

优 先 数 和 优 先 数 系

本标准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. 术语和定义

1.1 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的整数幂的理论等比数列导出的一组近似等比的数列。各数列分别用符号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。

优先数系的系列和理论公比，一般以Rr及 q_r ($q_r = \sqrt[r]{10}$)表示，其中r取5、10、20、40或80，是系列中1~10、10~100等各个十进段内项值的分级数。

1.2 优先数

优先数系中的任一个项值均为优先数。

a. 优先数的理论值：即理论等比数列的项值 $(\sqrt[r]{10})^{N_r}$ ，其中 N_r 为任意整数。

理论值一般是无理数，不便于实际应有。

b. 优先数的计算值：是对理论值取五位有效数字的近似值，同理论值相比，其相对误差小于1/20000，在作参数系列的精确计算时可用来代替理论值。

c. 优先数的常用值：即通常所称的优先数，是为了便于实际应用而对计算值进行适当圆整后统一规定的数值。

d. 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，只在某些特殊情况下才允许采用。

1.3 优先数的序号

优先数理论值计算式中的 N_r 称为优先数在Rr系列中的序号，它表示优先数在Rr系列中排列的次序，从优先数1.00的序号 $N_r(1.00) = 0$ 开始计数，形成一个等差数列。

2. 系列的种类和代号

2.1 基本系列

R5、R10、R20和R40四个系列，是优先数系中的常用系列，称为基本系列（见表1）。基本系列中的优先数常用值，对计算值的最大相对误差为+1.26%和-1.01%。各系列的公比为：

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

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

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

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

2.2 补充系列

R80系列称为补充系列（见表2），它的公比 $q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ ，仅在参数分级很细或基本系列中的优先数不能适应实际情况时，才可考虑采用。

基本系列

表 1

基本系列 (常用值)				序 号 <i>N</i>			理论值的 对数尾数	计算值	常用值的 相对误差 %
R5	R10	R20	R40	从 0.1 至 1	从 1 至 10	从 10 至 100			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.00	1.00	1.00	1.00	—40	0	40	000	1.0000	0
			1.06	—39	1	41	025	1.0593	+0.07
			1.12	—38	2	42	050	1.1220	—0.18
			1.18	—37	3	43	075	1.1885	—0.71
	1.25	1.25	1.25	—36	4	44	100	1.2589	—0.71
			1.32	—35	5	45	125	1.3335	—1.01
			1.40	—34	6	46	150	1.4125	—0.88
			1.50	—33	7	47	175	1.4962	+0.25
	1.60	1.60	1.60	—32	8	48	200	1.5849	+0.95
			1.70	—31	9	49	225	1.6788	+1.26
			1.80	—30	10	50	250	1.7783	+1.22
			1.90	—29	11	51	275	1.8836	+0.87
2.00	2.00	2.00	2.00	—28	12	52	300	1.9953	+0.24
			2.12	—27	13	53	325	2.1135	+0.31
			2.24	—26	14	54	350	2.2387	+0.06
			2.36	—25	15	55	375	2.3714	—0.48
	2.50	2.50	2.50	—24	16	56	400	2.5119	—0.47
			2.65	—23	17	57	425	2.6607	—0.40
			2.80	—22	18	58	450	2.8184	—0.65
			3.00	—21	19	59	475	2.9854	+0.49
	3.15	3.15	3.15	—20	20	60	500	3.1623	—0.39
			3.35	—19	21	61	525	3.3497	+0.01
			3.55	—18	22	62	550	3.5481	+0.05
			3.75	—17	23	63	575	3.7584	—0.22
4.00	4.00	4.00	4.00	—16	24	64	600	3.9811	+0.47
			4.25	—15	25	65	625	4.2170	+0.78
			4.50	—14	26	66	650	4.4668	+0.74
			4.75	—13	27	67	675	4.7315	+0.39
	5.00	5.00	5.00	—12	28	68	700	5.0119	—0.24
			5.30	—11	29	69	725	5.3088	—0.17
			5.60	—10	30	70	750	5.6234	—0.42
			6.00	—9	31	71	775	5.9566	+0.73

续表 1

基本系列 (常用值)				序 号 N			理论值的 对数尾数	计算值	常用值的 相对误差 %
R5	R10	R20	R40	从 0.1 至 1	从 1 至 10	从 10 至 100			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6.30	6.30	6.30	6.30	—8	32	72	800	6.3096	—0.15
			6.70	—7	33	73	825	6.6834	+0.25
		7.10	7.10	—6	34	74	850	7.0795	+0.29
			7.50	—5	35	75	875	7.4989	+0.01
	8.00	8.00	8.00	—4	36	76	900	7.9433	+0.71
			8.50	—3	37	77	925	8.4140	+1.02
			9.00	—2	33	78	950	8.9125	+0.98
		9.50	9.00	—1	39	79	975	9.4406	+0.63
			9.50	—1	39	79	975	9.4406	+0.63
		10.00	10.00	0	40	80	000	10.0000	0

注：① 大于 10 和小于 1 的优先数，可按本标准第 3 条 b 款所述的十进延伸方法求得。

② 常用值的相对误差 = $\frac{\text{常用值} - \text{计算值}}{\text{计算值}} \times 100\%$ 。

③ N 是优先数在 R40 系列中序号 N_{40} 的简写。

补充系列 R80

表 2

1.00	1.60	2.50	4.00	6.30
1.03	1.65	2.53	4.12	6.50
1.06	1.70	2.65	4.25	6.75
1.09	1.75	2.72	4.37	6.90
1.12	1.80	2.80	4.50	7.10
1.15	1.85	2.90	4.62	7.30
1.18	1.90	3.00	4.75	7.50
1.22	1.95	3.07	4.87	7.75
1.25	2.00	3.15	5.00	8.00
1.28	2.06	3.25	5.15	8.25
1.32	2.12	3.35	5.30	8.50
1.36	2.18	3.45	5.45	8.75
1.40	2.24	3.55	5.60	9.00
1.45	2.30	3.65	5.80	9.25
1.50	2.36	3.73	6.00	9.50
1.55	2.43	3.87	6.15	9.75

2.3 派生系列和移位系列

2.3.1 派生系列

派生系列是从基本系列或补充系列 **Rr** 中, 每 p 项取值导出的系列, 以 **Rr/p** 表示, 比值 r/p 是 1~10、10~100 等各个十进段内项值的分级数。

派生系列的公比为

$$q_{r/p} = q_r^p = (\sqrt[p]{10})^p = 10^{p/p}$$

比值 r/p 相等的派生系列具有相同的公比, 但其项值是多义的。例如, 派生系列 **R10/3** 的公比 $10/3 = 10^{3/10} = 1.2589^3 \approx 2$, 可导出三种不同项值的系列:

$$\begin{aligned} &1.00, 2.00, 4.00, 8.00, \dots; \\ &1.25, 2.50, 5.00, 10.0, \dots; \\ &1.60, 3.15, 6.30, 12.5, \dots \end{aligned}$$

2.3.2 移位系列

移位系列也是一种派生系列, 它的公比与某一基本系列相同, 但项值与该基本系列不同。例如: 项值从 25.8 开始的 **R80/8** 系列, 是项值从 25.0 开始的 **R10** 系列的移位系列。

2.4 化整值系列

化整值系列 (见表 3) 是由优先数的常用值和一部份化整值所组成的系列, 只是在参数取值受到特殊限制时才允许采用。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。

2.5 系列的代号

2.5.1 基本系列和补充系列的代号

a. 系列无限定范围时, 用 **R5**、**R10**、**R20**、**R40** 和 **R80** 表示。

b. 系列有限定范围时, 应注明界限值。例如:

R10 (1.25.....) —— 以 1.25 为下限的 **R10** 系列;

R20 (.....45) —— 以 45 为上限的 **R20** 系列;

R40 (75.....300) —— 以 75 为下限, 300 为上限的 **R40** 系列。

2.5.2 派生系列的代号

a. 系列无限定范围时, 应指明系列中含有的一个项值。例如:

R10/3 (.....80.....) —— 含有项值 80, 并向两端无限延伸的派生系列。

如果系列中含有项值 1, 可简写为 **Rr/p**。例如, **R10/3** 表示下述系列:

....., 1, 2, 4, 8, 16,

b. 系列有限定范围时, 应该注明界限值。例如:

R20/4 (112.....) —— 以 112 为下限的派生系列;

R40/5 (.....60) —— 以 60 为上限的派生系列;

R5/2 (1.....10000) —— 以 1 为下限, 10000 为上限的派生系列。

3. 优先数系的主要特性

a. **R5** 系列中的项值包含在 **R10** 系列之中, **R10** 系列中的项值包含在 **R20** 系列之中, **R20** 系列中的项值包含在 **R40** 系列之中, **R40** 系列中的项值包含在 **R80** 系列之中。

b. **R_r** 系列中的项值可按十进法向两端无限延伸, 所有大于 10 和小于 1 的优先数 (或化整值), 均可用 10 的整数幂 (如 10、100、1000、.....或 0.1、0.01、0.001、.....) 乘以表 1、表 2 中的优先数 (或表 3 中的化整值) 求得。这种延伸方法也适用于比值 r/p 等于整数的派生系列 **Rr/p**。

c. 同一系列中任意相邻两优先数常用值的相对差近似不变。其中 **R5** 系列约为 60%, **R10** 系列约为 25%, **R20** 系列约为 12%, **R40** 系列约为 6%, **R80** 系列约为 3%。

d. **R10** 系列的理论公比 $\sqrt[10]{10} = 1.2589$, 十分接近于 $\sqrt[3]{2} = 1.2599$, 因此, **R10/3**、**R20/6** 或 **R40/12** 的理论等比数列十分接近于公比为 2 的倍数系列。

