

建筑情报资料

第 8010 号

1980 年 3 月

砧石砌体强度的平均值和变 异系数的确定

四川省建筑科学研究所编印

砖石砌体强度的平均值和变异系数的确定

目 录

一、引 言

二、砌体强度的平均值的确定

三、砌体强度的变异系数的确定

四、小 结

附录一、砖石砌体强度的变异系数 V_R 计算值

附录二、主要参考资料目录

$$E(y) = \bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)_m (x_i - \bar{x}_i)$$

一、引言

采用近似概率法——二次矩概率法计标结构安全指标 β 时，所涉及到的参变量主要是两类：其一是属于荷载效应方面的，包括反映荷载离散性及分析模型误差的荷载变异系数 V_S 和反映荷载取值标准的 K_S ；另一类是属于结构承载力（抗力）方面的，包括反映材料强度的离散性、施工质量等的波动、结构尺寸误差、构件截面特征影响及分析误差等因素的承载力变异系数 V_N 和反映承载力取值标准的 K_N （ $K_N = \frac{\bar{R}}{R^b} = \frac{\gamma \bar{R}}{R^b}$ ，式中 $\bar{R}$ 和

$\bar{R}$ 分别为实际构件强度和砌体标准试件强度的平均值； γ 为两者的比值 $\frac{\bar{R}}{R^b}$ ； R^b 为构件强度的标准值，取等于砌体强度的标准值）。 V_N 中的主要组成部分是砌体强度的变异系数 V_R ；而 K_N 的主要组成部分则为砌体强度的平均值 $\bar{R}$ 。本文的目的主要是讨论砖石砌体强度的平均值和变异系数的确定问题。

砖石砌体的种类繁多，如砖砌体、空心砖砌体、实心砌块砌体、空心砌块砌体、料石砌体和乱毛石砌体等。在规范⁽¹⁾中对每种砌体都分别按数种不同标号的砖石块材和砂浆列出相应的抗压、轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度。如果象对待钢材、木材和混凝土那样，对每一砌体强度的平均值和变异系数，都根据符合一定条件（即所谓四同条件）的试验数据进行统计分析确定，则其工作量实在太大了，在短期内是不可能完成的。为此，我们拟采用数理统计方法，推导有关砌体强度的平均值和变异系数计标公式；然后根据该项公式计标确定各项砌体强度的平均值和变异系数，并供今后供修订砖石结构设计规范时采用的建议数据。现分别叙述如后。

二. 砌体强度平均值的确定

在现行砖石结构设计规范⁽¹⁾中各类砌体的各项强度指标(即标准强度),都是按公式计标确定的。而这些公式都是根据口分试验资料按数理统计方法求得回归公式,一般是砖石块材和砂浆的抗压强度(标号) R_1 和 R_2 以及水平灰缝的砂浆饱满度 B 等的函数。例如砖砌体抗压强度的计标公式为

$$R_a = f(R_1, R_2, B) = (0.1\sqrt{R_1} + 0.2\sqrt{R_2})\sqrt{R_1 + 60(0.4B^2 + 0.8B + 0.2)} \quad (1)$$

式中 R_1, R_2 ——分别为砖和砂浆的标号,以公斤/厘米²计;

B ——水平灰缝的砂浆饱满度,以小数计。

规范⁽¹⁾中各类砌体的强度指标都是相应于 B 等于其中平均值 $\bar{B}$ 时的强度值;而当 $B = \bar{B} = 0.732$ 时,公式(1)的

$$0.4B^2 + 0.8B + 0.2 = 0.4 \times 0.732^2 + 0.8 \times 0.732 + 0.2 = 1.0, \text{ 于是公式} \\ (1) \text{即简化为 } R_a = (0.1\sqrt{R_1} + 0.2\sqrt{R_2})\sqrt{R_1 + 60} \quad (2)$$

当 $B > \bar{B}$ 时,则砌体强度将大于规范的规定值。因施工规范⁽²⁾规定,砖石砌体水平灰缝的砂浆饱满度 B 不得小于 $0.80 (> \bar{B})$,故在实际工程中只要能满足施工规范的要求,则设计规范中规定的砌体强度值就能得到保证。因此,为了简化计标,在现行规范⁽¹⁾中的各类砌体强度计标公式中没有引入参数 B ,而写成类似公式(2)的形式。

