

青海省建筑节能协会团体标准

T/QJJ 01—2023

装配式M型钢混凝土结构 技术规程

2023年4月4日发布

2023年4月6日实施

青海省建筑节能协会 发布

T/QJJ 01—2023

青海省建筑节能协会团体标准

装配式M型钢混凝土结构
技术规程

2023 年 4 月 6 日

青海省建筑节能协会 发布

青海省建筑节能协会文件

青建节协（2023）09号

关于批准发布《装配式M型钢混凝土结构技术规程》团体标准的公告

各有关单位：

根据《青海省建筑节能协会团体标准管理办法(试用)》的规定，《装配式M型钢混凝土结构技术规程》团体标准T/QJJ01-2023(见附件)已完成向社会公开征求意见和专家审查，现予以发布，实施日期为2023年4月6日。



抄送：会长，秘书处存档

前 言

根据GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，编制本规程。规程编制组经广泛的调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程共分9章，主要内容有：总则、术语和符号、设计基本规定、建筑设计、结构分析与设计、构造规定、制作与施工、验收。

本规程由青海省建筑节能协会负责管理，委托青海大学负责对条文和具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请将相关意见和有关资料反馈给青海大学(青海省西宁市宁大路251号，邮编810016，Email:yqs113@163.com)

主编单位：

青海大学

北京中清恒业科技开发有限公司

参编单位：

北京建筑大学

青海省建筑建材科学研究院有限责任公司

清华大学建筑设计研究院有限公司

青海省建筑勘察设计研究院股份有限公司

西宁房地产集团有限公司

青海宝恒绿色建筑产业股份有限公司

青海中清恒业科技有限公司

青海平兴建设集团有限公司

安徽中清恒业科技开发有限公司

本规程主要起草人员：

杨青顺	王 清	张国伟	刘 斌	晁 凯	刘培祥
宋 放	王 刚	罗永亮	刘长东	唐开春	秦昌安
马彩霞	王晓波	陈顺利	罗喻之	孙青辰	唐开春
田永胜	李得俊	程付桥	谈吉庆	高琳玮	赵文占
吕青山	姜 春	杨文韬	常卫红	胡同涛	李少辉
王世乾	陈 飞	卫 骏			

本规程主要审查人员：

罗升彩	岳青孝	徐 斌	刘培祥	蒋 庆	王亚峰
谢卫东					

目 录

1 总 则	1
2 术语和符号	1
2.1 术 语	1
2.2 符 号	3
3 设计基本规定	4
3.1 一般规定	4
3.2 水平位移限值和舒适度要求	6
3.3 抗震等级	7
4 材料	10
4.1 混凝土	8
4.2 钢带和钢筋	9
4.3 其他材料	10
5 建筑设计	11
5.1 一般规定	11
5.2 平、立面设计	12
5.3 外墙设计	13
5.4 内墙设计	14
6 结构分析与设计	15
6.1 一般规定	15
6.2 结构计算	16
6.3 构件设计	17
7 构造规定	21
7.1 一般规定	21
7.2 板	25
7.3 墙	26
7.4 其他	31
8 制作与施工	32
8.1 一般规定	32
8.2 M型钢骨架	33
8.3 固模工程	35

8.4 混凝土工程 36

9 验 收 37

9.1 一般规定 37

9.2 M型钢骨架及固模工程 38

9.3 混凝土工程 40

9.4 M型钢剪力墙结构外观质量及尺寸偏差 41

本规程用词说明 44

引用规程名录 45

1 总 则

1.0.1 为在装配式M型钢混凝土结构的设计、施工及验收中，贯彻国家和青海省的建筑技术政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于青海省抗震设防烈度为不大于 8 度 (0.2g)、采用装配式M型钢混凝土结构的房屋建筑。

1.0.3 M 型钢剪力墙结构的设计、成型钢筋骨架工厂制作、施工及验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 装配式 M 型钢剪力墙结构

混凝土墙体采用 M 型钢剪力墙的剪力墙结构。

2.1.2 M 型钢

采用连续热镀锌钢板或钢带冷弯冲压成型的形似“M”状格构型钢。

2.1.3 成型钢筋骨架

将钢筋按照设计要求采用机械连接、焊接连接或绑扎连接成型的三维钢筋制品。

2.1.4 成 型钢骨架

通过 M 型钢间隔布置，用于固定钢筋骨架并代替部分竖向钢筋而成的型钢骨架。

2.1.5 保温固模

具有一定保温作用的固模配件，包括轻质混凝土板、保温板、保温复合板等。

2.1.6 M 型钢成型钢筋骨架剪力墙

将成型钢骨架竖向放置，在钢骨架的一侧或两侧设置固模，现场浇筑混凝土后形成的混凝土剪力墙。简称M 型钢骨架剪力墙。

2.1.7 M 型钢楼板

将M型钢骨架水平放置，在钢骨架的底侧设置固模，现场浇筑混凝土后形成的混凝土楼板。简称M型钢骨架楼板。

2.1.8 钢筋桁架叠合楼板

顶部采用现场后浇混凝土形成的叠合楼板，简称桁架叠合板。

2.1.9 钢筋桁架

由一根上弦钢筋，两根下弦钢筋和两侧格构钢筋经电阻焊接成截面为倒“V”字形的焊接钢筋骨架。

2.1.10 钢筋桁架预制板

以钢筋桁架作为加劲肋的预制板混凝土板，简称桁架预制板。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能:

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

f_y ——竖向钢筋抗拉强度设计值;

f_{yh} ——空心模剪力墙水平分布钢筋的抗拉强度设计值。

2.2.2 作用、作用效应及承载力:

V ——剪力设计值;

N ——剪力墙截面轴向压力设计值, 或水平施工缝处考虑地震作用组合的轴向力设计值;

V_{wj} ——剪力墙水平施工缝处剪力设计值。

2.2.3 几何参数:

A ——剪力墙全截面面积;

A_w ——T 形或 I 形截面剪力墙腹板的面积;

A_s ——水平施工缝处剪力墙竖向钢筋总面积;

A_{sh} ——空心模剪力墙水平孔的间距范围内水平分布钢筋的全部截面面积;

b_w ——剪力墙截面宽度;

h_{w0} ——剪力墙截面有效高度;

s ——空心墙模水平孔的间距;

l_a ——钢筋或 M 型钢的锚固长度；

l_{aE} ——钢筋或 M 型钢的抗震锚固长度；

d ——钢筋直径。

2.2.4 计算系数及其他：

β_c ——混凝土强度影响系数；

Ψ_{RE} ——剪力墙承载力抗震调整系数；

λ ——截面的计算剪跨比。

3 设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 M 型钢剪力墙结构体系适用于剪力墙结构或部分框支剪力墙结构。

3.1.2 M型钢剪力墙结构设计应综合考虑建筑的使用功能、环境条件、材料供应、制作安装、施工条件等因素，选用抗震和抗风性能好且经济合理的结构体系、平立面布置、构件形式、连接构造。

3.1.3 M 型钢剪力墙结构应有明确的竖向和水平力传递路径，平面和竖向布置及规则性要求应符合国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的有关规定。抗震设防烈度为 8 度地区的建筑形体或构件布置宜平面和竖向规则。

3.1.4 M型钢剪力墙结构适用的最大高度应符合表 3.1.4 的规定。平面和竖向均不规则的结构，适用的最大高度宜适当降低。

表 3.1.4 M型钢剪力墙结构适用的最大高度(m)

结构类型	抗震设防烈度	
	7 度	8 度(0.20g)
剪力墙结构	110	90
部分框支剪力墙结构	90	70

3.1.5 M型钢剪力墙结构的高宽比不宜超过表 3.1.5 的规定。

表 3.1.5 M型钢剪力墙结构适用的最大高宽比

抗震设防烈度	
7 度	8 度(0.20g)
6	5

3.1.6 高层 M型钢剪力墙结构不应全部采用短肢剪力墙；抗震设防烈度为 8 度时，不宜采用具有较多短肢剪力墙的 M型钢剪力墙结构。当采用具有较多短肢剪力墙的 M型钢剪力墙结构时，应符合下列规定：

- 1 在规定的水平力作用下，短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不宜大于结构底部总地震倾覆力矩的 50%；
- 2 房屋适用高度比本规程表 3.1.4 规定的最大适用高度应适当降低，抗震设防烈度为 7 度和 8 度时，宜分别降低 20m。

3.1.7 部分框支的 M型钢剪力墙结构，底部框支层不宜超

过 2 层。

3.1.8 M 型钢剪力墙结构的楼盖可采用 M 型钢混凝土板或叠合板。结构转换层、平面复杂或开洞较大的楼层、作为上部结构嵌固部位的地下室楼层宜采用现浇楼盖。

3.1.9 M 型钢剪力墙结构的防震缝、承载力抗震调整系数等要求应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ3 的有关规定。

3.2 水平位移限值和舒适度要求

3.2.1 M 型钢剪力墙结构按弹性方法计算的风荷载作用下的楼层层间最大位移与层高之比不宜大于 1/1000。

3.2.2 M 型钢剪力墙结构在地震作用下的楼层层间最大位移与层高之比应符合下列规定：

- 1) 按弹性计算时，多遇地震作用下不宜大于 1/1000；
- 2) 按弹塑性计算时，罕遇地震作用下不宜大于 1/120。

3.2.3 表 3.2.3 规定的且竖向不规则结构类型的 M 型钢剪力墙结构宜进行罕遇地震作用下的弹塑性变形验算。

表 3.2.3 M 型钢剪力墙结构宜进行弹塑性变形验算的竖向不规则

结构高度范围

烈度、场地类别	房屋高度范围(m)
8 度 I、II 类场地和 7 度	80
8 度 III、IV 类场地	70
7 度 III、IV 类场地的乙类建筑和 8 度乙类建筑	70

3.2.4 M 型钢剪力墙结构的风振舒适度验算及楼盖结构舒适度验算应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ3 的有关规定。

3.3 抗震等级

3.3.1 各抗震设防类别的 M 型钢剪力墙结构的抗震措施应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB55002 和《建筑抗震设计规范》 GB50011 的有关规定。

3.3.2 M 型钢剪力墙结构应根据抗震设防类别、 设防烈度、 结构类型和房屋高度采用不同的抗震等级， 并应符合相应的计算和构造措施要求。 丙类建筑的抗震等级应符合表 3.3.2 规定。 除应符合本规程的有关规定外， 尚应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB55002、 《建筑抗震设计规范》 GB 50011 和行业规程《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3 的有关规定。

表 3.3.2 M 型钢剪力墙结构的抗震等级

结构类型			抗震设防烈度					
			7 度			8 度 (0.20g)		
M 型钢 剪 力 墙 结 构	高 度(m)		≤24	25~70	71~110	≤24	25~70	71~90
	剪 力 墙		四	三	二	三	二	—
部分框 支 M 型 钢剪力	剪 力 墙	加 强 部 位	三	二	—	二	—	
		一 般	四	三	二	三	二	

墙结构		部位						
	框支框架			二	-	-		

- 注： 1 本规程中“一、二、三、四级”即“抗震等级为一、二、三、四级”的简称。
- 2 接近或等于高度分界时，可结合房屋不规则程度及场地、地基条件适当确定其抗震等级。
- 3 当某个部位各构件的承载力均满足 2 倍地震作用组合下的内力要求时， 7 度~8 度的构件抗震等级应允许按降低一度确定。

3.3.3 对乙类建筑 M 型钢剪力墙结构， 应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求加强其抗震措施；当建筑场地为 I 类时，应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

