



2011年度普通高等教育精品教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

(第二版)

建筑结构

(土建类专业适用)

胡兴福 编著

中国建筑工业出版社

2011 年 度 普 通 高 等 教 育 精 品 教 材
普 通 高 等 教 育 “ 十 一 五 ” 国 家 级 规 划 教 材
普 通 高 等 教 育 土 建 学 科 专 业 “ 十 二 五 ” 规 划 教 材
全 国 高 职 高 专 教 育 土 建 类 专 业 教 学 指 导 委 员 会 规 划 推 荐 教 材

建 筑 结 构

(第二版)

(土建类专业适用)

胡兴福 编著
熊 峰 主审

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构/胡兴福编著. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012.1

2011 年度普通高等教育精品教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-13949-1

I. ①建… II. ①胡… III. ①建筑结构-高等学校-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 002956 号

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材和普通高等教育精品教材。本书按最新规范修订了书中的相应内容, 全书分为 9 章, 即: 绪论、建筑结构计算基本原则、混凝土基本构件、钢筋混凝土梁板结构、多层及高层钢筋混凝土房屋、钢筋混凝土单层工业厂房、砌体结构、钢结构、结构施工图。

本书主要用作高职高专建筑工程技术、工程监理等专业建筑结构课程教材, 也可用作工程造价、建筑工程管理等专业相关课程教材、有关培训教材和有关工程技术人员参考资料。

* * *

责任编辑: 朱首明 李 明

装帧设计: 京点设计

责任设计: 陈 旭

责任校对: 刘梦然 赵 颖

2011 年 度 普 通 高 等 教 育 精 品 教 材
普 通 高 等 教 育 “ 十 一 五 ” 国 家 级 规 划 教 材
普 通 高 等 教 育 土 建 学 科 专 业 “ 十 二 五 ” 规 划 教 材
全 国 高 职 高 专 教 育 土 建 类 专 业 教 学 指 导 委 员 会 规 划 推 荐 教 材

建筑结构 (第二版)

(土建类专业适用)

胡兴福 编著

熊 峰 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27½ 字数: 631 千字

2012 年 2 月第二版 2012 年 2 月第六次印刷

定价: 49.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-13949-1

(21978)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第二版前言

PREFACE

本书在第一版基础上,根据2010年以后颁布的最新标准、规范和《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》11G101系列图集修编而成,同时对版式做了全新设计。

本书分为9章,即:绪论、建筑结构计算基本原则、混凝土基本构件、钢筋混凝土梁板结构、多层及高层钢筋混凝土房屋、钢筋混凝土单层工业厂房、砌体结构、钢结构、结构施工图。

根据专业人才培养目标定位重构课程教学内容,是本书最显著的特色。建筑工程技术、工程监理等专业的培养目标是建筑施工一线的技术与管理人才。因此,建筑结构课程的教学目标,是使学生具备建筑结构基本概念和结构构造知识,能正确进行结构基本构件设计计算和结构施工图识读。基于这一认识,本书删除了钢筋混凝土楼盖、多高层钢筋混凝土结构、钢筋混凝土楼梯、砌体结构房屋以及钢屋盖设计计算等内容,加强了结构基本概念、结构构造、基本构件计算以及结构受力特点分析等内容;在钢结构部分,重点介绍了轻型钢屋盖、门式刚架轻型房屋钢结构的构造和施工图;单独编写了“结构施工图识读”一章,对钢筋混凝土结构施工图、砌体结构施工图、钢结构施工图的图示方法和识读方法做了全面介绍,并附有丰富的例图。钢筋混凝土结构施工图以平法施工图为主,包括混凝土梁、柱、剪力墙、楼(屋)面板、楼梯、基础平法施工图。

由编者主讲的建筑结构课程是2006年度国家精品课程,其课程网站(网址:<http://www.scac.edu.cn/course/openkc/06jzjg/>)建立了丰富的、开放式的助学、助教资源。

本书由四川建筑职业技术学院胡兴福教授编著。四川大学建筑与环境学院教授熊峰博士担任本书主审,四川建筑职业技术学院黄陆海老师、王珊老师对书稿进行了校对,四川建筑职业技术学院王武齐老师提供了附图,编者谨此表示衷心感谢。

限于编者水平,书中错漏难免,恳请读者批评指正。

编 者

2012年1月

第一版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，根据高职高专建筑工程技术、工程监理等专业建筑结构课程的教学要求编写。

