

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3237—2025

石油化工建筑物抗爆评估技术标准

Standard for blast resistance evaluation of buildings in petrochemical industry



2025-04-10 发布

2025-11-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 目标建筑物的识别与分级	4
6 计算原则和方法	5
6.1 VCE 事故场景辨识	5
6.2 堵塞度分析	5
6.3 爆炸冲击波计算	6
7 既有建筑物抗爆性能评定要求	6
8 爆炸风险削减措施	7
8.1 总图和设备平面布置措施	7
8.2 工艺、管道措施	7
8.3 自控仪表措施	7
8.4 建筑、结构措施	7
8.5 其他措施	8
附录 A (资料性) 资料需求清单	9
附录 B (资料性) 爆炸冲击波的计算方法	11
附录 C (资料性) 抗爆评估报告编制大纲	13
附录 D (资料性) 抗爆性能评定报告编制大纲	16
附录 E (资料性) 抗爆涂层抗气体爆炸性能测试要求	18
本标准用词说明	19
附：条文说明	20

Contents

Foreword	III
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 General requirements	2
5 Identification and classification of target building	4
6 Calculation principles and methods	5
6.1 Identification of VCE scenarios	5
6.2 Congestion analysis	5
6.3 Calculation of blast wave	6
7 Evaluation requirements for blast resistance performance of existing buildings	6
8 Reduction measures of blast risk	7
8.1 General layout and equipment layout	7
8.2 Process and pipeline	7
8.3 Automatic control instrument	7
8.4 Building, structural	7
8.5 Other	8
Appendix A (Informative) List of data requirements	9
Appendix B (Informative) Calculation method for explosion proof load	11
Appendix C (Informative) Evaluation report preparation outline	13
Appendix D (Informative) Outline of blast resistance evaluation report	16
Appendix E (Informative) Performance test requirements of blast mitigation coatings	18
Explanation of wording in this standard	19
Add: Explanation of articles	20

前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《2018年第四批行业标准制修订计划的通知》(工信厅科〔2018〕73号)的要求,标准编制组广泛调查研究,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,编制本标准。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利,本标准的发布和管理机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国石油化工集团有限公司负责管理,由中国石油化工集团有限公司安全消防技术中心站负责日常管理,由中国石化工程建设有限公司负责解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送日常管理单位和主编单位。

本标准日常管理单位:中国石油化工集团有限公司安全消防技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

电 话:010-84876994

邮 箱:zhangli.sei@sinopec.com

本标准主编单位:中国石化工程建设有限公司

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

电 话:010-84876928

邮 箱:lisp.sei@sinopec.com

本标准参编单位:中石化上海工程有限公司

中石化广州工程有限公司

中石化宁波工程有限公司

中石化安全工程研究院有限公司

中石化国家石化项目风险评估技术中心有限公司

中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司

中国石化金陵分公司

中国五洲工程设计集团有限公司

中国石油集团安全环保技术研究院有限公司

中海油石化工程有限公司

应急管理部天津消防研究所

东南大学

神华工程技术有限公司

挪威船级社(中国)有限公司

中国化学工程集团公司。

本标准主要起草人员:李少鹏 穆 帅 许永超 王 斌 卢 卫 史恒通 韩 璐 陈 力
王学岐 邢 涛 王浩喆 吴登启 曾丹丹 张 力 单 丹 王若青
宋鸿涛 吴 岩 王继贇 凌晓东 富 瑶 辛保泉 贾 萍 贾 微

朱 逸 王晓飞 王姗姗 徐睿智 姜 萍 王勇骏 姚 睿 顾 蒙
何轶奕 康灵果
本标准主要审查人员：文科武 葛春玉 温一平 张武星 丁 敏 王世芳 黄云松 李 冬
冯双虎 袁小军 李宁宁 尹法波 李 汉 赵 欣 王朝晖 苏晓妹
王金良 宋贤生

本标准为 2025 首次发布。

石油化工建筑物抗爆评估技术标准

1 范围

本标准规定了石油化工建筑物外部的蒸气云爆炸抗爆评估工作的基本规定、目标建筑物的识别与分级、计算原则和方法、既有建筑物抗爆性能评定要求以及爆炸风险削减措施等技术要求。

本标准适用于石油化工企业的建筑物抗爆评估及抗爆性能评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 37243 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法

GB 50023 建筑抗震鉴定标准

GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准

GB 50160 石油化工企业设计防火标准

GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准

GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

GB/T 50779 石油化工建筑物抗爆设计标准

SH/T 3226 石油化工过程风险定量分析标准

JC/T 412.2 纤维水泥平板 第2部分：温石棉纤维水泥平板

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

抗爆评估 **blast resistance assessment**

是一项综合性的分析过程，通过识别潜在的爆炸危害，并计算爆炸载荷，对建筑物在蒸气云爆炸场景时所需的抵抗能力进行的分析和评估。

3.2

抗爆性能评定 **blast resistance performance evaluation**

在蒸气云爆炸载荷作用下对既有建筑物的抗爆能力进行分析评定的过程。

3.3

蒸气云爆炸 **vapor cloud explosion**

VCE

可燃蒸气、可燃气体或可燃液体雾滴与空气预先混合后，遇到点火源发生点火，由于存在某些特殊原因或条件，火焰加速传播，产生爆炸。

3.4

目标建筑物 target building

需要进行抗爆评估的建筑物，包括人员集中建筑物和功能重要建筑物。

3.5

高频可信事件 high probability credible event

在基于保护层分析设计石油化工装置保护措施时，各保护层无法及时提供保护的事故场景。

3.6

爆炸冲击波荷载 blastshock wave parameters

描述冲击波在爆炸过程中的爆炸冲击波超压及正压作用时间。

3.7

抗爆涂层 blast mitigation coating

将抗爆弹性体材料附着于被保护物表面形成的覆膜，不包括附着于涂层表面的面漆、防火涂层等其他材料。

3.8

抗爆涂层抗气体爆炸性能 gas explosion resistance performance of blast mitigation coating

抗爆涂层所具有的抵御气体爆炸冲击的能力。

4 基本规定

4.1 建筑物抗爆评估工作流程应按图 4.1 开展，所需资料见附录 A。

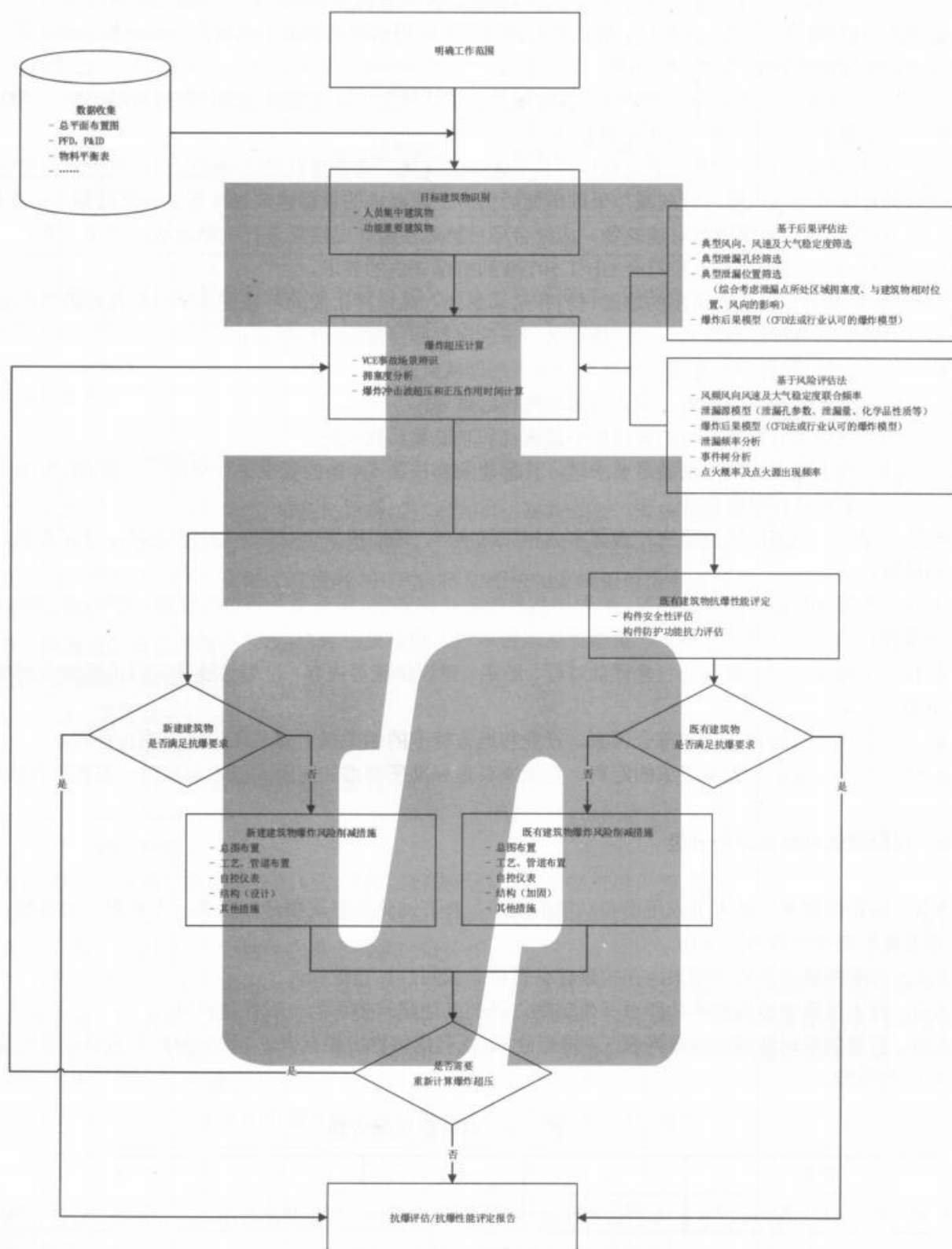


图 4.1 抗爆评估流程

4.2 应根据国家相关标准的要求和建筑物的功能，对建筑物进行识别和筛选，确定抗爆评估目标建筑物。

4.3 抗爆评估中，目标建筑物的爆炸冲击波参数计算应采用基于后果评估法或基于风险评估法，确定爆炸冲击波超压及正压作用时间，基于后果评估法可采用高频可信事件或最大可信事故场景。爆炸冲击波的计算方法见附录 B。

