国产建筑鋼材匀質系数及其確定方法

冶金工业部建筑研究院　編著

国产建筑鋼材匀質系数及其確定方法

冶金工業部建筑研究院 編著

冶金工业出版社

国产建筑鋼材匀質系数及其确定方法
冶金工业部建筑研究院　編著

1960 年 6 月第一版　　1960 年 6 月北京第一次印刷 4,725 册
开本 850×1168·1/32·字数 80,000·印张 4·插頁 4·定价 0.57元
統一书号 15062·2195 冶金工业出版社印刷厂印　　新华书店发行

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）
北京市书刊出版业营业許可証出字第 093 号

“国产建筑鋼材匀質系數及其确定方法”系冶金工业部建筑研究院調查研究了鞍山、沈阳、唐山、天津、太原、大冶、重庆等地九个重点鋼鉄企业的大量試驗資料，經过統計分析所寫成的。书中較詳細地闡述了用數理統計法来确定匀質系數的基本概念和方法。着重对正态、对數正态、克-閔、皮尔逊Ⅲ型及尺度变換法等統計曲綫进行了比較。在此基础上提出的統計結果，可为我国制訂鋼結构及混凝土結构設計規范的参考數据。本书对數理統計方面的基本知識有較全面的簡明介紹，因此，它可供有关的土建工程技術人員、冶金工厂試驗部門的檢驗人員及教学工作者参考。

目　录

序　　言

1955年以来，我国在建筑結构設計方面已开始采用按极限状态計算的方法。几年来，在我国的工业和民用建筑工程設計中，已积极地推行按极限状态計算方法。由于采用了这种計算方法，不但节約了許多建筑材料，并且降低了成本。对多、快、好、省地建設社会主义的事业具有重要意义。

前几年，在推行按极限状态进行結构設計的过程中，我們曾遇到了一些問題，这就是我們还缺少符合我国具体情况的、按极限状态进行計算的新規范。要制訂我国自己的新規范，首先遇到的是有关荷載和材料方面的計算系数如何根据我国实际情况进行确定的問題。为了更好地推行按极限状态計算的方法，并保証結构的質量与合理地使用材料，就必須为制訂新規范提供可靠的鋼材勻質系数的数据。为此，根据国务院前科学規划委員会建筑組制定的1958年建筑科学研究計划，我院进行了国产建筑鋼材勻質系数的研究。

勻質系数是用数理統計的方法来科学地反映材料的質量，因之，在保証結构質量的前提下能使材料充分地发揮效用，使計算方法更趋于正确。随着鋼材質量的不断改善，其勻質系数也将逐步提高，这必将导致材料的进一步节約。

为了收集国产建筑鋼材性能的原始資料，我們在1958年曾先后調查了东北、华北、华东、中南、西南等五个地区的主要鋼厂，其中包括鞍山鋼鉄公司，沈阳軋鋼厂，天津鋼厂，唐山鋼厂，太原鋼鉄公司，上鋼三厂，新沪鋼厂，大冶鋼厂，重庆第一鋼鉄厂等九个单位。这些单位遍布全国各地，規模有大有小，因此这些調查資料是有相当代表性的。

我們对国产建筑鋼材的調查內容为：在鋼材种类方面，包括尢3热軋普通圓鋼、型鋼（包括角鋼、槽鋼及工字鋼）、鋼板尢5

热軋規律变形鋼筋（螺紋鋼筋）和 25 ГС 热軋規律变形鋼筋。調查資料得自各厂中心試驗室或技术检查部門的試驗記录及出厂保証書。資料的期限为 1957 年 1 月至 1958 年 7 月。調查时，对各厂的生产工艺过程，取样和試驗情况也进行了一般的了解。

