

UDC

SH

中华人民共和国行业标准

P

SH 3067 — 95

石油化工企业钢筋混凝土 冷换框架设计规范

Petochemical coolers and exchangers
frame design code reinforced concrete

1995—02—08发布

1995—07—01实施

中国石油化工总公司 发布

中华人民共和国行业标准

石油化工企业钢筋混凝土 冷换框架设计规范

Petrochemical coolers and exchangers
frame design code reinforced concrete

S H 3067 — 95

主编单位：中国石化洛阳石油化工工程公司

批准部门：中国石油化工总公司

中国石油化工总公司文件

中石化（1995）建字40号

关于发布行业标准《石油化工企业 钢筋混凝土冷换框架设计规范》的通知

各有关单位：

由中国石化洛阳石油化工工程公司主编的《石油化工企业钢筋混凝土冷换框架设计规范》已经审查和定稿。现批准《石油化工企业钢筋混凝土冷换框架设计规范》SH 3067—95为石油化工行业标准，自1995年7月1日起实施。原《炼油厂冷却器、换热器构架设计技术规定（钢筋混凝土篇）》SYJ 1031—83，自1995年12月31日废止。

本规范的具体解释工作，由中国石化洛阳石油化工工程公司负责。

中国石油化工总公司

一九九五年二月八日

目 次

1	总则	1
2	一般规定	2
2.1	结构布置	2
2.2	结构计算	3
2.3	抗震设防	4
2.4	材料选择	5
3	荷载和荷载效应组合	7
3.1	荷载	7
3.2	荷载效应组合	10
4	截面设计与构造	14
附录A	各层水平变位计算式	插页
附录B	综合挡风系数 μ_a 值	插页
附录C	结构基本自振周期计算公式	19
附录D	柱抗侧移刚度计算	插页
附录E	用词说明	21
附加说明		22
附:条文说明		23

1 总 则

1.0.1 本规范适用于石油化工企业支承冷却器、换热器及卧式容器（以下简称冷换设备）以及其顶层设有空气冷却器（以下简称空冷器）的钢筋混凝土冷换框架设计。

本规范不适用于管廊顶上带空气冷却器的钢筋混凝土框架设计。

1.0.2 执行本规范时，尚应符合现行有关标准规范的要求。

2 一般规定

2.1 结构布置

2.1.1 结构布置，应力求体型简单，质量分布和刚度变化对称均匀。

2.1.2 结构布置，应根据设备布置的要求，优先采用横向承重框架结构。当采用纵向承重框架结构时，应采取措施加强横向刚度。

2.1.3 平面尺寸为正方形或接近正方形和抗震设防烈度7、8、9度的框架，在两个主轴方向，均应采用框架结构。

2.1.4 设防烈度7、8、9度时，框架应采用现浇钢筋混凝土结构。

2.1.5 平面定位轴线应与柱的截面几何中心相重合；上下层柱截面的几何中心，应在同一垂线上；框架横梁及柱间纵梁的中心线，宜与柱中心线相重合。

2.1.6 框架的跨度、柱距和层高，宜采用以下系列：

2.1.6.1 跨度：有空冷器时为4.35、5.70、8.70m；
无空冷器时为5.00、6.00、7.00m；

2.1.6.2 柱距：6.00m；

2.1.6.3 层高：底层为4.50、5.00、5.50、6.00、6.50、7.00m；第二层及以上各层为4.00、4.50、5.00、5.50、6.00m。

注：层高为竖向相邻平台顶面（含抹面层）之间的距离；底层层高为设计地面至第二层平台顶面之间的距离。

2.1.7 框架上冷换设备基座，宜采用钢筋混凝土结构。空冷器的风机和电机基座，宜采用钢结构。

2.1.8 框架层间楼梯的设置，应根据生产操作和防火的要求确定。

2.1.9 框架各层平台四周应设置钢栏杆，对高度小于20m的平台，其栏杆高度为1.05m；对高度大于或等于20m的平台，其栏杆高度为1.20m。

2.2 结构计算

2.2.1 框架结构构件，应满足各种荷载状态下的承载力与正常使用的要求。

2.2.2 框架的安全等级为二级。对承受恒载为主的小偏心受压柱的构件安全等级为一级。

2.2.3 框架构件的抗震等级，宜符合表2.2.3的规定。

框 架 抗 震 等 级 表 2.2.3

设防烈度	6		7		8		9
框架高度 (m)	<25	>25	<35	>35	<35	>35	<25
抗震等级	四	三	三	二	二	一	一

2.2.4 计算板传给次梁和次梁传给框架梁的竖向荷载时，可不考虑结构连续性的影响。

2.2.5 计算框架柱和基础时，可不考虑各层平台活荷载的折减。

2.2.6 计算框架梁、柱时，可不考虑平台活荷载的不利位置影响。

2.2.7 计算有空冷器的框架荷载效应时，应考虑风机和电机对构件承载力的动力影响。

2.3 抗震设防

2.3.1 框架抗震设计，应符合丙类建筑抗震设防要求。

2.3.2 抗震设防烈度为 7、8、9 度时，框架应考虑水平地震作用，并按框架两个主轴方向分别进行抗震验算。对竖向地震作用，可不考虑。

2.3.3 抗震设防烈度为 6 度时，框架可不进行抗震验算，但应符合抗震构造措施要求。

2.3.4 当建筑场地为 1 类场地时，框架可按原设防烈度降低一度采取抗震构造措施，地震作用仍按原烈度计算，但 6 度时构造措施可不降低。

2.3.5 设防烈度为 8、9 度时，楼层屈服强度系数小于 0.5 的框架，宜按现行《建筑抗震设计规范》进行高于本地区设防烈度预估的罕遇地震作用下薄弱层的抗震变形验算。

2.3.6 框架结构构件的截面抗震验算，应符合下式要求：

$$\gamma_e S < \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (2.3.6)$$

式中 γ_e ——结构构件的重要性系数；

S ——结构构件荷载效应组合设计值；

R ——结构构件抗力设计值，应按有关建筑结构设计规范的规定确定；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，按现行《建筑抗震设计规范》的规定采用。

