

# 高层建筑结构

群聊: 高层建筑结构 1-2024

蒋欢军  
土木工程学院  
结构防灾减灾工程系



## 教材和参考书

- ✓ 吕西林主编,《高层建筑结构》(第4版), 武汉理工大学出版社, 2024年
- ✓ 建筑结构荷载规范 GB 50009-2012
- ✓ 建筑抗震设计规范 GB 50011-2010 (2024版)
- ✓ 建筑地基基础设计规范 GB 50007-2011
- ✓ 高层建筑混凝土结构技术规程 JGJ3 - 2010
- ✓ 高层民用建筑钢结构技术规程 JGJ99 - 2015
- ✓ 高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程 CECS 230: 2008
- ✓ 多高层木结构建筑技术标准 GB/T 51226-2017

2

## 第一章 绪论

- 1.1 高层建筑的特点
- 1.2 高层建筑的发展概况
- 1.3 高层建筑结构体系的发展



3

### 1.1 高层建筑的特点

#### 1.1.1 高层建筑的定义

- ✓ 我国《高层建筑混凝土结构技术规程》: 10层及10层以上或房屋高度大于28m的住宅建筑、以及房屋高度大于24m的其他民用建筑为高层建筑;《建筑设计防火规范》: 高度超过24m为高层建筑, 高度超过100m为超高层建筑。
- ✓ 联合国教科文组织所属的世界建筑委员会: 在1972年召开的国际高层建筑会议上将9层及以上建筑称为高层建筑。
- ✓ 世界高层建筑与都市人居学会(CTBUH): 高度超过300m的建筑为超高层建筑。
- ✓ 日本: 建设省指针规定7层及以上为高层建筑, 60m以上为超高层建筑; 消防法规定超过31m为高层建筑。

4

#### 1.1.2 建筑特点

##### ➤ 优点

- ✓ 提高土地利用率, 增加绿化面积, 改善城市环境。
- ✓ 使城市功能更为集中, 减少城市交通流量, 提高工作效率。
- ✓ 缩短道路、市政建设线路, 节省市政建设投资。

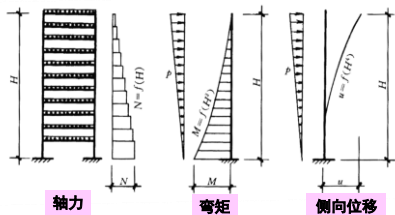
##### ➤ 缺点

- ✓ 施工周期长, 管理复杂, 造价昂贵。
- ✓ 难以充分利用天然采光、通风等自然资源, 能量消耗大。
- ✓ 影响附近建筑的采光、日照、风场, 对周边环境影响大。
- ✓ 对消防设施的要求高。
- ✓ 人口和财富高度集中, 灾害损失大。

5

#### 1.1.3 结构特点

- ✓ 侧向力(风或水平地震作用)成为影响结构内力、变形及建筑物土建造价的主要因素。
- ✓ 对于高层建筑结构, 考虑水平力的作用比竖向力更为重要。



6

1.2 高层建筑的发展概况

➤ 高层建筑的产生

- ✓ 城市人口大量集聚
- ✓ 地价昂贵
- ✓ 高层建筑起源于美国：**1885年**在芝加哥建成了**家庭保险大楼** (10层、42m、Home Insurance Building)



7

[https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_Tower)

- 1889年埃菲尔铁塔建成
- Eiffel Tower (1887-1889)



古斯塔夫·爱菲尔  
Gustave Eiffle



8



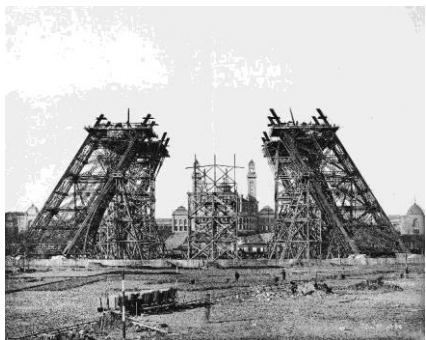
foundations were started on 28 January 1887, and completed on 30 June

