

本教材系根据高等学校五年制建筑结构与施工专业1959年指导性教学计划，参照国内各院校目前教学实际情况编写而成。

全书分上、下两册。上册包括绪论、材料、计算原理、联结、梁及梁格、中心受压柱及压杆、桁架、预应力钢构件、钢结构制造等章；下册包括厂房钢结构、大跨房屋钢结构、塔桅钢结构、钢板结构、钢结构经济问题、铝合金结构等章。

本教材适合于高等学校建筑结构与施工专业应用。

鋼 結 构

上 册

“工程结构”教材选编小组选编

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）
（北京市书刊出版事业许可证出字第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·各地新华书店经营

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $15^{3/4}$ ·插页2·字数367,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001-4033·定价（10-6）1.95元

统一书号：15165·821（结工-79）

序

自从1958年贯彻党的“教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合”的教育方针以来，我国教育事业的面貌发生了很大的变化，各高等院校在联系生产实际，提高教学质量方面做了很多工作，取得了很多宝贵的经验，深切感到编写一本理论联系实际、有较高质量的教科书，为教师、同学创造较好的教学条件是提高教学质量的重要问题之一，因此各院校都进行了很多编写教材工作，丰富了教材的内容。为了进一步巩固和扩大三年来各院校在教材工作方面所取得的成果，在教育部和建筑工程部的直接领导下，于1961年4月在北京召开了工程结构教材选编会议，根据全国各院校现有教材选编出一种教材推荐为全国适用的试用教科书。

会议由建筑工程部教育局决定邀请清华大学、同济大学、天津大学、西安冶金学院、南京工学院、重庆建筑工程学院等六个高等学校参加，并指定清华大学负责主持会议的工作。

在会议期间先后收到了参加会议各院校及哈尔滨建筑工程学院、湖南大学等八校寄（带）来各专业用的钢结构教材共10种。

依照教育部选编教材的几个原则，小组根据已收到的各院校教材的内容质量，同时考虑到教学实际情况和要求，以及出版条件等，经反复讨论选择，决定以同济大学和西安冶金学院二校教材为基础，进行编辑修改后，推荐为建筑结构与施工专业的钢结构试用教科书。书的前一部分包括绪论、材料、计算原理、联结、梁及梁格，中心受压柱及压杆、桁架等章，由同济大学负责根据小组意见主编。书的后一部分，包括预应力钢构件、钢结构制造、厂房钢结构、大跨房屋钢结构、塔桅钢结构、钢板结构、钢结构经济问题、铝合金结构等章，由西安冶金学院负责根据小组意见进行主编。这两部分最后均经小组集体审查定稿；其中有些部分并由清华大学负责作过修改。

本教材根据五年制建筑结构与施工专业1959年指导性教学计划编定，同时参照各院校目前实际教学情况，讲授学时约90学时。

本教材章次系根据各高等学校的教学经验并考虑到教科书的科学系统面安排的。其中预应力钢构件一章列在基本构件之后，是考虑到后面结构物各章多次提到预加应力的结构型式。虽然预应力钢结构目前应用还不广泛，但是为了全书前后内容呼应连贯，将本章作为构件的特殊问题安排在前边。在讲授时教师可以根据具体情况移至后面作为专题讲授。

铝合金结构，由于在我国目前很少应用于建筑结构上，放在全书最后一章作为专题，各校可视学时多少灵活选授。

考虑到全书内容的完整性，安排钢结构计算原理一章是必要的。如果其他工程结构课程，如钢筋混凝土结构，已在钢结构课程之前讲授过结构计算的基本理论，在本课程中可以简略讲述。

钢结构制造是学习钢结构不可缺少的知识，但考虑到课堂讲授这一章时效果较差，最好是结合参观实习进行教学。为了学生巩固参观成果，在教科书中用较少篇幅讲述了钢结构制造工艺过程。

4

书中某些章节的顺序，在讲授时，教师可以根据具体情况前后移动。例如，桁架一章中的重型桁架一节可以移到大跨房屋鋼結構一章讲授；鉚接联結在弯矩作用下的計算可以移至梁一章內結合梁的拼接讲授；梁各部件局部稳定的計算理論可以移至梁的工作一节里提前讲授。

偏心受压柱的計算理論一节，从基本构件計算理論方面看，应安排在柱及压杆一章內讲述，但从教学方便方面看，安排在厂房一章內結合厂房框架柱讲授，学生容易接受。本教材采取了后一种做法。但在次序上也还存在着問題，例如在桁架一章里就遇到了压弯杆件的計算問題。究竟如何安排最好，希望大家研究。

全书在內容方面是比較丰富的，因之在分量上显得多了一些，在有限的学时內全部讲完是不可能的。教师可以根据各校具体情况酌量刪減。例如，鋼板結構中高炉車間一节以及塔桅鋼結構中的輸电塔架一节等，均可視具体情况，自由选授。书中小字排印的內容系供参考之用，都可以不讲。例題可不在理論教学的課堂上讲授。

鋼結構經濟問題一章，列于鋼結構的后面，可以起全书总结的作用，如无時間可以让学生自己閱讀。

这次选編工作由于時間短促，同时还有很多学校教材未能寄来，有些学校教材寄达較迟，加上选編小組成員政治水平和业务水平的限制，本教材可能存在着不少缺点和問題，所以我們热烈地期待着全国各有关院校的广大师生以及其他方面的讀者，結合使用的具体情况，給这本教材提出宝贵的意見，以便再版时进行修改，进一步提高质量。