2.4 材料选择

2.4.1 混凝土强度等级，应符合下列规定：

2.4.1.1 框架梁、板、柱，不宜低于C 25。抗震等级为一级的框架梁、板、柱，不应低于C 30。抗震等级为二、三级的框架梁、板、柱，不应低于C 25。

2.4.1.2 框架基础当采用Ⅰ级级钢筋时，不宜低于C 15；当采用Ⅱ级钢筋时不宜低于C 20。基础垫层宜采用C 10。

2.4.2 框架梁、柱中的纵向受力钢筋宜选用Ⅱ、Ⅲ级钢筋，箍筋宜选用Ⅰ、Ⅱ级钢筋。框架楼板、平台板及基础，宜选用Ⅰ、Ⅱ级钢筋。

2.4.3 按一、二级抗震等级设计时，框架纵向受力钢筋的强度实测值，应符合下列要求：

2.4.3.1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值，不应小于1.25；

2.4.3.2 钢筋的屈服强度实测值与钢筋的强度标准值的比值：当按一级抗震等级设计时，不应大于1.25；当按二级抗震等级设计时，不应大于1.4。

注：钢筋的检验方法，应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工及验收规范》的规定。

2.4.4 地脚螺栓应采用未经冷加工的Q 235 — A F 号钢

制作。当冬季计算温度等于或低于 -20°C 时,应采用 Q 235—A 制作。

3 荷载和荷载效应组合

3.1 荷 载

3.1.1 框架上的荷载,可分为下列三类:

3.1.1.1 永久荷载:结构自重、固定的冷却器、换热器、容器设备重力荷载、设备保温重及介质重、空冷器的竖向和水平向当量荷载;

3.1.1.2 可变荷载:平台均布活荷载、设备充水重、风荷载及多遇地震作用;

注:可不考虑雪荷载的作用。

3.1.1.3 偶然荷载:罕遇地震作用。

3.1.2 冷换容设备重力荷载标准值,应包括设备自重、管道重、梯子平台重、保温重、操作介质重、并按生产操作和充水试压两种状态分别考虑。

3.1.3 空冷器的风机和电机当量荷载标准值,应符合下列规定:

3.1.3.1 每台风机和电机的竖向当量荷载标准值,可按下列下式计算:

$$F_{vk} = K_d G_k \quad (3.1.3-1)$$

式中 F_{vk} ——每台风机和电机的竖向荷载标准值 (kN);

G_k ——风机和电机重力荷载标准值 (kN);

K_d ——动力系数,取1.5。

3.1.3.2 水平向当量荷载标准值的取值, 应符合下列规定:

(1) 当空冷器为一台时, 其水平向当量荷载标准值应按下列式计算:

$$F_{dk} = K_{hd} G_k \quad (3.1.3-2)$$

式中 F_{dk} ——空冷器风机和电机的水平向当量荷载标准值 (kN);

K_{hd} ——水平向动力系数, 取0.25。

(2) 当空冷器为两台时, 其水平向当量荷载标准值, 应按下列式计算:

$$F_{dk} = F_{dk1} + F_{dk2} \quad (3.1.3-3)$$

式中 F_{dk1} 、 F_{dk2} ——各台空冷器风机和电机的水平向荷载标准值 (kN)。

(3) 当空冷器为多台时, 其水平向当量荷载标准值, 除按 (3.1.3-3) 式计算外, 同时应按下列式计算, 取两者最大值:

$$F_{dk} = \sqrt{F_{dk1}^2 + F_{dk2}^2 + \cdots + F_{dkn}^2} \quad (3.1.3-4)$$

式中 F_{dkn} ——第 n 台空冷器风机和电机的水平向当量荷载标准值 (kN)。

注: 计算每幅框架空冷器水平向当量荷载标准值时, 仅考虑相邻柱间空冷器的影响, 其他柱间可不考虑。

3.1.4 框架平台均布活荷载标准值、应按表 3.1.4 采用。

项 次	类 别	标准值 (kN/m^2)
1	板、平台梁	4.0
2	框架梁、柱、基础、支承设备梁	2.0
3	空冷器、卧式容器平台各种构件	2.0
4	安装检修荷载	按实际情况确定, 一般不小于4.0

注: ①冷换设备头盖检修荷载已包括在平台均布活荷载内, 不另行考虑;

②框架梁如遇多台设备荷载时, 仅取其中最不利的一台设备的安装检修荷载进行计算。

3.1.5 作用在框架每层节点上的风荷载标准值, 可近似按下式计算:

$$W_k = \mu_s \mu_z \mu_a W_0 A \quad (3.1.5)$$

式中 W_k ——框架每层节点上的风荷载标准值 (kN);

μ_s ——风荷载体型系数, 取1.3;

μ_z ——风压高度变化系数, 按现行《建筑结构荷载规范》的有关规定采用;

μ_a ——综合挡风系数, 按附录B 采用;

W_0 ——基本风压值 (kN/m^2);

A——框架每层柱间的面积（即柱距或跨度与层高的乘积）（ m^2 ）。

注：当框架高度大于30m或高宽比大于或等于1.5时，可按现行《建筑结构荷载规范》有关规定考虑结构风振系数的影响。

3.1.6 框架水平地震作用，可采用底部剪力法或不考虑扭转影响的振型分解反应谱法进行计算。当采用底部剪力法时，各楼层可仅考虑一个自由度；当采用振型分解反应谱法时，可取结构的前三个振型。水平地震作用标准值，应按现行《建筑抗震设计规范》的有关规定进行计算。

3.2 荷载效应组合

3.2.1 框架应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，分别进行荷载效应组合，并应取最不利组合进行设计。

3.2.2 荷载分项系数，应按表3.2.2确定。

荷 载 分 项 系 数 表 3.2.2

荷 载 类 别	代 号	分项系数
结构自重、设备与管道自重、介质与保温自重	1	1.2
空冷器风机和电机自重	2	1.2
设备试压充水水重	3	1.1
平台均布活荷载	4	1.3
风荷载	5	1.4
水平地震作用	6	1.3

3.2.3 框架结构荷载效应组合，按表3.2.3规定采用

荷 载 效 应 组 合 表 3.2.3

荷 载 状 态	组 合 内 容
正 常 操 作	(1) + (2) + (4) + (5)
充 水 试 压	(1) + (2) + (3) + (4)
地 震 作 用	(1) + (2) + (4) + (6)

