

浅析《统一建筑法规》地震荷载的计算与应用 (UNIFORM BUILDING CODE 1997)

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046) 王建华 岳学 周成立

摘要: 介绍 UBC (UNIFORM BUILDING CODE 1997) 地震荷载的计算方法。地震荷载计算中各项系数的选取及工程计算实例。

关键词: 抗震设计; 设计基本地震; 基底剪力

中图分类号: TU312, TU311.3 文献标识码: A

当前涉外工程很多, 并且涉外工程通常是通过招标方式来采购机组, 其中包括锅炉构架及有关建筑结构, 在标书文件中建筑结构的设计标准则是一个比较复杂的问题。我们国家的标准设计人员比较熟悉, 但是在招标文件中往往只能用美国的一套标准与规范。其中地震荷载的计算, 就是在设计谈判中讨论比较多的一个问题。为此我们对美国规范的最新版本 1997UBC (UNIFORM BUILDING CODE) 有关地震荷载的计算部分进行了分析, 现将具体内容及应用实例介绍如下:

1 基本定义

1.1 抗震设计的目的

抗震设计的目的主要是避免主结构破坏和人员伤亡, 并不限制建筑物的损坏或维护功能丧失程度。

1.2 最小地震设计

结构及其一部分至少应设计和建造得能抵抗地面地震运动的作用。

1.3 设计基本地震

是指 50 年内超越概率为 10% 在所考虑场地内产生地面运动的地震。

1.4 结构设计要求

结构应设计成能承受来自任何水平方向的地面运动产生的结构反应和地震力。

1.5 基底剪力 V

位于结构基底的总设计侧向力或剪力。

2 计算

2.1 作用于建筑物上的设计基底剪力 V (水平地震力) 由下面公式确定

$$V = \frac{C_v I}{R T} W \quad (1)$$

总的设计基底剪力不能超过下列值:

$$V = \frac{2.5 C_a I}{R} W \quad (2)$$

总的设计基底剪力不应小于下列值:

$$V = 0.11 C_a I W \quad (3)$$

式中 I — 抗震设计重要性系数, 详见表 3;
 C_v — 地震系数, 详见表 6。其值与场地土类型有关, 详见表 2; 地震区系数 Z , 详见表 1;
 C_a — 地震系数, 详见表 5;
 R — 结构系数。代表侧向力抵抗系统固有的超强度和整体延性的数字系数, 详见表 4;
 T — 结构基本自振周期;
 W — 建筑物的总恒荷载;
 对所有建筑物, T 值可由下列近似公式确定:

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad (4)$$

式中 C_t — 对钢抗弯框架为 0.085 3

C_t — 对钢筋砼框架和偏心支撑框架为 0.073 1

C_t — 对所有其它建筑物为 0.048 8

h_n — 建筑物自基底面至顶部的高度。m

地震区系数 Z 值, 在 UBC 中有美国对其本土详尽的地震区划分图, 国内工程按美国标准 (UBC) 计算地震力时, Z 值的选取比较难, 因为我国的地震划分法与美国有所区别。我国只规定了地震烈度与地震加速度, 难以直接套用 UBC 中的地震划分图, 建议借用美国 ASCE “建筑及其它结构最小设计荷载” 的规

定, 此规定内有两张加速度 (A_a 与 A_v) 等值地图。具体采用方法是根据我们提供的地震加速度查对该加速度等值地图, 然后再对照 UBC 的地震区划分图, 这样就可以确定属于哪个地震区。也可以参照下表

地震区系数 Z 值建议表

| | | | |
|------|------|------|-------|
| 地震烈度 | 7 度 | 8 度 | 9 度 |
| Z | 0.15 | 0.25 | 0.50 |
| 地震区 | 2A | 2B-3 | > 4 区 |

场地土壤类型按表 2, 当没有足够地质资料时, 可采用 S_D 型

2.2 地震力的分配

地震力沿高度方向进行分配, 在缺乏更精确的方法时, 应按下面公式将全部力分配到结构物的高度上:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (5)$$