现根据砌体强度计标公式,按下述方法来推导砌体强度的平均值计标公式:

设 y 为互相独立的随机变量 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 的函数,即

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3)$$

将上式按泰勒级数在 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ 处展开,并取一次项,可得

$$y = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m (x_i - \bar{x}_i) \\ \therefore E(y) = \bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m (x_i - \bar{x}_i) \quad (4)$$

$$= f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m (x_i - \bar{x}_i)$$

$$= f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m (x_i - \bar{x}_i)$$

$$\text{又} \because E(x_i - \bar{x}_i) = \overline{(x_i - \bar{x}_i)} = \bar{x}_i - \bar{x}_i = 0,$$

$$\therefore y = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$$

根据公式(1)和(5)，可求得砖砌体抗压强度的平均值计标公式为：

$$\begin{aligned} \bar{R}_a &= f(\bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{B}) = (0.1\sqrt{\bar{R}_1} + 0.2\sqrt{\bar{R}_2})\sqrt{\bar{R}_1 + 60}(0.4\bar{B}^2 + 0.8\bar{B} + 0.2) \\ &= (0.1\sqrt{\bar{R}_1} + 0.2\sqrt{\bar{R}_2})\sqrt{\bar{R}_1 + 60} \quad (6) \end{aligned}$$

式中 $\bar{R}_1$ 、 $\bar{R}_2$ 和 $\bar{B}$ ——分别为砖、砂浆抗压强度的平均值和水平灰缝砂浆饱满度的平均值。

对其它各类砌体的各项强度的平均值计标公式均可按同样方法求得，即将有关砌体强度计标公式中所有参数（如 R_1 、 R_2 等）以其平均值代入，就可得到砌体强度的平均值计标公式。

因为现行规范⁽¹⁾中的砖石块材和砂浆的标号都是以其抗压强度的平均值 R_1 和 R_2 表示的，所以，规范中所列各项砌体强度标准值，实际上等于砌体强度的平均值，即 $R^b = \bar{R}$ 。

关于砖石结构工程中实际构件的平均强度与试验室中砌体标准试件的平均强度的比值问题，因限于条件，我们没有研究过。

迄今也未见到国内外其他单位关于这方面的试验资料。

考虑到一般砖石结构工程中砌体构件的边界条件与砌体标准试件的边界条件不同，且工程中砌体的后期强度有所增长。这是工程中实际构件强度可能高于砌体标准试件强度的有利因素。但是工程中砌体的砌筑质量一般较试验室中标准试件的砌筑质量差，工程中使用的材料质量的均质性也比试验室中使用的材料差一些（试验室中使用的材料一般是经过挑选的）。这是使工程中的实际构件强度可能降低的不利因素。

综上所述，在尚未准确测到工程中的实际构件强度平均值 $\bar{R}'$ 以前，我们认为可近似地取 $\bar{R}' = \bar{R}$ ；即在计标结构安全指标 β 时，

$$\text{可取 } K_N = \frac{\bar{R}'}{R^b} = \frac{\bar{R}}{R^b} = 1.0$$

三、砌体强度变异系数的确定

(一) 变异系数计标公式的推导

由数理统计知识可知，函数 y 的方差 σ_y^2 可用下式表示：

$$\sigma_y^2 = E(y - \bar{y})^2$$

将公式(4)和(5)代入公式(7)，则得

$$\sigma_y^2 = E \left[f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m (x_i - \bar{x}_i) - f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \right]^2$$

$$= E \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m^2 (x_i - \bar{x}_i)^2 + 2 \sum_{1 \leq i < j \leq n} \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m \left(\frac{\partial y}{\partial x_j} \right)_m \times (x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j) \right]$$

$$\begin{aligned}\therefore E(x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j) &= (x_i - x_j)(x_j - \bar{x}_j) \\ &= (x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j) = 0 \times 0 = 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \sigma_y^2 &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m E(x_i - \bar{x}_i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_m \sigma_x^2\end{aligned}$$

