

285246

高等学校交流讲义

鋼 木 結 构

武汉水利电力学院建筑結構教研組編

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校交流讲义



鋼 木 結 构

武汉水利电力学院建筑結構教研組編

中国工业出版社

2338
15181

本书分为两部分：第一部分鋼结构；第二部分木结构。

在鋼结构部分中，先对水工上常用的閘門——主要是平面和弧形閘門作了概括的介紹，而后圍繞着閘門的各部件讲述梁、柱、桁架等基本理論。并对鋼閘門的止水、埋固、启閉力、悬吊设备和起門机分章进行了闡述。在鋼结构的最后补充了閘門接空間結構計算一章。此外，对水工上常用的拦污栅、船閘閘門也分章作了介紹。

在木结构部分中，除讲述基本理論外，对水工建筑及施工中常用的桁架、短跨木桥及木渡槽等結構物重点地作了闡述。

本书仍沿用目前水工上采用的按容許应力的計算方法，也簡要地介紹了新的按极限状态的計算方法。

本书供高等工业院校水利类专业本科使用，也可供工程技术人员作为参考。

鋼 木 結 构

武汉水利电力学院建筑結構教研組編

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 409 \frac{21}{16}$ ·印張 $25 \frac{1}{2}$ ·插頁4·字數578,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印數0001—3,537·定价(10-6)3.10元

統一书号：15165·799(水电—117)

前 言

在1958年教育革命后，我院进一步贯彻执行了党的教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合的方针。近几年来，在全院师生深入生产实际，参加水利建设与积极开展科学研究的实践中，我们深深感到以往的钢木结构教材在面向生产，结合实际方面还是不够的。同学们在学习这门课后，对如何解决工程实际中的问题仍感困难。因此，编写一本符合党的教育方针，结合水利工程各专业特点与要求的教材就成为一项迫切的任务。这本教材就是在这种客观形势的要求下，经过教研组全体教师集体努力编写而成的。

在编写本教材时，曾对下列几方面作了一些努力：

1. 为了加强基本理论，密切联系专业并适应教学时数的安排，我们将整个教材体系作了一些变动。在钢结构中梁、柱、桁架等基本理论着重围绕着重工建筑物中最常应用的闸门来阐述，同时也注意到使同学能把这些基本理论运用到其他结构物上去。对于钢材性能和连接部分，我们作了较多的压缩，因为它们的部分内容已在建筑材料、建筑力学课程中讲述。在木结构中除分章讲述木材性能及强度、构件、桁架等基本理论外，我们把学习重点放在水利工程中常遇到的木桥一章。关于木结构连接，在过去教学实践中感到结合着结构物来讲同学比较容易接受，因此，我们把它分散到组合构件、桁架、木桥等章节中来讲述。上述安排难免有不妥之处，尚有待今后进一步改进。

2. 在本教材中我们一般是先扼要介绍结构物的整体结构，然后再分别阐述有关的细部结构，以尽可能符合认识的发展过程。此外，在阐述各个构件关于强度、刚度、稳定设计的同时，注意了从我国实际出发，合理选择构件的材料、形式和尺寸等问题，尽可能培养学生具有正确而全面的设计思想和工作能力。

3. 为了适应我国社会主义建设事业的蓬勃发展，进一步节约钢材与木材，在本教材中增添了一些先进的设计理论与计算方法，如钢闸门按空间结构的计算方法与木结构按极限状态的计算方法等。

4. 我们考虑了水利工程某些专业的实际需要，在钢结构中增添了船闸闸门及拦污栅等结构物。

在这次改编教材工作中，我们注意吸取了兄弟院校教材中的部分内容，如木结构中的按极限状态计算的一章，就是按照华东水利学院教材的内容编入的。这是应该说明并表示谢意的。

今年3月水利电力部在武汉召开了高等学校水利电力类教材工作会议，会议选定本稿作为教学用书。我们根据会议的决议和精神，并且学习了兄弟院校的宝贵经验，又进行了修改和补充。但是由于我们的水平所限，加以编写时间紧迫，难免有不少缺点和错误，我们热忱地希望读者多加指正。