3.3.4 对丙类建筑 M 型钢剪力墙结构，当建筑场地为 I 类时，除 6 度外应可按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施；当建筑场地为 III、IV 类时，对设计基本地震加速度为 7 度 (0.15g) 的地区宜按抗震设防烈度 8 度 (0.20g) 的要求采取抗震构造措施。

4 材 料

4.1 混凝土

4.1.1 混凝土的力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》 GB 55008 和《混凝土结构设计规范》 GB 50010 的规定。

4.1.2 M 型钢剪力墙混凝土用粗骨料最大粒径不宜大于

20mm，宜采用大流动性混凝土、无收缩混凝土， 严格控制水灰比。

4.1.3 M 型钢楼板或叠合楼板混凝土强度等级不宜低于 C30，不高于 C50。

4.2 钢带和钢筋

4.2.1 用于制作 M 型钢强度标准值和设计值应按表 4.2.1 采用。

表 4.2.1 M 型钢强度标准值和设计值 (N/mm²)

钢材牌号	屈服强度 标准值	极限强度 标准值	抗拉强度 设计值	抗压强度 设计值
S250G	250	330	215	215
S280G	280	360	240	240
S320G	320	390	275	275
S350G	350	420	300	300
S400G	400	480	345	345

4.2.2 普通钢筋的性能应符合现行国家标准《工程结构通用规范》 GB 55001-2021 、 《混凝土结构通用规范》 GB55008-2021 、《钢结构通用规范》 GB55006-2021 、《钢筋混凝土用钢》 GB/T1499 、 《混凝土结构通用规范》 GB55008-2021 和《建筑抗震设计规范》 GB 50011-2010(2016 年版)的规定。

4.2.3 钢筋焊接网应采用热轧带肋钢筋，其质量要求和技术性能应符合本规程及现行国家标准和行业规程《钢筋焊

接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114 的规定。

4.2.4 预制构件的吊环应采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋或 Q235B 圆钢制作，并应符合《混凝土结构设计规范》 GB 50010 的有关规定。吊装用内埋式螺母或吊杆的材料应符合国家现行有关规程的规定。

4.2.5 受力预埋件的锚板及锚筋材料应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》 GB 50010 的规定。专用预埋件及连接件材料应符合国家现行有关规程的规定。

4.2.6 连接用焊接材料，螺栓、锚栓和铆钉等紧固件的材料应符合现行国家标准《钢结构设计标准》 GB 50017、《钢结构焊接规范》 GB 50661 和行业规程《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18 等的规定。

4.3 其他材料

4.3.1 手工焊接用焊条、自动焊或半自动焊用焊丝以及埋弧焊用焊丝和焊剂等焊接材料的材质和性能应符合现行国家规程《钢结构设计标准》 GB50017 度规定。

4.3.2 M 型钢剪力墙外墙外侧采用免拆式复合保温板作为固模板。M 型钢剪力墙外墙内侧或内墙两侧模板可采用铝塑模板、铝合金模板、硅酸钙板、纤维水泥平板或其他板材。板材的表观密度不应低于 1400kg/m^3 ，抗折强度不应低于 16N/mm^2 。

4.3.3 保温材料除满足保温节能设计要求外，尚应满足施工阶段浇筑混凝土和正常使用阶段外保温结构安全性要求。

4.3.4 保温材料的导热系数和吸水率等应符合现行国家有关规程的规定，保温材料的燃烧性能不应低于现行国家规程《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 B2 级的要求。

4.3.5 M 型钢剪力墙的外保温系统与主体结构的拉结件应符合下列规定：

1) 金属及非金属拉结件均应具有规定的承载力、变形和耐久性能；

2) 拉结件热桥应满足外墙的节能设计要求。

5 建筑设计

5.1 一般规定

5.1.1 M 型钢剪力墙建筑设计应符合现行国家标准和青海省地方规程关于防火、防水、保温、隔热、防潮和隔声等有关规定，同时尚应满足装配式建筑和绿色建筑的有关要求。

5.1.2 M 型钢剪力墙建筑的体型系数、窗墙面积比、维护结构的热工性能等应符合现行国家和地方规程关于节能的有关规定。

5.1.3 M 型钢剪力墙建筑的外围护构件和女儿墙、楼梯、阳台、隔墙、空调板、管道井等配套构件以及室内装饰装修宜采用工业化、规程化产品。

5.1.4 M 型钢剪力墙建筑设计应根据建筑功能、保温一体墙模的规格、设备管线及装修等的要求。

5.1.5 建筑设计除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关规程的规定。

5.2 平、立面设计

5.2.1 M 型钢剪力墙建筑平面设计应符合下列规定：

- 1) 平面布局宜简单、规则，应合理控制建筑的体型；
- 2) 宜采用大开间大进深、空间灵活多变的布置方式；
- 3) 设备管线宜集中布置在公共空间内， 并应进行管线综合设计；
- 4) 居住建筑中厨房和卫生间的平面功能分区应合理，平面布置宜上下对位，平面尺寸宜满足规程化整体橱柜及整体卫浴的设置要求；
- 5) 建筑门窗洞口宜上下对齐、成列布置， 其平面布置和尺寸应满足结构受力及预制构件的设计要求，不宜采用转角窗。

5.2.2 M 型钢剪力墙建筑立面设计应符合下列规定：

- 1) M 型钢剪力墙宜上下对应贯通， 错洞墙应控制洞口

间的水平距离不小于 2m，避免叠合错洞墙；

2) 立面设计应体现工厂化生产、装配式施工和外围护结构简洁规整的特征，不宜有大量装饰性构件。可通过阳台、栏板、空调板、分隔墙等预制构件进行规程化、多样性组合设计，实现规程化与个性化的结合。

5.3 外墙设计

5.3.1 建筑外墙设计应协调与建筑空间划分、建筑外立面、结构系统、内装系统、设备与管线系统之间的关系，保障整体建筑的性能要求。非承重外墙的设计工作年限宜与主体结构保持一致。

5.3.2 M 型钢剪力墙外保温系统宜采用成品复合保温板，墙体外保温应首选建筑保温与结构一体化做法，并宜采用成品复合保温板作为外侧免拆模板；非承重外墙宜采用复合保温板。成品复合保温板的选用应符合现行有关规程及产品应用技术手册的规定。

5.3.3 M 型钢剪力墙外保温系统中的保温板应与基层可靠连接。

5.3.4 M 型钢剪力墙居住建筑外墙保温层材料及厚度应由建筑热工设计确定。节能设计计算时，应考虑穿透保温材料的拉结件及挑件等热桥对传热系数的影响。

5.3.5 外墙热桥部位的内表面应进行结露验算，且应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关

规定。

5.3.6 外门窗宜采用在工厂生产的规程化系列产品，并宜采用带有批水板的外门窗配套系列部品。外门窗应有可靠连接，门窗洞口与外门窗框接缝处的气密性能、水密性能和保温性能不应低于外门窗的有关性能。

5.3.7 建筑外墙饰面材料应结合当地条件，采用耐久、防水、防火及不易污染的材料和做法。

5.4 内墙设计

5.4.1 M 型钢剪力墙建筑的室内装修设计宜与建筑设计同步完成，且宜采用装配式内装设计，部品部件定位宜采用界面定位法与建筑设计相协调。

5.4.2 M 型钢剪力墙建筑的室内装修宜采用工业化生产的部品组装，部分非规程或特殊的构配件可在现场安装时统一处理。同时应结合当地条件，采用耐久、防水、防火及不易污染的材料和做法，尽量减少施工现场的湿作业和噪声，并符合现行国家标准的有关规定。

5.4.3 非承重内隔墙宜采用便于制作安装的轻质墙板或规程化条板，条板间的接缝应根据板材端部形式采用合适的连接方法和防裂措施，隔墙端部、顶部与主体结构应有可靠连接。

5.4.4 用于厨房及卫生间等潮湿房间的填充墙板及 M 型钢

楼板应采取措施满足防水要求。

5.4.5 M 型钢剪力墙中的竖向管线可预先设置在保温一体墙模的竖向孔洞内，并应避免横向开槽；墙两侧的线盒应避免一个孔洞的距离以免贯通墙面。

5.4.6 楼面设备管线应进行综合设计，减少平面交叉；应尽量避免在楼板浇筑混凝土后进行开槽，穿透楼板的设备管线应尽量避免楼板的钢筋骨架，并应采取防水、防火、隔声等措施。需要降板的房间应结合楼板跨度、设备管线等因素确定合理的降板范围。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 M 型钢剪力墙结构采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，用分项系数的设计表达式进行计算。荷载及荷载组合应符合现行国家标准的有关规定。

6.1.2 在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下，结构的内力和变形可采用弹性方法计算；在罕遇地震作用下结构的弹塑性变形可采用弹塑性时程分析法或静力弹塑性分析法计算。

6.1.3 M 型钢剪力墙结构，其结构布置应符合下列要求：

1 平面布置宜简单、规则、对称，质量、刚度分布均匀，并应具有良好的整体性；

2 竖向体型宜规则、均匀，避免侧向刚度和承载力突变；

3 剪力墙宜上下连续，剪力墙开洞宜上下对齐。

6.1.4 装配式 M 型钢成型钢筋骨架剪力墙墙体配筋设计时可按 M 型钢单侧翼缘净截面与钢筋等强替换的原则进行 M 型钢参与结构计算设计。

6.2 结构计算

6.2.1 M 型钢剪力墙结构应按混凝土结构进行结构整体分析计算，分析模型应根据结构实际情况确定。高层 M 型钢剪力墙结构应按空间整体工作计算，宜采用空间杆-墙板有限元或其他组合有限元等计算模型。

6.2.2 M 型钢剪力墙结构进行内力与位移计算时，应根据楼板实际情况考虑其自身平面内为无限刚性、分块刚性或整体弹性。刚性楼板须采取相应措施保证楼板平面内的整体刚度。

6.2.3 在地震作用下计算结构内力时，M 型钢剪力墙结构的连梁刚度可予以折减，连梁刚度折减系数宜取 0.5，不考虑梁内型钢的受力作用。

6.2.4 M 型钢剪力墙结构的整体稳定性、梁刚度放大系数、阻尼比、周期折减系数等要求应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 的有关规定。

6.3 构件设计

6.3.1 采用 M 型钢剪力墙结构中的主要受力构件包括剪力墙和楼板，剪力墙混凝土厚度不宜小于 160mm，楼板厚度不宜小于 120mm。

6.3.2 当墙体或楼板中使用 M 型钢骨架时，在构件设计计算中 M 型钢以卷边的最小净截面计入构件配筋。

6.3.3 M 型钢剪力墙结构中剪力墙和连梁的正截面承载力及斜截面受剪承载力，可按普通现浇混凝土计算，应符合国家现行规程《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的规定。

6.3.4 抗震等级为一级 M 型钢剪力墙，水平施工缝的抗滑移验算应符合下式要求：

$$V_{\text{wj}} \leq \frac{1}{\gamma_{\text{RE}}} (0.6f_y A_s + 0.8N) \quad (6.3.4)$$