5

$$\textcircled{5} \text{ 公比的相对误差} = \frac{\text{相邻两项常用值 (或化整值) 之比} - \text{公比的计算值}}{\text{公比的计算值}} \times 100\%$$

e. 同一系列中任意两项的理论值之积或商, 任意一项理论值之整数乘方, 仍为此系列中的一个优先数理论值。常用值之间则近似地具有此种关系。例如:

计算值 $7.9433 \times 7.9433 = 63.096$

常用值 $8 \times 8 \approx 63$

f. 同一系列中各优先数理论值之对数值构成一个等差数列。优先数和序号 N_r 是优先数理论值的一种以 q_r (即 $\sqrt[10]{10}$) 为底的特殊对数, 因此, 优先数的运算可仿照一般对数计算方法转换为序号运算而得到简化。即:

两个优先数之积的序号, 等于这两个优先数序号之和;

两个优先数之商的序号, 等于这两个优先数序号之差。

例 1: $3.15 \times 1.6 = 5$

$$\begin{aligned} N(3.15 \times 1.6) &= N(3.15) + N(1.6) \\ &= 20 + 8 = 28 = N(5) \end{aligned}$$

例 2: $3.15 \div 1.6 = 2$

$$\begin{aligned} N(3.15 \div 1.6) &= N(3.15) - N(1.6) \\ &= 20 - 8 = 12 = N(2) \end{aligned}$$

4. 应用原则

制订参数分级方案时, 系列的选择取决于对制造、使用综合考虑的技术与经济的合理性。

对于参数系列化尚无明确要求的单个参数值, 也应采用优先数, 随着生产的发展逐步形成有规律的系列。

4.1 基本系列的应用

在确定自变量参数 (即项值的选择上不受已有标准或配套产品等因素限制的参数) 的系列方案时, 只要能满足技术与经济上的要求, 应当按照 **R5**、**R10**、**R20**、**R40** 的顺序, 优先选用公比较大的基本系列。以后如有必要, 可插入中间值变成公比较小的系列。

对于单个参数值, 也应按照上述顺序选取优先数。

4.2 派生系列的应用

当基本系列的公比不能满足分级要求时, 可选用派生系列。选用时应优先采用公比较大和延伸项中含有项值 1 的派生系列。

移位系列只宜用于因变量参数的系列。

4.3 复合系列的应用

当参数系列的延伸范围很大, 从制造和使用的经济性考虑, 在不同的参数区间需要采用公比不同的系列时, 可分段选用最适宜的基本系列或派生系列, 以构成复合系列。

例 1: 用 **R10** (10……40) 和 **R20** (40……100) 组成具有两个公比的复合系列:

10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100

例 2: 用 **R5** (4……25)、**R20/3** (25……35.5)、**R40/5** (35.5……63) 和 **R10** (63……160) 组成具有四个公比的复合系列:

4, 6.3, 10, 16, 25, 35.5, 47.5, 63, 80, 100, 125, 160

4.4 计算值的应用

按优先数常用值分级的参数系列, 公比是不均等的。在某些特殊情况下, 例如, 在涡轮叶片的截面型线等要求精确放大的相似设计中, 为了获得公比精确相等的系列, 可采用计算值。

4.5 化整值的应用

化整值和化整值系列只在下列情况下才允许采用, 并应优先采用第一化整值系列 **R'r**。

a. 客观上只能用整数的参数, 例如, 齿轮的齿数用 32 代替 31.5。

b. 对需要用偶数、整倍数以及要求数值具有可分性或具有加法性质的项值, 有时用化整值比较适

宜，例如，包装中的组合尺寸和由模数的整倍数所构成的元件尺寸等。

c. 优先数的有效位数所表示的精度，既无实际意义，也不便于测量的场合，可用化整值系列，例如，照相机的曝光时间系列采用了 $R'_{10/3}$ 系列 (1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, ……秒)。

d. 受到现有配套产品限制的尺寸参数系列，如因涉及到很广泛的协作范围和已有的大量物质基础，不宜轻易改变时，可采用化整值系列，例如，标准直径和标准长度系列。



附 录

应 用 指 南

目 录

前言

1. 优先数系的主要优点

1.1 经济合理的数值分级制度

1.2 统一和简化的基础

1.3 具有广泛的适应性

1.4 简单、易记、使用方便

1.5 简化设计计算

2. 优先数的计算

2.1 用序号计算

2.2 用常用对数计算

2.3 列表计算

2.4 算图

3. 优先数系的应用要点

3.1 适用范围

3.2 合理选择采用优先数的参数

3.3 系列的合理选用

3.4 现行标准向优先数系过渡

4. 应用示例

4.1 在产品参数系列标准中的应用

4.2 在老产品整顿、简化时的应用

4.3 在质量指标分级中的应用

4.4 在零部件系列设计中的应用

4.5 在积木式组合设计中的应用

4.6 在相似设计中的应用

前言

优先数和优先数系是在十九世纪末,由法国人勒纳尔(Charles Renard)首先提出的。当时,气球上使用的绳索尺寸由设计者随意规定,竟有 425 种之多。勒纳尔在 1877 年出于合理化的要求,将尺寸按等比数列分级,从 425 种简化成 17 种。

他对等比数列作这样的规定,每进 5 项就使项值增大 10 倍(十进等比数列)。设 a 为起始项值, q 为公比,可得关系式 $a \cdot q^5 = 10a$,即公比 $q = \sqrt[5]{10} \approx 1.6$ 。相应的理论数列为:

$$a, a \sqrt[5]{10}, a(\sqrt[5]{10})^2, a(\sqrt[5]{10})^3, a(\sqrt[5]{10})^4, 10a$$

项值取 5 位有效数为:

$$a, 1.5849a, 2.5119a, 3.9811a, 6.3096a, 10a$$

勒纳尔用经过圆整而更实用的项值来代替精确计算值,并以 10 的整数幂作为 a ,由此获得以下数列:

$$10, 16, 25, 40, 63, 100$$

此数列可向两个方向延伸,这就是现在的 R5 系列,进一步又形成了分级更细的 R10、R20 和 R40 系列。

以此为基础的第一个标准于 1920 年在德国制定。1935 年,国际标准化协会公布了 ISA11 号通告,把“优先数”规定作为国际标准建议。

第二次世界大战以后,国际标准化组织的“优先数”技术委员会(ISO/TC19)继续进行这方面的工作,并于 1953 年公布了 ISOR3《优先数和优先数系》。

为了使优先数和优先数系在其它 ISO 技术委员会工作中更好地得到应用,1956 年公布了 ISOR17《优先数和优先数系的应用指南》,1966 年又公布了 ISOR497《优先数系和优先数的化整值系列的选用指南》。上述 ISOR3、ISOR17 和 ISOR497 三个建议,都在 1973 年转为国际标准:ISO 3—1973,ISO 17—1973,ISO 497—1973。

我国于 1960 年颁布了《优先数和优先数系》部标准(JB 109—60),经过几年实践,于 1964 年修订为国家标准(GB 321—64)。

1. 优先数系的主要优点

优先数是各种量值(特别是产品参数)分级时应优先采用的数,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创造一个先决条件,以达到简化统一。优先数系有许多优点,各种产品的参数都能从中选取合适的数值,因而也能够适应国民经济各部门提出的多种多样的要求。

1.1 经济合理的数值分级制度

工业产品的参数,从最小到最大一般具有很宽的数值范围。按等比数列分级时,就能以较少的品种规格,经济合理地满足用户的全部需要。因为要反映各级之间有同样的“质”的差别,必须有“相对差”的概念,而不能象等差数列那样只考虑“绝对差”。以轴径分级为例,在 10mm 不合需要时,可用 12mm,则两级之间绝对差为 2mm,相对差为 20%。但对 100mm 来说,加大 2mm 变成 102mm,相对差只有 2%,显然太小。而对直径为 1mm 的轴来说,加大 2mm 变成 3mm,相对差 200%,显然太大。等比数列是一种相对差不变的数列,不会造成分级疏的过疏、密的过密的不合理现象。优先数系正是按等比数列制订的,因此,它提供了一种经济、合理的数值分级制度。

1.2 统一和简化的基础

一种产品(或零件)往往同时在不同场合,由不同的人员分别进行设计和制造,而产品的参数又常常影响到与其有配套关系的一系列产品的有关参数。如果没有一个共同遵守的选用数据的准则,势必造成同一种产品的尺寸参数杂乱无章,品种规格过于繁多,无法经济地组织生产,也不利于使用维修。

优先数系是国际上统一的数值制度,可用于各种量值的分级,以便不同的地方都能优先选用同样的数值。它为技术经济工作上的统一、简化和产品参数的协调提供了基础。

按优先数系确定的参数和系列,在以后的标准化过程中(从企标发展到部标、国标等),可望保持

不变，这在技术上和经济上都有很大的意义。

企业自制自用的工装等设备的参数，也应当选用优先数系。这样，不但可简化、统一品种规格，而且可使尚未标准化的对象，从一开始就为走向标准化奠定了基础。

在制订标准或规定各种参数的协商中，优先数系应当成为用户和制造厂之间或各有关单位之间的共同语言，以便在无偏见的基础上达成一致。

1.3 具有广泛的适应性

优先数系中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。由于较疏系列的项值包含在较密的系列之中（R10 中有 R5 的项值，R20 中有 R10、R5 的项值等），故随着生产的发展，必要时可以通过插入中间值使较疏的系列变成较密的系列，而原来的项值保留不变。在参数范围很宽时，根据经济性和需要量等不同的条件，还可分段选用最合适的系列，以复合系列的形式来组成最佳系列。

