

1、石化抗爆分析和设计

依据：《石油化工建筑物抗爆设计标准》GB_T50779-2022（简写《抗爆》）

JG-STRAT 为石油化工工程提供完整的解决方案，一般设计流程：

- 1) 恒活、风、反应谱地震等常规设计，进行抗爆墙和框架配筋、强度等规范验算。
- 2) 爆炸等效静力荷载与恒活组合，考虑 $\gamma_{sif}\gamma_{dif}$ 材料增强，进行抗爆墙和框架配筋、强度等规范验算
- 3) 根据计算配筋，或施工图选筋，准备弹性计算所需的纤维模型。
- 4) 将爆炸冲击波作为面冲击荷载，作用于前墙、侧墙、后墙、顶盖，进行弹塑性动力时程计算，校验结构破坏状态，校验抗爆墙及框架的转角 θ 满足规范限值。

1、Prep 建模

抗爆墙用板壳(超元)模拟，放置在专用图层内

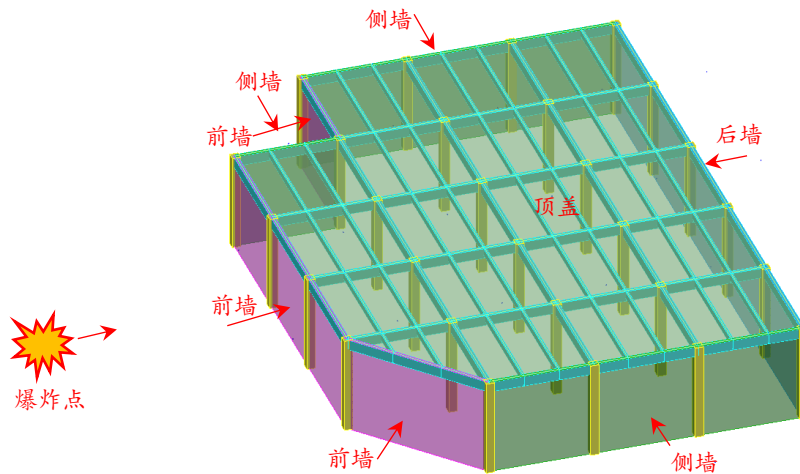
“Blast 前-”，抗爆墙前墙；

“Blast 侧-”，抗爆墙侧墙、顶盖；

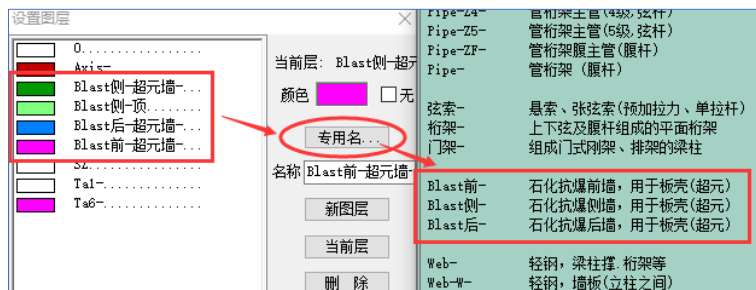
“Blast 后-”，抗爆墙后墙。

按照 JG 专用图纸机制，前后墙、侧墙专用图层还可以加上“超元墙-”字符，这样用超元模拟的抗爆墙仍可以按剪力墙进行配筋计算、施工图绘制。

顶板放“Blast 侧-”图层，同侧墙一样加载。注意顶板不能设“超元墙-”。



抗爆结构前墙、侧墙、顶盖、后墙



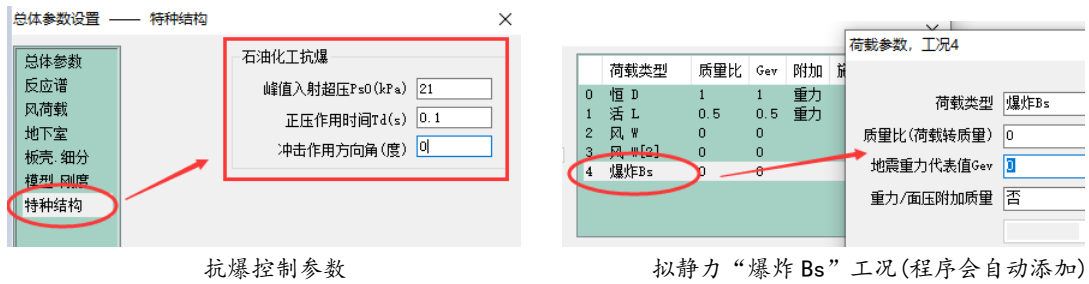
抗爆墙专用图层名

抗爆控制参数

Prep 总体参数/特种结构，有“石油化工抗爆”的参数。

