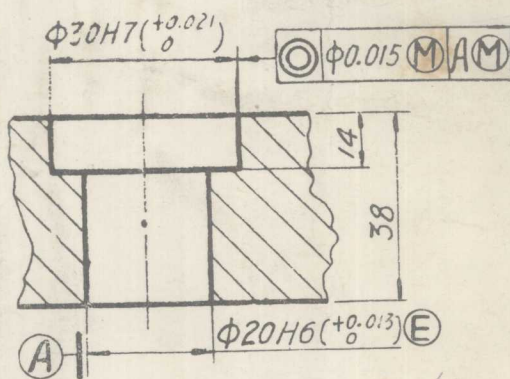
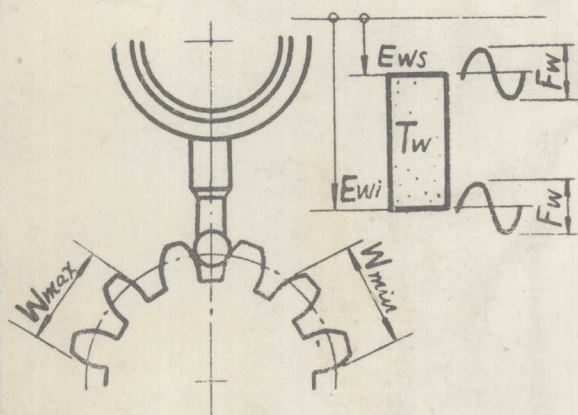


公差原理及应用



湖南省机械工程学会

前 言

公差标准是机械工业重要的基础技术标准,为适应四化建设的需要,本学会组织有关人员编审了《公差原理及应用》一书,约30万字,共八章,包括优先数系、公差与配合、光滑工件尺寸检验、形位公差、表面粗糙度、螺纹公差、齿轮精度、键公差,供基层工程技术人员学习新标准之用,也可供大专院校师生参考。

本书编审时力图体现如下特点:

1. 八章综合成册。机械产品零件图样所涉及的新公差标注基本上都综合在本书中,学习时可以同时使用或分章单独使用。
2. 重点突出。本书着重于基本内容、重点内容和难点内容及其应用,对某些部分内容作了适当处理,不求全,力求精。
3. 资料新颖。本书全是依据国际公差的新理论及我国当前颁布的最新公差标准,其中包括齿轮精度标准JB179—83。

本书由李德善讲师编写,李柱教授、赵志成副教授主审,参加审稿的同志有:郑仲皋副教授、王赤工程师、吴昭同副教授、张明安工程师、廖迦尼讲师、张德煌工程师。

本书在编写和出版过程中,得到长沙国防科技大学、华中工学院、长沙交通学院、西安公路学院、浙江大学、机械工业部郑州机械研究所、交通部标准计量研究所、湖南省机械厅、湖南省标准局、湖南省标准化协会、湖南省交通厅、长沙水泵厂等单位的热情帮助和大力支持,特此一并致谢。

由于水平所限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

湖南省机械工程学会

1984年5月

目 录

第一章 优先数和优先数系	(1)
§ 1. 优先数系的术语定义和种类代号.....	(1)
§ 2. 优先数系的主要特性及主要优点.....	(4)
§ 3. 优先数的计算方法.....	(7)
§ 4. 优先数系的应用.....	(11)
第二章 公差与配合	(20)
§ 1. 基本术语定义.....	(20)
§ 2. 标准公差、基本偏差.....	(22)
§ 3. 一般、常用、优先公差带与配合.....	(34)
§ 4. 公差与配合的选用.....	(41)
第三章 光滑工件尺寸检验	(45)
§ 1. 有关术语、定义.....	(45)
§ 2. 极限尺寸判断原则 (泰勒原则).....	(45)
§ 3. 光滑工件尺寸的检验.....	(48)
§ 4. 光滑极限量规.....	(57)
第四章 形位公差	(60)
§ 1. 形位公差的概念、术语定义.....	(60)
§ 2. 形位公差十四个项目.....	(61)
§ 3. 三个公差原则.....	(65)
§ 4. 位置度.....	(78)
§ 5. 形位公差的选用.....	(90)
第五章 表面粗糙度	(97)
§ 1. 术语、定义.....	(97)
§ 2. 表面粗糙度的评定参数.....	(98)
§ 3. 表面粗糙度的标注.....	(101)
§ 4. 零件表面粗糙度的选择.....	(102)
第六章 螺纹公差	(105)
§ 1. 基本牙型几何要素的有关术语定义.....	(105)

