

UDC

SH

中华人民共和国行业标准

P

SH 3066 — 95

石油化工企业反应器、再生器 框架设计规范

Frame ~~design~~ code for reactor
and regenerator in petrochemical enterprise

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

石油化工企业反应器、再生器 框架设计规范

Frame design code for reactor
and regenerator in petrochemical enterprise

S H 3066 — 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41号

关于发布行业标准《石油化工企业 反应器、再生器框架设计规范》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《石油化工企业反应器、再生器框架设计规范》已经审查和定稿。现批准《石油化工企业反应器、再生器框架设计规范》SH 3066—95为石油化工行业标准，自1995年7月1日起实施。原《炼油厂再生器、沉降器构架设计技术规定》SYJ1014—82，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	主要符号	2
3	结构形式	6
4	材料	8
5	荷载	10
5.1	荷载分类	10
5.2	重力荷载	10
5.3	平台活荷载	11
5.4	风荷载	12
5.5	地震作用	15
5.6	振动力和斜管推力	17
6	结构计算	18
6.1	一般规定	18
6.2	结构抗震验算	18
6.3	承载能力极限状态的荷载效应组合	20
6.4	构件的承载能力极限状态计算	22
7	地基与基础	24
7.1	一般规定	24
7.2	地基承载力计算	25
7.3	地基变形计算	26
8	构造要求	28

8.1	结构构件	28
8.2	基础	28
附录A	结构基本自振周期计算公式	31
附录B	风振系数	插页
附录C	用词说明	35
附加说明	36
附：条文说明	37

1 总 则

1.0.1 本规范适用于炼油厂的催化裂化装置中并列式和同轴式反应器、再生器（以下简称“两器”）框架及其楼梯间的设计。

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 主要符号

2.0.1 作用和作用效应

E_{hk} —— 水平地震作用标准值；

E_{vk} —— 竖向地震作用标准值；

E'_{hk} —— 预估的罕遇水平地震作用标准值；

F —— 上部结构传至基础顶面的竖向力设计值；

F_s —— 油气（或烟气）管道上的风荷载标准值；

F_n —— 反应器或再生器内催化剂波动产生的水平振动力；

F_v —— 正常操作时的斜管推力标准值；

F'_v —— 设备安装时的斜管推力标准值；

F_{i1} —— 第*i*层框架梁梁顶标高处的风荷载标准值；

F_{i2} —— 楼梯间第*i*层平台标高处的风荷载标准值；

F_{vi} —— 第*i*层框架的竖向地震作用标准值；

F_{Evk} —— 框架底部总竖向地震作用标准值；

G —— 基础自重设计值与基础上土重标准值之和；

G_J —— 基础自重标准值；

G_k —— 正常操作时的重力荷载标准值；

G'_k —— 停产检修时的重力荷载标准值；

G_T —— 基础上土重的标准值；

G_{eq} —— 框架及设备在正常操作状态时的等效总重力荷载；

G_{Tk} ——楼梯间的重力荷载标准值；
 M_x ——作用于基础底面沿X方向的弯矩设计值；
 M_y ——作用于基础底面沿Y方向的弯矩设计值；
 P ——基础底面平均压力设计值；
 P_{max} ——基础底面边缘的最大压力设计值；
 Q_k ——平台活荷载标准值；
 R ——结构构件承载力的设计值；
 S ——结构及构件的荷载效应组合设计值；
 S_1 ——基础底面荷载长期效应组合设计值；
 S_j ——基础底面荷载效应组合设计值；
 g_w ——垂直于两器表面上的风荷载标准值；

2.0.2 计算指标

W_o ——基本风压
 f ——地基承载力设计值；
 g ——重力加速度。

2.0.3 几何参数

A_{i1} ——第*i*层框架梁与框架柱的挡风面积之和；
 A_{i2} ——楼梯间第*i*层层间迎风面的挡风面积；
 D_o ——设备外径；
 H ——基础顶面至代替质量处的高度；
 H_i ——基础顶面至质点*i*的高度；
 H_j ——反应器框架的计算高度；
 L ——反应器框架柱的中心距；
 L_g ——油气（或烟气）管道对两器的影响长度；
 W_x ——沿X方向的基础底面抵抗矩；
 W_y ——沿Y方向的基础底面抵抗矩；

y_{1i} —— 并列式的反应器（或同轴式的两器）及其框架作第 1 振型振动时，质点 i 处的横向位移；

y_c —— 并列式反应器（或同轴式的两器）及其框架作第 1 振型振动时，代替质量处的横向位移；

a —— 反应器框架柱截面边长；

b —— 基础底面边长；

d_o —— 油气（或烟气）管道外径；

e_x —— x 方向的偏心距；

e_y —— y 方向的偏心距；

l —— 基础底面边长；

n_o —— 反应器框架的层数。

2.0.4 计算系数及其他

C_G —— 重力荷载的效应系数；

C_n —— 水平振动力效应系数；

C_Q —— 活荷载效应系统；

C_v —— 斜管推力效应系数；

C_w —— 风荷载效应系数；

C_{Eh} —— 水平地震作用效应系数；

C_{Ev} —— 竖向地震作用效应系数；

T_1 —— 基本自振周期；

m_c —— 代替质量；

m_n —— 反应器或再生器内的催化剂质量；

m_s —— 反应器的质量与正常操作时反应器内介质的质量之和；

- m_{is} ——并列式的反应器（或同轴式的两器）各质点的质量；
- m_{ij} ——框架各质点的质量；
- d_{vmax} ——竖向地震影响系数的最大值；
- β_z —— z 高度处的纲振系数；
- γ_G ——重力荷载分项系数；
- γ_n ——水平振动荷载分项系数；
- γ_o ——结构构件的重要性系数；
- γ_Q ——活荷载分项系数；
- γ_v ——斜管推力项系数；
- γ_w ——风荷载分项系数；
- γ_{Ek} ——水平地震作用分项系数；
- γ_{Ev} ——竖向地震作用分项系数；
- δ ——单位水平力作用在代替质量处在该处产生的水平位移；
- ε_1 ——风压脉动和风压高度变化等的影响系数；
- ε_2 ——振型、结构外形的影响系数；
- ξ ——脉动增大系数；
- λ ——基础底面长与宽的比值；
- μ_c ——风荷载扩大系数；
- μ_r ——重现期调整系数；
- μ_s ——风荷载体型系数；
- μ_z —— z 高度处的风压高度变化系数；
- ψ_Q ——活荷载组合值系数；
- ψ_w ——风荷载组合值系数；
- ψ_q ——活荷载的准永久值系数。