优先数系的派生系列 R10/3 是一个经常使用的倍数系列（1、2、4、8……）。在 R40 系列中的优先数 3000，1500，750 和 375，是同步电动机在 50Hz 交流电空载运转时每分钟转数，在电工学上特别重要。优先数系中还含有自然数系中最重要的数值（如 1，2，3，4，5，……），以及工程技术上某些重要常数的近似值，例如：

$$\begin{aligned} \pi &= 3.1415 \dots \approx 3.15, & 2\pi &= 6.2831 \dots \approx 6.3, \\ \frac{\pi}{4} &= 0.785 \dots \approx 0.80, & \frac{\pi}{32} &= 0.098 \dots \approx \frac{1}{10}, \\ \pi^2 &= 9.8696 \dots \approx 10, & \sqrt{10} &= 3.1623 \dots \approx 3.15, \\ \sqrt{2} &= 1.414 \dots \approx 1.4, & \sqrt[3]{2} &= 1.2599 \dots \approx 1.25, \\ g &= 9.8066 \dots \approx 10 \text{ m/sec}^2, & 1'' &= 25.4 \dots \approx 25 \text{ mm}. \end{aligned}$$

另外，由于具有“优先数的积或商仍为优先数”这个重要特性，就更进一步扩大了优先数的适用范围。例如：当直径采用优先数时， π 也可用优先数 3.15 近似代替，则圆周长和圆的面积的近似值也都是优先数。这对计算近似的圆周速度、切削速度、圆柱体的面积和体积、球的面积和体积等也同样适用。

1.4 简单、易记、使用方便

优先数系是十进等比数列，其中包含了 10 的所有整数幂（如 1，10，100，……；0.1，0.01，……）。只要记住一个十进段内的数值，其它十进段内的数值可由小数点的移位得到。一般应用只需要记住 R20 中的 20 个数值。记忆的方法是利用 R20/6 系列的倍增性，记住 1.12（R20 的公比），就很容易排出其它各数：

$$1, 2, 4, 8, 1.6 \text{ (16)}, \underline{3.15}, 6.3, \underline{1.25} \text{ (12.5)}, 2.5, 5, 1 \text{ (10)}.$$

$$1.12, 2.24, 4.50, 9.00, 1.8 \text{ (18)}, \underline{3.55}, 7.10, \underline{1.40} \text{ (14)}, 2.80, 5.60, 1.12 \text{ (11.2)}.$$

上列数值，除下面有横线的各数稍有圆整外，其余都是很准确的倍数关系，只要将其按大小顺序排列就得出 R20 系列，隔项取值就得出 R10 系列，再从 R10 隔项取值可得 R5 系列。

1.5 简化设计计算

优先数系是等比数列，故任意个优先数的积和商仍为优先数，而优先数的对数（或序号）则是等差数列，这些特点可以大大简化设计计算。

2. 优先数的计算

2.1 用序号计算

优先数的序号 N_r 表示理论值为 $(\sqrt[5]{10})^{N_r} = q_r^{N_r}$ 的优先数在 R_r 系列中的排列次序，例如，在 R5 系列中，优先数的序号和优先数之间的关系如下：

序号 N_5		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
优先数理论值 $q^{\frac{N_5}{5}} = (\sqrt[5]{10})^{N_5}$		0.39811	0.63096	1.0000	1.5849	2.5119	3.9811	6.3096	10.000	15.849	
优先数常用值		0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30	10.00	16.0	

由对数的定义可知, 序号 N_r 就是优先数理论值以公比 q_r 为底的对数值。因此, 优先数的运算可转换为它的序号运算而得到简化, 其运算规则同一般对数计算完全相同。

由于 R40 系列包含了全部基本系列的项值, 故 R40 系列中的优先数序号 N (见 GB 321—80 表 1, N 是 N_{40} 的简写) 可以代替 N_5 、 N_{10} 、 N_{20} , 满足一般的计算要求。当对补充系列 R80 的优先数进行运算时, 应采用序号 N_{80} 。

以下计算中所用序号 N , 皆指 R40 系列中的序号。 $N=0\sim 40$ 适用于 1~10 十进段内的优先数 n , 其它十进段的优先数 $n \times 10^{\pm x}$ (x 取整数 1, 2, 3,), 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, 每缩小 10 倍, 其序号减小 40。

$$\text{例 1: } N(2.5) = 16, N(250) = N(2.5) + 2 \times 40 = 16 + 80 = 96$$

$$N(0.025) = N(2.5) - 2 \times 40 = 16 - 80 = -64$$

$$\text{例 2: } 250^2 = 63000$$

$$N(250^2) = 2N(250) = 2 \times 96 = 192 = 32 + 4 \times 40 = N(6.3) + N(10^4) = N(6.3 \times 10^4)$$

$$\text{例 3: } \sqrt[4]{0.025} = 0.4$$

$$N(0.025^{1/4}) = \frac{1}{4}N(0.025) = \frac{1}{4} \times (-64) = -16 = 24 - 40 = N(0.4)$$

例 4: $\sqrt[3]{2.5} = 2.5^{1/3}$ 不是基本系列中的优先数。因为 $N(2.5^{1/3}) = \frac{1}{3}N(2.5) = \frac{1}{3} \times 16 = 5\frac{1}{3}$, 不是整数, 由此可知, 优先数的 K 次方根 $\sqrt[K]{n}$, 不一定是优先数。只有当其序号与分式指数的乘积 $\frac{1}{K}N(n)$ 等于整数时, 开方值才仍为基本系列中的优先数。

2.2 用常用对数计算

优先数用常用对数计算也很方便。R40 系列中优先数理论值 n 的常用对数尾数, 列于 GB 321—80 表 1 第 8 栏, 它同序号 N 有下列关系:

$$\lg n = \lg 10^{N/40} = \frac{N}{40}$$

例 1: 求优先数的常用对数值

$$\lg 4500 = 3.650$$

$$\lg 0.00045 = 4.650$$

尾数 0.650 是优先数 4.5 的常用对数尾数。

$$\text{例 2: } 3.15 \times 1.6 = 5$$

$$\lg 3.15 + \lg 1.6 = 0.500 + 0.200 = 0.700 = \lg 5.00$$

例 3: $\sqrt[3]{450} = 450^{1/3}$ 不是优先数。因为

$$\lg 450 = 2.650, \frac{1}{3}\lg 450 = \frac{1}{3} \times 2.650 = 0.883$$

此值不是优先数的尾数。因 0.883 介于 0.875 与 0.900 之间, 故 $\sqrt[3]{450}$ 之值介于 7.50 与 8.00 之间。

例 4: 计算直径 $d=200\text{mm}$ 的带轮在转速 $n=800\text{min}^{-1}$ 时的圆周速度 V

$$V = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

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

$$= 0.500 + 2.300 + 2.900 - 3.000 = 2.700$$

$$\therefore V = 500\text{m/min}$$

2.3 列表计算

按优先数系分级的两个变量（参数）之积或商，可用列表算法，以节省大量计算工作量，并可避免计算的差错。计算时只要算出任意两个相邻项，以求得系列的公比。也可由各变量之间的函数式直接推得系列的公比，并算出任一项值，就能排出其余各值。

基本系列 R_r 中的各项值，分别自乘 p 次方，所得之值构成了派生系列 R_r/p 。例如，设直径 d 为 R_{10} 系列，则面积 $\frac{\pi d^2}{4}$ 就是派生系列 $R_{10}/2$ ，轴的抗扭断面模数 $\frac{\pi}{16} d^3$ 就是派生系列 $R_{10}/3$ 。了解这种关系，对列表计算是十分重要的。

例：求矩形截面的导线面积 A 的系列。设截面厚度 a 采用 R_{20} 系列，宽度 b 采用 R_{40} 系列。

只需由式 $A = a \cdot b$ 计算出表 1 中三个划有横线的数据，就能按其公比直接排出表中的全部数据（横行数系为 R_{20} 或 $R_{40}/2$ ，纵行数系为 R_{40} ）。

如果由函数式 $A = a \cdot b$ 直接分析 A 的系列，可分三种情况来考虑：① a 取常值， b 按 R_{40} 系列变化，则 A 也为 R_{40} 系列（见表 1 纵行）；② b 取常值， a 按 R_{20} 系列变化，则 A 为 R_{20} 或 $R_{40}/2$ 系列（见表 1 横行）；③ a 按 R_{20} 系列变化， b 按 R_{40} 系列变化，则 A 系列的公比为：

$$10^{1/20} \times 10^{1/40} = 10^{3/40} = q_{40/3}$$

故 A 为 $R_{40}/3$ 派生系列（见表 1 斜行列数。根据 a 和 b 值的搭配方式，可有 1.60, 1.90, 2.24,或 1.80, 2.12, 2.50,或 1.70, 2.00, 2.36.....等数列）。

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

表 1

宽 度 b (mm) R_{40}	厚 度 a R_{20} (mm)								
	0.80	0.90	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00
2.00	<u>1.60</u>	<u>1.80</u>	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00
2.12	<u>1.70</u>	1.90	2.12	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.25
2.24	1.80	2.00	<u>2.24</u>	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	4.50
2.36	1.90	2.12	2.36	<u>2.65</u>	3.00	3.35	3.75	4.25	4.75
2.50	2.00	2.24	2.50	2.80	<u>3.15</u>	3.55	4.00	4.50	5.00
2.65	2.12	2.36	2.65	3.00	3.35	<u>3.75</u>	4.25	4.75	5.30
2.80	2.24	2.50	2.80	3.15	3.55	4.00	<u>4.50</u>	5.00	5.60
3.00	2.36	2.65	3.00	3.35	3.75	4.25	4.75	<u>5.30</u>	6.00

