



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3160—2009

石油化工控制室抗爆设计规范

Specification for design of blast resistant control building
in petrochemical industry



2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言..... II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和主要符号.....1

3.1 术语.....1

3.2 主要符号.....2

4 总平面布置.....3

5 建筑设计.....4

5.1 一般规定.....4

5.2 建筑门窗.....4

5.3 建筑构造.....4

6 结构设计.....5

6.1 一般规定.....5

6.2 材料.....5

6.3 爆炸的冲击波参数.....5

6.4 作用在建筑物上的爆炸荷载.....5

6.5 荷载效应组合.....8

6.6 结构动力计算.....8

6.7 截面设计.....11

6.8 结构构造.....11

6.9 基础设计.....12

7 通风与空调.....12

7.1 一般规定.....12

7.2 室内空气计算参数.....13

7.3 空调系统.....13

7.4 新风系统与排风系统.....13

7.5 空调机房.....13

7.6 控制及显示.....14

附录 A (资料性附录) 抗爆控制室区域典型布置图.....15

附录 B (资料性附录) 抗爆控制室典型平面布置图.....16

附录 C (资料性附录) 抗爆控制室典型剖面图.....17

附录 D (规范性附录) 各种支座条件、荷载形式下单自由度构件的动力计算参数.....18

附录 E (规范性附录) 常用结构的等效静荷载标准值.....21

用词说明24

附：条文说明25

前 言

本规范是根据原国家经贸委“关于下达 2003 年行业标准项目计划的通知”(国经贸厅行业[2003]22 号),由中国石化集团洛阳石油化工工程公司负责编制。

本规范共分七章(范围、规范性引用文件、术语和主要符号、总平面布置、建筑设计、结构设计、通风与空调)和五个附录,其中附录 D、E 为规范性附录,附录 A、B、C 为资料性附录。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由中国石油化工集团公司建筑设计技术中心站管理,由中国石化集团洛阳石油化工工程公司负责解释。

本规范在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石油化工集团公司建筑设计技术中心站

通讯地址:河南省洛阳市中州西路 27 号

邮政编码:471003

电 话:0379—64887187

传 真:0379—64887187

主编单位:中国石化集团洛阳石油化工工程公司

通讯地址:河南省洛阳市中州西路 27 号

邮政编码:471003

参编单位:上海森林特种钢门有限公司

上海爵格电气工程有限公司

主要起草人:刘武 路以宁 张俊 万朝梅 王松生 范有声 韦建树

主要审查人:黄左坚 吴绍平 许兰生 张克峰 聂向东 张凤山 刘昆明 何国富 章 健 任 意
王 超 李云忠 嵇转平 朱晓明 黄国良 姜金娣 王耀东 黄文岐 朱 晔 暴长玮
张立文 黄月年 董以富 张 鑫 高光胜 权 敏

本规范首次发布。

石油化工控制室抗爆设计规范

1 范围

本规范规定了石油化工控制室抗爆设计的要求。

本规范适用于新建的石油化工控制室的抗爆设计。改建或扩建的石油化工控制室的抗爆设计可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50019 采暖通风与空气调节设计规范

3 术语和主要符号

下列术语和主要符号适用于本规范。

3.1 术语

3.1.1

抗爆控制室 **blast-resistant control building**

能满足企业生产及人身安全的需要，技术经济合理，抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的控制室。

3.1.2

抗爆防护门 **blast-resistant door**

能够抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的特种建筑用门。

3.1.3

抗爆人员通道门 **blast-resistant access door**

能满足人员正常进、出建筑物所需要的抗爆防护门。

3.1.4

抗爆设备通道门 **blast-resistant equipment door**

用于满足大型设备进出建筑物要求的抗爆防护门。

3.1.5

抗爆防护窗 **blast-resistant window**

能够抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的特种建筑用外窗。

3.1.6

安全玻璃 **safety glass**

符合强度要求的夹层玻璃或钢化玻璃。

3.1.7

隔离前室 **air lock**

设在人员通道上的内置式前室，是防止室外有害气体进入室内、保持室内正气压的建筑构造措施。

3.1.8

抗爆阀 **blast-resistant valve**

安装在抗爆建筑物的进风口、排风口上，能够抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的风阀。

3.2 主要符号

- a —— 质点运动加速度;
 A_s —— 构件配筋面积;
 b —— 构件截面宽度;
 C —— 结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值;
 C_e —— 侧墙、后墙及屋面荷载等效系数;
 C_d —— 阻力系数;
 d —— 构件截面高度;
 D —— 冲击波前进方向建筑物宽度;
 DIF —— 动力荷载提高系数;
 E_c —— 混凝土弹性模量;
 E_s —— 钢筋弹性模量;
 f_{dc} —— 混凝土的动力设计强度;
 f_{du} —— 钢筋的动力强度极限值;
 f_{dy} —— 钢筋的动力设计强度;
 F_t —— 作用在构件上的力(时间的函数);
 f_u —— 钢筋强度极限值;
 f_{yk} —— 钢筋强度标准值;
 f_{ck} —— 混凝土抗压强度标准值;
 f_y —— 钢筋屈服强度;
 I —— 构件截面惯性矩;
 I_{cr} —— 形成裂缝时的混凝土截面惯性矩;
 I_g —— 混凝土构件对形心轴的毛截面惯性矩, 忽略钢筋影响;
 I_w —— 正压冲量;
 K_L —— 荷载或刚度传递系数;
 K_{Lm} —— 考虑了荷载、刚度、质量的传递系数;
 K_m —— 质量传递系数;
 k —— 构件刚度;
 L —— 冲击波前进方向结构构件的长度;
 L_w —— 冲击波波长;
 L_0 —— 构件跨度;
 M_e —— 等效质量;
 m —— 构件质量;
 P —— 构件冲击荷载, 与所考虑的构件对应的峰值爆炸荷载;
 P_a —— 作用在侧墙及屋面上的有效冲击波超压;
 P_{atm} —— 环境标准大气压;
 P_b —— 作用在后墙上的有效冲击波超压;
 P_r —— 峰值反射压力;

P_s	停滞压力;
P_{so}	爆炸冲击波峰值入射超压;
q_0	峰值动压;
R	结构构件抗力的设计值;
R_d	结构构件的动力承载能力, 表述为与冲击波压力和作用时间等效的静力荷载;
S	停滞压力点至建筑物边缘的最小距离;
S_{GK}	按永久荷载标准值 G_K 计算的荷载效应值;
S_{QIK}	按可变荷载标准值 Q_{IK} 计算的荷载效应值;
S_{BK}	爆炸荷载效应值;
SIF	强度提高系数;
T_N	质点振动周期;
t_a	冲击波到达后墙时间;
t_c	反射压持续时间;
t_d	正压作用时间;
t_e	前墙正压等效作用时间;
t_f	侧墙及屋面有效冲击波超压升压时间;
t_{fb}	后墙上有效冲击波超压升压时间;
c	波速;
X_m	结构构件弹塑性变位;
X_y	结构构件弹性极限变位;
y	质点位移;
γ_G	永久荷载分项系数;
γ_{Qi}	可变荷载分项系数;
γ_B	爆炸荷载分项系数;
ρ	非预应力受拉钢筋的配筋率;
ρ'	非预应力受压钢筋的配筋率;
μ	结构构件的延性比;
$[\mu]$	结构构件的允许延性比;
θ	结构构件的弹塑性转角;
$[\theta]$	结构构件的弹塑性转角允许值;
Δ	跨中变形;
ψ_{ci}	可变荷载 Q_i 的组合值系数;
α	能量吸收系数;
τ	持续时间系数。

4 总平面布置

4.1 新建石油化工厂宜将控制室布置在生产管理区。

4.2 设在厂区或生产装置区域内的抗爆控制室, 其总平面应根据该区域安全分析(评估)报告的结果进行布置或调整; 否则, 与甲、乙类工艺装置的间距不应小于 30m (布置参见附录 A), 并应同时符合下列要求:

- 应布置在非爆炸危险区域内;
- 宜布置在工艺装置的一侧, 四周不应同时布置甲、乙类装置, 且布置控制室的场地不应低于相邻装置区的地坪;
- 应独立设置, 不得与非抗爆建筑物合并建造;

- d) 宜位于甲类设备全年最小频率风向的下风侧;
- e) 至少应在两个方向设置人员的安全出口,且不得直接面向甲、乙类工艺装置。

5 建筑设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 建筑物耐火等级不应小于二级。
- 5.1.2 建筑屋面防水等级不应低于Ⅱ级;屋面不得采用装配式架空隔热构造,女儿墙高度应在满足屋面泛水构造要求的同时取最小值,并应采用钢筋混凝土结构形式。
- 5.1.3 建筑平面宜为矩形,层数宜为一层。
- 5.1.4 建筑物应采用钢筋混凝土结构形式,其受力体系的布置(如框架柱、建筑内部的剪力墙等)、外墙墙体构造及厚度应通过结构计算确定。
- 5.1.5 建筑物不得设置变形缝。
- 5.1.6 控制室外门、隔离前室内门应选用抗爆防护门。面向甲、乙类工艺装置的外墙上不得设置窗,其它外墙上不宜设置窗。
- 5.1.7 在人员通道外门的室内侧,应设隔离前室(布置参见附录B)。
- 5.1.8 室外电缆进入室内应采用电缆沟进线的方式(构造参见附录C),基础墙体洞口采用防火材料封闭,沟内充砂。不得在室内地面以上的外墙上开设电缆进线洞口。
- 5.1.9 室内、外地面高差不应小于600mm,其中活动地板下基础地面与室外地面的高差不应小于300mm。空气调节设备机房室内、外高差不应小于300mm。

5.2 建筑门窗

5.2.1 抗爆防护门应符合下列要求:

- a) 控制室外门、隔离前室内门应选用抗爆防护门,其耐火完整性不应小于1.0h;
- b) 人员通道抗爆门,其构造及性能应符合下列要求:
 - 1) 洞口尺寸不宜大于1500mm×2400mm;
 - 2) 计算荷载:与所在建筑墙面计算冲击波超压相同,隔离前室内门计算冲击波超压为外门计算冲击波超压的50%;在计算荷载的作用下,该门应处于弹性状态,可正常开启;
 - 3) 门扇应向外开启,配置逃生门锁及抗爆门镜,门框与门扇之间应密封并应设置自动闭门器;
 - 4) 隔离前室内、外门应具备不同时开启连锁功能;
- c) 设备通道抗爆门,用于满足大型设备进出建筑物的要求,其构造及性能应符合下列要求:
 - 1) 门洞口的大小应以设备的尺寸为依据进行设计;
 - 2) 计算荷载:与所在建筑墙面计算冲击波超压相同,在计算荷载的作用下,该门可处于弹塑性状态,但不应达到屈服极限值;
 - 3) 门扇上不应镶嵌玻璃窗,并应向外开启;
 - 4) 配置抗爆门锁。

5.2.2 窗应符合下列要求:

- a) 外窗应选用固定抗爆防护窗,计算荷载与所在建筑墙面计算冲击波超压相同;
- b) 在承重内墙上设置的内窗应采用净面积不宜大于1m²的安全玻璃。

5.3 建筑构造

- 5.3.1 外墙不得设置普通雨蓬、挑沿等附属装饰物。
- 5.3.2 墙体保温宜采用外墙外保温构造,保温材料应选用燃烧性能等级为A级的材料,其外层装饰面应选用整体构造形式。
- 5.3.3 室内装修材料的燃烧性能等级不得低于B1级。
- 5.3.4 吊顶构造应符合下列要求:
 - a) 周边与建筑外墙之间应设置变形缝,宽度不应小于50mm;

- b) 钢制主龙骨材料厚度不应小于 1.0mm, 布置间距不应大于 1.2m, 表面应镀锌;
- c) 面板应选择密度小的材料 (如铝合金扣板、轻质矿棉吸音板等); 不得选用水泥及玻璃制品装饰板材;
- d) 自重大于 1kg 的灯具应采用钢筋吊杆直接固定在混凝土屋面板上, 吊杆直径不宜小于 8mm。

