***CECS***

**T/CECS xxx-202x**

中国工程建设标准化协会标准

预制混凝土非组合夹心保温外墙板用

拉结件应用技术规程

Technical specification for connectors in precast concrete non-composite insulated sandwich wall panels

（征求意见稿）

**2025 北 京**

中国工程建设标准化协会标准

预制混凝土非组合夹心保温外墙板用

拉结件应用技术规程

Technical specification for connectors in precast concrete non-composite insulated sandwich wall panels

**T/CECS xxx-202x**

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202x年x月x日

中国xx出版社

2025 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2023]10号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共7章，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、性能、排布设计、安装、质量检验。

本规程的某些内容涉及专利，涉及专利的具体技术问题，使用者可直接与本规程主编单位协商处理，本规程的发布机构不承担识别专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见或建议，请寄送至解释单位（地址：北京市北三环东路30号C座19层，邮政编码：100013）。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

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](#_Toc19716)

[2 术语和符号 2](#_Toc6416)

[2.1 术语 2](#_Toc21230)

[2.2 符号 6](#_Toc1248)

[3 基本规定 8](#_Toc22167)

[4 性能 11](#_Toc22588)

[5 排布设计 14](#_Toc9886)

[5.1 一般规定 14](#_Toc23157)

[5.2 拉结件排布 15](#_Toc22318)

[5.3 作用组合及效应计算 20](#_Toc30907)

[5.4 承载力计算 25](#_Toc27547)

[5.5 变形验算 29](#_Toc28754)

[5.6 墙板性能验算 30](#_Toc24150)

[6 安装 34](#_Toc9020)

[6.1 一般规定 34](#_Toc23909)

[6.2 保温板预处理及铺设 35](#_Toc13130)

[6.3 拉结件安装 36](#_Toc1965)

[7 质量检验 40](#_Toc7868)

[7.1 进厂质量检验 40](#_Toc6554)

[7.2 安装质量检验 42](#_Toc13011)

[本规程用词说明 44](#_Toc11231)

[引用标准名录 45](#_Toc3076)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc31711)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc29414)

[2.1 Terms 2](#_Toc23501)

[2.2 Symbols 6](#_Toc32084)

[3 Basic Requirements 8](#_Toc29050)

[4 Performance 11](#_Toc649)

[5 Layout Design 14](#_Toc24519)

[5.1 General Requirements 14](#_Toc19450)

[5.2 Layout of Connectors 15](#_Toc7176)

[5.3 Action Combination and Effect Calculation 20](#_Toc19607)

[5.4 Capacity Calculation 25](#_Toc31923)

[5.5 Deformation Calculation 29](#_Toc31544)

[5.6 Panel Performance Calculation 30](#_Toc5771)

[6 Installation 34](#_Toc30110)

[6.1 General Requirements 34](#_Toc9266)

[6.2 Pretreatment and Installation of Insulation Board 35](#_Toc22585)

[6.3 Installation of Connector 36](#_Toc21324)

[7 Quality Inspection 40](#_Toc22862)

[7.1 Incoming Quality Inspection 40](#_Toc27531)

[7.2 Installation Quality Inspection 42](#_Toc27194)

[Explanation of Wording in This Specification 44](#_Toc10087)

[List of Quoted Standards 45](#_Toc30693)

1. 总则
2. 为规范预制混凝土非组合夹心保温外墙板用拉结件的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。
3. 本规程适用于拉结件在预制混凝土非组合夹心保温外墙板中的设计、安装及质量检验。
4. 预制混凝土非组合夹心保温外墙板用拉结件的设计、安装及质量检验除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】1.0.1~1.0.3

拉结件是保证预制混凝土夹心保温外墙板质量的关键配件，拉结件影响到夹心保温外墙板安全性、耐久性、保温性能等，是夹心保温外墙板的关键产品之一。按照材料种类的不同，可划分为金属（以不锈钢为主）拉结件和非金属（以纤维增强塑料为主）拉结件两类。由于不同产品及体系差异较大，国内尚无统一的产品及应用技术标准，仅在部分技术标准中对个别设计、构造及施工问题有所规定。

为解决拉结件应用中存在的问题，规范和推动其开发及工程应用，有必要制定相应的应用技术规程。

本规程中的拉结件及拉结件系统仅适用于目前我国工程实践中主要采用的非组合预制混凝土夹心保温外墙板，按照本规程相关规定进行设计时可基本保证预制混凝土夹心保温外墙板实现非组合受力。

2. 术语和符号
   1. 术语
      1. 预制混凝土夹心保温外墙板 precast concrete insulated sandwich wall panels

由内叶墙板、外叶墙板、中间保温层和拉结件系统组成的预制混凝土外墙板，简称夹心外墙板。

【条文说明】夹心外墙板按用途分为夹心承重外墙板和夹心非承重外墙板，按受力模式分为非组合、组合和部分组合夹心外墙板。本规程所述夹心外墙板均指非组合夹心外墙板。非组合夹心承重外墙板中外叶墙板一般为非结构构件，内叶墙板可为实心全预制形式，也可为带后浇空腔的部分预制形式等。

* + 1. 预制混凝土非组合夹心保温外墙板 precast concrete non-composite insulated sandwich wall panels

按内、外叶墙板非组合受力设计的夹心外墙板，简称非组合夹心外墙板。

【条文说明】非组合夹心外墙板的内、外叶墙板间连接一般较弱，内、外叶墙板不能协同受力，一般内叶墙板单独承受所有内力，外叶墙板的荷载通过拉结件及保温层传递到内叶墙板。

* + 1. 拉结件 connector

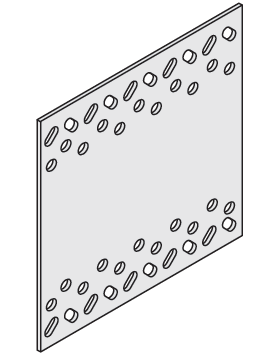
用于连接夹心外墙板中内、外叶墙板的配件。

【条文说明】按照材料种类的不同，可划分为金属拉结件和非金属拉结件两类。其中，金属拉结件主要采用不锈钢材质，又称不锈钢拉结件，包括板式、夹式、桁架式与针式等型式；非金属拉结件主要采用纤维增强塑料（FRP）材质，又称FRP拉结件，主要为棒状或板状。

* + 1. 不锈钢板式拉结件 stainless steel flat connector

平板状不锈钢拉结件，简称板式拉结件。

【条文说明】典型的不锈钢板式拉结件如图1所示。



1

2

1

2

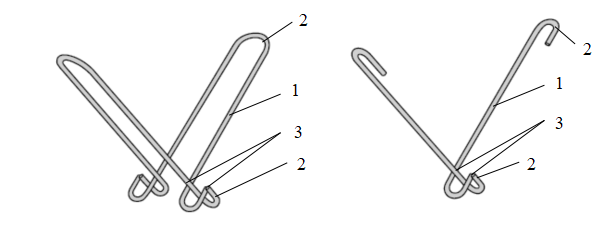
1—钢板；2—开孔

图1 典型不锈钢板式拉结件

* + 1. 不锈钢夹式拉结件 stainless steel clip connector

由两根钢棒连续弯折后交叉焊接制成的夹子状不锈钢拉结件，包括双肢夹式拉结件和单肢夹式拉结件，简称夹式拉结件。

【条文说明】典型的不锈钢夹式拉结件如图2所示。



（a）双肢不锈钢夹式拉结件 （b）单肢不锈钢夹式拉结件

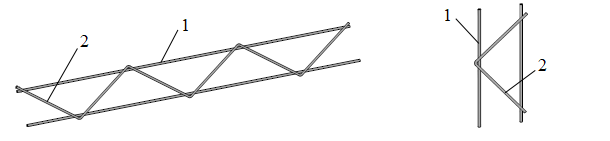
图2 典型不锈钢夹式拉结件

1—钢棒；2—弯折部位；3—焊接部位

* + 1. 不锈钢桁架式拉结件 stainless steel truss connector

由两根平行钢弦杆和弯折的钢腹杆焊接制成的三角平面桁架状不锈钢拉结件，包括连续桁架式拉结件和独立桁架式拉结件，简称桁架式拉结件。

【条文说明】典型的桁架式拉结件构造如图3所示。连续桁架式拉结件要求至少有两个节段（同一弦杆上相邻节点之间的部分为一个节段），独立桁架式拉结件仅有一个节段。



（a）连续不锈钢桁架式拉结件 （b）独立不锈钢桁架式拉结件

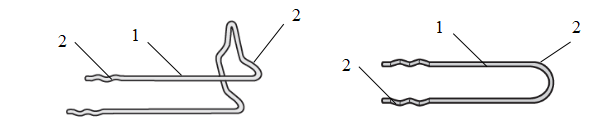
图3 典型不锈钢桁架式拉结件

1—钢弦杆；2—钢腹杆

* + 1. 不锈钢针式拉结件 stainless steel pin connector

由不锈钢棒弯折制成的双头针状拉结件，简称针式拉结件。

【条文说明】典型的不锈钢针式拉结件构造如图4所示。



（a）A型不锈钢针式拉结件 （b）N型不锈钢针式拉结件

图4 典型不锈钢针式拉结件

1—钢棒；2—弯折部位

* + 1. 纤维增强塑料拉结件 fiber reinforced polymer connector

由纤维增强塑料制成的棒状拉结件，当保温层厚度较大时，也可采用板状。简称为FRP拉结件。

【条文说明】典型的FRP拉结件如图5所示。

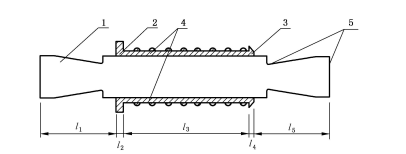


图5 典型FRP拉结件

1—FRP连接杆；2—套环端板1；3—套环端板2；4—套环环身；5—切口

* + 1. 支承拉结件 supporting connector

可同时承受平行于外叶墙板方向和垂直于外叶墙板方向的各种荷载作用，并限制外叶墙板平行于墙板方向变形的拉结件。主要承受竖向荷载作用的称为竖向支承拉结件，主要承受水平荷载作用的称为水平支承拉结件。