2.4 算图

在工程技术上为了简化计算，常把有乘、除、乘方和开方关系的函数式制成算图。算图通常采用的对数坐标，刻度间距是不等分的，绘制麻烦。如用优先数作为对数坐标的刻度值，则能得到等间距刻度线，绘制非常简便，两者的比较见图 1。

常用的算图有以下两种：

a. 列线图

列线图又名共线图。图 2 是 $A=BC^{1/3}$ 的列线图， A 、 B 、 C 三个相关参数值位于一条直线上（图中用虚线表示），只要知道任意两个，就可立即读得第三个参数。图中 (a) 用普通对数尺，(b) 用优先数尺，后者是等间距刻度，在一个十进段（如 1~10 或 10~100）内，可根据需要分成 5 等分或 10 等分，然后标上 R5 或 R10 系列的数值即可。

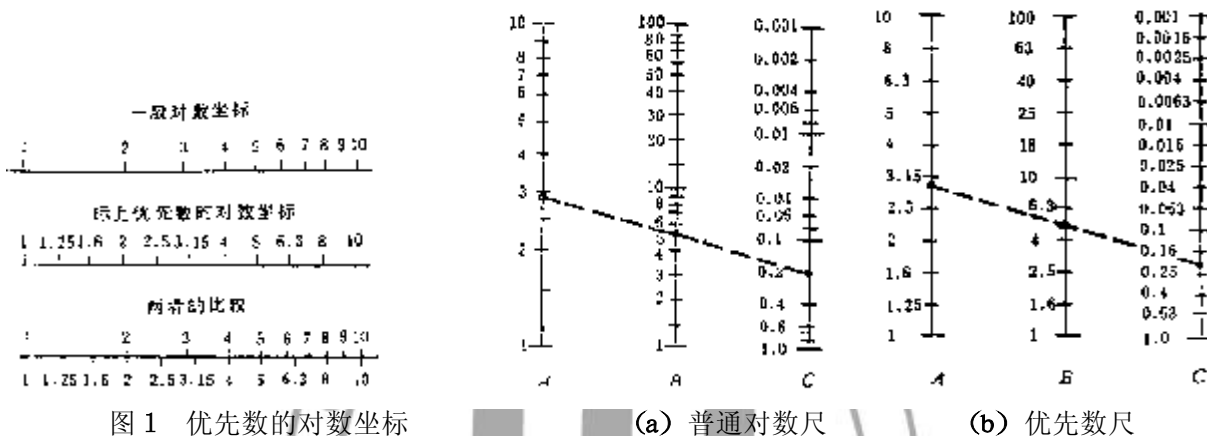


图 1 优先数的对数坐标

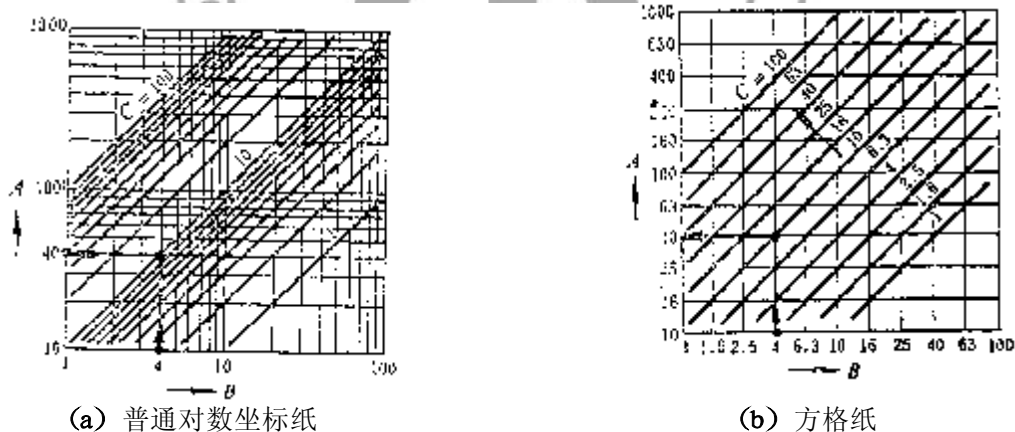
(a) 普通对数尺

(b) 优先数尺

图 2 列线图 $A=B \cdot C^{1/3}$

b. 共点图

共点图是一种直角坐标网络图，如图 3。



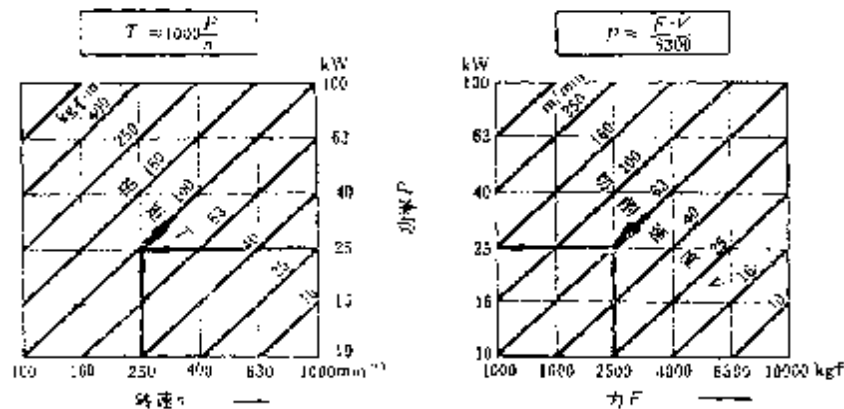
(a) 普通对数坐标纸

(b) 方格纸

图 3 共点图 $A=B \cdot C$

如果变量多于三个，可用若干个算图并列求解。如图 4 所示，扭矩 T (kgf·m) 可由作用力 F (kgf)、切削速度 V (m/min) 和转速 n (min^{-1}) 求得，即由下列两个关系式的算图并列而得：

$$P \approx \frac{FV}{6300} \text{ (kW)}, \quad T \approx 1000 \frac{P}{n} \text{ (kgf} \cdot \text{m)}.$$

图4 由 P 、 V 和 n 求 T 的并列算图

3. 优先数系的应用要点

3.1 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，在产品设计中的应用也很重要。因为优先数系对国民经济的协调作用，首先是在设计工作的进行过程中发生的。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中的传播以后，影响就很难消除。没有统一，从全局来说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。不能只从局部的和眼前的“方便”着眼，随意地选用数值。

优先数之和或差一般不再保持为优先数，因此，对于有些组合尺寸可采用模数制。

3.2 合理选择采用优先数的参数

制订产品系列方案时，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。

在产品（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。当单个基本系列不能满足需要时，也可选用由多个基本系列组成的复合系列。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，取决于它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，因变量一般不再为优先数，若条件允许时可圆整为与它最接近的优先数。

所谓合理选择采用优先数的参数，指的是取哪种参数为自变量。原则是：在满足用户需要的前提下，以有利于达到简化统一、实行经济生产为准则。

在重要的尺寸参数和与之有关联的性能参数之间。通常选用尺寸参数为自变量，而让在通用互换上较有“弹性”的那些性能参数作为因变量。例如，蜗轮减速器的中心距、蜗杆分度圆直径和传动比，不能同时都为优先数，因此选取重要的结构尺寸（中心距）和零件尺寸（蜗杆分度圆直径）为优先数，而让传动比（性能参数）的公称值为优先数，实际值允许有一定的偏差。这样，并不影响用户的使用，却能带来零部件标准化、系列化的好处。

3.3 系列的合理选用

3.3.1 系列和公比的选择

选好了采用优先数的自变量参数之后，就要为它选择具有合适公比的系列。在确定系列时应根据具体情况，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。因变量参数的系列则可由函数关系导出。为了得到最佳方案，需要妥善处理下述矛盾：选用公比大（分级疏）的系列，可以减少零件的尺寸规格和工、模、夹、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，从而降低了生产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要，或给用户带来太大的“以大代小”损失，并且也可能由于材料消耗的增多和加工面积的增大，反而增加了制造成本。因此，必须根据产品的用途、价格以及对有关联的其它产品的影响等多种因素，进行综合分析确定。

a. 基本系列的应用

只要能满足要求，就应遵循“先疏后密”的原则，尽可能选用基本系列。选择的优先顺序是：**R 5、R 10、R 20、R 40**。刚开始设计试制的新产品，可先选用公比大的系列，以后需要加密时，再插入中间项变成公比较小的系列。这个原则也适用于单个参数值的选择。这样，有关部门即使事先没有协商过，采用的参数值也能集中在特定的数值上，利于品种规格的统一、简化。

总之，公比的大小应当通过经济分析来决定。大致的选用准则可参考下列经验数据：

一般机械的主要参数	R 5~R 10
专用工具的主要尺寸	R 10
通用型材、零件和工具的尺寸，铸件的壁厚等	R 20~R 40 (R 40 尽量少用)

b. 派生系列的应用

如果基本系列中没有合用的公比，也可采用派生系列。这时应优先选用在延伸项中包含有项值“1”的派生系列，以利于统一。派生系列的选用原则与基本系列相同，优先顺序为：**R 5、R 10、R 20、R 40**。

由基本系列和派生系列可得到表 2 列举的各种公比。

基本系列和派生系列的公比

表 2

公 比 $q_r, q_{r/p}$	基本系列	派 生 系 列	相邻两个项值的相对差%
10		R10/10	900
4		R5/3 R10/6	300
2.5		R5/2 R10/4	150
2		R10/3 R20/6	100