注：充水试压状态时，不含介质重。

3.2.4 框架结构构件的荷载效应，应按下列三种状态进行荷载效应组合，并取其不利者：

3.2.4.1 正常操作时，框架结构构件荷载效应组合的设计值，应按下式计算：

$$S = \gamma_G C_G G_K + \gamma_d C_d F_{dk} + \gamma_Q C_Q Q_K + \gamma_w C_w W_k \quad (3.2.4-1)$$

式中 S ——结构件荷载效应组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力的设计值；

$\gamma_G, \gamma_d, \gamma_Q, \gamma_w$ ——分别为重力荷载、空冷器当量荷载、水平地震作用和风荷载的分项系数，应按表3.2.2采用；

C_G, C_d, C_Q, C_w ——分别为重力荷载、空冷器当量荷载、平台均布活荷载和风荷载的效应系数，应按现行《建筑设计统一标准》确定；

G_k ——重力荷载标准值（包括结构自重、设备

与管道重、介质与保温重)(k N)；

F_{dk} ——空冷器当量荷载标准值 (k N)；

Q_k ——平台均布荷载标准值，应按表 3.1.3 采用；

W_k ——风荷载标准值。

3.2.4.2 充水试压时，框架结构构件荷载效应组合的设计值，应按下列式计算：

$$S_{wer} = \gamma_G C_G G_{we} + \gamma_d C_d F_{dk} + \gamma_{WE} C_{WE} G_W + \gamma_Q C_Q Q_k \quad (3.2.4-2)$$

式中 S_{wer} ——结构构件荷载效应组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力的设计值；

γ_{WE} ——充水荷载分项系数，按表 3.2.2 采用；

C_{WE} ——充水荷载效应系数，按现行《建筑结构荷载设计统一标准》确定；

G_W ——充水荷载标准值 (k N)；

G_{WE} ——重力荷载标准值 (包括结构自重、设备与管道重、保温重、但不包括介质重) (k N)。

3.2.4.3 地震作用时，框架结构构件荷载效应组合的设计值，应按下列式计算：

$$S_{Eh} = \gamma_G C_G G_K + \gamma_d C_d F_{dk} + \gamma_Q C_Q Q_K + \gamma_{Eh} C_{Eh} E_{hk} \quad (3.2.4-3)$$

式中 S_{Eh} ——结构构件荷载效应组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力的设计值；

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数，按表 3.2.2 采用；

C_{Eh} ——水平地震作用效应系数，按现行《建筑

结构设计统一标准》确定；

E_{hk} ——水平地震作用标准值。

3.2.5 罕遇地震作用时，框架结构构件荷载效应组合的设计值，应按下式计算：

$$S'_{Eh} = C_G G_K + C_d F_{dk} + C_Q Q_K + C_{Eh} E'_{hk} \quad (3.2.5)$$

式中 S'_{Eh} ——罕遇地震作用下，结构构件荷载效应组合的设计值包括组合的弯矩、轴向力和剪力的设计值；

E'_{hk} ——罕遇水平地震作用标准值，按现行《建筑抗震设计规范》的规定计算。

4 截面设计与构造

4.0.1 框架梁的截面与构造，应符合下列规定：

4.0.1.1 梁截面宽度不宜小于 250 mm，且不小于柱宽的 $1/2$ ；梁截面的高宽比不宜大于 4；梁净跨与截面高度之比不宜小于 4；

4.0.1.2 现浇框架梁，当计算框架梁刚度时，可不考虑板翼缘的影响；

4.0.1.3 框架梁的梁端截面的设计，宜取柱边的梁端弯矩设计值；

4.0.1.4 当纵向为非承重框架结构时，纵梁可按连续梁计算，但在边支座处梁顶，应设置上部钢筋，钢筋截面积不得小于梁跨中下部纵向受力钢筋截面积的 $1/4$ ；且从柱边伸入梁内长度应大于纵梁的 $1/6$ ；