输入峰值入射超压 P_{s0} 、正压作用时间 T_d ，两参数按爆炸安全评估确定。冲击作用方向角为爆炸源指向建筑的方向角。

需要设计确定仅此 3 个控制参数，其他各类参数均由程序根据《抗爆》标准、或结构几何特性自动设定。用户操作过程非常简单。



抗爆控制参数

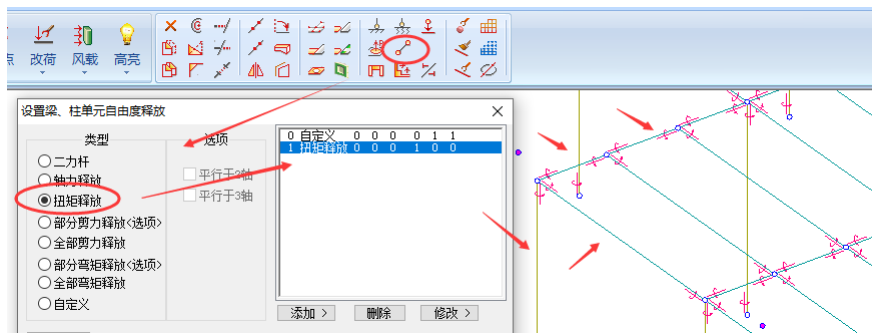
拟静力“爆炸 Bs”工况(程序会自动添加)

抗爆墙铰接

抗爆墙与主体框架结构铰接——可传力、但不传弯矩。两种方式处理：

1) 与抗爆墙超元直接连接的侧边梁、周边柱扭转自由度释放。这样抗爆墙与框架之间铰接，但抗爆墙在边界处仍能传递弯矩、形成连续墙，符合实际受力状况。抗爆墙支座负弯矩将减少跨中弯矩，有效提高承载力。

2) 抗爆墙与框架梁柱之间，设二力杆连接(增加建模工作量，不推荐使用)。



抗爆墙铰接(梁柱扭转释放)

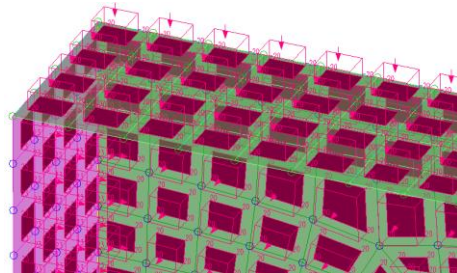
爆炸拟静力加载

Prep 生成 Sta 文件时，自动对抗爆墙施加拟静力荷载。根据《抗爆 4.2 条》，前墙取停滞压力 P_s ，侧墙(顶板)取有效冲击波超压 P_a ，后墙取有效冲击波超压 P_b 。

爆炸拟静力设专门工况，工况类型为“爆炸 Bs”，质量比等参数采用程序默认。如用户未设，程序会自动添加新工况，如上图。

拟静力荷载与抗爆墙表面垂直(沿板法向 3 轴)。前后墙由冲击方向角确定荷载方向，侧墙根据结构中心的位置确定荷载方向。

后处理 Plots 可以查看拟静力荷载，如下图。图中荷载数值的正负号表示与板法向 3 轴的相对关系(同向为正、反向为负)，箭头是荷载的真实作用方向(仅看箭头即可)。