【条文说明】支承拉结件一般采用FRP拉结件或板式拉结件、夹式拉结与桁架式拉结件等金属拉结件。

* + 1. 限位拉结件 restraint connector

主要承受垂直于外叶墙板方向的荷载作用，并限制外叶墙板在该方向变形的拉结件。

【条文说明】限位拉结件一般采用针式拉结件。

* + 1. 拉结件系统 connector system

夹心保温外墙板内，由所有拉结件通过合理排布和锚固形成的将外叶墙板与内叶墙板可靠拉结的系统。分为不锈钢板式拉结件系统（简称为板式拉结件系统）、不锈钢夹式拉结件系统（简称为夹式拉结件系统）、不锈钢桁架式拉结件系统（简称为桁架式拉结件系统）和纤维增强塑料拉结件系统（简称为FRP拉结件系统）等，采用不锈钢拉结件的拉结件系统统称为金属拉结件系统，纤维增强塑料拉结件系统又称为非金属拉结件系统。

【条文说明】不同拉结件系统采用不同类型的支承拉结件，拉结件系统以支承拉结件的类型命名。

* + 1. 拉结件系统支点 fulcrum of connector system

不锈钢板式拉结件系统和夹式拉结件系统中，各竖向支承拉结件连线与各水平支承拉结件连线的交点，简称支点。

【条文说明】拉结件系统支点如图6所示，支点为夹心外墙板中外叶墙板变形时的中心点，外叶墙板从支点处可向各个方向发生伸缩变形。



图6 拉结件系统支点示意

1—支点；2—水平支承拉结件；3—竖向支承拉结件；4—限位拉结件

* 1. 符号
     1. 作用、作用效应和抗力

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 拉结件重要性系数； |
|  | —— | 承载能力极限状态下作用组合的效应设计值； |
|  | —— | 拉结件承载力标准值； |
|  | —— | 拉结件承载力分项系数； |
|  | —— | 拉结件承载力设计值； |
|  | —— | 施加于外叶墙板重心处的水平面内或面外地震作用标准值； |
|  | —— | 施加于外叶墙板重心处的竖向地震作用标准值； |
|  | —— | 自重标准值； |
|  | —— | 生产及施工阶段等效静力荷载标准值的效应； |
|  | —— | 生产及施工阶段除等效静力荷载外的其他作用标准值的效应； |
|  | —— | 自重标准值的效应； |
|  | —— | 风荷载标准值的效应； |
|  | —— | 温度作用标准值的效应； |
|  | —— | 水平面内或面外地震作用标准值的效应； |
|  | —— | 竖向地震作用标准值的效应； |
|  | —— | 单个拉结件承受的剪力设计值； |
|  | —— | 单个拉结件承受的拉力设计值； |
|  | —— | 单个拉结件承受的压力设计值； |
|  | —— | 拉结件受剪承载力设计值； |
|  | —— | 拉结件受拉承载力设计值； |
|  | —— | 拉结件受压承载力设计值。 |

* + 1. 几何参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | —— | 板式拉结件的长度； |
|  | —— | 夹式拉结件锚固钢筋最大长度； |
|  | —— | 桁架式拉结件节间距。 |

* + 1. 计算系数及其他

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | —— | | 拉结件承载力试验值的变异系数； | | |
|  | —— | | 地震作用下拉结件承载力折减系数； | | |
|  | —— | | 水平地震影响系数最大值； | | |
|  | —— | | 拉结件的承载力环境影响系数； | | |
|  | —— | | 重力荷载分项系数； | | |
| 、 | | —— | | 分别为风荷载分项系数、温度作用分项系数； |
| 、 | | —— | | 分别为水平面内或面外地震作用分项系数、竖向地震作用分项系数； | |
| 、 | | —— | | 分别为风荷载组合值系数、温度作用组合值系数。 | |

1. 基本规定
2. 拉结件及拉结件系统应符合下列规定：
   1. 拉结件的排布、承载力验算、变形验算应满足本规程要求；
   2. 夹心外墙板在温度作用下的受力性能应满足本规程要求；
   3. 应考虑拉结件的热桥影响并满足夹心外墙板的热工性能要求；
   4. 应满足夹心外墙板的防火性能要求；
   5. 应满足夹心外墙板的设计使用年限及耐久性要求。

【条文说明】拉结件系统及拉结件应满足夹心外墙板的安全及使用性能要求，除符合本条规定外，尚应符合国家现行有关标准对拉结件的相关规定。

1. 夹心外墙板中拉结件系统可选用非金属拉结件系统、板式拉结件系统、夹式拉结件系统、桁架式拉结件系统，当保温层厚度不小于150mm时宜采用夹式拉结件系统、桁架式拉结件系统。

【条文说明】给出了几种常用的拉结件系统，选用时应综合考虑性能、安装和成本等因素，其中板式拉结件系统和桁架式拉结件系统较为常用。当保温层厚度不小于150mm时，为减小拉结件系统对夹心外墙板热工性能的不利影响，建议优先采用夹式拉结件系统或桁架式拉结件系统。

1. 夹心外墙板应采用非组合受力方式设计，且应符合下列规定：
   1. 夹心外墙板的保温层厚度，当采用金属拉结件系统时不应小于30mm，且不宜大于250mm；当采用非金属拉结件系统时不应小于25mm，且不宜大于120mm；
   2. 内叶墙板的混凝土厚度应根据结构设计确定，且应满足拉结件的锚固要求，当采用金属拉结件系统时，混凝土厚度不宜小于100mm，采用带肋板时候不应小于50mm；当采用非金属拉结件系统时，混凝土厚度不应小于75mm，且不宜小于100mm；
   3. 外叶墙板的混凝土厚度应满足拉结件的锚固要求，当采用金属拉结件系统时，混凝土厚度不宜小于60mm，且不应小于50mm；当采用非金属拉结件系统时，混凝土厚度不应小于55mm，且不宜大于75mm；
   4. 应用于同一工程项目的墙板应采用同一厂家的拉结件产品。
   5. 脱模起吊时，同条件养护的混凝土立方体试件抗压强度应满足设计要求，且不应小于20N/mm2；
   6. 安装时，同条件养护的混凝土立方体试件抗压强度应满足设计要求，当设计无要求时应达到设计混凝土强度等级值的100%；
   7. 夹心外墙板外表面应采用太阳辐射吸收系数较低且抗裂和防水性能强的饰面材料，同时宜采取涂刷隔热涂料等隔热措施。

【条文说明】夹心保温外挂墙板按非组合受力模式设计主要是指在面外荷载作用下，不考虑内、外叶墙板协同受力，按内叶墙板单独承受荷载进行计算。与组合、部分组合夹心保温外挂墙板相比，非组合夹心保温外挂墙板的受力模式简单明确，相应的墙板及拉结件构造也相对简单，在实际工程中应用最为广泛，因此本规程仅针对非组合夹心保温外挂墙板。

保温层厚度过小时，拉结系统的刚度较大，容易导致外叶墙板在温度作用下开裂，同时夹心保温外墙板的制作质量难以控制，因此结合工程经验，要求保温层厚度不应小于30mm。保温层厚度越大，夹心保温外墙板的节能效果越好，但对拉结系统的要求则越高。从已有研究来看，对保温层厚度最大可达到 250mm 的用于近零能耗建筑的夹心保温外墙板，国内已有适用的拉结件产品且进行了试验验证，因此本条将保温层厚度最大值定为250mm。

1. 拉结件的构造、锚固深度、保护层厚度等应满足拉结件的受力及耐久性要求，且应满足下列规定：
   1. 对不锈钢板式拉结件，不锈钢板的厚度不宜小于1.5mm，锚固深度不宜小于50mm，保护层厚度不应小于5mm；不锈钢板式拉结件宜设置配套锚固钢筋，锚筋直径不宜小于6mm，总长不宜小于400mm；
   2. 对不锈钢夹式拉结件，不锈钢棒的直径不宜小于5mm，锚固深度不宜小于50mm，保护层厚度不宜小于5mm；不锈钢夹式拉结件宜设置配套锚固钢筋，锚筋直径不宜小于6mm，总长不宜小于400mm；
   3. 对不锈钢桁架式拉结件，不锈钢腹杆及钢筋弦杆的直径不宜小于5mm，钢筋弦杆的锚固深度不应小于25mm，钢筋弦杆的保护层厚度不宜小于20mm，不锈钢腹杆的保护层厚度不应小于5mm；
   4. 对不锈钢针式拉结件，不锈钢棒的直径不宜小于3mm，锚固深度不宜小于30mm，保护层厚度不应小于5mm；
   5. 对FRP拉结件，横截面任一方向尺寸不宜小于3mm，锚固深度不宜小于30mm，保护层厚度不宜小于20mm。

【条文说明】本条结合拉结件产品技术资料、试验研究成果及工程经验，给出了几种常用拉结件的构造要求。

1. 夹心外墙板生产企业应按本规程第7章的有关规定对拉结件进行进厂质量检验，检验合格后方可使用。
2. 拉结件的安装应符合设计及产品技术要求；安装过程中和安装完成后应进行质量检验，检验合格后方可进行下一道工序。

1. 性能
2. FRP拉结件的性能应符合现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的有关规定。

【条文说明】FRP 拉结件按纤维种类分为玻璃纤维增强塑料拉结件和玄武岩纤维增强塑料拉结件。其中玻璃纤维增强塑料拉结件应用最为广泛。纤维增强塑料拉结件的材料力学性能、耐久性性能、连接件抗拔承载力和抗剪承载力的性能指标应满足现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料拉结件》JG/T 561 有关要求。