§ 2. 螺纹公差原理	(106)
一、螺纹的公差制	(106)
二、螺纹的公差带位置和基本偏差	(107)
三、螺纹的公差带大小和公差等级	(109)
四、螺纹的旋合长度	(113)
五、螺纹的选用公差带	(117)
六、螺纹中径合格性判断原则	(118)
§ 3. 结语	(124)
第七章 齿轮精度	(130)
§ 1. 新齿标JB179—83概述	(130)
§ 2. 齿轮及齿轮副的22个公差项目	(132)
§ 3. 精度等级及其选择	(148)
§ 4. 检验组及其选择	(150)
§ 5. 齿轮副的侧隙规定	(156)
§ 6. 齿坯公差	(162)
§ 7. 图样标注	(166)
§ 8. 公差数表	(168)
第八章 键和花键的公差与配合	(177)
§ 1. 键联结的公差与配合	(177)
§ 2. 花键联结的公差与配合	(181)
§ 3. ISO14—1982(E)规定的矩形花键尺寸及公差	(185)
§ 4. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 5. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 6. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 7. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 8. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 9. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 10. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 11. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 12. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 13. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 14. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 15. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 16. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 17. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 18. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 19. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 20. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 21. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 22. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 23. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 24. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 25. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 26. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 27. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 28. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 29. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 30. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 31. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 32. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 33. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 34. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 35. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 36. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 37. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 38. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 39. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 40. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 41. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 42. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 43. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 44. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 45. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 46. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 47. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 48. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 49. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 50. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 51. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 52. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 53. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 54. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 55. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 56. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 57. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 58. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 59. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 60. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 61. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 62. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 63. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 64. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 65. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 66. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 67. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 68. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 69. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 70. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 71. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 72. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 73. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 74. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 75. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 76. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 77. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 78. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 79. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 80. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 81. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 82. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 83. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 84. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 85. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 86. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 87. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 88. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 89. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 90. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 91. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 92. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 93. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 94. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 95. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 96. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 97. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 98. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 99. 矩形花键的公差与配合	(185)
§ 100. 矩形花键的公差与配合	(185)

第一章 优先数和优先数系

优先数和优先数系是近代一种先进的科学的数值分级制度。由于它在科学技术和工程实际中许多领域被广泛地运用，能够获得十分显著的技术经济效益，因而显示出它具有很大的优越性。这在国际上早已被公认，在我国也逐渐被人们所认识，并在许多部门、行业已发挥着重要作用。

优先数系的出现，已有一百多年的历史了。1877年，法国人勒纳尔(Charles Renard)针对当时气球绳索规格繁多的状况，提出了按等比数列分级即按 $a, aq^1, aq^2, aq^3, aq^4, aq^5$ （此数列中 a 为起始项， q 为公比），将425种规格简化成17种。

勒纳尔规定：每进5项，就使项值增大到10倍， $\frac{aq^5}{a} = 10$ ，即 $q^5 = 10$ ，得公比 $q = \sqrt[5]{10}$

$a, a\sqrt[5]{10}, a(\sqrt[5]{10})^2, a(\sqrt[5]{10})^3, a(\sqrt[5]{10})^4, 10a$ ，从实用出发，取 $\sqrt[5]{10} \approx 1.6$ ， a 取为10的整数幂

当 $a = 10$ 时，数列项值排列为：10、16、25、40、63、100，

当 $a = 10^2$ 时，数列项值排列为：100、160、250、400、630、1000，

当 $a = 10^0$ 时，数列项值排列为：1、1.6、2.5、4.0、6.3、10，

当 $a = 10^{-1}$ 时，数列项值排列为：0.1、0.16、0.25、0.40、0.63、1，

依此类推，向两端延伸，这就是现在的R5系列。

代号以R开头，以表纪念Renard。

国际上，第一个优先数系标准于1920年在德国制定问世，此后经ISA、ISO几十年的工作，形成了优先数系一个完整的正式国际标准，这就是：

ISO 3 —— 1973《优先数和优先数系》；

ISO 17 —— 1973《优先数和优先数系的应用指南》；

ISO 497 —— 1973《优先数系和优先数的化整值系列的选用指南》。

我国于1960年颁布了《优先数和优先数系》部标准（JB109—60），经过几年的实践，于1964年修改为国家标准（GB321—64），现在，以ISO上述三个标准为依据，结合我国具体情况，修订为GB321—80《优先数和优先数系》。

本标准（GB 321—80）适用于各种量值的分级，特别是在确定产品的参数或参数系列时，必须最大限度地按本标准规定采用优先数和优先数系。

§1. 优先数系的术语定义和种类代号

一、术语、定义

1. 优先数系

优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$ ，且项值中含

有10的整数幂的理論等比数列导出的一組近似等比的数列。各数列分別用符号R5、R10、R20、R40和R80表示，称为R5系列、R10系列、R20系列、R40系列和R80系列。

优先数系的系列以 R_r 表示，理論公比以 q_r 表示， $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。其中 r 取5、10、20、40或80， r 是系列中各个十进段內項值的分級数，十进段如0.1~1、1~10、10~100等。

优先数系的定义，概括了这样几层含义：

其一，它是等比数列，（它区别于等差数列），而且是近似的，这更合乎实用。

其二，一个系列有其确定的公比。如R5系列，其公比为 $\sqrt[5]{10}$ ；不同的系列，它們的公比不相同，这說明它們排級的疏密程度是不一样的。

其三，項值中含有10的整数幂。以1~10这个十进段为基础，每往后跨一个十进段，則每个項值都乘以10，每向前跨一个十进段，則每个相应項值除以10，这样可以使该系列向两端无限延伸。

这个定义概括了优先数系的最主要的一些特性，其优越性也正是由此而产生的。

2. 优先数

优先数系中的任一个項值均为优先数。

(1) 优先数的理論值，即理論等比数列的項值

項值 = $(\sqrt[r]{10})^{Nr}$ 式中 Nr 为该項优先数的序号， Nr 为任意整数，可正、可負、可为零。

理論值一般是无理数，不便于实际应用。

(2) 优先数的計算值，是对理論值取5位有效数字的近似值。它同理論值相比，其相对誤差小于 $\frac{1}{20000}$ ，在作参数系列的精确計算时使用。

(3) 优先数的常用值，即通常所称的优先数，这是对計算值进行适当圆整后統一規定的数值。这里強調了“統一規定的”，否則，如果設計者任意圆整取值便不是优先数了。

(4) 优先数的化整值：是对R5、R10、R20和R40系列中的常用值作进一步圆整后所得的值，化整值也都統一規定列于表中。这只在某些特殊情况下才允許采用。

3. 优先数的序号

优先数理論值的項值計算式中〔項值 = $(\sqrt[r]{10})^{Nr}$ 〕的 Nr 称为优先数在 R_r 系列中的序号，表示优先数在 R_r 系列中排列的次序。