3 结构形式

3.0.1 两器框架,宜采用现浇钢筋混凝土结构或钢结构。

3.0.2 两器框架的柱网、层高、平台的梁板和斜撑布置与开孔等,除应满足工艺的要求外,尚应满足设备安装和检修的要求。

3.0.3 钢筋混凝土两器框架,宜采用平面形状为正正方形的框架结构,当设备直径较大时,也可采用环形框架结构。

方形或环形框架的梁与柱的连接均应采用刚接。

3.0.4 钢结构两器框架,宜采用平面形状为正正方形的桁架式结构。当桁架式结构不能满足设备布置的要求时,可采用梁与柱为刚接连接的刚架式结构。

3.0.5 平面形状为正正方形的框架,顶层平面布置宜采用正八边形的梁系(图3.0.5)。当设备直径较小或正八边

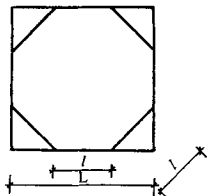


图3.0.5 框架顶层正八边形梁系结构

形的梁系不能满足设备地脚螺栓布置的要求时，钢筋混凝土方形两器框架的顶层也可采用板式结构。

3.0.6 楼梯间宜采用平面为矩形或正方形的钢桁架结构。

3.0.7 附设在钢筋混凝土框架四周的平台宜采用钢结构。

3.0.8 钢结构框架的梁柱节点，可采用焊接或高强度螺栓连接。

4 材 料

4.0.1 混凝土强度等级，应符合下列规定：

4.0.1.1 钢筋混凝土框架的梁、板、柱不宜低于 C25，抗震等级为一级的钢筋混凝土框架的梁、板、柱，不应低于 C30。

4.0.1.2 基础不宜低于 C20，采用Ⅱ级钢配筋的基础不应低于 C20。基础垫层宜采用 C10。

注：钢筋混凝土框架的抗震等级按现行《建筑抗震设计规范》的有关规定划分。

4.0.2 钢筋混凝土框架梁、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。框架平台板及基础，宜选用Ⅰ、Ⅱ级钢筋。

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

4.0.3.1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值之比，不应小于1.25。

4.0.3.2 钢筋的屈服强度实测值与强度标准值之比：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。

4.0.4 钢结构的钢材及其连接材料，应符合现行《钢结

构设计规范》的规定。地脚螺栓，应采用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Q235—A 制作。

5 荷 载

5.1 荷载分类

5.1.1 两器框架及楼梯间上的荷载，可分为下列三类：

5.1.1.1 永久荷载：结构自重、固定的设备重力荷载、水平振动荷载及斜管推力。

5.1.1.2 可变荷载：风荷载、平台活荷载及多遇地震作用。

注：在进行两器框架和楼梯间的结构计算时，可不考虑雪荷载的作用。

5.1.1.3 偶然荷载：罕遇地震作用。

5.2 重力荷载

5.2.1 固定的设备重力荷载，包括表5.2.1 所列各项内容，其标准值，应由相关专业提供。

设备重力荷载

表 5.2.1

序号	名 称	内 容
1	两器金属重	两器本体及其内件、提升管、辅助燃烧室等
2	两器衬里重	对应于序号1 的各项衬里

设备重力荷载

续表 5.2.1

序 号	名 称	内 容
3	斜管及其衬里重	再生、待生斜管及衬里
4	烟气管道及重	再生器上烟气管道及衬里
5	油气管道及衬里重	反应器（沉降器）上油气管道及衬里
6	其它管道重	除序号 4、5 外的其它管道
7	梯子平台重	设备及框架上所有梯子及平台
8	保温重	除序号 4、5 外的其它保温
9	催化剂重	两器内各自的催化剂
10	操作介质重	两器内的介质
11	附设在两器上的设备重	滑阀、外取热器、旋风分离器

5.3 平台活荷载

5.3.1 计算两器框架及其平台时，平台活荷载标准值，

应按表5.3.1 采用。

平台活荷载标准值 (kN/m^2) 表 5.3.1

计 算 部 位	设备平台	框 架 平 台
主梁、柱、地基基础	0.5	2.0
平台板、次梁	—	按检修或安装时的实际情况确定， 但不小于4.0

注：检修或安装时，由设备、管道及其它工具等产生的局部荷载，可按《建筑结构荷载规范》GBJ9—87附录二的规定，采用等效均布活荷载代替。

5.3.2 计算楼梯间的平台梁与平台板时，平台与斜梯水平投影面的活荷载标准值取 2.0kN/m^2 ，计算楼梯间的桁架杆件、基础和地基时，各楼层活荷载标准值取 1.0kN/m^2 。

5.3.3 楼梯间布置有固定设备的楼层，其活荷载标准值，应按检修或安装时的实际情况确定，但不得小于 2kN/m^2 。

5.3.4 计算钢楼梯时，其水平投影面的活荷载标准值，可按实际情况确定，但不宜小于 3.5kN/m^2 。

5.4 风 荷 载

5.4.1 垂直于两器表面上的风荷载标准值，应按下式计算：

$$q_w = \beta_z \mu_s \mu_z \mu_r D_o W_o (1 + \mu_c) \quad (5.4.1)$$

式中 q_w ——垂直于两器表面上的风荷载标准值 (kN/m^2) ;

β_z ——Z 高度处的风振系数, 按本规范第5.4.6条规定采用;

μ_s ——两器设备的风荷载整体体型系数, 按第5.4.22条的规定采用;

μ_z ——Z 高度处的风压高度变化系数, 按现行《建筑结构荷载规范》的有关规定采用;

D_o ——设备外径 (当有外保温时, 应包括保温层厚度) (m) ;

μ_c ——考虑平台、楼梯及栏杆等影响的风荷载扩大系数, 取0.3 ;

μ_r ——重现期调整系数, 取1.1 ;

W_o ——基本风压 (kN/m^2) 。

5.4.2 两器设备的风荷载整体体型系数 μ_s , 可按下列规定采用:

5.4.2.1 当设备的高度与直径之比大于7时, 取0.55;

5.4.2.2 当设备的高度与直径之比小于或等于7时, 取0.50。

5.4.3 框架上各层框架梁顶标高处的风荷载标准值, 应按下式计算:

$$F_{i1} = \beta_z \mu_s \mu_z \mu_r A_{i1} W_o (1 + \mu_c) \quad (5.4.3)$$

式中 F_{i1} ——第*i* 层框架梁梁顶标高处的风荷载标准值 (kN) ;

μ_s ——框架的风荷载体型系数, 取1.3 ;

A_{i1} ——第*i* 层框架梁与框架柱的挡风面积之和 (m^2) 。

5.4.4 油气（或烟气）管道上的风荷载标准值，应按下式计算：

$$F_s = \mu_s \mu_z W_0 d_o L_s \quad (5.4.4)$$

式中 F_s ——油气（或烟气）管道上的风荷载标准值（kN）；

μ ——油气（或烟气）管道的风荷载体型系数，取0.7；

d_o ——油气（或烟气）管道外径（当有外保温时，应包括保温层厚度）（m）；

L_s ——油气（或烟气）管道对两器的影响长度（m）。

5.4.5 楼梯间各层平台标高处的风荷载标准值，应按下式计算：

$$F_{i2} = \beta_z \mu_s \mu_z \mu_r A_{i2} W_0 \quad (5.4.5)$$

式中 F_{i2} ——楼梯间第*i*层平台标高处的风荷载标准值（kN）；

μ_s ——楼梯间的风荷载整体体型系数，按表5.4.5采用；

A_{i2} ——楼梯间第*i*层层间迎风面的挡风面积（m²）。

5.4.6 结构基本自振周期，可按本规范附录A的规定计算。

5.4.7 框架、楼梯间及设备在*Z*高度处的风振系数 β_z ，可按式确定；当满足附录B表B的适用条件时，也可按表B采用。

$$\beta_z = 1 + \xi \varepsilon_1 \varepsilon_2 \quad (5.4.7)$$

式中 ξ ——脉动增大系数；

楼梯间风荷载体型系数 μ_s

表 5.4.5

<div> <div>风 向</div> <div>钢 材 截 面</div> <div>档 风 系 数 ϕ</div> </div>	正 面 风		对 角 风		
	型钢	钢管	型钢	组合型钢	钢管
<0.1	2.6	1.6	2.9	3.1	1.8
0.2	2.4	1.4	2.7	2.9	1.7
0.3	2.2	1.3	2.4	2.7	1.5
0.4	2.0	1.2	2.2	2.4	1.4
>0.5	2.8	1.1	1.9	2.0	1.2

