

中等专业学校試用教科书

鋼木結構

上 冊

鋼 結 构

北京建筑工程学校編



中国工业出版社

中等专业学校試用教科书



鋼木結構

上册

鋼結構

北京建筑工程学校編

中国工业出版社

本书是以苏联A·Г·塔赫塔梅舍夫著“鋼結構”一书为藍本編集而成，主要内容系介绍工业和民用建筑中鋼結構設計和計算原理，以及鋼結構制造和安装的一些基本知識。

本书采用的計算方法是按极限状态計算。

本书可作为中等专业学校建筑与施工专业的試用教科书。

参加本书編选工作的有康紹文、吳佩凡同志。

鋼 木 結 构

上 册

鋼 結 构

北京建筑工程学校編

*

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印張 $57/8$ ·插頁1·字数126,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—5,433·定价(9-4)0.61元

統一書号：15165·812(建工-71)

目 录

第一章 緒 論

第一节	鋼結構发展簡史	5
第二节	解放后我国在鋼結構方面的成就	7
第三节	鋼結構的应用范围及优缺点	9

第二章 建筑鋼

第一节	鋼的成分	12
第二节	鋼的主要性能	13
第三节	鋼材的标号	16
第四节	軋成型鋼的規格	18
第五节	各种因素对鋼材机械性能的影响	21

第三章 鋼結構的設 計

第一节	設計的基本原則	27
第二节	設計的三个阶段	27
第三节	結構的施工詳图	28
第四节	鋼結構按极限状态的計算原理	33

第四章 鋼結構构件的連接

第一节	連接方法	39
第二节	焊接	40
第三节	鉚接	71
第四节	螺栓連接	86

第五章 軸心受压柱

第一节	柱及其截面的型式	89
第二节	实腹柱的計算与构造	92
第三节	柱头和柱脚	98
第四节	柱的計算例題	103

第六章 梁式楼板

第一节	梁式楼板的构造	107
第二节	梁的计算	110
第三节	型钢梁的计算例题	129

第七章 桁架和屋顶结构

第一节	桁架的型式, 屋面及天窗	133
第二节	支撑系统	138
第三节	屋顶上的荷载	142
第四节	桁架构件内力的计算	145
第五节	桁架构件截面的选择	150
第六节	桁架节点的构造	163

附录

附录 1	型钢钢材规格	174
	一、等肢角钢	174
	二、不等肢角钢	176
	三、工字钢	178
	四、槽钢	180
附录 2	截面廻轉半徑的近似值	182
附录 3	焊缝两旁的边缘加工形式	183
附录 4	荷载和超载系数	184
附录 5	钢结构的工作条件系数	185
附录 6	軸心受压构件的纵向撓曲系数 φ	186
附录 7	驗算梁的总稳定性时确定承載能力降低系数的指示	187

第一章 緒 論

第一节 鋼結構发展簡史

中国是最早用鉄建造承重結構的国家。水經注中关于渭水的記載說：“秦始皇造桥，鉄鍛重不胜”，可見在秦时就曾用鉄制成簡單的承重結構。在有关云南省地理的古书中說：

“景未厅治有兰津桥……以鉄为瑣，系南北为桥，为汉明帝建。”这种桥是用鉄鍛成环，各环相扣成鏈，再以多条互相平行的鏈作成的悬鏈式的承重結構。它是我們祖先所首創的結構形式。由汉朝到明、清，千余年中造过很多鉄鏈桥。至今犹存的鉄鏈桥中，以泸定的大渡河桥最为著名（图1-1）。該桥淨长100米，比欧洲的第一座鉄桥还早一百多年，而且跨度也比欧洲的大三倍多。桥梁之外，我国古代的金屬結構尚有生鉄鑄成的鉄塔、鑄鉄制成的天樞（紀念武則天的高柱，高105尺，下有很大的基座，上有直徑34尺的騰云承露盘）及銅柱等。所有这些都是我們的祖先、古代劳动人民勤勞和智慧の結晶。

但是，由于封建制度的长期束縛，近百余年来复遭受各帝国主义的侵略，使我国社会淪为半封建、半殖民地社会，加上解放前几十年間国民党反动派极端殘酷、腐朽、黑暗的統治，桎梏了我国生产的发展和科学文化的进步；鋼鉄結構这門科学技术，自亦不能例外。在旧中国虽也建造了一些鋼結構的鉄路桥梁和工业厂房，但这些大多是由外国公司設計和承造、为帝国主义和它的走狗官僚买办服务的。仅有极少数