式中 $\left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)_m$ —— 函数 y 对 x_i 的偏导数，其中的变量以

其平均值代入。

由公式(1)和(8)，可求得砖砌体抗压强度 R_a 的方差为

$$\sigma_{R_a}^2 = \left(\frac{\partial R_a}{\partial R_1} \right)_m^2 \sigma_{R_1}^2 + \left(\frac{\partial R_a}{\partial R_2} \right)_m^2 \sigma_{R_2}^2 + \left(\frac{\partial R_a}{\partial B} \right)_m^2 \sigma_B^2 \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned}\therefore \sigma_{R_1}^2 &= \bar{R}_1^2 V_{R_1}^2 \\ \sigma_{R_2}^2 &= \bar{R}_2^2 V_{R_2}^2 \\ \sigma_B^2 &= \bar{B}^2 V_B^2\end{aligned} \right\} \quad (10)$$

将公式(10)代入公式(9)，即得砖砌体抗压强度 R_a 的变异系数计称公式为

$$\begin{aligned}V_{R_a} &= \sqrt{\frac{\sigma_{R_a}^2}{R_a^2}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{\partial R_a}{\partial R_1} \right)_m^2 \bar{R}_1^2 V_{R_1}^2 + \left(\frac{\partial R_a}{\partial R_2} \right)_m^2 \bar{R}_2^2 V_{R_2}^2 + \left(\frac{\partial R_a}{\partial B} \right)_m^2 \bar{B}^2 V_B^2}{R_a^2}} \\ &= \frac{1}{R_a} (a^2 \bar{R}_1^2 V_{R_1}^2 + b^2 \bar{R}_2^2 V_{R_2}^2 + c^2 \bar{B}^2 V_B^2)^{\frac{1}{2}} \quad (11)\end{aligned}$$

按照同样的方法，可求得其它各类砌体抗压强度的变异系数计标公式，以及砖、空心砖和乱毛石砌体轴心抗拉强度、弯曲抗拉强度和抗剪强度的变异系数计标公式，分别汇列于表1和表2中。

表1. 砖石砌体抗压强度的变异系数 V_{Ra} 计标公式

序号	砌体类别	计 标 公 式	备 注
1	砖、空心砖砌体	$V_{Ra} = \frac{1}{R_a} (a^2 \bar{R}_1^2 V_{R1}^2 + b^2 \bar{R}_2^2 V_{R2}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2 + d^2 \bar{h}^2 V_h^2 + e^2 \bar{R}^2 V_K^2)^{\frac{1}{2}}$	左列各公式中符号相同的有共参数和系数，对不同的砌体，其取值不同。
2	1砖厚空斗砌体		
3	每匹高度为40厘米的砌块和料石砌体		
4	乱毛石砌体	$V_{Ra} = \frac{1}{R_a} (a^2 \bar{R}_1^2 V_{R1}^2 + b^2 \bar{R}_2^2 V_{R2}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2 + d^2 \bar{h}^2 V_h^2 + e^2 \bar{R}^2 V_K^2)^{\frac{1}{2}}$	和系数，对不同的砌体，其取值不同。
5	每匹高度大于40厘米的砌块和料石砌体		
6	每匹高度小于40厘米、大于15厘米的同上砌体		
7	中型空心砌块砌体	$V_{Ra} = \frac{1}{R_a} (a^2 \bar{R}_1^2 V_{R1}^2 + b^2 \bar{R}_2^2 V_{R2}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2 + d^2 \bar{h}^2 V_h^2 + e^2 \bar{R}^2 V_K^2)^{\frac{1}{2}}$	
8	小型空心砌块砌体		