续表 2

公 比 $q_r, q_{r/p}$	基本系列	派 生 系 列	相邻两个项值的相对差%
1.6	R5	R10/2 R20/4 (R40/8)	60
1.5		(R40/7)	50
1.4		R20/3 (R40/6)	40
1.32		(R40/5)	32
1.25	R10	R20/2 (R40/4)	25
1.18		(R40/3)	18
1.12	R20	(R40/2)	12
(1.09)		(R80/3)	9
1.06	R40		6
(1.03)	(R80)		3

注：带括号的系列和公比应尽量避免采用。

移位系列只宜用于因变量参数的系列，例如，成品尺寸采用基本系列时，其毛坯尺寸考虑到加工余量的需要，可采用该基本系列的移位系列：

成品尺寸 (R20)：40、45、50、56、63mm

毛坯尺寸 (R80/4)：41.2、46.2、51.5、58、65mm

c. 复合系列的应用

当整个系列的范围很大，在不同区间内需要量和功能价值相差悬殊，因而，单一公比的基本系列或派生系列不能满足要求时，从制造、使用的经济效果考虑，允许采用由几段不同公比的系列组成的复合系列，例如，0.6~3000 千瓦感应电动机系列就是一种复合系列，在小规格时采用分级较疏的系列 R40/5 (0.6……75) (千瓦)，在大规格时则采用分级较密的系列 R20 (220……3600) (千瓦)，以减少使用中以大代小的功率损失。

3.3.2 公比与参数量值的关系

对于同样一种分级要求，如果用不同的参数量值作为分级指标，就会得出公比不同的系列，例如，轴径、孔径等线性尺寸如取为 R20 系列，则与其有二次方关系的面积、推力等就为 R20/2 系列，而与其有三次方关系的体积、重量等就为 R20/3 系列。这种关系，也是一种自变量与因变量之间的函数关系，在确定参数系列时，必须加以考虑。

3.3.3 避免使用化整值

如无特殊原因，应当尽量避免使用化整值，因为化整值的选用带有任意性，不易取得协调统一，而且由于误差较大而带来下述缺点：

a. 系列中如果含有化整值，就使以后向较小公比的系列转换变得较为困难，例如，按 GB 321—80 表 3 规定，化整值 1.5 至多可用于公比较大的 R'5 和 R''10 系列，而不得用于公比较小的 R'20 和 R''20 系列。

b. 化整值系列公比的均匀性本来就差，例如 R'r 系列的最大公比误差达 2.94%，R''r 系列则达 5.61%，而其派生系列公比的均匀性有时比相应的 R'r 或 R''r 系列更差。

c. 化整值的相对误差经乘、除运算后往往进一步增大，以致丧失了优先数计算方便的优点。例如，线性尺寸取相对误差为 5% 的化整值时，则乘方后会造成如下误差：

- 二次方时大于 10% (如计算横截面积);
 三次方时大于 15% (如计算容器的容积);
 四次方时大于 20% (如计算轴的抗弯断面惯性矩)。
 五次方时大于 25% (如计算物体的转动惯量)。

3.4 现行标准向优先数系过渡

现行标准中的参数系列, 凡可采用优先数系而尚未采用者, 应在系列整顿或标准修订时, 按下述原则修改, 使之逐步向优先数系过渡:

- a. 现行标准中需要修改的规格, 应当改用优先数。
- b. 要淘汰现行标准中的一部分规格予以简化时, 如无特殊的技术经济上的原因, 应当保留那些同优先数最接近的参数值;
- c. 如果原有系列需要扩展时, 则新扩展的部分应当采用优先数;
- d. 对于现有的相互之间不完全一致的标准进行统一时, 应当采用优先数;
- e. 企业从不符合优先数系的现行标准 (或外购件规格) 中选用部分数值, 以制订企业标准或设计产品系列时, 应遵循优先数系的分级原理。例如, 按某一基本系列的公比, 选用有关标准 (或外购件目录) 中和优先数相近的规格。这样不但合理简化了品种规格, 又为以后向优先数系过渡创造了条件。

4. 应用示例

4.1 在产品参数系列标准中的应用

这是目前优先数系应用得最广泛的领域, 无论是机械产品、电工产品还是仪器仪表等, 在编制其主要参数系列标准时, 大都以优先数系作为主要依据, 对统一、简化产品的品种规格起了重要的作用。

例:

- a. 显微镜物镜的放大率采用 R5 系列 (参见 JB 1781—76):

1.6×, 2.5×, 4×, 6.3×, 10×, 25×, 40×, 63×, 100×

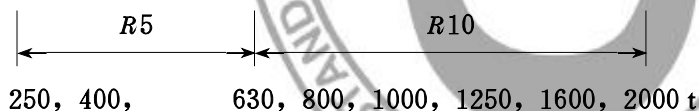
- b. 气动差压变送器测量上限的分级采用 R¹⁰ 系列 (参见 JB 1846—76):

100, 160, 250, 400, 600, 1000, 1600, 2500, 4000, 6000, 10000, 16000mmH₂O

- c. 锻压设备的液压机公称吨位参数系列 (参见 JB 611—78) 中, 对金属打包液压机采用 R5 系列:

63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600 t

对单动薄板冲压液压机采用 R5 和 R10 的复合系列:



- d. 立式车床的主参数采用 R10 系列 (参见 JB 1772—76):

单 柱 固 定 型

最大车削直径 D (mm)	630	800	1000	1250	1600	2000
最大工件高度 H (mm)	500	630	800	1000		1250

双 柱 固 定 型

最大车削直径 D (mm)	2500	3150	4000	5000	6300	8000
最大工件高度 H (mm)	1600	2000	2500	3150	4000	

e. 三相或单相变压器的容量等级采用以 R10 为主体的复合系列 (参见 GB 1094—79):

10			20		30	40	50	63	80
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
10000	12500	16000	20000	25000	31500	40000	50000	63000	75000
90000	120000	150000	180000	240000	300000	360000	千伏安		

f. 圆弧齿圆柱蜗杆减速器的主要参数中心距 A , 采用 R10 和 R'20 的复合系列 (参见 JB 2318—79):



80, 100, 125, 160, 200, 250, 280, 320, 360, 400, 450, 500mm

此种减速器的公称传动比 i 采用 R10 (8……50) 系列, 实际传动比允许有 $\pm 5\%$ 的误差。

g. 三角胶带的内周长长度采用 R20 系列 (参见 GB 1171—74):

			450	500	560	630	710	800	900
1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500	2800
3150	3550	4000	4500	5000	5600	6300	7100	8000	9000
10000	11200	12500	14000	16000					

h. 扁铝线 (参见 JB 653—77) 和扁铜线 (参见 JB 2082—77)。矩形截面的两个边长 a 和 b , 均按优先数系排列 (a 边自 0.80~7.10mm, b 边自 2.00~35.50mm)。标准规定:

$a \times b = R20 \times R20$ 优先采用; $a \times b = R20 \times R40$ 或 $R40 \times R20$ 补充采用; $a \times b = R20 \times R40$ 不采用。

4.2 在老产品整顿、简化时的应用

在产品整顿时, 企业应对品种规格杂乱, 需要量较大的那些老产品, 通过调查分析, 从优先数系中选用合适的系列作为产品的主要参数系列, 以简化品种规格, 使产品走上标准化的轨道。以后需要制订部标准和国家标准时, 这些产品的规格就有可能保留不变, 给企业带来较大的经济利益。

例: 某厂在机械产品中, 广泛采用了各种不同型式和规格的液压缸, 直径从 $\phi 40$ 到 $\phi 320$ mm, 行程从 50 到 4000mm。以前, 尺寸由设计人员随意确定, 未按优先数系选用。因此, 各种液压缸规格繁多, 型式杂乱, 行程的选择更是五花八门, 造成设计、工艺工作的大量重复, 给产品制造和质量的提高等方面都带来了不利的影响。为此, 该厂在广泛调查研究的基础上, 根据需要量的情况, 按优先数系制定了液压缸的工厂标准, 确定缸径 D 采用 R10 系列, 行程 S 采用复合系列 ($S \leq 250$ mm 为 R10 系列; $S > 250$ mm 为 R20 系列)。以较少的品种规格满足了各种机械产品的需要。与系列化前相比, 淘汰了十二种缸径规格, 行程的规格缩减更多。节约了大量的设计时间, 加快了设计进度。同时, 也减少了工艺工作量, 给制造和维修带来了很大方便, 为专业化生产创造了条件。并且, 后来在制订部标准 (参见 JB 2162—77) 时, 该厂的系列大多被保留, 体现了采用优先数系制订的产品系列, 在标准的发展进程中有可能保持不变或少变的优越性。

4.3 在质量指标分级中的应用

许多类型的质量指标, 例如, 表面光洁度、公差、抽样检验的 AQL 指标以及某些产品的质量指标等, 都可按照优先数系分级, 以保证不同级别的制品具有适当的“质”的差别, 从而防止过疏或过密的不合理分级, 这对制造和使用都是很重要的。

例: 国家标准《公差与配合》(参见 GB 1800—79), 采用了 ISO 的国际公差制。其中标准公差用公差等级系数与公差单位 i 的乘积表示的公差值来评定。IT5 至 IT18 的标准公差按表 3 计算, 从 IT6 起的公差等级系数采用 R5 系列。各级间公差分布规律性强, 便于向高、低等级延伸。

5 到 18 级标准公差 表 3

公差等级	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
公差值 (μm)	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i
公差等级	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
公差值 (μm)	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i

另外，公差标准中的基本尺寸分段也采用优先数，大于 250mm 时取 R10 系列，见表 4。这样，一方面满足了制造上的各种精度要求，另一方面又把实际应用的公差数值压缩至最低限度，以减少量规的规格。

