

**CECS ×××－20xx**

**中国工程建设标准化协会标准**

**超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应用技术规程**

**Technical specification for the application of ultra-high performance concrete light-gauge steel framing composite facade panels**

（征求意见稿）

**中国XX出版社**

中国工程建设标准化协会标准

超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应用技术规程

Technical specification for the application of ultra-high performance concrete light-gauge steel framing composite facade panels

**CECS ×××－20xx**

主编单位：中国建筑第八工程局有限公司

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：20xx年××月×日

**中国xx出版社**

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）的要求，编制组经深入调查研究，开展系统的理论研究与试验，认真总结工程实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分9章，主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 材料；5. 建筑设计；6. 结构设计；7. 构件制作；8. 运输、安装与验收；9. 维护。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的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建筑产业化分会归口管理，由中国建筑第八工程局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有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（通信地址：上海市浦东新区世纪大道1568号中建大厦32楼；邮政编码200122；邮箱zhengzhig@cscec.com）,以供修订时参考。

主编单位：中国建筑第八工程局有限公司

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc192169887)

[2 术语和符号 3](#_Toc192169888)

[2.1 术语 3](#_Toc192169889)

[2.2 符号 5](#_Toc192169890)

[3 基本规定 7](#_Toc192169891)

[4 材料 13](#_Toc192169892)

[4.1 一般规定 13](#_Toc192169893)

[4.2 内饰面材料 14](#_Toc192169894)

[4.3 保温材料 15](#_Toc192169895)

[4.4 连接材料 17](#_Toc192169896)

[4.5 龙骨材料 18](#_Toc192169897)

[4.6 UHPC外饰面材料 19](#_Toc192169898)

[4.7 接缝材料 20](#_Toc192169899)

[4.8 其他材料 22](#_Toc192169900)

[5 建筑设计 25](#_Toc192169901)

[5.1 一般规定 25](#_Toc192169902)

[5.2 模数化设计 27](#_Toc192169903)

[5.3 防水设计 28](#_Toc192169904)

[5.4 防火设计 32](#_Toc192169905)

[5.5 隔声设计 33](#_Toc192169906)

[5.6 热工设计 33](#_Toc192169907)

[5.7 接缝设计 36](#_Toc192169908)

[6 结构设计 39](#_Toc192169909)

[6.1 一般规定 39](#_Toc192169910)

[6.2 作用及作用组合 44](#_Toc192169911)

[6.3 构件及连接设计 49](#_Toc192169912)

[6.4 构造要求 54](#_Toc192169913)

[7 构件制作 58](#_Toc192169914)

[7.1 一般规定 58](#_Toc192169915)

[7.2 原材料检验 59](#_Toc192169916)

[7.3 龙骨制作 60](#_Toc192169917)

[7.4 UHPC饰面制作 61](#_Toc192169918)

[7.5 构件组装 62](#_Toc192169919)

[7.6 出厂检验 64](#_Toc192169920)

[7.7 存放和储存 71](#_Toc192169921)

[8 运输、安装与验收 74](#_Toc192169922)

[8.1 一般规定 74](#_Toc192169923)

[8.2 运输 77](#_Toc192169924)

[8.3 进场验收 78](#_Toc192169925)

[8.4 安装准备 80](#_Toc192169926)

[8.5 墙板安装 83](#_Toc192169927)

[8.6 安装验收 89](#_Toc192169928)

[9 维护 94](#_Toc192169929)

[附录A 构件制作质量验收表和进场签收单 97](#_Toc192169930)

[附录B 点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点受力计算 100](#_Toc192169931)

[本规程用词说明 105](#_Toc192169932)

[引用标准名录 106](#_Toc192169933)

[条文说明 112](#_Toc192169934)

**Contents**

[1　General provisions 1](#_Toc192169935)

[2　Terms and symbols 3](#_Toc192169936)

[2.1　Terms 3](#_Toc192169937)

[2.2　Symbols 5](#_Toc192169938)

[3　Basic requirements 7](#_Toc192169939)

[4　Materials 13](#_Toc192169940)

[4.1　General requirements 13](#_Toc192169941)

[4.2　Interior surface materials 14](#_Toc192169942)

[4.3　Thermal insulation material 15](#_Toc192169943)

[4.4　Connection materials 17](#_Toc192169944)

[4.5　Light-gauge steel framing materials 18](#_Toc192169945)

[4.6　UHPC facade materials 19](#_Toc192169946)

[4.7　Sealing materials 20](#_Toc192169947)

[4.8　Other materials 22](#_Toc192169948)

[5　Architectural design 25](#_Toc192169949)

[5.1　General requirements 25](#_Toc192169950)

[5.2　Modular design 27](#_Toc192169951)

[5.3　Water-proof design 28](#_Toc192169952)

[5.4　Fire protection design 32](#_Toc192169953)

[5.5　Acoustic design 33](#_Toc192169954)

[5.6　Thermal design 33](#_Toc192169955)

[5.7　Sealant design 36](#_Toc192169956)

[6　Structural design 39](#_Toc192169957)

[6.1　General requirements 39](#_Toc192169958)

[6.2　Action and action combination 44](#_Toc192169959)

[6.3　Component and connection design 49](#_Toc192169960)

[6.4　Detailing requirements 54](#_Toc192169961)

[7　Component production 58](#_Toc192169962)

[7.1　General requirements 58](#_Toc192169963)

[7.2　Raw material inspection 59](#_Toc192169964)

[7.3　Light-gauge steel framing manufacture 60](#_Toc192169965)

[7.4　UHPC facade manufacture 61](#_Toc192169966)

[7.5　Component assembly 62](#_Toc192169967)

[7.6　Outgoing inspection 64](#_Toc192169968)

[7.7　Stacking and storage 71](#_Toc192169969)

[8　Transportation, installation and acceptance 74](#_Toc192169970)

[8.1　General requirements 74](#_Toc192169971)

[8.2　Transportation 77](#_Toc192169972)

[8.3　Component acceptance 78](#_Toc192169973)

[8.4　Installation preparation 80](#_Toc192169974)

[8.5　Component erection 83](#_Toc192169975)

[8.6　Installation acceptance 89](#_Toc192169976)

[9　Maintenance 94](#_Toc192169977)

[Appendix A　Component production quality acceptance form and entry receipt 97](#_Toc192169978)

[Appendix B　Connection calculation of ultra-high performance concrete light-gauge steel framing composite facade panels using point support 100](#_Toc192169979)

[Explanation of wording in this specification 105](#_Toc192169980)

[List of quoted standards 106](#_Toc192169981)

[Addition: Explanation of provislons 112](#_Toc192169982)

# 总则

1.0.1 为促进装配式建筑的发展，规范超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计、制作、运输、安装、验收、维护，做到安全适用、技术先进、确保质量、保护环境，制定本规程。

**【条文说明】提升围护体系性能是实现超低能耗、近零能耗建筑、零能耗建筑的关键路径之一。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙是一种集结构、保温、装饰、防水、防火、耐久等多功能一体化的水泥基围护墙板，能够实现外墙多功能协同，满足多目标需求。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙具有外墙饰面品质高、防尘、防水、防火、耐久、保温性能好、连接安全可靠、质量精良、后维护作业量少、全寿命周期成本低、耐久性好、与结构同寿命等优点，在工厂预制可提高构件质量，在现场安装可减少现场施工环节，有效提高建造效率，已经在工程中逐步推广应用，符合装配式建筑发展需求。但是，目前国内超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计、制作、运输、安装、验收、维护等大都按厂家的要求进行，要求不一，且不成体系，缺少统一的技术标准，本规程正是为超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的规范化应用和推广而编制。**

**本规程是“十四五”国家重点研发计划“多功能一体化水泥基围护结构体系”中的关键标准，本规程的编制可进一步完善装配式建筑标准规范，推进集成化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修，支持部品部件生产企业完善墙板品种和规格，引导企业研发相关的技术、设备和机具，提高装配式建材应用比例，促进建造方式现代化。**

1.0.2 本规程适用于6度至9度抗震设防烈度区各类建筑的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计、制作、运输、安装、验收与维护。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的适用范围。6度至9度抗震设防烈度区各类居住建筑、公共建筑和工业建筑等建筑外围护结构体系用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计、制作、安装、验收与维护均可采用本规程。**

1.0.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的应用除应符合本规程外，尚应符合国家及中国工程建设标准化协会现行有关标准的规定。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙为超高性能混凝土、轻钢龙骨、保温材料、装饰材料等复合而成的预制构件，承担保温、隔热、隔声、防水、防火、耐久等建筑功能。因此，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计、制作、运输、安装、验收、维护除应执行本规程外，尚应符合现行国家标准****《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《钢结构通用规范》GB 55006、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232，现行行业标准《装配式混凝土结构技术规范》JGJ 1、《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458以及中国工程建设标准化协会标准《超高性能混凝土（UHPC）技术要求》T/CECS 10107、《超高性能混凝土试验方法标准》T/CECS 864、《建筑工程超高性能混凝土应用技术规程》T/CECS 1216、《高性能建筑围护结构节能技术导则》T/CECS 899、《装配式建筑绿色建造评价标准》T/CECS 1075等的有关规定。**

# 术语和符号

## 术语

2.1.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙 Ultra-high performance concrete light-gauge steel framing composite facade panels

由超高性能混凝土外饰面、轻钢龙骨、保温板、内饰面等通过断热桥连接件组合而成，经工厂预制生产、现场装配的集饰面、保温、防水、防火、隔声等多功能一体化的高耐久性水泥基外围护墙板，简称复合外墙或墙板。

2.1.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统 Ultra-high performance concrete light-gauge steel framing composite facade panels system

安装在主体结构上，由超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙、复合外墙与主体结构连接节点、防水密封构造、防火隔离构造等组成，具有规定的承载能力、变形能力、适应主体结构位移能力、防水性能、防火性能等，起围护或装饰作用的外围护结构系统，简称复合外墙系统或墙板系统。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统作为一个完整的外围护系统，由超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙、复合外墙与主体结构连接节点、防水密封构造等组成，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙是其中最重要的组成构件。结合建筑幕墙等围护结构的性能要求，并基于复合外墙自身的特点和使用需求，复合外墙系统应满足各种性能要求：复合外墙及其连接节点的承载能力要求、复合外墙的变形能力要求、复合外墙与主体结构连接节点适应主体结构位移的能力的要求、防水性能要求、防火性能要求等。除复合外墙自身外，复合外墙与主体结构的连接节点、接缝的防水密封构造、防火隔离构造等设计的好坏是复合外墙系统实现以上性能的关键。因此在复合外墙系统的设计、制作和安装过程中，除复合外墙自身外，对系统中的其他部分也应予以重视。**

2.1.3 超高性能混凝土外饰面 Ultra-high performance concrete facade

位于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙室外侧，采用超高性能混凝土通过工厂化预制而成的非承重超高强高韧性混凝土外饰面板（层），简称UHPC外饰面。

2.1.4 超高性能混凝土 Ultra-high performance concrete

由水泥、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂和水等原材料制成的具有超高力学性能、超高抗渗性能的高韧性水泥基复合材料，简称UHPC。

2.1.5 轻钢龙骨 Light-gauge steel framing

由轻钢竖向龙骨、轻钢水平龙骨组成的龙骨系统，作为复合外墙板的主要受力结构，有时也可采用普通钢龙骨替代。

2.1.6 FRP连接件 FRP connectors

由玻璃纤维、碳纤维增强塑料等材料，经特定工艺加工而成，并与轻钢龙骨能可靠连接的FRP（Fiber Reinforced Polymer或Fiber Reinforced Plastic，纤维增强塑料）连接件，用于连接超高性能混凝土外饰面和内饰面。

2.1.7 接缝 joint

在建筑结构中，两个或更多相邻表面之间预留或装配形成的间隙。

2.1.8 密封胶 sealant

以非成型状态嵌入接缝中，与接缝表面粘结，能够承受接缝位移以达到气密、水密作用的密封材料。

2.1.9 内嵌式连接 in-filled connecting

复合外墙安装在上下两个楼层主体结构之间，嵌入主体结构外边缘内的连接方式。

2.1.10 外挂式连接 out-hung connecting

复合外墙安装在主体结构以外，悬挂在主体结构外侧，并将主体结构包围在内部的连接方式。

2.1.11 点支承 point support

复合外墙与主体结构通过不少于两个独立支承点传递荷载、并通过支承点的位移实现复合外墙适应主体结构变形能力的柔性支承方式。

**【条文说明】点支承包括若干个与主体结构相连的连接节点，这些连接节点分为承重节点和非承重节点两种，其中承重节点承担复合外墙的全部自重荷载并传递到主体结构，非承重节点仅承受复合外墙在风荷载、地震作用等工况下的节点内力。通过合理设计复合外墙的支承系统和连接节点的位移能力，复合外墙能释放温度作用产生的节点内力，并适应主体结构的变形，从而不产生附加内力，此时复合外墙与主体结构的连接属于柔性连接。点支承具有连接节点受力明确，能完全适应主体结构变形，施工安装简便，精度和质量可控等优点。目前美国、日本和我国台湾地区的预制墙板主要采用点支承的连接形式。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙主要由轻钢龙骨作为受力骨架，非常适宜采用点支承连接方式。**

2.1.12 节点连接件 panel connector

复合外墙与主体结构连接节点处，分别与复合外墙内的预埋件和支承复合外墙的主体结构构件相连，并传递二者之间荷载与作用的连接件。

**【条文说明】节点连接件通常用于点支承复合外墙与主体结构的连接节点，对复合外墙起到支承并传递其相关荷载到主体结构上的作用。节点连接件应与主体结构和复合外墙内的预埋件或支承构件可靠连接，并应具有设定的节点变形能力。节点连接件的设计、加工、安装质量是影响复合外墙连接节点安全性能的关键因素。**

## 符号

2.2.1 作用、作用效应及承载力：

——风荷载标准值；

——基本风压；

——垂直于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面的分布水平地震作用标准值（kN/m2）；

——平行于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面的集中水平地震作用标准值（kN）；

——重力荷载标准值；

——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；

——构件和节点的抗力设计值；

——构件和节点的抗力标准值；

——重力荷载代表值的效应；

——水平地震作用标准值的效应；

——竖向地震作用标准值的效应；

S——正常极限状态下作用组合的效应标准值；

C——超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件达到正常使用要求的规定限值，例如变形、裂缝、接缝宽度等的限值；

——重力荷载标准值或者竖向地震作用标准值；

——n节点的竖向反力标准值；

——p节点的竖向反力标准值；

——m节点在墙板面内方向的水平反力标准值；

——n节点在墙板面内方向的水平反力标准值；

——m节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

——n节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

——p节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

——q节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值。

2.2.2 几何参数：

——超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的平面面积；

——超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙面外的偏心距；

——的安装尺寸偏差。

2.2.3 计算系数及其他：

——高度*z*处的阵风系数；

——风荷载局部体型系数；

——风压高度变化系数；

——地震作用动力放大系数；

——水平地震影响系数最大值；

——结构重要性系数；

——承载力抗震调整系数。

# 基本规定

3.0.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计、制作、运输、安装等应满足建筑工程全过程一体化协同要求。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙全过程一体化协同，可将设计、制作、运输、安装等在同一个建造平台上进行，宜通过设定项目中心文件集体共享，采用建筑信息模型（BIM）技术，实现全过程的信息化管理。这种协同要求将设计各专业、建造全过程紧密协作，通过信息共享、专业协作、碰撞检查等消除各专业间的冲突、建造过程割裂等问题，整体优化超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙工程。**

3.0.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的性能设计应根据建筑物的类别、高度、体型以及所在地的地理、气候和环境等条件进行。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的性能与建筑物所在地区的地理位置、气候条件、建筑物的高度、体型、使用功能等有关，也和建筑物的重要性、业主的特殊要求等相关。在设计阶段应合理选择各项物理性能指标，保障其正常使用。**

3.0.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及其安装节点连接件的设计工作年限宜与建筑使用年限相同，且不应低于50年。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的内部连接系统的耐久性应满足设计工作年限要求。根据环境条件对耐久性的影响，墙板及其节点连接件应采取相应的防护措施。

**【条文说明】由于****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件自重较大、更换难度大，因此超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的设计使用年限宜与主体结构相同。节点连接件在使用期间不易更换且不便于维护，同时由于涉及墙板的结构安全，因此其设计使用年限也宜与主体结构相同。为充分发挥超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙外饰面品质高、耐久性好、与结构同寿命等优点，墙板及节点连接件应均能满足建筑使用年限的要求，以减少墙板维护作业量，促进建筑全寿命周期节能降碳。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的内部连接系统是实现墙板整体性能的重要组成部分，由于其内部连接系统不易更换，所以耐久性应满足设计工作年限要求。环境条件对耐久性具有重要影响，因此应当对结构所处的环境条件进行评估并采取适当措施。**

**超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝密封材料、门窗等，基于产品的自身特点和耐久性能，有其自身固有的使用寿命，无法做到与主体结构同寿命，在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙使用期间应根据设计要求，定期对其进行维护和更换。**

3.0.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙设计应遵循模数化、标准化原则，并宜按建筑、结构、设备和装修一体化原则进行协同设计，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙产品宜系列化、定型化。

**【条文说明】目前建筑外墙围护结构体系的趋势是集成化、多功能化、装配化。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采用工厂预制、现场拼装的建造模式，装修、设备管线埋设与复合外墙一体化完成，随主体施工同步进行是较为理想的围护外墙设计、生产、施工模式。**

3.0.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及其连接材料、密封材料、防水材料、防火材料、附加保温材料、装饰材料等应配套使用，并应满足安全性、耐久性和环境保护等要求，宜由材料或产品供应商配套提供并采用具有碳足迹评价的产品。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨****复合外墙一般有自己配套的连接构造和连接材料，并且经过一定数量工程实际检验，应由复合外墙产品供应商提供墙板配套的材料。碳足迹是指对产品在生产、运输、使用和废弃的整个生命周期（或者是部分生命周期）过程中温室气体的排放清单。我国已建立了绿色建材相关评价标准体系，并且碳足迹量化指标已纳入预制构件绿色建材评价体系中的环境属性评价指标中。通过对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙材料进行碳排放量化分析，将更有利于科学、客观的评估建材产品的绿色度，促进建筑业的低碳发展。**

3.0.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统在地震作用下的性能应符合下列规定：

1 当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震作用时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统应不受损坏或不需修理可继续使用；

2 当遭受相当于本地区抗震设防烈度的设防地震作用时，节点连接件应不受损坏，复合外墙可能发生损坏，但经一般性修理后仍可继续使用；

3 当遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震作用时，复合外墙不应脱落，且UHPC外饰面不应脱落；

4使用功能或其他方面有特殊要求的复合外墙系统，可设置更高的抗震设防目标。

**【条文说明】本条规定主要参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231。在地震作用下，复合外墙系统会受到强烈的动力作用，复合外墙及其节点连接件相对更容易发生破坏。为防止或减轻地震灾害，应保证复合外墙构件及其节点连接件具有足够的承载能力，同时加强复合外墙系统抗震构造措施。**

**复合外墙构件自重大，其发生整体或局部脱落对人民财产和生命安全造成的损失较大，同时复合外墙构件及节点连接件维修更换难度大，基于我国现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的指导思想，在多遇地震作用下，复合外墙构件及其节点连接件不应发生破坏，复合外墙之间的接缝密封材料也不应破坏，复合外墙系统可正常发挥使用功能；在设防地震作用下，复合外墙可能有损坏（如个别面板破损、密封材料损坏等），但不应有严重破坏，复合外墙构件、接缝密封材料等经一般修理后仍然可以使用，复合外墙的节点连接件直接影响到墙板的安全性且维修困难，应保证节点连接件在设防地震作用下不发生损坏，保持弹性；在预估的罕遇地震作用下，复合外墙自身可能产生比较严重的破坏，但不应发生复合墙板整体或局部脱落、倒塌现象，点支承连接节点不屈服，线支承连接节点抗剪不屈服。复合外墙系统的设计和抗震构造措施应保证上述性能目标的实现。**

3.0.7 在自重、风荷载和温度作用下，复合外墙、节点连接件、接缝密封胶等应不受损坏。在风荷载作用下，复合外墙应满足相应的面外变形要求。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统主要承受自重、风荷载、温度作用和地震荷载等。为提高复合外墙系统的耐久性能，本规程对自重、风荷载和温度作用下复合外墙的受力和变形等提出了要求。**

3.0.8 在风荷载和地震作用下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应具有相应的适应主体结构平面内变形的能力。

**【条文说明】****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙支承在主体结构上，主体结构在荷载、地震作用和温度作用下会产生变形。恒载和活载作用下，主体结构及墙板支承构件的变形不宜对复合外墙产生影响，主要通过控制节点连接件的位置和主体结构支承构件的刚度等来减少对复合外墙的影响。风荷载和地震作用下，主体结构的变形对复合外墙的影响难以完全通过增加主体结构的刚度或改变节点连接件的位置解决。同时由于复合外墙自重较大、平面内刚度大，当复合外墙参与主体结构受力时，其对主体结构的影响较大，且不易通过计算分析确定，同时节点连接件容易产生破坏，因此复合外墙必须具有适应主体结构变形的能力。相较于玻璃幕墙、金属幕墙、石材幕墙等传统幕墙系统，本规程针对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的平面内变形性能提出了更高的要求。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的平面内变形能力主要通过结构计算和构造措施进行保证。**

3.0.9 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的气密性能应符合建筑物所在地区建筑节能设计要求，有供暖、空气调节要求的建筑物，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的气密性能应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的外门窗气密性能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、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75和《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134的有关规定。

2 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝密封构造符合本规程第5.7.1条~第5.7.7条的相关规定时，可不对接缝的气密性能进行检测，否则应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的气密性能按现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227的规定进行检测。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙整体的气密性能不应低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086所规定的2级，其分级指标值不应大于2.0m3/（m2·h）；进行气密性能检测的复合外墙试件应至少包含一个与实际工程相符的典型十字缝，并有一个完整墙板单元的四边形成与实际工程相同的接缝。

**【条文说明】****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身的气密性能良好，无须对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身的气密性能进行检测，影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙整体气密性能的因素主要包括墙板之间和复合外墙内嵌门窗的接缝。外门窗的气密性能检测应符合现行国家标准《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T** **7106的有关规定。****根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458，当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝密封构造符合本规程的相关规定时，可保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝具有良好的气密性能，可不对气密性能进行检测。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝密封构造不满足本规程的相关规定时，应对气密性能进行检测。**