5.3.5 室内与结构受力构件相连接的玻璃隔墙, 应选用金属框架及安全玻璃。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 按照本规范进行设计的控制室, 当遭受相当于设计取定的爆炸荷载作用时, 可能局部损坏, 但经一般修理应可以继续使用。

6.1.2 抗爆控制室宜采用钢筋混凝土框架-剪力墙结构体系。

6.1.3 控制室抗爆设计, 应根据抗爆要求和受力情况做到结构各个部位抗力相协调。

6.1.4 控制室结构在爆炸荷载作用下, 其动力分析可近似采用单自由度体系动力分析的方法或等效静荷载分析方法。

6.1.5 控制室结构在爆炸荷载作用下, 应验算结构承载力及变形, 对结构裂缝可不进行验算。

6.2 材料

6.2.1 混凝土的强度等级不应低于 C30。

6.2.2 钢筋宜采用 HRB400 级和 HRB335 级钢筋, 并应符合下列要求:

- a) 屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3;
- b) 抗拉强度实测值与抗拉屈服强度实测值的比值不应小于 1.25。

6.3 爆炸的冲击波参数

6.3.1 控制室抗爆设计采用的峰值入射超压及相应的正压作用时间应根据石油化工装置性质以及平面布置等因素综合评估确定。若没有进行评估时, 也可按照下列规定确定, 并在设计文件中说明:

- 冲击波峰值入射超压 21kPa, 正压作用时间 100ms;
- 或冲击波峰值入射超压 69kPa, 正压作用时间 20ms;
- 爆炸冲击波形: 时间为零时至正压作用时间, 峰值入射超压从最大到零的三角形分布。

6.3.2 冲击波各参数按下列规定确定:

a) 波速:

$$U = 345 (1 + 0.0083 P_{so})^{0.5} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

U ——波速, m/s;

P_{so} ——爆炸冲击波峰值入射超压, kPa。

b) 峰值动压:

$$q_0 = 2.5 P_{so}^2 / (7P_{atm} + P_{so}) \approx 0.0032 P_{so}^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

q_0 ——峰值动压, kPa;

P_{atm} ——环境标准大气压, kPa。

c) 冲击波的波长:

$$L_w = U \cdot t_d \dots\dots\dots (3)$$

式中:

L_w ——冲击波波长, m;

t_d ——正压作用时间, s。

6.4 作用在建筑物上的爆炸荷载

6.4.1 作用在封闭矩形建筑物前墙、侧墙、屋面以及后墙上的爆炸荷载简化图形如图 1 所示。

6.4.2 作用在前墙上的三角形等效冲击波荷载应按下列公式计算：

a) 峰值反射压力：

$$P_r = (2 + 0.0073P_{so}) \cdot P_{so} \quad (4)$$

式中：

P_r ——峰值反射压力，kPa；

b) 停滞压力：

$$P_s = P_{so} + C_d \cdot q_0 \quad (5)$$

式中：

P_s ——停滞压力，kPa；

C_d ——阻力系数，取决于障碍物表面的形状及朝向。对于封闭矩形建筑物：前墙的阻力系数取 1.0。

c) 前墙正压等效作用时间：

$$t_c = 3S/U < t_d \quad (6)$$

$$t_c = 2I_w/P_r = (t_d - t_c) \cdot P_s/P_r + t_c \quad (7)$$

$$I_w = 0.5 \cdot (P_r - P_s) \cdot t_c + 0.5 \cdot P_s \cdot t_d \quad (8)$$

式中：

I_w ——正压冲量；

S ——停滞压力点至建筑物边缘的最小距离，取 H 或 $B/2$ 中的较小值；

t_c ——反射压持续时间，s；

t_e ——前墙正压等效作用时间，s。

6.4.3 作用在侧墙上以及平屋顶建筑物（屋面坡度 $< 10^\circ$ ）屋面上的有效冲击波超压及其升压时间可按下列公式计算：

$$P_a = C_e \cdot P_{so} \pm C_d \cdot q_0 \quad (9)$$

$$t_r = L/U \quad (10)$$

式中：

P_a ——作用在侧墙及屋面上的有效冲击波超压，kPa；

t_r ——侧墙及屋面有效冲击波超压升压时间，s；

C_d ——侧墙及屋面阻力系数，取 -0.4；

C_e ——侧墙及屋面荷载等效系数，按 L_w/L 值查图 2；

L ——冲击波前进方向结构构件的长度：若冲击波前进方向与建筑物长度方向垂直，则 L 取建筑物名义单位宽度，m。

6.4.4 作用在后墙上的有效冲击波超压及其作用时间可按下列公式计算：

$$P_b = C_e \cdot P_{so} + C_d \cdot q_0 \quad (11)$$

$$t_a = D/U \quad (12)$$

$$t_{rb} = S/U \quad (13)$$

式中：

P_b ——作用在后墙上的有效冲击波超压，kPa；

t_a ——冲击波到达后墙时间，s；

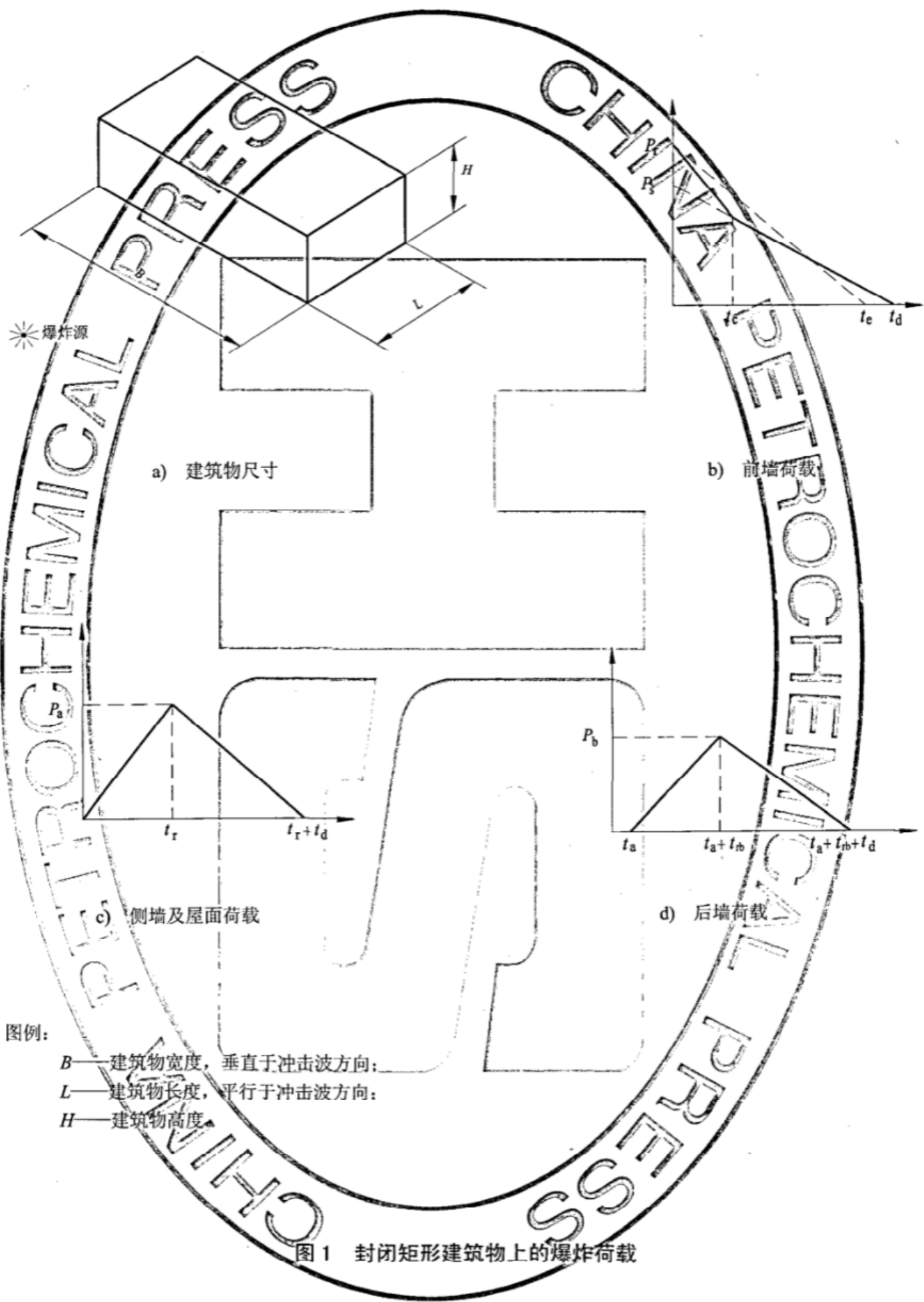
t_{rb} ——后墙上有效冲击波超压升压时间，s；

C_d ——后墙阻力系数，取 -0.4；

C_e ——后墙荷载等效系数，按 L_w/L 值查图 2；

D ——冲击波前进方向建筑物宽度，m。

6.4.5 单自由度体系等效静荷载分析方法构件等效静荷载的计算见附录 E。



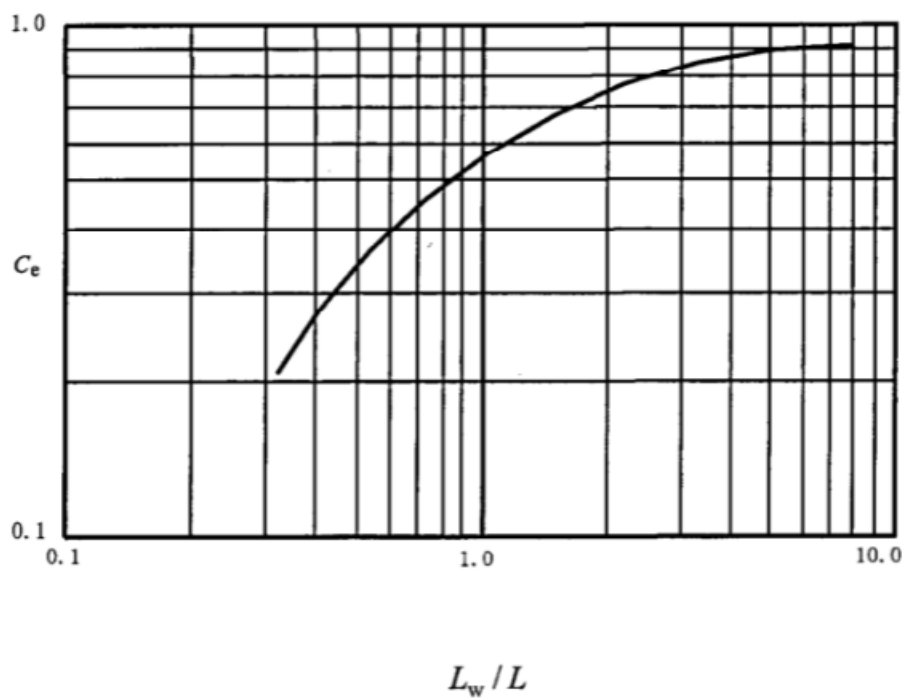


图 2 荷载等效系数的确定

6.5 荷载效应组合

6.5.1 在没有爆炸荷载参与时，对于承载力极限状态以及正常使用极限状态，结构构件的荷载效应组合按现行国家标准的规定进行计算。在有爆炸荷载参与时，不考虑风、雪荷载、地震作用参与组合。

6.5.2 在有爆炸荷载参与时，对于承载力极限状态，结构构件各种荷载效应组合应按下式计算：

$$R \geq \gamma_G S_{GK} + \gamma_B S_{BK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- R ——结构构件抗力的设计值；
- S_{GK} ——按永久荷载标准值 G_K 计算的荷载效应值；
- S_{Qik} ——按可变荷载标准值 Q_{iK} 计算的荷载效应值；
- S_{BK} ——爆炸荷载效应值；
- $\gamma_G, \gamma_{Qi}, \gamma_B$ ——分别为永久荷载、可变荷载、爆炸荷载的分项系数，均取 1.0；
- ψ_{ci} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数，按现行国家标准 GB 50011 的规定采用，可不考虑屋面活荷载。