注：挡风系数 ϕ 为楼梯间迎风面的挡风面积与轮廓面积之比。

ε_1 ——风压脉动和风压高度变化等的影响系数；

ε_2 ——振型、结构外形的影响系数。

注：① ξ 、 ε_1 及 ε_2 按《高耸结构设计规范》GBJ135—90第3.2.8条的规定采用；

② 钢筋混凝土框架与设备的 ξ 值，应按不同的结构类别分别取值。

5.5 地震作用

5.5.1 两器框架的水平地震作用及其效应，宜采用振型分解反应谱法，并按《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89第4.2.2条的规定计算。

采用振型分解反应谱法计算时，可取结构的前三个振型，且不考虑结构扭转的影响。

5.5.2 楼梯间的水平地震作用及其效应，可按《建筑抗震设计规范》GBJ11—89第4.2.2条的规定计算。

5.5.3 当楼梯间、两器及框架总高不超过40m时，水平地震作用及其效应，也可按《建筑抗震设计规范》GBJ11—89第4.2.1条规定的底部剪力法计算。

5.5.4 框架底部总竖向地震作用标准值，应按下列公式确定（图5.5.4）：

$$F_{EVK} = \alpha_{vmax} \cdot G_{eq} \quad (5.5.4 - 1)$$

$$F_{vi} = \frac{G_i H_i}{\sum G_j H_j} F_{EVK} \quad (4.4.4 - 2)$$

式中 F_{EVK} ——框架底部总竖向地震作用标准值；

F_{vi} ——第*i*层框架的竖向地震作用标准值；

α_{vmax} ——竖向地震影响系数的最大值，可取水平地震影响系数最大值的65%；

G_{eq} ——框架及设备在正常操作状态时的等效总重力荷载，可取其重力荷载代表值的75%。

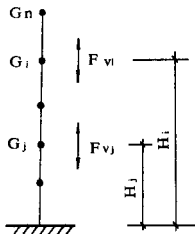


图5.5.4 结构竖向地震作用计算简图

5.6 振动力和斜管推力

5.6.1 振动力可按下列规定确定：

5.6.1.1 正常操作状态下，两器内因催化剂波动产生的振动力，仅考虑其对框架任意水平方向的作用，并按静力荷载作用于催化剂重心处；

5.6.1.2 水平振动力按下式计算

$$F_n = 0.1 m_n g \quad (5.6.1)$$

式中 F_n ——反应器或再生器内催化剂波动产生的水平振动力 (kN)；

m_n ——反应器或再生器内的催化剂质量(t)；

g ——重力加速度(m/s^2)，取9.81。

5.6.2 斜管推力，可按下列规定确定：

5.6.2.1 再生斜管和待生斜管的推力，应按正常操作和设备安装两种不同的荷载状态分别取值。

5.6.2.2 结构计算时，可不考虑斜管推力在竖向的分力及因斜管与两器轴线间的夹角产生的扭转作用；

5.6.2.3 斜管推力的作用点，可假定在斜管中心线与两器器壁的交点处。

6 结构计算

6.1 一般规定

6.1.1 两器框架的安全等级为一级，楼梯间的安全等级为二级。

6.1.2 框架可不进行结构的疲劳验算。

6.1.3 框架顶梁和八字梁的各种荷载效应，可分别按《石油化工企业塔型设备基础设计规范》S HJ 30—91第5.3.2条与第5.3.3条的规定计算。

6.1.4 钢框架及楼梯间受压构件的长细比，不宜大于150，钢楼梯间受拉构件的长细比，不应大于300。钢框架受拉构件的长细比，不宜大于250。地震设防区的钢楼梯间与钢框架受拉构件长细比，不宜大于200。

6.1.5 钢框架的主要受弯构件的最大挠度，不应大于跨度的 $1/400$ ，次要受弯构件的最大挠度，不应大于跨度的 $1/250$ 。

6.1.6 进行结构计算时，应考虑烟气（或油气）管道及附设在两器上设备的重力荷载对框架的偏心影响，不考虑因架顶变位及基础倾斜而产生的附加弯矩对框架的影响。

6.2 结构抗震验算

6.2.1 两器框架，应按乙类建筑进行抗震设计，楼梯间，应按丙类建筑进行抗震设计。

6.2.2 设防烈度为 6 度时 (IV 类场地除外, 两器框架、楼梯间及其地基基础, 可不进行抗震承载力验算, 但应符合抗震措施要求。

6.2.3 设防烈度为 6 度区 IV 类场地及 7 度时, 两器框架及楼梯间, 可仅考虑水平地震作用; 对 8 度和 9 度区的两器框架, 应同时考虑上、下两个方向竖向地震作用和水平地震作用的不利组合。

6.2.4 设防烈度为 7 ~ 9 度时, 楼层屈服强度系数小于 0.5 的钢筋混凝土两器框架, 宜按《建筑抗震设计规范》GBJ 11—89 第 4.5.5 条与第 6.5.6 条的规定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。

6.2.5 预估的罕遇地震作用下, 结构的荷载效应组合设计值, 应按下式计算:

$$S = C_G G_K + C_{Eh} E_{hK} + C_Q Q_K \quad (6.2.5)$$

式中 S ——预估的罕遇地震作用下, 结构的荷载效应组合设计值;

E_{hK} ——预估的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。

G_K ——正常操作时的重力荷载标准值, 包括结构自重和设备重力荷载, 设备重力荷载的内容应符合表 5.2.1 的规定;

Q_K ——平台活荷载标准值, 按本规范表 5.3.1 采用;

C_G ——重力荷载的效应系数;

C_{Eh} ——水平地震作用效应系数;

C_Q ——活荷载效应系数。

6.3 承载能力极限状态的荷载效应组合

6.3.1 两器框架结构构件荷载效应应根据不同的荷载状态按表6.3.1 进行组合。

两器框架结构构件荷载效应组合 表 6.3.1

荷载状态	组 合 内 容
正常操作	正常操作时的重力荷载、平台活荷载、风荷载、正常操作时的斜管推力、振动荷载
停产检修	停产检修时重力荷载、平台活荷载、风荷载、设备安装时的斜管推力
地 震	正常操作时的重力荷载、平台活荷载、风荷载、正常操作时的斜管推力、地震作用、振动荷载

6.3.2 正常操作时，两器框架结构构件荷载效应组合的设计值，应按下式计算：

$$S = Y_G C_G G_K + Y_N C_N F_N + Y_V C_V F_V + Y_Q C_Q Q_K + Y_W (C_W q_w + C_W F_g + C_W F_{1.1}) \quad (6.3.2)$$

式中 S ——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；

Y_G ——重力荷载分项系数；

当效应对结构不利时，取1.2；

当效应对结构有利时，取1.0。

γ_n ——水平振动荷载分项系数，取1.2；

γ_v ——斜管推力分项系数，取1.2；

γ_Q ——活荷载分项系数，取1.3；

γ_w ——风荷载分项系数，取1.4；

F_v ——正常操作时的斜管推力标准值；

C_n ——水平振动力的效应系数；

C_v ——斜管推力效应系数；

C_w ——风荷载效应系数。

6.3.3 停产检修时，两器框架结构件荷载效应组合的设计值，应按下式计算：

$$S = \gamma_G C_G G'_k + \gamma_v C_v F_v + \gamma_Q C_Q Q_k + \gamma_w (C_w q_w + C_w F_g + C_w F_{H1}) \quad (6.3.2)$$