3.0.10 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的水密性能设计应符合建筑功能要求。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的水密性能设计应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的外门窗水密性能应符合现行行业标准《塑料门窗工程技术规程》JGJ 103、《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214等的有关规定。

2 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝密封构造符合本规程第5.7.1条~第5.7.7条的相关规定时，可不对接缝的水密性能进行检测，否则应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的水密性能按现行国家标准《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227的规定进行检测。进行水密性能检测的复合外墙试件应至少包含一个与实际工程相符的典型十字缝，并有一个完整墙板单元的四边形成与实际工程相同的接缝。

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝处的水密性能设计取值应符合下列规定：

1）受热带风暴和台风袭击的地区，水密性能设计取值应按下式计算，且取值不应低于1000Pa：

（3.0.7）

式中：——水密性能设计风压力差值（Pa）；

——基本风压（kN/m2）；

——风压高度变化系数，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的规定采用；

——局部风压体型系数，可取1.2。

2）其他地区水密性能可按公式（3.0.7）计算值的75%进行设计，且不宜低于700Pa。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身的水密性能良好，无须对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身的水密性能进行检测，影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙整体水密性能的因素主要包括墙板之间和复合外墙内嵌门窗的接缝。根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458，当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝密封构造符合本规程的相关规定时，可保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝具有良好的水密性能，可不对水密性能进行检测。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙整体水密性能设计取值参照现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086给出。**

3.0.11 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙施工质量验收可作为一个独立的分部工程进行验收，其子分部工程、分项工程及检验批划分应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300的有关规定。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装成的围护结构不属于主体结构，国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300-2013并没有把围护结构单独拿出来作为一个独立的分部工程，而是分散在若干分部工程中：墙板安装在建筑装饰装修分部工程中幕墙子分部工程，外墙接缝防水与密封属于建筑装饰装修分部工程中外墙防水子分部工程，外墙节能属于建筑节能分部工程中围护系统节能子分部工程，因此，整个外围护墙板的施工包括在三个子分部工程中，这主要是由于国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300-2013还没有关注装配式一体化外墙，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙更接近一个分部工程，作为一个分部工程进行验收更加合理。**

# 

# 材料

## 一般规定

4.1.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙设计图纸和材料订货文件中，应注明采用的钢材牌号、质量等级、供货条件、连接材料的型号或钢材牌号等；必要时，尚应注明对钢材所要求的钢材机械性能和化学成分等附加保证项目。

4.1.2 钢板厚度不应出现负公差。

4.1.3 钢材应采用《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591规定的Q235、Q345钢材，以及《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518规定的S280、S350及LQ550级钢材，应具有相应的抗拉强度、伸长率、屈服强度、冷弯试验和硫、磷含量的合格保证；有可靠保证时，可采用其他牌号钢材。

4.1.4 普通螺栓应符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《六角头螺栓 C级》GB/T 5780的规定。

4.1.5 不锈钢螺栓应符合《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6的规定。

4.1.6 高强度螺栓应符合《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632等的规定。

4.1.7 自攻、自钻螺钉应符合《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1、《十字槽沉头自钻自攻螺钉》GB/T 15856.2、《十字槽半沉头自钻自攻螺钉》GB/T 15856.3、《六角法兰面自钻自攻螺钉》GB/T 15856.4、《六角凸缘自钻自攻螺钉》GB/T 15856.5或《开槽盘头自攻螺钉》GB/T 5282、《开槽沉头自攻螺钉》GB/T 5283、《开槽半沉头自攻螺钉》GB/T 5284、《六角头自攻螺钉》GB/T 5285等的规定。

4.1.8 其他组成材料的性能应符合国家现行相关标准的规定，并应同时满足设计要求。

4.1.9 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙组成材料的有害物质质量应符合《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》GB 18580和《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

4.1.10 生产超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采用的原材料应符合规定，应由材料供应商按国家有关标准提供检测报告，墙板预制厂应逐批验收进厂原材料合格证，并应对原材料的性能按规定进行复检。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙加工制作及安装所需要的原材料必须严格按相应的产品标准进行验收，合格后才可以使用。原材料按照在复合外墙所处的功能，主要包括内饰面、保温层、连接件、龙骨、UHPC外饰面、外墙接缝材料和其他材料。**

## 内饰面材料

4.2.1 内饰面可采用钢板、纸面石膏板、定向刨花板、无石棉纤维水泥板、纤维增强硅酸钙板、玻镁平板等，并应符合相应规范规定。宜采用纤维增强硅酸钙板（无石棉），其性能应符合《纤维增强硅酸钙板 第1部分：无石棉硅酸钙板》JC/T 564.1中A类板的规定，并应符合表4.2.1的要求。

**表4.2.1 纤维增强硅酸钙板（无石棉）性能要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 性能指标 | 试验方法 |
| 1 | 密度（g/cm3） | ≤0.95 | 《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019 |
| 2 | 导热系数，W/（m·K） | ≤0.25 | 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294 |
| 3 | 含水率，% | ≤8 | 《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019 |
| 4 | 湿涨率，% | ≤0.25 | 《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019 |
| 5 | 不燃性 | A级不燃材料 | 《建筑材料不燃性试验方法》GB/T 5464 |
| 6 | 不透水性 | 24h检验后允许板底面出现潮湿痕迹，但不应出现滴水 | 《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019 |
| 7 | 强度等级 | ≥R4，抗折强度≥16MPa | 《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019 |

4.2.2 当对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的饰物吊挂、设施荷载有要求时，其性能要求应符合《可拆装式隔断墙技术要求》JG/T 487的相关规定。

4.2.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙室内墙面装饰材料应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325、《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588、《建筑材料放射性核素限量》GB 6566等的有关规定。

**【条文说明】国家质检总局2001年底颁布《室内装饰装修材料有害物质限量10项强制性国家标准》，分别为现行国家标准《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》GB 18580、《木器涂料中有害物质限量》GB 18581、《建筑用墙面涂料中有害物质限量》GB 18582、《室内装饰装修材料胶粘剂中有害物质限量》GB 18583、《室内装饰装修材料 木家具中有害物质限量》GB 18584、《室内装饰装修材料 壁纸中有害物质限量》GB 18585、《室内装饰装修材料 聚氯乙烯卷材地板中有害物质限量》GB 18586、《室内装饰装修材料 地毯、地毯衬垫及地毯用胶粘剂中有害物质释放限量》GB 18587、《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588、《建筑材料放射性核素限量》GB 6566，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙室内墙面装饰材料应满足这10项现行国家标准要求。**

## 保温材料

4.3.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的保温材料的质量和性能应符合现行行业标准《外墙保温复合板通用技术要求》JG/T 480的有关规定并应满足耐久性要求，其导热系数不宜大于0.040W/（m·K），体积比吸水率不宜大于0.3%，燃烧性能不应低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624中B2级的规定。宜采用岩棉、石墨烯等A级保温材料。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙保温材料可采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）、挤塑聚苯乙烯泡沫（XPS）、硬泡聚氨酯（PU）、玻璃棉、岩棉、矿渣棉、硅墨烯保温板、石墨烯保温板等，目前应用的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的保温材料以岩棉、石墨烯保温板等为主。保温材料采用EPS板、XPS板、PU板等有机泡沫塑料材料时，必须做好防火构造措施，在特定高温环境下有害气体挥发量应满足国家相关规范要求，产品厂家应对高温下有害气体的挥发进行检验和说明。保温材料也在不断出现新产品，当采用新型保温材料时，其性能应符合相关规程的规定。**

4.3.2 模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）和挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）保温材料应符合国家现行标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1、《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）》GB/T 10801.2和《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144等的有关规定，并应符合表4.3.2的要求。

表4.3.2 EPS及XPS保温隔热材料性能指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 保温材料 | EPS 板 | XPS 板 | |
| 不带表皮 | 带表皮 |
| 表观密度（kg/m3） | 18~22 | 22~35 | |
| 导热系数[W/（m·K）] | ≤0.039 | ≤0.032 | ≤0.030 |
| 水蒸气渗透系数  [ng/（Pa·m·s）] | ≤4.5 | ≤3.5 | |
| 压缩强度（MPa） | ≥0.10 | ≥0.20 | |
| 体积吸水率（%） | ≤3.0 | ≤1.5 | |

注：压缩强度是相对压缩变形为10%时对应的压缩应力。

4.3.3 硬泡聚氨酯保温材料的技术性能应符合现行国家标准《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404的有关规定，并应符合表4.3.3条的要求。

表4.3.3 硬泡聚氨酯保温材料性能指标

|  |  |
| --- | --- |
| 保温材料 | 硬泡聚氨酯保温板 |
|
| 表观密度（kg/m3） | 20~80 |
| 导热系数[W/（m·K）] | ≤0.024 |
| 水蒸气渗透系数  [ng/（Pa·m·s）] | ≤6.5 |
| 压缩强度（MPa） | ≥0.08 |
| 体积吸水率（%） | ≤3.0 |

注：压缩强度是相对压缩变形为10%时对应的压缩应力。

4.3.4 玻璃棉、矿渣棉保温材料的技术性能应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350和《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835的有关规定。

4.3.5 岩棉外观应符合要求，岩棉应树脂分布均匀，表面平整，不得有妨碍使用的伤痕、污迹、破损。岩棉保温材料的技术性能应符合现行国家标准《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835和《建筑用岩棉绝热制品》GB/T 19686等的有关规定，并应符合表4.3.5条的要求。对岩棉有特殊要求或采用其他材料时，应与供方协商。

表4.3.5 岩棉保温材料性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 岩棉板 | 岩棉条 | 试验方法 |
| 密度  ，kg/m3 | 厚度≥50mm | ≥140 | ≥100 | 《矿物棉及其制品试验方法》GB/T 5480 |
| 40mm≤厚度＜50mm | ≥160 | |
| 导热系数，W/（m·K） | | ≤0.040 | ≤0.048 | 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294或《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法》GB/T 10295 |
| 酸度系数 | | ≥1.8 | | 《矿物棉及其制品试验方法》GB/T 5480 |
| 氧化钾和氧化钠含量，% | | ≤4.0 | | 《纤维玻璃化学分析方法》GB/T 1549 |
| 垂直于表面的抗拉强度，kPa | | ≥10 | | 《建筑用绝热制品 垂直于表面抗拉强度的测定》GB/T 30804 |
| 体积吸水率（全浸48h），% | | ≤5.0 | | 《矿物棉及其制品试验方法》GB/T 5480 |
| 质量吸湿率，% | | ≤0.5 | | 《矿物棉及其制品试验方法》GB/T 5480 |
| 憎水率，% | | ≥99.0 | | 《绝热材料憎水性试验方法》GB/T 10299 |
| 短期吸水量（部分浸入），kg/m2 | | ≤0.4 | | 《建筑用绝热制品 部分浸入法测定 短期吸水量》GB/T 30805 |
| 长期吸水量（部分浸入），kg/m2 | | ≤1.0 | | 《建筑用绝热制品 浸泡法测定 长期吸水性》GB/T 30807 |
| 燃烧性能 | | A级 | | 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 |
| 放射性核素（IRa） | | ≤1.0 | | 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 |
| 放射性核素（Ir） | | ≤1.0 | | 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 |
| 甲醛释放量（mg/（kg·h）） | | ≤1.4 | | 《矿物棉及其制品甲醛释放量的测定》GB/T 32379 |

4.3.6 硅墨烯保温板材料应符合《硅墨烯不燃保温板》T/CECS 10291的规定。

4.3.7 硅墨烯保温板材料应符合《FJGP石墨烯绝热不燃板外墙保温系统应用技术规程》T/SDCEAS 10048的规定。

4.3.8 保温材料宜采用单层，当厚度超过120mm时，宜采用两层，分层时应错缝铺装。

## 连接材料

4.4.1 FRP连接件应符合《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608的规定。当有可靠依据时，也可采用其他材料连接件。

**【条文说明】连接件是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接内、外饰面的关键元件，影响到超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安全性、耐久性、保温性能等，是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的关键产品之一。连接件在使用环境中应具有良好的耐久性能、低导热性能、抗火性能等。主要应用的连接件产品类型包括FRP连接件、不锈钢连接件。FRP连接件包括玻璃纤维增强塑料（GFRP）、碳纤维增强塑料（CFRP）、玄武岩纤维增强塑料（BFRP）等，其中GFRP应用最为广泛。FRP连接件的耐久性能是连接件长期工作性能的重要影响因素。我国应用连接件的时间较短，相关产品的生产和应用经验有限，在工程应用过程中应根据相关标准，重点关注产品的有关性能指标及检测结果。**

4.4.2 连接角钢件用于连接UHPC饰面板及中间龙骨，宜采用冷弯薄壁型钢并符合《建筑结构用冷弯薄壁型钢》JG/T 380的规定。

4.4.3 隔离垫应能够将UHPC外饰面及中间龙骨进行断热桥隔离，并使UHPC外饰面与中间龙骨协调变形，减少UHPC外饰面开裂。隔离垫宜采用聚氨酯隔离垫或橡胶类隔离垫。隔离垫的材料性能指标及检验方法应符合表4.4.3的要求。

表4.4.3 隔离垫的材料性能指标及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 性能指标 | 检验方法 |
| 表观密度，kg/m³ | | 650±100 | 《泡沫塑料及橡胶表观密度的测定》GB/T 6343 |
| 导热系数（平均温度25℃），W/（m·K） | | ≤0.10 | 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294或《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法》GB/T 10295 |
| 尺寸稳定性，% | 80℃，48h | ≤1.0 | 《硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法》GB/T 8811或《工业用橡胶板》GB/T 5574 |
| -30℃，48h | ≤1.0 | 《硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法》GB/T 8811或《工业用橡胶板》GB/T 5574 |
| 压缩强度，MPa | | ≥8 | 《硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法》GB/T 8811或《工业用橡胶板》GB/T 5574 |
| 剪切强度，MPa | | ≥1 | 相关标准 |
| 弯曲强度，MPa | | ≥8 | 相关标准 |
| 镙钻防脱力，（N） | | ≥600 | 相关标准 |
| 吸水率，（24h浸水）（v/v）% | | ≤5 | 《硬质泡沫塑料吸水率的测定》GB/T 8810或《工业用橡胶板》GB/T 5574 |
| 燃烧性能 | 燃烧性能分级 | 不低于B1级 | 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 |
| 氧指数，% | ≥30 | 《塑料 用氧指数法测定燃烧行为 第2部分：室温试验》GB/T 2406.2 |

4.4.4 不锈钢预埋套筒用于连接UHPC饰面板及中间龙骨，宜采用304不锈钢A2-70。

4.4.5 用于主次龙骨连接、龙骨与UHPC饰面板、龙骨与硅酸钙板等连接的螺栓、螺钉等均应采用不锈钢材质，其规格和尺寸根据设计计算确定，应有足够的承载力和可靠性，其机械性能、化学成分应符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6的规定。外露及潮湿部位的紧固件应采用316不锈钢A4-70，室内及防水层内侧部位的紧固件应采用304不锈钢A2-70。

## 龙骨材料

4.5.1 龙骨宜采用镀锌冷弯薄壁型钢构件，强度等级宜为Q355B，其性能应符合《建筑用轻钢龙骨》GB/T 11981、《轻钢龙骨式复合墙体》JG/T 544的要求。其材料力学性能应满足《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的规定。

4.5.2 龙骨采用方管时，应符合现行国家、行业标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793、《冷弯型钢》GB/T 6725、《建筑结构用冷弯薄壁型钢》JG/T 380的规定。

4.5.3 轻钢龙骨镀层（重）量最小值应符合《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018和《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》JGJ 227的规定。采用热镀锌时，双面镀层重量应不小于125g/㎡。

## UHPC外饰面材料

4.6.1 水泥采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定；采用白色硅酸盐水泥应符合《白色硅酸盐水泥》GB/T 2015的规定。水泥强度等级不应低于52.5。

4.6.2 钢纤维应符合《混凝土用钢纤维》GB/T 39147的规定，抗拉强度不应小于2000Mpa。合成纤维应符合《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120的规定。耐碱玻璃纤维中的ZrO2含量不应低于16.5%。

4.6.3 砂应符合《建设用砂》GB/T 14684的规定。

4.6.4 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076的规定。

4.6.5 硅灰应符合《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的规定；粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的规定；矿渣粉应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 18046的规定；偏高岭土应符合《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736的规定。

4.6.6 水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

4.6.7 UHPC预混料应符合《超高性能混凝土预混料》T/CBMF 96（T/CCPA 20）的规定。若采用外购UHPC预混料，应由UHPC预混料原材料供应商提供检测报告，材料进场后应根据规定进行复验。

4.6.8 颜料应符合《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T 539的规定。

4.6.9 UHPC的性能指标应符合现行中国工程建设标准化协会标准《超高性能混凝士（UHPC）技术要求》T/CECS 10107中对于UHPC拌合物性能、力学性能、耐久性能和收缩的规定，同时应符合表4.6.9的要求。

表4.6.9 UHPC性能指标要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 性能要求 |
| 1 | 抗压强度 | ≥120MPa |
| 2 | 抗折强度 | ≥5MPa |
| 3 | 弹性模量 | ≥40GPa |
| 4 | 氯离子扩散系数 | ≤0.40x10-12m2/s |
| 5 | 抗弯极限强度 | ≥20.0MPa |
| 6 | 吸水率 | <1% |
| 7 | 抗冻性 | 冻融循环200 次后，无起层、剥落等破坏现象 |

4.6.10 UHPC的抗压性能和轴心抗拉性能分级应符合现行中国工程建设标准化协会标准《超高性能混凝士（UHPC）技术要求》T/CECS 10107的规定，强度标准值、设计值、弹性模量、应力-应变本构关系等应符合现行中国工程建设标准化协会标准《建筑工程超高性能混凝土应用技术规程》T/CECS 1216的规定。

4.6.11 UHPC的试件制备及性能测试方法应符合现行中国工程建设标准化协会标准《超高性能混凝士（UHPC）技术要求》T/CECS 10107和《超高性能混凝土试验方法标准》T/CECS 864的有关规定。

## 接缝材料

4.7.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统接缝密封胶应采用有弹性、耐老化的密封材料，密封胶的技术指标应符合现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458和中国工程建设标准化协会标准《建筑接缝密封胶应用技术规程》T/CECS 581的有关规定。

**【条文说明】在风荷载、地震作用和温度作用下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝处存在变形需求，因此要求密封胶应具有良好的变形能力，满足墙板间变形不协调产生的剪应力，其强度要求主要是密封胶的厚度应该根据计算确定，但是，目前都是根据工程经验和各类胶的国家现行标准和产品说明书要求来对墙板接缝进行密封。一般应选用不低于20级的低模量弹性密封胶。墙板接缝处建议选用双组分化学固化型密封胶。密封胶还应满足防水、耐候、防火等建筑物理要求。**

**密封胶在使用前，应进行与其相接触材料（超高性能混凝土、涂装材料、背衬材料及其他有机材料）的相容性试验。如果使用了与密封胶不相容的材料，可能会导致密封胶的粘结性能下降或丧失。另外，密封胶还应具有以下特性：**

**1 密封胶不应与基材发生不良物理化学反应；**

**2 密封胶应具有良好的不透水性；**

**3 密封胶的隔热性、隔声性等性能应满足设计要求；**

**4 密封胶应具有环保性，不应对环境造成污染；**

**5 当建筑物对涂装有要求时，密封胶应具有可涂装性；**

**6 密封胶应具有一定的蠕变性；**

**7 密封胶应具有可维修性；**

**8 密封胶应有良好的耐久性。**

**超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统接缝密封胶的技术指标应符合现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018表4.5.1等的有关规定，此外，中国工程建设标准化协会标准《建筑接缝密封胶应用技术规程》T/CECS 581对密封胶的材料、密封设计、施工及验收进行了详细的规定，密封胶的应用尚应符合该标准。**

4.7.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝密封胶的背衬材料应与密封胶相容，可采用直径为缝宽1.3倍~1.5倍的发泡闭孔聚乙烯棒或发泡氯丁橡胶棒；当采用发泡闭孔聚乙烯棒时，其密度不宜大于37kg/m3。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝处背衬材料应与密封材料不相粘结，并且不会对密封材料产生不良影响；与此同时，背衬材料还要保证不会因清洁溶剂和底漆而发生变质。从接缝处填充的操作性上来说，一般选用泡沫聚乙烯作为衬垫料使用。接缝在风荷载、温度和地震作用下将发生变形，所以背衬材料尚应具备一定的变形能力，发泡倍数不宜太小，参考《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458，规定发泡后聚乙烯密度不宜大于37kg/m3。**

4.7.3 气密条宜采用三元乙丙橡胶，也可采用氯丁橡胶或硅橡胶；橡胶应符合现行国家标准《工业用橡胶板》GB/T 5574的有关规定。

4.7.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙面层及连接用玻璃纤维网布增强材料应符合现行行业标准《耐碱玻璃纤维网布》JC/T 841的有关规定。

**【条文说明】为了防止超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的表面微裂缝，许多产品的表面都有一层纤维网布增强材料，可以有效防止表面微裂缝的产生。**

4.7.5 聚氨酯泡沫填缝剂应符合现行行业标准《单组份聚氨酯泡沫填缝剂》JC/T 936的有关规定。

**【条文说明】/**

4.7.6 密封胶条宜采用三元乙丙橡胶、氯丁橡胶及硅橡胶制品，并宜符合现行国家标准《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498的有关规定。

**【条文说明】三元乙丙橡胶、氯丁橡胶及硅橡胶制品都具有很好的耐候性、耐臭氧性、耐水性以及耐化学性，已经广泛用在建筑门窗、幕墙的密封中，也可用于建筑围护墙板的密封中。**

4.7.7 防水隔汽膜和防水透汽膜的技术指标应符合《建筑用气密性材料应用技术规程》T/CECS 826的规定。

**【条文说明】防水隔汽膜和防水透汽膜在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的气密性构造中占据重要作用，其技术指标应符合中国工程建设标准化协会标准《建筑用气密性材料应用技术规程》T/CECS 826-2021中表4.0.1条的规定。**

4.7.8 防火封堵材料应符合《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T 51410的规定

## 其他材料

4.8.1 外门窗应采用在工厂生产的标准化系列部品，并应采用带有批水板等的外门窗配套系列部品。

4.8.2 铝合金门窗应符合《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214的规定，塑料门窗应符合《塑料门窗工程技术规程》JGJ 103的规定。

4.8.3 管线防火封堵应符合《建筑设计防火规范》GB 50016的规定。

4.8.4 吊装用内埋式螺母或内埋式吊杆及配套的吊具，应根据相应的产品标准和应用技术规定选用。采用吊环时，应采用HPB300钢筋或Q235B圆钢，吊环应按设计要求与中间龙骨可靠连接。

