



T/CECS ×××-202×

---

中国工程建设标准化协会标准

# 绿色韧性混凝土模壳工程技术规程

Technical specification of green and resilient concrete formwork  
shell engineering  
(征求意见稿)

202X 北京

# 前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2024 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2024]15 号）要求，规程编制组经广泛调查研究，结合生产和工程实践，认真总结经验，参考有关先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 7 个章节，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、基本构造与材料、设计、生产与运输、施工安装与验收等。

本规程某些内容可能直接或间接涉及专利，发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会绿色建筑与生态城区分会负责归口管理，由海南威特建设科技有限公司、中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如内容有建议修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：1、海南省海口市秀英区西秀镇美安科技新城椰海大道 999 号海南威特建设科技有限公司，邮政编码：570311；2、北京市朝阳区北三环东路 30 号 C 座 18 层，邮政编码：100013），以供今后修订时参考。

**主编单位：**海南威特建设科技有限公司

中国建筑科学研究院有限公司

**参编单位：**热带建筑科学研究院（海南）有限公司

建研建材有限公司

建研院检测中心有限公司

哈尔滨工业大学

重庆大学

西安建筑科技大学

海南大学

海南省设计研究院有限公司

中南建筑设计院股份有限公司海南分公司

中元国际（海南）工程设计研究院有限公司

中交建筑科技（济南）有限公司

中国建筑第二工程局有限公司

中天建设集团有限公司

海南现代建筑部品股份有限公司

海南发展控股置业集团有限公司

海口江东新区开发建设有限责任公司

**主要起草人：**

**主要审查人：**

# 目次

<b>1 总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2 术语</b> .....	<b>2</b>
<b>3 基本规定</b> .....	<b>3</b>
<b>4 基本构造与材料</b> .....	<b>4</b>
4.1 基本构造 .....	4
4.2 绿韧模壳 .....	5
4.3 钢筋骨架 .....	8
4.4 对拉连接件 .....	8
<b>5 设计</b> .....	<b>9</b>
5.1 一般规定 .....	9
5.2 建筑设计 .....	9
5.3 结构设计 .....	9
5.4 构造设计 .....	12
5.5 构件设计 .....	13
<b>6 生产与运输</b> .....	<b>15</b>
6.1 一般规定 .....	15
6.2 模壳构件生产 .....	15
6.3 模壳构件吊运、存放及防护 .....	18
6.4 模壳构件运输 .....	19
<b>7 施工安装与验收</b> .....	<b>20</b>
7.1 一般规定 .....	20
7.2 施工准备 .....	20
7.3 模壳构件安装 .....	21
7.4 模壳构件连接 .....	22
7.5 验收 .....	23
<b>用词说明</b> .....	<b>27</b>
<b>引用标准名录</b> .....	<b>28</b>
<b>附：条文说明</b> .....	<b>30</b>

## Contents

<b>1</b>	<b>General provisions</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Terms</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Basic requirements</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Basic Structure and Materials</b> .....	<b>4</b>
4.1	Basic Structure.....	4
4.2	Green and resilient formwork shell.....	5
4.3	Reinforcement cages.....	8
4.4	Tension components.....	8
<b>5</b>	<b>Design</b> .....	<b>9</b>
5.1	General requirements.....	9
5.2	Architectural design.....	9
5.3	Structure design.....	9
5.4	Structural design.....	12
5.5	Component design.....	13
<b>6</b>	<b>Production and transportation</b> .....	<b>15</b>
6.1	General requirements.....	15
6.2	Production of shell components.....	15
6.3	Lifting, storage and protection of shell components .....	18
6.4	Transportation of shell components .....	19
<b>7</b>	<b>Construction installation and acceptance</b> .....	<b>20</b>
7.1	General requirements.....	20
7.2	construction preparation.....	20
7.3	Installation of shell components.....	21
7.4	Connection of shell components.....	22
7.5	Acceptance .....	23
	Explanation of wording.....	27
	List of quoted standards.....	28
	Addition: Explanation of provisions.....	30

# 1 总则

**1.0.1** 为规范绿色韧性混凝土模壳工程技术应用，做到安全适用、质量保证、技术先进、经济合理，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于抗震设防烈度 8 度及以下地区绿色韧性混凝土模壳工程的材料、设计、生产、运输、施工安装与验收。

**1.0.3** 绿色韧性混凝土模壳工程技术应用，除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**1.0.4** 绿色韧性混凝土模壳工程建设中，创新性技术方法和措施的运用，应进行论证并符合本规程中有关性能的要求。

## 2 术语

### 2.0.1 绿色韧性混凝土模壳 Green and resilient concrete formwork shell

由水泥、矿物掺合料、细骨料、再生细骨料、纤维等制备而成的具有绿色环保及良好韧性的预制构件，用于剪力墙、梁、柱、板等主体结构构件浇筑成型的免拆模壳，简称绿韧模壳。

### 2.0.2 绿色韧性混凝土模壳工程 Green and resilient concrete formwork shell engineering

在建筑工程项目建造过程中，部分主体结构采用工厂预制的绿韧模壳构件，在现场施工安装并浇筑混凝土后形成的钢筋混凝土结构工程。

### 2.0.3 绿韧模壳剪力墙构件 GRFS-Shear wall

在工厂预制完成，由对拉连接件、钢筋骨架、绿韧模壳组成的模壳系统，用于现场安装并浇筑成型的剪力墙构件，简称模壳墙。

### 2.0.4 绿韧模壳结构柱构件 GRFS-Structural column

在工厂预制完成，由对拉连接件、钢筋骨架、绿韧模壳组成的模壳系统，用于现场安装并浇筑成型的结构柱构件，简称模壳柱。

### 2.0.5 绿韧模壳结构梁构件 GRFS-Structural beam

在工厂预制完成，由对拉连接件、钢筋骨架、绿韧模壳组成的模壳系统，用于现场安装并浇筑成型的结构梁构件，简称模壳梁。

### 2.0.6 绿韧模壳楼承板构件 GRFS-Floor support plate

在工厂将预制钢筋桁架预埋于绿韧模壳中，用于现场结构板浇筑成型的免拆楼承板构件，简称模壳楼承板。

### 2.0.7 绿韧模壳对拉连接件 Formwork shell tension components

两端预埋于绿韧模壳中，用于固定绿韧模壳和钢筋骨架，承受混凝土浇筑侧压力的对拉连接杆件。

### 2.0.8 纵向钢筋定位板 Longitudinal stressed steel bar positioning plate

用于保证绿韧模壳内部钢筋骨架纵向受力钢筋位置准确，提高与现场预留钢筋连接质量的辅助定位钢板。

### 2.0.9 预制钢筋骨架 Prefabricated steel reinforcement framework

在工厂内自动焊接或绑扎完成，用于绿韧模壳剪力墙、绿韧模壳结构柱和绿韧模壳结构梁内部钢筋受力体系的骨架。

### 2.0.10 钢筋机械连接 Rebar mechanical splicing

通过钢筋与连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用，实现钢筋之间内力传递的连接方法。

### 3 基本规定

**3.0.1** 绿韧模壳应能满足结构正常变形，长期承受自重、风荷载、雪荷载、使用活荷载，以及在室外环境长期作用下不产生影响使用的变形、裂缝和破坏的要求。

**3.0.2** 绿韧模壳组成材料、构配件应符合现行国家产品标准的有关规定，配套材料之间应具有良好的相容性。

**3.0.3** 绿色韧性混凝土模壳工程建筑设计应符合《民用建筑设计通则》GB50352、《房屋建筑制图统一标准》GB50001的有关规定。

**3.0.4** 绿韧模壳结构设计应符合《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153、《建筑抗震设计标准》GB/T 50011等相关现行国家标准外，尚应符合《装配式混凝土结构设计规程》JGJ 1、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《非结构构件抗震设计规范》JGJ 339等相关现行行业标准的有关规定。

**3.0.5** 绿韧模壳相关的建筑工程防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016和《建筑防火通用规范》GB 55037的有关规定。

**3.0.6** 绿韧模壳相关的建筑工程节能设计和热工计算应符合国家现行标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《公共建筑节能设计标准》GB 50189和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《温和地区居住建筑节能设计标准》JGJ 475以及当地居住建筑、公共建筑和工业建筑节能设计标准的有关规定。

**3.0.7** 防水设计应符合现行国家及行业标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《地下防水工程施工质量验收规范》GB 50208、《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235的有关规定。

**3.0.8** 消防、暖通、给排水、电气等专业设计及预留预埋应符合现行国家、行业及地方标准的有关规定。

**3.0.9** 绿韧模壳、钢筋工程、混凝土工程、机电管线施工安装应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243等有关规定。

**3.0.10** 绿韧模壳构件施工安装前，宜先施工工序样板，施工工艺和工程质量经验收满足要求后，方可大范围施工。

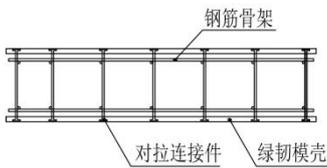
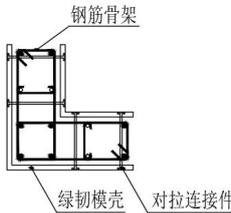
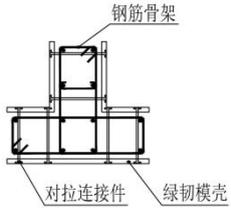
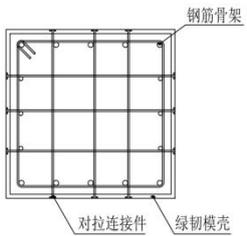
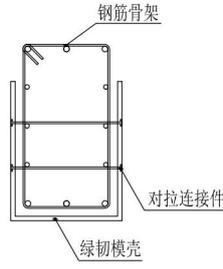
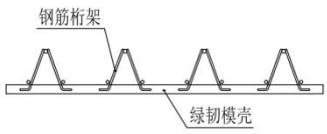
**3.0.11** 现场施工安装过程应符合现行国家标准《建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范》GB 55034、《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720和《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905的有关规定。