式中 G'_k ——停产检修时的重力荷载标准值，包括结构自重与表4.1.2中除序号9、10外的其它各项内容；

F_v ——设备安装时的斜管推力标准值。

6.3.4 地震时，两器框架结构构件荷载效应组合的设计值，应按下式计算：

$$S = \gamma_G C_G G_{EK} + \gamma_n C_n F_n + \gamma_v C_v F_v + \gamma_{Eh} C_{Eh} E_{hK} + \gamma_{Ev} C_{Ev} E_{vK} + \gamma_Q C_Q Q_k + \psi_w \gamma_w (C_w q_w + C_w F_g + C_w F_{H1}) \quad (6.3.4)$$

式中 γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数，按表5.3.5采用；

E_{hK} 、 E_{vK} ——分别为水平、竖向地震作用标准值；

C_{Ev} ——竖向地震作用效应系数；

ψ_w ——风荷载组合值系数，取0.2。
地震作用分项系数 表 6.3.4

地 震 作 用	γ	γ
仅考虑水平地震作用	1.3	—
同时考虑水平与竖向地震作用	1.3	0.5

6.3.5 楼梯间结构构件荷载效应组合,应符合下列规定:

6.3.5.1 正常情况下,楼梯间结构构件荷载效应组合的设计值,应按下式计算:

$$S = \gamma_G C_G G_{TK} + \gamma_w C_w F_{12} + \psi_Q \gamma_Q C_Q Q_K \quad (6.3.5-1)$$

式中 G_{TK} ——楼梯间的重力荷载标准值,包括结构与附设在楼层平台上固定设备及其附件的自重;

ψ_Q ——活荷载组合值系数,取0.6;

6.3.5.2 地震时,楼梯间结构构件荷载效应组合的设计值,应按下式计算:

$$S = \gamma_G C_G G_{TK} + \gamma_{Eh} C_{Eh} E_{hK} + \psi_w \gamma_w C_w F_{12} \quad (6.3.5-2)$$

6.4 构件的承载能力极限状态计算

6.4.1 两器框架的结构构件在正常操作,停产检修时及楼梯间的结构构件在正常情况下的承载力,应符合下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (6.4.1)$$

式中 γ_0 ——结构构件的重要性系数,对两器框架构件,

取1.1，楼梯间构件，取1.0；

R ——结构构件抗力的设计值，应按有关建筑设计规范的规定确定。

6.4.2 两器框架与楼梯间结构构件在地震作用时的承载力，应符合下式要求：

$$\gamma_0 S < \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (6.4.2)$$

式中 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。

7 地基与基础

7.1 一般规定

7.1.1 基础的埋置深度，除应符合现行《建筑地基基础设计规范》的规定外，还应与相邻构筑物基础的埋置深度一致。

7.1.2 两器框架的地基，除应验算其承载力外，还应确定变形验算条件进行变形验算。两器框架基础倾斜值，不宜大于0.004，地基沉降量的允许值为200 mm。

当楼梯间与框架或设备之间有可靠连接时，楼梯间的地基，可仅验算其承载力。

7.1.3 基础设计，应符合下列要求：

7.1.3.1 两器框架的基础在正常操作时，其底面不允许出现零应力区；

7.1.3.2 在地震作用及检修时的两器框架基础以及楼梯间的基础，其底面零应力区的面积不应大于基础底面积的1/4。

7.1.4 抗震等级为一、二级的两器框架，当采用单独基础时，宜沿基础的两个主轴方向设置基础系梁，受条件限制时，可单向设置。

7.1.5 桩基础的设计与计算，应符合现行国家（或地方）《建筑地基基础设计规范》的有关规定。

7.2 地基承载力计算

7.2.1 当承受轴心荷载与单向偏心荷载作用时，天然地基的承载力，应符合现行《建筑地基基础设计规范》的有关规定。

当考虑地震作用时，地基承载设计，应按现行国家《建筑抗震设计规范》的有关规定进行调整。

7.2.2 双向偏心荷载作用下，天然地基的承载力，应符合下列要求（图7.2.2）。

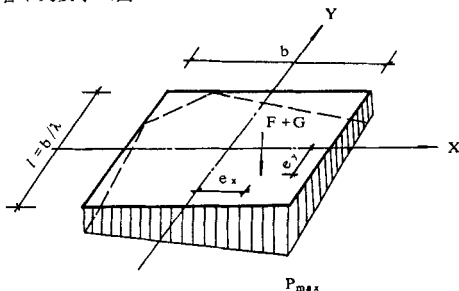


图7.2.2 双向偏心荷载作用下基础底面压力

7.2.2.1 当 $e_y/l < 0.2e_x/b$ 时，可近似按单向偏心荷载计算；

7.2.2.2 当 $e_y/l > 0.2e_x/b$ 时，可按下列公式计算：

(1) 当 $(e + \lambda e_y) < b/6$ 时（即基底不出现零应力区）：

$$P_{max} = \frac{F+G}{b+l} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} < 1.2f \quad (7.2.2-1)$$

(2) 当 $(e_x + \lambda e_y) > b/6$ (即基底有一角或二角出现零应力) 且 $\frac{b}{2} - e_x$ ($b/2\lambda - e_y$) $> 0.125bl$ 时:

$$P_{max} = \frac{F+G}{3(\frac{b}{2} - e_x)(\frac{b}{2\lambda} - e_y)} < 1.2f \quad (7.2.2-2)$$

式中 P_{max} ——基础底面边缘的最大压力设计值 (kpa);

F ——上部结构传至基础顶面的竖向力设计值 (kN);

G ——基础自重设计值与基础上土重标准值之和 (kN);

M_x, M_y ——分别为作用于基础底面沿 x 、 y 方向的弯矩设计值 (kN·m);

e_x, e_y ——分别为 x 、 y 方向的偏心距 (m);

W_x, W_y ——分别为沿 x 与 y 方向的基础底面抵抗矩 (m³);

$$W_y = W_x / \lambda$$

λ ——基础底面长与宽的比值, $\lambda = b/l$;

b ——基础底面边长 (m);

l ——基础底面边宽 (m);

f ——地基承载力设计值 (kpa)。

7.3 地基变形计算

7.3.1 计算两器框架的地基沉降量时, 基础底面荷载长

期效应组合的设计值，应按下式计算：

$$S_l = C_G (G_K + G_J) + C_{\alpha} F_{\alpha} + C_{\nu} F_{\nu} + \psi_c C_Q Q_K \quad (7.3.1)$$

式中 S ——基础底面荷载长期效应组合设计值；

ψ_c ——活荷载的准永久值系数，取0.8。

7.3.2 地基的最终沉降量，应按现行《建筑地基基础设计规范》的有关规定计算。

8 构造要求

8.1 结构构件

8.1.1 钢筋混凝土框架结构构件的构造（包括抗震构造），应符合现行国家有关规范的规定；钢框架（或桁架）结构构件的构造及其制作、运输、连接和安装，应符合现行《钢结构设计规范》的有关规定。