是由我国工程技术人员自行设计和建造，其中以长达1400米的钱塘江桥最为著名。

十月革命前俄国学者在钢结构方面有一定的成就和贡献，但发展缓慢。十月革命胜利后，由于社会主义制度的优越性，苏联钢铁结构的科学研究和工程建设有了巨大的进展，成立了具有世界最先进水平的钢结构研究和设计的机构，建造了无数的钢结构制造工厂，并创立了苏联钢结构设计学派，建立了“金属消耗最少、结构制造最省工和建造时间最短”的基本原则。钢铁建筑因而得到了巨大的发展。

在钢结构设计和计算理论方面，苏联是第一个考虑钢材塑性变形及按极限状态进行计算的国家。在施工方面目前苏联的焊接结构的比重已达到90%以上的先进水平。

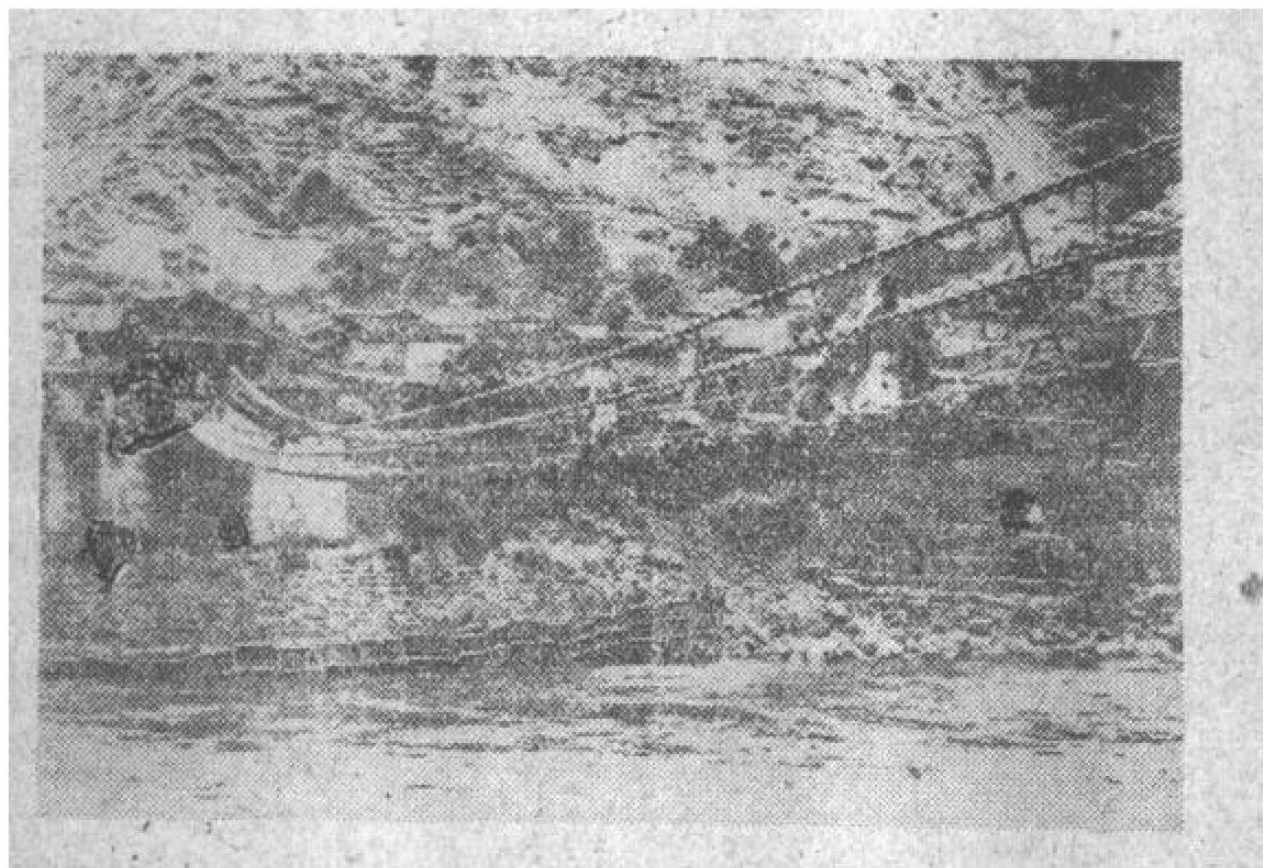


图 1-1 泸定大渡河铁索桥

第二节 解放后我国在鋼結構方面的成就

解放后，全国各族人民在中国共产党和毛主席的英明领导下，以及在苏联等社会主义国家的援助下，使我国的国民经济得到了迅速的发展；特别是1958年以来，在党的“鼓足干劲，力争上游，多、快、好、省地建设社会主义”总路线的光辉照耀下，使我国的工农业生产等一切方面都出现了大跃进的局面。我国的建筑事业，包括鋼結構在内，不论在数量上或质量上都远远地超过了我国有史以来的水平。有些项目并已经达到了世界先进水平。例如在鋼桥方面，1957年建成的武汉长江大桥（图 1-2），它的管柱基础为世界桥梁建筑创造了范例；大桥鋼結構的设计、制造和架设都充分运用了现代科学的最新成就。

