

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50779—2022

# 石油化工建筑物抗爆设计标准

Standard for blast resistant design of buildings  
in petrochemical engineering

2022-09-08 发布

2022-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工建筑物抗爆设计标准

Standard for blast resistant design of buildings  
in petrochemical engineering

**GB/T 50779—2022**

主编部门：中国石油化工集团有限公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 2 2 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2022 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2022 年 第 139 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《石油化工建筑物抗爆设计标准》的公告

现批准《石油化工建筑物抗爆设计标准》为国家标准,编号为 GB/T 50779-2022,自 2022 年 12 月 1 日起实施。原国家标准《石油化工控制室抗爆设计规范》(GB 50779-2012)同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社有限公司出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2022 年 9 月 8 日

# 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

# 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 )
附:条文说明 .....	( 61 )



# 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 )
	Addition; Explanation of provisions .....	( 61 )

# 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。

## 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

- $F_t$ ——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；  
 $\gamma_0$ ——结构重要性系数；  
 $\gamma_G$ ——永久荷载分项系数；  
 $\gamma_{Q_i}$ ——可变荷载分项系数；  
 $\gamma_B$ ——爆炸荷载分项系数；  
 $\Psi_{Q_i}$ ——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；
- $K_{Lm}$ ——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；
- $t_r$ ——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；
- $\gamma_{dif}$ ——材料强度的动力提高系数；
- $\gamma_{sif}$ ——材料的强度提高系数；
- $\mu$ ——构件的延性比；
- $\theta$ ——构件的支座转角；
- $\Delta_{ni}$ ——平面内延性比或支座转角的允许值；



- $\Delta_{a0}$ ——平面外延性比或支座转角的允许值；
- $\Delta_{ei}$ ——计算的平面内延性比或支座转角；
- $\Delta_{eo}$ ——计算的平面外延性比或支座转角；
- $\tau$ ——爆炸荷载有效作用时间与构件自振周期的比值；
- $\alpha$ ——弯起钢筋的弯起角度。

## 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

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。

## 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:

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

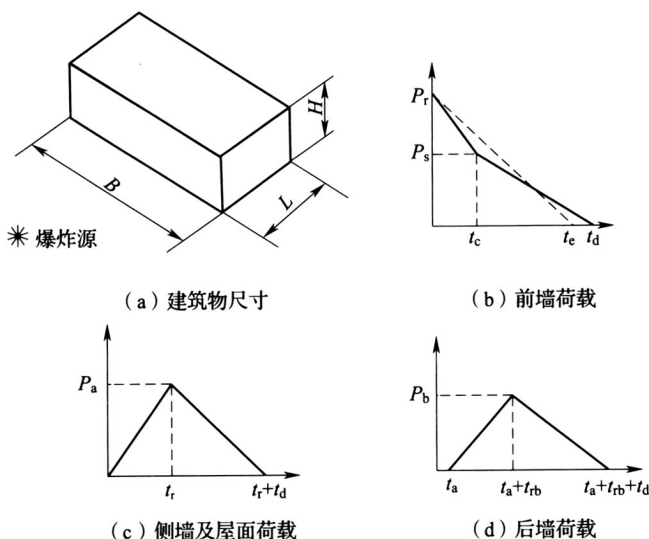


图 4.2.1 封闭矩形建筑物上的爆炸荷载

$H$ —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

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

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:

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

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

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

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 $10^\circ$ )上的爆炸荷载应按下列公式计算:

$$P_a = C_c \cdot P_{s0} + C_d \cdot q_0 \quad (4.2.3-1)$$

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

式中: $P_a$ ——作用在侧墙及屋面上的有效冲击波超压(kPa);

$C_c$ ——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:

$$P_b = C_c \cdot P_{s0} + C_d \cdot q_0 \quad (4.2.4-1)$$

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

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

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)。



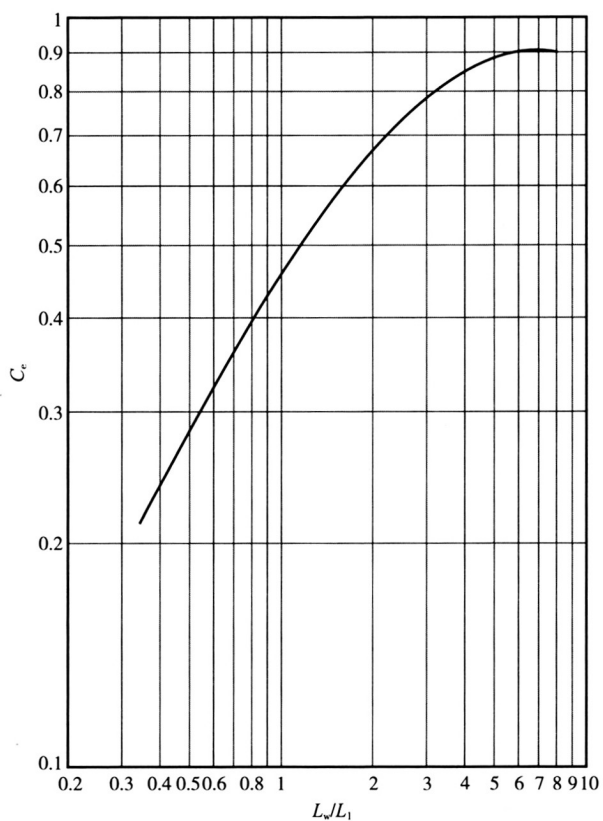


图 4.2.3 等效峰值压力系数

## 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  $6\text{m}^2$ 。

**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 400m<sup>2</sup> 且不大于 1500m<sup>2</sup> 时可设置 1 樘抗爆消防救援门,大于 1500m<sup>2</sup> 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尽头,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雨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雨水管网;

2 穿过室内的排雨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。

## 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 $\mu$	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 $\mu$	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 $\mu$	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 $\mu$	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/mm<sup>2</sup>)；

$f_k$ ——材料强度标准值(N/mm<sup>2</sup>)，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/mm<sup>2</sup>)；

$f_{stk}$ ——钢筋的极限强度标准值(N/mm<sup>2</sup>)；

$\gamma_{sif}$ ——材料的强度提高系数，按表 6.2.6-1 取值；

$\gamma_{dif}$ ——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 $\gamma_{sif}$
钢筋(屈服强度标准值不大于 400N/mm <sup>2</sup> )	1.10
混凝土	1.00
砌体	1.00
钢材(屈服强度不大于 355N/mm <sup>2</sup> )	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 $\gamma_{dif}$				
	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 $\gamma_{df}$				
		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;

$\gamma_0$ ——结构重要性系数,取 1.0;

$\gamma_G$ ——永久荷载分项系数,取 1.0;

$\gamma_B$ ——爆炸荷载分项系数,取 1.0;

$\gamma_{Q_i}$ ——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;

$\Psi_{Q_i}$ ——可变荷载  $Q_i$  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： $\mu$ ——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： $\theta$ ——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)。

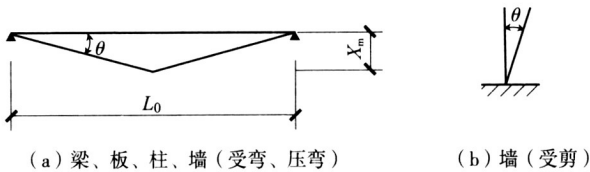


图 6.4.4 构件支座转角示意图

**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);

$F_t$ ——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:

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

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

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:

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

钢筋混凝土构件:

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

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

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

加劲砌体构件:

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

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(mm<sup>2</sup>)；  
 $E_s$ ——钢筋弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $E_c$ ——混凝土弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $h$ ——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： $\Delta_{ci}$ 、 $\Delta_{co}$ ——计算的平面内、平面外延性比或支座转角；

$\Delta_{ai}$ 、 $\Delta_{ao}$ ——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)；

$\tau$ ——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 $2^\circ$ 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;

$\alpha$ ——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  $2^\circ$  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  $1^\circ$  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  $2^\circ$  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)。

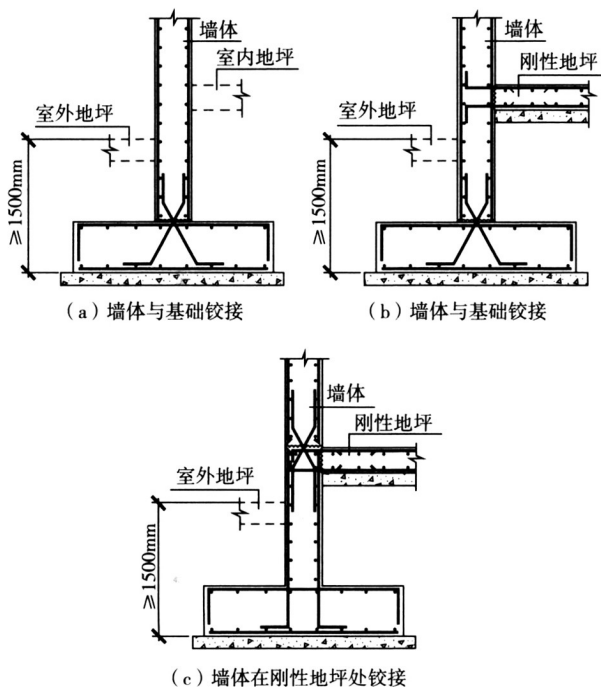


图 6.6.5 抗爆外墙与基础或刚性地坪的连接示意

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联锁,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 <sup>①</sup>