4.0.1.5 非地震区框架梁的截面、配筋、构造，应符合现行《混凝土结构设计规范》的有关规定；

4.0.1.6 地震区框架梁的截面、配筋、构造，应符合现行《建筑抗震设计规范》的有关规定。

4.0.2 框架平台板的厚度，不应小于 100 mm。平台板的受力钢筋间距，不应大于 200 mm，分布筋间距，不应大于 300 mm。

4.0.3 框架柱的截面与构造，应符合下列规定：

4.0.3.1 框架柱的截面最小边长，不宜小于 300 mm，

柱净高与截面高度之比，不宜小于 4；

4.0.3.2 框架柱的计算长度 l_0 ，底层柱取 $1.0 H$ ；其余各层取 $1.25 H$ ；

注： H 为层高，底层层高从基础顶面算起。

4.0.3.3 非地震区框架柱的截面、配筋、构造，应符合现行《混凝土结构设计规范》的有关规定；

4.0.3.4 地震区框架柱的截面、配筋、构造，应符合现行《建筑抗震设计规范》的有关规定。

附录A 各层水平变位计算式

各 层 水 平 变 位 计 算 式

表A

层数	i层柱线刚度和 $J_i = \sum \frac{E_i J_{oi}}{l_i}$ (k·N·m)	i层梁线刚度和 $r_i = \sum \frac{E_i J_{oi}}{l_i}$ (k·N·m)	计算系数 F_i (m/k·N)	计算系数 R_i (m/k·N)	平台单位力作用处的侧移 (主位移) (m/k·N)	由某层作用单位力后引起 其它层的侧移 (副位移) (m/k·N)
1	f_1	r_1	$F_1 = \frac{h_1^3}{f_1}$	$R_1 = \frac{h_1^3}{4r_1 + 0.33f_1}$	$\delta_{11} = \frac{1}{12}(F_1 + R_1)$	$\delta_{12} = \delta_{21} = \dots \dots \delta_{1n} = \delta_{n1}$ $= \delta_{11} + \frac{h_1 h_2}{4\sqrt{4 + 48r_1}}$
2	f_2	r_2	$F_2 = F_1 + \frac{h_2^3}{f_2}$	$R_2 = \frac{(h_1 + h_2)^2}{4r_1 + 0.33f_1}$	$\delta_{22} = \frac{1}{12}(F_2 + R_2 + \frac{h_2^3}{4r_2})$	$\delta_{23} = \delta_{32} = \dots \dots \delta_{2n} = \delta_{n2}$ $= \delta_{22} + \frac{h_2 h_3}{4r_2}$
3	f_3	r_3	$F_3 = F_2 + \frac{h_3^3}{f_3}$	$R_3 = R_2 + \frac{(h_2 + h_3)^2}{4r_2}$	$\delta_{33} = \frac{1}{12}(F_3 + R_3 + \frac{h_3^3}{4r_3})$	$\delta_{34} = \delta_{43} = \dots \dots \delta_{3n} = \delta_{n3}$ $= \delta_{33} + \frac{h_3 h_4}{4r_3}$
4	f_4	r_4	$F_4 = F_3 + \frac{h_4^3}{f_4}$	$R_4 = R_3 + \frac{(h_3 + h_4)^2}{4r_3}$	$\delta_{44} = \frac{1}{12}(F_4 + R_4 + \frac{h_4^3}{4r_4})$	$\delta_{45} = \delta_{54} = \dots \dots \delta_{4n} = \delta_{n4}$ $= \delta_{44} + \frac{h_4 h_5}{4r_4}$
.....						
$n-1$	f_{n-1}	r_{n-1}	$F_{n-1} = F_{n-2} + \frac{h_{n-1}^3}{f_{n-1}}$	$R_{n-1} = R_{n-2} + \frac{(h_{n-2} + h_{n-1})^2}{4r_{n-2}}$	$\delta_{(n-1)(n-1)} = \frac{1}{12}(F_{n-1} + R_{n-1} + \frac{h_{n-1}^3}{4r_{n-1}})$	$\delta_{(n-1)n} = \delta_{n(n-1)} = \delta_{(n-1)(n-1)} + \frac{h_{n-1} h_n}{4r_{n-1}}$
n	f_n	r_n	$F_n = F_{n-1} + \frac{h_n^3}{f_n}$	$R_n = F_{n-1} + \frac{(h_{n-1} + h_n)^2}{4r_{n-1}}$	$\delta_{nn} = \frac{1}{12}(F_n + R_n + \frac{h_n^3}{4r_n})$	

注: $i=1, 2, 3, \dots, n$; J_{oi} ——i层柱截面惯性矩 (m⁴); J_{oi} ——i层梁截面惯性矩 (m⁴); l_i ——i层的跨度 (m); h_i ——i层柱的高度 (m); E_i ——材料弹性模量 (kN/m²).

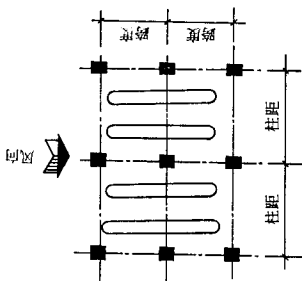
附录B 综合挡风系数 μ_a 值

综合挡风系数的 μ_a 值，应根据设备布置和风向与设备轴线关系(图B—1、B—2)按表B确定。

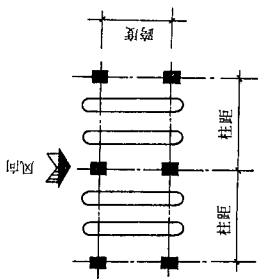
综合挡风系数 μ_a 值

表B

每层柱间面积 (m^2)	风向与设备轴线平时						风向与设备轴线垂直时					
	两跨框架			单跨框架			两跨框架			单跨框架		
	双层设备	单层设备	空冷器层	双层设备	单层设备	空冷器层	双层设备	单层设备	空冷器层	双层设备	单层设备	空冷器层
25	1.26	1.16	—	1.10	0.91	—	1.28	1.09	1.06	—	—	—
30	1.05	0.97	1.12	0.84	0.75	0.96	1.07	0.91	0.89	1.55	1.19	1.49
35	0.90	0.83	0.96	0.72	0.65	0.81	0.92	0.78	0.76	1.32	1.02	1.27
40	0.79	0.72	0.85	0.63	0.57	0.72	0.81	0.68	0.67	1.16	0.89	1.12
45	0.70	0.65	0.75	0.56	0.50	0.64	0.72	0.61	0.59	1.03	0.79	0.99
50	0.63	0.58	0.68	0.51	0.45	0.58	0.64	0.55	0.53	0.93	0.72	0.90

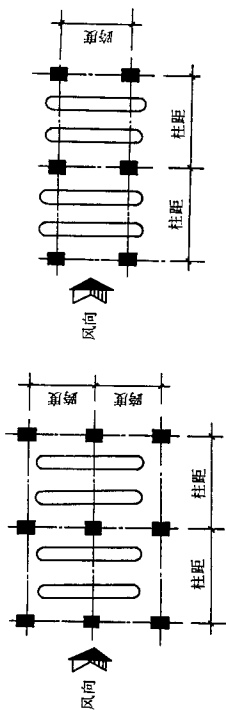


(a) 两跨布置时



(b) 单跨布置时

图 B -- 1 风向与设备轴线平行



(a) 两跨布置时

(b) 单跨布置时

图B—2 风向与设备轴线垂直

附录C 结构基本自振周期计算公式

$$T_1 = 2\sqrt{\frac{\sum G_{Ei} \mu_{Gi}^2}{\sum G_{Ei} \mu_{Gi}}} \quad (C.0.1)$$

式中 T_1 —— 框架结构基本自振周期 (s)；

G_{Ei} —— 第 1 层重力荷载代表值，按《建筑抗震设计规范》规定采用 (kN)；

μ_{Gi} —— 第一层地单位力作用下水平位移，可按附录 A 公式计算；

$\sqrt{}$ —— 基本自振周期的调整系数，可取 0.7。

附录D 柱抗侧移刚度计算

柱抗侧移刚度，可按下列式计算：

$$K_z = \xi \frac{12EI_{zi}}{h_i^3} \quad (D.0.1)$$

式中 K_z ——柱抗侧移刚度 (kN/m)；
 h_i ——1层柱的高度 (m)；
 E ——柱材料弹性模量 (kN/m²)；
 I_{zi} ——1层柱截面惯性矩 (m⁴)；
 ξ ——刚度修正系数，按表D计算。