6.5.3 在有爆炸荷载参与时，对于正常使用极限状态，结构构件各种荷载效应组合应按下式计算：

$$C \geq S_{GK} + S_{BK} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值。

6.6 结构动力计算

6.6.1 钢筋混凝土结构构件，宜按照弹塑性工作阶段设计。对于受弯构件，其抗剪承载力应比抗弯承载力高 20%。

6.6.2 在爆炸荷载作用下，结构构件的延性比可按下式确定：

$$\mu=X_m / X_y \quad \cdots \cdots \cdots (16)$$

$$\mu \leq [\mu] \quad \cdots \cdots \cdots (17)$$

式中：

- μ ——结构构件的延性比；
- X_m ——结构构件弹塑性变位，mm；
- X_y ——结构构件弹性极限变位，mm；
- $[\mu]$ ——结构构件的允许延性比，按表 1 采用。

表 1 钢筋混凝土结构构件的允许延性比

受 力 状 态	受 弯	大偏心受压	小偏心受压	中 心 受 压
$[\mu]$	3.0	2.0	1.5	1.2

6.6.3 在爆炸荷载作用下，结构构件的弹塑性转角可按下式确定：

$$\theta = \arctan \left(\frac{2\Delta}{L_0} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad \cdots \cdots \cdots (18)$$

$$\theta \leq [\theta] \quad \cdots \cdots \cdots (19)$$

式中：

- θ ——结构构件的弹塑性转角，°，见图 3；
- Δ ——跨中变形，mm；
- L_0 ——构件跨度，mm；
- $[\theta]$ ——结构构件的弹塑性转角允许值，°，按表 2 采用。

表 2 钢筋混凝土结构构件的弹塑性转角允许值 $[\theta]$

结 构 构 件	支 座 转 角
板	4°
梁，墙（受弯）	2°
柱	2°
墙（与爆炸荷载方向平行，主要承受剪力）	1.5°

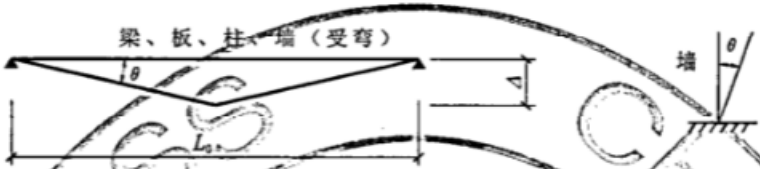


图3 构件弹塑性转角示意图

6.6.4 采用单自由度体系进行构件的动力分析时，其等效质量的运动方程可按下式表达：

$$K_{Lm}=K_m / K_L \dots\dots\dots (20)$$

$$K_{Lm} \cdot m \cdot a + k \cdot y = F_t \dots\dots\dots (21)$$

式中：

- K_{Lm} ——考虑了荷载、刚度、质量的传递系数；
- K_m ——质量传递系数，计算方法见附录 D；
- m ——构件质量，kg；
- a ——质点运动加速度， m/s^2 ；
- K_L ——荷载或刚度传递系数，计算方法见附录 D；
- k ——构件刚度，计算方法见附录 D；
- y ——质点位移，m；
- F_t ——作用在构件上的力（时间的函数），N。

6.6.5 采用单自由度体系进行构件的弹塑性动力分析时，其等效质量和振动周期可按下式计算：

$$M_e = K_m \cdot m \dots\dots\dots (22)$$

$$T_N = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{M_e}{K_L \cdot k}} \dots\dots\dots (23)$$

式中：

- M_e ——等效质量，kg；
- T_N ——质点振动周期，s。

6.6.6 构件截面惯性矩应考虑混凝土构件开裂的影响，并按下式计算：

$$I=0.5(I_g+I_{cr}) \dots\dots\dots (24)$$

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - c)^2 \dots\dots\dots (25)$$

$$c = \frac{-nA_s + \sqrt{nA_s(nA_s + 2bd)}}{b} \dots\dots\dots (26)$$

$n=E_s/E_c$ (27)

式中:

- I —— 构件截面惯性矩, mm^4 ;
- I_g —— 混凝土构件对形心轴的毛截面惯性矩, 忽略钢筋影响, mm^4 ;
- I_{cr} —— 形成裂缝时的混凝土截面惯性矩, mm^4 ;
- E_s —— 钢筋弹性模量, N/mm^2 ;
- E_c —— 混凝土弹性模量, N/mm^2 ;
- b —— 构件截面宽度, mm ;
- d —— 构件截面高度, mm ;
- A_s —— 构件配筋面积, mm^2 。

6.7 截面设计

6.7.1 构件的承载力可按照现行 GB 50010 进行计算, 其中所用材料强度设计值要用材料的动力设计强度代替。

6.7.2 材料的动力设计强度应考虑荷载的瞬时和动力效应, 并按下列公式计算:

$f_{du}=SIF \cdot DIF \cdot f_u$ (28)

$f_{dy}=SIF \cdot DIF \cdot f_{yk}$ (29)

$f_{dc}=SIF \cdot DIF \cdot f_{ck}$ (30)

式中:

- f_{du} 钢筋的动力强度极限值, N/mm^2 ;
- f_{dy} 钢筋的动力设计强度, N/mm^2 ;
- f_{dc} 混凝土的动力设计强度, N/mm^2 ;
- SIF 强度提高系数, 按表-3取值;
- DIF 动力荷载提高系数, 按表-3取值;
- f_u 钢筋强度极限值, N/mm^2 ;
- f_{yk} 钢筋强度标准值, N/mm^2 ;
- f_{ck} 混凝土抗压强度标准值, N/mm^2 。

表 3 材料的动力荷载提高系数及强度提高系数

提高系数		钢 筋		混 凝 土
		f_{dy}/f_{yk}	f_{du}/f_u	f_{dc}/f_{ck}
SIF		1.10		1.00
	受弯	1.17	1.05	1.19
	受压	1.10	1.00	1.12
	受剪	1.10	1.00	1.10
	粘结	1.17	1.05	1.00
DIF				

6.7.3 在爆炸荷载作用下, 混凝土的弹性模量可取静荷载作用时的 1.2 倍, 钢材的弹性模量及钢材和混凝土材料的泊松比, 可不考虑动荷载的影响。

6.7.4 对不直接承受或者传递爆炸荷载的结构构件, 可不考虑结构振动引起的动力作用。

6.8 结构构造

6.8.1 抗爆结构构件的钢筋强度等级以及配筋面积应按计算确定, 不得任意提高钢筋强度等级和加大

配筋面积。

6.8.2 剪力墙两端和门框墙应设暗柱加强。

6.8.3 屋面板及外墙应双面配筋，单面配筋率不应小于 0.25%，且不大于 1.5%。屋面板的最小厚度应不小于 125mm，墙体的最小厚度不小于 200mm。

6.8.4 框架、剪力墙配筋及构造要求不应低于 GB 50011 二级框架、二级剪力墙的相关要求。框架顶层端节点处，宜采用框架梁钢筋伸入框架柱中的锚固方式。

6.8.5 钢筋接头不宜采用焊接接头。

6.8.6 独立基础应设系梁。

6.9 基础设计

6.9.1 在没有爆炸荷载参与时，基础设计应按 GB 50007 的规定进行计算。

6.9.2 在有爆炸荷载参与时，基础设计应进行地基土承载力验算、基础抗倾覆及抗滑移验算。

6.9.3 设计时应采用以下同时组合的动力反应最大值：

- a) 反射压力；
- b) 屋顶爆炸荷载；
- c) 恒、活荷载。

6.9.4 当采用天然地基时，基础设计应符合下列要求：

- a) 进行地基土承载力验算时，爆炸荷载作用下地基土的允许承载力可取其特征值的 1.6 倍；
- b) 验算基础抗倾覆时，基础抗不平衡侧向动力荷载的倾覆安全系数取 1.2，不考虑活荷载的影响；
- c) 抗滑移验算时，抗滑移安全系数取 1.05。考虑基础的被动土压力增加抗滑能力时，基础的被动土压力取不平衡荷载的 1.5 倍，不平衡荷载取总动水平荷载减去摩擦阻力。

6.9.5 当采用桩基础时，基础设计应符合下列要求：

- a) 桩基础在爆炸荷载作用下的允许垂直承载力可取其垂直承载力特征值的 1.6 倍；
- b) 桩基础在爆炸荷载作用下的水平允许承载力可取其水平极限承载力。计入基础的被动土压力与桩共同抵抗爆炸水平力时，桩基的最终水平承载力及作用在基础墙及基础上的被动抗力组合后，应不小于所有所需水平抗力的 1.5 倍。

6.9.6 基础埋深不应小于 1.5m。设计时可考虑地坪对基础的嵌固作用。

7 通风与空调

7.1 一般规定

7.1.1 抗爆控制室的暖通空调设计除了执行本规范外，还应执行国家现行的有关标准、规范。

7.1.2 重要房间与一般房间的空调系统宜分开设置。

注：控制室、机柜间、工程师站、UPS 室、辅助电气设备室、电信室等为重要房间；

交接班室、资料室、办公室、会议室等房间为一般房间。

7.1.3 当重要房间与一般房间合用一个空调系统时，空调系统的温度、湿度传感器应设在机柜室等最重要的房间。

7.1.4 通风空调系统的供电可靠性应与生产装置一致。

7.1.5 空调机加湿用水，应符合加湿器对水质的要求。

7.1.6 通风空调管道应采用不燃材料制作。接触腐蚀性气体的风管及柔性接头，可采用难燃烧材料制作。

7.1.7 通风空调系统的防火阀、空调设备宜与建筑物的火灾报警及自动灭火系统连锁。火灾发生时自动关闭防火阀并切断空调系统的电源。

7.1.8 新风及回风应过滤，新风过滤器采用中效过滤器。

注：大气尘计数效率：粒径 $\geq 1\mu\text{m}$ ， $70\% > \eta > 20\%$ ，初阻力 $\leq 80\text{Pa}$ 。

7.1.9 当空调机设有备用时，运行空调机与备用空调机之间应设置故障自动切换。

7.2 室内空气计算参数

7.2.1 一般房间的室内空气计算参数执行 GB 50019 的有关规定。

7.2.2 重要房间的室内空气计算参数应符合表 4 的规定。

表 4 重要房间的室内空气计算参数^{a、b、c}

房间名称	夏 季		冬 季		新 风 量	噪声 不宜大于 dB(A)	噪声 不得大于 dB(A)
	温 度 ℃	相对湿度 %	温 度 ℃	相对湿度 %			
控制室	26±2	50±10	20±2	50±10	50m ³ /h·人	55	65
机柜室	26±2	50±10	20±2	50±10	0.3 次/h	55	70
工程师站	26±2	50±10	20±2	50±10	50m ³ /h·人	55	65
电信室	26±2	50±10	20±2	50±10	50m ³ /h·人	55	65
电池室					50m ³ /h·人	55	65
空调机房			5				

^a 房间的含尘浓度应小于 0.2mg/m³。
^b 重要房间的 H₂S 的浓度应小于 15mg/m³；SO₂的浓度应小于 170mg/m³。
^c 重要房间的温度变化率应小于 5℃/h；相对湿度变化率应小于 6%/h。

7.3 空调系统

7.3.1 重要房间的空调系统应采用全空气空调系统；一般房间的空调系统宜采用全空气空调系统。

7.3.2 空调机宜选用自带冷源的风冷式单元空调机，空调机安装在空调机房内。当建筑物面积较小没有条件设置空调机房时，空调机可直接设在空调房间内，但应采取防止加湿水、冷凝水泄漏的措施。

7.3.3 重要房间空调系统的空调机应设置备用，当其中一台空调机发生故障时，其他空调机应仍能 100%满足要求。空调机总的制冷量应留有 15%~20%的裕量。

7.3.4 当夏季空调冷源采用冷水机组时，应设置备用机组，备用原则为 n+1，n 为运行机组的台数。

7.3.5 当空调冷源为厂区供给的冷冻水时，若制冷站的制冷机未设置备用机组，则空调机应采用双冷源型，或采用自带冷源的空调机。

7.4 新风系统与排风系统

7.4.1 新风的引入口及排风系统的排出口均应加装与建筑围护结构同等抗爆等级的抗爆阀。直径小于或等于 150 的洞口可不加抗爆阀。

7.4.2 抗爆阀应确保在建筑物外发生爆炸时自动关闭，当外部空气压力恢复正常时自动复位。

7.4.3 抗爆阀宜直接安装在建筑围护结构上。

7.4.4 新风引入口应有防雨及防止鸟和昆虫进入的措施。

7.4.5 当生产装置设有可燃、有毒气体探测报警系统时，新风引入口应设置相应的可燃、有毒气体探测报警器。且在进风和排风管上应设置密闭性能良好的电动密闭阀，当可燃、有毒气体探测器报警的同时联锁关闭密闭阀及新风机和排风机。

