

中等专业学校交流讲义

建筑结构

江苏水利学院等編

只限学校内部使用



中国工业出版社

中等专业学校交流讲义



建 筑 结 构

江苏水利学院等編

中国工业出版社

本书共分鋼結構、木結構及鋼筋混凝土結構(包括磚石結構)三篇。書中對各種結構的不同計算理論，作了詳細的介紹，但考慮到當前水工結構設計的實際情況，對鋼木結構部分仍按容許應力法的計算為主，鋼筋混凝土結構部分仍按破損階段的計算為主。本書在內容上除講述了水利工程中的有關專業結構外，還根據當前教學情況的需要，闡述了基本理論和基本構件的運算方法，以提供講述專業結構的必要理論基礎。

本書由江蘇水利學院、安徽水利電力學院、重慶水利電力學校及南京交通專科學校等四院校合編。全書共32章，第一、二篇各七章，第三篇計十八章，其中第一篇的第四、五、六章由重慶水利電力學校編寫，第三篇的第七、十三、十八章由安徽水利電力學院編寫，第三篇的第十二及十五章由南京交通專科學校編寫，其餘二十四章由江蘇水利學院編寫。最後經江蘇水利學院作了全面的整理。

本書為中等技術學校水利工程建築及農田水利工程兩專業的教材；並考慮了中、小型水電站專業及交通航運方面專業教學的需要，也可供水利技術工作者參考之用。

建 筑 結 构

江蘇水利學院等編

*

中國工業出版社出版(北京佟麟閣路丙10號)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110號)

中國工業出版社第二印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印張 $36\frac{1}{2}$ ·插頁6·字數833,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印數0001—7,537·定價(9-4)3.55元

統一書號: 15165·648 (水電-93)

前 言

本书是参照1960年中等专业学校的水利工程建筑及农田水利工程两专业建筑结构教学研究会所推荐的教学大纲，并考虑了中小型水电站专业及交通运输方面有关专业的需要，而以水利工程建筑专业四年制的要求为主编写的。

由于本教材适应四个专业的需要，内容比较广泛，篇幅亦较大，不同专业，不同年制应用时应以教学大纲规定的内容为依据进行教学。编写时在内容的处理上，作过如下几点考虑。

1.排一部分小体字，仅供个别专业选用或部分学生复习参考之用。一般专业可以不排。

2.对于建筑材料的物理力学性质，基本构件的运算及简单的钢木构件的接合等内容，应在建筑材料与工程力学等课讲授的基础上进行妥善安排，既要有一定的时间讲解，同时还必须保证讲解必要的专业结构。

3.农田水利工程专业可不讲钢结构。水利工程建筑及中小型水电站专业对水闸与输水建筑物两部分可按不同地区的需要只讲其中一部分。

4.预应力混凝土编排内容较多，主要是为适应交通运输方面水利工程建筑专业的需要而编的。

5.水利工程建筑，农田水利工程及中小型水电站专业的三年制，除可减去预应力混凝土及少筋混凝土两章外，对钢闸门(农田水利工程专业不讲)木桁架、水闸(或输水建筑物)等部分，尚可适当精简，这些部分的大型作业也可适当减少。

本书的编写工作，是在我院党委的直接领导下进行的，并得到了安徽水利电力学院、重庆水利水电学校及南京交通专科学校党组织的关怀和支持，都派了有关教师参加了编写工作，由于党委的重视，编写工作不到一个月的时间就胜利完成。但由于教学任务很重、编写时间紧迫，加以编写同志水平的限制，尚存在一些问题，如：

