

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50779 – 2012

石油化工控制室抗爆设计规范

Code for design of blast resistant control building
in petrochemical industry

2012 – 05 – 28 发布

2012 – 12 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工控制室抗爆设计规范

Code for design of blast resistant control building
in petrochemical industry

GB 50779 - 2012

主编部门:中国石油化工集团公司

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2012年12月1日

中国计划出版社

2012 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1408 号

关于发布国家标准《石油化工控制室 抗爆设计规范》的公告

现批准《石油化工控制室抗爆设计规范》为国家标准，编号为 GB 50779—2012，自 2012 年 12 月 1 日起实施。其中，第 5.5.1 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一二年五月二十八日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2007 年工程建设标准制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2007〕126 号)的要求,由中国石化集团洛阳石油化工工程公司会同有关单位共同编制完成的。

本规范在编制过程中,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,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共分 6 章和 2 个附录。主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、建筑设计、结构设计、通风与空调设计等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国石化集团公司负责日常管理,由中国石化集团洛阳石油化工工程公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送给中国石化集团洛阳石油化工工程公司(地址:河南省洛阳市中州西路 27 号;邮政编码:471003),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人:

主 编 单 位: 中国石化集团洛阳石油化工工程公司

参 编 单 位: 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：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
主要审查人：冯 迪 章 健 崔忠涛 李立昌 周家祥
嵇转平 田大齐 徐建棠 孙成龙 刘昆明
顾继红 杨一心 暴长玮 朱 晔 任 意
汪宁扬 权 敏 刘德文

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(6)
4	建筑设计	(7)
4.1	一般规定	(7)
4.2	建筑门窗	(7)
4.3	建筑构造	(8)
5	结构设计	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	材料	(9)
5.3	爆炸的冲击波参数	(9)
5.4	作用在建筑物上的爆炸荷载	(10)
5.5	荷载效应组合	(13)
5.6	结构动力计算	(14)
5.7	构件设计	(16)
5.8	结构构造	(17)
5.9	基础设计	(18)
6	通风与空调设计	(20)
6.1	一般规定	(20)
6.2	室内空气计算参数	(21)
6.3	空调系统	(21)
6.4	新风系统与排风系统	(22)

6.5 空调机房	(22)
附录 A 常用结构的等效静荷载	(23)
附录 B 各种支座条件、荷载形式下单自由度构件的 动力计算参数	(26)
本规范用词说明	(29)
引用标准名录	(30)
附:条文说明	(31)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirement	(6)
4	Architecture design	(7)
4.1	General requirement	(7)
4.2	Doors and windows	(7)
4.3	Construction details	(8)
5	Structure design	(9)
5.1	General requirement	(9)
5.2	Material	(9)
5.3	Blast shock wave parameters	(9)
5.4	Blast load acting on the building	(10)
5.5	Load combination	(13)
5.6	Dynamic calculation	(14)
5.7	Member design	(16)
5.8	Construction details	(17)
5.9	Foundation design	(18)
6	Ventilation and air conditioning design	(20)
6.1	General requirement	(20)
6.2	Indoor air condition	(21)
6.3	Air conditioning system	(21)
6.4	Fresh air and exhaust system	(22)

6.5 HVAC room	(22)
Appendix A Equivalent static load value for common structures	(23)
Appendix B Dynamic parameters for single degree of freedom system under each supporting conditions and each load cases	(26)
Explanation of wording in this code	(29)
List of quoted standards	(30)
Addition;Explanation of provisions	(31)

1 总 则

1.0.1 为了在石油化工控制室的抗爆设计中,贯彻执行国家有关方针政策,统一技术要求,做到安全可靠、技术先进、经济合理,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建有抗爆要求的石油化工控制室的建筑、结构、通风与空调专业的抗爆设计。

1.0.3 石油化工控制室的抗爆设计,除应符合本规范外,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 抗爆防护门 blast resistant door

能抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的特种建筑用门。

2.1.2 人员通道抗爆门 blast resistant access door

能满足人员正常进、出建筑物所需要的抗爆防护门。

2.1.3 设备通道抗爆门 blast resistant equipment door

用于满足大型设备进出建筑物要求的抗爆防护门。

2.1.4 抗爆防护窗 blast resistant window

能抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的特种建筑用外窗。

2.1.5 隔离前室 air lock

设在人员通道上防止室外有害气体进入室内、保持室内正气压的内置式前室。

2.1.6 抗爆阀 blast resistant valve

安装在抗爆建筑物的洞口上,能抵抗来自建筑物外部爆炸冲击波的特种风阀。

2.1.7 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。

2.1.8 冲击波超压 positive pressure of shock wave

呈法向作用于冲击波包围物体的各个表面的在冲击波压缩区内超过周围大气压的压力值。

2.1.9 动压 dynamic pressure

冲击波在空气中传播时,由于冲击波内的气体分子有很大的运动速度,因而产生的类似风压一样具有明确的方向性的作用。

2.1.10 停滞压力 stagnation pressure

前墙爆炸荷载作用曲线中,正超压加动压作用曲线延长线同纵坐标的交点处的压力值。

2.1.11 延性比 ductility ratio

结构构件弹塑性变位与弹性极限变位的比值。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

- E_{cd} ——混凝土动弹性模量;
- E_s ——钢筋弹性模量;
- f_{dc} ——混凝土的动力强度设计值;
- f_{du} ——钢筋的动力强度极限值;
- f_{dy} ——钢筋的动力强度设计值;
- f_u ——钢筋强度极限值;
- f_{yk} ——钢筋强度标准值;
- f'_{ck} ——混凝土抗压强度标准值;
- f_y ——钢筋屈服强度。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

- C ——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值;
- F_t ——作用在构件上的力(时间的函数);
- P ——构件冲击荷载;
- P_a ——作用在侧墙及屋面上的有效冲击波超压;
- P_{atm} ——环境标准大气压;
- P_b ——作用在后墙上的有效冲击波超压;
- P_r ——峰值反射压力;
- P_s ——停滞压力;
- P_{so} ——爆炸冲击波峰值入射超压;
- q_0 ——峰值动压;
- Q_d ——与冲击波压力和作用时间等效的静力荷载;

- R_u ——结构构件在给定截面及配筋时提供的极限抗力；
 S_{GK} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值；
 S_{QK} ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值；
 S_{BK} ——爆炸荷载效应值；
 γ_G ——永久荷载分项系数；
 γ_{Qi} ——可变荷载分项系数；
 γ_B ——爆炸荷载分项系数。

2.2.3 几何参数

- A_s ——构件配筋面积；
 b ——构件截面宽度；
 d ——构件截面有效高度；
 D ——冲击波前进方向建筑物宽度；
 I_a ——构件截面平均惯性矩；
 I_{cr} ——混凝土开裂截面惯性矩；
 I_g ——混凝土构件对形心轴的毛截面惯性矩，忽略钢筋影响；
 K ——构件刚度；
 L ——平行于冲击波方向建筑物尺寸；
 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最小距离；
 X_m ——结构构件弹塑性变位；
 X_y ——结构构件弹性极限变位；
 Y ——质点位移。

2.2.4 计算系数及其他

- a ——质点运动加速度；
 C_e ——等效峰值压力系数；
 I_w ——正压冲量；
 K_L ——荷载或刚度传递系数；
 K_{Lm} ——传递系数；
 K_m ——质量传递系数；

