

中国科学院土木建筑研究所研究报告

第 13 号

国产九₃建筑钢材匀质系数

金国樑 郭蔚銑

基本建設出版社

中国科学院土木建筑研究所研究报告

第 13 号

国产_九建筑钢材匀质系数

金国樑 郭蔚銑

基本建設出版社

內 容 提 要

国产尤：建筑鋼材勻質系数的研究报告，是中国科学院土木建筑研究所編写的。它主要地敘述了鞍山、唐山、天津、太原四个鋼厂产品試驗数据統計分析，对所确定的勻質系数可靠性的討論、对今后改进鋼材質量和开展“按極限状态計算建筑結構”研究的意見。这本书可供制訂建筑結構按極限状态計算法的設計規範的参考，亦可供建筑結構方面科学研究工作者教学工作者和設計人員的参考。

国产尤：建筑鋼材勻質系数

中国科学院土木建筑研究所

金 国 樑 郭 蔚 銑

*

基 本 建 設 出 版 社

(北京復興門外三里河)

北京書刊出版業營業許可證出字第086號

国家建設委员会印刷厂印刷 新华書店發行

*

書号：15052·99

開本：787×1092 1/16·印張 1 6/8·字 25,800

1957年 4 月第一版(北京)

1957年 4 月第一次印刷 印數1—4,000册

定 价 (10) 0.30元

目 录

一、前言.....	1
二、四个鋼厂产品和試驗的概况.....	4
三、試驗数据的統計分析.....	6
四、对于四个鋼厂勻質系数可靠性的討論.....	71
五、对于今后改进鋼材質量 and 开展“按極限状态計算建筑結構”研究的意見.....	21
附录.....	23
主要参考文献.....	23

一、前 言

自十九世紀中叶以來，人們一直採用容許應力法來計算建築結構。這個方法是採用了單一的安全系數來概括了許多人們尚不能控制的因素，從而保證了結構物的安全。

隨著科學技術的發展，人們對於建築物的工作情況、建築材料的性能和荷載等都有了較深入的研究，日益感到這種計算方法是不能反映結構物真實工作情形的；在絕大多數情形下，用這種計算方法所設計的結構物是浪費材料的。

近數十年來，人們對於材料和結構物塑性階段的工作，進行了廣泛的研究，對各種荷載也積累了許多資料。在社會主義國家里，這些成就已被用來改善了結構物的計算方法。1938年蘇聯首先在鋼筋混凝土結構中廢除了按容許應力計算的方法，採用了按破損階段計算法，以後又推行到砧石結構和鋼筋砧石結構上去，這個計算方法雖然比較先進，採納了大批的實驗及實際施工中的資料，但其缺點是仍採用單一的安全系數，而且這種方法也不易應用到鋼木結構中去。在這同時，蘇聯中央工業建築科學院（ЦИНПС）在斯特萊列茨基教授（Н·С·Стрелецкий）領導下，研究了鋼結構在塑性變形和破壞階段的實際工作。在別良金教授（Ф·П·Бежанкин）等學者的努力下，對木結構作了同樣的研究。同時蘇聯的學者們利用了數理統計學這一門科學的武器，對結構物的安全度進行了深入的探討，這些工作企圖用統計分析的方法，在保證合理安全度的前提下，決定出單一的安全系數。因限於實際統計數字的缺乏，這些工作的實際應用意義不大，但對於確定結構的安全度，卻提供了新的方法。1943年起蘇聯就開始研究一個統一的新的結構計算方法，來完全代替容許應力法。技術科學博士高里金布拉特（И·И·Гольденблат）和工程師道布雷寧（С·Н·Добрынин）等在1944年就提出了用兩個新的計算系數（超載系數和材料的勻質系數）來代替舊的單一的安全系數的建議。以後，蘇聯成立了一個以凱爾狄希教授（В·М·Келдыш）為主席的委員會來制訂新的建築結構的計算方法。直到1952年，由於他們的努力，終於提出了“按極限狀態計算法”的先進的結構計算方法。這個方法規定了各種結構物使用的極限狀態，並且採用了超載系數、材料的勻質系數、結構物的工作條件系數三個計算系數來代替過去的單一的安全系數。這個方法，首先應用在工業與民用建築物中。直到1955年正式由蘇聯部長會議批准公布，在1956年開始作為建築結構物的統一計算

