

剪力墙结构设计在建筑结构设计中的实践分析

宋博

南昌大学设计研究院

摘要：建筑行业的突飞猛进将建筑结构设计安全性与稳定性推向更高水平，剪力墙结构设计在其中扮演着重要角色。近年来，越来越多的建筑企业看到了剪力墙结构的实践价值，不断加强了研究，其整体性能、结构刚度、结果抗震性能等优势有望取得更大突破，对促进建筑行业的高效可持续发展具有重要意义。文章以剪力墙结构概述为切入点，探讨剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用原则，深入分析剪力墙结构设计在建筑结构设计中的实践要点，并提出剪力墙结构设计在建筑结构设计中的实践优化策略，希望对相关企业有所参考。

关键词：剪力墙结构；建筑；结构设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.093

前言：社会经济与信息技术飞速发展的形势下，普通的建筑结构框架已经不能满足人们对建筑使用安全性、美观性、实用性要求，具有刚度大、整体性能好、外形美观等优势的剪力墙结构脱颖而出，迅速成为人们关注的焦点。但目前我国剪力墙结构设计仍处于发展阶段，尚有一些潜在问题和弊端需要解决，深入优化其具体设计，加强实践分析，并促进其与建筑结构实际需求的有效结合，成为建筑企业设计人员未来工作开展的重点方向。

一、剪力墙结构概述

剪力墙结构具体指由一系列横向与纵向剪力墙而组成的建筑结构形式，而剪力墙又被称为抗震墙，剪力墙承受竖向荷载及水平荷载的能力都较大，其特点是整体性好，侧向刚度大，水平力作用下结构侧向位移较小，并且由于没有布置框架柱，使用房间无突出墙面部位的承重构件，房间使用率大，现广泛应用于多、高层住宅、公寓、宿舍、宾馆等建筑工程中。缺点是往往无法提供大空间房屋，若底部需大空间时，如商场、地下停车场等，往往需要设置转换层或设置局部转换梁柱。剪力墙结构厚度一般为200~400mm，住宅一般采用200mm（因与砌体墙体厚度相同）。在建筑结构设计中的应用剪力墙结构设计，需以建筑实际使用需求、层高及功能性等要素出发，以最大限度地发挥剪力墙结构承载力、刚度及稳定性优势，提升建筑结构安全性与耐久性^[1]。

二、剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用原则

在剪力墙结构设计时严格遵循一定的设计原则，是确保建筑物安全性与使用寿命的关键。第一，剪力墙位置合理。为更好地发挥剪力墙结构支承和抗压的作用，需将其布置在建筑平面的合理位置，通常情况下位于建筑的角部、楼梯、梯等部位。第二，选择合适的混凝土强度。依据建筑物主要荷载量与建筑物实际需求确定最佳的强度，确保剪力墙能够有效承担荷载，一般情况下，对于高层建筑与地震烈度较高地区的建筑，剪力墙结构设计时采用混凝土强度需要更高，以便承载更大的

水平地震力与风荷载；一般情况下，底部剪力墙混凝土强度最高，上部随着墙底荷载逐步减少，可适当降低混凝土强度。第三，刚度适宜。剪力墙需具有足够的刚度，合理的布置剪力墙数量和位置，数量过多的剪力墙使结构刚度过大，影响建筑物的使用效果；数量较少的剪力墙布置将使结构计算结果不满足规范要求，如位移比等，使结构存在不安全问题。第四，抗震性能。对于地震区建筑而言，设计者需充分考虑此区域地震烈度、地震加速度等各项参数，采取增加墙体厚度和强度、加强墙梁间连接等，提升建筑物抗震性能。第五，经济性原则。在建筑物满足使用需求和安全性的基础上，还需关注设计的经济性，如选择合理的施工材料、优化施工方案等，以此降低成本，提高工程质量，保障建筑使用效益与长期效益^[2]。

三、剪力墙结构设计在建筑结构设计中的实践要点

（一）合理布置剪力墙的位置和数量

建筑结构设计，剪力墙所在位置及设置的数量，将对建筑物结构的整体刚度和承载力产生直接影响。首先，布置位置。通常情况下，建筑结构剪力墙位置设计中，最好沿着主轴方向或者其他方向进行双向布置，并且尽可能遵循均匀、对称原则；应避免单向布置剪力墙，宜使两个方向刚度接近；对于一般的矩形、T形或者L形建筑平面，可沿着两条轴线进行布置；对于正多边形、圆形或者弧形建筑平面，可径向、环向布置；Y形建筑平面沿着三个轴线方向布置比较合理。其次，数量控制。剪力墙具体数量以建筑物的平面布局和受力情况为基本参考，通常情况下，剪力墙设置的数量越多，建筑结构整体刚度和承载力越强，但同时建筑结构自重和施工成本也会增加；如果为了节省成本而将剪力墙数量减少，则会导致建筑结构刚度降低，水平力作用下出现变形的风险也将随之增加，因此，需遵循适量原则，合理设置剪力墙数量^[3]。