基本尺寸的分段 mm 表 4

主 段 落	大于	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	到	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150

4.4 在零部件系列设计中的应用

在零部件系列设计时，可挑选一些主要尺寸作为自变量选用优先数系，而让一些作为因变量的尺寸由函数关系计算确定，条件允许时尽量圆整为优先数。在各种尺寸中，与其它件有关联的尺寸尤应注意选用优先数。例如，组合机床通用部件的主要互换尺寸（参见 JB 1521—75），采用优先数系，提高了部件的互换性；齿轮的节圆直径，带轮的计算直径等如为优先数，则当转速为优先数时，其线速度也为优先数。对一些简单的零件或零件中局部的形状尺寸（如沟槽截面尺寸），常按比例设计，这时比例系数可选用优先数，这样在求系列尺寸时就很方便。

例 1：电线电缆厂生产过程中使用着各种规格的周转线盘，其结构尺寸见图 5。

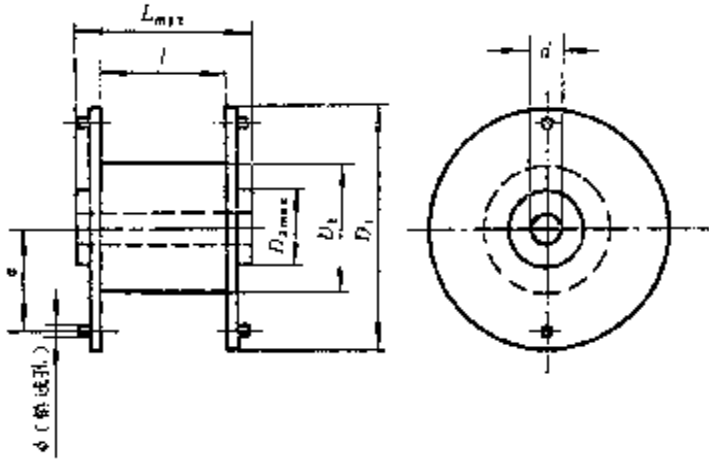


图 5 线盘

线盘的特点是结构形状简单,需要量大,规格多。在系列设计之前,各厂根据“需要”随便设计,造成线盘规格无限制地增加。据统计 D_1 在 55~300mm 范围内的线盘,约有 203 种(以侧板直径 D_1 、筒径 D_2 、排线宽度 l 及轴孔 d 四个主要尺寸完全相同作为一种规格),尺寸也很杂乱,仅 D_1 就有 78 种。即使 D_1 相同,也因其它尺寸的不同组合而产生许多种规格。增添新的规格又缺乏一定的控制,这就导致规格数量泛滥,占用生产资金多,管理和选用困难等一系列问题。

在标准化整顿中,对主要尺寸按优先数系进行系列化,把规格简化到只有 25 种。各厂可采取集中管理方式,凡列入系列标准的线盘,均由专职部门统一设计、制造、修理。凡未列入标准的将陆续予以淘汰。今后凡要新增线盘规格,必须经专职部门审查后,按系列补充,以严格控制线盘规格的任意扩大。

a. 侧板直径 D_1 :

这是线盘的主参数,直接影响装线容量和外形尺寸,选作自变量,根据实际需要选用 R10 系列,范围从 200 至 3150mm (见表 5)。

b. 筒径 D_2 :

筒径 D_2 和侧板直径 D_1 的比值 D_2/D_1 , 应能满足大多数电线电缆产品在弯曲半径方面的要求。 $PN200$ 至 315 的 D_2 等于 $0.4D_1$, $PN400$ 至 1600 的 D_2 约等于 $0.5D_1$, 最大的 $PN2500$ 及 3150 的 D_2 则等于 $0.6D_1$ 。因为大直径的电缆往往具有金属护套,要求有更大的弯曲半径。显然, D_2 属于因变量,当比值 D_2/D_1 取优先数 (0.4, 0.5 和 0.6 等) 时, D_2 也就成为优先数。

c. 排线宽度 l :

根据一定外形尺寸下装线容积为最大的优化设计,求得排线宽度的最佳值为:

$$l = (0.625 \sim 0.64) D_1 \approx 0.63 D_1$$

由于 0.63 是 R10 系列中的一个项值, D_1 取 R10 系列,故 l 也为 R10 系列。

d. 轴孔 d :

压缩 d 的规格,将促进设备的收线、放线装置的通用化,使设备的每一种轴径都可适用数种规格的线盘。这对于提高中小型线盘在生产流程中的使用效率有很大意义。按结构设计需要从 R20 中选用相近的优先数。

e. 计算容积 V :

线盘装线的计算容积 V 为:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_2^2) l$$

优先数之和或差一般不再为优先数,故 D_1 、 D_2 和 l 虽然都是优先数,但 V 一般不再为优先数,这里尺寸参数和性能参数有矛盾,不能同时都为优先数。从实际效果考虑,尺寸参数采用优先数系。 V 值虽非优先数,但变化是有规律的,在 $PN200$ 至 315、 $PN400$ 至 1600 和 $PN2500$ 至 3150 三段内, V 系列的公比都接近于 2。

f. $D_{3\max}$ 、 ϕ 和 e 三种尺寸并无特殊考虑,以切合实用、规格少、系列大致整齐为原则,根据需要选用相近的优先数。

PN 系列周转线盘的规格(参见 JB 1602—76)

表 5

型 号	尺 寸 mm								计算容积 $\bar{d} m^3$
	D_1	D_2	D_{3max}	l	L_{max}	d	ϕ	e	
PN 200	200	80	56	125	150	32	10	63	3.30
PN 250	250	100		160	190				6.60
PN 315	315	125		200	236				13.10
PN 400	400	200	90	250	300	56	16	112	23.56
PN 500	500	250		315	375				46.40
PN 630	630	315		400	475				93.52
PN 800	800	400	160	500	600	80	25	160	189
PN 1000	1000	500		630	750				371
PN 1250	1250	630		800	950				732
PN 1600	1600	800	200	1000	1150	100	40	280	1508
PN 2000	2000	1120		1250	1450				2696
PN 2500	2500	1500		1600	1850				5026
PN 3150	3150	1900	280	2000	2300	140	63	500	9916

例 2：起重机用的滑轮结构尺寸见图 6。

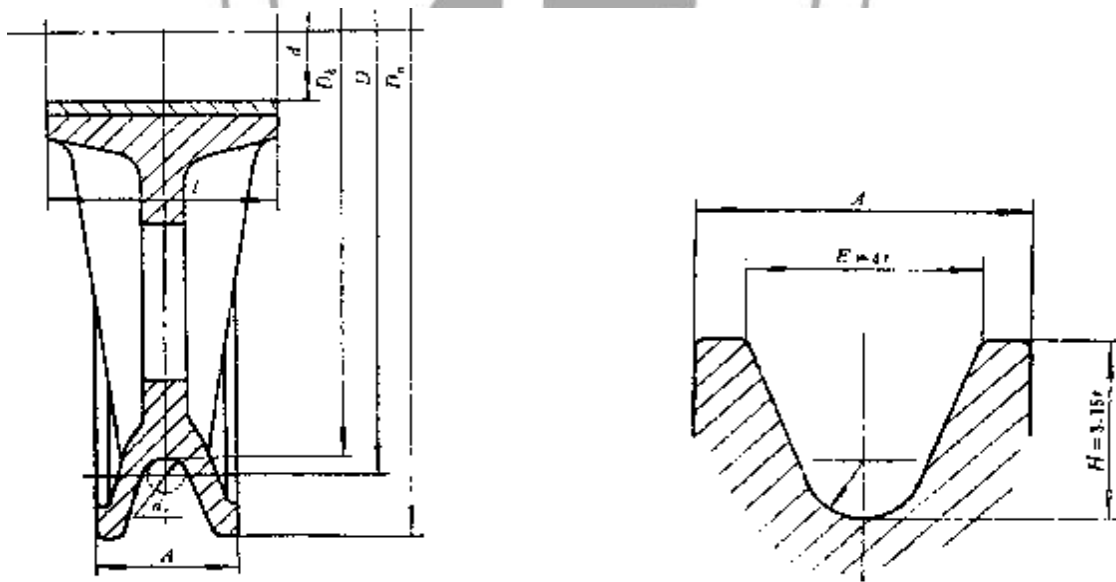


图 6 滑轮的结构尺寸(参阅 JISZ 8601 标准数解说)

a. 确定采用优先数的参数

对滑轮来说，最重要的参数是与其相配的钢丝绳直径 d_r 。因为 d_r 的大小直接影响到滑轮上所承受

载荷的大小，从而决定了滑轮的结构尺寸。因此，首先选用钢丝绳直径 d_r 为优先数，取 R20 系列，尺寸在 10~60mm 范围内。

其次，在滑轮轮缘部分的几个直径尺寸中，决定钢丝绳中心处的滑轮公称直径 D 采用优先数。而滑轮底径 D_b 按下式计算：

$$D_b = D - d_r$$

D_b 一般不再为优先数。

另外，根据经验确定适当的槽形，其尺寸比例如图所示，比例系数取优先数。这样只要槽底的圆弧半径 r 取为优先数，则槽形的各部分尺寸就都为优先数。

滑轮的外径 D_a 由下式计算确定：

$$D_a = D_b + 2H$$

D_a 一般也不再为优先数。

与轴的配合尺寸——轮毂长度 l 和滑轮孔径 a 都取为优先数。

b. 确定滑轮直径 D

滑轮直径 D 的系列取 R20 系列。滑轮直径与钢丝绳直径之比取决于起重机使用的频繁程度，在起重机的结构规范中最低为 20 倍。系列设计中假定取 20 倍、25 倍和 31.5 倍三种（倍数也按优先数选用，以保证 D 为优先数），并称 20 倍的滑轮为 20 型，25 倍的为 25 型，31.5 倍的为 31.5 型。对应不同钢丝绳直径 d_r 的滑轮直径 D 可按 R20 系列排表（见表 6）。