4.4 目标建筑物的爆炸冲击波超压计算可采用行业认可的爆炸后果模型或计算流体动力学（CFD）法，爆炸后果模型宜采用 TNO 多能法和 BST 法。

4.5 目标建筑物可采用本质安全设计、总平面布置优化、调整建筑物功能或通过采用无人值守等措施对目标建筑物爆炸风险进行削减，采取措施后仍有抗爆要求的目标建筑物应重新计算爆炸冲击波载荷。

4.6 对于有抗爆要求的既有建筑物，应结合项目抗爆性能评定结果进行抗爆改造。

4.7 目标建筑物抗爆设计应符合 GB/T 50779 和抗爆评估的要求。

4.8 应根据目标建筑物采用的建筑材料和结构形式、爆炸冲击波的可接受水平、建筑物的功能要求对目标建筑物的选址进行评估，并根据评估结果确定目标建筑物的抗爆要求。

4.9 目标建筑物应根据抗爆评估要求提出下列削减措施：

- a) 第 8 章规定的措施，如人员远离流程区域等；
- b) 减少接近流程区域的人员集中建筑物和功能重要建筑物；
- c) 当上述措施均无法满足要求时，目标建筑物按第 5.4 条的要求进行分级，并按 GB/T 50779 的要求进行抗爆设计。

4.10 爆炸风险削减措施除应符合国家的相关标准外，还应根据企业风险可接受标准，采用合理、可行的措施。

4.11 抗爆评估报告应包括概况、抗爆评估目标建筑物辨识、爆炸事故模拟与分析、爆炸风险削减措施、抗爆评估结论以及附件等部分。抗爆评估报告编制大纲参见附录 C。

4.12 抗爆性能评定报告应包含评估过程、结果、建议措施等内容。抗爆性能评定报告编制大纲参见附录 D。

4.13 建筑物抗爆评估除应符合国家、行业和地方标准的相关规定外，还应执行项目合同。

4.14 对于建筑物与设备设施的距离，当国家其他标准所要求的间距大于本标准时，应执行其规定。

5 目标建筑物的识别与分级

5.1 应根据建筑物的人员占用率和功能重要性，将石油化工建筑物分为三类：人员集中建筑物、功能重要建筑物和一般性建筑物。

5.2 应根据建筑物分类结果，在抗爆评估范围内识别目标建筑物。

5.3 除人员集中建筑物和功能重要建筑物之外的其他建筑物可为一般性建筑物。

5.4 新建的目标建筑物应根据表 5.4 进行分级，既有建筑物应根据表 5.4 进行分级并按照分级结果采取相应的措施。

表 5.4 目标建筑物分级

级别	1	2	3	4	5
爆炸冲击波超压范围，kPa	超压>48	21<超压≤48	6.9<超压≤21	3<超压≤6.9	超压≤3

5.5 人员集中建筑物应根据 SH/T 3226 进行识别。

5.6 功能重要建筑物主要包括下列几类：

- a) 为紧急避难、应急救援设置的建筑物;
- b) 对保障装置正常运行至关重要的建筑物;
- c) 其他对企业有显著经济影响的建筑物。

5.7 新建人员集中建筑物的固定岗位设置不应超过表 5.7 规定的人数要求。既有人员集中建筑物的固定岗位设置超出表 5.7 的规定时,应采用基于风险评估法进行爆炸载荷的计算,当防护要求不能满足抗爆性能评定结果时,宜采用减少固定岗位人数或对建筑物进行抗爆改造等措施。

表 5.7 不同级别的人员集中建筑物人数要求

级别	1	2	3	4	5
人员集中建筑物,人	不宜布置	<3	<10	30	—

5.8 人员集中建筑物布置在爆炸冲击波超压 3kPa~6.9kPa 范围内,当固定岗位人数在 30 人及以上时,应根据基于风险评估法或基于 CFD 法计算的爆炸载荷提出抗爆要求。

6 计算原则和方法

6.1 VCE 事故场景辨识

- 6.1.1 抗爆评估时应进行 VCE 事故场景分析,辨识可信事故场景,并确定建筑物抗爆设防要求。
- 6.1.2 建筑物抗爆评估可分别采用或两者结合采用基于后果评估法和基于风险评估法。
- 6.1.3 采用基于风险评估法时,应根据 SH/T 3226 的相关规定辨识可信事故场景。
- 6.1.4 采用基于后果评估法时,应辨识泄漏源、高频可信事故场景或最大可信事故场景。
- 6.1.5 泄漏源的辨识应符合下列规定:

- a) 辨识常见释放源:
 - 1) 工艺设备;
 - 2) 工艺管线;
 - 3) 压缩机、机泵等动设备的密封;
 - 4) 法兰垫圈;
 - 5) 装卸软管。
- b) 设备及附属设施内储存的可燃液体或可燃气体泄漏后能形成可燃蒸气云。

- 6.1.6 参与 VCE 的可燃气体体积应通过扩散模拟确定或按爆炸源体积估算,当蒸气云体积大于拥塞区域体积时,参与 VCE 的可燃物体积等于拥塞区域体积。
- 6.1.7 蒸气云扩散范围模拟应包括装置区域出现频率大于或等于 5%的风速、环境温度、相对湿度等气象条件组合产生的最大扩散范围;当没有区域气象数据可用时,可选取 1.5m/s 风速及 F 大气稳定度和 5m/s 风速及 D 大气稳定度、当地平均环境温度和 50%相对湿度确定,也可以根据评估单位确定的可得到最大扩散范围的原则确定。
- 6.1.8 蒸气云扩散范围宜采用可燃气体或蒸气爆炸下限的 50%或 100%浓度。

6.2 拥塞度分析

- 6.2.1 在拥塞或封闭空间内可能积聚可燃气体/蒸气的拥塞区域应被视为潜在爆炸源。
- 6.2.2 拥塞区域应包括:设备橇或工艺设备框架、管廊、储存或处理可燃气体的建筑物、两个装置之间有管廊连接的区域、半敞开式厂房、敞开式厂房、超过 6 个车位的停车场、相邻的树林区域或不处理可燃物料的工艺区域等。

6.2.3 应根据 SH/T 3226 的相关规定,合理辨识和划分爆炸拥塞区域。

6.2.4 采用 TNO 多能法时,如果两个区域的最小隔离距离大于 10 倍阻塞物体的直径或两者之间的距离大于或等于 25m,则应划分为两个爆炸拥塞区域。

6.2.5 采用 BST 方法时,应分析拥塞区域的程度、燃料的活性和受约束的程度,对于区域边界有高阻塞的障碍物时,爆炸拥塞区域间的隔离距离不应小于 9.1m。

6.2.6 下列区域不属于拥塞区域:

- a) 经过惰性处理的区域,可燃气体释放到该区域中不会产生可燃混合物;
- b) 设置有永久性可燃气体排放口的区域,用于将可燃物引导至远离拥塞或封闭的安全区域;
- c) 不具备封闭性和拥塞性的区域;
- d) 体积较小(小于 30m³)并配置有可燃气体检测器、通风系统的撬块;
- e) 正常操作状态下,内部介质为水且处于流动状态的设备;
- f) 内部无可燃气体/蒸气释放源的封闭式建筑物。

6.2.7 拥塞区域高度应根据拥塞区域的封闭情况经扩散模拟确定。

6.2.8 爆炸源强度应根据装置区或罐区拥塞程度和燃料的燃烧速率确定,拥塞程度越高,爆炸源强度越高。

6.3 爆炸冲击波计算

6.3.1 泄漏计算使用的代表性孔径宜根据泄漏源类型及其连接管线(管件)的尺寸分析,并应符合 SH/T 3226 的要求。

6.3.2 泄漏时间应根据计算最大泄漏时间、探测和紧急切断系统类型等因素经分析后确定,并应符合 SH/T 3226 的要求。

6.3.3 采用基于风险评估法时,建筑物抗爆设防应采用累计发生频率小于或等于 1×10^{-4} /年的爆炸冲击波超压和正压作用时间。采用基于后果评估法时,建筑物抗爆设防应采用高频可信事故场景或最大可信事故场景的爆炸冲击波超压和正压作用时间。

7 既有建筑物抗爆性能评定要求

7.1 既有非抗爆建筑物改造为抗爆建筑物时,应根据爆炸冲击波荷载进行抗爆性能评定。

7.2 既有抗爆建筑物在爆炸荷载变化、改变功能、达到设计工作年限、遭受灾害或事故、存在质量缺陷或严重腐蚀等情况时,应进行抗爆性能评定。

7.3 既有建筑物抗爆性能评定应包括构件评估、子单元评估和单元评估,抗爆性能评定层次应按表 7.3 的规定进行划分。

表 7.3 既有建筑物抗爆性能评定层次

层次	单元	子单元或其中的某种构件	构件
内容	单元	子单元	口部通道构件(口部通道指门斗,包括门斗前后抗爆门和门框墙)
			通风口构件
			围护结构(墙、屋面)构件
			内部结构的承重内墙、梁、柱构件
			地基基础构件

