

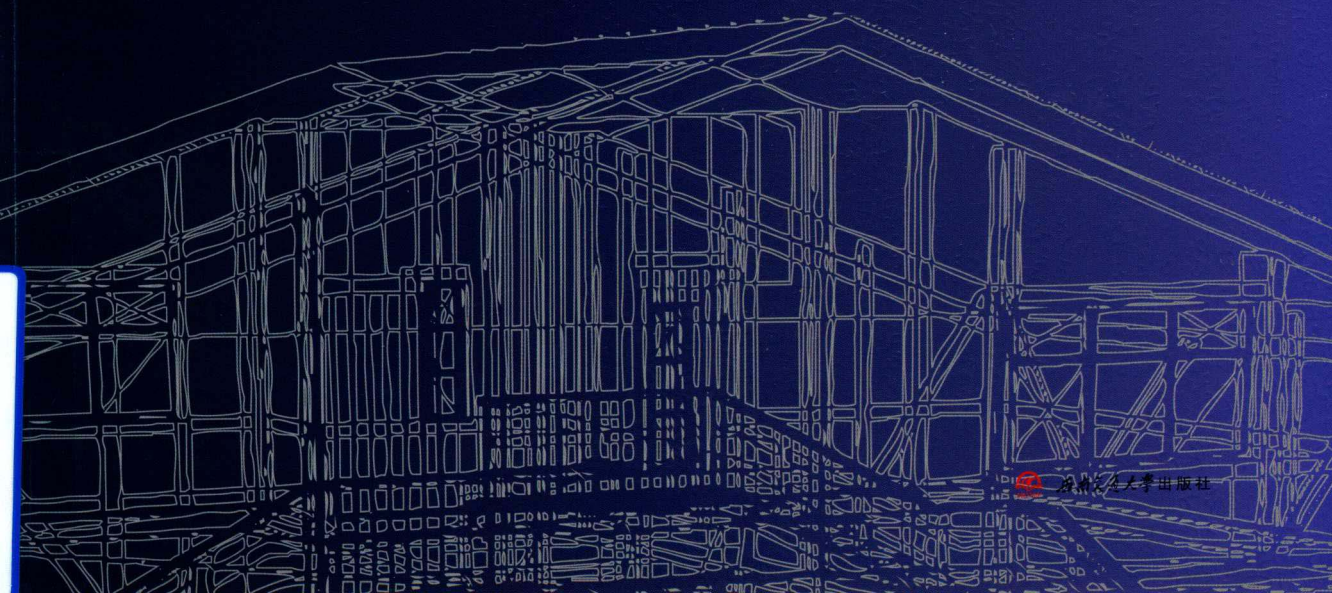


高等教育“十三五”规划系列教材

建筑结构体系

JIANZHU JIEGOU TIXI

主编◎孟 萍 张 敏



郑州大学出版社



高等教育“十三五”规划系列教材

建筑结构体系

JIANZHU JIEGOU TIXI

主 编 ⊙ 孟 萍 张 敏
副主编 ⊙ 陈积普 董 博

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

建筑结构体系 / 孟萍, 张敏主编. —成都: 西南
交通大学出版社, 2018.10
ISBN 978-7-5643-6545-5

I. ①建… II. ①孟… ②张… 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 (2018) 第 245932 号

建筑结构体系

主 编 / 孟 萍 张 敏

责任编辑 / 姜锡伟

助理编辑 / 宋浩田

封面设计 / 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564 028-87600533

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 12 字数 254 千

版次 2018 年 10 月第 1 版 印次 2018 年 10 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-6545-5

定价 39.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着科学技术的迅速发展,各类学科的分工越来越细,在土木工程专业范围内建筑学、城市规划、结构工程、地基基础、施工组织、施工技术、房屋设备等许多学科发展都很快。各门学科有自己的研究侧重面,这对科学的发展十分重要。然而,一座优秀的建筑是各专业人员共同创造的产物,过细的分工会使人们不能从总体上来考虑问题,容易出现很大分歧,很难设计出从造型、使用功能、结构安全、经济各方面都堪称完美的经典之作。

本书是大学本科层次的教材,较全面系统地介绍了常用的建筑结构型式,包括梁板、屋架、刚架、拱、薄壁空间结构、网架、网壳、索承结构、膜结构、高层建筑结构等。对上述各种结构型式分别介绍其结构组成、受力特点、布置方式、适用范围、构造要点等。编写时力求对各种结构型式的系统归纳,给读者一个完整的结构体系的概念,同时又注意介绍国内外各种结构体系的实例,巩固和加深对这些概念的认识。

本书由孟萍、张敏担任主编,陈积普、董博担任副主编。本书可作为高等院校工程造价、工程管理、建筑学、城市规划及相近专业、土木工程等专业的学生学习结构概念、体系的教材,也可作为建筑、结构设计人员和建筑工程技术人员的参考书。