照顾专业多，篇幅过大；小部分钢筋混凝土结构的例题，仍然采用了旧的混凝土标号计算；由于分工编写，虽经统一校对但用词的统一和文字的推敲方面，仍作得不够仔细。

除上述问题外，其他缺点和错误仍恐难免，希望使用本教材的师生，能多多提出意见批评指正，以便在再版时补充修正。

江苏水利学院

1961年5月

目 录

緒 論

第一篇 鋼 結 构

第一章 鋼結構的一般知識	12
§1-1-1 概述	12
§1-1-2 建築鋼的機械性能及標號	13
§1-1-3 建築鋼的種類、規格及用途	14
第二章 鋼結構的計算基礎	16
§1-2-1 設計荷載的分類和組合	16
§1-2-2 鋼結構的計算方法	17
第三章 鋼結構構件的連接	19
§1-3-1 概述	19
§1-3-2 焊接	20
§1-3-3 鉚接	29
§1-3-4 螺栓連接的一般特性	44
第四章 梁	45
§1-4-1 梁的種類及其應用範圍	45
§1-4-2 軋成梁的計算	46
§1-4-3 焊接板梁的計算	49
第五章 柱	57
§1-5-1 軸心受壓柱的計算	57
§1-5-2 偏心受壓構件的計算	64
第六章 桁架	66
§1-6-1 桁架的型式及其適用範圍	66
§1-6-2 桁架基本尺寸的決定	67
§1-6-3 桁架杆件的計算長度	68
§1-6-4 桁架杆件的截面型式	69
§1-6-5 桁架杆件的截面選擇	69
§1-6-6 桁架的節點構造與計算	74
第七章 平面鋼閘門	79
§1-7-1 平面鋼閘門的構造	79
§1-7-2 面板與梁格的布置	81
§1-7-3 次梁的設計	87
§1-7-4 主梁的設計	88
§1-7-5 橫向支撐	90
§1-7-6 縱向支撐(起重桁架)	92
§1-7-7 支承端柱	94

§1-7-8 实例——带有桁架式横梁的深水孔平面閘門	95
----------------------------------	----

第二篇 木 結 构

第一章 木结构的基本性能	107
§2-1-1 木结构的特点及应用范围	107
§2-1-2 建筑用木材的种类及规格	108
§2-1-3 影响木材强度的因素	109
§2-1-4 木材的疵病及木结构所用木材质量的规定	111
§2-1-5 木材的极限强度及持久强度	113
§2-1-6 木结构的容许应力	116
§2-1-7 木材的防腐和防火	121
第二章 木结构构件的计算	122
§2-2-1 木结构构件计算的基本法则	122
§2-2-2 梁的设计	122
§2-2-3 拉杆的计算	126
§2-2-4 压杆的计算	127
第三章 木结构构件的接合	132
§2-3-1 接合的种类和基本要求	132
§2-3-2 螺栓及销钉接合	132
§2-3-3 槽榫接合	139
§2-3-4 木键接合	147
第四章 简单桁架与桁架梁	156
§2-4-1 木桁架的类型	156
§2-4-2 木桁架的基本尺寸及其自重	157
§2-4-3 槽榫接合桁架	158
§2-4-4 桁架的空间支撑	167
§2-4-5 钢木合用撑托式桁架梁	170
第五章 短跨木桥	174
§2-5-1 木桥的特点及其主要型式	174
§2-5-2 木桥的计算荷重	177
§2-5-3 木桥中木材的工作特点及其容许应力	179
§2-5-4 公路简梁桥的构造	179
§2-5-5 公路简梁桥的计算	185
§2-5-6 排架的构造与计算	191
第六章 木渡槽	200
§2-6-1 木渡槽的型式与构造	200
§2-6-2 木渡槽各构件的强度计算	202
第七章 木閘門	205
§2-7-1 木閘門的种类及应用范围	205
§2-7-2 平板閘板	206
§2-7-3 弧形木閘門	209

第三篇 鋼筋混凝土及磚石結構

第一章 基本概念	211
§3-1-1 鋼筋與混凝土的聯合工作基礎	211
§3-1-2 鋼筋混凝土的主要優缺點	211
§3-1-3 鋼筋混凝土在水工建築物中的應用範圍，整體式和裝配式結構的概念	212
§3-1-4 鋼筋混凝土計算原理的發展過程	213
§3-1-5 磚石結構的主要優缺點	214
§3-1-6 磚石結構的計算理論及應用	214
第二章 鋼筋混凝土、磚石砌體的材料和物理力學性能	215
§3-2-1 混凝土的組成材料	215
§3-2-2 混凝土的物理和力學性能	216
§3-2-3 水工結構物對混凝土的要求和標號的選擇	223
§3-2-4 鋼筋的作用	224
§3-2-5 鋼筋的機械性能	225
§3-2-6 柔性鋼筋的型式	227
§3-2-7 鋼筋的加工	228
§3-2-8 鋼筋與混凝土的粘着力	230
§3-2-9 鋼筋對混凝土收縮及膨脹的影響	231
§3-2-10 鋼筋混凝土的徐變	231
§3-2-11 磚石砌體的砌築材料	232
§3-2-12 磚石砌體的基本性能	235
第三章 鋼筋混凝土結構的基本計算原理	242
§3-3-1 概述	242
§3-3-2 鋼筋混凝土構件受彎時的應力階段	242
§3-3-3 按容許應力計算的原則	243
§3-3-4 按破壞階段計算的原則	246
§3-3-5 按極限狀態計算的原則	248
§3-3-6 水工鋼筋混凝土結構對計算理論的選擇	253
第四章 按容許應力法計算鋼筋混凝土結構	253
§3-4-1 受彎構件的計算	253
§3-4-2 中心受壓構件	260
§3-4-3 偏心受壓構件	260
第五章 按破壞階段計算鋼筋混凝土受彎構件	262
§3-5-1 一般構造說明	262
§3-5-2 矩形斷面單筋受彎構件的計算	264
§3-5-3 矩形斷面雙筋受彎構件的計算	274
§3-5-4 T形斷面受彎構件的計算	279
第六章 受彎構件的抗剪計算(按容許應力法計算)	286
§3-6-1 剪應力和主應力	286
§3-6-2 主拉應力圖的分配	289
§3-6-3 縱向鋼筋承擔的主拉應力及其在支座內的錨固	290

