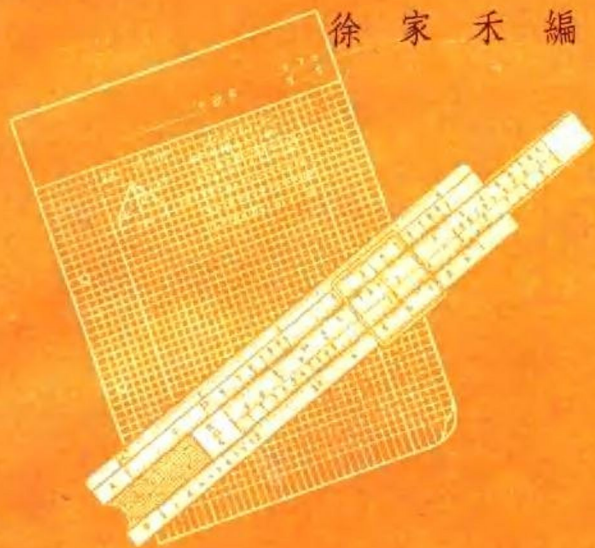


徐家禾編著



初級結構工程自學叢書

鋼結構入門

上海科學技術出版社

86.251
496

初級結構工程自學叢書

鋼 結 構 入 門

徐 家 禾 編 著

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本书为“初級結構工程自学丛书”之一，詳解鋼結構設計的基本原理和必要知識。全书共分八章，对鋼結構构件的连接、构造和計算作有重点和淺显的介紹；章末并附有計算例題和习題供自学練習和参考。

本书适合土木建筑方面具有初中文化程度的工作人员自学进修及訓練初級土建技术人員之用。

初級結構工程自学丛书

鋼 結 构 入 門

徐家禾 編 著

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷三厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印張 9 24/32 插頁 2 字數 206,000

1961 年 12 月第 1 版 1961 年 12 月第 1 次印刷

印數 1—12,000

統一書号：15119·1644

定 价：(十) 0.98 元

前 言

自从党中央提出大搞技术革命和文化革命的号召后，在全国范围内便掀起了学习高潮，从事土木建筑工程的工人同志和技术干部与业务管理干部，特别是青工们，也并不例外，均迫切地要求进一步钻研有关这一方面的基本理论和知识，文化学习更为他们创造了有利条件。在工农业生产大跃进以后，全国农村已普遍成立了人民公社，在农村建设中也需一些具有初级土建工程学识的干部。

我们出版这一套“初级结构工程自学丛书”的主要目的侧重在初学的人自学，同时也可作为有关单位开办技术训练班时作教材，因此取材较一般中等技术学校的教材更为浅显，而以切合实用，便于无师自通为准则，希望具有初中文化程度并略有三角基本知识的读者们都可以理解清楚。当然各人的程度不同，可能在学习过程中发生一些困难，但决不是不可克服的困难，主要应有毅力，坚持学习精神，并不断向人请教，一定可以成功的。

这一套丛书初步拟出版下列八种：

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 静力学入门 | 5. 钢筋混凝土结构入门 |
| 2. 材料力学入门 | 6. 木结构入门 |
| 3. 结构力学入门 | 7. 砖石结构入门 |
| 4. 地基与基础入门 | 8. 钢结构入门 |

读者可循序渐进，但前四种属于基本性质，更应该按照次序先读，后四种的次序可以视需要缓急来酌分先后。

我们出版这一套丛书尚是尝试性质，如果读者面很广，要求出版其他方面的土建工程自学丛书，我们还打算进一步考虑。写作这套丛书的同志们虽对于中等技术学校的教学工作积累了很多经验，但要写成这样浅显便于自学的书，实在也很不容易，因此也免不了是尝试性质。

这一套丛书的内容一定还存在不少问题和缺点，特别是取材问题，很难恰当，希望读者们在学习过程中多提意见，以便今后不断改进。

上海科学技术出版社 1959年1月

05749

目 录

前言

第一章 绪 论

- § 1-1 鋼結構的发展簡述..... 1
- § 1-2 鋼結構的应用范圍和优缺点..... 3

第二章 建筑鋼材的性能

- § 2-1 建筑鋼的标号及其应用..... 6
- § 2-2 鋼的主要力学性能..... 8
- § 2-3 鋼的时效硬化 11
- § 2-4 应力非均匀分布时鋼的工作情况 12
- § 2-5 重复荷載下鋼的工作 14
- § 2-6 鋼受弯曲时的极限应力 17
- § 2-7 建筑型鋼 20