除 F_n 外位于顶部处的集中力 F_t 应由下式确定:

$$F_t = 0.07 TV \quad (6)$$

T 为结构基本自振周期, F_t 不应超过 $0.25 V$, 并在 T 等于或小于 0.7 秒时可以取 0 。

基底剪力的剩余部分应按式分配到包括 n 层在内的结构物的高度上:

$$F_x = \frac{(V - F_t) W_x h_x}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad (7)$$

在以 X 为标志的每一层处, 力 F_x 应根据在该处的质量分布而施加到建筑物面积上。结构物的位移和设计地震力应按施加在基底以上相应处的力 F_x 和 F_t 的作用效果进行计算。

3 例题

以平凉电厂 300 MW 工程为例: 主要依据两台 300 MW 机组

基本地震烈度: 7 度(地震加速度 $0.1 g$)

场地土性质和等别: 粗砂混圆砾, 地基土强度

$[\sigma] = 200 - 300 \text{ kPa}$ II 类场地土

锅炉构架长 43.5 m , 宽 34.8 m , 高 72.26 m

锅炉构架为全钢结构

按式(1)

$$V = \frac{C_v I}{RT} W$$

$I = 1$ (重要系数)

$R = 5.6$ (结构系数)

因无详细的场地土资料, 场地土类型采用 S_D 按表 5 表 6, 基本地震烈度为 7 度时 $Z = 0.15$

$C_v = 0.32$ (地震系数)

$C_A = 0.22$ (地震系数)

按式(4)

$$T = C_t (h_n)^{3/4} = 0.0488 (72.26)^{3/4} = 1.2095 \text{ s}$$

式中: $C_t = 0.0488$

$h_n = 72.26 \text{ m}$

$$V = \frac{0.32 \times 1}{5.6 \times 1.2095} W = 0.0472 W$$

按公式(2)

$$V = \frac{2.5 C_A I}{R} W = \frac{2.5 \times 0.22 \times 1}{5.6} W = 0.0982 W$$

即总的设计基底剪力不能超过 $0.0982 W$

按公式(3)

$$V = 0.11 C_A I W = 0.11 \times 0.22 \times 1 W = 0.0242 W$$

即总的设计基底剪力不应小于 $0.0242 W$

地震力沿高度上分配计算略。

表 1 地震区系数 Z

| | | | | | |
|-----|-------|------|------|------|------|
| 地震区 | 1 | 2A | 2B | 3 | 4 |
| Z | 0.075 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 |

表 2 场地土类型

| 场地类型 | 场地土名或一般描述 | 30480 mm 土层以上土的平均特性 | | |
|-------|------------|---|-----------------------------|----------------------------------|
| | | 剪切波速 $V_s / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 标准贯入试验 N 或对于无粘性土 N_{ch} | 不排水剪切强度 \bar{S}_n / kPa |
| S_A | 坚硬岩石 | > 15000 | — | — |
| S_B | 岩石 | 760 到 1500 | — | — |
| S_C | 坚实土和软质岩 | 360 到 760 | > 50 | > 100 |
| S_D | 硬土 | 180 到 360 | 15 到 50 | 50 到 100 |
| S_E | 软土 | < 180 | < 15 | < 50 |
| S_F | 要求现场另处勘测的土 | | | |

场地类型 S_E 也包括: 塑性指数 $PI > 20$, $W_{MC} \geq 40\%$ 和 $S_u < 24 \text{ kPa}$ 的软粘土, 埋置深度大于 3048 mm 的任何场地土。塑性指数 PI 和含水量 W_{MC} 应根据批准的国家标准确定。

