

石油化工企业抗爆控制室结构设计技术

张建萍

天津滨海概念人力信息科技有限公司 天津 300000

摘要: 石油化工企业抗爆控制室结构设计对保障安全生产与人员安全至关重要。其设计需遵循规范,明确抗爆等级与荷载,合理选材与选型结构体系,注重结构布置、节点构造及附属结构防护。设计面临爆炸荷载计算难、兼顾功能与耐久性等挑战,可通过仿真模拟、调整刚度分布等方法优化,并严格施工与验收,确保抗爆性能。

关键词: 石油化工; 抗爆控制室; 结构设计

引言

在石油化工行业,爆炸风险如影随形,抗爆控制室作为保障安全生产与人员生命安全的核心堡垒,其结构设计至关重要。它不仅要承受爆炸产生的巨大冲击,维持结构完整与功能连续,还需兼顾日常使用功能与长期耐久性。然而,抗爆控制室结构设计面临诸多挑战,从准确确定抗爆等级与爆炸荷载,到科学选型结构体系、合理选择材料;从结构布置、节点构造的精细设计,到附属结构与防护措施的周全规划,每个环节都关乎最终抗爆成效。基于此,深入探讨石油化工企业抗爆控制室结构设计,对提升其抗爆能力、保障企业稳定运行意义重大。

1 石油化工企业抗爆控制室结构设计概述

在石油化工企业的复杂生产环境中,抗爆控制室作为一种特殊的防护结构,扮演着至关重要的角色,是企业安全生产与人员生命安全的关键保障。其设计核心聚焦于在可能遭遇的爆炸荷载作用下,能够维持结构的完整性和功能的连续性。这意味着控制室不仅要承受爆炸产生的巨大冲击力而不发生严重破坏,还要确保在爆炸发生后,内部的关键设备和控制系统能够继续正常运行,为应急救援和事故处理提供有力的指挥调度支持。

(1) 与普通建筑结构相比,抗爆控制室的设计面临着更为复杂和严苛的挑战。它不仅要具备足够的强度来抵御爆炸产生的瞬间巨大冲击力,防止结构倒塌和破碎,还要兼顾日常的使用功能,如合理布置各类设备、为操作人员提供充足且安全的活动空间等。同时,考虑到石油化工环境的特殊性,结构还需保证在长期使用过程中的耐久性,能够有效抵御环境侵蚀和疲劳损伤,确保在设计的使用寿命内始终保持良好的抗爆性能。因此,抗爆控制室的设计必须严格遵循国家及行业相关规范标准,确保设计的科学性和合理性。(2) 具体而言,抗爆控制室的设计目标明确且严格。在预定的爆炸冲击波压力作

用下,结构主体应不发生破坏性变形或倒塌,保证整体稳定性;门窗、设备等构配件要保持完好,不出现失效或脱落情况,防止二次伤害的发生;更为重要的是,要为室内人员和关键设备提供一个安全可靠的环境,即使在事故发生后,也能确保控制室继续发挥其指挥和调度作用,为应急救援提供有力支持。(3) 为了实现这些目标,抗爆控制室的结构设计涉及多个关键技术环节。这包括根据企业实际情况和潜在爆炸风险确定合理的抗爆等级,进行精确的荷载分析以模拟爆炸冲击波对结构的影响,选用具有高强度、良好韧性和耐久性的建筑材料,以及采取一系列有效的构造措施,如加强结构连接、设置防爆隔墙等,全面提升抗爆控制室的防护性能^[1]。

2 抗爆控制室结构设计的基础要素

2.1 抗爆等级与爆炸荷载确定

在石油化工企业抗爆控制室结构设计中,准确确定抗爆等级与爆炸荷载是至关重要的首要环节。(1) 抗爆等级作为结构设计的根本依据,其确定过程需全面考量控制室所处区域的爆炸危险等级,细致分析可能发生的爆炸类型,如蒸气云爆炸、粉尘爆炸等,并精确掌握爆炸源的相关参数,包括爆炸源距离、药量大小等。(2) 通过严谨的爆炸风险评估,运用科学的方法和模型,计算在不同爆炸场景下冲击波的超压、冲量等关键荷载参数。再依据国家及行业相关规范标准,综合这些计算结果,合理确定抗爆等级。例如,可根据爆炸冲击波的峰值压力大小以及作用时间长短,将抗爆级别进行细致划分,每一级别都对应着特定的结构抗力要求。(3) 而在荷载确定时,必须充分考虑爆炸荷载的动态特性,采用等效静力法或动力分析法,将其科学转化为结构设计所需荷载,为后续的结构设计提供准确可靠的基础数据。