武汉水利电力学院建筑结构教研组

1961年6月

目 录

第一部分 鋼 結 构

第一章 总論	5
§1-1 鋼結構課程的性质及任务	5
§1-2 鋼結構的发展及其在水工方面的应用	5
§1-3 建筑鋼的性能及規格	8
§1-4 鋼結構按极限状态与按容許应力的計算方法	11
第二章 鋼結構的连接	16
§2-1 焊接	16
§2-2 鉚接	23
§2-3 螺栓连接	30
第三章 閘門	31
§3-1 概述	31
§3-2 平面閘門	34
§3-3 弧形閘門	42
§3-4 其它型式閘門	46
§3-5 閘門門型选择	51
第四章 梁和梁格	53
§4-1 面級計算	53
§4-2 鋼筋混凝土梁的型式、在閘門中的受力情况及截面选择	56
§4-3 梁的整體稳定性驗算	63
§4-4 組成梁的型式、在閘門中的受力情况及截面选择	65
§4-5 組成梁截面的改变及翼緣与腹板的连接	71
§4-6 薄板的局部穩定	78
§4-7 組成梁局部稳定性校核和加强方法	87
§4-8 梁的拼接及梁格的結合	91
第五章 柱和支承	101
§5-1 柱的型式及在水工中的应用	101
§5-2 中心受压柱及偏心受压柱的計算理論	103
§5-3 中心受压实腹柱的截面选择	109
§5-4 中心受压格子柱的截面选择	112
§5-5 弧形閘門的腿架支柱及梁柱连接	119
§5-6 弧形閘門支座的构造与計算	123
§5-7 平面閘門边支承柱的构造和計算	130
§5-8 平面閘門活动支承部分的构造和計算	132
第六章 桁架	142
§6-1 桁架型式及应用	142
§6-2 閘門桁架受力情况及內力分析	147

§6-3 受压杆件的計算长度和极限细长比	152
§6-4 桁架杆件截面型式及其選擇	153
§6-5 桁架节点构造和計算	160
第七章 閘門的止水、埋固部分、启閉力和悬吊設備	164
§7-1 止水	164
§7-2 埋固部分	172
§7-3 启閉力	177
§7-4 悬吊設備	183
第八章 起門机	190
§8-1 起門机的基本特点	190
§8-2 起門机的类型	191
§8-3 起門机的選擇	204
第九章 拦污栅	207
§9-1 拦污栅的型式及构造	207
§9-2 过栅流速及水头損失	209
§9-3 拦污栅的計算	210
§9-4 拦污栅的清污与防冰	212
第十章 船閘閘門	214
§10-1 船閘簡介	214
§10-2 船閘閘門工作特点、型式及基本要求	214
§10-3 人字閘門	216
§10-4 橫拉式平面閘門	241
§10-5 双扇弧形閘門	243
第十一章 平面及弧形閘門按空間結構計算方法	244
§11-1 双主梁平面閘門按空間結構計算方法	244
§11-2 双主梁弧形閘門按空間結構計算方法	252
§11-3 多主梁平面閘門按空間結構計算方法	252
§11-4 确定閘門截面特性的简化方法	254
附录 型钢表	258

第二部分 木 結 构

第一章 总論	265
§1-1 木結構发展簡史	265
§1-2 節約木材的方法	266
§1-3 建筑用木材分类及其优缺点	267
§1-4 木材的机械性能	270
§1-5 木材的容許应力	274
第二章 基本构件与組合构件	275
§2-1 受弯构件	276
§2-2 受拉构件	279
§2-3 受压构件	281
§2-4 組合梁	289

§2-5 組合柱	302
第三章 桁架	307
§3-1 木桁架的型式及其選擇	307
§3-2 桁架主要尺寸及內力分析	309
§3-3 三角形桁架	310
§3-4 鋼木混合桁架	334
第四章 短跨木橋和木渡槽	340
§4-1 木橋的型式	340
§4-2 木橋的計算荷載及容許應力	341
§4-3 梁式橋的構造	344
§4-4 木橋和路堤的連接	348
§4-5 梁式橋的計算	350
§4-6 撐架橋的構造和計算	365
§4-7 小鐵道木橋的構造與計算特點	379
§4-8 木渡槽	382
第五章 木結構按極限狀態計算	392
§5-1 概述	392
§5-2 計算荷載，計算強度和工作條件系數	393
§5-3 計算公式	396
附錄 1 圓料截面和周長、面積、慣矩及截面模量表	401
附錄 2 一面削平圓料截面中性軸及其相應的淨面積、淨截面慣矩和淨截面模量曲綫圖	402
附錄 3 兩面及四面削平圓料的淨截面慣矩和淨截面模量圖	402
附錄 4 圓料及削平圓料截面系數表	403
附錄 5 螺栓及拉杆表	404
附錄 6 方頭木螺絲尺寸(毫米)表	405
附錄 7 扒釘尺寸(毫米)和重量(公斤)表	405
附錄 8 釘子規格	405
主要參考書目	406

第一部分 鋼 結 構

第一章 总 論

§1-1 鋼結構課程的性质及任务

在各项工程建设中，常常会遇到各种类型的鋼結構，这些結構大都是由軋鋼厂軋制的型钢或鋼板通过焊錫或螺栓的连接所形成的。常見的梁、桁架和柱，又是組成整体結構的单元。

鋼結構对水利类专业是一門接近专业課的技术基础課。它的主要先修課程是建筑材料、材料力学和結構力学等。在讲述本課程时，将引用这些先修課程的某些内容和公式而不再作重复性的討論和推証。

水利工作者經常会遇到水工鋼結構的設計、制造和安裝工作。本課程的主要內容，就是結合水利专业的要求来闡述鋼結構的基本理論和具体結構物的設計原理与方法。因此，鋼結構在专业教育中，对培养学生的設計能力起着重要作用。通过对本課程的学习，使同学具备鋼結構的基本知識，掌握正确的設計原理和設計方法，根据规范和参照有关資料，能够作出水工上常用的如鋼閘門、拦污柵和船閘閘門等結構的設計，并为設計其它类型的鋼結構打下基础。