方法。此外，苏联許多学者和工程师們已經在研究应用極限状态这种概念到桥梁設計，建筑物理，甚至于机械設計中去。有些人民民主国家如匈牙利等也逐步采用了極限状态法来計算結構物。另外一些国家的学者也对結構物的計算方法作过不同的研究，波蘭科学院院士維日比茨基在中国訪問期間，曾向中国的学者和工程师們介紹了他們杰出的研究成果——用半或然率方法来研究結構物安全度的問題。

資本主义国家的学者們曾在这方面研究过，德国、英国、美国对于極限分析都作过許多实验及理論的研究，但在应用統計方法于結構的計算方面研究得很少。近几年来，英国和美国都特別成立了一个委员会来專門研究結構物安全度的問題，开始試圖用統計的方法，但离开实际应用阶段还远。

我国过去一直沿用容許应力法来計算建筑結構。由于学习苏联的先进科学技术，1952年东北地区的鋼筋混凝土結構設計中采用了按破損阶段法来設計，后来就在全國範圍內得到推广，但在鋼結構和木結構中，直到現在还按容許应力法来計算。

建筑結構改用按極限状态法来計算的問題，在我国已經提到議程上来了。一方面因为这是一种世界上最先进的科学技术，用此法設計的結構物在各种不同荷載和不同使用条件下，安全度差別較小，而且这种設計方法比容許应力法在多数情形下材料更为經濟。另一方面，在我国大規模的社会主义建設中，苏联和其他人民民主国家的技术援助，有許多重点工程的国外設計都采用了極限設計的方法，需要在國內进行这些設計的技术配合，就迫切要求在我国推行極限状态計算的方法。

但是在我国推行按極限状态計算結構物的方法，还需要做好許多准备工作。我国的工程技术人員对極限状态法的理論掌握不多，極限状态法計算所用的三个系数还没有制訂出来。但無可否認我們还有許多有利的条件：首先，我們有苏联和其他人民民主国家的經驗可以借鏡。苏联已經公佈的結構物按極限状态法計算的規范是我們一个重要的参考資料；另外，自中华人民共和国成立以来，國內进行了大規模的建設，积累了許多經驗，只要我們加以整理，就可以成为有用的資料。某些系数的制訂就可以利用現有資料，不必做过多的試驗，比如鋼材和混凝土材料勻質系数的制訂，可以利用各鋼廠和工地試驗所的試驗数据；另外一个有利条件，就是党和政府号召全国科学技术工作者努力提高我国科学技术水平，在全国各科学研究机关、高等学校和厂矿中的工作人員，已經掀起了向科学进军的热潮，在国家建設委员会和中国科学院共同制訂的全国1956年建筑科学研究計劃中，已經把“按極限状态計算結構的理論”这一題目作为重要的研究問題，这一題目已在同济大学、清华大学和哈尔滨工業大学的具体领导下，分头进行了研究、收集資料及确定系数的工作。我們相信，只要極限状态

法的各种系数能初步确定，則一定可以很快地在全国推行按極限状态計算結構的方法。

哈爾濱工業大學和我所在1956年國家建築科學研究任務中，分擔了關於鋼材勻質系數的研究。雖然在人力很少和工作水平不高的條件下，從1956年2月到7月進行了研究，並且收集了鞍山、唐山、天津、太原四鋼廠建築鋼材的試驗資料，加以統計分析。從這些結果中，擬初步提出關於這些廠所產鋼材勻質系數的數值，供制訂按極限状态計算結構設計規範的參考，亦為這方面科學研究工作者和設計人員的參考。

在整個工作階段中，我們感謝我所波蘭專家M·別涅克教授經常給予的無私幫助和指導。

二、四个鋼厂产品和試驗的概况：

为了确定建筑鋼材的勻質系数，我們收集了鞍山、太原、天津、唐山四个鋼厂在1955年和1956年所生产的建筑三号鋼（ A_3 ）的力学性能試驗数据，主要是抄录了各厂鋼材屈伏强度的数值。但是因各厂鋼材的生产方法、取样和試驗方法的不同，所以这些数据差别是很大的。为了說明这个問題，茲將这四个鋼厂的生产情况和試驗方法分別叙述于后：