由于作者水平所限,书中难免疏漏之处,希望读者批评指正。

作 者

2018年6月

目 录

1 绪 论	1
1.1 结构体系	1
1.2 一些重要的结构概念	3
2 梁、板结构	12
2.1 板式结构	12
2.2 梁板式结构	16
2.3 工程实例	23
3 桁架结构	26
3.1 桁架结构的特点	26
3.2 屋架结构的形式和适用范围	31
3.3 屋架结构的选型	39
3.4 工程实例	44
4 单层刚架结构	50
4.1 刚架结构的受力特点	50
4.2 单层刚架结构的形式	55
4.3 刚架结构的构造与布置	59
4.4 工程实例	62
5 拱结构	65
5.1 拱的演变	65
5.2 拱结构的类型	70
5.3 拱的受力特点	71
5.4 工程实例	73
6 薄壁空间结构	77
6.1 概 述	77
6.2 薄壳结构的曲面形式	78
6.3 圆 顶	82
6.4 筒 壳	88
6.5 双曲扁壳	95
6.6 鞍壳、扭壳	97
6.7 折 板	101

7	网架结构	106
7.1	网架结构的特点与适用范围	106
7.2	网架的结构形式	107
7.3	网架的杆件与节点	115
7.4	网架的支承方式与支座节点	116
7.5	网架的屋面做法与屋面坡度	121
7.6	工程实例	123
8	网壳结构	126
8.1	概 述	126
8.2	网壳的分类	127
8.3	工程实例	134
9	索承结构	137
9.1	索承结构概述	137
9.2	索承体系桥梁——悬索桥	137
9.3	索承体系桥梁——斜拉桥	144
9.4	悬索屋盖结构	150
9.5	索承结构的刚度问题	154
10	膜结构	155
10.1	概 述	155
10.2	膜结构的材料	156
10.3	膜的剪裁与连接	158
10.4	膜结构的类型	159
10.5	工程实例-国家游泳中心(水立方)	161
11	高层建筑结构	163
11.1	概 述	163
11.2	框架结构	165
11.3	剪力墙结构	167
11.4	框架—剪力墙结构	171
11.5	板柱-剪力墙结构	173
11.6	钢框架-支撑(延性墙板)结构	174
11.7	筒体结构	175
11.8	巨型结构体系	178
11.9	房屋适用高度和高宽比	179
	参考文献	184

1 绪 论

随着科学技术的迅速发展，各类学科的分工越来越细，在土木工程专业范围内，建筑学、城市规划、结构工程、地基基础、施工组织、施工技术、房屋设备等许多学科发展都很快。各门学科有自己的研究侧重面，这对科学的发展十分重要。然而，一座优秀的建筑是各专业人员共同创造的产物，过细的分工会使人们不能从总体上考虑问题，容易出现分歧，很难设计出造型、使用功能、结构安全、经济各方面都堪称完美的经典之作。

本书的主要目的是通过学习，使学习者在熟悉各种结构体系的基本力学特点、应用范围以及施工中必须采用的设备和技术措施的同时，领悟出一些新的思考和分析问题的思路，在建筑设计方案阶段，不过分纠结于每根杆件或者一个局部的受力，避免只见树木不见森林，学会从整体的角度去考虑并建议最适宜的结构体系方案，使之与建筑功能与和建筑造型有机结合，形成建筑结构的完美统一。

1.1 结构体系

建筑结构不是结构构件的简单组合，而是将各种结构构件有效地组合成结构体系，以承受各种可能的外部作用。

一般在设计这些构件时，主要计算直接作用在这些构件上的荷载和由这些荷载引起的内力，然后进行构件设计、配筋计算以及结构设计等。然而，由许多构件组合成为结构体系后每个构件只是整体结构体系中的一部分或一根杆件，它们在结构受力体系中的受力状态和变形情况与构件设计时的计算简图不同。以单层厂房中的屋架为例，设计屋架只考虑用屋架来承受作用在屋架平面内的荷载。屋架能承受很大的竖向荷载，也有很大的抗弯刚度。但屋架在其平面外方向（垂直于屋架平面方向）的刚度和承载力都非常小，甚至可以忽略不计。但完成屋盖支撑系统和盖上屋面板以后，屋盖就成为一个刚性很大的“刚性盘体”，可以承受各个方向的荷载，协调各柱的变形。此时，屋架只是屋盖体系的一部分，甚至只相当于整个屋盖体系的“加劲肋”，那么，由于整个结构体系受力而在屋架中每根杆件上产生的内力就很小，甚至在设计中都可以忽略不计了。所以，如何将各结构构件组成有效的结构体系，对结构设计人员来说是十分重要的，特别在高层建筑、大跨度建筑和抗震结构设计中显得尤为突出。

