

ICS 91.100.30

CCS Q 14

CBMF

中国建筑材料协会标准

T/CBMF XX-202X
T/CCPA XX-202X

预制混凝土夹心保温墙板用 金属拉结件应用技术规程

Technical specification for metallic connectors in precast concrete sandwich facade panels

（征求意见稿）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国建筑材料联合会
中国混凝土与水泥制品协会

发布

前 言

根据中国建筑材料联合会《关于下达 2022 年第三批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发〔2022〕10 号）和《关于下达 2022 年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第一批）的通知》（中制协字〔2022〕8 号）计划号 2022-23-xbjh 的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、材料、设计、安装、质量检验以及有关的附录。

本规程由中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会共同负责管理，由北京市燕通建筑构件有限公司负责日常管理，由北京市燕通建筑构件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，请寄北京市燕通建筑构件有限公司（地址：北京市昌平区南口镇南雁路北京市政工业基地，邮政编码：102202；电子邮箱：1967634885@qq.com、zhzhg1971@126.com。）

主 编 单 位：中国混凝土与水泥制品协会预制混凝土构件分会
北京市住宅产业化集团股份有限公司
北京市燕通建筑构件有限公司
中国建筑科学研究院有限公司

参 编 单 位：力维拓（中国）建筑科技有限公司
佩克建筑配件（张家港）有限公司
沈阳宝力德科技有限公司
北京榆构有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总则 1

2 术语和符号 2

 2.1 术语 2

 2.2 符号 4

3 基本规定 6

4 材料 9

5 设计 11

 5.1 一般规定 11

 5.2 排布设计 13

 5.3 承载力验算 17

6 安装 24

 6.1 一般规定 24

 6.2 拉结件安装 25

7 质量检验 29

 7.1 进厂质量检验 29

 7.2 安装质量检验 300

附录 A 金属拉结件受拉承载力试验方法 322

附录 B 金属拉结件受剪承载力试验方法 355

附录 C 金属拉结件受压承载力试验方法 388

附录 D 金属拉结件产品规定 400

用词说明 46

引用标准名录 477

附：条文说明 488

Contents

1 General	1
2 Terms and Symbols	2
2.1 Terms	2
2.2 Symbols	4
3 Basic Requirements	6
4 Materials	9
5 Design	111
5.1 General Requirements	111
5.2 Layout design	13
5.3 Capacity Calculation	17
6 Installation	24
6.1 General Requirements	24
6.2 Installation of Connector	25
7 Quality Inspection	29
7.1 Incoming Quality Inspection	29
7.2 Installation Quality Inspection	30
Appendix A Tension Test Method of Mentor Connectors	32
Appendix B Shear Test Method of Mentor Connectors	35
Appendix C Compression Test Method of Mentor Connectors	38
Appendix D Product Requirements of Mentor Connectors	40
Explanation of Wording in This Specification	46
List of Quoted Standards	47
Addition: Explanation of Provisions	48

1 总则

1.0.1 为规范预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于金属拉结件在非组合预制混凝土夹心保温外墙板和预制夹心保温叠合混凝土外墙板中的设计、安装及质量检验。

1.0.3 预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件的设计、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。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 预制混凝土夹心保温墙板 prefabricated concrete sandwich facade panel

由内叶墙板、外叶墙板、中间保温层和拉结件组成的复合类预制混凝土墙板，简称夹心保温墙板。包括预制混凝土夹心保温剪力墙板和预制混凝土夹心保温外挂墙板。

2.1.2 预制混凝土夹心保温剪力墙板 prefabricated concrete sandwich shear wall panel

内叶墙板用作剪力墙，外叶墙板仅起围护和装饰作用的夹心保温外墙板，简称夹心保温剪力墙板。根据夹心保温剪力墙板构造形式，分为夹心保温实心剪力墙板和夹心保温叠合剪力墙板。

2.1.3 预制混凝土夹心保温外挂墙板 prefabricated concrete sandwich exterior wall panel

安装于主体结构外侧，起围护和装饰作用的非承重夹心保温外墙板，简称夹心保温外挂墙板。

2.1.4 预制夹心保温实心剪力墙板 superimposed sandwich shear wall panel

内叶墙板为全预制剪力墙板的夹心保温剪力墙板。简称夹心保温实心墙板。

2.1.5 预制夹心保温叠合剪力墙板 sandwich composite shear wall panel with reinforcement cage

内叶墙板为设有空腔的预制剪力墙板构件，现场安装就位后空腔内浇注混凝土且钢筋采用搭接连接的夹心保温剪力墙板。简称夹心保温叠合墙板。根据内叶墙板构造形式，分为夹心保温钢筋笼叠合剪力墙板和夹心保温纵肋空心剪力墙板。

2.1.6 预制夹心保温钢筋笼叠合剪力墙板 sandwich composite shear wall panel with reinforcement cage

由成型钢筋笼及两侧预制墙板组成，中间空腔包含保温层，通过拉结件将内、外叶板可靠连接的预制构件。简称夹心保温钢筋笼叠合墙板。

2.1.7 预制夹心保温纵肋空心剪力墙板 precast hollow sandwich wall with

longitudinal rib

由两侧混凝土板及连接二者的纵肋组成的带有空腔的预制构件。简称夹心保温纵肋空心墙板

2.1.8 拉结件 connector

用于连接预制混凝土夹心保温外墙板中内、外叶墙板的配件。

2.1.9 板式拉结件 flat connector

可同时承受外叶墙板自重和外加作用产生的拉力、压力和剪力等作用效应，并起到支承作用的平板状不锈钢拉结件。

2.1.10 夹式拉结件 clip connector

由两根平行钢筋弦杆和弯折的不锈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。

2.1.11 桁架式拉结件 truss connector

由两根平行钢筋弦杆和弯折的不锈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。

2.1.12 针式拉结件 pin connector

由不锈钢棒弯折制成，主要承受垂直于夹心保温外墙板方向的拉力或压力，并起到限制外叶墙板在面外方向发生位移作用的双头针状不锈钢拉结件。

2.1.13 支承拉结件 supporting connector

可同时承受外叶墙板自重和外加作用产生的拉力、压力和剪力等作用效应，并起到支承作用的拉结件。

2.1.14 限位拉结件 restraint connector

主要承受垂直于夹心保温外墙板方向的拉力或压力，并起到限制外叶墙板在该方向发生位移作用的拉结件。

2.1.15 拉结件系统 connector system

同一预制混凝土夹心保温外墙板内，由所有支承拉结件和限位拉结件共同组成的配件系统，简称拉结件系统。支承拉结件采用板式拉结件时称为板式拉结件系统，支承拉结件采用夹式拉结件时称为夹式拉结件系统，支承拉结件采用桁架式拉结件时称为桁架式拉结件系统。

2.1.16 拉结件系统支点 fulcrum of connector system

拉结件系统中竖向支承拉结件连线和水平支承拉结件连线的交点，一般用于板式拉结件系统和夹式拉结件系统，简称支点。

2.2 符号

2.2.1 作用、作用效应和抗力

γ_0 ——拉结件重要性系数；

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；

R_k ——拉结件承载力标准值；

γ_R ——拉结件承载力分项系数；

R_d ——拉结件承载力设计值；

F_{Ehk} ——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；

F_{Evk} ——施加于外叶墙板重心处的竖向地震作用标准值；

G_k ——自重标准值；

S_{Sk} ——生产及施工阶段等效静力荷载标准值的效应；

S_{Ck} ——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；

S_{Gk} ——自重标准值的效应；

S_{Wk} ——风荷载标准值的效应；

S_{Tk} ——温度作用标准值的效应；

S_{Ehk} ——水平面内或面外地震作用标准值的效应；

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值的效应；

V ——拉结件整体承受的剪力设计值；

N_t ——拉结件整体承受的拉力设计值；

N_p ——拉结件整体承受的压力设计值；

V_R ——拉结件受剪承载力设计值；

$N_{R,t}$ ——拉结件受拉承载力设计值；

$N_{R,p}$ ——拉结件受压承载力设计值。

2.2.2 几何参数

L_f ——板式拉结件的长度；

L_c ——夹式拉结件锚固钢筋最大长度；

L_t ——桁架式拉结件节间距。

2.2.3 计算系数及其他

δ_R ——拉结件承载力试验值的变异系数；

k ——地震作用下拉结件承载力折减系数；

α_{\max} ——水平地震影响系数最大值；

γ_C ——生产及施工阶段荷载分项系数；

γ_G ——重力荷载分项系数；

γ_W 、 γ_T ——分别为风荷载分项系数、温度作用分项系数；

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——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；

ψ_W 、 ψ_T ——分别为风荷载组合值系数、温度作用组合值系数。

3 基本规定

3.0.1 采用金属拉结件系统的夹心保温外墙板应符合下列规定：

- 1 保温层厚度不应小于 30mm，且不宜大于 250mm；
- 2 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；
- 3 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%。

3.0.2 夹心保温外墙板的外叶墙板的构造应符合下列规定：

- 1 外叶墙板厚度不宜小于 60mm，且不应小于 50mm，并应满足拉结件的锚固要求；
- 2 宜采用单层双向配筋，宜采用冷轧带肋钢筋网片或冷拔低碳钢丝网片，直径不应小于 4mm，钢筋间距不宜大于 150mm；
- 3 钢筋的保护层厚度，对涂料饰面或清水混凝土，不应小于 20mm；对石材或面砖饰面，不应小于 15mm；对露骨料饰面，应从最凹处混凝土表面算起，且不应小于 20mm；
- 4 在洞口周边、角部应配置加强钢筋，加强钢筋应伸过洞口并锚固可靠；洞边每侧加强钢筋不宜少于 2 根，直径不宜小于 8mm；洞口每个角部加强斜筋不宜少于 2 根，直径不宜小于 8mm。

3.0.3 夹心保温外挂墙板的内叶墙板应符合下列规定：

- 1 采用平板时，厚度不宜小于 100mm，宜采用双层双向配筋，水平和竖向钢筋的最小配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，且钢筋直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 200mm；
- 2 采用带肋板时，厚度不应小于 50mm，可配置单层双向钢筋网片，水平和竖向钢筋的最小配筋率应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，且钢筋直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 200mm；
- 3 内叶墙板应满足拉结件及夹心保温外挂墙板与主体结构连接节点的连接件的锚固要求。

3.0.4 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 夹心保温墙板传热系数应按公式 3.0.4-1 和 3.0.4-2 计算,考虑拉结件系统产生的热桥影响的夹心保温墙板传热系数的修正系数 φ 宜通过试验确定,无试验数据时,可按表 3.0.4 取值。

$$K=\varphi \frac{1}{\frac{1}{a_n}+R+\frac{1}{a_w}} \quad (3.0.4-1)$$

$$R=\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\beta \lambda_2} \quad (3.0.4-2)$$

式中: K — 夹心保温外墙板主断面传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;

φ — 夹心保温外墙板传热系数的修正系数;

a_n — 内表面换热系数,取 $8.7[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;

R — 夹心保温外墙板各材料层总热阻 $(\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W})$;

a_w — 外表面换热系数,取 $23[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;

δ_1 — 夹心保温外墙板中内外叶墙板总厚度 (m) ;

δ_2 — 夹心保温外墙板中保温层材料厚度 (m) ;

λ_1 — 钢筋混凝土材料的导热系数,取 $1.74[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$;

β — 夹心保温外墙板中保温层材料导热系数的修正系数;

λ_2 — 夹心保温外墙板中保温层材料的导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$

表 3.0.4 夹心保温墙板传热系数的修正系数 φ 取值

保温材料名称	板式拉结系统		夹式拉结系统		桁架式拉结系统	
	保温层厚度 $\leq 120\text{mm}$	保温层厚度 $> 120\text{mm}$	保温层厚度 $\leq 120\text{mm}$	保温层厚度 $> 120\text{mm}$	保温层厚度 $\leq 120\text{mm}$	保温层厚度 $> 120\text{mm}$
石墨模塑聚苯板	1.15	1.20	1.10	1.15	1.25	1.30
挤塑聚苯板	1.15	1.20	1.10	1.15	1.25	1.30
硬泡聚氨酯板	1.15	1.20	1.10	1.15	1.25	1.30
真空绝热板	1.60		1.40		1.50	