“工程結構”教材选編小組

鋼結構分組1961年4月

上 册 目 录

緒論	6	第五节 梁截面的选择	99
一、鋼鐵結構發展簡述	6	第六节 梁的截面沿長度的改變	103
二、鋼結構的合理應用範圍及節約鋼材的主要措施	12	第七节 梁的翼緣和腹板連接的計算	105
第一章 鋼結構的材料	17	第八节 梁的局部穩定和腹板中加勁肋的布置	107
第一节 概說	17	第九节 梁的拼接	125
第二节 鋼在單向均勻受拉下的工作性能及时效	17	第十节 梁的支座	130
第三节 鋼在複雜應力下的工作性能	21	第十一节 梁的聯結	133
第四节 溫度對鋼材工作性能的影響	23	第十二节 梁的實驗研究	135
第五节 鋼的徐舒、徐變、硬化及疲乏現象	24	例題	144
第六节 建築鋼的標號及鋼材的選擇	26	第五章 中心受壓柱及壓杆	151
第七节 型鋼	30	第一节 概說	151
第二章 鋼結構的計算原理	32	第二节 中心受壓構件的工作	151
第一节 基本論點	31	第三节 中心受壓柱的截面型式	160
第二节 鋼的標準強度和計算強度	33	第四节 中心受壓實腹柱的計算與構造	161
第三节 標準荷載和計算荷載。荷載的組合	35	第五节 中心受壓格子柱的計算與構造	164
第四节 工作條件系數	36	第六节 柱腳	168
第五节 鋼結構按計算極限狀態的計算方法	37	第七节 柱頭及梁和柱的連結	173
第六节 鋼結構按許可應力的計算方法	38	第八节 受壓構件的實驗研究	176
第七节 結構計算原理的發展方向	39	例題	179
第三章 鋼結構的聯結	40	第六章 桁架	183
第一节 鋼結構的聯結方法	40	第一节 桁架的型式	183
第二节 焊縫及焊接聯結的型式焊縫的強度	40	第二节 屋頂結構的組成桁架的穩定和支撐布置	197
第三节 焊接聯結的計算	46	第三节 屋架的計算與構造	188
第四节 焊接應力和焊接變形	53	第四节 特种輕型桁架	204
第五节 鋼材的可焊性問題	57	第五节 標條的計算與構造	207
第六节 鉚釘聯結的一般特性	61	第六节 重型桁架	210
第七节 鉚釘聯結的強度	62	第七节 桁架的實驗研究	217
第八节 鉚釘聯結的構造	65	例題	218
第九节 鉚釘聯結的計算	68	第七章 預應力鋼構件	228
第十节 鉚釘聯結的實際工作	71	第一节 預應力的基本原理	228
第十一节 螺栓聯結	74	第二节 預應力鋼拉杆及鋼壓杆	234
例題	77	第三节 預應力鋼桁架	238
第四章 梁及梁格	85	第四节 預應力鋼梁	243
第一节 梁的型式	85	第八章 鋼結構的設計程序與製造	245
第二节 梁格的布置	85	第一节 鋼結構設計的組成和圖式	245
第三节 梁按強度考慮的承載能力	89	第二节 鋼結構製造的主要過程	250
第四节 梁按整體穩定考慮的承載能力	95	第三节 鋼結構製造及安裝對設計的基本要求	255

緒 論

鋼結構是主要的建築結構之一。隨着我國社會主義建設事業的飛躍前進，鋼結構也獲得很大的發展。鋼結構的工業化程度較其他建築結構為高，它本身的工作也最為肯定，而且結構比較輕。因此，在重型廠房、跨度或高度很大的建築物以及要求重量輕和可動的結構中，一般都採用鋼結構。

一、鋼鐵結構發展簡述

中國是最早用鐵建造承重結構的國家之一。在公元前二百多年（秦始皇時代）就已經用鐵建造橋墩。到公元二百年前後（漢朝），為了與西方各國進行宗教和文化上的往來，開始在交通道路上建造鐵鏈懸橋，跨越深谷。這是世界各國公認的最古的鐵橋。鐵鏈懸橋的結構是鍛鐵為環，相扣成鏈，以鏈作成懸式承重結構。根據記載，最早的鐵鏈懸橋有公元58—75年（漢明帝時代）建造的蘭津橋等，此後建造的鐵鏈橋不下數十座之多，其中以元江橋、盤江橋和瀘定大渡河橋（圖1）為最大。瀘定橋建成于公元1705年（清康熙四十四年），全橋共有鐵鏈十三根，橋寬2.8m，淨長100m，橋台由條石砌成，鐵鏈系于由生鐵鑄成、直徑20cm、長4m的鐵柱上^①。



圖1 四川瀘定大渡河橋

我國古代的金屬結構，除鐵鏈懸橋外，有許多紀念性建築，如鐵塔等，表現十分雄偉。例如公元1061年（宋代）在湖北荊州玉泉寺建造的鐵塔共十三層，目前依然存在。公元694年（周武氏十一年）在洛陽建成的“天樞”，高35m，直徑4m，頂有直徑為11.3m的“騰雲承露盤”，底部有直徑約16.7m的“鐵山”，以保持天樞的傾復穩定，合乎科學原理。這些結構全為金屬鑄成。所有這些都表明了我國古代在建造和冶金技術方面的高

① 美洲在1801年才建造第一座跨長23m的鐵索橋，比我國最早的鐵鏈懸橋晚一千余年。

度水平。

欧美等其他国家在十七世纪才开始用铁建造承重结构。1686~1696年俄国在扎高尔斯克市建造了脱劳依齐—塞尔基也夫僧院食堂上的屋盖。1776~1779年英国建成第一座30m跨度的生铁桥梁。由于生铁的抗拉性能较差以及联结上的困难，当时的生铁桥梁都采用拱桥。到十八世纪末兴起了工业革命后，由于工业生产、铁路运输和航海等方面的要求，促进了冶金技术和建筑事业的发展，冶炼出抗拉性能良好的熟铁，因而使桥梁结构的体系有了重大的变革，出现了生熟铁组合结构(图2)。到十九世纪初，铆钉联结的发明、炼钢和轧钢技术的改进以及结构理论方面的不断进步，使钢铁结构的应用范围大大扩张，出现了新的结构体系并逐步发展成为现代所采用的形式。用铆钉将轧成型钢拼成较大截