（二）确定剪力墙的厚度

建筑结构设计，明确剪力墙结构的厚度至关重要，需依据规定荷载与抗震性能要求进行计算。在实际的剪力墙厚度确定过程中，设计师需参考中国建筑行业规范相关内容，即通常情况下，剪力墙的厚度应在160mm到200mm之间，对于较高的建筑物或者荷载较大的建筑物，可适当增加剪力墙的厚度提升建筑物的刚度与安全性。一级、二级抗震等级的剪力墙厚度应大于160mm，且不小于层高或无支长度的1/20，底部加强部位厚度需 $\geq 200\text{mm}$ ，一字形独立剪力墙底部加强部位不应小于220mm，其他部位不应小于180mm。三、四级剪力墙厚度应大于160mm且不宜小于层高或无支长度的1/25；一字形独立剪力墙底部加强部位不应小于180mm；短肢剪力墙底部加强部位截面厚度尚不应小于200mm，其他部位尚不应小于180mm。筒体结构剪力墙

厚度应 $\geq 160\text{mm}$ ，且不小于层高的 $1/20$ ，底部加强位置墙厚需 $\geq 200\text{mm}$ ，且不小于层高的 $1/16$ 。除复核上述要求之外，还需复核《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010附录D的墙身稳定要算要求。实际的建筑设计中，剪力墙的厚度设置还可能受到建筑材料、结构设计、施工条件等因素的影响，需依据实际情况具体分析和考虑^[4]。

（三）确定剪力墙的形状和尺寸

建筑结构设计过程中，剪力墙形状和尺寸也是影响到建筑物整体性能的要害之一，需给予足够重视。剪力墙形状具体包括矩形、T形、L形、U形、一字形等。需依据建筑物形状和结构特征进行具体设计。剪力墙墙肢长度、高宽比等，需依据建筑稳定性、承载力、抗震力需求确定。墙肢长度具体指剪力墙各个肢的长度，一般情况下，其不应小于 200mm ，也不应大于 800mm ，需将其与墙厚之比控制在 $16:1$ ，但在住宅建筑中剪力墙墙肢长度基本上都不超过 3m ，厚度需取 200mm ，以满足建筑构造的具体需求；墙段高宽比指剪力墙高度与宽度的比值，是衡量剪力墙形状的重要标准，一般来说，墙段高宽比不应低于 4 ，也不能超过 8 ，否则将直接影响到剪力墙的承载能力和稳定性^[5]。

（四）优化剪力墙中连梁设计

建筑结构剪力墙设计中，优化连梁设计是降低剪力墙受内力和反弹作用而出现变形问题的重要环节。连梁是连接剪力墙墙肢与墙肢之间的梁，对墙肢起到了关键的约束作用，在其具体的设计过程中，需注意以下几点。第一，跨高比。跨高比是连梁设计的重要参数之一，一般情况下，连梁跨高比处于 $2.5\sim 3.0$ 之间比较适宜；如果跨高比 < 2 ，连梁的剪切强度不足，具有脆性破坏的风险；如果跨高比 > 4 ，可能导致连梁的弯曲强度不足，易引起延性破坏，而具体设置需依据建筑结构的具体情况和设计要求而定。第二，混凝土强度等级。明确连梁所用的混凝土强度等级是设计师不可忽视的一个环节，对剪力墙结构抗震性能具有直接影响。通常情况下，连梁所用的混凝土强度等级为C30-C50，不宜低于C25；如果混凝土强度等级过低，连梁的抗剪强度将出现不足，产生脆性破坏的风险较大，而过高强度等级的混凝土对连梁的延性产生一定影响，为延性破坏埋下一定风险。第三，稳定性要求。《建筑抗震设计规范》中对建筑剪力墙连梁稳定性做出了相关规定：连梁截面宽度与高度需 $\geq 200\text{mm}$ 、 400mm ，当连梁跨高比高于 2.5 时，箍筋直径需 $\geq 8\text{mm}$ ，间距 $\leq 100\text{mm}$ ；设计师在进行设计时需以建筑结构具体情况和设计标准，进行严格的稳定性计算，确保连梁在承受地震等水平作用力情况下，不会出现失稳问题。