式中： V_{wj} ——剪力墙水平施工缝处剪力设计值；

A_s ——水平施工缝处剪力墙竖向钢筋总面积，包括剪力墙腹板内竖向分布钢筋和边缘构件中的竖向钢筋总面积(不包括两侧翼缘)，以及在墙体中有足够锚固长度的附加竖向插筋面积；

f_y ——竖向钢筋抗拉强度设计值；

N ——水平施工缝处考虑地震作用组合的轴向力设计值，压力取正值，拉力取负值。

6.3.5 M 型钢楼板正截面受弯承载力计算的基本假定、正截面受弯承载力计算方法及在正常使用状态下裂缝宽度计算方法和最大裂缝宽度限值应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.3.6 M 型钢楼板按荷载效应的规程组合考虑荷载长期作用影响的最大裂缝宽度可按《混凝土结构设计规范》GB 50010 公式计算。对受拉一侧有固模的构件，最大裂缝宽度计算时可考虑固模的有利作用，在最大裂缝宽度计算结果的基础上乘以 0.7 的折减系数。

6.3.7 M 型钢混凝土单向板在正常使用状态下的挠度计算方法和挠度限值应符合《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。短期刚度 B_s 可按照下式计算：

$$B_s = \frac{E_s(A_s + A_l)h_0^2}{1.15\psi + 0.2 + 6\alpha_E\pi} \quad (6.3.7)$$

E_s ——钢筋及 M 型钢弹性模量；

A_s ——受拉区纵向钢筋的截面积；

A_l ——受拉区纵向 M 型钢的最小净截面积；

h_0 ——构件截面有效高度；

ψ —— 裂缝间纵向受拉钢筋及 M 型钢应变不均匀系数；

α_E —— 钢材弹性模量与混凝土弹性模量的比值：

$$\alpha_E = E_s / E_c ;$$

π —— 纵向受拉钢材配钢率： $\pi = (A_s + A_l) / (bh_0)$ 。

6.3.7 叠合板中桁架预制板的纵向钢筋宜采用钢筋焊接网。当采用钢筋焊接网时，应符合现行行业规程《钢筋焊接网混凝土结构技术文件》 JGJ 114 的有关规定。

6.3.8 叠合板中桁架预制板板边第一道纵向钢筋中线至板边的距离不宜大于 50mm。

6.3.9 钢筋桁架的布置应符合下列规定：

- 1 钢筋桁架宜沿桁架预制板的长边方向布置；
- 2 钢筋桁架上弦筋至桁架预制板板边的水平距离不宜大于 300mm；钢筋桁架上弦筋的间距不宜大于 600mm；
- 3 钢筋桁架下弦钢筋下表面距离桁架预制板叠合面不应小于 35mm，钢筋桁架上弦钢筋上表面距离桁架预制板叠合面不应小于 35mm；
- 4 在持久设计状况下，钢筋桁架上弦钢筋参与受力计算时，上弦钢筋宜与桁架叠合板内同方向受力钢筋位于同一平面；

6.3.10 当叠合板开洞时，应符合下列规定：

- 1 洞口大小、位置及洞口周边加强措施应符合现行国家相关规程的规定；
- 2 桁架预制板中钢筋桁架宜避开楼板开洞位置。

6.3.11 预制板与后浇混凝土之间的结合面应符合下列规定：

1 桁架预制板与后浇混凝土叠合层之间的结合面应设置粗糙面；

2 采用后浇带式整体接缝时，接缝处桁架预制板板侧与后浇混凝土之间的结合面宜设置粗糙面；

3 板端支座处桁架预制板侧面宜设置粗糙面。

6.3.12 叠合板应进行短暂设计状况下的承载力、挠度及抗裂验算。

6.3.13 叠合板正常使用极限状态下的验算应符合现行国家规程《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.3.14 叠合板的正截面受弯承载力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并应符合下列规定：

1 当桁架预制板与后浇叠合层的混凝土强度等级不同时，应按受压区位置处混凝土的强度等级计算受弯承载力；

2 整体式接缝处的受弯承载力不应低于接缝处的设计弯矩。

6.3.15 预制混凝土构件在脱模、翻转、运输、吊装等短暂设计状况下的施工验算，动力系数、脱模吸附力的取值及作用组合应符合现行行业规程《装配式混凝土结构技术规

程》 JGJ1 的有关规定。

7 构造规定

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》 GB 50010 的规定。对采用固模的结构构件，混凝土保护层厚度可比普通现浇结构构件适当减小，但减小幅度不应超过 5mm。

7.1.2 M 型钢剪力墙的最大轴压比，一级时不应大于 0.5；二、三级时不应大于 0.6。

7.1.3 当计算中充分利用 M 型钢骨架中钢筋的抗拉强度，且 M 型钢骨架的技术性能指标符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 3 部分： 钢筋焊接网》 GB/T 1499.3 的有关规定时，钢筋的锚固长度可按现行行业规程《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114 的有关规定取值。

7.1.4 当计算中充分利用 M 型钢骨架中 M 型钢的抗拉强度时， M 型钢在锚固或搭接长度范围内的横向钢筋不应少于两根， 且较近一根至计算截面的距离不应小于 50mm， 且纵向受拉 M 型钢的锚固长度 l_a 应符合表 7.1.4 的规定。

表 7.1.4 纵向受拉 M 型钢的锚固长度 l_a (mm)

混凝土强度等级	C25	C30	C35	≥C40
锚固长度	30d	27d	25d	23d

注： 1 在任何情况下受拉 M 型钢的锚固长度不应小于200mm；

2 d 为与纵向受拉 M 型钢截面面积相等的折算钢筋直径。

7.1.5 钢筋或 M 型钢的抗震锚固长度 l_{aE} 应按下列公式计算：

1 一、二级抗震等级：

$$l_{aE} = 1.15l_a \quad (7.1.4-1)$$

2 三级抗震等级：

$$l_{aE} = 1.05l_a \quad (7.1.4-2)$$

3 四级抗震等级：

$$l_{aE} = l_a \quad (7.1.4-3)$$

式中： l_a ——钢筋或 M 型钢的锚固长度(mm)，按本规程第 7.1.2~7.1.3 条确定。

7.1.6 M 型钢剪力墙结构中剪力墙两端和洞口两侧边缘构件的设置应符合国家现行规程《建筑抗震设计规范》 GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3 的有关规定。

7.1.7 M 型钢剪力墙结构中，连接用附加连接钢筋、基础预留连接钢筋应符合下列规定：

1 应采用热轧带肋钢筋，且直径不应小于被连接钢筋的直径或与 M 型钢截面面积相等的折算钢筋直径；

2 锚固长度、 末端弯钩构造等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》 GB 50010 的有关规定，但计算锚固长

度时不应计入锚固区保护层厚度和实际配筋面积大于设计计算面积两项修正系数；

3 与被连接钢筋或 M 型钢的搭接长度 l 应由附加连接钢筋、基础预留连接钢筋的锚固长度 l_a 乘以系数计算确定。

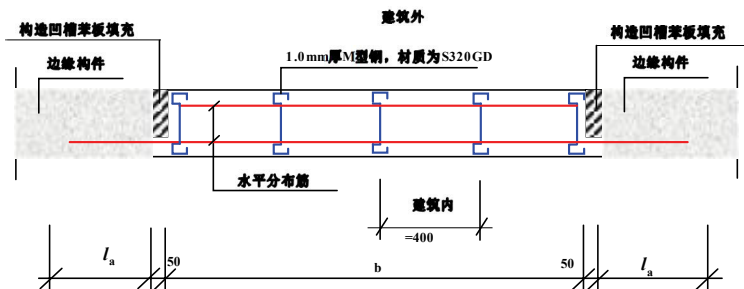


图 7.1.7 连接用附加连接钢筋

7.1.8 附加连接钢筋的受拉承载力不应小于被连接钢筋或 M 型钢的受拉承载力。对一、二级剪力墙的底部加强部位，附加连接钢筋的受拉承载力尚不应小于被连接钢筋或 M 型钢受拉承载力较大值的 1.15 倍。

7.1.9 M 型钢骨架的拼接接头宜设置在受力较小处。相邻 M 型钢骨架宜采用附加连接钢筋搭接连接，净距不宜小于 20mm，且应符合下列规定：

- 1 附加连接钢筋末端应设弯钩；
- 2 被连接 M 型钢在搭接长度范围内的横向钢筋应符合本规程第 7.1.3 条的规定；
- 3 被连接钢筋末端不设弯钩时，其在搭接长度范围内

的横向钢筋或 M 型钢不应少于 1 根；

4 附加连接钢筋与被连接钢筋、M 型钢的搭接长度 l_{lE} (l_l) 分别不应小于 l_{aE} (l_a) 的 1.0 倍、1.3 倍。

7.1.10 M 型钢骨架的规格应符合下列规定：

1 钢筋或 M 型钢的截面面积、间距、配筋率等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 对普通钢筋的规定；

2 M 型钢的壁厚不应小于 2mm，不宜大于 3mm，当 M 型钢参与结构受力时，壁厚不宜小于 2mm；

3 焊接钢筋骨架中纵向钢筋直径不应小于 8mm，横向钢筋直径不应小于 6mm，横向钢筋间距不应大于 600mm；

4 M 型钢骨架中 M 型钢或焊接钢筋的间距不宜大于 600mm；

5 M 型钢骨架长度不宜超过 12m，宽度不宜超过 3.3m。

7.1.11 钢筋的锚固、连接，受力钢筋的最小配筋率等构造要求，除应符合本规程的有关规定外，尚应符合现行国家规程《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

7.2 板

7.2.1 当采用现浇 M 型钢混凝土板时，其构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 及本规程的有关规定。

7.2.2 当采用叠合板时，其构造应符合国家现行规程《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定。

7.2.3 当板中采用 M 型钢时，宜将 M 型钢与钢筋配合使用，且同一截面内 M 型钢的用量不宜高于钢筋的用量。

7.2.4 板中的 M 型钢伸入支座的长度不应小于 $5d$ ，且至少到支座中线(图 7.2.4)， d 为钢筋直径或与 M 型钢截面面积相等的折算钢筋直径。

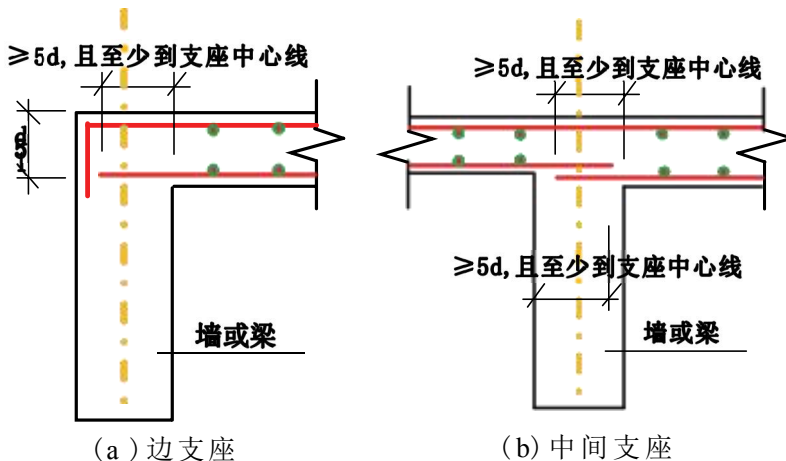


图 7.2.4 楼板 M 型钢骨架在支座处构造示意

7.2.5 楼板 M 型钢骨架应按下列原则划分安装单元：

1 板厚相同时，宜优先采用同规格的 M 型钢骨架，并宜减少安装单元的种类；

2 板厚相同且板顶面无高差变化时，楼板 M 型钢骨架沿板主要受力方向优先按连续跨布置，尽量减少连接。沿主受力方向，连接接头宜布置于受力较小的梁边 $1/3\sim 1/4$ 净跨区段内；

