

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2017 年工程建设标准规范制修订及相关工作计划的通知》(建标〔2016〕248 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,对原国家标准《石油化工控制室抗爆设计规范》GB 50779—2012 进行了修订,形成本标准。

本标准主要技术内容:总则、术语和符号、基本规定、爆炸荷载、建筑设计、结构设计、通风与空调设计、既有建筑物抗爆设计等。

本标准修订的主要内容:

1. 扩大了抗爆设计范围,由石油化工控制室抗爆设计修改为石油化工建筑物抗爆设计;

2. 修改、增加了抗爆建筑物平面布置、抗爆建筑物层数、高度的相关要求;

3. 增加了不同爆炸荷载时抗爆建筑物结构形式的选择原则和砌体结构、钢结构建筑物的抗爆设计内容;

4. 取消了原规范中规定的爆炸冲击波峰值入射超压及相应的正压作用时间,明确了爆炸冲击波超压应由爆炸安全性评估确定;

5. 修改、补充了爆炸荷载计算相关内容和抗爆建筑物的性能要求;

6. 修改、增加了钢筋混凝土构件、加劲砌体构件、钢结构构件的构造和变形要求及材料的动力强度计算、强度和动力提高系数、钢筋动设计应力取值要求;

7. 修改、补充了构件延性比计算、构件截面平均惯性矩计算;

8.增加了屋面板、侧墙等构件的平面内、平面外计算要求及钢筋混凝土构件、加劲砌体构件的抗剪承载力验算要求和直剪承载力计算方法；

9.取消了等效静荷载法，增加了闭式解法进行构件动力分析的内容；

10.增加了第8章“既有建筑物抗爆设计”；

11.增加了抗爆建筑消防救援的设计要求、通风空调设备在正常情况和非正常情况下的起停规定、抗爆阀和电动密闭阀的性能要求及新风取气口的高度规定。

本标准由住房和城乡建设部负责管理。

本标准起草单位：中石化广州工程有限公司（地址：广东省广州市天河区体育西路191号，邮政编码：510620）

中国石化工程建设有限公司

中石化宁波工程有限公司

中石化上海工程有限公司

中国昆仑工程有限公司大连分公司

上海爵格工业工程有限公司

中国人民解放军军事科学院国防工程研究院

中石化安全工程研究院有限公司

本标准主要起草人员：万朝梅 王松生 路以宁 张俊

押现中 王耀东 王超 何国富

韦建树 伍俊 王斌 朱玉本

卢卫

本标准主要审查人员：黄左坚 葛春玉 嵇转平 黄钟喜

王留生 杨晓红 张亚新 崔忠涛

汪宁扬 黄月年 马振明 郑强

刘劲涛 徐建棠 韩宇丽 刘昆明

张旭忠 朱晔 曹光 暴长玮

章 健 汪 静 杨一心 丁 颂
唐 健 周 蓉 刘 焰 王 琦
刘 彪 罗潮华 路来光 傅亚平
赵书泉 耿春江 刘 强

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	基本规定	(8)
4	爆炸荷载	(12)
4.1	爆炸冲击波参数	(12)
4.2	作用在建筑物上的爆炸荷载	(12)
5	建筑设计	(16)
5.1	一般规定	(16)
5.2	建筑门窗	(17)
5.3	建筑构造	(19)
6	结构设计	(21)
6.1	一般规定	(21)
6.2	材料	(23)
6.3	荷载效应组合	(26)
6.4	结构动力计算	(27)
6.5	结构构造	(32)
6.6	基础设计	(35)
7	通风与空调设计	(37)
7.1	一般规定	(37)
7.2	室内空气计算参数	(38)
7.3	空调系统	(39)
7.4	新风系统与排风系统	(39)

7.5 空调机房	(41)
8 既有建筑物抗爆设计	(42)
8.1 一般规定	(42)
8.2 建筑设计	(43)
8.3 结构设计	(43)
8.4 通风与空调设计	(44)
附录 A 动力分析图解法	(45)
附录 B 动力分析数值积分法	(48)
附录 C 各种支座条件、荷载形式下单自由度构件 动力计算参数	(51)
附录 D 抗爆涂层加固法	(54)
本标准用词说明	(58)
引用标准名录	(59)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Basic requirements	(8)
4	Blast load	(12)
4.1	Blast shock wave parameters	(12)
4.2	Blast load acting on the building	(12)
5	Architecture design	(16)
5.1	General requirements	(16)
5.2	Doors and windows	(17)
5.3	Architectural details	(19)
6	Structure design	(21)
6.1	General requirements	(21)
6.2	Material	(23)
6.3	Load combination	(26)
6.4	Dynamic calculation	(27)
6.5	Construction details	(32)
6.6	Foundation design	(35)
7	Ventilation and air conditioning design	(37)
7.1	General requirements	(37)
7.2	Indoor air calculation parameter	(38)
7.3	Air conditioning system	(39)
7.4	Fresh air and exhaust system	(39)

7.5	HVAC room	(41)
8	Blast resistant design of existing buildings	(42)
8.1	General requirements	(42)
8.2	Architecture design	(43)
8.3	Structure design	(43)
8.4	Ventilation and air conditioning design	(44)
Appendix A	Graphical solution method for dynamic analysis	(45)
Appendix B	Numerical integration method for dynamic analysis	(48)
Appendix C	Dynamic calculation factors for single degree of freedom members under several supporting conditions and load cases	(51)
Appendix D	Blast painting reinforcing method	(54)
	Explanation of wording in this standard	(58)
	List of quoted standards	(59)

1 总 则

1.0.1 为统一石油化工建筑物的抗爆设计,做到安全可靠、技术先进、经济合理,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建、改建的石油化工建筑物抗爆设计。

1.0.3 石油化工建筑物抗爆设计除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 抗爆建筑物 blast resistant building

为保护建筑物内人员、设施安全,减少外部爆炸事故对生产运行的影响,需根据爆炸安全性评估确定的爆炸冲击波参数进行抗爆设计的建筑物。

2.1.2 空气冲击波 shock wave

爆炸在空气中形成的具有空气参数强间断面的纵波,简称冲击波。

2.1.3 冲击波超压 positive pressure of shock wave

冲击波压缩区内超过周围大气压的压力值,呈法向作用于冲击波包围物体表面。

2.1.4 动压 dynamic pressure

冲击波在空气中传播时,由冲击波内气体分子快速运动而产生的作用,具有明确的方向性。

2.1.5 反射压 reflected overpressure

冲击波在传播方向遇到障碍物时,在表面上反射产生的超压增量。

2.1.6 停滞压力 stagnation pressure

前墙反射压完全消散时,作用在前墙的冲击波超压和动压。

2.1.7 峰值入射超压 peak incident side-on overpressure

冲击波在自由空气中由爆炸中心向外传播,到达建筑物距爆炸中心最近表面时的冲击波超压。

2.1.8 延性比 ductility ratio

表示结构构件吸收能量的能力,等于构件弹塑性变形与弹性

极限变形的比值。

2.1.9 主要结构构件 primary structural member

结构承载能力极限状态所依赖的结构构件,构件破坏后将影响其支承的其他构件及建筑物的结构整体稳固性。主要包括框架柱、框架梁、承重墙、屋面主梁或钢结构桁架等。

2.1.10 次要结构构件 secondary structural member

由主要结构构件支承的承重构件和建筑物外部直接承受爆炸冲击波超压作用的非承重构件。主要包括非承重外墙、外墙板、屋面板、屋面次梁等。

2.1.11 加劲砌体构件 reinforced masonry component

配筋砌块砌体、组合砖砌体及采用抗爆涂层等加劲材料加强的砌体构件。

2.1.12 抗爆防护门 blast resistant door

抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的建筑特种门,包括人员通道抗爆门、设备通道抗爆门、抗爆消防救援门。

2.1.13 人员通道抗爆门 blast resistant access door

用于人员正常进出建筑物的抗爆防护门。

2.1.14 设备通道抗爆门 blast resistant equipment door

用于大型设备进出建筑物的抗爆防护门。

2.1.15 抗爆消防救援门 blast resistant fire-fighting and rescue service door

用于消防救援的抗爆防护门。

2.1.16 抗爆防护窗 blast resistant window

抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的建筑用特种固定外窗。

2.1.17 隔离前室 air lock

人员通道上阻隔爆炸冲击波超压进入室内的内置式隔间。

2.1.18 抗爆阀 blast resistant valve

安装在抗爆建筑物的洞口上,可抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的阀。

- 2.1.19 有人值守建筑物(房间) manned building(room)
生产过程中设有固定或常驻人员工作岗位的建筑物(房间)。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

- E_c ——混凝土弹性模量；
 E_s ——钢筋弹性模量；
 f_{cd} ——混凝土的动力抗压强度设计值；
 f_{dst} ——钢筋的动力强度极限值；
 f_{vd} ——加劲砌体的动力抗剪强度设计值；
 f_y ——钢材的屈服强度；
 f_{yd} ——弯起钢筋的动设计应力；
 f_d ——材料的动力强度设计值；
 f_{stk} ——钢筋的极限强度标准值；
 f_k ——材料强度标准值。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

- F_i ——不同时间点作用在构件上的力；
 P ——作用在构件上的爆炸荷载；
 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_o ——峰值动压；
 R ——结构构件抗力的设计值；
 R_u ——结构构件的极限抗力；
 S_d ——作用组合的效应设计值；
 S_{BK} ——爆炸荷载效应值；

S_{G_k} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值；
 $S_{Q_{ik}}$ ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值；
 V ——构件的直剪承载力；
 V_m ——构件材料提供的直剪承载力；
 V_s ——弯起钢筋提供的直剪承载力；
 γ_0 ——结构重要性系数；
 γ_G ——永久荷载分项系数；
 γ_{Q_i} ——可变荷载分项系数；
 γ_B ——爆炸荷载分项系数；
 Ψ_{Q_i} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数。

2.2.3 几何参数

b ——构件截面宽度；
 B ——垂直于冲击波方向的建筑物尺寸；
 c ——受压区高度；
 h_0 ——构件截面有效高度；
 h ——构件截面高度；
 H ——建筑物高度；
 I ——构件的截面惯性矩；
 I_a ——构件截面平均惯性矩；
 I_{cr} ——开裂截面惯性矩；
 k ——构件刚度；
 L ——平行于冲击波方向的建筑物尺寸；
 L_0 ——构件的跨度或高度；
 L_1 ——冲击波前进方向结构构件的长度；
 S ——停滞压力点至建筑物边缘的距离；
 X_m ——构件的弹塑性变形；
 X_y ——构件的弹性极限变形；
 y ——质点位移。

2.2.4 计算系数及其他

a ——质点运动加速度；
 A_s ——构件配筋面积；
 A_{sb} ——弯起钢筋面积；
 C ——结构构件的变形限值；
 C_d ——拖曳力系数；
 C_e ——等效峰值压力系数；
 C_r ——反射系数；
 K_L ——荷载系数；
 $K_{L,m}$ ——荷载-质量系数；
 K_m ——质量系数；
 L_w ——冲击波波长；
 m ——构件质量；
 M_e ——构件的等效质量；
 n ——钢筋混凝土构件截面的换算系数；
 t_a ——冲击波到达后墙的时间；
 t_c ——反射压持续时间；
 t_d ——爆炸冲击波正压作用时间；
 t_e ——前墙冲击波超压等效作用时间；
 t_s ——侧墙及屋面有效冲击波超压升压时间；
 t_{rb} ——后墙上有效冲击波超压升压时间；
 T_d ——爆炸荷载有效作用时间；
 T_m ——最大位移对应的作用时间；
 T_N ——构件的自振周期；
 U ——波速；
 γ_{dif} ——材料强度的动力提高系数；
 γ_{sif} ——材料的强度提高系数；
 μ ——构件的延性比；
 θ ——构件的支座转角；
 Δ_{ni} ——平面内延性比或支座转角的允许值；