8.1.2 钢结构构件，必须采取防锈和防腐措施。

8.1.3 钢框架的耐火保护，应符合现行《石油化工企业设计防火规范》的有关规定，设计中对耐火保护层的构造，应作出明确要求。

8.1.4 楼梯间平台与设备平台之间，应完全脱开，并留有20mm空隙。若设计要求平台之间相互连系时，则应在连接方式上应确保其能在两器热胀后作竖向滑移。

8.2 基 础

8.2.1 钢柱基础的构造，应符合下列要求（图7.2.1）：

8.2.1.1 地脚螺栓中心至基础边缘的距离，不应小于 $4d$ （ d 为地脚螺栓直径），且不应小于150mm；

8.2.1.2 柱脚底板边缘至基础边缘的距离，不应小于50mm；

8.2.1.3 基础顶面高出设计地面，不宜小于200mm，顶面应设置50mm厚的C25级细石混凝土找平层。

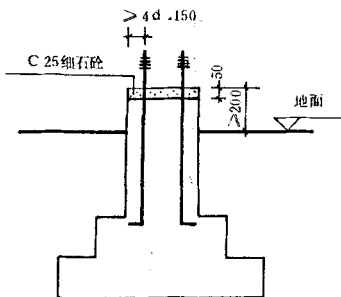


图8.2.1 钢柱基础

8.2.2 钢柱地脚螺栓，应采用双螺母紧固，螺栓的直径、锚固长度及螺栓的细部构造，应按表8.2.2 选用。

8.2.3 钢筋混凝土柱基础顶面每边，应宽出柱边不小于50mm。

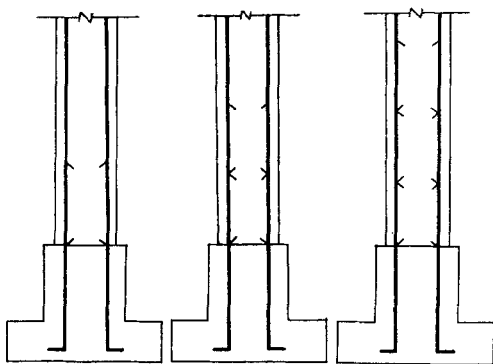
8.2.4 钢筋混凝土柱下独立基础的高度，应符合下列规定：

8.2.4.1 柱为小偏心受压时，不宜小于1200mm；

8.2.4.2 柱为大偏心受压时，不宜小于1400mm。

8.2.5 钢筋混凝土柱基础内预埋插筋的直径、数量、间距，应与柱内钢筋相同，插筋与柱内纵向钢筋，宜优先采用焊接或机械连接，当采用绑扎搭接时，应符合下列规定（图7.2.5）：

8.2.5.1 当柱底偏心距 $e_0 < 0.225h$ （ h 为柱子截面高度）时，插筋与柱内所有纵向钢筋，可在同一个平面上搭



(a) $e_0 < 0.225h$
或 $e_0 > 0.225h$ 但
每侧少于 4 根

(b) $e_0 > 0.225h$
每侧 4 根 ~ 8 根

(c) $e_0 > 0.225h$
每侧多于 8 根

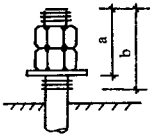
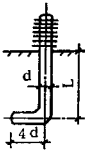
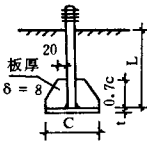

图 7.2.5 柱内纵向钢筋与插筋搭接

接；

8.2.5.2 当 $e_0 > 0.225h$ 且柱截面内受力侧的纵向钢筋根数为 4 根 ~ 8 根时，插筋与纵向钢筋应在两个平面上依次搭接，并应分别满足其搭接长度的要求。若受力侧的纵向钢筋根数少于 4 根时，可在同一个平面上搭接；若受力侧的纵向钢筋多于 8 根时，插筋与纵向钢筋，应在三个平面内依次搭接，并应分别满足其搭接长度的要求。

地脚螺栓 (mm)

表 8.2.2

螺栓直径	连接尺寸		锚固长度及尺寸			
						
	a	b	L	L	C	t
22	65	95	550			
24	70	100	600			
27	75	105	680			
30	80	110	750			
33	85	120	850	660	120	16
36	90	125	900	720	120	16
42	100	135		840	140	20
45	105	140		900	140	20
48	110	150		960	200	20

注：抗震设防区的锚固长度 L ，应按表列数字增加 $5d$ 。

附录A 结构基本自振周期计算

A.0.1 当两器及其框架有联合平台时，并列式的反应器及其框架与再生器及其框架具有相同的基本自振周期。

A.0.2 计算风振时的结构基本自振周期，可按下列公式计算：

A.0.2.1 并列式的反应器及其框架与同轴式两器及其框架的基本自振周期，可按《建筑结构荷载规范》GBJ 9—87中式（附4—14）进行计算。当不能满足（附4—14）公式规定的条件时，也可按下式计算：

$$T_1 = 3.77 \sqrt{m_c \delta} \quad (\text{A.0.2 — 1})$$

式中 T_1 —— 基本自振周期 (S) ；

m_c —— 并列式的反应器及其框架与同轴式的两器及其框架正常操作时的代替质量 t ；按本规定A.0.2.2 与A.0.2.3 款的规定计算；

δ —— 单位水平力作用在代替质量处在该处产生的水平位移 (m/t) 。

A.0.2.2 并列式的反应器（或同轴式的两器及其框架的代替质量，可按下式计算（图A.0.2）：

$$m_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_{1i} y_{1i}^2 + \frac{1}{4} m_{II} y_{II}^2}{y_c^2} \quad (\text{A.0.2 — 2})$$

式中 m_{1i} ——并列式的反应器（或同轴式的两器）各质点的质量（t）；
 m_{1j} ——框架各质点的质量（t）；
 y_{1i} 、 y_c ——分别为并列式的反应器（或同轴式的两器）及其框架作第1振型振动时，质点i及代替质量处的横向位移（m）。

A.0.2.3 代替质量的位置，可选定在并列式的反应器（或同轴式的两器）顶部，其第1振型的振型曲线方程，可用下式表示（图A.0.2）：

$$y_{1i} = y_c \left(\frac{H_i}{H} \right)^2 \quad (\text{A.0.2-3})$$

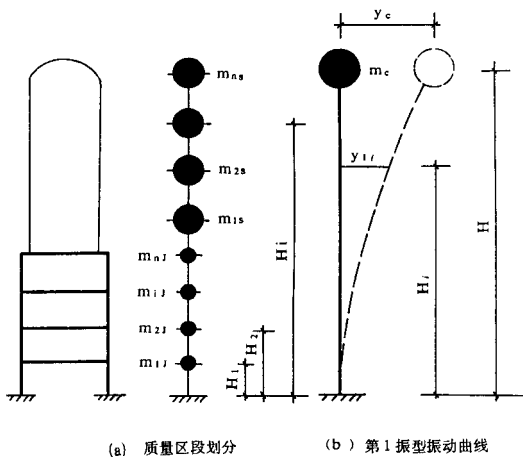
式中 H_i ——基础顶面至质点i的高度（m）；
 H ——基础顶面至代替质量处的高度（m）。

A.0.2.4 当并列式两器的反应器框架采用平面为正方形的钢筋混凝土结构时，在正常操作时两器及其框架的基本自振周期，也可按下式计算：

$$T_1 = \frac{0.23(0.17H_j + 0.06\frac{m_s}{L})}{a\sqrt{n_o}} \quad (\text{A.0.2-4})$$

式中 H_j ——反应器框架的计算高度（m）；
 m_s ——反应器的质量与正常操作时反应器内介质的质量之和（t）；
 n_o ——反应器框架的层数；
 a ——反应器框架柱截面边长（m）；
 L ——反应器框架柱的中心距（m）。

A.0.3 计算地震作用时的结构基本自振周期，可按公



图A.0.2 代替质量

式 (A.0.2 — 1) 、 (A.0.2 — 4) 的计算值乘以 1.15 调整系数后采用。

风振系数 β_z ($H = 20\text{ m}$)