7.4.6 当新风中的 H₂S、SO₂等腐蚀性气体的浓度超过规定要求时，应增加化学过滤器进行处理。

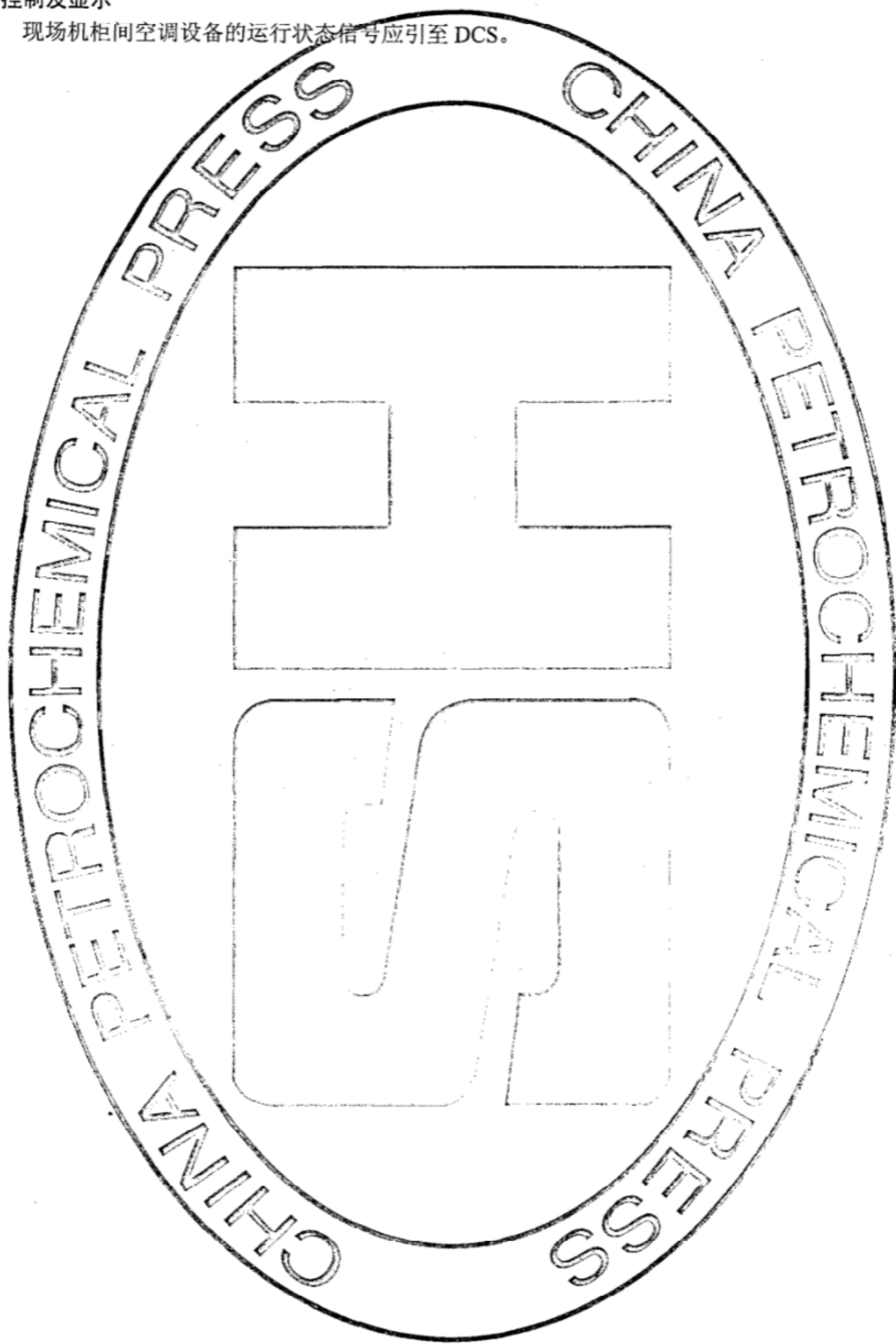
7.5 空调机房

7.5.1 空调机房应设在抗爆建筑物内，并尽可能靠近空气处理机组所服务的区域。

7.5.2 空调机的室外机宜安装在地面上。

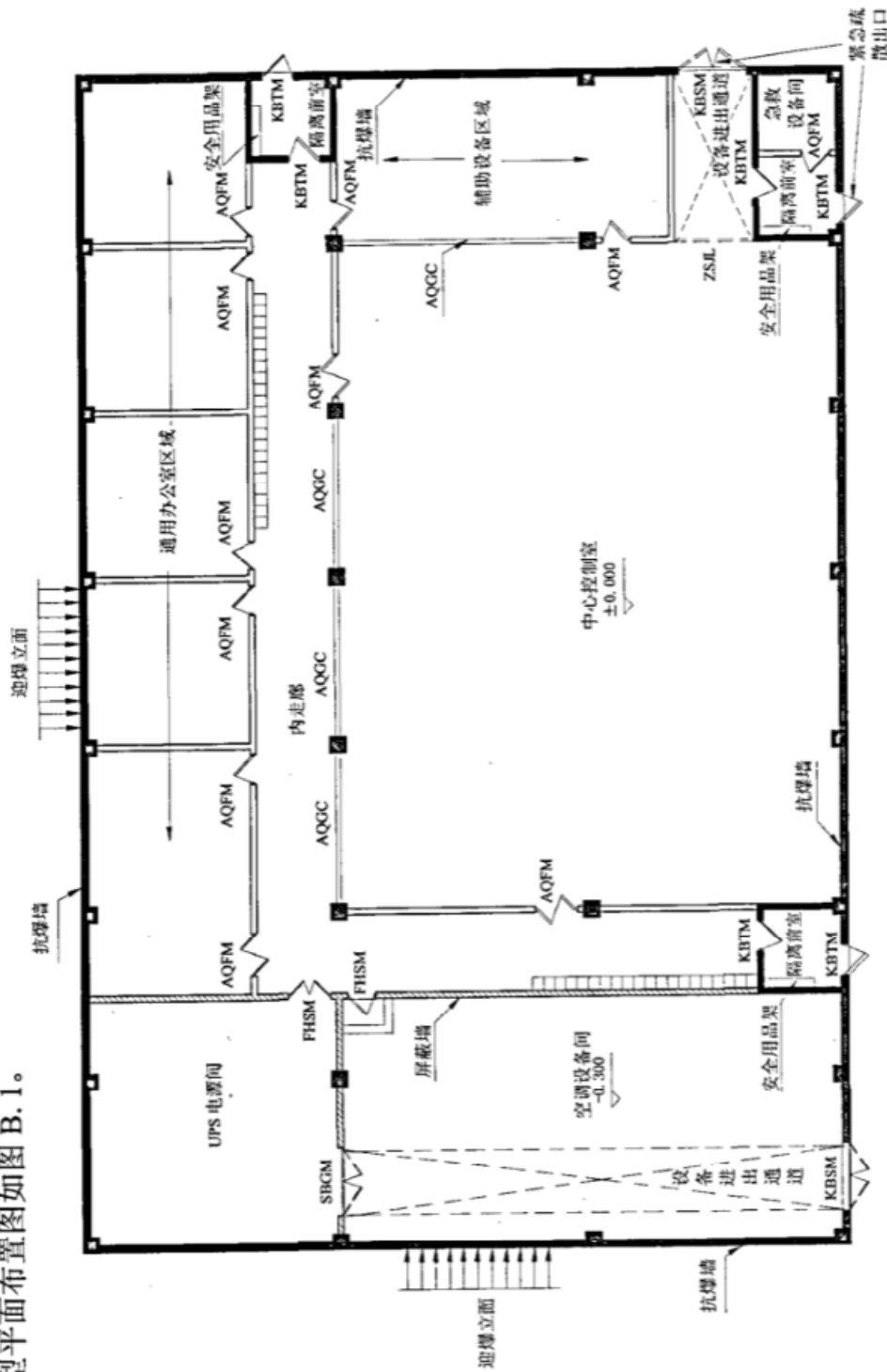
7.6 控制及显示

7.6.1 现场机柜间空调设备的运行状态信号应引至DCS。



附录 B
(资料性附录)
抗爆控制室典型平面布置图

抗爆控制室典型平面布置图如图 B.1。



KBTM	人员通道抗爆门	操作人员日常主要出入口。门上配置自动闭门器。	ZSJL	装饰卷帘门	平时用于封闭设备通道；需要紧急疏散时应可迅速、方便地开启。
KBSM	设备通道抗爆门	平时关闭，只有在建设或检修期间开启，用于大型设备进出建筑物的通道。	AQGC	安全隔断窗	金属框架玻璃隔断墙，玻璃应采用安全玻璃，不得使用 PVC 框料。
FHSB	防火隔声门	隔声量 $\geq 40\text{dB}$ 的乙级防火门。用于设备的日常维护和检修。	SBGM	平开钢大门	普通钢门。
AQFM	安全房间门	普通木门或金属框架玻璃门，门扇玻璃为安全玻璃，不得使用 PVC 框料。	KBQ	抗爆墙	构造应根据力学计算的结果确定。
			PBQ	屏蔽墙	隔声量 $\geq 40\text{dB}$ ，耐火极限 $\geq 3.0\text{h}$ ，并根据需要设置电磁屏蔽构造。

图 B.1 抗爆控制室典型平面布置图

附录 C
(资料性附录)
抗爆控制室典型剖面图

抗爆控制室典型剖面图如图 C.1。

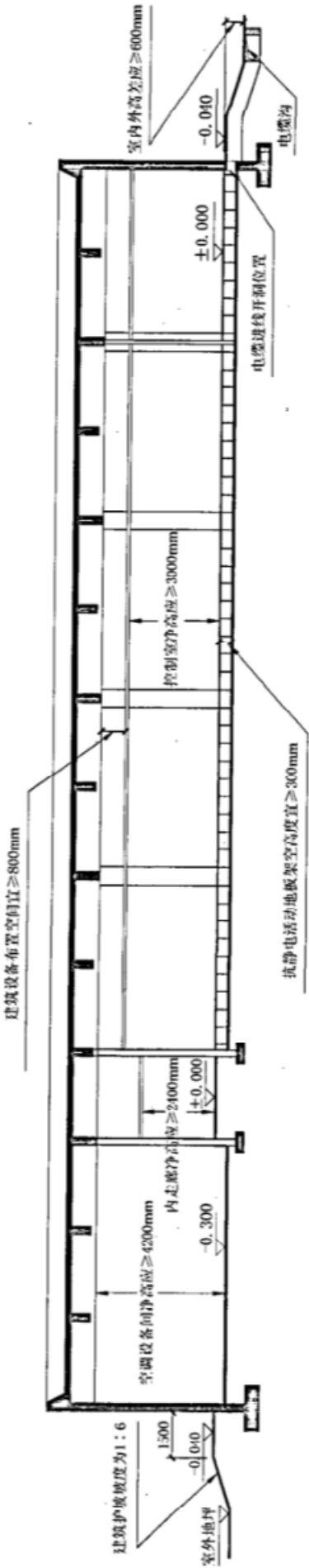
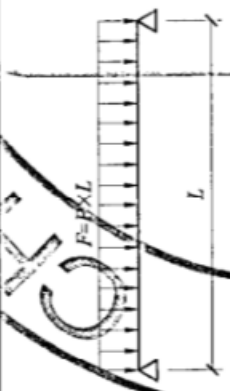
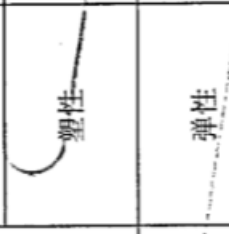
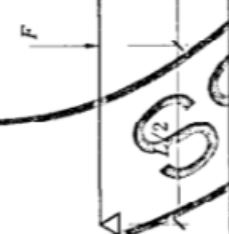