- 7.4 构件评估应包括构件安全性评估和构件防护功能抗力评估。
- 7.5 既有建筑物应根据第 5.4 条的分级采取相应的抗爆措施。
- 7.6 应根据建筑物的抗爆性能评定结果、工程可改造性、费用以及使用价值等，对下列方面给出评定意见：
- a) 既有建筑物可满足抗爆性能要求；
 - b) 改造/加固后可满足抗爆性能要求；
 - c) 不可作为抗爆建筑物使用。
- 7.7 既有建筑物抗爆设计前，应按 GB 50068、GB 50292、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 爆炸风险削减措施

8.1 总图和设备平面布置措施

- 8.1.1 抗爆建筑物宜全厂性或区域性统一协调布置。当布置在装置内时，应布置在装置的一侧，并位于爆炸危险区域之外。
- 8.1.2 新建抗爆建筑物不宜布置在爆炸冲击波超压超过 48kPa 的区域内。当布置在爆炸冲击波超压大于 6.9kPa 的区域时应独立设置。
- 8.1.3 既有建筑物抗爆性能评定结果不满足抗爆设防要求时，宜采取改变建筑物用途或使用环境、减少建筑物固定岗位、进行抗爆加固等措施。

8.2 工艺、管道措施

- 8.2.1 可根据泄漏源特点采用适宜的减少泄漏发生的措施。
- 8.2.2 控制事故规模，可采用下列措施：
- a) 减小受限区域的封闭程度：使用开敞结构厂房；
 - b) 减小受限区域的拥塞程度；
 - c) 增大设备、框架装置等的间距；
 - d) 使用围堰、集液池控制泄漏液体的蒸发等；
 - e) 设置可燃气体检测报警系统及有效的人员响应、紧急切断系统、消防设施等。

8.3 自控仪表措施

- 8.3.1 用于降低后果或削减风险的仪表或阀门等工程措施应满足相关的设计标准和运行维护标准。
- 8.3.2 可采用优化探测系统、提高联锁切断系统等级要求，缩短泄漏时间等方式，通过减少泄漏单元的泄漏量，降低危险场景的事故后果。具体措施应满足 GB/T 37243 的要求。
- 8.3.3 根据爆炸评估结果，优化气体探测器的布置，确定泄漏能被探测并及时处理。可制定有效的人员响应程序，气体探测器有效性设计可参照 GB/T 50493 的相关要求。
- 8.3.4 可采用智能仪表，增加仪表的自诊断功能，减少因仪表或阀门故障导致的泄漏风险。

8.4 建筑、结构措施

- 8.4.1 既有建筑物进行抗爆设计时应进行抗爆性能评估，并根据抗爆性能评估结果提出改造建议措施。
- 8.4.2 可根据建筑物的分类、结构特点、实际使用条件、抗爆要求等，选择适宜的抗爆措施。
- 8.4.3 目标建筑物承受的爆炸冲击波超压大于 3kPa 时，应根据 GB/T 50779 的相关要求进行抗爆设计。
- 8.4.4 抗爆建筑物开门不应直接朝向爆炸力最大的方向。

8.5 其他措施

8.5.1 可通过减少易燃、易爆化学品的储存和使用量、采用爆炸抑制系统等措施，降低事故发生时爆炸冲击波超压。

8.5.2 当抗爆建筑物采用高强度建筑的材料或具有抗爆性能的涂料时，材料或涂料应满足其抗爆要求。

8.5.3 抗爆涂料用于火灾伴随爆炸事故场景时，应满足 GB/T 50779 中抗爆涂层加固法要求，抗爆涂层表面应采用不燃材料进行防护。

8.5.4 抗爆涂层加固法可用于既有建筑物砌体墙、钢筋混凝土面板等构件加固，抗爆涂层加固法设计应符合 GB/T 50779 的规定。抗爆建筑外墙的抗爆涂层应涂覆于背爆面，抗爆涂层最小厚度不应小于 3.0mm。抗爆涂层抗气体爆炸性能测试可参照附录 E 进行。

附 录 A
(资料性)
资料需求清单

A.1 建筑物抗爆评估资料需求清单见表 A.1。

表 A.1 建筑物抗爆评估资料需求清单

资料类型	具体资料描述
自然条件	大气参数（气压、温度、湿度、太阳辐射热等）
	厂址所在地的风玫瑰图和风速、风向及大气稳定度联合频率
	建筑物周边地形或三维地形图
平面布局	区域位置图
	平面布置图
	设备布局立面图或 3D 模型
设计数据	设计说明
	工艺流程图（PFD）
	管道和仪表流程图（P&ID）
	设备和管道数据
工艺危害信息	工艺物料信息
	界区内涉及物料安全数据表（SDS）
	HAZOP/LOPA 等工艺危害分析资料
安全设施	工艺事故的预防措施
	探测和紧急切断系统
	泄漏拦蓄设施
	火灾、爆炸减缓措施
点火源数据	外部点火源（点源、线源和面源）
	内部点火源（点源、线源和面源）
运行数据	运行时间
	压力管道和压力容器的检测数据
	事故案例、设备失效统计资料等
管理数据	管理数据
建筑物资料	建筑物设计、施工和后期改造等土建、结构图纸及设计说明
	建筑物结构检测报告
	建筑物内人员数量及分布数据

A.2 建筑物抗爆性能评定资料需求清单见表 A.2。

表 A.2 建筑物抗爆性能评定资料需求清单

资料类型	具体资料描述
建筑设计资料	建筑物的原始设计图纸，包括结构图、平面图、立面图等
	建筑设计说明书，提供有关建筑材料、结构体系、设计标准、采暖通风设计等信息
	建筑物的设计工作年限和设计荷载标准
结构资料	结构类型、尺寸和配筋详情
	结构的材料性质，如混凝土的抗压强度、钢筋的屈服强度等
	结构改动或加固的记录
维护与修理记录	建筑物维护日志，记录日常维护和定期检查的结果
	修理或加固工作的详情，包括施工方法、材料和验收报告
周边环境资料	建筑物周边的环境资料，如是否有潜在的爆炸源（如化工厂、燃气设施等）
	建筑物内部使用情况，包括存放的物品类型和数量，特别是易燃易爆物品的存储情况
历史灾害或事故记录	建筑物是否经历过爆炸、火灾或其他相关灾害的记录
	此类事件相关的损害报告和修复记录
风险评估资料	任何先前进行的风险评估报告，包括对建筑物抗爆性能的评估

A.3 建筑物抗爆涂层资料需求清单见表 A.3。

表 A.3 建筑物抗爆涂层资料需求清单

资料类型	具体资料描述
基本信息	抗爆涂层的名称、型号、生产商、生产日期、使用期限等基本信息
涂层技术规格	爆涂层的技术规格书或数据表，包括涂层的化学组成、物理性能（如密度、硬度、黏度等）、施工方法、干燥/固化条件等
涂覆基材信息	涂覆抗爆涂层的基材类型、尺寸、表面状态等信息
预期使用环境和条件	抗爆涂层预期使用的环境和条件，如温度、湿度、化学品暴露、机械冲击等
抗爆涂层性能检测报告	涂层厚度测量、黏附力测试、硬度测试、耐化学腐蚀性能测试、防火性能测试、抗气体爆炸性能参数（极限破坏超压、正压作用时间）等
相关标准	抗爆涂层检测所依据的相关标准

附录 B
(资料性)
爆炸冲击波的计算方法

B.1 基于风险评估法

B.1.1 划分泄漏单元，确定泄漏单元信息。泄漏单元划分原则参照 SH/T 3226。

B.1.2 计算每个泄漏单元不同泄漏场景的泄漏频率，以及大气风速、风向和稳定度联合频率、火灾和爆炸概率。泄漏频率的详细计算方法参照 SH/T 3226。

B.1.3 计算泄漏单元内每个泄漏场景的爆炸超压，以 TNO 多能法为例，计算按下列步骤进行：

- a) 进行扩散计算，确定可燃气云的范围。
- b) 进行区域检查，确定拥挤的区域。
- c) 在被可燃气云覆盖的区域内，确定引起强烈冲击波的爆炸源，包括：
 - 1) 拥挤的空间和建筑物（如工艺设备、平台和管架等）；
 - 2) 平面之间的空间（如汽车底部与地面之间等）；
 - 3) 管状结构内的空间（如隧道、桥梁及下水道系统等）；
 - 4) 高压泄放喷射形成的剧烈扰动的燃料-空气。
- d) 通过下列步骤，估算区域内（作为爆炸源）燃料-空气混合物的燃烧能：
 - 1) 单独考虑每一个爆炸源；
 - 2) 假设位于部分受约束或受阻碍区域的燃料-空气或喷射时剧烈扰动的燃料-空气为气云中的爆炸源，对爆炸冲击波有贡献；
 - 3) 估算出现在区域内（爆炸源）的燃料-空气混合物体积（估算是基于整个区域的大小。注意燃料-空气混合物可能没有充满整个区域，此时爆炸源内的燃料-空气混合物为实际进入该区域的体积；此外在估算受阻碍区域体积时，应减去该区域内设备所占体积）。