9



The start of the erection of the metalwork, since July, 1887

10



7 December 1887: Construction of the legs with scaffolding.

11



20 March 1888: Completion of the first level.

12



15 May 1888: Start of construction on the second stage.

13



21 August 1888: Completion of the second level.

14



26 December 1888: Construction of the upper stage.

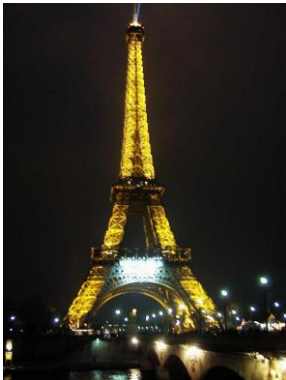
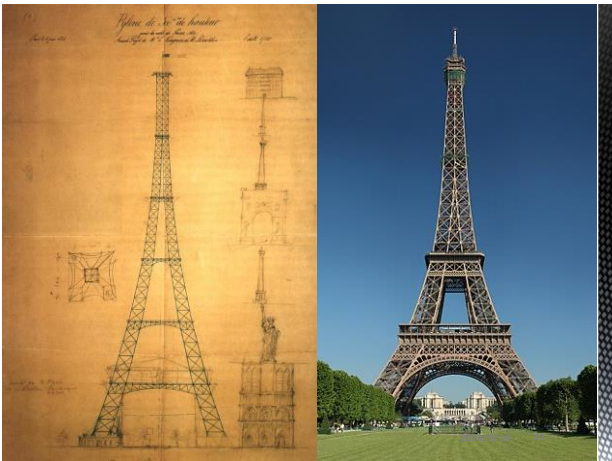
15



15 March 1889: Construction of the cupola.

16

[https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_Tower)



Status:	built
Construction Dates	
Started:	1887
Finished:	1889
Height	324m 1,063 ft
Floor Count:	3
Base Flrs:	2
Floor Area:	41,950 m <sup>2</sup>

18



### Building Use

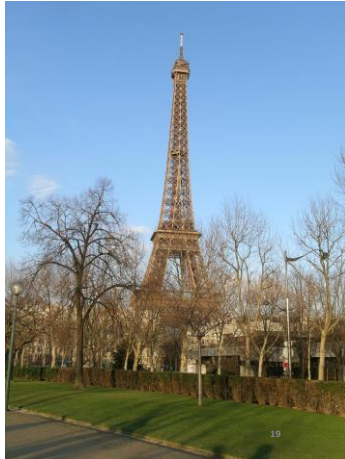
- monument
- communication
- conference
- observation
- restaurant

### Structural Type

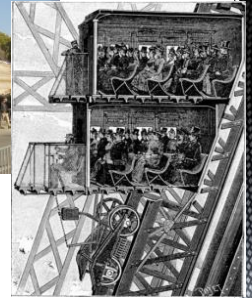
- tower
- truss

### Material

- steel



The Otis lifts originally fitted in the north and south legs



21

### 不可或缺利器

- ✓1853年OTIS(奥的斯)电梯公司在纽约成立。
- ✓1895年OTIS电梯在高层建筑中应用。
- ✓1907年OTIS电梯在中国应用。



### Elisha Otis

- In 1852 **Elisha Otis** invented the safety elevator, which automatically comes to a halt if the hoisting rope breaks. After a demonstration at the 1854 New York World's Fair the elevator industry was on its way.
- Otis installed elevators in some of the world's most famous structures, including the **Eiffel Tower**, **Empire State Building**, the original **World Trade Center**, **Burj Khalifa**, etc..