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冷时,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 $\mu$ m 的灰尘浓度应小于 0.2mg/m<sup>3</sup>;
- 2 H<sub>2</sub>S、Cl<sub>2</sub> 的浓度应小于 0.01mg/m<sup>3</sup>;
- 3 SO<sub>2</sub> 的浓度应小于 0.1mg/m<sup>3</sup>。

## 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 50m<sup>3</sup>/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出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。

## 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响。

**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、地基不均匀沉降等影响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:  $T_d = t_e$ ,侧墙、屋面:  $T_d = t_r + t_d$ ,后墙:  $T_d = t_{ib} + t_d$ 。

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  $\mu$ ,延性比  $\mu$  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  $\theta$ ,支座转角  $\theta$  应满足本标准表 6.1.3 和表 6.1.4 的要求。

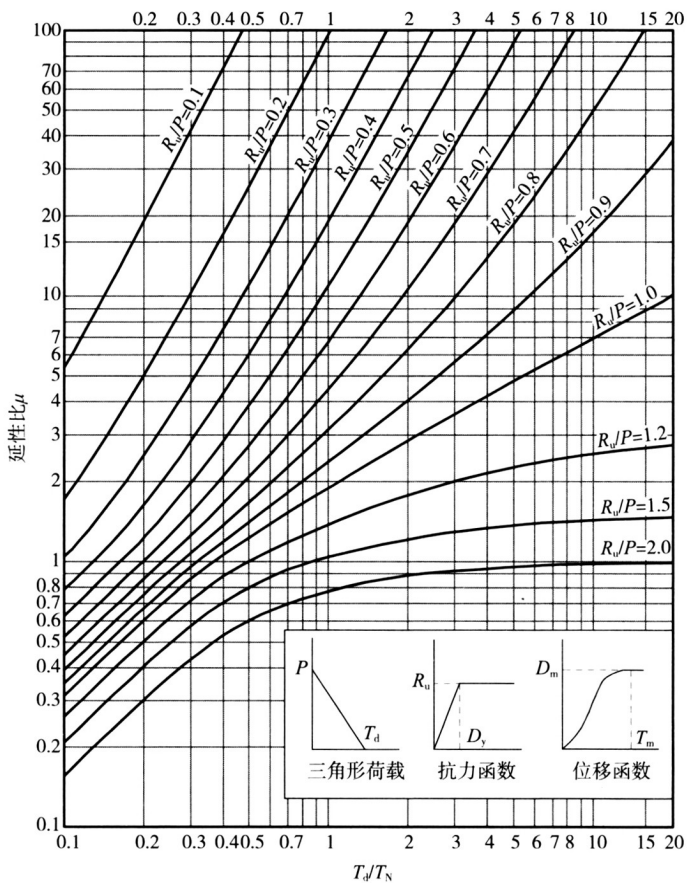


图 A. 0. 2-1 单自由度体系三角形荷载下的最大弹塑性变形  
 $D_y$ —屈服位移;  $D_m$ —最大位移;  $T_m$ —最大位移对应的作用时间



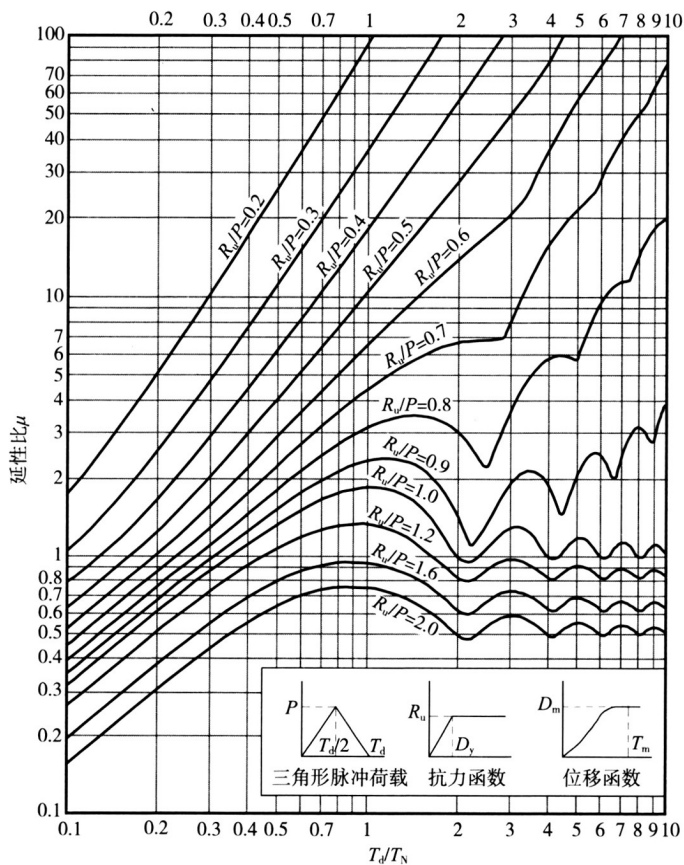


图 A. 0. 2-2 单自由度体系三角形脉冲荷载下的最大弹塑性变形

## 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  $\Delta t$ ,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:  $F_i = F_{i-1} - \Delta t \cdot P / t_e$ ;

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:

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

式中： $a_i$ —— $i$  时间点质点的加速度 ( $\text{m/s}^2$ )；

$F_i$ —— $i$  时间点质点的荷载 ( $\text{kN}$ )；

$y_{i-1}$ —— $i-1$  时间点质点的位移 ( $\text{m}$ )；

$v_{i-1}$ —— $i-1$  时间点质点的速度 ( $\text{m/s}$ )；

$\Delta t$ ——时间增量 ( $\text{s}$ )。

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 ( $\text{m/s}$ )；

$a_{i-1}$ —— $i-1$  时间点质点的加速度 ( $\text{m/s}^2$ )。

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 ( $\text{m}$ )。

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 ( $\text{kN}$ )。

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** 弹塑性阶段时间  $t_i$ 时的加速度应采用下式计算：

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

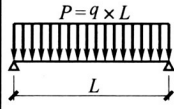
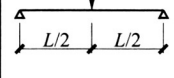
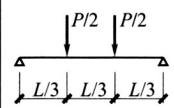
**B.0.4** 当计算的  $R_i$  超过  $R_0$  时,应利用本标准式(B.0.3)计算屈服即将发生时新的加速度值,再按本标准式(B.0.2-2)和式(B.0.2-3)计算当前的速度和变形,直至变形开始减小。

**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  $\mu$  和支座转角  $\theta$ ,延性比  $\mu$ 、支座转角  $\theta$  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。

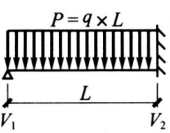
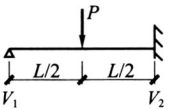
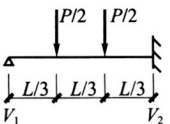
2  $P$  为作用在构件上总的爆炸荷载,  $M_{pc}$  为构件跨中的极限抗弯承载力, 弯曲抗力  $R_b$  为与  $M_{pc}$  对应的构件能承受的极限荷载。

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

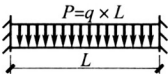
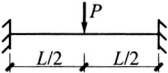
荷载图	应变范围	荷载系数 $K_l$	集中质量系数 $K_m$	均布质量系数 $K_m$	弯曲抗力 $R_b$	构件刚度 $k$	支座动反力 $V$
	弹性	0.58	—	0.45	$8M_{pc}/L$	$185EI/L^3$	$V_1 = 0.26R + 0.12P$ $V_2 = 0.43R + 0.19P$
	弹塑性	0.64	—	0.5	$4(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	$384EI_a/5L^3$	$0.39R + 0.11P \pm M_{ps}/L$
	塑性	0.50	—	0.33	$4(M_{ps} + 2M_{pc})/L$	0	$0.38R_u + 0.12P \pm M_{ps}/L$
	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 $R_b$	构件刚度 $k$	支座动反力 $V$
	弹性	0.53	—	0.41	$12M_{ps}/L$	$384EI/L^3$	$0.36R+0.14P$
	弹塑性	0.64	—	0.50	$8(M_{ps}+M_{pc})/L$	$384EI_u/5L^3$	$0.39R+0.11P$
	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	$4(M_{ps}+M_{pc})/L$	$192EI/L^3$	$0.71R-0.21P$
	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 <sup>3</sup> )	≥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)	$\geq 9$
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)	$\geq 12$
11	断裂伸长率(%)	$\geq 200$
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(%)	$\geq 160$
13	撕裂强度(kN/m)	$\geq 100$
14	耐冲击(kg·m)	$\geq 2$
15	燃烧性能	不低于 B <sub>2</sub> 级
16	吸水性(%)	$\leq 1$
17	与砌体的附着力(MPa)	$\geq 1.8$
18	与混凝土的附着力(MPa)	$\geq 2.0$