表 3 建构筑物类型

| 建构筑物类型 | 建构筑物的类型或结构的功能 | 地震重要性系数 I | 地震重要性系数 I_P | 风荷载重要性系数 I_W |
|-----------|---|-------------|---------------|----------------|
| 1. 重要设施 | 有诊疗室和紧急处理场地的 I 组 1 类建构筑物 消防站和警察局 车辆和飞机的紧急车库和掩蔽所 航空控制塔 政府通讯中心的结构物及设备 and 紧急响应所需的其它设备 I 类设施所需的备用发电设备 为保护 1, 2, 3 类结构物所需的, 容纳或支承水或其它灭火器材或设备的水箱或其它结构 | 1. 25 | 1. 50 | 1. 15 |
| 2. 危险设施 | 存放或支承有毒或爆炸性的化学材料或物质的 H 组 1, 2, 6 和 7 类建构筑物和结构 如果一建筑物内装有存放、支承或容纳大量的有毒或爆炸导致该建筑物属于 H 组 1, 2 或 7 类建构筑物的非建筑结构物 | 1. 25 | 1. 50 | 1. 15 |
| 3. 特殊建构筑物 | A 组 1, 2 和 2. 1 类建构筑物 容纳 300 名以上学生的 E 组 1 和 3 建构筑物类型的建构筑物 容纳 500 名以上学生的学院或成人教育的 B 组建构筑物类型的建构筑物 容纳等于或大于 50 名, 或不能自理的住院病人, I 组 1 和 2 类建构筑物, 但不包括 1 类 I 组 3 类建构筑物 容纳 5000 人以上的所有结构物 在发电站中的结构物和设备以及其它未包括在上述 I 类或 II 类且要求连续运行的公用设施 | 1. 00 | 1. 00 | 1. 00 |
| 4. 标准建构筑物 | 未列入 1, 2 或 3 类建构筑物所具有功能和居住的所有结构以及 U 组塔楼 | 1. 00 | 1. 00 | 1. 00 |
| 5. 其它结构物 | 除塔楼外的 U 组建构筑物 | 1. 00 | 1. 00 | 1. 00 |

表 4 结构体系

| 基本结构体系 | 抗侧力体系描述 | R | Ω_0 | 震区 3 和 4 高度限值 ($\times 304. 8 \text{ mm}$) |
|--------------------|------------------------|------|------------|---|
| 1. 承重墙体系 | 1. 带剪力墙板的轻型框架墙 | | | |
| | a. 对于三层或少于三层结构物的木结构板墙 | 5. 5 | 2. 8 | 65 |
| | b. 所有其它轻型框架墙 | 4. 5 | 2. 8 | 65 |
| | 2. 剪力墙 | | | |
| | a. 混凝土 | 4. 5 | 2. 8 | 160 |
| | b. 砌体 | 4. 5 | 2. 8 | 160 |
| | 3. 仅有拉力支撑的轻型钢框架承重墙 | 2. 8 | 2. 2 | 65 |
| | 4. 支撑承受重力荷载的有支撑框架 | | | |
| | a. 钢结构 | 4. 4 | 2. 2 | 160 |
| | b. 混凝土结构 | 2. 8 | 2. 2 | — |
| 2. 建筑框架体系 | 1. 偏心钢支撑框架(EBF) | 7. 0 | 2. 8 | 240 |
| | 2. 有剪力墙板的轻型框架墙 | | | |
| | a. 对于三层或小于三层结构物中的木结构板墙 | 6. 5 | 2. 8 | 65 |
| | b. 所有其它轻型框架墙 | 5. 0 | 2. 8 | 65 |
| | 3. 剪力墙 | | | |
| | a. 混凝土 | 5. 5 | 2. 8 | 240 |
| | b. 砌体 | 5. 5 | 2. 8 | 160 |
| | 4. 普通的支撑框架 | | | |
| | a. 钢结构 | 5. 6 | 2. 2 | 160 |
| | b. 混凝土结构 | 5. 6 | 2. 2 | — |
| c. 大型木结构 | 5. 6 | 2. 2 | 65 | |
| 3. 抗弯框架体系 | 5. 特殊支撑框架 | | | |
| | a. 钢结构 | 6. 4 | 2. 2 | 240 |
| | 1. 特殊抗弯框架(SM RF) | | | |
| | a. 钢 | 8. 5 | 2. 8 | N. L |
| | b. 混凝土 | 8. 5 | 2. 8 | N. L |
| 2. 砌体抗弯墙框架(MM RWF) | 6. 5 | 2. 8 | 160 | |