程序自动实际爆炸拟静力荷载，与墙面垂直，指向内侧

2、Strat 常规计算

点“常规计算”。进行恒活、风静力计算，地震反应谱计算，抗爆拟静力荷载计算。

3、Archi/Plots/Design 规范验算和设计

抗爆结构仍需满足恒活重力、风载、地震设计要求，与常规结构完全相同。

所不同的是含抗爆拟静力荷载。《抗爆》6.3.1 条规定抗爆荷载仅与恒、活载组合，《荷载规范》针对偶然荷载也有类似规定。

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

Archi/Plots 荷载组合将抗爆拟静力荷载归类为“偶然 A”类型(注意“爆炸 B”用于人防荷载)，并自动进行荷载组合。

对于包含爆炸拟静力工况的组合，混凝土、钢筋、钢材的材料强度均乘以《抗爆 6.2.6 条》的 γ_{sif} 、 γ_{dif} 材料强度提高系数。Archi 构件计算书中列出该系数。

The image shows two screenshots from a software application. The left screenshot is a '荷载组合设置' (Load Combination Settings) dialog box. It contains a table of load combinations with columns for '名称' (Name), '类型' (Type), '组合值' (Combination Value), '准永久' (Quasi-permanent), '分项' (Partial Factor), '变折' (Adjustment Factor), and '调整' (Adjustment). The '爆炸' (Explosion) load is highlighted in red, with its type set to '偶然(A)' (Accidental A). Below the table, there are options for '可变折减' (Variable Reduction) and '消防折减' (Fire Reduction). The right screenshot shows a '修改/增加荷载组合组' (Modify/Add Load Combination Group) dialog box. It lists several load combinations (e.g., 组合56, 57, 58) with their respective values and material strength increase coefficients. The coefficients for '混凝土' (Concrete) and '钢筋' (Reinforcement) are shown as 1.12 and 1.21 respectively, which are circled in red. Below this, there are parameters for '截面抗弯配筋参数' (Section Bending Reinforcement Parameters) and '计算纵筋面积' (Calculate Longitudinal Reinforcement Area).

爆炸拟静力荷载组合，组合类型“偶然(A)”

构件计算书中材料强度提高系数 γ_{sif} 、 γ_{dif}

Archi 对梁柱墙规范验算，Plots 对抗爆墙板规范验算。

如抗爆墙图层有“超元墙-”、“地外墙-”字样，Archi 会将细分的抗爆墙合并为整片剪力墙，计算面内受力所对应的暗柱配筋、墙身抗剪箍筋。此时抗爆墙面外抗弯分布筋，须采用 Plots 细分板的计算结果。

Design 衔接 Archi/Plots 结果绘制抗爆结构的施工图。

4、Plots 冲击波弹塑性时程模型准备 (纤维模型)

在 Plots 内进行纤维初始化。梁柱墙可以读入 Archi 计算配筋值、或 Design 施工图最终配筋值，使冲击波弹塑性时程计算更符合实际情况。

The image shows two parts. On the left is a '纤维模型初始化' (Fiber Model Initialization) dialog box. It has tabs for '梁柱墙纤维细分' (Beam/Column/Wall Fiber Subdivision) and '板单元' (Slab Element). Under '梁柱墙纤维细分', there are options for '梁柱截面边长' (Beam/Column Section Side Length) and '剪力墙边长' (Shear Wall Side Length), both with '细分长度(m)' (Subdivision Length (m)) set to 0.5. The '钢筋读取' (Reinforcement Reading) is set to 'Design选筋' (Design Selected Reinforcement). Under '板单元', the '板单元弹塑性分析' (Slab Element Elastoplastic Analysis) checkbox is checked. On the right is a 3D visualization of a fiber model for a corner of a structure, showing a grid of fibers in different colors (green, blue, purple) representing different material layers and reinforcement.