Δ_{ao} ——平面外延性比或支座转角的允许值；

Δ_{ci} ——计算的平面内延性比或支座转角；

Δ_{co} ——计算的平面外延性比或支座转角；

τ ——爆炸荷载有效作用时间与构件自振周期的比值；

α ——弯起钢筋的弯起角度。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

3 基本规定

3.0.1 抗爆建筑物的抗爆要求、爆炸冲击波峰值入射超压及正压作用时间应通过爆炸安全性评估确定。

3.0.2 新建有人值守建筑物不宜布置在爆炸冲击波峰值入射超压大于 48kPa 的区域。

3.0.3 新建抗爆建筑物平面布置除应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定外,当爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,尚应符合下列规定:

1 建筑物应独立设置;

2 建筑安全出口不应直接面向有爆炸危险性的装置或设备。设置多个出口时,宜在不同的方向设置。

3.0.4 抗爆建筑物遭受一次设计爆炸荷载作用后,建筑物和结构构件的性能应符合下列规定:

1 建筑物可产生局部构件破坏,但不应影响结构的整体稳固性;

2 建筑物可继续使用,进行一般性修理或更换应恢复其完整性;

3 主要结构构件不应产生较严重的损伤;

4 次要结构构件可产生永久性变形,可经一般性修理恢复或更换。

3.0.5 新建抗爆建筑物的设计工作年限应为 50 年,与新建装置配套的既有建筑物的抗爆加固设计工作年限宜为 50 年,其他既有建筑物的抗爆加固设计工作年限应由业主和设计单位共同商定。

3.0.6 抗爆建筑物的安全等级应符合现行国家标准《建筑结构可

靠性设计统一标准》GB 50068 的规定。

3.0.7 抗爆建筑物外形应简单、规则，平面宜为矩形。

3.0.8 抗爆建筑物层数、高度应符合下列规定：

1 爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 且小于 21.0kPa 时，层数不应超过两层，室内地面到主体结构屋面板顶的高度不应超过 12.0m；

2 爆炸冲击波峰值入射超压不小于 21.0kPa 时，层数应为一层。

3.0.9 抗爆建筑物的结构体系可根据爆炸荷载参数、抗震设防烈度、场地条件、结构材料、施工和使用条件等因素，经技术经济对比后确定。

3.0.10 抗爆建筑物的结构体系、结构构件及其节点除应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定外，尚应符合下列规定：

1 结构体系应具有计算简图和爆炸荷载传递途径；

2 结构体系应避免因部分结构或构件破坏导致整个结构丧失抗爆能力或对重力荷载的承载能力；

3 结构体系应具备抗爆能力和变形能力；

4 局部构件的破坏不应影响结构的整体稳固性；

5 构件节点的破坏不应先于构件，预埋件的锚固破坏不应先于连接件。

3.0.11 抗爆建筑物可根据爆炸安全评估确定的爆炸冲击波峰值入射超压，采用下列结构形式：

1 爆炸冲击波峰值入射超压不大于 6.9kPa 时，可采用钢筋混凝土框架-加劲砌体抗爆墙结构、钢框架-支撑结构；

2 爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 且小于 21.0kPa 时，可采用钢筋混凝土框架-加劲砌体抗爆墙结构、钢筋混凝土框架-抗爆墙结构、钢框架-支撑结构；

3 爆炸冲击波峰值入射超压不小于 21.0kPa 时，应采用钢

筋混凝土框架-抗爆墙结构。

3.0.12 抗爆建筑物的钢筋混凝土抗爆外墙、加劲砌体抗爆外墙不宜承重。钢筋混凝土抗爆外墙宜与主要结构构件脱开布置,脱开距离不应小于抗爆外墙的最大塑性变形,且不应小于 50mm。当爆炸冲击波峰值入射超压小于 21.0kPa,且采用钢筋混凝土框架-抗爆墙结构的单层建筑物,抗爆外墙与框架柱、框架梁等主要结构构件也可不脱开布置。

3.0.13 抗爆建筑物钢筋混凝土横墙之间的楼盖、屋盖长宽比不应大于 2.0;加劲砌体横墙之间的楼盖、屋盖长宽比不应大于 1.5,且横墙的间距不应大于 12.0m;钢结构支撑框架之间的楼盖、屋盖长宽比不应大于 3.0。

3.0.14 既有建筑物抗爆设计中,当只有一部分需要进行抗爆设计时,应计入非抗爆设计部分在爆炸中破坏后对抗爆设计部分的影响。

3.0.15 新建抗爆建筑物的雨篷、室外楼梯的设置应符合下列规定:

- 1 受力构件均应进行抗爆验算;
- 2 爆炸冲击波峰值入射超压大于 3.0kPa 时,雨篷、室外楼梯应采用钢筋混凝土结构;

3 爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,不应设置悬挑式雨篷、室外楼梯,不宜设置屋面检修梯。当设置屋面检修梯时,应加强与建筑物主体的连接。

3.0.16 既有建筑物抗爆设计中,当外部设有雨篷、楼梯等附属构件时,应根据抗爆验算结果采取抗爆加固措施。

3.0.17 爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,抗爆建筑物不应设置变形缝。

3.0.18 除门窗洞口外,抗爆建筑物外墙的开洞尺寸不应大于 1.0m,洞口间净距应大于洞口宽度。所有外墙、屋面的开洞均应采取整体抗爆密封措施,并能抵抗相应的爆炸荷载。

3.0.19 抗爆建筑物采用抗爆门窗、抗爆阀时,设计文件中应注明抗爆门窗、抗爆阀的抗爆性能要求。

3.0.20 抗爆建筑物外墙需保温时,宜采用外墙外保温系统。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

4 爆炸荷载

4.1 爆炸冲击波参数

4.1.1 建筑物抗爆设计的峰值入射超压和正压作用时间等参数应按爆炸安全评估确定,并应在设计文件中注明。

4.1.2 爆炸冲击波参数应按下列公式计算:

1 波速:

$$U = 345 (1 + 0.0083 P_{so})^{0.5} \quad (4.1.2-1)$$

式中: U ——波速 (m/s);

P_{so} ——爆炸冲击波峰值入射超压 (kPa)。

2 峰值动压:

$$q_o = 2.5 P_{so}^2 / (7 P_{atm} + P_{so}) \quad (4.1.2-2)$$

式中: q_o ——峰值动压 (kPa);

P_{atm} ——环境标准大气压 (kPa),取 101.325kPa。

3 冲击波波长:

$$L_w = U \cdot t_d \quad (4.1.2-3)$$

式中: L_w ——冲击波波长 (m);

t_d ——爆炸冲击波正压作用时间 (s)。

4.2 作用在建筑物上的爆炸荷载

4.2.1 作用在封闭矩形建筑物前墙、侧墙、屋面及后墙上的爆炸荷载可按其与作用时间的关系(图 4.2.1)进行简化计算。

4.2.2 作用在封闭矩形建筑物前墙上的爆炸荷载应按下列公式计算:

1 前墙峰值反射压力:

$$P_r = C_r \cdot P_{so} \quad (4.2.2-1)$$

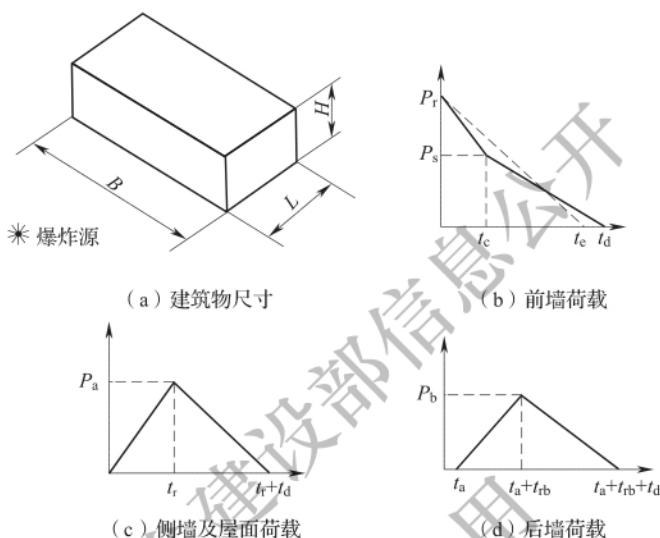


图 4.2.1 封闭矩形建筑物上的爆炸荷载

H —建筑物高度; B —垂直于冲击波方向的建筑物尺寸;

L —平行于冲击波方向的建筑物尺寸

$$C_r = 2 + 0.0073 P_{s0} \quad (4.2.2-2)$$

式中: P_r ——峰值反射压力 (kPa);

C_r ——反射系数。

2 前墙冲击波超压等效作用时间:

$$t_c = 3S/U \quad (4.2.2-3)$$

$$P_s = P_{s0} + C_d \cdot q_0 \quad (4.2.2-4)$$

$$t_c = (t_d - t_c) \cdot P_s / P_r + t_c \quad (4.2.2-5)$$

式中: t_c ——反射压持续时间 (s), $t_c \geq t_d$ 时, 取 $t_c = t_d$;

S ——停滞压力点至建筑物边缘的距离 (m), 取建筑物高度 (H) 和前墙宽度一半 ($B/2$) 的较小值;

P_s ——停滞压力 (kPa);

C_d ——拖曳力系数, 取决于障碍物表面的形状及朝向, 对

于封闭矩形建筑物,前墙取+1.0,侧墙、屋面、后墙取-0.4;

t_c ——前墙冲击波超压等效作用时间(s)。

4.2.3 作用在封闭矩形建筑物侧墙及屋面(坡度小于 10°)上的爆炸荷载应按下列公式计算:

$$P_a = C_e \cdot P_{so} + C_d \cdot q_o \quad (4.2.3-1)$$

$$t_r = L_1/U \quad (4.2.3-2)$$

式中: P_a ——作用在侧墙及屋面上的有效冲击波超压(kPa);

C_e ——等效峰值压力系数,按 L_w/L_1 值查图4.2.3;

t_r ——侧墙及屋面有效冲击波超压升压时间(s);

L_1 ——冲击波前进方向结构构件的长度(m)。侧墙计算时取1.0m;屋面梁计算时,当冲击波方向与梁的跨度方向一致时取梁的跨度,冲击波方向与梁的跨度方向垂直时取梁中心线至前墙中心线的距离;屋面板计算时,当冲击波方向与屋面板的跨度方向一致时取屋面板跨度,冲击波方向与屋面板的跨度方向垂直时取1.0m;后墙计算时,取建筑物高度 H (m)。

4.2.4 作用在封闭矩形建筑物后墙上的爆炸荷载应按下列公式计算:

$$P_b = C_e \cdot P_{so} + C_d \cdot q_o \quad (4.2.4-1)$$

$$t_a = L/U \quad (4.2.4-2)$$

$$t_{rb} = S/U \quad (4.2.4-3)$$

式中: P_b ——作用在后墙上的有效冲击波超压(kPa);

t_a ——冲击波到达后墙的时间(s);

t_{rb} ——后墙上有效冲击波超压升压时间(s);