C_d ——拖曳力系数；
 γ_{diff} ——材料的动力荷载提高系数；
 L_w ——冲击波波长；
 L_0 ——构件跨度；
 M_e ——等效质量；
 m ——构件质量；
 γ_{sit} ——材料的强度提高系数；
 T_d ——等效为三角形荷载的冲击荷载作用时间；
 T_N ——质点振动周期；
 t_a ——冲击波到达后墙时间；
 t_c ——反射压持续时间；
 t_d ——正压作用时间；
 t_e ——前墙正压等效作用时间；
 t_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；
 U ——波速；
 ρ ——非预应力受拉钢筋的配筋率；
 ρ' ——非预应力受压钢筋的配筋率；
 μ ——结构构件的延性比；
 $[\mu]$ ——结构构件的允许延性比；
 θ ——结构构件的弹塑性转角；
 $[\theta]$ ——结构构件的弹塑性转角允许值；
 Δ ——跨中变形；
 Ψ_{ci} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数；
 α ——能量吸收系数；
 τ ——持续时间系数。

3 基本规定

3.0.1 抗爆控制室平面布置应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 的有关规定,且应布置在非爆炸危险区域内,并可根据安全分析(评估)报告的结果进行调整,同时应符合下列要求:

1 抗爆控制室宜布置在工艺装置的一侧,四周不应同时布置甲、乙类装置,且布置控制室的场地不应低于相邻装置区的地坪。

2 抗爆控制室应独立设置,不得与非抗爆建筑物合并建造。

3 抗爆控制室应至少在两个方向设置人员的安全出口,且不得直接面向甲、乙类工艺装置。

3.0.2 按本规范进行设计的控制室,当遭受一次爆炸荷载作用,可能局部损坏时,经一般修理应能继续使用。

3.0.3 抗爆控制室建筑平面宜为矩形,层数宜为一层。

3.0.4 抗爆控制室宜采用现浇钢筋混凝土结构。

4 建筑设计

4.1 一般规定

- 4.1.1 抗爆控制室的建筑屋面不得采用装配式架空隔热构造,女儿墙高度应在满足屋面防水构造要求的情况下取最小值,并宜采用钢筋混凝土结构。
- 4.1.2 建筑物外墙不应设置雨篷、挑檐等附属结构。
- 4.1.3 建筑物不得设置变形缝。
- 4.1.4 面向甲、乙类工艺装置的外墙应采用抗爆实体墙。需在该墙体上开洞时,应经过抗爆验算。
- 4.1.5 在人员通道外门的室内侧,应设置隔离前室。
- 4.1.6 活动地板下地面以上的外墙上不得开设电缆进线洞口。基础墙体洞口应采取封堵措施,并应满足抗爆要求。
- 4.1.7 操作室内、外地面高差不应小于 600mm,其中活动地板下地面与室外地面的高差不应小于 300mm。空气调节设备机房室内、外高差不应小于 300mm。

4.2 建筑门窗

- 4.2.1 抗爆防护门应符合下列要求:

- 1 控制室外门、隔离前室内门应选用抗爆防护门,其耐火完整性不应小于 1.0h。

- 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 1500mm(宽)×2400mm(高)。

- 2) 计算荷载与所在建筑墙面计算冲击波超压相同,隔离前室内门计算冲击波超压为外门计算冲击波超压的 50%;在计算荷载的作用下,该门应处于弹性状态,并可正常开启。

3) 门扇应向外开启, 并应设置自动闭门器, 配置逃生门锁及抗爆门镜; 门框与门扇之间应密封。

4) 隔离前室内、外门应具备不同时开启联锁功能。

3 用于满足大型设备进出建筑物的设备通道抗爆门的构造及性能, 应符合下列规定:

1) 门洞口的大小应满足设备进出的要求;

2) 计算荷载与所在建筑墙面计算冲击波超压相同, 在计算荷载的作用下, 该门可处于弹塑性状态;

3) 门扇应向外开启, 且不应镶嵌玻璃窗;

4) 配置抗爆门锁。

4.2.2 窗应符合下列要求:

1 外窗应选用固定抗爆防护窗, 计算荷载与所在建筑墙面计算冲击波超压应相同。

2 内窗及室内疏散通道两侧的玻璃隔墙应采用金属框架, 并应配置夹膜玻璃或钢化玻璃。

4.3 建筑构造

4.3.1 墙体保温宜采用外墙外保温构造, 保温材料燃烧性能等级应为国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624—2006 规定的 A2 级, 其外层装饰面应选用整体构造形式。

4.3.2 室内装修材料的燃烧性能等级不得低于国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624—2006 规定的 C 级。

4.3.3 吊顶构造应符合下列要求:

1 周边与建筑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 的灯具应采用钢筋吊杆直接固定在混凝土屋面板上, 吊杆直径不宜小于 6mm。

5 结构设计

5.1 一般规定

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

5.1.2 抗爆控制室结构在爆炸荷载作用下,应验算结构的承载力及变形,对结构构件裂缝可不进行验算。

5.2 材 料

5.2.1 混凝土的强度等级不应低于 C30。

5.2.2 钢筋宜采用延性、韧性和焊接性较好的钢筋,纵向受力钢筋宜选用符合抗震性能指标的 HRB 400 级热轧钢筋,也可选用符合抗震性能指标的 HRB 335 级热轧钢筋;箍筋宜选用符合抗震性能指标的 HRB 335、HRB 400 级热轧钢筋,并应符合下列要求:

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%。

5.2.3 抗爆结构构件的钢筋强度等级以及配筋面积,应通过计算确定,不得任意提高钢筋强度等级和加大配筋面积。

5.3 爆炸的冲击波参数

5.3.1 控制室抗爆设计采用的峰值入射超压及相应的正压作用

时间,应根据石油化工装置性质以及平面布置等因素进行安全分析综合评估确定;当未进行评估时,也可按下列规定确定,并应在设计文件中说明:

1 冲击波峰值入射超压最大值可取 21kPa,正压作用时间可为 100ms;也可冲击波峰值入射超压最大值取 69kPa,正压作用时间取 20ms。

2 爆炸冲击波形取时间为零至正压作用时间,峰值入射超压从最大到零的三角形分布。

5.3.2 冲击波各参数可按下列公式确定:

1 波速可按下式计算:

$$U=345(1+0.0083P_{so})^{0.5} \quad (5.3.2-1)$$

式中: U ——波速(m/s);

P_{so} ——爆炸冲击波峰值入射超压(kPa)。

2 峰值动压可按下式计算:

$$q_0=2.5P_{so}^2/(7P_{atm}+P_{so})\approx 0.0032P_{so}^2 \quad (5.3.2-2)$$

式中: q_0 ——峰值动压(kPa);

P_{atm} ——环境标准大气压(kPa)。

3 冲击波的波长可按下式计算:

$$L_w=U \cdot t_d \quad (5.3.2-3)$$

式中: L_w ——冲击波波长(m);