3 相邻板厚不同或相邻板顶面有高差时，楼板 M 型钢骨架应按梁系区格布置，连接处楼板支座上筋计算时，不宜考虑 M 型钢对承担支座负弯矩的有利作用。

7.3 墙

7.3.1 墙体 M 型钢双排钢筋焊接网之间应设置拉筋，其双向间距不宜大于 600mm，直径不应小于 6mm；

7.3.2 墙厚相同时，宜采用同规格的 M 型钢，并宜减少安装单元的种类

7.3.3 宜按楼层划分竖向安装单元

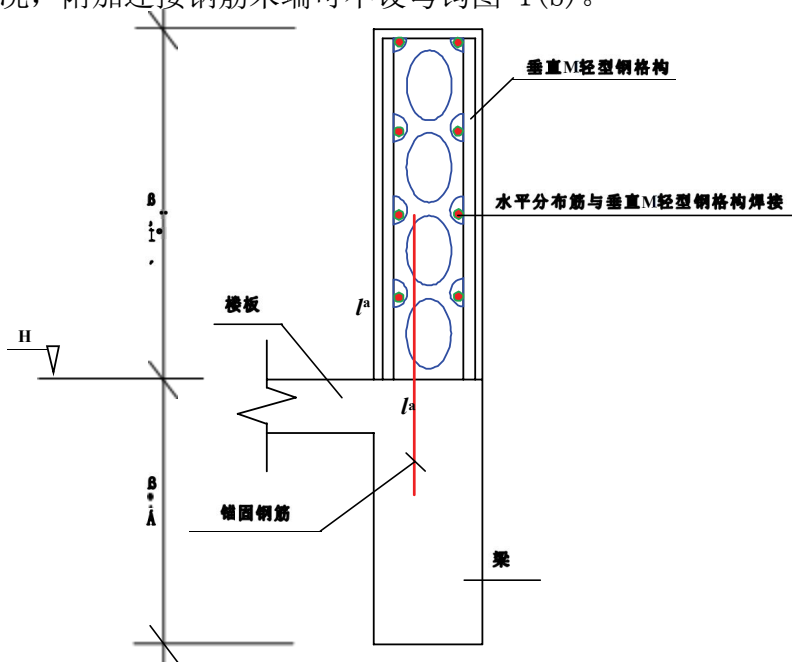
7.3.4 上下层墙体竖向钢筋或装配式 M 成型钢筋宜采用附加连接钢筋搭接连接，连接接头宜设置在楼层处，并应符合下列规定：

1. 对装配式 M 型钢成型钢筋骨架剪力墙，附加连接钢筋应与墙体 M 成型钢筋构架中的竖向钢筋或 M 成型钢筋对

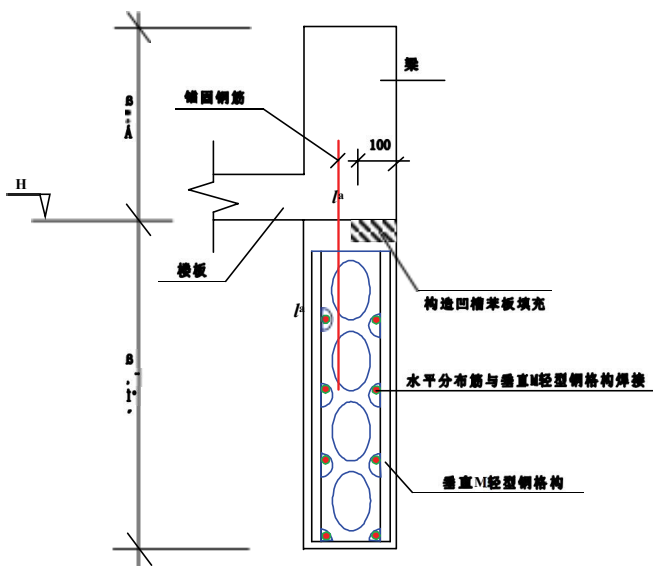
应并错开布置；对空心模剪力墙，附加连接钢筋宜按双排布置；

2. 附加连接钢筋与被连接钢筋、M 成型钢筋的搭接长度 $l_{lE}(l)$ 分别不应小于 $l_{aE}(l_a)$ 的 1.0 倍、1.3 倍；

3. 对一、二级剪力墙的底部加强部位，附加连接钢筋末端应设弯钩，同时搭接区域及向上下各延伸 300mm 范围内，剪力墙水平分布钢筋的间距不应大于图 1a)；对其他情况，附加连接钢筋末端可不设弯钩图 1(b)。



a 与下部墙体连接



b 与上部墙体连接

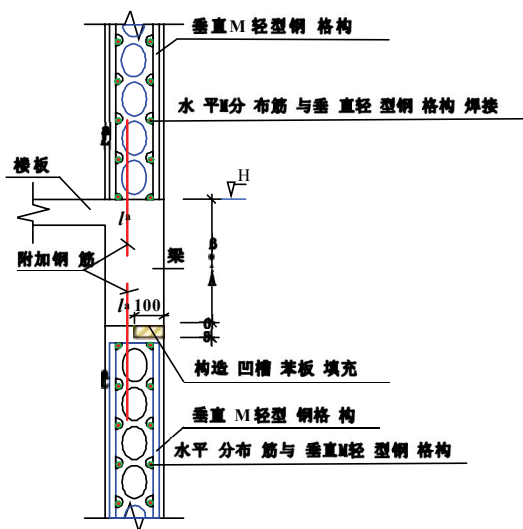


图 7.3.4 M 型钢成型钢筋骨架剪力墙上下层连接构造示意

7.3.5 M 型钢骨架在墙体端部及门窗洞口两侧的构造应符合下列规定:

1 墙体水平钢筋应伸入边缘构件, 且宜与附加连接钢筋搭接连接(图 4.4.11)。构造边缘构件和约束边缘暗柱处, 附加连接钢筋可采用箍筋形或U形;除边缘暗柱外的其他约束边缘件处。附加连接钢筋应采用箍筋形;

2 边缘构件处, 当墙体水平钢筋末端不设弯钩且在搭接长度范围内无横向钢筋及轻型钢时, 若采用 U 形附加连接钢筋, 其末端应设弯钩, 墙体水平钢筋与箍筋形、末端设弯钩的 U 形附加连接钢筋的搭接长度 l_{lE} 均不应小于 $1.3l_{aE}$;

3 边缘构件处, 当墙体水平钢筋末端设弯钩, 或在搭接长度范围内有横向钢筋或轻型钢时, 其与末端不设弯钩的 U 形、末端设弯钩的 U 形附加连接钢筋的搭接长度 l_{lE} 分别不应小于 l_{aE} 的 1.3 倍、10 倍; 当墙体水平钢筋末端设弯钩时, 其与箍筋形附加连接钢筋的搭接长度 l_{lE} 不应小于 $0.8l_{aE}$;

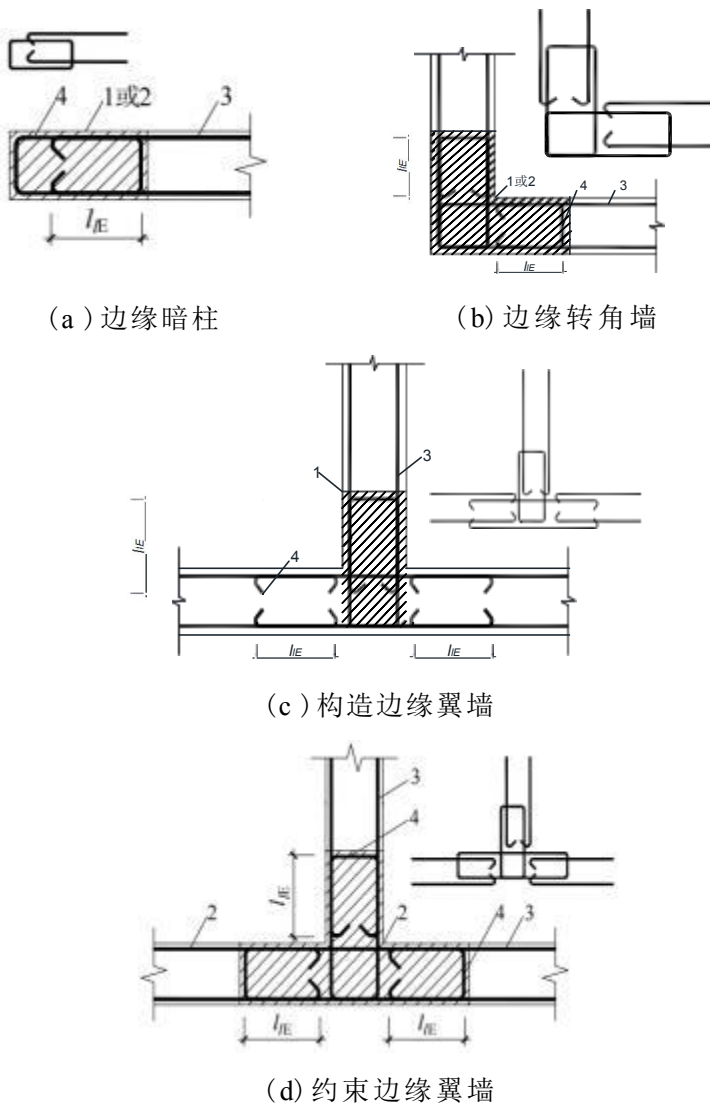


图 7.3.5 M 型钢骨架剪力墙结构端部、洞口两侧及纵横墙交接处墙体水平钢筋构造示意

1 构造边缘构件； 2 约束边缘构件阴影区； 3 水平钢筋； 4 附加连接钢筋；

7.3.6 剪力墙端部及洞口两侧设置的边缘构件的范围及配筋构造要求，除符合本规程的规定外，尚应符合国家现行规程《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。当剪力墙洞口尺寸较小时，洞口补强做法可按普通剪力墙构造处理。

7.3.7 当墙体 M 型钢骨架包括连梁时，在满足本规程 7.1 节相关构造规定的条件下，可将相应位置的 M 型钢或钢筋用作部分连梁纵向受力钢筋。

7.4 其他

7.4.1 楼梯宜采用简支连接的预制钢筋混凝土板式楼梯，平台梁、板可采用现浇混凝土，预制楼梯的连接构造应符合国家现行有关规程的规定。

7.4.2 阳台宜采用叠合板式阳台或全预制板式阳台，空调板宜采用预制钢筋混凝土空调板，预制阳台、预制空调板的连接构造应符合国家现行有关规程的规定。

7.4.3 女儿墙的构件形式及连接构造宜与外墙相同。当采用预制钢筋混凝土女儿墙时，应符合国家现行有关规程的规定。

7.4.4 非承重外墙、内隔墙采用预制墙板时，应符合下列规定：

- 1 墙板与主体结构应有可靠的拉结；
- 2 墙体长度超过 6m 时，应设置构造柱，并应采取加固、

防裂措施;

3 楼梯间非承重外墙、内隔墙应采取抗震加强措施。

7.4.5 对于 M 型钢剪力墙的固模，其内侧面宜设置粗糙面或键槽，固模应与剪力墙可靠拉结；当保温固模外侧需增设保护层时，其外侧面尚宜设置粗糙面或键槽，保温固模外侧与保护层应粘结牢固。

8 制作与施工

8.1 一般规定

8.1.1 建设单位应组织有关人员，认真熟悉图纸，参加设计交底，提出会审意见；应与设计单位紧密配合，确定构造处理与实施要求。

8.1.2 安装单位应根据设计图纸和施工条件，结合 M 型钢骨架固模混凝土工程特点编制施工组织设计、制定各专项施工技术方案；对机具选用、M 型钢骨架连接安装就位、混凝土作业及冬期施工等进行方案优选，切实做好充分准备。