与本門課程平行的还有木結構、鋼筋混凝土結構和磚石結構，这些課程都和工程实践有着密切关系，只有对各种結構的性质有了全面了解，方能在具体建筑物中提出最合理的建筑材料和結構形式。因此，在学习本課程和进行設計工作时，不应当只着重于公式应用和数字計算，还必须根据党的方針政策，从工程实际出发，运用理論知識，并照顧到制造技术条件等方面的要求，灵活地、創造性地学习和作出符合多快好省要求的結構設計。

§1-2 鋼結構的发展及其在水工方面的应用

一、鋼結構的发展簡史

我国是世界上用鉄最早的国家之一，远在秦始皇时代就曾用鉄做成桥墩。公元三世紀至六世紀，随着生产力的发展，我国劳动人民創造了鉄索桥，用来跨越大河深谷，解决交通上的困难。我国留存至今著名的四川泸定大渡河鉄索桥(建于公元1705年)，是用十三条鉄索所組成，长达百米。在当时能建成这样大规模的鉄索桥，充分显示了我国劳动人民的智慧和力量。

但由于旧中国长期处在封建的統治下，特别是由于国民党的反动統治，生产力得不到发展，鋼鉄工业的发展更受到了限制。

我国开始使用現代的鋼鉄結構，是在十九世紀帝国主义势力侵入以后。由于帝国主义对我国进行政治、經濟和文化的侵略，因此在鋼鉄結構建筑方面，也都帶着濃厚的殖

民地、半殖民地的色彩，它的特点是多半由我国向外借款，由外国人承办，建成后又为帝国主义掠夺我国丰富的资源服务。1895年中日战争以后，帝国主义曾在我国展开争夺铁路建筑权的争夺战，因此当时的钢结构物多数集中在交通桥梁方面。在这个时期我国人民也建成了著名的钱塘江大桥、柳江桥等。但由于我国冶金工业受着帝国主义的垄断，它的发展不仅是畸形的，而且也极为缓慢，从而限制了钢结构的发展，例如在1894年我国兴办了唯一的一个十分简陋的钢结构制造厂——山海关桥梁厂以后，至全国解放，五十多年来一直没有再兴办其他的钢结构制造厂。

在水利工程上钢结构用得就更少。1918年在马厂减河、天津新开河开始采用钢闸门以来，三十年来仅是淮河下游邵伯、淮阴、刘老涧建造了三座船闸闸门和一些零星的小闸门。

中华人民共和国成立以后，在党的正确领导下，随着国民经济的发展，我国现已能用先进的技术建造复杂的钢结构物。十多年来我国的冶金工业有了迅速的发展，给钢结构的发展提供了有利的条件。现今，我国钢结构的建造不仅在数量上而且在质量和技术上也达到前所未有的水平。在钢结构制造方面，除将山海关桥梁制造厂改建为现代化的大型工厂外，新建了沈阳、丰台等桥梁厂以及华北、西北、上海、武汉等地的金属结构制造厂。十一年来我国在工业民用建筑及桥梁各方面都建成了一系列大型钢结构物，其中包括全长达1670米的武汉长江大桥。这座大桥是在苏联帮助下由我国自行设计、制造和施工的，所用的钢材，也是由我国钢铁厂轧制的。这就标志着我国在钢结构技术方面已达到很高的水平。

在水利工程上，由于全国各地大兴水利，也促使水工钢结构有了很大的发展。淮河上的三河闸，荆江分洪进水闸、节制闸，苏北沿海挡潮闸都采用了大量的巨型钢闸门。其他象黄河引黄灌溉工程，苏北的各种船闸，各地兴修的许多水闸、水电站中也采用了大量的金属结构，象高压闸门、压力钢管、拦污栅、悬索钢桥、钢模板以及升高钢塔等。目前正在施工的一些大型水利枢纽中，也将采用大量新型的钢结构。

今后随着水利建设事业的发展，水工钢结构有着广阔的发展前途。

二、钢结构在水工方面的应用及其优缺点

当设计和修建水利工程时，常会遇到很多的钢结构。例如：

- 1) 闸门、閘、拦污栅和其他附属设备；
- 2) 水电站的压力钢管、厂房屋盖以及调压塔等；
- 3) 施工用的钢栈桥、钢模板；
- 4) 水利枢纽长期使用的悬索桥、
- 5) 升船机的高排架；
- 6) 高压输电塔和露天变电站塔架等。

钢结构的应用范围很广，除在水工方面的应用以外，其他如工业厂房、高楼大厦、高层塔架、桥梁飞机库，贮液库等，也都采用钢结构。随着我国社会主义建设事业的飞跃发展，使用量也日益增多。钢结构之所以得到这样广泛的应用，因为钢结构和其他材料的结构相比较具有如下的许多优点。