**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:

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

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/mm<sup>2</sup>),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( $\text{mm}^2$ )；

$h$ ——抗爆墙厚度( $\text{mm}$ )。

**D.2.2** 钢筋混凝土板的平面外抗弯承载力应按下式计算：

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

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( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，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( $\text{mm}^2$ )；

$h$ ——板厚度( $\text{mm}$ )。

**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( $\text{kN}$ )；

$V_m$ ——原砌体墙的抗剪承载力( $\text{kN}$ )，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( $\text{kN}$ )。

**D.3.2** 抗爆涂层加固后提高的抗剪承载力应按下式计算。

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

### 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

中华人民共和国国家标准

石油化工建筑物抗爆设计标准

**GB/T 50779—2022**

条文说明

## 编制说明

《石油化工建筑物抗爆设计标准》GB/T 50779—2022,经住房和城乡建设部 2022 年 9 月 8 日以第 139 号公告批准发布。

本标准是在《石油化工控制室抗爆设计规范》GB 50779—2012 的基础上修订而成,上一版的主编单位是中国石化集团洛阳石油化工工程公司,参编单位是中国石化工程建设公司、中国石化集团宁波工程有限公司、中国石化集团上海工程有限公司、中国人民解放军总参工程兵科研三所、上海森林钢门有限公司、上海爵格工业工程有限公司,主要起草人员是刘武、路以宁、张俊、万朝梅、王松生、黄左坚、张克峰、朱小明、王耀东、何国富、伍俊、范有声、韦建树。

本标准在修订过程中,编制组进行了广泛的调查,开展了专题讨论和试验研究,认真总结近年来建筑物抗爆设计的实践经验,与国内相关标准规范进行了协调,与国际先进标准进行了比较和借鉴,并在广泛征求意见的基础上,最后经审查定稿。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《石油化工建筑物抗爆设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总 则 .....	( 67 )
3	基本规定 .....	( 69 )
4	爆炸荷载 .....	( 75 )
4.1	爆炸冲击波参数 .....	( 75 )
4.2	作用在建筑物上的爆炸荷载 .....	( 75 )
5	建筑设计 .....	( 77 )
5.1	一般规定 .....	( 77 )
5.2	建筑门窗 .....	( 79 )
5.3	建筑构造 .....	( 81 )
6	结构设计 .....	( 83 )
6.1	一般规定 .....	( 83 )
6.2	材料 .....	( 85 )
6.3	荷载效应组合 .....	( 86 )
6.4	结构动力计算 .....	( 87 )
6.5	结构构造 .....	( 89 )
6.6	基础设计 .....	( 90 )
7	通风与空调设计 .....	( 92 )
7.1	一般规定 .....	( 92 )
7.3	空调系统 .....	( 93 )
7.4	新风系统与排风系统 .....	( 93 )
7.5	空调机房 .....	( 94 )
8	既有建筑物抗爆设计 .....	( 95 )
8.1	一般规定 .....	( 95 )
8.3	结构设计 .....	( 95 )



# 1 总 则

**1.0.1** 建筑物的抗爆设计是将外部爆炸事故可能产生的对人和建筑物内设施的危害风险降至最低的一种防范措施。

石油化工行业的工艺装置在加工处理烃类介质及其他物料时有发生爆炸的可能,且已经发生过爆炸事故,所以在进行装置设计时,要将这类事故发生的概率降至最低限度。尽管此类事故发生的可能性很小,但是一旦发生时,其产生的后果将极其严重,包括人员的伤亡、财产和经济损失,以及存在的公共安全隐患。

建筑物抗爆设计的基本目标包括:保护人员安全,保障设施正常运行,减少经济损失。

抗爆设计应为在建筑物内人员提供一定级别的安全防护,该级别不应低于当发生爆炸时在建筑物外人员的防护等级。以往的事故表明,许多情况下设施的损坏及人员的严重伤亡都是由于建筑物的坍塌或建筑物碎片飞溅造成的。抗爆设计的首要目标就是降低建筑物本身在爆炸中成为危险因素的可能性。

抗爆设计的第二个目标是保障事故发生时设施的正常运行,防止设备失控导致级联事故,使得其影响扩散。如在石油化工企业中,应保证中心控制室内控制系统等设施的正常运行,当一个装置发生事故时,不应影响其他装置继续安全运行或有序停车。

抗爆设计的第三个目标是避免造成重大经济损失或尽可能减少经济损失,该目标与前两个目标的实现密切相关。

**1.0.3** 本标准仅给出了爆炸冲击波超压作用下建筑物抗爆设计的基本要求、爆炸荷载计算、建筑门窗构造、结构构件材料选择、结构的允许变形、荷载效应组合、结构动力计算、结构构造要求、基础设计和通风与空调设计等的规定和要求,这些规定和要求均基于

抗爆设计的建筑物满足常规荷载、地震作用下建筑物的设计、构造要求,因此要求新建、改建、扩建建筑物的抗爆设计除符合本标准的规定外,尚应符合国家现行标准《砌体结构设计规范》GB 50003、《钢结构设计标准》GB 50017、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《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、《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的相关规定。

## 3 基本规定

**3.0.1** 建筑物是否需要抗爆需要根据事故发生的概率、潜在后果的风险评估及可接受的风险标准来确定,包括人员伤亡和经济损失风险。一个爆炸事故中,作用在建筑物上的爆炸冲击波超压、作用时间与建筑物距爆炸源的距离有关,距爆炸源越近,爆炸荷载就越大。如果按照一个定值进行抗爆设计,就会出现因为所处位置的不同,部分经过定值抗爆设计的建筑物在爆炸事故中倒塌,造成人员伤亡和经济损失;同时一部分建筑物的定值抗爆设计就会变成过度设计,造成投资浪费。因此,本条规定建筑物是否需要抗爆、爆炸冲击波峰值入射超压及正压作用时间应经过爆炸安全性评估确定。在制订抗爆建筑的设计方案时,基于爆炸安全性评估报告来选择适当的建筑结构形式及构造措施,在保障人员及重要设施安全的基础上,有效控制工程造价,避免投资浪费。

**3.0.2** 本标准结合了国内外工程设计经验和已有石化工程的爆炸安全性评估资料,爆炸冲击波峰值入射超压大于 48kPa 的建筑物一般位于工艺装置(设施)中或附近,除因爆炸荷载大导致建筑物的抗爆费用高、不经济外,还存在周围环境空气质量差和较多其他危险因素等 HSE(健康、安全、环境)问题。为做到建筑物抗爆设计的经济合理,满足日益严格的 HSE 要求,故规定爆炸冲击波峰值入射超压大于 48kPa 时,宜调整建筑物的平面位置。

**3.0.3** 作用在建筑物上爆炸荷载的大小直接取决于建筑物与爆炸源的距离,近大远小。但受到生产操作的需求及用地条件的制约,通常会综合各种因素确定建筑物总平面的布置。

在国外,平面布置标准 API RP 752 *Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings*

(《化工厂与永久建筑物位置相关的风险管理》)及 CCPS(美国化学工程师协会化工过程安全中心) Building Guidelines 中的 *Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions and Fires* (《外部火灾和爆炸时工艺装置内建筑物评估导则》)中提出,当抗爆建筑物选址时,应考虑以下因素:

- (1)建筑物应是较窄的面朝向最有可能产生爆炸源的方向;
- (2)不参与装置单元实际操作的人员办公建筑物应尽可能远离装置;
- (3)建筑物应避免会导致爆炸加剧的拥挤和受限区域;
- (4)建筑物不应设置在可能泄放比空气重的气体源的下坡处;
- (5)建筑物不应设置在可能泄放气体源主导风向的下风处;
- (6)建筑物不应位于易燃液体可能聚集的地方。

在国内,借鉴现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068—2018 的理念,抗爆建筑物的选址应尽量避免让各种危险源,其平面布置应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016及《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 的相关规定。