根据专业人才培养目标定位重构课程教学内容是本书最显著的特色。建筑工程技术、工程监理等专业的培养目标是建筑施工一线的技术与管理人才，因此，建筑结构课程的教学目标是使学生具备建筑结构基本概念和结构构造知识，能正确进行结构基本构件设计计算和结构施工图识读。基于这一认识，本书删除了钢筋混凝土楼盖、多高层钢筋混凝土结构、钢筋混凝土楼梯、砌体结构房屋以及钢屋盖设计计算等内容，加强了结构基本概念、结构构造、基本构件计算以及结构受力特点分析等内容；在钢结构部分，重点介绍了轻型钢屋盖、门式刚架轻型房屋钢结构的构造和施工图；单独编写了“结构施工图识读”一章，对钢筋混凝土结构施工图、砌体结构施工图、钢结构施工图的图示方法和识读方法作了全面介绍，并附有丰富的例图。钢筋混凝土结构施工图以平法施工图为主，包括混凝土梁、柱、剪力墙、楼梯、基础、楼（屋）面板平法施工图。

由编者主讲的建筑结构课程是 2006 年度国家精品课程，其课程网站（网址：<http://www.scac.edu.cn/course/openkc/06jzjg/>）提供了开放式的助学、助教资源。本书附有多媒体课件，其中包括钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构施工图各 1 套。

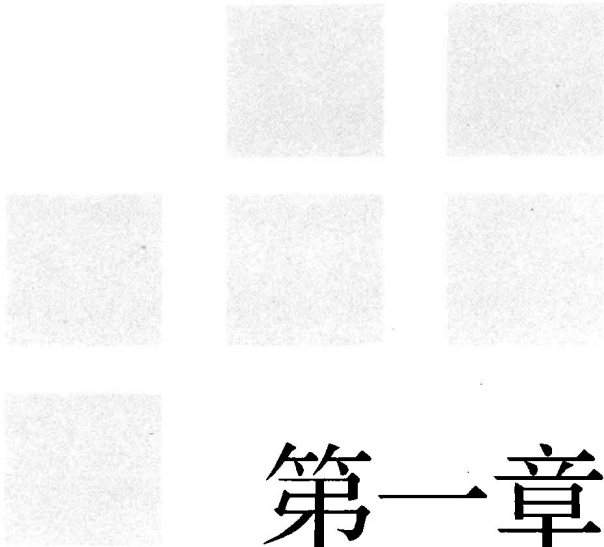
本书由四川建筑职业技术学院胡兴福教授编著。四川大学建筑与环境学院教授熊峰博士担任本书主审，四川建筑职业技术学院黄陆海老师对书稿进行了校对。他们对本书进行了认真的审阅，提出了不少建设性意见，编者表示衷心感谢。

限于编者水平，书中错漏难免，恳请读者批评指正。

第一章 绪论	1
第一节 建筑结构的的基本概念	3
第二节 建筑结构的的发展概况	9
第三节 建筑结构课程概述	13
思考题	15
第二章 建筑结构计算基本原则	17
第一节 作用与作用效应	19
第二节 建筑结构概率极限状态设计法	23
第三节 建筑抗震设计基本原则	29
思考题	38
第三章 混凝土基本构件	39
第一节 混凝土结构材料	41
第二节 钢筋与混凝土共同工作	49
第三节 钢筋混凝土受弯构件	54
第四节 钢筋混凝土受压构件	90
第五节 钢筋混凝土受拉构件	106
第六节 钢筋混凝土受扭构件	107
第七节 预应力混凝土构件	112
思考题	120
习题	121
第四章 钢筋混凝土梁板结构	123
第一节 楼盖的类型	125
第二节 现浇钢筋混凝土单向板肋形楼盖	127
第三节 现浇钢筋混凝土双向板肋形楼盖	136
第四节 钢筋混凝土无梁楼盖	138
第五节 装配式铺板楼盖	142
第六节 钢筋混凝土楼梯	147
思考题	152