Plots 纤维初始化，纤维模型

注意选中“板单元弹塑性”分析，对抗爆墙的细分板也进行纤维细分(厚度分层)，并读入

Plots 计算板单元钢筋值。

纤维模型准备与普通大震弹塑性时程计算相同。JG-STRAT 大震分析(材料非线性)采用全纤维模型,由纤维的非线性拉压受力状态,确定梁柱、墙板截面的塑性铰特性。模型并不需要另外定义塑性铰。

5、Strat 冲击波弹塑性时程计算

再进入 Strat 进行冲击波弹塑性、弹性计算时程,这是针对抗爆冲击这一特定问题高度集成的过程,不需要用户更多操作。

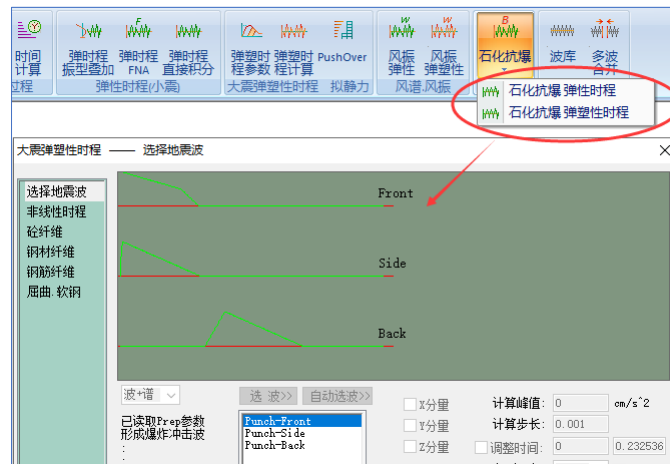
1) 自动生成冲击波。程序根据 Prep 控制参数 P_{50}/T_d , 按照《抗爆》4.2 条自动形成前、侧/顶、后墙的冲击波。冲击波尾部预留 T_d 长度的 0 荷载段,以便模拟出冲击作用结束之后的自由振动过程。如下图所示,Plots 图表可查看冲击波的具体数值。

2) 加载。程序根据 Prep 专用图层“Blast 前-”等,自动把冲击波作用与前、侧(顶)、后墙上。冲击波对抗爆墙是面作用,且与墙面垂直。与冲击作用方向角倾斜的墙面,垂直冲击力转为 xyz 分量参与计算。

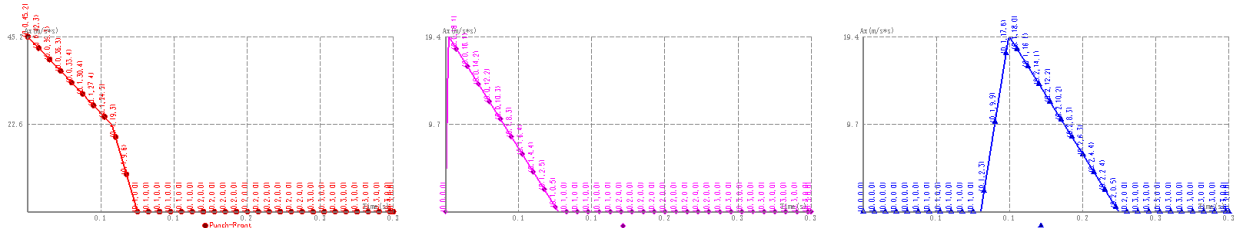
3) 钢筋强度采用动强度,按《抗爆》6.2.6 条乘以 $\gamma_{sif}\gamma_{aif}$ 。混凝土和钢材强度程序内定动强度放大系数。