8.1.3 施工测量、定位应符合现行国家标准《工程测量规范》GB50026 的有关规定。施工单位应根据建筑物的平面、立面、层数、高度、M 型钢骨架工程特点、场地情况和施工要求编制施工测量、定位方案。

8.1.4 施工单位应根据设计图纸的要求和实际加工、运输条件，绘制 M 型钢骨架安装单元划分图及各安装单元组装详

图。

8.1.5 施工单位操作人员应了解和掌握 M 型钢剪力墙结构施工的特点和要求。

8.2 M 型钢骨架及钢筋

8.2.1 M 型钢骨架制作前，应根据深化设计详图，准备符合设计要求的钢带和钢筋。

8.2.2 M 型钢骨架的技术性能应满足下列要求：

1 M 型钢骨架中参与结构受力的 M 型钢应进行单肢拉伸试验，其抗拉强度应符合相应规程中相应牌号钢材的规定；

2 M 型钢骨架中参与结构受力的 M 型钢与横向钢筋之间焊点的抗剪力应不小于试样规定屈服力值的 0.3 倍；

3 墙体 M 型钢骨架中的 M 型钢可不进行弯曲试验。

8.2.3 M 型钢骨架几何尺寸的允许偏差应符合表 8.2.3 的规定，且 M 型钢骨架中纵、横向钢筋或 M 型钢的数量应符合设计要求。

表 8.2.3 M 型钢骨架几何尺寸允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
焊接钢筋网片	长、宽	±5	尺量检测
	网眼尺寸	±10	尺量检测
	对角线差	5	尺量检测
	端头不齐	5	拉线，用钢尺量测

M 型钢	长	± 10	尺量检测
	宽	± 10	尺量检测
	厚	0, -5	尺量检测
	主筋间距	± 10	尺量检测
	主筋排距	± 5	尺量检测
	端头不齐	5	拉线, 用钢尺量测

注：当 M 型钢骨架有预留孔洞时，孔洞四周 M 型钢骨架偏差应符合表中规定，孔洞长、宽允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.2.4 M 型钢骨架用钢筋焊接网外观质量要求及检查验收应符合现行行业规程《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的规定。

8.2.5 M 型钢骨架的堆放与运输应符合下列规定：

- 1 M 型钢骨架宜采用立式存放与运输，并采取可靠的支撑措施防止 M 型钢骨架倾覆和变形；
- 2 M 型钢骨架的堆放应当采取有效的防锈措施，若在存放过程中发生变形和锈蚀，应矫正和除锈后方可使用；
- 3 M 型钢骨架运输应采取防止损坏的措施，固定链索和骨架接触处应设置垫木，防止局部钢筋弯曲；
- 4 M 型钢骨架运输装卸应采取合理的吊装措施，防止 M 型钢骨架运输局部变形。

8.2.6 M 型钢骨架的安装，应按下列主要步骤进行：

- 1 根据墙体 M 型钢骨架构件排列图，在基础或楼板上标出各墙体 M 型钢骨架的定位控制线；
- 2 分单元将各墙体 M 型钢骨架垂直入位；

3 固定墙体 M 型钢骨架的水平支撑和安装支撑， 调整墙体 M 型钢骨架的垂直度；

4 按照设计图纸的要求放置楼板 M 型钢骨架， 并与墙体 M 型钢骨架临时连接；

5 采用 M 型钢骨架固定角件封堵节点敞开部分；

6 按照设计图纸预留孔洞和预埋管线并固定。

8.2.7 墙体 M 型钢骨架在层间高度内不宜有水平接缝。若必须设有水平接缝时， 应征得设计单位同意， 并提出加强措施。

8.2.8 M 型钢骨架的安装支撑宜采用可调节的模板支撑架， 也可采用木方、 钢管等组装而成的安装支撑。

8.3 模板工程

8.3.1 固模宜采用规程板型， 宽度一般为 600mm， 板长宜取建筑层高。当保温板采用钢丝网架聚苯乙烯板时， 其质量应符合现行国家标准《外墙外保温系统用钢丝网架模塑聚苯乙烯板》 GB 26540 的规定。

8.3.2 固模应采取可靠工艺措施保证构件上下层混凝土的厚度误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 之内。

8.3.3 保温固模混凝土层与保温层之间的拉结件类别、 数量及使用位置应符合设计要求， 且具有保证混凝土浇筑时不产生变形、 弯曲、 跑模、 胀模的强度和刚度。

8.3.4 施工时应采取可靠措施， 保证固模与墙体 M 型钢骨架的净距。

8.3.5 固模校正、加固前，应合理确定水平支撑间距，避免保温固模在混凝土浇筑过程中产生弯曲和变形。

8.3.6 固模应按顺序依次安装，固模之间的横向连接和纵向连接应符合防水构造要求。

8.4 混凝土工程

8.4.1 混凝土应采用预拌混凝土。预拌混凝土应符合现行国家规程《预拌混凝土》 GB/T14902 的规定。预拌混凝土宜采用泵送入模方式连续浇筑，并应符合现行行业规程《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10 的有关规定。

8.4.2 混凝土应符合国家现行规程《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ55 的有关规定， 根据混凝土强度等级、耐久性和和易性的要求进行配合比设计。

8.4.3 浇筑墙体混凝土时应均匀下料， 应采取措施保证混凝土的密实，固模面板的孔中应有水泥浆溢出。

8.4.4 混凝土浇筑完毕后， 应及时由专人按施工技术方案采取有效的养护措施。对采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土，养护期不应少于 7d；对采用缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土，养护期不少于 14d。

8.4.5 混凝土的冬期施工应符合现行行业规程《建筑工程冬期施工规程》 JGJ 104 和施工技术方案的规定。

8.4.6 混凝土养护未达到 24 小时前，不得在其上踩踏、堆放物料、安装模板及支架。混凝土强度达到设计要求前，不得拆除保温固模的临时支撑措施。

9 验 收

9.1 一般规定

9.1.1 混凝土结构工程施工质量验收除符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204 的有关规定。

9.1.2 在浇筑混凝土时，应对 M 型钢骨架及其支撑体系进行观察和维护。发生异常情况时，应按施工技术方案及时进行处理。

9.1.3 M 型钢骨架支撑体系拆除的顺序及安全措施应按施工技术方案执行。施工期间的混凝土强度等级应根据同条件养护的规程尺寸试件的混凝土强度确定。

9.1.4 浇筑墙体和楼(屋)面混凝土前， 应进行隐蔽工程验收，其内容包括：

1 M 型钢骨架、钢筋及免拆面板品种、规格、数量、位置包括间距等；

2 钢筋的规格、数量、间距及锚固和搭接长度等；

3 各种预埋管线的规格、数量、位置等；

4 预埋件的规格、数量、位置等；

5 预留孔洞的尺寸、数量、位置等。

9.1.5 M 型钢骨架固模混凝土强度等级应按现行国家标准《混凝土强度检验评定规程》GBJ107 的规定分批检验评定。

9.1.6 当混凝土中掺用外加剂或矿物掺和料时，应符合有关的标准、规范或规程。

9.2 M 型钢骨架及固模工程

I 主控项目

9.2.1 M 型钢骨架的型号、规格及其临时固定措施应符合设计和施工要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量。

9.2.2 M 型钢骨架的各组成部分及其连接质量、外观质量应符合本规程的规定和设计的要求。

检查数量：全数检查

检查方法：检查质量验收记录；观察，尺量。

9.2.3 M 型钢骨架上的预埋件、预留钢筋、预埋管线等的材料质量、规格和数量以及预留孔洞的数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件；观察。

9.2.4 固模(或模板)及其支撑体系应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，能可靠承受浇筑混凝土的重量、侧压力以及施工荷载，对模板支撑体系应进行施工验算。固模面板上应有混凝土浆的溢出孔，数量和位置应符合要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

II 一般项目

9.2.5 M型钢骨架的 M型钢及钢筋应平直、无损伤，表面不应有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

9.2.6 M型钢骨架尺寸偏差应符合本规程第 8.2.3 条的规定。

检查数量：不超过 100 件为一批，每批应抽查 M型钢骨架数量的 5%，且不应少于 3 件。

检查方法：尺量。

9.2.7 M型钢骨架安装后，骨架中纵向受力 M型钢或钢筋的混凝土保护层厚度的允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ ，楼板 M型钢骨架上部受力 M型钢或钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90%及以上，且最大偏差不应超过允许偏差的 1.5 倍。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内，应按有代表性的自然间抽查 10%，且不应少于 3 间。

检验方法：尺量。

9.3 混凝土工程

I 主控项目

9.3.1 混凝土的强度等级必须符合设计要求。取样与试件留置、检验方法应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

检查数量：按批检验，同一配合比的混凝土，每工作班且不超过 100m³ 应制作 1 组规程养护试件，同一楼层应制作不少于 3 组规程养护试件。

检验方法：检查质量证明文件；按现行国家标准《混凝土强度检验评定规程》GB/T 50107 的要求进行。

9.3.2 现浇混凝土的浇筑方法应符合施工方案要求，浇筑应保证混凝土的均匀性和密实性。

检查数量：按批检验，混凝土为同一工作班浇筑的同类型构件为一批，每批应抽查构件数量的 30%。

检验方法：用小锤轻击检查现浇混凝土是否有空鼓缺陷。

9.3.3 采用固模作为混凝土墙体的免拆面板，浇筑混凝土

后应有水泥浆溢出孔外。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察、敲打。

II 一般项目

9.3.4 墙体浇筑混凝土过程中，应按施工技术方案的要求注意 M 型钢骨架内混凝土的流动性态。墙体转角处、墙体相交处及 M 型钢骨架密集处等重点部位应注意插捣密实，必要时在固模外适度敲打。

检查数量：全数检查

检验方法：观察、检查施工记录

9.3.5 混凝土在浇筑初凝后，应将固模表面溢出的水泥浆抹平。

检查数量：全数检查

9.4 M 型钢剪力墙结构外观质量及尺寸偏差

I 主控项目

9.4.1 M 型钢剪力墙结构的外观质量不应有严重缺陷。对已经出现的严重缺陷，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理(建设单位)、设计单位认可后进行处理。对经处理的部位，应重新检查验收。

检查数量：全数检查

检验方法：观察、检查技术处理方案。

注：外观质量的严重缺陷应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204 的规定。

II 一般项目

9.4.2 M 型剪力墙结构的外观质量不宜有一般缺陷。对已经出现的一般缺陷，应由施工单位按技术处理方案进行处理，重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查技术处理方案。

注：外观质量的一般缺陷应符合国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB50204 的规定。

9.4.3 M 型剪力墙结构不应有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位，应由施工单位提出技术处理方案，并经监理(建设单位)和设计单位认可后进行处理。对经处理的部位，应重新检查验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：量测，检查技术处理方案。

9.4.4 M 型剪力墙结构的尺寸偏差应符合表 9.4.4 的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批。在同一检验批内，对于内墙应在有代表性的自然间中抽查 10%，且不少于 3 间；对于外墙，可按相邻轴线间距 5m 左右划分检查面抽查 10%，且不少于 3 面。对于电梯井，应