- 1) 钢结构最安全可靠。由于钢材组织均匀、各向同性，无论作用力的方向如何，抵

抗力都一样。鋼的彈性模數很大($E=2.1 \times 10^6$ 公斤/厘米²), 變形較小, 計算準確, 這就增加了鋼結構的可靠性。因而最重要的結構常採用鋼結構, 如高壓閘門、壓力鋼管、大跨度橋梁等。

2) 鋼結構最輕。雖然鋼材比重很大($\gamma=7.85$ 噸/立方米), 但由於鋼的強度較高, 構件所需的尺寸却較小, 所以鋼結構與木結構, 以及鋼筋混凝土結構相比, 如外荷重相同,

鋼結構的自重是最輕的。〔一般採用材料的比重 γ 和許可應力 $[\sigma]$ 之比 $C = \frac{\gamma}{[\sigma]}$ 作為各種材料結構物輕重的指標, $C_{\text{鋼}} \approx 5 \times 10^{-4}$ (1/米), $C_{\text{木}} \approx 6 \times 10^{-4}$ (1/米), $C_{\text{混凝土}} \approx 4 \times 10^{-3}$ (1/米)〕。因此鋼結構便於運輸、架設和移動。這個優點對於鋼閘門等活動結構以及高大的結構就具有更大的意義。

3) 製造的工業化程度最高。由於鋼結構常常在工廠加工製造, 故鋼結構具有工業化生產的全部優點; 能夠流水作業成批生產, 降低了成本, 增加了製造的準確性, 不受氣候影響, 常年都能施工。

4) 容易作成不漏水、不漏氣的結構, 如閘門、貯液庫、貯氣庫等。

但是鋼結構也有以下的缺點:

1) 容易銹蝕, 尤其對水工鋼結構, 這是一個很大的缺點, 但如能經常注意油漆養護, 則可延長鋼結構的壽命, 然而養護費較高。

2) 鋼結構與其他結構相比, 一般造價較高, 且耗鋼量也最多。鋼是我國社會主義經濟建設和國防建設的寶貴材料, 節約鋼材, 應該當成從事鋼結構方面的工作者的政治任務來看待。因此鋼結構常只用於其他材料所不能代替的情況。

鋼結構的這些缺點, 將隨著對它的和在工程實踐中的應用研究而不斷得到克服。

三、水工鋼結構的發展方向

隨著我國建設事業的發展, 各方面對鋼結構的使用要求將越來越多, 而在我國目前鋼鐵生產還不能充分滿足各方面需要的情况下, 我們必須注意節約鋼材。對於鋼材的節約, 可以從以下几个方面着手:

1) 採用新型結構。例如近幾年來所研究的預應力鋼結構, 一般可節約 20~30% 鋼材。目前還繼續研究其他各種新型的結構, 如推廣鋼絲網水泥噴漿在閘門中的應用等。

2) 在計算理論和計算方法上, 研究和採用先進的按極限狀態的計算理論, 充分利用鋼材的塑性。對於閘門可用空間薄壁結構的計算方法來代替目前普通採用的平面結構的計算方法, 這不但能更正確地反映閘門的真實工作情況, 而且進一步節約了鋼材。

3) 在鋼結構連接方法上, 廣泛採用焊接來代替鉚接, 尤其是自動電焊、半自動電焊。

4) 在結構型式上, 推廣閘門和其他水工鋼結構的規格化和標準化, 盡量採用定型設計、標準圖紙, 不但加工製造方便, 也節約鋼材和設計力量。

5) 推廣採用高強度鋼, 如我國已經試制成功標號為 CT.52 的高強度鋼以及低合金鋼。它可以減輕結構自重, 節約鋼材, 降低造價。

6) 採用鋼的代替材料, 把鋼材用到最需要的地方去, 如以鉄代鋼, 以瓷代鋼 (目前還只用在非承重結構上)。

7) 总结我国劳动人民在钢结构方面特别是解放以来的丰富经验, 积极开展科学研究, 使理论密切结合实际, 科研结合生产。

§1-3 建筑钢的性能及规格

一、建筑钢的机械性能

钢材是具有高强度的弹性塑性体, 它的机械性能常用流限 σ_r 、极限强度 σ_{ny} 、延伸率 δ 及冲击韧度 α 来表示。

用流限 σ_r (亦称屈服极限) 来表示钢材的强度指标。当应力在流限范围以内时, 应力和应变为直线关系, 且变形很小, 可以利用材料弹性工作的计算方法。当应力达到流限时, 应力暂不增加, 而应变继续扩大, 出现流幅 (图1-1)。此时结构发生不容许的变形, 承载能力也暂时枯耗, 故把流限作为钢材的强度指标。同时流限也划定了钢材的弹性与塑性的界限, 当应力超过流限时, 钢材由弹性体转变为近于理想的塑性体, 这就使钢结构有按塑性工作的可能。