§3-6-4	鋼箍的構造與計算	304
§3-6-5	彎起鋼筋的計算	304
§3-6-6	彎起鋼筋的布置與構造	305
§3-6-7	梁的設計程序	309
第七章	板梁系統的基本構造及計算原理	304
§3-7-1	板梁系統的構成	304
§3-7-2	塑性重分配的理論	305
§3-7-3	梁式版的計算與構造	305
§3-7-4	次梁的計算與構造	309
§3-7-5	主梁的計算與構造	314
§3-7-6	四邊支承板(周承板)的計算與構造	329
第八章	中心受壓	333
§3-8-1	中心受壓柱的型式	333
§3-8-2	有柔性縱向鋼筋及橫向鋼箍的柱	334
§3-8-3	螺旋鋼箍柱的構造與計算	339
第九章	偏心受壓構件	340
§3-9-1	偏心受壓柱的一般概念及柱的構造	340
§3-9-2	偏心受壓柱的試驗結果	344
§3-9-3	矩形斷面柱偏心受壓柱的計算	344
§3-9-4	偏心受壓構件中縱彎曲的影響	350
§3-9-5	計算例題	351
第十章	裂縫出現及裂縫開展的計算	354
§3-10-1	概述	354
§3-10-2	受彎構件不允許裂縫出現的計算	355
§3-10-3	偏心受壓構件限制裂縫的計算	360
§3-10-4	彎曲構件限制裂縫出現的抗剪計算	361
§3-10-5	受彎構件裂縫開展的計算	361
第十一章	按極限狀態計算鋼筋混凝土構件	368
§3-11-1	概述	368
§3-11-2	中心受壓構件的計算	369
§3-11-3	受彎構件的計算	369
§3-11-4	偏心受壓構件的計算	370
§3-11-5	按第二極限狀態及第三極限狀態計算鋼筋混凝土構件	371
第十二章	預應力混凝土	371
§3-12-1	概述	371
§3-12-2	預應力混凝土的材料	372
§3-12-3	預應力混凝土的製造	374
§3-12-4	預應力鋼筋混凝土構件的應力狀態	379
§3-12-5	預應力鋼筋混凝土結構的計算原則; 預應力損失、預應力符號及其意義	380
§3-12-6	軸心受拉構件的計算	383
§3-12-7	受彎構件的計算	386
§3-12-8	軸心受壓、偏心受壓與偏心受拉構件	393

§3-12-9 預应力混凝土迭合梁	400
第三章 少筋混凝土結構的計算	413
§3-1 概述	413
§3-2 少筋混凝土結構計算的原理	413
§3-13-3 受弯构件的計算	415
§3-13-4 偏心受压构件的計算	418
§3-13-5 偏心受拉构件的計算	423
第十四章 磚石結構的計算	425
§3-14-1 概述	425
§3-14-2 按破坏阶段計算磚石結構	425
§3-14-3 按容許应力計算磚石結構	434
第十五章 擋土牆	437
§3-15-1 概述	437
§3-15-2 擋土牆的穩定	440
§3-15-3 衡重式擋土牆	443
§3-15-4 懸臂式擋土牆	445
§3-15-5 扶壁式擋土牆	451
§3-15-6 擋土牆內一些細部构造	457
第十六章 涵洞	459
§3-16-1 概述	459
§3-16-2 作用在涵管上的外力	460
§3-16-3 盖板式涵洞	466
§3-16-4 剛构式涵洞的构造及計算	468
§3-16-5 箱式涵洞的构造与計算	472
§3-16-6 圓管涵洞与水管	475
§3-16-7 圬工拱式涵洞	481
§3-16-8 圬工盖板式涵洞設計例題	487
第十七章 水閘	489
§3-17-1 概述	489
§3-17-2 胸牆式水閘的組成部分	491
§3-17-3 工作桥	492
§3-17-4 胸牆	500
§3-17-5 閘墩	507
§3-17-6 閘底板	516
第十八章 水工輸水建築物	521
§3-18-1 輸水建築物概說	521
§3-18-2 起門机工作平台設計	522
§3-18-3 進水口	530
§3-18-4 水工隧洞漸变段衬砌計算	533
§3-18-5 水工有压隧洞鋼筋混凝土衬砌的构造及計算	540
附表1-1-1 等肢軋成角鋼	550
附表1-1-2 不等肢軋成角鋼	552