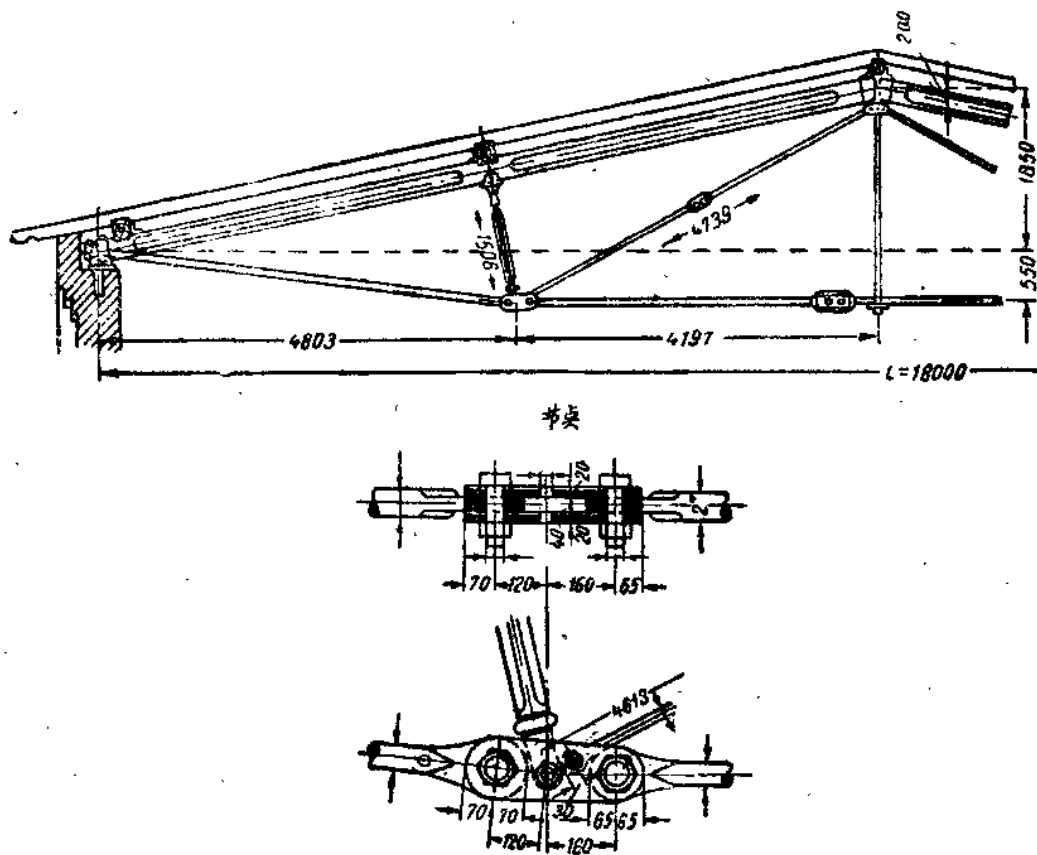


图2 生熟铁组合桁架示意图

面的构件后，增大了结构的跨度：应用铆钉联结，大大增加了联结的可靠性，因而生熟铁组合桁架逐渐被多腹杆的钢桁架所代替，并发展成更为简单合理的近代桁架体系。同时还出现了悬臂桥和连续桁架桥等各种体系。在拱桥方面亦出现了新的型式(图3)。这些新的体系适应了桥梁跨度不断增大的要求。例如，魁卜克(Quebec)悬臂桥跨长达549m，基尔楚柯(Killvankull)拱桥跨长达510m等。在悬索桥方面，亦随着结构理论的发展和高强度钢缆的应用，形式不断地得到改进，目前最长的金门(Golden Gate)悬索桥跨长已达1280m。在房屋建筑方面，钢铁结构的发展比较迟，直到十九世纪末因工业需要出现

RA218702

桥式吊車后，才于二十世紀初开始有所发展。1893年，俄国雅新斯基（Ф.С.Ясинский）开始采用框架结构，茹霍夫（В.Г.Шухов）发展了空间结构，1893年建成具有双曲薄壳屋盖的威克松斯基（Выксунский）工厂（图4），1896年建成具有悬式网状屋盖的尼石高洛斯基（Нижегородский）展览馆（图5）。他还建造了双曲鞍形网状灯塔（图6）和其他类似的空间网状结构。在这期间，还由于各种工业生产、航空事业和文化生活方面的发展，先后建造过不少新颖的和大型的储油库、大型厂房、飞机库、剧场和展览馆等。



图3 跨度224m的拱桥

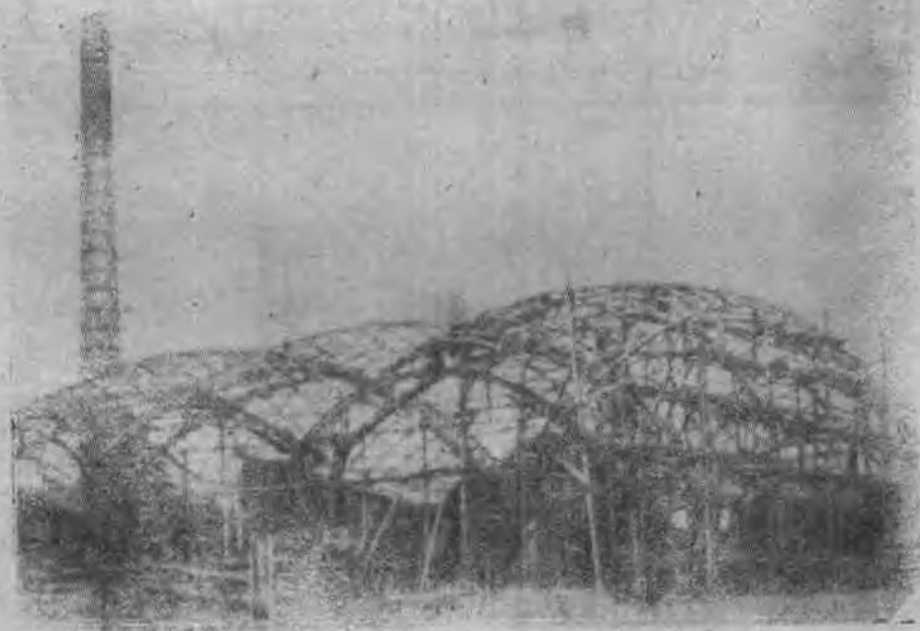


图4 双曲薄壳屋盖

从二十世紀初，开始采用焊接联结后，在鋼结构领域中引起了重要的变革。焊接对减少鋼材用量、改善结构的构造形式、减少制造劳动量和縮短工期等方面都起了很大的促进作用。

资本主义发展到后期，由于其反动和腐朽的本质，阻碍了技术的进一步发展。在资本主义国家，为了炫耀资本主义社会的暂时和虛假的繁荣，以及为了资本家获得最大利润的目的，到处出現各式各样的奇形怪状的建筑物，如美国紐約的高耸建筑物等，这些都说明