4) 时程计算步长设 0.001s。

设置参数后,即可进行“石化抗爆弹塑性时程、弹性时程计算”。JG 计算非常快,数分钟即可完成。



Strat 自动生成前、侧、后墙冲击波



Plots 图表显示前、侧、后墙冲击波的具体数值

6、Plots 查看冲击波弹塑性时程计算结果

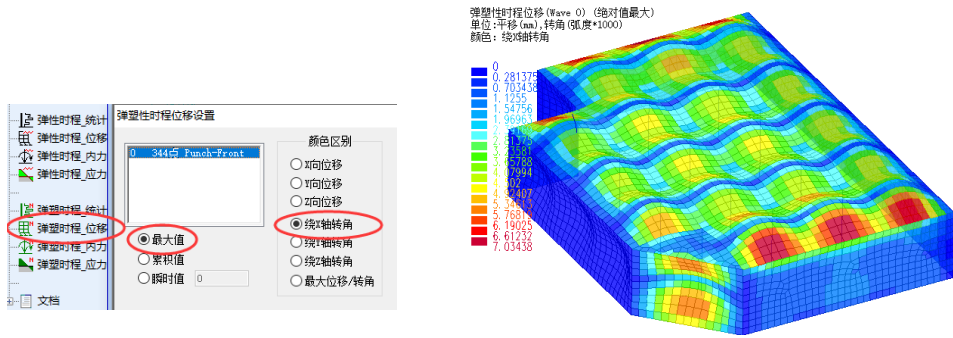
1) 显示最大截面转角 θ , 校核是否满足变形要求。

抗爆结构通过变形能力体现弹塑性抗爆性能,《抗爆》6.1.3~6.1.4 给出各类构件容许端截面转角 θ 的范围。《抗爆》6.4.4 给出由构件跨中挠度近似计算端截面转角 θ 的公式,该公式应该适合传统手算。