1. 板式拉结件的钢板、夹式拉结件及针式拉结件的钢棒、桁架式拉结件的腹杆应由不锈钢制成，同一拉结件中不应采用不同类型的不锈钢材料，且宜采用相同牌号的不锈钢材料。

【条文说明】不锈钢拉结件目前尚无相关产品标准。在夹心保温外墙板系统中，常用不锈钢拉结件多采用奥氏体不锈钢制成。现行行业标准《装配式建筑 预制混凝土夹心保温墙板》JC/T2504 中对不锈钢的材料性能进行了规定。在不锈钢拉结件产品选材上，应优先选择S316XX 系列的奥氏体不锈钢材料。由于微量元素的不同，其防腐性能和使用的环境也不相同。在进行工程设计时，应根据工程所在地的环境条件、腐蚀介质和侵蚀作用等选用具体牌号不锈钢。大气环境的腐蚀性可参考现行国家标准《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1 部分：分类、测定和评估》GB/T 19292.1 确定。条文中结合国内市场相关产品技术资料和有关标准，给出了拉结件中不锈钢棒、不锈钢板的主要力学性能要求。不锈钢棒、不锈钢板试样应从成型后的拉结件中截取，以得到拉结件实际使用的不锈钢棒、不锈钢板的力学性能。

1. 不锈钢拉结件用不锈钢材料的性能应符合下列规定：
   1. 不锈钢材料的牌号、化学成分、热工参数等应符合现行国家标准《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878的有关规定；不锈钢材料宜采用统一数字代号为S304xx、S316xx的奥氏体不锈钢，对大气环境腐蚀性高的环境应采用统一数字代号为S316xx的奥氏体不锈钢或奥氏体-铁素体（双相）型不锈钢。
   2. 不锈钢材料在100℃下的导热系数不应大于17.0W/(m·K)。
   3. 拉结件中不锈钢棒、不锈钢板的力学性能应符合表4.1.1的规定，表中力学性能的试验方法应符合现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1的有关规定。拉结件用不锈钢棒尚应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220和《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226的有关规定；拉结件用不锈钢板尚应符合现行国家标准《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280和《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237的有关规定。

表4.0.3 不锈钢棒、不锈钢板的力学性能

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 拉结件类型 | 塑性延伸强度*R*p0.2  (N/mm­2) | 抗拉强度*R*m  (N/mm­2) | 断后伸长率*A*  (%) |
| 1 | 板式、夹式 | ≥350 | ≥600 | ≥20 |
| 2 | 针式 | ≥600 | ≥800 | ≥10 |
| 3 | 桁架式 | ≥350 | ≥600 | ≥30 |

* 1. 不锈钢材料的名义屈服强度标准值应按其规定塑性延伸强度*R*p0.2确定，抗拉、抗压强度设计值可按名义屈服强度标准值除以抗力分项系数1.165确定，抗剪强度设计值可按抗拉强度设计值除以确定。常用不锈钢材料的弹性模量可取为1.93×105N/mm2，泊松比可取为0.30。

1. 板式拉结件的锚筋宜采用热轧带肋钢筋，其性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的有关规定；不应采用冷加工钢筋。
2. 桁架式拉结件的弦杆可采用带肋钢筋，其性能应符合现行国家标准《冷轧带肋钢筋》GB 13788或《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的有关规定，其与不锈钢腹杆的焊接性能应满足拉结件受力要求。
3. 拉结件的承载力应符合下列规定：
   1. 拉结件的承载力标准值应通过试验确定，且具有不低于95%的保证率。
   2. FRP拉结件受拉承载力和受剪承载力试验方法应符合现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的有关规定。
   3. 不锈钢拉结件受拉承载力、受剪承载力和受压承载力试验方法可分别按中国工程建设标准化协会标准《预制混凝土非组合夹心保温外墙板用不锈钢拉结件》T/CECS xxx进行。
   4. 试件中拉结件及其锚固构造应与实际工程相同，试件数量不应少于5个。当试件数量为5时，拉结件的承载力标准值可按下列公式计算：

 （4.0.6-1）

 （4.0.6-2）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 拉结件承载力标准值； |
|  |  | — | 拉结件承载力试验值的算术平均值，每个试件中拉结件的承载力试验值由试验极限荷载与拉结件数量确定； |
|  |  | — | 拉结件承载力试验值的变异系数，为拉结件承载力试验值标准偏差与算术平均值之比，不应大于0.3，且当小于0.1时取0.1； |
|  |  | — | 拉结件承载力附加系数，当不大于0.2时取1.0。 |

【条文说明】本规程设计时用到的拉结件承载力主要包括受拉承载力、受剪承载力和受压承载力，其由拉结件的材料、构造、尺寸、锚固深度、保护层厚度等因素综合决定，一般难以通过计算确定，因此规定应通过试验确定，且应具有不低于95%的保证率。进行拉结件承载力试验时，拉结件的材质、截面尺寸、锚固构造应与工程中实际使用产品一致；对于受剪承载力、受压承载力试验，保温或空腔厚度不应小于工程中实际厚度。

1. 内、外叶墙板的混凝土强度等级应与拉结件的受力性能相匹配，且不应低于C30；混凝土材料的耐久性应符合现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010的有关规定。
2. 保温层用保温材料的性能应符合下列规定：
   1. 燃烧性能等级应符合夹心外墙板的防火设计要求，且不应低于B1级；
   2. 耐久性应满足夹心外墙板设计使用年限的要求；
   3. 当拉结件系统需依靠中间保温层承受压力时，应符合本规程第5.4.3条的要求。
3. 排布设计
   1. 一般规定
      1. 拉结件系统的设计应采用以概率理论为基础，以分项系数表达的极限状态设计方法。
      2. 拉结件系统的设计宜按图5.1.2规定的流程进行。

排布设计

结果符合要求

选择拉结件系统

拉结件承载力验算

墙板性能验算

拉结件变形验算

是

绘制拉结件布置图

否

选择拉结件型号

图5.1.2 拉结件系统设计流程

【条文说明】确定拉结件系统后，应根据每块夹心外墙板的厚度、宽度、高度、钢筋排布、预埋件等实际情况进行具体排布设计。本规程中墙板性能验算的内容仅为与拉结件直接相关的内容，包括夹心外墙板的热工性能验算和温度作用下的受力性能验算。拉结件系统的设计文件包括拉结件系统排布图纸和设计计算书。

* + 1. 夹心外墙板生产及安装阶段，应对拉结件进行短暂设计状况下的承载力验算；夹心外墙板使用阶段，应对拉结件进行持久设计状况、地震设计状况下的承载力验算和变形验算，并应根据本规程第5.6.1条、第5.6.2条对夹心外墙板进行热工性能验算和温度作用下的受力性能验算。

【条文说明】对地震设计状况，仅考虑了多遇地震作用；对设防地震和罕遇地震作用，通过考虑拉结件承载力分项系数、保证拉结件材料的断后伸长率及锚筋构造等，实现拉结件破坏具有一定延性和外叶墙板在罕遇地震作用下不发生整体脱落的目标。金属拉结件产生的热桥会增大夹心外墙板的传热系数、降低冬季夹心外墙板内表面的温度，因此在节能设计时应考虑拉结件系统对夹心外墙板热工性能的不利影响。金属拉结件对外叶墙板的变形约束不可忽略时，根据需要应对外叶墙板在温度作用下的受力性能进行验算。

* 1. 拉结件排布
     1. 板式拉结件系统和夹式拉结件系统的排布应符合下列规定（图5.2.1）：
        1. 宜设置不少于两个竖向支承拉结件及不少于两个水平支承拉结件，同时应设置均匀排布的限位拉结件；
        2. 竖向支承拉结件宜沿通过外叶墙板重心的竖向轴线对称布置，水平支承拉结件宜沿通过外叶墙板重心的水平轴线对称布置；
        3. 支承拉结件至支点的距离*s*1、*s*2不宜小于500mm，至内叶墙板边缘的距离*a*1~*a*3、至外叶墙板边缘的距离*b*1~*b*3和至洞口边缘的距离*c*1~*c*3不宜小于300mm；
        4. 限位拉结件宜均匀、对称布置，间距*r*1、*r*2宜为200mm~1200mm，至内叶墙板边缘的距离*l*1~*l*3不宜小于100mm，至外叶墙板边缘的距离*m*1~*m*3和至洞口边缘的距离*n*1~*n*3宜为100mm~300mm，*m*1、*m*2不宜大于500mm且当大于300mm时最外侧拉结件应按计算加密；
        5. 对有门洞夹心外墙板，门洞两侧范围宜按两个无洞口墙板分别排布，且宜分别设置不少于两个水平支承拉结件；
        6. 在短向尺寸不大于600mm的狭窄区域，针式拉结件应按不少于两排布置；在短向尺寸不大于400mm的狭窄区域，限位拉结件宜按双排交错布置。



（a）无洞口墙板



（b）有窗洞墙板



（c）有门洞墙板

图5.2.1 板式拉结件系统和夹式拉结件系统

1—内叶墙板；2—外叶墙板；3—竖向板式或夹式拉结件；

4—水平板式或夹式拉结件；5—限位拉结件；6—支点

【条文说明】为承受夹心保温外墙板在运输、吊装及使用阶段各项作用引起的剪力，竖向不锈钢板式或夹式拉结件和水平不锈钢板式或夹式拉结件一般均不少于两个。拉结件的间距最小值需根据拉结件的锚固破坏范围等确定，规定间距最大值是为了防止外叶墙板在面外荷载及温度作用下发生翘曲变形和开裂。规定拉结件边距最小值是为了满足拉结件锚固要求和防止外叶墙板受拉结件约束过强，规定边距最大值是为了防止外叶墙板边缘发生明显的翘曲变形。当沿同一方向设置两个以上板式或夹式拉结件时，应尽量保证各板式或夹式拉结件共线。

对于不锈钢板式拉结件系统和不锈钢夹式拉结件系统，各竖向不锈钢板式或不锈钢夹式拉结件的连线与各水平板式或夹式拉结件的连线的交点，称为拉结系统的支点。支点本质上为外叶墙板在温度作用下发生面内变形时的不动点。

第4款中对针式拉结件至外叶墙板边缘的距离作了详细规定，当夹心保温外墙板的外叶墙板尺寸超出内叶墙板时，为方便生产，此时最外侧针式拉结件至外叶墙板边缘的距离最大限值适当放松，以使超出范围内可不布置拉结件。