刚度修正系数计算式

表D

条 件		中 柱 简 图	边 柱 简 图	计 算 式
中 间 层				$\xi = -\frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$ $\bar{K} = \frac{(K_1 + K_2) + (K_3 + K_4)}{2K_0}$
底 层	柱 脚 固 定			$\xi = \frac{0.5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$ $\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{K_0}$
	柱 脚 铰 接			$\xi = \frac{0.5 + \bar{K}}{1 + 2\bar{K}}$ $\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{K_0}$

注：① K_0 为柱线刚度， K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 为各层梁线刚度；

② 当计算边柱刚度修正系数时，式中的 K_1 、 K_3 取零。

附录E 用词说明

本规范条文中要求严格程度的用词，在执行时按下述说明区别对待：

- E.0.1 表示很严格，非这样做不可的用词；
正面词采用“必须”；
反面词采用“严禁”。
- E.0.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词；
正面词采用“应”；
反面词采用“不应”或“不得”。
- E.0.3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词；
正面词采用“宜”或“可”；
反面词采用“不宜”。

附加说明: 本规范主编单位和主要起草人
名单

主 编 单 位: 中国石化洛阳石油化工工程公司

主要起草人: 孙柯权 徐文光 胡鸣歧

中华人民共和国行业标准

石油化工企业钢筋混凝土 冷换框架设计规范

SH 3067 — 95

条 文 说 明

1 9 9 5 北 京

修 订 说 明

本规范是根据中国石油化工总公司中石化（1991）建标安 158号文的通知，由我公司对原《炼油厂冷换框架设计技术规定》SHJ 1013—83（钢筋混凝土篇）进行修订而成。在修订过程中，进行了广泛的调查研究，总结了近年来石油化工冷换框架的实践经验和新的科研成果，对其中的主要问题，进行了多次讨论，最后经审查定稿。

本规范共分四章和四个附录。这次修订的主要内容有：按《建筑设计统一标准》GBJ 68—84的规定，采用了以概率论为基础的设计方法；按《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89的规定，修改了设计地震作用的取值，增加了抗震设计的内容；按《建筑设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ 83—85的规定，修改了符号、计量单位和基本术语；删减了原规定中一些不常用的有关规定，补充了必要的规定。

在本规范施行过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料提供我公司，以便今后修订时参考。

中国石化洛阳石油化工工程公司

一九九四年十二月

目 次

1	总则	27
2	一般规定	28
2.1	结构布置	28
2.2	结构计算	31
2.3	抗震设防	32
2.4	材料选择	34
3	荷载和荷载效应组合	35
3.1	荷载	35
3.2	荷载效应组合	39
4	截面设计与构造	41

1 总 则

1.0.1 石油化工企业生产装置中的冷换框架,有两种形式:一种是在框架上仅设置冷换设备,另一种是在框架上除设置冷换设备外,在框架顶层还设有空气冷却器。这两种冷换框架的结构布置、设计原则虽有些不同,但生产特点大体上是相同的,而且在工艺生产分类中均属冷换框架。本规范适用于上述两种形式的冷换框架,但不适用于管架(管廊)顶上带空气冷却器的钢筋混凝土框架,因为管架结构的布置和受力特点与冷换框架差异性大,设计标准和方法也不同。

2 一般规定

2.1 结构布置

2.1.1 冷换框架的结构布置，应力求体型简单、质量与刚度分布均匀，尽可能地避免不等高框架，避免刚度突变，因石化企业许多是建在地震区，结构体型不规则，质量与刚度不均匀，对抗震亟为不利。设计时应从布置上加以解决。

2.1.2 框架结构布置，在满足生产要求的情况下，采用横向作为承重框架，可使构件传力直接，同时由于横向为框架结构，增强了横向刚度，减少横向的侧向变位，因而使结构也较为合理。但有时由于生产要求，需要将承重框架布置在纵向时，应注意加强横向刚度，可将横向梁柱节点采取刚性构造措施。

2.1.3 框架结构布置，当平面为正方形或接近正方形时，由于平面长宽比之故，框架纵横向都应采用框架结构。设防烈度 7 ~ 9 度时，纵横向也应采用框架结构，以提高抗震能力。

2.1.4 设防烈度 7 ~ 9 度地区的冷换框架，应采用现浇结构，以提高抗震性能。

2.1.5 框架平面定位轴线与柱截面几何中心重合；上下层柱截面的几何中心在同一垂线上；框架纵横梁中心线与柱中心线重合，是为了减少结构布置上的不必要的偏心，

避免引起不利影响。

2.1.6 框架的跨度、柱距和层高的系列，系根据我公司对16个石化厂的60座冷换框架调查分析确定的。

根据调查，跨度有4.35, 4.5, 5.0, 5.7, 6.0, 7.0, 7.5, 8.7 m共八种；柱距有4.0, 4.5, 6.0, 6.6, 7.0 m共五种；层高有3.8, 4.0, 4.2, 4.6, 4.65, 4.75, 4.8, 5.0, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 6.0, 6.2, 6.3, 6.5, 6.6, 6.7, 6.9, 7.0, 7.1, 7.5, 7.8, 7.9, 8.0, 8.47 m共29种。

调查表明：跨度、柱距及层高的种类繁多。同样的规模、同样的设备，由于设计人不同，布置的结果相差悬殊。出现上述现象的主要原因是长期以来对冷换框架的设计没有一定尺寸系列的要求，设计中不受任何约束。为纠正上述情况，在满足工艺安装的一般要求和总结以往设计的基础上，规定了框架系列尺寸。

柱网尺寸的确定，为了减少空冷器的振动影响，原则上柱网尺寸与空冷器构架尺寸相对应，推荐使用柱网 $6 \times 4.35\text{m}$ （两跨）和 $6 \times 5.7\text{m}$ 两种，其中 $6 \times 4.35\text{m}$ （两跨）也可用 $6 \times 8.7\text{m}$ （单跨）代替。

跨度：有空冷器时，采用4.35, 5.7, 8.7m系列；无空冷器时，采用5.0, 6.0, 7.0 m，冷换设备的系列尺寸，其总长度最大7~7.5 m，考虑设备两端分别留有走道和检修面2~2.4 m，楼层平台总宽度要求约为9~9.9m。对6.0, 7.0m跨度可采用悬挑平台满足总宽度的要求。