## 4 基本构造与材料

### 4.1 基本构造

4.1.1 绿韧模壳应用类别及基本构造应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 绿韧模壳应用类别及基本构造

类别名称	基本构造	构造示意图
模壳墙	1) “一”型：绿韧模壳（两面或三面）+钢筋骨架+对拉连接件	
	2) “L”型：绿韧模壳（四面）+钢筋骨架+对拉连接件	
	3) “T”型：绿韧模壳（五面）+钢筋骨架+对拉连接件	
模壳柱	绿韧模壳（四面）+钢筋骨架+对拉连接件	
模壳梁	绿韧模壳（三面）+钢筋骨架+对拉连接件	
模壳楼承板	绿韧模壳（单面）+钢筋桁架	

## 4.2 绿韧模壳

### 4.2.1 绿韧模壳

一般由水泥、矿物掺合料、细骨料、再生细骨料、外加剂、纤维、水等材料按照设计配合比制备而成，应根据项目具体需求和强度等级由模壳构件生产厂家进行定制，组成材料的相关性能应符合本规程和国家现行有关标准规定。

### 4.2.2 水泥

水泥品种与强度等级的选用应根据设计、施工要求、结构特点以及工程所处环境及应用条件确定。水泥宜采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或硫铝酸盐水泥。普通硅酸盐水泥应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，矿渣硅酸盐水泥应符合《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344 的规定，硫铝酸盐水泥应符合《硫铝酸盐水泥》GB/T 20472 的规定。

### 4.2.3 矿物掺合料

矿物掺合料宜采用Ⅱ级以上的粉煤灰、S95 以上的粒化高炉矿渣粉、硅灰、天然火山灰质材料、I级再生微粉或复合掺合料。粉煤灰性能应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定，粒化高炉矿渣粉应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定，硅灰性能应符合《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定，天然火山灰质材料应符合《水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料》JG/T 315 的规定，再生微粉性能应符合《混凝土和砂浆用再生微粉》JG/T 573 的规定，复合掺合料性能应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T18736 的规定。当采用其他矿物掺合料时，应进行试验验证，确定绿韧模壳混凝土性能符合工程应用要求后方可使用。

### 4.2.4 细骨料

细骨料宜采用天然砂、机制砂或混合砂，性能应符合《建设用砂》GB/T 14684 的规定，宜采用 2 区的中砂，技术要求不低于Ⅱ类。

### 4.2.5 再生细骨料

再生细骨料性能应符合《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176 的规定，宜采用 2 区的中砂，技术要求不低于Ⅰ类。

### 4.2.6 外加剂

外加剂应根据项目需求选择减水剂、阻锈剂、速凝剂或缓凝剂等，其性能应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。减水剂宜选用高性能减水剂，减水率宜大于 30%。其他外加剂应通过试验确定绿韧模壳性能符合工程应用要求后方可使用。

### 4.2.7 纤维

纤维宜采用钢纤维或有机合成纤维。钢纤维宜采用镀铜高强度微细钢纤维，相关规格和性能应符合表 4.2.7 的规定。有机合成纤维可采用聚丙烯纤维（代号 PP）、聚乙烯醇纤维（代号 PVA），性能应符合《水

泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120 的规定。公称长度宜为 6~9 mm，当量直径宜为 20~30 μm。掺用其他有机合成纤维时，其性能应符合国家现行相关标准的规定，且应通过试验确定绿韧模壳性能符合工程应用要求后方可使用。

表 4.2.7 镀铜高强度微细钢纤维的性能

项目	技术指标	试验方法
长度	12~14 mm	《混凝土用钢纤维》GB/T 39147
直径	0.18~0.3 mm	
形状合格率	≥90%	
抗拉强度	≥2000 MPa	
弹性模量	≥200 GPa	
弯曲性能	≥95%的试样不应断裂	

4.2.8 绿韧模壳力学性能应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 绿韧模壳力学性能

项目	性能指标	试验方法	
抗压强度	≥80MPa	《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081	
抗折强度	≥10MPa		
弹性模量	≥35GPa		
弯曲韧性指数	I <sub>5</sub>	≥5	《纤维混凝土试验方法标准》CECS 13
	I <sub>10</sub>	≥10	
	I <sub>20</sub>	≥20	
等效弯曲强度	≥10MPa		
静曲强度	≥25MPa	《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》GB/T 17657	
注: 以上力学性能为 28 天标准养护龄期测试结果的指标要求。			

4.2.9 绿韧模壳耐久性能与长期性能应满足设计要求，并符合《钢纤维混凝土》JG/T 472 的有关规定。

4.2.10 绿韧模壳构件生产时应采取措施避免出现外观质量缺陷，根据其影响安装和使用功能的严重程度，划分为严重缺陷和一般缺陷，详见表 4.2.10。

表 4.2.10 绿韧模壳外观质量缺陷

名称	现象	缺陷类别划分	
		严重缺陷	一般缺陷
夹渣	模壳中夹有杂物或搅拌不均匀的干料	夹渣较多,无法正常安装和使用,严重影响受力性	有少量夹渣,不影响安装和使用功能

		能	
裂缝	模壳表面存在龟裂、贯穿性裂缝	裂缝属贯穿性裂缝,影响模壳构件正常安装和使用	裂缝属表面龟裂,经修补后不影响模壳构件正常安装和使用
蜂窝	振捣、漏浆、配合比不当等导致的模壳表面存在气孔、局部疏松	存在大量蜂窝,严重影响模壳正常安装和使用,且无法修复	存在少量蜂窝,可修复后继续使用
外形缺陷	存在缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、表面不平等质量缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平严重,无法正常安装和使用,且无法修复	存在少量缺棱掉角、棱角不直、翘曲问题,经修补后可正常使用
外表缺陷	表面存在麻面、起砂、掉皮、污染等	重要部位外表缺陷较多,无法正常使用,不宜修复	外表缺陷较少,经修补后不影响使用和装饰功能
对拉连接缺陷	对拉连接件由于生产运输或外力撞击等导致周边开裂、松动、损坏等	模壳对拉连接件与模壳结合处有明显裂缝、松动、或自身损坏等,影响构件整体受力性能及施工安全	对拉连接件周边有细微裂缝,但不影响正常安装和使用

4.2.11 绿韧模壳构件尺寸允许偏差及检验方法应符合表 4.2.11 的规定。

表 4.2.11 绿韧模壳构件出厂尺寸允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
构件长度	模壳墙	±5	尺量检查
	模壳柱	±5	
	模壳梁	±5	
	模壳楼承板	±5	
截面长度、宽度	模壳墙	±3	钢尺量一端及中部,取其中偏差绝对值较大处
	模壳柱	±2	
	模壳梁	±2	
截面厚度	模壳(墙、柱、梁、楼承板)	±1	尺量检查
表面平整度	模壳墙、模壳柱、模壳梁、模壳楼承板	2	2m 靠尺和塞尺检查
侧向弯曲	模壳墙	$L/1000$ 且 $\leq 20$	拉线、钢尺量最大侧向弯曲处
	模壳梁	$L/750$ 且 $\leq 20$	

翘曲	模壳墙	L/1000	调平尺在两端测量
	模壳楼承板	L/1000	
对角线差	模壳墙	5	钢尺量两个对角线
	模壳楼承板	5	
挠度变形	模壳梁设计起拱	±5	拉线、钢尺量最大弯矩处
	模壳楼承板设计起拱	±5	
预留孔	中心线位置	4	尺量检查
	孔尺寸	±4	
预留洞	中心线位置	5	尺量检查
	洞口尺寸、深度	±5	
预埋件	预埋螺栓中心线位置	2	尺量检查
	预埋螺栓外露长度	+10, -5	
	线管、电盒、吊环在绿韧模壳构件平面的中心线位置偏差	5	
注：1、L 为绿韧模壳构件最长边的长度（mm）；			
2、检查中心线、螺栓和孔洞位置偏差时，应沿纵横两个方向测量，并取其中偏差较大值。			

### 4.3 钢筋骨架

**4.3.1** 钢筋性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2、《热轧型钢》GB/T 706 的有关规定。

**4.3.2** 钢筋骨架的钢筋加工、钢筋连接和钢筋安装应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

### 4.4 对拉连接件

**4.4.1** 对拉连接件宜采用钢质连接件，性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010、《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 和《热轧型钢》GB/T 706 的有关规定。

**4.4.2** 对拉连接件原材料抗拉强度应根据现行国家标准《金属材料室温拉伸试验方法》GB/T 228.1 确定，不应小于 300MPa。

**4.4.3** 对拉连接件采用金属制作时应采取相应的防锈措施。在满足设计要求的条件下，当模壳墙采用钢制对拉连接件时，可不配置剪力墙分布钢筋之间的拉结筋。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 绿韧模壳体系应与建筑、结构、给排水、暖通、电气、消防、智能化和燃气等专业协同设计，宜采用模块组合将结构系统、外围护系统、设备与管线系统和内装系统进行集成。

**5.1.2** 绿韧模壳构件规格尺寸应根据项目具体情况深化设计和定制，宜符合建筑模数化设计原则。

**5.1.3** 施工阶段应对绿韧模壳构件进行短暂设计状况下的承载能力极限状态设计；使用阶段应对绿韧模壳构件进行持久设计状况下的承载能力极限状态和正常使用极限状态设计，并应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068的有关规定。

**5.1.4** 绿韧模壳体系的伸缩缝、混凝土保护层、钢筋的锚固与连接等，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的有关规定。

**5.1.5** 设备与管线系统的设计应符合下列规定：

- 1) 设备与管线宜集中设置，给排水、暖通、电气智能化、消防等设备与管线应进行综合设计；
- 2) 宜选用模块化产品，接口应标准化，并应预留扩展条件；
- 3) 应满足建筑全寿命期的使用维护要求，预留维护作业面或采用管线分离方式等。

