



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 钢结构的特点及应用

### 1.1.1 钢结构的特点

钢结构是用钢板、角钢、工字钢、槽钢、钢管和圆钢等热轧钢材或冷加工成型的薄壁型钢制造而成的结构。钢结构和其他材料的结构相比较,有以下一些优点及缺点。

#### 1. 钢结构的五大优点

##### 1) 材质均匀,且基本符合力学计算的假定

钢材内部组织比较接近于匀质和各向同性体,而且在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的。因此,钢结构的实际受力情况和工程力学计算结果比较符合。钢材在冶炼和轧制过程中质量可以严格控制,材质波动的范围较小。因此,钢结构的实际工作性能与理论计算结果吻合较好。

##### 2) 材料的强度高,塑性和韧性好

钢材和其他建筑材料,诸如混凝土、砖石和木材相比较,强度要高得多。因此,特别适用于大跨度或荷载较大的构件和结构。钢材还具有塑性和韧性好特点。塑性好,结构在一般条件下不会因超载而突然断裂;韧性好,结构对动力荷载的适应性强,因此,在地震区采用钢结构是比较合适的。另一方面,由于钢材的强度高,做成的构件截面小而壁薄,受压时需要满足稳定的要求,强度有时不能充分发挥。

##### 3) 钢结构制造简便,施工周期短

钢结构所用的材料较为单一,而且是成材,加工比较简便,机械化程度高。因此,大量的钢结构一般在专业化的金属结构厂做成构件,精确度较高,质量可靠。构件在工地拼装,可以采用安装简便的普通螺栓和高强螺栓,有时还可以在地面拼装成较大的单元再进行吊装,施工周期较短。小量的钢结构如轻钢屋架,也可以在现场就地制造,随即用简易机具吊装。此外,对已建成的钢结构也比较容易进行改建、扩建和加固。同时,用螺栓连接的结构还可以根据需要进行拆迁。

## 4) 钢结构的重量轻

钢材容重虽比混凝土等建筑材料的容重大,但钢结构却比钢筋混凝土结构重量轻,其原因是钢材的强度与容重之比要比混凝土大得多。同样跨度承受同样荷载时,钢屋架的重量最多不过钢筋混凝土屋架的  $1/4 \sim 1/3$ ,薄壁型钢屋架甚至接近  $1/10$ ,为吊装提供了方便。对于需要远距离运输的结构,如建造在交通不便的山区和边远地区的工程,重量轻也是一个重要的有利条件。同时,重量轻可以降低地基及基础部分的造价,而且对抵抗地震力作用较为有利。但由于钢材的强度高,做成的构件截面小而壁薄,受压时,构件一般由稳定和刚度控制,强度难以充分发挥。

## 5) 钢结构的密闭性好

钢材组织致密,具有不渗透性和耐高压性,采用焊接可以制成完全密闭的结构,水密性和气密性较好,适宜于做有密闭要求的板壳结构,如压力容器、油库、气柜和管道等。

## 2. 钢结构的三大缺点

### 1) 钢材耐腐蚀性差

钢材耐腐蚀的性能比较差,因此必须对结构注意防护。这使维护费用比钢筋混凝土结构高。不过在无侵蚀性介质的一般厂房中,构件经过彻底除锈并涂上合格的油漆,锈蚀问题并不严重。

### 2) 钢材耐热但不耐火

钢材长期经受  $100^{\circ}\text{C}$  以内的辐射热时,强度没有多大变化,因此具有一定的耐热性能,但温度达  $150^{\circ}\text{C}$  以上时,就需用隔热层加以保护;当温度超过  $200^{\circ}\text{C}$  后,材质变化较大,强度逐渐降低;当温度超过  $300^{\circ}\text{C}$  以后,强度急剧下降;当温度达到  $600^{\circ}\text{C}$  时,钢材进入塑性状态已不能承载。因此钢材不能耐火,对重要的结构必须注意采取防火措施。

### 3) 钢结构在某些情况下可能发生脆性断裂

钢材虽然韧性较好,但在低温下材质变脆,易发生疲劳破坏时的脆性破坏等,如果设计、制造或使用不当,钢结构会发生脆性断裂,设计时应予以注意。

## 1.1.2 钢结构的应用范围

钢结构的合理应用范围不仅取决于钢结构本身的特性,还受到钢材品种、产量和经济水平等的制约。中华人民共和国成立以来,我国的钢产量有很大变化,1949 年全国钢产量只有十几万吨,1978 年已达三千多万吨,1998 年已达 1 亿吨,到 2012 年更高达 7 亿吨,钢产量的大幅提高使钢结构在我国得到很大发展,应用范围更大。