在一个十进段內，其序号数目和項数相等，即和分級数相等。如R5系列每个十进段內有5个序号；R40系列則相应应有40个序号。由于R40系列包括R20、R10、R5各系列的全部項值，为計算簡便起見，通常以R40系列中的序号称为通用序号，記号 N 。

在一个十进段內，排序号是从0开始，即从优先数1.00的序号 $N=0$ 开始計数，依此类推，优先数10的序号 $N=40$ 。

同理，在10~100十进段內，序号为 $N=40, 41, \dots, 80$ ；

在0.1~1十进段內，序号应当反推，即 $N=0, -1, -2, \dots, -40$ 。

序号依次排列，形成一个等差数列，这一特性对于計算是十分方便的。

二、系列的种类

1. 基本系列

R5、R10、R20和R40四个系列是优先数系中的常用系列。其公比为

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

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

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

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

2. 补充系列

R80系列为补充系列，它的公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

3. 派生系列

派生系列是从基本系列或补充系列 R_r 中，每隔 P 项取值派生出来的系列，以 R_r/p 表示。其公比为 $q_{r/p}$ ，即 $q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[r]{10})^p = 10^{\frac{p}{r}}$ ，例如 $R10/3$ ，其公比 $q_{r/p}$

$$= (\sqrt[10]{10})^3 = 10^{\frac{3}{10}} (1.2589)^3 \approx 2$$

派生系列的特征有三：其一，它的公比与基本系列（或补充系列）不相同；其二，其项值就是从基本系列中取出来的，因而相应的项值相同；其三，它的项值具有多义性，例如：

R10: 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00 6.30 8.00 10.00

而 $R10/3$ 可导出三种不同项值的派生系列：

1.00 2.00 4.00 8.00

1.25 2.50 5.00 10

1.60 3.15 6.30

4. 移位系列

移位系列也是一种派生系列，它是相对基本系列各项值移动一个位置取值而导出的一种派生系列。其特征是：它的公比与基本系列相同，但项值与基本系列的不同。

例如，基本系列R10的项值是从25.0开始的，而移位系列 $R80/8$ 的项值是从25.8开始，所以，称 $R80/8$ 系列为R10的移位系列。

由于25.8是R80系列中的项值，从R80系列中每隔8项取值，其结果与上述R10的移位系列是一样的，所以，也可以称 $R80/8$ 为R80的派生系列。

5. 化整值系列

化整值系列是由优先数的常用值和一部分化整值所组成的系列。

化整值误差较小的系列称为第一化整值系列，用符号 R_r' 表示；误差较大的系列称为第二化整值系列，用符号 R_r'' 表示。

三、系列的代号

1. 系列无限定范围时

基本系列和补充系列，代号表示为R5、R10、R20、R40和R80

派生系列因具有多义性特征，故在代号中应指明系列中含有的一个特定项值，如 $R10/3$ （...，80，...），即表示含有项值80，并向两端无限延伸的派生系列。

派生系列如含有項值1, 則代号可簡寫為 R_r/p , 例如 $R_{10}/3$ 即表示下述系列: ...、1、2、4、8、16、...

2. 系列有限定範圍時, 應注明界限值。例如:

$R_{10} (1.25, \dots)$	$R_{20}/4 (112, \dots)$	注明下限
$R_{20} (\dots, 45)$	$R_{40}/5 (\dots, 60)$	注明上限
$R_{40} (75, \dots, 300)$	$R_{5}/2 (1, \dots, 10000)$	上限、下限都注明

§2. 优先数系的主要特性及主要优点

一: 主要特性

1. “相对差不变”

同一系列中, 任意相邻两优先数常用值的相对差近似不变。

例如 R_5 系列: 1 1.6 2.5 4. 6.3 10

$$\Delta_1 = \frac{2.5 - 1.6}{1.6} = \frac{2.5}{1.6} - \frac{1.6}{1.6} = 1.6 - 1 = 0.6 = 60\%$$

$$\Delta_2 = \frac{6.3 - 4}{4} = \frac{6.3}{4} - \frac{4}{4} = 1.6 - 1 = 0.6 = 60\%$$

$$\text{即 } \Delta_1 = \Delta_2 = q_r - 1$$

“相对差不变”, 这是等比数列最本质的特性。这样才能使数值分级相对均匀合理, 疏密适度, 能够在很宽的数值范围内, 以较少的品种规格最大限度地满足用户的最大需要。

而等差数列的绝对差相等, 例如有一轴, 轴径为 $\phi 10\text{mm}$, 下一级为 $\phi 12\text{mm}$, 其绝对差为 2mm , 相对差 $\Delta_1 = \frac{12 - 10}{10} = 20\%$