t_d ——正压作用时间(s)。

5.4 作用在建筑物上的爆炸荷载

5.4.1 作用在封闭矩形建筑物前墙、侧墙、屋面,以及后墙上的爆炸荷载,宜按图 5.4.1 进行简化计算。

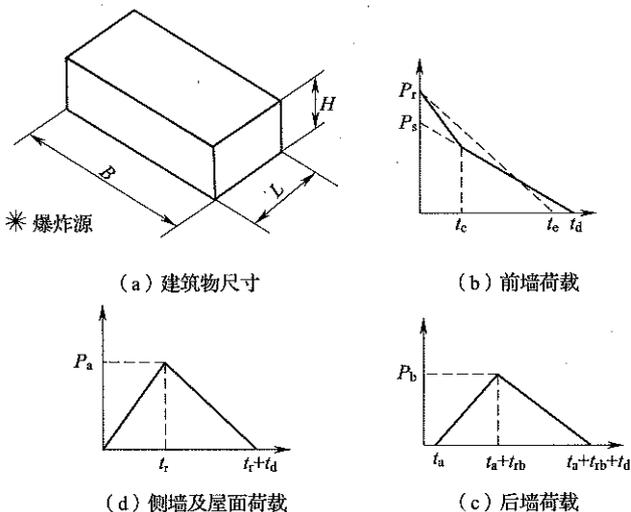


图 5.4.1 封闭矩形建筑物上的爆炸荷载

B —垂直于冲击波方向建筑物尺寸； H —建筑物高度；

L —平行于冲击波方向建筑物尺寸

5.4.2 作用在前墙上的爆炸荷载可按下列公式计算：

1 峰值反射压力可按下列公式计算：

$$P_r = (2 + 0.0073 P_{s0}) \cdot P_{s0} \quad (5.4.2-1)$$

式中： P_r ——峰值反射压力(kPa)。

2 停滞压力可按下列公式计算：

$$P_s = P_{s0} + C_d \cdot q_0 \quad (5.4.2-2)$$

式中： 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，侧墙及屋面、后墙取-0.4。

3 前墙正压等效作用时间可按下列公式计算：

$$t_c = 3S/U < t_d \quad (5.4.2-3)$$

$$t_e = 2I_w/P_r = (t_d - t_c) \cdot P_s/P_r + t_c \quad (5.4.2-4)$$

$$I_w = 0.5 \cdot (P_r - P_s) \cdot t_c + 0.5 \cdot P_s \cdot t_d \quad (5.4.2-5)$$

式中： I_w ——正压冲量；

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

t_e ——前墙正压等效作用时间(s)；

t_c ——反射压持续时间(s)。

5.4.3 作用在侧墙上以及平屋顶建筑物(屋面坡度小于 10°)屋面上的有效冲击波超压及其升压时间，可按下列公式计算：

$$P_a = C_e \cdot P_{s0} + C_d \cdot q_0 \quad (5.4.3-1)$$

$$t_r = L_1 / U \quad (5.4.3-2)$$

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 5.4.3；

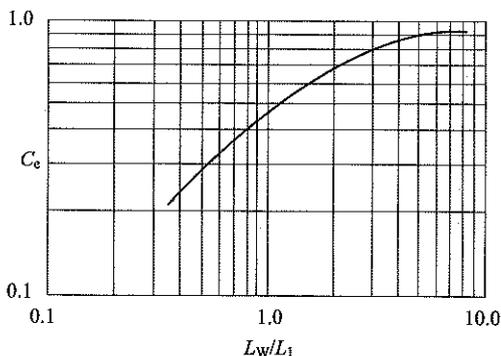


图 5.4.3 等效峰值压力系数的确定

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。侧墙计算时，取单位墙宽；屋面计算时，可根据荷载作用方向及需分析的构件，分别取屋面板的跨度或单位板宽、屋面梁的跨度等；后墙计算时，取建筑物高度 H (m)。

5.4.4 作用在后墙上的有效冲击波超压及其作用时间，可按下列公式计算：

$$P_b = C_e \cdot P_{s0} + C_d \cdot q_0 \quad (5.4.4-1)$$

$$t_a = D/U \quad (5.4.4-2)$$

$$t_{rb} = S/U \quad (5.4.4-3)$$

式中： P_b ——作用在后墙上的有效冲击波超压(kPa)；

t_a ——冲击波到达后墙时间(s)；

D ——冲击波前进方向建筑物宽度(m)；

t_{rb} ——后墙上有效冲击波超压升压时间(s)。

5.4.5 当采用单自由度体系等效静荷载分析方法时,构件等效静荷载的计算应符合本规范附录 A 的规定。

5.5 荷载效应组合

5.5.1 无爆炸荷载参与时,对于承载力极限状态以及正常使用极限状态,结构构件的荷载效应组合应按国家现行有关荷载组合标准的规定进行计算。有爆炸荷载参与时,风、雪荷载、地震作用不应参与组合。

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

$$R \geq \gamma_G S_{GK} + \gamma_B S_{BK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \Psi_{ci} S_{Qik} \quad (5.5.2)$$

式中： R ——结构构件抗力的设计值；

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_{Qi} ——可变荷载分项系数,取 1.0；

S_{GK} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应；

S_{BK} ——爆炸荷载效应；

S_{Qik} ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应；

Ψ_{ci} ——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 的有关规定采用,可不计及屋面活荷载。

5.5.3 在有爆炸荷载参与时,对于正常使用极限状态,结构构件

各种荷载效应组合应按下式计算：

$$C \geq S_{GK} + S_{BK} \quad (5.5.3)$$

式中：C——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值。

5.6 结构动力计算

5.6.1 结构的动力分析宜对整体结构按时程分析法进行。条件不具备时，对于矩形建筑物，构件可按作用的爆炸荷载进行动力分析。当按等效静荷载法进行结构动力分析时，对屋面板、外墙等结构构件，宜分别按单独的等效单自由度体系进行动力分析。

5.6.2 钢筋混凝土结构构件，宜按弹塑性工作阶段设计。对于受弯构件，其抗剪承载力应高于抗弯承载力 20%。

5.6.3 在爆炸荷载作用下，结构构件的延性比可按下列公式确定：

$$\mu = \frac{X_m}{X_y} \quad (5.6.3-1)$$

$$\mu \leq [\mu] \quad (5.6.3-2)$$

式中： μ ——结构构件的延性比；

X_m ——结构构件弹塑性变位 (mm)；

X_y ——结构构件弹性极限变位 (mm)；

$[\mu]$ ——结构构件的允许延性比，按表 5.6.3 采用。

表 5.6.3 结构构件的允许延性比

受力状态	受弯	大偏心受压	小偏心受压	中心受压
$[\mu]$	3.0	2.0	1.5	1.2

5.6.4 在爆炸荷载作用下，结构构件的弹塑性转角可按下列公式确定：

$$\theta = \arctan\left(\frac{2\Delta}{L_0}\right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (5.6.4-1)$$

$$\theta \leq [\theta] \quad (5.6.4-2)$$

式中： θ ——结构构件的弹塑性转角 (见图 5.6.4)；

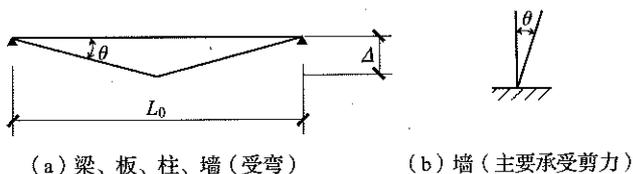


图 5.6.4 构件弹塑性转角示意

- Δ ——跨中变形(mm);
 L_0 ——构件跨度(mm);
 $[\theta]$ ——结构构件的弹塑性转角允许值,按表 5.6.4 采用。

表 5.6.4 钢筋混凝土结构构件的弹塑性转角允许值

结构构件	支座转角允许值 $[\theta]$
板	4°
梁、墙(受弯)	2°
柱	2°
墙(与爆炸荷载方向平行,主要承受剪力)	1.5°

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

$$K_{Lm} = \frac{K_m}{K_L} \quad (5.6.5-1)$$

$$K_{Lm} \cdot m \cdot a + k \cdot y = F_t \quad (5.6.5-2)$$

式中: K_{Lm} ——传递系数;

K_m ——质量传递系数,计算方法按本规范附录 B 采用;

K_L ——荷载或刚度传递系数,计算方法按本规范附录 B 采用;

m ——构件质量(kg);

a ——质点运动加速度(m/s²);

k ——构件刚度,计算方法按本规范附录 A 采用;

y ——质点位移(m);

F_t ——作用在构件上的力(时间的函数)(N)。

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

$$M_e = K_m \cdot m \quad (5.6.6-1)$$

$$T_N = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{M_e}{K_{\text{t}} \cdot k}} \quad (5.6.6-2)$$

式中: M_e ——等效质量(kg);