第五章 多层及高层钢筋混凝土房屋	153
第一节 常用结构体系	155
第二节 钢筋混凝土框架结构	158
第三节 钢筋混凝土剪力墙结构	179
第四节 钢筋混凝土框架-剪力墙结构	187
思考题	190
第六章 钢筋混凝土单层工业厂房	191
第一节 单层厂房的结构类型及组成	193
第二节 单层厂房的受力特点	197
第三节 单层厂房的主要承重构件	200
第四节 单层厂房排架柱的构造	204
第五节 单层厂房的抗震措施	207
思考题	213
第七章 砌体结构	215
第一节 砌体材料及力学性能	217
第二节 砌体基本构件	224
第三节 砌体结构的承重方案与空间工作性能	236
第四节 墙、柱高厚比验算	240
第五节 砌体房屋的构造措施	246
第六节 过梁、墙梁、挑梁、雨篷	251
第七节 砌体房屋的抗震措施	257
思考题	271
习题	271
第八章 钢结构	273
第一节 建筑钢结构的材料	275
第二节 钢结构的连接	279
第三节 钢基本构件	302
第四节 轻钢屋盖	320
第五节 门式刚架轻型房屋钢结构	324

思考题	327
习题	327
第九章 结构施工图	329
第一节 结构施工图概述	331
第二节 砌体结构施工图	337
第三节 混凝土结构施工图平面整体表示方法	347
第四节 钢结构施工图	383
思考题	393
附录一 常用型钢表	394
附录二 某礼堂工程施工图	406
主要参考文献	430

A decorative graphic consisting of seven light gray squares arranged in a 3x3 grid, with the bottom-right square missing. The squares are positioned to the left of the chapter title.

第一章

绪 论

学习重点：建筑结构的概念；建筑结构的类型及其应用范围。

A decorative graphic consisting of five light gray squares arranged in a 3x2 grid, with the bottom-left square missing. The squares are positioned below the learning objectives.

第一节 建筑结构的的基本概念

一、建筑结构的定义

建筑是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所。各类建筑都离不开梁、板、墙、柱、基础等构件，它们相互连接形成建筑的骨架（图 1-1）。建筑物中由若干构件连接而成的能承受“作用”的平面或空间体系称为建筑结构，在不致混淆时可简称结构。建筑结构定义的内涵是：第一，建筑结构是指建筑物的承重骨架部分，不等同于建筑物，诸如门、窗等建筑配件以及框架填充墙、隔墙、屋面、楼地面、装饰面层等都不属于建筑结构范畴；第二，建筑结构除特殊情况下为单个构件（如独立柱），是由若干构件通过一定方式连接而成的有机整体，这个有机整体能够承受作用在建筑物上的各种“作用”，并可靠地传给地基。这里所说的“作用”，是使结构产生内力和变形的各种原因的统称，包括各种形式的荷载和地基变形、温度变化、地震作用等。关于“作用”的概念将在本书第二章第一节作进一步介绍。

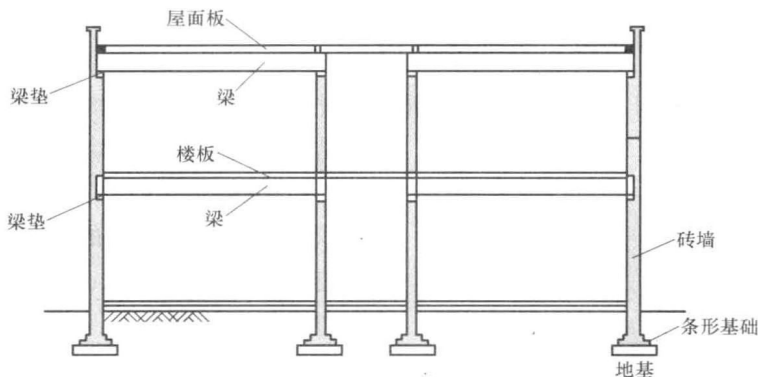


图 1-1 建筑结构的组成

二、建筑结构的组成

如前所述，建筑结构是由若干构件通过一定方式连接而成的。但是，由于建筑功能要求的不同，建筑结构的组成形式也有多种多样。相应地，组成建筑结构的构件的类型和形式也不一样。但它们基本上都可以分为以下三类：

- (1) 水平构件。包括板、梁、桁架、网架等，其主要作用是承受竖向荷载。
- (2) 竖向构件。包括柱、墙、框架等，主要用以支承水平构件或承受水平荷载。
- (3) 基础。基础是上部建筑物与地基相联系的部分，用以将建筑物承受的荷载传至