全数检查。

表 9.4.4 M 型钢剪力墙结构尺寸允许偏差和检验方法

项目			允许偏差 (mm)	检验方法
墙体轴线位置			5	钢尺检查
墙体垂直度	层高	不大于 3.2m	8	经纬仪或吊线、钢尺检查
		大于 3.2m	10	经纬仪或吊线、钢尺检查
		全 高 (H)	H/1000 且≤30	经纬仪、钢尺检查
标高	层高		±10	水准仪或拉线、钢尺检查
	全高		±30	钢尺检查
截面尺寸			+8, -0	钢尺检查
电梯井	井筒长、宽对应定位中心线		+25, 0	钢尺检查
	井筒全高 (H) 垂直度		H/1000 且≤30	经纬仪、钢尺检查
表面平整度			8	2m 靠尺和塞尺检查
预埋设施中心线位置	预埋件、插件		10	钢尺检查
	预埋螺栓		5	
	预埋管		5	
预留洞中心线位置			15	钢尺检查

注：检查轴线位置时， 应沿纵横两个方向量测， 并取其中的较大值。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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规程执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程结构通用规范》 GB55001
- 2 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB55002
- 3 《钢结构通用规范》 GB55006
- 4 《混凝土结构通用规范》 GB55008
- 5 《建筑模数协调规程》 GB/T 50002
- 6 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 7 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 8 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 9 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 10 《工程测量规范》 GB 50026
- 11 《混凝土强度检验评定规程》 GB/T 50107
- 12 《混凝土质量控制规程》 GB 50164
- 13 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 14 《建筑工程施工质量验收统一规程》 GB 50300
- 15 《建筑施工组织设计规范》 GB/T 50502
- 16 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 17 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 18 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 19 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 20 《碳素结构钢冷轧钢板及钢带》 GB/T 11253

- 21 《碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带》 GB/T 3274
- 22 《钢筋混凝土用钢》 GB/T 1499
- 23 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624
- 24 《硅酮建筑密封胶》 GB/T 14683
- 25 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 26 《外墙外保温系统用钢丝网架模塑聚苯乙烯板》 GB 26540
- 27 《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1
- 28 《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3
- 29 《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10
- 30 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 31 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
- 32 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 33 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 34 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
- 35 《建筑工程冬期施工规程》 JGJ 104
- 36 《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》 JGJ 114
- 37 《建筑工程检测试验技术管理规范》 JGJ 190
- 38 《轻钢轻混凝土结构技术规程》 JGJ 383
- 39 《聚氨酯建筑密封胶》 JC/T 482
- 40 《聚硫建筑密封胶》 JC/T 483
- 41 《轻钢构架 M 型钢剪力墙结构技术规程》 T/ CECS 283

青海省团体标准

M型钢装配式混凝土结构技术规程

TB 42/T XXXX—2022

条文说明

目 录

1 总 则	49
2 术语和符号	52
3 设计基本规定	54
4 材 料	57
5 建筑设计	58
6 结构分析与设计	62
7 构造规定	65
8 制作与施工	68
9 验 收	71

条文说明

1 总则

1.0.1 为充分发挥装配式混凝土结构的优越性，按照适用、经济、安全、绿色、美观等要求，推动建造方式创新，推动我国建筑产业的现代化进程，提高建筑工业化水平，本规程编制组一直进行着住宅产业化相关技术问题的研究，M型钢剪力墙及楼板结构技术是其研究成果之一。

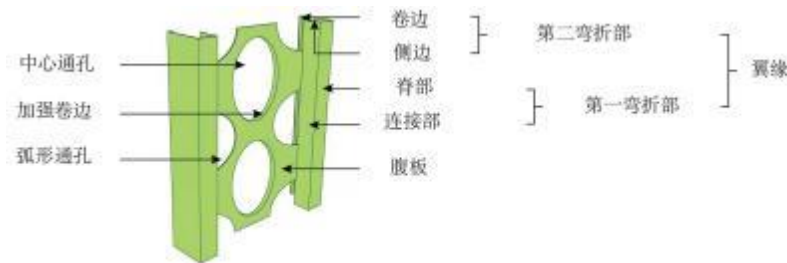


图 1 M型钢

M型钢剪力墙及楼板结构技术主要是由用于结构剪力墙体的预制混凝土保温一体墙模和用于混凝土楼板的桁架钢筋混凝土叠合板两项技术组成。其中，保温一体墙模为一种内部预置由墙体竖向分布钢筋及拉筋形成的钢筋骨架，并预留水平方向和竖直方向贯通孔，可兼作墙体固模的双向空心钢筋混凝土预制构件；桁架钢筋混凝土叠合板由预制叠合底板在现场后浇混凝土而形成的整体受弯楼板，简称叠合板。在施工现场，拼装保温一体墙模，穿设墙体水平分布钢筋，设置墙体竖向连接钢筋，绑扎边缘构

件及连梁等钢筋，安装拼接楼板并绑扎支座负筋后，再整体浇筑混凝土，从而形成 M 型钢剪力墙与楼板共同受力的剪力墙结构体系。

M 型钢剪力墙与叠合板宜组合使用，也可分别单独使用。装配式 M 型钢剪力墙及楼板结构技术的主要特点：

1 保温一体墙模和叠合板构件模数化设计，工厂规模化生产，产品质量好、生产效率高，并可切割以便灵活组合，能满足较复杂的建筑平面需求；

2 预制和现浇相结合，连接构造简单，整体抗震性能好；

3 预制构件质量较轻，易于吊装、运输和安装；

4 现场钢筋绑扎量少，模板工程量小，施工方便快捷；

5 装配率高，综合造价低。

本规程综合反映了近几年来 M 型钢剪力墙及固模楼板结构技术的最新研究成果和工程实践经验，力求对 M 型钢剪力墙及固模楼板的设计、施工、验收等提供更加有益的指导；本规程要求对 M 型钢剪力墙及固模楼板的可靠度、耐久性及整体性等基本上与现浇混凝土结构等同；本规程所提出的各项要求与国家现行相关规程协调一致。

本规程是对装配式 M 型钢剪力墙及固模楼板设计的最低限度要求，设计者可根据具体情况适当提高设计的安全储备。

1.0.2 装配式 M 型钢剪力墙及楼板结构本质上属于钢

钢筋混凝土剪力墙结构体系，适用房屋的类型主要为居住建筑，也可以用于公寓、宾馆等以墙体承重为主的其他民用建筑中，还可用作框架-剪力墙结构体系中的混凝土剪力墙。本规程的适用对象主要为小高层、高层建筑 M 型钢剪力墙结构，对 6 层及以下低、多层 M 型钢剪力墙结构，本规程对其边缘构件及上下层墙体间连接构造进行了简化，使其构造更加简单、施工更加方便。

本规程规定 M 型钢剪力墙原则上不适用于部分框支剪力墙结构体系，确有需要用于部分框支剪力墙结构时，应进行专门研究和论证。

本规程未包含甲、乙类建筑以及 8 度以上抗震设防的建筑结构，如需采用应进行专门论证。对丁类建筑，可参考本规程采用，并可适当放松要求。M 型钢剪力墙结构不适用于危险地段建筑、不适用于复杂高层建筑。

本规程规定的固模楼板除与 M 型钢剪力墙结构配套使用外，尚可广泛用于框架结构、框-剪结构及其他混凝土剪力墙结构或钢结构民用建筑的混凝土楼板。

1.0.3 M 型钢剪力墙及楼板结构本质上仍属于钢筋混凝土结构体系。因此，M 型钢剪力墙结构的设计、构件生产、施工与验收除执行本规程外，尚应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010，《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工

程施工规范》 GB 50666、《装配式混凝土建筑技术规程》 GB/T 51231、《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3、《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1 等与混凝土相关的现行国家和行业规程的规定。

当 M 型钢剪力墙结构的外墙采用预制混凝土夹心保温外墙板等预制墙板时，除执行本规程外，预制墙板的节能设计、结构计算、构件生产、施工与验收尚应符合国家现行有关规程的相关规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.3 M 型钢代替墙体竖向分布钢筋；型钢墙体一般用立模规程化生产，水平方向的钢筋或钢丝一般仅起构造作用，墙体水平受力分布钢筋需要施工现场在水平孔内另行穿设。本规程主要针对这种规程化条形墙板进行构造规定。

2.1.4 固定在墙体 M 型钢骨架两侧或楼板 M 型钢骨架底面，在混凝土浇筑时起到模板作用的免拆配件，根据面板材料不同分为固模和保温固模两种。

2.1.5 M 型钢和钢筋制作形成成型骨架，墙体一侧或两侧采用固模现场浇筑混凝土后形成的剪力墙。

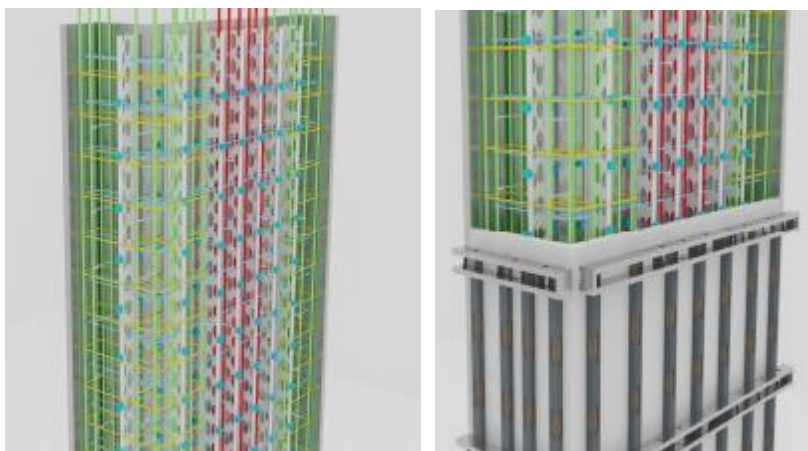


图 2.1.5 M 型钢成型钢筋骨架剪力墙

2.1.8 钢筋桁架上、下弦为连续平直钢筋，格构钢筋为连续弯折钢筋。

2.1.9 用作桁架叠合板的板底，桁架预制板在生产、施工过程中独立承载，叠合层浇筑后形成桁架叠合板。

2.1.7 M 型钢混凝土结构的墙体可全部或部分采用 M 型钢剪力墙，高层建筑底部加强部位及核心筒等部位可采用普通现浇混凝土墙。为适应装配式建筑装配率的要求，M 型钢剪力墙外保温系统宜采用成品复合保温板；现浇剪力墙及边缘构件外保温应首选建筑保温与结构一体化做法，并宜采用成品复合保温板作为外侧免拆模板；非承重外墙宜采用成品夹心保温填充墙板。M 型钢剪力墙结构中的楼板、屋面板宜使用钢筋桁架 M 型钢混凝土板，可使用叠合板等其他形式的装配整体式混凝土板或其他免支模钢筋混凝土楼板，也

可采用普通现浇混凝土板。普通现浇混凝土墙或混凝土板宜采用铝合金模板等高精度模板或免拆除的 M 型钢。

3 设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 M 型钢剪力墙结构装配率的计算方法应按《装配式建筑评价标准》GB/T 51129-2017

3.1.2 协调是指工程建设各阶段及各专业之间的协调配合

3.1.3 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第5.2.3 条规定“剪力墙结构中不宜采用转角窗”，但参考《全国民用建筑工程设计技术措施-结构》（混凝土结构）（2009 版）第 5.1.13 条规定“抗震设防烈度为 7 度和 8 度时，高层剪力墙结构不宜在外墙角部开设角窗，必须设置时应加强其抗震措施”，即在 6 度区或非高层 M 型钢剪力墙结构中可采用转角窗，但应加强其抗震措施。