3 冬季室外计算温度低于 0.9°C 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。

3.0.5 夹心保温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。

3.0.6 夹心保温外墙板生产单位应按本规程第 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。

3.0.7 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。

4 材料

4.0.1 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。

4.0.2 拉结件用不锈钢材料宜采用统一数字代号为 S304xx、S316xx 的奥氏体型不锈钢，对大气环境腐蚀性高的环境应采用统一数字代号为 S316xx 的奥氏体型不锈钢或奥氏体-铁素体（双相）型不锈钢。

4.0.3 拉结件用不锈钢材料在 100℃下的导热系数不应大于 17.0W/(m·K)。

4.0.4 拉结件中不锈钢棒、不锈钢板的力学性能应符合表 4.0.4 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 4.0.4 拉结件中不锈钢棒、不锈钢板的力学性能

拉结件类型	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度 R_m (N/mm ²)	断后伸长率 A (%)
板式、夹式	≥350	≥600	≥20
针式	≥600	≥800	≥10
桁架式	≥350	≥600	≥30

4.0.5 拉结件用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、抗压和抗弯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、抗压和抗弯强度设计值除以 $\sqrt{3}$ 确定。常用不锈钢材料的弹性模量可取为 $1.93 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ，泊松比可取为 0.30。

4.0.6 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/T 1499.2 的有关规定。不应采用冷加工钢筋。

4.0.7 桁架式拉结件的弦杆应采用带肋钢筋，其与不锈钢腹杆的焊接性能应满足拉结件的受力要求。

4.0.8 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《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.0.9 保温层用保温材料的性能应符合下列规定：

1 导热系数不宜大于 $0.04\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。燃烧性能等级应符合夹心保温外墙板的防火设计要求，且不应低于 B₂ 级；

2 石墨模塑聚苯板表观密度不应小于 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，压缩强度不应小于 0.15MPa ，水蒸气渗透系数不应大于 $4.5\text{ng}/(\text{Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ 。其中水蒸气渗透系数检验方法应符合现行国家标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1 的有关规定，其他性能应符合国家标准《模塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统材料》GB/T 29906 中 033 级板的有关规定；

3 挤塑聚苯板表观密度应为 $22\text{kg}/\text{m}^3 \sim 35\text{kg}/\text{m}^3$ ，压缩强度不应小于 0.20MPa ，水蒸气渗透系数不应大于 $3.5\text{ng}/(\text{Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ ，其他性能应符合现行国家标准《挤塑聚苯板（XPS）薄抹灰外墙外保温系统材料》GB/T 30595 中带表皮板的有关规定；

4 硬泡聚氨酯板表观密度不应小于 $35\text{kg}/\text{m}^3$ ，且压缩强度不应小于 0.18MPa ，水蒸气渗透系数不应大于 $6.5\text{ng}/(\text{Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ ，其他性能应符合现行国家标准《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 21558 中 III 类产品的有关规定；

5 真空绝热板压缩强度不应小于 0.1MPa ，其他性能应符合现行国家标准《真空绝热板》GB/T 37608 中建筑用真空绝热板的有关规定；

6 当拉结件系统需依靠中间保温层承受压力时，尚应符合本规程第 5.1.7 条的要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 拉结件系统及拉结件的设计宜按图 5.1.1 所示流程进行。

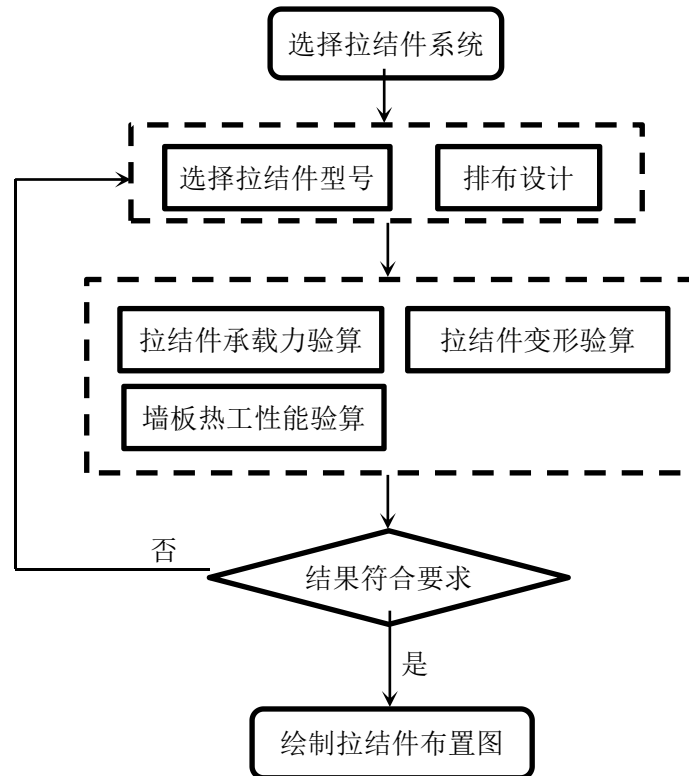


图 5.1.1 拉结件系统及拉结件设计流程

5.1.2 拉结件系统及拉结件的设计应符合下列规定：

- 1 拉结件的排布及承载力验算应符合本规程 5.2 的规定；
- 2 考虑拉结件影响的夹心保温外墙板的变形验算应符合本规程相关规定；
- 3 考虑拉结件影响的夹心保温外墙板的热工性能应满足设计要求；
- 4 应满足夹心保温外墙板的防火性能要求；
- 5 应满足夹心保温外墙板的设计使用年限要求。

5.1.3 夹心保温剪力墙板及夹心保温外挂墙板可选用板式拉结件系统、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。夹心保温叠合墙板宜选用板式和针式拉结件系统。针式拉结件宜优先选用 A 型。

5.1.4 拉结件系统的设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，并采用分项系数的设计表达式。

5.1.5 拉结件的作用效应计算应符合下列规定：

1 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 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桁架式拉结件承受的剪力，再接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桁架式拉结件腹杆拉力；

3 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；

4 温度作用下，宜采用有限元方法计算拉结件的内力或应力。

5.1.6 对拉结件进行变形验算时，作用组合应按本规程第 5.3.2 条确定，但不考虑作用分项系数。

5.1.7 拉结件的承载力设计值应按下列公式计算：

$$R_d = k R_k / \gamma_R \quad (5.1.7)$$

式中： R_d —拉结件的承载力设计值；

R_k —拉结件的承载力标准值；

γ_R —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；

k —地震作用下拉结件的承载力折减系数，破坏形态为混凝土破坏时应取 0.8；破坏形态为拉结件破坏时应取 1.0。

5.1.8 拉结件承载力的确定应符合下列规定：

- 1 拉结件承载力标准值应通过试验确定，且保证率不应低于 95%；
- 2 拉结件的受拉承载力、受剪承载力和受压承载力试验方法宜符合本规程附录 A、附录 B 和附录 C 的规定；
- 3 对用于夹心保温叠合剪力墙板的拉结件，其承载力试验方法尚应考虑空腔的不利影响。

5.1.9 外叶墙板在其自重标准值作用下的竖向位移不应大于 2.5mm。

5.1.10 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。

5.1.11 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。

5.1.12 拉结件的材料、构造、尺寸、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，且应符合下列规定：

- 1 对板式拉结件，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；
- 2 对夹式拉结件，不锈钢棒的直径不宜小于 5mm，锚固深度不宜小于 50mm，保护层厚度不应小于 5mm；
- 3 对桁架式拉结件，不锈钢腹板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。

5.2 排布设计

5.2.1 拉结件排布时应与钢筋、预埋件等互相避让。当夹心保温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对拉结件至洞口边缘的距离要求。

5.2.2 针式拉结件和桁架式拉结件，在缺乏可靠依据的情况下均不宜考虑其承受

压力作用。

5.2.3 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，压缩变形不应大于保温层厚度的 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。

5.2.4 对夹心保温叠合剪力墙板，拉结件的排布设计及承载力验算应考虑空腔的影响。

5.2.5 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 5.2.5）：

1 宜设置不少于两个竖向及两个水平支承拉结件，同时应设置若干个均匀排布的限位拉结件；

2 竖向板式或夹式拉结件宜沿通过外叶墙板重心的竖向轴线对称布置，水平板式或夹式拉结件宜沿通过外叶墙板重心的水平轴线对称布置；

3 板式或夹式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 $a_1 \sim a_3$ 、至外叶墙板边缘的距离 $b_1 \sim b_3$ 和至洞口边缘的距离 $c_1 \sim c_3$ 不宜小于 300mm；

4 针式拉结件宜均匀、对称布置，间距 r_1 、 r_2 宜为 200mm~1200mm，至内叶墙板边缘的距离 $l_1 \sim l_3$ 不宜小于 100mm，至外叶墙板边缘的距离 $m_1 \sim m_3$ 和至洞口边缘的距离 $n_1 \sim n_3$ 宜为 100mm~300mm；

5 对有门洞夹心保温外墙板，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板式或夹式拉结件；

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，针式拉结件宜按双排交错布置。

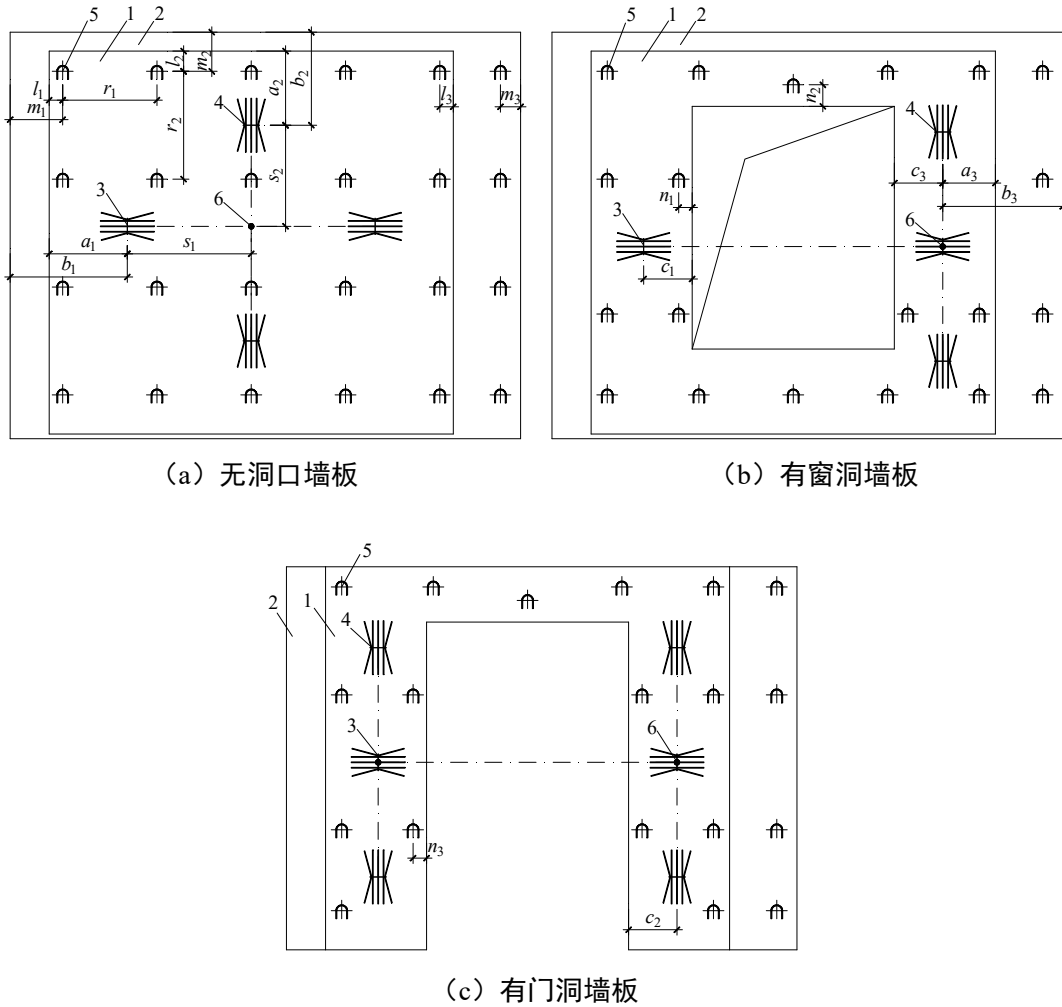


图 5.2.5 板式拉结件系统和夹式拉结件系统

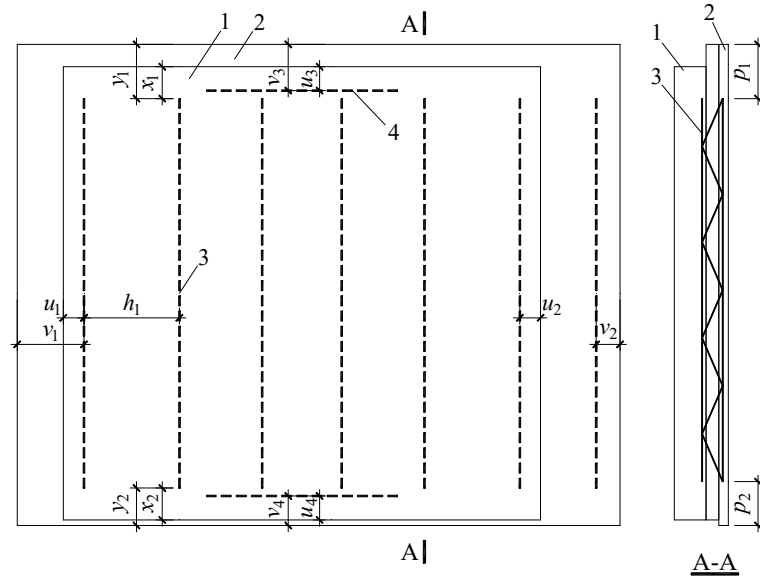
1—内叶墙板；2—外叶墙板；3—竖向板式或夹式拉结件；4—水平板式或夹式拉结件；
5—限位拉结件；6—支点