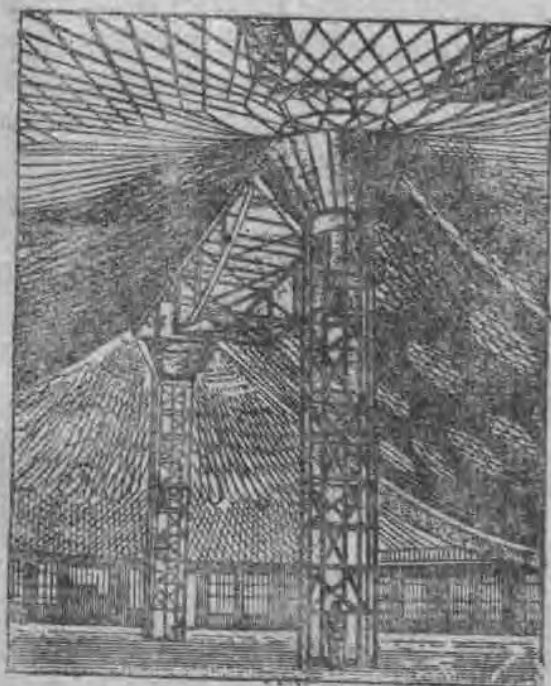


图 5 悬式网状屋盖

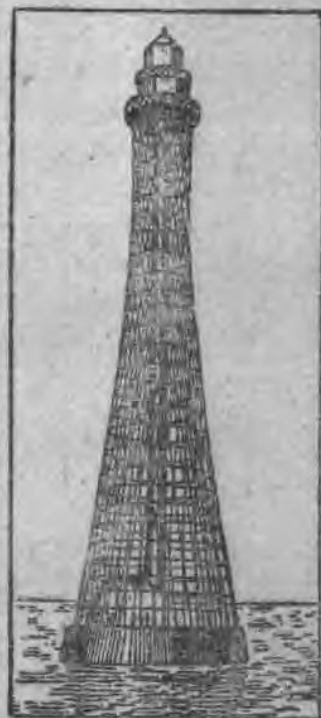


图 6 双曲綫形网状灯塔

資本主义的腐朽沒落，日趨灭亡。

苏联在十月革命胜利后，建成了世界上第一个社会主义制度的国家。由于社会主义制度本身的优越性，一开始就显露出无比旺盛的生命力，各项生产以远非资本主义国家所能比拟的高速度发展着，其中亦包括了鋼鉄建筑的发展。苏联自1918年以后，先后成立了科学实验研究院（НКПС），和中央工业建筑科学研究所（ЦИНПС，現称 ЦИНИСК）等从事鋼結構研究和設計的机构，建成了无数具有現代設備和先进生产技术的鋼結構制造工厂。在鋼結構专家、科学研究者、設計技术人員和工人的协作下，創立了苏联鋼結構設計學派，將鋼結構的設計工作、科学研究工作，以及制造和架設工作紧密地联系起来，建立了“金屬消耗最少，結構制造最省和建造時間最短”的基本原则。鋼鉄建筑得到了巨大的发展。

苏联是第一个在設計规范中規定可以考虑鋼材塑性变形的国家，并自1955年起开始实施了按极限状态計算的設計规范，而目前資本主义国家都还停留在采用落后的按許可应力計算的阶段。苏联早已研究鋼結構的定型化及標準化，制定了統一模数制，并已广泛推广，使鋼結構的制造大为簡革，造价大大降低。焊接結構在苏联亦获得了最广泛的采用。苏联发明的自动电焊、半自动电焊和超短弧焊，大大提高了生产效率，減輕了制造劳动量；焊接結構在鋼結構中所占的比重目前已达到90%以上。苏联在結構体系和构造措施方面有許多独特的創造。例如在厂房結構中采用了框架結構，在塔桅結構中采用了三角形鋼管結構体系等。現在，苏联的鋼結構事业在世界各国中已遙遙領先，这充分表明了社会主义制度的优越性。

我国古代在金属结构方面有卓越的成就，但以后由于长时期受着封建制度的束缚，近百余年来复备受各帝国主义的侵略，使我国沦为半封建、半殖民地的社会，益以解放前蒋介石匪帮几十年间极其反动、腐朽、黑暗的统治，使这一门科学技术，和其他科学技术一样，得不到进一步的发展。解放前，我国没有自己的大规模的建筑营造企业和设计单位，仅有的一些钢铁建筑，如铁路桥梁、公路桥梁和高层建筑等，几乎全由外商设计和承揽。但是，即使在这种情况下，我国工程技术人员和工人，仍有不少优秀的创造和设计。例如，1934~1937年自行设计和建造的钱塘江大桥（图7），1927年建成的皇姑屯电机厂钢结构厂房，1928~1931年建成的广州中山纪念堂，和这一时期在西南各省建造的许多现代悬索桥等。这些都说明了勤劳勇敢的我国劳动人民有着卓越的创造才能。