**【条文说明】为了节约材料、方便施工，避免外露金属件引起耐久性问题，预制构件的吊装方式宜优先选择内埋式螺母、内埋式吊杆或吊装孔。根据国内外的工程经验，采用这些吊装方式比传统的预埋吊环施工方便，吊装可靠，耐久性好。内埋式吊具已有专门技术和配套产品，可以根据情况选用。吊具的产品质量、安装质量及吊装方法是影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙吊装安全和工程质量的关键因素，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙通常形式较复杂，墙板厚度较薄，其吊具选择的合理性和质量将直接影响到工程质量和安全，应引起高度重视。内埋式吊具产品应严格按照相关标准和产品手册进行型式检验和进厂检验。内埋式吊具宜采取辅助构造措施，避免发生脆性破坏。**

4.8.5 节点连接件采用金属件时，金属件材料应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定；当节点连接件和预埋件采用耐候结构钢时，其材料性能应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171的有关规定。节点连接件应进行防腐防锈处理，镀层（重）量最小值应符合《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018和《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》JGJ 227的规定。采用热镀锌时，双面镀层重量≥125g/㎡。

**【条文说明】通过添加少量合金元素Cu、P、Cr、Ni等，使其在金属基体表面形成保护层，以提高耐大气腐蚀性能的钢称为耐候结构钢。耐候结构钢的耐大气腐蚀性能为普通钢的2倍~8倍。耐候结构钢分为高耐候钢和焊接耐候钢两类，高耐候钢具有较好的耐大气腐蚀性能，而焊接耐候钢具有较好的焊接性能。当节点连件和预埋件需要进行焊接，且采用耐候结构钢时，应采用现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171中的焊接耐候钢。**

4.8.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装用预埋件、连接件宜采用不锈钢、耐候钢，也可采用碳素结构钢或低合金高强度结构钢，且材料选用宜符合下列规定：

1 不锈钢宜采用奥氏体不锈钢，并宜符合现行国家标准《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878和现行中国工程建设标准化协会标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410的有关规定；

2 耐候钢宜符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T 4171的有关规定；

3 碳素结构钢和低合金高强度结构钢宜符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591的有关规定，并宜做钢材防腐处理。

**【条文说明】近年来，不锈钢材料和耐候钢已经在工程结构中应用，不锈钢结构也颁布了中国工程建设标准化协会标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410，可以参考该规程的技术要求。**

4.8.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接用焊接材料、螺栓、锚栓等紧固件材料应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18等的有关规定。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接，一般是轻钢龙骨上焊接连接件，复合外墙与预埋件或连接件之间采用焊接、螺栓等形式连接，焊接或螺栓连接的焊材、螺栓都可以按国家现行标准采用。连接用螺栓通常包括高强度螺栓和普通螺栓。其中大六角高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231的规定。扭剪型高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632的规定，安装或连接用的4.6级与4.8级普通螺栓（C级螺栓）及5.6级与8.8级普通螺栓（A级或B级螺栓），其质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1和《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺帽》GB/T 3103.1的规定。C级螺栓与A级、B级螺栓的规格和尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓 C级》GB/T 5780与****《六角头螺栓》GB/T 5782的规定。**

4.8.8 主体结构预埋件的锚板和锚筋材料等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010等的有关规定。

# 建筑设计

## 一般规定

5.1.1 进行超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙建筑设计时，应综合考虑当地气候条件、设计工作年限、使用功能、建筑造型、主体结构形式、外表面装饰、节能环保、施工技术条件等因素。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统宜采用管线分离技术。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙是一种装配式建筑外墙，可以做到墙体与保温、装饰等一体化。从工艺方面看，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙施工工艺与传统的外围护墙体存在显著不同。传统的外围护墙体一般分三个工序施工，即墙体砌筑、保温层安装、装饰层安装。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙则为在工厂统一预制，运至现场后再通过外挂或内嵌与主体结构相连，并进行后续接缝处理等。从性能方面看，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙相比传统的外围护墙体，其外饰面密实、耐久、不易污染，不会脱落。建筑设计时，应充分考虑超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的工艺和性能特点，综合考虑当地气候条件、设计工作年限、使用功能、建筑造型、主体结构形式、外表面装饰、节能环保、施工技术条件等因素，进行建筑外围护结构的立面设计、功能设计、合理拆分设计等。**

5.1.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙建筑设计时应包括下列内容：

1 模数化设计，应根据建筑立面设计要求，考虑并确定超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的轴线定位尺寸、超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的厚度、门窗位置和洞口位置与尺寸等；

2 防水设计；

3 防火设计；

4 隔声设计；

5 热工设计；

6 接缝设计，包括附加保温装饰层的连接及构造设计，门窗位置、阳台位置和洞口尺寸，机电设备预留管线及点位等细部构造设计等。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的建筑设计除包含建筑外立面、外表面装饰等建筑效果外，还应包括模数化设计、各种建筑功能设计（防水、防火、隔声、热工等）、接缝设计等。**

5.1.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统立面设计应满足建筑立面效果、符合外墙加工、运输及安装施工的要求，且立面分格线宜与接缝位置协调对应。

**【条文说明】/**

5.1.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应采取防裂、防潮和防雨水措施，并应采取保持保温、隔热、材料干燥的措施。

**【条文说明】建筑设计的细节构造是保证建筑质量的关键，大部分节点构造都是常规的构造方式，并不是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙特有的，因此，本规程只是给出了需要考虑的构造细节关键点，没有给出具体构造细节内容，具体内容可按相关的标准规范执行。**

5.1.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057的相关规定。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不应直接采用复合外墙间的轻钢龙骨互相连通作为防雷引下线。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统需进行防雷专项设计，并由设计单位认可。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统防雷引下线的设计，主要目的是将雷电流从接闪器传导至接地装置，降低雷电流对装配式建筑物的影响程度。由于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙之间的轻钢龙骨并不连续，可不做电气连接；另外，由于****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接多采用钢结构预埋连接节点，可实现超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙间的电气连续性，所以可直接利用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的钢结构预埋连接节点作为防雷引下线，满足防雷规范要求。**

5.1.7 建筑外围护结构同时采用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统和其他幕墙系统时，应分别设置独立的支承系统并直接与主体结构连接，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统不应作为其他幕墙系统的支承结构使用。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在使用阶段需适应主体结构的变形，当建筑围护结构同时采用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统和其他幕墙系统时，二者应单独设置支承系统与主体结构连接，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不应作为其他幕墙系统的支承结构使用。同时超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统与其他幕墙系统交接处的接缝设计与构造应同时满足本规程及相应幕墙标准的要求。**

## 模数化设计

5.2.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应用的建筑设计宜符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的有关规定，遵循少规格、多组合原则。

**【条文说明】装配式建筑产品产业化的前提是工业化，在建筑行业日益成熟并且竞争激烈的当下，只有降低成本才能使好的产品得到更大推广，标准化是工业化产品成本降低的重要途经，非标准化的预制构件将增加设计周期、增加模具种类和数量、降低生产、安装效率、增加运营维护难度，提升产品成本。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应采用模数化设计，最大限度地采用通用的建筑构配件和建筑设备，通过模数协调，采用标准化的板材实现灵活多样的建筑要求。设计时，应根据主体结构的建筑模数来确定超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙模数，考虑转角处的公差配合实现现场转角的顺利安装，选用合适的尺寸组合最大化减少模具规格种类。**

5.2.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙宜与建筑空间和结构设计相协调，并宜采用标准化产品构件，且宜根据主体结构建筑的开间、进深、门窗洞口宽度等按模数协调原则确定墙板的基本板、洞口板、转角板和调整板等墙板的规格、截面尺寸和公差。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件应考虑与外门窗、阳台板、空调板等部品部件的相互关系，应做到标准化设计，减少构件类型，提高构件的标准化程度，简化构件加工和现场施工，做到简洁有序、经济合理。**

5.2.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的高度不宜大于层高。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接从空间关系上可分为内嵌式和外挂式两种连接方式。内嵌式连接时，复合外墙只能做到一层；外挂式连接时，复合外墙原则上可以跨层，但是，减小复合外墙的高度可以减小外墙所受弯矩以及降低接缝宽度要求，因此，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙也多按一个层高来设计和施工。**

5.2.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的常用规格尺寸见表5.2.4，其他规格尺寸可由供需双方协商。其中，UHPC超高性能混凝土外饰面的厚度宜为25mm，室内侧硅酸钙板的厚度宜为20mm。

表5.2.4 复合外墙板常用规格尺寸

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 标志尺寸 |
| 长度/mm | 宜为10mm的整数倍，模数尺寸为0.1M |
| 宽度/mm | 1800，2100，2400，2700，3000，3300，3600，模数尺寸为3M |
| 厚度/mm | 150，160，170，180，190，200，250，300，模数尺寸为0.1M |

注：为便于存储和运输，复合外墙板不宜长度、宽度两个方向尺寸均超过3600，否则应与供方协商。

**【条文说明】墙板的宽度宜采用模数化尺寸，根据现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的有关规定，建筑的装修网格由内部部件的重复量和大小决定，宜采用M，优先采用3M，也就是300mm。现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002外墙厚度的优先尺寸系列为150mm、200mm、250mm、300mm。**

5.2.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙生产厂家应根据模数化要求形成系列的尺寸规格产品，供建筑设计选用，墙板尺寸规格模数宜符合本规程第5.2.4条的规定。

**【条文说明】/**

## 防水设计

5.3.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙防水设计应符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030及行业标准《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235等的有关规定，同时应符合下列规定：

1 应进行密封和防水构造设计；

2 复合外墙水平或倾斜的出挑部位及延伸至地面以下的部位应做防水、防潮处理；

3 复合外墙外安装的设备管道应固定在主体结构上，并应做密封和防水设计。

**【条文说明】/**

5.3.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝应采用不少于一道材料防水和构造防水相结合的防水构造；受热带风暴和台风袭击地区的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝应采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造，其他地区的高层建筑宜采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝是防水的关键环节，也是最薄弱的环节，应结合当地气候条件，做好超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝及门窗洞口等防水薄弱环节处的防水构造设计。受热带风暴和台风袭击地区的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙工程，气压、气流等促使雨滴移动的作用较其他地区更强，对接缝的防水要求更高，所以要求采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造。当建筑物高度较大时，作用在建筑物的最大风压相应较大，同样也建议采用不少于两道材料防水和构造防水相结合的防水构造。**

5.3.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的水平缝和垂直缝均应采用带空腔的防水构造，并应符合下列规定：

1 水平缝

宜采用内高外低的企口构造形式（图5.3.3-1）。



图5.3.3-1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙水平缝企口构造示意图

1-防水透汽膜；2-密封胶；3-密封条；4-空腔；5-密封条；6-防火封堵材料;7-防水隔汽膜；8-室内；9-室外；10-室内装饰面；11-保温层；12-轻钢龙骨；13-UHPC外饰面；14-超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙

2 垂直缝

受热带风暴和台风袭击地区应采用槽口构造形式并符合《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458的有关规定，其他地区可采用平口构造形式（图5.3.3-2）。



图5.3.3-2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙垂直缝平口构造示意图

1-防水隔汽膜；2-防火封堵材料；3-密封条；4-空腔；5-密封条；6-背衬材料;7-密封胶；8-室内；9-室外；10-室内装饰面；11-保温层；12-轻钢龙骨；13-UHPC外饰面；14-超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙水平缝处，国外主要采用内高外低的企口形式，这种企口形式对接缝的排水性能非常有利，因此本规程推荐采用。企口的最小高度建议根据当地气候条件确定，对于受热带风暴和台风袭击地区宜取大值，其他地区的高层建筑宜取大值。不受热带风暴或台风袭击的地区，垂直缝原则上也可以采用平口构造，但应在垂直缝内设置有效的排水构造，对于高层建筑建议进行水密性试验。**

5.3.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的排水构造应符合下列规定：

1 建筑首层底部应设置排水孔等排水措施；

2受热带风暴和台风袭击地区的建筑以及其他地区的高层建筑宜在十字交叉缝上部的垂直缝中设置导水管等排水措施，且导水管竖向间距不宜超过3层；

3 当垂直缝下方因门窗等开口部位被隔断时，应在开口部位上部垂直缝处设置导水管等排水措施；

4 仅设置一道材料防水且接缝设置排水措施时，接缝内侧应设置气密条。

**【条文说明】在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙垂直缝中设置排水措施，可以有效解决因外侧接缝密封胶局部损坏造成的接缝漏水问题。排水管通常沿建筑高度均匀设置，竖向间距一般不超过3层，且在建筑首层底部应设置一道排水管。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的垂直缝不宜间断，避免造成空腔内雨水排泄不畅，当无法避免时，应在垂直缝截断部位设置一道排水措施。地下排水管的顶部应用滤布包裹，在可能的情况下，将排水管倾斜至少1/100，并用金属丝网将末端封闭，防止排水管堵塞。**

5.3.5 导水管应采用专用单向排水管，管内径不宜小于10mm，外径不应大于接缝宽度，在密封胶表面的外露长度不应小于5mm。

5.3.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统内侧可采用密封胶作为第二道材料防水，当有充足试验依据时也可采用气密条作为第二道材料防水。

**【条文说明】美国的PCI手册建议采用背衬材料和密封胶相结合的形式作为第二道材料防水措施，并要求缝宽不小于25mm。在日本和我国台湾，密封胶和气密条均可作为第二道材料防水，但采用气密条作为第二道防水时，要求气密条在长期受压下具有良好的弹性性能及耐久性能才能达到长期防水和气密的作用。因此在选择气密条产品时，应严格控制其产品质量，对其长期受压条件下的弹性性能和耐久性能进行型式检验，控制构件加工和现场施工质量。**

**当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝内侧采用气密条作为第二道防水和气密措施时，考虑到施工过程中以及使用阶段墙板变形过程中气密条在十字缝部位容易挤压不密实，存在空隙，因此需在十字缝范围内采用耐候密封胶进行密封处理。**

5.3.7 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内侧房间有防水要求时，宜在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙室内一侧设置内衬墙，并对内衬墙内侧进行防水处理。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构之间存在一定的安装间隙，且超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身存在接缝。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内侧的房间有防水要求时，这些接缝和间隙的存在都会成为可能的渗漏部位，影响建筑使用功能。此时应在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内侧设置防水内衬墙，以起到防水作用。在内衬墙设计和施工过程中应考虑到超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在使用阶段存在变形需求和一定的变形值，因此内衬墙应与超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙脱离或柔性连接，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的变形不应对内衬墙内侧的防水构造产生不利影响。**

5.3.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的防水层应设置在墙板基体和涂料饰面层之间，外饰面涂料宜采用水溶性涂料。

**【条文说明】/**

## 防火设计

5.4.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙防火设计应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑设计防火规范》GB 50016等的有关规定。

**【条文说明】根据现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037和《建筑设计防火规范》GB 50016对各类建筑的外墙防火性能要求，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙、复合外墙与主体结构节点连接件的防火设计要求和相关细部设计要求应参照执行。**

5.4.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的保温芯材燃烧性能等级低于A级并采用外挂方式安装时，应设置防火隔离带。防火隔离带的设置应符合国家现行标准《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑外墙外保温防火隔离带技术规程》JGJ 289的有关规定。

**【条文说明】/**

5.4.3 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采用有机保温隔热材料时，保温隔热系统应采取防火构造措施，并应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定，且在高温环境下有害气体挥发量应符合环境保护要求。

**【条文说明】/**

5.4.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙室内装饰材料的燃烧性能应符合现行国家标准《建筑防火通用规范》GB 55037、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222对室内材料燃烧性能的要求。

**【条文说明】/**

## 隔声设计

5.5.1 在民用建筑中，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的隔声设计应符合现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016和《民用建筑隔声设计规范》GB 50118等的有关规定，应根据建筑物的使用功能和环境条件，与外门窗的隔声性能设计结合进行。计权隔声量与交通噪声频谱修正量之和应符合表5.5.1的规定。当墙板自身不能满足隔声要求时，应采取附加隔声或吸声措施。

**表5.5.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙空气隔声标准（dB）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 建筑类型 | 住宅、学校教学用房、医院各类房间、办公建筑 | 宾馆客房 | | |
| 特级 | 一级 | 二级 |
| + | ≥45 | ≥40 | ≥35 | ≥30 |

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙隔声性能是指室外噪声级和室内允许噪声级之差，是以计权隔声量作为指标值，达到室内声环境的需求。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的空气声隔声性能应根据建筑的使用功能和环境条件进行设计。现行国家标准《建筑环境通用规范》GB 55016和《民用建筑隔声设计规范》GB 50118对各类建筑的外墙隔声有明确的规定，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的基本隔声设计要求和相关细部设计要求应参照执行。对于商业建筑，应根据商业功能不同采用不同的隔声要求，本条没有具体给出，可参照相关标准。空气声隔声性能分级指标应符合现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086的规定。**

5.5.2 管线穿过墙板时，孔洞周边应采取密封隔声措施。

## 热工设计

5.6.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙热工设计应包括保温设计、隔热设计、防潮设计等。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的保温、隔热、防潮性能和传热系数计算应符合国家现行标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《建筑环境通用规范》GB 55016、《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《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和中国工程建设标准化协会现行标准等的有关规定。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙热桥的构造措施及保温材料的性能应通过热工计算确定，其防结露设计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；超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的传热系数应取考虑热桥影响后的平均传热系数，并应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙背后无其他墙体时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身的保温隔热构造系统应符合建筑物建筑节能设计对外墙的传热系数要求；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙背后有其他墙体时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与该墙体共同组成的外围护结构应符合建筑物建筑节能设计对外墙的传热系数要求。

**【条文说明】现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176将全国划分为五个热工分区，每个分区都有各自的热工特点，各个热工分区也都制定了各自的建筑节能设计标准，都有各自的节能措施，围护结构的主要功能就是保温、隔热、防潮、防水等，围护结构必须要结合各地节能标准的要求进行热工设计和节能设计。采用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙时应合理设计，避免超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙局部产生热桥。在寒冷或严寒地区，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的室内外温差较大，如在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙设计中不注意热桥的处理，不仅不利于建筑节能，还容易出现结露现象。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙局部存在热桥时，计算超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的平均传热系数时应考虑热桥的影响。**

5.6.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙热工设计，应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙热工设计除应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《民用建筑热工设计规范》GB 50176的有关规定外，尚应与所在地区气候相适应，并满足室内热环境和传热系数的要求；

2 民用建筑热工设计的节能设计除应符合现行国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189的有关规定外，尚应根据所在地区的热工分区，符合现行行业标准《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、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75的有关规定，并应满足当地节能设计标准要求；

3 工业建筑热工设计的节能设计应符合现行国家标准《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245的有关规定。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应满足室内热环境的要求，墙板内表面温度与室内空气温度的差值应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《民用建筑热工设计规范》GB 50176的有关规定。根据国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176-2016第5.1.1条，规范通过控制墙板内表面不结露和基本舒适度两项指标来给出室内空气与墙板内表面之间的允许温差，并且在该规范的第5.1.2条~第5.1.4条给出了内表面温度计算方法，冬季室外空气计算温度低于0.9℃时，应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙进行内表面结露验算。**

**墙体的传热系数是围护结构节能设计、热工设计的主要指标，热工设计时应根据热工分区和建筑节能要求确定超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的传热系数。墙板的传热系数应根据墙板的构造，考虑保温材料、轻钢龙骨等不同的导热系数，根据现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176中传热系数的计算方法计算，计算过程中应考虑热桥的影响，当有必要时也可以根据试验确定。**

5.6.3 当不能满足传热系数要求时，应增加附加保温层。附加保温层形式、保温材料、厚度应根据所在地区的气候条件、结构形式、供暖运行方式、外饰面层等确定。

**【条文说明】对于严寒地区、寒冷地区，当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙难以满足保温要求时，应在墙板安装后进行附加保温措施。**

5.6.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙隔热性能设计应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《民用建筑热工设计规范》GB 50176的有关规定。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的隔热是体现建筑在夏季室外热动条件下的防热特性的基本指标，主要是指外围护结构在室外非稳定热扰动条件下抵抗室外热扰动能力的一种特性，通常采用外围护结构内表面温度，以及温度和热流波在围护结构中传播时的衰减和延迟特性来表示。**

5.6.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采用低导热系数的新型材料、具有封闭空气间层的复合墙体构造等措施时，应满足建筑围护结构的保温、隔热性能要求。

**【条文说明】/**

5.6.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应采取防止水蒸气通过渗透进入墙板结构内部并产生冷凝的措施。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在使用过程中，当内部某处的温度低于空气露点温度时，围护结构内部的空气中的水分或渗入围护结构内部的水分就会发生冷凝，形成液体水。**

5.6.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙热桥部位的处理，应符合下列规定：

1 宜提高热桥部位的热阻：

2 墙板采用内嵌式连接时，外露主体结构部位的保温和墙板应采取保温连续措施；

3 应切断热流通路；

4 应减少热桥中低热阻部分的面积；

5 应降低热桥部位内外表面材料的导热系数。

**【条文说明】防热桥是围护系统热工设计的关键，热桥主要体现在一些节点的处理，需要加强处理。**

## 接缝设计

5.7.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙之间、墙板与门窗之间、墙板与主体结构之间的接缝应采取满足防水、防热桥、防火等构造措施，墙板与屋面板、外门窗、阳台板、空调板及装饰件等的连接构造节点，也应满足气密、水密、防火、防水、热工、隔声等性能要求。墙板本身宜采用防水透汽膜进行侧边封边，防止水汽进入保温层。

**【条文说明】接缝是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙防水、防热桥、防火性能等的薄弱点，主要通过构造措施满足设计要求。**

5.7.2 墙板接缝采用材料防水时，接缝应采用嵌缝密封材料填充，接缝构造应符合下列规定：

1 接缝宽度应满足在温度、风荷载、地震作用等外界环境影响下，接缝尺寸变形不会导致密封胶的破裂或剥离破坏；接缝的变形应满足密封胶最大容许变形要求；

2 接缝宽度宜控制在10mm~30mm范围内，接缝胶深度宜为10mm~20mm；当计算接缝宽度大于30mm时，宜调整节点连接形式，或采用弹性密封胶；

3 密封胶厚度不宜小于8mm，且不宜小于缝宽的一半；

4 密封胶内侧宜采用背衬材料填充。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝关系到安装质量、气密性和水密性，欧洲、日本、美国对接缝宽度及密封胶的厚度都有规定。本条根据工程经验并参考了行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458给出。接缝的预留宽度不宜太小，否则安装误差难以消除；接缝的预留宽度也不宜过大，否则密封胶厚度增大，容易损坏。**