第三章 鋼结构按极限状态计算的基本原理

- § 3-1 概述 26
- § 3-2 按第一种极限状态的計算 33
- § 3-3 按第二种极限状态的計算 35

第四章 鋼结构的连接

- § 4-1 焊接接头和焊缝的形式 37
- § 4-2 焊接的强度計算 40
- § 4-3 焊接的振动强度 58

§ 4-4	鉚接的一般特性	59
§ 4-5	鉚接的构造	63
§ 4-6	鉚釘的工作和强度計算	70
§ 4-7	螺栓連接	91

第五章 梁

§ 5-1	概述	95
§ 5-2	型鋼梁的設計	100
§ 5-3	組合梁的設計	106
§ 5-4	梁的拼接	137

第六章 柱

§ 6-1	柱的一般性質	143
§ 6-2	实腹柱的截面選擇	148
§ 6-3	格子柱的截面選擇	157
§ 6-4	柱脚	171
§ 6-5	偏心受压构件的工作	184
§ 6-6	偏心受压柱的計算	189
§ 6-7	偏心受压柱柱脚的計算	197

第七章 屋 架

§ 7-1	屋架的形式	201
§ 7-2	天窗和支撐	203
§ 7-3	屋架的計算	210
§ 7-4	屋架杆件的計算长度和极限長細比	218
§ 7-5	屋架杆件的截面形式	222
§ 7-6	屋架杆件的截面選擇	226
§ 7-7	屋架节点的构造与計算	235

第八章 吊 車 梁

§ 8-1	概述	264
§ 8-2	作用在吊車梁上的荷載	265
§ 8-3	吊車梁的截面形式	267
§ 8-4	吊車梁的設計	269
§ 8-5	焊接吊車梁的設計实例	279

附 录

附录 I	公制螺紋的螺栓計算截面面积及型鋼鋼材規格	292
附录 II	基本計算情况下的計算公式	294
附录 III	在驗算整体稳定性时关于确定降低梁的承載能力的系数 φ_0 的指示	296
附录 IV	截面迴轉半徑的近似值	300
附录 V	各种标号建筑鋼的系数 φ_{0H} 值及截面形狀影响的系数 η 值	301

第一章 緒 論

§ 1-1 鋼結構的发展簡述

鋼結構的发展和冶金工业的发展是密切相关的，也曾經歷了一段相当长的过程。在冶金工业方面，最初是出产生铁，继而熟铁，最后才出产鋼。与此相适应，鋼铁结构方面最初制造的是生铁结构，继而熟铁结构，最后才制造鋼结构。

我国是最早用铁建造承重结构的国家。远在秦始皇时代（公元前 246~210 年）就已经有用铁制作的简单桥墩（见水经注记载）。到了汉代，为了与西方国家进行宗教和文化上的往来，开始在交通要道上建造起铁链悬桥跨越深谷。根据记载，最早的铁链悬桥还是在汉明帝时代（公元 465~472 年）造的（见小方壶斋輿地丛钞云南略考记载）。迨至明、清两代，所建的铁链悬桥更多，并发展为更美观和完善的多跨形式。其中最著名的有云南的元江桥、贵州的盘江桥和西康泸定的大渡河桥等。这些都是我国早期用铁作为建筑物的例子，当时劳动人民的勇敢与智慧由此可见一斑。

欧美国家用铁建造承重结构的年代远比我国为迟，而且也与我国一样多数用于桥梁建筑中。公元 1776~1779 年，第一座跨度为 30 米的生铁桥梁在英国建成。到十八世纪末和十九世纪初，由于工业革命促进了冶金技术和建筑事业的发展，熟铁结构代替了生铁结构；接着新的炼鋼方法和铆釘连接