T_N ——质点振动周期(s)。

5.6.7 构件截面平均惯性矩应按下列公式计算:

$$I_a = 0.5 \cdot (I_g + I_{\text{cr}}) \quad (5.6.7-1)$$

$$I_{\text{cr}} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d-c)^2 \quad (5.6.7-2)$$

$$c = \frac{-nA_s + \sqrt{nA_s(nA_s + 2bd)}}{b} \quad (5.6.7-3)$$

$$n = \frac{E_s}{E_{\text{cd}}} \quad (5.6.7-4)$$

式中: I_a ——构件截面平均惯性矩(mm^4);

I_g ——混凝土构件对形心轴的毛截面惯性矩,不计钢筋影响(mm^4);

I_{cr} ——混凝土开裂截面惯性矩(mm^4);

b ——构件截面宽度(mm);

d ——构件截面有效高度(mm);

A_s ——构件配筋面积(mm^2);

E_s ——钢筋弹性模量(N/mm^2);

E_{cd} ——混凝土动弹性模量,可取静荷载作用时的 1.2 倍(N/mm^2)。

5.7 构件设计

5.7.1 构件的承载力可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定进行计算,其中材料强度设计值应用材料的动力强度代替。

5.7.2 材料的动力强度应按下列公式计算：

$$f_{du} = \gamma_{sif} \cdot \gamma_{dif} \cdot f_u \quad (5.7.2-1)$$

$$f_{dy} = \gamma_{sif} \cdot \gamma_{dif} \cdot f_{yk} \quad (5.7.2-2)$$

$$f_{dc} = \gamma_{sif} \cdot \gamma_{dif} \cdot f'_{ck} \quad (5.7.2-3)$$

式中： f_{du} ——钢筋的动力强度极限值(N/mm²)；

γ_{sif} ——材料的强度提高系数，按表 5.7.2 取值；

γ_{dif} ——材料的动力荷载提高系数，按表 5.7.2 取值；

f_{dy} ——钢筋的动力强度设计值(N/mm²)；

f_{dc} ——混凝土的动力强度设计值，(N/mm²)；

f_u ——钢筋强度极限值(N/mm²)；

f_{yk} ——钢筋强度标准值(N/mm²)；

f'_{ck} ——混凝土抗压强度标准值(N/mm²)。

表 5.7.2 材料的动力荷载提高系数及强度提高系数

提高系数		钢筋		混凝土
		f_{dy}/f_{yk}	f_{du}/f_u	f_{dc}/f'_{ck}
γ_{sif}		1.10		1.00
γ_{dif}	受弯	1.17	1.05	1.19
	受压	1.10	1.00	1.12
	受剪	1.10	1.00	1.10
	粘结	1.17	1.05	1.00

5.7.3 在爆炸荷载作用下，钢材的弹性模量及钢材和混凝土材料的泊松比，可不计入动荷载的影响。

5.7.4 对不直接承受或者传递爆炸荷载的结构构件，可不计入结构振动引起的动力作用。

5.8 结构构造

5.8.1 剪力墙两端和抗爆门门框墙应设暗柱加强，且应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关边缘构件的规定。

5.8.2 屋面板及外墙应双面配筋，单面竖向和横向分布钢筋最小

配筋率均不应小于 0.25%，并不应大于 1.5%。屋面板的最小厚度不应小于 125mm，墙体的最小厚度不应小于 250mm。

5.8.3 剪力墙及框架构造应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

5.8.4 钢筋宜采用搭接接头。

5.8.5 当地坪作为外墙的支座时，宜设刚性地坪。刚性地坪的最小厚度不应小于 150mm，并应双面配筋。

5.9 基础设计

5.9.1 在无爆炸荷载参与时，基础设计可按国家现行有关基础设计标准的规定要求进行计算。

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

5.9.3 设计时，应采用外墙爆炸荷载、屋顶爆炸荷载、恒荷载、活荷载同时组合的动力反应最大值。

5.9.4 当采用天然地基时，基础设计应符合下列要求：

1 进行地基土承载力验算时，爆炸荷载作用下地基土的允许承载力可取其特征值的 2 倍。

2 验算基础抗倾覆时，基础抗不平衡侧向动力荷载的倾覆安全系数应取 1.2，不计入活荷载的影响。

3 抗滑移验算时，抗滑移安全系数应取 1.05。当计入基础的被动土压力增加抗滑能力时，基础的被动土压力应取不平衡荷载的 1.5 倍，不平衡荷载应取总动水平荷载减去摩擦阻力。

5.9.5 当采用桩基础时，基础设计应符合下列要求：

1 桩基础在爆炸荷载作用下的允许垂直承载力，可取其垂直承载力极限值。

2 桩基础在爆炸荷载作用下的水平允许承载力，可取其水平极限承载力。计入基础的被动土压力与桩共同抵抗爆炸水平力时，桩基的最终水平承载力及作用在基础墙及基础上的被动抗力

组合后,不应小于所有所需水平抗力的 1.5 倍。

5.9.6 基础埋深不宜小于 1.5m。设计时可计入刚性地坪对基础的嵌固作用(图 5.9.6)。

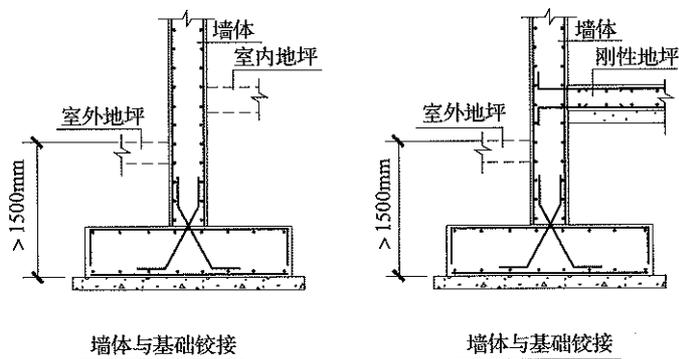


图 5.9.6 墙体与基础、室内地面层板连接

5.9.7 独立基础宜设系梁。

6 通风与空调设计

6.1 一般规定

6.1.1 抗爆控制室的重要房间、一般房间的空调系统宜分开设置。

6.1.2 重要房间的通风空调系统的供电可靠性应与生产装置一致。

6.1.3 通风空调设备宜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及空调系统的电源。

6.1.4 新风及回风应过滤,并应设化学过滤器。新风过滤器宜采用 C3 级粗效过滤器和 Z2 级中效过滤器,回风应采用 C3 级粗效过滤器。

6.1.5 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。

6.1.6 重要房间的空调设备的启停及故障报警信号应引至集散控制系统(DCS)。

6.1.7 抗爆控制室的排烟系统设计,应符合下列规定:

1 对于总层数为一层,两个相邻疏散外门的间距大于或等于 40m 的内走道,应设置机械排烟系统。

2 对于总层数为二层的抗爆控制室,且两个相邻疏散外门的间距大于或等于 40m 的一层内走道,应设置机械排烟系统;二层走道最远点距最近疏散外门的距离大于 20m 时,二层内走道应设置机械排烟系统。

3 吊顶与地板之间的高度大于 4m 的操作室,宜设置火灾后的排风系统。排风量可根据具体情况按换气次数不小于 2 次/h 确定。

6.2 室内空气计算参数

6.2.1 一般房间的室内空气计算参数应符合现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定。

6.2.2 重要房间的室内空气计算参数应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 重要房间的室内空气计算参数

房间	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 (%)		
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
工程师室	26±2	50±10	20±2	50±10	55	65
电信室	26±2	50±10	20±2	50±10	55	65
不间断电源 室(UPS)	26±2	50±10	20±2	50±10	65	75

注:1 重要房间的含尘浓度应小于 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$;

2 重要房间的 H_2S 的浓度应小于 $0.015\text{mg}/\text{m}^3$; SO_2 的浓度应小于 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$;