### 5.2 建筑设计

**5.2.1** 建筑设计应采用模块及模块组合的设计方法，遵循少规格、多组合的原则，宜将各功能模块、部品部件等建立信息库和信息化协同平台，统一编码、统一规则。

**5.2.2** 建筑平面设计应符合下列规定：

- 1) 宜采用大开间大进深、空间灵活可变的布置方式；
- 2) 平面布置应规则，承重构件布置应上下对齐贯通，外墙洞口宜规整有序。

**5.2.3** 建筑立面设计应符合下列规定：

- 1) 宜通过建筑装饰材料材质肌理、色彩等变化，形成丰富多样的外立面效果；
- 2) 外墙装饰层材料应具有良好的耐候性和耐腐蚀性能，以及良好的耐久性能；
- 3) 外墙保温系统构造宜与绿韧模壳体系相协调，确保连接牢固可靠。

**5.2.4** 内装系统的设计应符合下列规定：

- 1) 内装设计应与建筑设计、设备与管线设计同步进行；
- 2) 宜采用装配式楼地面、墙面、吊顶等部品系统；
- 3) 住宅建筑宜采用集成式厨房、集成式卫生间及整体收纳等部品系统。

### 5.3 结构设计

**5.3.1** 绿韧模壳体系结构设计可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。

**5.3.2** 绿韧模壳体系结构构件进行内力计算时，可根据项目需求选择绿韧模壳厚度计入或不计入结构构件钢筋保护层情况进行，最大适用高度、高宽比应符合国家现行标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011及行业现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3的有关规定。

**5.3.3** 模壳楼承板进行施工阶段计算时，应根据施工实际情况采用合理的计算简图，并应符合下列规定：

- 1) 底模厚度不计入受力钢筋的保护层厚度时，楼承板内力计算不考虑钢筋桁架与底模的协同受力；
- 2) 底模厚度计入受力钢筋的保护层厚度时，楼承板内力计算宜考虑底模与钢筋桁架协同受力，可采用组合构件的简化方法计算，也可采用有限元方法计算；
- 3) 挠度计算可不考虑底模与钢筋桁架协同受力。

**5.3.4** 绿韧模壳剪力墙中模壳厚度计入结构构件钢筋保护层时，底部加强区及以下楼层不应采用模壳剪力墙，且每层模壳墙截面面积比不宜大于 50%，轴压比宜根据其抗震等级和烈度取相应限值，见表 5.3.4。

**表 5.3.4 轴压比**

结构体系	抗震等级			
	一级	二级	三级	四级
剪力墙结构	0.4	0.5	0.5	
框架-剪力墙结构	0.65	0.75	0.80	0.85
部分框支剪力墙结构	0.50	0.60	/	/

**5.3.5** 绿韧模壳不作为结构构件混凝土保护层时，结构整体进行受力分析应考虑模壳自重的影响。

**5.3.6** 模壳墙、模壳柱、模壳梁、模壳楼承板之间的连接节点应受力明确、构造可靠，并应满足承载力、延性和耐久性等要求。

**5.3.7** 模壳墙竖向钢筋连接形式宜采用搭接或机械连接，模壳柱、模壳梁的钢筋连接宜根据钢筋直径及受力状态选择搭接或机械连接。钢筋的锚固、连接应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

### 模壳墙

**5.3.8** 模壳墙竖向接缝应设置在边缘构件范围以外。

**5.3.9** 竖向钢筋采用搭接连接的模壳墙水平接缝宜设置在楼面结构标高处，水平接缝宽度宜 20~30mm。模壳墙构件与下层楼面交界处楼面宜设置粗糙面。

**5.3.10** 非边缘构件模壳墙竖向钢筋连接应符合以下规定：

- 1) 模壳墙竖向钢筋采用搭接连接时，下层模壳墙钢筋搭接段的竖向钢筋宜向内弯折，弯折水平间距应满足钢筋避让要求且不应大于 30mm，斜率不应大于 1/6，搭接长度不应小于 1.2laE；
- 2) 模壳墙竖向钢筋采用附加环形钢筋连接时，附加环形钢筋与上、下层剪力墙竖向钢筋的搭接长度不应小于 1.2laE；附加环形钢筋的规格型号应与剪力墙的竖向钢筋一致，间距不应大于竖向钢筋间距；
- 3) 剪力墙底部竖向钢筋搭接区域内的水平分布钢筋应加密，间距不应大于 100mm，第一根水平分布筋与结构面距离宜为 50mm。

**5.3.11** 非边缘构件区域的模壳剪力墙之间的竖向接缝不宜小于 150mm，且水平钢筋接缝间距不宜大于 200mm，现场施工宜采用附加环形钢筋与模壳剪力墙水平分布钢筋搭接，钢筋搭接长度不应小于 1.6laE；附加环形钢筋的规格型号应与剪力墙的水平钢筋一致，其间距不应大于水平钢筋间距。

**5.3.12** 边缘构件模壳墙竖向钢筋采用机械连接时，应满足一级接头性能要求，竖向钢筋应逐根对接。连接区域宜自楼板顶向上 500mm，模壳墙构件与下层楼面交界处楼面宜设置粗糙面。

**5.3.13** 边缘构件模壳墙竖向钢筋采用搭接或附加环形钢筋搭接连接时，钢筋搭接长度不应小于 1.6laE。

### 模壳柱

**5.3.14** 模壳柱纵向钢筋采用机械连接时，钢筋机械连接及连接区域构造应符合下列规定：

- 1) 连接区域宜自结构梁顶向上 500mm，且应满足纵向钢筋机械连接的操作要求；
- 2) 纵筋机械连接接头应满足现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 一级接头的有关要求；
- 3) 纵筋机械连接接头净距不应小于 30mm，混凝土保护层最小厚度应满足《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的规定；纵筋机械连接接头两侧第一道箍筋距套筒端部不应大于 50mm，并满足箍筋加密区的相关规定。

**5.3.15** 模壳柱纵向钢筋采用搭接连接时，应符合以下规定：

- 1) 水平接缝宜设置在结构梁顶标高处，水平接缝宽度宜 $\geq 20\text{mm}$ 。模壳柱与下层结构梁交界处宜设置粗糙面；
- 2) 模壳柱纵向钢筋采用直接搭接连接时，下层模壳柱向上延伸的搭接段纵向钢筋宜向内弯折，弯折水平距离应满足钢筋避让要求且不应大于 30mm，斜率不应大于 1/6，搭接长度不应小于 1.6laE；
- 3) 模壳柱纵向钢筋采用附加钢筋搭接连接时，下层模壳柱附加钢筋与上层模壳柱纵向钢筋搭接长度不应小于 1.6laE，附加钢筋的规格型号应与上层模壳柱的纵向钢筋一致，其间距不应大于模壳柱的纵向钢筋间距；
- 4) 模壳柱底部纵向钢筋连接区域内的箍筋应加密，其间距不应大于 100mm，且第一道箍筋与结构面距离不应大于 50mm。

### 模壳梁

**5.3.16** 中梁两侧模壳顶部应与楼板底平齐，边梁外侧模壳顶部应与楼板面平齐。

**5.3.17** 模壳梁纵向钢筋锚固形式及长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和行业标准《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 的有关规定。

### 模壳楼承板

**5.3.18** 模壳楼承板使用阶段最大裂缝宽度计算和限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

**5.3.19** 模壳楼承板施工阶段可采用弹性分析方法计算分析，计算钢筋桁架时，荷载由桁架承担；计算底模与钢筋桁架连接时，荷载全部由底模承担。

**5.3.20** 模壳混凝土板进行使用阶段计算时，钢筋桁架混凝土板可按普通现浇混凝土板的设计原则进行设计，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

**5.3.21** 模壳楼承板在施工阶段设置临时支撑时，临时支撑的设计及施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

**5.3.22** 模壳楼承板施工阶段的荷载标准值应按下列规定采用：

- 1) 永久荷载：钢筋桁架楼承板、钢筋和混凝土自重；

- 2) 可变荷载：施工荷载应以实际荷载为依据，且不应小于  $1.5\text{kN/m}^2$ ；
- 3) 集中荷载：集中荷载应以实际荷载为依据，且不应小于  $1.0\text{kN}$ 。

**5.3.23** 施工阶段模壳楼承板挠度计算时应符合下列规定：

- 1) 跨内不设置临时支撑时，应按永久荷载和可变荷载的标准组合计算楼承板的挠度，挠度限值不应大于楼承板计算跨度的  $1/180$  和  $20\text{mm}$  的较小值；
- 2) 跨内设置临时支撑时，应按永久荷载标准值计算楼承板的挠度；当钢筋桁架混凝土板底面外露时，挠度限值宜取为计算跨度的  $1/400$ ；当钢筋桁架混凝土板底面隐蔽时，挠度限值宜取为计算跨度的  $1/250$ ；支承跨度应按楼承板支承情况取相邻临时支撑间距或临时支撑与楼承板端部支座的距离；
- 3) 挠度值应符合设计要求。

**5.3.24** 施工阶段，在荷载标准组合作用下按照弹性方法计算的底模正截面边缘材料法向拉应力，不应超过底模材料抗折强度标准值的  $0.8$  倍。

## 5.4 构造设计

**5.4.1** 模壳体系结构的伸缩缝、钢筋的混凝土保护层厚度、钢筋的锚固和连接、纵向受力钢筋的最小配筋率等，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定。

**5.4.2** 除本章规定外，模壳结构构件及梁柱节点的构造要求，应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 和《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 的有关规定。

**5.4.3** 模壳墙、柱、梁与后浇内腔混凝土之间应根据构件配筋特点、制作方式等选择下列构造措施之一：

- 1) 在模壳内表面设置结合面抗剪钢筋，结合面抗剪钢筋间距不应大于  $200\text{mm}$ ，直径不应小于  $6\text{mm}$ ；
- 2) 当模壳作为结构构件混凝土保护层时，在模壳内表面应设置粗糙面。

**5.4.4** 模壳和钢筋骨架应采取连接措施形成整体。模壳之间的对拉连接件应满足施工阶段验算的要求，模壳梁的对拉连接件间距不宜大于  $500\text{mm}$ ，模壳墙和模壳柱的对拉连接件间距不宜大于  $300\text{mm}$ 。