鞍山鋼鐵公司所生产的建筑鋼材絕大部分是平爐沸騰低碳鋼，碳含量在0.18~0.22%之間，一般都是 A_3 和 A_3F 号鋼，建筑鋼材有鋼筋、型鋼（角鋼、工字鋼、槽鋼）及鋼板。国产型鋼和鋼板大部分是鞍鋼的产品，取样方法是在每批出厂的鋼材中（約10—40 T 不等）取一个試件，相当于鋼錠上的取样部位沒有加以固定。因此在試驗数据非常多的情形下，这些数据在一定程度上代表着全部鋼材的性質。这种取样方法，对于檢驗某批鋼材質量來說是不很妥当的。因为鞍鋼出产的鋼錠偏折現象是严重的，在鋼錠不同部位上的鋼材，其化学成份和力学性能均有差別。根据該厂試驗的結果，鋼錠头尾兩端屈伏强度能差別至4公斤/平方公厘。依靠着代表鋼錠个别部分性質的試驗数据来判定整批鋼材的合格与否，必然使若干性能較差的鋼材，当作合格成品出厂；相反，也使某些合格鋼材当作不合格的鋼材处理。这种取样方法从檢驗某批产品合格与否的角度上看是不合理的；但因为每一試件是任意取出的，对于該厂二年所生产的鋼材总体來說，反具有充份的代表意义。該厂作力学性能試驗时，試件的形狀尺寸和試驗方法都是按照重工業部頒标准（重57—55）的規定进行的。直徑小于20公厘的鋼筋，取原型試件，大于20公厘的，則經過加工作成直徑为20公厘的标准园試件。型鋼和鋼板，則取标准扁形試件，寬度30公厘，厚度等于鋼材原厚度。对于角鋼，工字鋼及槽鋼取样位置如圖1：

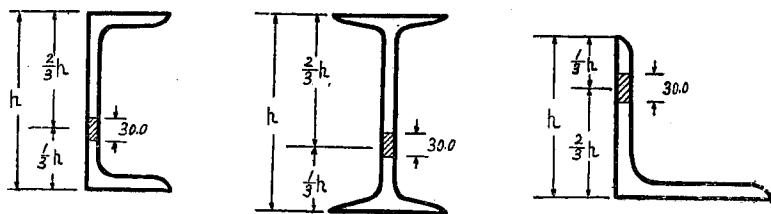


圖 1

一般只进行抗張試驗和冷弯試驗。鞍鋼所产的鋼材，抗張極限强度和屈伏强度不合格的較多，而延伸率和冷弯試驗大都是合格的。一次試驗力学性能不合格的 A_3 鋼材，可以取双倍試样进行复驗，复驗时，如果兩試件都合格，則仍按合格鋼材出厂，如有一个不合格，則該批鋼按不合格鋼材处理。力学性能不合格的鋼材当作 A_3 鋼材交貨。对于 A_3 鋼，只需保證化学成份合格。在我們的統計数据內，包括一次試驗不合格而二次試驗合格的数据在內，至于沒有按 A_3 鋼出厂的数据，当然不在統計之列。鞍山鋼厂試驗設備經常进行校正。

太原鋼厂所生产的建筑鋼材亦为平爐沸騰低碳鋼，大部分为 A_3 鋼。含碳量在0.18—0.22%之間。該厂大部分产品为鋼筋和小型角鋼扁鋼。每爐約40T取样一个，取样部位在鋼錠尾部（即下部）。一般鋼錠尾部的鋼材屈服强度較其他部分为低。但該厂所产鋼材偏折情况並不严重，所以影响也不大。取样和試驗方法也系按照部頒标准进行。試驗机的准确度是合格的。

天津鋼厂生产的也是平爐沸騰低碳鋼，鋼号是 A_3 和 A_3F ，含碳量在0.14—0.22%之間。絕大部分軋制成鋼筋。每爐約35—40T中取試样六个，取样部位不予固定。其中直徑为22和25公厘的鋼筋系用唐山鋼厂所产鋼錠制成，取样方法和試驗方法都按照部頒标准。試驗机尚准确。

唐山鋼厂生产的是碱性側吹轉爐鎮靜鋼，鋼号是 A_3 ，含碳量低于0.12%。大部分軋成鋼筋。每爐約4—5T取試样一个，取样部位固定在鋼錠头部（上部），即在一般極限强度和屈伏强度較高的地方，但唐山鋼厂鋼錠尺寸較小，偏折不大。取样方法亦按部頒标准进行，試驗設備經常校正。

三、試驗数据的統計分析:

我們根据鞍山、太原、天津、唐山四厂的資料，分別訂出各厂 σ_s 鋼的勻質系数。因为我們手边缺乏上海重庆等地鋼厂的資料，所以尚不能制定出全国性鋼材的勻質系数，这项工作有待于全国各方面的繼續努力。