本条第 1 款要求抗爆建筑物的结构系统应完全独立设置的目的是为了避免邻近的非抗爆建筑物在爆炸事故中破坏时阻塞抗爆建筑物的安全出口或对抗爆建筑物的受力造成不利影响。

本条第 2 款为了提高人员疏散通道的可靠性,防止装置爆炸时建筑安全出口被爆炸所产生的碎片阻塞,建筑安全出口不得直接面向有爆炸危险性的生产装置或设备。本款所述“直接面向”指安全出口开门后直接面对有爆炸危险性的装置或设备。当在出口外侧设置一字形有顶抗爆钢筋混凝土挡墙,且挡墙两侧每边宽出洞口不小于 1.0m 时,不属于直接面向。有顶抗爆挡墙应经过抗爆验算确保在爆炸力的作用下不被破坏或产生碎块,将建筑安全出口设置在不同方向也是提高人员疏散通道可靠性的措施。

有顶抗爆挡墙的布置示意如图 1 所示。

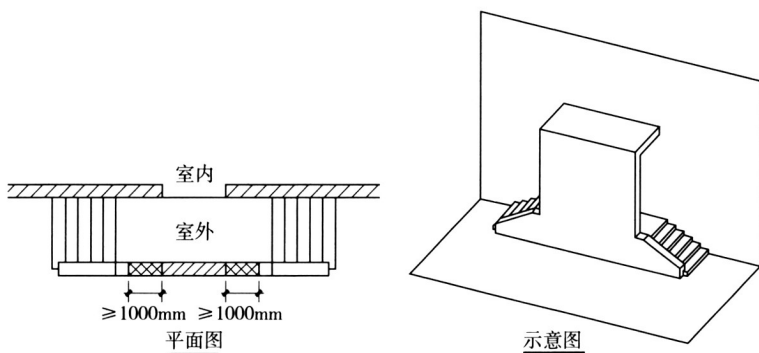


图 1 有顶抗爆挡墙的布置示意

**3.0.4** 本条为建筑物抗爆设计的设计目标,与现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068—2018 的规定一致。该标准第 3.1.2 条第 5 款规定,当发生爆炸、撞击、人为错误等偶然事件时,结构能保持必要的整体稳固性,不出现与起因不相称的破坏后果,防止出现结构的连续倒塌。

确定此设计目标的目的是保障人员安全,有效控制停车,防止工艺装置失控导致级联事故,扩大事故危害,减少经济损失。

本条提及的主要结构构件、次要结构构件分别对应现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068—2018 中提及的关键构件和非关键构件。

**3.0.5** 被加固的结构构件,其加固前的服役时间各不相同,其加固后的结构使用功能可能发生改变,因此不能直接沿用原设计的安全等级、使用年限作为加固后的安全等级、使用年限,而应根据委托方对该结构下一目标使用期的要求,由委托方和设计单位共同商定。

**3.0.7** 抗爆建筑物的平面外轮廓和立面力求“干净、简洁”,特别应避免内凹角、突出的前室门斗,因为这些地方会局部聚集较高的

爆炸荷载。矩形平面在爆炸冲击波荷载作用下传力路径明确,同时有大量爆炸冲击波试验数据,故推荐使用。

**3.0.8** 通常,在建筑物的体积确定的条件下,建筑物抗爆的成本会随高度增加而增加。与较高的建筑物结构相比,较矮的建筑物所承受的爆炸荷载较低,倾覆作用也较小。建筑物层数除应考虑工程计算的复杂程度之外,更主要的是需考虑到在满足安全要求前提下的工程成本问题。因此,对应不同爆炸冲击波峰值入射超压,本条对抗爆建筑物的层数做出规定。

**3.0.10** 本条规定了抗爆建筑物设计的基本原则,与现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068—2018中提出的偶然荷载作用引起的结构整体稳固性设计的原则及规定一致。相对于普通建筑物而言,抗爆建筑物更加强调概念设计的重要性,并要求采取必要的构造措施,使结构具有一定的延性和冗余度,从而保证其在设计爆炸荷载情况下具有较好的整体性和较大的变形耗能能力。

**3.0.11** 根据不同结构形式在不同爆炸事故中的破坏情况,在保证抗爆设计目标的情况下,为使建筑物抗爆设计更经济合理,因此规定了不同爆炸超压时宜采用的结构形式。

通常情况下,最适合和最经济的抗爆建筑物所用的材料是钢筋混凝土,特别是用于那些靠近潜在爆炸源的建筑物,一旦发生爆炸,它们将遭受到较高的冲击波超压作用和辐射热影响。如果建筑物位置与爆炸源能保持合理的间距,也可采用加劲砌体、钢结构建筑物形式。

脆性材料(如素混凝土结构、无筋砌体结构等)不适合用于抗爆结构。除了在遭受爆炸荷载时发生脆性破坏外,因爆炸产生的碎片还可能造成主要设备损坏和严重的人员伤害等次生灾害。

**3.0.12** 抗爆外墙不承重时属于次要结构构件,允许出现较大变形,即具有较高的耗能能力,可以减小建筑物主要结构构件承受的爆炸荷载。但当抗爆外墙承重时就变为主要结构构件,为保证结

构的整体稳固性,不允许出现较大变形,其耗能能力降低,将会使主要结构构件承受的爆炸荷载增加,进而导致建筑物的抗爆费用增加。故在一般情况下,抗爆外墙不宜承重。

本条之所以规定抗爆外墙宜与主要结构构件脱开布置,其目的是避免爆炸荷载直接作用到主要结构构件,同时也为了简化抗爆构件的动力计算。抗爆外墙与主要结构构件(框架柱、框架梁)脱开布置时,为保证主要结构构件不承受爆炸荷载,脱开距离不能小于外墙的最大变形。

目前工程设计中存在一些爆炸荷载不大、尺寸也较小的单层建筑物,脱开布置时可能会影响到建筑物的使用面积。在此种情况下,根据方案和经济对比也可采用钢筋混凝土抗爆外墙与框架柱、框架梁不脱开方案,框架柱、框架梁需同时考虑爆炸荷载作用。

**3.0.13** 本条规定的目的是为了保证楼板、屋面板的平面内刚度,保证将爆炸荷载全部传给抗爆横墙,避免主要结构构件分担爆炸荷载,与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 对横墙间距规定的目的相同。

**3.0.14** 根据爆炸安全性评估结果对既有建筑物仅需进行局部抗爆设计时,需考虑没有进行抗爆设计部分破坏时对抗爆设计部分的作用和影响(包括相邻有非抗爆设计部分及抗爆结构上方有非抗爆设计部分等情况),以避免局部破坏导致整体破坏或可能产生的碎块阻塞建筑物的安全出口。

**3.0.15** 悬挑式雨篷在爆炸冲击波荷载作用下遭受倾覆破坏的概率较大,破坏后极有可能悬吊在建筑安全出口的上侧使得门扇无法开启,造成疏散救援通道被堵塞的严重后果。因此规定当爆炸冲击波峰值入射超压大于  $6.9\text{kPa}$  时,不应设置悬挑式雨篷。当爆炸荷载等级较低或采用非悬挑的结构方式时,雨篷也需要经过严格的抗爆验算,以确保在爆炸荷载作用下不被破坏。

室外楼梯作为消防疏散通道,是建筑物外置的附属构件,在爆炸冲击波荷载作用下易发生破坏而丧失其继续使用的功能,并形

成人员疏散和救援作业的安全隐患,故本标准规定当爆炸荷载大于 6.9kPa 时,新建抗爆建筑物不应设置室外楼梯。

**3.0.16** 既有建筑物外部所设的所有附属构件都应进行抗爆验算,以避免在爆炸冲击波荷载作用下发生破坏而阻塞消防通道。

**3.0.17~3.0.19** 抗爆建筑物的外表面一般被设计成一个可以承受爆炸冲击波超压的密闭保护壳体,以避免爆炸飞溅物进入室内并保证在爆炸发生时室内的气压仍能够维持在人体所能够接受的范围之内。为保证建筑物的抗爆保护壳体在爆炸冲击波超压的作用下不被破坏,所有穿过该保护壳体的工艺管道、风管、通气管、线缆等形成的孔洞和缝隙等均应采取能够有效抵抗爆炸冲击波荷载的密封措施,具备承受相应爆炸荷载的能力,并确保其密封构造不被爆炸冲击波超压击穿,以确保室内人员及设备的安全。

出于同样的考虑,当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,可通过采用外墙外保温构造及结构措施来解决建筑温度应力的问题。