目前,钢结构的应用范围,就工业与民用建筑而言,大致如下:

### 1. 大跨度结构

结构的跨度越大,自重在全荷载中所占的比重也就越大,减轻结构自重可以获得明显

的经济效果。因此,钢结构强度高而重量轻的优点对于大跨结构特别突出,如飞机库、体育馆、火车站、展览馆、影剧院、大会堂等,其结构体系可以为平板网架、网壳、空间桁架、斜拉、悬索和拱架等。还有历届奥运会场馆、博览会场馆等都可以显示钢结构的发展水平。

## 2. 重型厂房结构

钢铁联合企业和重型机械制造业,有许多车间属于重型厂房。车间里吊车的起重量较大,或者吊车的工作较为繁重,工作较为频繁,多采用钢骨架。如:大型钢铁企业的炼钢车间、轧钢车间、无缝钢管车间等;重型机器厂的铸钢车间、锻压车间、水压车间;造船厂的船体车间等。另外,有强烈辐射热的车间也经常采用钢结构。

## 3. 高层建筑

由于城市建设的需要,高层、超高层建筑逐渐增多。钢结构强度高、自重轻、构件体积小且装配化程度高、施工速度快等独特优点对高层建筑尤其有利。目前世界上最高、最大的结构采用的大多是钢结构。世界上已经建成了若干纯钢结构超高层建筑。我国于1997年建成的上海金茂大厦(95层,建筑高度421m,结构高度395m)和上海浦东环球金融中心也跻身于世界超高层的行列。巨型钢结构为高层或超高层建筑的一种崭新体系,钢结构是为了满足特殊功能或综合功能而产生的,钢结构具有良好的建筑适应性和潜在的高效结构性能,是一种很有发展的结构。如日本千叶县43层、高180m的NEC大楼,该建筑物内部布置大开口和大空间庭院,其巨型结构是由四根巨型结构柱和四个巨型的空间桁架梁组成的巨型空间桁架体系。经分析,这种体系具有极强的抗推刚度。

## 4. 多层钢框架结构

钢框架结构,其自重轻,抗震性能好,施工速度快,机械化程度高,结构简单且构件易于标准化和定型化。对多层建筑而言,钢框架结构体系是一种比较经济合理、运用广泛的结构体系。但同时钢框架结构也存在一定的缺点,如用钢量较大,耐火性能差,后期维修费用高,造价略高于混凝土框架结构等。从目前来看,钢框架结构建筑是对城市环境影响最小的一种结构之一,在西方已被广泛采用。与钢筋混凝土结构相比较,更具有在“高、大、轻”三方面发展的独特优势。因此,两者相结合以至达到更好的使用功能效果。

## 5. 高耸结构

高耸结构包括塔架和桅杆结构,如高压输电线路的塔架、广播和电视发射用的塔架和桅杆等。广州和上海的电视塔高度分别为200m和205m。1977年建成的北京环境气象塔高325m,是五层拉线的桅杆结构。

## 6. 轻型钢结构

钢结构重量轻不仅对大跨度结构有利,对使用荷载特别轻的小跨度结构也有优越性。因为当使用荷载特别轻时,小跨度结构的自重也成为一个重要因素。薄壁型钢屋架在一定

条件下的用钢量可以不超过钢筋混凝土屋架的用钢量。轻型钢结构包括轻型门式钢架房屋钢结构、冷弯薄壁型钢结构以及钢管结构等,已广泛应用于没有吊车或吊车吨位不大的工业厂房、办公楼及中小体育馆等。

## 7. 组合结构

将钢与混凝土组合起来共同受力并发挥各自的长处,可以有效地节约建筑材料。例如:压型钢板组合楼板、钢筋混凝土组合梁、钢管混凝土柱、劲性混凝土柱等,已得到广泛的应用。

## 8. 其他结构形式

如受动力荷载影响的结构、可拆卸的结构、容器和其他构筑物等。

由于钢材具有良好的韧性,设有较大锻锤或产生动力作用的其他设备的厂房,其骨架直接承受的动力尽管有时不是很大,但间接振动却极为强烈,所以即使屋架跨度不是很大时,也往往用钢结构制成。对于抗震能力要求高的结构,用钢结构也是比较适宜的。