整理資料的工作是按照一般数理統計学进行的，这里只拟簡單地叙述一下：

試样的屈服强度 R_i ——独立的随机变数 R_i 出現的次数—— f_i 称为頻数（对于一个厂來說，不管鋼材規格的不同，而將所有出現的次数加在一起）。

$$\text{頻率: } \omega_i = \frac{f_i}{\sum f_i} 100\%$$

屈服强度的平均值:

$$\bar{R} = \frac{R_1 f_1 + R_2 f_2 + \dots + R_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum R_i f_i}{\sum f_i} = \sum \omega_i R_i$$

$$\text{均方差: } \delta = \sqrt{\frac{\sum f_i (R_i - \bar{R})^2}{\sum f_i}} = \sqrt{\sum \omega_i (R_i - \bar{R})^2}$$

$$\text{离散率: } C_v = \frac{\delta}{\bar{R}} 100\%$$

取任一常数 a , 則:

一次初始矩:

$$m_1 = \frac{\sum f_i (R_i - a)}{\sum f_i} = \sum \omega_i (R_i - a) = \bar{R} - a$$

二次初始矩:

$$m_2 = \frac{\sum f_i (R_i - a)^2}{\sum f_i} = \sum \omega_i (R_i - a)^2$$

均方差 δ 和 m_1 、 m_2 有下列关系:

$$\delta = \sqrt{m_2 - m_1^2}$$

在試驗数据非常多的情形下，屈服强度对于頻率的分布規律可以用統計数学中的概率分布曲線来表示；如果用这种曲線可以找到一个屈服强度可能出現的最小值（理論上的） $R_{\text{иH}}$ ，从而保証其他所有可能出現的 R_i 絕大部分（99%以上）都大于 $R_{\text{иH}}$ ，則我們認為勻質系数 $K = \frac{R_{\text{иH}}}{R_H}$ （其中 R_H 是材料的标准抵抗值）。在我国和苏联的規范中，对于3号鋼 R_H 都是24公斤/平方公厘）。用这个勻質系数来設計，对于材料强度而言，百分之九十九是安全的。

最常用的概率分布曲線是正態分布曲線，也就是高斯曲線（Zaycc），苏联也是用这个曲線来表示鋼材屈伏强度分布总体規律的。这个曲線的方程式以屈伏强度 R 和概率 $\Phi(R)$ 的关系来表示：

$$\phi(R) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(R-\bar{R})^2}{2\sigma^2}}$$

这个曲線(圖 2)和 R 軸所夾的面积就是代表概率的总和。

可以証明：

$$\int_{\bar{R}-3\sigma}^{\infty} \phi(R) dR = 0.99865 = 99.865\%$$

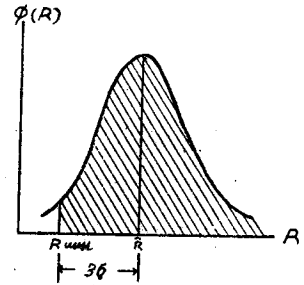


圖 2

由此可見，如果我們最小可能 屈伏强度采用 $R_{\text{мин}} = \bar{R} - 3\sigma$ ，就可以保證所有可能出現的 R 值大于 $R_{\text{мин}}$ 的概率 99.865%。換句話說，只有很小一部份（0.135%）的 R 值可能比 $R_{\text{мин}} = \bar{R} - 3\sigma$ 更小。这就可能保證用 $R_{\text{мин}}$ 来作为材料的 計算抗力（ $K \cdot R_H$ ）是足够安全的。

所以勻質系数按下式确定：

$$K = \frac{R_{\text{мин}}}{R_H} = \frac{\bar{R} - 3\sigma}{R_H}$$

为了把鋼材断面大小的不均匀性一併考虑在勻質系数內，我們採用下列公式來計算：

$$k = 1 - \sqrt{\left(\frac{3\sigma}{\bar{R}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2} \quad (\text{参考文献 3})$$

$\frac{\Delta F}{F}$ 系根据国家規定的允許偏差決定（可參看我国重工業部重11—55标准）。

$$R_{\text{мин}} = k \cdot \bar{R}$$

$$\therefore \text{勻質系数 } K = \frac{R_{\text{мин}}}{R_H} = \frac{k \bar{R}}{R_H}$$