另有一轴, 轴径为 $\phi 100\text{mm}$, 下一级为 $\phi 102\text{mm}$, 其绝对差仍为 2mm , 而相对差

$$\Delta_2 = \frac{102 - 100}{100} = 2\%$$

再有一轴, 轴径为 $\phi 1\text{mm}$, 下一级为 $\phi 3\text{mm}$, 其绝对差也仍为 2mm , 而相对差

$$\Delta_3 = \frac{3 - 1}{1} = 200\%$$

比较上述三根轴, 都是增加 2mm , 对于 $\phi 100\text{mm}$ 的轴来说, 无论其强度刚度性能或加工工艺都不会引起多大的变化; 可是对于 $\phi 1\text{mm}$ 的轴, 其影响就十分可观了。可见按“绝对差”分级是不合理的。必须按“相对差”的概念, 体现各级之间有同样的“质”的差别, 这样的分级才是经济合理的, 这就是优先数系优越性本质的所在。

2. “两端延伸性”

R_r 系列(基本系列, 补充系列)中的项值可按十进法向两端无限延伸。

表中提供了1~10这个十进段内的各项值, 若跨十进段, 可用表中的各项值乘以10的整数幂(如10、100、1000、...或0.1、0.01、0.001、...)求得。

派生系列的延伸有一定的前提条件, 其条件是: 如公比 $\frac{r}{p}$ 为整数时, 则可延伸;

如公比 $\frac{r}{P}$ 不为整数时则不能延伸。因跨入另一个十进段内不再为其对应的项值了，这是派生系列项值的多义性所决定的。

例1: $R_{10/3} \quad \frac{r}{P} = \frac{10}{3} = 3.33$ 不为整数，故 $R_{10/3}$ 不能延伸。

现从 R_{10} 系列中每隔3项取值，排列如下

1、2、4、8、16、31.5、... 跨入另一个十进段便找不到对应的项值了，故不能延伸。

例2: $R_{10/5} \quad \frac{r}{P} = \frac{10}{5} = 2$ 公比2为整数，故可延伸。

1 3.15 10 31.5 100 315...

例3: $R_{10/2} \quad \frac{r}{P} = \frac{10}{2} = 5$ 公比5为整数，可以延伸。

1 1.6 2.5 4 6.3 10 16 25 40...

“两端延伸性”说明了所取参数的适用范围十分宽广，并有科学的预见性，为产品参数的发展远景留有余地。

3. “依次包含性”

这一特性指的是 R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 、 R_{80} 、系列之间的关系。今以 R_5 、 R_{10} 为例说明其含义：其一， R_5 系列的全部项值包含在 R_{10} 系列之中；其二，从 R_{10} 系列中隔项取值，便成为 R_5 系列；其三， R_5 系列两项之间插入中间项值便成为 R_{10} 系列。这一特性说明数值分级， R_5 、 R_{10} 、 R_{20} 、 R_{40} 等依次地由疏到密，这为新品种试制生产提供了技术经济上的合理性。例如，按 R_5 系列规划产品后，由于市场的进一步需要，在原系列 R_5 的2.5和4之间插入新的规格时，则 $\sqrt{2.5 \times 4} = 3.1623 \approx 3.15$ ，实际上就是在 R_{10} 系中选取了3.15这个项值。

4. 倍数系列

$R_{10/3}$ 、 $R_{20/6}$ 、 $R_{40/12}$ 为倍数系列，其公比 $= 2$ ，证明如下：

$$\because \sqrt[10]{10} = 1.2589 \quad \text{而} \quad \sqrt[3]{2} = 1.2599$$

$$\text{二值相近，等量代换，即} \sqrt[10]{10} = \sqrt[3]{2}$$

$$\text{上式两边同乘以3次方} (\sqrt[10]{10})^3 = (\sqrt[3]{2})^3 \quad \therefore \text{公比} (\sqrt[10]{10})^3 = 2$$

倍数系列中，1、2、4、8、16、... 这一系列在工程技术中特别有用。

例如，电动机空载同步转速为3000、1500、750、375转/分。

5. 乘、除、乘方，仍为优先数

同一系列中，任意两项的理论值之乘积或商，任意一项理论值之整数的乘方，仍为此系列中一个优先数理论值。常用值之间则近似地具有此种特性。

例1: 计算值 $3.9811 \times 6.3096 = 25.119$ 常用值 $4 \times 6.3 \approx 25$

例2: $\frac{40}{1.6} \approx 25$ 例3: $4^2 = 16$ 例4: $8^2 \approx 63$

这一特性为数值的“传播性”提供了方便。例如，直径 D 为优先数，则其周长 πD 也为优先数（ π 取近似值3.15），圆面积 $\frac{\pi D^2}{4}$ 也为优先数。

6. 优先数的对数为等差数列

同一系列中各优先数理论值之对数值构成一个等差数列，这为工程上繪制图表提供了簡明清晰的可能性，线条排列均匀。

$$\text{例: } \lg 40 = 1.600 \quad \lg 25 = 1.400 \quad \lg 16 = 1.200$$

$$\text{則 } \Delta_1 = 1.6 - 1.4 = 0.2 \quad \Delta_2 = 1.4 - 1.2 = 0.2$$

所以 $\Delta_1 = \Delta_2$ ，可見优先数的对数为等差数列。

7. 优先数的序号N是一种以 $\sqrt[10]{10}$ 为底的特殊对数

令公比为 $\sqrt[10]{10}$ ，序号为N，項值为y 故有关系式 $y = (\sqrt[10]{10})^N$

写成对数式，則有 $N = \lg_{\sqrt[10]{10}} y$

可見，优先数的序号N是优先数理论值的一种以公比 q_r ($q_r = \sqrt[10]{10}$) 为底的特殊对数。这一特性，可以将优先数的运算仿照一般对数计算方法轉換为序号运算，从而使运算簡化。