表B

$w_0 T_1^2$ $(\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2)$	z / H					
	钢 结 构			钢筋混凝土结构		
	1.0	0.5	0.1	0.8	0.4	0.1
0.1	2.18	1.50	1.05	1.60	1.24	1.03
0.2	2.29	1.54	1.05	1.63	1.25	1.03
0.3	2.35	1.57	1.05	1.64	1.26	1.03
0.4	2.41	1.59	1.06	1.66	1.26	1.03
0.5	2.45	1.61	1.06	1.67	1.27	1.03
0.6	2.49	1.62	1.06	1.68	1.27	1.03
0.7	2.52	1.64	1.06	1.69	1.27	1.04
0.8	2.55	1.65	1.06	1.70	1.28	1.04
0.9	2.58	1.66	1.06	1.70	1.28	1.04
1.0	2.59	1.67	1.06	1.71	1.28	1.04
1.2	2.63	1.68	1.07	1.72	1.29	1.04
1.4	2.66	1.70	1.07	1.73	1.29	1.04
1.6	2.69	1.71	1.07	1.74	1.29	1.04
1.8	2.73	1.73	1.07	1.75	1.30	1.04
2.0	2.76	1.74	1.07	1.76	1.30	1.04
2.2	2.78	1.75	1.07	1.76	1.30	1.04
2.4	2.80	1.76	1.07	1.77	1.30	1.04
2.6	2.82	1.76	1.07	1.77	1.30	1.04
2.8	2.84	1.77	1.07	1.78	1.30	1.04
3.0	2.86	1.78	1.08	1.79	1.30	1.04

风振系数 β_z ($H = 25 \text{ m}$)

续表B

$w_0 T_1^2$ ($\text{kN} \cdot \text{s}^2/\text{m}^2$)	z / H					
	钢 结 构			钢筋混凝土结构		
	1.0	0.5	0.1	0.8	0.4	0.1
0.1	2.15	1.48	1.05	1.59	1.23	1.03
0.2	2.24	1.52	1.05	1.61	1.24	1.03
0.3	2.31	1.55	1.05	1.62	1.25	1.03
0.4	2.37	1.57	1.05	1.64	1.25	1.03
0.5	2.40	1.59	1.06	1.65	1.26	1.03
0.6	2.44	1.60	1.06	1.66	1.26	1.03
0.7	2.47	1.62	1.06	1.67	1.26	1.03
0.8	2.50	1.63	1.06	1.68	1.27	1.03
0.9	2.53	1.64	1.06	1.68	1.27	1.03
1.0	2.54	1.65	1.06	1.69	1.27	1.04
1.2	2.57	1.66	1.06	1.69	1.28	1.04
1.4	2.61	1.68	1.06	1.70	1.28	1.04
1.6	2.64	1.69	1.07	1.71	1.28	1.04
1.8	2.68	1.70	1.07	1.72	1.29	1.04
2.0	2.71	1.72	1.07	1.73	1.29	1.04
2.2	2.73	1.73	1.07	1.74	1.29	1.04
2.4	2.74	1.73	1.07	1.74	1.29	1.04
2.6	2.76	1.74	1.07	1.75	1.30	1.04
2.8	2.78	1.75	1.07	1.75	1.30	1.04
3.0	2.80	1.76	1.07	1.76	1.30	1.04

风振系数 β_z ($H = 30\text{ m}$)

续表B

$w_0 T_1^2$ ($\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2$)	z / H					
	钢 结 构			钢筋混凝土结构		
	1.0	0.5	0.1	0.8	0.4	0.1
0.1	2.11	1.47	1.04	1.57	1.22	1.03
0.2	2.20	1.51	1.05	1.59	1.23	1.03
0.3	2.26	1.53	1.05	1.60	1.24	1.03
0.4	2.32	1.56	1.05	1.62	1.25	1.03
0.5	2.36	1.57	1.05	1.63	1.25	1.03
0.6	2.39	1.58	1.06	1.64	1.25	1.03
0.7	2.42	1.60	1.06	1.64	1.26	1.03
0.8	2.45	1.61	1.06	1.65	1.26	1.03
0.9	2.48	1.62	1.06	1.66	1.26	1.03
1.0	2.49	1.63	1.06	1.66	1.26	1.03
1.2	2.52	1.64	1.06	1.67	1.27	1.03
1.4	2.56	1.65	1.06	1.68	1.27	1.04
1.6	2.59	1.67	1.06	1.69	1.27	1.04
1.8	2.62	1.68	1.06	1.70	1.28	1.04
2.0	2.65	1.69	1.07	1.71	1.28	1.04
2.2	2.67	1.70	1.07	1.71	1.28	1.04
2.4	2.69	1.71	1.07	1.72	1.29	1.04
2.6	2.71	1.72	1.07	1.72	1.29	1.04
2.8	2.72	1.72	1.07	1.73	1.29	1.04
3.0	2.74	1.73	1.07	1.74	1.29	1.04

风振系数 β_z ($H = 40 \text{ m}$)

续表B

$w_0 T_1^2$ $(\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2)$	z / H					
	钢 结 构			钢筋混凝土结构		
	1.0	0.5	0.1	0.8	0.4	0.1
0.1	2.03	1.43	1.04	1.53	1.21	1.03
0.2	2.12	1.47	1.04	1.55	1.22	1.03
0.3	2.18	1.49	1.05	1.56	1.22	1.03
0.4	2.23	1.52	1.05	1.57	1.23	1.03
0.5	2.27	1.53	1.05	1.58	1.23	1.03
0.6	2.30	1.55	1.05	1.59	1.24	1.03
0.7	2.33	1.56	1.05	1.60	1.24	1.03
0.8	2.35	1.57	1.05	1.61	1.24	1.03
0.9	2.38	1.58	1.06	1.61	1.24	1.03
1.0	2.39	1.58	1.06	1.62	1.25	1.03
1.2	2.42	1.60	1.06	1.63	1.25	1.03
1.4	2.45	1.61	1.06	1.63	1.25	1.03
1.6	2.48	1.62	1.06	1.64	1.26	1.03
1.8	2.51	1.64	1.06	1.65	1.26	1.03
2.0	2.54	1.65	1.06	1.66	1.26	1.03
2.2	2.56	1.65	1.06	1.66	1.26	1.03
2.4	2.57	1.66	1.06	1.67	1.27	1.03
2.6	2.59	1.67	1.06	1.67	1.27	1.03
2.8	2.61	1.67	1.06	1.68	1.27	1.03
3.0	2.62	1.68	1.06	1.69	1.27	1.04

风振系数 β_z ($H = 50\text{ m}$)

续表B

$w_0 T_1^2$ $(\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2)$	z / H					
	钢 结 构			钢筋混凝土结构		
	1.0	0.5	0.1	0.8	0.4	0.1
0.1	1.99	1.41	1.04	1.50	1.20	1.03
0.2	2.07	1.45	1.04	1.52	1.21	1.03
0.3	2.12	1.47	1.04	1.54	1.21	1.03
0.4	2.18	1.49	1.05	1.55	1.22	1.03
0.5	2.21	1.51	1.05	1.57	1.22	1.03
0.6	2.24	1.52	1.05	1.57	1.22	1.03
0.7	2.27	1.53	1.05	1.57	1.23	1.03
0.8	2.29	1.54	1.05	1.58	1.23	1.03
0.9	2.31	1.55	1.05	1.59	1.23	1.03
1.0	2.33	1.56	1.05	1.59	1.23	1.03
1.2	2.35	1.57	1.05	1.60	1.24	1.03
1.4	2.39	1.58	1.06	1.61	1.24	1.03
1.6	2.41	1.59	1.06	1.61	1.24	1.03
1.8	2.44	1.61	1.06	1.62	1.25	1.03
2.0	2.47	1.62	1.06	1.63	1.25	1.03
2.2	2.49	1.62	1.06	1.63	1.25	1.03
2.4	2.50	1.63	1.06	1.64	1.25	1.03
2.6	2.52	1.64	1.06	1.64	1.26	1.03
2.8	2.53	1.64	1.06	1.65	1.26	1.03
3.0	2.55	1.65	1.06	1.66	1.26	1.03