按式 (B.1.3-1) 计算爆炸源的燃烧能。

$$E = V_{\text{爆炸源}} \times 3.5 \times 10^6 \quad \text{..... (B.1.3-1)}$$

式中：

E ——爆炸源内燃料-空气混合物的燃烧能，J；

$V_{\text{爆炸源}}$ ——爆炸源中燃料-空气混合物体积， m^3 。

- e) 估计爆炸源的强度 $\bar{R}_0$ ，取值范围为 1~10，如：
 - 1) 对气云中未受约束或未受阻碍的部分，取 1；
 - 2) 喷射时强扰动的气云部分，取 3；
 - 3) 典型工艺单元，取 7~9；
 - 4) 最大爆炸源强度（主要适用于乙炔、氢气、环氧乙烷等高活性气体）取 10。
- f) 按式 (B.1.3-2) 计算比拟距离 $\bar{R}$ 。

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{\frac{1}{3}}} \quad \text{..... (B.1.3-2)}$$

式中:

$\bar{R}$ —— 爆炸源的 Sachs 比拟距离;

R —— 距爆炸源中心的距离, m;

E —— 爆炸源的燃烧能, J;

P_0 —— 环境大气压, Pa。

g) 计算爆炸超压:

查图 B.1.3 得到 Sachs 比拟爆炸超压 $\Delta\bar{P}_s$, 爆炸超压的计算见式 (B.1.3-3)。

$$P = \Delta\bar{P}_s P_0 \dots\dots\dots (B.1.3-3)$$

式中:

P —— 爆炸超压, Pa;

$\Delta\bar{P}_s$ —— Sachs 比拟爆炸超压;

P_0 —— 环境大气压, Pa。

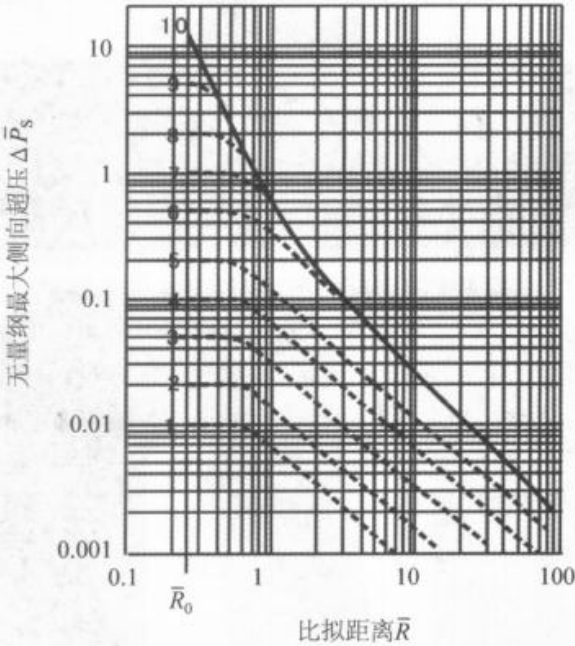


图 B.1.3 TNO 模型的 Sachs 比拟超压

B.1.4 绘制爆炸超压-累计频率曲线。根据计算获得爆炸超压-累计发生频率曲线, 根据抗爆设防基准, 确定建筑物爆炸冲击波超压。

B.2 基于后果评估法

B.2.1 根据 VCE 源及其连接管线及管件的尺寸, 确定合理的泄漏场景进行 VCE 的后果计算。

B.2.2 对装置或单元内的所有 VCE 源, 分别计算其超压值和冲击波持续时间。

B.2.3 选择后果影响最大的 VCE 源, 得出其所对应的冲击波超压值及其持续时间。

B.2.4 后果计算时爆炸模型选择 TNO 模型或 BST 模型。若要对爆炸情景进行进一步的三维 CFD 模拟计算, 也可以采用 CFD 软件进行。

附 录 C
(资料性)
抗爆评估报告编制大纲

C.1 报告编制大纲（后果法推荐）

C.1.1 概况

概况对项目整体进行介绍，包括但不限于以下内容：

- a) 项目概况：主要包括项目背景、项目总体情况、地理位置、气候条件、周边环境、抗爆评估目的和范围等；
- b) 工艺流程；
- c) 原料、产品及辅助材料；
- d) 设备、管道；
- e) 建筑物；
- f) 总图布置和平面布置；
- g) 人员分布。

C.1.2 抗爆评估目标建筑物

根据建筑物的功能类型、结构型式、布置位置等情况，识别和筛选纳入抗爆评估范围的目标建筑物，包括但不限于以下内容：

- a) 建筑物分类；
- b) 目标建筑物。

C.1.3 爆炸事故模拟与分析

对爆炸事故进行模拟计算，得到爆炸荷载计算结果，包括但不限于以下内容：

- a) 评估方法及其内容；
- b) 危险辨识：包括危险物质和项目已有风险分析结果等；
- c) 拥塞度分析；
- d) 爆炸事故场景分析；
- e) 爆炸评估方法选择；
- f) 爆炸后果模拟模型；
- g) 爆炸载荷计算。

C.1.4 爆炸风险削减措施

根据抗爆评估分析和结果，提出新建建筑物、既有建筑物有针对性的防护措施建议，主要包括总图布置、工艺和管线、自控仪表、结构措施、增加防护设施和抗爆涂料等方面。

C.1.5 抗爆评估结论

总结抗爆评估结果、数据分析和结论建议等内容，供相关人员参考和使用。

C.1.6 附件

附件包括但不限于以下附件：

- a) 泄漏单元划分；
- b) 爆炸后果模拟使用的泄漏分析表，包括泄漏单元名称、泄漏类型和泄漏孔直径、泄漏质量速率、泄漏切断时间、泄漏量、泄漏点坐标等信息。

C.1.7 附图

附图包括但不限于以下图纸：

- a) 区域位置图；
- b) 总平面布置图；
- c) 装置设备（设施）平面布置图；
- d) 装置设备（设施）竖向布置图；
- e) 工艺设备表；
- f) 工艺流程图（PFD）。

C.2 报告编制大纲（风险法推荐）

C.2.1 概况

概况对项目整体进行介绍，包括但不限于以下内容：

- a) 项目概况：主要包括项目背景、项目总体情况、地理位置、气候条件、周边环境、抗爆评估目的和范围等；
- b) 工艺流程；
- c) 原料、产品及辅助材料；
- d) 设备、管道；
- e) 建筑物；
- f) 总图布置和平面布置；
- g) 人员分布。

C.2.2 抗爆评估目标建筑物

本章对根据建筑物的功能类型、结构型式、布置位置等情况，识别和筛选纳入抗爆评估范围的目标建筑物，包括但不限于以下内容：

- a) 建筑物分类；
- b) 目标建筑物。

C.2.3 爆炸事故模拟与分析

对爆炸事故进行模拟计算，得到爆炸荷载计算结果，包括但不限于以下内容：

- a) 评估方法及其内容；
- b) 危险辨识：包括危险物质和项目已有风险分析结果等；
- c) 拥塞度分析；
- d) 爆炸事故场景分析；
- e) 泄漏场景分析；

- f) 爆炸评估方法选择;
- g) 爆炸后果模拟模型;
- h) 点火概率分析;
- i) 爆炸载荷计算。

C.2.4 爆炸风险削减措施

根据抗爆评估分析和结果,提出新建建筑物、既有建筑物有针对性的防护措施建议,主要包括总图布置、工艺和管线、自控仪表、结构措施、增加防护设施和抗爆涂料等方面。

C.2.5 抗爆评估结论

总结抗爆评估结果、数据分析和结论建议等内容,供相关人员参考和使用。

C.2.6 附件

附件包括但不限于以下附件:

- a) 泄漏单元划分;
- b) 泄漏频率统计。

C.2.7 附图

附图包括但不限于以下图纸:

- a) 区域位置图;
- b) 总平面布置图;
- c) 装置设备(设施)平面布置图;
- d) 装置设备(设施)竖向布置图;
- e) 工艺设备表;
- f) 工艺流程图(PFD)。

附录 D
(资料性)
抗爆性能评定报告编制大纲

D.1 抗爆性能评定报告

D.1.1 概况

既有建筑物概述，包括但不限于以下内容：

- a) 既有建筑物的位置；
- b) 结构类型；
- c) 用途及历史沿革；
- d) 建筑物的主要结构材料和构造特点；
- e) 抗爆评定目的和范围。

D.1.2 抗爆性能评定单元划分

本章对既有建筑物进行单元划分，主要包括单元、子单元和构件，包括但不限于以下内容：

- a) 单元；
- b) 子单元；
- c) 构件。

D.1.3 既有建筑物鉴定

既有建筑物抗爆设计前，按 GB 50068、GB 50292、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。

D.1.4 抗爆性能评定

根据抗爆性能评定单元，进行抗爆性能评定。主要包括对建筑物的结构设计和结构抗爆能力和附件等评估。设计分析是评定的重要组成部分，包括对建筑物的结构设计进行评估和分析，涉及建筑材料的选择、结构强度、耐爆性等方面。结构抗爆能力评估是核心环节，涉及评估建筑物的结构抗爆能力，包括主要结构构件的承载能力、连接件的可靠性等。安全设施，包括防爆门窗、阻尼器、抗爆涂料等设备的性能和可靠性。