地基。

建筑结构还可分为上部结构和下部结构。上部结构通常是指天然地坪或±0.000以上的部分，以下部分则称为下部结构。上部结构又包括水平结构体系和竖向结构体系两部分。

在学习和计算上，可以将组成结构的各种构件按照受力特点的不同，归结为几类不同的受力构件，称为建筑结构基本构件，简称基本构件。建筑结构基本构件主要有以下几类：

(1) 受弯构件。截面受有弯矩作用的构件称为受弯构件。需要注意的是，受弯构件的截面上一般情况下还有剪力作用。梁、板是工程结构中典型的受弯构件。

(2) 受压构件。截面上受有压力作用的构件称为受压构件，如柱、承重墙、屋架中的压杆等。受压构件有时还有剪力作用。

(3) 受拉构件。截面上受有拉力作用的构件称为受拉构件，如屋架中的拉杆。受拉构件有时也伴有剪力作用。

(4) 受扭构件。凡是在构件截面中有扭矩作用的构件统称受扭构件，如雨篷梁、框架结构中的边梁等。单纯受扭矩作用的构件（称为纯扭构件）很少，一般情况下都同时作用有弯矩和剪力。

(5) 受剪构件。以剪力作用为主的构件称为受剪构件，如无拉杆的拱支座截面处。实际工程中，受剪构件的应用较少。

三、建筑结构的类型、特点及应用

建筑结构可按不同方法分类。按照所用的材料不同，建筑结构主要有混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构四种类型。

(一) 混凝土结构

以混凝土为主制作的结构称为混凝土结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

1. 素混凝土结构

素混凝土结构是指由无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构。

在建筑工程中一般只用作基础垫层或室外地坪。

2. 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构是指配置受力普通钢筋的混凝土结构（图 1-2）。混凝土的抗压强度较高，而抗拉强度很低，不宜用来受拉和受弯。钢筋的抗拉和抗压强度都很高，但单独用来受压时容易失稳，且钢材易腐蚀。二者



图 1-2 钢筋混凝土结构（施工中）举例

结合在一起工作,混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力,这样就可以有效地利用各自材料性能的长处,更合理地满足工程结构的要求。在混凝土内配置受力钢筋,能明显提高结构或构件的承载能力和变形性能。

钢筋混凝土结构的主要特点是:

(1) 就地取材。钢筋混凝土的主要材料砂和石一般都可由建筑工地附近提供,水泥和钢材的产地在我国分布也较广。

(2) 耐久性好。钢筋混凝土结构中,钢筋被混凝土紧紧包裹而不致锈蚀,即使在侵蚀性介质条件下,也可采用特殊工艺制成耐腐蚀的混凝土,从而保证了结构的耐久性。

(3) 整体性好。钢筋混凝土结构特别是现浇结构有很好的整体性,这对于有抗震设防要求的建筑具有重要意义,另外对抵抗暴风及爆炸和冲击荷载也有较强的能力。

(4) 可模性好。新拌合的混凝土是可塑的,可根据工程需要制成各种形状的构件,这给合理选择结构形式及构件断面提供了方便。

(5) 耐火性好。混凝土是不良传热体,钢筋又有足够的保护层,火灾发生时钢筋不致很快达到软化温度而造成结构瞬间破坏。

(6) 刚度大,承载力较高。

(7) 自重。一般混凝土自重为 $22\sim 24\text{kN/m}^3$,重混凝土达 25kN/m^3 以上,钢筋混凝土为 25kN/m^3 。结构自重大对抗震不利,也使钢筋混凝土在大跨度结构和高层结构中的应用受到限制。

(8) 抗裂性能差,隔声隔热性能差。

(9) 费工费模板,现浇结构尤为突出。

钢筋混凝土结构是混凝土结构中应用最多的一种,也是应用最广泛的建筑结构形式之一。在一般混合结构房屋中,预制或现浇钢筋混凝土结构被广泛用作楼盖和屋盖;在工业厂房中,大量采用钢筋混凝土结构,而且,在很大程度上可以利用钢筋混凝土结构代替钢柱、钢屋架和钢吊车梁;在多层与高层建筑中,多采用钢筋混凝土结构,在高200m以内的绝大部分房屋可采用钢筋混凝土结构。

3. 预应力混凝土结构

由于混凝土的抗拉强度和抗拉极限应变很小,钢筋混凝土结构在正常使用荷载下一般是带裂缝工作的。这是钢筋混凝土结构最主要的缺点。为了克服这一缺点,可在结构承受荷载之前,在使用荷载作用下可能开裂的部位,预先人为地施加压应力,以抵消或减少外荷载产生的拉应力,从而达到使构件在正常的使用荷载下不开裂,或者延迟开裂、减小裂缝宽度的目的。这种配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预应力的混凝土结构称为预应力混凝土结构。