需要拆迁的结构,如建筑工地生产和生活用房的骨架、临时性展览馆,以及需要移动的结构,如桥式起重机、塔式起重机、龙门起重机、装卸桥,水工船闸、升船机等,采用钢结构最为适宜。钢结构不仅重量轻,还可以采用螺栓或其他便于拆装的手段连接。

由于钢结构的密闭性好,因此钢结构广泛应用于冶金、石油、化工企业中的容器结构,如热风炉、油库、油罐、煤气罐、气柜和管道等。此外,经常使用的还有皮带通廊栈桥、管道支架、锅炉支架、钻井和石油塔架等其他钢构筑物。

## 1.2 钢结构的设计方法

钢结构设计应保证结构构件在充分满足功能要求的基础上,安全可靠地工作,同时应尽量节省钢材,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,即结构计算的目的在于保证所设计的结构与结构构件在施工和工作过程中能满足预期的安全性和使用性要求。因此,结构设计准则应当这样来陈述:结构由各种荷载所产生的效应(内力和变形)不大于结构(包括连接)由材料性能和几何因素等所决定的抗力或规定限值。但是,影响结构功能的各种因素,如荷载大小、材料强度的高低、截面尺寸、计算模式、施工质量等都是不确定性的,是随机变量(或随机过程)。因此,荷载效应可能大于设计抗力,结构不可能百分之百的可靠,而只能对其作出一定的概率保证。这种以概率论和数理统计为基础,对作用和抗力进行定量分析的方法,称为概率极限状态设计方法。

### 1.2.1 概率极限状态设计方法

结构的极限状态是指当结构或其组成部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某

一功能要求时,此特定状态就称为该功能的极限状态。极限状态可以分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。

### 1. 承载能力极限状态

承载能力极限状态是指结构或构件达到最大承载能力,或达到不适于继续承载的变形的极限状态。承载能力极限状态包括结构构件或连接因强度超过某一限值而破坏,结构或其某一部分作为刚体而失去平衡(倾覆或滑移),在反复荷载作用下构件或连接发生疲劳破坏等。

当结构或结构构件出现下列状态之一时,应认为超过了承载能力极限状态:

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆等);
- (2) 结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏),或因过度变形而不适于继续承载;
- (3) 结构转变为机动体系;
- (4) 结构或结构构件丧失稳定(如压屈等);
- (5) 地基丧失承载能力而破坏(如失稳等)。

### 2. 正常使用极限状态

结构或构件达到正常使用或耐久性能中某项规定限度的状态称为正常使用极限状态。

当结构或结构构件出现下列状态之一时,应认为超过了正常使用极限状态:

- (1) 影响正常使用或外观的变形;
- (2) 影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括裂缝);
- (3) 影响正常使用的振动;
- (4) 影响正常的其他特定状态。

### 3. 结构的功能函数

结构的工作性能可以用结构的功能函数来描述。

设结构上各种作用和材料性能、几何参数等基本变量有  $n$  个,即  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , 则在这  $n$  个随机变量之间通常可以建立函数关系

$$Z = g(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.1)$$

上式即称为结构的功能函数。

简化设计时,只以结构构件的荷载效应  $S$  和抗力  $R$  这两个基本随机变量来表达结构的功能函数,则有

$$Z = g(R, S) = R - S \quad (1.2)$$

上式中  $R$  和  $S$  是随机变量,其函数  $Z$  也是一个随机变量。在实际工程中,可能出现下列三种情况:

$Z > 0$ , 结构处于可靠状态;

$Z = 0$ , 结构达到临界状态, 即极限状态;

$Z < 0$ , 结构处于失效状态。

由于基本变量  $R$ 、 $S$  的不定性, 说明作用在结构的荷载存在出现高值的可能, 材料性能也存在出现低值的可能。虽然设计者在设计时采用了相当保守的方案, 但在结构投入使用后, 也不能保证结构绝对可靠, 因而对所设计的结构的功能只能作出一定概率的保证。