本条规定的相关限值均根据已有试验研究及工程经验确定。

* + 1. 桁架式拉结件系统的排布应符合下列规定（图5.2.2）：
       1. 宜设置不少于两道竖向和水平连续桁架式拉结件，其中水平连续桁架式拉结件宜靠近夹心外墙板底部和顶部布置；
       2. 局部尺寸不足以布置连续桁架式拉结件时，应布置独立桁架式拉结件；
       3. 竖向桁架式拉结件应均匀、对称布置，间距*h*1宜为200mm~600mm；
       4. 桁架式拉结件沿长度的轴线至内叶墙板边缘的距离*u*1~*u*3不宜小于100mm，至外叶墙板边缘的距离*v*1~*v*3和至洞口边缘的距离*w*1、*w*2宜为100mm~300mm；
       5. 对端部外侧无拉结件的桁架式拉结件，其弦杆端部至内叶墙板边缘的距离*x*1~*x*5、至外叶墙板边缘的距离y1~y5和至洞口边缘的距离*z*1、*z*2不宜小于25mm；且端部腹杆与弦杆相交的节点至外叶墙板边缘的距离*p*1~*p*3和至洞口边缘的距离*q*1、*q*2宜为100mm~300mm；
       6. 对宽度不大于600mm的狭窄区域，宜布置两道竖向桁架式拉结件。



（a）无洞口墙板



（b）有窗洞墙板



（c）有门洞墙板

图5.2.2 桁架式拉结件系统

1—内叶墙板；2—外叶墙板；3—竖向连续桁架式拉结件；

4—水平连续桁架式拉结件；5—独立桁架式拉结件

【条文说明】不锈钢桁架式拉结件的最小间距根据锚固破坏范围等要求确定，规定最大间距是为了防止外叶墙板在面外荷载及温度作用下发生翘曲变形和开裂。为防止外叶墙板边缘发生明显的翘曲变形，桁架式拉结件的边距不宜大于300mm，当仅采用桁架式拉结件无法满足这一条件时，可通过布置针式拉结件来弥补。

* + 1. FRP拉结件系统的排布应符合下列规定（图5.2.3）：
       1. 拉结件宜均匀、对称布置；
       2. 拉结件的间距*d*1、*d*2宜为200mm~600mm；
       3. 拉结件至内叶墙板边缘的距离*e*1~*e*3不宜小于100mm；至外叶墙板边缘的距离*f*1~*f*3和至洞口边缘的距离*g*1~*g*3不宜小于100mm，*f*3、g1~g3不宜大于300mm，*f*1、*f*2不宜大于500mm且当大于300mm时最外侧拉结件应按计算加密；
       4. 在短向尺寸不大于600mm的狭窄区域，应按不少于两排布置；在短向尺寸不大于400mm的狭窄区域，宜按双排交错布置。



图A.4.1 FRP拉结件系统

1—内叶墙板；2—外叶墙板；3—FRP拉结件

【条文说明】根据已有研究及工程经验，给出了 FRP 拉结件的排布要求。本条文第4款中“短向尺寸”为拉结件布置区域内沿短向外叶墙板或内叶墙板边缘之间的距离。

* + 1. 采用FRP拉结件系统时，夹心外墙板在建筑高度超过60mm以上或外墙板存在较大扭转偏心的情况下，内、外叶墙板之间宜增设防塌落构造措施，防塌落构造措施应符合下列规定：
       1. 内、外叶墙板之间应增设不少于两根不锈钢钢筋拉结构造，拉结钢筋直径和锚固构造应根据承载力要求确定，拉结钢筋承载力应不小于1.5倍外叶板自重；
       2. 拉结钢筋宜布置在墙板顶部1/3高度范围内沿外叶墙板中心左右对称布置。

【条文说明】本条文为考虑到非金属连接件在特定情况下有可能失效时而采取的附加安全保障措施，主要作用是防止外叶墙板突然高空塌落。建筑高度超过 60m 以上部分、外叶墙板存在较大扭转偏心时，即使按有关要求正确应用非金属连接件，非金属连接件意外失效的可能性增加，故可设置不锈钢钢筋等防塌落构造，确保外叶板的安全性。其他诸如PCF板、地震高烈度区域、建筑边角部位等也可视为以上“特定情况下”范畴，宜采取防防塌落构造措施。

考虑到防塌落钢筋有可能承受外叶墙板外倾引起的拉力，锚固深度应按受拉钢筋考虑，锚固深度可参考《混凝土结构设计标准》GB/T 50010 中关于钢筋的锚固要求并宜进行试验验证；钢筋端部宜设置90度弯折长度15*d*，设置弯折长度可提供可靠的抗拉锚固强度。

* + 1. 当外叶墙板超出内叶墙板的尺寸不大于400mm时，超出范围内可不布置拉结件，当最外侧拉结件至外叶墙板边缘的距离超出本规程第5.2.1条~第5.2.3条的规定时，最外侧拉结件应适当加密，并应采用有限元方法验算拉结件的承载力、变形和夹心外墙板在温度作用下的受力性能。
    2. 拉结件排布时应与钢筋、预埋件等互相避让。当夹心外墙板局部混凝土厚度无法满足拉结件锚固要求时，拉结件应避开该区域，且拉结件至该区域边缘的距离应符合本规程第5.2.1条~第5.2.3条对拉结件至洞口边缘的距离要求。
  1. 作用组合及效应计算
     1. 夹心外墙板生产及施工阶段，进行拉结件承载力验算时应符合下列规定：
        1. 翻转、运输、吊运、安装验算时，应将夹心外墙板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外叶墙板自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和计算，且不应小于外叶墙板自重标准值的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；
        3. 对其他生产及施工阶段的作用效应计算，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】当夹心保温外墙板采用带外饰面反打一次成型工艺制作时，脱模验算时，外叶墙板自重尚应包含外饰面材料自重。

对模板面形状简单的夹心保温外墙板的脱模吸附力，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夹心保温剪力墙板，脱模吸附力应酌情增大。

对夹心保温纵肋空心剪力墙板或夹心保温钢筋笼叠合剪力墙板，尚需进行浇筑验算，验算采用的混凝土侧压力及下料产生的水平荷载等应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定取值。

* + 1. 夹心外墙板使用阶段，进行拉结件承载力验算时应符合下列规定：
       1. 外叶墙板自重标准值应取外叶墙板混凝土、外饰面材料及保温层自重标准值之和；
       2. 风荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009中的围护结构确定，且应按风吸和风压分别进行计算；
       3. 温度作用包括夹心外墙板内外表面温差作用和外叶墙板内外侧温差作用，其中夹心外墙板内外表面温差作用标准值计算时，内表面温度可取25℃，外表面温度可按表5.3.2-1采用，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；外叶墙板内外侧温差作用标准值可取5℃，且应包括外侧温度低于内侧和高于内侧两种情况。

表5.3.2-1 夹心外墙板外表面温度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 季节 | 太阳辐射吸收系数  （表面明暗色调） | 外表面温度（℃） | |
| 东北向墙面 | 西南向墙面 |
| 夏季 | 0.5（光亮表面） | *T*max+0 | *T*max+18 |
| 0.7（浅色表面） | *T*max+2 | *T*max+30 |
| 0.9（暗淡表面） | *T*max+4 | *T*max+42 |
| 冬季 | / | *T*min | |
| 注：*T*max和*T*min分别为基本气温最高值和最低值。 | | | |

* + - 1. 地震作用标准值可按下列公式计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.3.2-1） |
|  | （5.3.2-2） |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 施加于外叶墙板重心处的水平面内或面外地震作用标准值； |
|  |  | — | 施加于外叶墙板重心处的竖向地震作用标准值； |
|  |  | — | 动力放大系数，可取5.0； |
|  |  | — | 水平地震影响系数最大值，应按表5.3.2-2采用； |
|  |  | — | 外叶墙板自重标准值。 |

表5.3.2-2 水平地震影响系数最大值*α*max

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地震影响 | 6度 | 7度 | 8度 | 9度 |
|  | 0.04 | 0.08（0.12） | 0.16（0.24） | 0.32 |
| 注：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的地区。 | | | | |

【条文说明】按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009对围护结构的规定确定风荷载时，无需考虑建筑物内部压力的局部体型系数，且不宜对局部体型系数按构件的从属面积进行折减。温度作用参考了欧洲标准EN 1991-1-5对外挂墙板考虑太阳辐射的围护结构外表面温度的规定。

本条给出的地震作用计算方法参考了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011和现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《预制混凝土外挂墙板应用技术规程》JGJ/T 458的有关规定，震作用均按多遇地震考虑。

* + 1. 拉结件承载力验算时，作用组合的效应设计值应按下列公式计算：
       1. 生产及施工阶段：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.3.3-1） |

* + - 1. 使用阶段的持久设计状况，按下列公式中最不利值计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.3.3-2） |
|  | （5.3.3-3） |

* + - 1. 使用阶段的地震设计状况：

在水平面内或面外地震作用下：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.3.3-4） |

在竖向地震作用下：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | （5.3.3-5） | |
| 式中： |  | — | | 承载能力极限状态下作用组合的效应设计值； | | | |
|  |  | — | | 生产及施工阶段等效静力荷载标准值的效应； | | | |
|  |  | — | | 生产及施工阶段除等效静力荷载外的其他作用标准值的效应； | | | |
|  |  | — | | 自重标准值的效应，按外叶墙板自重标准值与保温层自重标准值之和计算； | | | |
|  |  | — | | 风荷载标准值的效应； | | | |
|  |  | — | | 温度作用标准值的效应； | | | |
|  |  | — | | 水平面内或面外地震作用标准值的效应； | | | |
|  |  | — | | 竖向地震作用标准值的效应； | | | |
|  |  | — | | 重力荷载分项系数，在持久设计状况下和地震设计状况下均取1.3； | | | |
|  | 、 | | | | — | 分别为风荷载分项系数、温度作用分项系数，在持久设计状况下和地震设计状况下均取1.5； | |
|  | 、 | | | | — | 分别为水平面内或面外地震作用分项系数、竖向地震作用分项系数，应取1.4； | |
|  | 、 | | | | — | 分别为风荷载组合值系数、温度作用组合值系数，在持久设计状况下均取0.6，地震设计状况下均取0.2。 | |