c. 确定槽底的圆弧半径 r

对槽底圆弧半径 r 的要求是使钢丝绳能较合适地安放在槽内。槽底半径过小或钢丝绳直径过大，都会产生干涉。 r 值可按式求得：

$$r \geq \frac{d_{rm}}{2} + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

式中：

d_{rm} ——钢丝绳直径的平均值 (mm)；

α ——钢丝直径公差 $\frac{1}{4}$ (mm)；

β ——槽底半径公差 $\frac{1}{2}$ (mm)。

把计算所得的值圆整为 R20 中的优先数。

d. 确定轮缘宽度 A

轮缘宽度 A 根据经验式为：

$$A = E + 4.25 \sqrt{r}$$

把计算所得的值圆整为相近的 R40 中的优先数。

e. 计算滑轮轴承上所承受的载荷 P

轴承上所承受的载荷 P 应为钢丝绳拉力 P_a 的两倍，即：

$$P = 2P_a = 2 \times \frac{P_b}{n} = P_b/3$$

式中 P_a ——钢丝绳拉力；

P_b ——钢丝绳的破断载荷，可由钢丝绳的直径查标准求得；

n ——安全系数，对起重机用钢丝绳取 $n=6$ 。

钢丝绳直径 $d_r=10\text{mm}$ 时，查得 $P_b=6030\text{kgf}$ ，则 $P=2010\text{kgf}$ ，近似取为优先数 $P \approx 2000\text{kgf}$ 。同时，考虑到在材料许用应力不变时，钢丝绳的破断载荷 P_b 与钢丝绳的断面积成正比。因此，

$$P_b \propto d_r^2, P \propto P_b, P \propto d_r^2$$

现在钢丝绳直径 d_r 为 R20 系列, 故载荷 P 为 R20/2 系列 (因 $P=2000\text{kgf}$ 为 R10 系列中的值, 故 R20/2=R10 系列)。

f. 决定孔径 d 和轮毂长度 l

设孔径 d 取 R20 系列, 轮毂长度 l 取 R10 系列。对同一种钢丝绳直径的滑轮, 因承载条件的不同, 须有不同的孔径 d 和轮毂长度 l 的组合, 因此需要确定其大小的极限范围, 这时最好利用优先数图来作系列分析。

(1) 确定孔径 d 和轮毂长度 l 的关系

d 与 l 的关系可由滑轮轴承面上的许用压力决定, 其关系为:

$$l = \frac{P}{d \cdot B_p} \propto \frac{d_r^2}{d}$$

式中: B_p ——轴承许用压力, 设 $B_p=90\text{kgf/cm}^2$;

P ——滑轮轴承所受的载荷, kgf ;

l 、 d 的单位取 cm 。

对各个钢丝绳直径 d_r , 其 B_p 和 P 值都是一定的, 故上式可表示为:

$$l \propto \frac{1}{d}$$

这关系在按优先数刻度的 $d-l$ 坐标中是斜率为 -1 的直线 (见图 7), 只要算出任意一点就能画出

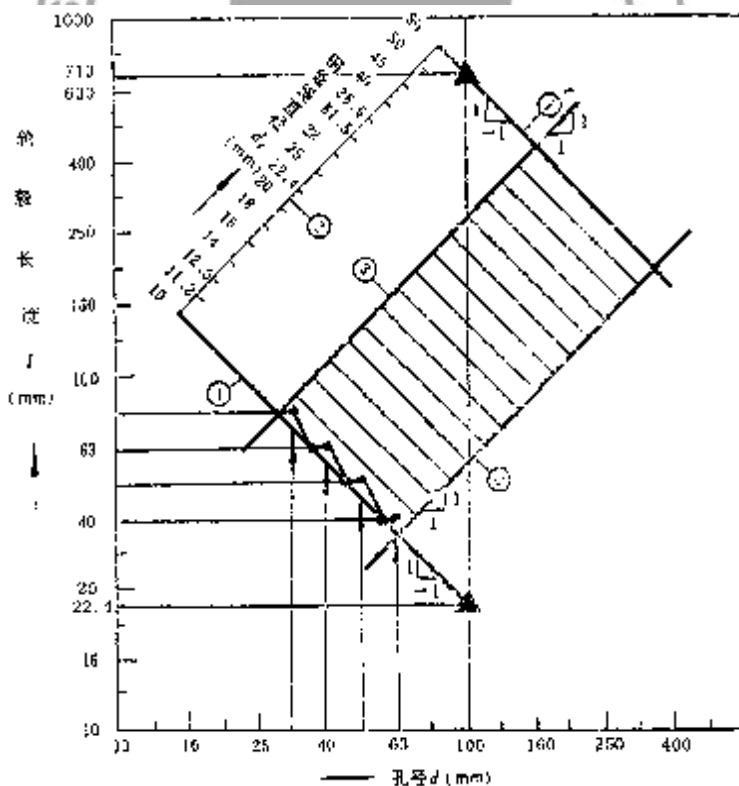


图 7 确定孔径 d 和轮毂长度 l 的系列

此直线。取孔径 $d=100\text{mm}=10\text{cm}$, 钢丝绳直径分别取最小 ($d_r=10\text{mm}$, $P=2000\text{kgf}$) 和最大 ($d_r=56\text{mm}$, $P=63000\text{kgf}$) 两种情况, 则轮毂长度 l 为:

$$d_r=10\text{mm 时}, l=\frac{2000}{10 \times 90}=2.24\text{cm}=22.4\text{mm},$$

$$d_r=56\text{mm 时}, l=\frac{63000}{10 \times 90}=71\text{cm}=710\text{mm}。$$

在图 7 中相应于 $d_r=10\text{mm}$ 时 $d=100\text{mm}$, $l=22.4\text{mm}$ 的一个点, 和 $d_r=56\text{mm}$ 时 $d=100\text{mm}$, $l=710\text{mm}$ 的一个点, 以符号▲表示。从这两点分别画出斜率为-1 的直线①和①'。

相应于其它 d_r 值的 d 与 l 值, 只要在两直线①和①'之间, 按钢丝绳直径系列 R20 等分, 绘出平行直线, 就很容易求得, 而不必一一计算。

(2) 确定 d 和 l 的极限范围

按照在滑轮轴两支点间仅装一个滑轮的最小承载条件, 以及装五个滑轮的最大承载条件, 考虑使轴的弯曲应力不超过许用值, 可求得最小孔径、最大孔径与轮毂长度的关系为:

$$d_{\min}=\frac{1}{2.72}l$$

$$d_{\max}=1.80l$$

与上式相应的两条斜率为 1 的直线③、③'给出了 d 和 l 的极限范围。

(3) 修正轮毂长度

与各种 d 、 l 值相应的点, 只要在直线①、①'、③、③'规定的范围内, 就能符合设计要求。但因轴(孔)径 d 取 R20 系列, 而轮毂长度 l 取 R10 系列, 是已经给定的条件, 因此, 需要把 l 中不是 R10 系列的值向上修正到 R10 系列。例如在图 7 的直线①上, 把箭头符号所表示的 R20 系列的轮毂长度修正到 R10 上。这样得到的滑轮孔径与轮毂长度的系列尺寸见表 7。

4.5 在积木式组合设计中的应用

计算机辅助设计和辅助制造的发展, 与产品及零部件的标准化密切相关。标准化程度越高, 就能预先编制设计或制造的标准子程序, 供总体设计或制造时调用。问题是如何合理解决产品性能多样化与零部件标准化间的矛盾, 较好的途径之一是采取积木式的组合设计。这种设想甚至能用到产品的关键大型专用零件上, 方法是: 将零件分成具有不同功能特点的若干组成部分, 各部分又按优先数系分成几档规格, 分别作出标准设计。这样整个零件的设计就可根据具体使用要求, 由各部分的标准设计拼合而成。这种拼合是软件和铸造木模的拼合, 而浇铸成零件还是整体的。

滑 轮 的 系 列 尺 寸 mm

表 6

钢丝 直径 d_r	滑轮直径 D			滑轮底径 D_b			槽底 半径 r	槽的 高度 H	沟槽 宽度 E	轮缘 宽度 A	滑轮外径 D_a			载 荷 $P(\text{kgf})$
	20 型	25 型	31.5 型	20 型	25 型	31.5 型					20 型	25 型	31.5 型	
10	200	250	315	190	240	305	6.3	20	25	37.5	230	280	345	2000
11.2	224	280	355	212.8	268.8	343.8	7.1	22.4	28	40	257.6	313.6	388.6	2500
12.5	250	315	400	237.5	302.5	387.5	7.1	22.4	28	40	282.3	347.3	432.3	3150
14	280	355	450	266	341	436	8	25	31.5	45	316	391	486	4000
16	315	400	500	299	384	484	9	28	35.5	50	355	440	540	5000
18	355	450	560	337	432	542	10	31.5	40	56	400	495	605	6300
20	400	500	630	380	480	610	11.2	35.5	45	60	451	551	681	8000
22.4	450	560	710	427.6	537.6	687.6	12.5	40	50	67	507.6	617.6	767.6	10000

