

建筑钢结构设计

赵宪忠

x.zhao@mail.tongji.edu.cn



课程大纲

◇ 教学目的

由钢结构基本原理向(房屋)钢结构设计过渡

- ☑ 明确整体结构体系
- ☑ 熟练进行结构构件设计
- ☑ 把握具体构造要求

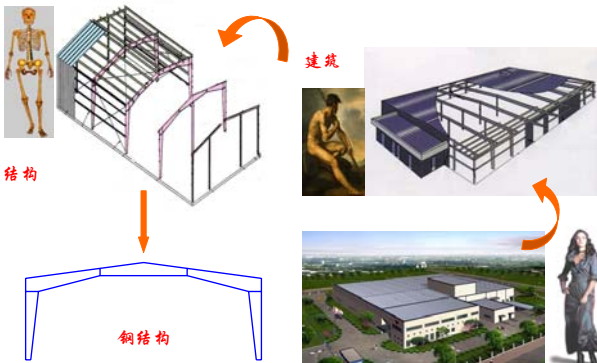
◇ 教学难点

- ☑ 结构选型和布置
- ☑ 结构传力体系
- ☑ 构件截面选择
- ☑ 构件和节点的规范设计方法
- ☑ 构造



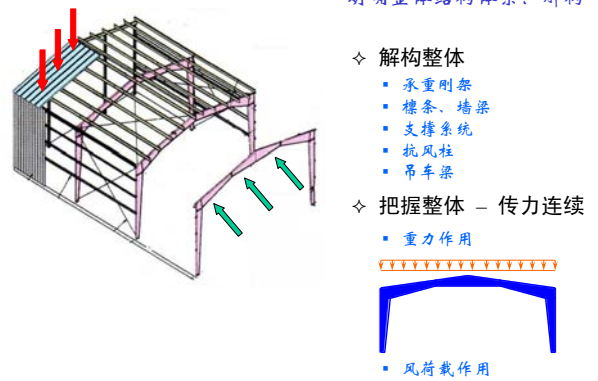
教学目的

明确整体结构体系：结构



教学目的

明确整体结构体系：解构



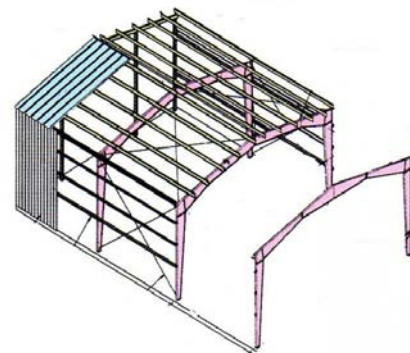
教学目的

解构：支撑系统



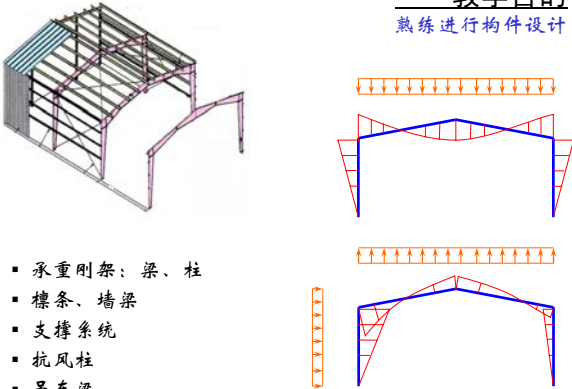
教学目的

逆向解构：施工过程



教学目的

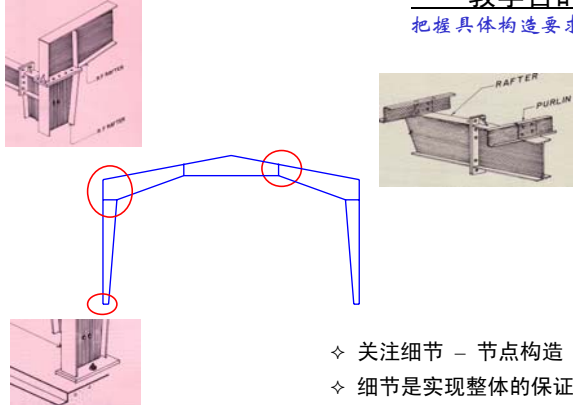
熟练进行构件设计



- 承重刚架：梁、柱
- 檩条、墙梁
- 支撑系统
- 抗风柱
- 吊车梁

教学目的

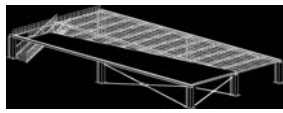
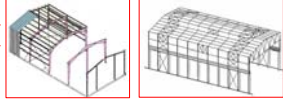