8. 一些重要常数处理为优先数

科学技术上一些重要的常数可近似地处理为优先数，这对于优先数的传播性以及运算方面都带来很大的好处。

$$\pi = 3.1415 \approx 3.15 \quad 2\pi \approx 6.3 \quad \pi^2 \approx 10 \quad \frac{\pi}{32} \approx \frac{1}{10} \quad \frac{\pi}{4} \approx 0.8$$

$$\sqrt{10} \approx 3.15 \quad \sqrt{2} \approx 1.4 \quad \sqrt[3]{2} \approx 1.25 \quad 1 \text{ 吋} \approx 25 \text{ mm} \quad g \approx 10 \text{ 米/秒}$$

綜上所述优先数系的主要特性，可以看到其技术經濟价值。优先数是各种量值（特别是产品参数）分級时应优先采用的数，其目的是把实际应用的“数”（即产品的尺寸规格）限制在必需的最小范围内，并为在不同场合都能优先选用相同的数創造一个先决条件，以达到簡化統一，这正是标准化的物质基础。优先数系有許多优点，各种产品的参数都能从中选取合适的数值，因而能够适应国民經济各部門提出的多种多样的要求。

二、主要优点

1. 经济合理的数值分級制度

按等比数列分級，設計制造部門能够以較少的品种规格，經濟合理地滿足用戶的全部需要。分級疏密适度，品种规格齐全，供需双方滿意。

2. 簡化、統一、协调的基础

优先数系是国际上統一的数值制度，可用于各种量值的分級，以便不同的场合都能优先选用同样的数值。它为技术經濟工作上的簡化、統一、和产品参数上的协调提供了基础。

不仅产品的主参数，而且产品的零部件尺寸也采用优先数系，工艺装备的参数，以及原材料规格都采用优先数系，这样，在各方面，成龙配套，协调統一，这在技术上和經濟上具有很大的意义。

有了优先数系，用戶和制造厂之間或各有关单位之間，以及国际上的技术交往，經济貿易就有了共同語言，能够在无偏見的基础上达成一致。

3. 具有广泛的适应性

优先数系包含有各种不同公比的系列，因而可以满足较密和较疏的分级要求。

由于优先数系的包含性，因而可以随着生产发展的需要使分级由疏变密，成为新的系列，而原来系列的项值仍保留不变。

在参数范围很宽时，根据经济性和需要量等不同条件，可以分段选用最合适的系列，以复合系列的形式组成最佳系列。

优先数经乘、除、乘方仍为优先数这一特性，通过优先数值的传播更进一步扩大了优先数的适用范围。

4. 简化设计计算

5. 简单、易记、使用方便

§ 3. 优先数的计算方法

一、用常用对数计算

一般规则 $\lg AB = \lg A + \lg B$

$$\lg A^m = m \lg A$$

$$\lg \frac{A}{B} = \lg A - \lg B$$

$$\lg \sqrt[m]{A} = \frac{1}{m} \lg A$$

运算时需要使用优先数系表及该表中的对数尾数

例1. $\lg 4500 = ?$

$$\text{解: } \lg 4500 = \lg 4.5 + \lg (10^3) = \lg 4.5 + 3 \lg 10$$

$$\text{查表 1 对数尾数 } 4.5 \longrightarrow 0.650$$

$$\text{而 } \lg 10 = 1$$

$$\text{代入 } \lg 4500 = 0.650 + 3 \times 1 = 3.650$$

例2. $3.15 \times 1.6 = ?$

$$\text{解: } \lg (3.15 \times 1.6) = \lg 3.15 + \lg 1.6$$

$$\text{查对数尾数 } 3.15 \longrightarrow 0.500 \quad 1.6 \longrightarrow 0.200$$

$$\text{代入 } \lg (3.15) + \lg (1.6) = 0.5 + 0.2 = 0.7$$

反查表，由对数尾数0.7查出其对应的优先数为5.00

$$\therefore 3.15 \times 1.6 = 5$$

例3. 工件直径 $d = 200\text{mm}$ ，转速 $n = 800\text{转/分}$ ，求切削速度 $V = ?$

$$\text{解: } V = \frac{\pi d n}{1000} \quad \text{建立关系式。}$$

$$\lg V = \lg \pi + \lg d + \lg n - \lg 1000$$

$$= \lg 3.15 + \lg 200 + \lg 800 - \lg 1000$$

$$\text{查对数尾数 } \lg V = 0.5 + 2.3 + 2.9 - 3 = 2.7$$

按对数尾数700反查表，查出其相应的优先数为5

而整数部分的2为优先数往右移的位数。

$$\therefore V = 500\text{公尺/分}$$

例4. 证明 $\sqrt[3]{450}$ 是否优先数？

$$\text{证: } \lg \sqrt[3]{450} = \frac{1}{3} \lg 450 = \frac{1}{3} \times 2.650 = 0.833$$

查表, 找对数尾数栏, 该栏内只有0.875、0.900, 而偏偏没有0.833, 即0.833没有对应的优先数

∴ $2/450$ 不是优先数

二、用序号N计算

一般规则: 两个优先数之积的序号, 等于这两个优先数的序号之和;