图7 钱塘江大桥

由于党制定了“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线，工农业生产以及基本建设等各方面都出现了大跃进的局面，因而也带动了钢结构科学技术和钢结构建筑的空前发展。目前，我国已有了大量的新建的钢结构工程；钢结构的设计、制造和架设水平也有了很大的提高。例如，在钢桥方面，1957年建成的武汉长江大桥（图8），其结构的设计、制造和架设都充分运用了现代科学的最新成就。正桥钢桁架系三联九孔，每孔跨度128m，正桥全长1155.5m，上承公路，下承铁路。公路桥面部分采用了车道钢梁与钢筋混凝土板共同工作的联合梁体系。正桥桁架则采用了调整应力的方法，节约了钢材。桁架的设计充分考虑了所供应钢材的规格、钢梁制造的便利和安装的方法等方面。



图8 武汉长江大桥

在工业与民用建筑鋼結構方面,已建造了許多規模巨大、結構复杂的工厂及公共建筑。鋼結構的技术力量亦已迅速成长,除了已掌握各种复杂鋼結構的先进設計和施工方法外,在設計中还推行了結構模数化和标准化,实施了新的設計规范,在多数工程中已开始采用按极限状态的計算方法,并广泛采用了焊接結構,在焊接技术方面也有許多創造。例如,在焊接某一厂房的鋼柱时,一方面采用自动焊接,用細焊絲强电流进行,使得厚达 36mm 的鋼板的对接不开坡口;另一方面又采用分层分段对称焊法,有效地防止了焊接变形。又如人民大会堂,其中的万人會議厅跨度达 61m ,很多重要結構采用了鋼結構。由于創造和运用了先进的制造方法,仅用了二十六天即制造完成。整个工程从設計、制造到架設竣工历时仅五个月,其中架設工作只化了五十天的时间。

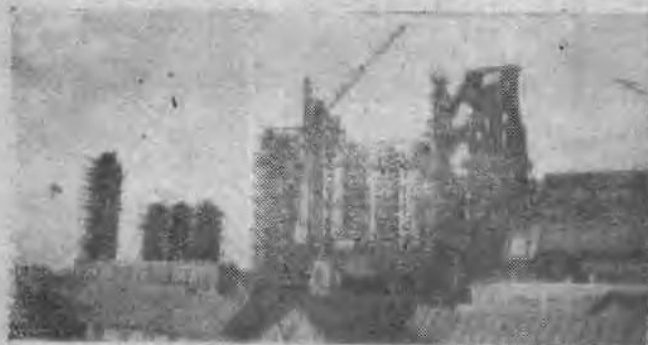


图 9 容积为 1513m^3 的大型全焊高炉



图 10 容积为 54000m^3 的湿式貯气柜



图 11 204m 高的电视塔模型

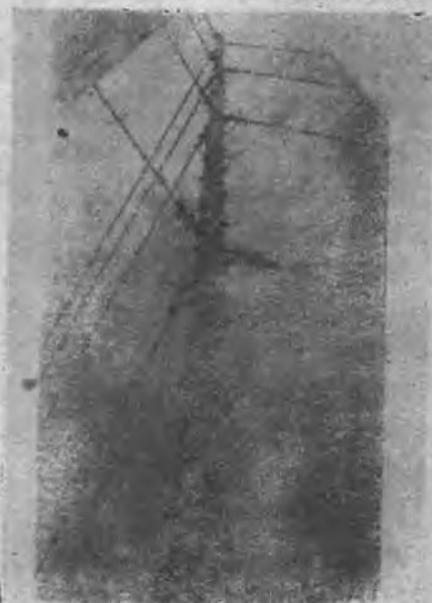


图 12 124.5m 高的輕型桅杆

在特种鋼結構方面亦有很大成就。例如，掌握了容量达 $1513m^3$ 的大型全焊高炉（图9）的制造和架設技术，并創造了需时仅12天又4小时的炉壳安装速度的新纪录。1958年建成的有效容积为 $54000m^3$ 的湿式貯气柜（图10）达到了高度的技术水平。塔桅結構体系上亦于1958年創造了先进的焊成圓鋼組合結構体系和交叉式受拉腹杆体系（图11、12），使 $120\sim 160m$ 的桅杆的用鋼量指标低达 $0.1t/m$ 。在起重运输机鋼結構方面于1958年亦設計和制造了較大型的平行移动式纜索起重机。

此外，如預应力鋼結構，焊接桥梁，高强度螺栓联结，冷銲联结，胶合联结等新技术亦开始在鋼結構中应用或正准备采用。

在今后的年代中，我国全体劳动人民，将在党的领导和“鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义”的总路綫鼓舞下，繼續努力，使鋼結構获得更大和更迅速的发展。

二、鋼結構的合理应用范围及节约鋼材的主要措施

我国在社会主义建設中，鋼的产量虽然迅速增长，但鋼材的用途极为广闊，用鋼量的增长更为迅速。因此，如何节约鋼材，使它能应用到更迫切、更需要的地方去，是目前的首要任务之一。

随着钢筋混凝土技术的不断发展，在建筑物中采用鋼筋混凝土結構的可能性亦愈来愈大。但由于鋼材有其特有的优良性质，对某些有特殊要求的建筑物仍需要采用鋼結構；随着工业生产的不断发展，社会文化需要的不断增长，新型的有更高要求的建筑物亦必然会大量湧現，因此鋼結構不論在应用范围上或数量上今后都会得到巨大的发展。

不同的建筑材料具有不同的性质，不同的建筑物亦有不同的特点和要求，正确地确定鋼結構的合理使用范围就需要根据各个具体情况而定。某些建筑物，只能由鋼制造的，固然应该采用鋼結構；某些建筑物，既可能由鋼也可由其他材料建造的，应首先考虑采用其他材料，但亦不要片面强調节约鋼材，对于不应代用的也由其他材料代替。在这种情况下，应该根据建筑物的特点和要求，綜合地考虑安全可靠、节约鋼材、使用年限、建造时间和造价等面素，正确地选用合适的建筑材料。坚决避免片面强調节约鋼材，不恰当地以其他建筑材料代替而造成质量事故。