3 重要房间的温度变化率应小于 $5^\circ\text{C}/\text{h}$;相对湿度变化率应小于 $6\%/\text{h}$ 。

6.3 空调系统

6.3.1 重要房间的空调系统应采用全空气空调系统。

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

6.3.3 重要房间空调系统的空调机应设置一台备用,空调机总的制冷量应留有 $15\%\sim 20\%$ 的余量。

6.3.4 当夏季空调冷源采用冷水机组时,应设置一台备用机组。

6.3.5 当空调冷源为厂区供给的冷冻水时,空调机应采用双冷源型。

6.4 新风系统与排风系统

6.4.1 空调系统的新风量,应取下列两项中的最大值:

- 1 按工作人员计算,每人 $50\text{m}^3/\text{h}$ 。
- 2 总送风量的 10%。

6.4.2 新风的引入口及排风系统的排出口,均应加装与建筑围护结构同等抗爆等级的抗爆阀。

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

6.4.4 抗爆阀宜直接安装在建筑围护结构上。

6.4.5 当生产装置设有可燃、有毒气体探测报警系统时,新风引入口应设置相应的可燃、有毒气体探测报警器,且进风管上应设置密闭性能良好的电动密闭阀,在可燃、有毒气体探测器报警的同时,应关闭密闭阀及新风机。

6.5 空调机房

6.5.1 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。

6.5.2 空调机的室外机宜安装在地面上。

附录 A 常用结构的等效静荷载

A. 0. 1 在冲击荷载作用方向上构件的动承载力,可按动力反应的等效静力计算方法进行计算。

A. 0. 2 三角形荷载作用下结构的等效荷载标准值,可按下列公式计算:

$$Q_d = \frac{P}{\frac{\sqrt{\alpha}}{\pi\tau} + \frac{\alpha\tau}{2\mu(\tau+0.637)}} \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

$$\alpha = 2\mu - 1 \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

$$\tau = T_d / T_N \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

式中: Q_d ——与冲击波压力和作用时间等效的静力荷载(kPa);

P ——构件冲击荷载(kPa);

α ——能量吸收系数;

τ ——持续时间系数;

T_d ——等效为三角形荷载的冲击荷载作用时间(ms)。

三角形荷载作用下结构的等效荷载标准值也可按图 A. 0. 2 查取。

A. 0. 3 对于三角形脉冲荷载,结构的极限等效荷载标准值可按图 A. 0. 3 查取。

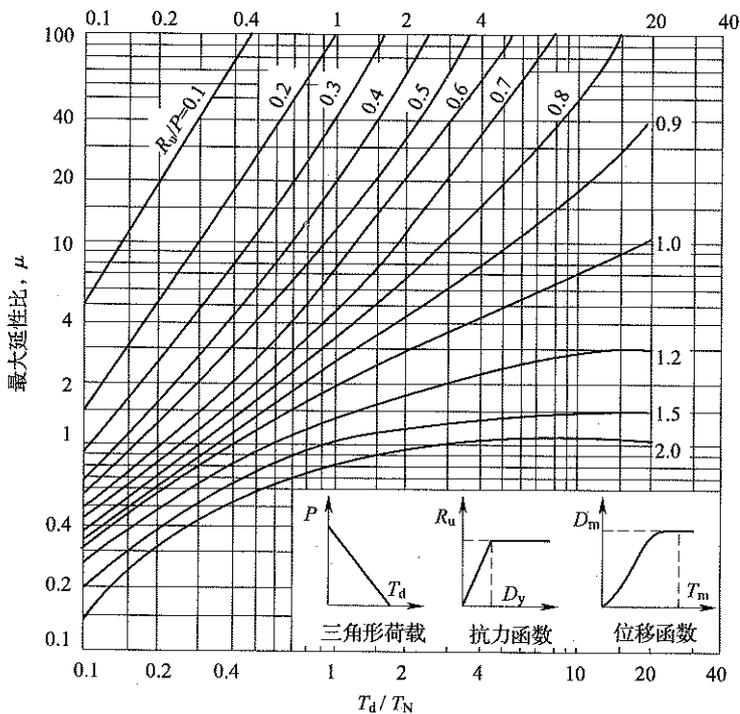


图 A.0.2 三角形荷载下的极限抗力-延性比关系
 D_y —屈服位移; D_m —最大位移; T_m —最大位移对应的作用时间;
 R_u —结构构件在给定截面及配筋时提供的极限抗力 (kN)

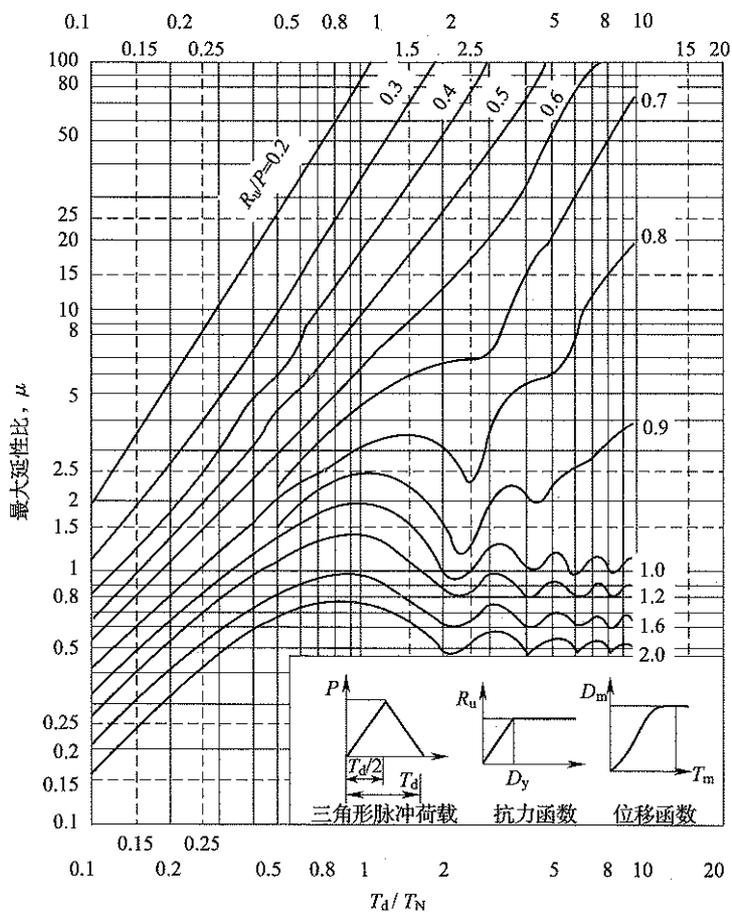
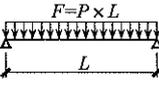
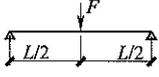
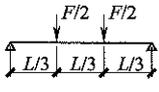


图 A.0.3 三角形脉冲荷载下的极限抗力-延性比关系

附录 B 各种支座条件、荷载形式下 单自由度构件的动力 计算参数

B. 0. 1 在各种支座条件、荷载形式下单自由度构件的动力计算参数可按表 B. 0. 1-1~表 B. 0. 1-3 选取。

表 B. 0. 1-1 两端简支

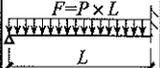
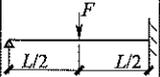
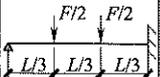
荷载图	应变范围	荷载传递系数 K_L	质量传递系数 K_m	均布质量传递系数 K_m	弯曲抗力 R_b	刚度 k	动力反应 V
	弹性	0.64	—	0.50	$8M_{pc}/L$	$384EI_a / 5L^3$	$0.39R_u + 0.11F$
	塑性	0.50	—	0.33	$8M_{pc}/L$	0	$0.38R_u + 0.12F$
	弹性	1.00	1.00	0.49	$4M_{pc}/L$	$48EI_a / L^3$	$0.78R_u - 0.28F$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$4M_{pc}/L$	0	$0.75R_u - 0.25F$
	弹性	0.87	0.76	0.52	$6M_{pc}/L$	$56.4EI_a / L^3$	$0.525R_u - 0.025F$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$6M_{pc}/L$	0	$0.52R_u - 0.02F$