附表1-1-3	工字型軋成鋼梁	553
附表1-1-4	軋成槽鋼	554
附表1-1-5	寬翼緣工字鋼	555
附表1-1-6	工字型軋成鋼梁	556
附表1-1-7	等肢軋成角鋼	557
附表1-1-8	不等肢軋成角鋼	559
附表1-5-1	主要斷面的回轉半徑數值表	561
附表1-6-1	計算鋼0、鋼2、鋼3和鋼4的偏心受壓構件容許應力的折減係數 ϕ_{en}	561
附表1-6-2	計算鋼5、鋼 HJ_1 和鋼 HJ_2 的偏心受壓構件容許應力的折減係數 ϕ_{en}	562
附表2-2-1	圓截面 U 、 F 、 J 和 W 等值的表	563
附表2-2-2	對於各種斷面， $\gamma=600kg/M^3$ ，圓柱形的圓木每米長度上的重量 P 和 以厘米平方計的截面面積	564
附表2-2-3	圓料及削平圓料斷面系數表	565
附表2-2-4	單削面圓料斷面系數曲綫	565
附表2-2-5	雙削面，四削面圓料慣矩計算曲綫	566
附表3-4-1	柔性鋼筋規格表圓鋼筋的橫斷面面積重量及極限長度	566
附表3-4-2	每米混凝土板內所置光面圓鋼筋面積(平方厘米)	567
附表3-4-3	鋼筋排列成一行時的最小梁寬及鋼筋截面面積	567
附表3-7-1	受均布荷載及集中荷載時等跨連續梁的彎矩和橫向力	568
附表3-7-2	均布荷載時等跨度連續梁的彎矩及剪力	576
附表3-7-3	集中荷載時等跨度連續梁的彎矩及剪力	579
附表3-7-4	在全部區格面積受均布荷載時，四邊支承板的計算表	插頁
附表3-7-5	等跨連續梁在端彎矩作用下各斷面的彎矩及剪力	插頁
附表3-7-6	等量荷載表	插頁
附表3-13-1	在偏心距很大的偏心受壓和偏心受拉以及受彎的情況下確定特性配筋率 及相對邊界偏心距 單筋斷面	插頁
	a) $\sigma_T=2500kg/CM^2$ b) $\sigma_T=2850kg/CM^2$ c) $\sigma_T=3500kg/CM^2$	插頁
附表3-13-2	在偏心距較小的偏心受拉的情況下，確定特性配筋率及相對邊界偏心率 雙筋斷面	插頁
	a) $\sigma_T=2500kg/CM^2$ b) $\sigma_T=2850kg/CM^2$	
附表3-13-3	在偏心距很大的偏心受壓和偏心受拉情況下以及在受彎情況下，確定斷面高度 公式里的 $\delta=f\left(\frac{\mu}{R_{pu}}, C\right)$ 值 單筋斷面	插頁

緒 論

一、本課程的任务

河流上和渠系上的建築物，如桥梁、水閘、涵管、隧洞、船閘、渡槽及水电站等，有的为造成水头或承受水压之用；也有为輸水、取水或泄水之用；也有为治理河道、防洪、防浪、防砂等用。用途虽各有不同，但就其所用材料，一般可区分为鋼材、木材、鋼筋混凝土及磚石四大类，例如在一般的水閘布置中，供交通需用的公路桥和供启閉閘門等而用的工作桥，可以采用鋼筋混凝土結構或木結構；用以控制水位、調节流量的閘門，則可采用鋼結構、木結構或鋼筋混凝土結構。其他如閘墩、底板等等，既可采用鋼筋混凝土結構，又可采用混凝土或磚石結構。

水工建築物的設計內容很广泛，有水文分析、水力計算、結構計算、地基基础的設計以及布置、构造、施工設計等等。其中建築物的結構計算是水工建築物設計的主要內容，对于同一种材料的結構計算，应以其材料的物理力学性质为依据；对于不同材料的結構計算，亦应以有关工程力学的基本原理为依据。它們既具有特定的規律，但又具有共同的規律。所以凡是以討論結構計算为主要目的的科学，須要綜合研究，組成一門課程，建筑結構課正是包括鋼結構、木結構及鋼筋混凝土結構与磚石結構等几个部分，集中研究中、小型水工建築物的結構計算方面的內容，并要求学生在学习后能具有这方面的設計能力。