按照概率极限状态设计方法, 结构的可靠度定义为: 结构在规定的时间内, 在规定的条件下, 完成预定功能的概率, 即  $Z \geq 0$  时的概率。这样若以  $p_s$  表示结构的可靠度, 则上述定义可以表达为

$$p_s = P(Z \geq 0) \quad (1.3)$$

结构的失效概率以  $p_f$  表示, 则

$$p_f = P(Z < 0) \quad (1.4)$$

由于事件 ( $Z < 0$ ) 与事件 ( $Z \geq 0$ ) 是对立的, 所以结构的可靠度  $p_s$  与结构的失效概率  $p_f$  符合下式

$$p_s + p_f = 1 \quad (1.5)$$

或

$$p_s = 1 - p_f \quad (1.6)$$

为了计算结构的失效概率  $p_f$ , 最好是求得功能函数  $Z$  的分布。假若已知  $Z$  的概率密度  $f_z(Z)$  曲线, 如图 1.1 所示。图 1.1 中纵轴处  $Z = 0$  时, 结构处于极限状态; 纵轴以右部分  $Z > 0$ , 结构处于可靠状态; 纵轴以左部分  $Z < 0$ , 结构处于失效状态。

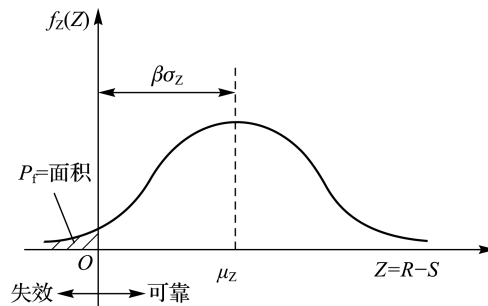


图 1.1  $Z$  的概率密度  $f_z(Z)$  曲线

可以用积分求得图 1.1 中阴影部分面积, 表示事件 ( $Z < 0$ ) 的概率, 就是失效概率, 即为

$$p_f = P(Z < 0) = \int_{-\infty}^0 f_z(Z) dZ \quad (1.7)$$

但一般来说,  $Z$  的分布很难求出。因此, 失效概率的计算在实际上很难求出。直至 20 世纪 60 年代末期, 美国学者康奈尔 (Cornell, C.A) 提出了比较系统的一次二阶矩的设计方法, 才

使得概率设计法进入了实用阶段。

一次二阶矩法将图 1.1 中  $Z$  的均值  $\mu_Z$  用  $Z$  的标准差  $\sigma_Z$  来度量,则有

$$\mu_Z = \beta \sigma_Z \quad (1.8)$$

式中: $\beta$ ——结构构件的可靠指标。

若  $Z$  的分布为标准正态分布,可得

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (1.9)$$

则  $\beta$  与  $p_f$  的关系式为

$$\beta = \phi^{-1}(1 - p_f) \quad (1.10)$$

$$p_f = \phi(-\beta) \quad (1.11)$$

式中: $\phi(\cdot)$ ——标准正态分布函数;

$\phi^{-1}(\cdot)$ ——标准正态分布的反函数。

正态分布时, $\beta$  与  $p_f$  的对应关系如表 1.1 所示。

表 1.1 正态分布时  $\beta$  与  $p_f$  的对应值

可靠指标 $\beta$	4.5	4.2	4.0	3.7	3.5
失效概率 $p_f$	$3.4 \times 10^{-6}$	$1.34 \times 10^{-5}$	$3.17 \times 10^{-5}$	$1.08 \times 10^{-4}$	$2.33 \times 10^{-4}$
可靠指标 $\beta$	3.2	3.0	2.7	2.5	2.0
失效概率 $p_f$	$6.87 \times 10^{-4}$	$1.35 \times 10^{-3}$	$3.47 \times 10^{-3}$	$6.21 \times 10^{-3}$	$2.28 \times 10^{-3}$

若基本变量不按正态分布,则结构构件的可靠指标应以结构构件作用效应和抗力的当量正态化方法转化为正态分布的平均值和标准差代入公式(1.9)进行计算。

结构构件设计时采用的可靠指标,可以根据对现在结构构件的可靠度分析,并考虑使用经验和经济因素等确定。我国《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068—2001)中按破坏类型(延性或脆性破坏)和安全等级(根据破坏后果和建筑物类型分为一、二、三级,级数越高,破坏后果越不严重)分别规定了结构构件按承载能力极限状态设计时采用的不同  $\beta$  值,如表 1.2 所示。