【条文说明】参照现行国家标准《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和现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1、《预制混凝土外挂墙板应用技术规程》JGJ/T 458的有关规定，给出了夹心保温外墙板构件、拉结件及夹心保温外挂墙板连接节点进行承载能力极限状态验算时的作用组合效应计算方法。

等效静力荷载、自重的分项系数取值相同，均按永久荷载取为1.3；风荷载、温度作用分项系数按可变荷载取为1.5；面内或面外水平地震作用、竖向地震作用分项系数均取1.4；风荷载、温度作用组合值系数，在持久设计状况下均取0.6，地震设计状况下均取0.2。

* + 1. 拉结件进行变形验算时，作用组合应按本规程第5.3.3条确定，但不考虑作用分项系数。
    2. 拉结件的作用效应计算应符合下列规定：
       1. 对不锈钢板式拉结件系统和不锈钢夹式拉结件系统，在外叶墙板自重和面内水平地震作用、竖向地震作用下，可将作用方向的不锈钢板式拉结件或不锈钢夹式拉结件作为外叶墙板支座，按力学平衡条件计算单个不锈钢板式拉结件或不锈钢夹式拉结件承受的剪力；
       2. 对不锈钢桁架式拉结件系统，在外叶墙板自重和平行于外叶墙板方向的地震作用下，可将作用方向的不锈钢桁架式拉结件作为外叶墙板支座，按力学平衡条件计算单个不锈钢桁架式拉结件承受的剪力，再按受拉腹杆拉力沿弦杆方向的分量之和与剪力平衡的原则计算不锈钢桁架式拉结件腹杆拉力；
       3. 对于外叶墙板自重和面内水平地震作用、竖向地震作用下FRP拉结件的剪力，当外叶墙板形状规则、FRP拉结件布置均匀时，可近似按拉结件从属面积计算；当外叶墙板形状复杂或FRP拉结件布置不均匀时，宜采用有限元方法计算；
       4. 风荷载和面外水平地震作用下，当外叶墙板形状规则、拉结件布置均匀时，可近似按拉结件从属面积计算拉结件的拉力和压力；当外叶墙板形状复杂或拉结件布置不均匀时，宜采用有限元方法计算拉结件的拉力和压力；
       5. 温度作用下，宜采用有限元方法计算拉结件的内力或应力；
       6. 可将拉结件内力作用于拉结件位于外叶墙板内的一端，再根据拉结件刚度计算变形；也可按有限元方法直接计算拉结件的变形；
       7. 采用有限元方法计算内力和变形时，有限元模型应包括外叶墙板和所有拉结件，拉结件位于内叶墙板的一端可按固接模拟，模型中应合理模拟拉结件的刚度。

【条文说明】本规程将拉结件承受的平行于外叶墙板方向的力称为拉结件的剪力，其本质上为作用于拉结件位于外叶墙板一端的集中力，在此集中力作用下，不锈钢板式拉结件同时承受剪力和弯矩，不锈钢夹式拉结件及不锈钢桁架式拉结件的杆件承受拉力和压力。对FRP拉结件，其可同时承受剪力、拉力或压力。

采用力学平衡条件计算单个拉结件承受的剪力时，可将外叶墙板简化为支承在拉结件上的梁模型，各项作用转换为分布荷载后作用于梁模型上。

拉结件的从属面积可近似取为过相邻拉结件连线中点的竖向轴线与水平轴线所包围的区域面积。

外叶墙板为一字形且没有面外突出物时，可视为形状规则。外叶墙板有面外突出物或为L形时，可视为形状复杂。

* + 1. 当拉结件系统需依靠保温层承受压力时，保温层的压应力计算宜符合下列规定：
       1. 针式拉结件周围保温层的压应力可按针式拉结件的压力除以从属面积计算，针式拉结件的压力应按本规程第5.3.5条计算；
       2. 桁架式拉结件周围保温层的压应力可按受压腹杆的压力除以从属面积计算，受压腹杆的压力可根据与按本规程第5.3.5条计算的受拉腹杆拉力相平衡的原则确定；
       3. 应考虑外叶墙板自重和地震作用偏心产生的压应力。

【条文说明】本条规定的方法为简化方法，当简化方法难以反映实际情况时，应采用有限元方法计算。

* 1. 承载力计算
     1. 拉结件承载力应采用下列设计表达式进行验算：
        1. 持久设计状况、短暂设计状况：

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.1-1） |
|  | （5.4.1-2） |

* + - 1. 地震设计状况：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | （5.4.1-3） | |
| 式中： |  | — | | 拉结件重要性系数，宜与主体结构相同，且不应小于1.0； | |
|  |  | — | | 拉结件承载力设计值； | |
|  |  | — | | 拉结件承载力标准值； | |
|  |  | — | | 拉结件的承载力分项系数，对短暂设计状况，当混凝土强度未达到设计混凝土强度等级值时应取2.5，达到设计混凝土强度等级值时应取2.0；对持久设计状况及地震设计状况，当破坏形态为混凝土破坏时应取2.0，破坏形态为拉结件破坏时应取1.5，破坏形态应以型式检验结果为准； | |
|  |  | — | | 拉结件的承载力环境影响系数，对FRP拉结件取2.0，对不锈钢拉结件取1.0； | |
|  |  | — | | 地震作用下拉结件承载力折减系数，破坏形态为混凝土破坏时取0.8，对FRP拉结件的受剪承载力取0.7；破坏形态为拉结件破坏时均取1.0； | |
|  |  | — | | 拉结件承载力抗震调整系数，取1.0。 | |

【条文说明】由于拉结件受力状态与锚栓类似，本条参考了现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145对后锚固连接承载力验算的相关规定。

拉结件的承载力设计值由承载力标准值除以分项系数得到，该分项系数与材料和破坏类型有关。参考被连接结构类型为非结构构件的锚固承载力分项系数，同时为保证可靠性及便于设计，对破坏形态为混凝土破坏时，承载力分项系数统一取2.0，破坏形态为拉结件材料或内部节点破坏时，承载力分项系数统一取1.5。

对短暂设计状况，拉结件的作用类似于吊件，适当提高安全度，不区分拉结件破坏形态，承载力分项系数统一取2.0，此时考虑作用分项系数1.3和动力放大系数等，相当于安全系数达到3~4，与吊件安全系数相当。需注意的是，对脱模起吊等短暂设计状况，一般混凝土强度未达到设计混凝土强度等级值，此时均按混凝土立方体抗压强度达到20MPa（为最小要求30MPa的67%）考虑，受混凝土破坏控制的拉结件承载力近似按承载力与混凝土立方体抗压强度的平方根成正比进行折减，则原承载力分项系数2.0需增大为2.44，可取为2.5。

在低周反复荷载下锚固承载力呈现一定的退化现象，本条参照现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145对地震作用下拉结件的承载力折减系数作了规定。

纤维增强复合材料（FRP）拉结件抗拉承载力和抗剪承载力的环境影响系数，按现行国家标准《纤维增强复合材料工程应用技术标准》GB 50608取2.0。

* + 1. 不锈钢针式拉结件和桁架式拉结件，均不应考虑其承受压力作用。

【条文说明】对针式拉结件，由于其杆件截面较小且安装后难以保持垂直度和平直度，因此受压承载力难以有效保证。

对桁架式拉结件，其腹杆直径一般较小且容易存在初弯曲等缺陷，规程编制组进行的受剪试验和受压试验表明，去除保温层后，在整体的剪力或压力作用下，腹杆较早地发生了受压失稳破坏，只有保温层存在时方可发挥承载能力；试件受剪时受拉腹杆承受拉力，压力由保温层承受，最终破坏形态主要表现为受拉腹杆拉断，受压腹杆发生屈曲后未发挥作用；试件受压时腹杆屈曲后压力完全由保温层承受。

* + 1. 当拉结件系统需依靠保温层承受压力时，保温层的压缩性能应符合下列规定：
       1. 在2倍的保温层压应力设计值作用下，不发生强度破坏；
       2. 在2倍的保温层压应力设计值作用下，压缩变形不大于保温层厚度的10%和夹心外墙板胶缝允许剪切变形量的较小值；
       3. 保温层的压缩性能应通过试验确定，试验方法应符合现行国家标准《建筑用绝热制品 压缩性能的测定》GB/T 13480的有关规定。

【条文说明】规程编制组针对不锈钢针式拉结件、板式拉结件、夹式拉结件和桁架式拉结件的受压性能进行了试验研究，结果表明保温层的压缩性能满足本条规定时可保证保温层受压时不发生破坏或过大变形。

* + 1. 单个不锈钢板式拉结件的承载力应符合下列规定：
       1. 仅受拉时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.4-1） |

* + - 1. 仅受剪时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.4-2） |

* + - 1. 拉剪复合受力时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.4-3） |

* + - 1. 仅受压时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.4-4） |

* + - 1. 压剪复合受力时

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （5.4.4-5） |
| 式中： |  | — | 单个板式拉结件承受的剪力设计值； | |
|  |  | — | 单个板式拉结件承受的拉力设计值； | |
|  |  | — | 单个板式拉结件承受的压力设计值； | |
|  |  | — | 板式拉结件受剪承载力设计值； | |
|  |  | — | 板式拉结件受拉承载力设计值； | |
|  |  | — | 板式拉结件受压承载力设计值。 | |

【条文说明】根据试验结果及相关产品技术资料，并参考现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145给出了不锈钢板式拉结件的承载力验算公式。按本条规定的公式进行承载力验算时，尚应结合本规程第5.4.1条的有关规定。

* + 1. 单个不锈钢夹式拉结件的承载力应符合下列规定：
       1. 仅受拉时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.5-1） |

* + - 1. 仅受剪时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.5-2） |

* + - 1. 拉剪复合受力时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.5-3） |

* + - 1. 仅受压时

|  |  |
| --- | --- |
|  | （5.4.5-4） |

* + - 1. 压剪复合受力时

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （5.4.5-5） |
| 式中： |  | — | 单个夹式拉结件承受的剪力设计值； | |
|  |  | — | 单个夹式拉结件承受的拉力设计值； | |
|  |  | — | 单个夹式拉结件承受的压力设计值； | |
|  |  | — | 夹式拉结件受剪承载力设计值； | |
|  |  | — | 夹式拉结件受拉承载力设计值； | |
|  |  | — | 夹式拉结件受压承载力设计值。 | |