水利工程中的建築物名目繁多，种类不一，但不少是属于同一类型的。本課程选择的建築物是以中、小型水利工程中常見的为主，并考虑到在結構形式上有一定的代表性，因此在本課程中鋼結構部分讲述了梁、柱、桁架及鋼閘門等結構，并以鋼閘門为全篇基本理論的总结。木結構部分讲述了木屋架、木桥、木渡槽及木閘門等結構，并以木屋架和木桥为全篇基本理論的总结。鋼筋混凝土及磚石結構部分讲述了涵管、擋土牆、水閘及輸水建築物等結構，并以水閘和輸水建築物为全篇基本理論的总结。在建筑結構課程中，除去讲述上述各种专业的結構外，还包括了一定数量的基本原理的闡述与基本构件的运算，这是为讲述这些专业結構提供必要的理論基础。

二、本課程的特点

在本課程的各篇中，大体上都包括：材料的物理力学性能、基本构件及基本构件連接的計算、結構的基本构造，結構的荷載及外力分析、結構各部件的外形及尺寸的決定等。

任何結構从其整体外形来看，往往是很复杂的。但是如就其构造特点进行分析，并考虑到相互間联系的約束程度，則都可以近似的分为一些单独的构件來計算。所以基本构件的运算部分，事实上提供了結構总体計算的基础。

本課程除去基本原理与具体計算之外，还包括了設計建築物的大量构造上的規定，它不同于在工程力学課程中只把結構簡化成一个典型的計算簡圖來進行結構的內力分析，建筑結構課必須闡明按实际結構的构造來進行各种結構計算。同时，我們所進行的

結構計算只是需要進行結構計算的主要方面，或者是已經作了簡化後的近似計算，還須考慮其他方面的安全，以及保證在其他情況下計算結果的近似。所有這些要求，不是通過力的分析來保證，而是通過構造上的規定來實現。我們對這些構造上規定的數值，沒有一一強記的必要，重要的是要了解構造規定的意圖或作出這些構造規定的物理力學因素，不然我們就會對這些繁雜的構造規定眩惑不解，不能在其他不同條件下靈活運用，並作出合理的判斷。

三、本課程與其他課程的關係

鋼材是比較符合於勻質、各向同性、彈性體的假設，所以鋼結構基本構件的計算原理和計算公式的推導，是直接引用材料力學中對有關構件的計算內容，而木材不是各向同性體，所以木結構基本構件的計算，應在材料力學中有關原理和計算公式的基礎上作出適當的修正（由於各向異性的原因）。對於鋼筋混凝土或磚石砌體，距離勻質、各向同性、彈性體的假設較遠（純混凝土基本上屬於勻質各向同性體）。雖然如此，對於構件上力的平衡和傳遞的作用，仍然是要依據材料力學的結論作為計算基礎。除此以外，整個建築結構還要用到不少結構力學上對於變形，反力和內力分析的知識。因此可以這樣說，建築結構中有力度的分析部分是完全在工程力學課的基礎上進行的。

建築結構課中對於各種建築材料物理力學性能的分析，是建築在建築材料課程對材料性能分析的基礎上進行的。

建築結構課對建築物進行的結構計算是建築物設計中的一個重要組成部分，所以建築結構課與以後的水工建築物課以及畢業設計均有緊密的聯繫，而在講解範圍和內容上又有所區別，這就是本課程內容在以建築物為綱的基礎上，以講解結構的計算為主，對建築物的布置、选型與選材等綜合性的問題，放在水工建築物課中去講述。但又必須把這二門課聯繫起來避免孤立地來講解建築物中的結構計算問題，要求學生對建築物在輪廓上能有完整的認識，並了解進行結構計算的目的性。

四、建築結構的發展簡史

在鋼、木、鋼筋混凝土及磚石四種結構中，以磚石結構應用最早，木結構次之，而鋼筋混凝土結構的出現迄今尚不過百餘年歷史。大約在八千年前，人類已經應用未加工的天然石，在五、六千年前，便能開凿石塊並加以磨琢，至銅器時代開始就有井干式和木架式兩種木結構出現，井干式出現較早，墻也是用木料堆成。木架式出現稍遲，用粘土筑墻，出現在三千多年前的殷代，這是我國用土制墻的開始，殷代以後逐漸改用日光曬干的粘土磚砌墻；周末有燒坯制成的磚，西漢不但用磚而且會砌成磚拱，北宋開封佑國寺的鐵塔完全是用琉璃磚砌成，此時磚不但是大量應用，而且在質量上，砌築形式和技巧上都有著輝煌的成就。

在原始社會中，人們對木結構的應用也只是簡單的梁、柵欄和用樹干架成的獨木橋等，後來才逐漸學會利用許多樹干選成原始的懸臂木橋，來通過較寬的河谷。到了奴隸社會，人們有了較完善的金屬工具，促進了木結構的發展，當時在奴隸主的戰爭掠奪中，需要修築橋梁，使木結構出現了簡易的木結合。在封建社會中，生產力的水平決定了木結構手工業生產的特徵，十六世紀歐洲由於手工業、商業和航海業的發展，以及力