D.1.5 抗爆性能评定结论

总结抗爆性能评定结果、数据分析等内容，指出建筑物在爆炸事件中的抗爆能力水平，（改造后）是否可以作为抗爆建筑，以及可能存在的安全隐患和改进建议。

D.2 附件

附件包括但不限于以下附件：

- a) 建筑设计资料；
- b) 结构资料；
- c) 维护与修理记录；

- d) 周边环境资料;
- e) 历史灾害或事故记录;
- f) 既有建筑物鉴定报告。

D.3 附图

附图包括但不限于以下图纸:

建筑物的原始设计图纸, 包括建筑图、结构图、平面图、立面图。

附录 E

(资料性)

抗爆涂层抗气体爆炸性能测试要求

E.1 气体爆炸发生装置

气体爆炸发生装置能够产生所需的气体爆炸冲击波，并将爆炸载荷施加到测试样品上。

E.2 测试样品

测试样品基材选择：选用的基材满足 JC/T 412.2—2018《纤维水泥平板 第2部分：温石棉纤维水泥平板》的要求，抗折强度 R3 级，由于本测试主要目的为验证聚脲材料本身动态性能，而非考察全尺度建筑结构整体抗冲击性能，因此综合考虑测试难度与结果可信度，设置试样尺寸为 350mm×350mm×20mm。

根据纤维增强水泥板基材情况进行打磨、除尘或修补等处理，确保基材表面不得有浮浆、孔洞、裂缝、灰尘、油污等，处理完毕后涂刷底涂料。

在环境温度大于或等于 15℃，相对湿度小于或等于 80% 的环境下，采用专用喷涂设备将抗爆涂料喷涂于处理过的纤维增强水泥板上。将喷涂后的样板置于温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $(60 \pm 15)\%$ 的环境下养护 7 天。

喷涂有抗爆涂层的试样应整体平整不得翘曲且表面干净、平滑、没有空隙，没有流挂，没有龟裂，没有鼓泡，没有明显缺陷，覆膜按抗爆涂层的要求一次或多次成型，成型时应均匀成膜，使涂膜厚度为 (3.0 ± 0.3) mm。

E.3 测试样品固定方式

测试样品应通过刚性测试件固定装置支撑，通过该试件固定装置可以将测试试样牢固地连接在气体爆炸发生装置上，测试板直接承受气体爆炸荷载的区域尺寸不小于 300mm×300mm。

E.4 数据采集

利用压力传感器记录爆炸压力时程曲线，采用高速相机记录测试样品变化过程及最终形态。

压力测量采用压阻式压力传感器，压力传感器的最大量程需大于气体爆炸发生装置产生的爆炸压力，传感器与试样水平距离 8cm~12cm。测试系统的数据采集频率不小于 10kHz。压力传感器数据开始采集时间不晚于爆炸波到达测试试样的时间，记录时长不小于爆炸波正压持续时间的 10 倍。

高速相机拍摄速率不低于 3000 帧/s，高速相机视频采集开始时间不晚于冲击波到达测试试样的时间，结束时间不早于测试样品形变结束时间。

结合爆炸压力时程曲线及试样高速相机图像，确定试样破坏时间。在爆炸压力时程曲线中，试样破坏时间对应压力为试样极限破坏超压。试样破坏时间与正压起始点时间的差值为正压作用时间。

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”。

SH/T 3237—2025

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工建筑物抗爆评估技术标准

SH/T 3237—2025

条文说明

2025 年 北 京

制 定 说 明

《石油化工建筑物抗爆评估技术标准》(SH/T 3237—2025)，经工业和信息化部 2025 年 04 月 10 日以第 7 号公告批准发布。

本标准编制过程中，编制组进行了深入广泛的调查研究，总结了我国石油化工行业建筑物抗爆的设计实践经验，同时参考了国外先进技术法规，经反复讨论、修改，完成编制工作。

为便于广大设计、施工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评估技术标准》编制组按章、条顺序编制了本标准的条文说明，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 范围	23
3 术语和定义	23
3.1 抗爆评估	23
3.2 抗爆性能评定	23
3.3 蒸气云爆炸	23
3.4 目标建筑物	24
3.5 高频可信事件	24
3.6 爆炸冲击波荷载	25
4 基本规定	25
5 目标建筑物的识别与分级	27
6 计算原则和方法	27
6.1 VCE 事故场景辨识	27
6.2 拥塞度分析	29
6.3 爆炸冲击波计算	29
7 既有建筑物抗爆性能评定要求	30
8 爆炸风险削减措施	30
8.1 总图和设备平面布置措施	30
8.2 工艺、管线措施	31
8.3 自控仪表措施	31
8.4 建筑、结构措施	31
8.5 其他措施	31

石油化工建筑物抗爆评估技术标准

1 范围

本标准适用于外部的 VCE。不适用于物理爆炸、化学爆炸和粉尘爆炸等。

物理爆炸是指在爆炸前后物质的化学成分均不发生改变,但由于状态变化导致压力突变而形成的爆炸。化学爆炸则是由于物质急剧氧化或分解产生温度、压力增加或两者同时增加而形成的爆炸现象。这两种爆炸在建筑物内部发生时,其破坏机制和影响范围与外部的 VCE 不同。

粉尘爆炸指可燃性粉尘在一定条件下(如浓度、温度和点火源等)与空气混合后发生的爆炸。这种爆炸通常发生在工业生产中处理粉末状物质时,如煤炭、金属、塑料等行业。粉尘爆炸的特性(如爆炸速度、温度和压力等)与 VCE 有显著差异。

3 术语和定义

3.1 抗爆评估

在进行抗爆评估时,需要考虑多种因素,包括但不限于爆炸源的类型和位置、爆炸能量的大小、建筑物的结构特性、材料强度、安全距离和周围环境。通过使用模拟仿真技术,评估可以预测爆炸对结构的影响,从而提出增强建筑物抗爆能力的设计改进措施或防护策略。抗爆评估是定性分析和定量分析的结合。

抗爆评估过程不仅涉及对爆炸风险的准确识别,还包括对建筑物结构强度和稳定性的分析,以确保在极端情况下,建筑物能够保持其结构完整性和功能安全。通过这种评估,可以有效的预防和减轻爆炸事件对人员、财产和环境可能造成的损害。

3.2 抗爆性能评定

抗爆性能评定指对既有建筑物在抗爆评估的爆炸荷载作用下进行的抗爆能力评定,包括既有建筑物的鉴定及结构、构件、门窗和附属设施的抗爆能力评定,并给出评定意见。

结构包括结构形式、构件布置等。

构件包括屋面梁、板、墙体、柱子、基础、连接方式和承载能力等,门窗和附属设施包括门窗、玻璃、暖通设施等。

3.3 蒸气云爆炸

VCE 的形成一般要经过以下几个阶段:

- 1 燃料气体在短时间内的巨大泄漏或液体在短时间内的巨大泄漏蒸发为蒸气,或者可燃液体呈瀑布状泄漏形成大量可燃液体雾滴;
- 2 燃料气体、蒸气或雾滴中的一种或几种与周围的空气混合形成可燃混合物并聚集于空间;
- 3 可燃混合物被点燃;
- 4 点火后气云中常常只发生低速燃烧并迅速覆盖广泛的区域;
- 5 形成空间爆炸。

可燃液体雾滴爆炸，也称为喷雾爆炸或雾滴爆炸，在石油化工生产过程中，液相或含液混合系由于设备破裂、喷射、排空、泄压及泄漏等原因，发生液体雾化、热液闪蒸、气体骤冷等，可能形成粒径细小的液相分散雾滴，形成所谓的“云雾”。这些液滴由于粒径小，表面积大，蒸发速度快，更容易与空气中的氧气充分混合。当这些混合气体达到一定的浓度和温度时，一旦遇到点火源，就可能引发爆炸。

产生可燃液体雾滴的情况有很多，例如石油储罐密封失效或破裂、油罐槽车泄漏、热油管道破裂，通过闪蒸和突然冷却作用而形成的大量油雾，垫片破裂、尾气带料、紧急排空等形成的可燃液体雾滴。

可燃液体雾滴引起 VCE 的粒径范围是一个复杂的问题，因为它受到多种因素的影响，包括液体的性质、环境温度、湿度、点火源的存在以及雾滴的浓度和分布等。雾滴的粒径大小决定了其与空气的混合程度、蒸发速率以及燃烧特性，进而影响到爆炸的可能性。

一方面，粒径较小的雾滴具有较高的表面积与体积比，使得它们更易于蒸发并与空气中的氧气混合。这种混合状态有利于燃烧反应的进行，从而增加了 VCE 的风险。然而，过小的雾滴可能受到气流等外部因素的影响，导致分布不均，降低与氧气的混合效率。

另一方面，粒径较大的雾滴可能在空气中悬浮时间较短，限制了与氧气的混合时间。此外，大粒径雾滴的蒸发速度较慢，可能导致它们未完全蒸发就已经沉降，从而降低爆炸风险。当液滴粒径小于 $10\mu\text{m}$ 时，形成气溶胶系统，液滴的比表面积很大，极易蒸发，此时火焰基本上通过蒸气—空气混合物传播。当液滴粒径大于 $40\mu\text{m}$ 时，从 1 个燃烧的液滴向相邻液滴的传热成为火焰通过薄雾传播的主要模式，如果相邻液滴之间的距离很大，火焰就不会传播。

分析人员经常低估气溶胶混合物的排放的危害，最危险的气溶胶燃料云中能够持续时间最长的液滴大小是所有事故中最危险的云。虽然较大粒径液滴会增大燃烧速度，但是较小液滴尺寸的气溶胶更容易燃烧。