5.7.3 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝内侧采用气密条时，十字缝部位各300mm宽度范围内的气密条接缝内侧应采用耐候密封胶进行密封处理。

5.7.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与外门窗的接缝处，应在室内侧采用防水隔汽膜密封，并应在室外侧采用防水透汽膜密封。防水隔汽膜、防水透汽膜与门窗框的有效粘贴宽度不应小于15mm，防水隔汽膜、防水透汽膜与墙体的粘贴宽度不应小于50mm。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与外门窗的接缝处是防水薄弱处，需加强处理，本条根据《建筑用气密性材料应用技术规程》T/CECS 826第5.0.1条的规定给出。**

5.7.5 当女儿墙采用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙时，应采用与下部超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件相同的接缝密封构造。女儿墙板内侧在泛水高度处宜设置凹槽或挑檐等防水构造。

**【条文说明】女儿墙处超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的构造形式可参考现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第5.3.10条条文说明的做法。**

5.7.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙挑出的阳台、雨篷、空调室外板等构件与外墙交接处应进行防水及保温隔热处理。

**【条文说明】/**

5.7.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙预留洞口或开槽位置除应采取结构补强措施外，尚应采取保温隔热和气密性处理措施。传墙板管道或洞口处的气密性处理措施应符合下列要求：

1 穿墙板管道或洞口与墙板间的交接部位，应在室内侧采用防水隔汽膜密封，并应将穿墙板管道周边的断热桥保温密封在内，防水隔汽膜与管道和墙板基面的粘贴宽度均不应小于50mm（图5.7.7）；



图5.7.7 管道部位室内侧防水隔汽膜粘贴示意图

1-防水隔汽膜；2-防水隔汽膜搭接区域；3-填充保温材料；4-穿墙管道

2 防水隔汽膜和防水透汽膜应直接粘贴在管道表面，当有管道保温时，应敷设在防水隔汽膜和透汽膜外侧。

**【条文说明】/**

# 结构设计

## 一般规定

6.1.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统结构设计应包括下列基本内容：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统结构方案；

2 作用的确定及作用效应分析；

3 构件和连接节点的设计和验算；

4 构件和连接的构造措施；

5 系统耐久性的设计；

6 安装可行性分析。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统结构设计应当包含的基本内容。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构之间可以采用多种连接方式，应根据建筑类型、功能特点、施工吊装能力以及超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的形状、尺寸以及主体结构层间位移量等特点，确定超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的结构方案及连接构造。条文中“系统耐久性的设计”除了考虑墙板材料的耐久性之外，还应该从墙板系统全寿命周期的使用与维护角度加以考虑。**

6.1.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及其连接节点的结构分析、承载力计算、变形验算、开裂验算及构造要求等除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《钢结构通用规范》GB 55006、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《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等的有关规定。

**【条文说明】/**

6.1.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙设计应采用以概率理论为基础、以分项系数设计表达的极限状态设计方法。

**【条文说明】/**

6.1.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的结构分析可采用线性弹性方法，其计算简图应符合实际受力状态。

**【条文说明】对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙和连接节点进行设计计算时，所采用的计算简图应与实际连接构造一致。**

6.1.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的连接件应将UHPC外饰面、内饰面与龙骨可靠连接。连接件材料应符合本规程第4.4节的规定。

**【条文说明】/**

6.1.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙结构分析时不应考虑内、外饰面与轻钢龙骨的组合作用。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙考虑内、外饰面与轻钢龙骨的组合作用尚缺乏足够试验基础。此外，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内饰面与轻钢龙骨的连接对于各种内饰面均不尽相同，例如，内饰面采用硅酸钙板时，其与轻钢龙骨的连接往往采用铆钉连接等弱连接，组合效应很弱；内饰面采用超高性能混凝土浇筑时往往采用预埋件锚固连接，组合效应则较强。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外饰面与轻钢龙骨的连接虽然牢固，但由于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外饰面所受的垂直面外力方向不同，外饰面可能受拉力或压力，而超高性能混凝土的受拉和受压承载力差异非常大，为考虑组合效应而增大截面厚度不能有效利用超高性能混凝土的承载力，经济效果差。最后，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为围护装饰外墙，为减少构件自重，内、外饰面一般较薄，考虑饰面不允许开裂，为减少饰面开裂隐患，不宜考虑饰面对于复合外墙受力的有利作用。**

6.1.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应采用合理的连接节点并与主体结构可靠连接。有抗震设防要求时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及其与主体结构的连接节点，应进行抗震设计。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接的可靠性是保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙正常工作的前提条件。对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙除应进行复合外墙构件设计外，还应重视连接节点的设计。连接节点包括主体结构支承构件中的预埋件、复合外墙中的预埋件及节点连接件。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构应采用合理的连接节点，以保证荷载传递路径简捷，符合结构的计算假定。对有抗震设防要求的地区，应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙和连接节点进行抗震设计。**

6.1.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构宜采用柔性连接，连接节点应具有足够的承载力和适应主体结构变形的能力，满足强度、刚度和耐久性要求，并应采取可靠的防腐、防锈和防火措施。

**【条文说明】参考《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014第10.1.5条及条文说明，对于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接方式，本规程推荐采用柔性连接的点支承连接方式。点支承连接方式的连接节点作为一种典型的柔性连接节点，能通过节点区的变形使得超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙具备适应主体结构变形的能力而不产生附加内力，可不考虑分担主体结构所承受的荷载和作用，可以消除温度应力，消除施工误差，主体结构计算时也可以不计入超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的刚度影响，构件及节点受力简单明确。**

**超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件自身具有良好的耐久性能，为充分发挥超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙耐久性的特点，同时考虑到超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点不宜更换，要求连接节点也应具有良好的耐久性能。**

6.1.9 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构采用点支承连接时，面外连接点不应少于4个，竖向承重连接点不宜少于2个；超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙承重节点验算时，选取的计算承重连接点不应多于2个。

**【条文说明】点支承连接方式可区分为平移式、旋转式和固定式等形式（图6.1.9）。它们与主体结构的连接节点应同时包含承重节点和非承重节点两类。一般情况下，采用点支承连接方式的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接宜设置4个支承点：当下部两个为承重节点时，上部两个宜为非承重节点；相反，当上部两个为承重节点时，下部两个宜为非承重节点。应注意，平移式与旋转式的承重节点和非承重节点的受力状态和构造要求不同，相关设计要求也存在差异。**

  

（a）平移式 （b）旋转式 （c）固定式

图6.1.9 点支承连接方式



6.1.10 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统采用线支承连接方式及其他连接方式时，应符合有关标准的规定，补充试验验证，并进行专项论证。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统一般采用点支承连接方式。参考《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014第10.1.5条条文说明，当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构采用线支承连接时，连接节点的抗震性能应满足：①多遇地震和设防地震作用下连接节点保持弹性；②罕遇地震作用下复合外墙顶部剪力键不破坏，连接用锚栓（或钢筋）不屈服。连接节点的构造应满足：**

**1）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙上端与楼面梁连接时，连接区段应避开楼面梁塑性铰区域。**

**2）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与梁的结合面应做成粗糙面并宜设置键槽，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中应预留连接用锚栓（或钢筋）。连接用锚栓（或钢筋）一端应可靠地锚固在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中，另一端应可靠地锚固在楼面梁（或板）后浇混凝土中。**

**3）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙下端应设置2个非承重节点，此节点仅承受平面外水平荷载；其构造应能保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙具有随动性，以适应主体结构的变形。**

**采用线支承连接时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙设计时应考虑主体结构上的荷载和作用向复合外墙的传递，同时主体结构设计时也应考虑复合外墙对主体结构刚度的影响。**

**鉴于目前我国有关线支承的科研成果还偏少，因此本规程推荐柔性连接的点支承连接方式，采用线支承连接方式时应补充试验验证，并进行专项论证。**

6.1.11 支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的主体结构构件应具有足够的承载力和刚度，避免产生较大的扭转或竖向变形，且应能满足连接节点的锚固要求。

**【条文说明】支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的主体结构构件可能会发生扭转和挠曲，这些变形会对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙产生不良影响，应尽量避免。当实在无法避免时，应进行定量的分析计算。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙一般是上下端分别与主体结构的边梁或楼板固定，主体结构构件强度、刚度大都能满足围护墙板受力要求。特殊情况下，如主体结构的边梁只为了外围护结构而设，室内没有楼板，没有其他恒载和活载，这种情况下，应该注意固定围护结构的主体结构的强度和刚度；此外，当支承构件为跨度较大的悬臂构件时，其端部可能会产生较大的位移，不宜将超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙支承在此类构件上。**

6.1.12 主体结构计算时，应按下列规定计入超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的影响：

1 应计入支承于主体结构上的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自重；当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙相对于支承构件存在偏心时，应计入超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙重力荷载偏心产生的不利影响；

2 采用点支承连接的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，连接节点符合本规程的相关规定，且连接节点能适应主体结构变形时，可不计入超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的刚度影响；

3 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采用线支承时，宜采取构造措施避免对主体结构刚度产生影响。

4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不能适应主体结构的变形时，应在主体结构和超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙设计中计入相互影响作用。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接宜采用点支承方式的柔性连接，尽量避免采用线支承连接方式。当无法避免时，主体结构设计时应考虑超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的刚度影响。主体结构计算分析中不应考虑超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙对主体结构刚度的有利影响。**

6.1.13 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不应跨越主体结构的变形缝。主体结构变形缝两侧，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的构造缝应能适应主体结构变形要求，构造缝应采用柔性连接设计或滑动型连接设计，并宜采取易于修复的构造措施。

**【条文说明】/**

## 作用及作用组合

6.2.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的作用及作用组合应根据现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068等确定。

**【条文说明】对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙进行承载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应按国家现行相关标准执行。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙和连接节点的结构设计应根据各种荷载和作用组合效应设计值中的最不利组合进行。**

6.2.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙和连接节点设计时应考虑超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙、附属门窗、附属配件等的自重、施工荷载、风荷载、地震作用、温度作用以及主体结构变形对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的影响。当墙板上有挂件时，应将挂件荷载计入作用的不利组合。

6.2.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的风荷载计算时应按风吸力和风压力分别进行计算，计算连接节点时，可将风荷载施加于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的形心处，并应计算风荷载对连接节点的偏心影响。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的风荷载应按下列规定确定：

1 垂直于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙表面的风荷载标准值应按下式计算，且不应小于1.0kN/m2：

（6.2.5）

式中：——风荷载标准值（kN/m2）；

——高度z处的阵风系数；

——风荷载局部体型系数，应考虑建筑物墙板所在位置外部压力和内部压力局部体型系数之和；

——风压高度变化系数；

——基本风压（kN/ m2）。

、、及均应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定取值。

2 对于重要且体型复杂的建筑，宜由风洞试验确定风荷载参数。

**【条文说明】围护结构的风荷载可按国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012第8.1.1条的规定计算。参考国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086-2007第5.1.1.1条，本规程超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的风荷载最小标准值也取1.0kN/m2。**

**按照国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012第8.3.5条确定围护墙板的室内风压局部体型系数。对于封闭式建筑物，建筑物内部风压按其外表面风压的正负情况取-0.2或0.2；仅一面墙有主导洞口时，应根据洞口所占比例按该规范确定内部压力局部体型系数；当为开放式建筑时，应按开放式建筑局部体型系数取值。**

6.2.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的地震作用计算，应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的地震力合力应施加于其重心，并应计入地震作用对连接节点的偏心影响，水平地震力应沿任一水平方向；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身重力产生的地震力可采用等效侧力法计算；对支承于不同楼层的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，除自身重力产生的地震作用外，尚应考虑地震时支承点之间相对位移产生的作用效应；

3 在罕遇地震作用下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点的承载力计算和超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件的承载力验算应采用不计入风荷载效应的地震作用效应标准组合计算效应设计值。

**【条文说明】本条文根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50010-2010（2016年版）第13章“非结构构件”及行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458的规定给出。**

6.2.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的地震作用标准值计算可采用等效侧力法，采用等效侧力法时，垂直于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面上作用的分布水平地震作用标准值可按公式（6.2.5-1）计算；平行于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面的集中水平地震作用标准值可按公式（6.2.5-2）计算。

（6.2.5-1）

（6.2.5-2）

式中：——垂直于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面的分布水平地震作用标准值（kN/m2）；

——平行于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面的集中水平地震作用标准值（kN）；

——地震作用动力放大系数，多遇地震时可取5.0；设防烈度或罕遇地震下连接节点承载力时丙类建筑可取4.0，乙类建筑可取5.6；

——水平地震影响系数最大值，应符合表6.2.5的规定：

——重力荷载标准值（kN）；

——超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的平面面积（m2）。

**表6.2.5 水平地震影响系数最大值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地震影响 | 6 度 | 7度 | 8度 | 9度 |
| 多遇地震 | 0.04 | 0.08（0.12） | 0.16（0.24） | 0.32 |
| 设防地震 | 0.12 | 0.23（0.34） | 0.45（0.68） | 0.90 |
| 罕遇地震 | 0.28 | 0.50（0.72） | 0.90（1.20） | 1.40 |

注：抗震设防烈度7、8度时，括号内数值分别用于设计基本地震加速度为0.15g和0.30g。

**【条文说明】本条文根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458给出。**

6.2.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的竖向地震作用标准值可取水平地震作用标准值的65%。

**【条文说明】根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50010-2010（2016年版）第5.3.1条规定，竖向地震影响系数的最大值，可取水平地震影响系数最大值的65%。**

6.2.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的温度作用计算应符合下列规定：

1、点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙具有适应主体结构及自身在温度作用下变形的能力时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及其节点承载力计算时可不考虑温度作用：

2 UHPC外饰面混凝土拉应力验算时应考虑内表面与外表面的温差；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝宽度计算时，温度作用应符合《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018附录A第 A.0.4条的规定。

**【条文说明】通过合理设计的点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙可以适应主体结构及其自身在温度作用下的变形，此时温度作用不会在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及连接节点内部产生温度应力，可不考虑温度作用。线支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的承重节点由于采用连续的线约束，其无法完全释放温度作用产生的变形，易形成温度应力，因此线支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应通过合理的构造及连接节点设计尽量降低温度作用的影响。**

**在太阳辐射作用下，温度在墙板厚度方向呈梯度分布，会引起墙板翘曲变形。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的连接件对UHPC外饰面翘曲形成约束时，将在UHPC外饰面内部形成温度应力，在进行拉应力验算时应考虑内表面和外表面的温差，温度梯度可近似按线性分布考虑。温度作用会引起超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝宽度的变化，因此在接缝宽度设计时应考虑温度作用的影响。**

6.2.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙外表面温度宜根据基本气温、外表面朝向、表面材料及其色调，并宜结合试验确定；内表面温度可按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176的有关规定确定；基本气温应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定确定。

**【条文说明】夏季太阳辐射对外表面最高温度的影响，与当地气温情况、外表面所处方位、表面材料色调等因素有关，不宜简单近似。计算当地气温时可参考现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009。**

6.2.9 在持久设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的面外变形和裂缝验算仅考虑永久荷载、风荷载、温度作用，荷载组合的效应设计值应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的面外变形验算应按荷载的标准组合计算效应设计值。

2 裂缝控制等级为二级时，抗裂验算应按荷载标准组合计算效应设计值；裂缝控制等级为三级时，裂缝宽度验算应按荷载准永久组合计算效应设计值并考虑长期作用。

3荷载标准组合和准永久组合的效应设计值应符合现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定。

**【条文说明】本条文根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458给出，持久设计状况下进行超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的面外变形和裂缝验算时，计算效应设计值所采用的荷载组合主要依据现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《混凝土结构设计规范》GB 50010。**

6.2.10 在短暂设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的拉应力验算应采用荷载标准组合计算效应设计值。

**【条文说明】本条文根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458给出。**

6.2.11 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件进行短暂设计状况验算时，作用取值应符合下列规定：

1 翻转、运输、吊运、安装验算时，应将超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件相应部分的自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。一般情况下，运输、吊运时，动力系数宜取1.5；翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取1.2。

2 脱模验算时，等效静力荷载标准值应按构件相应部分自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和计算，且不应小于构件相应部分自重标准值的1.5倍。计算时动力系数不宜小于1.2；脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不应小于1.5kN/m2。

**【条文说明】1 本款规定与现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666一致。**

**2 对模板面形状简单的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的脱模吸附力，当模具为涂油的钢模具或涂油的有塑料涂层的胶合板模具时，可取1.5kN/m2；当采用平整并涂漆的木模具时，可取2.0kN/m2。对模板面形状复杂的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，脱模吸附力应酌情增大，必要时还需要通过试验来确定。依据《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011第9.2.2条1款，脱模验算时，等效静力荷载标准值不应小于构件自重标准值的1.5倍。**

## 构件及连接设计

6.3.1 在持久设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的承载能力极限状态计算应包含下列内容：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的承载力计算；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件的承载力验算。

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点的承载力计算；

**【条文说明】本条文对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统在持久设计状况下需要开展的承载能力极限状态计算内容进行了规定。作为主要的围护结构构件，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统在持久设计状况下需要承受自重荷载、风荷载、温度作用等，需进行承载能力极限状态计算。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的UHPC外饰面依靠连接件与轻钢龙骨相连，在持久设计状况下连接件需承受的荷载和作用包括UHPC外饰面的自重荷载、面外风荷载、温度作用等，为确保持久设计状况下UHPC外饰面及连接件的安全性，需对连接件的承载力进行验算。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙依靠节点连接件支承在主体结构构件上，连接节点是保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安全并正常工作的关键，应对连接节点的承载力进行计算。**

6.3.2 在持久设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统应满足正常使用极限状态的要求，并进行下列验算：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的面外变形验算；

2 UHPC外饰面混凝土拉应力验算；超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内饰面采用UHPC或高性能混凝土（HPC）时，应进行混凝土拉应力验算，内饰面采用其他允许出现裂缝的构造时，应进行受力裂缝宽度验算；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点的变形能力验算；

4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝宽度验算，接缝宽度验算应符合《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ /T 458-2018附录A和本规程第5.7.2条的规定。

**【条文说明】本条文对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统在持久设计状况下需要开展的正常使用极限状态验算内容进行了规定。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的墙板构件在面外荷载作用下，其面外变形值不应过大，足够的面外刚度是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙发挥使用功能的前提，因此应对其面外变形进行验算。复合外墙在持久设计状况下承受的面外荷载以风荷载为主，当为倾斜安装时，其自重荷载也会引起面外弯曲效应。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的UHPC外饰面作为主要的围护部分并且厚度较薄，UHPC外饰面的裂缝开展将严重影响建筑物的耐久性能和使用功能，因此应控制UHPC外饰面的裂缝发生，对超高性能混凝土拉应力进行验算。正常使用极限状态下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的裂缝控制应满足本规程的有关规定。在持久设计状况下的正常使用极限状态验算中，应验算超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点的变形能力，确保实现柔性连接。**

**持久设计状况下，在恒荷载、活荷载、风荷载、温度等作用下，主体结构及超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙均会产生位移和变形，这些位移和变形将引起超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝宽度的变化，接缝宽度的变化对接缝中的弹性密封胶变形能力提出了要求，参考《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ /T 458-2018第6.1.3条，在给定的弹性密封胶变形能力的基础上，应进行接缝宽度验算。**

6.3.3 在短暂设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的承载能力极限状态计算应包含下列内容：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙制作、脱模、吊运、运输、堆放、安装等环节的承载力验算；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件的承载力验算。

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中预埋吊件及临时支撑的承载力验算。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应按照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定，对制作、脱模、吊运、运输、堆放、安装等环节的承载力进行验算。短暂设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件承载力验算中，荷载取值应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666和《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1的有关规定，作用组合应取基本组合。**

6.3.4 在短暂设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙UHPC外饰面应进行混凝土拉应力验算；内饰面采用UHPC或高性能混凝土（HPC）时应进行混凝土拉应力验算，采用其他允许出现裂缝的构造时应进行受力裂缝宽度验算。

**【条文说明】本条文对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统在短暂设计状况下需进行的拉应力验算内容进行了规定。**

6.3.5 在地震设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统采用点支承连接方式时，应对下列承载力和变形能力进行验算：

1 多遇地震作用下

1）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的承载力计算；

2）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件的承载力验算；

3）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点的承载力计算；

4）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙之间的接缝宽度验算，接缝宽度验算应符合《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ /T 458-2018附录A和本规程第5.7.2条的规定。

2 设防地震作用下

1）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点验算。

3罕遇地震作用下

1）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点的承载力计算；

2）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件的承载力验算；

3）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接节点的变形能力验算。

**【条文说明】本规程第3.0.6条给出了地震作用下超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的性能目标。本条文给出了为实现此性能目标，需要对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的承载力和变形能力开展的验算工作。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件及其与主体结构连接节点的完好，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件中的连接件自身完好且在UHPC外饰面中有效锚固，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝的变形不超过密封胶的变形能力（密封胶完好）等是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统正常使用的前提。为保证多遇地震作用下超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不受损坏或不需修理可继续使用，需要对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙及其与主体结构连接节点的承载力进行计算，对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中连接件的承载力进行验算；通过设计超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝宽度来控制接缝变形不超过密封胶的变形能力是相对简便可行的方法，因此还需要对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝宽度进行验算。**

**为防止地震作用下墙板的脱落，有必要对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点提出更高的性能目标，对其在设防地震和罕遇地震作用下的承载力和变形进行验算。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为围护结构，其连接节点的变形能力是保证节点不破坏的关键因素，因此应对罕遇地震作用下的连接节点变形能力进行验算。点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接往往超静定次数低，也缺乏良好的耗能机制，其破坏模式通常属于脆性破坏，为确保连接节点的安全性，应进行罕遇地震作用下连接节点的承载力计算。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的连接件发生锚固破坏时，通常也为脆性破坏，因此也需进行罕遇地震作用下连接件的承载力验算。**

6.3.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙和连接节点承载能力极限状态验算应采用下列公式验算：

1 持久设计状况、短暂设计状况

≤ （6.3.6-1）

2 地震设计状况

多遇地震和设防地震作用下：

≤ （6.3.6-2）

罕遇地震作用下：

≤ （6.3.6-3）

≤ （6.3.6-4）

式中：——结构重要性系数，宜与主体结构相同，且不应小于1.0；

——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；对持久设计状况和短暂设计状况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