**5.4.5** 模壳墙对拉连接件位置应与钢筋骨架的竖向和水平分布钢筋间距相协调，宜避开竖向和水平分布钢筋交点位置；模壳柱、模壳梁对拉连接件位置应与纵向受力钢筋和箍筋间距相协调，宜避开纵向受力钢筋和箍筋交点位置。

**5.4.6** 绿韧模壳对拉连接件应与钢筋骨架、绿韧模壳形成可靠连接，埋置深度应不小于  $15\text{mm}$ 。

**5.4.7** 模壳楼承板与结构梁、剪力墙支座连接时，底板宜伸入结构梁或剪力墙内  $10\sim 15\text{mm}$ ，支座处应设置附加钢筋对两侧模壳楼承板进行锚固，锚固长度应符合《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的相关规定。

**5.4.8** 模壳墙、模壳柱与下层结构交界处应设置粗糙面。

**5.4.9** 当模壳楼承板下方设置临时支撑时，支撑系统构造应保证强度、刚度和整体稳定性满足要求。

**5.4.10** 模壳楼承板之间纵向连接处，上、下弦部位应布置连接钢筋，连接钢筋应跨过支座并向板内延伸，且应满足下列规定：

- 1 当模壳楼承板在该支座设计成连续板时，支座附加上筋应按计算确定，并应符合下列规定：
  - 1) 当支座附加上筋与钢筋桁架上弦钢筋搭接连接时，搭接长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 的有关规定；

2) 当支座附加上筋不与钢筋桁架上弦钢筋搭接连接时,从支座边伸入板内的长度应覆盖负弯矩包络图并符合钢筋锚固要求,且不应小于计算跨度的 1/4。

2 当模壳楼承板在该支座处设计成简支板时,支座处应配置支座附加上筋和支座附加下筋,并应符合下列规定:

1) 支座附加上筋应满足现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 裂缝宽度的要求,且直径不宜小于 8mm,间距不宜大于 200mm。支座附加上筋由钢筋桁架端部向板内延伸长度  $L$  不应小于  $1.6l_a$ ,且不应小于 300mm;

2) 支座附加下筋直径不宜小于 8mm,间距不宜大于 200mm。支座附加上筋由钢筋桁架端部向板内延伸长度  $L$  不应小于  $1.2l_a$ ,且不应小于 300mm。

3 钢筋桁架伸入支座时,钢筋桁架支座竖筋外侧至支座边缘的距离不宜小于 50mm;钢筋桁架不伸入支座时,宜搁置在支承件或临时支撑上,搁置长度不宜小于 50mm,且搁置长度内钢筋桁架与底模应有效连接。

**5.4.11** 绿韧模壳楼承板之间横向连接采用密拼接缝,接缝处采用聚合物砂浆嵌缝。

**5.4.12** 模壳楼承板与模壳梁支座连接应符合下列规定:

1) 底模底宜与模壳梁顶齐平,钢筋桁架不宜伸入支座,现场宜搁置在连接于模壳梁侧面的支承件上或施工支撑上;

2) 支座连接构造上应符合本规程第 5.4.7 的有关规定。

**5.4.13** 模壳楼承板与现浇混凝土梁支座连接构造应符合下列规定:

1) 钢筋桁架不宜伸入支座;

2) 模壳楼承板底模宜搭接在现浇混凝土梁的侧模上,模壳楼承板端部下方宜设置临时支撑,且宜搁置在临时支撑上,支座连接构造应同时符合本规程第 5.4.7 的有关规定。

**5.4.14** 模壳楼承板与模壳墙支座连接构造应符合下列规定:

1) 底模底宜与模壳墙顶齐平,钢筋桁架不宜伸入支座,宜搁置在模壳墙顶部或临时支撑上;

2) 支座连接构造应同时符合本规程第 5.4.7 的有关规定。

**5.4.15** 绿韧模壳楼承板与现浇混凝土剪力墙支座连接构造应符合下列规定:

1) 钢筋桁架不宜伸入支座;

2) 模壳楼承板底模宜搭接在现浇混凝土剪力墙侧模上,模壳楼承板端部下方宜设置临时支撑,且宜搁置在临时支撑上;支座连接构造应同时符合本规程第 5.4.7 的有关规定。

**5.4.16** 机电管线、接口及吊挂配件的孔洞、沟槽应根据设备和装修要求,在绿韧模壳构件上预装、预留。

## 5.5 构件设计

**5.5.1** 绿韧模壳构件设计除满足施工图设计要求外,应同时满足生产、运输、施工安装等短暂设计工况要求。

**5.5.2** 模壳墙、柱、梁及楼承板构件深化设计应包括绿韧模壳构件加工详图、平面布置图和安装节点图。

**5.5.3** 绿韧模壳构件的尺寸和形状,应符合下列规定:

1) 满足建筑的使用功能和模数化要求;

2) 满足构件制作、运输、存放、施工安装的要求；

3) 保证结构和构件连接部位形状、尺寸和位置准确，并满足连接部位钢筋安装和混凝土浇筑条件。

**5.5.4** 绿韧模壳构件深化设计时，应进行混凝土浇筑时的模壳强度和连接件强度验算，后浇混凝土作用于模板的侧压力宜按《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162 的规定进行计算。绿韧模壳厚度不宜小于 20mm，并考虑构件生产、运输等因素影响。

**5.5.5** 对拉连接件设计应避开下层纵向钢筋或相邻水平分布钢筋的位置，且应与钢筋骨架有效固定，确保钢筋骨架与模壳的位置准确。

**5.5.6** 模壳构件中同一平面内的模壳应一次成型。当不同平面内的模壳存在连接时，可根据不同工况需求设置必要的附加连接件。

**5.5.7** 绿韧模壳构件临时支撑用埋件应符合下列要求：

1) 应与模壳或钢筋骨架可靠连接，与绿韧模壳构件边缘的距离不宜小于 200mm；

2) 沿绿韧模壳构件长度方向宜设置两列，且应满足施工安装后临时固定与校正位置等要求。

**5.5.8** 绿韧模壳构件吊点设置除符合设计要求，应同时符合下列要求：

1) 吊点数量不宜少于 2 个，宜沿长度方向对称设置；

2) 模壳墙吊点与构件两侧边缘的水平距离不宜小于 180mm，与构件顶部边缘的垂直距离不宜小于 100mm；

3) 模壳柱吊点与构件顶部边缘的距离不宜小于 200mm；

4) 模壳梁吊点与构件端部边缘的距离不宜小于 300mm。

**5.5.9** 绿韧模壳构件的机电管线、孔洞等预留预埋设计应符合施工图设计要求。

**5.5.10** 模壳楼承板规格与外形尺寸应符合下列规定：

1) 底板宽度宜为 600mm~1500mm。

2) 钢筋桁架腹杆节点间距宜为 200mm；

3) 钢筋桁架间距宜为 200mm~300mm，至底模边缘距离宜为 100mm~150mm；

4) 钢筋桁架高度宜为 70mm~270mm，宽度宜为 80mm；

## 6 生产与运输

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 生产单位应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件，建立完善的质量管理体系和制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理系统。
- 6.1.2 绿韧模壳构件生产应根据项目具体需求制定生产方案。生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。生产前应对技术要求和质量标准进行交底，生产过程应做好质量安全管控和养护工作，严格按标准进行质量验收，不合格产品严禁出厂。
- 6.1.3 绿韧模壳构件生产模具方案应包含模具设计、制作、验收等。
- 6.1.4 绿韧模壳构件底模板面宜采用耐锈蚀钢材，侧模选用应遵循用料轻量化、操作简便化、应用模块化原则。
- 6.1.5 绿韧模壳构件原材料及构配件应按照现行国家有关标准、设计文件及合同约定进行进场质量检验。
- 6.1.6 绿韧模壳构件生产宜建立隐蔽验收和首件验收制度。
- 6.1.7 绿韧模壳半成品或成品应在厂区指定位置进行规范堆放，按要求设置标识牌并标识清晰。
- 6.1.8 绿韧模壳产品出厂前应进行编码并严格核验，确保绿韧模壳构件规格及数量齐全、准确。
- 6.1.9 绿韧模壳构件运输宜提前设计最优路线，在保证运输过程安全及构件质量前提下，达到成本最优。
- 6.1.10 绿韧模壳构件装车固定应牢固可靠，构件底部及层间应采取保护措施，避免运输过程损坏，构件装卸车应做到轻装轻卸，在指定区域规范码放。

### 6.2 模壳构件生产

- 6.2.1 绿韧模壳构件钢筋进场时，应按国家现行相关标准规定抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验，检验结果应符合相应标准规定。
- 6.2.2 对拉连接件经检查合格后方可进行安装，并应符合下列规定：
- 1) 每批进场同类型对拉连接件不超过 1000 个为一检验批，每批次取 3 根对拉连接件，按现行国家标准《金属材料室温拉伸试验方法》GB/T 228.1 的有关规定检测其抗拉强度。
  - 2) 对拉连接件应与钢筋骨架可靠固定。
- 6.2.3 绿韧模壳构件制作模具应满足制作尺寸、强度、刚度和整体稳定性要求，并应满足下列规定：
- 1) 绿韧模壳构件预留孔洞及预埋件安装定位应准确，模具各部件之间应连接牢固；
  - 2) 绿韧模壳构件质量、生产工艺和周转次数应符合国家现行相关标准及企业内控要求；
  - 3) 模具应干净整洁，脱模剂、缓凝剂等涂刷应均匀、无漏刷，且不应沾污钢筋，不应影响外观质量。
- 6.2.4 绿韧模壳构件底模、边模尺寸允许偏差和检验方法应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 绿韧模壳构件模具尺寸允许偏差和检验方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	长度	1, -2	钢尺测量平行构件高度方向，取最大值
2	宽度	1, -2	钢尺测量平行构件宽度方向，取最大值

3	对角线差	3	钢尺测量纵、横两个方向对角线
4	侧向弯曲	L/1500, 且≤5	拉线, 钢尺测量侧向弯曲最大处
5	翘曲	L/1500	对角拉线测量交点间距离值的两倍
6	底模表面平整度	2	2 米靠尺和塞尺检查
7	组装缝隙	1	塞尺检查