结构设计中都要求解结构内力，可是在许多情况下引起内力的荷载是含糊不清的。例如，地基不均匀沉降时的结构内力，由于地基和结构的交互作用，实际结构的内力很难准确求出。再如，抗震设计中，地震烈度本身就是个随机变量，地震荷载是个惯性力，它与结构的刚度有关，随着地震的发展，结构刚度也在变化。尽管人们对地震作用已进行了大量的调查研究，但至今房屋的抗震设计主要还依靠“概念设计”，即提高结构的整体性，形成可靠的结构体系，以抵抗各种可能的不利作用。可见，把房屋组成可靠的结构体系才是关键。

以常见的混合结构房屋为例，设置圈梁和构造柱对形成结构体系十分有利。当地基产生不均匀沉降时，房屋就会有较大的整体变形，如图 1.1.1 所示。整个房屋可以看作一个受弯的“梁”，当房屋中部下沉时，设在基础顶面的圈梁就像“梁”的配筋一样承受拉力。尽管圈梁的配筋很少（一般只配 $4\phi 10$ 或 $4\phi 12$ ），然而这根梁的高度很高，相当于房屋总高，内力臂很大，很少几根钢筋就可以承受这个弯矩，阻止砌体开裂，并减少不均匀沉降。反之，当房屋两端下沉时，则设在房屋顶部的圈梁受拉，起到相同的作用。

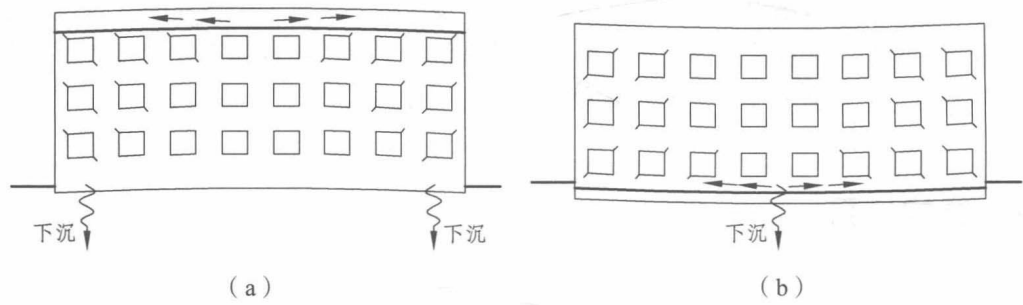
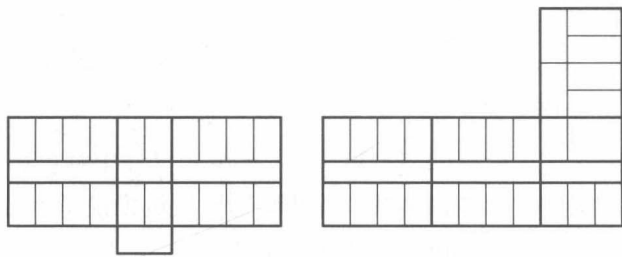


图 1.1.1 地基不均匀沉降时圈梁的作用

在混合结构的抗震构造中还广泛采用构造柱。构造柱没有独立的基础，和圈梁一样，截面小，配筋少，往往不被重视。然而，构造柱和圈梁像从整体上对砌体房屋加的竖向和水平向的箍一样，把房屋紧紧地捆绑在一起，如图 1.1.2 所示。可以看出，构造柱不是“柱”，它在抗震中主要起捆绑作用，从本质上讲也只是个拉杆。地震时，尽管房屋的局部可能受损，但构造柱和圈梁保证房屋整体不散架、不坍塌，从而有效提高了房屋的抗震能力。