两个优先数之商的序号, 等于这两个优先数的序号之差。

注意事项: $N=0\sim 40$ 适用于 $1\sim 10$ 十进段内的优先数 n , 而其它十进段的优先数 $n \times 10^x$ (x 取整数 $1, 2, 3, \dots$) 其序号为:

$$N(n \times 10^{\pm x}) = N(n) \pm xN(10) = N(n) \pm 40x$$

即 优先数 n 每增大10倍, 其序号增加40

优先数 n 每缩小10倍, 其序号减小40

例1. 优先数2.5、250、0.025它们的序号各为多少?

$$\text{解 } N(2.5) = 16$$

$$N(250) = N(2.5) + N(100) = N(2.5) + 2N(10) = 16 + 2 \times 40 = 96$$

$$N(0.025) = N(2.5) - 2 \times N(10) = 16 - 80 = -64$$

例2. $3.15 \times 1.6 = ?$

$$\text{解: } N(3.15 \times 1.6) = N(3.15) + N(1.6)$$

查表, 按优先数找其序号 优3.15 $\rightarrow N=20$, 优1.6 $\rightarrow N=8$

$$\text{序号数相加 } N(3.15) + N(1.6) = 20 + 8 = 28$$

反查表, 按序号数28找其优先数 $28 \rightarrow$ 优5

$$\therefore 3.15 \times 1.6 = 5$$

例3. $3.15 \div 1.6 = ?$

$$\text{解: } N\left(\frac{3.15}{1.6}\right) = N(3.15) - N(1.6)$$

查表 优3.15 $\rightarrow N=20$ 优1.6 $\rightarrow N=8$

$$N(3.15) - N(1.6) = 20 - 8 = 12$$

反查表 $12 \rightarrow$ 优2

$$\therefore 3.15 \div 1.6 = 2$$

例4. $(3.15)^3 = ?$

$$\text{解: } N(3.15^3) = 3N(3.15)$$

查表 优3.15 $\rightarrow N=20$

$$3N(3.15) = 3 \times 20 = 60 = 20 + 40$$

反查表 $20 \rightarrow$ 优3.15 $40 \rightarrow$ 优10

$$\therefore (3.15)^3 = 3.15 \times 10 = 31.5$$

例5. $250^2 = ?$

$$\text{解: } N(250^2) = 2N(250) = 2 \times 96 = 192 = 32 + 4 \times 40$$

$$= N(6.3) + 4N(10) = N(6.3 \times 10^4)$$

$$\therefore 250^3 = 6.3 \times 10^4$$

例6. $\sqrt[4]{0.025} = ?$

$$\begin{aligned} \text{解: } N(\sqrt[4]{0.025}) &= \frac{1}{4} N(0.025) = \frac{1}{4} (-64) = -16 = 24 - 40 \\ &= N(4) - N(10) = N(0.4) \end{aligned}$$

$$\therefore \sqrt[4]{0.025} = 0.4$$

例7. 証明 $\sqrt[3]{2.5}$ 是否优先数? $\sqrt[3]{2}$ 是否优先数?

$$\text{証 (1): } N(\sqrt[3]{2.5}) = \frac{1}{3} N(2.5) = \frac{1}{3} \times 16 = 5.33 \quad \text{序号不是整数, 无此对应的优先数.}$$

$$\begin{aligned} \text{証 (2): } N(\sqrt[3]{2}) &= \frac{1}{3} N(2) = \frac{1}{3} \times 12 = 4 \\ &= N(1.25) \quad \text{序号 } N=4 \text{ 为整数, 其对应的优先数为 } 1.25. \end{aligned}$$

結論: 优先数的开方后是否为优先数, 其条件是:

优先数的分数指数 $\times$ 序号数 = 整数

三、列表计算

利用优先数的排列规律, 计算非常简便

例、已知导线矩形截面厚度 a 采用 R20 (0.8、...、2.0), 宽度 b 采用 R40 (2.0、...、3.0)

試列表求截面积 A 的系列

解: (1) 确定函数关系 $A = ab$

(2) 按 R20 列出厚度 a 的各项值:

0.80 0.90 1.00 1.12 1.25 1.40 1.60 1.80 2.00

(3) 按 R40 列出宽度 b 的各项值:

2.00 2.12 2.24 2.36 2.50 2.65 2.80 3.00

(4) 计算三个截面积系列的值:

$$A_1 = 2 \times 0.8 = 1.6 \quad A_2 = 2.12 \times 0.8 = 1.7 \quad A_3 = 2 \times 0.9 = 1.8$$

(5) 截面积系列其余所有项值, 不必逐项计算, 只需按规律列表推出 (見表 1-1) 其导出方法有三种:

- i) 設厚度不变, $a = \text{常数}$, 而宽度 b 已經按 R40 规律列出了各项值, 則截面积 A 也必然按 R40 规律变化, 即得表中各纵行项值;
- ii) 設宽度不变, $b = \text{常数}$, 而厚度 a 也已經按 R20 列出了各项值, 則截面积 A 也必然按 R20 规律变化, 即得表中各横排项值;
- iii) 設厚度宽度同时变化。

$$\text{先求截面积 } A \text{ 系列的公比, } q_r = \sqrt[20]{10} \times \sqrt[40]{10} = 10^{\frac{1}{20} + \frac{1}{40}} = 10^{\frac{3}{40}}$$