5.2.6 桁架式拉结件系统的排布应符合下列规定（图 5.2.6）：

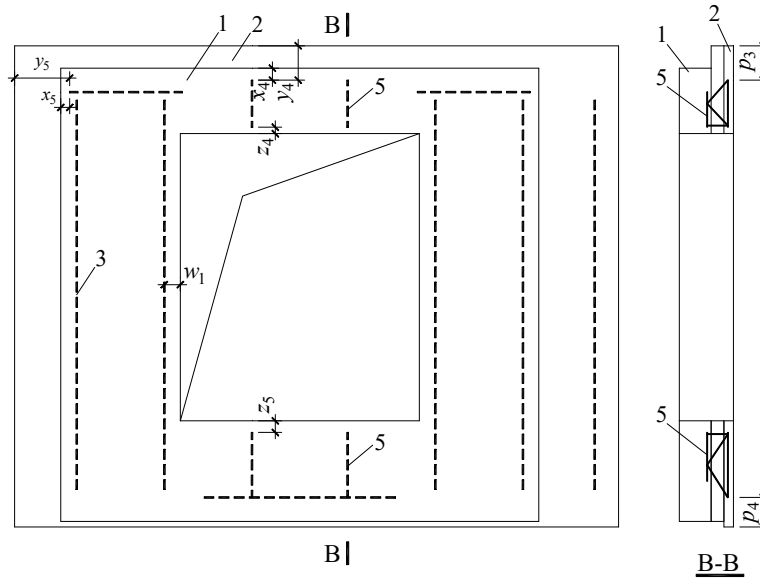
- 1 宜设置不少于两道竖向和水平连续桁架式拉结件，其中水平连续桁架式拉结件宜靠近夹心保温外墙板底部和顶部布置；
- 2 局部尺寸不足以布置连续桁架式拉结件时，应布置独立桁架式拉结件；
- 3 竖向桁架式拉结件应均匀、对称布置，间距 h_1 宜为 200mm~600mm；
- 4 桁架式拉结件沿长度的轴线至内叶墙板边缘的距离 $u_1 \sim u_3$ 不宜小于 100mm，至外叶墙板边缘的距离 $v_1 \sim v_3$ 和至洞口边缘的距离 w_1 、 w_2 宜为 100mm~300mm；
- 5 对无水平桁架式拉结件的部位，竖向桁架式拉结件的弦杆端部至内叶墙板边缘的距离 $x_1 \sim x_5$ 、至外叶墙板边缘的距离 $y_1 \sim y_5$ 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 $p_1 \sim p_4$ 宜为

100mm~300mm;

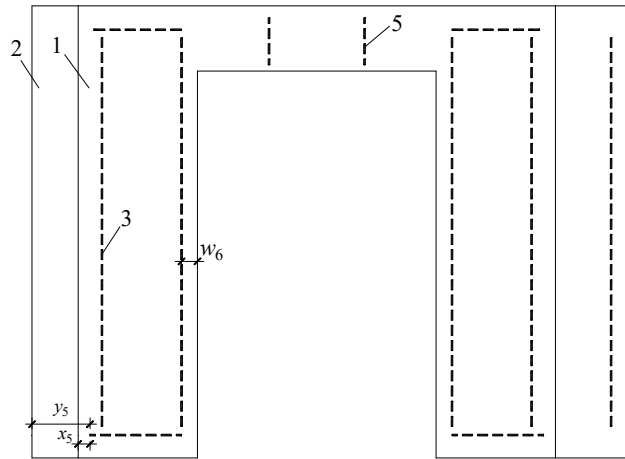
6 对宽度不大于 600mm 的狭窄区域，宜布置两道竖向桁架式拉结件。



(a) 无洞口墙板



(b) 有窗洞墙板



(c) 有门洞墙板

图 5.2.6 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

5.2.7 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的规定时,最外侧拉结件应适当加密,并应采用有限元方法进行拉结件的承载力验算、外叶墙板的面外变形验算及裂缝控制验算。

5.3 承载力验算

5.3.1 夹心保温剪力墙板的承载能力极限状态验算和正常使用极限状态验算应包括下列内容:

- 1 持久设计状况、多遇地震作用下内叶墙板及其连接的承载力验算;
- 2 持久设计状况、短暂设计状况、多遇地震作用下拉结件的承载力验算;
- 3 持久设计状况下外叶墙板的面内变形和竖向位移验算;
- 4 持久设计状况下外叶墙板的裂缝控制验算,短暂设计状况下内叶墙板的裂缝控制验算。

5.3.2 夹心保温外挂墙板构件及拉结件的承载能力极限状态验算和正常使用极限状态验算应包含下列内容:

- 1 持久设计状况下墙板构件的承载力验算;
- 2 持久设计状况、短暂设计状况、多遇地震作用下拉结件的承载力验算;
- 3 持久设计状况下墙板构件的位移和变形验算应包括外叶墙板相对内叶墙

板的竖向位移、面内变形验算，以及内叶墙板的面外变形验算；

4 持久设计状况下、短暂设计状况下墙板构件的裂缝控制验算。

5.3.3 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：

$$\gamma_0 S \leq R_d \quad (5.3.3-1)$$

$$R_d = R_k / \gamma_R \quad (5.3.3-2)$$

2 地震设计状况：

式中： S —— 承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；

γ_0 —— 拉结件重要性系数，宜与主体结构相同，且不应小于 1.0；

R_d —— 拉结件承载力设计值；

R_k —— 拉结件承载力标准值；

γ_R —— 拉结件承载力分项系数，对生产及施工阶段验算时取 2.5；其余阶段，破坏形态为混凝土破坏时取 2.0，破坏形态为拉结件破坏时取 1.5，破坏形态应以型式检验结果为准；

k —— 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，对受拉承载力取 0.8，对受剪承载力取 0.7；破坏形态为拉结件破坏时均取 1.0；

γ_{RE} —— 拉结件承载力抗震调整系数，取 1.0。

$$S \leq k R_d / \gamma_{RE} \quad (5.3.3-3)$$

5.3.4 进行承载能力极限状态验算时，作用组合的效应设计值应按下列公式计算：

1 短暂设计状况：

$$S_d = 1.3S_{Sk} + 1.3S_{Ck} + 1.5S_{Qk} \quad (5.3.4-1)$$

2 持久设计状况，按下列公式中最不利值计算：

$$S_d = 1.3S_{Gk} + 1.5S_{Wk} + 0.9S_{Tk} \quad (5.3.4-2)$$

$$S_d = 1.3S_{Gk} + 1.5S_{Tk} + 0.9S_{Wk} \quad (5.3.4-3)$$

3 多遇地震作用下，按下列公式中最不利值计算：

$$S_d = 1.3S_{Gk} + 1.4S_{Eh1k} + 0.3S_{Wk} + 0.3S_{Tk} \quad (5.3.4-4)$$

$$S_d = 1.3S_{Gk} + 1.4S_{Eh2k} + 0.3S_{Wk} + 0.3S_{Tk} \quad (5.3.4-5)$$

$$S_d = 1.3S_{Gk} + 1.4S_{Evk} + 0.3S_{Wk} + 0.3S_{Tk} \quad (5.3.4-6)$$

式中： S_d — 承载力极限状态下作用组合的效应设计值；

S_{Sk} — 短暂设计状况下等效静力荷载标准值的效应；

S_{Ck} — 短暂设计状况下永久荷载标准值的效应；

S_{Qk} — 短暂设计状况下可变荷载标准值的效应；

S_{Gk} — 夹心保温外墙板构件自重标准值的效应；

S_{Eh1k} — 面内水平地震作用标准值的效应；

S_{Eh2k} — 面外水平地震作用标准值的效应；

S_{Evk} — 竖向地震作用标准值的效应；

S_{Wk} — 风荷载标准值的效应；

S_{Tk} — 温度作用标准值的效应。

5.3.5 夹心保温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 应按短暂设计状况进行承载力验算；

2 翻转、运输、吊运、安装验算时，应将夹心保温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；

3 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/m^2 ；

4 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。

5.3.6 夹心保温外墙板使用阶段，进行拉结件承载力验算时，应符合下列规定：

1 应包括持久设计状况和地震设计状况；

2 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；

3 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；

4 温度作用包括夹心保温外墙板内外表面温差（第一温差）作用和外叶墙板内外侧温差（第二温差）作用，其中夹心保温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，当无可靠依据时可按表 5.3.6-1 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℃，且应考虑外侧温度低于内侧和高于内侧两种情况；

表 5.3.6-1 夹心保温外墙板外表面温度

季节	太阳辐射吸收系数 (表面明暗色调)	外表面温度 (°C)	
		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。

5 地震作用标准值可按下列公式计算：

$$F_{\text{Ehk}} = \beta_{\text{E}} \alpha_{\max} G_{\text{k}} \quad (5.3.6-1)$$

$$F_{\text{Evk}} = 0.65 F_{\text{Ehk}} \quad (5.3.6-2)$$

式中： F_{Ehk} ——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；

F_{Evk} ——施加于外叶墙板重心处的竖向地震作用标准值；

β_{E} ——动力放大系数，可取 5.0；

α_{\max} ——水平地震影响系数最大值，应按表 5.3.6-2 采用；

G_{k} ——外叶墙板自重标准值。

表 5.3.6-2 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
α_{\max}	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。

5.3.7 单个板式拉结件的承载力宜符合下列规定：

1 仅受拉时

$$N_t \leq N_{R,t} \quad (5.3.7-1)$$

2 仅受剪时

$$V \leq V_R \quad (5.3.7-2)$$

3 拉剪复合受力时

$$(N_t / N_{R,t})^{1.5} + (V / V_R)^{1.5} \leq 1 \quad (5.3.7-3)$$

4 仅受压时

$$N_p \leq N_{R,p} \quad (5.3.7-4)$$

5 压剪复合受力时

$$N_p / N_{R,p} + V / V_R \leq 1 \quad (5.3.7-5)$$

式中： V ——板式拉结件整体承受的剪力设计值；
 N_t ——板式拉结件整体承受的拉力设计值；
 N_p ——板式拉结件整体承受的压力设计值；
 V_R ——板式拉结件受剪承载力设计值；
 $N_{R,t}$ ——板式拉结件受拉承载力设计值；
 $N_{R,p}$ ——板式拉结件受压承载力设计值。