在統計計算方面，我們分別选用了正态曲綫、对数正态曲綫，計算了全部資料。对于偏度較大、与正态曲綫及对数正态曲綫适应程度較差的經驗分布曲綫，則又分別以克一閔曲綫、皮尔逊Ⅲ型曲綫及尺度变換法进行計算。为了校核經驗曲綫与理論曲綫的适应程度和所得系数是否有足够的精确度，我們用柯尔莫哥洛夫（Колмогоров）和 X^2 法进行了校核。

根据用以上曲綫进行統計分析，国产建筑鋼材匀質系数的計算結果如下：鋼筋，尢3 为 0.9，尢5 为 0.9，25 ГС 为 0.85；型鋼为 0.85；鋼板为 0.9。

在我們調查分析鋼材匀質系数的过程中，除了各鋼厂有关部門的大力协助和提供原始資料外，冶金工业部設計司前鋼筋混凝土結构規范工作小組、北京大学数学力学系、中国科学院計算研究所、大連工学院水利系等单位也給予我們很多帮助；中国科学院土建研究所并曾派人和我們共同进行了某些分析統計，更是大大协助了我們的工作，特此致謝。

第一章　匀質系数及应用数理統計法計算匀質系数的概念

从十九世紀中叶起，在結构計算上沿用很久的按容許应力的計算方法，为了使結构不致破坏，在計算时，要求构件上的最大纖維应力不超过一安全的容許值。此安全容許值是将构件所用材料的計算强度极限除以一安全系数。实际上构件最大纖維应力达到极限值时，結构并未失去承載能力。此外，用一个单一的安全系数来概括許多人們尙不能控制的一切不利因素通常是根据經驗試探决定的。因而准确度不高。随着科学技术的发展，人們对于結构的工作情况和材料性能的掌握愈来愈深入和了解，因而日益感到这种方法既不能反映結构的眞实工作情况，又沒有发揮材料內在的潛力。

近几十年来，人們对材料和結构的弹塑性阶段工作进行了广泛的研究。在苏联，經过学者們創造性的研究，这方面的成就巳被应用到改善結构計算方法上去了。1938 年首先在鋼筋混凝土結构方面废除了按容許应力計算的方法。采用了按破损阶段計算法。这个方法較之容許应力法要优越得多。由于进一步发揮了材料的潛在能力，因而較容許应力計算法接近結构的实际工作情况并可节約材料。但采用缺少科学論据的单一安全系数仍是一大缺点。

关于正确地选定安全系数并进一步改善結构計算方法問題，經苏联学者多年的研究，提出了极限状态計算法。在这一計算方法中，单一的强度計算和单一的安全系数巳为限制結构使用的三种极限状态和几个新的計算系数（荷載的超載系数和組合系数，材料的匀質系数，材料和結构的工作条件系数）所代替。

为了了解匀質系数，我們从下列按承載能力极限状态进行計

算的普遍式来明确一下其性質。

$$N = \Sigma n_i N_i^H \leqslant \phi\,(m_1, m_2\cdots;\ k_1 R_1^H, k_2 R_2^H\cdots;\ S\cdots)\cdots\cdots(1-1)$$