流幅出现以后, 在很大的程度上缓和了钢结构在静荷载下工作时, 由于其他原因在结构内部可能产生的应力集中现象。必须指出, 并非所有的钢均有流幅, 对于含炭较多 ($C > 0.3\%$) 或较少 ($C < 0.1\%$) 的钢, 在拉伸曲线上, 并不出现流幅, 对于这种钢材, 一般取其应变为0.2%时的应力作为流限。

从钢的拉伸曲线知道, 当应变超过流幅以后, 应力仍可继续提高到极限强度 σ_{ny} , 这种现象称为钢的自强, 这给钢结构提供了很大的强度储备, 使钢结构具有高度的安全可靠性能。

钢的塑性通常用延伸率 δ 来表示, 当塑性发展时, 应力集中的现象也变得缓和了, 建筑钢通常都要求有足够的塑性, 所以钢结构在静荷重的工作下面, 若有应力集中的影响, 可以不予考虑。

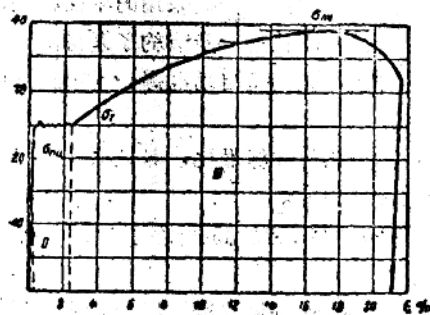


图 1-1 CT.3号钢的拉伸图

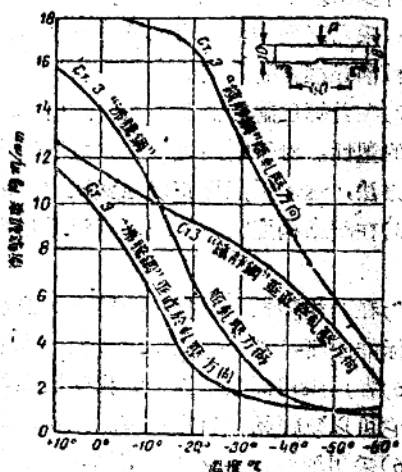


图 1-2 冲击韧性和温度的关系

此外，以冲击韧度 α 来表示钢材抗冲击的能力，这个指标是保证结构在动荷下能够良好的工作。钢材的冲击韧度，在很大的程度上，依温度而变（图 1-2）。对于寒冷地区的露天结构，材料在低温时，冲击韧度会大大降低，转向冷脆。保证良好的冲击韧度，对于水上经常发生振动或受冲击荷重的钢结构，如高压闸门、高压钢管等，则是保证安全的一个重要指标。

表 1-1 建筑钢的性质

国 家 标 准	鋼的 标号	机 械 性 能				化 学 成 分			熔 炼 方 法	
		强 度 6 _n (公斤 毫米 ²)	流 限 6 _p (公斤 毫米 ²)	长試件的 延 伸 率 %	冲击韧度 (公斤米 厘米 ²)	C %	S			
							P	不 大 于 %		
380-50	Cr.0	32—47	19	18	—	≤0.23 ≤0.14	0.06 0.07	0.07 0.09	馬丁炉法 柏塞墨法	
	Cr.2	34—42	22	26	—	0.09—0.15	0.055	0.05	馬丁炉法	
	Cr.3	38—47	24	21	8* 10**	0.14—0.22 ≤0.12	0.055 0.065	0.05 0.085	馬丁炉法 柏塞墨法	
	Cr.4	42—52	26	19	—	0.18—0.27 0.12—0.20	0.055 0.065	0.05 0.085	馬丁炉法 柏塞墨法	
	Cr.5	50—62	28	15	—	0.28—0.37 0.17—0.30	0.055 0.065	0.05 0.085	馬丁炉法 柏塞墨法	
	国 家 标 准 5058-49	Hx ₁	≥42	30	20	8	≤0.15	0.045	0.04	馬丁炉法
		Hx ₂	48—63	34	18	6	0.12—0.18	0.045	0.04	馬丁炉法

*对板钢和通用钢板而言；**对型钢而言。

二、钢的成分

钢主要是铁和炭两种元素组成，此外还含有一些有害元素如硫、磷、氧、氮以及一些有益金属如锰、铬、铜、镍，其中影响钢的机械性能最大的是炭。从表 1-1 中可以看出随着含炭量的增加，极限强度及流限均同时提高，但材料的延伸率降低，材料变硬，不易加工，同时材料变脆，抗冲击力减小。含炭量的增加，也降低钢的可焊性，因此在焊接结构中含炭量不应超过 0.2%。氮和磷使钢在低温时变脆，氧和硫使钢在高温时变脆，因此在冶炼中必须控制在規定要求以下。

钢在冶炼中常分别加入锰、矽、镍、铬、铜等元素，用以改善钢的机械性能，使钢具有较大的强度和韧性，增强抵抗腐蚀的能力，当上述合金的含量一般大于 0.1% 的钢称为合金钢。