表2. 砖、空心砖和乱毛石砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度的变异系数计标公式

序号	强度类别	砌体类别及破坏特征		计 标 公 式	备注	
1	轴心抗拉强度	砖、空心砖砌体	沿砖截面	$V_{Re} = \frac{1}{R_e} (a^2 \bar{R}_1^2 V_{R1}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2)^{\frac{1}{2}}$	左列各公式中符号相同的有共参数和系数，对不同的砌体，其取值不同。	
			沿齿缝截面	$V_{Re} = \frac{1}{R_e} (b^2 \bar{R}_2^2 V_{R2}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2)^{\frac{1}{2}}$		
		乱毛石砌体	沿齿缝截面			
2	弯曲抗拉强度	砖、空心砖砌体	沿砖截面	$V_{RW} = \frac{1}{R_w} (a^2 \bar{R}_1^2 V_{R1}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2)^{\frac{1}{2}}$		
			沿通缝截面	$V_{RW} = \frac{1}{R_w} (b^2 \bar{R}_2^2 V_{R2}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2)^{\frac{1}{2}}$		
			沿齿缝截面			
		乱毛石砌体	沿齿缝截面			
3	抗剪强度	砖、空心砖砌体	沿通缝截面	$V_{Rj} = \frac{1}{R_j} (b^2 \bar{R}_2^2 V_{R2}^2 + C^2 \bar{B}^2 V_B^2)^{\frac{1}{2}}$		
			沿齿缝截面			
		乱毛石砌体	沿齿缝截面			

表1和表2中

$\bar{R}_a, \bar{R}_l, \bar{R}_w$ 和 $\bar{R}_j$ —— 分别为砌体的抗压、轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度的平均值;

VR_1, VR_2 —— 分别为砖石块材和砂浆抗压强度的变异系数;

V_B —— 水平灰缝砂浆饱满度的变异系数;

$\bar{h}, V_h$ —— 分别为砌块或料石高度的平均值和变异系数;

$\bar{K}, V_K$ —— 分别为空心砌块的空心率平均值的变异系数。

$$a = \left(\frac{\partial R_a}{\partial R_1} \right) m,$$

$$b = \left(\frac{\partial R_a}{\partial R_2} \right) m,$$

$$c = \left(\frac{\partial R_a}{\partial B} \right) m,$$

$$d = \left(\frac{\partial R_a}{\partial h} \right) m,$$

$$e = \left(\frac{\partial R_a}{\partial K} \right) m,$$

—— 分别为函数 R_a 对变号 R_1, R_2, B, h 和 K 的偏导数, 其中的变号以其平均值代入。

(二) 试验验证

为了验证表1和表2所列变异系数计标公式的精确度, 我们曾进行过10分试验。同时收集到其它单位的10分试验数据。现将按公式计标结果与试验数据的对比情况汇列于表3。

由表3可以看出, 除个别数据外, 按表1和表2所列公式计标结果与试验值较为接近, 这说明按前述公式计标砖石砌体强度的变异系数是适宜的。

表3. 砌体强度变异系数试验值与计标值的对比情况

序号	砌体类别	强度类别	子样容量(n)	材料强度平均值(Kg/cm ²)		材料强度的变异系数		砌体强度的变异系数		$\frac{VR'}{VR}$	试验单位
				$\bar{R}_1$	$\bar{R}_2$	VR_1	VR_2	试验值, VR	计标值, VR		
1	砖砌体	抗压	50	196	31.4	0.231	0.400	0.178	0.216	0.82	本所 ^[11]
2	砖砌体	抗压	50	125	21.0	0.200	0.290	0.169	0.186	0.91	西安冶金建筑学院 ^[4]
3	空心砖砌体	抗压	30	130	74.0	0.290	0.230	0.182	0.212	0.86	陕西砖瓦研究所 ^[5]
4	中型混凝土空心砌块砌体	抗压	50	265	62.5	0.185	0.251	0.229	0.216	1.06	本所 ^[8]
5	乱毛石砌体	抗压	48	903	26.7	0.124	0.170	0.173	0.211	0.82	山东省建筑设计科学研究所 ^[6]
6	砖砌体	轴心抗压强度	50	117	41.5	0.330	0.100	0.220	0.205	1.07	辽宁省建筑设计科学研究所 ^[7]
7	砖砌体	沿缝截面与弯曲抗压强度	50	117	15.3	0.330	0.340	0.360	0.280	1.28	同上
8	空心砖砌体	同上	50		102.8		0.151	0.240	0.216	1.11	本所 ^[10]
9	砖砌体	沿缝截面与弯曲抗压强度	50		77.0		0.240	0.200	0.218	0.92	本所 ^[9]
平均										0.98	