3.4 目标建筑物

人员集中建筑物指具有固定岗位或人员聚集功能，且人员数量达到一定标准的建筑物。这些建筑物由于人员相对集中，一旦发生火灾或其他紧急情况，极易造成群死群伤事故。

功能重要建筑物指对流程区域的正常生产运行或人员应急防护起重要作用、一旦破坏可能导致重大损失的建筑物。这些建筑物的功能性和重要性使得它们在规划、设计、建设和维护过程中都需要特别关注，以确保其能够满足相应的功能需求，并在各种情况下保持安全和稳定。

3.5 高频可信事件

泄漏事件通常指在石油化工过程中，由于设备或管道的损坏、腐蚀、操作失误等原因，导致易燃易爆或有毒有害物质逸出现象。根据泄漏孔径的大小，泄漏事件可以分为小孔泄漏、中孔泄漏和大孔泄漏。 25mm 孔径的泄漏属于小孔泄漏范畴的最大孔径。

高频事件指的是在一定时间内可能多次发生的事件。在石油化工装置中，由于设备老化、维护不当、操作失误等多种因素，小孔泄漏事件的发生频率相对较高。这类泄漏事件虽然单次影响可能有限，但其发生频率高。

可信事件评估是指对可能导致事故的事件进行可能性分析。小孔泄漏事件在石油化工装置中被认为是可信的，因为它们可能由于多种原因发生，且一旦发生，可能会迅速演变为更严重的安全事故。因此，对于这类事件的预防和应急响应措施需要特别关注。

保护层分析 (Layer of Protection Analysis, LOPA) 是一种风险评估工具，用于确定和评估防止事故的保护措施。在石油化工装置中，保护层包括但不限于安全阀、泄漏检测系统、紧急切断系统等。然而，这些保护层可能由于设计缺陷、维护不足或操作不当而无法及时提供保护，使得小孔泄漏事件成为高频可信事件。

为了降低小孔泄漏事件的发生频率和影响,石油化工厂需要采取一系列风险管理和预防措施。这包括定期的设备检查和维护、操作人员的培训、应急预案的制定和演练,以及保护层的有效性评估和改进。通过这些措施,可以提高保护层的可靠性,减少小孔泄漏事件的发生,从而降低整体的安全风险。

综上所述,高频可信事件可理解为一旦发生就可能穿透 1~2 层保护层的、在企业内发生频率较高(大于 1 次/年)的事件,作为设计依据较为合理。

3.6 爆炸冲击波荷载

爆炸冲击波超压用单位面积上的受力大小标注,即 Pa (N/m²) 或其他压力单位,常用 kPa 表示。正压作用时间是时间单位,通常用 s (或 ms) 表示。

4 基本规定

4.1 抗爆评估工作应在设计资料深度达到要求时进行,一般基础工程设计中后期能达到要求。如果抗爆评估工作开展的时间太早,设计深度不足,会影响爆炸冲击波计算结果的准确性,而且建筑物的抗爆设计影响到项目的投资概算,所以新建项目抗爆评估在基础工程设计阶段中后期开展比较适宜。

人员集中建筑物、功能重要建筑物应进行抗爆评估。一般性建筑物如需进行抗爆设计,可参考本标准执行。

4.2 在进行建筑物抗爆评估时,首先要参考国家层面的法律法规和标准要求。石油化工设施企业承载着重要的社会功能,一旦遭受爆炸等极端事件的破坏,将会对公共安全、社会稳定以及经济发展产生严重影响。除国家标准规定的建筑物外,在项目合同中要求抗爆的建筑物和地方政府有的特殊要求的建筑物,也要作为目标建筑物。

4.3 在石油化工行业中,建筑物可能会面临来自外部的 VCE 等爆炸事件的威胁。为了确保建筑物的抗爆性能,要对其进行准确的抗爆评估。本条要求在评估过程中,应采用基于后果评估法或基于风险评估法来计算爆炸冲击波参数。

基于后果评估法通常采用高频可信事件或最大可信事故场景来进行计算。这种方法考虑了在最不利的情况下,爆炸可能产生的最大影响,从而确保建筑物能够承受最严重的潜在爆炸事件。

基于风险评估法则侧重于评估爆炸事件发生的概率和可能造成的后果。这种方法通过计算不同爆炸场景的发生频率和相应的超压值,来确定建筑物的抗爆设防要求。

在实际操作中,要根据目标建筑物的特点、所在位置以及周边环境等因素,选择合适的评估方法。同时,还需要考虑建筑物的功能要求和结构形式,以确保评估结果的准确性和实用性。

此外,本条还强调了爆炸冲击波参数计算的重要性。这些参数不仅包括爆炸超压,还包括正压作用时间。基于风险法计算作用时间的方法如下:

推导冲量持续时间的常规方法是基于从超压和冲量曲线中读取的 10⁻⁴/年数值,爆炸冲击波通过某点时的超压冲击波/时间曲线可以近似为三角形,可以根据式 (1-1) 或式 (1-2) 基础计算冲量持续时间。

$$I = \frac{\Delta P \times T_D}{2} \dots\dots\dots (1-1)$$

或

$$T_D = 2 \times \frac{I}{\Delta P} \dots\dots\dots (1-2)$$

式中:

I ——冲量, N·s/m²;

ΔP ——超压, Pa 或 N/m^2 ;

T_D ——持续时间, s。

通过从超压曲线中得出的 10^{-4} /年超压和冲量数值, 可以使用上述方程计算出这两个数值的相关持续时间。

在超压曲线上产生 10^{-4} /年超压的爆炸和在冲量曲线上产生 10^{-4} /年脉冲不是同一爆炸场景。对于风险评估工作, 要采用 10^{-4} /年超压和冲量曲线上的数值, 因此要从这两个数值中推导出爆炸冲击波正压持续作用时间。

4.4 公式法是一种基于经验公式和简化假设进行超压计算的方法。它通常适用于简单的爆炸场景和初步评估。常用的公式法包括 TNO 多能法和 BST 法。TNO 多能法是由荷兰应用科学研究院 (Netherlands Organization for Applied Scientific Research, TNO) 提出的, 它通过一系列经验公式来估算不同爆炸场景下的超压值。该方法考虑了爆炸能量、距离、地形等因素。BST 法是由 Baker, Strehlow 和 Tang 提出的, 主要用于评估气体爆炸产生的超压。该方法通过分析爆炸波的传播和反射特性来计算超压值。

CFD 法是一种基于流体力学原理和数值模拟技术的复杂计算方法。它能够模拟爆炸过程中的流体流动、热量传递和化学反应等复杂现象。CFD 法适用于复杂的爆炸场景, 在提供精准 3D 模型和参数的情况下可以提供更精确的超压分布和时间历程。尽管 CFD 法在计算精度上具有优势, 但它需要较高的计算资源和专业知识, 因此在实际应用中需要权衡计算成本和所需的精度。

在进行建筑物抗爆评估时, 首先要确定爆炸场景和可能的爆炸能量。然后根据具体情况选择合适的计算方法, 进行超压计算。最后, 根据计算结果评估建筑物的结构安全性, 并提出必要的防护措施。在应用公式法时, 要注意经验公式的适用范围和限制。在使用 CFD 法时, 要确保模型的精确和完整程度, 初始条件和边界条件的合理性和计算结果的可靠性。

4.5 在石油化工行业中, 为了降低爆炸事件对建筑物的影响, 本条提出了一系列风险削减措施, 旨在从源头上减少爆炸的可能性和影响。

本质安全设计是指在设计阶段就采取的措施, 以确保即使在设备或系统发生故障时也不会引发爆炸。这包括使用低风险的原料、设计安全的工艺流程、采用安全的操作程序等。

总平面布置优化是指对建筑物和周边环境的布局进行合理规划, 以降低爆炸风险。这可能包括调整建筑物的位置、改变建筑物之间的距离、设置抗爆墙等。

调整建筑物功能类别是根据建筑物的使用性质和爆炸风险, 调整其功能, 以降低潜在的爆炸风险。例如, 将人员集中的区域迁移到较低风险的区域。无人值守建筑物是通过减少人员在高风险区域的暴露, 来降低爆炸事件可能造成的人员伤亡。

如果采取了上述措施后, 建筑物仍有抗爆要求, 需要重新进行爆炸冲击波荷载的计算。这是因为措施的实施可能会改变建筑物所面临的爆炸载荷特性, 如超压值和正压作用时间等。重新计算确保了建筑物的抗爆设计能够适应新的安全需求, 从而保障人员和设备的安全。

4.6 抗爆性能评定主要评估既有建筑物主要结构构件的承载能力、连接件的可靠性, 以及结构在爆炸冲击下的稳定性等, 以确保建筑物在潜在爆炸事件中的安全性和稳定性。评定是确保建筑物在面对潜在爆炸威胁时能够保持其结构完整性和功能性的关键步骤。

4.9 流程区域是指工艺装置区、公用工程和辅助生产设施中存在 VCE 爆炸源的地方, 如液化烃罐区的泵区, 压缩机区域。

4.13 在进行建筑物抗爆评估时除了遵循国家、行业和地方标准外, 建筑物抗爆评估还要根据项目合同的具体要求进行执行。项目合同是业主与评估机构之间就评估工作达成的协议。

4.14 其他国家标准指的是防火标准或卫生防护距离等标准。

5 目标建筑物的识别与分级

5.4 既有建筑物的措施需要根据建筑物的具体分级和实际情况综合考虑，并由专业的设计和施工团队实施，以确保既有建筑物能够有效抵御潜在的爆炸威胁。

5.5 在识别人员集中建筑物作为抗爆评估目标建筑物时，主要考虑由于生产保障和响应需要，要求在建筑物内或者生产装置内从事某种具体作业的关键人员，关键人员因正常生产操作、开车、计划停车时的操作和作业活动的不同而存在不同场景。如下所示：