把握具体构造要求



- ◇ 关注细节 - 节点构造
- ◇ 细节是实现整体的保证

课程大纲

◇ 教学内容

- ☑ 平台钢结构 
- ☑ 轻型厂房钢结构 
- ☑ 重型厂房钢结构 
- ☑ 框架钢结构 
- ☑ 钢结构施工 

课程大纲

◇ 教学效果考查

☑ 出席情况和课堂表现	(5%)
☑ 作业情况	(25%)
☑ 平时测验	(10%)
☑ 期末考试成绩	(60%)

◇ 考试方式

- ☑ 开卷：教材、本人作业、笔记
- ☑ 概念选择20分
- ☑ 构件计算20+30分
- ☑ 结构体系分析30分

一、选择题（圈出正确答案，3×10=30分）

1、梁的截面高度的确定应考虑三种参考高度，即由_____条件确定的高度；由_____条件确定的_____高度；由_____条件确定的_____高度。

A) 建筑，最小； 刚度，最大； 经济，经济。

B) 建筑，最大； 刚度，经济； 经济，最小。

C) 建筑，经济； 刚度，最小； 经济，最大。

D) 建筑，最大； 刚度，最小； 经济，经济。

2、进行钢结构疲劳验算时，计算部分的设计应力幅应按_____计算。

A) 荷载标准值，并计入动力系数。

B) 荷载设计值，不计动力系数。

C) 荷载标准值，不计动力系数。

D) 荷载设计值，计入动力系数。

同济大学土木工程

3、HM500×300×11×18表示_____。

A) 高度为500mm的工字钢。

B) 高度为300mm的H型钢。

C) 翼缘厚度为18mm的H型钢。

D) 翼缘厚度为11mm的H型钢。

4、有四种不同规格的Q345B钢材，其中_____设计强度最高。

A) $\Phi 325/16$

B) $\Phi 28$

C) L200×20

D) -18×200×600

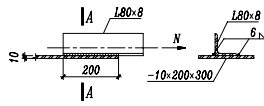
同济大学土木工程

5. 缀条式格构轴压柱的斜缀条可按轴心压杆设计，但钢材的强度要乘折减系数以考虑_____。

- A) 实际存在剪力的影响
- B) 焊接缺陷的影响
- C) 单面连接偏心的影响
- D) 整体稳定折减系数的影响

6. 图示单角钢L80x8与节点板-10x200x300采用两侧角焊缝连接。材料Q235，E43型焊条， $f_f^w=160\text{N/mm}^2$ ，焊脚尺寸均为6mm，连接承载力设计值（静载）为_____。

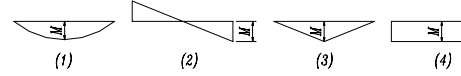
- A) $2 \times 0.7 \times 6 \times (200 - 10) \times 160 \times 0.85$
- B) $2 \times 0.7 \times 6 \times 200 \times 160$
- C) $6 \times (200 - 10) \times 160 \times 0.85$
- D) $2 \times 6 \times (200 - 10) \times 160$



同济大学土木工程学院

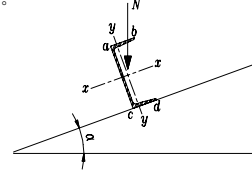
7. 对同一根梁，当作用不同的荷载时，出现下图所示四种弯矩（最大值M均等）。其出现整体失稳的先后顺序应该是_____。

- A) 4, 2, 3, 1
- B) 1, 2, 3, 4
- C) 4, 1, 3, 2
- D) 1, 4, 3, 2



8. 如图所示槽钢檩条（跨中设一道拉条）按公式计算跨中截面强度时，计算的位置是_____。

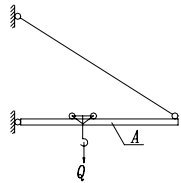
- A) a点
- B) b点
- C) c点
- D) d点



同济大学土木工程学院

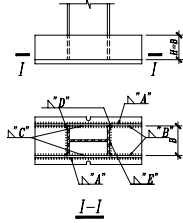
9. 图中构件A是_____。

- A) 受弯构件
- B) 压弯构件
- C) 拉弯构件
- D) 轴压构件



10. 图示轴心受压柱的柱脚中，柱的压力最后通过_____传到底板上。

- A) 柱端接触应力
- B) 靴梁焊缝“A”+“B”
- C) 靴梁焊缝“A”+“B” +“C”
- D) 柱端焊缝“E”