——构件和节点的抗力设计值；

——构件和节点的抗力标准值，按材料强度标准值计算；

——重力荷载代表值的效应，取超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自重标准值；

——水平地震作用标准值的效应；

——竖向地震作用标准值的效应；

——承载力抗震调整系数，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011取值，连接节点取1.0。

**【条文说明】多遇地震和设防地震作用下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件和节点的作用效应设计值应取作用的地震组合进行计算，其抗力应采用设计值。罕遇地震作用下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件和节点的作用效应应取重力荷载代表值效应与地震作用标准值效应之和，其抗力应采用标准值，按材料强度标准值进行计算。根据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014第10.1.3条，结构重要性系数应取不小于1.0，连接节点的承载力抗震调整系数应取1.0。**

6.3.7 在正常使用极限状态下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的平面外变形和裂缝控制应符合下列规定：

1在持久设计状况下，应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的平面外变形进行验算，其平面外挠度限值为超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙面外支座间距离的1/250。

2在持久设计状况下，应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的裂缝进行验算；超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙建筑外表面在温度和10年一遇风荷载作用下裂缝控制等级为二级，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内表面的裂缝控制等级为三级，最大裂缝宽度限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

3 在短暂设计状况下，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不应出现裂缝，并应根据现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定进行混凝土拉应力验算。

**【条文说明】本条参考《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第6.5.1条给出。**

6.3.8 对于正常使用极限状态，应根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合或准永久组合，并应按下列公式进行验算：

（6.3.8）

式中：S——正常极限状态下作用组合的效应标准值，按本规程相应规定采用。

C——超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件达到正常使用要求的规定限值，例如变形、裂缝、接缝宽度等的限值，按本规程相应规定采用。

6.3.9 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构采用点支承连接时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点的受力分析应符合本规程附录B的规定。

6.3.10 用于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙制作、运输和堆放、安装等的预埋件和临时支撑，在短暂设计状况下的承载力验算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。

**【条文说明】用于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙制作、运输和堆放、安装等的预埋件和临时支撑，可按照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666第9.2.4条的规定进行验算。**

## 构造要求

6.4.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙UHPC饰面构造应符合下列规定：

1 UHPC饰面厚度不宜小于20mm；

2 UHPC饰面的固定宜采用背栓支承连接的方式，背栓套简宜预埋于UHPC中，且其有效埋置深度不应小于UHPC饰面厚度的1/2；背栓和套筒宜选用不锈钢材质；

3 UHPC饰面边缘与支承点间的距离应小于支承间距的1/2，且应大于50mm。

**【条文说明】为了确保****UHPC饰面结构及锚固的安全可靠，同时还考虑到UHPC饰面没有加强肋，易产生变形。为此，本规程参考《建筑工程超高性能混凝土应用技术规程》T/CECS 1216-2022第6.4.2条的规定，对UHPC饰面（包括外饰面和内饰面）的最小厚度、UHPC饰面边缘与支承点间的距离作出了规定。**

**UHPC饰面的锚固构造一般采用预埋套筒的方式，也可采用预埋或后锚固背栓的方式。为保证锚固的稳定性，有效锚固深度不应小于UHPC饰面厚度的1/2。**

6.4.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构可采用内嵌式连接和外挂式连接。

**【条文说明】/**

6.4.3 连接节点预埋件、吊装用预埋件以及临时支撑预埋件均宜分别设置，不宜兼用。

**【条文说明】用于连接超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的型钢、连接板、螺栓等零部件的规格应加以限制，力争做到标准化。**

6.4.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点处有变形能力要求时，宜在节点连接件或主体结构预埋件接触面上涂刷聚四氟乙烯，也可在节点连接件和主体结构预埋件之间设置滑移垫片，滑移垫片可采用聚四氟乙烯板或不锈钢板。

**【条文说明】当复合外墙连接节点处需要具备变形能力时，应尽可能地降低节点连接件和预埋件之间的接触摩擦力，减小因节点变形产生的摩擦力对复合外墙和主体结构造成的不利影响。节点连接件或预埋件表面涂刷聚四氟乙烯可以起到降低摩擦系数的作用，也可以在接触面上设置聚四氟乙烯垫片或不锈钢板。根据日本和我国台湾地区的工程实践经验，点支承连接节点一般采用在节点连接件和预埋件之间设置带有长圆孔或大圆孔的滑移垫片，形成平面内可滑移的支座；当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙相对于主体结构可能产生转动时，长圆孔宜按垂直方向设置；当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙相对于主体结构可能产生平动时，长圆孔宜按水平方向设置。**

6.4.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接为点支承连接时，连接件的滑动孔尺寸应根据穿孔螺栓直径、层间位移值和施工误差等确定。

**【条文说明】/**

6.4.6 采用点支承连接时，承重连接点应避开主体结构支承构件在地震作用下的塑性发展区域，且不应支承在主体结构耗能构件上；面外连接点宜避开主体结构支承构件在地震作用下的塑性发展区域，且不宜连接在主体结构耗能构件上。

6.4.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的节点连接件和预埋件应采取可靠的防火和防腐蚀措施，并应符合下列规定：

1节点连接件和预埋件的抗火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定；节点连接件及预埋件的耐火极限不应低于主体结构支承梁或板的耐火极限。

2 节点连接件和预埋件应根据环境条件、使用要求、施工条件和维护管理条件等进行防腐蚀设计，并应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB50017和《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251的有关规定。

3 节点连接件和预埋件的防腐蚀保护层设计使用年限不宜低于15年。

4 节点连接件和预埋件的防腐蚀保护层可采用涂料涂层或金属热喷涂系统，并应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251的有关规定：防腐蚀保护层应完全覆盖钢材表面和无端部封板闭口型材的内侧。

5 当节点连接件和预埋件暴露在腐蚀性环境中或使用期间不易重新涂装时，宜采用耐候结构钢，并应在结构设计中留有适当的腐蚀裕量，腐蚀裕量应符合现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251的有关规定。

**【条文说明】对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙节点连接件及对应的预埋件采取防火措施是确保火灾下超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统安全性的重要措施。考虑到节点连接件及其预埋件在火灾下失去承载能力将导致墙板脱落，易造成重大的人员伤亡，因此本规程适当提高了节点连接件及其预理件的耐火极限，规定其耐火极限不应低于主体结构支承梁或板的耐火极限；当墙板直接支承在主体结构柱上时，节点连接件及其预埋件的而火极限可与主体结构梁的耐火极限保持一致。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身的耐火极限可参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016中非承重外墙进行选取。**

**本规程对节点连接件及其预埋件的防腐蚀设计提出了相关要求。针对涂料涂层和金属热喷涂系统，现行行业标准《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251均进行了详细的规定。耐候结构钢由于在腐蚀性环境中具有优异的耐腐蚀性能，在经济技术指标分析合适的情况下，节点连接件及其埋件可采用耐候结构钢。由于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙投入使用后，其节点连接件及其预理件在使用维护过程中重新进行防腐涂装的难度较大，为提高节点连接件及其预埋件的耐久性能，应适当提高防腐蚀保护层的设计使用年限并加大连接节点板件厚度。国外和我国台湾地区通常采用增大节点连接件及其预埋件的板厚（板厚通常大于20mm），并采取金属热涂系统的方法，使得连接节点在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙使用寿命期内无须进行防腐维护。**

6.4.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点应具有适应墙板制作与施工安装允许偏差的三维调节能力，采用点支承连接时，复合外墙平面内变形能力应为主体结构层间弹性变形限值u/*h*的3倍。主体结构层间弹性变形限值u/*h*可按表6.4.8的规定采用。

**表6.4.8主体结构层间弹性变形限值u/*h***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构类型 | | u/*h*限值 |
| 混凝土结构 | 框架 | 1/550 |
| 框架-剪力墙  框架-核心筒  板柱-剪力墙 | 1/800 |
| 筒中筒、剪力墙 | 1/1000 |
| 除框架结构外的转换层 | 1/1000 |
| 钢结构 | | 1/250 |

注：1 表中混凝土结构为高度不大于150m的高层建筑；

2 当混凝土结构高度不小于 250m时，u/*h*限值为1/500；

3 当混凝土结构高度在150m~250m时，u/*h*限值可按线性插值取值。

**【条文说明】根据日本和我国台湾地区的工程实践经验，点支承连接节点一般采用在节点连接件和预埋件之间设置带有长圆孔或大圆孔的滑移垫片，形成平面内可滑移的支座；当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙相对于主体结构可能产生转动时，长圆孔宜按垂直方向设置；当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙相对于主体结构可能产生平动时，长圆孔宜按水平方向设置。**

**通常主体结构在罕遇地震作用下的弹塑性分析比较复杂，为简化计算，可近似取主体结构在设防地震作用下弹性层间位移的3倍为控制指标，同时应适当提高连接节点的承载力和延性，避免在此位移变形下超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙发生脱落。**

6.4.9 在门（窗）洞口周边应布置龙骨构件，门（窗）框应与龙骨牢固连接。龙骨构件之间可采用焊接、机制螺钉或自攻螺钉等连接以形成龙骨系统，龙骨系统应具有足够的承载力、刚度和良好的耐久性能。

# 构件制作

## 一般规定

7.1.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的制作除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231等的有关规定。

**【条文说明】现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231对预制混凝土构件的制作、运输、安装、施工进行了详细的规定，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种典型的预制混凝土构件，应满足此标准的相关要求。不同于其他预制混凝土构件，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种非承重围护墙板，在构件的加工精度、外饰面效果和质量、保温和耐久性能等方面的要求较高。工程经验表明，构件的加工精度和质量将会直接影响到超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的现场施工质量、安全、使用功能等。本规程针对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的自身特点和需求，在构件制作方面给出了更具体详细的规定。**

7.1.2超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的制作应根据设计要求选用专业厂家，墙板应具备产品规格、型号、产品性能、外观和质量证明文件，专业厂家应提供产品合格证、质量检验报告、承载力和正常使用性能报告。

**【条文说明】/**

7.1.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙生产前应进行下列准备工作：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应按照设计文件制作；

2 建设单位应组织设计单位向生产和安装单位进行技术交底；

3 生产单位应根据批准的设计文件、拟定的生产工艺、运输方案、吊装方案等编制构件加工详图；

4 应绘制连接件布置图和保温板排板图，对带饰面涂料或其他装饰面的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应绘制外饰面排板图；

5 生产单位应编制生产方案，采取保证构件质量和生产安全的技术措施和管理措施。生产方案宜包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量及生产安全控制措施、成品存放、保护和运输方案等。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安全性和适用性是在设计阶段就已确定的。为实现超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的建造目标，构件制作必须按照设计文件施工，确保实现设计要求。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙生产前，生产单位应编制构件加工详图，并确保构件加工详图的设计深度满足要求。在生产制作前制定生产方案，对构件的加工质量和生产进度进行管控。生产方案应结合项目和构件生产单位的自身特点，具有针对性和可操作性。生产安全是底线要求，生产方案应包括生产工装、起吊脱模等的安全设计，对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的脱模、翻转、吊运、码放、运输、安装等工况进行复核验算，制定切实可行的安全管理措施等。**

7.1.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的生产宜建立样板构件制作与验收制度。

**【条文说明】工程实践经验表明，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种外观质量要求特别高的预制混凝土构件，在正式批量生产之前，针对同类型的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件进行样板制作有助于优化构件加工工艺、控制加工量。生产单位应根据加工图纸制作样板构件，并组织建设、设计、安装单位对样板构件的生产工艺、外观尺寸、饰面效果等进行验收。当样板构件不满足工程需求时，应及时调整生产工艺并重新制作样板构件，直至满足要求后方可批量生产。**

7.1.5 UHPC拌合物应符合相关标准要求，应具有自流平和自密实特性。

**【条文说明】/**

## 原材料检验

7.2.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙生产单位应对超高性能混凝土、钢材、保温材料、连接件和紧固件等进行质量检验，检验合格后方可使用，并应符合下列规定：

1 原材料及配件应有产品质量合格证明文件，产品质量合格证明文件应包括出厂合格证、质量检验报告、产品合格证和型式检验报告，并应符合相关标准要求；

2 原材料及配件型式检验报告内容应符合国家现行有关标准的规定；

3 生产单位应对保温板、连接件进行复验，复验合格后方可使用；

4 保温板应按同厂家、同品种、同规格，每5000m2为一个检验批，每批复试1次，保温板检验项目应包括厚度、干密度、抗压强度、体积吸水率、导热系数和燃烧性能等级，复试结果应满足设计要求，并应符合本规程和国家现行标准等的有关规定；

5 连接件还应符合本规程7.2.2条的规定；

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙加工制作所需要的原材料必须严格按相应的产品标准进行验收，合格后才可使用。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙原材料主要包括超高性能混凝土、钢材、保温材料、连接件和紧固件等。**

**保温板质量影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的热工性能和耐久性能，连接件影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的力学性能、耐久性能，因此在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙制作前应对保温板、连接件进行复验。**

7.2.2 连接件的进厂检验还应符合下列规定：

1 出厂检验报告中应包含外观质量、尺寸偏差、材料力学性能，型式检验报告中应包含外观质量、尺寸偏差、材料力学性能、耐久性能；

2 连接件的进厂检验应按同一厂家、同一类别、同一规产品，不超过10000件为一批；检验项目包含外观质量、尺寸偏差、材料力学性能。

**【条文说明】本条文对连接件产品应用过程中需要开展的检验工作进行了规定，包括型式检验、出厂检验、进厂检验等。连接件是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙制作使用的重要配件。本条规定了连接件需有型式检验报告，由于连接件尚无国家、行业及地方标准可参照，所以条文中明确连接件型式检验项目。连接件进厂检验规定参考《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第7.2.1条的规定。**

## 龙骨制作

7.3.1 龙骨制作应选择专业的钢结构生产制作厂家，龙骨生产制作单位应根据批准的设计文件编制龙骨加工详图。

7.3.2 龙骨如存在焊接情况，加工详图中应标明下列焊接技术要求：

1 对设计施工图中所有焊接技术要求进行详细标注，明确龙骨构件相交节点的焊接部位、焊接方法、有效焊缝长度、焊缝坡口形式、焊脚尺寸、部分焊透焊缝的焊透深度、焊后热处理要求；

2 明确标注焊缝坡口详细尺寸，如有钢衬垫标注钢衬垫尺寸；

3 根据运输条件、安装能力、焊接可操作性和设计允许范围确定构件分段位置和拼接节点，按设计规范有关规定进行焊缝设计并提交原设计单位进行结构安全审核。

7.3.3 龙骨构件应在专业的钢结构加工厂完成所有连接开孔、切割等的加工，加工应采用数控机床设备，严禁采用手工加工。

7.3.4 连接件布置位置应准确反应在龙骨构件中，在龙骨构件中预留相应开孔等。

7.3.5 龙骨外形应平整、棱角清晰，切口不应有毛刺和变形。镀锌层应无起皮、起瘤、脱落等缺陷，无影响使用的腐蚀、损伤、麻点，每米长度内面积不大于1cm2的黑斑不多于3处。涂层应无气泡、划伤、漏涂颜色不均等影响使用的缺陷。

7.3.6 拼装好的龙骨可兼作UHPC外饰面预埋件的工装，但在UHPC浇筑过程中应注意做好龙骨的保护，避免沾污或者堵塞预留孔洞。

## UHPC饰面制作

7.4.1 外饰面应采用UHPC饰面板，饰面板宜进行有效的防水防潮、耐污染、耐老化及抗硬物冲击的饰面防护处理。

7.4.2 在合理使用和正常维护条件下，UHPC饰面板的使用寿命应不少于50年。

7.4.3 UHPC制备时宜采用智能化生产线，减少人为因素对于UHPC制品的性能影响。

7.4.4 UHPC饰面板制备成型时，应注意采取措施减少开裂，除应严格按照构造图安装轻钢龙骨及连接件外，还应注意生产环境温度控制在适宜温度。

7.4.5 除设计有特殊要求外，UHPC饰面模具尺寸允许偏差和检验方法应符合表7.4.5的规定。

表7.4.5 UHPC饰面加工模具尺寸允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检验项目、内容 | | 允许偏差（mm或°） | 检验方法 |
| 1 | 高 | | 0，-2 | 钢尺检查3点，用尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值较大处 |
| 2 | 宽 | | 0，-2 | 钢尺检查3点，用尺量平行构件宽度方向，取其中偏差绝对值较大处 |
| 3 | 厚 | | ±1 | 每边检查2点，用尺测量两端或中部，取其中偏差绝对值较大处 |
| 4 | 肋宽 | | ±2 | 钢尺检查3点，取其中偏差绝对值较大处 |
| 5 | 对角线差 | | 3 | 用钢尺量对角线 |
| 6 | 翘曲 | | *L*/1500 | 对角拉线测量交点间距离值的两倍 |
| 7 | 侧向弯曲 | | *L*/1500且≤2 | 拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处 |
| 8 | 面弯 | | *L*/1500 | 拉线，用钢尺量测弯曲最大处 |
| 9 | 角板相邻面夹角 | | ±0.2° | 角度测定样板 |
| 10 | 底模表面平整度 | | 1 | 用2m靠尺和塞尺测量 |
| 11 | 预埋件定位 | 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 |
| 与平面高差 | 0，-2 | 钢直尺和塞尺检查 |
| 12 | 预埋螺栓定位 | 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 |
| 13 | 预留孔定位 | 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 |

注：1 第9项次的单位为°，其余项次单位均为mm；

2 *L*为模具与超高性能混凝土接触面中最长边的尺寸。

**【条文说明】相比较于其他预制混凝土构件，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙对构件的加工精度要求较高，建议采用精度较高的钢模具制作。本规程在现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的基础上，参考《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第7.2.2条的规定，结合超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的自身特点和需求，给出了UHPC饰面加工模具的尺寸允许偏差和检验方法。当设计文件对构件加工精度有更高要求时，因遵循设计文件的相关要求，并采取对应的加工工艺措施。**

**预制构件加工中，在模台上用磁盒固定边模具有简单方便的优势，能够更好地满足流水线生产节拍需要。虽然磁盒在模台上的吸力很大，但是振动状态下抗剪切能力不足，容易造成偏移影响几何尺寸，用磁盒生产高精度几何尺寸超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件时，需要采取辅助定位措施。**

7.4.6 预埋件加工允许偏差应符合表7.4.6的规定。

表7.4.6 预埋件加工允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检验项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 预埋件锚板的边长 | | 0，＋2 | 用钢尺量测 |
| 2 | 预埋件锚板的平整度 | | 1 | 用直尺和塞尺量测 |
| 3 | 套筒 | 长度 | 1 | 用钢尺量测 |
| 直径 | 1 | 用钢尺量测 |

7.4.7 UHPC饰面板成型后，应立即在试模表面覆盖塑料薄膜或采取其他保持试件表面湿度的方法，避免水分散失，但不得用水直接冲淋；自然养护时应按《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定进行养护，在温度为20℃±5℃、相对湿度大于50%的室内静置1d，静置期间应避免受到振动和冲击。静置1d后可编号标记、拆模，拆模后应覆盖土工布湿润养护不少于6d。

7.4.8 冬期生产时应注意采取防冻措施。

7.4.9 UHPC饰面板进行脱模和临时厂内吊装等时强度需满足要求，可根据试验确定。

## 构件组装

7.5.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙各功能层组装应符合下列规定：

1 宜采用反打成型工艺先浇筑UHPC外饰面，再安装保温层，最后浇筑或安装内饰面；若内饰面采用在保温层上直接浇筑时，保温层不宜采用岩棉，采用岩棉时应采取防止水分侵入措施。

2 连接件的数量和位置应满足设计要求，应保证连接件销固可靠，连接件穿过保温材料的孔洞应采取有效措施进行封堵；

3 应保证保温材料间接缝严密并使用粘结或密封材料进行密封处理；

4 浇筑并振捣超高性能混凝土时应保证超高性能混凝土的均匀与密实性，不应损伤、移动预埋件等，UHPC不宜采用振捣棒。

**【条文说明】反打成型工艺具有UHPC外饰面成型质量好，外表面效果好，不易出现裂缝等优点。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中的保温材料通常由若干块保温板拼接而成，保温板之间的接缝易形成冷桥从而影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的保温效果。因此在加工过程中应对保温板之间的接缝以及连接件穿过保温板的孔洞进行密封处理。**

7.5.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙中预埋门、窗框时，应在模具上设置限位装置进行固定，并应逐件检验。门、窗框安装允许偏差和检验方法应符合表7.5.2的规定。

表7.5.2 门、窗框安装允许偏差和检验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 1 | 锚固脚片 | 中心线位置 | 5 | 钢尺检查 |
| 外露长度 | +5，0 | 用钢尺量测 |
| 2 | 门、窗框位置 | | 2 | 钢尺检查 |
| 3 | 门、窗框高、宽 | | ±2 | 钢尺检查 |
| 4 | 门、窗框对角线 | | ±2 | 钢尺检查 |
| 5 | 门、窗框的平整度 | | 2 | 靠尺检查 |

**【条文说明】建筑外墙门、窗框的定位和尺寸精度对建筑外立面的效果影响较大。当在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件中预埋门、窗框时，应对门、窗框的定位和尺寸精度提出较高要求。本规程参照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231及《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第7.2.3条的规定，给出了具体的允许偏差和检验方法。**

7.5.3 外门窗应可靠连接，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。

7.5.4 外门窗宜采用启口或预埋件等方法固定，可采用预装法或后装法设计。采用预装法时，外门窗框应在工厂与超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙成型。采用后装法时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的门窗洞口应设置预埋件。

7.5.5 管线宜尽量避开超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙。设备与管线穿越墙板时，应采取防水、防火、隔声、密封等措施。接口形式及位置应便于检修更换，并应采取措施避免墙板或温度变形对管道接口产生影响。

7.5.6 管线连接处应采取加强措施。配电箱、智能化配线箱不宜安装在墙板上。桥架、母线、配电设备等安装在墙板上时，应采用预留预埋件固定。

7.5.7 设置在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙上的接线盒、连接管等应做预留，出线口和接线盒应准确定位。

7.5.8 不应在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙受力部位和节点连接区域设置孔洞及接线盒，复合外墙两侧的电气和智能化设备不应直接连通设置。

## 出厂检验

7.6.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的连接件件类别、数量、使用位置及性能应符合设计要求。

检查数量：按同一工程、同一工艺的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙分批抽样检验。

检验方法：检查试验报告单、质量证明文件及隐蔽工程检查记录。

**【条文说明】连接件的类别、数量和使用位置应检查质量证明文件和隐蔽工程检查记录，连接件的性能应检查试验报告单。**

7.6.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的保温材料类别、厚度、位置及性能应满足设计要求。