Otis elevator in Glasgow, Scotland, imported from the U.S. in 1856

[https://en.wikipedia.org/wiki/Otis\\_Elevator\\_Company](https://en.wikipedia.org/wiki/Otis_Elevator_Company)

23

不可不提的骄傲——世上最古老且屹立不倒的高层建筑



### 应县木塔

### 佛宫寺释迦塔

The Sakyamuni Pagoda of Fogong Temple

1056年建造

高67m, 9层

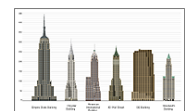
八边形布置

没有一颗钉子

是保存至今的最早的木结构高层建筑

24

### 1.2.1 第一个发展高潮



- 1920年代~1930年代
- 钢结构高层和钢筋混凝土高层的第一个鼎盛时期, 相继建成了一批高层建筑。
- **建筑材料**: 钢、混凝土、砖石
- **结构体系**: 框架、框架-支撑

25



帝国大厦



26

## 帝国大厦

20世纪初的纽约  
20世纪初的芝加哥

### Empire State Building

- 1931年建造，傲居世界第一高楼41年
- 102层，381m，钢结构、铆接、电梯井筒设支撑
- It was the world's tallest building from 1931-1972.
- The Empire State Buildings design was inspired by a pencil with the words "Make it tall enough so that it does not fall down"

27

## 1.2.2 第二个发展高潮



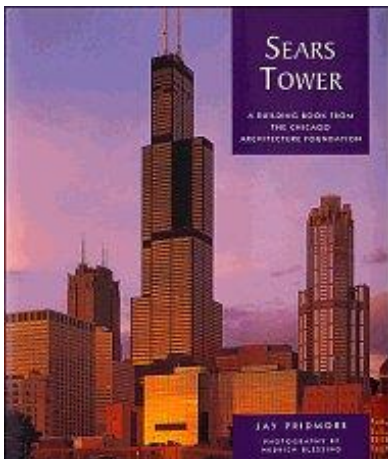
- 1950年代~1980年代
- 二战后建筑用钢的发展和混凝土的发展以及经济的发展带动了高层建筑的全面发展，地点：美国、欧洲大陆。
- 材料：钢、混凝土、预应力混凝土
- 结构形式：框架、剪力墙、筒体、  
框架-剪力墙、框筒、框架-支撑、  
应力蒙皮结构、巨型结构、  
组合结构等

28



## 世贸中心双塔 World Trade Center

- 建于1973年，纽约
- 高415m、417m，110层
- 钢结构、框筒



## 西尔斯大厦 Sears Tower

- 建于1974年，芝加哥
- 高443m，110层
- 钢结构、束筒

30

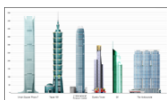
## 约翰一汉考克大厦

### John Hancock Building

- 建于1969年，波士顿
- 100层、高343.5m
- 当时第二高楼



### 1.2.3 第三个发展高潮



- 1990~至今
- 亚洲经济的崛起，带动高层建筑的全面发展。
- 日本1963年取消地震区建筑物31m高的限制。
- 材料、结构形式基本同前一时期。
- 主动控制、被动控制、消能减震技术的应用。
- 高度不断被刷新。

32

### 吉隆坡佩重纳斯 Petronas Tower

- 1998年建成
- 塔顶高452米
- 屋面高378.6米
- 88层（40-41层有天桥）
- 74.32万m<sup>2</sup>
- 13.935万m<sup>2</sup>购物与娱乐场所
- 4500个车位的地下停车场，
- 一个石油博物馆，一个音乐厅，以及一个会议中心。



### 台北101 TAIPEI 101

- 1995年计划建设
- 包括2幢30层高层
- 1997年改为3幢建筑，59层，290m，地标建筑；另2幢多层
- 1997年7月，合三为一，101层
- 李祖原设计事务所设计
- 台北金融大楼股份有限公司开发



### TAIPEI 101 488—508

- 101层
- 八节式造型，每8层为1节；
- 塔尖高508米（塔高60m）
- 2002.3.31地震
- 2002.7.18 改名为TAIPEI101
- 2004.3.31 完工
- 800吨大钢球，被动调谐阻尼器 TMD(Tuned Mass Damper)，布置在88层~92层



36







世界第一高楼：迪拜塔 (Burj Khalifa Tower)