在 JG 软件的大震弹塑性时程计算过程中,梁柱、抗爆墙端部弹塑性转角 θ 已经准确计算并

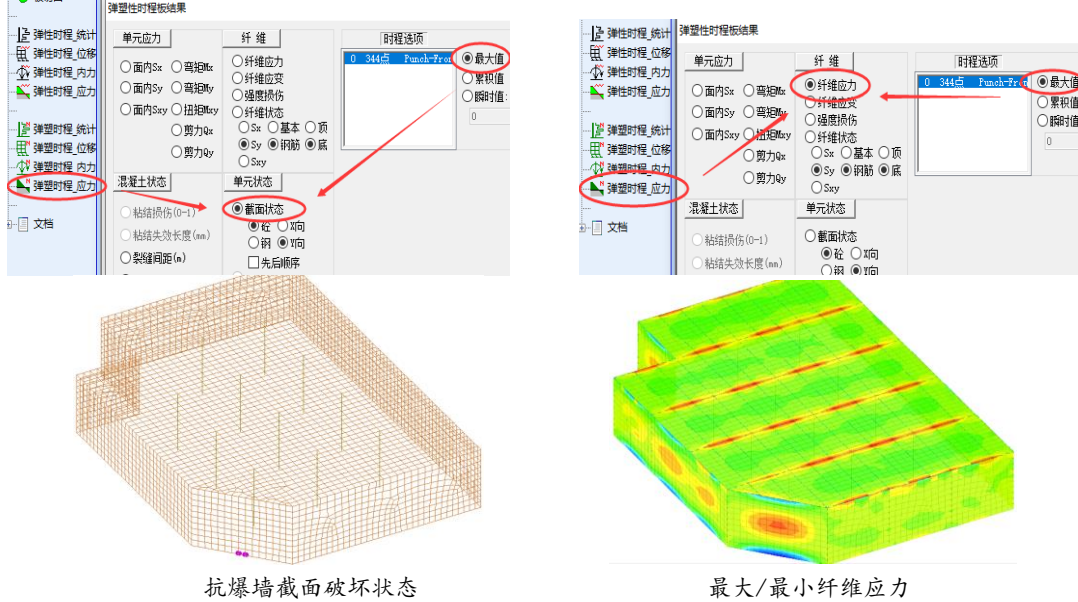
取得最大包络值，直接使用软件输出的节点转角值，即可体现抗爆结构的塑性变形能力。

此外，在抗爆墙、框架柱整体模型中，框架柱随抗爆墙被细分，真实的端部转角 θ 与跨中挠度的关系，已经不是单个构件的简单关系。



构件最大端部转角 θ

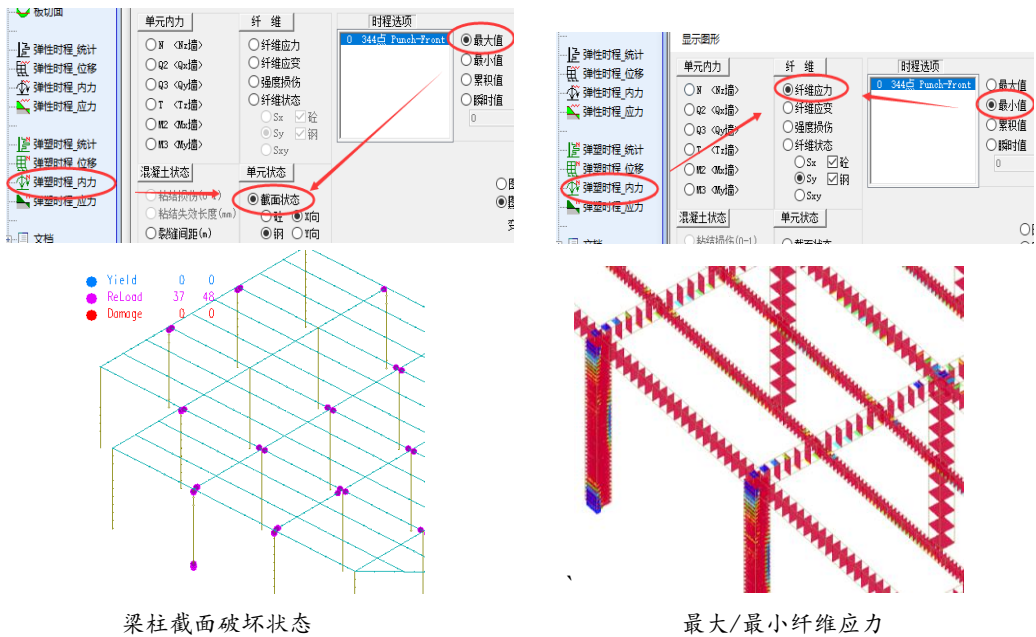
2) 抗爆墙截面状态、最大/最小纤维应力



抗爆墙截面破坏状态

最大/最小纤维应力

3) 框架梁柱截面破坏状态、最大/最小纤维应力

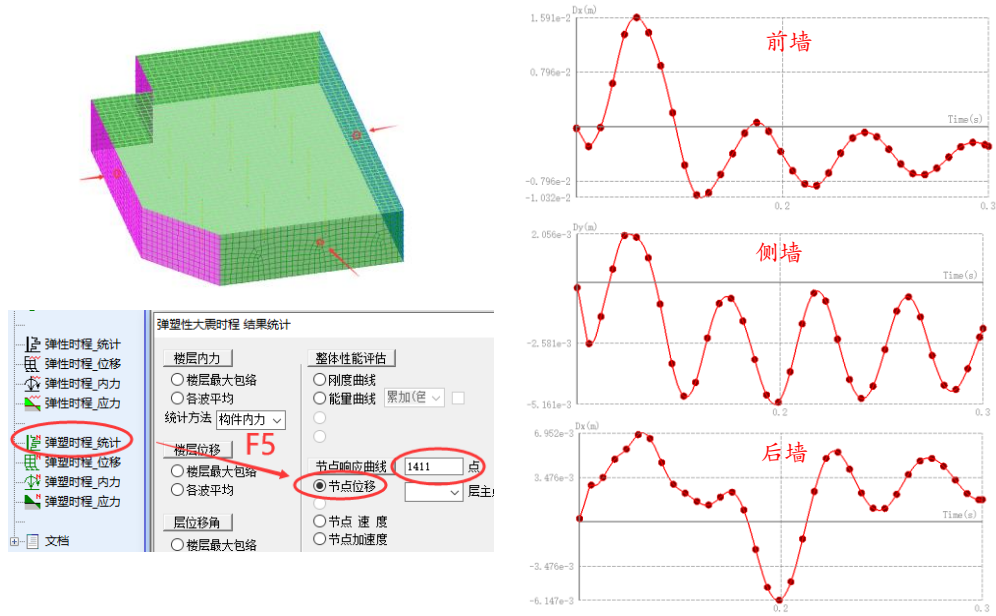


梁柱截面破坏状态

最大/最小纤维应力

4) 查看节点曲线。

选择前、侧、后墙节点，显示冲击波作用下振动过程。



前、侧、后墙节点振动过程