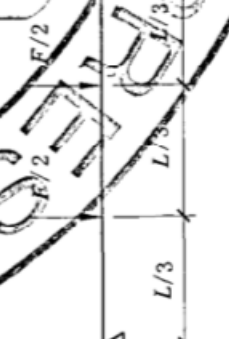
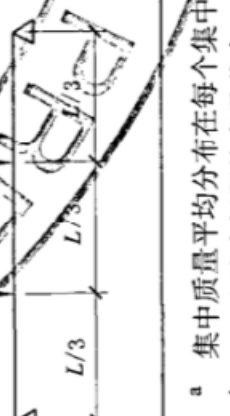


图 C.1 抗爆控制室典型剖面图










附录 D
(规范性附录)

各种支座条件、荷载形式下单自由度构件的动力计算参数

荷载图	应变范围	荷载传递系数 K_L	质量传递系数 K_m^a	均布质量传递系数 K_m	弯曲抗力 R_b	刚度系数	动力反应 V
	弹性	0.64	—	0.50	$8M_{pc}^b/L$	$384EI/5L^3$	$39R+0.11F$
	塑性	0.50	—	0.33	$8M_{pc}^b/L$	0	$0.38Ru+0.12F$
	弹性	1.00	1.00	0.49	$4M_{pc}^b/L$	$48EI/L^3$	$0.78R-0.28F$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$4M_{pc}^b/L$	0	$0.75Ru-0.25F$
	弹性	0.87	0.76	0.52	$6M_{pc}^b/L$	$56.4EI/L^3$	$0.525R-0.025F$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$6M_{pc}^b/L$	0	$0.52Ru-0.02F$

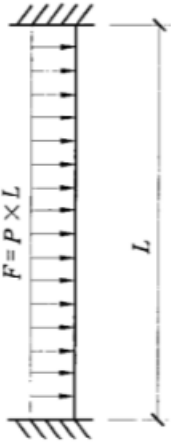

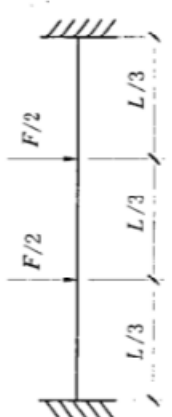
^a 集中质量平均分布在每个集中荷载作用处。
^b M_{pc} 为跨中极限抗弯承载力。

表 D.2 一端简支一端固定

荷载图	应变范围	荷载传递系数 K_L	质量传递系数 K_m	平均质量传递系数 K_m	弯曲抗弯刚度 R_b	刚度系数 k	动力反应 V
	弹性	0.58	—	0.45	$8M_{ps}^b/L$	$185EI/L^3$	$V_1=0.26R+0.12F$ $V_2=0.43R+0.19F$
	弹塑性	0.64	—	0.5	$4(M_{ps}^b+2M_{pc}^b)/L$	$384EI/5L^3$	$0.39R+0.13F+M_{ps}^b/L$
	塑性	0.50	—	0.33	$4(M_{ps}^b+2M_{pc}^b)/L$	0	$0.38R+0.12F+M_{ps}^b/L$
	弹性	1.00	1.00	0.43	$16M_{pc}^b/3L$	$107EI/L^3$	$V_1=0.25R+0.07F$ $V_2=0.54R+0.14F$
	弹塑性	1.00	1.00	0.49	$2(M_{ps}^b+2M_{pc}^b)/L$	$48EI/5L^3$	$0.78R+0.28F+M_{ps}^b/L$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$2(M_{ps}^b+2M_{pc}^b)/L$	0	$0.75R+0.25F+M_{ps}^b/L$
	弹性	0.81	0.67	0.45	$6M_{pc}^b/L$	$132EI/L^3$	$V_1=0.17R+0.17F$ $V_2=0.33R+0.33F$
	弹塑性	0.87	0.76	0.52	$2(M_{ps}^b+3M_{pc}^b)/L$	$56EI/L^3$	$0.525R+0.025F+M_{ps}^b/L$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$2(M_{ps}^b+3M_{pc}^b)/L$	0	$0.52R+0.02F+M_{ps}^b/L$

^a 集中质量平均分布在每个集中荷载作用处。
^b M_{pc} 为跨中极限抗弯承载力, M_{ps} 为支座极限抗弯承载力。

表 D.3 两端固定

荷载图	应变范围	荷载传递系数 K_L	质量传递系数 K_m^a	均布质量传递系数 K_m	弯曲抗力 R_b	刚度系数 k	动力反应 V
	弹性	0.53	—	0.41	$12M_{ps}^b/L$	$384EI/L^3$	$0.36R+0.14F$
	弹塑性	0.64	—	0.50	$8(M_{ps}^b + M_{pc}^b)/L$	$384EI/5L^3$	$0.39R+0.11F$
	塑性	0.50	—	0.33	$8(M_{ps}^b + M_{pc}^b)/L$	0	$0.38R_0+0.12F$
	弹性	1.00	1.00	0.37	$4(M_{ps}^b + M_{pc}^b)/L$	$192EI/L^3$	$0.71R-0.21F$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$4(M_{ps}^b + M_{pc}^b)/L$	0	$0.75R_0-0.25F$
	弹性	0.87	0.76	0.52	$6(M_{ps}^b + M_{pc}^b)/L$	$56.4EI/L^3$	$0.53R-0.03F$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$6(M_{ps}^b + M_{pc}^b)/L$	0	$0.52R_0-0.02F$
<p>^a 集中质量平均分布在每个集中荷载作用处。 ^b M_{pc} 为跨中极限抗弯承载力, M_{ps} 为支座极限抗弯承载力。</p>							

附录 E
(规范性附录)

常用结构的等效静荷载标准值

在冲击荷载作用方向上构件的动承载力，可以使用考虑动力反应的等效静力计算方法进行。一般可按下式进行计算：

$$R_d = \frac{P}{\frac{\sqrt{a}}{\pi\tau} + \frac{a \cdot \tau}{2\mu(\tau + 0.637)}} \dots\dots\dots (E. 1)$$

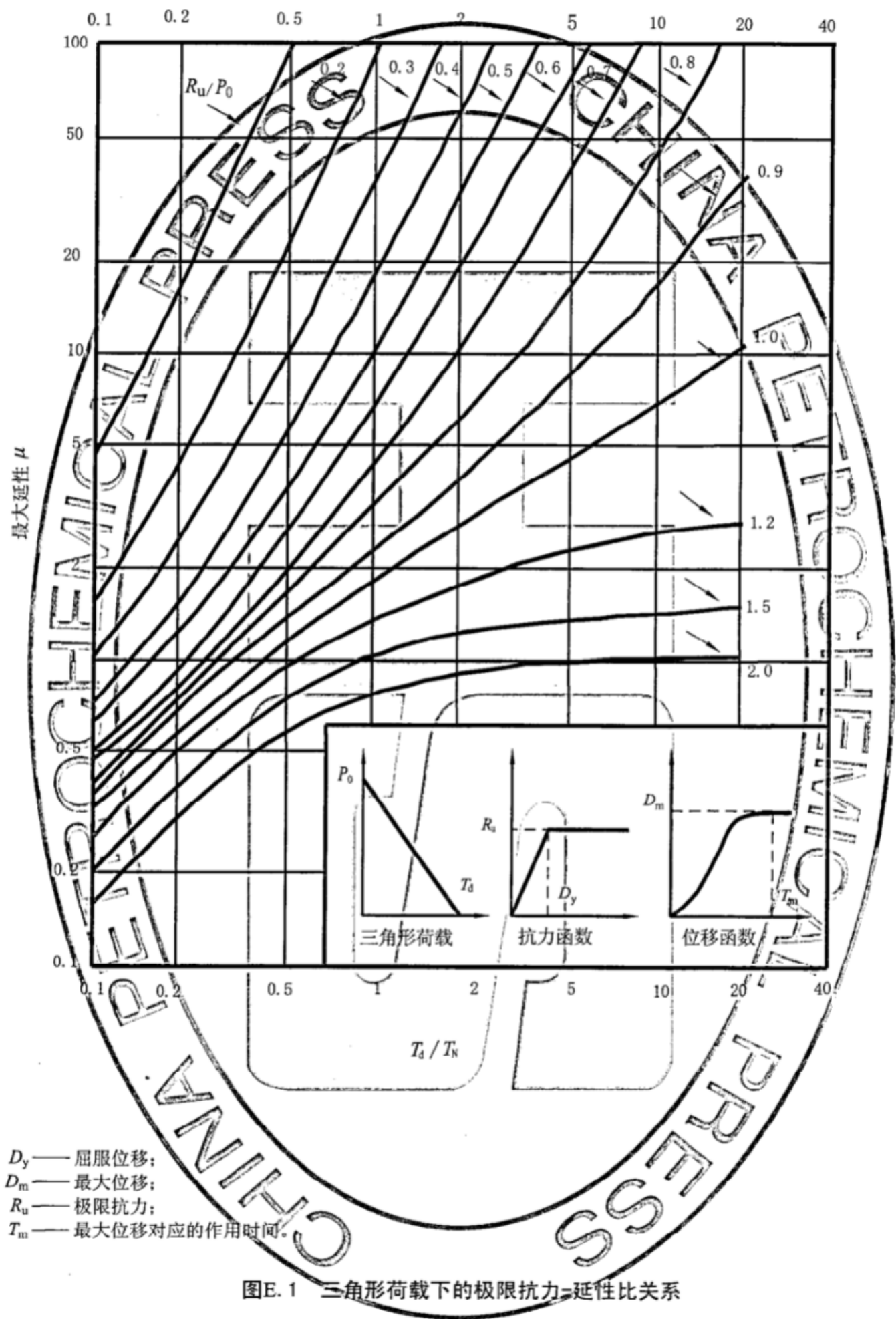
$$\alpha = 2\mu - 1 \dots\dots\dots (E. 2)$$