式中 N——最不利的計算极限荷載；

N_i^H——組成最不利荷載的标准荷載；

n_i——与标准荷載相应的超載系数；

m_1——工作条件系数；

R_1^H, R_2^H——結构所用材料的标准强度；

k_1, k_2——相应材料的匀質系数；

S——构件的几何性質（面积、抵抗矩等）"。

在上式中，材料的标准强度为一固定不变的常数。实际上，虽然人們希望得到同样强度的材料，但是由于許多我們无法估計和还不能控制的因素的影响，即使原材料的成份相同、材料的生产制造工艺也一样，并且按統一方法在同一試驗机上进行試驗，所得結果往往仍然各个不一。例如尢3鋼材的屈伏强度，从很多試件的試驗結果中可以看出，其值約在21—39公斤/毫米^{2}之間变动。这种现象虽然人們早就发現，但通常处理的方式是在計算中对强度采用一个安全的数值。如尢3鋼材的平均屈服强度約为28公斤/毫米^2，計算时則采用标准强度为24公斤/毫米^2。为了儘量避免出現屈服强度小于标准强度的鋼材，在鋼材标准中規定鋼材的废品极限值即为其标准强度值。每批鋼材的試样强度如果不小于所規定的废品极限值，則認为这批鋼材的强度是合格的。如不合格，尙可进行复試。复試时取两倍試样进行試驗。如果全部試样强度都不低于废品极限值，則認为这批鋼材仍是合格的。如果复試中有一个試样不合格，則該批鋼材就認为不合格。由于試样不可能取得很多，而且在初試不合格后还可以进行复試，因此不論在初試即合格的或复試后合格的整批鋼材中，仍然可能混入少量屈伏强度低于废品极限值的鋼材。所以在极限状态計算中，将鋼材的标准强度定为等于废品极限值后，仍有出現危險的可能性。因此，在計算中引入了一个匀質系数 k。由此可見，匀質系数仍是一个考

虑由于材料机械性能变更而对其标准强度引起影响的系数。

据上所述，在驗收鋼材时，虽然有一个規定的废品极限値在控制，但是在全部合格的鋼材中，仍然有低于該强度的鋼材。因此屈服强度的下限和一小部分鋼材的屈服强度会小于标准强度，而絕大部分的屈服强度則大于标准强度。就理論观点来看，鋼材的屈服强度是有其下限的。当試驗数据非常多时，其下限就趋近于眞实的下限。由于試驗数据总是有限的，因此眞实的下限总是不可能确切地得到肯定。假定眞实的下限我們能够确切知道，在这种情况下，我們也不可能用屈服强度的下限来作为材料的計算抗力，因为这样做是很不經济的。为了經济合理地解决这一問題，人們假定了一个最小可能的屈服强度 R_{min}。这个最小可能值不是任意选定的，它必須滿足这样一个条件：在一組鋼材屈服强度的試驗数据中，可以保証所有的屈服强度值大于 R_{min} 的概率为 ω（苏联采用99.865%）。換句話說，只有很小一部分 $1-\omega$（0.135%）的屈服强度值可能比 R_{min} 更小。ω 值可以随建筑物的等級、結构要求、工程項目等的不同而定。R_{min} 代表鋼材屈服强度变动的最小可能值，因此它与标准强度之比即为勻質系数。标准强度是一个規定的常数，因此勻質系数問題就在于如何确定 R_{min}。

設我們有一組鋼材屈服强度的試驗数据（数理統計学称为样本）R_1，R_2，R_3……，R_n。在全部試驗数据中，任一屈服强度 R_i 的出現次数 f_i 是可以統計出来的。如果我們以横座标表示 R_i，以縱座标表示 R_i 的頻率（即 $\frac{f_i}{\Sigma f_i}$），則可以得到一条表示屈服强度变动情况的曲綫（如图1—1）。这条曲綫在数理統計上称为經驗曲綫。由于經驗曲綫系由实測資料点繪而成，曲綫本身缺乏数学形式，小概率（$1-\omega$）下的 R_{min} 无法依据計算推求。因此确定勻質系数就在于：根据实測的原始資料，用数理統計方法来选取一条能代表鋼材屈服强度总体分布規律的理論曲綫，从而計算相应于某一保証率 ω 下的 R_{min}。