5.3.8 单个夹式拉结件的承载力应符合下列规定：

1 仅受拉时

$$N_t \leq N_{R,t} \quad (5.3.8-1)$$

2 仅受剪时

$$V \leq V_R \quad (5.3.8-2)$$

3 拉剪复合受力时

$$N_t / N_{R,t} + V / V_R \leq 1 \quad (5.3.8-3)$$

4 仅受压时

$$N_p \leq N_{R,p} \quad (5.3.8-4)$$

5 压剪复合受力时

$$N_p / N_{R,p} + V / V_R \leq 1 \quad (5.3.8-5)$$

式中： V ——夹式拉结件整体承受的剪力设计值；

N_t ——夹式拉结件整体承受的拉力设计值；

N_p ——夹式拉结件整体承受的压力设计值；

V_R ——夹式拉结件受剪承载力设计值；

$N_{R,t}$ ——夹式拉结件受拉承载力设计值；

$N_{R,p}$ ——夹式拉结件受压承载力设计值。

5.3.9 桁架式拉结件的承载力宜符合下列规定：

$$N_t^1 \leq N_{R,t}^1 \quad (5.3.9)$$

式中： N_t^1 ——桁架式拉结件单根腹杆承受的拉力设计值；

$N_{R,t}^1$ ——桁架式拉结件单根腹杆的受拉承载力设计值。

5.3.10 单个针式拉结件的承载力宜符合下列规定：

$$N_t \leq N_{R,t} \quad (5.3.10)$$

式中： N_t ——针式拉结件整体承受的拉力设计值；

$N_{R,t}$ ——针式拉结件整体受拉承载力设计值。

5.3.11 当拉结件系统需依靠中间保温层承受压力时，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 5.1.5 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 5.1.5 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。

5.3.12 不锈钢板式拉结系统和夹式拉结系统在温度作用组合下，尚应符合下列规定：

1 针式拉结件应满足拉剪复合受力要求，板式或夹式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 5.3.5 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。

6 安装

6.1 一般规定

6.1.1 夹心保温实心墙板、夹心保温纵肋空心墙板和夹心保温外挂墙板采用平模生产时宜采用反打方式成型。

6.1.2 平模方式成型墙板时，拉结件安装宜按图 6.1.2 所示流程进行。

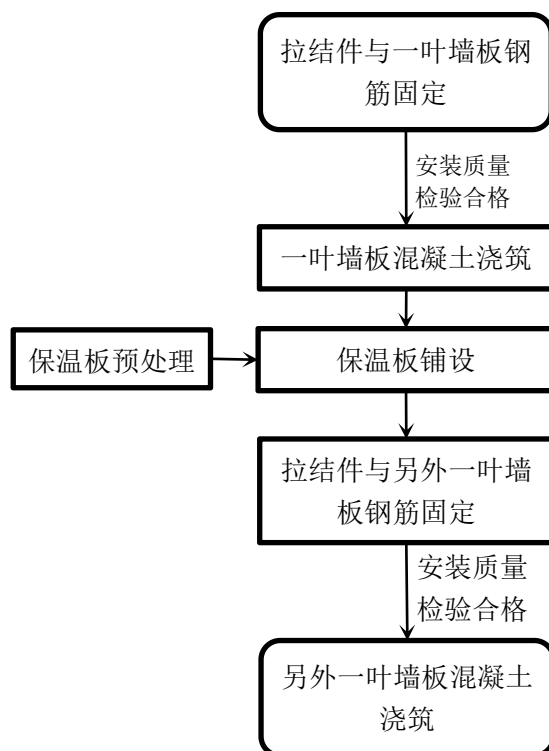


图 6.1.2 拉结件安装流程

6.1.3 夹心保温外墙板生产前，拉结件设计及供应单位应进行技术交底，并应在生产过程中提供必要的技术指导。

6.1.4 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。

6.1.5 拉结件和保温材料应分别按照布置图、排板图安装或铺设，且拉结件在混凝土中应锚固可靠，并应符合下列规定：

- 1 保温材料铺设和拉结件安装应在混凝土初凝前完成；
- 2 保温材料铺设前应进行预处理，铺设时应减少对拉结件的扰动，当拉结件发生偏移时应及时复位；

3 保温材料之间以及保温材料与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，保温材料应拼缝严密或使用粘接材料密封处理；

4 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，且拉结件应布置在真空绝热板板缝处，拉结件不应穿透真空绝热板。

6.1.6 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。

6.1.7 夹心保温钢筋笼叠合剪力墙板构件的成型宜采用自动化钢模台翻转装置制造。当采用固定模台生产时，宜在室内生产作业，拉结件宜与内叶墙板钢筋笼先行绑扎固定后，再进行混凝土浇筑。

6.1.8 板式拉结件和夹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。

6.2 拉结件安装

6.2.1 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 直线锚筋和折线锚筋应分别位于两叶墙板钢筋的两侧，并与两叶墙板钢筋绑扎固定；

3 对外露于后浇部位的拉结件，应在构件安装就位后现场按照 2 要求安装绑扎锚筋；

4 安装步骤宜符合下列要求：

1) 先浇筑一侧墙板：拉结件安放→穿设直线和折线锚筋→直线和折线锚筋绑扎（图 6.2.1-1）；

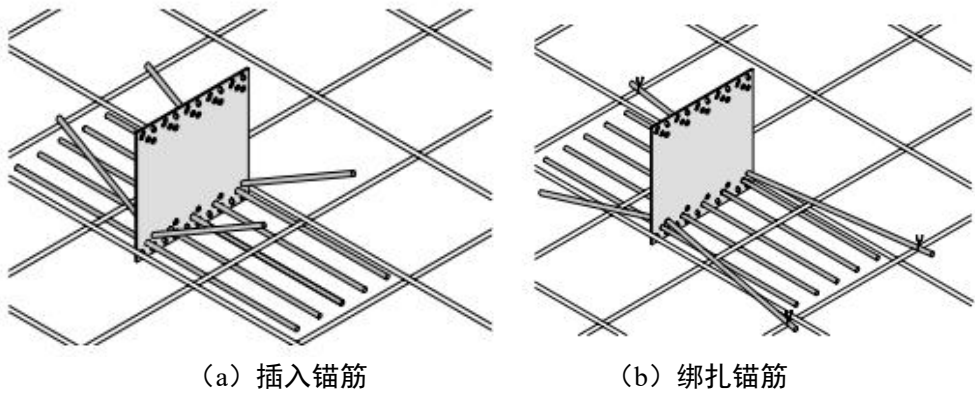


图 6.2.1-1 板式拉结件在外叶墙板内的安装方法

2) 后浇筑一侧墙板安装：上侧叶墙板钢筋安放就位→穿设直线和折线锚筋→直线和折线锚筋绑扎（图 6.2.1-2）。

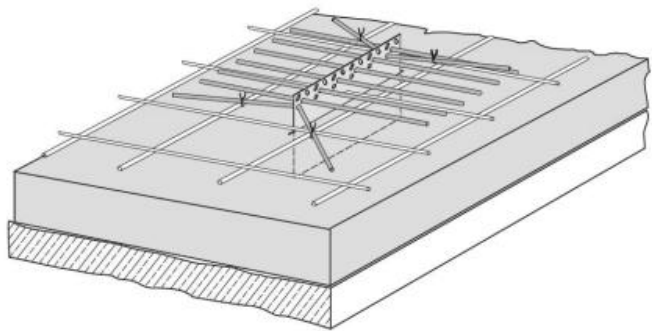


图 6.2.1-2 板式拉结件在内叶墙板内的安装方法

6.2.2 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 锚筋应分别置于两叶墙板钢筋的内侧，并与该钢筋绑扎固定；
- 3 安装步骤宜符合下列规定（图 6.2.2-1）：
 - 1) 外叶墙板侧安装：拉结件安放就位→穿设锚筋→锚筋绑扎；
 - 2) 内叶墙板侧安装：内叶墙板钢筋安放就位→穿设锚筋→锚筋绑扎。

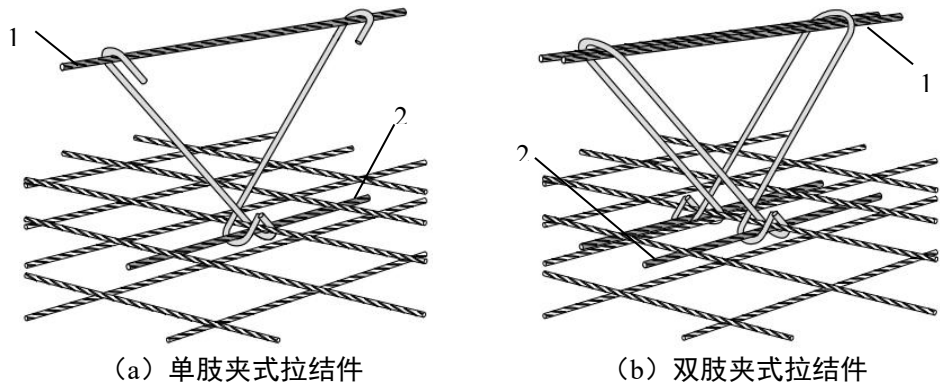


图 6.2.2-1 夹式拉结件安装方法

1—非交叉端锚筋；2—交叉端锚筋

4 保温板铺设应符合下列要求：

1) 双臂夹式拉结件保温板应预先切割两条缝隙，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 6.2.2-2）。

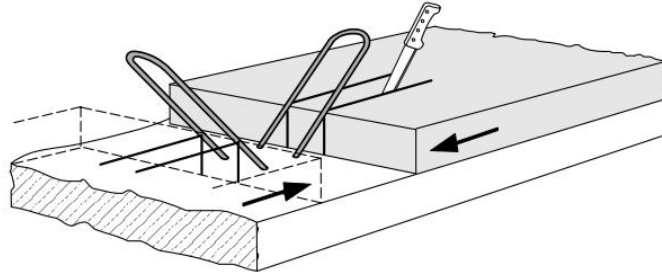


图 6.2.2-2 双臂夹式拉结件的保温板铺设

2) 单肢夹式拉结件保温板应预先切割成块，铺设时应使两侧保温板夹紧拉结件（图 6.2.2-3）。

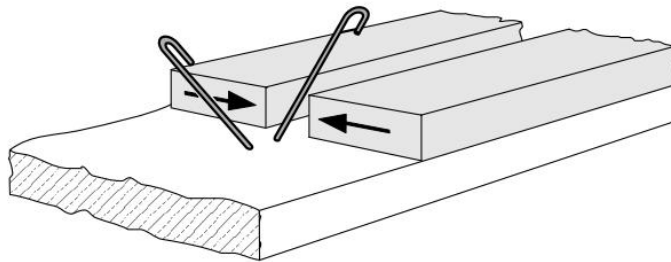


图 6.2.2-3 单肢夹式拉结件或桁架式拉结件的保温板铺设

6.2.3 桁架式拉结件的安装应符合下列规定：

- 1 内外叶墙板侧拉结件的弦杆应与墙板钢筋绑扎牢固；
- 2 应通过设置垫块或专用卡具控制拉结件露出保温板的高度；
- 3 保温板应紧贴拉结件铺设（图 6.2.3）。

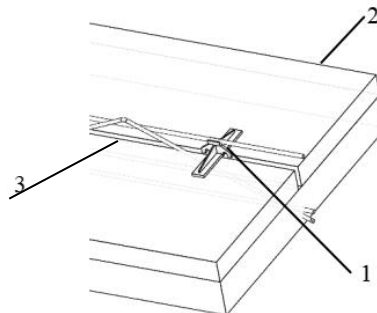


图 6.2.3 桁架式拉结件安装专用卡具

1—专用卡具；2—保温板；3—桁架式拉结件

6.2.4 针式拉结件的安装应符合下列规定：

1 A 型拉结件宜在先浇筑一侧墙板混凝土浇筑前穿设，并应与绑扎固定（图 6.2.4-1）。先浇筑一侧墙板混凝土浇筑后，保温板应垂直穿过拉结件铺设；

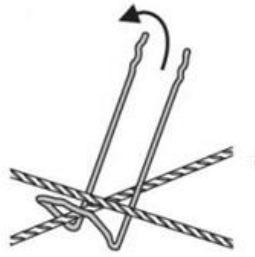


图 6.2.4-1 A 型针式拉结件与外叶墙板钢筋固定方法

2 N 型拉结件应在保温板铺设后将开口端垂直穿过保温板上预留孔洞插入先浇筑一侧墙板混凝土中，插入深度应满足拉结件锚固深度要求，应采取措施保证先浇筑混凝土处于塑性状态，并宜通过轻微晃动拉结件等措施保证插入区域墙板混凝土的密实（图 6.2.4-2）。