柱距推荐使用6.0 m，按每6.0 m柱距内设置两台冷换设备，从工艺管线布置和生产要求也是适宜的。若采用

4.0 m 柱距，布置两台设备有困难，布置一台又显得平面利用不紧凑，结构也不合理，故未纳入规范系列。如工艺生产实际需要4.0m柱距时，可按特例处理。

层高经调查偏高，应从严控制，规范中对底层采用1.0 m的倍数，对第二层及其以上采用0.5 m的倍数，因此，底层采用4.5，5.0，5.5，6.0，6.5，7.0m，第二层及其以上采用4.5，5.0，5.5，6.0m。

2.1.7 框架上冷换设备基座高度一般在0.7~0.9m，以往设计有的采用钢筋混凝土结构，有的采用钢结构。这两种结构形式各有其优缺点，钢结构外型美观、轻巧，但钢材用量大，投资多；钢筋混凝土结构省钢材，造价低，一般可节省钢材70%以上。规范规定“宜采用钢筋混凝土结构”，主要是考虑节省钢材。

空冷器的风机和电机机座，以往大部分采用钢结构，主要是设备订货原因，往往由于风机和电机的设备订货，与设计规定的规格出入大，施工现场经常需要修改基座形式和尺寸，为使基座具有修改尺寸的适应性，因此，规定“宜采用钢结构”。

2.1.8 框架层间的交通，应根据生产操作和防火要求确定。一般每层至少应设置一个45度的斜梯。根据调查，框架层间的梯子，有的位置不当，有的坡度太陡，操作工人意见很大，故梯子斜度宜采用为45度。

2.1.9 框架各层平台四周钢栏杆，以往当平台高度小于20m时，栏杆高1.0 m；高度大于等于20m时，栏杆高度1.2m。根据劳动部最新规定，将栏杆高度1.0m者，改为1.05m。

2.2 结 构 计 算

2.2.1 框架结构构件，应满足正常操作、充水试压和地震作用三种荷载状态下承载力要求，即结构构件的承载力设计值，应大于各种荷载状态下的内力组合设计值，以保证结构构件的安全使用。结构构件的正常使用要求，是指结构构件在各种荷载状态作用下，结构构件的变形、裂缝、应力等计算值，不应超过相应的规定限值。满足承载力和正常使用的要求，是结构计算最主要的原则。

2.2.2 根据建筑结构破坏效果的严重程度，划分安全等级。冷换框架属于一般的构筑物，其破坏后果介于不严重与很严重之间，即严重破坏，属于分类中的二级。

建筑物中各类结构构件使用阶段的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同，但对其中部分结构构件的安全等级，可根据其重要程度作适当调整。对承受恒载为主的小偏心受压柱的构件安全等级，应提高一级，因为它是恒载产生的轴向力标准值与按荷载的短期效应组合计算的轴向力值的比值达到70%及以上的构件。在冷换框架结构中，只有恒载小偏心受压柱属于需要提高安全等级的构件。

2.2.3 框架构件的抗震设计，应根据框架高度和设防烈度，采用不同的抗震等级。抗震等级是根据设防烈度、结构类型、结构高度等综合考虑的设防标准。冷换框架抗震等级的划分，与《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89相一致。

2.2.4 计算板传给次梁、次梁传给框架梁的竖向荷载时，为了简化计算，可以不考虑结构连续性的影响。

2.2.5 计算框架柱和基础时，为简化计算，可不考虑平台活荷载的折减。

2.2.6 冷换框架层数不多，计算框架梁、柱时，为简化计算，可不考虑平台活荷载的不利位置影响。

2.2.7 空冷器的风机和电机的基座设置在楼层上时，经调查发现框架结构有不同程度的振动现象。为确保结构的正常使用，在设计计算中，应考虑其动力影响。但目前对固有振动频率等动力特性和结构合理振幅控制值，尚难确定，而且缺乏实测数据，因此，在规范中没有提出结构动力特性的计算方法和要求。规范中规定应考虑动力影响，有待今后进一步实测研究解决。

空冷器设备，近几年来有较大的改进，设备性能比以往有所改善，新的空冷器的电机不是坐落在楼层上，而是悬吊在空冷器的本身钢架上。过去振动比较大，主要是风机的主轴比较长，主轴的离心力引起振动力。新的空冷器对结构振动影响，尚待通过调查实测解决。

2.3 抗震设防

2.3.1 原《冷换构架设计技术规定》，对抗震设防要求不明确。本次修订明确规定冷换框架按丙类建筑抗震设防要求进行抗震设计。即其重要性分类，属于建筑抗震设计规范中的丙类建筑。明确了重要性分类，抗震设防便有了明确目标和要求。

2.3.2 冷换框架位于设防烈度 7 ~ 9 度地区时，应考虑水平地震作用，并按框架两个主轴方向分别进行抗震验算。但可不考虑竖向地震作用。规范明确了应验算范围和

可不考虑的因素。

2.3.3 设防烈度 6 度时，框架可不进行抗震验算，但应采取抗震构造措施，而且措施应符合要求。

2.3.4 框架结构的地震破坏，与建筑场地类别有密切关系，当为 I 类场地时，其破坏较轻，故规范规定：当建筑场地为 I 类场地时，框架可按原烈度降低一度采取抗震构造措施（注：地震作用仍按原烈度计算）。但 6 度时，构造措施可不降低，因低于 6 度时，还没有构造措施标准可遵循。

2.3.5 根据“三水准二阶段设计”的思想，为了防止结构在预估的罕遇强烈地震中倒塌，对设防烈度 8 度和 9 度、楼层屈服强度系数小于 0.5 的框架，进行薄弱层抗震变形验算。因冷换框架系纯框架结构，在大地震中往往受到严重破坏甚至倒塌。这种结构，刚度相对较小、变形相对较大，更主要的是存在承载力验算没有发现的薄弱部位，这种部位其强度本身虽满足设计地震作用下抗震承载力的要求，却比相邻部位要弱得多，大地震时往往从薄弱部位开始破坏、导致结构倒塌。规范要求在大地震中易倒塌薄弱层（部位）进行抗震变形验算。

2.3.6 现阶段大部分构件在截面抗震验算时，采用了有关规范的承载力设计值 R_0 。规范的承载力是强度设计值，不可误认为强度标准值。承载力抗震调整系数 γ_{RE} ，是考虑结构总体所用材料和受力状态不同造成结构抗震性能差别和材料应有的安全储备的承载力抗震调整系数。