建筑上常用的低合金钢，其合金含量在 2.5% 以下。

三、建筑钢的标号

建筑钢的标号，主要是按照含炭量和它的机械性能来划分的，其标号有 Cr.0、

C.T.2、C.T.3、C.T.4、C.T.5及低合金鋼 HJ1 及 HJ2 等标号，标号大者含炭量較多，强度也較大，但延伸率較差（見表 1-1）。其中 C.T.3 号鋼，具有足够的塑性，易于接受冷的加工，且易于焊接，因此在結構中最常采用，而成为建筑結構方面的基本鋼。C.T.6 号鋼按其基本性质來說是 C.T.3 号鋼的廢品，用来制造結構中不重要或不受力的构件，C.T.2 号鋼塑性最高，冶炼較难，价格較貴，常用来制造鉚釘。C.T.4 号鋼和 C.T.5 号鋼强度及硬度都較大，主要用来制造各种机器零件。

近年来为了节约鋼料，水工方面也开始研究用鑄鉄和球墨鑄鉄代替部分型鋼和鋼閘門的埋固部分，小的閘門也可以用鑄鉄制造。

鑄鉄（灰口鉄）有很好的鑄造性能，易于加工，成本低，但性脆，抗拉强度比抗压强度低很多，故一般用作受压构件，其机械性能見表 1-2。

表 1-2 鑄鉄机械性能

鋼 鉄 标 号	抗拉强度极限 (公斤/毫米 ²)	弯曲强度极限 (公斤/毫米 ²)	抗压强度极限 (公斤/毫米 ²)
	不 小 于	不 小 于	
Cu12~28	12	23	30
Cu18~36	18	36	67
Cu22~44	22	44	83
Cu32~52	32	52	100
Cu38~60	38	60	120

球墨鑄鉄，是在鉄中加入少量的鎂（含鎂 0.1~0.2%），鎂起球化作用，把原来含于灰口鉄中的片状石墨，結成球状晶体，使鑄鉄的强度大大提高，而且具有一定的塑性。球墨鑄鉄成本低，易加工，强度高，所以用球墨鑄鉄代替鑄鋼可以节约大量鋼材。

四、鋼的时效硬化

鋼的性质随时间的增长而变脆变硬的现象，称为时效硬化。时效硬化的发生，是由于純鉄体結晶内殘留的炭、氮和其他杂质从固态溶液中，逐漸析出，并形成了自由的炭化鉄和氮化物，而包围于結晶体表面，促使鋼的性质变脆变硬。时效硬化的过程，在時間上有长有短，（几天到几十年）时效硬化与鋼的結構本身及所含杂质的多少有关，如构造粗、杂质多的鋼易时效硬化。

时效硬化的特征，是鋼的伸长率减小，屈服极限增高，冲击韌度急剧下降。因此不能把时效硬化所提高的屈服极限加以利用，因为这时鋼的脆性也增加了。对于高压鋼管，高压閘門等易受振动的結構，不能采用容易时效硬化的鋼材，在选择上应加注意，不宜采用沸騰鋼^①，而采用結構組織均匀的鎮靜鋼^②。

① 沸騰鋼：冶炼时剛沸騰后即从鋼斗倒入鋼錠模中，因而混雜的气体較多，故結構的均匀性較差。

② 鎮靜鋼，冶炼时逗留于鋼斗中，用保持高温的鋁或砂来还原，因此气体能大量逸出；鋁或砂和氧化的氧化合，故减少氧的危害性。

五、鋼材的規格

鋼結構的許多構件大都是由軋軋的型鋼和鋼板連接(焊接或鉚接)而成。這些型鋼和鋼板具有一定形狀和斷面尺寸(見圖 1-3)，即一定的規格。在使用上必須選擇符合規格的鋼材。茲將我國 1960 年所生產的鋼材規格介紹如下：

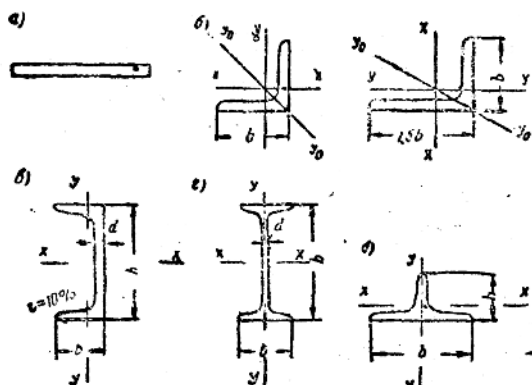


圖 1-3 鋼材規格的主要斷面

1) 毛邊鋼板：這種鋼板是由上下兩個滾子軋成的。厚度由 4 至 60 毫米，我國所產的板寬已經達到 600 毫米至 1700 毫米，長度已達 6000 毫米(厚在 26 毫米以下)。

2) 通用鋼板(扁鋼)：是由上下左右四個滾軸軋成的，它的邊緣整齊，用時可以免於側邊加工，厚度 6~50 毫米，寬度 200 至 1050 毫米，板厚以兩毫米為進級。通用鋼板較毛邊鋼板價格便宜。在單向應力工作下的構件，以採用通用鋼板為宜。