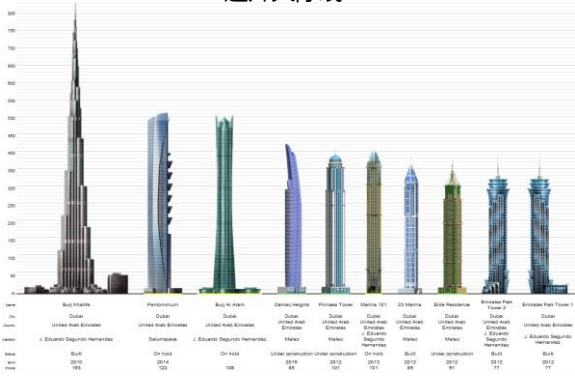
# 迪拜塔 Burj Khalifa Dubai



动工时间：2004年9月21日  
 封顶时间：2010年1月4日  
 高度：828m（163层）全球第一高楼。  
 建筑师：阿德里安·史密斯（Adrian Smith）  
 美国SOM设计事务所  
 发展商：艾马尔地产公司  
 施工：韩国三星公司  
 特点：联为一体的管状组合筒体结构，  
 太空时代风格的外形，平面Y型  
 基座周围采用伊斯兰建筑风格的几何图形——六瓣的沙漠之花。



## 迪拜天际线





Durj al Arab  
迪拜帆船酒店

Burj al Arab		
برج العرب		
Jumeirah Beach Road Dubai United Arab Emirates		
Status:	built	Building Uses
Construction Dates	-	- hotel
Began	1994	- restaurant
Finished	1999	Structural Types
Floor Count	60	- highrise
Elevator Count	18	- atrium
Units / Rooms	202	- cantilever
		- hole
		- landing pad
		- pole
		- truss
		- stilts
		Architectural Style
		- structural expressionism
		Materials
		- glass
		- steel
		- gold
		- carbon-fibre
		- fabric
		- concrete
Heights	Value	Source / Comments
Spire	1053 ft	Guinness World Records Book 2006 Edition
		The Top of the Spire (1052 Feet High)
Landing pad	689 ft	
At muntaha restaurant	656 ft	
Atrium	591 ft	

1.2.4 中国内地高层建筑的发展

- 1920年代诞生
  - 中国自主建造的高层从1955年后开始
  - 1955~1959 向国庆10周年献礼
  - 20世纪80年代以来，特别是90年代后，高层建筑开始大量兴建
  - 截止2024年9月初，已建成的世界上最高的20幢高层建筑中，中国大陆占8幢，台湾1幢，香港1幢。
- ✓和平饭店：1929年竣工，13层，屋面高77.1m
- ✓国际饭店：1934年竣工，地上22层，地下2层，高83.8m，当时的远东第一高楼

46

□ 新中国成立

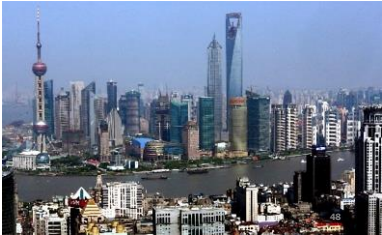
- 向国庆10周年献礼
- ✓1959年，民族饭店，12层，47.7m，钢筋混凝土框架结构
- ✓1959年，民航大楼，15层，60.8m，钢筋混凝土框架结构
- 1966年，广州宾馆，27层，88m，钢筋混凝土框架结构
- 1970~1980年，高层住宅，12层~16层，钢筋混凝土剪力墙结构
- 1974年，北京饭店，19层，87.15m，钢筋混凝土框架-剪力墙结构
- 1975年，白云宾馆，33层，114.05m，钢筋混凝土框架-剪力墙结构