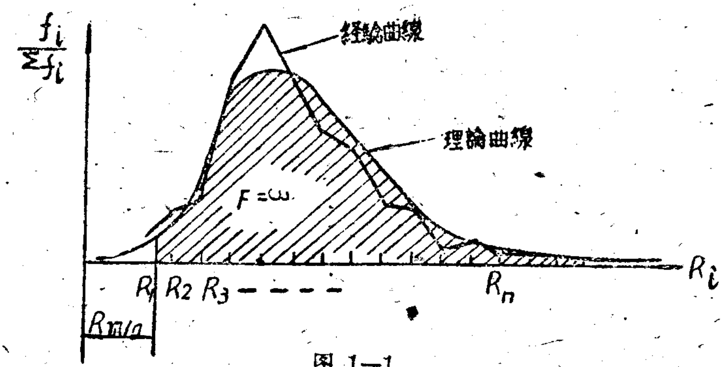

图 1—1

第二章 統計参数

按前所述，确定勻質系数的方法是：首先根据收集的原始資料，用数理統計方法选取一条能代表鋼材屈服强度总体分布規律的理論曲綫，从而計算相应于某一保証率ω下的R_{min}。R_{min}求得后，将其除以标准强度即可得到勻質系数。在选取理論曲綫时，必須先根据原始資料計算出几个必要的統計参数，然后用这些参数来确定理論曲綫。为了以后便于对理論分布曲綫进行了解，本章先就統計参数方面作一簡介。

假如我們将各鋼厂鋼材性能的原始資料按屈服强度分别統計归納其出現次数，則可以看出在靠近中間部分的屈服强度的出現次数最多，在两端的出現次数逐漸減少。如以图形来表示，就成为中間高、两側下降的形状（如图2—1）。如果随机变数X_1，X_2，X_3……X_n的項数很多而且間隔又很小，則可以連成一鈴形曲綫，此即所謂經驗分布曲綫。在一般情况下也可以将出現次数

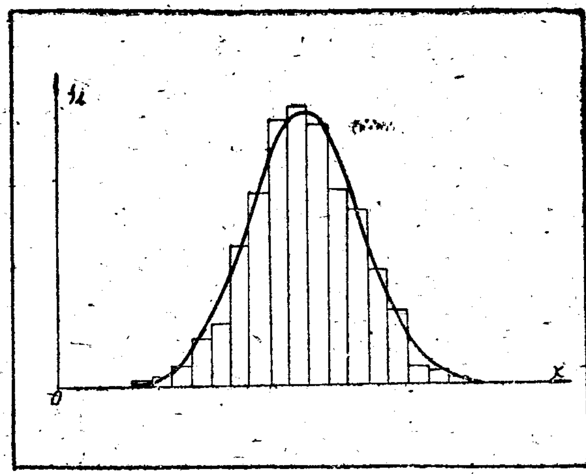

图 2—1

的图形用相似的鈴形曲綫去配合。也就是对經驗分布曲綫配以一条理論分布曲綫。許多数理統計学者提供有各种鈴形理論分布曲綫的方程式，可以根据經驗曲綫的性質去选配。

鈴形曲綫随着資料內各項数值的不同而有各种各样的形状。例如，有的高而瘦，有的矮而胖；有的对称，有的偏斜等。为了能反映这些特征，在理論分布曲綫的方程式內引入有下列几个必要的参数。

1. 算术平均数

算术平均数又称均值。設有一系列的随机变数 X_1，X_2，X_3 ……X_n，把它們的总和除以項数 n，即得算术平均数。以符号$\overline{X}$表示。

$$\overline{X}=\frac{1}{n}(X_1+X_2+X_3+\cdots\cdots+X_n)=\frac{1}{n}\Sigma X_i \cdots \quad (2-1)$$

当随机变数 X_i 各含有不同的比重（即有不同的出現次数），如 X_1 出現 f_1 次，X_2 出現 f_2 次，…… X_n 出現 f_n 次，則加权的算术平均数为

$$\overline{X}=\frac{f_1X_1+f_2X_2+\cdots\cdots+f_nX_n}{f_1+f_2+\cdots\cdots+f_n}=\frac{\Sigma f_iX_i}{\Sigma f_i}\cdots\cdots\cdots \quad (2-2)$$

如果每一个随机变数中加上或減去一任意常数 a，則新的算术平均数也相应的增加或減少一个常数 a。即

$$\frac{1}{n}\Sigma\ (X_i\pm a)\ =\overline{X}\pm a\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2-3)$$