注: 经下分布检验(信度5%)表明, 除个别数据外, 由表3所列各子样的均方差推断的母体均方差与相应的规范母体(即计标值)的均方差, 没有显著差异。

(三) 计标结果及其分析

如前所述, 当已知 $\bar{R}_1$, $\bar{R}_2$, $\bar{B}$, VR_1 , VR_2 和 V_B 等参数后, 我们即可按表1和表2所列公式求得各类砌体强度的变异系数。现根据常用的砖石块材和砂浆标号及其可能出现的变异系数, 并考虑砌体水平灰缝砂浆饱满度的变异等因素, 标出不同砌体强

度的变异系数，列于附录一附表1~11。由于在规范中不可能对采用不同^的标号砖石块材和砂浆砌筑的每项砌体的强度——分别给出不同的变异系数值。因为这样既使规范复杂化，而且使用也很不方便。为此，我们建议分别以附表1~11中计算结果的平均值作为有关砌体强度变异系数的规范取值，如表4所示。

由表1、表2及附表1~11中可以看出，影响砌体强度变异系数的因素很多，其中以 VR_1 、 VR_2 和 VB 为主。如由附表1可知，当其它参数不变时， VR_1 由0.1增至0.4时，砖砌体抗压强度的变异系数 VR_a 平均增大67%； VR_2 由0.1增至0.4时， VR_a 平均增大16%。又由附表3可以看出，当其它参数不变

表4. 砖、石砌体强度的变异系数的建议值

序号	砌体类别	强度类别	变异系数
1	砖、空心砖、砌块和料石砌体	抗压强度	0.20
2	空心砌块砌体和1砖厚空斗砌体		0.22
3	乱毛石砌体		0.27
4	砖、空心砖砌体	抗剪和沿通缝截面的弯曲抗拉强度	0.24
5		沿砖截面的轴心抗拉和弯曲抗拉强度	0.22
6		沿齿缝截面的轴心抗拉和弯曲抗拉强度	
7	乱毛石砌体	同 上	0.32
8		沿齿缝截面的抗剪强度	0.33

VR_1 由0.1增至0.3时，小型空心砌块砌体的 VR_a 值平均增大57%； VR_2 由0.1增至0.4时， VR_a 值平均增大

11%。

再由附表6和7可知,当其它参数不变时,砖、空心砖砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度的变异系数随 VR_2 值的增大而提高,如 VR_2 由0.1增至0.4时, VR_j 值平均提高40%。

因此,为了减小砌体强度的变异,以保证砖石结构的安全,必须切实保证砖石材料的均质性,即严格控制砖石块材和砂浆抗压强度的变异系数 VR_1 和 VR_2 值。根据试验和计标结果,我们认为砖和乱毛石的抗压强度变异系数 VR_1 不宜大于0.30;块材和料石的抗压强度变异系数 VR_1 不宜大于0.25;砂浆的抗压强度变异系数 VR_2 不应超过0.40;在同一砌体中, VR_1+VR_2 不应大于0.50。

四. 小 结

(一) 通过计标分析和 π 分试验数据的验证表明,在缺乏较系统而充分的试验数据以资统计分析时,对于砖石砌体强度的平均值和变异系数,可按本文推导的有关公式进行计标确定。计标结构安全指标 β 时, KN 值可取等于1.0;砌体强度的变异系数 VR 则可按表4所列建议值采用。

(二) 由于现行砖石结构设计规范中的轴心抗拉强度 R_a ,弯曲抗拉强度 R_w 和抗剪强度 R_j 的计标公式,不适用于硅酸盐砖、砌块和料石砌体,故本文根据这些公式推导的有关强度的变异系数计标公式,也不适用于这几种砌体。因此对这几种砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度及其变异系数的确定问题,尚需进行必要的试验研究工作。