47

□ 新中国成立  
改革开放后



1980年的浦东



2010年的浦东

48

金茂大厦  
Jinmao Tower

- ✓ 1988年开始立项
- ✓ 1998年竣工
- ✓ 地上88层，地下3层，裙房6层
- ✓ 塔顶高420.5m
- ✓ 酒店中庭230m~382m



49

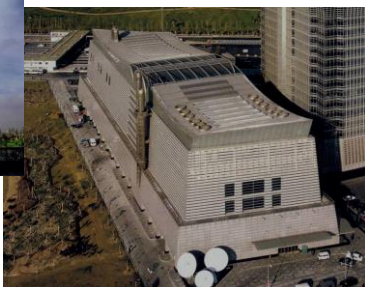




50

[illegible]

5



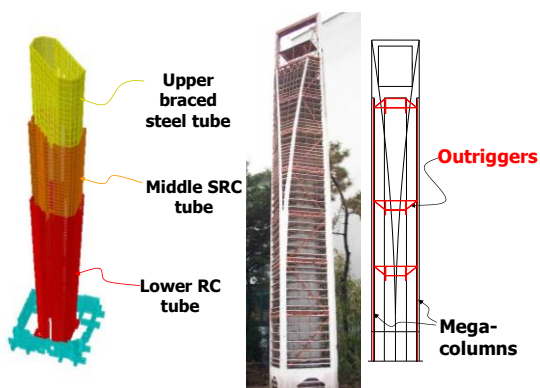
52



## 上海环球金融中心

- ✓主楼地下3层，地上101层
- ✓地面以上结构高度492m
- ✓采用三重结构体系抵抗水平荷载：
  1. 巨型框架：巨型柱、巨型斜撑、环带桁架
  2. 钢-混凝土核心筒
  3. 伸臂钢桁架

5



54



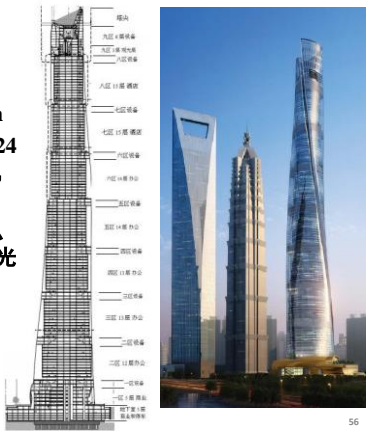
## 钢-混凝土混合结构

1. 巨型柱采用钢管混凝土
2. 带状桁架及转换桁架采用钢桁架
3. 巨型斜撑、伸臂桁架采用钢管混凝土
4. 核芯筒在79层以下为钢筋混凝土剪力墙, 79层以上的核芯筒采用钢支撑和钢支撑外包混凝土的混合结构形式

5

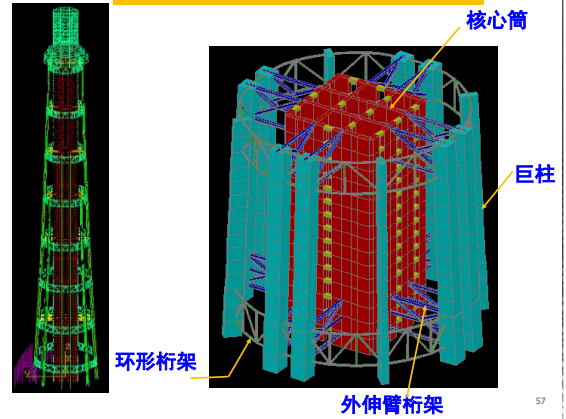
## 上海中心

- 建筑高度：632m
- 结构高度：574.6m
- 层数：主楼地上124层，裙房地上7层，地下5层
- 主要用途：办公、酒店、商业、观光等
- 竖向分区：9个