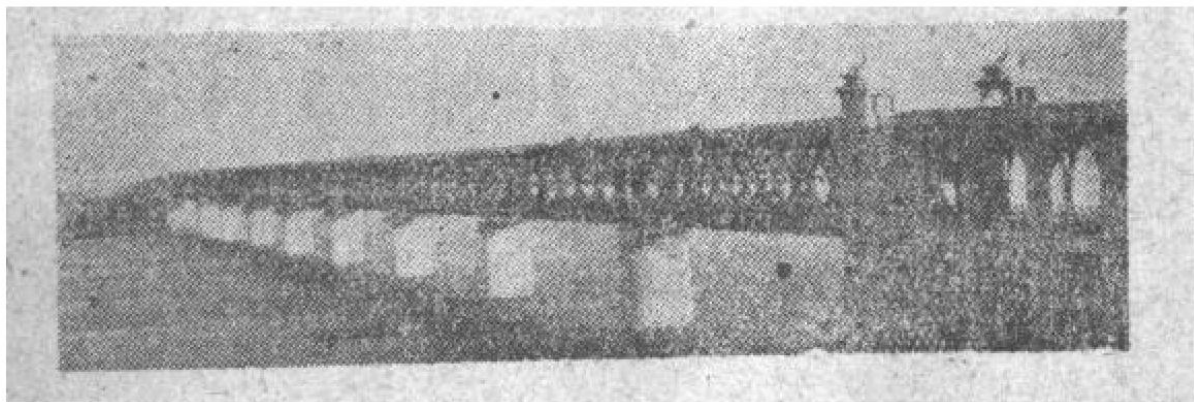


图 1-2 长江大桥

在工业与民用建筑方面，不仅已建造了巨量的鋼結構工程，而且鋼結構的技术力量亦在迅速成长，我国已能基本上掌握各种复杂鋼結構建筑物的先进的设计和施工方法，并广泛

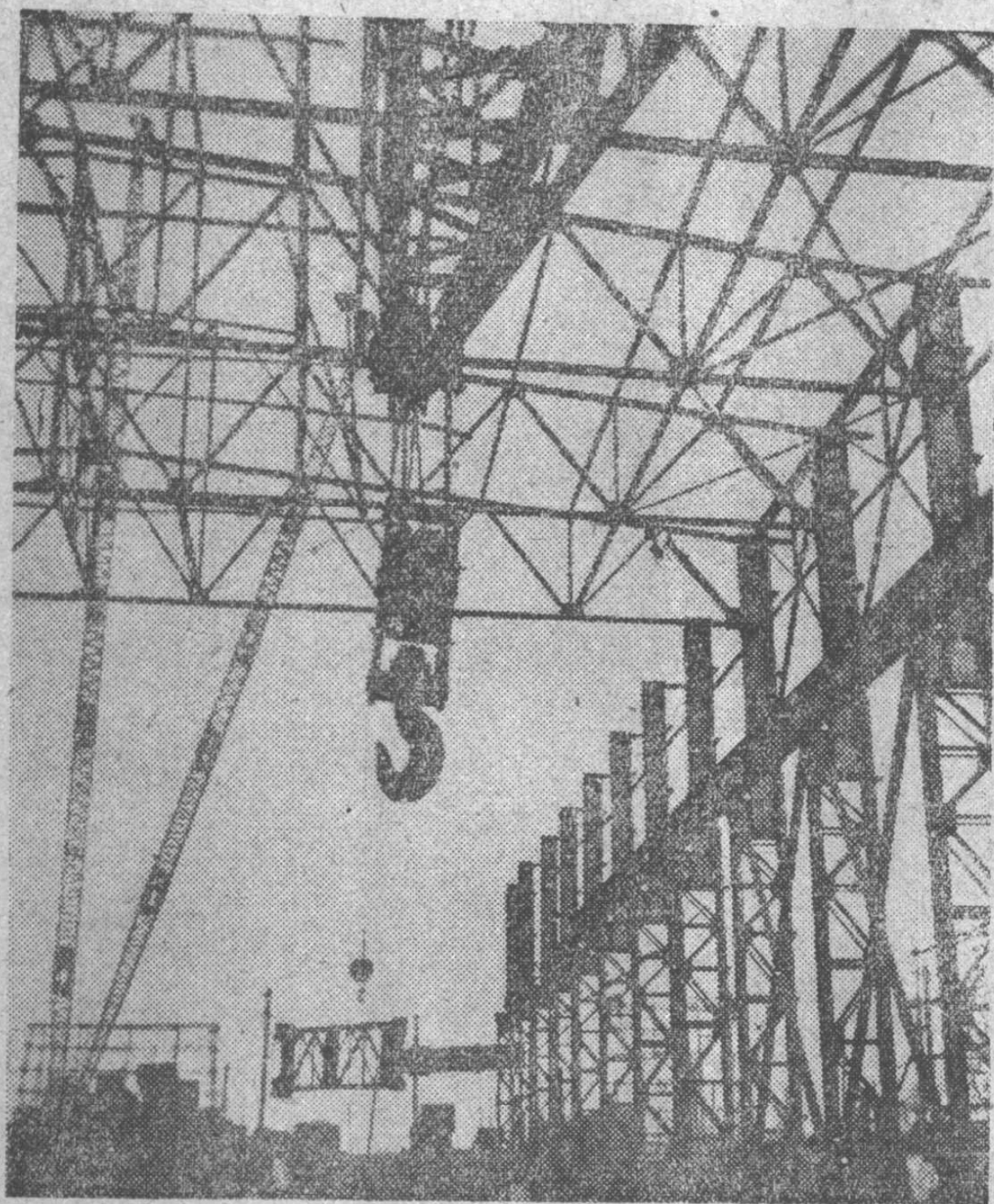


图 1-3 某鋼結構厂房正在施工

采用了先进的焊接结构。如工业厂房的长达37.5米重82吨的鋼柱、跨长24米、重53吨的吊車梁，鋼板最大厚度达36毫米，焊接质量优良。又如我国首都的人民大会堂的鋼桁架，以及新建的北京工人体育館悬索結構屋架等，都反映了我国鋼結構的技术水平。此外，如預应力鋼結構、焊接桥梁、冷錳結合、胶結合等新技术，亦开始在鋼結構中研究应用，并在不断革新中。

第三节 鋼結構的应用範圍及优缺点

我国在偉大的社会主义建設时期，鋼的产量已有了巨大的增长，但由于鋼材的用途广闊，在建筑上必須注意节约鋼材，把它用到最迫切需要的地方去。

随着鋼筋混凝土技术的不断发展，其应用範圍亦日益广闊，在建筑物中用鋼筋混凝土結構来代替鋼結構的可能性亦愈来愈大，但这并不排斥鋼結構在建筑中的应用。

鋼結構与其它各种結構相比，具有下列的主要性能及优缺点：

鋼的主要性能：

(1) 鋼和其他建筑材料比較起来具有很高的强度，虽然鋼的比重較大，但是仍能保証鋼結構的輕便性；

(2) 鋼在不同方向的构造均匀、变形小，在正常工作範圍內差不多是理想的彈性材料，能符合材料各向同性和彈性及力作用独立性原理的計算假設。

这些性能使得鋼的計算的和实际的工作情形非常接近。因而鋼結構工作的可靠性大，能很充分地利用結構的承重能力。

鋼結構最重要的优点是：

(1) 鋼結構能有不同的形状、尺寸、剛度和不透气性等;