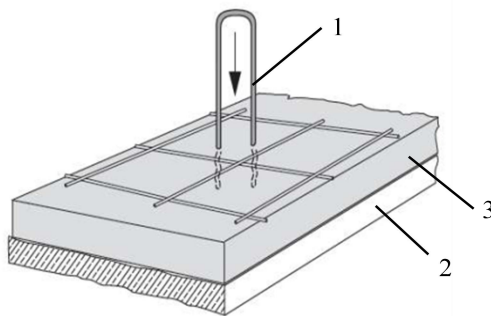


图 6.2.4-2 N 型针式拉结件安装方式

1—针式拉结件；2—外叶墙板；3—保温板

7 质量检验

7.1 进厂质量检验

7.1.1 夹心保温外墙板生产单位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合格证、型式检验报告等。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原材料、类型、规格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 型式检验报告内容应符合本规程附录 D 的有关规定。

7.1.2 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、同一类别、同一规格的拉结件，每 10000 件为一批，每批应随机抽取 5 件；
- 2 检验方法和检验结果应符合本规程附录 A 的有关规定。

7.1.3 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 10000 件为一批，每批应随机抽取 3 件，且每件制作 1 个试样；
- 2 检验方法和检验结果应符合本规程第 4.0.4 条和附录 D 的有关规定。

7.1.4 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 10000 件为一批，每批应随机抽取 5 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 4.0.4 条和产品技术资料的要求；
- 3 钢筋的检验项目包括屈服强度或规定塑性延伸强度、抗拉强度和断后伸长率，检验方法和检验结果应符合国家现行有关标准的要求。

7.1.5 拉结件进厂后应按批进行受拉承载力检验，且应符合下列规定：

- 1 用于同一工程的同一厂家、同一规格、同一批号的拉结件为一批，每批应

随机抽取 5 件，且每件制作 1 个受拉试件；

2 检验方法应符合本规程附录 A 的规定；

3 检验结果的最小值不应小于受拉承载力标准值；当破坏形态为混凝土破坏时，检验结果的平均值尚不应小于 1.1 倍的受拉承载力标准值。

7.2 安装质量检验

7.2.1 每个夹心保温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，检验应包括下列主要内容：

1 拉结件的类型、规格、数量、位置；

2 拉结件的安装方向、锚固及固定方式；

3 拉结件锚筋的类型、规格、数量、位置、弯折角度、长度；

4 拉结件与保温板间缝隙的处理。

7.2.2 拉结件的类型、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。

7.2.3 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。

7.2.4 拉结件锚筋的类型、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。

7.2.5 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。

7.2.6 拉结件安装的尺寸允许偏差及检验方法应符合表 7.2.6 的规定，检验方法均为尺量。

检查数量：在每个夹心保温外墙板内，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。

表 7.2.6 拉结件安装的尺寸允许偏差及检验方法

项目			允许偏差（mm）	检验方法
锚固深度	板式、夹式、 针式拉结件	外叶墙板内	±2	尺量检查
		内叶墙板内	-2	尺量检查
	桁架式拉结件		-2, +5	尺量检查
保护层厚度			±2, 且不应小于 5mm	尺量检查
中心线位置			20	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，取其中较大值
针式拉结件开口端宽度			±10	尺量检查
拉结件垂直度			5°	尺量检查
锚筋		外伸长度	±10	尺量检查
		弯折角度	±5°	尺量检查

附录 A 金属拉结件受拉承载力试验方法

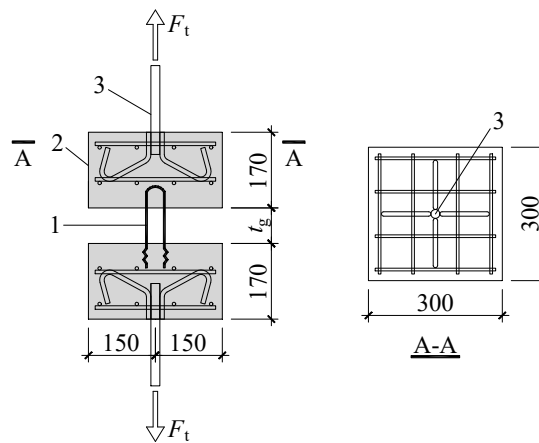
A.0.1 拉结件受拉试件设计应符合下列规定：

1 试件由拉结件、两层混凝土板及拉杆组成，试件形式应符合图 A.0.1 的规定，每个试件应配置 1 个拉结件，对连续桁架式拉结件，每个拉结件应包含 1 个桁架节间；

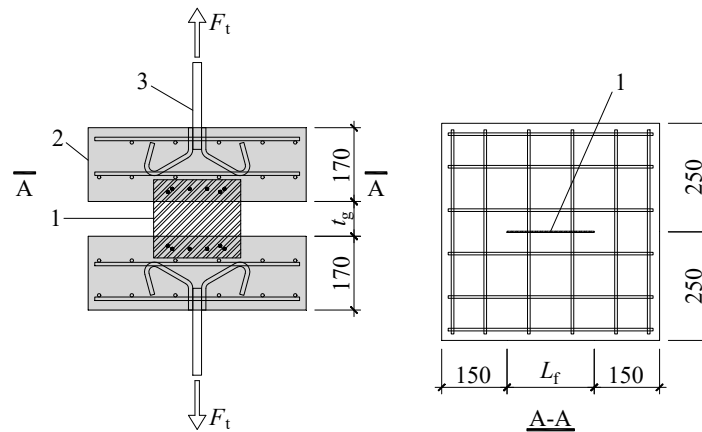
2 拉结件的锚固构造应按产品技术资料确定，并应在试验报告中注明锚固深度；

3 拉杆应按试件破坏时处于弹性状态设计，且直径不应小于 20mm；拉杆应通过设置锚固钢筋等措施可靠锚固于混凝土板中，锚固钢筋应位于拉结件外侧；拉杆锚固范围内应配置双层钢筋网片；

4 试验时混凝土板的混凝土立方体抗压强度实测值宜为 30MPa~35MPa，并应在试验报告中注明。



(a) 针式拉结件试件



(b) 板式拉结件试件

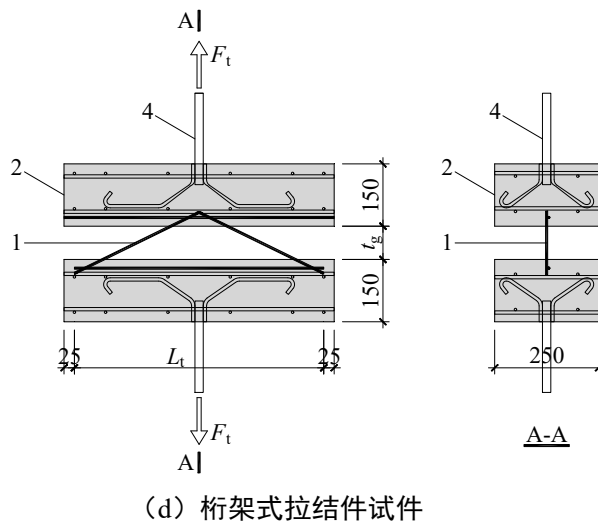
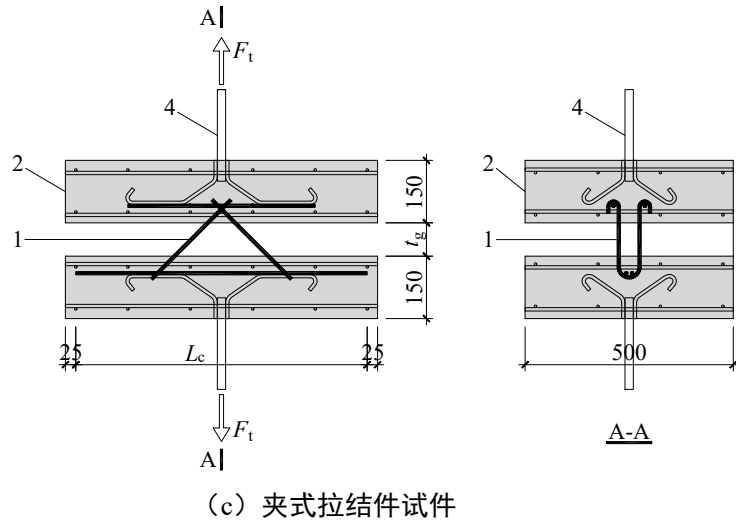


图 A.0.1 金属拉结件受拉试件

1—拉结件；2—混凝土板；3—压块；4—夹持钢筋； t —混凝土板厚度；
 t_g —保温层或空腔厚度； L_t —板式拉结件长度； L_c —夹式拉结件锚固钢筋最大长度；
 L_t —桁架式拉结件节间距； F_t —拉力

A.0.2 拉结件受拉试验设备应符合下列规定：

- 1 加载设备应能连续稳定地对试件施加荷载；
- 2 设备的加载能力应比预计的试件承载力至少大 20%，且不宜大于试件承载力的 2.5 倍；
- 3 力、位移量测设备的精度及误差应符合现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 的有关规定；
- 4 应采取措施保证试件受拉时不发生偏心和扭转。