检查数量：按批检查。

检验方法：观察、量测，检查保温材料质量证明文件及检验报告。

7.6.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的预埋件、节点连接钢筋、预留孔的规格、数量应满足设计要求。

检查数量：逐件检验。

检验方法：观察和量测。

7.6.4 出厂时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观质量要求应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的UHPC外饰面边缘应整齐；外观面不应有缺棱掉角。且沿边长度3m内缺棱掉角不应多于1处，每处不应大于20mm。

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙UHPC外饰面侧面接缝部位不应有孔洞；表面孔洞的长度不应大于3mm、深度不应大于2mm，且孔洞不应多于1处/㎡。

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙UHPC外饰面表面有特殊装饰效果要求时可由供需双方确定。

4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙保温材料不应外露，应具有完整封边构造。

5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙内饰面边缘应平整光洁，不应有缺棱掉角。

7.6.5 外观质量检验检测时量具宜采用钢直尺，量程0mm~300mm，分度值为0.5mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：目测板有无缺棱掉角、孔洞，用钢直尺测量孔洞尺寸。

7.6.6 出厂时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外形尺寸允许偏差不应超过表7.6.6的规定。

表7.6.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙外形尺寸允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项次 | 项目 | 允许偏差 |
| 1 | 长度 | 墙板长度≤2m时，允许偏差：±2mm/m；  墙板长度>2m时，总的允许偏差：≤4mm |
| 2 | 宽度 | 墙板宽度≤2m时，允许偏差：±2mm/m；  墙板宽度>2m时，总的允许偏差：≤4mm |
| 3 | 厚度 | 0mm~+2mm |
| 4 | 板面平整度 | ≤3mm，异形板或有特殊表面装饰效果要求时除外 |
| 5 | 对角线差（仅适用矩形板） | ≤5mm |
| 6 | 侧向弯曲 | ≤1mm/m，且≤8mm |
| 7 | 翘曲 | ≤1mm/m，且≤10mm |

7.6.7 长度、宽度检验检测时量具宜采用钢卷尺，量程0mm~10000mm，分度值为1mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：在距板两侧边缘各100mm处与板宽度方向的中心线位置分别测量板的长度，精确到1mm，用测量值减去板的公称长度得到偏差值，取最大正、负偏差值作为长度偏差。当板的长度≤2m时，用最大正、负偏差除以板的公称长度即为板的长度偏差；当板的长度>2m时，直接用最大正、负偏差作为长度偏差。在距板两端边缘各100mm处与板长度方向的中心线位置分别测量板的宽度，精确到1mm，用测量值减去板的公称宽度得到偏差值，取最大正、负偏差值作为宽度偏差。当板的宽度≤2m时，用最大正、负偏差除以板的公称宽度即为板的长度偏差；当板的宽度>2m时，直接用最大正、负偏差作为宽度偏差。

7.6.8 厚度检验检测时量具宜采用游标卡尺和外卡钳，游标卡尺量程0mm~200mm，精度为0.02mm；外卡钳量程0mm~200mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：在距板两端与两侧各100mm交汇处（共四处）和距板两侧100mm与长度方向中心线交汇处（共两处），用外卡钳和游标卡尺配合测量除加强肋和局部增强部位以外板的厚度，取最大值和最小值作为检验值，用这两个检验值分别减去板的公称厚度即得到板厚度的正、负偏差值。

7.6.9 板面平整度检验检测时量具宜采用塞尺和靠尺，塞尺量程0mm~10mm，靠尺长度2m。

检查数量：全数检查。

检查方法：在距板两端与两侧各200mm处和板长度、宽度方向的中心线位置，用靠尺和塞尺沿板的长度和宽度方向进行测量，记录靠尺和板面最大间隙处的数值，取所有测量值中的最大值为检测结果，精确至0.1mm。

7.6.10 对角线差检验检测时量具宜采用钢卷尺，量程0mm~10000mm，分度值为1mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：用钢卷尺分别测量板的两条对角线的长度，精确到1mm，两条对角线长度之差即为板的对角线差。

7.6.11 侧向弯曲检验检测时量具宜采用钢直尺，量程0mm~300mm，分度值为0.5mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：在板长度方向侧边，通过板边两端点沿板面拉测线，用力拉直。用钢直尺测量板边与测线间的最大距离。两侧边分别测量，取最大值为检测结果，精确至0.5mm。

7.6.12 扭翘检验检测时量具宜采用钢直尺，量程0mm~300mm，分度值为0.5mm。

检查数量：全数检查。

检查方法：同时沿板的两对角端点分别沿板面拉测线，用力拉直。用钢直尺测量两测线交汇处之间的垂直距离，精确至0.5mm，测量值的2倍即为扭翘值。

7.6.13 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观质量不应有缺陷，对已经出现的严重缺陷应制定技术处理方案进行处理并重新检验，对出现的一般缺陷应进行修整并达到合格。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种预制混凝土非承重围护和装饰构件，对构件的外观质量和尺寸偏差的要求通常高于普通预制混凝土构件。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观质量缺陷分类和划分标准与普通预制混凝土构件也有所差异，而且超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观质量不仅不应有严重缺陷，而且不宜有一般缺陷。对有严重缺陷的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，宜做废弃处理，对已经出现的一般缺陷，应制定技术处理方案进行修整并达到合格。构件检验应对形状、尺寸、有无开裂和破损预埋件、完成面状态进行检查，应有具体的品质管理及检验办法。在保证构造要求与防水性能的前提下，轻微的开裂和破损可以进行修补。对于检查合格的产品，应予以标注；对于不会格的产品应做废弃处理。**

7.6.14 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙外观质量缺陷根据其影响结构性能、安装和使用功能的严重程度，可按表7.6.14的规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表7.6.14 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙外观质量缺陷分类

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 现象 | 严重缺陷 | 一般缺陷 |
| 露纤维 | 纤维未被超高性能混凝土包裹而外露 | 墙板表面纤维外露 | 墙板侧面或背面少量纤维外露 |
| 孔洞 | 表面存在孔洞 | 侧面接缝部位有孔洞；表面孔洞大于3mm或深度大于2mm或孔洞多于1处/㎡ | 表面有少量小孔洞 |
| 擦伤 | 3m距离目测观察表面和侧面存在明显擦伤 | 明显擦伤 | 一般擦伤 |
| 擦伤总面积 | 表面和侧面存在较大面积擦伤 | 每平方米大于300mm2 | 每平方米大于100mm2但不大于300 mm2 |
| 窝坑  （背面除外） | 3m距离目测观察表面及侧面有窝坑 | 表面及侧面窝坑明显 | —— |
| 裂缝 | 3m距离目测观察表面存在裂纹 |  |  |
| 裂缝 | 表面穿透性裂缝 | 表面穿透性裂缝大于0.1mm | 裂缝大于0.05mm但不大于0.1mm |
| 缺棱 | 侧面存在缺棱 | 长度x宽度不大于10mmx3mm（长度小于5mm不计）超过2处 | 长度x宽度不大于10mmx3mm（长度小于5mm不计）超过1处 |
| 缺角 | 四周存在缺角 | 边长6mmx3mm（边长2mmx2mm不计）超过2处 | 边长6mmx3mm（边长2mmx2mm不计）超过1处 |
| 连接部位缺陷 | 构件连接处混凝土缺陷，与主体结构连接用节点连接件松动，连接件严重锈蚀、弯曲、偏位 | 连接部位有影响超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构之间传力性能的缺陷 | 连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷 |
| 其他缺陷 | 构件表面斑痕、分层、脱皮、起鼓、泛碱、划伤、沾污等 | 墙板外表面有外表缺陷 | 其他部位有不影响使用功能的外表缺陷 |

**【条文说明】相比较于普通预制混凝土构件，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种性能优异的围护结构和装饰构件，在构件的耐久性能、装饰效果等方面要求较高。本规程在现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231的基础上，参考《超高性能混凝土（UHPC）外墙板》T/CBMF 171（T/CCPA 30）、《超高性能混凝土外墙（UHPC）围护和装饰板应用技术标准》T/ZS 0203，对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观质量缺陷给出了更有针对性的划分原则。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外表面是其主要装饰面，且需要经受风、雪、温度、雨水等荷载和作用的考验，因此将超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外表面质量缺陷均划分为严重缺陷。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙之间的接缝部位是重要的防水节点和装饰线脚，接缝两侧墙板侧面及棱角处的缺陷对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的使用功能和装饰效果影响较大，因此此处的外观质量缺陷也划分为严重缺陷。在具体实施中，外观质量缺陷对结构性能和使用功能等的影响程度，应由监理、施工等各方根据其对结构性能和使用功能影响的严重程度共同确定。**

7.6.15 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙不应有影响结构性能、安装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、使用功能的部位应经原设计单位认可，制定技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

7.6.16 当设计有要求时，应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙力学和物理性能进行检验检测，并应符合下列规定：

1 抗压强度

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为100mm100mm100mm的立方体试块3块，试验方法按《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定进行，加载速率应为1.2MPa/s~1.4MPa/s。尺寸换算系数取值为1.0。

2 抗折强度

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为150mm150mm600mm或150mm150mm550mm的棱柱体试件3块，试验方法按《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定进行。

3 弹性模量

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为150mm150mm300mm的棱柱体试件3块，试验方法按《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定进行。

4 氯离子扩散系数

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为直径100mm、高度为50mm的圆柱体试件3块，不应采用憎水性脱模剂，试验方法按《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定采用RCM法进行。

5 抗弯极限强度

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为150mm150mm550mm的棱柱体试件3块，试件制备及试验方法按《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231的规定进行。

6 吸水率

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为100mm100mm100mm的立方体试块3块，试件制备及试验方法按《混凝土砌块和砖试验方法》GB/T 4111的规定进行。

7 抗冻性

与复合外墙板产品同环境条件、相同配合比、相同成型工艺、相同养护方式制作尺寸为100mm100mm400mm的棱柱体试件3块，不应采用憎水性脱模剂，试验方法按《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定进行。

7.6.17 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的隔热性能分级指标应符合表7.6.17的规定。检测报告应同时注明传热系数K值的实测值。

表7.6.17 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙隔热性能等级

|  |  |
| --- | --- |
| **隔热性能等级** | **传热系数K值的实测值范围** |
| 0.10 | ≤0.10 |
| 0.15 | 0.11~0.15 |
| 0.20 | 0.16~0.20 |
| 0.25 | 0.21~0.25 |
| 0.30 | 0.26~0.30 |
| 0.35 | 0.31~0.35 |
| 0.40 | 0.36~0.40 |
| 0.60 | 0.41~0.60 |
| 0.80 | 0.61~0.80 |
| 1.50 | 0.81~1.50 |

7.6.18 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的传热系数按《绝热 稳态传热性质的测定 标定和防护热箱法》GB/T 13475规定进行。装置安装完成后，要进行初步检查以保证满足设计的要求，检查应在具有预期热阻范围的已知是均质的试件上进行。初步检查应包括温度的均匀性和稳定性、热面和冷面的空气速度及表面换热系数、不平衡对准确度的影响，以及（适合时）边缘环境。

7.6.19 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的空气隔声性能分级指标应符合表7.6.19的规定。检测报告应同时注明空气隔声值dB值的实测值。

表7.6.19 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙空气隔声性能等级

|  |  |
| --- | --- |
| **空气声隔声性能等级** | **空气声隔声dB值的实测值范围** |
| 40 | ≤40 |
| 45 | 41~45 |
| 50 | 46~50 |

7.6.20 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的隔声性能应按《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第3部分：建筑构件空气声隔声的实验室测量》GB/T 19889.3规定进行。测量工作要求有足够的重复性，应按照《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第2部分：测量不确定度评定和应用》GB/T 19889.2中给出方法确定重复率，并且要经常加以检验，特别在测试步骤或设备有变动的情况下。

7.6.21 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的检验分为出厂检验和型式检验。

7.6.22 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的出厂检验项目应包括外观质量、外形尺寸偏差、抗压强度、抗折强度。

检验数量：全数检查。

检验方法：外观质量和外形尺寸偏差分别按第7.6.5、7.6.7~7.6.12条进行检验，抗压强度按第7.6.16条第1款进行检验，抗折强度按第7.6.16条第2款进行检验。

7.6.23 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在下列情况下应进行型式检验：

a）新产品或老产品转厂生产的定型鉴定；

b）正式定型后，材料性能、工艺等有重大变化，可能影响产品性能时；

c）正常生产时，每2年进行一次型式检验；

d）停产1年及以上，恢复生产时。

**【条文说明】本条文根据现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015的有关规定，提出超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙需具备同一供应商提供的型式检验报告，从而确保工程质量和建筑节能效果。**

7.6.24 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的型式检验项目应包括外观质量、外形尺寸偏差、力学性能、物理性能。

7.6.25 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙型式检验时，应符合下列规定：

1 组批规则

同一类型、同一批原材料、同一构造的产品应为一批。

2 抽样方案

a）对外观质量和外形尺寸偏差，抽样每批不少于10%，且应不少于3件；

b）对力学性能检验，每项试验每批1次。

c）对物理性能检验，每项试验每批1件。

3 检验方法

外观质量和外形尺寸偏差分别按本规程第7.6.5、7.6.7~7.6.12条进行检验，力学性能按本规程第7.6.16条进行检验，物理性能按本规程第7.6.18、7.6.20条进行检验。

4 判定规则

a）对外观质量和外形尺寸偏差，检验标准应符合本规程第7.6.5、7.6.7~7.6.12条的规定；判定规则应符合本规程第7.6.4、7.6.6条的规定；

b）对力学性能检验，检验标准应符合本规程第7.6.16条的规定；判定规则应符合本规程第7.6.16条的规定；

c）对物理性能检验，检验标准应符合本规程第7.6.18、7.6.20条的规定；判定规则应符合本规程第7.6.17、7.6.19条的规定；

d）外观质量、外形尺寸偏差、力学性能、物理性能全部合格，则判该批产品为合格产品；若有一项或多于一项不合格，则判该批产品为不合格。

7.6.26 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙产品的交货状态应为复合外墙板成品，产品明显部位应标明下列标志：

a）制造商名称或商标；

b）标记和编号；

c）规格尺寸；

d）生产日期；

e）生产地址；

f）检验章。

7.6.27 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙出厂检验或交货批应有产品合格证书。产品合格证书应包括下列内容：

a）产品标记和商标；

b）生产日期、检验日期和质量检验印章；

c）制造商名称、地址及质量问题受理部门联系电话；

d）产品质量证明书，包括：成品性能、材料合格证书和检测报告、复合外墙板出厂质量验收表（可参考附录表A.2）。

7.6.28 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应进行隐蔽工程质量验收和出厂质量验收，进场时应完成进场签收手续，验收表和签收表可参考附录A表A.1、表A.2、表A.3。

## 存放和储存

7.7.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的包装应使用无腐蚀材料，墙板的薄弱部位和门窗洞口宜采取防止变形开裂的临时加固措施，饰面板应采取减少损伤的措施。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙饰面板棱角处的破损不仅影响到墙板的外观效果，同时还会影响墙板接缝处的混凝土质量和接缝宽度，降低接缝处密封防水的施工质量。实际工程经验表明，即使对接缝处破损棱角进行修补，修补部位的混凝土也很容易出现开裂和剥落问题，同时密封胶也易失效，引发超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙漏水和耐久等严重质量问题，因此在存放过程中应采取措施减少饰面板的损伤。**

7.7.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙宜采用专用支架直立存放，也可采用插放架或靠放架堆放。与刚性搁置点之间应设置柔性垫片，并需支垫稳固，防止倾倒。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙立式存放有利于构件起吊，避免墙板构件在翻转过程中开裂破损。专用存放架宜通过专门设计，便于墙板存放、运输和成品保护。**

7.7.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的存放支架应有足够的强度和刚度，并应采取措施保持支架稳固堆放方式。

7.7.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采用水平水平叠层码放时，应合理设置垫块、垫木位置，码垛层数应经过验算确定，确保构件存放稳定。每垛墙板的垫木应上、下对齐，墙板连接件应朝上。与UHPC外饰面或其他饰面层接触的垫块应采取防污染措施。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙运输和存放过程中的垫片易造成墙面污染，故宜采用塑料薄膜对垫片进行包裹。**

7.7.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的存放场地宜为混凝土硬化地面，堆放场地应坚实、平坦、干燥，不应与地面直接接触。不同构件堆放之间宜设宽度为0.8～1.2m的通道，并有良好的排水措施。

7.7.5 堆放时应按吊装顺序、规格、品种、所用楼号等分区配套堆放；产品贮存处应清洁、干燥、通风和无腐蚀性介质，墙板不得被其他物料污染。

7.7.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应按吊装、存放的受力特征选择卡具、索具、托架等吊装和固定措施, 预埋吊环宜向上，标识向外。

7.7.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙存放时，应使轻钢龙骨受力，不应通过UHPC外饰面支承。

7.7.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件成品保护尚应符合下列规定：

1 外露预埋件和节点连接件等外露金属件应按不同环境类别进行防护或防腐、防锈处理；

2 预埋螺栓孔宜采用海绵棒进行填塞，保证吊装前预埋螺栓孔的清洁；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的存放应采取措施避免雨、雪渗入保温材料和保温材料与混凝土板之间的接缝中，同时应避免保温材料长时间被阳光照射。

# 运输、安装与验收

## 一般规定

8.1.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙运输、安装与验收除应符合本规程规定外，尚应符合现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210、《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411和现行行业标准《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169等的有关规定。

**【条文说明】现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231对预制混凝土构件的运输、安装、施工进行了详细的规定，****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种典型的预制混凝土构件，应满足此标准的相关要求。不同于其他预制混凝土构件，****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为一种非承重围护墙板，在构件的加工精度、外饰面效果和质量、保温和耐久性能等方面的要求较高。本规程针对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的自身特点和需求，在构件运输、安装与验收等方面给出了更具体详细的规定。为保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工的质量，要求主体结构工程应满足超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装的基本条件，特别是主体结构的垂直度和外表面平整度及结构的尺寸偏差，并满足验收规范的要求。相关的主体结构验收规范主要包括：《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205等。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装对主体结构的垂直度、尺寸偏差等有特殊要求时，应在设计文件中子以规定，主体结构的安装与施工应满足相关要求。**

8.1.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙运输前应进行设计验算，运输过程中应做好安全和成品保护。运输到工地后，尽量减少二次运输，并做好墙板的保护。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙运输时，需要考虑平面外附加应力进行受力验算，该附加应力包括自重应力和运输时车辆振动产生的外力，该应力会造成墙面开裂。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙作为围护结构和装饰构件，对外表面的质量要求比普通预制混凝土构件高，在运输过程中应采取成品保护措施，例如设置柔性垫片避免墙板边角部位或锁链接触处混凝土损伤，重要部位（如门窗框、装饰表面和棱角等）应采取特殊防护措施等。**

8.1.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统安装用的墙板构件、主要材料及配件均应按检验批进行进场验收。

**【条文说明】本条根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第9.1.4条的规定作出。**

8.1.4 用于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统接缝的密封胶进场复验项目应包括下垂度，表干时间、挤出性、适用期、弹性恢复率、拉伸模量、质量损失率。

**【条文说明】本条根据《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第9.1.6条的规定作出。**

8.1.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统安装前应制定安装施工专项方案。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装施工质量直接影响到复合外墙的安全性、建筑物理性能及其他性能。同时超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工与其他分项工程难免有交叉和衔接，因此为保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工质量，在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统施工组织设计中，应单独编制超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工的专项方案。**

8.1.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工专项方案应包含以下内容：

1 工程概况、施工进度计划安排；

2 与主体结构施工、设备安装、装饰装修的协调配合方案；

3 运输和临时堆放方案；

4 测量方案，当先施工主体结构，后安装超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙时，应制定对主体结构的垂直度和楼层外轮廓的测量和监控方案；

5 墙板排板图、安装顺序、吊装和安装方法，关键部位、重点、难点施工部位安装方法应单独标出；

6 构件安装施工误差控制要求、控制方法及工艺方案；

7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝防水施工方案；

8 外墙涂料或其他饰面材料施工方案；

9 构件和配件的现场保护方法、构件局部缺陷的修补方案和安装后墙板的成品保护措施；

10 质量要求、质量控制措施及检查验收计划；

11 冬期或雨期施工期间防冻、防水等技术措施；

12 安全专项措施，包括针对施工现场可能发生的危害、灾害与突发事件的应急预案等；

13 劳动保护计划，包括施工现场防止粉尘、废弃物、噪声等环保措施。

8.1.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工前，应选择有代表性的墙板构件进行试安装，并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案，经建设单位、监理单位审核批准后再组织实施；超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装宜建立首段验收制度。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装施工质量要求较高，为避免由于设计或施工缺乏经验造成工程实施障碍或损失，保证超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙施工质量，并不断摸索和积累经验，应通过试生产和试安装进行验证性试验，通过墙板试安装施工中发现的问题，及时调整安装工艺和技术质量控制措施，并经有关各方确认后进行大面积安装施工。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙施工前的试安装，对于经验不丰富的承包商非常必要，不但可以验证设计和施工方案存在的缺陷，还可以培训人员，调试设备，完善方案。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的试安装应特别重视墙板安装精度及调节工艺、外饰面保护、接缝密封胶施工等环节。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙完成试安装后，应对首段安装墙板进行验收，建立首段验收制度。**

8.1.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙施工可分为墙板安装、接缝连接、防水施工、保温系统安装等检验批。

**【条文说明】/**

8.1.9 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装工程隐蔽工程验收，应包括下列内容：

1 预埋件；

2 墙板与主体结构的连接节点；

3 墙板与主体结构之间的封堵构造节点；

4 墙板变形缝及墙板转角处的构造节点。

**【条文说明】/**

8.1.10 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统工程施工质量验收应具备下列文件资料：

1 施工图和墙板构件加工制作详图、设计变更文件或洽商记录及其他设计文件、图纸会审记录和技术交底资料；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙、主要材料及配件的出厂合格证、性能检测报告、进场验收记录、抽样复验报告；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工专项方案；

4 安装施工记录及施工单位自查评定报告；

5 隐蔽工程验收资料；

6 本规程规定应进行墙板或连接承载力验证时需提供的检测报告；

7 墙板接缝及门窗安装部位现场淋水试验记录；

8 防火、防雷节点验收记录；

9 重大质量问题的处理方案和验收记录；

10其他质量保证资料。

**【条文说明】/**

## 运输

8.2.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙出厂运输前，UHPC外饰面龄期应至少为7d；

8.2.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙包装箱或架体应牢固，避免产品在运输过程中破坏，包装箱或架体宜采用减振措施。