3.1.4 平面体型除应符合建筑功能及结构设计要求外，尚应符合现行国家及青海省有关建筑节能设计规程对体型系数的要求。

3.1.8 M 型钢剪力墙与叠合板宜组合使用，也可分别单独使用。装配式 M 型钢剪力墙及固模楼板结构技术的主要特点：

1、保温一体墙模和叠合板构件模数化设计，工厂规程

化生产，产品质量好、生产效率高，并可切割以便灵活组合，能满足较复杂的建筑平面需求；

2、预制和现浇相结合，连接构造简单，整体抗震性能好；

3、预制构件质量较轻，易于吊装、运输和安装；

4、现场钢筋绑扎量少，模板工程量小，施工方便快捷；

5、装配率高，综合造价低。

本规程综合反映了近几年来装配式 M 型钢剪力墙及固模楼板结构技术的最新研究成果和工程实践经验，力求对 M 型钢剪力墙及固模楼板的设计、施工、验收等提供更加有益的指导；本规程要求对 M 型钢剪力墙及固模楼板的可靠度、耐久性及整体性等基本上与现浇混凝土结构等同；本规程所提出的各项要求与国家现行相关规程协调一致。

本规程是对装配式 M 型钢剪力墙及固模楼板设计的最低限度要求，设计者可根据具体情况适当提高设计的安全储备。

3.2 水平位移限值和舒适度要求

3.2.2 本规程编制组对 M 型钢剪力墙进行了大量的研究工作，往复水平加载试验结果表明：

在弹性阶段，M 型钢剪力墙的受力性能与现浇钢筋混凝土剪力墙相似，保温一体墙模与现浇混凝土之间的结合

面变形协调，不影响剪力墙弹性阶段的受力性能。在位移角达到 $1/1000$ 时，剪力墙表面未发现裂缝。随着变形的增加，保温一体墙模与现浇混凝土之间的结合面开始出现相对变形，剪力墙刚度开始降低。达到峰值荷载后直至试件破坏，剪力墙裂缝逐步发展为沿保温一体墙模与现浇混凝土之间的竖向结合面的多道均匀的竖向裂缝。进入塑性阶段后，竖向裂缝两侧的混凝土出现相对变形，整片剪力墙破坏为整体有拉结的带多道均匀竖向裂缝的形态。

由于竖向裂缝的发展，使得 M 型钢剪力墙具有很好的抗震性能。即使在强弯弱剪的试验中，M 型钢剪力墙的极限层间位移角也能达到 $1/100 \sim 1/50$ ，对应位移延性系数均接近或大于 4。

虽然 M 型钢剪力墙的抗震性能基本等同甚至优于现浇钢筋混凝土剪力墙，但由于工程实践的数量仍然偏少，本规程对 M 型钢剪力墙结构从严要求，相比现浇剪力墙结构及现行行业规程《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 规定的装配式混凝土剪力墙结构，本规程最大适用高度做了大幅降低。

M 型钢剪力墙结构的最大高宽比和抗震等级均参照现行行业规程《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 的有关规定确定。

由于对 M 型钢剪力墙结构的最大适用高度从严控制，

当 M 型钢剪力墙数量较多时，即 M 型钢剪力墙承担的底部总剪力较大时，对其最大适用高度不再另行调整。

4 材 料

4.1 混凝土

4.1.2-4.1.3 预制空心墙模需经历抽芯成孔、脱模、翻板、运输、吊装等多个阶段。为保证产品质量，本条对预制空心混凝土的最低强度等级提出要求。实际生产中为了提高预制空心墙模的脱模质量和效率，允许使用更高强度等级的混凝土。当墙体现浇混凝土强度等级与预制空心墙模混凝土强度等级不同时，在进行结构计算、墙肢的轴压比及承载力验算时，墙体混凝土等级应取二者较小值。

为减少 M 型钢剪力墙及楼板中钢筋的搭接长度，本规程对 M 型钢剪力墙及楼板的现浇混凝土最低强度等级也做了要求，且高于普通现浇混凝土结构。

M 型钢剪力墙混凝土强度等级不宜超过 C50 的规定，主要是考虑到 C50 级以上的混凝土在力学性能、本构关系等方面与一般强度混凝土存在较大差异。由这类混凝土所建造的 M 型钢剪力墙在结构性能、计算方法、构造措施等方面尚缺乏深入研究，故应谨慎采用。

4.2 钢材和钢筋

4.2.1 M 型钢为在墙体中代替竖向钢筋承受竖向荷载。

4.2.3 本条规定遵循《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ114-2014 第 5.1.29 条的规定。

4.2.4 本条与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定一致。为了节约材料、方便施工、吊装可靠，并避免外露金属件的锈蚀，预制构件的吊装方式宜优先采用内埋式螺母、内埋式吊杆或预留吊装孔。这些部件及配套的专用吊具等所采用的材料，应根据相应的产品规程和应用技术规程选用。

4.3 其他材料

4.3.5 外保温系统拉结件的性能是保证建筑安全的必要条件，拉结件材料、规格、数量和物理力学性能等要求应按相关产品规程执行。

5 建筑设计

5.2 平、立面设计

5.2.1 本条参考了《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第 5.2.3 条规定“剪力墙结构中不宜采用转角窗”，但参考《全国民用建筑工程设计技术措施-结构》（混凝土结构）（2009 版）第 5.1.13 条规定“抗震设防烈度为 7 度和 8 度时，高层剪力墙结构不宜在外墙角部开设角窗，必须设置时应加强其抗震措施”，即在 6 度区或非高层 M 型钢剪力墙结构

中可采用转角窗，但应加强其抗震措施。

5.2.2 高层建筑的楼层竖向收进与外挑的尺寸规定应符合《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3-2010 第 3.5.5 条规定。

5.3 外墙设计

5.3.1 外墙的设计使用年限应与主体结构相协调，承重墙及边缘构件外保温系统应实现保温结构一体化、保温系统与结构同寿命。非承重外墙宜做到与结构同寿命。

5.3.2 为适应装配式建筑装配率的要求，M 型钢剪力墙外保温系统及现浇剪力墙及边缘构件外保温宜采用成品复合保温板；非承重外墙宜采用成品夹心保温填充墙板，并应与结构构件有可靠连接。

5.3.5 热桥部位是围护结构热工性能的薄弱环节，确保热桥部位在冬季不结露是避免围护结构内表面霉变的必要条件。《民用建筑热工设计规范》GB 50176 规定从保证建筑正常使用、保证健康室内环境的角度考虑，冬季热桥内表面温度应高于房间空气露点温度。

5.3.6 M 型钢剪力墙结构外墙上的门窗安装可结合实际工程项目选用先装法或者后装法。当采用后装法安装门窗框时，预制外墙板上应预埋连接件。门窗框或副框与墙体之间应采取保温及防水措施，门窗洞口与门窗框间的密闭性

不应低于门窗的密闭性。门窗的安装位置宜靠近保温层位置， 或者根据节能设计要求在门窗口外侧及内侧 四周进行保温处理。

5.3.7 本条参考了《保温防火复合板应用技术规程》 JGJ/T 350-2015 第 5.3.2 条，有饰面保温防火复合板外墙外保温系统采取粘贴为主，锚固为辅的构造方式，其中锚固件通常固定于有饰面复合板的面板，对于保温板本身就带有装饰层的复合板，例如带有釉面装饰层的发泡陶瓷保温板，锚固件可以固定于保温板本身；锚固件与装饰面层的结合方式，可以根据产品设计，采用面板侧边开槽、背栓连接或板面穿洞等多种连接方式。

5.4 内墙设计

5.4.1-5.4.2 目前建筑行业的工作模式都是先进行建筑、结构、水 暖电专业设计， 最后再进行内装修设计。这种模式使得后期的内装设计经常要对建筑各专业的图纸进行修改或调整， 造成施工时拆改和 浪费。装配式建筑的预制构件不能进行修改或调整， 因此装配式建筑推荐内装设计与建筑各专业进行一体化协同设计， 事先统一进行 预制构件上的孔洞预留和装修面层固定件的预埋， 避免在装修施工阶段对预制构件打凿、穿孔和拆改。土建和装修一体化设计既保证了结构的安全性， 又减少了噪声、 能耗和建筑垃圾，

还可减少材料消耗，降低装修成本。

从实现建筑长寿化和可持续发展理念出发，采用装配式内装，减少现场湿作业和噪声，并有利于实现内装与主体结构、设备管线分离，避免短寿命的设备管线和内装的更换维修对长寿命的主体结构造成破坏，影响结构的安全性和耐久性。

5.4.3 轻质隔墙板的安装应符合现行行业规程《建筑轻质条板隔墙 技术规程》 JGJ/T 157 的有关规定。墙板间的接缝宜采用干式连接方法。

5.4.4 卫生间和厨房的隔墙应满足防潮要求，其与相邻房间隔墙应采取有效的防水措施，室内防水应满足行业规程《住宅室内防水工程技术规范》 JGJ 298 的相关要求。

5.4.5 装配式M型钢剪力墙建筑应避免在M型钢剪力墙及围护结构安装后凿剔沟、槽、孑L、洞，相关工作应于安装前在工厂或现场预先完成后再进行吊装就位。

5.4.6 居住建筑设备管线的综合设计应特别注意套内管线的综合设计，每套的设备管线应做到户界分明。

M型钢混凝土板现浇混凝土层较厚，容易布设设备管线，但也要尽量减少平面交叉。M型钢底板可在浇筑混凝土前进行开槽安装电气管线及线盒，应尽量避免在TC板浇筑混凝土后进行开槽。底板开槽时应防止破坏连接件或形成无连接件的底板区格，严防使用过程中底板脱落。

6 结构分析与设计

6.1 一般规定

6.1.1 对 M 型钢剪力墙结构进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算时，荷载和地震作用的取值及其组合均应按国家现行有关规程执行。

6.1.5 轴压比是影响剪力墙在地震作用下塑性变形能力的重要因素。M 型钢剪力墙为预制与现浇相结合的叠合墙体，高轴压比下其抗震性能不能完全等效于全现浇混凝土剪力墙，因此对固模剪力墙所适用的最大轴压比从严控制。根据试验结果，M 型钢剪力墙的受压承载能力与普通混凝土剪力墙相当，受剪承载能力取普通混凝土剪力墙的 0.8 倍，因此这里 M 型钢剪力墙的轴压比限值约取普通现浇混凝土墙限值的 80%，墙肢端部可设置构造边缘构件的最大轴压比约取普通现浇混凝土墙最大轴压比容许值的 80%。

6.2 结构计算

6.2.1 M 型钢剪力墙的抗震试验表明：由于空心墙模与现浇混凝土之间的结合面相对薄弱，试件破坏时预制混凝土与现浇混凝土分离，预制混凝土突然压溃，剪力墙的刚度退化相对普通现浇剪力墙较为明显。因此，适当放大现浇

剪力墙在水平地震作用下的弯矩和剪力。M型钢剪力墙的弯矩和剪力不减小，以偏于安全。

当同一层内部分墙肢采用 M型钢剪力墙部分墙肢采用现浇墙，且 M型钢剪力墙占比较大(其底部承担总剪力占该层总剪力的比值大于 30%)时，地震设计状况下宜对现浇剪力墙在水平地震作用下的弯矩和剪力乘以不小于 1.1 的增大系数，放大系数宜根据现浇墙肢与预制墙体承担剪力的比例确定，轴力可不调整。M型钢剪力墙占比较小时，也可根据占比适当放大现浇剪力墙在水平地震作用下的弯矩和剪力。