在实际工作中，往往由于数字很大且常带有小数而使計算相当麻煩，利用上述算术平均数的特性，可使計算工作大大簡化。

在具体事例中，算术平均数是代表系列的水平，也可以作系列間的比較之用。

2. 中 位 数

中位数也称中值。它是n项随机变数中比它大的数和比它小的数各占一半的数值。当n为奇数时，中位数就是它們按大小次序排列时的最中間項。当n为偶数时，中位数就是它們按大小次序排列时的最中間两項的平均数。中位数以符号$\check{X}$表示。

$$\left.\begin{aligned}\check{X} &= X_{\frac{1}{2}(n+1)} \\ \check{X} &= \frac{1}{2}\left(X_{\frac{1}{2}n} + X_{\frac{1}{2}n+1}\right)\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (2-4)$$

3. 众 数

众数也称众值。它是系列中出現次数最多的一个随机变数。在頻率或頻数分布曲綫上，与高峰頂点相应的横座标就是众值。众值以符号$\hat{X}$表示。

4. 頻数曲綫和頻率曲綫

如在座标紙上以随机变数X_i代表横座标，以X_i出現的次数f_i代表縱座标，则由此构成的曲綫称为頻数曲綫（图2—2）。如以X_i出現的頻率$\frac{f_i}{\Sigma f_i}$代表縱座标，則构成的曲綫叫做頻率曲綫（图2—3）。

当頻数或頻率曲綫为对称形时，上述算术平均数、中位数、众数合而为一（图2—3）。如为偏态形时，由于众数不受极端項的影响，位置固定。算术平均数因受极端項的影响最大，故离众值最远。中位数仅受极端項位置的影响，而不受极端項数值影响，故离开众数較近。在曲綫为正偏态和負偏态时，三者位置如图2—4和图2—5所示。