8.2.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应轻装卸、防止装卸过程中墙板受到突然冲击或变形，墙板应避免与化学腐蚀物品混装。卸放、吊装工作范围内，不应有障碍物和非操作人员，并应有可满足墙板周转使用的场地。

8.2.4 超高、超宽、形状特殊超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的运输和存放应制定专门的质量安全保证措施。

8.2.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的运输尚应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙运输过程中应根据墙板尺寸和形状采取可靠的固定措施，防止墙板移动、倾倒、变形等。

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙宜采用立式运输，采用专用运输架，并有可靠的稳定构件措施，运输时宜采取下列防护措施：

1）设置柔性垫片避免超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙边角部位或链索接触处的混凝土损伤；

2）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙之间应设置隔离垫块；

3）用塑料薄膜包裹垫块和垫片，避免超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙构件外观污染；

4）超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙门窗框、装饰表面和棱角采用塑料贴膜或其他防护措施；

5）禁止多块超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙水平叠放同时吊运，单块超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙水平吊运时，应经设计人员审核确认。

3 车辆启动应慢，车速应匀，转弯错车时要减速；

4 现场运输道路应平整坚实，以防止车辆摇晃时引致构件碰撞、扭曲和变形。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在工厂加工制作完成后，在工厂内有场地内的运输，还要运输到工地，运输过程涉及到墙板的外观质量、成品保护、环保和安全，因此，应该根据墙板尺寸和特点制定合理详细的运输和堆放方案，策划重点环节。**

8.2.6 复合外墙板运送到施工现场及验收合格后，应尽量避免堆放，随即吊运到安装的位置。如要堆放，应堆放在起吊设备的覆盖范围内，避免二次搬运。

8.2.7 复合外墙板运输到现场后，应按照型号、构件所在部位和施工吊装顺序分类存放，存放场地应在吊车工作范围内。

## 进场验收

I 主控项目

8.3.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙产品应具有生产单位、型号、生产日期和质量验收合格标志及墙板出厂证明文件。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查产品合格证书。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙产品的出厂要求。**

8.3.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的结构性能应符合设计要求。

检查数量：同一类型围护墙板，每1000件为一个检验批，不足1000件时亦为一个检验批。每个检验批抽查1件。

检验方法：承载力、正常使用性能试验检验。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的结构性能应经过试验检验，每个检验批抽查1件进行试验检验，试验确定承载力时由产品厂家完成，本条的试验检验并不是根据试验确定承载力，而是通过试验检验墙板是否满足承载力、裂缝、刚度要求。**

8.3.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的预埋件、预留孔洞规格、数量应符合本规程相关规定和设计要求。

检查数量：全数检查

检验方法：观察检查。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的预埋件、预留孔洞的进场验收要求。**

8.3.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的连接材料、密封材料、防水材料、保温材料应符合本规程的规定和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察并检查产品合格证书。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应用的主要材料，包括连接材料、密封材料、防水材料、保温材料等的验收规定。**

Ⅱ 一般项目

8.3.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观质量应符合表8.3.5的规定。

表 8.3.5 围护墙板的外观质量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 质量要求 |
| 1 | 板面外露筋纤，飞边毛刺 | 无 |
| 2 | 面层脱落 | 无 |
| 3 | 板面横向裂缝 | 0.10mm≤宽度≤0.15mm，  长度≤*B*/10，不超过2条/板 |
| 4 | 板面纵向裂缝 | 0.10mm≤宽度≤0.15mm，  不超过3条/板，总长≤*L*/10 |
| 5 | 缺棱掉角 | 宽度长度10mm25mm~20mm30mm，  不超过2处/板 |
| 6 | 蜂窝气孔 | 长径5mm~30mm，深度3mm~10mm，  不超过2处/板 |

注：3、4、5、6项中低于下限值的缺陷忽略不计，高于上限值的缺陷为不合格。

检查数量：全数检查。

检验方法：量测。

**【条文说明】这两条规定了加工制作完成的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应满足的外观质量和制作偏差要求，是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙用于工程设计和施工的基础资料。墙板外观质量及尺寸偏差检验可按现行国家标准《建筑墙板试验方法》GB/T 30100的有关规定执行。**

8.3.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙外形、预埋件、预留孔洞的尺寸允许偏差应符合表8.3.6的规定。

检查数量：按检验批检验。同一类型围护墙板，不超过100个围护墙板为一个检验批，每批现场抽查5%，且不应少于3件。

检验方法：量测、观察。

表8.3.6 尺寸允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差（mm） |
| 板长*L* | | ±4 |
| 板宽 *B* | | ±4 |
| 板厚*T* | | ±2 |
| 面板复合围护墙板面板厚 | | ±1 |
| 对角线差 | | *L*/600 |
| 表面平整度 | | 3 |
| 侧向弯曲 | | *L*/1000 |
| 翘曲 | | *L*/1000 |
| 预留洞口 | 中心位置 | 10 |
| 洞口大小 | ±5 |
| 预埋连接件 | 中心位置 | 10 |
| 平整度 | 5 |
| 标高 | ±10 |

**【条文说明】/**

## 安装准备

8.4.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装前应进行施工图深化设计，施工图深化设计应包括下列内容：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙选型及排板图；

2 墙板与主体结构连接构造及做法；

3 墙板上、下、左、右接缝构造措施及做法；

4 墙板及连接的防水构造及做法；

5 门窗洞口做法、穿墙管线以及吊挂重物的加固构造措施；

6 附加保温、装饰层、断热桥等做法。

**【条文说明】/**

8.4.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙施工应由具有同类墙板施工经验的专业施工人员进行。施工操作人员应经过培训，应具备各自岗位需要的基础知识和技能水平，并经考核合格，方可允许上岗；施工作业前，应对施工人员进行技术交底。

**【条文说明】施工生产专业化，有利于提高工人的熟练程度和技术水平，提高劳动生产率，有利于保证和提高工程质量。随着装配式建筑的发展，对于施工的专业化要求越来越高，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的施工包括：墙板安装、接缝施工、墙板与主体结构连接、接缝处理、墙板找平对齐、防水施工等，必须由具有墙板安装经验的专业化队伍施工，才可以保证墙板的施工质量。**

8.4.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装所需要的混凝土结构预埋件或钢结构连接件应在主体结构施工时按设计要求进行埋设和连接，预埋件和连接件的施工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的有关规定及设计文件的要求。安装前应清理墙板连接处的主体结构埋件与连接件，预埋件位置偏差过大或未预先埋设预埋件时，应制定可行变更措施或可靠连接方案并经设计单位审核同意后方可实施。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点是确保墙板安全性和使用功能的关键部位。不同于传统的幕墙体系，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙由于重量较大，其与主体结构的连接节点受力大于传统幕墙结构，且连接节点所要求的变形能力也更大。实际工程经验表明，采用后置方式埋设的预埋件在施工过程中较难保证连接质量，因此按照设计文件要求预先埋设预埋件并采取措施控制埋设精度，有利于提高超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装质量。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙由工厂预制，运到现场后进行安装，因此，施工准备包括了主体结构上预埋件、连接件的检查。**

8.4.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装前应对已建主体结构进行施工质量验收和复测，合格后方可进行墙板安装施工，当主体结构施工误差超过节点连接件的误差调节范围时，应按实测结果对墙板设计进行复核。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的施工方式是装配式安装，墙板安装必须在相应位置的主体结构施工完成，并达到安装墙板的受力和安装精度要求后才可以安装围护墙板。在开始安装前，应对主体结构相关构件的定位、标高、垂直度、倾斜度进行复测，当主体结构施工误差超过节点连接件的误差调节范围时，应对墙板的设计进行修改、调整。在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点设计时，应考虑连接节点能消化主体结构的施工误差对墙板安装精度的影响。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工中，连接节点应根据主体结构施工误差具备相应的调节能力。**

8.4.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的施工测量除应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 安装施工前，应测量放线、设置墙板安装定位标识；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙测量应与主体结构测量相协调，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应分配、消化主体结构偏差造成的影响，且超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装偏差不得累积；

3 应定期校核超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的安装定位基准。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工前，应制定安装定位标识方案，根据安装连接的精细化要求，合理控制误差。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。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的测量应与主体结构的测量配合，主体结构出现偏差时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应根据主体结构偏差及时进行调整，不得积累。定期对****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装定位基准进行校核，以保证安装基准的正确性，避免因此产生安装误差。**

8.4.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙装卸、运输过程中墙板面层材料发生碰损时，应在安装前修补，当墙板损伤影响结构受力时，应先作补强处理。

8.4.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装前应检查复核吊装设备及吊具确保处于安全操作状态。

8.4.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝防水施工前的施工准备应符合下列规定：

1 吊装过程中应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙板侧预留凹槽、橡胶空心气密条和墙板边角等部位采取保护措施，缺棱掉角及损伤处应在吊装就位前进行修复，当墙板损伤影响结构受力时，应先作补强处理；

2 接缝堵塞处应进行清理，不得采用剔凿的方式清理接缝残渣或增加接缝宽度；

3 检查接缝宽度是否满足设计要求；

4 检查并清理接缝混凝土基层，应坚实、平整，不得有蜂窝、麻面、起皮和起砂现象；表面应清洁、干燥，无油污和灰尘；

5 密封胶使用前，与其相接触的有机材料应取得合格的相容性试验报告。

**【条文说明】接缝防水施工是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工过程中的关键工序，其质量直接影响到超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的使用功能。墙板边缘凹槽和接缝空腔主要起到平衡内外空气压力，阻断外部水分渗透路径等作用，在墙板安装过程中应采取措施避免水泥浆料及其他杂质渗入接缝空腔中，防水施工前，应将接缝空腔清理干净。为提高超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的气密性能，通常会在接缝内侧设置橡胶空心气密条。气密条宜在完成侧面混凝土清理和涂刷专用胶粘剂之后、墙板吊装之前粘贴在墙板侧面。由于墙板安装完成后无法对气密条的粘贴质量进行检查，因此需在墙板吊装前检查气密条粘贴的牢固性和完整性。**

**接缝密封胶背衬材料主要起到控制密封胶厚度便于密封胶施工的作用，同时还能避免密封胶与接缝混凝土三面粘结。在背衬材料填塞过程中，应保持背衬材料在接缝中的深度与密封胶厚度一致，且背衬材料与两侧混凝土填充密实。墙板十字接缝处的密封胶受力变形复杂，施工质量控制难度大，易成为防水薄弱部位，在密封胶施工过程中，此处应一次施工完成，严格控制密封胶的施工质量。**

## 墙板安装

8.5.1 墙板安装可根据不同连接形式采用相应的安装顺序，外挂式连接宜分层按顺序吊装，先下后上，逐层安装。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装顺序是影响施工速度的关键，也会影响围护结构的施工质量，特别是接缝施工质量与安装顺序有一定关系，应该在施工方案中详细给出围护墙板的安装顺序。对于条板，为了提高施工速度，经常会把条板在地面先形成大块的组合墙板单元，然后进行大块组合墙板单元的安装，组合墙体单元的安装应合理确定墙体大小、连接方式、吊装方式等，做到安全可靠、施工方便。**

8.5.2 同层、同侧墙板宜从一端向另一端顺序安装，当有门窗洞口时，可从门窗洞口向两侧顺序安装。

**【条文说明】/**

8.5.3 墙板可采用单板安装，也可在地面拼装成组合墙体后再进行安装。组合墙体单元的划分应满足立面形式、建筑功能、结构受力和安装的要求。

**【条文说明】/**

8.5.4 墙板的吊装宜采用专用吊具，吊装方案应经过设计、验算或试验检验确定。墙板起吊时，吊具绳索与水平面夹角宜为45°~60°。

**【条文说明】这几条给出了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装时的吊装要求、临时固定要求、连接节点要求、接缝处理要求等。**

8.5.5 墙板吊装就位后，应采取临时固定措施，并应校正墙板位置和垂直度。

**【条文说明】/**

8.5.6 板与主体结构采用螺栓连接或焊接连接时，螺栓规格或焊缝尺寸应符合设计要求，并应对连接外露部分进行防腐和防火处理。

**【条文说明】/**

8.5.7 墙板接缝施工应符合下列规定：

1 施工前，应将墙板接缝空腔清理干净，并保持干燥；

2 墙板接缝的填塞、填充材料应符合设计要求；

3 墙板接缝密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、表面平滑，其厚度应满足设计要求。

**【条文说明】/**

8.5.8 当墙板接缝采用专用粘结材料连接时，应在接缝两侧接触面均匀满刮粘结材料，密实挤紧，并将挤出的粘结材料刮平。

**【条文说明】/**

8.5.9 墙板内布置的线管应在墙板生产时预埋，当在墙板内安装管线需要现场开槽时，应经过设计单位和生产厂家确认，并应符合下列规定：

1 应使用专用切割工具在板的内侧开槽，并应在管线安装完成后采用C20细石混凝土填补；

2 竖向槽深不宜大于板厚的1/3，水平向槽深不宜大于板厚的 1/5，水平向槽长不应大于板宽的1/3；

3 开槽不宜切断配置的竖向钢筋或型钢，当切断钢筋或型钢时，应采取补强措施达到原墙板承载能力。

**【条文说明】墙板水平方向开槽会严重破坏墙板的受荷载截面，显著降低承载力，因此，现场不允许水平方向开槽。如墙板确需沿水平方向表面开槽，开槽不应切断竖向配筋或型钢，槽深不宜大于板厚的1/5，如果切断了钢筋或型钢，应该将钢筋或型钢通过连接件焊接补强，并应该把开槽破坏的混凝土用不低于C20混凝土填补。**

8.5.10 墙板板面开洞时，洞口尺寸不应大于150mm150mm，且洞宽不应大于板宽的15%。

**【条文说明】/**

8.5.11 墙板安装后应进行墙面处理，并应符合下列规定：

1 应在门框、窗框、管线及设备安装完毕后进行；

2 墙面局部破损和孔隙可用腻子填满刮平，无饰面的毛坯墙应满铺防裂网并刮腻子找平；

3 对有防水要求的墙体，应进行墙面防水处理。

**【条文说明】/**

8.5.12 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙上的门窗安装，应符合下列规定：

1 安装在墙板上的门窗，宜在墙板预制时安装预埋件；

2 安装在附框上的门窗，应在安装墙板时同步安装对应的附框；

3 门窗的安装应在墙板安装完毕后进行，安装前应检查洞口的垂直度、平整度及对角线差值；当不满足设计要求时，应进行调整。

**【条文说明】/**

8.5.13 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙吊装应采取安全措施，除应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 应遵守安装施工专项方案中确定的各项要求；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙起吊和就位过程中宜设置缆风绳，通过缆风绳引导墙板安装就位；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装过程中应设置临时固定和支撑系统，可利用节点连接件作为临时固定和支撑系统；

4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙吊装时，墙板下方应拉警戒线，墙板与吊具的分离应在校准定位及临时支撑安装完成后进行；

5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙调整、校正后，应及时安装防松脱、防滑移和防倾覆装置；

6 遇到雨、雪、大雾天气，或者风力大于5级时，不得进行吊装作业。

**【条文说明】****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工应建立健全安全管理保障体系和管理制度，对危险性较大的工程应经专家论证通过后进行施工。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装施工应结合施工特点，针对墙板吊装、安装施工安全要求制定安装施工专项方案。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的重量通常较大，为确保安全性，安装过程中应采取临时固定和支撑措施，临时固定和支撑系统同时还可兼作安装精度调节装置。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙可采用先施工主体结构，后安装对应楼层墙板的安装工法，也可采用与所在楼层主体结构同步施工的安装工法。当采用前者时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙可借助主体结构构件作为临时固定和支撑系统；当采用后者时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的临时固定和支撑系统可单独设置或借助于主体结构施工模架系统。**

8.5.14 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装时，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点宜仅承受墙板自身范围内的荷载和作用，确保各支承点均匀受力。

**【条文说明】为确保超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点受力明确，且实际受力状态与计算假定相符，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点应仅承受墙板自身范围内的荷载和作用。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装过程中借助相邻墙板与主体结构的连接节点作为临时固定支承点时，应对相应节点进行复核，待超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装完成后，宜对其使用的自身范围以外的临时固定点进行卸载。**

8.5.15 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装应符合下列规定：

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应以轴线和外轮廓线同时控制墙板的安装位置；

2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装就位后应临时固定，测量墙板的安装位置、安装标高、垂直度、接缝宽度等，通过节点连接件或墙底调平装置、临时支撑进行调整；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙装过程中应采取保护措施，避免墙板边缘及饰面层被污染、损伤。

8.5.16 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755的有关规定，并符合下列规定：

1 利用节点连接件作为超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙临时固定和支撑系统时，支撑系统应具有调节墙板安装偏差的能力；

2 有变形能力要求的连接节点，安装固定前应核对节点连接件的初始相对位置，确保连接节点的可变形量满足设计要求；

3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙校核调整到位后，应先固定承重连接点，后固定非承重连接点；

4 连接节点采用焊接施工时，不应灼伤超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的混凝土和保温材料；

5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装固定后应及时进行防腐涂装和防火涂装施工。

**【条文说明】工程实践经验表明，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙利用节点连接件作为临时固定和支撑系统时，利用支撑系统对墙板构件进行连续可调的安装精度调节有利于墙板安装质量。为确保超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点受力状态与设计相符，超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙校核到位后应先固定承重连接点，后固定非承重连接点。当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点采用焊接连接时，施工过程中极易因焊接作业损伤混凝土墙板，因此连接节点不宜采用焊接连接。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构的连接节点施工完成后，应确保连接节点具有设计所要求的变形能力及变形量需求。**

8.5.17 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装尺寸允许偏差及检验方法应符合表8.5.17的规定。

表8.5.17 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装尺寸允许偏差及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 标高 | | ±5 | 水准仪或拉线、尺量 |
| 相邻墙板平整度 | | 2 | 2m靠尺测量和塞尺量 |
| 墙面垂直度 | 层高 | 5 | 经纬仪或吊线、尺量 |
| 全高 | H/2000且≤15 |
| 相邻接缝高 | | 3 | 尺量 |
| 接缝 | 宽度 | ±5 | 尺量 |
| 中心线与轴线距离 | 5 |
| 门窗洞口尺寸 | | ±5 | 用钢尺量 |

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装完成后尺寸偏差应符合表8.5.17的要求，安装过程中，宜采取相应措施从严控制，方可保证完成后的尺寸偏差要求。本规程针对****超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装尺寸允许偏差的规定主要基于现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204和《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231，也结合了国内运用超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的实际经验。在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装尺寸允许偏差方面相对于普通预制墙板提出了更高的要求。**

8.5.18 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝防水施工应符合下列规定：

1 当接缝内侧采用橡胶空心气密条作为气密材料时，气密条粘贴前应先清除接缝侧面混凝土表面灰尘，并应涂刷专用胶粘剂。墙板吊装前应检查气密条粘贴的牢固性和完整性。

2宜在接缝两侧基层表面粘贴防护胶带，防护胶带应连续平整。

3 接缝中应按设计要求填塞密封胶背衬材料，背衬材料与接缝两侧基层之间不得留有空隙，背衬材料进入接缝的深度应和密封胶的厚度一致。

4单组分密封胶可直接使用，双组分密封胶应按比例准确计量，并应搅拌均匀。双组分密封胶应随拌随用，拌和时间和拌和温度等应符合产品说明书的要求，搅拌均匀的密封胶应在适用期内用完。

5 应根据接缝的宽度选用口径合适的挤出嘴，挤出应均匀。

6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙十字接缝处各300mm范围内的水平缝和垂直缝应一次施工完成。

7 密封胶在接缝内应两对面粘结，不应三面粘结。

8 新旧密封胶的搭接应符合产品施工工艺要求。

9 嵌填密封胶后，应在密封胶表干前用专用工具对胶体表面进行修整，溢出的密封胶应在固化前进行清理。

10密封胶胶体固化前应避免损坏及污染，不得泡水。

11 密封胶嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度应满足设计要求。

8.5.19 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝处导水管的安装应符合下列规定：

1 安装前应在导水管部位斜向上按设计角度设置背衬材料，背衬材料应内高外低，最内侧应与接缝中的气密条相接触。

2 导水管应顺背衬材料方向埋设，与两侧基层之间的间隙应用密封胶封严；导水管的上口应位于空腔的最低点。

3 应避免密封胶堵塞导水管。

8.5.20 施工过程中应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙采取保护措施，并应符合下列规定：

1 不得在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙上剔凿或使用尖锐物体撞击墙板；

2 门窗洞口的边角宜采取保护性措施。

**【条文说明】/**

## 安装验收

I 主控项目

8.6.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的隔声性能和传热系数应满足设计要求。

检查数量：同一类型超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙为一检验批，每批检验数量为1块。

检验方法：检查第三方检验报告。

**【条文说明】“同一类型”是指内外饰面及保温层的材料和厚度相同，加工工艺相同，连接件类型及组装形式相同。生产企业应针对每类超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙制作标准检测试件。**

8.6.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙临时固定措施应符合设计、安装施工专项方案要求及国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《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。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查，检查施工方案、施工记录或设计文件。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙临时固定措施验收要求。**

8.6.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点采用焊接连接时，焊缝的接头质量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点验收要求。**

8.6.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点验收要求。**

8.6.5 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接件、预埋件、后置埋件之间的连接、安装应符合设计要求。后置埋件的施工质量应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的有关规定。

检查数量：全数检验。后置埋件按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145的有关规定执行。

检验方法：观察；检查施工质量检验记录及现场拉拔试验报告。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构连接件、预埋件、后置埋件之间的连接验收要求。**

8.6.6 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙金属连接节点防腐涂料涂装前的表面除锈、防腐涂料品种、涂装遍数、涂层厚度应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点防腐涂料涂装验收要求。**

8.6.7 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙金属连接节点防火涂料涂装前的钢材表面除锈及防锈底漆涂装、防火涂料的粘结强度和抗压强度、涂层厚度涂层表面裂纹宽度应满足设计要求，并应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检查数量：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙金属连接节点防火涂料涂装验收要求。**

8.6.8 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙间的接缝处理、构造节点及嵌缝做法应符合设计要求。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察，检查施工质量检验记录。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙接缝处理等的验收要求。**

8.6.9 严寒和寒冷地区超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙周边的热桥部位，应按设计要求采取节能保温等隔断热桥措施。

