

高低跨连体医院建筑结构的受力特性与设计关键技术研究

曹鑫钰

西安市第九医院 陕西 西安 710054

摘 要：高低跨连体医院建筑受功能分区影响，普遍存在结构刚度分布不均、受力体系繁杂的问题，是典型的抗震不利异形建筑结构。本文依托医院建筑专属运营规范与抗震设防标准，系统剖析该类建筑的结构体系与构造特征，梳理竖向、水平荷载下的结构受力规律，聚焦高低跨连接节点的受力缺陷，分析刚度突变引发的结构受力差异，总结适配医疗场景的核心设计技术，从变形调控、应力缓释、协同受力及抗震改良层面完善结构性能提升路径，为同类医疗建筑的结构设计提供可靠的实践参考。

关键词：高低跨连体结构；医院建筑；受力特性；刚度突变；结构优化

引言：现代医院为满足诊疗、医技、公共通行的多元化使用需求，普遍采用高低跨连体的复合建筑形态，彻底改变了常规民用建筑规整均匀的受力格局。该类建筑整合低层大跨度公共空间与高层密集型功能楼栋，平面及竖向结构刚度存在明显突变，荷载传递路径、结构变形协调机制和抗震受力工况均更为复杂。医院建筑全年不间断运营，且配套大量精密诊疗设备，对结构稳定性、变形精度与抗震能力有着严苛要求，深入梳理其受力规律与核心设计要点，能够有效保障建筑长期服役安全与使用适配性。

1 高低跨连体医院建筑结构体系与结构特点

1.1 高低跨连体医院建筑结构形式分类

表 1 医院高低跨建筑主流结构体系特征对比

结构体系	空间布置特点	结构受力特征	常用布设区域
框架结构	柱网调整灵活，内部无密集竖向墙体，空间开间可灵活拓展，常规柱网区间为 6m ~ 9m	抗侧刚度有限，竖向构件主要承担竖向荷载，抵御水平作用能力偏弱	建筑低区、门诊大厅、公共通行廊道等大开间区域
框架剪力墙结构	剪力墙与框架协同布置，平面划分存在一定约束，适配中高层建筑布局	剪力墙分担水平作用力与地震作用，整体抗侧刚度适中，结构整体性较强，经济性良好	中高层医技主楼、中等层数住院楼栋等区域

开展高低跨连体医院建筑方案设计时，需要结合空间尺度、功能需求、承载条件及抗震设防标准选取合适

的主体结构形式。现阶段医院类高低跨建筑主流结构体系包含框架结构、框架剪力墙结构、剪力墙结构及框架-核心筒结构，各类体系的适用场景、力学特质存在明显区别，各项特征整理如表 1 所示。

多类结构体系根据医院建筑不同区段的高度、功能、抗震需求差异化布设，框架结构依托灵活的柱网形式塑造通透的公共空间，框架剪力墙结构适用于中层医疗建筑，剪力墙结构与框架-核心筒结构凭借优异的抗侧、抗震性能，广泛应用于高层住院塔楼^[1]。

1.2 医院建筑功能布局对结构体系的影响

医院功能模块差异显著，直接决定整体结构布局形式。门诊公共区域追求通透开阔，柱网间距大、竖向构件少，结构整体刚度偏弱。医技区域需布设精密医疗设备，对结构稳固性、平整度要求严苛，构件排布密集，结构刚度显著更高。同时，医技区域层高普遍远高于普通办公区域，各功能区间的层高、开间、荷载参数差异，使建筑自然形成高低错落的形体特征，最终促使结构体系采用分区差异化的布设方式，适配不同区域的使用与受力需求。

1.3 高低跨连体结构的构造组成特征

高低跨连体结构由高区主体、低区配套、跨区连接构件三部分组成。高区建筑层数多、竖向构件连续贯通，刚度储备充足、受力稳定。低区多为 1~3 层低层结构，空间开阔、构件稀疏，整体刚度偏低。连接构件承担内力传递与变形协调的核心作用，是结构衔接关键。结构整体刚度分布不均匀，高低单元存在天然刚度差异，竖向刚度呈不连续特征，结构竖向与水平受力随

之呈现不对称特征,空间协同受力工况更为复杂,和造型规整的普通民用建筑存在明显区别。

1.4 医院类高低跨结构的设计特殊性

医院建筑全年不间断运营,服役标准严苛,对结构安全与使用适配性要求远高于普通民用建筑。建筑长期承受复杂的设备与人员荷载,高低跨结构固有的刚度不连续特性,易引发内力重分布,使跨区连接节点成为受力薄弱部位。同时,医院精密诊疗设备对结构形变、振动高度敏感,微小结构扰动即可影响诊疗工作。因此,设计阶段需要统筹构件布局、刚度配比与变形控制,削弱刚度突变带来的不利影响,改善整体受力性能,保障建筑长期安全稳定服役。