同济大学土木工程学院

二. 计算题

1. 某轻钢仓库，屋面（端墙）高度10m，屋面坡度很小，故计算中不计。风荷载设计值为 $W_w=1.2\text{kN/m}$ ，抗风柱基础端（0.000处）铰接。根据下图计算：在端墙风荷载作用下屋面横向水平支撑中的边跨柔性拉杆的受力大小，并选择其截面。（用Q235B钢）（10分）

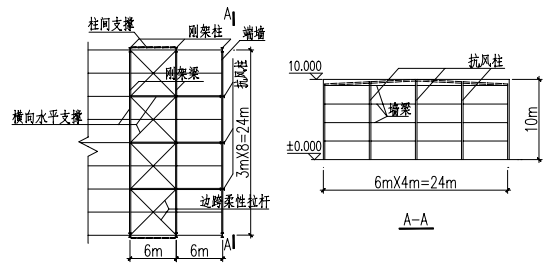


图2.1 屋面结构平面布置图

同济大学土木工程学院

2. 验算图示独立柱的平面内整体稳定，材料为Q345B。（20分）

注：柱下端绕x轴固定，绕y轴铰接；柱上端绕x轴自由转动并可沿y轴平动，沿x轴方向有连杆。结构有动力作用。

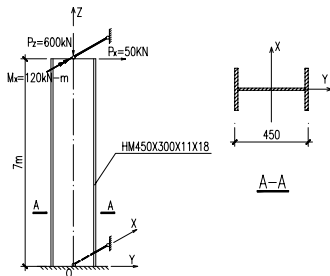
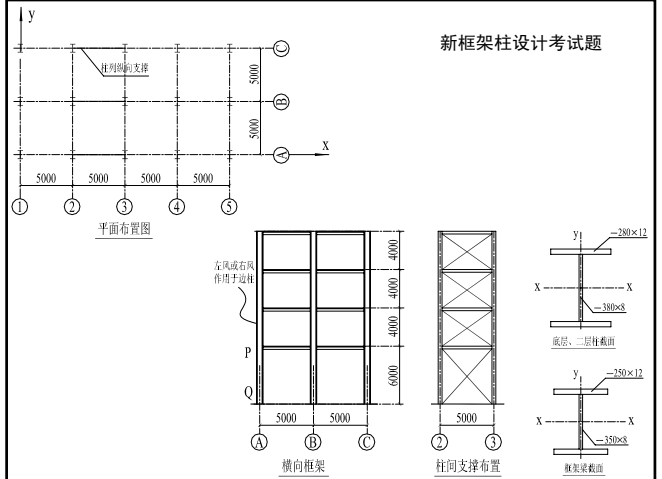


图2.2 立柱简图

同济大学土木工程学院

新框架柱设计考试题



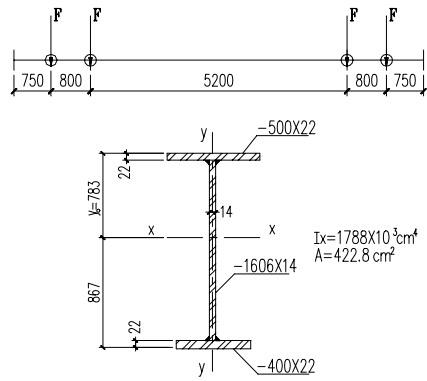
3. 一简支焊接实腹工字型吊车梁，跨度12m，梁上承受2台50/10吨重级桥式吊车，吊车资料如下：

台数 起重量Q	级别 钩别	吊车跨度 l_k (m)	吊车重量G (kN)	小车重g (kN)	最大轮压 F_{max} (kN)
2台50/10吨	重级 软钩	31.5	678	165	465

吊车轮距位置如图2-3a。

- (1) 计算强度时，跨中绝对最大竖向弯矩（绕x轴）；（10分）
- (2) 计算强度时，跨中最大水平弯矩（绕y轴）；（5分）
- (3) 计算疲劳强度时，跨中最大竖向弯矩；（5分）
- (4) 验算受拉翼缘与腹板连接（自动焊，二级焊缝）处焊缝及附近主体金属的疲劳强度（自重不计），吊车梁截面如图2-3b。（10分）