3) 角鋼：角鋼有等邊的和不等邊的兩種，角鋼的規格通常以邊長及厚度來表示，如 $\angle 120 \times 80 \times 10$ 。角鋼是鋼結構中非常重要的基本構件，例如輕型桁架的杆件，通常均用角鋼組成。目前我國已能生產型鋼表上所有標號的角鋼。

4) 槽鋼：在型鋼表中，槽鋼的規格是以它的高度的厘米數表示的，例如 12 厘米高的槽鋼以 $C 12$ 表示，我國目前已出產自 5 至 36 號的槽鋼，長達 19 米(蘇聯到 40 號)。從 14 號開始腹板有兩種厚度，其間隔為 2 毫米。

5) 工字鋼：工字鋼有普通的和寬翼緣的兩種，工字鋼用其高度的厘米數來表示它的號碼，如 $I 30$ 表示 30 厘米高的普通工字鋼，而 $IP 30$ 則表示 30 厘米高的寬翼緣工字鋼。我國目前已出產 10 至 55 號的普通工字鋼(蘇聯出到 60 號)。從 $I 20$ 開始，每個號碼也有 2 至 3 個腹壁厚度，其間隔同樣為 2 毫米，長度 5 至 19 米，一般定貨長度為 6、9、12 米。工字鋼主要用來作梁，因其材料大部分分布在受壓與受拉邊緣，抗彎最為經濟。寬翼緣的工字鋼，則適于作柱子或重型桁架的腹杆。此外，尚有 T 字鋼、鋼管及薄壁斷面等。

§1-4 鋼結構按極限狀態與按容許應力的計算方法

極限狀態是指結構或建築物必須停止使用的一切狀態：

1) 第一極限狀態：承載能力(材料強度，穩定性)達到了極限，結構喪失了承載能力或產生了過大的永久變形而不能使用的狀態。

2) 第二种极限状态: 结构仍能滿足强度要求和稳定性的要求, 但是出現了使結構不能繼續使用的变形或振動。

3) 第三种极限状态: 按裂縫的开裂程度而定, 在鋼結構里, 裂縫只与不正确的制造技术有关, 故計算时不考虑第三种极限状态。

按第一极限状态計算的条件可写为:

$$N \leq \phi, \quad (1-1)$$

式中 N ——所計算杆件的內力(为作用于建筑物的荷重的函数);

ϕ ——所計算杆件能够承受的极限內力(为材料性能及截面尺寸的函数)。

$$N = \sum P^* \alpha_i n_i, \quad (1-2)$$

式中 P^* ——标准荷重;

α_i ——当 $P^* = 1$ 时在所計算杆件中产生的內力;

n_i ——标准荷载 P^* 的超荷系数。即結構在使用时, 最大可能的荷载与标准荷载的比值。

$$\phi = FRm, \quad (1-3)$$

式中 F ——构件的几何因素(面积、断面模量);

R ——計算抗力值(最小可能的流限值);

m ——工作条件系数(它說明結構工作时的特点如受拉或受压, 受靜荷重或动荷重, 是否考虑偏心作用等等)。

按第二极限状态計算的条件可写为:

$$\Delta \leq \Delta_{np}, \quad (1-4)$$

式中 Δ ——由于外力作用, 結構产生的变形或位移;

Δ_{np} ——結構必須停止使用时的极限变形或位移。

$$\Delta = \sum P^* \Delta_i, \quad (1-5)$$

式中 P^* ——标准荷重;

Δ_i ——由于单位荷重($P^* = 1$)作用于結構时所产生的变形或位移。

在第二种极限状态計算中, 只要求結構在正常的使用条件下, 保証其变形不超过极限值, 故不計超荷系数, 因之按第二极限状态的計算方法就与通常按容許应力的計算方法相同了。

在第一极限状态計算中, 計算抗力值 R , 采用最小可能的流限值(它是同一規格的鋼材中, 可能出現的最小流限值)。最小可能的流限值 R 和标准流限值 σ_T^* 之比, 表示材料的均匀性, 称为匀质系数, 以 K_0 表示:

$$K_0 = \frac{R}{\sigma_T^*}. \quad (1-6)$$

这样, 第一极限状态計算条件可写成:

$$\sum P^* \alpha_i n_i = \sum N_i^* n_i \leq FRm = F \sigma_T^* K_0 m.$$

式中 N_i^* ——由于标准荷载在所計算杆件中产生的內力。

上式两边用 F 来除得:

$$\sum \sigma_i^* n_i \leq \sigma_T^* K_0 m. \quad (1-7)$$

式中 σ_i^* ——由标准荷载在杆件計算中所产生的应力。

若所有超荷系数都相同，取其数值为 n ，则上式即转变为按容许应力的计算方法：

$$n \sum \sigma_i'' \leq \sigma_T^* K_0 m.$$

于是计算应力

$$\sigma = \sum \sigma_i'' \leq \sigma_T^* \frac{K_0 m}{n} = \frac{\sigma_T^*}{\xi} = [\sigma]. \quad (1-8)$$

式中 $\frac{n}{K_0 m} = \xi$.