6.2.5 绿韧模壳构件上的预埋件和预留洞口宜通过模具进行定位, 安装牢固, 其安装偏差应符合表 6.2.5 的规定。

表6.2.5 模具上预埋件、预留孔洞安装允许偏差

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	预埋钢板、建筑幕墙用槽式预埋组件	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		平面高差	±2	钢直尺和塞尺检查
2	预埋管、电线盒、电线管水平和垂直方向的中心线位置偏移、预留孔		2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
3	插筋	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		外露长度	+10,0	用尺量测
4	吊环	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		外露长度	0, -5	用尺量测
5	预埋螺栓	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		外露长度	+ 5,0	用尺量测
6	预埋螺母	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		平面高差	±1	钢直尺和塞尺检查
7	预留洞	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 取其中较大值
		尺寸	+ 3,0	用尺量测纵横两个方向尺寸, 取其中较大值

6.2.6 在绿韧模壳浇筑前应进行隐蔽工程验收, 验收主要内容如下:

- 1) 钢筋品种、规格、数量、位置、间距等;
- 2) 钢筋加工质量、钢筋预留长度、锚固方式、保护层厚度等;
- 3) 预埋件、预留孔洞等的规格、数量、位置及固定措施;
- 4) 对拉连接件安装位置、数量及固定措施。

6.2.7 钢筋骨架位置应满足设计要求, 绿韧模壳浇筑前应检查模具与钢筋骨架的相对位置关系, 并应采取固定措施确保浇筑过程无位移和变形。

**6.2.8** 钢筋骨架宜采用自动化机械设备加工，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。钢筋半成品和钢筋骨架尺寸允许偏差和检验方法应符合表 6.2.8 的规定。

**表6.2.8 钢筋半成品、钢筋网片和钢筋骨架尺寸允许偏差和检验方法**

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
钢筋半成品	下料长度	±4	钢尺检查
钢筋网片	长度、宽度	±5	钢尺检查
	网眼尺寸	±10	钢尺量连续三档，取最大值
	对角线	5	钢尺检查
	端部平齐度	5	钢尺检查
钢筋骨架	长	0, -5	钢尺检查
	宽	±5	钢尺检查
	高(厚)	±5	钢尺检查
	主筋间距	±10	钢尺量两端，中间各一点，取最大值
	主筋排距	±5	钢尺量两端，中间各一点，取最大值
	箍筋间距	±10	钢尺量连续三档，取最大值
	弯起点位置	15	钢尺检查
	端头不齐	5	钢尺检查
	保护层	柱、梁	±5
板、墙		±3	钢尺检查

**6.2.9** 绿韧模壳混凝土的工作性能指标应根据构件产品特点和生产工艺确定。拌合物应具有良好的和易性，不得离析、泌水、纤维不得聚团，满足自密实要求。

**6.2.10** 绿韧模壳混凝土应采用自动计量强制式搅拌机进行拌和，且须严格按照配合比通知单进行生产，原材料每盘称量的允许偏差应符合表 6.2.10 的规定。

**表 6.2.10 绿韧模壳混凝土原材料计量允许偏差**

项次	材料名称	每盘允许偏差	累计允许偏差
1	水泥	±2%	±1%
2	细骨料	±3%	±2%
3	矿物掺合料	±3%	±2%
4	再生细骨料	±3%	±2%
5	纤维	±3%	±2%
6	水、外加剂	±1%	±1%

**6.2.11** 绿韧模壳混凝土浇筑过程应对配合比进行抽检，抽检批次为每班组每 10m<sup>3</sup> 抽检一次，总量不足 10m<sup>3</sup> 时抽检一次，每批次应制作成型至少 3 组 40mm×40mm×160mm 棱柱体分别用于测定同条件养护试块脱模抗压强度和标准养护龄期试块抗压强度。

**6.2.12** 绿韧模壳构件脱模时，抗压强度应≥15MPa，抗折强度应≥7MPa，且应满足设计要求。

**6.2.13** 绿韧模壳构件的吊点位置、数量，应符合设计、生产及施工安装要求。

- 6.2.14 对拉连接件应与钢筋骨架有效固定，确保钢筋骨架与模壳的位置关系，并应根据设计要求确定间距。
- 6.2.15 对拉连接件与模壳锚固抗拉拔承载力应满足施工安装要求，且不应小于其抗拉承载力标准值的 1.5 倍。
- 6.2.16 对拉连接件尺寸允许偏差和检验方法应符合表 6.2.16 的规定。

**表6.2.16 对拉连接件尺寸允许偏差和检验方法**

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
长度	±1	钢尺检查
中心线位置	±3	钢尺检查

6.2.17 绿韧模壳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) 型式检验报告；
- 3) 钢筋原材检验报告；
- 4) 钢筋骨架隐蔽工程验收报告；
- 5) 合同要求的其他质量证明文件。

### 6.3 模壳构件吊运、存放及防护

6.3.1 绿韧模壳构件吊运应符合下列规定：

- 1) 应根据绿韧模壳构件的形状、尺寸、重量和作业半径等要求选择吊具和起重设备，所采用的吊具和起重设备及其操作，应符合国家现行有关标准及产品应用技术手册的规定；
- 2) 吊点数量、位置应经计算确定，应保证吊具连接可靠，应采取保证起重设备的主钩位置、吊具及构件重心在竖直方向上重合的措施；
- 3) 吊索水平夹角不宜小于 60°，不应小于 45°；
- 4) 应采用慢起、稳升、缓放的操作方式，吊运过程应保持稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停在空中；
- 5) 吊装大型构件或形状复杂构件时，应使用分配梁或分配桁架类吊具，并应采取避免构件变形和损伤的临时加固措施。

6.3.2 绿韧模壳构件存放应符合下列规定：

- 1) 存放场地应平整、坚实，并应有排水措施；
- 2) 存放库区宜实行分区管理和信息化台账管理；
- 3) 应按照产品品种、规格型号、检验状态分类存放，产品和安装标识应清晰、准确、外露，预埋吊件应朝上；
- 4) 应合理设置垫块支点位置，确保构件存放稳定，支点宜与吊点位置一致；
- 5) 构件多层叠放时，层间垫块应上下对齐；长期存放时，应采取措施避免构件翘曲变形；
- 6) 细长构件宜平放且应根据长度采用两条或多条垫木支撑；

7) 模壳墙宜采用专用支架直立存放, 支架应有足够的强度和刚度, 构件薄弱部位和洞口应采取防止变形开裂的临时加固措施。

### 6.3.3 绿韧模壳构件成品保护应符合下列规定:

- 1) 外露钢筋应采取防弯折措施, 外露预埋件、连接件等应采取防护措施, 金属件宜进行防腐防锈处理;
- 2) 宜采取保证吊装前预埋螺栓孔清洁的措施;
- 3) 钢筋连接部位套丝应采取防护措施, 连接套筒、预埋孔洞等应采取临时封堵措施。

## 6.4 模壳构件运输

### 6.4.1 绿韧模壳构件装车运输时, 应符合下列规定:

- 1) 应由具有专业运输能力的运输方承担, 并制定运输计划及方案, 运输车辆应满足构件装运要求及桥梁、桥洞和隧道等限行要求;
- 2) 构件经检验合格且不低于设计强度的 75%时, 方可装运出厂;
- 3) 运输时应采取有效固定措施, 运输工具宜选择低平板车或专用车辆, 并根据构件类型选择支架形式。

### 6.4.2 绿韧模壳构件在运输过程中应做好安全和成品防护, 并应符合下列规定:

- 1) 根据构件种类采取可靠固定措施;
- 2) 对于超高、超宽、形状特殊的大型构件运输和存放应制定专门的质量安全保证措施;
- 3) 运输时宜采取如下防护措施:
  - (1) 设置柔性垫片避免构件边角部位或链索接触处损伤;
  - (2) 用塑料薄膜包裹垫块避免构件外观污染;
  - (3) 装箱运输时, 箱内四周采用木材或柔性垫片填实, 支撑牢固。
- 4) 应根据构件特点采用不同的运输方式, 托架、靠放架、插放架应进行专门设计:
  - (1) 剪力墙构件宜采用立式运输, 梁、楼承板、柱构件宜采用水平运输;
  - (2) 采用靠放架立式运输时, 构件与地面倾斜角度宜大于  $80^{\circ}$ , 构件应对称靠放, 每侧不应大于 4 层, 层间和顶部应采用软胶条或木条隔离;
  - (3) 采用插放架直立运输时, 应采取防止构件倾倒措施, 层间和顶部应采用软胶条或木条隔离;
  - (4) 水平运输时, 梁、柱构件叠放不宜超过 3 层, 楼承板构件叠放高度不宜大于 1.5m。
- 5) 构件运输时车辆启停应缓慢, 运输过程应匀速行驶, 转弯错车时要减速, 防止倾覆。

## 7 施工安装与验收

### 7.1 一般规定

- 7.1.1** 绿韧模壳施工安装与验收应结合项目具体情况和设计要求编制专项施工方案，内容宜包括工程概况、编制依据、施工安装计划、构件运输与存放、施工安装工艺技术、质量保证措施、安全保证措施、管理及作业人员配备和分工、验收要求、应急处置措施、施工安装场地平面布置、计算书及相关施工图纸等内容。
- 7.1.2** 施工安装作业人员应具备岗位需要的基础知识和技能，特种作业人员需持证上岗。施工单位项目技术负责人应对管理人员、施工安装作业人员进行质量、安全和技术交底。
- 7.1.3** 绿韧模壳构件安装和吊装设备及构配件等应符合国家相关标准及产品技术手册规定，并应按照国家现行标准组织进场验收，验收合格后方可使用。
- 7.1.4** 绿韧模壳构件施工安装前，宜选择有代表性的单元或部分进行试安装，并根据试安装结果及时调整施工安装工艺、完善施工方案。
- 7.1.5** 绿韧模壳构件施工安装中采用的新技术、新工艺、新材料、新设备应按有关规定进行评审，且应对首次采用的施工安装工艺进行评定。
- 7.1.6** 在绿韧模壳构件安装就位、校准准确及临时支撑安装完成后，方可卸除吊具。
- 7.1.7** 绿韧模壳构件施工安装过程中应采取安全防护和文明施工措施。
- 7.1.8** 绿韧模壳构件吊装与混凝土浇筑应采取防风、防雨措施。当风力大于 5 级时，严禁吊装作业。
- 7.1.9** 绿韧模壳构件的施工安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666、《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204、《装配式混凝土建筑技术标准》 GB/T 51231 和《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1 的有关规定；绿韧模壳的施工尚应符合现行国家标准《建筑施工安全技术统一规范》 GB 50870 等相关标准的有关规定。