$$\mu = X_m / X_y \dots\dots\dots (E. 3)$$

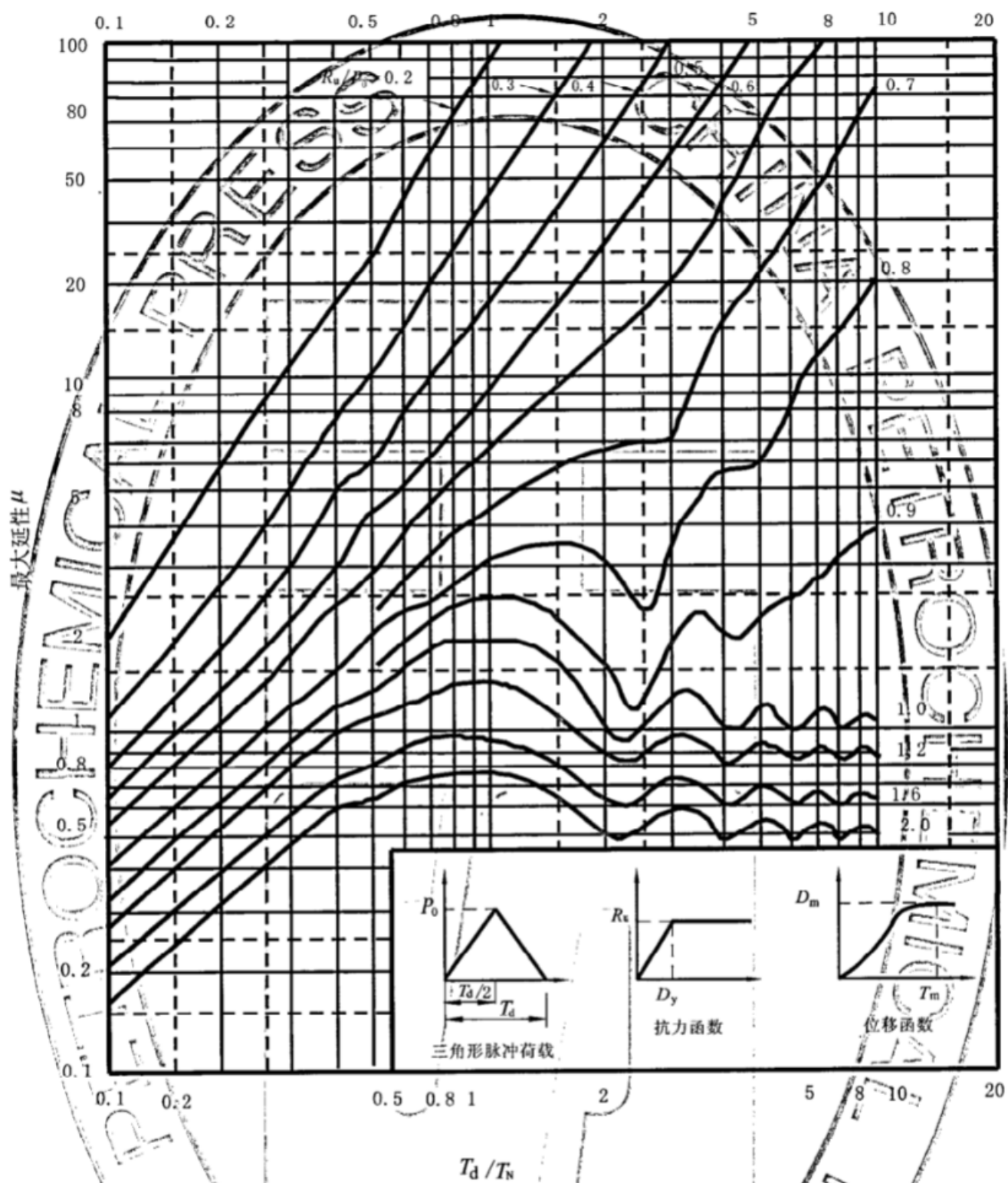
$$\tau = T_d / T_N \dots\dots\dots (E. 4)$$

- 式中：
- R_d —— 结构构件的动力承载能力，表述为与冲击波压力和作用时间等效的静力荷载，kPa；
 - P —— 构件冲击荷载，与所考虑的构件对应的峰值爆炸荷载，kPa；
 - α —— 能量吸收系数；
 - τ —— 持续时间系数；
 - T_d —— 冲击荷载作用时间，ms。

也可根据不同的荷载形状查图 E. 1 和图 E. 2 计算。



图E.1 三角形荷载下的极限抗力-延性比关系



图E.2 脉冲荷载作用下的极限抗力-延性比关系

用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的助动词，说明如下：

(一) 表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”(must)。

(二) 表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”(shall)；

反面词采用“不应”或“不得”(shall not)。

(三) 表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”(should)；

反面词采用“不宜”(should not)。

(四) 表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”(may)；

反面词采用“不必”(need not)。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工控制室抗爆设计规范

SH/T 3160—2009

条 文 说 明

2009 北 京

目 次

4 总平面布置.....29

5 建筑设计.....29

5.1 一般规定.....29

5.2 建筑门窗.....30

5.3 建筑构造.....30

6 结构设计.....31

6.1 一般规定.....31

6.2 材料.....32

6.3 爆炸的冲击波参数.....32

6.4 作用在建筑物上的爆炸荷载.....33

6.6 结构动力计算.....33

6.7 截面设计.....34

6.8 结构构造.....35

6.9 基础设计.....35

7 通风与空调.....36

7.1 一般规定.....36

7.2 室内空气计算参数.....36

7.3 空调系统.....36

7.4 新风系统与排风系统.....36

7.5 空调机房.....38

7.6 控制及显示.....38

石油化工控制室抗爆设计规范

4 总平面布置

4.2 确定与甲、乙类工艺装置的间距不应小于 30m 的依据如下:

根据 SH 3006—1999 的规定,联合装置的中央控制室应采用抗爆结构设计,与工艺装置的间距不应小于 30.5m; GB 50160—92 (1999 版)中规定:作为全厂性重要设施的中央控制室,与甲、乙、丙类工艺装置的防火间距分别不应小于 35m、30m 和 25m。

工艺装置火灾危险性分类详见 GB 50160—92 (1999 版)附录五。

- a) 非爆炸危险区域是指 GB 50058—92 第 2.2.2 条所规定的区域;
- b) 场地高于相邻装置可防止可燃气体在控制室周围聚集;
- c) 为了避免在装置爆炸状态下,非抗爆建筑物可能产生的碎块阻塞控制室内人员疏散的通道,抗爆控制室的顶部不得布置非抗爆结构的房间;与抗爆控制室比邻的非抗爆建筑物,布置时应尽可能加大与抗爆建筑物之间的间距;
- d) 本项与 GB 50160—92 (1999 版)第 4.2.20 条一致;
- e) 控制室安全出口数量不少于两个的要求,是 GB 50016—2006 第三章第七节的要求;除此之外,还考虑到在装置发生爆炸时建筑安全出口有可能被爆炸所产生的碎片阻塞,影响人员的疏散;为了提高人员疏散的可靠性,故要求在建筑物不同的方向设置疏散口。结合国内石油化工控制室设计的具体情况,中、小型控制室居多,且多个立面面向工艺装置;如迫于场地条件的限制,当人员出入口必须面向有爆炸危险性的生产装置时,则必须采取可靠的防护措施,如在抗爆门的外侧设置有顶抗爆档墙等。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 建筑物构件的燃烧性能和耐火极限值应符合 GB 50016—2006《建筑设计防火规范》表 3.2.1 的要求。

5.1.2 制定本条依据如下:

- a) 建筑屋面防水等级和防水要求详见 GB 50345—2004 表 3.0.1;
- b) 考虑控制室是石油化工装置区内最重要的建筑物,故将建筑屋面防水等级定为不低于 II 级;
- c) 为了减少爆炸时可能产生的次生灾害,建筑物外表面不应附着密度较大的装配式建筑构件,故规定屋面上不得采用装配式架空隔热构造。女儿墙属于悬臂构造,应由结构工程师根据爆炸力的特性对其进行专门的验算,以确保在爆炸力的作用下不至于破坏产生碎块,飞溅伤人。

5.1.3 制定本条是基于如下考虑:

- a) 正方形建筑平面在矩形类平面中,整体刚度最大,爆炸荷载相对较小,且由于以最小的外表面积围合的室内空间最大,故平面利用率较高,建筑能耗较低,因此,可以有效降低工程成本。故抗爆建筑的平面宜做成正方形或接近正方形的矩形;
- b) 根据目前收集到的国外相关工程标准或规范,建筑层数一般均限制为地面上一层。建筑层数的限制除考虑了工程计算的复杂程度之外,更主要的是考虑到在满足基本安全要求的前提下工程成本的问题。

5.1.4 制定本条是基于如下考虑：

- a) 建筑物抗爆设计的一个重要目的，就是使建筑物在爆炸荷载的作用下不发生脆性破坏，且应具备良好的耐火性能。同时能够满足上述两个条件的建筑结构形式，以钢筋混凝土框架结构较为经济和实用；
- b) 因可能作用在建筑外墙上的爆炸荷载具有不确定性的特性，故墙体的材料选择及其构造要求均需要通过结构计算确定。

5.1.5 在建筑物采取了外保温的构造措施后，有利于减少温差对建筑结构产生的应力；同时，普通变形缝的设置将可能使建筑物整体抗爆的体系中存在一个安全缺陷或隐患，故应在建筑方案及结构设计中共同采取措施，避免设置变形缝。

5.1.6 以目前装置的控制（设备）水平，操作人员已经完全不需要通过观察窗去了解 and 判断工艺装置的运行状况；成熟的设备系统营造出的人工室内环境（空气调节、人工照明等），能够符合和满足操作人员健康、安全及生产的要求。因此，石油化工控制室的建筑外墙窗，已经失去基本的功能需求。另外，在抗爆墙上设置的窗必须能够抵抗相应的爆炸荷载，工程代价也较高。如果产品的品质有某些缺失或由于日常使用、维护不当而可能产生的缺陷，均将成为安全的隐患。因此，规定在面向甲、乙类工艺装置的外墙上不得设置窗，其它外墙上不宜设置窗。在众多国际知名的石化工程公司的相关标准中均规定不设外墙窗。

5.1.7 设置隔离前室主要是为了有效地保持室内的正压（防爆措施）环境；同时，当外门在爆炸荷载的作用下损坏时，成为第二道防护体系。

5.1.8 主要是为了防止装置爆炸产生的超压通过电缆槽盒及建筑外墙上的开洞进入室内。

5.1.9 本条文中的室内、外高差指的是室内地坪使用面（含活动地板面）至室外计算地坪之间的距离；空调设备间室内外高差的规定，是基于在非爆炸危险区内的条件下的规定。

5.2 建筑门窗

5.2.1 抗爆防护门

- a) 当装置发生爆炸时作用到门上的是高温超压，但仅仅是瞬间的状态。如果由于装置内可燃物质因爆炸而抛洒到门外侧的场地上形成火场，则该门已经失去疏散功能，只要求在一定时间内阻隔火焰及烟气进入室内即可；
- b) 人员通道抗爆门
 - 1) 门，在抗爆建筑物上是最薄弱的建筑构造，故其数量和尺寸均应严格控制，应以能够满足最基本的功能要求为设计原则。
 - 3) 逃生门锁在具有锁闭门扇功能的同时，还应满足在任何情况下人员均可方便地从室内侧向室外疏散的要求。

事故状态下建筑内部人员向外疏散前首先需要了解门外侧的状况，以判断是否适宜疏散。门扇上如需要镶嵌玻璃，应通过计算或实验进行验证，以确保门体整体强度及刚度符合抗爆的要求；门扇上的玻璃在满足强度要求的同时，还必须满足防火阻隔及向外观察的要求。

c) 设备通道抗爆门

- 4) 抗爆门锁应满足在爆炸状态下的强度要求，室外侧用钥匙开启，室内侧可用手较容易地开启。

5.2.2 窗

- b) 本条主要是为了避免在发生爆炸时承重或屏蔽内墙将承受较大的冲击力，可能造成窗扇玻璃破碎飞溅伤人。

5.3 建筑构造

5.3.1 本条文主要是为了防止和减轻装置爆炸后可能产生的次生破坏而规定的。如需要设置雨蓬等附属构件,应由结构工程师对其进行抗爆验算,确保其在事故状态下不产生破坏。

5.3.2 抗爆建筑物较为封闭,在设备系统未能正常运转时,室内通风换气困难。岩棉或超细玻璃棉易散发粉尘,不利于施工人员的健康;湿作业保温构造则因通风不畅而干燥周期较长,且其中所含添加剂中的部分化学成分也会影响到施工人员的健康。另外,墙体外保温构造在受到爆炸超压的冲击时还具有一定的吸能作用,有利于保护抗爆墙。

5.3.4 吊顶构造:

- a) 在发生爆炸时混凝土结构体系可能产生较大的变形,为了减少吊顶由于受到水平力的冲击而使得面板脱落伤人,需要增加变形缝;
- b) 增加吊顶龙骨体系的刚度后,可以减轻事故的损失;
- c) 在事故状态时即使面板脱落也不至于对人员造成严重伤害;
- d) 考虑到在事故状态下灯具不应脱落,以免对人员造成伤害。

5.3.5 本条主要是为了避免在发生爆炸时由于建筑的变形造成内墙玻璃破碎飞溅伤人。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 本规范的设计水准,允许在爆炸事故后,结构处于非弹性状态而不至于倒塌。本条对应 GB 50068—2001 第 3.0.6 条,对偶然状况,建筑结构可采用下列原则之一按照承载能力极限状态进行设计:

- a) 按照作用效应的偶然组合进行设计或采取防护措施,使主要承重结构不致因出现设计规定的偶然事件而丧失承载能力;
- b) 允许主要承重结构因出现设计规定的偶然事件而局部破坏,但其剩余部分具有在一段时间内不发生连续倒塌的可靠度。