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;

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。

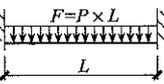
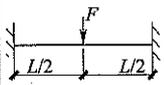
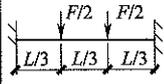
表 B.0.1-2 一端简支一端固定

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

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。

表 B. 0. 1-3 两端固定

荷载图	应变范围	荷载传递系数 K_L	质量传递系数 K_m	均布质量传递系数 K_m	弯曲抗力 R_b	刚度 k	动力反应 V
	弹性	0.53	—	0.41	$12M_{ps}/L$	$384EI_n/L^3$	$0.36R + 0.14F$
	弹塑性	0.64	—	0.50	$8(M_{ps} + M_{pc})/L$	$384EI_n/5L^3$	$0.39R + 0.11F$
	塑性	0.50	—	0.33	$8(M_{ps} + M_{pc})/L$	0	$0.38R_u + 0.12F$
	弹性	1.00	1.00	0.37	$4(M_{ps} + M_{pc})/L$	$192EI_n/L^3$	$0.71R - 0.21F$
	塑性	1.00	1.00	0.33	$4(M_{ps} + M_{pc})/L$	0	$0.75R_u - 0.25F$
	弹性	0.87	0.76	0.52	$6(M_{ps} + M_{pc})/L$	$56.4EI_n/L^3$	$0.53R - 0.03F$
	塑性	1.00	1.00	0.56	$6(M_{ps} + M_{pc})/L$	0	$0.52R_u - 0.02F$

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。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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

- 《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
- 《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
- 《石油化工企业设计防火规范》GB 50160
- 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624

中华人民共和国国家标准

石油化工控制室抗爆设计规范

GB 50779 - 2012

条文说明

制定说明

《石油化工控制室抗爆设计规范》GB 50779—2012,经住房和城乡建设部 2012 年 5 月 28 日以第 1408 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组进行了长期的调查研究,总结了我国工程建设石油化工行业的实践经验,同时参考了美国土木工程协会(ASCE)、美国混凝土协会(ACI)等国外先进技术法规、技术标准的相关内容,结合我国混凝土结构设计相关规范要求最终成稿。

为方便广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时正确理解和执行条文规定,《石油化工控制室抗爆设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、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规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

3	基本规定	(37)
4	建筑设计	(39)
4.1	一般规定	(39)
4.2	建筑门窗	(40)
4.3	建筑构造	(40)
5	结构设计	(42)
5.1	一般规定	(42)
5.2	材料	(42)
5.3	爆炸的冲击波参数	(43)
5.4	作用在建筑物上的爆炸荷载	(44)
5.5	荷载效应组合	(45)
5.6	结构动力计算	(45)
5.7	构件设计	(47)
5.8	结构构造	(48)
5.9	基础设计	(48)
6	通风与空调设计	(49)
6.1	一般规定	(49)
6.2	室内空气计算参数	(50)
6.3	空调系统	(50)
6.4	新风系统与排风系统	(51)
6.5	空调机房	(51)

3 基本规定

3.0.1 确定抗爆控制室平面布置、建筑物抗爆炸冲击波的大小都应经过安全分析后确定。在国外,关于平面布置的标准有:《Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings》API RP752;美国化学工程师协会化学工艺安全中心(CCPS)的《Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions, Fires and Toxics》。在国内,现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 规定了防火方面的布置要求,对抗爆方面还没有专门的规定。

1 工艺装置火灾危险性分类详见现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160。场地高于相邻装置可防止可燃气体在控制室周围聚集。

2 为了避免在装置爆炸状态下,非抗爆建筑物可能产生的碎块阻塞控制室内人员疏散的通道,抗爆控制室的顶部不得布置非抗爆结构的房间;与抗爆控制室比邻的非抗爆建筑物,布置时应尽可能加大与抗爆建筑物之间的间距。

3 控制室安全出口数量不少于两个,是现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求;考虑到在装置发生爆炸时建筑安全出口有可能被爆炸所产生的碎片阻塞,影响人员的疏散,为了提高人员疏散的可靠性,要求在建筑物不同的方向设置疏散口。如迫于场地条件的限制,当人员出入口必须面向有爆炸危险性的生产装置时,则必须采取可靠的防护措施,如在抗爆门的外侧设置有顶抗爆墙等。

3.0.2 本规范的设计水准,允许在爆炸事故后,结构处于非弹性状态而不至于倒塌。本条依据现行国家标准《建筑结构可靠度设

计统一标准》GB 50068—2001 第 3.0.6 条的规定：“对偶然状况，建筑结构可采用下列原则之一按照承载能力极限状态进行设计：

1 按照作用效应的偶然组合进行设计或采取防护措施，使主要承重结构不致因出现设计规定的偶然事件而丧失承载能力。

2 允许主要承重结构因出现设计规定的偶然事件而局部破坏，但其剩余部分具有在一段时间内不发生连续倒塌的可靠度。”

另外，在美国土木工程协会(ASCE) *Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities* 中，将动力荷载作用下的结构构件的容许变形分为高、中、低三种情况，本规范为中等变形状态，即建筑物在遭受爆炸荷载作用后发生一定程度的损坏，但修复后仍可继续使用。

3.0.3 矩形平面在冲击波荷载作用下传力路径明确，同时有大量冲击波实验数据。建筑层数的限制除考虑了工程计算的复杂程度之外，更主要的是考虑到在满足基本安全要求的前提下工程成本的问题。

3.0.4 一般情况下，建筑物屋顶采用现浇钢筋混凝土板，将水平爆炸荷载传递至剪力墙，剪力墙将爆炸荷载传递至基础。

4 建筑设计

4.1 一般规定

4.1.1 抗爆控制室的建筑屋面应符合现行国家标准《屋面工程技术规范》GB 50345—2004 表 3.0.1 对建筑屋面防水等级和防水要求的规定。为了减少爆炸时可能产生的次生灾害,建筑物外表面不应附着密度较大的装配式建筑构件,故规定屋面上不得采用装配式架空隔热构造。女儿墙属于悬臂构造,应根据爆炸力的特性对其进行专门的验算,以确保在爆炸力作用下不至于破坏或产生碎块,飞溅伤人。

4.1.2 本条主要是为了防止和减轻装置爆炸后可能产生的次生破坏而规定的。

4.1.3 变形缝的设置将可能使建筑物整体抗爆的体系中存在一个安全缺陷或隐患;同时,在建筑物采取了外保温的构造措施后,有利于减少温差对建筑结构产生的应力。

4.1.4 以目前工艺装置的控制(设备)水平,操作人员已经完全不需要通过观察窗去了解 and 判断工艺装置的运行状况;同时,操作室内营造的人工室内环境(空气调节、人工照明等),能够符合和满足操作人员健康、安全及生产的要求。因此,石油化工控制室的建筑外墙窗已经失去基本的功能需求。另外,在抗爆墙上设置的窗必须能够抵抗相应的爆炸荷载,工程代价也较高。如果产品的品质有某些缺失或由于日常使用、维护不当而可能产生的缺陷,均将成为安全的隐患。因此,规定面向甲、乙类工艺装置的外墙应采用抗爆实体墙。

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

护体系。

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

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

4.2 建筑门窗

4.2.1 本条是对抗爆防护门所作的规定。对各款说明如下:

1 如果由于装置内可燃物质因爆炸而抛洒到门外侧的场地上形成火场,则该门已经失去疏散功能,只要求在一定时间内阻隔火焰及烟气进入室内即可。

2 人员通道抗爆门。

1)在抗爆建筑物上,门是最薄弱的建筑构造,故其数量和尺寸均应严格控制,应以能够满足最基本的功能要求为设计原则。

2)逃生门锁在具有锁闭门扇功能的同时,还应满足在任何情况下人员均可方便地从室内侧向室外疏散的要求。

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

3 设备通道抗爆门。

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

4.3 建筑构造

4.3.1 抗爆建筑物较为封闭,在设备系统未能正常运转时,室内通风换气困难。岩棉或超细玻璃棉易散发粉尘,不利于施工人员

的健康;湿作业保温构造则因通风不畅而干燥周期较长,且其中所含添加剂中的部分化学成分也会影响施工人员的健康。另外,墙体保温构造在受到爆炸超压的冲击时还具有一定的吸能作用,有利于保护抗爆墙,故墙体宜采用外保温构造。

4.3.3 吊顶构造:

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 面板选用轻质材料,可使事故状态时即使面板脱落也不会对人员造成严重伤害。

4 保证事故状态下灯具不脱落,避免对人员造成伤害。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 国外炼油厂抗爆建筑物设计的方法有一个演变的过程:从最初的等效静荷载法及传统的静力分析方法(Bradford and Culbertson),到建立在等效 TNT 爆炸荷载(Forbes 1982)基础上,考虑结构构件动力特性及延性的简化动力分析方法,再到根据蒸汽云爆炸模型来区分爆炸荷载的特点,采用非线性多自由度的动力计算模型对建筑物进行动力分析。当采用单层钢筋混凝土剪力墙结构时,构件呈现单自由度动力特征,因此本规范系采用单自由度的动力计算模型。

在特定的简化冲击波(比如前墙)荷载作用下,按照结构构件的振型曲线与相应静荷载作用下的挠曲线接近的原则,得到等效静荷载;用结构静力分析来代替动力分析,会大大简化构件的设计计算。本规范在附录 A 中提供了构件等效静荷载的计算方法。

5.1.2 本条是针对爆炸荷载特点,以及控制室在遭受爆炸荷载后的使用要求提出的。在爆炸动荷载作用下,结构构件的工作状态,用允许延性比来表示,虽然不能直接反映结构构件的强度、挠度及裂缝等情况,但能直接表明结构构件所处的极限状态,故在结构计算中不必再进行结构裂缝的验算。

5.2 材料

5.2.2 此条与现行国家标准《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。

另外,美国混凝土协会 *Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures* (ACI 349) 中对具有抗爆性能材料有如下要求:混凝土受压强度 f'_c 最低取 3000psi;钢筋的屈服强度最大值取 60000psi,同时对钢筋的力学性能要求:

1 试验得到的实际屈服强度不得超过给定屈服强度 18000psi(再次实测不得超过此值 3000psi)。

2 实际极限抗拉强度与实际抗拉屈服强度之比不应小于 1.25。

5.3 爆炸的冲击波参数

5.3.1 在国外,一般由专业咨询公司结合石油化工装置性质、平面布置(主要是泄漏点布置)、风向等因素,运用安全模拟分析软件,模拟计算建筑物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基本参数。

本条给出的两种冲击波参数,参考了美国制造化学家协会 *Siting and Construction of New Control Houses for Chemical Manufacturing Plants* (SG-22) 的相关规定。该指南定义抗爆建筑物要足以抵抗外部装置爆炸所产生的冲击波超压为 69kPa,作用时间为 20ms。这大概相当于一个球体在自由空气中爆炸[1US ton TNT 在距中心距离 30.5m(100ft)处]所产生的冲击波超压。对于冲击波超压为 20kPa(2.9psi)、持续时间为 100ms 的冲击波,它近似相当于直径 60m、高 4m 包含 6%乙烷的气体爆炸,距中心距离 75m 处产生的冲击波超压。

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

爆炸波波形的简化图形如图 1、图 2。设计计算时只考虑正压区而忽略负压区,为了简化同时忽略升压段,从而简化成三角形的波形。

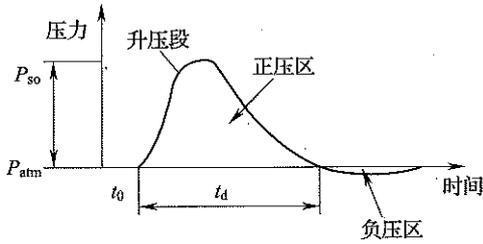


图 1 自然波形

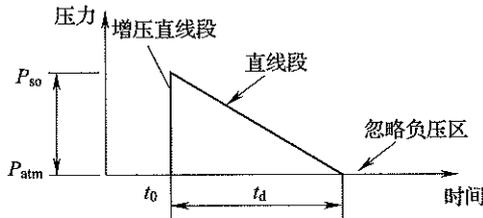


图 2 设计波形

t_0 —冲击波到达时间

5.4 作用在建筑物上的爆炸荷载

5.4.1~5.4.3 图 5.4.1 源自美国土木工程师协会 *Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities*。

图 5.4.3 源自美国军事规范 *Structures to Resist the Effect of Accidental Explosions* TM5-1300。

根据美国土木工程师协会 *Design of Structures to Resist Nuclear Weapons Effects* (ASCE No. 42), 前墙荷载如图 3。

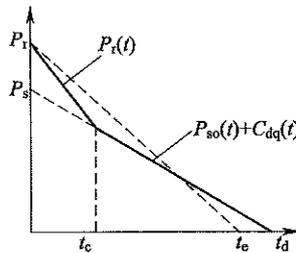


图 3 设计波形

从图中可以看出,在 t_c 以前,前墙反射压作用,从 t_c 到 t_d ,前墙正超压和动压共同作用。公式中 t_c 为反射压持续时间。

5.5 荷载效应组合

5.5.1 对于没有爆炸荷载参与的结构构件的承载力极限状态以及正常使用极限状态,其荷载效应组合按照现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的强制性条文执行。

爆炸荷载本身属于偶然荷载作用,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《建筑结构荷载规范》GB 50009,不再考虑其与风、雪、地震荷载的组合作用。

5.6 结构动力计算

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

5.6.3 本条参考了现行国家标准《人民防空地下室设计规范》GB 50038 中有关钢筋混凝土构件容许延性比的相关规定。该规范一般按表 1 取值。

表 1 钢筋混凝土构件的设计延性比

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

5.6.4 本条中表 5.6.4 的数据源自美国土木工程师协会 *Design of Blast Resistant Buildings in Petrochemical Facilities*。

美国混凝土协会 *Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures* (ACI 349) 中对容许延性比以及塑性转

角的规定如下：

延性比 μ 是构件最大允许位移 X_m 与有效屈服点位移 X_Y 的比值,见图 4。为了得到有效屈服位移,构件截面惯性矩应取 $0.5(I_g + I_{cr})$ 。构件之最大变形不应降低构件的使用功能,同时不能削弱相关系统及部件的安全性。对于梁(次梁)、墙、板等受弯构件,容许延性比可取 $0.05/(\rho - \rho')$ 且不超过 10,但为在冲击荷载时保证结构整体性其延性比不应大于 3.0。