ξ 是将作用于结构上各种荷载的超荷系数都作为相同时总的安系数。

由此看来，按照容许应力的计算方法，是按照极限状态计算方法中将所有超荷系数都作为相同时的一个特例。

按极限状态和按容许应力的计算方法相似，只是按照极限状态计算时，各种荷载附有不同超荷系数，并以最小的流限值为极限应力（计算抗力），而按容许应力计算时，则以容许应力为极限应力。然而必须指出，由于许应力计算方法没有考虑到不同性质的荷载都有其本身的超荷系数，且结构的工作不仅和荷重大小有关，还和荷重间的关系及其变动情况有关。所以，把材料性质、荷载变化情形以及结构或构件的工作条件，都概括在单一的安全系数中，所以按容许应力计算方法是粗略的，它不能正确反映结构的工作能力，不能得出等强度的建筑物。而按极限状态计算方法，避免了上述的缺点，它是以大量的实验和理论分析为基础，并考虑了材料的弹性及塑性性能，因此，这种计算方法能够正确的反映结构的承载能力，得出不同荷载组合下等强度的建筑物，促进了材料的经济使用，因此按极限状态计算是钢结构设计发展的一个方向。目前由于水工钢结构的超荷系数，工作条件系数尚未确定，因此现在仍按容许应力方法计算。钢材容许应力的规定列如表1-3~表1-6。

表 1-3 钢材容许应力(公斤/厘米²)

应 力 种 类	CT.0 及 CT.2		CT.3	
	荷 重		种 类	
	主 要 荷 重	主 要 及 附 加 荷 载	主 要 荷 载	主 要 及 附 加 荷 载
拉 应 力 压 应 力				
弯 曲 应 力 (σ)	1400	1600	1600	1800
剪 应 力 (τ)	900	1000	1000	1100
局 部 压 应 力 ($\sigma_{c.m.}$)	2100	2400	2400	2700
紧 密 接 触 时 的 局 部 挤 压 力 ($\sigma_{c.m.}$)	1100	1300	1300	1450

注：① 当考虑特殊荷重时，钢材之容许应力，按上表中所列计算主要荷重时的数值乘以1.25；

② 不对称连接之杆件(例如单角钢连于节板上等)其容许应力按上表所列数值乘以0.75；

③ 钢材之弹性模数 $E = 2.100000$ (公斤/厘米²)。

表 1-4 用铸件或轧制制成的闸门机械零件的容许应力(公斤/厘米²)

应 力 种 类	符 号	作 用 力														
		铸 件		或 钢 件		轧 件		H12		CT.35Y		CT.40X				
		CT.3		CT.5												
		主要的	主要的 及 附加的	主要的 附加的 及 特殊 的	主要的 附加的	主要的 及 附加的	主要的 附加的 及 特殊 的	主要的 附加的	主要的 及 附加的	主要的 附加的 及 特殊 的	主要的 附加的	主要的 及 附加的	主要的 附加的 及 特殊 的			
拉 应 力	$[\sigma_p]$	1000	1100	1250	1200	1350	1500	1400	160	1800	1300	1450	1700	3500	3900	4400
压 应 力	$[\sigma_{cm}]$	1000	1100	1250	1200	1350	1500	1400	1600	1800	1300	1450	1700	3500	3900	4400
弯 曲 应 力	$[\sigma_b]$	1000	1100	1250	1200	1350	1500	1400	1600	1800	1300	1450	1700	3500	3900	4400
剪 应 力	$[\tau]$	650	700	800	750	850	950	900	1000	1150	850	950	1100	2250	2500	2800
局部压应力 (参看本表附注1)	$[\sigma_{cm} \cdot n]$	1500	1650	1900	1800	2000	2250	2100	2400	2700	1950	2200	2500	5200	5800	6600
紧密接触时的局部 压力 (参看本表附注2)	$[\sigma_{cm} \cdot n]$	200	900	1000	950	1100	1200	1100	1300	1400	1050	1200	1350	2800	3100	3500
孔眼拉应力 (参看本表附注3)	$[\sigma_d]$	1200	1400	1800	1450	1700	2200	1800	2100	2700	1500	1750	2300	4200	4700	5300
自由接触时接触的 直 径 的 压 应 力	$[\sigma_{0.02}]$	50	60	63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

附注: ① 局部压应力或是梁的腹板和梁面上很小的一段因局部荷载而产生的压应力。

② 紧密接触时的局部压应力(单位压力)系指微动接触面的投影面积上的压应力。

③ 孔眼拉应力就是计算孔眼在固定结合时的抗拉最大容许应力, 如果轴(连杆等)可以自由地移动或者是轴颈可以旋转则孔眼抗拉的容许应力乘以系数0.8。