6.1.2 抗爆的控制室一般采用单层现浇钢筋混凝土结构,各个部位受力构件应根据其传力特点设计,一般不得随意加大截面及配筋。一般情况下,建筑物屋顶采用现浇钢筋混凝土板,以传递由外墙传来的爆炸荷载;四周外墙采用钢筋混凝土剪力墙结构,将爆炸荷载传递至基础。

6.1.3 本条参考了 GB 50038 的相关规定。

6.1.4 国外炼油厂抗爆建筑物设计的方法有一个演变的过程。从最初的等效静荷载法及传统的静力分析方法(Bradford and Culbertson),到建立在等效 TNT 爆炸荷载(Forbes 1982)基础上,考虑结构构件动力特性及延性的简化动力分析方法,到根据蒸汽云爆炸模型来区分爆炸荷载的特点,采用非线性多自由度的动力计算模型对建筑物进行动力分析。目前炼厂中使用的包括所有这些近似的分析方法。(见 ASCE《Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities》第一章)本规范系采用单自由度的动力计算模型。

在特定的简化冲击波模型下(比如前墙),在动荷载作用下,结构构件的振型与相应等效静荷载作用下的挠曲线很接近,且动荷载作用下结构构件的破坏规律与相应等效静荷载作用下的破坏规律基本一致。运用结构力学中对单自由度集中质量等效体系分析的结果,可获得相应的动力系数。用动力系数乘以动荷载峰值得到等效静荷载。等效静荷载法规定结构在等效静荷载作用下的各项内力(如弯矩、剪力、轴力)就是动荷载下相应内力的最大值,这样即可把动荷载视为静荷载。由于等效静荷载可以利用现成的图表,按照结构静力分析计算的模式来代替动力分析,会给控制室抗爆简化设计带来很大方便,本规范在附录 E 中提供了构件等效静荷载的计算方法,后续计算内容未涉及。

6.1.5 本条是针对爆炸荷载特点，以及控制室在遭受爆炸荷载后的使用要求提出的。在爆炸动荷载作用下，结构构件的工作状态，在本规范 6.6 条中规定用允许延性比控制，并确定了各种结构构件允许延性比，虽然它不完全反映结构构件的强度、挠度及裂缝等情况，但这三者有着密切的关系，且能直接表明结构构件所处的极限状态，故在结构计算中不必再进行结构裂缝的验算。

6.2 材料

6.2.2 此条与 GB 50011—2001 的 3.9.2 条相一致，以保证结构某部位出现塑性铰以后具有足够的转动能力和耗能能力。另外，美国混凝土协会《Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures》ACI349 中也对材料有如下要求：混凝土抗压强度 (f'_c) 最低取 3000psi；钢筋的屈服强度最大值取 60 000psi，同时对钢筋的力学性能要求：

- a) 试验得到的实际屈服强度不得超过给定屈服强度 18 000 psi(再次实测不得超过此值 3 000psi)；
- b) 实际极限抗拉强度与实际抗拉屈服强度之比不应小于 1.25。

6.3 爆炸的冲击波参数

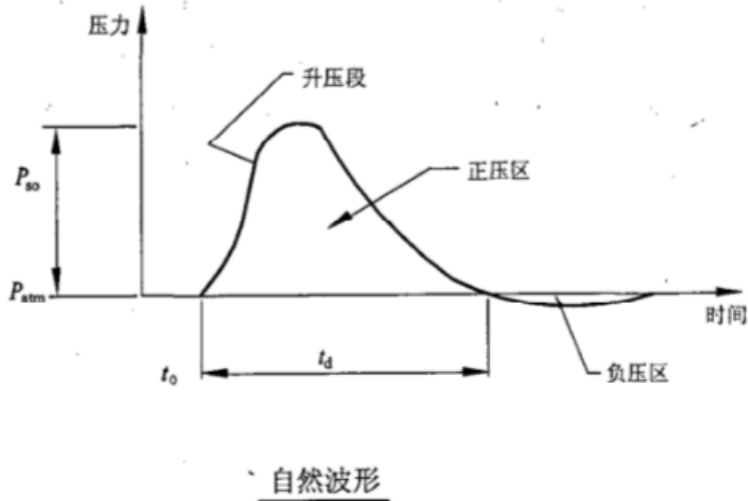
6.3.1 在国外，一般由专业公司考虑石油化工装置性质、平面布置（主要是泄漏点布置）、风向等因素，运用安全模拟分析软件，模拟计算建筑物处爆炸冲击波参数。或者，根据相应的标准或技术规定确定爆炸冲击波基本参数。国内目前尚无此方面的确定方法。

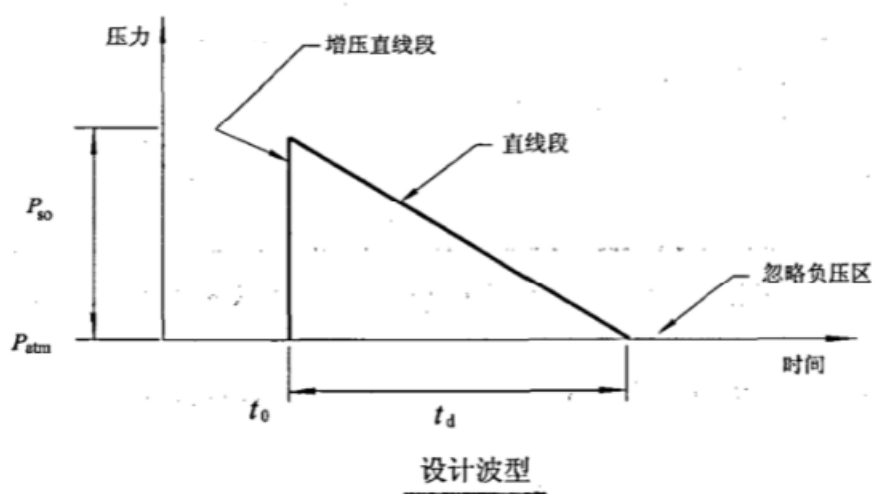
本规范中，采用的两种冲击波参数与《Siting and Construction of New Control Houses for Chemical Manufacturing Plants》(SG-22) 中相同。该指南定义抗爆建筑物要足以抵抗外部装置爆炸所产生的冲击波超压为 69kPa,作用时间为 20ms。这大概相当于一个球体在自由空气中爆炸（1US ton TNT 在距中心距离 30.5m(100ft)处）所产生的冲击波超压。为抵抗这种爆炸，结构允许产生中度损坏而不倒塌。在这种情况下，控制室内人员可保证安全，设施保证具有可操作性。对于蒸汽云爆炸，设计计算时不用 69kPa、作用时间 20ms 爆炸冲击波，而采用冲击波超压为 20kPa (2.9Psi)、持续时间为 100ms 的冲击波。它近似相当于直径 60m，高 4m 包含 6%乙烷的气体爆炸，距中心距离 75m 处产生的冲击波超压。

在一定范围内，在特定结构构件的自然频率下，冲击波超压和作用时间之间有一个平衡交换。抵抗高动压和短作用时间的结构构件同样要具备抵抗低冲击波压力和长作用时间的能力，反之亦然。

一般情况下，控制室抗爆只考虑蒸汽云爆炸，对于像压力设备爆炸、液体爆炸等的影响一般不予考虑。

爆炸波波形的简化见下图所示。设计计算时只考虑正压区而忽略负压区，为了简化同时忽略升压段，从而简化成三角形的波形。



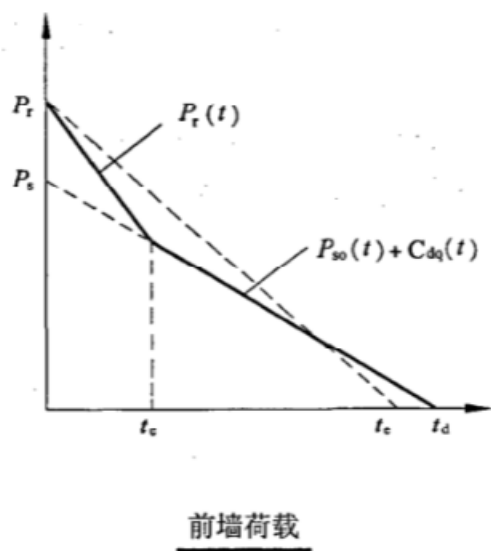


图例：

t_0 ——冲击波到达时间。

6.4 作用在建筑物上的爆炸荷载

图 1、图 2 源自 ASCE 《Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities》。根据美国土木工程师协会 《Design of Structures to Resist Nuclear Weapons Effects》 ASCE No.42，前墙荷载如下图：



从图中可以看出，在 t_c 以前，前墙反射压作用，从 t_c 到 t_d ，前墙正超压和动压共同作用。公式中 t_c 为反射压持续时间。 P_s 不是时间 t_c 时的超压值，而为正超压加动压曲线延长线同纵坐标的交点处的压力值，国外资料称为停滞超压。

6.6 结构动力计算

6.6.1 为了满足抗爆结构的塑性变形能力，设计时应保证构件首先出现受弯裂缝和钢筋屈服，防止过早地发生斜裂缝破坏，即为抗剪留出稍大的安全储备。

6.6.2 本条参考了 GB 50038 中有关钢筋混凝土构件容许延性比的相关规定。该规范一般按下表 1 取用：

表 1 钢筋混凝土构件的设计延性比

功能要求	构件受力状态			
	受弯	大偏压	小偏压	中心受压
无明显残余变形	1.5	1.5	1.3~1.5	1.1~1.3
一般防水防毒要求	3	1.5~3	1.3~1.5	1.1~1.3
无密闭及变形控制要求	3~5	1.5~3	1.3~1.5	1.1~1.3

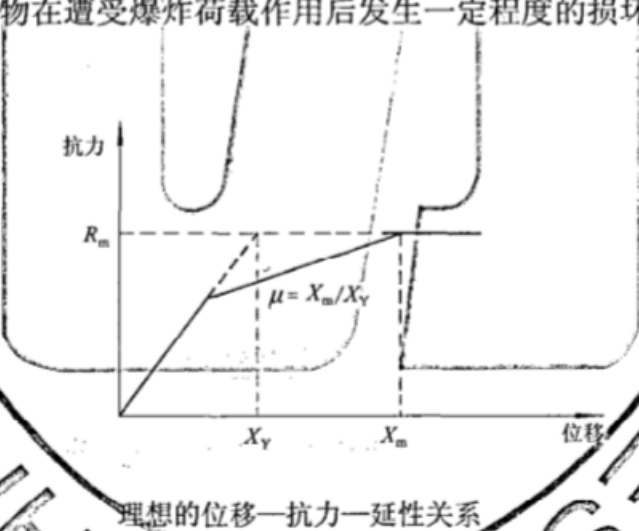
6.6.3 本条中表 2 的数据源自 ASCE 手册《Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities》。

在《Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures》ACI 349 中对容许延性比以及塑性转角的规定如下：

延性比 μ 是构件最大允许位移 X_m 与有效屈服点位移 X_y 的比值，见下图。为了得到有效屈服位移，构件截面惯性矩应取 $0.5(I_g + I_{cr})$ 。构件之最大变形不应降低构件的使用功能，同时不能削弱相关系统及部件的安全性。对于梁（次梁）、墙、板等受弯构件，容许延性比可取 $0.05/(\rho - \rho')$ 且不超过 10，但在冲击荷载和部件加压时保证结构整体性其延性比不应大于 3.0。当受弯控制时，构件任意塑性铰的转动承载能力 r_0 (弧度) 可取 $0.0065(d/c)$ ，但不应超过 0.07rad 。（ d 为构件截面有效高度，即从极限受压纤维到受拉钢筋中心的距离； c 为受压区最大应力纤维至截面中和轴的距离）。对于受弯控制的构件，其抗剪承载力应比抗弯承载力高 20%，否则应降低构件容许延性比限值。

当按照上述公式进行构件塑性铰的转动能力计算，从实验结果到计算结果，其平均值为 1.47，标准差为 0.49。上式计算而得的屈服转角在 $0.025 \sim 0.075$ 弧度（ $1.4^\circ \sim 4.3^\circ$ ）之间变化。因为没有足够的实验数据说明梁的转动能力超过 0.07 弧度（ 4° ）时的变化情况，因此尽管按照上式可以算得较大的屈服转角，但仍将 0.07 弧度作为最高限制。