同济大学土木工程学院



同济大学土木工程学院

4. 门式刚架的刚接点如图所示，螺栓用8.8级承压型高强螺栓，钢板用Q235B。要求：

- (1) 验算螺栓的承载力（5分），（参照偏压柱脚的计算）；
- (2) 计算悬臂段法兰板的最大弯矩，并确定法兰板的厚度 δ （5分）。

已知：Q=600kN，M=360kN-m，（Q、M均为设计值）。摩擦面处理用喷砂后涂无机富锌漆， $\mu=0.35$ 。（注：承压型高强螺栓抗弯、剪承载力验算公式见教材附录B）

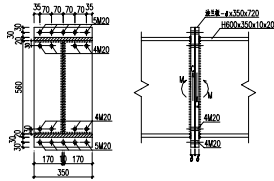


图2.4 节点详图

同济大学土木工程学院

教学要点

从以往试卷中看到什么？

- 一、从结构体系来分析构件受力。（不是独立的看问题）
 - ① 平台钢结构体系：特点、构件的作用
 - ② 厂房的结构体系：多种作用力的传力路线，各种构件的作用
 - ③ 框架结构体系：多种作用力的传力路线，各种构件的作用
- 二、“基本原理”中关注不够的构件
 - ① 拉杆（强度、刚度），② 偏压杆；③ 格构式柱。
- 三、“建筑钢结构设计”中特别详细阐述的构件

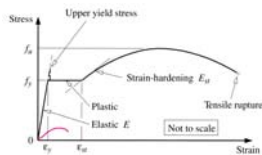
吊车梁—：内力（竖向、水平）；强度、刚度、疲劳；
组合、最大值（影响线）、……
- 四、“建筑钢结构设计”中出现的实用节点计算、分析

柱靴：轴压、偏压
其特点，计算公式，原理，计算内容……

绪论

回顾：钢结构的优缺点

- ☑ 强度高（单位重量轻）
- ☑ 塑性和延性好，抗震性能好
- ☑ 材料均质性好（计算准确）
- ☑ 工业化程度高，施工速度快

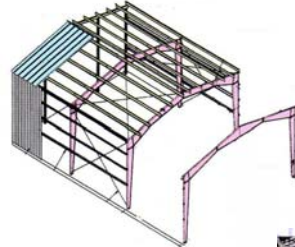


- ☒ 易于腐蚀
- ☒ 耐火性能差
- ☒ 易发生屈曲、疲劳和断裂
- ☒ 单价较高



绪论

回顾：钢结构的应用范围




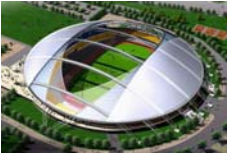

轻型厂房：荷载小
90年代中期

重型厂房：荷载大
50年代开始



绪论

回顾：钢结构的应用范围

网架：大跨度、工业化
80、90年代开始


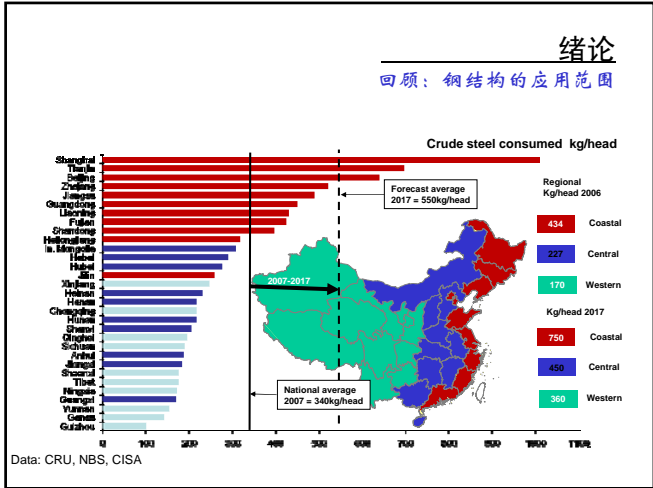
绪论

回顾：钢结构的应用范围



绪论

回顾：钢结构的应用范围

- ### 绪论
- 钢结构设计的基本要求
- ☑ 合理选择材料、结构方案和构造措施
 - ☑ 满足结构在运输、安装、使用过程中的强度、稳定和刚度要求
 - ☑ 采用标准化技术，便利制作、安装
 - ☑ 符合防火和防腐要求
 - ☑ 符合美观和其他建筑及使用要求