续表 6

钢丝 直径 d_r	滑轮直径 D			滑轮底径 D_b			槽底 半径 r	槽的 高度 H	沟槽 宽度 E	轮缘 宽度 A	滑轮外径 D_a			载 荷 $P(\text{kgf})$
	20 型	25 型	31.5 型	20 型	25 型	31.5 型					20 型	25 型	31.5 型	
25	500	630	800	475	605	775	14	45	56	75	565	695	865	12500
28	560	710	900	532	682	872	16	50	63	80	632	782	972	16000
31.5	630	800	1000	598.5	768.5	968.5	18	56	71	90	710.5	880.5	1080.5	20000
35.5	710	900	1120	674.5	864.5	1084.5	20	63	80	100	800.5	990.5	1210.5	25000
40	800	1000	1250	760	960	1210	22.4	71	90	112	902	1102	1352	31500
45	900	1120	1400	855	1075	1355	25	80	100	125	1015	1235	1515	40000
50	1000	1250	1600	950	1200	1550	28	90	112	140	1130	1380	1730	50000
56	1120	1400	1800	1064	1344	1744	31.5	100	125	150	1264	1544	1944	63000

滑轮的孔径和轮毂长度 mm

表 7

钢丝直径 d_r	轴、 孔径 d	轮 毂 长 度 l											
		40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	
10	31.5				×								
	35.5			×									
	40			×									
	45		×										
	50		×										
	56	×											
	63	×											
	71	×											
11.2	35.5				×								
	40				×								
	45			×									
	50			×									
	56		×										

例：工业汽轮机汽缸的积木式组合设计：

汽缸是整体铸件，但结构设计可按功能划分成若干区段，例如：前区段、减压段、延长段、过渡段、法兰段和排汽段。

前区段分高压和低压两类，每类又按汽缸内半径分成若干级，如：25、32、40、50、63cm (R'10 系列)。

后部排汽段分为背压式排汽缸和凝汽式排汽缸两类，每类按转子末级动叶片的根部直径分成若干

级，如背压式为 20、25、32、40 和 50 cm (R'10 系列)，凝汽式为 28、36、45、56、71 (R'20/2 系列)。每一个排气段能够和二档压力的三个不同的前缸相组合。

汽缸中间的几段用来连接前区段和后部排汽段，以便根据用户要求，使汽轮机具有合理的通流长度。它可以是简单的延长段，也可以是连结小直径的前区段和大尺寸的排汽段用的过渡段，或是连结厚壁前缸（高压用）和薄壁后缸的减压段。其中延长段、过渡段、减压段的尺寸都按优先数系分级。

利用这些标准“积木块”，便可用组合法设计出满足背压式、凝汽式、抽气背压式等不同型式、功率、转速和热力参数的工业汽轮机用的汽缸。

4.6 在相似设计中的应用。

物体各部分的尺寸如果按同一比例放大或缩小，就构成一个几何相似而大小不同的规格系列。按照相似设计原理，物体的几何相似性常能导致力学关系的相似性。这样，就能用缩小的模型来实验研究物体的力学性能，从而推断出实物所具有的性能。例如：机床的大件（如床身、立柱等）常用缩小的模型作刚度实验。

几何相似性和力学相似性的关系可用活塞和油缸的简单例子来加以说明（见图 8）：如果油压 p 保持不变，则几何相似的几个油缸、活塞和活塞杆就有相同的应力状态。

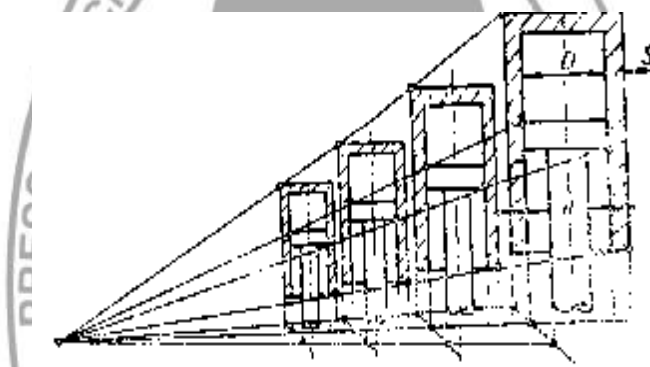


图 8 活塞和油缸

优先数系是等比数列，各部分尺寸如果都按同一公比的优先数系形成系列，必然具有几何相似性。因此，采用优先数系能比较方便地运用相似设计的原理，只要知道了几何相似和力学相似之间的函数关系，就能容易地由物体的线性尺寸系列推导出力学参数的系列。

例：蜗壳离心水泵可按流量及扬程两个不同系列的组合，排出很多种水泵的品种。设计水泵时按优先数系制订系列标准，可以有效地简化品种规格。设某种水泵用一个水力模型作实验，然后按比例放大形成系列。按照离心水泵的相似设计原理可知，尺寸为模型二倍的泵，其流量为 $2^3=8$ 倍，扬程为 $2^2=4$ 倍，而轴功率为 $2^5=32$ 倍。因此，如果放大或缩小的比例系数采用优先数，则流量、扬程和轴功率这三个性能参数也都为优先数。

泵的流量和扬程虽然是泵的主参数，但计算时则按因变量（由模型的放大系数所决定）处理取为派生系列。在 ISO2858 中对水泵流量的系列取：6.3、12.5、25、50、100、200、400m³/h（即 R10/3 系列），而扬程为：5、8、12.5、20、32、50、80、125m（即 R10/2 系列），就是按水泵叶轮直径的系列为 R10 的相似设计原理制订的。

泵的型号常以其特征值比转速 n_s 来表示，同一型号的各种几何相似的泵，都有相同的比转速 n_s 和相似的特性曲线。比转速 n_s 按下式计算：

$$n_s = \frac{0.116nQ^{1/2}}{H^{3/4}}$$

式中: n (min^{-1})、 Q (l/s)、 H (m) 分别为最佳工况下的转速、流量和扬程。

当 $n=2950\text{min}^{-1}$ 时:

$$n_s = \frac{0.116 \times 2950 Q^{1/2}}{H^{3/4}} \approx 355 \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (355 \text{ 为优先数})$$

Q 按 R10/3 系列取值, H 按 R10/2 系列取值时, 泵的比转速 n_s 保持不变 (这表明泵是几何相似的)。而对同一流量 Q 的水泵, 如给定了 H 的系列, 则 n_s 的系列可由上式推算出来: $n_s \propto \frac{1}{H^{3/4}}$, 当 H 为 R10/2 系列时, n_s 系列的公比 $q = (10_{10}^2)^{3/4} = 10_{10}^3$, 即 n_s 为 R20/3 系列, 且 n_s 值增大的方向和 H 系列相反。这样只要求得 n_s 的一个值, 就可按系列排出其余各值。例如当 $n=2950\text{min}^{-1}$ 、 $Q=12.5\text{m}^3/\text{h}=3.55\text{l/s}$ 时, 若 $H=8、12.5、20、31.5、50、80\text{m}$, 则比转速 n_s 相应为 140、100、71、50、35.5、25。

以此为基础绘制的优先数图, 可用于水泵的系列分析 (见图 9)。制图时可用序号计算式:

$$N(n_s) = N(355) + \frac{1}{2}N(Q) - \frac{3}{4}N(H)$$

即

$$N(H) = \frac{2}{3}N(Q) - \frac{4}{3}N(n_s) + \frac{4}{3}N(355)$$

可见, 当 n_s 固定不变时, H 和 Q 的关系在优先数坐标或对数坐标中为一直线, 斜率等于 $\frac{2}{3}$ 。图中用圆点“•”表示水泵的品种和规格, 在同一 n_s 直线上的圆点表示不同尺寸的几何相似的泵。

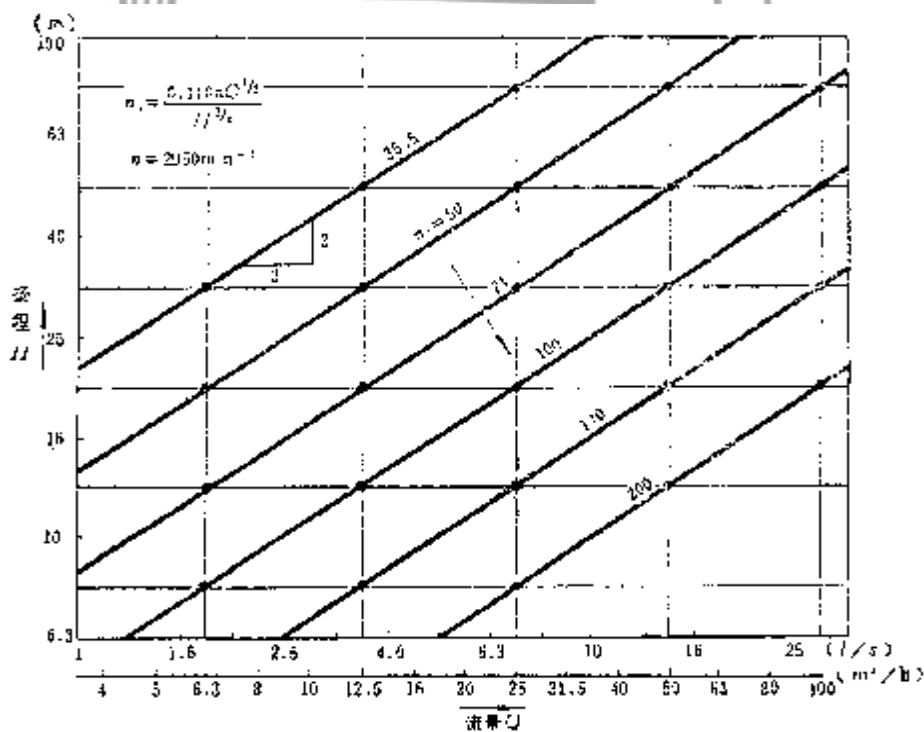


图 9 离心水流量扬程、流量和比转速