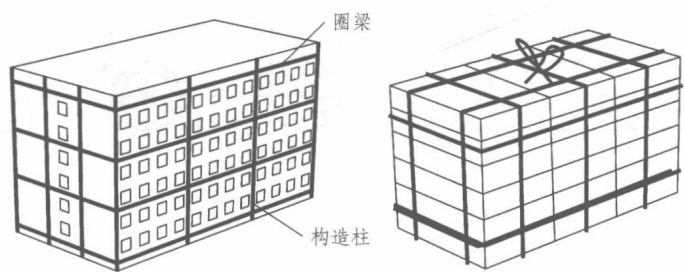


图 1.1.2 圈梁和构造柱对房屋的捆绑作用

1.2 一些重要的结构概念

“结构概念”简单地说，是人们对建筑结构的一般规律及其本质特征的认识。正确的结构概念使人们能深刻理解结构的受力特性，组成更有效的结构体系，使设计更加完善。

1.2.1 基本受力状态

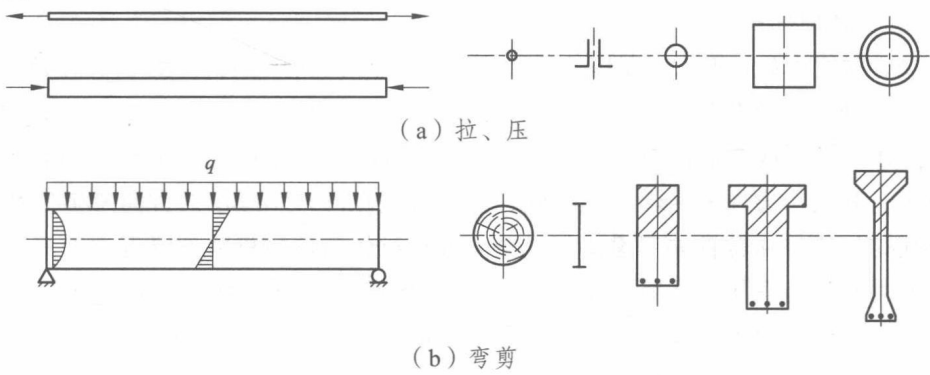
构件的基本受力状态可分为拉、压、弯、剪、扭五种，如图 1.2.1 所示。一般构件的受力状态都可分解为这几种基本受力状态。

1. 轴心受拉

轴心受拉是最简单的受力状态。不论杆件截面形状如何，只要外力通过截面中心，截面上各点受力均匀，构件上任意一点的材料强度都能被充分利用。以有明显屈服点的钢拉杆为例，抗拉承载力 N 可表达为

$$N \leqslant A f_y \tag{1.2.1}$$

式中 N ——轴力设计值；
 A ——拉杆截面面积；
 f_y ——材料屈服强度。



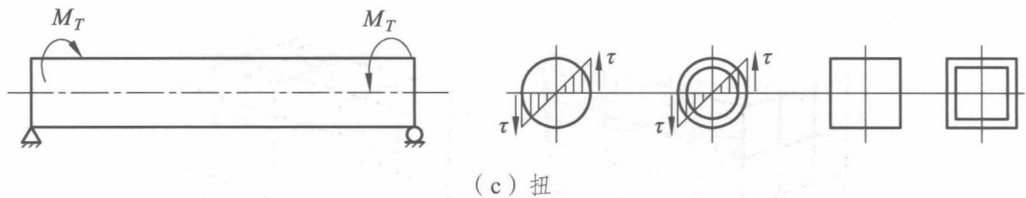


图 1.2.1 基本受力状态

对于适合抗拉的材料（如钢材），轴心受拉是最经济合理的受力状态。

目前，我国生产的高强钢丝强度已达到 1860 N/mm^2 ，一根 $7\phi 5$ 钢绞线的截面面积为 139 mm^2 ，还没有手指粗，而其最大负荷可达 259 kN 。新型碳素纤维的抗拉强度更高，自重更轻。可见，在结构构件中利用受拉应力状态是合理的。

2. 轴心受压

轴心受压与轴心受拉相比截面应力状态完全相同，截面上应力分布均匀，只是拉压方向相反，对于适合受压的材料（如混凝土、砌体以及钢材等）也是很好的受力状态。但受压构件较细长时会有稳定问题，偶然的附加偏心会降低构件承载力，甚至引起失稳。抗压承载力 N 表达为

$$N \leq \varphi A f \quad (1.2.2)$$

式中 N ——压杆的压力设计值；

A ——压杆截面面积；

f ——材料抗压强度设计值；

φ ——随杆件长细比 λ 增大而减小的强度折减系数。

长细比 λ 为构件计算长度 H_0 与回转半径 i 的比值，即

$$\lambda = H_0 / i$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

式中 I ——截面惯性矩；

A ——截面面积。

可见，为使系数 φ 增大，在构件截面不变的情况下必须尽可能增大截面回转半径 i 。

由于压杆失稳总在截面回转半径最小的地方发生，所以对于轴心受压杆件，环形截面最为合理，圆形或方形截面也较为合理。工字形截面、角钢或双角钢等也可作压杆使用，但由于其两个方向的回转半径不同，往往首先在回转半径小的方向发生失稳。

现代结构构件通常首先考虑使用混凝土或钢材作为抗压材料，混凝土以其成本低、强度高而得到普遍采用。目前，我国已能生产 C80（或 C85）高强商品混凝土。但自重较大，限制了它的使用范围，因而，轻质高强混凝土的研究有着广阔的前景。钢材强度

高,使用截面小,从而自重轻,但价格高,因而主要用在大跨度结构、重型结构或超高层建筑中。

3. 弯和剪

弯和剪往往同时发生,工程中纯弯或纯剪情况很少。以常见的简支梁为例,跨中弯矩最大,支座附近弯矩很小;而剪力是支座附近最大,跨中很小。弯矩 M 和剪力 V 沿构件长度的分布很不均匀。

在弯矩 M 作用下,截面正应力的分布规律可表达为

$$\sigma = \frac{M}{I} y \quad (1.2.3)$$

式中 σ ——截面正应力;

M ——截面上作用的弯矩;