### 7.2 施工准备

- 7.2.1** 施工现场应根据施工平面布置图及现场实际情况规划绿韧模壳构件运输道路及存放场地，并应符合下列规定：
- 1) 现场存放堆场应坚实平整，并有排水措施；
  - 2) 施工现场内道路应按照绿韧模壳构件运输车辆行驶需求合理设置转弯半径、道路宽度和坡度；
  - 3) 绿韧模壳构件运送到施工现场后，应按规格、类别、使用部位、吊装顺序分别放置于存放场地。存放场地应在吊装设备的有效起吊范围内，堆垛之间宜设置不小于 0.9m 的通道；
  - 4) 吊装设备选型、数量及布置应根据项目总平面图、吊件重量、吊装效率及工期要求等确定；
  - 5) 绿韧模壳构件装卸、吊装范围内不应有障碍物，并应满足周转需求；
  - 6) 绿韧模壳构件应存放在专用存放架内，做到保证安全、利于保护、便于吊运，且应具有足够抗倾覆稳定性能；
  - 7) 绿韧模壳墙构件场内存放宜立放，并采取防倾覆措施；模壳柱、模壳梁、模壳楼承板宜平放，高度应满足现场安全管理要求。

**7.2.2** 绿韧模壳构件施工安装前，应完成下列准备工作：

- 1) 核验已完成作业面的混凝土强度、外观质量、尺寸偏差，对存在的质量缺陷进行处理；
- 2) 核验作业面预留钢筋和预埋件的数量和位置；
- 3) 核验待安装的绿韧模壳构件质量；
- 4) 进行测量放线，设置安装定位标志；
- 5) 了解施工安装期间天气情况，做好应急预案。

**7.2.3** 施工安装前，应复核吊装设备的吊装能力，并应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 的有关规定，确保吊装设备及吊具处于安全操作状态。现场环境、天气、道路状况等应满足施工安装要求。

**7.2.4** 模壳柱、模壳墙钢筋采用机械连接时，应采取临时固定措施对预留钢筋位置及高度进行准确定位。

## 7.3 模壳构件安装

**7.3.1** 绿韧模壳体系构件吊装应符合下列规定：

- 1) 根据当天的作业内容进行班前安全技术交底；
- 2) 按照吊装顺序对构件预先编号，吊装时应严格按编号顺序起吊；
- 3) 构件在吊装过程中，宜采用缆风绳控制构件转动；
- 4) 吊运应慢起、稳升、缓放，过程应稳定，不得偏斜、摇摆和扭转，严禁吊装构件长时间悬停空中。

**7.3.2** 绿韧模壳构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施。绿韧模壳构件就位校核与调整应符合下列规定：

- 1) 绿韧模壳墙、柱等竖向构件安装后，应对位置、标高、垂直度进行校核与调整；
- 2) 绿韧模壳梁、楼承板构件安装后应对位置、标高进行校核与调整；
- 3) 应对相邻构件平整度、高低差、拼缝尺寸进行校核与调整；
- 4) 临时固定措施和支撑系统强度、刚度和整体稳固性应满足相关规范要求。

**7.3.3** 绿韧模壳竖向构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

- 1) 构件临时支撑不应少于 2 道；
- 2) 对绿韧模壳墙、柱构件的上部支撑，其支撑点距下部安装面不宜小于构件高度的  $2/3$ ，且不应小于构件高度的  $1/2$ ，斜支撑应与构件可靠连接；
- 3) 构件安装就位后，可通过调整临时支撑对构件位置和垂直度进行微调。

**7.3.4** 绿韧模壳水平构件安装采用临时支撑时，应符合下列规定：

- 1) 首层支撑架体地基应平整坚实，宜采取硬化措施；
- 2) 临时支撑间距及其与墙、柱、梁边的净距应经计算确定；
- 3) 绿韧模壳梁下部支架宜选用定型独立钢支座，竖向支撑间距应经计算确定。

**7.3.5** 绿韧模壳墙构件安装应符合下列规定：

- 1) 绿韧模壳墙构件安装前，应保证已完成结构作业面平整；

- 2) 就位前，应在墙板底部设置调平装置；
- 3) 与现浇部分连接的墙板宜先行吊装，其他宜按照外墙先行吊装的原则进行吊装；
- 4) 墙板以轴线和轮廓线为控制线，外墙应以轴线和外轮廓线双控制；
- 5) 安装就位后应设置可调斜撑临时固定，测量预制墙板的水平位置、垂直度、高度等，通过墙底垫片、临时斜支撑进行调整；
- 6) 相邻绿韧模壳墙构件之间的竖向预留钢筋和水平预留钢筋应保证锚入长度；
- 7) 预制墙板调整就位后，墙底部连接部位宜进行封堵；
- 8) 墙板安装就位后进行墙板拼缝处附加钢筋安装，附加钢筋应与现浇段钢筋网交叉点全部绑扎牢固。

#### 7.3.6 绿韧模壳柱安装应符合下列规定：

- 1) 就位应以轴线和外轮廓线为控制线，对于边柱和角柱应以外轮廓线控制为准；
- 2) 就位前应控制就位标高位置，控制柱安装标高；
- 3) 就位后应在两个方向设置可调节临时固定措施，并应进行垂直度、扭转调整；
- 4) 当采用机械连接时，调整就位后柱脚连接部位方可进行封堵。

#### 7.3.7 绿韧模壳梁构件安装应符合下列规定：

- 1) 临时支撑应具有调节长度的功能，可调节绿韧模壳梁构件的水平标高；
- 2) 构件端部应采用紧固连接件进行临时固定，防止扭转、位移；
- 3) 构件吊装前应进行放样，复核节点部位钢筋的位置、尺寸；
- 4) 安装时梁钢筋锚入支座的长度应符合设计文件的规定；
- 5) 临时支撑系统安装和拆除应符合国家现行标准规定及施工方案要求。

#### 7.3.8 模壳楼承板安装应符合下列规定：

- 1) 墙、梁模板及支撑构件验收合格后，方可进行模壳楼承板安装；
- 2) 边角或平面形状变化处，可采用机械切割或气割进行切割，并对切割处采取技术措施予以补强；
- 3) 支座钢筋应安装于可靠支座上，临时支撑应支设于桁架腹杆下节点位置。钢筋桁架主筋在两端支座处宜通过附加钢筋与墙、柱、梁钢筋牢固连接；
- 4) 模壳楼承板底板与墙或梁搭接的缝隙，宜采用收边条或泡沫胶堵缝；
- 5) 施工可变荷载不宜大于  $1.5\text{kN/m}^2$ ，应避免堆积过大的集中荷载，不可避免时应采取加强支撑措施；
- 6) 支撑体系应采取有效防倾覆和防滑移措施。

## 7.4 模壳构件连接

#### 7.4.1 采用钢筋机械连接的绿韧模壳构件施工，应符合下列规定：

- 1) 现浇混凝土中伸出的钢筋应采用专用模具进行定位，并应采用可靠的固定措施控制连接钢筋的中心位置及外露长度满足设计要求；
- 2) 构件安装前应检查钢筋连接套筒、预留钢筋规格、位置、数量和长度，当连接钢筋倾斜时，应进行校直；
- 3) 连接钢筋中心位置存在严重偏差影响预制构件安装时，应制定专项处理方案。

**7.4.2** 钢筋机械连接的施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ107的有关规定。

**7.4.3** 后浇混凝土部分的模板与支架应符合下列规定：

- 1) 宜采用工具式支架和定型模板；
- 2) 模板应保证后浇混凝土部分形状、尺寸和位置准确；
- 3) 模板与绿韧模壳构件接缝处应采取防止漏浆的措施。

**7.4.4** 采用机械连接的绿韧模壳构件施工，应符合下列规定：

- 1) 现浇混凝土中伸出的钢筋应采用专用模具进行定位，并应采用可靠的固定措施控制连接钢筋的中心位置及外露长度满足设计要求；
- 2) 构件安装前应检查预制构件上套筒、预留孔的规格、位置、数量和深度；当套筒、预留孔内有杂物时，应清理干净；
- 3) 应检查被连接钢筋的规格、数量、位置和长度。当连接钢筋倾斜时，应进行校直；连接钢筋偏离套筒或孔洞中心线不宜超过 3mm。连接钢筋中心位置存在严重偏差影响预制构件安装时，应会同设计单位制定专项处理方案，严禁随意切制、强行调整定位钢筋。

**7.4.5** 混凝土浇筑施工应符合下列规定：

- 1) 混凝土分层浇筑高度应符合国家现行有关标准的规定，应在底层混凝土初凝前将上一层混凝土浇筑完毕；
- 2) 浇筑时应采取保证混凝土或砂浆浇筑密实的措施；
- 3) 混凝土浇筑应布料均衡，浇筑和振捣时应对构件、模板及支架进行观察和维护，发生异常情况应及时处理；构件连接部位混凝土浇筑和振捣应采取防止模板、相连接构件、钢筋、预埋件及其定位件移位。

## 7.5 验收

### 一般规定

**7.5.1** 绿韧模壳工程验收应按主体结构分部工程的混凝土结构子分部工程进行验收。

**7.5.2** 绿韧模壳构件连接节点及结构构件浇筑混凝土前， 应进行隐蔽工程验收， 验收内容应主要包括：

- 1) 钢筋规格型号、数量、位置、间距，箍筋弯钩的弯折角度及平直段长度；
- 2) 钢筋连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分率、搭接长度、锚固方式及锚固长度；
- 3) 预埋件、预埋管线及预留孔洞规格、数量、位置。