的发明,终于出现了以型钢连接起来的结构体系,并发展成为现代钢结构采用的形式。到十九世纪末,发明了焊接连接技术之后,钢结构的应用领域也就更加扩大了。

在房屋建筑方面,钢铁结构的发展较迟,起初只是用作个别零件,例如门檐结构和屋盖等,直到二十世纪初因工业需要出现了电动桥式吊车以后才开始有所发展。在这时期,苏联开始采用了刚架结构,同时发展了空间结构,并先后建造了一些以新颖结构著名的工厂和展览馆等。

苏联在十月革命后,钢结构的应用更有着巨大的发展,钢结构方面的研究也普遍地展开,并成长了新的钢结构设计学派,将钢结构的设计工作、科学研究工作以及制造和架设等工作紧密地联系起来,建立了以“钢材消耗最少、制造最省工和架设最迅速”为目标的设计原则,使钢结构的发展向着典型化和标准化的方向迈进。

在设计理论方面,苏联过去亦和英、美等资本主义国家一样,采用着古老的、按容许应力的计算方法。这种方法不能充分利用材料的性能,因此造成钢材过多的浪费。但是经过苏联学者们的不断研究,创造性地提出了最先进的计算方法——按极限状态的计算方法(见本书第三章),使钢结构的计算更符合于结构的实际工作情况,并从而节约了钢材,这又是近年来苏联学者们在钢结构方面作出的有价值的贡献。

我国早期在铁结构方面虽有着卓越的成就,但由于受着延续了数千年的封建制度的约束,科学不发达,因此长期来总是停留于用铁制造建筑物的技术水平。直至十九世纪,我国才开始采用现代钢结构。但是由于帝国主义的侵略,仅有的一些钢结构建筑物(例如上海的一些高层房屋和黄河、淮河上

的一些铁路桥梁等), 几乎全由外商设计和承建, 而真正由我国工程技术人员设计建造的较大型建筑物, 只有皇姑屯机厂的鋼结构厂房、广州中山纪念堂以及錢塘江大桥和柳江鋼轨桥等少数工程。

1949 年中华人民共和国成立以后, 在党的正确领导下, 鋼结构的应用有了飞跃的进展, 不论在数量上或是在质量上都远远超过了过去。在设计、制造和架设等技术方面, 亦都有着迅速的提高; 目前我国在鋼结构方面, 已经掌握了各种复杂建筑物的先进设计和施工方法, 广泛地采用了焊接连接, 还推行了模数化和标准化, 并开始采用了按极限状态的计算方法。同时全国各地已经先后建造起了许多规模巨大而结构复杂的新型鋼结构厂房、大跨度的特种鋼结构建筑物以及铁路桥梁等。所有这些大型鋼结构建筑物的不断兴建, 更充分地反映了我国社会主义制度的无比优越性。在今后的年代中, 在党的正确领导下, 我们深深地相信: 我国的鋼结构建筑必将继续获得更大和更迅速的发展, 在社会主义建设的事业中发挥更大的作用。

§ 1-2 鋼結構的应用范围和优缺点

在建筑结构中, 鋼结构主要用于下列各方面:

1. 工业房屋的骨架, 如大跨度黑色冶金工厂的骨架。
2. 高层楼房的骨架, 这种结构由支承楼层梁的多层柱子和柱子间的支撑组成。
3. 大跨度特种建筑的骨架(如飞机库、陈列馆等), 这种骨架主要是梁式的、拱式的或圆顶式的复盖结构。
4. 儲藏气体、液体及颗粒体的建筑(如煤气库、儲油库

等), 这种结构的主要形式是由鋼板组成的薄壳, 所以亦称为板结构。

5. 公共建筑的屋盖(如剧院、商场、体育馆等)。

6. 很高的塔架及桅杆等构筑物(如无线电杆、输电塔等)。

7. 桥梁及起重机的构架。

鋼结构所以有上述那样的广泛用途, 主要由于鋼材与其他材料比较有着下列的许多优点:

1. 鋼结构是最可靠的结构。因为鋼材本身的组织很均匀, 弹性模量很大($E=2100000$ 公斤/厘米²), 与作为计算基础的各向同性体的基本假定完全符合, 因此鋼结构的计算最为准确, 所以最重要的结构都用鋼材来作成。

2. 鋼结构与砖石结构、钢筋混凝土结构及木结构相比, 是最轻的结构。由于鋼材的机械性能很好, 可以承受较大的荷载, 所以在一定的荷载作用下, 以鋼结构构件所需要的截面尺寸为最小, 虽然鋼的比重较大, 鋼构件仍能保持一定程度的轻便性, 使运输方便。