6.2.3 M型钢剪力墙结构中的连梁可现浇也可预制。现浇时可采用成品复合保温板作为梁外墙模板使用。

6.3 构件设计

6.3.3 本规程编制组通过 12 片 M型钢剪力墙在恒定轴力下的拟静力试验，明晰了 M型钢剪力墙的破坏过程及相关参数对墙体受弯性能的影响。

试验表明，M型钢剪力墙试件的受弯破坏形态和破坏模式与现浇钢筋混凝土剪力墙试件相似，荷载作用下受拉侧钢筋屈服，受压侧根部混凝土压溃。M型钢剪力墙试件破坏时预制混凝土与现浇混凝土分离，预制混凝土突然压溃，墙体的压溃区域增大。峰值荷载前内部结合面未发生

破坏，保证 M 型钢剪力墙的整体性，墙体的刚度和受弯承载力与现浇钢筋混凝土剪力墙试件基本相当，无需对固模剪力墙试件的刚度进行折减。M 型钢剪力墙破坏时，内部结合面对墙体的抗压承载能力影响较为显著。峰值荷载前竖向接缝处出现竖向裂缝，两侧空心墙模的相对变形可以忽略，竖向接缝构造合理，可保证剪力墙的整体性，对墙体的承载力、刚度、变形和耗能能力影响较小，在进行设计计算时，无需考虑其对墙体的影响。墙体水平接缝能够保证 M 型钢剪力墙的有效连接。根据 M 型钢剪力墙的受弯试验结果，国家现行规程《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中的正截面受弯承载力计算公式可用于计算 M 型钢剪力墙的受弯承载力，计算结果较为保守。

6.3.4 虽然 M 型钢剪力墙受剪时的延性基本等同甚至优于现浇钢筋混凝土剪力墙，但其受剪承载力与普通混凝土剪力墙相比有一定程度的削弱，因此本规程对 M 型钢剪力墙的截面限值条件(剪压比)取普通混凝土剪力墙的 80%。

6.3.9 桁架预制板在短暂设计状况下，沿长边的受力更为不利，因此钢筋桁架一般沿桁架预制板的长边布置；特殊情况下，如钢筋桁架沿预制板短向布置，应重点关注桁架预制板在长向的短暂设计状况下的变形和开裂。

6.3.10 钢筋桁架宜避开楼板开洞位置；当因无法避开而被

截断时，应在平行于钢筋桁架布置方向的洞边两侧 50mm 处设置补强钢筋桁架，补强钢筋桁架端部与被切断钢筋桁架端部距离需不小于相邻焊点中心距。

6.3.12 叠合板中桁架预制板在制作完成后至形成桁架叠合板整体之前，存在一些短暂的独立受力状况，因此应对桁架预制板进行短暂设计状况下的验算。

6.3.13 计算桁架叠合板的刚度时，可忽略水平结合面的影响，按照整板计算。

7 构造规定

7.1 一般规定

7.1.1 对楼板及采用固模的现浇混凝土连梁、边缘构件的混凝土保护层厚度可遵循此条规定。楼板连接件兼具混凝土保护层垫块的作用，应保证最外层受力钢筋保护层厚度不小于 15mm。当用于二 a 类环境时，现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定保护层厚度不宜小于 20mm；考虑到固模底板对混凝土也起一定保护作用，可允许楼板最外层受力钢筋保护层厚度为 15mm。

保温一体墙模外表混凝土受力钢筋保护层厚度不应小于 15mm，孔洞内表受力钢筋混凝土保护层厚度不应小于 5mm。

7.1.2 现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 3 部分：钢筋焊

接网》GB/T 1499.3 规定“钢筋焊接网焊点的抗剪力应不小于试样受拉钢筋规定屈服力值的 0.3 倍”。当 TC 板中纵向受拉钢筋与横向钢筋之间焊点的抗剪力以及搭接网片纵向受拉钢筋与横向钢筋之间焊点的抗剪力均不小于受拉钢筋规定屈服力值的 0.3 倍时，钢筋锚固及搭接长度可按《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定取值。

7.1.5 本条规定了 M 型钢剪力墙结构中连接钢筋的一般要求。由于搭接长度已考虑了钢筋末端设弯钩的有利影响，因此为确保连接可靠及方便设计，相关连接钢筋的锚固长度均不应考虑“锚固区保护层厚度”和“实际配筋面积大于设计计算面积”的有利影响。

7.3 墙

7.3.2 M 型钢剪力墙约束边缘构件应采用现浇形式，构造边缘构件宜采用现浇形式，与连梁相接的边缘构件宜采用现浇形式。边缘构件范围及配筋构造要求等应符合国家现行有关规程的规定。

7.3.4 对 M 型钢剪力墙，本规程编制组进行了 6 片采用附加连接钢筋搭接连接，且按强剪弱弯设计的 M 型钢剪力墙的受力性能试验。试验中设计轴压比为 0.3 的试件搭接长度为 1.2 倍，设计轴压比为 0.4 的试件搭接长度为 1.5 倍。试验及有限元分析结果表明：

从搭接自身来看，通过分析连接钢筋及竖向分布钢筋应变可知，绝大部分连接钢筋和墙体竖向分布钢筋均能受拉屈服，且屈服前搭接区域底截面连接钢筋和顶截面竖向分布钢筋的应变变化规律一致，沿搭接区域从下往上，连接钢筋应变逐渐减小，竖向分布钢筋应变逐渐增大。另外，试验中搭接区域在试件破坏前未出现异常的横向裂缝和纵向劈裂裂缝，且试件根部裂缝能够得到有效控制，没有出现影响试件整体破坏形态的特征，试件破坏形态与普通现浇剪力墙基本一致，实现了强连接弱构件。因此，附加连接钢筋搭接连接可以有效传递应力。

从试件整体来看，试件的试验承载力与规范计算值比值平均为 1.31，该比值与现浇剪力墙试验一致，试件的峰值位移角为 $1/110$ - $1/91$ ，极限位移角为 $1/85$ - $1/55$ ，变形能力满足抗震需求。因此，所采用的连接方式和搭接长度(最小为 $1.2l_{aE}$)能够保证墙体的抗震性能，满足抗震要求。

根据上述分析，并考虑搭接区域内缺乏横向钢筋约束、搭接接头未错开等不利因素，本规程取搭接长度为 1.31 倍，加大搭接长度，从严要求。

对一、二级 M 型钢剪力墙的底部加强部位，采取在附加连接钢筋末端设弯钩、对附加连接钢筋受拉承载力提出更高要求、对搭接区域剪力墙水平分布钢筋进行加密的加强措施，确保连接可靠。

7.3.5 对 6 层及以下、房屋高度不大于 21m 的固模剪力墙结构，固模剪力墙的构造边缘构件可适当简化，但对设计基本地震加速度 $0.30g$ 的地区不应采用简化边缘构造。有条件时，6 层及以下结构构造边缘构件可采用预制形式。对农村低层住宅，推荐使用简化边缘构造单排连接钢筋，施工简单，速度快。

7.4 其他

7.4.2 有条件时，楼梯、阳台、女儿墙和空调板等应优先采用预制形式，以减少施工现场工作量，提高装配化程度。预制楼梯、预制阳台、预制空调板、预制女儿墙的连接构造应符合现行国家建筑规程设计图集《预制钢筋混凝土板式楼梯》G367-1、《预制钢筋混凝土阳台板、空调板及女儿墙》G368-1 的有关规定。

8 制作与施工

8.1 一般规定

8.1.1 针对不同的构件(钢筋桁架、钢筋焊接网、空心墙模、TC 板等) 应分别制定生产方案。构件制作前，建设单位应组织设计、生产、施工单位进行技术交底，避免构件在加工和施工过程中，出现错、漏、碰、缺等问题。

8.1.2 根据《建筑工程施工质量验收统一规程》GB

50300-2013 第 3.0.6 条规定，隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件，验收合格后方可继续施工。

8.1.3 预制构件安装施工前，应制定安装定位标识方案，根据安装连接的精细化要求，控制合理误差。安装定位标识方案应按照一定顺序进行编制，标识点应清晰明确，定位顺序应便于查询标识。

8.2 M 型钢骨架

8.2.1 构件深化设计宜由主体设计单位一体化设计完成，并宜从方案阶段开始介入。主体设计单位不能完成时，可由相关设计单位或构件生产单位进行深化设计，并应经主体设计单位认可。

8.2.5 构件堆放场地应坚实、平整，不得堆放在松土或表面不平整的地方，防止整体或者局部下沉，造成构件损坏。构件应按照一定的顺序堆放整齐，并应按照生产日期合理划分构件堆放区域，并做出明显标识，堆放区域之间应设置通道。

8.2.6 M 型钢骨架安装时应按照预先制定好的顺序依次吊装，安装时应采取可靠措施控制空心墙模位置，当某一轴线上的空心墙模就位完成后，应统一校正墙体垂直度、平整度，采取可靠的加固支撑措施固定混凝土空心墙模。

8.2.8 预制构件交付的产品质量证明文件应包括以下内容：

- 1 出厂合格证；
- 2 混凝土强度检验报告；
- 3 钢筋、固模底板、连接件等材料及构配件的性能检验报告；
- 4 合同要求的其他质量证明文件。

8.3 固模工程

8.3.1 模具的质量影响到空心墙模构件的质量，因此必须要求模具具有足够的强度、刚度，以满足空心墙模构件质量。

8.4 混凝土工程

8.4.2 空心墙模水平方向和竖直方向设置通长交叉孔洞，宜选用流动性大的细石混凝土，并且严格控制外加剂、水的用量，禁止混凝土表面出现泌水，振捣宜采用机械振捣方式。

8.4.6 空心墙模脱模的时机非常重要，过早脱模容易造成坍孔，过晚容易造成抽孔困难，因此脱模时的混凝土抗压强度应符合制作工艺要求，且应通过试生产确定合适的脱模强度和脱模时间。

9 验 收

9.1 一般规定

9.1.1 工程的分部工程、分项工程划分应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一规程》GB 50300 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。M 型钢剪力墙结构作为一种新型装配式结构，应作为混凝土结构子分部工程进行验收。

9.1.5 同一工程项目且同期施工的多个单位工程统一划分检验批 的目的是解决同一施工单位施工的工程中，同批进场材料可能用于多个单位工程的情况，避免由于单位工程规模较小，出现针对同批材料多次重复验收的情况。

9.1.6 当混凝土中掺用外加剂或矿物掺和料时，应符合有关的国家标准、规范或规程。

9.2 M 型钢骨架及固模工程

I 主控项目

9.2.1 本条参考了现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 对预制构件的有关规定，是对 M 型钢墙模质量的基本要求。

对专业生产单位制作的空心墙模，进场时应检查质量证明文件。质量证明文件包括混凝土强度检验报告及其他

重要检验报告、制作过程的关键验收记录等。

对于在施工现场制作的空心墙模，没有“进场”的验收环节，其材料和制作质量应按本规程第 8 章的有关规定进行验收，验收方式为检查制作中的质量验收记录。

9.2.4 空心墙模的外观质量缺陷判断和尺寸偏差检验应符合本标准第 8 章的有关规定。

9.3 混凝土工程

I 主控项目

9.3.2 对空心墙模孔内现浇混凝土浇筑质量进行验收时，应全数检查混凝土施工记录，并观察接缝及顶面凹槽处外露的现浇混凝土外观质量；抽查现浇混凝土与预制部分之间是否有空鼓缺陷；对于无法辨别的存疑部位，应全数进行局部开孔检查或使用回弹-取芯法等进行强度检验。

9.3.4 本条参考了现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 对装配式结构构件的有关规定，且从严要求。空心墙模安装的位置和尺寸允许偏差可根据表 9.4.4 适当从严要求，以保证现浇混凝土施工后符合要求。