A.0.3 试验加载和记录应符合下列规定：

- 1 应对试件沿轴向连续、匀速施加拉力，加载速度宜控制为

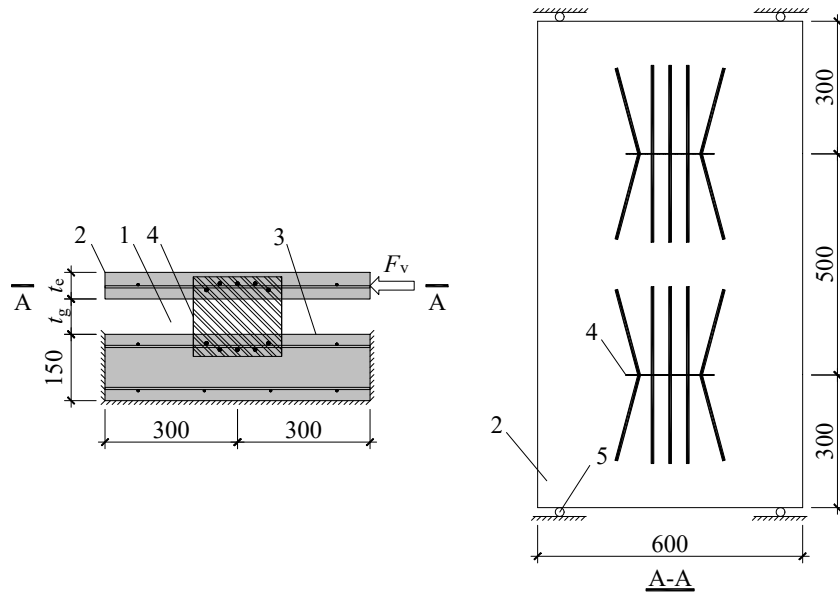
1kN/min~3kN/min，直至拉结件破坏或混凝土板破坏；

- 2 应记录试验中发生的破坏现象，分析确定破坏形态；
- 3 应记录试验过程中的荷载，取最大荷载作为试件承载力试验值。

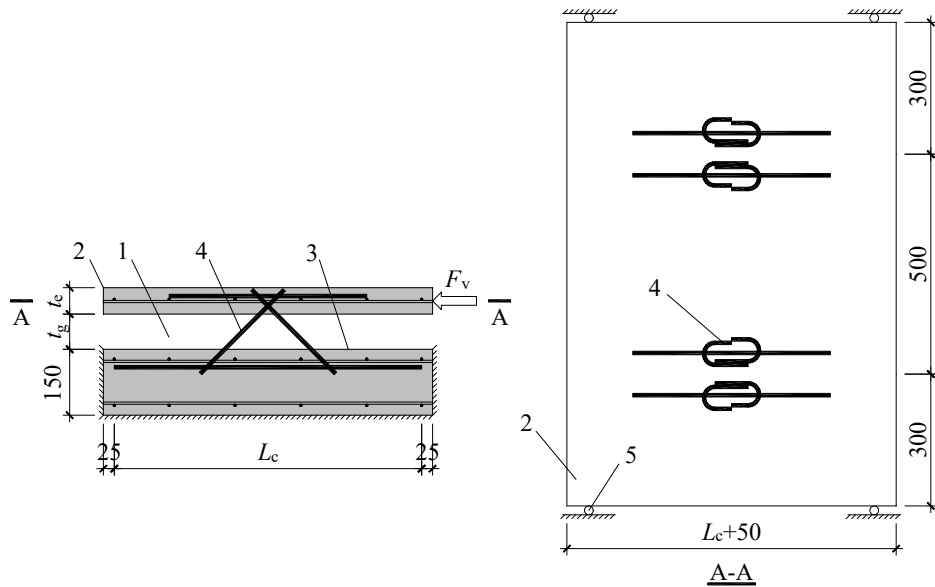
附录 B 金属拉结件受剪承载力试验方法

B.0.1 拉结件受剪试件设计应符合下列规定：

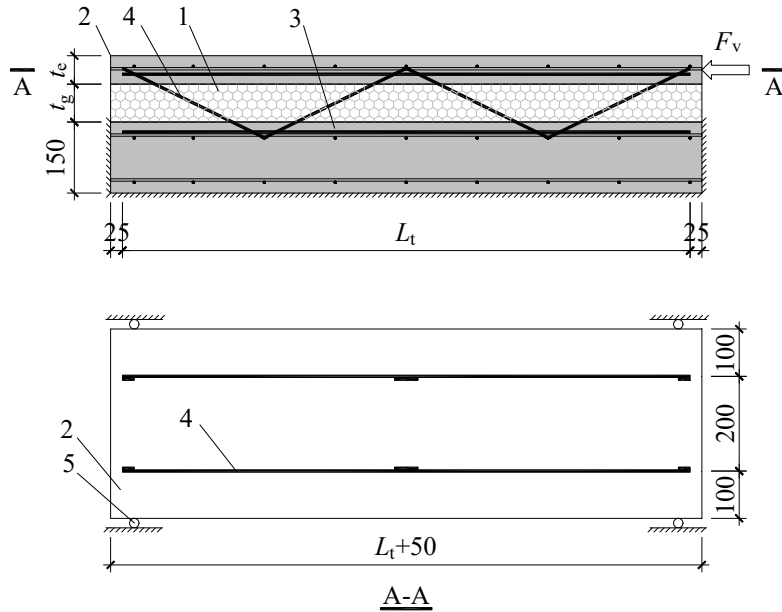
1 试件由两层混凝土板、保温层和拉结件组成，试件形式及拉结件的设置方向应符合图 B.0.1 的规定，每个试件应配置 2 个拉结件，对连续桁架式拉结件，每个拉结件应包含 2 个桁架节点；保温层厚度 t_g 应与拉结件规格匹配，上层混凝土板厚度 t_e 一般应取 60mm，也可根据需要按实际工程取值；



(a) 板式拉结件试件



(b) 夹式拉结件试件



(c) 桁架式拉结件试件

图 B.0.1 金属拉结件受剪试件

1—保温层或空腔；2—上层混凝土板；3—下层混凝土板；4—拉结件；5—侧向约束；

L_c —夹式拉结件锚筋最大长度； L_t —桁架式拉结件节间距； F_v —推力

2 拉结件的锚固构造应按产品技术资料确定，并应在试验报告中注明锚固深度；

3 上、下层混凝土板应分别按夹心保温外墙板的外叶墙板、内叶墙板配置钢筋；

4 试验时混凝土板的混凝土立方体抗压强度实测值宜为 30MPa~35MPa，并应在试验报告中注明；

5 试验时，板式、夹式拉结件试件应去除保温层，桁架式拉结件试件应包含保温层。

B.0.2 拉结件试件试验设备应符合下列规定：

- 1 加载设备应能连续稳定地对试件施加荷载；
- 2 应在上层混凝土板两侧设置侧向约束，确保试件加载时不发生倾斜和扭转；
- 3 设备的加载能力应比预计的试件承载力至少大 20%，且不宜大于试件承载力的 2.5 倍；

4 力、位移量测设备的精度及误差应符合现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 的有关规定。

B.0.3 试验加载和记录应符合下列规定：

- 1 应对试件沿水平连续、匀速施加荷载，加载速度应控制为 $1\text{kN/min}\sim 15\text{kN/min}$ ，直至拉结件破坏或混凝土板破坏；
- 2 应记录试验中发生的破坏现象，分析破坏模式；
- 3 应记录试验过程中的荷载，取最大荷载作为试件承载力试验值。

附录 C 金属拉结件受压承载力试验方法

C.0.1 拉结件受压试件设计应符合下列规定：

1 试件由下层混凝土板、拉结件和上层混凝土板组成，试件形式应符合图 C.0.1 的规定，夹式拉结件试件中拉结件斜杆的交叉点应位于上层混凝土板中；

每个试件应配置 1 个拉结件；上层混凝土板厚度 t_e 一般应取 60mm，也可根据需要按实际工程取值；

2 拉结件的锚固构造应按产品技术资料确定，并应在试验报告中注明锚固深度；

3 试验时混凝土板的混凝土立方体抗压强度实测值宜为 30MPa~35MPa，并应在试验报告中注明；

4 试验时试件不含保温层。

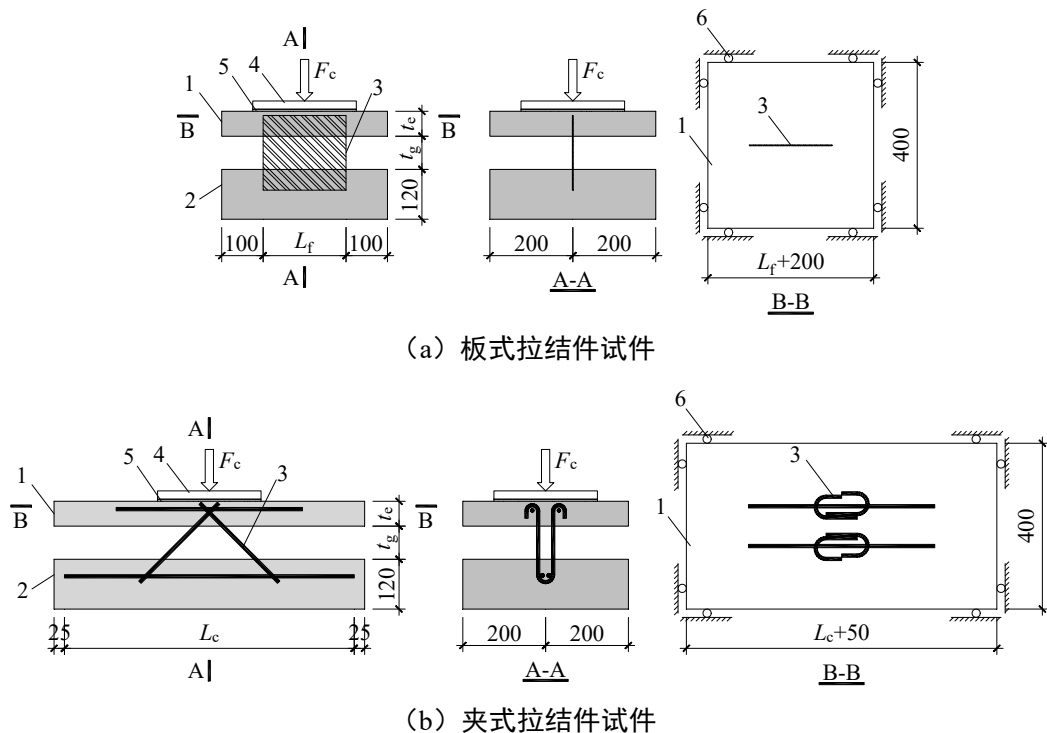


图 C.0.1 金属拉结件受压试件

1—上层混凝土板；2—下层混凝土板；3—拉结件；4—加载钢板；5—砂垫层；6—侧向约束；

t_e —上层混凝土板厚度； t_g —空腔厚度； L_f —板式拉结件长度；

L_c —夹式拉结件锚固钢筋最大长度； F_c —压力

C.0.2 拉结件试验设备应符合下列规定：

1 加载设备应能连续稳定地对试件施加荷载；

- 2 在试件四周应设置侧向约束,保证试件垂直均匀受力,不发生倾斜或扭转;
- 3 加载钢板中部 150mm 范围内不应与上层混凝土板接触(图 D.0.1);

C.0.3 试验加载和记录应符合下列规定:

- 1 应对试件沿轴向连续、匀速施加压力,加载速度应控制为 1kN/min~3kN/min,直至拉结件破坏或混凝土板破坏;
- 2 应记录试验中发生的破坏现象,分析破坏模式;
- 3 应记录试验过程中的荷载,取最大荷载作为试件承载力试验值。

附录 D 金属拉结件产品规定

D.1 产品要求

D.1.1 拉结件的材料要求详见本规程第 4 章。

D.1.2 板式拉结件的构造应符合下列规定：

- 1 不锈钢板的厚度不宜小于 1.5mm；
- 2 端部应开孔，开孔的最小尺寸不宜小于 6mm，且应满足锚筋穿设要求；
- 3 锚筋构造应满足拉结件的锚固性能要求，且锚筋直径不宜小于 6mm，总长不宜小于 400mm；
- 4 锚固于内、外叶墙板的深度不宜小于 50mm；
- 5 端部混凝土保护层厚度不应小于 10mm。

D.1.3 夹式拉结件的构造应符合下列规定：

- 1 不锈钢棒的直径不宜小于 5mm；
- 2 宜采用双肢构造；
- 3 每根不锈钢棒的开口端宜采取设置 180°弯钩等锚固措施；
- 4 锚筋应穿设于不锈钢棒的弯弧内或采取其他可靠连接措施，锚筋构造应满足拉结件的锚固要求，且锚筋直径不宜小于 8mm；
- 5 交叉的不锈钢棒宜呈 90°夹角；
- 6 锚固于内、外叶墙板的深度不宜小于 50mm；
- 7 端部混凝土保护层厚度不应小于 5mm。

D.1.4 桁架式拉结件的构造应符合下列规定：

- 1 腹杆宜由一根不锈钢棒连续弯折而成；不锈钢腹杆及钢筋弦杆的直径均不宜小于 5mm；
- 2 腹杆每个弯折部位应与弦杆呈两点接触并可靠焊接；
- 3 锚固于内、外叶墙板的深度不应小于 25mm；
- 4 钢筋弦杆的混凝土保护层厚度不宜小于 20mm，不锈钢腹杆的混凝土保护层厚度不宜小于 5mm。

D.1.5 针式拉结件的构造应符合下列规定：

- 1 宜由一根不锈钢棒连续弯折而成，且直径不宜小于 3mm；
- 2 开口端应采取设置波纹段或弯折段等锚固措施；
- 3 锚固于内、外叶墙板的深度不宜小于 50mm，端部弯折时锚固深度不宜小于 30mm；
- 4 开口端混凝土保护层厚度不应小于 5mm，非开口端混凝土保护层厚度不宜小于 20mm。

D.1.6 拉结件的外观质量检验要求应符合表 D.1.6 的规定。

表 D.1.6 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	

D.1.7 拉结件的尺寸允许偏差应符合表 D.1.7 的规定，检验方法均为尺量。

表 D.1.7 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

D.1.8 拉结件的承载力标准值应通过试验确定，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。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本规程附录 B、附录 C 和附录 D 进行。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：

$$R_k = \alpha_R \overline{R_t} (1 - 3.4\delta_R) \tag{D.1.8-1}$$

$$\alpha_R = \frac{1}{1 + 3(\delta_R - 0.2)} \tag{D.1.8-2}$$

式
中：
 R_k —— 拉结件承载力标准值；
 $\overline{R_t}$ —— 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；
 δ_R —— 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；
 α_R —— 拉结件承载力附加系数，当 δ_R 不大于 0.2 时取 1.0。

D.2 产品出厂检验

D.2.1 出厂检验项目应符合表 D.2.1 的规定。

表 D.2.1 出厂检验项目

检验项目	取样数量	质量要求	检验方法
外观质量	每批随机抽取 1% 且不少于 5 件	本规程第 D. 1. 6 条	观察
外形尺寸偏差	每批随机抽取 1% 且不少于 5 件	本规程第 D. 1. 6 条	游标卡尺量测
材料化学成分	每批随机抽取 3 件，每件制作 1 个试样	GB/T 1220、GB/T 4226、GB/T 3280、GB/T 4237	
材料力学性能	每批随机抽取 5 件，每件制作 1 个拉伸试样	本规程第 4. 0. 4 条	GB/T 228. 1

D.2.2 出厂检验组批规则：应以连续生产的同原材料、同类型、同规格的 50000 个拉结件为一个检验批；当一次性生产不足 50000 个时，以此次生产的全部数量为一个检验批。