另外，在 ASCE 手册中，将动力荷载作用下的结构构件的容许变形分为高、中、低三种情况，本规范为中等变形状态，即建筑物在遭受爆炸荷载作用后发生一定程度的损坏，但修复后仍可继续使用。



6.7 截面设计

6.7.2 ASCE 手册中，构件的承载力按照 ACI318 设计，抗力系数 $\phi=1.0$ 。通过与我国钢筋混凝土规

范的对比演算，用材料的强度标准值代替设计值进行承载力计算，其结果基本相同。因此，材料动力强度，以材料的强度标准值乘以材料强度提高系数而得。

另外，构件根据不同的弹塑性状态其动力设计强度也不同。TM5-1300 中，随着屈服转角的加大，其动力设计强度也随之加大。

GB 50038 中，根据构件受拉、受压、受弯、受剪和受扭等不同受力状态，规定了在爆炸动荷载作用下，材料的动力强度设计值可取静荷载作用下的材料强度设计值乘以材料强度综合调整系数，具体数值如下表 2 所示：

表 2 材料强度综合调整系数

材料种类		综合调整系数
热轧钢筋	I 级钢	1.50
	II 级钢	1.35
	III 级钢	1.27
	XI 级钢	1.10
混凝土		1.50

该系数除了考虑普通工业与民用建筑规范中材料分项系数，还考虑了材料快速加荷作用下动力强度的提高系数，并对防空地下室结构构件进行了可靠度分析等诸项因素后综合确定的，且已经考虑了混凝土龄期效应的影响。

6.8 结构构造

- 6.8.1 节点设计须与计算假定相一致。
- 6.8.2 除了剪力墙两端设置暗柱加强以外，抗爆门上的爆炸荷载也要通过门框墙承担，门框墙应加强，以保证爆炸后不影响门的正常使用。
- 6.8.3 屋面板及外墙单面配筋率按有效截面面积计算。配筋率限值参考了 GB 50038 的相关规定。

美国相关资料：当钢筋的屈服强度为 240N/mm^2 时，钢筋混凝土墙体及板截面上主筋的配筋率应不小于 1%；当钢筋的屈服强度为 410N/mm^2 时，钢筋混凝土墙体及板截面上主筋的配筋率应不小于 0.6%；根据钢筋的屈服强度，钢筋混凝土截面受力钢筋的最小配筋率应满足 $240/f_y$ （采用 psi 的单位）的要求。在另一个方向，分布筋截面面积之和应不小于受力钢筋截面面积之和的 20%，且两根钢筋的间距不大于 150mm。当墙体和屋面板截面厚度为 250mm~400mm 时，配筋较为便利。

6.8.5 焊接接头的连接质量稳定性较差，且焊接时产生的热量也会引起钢筋性能的变化，导致强度降低。焊接区冷却后的收缩又可能导致钢筋的内应力，甚至引起断裂。为保证构件的延性要求，应避免采用焊接接头，推荐采用绑扎搭接的连接方式，且应注意保证搭接连接区域的构造要求。

6.9 基础设计

6.9.1~6.9.5 动力反应的最大值可以理解为不考虑时间效应的静荷载作用下的结构总抗力，在任何情况下基础的承载力都不能小于所支承的结构构件极限承载力。

以上为 SG-22 中有关基础设计的规定。

下面是其他有关资料的提法：

- GB 50011 中地基抗震承载力调整系数根据岩土的性质取为 1.0~1.5。
- GB 50038 中引用前苏联的实验结果，在核爆炸动荷载作用下，地基土承载力可提高 2 倍~6 倍。
- 从概念设计的角度考虑，抗爆结构典型的基础形式比常规结构更加强调刚度及结构的连续性要求。

为了保持结构的整体性,柱和墙之间的相对位移应尽量小。这一点和抗震设计时用基础梁将扩展基础或桩承台连接在一起,或采用筏板基础的概念相同。

当水平荷载很大时,也可考虑使用斜桩。

7 通风与空调

7.1 一般规定

7.1.2 重要房间对空气温度、湿度、洁净度以及空气品质要求较高;一般房间对空气的上述要求较低,属于舒适性空调。将空调系统分开设置,有利于节省投资。

7.1.3 当重要房间的面积占空调面积的比例较大,而一般房间的面积占空调面积的比例较小时,合用一个空调系统有利于简化空调系统。但首先应确保重要空间的空气参数。

7.1.4 控制室是全厂的“神经中枢”,应保证在任何情况下都能正常运行。对于抗爆控制室来说更是如此。

7.1.5 保证加湿器的水质有利于延长加湿器的使用寿命。

7.1.6 引自 GB 50019。

7.1.7 根据 GB 50016 制订。

7.1.8 《石油化工控制室和自动分析室设计规范》给出的 DCS 控制室的含尘浓度标准为粒径小于 $10\mu\text{m}$ 的灰尘的含尘浓度小于 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。按此标准,采用粗效过滤器完全可以满足要求。考虑到抗爆控制室的新风机组大多配有活性炭吸附器,为了保护吸附器,过滤器采用中效比较合理。

7.1.9 控制室一般不设专门的人员负责空调设备的运行管理,设置故障切换可增加空调系统运行的可靠性。

7.2 室内空气计算参数

7.2.2 参照 SH 3004。机柜室的新风量按换气次数 0.3 次/h 计算,主要是考虑到全空气空调系统的新风是按一定的新风比送出的,而新风量是按建筑物内的总人数确定的,总人数并不是按人均建筑面积分配的,这样可能导致每个人的实际新风量达不到设计要求。所以应考虑附加机柜间等无人房间的新风量。

抗爆控制室无外窗,空气无法通过外窗缝隙对流,全靠机械通风保证新鲜空气量,所以按人均计算的新风量取值应大些。按人数计算的新风量小于送风量的 10% 时,建议按 10% 计算。

机柜间的噪声,除了空调系统的噪声外,还有机柜本身的噪声,特别是当机柜间较小而不设空调机房时,房间内的噪声有可能超过 65dB(A),所以放宽到 70dB(A)。

7.3 空调系统

7.3.1 重要房间的空调系统要求恒温恒湿,所以必须采用全空气空调系统;一般房间的空调系统虽然为舒适性空调,但由于房间无外窗,空气无法通过外窗缝隙对流,如果采用风机盘管、VRV 等系统,由于循环风量较小,房间的通风死角多,采用全空气系统,在新风量不变的情况下,可明显提高舒适度。

7.3.2 自带冷源的空调机减少了中间环节,可靠性高。石油化工厂的循环水温度高、含油,不利于空调机冷凝器的换热,故推荐采用风冷式。本条的后半部分主要是要求尽可能确保电气设备的安全。

7.3.3 这是由机柜室、控制室等重要房间的重要性决定的。空调系统必须保证在任何情况下都能正常运行。留有 15%~20% 裕量的目的,是考虑到以后部分非重要房间变为重要房间的可能性。

7.3.4~7.3.5 确保重要房间空调系统的可靠性。

7.4 新风系统与排风系统

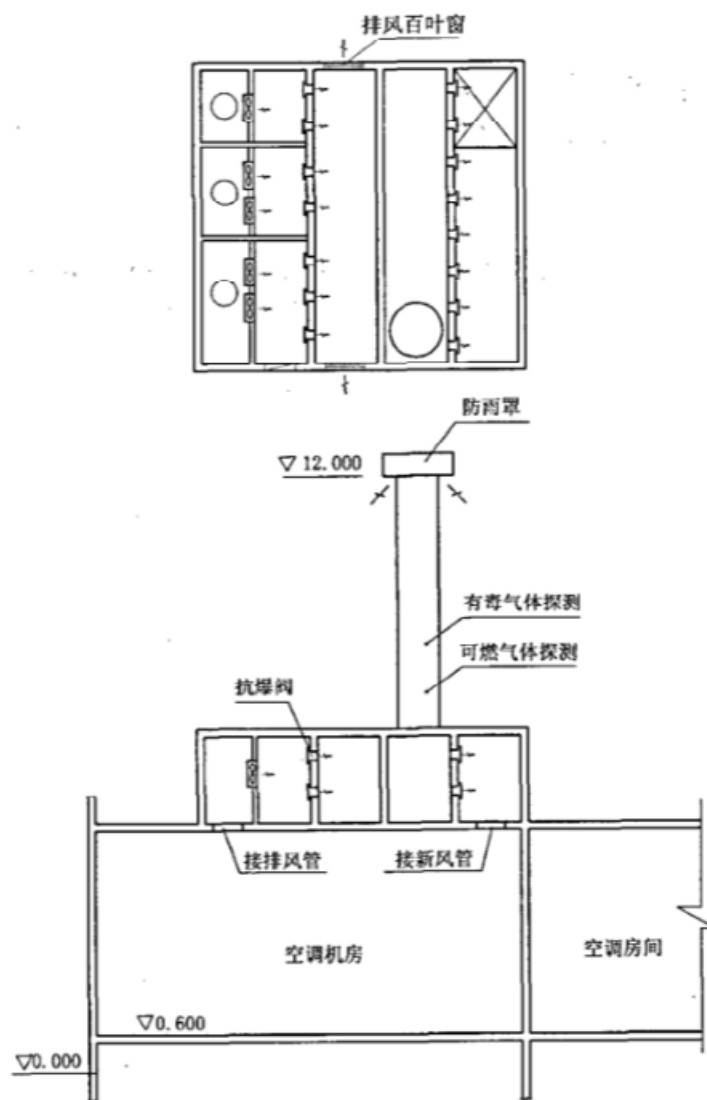
7.4.1 抗爆阀的抗爆力由结构专业最终确定。

7.4.2 抗爆阀的功能。抗爆阀的种类有几种。可根据风量、阻力、投资等各种因素综合确定。

7.4.3 抗爆阀直接安装在建筑围护结构上可减少土建工程量。

抗爆阀的安装方式大致有三种：

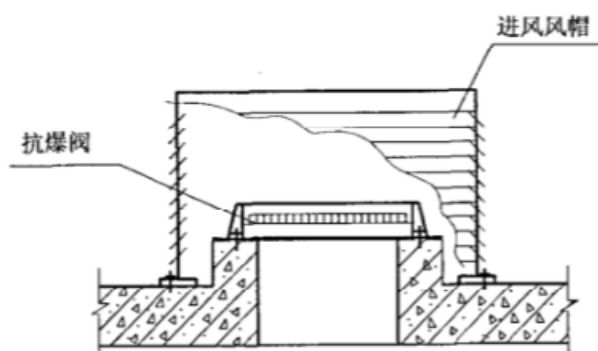
第一种：设置专门的进、排风小室。



进风及排风小室

第二种：将抗爆阀安装在外墙上（图略）。

第三种：将抗爆阀安装在屋顶上。



7.4.4 确保新风机组的安全运行。

7.4.5 设置可燃、有毒气体探测报警系统,可及时发现险情,为避险赢得时间。设置密闭阀以及联锁关闭新风机、排风机,均是为了防止可燃、有毒气体进入建筑物内。

7.4.6 室外空气中 H_2S 、 SO_2 等腐蚀性气体的浓度无法确定时,新风机组是否增加化学过滤器,设计人员可根据业主要求自行决定。

7.5 空调机房

7.5.1 减少风管长度,降低投资和能耗。

7.5.2 空调机的室外机安装在地面上有利于安全,可避免外界爆炸将室外机破坏并使之坠落至地面,造成不应有的危险。

7.6 控制及显示

7.6.1 现场机柜间均无人值守,空调设备的报警信号引至 DCS 可及时发现问题,及时处理,确保空调系统的正常运行。

中 华 人 民 共 和 国
石 油 化 工 行 业 标 准
石油化工控制室抗爆设计规范
SH/T 3160—2009

*

中国石化出版社出版
中国石化集团公司工程标准发行总站发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 84271850
石化标准编辑部电话：(010) 84289937
读者服务部电话：(010) 84289974
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com.cn
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3 字数 78 千字
2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

*

书号：155114·0115
(购买时请认明封面防伪标识)