2.4 材料选择

2.4.1 混凝土强度等级选择，与结构所处的环境、抗震等级、钢筋等级有关。冷换框架是露天结构，板、梁、柱不宜低于C 25；当按一级抗震等级设计时，梁、柱、框架节点不应低于C 30；当按二、三级抗震等级设计时，不应低于C 25。对框架基础，当采用Ⅰ级钢筋时，不宜低于C 15；Ⅱ级钢筋不宜低于C 20。

2.4.2 钢筋强度等级选择，纵向钢筋采用Ⅱ级或Ⅲ级变形钢筋；钢箍宜采用Ⅰ级或Ⅱ级钢筋；框架平台板及基础宜选用Ⅰ级或Ⅱ级钢筋。

2.4.3 按一、二级抗震等级设计时，要求纵向受力钢筋的强屈比大于1.25，其目的是使结构某部位出现塑性铰以后有足够的转动能力；同时，钢筋屈服强度实测值与钢筋的强度标准值比值不应过大，以保证强柱弱梁、强剪弱弯的要求。

3 荷载和荷载效应组合

3.1 荷载

3.1.1 框架上的荷载可分为永久荷载和可变荷载两类：永久荷载包括结构自重、冷换设备重力荷载、空冷器竖向和水平向当量荷载。冷换设备重力荷载含自重、管线及附件重、介质重及保温重；可变荷载包括平台均布活荷载、风荷载及水平地震作用。不考虑雪荷载、雪荷载较小，由平台均布活荷载内含。

3.1.2 冷换设备重力荷载，仅按正常操作和充水试压两种状态考虑，不考虑检修状态，一方面是为了减少荷载组合，另一方检修荷载主要是换热器抽芯力，目前检修的方法不统一，有的用抽芯顶管器抽芯，有的将设备由框架上吊下来，在地面检修，也有用卷扬机通过一定的滑轮组抽芯。由于检修方法不同，很难规范化确定抽芯力。

3.1.3 空冷器的风机和电机竖向当量荷载，采用动力系数法确定，即将设备总重量乘以动力系数，作为风机和电机总的竖向荷载，这个方法计算简便，也是常用的方法。动力系数的取值，目前很不统一，有 1.3、1.5、2.0 三种，为了计算上统一，规范采用 1.5。因风机和电机的重量不大，乘以动力系数后的数值与平台活荷载、设备荷载相比，显得很小，对结构的安全度和技术经济效果影响不大。动力系数方法，本身就是较粗略的计算方法，它不反映结构

动力特性。

风机和电机对框架的水平动力荷载，采用水平向当量静力方法。经对安庆石化厂的催化冷换框架和长岭炼厂的催化、常减压、焦化、铂重整等装置的冷换框架风机动力引起的框架振幅实测，然后将实测的振幅值进行分析计算，每台风机的水平向当量荷载值均在 $100 \sim 200\text{N}$ ($10 \sim 20\text{kg}$) 范围内，其数值是很小的。另外，过去我们曾根据《动载荷机器作用下的建筑物承重结构与计算规范》中有关扰力、水平向当量荷载的计算公式、结合冷换框架各种风机型号的具体参数、用框架基本周期从 $0.35 \sim 0.6$ 秒进行综合计算分析，结果每台风机（包括电机）的水平向当量荷载的加权平均值，约为风机总重量的 25.29% ，而且实测推算值小于理论公式计算值。规范按风机和电机总重量的 25% 计算，也是偏于安全的。

多台风机是一种随机荷载，每台风机产生的扰力方向往往是不同相位的，通过实测也发现这一现象，因此在计算多台风机组合时，考虑了风机扰力方向不同相位的影响，其组合的方法取均方和作为合力。

从总体上看，风机和电机水平向当量荷载值是很小的，随着空冷器设备改进和制造质量的提高，水平当量荷载变得更小，甚至可以忽略不计。

3.1.4 计算平台板、梁的活荷载按以往设计 4.0kN/m^2 取值，该值主要是考虑冷换设备检修时，拆卸头盖及部分零件等因素确定的。由于冷换设备的头盖是局部范围内的荷载，因此，在计算框架梁、直接支承冷换设备梁、柱、基础时，平台活荷载仍按一般操作平台 2.0kN/m^2 考虑。

空冷器平台由于检修设备重量不大，平台活荷载按一般操作平台 2.0kN/m^2 计算。

安装检修荷载，由于检修方法不统一，故安装检修荷载应按实际情况决定。是否考虑检修荷载，可灵活掌握。

3.1.5 框架的风荷载，由于冷换框架是敞开式构筑物，风荷载的计算一般是对结构构件、栏杆、设备及管线阀门等的挡风面逐一计算，因而比较繁琐。为了简化计算，经分析引进一个挡风面综合折算系数的近似方法，这对框架计算是可以满足精确度要求的。

综合分析同样考虑结构构件、栏杆、设备、管线等挡风面，而且是按系列尺寸综合进行分析。假定计算构件及栏杆的风荷载时，按无设备、管线的情况考虑；计算设备及管线的风荷载时，不考虑框架构件及栏杆的挡风作用，同时略去次梁或板肋的挡风影响；对管线及阀门的风荷载以总风荷载的10%考虑。

挡风面综合折算系数 μ_a 值按下述方法确定：

风荷载计算公式

$$W_k = \mu_s \mu_z \mu_a W_0 A$$

$$\text{令式中 } \mu_s \mu_a A = \Sigma P_j$$

$$\text{则 } \mu_a = \frac{\Sigma P_j}{\mu_s A} = \frac{\Sigma P_j}{1.3 A}$$

式中： ΣP_j ——为实际构件、栏杆（或设备）的挡风面积乘以构件的体型系数，该值一般为常数，称为综合挡风面（ m^2 ）。

从式中可知， μ_a 值随面积 A 值而变化，根据相关因素，制订出挡风面综合折算系数。

例如：二层框架，设备单层布置，楼层高度 6 m，柱距 6 m，冷换设备直径 $\phi 1200$ （每柱距 2 台）。

栏杆体型系数 $1.3 \times 0.24 = 0.312$ ，设柱截面 40×40 cm，梁截面 25×60 cm，因此：

栏杆综合挡风面 $A_1 = 1 \times 6 \times 0.312 \times 2 = 3.74 \text{ m}^2$
（考虑二道栏杆）；

柱的综合挡风面 $A_2 = 1.3 \times 0.4 \times 6 \times 3 = 9.32 \text{ m}^2$
（考虑三根柱）；

梁的综合挡风面 $A_3 = 1.3 \times 0.6 \times 5.6 \times 3 = 15.10 \text{ m}^2$
（考虑三根梁）；

冷换设备综合挡风面 $A_4 = 1.3 \times \pi/4 \times 1.2^2 \times 2 = 2.94 \text{ m}^2$ （考虑二台设备）；