| 基本结构体系 | 抗侧力体系描述 | R | Ω_0 | 震区 3 和 4 高度限值 ($\times 304.8 \text{ mm}$) |
|----------------------|--------------------------|-----|------------|--|
| 4. 双重体系 | 3. 混凝土中间抗弯框架 | 5.5 | 2.8 | — |
| | 4. 普通抗弯框架(IMRF) | | | |
| | a. 钢结构 | 4.5 | 2.8 | 160 |
| | b. 砼结构 | 3.5 | 2.8 | — |
| | 5. 特殊抗剪钢桁架(STMF) | 6.5 | 2.8 | 240 |
| | 1. 剪力墙 | | | |
| | a. 具有 SMRF 的砼结构 | 8.5 | 2.8 | N. L |
| | b. 具有钢的 OMRF 的砼结构 | 4.2 | 2.8 | 160 |
| | c. 具有砼的 IMRF 的砼结构 | 6.5 | 2.8 | 160 |
| | d. 具有 SMRF 的砌体结构 | 5.5 | 2.8 | 160 |
| e. 具有钢的 OMRF 的砌体结构 | 4.2 | 2.8 | 160 | |
| f. 具有砼的 IMRF 的砌体结构 | 4.2 | 2.8 | — | |
| g. 具有砌体 MM RWF 的砌体结构 | 6.0 | 2.8 | 160 | |
| 2. 钢的 EBF | | | | |
| a. 钢的 SMRF | 8.5 | 2.8 | N. L | |
| b. 钢的 OMRF | 4.2 | 2.8 | 160 | |
| 3. 普通支撑框架 | | | | |
| a. 钢的 SMRF 的钢结构 | 6.5 | 2.8 | N. L | |
| b. 具有钢的 OMRF 的钢结构 | 4.2 | 2.8 | 160 | |
| c. 具有砼的 SMRF 的砼结构 | 6.5 | 2.8 | — | |
| d. 具有砼的 IMRF 的砼结构 | 4.2 | 2.8 | — | |
| 4. 特殊支撑框架 | | | | |
| a. 具有钢的 SMRF 的钢结构 | 7.5 | 2.8 | N. L | |
| b. 具有钢的 OMRF 的钢结构 | 4.2 | 2.8 | 160 | |
| 5. 悬臂柱建筑体系 | 1. 悬臂柱杆件 | 2.2 | 2.0 | 35 |
| 6. 框架—剪力墙体系 | 1. 混凝土结构 | 5.5 | 2.8 | 160 |
| 7. 未定义的体系 | 见第 1629.6.7 和 1629.9.2 节 | | | |

N. L—没有限制

表 5 地震系数 C_a

| 地土类型 | 地震区系数 Z | | | | |
|----------------|-----------|----------|---------|---------|--------------------|
| | Z = 0.075 | Z = 0.15 | Z = 0.2 | Z = 0.3 | Z = 0.4 |
| S _A | 0.06 | 0.12 | 0.16 | 0.24 | 0.32N _a |
| S _B | 0.08 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40N _a |
| S _C | 0.09 | 0.18 | 0.24 | 0.33 | 0.40N _a |
| S _D | 0.12 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.44N _a |
| S _E | 0.19 | 0.30 | 0.34 | 0.36 | 0.36N _a |
| S _F | 见附注 1 | | | | |

对于场地土类型为 S_F 的地震系数, 应该通过现场专门的地质勘测和动力场地特征曲线分析来确定。

表 6 地震系数 C_v

| 场地土类型 | 地震区系数 Z | | | | |
|----------------|-----------|----------|---------|---------|--------------------|
| | Z = 0.075 | Z = 0.15 | Z = 0.2 | Z = 0.3 | Z = 0.4 |
| S _A | 0.06 | 0.12 | 0.16 | 0.24 | 0.32N _v |
| S _B | 0.08 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40N _v |
| S _C | 0.13 | 0.25 | 0.32 | 0.45 | 0.56N _v |
| S _D | 0.18 | 0.32 | 0.40 | 0.54 | 0.64N _v |
| S _E | 0.26 | 0.50 | 0.64 | 0.84 | 0.96N _v |
| S _F | 见附注 1 | | | | |

关于场地土类型为 S_F 的地震系数, 应该通过现场专门的地质勘测和动力场地特征曲线分析来确定。

参考文献

[1] Uniform Building Code. Published By The International Conference Of Building Officials In 1997(统一建筑法规).
 [2] Minimum Design Loads For Buildings And Other Structures. Pub-

lished By The American National Standard Institute In 1994(建筑及其它结构最小设计荷载).