D.2.3 出厂检验判定规则应符合下列要求：

- 1 对外观质量及外形尺寸偏差，所抽样本全部符合要求或仅有 1 个样本不符

合要求时，应判定为合格；否则应判定为不合格；

2 对材料化学成分，所有试样的检测值均符合要求时，应判定为合格；否则应判定为不合格；

3 对材料力学性能，所有试样的检测值均符合要求时，应判定为合格；如有 2 个或 2 个以上不符合要求时，应判定为不合格；当有 1 个试样不符合要求时可加倍取样复检，当复检结果全部符合要求时方可判定为合格，否则应判定为不合格。

D.3 产品型式检验

D.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1 新产品的定型鉴定；
- 2 正常生产时，每满 3 年；
- 3 产品的设计、材料、工艺、生产设备等有较大改变；
- 4 停产一年以上恢复生产；
- 5 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

D.3.2 型式检验项目应符合表 D.3.2 的规定，取样应从型式检验所针对的同原材料、同类型、同规格的拉结件中随机抽取；对桁架式拉结件，可不进行受压承载力检验；对针式拉结件，可不进行受剪承载力和受压承载力检验。

表 D.3.2 型式检验项目

检验项目	取样数量	质量要求	检验方法
外观质量	随机抽取 5 件	本规程第 D.1.6 条	观察
外形尺寸偏差	随机抽取 5 件	本规程第 D.1.6 条	游标卡尺量测
材料化学成分	随机抽取 3 件，每件制作 1 个试样	GB/T 1220、GB/T 4226、GB/T 3280、GB/T 4237	
材料力学性能	随机抽取 5 件，每件制作 1 个拉伸试样	本规程第 4.0.4 条	GB/T 228.1
受拉承载力	随机抽取至少 5 件，每件制作 1 个受拉试件	符合产品设计要求	本规程附录 A
受剪承载力	随机抽取至少 10 件，每 2 件制作 1 个受剪试件		本规程附录 B

受压承载力	随机抽取至少 5 件，每件制作 1 个受压试件		本规程附录 C
-------	-------------------------	--	---------

D.3.3 型式检验判定规则：对所有检验项目的所有试样，均符合要求时判定型式检验合格，否则判定型式检验不合格。

D.3.4 对拉结件的承载力，型式检验报告中应包括各试件的承载力实测值及对应破坏形态，同时应注明试件所采用的连接件的型号、材料及尺寸参数和混凝土立方体抗压强度实测值。

D.4 产品标志、合格证及说明书

D.4.1 拉结件产品上应有厂家标志，出厂时应附产品合格证、产品型式检验报告及产品说明书。

D.4.2 拉结件产品合格证应包括下列内容：

- 1 产品名称及型号；
- 2 生产批号及数量；
- 3 合格证编号；
- 4 检验员签名或盖章（可用代号表示）；
- 5 生产单位名称、联系方式等。

D.4.3 拉结件产品说明书应包括下列内容：

- 1 材料及尺寸参数；
- 2 产品承载力标准值及对应破坏形态；
- 3 安装工艺；
- 4 运输及贮存要求；
- 5 质量检验要求等。

D.5 产品包装、运输及贮存

D.5.1 拉结件产品包装应保证产品在正常运输和保管条件下不发生变形和损坏。

D.5.2 拉结件产品包装箱、包装袋的外表面应标明产品名称及型号、数量、出厂日期、生产单位名称及联系方式等。

D.5.3 拉结件产品运输过程中应避免接触雨雪和腐蚀性物质，应避免撞击、抛摔

和重物堆压，保证其不发生变形和损坏。

D.5.4 拉结件产品不得露天存放，应贮存在通风、干燥、防火、防水、防雨雪的库房内。

用词说明

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，在条件允许时首先这样做的：
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”。

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。

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152
- 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》GB/T 228.1
- 《不锈钢棒》GB/T 1220
- 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 《不锈钢冷轧钢板和钢带》GB/T 3280
- 《不锈钢冷加工钢棒》GB/T 4226
- 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237
- 《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1
- 《建筑用绝热制品 压缩性能的测定》GB/T 13480
- 《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878
- 《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 21558
- 《模塑聚苯板薄抹灰外墙外保温系统材料》GB/T 29906-2013
- 《挤塑聚苯板（XPS）薄抹灰外墙外保温系统材料》GB/T 30595
- 《真空绝热板》GB/T 37608

中国建筑材料协会标准

预制混凝土夹心保温墙板用金属拉结件应用 技术规程

T/CBMF XX-202X
T/CCPA XX-202X

条文说明

1 总 则

1.0.2 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。本规程中拉结件的设计主要指拉结件的排布设计及计算,对拉结件产品相关的主要技术要求,详见本规程附录 D。

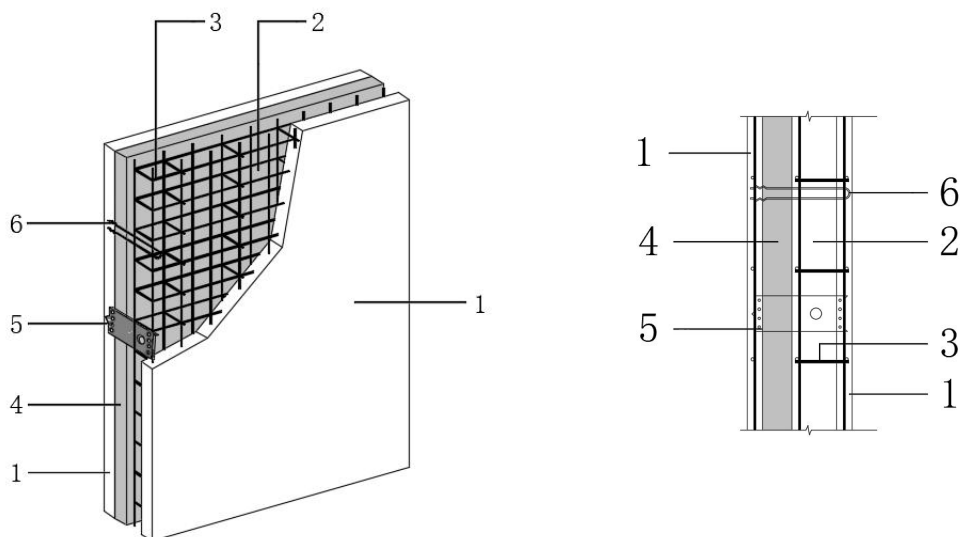
2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 夹心保温外墙板按用途分为夹心剪力墙板和夹心非承重墙板。内叶墙板和外叶墙板单独受力时，称为非组合式夹心保温外墙板；内叶墙板和外叶墙板在平面外协同受力时，称为组合式夹心保温外墙板；内叶墙板和外叶墙板受力介于组合式和非组合式之间时，称为部分组合夹心保温外墙板。

非组合式夹心剪力墙板中外叶墙板一般为非结构构件，内叶墙板一般为结构构件，其中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。夹心非承重墙板为安装在主体结构上的非结构构件，一般为全预制形式。

2.1.6 夹心保温钢筋笼叠合剪力墙板示意如图 1。



(a) 预制夹心保温叠合混凝土外墙构件

三维图

(b) 预制夹心保温叠合混凝土外墙剖面图

图 1 预制夹心保温叠合混凝土外墙构件

1—叠合内叶混凝土预制部分；2—叠合内叶混凝土空腔后浇部分；3—成型钢筋笼；4—保温层；5—板式拉结件；6—针式拉结件

2.1.7 夹心保温纵肋空心墙板示意和图 2 所示。

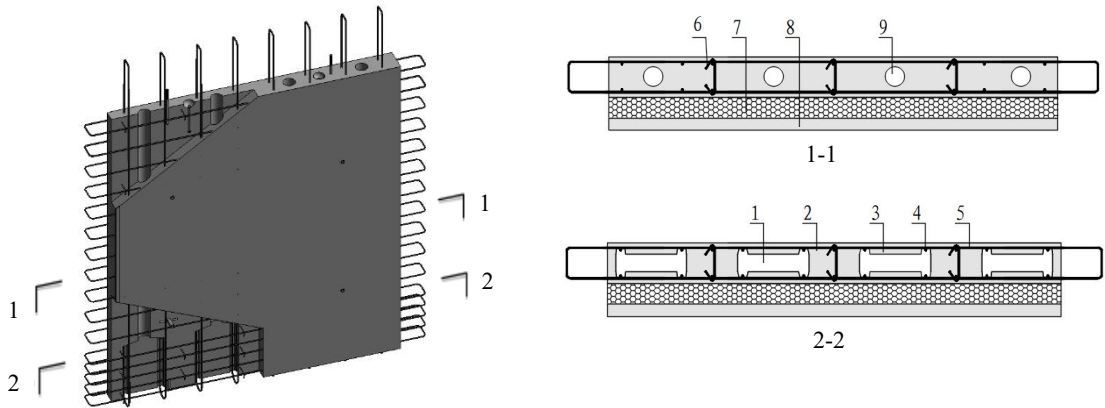


图 2 设置底部空腔的纵肋空心墙板构造示意

1—空腔；2—纵肋；3—混凝土板；4—纵向钢筋；5—水平钢筋；6—拉筋；7—保温板；8—外叶板；9—浇筑孔

2.1.8 本规程仅涉及金属拉结件，包括板式、夹式、桁架式、针式拉结件。

不锈钢夹式拉结件(图 2) 是一种由两根钢棒连续弯折后交叉焊接制成，可同时承受

外叶墙板自重和外加作用产生的拉力、压力和剪力等作用效应，并起到支承作用的夹状不 锈钢拉结件，包括双肢夹式拉结件和单肢夹式拉结件。

2.1.9 典型的板式拉结件构造如图 3 所示。

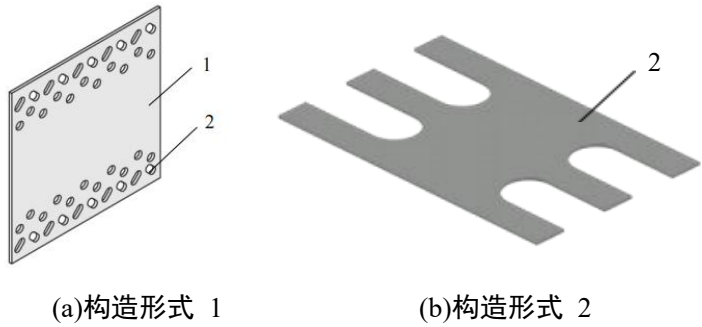
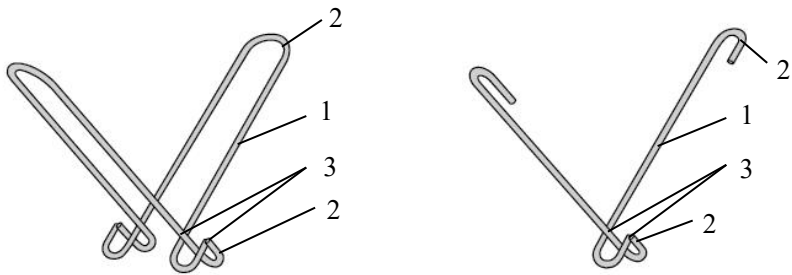


图 3 典型板式拉结件

1—钢板；2—开孔

2.1.10 典型的夹式拉结件构造如图 4 所示。



(a) 双肢夹式拉结件

(b) 单肢夹式拉结件

图 4 典型夹式拉结件

1—钢棒；2—弯折部位；3—焊接部位

2.1.11 典型的桁架式拉结件构造如图 5 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。

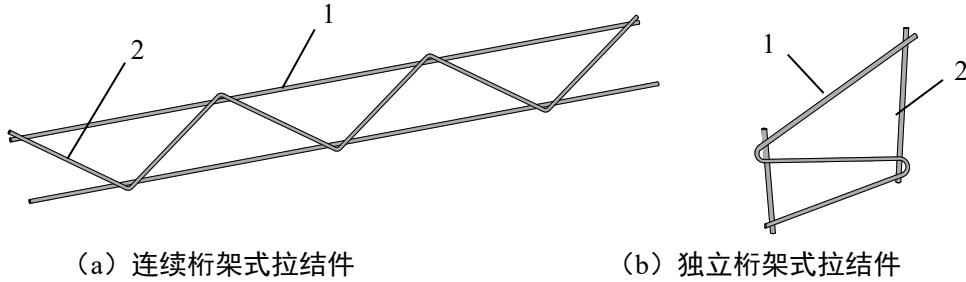
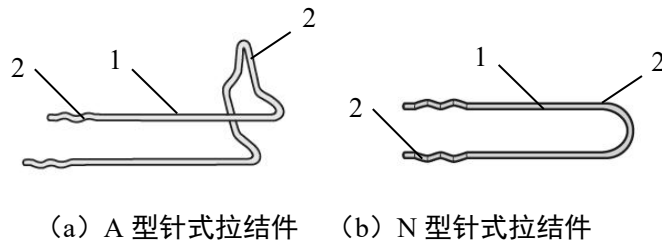