3. 鋼结构是便于大批生产的结构。由于鋼的高度机械性能, 只有在机床上加工才合算, 因此组成鋼结构的个别构件都是机械化制造的, 有利于大批生产。

4. 鋼结构在架设时, 是最易装配的结构。因为鋼结构都是由制成的个别构件(如梁、桁架、柱等)在工地上用电焊、铆釘或螺栓连接起来的, 所以施工速度最快。

5. 鋼结构能使我们最好地利用建筑容积(因为柱的截面最小和梁的高度最小), 能够建造最高的和跨度最大的建筑物。

6. 鋼结构可以作成密封的、不漏水和不漏气的结构(如儲油库、煤气库等)。

鋼结构除了上述的优点外也有着下列的一些缺点:

1. 鋼结构最容易生锈。因为鋼在大气侵蚀因素(湿气、盐分、有害气体等)的影响下能变成铁的氧化物和铁锈,从而降低抵抗外力作用的能力,因此鋼结构需要很好的保护(油漆)和特殊的养护(清刷),致使养护费用要比鋼筋混凝土结构和砖石结构来得贵些。

2. 鋼结构受到火灾影响时容易丧失承载能力,因此在很多鋼结构的建筑物中要用各种不易传热和能够防火的外壳来保护,以致增加建筑物的造价。

3. 鋼结构的材料是所有国民经济部門中所必須的材料,因此鋼结构只应在不能用其他材料代替的情况下才采用,而且它的结构形式还应符合用料最省的经济要求。

第二章 建筑鋼材的性能

§ 2-1 建筑鋼的标号及其应用

建筑结构中主要采用的是低碳鋼（也称软鋼，含碳量 $\leq 0.25\%$ ），因为这种鋼具有足够的强度和塑性，能很好地焊接，并且不受淬火影响，故很能适合于建筑构造上的要求。

对某些要求具有较高机械性能的构件，还可采用合金成分总量不超过 2.5% 的低合金鋼来制作。

从不同冶炼方法所得的鋼的性能来说，平炉鎮靜鋼的质量较高，多用作重要构件，特别是重要的焊接结构。一般的结构可采用平炉沸騰鋼。转炉沸騰鋼的质量较差，只可用于不受动荷载且不在低温条件下（ -30°C 以下）使用的次要铆接结构。湯姆斯沸騰鋼在建筑中则完全不许采用。

按照机械性质和化学成分的不同，建筑鋼可以分成许多种标号。现将主要标号鋼材的机械性能和化学成分列于表 2-1 中（我国鞍山鋼铁厂的产品和苏联标准相同）。

从表 2-1 中可以看到：Cr. 0 号鋼的机械特性较低。这种鋼不合规格，实际上是冶炼 Cr. 3 号鋼的废品。如果把它用在荷载很大的构件中，将会过多地耗用鋼材，因此 Cr. 0 号鋼只能用于鋼结构中可以不必要计算的构件（构造构件）。

Cr. 2 号鋼的塑性大，适宜于制作某些钹结构（如儲液库、煤气库等），因为钹结构在制造时，要求鋼材有较高的塑性。

表 2-1 建筑鋼的性质

鋼的 种类	鋼的标号	机 械 特 性				化 学 成 分 (%)			熔 炼 方 法
		受拉强 度极限 (公斤/ 毫米 ²)	屈服 点 (公 斤/ 毫 米 ²)	长試 件的 相对 伸长 (%)	标准温 度下的 冲击初 性 (公 斤·米/ 厘米 ²)	碳	硫	磷	
		不得小于					不得超过		
普通碳 素鋼	CT. 0	32~47	19	18	—	{ ≤0.23 ≤0.14	0.060	0.070	平炉 酸性 轉炉
	CT. 2	34~42	22	26	—		0.09~0.15	0.055	
	CT. 3	38~47	24	21	{ *8 **10	0.14~0.22	0.055	0.050	平炉 酸性 轉炉
						≤0.12	0.065	0.085	
	CT. 4	42~52	26	19	— —	{ 0.18~0.27 0.12~0.20	0.055	0.050	平炉 酸性 轉炉
高質量 低合金 鋼	HJ1 1	≥42	30	20	8	≤0.15	0.045	0.040	平炉
	HJ1 2	48~63	34	18	6	0.12~0.20	0.045	0.040	平炉
鉚釘用 碳素鋼	CT.2 _{сакл}	34~42	21	26	—	—	0.050	0.040	平炉
	CT.3 _{сакл}	38~47	21	22	—	—	0.050	0.040	平炉