(2) 能够在制造工厂中工业化制造鋼結構, 从而大大地加速制造、降低造价、提高鋼結構质量和制造的准确度, 以及为大批流水生产創造可能性;

(3) 能够机械化安装鋼結構, 当安装构件之間有简单的連接、有減輕安装的特別夹具和进行扩大单元的安装时, 能够机械化安装鋼結構, 同时为快速安装創造可能性。

鋼結構除了上述优点以外有下列缺点:

(1) 在湿气及某些侵蝕性蒸汽和气体作用下鋼材发生破坏, 最初出現在表面。这种引起鋼材物理化学过程的破坏叫作腐蝕。为了預防腐蝕, 結構应涂上油漆及其他涂料而使得表面上有保护层, 或者在炼鋼时加一些摻料。

設計鋼結構时, 必須避免难以檢查和油漆的縫隙、暗面以及其他特別有利于形成腐蝕的地方。

(2) 鋼結構虽然不是可燃的, 但是只有很小的耐火性。在高溫下, 鋼材改变自己的性能而使結構降低强度。因此鋼結構直接放在靠近 150°C 和 150°C 以上的热源时, 应适当加做隔热层或用人工冷却来降低溫度(例如, 炉的鋼外壳用耐火材料与燃料隔絕)。

根据鋼結構的这些性质, 再綜合的考虑到建筑物的特点和要求, 以及節約鋼材、降低造价、結構安全可靠、延长使用年限和縮短建筑期限等因素后, 鋼結構的合理应用范围大体上可确定如下:

(1) 在工业厂房方面, 某些重型車間的承重骨架。

(2) 用于大跨度建筑的骨架中, 例如飞机庫、車站、大会堂和展覽館等。

(3) 用于民用高层房屋的框架。

(4) 用于板结构中，特别是高炉，大型储液库和压力较高的输送管道。对于这一些结构，往往只采用钢结构，而且亦比较经济合理。

(5) 用于塔桅结构中，特别是高度较大的无线电桅杆、电视塔和高压输电线路。

(6) 用于中等跨度和大跨度的桥梁建筑中及起重运输机械和大型建筑机械的钢骨架中。

第二章 建 筑 鋼

第一节 鋼 的 成 分

鉄 (Fe) 和碳 (C) 的合金叫做鋼，其中含有天然的杂质或人工的掺料：硅 (Si)、錳 (Mn)、銅 (Cu)、硫 (S)、磷 (P) 和一些其他元素。

鋼与鑄鉄的差別主要是在于含碳量的多寡，鋼的含碳量通常少于1%，而鑄鉄的含碳量为2—5%。含碳量多的鋼叫作碳素鋼，含碳量少的鋼叫作低碳鋼或軟鋼。軟鋼比碳素鋼容易用工具加工。建筑鋼是含碳量不多的軟鋼。

鋼的性能随化学成分的变化而变化。鋼的强度随含碳量的增加而增高，但含碳量的增加却使鋼的塑性降低和可焊性变坏。因此标准鋼的含碳量不超过0.23%。鋼的含硅量在0.3—0.4%以下，甚至在某些鋼內沒有硅。硅能提高鋼的强度，但使鋼的可焊性变坏并降低抵抗腐蝕的能力。

錳是有益的掺料，它能降低硫的有害影响和提高鋼的强度，而不显著地降低鋼的塑性。鋼的含錳量在0.7%以下。

磷和硫是鋼內的有害杂质，它是由鑄鉄熔炼为鋼时剩留在鋼內的。磷使鋼的性能变成冷脆，也就是使鋼在降低溫度时成为脆性的，而稍能提高鋼的强度和抵抗腐蝕的能力。鋼的含磷量过多时，容易在低溫时和冷加工时形成裂縫。