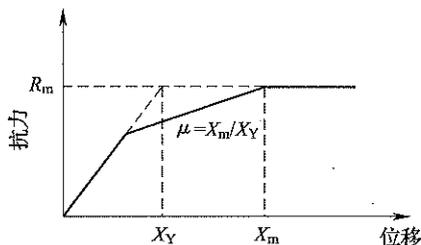


图 4 理想的位移-抗力-延性关系

当受弯控制时,构件任意塑性铰的转动承载能力 r_0 (弧度)可取 $0.0065(d/c)$,但不应超过 0.07rad (d 为构件截面有效高度,即从极限受压纤维到受拉钢筋中心的距离; c 为受压区最大应力纤维至截面中和轴的距离)。按照上述公式进行构件塑性铰的转动能力计算,从实验结果到计算结果,其平均值为 1.47,标准差为 0.49。上式计算而得的屈服转角在 0.025 弧度 ~ 0.075 弧度 ($1.4^\circ \sim 4.3^\circ$) 之间变化。因为没有足够的实验数据说明梁的转动能力超过 0.07 弧度 (4°) 时的变化情况,因此尽管按照上式可以算得较大的屈服转角,但仍将 0.07 弧度作为最高限制。

从钢筋混凝土构件的工作过程来看,在荷载的作用下,随着构件挠曲,全部钢筋屈服;钢筋在达到屈服阶段内,当挠度发展到相当于 2° 支座转角时,受压混凝土被压碎。

5.6.7 确定混凝土构件的挠度无论在弹性或是在塑性范围内都是十分复杂的。这是因为,由于裂缝的开展,构件横截面的有效惯

性矩沿构件是连续的;还因为混凝土的弹性模量随应力增长而变化,使问题变得更加复杂。因此变形计算中使用平均惯性矩。通常的做法是先假定构件的配筋 A_s ,核算构件的延性比、转角是否满足要求。

5.7 构件设计

5.7.2 在实践中,不同等级材料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 γ_{stf} 以考虑这种情况,该系数与材料的应变速率无关。

当考虑材料特性与应变速率变化的影响时,采用 γ_{dif} 的系数。 γ_{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。表 5.7.2 给出的 γ_{dif} 基于如下应变速率而定: 0.0001in/in/ms(受弯);0.00002/in/in/ms(受压)。

现行国家标准《人民防空地下室设计规范》GB 50038,根据构件受拉、受压、受弯、受剪和受扭等不同受力状态,规定了在爆炸动荷载作用下,材料的动力强度设计值可取静荷载作用下的材料强度设计值乘以材料强度综合调整系数,具体数值如表 2 所示。

表 2 材料强度综合调整系数

材料种类		综合调整系数
热轧钢筋(钢材)	HPB235 级(Q235 钢)	1.5
	HRB335 级(Q345 钢)	1.35
	HRB400 级(Q390 钢)	1.20(1.25)
	RRB400 级(Q420 钢)	1.2
混凝土	C55 及以下	1.5
	C55~C80	1.4

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

5.8 结构构造

5.8.1 除了剪力墙两端设置暗柱加强以外,抗爆门上的爆炸荷载也要通过门框墙承担,门框墙应加强,以保证爆炸后不影响门的正常使用。

5.8.2 屋面板及外墙单面配筋率按有效截面面积计算。配筋率限值参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定。

根据美国混凝土协会 *Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures* (ACI 349);当钢筋的屈服强度为 240N/mm^2 时,钢筋混凝土墙体及板截面上主筋的配筋率应不小于 1%;当钢筋的屈服强度为 410N/mm^2 时,钢筋混凝土墙体及板截面上主筋的配筋率应不小于 0.6%;根据钢筋的屈服强度,钢筋混凝土截面受力钢筋的最小配筋率应满足 $240/f_y$ (f_y 的单位 psi) 的要求。在另一个方向,分布筋截面积之和应不小于受力钢筋截面积之和的 20%,且两根钢筋的间距不大于 150mm。当墙体和屋面板截面厚度为 250mm~400mm 时,配筋较为便利。

5.8.4 焊接时产生的热量也会引起钢筋性能的变化,导致强度降低。焊接区冷却后的收缩又可能导致钢筋的内应力,甚至引起断裂。

5.9 基础设计

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

5.9.4 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。

5.9.5 当水平荷载很大时,也可考虑使用斜桩。

6 通风与空调设计

6.1 一般规定

6.1.1 操作室、机柜间、工程师室、UPS室、电信室等为重要房间；交接班室、资料室、办公室、会议室等房间为一般房间。重要房间对空气温度、湿度、洁净度以及空气品质要求较高；一般房间对空气的上述要求较低，属于舒适性空调。将空调系统分开设置，有利于节省投资。

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

6.1.3 引自现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019。

6.1.4 现行行业标准《石油化工控制室和自动分析室设计规范》SH 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 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。现行国家标准《环境空气质量标准》GB 3095 中三级大气质量标准规定粒径小于 $10\mu\text{m}$ 的灰尘的可吸入颗粒物的浓度值为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ 。按此计算，采用 C3 级粗效过滤器完全可以满足要求。考虑到新风机组配有化学吸附器，为了保护吸附器，化学吸附器前的过滤器采用 Z2 级中效过滤器比较合理。为了保护中效过滤器，宜前置粗效过滤器。

6.1.5 控制室一般不设专门的人员负责空调设备的运行管理，设置故障自动切换可增加空调系统运行的可靠性。设置定时自动切换是为了均衡所有空调机的运行时间，延长空调机的使用寿命。

6.1.6 重要房间的空调设备要求不间断运行，空调设备的报警信号引至 DCS 可及时发现问题，及时处理，确保空调系统的正常运行。

6.1.7 抗爆控制室建筑比较特殊,既不属于可燃物较多的生产厂房,又不属于人员较多的公共建筑。现行行业标准《石油化工生产建筑设计规范》SH 3017 将控制室、电子计算机房的火灾危险性等级划分为丁类。因此,除了内走道可能需要设置机械排烟外,各个房间均不需设置机械排烟。但由于控制室是石油化工厂的控制中心,发生火灾后必须尽快灭火,并彻底排除火灾后的烟气和毒气,让工作人员尽快进入室内处理事故,以便尽早恢复生产,所以有必要设置火灾后的排烟系统。火灾发生后,开启新风系统,将烟气通过房门压至内走廊,利用内走廊的排烟风机排烟。但是由于操作大厅一般层高较高,房门与顶棚之间的间距达 2m 以上,采用上述方法很难将烟气排除干净。有必要在操作大厅设置机械排风。

6.2 室内空气计算参数

6.2.2 机柜室、UPS 室一般自身带有风扇,故噪声较大,且上述房间无人值班,故噪声标准适当放宽。

6.3 空调系统

6.3.1 重要房间的空调系统要求恒温恒湿,所以应采用全空气空调系统。一般房间的空调系统虽然为舒适性空调,但由于房间无外窗,空气无法通过外窗缝隙对流;如果采用风机盘管、VRV 等系统,由于循环风量较小,房间的通风死角多。采用全空气系统,在新风量不变的情况下,可明显提高舒适度,因此一般房间也应尽可能采用全空气系统。

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

6.3.3 这是由机柜室、控制室等重要房间的重要性决定的。空调

系统必须保证在任何情况下都能正常运行。留有 15%~20% 余量的目的,是考虑到以后部分非重要房间变为重要房间的可能性。

6.3.4、6.3.5 确保重要房间空调系统的可靠性。

6.4 新风系统与排风系统

6.4.1 抗爆控制室无外窗,空气无法通过外窗缝隙对流,全靠新风保证新鲜空气量,所以按人均计算的新风量取值应大些。

6.4.2 抗爆阀的抗爆力应与结构设计中该墙面的爆炸荷载取值一致。

6.4.3 抗爆阀的种类可根据风量、阻力、投资等各种因素综合确定。

6.4.4 抗爆阀直接安装在建筑围护结构上可减少土建工程量。

抗爆阀的安装方式大致有三种:

第一种:设置专门的进、排风小室;

第二种:将抗爆阀安装在外墙上;

第三种:将抗爆阀安装在屋顶上。

6.4.5 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,是为了防止可燃、有毒气体进入建筑物内。

6.5 空调机房

6.5.1 本条的目的是减少风管长度,降低投资和能耗。

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