得知截面积为 R40/3 派生系列, 按表中斜向列出各项值。

則有 1.6 1.9 2.24..., 或 1.8 2.12 2.5..., 或 1.7 2.0 2.36... 等数列。

$$A = a \cdot b \text{ (mm}^2\text{)}$$

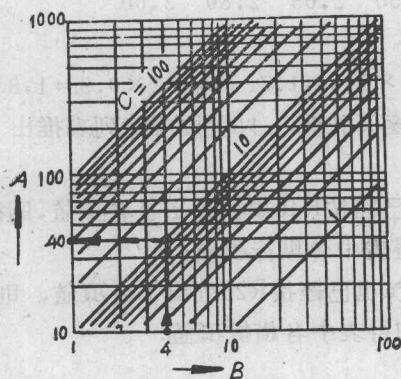
表 1—1

寬度 b (mm) R40	厚 度 a (mm) R20								
	0.80	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00
2.00	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00
2.12	1.70	1.90	2.12	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.25
2.24	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	4.50
2.36	1.90	2.12	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.25	4.75
2.50	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	4.50	5.00
2.65	2.12	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.20	4.75	5.30
2.80	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	4.50	5.00	5.60
3.00	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.25	4.75	5.30	6.00

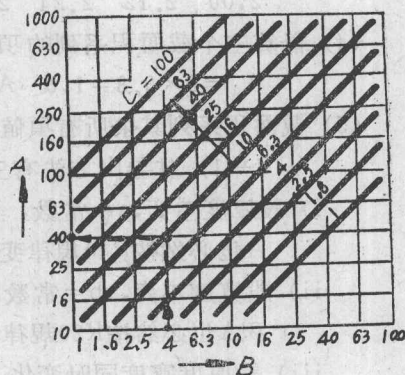
四、图 算

算图通常采用对数坐标，刻度間距是不均匀的，繪图麻烦，讀图也不方便。如用优先数的对数作为坐标的刻度值，則能得到等間距的刻度綫，繪图非常簡便，图面清晰，讀图也准确方便。

例1、图1—1共点图 $A = B \times C$ ，两种坐标网络图，两者对比，图 (b) 清晰簡明。



(a) 普通对数坐标纸



(b) 方格纸

例2、已知作用力 F (kgf)、切削速度 V (m/秒)、轉速 n (轉/分)、求扭矩 T (kgf·m)

解：变量多于三个，有四个，可用图1—2两个算图并列求解。

变量間的函数关系式: $T \approx 1000 \frac{P}{n}$ (kgf·m) $P \approx \frac{FV}{6300}$ (kw)

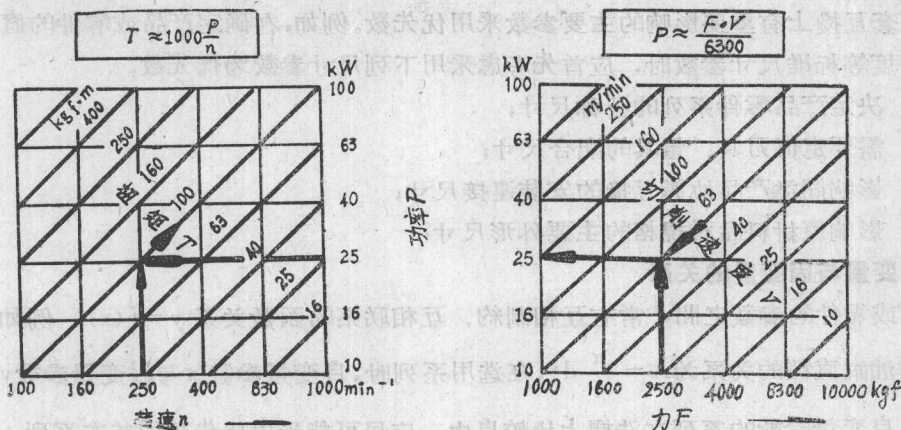


图1—2 由F、V、n求T的并列算图

§4. 优先数系的应用

一、适用范围

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。这种量值如：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。

凡是在取值上具有一定自由度的参数系列，都应最大限度地选用优先数系。所谓参数取值的自由度，是指尚无标准规定和不受配套产品限制的情况下，设计、使用单位在确定主要参数时，以及设计者按计算结果作适当圆整时，对所取数值具有一定程度的自由选择余地。

对系列化尚无明确要求的单个参数值，也应采用优先数，以便随着生产的发展逐步形成有一个有规则的系列，而原先选定的参数值则可保持不变。

优先数系的应用不应局限于标准的制订，在产品设计中也很重要。试想，某种不恰当的规格一旦成为现实的产品，它的参数经过协作配套和使用的传播以后，影响就很难消除。没有统一，从全局来说也就得不到真正的简化。因此，设计人员应当有意识地使主要尺寸参数符合优先数系，使其在刚开始投入生产时就走上标准化的轨道。不能只从局部的眼前的“方便”着眼，随意地选用数值。

二、合理选择采用优先数的参数

所谓合理选择采用优先数的参数，指的是在产品的许多参数中，究竟选取哪种参数或哪些参数为优先数。原则是：在满足用户需要的前提下，以有利于达到简化统一、技术合理、经济效益最佳为准则。一般地，需要正确处理如下几个关系：

1. 主要参数与一般参数的关系

制定产品系列方案时, 如果不可能使所有参数值都采用优先数, 那么首先应让在经济性或配套互换上有重要影响的主要参数采用优先数。例如, 在确定产品或零件的直径、长度、高度等标准尺寸参数时, 应首先考虑采用下列尺寸参数为优先数:

- (1) 决定产品零件系列的公称尺寸;
- (2) 需要定值刀具、量具的配合尺寸;
- (3) 影响同类产品协调互换的安装连接尺寸;
- (4) 影响原材料品种规格的主要外形尺寸;