学、数学等科学的成长，木结构出现了许多撑架式和桁架式的体系。我国在十八世纪就建造了数以百计的木坝、木闸及木水轮等结构，这说明木结构已广泛地被应用于水利工程中。

任何金属结构的发展都是与冶金工业的发展密切相关的，冶金工业起初是出产生铁、以后生产熟铁，最后才制造钢。中国是世界上使用金属结构最早的国家，在隋代大业初年就用铁链系舟的方法造成了浮桥——天津桥。在公元七世纪时，中国就开始使用铁索悬桥，最早的如汉中留坝边铁索桥。从宋代起就建造了许多用铸铁造成的塔顶。在800~900年前就出现了铁塔。由于我国延续数千年的封建制度，金属材料的生产始终没有脱离小手工业的生产方式，发展非常迟缓。

近代建筑结构的发展，是从资本主义工业革命开始的。它要求兴建大量的工厂、房屋、桥梁等建筑物，对建筑材料和建筑物提出了新的要求，使得各种建筑材料的生产，加工得到一次飞跃的发展。譬如木材由于得到机械加工的发展，出现了板条结构、胶合结构和梢、钉、键等结合方法。十九世纪又由于强砂浆及水泥的发现，既进一步提高了砖石砌体的质量，又创造了新的砌筑材料——混凝土。等到发觉混凝土的抗拉强度仍不能满足当时建设的需要，又创造了钢筋混凝土。钢筋混凝土的原料生产得到了较快的发展，使得钢筋混凝土结构几乎成为每一根新颖的建筑物中所必须采用的主要材料。由于钢筋混凝土结构的发展，又促使砖石结构在理论分析、砌筑方法、改良品质及应用配筋等问题上作出进一步的改进和提高。使砖石结构在应用上得到了发展。又譬如由于钢铁经过了工业的冶炼以后，出现了型钢，相继又出现了铆接及焊接的结合以及新颖的钢结构。

与此相应，各种结构在建筑和构造上的理论也得到了较快的发展，初步具备了许多建筑物的计算基础。

社会主义制度的建立，给近代建筑结构的发展开辟了更广阔的道路，由于生产资料的公有，使生产关系可以不断的适应生产力的发展，保证了科学技术的飞跃前进。在苏联出现了新的结构学派。把按古典的弹性理论的计算原理改变为按破损阶段或按极限状态的原理来计算，使理论进一步与实际相结合，用料得到很大的节省，在建筑物方面更创造了各种新的结构形式。使各种结构的计算理论和实践达到了空前发展的阶段。

我国在解放后，由于国民经济建设的飞跃发展，为建筑结构的发展开辟了广阔的前途。在水利工程方面，如在第一个五年计划期间就修建了佛子岭、南湾、薄山和官厅等一系列水库。后来又修建了许多大中型水库和几十座大中型水电站以及很多小型水电站，三门峡等大型水利枢纽也即将建成。在这些规模巨大的水利工程建设中，需要大量的混凝土、钢筋、木材和钢材，对材料的质量、设计原理和施工技术等都提出了新的要求。通过社会主义建设的实践，不断的丰富了我国水工建筑结构的科学理论。

在党的社会主义建设总路线的光辉照耀下，从1958年开始的连续几年的大跃进，更推动了各项工作的开展，在水利建设的高潮中，以蓄为主、以小型为主、以群众自办为主的“三主”治水方针，进一步推动了水利水电建设事业的飞速发展。在新的形势下，对水工建筑结构节约材料和劳力方面提出了以下新的要求：

(1) 千方百计节约水泥、钢筋和木材的用量

根据这个要求，水工建筑结构应尽量寻找代用材料。如竹筋、玻璃丝筋、土水泥

等，并要求大搞技术革新，降低材料的消耗量，从科学研究、設計、施工等各方証实现。

(2) 土洋結合

建筑結構設計工作者必須把土洋結合的原則貫徹到建筑結構設計工作中去，并因地制宜、就地取材，提出一套以成龙配套为主的有关水工建筑結構的典型設計方案。

(3) 采用新的結構型式

新的結構型式的采用是刻不容緩的工作，譬如推广預应力結構、采用装配式結構等，可以节省大量原材料和劳动力。

第一篇 鋼 結 構

第一章 鋼結構的一般知識

§1-1-1 概 述

一、水工結構中鋼結構的应用範圍

1. 高度很大的結構——例如輸電綫塔。由于鋼結構的重量輕，可以减少塔架下的基礎造價，加之鋼結構容易安裝，故又便于进行高空作業。
2. 活動的結構——例如鋼閘門、起重機、鋼模壳以及升船機的承船箱等。由于鋼結構的重量輕，故升降和操縱省力，因而管理費用也大为節省。
3. 薄壁結構——例如壓力水管。這種結構要求密不漏氣，采用鋼結構就可以滿足要求。