【条文说明】根据试验结果及相关产品技术资料，对不锈钢夹式拉结件承载力验算作了具体规定，承载力验算时尚应结合本规程第5.4.1条的有关规定。

* + 1. 不锈钢桁架式拉结件的承载力应符合下式规定：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （5.4.5-1） |
| 式中： |  | — | 桁架式拉结件单根腹杆承受的拉力设计值； | |
|  |  | — | 桁架式拉结件单根腹杆的受拉承载力设计值。 | |

【条文说明】不锈钢桁架式拉结件在拉力、剪力作用下的承载力验算，均可转化为腹杆的受拉承载力验算问题。

* + 1. 单个不锈钢针式拉结件的承载力应符合下式规定：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （5.4.5-1） |
| 式中： |  | — | 单个针式拉结件承受的拉力设计值； | |
|  |  | — | 针式拉结件受拉承载力设计值。 | |

* + 1. 单个FRP拉结件的承载力应符合下列规定：

1 仅受拉时

 （5.4.8-1）

2 仅受剪时

 （5.4.8-2）

3 拉剪复合受力时

 （5.4.8-3）

4 仅受压时

 （5.4.8-4）

5 压剪复合受力时

 （5.4.8-5）

【条文说明】根据试验结果及相关产品技术资料，对 FRP 拉结件的承载力验算作了具体规定，承载力验算时尚应结合本规程第5.4.1条的有关规定。

* + 1. 板式拉结件系统和夹式拉结件系统在温度作用组合下，尚应符合下列规定：
       1. 限位拉结件应满足拉剪复合受力要求，支承拉结件沿垂直拉结件平面方向应满足拉剪或压剪复合受力要求；
       2. 温度作用组合应符合本规程第5.3.3条的规定；
       3. 宜采用有限元方法进行验算，拉结件杆件或板件应处于弹性状态。

【条文说明】对不锈钢板式拉结系统和不锈钢夹式拉结系统，在温度作用组合下，针式拉结件和板式或夹式拉结件一般处于拉剪或压剪复合受力状态。承载力验算时，一般可取至支点距离最大的拉结件进行验算，且拉结件承受的其他作用产生的内力可保守取所有拉结件的最大值。为便于设计，还可预先反推计算得到拉结件适用的至支点的最大距离，在拉结件排布时按此控制拉结件至支点的最大距离即可自动满足本条规定。

* 1. 变形验算
     1. 在外叶墙板自重标准值作用下，外叶墙板的竖向位移不应大于2.5mm。

【条文说明】正常使用时，为保证外叶墙板在自重作用下的竖向位移不对夹心保温墙板接缝和窗户开启等造成明显影响，应控制外叶墙板在自重作用下的竖向位移。外叶墙板的竖向位移应取拉结件与外叶墙板连接端的竖向位移，计算时可将拉结件内力作用于拉结件位于外叶墙板内的一端，再根据拉结件刚度计算位移；也可按有限元方法直接计算位移。

对于 FRP 拉结件，可按下列公式计算拉结件与外叶墙板连接端的竖向位移：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | （5.5.1-1） |
|  | | （5.5.1-2） |
| 式中： |  | — | 拉结件与外叶墙板连接端的竖向位移； | |
|  |  | — | 拉结件承受的竖向荷载； | |
|  |  | — | 拉结件的有效弯曲计算长度； | |
|  |  | — | 拉结件的弯曲弹性模量； | |
|  |  | — | 拉结件的截面惯性矩； | |
|  |  | — | 保温层厚度； | |
|  |  | — | 拉结件的锚固深度。 | |

* + 1. 在使用阶段，外叶墙板的竖向位移和面内水平位移不应大于夹心外墙板接缝密封胶的允许剪切变形量和允许拉压变形量的较小值，面外水平位移不应大于接缝密封胶的允许剪切变形量。

【条文说明】夹心外墙板在使用阶段，应控制接缝密封胶在风荷载、温度作用和多遇地震作用下不发生损坏，本条参照现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458给出了变形验算要求。夹心外墙板接缝密封胶的允许变形量可按现行团体标准《装配式建筑密封胶应用技术规程》T/CECS 655的有关规定进行计算，当接缝宽度为20mm，密封胶位移能力为20级时，允许剪切变形量为13.3mm，允许拉压变形量为4mm。

* + 1. 外叶墙板在第一温差标准值作用下的水平、竖向面内变形均不应大于2.5mm。

【条文说明】本条规定了外叶墙板在第一温差标准值作用下的面内变形限值，目的与本规程第5.5.2条相同。本条规定计算面内变形时可假定外叶墙板由其面内变形不动点向四周自由伸缩，按此假定方便计算且偏于保守。外叶墙板的面内变形不动点与拉结件类型及排布有关，对不锈钢板式拉结系统和不锈钢夹式拉结系统，当拉结件排布符合本规程5.2节的规定时，拉结系统的支点即为外叶墙板的面内变形不动点；对不锈钢桁架式拉结件系统、FRP 拉结系统，应通过有限元等方法计算外叶墙板的面内变形不动点或直接计算外叶墙板的最大面内变形。

* + 1. 当夹心保温外墙板的保温层厚度不大于50mm时，应按裂缝控制等级为二级进行持久设计状况下的外叶墙板裂缝控制验算。

【条文说明】根据对夹心保温外墙板在温度作用下的试验研究和计算分析，保温层厚度较小时，外叶墙板更易开裂，因此要求保温层厚度不大于50mm 时，应对外叶墙板进行裂缝控制验算。计算时，温度作用应取第一温差标准值和第二温差标准值之和，采用弹性方法计算的外叶墙板混凝土的主拉应力不应大于混凝土轴心抗拉强度标准值。

* 1. 墙板性能验算
     1. 考虑拉结件系统影响的夹心外墙板的热工性能应符合下列规定：
        1. 应根据建筑节能设计要求对夹心外墙板的传热系数进行验算，验算时应考虑拉结件系统产生的热桥影响；
        2. 冬季室外计算温度低于0.9℃时，应对夹心外墙板进行内表面结露验算，验算时应考虑拉结件系统产生的热桥影响；
        3. 宜通过试验确定拉结件系统产生的热桥影响的大小。
        4. 传热系数宜采用主断面传热系数，并可按下式进行计算；当夹心保温外墙板周边或门窗洞口周边内部保温层厚度减薄时，宜按平均传热系数计算。

 (5.5.4-1)

 (5.5.4-2)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 式中： |  | — | 夹心保温外墙板主断面传热系数[W/(m2·K)]； |
|  |  | — | 夹心保温外墙板传热系数的修正系数，见表5.5.4； |
|  |  | — | 内表面换热系数，取8.7[W/(m2·K)]； |
|  |  | — | 夹心保温外墙板各材料层总热阻（m2·K /W）； |
|  |  | — | 外表面换热系数，取23[W/(m2·K)]； |
|  |  | — | 夹心保温外墙板中内外叶墙板总厚度（m）； |
|  |  | — | 夹心保温外墙板中保温层材料厚度（m）； |
|  |  | — | 钢筋混凝土材料的导热系数，取1.74[W/( m·K)]； |
|  |  | — | 夹心保温外墙板中保温层材料导热系数的修正系数，见表5.5.4； |
|  |  | — | 夹心保温外墙板中保温层材料的导热系数[W/( m·K)]，见表5.5.4。 |

**表5.5.4 夹心保温层导热系数与修正系数**

| 序号 | 保温材料名称 | 保温材料导热系数  [W/(m·K)] | 保温材料导热系数修正系数 | 夹心保温外墙板传热系数  修正系数 | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FRP拉结件系统 | 板式拉结件系统 | | 夹式拉结件系统 | | 桁架式拉结件系统 | |
| 保温层厚度≤120mm | 保温层厚度＞120mm | 保温层厚度≤120mm | 保温层厚度＞120mm | 保温层厚度≤120mm | 保温层厚度＞120mm |
| 1 | 石墨模塑聚苯板 | 0.033 | 1.10 | 1.05 | 1.15 | 1.20 | 1.10 | 1.15 | 1.25 | 1.30 |
| 2 | 挤塑  聚苯板 | 0.024 | 1.10 | 1.05 | 1.15 | 1.20 | 1.10 | 1.15 | 1.25 | 1.30 |
| 0.030 |
| 3 | 硬泡  聚氨酯板 | 0.024 | 1.15 | 1.05 | 1.15 | 1.20 | 1.10 | 1.15 | 1.25 | 1.30 |
| 4 | 真空  绝热板 | 0.005 | 1.20 | 1.15 | —— | | —— | | —— | |
| 0.008 |

* + - 1. 夹心保温外墙板内表面的温度不应低于室内空气露点温度，并应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176的要求进行夹心保温外墙板内表面结露验算和外叶墙板与中间保温材料界面处冷凝验算。

【条文说明】金属拉结件系统对夹心外墙板产生的热桥影响不可忽略，应优先通过试验方法确定该影响的大小。当有可靠的试验及理论研究依据时，也可按国家现行标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26等的有关规定计算夹心外墙板考虑热桥影响的平均传热系数。

条文中石墨模塑聚苯板、挤塑聚苯板和硬泡聚氨酯板的导热系数及其材料导热系数修正系数参考北京市地方标准《居住建筑节能设计标准》DB11/891-2020 确定，真空绝热板导热系数修正系数参考现行行业标准《建筑用真空绝热板应用技术规程》JGJ/T 416 确定。夹心保温外墙板传热系数修正系数基于夹心保温外墙板拉结件类别、拉结件排布、保温层厚度等因素，通过试验研究进行了综合确定。