鋼結構与其他各种結構相比，具有下列一些优缺点：（一）鋼材的强度較高，虽然鋼的容重較大，但与其他結構相比，鋼結構仍較輕。因此，鋼結構的构件所占的建筑面积最小，运输和架設亦較方便。（二）鋼材最接近于各向同性体，质地均匀，彈性模量較大，又可认为是理想的彈塑性体的材料。因此，鋼結構最符合目前所采用的計算方法，可靠性較高，最适宜于有特殊重要意义的建筑物。（三）鋼結構的制造虽然需要較复杂的机械設備，但工业化程度最高，具备了成批大件生产和高度准确性的一切特点。（四）易于銹蝕，經常性的维护費用較高。（五）鋼結構的长期耐高溫性比其他結構为佳，但其耐火性則远較鋼筋混凝土和磚石結構为差。因此，在某些有特殊防火要求的鋼結構中，常用耐火性較好的材料予以圍护。

根据鋼結構的这些性质，再綜合地考虑到建筑物的特点和要求，以及結構安全可靠、节约鋼材、降低造价、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：可以用于重型車間的承重骨架中(图13)，例如冶金工厂的平炉車間、初軋車間和混鉄炉車間等，重型机器厂的鑄鋼車間、水压机車間、鍛压車間等；造船厂的船台車間；跨度較大的工业車間的屋架：重型或跨度較大的吊車梁。

(2) 大跨度建筑的骨架，例如飞机庫、汽車庫、車站、大会堂、劇場、体育館和展覽館等。結構体系主要采用框架式、拱式(图14)、空間网狀結構(图15)以及目前正在发展中的預应力鋼結構(图16)和悬索結構(图17)等。



图 13 厂房鋼結構

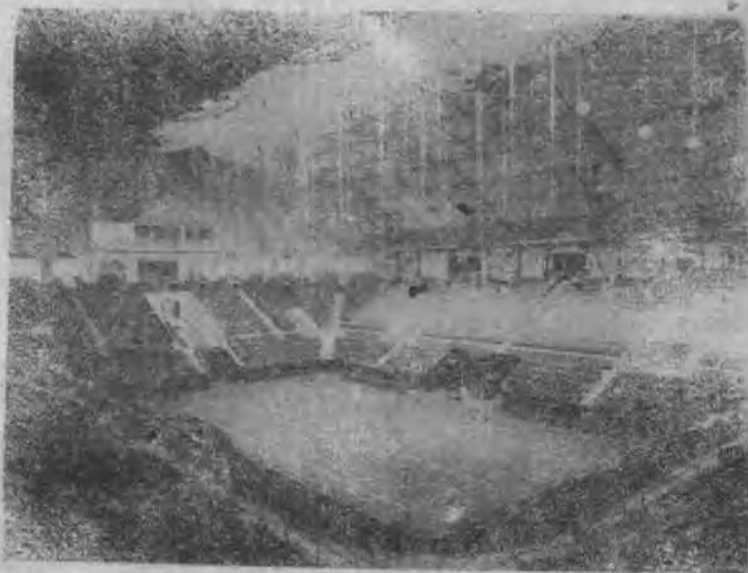


图 14 北京体育館的大跨拱式結構

(3) 多层框架，例如高层楼房(图18)和炼油工业中的設備构架等。但当結構高度增加和自重增大不致过分增加建造和架設上的困难时，应该首先考虑应用装配式鋼筋混凝土結構。

(4) 板結構，例如高炉(图9)，大型儲液庫(图19)和煤氣庫(图10)等。

(5) 塔桅結構，特别是高度較大的无线電桅杆(图12)、电视塔(图11)和高压輸电鉄塔。

(6) 中等跨度和大跨度的桥梁建筑(图8)。

(7) 水工建筑中的閘門和升船机等結構。

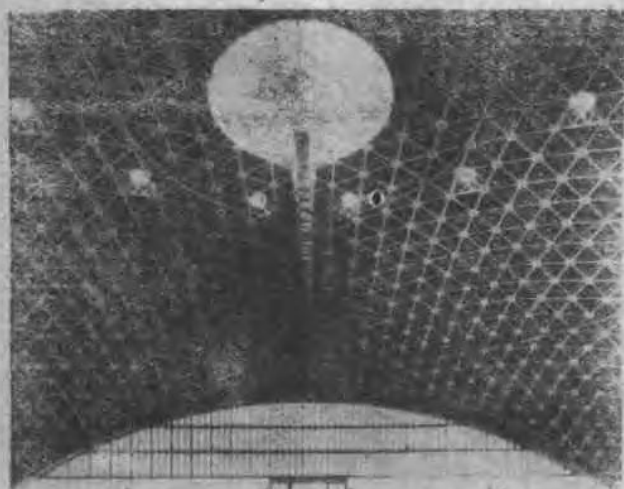


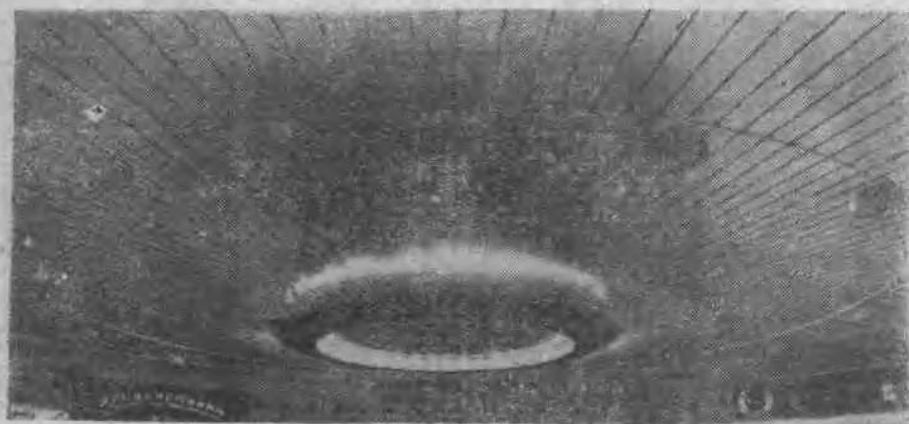
图 15 空间网状大跨结构



图 16 预应力钢结构



a) 结构外观



b) 内部悬索构造

图 17 悬索结构

(8) 起重运输机械及大型建筑机械的钢骨架，例如双悬臂起重机(图20)、缆索起重机、塔式起重机(图21)、龙门式起重机和装卸桥等。由于起重运输机械等有移动和运转的特殊要求，所以几乎都是采用钢结构。