二、鋼結構的优缺点

1. 鋼結構与其他建築結構(木結構、鋼筋混凝土結構、磚石結構)相比，主要有下列四个优点：

(1) 結構最可靠——由于鋼料的結晶構造較均匀，几乎完全符合材料力學計算中关于均質、彈性、各向同性體的假定，同时鋼的彈性模量很大($E=2.1 \times 10^6 \text{ Kg/CM}^2$)，則結構變形較小，剛度很大，所以鋼結構是最安全可靠的结构。

(2) 結構最輕——鋼料的单位重量虽然很大，但由于鋼的強度很高，杆件的截面可以用得很小，因而就整个結構而言，还是最輕的。

(3) 制造工业化——由于鋼料的硬度和強度很高，必須在各种机床上才能加工制造，既能得到高度的精確性，又能大批生产，因而鋼結構具有工业化生产的全部优点。

(4) 最易安裝——由于鋼結構重量輕，便于運輸，而且結合方法簡單(焊接、鉚接和螺栓連接)，因此鋼結構便于先在工厂內制成单独的构件(运送单位)，然后再运至工地安裝成整个結構。对于小跨度的鋼閘門和鐵路板梁桥等，甚至可以在工厂中装配成整个結構而运至工地架設就位，故鋼結構的施工速度快。

2. 鋼結構亦具有下列缺点：

(1) 容易銹蝕——鋼在大气侵蝕因素(濕氣、大气中存在盐类及煤氣)的影响下可以变为氧化鋼——鉄銹，而逐漸失去承載的能力。为了减少銹蝕机会，尽量使結構沒有縫眼、凹穴及窟窿等容易发展銹蝕的地方，同时必須經常刷洗和油漆，因此保养費用較混凝土及磚石結構貴。

(2) 不能耐火——发生火災时，鋼結構不能耐火。

§1-1-2 建筑鋼的机械性能及标号

一、鋼的成分

鋼是鐵(Fe)和碳(C)的合金，它的强度随含碳量的增加而增高，但是鋼的塑性和可焊性則随含碳量的增加而降低，而建筑用的鋼必須具有相当的塑性和可焊性，否則就不能安全地承受結構上难以避免的冲击力和集中的应力，因此标准鋼的含碳量不超过0.23%。

为了提高鋼的强度而不降低鋼的塑性，通常在鋼內摻入錳、銅、鎳、鉻及其它元素而成合金鋼。

鋼主要是將鑄鐵放在特別的爐中熔煉而成。在熔煉時將多餘的碳和部分有害雜質燒盡而加些有益的摻料。建筑鋼由平爐和轉爐煉得。

二、鋼的机械特性

鋼主要的机械特性表現在强度、彈性和塑性三方面。强度表示材料抵抗外力的能力；彈性表示材料在卸載后變形消失的能力；塑性是產生最大殘留變形的特性。表示鋼材机械特性的重要标志是屈服极限(σ_T)、强度极限(σ_{np})和最大引伸率(ϵ)，这些特性都由标准試件在靜力受拉試驗中決定的。

鋼的一次拉伸曲綫(图1-1-1)，可以分为許多特性綫段。綫段OA是直綫，点O到点A的应力与应变(相对伸长)成正比，也就是說能够服从虎克定律 $\sigma = E\epsilon$ 。点A叫做比例极限，相应点A的应力也叫作比例极限。九号鋼的比例极限 $\sigma_{nu} = 2000 \text{ Kg/cm}^2$ 。相应于比例极限时的相对伸长(按百分率計)为

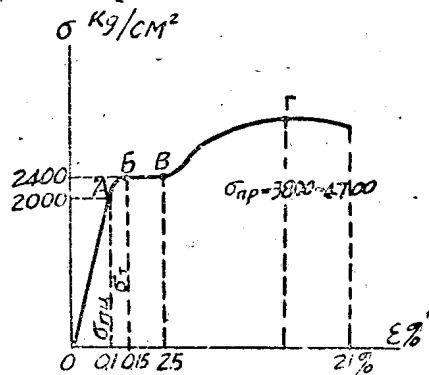


图 1-1-1 建筑鋼的一次拉伸图

$$\epsilon_{nu} = \frac{\sigma}{E} \times 100\% = \frac{2,000 \times 100}{2,100,000} \% = 0.095\% \approx 0.1\%$$