真空绝热板是一种高效保温层材料，应用于建筑节能工程的真空绝热板，其导热系数一般为 0.005W/(m·K)~0.008 W/(m·K) 。 由于真空绝热板不可切割，并且真空绝热板受损漏气后，其导热系数将提高至 0.035W/(m·K)，热工性能大幅度下降，所以在夹心保温外墙板制作前，需针对夹心保温外墙板内部拉结系统排布方式进行真空绝热板预先排板。当夹心保温外墙板采用FRP拉结系统时，真空绝热板通常设置为四角倒角形式，通过四块真空绝热板拼合，形成与FRP拉结件尺寸相配合的安装孔，另外FRP拉结件材料导热系数一般不大于 0.5W/(m·K)，所以缝隙和FRP拉结件排布方式对夹心保温外墙板的热工影响较小。基于试验与有限元分析，以及实际应用情况，本规程给出了墙板采用FRP拉结系统时，中间保温层为真空绝热板时的墙板主断面热工性能修正系数。夹心保温外墙板采用不锈钢板式拉结系统、不锈钢夹式拉结系统或不锈钢桁架式拉结系统时，不锈钢拉结件通常设置在真空绝热板板边拼合处的板缝处，缝隙处采用聚氨酯等保温材料填充。聚氨酯的导热系数一般为0.024 W/(m·K)，不锈钢拉结件材料导热系数为16.3 W/(m·K)，所以真空绝热板板缝处是夹心保温外墙板主断面内热流密度较大的位置，对墙板热工性能影响较大，基于不锈钢拉结系统排布方式以及与真空绝热板配合方式，在工程应用中要进行专项排版设计。另外根据稳态热有限元分析，由于真空绝热板排布方式不同，墙板采用不锈钢拉结件系统时，对夹心保温外墙板主断面热工影响系数差异较大，一般为 1.3~1.6。所以修正系数难以统一。所以本规程针对不锈钢板式拉结系统、不锈钢夹式拉结系统和不锈钢桁架式拉结系统不明确规定墙板主断面热工修正系数，工程应用中，需根据实际工况进行稳态热有限元分析，并结合由具备资格的检测机构所进行传热系数检测，予以确定。

* + 1. 夹心外墙板在温度作用下的受力性能应符合下列规定：
       1. 温度作用组合应取夹心外墙板内外表面温差作用标准值和外叶墙板内外侧温差作用标准值之和；
       2. 采用弹性方法计算时，外叶墙板混凝土的主拉应力不应大于混凝土轴心抗拉强度标准值，外叶墙板的面外挠度不应大于外叶墙板短边长度的1/300；
       3. 采用试验验证时，外叶墙板不应出现贯通裂缝且最大裂缝宽度不应大于0.2mm，外叶墙板的面外挠度不应大于外叶墙板短边长度的1/250。

【条文说明】规程编制组对采用板式拉结件系统和桁架式拉结件系统的夹心外墙板进行了温度作用下的受力性能试验研究，结果表明，在以北京地区基本气温计算的温度作用下，外叶墙板外表面在升温工况下主要由于快速失水在中部出现龟裂，在降温工况下边缘由于受约束出现少量裂缝，裂缝的数量和宽度与保温层厚度和拉结件系统的布置有关，保温层厚度越小、拉结件间距越小时开裂越严重。

外叶墙板允许出现少量裂缝，但裂缝不得贯通且裂缝宽度不应大于0.2mm。由于采用弹性计算时的结果难以完全反映实际情况，相比试验结果更轻微，因此规定的计算控制指标比试验验证指标更严格。

1. 安装
   1. 一般规定
      1. 夹心外墙板宜采用反打方式成型，拉结件安装宜按图6.1.1规定的流程进行。

拉结件与内叶墙板钢筋固定

拉结件与外叶墙板

钢筋固定

保温板铺设

安装质量

检验合格

内叶墙板混凝土浇筑

外叶墙板混凝土浇筑

保温板预处理

安装质量

检验合格

图6.1.1 拉结件安装流程

【条文说明】实践证明，夹心外墙板采用反打方式成型对保证外叶墙板的外观质量及抗裂更有利。本条给出了夹心外墙板采用反打方式时的拉结件安装流程。

* + 1. 拉结件供应企业应向夹心外墙板生产企业提供拉结件安装技术说明书，并应在生产过程中提供技术指导。
    2. 拉结件安装前，应按拉结件布置图核对拉结件及锚筋的类型、规格、数量等信息。
    3. 外叶墙板及内叶墙板混凝土浇筑前，均应检查拉结件的位置、锚固深度、锚固及固定措施等，符合要求后方可浇筑混凝土。混凝土浇筑过程中应防止拉结件发生倒伏或移位，振捣时应避免触碰拉结件。
    4. 保温板应按照排板方案铺设，铺设前应进行预处理；铺设时应减少对拉结件的扰动，拉结件发生偏移时应及时复位；保温板与拉结件之间应紧密贴合，保温板的接缝、孔洞应采用保温材料填充密实。
    5. 保温板铺设及内叶墙板混凝土浇筑均应在外叶墙板混凝土初凝前完成。
  1. 保温板预处理及铺设
     1. 对板式拉结件相应位置的保温板，应预先切割与拉结件尺寸相同的条形缝。

【条文说明】保温板的切缝尺寸及精度需方便拉结件穿过切缝，且能保证拉结件的垂直度和平直度。保温板铺设时应尽量减小拉结件与保温板的间隙，尽量使二者贴合。

* + 1. 对双肢夹式拉结件相应位置的保温板，应预先按照拉结件的尺寸切割两条缝隙，铺设时应将两侧切割好的保温板向拉结件中间平推并靠拢（图6.2.2）。



图6.2.2 双肢夹式拉结件的保温板铺设

1—双肢夹式拉结件；2—保温板；3—外叶墙板

* + 1. 对单肢夹式拉结件和桁架式拉结件相应位置的保温板，应按照拉结件位置预先切割成块，铺设时应使两侧保温板夹紧拉结件（图6.2.3）。

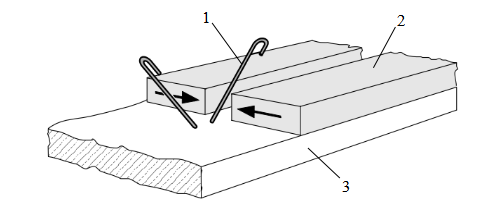
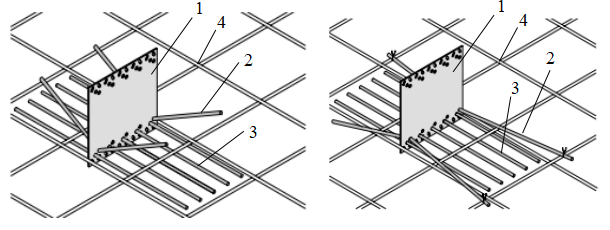


图6.2.3 单肢夹式拉结件的保温板铺设

1—单肢夹式拉结件或桁架式拉结件；2—保温板；3—外叶墙板

* + 1. 保温材料之间以及保温材料和拉结件之间应紧密贴合，保温材料的孔洞应采用发泡聚氨酯等保温材料填充密实，保温材料拼缝应严密并使用粘结材料密封处理。
    2. 当保温材料为真空绝热板时，真空绝热板表面应采取防护措施，拉结件安装不应损坏真空绝热板。
  1. 拉结件安装
     1. 板式拉结件的安装应符合下列规定：
        1. 锚筋应穿过拉结件上的圆孔，并居中设置；
        2. 直线锚筋应位于靠近拉结件的钢筋网片外侧，并与该钢筋网片绑扎固定；
        3. 外叶墙板内，折线锚筋应位于靠近拉结件的钢筋网片内侧，并与该钢筋网片绑扎固定，与直线锚筋共同将该钢筋网片夹紧；内叶墙板内，折线锚筋可根据拉结件开孔与钢筋网片的位置关系，位于靠近拉结件的钢筋网片内侧或外侧，并与该钢筋网片绑扎固定；
        4. 对外叶墙板超出内叶墙板范围的拉结件，应在构件安装就位后现场设置锚筋，直线锚筋应位于后浇墙体钢筋内侧，所有锚筋均应与后浇墙体钢筋绑扎固定；
        5. 安装方法宜符合下列规定：

1）外叶墙板内：首先将折线锚筋穿入拉结件指定孔中；然后将拉结件安放在钢筋网片上的设计位置处；再将直线锚筋穿入拉结件指定孔中，将折线锚筋向拉结件外侧旋转至水平面位置；最后将直线锚筋和折线锚筋与外叶墙板钢筋绑扎固定（图6.3.1-1）；



（a）插入锚筋 （b）绑扎锚筋

图6.3.1-1 板式拉结件在外叶墙板内的安装方法

1—板式拉结件；2—折线锚筋；3—直线锚筋；4—外叶墙板钢筋网片

2）内叶墙板内：内叶墙板钢筋安放就位后，首先将将折线锚筋穿入拉结件指定孔中并向拉件件外侧旋转至水平面位置；然后将直线锚筋穿入拉结件指定孔中并居中布置；最后将直线锚筋和折线锚筋与内叶墙板钢筋绑扎固定（图6.3.1-2）。

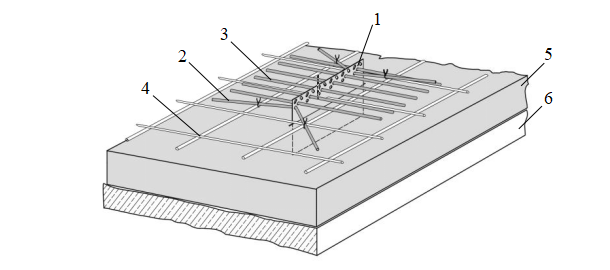


图6.3.1-2 板式拉结件在内叶墙板内的安装方法

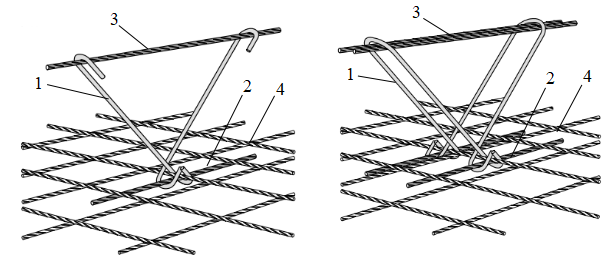
1—板式拉结件；2—折线锚筋；3—直线锚筋；4—内叶墙板钢筋网片；

5—保温板；6—外叶墙板

* + 1. 夹式拉结件的安装应符合下列规定：
       1. 锚筋应穿过拉结件的弯钩并居中设置；
       2. 锚筋应位于内叶墙板或外叶墙板中靠近拉结件的钢筋网片外侧，并与该钢筋网片绑扎固定；
       3. 应采取措施将拉结件与钢筋网片固定牢靠，防止倒伏；
       4. 安装方法宜符合下列规定（图6.3.2）：