I ——截面惯性矩;

y ——所求应力点距中和轴的距离。

从上式可见,截面上下边缘离中和轴最远处正应力最大。截面中间部分应力很小,材料强度不能充分利用。若用圆木做梁,圆截面最宽的部分应力最小,而应力最大的上下边缘宽度反而较小,可见用圆木做梁是很不经济的。工字形截面的上下翼缘较厚,腹板较薄,作为受弯构件就比较合理。对于钢筋混凝土受弯构件,受拉区混凝土的抗拉能力可以忽略,由钢筋来承担拉力,可见受拉区混凝土不仅不能提供有效的强度,而且由于自重较大,还成了自身的负担。所以,对于较大跨度的钢筋混凝土梁,应做成 T 字形截面或受拉翼缘较小的工字形截面。

剪力在截面上引起的剪应力也是很不均匀的,根据材料力学知识,剪应力沿截面高度的分布规律可表达为

$$\tau = \frac{VS}{Ib} \quad (1.2.4)$$

式中 τ ——剪应力;

V ——截面剪力;

I ——截面惯性矩;

b ——截面宽度;

S ——所求应力点以上部分截面的净矩。

由此可见,剪应力在截面中和轴处最大,截面上下边缘为零。

对于矩形截面梁,无论受弯或受剪,截面的材料强度都不能充分利用。由于弯矩 M 和剪力 V 沿构件长度分布也不均匀,弯矩跨中大、支座处为零,而剪力支座处最大、跨中为零。所以对于等截面受弯、受剪构件,材料的利用率比拉杆或压杆要低得多。当然,做成 T 字形或工字形截面相对要合理一些。无论从承载力或刚度考虑,适当提高截面惯

性矩是合理的。

近年来,混凝土的研究已使抗压强度为 200 MPa 级的活性粉末混凝土能在工程中应用。这种混凝土有超高的强度和超好的韧性与延性,并且具有很好的耐久性。活性粉末混凝土还具有高抗剪强度,从而可在结构中承受剪切荷载,梁中完全可去除辅助配筋,其性价比可与钢材竞争。当然,现在对其力学性能的研究还是刚刚起步,特别是疲劳、断裂性能等方面有待深入系统研究。

4. 扭

构件受扭时,由截面上成对的剪应力组成力偶来抵抗扭矩,截面上的剪应力在边缘上大,中间小;截面中间部分的材料应力小,力臂也小。计算和试验研究表明,空心截面的抗扭内力和相同截面的实心截面十分接近。受扭构件采用环形截面为最佳,方形、箱形截面也较好。例如,电线杆在安装电线过程中由于拉力不对称,可能形成较大扭矩,所以一般都采用离心法生产的钢筋混凝土管柱。

综上所述,轴心抗拉是最合理的受力状态,尤其对高强钢丝等抗拉强度高的材料特别合理。目前,悬索、悬挂结构得到广泛应用,就是利用了轴心受拉的合理力学状态。在悬挂式房屋建筑中,采用高强度钢绞线组成的拉索截面很小,甚至可以隐藏在窗框内,这样可以为人们提供开阔的视野;轴心受压虽然要考虑适当采用回转半径较大的截面形式,但由于其截面材料得以充分利用,也是很好的受力状态,尤其对石材、混凝土、砌体等抗压强度高而抗拉强度很差的材料。这类材料一般可就地取材,价格较低。例如石拱桥就是充分利用了石材抗压强度高的特点,结构经济合理。弯剪也是常见的受力状态,但对截面材料的利用不充分。这种受力状态在工程中不可避免,选用合理的截面形式和结构形式就很重要。对于较大跨度的梁,如果改用桁架,梁中的弯矩和剪力便改变为桁架杆件的拉、压受力状态,材料得以充分利用。桁架和梁相比可节省材料,自重能减轻很多,因而可跨越更大的跨度,但需要较高的结构高度。扭转是对截面抗力最不利的受力状态,但工程中很难避免。例如,吊车梁是受弯构件,主要承受弯矩和剪力,但当厂房使用多年发生变形后,吊车荷载有可能偏离梁截面的中心,尽管偏心距 e 可能不大,但竖向荷载 $D_{\max}$ 很大,形成扭矩 $M_T = D_{\max}e$,有可能使吊车梁发生受扭破坏。另外,如框架边梁、旋转楼梯等,都存在较大的扭矩,设计中应引起注意。除了选用合理的截面形式,更应注意合理的结构布置,尽量减少杆件的扭矩。