硫的混合物使鋼变为热脆，也就是在增高溫度时使鋼变为脆性的，所以对热加工是不利的。因此Ст.3号鋼內磷和硫每种元素的含量限制为0.05%及0.055%以內。

氧和氮也屬於有害的雜質，它在煉鋼時從空氣中進入鋼內，氧和氮對鋼的作用與硫和磷的作用一樣。

為了提高鋼的質量，可以在鋼內摻進銅、鎳、鉻及其他元素。這樣的鋼就叫作合金鋼。銅的含量不多（在 0.5% 以下）時，能提高鋼的強度和抵抗腐蝕的能力。

鋼主要是用鑄鐵將它在特別的爐中熔煉而成。在熔煉時，多餘的碳和部分有害的雜質被燒盡，而可以加些有益的摻料。建築鋼由平爐和轉爐煉得。

在熔煉結束後，直接倒注在鋼錠模內的鋼叫作沸騰鋼。為了改進鋼的質量，附加錳和鋁的脫氧劑，而讓鋼在盛鋼桶內放置一個時間。脫氧劑的作用是保持所需的溫度並從鋼中吸去氧。這時，熔解在鋼中的煤氣量亦能減少。這種鋼叫作鎮靜鋼。

鎮靜鋼的孔隙比沸騰鋼的少，具有較均勻的細粒結構，同時有害氧化物的含量較少。但是鎮靜鋼的價格比沸騰鋼的貴。

一般結構都可以採用平爐沸騰鋼製造。

直接承受頻繁動力荷載的焊接結構，最好採用平爐鎮靜鋼。

第二節 鋼的主要性能

鋼材是有勻質性及彈性的物體，這就使得均勻彈性體的材料力學定律應用於鋼材而有很大的準確度。為了確定鋼的機械性能，要進行鋼試件的試驗。並且使得不同鋼的試驗結果能夠互相比較，各個試件應做成相同的尺寸和形狀。

鋼的最大特征是承受拉伸。在試件上逐漸增加作用力就引起試件伸長。試件的伸長可分為絕對伸長和相對伸長，絕對伸長表示整個試件長度的增加；相對伸長用百分率來

度量，它表示試件长度增加的百分率。如果試件长度在受拉前为 l 而绝对伸长为 Δl ，则相对伸长以百分率表示就是

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \times 100。試驗时由自动记录器所描出試件应力和所产生$$

相对伸长之間关系的图解，叫作拉伸图。图 2-1 是标准建筑鋼（Ст.3号鋼）的拉伸图。

拉伸图的豎直軸上按 公斤/厘米² 画出拉应力；而沿水平軸按百分率画出相对伸长 ε 。正如图 2-1 上所看到的，拉伸图可以分为許多特性綫段。綫段 OA 是直綫。点 O 到点 A 的应力与伸长成正比，也就是說虎克定律 $\sigma = E\varepsilon$ 只有在这一段內才是正确的。点 A 叫作比例极限，而相应于点 A 的应力也叫作比例极限。Ст.3号鋼的比例极限 $\sigma_{nu} = 2000$ 公斤/厘米²。我們已經知道鋼的彈性模量^① $E = 2100000$ 公斤/厘米²，于是求出比例极限时的相对伸长（按百分率計）：

$$\varepsilon_{nu} = \frac{\sigma}{E} \cdot 100 = \frac{2000 \times 100}{2100000} = 0.095 \approx 0.1\%$$

这样，比例极限的变形非常小，約为 0.1%，这就是說长 1 米的杆伸长 1 毫米。在比例极限以前鋼进行正常工作，因此鋼結構的变形通常均小于 0.1%。鋼工作时的变形这样小，就完全有可能在計算鋼結構时应用力作用的叠加原理。这个原理适用于变形与結構尺寸比較起来很小的情形。拉伸图另外一个特性点——彈性极限实际上可以认为是与比例极限相重合的。

在彈性极限以前，鋼的变形可以认为是彈性的，也就是荷載移去后变形可以消失。超过了彈性极限，变形可分为两部分：彈性的和塑性的，塑性变形在荷載移去后仍然存在。

① 彈性模量与鋼材标号无关。

图解上的綫段 AB 不是直綫，这一綫段也和图解的其余部分一样都不服从虎克定律。綫段 BB 叫做屈服阶，而相应于屈服阶的应力就是屈服点 σ_r 。屈服的名称說明鋼材下面这种性能：就是鋼經過屈服点之后，产生很大的塑性变形而不增加应力，也就是在不变动荷載的情况下，鋼材分子产生流动現象。因为在結構正常工作时不容許到达屈服点，所以屈服点的数值是建筑鋼的主要特性之一。