1）外叶墙板内：首先将拉结件的交叉端安放在外叶墙板钢筋网片的设计位置；然后将锚筋穿过拉结件的弯钩；最后将锚筋与外叶墙板钢筋网片绑扎固定；

2）内叶墙板内：内叶墙板钢筋安放就位后，将锚筋插入拉结件顶部弯钩内，并将锚筋与内叶墙板钢筋绑扎固定。



（a）单肢夹式拉结件 （b）双肢夹式拉结件

图6.3.2 夹式拉结件安装方法

1—夹式拉结件；2—交叉端锚筋；3—非交叉端锚筋；4—外叶墙板钢筋网片

* + 1. 桁架式拉结件的安装应符合下列规定：
       1. 外叶墙板内拉结件的弦杆宜位于外叶墙板钢筋网片的上侧，且应与外叶墙板钢筋绑扎固定；
       2. 内叶墙板内拉结件的弦杆宜位于内叶墙板钢筋的下侧；
       3. 应通过设置垫块或专用卡具控制拉结件的锚固深度和垂直度（图6.3.3）。

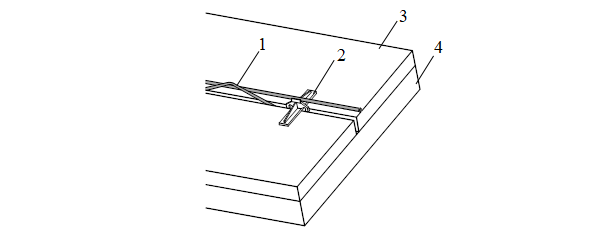


图6.3.3 桁架式拉结件安装专用卡具

1—桁架式拉结件；2—专用卡具；3—保温板；4—外叶墙板

* + 1. 针式拉结件的安装应符合下列规定：
       1. 拉结件先于保温板安装时（如A型针式拉结件），应预先将拉结件固定于外叶墙板钢筋网片的交叉点处，且应保持垂直、稳固（图6.3.4-1）；外叶墙板混凝土浇筑后，保温板应垂直穿过拉结件铺设；

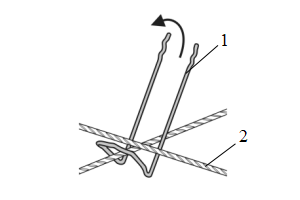


图6.3.4-1 A型针式拉结件与外叶墙板钢筋固定方法

1—针式拉结件；2—外叶墙板钢筋网片

* + - 1. 拉结件后于保温板安装时（如N型针式拉结件），应在保温板铺设后将拉结件开口端垂直穿过保温板后插入外叶墙板混凝土中，插入深度应满足拉结件锚固深度要求，并通过轻微晃动拉结件等措施保证插入区域混凝土密实（图6.3.4-2）。

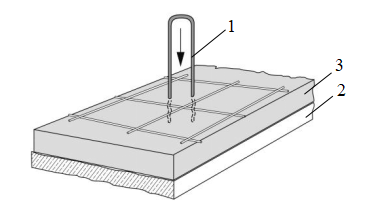


图6.3.4-2 N型针式拉结件安装方式

1—针式拉结件；2—外叶墙板；3—保温板

* + 1. FRP拉结件的安装应符合下列规定：
       1. FRP拉结件应一次安装到位，并应保持与保温板垂直状态插入保温板的预留孔，达到插入深度后旋转90度完成就位；
       2. FRP拉结件与保温板平面应保持垂直且结合紧密，无松动；
       3. FRP拉结件插入底层混凝土深度应满足其锚固长度的要求。

1. 质量检验
   1. 进厂质量检验
      1. 夹心外墙板生产企业在拉结件进厂时应检查其质量证明文件。拉结件质量证明文件应包括产品型式检验报告、产品出厂检验报告、产品合格证等。检查型式检验报告时应核查下列内容：
         1. 工程中应用的各种规格拉结件的型式检验报告应齐全，报告应合格有效；
         2. 型式检验报告送检单位应与拉结件实际提供单位一致；
         3. 型式检验报告中的拉结件规格及材料应与实际使用的产品一致；
         4. 型式检验报告中的混凝土立方体抗压强度实测值不应高于实际使用的混凝土强度等级；
         5. 型式检验报告应符合下列规定：

1）不锈钢拉结件型式检验项目应包括外观质量、尺寸偏差、材料力学性能、耐久性能、抗拉性能、抗剪性能；不锈钢拉结件为板式拉结件或夹式拉结件时，尚应包括抗压性能指标。其中不锈钢拉结件抗拉、抗剪和抗压性能检验方法应符合本规程附录B的规定，不锈钢拉结件件抗拉、抗剪和抗压性能指标应满足设计要求。

2）FRP拉结件型式检验项目和检验方法应符合现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的有关规定。

* + 1. 拉结件进厂后应按批检验外观质量和尺寸偏差，且应符合下列规定：
       1. 同一厂家、同一规格、同一批号的拉结件，每50000件为一批，每批应随机抽取5件；
       2. 不锈钢拉结件外观质量和尺寸偏差检验方法和检验结果应分别符合表7.1.2-1和表7.1.2-2的规定；
       3. FRP拉结件外观质量和尺寸偏差检验方法和检验结果应现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的有关规定；

表7.1.2-1 拉结件外观质量检验要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检验部位 | 检验标准 | 检验方法 |
| 杆件或板件 | 平整、光洁、无隐裂、无毛刺 | 观察 |
| 焊接部位 | 无脱焊、漏焊 |

表7.1.2-1 拉结件尺寸允许偏差及检验方法

| 拉结件类型 | 检验项目 | 允许偏差（mm） |
| --- | --- | --- |
| 板式 | 长度/宽度 | ±2 |
| 孔直径 | ±0.5 |
| 孔中心位置 | 1 |
| 钢板厚度 | 按GB/T 3280和GB/T 4237 |
| 夹式 | 直线段长度 | ±2 |
| 弯弧直径 | ±2 |
| 夹角 | ±2° |
| 钢棒直径 | 按GB/T 1220和GB/T 4226 |
| 桁架式 | 桁架节点间距 | ±2 |
| 高度（弦杆外皮距离） | ±3 |
| 弦杆总长度 | ±3 |
| 钢棒直径 | 按GB/T 1220和GB/T 4226 |
| 针式 | 直线段长度 | ±2 |
| 波浪段长度 | ±1 |
| 宽度 | ±2 |
| 钢棒直径 | 按GB/T 1220和GB/T 4226 |

* + 1. 拉结件进厂后应按批进行材料化学成分检验，且应符合下列规定：
       1. 同一厂家、同一规格、同一批号的拉结件，每50000件为一批，每批应随机抽取3件，且每件制作1个试样；
       2. 不锈钢拉结件的检验方法和检验结果应符合本规程第4.0.3条的有关规定；
       3. FRP拉结件的检验方法和检验结果应符合现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的有关规定。
    2. 拉结件进厂后应按批进行材料力学性能检验，且应符合下列规定：
       1. 同一厂家、同一规格、同一批号的拉结件，每50000件为一批，每批应随机抽取3件，且每件制作1个拉伸试样；
       2. 不锈钢棒、不锈钢板的检验项目包括规定塑性延伸强度、抗拉强度和断后伸长率，检验方法和检验结果应符合本规程第4.0.3条和产品技术资料的要求；
       3. 桁架式拉结件中钢筋的检验项目包括屈服强度或规定塑性延伸强度、抗拉强度和伸长率，检验方法和检验结果应符合国家现行有关标准的要求；
       4. 3FRP拉结件的检验方法和检验结果应符合现行行业标准《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561的有关规定。
    3. 拉结件进厂后应按每工程进行拉结件承载力工艺检验，工艺检验结果应不小于产品标准规定的承载力标准值。
  1. 安装质量检验
     1. 每个夹心外墙板的外叶墙板和内叶墙板混凝土浇筑前，均应进行拉结件安装质量检验，检验应包括下列内容：

拉结件的规格、数量、位置；

拉结件的安装方向、锚固及固定方式；

拉结件锚筋的规格、数量、位置、弯折角度、长度；

拉结件与保温板间缝隙的处理。

* + 1. 拉结件的规格和数量应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量。

* + 1. 拉结件的安装方向、锚固及固定方式应符合设计及安装要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

* + 1. 拉结件锚筋的规格、数量、位置应符合设计及安装要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，尺量。

* + 1. 拉结件与保温板间缝隙的处理方式及质量应符合设计及安装要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

* + 1. 拉结件安装的尺寸允许偏差应符合表7.2.6的规定。

检查数量：在每个夹心外墙板内，对支承拉结件，应全数检查；对限位拉结件，应抽查10%，且不应少于3件。

检验方法：均为尺量。

表**7.2.6** 拉结件安装的尺寸允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | | 允许偏差（mm） |
| 锚固深度 | FRP拉结件、板式拉结件、夹式  拉结件、针式拉结件 | 外叶墙板内 | ±2 |
| 内叶墙板内 | -2 |
| 桁架式拉结件 | | +5, -2 |
| 保护层厚度 | | | ±2，且不应小于5 |
| 中心线位置 | | | 20 |
| 针式拉结件开口端宽度 | | | ±10 |
| 拉结件垂直度 | | | 5° |
| 锚筋 | | 外伸长度 | ±10 |
| 弯折角度 | ±5° |

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”；

1. 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”；

1. 表示允许稍有选择，在条件允许时首先这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
   * + 1. 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

1. 《建筑结构荷载规范》GB 50009
2. 《混凝土结构设计标准》GB/T 50010
3. 《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152
4. 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
5. 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
6. 《不锈钢棒》GB/T 1220
7. 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
8. 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280
9. 《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226
10. 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237
11. 《建筑用绝热制品 压缩性能的测定》GB/T 13480
12. 《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878
13. 《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561-2019