1.2.2 材料对结构体系的影响

如图 1.2.2 所示,同样是受弯构件,但用不同性质的材料做成,在相同的受力状态下都会产生完全不同的破坏状态。

图 1.2.2 (a) 为石材或素混凝土梁,由于其抗拉强度 f_t 远小于抗压强度 f_c ,当拉应

力 σ_t 超过材料抗拉强度时梁就会开裂破坏,破坏由 $\sigma_t > f_t$ 引起。图 1.2.2 (b) 所示为钢管受弯,钢材的拉压强度是相同的,即 $f_t = f_y'$,但由于受压时可能引起较薄的管壁局部失稳,当 $\sigma_c > \varphi f_y'$ 时,受压区局部屈服早于受拉区破坏。图 1.2.2 (c) 所示,为一根木梁,由于天然木材有弯曲,切割成矩形木梁时木纹与梁轴不平行,而木材的横纹抗拉强度远小于顺纹抗拉强度,在主拉应力 σ_{pt} 作用下,当大于木材横纹抗拉强度 f_t^w ,即 $\sigma_{pt} > f_t^w$ 时,就发生斜向撕裂。可见材料性质对构件的破坏有直接影响。

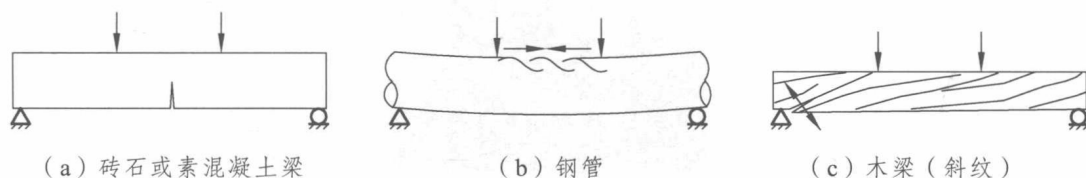


图 1.2.2 材料对结构破坏形式的影响

根据结构可靠度的知识,要保证结构安全可靠,应当使结构对荷载的作用效应 S 小于相应的结构抗拉 R ,即

$$S \leq R$$

上述例子相应的表达式为应力小于强度,即分别为

$$\sigma_t \leq f_t$$

$$\sigma_c \leq \varphi f_c$$

$$\sigma_{pt} \leq f_t^w$$

可见,在结构设计中应当充分考虑各种材料特性,做到材尽其用。以下几个方面应在设计中给予充分考虑。

1. 充分发挥材料特性

常用建筑材料主要包括砌块、混凝土、木材、钢材等。砌体和混凝土价格相对较低,是很好的抗压材料,但自重大,不适宜建造高层和大跨度建筑。我国古代受当时建筑材料所限,有不少砌体建成的高塔。例如著名的西安大雁塔(建于公元 952 年),如图 1.2.3 所示。正方形塔身底层为 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$;共 7 层,高 64 m。底层墙厚达 9.15 m,中间只剩不到 $7\text{ m} \times 7\text{ m}$ 的有效空间。虽然几经修缮,但大雁塔经历了 1 300 多年能保留至今,还是反映了当时我国砌体结构很高的设计水平。但从今天的设计角度分析,用砌体建造高塔显然不合理,巨大的自重使下部地基不堪重负。据观测,由于长期大量抽取地下水,自 1985 年 6 月至 1992 年 10 月,大雁塔下沉了 585 mm,塔顶倾斜达 1005 mm,之后采取了一系列有效措施,塔顶倾斜才有所扶正。



图 1.2.3 西安大雁塔

钢材的强度高，适用于高层和大跨度结构。

木材质量轻，顺纹抗拉强度大，抗压强度较高，也是很好的建筑材料，但防火、防腐性能差，且大量使用不利于生态环保。目前木材少用于结构构件。

2. 选用合理的截面形状及结构形式

合理的截面形状及结构形式对实现结构的安全、经济有着重要的意义。图 1.2.4 为几种工程中常见的截面形式和结构形式。就截面形式而言，受拉的悬索结构用高强钢丝、钢绞线或钢丝束最为合理。建造实体拱如果采用天然石材是很好的选择。热轧工字型钢作为受弯构件，较宽的翼缘主要承受弯曲正应力，较薄的腹板主要承受剪应力，与矩形截面相比，既节省了材料，又减轻了自重。又如，用离心法生产的管柱作电线杆，无论受弯、受剪和受扭都较为合理，光洁的表面又经济耐久。较大型的构件，例如拱形桁架，由于外形与弯矩图相似，可使上、下弦杆内力沿长度方向几乎处处相等，使用等截面的弦杆比较经济合理，在满跨荷载作用下腹杆内力几乎为零。