2 高低跨连体医院建筑结构受力机理与受力特性

2.1 竖向荷载作用下结构整体受力规律

竖向荷载是医院高低跨结构的主要服役荷载,包含结构自重、设备荷载与楼面活荷载,荷载遵循逐层传导的基本规律。高区结构竖向构件密集、传力路径清晰,承载储备充足,竖向内力分布均匀稳定。低区结构多采用大跨度柱网、竖向构件布设稀疏,单根竖向构件受荷载覆盖范围更广,构件承担的内力水平明显增大^[2]。高低区天然存在的刚度差异会造成竖向变形不协调,诱发结构内力重分配,使连体区段受力分布明显不均。

2.2 水平荷载作用下结构受力分布特征

高低跨连体结构的水平荷载主要包含风荷载与地震作用两类,两类荷载的作用机理与结构响应存在显著差异。风荷载属于静态侧向荷载,作用形式相对稳定,高区结构刚度大、抗侧能力强,侧向位移整体可控;低区结构刚度偏弱、构件排布稀疏,水平侧向变形更为明显,使建筑整体呈现差异化侧向变形特征。医院属于乙类重点抗震设防建筑,地震作用作为往复动力荷载,是控制结构设计的关键因素。受高低跨结构平面、竖向双重不规则特性影响,建筑高低区刚度、质量分布不匹配,会引发结构振动响应不同步,产生显著的扭转耦合效应。结构刚度突变界面会出现明显的地震内力集中、应力重分布现象,高低跨连接节点、建筑边角等薄弱区域受力大幅加剧。相较于常规规整建筑,这类结构在地震作用下的变形不均匀性、内力离散性更为突出,也是高低跨连体结构水平受力复杂的主要原因。

2.3 高低跨连接处关键构件受力特点

高低跨连接构件承担内力传导与变形协调作用,属于重要薄弱部位。结构竖向不均匀沉降、风荷载引发的侧向变形,以及地震作用产生的往复变形和扭转效应,

会在连接区域形成多重受力叠加效应。衔接梁柱长期承受复杂弯剪组合内力,应力集中问题突出,且持续承受交变内力作用,受力状态动态波动。这类节点连接两个刚度差异明显的结构单元,受力条件远比普通构件复杂,属于重要抗震薄弱区域,对节点承载力、延性与变形协调能力有着极高的设计要求。

2.4 结构刚度突变带来的受力差异特性

高低跨结构存在明显的刚度突变界面,刚度分布不均会显著改变结构整体受力格局。高区结构刚度充足,变形约束强、内力增长平缓;低区结构刚度薄弱,变形自由度大、形变更为明显。刚度突变区域会形成内力集中带,促使应力向低刚度区域聚集。地震作用下,刚度突变会进一步放大结构不规则效应,加剧局部应力集中与变形差异,易造成局部构件内力超限、变形不均,其受力特性与常规均质民用建筑结构存在显著区别。

3 高低跨连体医院建筑结构设计关键技术

3.1 结构整体体系布置技术

高低跨医院结构布置需兼顾力学合理性、医疗功能与抗震规范性,依据建筑高度与功能差异化选用适配结构体系,构建清晰的传力路径。门诊采用大跨度柱网保障空间通透,医技与住院区域采用标准柱网,适配设备布设与人员使用需求。设计充分考虑结构平面、竖向的不规则特性,科学规划梁柱、剪力墙等承重构件位置,优化柱网与构件跨度^[3]。借助精细化布局减轻刚度差异带来的不利影响,规避各类抗震隐患,提升结构协同承载水平与整体抗震能力。

3.2 高低跨连接部位构件设计技术

高低跨衔接区域是结构受力与抗震设计的关键薄弱部位,受力复杂、内力集中。针对该区域变形叠加、地震内力放大的力学特点,设计需优化衔接梁柱截面尺寸与节点构造,提升节点承载力、变形协调能力与抗震延性,缓解刚度突变引发的内力集聚问题。通过细化抗震构造措施,增强衔接区域结构韧性与安全储备,削弱不均匀变形和地震往复作用的不利影响,保障高低区结构协同受力、内力平稳传递。

3.3 结构刚度均匀化布置技术

高低跨结构刚度差异为固有特性,设计核心并非抹平刚度差距,而是控制刚度突变幅度、规避刚度偏心,弱化结构不规则带来的不利影响。通过调整竖向构件布设密度、优化剪力墙布置,适度缩小高低区刚度差值,避免超限刚度突变。规整平面刚度分布,校正刚度偏心问题,有效削弱地震扭转效应,均衡结构整体变形性