L ——平行于冲击波方向的建筑物尺寸(m)。

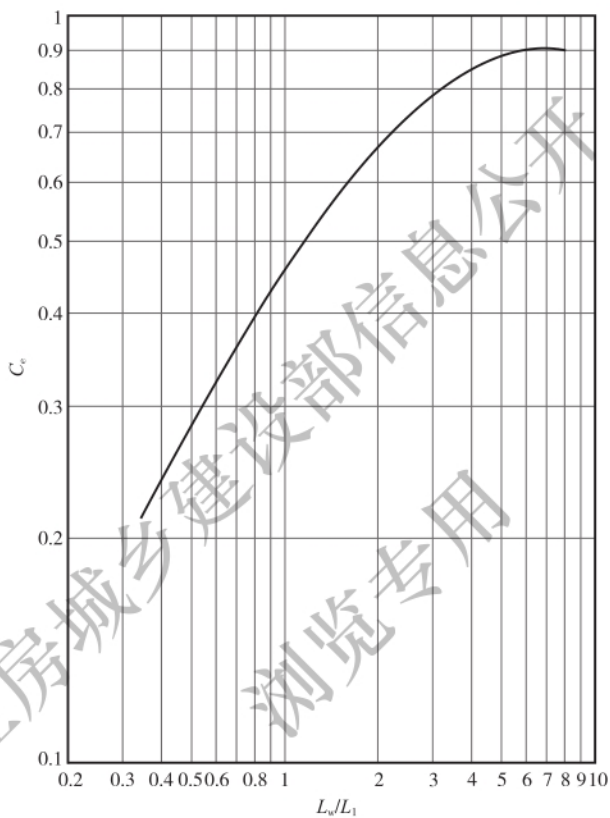


图 4.2.3 等效峰值压力系数

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 抗爆建筑物的耐火等级不应低于二级,建筑防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《石油化工业企业设计防火标准》GB 50160 的规定,生产建筑节能设计应符合现行国家标准《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245 的规定。

5.1.2 抗爆建筑物外墙门窗的设置应符合下列规定:

1 爆炸冲击波峰值入射超压大于 1.0kPa 且不大于 3.0kPa 时,可选用可开启外窗及钢制外门;有人值守房间及疏散通道上的外窗宜选用上悬窗,其窗扇宜选用摩擦式撑挡;

2 爆炸冲击波峰值入射超压大于 3.0kPa 且不大于 6.9kPa 时,除防排烟系统所要求可开启外窗外,宜选用固定外窗及钢制外门;

3 爆炸冲击波峰值入射超压不大于 6.9kPa 时,供消防救援人员进入的窗口宜设置在无人值守房间或疏散走廊尽端处的外墙上;

4 爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,应选用相应等级的抗爆防护门及抗爆防护窗;

5 爆炸冲击波峰值入射超压不小于 21.0kPa 时,有人值守建筑物应在人员通道上设置隔离前室并配置人员通道抗爆门,门扇应向外开启且净宽度应符合消防疏散的规定;外墙不宜设置抗爆防护窗;

6 空调机房等设备用房宜直接对外开门,当爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,应选用设备通道抗爆门。

5.1.3 抗爆建筑物隔离前室的使用面积不宜小于 6m²。

5.1.4 当爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,两层抗爆建筑物消防救援的设置应符合下列规定:

1 抗爆消防救援门宜设置在建筑物二层的外墙上;

2 当二层建筑面积大于 400m² 且不大于 1500m² 时可设置 1 樘抗爆消防救援门,大于 1500m² 时每个防火分区抗爆消防救援门数量不应少于 2 樘;

3 抗爆消防救援门的间距不宜小于 30m;

4 抗爆消防救援门可设置在非设备用房或疏散走廊的末端,不应设置在各类库房内并应避开建筑安全出口及线缆进线的位置。

5.1.5 抗爆建筑物的屋面不得采用装配式架空隔热构造。设置女儿墙时,应采用钢筋混凝土结构并经过抗爆验算,女儿墙高度应取满足屋面泛水构造要求的最小值。

5.1.6 抗爆建筑物的屋面有组织排水系统设计应符合下列规定:

1 内排水雨水管不宜直接接入排水管网;

2 穿过室内的排水管道应选用无缝钢管,室内段不得设有任何开口;

3 明装在外墙上的雨水管宜选用轻质材料。

5.2 建筑门窗

5.2.1 当爆炸冲击波峰值入射超压大于 1.0kPa 且不大于 6.9kPa 时,抗爆建筑物选用的外门窗应符合下列规定:

1 安装在建筑物外门窗上的玻璃应采用钢化玻璃或钢化夹层玻璃;

2 设置在建筑安全出口的外门应向外开启,并应设置自动闭门器。

5.2.2 抗爆建筑物采用的抗爆防护门应符合下列规定:

1 门框及门扇应为钢制,耐火完整性不应小于 1.00h。

2 人员通道抗爆门的构造及性能应符合下列规定：

- 1) 洞口尺寸不宜大于 1800mm(宽)×2400mm(高)；
- 2) 门扇应向外开启并应设置自动闭门器和抗爆观察窗，闭合状态门缝应保持密封，在爆炸荷载作用后应可以正常开启和使用；
- 3) 隔离前室内门的爆炸冲击波超压取外门爆炸冲击波超压的 50%；
- 4) 隔离前室内门、外门应具备不同时开启连锁功能，火灾状态下应自动解除连锁；
- 5) 抗爆观察窗的玻璃在爆炸荷载作用下不得破碎，室外侧受热时应保持透明。

3 设备通道抗爆门的构造及性能应符合下列规定：

- 1) 洞口尺寸应满足设备进出的要求，且洞口尺寸不宜大于 2400mm(宽)×3000mm(高)；
- 2) 在爆炸荷载作用下，门可发生永久变形，但不得整体垮塌或有构件脱落；
- 3) 门扇应向外开启，且不应设置玻璃窗；
- 4) 应配置抗爆门锁。

4 抗爆消防救援门的构造及性能应符合下列规定：

- 1) 洞口净宽不应小于 1.2m，净高不应小于 1.8m，闭合状态门缝应保持密封；
- 2) 在爆炸荷载作用后，应可以正常开启和使用；
- 3) 室内侧不得设置开启机构，只能在室外侧向外开启；
- 4) 门扇上应设置抗爆观察窗，玻璃在爆炸荷载作用下不得破碎，室外侧受热时应保持透明；
- 5) 门扇内、外侧应设置易于识别的明显标志。

5.2.3 抗爆建筑物采用的抗爆防护窗及室内玻璃隔墙应符合下列规定：

- 1 抗爆防护窗的框应为钢制，玻璃种类及厚度应通过计算或

试验确定,在设计爆炸荷载作用下玻璃不得破碎;

2 抗爆防护窗洞口尺寸不宜大于 1800mm(宽)×1800mm(高);

3 内墙窗及玻璃隔墙上嵌装的玻璃应选用夹层或钢化玻璃。

5.2.4 当爆炸冲击波峰值入射超压大于 3.0kPa 时,抗爆建筑物外门、外窗应符合下列规定:

1 外门应在其明显位置设置“保持关闭”等提示标识;

2 可开启外窗在正常使用期间不得开启,并应在其明显位置设置“仅室内火灾时开启”等提示标识。

5.3 建筑构造

5.3.1 抗爆建筑物外墙保温材料燃烧性能等级应为 A 级,其外层装饰面应选用整体构造形式。

5.3.2 抗爆建筑物内贯通多层的房间吊顶及内墙面装修构造材料的燃烧性能等级不得低于 A 级,其他部位装修材料的选择应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的规定。

5.3.3 抗爆建筑物吊顶构造应符合下列规定:

1 吊顶面板及固定面板的龙骨周边与建筑物外墙之间应设置变形缝,宽度不应小于 50mm;

2 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;

3 面板应选择轻质材料,不得选用水泥及玻璃制品装饰板材;

4 自重大于 1kg 的灯具应采用吊杆直接固定在结构梁板上,吊杆直径不宜小于 6.0mm。

5.3.4 抗爆建筑物外墙与室内活动地板之间应设置变形缝,宽度不应小于 50mm。

5.3.5 爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 的抗爆建筑物外墙的内侧不得直接贴砌或安装可能产生碎片的材料或构件,不得

安装电气及通信设备。

5.3.6 抗爆建筑物室内装修不得选用高分子有机复合类材料,吊顶构造中不得选用未经封闭处理的矿物棉类产品。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 在爆炸荷载作用下,抗爆建筑物的结构应验算承载力及变形,结构构件可不进行裂缝验算。

6.1.2 抗爆建筑物的结构、结构构件除应满足本标准第 6.1.1 条的要求外,还应满足非爆炸工况时承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计要求。

6.1.3 爆炸荷载作用下钢筋混凝土和加劲砌体构件的允许变形应满足表 6.1.3 的要求。

表 6.1.3 爆炸荷载作用下钢筋混凝土和加劲砌体构件的允许变形

构 件	延性比 μ	支座转角 $\theta(^{\circ})$
钢筋混凝土柱	—	1.0
钢筋混凝土框架梁	—	1.0
钢筋混凝土主梁(支座处未配置弯起抗剪钢筋)	—	1.0
钢筋混凝土主梁(支座处配置有弯起抗剪钢筋)	—	2.0
钢筋混凝土次梁(支座处未配置弯起抗剪钢筋)	—	2.0
钢筋混凝土次梁(支座处配置有弯起抗剪钢筋)	—	4.0
钢筋混凝土板、墙、墙板(受弯构件和轴压比不大于 0.1 的压弯构件,支座处未配置弯起抗剪钢筋)	—	2.0
钢筋混凝土板、墙、墙板(受弯构件和轴压比不大于 0.1 的压弯构件,双层配筋且支座处配置有弯起抗剪钢筋)	—	4.0

续表 6.1.3

构 件	延性比 μ	支座转角 $\theta(^{\circ})$
钢筋混凝土墙、墙板(轴压比大于 0.1 的压弯构件, 双层配筋)	—	2.0
加劲砌体墙(轴压比大于 0.1 的压弯构件)	—	1.0
加劲砌体墙(受弯构件和轴压比不大于 0.1 的压弯构件)	—	2.0
加劲砌体填充墙(受弯构件, 非抗爆涂层加强)	—	5.0
加劲砌体填充墙(受弯构件, 抗爆涂层加强)	—	8.0
钢筋混凝土横墙、加劲砌体横墙(主要受剪, 平面内、外)	3.0	—
钢筋混凝土楼板、屋面板(平面内, 未配置弯起抗剪钢筋)	1.3	—
钢筋混凝土楼板、屋面板(平面内, 配置有弯起抗剪钢筋)	1.6	—
钢筋混凝土雨篷、女儿墙、屋面附属设施的墙体、屋面板	—	5.0

6.1.4 爆炸荷载作用下钢结构框架的侧向位移不应大于 $H/35$, 钢结构构件的允许变形应满足表 6.1.4 的要求。

表 6.1.4 爆炸荷载作用下钢结构构件的允许变形

构 件	延性比 μ	支座转角 $\theta(^{\circ})$
柱(轴压比大于 0.2)	1.5	1.0
柱(轴压比不大于 0.2)	2.0	1.5
框架梁(实腹式)	1.5	1.0
框架梁(桁架式)	1.0	1.0
热轧型钢主梁(实腹式)	3.0	2.0

续表 6.1.4

构 件	延性比 μ	支座转角 $\theta(^{\circ})$
热轧型钢次梁、墙梁、檩条	10.0	6.0
桁架式次梁	2.0	3.0
受压支撑	2.0	1.5
平台铺板、屋面板	10.0	6.0
冷弯成型墙板(两端用螺栓或点焊固定)	3.0	2.0
冷弯成型墙板(端部无固定)	1.8	1.3
冷弯薄壁型钢梁、系梁、檩条	3.0	3.0
屋面附属设施的墙板、屋面	10.0	6.0