- ### 绪论
- 钢结构设计的基本要求
- ☑ 合理选择材料
 - ☆ 钢材种类：Q235/345/390/420 (A,B,C,D,E)
 - ☆ 焊接材料、铸钢材料
 - ☆ 设计指标
 - ☆ 材料选用原则：
 - ① 变形控制的钢结构：低强钢材
 - ① 强度控制的钢结构：高强钢材
 - ① 长细比控制的结构：低强钢材
 - ① 施工条件控制的结构：不超过Q345

绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 合理选择结构方案(结构体系)

☆ 建筑功能要求: 住宅、办公楼、工业建筑、公共建筑



绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 合理选择结构方案(结构体系)

☆ 建筑功能要求: 住宅、办公楼、工业建筑、公共建筑

☆ 合理的结构布置、流畅的传力系统、多道防线



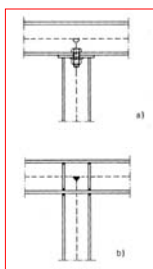
绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 合理的构造措施

☆ 刚接? 铰接? 半刚接?

☆ 节点构造与计算模型相一致

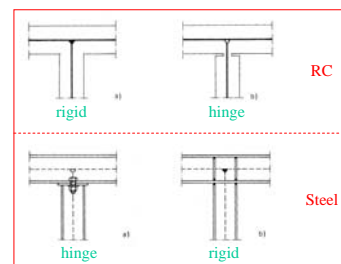
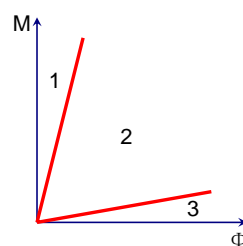


绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 合理的构造措施

☆ 构造措施? 半刚性程度?



绪论

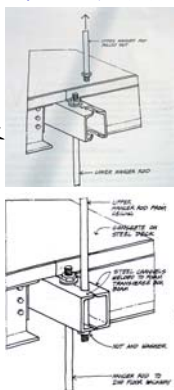
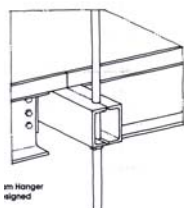
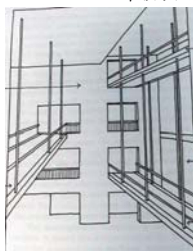
钢结构设计的基本要求

☑ 合理的构造措施

☆ 刚接? 铰接? 半刚接?

☆ 节点构造与计算模型相一致

☆ 分析模型、设计图、施工图的一致



绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 对荷载、作用的正确认识

☆ 恒载、楼面活载

☆ 风荷载

• 体型系数、风振系数等

☆ 冰雪荷载

• 覆冰区、结构形体[大屋面]

☆ 温度作用

• 温度分区、合龙时段、日照

☆ 地震作用

• 延性、阻尼

• Dead load effects

Unit:	Roof weight	Snow load	Wind load	(2)	(3)
kN/m ²	(1)	(2)	(3)	(1)+(2)	(1)+(3)
Steel	0.30	0.70	-0.50	70%	suction
RC	3.00	0.70	-0.50	16%	20%

Some effects which are usually neglected in the design of concrete structures often become important for steel structures

• Deformability of members

$$\frac{v_{max}}{L} = \frac{5}{24} \frac{\sigma_{max}}{E} \frac{L}{h}$$

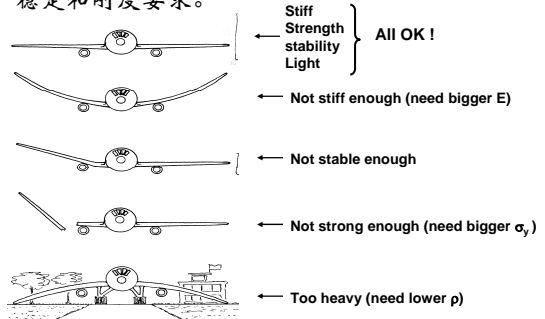
Steel/RC > 1

Steel members have larger deformation than concrete structures. Stiffness might control the design.

绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 满足结构在运输、安装、使用过程中的强度、稳定和刚度要求。



绪论

钢结构设计的基本要求

☑ 采用标准化技术，便利制作、安装



绪论

钢结构设计的基本要求

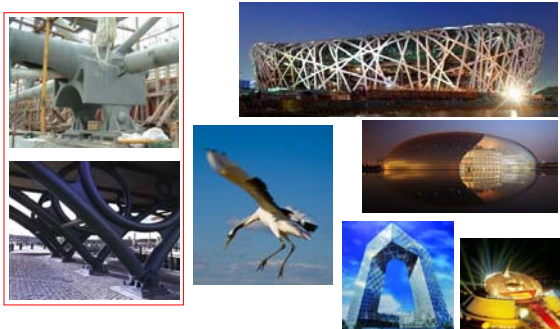
☑ 符合防火和防腐要求



绪论

钢结构设计的基本要求

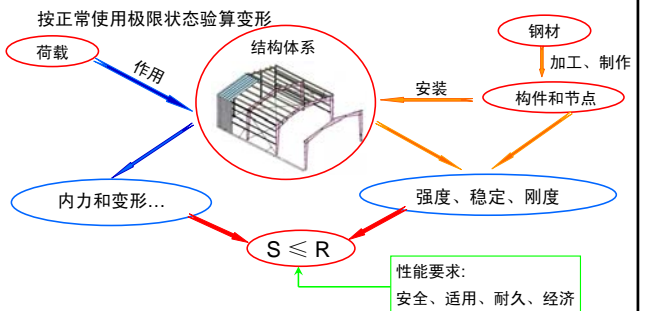
☑ 符合美观和其他建筑及使用要求



绪论

钢结构设计的原则

☑ 采用以概率论为基础的极限状态设计法，以分项系数设计表达式进行计算
 ☑ 承重结构应按承载能力极限状态验算强度、稳定和疲劳：



绪论

钢结构设计的原则

设计规范

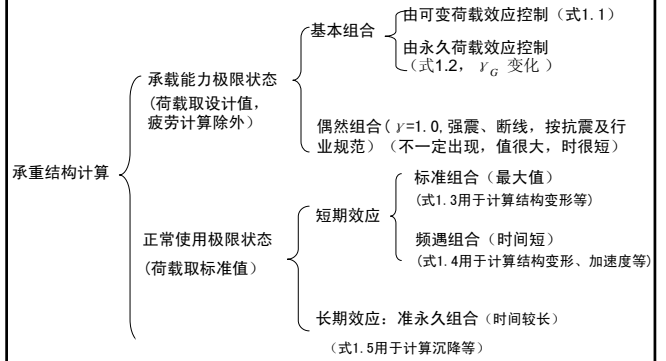
- ★ 建筑结构荷载规范 GB50009
- ★ 钢结构设计规范 GB50017
- ★ 冷弯薄壁型钢结构设计规范 GB50018
- ★ 建筑抗震设计规范 GB50011

建筑物的重要性

- ★ 结构安全等级：一级、二级、三级（延性、脆性破坏的可靠指标）
- ★ 建筑物使用年限：5年、25年、50年、100年
- ★ 建筑抗震设防类别：甲类、乙类、丙类、丁类

绪论

钢结构设计的原则



绪论

钢结构设计的原则

公式

(罕遇地震验算) 偶然组合 ($\gamma=1.0$)

$$1.1) \gamma_0 \left(\gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{QiK} \right) \leq R(\gamma_R, f_k, \alpha_k \dots) \quad \text{可变荷载效应控制}$$

$$1.2) \gamma_0 \left(\gamma_G S_{GK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Gi} \psi_{ci} S_{GiK} \right) \leq R(\gamma_R, f_k, \alpha_k \dots) \quad \text{永久荷载效应控制}$$

$$1.3) S_{GK} + S_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{QiK} \leq C \quad \text{标准组合}$$

$$1.4) S_{GK} + \psi_{F1} S_{Q1K} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{QiK} \leq C \quad \text{频遇组合}$$

$$1.5) S_{GK} + \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{GiK} \leq C \quad \text{准永久组合}$$

承载能力极限状态

正常使用极限状态

短期效应

长期效应

绪论

钢结构设计的原则

式中,

γ_0 — 结构重要性系数;
 γ_G — 永久荷载分项系数;

	计算内容	γ_G
不利	由可变荷载控制	1.2
	由永久荷载控制	1.35
有利	一般结构计算	1.0
	倾覆, 滑移	0.9

γ_{Qi}, γ_{Gi} — 第一个, 第i个可变荷载分项系数;

S_{GK} — 按永久荷载标准值计算的荷载效应值;

ψ_{ci} — 组合值系数;

ψ_{Fi} — 频遇值系数;

S_{Q1K} — 按可变荷载标准值 Q_{1k} 计算的荷载效应值;

ψ_{ci} — 准永久值系数;

$R(\dots)$ — 结构抗力函数;

f_k — 材料性能标准值;

α_k — 几何参数标准值;

γ_R — 结构抗力分项系数;

C — 设计时变形、裂缝等规定的相应限值。

The structural design process