抗爆外墙是主要的抗爆构件,开洞过大或洞口间净距过小,会严重影响其抗爆和耗能能力,且洞口过大时也会增加洞口抗爆密封的难度。

还应注意的是,建筑物外墙若设有施工用孔洞时,施工结束后应及时封闭,并满足相应部位的抗爆要求。

**3.0.20** 在爆炸荷载的作用下,建筑物外墙产生的向内较大的变形可能使得附着在墙体室内侧的保温构造破坏并产生飞溅物,因此抗爆建筑物的外墙保温构造设在室外侧更易于满足安全的要求。



## 4 爆炸荷载

### 4.1 爆炸冲击波参数

**4.1.1** 在国外,一般由专业咨询公司结合石油化工装置物料性质、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进行爆炸安全性评估,模拟计算建筑物所处位置的爆炸冲击波参数。或者根据相应的标准或技术规定确定爆炸冲击波的基本参数。目前,国内设计单位、工程公司的安全专业已陆续开展了此项评估工作。尽管爆炸形式各种各样,但是蒸气云爆炸在石油化工行业中是需要首要关注的,对于压力设备爆炸、液体爆炸等可通过定期开展设备的检测、维护、加强安全管控等措施降低事故风险,在工程中一般不予考虑。

爆炸荷载计算主要基于评估确定的峰值入射超压和正压作用时间。

**4.1.2** 爆炸冲击波参数计算公式源自 UFC 3-340-02 *Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions* 及 *Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities (Second Edition)*(以下简称为 ASCE 手册)。

本标准式(4.1.2-2)不考虑量纲时,也可简化为  $q_0 = 2.5P_{so}^2 / (7P_{atm} + P_{so}) \approx 0.0032P_{so}^2$ 。

### 4.2 作用在建筑物上的爆炸荷载

**4.2.1~4.2.4** 本标准仅考虑外部爆炸事故下,冲击波对建筑物正面作用的影响。典型的爆炸冲击波超压-时程曲线如图 2 所示,分为正压区和负压区,负压区对结构构件相应的影响相对于正压区的影响很小,因此在结构和构件的设计计算时只考虑正压区而

忽略负压区,从而简化成图 4.2.1 所示的三角形的波形。

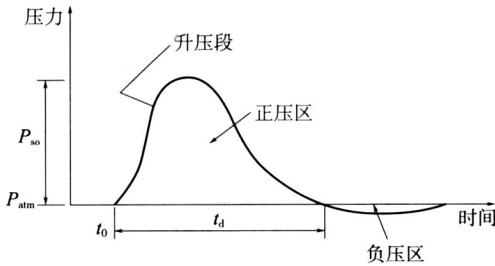


图 2 典型的冲击波超压-时程曲线

从本标准图 4.2.1(b)中可以看出,在  $t_c$  以前,前墙反射压作用,从  $t_c$  到  $t_d$ ,前墙冲击波正超压和动压共同作用。

为了采用基于三角形荷载的动态响应,在图 4.2.1(b)中所示双折线压力-时间曲线可以简化为等效三角形,按双折线压力-时间曲线下的正压冲量  $I_w = 0.5(P_r - P_s) \cdot t_c + 0.5P_s \cdot t_d$  相等的原则确定等效三角形。当将前墙正压等效为三角形荷载作用时,等效作用时间  $t_c$  由方程式  $t_c = 2I_w / P_r = (t_d - t_c) \cdot P_s / P_r + t_c$  确定。

当爆炸冲击波冲击一个建筑物表面时,就会产生反射,即反射压,反射压远大于入射超压;超压的反射系数取决于冲击波超压峰值、冲击波前端与反射面的入射角度以及爆炸冲击波的形式,一般情况取冲击波与反射面的入射角度为  $90^\circ$ 。

反射压力的持续时间  $t_c$  取决于反射面的尺寸及冲击波的波长,不会超过自由场正超压的持续时间  $t_d$ ,即  $t_c \leq t_d$ 。  $t_c = t_d$  时对应整个爆炸冲击波全部被反射,冲击波在反射面边缘没有任何衍射。

## 5 建筑设计

### 5.1 一般规定

**5.1.2** 由于需要承受爆炸荷载,抗爆建筑物外门窗的设置要求不同于普通建筑物门窗。门窗的密封始终是建筑抗爆防护的重要措施。

1 参考国内外相关规范,当爆炸冲击波峰值入射超压达到 $1.0\text{kPa}$ 时,为玻璃破碎的典型压力。在有人值守的房间或走道上设置的可开启窗扇应具备在爆炸发生时自行关闭的能力,以减少爆炸冲击波进入室内破坏室内构造并造成对人体的伤害。

2 随着爆炸荷载的提高,危险程度也在同步增加,建筑物外窗选用固定窗更易于满足安全的要求;对于防排烟系统所要求的部分可开启窗扇,也只能在需要时再行开启,平时均应处于锁闭状态,鼓励选择并安装具有抗爆功能的专用排烟窗产品。

3 供消防救援人员进入的窗口设置在无人值守的房间或走廊尽端处,即使在爆炸时发生破损,也可以减少对室内人员构成的威胁。

4 当爆炸冲击波峰值入射超压大于 $6.9\text{kPa}$ 时,楼梯间外墙防烟窗需采用相应等级的抗爆防护窗,其本身为难以破拆的固定窗,无法实现火灾时排出楼梯间烟气及热量的功能。考虑到当爆炸冲击波峰值入射超压大于 $6.9\text{kPa}$ 时,建筑物的层数不超过两层且楼梯间顶部储烟容积通常较大,故规定楼梯间外墙不再设置防排烟窗。

5 无人值守的抗爆建筑物是可以不设置隔离前室的,只有当爆炸冲击波峰值入射超压不小于 $21.0\text{kPa}$ 且为有人值守建筑物时才应按规定设置隔离前室。

6 本款中的设备用房,指对周围房间有噪声影响或本身有大型建筑设备安装进出需求的房间。

5.1.4 因抗爆防护的要求使得抗爆建筑物较为封闭,安全出口较为狭窄,与普通建筑物相比其消防通道使用的便易程度有所降低;同时,由于外墙上门窗的设置受到一定的限制,使得建筑物内部火灾发生时的灭火及消防救援作业变得更加困难。鉴于抗爆建筑物的特殊性,针对爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 的两层抗爆建筑物,增加了设置抗爆消防救援门的要求。

1 抗爆建筑物一层的安全出口在建筑物内部发生火灾时将自动解锁,可作为消防救援口使用,抗爆消防救援门仅设置在建筑物二层的外墙上。

2 综合考虑抗爆建筑物的功能设置较为简单、使用人数有限且状态比较稳定、建筑火灾危险性较低等因素,抗爆消防救援门的数量可根据建筑物第二层建筑面积的大小及防火分区的设置确定。

3 为提高消防救援的有效性和效率,抗爆消防救援门宜分散布置。

4 为满足消防救援作业的基本需要,设置抗爆消防救援门处的室内侧应具备相应的可操作空间。该空间应避免被固定设施、设备所占用,或充满可燃物品如纸质资料柜等;同时,还应避开建筑出口及线缆进入建筑物的位置,以方便消防救援人员的进入。

5.1.5 因屋面装配式架空隔热构造在爆炸工况下易成为飞溅物,故抗爆建筑物不得采用该构造。女儿墙构造在爆炸荷载的作用下为悬臂构件,易于破坏,为减少爆炸生成的碎块,不宜选用砌体等脆性构件,采用钢筋混凝土结构时也应经过抗爆验算,且应尽可能降低其高度。

5.1.6 鉴于抗爆建筑物的特殊性要求,屋面有组织排雨水系统的雨水管设计也不同于非抗爆的建筑物。

1 为避免排雨水管网通过雨水管受到爆炸荷载的冲击,抗爆

建筑的内排水雨水管不宜直接接入排雨水管网。

2 为使该雨水系统满足抗爆的要求,应选用可以承受压力的管材和连接的方式,如无缝钢管,并采用焊接的方式连接,该管道系统通过室内段不得开设任何开口,如检查口、清扫口等,以避免在爆炸荷载作用下被击穿;管材壁厚的选择除应满足承受相应压力的要求外,还应适当考虑腐蚀余度。

## 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,建筑选用的外门窗在普通门窗产品的基础上通过采取必要的措施来增强其承受荷载的能力,如采用钢化或钢化夹层玻璃。

1 对于钢化玻璃,根据现行行业标准《建筑玻璃应用技术规程》JGJ 113,建筑物门窗所使用的钢化玻璃最小厚度为 4mm,此厚度的钢化玻璃已经有了较高的韧性及强度,即使钢化玻璃破碎,玻璃破碎时已经吸收了大量的爆炸冲击波能量,同时整块玻璃全部破碎成钝角小颗粒;对于钢化夹层玻璃,钢化夹层玻璃破碎时,夹层玻璃碎片将黏附在 PVB(聚乙烯醇缩丁醛)胶片上而不飞溅或落下。