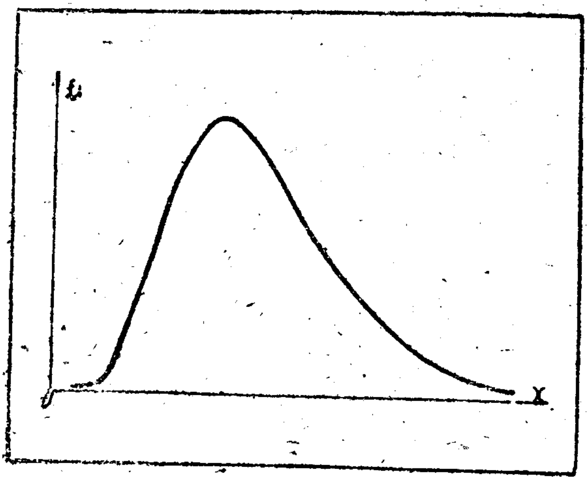

图 2—2 频数曲线

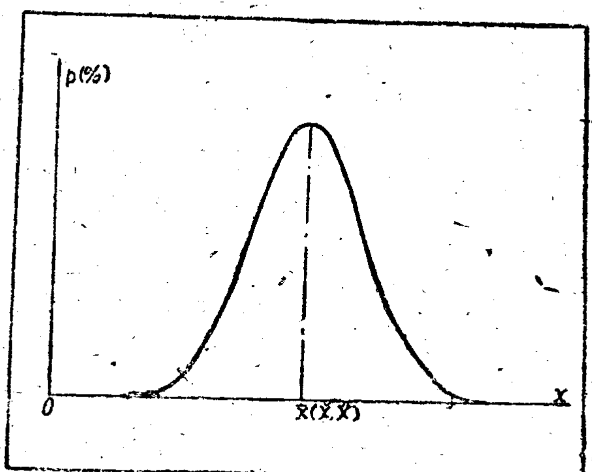

图 2—3 正态曲线

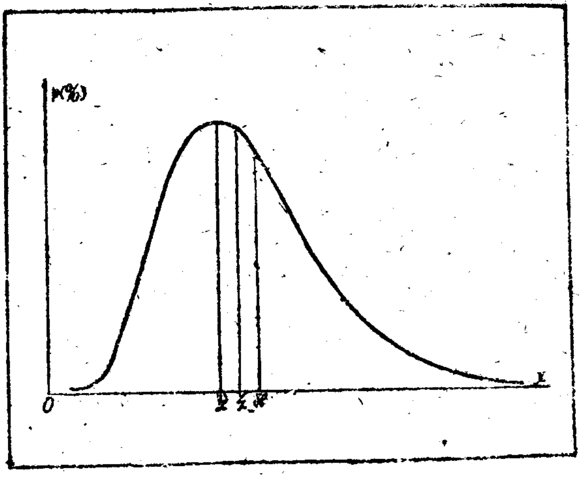

图 2—4　正偏态曲線

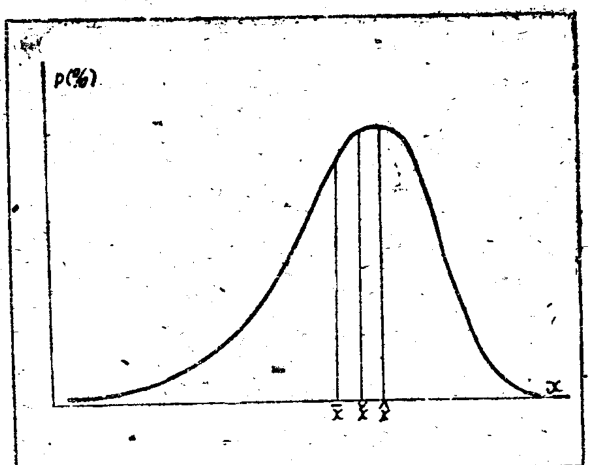

图 2—5　負偏态曲線

5. 中 心 矩

频率对随机变数 R_i 的算术平均数取各次矩称为中心矩。其一般形式为:

$$\mu_r=\frac{1}{n}\Sigma(X_i-\overline{X})^r f_i=\frac{\Sigma f_i(X_i-\overline{X})^r}{\Sigma f_i}\cdots\cdots \quad (2-5)$$

式中 $r=0, 1, 2\cdots\cdots r$，为矩的阶次，f_i 为频数。

6. 定 点 矩

如各随机变数 X_i 不对 $\overline{X}$ 取矩，而对任一定点 a 取矩，则称为对 a 点的定点矩。以 m 来表示。其一般形式为:

$$m_r=\frac{1}{n}\Sigma(X_i-a)^r f_i=\frac{\Sigma f_i(X_i-a)^r}{\Sigma f_i}\cdots\cdots \quad (2-6)$$

統計分析时，最常用到的是中心矩，但因算术平均数常常带有不尽小数，演算很繁复。为計算簡便計，可先假定整数 a 求定点矩，然后按下列关系推求中心矩。

$$\mu_r=\frac{1}{n}\Sigma(X_i-\overline{X})^r=\frac{1}{n}\Sigma[(X_i-a)-(\overline{X}-a)]^r \quad (2-7)$$

用二項式定理将上式展开

$$\mu_r=\frac{1}{n}\Sigma\Big[(X_i-a)^r-r(\overline{X}-a)(X_i-a)^{r-1}$$

$$+\frac{r(r-1)}{2!}(\overline{X}-a)^2(X_i-a)^{r-2}$$

$$-\frac{r(r-1)(r-2)}{3!}(\overline{X}-a)^3(X_i-a)^{r-3}+\cdots\cdots\Big]$$

$$=m_r-rm_1m_{r-1}+\frac{r(r-1)}{2!}m_1^2m_{r-2}$$

$$-\frac{r(r-1)(r-2)}{3!}m_1^3m_{r-3}+\cdots\cdots$$