2.2 结构材料选择

在抗爆控制室的结构设计中,结构材料的选择是保障其抗爆性能与长期稳定运行的关键因素,所选用材料

必须严格满足强度、延性以及耐久性等多方面要求。

(1) 主体结构方面, 钢筋混凝土是优先之选。它具备出色的抗压与抗剪性能, 在爆炸冲击波作用下, 能够凭借自身强大的承载能力有效抵御冲击, 维持结构稳定。对于有轻量化需求的特定场合, 钢结构可作为一种选择, 不过要着重加强节点连接, 确保结构整体性, 同时做好防腐处理, 以应对化工环境中的腐蚀因素。(2) 墙体材料通常采用防爆墙板, 像钢筋混凝土墙板、钢骨架防爆板等, 它们具有较高的抗爆强度和良好的整体性, 能有效阻挡爆炸冲击。门窗则要选用抗爆门窗, 材料选用高强度钢, 玻璃采用防爆玻璃, 防止在爆炸荷载下破碎或脱落。此外, 考虑到化工环境的特殊性, 材料还需具备良好的耐高温、抗腐蚀性能, 以适应复杂恶劣的工作条件。

2.3 结构体系选型

在石油化工企业抗爆控制室的结构设计中, 科学合理的结构体系选型是保障其抗爆能力的核心环节。所选结构体系必须具备充足的刚度与强大的承载力, 以有效抵御爆炸产生的巨大冲击。(1) 常见的结构体系有钢筋混凝土框架结构和剪力墙结构。钢筋混凝土框架结构空间布置较为灵活, 能较好地满足不同功能布局需求, 适用于中等抗爆等级的控制室。而剪力墙结构具有较大的抗侧移刚度, 在抵抗爆炸冲击波引起的侧向力方面表现更为出色, 抗爆性能更优, 通常应用于高抗爆等级的场景^[2]。(2) 对于大型抗爆控制室, 可采用框架-剪力墙组合体系, 这种体系能够充分发挥框架结构布置灵活和剪力墙结构抗爆性能好的优势, 平衡抗爆性能与空间使用需求。此外, 结构体系设计时应避免采用大跨度构件, 严格控制构件长细比, 保证在爆炸荷载作用下结构内力分布合理, 降低局部破坏的风险, 确保控制室的整体安全。

3 抗爆控制室结构设计关键技术

3.1 结构布置与构件设计

在石油化工企业抗爆控制室的结构设计中, 结构布置与构件设计是保障其抗爆性能的关键环节。(1) 结构布置严格遵循“刚柔结合”的原则, 平面布局追求规则对称, 以此避免因结构凹凸变化而引发的应力集中现象, 从而提升整体结构的稳定性。抗爆墙体需沿着冲击波的作用方向精心布置, 构建出一个闭合的抗爆围护体系, 有效阻挡和削弱爆炸冲击。柱网间距的确定要综合考虑抗爆要求与设备布置的实际情况, 不宜过大, 以此确保结构具备足够的刚度。(2) 在构件设计方面, 梁、柱、板的截面尺寸需依据严格的抗爆验算来确定。纵向钢筋和箍筋的配置要精准满足受拉、受剪的要求, 尤其

要加强对构件端部和节点区域的配筋。例如, 框架柱采用螺旋箍筋或复合箍筋, 可显著提高其延性和抗剪能力; 楼板厚度必须满足抗爆承载力的标准, 同时配置双向钢筋网, 以增强楼板的整体性和抗爆性能。

3.2 节点构造与连接设计

在石油化工企业抗爆控制室的结构设计中, 节点构造与连接设计至关重要, 它是保障结构在爆炸冲击下安全稳定关键因素。节点作为结构传力的核心部位, 必须遵循“强节点弱构件”的设计原则。对于框架梁柱节点, 采用刚性连接方式, 通过增加节点区域箍筋密度, 提高节点的强度和延性, 确保在爆炸荷载作用下, 节点不会先于构件发生破坏, 从而维持结构的整体性。抗爆墙体与主体结构的连接, 选用预埋件焊接或螺栓连接的方式, 且连接节点的承载力要大于墙体本身的抗爆承载力, 以有效传递爆炸产生的巨大作用力。抗爆门窗与墙体的连接则设置专用抗爆铰链和锁具, 门框与墙体间隙采用防火抗爆密封材料填充, 防止爆炸冲击波从缝隙侵入室内, 保障人员和设备安全。此外, 设备基础与地面的连接也需牢固可靠, 避免设备在爆炸荷载下移位或倾倒, 确保控制室功能的正常发挥^[3]。

3.3 附属结构与防护措施

在石油化工企业抗爆控制室的结构设计中, 附属结构与防护措施的合理规划对保障整体抗爆性能起着不可或缺的作用, 需确保附属结构与主体结构能够协同抗爆。(1) 屋面设计方面, 优先采用现浇钢筋混凝土板, 摒弃轻型屋面材料, 以此避免在爆炸发生时屋面被掀翻, 从而为控制室提供可靠的上部防护。同时, 屋面排水系统要精心设置抗爆雨水口, 保证在爆炸冲击下排水依然通畅, 且不会对屋面的抗爆性能产生削弱。(2) 通风、空调系统的穿墙管道需配备抗爆波阀, 一旦爆炸发生, 阀门能自动关闭, 有效阻止冲击波进入室内, 保护人员和设备安全。对于电缆沟、管线孔洞等部位, 要采用防火抗爆封堵材料进行密封处理, 防止冲击波和火焰通过这些孔洞传播扩散。此外, 室内还应合理设置防爆隔墙、抗爆屏障等, 为人员提供二次防护空间, 进一步提升控制室的安全保障水平。