6.1.5 抗爆建筑物的大跨度屋面宜采用钢桁架结构或井字梁结构,设计时应验算爆炸引起的反弹力作用。

6.1.6 抗爆建筑物的钢结构屋面、外墙构件,连接节点设计时应验算爆炸引起的反弹力作用。

6.1.7 抗爆建筑物的加劲砌体外墙净高不宜大于 4.0m。当墙高超过 4.0m 时,应设置能传递爆炸荷载的结构梁。

6.1.8 当利用室内地坪作为抗爆建筑物外墙的支座时,宜设置刚性地坪,刚性地坪的厚度不应小于 150mm。

6.1.9 抗爆建筑物的结构设计,除满足本标准的要求外,还应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

6.2 材 料

6.2.1 钢筋混凝土构件的混凝土强度等级不应低于 C30,且不宜超过 C50。

6.2.2 钢筋宜采用延性、韧性和焊接性较好的钢筋,纵向受力钢筋宜采用 HRB400 级热轧钢筋;箍筋宜采用 HRB400 级热轧钢

筋,也可采用 HPB300 级热轧钢筋。纵向受力钢筋还应符合下列规定:

- 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 钢筋的屈服强度实测值与屈服强度标准值的比值不应大于 1.3;
- 3 钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

6.2.3 配筋砌块砌体、组合砖砌体应符合下列规定:

- 1 配筋砌块砌体应采用单排孔混凝土砌块或轻集料混凝土砌块,强度等级不应低于 MU10,砂浆应采用专用的砌块砌筑砂浆,强度等级不应低于 Mb10;

- 2 配筋砌块砌体墙的灌孔率应为 100%,灌孔混凝土强度等级不应低于 Cb20;

- 3 组合砖砌体应采用烧结砖或混凝土砖,强度等级不应低于 MU15,砌筑砂浆强度等级不应低于 M10、Mb10;

- 4 组合砖砌体宜采用混凝土面层,强度等级不低于 C20,也可采用水泥砂浆面层,强度等级不低于 M10。

6.2.4 钢结构构件的钢材宜采用 Q235B 碳素结构钢或 Q355B 低合金高强度结构钢,并应符合下列规定:

- 1 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85;

- 2 钢材应有明显的屈服台阶,且伸长率不应小于 20%;

- 3 钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性;

- 4 构件塑性耗能区采用的钢材应满足屈服强度实测值不高于上一级钢材屈服强度规定值的条件,工作温度时夏比冲击韧性不宜低于 27J。

6.2.5 抗爆结构构件的截面面积、配筋面积应通过计算确定,不得随意加大截面面积、配筋面积和提高钢筋、钢材的强度等级。

6.2.6 抗爆设计时应采用材料的动力强度,材料的动力强度应按

下列公式计算：

$$f_d = \gamma_{sif} \cdot \gamma_{dif} \cdot f_k \quad (6.2.6-1)$$

$$f_{dst} = \gamma_{sif} \cdot \gamma_{dif} \cdot f_{stk} \quad (6.2.6-2)$$

式中： f_d ——材料的动力强度设计值(N/mm²)；

f_k ——材料强度标准值(N/mm²)，应根据构件的受力状态分别取值，钢筋取屈服强度标准值，混凝土取轴心抗压或抗拉强度标准值，钢材取屈服强度或屈服抗剪强度，砌体分别取抗压、弯曲抗拉或抗剪强度标准值，复合加劲材料取抗拉强度标准值，抗爆涂层取抗拉强度；

f_{dst} ——钢筋的动力强度极限值(N/mm²)；

f_{stk} ——钢筋的极限强度标准值(N/mm²)；

γ_{sif} ——材料的强度提高系数，按表 6.2.6-1 取值；

γ_{dif} ——材料强度的动力提高系数，按表 6.2.6-2 取值。

表 6.2.6-1 材料的强度提高系数

材 料	强度提高系数 γ_{sif}
钢筋(屈服强度标准值不大于 400N/mm ²)	1.10
混凝土	1.00
砌体	1.00
钢材(屈服强度不大于 355N/mm ²)	1.10
冷弯型钢	1.21
复合加劲材料	1.00
抗爆涂层	1.00

表 6.2.6-2 材料强度的动力提高系数

材 料	动力提高系数 γ_{dif}				
	弯曲	受压	受拉	斜截面抗剪	直剪
混凝土(C50 及以下)	1.19	1.12	—	1.00	1.10
钢筋(屈服强度)	1.17	1.10	—	1.00	1.10

续表 6.2.6-2

材 料		动力提高系数 γ_{df}				
		弯曲	受压	受拉	斜截面抗剪	直剪
钢筋(极限强度)		1.05	1.00	—	1.00	1.00
钢材	Q235	1.29	1.19	1.19	—	1.29
	Q355	1.19	1.12	1.12	—	1.19
砌体		1.19	1.12	—	1.00	1.00
复合加劲材料		1.00	—	—	1.00	—
抗爆涂层		1.10	—	—	1.00	—

6.2.7 钢筋混凝土和加劲砌体结构构件的动力计算中,钢筋应采用动设计应力,钢筋的动设计应力应按表 6.2.7 确定。

表 6.2.7 钢筋动设计应力

应力类型	钢筋类型	最大支座转角 $\theta(^{\circ})$	动设计应力
弯曲	受拉和受压	$0 < \theta \leq 2$	f_d
		$2 < \theta \leq 5$	$f_d + (f_{dst} - f_d)/4$
斜拉	箍筋	—	f_d
直剪	弯起钢筋	$0 < \theta \leq 2$	f_d
		$2 < \theta \leq 5$	$f_d + (f_{dst} - f_d)/4$
抗压	柱纵筋	—	f_d

6.2.8 钢结构连接节点、柱脚用材料的强度可不作动力调整,强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 取值。

6.2.9 在爆炸荷载作用下,混凝土、钢材、砌体的弹性模量、泊松比可不进行动力调整。配筋砌块砌体的弹性模量应按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定计算。

6.3 荷载效应组合

6.3.1 抗爆设计时,风荷载、雪荷载、屋面活荷载和地震作用不参

与组合,结构构件的荷载效应组合应满足下式要求:

$$R \geq \gamma_0 \left(\gamma_G S_{G_k} + \gamma_B S_{BK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \Psi_{Q_i} S_{Q_{ik}} \right) \quad (6.3.1)$$

式中: R ——结构构件抗力的设计值;

γ_0 ——结构重要性系数,取 1.0;

γ_G ——永久荷载分项系数,取 1.0;

γ_B ——爆炸荷载分项系数,取 1.0;

γ_{Q_i} ——可变荷载分项系数,取 1.0;

S_{G_k} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值;

S_{BK} ——爆炸荷载效应值;

$S_{Q_{ik}}$ ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值;

Ψ_{Q_i} ——可变荷载 Q 的组合值系数,按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 采用。

6.3.2 抗爆设计时,结构构件的变形应满足下式要求:

$$S_d \leq C \quad (6.3.2)$$

式中: S_d ——作用组合的效应设计值;

C ——结构构件的变形限值。

6.4 结构动力计算

6.4.1 结构动力分析宜采用有限元分析方法进行整体分析。单层建筑物的外墙、屋面板等结构构件可简化为单自由度体系,可采用闭式解法、图解法、数值积分法进行动力分析、计算,图解法、数值积分法见本标准附录 A、附录 B。

6.4.2 爆炸荷载作用下,受弯、压弯构件的剪切抗力不应低于其弯曲抗力的 1.2 倍。

6.4.3 爆炸荷载作用下构件的延性比应按下列公式计算:

$$\mu = \frac{X_m}{X_y} \quad (6.4.3-1)$$

$$X_y = \frac{R_u}{k} \quad (6.4.3-2)$$

式中： μ ——构件的延性比；

X_m ——构件的弹塑性变形 (mm)；

X_y ——构件的弹性极限变形 (mm)；

R_u ——结构构件的极限抗力 (kN)，取构件极限弯曲抗力和极限剪切抗力的较小值；

k ——构件刚度，根据构件两端支座条件和应变范围按本标准附录 C 的公式计算。

6.4.4 爆炸荷载作用下构件的支座转角应按下列公式计算：

$$\theta = \arctan\left(\frac{2X_m}{L_0}\right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (6.4.4)$$

式中： θ ——构件的支座转角 ($^\circ$)，支座转角示意图见图 6.4.4；

L_0 ——构件的跨度或高度 (mm)。

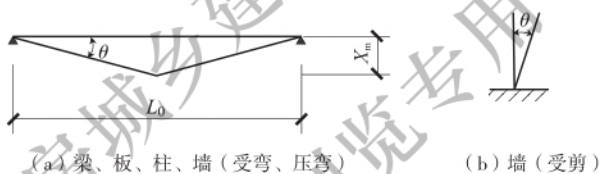


图 6.4.4 构件支座转角示意图

6.4.5 单自由度体系构件进行动力分析时，其等效质量的运动方程可采用下列公式：

$$K_{Lm} \cdot m \cdot a + k \cdot y = F_t \quad (6.4.5-1)$$

$$K_{Lm} = \frac{K_m}{K_L} \quad (6.4.5-2)$$

式中： K_{Lm} ——荷载-质量系数；

K_m ——质量系数，根据构件两端支座条件和应变范围按本标准附录 C 取值，对两端简支构件，采用弹塑性动力分析时，应取弹性和塑性数值的平均值；

K_L ——荷载系数，根据构件两端支座条件和应变范围按本

标准附录 C 取值,对两端简支构件,采用弹塑性动力分析时,应取弹性和塑性数值的平均值;

m ——构件质量(kg);

a ——质点运动加速度 (m/s^2);

y ——质点位移(m);

F_i ——不同时间点作用在构件上的力(N)。

6.4.6 单自由度体系构件进行弹塑性动力分析时,其等效质量和自振周期可按下列公式计算:

$$M_e = K_{\text{Im}} \cdot m \quad (6.4.6-1)$$

$$T_N = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{M_e}{k}} \quad (6.4.6-2)$$

式中: M_e ——构件的等效质量(kg);

T_N ——构件的自振周期(s)。

6.4.7 钢筋混凝土构件和加劲砌体构件采用弹塑性动力分析时,截面惯性矩应计入构件开裂的影响,并按下列公式计算:

$$I_a = 0.5 \cdot (I + I_{\text{cr}}) \quad (6.4.7-1)$$

钢筋混凝土构件:

$$I_{\text{cr}} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(h_0 - c)^2 \quad (6.4.7-2)$$

$$c = \frac{-nA_s + \sqrt{nA_s(nA_s + 2bh_0)}}{b} \quad (6.4.7-3)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (6.4.7-4)$$

加劲砌体构件:

$$I_{\text{cr}} = 0.005bh^3 \quad (6.4.7-5)$$

式中: I_a ——构件截面平均惯性矩(mm^4);

I ——构件的截面惯性矩(mm^4),忽略钢筋影响;

I_{cr} ——开裂截面惯性矩(mm^4);

b ——构件截面宽度(mm);

c ——受压区高度(mm);

- n ——钢筋混凝土构件截面的换算系数；
 h_0 ——构件截面有效高度(mm)；
 A_s ——构件配筋面积(mm²)；
 E_s ——钢筋弹性模量(N/mm²)；
 E_c ——混凝土弹性模量(N/mm²)；
 h ——构件截面高度(mm)。

6.4.8 钢筋混凝土屋面板、外墙等承受平面内剪切、平面外弯曲共同作用的结构构件，其动力计算应符合下列规定：

1 平面内、平面外动力计算应分别进行，且应满足下式要求：

$$(\Delta_{ci}/\Delta_{ai})^2 + (\Delta_{co}/\Delta_{ao})^2 \leq 1.0 \quad (6.4.8)$$