设备基座综合挡风面 $A_5 = 5.2 \text{ m}^2$

管线、阀门及其它的综合挡风面

$A_6 = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) \times 0.1 = 3.43 \text{ m}^2$

$\Sigma P_j = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 = 37.73 \text{ m}^2$

以 ΣP_j 值代入公式，当

$A = 25 \text{ m}^2$ 时，得 $\mu_a = 1.16$

$A = 30 \text{ m}^2$ 时，得 $\mu_a = 0.97$

$A = 35 \text{ m}^2$ 时，得 $\mu_a = 0.83$

$A = 40 \text{ m}^2$ 时，得 $\mu_a = 0.72$

$A = 45 \text{ m}^2$ 时，得 $\mu_a = 0.65$

根据上述方法，制订附录 B。

3.1.6 框架的水平地震作用，根据现行的《建筑抗震设计规范》的方法，本规范确定采用底部剪力法或不考虑扭转影响的振型分解反应谱法进行计算，这两种方法也是比

较简单的方法，计算精度满足要求。

3.2 荷载效应组合

3.2.1 整体结构或结构的某一部分超过某一特定状态，而不能满足设计规定的某一功能要求时，则称此特定状态为结构对该功能的极限状态。结构极限状态可分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两类。对承载能力极限状态，一般是以结构内力超过其承载能力为依据；对正常使用极限状态，一般是以结构的变形、裂缝超过设计允许的限值为依据。但这不是绝对的，在设计中经常通过结构应力的控制来保证结构满足正常使用的要求。

对极限状态确定荷载效应时，应对所有可能同时出现的各种荷载作用加以组合，求得组合后在结构中的总效应。由于荷载的变异性质，组合可以多种多样，因此还必须在所有可能的组合中，取其中最不利的一组，作为该极限状态的设计依据。

3.2.2 荷载效应组合的设计值中，荷载分项系数应根据荷载不同的变异性质及各种荷载的具体组合情况分别取值，以便不同的设计情况下的结构可靠度趋于一致。但为设计方便，可将荷载分为永久荷载和可变荷载两类，分别给出两个规定的系数 γ_G 和 γ_Q 。这两个分项系数是在荷载标准值已给定的前提下，使按极限状态设计表达式设计所得的各类结构构件的可靠指标与规定的目标可靠指标之间，在总体上误差最小为原则。

表中的荷载分项系数包括永久荷载和可变荷载两类。平台均布活荷载分项系是因为平台活荷载标准值为 4kN/m^2 。

故取分项系数1.3。

3.2.3 荷载效应组合分三种荷载状态，即正常操作、充水试压和地震作用。

正常操作荷载状态，不考虑充水重和水平地震作用。

充水试压荷载状态，不考虑风荷载和地震荷载。

水平地震作用荷载状态，不考虑充水重和风荷载。

三种荷载状态的组合的共由点，是尽可能的减少组合内容，减少计算工作量，并能保证满足结构正常使用要求。

3.2.5 预估的罕遇地震，根据《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—92的规定，它是属于偶然作用。偶然荷载作用按《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87规定，其荷载效应的组合设计值，可不考虑荷载的分项系数。主要是偶然荷载是稀有事件，它本身发生的概率极小，因此与基本组合相比，设计中允许结构在偶然组合状况下，丧失承载力能力的概率应该大些。

4 截面设计与构造

4.0.1 对框架梁的截面与构造，作了明确规定。

框架横梁刚度计算，有些资料提出可以考虑楼板的翼缘作用，增加梁的刚度，但实际情况是梁的受拉区混凝土裂缝出现后，降低了梁的刚度。同时梁跨中与梁支座处的应力是反向的，如考虑裂缝的影响，梁好似变刚度。计算刚度时如考虑楼板翼缘作用，将使柱弯矩减少，梁跨中弯矩也减少，梁支座处的弯矩增大，这对“强柱弱梁”的设计原则带来不利，梁跨中的安全度也相应降低，给梁柱连接带来麻烦，楼板开洞影响也难于考虑。鉴于上述因素，规定不考虑楼板翼缘的影响，按矩形截面计算梁的刚度。

计算框架横梁两端的截面时，应取柱边的梁端弯矩值，这样比较合理。计算可按式：

$$M_p = M_z - \frac{1}{3} Qh$$

式中 M_p ——柱边处的梁端弯矩值；

M_z ——柱中心处最大梁端弯矩值；

Q ——相当于柱中心最大梁端弯矩处的支座剪力；

h ——柱截面高度。

框架一般均采用横向承重，纵梁可按简支也可按连续计算，规范规定按连续梁计算，是使之更经济合理，并提出构造和配筋要求，加以保证。

规定非地震区框架梁，按现行《混凝土结构设计规范》进行截面设计、配筋和构造；地震区框架梁按《建筑抗震设计规范》进行截面设计、配筋和构造。

4.0.2 对平台板的厚度和配筋作了明确规定。

4.0.3 对框架柱的截面与构造，作了明确规定。

框架柱的计算长度取值与单层、多层、单跨或多跨有关，同时与现浇或装配整体条件有关。为便于应用，现浇框架底层柱 l_0 取 $1.0 H$ ，其余各层取 $1.25H$ 。这一取值，主要是考虑冷换框架层数一般不多，属于非高层框架，可以尽量简化。对高层框架，一般中间层是取 $1.0 H$ ，顶层取 $1.25H$ 。规范规定中间层和顶层均取 $1.25H$ 。

柱截面设计、配筋与构造，按抗震与非抗震的要求，分别按现行有关规范进行设计。