**7.5.3** 混凝土结构子分部工程验收时，除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定外，尚应提供下列文件和记录：

- 1) 工程设计文件、绿韧模壳构件安装施工图、深化设计详图；
- 2) 绿韧模壳构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告；
- 3) 绿韧模壳构件安装施工记录；
- 4) 后浇混凝土部位的隐蔽工程检查验收文件；
- 5) 后浇混凝土、座浆材料强度检测报告；

- 6) 外墙防水施工质量检验记录;
- 7) 装配式结构分项工程质量验收文件。

**7.5.4** 检验批验收时, 抽样样本应随机抽取, 并应满足分布均匀、具有代表性的要求; 不合格的绿韧模壳结构构件应进行单独处理与验收。

## **构件进场验收**

### **I 主控项目**

**7.5.5** 绿韧模壳构件质量应符合本规程及现行国家及行业相关标准规定和设计要求。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查质量证明文件或质量验收记录。

**7.5.6** 绿韧模壳构件可不进行结构性能检验, 应在绿韧模壳构件进场时对其主要受力钢筋数量、规格、间距及保护层厚度等进行实体检验。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察、丈量。

**7.5.7** 绿韧模壳构件的外观质量不应有严重缺陷, 且不应有影响结构性能和安装、使用功能尺寸偏差。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察、丈量; 检查处理记录。

**7.5.8** 绿韧模壳构件上预埋件的材料质量、规格和数量以及预留孔洞规格、数量应符合设计要求。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察、丈量; 检查产品合格证。

### **II 一般项目**

**7.5.9** 绿韧模壳构件应有标识。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

**7.5.10** 对出现的绿韧模壳构件一般缺陷应按要求进行修复处理, 并重新检查验收。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察, 检查处理记录。

**7.5.11** 绿韧模壳构件尺寸偏差及检验方法应符合本规程表 4.2.11 的规定; 设计有专门规定时, 应符合设计要求。

检验数量: 按同一类型的绿韧模壳构件不超过 100 件为一批, 每批应抽查数量的 5%, 且不应少于 3 件。

检验方法: 观察, 丈量。

**7.5.12** 模壳楼承板中钢筋桁架上下弦钢筋、腹杆钢筋和支座钢筋的表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈, 应无焊点脱落。

检查数量: 每个检验批抽查不少于 10 处, 每处抽查不少于 1 件, 少于 10 处的, 应全数检查。

检验方法: 观察。

## **施工安装验收**

## I 主控项目

**7.5.13** 绿韧模壳构件临时固定与支撑措施应符合施工方案要求及现行国家有关标准的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查，检查施工方案、施工安装记录或设计文件。

**7.5.14** 绿韧模壳构件施工安装后，其外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、量测，检查处理记录。

**7.5.15** 绿韧模壳构件与墙、梁、柱之间的连接方式、安装位置应符合设计要求和本规程的规定。

检查数量：应按检验批抽查，每个检验批抽查不少于 10 处，不足 10 处的，应全数检查。

检验方法：观察。

## II 一般项目

**7.5.16** 施工安装后，绿韧模壳构件位置、尺寸偏差及检验方法应符合设计要求：当设计无要求时，应符合表 7.5.16 中的规定。

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，绿韧模壳柱、梁、楼承板构件应抽查构件数量的 5%，且不少于 3 件；绿韧模壳墙构件应按有代表性的自然间抽查 5%，且不少于 3 间；对大空间结构，绿韧模壳墙构件可按相邻轴线间高度 5m 左右划分检查面。

检验方法：观察、量测，检查处理记录。

**表7.5.16 绿韧模壳结构构件位置和尺寸允许偏差及检验方法**

项 目	允许偏差(mm)	检验方法
构件中心线对轴线位置	墙构件	尺量检查
	梁构件	
构件标高	墙构件、绿韧模壳梁构件	水准仪或拉线、量尺
构件垂直度	墙构件	经纬仪或拉线、量尺
构件倾斜度	梁构件	经纬仪或拉线、量尺
构件搁置长度	梁构件	尺量
支座、支垫中心位置	墙构件、梁构件	尺量
墙构件接缝宽	±5	尺量

**7.5.17** 混凝土硬化后，绿韧模壳与混凝土之间不得有空鼓。出现空鼓时，应制定方案进行处理。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批，应按有代表性的绿韧模壳剪力墙检查 10%，且不应少于 3 个，每个绿韧模壳剪力墙选择上部、中部、下部合计不少于 3 点敲击，每个绿韧模壳梁选择侧面、底部合计不少于 3 点敲击。

检验方法：空鼓锤检查，检查处理记录。

**7.5.18** 钢筋桁架混凝土楼板厚度偏差应符合设计要求；当设计无要求时，厚度允许偏差应为±5mm。

检查数量：应按楼层、结构缝或施工段划分检验批。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； 对大空间结构，可按纵横轴线划分检查面，应抽查 10%,且不应少于 3 面。

### 结构实体验收

**7.5.19** 绿色韧性混凝土模壳工程进行结构实体验收时，对涉及混凝土结构安全的有代表性的部位应进行结构实体验收。结构实体验收应包括混凝土强度、钢筋保护层厚度、结构位置与尺寸偏差、绿韧模壳结构构件混凝土成型质量。

**7.5.20** 结构实体混凝土强度应按不同强度等级分别检验，检验方法应采用国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204 的同条件养护试件方法。当混凝土同条件养护试件强度检测结果不符合设计要求时，应采用钻芯法检测混凝土强度，在不符合设计要求的每组同条件养护试件对应的绿韧模壳构件中，抽取直径 100mm 的芯样试件的最小样本量不宜小于 15 个，小直径芯样试件的最小样本量不宜小于 20 个。检验方法应符合现行行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》 JGJ/T 384 的规定。另外，也可采用拆除模壳后进行实体质量检验检测的方法。

**7.5.21** 钢筋保护层厚度检验应符合国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204 的规定。

## 用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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 条文中指明应按其它有关标准执行的，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《房屋建筑制图统一标准》GB 50001
- 《混凝土结构设计标准》GB/T 50010
- 《建筑抗震设计标准》GB/T 50011
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720
- 《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 《建筑与市政施工现场安全卫生与职业健康通用规范》GB 55034
- 《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030
- 《地下防水工程施工质量验收规范》GB 50208
- 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
- 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242
- 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243
- 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
- 《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344
- 《硫铝酸盐水泥》GB/T 20472
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 《水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料》JG/T 315
- 《混凝土和砂浆用再生微粉》JG/T 573
- 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736
- 《建设用砂》GB/T 14684
- 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176
- 《混凝土外加剂》GB/T 8076

《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119  
《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》 GB/T 21120  
《混凝土用钢纤维》 GB/T 39147  
《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081  
《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》 GB/T 17657  
《金属材料室温拉伸试验方法》 GB/T 228.1  
《建筑外墙防水工程技术规程》 JGJ/T 235  
《装配式混凝土结构设计规程》 JGJ 1  
《高层建筑混凝土结构技术规程》 JGJ 3  
《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107  
《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33  
《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 75  
《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 26  
《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 134  
《温和地区居住建筑节能设计标准》 JGJ 475  
《建筑施工模板安全技术规范》 JGJ 162  
《钻芯法检测混凝土强度技术规程》 JGJ/T 384  
《非结构构件抗震设计规范》 JGJ 339  
《钢纤维混凝土》 JG/T 472  
《纤维混凝土试验方法标准》 CECS 13

中国工程建设标准化协会标准

# 绿色韧性混凝土模壳工程技术规程

T/CECS XXX-202\*

条文说明

# 目次

<b>1 总则</b> .....	<b>32</b>
<b>2 术语</b> .....	<b>33</b>
<b>3 基本规定</b> .....	<b>34</b>
<b>4 基本构造与材料</b> .....	<b>4</b>
4.1 基本构造 .....	35
4.2 绿韧模壳 .....	35
4.4 对拉连接件 .....	35
<b>5 设计</b> .....	<b>36</b>
5.1 一般规定 .....	36
5.2 建筑设计 .....	36
5.3 结构设计 .....	36
5.4 构造设计 .....	36
5.5 构件设计 .....	36
<b>6 生产与运输</b> .....	<b>37</b>
6.2 模壳构件生产 .....	37
<b>7 施工安装与验收</b> .....	<b>38</b>
7.1 一般规定 .....	38
7.2 施工准备 .....	38
7.3 模壳构件安装 .....	38
7.5 验收 .....	39

## 1 总则

**1.0.1** 装配式混凝土结构绿韧模壳体系中在工厂将永久模板与钢筋骨架制成构件，运输至施工现场后进行安装。该体系中钢筋连接构造与现浇结构一致，且构件质量轻，吊装、运输方便，兼具装配式建造工艺和现浇混凝土结构的优势。

**1.0.2** 本条明确了本规程的适用范围，适用于装配式绿韧模壳体系的设计、生产、施工安装及验收。

**1.0.4** 在绿色韧性混凝土模壳工程建设过程中，尚未得到专家论证或项目实际验证时，一些新的工法措施往往容易出现一些意想不到的质量问题。因此，为保证工程质量，一些创新性技术方法和措施的运用应慎重采用，若需采用时，应在符合本规程中有关性能要求的基础上组织专家进行论证后进行。

## 2 术语

**2.0.1** 钢筋骨架和绿韧模壳通过对拉连接件连接。对拉连接件的两端分别埋设在绿韧模壳内，对拉连接件与钢筋骨架通过固定措施可靠连接。在绿韧模壳所围成的空腔内浇筑混凝土形成相应的绿韧模壳剪力墙、绿韧模壳柱、绿韧模壳梁及绿韧模壳楼承板。具体形式见 4.1.1。绿韧模壳构件包括预埋线盒线管及其他需要预埋的配件。