式中： Δ_{ci} 、 Δ_{co} ——计算的平面内、平面外延性比或支座转角；

Δ_{ai} 、 Δ_{ao} ——平面内、平面外延性比或支座转角的允许值。

2 屋面板、侧墙平面内计算时，板厚或墙厚宜取其实际厚度的一半，两侧有钢筋混凝土构件时应将其作为屋面板或侧墙的翼缘，两侧为钢筋混凝土墙时屋面板的翼缘宽度应按本标准第6.5.7条确定的暗梁高度取值，侧墙的翼缘宽度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定确定。

3 平面内抗剪计算时，不应计入翼缘的作用。

4 侧墙平面内计算时，应计入剪切变形的影响，构件刚度应采用弯、剪共同作用时的等效刚度。

6.4.9 单自由度构件采用闭式解法进行简化动力分析时，构件的延性比可按下列公式迭代计算：

$$\frac{P}{R_u} = \frac{\sqrt{2\mu-1}}{\pi\tau} + \frac{(2\mu-1)\tau}{2\mu(\tau+0.7)} \quad (6.4.9-1)$$

$$\tau = T_d/T_N \quad (6.4.9-2)$$

式中： P ——作用在构件上的爆炸荷载(kN)；

τ ——爆炸荷载有效作用时间与构件自振周期的比值；

T_d ——爆炸荷载有效作用时间(s)，前墙 $T_d = t_c$ ，侧墙、屋面 $T_d = t_r + t_d$ ，后墙 $T_d = t_{rb} + t_d$ 。

6.4.10 采用本标准式(6.4.9-1)迭代计算出的构件延性比及根据该延性比按本标准式(6.4.3-1)、式(6.4.4)计算出的支座转角应满足本标准表 6.1.3 和表 6.1.4 的要求。本标准表 6.1.3 中无延性比要求的钢筋混凝土、加劲砌体构件,计算出的延性比不宜小于 2.0。

6.4.11 爆炸荷载作用下,除抗爆涂层加劲砌体填充墙以外的结构构件应根据现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017 进行抗剪承载力验算。同时,钢筋混凝土构件、组合砖砌体构件、配筋砌块砌体构件还应进行直剪承载力验算,验算时的直剪承载力应按下列公式计算:

$$V = V_m + V_s \quad (6.4.11-1)$$

钢筋混凝土构件:

$$V_m = 0.18f_{cd}bh \quad (6.4.11-2)$$

组合砖砌体、配筋砌块砌体构件:

$$V_m = f_{vd}bh \quad (6.4.11-3)$$

$$V_s = A_{sb}f_{yd}\sin\alpha \quad (6.4.11-4)$$

式中: V ——构件的直剪承载力(kN);

V_m ——构件材料提供的直剪承载力(kN),受拉构件和支座转角大于 2° 的两端刚接构件,取 $V_m=0$;

V_s ——弯起钢筋提供的直剪承载力(kN);

f_{cd} ——混凝土的动力抗压强度设计值(N/mm^2),按本标准式(6.2.6-1)计算;

f_{vd} ——加劲砌体的动力抗剪强度设计值(N/mm^2),按本标准式(6.2.6-1)计算;

A_{sb} ——弯起钢筋面积(mm^2);

f_{yd} ——弯起钢筋的动设计应力(N/mm^2),按本标准式(6.2.6-1)计算;

α ——弯起钢筋的弯起角度。

6.4.12 爆炸荷载作用下,进行抗剪承载力验算时,构件的剪力设计值应取其最大支座动反力。

6.5 结构构造

6.5.1 钢筋混凝土抗爆墙应符合下列规定:

- 1 墙厚度不应小于 200mm,且不宜小于层高的 $1/25$;
- 2 应采用双层双向配筋,且每层每个方向的配筋率不应小于 0.25%,最大配筋率不应大于 1.5%;
- 3 设计支座转角大于 2° 时,应配置弯起抗剪钢筋。

6.5.2 钢筋混凝土框架梁应符合下列规定:

- 1 框架梁的截面宽度不宜小于 250mm,且不宜小于柱宽的 $1/2$;
- 2 梁截面的高宽比不宜大于 4;
- 3 梁净跨与截面高度之比不宜小于 4;
- 4 梁端纵向受拉钢筋的配筋率不宜大于 2.5%;
- 5 设计支座转角大于 1° 时,应配置弯起抗剪钢筋。

6.5.3 钢筋混凝土框架柱应符合下列规定:

- 1 框架柱截面的最小边长不宜小于 300mm;
- 2 剪跨比宜大于 2;
- 3 截面长边与短边的边长比不宜大于 3;
- 4 柱截面纵向钢筋的最小总配筋率不宜小于 0.9%,最大总配筋率不应大于 5%。

6.5.4 钢筋混凝土楼板、屋面板应符合下列规定:

- 1 板的跨度不宜大于 3.0m,厚度不应小于 125mm;
- 2 应采用双层双向配筋,且每层每个方向的配筋率不应小于 0.25%,最大配筋率不应大于 1.5%;
- 3 设计支座转角大于 2° 时,应配置弯起抗剪钢筋。

6.5.5 钢筋直径不应大于 25mm,钢筋连接可采用绑扎搭接或机械连接,并符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的

规定。采用机械连接时,接头等级不应低于Ⅱ级,并应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。

6.5.6 钢筋混凝土抗爆外墙两端、交接处应设置暗柱,并应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中剪力墙构造边缘构件的规定。

6.5.7 钢筋混凝土外墙应在楼、屋盖处设置暗梁,暗梁的截面高度可取楼板或屋面板厚度的 5 倍,且不应小于 500mm,暗梁侧面配筋应根据楼、屋盖平面内动力分析计算确定。

6.5.8 配筋砌块砌体墙应符合下列规定:

1 墙体厚度不应小于 190mm;

2 抗爆外墙竖向钢筋宜双排布置,内墙竖向钢筋宜单排布置,配筋率不应小于 0.2%,钢筋直径宜为 12mm~25mm,间距不应大于 200mm;

3 水平钢筋应采用双排布置,配筋率不应小于 0.15%,并应设拉结筋。水平钢筋直径不应小于 8mm,竖向间距不应大于 400mm;拉结筋直径不应小于 6mm,水平间距不应大于 400mm。水平钢筋应锚固于两端的钢筋混凝土柱。

6.5.9 组合砖砌体墙应符合下列规定:

1 墙体厚度不应小于 240mm。

2 砂浆面层的厚度可采用 30mm~45mm。当面层厚度大于 45mm 时,应采用混凝土面层。

3 受压钢筋的配筋率,砂浆面层时不宜小于 0.1%,混凝土面层时不宜小于 0.2%。受拉钢筋的配筋率不应小于 0.1%。竖向受力钢筋直径不应小于 8mm,钢筋的净间距不应小于 30mm。

4 应设置穿通墙体的竖向钢筋拉结筋和水平分布钢筋。拉结筋直径宜为 6mm,水平间距宜为 200mm,竖向间距不应大于 500mm;水平分布钢筋直径不应小于 8mm,竖向间距不应大于 500mm。水平分布钢筋应锚固于两端的钢筋混凝土柱。

6.5.10 配筋砌块砌体和组合砖砌体墙的两端、交接处应设置钢

筋混凝土柱。钢筋混凝土柱的截面宽度应与墙体厚度一致，截面高度不应小于 2 倍墙厚。

6.5.11 配筋砌块砌体、组合砖砌体墙竖向钢筋应锚入基础梁、楼面梁、屋面梁。

6.5.12 配筋砌块砌体、组合砖砌体墙的长度大于 5.0m 时，墙体中部应设构造柱。

6.5.13 钢筋混凝土、加劲砌体外墙上抗爆门、窗洞口及宽度大于 1000mm 的洞口的加强措施应符合下列规定：

1 洞口两侧应设置钢筋混凝土暗柱，洞口上下应设置钢筋混凝土暗梁；

2 钢筋混凝土暗柱下端应生根于基础或楼面梁，上端应伸入楼、屋面板；钢筋混凝土暗梁钢筋超出洞口的长度不应小于钢筋锚固长度；

3 钢筋混凝土暗柱、暗梁应能承受负载范围内的爆炸荷载。

6.5.14 钢筋混凝土、加劲砌体外墙上尺寸不大于 1000mm 的开洞可采用附加钢筋进行加强，加强钢筋面积不应小于被切断钢筋的面积。

6.5.15 钢框架-支撑结构应符合下列规定：

1 框架柱的长细比不应大于 $100 \sqrt{235/f_y}$ ，翼缘的宽厚比不应大于 $12 \sqrt{235/f_y}$ ，腹板的高厚比不应大于 $48 \sqrt{235/f_y}$ ， f_y 为钢材的屈服强度；

2 框架梁翼缘的宽厚比不应大于 $10 \sqrt{235/f_y}$ ，腹板的高厚比不应大于 $70 \sqrt{235/f_y}$ ；

3 支撑杆件的长细比不应大于 $120 \sqrt{235/f_y}$ ，翼缘的宽厚比不应大于 $10 \sqrt{235/f_y}$ ，腹板的高厚比不应大于 $27 \sqrt{235/f_y}$ 。

6.5.16 钢框架-支撑结构采用钢结构楼面、屋面时应设置水平支撑。

6.5.17 钢结构柱脚应设置抗剪键。抗剪键尺寸、地脚螺栓直径应通过动力分析计算确定。地脚螺栓不得采用胀锚螺栓或化学螺栓。

6.5.18 当设置有刚性地坪时,刚性地坪应符合下列规定:

1 刚性地坪应采用双层双向配筋,钢筋直径不应小于12mm,间距不应大于200mm;

2 刚性地坪开洞时,洞口间净距及洞口边至抗爆外墙内侧的距离不应小于洞口宽度,洞口加强钢筋面积不应小于被切断钢筋的面积。

6.6 基础设计

6.6.1 爆炸荷载作用下,基础应进行地基承载力、抗倾覆及抗滑移验算。设计时应采用外墙爆炸荷载、屋面爆炸荷载、屋面和楼面恒荷载、楼面活荷载同时组合的动力响应最大值。

6.6.2 爆炸荷载作用下,当采用天然地基或复合地基时,基础的设计应符合下列规定:

1 地基土承载力验算时,地基土的允许承载力可取特征值的2倍。

2 抗倾覆验算时,抗倾覆安全系数不应小于1.2,不计入楼面活荷载的影响。

3 抗滑移验算时,抗滑移安全系数不应小于1.0。当利用基础的被动土压力增加抗滑移能力时,基础的被动土压力不应小于不平衡荷载的1.5倍,不平衡荷载取总动水平荷载减去摩擦阻力。

4 混凝土基础与地基土间的摩擦系数宜按表6.6.2取值。

表 6.6.2 混凝土基础与地基土间的摩擦系数

土层类别	摩擦系数
黏土,可塑	0.25
黏土,硬塑	0.30
粉土	0.30
黏土,坚硬	0.35
中、粗砂,碎石土,软质岩	0.40
硬质岩	0.65

6.6.3 爆炸荷载作用下,桩基础的设计应符合下列规定:

1 桩的竖向承载力可取竖向极限承载力。

2 桩的水平承载力可取水平极限承载力。利用基础的被动土压力与桩共同抗滑移时,基础的被动土压力不应小于不平衡荷载的1.5倍,不平衡荷载取总动水平荷载减去桩分担的水平力。