在綫段 BT 上鋼承受荷載的能力繼續增长，同时为了繼續伸长，要求增大应力。断裂时相对伸长約为20%。断裂时鋼的相对伸长說明鋼的塑性，也是建筑鋼的主要特性之一。

由拉伸图所确定鋼的最大应力叫作极限强度（图2-1的 T 点）。

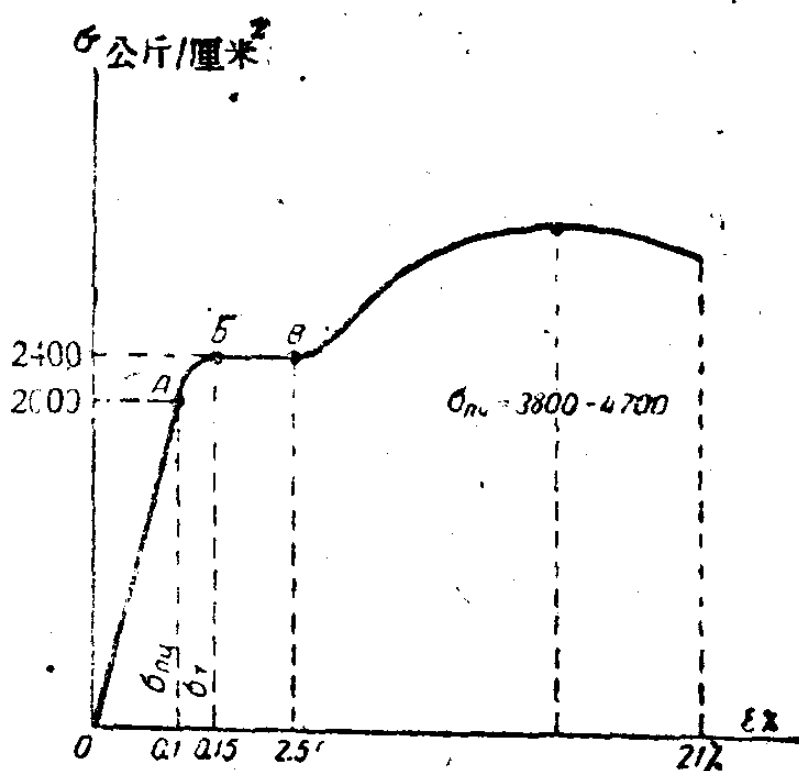


图 2-1 鋼的拉伸图

除了作拉伸的靜力試驗外，撞击韌性的試驗也是鋼的一个特性。靜力荷載（逐漸增加的荷載）和突然的动力荷載是

不同的。为了显示鋼材的塑性必須使应力逐漸增加，这时变形能扩展到試件的很大范围。撞击荷载会产生很大的局部应力，使鋼材性能变脆。当应力数值十分大时，鋼材变脆而破坏。因此鋼材撞击韧性的試驗結果是其在动力荷载下工作的特性，同时是鋼材主要特性之一。

冷加工較多的构件，如板结构，对鋼材还必须保証冷弯合格条件。对 CT.3 号鋼板当厚度在 25 毫米以下时，要求弯至 180° 两面对接。

撞击韧性在摆式冲击机上試驗，試件受到預先偏离一定角度的一定重量的摆撞击而破坏。构件破坏时所作的功与試件横截面面积的比（公斤米/厘米²）叫作撞击韧性。为了集中局部超应力和增加試件的脆性，在截面的横向刻一缺口，以减少試件在撞击处的横向截面面积。

这样，鋼材机械性能的主要特性是：决定鋼材承重能力的强度极限和屈服点，表示鋼材塑性的相对伸长和冷弯試驗以及表示撞击荷载作用下鋼材工作特征的撞击韧性。

第三节 鋼材的标号

鋼的性能由它的化学成分和生产工艺来确定。按照机械性能和化学成分，鋼可以分成許多种标号。在表 2-1 中列出主要标号鋼材的机械性能和化学成分。

除了前面所讲的化学成分外，鋼內还含有錳和硅，而 HJ 号鋼还掺有鉻、鎳和銅。

正如从表 2-1 中看到的，CT.0 号鋼机械性能較低。如果将它用在荷载很大的构件会过多地消耗鋼材，因此 CT.0 号鋼只能用作构造（不計算的）构件。只有在特殊的論据下，CT.0 号鋼可以用作承受靜力荷载的承重结构。