在整个計算中，我們注意了每个試样要代表着相同吨数鋼材的問題。譬如說在鞍山鋼鐵公司里，不論是各种型钢或鋼板，都是按每批鋼材里取一个試样进行的。但是每批的吨数却随型钢及鋼板型式不同而轉移，因此每个試样便代表着不同吨数的鋼材。假如对每个試样的数据，采用簡單地平均，則代表着不同吨数的試样，对总的平均值却有相同的影响，这是不合理的。为了修正这种錯誤我們採用了下列的計算公式：

設大型鋼材屈伏强度 R_i 在 19 公斤 / 平方公厘出現的頻率為 a_{19} 。

設中型鋼材屈伏强度 R_i 在 19 公斤 / 平方公厘出現的頻率為 b_{19} 。

設鋼板屈伏强度在19公斤/平方公厘出現的頻率為 C_{19} 。

又設大型中型鋼材和鋼板总生产量之比为 $A: B: C \dots\dots\dots$ 。

則該厂出产鋼材屈伏强度在 19 公斤/平方公厘出現的頻率為:

$$\omega_{19} = A a_{19} + B b_{19} + C c_{19} + \dots\dots\dots$$

对屈伏强度出现在其他数值的頻率，作同样的計算。用此法消除了各类数据是不同年代和每数据代表鋼材产量吨数不同的因素。

天津鋼厂在1956年3月以前，每爐鋼取試样三个，而在三月份以后改为每爐鋼取样六个。我們为了使每个試样的数据代表同一吨数鋼材起見，把1956年3月份以前的各屈伏强度頻数都加了一倍。

在太原及唐山鋼厂的数据中，因为产品大都是鋼筋，而且是按一定产量吨数取样一个，所以在計算中直接用頻数或頻率进行，不必用产量比例加权。

鞍鋼所产鋼材試驗数据經過整理如表1所示：（見第九頁）

$$m_1 = \frac{\sum \omega(R-a)}{\sum \omega} = \frac{38.14}{100.03} = 0.3813$$

$$m_2 = \frac{\sum \omega(R-a)^2}{\sum \omega} = \frac{473.21}{100.03} = 4.7307$$

$$\sigma = \sqrt{m_2 - m_1^2} = \sqrt{4.7307 - (0.3813)^2} = 2.141$$

$$\bar{R} = a + m_1 = 26.00 + 0.3813 = 26.381 \text{ 公斤/平方公分}$$

$$R_{\text{иин}} = \bar{R} - 3\sigma = 26.381 - 3 \times 2.141 = 19.958. \text{ 公斤/平方公厘}$$

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{R}} = \frac{2.141}{26.381} \times 100 = 8.12\%.$$

$$\frac{\Delta F}{F} = 0.1435 \text{—以最小角鋼 } \angle 50 \times 6 \text{ 計算，並考慮到肢長和厚度同时發生最大}$$

允許偏差，求出 ΔF ，則 $\frac{\Delta F}{F}$ 之值是各种規格中最大者。

$$k = 1 - \sqrt{\left(\frac{3\sigma}{\bar{R}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2} = 1 - \sqrt{\left(\frac{3 \times 2.141}{26.381}\right)^2 + (0.1435)^2} = 0.717$$

$$R_{\text{иин}} = 0.717 \times 26.381 = 18.915$$

$$K = \frac{R_{\text{иин}}}{R_H} = \frac{18.915}{24} = 0.788.$$

其他各厂的匀质系数計算法相同。

今將所有鞍山、太原、天津、唐山四厂的分析計算結果列成下表：

然后用全部鋼材屈伏强度出現的頻率来計算勻質系:

鞍鋼所产九号建筑鋼材屈伏强度的出現頻率

表 1

鋼材种类 屈伏强度 公斤/平方公厘	工 字 鋼 和18号以上 的 槽 鋼	∠130×130 ×10和 ∠150×100 ×10 以上的角鋼	14号 以下 的 槽 鋼	∠120×120 ×6和 ∠130×90 ×14 以下的角鋼	厚度 6~20 公厘的鋼板	全 部 鋼 材 (注)
頻 率 %						
18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03
19.5	0.00	0.00	0.00	0.10	0.02	0.03
20.0	0.00	0.00	0.00	0.10	0.02	0.04
20.5	0.00	0.00	0.00	0.20	0.15	0.14
21.0	0.00	0.08	0.00	0.10	0.32	0.20
21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.32
22.0	0.05	0.16	0.00	0.00	0.97	0.52
22.5	0.10	0.16	0.86	0.30	1.71	1.05
23.0	0.49	0.72	0.86	1.22	2.12	1.60
23.5	0.59	1.12	1.71	2.13	4.29	3.10
24.0	2.29	7.99	2.56	4.97	8.30	6.65
24.5	2.44	6.72	5.56	8.02	10.15	8.63
25.0	5.76	12.71	10.68	7.11	11.62	9.82
25.5	5.03	11.67	6.84	9.03	11.33	10.07
26.0	8.54	16.07	10.26	7.31	10.57	9.68
26.5	5.81	9.66	9.40	8.12	9.86	9.00
27.0	9.32	12.78	10.24	9.44	9.07	9.44
27.5	5.67	6.72	11.53	7.01	6.02	6.48
28.0	8.93	5.51	7.69	7.82	4.57	6.04
28.5	5.90	2.72	6.41	7.11	2.93	4.56
29.0	7.17	2.48	5.13	5.18	1.87	3.43
29.5	4.58	1.44	4.27	2.94	1.26	2.12
30.0	6.68	0.56	2.14	3.15	0.59	1.88
30.5	4.05	0.32	1.28	3.15	0.46	1.60
31.0	4.78	0.16	1.71	1.93	0.37	1.21
31.5	2.00	0.16	0.43	1.52	0.93	0.70
32.0	2.29	0.08	0.00	1.02	0.19	0.59
32.5	1.56	0.08	0.00	0.30	0.17	0.30
33.0	1.90	0.00	0.00	0.10	0.13	0.24
33.5	0.88	0.00	0.00*	0.30	0.06	0.19
34.0	0.88	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07
34.5	0.44	0.00	0.00	0.10	0.02	0.07
35.0	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
35.5	0.39	0.00	0.43	0.10	0.00	0.07
36.0	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
36.5	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
37.0	0.15	0.00	0.00	0.10	0.00	0.04
37.5	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
38.0	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
38.5	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39.0	0.10	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02

(注): 全部鋼材頻率是各种鋼材頻率乘以相互間产量之比然后相加而得到的。

表 2

R 公斤/平方公厘	$a=26.0$ $R-a$	ω	$\omega (R-a)$	$\omega (R-a)^2$
18.0	- 8.0	0.01	- 0.08	0.64
18.5	- 7.5	0.00	0.00	0.00
19.0	- 7.0	0.03	- 0.21	1.47
19.5	- 6.5	0.03	- 0.20	1.30
20.0	- 6.0	0.04	- 0.24	1.44
20.5	- 5.5	0.14	- 0.77	4.24
21.0	- 5.0	0.20	- 1.00	5.00
21.5	- 4.5	0.32	- 1.44	6.48
22.0	- 4.0	0.52	- 2.08	8.32
22.5	- 3.5	1.05	- 3.68	12.88
23.0	- 3.0	1.60	- 4.80	14.40
23.5	- 2.5	3.10	- 7.75	19.38
24.0	- 2.0	6.65	-13.30	26.60
24.5	- 1.5	8.63	-12.95	19.43
25.0	- 1.0	9.82	- 9.82	9.82
25.5	- 0.5	10.07	- 5.04	2.52
26.0	0	9.68	0.00	0.00
26.5	0.5	9.00	4.50	2.25
27.0	1.0	9.44	9.44	9.44
27.5	1.5	6.48	9.72	14.58
28.0	2.0	6.04	12.08	24.16
28.5	2.5	4.56	11.40	28.50
29.0	3.0	3.43	10.29	30.87
29.5	3.5	2.12	7.42	25.97
30.0	4.0	1.88	7.52	30.08
30.5	4.5	1.60	7.20	32.40
31.0	5.0	1.21	6.05	30.25
31.5	5.5	0.70	3.85	21.18
32.0	6.0	0.59	3.54	21.24
32.5	6.5	0.30	1.95	12.68
33.0	7.0	0.24	1.68	11.76
33.5	7.5	0.19	1.43	10.73
34.0	8.0	0.07	0.56	4.48
34.5	8.5	0.07	0.60	5.10
35.0	9.0	0.05	0.45	4.05
35.5	9.5	0.07	0.67	6.37
36.0	10.0	0.01	0.10	1.00
36.5	10.5	0.01	0.11	1.16
37.0	11.0	0.04	0.44	4.84
37.5	11.5	0.01	0.12	1.38
38.0	12.0	0.01	0.12	1.44
38.5	12.5	0.00	0.00	0.00
39.0	13.0	0.02	0.26	3.38
Σ	—	100.03	38.14	473.21