6.6.4 基础埋深不宜小于1.5m。

6.6.5 抗爆外墙与基础或刚性地坪的连接宜采用铰接形式(图6.6.5)。

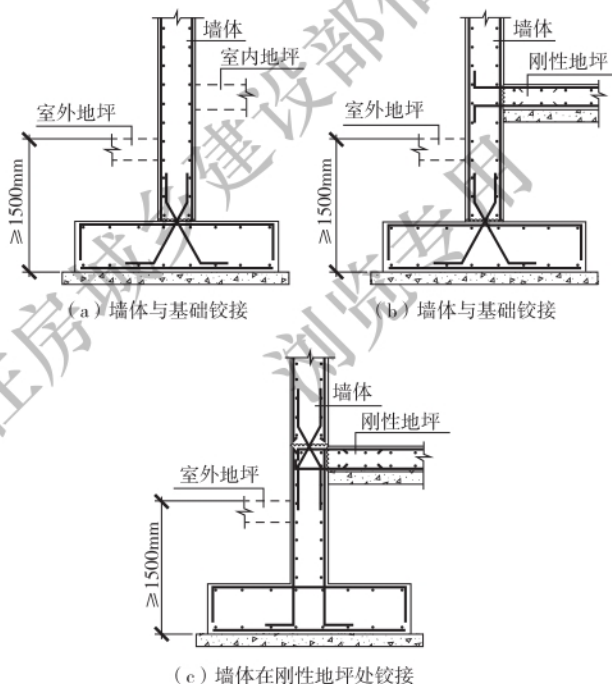


图 6.6.5 抗爆外墙与基础或刚性地坪的连接示意

6.6.6 独立基础、桩承台宜沿两个主轴方向设置联系梁。

6.6.7 基坑及室内地坪下回填土应分层压实,压实系数不应小于0.95。

7 通风与空调设计

7.1 一般规定

7.1.1 功能性房间的暖通空调系统的控制柜宜设置备用电源。

7.1.2 通风空调设备应与建筑物的火灾报警系统连锁,火灾发生时应自动关闭防火阀,并切断与消防无关的通风空调设备的电源。

7.1.3 新风及回风应过滤。新风过滤器宜采用粗效过滤器和中效过滤器,回风宜采用粗效过滤器。供给主要功能性房间的新风应设化学过滤器。

7.1.4 集中空调系统的运行空调机与备用空调机之间宜设置故障自动切换、定时自动切换。

7.1.5 功能性房间的空调设备运行状态及故障报警信号宜引至集散控制系统(DCS)。

7.1.6 抗爆建筑物的防排烟设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251 的规定。

7.1.7 主要通风空调设备的启停状态应符合表 7.1.7 的规定。

表 7.1.7 通风空调设备的启停状态

设备类型	正常状态	新风进口可燃或有毒气体报警	建筑物内烟感报警	主电源断电
新风机组	运行	停机,关闭电动密闭阀	停机	停机
排风机	运行	停机,关闭电动密闭阀	停机	停机
排烟补风机	停机	停机,关闭电动密闭阀	运行	消防电源供电

续表 7.1.7

设备类型	正常状态	新风进口可燃或有毒气体报警	建筑物内烟感报警	主电源断电
加压风机	停机	停机,关闭电动密闭阀	运行	消防电源供电
排烟风机	停机	停机,关闭电动密闭阀	运行	消防电源供电
空调机	运行	运行	停机	停机
功能性房间的 HVAC 控制系统	运行	运行	运行	运行 ^①

注:①指功能性房间的暖通空调控制系统。

7.1.8 穿越抗爆墙的管线应设置套管,套管直径不宜超过 200mm,穿墙管线与套管之间应采取密封措施。

7.1.9 布置在装置内的抗爆建筑物,进出风口不得设置在有火灾危险性设备侧的外墙上。

7.2 室内空气计算参数

7.2.1 辅助办公类房间的室内空气计算参数应符合现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的规定。

7.2.2 功能性房间的室内空气计算参数应由主体专业提供,当主体专业无特殊要求时,室内空气计算参数及噪声限值应按表 7.2.2 执行。

表 7.2.2 功能性房间的室内空气计算参数

房间名称	夏季		冬季		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 (%)		
操作室	26±2	50±10	20±2	50±10	55	65
机柜室	26±2	50±10	20±2	50±10	65	75

续表 7.2.2

房间名称	夏季		冬季		噪声不宜 大于 [dB(A)]	噪声不得 大于 [dB(A)]
	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度 (°C)	相对湿度 (%)		
工程师室	26±2	50±10	20±2	50±10	55	65
电信室	≤30	≤70	≥18	—	55	65
不间断电源室	≤30	≤70	≥18	—	65	75

注:1 恒温恒湿房间的温度变化率应小于 5°C/h,相对湿度变化率应小于 6%/h。

2 当机柜间等房间冬季需要供暖时,室内温度取 26°C±2°C。

7.2.3 功能性房间的室内空气质量应符合下列规定:

- 1 粒径小于 10 μ m 的灰尘浓度应小于 0.2mg/m³;
- 2 H₂S、Cl₂ 的浓度应小于 0.01mg/m³;
- 3 SO₂ 的浓度应小于 0.1mg/m³。

7.3 空调系统

7.3.1 空调系统的设置应根据工艺要求和房间的需求确定。

7.3.2 空调机应选用自带冷源的风冷式单元空调机,空调机宜安装在空调机房内。无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 功能性房间空调系统的空调机应设置一台备用。

7.3.4 当空调冷源为厂区供给的冷冻水时,功能性房间的空调机应采用双冷源型。

7.4 新风系统与排风系统

7.4.1 抗爆建筑物空调系统的新风量应取下列三项中的最大值:

- 1 按工作人员计算,每人 50m³/h;
- 2 总送风量的 10%;
- 3 维持室内正压所需新风量。

7.4.2 当抗爆建筑物位于装置区时,新风取风口位置宜高于

屋面。

7.4.3 当爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 时,设在抗爆建筑物墙面和屋面上的进风口均应加装抗爆阀。抗爆阀应直接安装在建筑围护结构上。

7.4.4 抗爆阀的性能应符合下列规定:

1 应确保在抗爆建筑物外发生爆炸时,在正负压情况下均应自动关闭,当外部空气压力恢复正常时应自动复位;

2 最小关闭力:不应大于 3.0kPa;

3 抗爆能力:抗爆能力不应小于峰值入射超压的 2 倍,超压作用时间应与建筑物相同;

4 抗爆阀的关闭时间和透压率应符合表 7.4.4 的规定;

表 7.4.4 抗爆阀的关闭时间和透压率

阀前峰值入射超压 (kPa)	6.9~21.0	21.0 ~ 48.0
关闭时间 (ms)	≤10	≤8
透压率 (%)	≤20	≤20

注:透压率=阀后冲量/阀前冲量。

5 工作温度:300℃环境下连续工作时间应大于 30min。

7.4.5 进出抗爆建筑物的风管上均应设置电动密闭阀。新风引入口有可能进入可燃气体和有毒气体时,应在引入口附近设置可燃、有毒气体探测报警器。当可燃、有毒气体探测器报警时,应自动联锁关闭密闭阀及停运新风机、排风机等。

7.4.6 电动密闭阀应符合现行行业标准《建筑通风风量调节阀》JG/T 436 的规定,并应符合下列规定:

1 应根据抗爆建筑物周围爆炸时可能产生的有毒、可燃气体性质不同,确定密闭阀的等级;

2 阀门应选用电动复位型,且带有手动关闭、手动复位功能;

3 阀门关闭时间不应大于 8s;

4 阀门宜靠近墙体或屋面安装;

5 用于排烟系统的电动密闭阀应保证在 300℃ 环境下连续工作大于 30min。

7.4.7 抗爆建筑物内置蓄电池的不间断电源室应设置机械排风，换气次数不应小于 3 次/h。吸风口应设在房间上部，吸风口上缘距顶棚平面或屋顶的距离不应大于 0.1m。

7.5 空调机房

7.5.1 空调机房应设在抗爆建筑物内，且宜靠近空气处理机组的服务区域。

7.5.2 空调机的室外机宜安装在地面上。

住房城乡建设部信息公开
浏览专用

8 既有建筑物抗爆设计

8.1 一般规定

8.1.1 既有建筑物抗爆设计前,应按现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 对既有建筑物进行结构检测、可靠性鉴定和抗震能力鉴定。

8.1.2 既有建筑物的抗爆设计应符合下列规定:

1 抗爆设计应以施工方便、经济合理、减少对原建筑物室内设施的影响和避免不必要的拆除、更换为原则;

2 抗爆设计方案应根据既有建筑物的结构形式、检测和鉴定结论、爆炸荷载及加固后建筑物的使用功能和需求,经综合对比后确定。

8.1.3 抗爆设计应与实际施工方法紧密结合,保证新增构件和部件与原结构连接可靠,新增截面与原截面粘结牢固,形成整体工作;并应避免对未加固部分以及相关的结构、构件和地基基础造成不利的影晌。

8.1.4 高温、高湿、低温、冻融、化学腐蚀、振动、收缩应力、温度应力、地基不均匀沉降等因素引起的原结构损坏,应在加固设计中提出防治对策。

8.1.5 加固过程中可能出现倾斜、失稳、过大变形或坍塌的结构,应在加固设计文件中提出相应的临时性安全措施。

8.1.6 抗爆设计应明确建筑物加固后的用途。在抗爆设计工作年限内,未经技术鉴定或设计许可,不得改变加固后建筑物的用途和使用环境。

8.1.7 抗爆加固后构件的耐火极限应符合现行国家标准《建筑设

计防火规范》GB 50016 的规定。

8.1.8 使用胶粘方法或掺有聚合物材料等加固的结构、构件,应定期检查其工作状态;检查的时间间隔可由设计单位确定,但第一次检查时间不应迟于 10 年。

8.1.9 既有建筑物的抗爆设计除应满足本标准的要求外,还应符合国家现行标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《砌体结构加固设计规范》GB 50702、《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的规定,既有建筑物的抗爆加固施工应符合现行国家标准《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的规定。

8.2 建筑设计

8.2.1 建筑设计应符合本标准第 3 章及第 5 章的相关规定。

8.2.2 当裸露在室内侧的结构加固材料或构造的燃烧性能不满足建筑内部装修设计防火要求时,应采用不燃材料作防护层。

8.3 结构设计

8.3.1 作用在既有建筑物上的爆炸荷载应按本标准第 4.2 节的规定计算。

8.3.2 抗爆横墙之间的楼盖、屋盖长宽比应符合本标准第 3.0.13 条的规定。

8.3.3 新增构件和部件与原结构连接节点应按弹性状态设计。

8.3.4 钢筋混凝土构件和加劲砌体构件的允许变形、钢结构框架的层间侧向位移和构件的允许变形应分别符合本标准第 6.1.3 条、第 6.1.4 条的规定。

8.3.5 既有建筑物加固可分为直接加固与间接加固,设计时可根据既有建筑物的结构特点、实际条件和抗爆要求,选择适宜的加固方法。

8.3.6 钢筋混凝土构件直接加固宜根据工程的实际情况采用下列加固方法：

1 钢筋混凝土柱、梁：可采用加大截面加固法、外包型钢加固法、粘贴复合材料加固法等；

2 钢筋混凝土板：可采用抗爆涂层加固法、粘贴钢板加固法、粘贴复合材料加固法等。

8.3.7 钢筋混凝土构件间接加固法宜根据工程的实际情况采用增设支点加固法、增设剪力墙法等。

8.3.8 砌体墙的直接加固可采用抗爆涂层加固法、外加面层加固法、粘贴复合材料加固法等，间接加固可采用增设扶壁柱加固法等。

8.3.9 抗爆涂层加固法应符合本标准附录 D 的规定。其他加固方法应符合国家现行标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367、《砌体结构加固设计规范》GB 50702、《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123 的规定。