（五）重视剪力墙的配筋设计

在建筑结构设计过程中，剪力墙的配筋设计过程中不仅需要满足规范要求，还需综合考虑结构的安全性、经济性和施工性等因素。一般而言，剪力墙配筋设计需遵循以下原则：配筋直径通常为 $10\text{mm}\sim 12\text{mm}$ ；钢筋间距控制在 $150\text{mm}\sim 300\text{mm}$ ；剪力墙底部加强区采用直径为 $12\text{mm}\sim 16\text{mm}$ 的钢筋，顶部加强区采用直径为 $12\text{mm}\sim 14\text{mm}$ 的

钢筋；剪力墙配筋率应不小于 0.25% ，竖向和水平分布筋应合理布置，确保结构的整体性能。在实际的剪力墙结构设计过程中，需依据具体情况进行采取构造加强措施，如抗震等级为三级及以上剪力墙底部加强区需设置约束边缘构件，增强抗剪能力，其他部位设置构造边缘构件，增加抗弯性能，以此提升剪力墙结构的整体稳定性与安全性。此外，连梁部位作为剪力墙的重点部分，通常情况下，连梁纵向钢筋配筋率不低于 0.8% 且不大于 2% ；纵向钢筋常采用直径为 $12\sim 16\text{mm}$ 的HRB400或者HRBF400级钢筋；箍筋的直径需 $\geq 6\text{mm}$ ，间距 $\leq 150\text{mm}$ ，以便更好地满足建筑结构抗震性能要求^[6]。

四、剪力墙结构在建筑结构设计中的实践优化策略

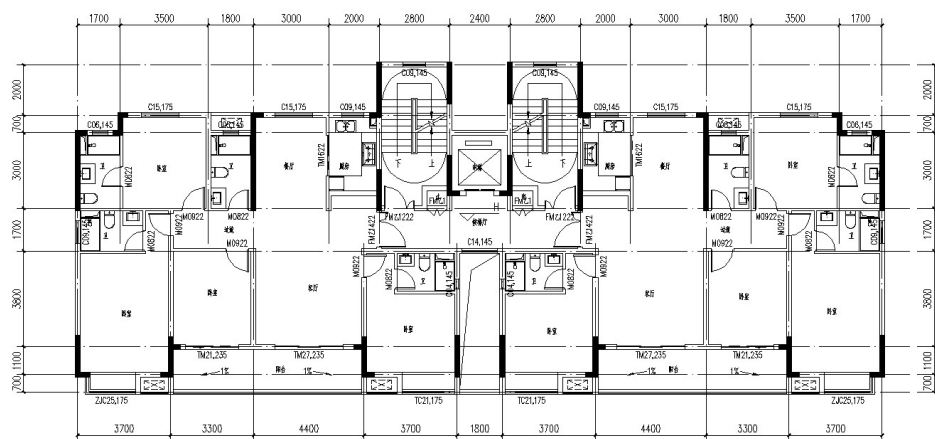
（一）引入概念设计，提升设计质量

概念设计是在了解基本的结构体系及其原理基础上，通过合理的布置使结构设计方案能够更科学合理。好的结构具备必要的强度和良好的延性，以及多道设防原则，使建筑结构有较好的抗震性能。概念设计引入建筑结构剪力墙设计中，能对建筑物的使用要求、地震区情况等进行综合且全面评估，提升设计合理性与科学性。设计师在剪力墙结构设计过程中，需充分利用概念设计相关内容充分把握结构整体性能及薄弱环节，对设计方案进行不断优化。如依据建筑物使用功能性要求、抗震性能要求等相关数据，确定剪力墙的数量、位置及形状，采用边缘构件、加强连接节点等措施，提高剪力墙结构的整体稳定性。