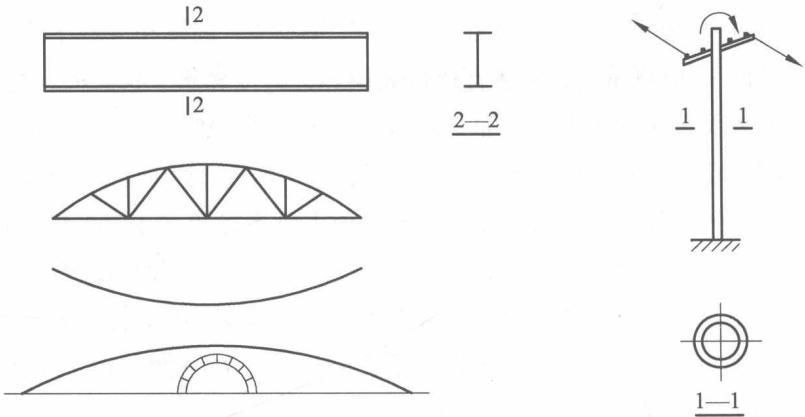


图 1.2.4 工程中常见的几种结构形式和截面形状

3. 采用组合结构，充分发挥材料特性

钢筋混凝土结构本身就是钢筋和混凝土组合而成的，是最为常见的组合结构。现代建筑中采用的钢梁、压型钢板和混凝土组成的楼盖系统是一种新型的组合结构，压型钢板既是施工时混凝土的“模板”，同时又是混凝土楼板的“钢筋”，如图 1.2.5 (a) 所示。

钢木桁架是过去常用的组合结构之一，其中木材主要受压，用钢拉杆受拉，拉杆常采用槽钢、角钢或圆钢，钢木桁架比木桁架轻巧得多。目前，常见的用圆钢作拉杆和钢筋混凝土斜梁组成的三铰拱屋架也是很好的组合结构，如图 1.2.5 (b)、1.2.5 (c) 所示。

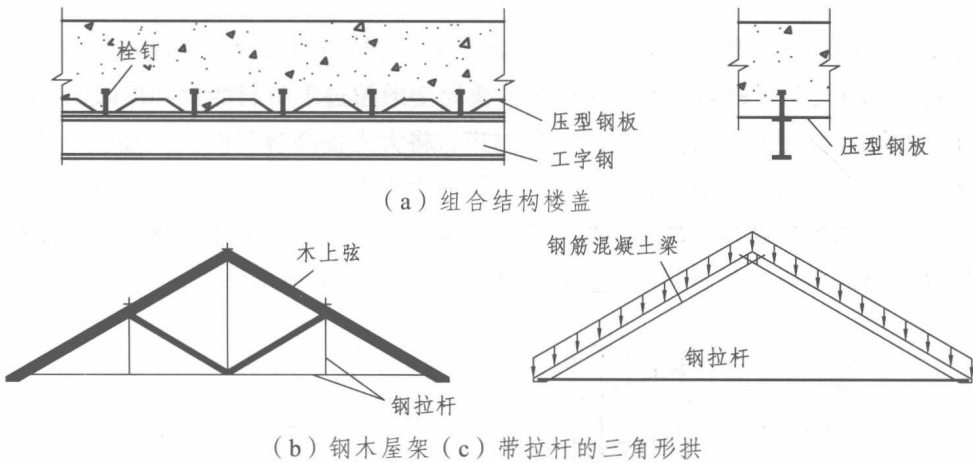


图 1.2.5 组合结构

在大型建筑结构中还可以看到一些悬索结构的屋面与大型钢筋混凝土拱（或框架）组成的结构形式。如图 1.2.6 所示为美国明尼亚波利斯联邦储备银行大楼，共 11 层，横跨在高速公路上，跨度达 83.2 m，用悬索作为主要承重结构，悬索锚固在两侧的两个筒体结构上。

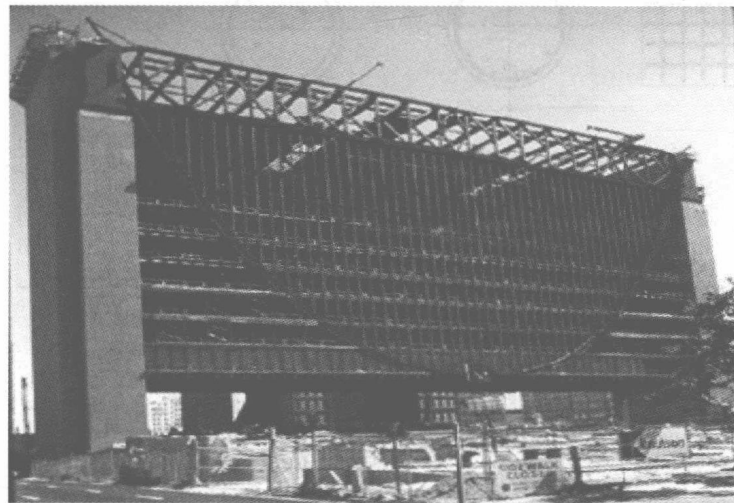


图 1.2.6 施工中的美国明尼亚波利斯联邦储备银行大楼

筒体承受大楼的全部竖向荷载。柱顶设有大梁，整个大楼就支承在悬索和顶部大梁上。索的水平力由柱顶大梁来平衡，相当于给大梁施加一个压力。悬索材料采用高强钢丝索，每束钢丝的总面积大致相当于外径 106 mm 左右的钢丝束。这对于如此跨度和高度的建筑结构承重体系，已是十分经济合理的。