8.3.10 当既有建筑物采用以上加固方案仍无法满足抗爆要求时，也可采用在建筑物外增设独立的钢筋混凝土或钢结构外壳的方法，外壳与既有建筑物间的净距应大于外壳变形，并应满足施工要求。

8.3.11 抗爆设计时应采用材料的动力强度，材料的动力强度计算应符合本标准第 6.2 节的规定。

8.3.12 既有建筑物抗爆设计的荷载效应组合、结构动力计算、结构构造、基础设计应符合本标准第 6.3 节～第 6.6 节的规定。

8.4 通风与空调设计

8.4.1 通风与空调设计应符合本标准第 7.1 节的相关规定，室内空气计算参数取值应符合本标准第 7.2 节的规定。

8.4.2 空调系统、新风系统与排风系统设计、空调机房设置应符合本标准第 7.3 节～第 7.5 节的规定。

附录 A 动力分析图解法

A.0.1 结构构件可简化为单自由度构件,采用图解法进行简化动力分析。

A.0.2 图解法计算宜按下列步骤进行:

1 根据本标准第 4.2 节计算作用在构件上的爆炸荷载 P 。

2 初设构件截面尺寸,对钢筋混凝土构件初设其配筋,加劲砌体构件初设加劲体面积。

3 计算爆炸荷载作用下构件的抗力 R_u , R_u 应取弯曲抗力 R_b 和剪切抗力 R_s 的较小值。弯曲抗力 R_b 按本标准附录 C 所列公式计算,构件抗剪承载力按相应规范计算,剪切抗力 R_s 取构件抗剪承载力的 2 倍;构件弯曲抗力计算时应采用材料的动设计应力。

4 按本标准附录 C 所列公式和第 6.4.7 条计算构件刚度 k 。

5 按本标准式(6.4.3-2)计算构件的弹性极限变形。

6 按本标准式(6.4.6-1)和式(6.4.6-2)计算构件等效质量和自振周期 T_N 。

7 确定爆炸荷载有效作用时间 T_d ,前墙: $T_d = t_c$,侧墙、屋面: $T_d = t_r + t_d$,后墙: $T_d = t_{rb} + t_d$ 。

8 根据 T_d/T_N 、 R_u/P ,由图 A.0.2-1、图 A.0.2-2 查出构件的延性比 μ ,延性比 μ 应满足本标准表 6.1.3 和表 6.1.4 的要求。

9 根据本标准式(6.4.3-1)、式(6.4.4)计算构件的弹塑性变形 X_m 和支座转角 θ ,支座转角 θ 应满足本标准表 6.1.3 和表 6.1.4 的要求。

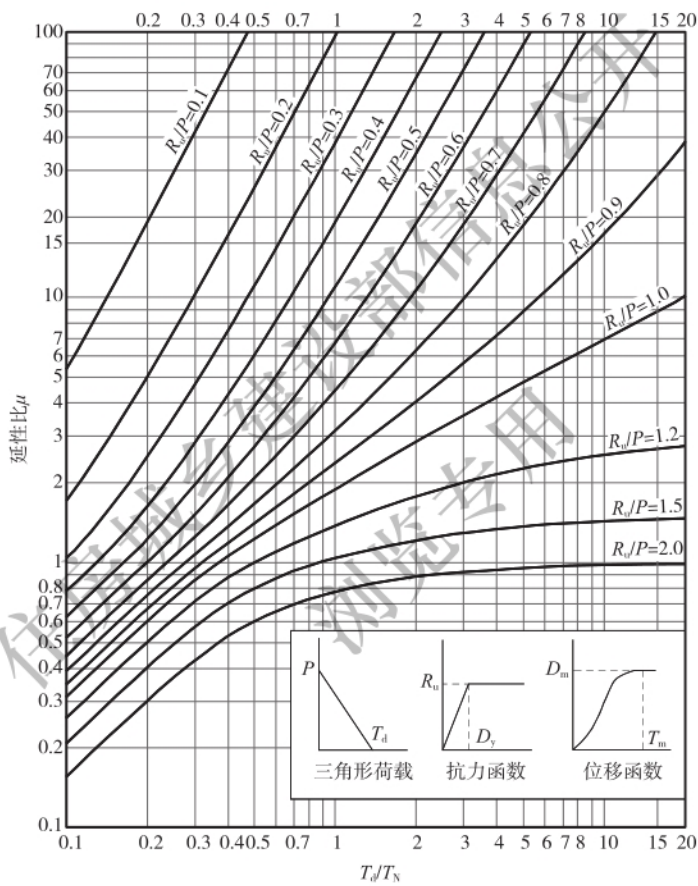


图 A. 0. 2-1 单自由度体系三角形荷载下的最大弹性变形
 D_y —屈服位移; D_m —最大位移; T_m —最大位移对应的作用时间

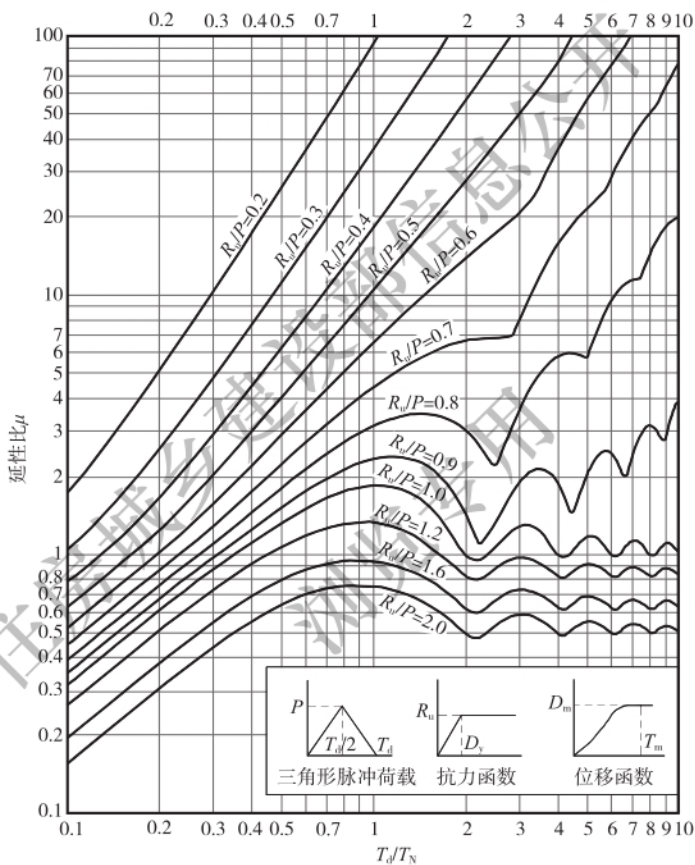


图 A.0.2-2 单自由度体系三角形脉冲荷载下的最大弹塑性变形

附录 B 动力分析数值积分法

B.0.1 结构构件可简化为单自由度构件,采用数值积分法进行简化动力分析。

B.0.2 数值积分法计算应按下列步骤进行:

1 按本标准附录 A 图解法步骤第 A.0.2 条第 1 款~第 7 款的规定执行。

2 确定时间增量 Δt ,可取自振周期的 0.05 倍~0.1 倍,或更短的时间间隔,但不应大于 25% 的自振周期。

3 由时间 $t=0$ 开始,计算每个 i 时间点的荷载 F_i 、加速度 a_i 、速度 v_i 、变形 y_i 、抗力 R_i 和支座动反力 V_i 。

4 当 $t=0$ 时,荷载、加速度、速度、变形、抗力的初始值如下:

1) 前墙: $F_0 = P$, 侧墙、屋面、后墙: $F_0 = 0$;

2) $a_0 = F_0 / M_c$;

3) $v_0 = 0$;

4) $y_0 = 0$;

5) $R_0 = 0$ 。

5 每个 i 时间点的荷载 F_i ,应根据作用在前墙、侧墙、屋面和后墙的爆炸荷载计算,如下:

1) 前墙: $F_i = F_{i-1} - \Delta t \cdot P / t_c$;

2) 侧墙、屋面平面外计算: $t < t_r$ 时, $F_i = F_{i-1} + \Delta t \cdot P / t_r$;

$t \geq t_r$ 时, $F_i = F_{i-1} - \Delta t \cdot P / t_d$;

3) 后墙平面外计算: $t < t_{rb}$ 时, $F_i = F_{i-1} + \Delta t \cdot P / t_{rb}$; $t \geq t_{rb}$ 时, $F_i = F_{i-1} - \Delta t \cdot P / t_d$ 。

6 弹性阶段加速度 a_i 按下式计算:

$$a_i = \frac{F_i - k \left(y_{i-1} + v_{i-1} \cdot \Delta t + \frac{1}{3} \cdot a_{i-1} \cdot (\Delta t)^2 \right)}{M_e + \frac{1}{6} \cdot k \cdot (\Delta t)^2} \quad (\text{B. 0. 2-1})$$

式中： a_i —— i 时间点质点的加速度 (m/s^2)；

F_i —— i 时间点质点的荷载 (kN)；

y_{i-1} —— $i-1$ 时间点质点的位移 (m)；

v_{i-1} —— $i-1$ 时间点质点的速度 (m/s)；

Δt ——时间增量 (s)。

7 速度 v_i 按下式计算：

$$v_i = v_{i-1} + 0.5(a_{i-1} + a_i) \cdot \Delta t \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

式中： v_i —— i 时间点质点的速度 (m/s)；

a_{i-1} —— $i-1$ 时间点质点的加速度 (m/s^2)。

8 变形 y_i 按下式计算：

$$y_i = y_{i-1} + v_{i-1} \cdot \Delta t + \left(\frac{1}{3} \cdot a_{i-1} + \frac{1}{6} \cdot a_i \right) \cdot (\Delta t)^2 \quad (\text{B. 0. 2-3})$$

式中： y_i —— i 时间点质点的位移 (m)。

9 抗力 R_i 按下式计算：

$$R_i = y_i \cdot k \quad (\text{B. 0. 2-4})$$

式中： R_i —— i 时间点的结构构件抗力 (kN)。

10 每个 i 时间点的支座动反力 V_i 应根据支座条件和应变范围，按本标准附录 C 表 C. 0. 1~表 C. 0. 3 计算，该反力将传递给楼板、屋面板或侧墙；屋面板平面内荷载等于每个 i 时间点前墙和后墙的支座动反力 V_i 之和，侧墙平面内荷载等于楼板、屋面板每个 i 时间点的支座动反力 V_i 。

B. 0. 3 弹性阶段时间 t_i 时的加速度应采用下式计算：

$$a_i = \frac{F_i - R_u}{M_e} \quad (\text{B. 0. 3})$$

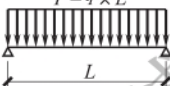
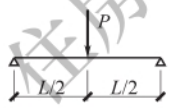
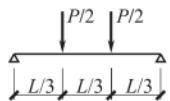
B.0.4 当计算的 R_i 超过 R_0 时,应利用本标准式(B.0.3)计算屈服即将发生时新的加速度值,再按本标准式(B.0.2-2)和式(B.0.2-3)计算当前的速度和变形,直至变形开始减小。

B.0.5 根据计算的最大变形,应按本标准式(6.4.3-1)、式(6.4.4)计算构件的延性比 μ 和支座转角 θ ,延性比 μ 、支座转角 θ 应满足本标准表 6.1.3 和表 6.1.4 的要求。

附录 C 各种支座条件、荷载形式下单 自由度构件动力计算参数

C.0.1 两端简支单自由度构件的动力计算参数应按表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 两端简支单自由度构件的动力计算参数