同钢筋混凝土结构比较,预应力混凝土结构可延缓开裂,提高构件的抗裂性能和刚度,并可节约钢筋,减轻自重,但其构造、计算和施工均较复杂,且延性^①差。

^① 结构、构件或截面的延性是指从钢筋屈服开始直至达到最大承载能力(或达到最大承载能力以后但承载能力没有显著下降)期间的变形能力。延性差的结构、构件或截面,其后期变形能力小,在达到最大承载能力后会突然脆性破坏。因此,结构、构件或截面应具有一定的延性。

预应力混凝土结构目前在国内外应用非常广泛，特别是在大跨度或承受动力荷载结构，以及不允许开裂的结构中得到了广泛的应用。在房屋建筑工程中，预应力混凝土不仅用于屋架、屋面板、楼板、檩条、吊车梁、柱、墙板、基础等构配件，而且在大跨度、高层房屋的现浇结构中也得到应用。预应力混凝土结构还广泛应用于公路、铁路桥梁、立交桥、塔桅结构、飞机跑道、蓄液池、压力管道、预应力混凝土船体结构，以及原子能反应堆容器和海洋工程结构等方面。

（二）砌体结构

由块体（砖、砌块、石材）和砂浆砌筑的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构，它是砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构的统称。

砌体的抗压强度较高，而抗弯、抗拉强度很低，因此砌体结构很少单独用来作为整体承重结构。实际工程中，砌体结构主要用于房屋结构中以受压为主的竖向承重构件，如墙、柱等，而水平承重构件（如梁、板等）则采用钢筋混凝土结构、钢结构或木结构等（图 1-3）。这种由两种及两种以上材料构件组成的结构称为混合结构^①。

006



图 1-3 砌体结构（施工中）举例

砌体结构具有以下特点：

（1）取材方便，造价低廉。砌体结构所需用的原材料如黏土、砂子、天然石材等几乎到处都有，因而比钢筋混凝土结构更为经济，并能节约水泥、钢材和木材。砌块砌体还可节约土地，使建筑向绿色建筑、环保建筑方向发展。

（2）具有良好的耐火性及耐久性。一般情况下，砌体能耐受 400°C 的高温。砌体的耐腐蚀性能良好，完全能满足预期的耐久年限要求。

（3）具有良好的保温、隔热、隔声性能，节能效果好。

（4）施工简单，技术容易掌握和普及，也不需要特殊的设备。

^① 混合结构的含义较广泛。实际工程中有砌体-混凝土结构、砌体-钢结构、砌体-木结构等形式，其中最常见的是由砖墙（柱）和钢筋混凝土楼（屋）盖组成的砖混结构。高层混合结构一般是钢-混凝土结构，即由钢框架或型钢混凝土框架与钢筋混凝土筒体所组成的共同承受竖向和水平作用的结构。

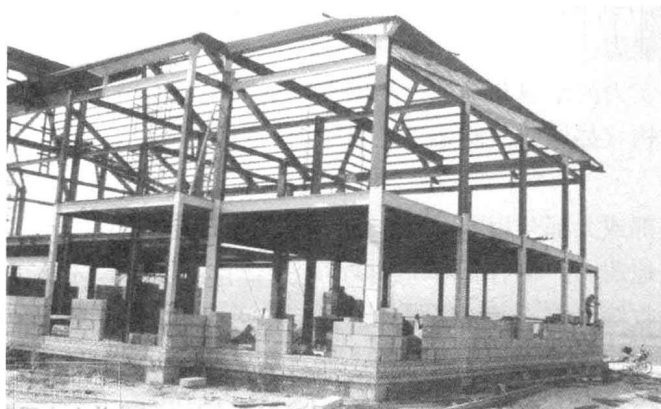
(5) 自重大, 砌筑工作繁重, 整体性差。在一幢砖混结构住宅建筑中, 砖墙自重约占建筑物总重的 $1/2$ 。