**2.0.2** 绿色韧性混凝土模壳工程指绿韧模壳构件运输至施工现场，在现场施工安装并浇筑混凝土后形成的钢筋混凝土结构工程，浇筑混凝土完成的构件一般称绿韧模壳结构构件，注意与绿韧模壳构件的区别。

**2.0.7** 绿韧模壳对拉连接件两端预埋于绿韧模壳中，用于固定绿韧模壳和钢筋骨架，承受混凝土浇筑侧压力的对拉连接杆件。综合考虑功能需求、材料性能和应用成本等，对拉连接件目前主要为钢质连接件。

### 3 基本规定

**3.0.1** 绿韧模壳体系中绿韧模壳可根据设计需要作为结构构件钢筋保护层，因此应满足相应要求。

**3.0.3** 绿色韧性混凝土模壳构件从自身产品绿色度来讲，往往大家看法不太统一，为保证其权威性和公正性，本条规定绿韧模壳构件应获得国家相关认证机构关于绿色建材产品的认证为准。

**3.0.6-3.0.9** 绿韧模壳体系和传统现浇体系在各个设计阶段关注点有所不同，绿韧模壳体系的设计、制作、运输、存放、施工安装各个阶段应充分考虑装配式建筑的特点，重视整体策划和各专业间的同步协调，满足各专业标准要求。

**3.0.11** 绿韧模壳构件现场施工安装在当前来讲仍是比较新的施工工艺，专业施工队伍相对较少，由于经验不足，施工过程中容易出现各种技术质量问题。因此，在绿韧模壳构件施工安装前，宜先施工工序样板，通过样板施工，让施工队伍熟悉施工工艺，对容易出现的技术质量问题找到解决办法和预防措施，并且在确保施工工艺、工程质量经验证满足要求后再进行大范围施工，为后期整体工程质量提供保证，减少非必要的拆改浪费。

## 4 基本构造与材料

### 4.1 基本构造

4.1.1 本条给出了绿韧模壳体系各类构件基本构造。

### 4.2 绿韧模壳

4.2.2 化学腐蚀环境下的绿韧模壳，采用普通硅酸盐水泥或硫铝酸盐水泥时，可掺加少量优质矿物掺合料。在低温硫铝酸盐腐蚀环境下，不宜采用掺加石灰石粉的水泥或掺合料。

4.2.7 通常来讲，无机纤维的柔韧性较差，不易弯曲或伸展，而钢纤维、有机合成纤维在保证混凝土抗压强度的同时，也可非常明显地提升其抗弯、抗折性能。因此，建议在绿色韧性混凝土模壳组成材料纤维选择时，宜采用钢纤维或有机合成纤维。

### 4.4 对拉连接件

4.4.1 一般情况下拉结件与钢筋骨架的水平钢筋相交，钢筋骨架钢筋与拉结件绑扎牢固可保证钢筋与模壳间的相对位置。

4.4.2 为控制模壳体系变形，要求拉结件抗拉强度标准值控制在 300Mpa 以上。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 绿韧模壳体系应具有系统性和集成性的特征，绿韧模壳体系是以完整的建筑产品为对象，提供性能优良的完整建筑产品，通过系统集成的方法，实现设计、生产运输、施工安装和使用维护全过程的一体化。

**5.1.2** 绿韧模壳体系的建筑设计应进行模数协调，以满足建造装配化与部品部件标准化、通用化的要求。

### 5.2 建筑设计

**5.2.1** 建筑立面设计应考虑绿韧模壳构件开模制作、生产工艺等特点，考虑经济性，立面造型与细部饰面装修简洁大方，充分体现建筑立面造型特色。

**5.2.4** 统一钢筋间距有利于钢筋网片及钢筋骨架的工业化生产。对拉连接件设置在竖向和水平分布钢筋交点位置时，影响上下层相邻绿韧模壳构件的安装，此处规定对拉连接件不宜设置在竖向和水平分布钢筋交点位置。

### 5.3 结构设计

**5.3.2-5.3.4** 模壳剪力墙力学性能试验结果表明，模壳厚度计入钢筋保护层时试件与现浇剪力墙试件的承载力、刚度、延性等主要受力性能指标相当，在适当条件下可考虑作为钢筋保护层使用。

### 5.4 构造设计

**5.4.3** 粗糙面处理方式可采用拉毛、涂抹缓凝剂冲洗、涂抹界面剂及喷砂等方式。

**5.4.6** 为保证绿韧模壳构件中拉结件对模壳体系的变形限制，应保证拉结件在两侧模壳中的埋置深度。

### 5.5 构件设计

**5.5.4** 在施工现场，模壳作为混凝土的模板，其设计应考虑施工安装过程中的各种工况，包括吊装、浇筑混凝土等，保证其具有足够的承载力和刚度。绿韧模壳构件深化设计时，应进行混凝土浇筑时的模壳强度和连接件强度验算，后浇混凝土作用于模板的侧压力宜按《建筑施工模板安全技术规范》JGJ 162 的规定进行计算。绿韧模壳厚度不宜小于 20mm，并考虑构件生产、运输等因素影响。

## 6 生产与运输

### 6.2 模壳构件生产

**6.2.17** 绿韧模壳构件交付产品质量证明文件中的型式检验报告内容，应包括本规程表 4.2.8 绿韧模壳力学性能中提及的抗压强度、抗折强度、弹性模量、弯曲韧性指数、等效弯曲强度、静曲强度等性能指标。

1.当属于下列情况时，应对模壳体系进行型式检验：

- 1) 产品首次投入生产；
- 2) 产品停产半年以上再恢复生产；
- 3) 拉结件材料及锚固形式有变化；
- 4) 型式检验报告超过 3 年。

2.不同模壳构件体系应分别进行型式检验。型式检验应包含以下内容：

- 1) 拉结件性能应满足要求；
- 2) 模壳板性能应满足要求；
- 3) 模壳体系构件应满足生产、运输、吊装及现场浇筑混凝土工况要求；
- 4) 模壳材料、配比应满足生产工艺要求；

3.型式检验应委托具有相应检测资质的机构完成。

## 7 施工安装与验收

### 7.1 一般规定

7.1.1 项目现场进行绿韧模壳构件的施工安装前，应制定专项施工方案。施工方案应全面系统，结合结构深化设计、运输、堆放及施工安装全过程各工况的验算，充分反映绿韧模壳构件施工安装的特点和工艺流程的特殊要求。

进度计划应协同绿韧模壳构件生产计划、运输计划和进场计划等；运输方案包括车辆型号及数量、运输路线、发货安排、现场装卸方法等；施工场地布置包括场内循环通道、吊装设备布设、堆放场地等；施工安装包括测量方法、吊装顺序和方法、安装方法、节点施工方法、混凝土施工方法、全过程的成品保护及修补措施等；安全管理包括吊装安全措施、专项施工安全措施等；质量管理包括专项施工质量管理，渗漏、裂缝等质量缺陷防治措施；施工安装应结合绿韧模壳构件连接装配方法和特点，合理制定施工工序。

### 7.2 施工准备

7.2.1 施工现场应根据装配式建造方式布置施工总平面，宜规划绿韧模壳构件堆放及拼装区、材料堆放区和运输通道。各个区域宜统筹规划布置，满足施工安装的要求。绿韧模壳墙构件宜采用专用存放架进行存放，专用存放架应根据需要设置安全操作平台。绿韧模壳构件根据安装特点，在进行施工总平面布置时，应考虑拼装场地布置。

### 7.3 模壳构件安装

7.3.1 施工现场应根据装配式建造方式布置施工总平面，宜规划绿韧模壳构件堆放及拼装区、材料堆放区和运输通道。各个区域宜统筹规划布置，满足施工安装的要求。绿韧模壳墙构件宜采用专用存放架进行存放，专用存放架应根据需要设置安全操作平台。

在进行施工总平面布置时，应根据绿韧模壳构件安装特点考虑拼装场地布置。

7.3.3 绿韧模壳竖向构件安装采用临时支撑要求时，支撑系统示意如图 1 所示：

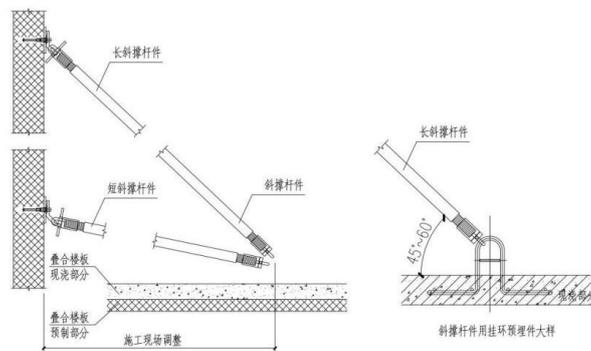


图 1 绿韧模壳竖向构件临时支撑示意图

## 7.5 验收

**7.5.1** 当结构中部分采用绿韧模壳构件时，绿韧模壳构件部分按本规程有关规定进行验收，其他部分按国家现行有关标准进行验收。

不抹灰的绿韧模壳构件具有更好的综合效益，此时绿韧模壳外观就相当于普通剪力墙结构的抹灰工程，故要求按建筑装饰装修工程分部工程的抹灰子分部工程进行验收。

**7.5.3** 对专业企业生产的绿韧模壳构件，质量证明文件包括产品合格证明书及其他重要检验报告等；绿韧模壳构件的钢筋、预埋件等均应参照本规程及国家现行有关标准的规定进行检验，其检验报告在绿韧模壳构件进场时可不提供，但应在生产单位存档保留，以便需要时查阅。对于进场时不做结构性能检验的绿韧模壳构件，质量证明文件应包括生产过程的关键验收记录。

对总承包单位制作的绿韧模壳构件，没有“进场”的验收环节，其材料和制作质量应按本规程各章的规定进行验收。对绿韧模壳构件的验收方式为检查制作中的质量验收记录。

**7.5.20** 空腔混凝土强度等级作为混凝土分项工程质量验收主控项目应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 混凝土施工质量验收规范进行控制，空腔混凝土作为混凝土结构的子分部，先进行结构实体检验，优先采用同条件养护试件方法，当未取得同条件试块或者强度不满足时，可采用回弹或取芯法进行检验。