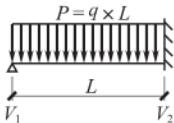
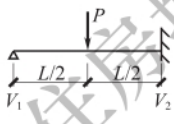
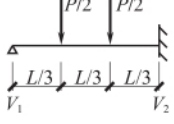
荷载图	应变范围	荷载系数 K_L	集中质量系数 K_m	均布质量系数 K_m	弯曲抗力 R_b	构件刚度 k	支座动反力 V
	弹性	0.64	—	0.50	$8M_{pc}/L$	$384EI/5L^3$	$0.39R + 0.11P$
	塑性	0.50	—	0.33	$8M_{pc}/L$	0	$0.38R_u + 0.12P$
	弹性	1.00	1.00	0.49	$4M_{pc}/L$	$48EI/L^3$	$0.78R - 0.28P$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$4M_{pc}/L$	0	$0.75R_u - 0.25P$
	弹性	0.87	0.76	0.52	$6M_{pc}/L$	$56.4EI/L^3$	$0.525R - 0.025P$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$6M_{pc}/L$	0	$0.52R_u - 0.02P$

注:1 集中质量平均分布在每个集中荷载作用处。

- 2 P 为作用在构件上总的爆炸荷载, M_{pc} 为构件跨中的极限抗弯承载力, 弯曲抗力 R_b 为与 M_{pc} 对应的构件能承受的极限荷载。
- 3 对两端简支情况的弹塑性分析, 可取弹性、塑性状态的平均值。
- 4 R 为爆炸荷载作用时间内不同时间点构件的抗力。 R 在达到 R_u 之前与变形成比例变化, 之后变形增加, 抗力不增加。

C.0.2 一端简支一端固定单自由度构件的动力计算参数应按表 C.0.2 确定。

表 C.0.2 一端简支一端固定单自由度构件的动力计算参数

荷载图	应变范围	荷载系数 K_L	集中质量系数 K_m	均布质量系数 K_m	弯曲抗力 R_b	构件刚度 k	支座动反力 V
	弹性	0.58	—	0.45	$8M_{pc}/L$	$185EI/L^3$	$V_1 = 0.26R + 0.12P$ $V_2 = 0.43R + 0.19P$
	弹塑性	0.64	—	0.5	$4(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	$384EI_a/5L^3$	$0.39R + 0.11P \pm M_{ps}/L$
	塑性	0.50	—	0.33	$4(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	0	$0.38R_u + 0.12P \pm M_{ps}/L$
	弹性	1.00	1.00	0.43	$16M_{pc}/3L$	$107EI/L^3$	$V_1 = 0.25R + 0.07P$ $V_2 = 0.54R + 0.14P$
	弹塑性	1.00	1.00	0.49	$2(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	$48EI_a/L^3$	$0.78R - 0.28P \pm M_{ps}/L$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$2(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	0	$0.75R_u - 0.25P \pm M_{ps}/L$
	弹性	0.81	0.67	0.45	$6M_{pc}/L$	$132EI/L^3$	$V_1 = 0.17R + 0.17P$ $V_2 = 0.33R + 0.33P$
	弹塑性	0.87	0.76	0.52	$2(M_{ps} + 3M_{pc})/L$	$56EI_a/L^3$	$0.525R - 0.025P \pm M_{ps}/L$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$2(M_{ps} + 3M_{pc})/L$	0	$0.52R_u - 0.02P \pm M_{ps}/L$

注:1 集中质量平均分布在每个集中荷载作用处。

2 M_{pc} 为跨中极限抗弯承载力, M_{ps} 为支座极限抗弯承载力。

C.0.3 两端固定单自由度构件的动力计算参数应按表 C.0.3 确定。

表 C.0.3 两端固定单自由度构件的动力计算参数

荷载图	应变范围	荷载系数 K_L	集中质量系数 K_m	均布质量系数 K_m	弯曲抗力 R_u	构件刚度 k	支座动反力 V
	弹性	0.53	—	0.41	$12M_{ps}/L$	$384EI/L^3$	$0.36R_u + 0.14P$
	弹塑性	0.64	—	0.50	$8(M_{ps} + M_{pc})/L$	$384EI_s/5L^3$	$0.39R_u + 0.11P$
	塑性	0.50	—	0.33	$8(M_{ps} + M_{pc})/L$	0	$0.38R_u + 0.12P$
	弹性	1.00	1.00	0.37	$4(M_{ps} + M_{pc})/L$	$192EI/L^3$	$0.71R_u - 0.21P$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$4(M_{ps} + M_{pc})/L$	0	$0.75R_u - 0.25P$

注:1 集中质量平均分布在每个集中荷载作用处。

2 M_{pc} 为跨中极限抗弯承载力, M_{ps} 为支座极限抗弯承载力。

附录 D 抗爆涂层加固法

D.1 一般规定

D.1.1 既有砌体墙实测的砌体强度等级不应低于 MU7.5,砂浆强度等级不应低于 M5,已开裂、腐蚀、风化的砖墙不得采用本方法进行加固。

D.1.2 既有钢筋混凝土板实测的混凝土强度等级不应低于 C15,且混凝土表面的正拉粘结强度不应低于 1.5MPa。

D.1.3 采用本方法加固的砌体墙、钢筋混凝土板,其长期使用的环境温度不应高于 60℃。

D.1.4 抗爆涂层加固法的设计应符合本标准第 8.3 节的规定。

D.1.5 承受平面内、平面外荷载共同作用的砌体结构外墙、钢筋混凝土屋面板,应分别进行平面内、平面外动力计算,且应满足本标准第 6.4.8 条的要求。

D.1.6 抗爆涂层的性能应符合表 D.1.6 的规定。

表 D.1.6 抗爆涂层性能

序号	项 目	性能指标
1	密度(kg/m ³)	≥1000
2	固体含量(%)	100
3	凝胶时间(s,25℃)	≤10
4	表干时间(s,25℃)	≤12
5	硬度(邵 D)	40~60
6	受拉弹性模量(MPa)	≥140
7	塑性模量(MPa)	≥3
8	抗拉强度(MPa)	≥15

续表 D.1.6

序号	项 目	性能指标
9	屈服强度(MPa)	≥ 9
10	热处理、酸处理、碱处理、盐处理、人工气候老化后抗拉强度(MPa)	≥ 12
11	断裂伸长率(%)	≥ 200
12	热处理、酸处理、碱处理、盐处理、人工气候老化后断裂伸长率(%)	≥ 160
13	撕裂强度(kN/m)	≥ 100
14	耐冲击(kg·m)	≥ 2
15	燃烧性能	不低于 B ₂ 级
16	吸水性(%)	≤ 1
17	与砌体的附着力(MPa)	≥ 1.8
18	与混凝土的附着力(MPa)	≥ 2.0

D.1.7 抗爆外墙的抗爆涂层应设置在背爆面,抗爆内墙的抗爆涂层应双面设置,抗爆涂层的最小厚度不应小于 3.0mm。

D.1.8 抗爆涂层采用的材料应具有产品合格证和性能检测报告,检测项目、检测方法应符合国家现行标准《喷涂聚脲防水涂料》GB/T 23446、《喷涂聚脲防护材料》HG/T 3831 的规定。

D.1.9 抗爆涂层端部与钢筋混凝土梁、柱连接处的抗拉承载力不应低于抗爆涂层最大拉力的 1.5 倍。

D.1.10 抗爆涂层表面应采用不燃材料进行防护。

D.2 砌体抗爆外墙、钢筋混凝土板平面外抗弯计算

D.2.1 砌体抗爆外墙的平面外抗弯承载力应按下式计算:

$$M = 0.85h f_{df} A_f \quad (D.2.1)$$

式中: M ——抗爆外墙的平面外弯矩设计值(kN·m);

f_{df} ——抗爆涂层的动力强度设计值(N/mm²),按本标准第

6.2.6 条计算；

A_f ——单位宽度抗爆涂层的截面面积(mm^2)；

h ——抗爆墙厚度(mm)。

D.2.2 钢筋混凝土板的平面外抗弯承载力应按下式计算：

$$M = 0.9h(f_{dy}A_s + f_{df}A_f) \quad (\text{D.2.2})$$

式中： M ——钢筋混凝土板的平面外弯矩设计值($\text{kN}\cdot\text{m}$)；

f_{dy} ——钢筋的动设计应力(N/mm^2)，按本标准第 6.2.7 条计算；

A_s ——板单位宽度钢筋的截面面积(mm^2)；

h ——板厚度(mm)。

D.2.3 钢筋混凝土板的平面外抗剪承载力计算及板的构造要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，直剪承载力计算应符合本标准第 6.4.11 条的规定。

D.3 砌体抗爆墙平面内抗剪计算

D.3.1 砌体抗爆墙的平面内抗剪承载力可按下列公式计算：

$$V = V_m + V_F \quad (\text{D.3.1-1})$$

$$V \leq 1.4V_m \quad (\text{D.3.1-2})$$

式中： V ——砌体抗爆墙的平面内剪力设计值(kN)；

V_m ——原砌体墙的抗剪承载力(kN)，按现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的规定计算，砌体抗剪强度采用动力抗剪强度；

V_F ——抗爆涂层加固后砌体抗爆墙提高的抗剪承载力(kN)。

D.3.2 抗爆涂层加固后提高的抗剪承载力应按下式计算。

$$V_F = 0.16f_{df}A_f \quad (\text{D.3.2})$$

D.4 构造

D.4.1 抗爆涂层端部应与钢筋混凝土梁、柱连接，连接长度不应

小于 100mm。当连接处为阴角时,抗爆涂层应采用钢板或角钢通过锚栓与主体结构锚固。

D.4.2 抗爆涂层与主体结构锚固应符合下列规定:

1 锚固用锚栓数量、直径应计算确定,每个锚栓的抗拉承载力不应小于其承载范围内抗爆涂层最大拉力的 2 倍;锚栓的计算和构造应符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 的规定;

2 锚栓的性能等级不应低于 4.8 级,直径不应小于 12mm,间距宜为 500mm;

3 采用钢板时,钢板厚度不应小于 6mm,宽度不应小于 50mm;

4 采用角钢时,角钢肢厚不应小于 5mm,开孔处肢宽不应小于 50mm;

5 锚栓、钢板或角钢应采取防腐措施,耐久性年限不应低于抗爆涂层的设计工作年限。

D.4.3 抗爆涂层施工前应对基层表面进行处理,基层表面不得有浮浆、孔洞、裂缝、灰尘、油污等。当基层不满足要求时,应进行打磨、除尘和修补。基层表面的孔洞和裂缝等缺陷应采用聚合物砂浆进行修复。

D.4.4 砌体墙表面处理后应做水泥砂浆找平层,厚度不应小于 15mm,强度等级不应低于 M10;找平层硬化、干燥后方可施工抗爆涂层。

D.4.5 抗爆涂层施工时,环境温度应大于 5℃,相对湿度应小于 85%,且基层表面温度应高出露点温度不小于 3℃。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《砌体结构设计规范》GB 50003
《建筑地基基础设计规范》GB 50007
《混凝土结构设计规范》GB 50010
《建筑抗震设计规范》GB 50011
《建筑设计防火规范》GB 50016
《钢结构设计标准》GB 50017
《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
《建筑抗震鉴定标准》GB 50023
《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
《石油化工企业设计防火标准》GB 50160
《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
《混凝土结构加固设计规范》GB 50367
《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550
《砌体结构加固设计规范》GB 50702
《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245
《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251
《喷涂聚脲防水涂料》GB/T 23446
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116
《既有建筑地基基础加固技术规范》JGJ 123
《建筑通风风量调节阀》JG/T 436
《喷涂聚脲防护材料》HG/T 3831