$w_0 T_1^2$ $(\text{kN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^2)$	z / H					
	钢 结 构			钢筋混凝土结构		
	1.0	0.5	0.1	0.8	0.4	0.1
0.1	1.94	1.39	1.04	1.48	1.19	1.02
0.2	2.02	1.43	1.04	1.50	1.20	1.03
0.3	2.07	1.45	1.04	1.51	1.20	1.03
0.4	2.12	1.47	1.04	1.52	1.21	1.03
0.5	2.15	1.48	1.05	1.53	1.21	1.03
0.6	2.18	1.50	1.05	1.54	1.21	1.03
0.7	2.21	1.51	1.05	1.55	1.22	1.03
0.8	2.23	1.52	1.05	1.55	1.22	1.03
0.9	2.25	1.53	1.05	1.56	1.22	1.03
1.0	2.27	1.53	1.05	1.56	1.22	1.03
1.2	2.29	1.54	1.05	1.57	1.23	1.03
1.4	2.32	1.55	1.05	1.58	1.23	1.03
1.6	2.35	1.56	1.05	1.59	1.23	1.03
1.8	2.38	1.58	1.06	1.59	1.24	1.03
2.0	2.40	1.59	1.06	1.60	1.24	1.03
2.2	2.42	1.59	1.06	1.60	1.24	1.03
2.4	2.43	1.60	1.06	1.61	1.24	1.03
2.6	2.45	1.61	1.06	1.61	1.24	1.03
2.8	2.46	1.61	1.06	1.62	1.24	1.03
3.0	2.47	1.62	1.06	1.62	1.25	1.03

注：① 表中 H 为框架柱底至两器顶面的高度， z 为框架柱底至两器或框架上某一点的高度；

② 表中所列之 β_z 值仅在地面粗糙度为B类地区及两器的直径无变化的条件下才适用；

③ 表中“钢结构”含“两器”及钢框架。

附录C 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：

C.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”。

C.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”。

C.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、参加编制单位和 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：徐文光 于文章 孙柯权

中华人民共和国行业标准

石油化工企业反应器、再生器 框架设计规范

S H 3066 — 95

条 文 说 明

1995 北 京

修 订 说 明

本规范是根据“中石化(1991)建标字158号”文的通知由我公司对原《炼油厂再生器、沉降器构架设计技术规定》SYJ 1014—82进行修订而成。在修订过程中,进行了比较广泛的调查研究,总结了多年来石油化工企业两器框架的设计经验,并征求有关设计、生产、施工等方面的意见,对其中的主要问题进行了多次讨论,最后经审查定稿。

这次修订的主要内容有:

1. 修改了通用符号、计量单位和基本术语;
2. 按《建筑结构荷载规范》GBJ9—87、建筑抗震设计规范《GBJ11—89及《混凝土设计规范》GBJ10—89的规定对原《炼油厂再生器、沉降器构架设计技术规定》的有关条文作了修订。
3. 增加了同轴式两器框架及楼梯间的设计规定。

本规范实行过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供我公司,以便今后修改时参考。

中国石化洛阳石化工程公司

一九九四年十月

目 次

3	结构形式	41
5	荷载	42
6	结构计算	45
7	地基与基础	46
附录A	47

3 结构形式

3.0.2 结构设计时，两器框架的柱网，层高、平台梁板的布置，平台开孔及柱间斜撑的布置等，除应满足结构设计自身的要求外，还应满足配管专业的要求。但在某些情况下，例如并列式两器中的反应器，其提升管一方面需要穿过多层框架平台，而且还应考虑待生斜管、再生斜管与两器的斜交连接。为此，其安装与检修方案就有可能影响到结构的布置，设计中应对此有所了解。

3.0.3 当结构跨度相同时，虽然环形框架比方形框架具有较好的空间刚度，但设备直径较小时，由于受到斜管布置的限制，采用环形框架比较困难。因此，只是当设备直径较大，且不影响斜管布置时，才推荐采用环形框架方案。

3.0.4 对于钢结构框架，其抗侧移刚度通常远较钢筋混凝土框架为小，故推荐采用桁架式结构。但有时因管道布置的影响，在框架的两个主轴方向很难均采用桁架式结构，此时，设计中要求梁柱间必需采用可靠的刚接连接方案。此外，条件许可时，还可以在梁柱间及平台相邻框架梁之间增设八字撑，以从构造上增强框架的整体刚度。

5 荷 载

5.2.1 表5.2.1 所列各项内容的重力荷载标准值, 应由相关专业(通常是设备与配管专业)提供。

5.3.1 考虑到我国绝大部分地区的雪荷载标准值均小于 0.5 kN/m^2 , 同时又因为在检修与生产两种状态下, 两器附设平台上的活荷载不可能太大, 故在对框架作结构分析时, 其值取 0.5 kN/m^2 是能够满足设计要求的。

在检修或安装时, 由设备, 管道及其它工具等产生的局部荷载, 主要是指滑阀及其它附设设备的荷载。在这些设备的自重无法确定的情况下, 进行结构分析时, 为安全起见, 对平台板及平台次梁可取 4 kN/m^2 (原规定为 2 kN/m^2), 对框架梁及基础, 则仍按 2 kN/m^2 。

5.4.1 风荷载扩大系数 ($\mu_c = 0.3$) 取自《高耸结构设计规范》GB J135—90 表3.2.6 之第9项中不带斜梯的独立或联合平台、塔型设备直径 $\geq 6.0 \text{ m}$ 的情况, 表中 $\mu_s = 0.91 = 0.7 \times (1 \times \mu_c)$, 则 $\mu_c = 0.3$ 。

当两器设备直径小于 6 m 时, 可根据上述表列数值自行调整。

5.4.2 在《高耸结构设计规范》GB J135—90 的表3.2.6 第1项中, 对于圆形光滑截面悬臂结构的体型系数 $\mu_s = 0.45 \sim 0.55$, 其值与《建筑结构荷载规范》GB J9—87 续表13 规定 (即当 $w \cdot d^2 \leq 0.015$ 时, $\mu_s = 0.7$) 有所不同。按

GB J9—87 的条文说明：《工业与民用建筑结构荷载规范》T J9—74 中规定了当 $w_0 d^2 > 0.02$ 时， $\mu_s = 0.6$ ，但“考虑构筑物表面的不平整性，并根据设计单位的反映，偏安全地取 $\mu_s = 0.7$ ”。因此，对于表面十分光滑平整的两器设备，取 $\mu_s = 0.7$ 是偏于保守的。

5.6.1 水平推力的计算公式源于美国《埃索》标准中对 U 型管两器在正常操作状态下的计算规定。

为了验证其准确性，过去曾对两个厂的两器框架在不同的荷载状态下作过实测，其中由某炼油厂 U 型管两器在误操作状态下测定的钢架架顶变位反算出作用于催化剂重心处的水平振动力如下表所示（明表 5.6.1）：

水平振动力反算值

明表 5.6.1

钢架 名称	计算时的 结构模型	水平振动力 F_n (kN)		$m \cdot g / F_n$	
		X 向	Y 向	X 向	Y 向
反 应 器	平面桁架	106.6	82.7	0.156	0.120
	空间桁架	99.4	78.2	0.146	0.115
再 生 器	平面桁架	134.9	107.4	0.135	0.107
	空间桁架	138.2	80.9	0.138	0.081