- (1) 作为应急防护或应急指挥的建筑物，例如应急指挥中心等；
- (2) 餐厅或食堂；
- (3) 有固定岗位的中控室；
- (4) 有固定岗位的外操休息室；
- (5) 有固定岗位的办公楼；
- (6) 有固定人员的警卫室；
- (7) 有固定人员的实验室或分析化验室；
- (8) 有固定人员的维修车间；
- (9) 仓库中有固定岗位的房间；
- (10) 有人员值守的 110kV 或 220kV 变电所；
- (11) 其他符合要求的人员集中建筑物。

根据 API RP 752—2009 的界定，以下建筑可以不纳入设防建筑物范围：

- (1) 只有带顶棚、供人员通行或作业的区域，如压缩机棚、装卸车棚；
- (2) 无固定值守岗位、只有常规巡检或短时间作业的建筑物，如现场各种设备或仪表的保护罩、隔声罩、MCC 室，分析小屋，加药间，库房、变电所等。

库房中的包装仓库人员较多，但考虑到实际技术原因，建筑物整体无法做到抗爆，因此可能考虑保护层中的其他层的（包括避难间等）措施。

5.6 功能重要建筑物是指与生产装置或设施的紧急停车密切相关的建筑物或有关键人员停留的建筑物。存放不间断电源 UPS、SIS 系统或关键安全联锁控制回路所在的机柜间或控制室、紧急避难所、消防控制室（仅有两人）均属于功能重要建筑物。部分建筑物可能既是人员集中建筑物又是功能重要建筑物，如中心控制室、消防站（或者其他功能重要的消防设施）等。对保障装置安全生产或持续运行至关重要的建筑物，如机柜间等。

对于消防站、气防站、分析化验室等类型的功能重要建筑物，首先要考虑远离爆炸源，尽可能设置在 5 级抗爆区。

5.7 根据新建目标建筑物的分级最多允许的人数在本条做了限制，但不代表在相应的分级区域内就一定要设置这么多人的工作岗位，在满足实际生产需要的前提下尽可能减少在爆炸危险的区域内设置固定工作岗位。对于其中没有固定岗位的人员集中场所如宿舍（倒班宿舍、青年公寓等）等，建议基于最大可行事件的计算结果设置在小于 3kPa 的区域内且最好设置在园区/厂外。当防护要求不满足抗爆评估结果时，要采取减少固定岗位人数或对建筑物进行抗爆改造等措施，改造后人数也不能超过表 5.7 的要求除非进行了风险评估且满足风险要求。

6 计算原则和方法

6.1 VCE 事故场景辨识

6.1.1 可信事故场景包括高频可信事故场景或最大可信事故场景。

在抗爆评估中,对于不同的设计阶段要采用不同的方法进行VCE事故场景的辨识和分析。在项目前期,各种条件尚未完全具备,进行详细的事故场景模拟和分析较为困难,可参考类似项目的经验,对可能出现的事故场景进行预估。当后期条件具备时,进行更为详细的事故场景模拟和分析,考虑各种实际因素,辨识出所有真实的且概率较高的可信事故场景即高频可信事件和最大可信事故场景。如无法准确使用高频可信事件,则可用最大可信事故场景或实际事故案例的场景进行评估。

6.1.2 Goose在“Location and Design of occupied buildings at chemical plants-assessment step by step”(Goose, CIA, HSE UK)提出建筑物应按抵御一万年发生一次的事故概率进行设计,以保护建筑物中的人员,由此而推荐累积频率。

6.1.3、6.1.4 采用基于风险评估法进行建筑物的抗爆评估时,识别高频可信事故场景是至关重要的步骤。高频可信事故场景是指在特定条件下发生频率较高且后果较为严重的事故场景。通过识别这些场景,可以更加准确地评估建筑物的抗爆性能,并制定相应的防护措施。

当采用基于后果评估法时,除了辨识高频可信事故场景外,还需要辨识泄漏源和最大可信事故场景。泄漏源是指可能导致爆炸事故发生的危险物质或能量的来源。通过辨识泄漏源,可以确定潜在的爆炸威胁,并采取相应的措施进行控制和防范。

最大可信事故场景是指在特定条件下可能发生的后果最为严重的事故场景。这种场景虽然发生的概率可能较低,但一旦发生,其后果将是非常严重的。因此,在评估建筑物的抗爆性能时,要对最大可信事故场景进行充分地考虑和评估。

6.1.5 泄漏源的辨识是爆炸风险评估过程中的关键步骤,其目的是识别可能导致可燃蒸气云形成的潜在源头。为了确保评估的全面性和准确性,本条对泄漏源的辨识进行了规定:

a) 根据工程经验或事故案例进行释放源的辨识:

- 1) 工艺设备:包括所有涉及可燃液体或气体处理的设备,如反应器、储罐、热交换器等。这些设备在操作过程中可能因磨损、腐蚀、热膨胀(冷缩)或操作失误等原因发生泄漏。
- 2) 工艺管线:指连接工艺设备的管道系统,包括输送可燃物质的管道、阀门和其他管件。管道系统的泄漏可能发生在焊缝、法兰连接、阀门密封等处。但不是所有的上述部位都是,应结合操作经验,在频繁操作的阀组、温度变化较大的管件、有腐蚀性物料累积或曾经出现过泄漏事故的部位。
- 3) 压缩机、机泵等动设备的密封:动设备如压缩机、泵等在运行时,其密封件可能因磨损或损坏而导致可燃气体或液体的泄漏。
- 4) 装卸软管:在物料装卸过程中使用的软管,如果未正确安装或维护不当,也可能成为泄漏源。

b) 设备及附属设施内储存的可燃液体或可燃气体泄漏后能形成可燃蒸气云。储存有可燃物质的设备和设施发生泄漏时,泄漏的可燃物有可能以气体、蒸气或雾滴的形式与空气形成爆炸性混合物,一旦遇到点火源就可能引发爆炸。这个爆炸性混合物有可能是气体的混合物,也可能是气溶胶,统称为可燃蒸气云。

因此,在进行泄漏源辨识时,需要特别关注那些可能储存或处理可燃物质的设备和设施,并评估其泄漏后是否可能形成可燃蒸气云。

综上所述,本条旨在提供一个系统的框架,以识别和评估可能导致爆炸风险的泄漏源。通过这一规定,可以有效地判断潜在的VCE源。

6.1.7 对于后果模拟,要采用模拟地点典型/常见条件的天气数据,当没有典型/常见的气象数据时,常见做法是同时运行D/5和F/1.5条件的模拟。这两种条件代表着风速较高且大气稳定性较低的情况(D/5),以及风速较低且大气条件更为稳定的情况(F/1.5)。在风险评估后果模拟中,通常使用这两种条件。仅使用一种条件进行模拟,可能会错过因现场条件变化引起释放后扩散区域发生变化的场景。

6.1.8 VCE 计算中采用爆炸下限的 50%和 100%作为条件,会得到不同的结果。这两种计算条件主要影响的是爆炸可能性和爆炸后果。

当采用爆炸下限的 50%进行计算时,假设可燃气体或蒸气的浓度远低于其能够引发爆炸的最低浓度。这样的计算条件明显偏向于安全保守的一侧,极大地降低了爆炸发生的可能性。通常用于层流燃烧速度较高的物质,如:氢气、乙炔和环氧乙烷等。计算结果通常表明,即使在最不利的情况下,爆炸的风险也是相对较低的。适用于那些对安全要求极高,希望尽可能降低任何潜在风险的场合。

当采用爆炸下限的 100%进行计算时,假设可燃气体或蒸气的浓度已经达到了其能够引发爆炸的最低浓度。这种情况下,任何点火源都可能导致爆炸的发生。计算结果通常表明,爆炸的风险是相对较高的,需要采取严格的预防措施和应急响应措施。适用于那些需要对潜在风险进行准确评估,以便制定相应应对策略的场合。

VCE 计算采用爆炸下限 50%和 100%的结果区别主要在于对爆炸可能性和后果的评估。前者倾向于保守和安全,后者则更直接地反映了潜在的风险。

6.2 拥塞度分析

6.2.1 在评估计算时,需要特别关注可能积聚可燃气体/蒸气的拥塞区域、障碍物与拥塞区域之间的距离区域等,并采取相应的措施来防止爆炸发生。拥塞区域首先要识别那些可能积聚可燃气体/蒸气的区域,这些区域通常由于通风不良、气体泄漏或其他因素而形成;考虑设备布局、管道走向、阀门位置等,以确定潜在的积聚点;评估障碍物(如墙壁、设备、储罐等)与潜在积聚区域之间的距离。

6.2.4 当障碍物与拥塞区域之间的间距不大于 9m 时,该障碍物可被认为包含在该拥塞区域内。

6.2.5 BST 理论模型认为,VCE 的强度取决于燃料的反应强度、拥塞度等。

6.2.6 在抗爆评估中,不易导致可燃气体或蒸气积聚的区域,虽然体积小但配备了专门的安全设备能够迅速检测并排除潜在的可燃气体的设备,内部介质为水且保持流动的设备等可不作为拥塞区域考虑,如:

- 1 敞开区、零件仓库等区域和建筑物;
- 2 分析小屋;
- 3 水冷塔、开架式气化器。

6.2.7 对于拥塞区域高度,CCPS (Center for Chemical Process Safety) 有推荐值,但其推荐值与实际发生的事故偏小,在实际应用中,建议结合具体情况进行计算,以确保拥塞区域高度的设置符合安全要求。

6.2.8 爆炸源强度由低至高分为 1~10 共 10 个等级,拥塞程度越高,爆炸源强度越高。

- 1 油品罐区爆炸源强度可选择 3~4;
- 2 当罐区周边有树林时,应至少选择 5;
- 3 液化烃罐区可选择 5;
- 4 甲乙类石化装置区可选择 6~10,常用 7~9;
- 5 爆炸强度反映的就是燃烧速率的不同,因此燃烧速度越快,可以认为爆炸源强度越大。

6.3 爆炸冲击波计算

6.3.1 现代石油化工企业,名义管径大于 50mm 的管线占比多,管径越大的管线由于自身承压、承重等条件限制,强度会比小管径管道大,因此当泄漏源最大接管直径大于 50mm 时,25mm 孔径泄漏属于高频可信事件,同时又属于其中危害相对较大的场景,因此国内外多家工程公司均以此作为计算基准。对于小于 50mm 的管线泄漏时,建议根据实际情况采取适当计算基准。

- 1 当泄漏源最大接管直径大于 50mm 时,泄漏计算用代表性孔径不小于 25mm;

- 2 当泄漏源最大接管直径大于 25mm 但不超过 50mm 时, 泄漏计算用代表性孔径可采用 15mm 至 25mm;
 - 3 当泄漏源最大接管直径不超过 25mm, 泄漏计算用代表性孔径可采用 15mm 或最大接管直径;
 - 4 存在快接接头的部位建议采用最大接管直径。
- 6.3.2 泄漏时间首先要根据建设单位操作人员在同类装置上的操作经验取值, 如没有类似经验或条件变化较大才可以根据本条款的数值进行计算, 但装置开车后或后续进行 QRA 时依然要根据装置实际运行经验取值。泄漏时间要包括系统响应泄漏时间, 人员响应时间等因素。

最大泄漏时间和紧急切断时间可参考下列值进行选取:

- 1 最大泄漏时间应根据泄漏源的现场实际操作条件确定, 按不大于 30min 考虑;
 - 2 紧急切断时间可根据自动检测与切断系统类型确定:
 - (1) 当采用自动泄漏检测与切断系统时, 计算时间按 1min 考虑, 当有阀门联锁关闭时间的详细资料时可用阀门联锁关闭的时间;
 - (2) 当采用半自动切断系统时, 计算时间按 5min 考虑;
 - (3) 当采用手动切断系统时, 计算时间按 20min 考虑。
- 6.3.3 基于风险评估法和基于后果评估法在确定建筑物抗爆设防标准时各有侧重。前者更关注爆炸事件发生的可能性(频率), 后者更关注爆炸事件发生后可能造成的后果(严重性)。在实际应用中, 这两种方法通常会结合使用, 以综合考虑爆炸风险的所有相关因素, 从而制定出既安全又经济的抗爆设防方案。

7 既有建筑物抗爆性能评定要求

7.2 评定是确保建筑物在面对潜在爆炸威胁时能够保持其结构完整性和功能性的关键步骤。

7.3 既有建筑物抗爆性能评定根据子单元评定等级等进行评定, 取其中较低等级为该评定单元的抗爆性能评定等级。子单元的等级评定, 可根据构件项目和结构整体性两个项目的评定等级, 取较低等级为子单元的评定等级。构件抗爆性能抗力评定, 按承载能力和构造等两个检查项目, 分别评定受检构件的等级, 并取其中最低一级作为该构件抗爆性能评定等级。

屋面梁、板、墙体、柱子、基础属于构件评定项目; 构件连接属于构件评定项目; 构件的布置属于结构整体性评定项目; 抗爆密闭门、抗爆窗、抗爆密闭阀、防爆超压自动排气阀和穿隔密封件等属于附属设施项目。

7.4 安全性评估关注构件在爆炸载荷作用下的承载能力和稳定性, 防护功能抗力评估则侧重于构件在爆炸事件中保护内部人员和设备的能力。

7.5 抗爆措施根据建筑物的具体分级和实际情况综合考虑, 并由专业的设计和施工团队实施, 以确保既有建筑物能够有效抵御潜在的爆炸威胁。

8 爆炸风险削减措施

8.1 总图和设备平面布置措施

8.1.1 爆炸危险区域是指正常运行时连续出现或长时间出现或短时间频繁出现爆炸性气体、蒸气或薄雾的区域。可以确保建筑物在设计和建造过程中考虑到整体的安全性和防护措施, 以应对可能发生的爆炸事件。

8.1.4 当建筑物所处的位置存在极高的爆炸风险, 如爆炸冲击波超压极高, 且无法通过其他有效手段降低风险时, 建筑物不能作为人员工作的场所或功能重要建筑物使用。

当爆炸风险较高，建筑物仍需要继续使用时，可以减少室内人员。

经评估其位置不满足标准要求而需要继续使用的建筑物，可进行抗爆加固。抗爆加固可以通过增强建筑物的结构强度、改善防爆设施、增加安全出口等方式来提升建筑物的抗爆能力。具体的加固措施要根据建筑物的结构特点、使用功能和风险等级来制定，并由专业的建筑设计和施工单位来实施。

8.2 工艺、管线措施

8.2.1 泄漏是许多工业事故的主要原因之一，可能导致严重的人员伤亡、财产损失和环境破坏，减少泄漏的可能性，可以降低事故的风险。

泄漏源的特点主要取决于泄漏物质的性质、泄漏源的类型以及泄漏发生的环境和条件。下列给出了泄漏源的类型和常见部位：

1 短时泄漏的常见部位包括：

- (1) 气体压缩机和液体泵的动密封或机械密封部位；
- (2) 经常操作的液体采样口和气体采样口；
- (3) 经常操作的液体/气体排液（水）口和放空口；
- (4) 根据工艺需要每天或每班都要进行拆卸的法兰和经常操作的阀门组。

2 突发性泄漏。突发性泄漏经常发生于设备材质劣化（如材质石墨化、氢鼓泡、蠕变和密封材料老化等）、几何结构不连续和缺陷处（如焊缝夹渣、未焊透、裂纹和三通、弯头等）、应力应变不连续（设备管道基础沉降超差、管道支撑失效、裂纹或设计缺陷等）或应力腐蚀、局部腐蚀穿孔等设备失效部位，如空冷器、焊缝、弯头、三通、阀门、多相流管段、设备气液交界处和法兰螺纹连接接头上，高风险突发性泄漏部位常见于常减压、催化裂化、汽柴油加氢、加氢裂化（反应、分离、脱硫单元）、连续重整（预处理、重整单元）、脱硫装置、乙烯（裂解、急冷单元）、聚乙烯聚丙烯（聚合、精制单元）、芳烃（制苯、抽提单元）、合成橡胶、合成气、合成氨（净化、气化单元）等装置和超期服役或含缺陷储运设备。

3 静设备中最容易泄漏的部位是各种法兰和阀门静密封点。

8.2.2 实际操作中需要根据不同的情况和需求选择合适的措施并加以实施，包括减小受限区域的封闭程度、拥塞程度，并控制泄漏液体的蒸发等，从而降低事故的风险和影响。

8.3 自控仪表措施

8.3.1 条款中所指相关标准为 GB 50770、GB/T 20438、GB/T 21109 等。

8.4 建筑、结构措施

8.4.3 抗爆设计包括使用特殊结构形式（抗爆结构）、增加结构冗余度、选择高强度材料等措施，以提高建筑物的抗爆能力。这些设计需要根据具体的爆炸风险、建筑物的使用功能和重要性等因素来确定。

8.4.4 爆炸力最大的方向通常是抗爆建筑所在装置的方向，虽然是抗爆门但也要尽量避免抗爆门直接朝向爆炸力最大的方向。如确实无法做到可采用抗爆门斗等方式，如开有两个或以上门的抗爆建筑物，至少有一个门不朝向爆炸力最大方向。

8.5 其他措施

8.5.1 除降低事故发生时爆炸冲击波超压的措施外，还可降低开车调试阶段的人员峰值进行爆炸风险的削减。

8.5.4 抗真实爆炸性能对于抗爆涂层意义重大，国内目前对于抗爆涂层及其加固构件采用 TNT 炸药为爆炸源进行测试，并针对 TNT 爆炸提出相应性能指标。与 TNT 爆炸超压高（MPa 级）、正压作用时间

短(μs 级)相比,石化行业气相燃爆具有低爆炸超压(kPa级)、长正压作用时间(ms级)特征,气相燃爆条件下结构动力响应及破坏模式与TNT爆炸存在显著差异,因此在石化领域需要基于爆轰管等真实气云爆炸装置开展抗爆涂层防护性能测试。

 海量资源合集标准规范 事故案例 ...



中华人民共和国
石油 化 工 行 业 标 准
石油化工建筑物抗爆评估技术标准
SH/T 3237—2025

*

中国石化出版社出版发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 57512500
石化标准编辑部电话：(010) 57512477
发行部电话：(010) 57512575
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京艾普海德印刷有限公司印刷
版权专有 不得翻印

*

开本 880mm×1230mm 1/16 印张 2.25 字数 51 千字
2025 年 9 月第 1 版 2025 年 9 月第 1 次印刷

*

书号：155114·2794 定价：50.00 元
(购买时请认明封面防伪标识)