鞍山、太原、天津、唐山四鋼廠尤₃建築鋼材與質系數的計算

表 3

廠名	鋼號	鋼材種類	試件數	R 的範圍 kg/m ²		平均值 $\bar{R}$ kg/m ²	均方差 σ kg/m ²	離散率 $C_v = \frac{\sigma}{\bar{R}} \times 100\%$	R_{min} $= \bar{R} - 3\sigma$ kg/m ²	$\frac{\Delta F}{F}$ ①	$k = 1 - \sqrt{\frac{(\frac{\Delta F}{F})^2}{36} + (\frac{\sigma}{\bar{R}})^2}$	R'_{min} $= k \bar{R}$ kg/m ²	$\frac{R'_{min}}{K} = \frac{R'_{min}}{k \bar{R}} = \frac{R}{24}$
				最小	最大								
太 原	尤 ₃ 馬丁爐 沸騰鋼	Φ9~38 鋼筋	2021	21.0	34.0	26.32	1.95	7.41	20.47	0.108	0.750	19.75	0.82
天 津	尤 ₃ 馬丁爐 沸騰鋼	Φ9~22 鋼筋	6389	24.0	38.0	31.00	2.15	6.94	25.55	0.108	0.766	23.75	0.99
唐 山	尤 ₃ 酸性側吹 轉爐靜止鋼	Φ12~22 鋼筋	11613	24.5	37.0	29.35	1.58	5.38	24.61	0.082	0.820	24.01	1.00
鞍 山	尤 ₃ 馬丁爐 沸騰鋼	Φ9~25 鋼筋	889	20.0	39.0	26.42	2.31	8.73	19.50	0.108	0.717	18.90	0.79
鞍 山	尤 ₃ 馬丁爐 沸騰鋼	型鋼 鋼板	9922	18.0	42.0	26.38	2.14	8.12	19.96	0.144	0.717	18.91	0.79

① $\frac{\Delta F}{F}$ 數值各廠不同，是該廠中最大的數，太原、天津、鋼廠和鞍鋼鋼筋是以 Φ9 計，唐山鋼廠鋼筋是以 Φ12 計，鞍鋼型鋼是以 Φ50×6 計。

根据统计分析结果分别绘出鞍山、唐山、太原和天津钢厂所产型钢和钢筋的分布曲线(图3、4、5、6、7);同时绘出理论正态分布曲线以资比较。在图中横座标表示屈服强度 R ,每0.5公斤/平方公厘为一间隔,纵座标表示概率密度 $\phi(R)$,即单位屈服强度间隔的概率。图中实线表示试验曲线,虚线表示理论曲线。