注：表中有 * 号者适用于鋼板 and 寬扁鋼；有 ** 号者适用于型钢。

Ст. 3 号鋼是大多数结构中所采用的标准建筑鋼。在缺乏 Ст. 3 号鋼时，可采用较刚强的 Ст. 4 号鋼和 Ст. 5 号鋼来代替。但是这种替代是不合理的，因为这时并未能充分利用 Ст. 4 号鋼和 Ст. 5 号鋼的较高性能。

在很大荷载作用下的重型结构中多采用 НЛ 2 号鋼，虽然它的价格较 Ст. 3 号鋼高 25%，但可减少鋼材用量，因此还是能够符合经济节约的要求。

НЛ 1 号鋼与 Ст. 2 号鋼的应用情形相类似，同时可以作为 НЛ 2 号鋼所制造的结构中用的鉚釘鋼。

所有上述标号的鋼材都很容易焊接，焊接结构所用鋼材

的含碳量不得超过 0.2%。

C_T. 2 号铆钉钢和 C_T. 3 号铆钉钢可以用来制作铆钉和纵纹螺栓。其他种类的螺栓常用 C_T. 3 号钢制造, 有时也可用 HJ 1 和 HJ 2 号钢。

§ 2-2 钢的主要力学性能

建筑钢的静拉伸试验是非常重要的。在常温下钢受逐渐增加的轴向拉力作用时, 它的工作情况可分作三个阶段, 如图 2-1 所示。

(一) 弹性阶段 在试件上逐渐增加荷载, 就会引起试件的伸长。试件的伸长可用相对伸长 $\varepsilon = \Delta l / l$ 来表示。在比例极限以前, 钢的应力和应变成正比, 是符合虎克定律的, 这是第 I 阶段——弹性阶段。由于钢的弹性模量很大, 弹性工作时的变形则很小(通常约小于 0.1%, 与构件原来的尺寸相比可以忽略不计), 所以钢结构最为可靠, 且最接近于计算原则, 因此可以应用力作用独立性的原理来计算, 使计算大为简化。