由此可知在比例极限前鋼的变形很小，且完全符合力作用的独立性原理(迭加原理)。

拉伸图的另一特性点——彈性极限很靠近比例极限，实际上可以认为二者是重合的。在彈性极限以前，鋼的变形是彈性的，也就是卸載后变形完全可以消失。当到B点后，应力虽不增加，但仍然会产生巨大的塑性变形(BB綫段)，綫段BB称为屈服阶，相应于屈服阶的应力叫做屈服极限 σ_T ，它是进行結構强度計算时的主要依据。过了屈服阶以后，应力与应变重新以曲綫关系发展，称为材料强化，曲綫最高点T的应力称为强度极限 σ_{np} ，此时試件已产生頸縮現象，开始断裂。

除了作拉伸的靜力試驗外，还需作撞击韌性的試驗，以表示动力荷載下鋼材的特性。靜力荷載(逐漸增加的荷載)和突然的动力荷載对結構的影响是不同的，而撞击荷載会产生很大的局部应力，使鋼材性能变脆而易于破坏。

由于材料从屈服极限到破坏要經過一个較长的塑性变形阶段，而不是突然断裂，因此它不仅保證了結構的安全儲备，而且大大地降低了应力集中的現象和一定的振动及撞

击的影响。

三、建筑鋼的标号

根据鋼的机械特性，可分为不同鋼号的鋼，即所謂鋼的标号，国产有尤₀、尤₂、尤₃、尤₄、尤₅等鋼号，其主要机械性能见表1-1-1。

表1-1-1 建筑鋼的性质

鋼 名	鋼 号	机 械 性 质				化 学 成 分			制造方法
		受拉时的 极限強度	屈服极 限強度 kg/mm ²	引 伸 率 %		碳	硫	磷	
				长試件	短試件		不 得 超 过		
				δ_{10}	δ_5				
		kg/mm ²	不 得 小 于						
普通热軋碳素鋼	尤 ₀	32~47	19	18	—	≤ 0.23 ≤ 0.14	0.06 0.07	0.07 0.09	平 炉 酸性轉炉
	尤 ₂	34~42	22	26	—	0.09~0.15	0.055	0.05	平 炉
	尤 ₃	38~47	24	21	8 10	0.14~0.22 ≤ 0.12	0.055 0.065	0.050 0.085	平 炉 酸性轉炉
	尤 ₄	42~52	26	19	—	0.18~0.27 0.12~0.20	0.055 0.065	0.050 0.085	平 炉 酸性轉炉
	尤 ₅	50~62	28	15	—	0.28~0.37 0.17~0.30	0.055 0.065	0.055 0.085	平 炉 酸性轉炉
鉚釘用热軋碳素鋼	尤 ₂	34~42	26				0.050	0.050	平 炉
	尤 ₃	38~47	22				0.050	0.050	平 炉

注：1. 从上表可以看出，鋼号愈高，强度极限和屈服极限亦愈高，而引伸率减低，这是因为鋼号愈高，含碳量愈高的缘故。

2. 尤₃是鋼結構中最常用的鋼号。

3. 尤₂有較大伸長率，冶炼較难，价較貴，只用于要求具有韌性受拉的地方，如鋼板結構及鉚釘等。

4. 尤₀不是标准的，实质就是尤₃的廢品，只能用于受荷較小或不計算的构件。

§1-1-3 建筑鋼的种类、規格及用途

为了結構上使用的方便，軋鋼厂出产各种鋼板及型钢，型钢就是截面具有不同形状的各种基本元件。例如角鋼、槽鋼、工字鋼、T形鋼等。型钢的截面尺寸、性质与規格，都可从軋鋼厂产品目录或产品种类表以及設計手册中查得(見附表1-1-1~1-1-8)。

1. 鋼板：依其寬度的大小及軋軋方法的不同，鋼板可分为两种：

(1) 粗边(毛边)鋼板：是在軋鋼厂中用上下两个輥子在两个相垂直的方向上各軋两次而成的；厚4~60mm，寬600~3,000mm，長5~12m。

最好用如下的尺寸；厚度4~40mm时，取毫米的偶数，寬度1,050~2,250mm时，每100mm一加，长則視厚与寬而定，为2.5、4.2及8m，当板厚大于20mm时为5及7m。

粗边鋼板在各个方向上强度相同，用途較广，常用做薄板結構，也广泛用作板式結構中的构件(柱、梁、框架)，平面及弧形閘門中的面板亦用粗边鋼板。

(2) 扁鋼：由4个輥子在纵方向上軋成，邊緣平直，厚4~50mm，寬200~1,050mm，每10mm一加，長为5~18m。

最好采用如下尺寸，厚度6~22mm时取毫米的偶数；22mm以上使用25、28、30、