可见，发挥想象，深入研究，充分利用材料特性，是可以设计出出色的组合结构体系的。

4. 利用三向受压应力状态，提高材料的强度和延性

混凝土和砌体这类脆性材料的抗压强度很高，而抗拉强度很低，两者相差悬殊。从本质上讲，混凝土受压破坏是由于受压时的横向变形超过了材料的拉伸极限变形而引起的破坏。如果对材料的横向变形提供一些约束，将大大提高材料的抗压强度。材料在三向受压力状态下不仅强度提高，其抵抗变形的内力也大大增强，利用这种特性可改善结构的承载能力和提高结构构件的延性。工程中常见的网状配筋砌体以及螺旋钢箍柱等都是利用这种原理来提高材料强度的，如图 1.2.7 (a)、(b) 所示。

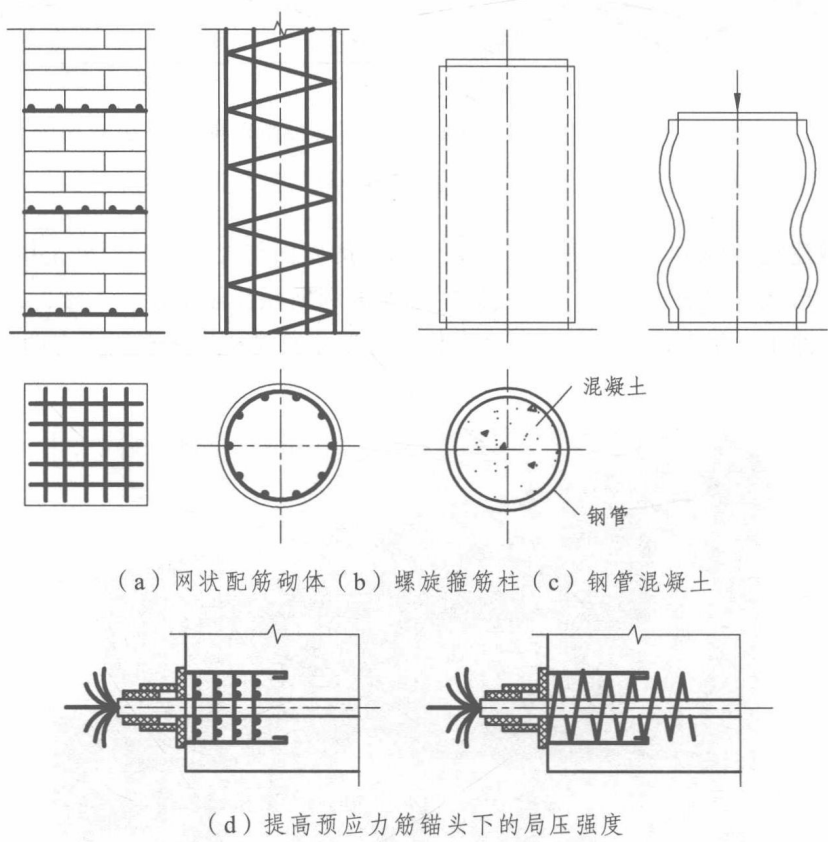


图 1.2.7 工程中三向受压状态的应用实例

抗震结构梁、柱节点附近往往要加密箍筋，其目的也是利用加密箍筋的横向约束对

节点附近混凝土提供三向压应力状态,从而大大改善节点处混凝土的塑形性能,提供结构在地震作用下的延性,增强房屋的抗震能力。

在后张预应力混凝土结构的预应力钢筋锚固端附近,局部压应力很高,为提高混凝土的局部承压强度,可在锚固端附近局部设横向钢筋网或螺旋钢筋,以提高锚头以下混凝土的局部抗压承载力,如图 1.2.7 (d) 所示。

近年来发展起来的钢管混凝土结构是在钢管中浇灌混凝土,由管内混凝土承受压力、外部钢管提供侧向约束的组合结构,如图 1.2.7 (c) 所示,也是利用三向受压来提高构件承载力和延性的实例。其承载力比管中混凝土及外围钢管分别受压的承载力大得多。从受压试件可以看到,即使压到钢管屈服起皱达 10 ~ 20 mm,剖开后试件内部混凝土基本完好,有时甚至没有明显裂缝。当然,三向受压状态对于偏心受压或长细比较大的构件是不适用的,因为此时构件的破坏往往由抗拉强度或稳定性控制。

复习思考题

1. 简述在混合结构中圈梁和构造柱的作用。
2. 结构基本受力状态分为那几种? 分析这几种受力状态的合理性并熟悉常见结构构件的受力形式。
3. 举例说明建筑工程中常见的利用三向受压应力状态提高材料的强度和延性的做法。