图 18 高层建筑



图 19 大型圆波庫

設計鋼結構时应滿足下列的基本要求：(一) 結構必須安全可靠，(二) 要符合建築物使用上的要求和有良好的耐久性，(三) 尽可能節約鋼材，(四) 尽可能縮短建造日期，(五) 尽可能節約勞動力和勞動時間，(六) 可能条件下注意美觀。根据这些原則，設計工作者應該重視、貫徹和研究能够節約鋼材、降低造价的各种措施。

按照現代鋼結構的發展趨勢和先進經驗，節約鋼材的措施主要有下列几个方面：(一) 在結構規劃、體系布置和节点設計时，應該貫徹和繼續擴大模數化、標準化和定型化。

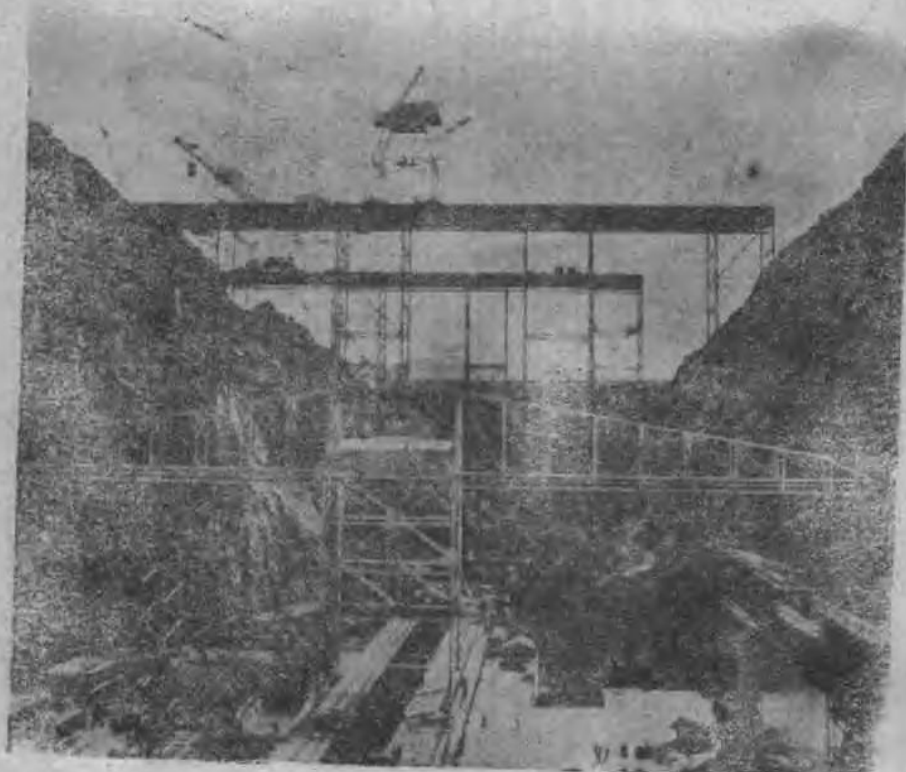


图 20 双悬臂起重机

(二) 执行“金属消耗最少，结构制造最省和建造时间最短”的设计原则，创造和推广新的结构体系。合理的结构体系应该符合“材料集中原则”或称“扩大构件原则”、“结构形式简化原则”和“工作兼任原则”。在设计结构形式时还应着重于提高钢结构的耐久性，使结构能很好地抵抗侵蚀。(三) 广泛运用、推广和研究新的计算和设计理论，其中包括：空间结构、薄壁结构的计算，房屋结构的空问工作计算，按极限状态的计算和设计理论等。(四) 继续推广焊接结构，研究和试行新型的联结方式，例如高强度螺栓联结和胶合联结等。(五) 大力发展新型的具有较高经济指标的低合金钢和其他轻金属。大力发展和生产各种新型的热轧薄壁型钢和冷弯、模压型材。(六) 总结、创造和推广先进的制造工艺和架设技术。

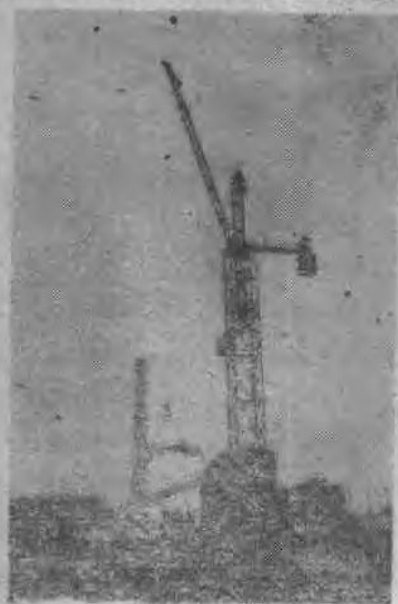


图 21 塔式起重机

每一个设计工作者必须时刻记住，在我国目前的情况下，正确地确定钢结构的应用范围，贯彻节约钢材、降低造价的措施，不单纯具有经济意义，而且是一项重大的政治任务。

第一章 鋼結構的材料

第一节 概 說

在鋼結構中所採用的材料有建築鋼、鑄鐵、鑄鋼及鋁合金等。鑄鐵及鑄鋼過去常用於結構的支座部分，也有個別場合用鑄鐵作為比較短的中心受壓柱的材料，但由於鑄鐵的性質堅而脆，抗拉強度很低，現在已很少採用。鑄鋼的支座現在由於焊接技術的發展，大多數已用焊接零件來代替。建築鋼不論在強度、塑性及韌性等方面都遠比鑄鐵為優，是現代金屬結構的主要材料。