图 5 典型桁架式拉结件

1—钢弦杆；2—钢腹杆

2.1.12 典型的针式拉结件构造如图 6 所示。



(a) A 型针式拉结件 (b) N 型针式拉结件

图 6 典型针式拉结件

1—钢棒；2—弯折部位

2.1.13 支承拉结件一般采用板式拉结件、夹式拉结件、筒式拉结件或桁架式拉结件等。由于目前国内缺乏筒式拉结件的研究和应用经验，因此本规程涉及的支承拉结件主要为板式拉结件、夹式拉结件和桁架式拉结件。

2.1.14 限位拉结件一般采用针式拉结件。

2.1.15 不同拉结件系统采用不同的类型的支承拉结件，拉结件系统以支承拉结件的类型命名。目前，市场上拉结件系统主要有支承拉结件采用板式拉结件的板式拉结件系统、支承拉结件采用夹式拉结件的夹式拉结件系统和支承拉结件采用桁架式拉结件的桁架式拉结件系统。

2.1.16 拉结件系统支点如图 7 所示，支点为夹心保温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。

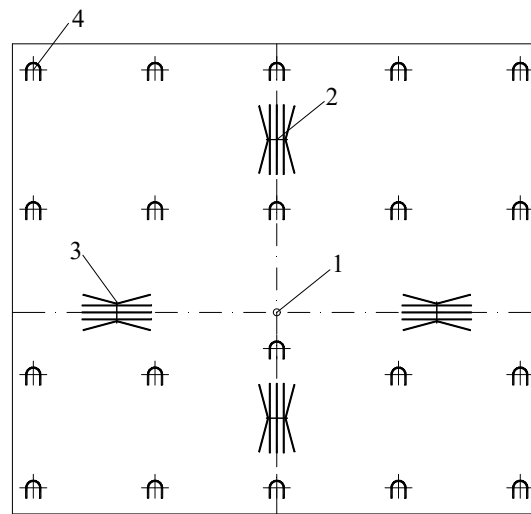


图 7 拉结件系统支点示意

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

3 基本规定

3.0.1 规程编制组对采用不同保温层厚度的拉结件试件进行了受力性能试验，其中对用于近零能耗建筑的夹心保温外墙板，保温层厚度最大可达到 250mm。当夹心保温外墙板保温层厚度超出本条规定时，建议通过试验研究为金属拉结件的应用提供可靠依据。

外叶墙板厚度需满足拉结件的锚固、接缝防水构造、防火和耐久性能等要求，内叶墙板需承受通过外叶墙板传递来的自重和外加作用，因此需具备足够的刚度和承载力。

为减小脱模吸附力，模具应优先采用涂油的钢模具、铝模具或有塑料涂层的胶合板模具。为保证脱模起吊安全，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/mm^2 。

3.0.4 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夹心保温外墙板传热系数的修正系数。

3.0.5 夏季夹心保温外墙板外表面的最高温度主要由当地气温情况、外表面所处方位及饰面材料特性等因素有关。饰面材料的太阳辐射吸收系数越低，外表面温度越低，夹心保温外墙板内外表面温差作用则越小，进而外叶墙板在温度作用下的开裂和变形风险降低。规程编制组进行的夹心保温外墙板温度作用受力性能试验结果表明，在升温工况下，外叶墙外表面可能由于快速失水产生较多裂缝，因此夹心保温外墙板外表面应采用抗裂和防水性能强的饰面材料，同时建议采取涂刷隔热涂料等措施降低外表面温度。

3.0.7 拉结件的安装质量直接影响其受力性能，应严格按照设计及安装要求控制并检验安装质量，保证拉结件系统受力合理、安全可靠。

4 材 料

4.0.1 为便于同一拉结件中不同部分的焊接，应优先采用同一牌号的不锈钢材料。

4.0.2 不锈钢的品种很多，其中奥氏体型不锈钢导热性差，塑性、韧性、焊接性和冷加工性良好，因此更适合制作不锈钢拉结件。目前，最常用的奥氏体型不锈钢是 S30408、S30403、S31608、S31603，其中 S316xx 比 S304xx 的耐腐蚀性能更好，因此对大气环境腐蚀性高的工业密集区及沿海地区，建议优先采用 S316xx，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。此外，由于 S30403 焊接性能优于 S30408，S31603 焊接性能优于 S31608，当拉结件对焊接性能要求较高时应优先采用 S30403、S31603。

4.0.3 拉结件材料的导热系数是影响夹心保温外墙板热工性能的重要参数，本条根据工程经验及现行国家标准《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》GB/T 20878 对导热系数限值提出了要求。

4.0.4 本条结合国内市场相关产品技术资料和相关标准，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。

4.0.5】 本条参考了现行团体标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410 的有关规定。

4.0.6 对板式拉结件和夹式拉结件，均需设置锚筋以增强锚固性能，锚筋的类别参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和考虑拉结件的安装等因素综合给出。

4.0.7 桁架式拉结件的弦杆一般通长，其锚固条件较好，对延性要求可适当降低，但对可焊性尤其与不锈钢的可焊性要求较高。

4.0.8 内、外叶墙板的混凝土强度等级直接影响拉结件的锚固性能，进而影响拉结件的承载能力，因此内、外叶墙板的混凝土强度等级应满足尽量发挥拉结件承载能力的要求。

4.0.9 当拉结件系统需依靠中间保温层承受压力时，保温层的压缩性能应符合设计计算要求，以保证保温层不发生破坏或过大变形。

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.1 确定拉结件系统后，应根据每块夹心保温外墙板的厚度、宽度、高度、钢筋排布、预埋件等实际情况进行具体排布设计。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。

5.1.2 拉结件系统及拉结件应满足夹心保温剪力墙板的安全及使用性能要求。拉结件系统的存在一定程度上会约束外叶墙板在平面内的伸缩变形，尤其在温度作用组合下，需保证夹心保温外墙板的面外变形及裂缝控制验算满足本规程的有关要求。此外，拉结件系统对夹心保温外墙板产生的热桥影响不可忽略，应按本规程的有关规定对考虑拉结件影响的夹心保温外板的热工性能进行验算。。

5.1.3 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保温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。

夹心保温叠合墙板由于空腔的存在，夹式和桁架式均不太适合。A型针式拉结件锚固效果和保证程度明显优于N型。

5.1.5 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。

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。

5.1.7 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。

5.1.8 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。

5.1.12 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。

5.2 排布设计

5.2.1 拉结件排布时应与夹心保温外墙板中的钢筋及预埋件的位置相协调。此外,夹心保温外墙板中的内叶墙板可能存在填充聚苯块,使得局部混凝土厚度无法满足拉结件满足要求,此时应控制拉结件至该区域边缘的距离。

5.2.2 对不锈钢针式拉结件,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。对不锈钢桁架式拉结件,其腹杆直径一般

较小且容易存在初弯曲等缺陷，已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。

5.2.3 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。

5.2.4 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，竖向支承拉结件（即本条中的板式或夹式拉结件）和水平支承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。当设置两个以上竖向支承拉结件或水平支承拉结件时，应尽量保证各竖向支承拉结件共线、各水平支承拉结件共线。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。

5.2.5 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，竖向和水平支承拉结件均一般不少于两个。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。当设置两个以上竖向支承拉结件或水平支承拉结件时，应尽量保证各竖向支承拉结件共线、各水平支承拉结件共线。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。

5.2.6 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，可通过布置限位拉结件来弥补。

5.2.7 夹心保温外墙板中通常存在外叶墙板尺寸超出内叶墙板的情况，此时当超出尺寸不大于 400mm 时，为便于生产和施工，可不在超出范围内布置拉结件。

5.3 承载力验算

5.3.3 拉结件连接本质上属于夹心保温外墙板内的一种连接节点，因此本条参考了现行行业标准《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458 对连接节点承载力极限状态验算的相关规定。拉结件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。

由于拉结件受力状态与锚栓类似，本条参照现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 中对被连接结构类型为非结构构件的锚固承载力分项系数的规定，且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，该值大于该标准规定的最大值，且大于国外技术资料取值。

对生产及施工阶段，脱模时按混凝土立方体抗压强度达到 20MPa 考虑，此值为夹心保温外墙板混凝土立方体抗压强度标准值最小要求 30MPa 的 67%，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；同时考虑生产及施工阶段拉结件的安全性要求较高，综合确定拉结件的承载力分项系数统一取 2.5，且不区分破坏形态。

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承载力折减系数作了规定。

5.3.4 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。

5.3.5 生产阶段拉结件承载力验算一般受脱模工况控制，采用反打成型工艺和平吊脱模方式时，拉结件承受外叶墙板自重和脱模吸附力共同产生的拉力，当采用

带外饰面材料反打一次成型工艺生产时，外叶墙板自重应考虑外饰面材料自重。对模板面形状简单的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/m^2 ，当采用平整并涂漆的木模具时，可取 2.0kN/m^2 。对模板面形状复杂的外墙板，脱模吸附力应酌情增大。

对内叶墙板含有后浇空腔的夹心保温外墙板，施工阶段尚应对浇筑空腔混凝土时的拉结件承载力进行验算，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。

5.3.6 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；地震作用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 对外挂墙板的有关规定。

5.3.7 本条根据板式拉结件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。

5.3.8 本条根据试验结果及相关产品技术资料，对夹式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。

5.3.9 桁架式拉结件在整体拉力、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。

5.3.11 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。

5.3.12 对板式拉结件系统和夹式拉结件系统，在温度作用组合下，限位拉结件和支承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，在夹心保温外墙板设计及拉结件排布时按此最大距离控制即可自动满足本条规定。

6 安 装

6.1 一 般 规 定

6.1.2 实践证明，夹心保温实心墙板、夹心保温纵肋空心墙板和夹心保温外挂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。本条给出了夹心保温外墙板拉结件安装流程。

6.2 拉结件安装

6.2.2 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。

附录 D 金属拉结件产品规定

D.1 产 品 要 求

D.1.2 板式拉结件上应开设用于穿设锚筋的穿筋孔和增强与混凝土连接的锚固孔,开孔位置及尺寸应根据拉结件锚固受力要求及考虑避让墙板内钢筋网片等因素综合确定。锚筋构造应满足拉结件的锚固性能要求。板式拉结件锚固于内、外叶墙板的深度指钢板锚入混凝土方向的外边缘至内、外叶墙板内表面的沿墙板厚度方向的距离。

D.1.3 双肢夹式拉结件受压和受剪模式优于单肢夹式拉结件,应优先采用。夹式拉结件的锚筋应与不锈钢棒有效连接,以满足拉结件的受力要求。夹式拉结件锚固于内、外叶墙板的深度指钢棒端部外边缘至内、外叶墙板内表面的沿墙板厚度方向的距离。

D.1.4 对桁架式拉结件,需特别注意腹杆和弦杆的焊接构造。桁架式拉结件锚固于内、外叶墙板的深度指弦杆外边缘至内、外叶墙板内表面的沿墙板厚度方向的距离。为增强桁架式拉结件的安全储备,可在腹杆与弦杆相交处设置横向锚筋。

D.1.5 针式拉结件开口端应通过设置波纹段或弯折段等以增强拉结件的锚固性能。端部弯折是指拉结件端部整体弯折,典型构造如本规程第 2.1.9 条说明中的形式一所示。针式拉结件锚固于内、外叶墙板的深度指钢棒端部外边缘至内、外叶墙板内表面的沿墙板厚度方向的距离。

D.1.8 本条中拉结件承载力标准值的确定方法参考了现行行业标准《外墙保温用锚栓》JG/T 366 的有关规定。拉结件承载力标准值应具有 95%的保证率,且考虑变异系数较大时的影响。为避免试验结果过于离散,规定试验值的变异系数不应大于 0.3。当拉结件承载力仅通过试验难以确定时,尚应结合计算分析确定,计算时应采用合理的计算模型,材料强度取值应符合本规程的有关规定。