检查数量：全数检验。

检验方法：检查施工质量检验记录

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙隔断热桥措施等的验收要求。**

8.6.10 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统接缝的防水性能应符合设计要求。

检查数量：

1）设计、材料、工艺和施工条件相同的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙工程，每1000m2且不超过一个楼层为一个检验批，不足1000m2应划分为一个独立检验批。每个检验批每100m2应至少抽查一处，每处不得少于10m2且至少应包含一个十字接缝部位。

2）同一单位工程中不连续的墙板工程应单独划分检验批。

3）对于异形或有特殊要求的墙板，检验批的划分宜根据超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的结构、特点及墙板工程的规模，由监理单位、建设单位和施工单位协商确定。

检验方法：检查现场淋水试验报告。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的****接缝防水施工是非常关键的质量检验内容，是保证墙板防水性能的关键，施工时应按设计要求进行选材和施工，并采取严格的检验验证措施。**

**接缝的现场淋水试验应在精装修进场前完成，根据《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030-2022第6.0.11条，淋水试验应满足下列要求：应采用全部墙面淋水检验法，控制排管长度、管孔数量、孔径大小，达到墙面连续满流为准，持续淋水时间为30min，并作记录。无渗漏后方可进行下道工序。**

**某处淋水试验结束后，若背水面存在渗漏现象应对该检验批的全部墙板的接缝进行淋水试验，并对所有渗漏点进行整改处理，在整改完成后重新对渗漏的部位进行淋水试验，直至不再出现渗漏点为止。**

8.6.11 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构在楼层位置接缝处的防火封堵材料应满足设计要求，防火材料应填充密实、均匀、厚度一致，不应有间隙。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，检查处理记录。

**【条文说明】本条规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构在楼层位置接缝处的防火封堵材料验收要求。**

Ⅱ 一般项目

8.6.12 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的造型、立面应符合设计要求，饰面层不得有缺角、裂纹、裂缝、斑痕等不允许的缺陷。墙体表面应平整、洁净，无污染。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察，尺量检查。

**【条文说明】/**

8.6.13 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的接缝应平直，均匀。用注胶封闭的板缝，注胶应饱满、密实、连续，胶缝的宽度和厚度应符合设计要求；用胶条封闭的板缝，胶条应连续、均匀、安装牢固，板缝宽度应符合设计要求。

检查数量；全数检验。

检验方法：观察，尺量检查。

**【条文说明】/**

8.6.14 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构之间的封堵构造应整齐美观，并应符合设计要求。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察，检查施工质量检验记录。

**【条文说明】/**

8.6.15 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的变形缝及墙面转角处的构造应符合设计要求。

检查数量：全数检验。

检验方法：观察，检查施工质量检验记录。

**【条文说明】/**

8.6.16 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙安装位置、平整度、垂直度允许偏差和检验方法应符合表8.5.17的规定。

检查数量：按楼层、结构缝或施工段划分检验批，不大于1000m2划分为一个检验批；同一检验批内，应按照建筑立面抽查10%，且不应少于5块。

检验方法：观察，尺量检查。

**【条文说明】安装完成的超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的外观主要是通过测量来验收，检查是否满足安装的允许偏差值。**

# 维护

9.0.1 设计单位应在设计文件中规定超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的设计工作年限和检查维护的要求。工程竣工验收后，业主或受委托的物业单位应对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙进行定期检查维护。

**【条文说明】超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙自身工作年限可以达到50年，与主体结构同寿命。但是，接缝密封与防水的使用寿命与材料寿命直接相关，一般在20年左右，而接缝密封和防水是超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙围护系统的薄弱环节，因此在工程后期使用过程中应对****围护系统尤其是接缝的密封与防水进行定期检查维护，以延长围护系统的使用寿命，充分发挥超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的耐久性能。当接缝密封和防水局部出现老化时，可以进行局部修补；当大面积出现老化时，应对接缝密封和防水进行全面的处理。为切实落实好超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统维护工作，设计单位应在设计文件中规定超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的设计工作年限和检查维护的要求，例如应明确专用密封胶、装饰面材料使用年限并注明维护要求。**

9.0.2 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的检查、清洗等维护作业不得在4级以上风力和雨、雪、雾等天气下进行。

9.0.3 应在超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统竣工验收1年后进行一次全面的检查，以后每5年应检查1次。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的定期检查应包含下列内容：

1 复合外墙系统有无变形、错位、松动，如有应对复合外墙及相连主体结构进一步检查并及时维修处置；

2 复合外墙系统是否存在开裂或破损；

3 复合外墙与主体结构的节点连接件是否出现锈蚀、连接是否可靠；

4 复合外墙防水系统是否完整；

5 密封胶有无脱胶、开裂、起泡，密封胶条有无脱落、老化等损坏现象；

6 UHPC外饰面是否有污损现象；

7 复合外墙的接缝和窗洞口处的防水密封材料应在每次清洗时进行检查。

**【条文说明】本条参考《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458-2018第10.0.2条的规定及相应条文说明，考虑传统预制墙板实际工程经验较为丰富，传统预制墙板在项目竣工验收后1年内，材料、附件的一些缺陷均有不同程度的暴露。因此对于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统规定在竣工验收后一年，应进行1次全面的检查，此后每5年检查1次。**

9.0.4 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的保养和维护应符合下列规定：

1 应保持复合外墙防水系统的完整性，如发现堵塞或破损时应及时疏通或修补：

2 当发现门、窗启闭不灵或附件损坏等现象时，应及时修理或更换；

3 当发现密封胶或密封胶条开裂、脱落或损坏时，应及时修补与更换；修补时应采用相容性、污染性符合要求的密封胶；

4 当发现复合外墙与主体结构的节点连接件锈蚀时，应及时除锈补漆或采取其他防锈措施；

5 当发现复合外墙局部破损时，应及时修补，并采取有效的抗裂和防水补强措施；

6 当发现复合外墙局部产生裂缝时，应及时进行修补；当裂缝宽度大于0.15mm或出现复合外墙厚度方向贯通裂缝时，应进行裂缝防水处理；

7 复合外墙的清洗次数应根据UHPC外饰面的积灰污染程度确定，应根据外表面保洁需要，确定清洗次数，每年不宜少于一次。清洗过程中不得撞击和损伤复合外墙。

8 不得未经设计允许在复合外墙上开洞、安装空调或其他设备。

9 当定期检查发现超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统局部损坏不影响系统整体结构性能时，可采用局部维修或更换损坏部位的方式；当影响到结构性能时，应更换损坏的复合外墙。

**【条文说明】通常超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统的接缝处设置有密封胶、空腔、排水孔、内部防水措施，构成防排水系统。施工过程中，复合外墙接缝处可能因密封胶施工质量等原因进水，如果空腔被堵塞造成排水不畅，会直接影响外墙防水和保温效果，应定期维护。**

9.0.5 对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙进行拆除前，应制定详细的拆除计划和方案，并对拆除过程可能发生的意外情况制定应急预案。超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙拆除应遵循减量化、资源化和再生利用的原则。

**【条文说明】本条是对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙拆除的基本要求。**

9.0.6 灾后检查和修复应符合下列规定：

1 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统遭遇强风袭击后，应及时对复合外墙系统进行一次全面检查，修复或更换损坏的构件和材料；检查内容、保养维护和拆除应符合本规程第9.0.1~9.0.5条的规定。

2 当超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙系统遭遇地震、火灾等灾害后，应由专业技术人员对复合外墙系统进行一次全面检查，检查内容、保养维护和拆除应符合本规程第9.0.1~9.0.5条的规定，并应根据损坏程度制定专门处理方案及时处理。

**【条文说明】本条对超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在经历强风、地震或火灾等灾害后的检查和修复进行了规定。**

# 附录A 构件制作质量验收表和进场签收单

表A.1超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙隐蔽工程质量验收表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 生产企业（盖章）： | | | 复合外墙板编号： | | |
| 复合外墙板规格： | | | 检查日期： | | |
| 分项 | 检查项目 | 质量要求 | | 实测值 | 判定 |
| 内饰面 | 种类 |  | |  |  |
| 厚度（mm） |  | |  |  |
| 保温层 | 接缝 |  | |  |  |
| 厚度（mm） |  | |  |  |
| FRP连接件 | 规格 |  | |  |  |
| 数量 |  | |  |  |
| 位置偏差（mm） |  | |  |  |
| 连接角钢件 | 规格 |  | |  |  |
| 数量 |  | |  |  |
| 位置偏差（mm） |  | |  |  |
| 隔离垫 | 规格 |  | |  |  |
| 数量 |  | |  |  |
| 不锈钢预埋套筒 | 规格 |  | |  |  |
| 数量 |  | |  |  |
| 位置偏差（mm） |  | |  |  |
| 开洞、预埋管线、线盒 | 规格 |  | |  |  |
| 位置偏差（mm） |  | |  |  |
| 固定措施 |  | |  |  |
| 轻钢龙骨 | 牌号 |  | |  |  |
| 规格 |  | |  |  |
| 防腐防锈处理 |  | |  |  |
| 吊环 | 规格 |  | |  |  |
| 数量 |  | |  |  |
| 验收意见：  质检员： 质量负责人： | | | | | |

表A.2超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙出厂质量验收表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 生产企业（盖章）： | | | 复合外墙板编号： | | |
| 复合外墙板规格： | | | 检查日期： | | |
| 分项 | 检查项目 | 质量要求 | | 实测值 | 判定 |
| 外观质量 | UHPC外饰面缺棱掉角情况 |  | |  |  |
| UHPC外饰面侧面孔洞情况 |  | |  |  |
| 岩棉封闭情况 |  | |  |  |
| 内饰面平整光洁情况 |  | |  |  |
| 外形尺寸允许偏差 | 长度（mm） |  | |  |  |
| 宽度（mm） |  | |  |  |
| 厚度（mm) |  | |  |  |
| 板面平整度（mm) |  | |  |  |
| 对角线差（仅适用矩形板）（mm） |  | |  |  |
| 侧向弯曲（mm） |  | |  |  |
| 扭翘（mm） |  | |  |  |
| 预留孔洞、线盒等中心线位置 |  | |  |  |
| 预留孔洞、线盒等尺寸 |  | |  |  |
| 门窗定位（mm） |  | |  |  |
| 门窗对角线（mm） |  | |  |  |
| 门窗水平度（mm） |  | |  |  |
| 力学性能 | 抗压强度（MPa） |  | |  |  |
| 抗折强度（MPa） |  | |  |  |
| 物理性能 | 传热系数 |  | |  |  |
| 空气声隔声性能等级 |  | |  |  |
| 验收意见：  质检员： 质量负责人： | | | | | |

表A.3超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙进场签收单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 |  | | |
| 建设单位 |  | | |
| 监理单位 |  | | |
| 施工单位 |  | | |
| 供货单位 |  | | |
| 接收单位 |  | | |
| 到货日期 |  | | |
| 复合外墙板签收清单 | | | |
| 复合外墙板编号 | 规格型号 | | 数量 |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
|  |  | |  |
| 生产单位意见（签字）：  年 月 日 | | 接收单位意见（签字）：  年 月 日 | |

提示：复合外墙板验收齐全后方可签字

# 附录B 点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙连接节点受力计算

B.0.1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构采用点支承连接时，在重力荷载或竖向地震作用下，支承节点宜符合下列规定。

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙面内方向，各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

1）对平移式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙（图B.0.1-1）：

（B.0.1-1）

（B.0.1-2）



图B.0.1-1 竖向荷载作用下平移式复合外墙面内反力

1-重心

2）对旋转式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙（图B.0.1-2），不考虑地震作用和风荷载工况时，各支承节点的反力标准值可按公式（B.0.1-1）和公式（B.0.1-2）计算；考虑地震作用或风荷载的组合工况时，重力荷载与竖向地震作用下各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

（B.0.1-3）

（B.0.1-4）

式中：——重力荷载标准值或者竖向地震作用标准值；

——n节点的竖向反力标准值；

——p节点的竖向反力标准值；

——m节点在墙板面内方向的水平反力标准值；

——n节点在墙板面内方向的水平反力标准值。



图B.0.1-2竖向荷载作用下旋转式复合外墙面内反力

1-重心

2 垂直超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙方向（图B.0.1-3），各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

（B. 0. 1-5）

（B.0.1-6）

式中：——超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙面外的偏心距；

——的安装尺寸偏差；

——m节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

——n节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

——p节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值；

——q节点沿垂直墙板方向的水平反力标准值。



图 B. 0.1-3 竖向荷载作用下平移式或旋转式复合外墙面外反力

1-重心

**【条文说明】预制混凝土超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙受重力和竖向地震作用时，平移式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙和旋转式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的受力有明显的不同。对于平移式点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，由于其在地震作用下不发生旋转，两个竖向承重节点均受力。而对于旋转式点支承超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，当墙板仅承受重力和竖向地震作用时，各支承节点的受力与平移板类似，墙板不发生旋转，各竖向承重节点均受力；但在有水平地震作用或风荷载参与的组合工况下，墙板将发生旋转，造成墙板仅一个节点承受竖向荷载作用的情况；同时由于单节点竖向力与重心不在一条直线上，因此会产生相应的水平反力。**

**另外需注意的是，垂直超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙方向，重力和竖向地震作用的方向与支座一般不共线，因此连接节点将同时产生垂直墙板平面的水平反力。**

B.0.2超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构采用点支承连接时，在面内方向的水平地震作用下，各支承节点的反力宜符合下列规定。

1 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙面内方向，各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

1）对平移式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙（图B.0.2-1）：

（B.0.2-1）

（B.0.2-2）

（B.0.2-3）



图B.0.2-1 面内水平地震作用下平移式复合外墙面内反力

1-重心

2）对旋转式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙（图B.0.2-2）：

（B.0.2-4）

（B.0.2-5）



图B.0.2-2 面内水平地震作用下旋转式复合外墙面内反力

1-重心

2 垂直超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙方向（图B.0.2-3），各支承节点的反力标准值宜按下列规定计算：

（B.0.2-6）

（B.0.2-7）



图B.0.2-3 面内水平地震作用下平移式或旋转式复合外墙面外反力

1-重心

**【条文说明】预制混凝土超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙受面内水平地震作用时，平移式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与旋转式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的受力也有明显的不同。对于平移式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，水平地震作用由一个支承点承担，其余点均不承担，因此造成了竖向承重点的受力。对于旋转式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙，水平地震作用由上、下两个支承点承担，竖向承重点不受力。**

**需注意的是，在垂直于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙方向，由于水平地震作用与支座不共线，因此连接节点将同时产生垂直墙板平面的水平反力。**

B.0.3 超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与主体结构采用点支承连接时，在垂直超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙平面的风荷载、地震作用下超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙支承点的反力宜按可能的三点支承板分别计算，并取包络值确定，计算时宜计入荷载偏心的影响。

**【条文说明】预制混凝土超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙受面外水平地震和风荷载作用时，平移式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙与旋转式超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的受力情况相同。考虑超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的面外支承点可能不全受力，所以建议反力按可能的三点支承板分别计算，并取其包络值。计算时建议计入荷载偏心的影响。**

# 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

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

1. 《建筑模数协调标准》GB/T 50002
2. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
3. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
4. 《建筑抗震设计规范》GB 50011
5. 《建筑设计防火规范》GB 50016
6. 《钢结构设计标准》GB 50017
7. 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
8. 《工程测量规范》GB 50026
9. 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
10. 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
11. 《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
12. 《民用建筑隔声设计规范》GB 50118
13. 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
14. 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
15. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
16. 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
17. 《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210
18. 《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222
19. 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
20. 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325
21. 《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》GB 50404
22. 《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411
23. 《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608
24. 《钢结构焊接规范》GB 50661
25. 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
26. 《钢结构工程施工规范》GB 50755
27. 《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231
28. 《装配式钢结构建筑技术标准》GB/T 51232
29. 《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245
30. 《工程结构通用规范》GB 55001
31. 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
32. 《钢结构通用规范》GB 55006
33. 《混凝土结构通用规范》GB 55008
34. 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015
35. 《建筑环境通用规范》GB 55016
36. 《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030
37. 《建筑防火通用规范》GB 55037
38. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
39. 《碳素结构钢》GB/T 700
40. 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
41. 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229
42. 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230
43. 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
44. 《纤维玻璃化学分析方法》GB/T 1549
45. 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
46. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
47. 《白色硅酸盐水泥》GB/T 2015
48. 《塑料 用氧指数法测定燃烧行为 第2部分：室温试验》GB/T 2406.2
49. 《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518
50. 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
51. 《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6
52. 《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺帽》GB/T 3103.1
53. 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
54. 《混凝土砌块和砖试验方法》GB/T 4111
55. 《耐候结构钢》GB/T 4171
56. 《开槽盘头自攻螺钉》GB/T 5282
57. 《开槽沉头自攻螺钉》GB/T 5283
58. 《开槽半沉头自攻螺钉》GB/T 5284
59. 《六角头自攻螺钉》GB/T 5285
60. 《建筑材料不燃性试验方法》GB/T 5464
61. 《矿物棉及其制品试验方法》GB/T 5480
62. 《工业用橡胶板》GB/T 5574
63. 《六角头螺栓 C级》GB/T 5780
64. 《六角头螺栓》GB/T 5782
65. 《泡沫塑料及橡胶表观密度的测定》GB/T 6343
66. 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
67. 《冷弯型钢》GB/T 6725
68. 《纤维水泥制品试验方法》GB/T 7019
69. 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106
70. 《混凝土外加剂》GB 8076
71. 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
72. 《硬质泡沫塑料吸水率的测定》GB/T 8810
73. 《硬质泡沫塑料 尺寸稳定性试验方法》GB/T 8811
74. 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》GB/T 10294
75. 《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法》GB/T 10295
76. 《绝热材料憎水性试验方法》GB/T 10299
77. 《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1
78. 《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）》GB/T 10801.2
79. 《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》GB/T 11835
80. 《建筑用轻钢龙骨》GB/T 11981
81. 《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350
82. 《绝热 稳态传热性质的测定 标定和防护热箱法》GB/T 13475
83. 《直缝电焊钢管》GB/T 13793
84. 《建设用砂》GB/T 14684
85. 《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231
86. 《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227
87. 《自钻自攻螺钉》GB/T 15856.1
88. 《十字槽沉头自钻自攻螺钉》GB/T 15856.2
89. 《十字槽半沉头自钻自攻螺钉》GB/T 15856.3
90. 《六角法兰面自钻自攻螺钉》GB/T 15856.4
91. 《六角凸缘自钻自攻螺钉》GB/T 15856.5
92. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 18046
93. 《室内装饰装修材料 人造板及其制品中甲醛释放限量》GB 18580
94. 《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588
95. 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736
96. 《建筑用岩棉绝热制品》GB/T 19686
97. 《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第2部分：测量不确定度评定和应用》GB/T 19889.2
98. 《声学 建筑和建筑构件隔声测量 第3部分：建筑构件空气声隔声的实验室测量》GB/T 19889.3
99. 《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878
100. 《建筑幕墙》GB/T 21086
101. 《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120
102. 《建筑门窗、幕墙用密封胶条》GB/T 24498
103. 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
104. 《建筑用绝热制品 垂直于表面抗拉强度的测定》GB/T 30804
105. 《建筑用绝热制品 部分浸入法测定 短期吸水量》GB/T 30805
106. 《建筑用绝热制品 浸泡法测定 长期吸水性》GB/T 30807
107. 《建筑墙板试验方法》GB/T 30100
108. 《矿物棉及其制品甲醛释放量的测定》GB/T 32379
109. 《混凝土用钢纤维》GB/T 39147
110. 《建筑防火封堵应用技术标准》GB/T 51410
111. 《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1
112. 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
113. 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26
114. 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
115. 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
116. 《混凝土用水标准》JGJ 63
117. 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75
118. 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
119. 《塑料门窗工程技术规程》JGJ 103
120. 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134
121. 《外墙外保温工程技术规程》JGJ 144
122. 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145
123. 《清水混凝土应用技术规程》JGJ 169
124. 《铝合金门窗工程技术规范》JGJ 214
125. 《低层冷弯薄壁型钢房屋建筑技术规程》JGJ 227
126. 《建筑外墙防水工程技术规程》JGJ/T 235
127. 《建筑钢结构防腐蚀技术规程》JGJ/T 251
128. 《建筑外墙外保温防火隔离带技术规程》JGJ 289
129. 《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458
130. 《建筑结构用冷弯薄壁型钢》JG/T 380
131. 《外墙保温复合板通用技术要求》JG/T 480
132. 《可拆装式隔断墙技术要求》JG/T 487
133. 《轻钢龙骨式复合墙体》JG/T 544
134. 《混凝土和砂浆用颜料及其试验方法》JC/T 539
135. 《纤维增强硅酸钙板 第1部分：无石棉硅酸钙板》JC/T 564.1
136. 《耐碱玻璃纤维网布》JC/T 841
137. 《单组份聚氨酯泡沫填缝剂》JC/T 936
138. 《不锈钢结构技术规程》CECS 410
139. 《建筑接缝密封胶应用技术规程》T/CECS 581
140. 《建筑用气密性材料应用技术规程》T/CECS 826
141. 《超高性能混凝土试验方法标准》T/CECS 864
142. 《高性能建筑围护结构节能技术导则》T/CECS 899
143. 《装配式建筑绿色建造评价标准》T/CECS 1075
144. 《建筑工程超高性能混凝土应用技术规程》T/CECS 1216
145. 《超高性能混凝土（UHPC）技术要求》T/CECS 10107
146. 《硅墨烯不燃保温板》T/CECS 10291
147. 《超高性能混凝土预混料》T/CBMF 96（T/CCPA 20）
148. 《超高性能混凝土（UHPC）外墙板》T/CBMF 171（T/CCPA 30）
149. 《超高性能混凝土外墙（UHPC）围护和装饰板应用技术标准》T/ZS 0203
150. 《FJGP石墨烯绝热不燃板外墙保温系统应用技术规程》T/SDCEAS 10048

**中国工程建设标准化协会标准**

**超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应用技术规程**

**CECS ×××××—20××**

# 条文说明

**制定说明**

本规程制定过程中，编制组进行了深入的调查研究，总结了我国超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在建筑工程中应用的实践经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准。

超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙是框架结构体系重要的围护结构形式，是装配式建筑的重要组成部分，工程应用较为广泛。本规程系统规定了超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙的材料性能，给出了墙板应用的材料、建筑设计、结构设计、制作、施工与验收等条文，对于超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙在实际工程中应用具有积极的意义。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《超高性能混凝土轻钢龙骨复合外墙应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。