(6) 普通黏土砖砌体的黏土用量大, 要占用农田, 影响农业生产。为了保护土地资源, 国家已对黏土砖的使用作出明确限制。

砌体结构在多层建筑中应用非常广泛, 特别是在多层民用建筑中, 砌体结构占绝大多数, 并且经久不衰。一般五六层以下的民用房屋大多采用砌体墙承重和围护。目前国内在非地震区的砖混房屋已建到九层以上, 国外已建成二十层以上的砖墙承重房屋。砌体结构还被用来建造烟囱、料仓、地沟, 以及对防水要求不高的水池等。随着硅酸盐砌块、工业废料(炉渣、矿渣、粉煤灰等)砌块、轻质混凝土砌块, 以及配筋砌体、组合砌体的应用, 砌体结构必将得到进一步发展。

(三) 钢结构

钢结构系指以钢材为主制作的结构(图 1-4)。



(a)



(b)

图 1-4 钢结构(施工中)举例

钢结构具有以下主要特点:

(1) 材料强度高, 塑性与韧性好。钢材和其他建筑材料相比, 强度要高得多, 而且塑性、韧性也好。强度高, 可以减小构件截面, 减轻结构自重(当屋架的跨度和承受荷

载相同时,钢屋架的重量仅为钢筋混凝土屋架的 $1/4 \sim 1/3$),也有利于运输吊装和抗震;塑性好,结构在一般条件下不会因超载而突然断裂;韧性好,结构则对动荷载的适应性强。

(2) 材质均匀,各向同性。钢材的内部组织比较接近于匀质和各向同性体,当应力小于比例极限时,几乎是完全弹性的,和力学计算的假定比较符合。这对计算准确和保证质量提供了可靠的条件。

(3) 便于工厂生产和机械化施工,便于拆卸。钢结构的可焊性好,制造简便,并能用机械操作,精确度较高。构件常在金属结构厂制作,在工地拼装,可以缩短工期。

(4) 具有优越的抗震性能。

(5) 无污染、可再生、节能、安全,符合建筑可持续发展的原则。

(6) 易腐蚀,因而维护费用较高。

(7) 耐火性差。钢材长期经受 100°C 辐射热时,强度不会发生大的变化。但当温度达到 250°C 时,钢结构的材质将会发生较大变化;当温度达到 500°C 时,结构会瞬间崩溃,完全丧失承载能力。

随着我国经济实力的增强和钢产量的增加,钢结构的应用正日益增多,尤其是在高层建筑及大跨度结构(如屋架、网架、悬索等结构)中。

(四) 木结构

木结构是指全部或大部分用木材制作的结构(图 1-5)。

木结构易于就地取材,制作简单,对环境污染小,同时木材具有材质轻、强度较高、可再生、可回收等优点,所以很早就已经被广泛地用来建造房屋和桥梁。但由于木材资源短缺,木材使用受到国家严格限制,加之木材易燃、易腐蚀、变形大,因此现在已很少采用。



(a)

图 1-5 木结构举例(一)

(a) 传统木结构



(b)

图 1-5 木结构举例 (二)

(b) 现代木结构

第二节 建筑结构的发展概况

一、建筑结构的发展历史

建筑结构有着悠久的历史。我国的万里长城、埃及的金字塔（建于公元前 2700 年～前 2600 年）都是世界结构发展史上的辉煌之作。

砌体结构应用历史悠久。约在 8000 年以前，人类已开始用晒干的砖坯、木材建造房屋。我国在 3000 多年前的西周时期已开始生产和使用烧结砖，在秦、汉时期，砖瓦已广泛应用于房屋结构。目前，高层砌体结构已开始应用，我国已建成 12 层的砌体结构房屋。

木结构也具有悠久的历史。新石器时代，我国黄河中游的民族部落，在利用黄土层为壁体的土穴上，用人字木架和草泥建造简单的浅穴居，首创了木结构房屋。位于山西省应县的释迦木塔（俗称应县木塔），建于辽清宁二年（公元 1056 年），是我国现存最高最古的一座木构塔式建筑（图 1-6）。木塔建造在 4m 高的台基上，塔高 67.31m，底层直径 30.27m。整个木塔共用红松木料 3000m³，2600 多吨重。

钢结构用于建造桥梁已有约 2000 年历史。公元 50～70 年建造的兰津铁悬索桥是世界上最古老的铁桥。钢结构开始大量用于房屋建筑则始于 19 世纪末至 20 世纪初。钢结构应用于高层建筑，始于美国芝加哥家庭保险大楼，铸铁框架，高 11 层，1883 年建成。目前，世界上最高的钢结构房屋——马来西亚吉隆坡石油大厦的高度达 450m。