2 为保证爆炸发生时爆炸冲击波不通过未关闭的门进入建筑物内部,要求安全出口的门设置自动闭门器。

5.2.2 本条对抗爆建筑物采用的抗爆防护门做出规定。

1 由于装置或设备内可燃物质可能因爆炸而抛洒到门外侧的场地上形成火场,抗爆防护门正常使用状态应保持关闭,并且门缝应保持密封,使其具有阻隔火焰及烟气在一定时间内进入室内的功能。

2 本款对人员通道抗爆门的构造及性能做出规定。

1)门是抗爆建筑物上最薄弱的建筑构造之一,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;

2)自动闭门器作用:保证正常使用期间门扇始终保持关闭状态;观察窗的作用:在室外发生爆炸后,建筑物内人员通过观察窗了解室外的状况,判断是否适宜向外疏散;

4)为保证抗爆措施时时有效,保持室内环境的稳定,规定隔离前室内门、外门不应同时开启,但在建筑物内部发生火灾时应可自动解锁以便于人员的快速疏散;

5)为保证室外发生爆炸时抗爆门上的观察窗可以正常使用,观察窗的玻璃应能承受爆炸冲击波荷载,并在受热状态下保持透明状态。

**3** 本款对设备通道抗爆门的构造及性能做出规定。

1)门洞口尺寸应满足设备进出的要求,但不宜过大;

4)抗爆门锁应满足在爆炸状态下的强度要求。

**4** 本款对抗爆消防救援门的构造及性能做出规定。抗爆消防救援门是在建筑物内部发生火灾时消防救援人员进入建筑物开展消防救援作业的专用通道门。

1)门洞口尺寸应满足消防救援活动的需要,闭合状态应保持密闭;

3)作为消防救援专用的特种门,为避免室内人员误开启造成跌落伤害,故只能由消防救援人员从室外侧开启;

4)门扇上设置观察窗供消防救援行动中救援人员观察室内情况,应同时满足抗爆和防火的要求,观察窗上的玻璃在受热状态下应保持透明状态;

5)门外侧设置明显标志,便于消防救援人员快速识别和利用消防救援门;门内侧设置明显标志,警示正常情况下消防救援门不可开启并有坠落危险。

**5.2.3** 本条对抗爆建筑物采用的抗爆防护窗及室内玻璃隔墙做出规定。

**1** 抗爆防护窗在爆炸工况下易被击穿形成碎片进入室内伤人,因此严格要求在经受爆炸荷载作用时不得破碎。

2 抗爆防护窗洞口尺寸应尽可能地小,最好不设。

3 内墙玻璃隔墙或窗的玻璃应选用夹层或钢化等安全玻璃,减少因爆炸形成碎片伤人或阻碍人员的疏散。

**5.2.4** 根据相关规范的要求,建筑防排烟需要设置一些可开启外窗,在建筑物的日常使用中,外窗常开的情况较为普遍,一旦发生爆炸,爆炸冲击波将通过敞开的窗洞口直接进入室内从而使得所有抗爆措施失去意义,也与抗爆设计的目的相违背,因此做出本条规定。

### 5.3 建筑构造

**5.3.1** 由于抗爆建筑物处于石油化工易燃易爆的生产环境,为避免因装置爆炸而引发的次生火灾,减少财产损失,抗爆建筑物所采用的外墙保温材料应具备不燃的特性。本条中的整体构造指的是在爆炸工况下,装饰面层可与外墙产生整体变形且不产生飞溅物的构造做法,如涂料外墙、金属板幕墙;装饰面砖、石材外墙、玻璃幕墙,因在爆炸工况下变形后易产生飞溅物,不属于整体构造。

**5.3.2** 抗爆建筑物内设有通高的房间,如中心控制室的操作大厅,一般房间面积大、层高高,若发生火灾,其蔓延的速度快、面积大、不易控制,因此此类房间吊顶及内墙装修应选用不燃的材料和构造系统。

**5.3.3** 本条对抗爆建筑物吊顶构造做出规定。

1 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。

2 增加吊顶龙骨体系的刚度后,可以减轻事故的损失。

3 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。

4 考虑到在事故状态下灯具不应脱落,以免对人员造成伤害。

**5.3.4** 由于外墙的变形可能使活动地板块凸起造成二次伤害,故规定在活动地板与外墙之间预留一定的变形缝。

**5.3.5** 由于爆炸冲击波峰值入射超压大于 6.9kPa 的抗爆建筑物的外墙在爆炸冲击波荷载的作用下可能产生较明显的变形,在抗爆外墙内侧墙面直接贴砌瓷砖或脆性保温砌体可能因此而爆裂,产生碎片进出伤及室内人员,在此墙面上安装的电气设备或线路可能因此受到损坏而不能使用,故做出本条规定。

**5.3.6** 抗爆建筑物是一个全密闭的空间,室内空气质量全靠机械系统维系。在装修构造中不得使用高分子有机复合材料,如铝塑板、各类发泡板和塑料装饰板等,是为了避免在火灾时该类材料产生的有毒烟气伤害室内及消防救援人员。由于未经封闭处理的矿物棉类产品会向空气中散发微型颗粒,导致室内空气质量不符合室内环境的环保要求,因此在吊顶构造中不得使用。



## 6 结构设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1~6.1.4** 根据爆炸荷载特点、建筑物在遭受爆炸荷载后结构构件允许的工作状态,给出了结构构件允许延性比、支座转角的要求,虽然不能直接反映结构构件的强度、挠度等情况,但能直接表明结构构件所处的极限状态;爆炸荷载作用下,结构构件允许出现一定的塑性变形,故不要求进行裂缝验算;但正常荷载作用下需验算是否满足国家现行标准的设计要求。

ASCE手册附录5.B中提及了建筑物在爆炸荷载作用下的三种损坏响应标准:

低:建筑物局部构件毁坏。建筑物可以使用,但是需要进行维修,以恢复建筑物外壳的完整性。维修的总成本适中。

中:建筑物大范围的构件损坏。建筑物在修复前不应占用。维修的总成本很高。

高:建筑物/构件失去结构整体性,并可能由于环境情况(即风、雪、雨)发生坍塌。总维修费用达到建筑物更新成本。

同时,还给出了构件的三种响应标准:

低:结构构件没有破坏或有轻微可见的局部永久性损坏;

中:结构构件有一些可维修的永久变形,必要时,替换构件可能更为经济、美观;

高:结构构件没有失效,但它产生了永久的变形,导致无法修复。

工程中基于安全原则、风险考虑因素,评估事故发生的可能性和随之可能发生的隐患,选择合适的损坏标准。

国外许多石油化工公司已经采用了设施“中性风险”理念,在

设施发生事故时,人员需要撤离。该理念规定了不要将人员置于比室外更具危险的建筑物内。建筑物在设计时应保证爆炸冲击波和碎片不能进入结构。建筑物的性能目标应达到即使结构各部分严重变形,但是不会失去承载能力和形成飞溅碎片。建筑物的坍塌是不允许的。

本标准表 6.1.3、表 6.1.4 主要基于 ASCE 手册和本标准第 3.0.4 条抗爆建筑物的性能要求,根据构件的不同类型给出了结构构件的允许变形。结构构件的预期变形不能超出这些规定值。

这些变形允许值随材料、构件类别和抗爆设计目标而不同。一般情况下对于构件而言,不允许出现剪切、抗压等脆性破坏。

对加劲砌体填充墙,考虑到填充墙体在爆炸荷载作用下,即使变形大也不会影响其他受力构件,而且易维修,拆除重做的费用也较小,参考 ASCE 手册中的高响应给出了非抗爆涂层加强的加劲砌体填充墙(受弯构件)支座转角不应超过  $5^{\circ}$  的要求。

对采用抗爆涂层的加劲砌体填充墙,基于抗爆涂层具有良好的伸长率等性能,保证了即使在支座转角较大情况下填充墙出现破坏,也不会出现墙体碎片飞出,造成次生灾害。结合工程经验及 *Handbook for Blast Resistant Design of Buildings* 中提及的 *DoD Criteria for Antiterrorism* (DoD 为 Department of Defense 的缩写)中对加劲砌体填充墙的要求,按高响应给出了采用抗爆涂层加强的加劲砌体填充墙(受弯构件)支座转角不超过  $8^{\circ}$  的要求。

**6.1.5、6.1.6** 由于自重大和阻尼等原因,一般的混凝土构件的反弹作用不是非常明显,但是对大跨度屋面结构、钢结构构件,反弹作用非常明显,在设计时要注意反弹引起的应力反向作用。

**6.1.7** 本条规定的目的,一是为满足抗震构造要求,二是为减小外墙计算跨度,若外墙计算跨度过大,为满足抗爆要求,就需增加墙体厚度或加劲材料构造,导致不经济或不合理。设置圈梁虽能满足抗震构造要求,但不能传递爆炸荷载,不能减小外墙计算跨

度,故要求设置能传递爆炸荷载的结构梁,把外墙的爆炸荷载传递至框架柱或剪力墙,兼作圈梁的同时,也能减小外墙计算跨度。

**6.1.8** 外墙高度较高时,为减小其计算跨度,可设置刚性地坪,刚性地坪应具有一定的平面内刚度,保证将外墙的爆炸荷载传递至侧墙。

## 6.2 材 料

**6.2.2** 建筑抗爆性能最为重要的特点是需吸纳爆炸能量而不造成整个建筑的结构损毁。用于抗爆结构的建筑材料需具有延性、韧性和一定强度。本条与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011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。