4 抗爆控制室结构设计的难点与优化策略

4.1 设计中的主要难点

在石油化工企业抗爆控制室的结构设计中, 存在诸多棘手的主要难点。爆炸荷载具有复杂的动态特性, 其作用时间短暂、变化剧烈, 准确计算其对结构产生的冲击力、冲量等关键参数难度颇高, 特别是当遭遇多次爆炸或者反射波叠加影响时, 爆炸荷载的作用机制更为复

杂,使得结构在爆炸冲击下的响应分析充满挑战。结构设计不仅要满足严苛的抗爆要求,还需兼顾日常的使用功能,像设备的合理布置、人员充足的活动空间等,这在一定程度上限制了结构的布局形式,增加了设计的复杂性。同时,抗爆构件与非抗爆构件协同工作时,在连接部位极易出现应力集中现象,若处理不当,可能导致结构局部破坏。另外,化工环境具有强腐蚀性,会逐渐削弱材料的性能,如何在保证结构抗爆性能的同时,兼顾其耐久性,实现二者的平衡设计,也是设计过程中亟待解决的关键问题。

4.2 结构设计优化方法

在石油化工抗爆控制室的结构设计中,为提升其抗爆性能与整体质量,需采用一系列科学有效的结构优化方法。(1)借助先进的有限元分析技术开展结构抗爆仿真模拟。通过构建精确的模型,模拟爆炸荷载作用下结构的受力与变形情况,依据模拟结果精准优化构件截面尺寸和节点构造形式,确保结构在爆炸冲击下具备良好的力学性能。(2)对于复杂体型的控制室,通过合理调整结构刚度分布,避免结构刚度突变,从而减少应力集中区域,降低结构局部破坏的风险。(3)采用模块化设计理念,将抗爆墙体、门窗等构配件进行标准化设计生产。这不仅便于施工安装,提高施工质量,还能保证各构配件的抗爆性能稳定可靠。(4)结合被动防护技术,如设置防爆堤、缓冲层等,有效降低爆炸荷载对控制室的直接作用,进而对结构设计参数进行优化,使结构在满足抗爆要求的同时,实现经济性与安全性的平衡。

4.3 施工与验收技术要求

在石油化工抗爆控制室的建设中,施工质量对其抗爆性能起着决定性作用,因此必须制定严谨且具有针对性的专项施工方案。(1)钢筋混凝土施工环节,要确保模板支撑体系牢固稳定,能够承受施工过程中的各种荷载。混凝土浇筑时,需保证浇筑密实,振捣操作要精准

到位,尤其要高度重视节点区域的浇筑质量,因为节点是结构传力的关键部位,其质量优劣直接影响结构的整体抗爆能力。(2)钢结构安装过程中,要严格保证连接节点的焊接质量,确保焊缝饱满、无缺陷;若采用螺栓连接,则要精确控制螺栓预紧力。同时,做好钢结构的防腐涂层施工,以应对化工环境的腐蚀。(3)抗爆门窗安装时,必须严格按照设计图纸精准定位,保证其与墙体连接牢固可靠。验收阶段,需进行全面的抗爆性能检测,如开展抗爆门窗的压力试验、对结构构件的承载力进行复核等,确保各项指标均符合设计要求,保障控制室的安全运行^[4]。

结束语

石油化工企业抗爆控制室结构设计是一项复杂且关键的系统工程,关乎企业安全生产与人员生命安危。从基础要素的精准把控,如合理确定抗爆等级、科学选材与选型,到关键技术的精细运用,涵盖结构布置、节点构造及附属防护设计,再到针对设计难点采取优化策略,每个环节都紧密相连、缺一不可。而施工与验收环节更是确保设计意图完美落地、结构性能达标的关键步骤。唯有严格遵循规范标准,综合运用先进技术与科学方法,全方位、全过程把控设计与施工质量,才能打造出具备卓越抗爆性能的控制室,为石油化工企业的稳定运行筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]薛凤忠.墙柱分离式石油化工抗爆控制室结构设计[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(13):191-194+196.
- [2]黄思远.石油化工抗爆控制室结构设计[J].化工管理,2020,(11):181-182.
- [3]从恺源.石油化工企业抗爆控制室结构设计分析[J].石油工程,2020,46(12):10-11.
- [4]刘青.石油化工控制室抗爆设计中结构专业的几点注意事项[J].天津化工,2020,(04):83-85.