附录一. 砖石砌体强度的变异系数 VR 计标值

附表 1. 砖砌体抗压强度的变异系数 V_R 计算值

$\bar{R}_1$	$\bar{R}_2$	V_{R1}	V_{R2}							平均
			0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
200	100	0.10	0.140	0.144	0.149	0.156	0.163	0.171	0.181	0.158
		0.15	0.153	0.159	0.163	0.169	0.176	0.183	0.192	0.171
		0.20	0.174	0.177	0.181	0.186	0.193	0.200	0.208	0.188
		0.25	0.196	0.198	0.202	0.207	0.212	0.219	0.226	0.208
		0.30	0.217	0.220	0.223	0.228	0.233	0.239	0.245	0.229
		0.35	0.244	0.246	0.249	0.253	0.257	0.263	0.269	0.254
		0.40	0.269	0.271	0.274	0.278	0.282	0.287	0.292	0.279
		平均	0.199	0.202	0.206	0.211	0.216	0.223	0.230	0.212
50		0.10	0.141	0.144	0.148	0.152	0.158	0.164	0.171	0.154
		0.15	0.158	0.160	0.164	0.168	0.173	0.179	0.185	0.170
		0.20	0.179	0.181	0.184	0.188	0.192	0.198	0.203	0.189
		0.25	0.203	0.205	0.207	0.211	0.215	0.219	0.225	0.212
		0.30	0.228	0.230	0.232	0.236	0.239	0.243	0.248	0.236
		0.35	0.256	0.257	0.259	0.262	0.265	0.269	0.273	0.263
		0.40	0.284	0.285	0.287	0.289	0.292	0.296	0.300	0.290
		平均	0.207	0.209	0.212	0.215	0.219	0.224	0.229	0.216
25		0.10	0.143	0.144	0.147	0.150	0.154	0.159	0.164	0.152
		0.15	0.162	0.163	0.165	0.168	0.172	0.176	0.180	0.169
		0.20	0.185	0.186	0.188	0.191	0.194	0.197	0.201	0.192
		0.25	0.211	0.212	0.214	0.216	0.219	0.222	0.226	0.217
		0.30	0.239	0.240	0.242	0.244	0.246	0.249	0.252	0.244
		0.35	0.268	0.270	0.271	0.273	0.275	0.277	0.280	0.273
		0.40	0.299	0.300	0.301	0.303	0.305	0.307	0.310	0.304
		平均	0.215	0.216	0.218	0.221	0.224	0.228	0.230	0.221
平	均		0.207	0.209	0.212	0.216	0.220	0.225	0.230	0.217

续附表 1

1 号曲线

$\bar{R}_1$	$\bar{R}_2$	V_{R_1}	V_{R_2}							平均
			0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
150	100	0.10	0.139	0.143	0.149	0.156	0.164	0.173	0.184	0.158
		0.15	0.152	0.155	0.161	0.167	0.175	0.184	0.193	0.170
		0.20	0.168	0.171	0.176	0.182	0.189	0.198	0.206	0.184
		0.25	0.187	0.190	0.194	0.200	0.206	0.214	0.222	0.202
		0.30	0.208	0.210	0.214	0.219	0.225	0.232	0.240	0.221
		0.35	0.230	0.232	0.236	0.240	0.246	0.252	0.259	0.242
		0.40	0.253	0.255	0.258	0.263	0.268	0.273	0.280	0.264
		平均	0.191	0.194	0.198	0.204	0.210	0.218	0.226	0.206
50		0.10	0.140	0.143	0.147	0.153	0.159	0.166	0.174	0.155
		0.15	0.155	0.158	0.161	0.166	0.172	0.179	0.186	0.168
		0.20	0.173	0.176	0.179	0.184	0.189	0.195	0.202	0.185
		0.25	0.194	0.197	0.200	0.204	0.209	0.214	0.220	0.205
		0.30	0.218	0.220	0.222	0.226	0.230	0.236	0.241	0.228
		0.35	0.242	0.244	0.247	0.250	0.254	0.258	0.264	0.251
		0.40	0.268	0.269	0.271	0.275	0.278	0.282	0.287	0.276
		平均	0.198	0.201	0.204	0.208	0.213	0.218	0.225	0.210
25		0.10	0.141	0.143	0.146	0.150	0.154	0.160	0.165	0.151
		0.15	0.157	0.159	0.162	0.166	0.170	0.174	0.180	0.169
		0.20	0.178	0.180	0.182	0.185	0.189	0.194	0.198	0.187
		0.25	0.202	0.204	0.206	0.208	0.212	0.216	0.220	0.210
		0.30	0.228	0.229	0.231	0.233	0.236	0.240	0.244	0.234
		0.35	0.254	0.256	0.258	0.260	0.262	0.265	0.269	0.260
		0.40	0.281	0.282	0.283	0.285	0.288	0.291	0.294	0.286
		平均	0.206	0.208	0.210	0.212	0.216	0.220	0.224	0.214
平均		0.198	0.201	0.204	0.208	0.213	0.219	0.225	0.210	