[3] GBJ11—89 建筑抗震设计规范.

(渠源 编辑)

ent will be beneficial for decreasing transverse flow losses. The analysis of vorticity isolines shows that the horse-shoe vortex and passage vortex measure and strength in the positively-curved blades have been found to be smaller than those in the straight blades. Furthermore, from the distribution picture of energy loss factors one can see that the use of positively-curved blades can bring about a decrease in energy loss of a cascade inner-flow field.

Key words: positively-curved blade, energy loss, secondary flow

基于过程系统工程理论的热力系统性能模拟 = **Thermal System Performance Simulation Based on a Process System Engineering Theory** [刊, 汉] / Ding Yanjun, Wang Peihong, Lu Zhengzhong, et al (Southeastern University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 153 ~ 155

Based on the introduction of a process system engineering (PSE) theory this paper sets up a process unitary model and a system model for a power plant steam turbine thermodynamic system through the use of a sequential-module method of the PSE theory. A performance simulation has been conducted using a loop fracture and convergence algorithm, and the accuracy of the above-cited model verified. Finally, analyzed and discussed is the feasibility and importance of applying PSE theory for the power plant performance simulation, analysis, optimization and diagnosis. **Key words:** process system engineering, sequential-module method, thermodynamic system, performance simulation

浅析《统一建筑法规》地震荷载的计算与应用 = **A Preliminary Analysis of Seismic Load Calculation on the Basis of “Uniform Building Code of 1997” and its Practical Use** [刊, 汉] / Wang Jianhua, Yue Xue, Zhou Chengli (Harbin Boiler Co. Ltd.) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 156 ~ 159

This paper describes a seismic load calculation method as set forth in “Uniform Building Code of 1997”. The selection of various factors in the seismic load calculation is discussed and practical engineering-calculation examples given. **Key words:** seismic-proof design, basic seismic design, sole shear

过热器管束断裂分析 = **Superheater Tube-Bank Fracture Analysis** [刊, 汉] Li Ming, Wang Yanbin (Harbin No.703 Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 160 ~ 161

With the help of a finite-element method a thermal stress calculation and analysis was performed of a heat recovery boiler superheater tube-bank and an outer tube network system. It is noted that during a boiler start-up the superheater tube-bank is subjected to a most unfavorable load-bearing condition. Moreover, the layout rigidity of the outer tube network can influence the service life and safe operation of the superheater tube bank. **Key words:** superheater, thermal stress, outer tube network, rigidity

锅炉一次风通过节流孔板时的数值模拟 = **Numerical Simulation of a Boiler Primary-Air Flow through a Throttle Orifice-plate** [刊, 汉] / Pan Weiguo, Shen Feng, Zheng Puyan, et al (Shanghai Electric Power Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2000, 15(2). — 162 ~ 164

A numerical simulation was conducted of the air and pulverized-coal multi-phase flow pattern after an adjustable throttle orifice-plate was installed in the pulverized-coal horizontal feed-pipe of a boiler combustion system. It has been found through the above-mentioned simulation that an effective numerical simulation method consists in the following: a gas-phase turbulent flow model is first described by the use of a $K-\epsilon$ dual-equation model and with the help of SIMPLE algorithm the gas-phase speed field can be calculated. Then, a FSRT model and Lagrange method are employed to calculate the particle field characteristics. **Key words:** gas-solid multiple-phase flow, numerical simulation

利用一维热膜探针对旋流燃烧器出口冷态旋流流场的测量 = **Measurements of Cold-state Rotating Flow**