**6.2.3** 本条与现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 配筋砌块砌体、组合砖砌体抗震设计材料要求相一致。

**6.2.4** 本条与现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 抗震设计的材料要求相一致。

**6.2.5** 抗爆结构构件应具有一定的耗能能力,随意加大截面、配筋面积和提高钢筋、钢材的强度等级会增加构件的刚度,降低其延性和耗能能力,且会导致其传递给其他构件的爆炸荷载增大,进而导致其他构件不安全;对抗爆结构构件来说,应保证实际构件与计算一致,不是构件越结实、刚度越大越好。

**6.2.6** 材料和结构构件、结构体系对爆炸产生的动力荷载响应与对常规的静态荷载响应是不同的。遭受爆炸荷载的结构允许产生一定的变形以吸纳爆炸能量,而常规荷载的响应通常需要结构构件保持在弹性范围内。

与结构的响应时间相比,常规荷载如风荷载和动荷载作用于结构的速度相对较慢,而且在较长的一段时间内保持恒定。爆炸荷载作用下,结构承受的荷载迅速增大,构件应力迅速增大。该荷载是瞬间的,且通常在较短的时间(以 ms 计)衰减至环境状态。

一方面,在实践中,钢筋、钢材等的平均屈服强度高于规范中给定的材料强度值,抗爆设计中采用系数  $\gamma_{\text{dif}}$  来考虑这种情况,以充分发挥材料的性能。该系数与材料的应变速率无关,本标准表 6.2.6-1 给出的  $\gamma_{\text{dif}}$  取值参考了 ASCE 手册。

另一方面,需要考虑在动力荷载下的材料响应明显不同于静态荷载的材料响应。如混凝土和钢材在快速施加的荷载作用下,因不能以施加荷载相同的速率做出反应,因此造成了其屈服强度的增加及塑性变形的减小。在较快的应变速率时,要产生相同的变形,就需要施加比较低速率时更大的荷载。这种屈服应力的增加对较低强度材料来说是很显著的,并且随材料静屈服强度的增加而减小。

材料强度动力提高系数的大小取决于几个因素,包括静态材料强度和应变速率。通常一种材料的静态强度越高,动力强度的增加值就越低。材料应变的速率越快,动力屈服和最大强度的增加值就越高。

当考虑材料强度随应变速率变化的影响时,就需要考虑材料强度的动力提高系数  $\gamma_{\text{dif}}$ ,即材料动力强度与静态强度的比值。 $\gamma_{\text{dif}}$  随应变速率的增大而增大,钢筋混凝土应变速率随配筋率的变化而变化。 $\gamma_{\text{dif}}$  还取决于应力的形式(弯曲、剪切),因为这些应力峰值是在不同的时间产生的。弯曲应力产生非常快,而剪切峰值在时间上可能产生的相对晚些,导致剪切应变速率较低。

本标准表 6.2.6-2 给出的  $\gamma_{\text{dif}}$  取值参考了 ASCE 手册。

### 6.3 荷载效应组合

**6.3.1 爆炸荷载属于偶然荷载作用,它本身发生的概率极小,作用的时间很短,但量值很大,起控制作用,依据现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 及《建筑结构荷载规范》GB 50009,不再考虑其与风荷载、雪荷载、屋面活荷载、地震作用的组合作用。**

## 6.4 结构动力计算

**6.4.1** 国外抗爆建筑物的设计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)的基础上,考虑结构构件动力特性及延性的简化动力分析方法,再到根据蒸气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。当建筑物为单层时,构件呈现单自由度动力特征,可采用单自由度的动力计算模型。

闭式解法、图解法、数值积分法是目前单自由度构件动力计算中常用的简化方法。对于不少于两层的建筑物,结构动力分析宜采用有限元分析方法进行整体分析。

单自由度构件动力分析的通常做法是先假定构件截面、配筋 $A_s$ (钢筋混凝土构件)、加劲材料面积(加劲砌体构件),然后计算构件的极限抗力 $R_u$ 、构件的弹性极限变形、构件的延性比、构件的弹塑性变形、支座转角,判断延性比、支座转角是否满足要求。为方便计算,本标准附录 A、附录 B 给出了图解法、数值积分法的计算过程和要求。

**6.4.2** 为了满足抗爆结构的塑性变形要求,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。

**6.4.5** 本条给出的是一个无阻尼系统的动态平衡方程表达式,阻尼被保守地忽略了。这是由于爆炸荷载作用时间短,结构很快达到其最大响应,阻尼效应对位移峰值的影响很小;同时,在塑性响应阶段期间通过黏性阻尼耗能的作用也值得商榷,这也是忽略阻尼的另一个原因。

**6.4.7** 爆炸荷载作用下,结构构件允许出现较大变形,钢筋混凝土构件、加劲砌体构件开裂后惯性矩减小,因此变形计算时应考虑构件的开裂惯性矩,使用平均惯性矩。

**6.4.8** 屋面板、侧墙平面内和平面外均承受爆炸荷载,因此需进行平面内、平面外动力计算,并满足平面内、平面外的变形要求。因其平面内主要承受剪力,为保证其刚度,故还需满足本标准式(6.4.8)的要求。当采用数值分析的方法能够明确平面内、平面外变形在不同的时间点达到峰值时,也可不进行本标准式(6.4.8)的验算。

屋面板、侧墙平面外受弯,允许变形较大,会产生裂缝,不能考虑全截面抗剪,工程实践中平面内抗剪一般取其厚度的一半,即用其截面的一半来抗剪。

屋面板、侧墙的两侧有钢筋混凝土柱、梁、墙时,屋面板、侧墙一般采用槽形截面,将相连的柱、梁、墙作为其翼缘,两侧为钢筋混凝土墙时,现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对翼缘宽度的取值做了规定,可按规定取值。

对工字形、T形、槽形截面,常规做法是只考虑腹板抗剪,故规定平面内抗剪计算时不考虑翼缘。

侧墙在平面内荷载作用下属于悬臂构件,因承担的水平爆炸荷载较大,剪切变形也较大,不能忽略,因此构件的刚度需考虑弯曲、剪切变形的共同影响,采用等效刚度。

**6.4.9、6.4.10** 闭式解法又称解析解法或公式法,来源于 ASCE 手册和 UFC 3-340-02,通过假定构件截面、配筋等,计算出作用在构件上的爆炸荷载  $P$ ,构件抗力  $R_u$ ,构件弹性极限变形、构件自振周期  $T_N$ ,利用本标准式(6.4.9-1)迭代计算出构件的延性比,再计算出构件塑性变形和支座转角。

闭式解法计算出的延性比  $\mu$  比图解法精确,且便于通过编程进行单自由度构件的简化动力计算。

钢筋混凝土、加劲砌体受弯、压弯构件通过支座转角控制其变形,本标准表 6.1.3 所列允许支座转角对应的延性比一般情况下均不小于 2.0。

**6.4.11、6.4.12** 剪切破坏属于脆性破坏,为保证构件不发生剪切

破坏,需对构件的抗剪承载力进行验算。爆炸试验和爆炸事故中出现过直剪破坏,因此爆炸荷载作用下除进行斜截面抗剪验算外,还需进行直剪承载力验算,这两条给出的计算公式参考了国内外相关手册和标准。

构件受拉时,在直截面处混凝土或砌体不能提供抗剪承载力,对于两端刚接或一端刚接的混凝土构件,当支座转角大于 $2^{\circ}$ 时,支座处受压区混凝土被压碎,不能考虑混凝土抗剪,需通过设置弯起抗剪钢筋来承担剪力。

构件在爆炸荷载作用下将发生变形,通过变形耗能,构件承受的剪力就会减小,故构件上的剪力设计值应取支座动反力。

## 6.5 结构构造

**6.5.1~6.5.4** 钢筋混凝土抗爆墙、框架梁、框架柱、楼板、屋面板的配筋率、构造要求参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

**6.5.5** 钢筋焊接时产生的热量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,故应避免采用焊接接头,以免影响钢筋的强度和塑性变形能力。

**6.5.6** 钢筋混凝土抗爆墙两端、交接处设置暗柱是现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的构造要求,抗爆门、窗上的爆炸荷载需通过门、窗处的墙体承担,因此洞口处需设置暗柱、暗梁来承担门窗传递的爆炸荷载。