续附表1

$\bar{R}_1$	$\bar{R}_2$	VR_1	VR_2							平均
			0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
100	100	0.10	0.147	0.152	0.158	0.166	0.175	0.185	0.196	0.168
		0.15	0.137	0.142	0.149	0.157	0.166	0.177	0.188	0.159
		0.20	0.160	0.164	0.170	0.178	0.186	0.195	0.206	0.180
		0.25	0.176	0.180	0.185	0.192	0.199	0.208	0.218	0.194
		0.30	0.193	0.196	0.201	0.207	0.215	0.223	0.232	0.210
		0.35	0.212	0.215	0.219	0.225	0.231	0.239	0.248	0.227
		0.40	0.231	0.234	0.238	0.243	0.250	0.257	0.264	0.245
		平均	0.179	0.183	0.188	0.195	0.203	0.212	0.222	0.197
50		0.10	0.137	0.141	0.146	0.153	0.160	0.169	0.178	0.155
		0.15	0.149	0.152	0.157	0.163	0.170	0.178	0.187	0.165
		0.20	0.164	0.167	0.172	0.177	0.184	0.191	0.199	0.179
		0.25	0.182	0.185	0.189	0.194	0.200	0.206	0.214	0.196
		0.30	0.201	0.204	0.207	0.212	0.217	0.224	0.231	0.214
		0.35	0.222	0.224	0.228	0.232	0.237	0.242	0.249	0.233
		0.40	0.244	0.246	0.249	0.253	0.257	0.263	0.269	0.254
		平均	0.186	0.188	0.192	0.198	0.204	0.210	0.218	0.199
25		0.10	0.138	0.141	0.145	0.149	0.155	0.162	0.169	0.151
		0.15	0.152	0.154	0.158	0.162	0.167	0.173	0.180	0.164
		0.20	0.169	0.171	0.174	0.178	0.183	0.188	0.194	0.180
		0.25	0.189	0.191	0.194	0.197	0.201	0.206	0.212	0.198
		0.30	0.210	0.212	0.215	0.218	0.222	0.226	0.232	0.219
		0.35	0.233	0.235	0.237	0.240	0.244	0.248	0.253	0.241
		0.40	0.257	0.259	0.261	0.264	0.267	0.271	0.275	0.265
		平均	0.193	0.195	0.198	0.201	0.206	0.210	0.216	0.203
平	均		0.186	0.189	0.193	0.198	0.204	0.211	0.219	0.200

续附表 1.