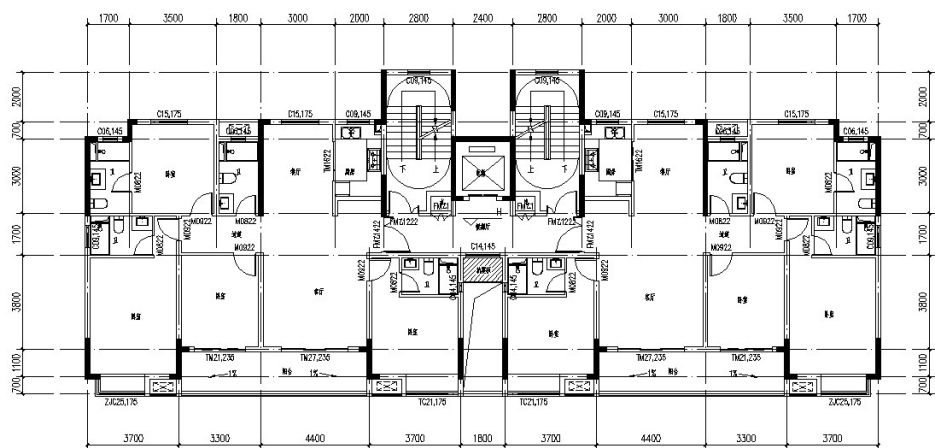
（二）考虑结构参数，优化结构性能

结构参数是剪力墙结构设计的基础与关键，也是影响建筑整体性能的直接因素。在实际的剪力墙结构设计过程中，设计师需充分考虑结构参数的优化，不论是剪力墙的尺寸、形状、数量和位置，还是所用混凝土强度等级、所用钢筋类型和直径等，都需要不断进行严格把控，以此提升剪力墙结构设计的合理性。例如，侧向刚度是衡量建筑剪力墙结构抵抗侧向变形能力的重要参数，剪力墙布置过多，结构的抗侧刚度大，侧向位移小，但材料用量增加，同时由于结构自振周期缩短，地震反应随之加大，即侧向力变大，使结构设计不够经济，在大震时容易出现脆性破坏；剪力墙布置过少，结构的抗侧刚度小，侧向位移较大，地震后结构开裂或破坏严重。基于此设计师需将其控制在合理范围，并经过综合评估和优化之后，确定最终的剪力墙布置，以此达到优化结构性能的目标。

所以在剪力墙结构设计时，概念设计及优化设计均较为重要，如某小区高层地上 10 层，总建筑高度 30.1m ，抗震设防烈度为 6 度，抗震设防类别为丙类，采用剪力墙结构。上图为该项目标准层平面布置图，按图中剪力墙布置采用“盈建科建筑结构设计软件”计算结果：周期比 0.62 ，X、Y向最大位移角分别为 $1/2449$ 、 $1/3022$ ，X、Y向位移比分别为 1.10 、 1.19 ，其中周期比、位移比等均满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010要求。但仔细看，按《建筑抗震设计规范》GB50011-2010第3.4.3条“有效楼板宽度小于该层楼板



标准平面图 (优化前)



标准平面图 (优化后)

典型宽度的50%”的规定，平面图中有效宽度仅为电梯厅处，约2.5m有效楼板宽度联系两端主体结构，明显存在楼板不连续；将使得楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，使楼板平面内产生应力集中的现象，造成楼板变形过大或者局部破坏。基于此，对于本栋楼已属于楼板严重不连续，如果不采取措施，不但会影响楼面内力分布，而且会影响整个结构的地震作用水平力的分配，一般工程计算时的刚性楼板假定已不再具有可信用度，此时的楼板不连续将影响整个结构的安全。

经讨论研究，采用了如图所示的改进措施：1) 对电梯间的剪力墙布置进行调整，由原来两边各布置一片剪力墙，改为全围式剪力墙布置，依据《建筑抗震设计规范GB50011-2010统一培训教材》第19页，电梯间周围的剪力墙全围式布置，其刚度较大，能够很好的传递水平力，可不作开洞处理；2) 在部分区域增加部分抗震板；3) 采用弹性楼面假定，计算楼面应力及配筋；这样的措施使电梯处有效宽度达到5.9m，而该层楼板典型宽度为10.5m，有效楼板宽度大于该层楼板典型宽度的50%，基本能达到结构安全与经济效益均较好的情况。

结语：剪力墙结构的不断优化与深入研究，是建筑结构设计水平提升的必然要求。设计师在剪力墙结

构设计过程中，需遵循位置合理、强度适宜、刚度适宜、抗震性能强、经济性等原则，借助概念设计与技术手段，合理布置剪力墙的位置和数量，确定剪力墙的厚度、形状和尺寸，以此提升剪力墙结构设计的合理性。

参考文献

- [1] 贾惠鹏. 剪力墙结构设计在建筑结构设计中的实践初探[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (30): 148-150.
- [2] 孙宏刚. 剪力墙结构设计原则及其在建筑结构设计中的应用研究[J]. 建材与装饰, 2018, (47): 66-67.
- [3] 杨力. 高层住宅项目中剪力墙结构的设计原则和应用[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(08): 130-132.
- [4] 高层建筑混凝土结构技术规程: JGJ3-2010, 中国建筑工业出版社, 2010.
- [5] 陈福欣. 浅析剪力墙结构在建筑结构设计中的应用[J]. 建材发展导向, 2020, 18(12): 52-53.
- [6] 郝鹏. 剪力墙结构设计原则及应用研究[J]. 山西建筑, 2018, 44(18): 31-32.

作者简介: 宋博, 男(1983-09-24), 汉, 江西南昌, 本科, 高级工程师, 主要从事结构设计。