**6.5.7** 要求钢筋混凝土外墙在楼、屋盖处设置暗梁是为了增加楼、屋盖的平面内刚度,保证爆炸荷载传递至侧墙。

**6.5.8~6.5.12** 配筋砌块砌体、组合砖砌体墙的构造要求参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

**6.5.15** 钢结构构件需保证结构的整体稳定,避免整体屈曲、局部屈曲和脆性破坏,相关构造参考了现行国家标准《建筑抗震设计规

范》GB 50011 的相关规定。

**6.5.18** 为保证刚性地坪的平面内刚度,对洞口间净距及洞口加强钢筋的设置进行了规定。

## 6.6 基础设计

**6.6.1** 动力响应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。

**6.6.2、6.6.3** 地基在爆炸动力荷载作用下承载力的提高系数参考了相关资料的数据:

现行国家标准《建筑抗震设计规范》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。

现行国家标准《人民防空地下室设计规范》GB 50038 中引用苏联的实验结果,在核爆炸动荷载作用下,地基土承载力可提高 2 倍~6 倍。

爆炸荷载作用下,基础采用天然地基时,地基土允许承载力取修正后的地基承载力特征值;经处理后地基土的修正系数按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 执行。

当地基承载力不满足要求时,抗爆建筑物应优先采用复合地基,如采用桩基,因桩的水平承载力较低,为满足水平力的要求,需要的桩数量较多,不经济,必须采用桩基时,可考虑使用斜桩。

抗爆建筑物采用桩基或复合地基时,应采取防止地坪沉降的措施。

**6.6.5** 抗爆外墙与基础刚接时,基础将承受较大的弯矩,基础尺寸较大,故宜采用铰接形式,设置刚性地坪可减小抗爆外墙计算跨度和作用在基础上的荷载,是否设置刚性地坪可根据工程具体情况,方案对比后确定。

**6.6.6** 本条参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,目的是加强基础的整体性和刚度,增加基础的被动土压



力,减小爆炸荷载作用下不同基础之间的相对位移和阻止建筑物滑移。承受爆炸荷载的墙体应采用钢筋混凝土条形基础,当承受爆炸荷载的条形基础侧向刚度较大时,也可减少侧向联系梁数量。

**6.6.7** 工程中,经常因基坑及室内地坪下回填质量不好,导致室内地坪和散水沉降、出现裂缝的情况;同时,考虑到抗爆建筑物设计对被动土压力、基坑抗滑移等的需求,故提出压实系数不应小于 0.95 的要求。

## 7 通风与空调设计

### 7.1 一般规定

**7.1.3** 现行行业标准《石油化工控制室设计规范》SH/T 3006 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化学吸附器,为了保护吸附器,过滤器采用中效比较合理。功能性房间与现行行业标准《石油化工控制室设计规范》SH/T 3006 一致,是指为满足装置的生产操作、过程控制、安全保护、设备维修等功能而设置的房间。

**7.1.4** 控制室一般不设专门的人员来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。

**7.1.8** 根据收集的国外标准、国际工程公司抗爆建筑物技术规定,如 SHELL 公司标准 DEP 34. 17. 10. 30 *Blast Resilient and Blast Resistant Control Buildings / Field Auxiliary Rooms* 及美国流程工业实践协会标准 PIP STC01018 *Blast Resistant Building Design Criteria* 等,其中规定:当爆炸冲击波峰值入射超压大于  $35\text{kPa}$  时,面积大于  $0.1\text{m}^2$  的洞口需要设置爆炸冲击波衰减器;当爆炸冲击波峰值入射超压大于  $70\text{kPa}$  时,面积大于  $0.1\text{m}^2$  的洞口需要设置抗爆阀。上述标准提到的洞口指的是敞开的洞口。对于直径小于  $200\text{mm}$ (面积  $314\text{cm}^2$ ) 且穿管后进行密封的洞口,不会减弱围护结构的抗爆能力。

**7.1.9** 本条参考了现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 的规定,即建筑物布置在装置内时,“控制室、机柜间面向有火灾危险性设备侧的外墙应为无门窗洞口、耐火极限不低于  $3\text{h}$  的不燃烧材料实体墙”。

## 7.3 空调系统

**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。为尽可能确保电气设备的安全,可在摆放空调机的架空地板下设挡水围堰,并设置地漏,必要时还应设置漏水报警装置。

**7.3.4** 本条的目的是确保功能性房间空调系统的可靠性。厂区制冷站即使设有备用制冷机也不一定可靠,因为冷冻水输送管网有出现问题的可能。“功能性房间的空调机应采用双冷源型”指的是功能性房间中采用冷冻水作为冷源的空调机应采用双冷源。当某些小型功能性房间采用单元式空调机时,不存在采用双冷源空调机的问题。

## 7.4 新风系统与排风系统

**7.4.1** 抗爆建筑物一般无外窗,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。

**7.4.2** 装置区的大气质量较差,空气中的有害化学物质一般比空气重。因此,新风取气口越高越好。本条的“装置区”与现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 中的概念一致。

**7.4.3** 抗爆阀的设置条件与本标准第 5.1.2 条第 4 款设置抗爆防护门、抗爆防护窗一致。

抗爆阀的安装方式大致有三种:第一种是设置专门的进、排风小室,第二种是将抗爆阀安装在外墙上,第三种是将抗爆阀安装在屋顶上。抗爆阀直接安装在建筑围护结构上可减少土建工程量。

**7.4.4** 本条所列的关闭力、抗爆能力、关闭时间、透压率参考了国外石油化工项目的相关规定。

**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。

## 7.5 空调机房

**7.5.1** 本条是为了减少风管长度,降低投资和能耗,对空调机房位置设置提出的要求。

**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其坠落至地面,造成不应有的危险。

## 8 既有建筑物抗爆设计

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 拟对既有建筑物进行抗爆设计时,应首先对该建筑的现状进行全面的检测和了解。结构是否需要加固,应首先经结构可靠度鉴定确认。现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023 是通过实测、验算并辅以专家评估做出可靠性鉴定的结论,较为客观,可以作为既有建筑物加固设计的基本依据。

**8.1.2** 既有建筑物抗爆设计所面临的不确定因素远比新建工程多而复杂,为避免重复投资和施工,抗爆设计及施工宜综合考虑安全、抗震、抗爆的要求。

**8.1.7** 抗爆加固是在构件满足正常承载能力的基础上,通过加固提高其承载性能以抵抗其承受的爆炸荷载,当原构件不满足防火规范要求的耐火极限时,构件加固的同时应采取措施,保证加固后构件的耐火极限满足规范要求。

### 8.3 结构设计

**8.3.6** 根据结构加固方法的受力特点,本标准参考现行国家标准及国内外有关文献将加固方法分为两类,设计时可根据实际条件和使用要求,结合每种方法的适用范围和应用条件进行合理选择。

石化工程中既有建筑物的加固改造一般在停产检修期间进行,因此抗爆设计应优先选用施工简单,对生产影响小的加固方案。

既有建筑的抗爆改造会比新建筑的抗爆设计有更多的限制因素。工程师需要考虑现有的结构构件能否承受改造中增加的墙体

或屋顶的荷载,现有构件的连接强度的限制、施工空间限制、改造设备空间限制,外观和改造前后建筑空间的损失等。加固方案的选择应综合爆炸安全性评估的结果、建筑物的重要性、业主可接受风险的程度、建筑物现状及核算结果、建筑物周边场地条件、施工条件及施工工期等因素,并结合消防、建筑设备系统的要求,进行多方案技术经济比较。

**8.3.9 砌体结构一般缺乏延展性,并且对爆炸荷载的抵抗力低。**目前国内石化工程中既有建筑物砌体墙体的抗爆设计大多采用了抗爆涂层加固法。抗爆涂层有较强的弹塑性变形能力,可以直接喷涂于墙体内侧或砌体墙体的两侧,提升砌体墙的延展性和抵抗爆炸冲击波的能力,涂层厚度可根据爆炸荷载计算调整。采用这种加固方法的优势在于施工简单,对生产影响小,可不停产进行施工,不影响建筑外观。

**8.3.11 既有建筑物的抗爆设计应根据原建筑物的具体情况进行加固可行性、经济性、工期等方面的分析、对比。**当计算分析后,建筑物采用常规加固方案无法满足抗爆要求,需加固构件的范围广、加固难度大时,也可采用新建钢筋混凝土或钢结构抗爆护罩的方式对原有建筑物进行抗爆改造,但此种方式的成本高,费时费力,建议与拆除后新建方案进行综合对比并慎重选用。对于面积较小、改造难度大的建筑物,也可选用模块化的可移动式抗爆庇护所。