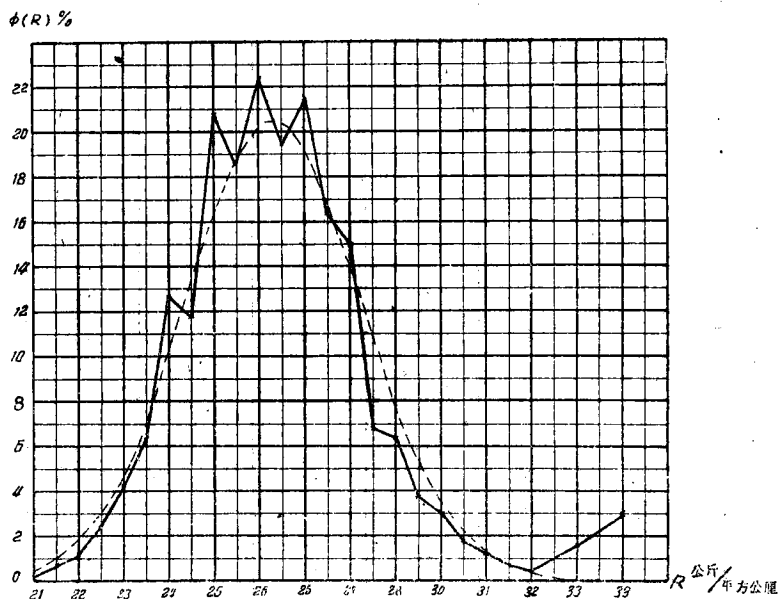


圖 3 太原鋼筋

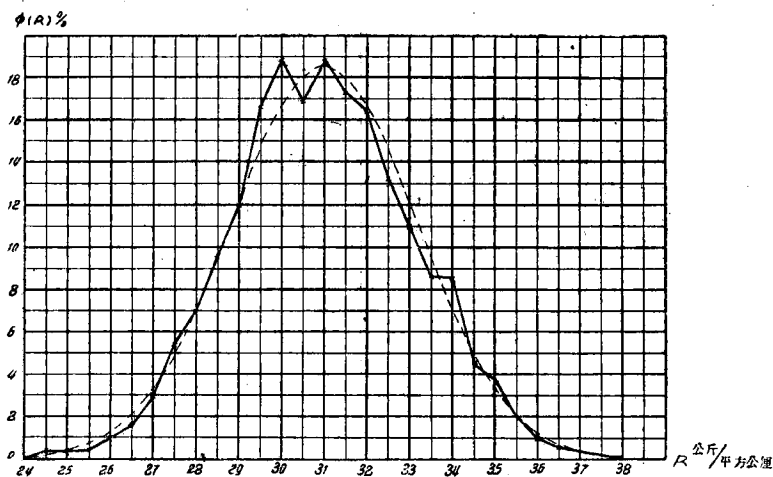


圖 4 天津鋼筋

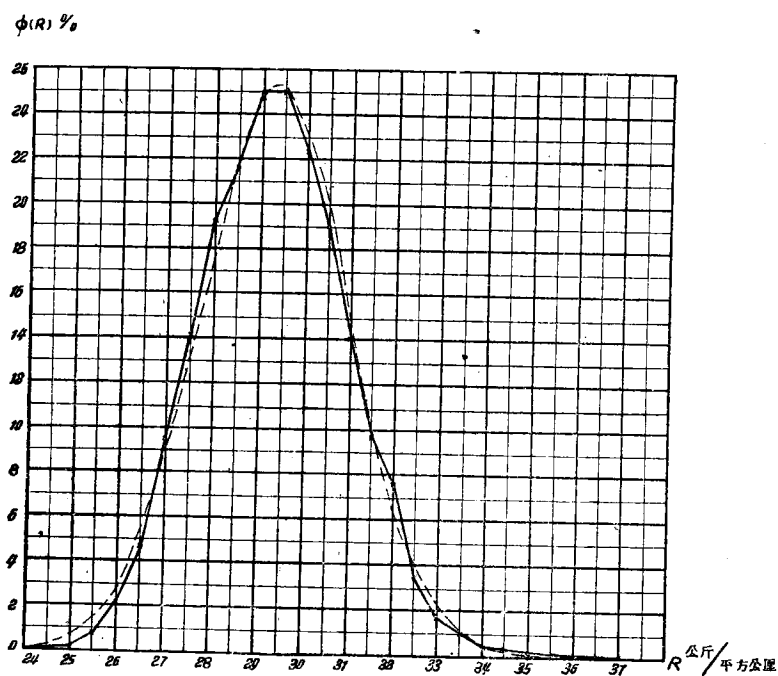


圖 5 唐山鋼筋

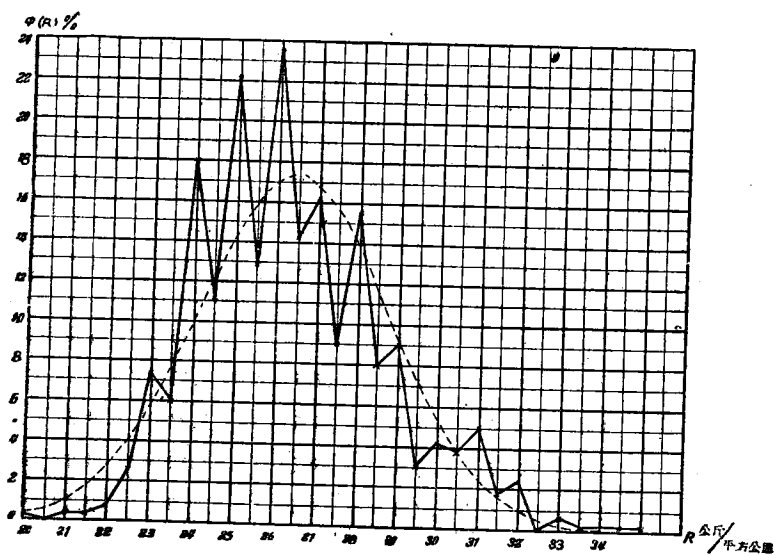


圖 6 鞍山鋼筋