表 1.2 结构构件承载能力极限状态的可靠指标

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2



## 1.2.2 设计表达式

现行《钢结构设计规范》(GB50017—2003)中规定,除疲劳计算外,采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,用分项系数的设计表达式进行计算。《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068—2001)中要求,结构构件的极限状态设计表达式,应根据各种极限状态的设计要求,采用有关的荷载代表值、材料性能标准值、几何参数标准值以及各种分项系数等表达。作用分项系数 $\gamma_F$ (包括永久荷载分项系数 $\gamma_G$ 和可变荷载分项系数 $\gamma_Q$ )和结构构件抗力分项系数 $\gamma_R$ (或材料性能分项系数 $\gamma_f$ ),应根据结构功能函数中基本变量的统计参数和概率分布类型,以及1.2.1节中所规定的结构构件可靠指标,通过计算分析,并考虑工程经验确定。结构重要性系数 $\gamma_0$ 应按结构的安全等级、设计使用年限并考虑工程经验确定。

(1)对于承载能力极限状态设计,应采用荷载效应的基本组合,必要时应考虑荷载效应的偶然组合。

荷载效应的基本组合按下列设计表达式中最不利值确定(在钢结构设计中,习惯采用应力表达式形式):

由可变荷载效应控制的组合

$$\gamma_0 (\gamma_G \sigma_{GK} + \gamma_{Q1} \sigma_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \Psi_{ci} \sigma_{QiK}) \leq f \quad (1.12)$$

由永久荷载效应控制的组合

$$\gamma_0 (\gamma_G \sigma_{GK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \Psi_{ci} \sigma_{QiK}) \leq f \quad (1.13)$$

式中: $\gamma_0$ ——结构重要性系数,对安全等级为一级或设计使用年限为100年及以上的结构构件,不应小于1.1;对安全等级为二级或设计使用年限为50年的结构构件,不应小于1.0;对安全等级为三级或设计使用年限为5年的结构构件,不应小于0.9;

$\sigma_{GK}$ ——永久荷载标准值在结构构件截面或连接中产生的应力;

$\sigma_{Q1K}$ ——在基本组合中起控制作用的第一个可变荷载标准值在结构构件截面或连接中产生的应力(该值使计算结果为最大);

$\sigma_{QiK}$ ——其他第*i*个可变荷载标准值在结构构件截面或连接中产生的应力;

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数,当永久荷载效应对结构构件的承载能力不利时取1.2,但对式(1.13)则取1.35,当永久荷载效应对结构构件的承载能力有利时,取为1.0,验算结构倾覆、滑移或漂浮时取0.9;

$\gamma_{Q1}, \gamma_{Qi}$ ——第1个和其他第*i*个可变荷载分项系数,当可变荷载效应对结构构件的承载能力不利时,取1.4(当楼面活荷载大于4.0kN/m<sup>2</sup>时,取1.3),有利时,取为0;

$\Psi_{ci}$ ——第*i*个可变荷载的组合值系数(可以按相关荷载规范的规定采用)。



对于一般排架结构、框架结构,可以采用简化式计算:

由可变荷载效应控制的组合:

$$\gamma_0 \left\{ \gamma_G \sigma_{GK} + \Psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \sigma_{Qi,K} \right\} \leq f \quad (1.14)$$

由永久荷载效应控制的组合,仍按式(1.13)进行计算。

式中: $\Psi$ ——简化式中采用的荷载组合值系数,一般情况下可以采用 0.9;当只有 1 个可变荷载时,取为 1.0。

对于偶然组合,极限状态设计表达式宜按下列原则确定:偶然作用的代表值不乘分项系数;与偶然作用同时出现的可变荷载,应根据观测资料和工程经验采用适当的代表值;具体的设计表达式及各种系数,应符合专门规范的规定。

(2)对于正常使用极限状态,按《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB50068—2001)中的规定要求分别采用荷载的标准组合和准永久组合进行设计,使变形、裂缝等荷载效应的设计值不超过相应的规定限值。

在钢结构设计中,只考虑荷载的标准组合,其设计表达式为

$$\nu_{GK} + \nu_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \Psi_{ci} \nu_{Qi,K} \leq [\nu] \quad (1.15)$$

式中: $\nu_{GK}$ ——永久荷载的标准值在结构或结构构件中产生的变形值;