能。合理的刚度配比能够优化内力分配机制,缓解结构受力短板,提升结构协同工作水平与抗震稳定性。

3.4 医院特殊功能区域结构适配设计技术

医院不同功能区域对结构性能要求差异极大。医技、检验区域设备精密,对结构变形与振动控制标准严苛,需严格把控构件刚度与形变幅度。门诊、走廊侧重空间通透,可适度放宽构件密度,保障通行与空间利用率。结合医院抗震设防要求实施分区差异化抗震构造设计,重点强化医技、住院核心区域的抗震冗余。依据各区域荷载特征与抗震等级优化构件参数,平衡结构安全、抗震性能与使用功能,适配医院全年不间断运营需求。

4 高低跨连体医院建筑结构性性能优化策略

4.1 结构竖向不均匀变形控制举措

高低跨结构存在天然的竖向刚度分区差异,高低区构件压缩变形与地基沉降无法完全同步,易在连接部位产生附加内力,附加内力大小由节点连接刚度与变形差值共同决定。设计阶段可针对性优化构件竖向受力体系:通过加大高区竖向构件截面尺寸、提升整体刚度储备,有效减小结构压缩变形;完善低区竖向支撑体系,增强低刚度区域的承载能力与抗变形性能。严格依据《建筑地基基础设计规范》控制柱基沉降差,避免出现构件过度设计^[4]。同时结合医院长期恒定的荷载工况,预判结构沉降发展规律,提前采取针对性管控措施,抑制不均匀变形持续发展,保障结构竖向受力与整体形态稳定。

4.2 结构应力集中弱化优化方式

高低跨刚度突变界面易出现局部应力集中现象,是整体结构的核心薄弱区域。持续的应力集中会削弱构件疲劳耐久性能,还会放大地震作用下的局部损伤风险,不利于结构长期服役安全。实际设计中可通过优化节点构造形式、调整梁柱传力角度,构建连续顺畅的内力传导路径;合理优化构件截面规格,扩大受力承载范围,有效缓解局部高压应力状态。同时微调周边构件布置形式,优化区域刚度配比,促使集中应力向周边构件均匀扩散。通过精细化构造优化,改善刚度突变区域的复杂受力状态,弥补局部受力短板,提升结构整体受力均匀性与抗震抗损能力。

4.3 整体结构协同工作优化思路

高低跨连体结构由多类刚度、变形特性各异的结构单元组合而成,整体协同工作性能偏弱。各结构单元形变步调不一致,容易诱发结构扭转内力与附加变形,

地震往复荷载作用会进一步加剧结构内力紊乱与局部损伤。开展结构优化不必追求高低区刚度的一致,而是消除平面刚度偏心、严控竖向刚度突变幅度。通过优化梁柱、剪力墙等构件排布方式,规整整体传力脉络,打通各结构单元的内力传导通道,有效削弱不规则形变引发的扭转效应,减少结构附加内力生成。多维度布局优化可将分散的结构单元整合为统一受力整体,显著提升结构协同承载、变形协调与整体抗震性能。

4.4 针对性抗震性能优化策略

高低跨连体医院结构存在竖向与平面双重不规则特性,属于天然抗震不利结构,需结合重点设防标准开展专项抗震优化设计。第一,刚度突变区域强化,在高低跨交接薄弱位置增设抗震构造构件,提升节点延性与耗能能力,规避地震作用下节点先行破坏;第二,扭转效应管控,对称布置抗侧力构件,缩小结构刚度中心与质量中心的偏差,有效削弱地震扭转响应;第三,性能化抗震设计,对高低跨连接节点、高区竖向核心构件设定高于普通民用建筑的抗震性能目标;第四,构造细节强化,加密薄弱区域箍筋、强化梁柱节点锚固,全面提升结构抗震冗余度,保障医院持续安全稳定运营^[5]。

结束语

高低跨连体医院建筑的结构受力难题,主要由功能布局衍生的刚度不均与结构不规则特性导致,跨区薄弱节点、结构刚度突变、整体受力失衡是制约结构安全的核心要素。合理布设差异化结构体系,优化高低跨衔接区域构造细节,均衡整体结构刚度配比并落实专项抗震设计,能够有效改良结构受力状态,缓解变形不均与局部应力集中问题。适配医疗场景的精细化设计方案,可协调兼顾建筑使用功能与结构安全属性,有效提升高低跨连体医院建筑的整体服役品质与稳定性。

参考文献

- [1] 何涛,尹攀宇,杨鸿博,等.向心关节轴承在建筑钢结构安装中的受力变形特性研究[J].中国建筑装饰装修,2025(22):109-111.
- [2] 何玉明.建筑结构基础受力特性与检测方法研究[J].中州建设,2025(8):8-9.
- [3] 张建华.建筑基坑施工过程支护结构受力特性分析[J].砖瓦,2024(2):156-158.
- [4] 王广浩.高层建筑桩基维护结构变形与受力特性有限元分析[J].江苏建筑,2022(z2):60-64.
- [5] 凌芬.装配式建筑叠合剪力墙结构设计与分析[J].建筑机械化,2025,46(3):105-108.