鋁合金的容重為 $2.7 \sim 2.8 \text{ T/m}^3$ ，約為鋼的 $1/3$ ，而強度與鋼相差不多，有的甚至還高一些。目前在工程結構中的應用也開始有了發展。

鋼結構所用的材料，應該具有下列特點：1) 制成的結構能安全工作和有良好的承載能力；2) 適宜於加工製造；3) 抵抗腐蝕的性能要好；4) 價格便宜。就承載能力而言，衡量各種鋼材是否能很好符合結構要求的主要指標，是代表金屬強度的屈服點及極限強度，代表塑性的延伸率，以及代表韌性的沖擊韌度等幾種機械性能。此外，由於在鋼結構中普遍應用焊接的緣故，對材料的可焊性要求也提到了重要地位。

不論哪種金屬，在不同的情況下會表現出不同的工作性能。影響鋼材工作性能的因素很多，其中主要的是：鋼的組織構造，化學成分，應力的類型和狀況，以及溫度變化等。

本章先就鋼的機械性能以及影響鋼材性質的各種因素進行一些分析，然後就各種標號的建築鋼的應用範圍加以討論，關於鋁合金的性質則另立專章論述。

第二节 鋼在單向均勻受拉下的工作性能及時效

1. 鋼的組織構造

鋼在常溫下主要是由純鐵體和滲炭體(Fe_3C)所組成。純鐵體在鋼中形成結晶羣，是鋼的主要部分，約占重量的99%。滲炭體與純鐵體組成不定形的混合物——珠光體，填充在純鐵體的空隙中，形成網狀的間層(圖1-1)。

純鐵體富有韌性及塑性，但強度很低。珠光體則堅硬而富有彈性，強度很高。鋼的機械性能在很大程度上與這二種成分的比例有關。同時，純鐵體的晶粒愈細小，珠光體的分布愈均勻，鋼的性質也就愈好。

純鐵體是一種具有體心立方晶格的結晶(圖1-2)。理論計算與實驗證明，使純鐵體晶格延伸而發生拉斷破壞所需要的力，比使純鐵體晶格剪移而發生滑動破壞所需要的力要大很多倍。鋼的塑性變形主要是純鐵體沿滑動面產生塑性剪移(圖1-3)的表現。由此可見，剪應力的大小對鋼材的塑性變形起着重要作用。

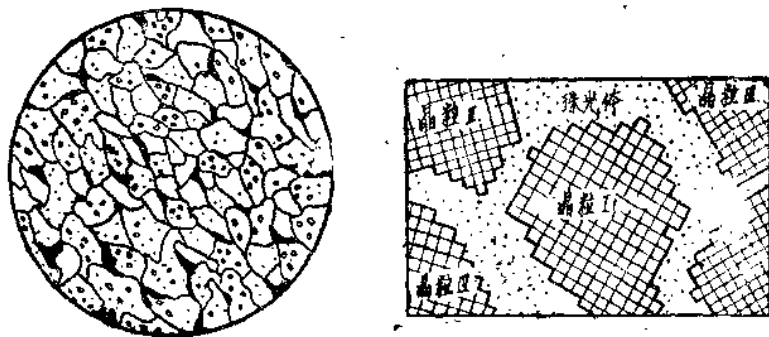


图 1-1 鋼的組織构造

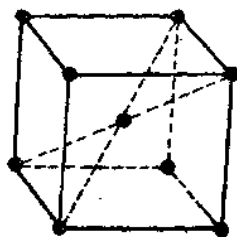


图 1-2 純鉄体的晶格

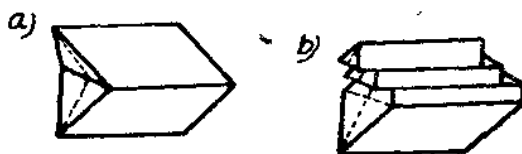


图 1-3 純鉄体单晶粒滑移变形示意图

2. 鋼在单向均匀受拉下的工作性能

鋼在单向均匀受拉下的工作特性，常以我們所熟知的拉伸試驗曲綫(图1-4)来表示的。随着作用力的增加，鋼的工作表现为彈性、彈性——塑性、屈服、强化及破坏等各个阶段。在结构上最常用的低碳鋼中，各个阶段的应力与相应的应变大致为：比例极限 $\sigma_{nk} \geq 2000 \text{ kg/cm}^2$ ， $\epsilon_{nk} \approx 0.1\%$ ；屈服点 $\sigma_s \geq 2400 \text{ kg/cm}^2$ ， $\epsilon_s \approx 0.15\%$ ；流幅 $\epsilon \approx 0.15\%$ 至 $\epsilon \approx 2.5\%$ ；极限强度 $\sigma_{nk} \approx 3800 \sim 4700 \text{ kg/cm}^2$ ；破坏时的延伸率 $\epsilon \approx 21\%$ 。彈性模量 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 。

純鉄体的彈性工作范围实际上远比曲綫中所表现的为低，但当外力克服了純鉄体沿滑动面的彈性抵抗，純鉄体应出現塑性变形时，由于珠光体的阻遏，推迟了純鉄体塑性变形的开展，因而提高了鋼的彈性工作范围。在低碳鋼中炭的含量較少，珠光体比較薄弱，故当外力增加至一定数值，珠光体即失去約束純鉄体沿滑动面滑移的能力而开始轉动、变形，甚至折裂。純鉄体的滑动面即貫連起来而出現了較大的塑性变形(图1-5)，在曲綫上形成所謂流幅。

由此可知，出現流幅現象并非是所有鋼的通性，而要視渗炭体成分的多寡而定。純鉄体在常溫下几乎不溶解炭，鋼中所含的炭絕大部分与鉄結成了渗炭体。因此，鋼在拉伸时是否出現流幅最后决定于含炭量的多少。一般含炭量如超过 3% 时，純鉄体的塑性变形始終受到珠光体的阻止，而含炭量低于 0.1% 时，薄弱的珠光体一开始就无力对純鉄体的塑性变形起阻遏作用，因而不出現流幅現象。沒有流幅的鋼常取剩余应变为 0.2% 的应力作为屈服点。