图 2-1 为 C_T. 3 号钢的应力应变图。这种钢的比例极限

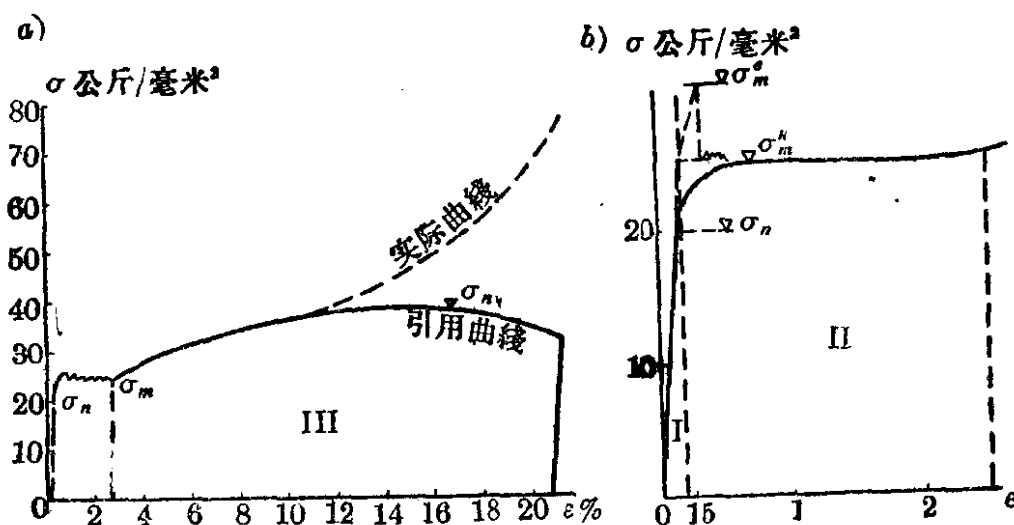


图 2-1 C_T. 3 号钢的应力应变图

$\sigma_n = 2000$ 公斤/厘米², 相对伸长 $\varepsilon = 0.1\%$ 。

应力应变图上另外的一个特性点是弹性极限, 实际上可以认为是与比例极限相重合的。

(二) 塑性阶段 在弹性极限以前, 鋼的变形可以认为是弹性的, 也就是当荷载移去以后, 变形立即消失。超过了弹性极限, 变形可分为两部分: 弹性的和塑性的, 塑性变形在荷载移去后仍然存在。或者说: 超过了比例极限 σ_n 以后, 应力和应变不再是成正比例的直线关系了, 同时弹性模量逐渐减小, 到流限(即屈服点)时减小到零。Ст. 3 号鋼的流限应力 $\sigma_m = 2400$ 公斤/厘米², 相对伸长 $\varepsilon = 0.15\%$ 。

鋼材到达流限以后, 得到很大的塑性变形而不增加应力, 也就是在不变荷载的作用下鋼材分子发生流动, 出现了流幅。在流幅时, 鋼材暂时耗尽了承载能力而不复支持荷载, 这便是第 II 阶段——塑性阶段。因为鋼结构在正常工作时不容许到达流限, 所以流限的数值是建筑鋼的主要特性之一。

从上面的叙述可知: 流限决定了鋼材承载能力的极限。因此按照设计原则, 流限的来临说明结构已经耗尽了承载能力, 而到达第一种极限状态了(见第三章 § 3-1)。

因为鋼在流幅时遵守着理想塑性体工作的假定, 所以鋼不但可以看作是理想的弹性体, 而且可以看作是理想的弹性塑性体, 在流限以前是完全弹性的, 而在流限以后则是完全塑性的(图 2-2)。

流幅仅是少数鋼的特性, 其中包括建筑鋼。对含碳量为 $0.12 \sim 0.2\%$ 的软鋼, 流幅比较明显。对含碳量很少(小于

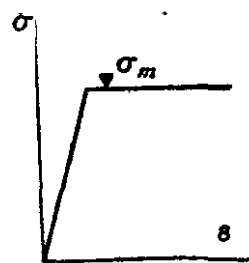


图 2-2 理想弹性塑性体的工作图

0.1%)或含碳量较多(大于0.3%)的鋼,都沒有流幅出現。對沒有流幅的鋼,常採取相當於伸長率為0.2%時的應力為假定的流限應力。

綜上所述,可見建築鋼的流幅具有下列特點:

- (1)它是結構一定的承載能力的極限;
- (2)受力過大的構件,在到達流幅階段的部分,所受的力不能再行增加,因而內力重行分配於其他受力較小的構件;
- (3)流幅能很有效地使應力趨於相等,因而提高了建築物的安全性。

(三)自強階段 因為流幅是由於鋼材內部顆粒塑性變形的延緩所引起能量積聚的結果,故其伸展長度有限,當能量剛耗盡時流幅也就結束了。此後,鋼繼續工作,重行具有承載能力,這便是第III階段——自強階段。但是在這一階段中,由於變形太大,建築物已不能正常使用了。

建築鋼自強階段的過程,為伸長率 ϵ 由2.5~3.0%至20~30%,一直到實際破壞。其強度增加到強度極限(暫時抗力) σ_{ny} ,這一極限決定了受力構件所能承受的最大荷載。在此以後,荷載與內應力之間的平衡已成為不可能,內應力已不足承受荷載,在定值的荷載下變形急劇發展而使構件斷裂。

圖2-1-a中的實線曲線是表示應力應變的引用曲線,其應力等於荷載數值除以構件原來的面積。但是在拉伸過程中,構件的截面積是隨著伸長而逐漸減小的,若考慮這種截面積減小的因素時,則得真應力與應變的實際曲線,如圖2-1-a中虛線所示。因此強度極限是假設的應力,它所表明的不是真正的破壞應力,而只說明試件的最大可能荷載 $P=\sigma_{ny}\cdot F$ 。

強度極限是結構物的安全保障,過低則安全保障不足,過