2. 自变量与因变量的关系

产品或零件的参数之间, 常有互相制约、互相联系的函数关系 $y=f(x)$, 例如, 活塞面积与油缸直径的关系为 $A = \frac{\pi}{4} d^2$, 在选用系列时, 自变量参数 x 与因变量参数 y 应有所区别。自变量参数的系列在选择上比较自由, 应尽可能采用优先数的基本系列。因变量参数的系列却不能自由选定。例如, 当自变量采用基本系列时, 因变量是否属于优先数系, 取决于该因变量与自变量之间的函数关系。若为乘、除和乘方的函数, 因变量往往是派生系列; 若为多项式函数, 经过加、减运算, 因变量一般不再为优先数, 当然, 若条件允许时可圆整为它最接近的优先数。

- 例如, (1) 三角带轮的计算直径与带轮外径, 前者为自变量, 后者为因变量;
(2) 齿轮分度圆与齿顶圆直径, 分度圆直径为自变量, 齿顶圆直径为因变量;
(3) 滚动轴承的内径与外径, 内径为自变量, 外径为因变量。

3. 优先数系与专业标准的关系

《优先数系》以及以优先数系为依据而制订的《标准尺寸》都是重要的基础标准, 各专业标准应当根据这些基础标准作相应的修订, 它们一般是能够协调一致的。当具体选用时, 如果发生矛盾, 应尽量按优先数系选用, 但也可以根据具体实际情况允许按专业标准选用, 但这只是“承认现实, 协调矛盾”, 并非长远之计。

- 例如: (1) 滚动轴承内径 $D=35、55、65、70 \text{ mm}$
(2) 螺紋直径 $D(d)=33、35、39、52、55、58 \text{ mm}$
(3) 园柱形軸伸 $d=35、55、65、70 \text{ mm}$
(4) 铣刀孔徑 $D=27 \text{ mm}$

三、系列的合理选用

选好了采用优先数的自变量参数之后, 就要为这个自变量参数选择具有合适公比的系列。在确定系列时, 总的原则是: 应根据具体情况, 综合分析技术、经济的利弊, 找出最佳方案, 再从优先数中选取接近最佳值的优先数系或优先数。

为了得到最佳方案, 需要妥善处理下述矛盾: 选用公比大的系列(即分級疏), 可以减少零件的尺寸规格和工具、夹具、模具、量具的数目, 因而简化了设计、工艺等工作, 增大了零件的批量, 利于采用机械化、自动化的高效率生产方式, 减少成品和配件的库存量, 从而降低了成本和缩短了生产周期。但是公比太大也会满足不了用户的需求。

要，給用戶帶來太大的“以大代小”的損失，並且也可能由於材料消耗的增多和加工量的增大，反而增加了製造成本。因此，必須根據產品的用途、價格以及對其有關聯的其它產品的影響等多種因素，進行綜合的分析確定。

1. 基本系列的選用

只要能滿足要求，應儘可能選用基本系列，並且應遵循“先疏後密”的原則按優先順序選擇：R5, R10, R20, R40。

剛開始設計試制的新產品，可先選用公比大的系列，以後需要加密時，再插入中間項使變成公比小的系列。這個原則也適用於單個參數值的選用。

總之，公比的大小應當通過技術經濟分析才能確定。大致的選用準則可參考下列經驗數據：

一般機械的主要參數

R5, R10

專用工具的主要尺寸

R10

通用型材、零件和工具的尺寸、鑄件的壁厚等

R20, R40

2. 派生系列的選用

如果基本系列中沒有合用的公比，也可採用派生系列。這時應優先選用在延伸項中包含有項值“1”的派生系列，以利于統一。

派生系列的選用原則與基本系列選用原則相同。優先順序為：R5, R10, R20, R40。

移位系列只宜用於因變量參數的系列，例如，成品尺寸採用基本系列時，其毛坯尺寸考慮到加工余量的需要，可採用該基本系列的移位系列：

成品尺寸 (R20) : 40 45 50 56 63 mm

毛坯尺寸 (R80/4) : 41.2 46.2 51.5 58 65 mm

3. 複合系列的選用

當整個系列的範圍很大，在不同區間內需要量和功能價值相差懸殊，因而單一公比的基本系列或派生系列不能滿足要求時，從製造使用的經濟效益考慮，允許採用由幾段不同公比的系列組成複合系列。例如，0.6~3600千瓦的感應電動機，參數值範圍很寬，採用了複合系列，小規格採用分級較疏的系列R40/5 (0.6, ..., 75) 千瓦，在大規格採用分級較密的系列R20 (220, ..., 3600) 千瓦，以減少使用中以大代小的功率損失。

4. 化整值的應用

總的原則是：如無特殊原因，應當儘量避免使用化整值，因為化整值的選用帶有任意性，不易取得協調統一，而且由於誤差較大而帶來下述缺點：

- (1) 系列中如果含有化整值，就使以後向較小公比的系列轉換困難。
- (2) 化整值系列公比的均勻性差。例如R'40系列的最大公比誤差達2.94%，R''10則達5.61%。

(3) 化整值的相對誤差經乘、除運算後進一步增大，以致喪失了優先數計算方便的優點。例如：

綫性尺寸的相對誤差 = 5%

橫截面積 (二次方) 的相對誤差 > 10%

容積 (三次方) 的相對誤差 > 15%