注：① X 向系指反应器与再生器中心的连接方向，Y 向是与 X 向

垂直的方向；

② m 。为反应器或再生器内催化剂的质量。

由表5.6.1 可知：

1. 由于X 向与U 型管方向基本一致，可能是在误操作时催化剂通过U 型管急速倒流而产生了较大的水平振动力。

2. Y 向催化剂自重与水平推力之平均比值为0.106 (X 向为0.144)，它与本规范推荐规范的0.1 是比较接近的。

由于实测资料不多，明表5.6.1 仅是U 型管两器在误操作状态下一次的实测结果，远不足以作为本规范 (5.6.1) 式充分的依据，尤其是对于提升管催化裂化的两器，尽管从直观感觉上可认为其水平振动力较U 型管两器小，但迄今尚未作过类似的实测，为此，仍沿用原来的规定计算其水平振动力。

5.6.2 正常操作状态下，斜管推力是根据两器内的压差与斜管膨胀节的热变形等因素由设备专业提供的，在安装或检修时，需对膨胀节进行预拉伸。因此，在不同状态下其大小与方向均有所不同，故结构计算时应分别取值。

6 结构计算

6.3.1 本《规范》取消了再生器框架在误操作状态下的荷载效应组合。

根据工程实例验证，与正常操作状态相比，误操作状态下仅重力荷载略有增加，由水平荷载则有所减小，这对于以水平荷载起主要控制作用的高耸结构而言，可以认为误操作状态实际上是不可能起控制作用的。

7 地基与基础

7.1.2 在斜管推力与水平振动力的作用下，基础将不可避免的会出现一定的差异沉降，根据上部结构对地基变形的适应能力和使用上的要求，其允许倾斜值可按非分馏塔类的塔型设备基础的允许值控制，故采用0.004。

7.2.1 鉴于建筑地基的地区性特点，除国家标准外，一些省（市）结合本地区地基的特点及工程实践经验，还颁布了适合本地区地基基础设计的地方标准，这些地方标准中某些规定与国家标准不尽相同，例如上海市标准《地基基础设计规范》DBJ 08—11—89 中规定的地基承载力仍然采用了允许承载力的表达式，本条文中所指的“有关规定”，包含了国家标准与地方标准的意思。

附录A

A.0.1 根据对并列式提升管催化裂化两器框架的实测，有联合平台时，反应器及其框架与再生器及其框架在同一方向具有大致相同的基本自振周期，且它们两个方向的基本自振周期的差值也不大（见表A、0.1）。过去对大量的石油化工塔型设备自振周期的测定结果也揭示了上述特点。因此，当进行工程设计时，可以认为，在两器及其框架之间有联合平台时，它们具有相同的基本自振周期。

A.0.2

A.0.2.1 式（A.0.2—1）是由计算单质点体系基本自振周期的公式演变而成的。

由于单质点体系是“大部分质点集中在一处并由弹性杆支承”的一种结构体系，为使两器结构体系尽可能的符合“大部分质点集中在一处”的前提，故在式中引进了“代替质量”的概念。

计算时，考虑到斜管、油气管道、烟气管道及联合平台的牵制作用而引进了一个牵制系数。根据沉降器及其框架基本自振周期的理论计算值与实测值之间的差异，同时参照了钢筋混凝土刚性独立管架架顶在管道轴向与径向具有不同的计算高度这个概念（基本自振周期与架顶变位即计算高度有关），确定了牵制系数为0.6。

表A—1

自振周期实测值

序 号	结 构 类 型	处 理 量 ($10^4 t/a$)	工 况	反 应 器		再 生 器		平面布置示意
				T _x (S)	T _y (S)	T _x (S)	T _y (S)	
			设备已安装, 管道未连	0.96	1.10	0.74	0.89	
		120	同上, 且与楼梯间连	0.87	1.04	0.89	1.03	
			同上, 与其它设备亦已连	0.82	1.01	0.80	0.92	
			试动	0.89	0.96	0.89	0.89	
2		120	仅联合平台及油气管道已安装	0.86	0.94	0.86	0.95	
3		200	两器间无任何联系	0.97	1.14	0.54	0.525	
4	钢 桁 架	60	安装毕, (停产状态)	0.70	0.76	0.70	0.68	
5		15	安装毕, (停产状态, 连同轴式两器)	1.012	1.04	1.03	1.06	

$$\text{即: } T_1 = 0.6 \times 2 \pi \sqrt{m_c \delta} = 3.77 \sqrt{m_c \delta}$$

A.0.2.4 式 (A.0.2 - 4) 是一个半经验半理论公式, 它是根据影响结构基本自振周期 T_1 的几个主要结构参数及其与 T_1 之对应关系, 确立了如下的函数表达式 (式A - 1)

$$T_1 = \frac{K_1 H_j + K_2 \frac{m_s}{L}}{a n_0} \quad (\text{式A - 1})$$

式中 H_j —— 框架高度 (m);

n_0 —— 框架层数;

L —— 柱距 (m);

a —— 柱载面边长 (m);

m —— 设备及其介质质量之和 (t)。

进行公式推导前, 对几个厂的反应器框架在不同荷载状态下的基本自振周期进行了计算, 结果如下 (表A - 2)

基本自振周期计算值

表A - 2

序 号	结 构 参 数				m_s (t)			T_1 (s)		
	a	H_j	n_0	L	空架	空塔	操作	空架	空塔	操作
1	0.7	36	9	6.6	0	279	339	0.925	1.37	1.45
2	0.8	36	7	6.6	0	279	339	1.04	1.04	1.57
3	0.6	31.5	9	6.6	0	94	113	0.976	1.25	1.32
4	0.8	32.6	9	6.6	0	190	430	0.841	1.05	1.29

由表A - 2 中各种情况下的 T_1 及其相应的结构参数代

入式A—1即可求得 K_1 与 K_2 ，即：

(1) 当 $m_s = 0$ (空架) 时，由 T_{1i} 值可求出相应之 K_{1i} ，其加权平均值为 $\bar{K}_1 = 0.165 \approx 0.17$ ；

(2) 以 $K_1 = 0.17$ 代入式A—1，并由相应之 T_1 及 m_s 与结构参数可求得空塔与操作两种时的 K_{2i} ，其加权平均值为 $\bar{K}_2 = 0.61 \approx 0.6$ 。

由于表—2所统计的几个框架大多是九层，因此，式A—1并未充分反映出框架层数对 T_1 的影响。通过对一些工程实例的实测分析，可以看出 T_1 与 n_0 的关系比较接近于抛物线。亦即：

$$\frac{T_{1(i)}}{T_{1(q)}} = \frac{\sqrt{q}}{\sqrt{n_0(i)}}$$

$$\text{则： } T_{1(i)} = \frac{\sqrt{q}}{\sqrt{n_0(i)}} T_{1(q)} = \frac{1}{3 a \sqrt{n_0(i)}}$$

$$\cdot (K_1 H_j + K_2 \frac{m_s}{L})$$

此外，对某两个厂的反应器在两个主轴方向 T_1 的实测值与相同条件下的计算值比较结果表明，实测值相当于计算值的70%，由此即可推导出计算 T_1 的(A.0.2—4)表达式。

A.0.3 在地震作用时，结构处在大位移状态，其自振周期比通常的情况下要大，故对结构进行抗震验算时，宜将按常规算得的自振周期适当加大。本规范规定的调整系数是根据《石油化工企业塔型设备基础设计规范》SHJ 30

—91 的规定采用的。