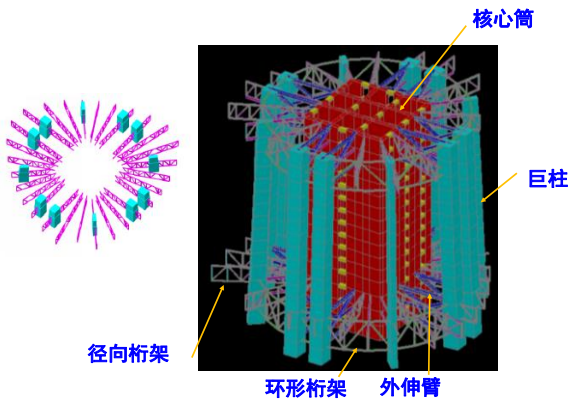


56

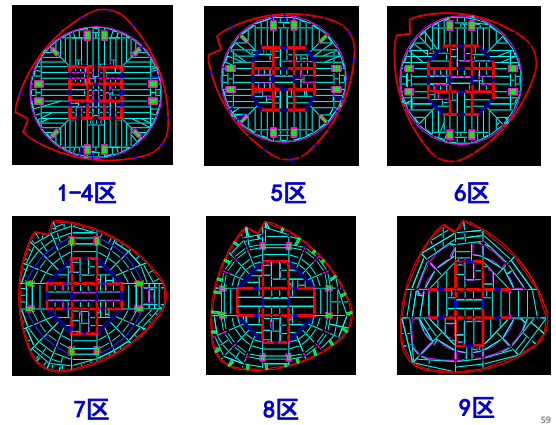
## 巨型框架-核心筒-外伸臂结构体系



57

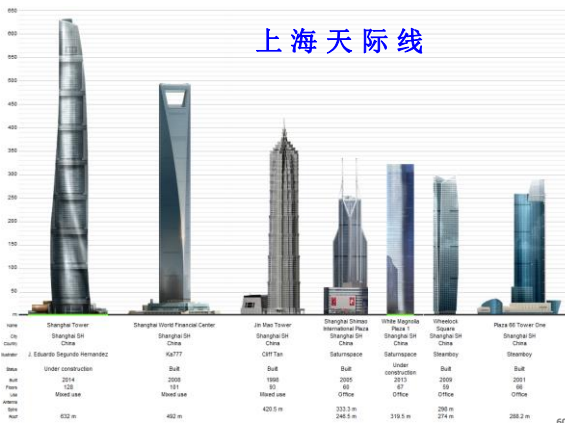


58



59

## 上海天际线



60

比高，比奇，比创意，比实力！



61

世界高层建筑与都市人居学会(CTBUH)网站:  
<http://skyscraperpage.com/diagrams/?searchID=200>



62

### 1.3 高层建筑结构体系的发展

材料→构件→体系

➤ 按结构材料分类

- ✓ **钢筋混凝土结构**：造价低、耐火性能好、结构刚度大，但自重较大。
- ✓ **钢结构**：自重轻、强度高、延性好、施工快，但造价高、防火性能较差。
- ✓ **钢-混凝土混合结构**：兼有上述两者的优点。
- ✓ **木结构**：绿色、环保、延性好、防火防腐性能较差

63

- **1885年**，砖墙、铸铁柱、钢梁
- **1889年**，钢框架
- **1903年**，钢筋混凝土框架
- **20世纪初**，钢框架-支撑
- **二次世界大战后**，钢筋混凝土剪力墙、钢筋混凝土框架-剪力墙、预制钢筋混凝土结构

64

- **20世纪50年代**，钢框架-钢筋混凝土核心筒、钢骨混凝土结构
- **20世纪60、70年代**，框筒、筒中筒、束筒、悬挂结构、钢框架-偏心支撑(延性墙板)
- **20世纪80、90年代**，巨型结构、应力蒙皮结构、被动耗能结构、主动控制结构、混合控制结构
- **21世纪以来**，多重组合(混合)结构

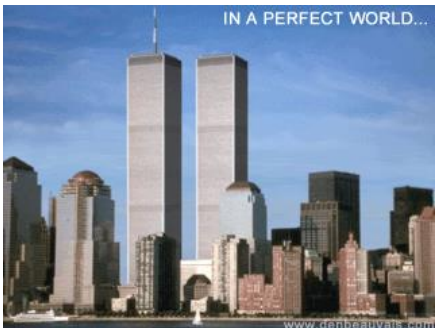
65



日本拟建的SKY CITY

66

高层建筑的未来—— 我们共同的课题  
**I have a dream .....**



67