$\nu_{Q1K}$ ——起控制作用的第一个可变荷载的标准值在结构或结构构件中产生的变形值(该值使计算结果为最大);

$\nu_{Qi,K}$ ——其他第  $j$  个可变荷载标准值在结构或结构构件中产生的变形值;

$[\nu]$ ——结构或结构构件的容许变形值。

## 1.3 钢结构的发展

随着我国经济建设的蓬勃发展,钢结构的应用必将相应地发展。就我国目前关于钢结构建设水平状况与国际上钢结构建设水平相比较,在今后一段时期需加强以下几方面工作。

### 1. 研究高强度钢材

应用高强度钢材,对大(跨度)、高(耸)、重(型)的结构非常有利。我国目前普遍应用的钢材是普通碳素结构钢中的 Q235 钢和低合金高强度结构钢中的 Q345、Q390、Q420 钢。目前,我国已采用 Q460 钢,并成功应用于北京国家体育馆——鸟巢。从发展趋势来看,高强度结构钢的研制和开发还将不断地进行。在钢结构强度增加的同时,还应具有优良的塑性性能和韧性性能。另外,改进钢材的耐腐蚀性和耐火性也是今后的发展方向。

### 2. 改进设计方法

经过我国钢结构工程技术人员多年来的辛勤努力,现行的《钢结构设计规范》(GB50017

—2003)采用了当前国际上结构设计最先进的办法。以概率理论为基础的极限状态设计办法,对轴心受压构件的稳定计算由原来的三条柱子曲线改为四条柱子曲线,凡此等等,都表明我国运用现代科技的测试和计算技术,已能较好地使钢结构的计算方法反映结构的实际工作情况,从而能更合理地使用材料。然而在有些问题上仍有待作进一步改进和提高。

### 3.采用新型结构

(1)大跨度建筑:网架结构近年来在我国已得到较广泛的应用,它能有效地跨越较大的空间。悬索结构在大跨度建筑中是一种造型美观,对建筑平面图形适应性强的结构形式,由于主要承重构件受拉,因此可以最大限度地利用材料,用钢量很低,故很受欢迎。预应力钢结构是在大跨度结构中节约钢材的一种有效办法,用于加强悬索结构,更具有明显的经济效果。

(2)组合结构:将钢和混凝土组合起来共同受力并发挥各自材料的长处,即钢材利于受拉、混凝土利于受压的特点,能有效地节约材料。主要形式有压型钢板组合楼盖、组合梁、钢管混凝土柱和劲性混凝土等。

### 4.发展前景广阔

随着我国经济建设的进步,钢结构在各行业的发展也越来越迅速。近几年来,建筑钢结构在单层、多层的轻、中、重型厂房与高层、超高层建筑及大跨度公共建筑等方面已经取得了很大的进展。火力电厂、桥梁、市政建设、高层住宅、低层别墅也开始成了建筑钢结构的发展市场,尤其是住宅钢结构在国内的应用还很少,市场前景广阔。

### 5.构件生产的标准化

目前,钢结构的应用越来越广。从设计入手,结合产品的制造工艺,将一些易于定型化、标准化的产品,使其杆件规格统一,便于互换和大量制造成系列化产品,达到批量生产,降低造价的目的,将使钢结构实现工业化生产、标准化制作,有效的推进我国住宅的产业化。

另外,结构设计的优化和计算机辅助设计技术的进步,可以较好的确定优化的结构形式和截面形式,取得较大的经济效果。

## 本章小结

1.钢结构具有:材料的强度高,塑性和韧性好;材质均匀且比较符合力学计算的假定;钢结构制造简便,施工周期短;钢结构的重量轻;钢结构的密闭性好等优点。

2.钢结构适用于重型厂房结构、大跨度结构、高耸结构、多层钢框架结构、高层建筑、受动力荷载影响的结构、可拆卸的结构、容器和其他构筑物、轻型钢结构、组合结构等。

3.钢结构的发展要从研究高强度钢材,改进设计办法,采用新型结构,应用优化原理,构件的定型化、系列化、产品化等方面不断进行探索与研究。

◀ 思考题 ▶

1. 钢结构与其他材料的结构相比较,有哪些特点?
2. 钢结构采用什么设计方法? 其设计原则是什么?
3. 什么是极限状态? 分为哪两类? 其内容有哪些?
4. 结构设计中,能否保证结构绝对安全,为什么?