, 12.5, ... 单位是 μm 。这些数据属于优先数中的哪个系列? 公比 q 是多少?