$\bar{R}_1$	$\bar{R}_2$	V_{R1}	V_{R2}							平均
			0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
75	50	0.10	0.136	0.140	0.146	0.153	0.161	0.171	0.181	0.155
		0.15	0.145	0.149	0.155	0.162	0.170	0.178	0.188	0.164
		0.20	0.158	0.162	0.167	0.173	0.180	0.189	0.198	0.175
		0.25	0.173	0.176	0.181	0.187	0.194	0.201	0.210	0.189
		0.30	0.189	0.192	0.197	0.202	0.208	0.216	0.224	0.204
		0.35	0.207	0.210	0.214	0.219	0.225	0.232	0.239	0.221
		0.40	0.226	0.229	0.232	0.237	0.242	0.248	0.256	0.238
		平均	0.176	0.180	0.184	0.190	0.197	0.205	0.214	0.192
	25	0.10	0.136	0.140	0.144	0.149	0.156	0.163	0.171	0.151
		0.15	0.148	0.151	0.155	0.160	0.166	0.173	0.180	0.162
		0.20	0.162	0.165	0.169	0.173	0.179	0.185	0.192	0.175
		0.25	0.179	0.182	0.185	0.190	0.195	0.200	0.207	0.191
		0.30	0.198	0.200	0.203	0.207	0.212	0.218	0.224	0.209
		0.35	0.218	0.220	0.223	0.227	0.231	0.236	0.242	0.228
		0.40	0.239	0.241	0.244	0.247	0.251	0.256	0.261	0.248
		平均	0.183	0.186	0.189	0.193	0.199	0.204	0.211	0.195
	10	0.10	0.138	0.140	0.142	0.146	0.150	0.155	0.160	0.147
		0.15	0.152	0.153	0.156	0.159	0.163	0.167	0.172	0.160
		0.20	0.169	0.171	0.173	0.176	0.180	0.183	0.188	0.177
		0.25	0.189	0.191	0.193	0.195	0.198	0.202	0.206	0.196
		0.30	0.212	0.213	0.215	0.217	0.220	0.223	0.227	0.218
		0.35	0.235	0.236	0.238	0.240	0.242	0.246	0.249	0.241
		0.40	0.260	0.261	0.262	0.264	0.266	0.269	0.272	0.265
		平均	0.194	0.195	0.197	0.200	0.203	0.206	0.210	0.201
平	均		0.184	0.187	0.190	0.194	0.199	0.205	0.212	0.196

续附表1

$\bar{R}_1$	$\bar{R}_2$	VR_1	VR_2							平均
			0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
50	50	0.10	0.134	0.139	0.146	0.154	0.164	0.174	0.186	0.157
		0.15	0.141	0.146	0.152	0.160	0.169	0.180	0.191	0.163
		0.20	0.150	0.155	0.161	0.168	0.177	0.187	0.198	0.171
		0.25	0.161	0.166	0.171	0.178	0.187	0.196	0.206	0.181
		0.30	0.174	0.178	0.183	0.190	0.198	0.206	0.216	0.192
		0.35	0.188	0.191	0.196	0.203	0.210	0.218	0.228	0.205
		0.40	0.203	0.206	0.210	0.216	0.223	0.231	0.240	0.218
		平均	0.164	0.169	0.174	0.181	0.190	0.199	0.209	0.184
25		0.10	0.134	0.138	0.144	0.150	0.158	0.166	0.176	0.152
		0.15	0.143	0.146	0.152	0.158	0.165	0.173	0.182	0.160
		0.20	0.154	0.157	0.162	0.168	0.175	0.183	0.191	0.170
		0.25	0.167	0.170	0.175	0.180	0.187	0.194	0.202	0.182
		0.30	0.182	0.185	0.189	0.194	0.200	0.207	0.214	0.196
		0.35	0.198	0.201	0.205	0.209	0.215	0.221	0.228	0.211
		0.40	0.215	0.218	0.221	0.226	0.231	0.237	0.244	0.227
		平均	0.170	0.174	0.178	0.184	0.190	0.197	0.205	0.185
10		0.10	0.135	0.138	0.141	0.146	0.151	0.157	0.163	0.147
		0.15	0.146	0.148	0.152	0.156	0.160	0.166	0.172	0.157
		0.20	0.160	0.162	0.165	0.169	0.173	0.178	0.184	0.170
		0.25	0.176	0.178	0.180	0.184	0.188	0.193	0.198	0.185
		0.30	0.194	0.196	0.198	0.201	0.205	0.209	0.214	0.202
		0.35	0.213	0.215	0.217	0.220	0.223	0.227	0.232	0.221
		0.40	0.233	0.235	0.237	0.240	0.243	0.246	0.251	0.241
		平均	0.180	0.182	0.184	0.188	0.192	0.196	0.202	0.189
平均	平均		0.171	0.175	0.179	0.184	0.190	0.198	0.206	0.186
总	平均									0.202