

北京市建设工程物资协会
北京建筑节能与环境工程协会

团体标准

T/BCMA 002—2021

预制混凝土夹心保温外墙板用 金属拉结件应用技术规程

**Technical specification for metallic connectors in
precast concrete sandwich facade panels**

2021-01-20 发布

2021-04-01 实施

北京市建设工程物资协会
北京建筑节能与环境工程协会

联合发布

团体标准

预制混凝土夹心保温外墙板用

金属拉结件应用技术规程

Technical specification for metallic connectors in
precast concrete sandwich facade panels

T/BCMA 002—2021

批准单位：北京市建设工程物资协会

北京建筑节能与环境工程协会

施行日期：2021 年 04 月 01 日

2021 北 京

**北京市建设工程物资协会
北京建筑节能与环境工程协会
关于联合发布《预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件应用技术规程》和《装配式建筑预制混凝土构件生产企业质量保证能力评估标准》
的通知**

各有关建设工程项目的建设单位、施工单位、设计单位、监理单位，各有关装配式建筑设计、科研及建筑部品部件生产单位：

为了提高装配式建筑生产、安装和标准化管理水平，北京市建设工程物资协会和北京建筑节能与环境工程协会共同组织有关方面完成了《预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件应用技术规程》（标准编号：T/BCMA 002—2021）和《装配式建筑预制混凝土构件生产企业质量保证能力评估标准》（标准编号：T/BCMA 003—2021）两项标准的制定工作，现予以发布。

北京市建设工程物资协会
北京建筑节能与环境工程协会
2021 年 1 月 20 日

前 言

根据北京市建设工程物资协会2019年9月19日发布的《2019年第三批协会团体标准立项的通知》要求，《预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件应用技术规程》编制组基于国内外预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件的应用现状，经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，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。

本规程由北京市建设工程物资协会负责管理，并负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请与北京市建设工程物资协会装配式建筑与墙体分会联系（地址：北京市西城区南礼士路头条三号，邮政编码：100045，电话：010-88070906，010-64517935）。

主编单位：北京市建设工程物资协会装配式建筑与墙体分会
北京市住宅产业化集团股份有限公司
中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：HALFEN（北京）建筑配件销售有限公司
佩克建筑配件（张家港）有限公司
HAZ（北京）建筑科技有限公司
沈阳宝力德科技有限公司
南通沪誉玻璃钢制品有限公司
北京市燕通建筑构件有限公司
建研科技股份有限公司

北京榆构有限公司
北京市建筑设计研究院有限公司
中铁十四局集团房桥有限公司
北京住总万科建筑工业化科技股份有限公司
远大住宅工业（天津）有限公司
中建科技（北京）有限公司
天津工业化建筑有限公司
北京住总建筑科技有限公司
北京建工新型建材科技股份有限公司
北京中建协认证中心有限公司
正方利民（天镇）建筑工业化有限公司
北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司
天津百利环保有限公司
天津合嘉金工建筑工业有限公司
中科建（北京）工程技术研究院有限公司

主要起草人员：杨思忠 田春雨 周 剑 吴 琼
陈 娟 郑 勇 朱 斌 陈发青
张 宁 任成传 赵志刚 田 东
李志光 谷月冬 刘建雄 史绍彰
张亚珊 高春风 赵亚军 彭 雄
常卫华 李 锋 吕鹤鸣 王忠河
刘 淳 卫 军 陶水忠 陈启林
王明贵 王涵章 李亚鹏 刘 洋
李 峥 丛茂林

主要审查人员：蒋勤俭 任宝双 谷明旺 高晓明
李志武 代伟明 赵 楠

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
4	材料	7
5	设计	9
5.1	一般规定	9
5.2	排布设计	10
5.3	作用组合及效应计算	14
5.4	承载力验算	19
5.5	变形验算	22
5.6	墙板性能验算	22
6	安装	24
6.1	一般规定	24
6.2	保温板预处理及铺设	25
6.3	拉结件安装	26
7	质量检验	31
7.1	进厂质量检验	31
7.2	安装质量检验	32
附录 A	金属拉结件产品规定	34
A.1	产品要求	34
A.2	产品出厂检验	36

T/BCMA 002—2021

A.3 产品型式检验 36

A.4 产品标志、合格证及说明书 38

A.5 产品包装、运输及贮存 39

附录 B 金属拉结件受拉承载力试验方法 40

附录 C 金属拉结件受剪承载力试验方法 43

附录 D 金属拉结件受压承载力试验方法 46

本规程用词说明 49

引用标准名录 50

附：条文说明 51

Contents

1	General	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
4	Materials	7
5	Design	9
5.1	General Requirements	9
5.2	Layout Design	10
5.3	Action Combination and Effect Calculation	14
5.4	Capacity Calculation	19
5.5	Deformation Calculation	22
5.6	Panel Performance Calculation	23
6	Installation	24
6.1	General Requirements	24
6.2	Pretreatment and Installation of Insulation Board	25
6.3	Installation of Connector	26
7	Quality Inspection	31
7.1	Incoming Quality Inspection	31
7.2	Installation Quality Inspection	32
Appendix A	Product Requirements of Mentor Connectors	34
Appendix A.1	Requirements of Product	34
Appendix A.2	Factory Inspection of Product	36

T/BCMA 002—2021

Appendix A.3 Type Inspection of Product 38

Appendix A.4 Sign, Certificate of Inspection and Instruction of
Product 38

Appendix A.5 Packaging, Transportation and Storage of Product .. 39

Appendix B Tension Test Method of Mentor Connectors 40

Appendix C Shear Test Method of Mentor Connectors 43

Appendix D Compression Test Method of Mentor Connectors 46

Explanation of Wording in This Specification 49

List of Quoted Standards 50

Addition: Explanation of Provisions 51

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外墙板 precast concrete sandwich facade panel

由内叶墙板、中间保温层、外叶墙板，通过拉结件系统连接形成的预制混凝土外墙板，简称夹心外墙板。

2.1.2 拉结件 connector

用于连接夹心外墙板中内、外叶墙板的配件。

2.1.3 板式拉结件 flat connector

平板状金属拉结件。

2.1.4 夹式拉结件 clip connector

由两根钢棒连续弯折后交叉焊接制成的夹子状金属拉结件，包括双肢夹式拉结件和单肢夹式拉结件。

2.1.5 桁架式拉结件 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金属拉结件，包括连续桁架式拉结件和独立桁架式拉结件。

2.1.6 针式拉结件 pin connector

由钢棒弯折制成的双头针状拉结件。

2.1.7 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。

2.1.8 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。

2.1.9 拉结件系统 connector system

同一夹心外墙板内，由所有支承拉结件和限位拉结件共同组成的系统。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。

2.1.10 拉结件系统支点 fulcrum of connector system

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。

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 —单个拉结件承受的剪力设计值；

N_t —单个拉结件承受的拉力设计值；

N_p —单个拉结件承受的压力设计值；

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；

$\alpha_{\max}$ —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 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。

3.0.2 夹心外墙板中拉结件系统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、桁架式拉结件系统。

3.0.3 采用金属拉结件系统的夹心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** 外叶墙板厚度不宜小于 60mm，内叶墙板厚度不宜小于 100mm；
 - 3** 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/mm^2 ；
 - 4** 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%。
- 3.0.4** 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。
- 3.0.5** 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 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；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工业密集区及沿海地区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 拉结件用不锈钢棒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。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。

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 $\sqrt{3}$ 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 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。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 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。

5.1.2 拉结件系统的设计宜按图 5.1.2 规定的流程进行。

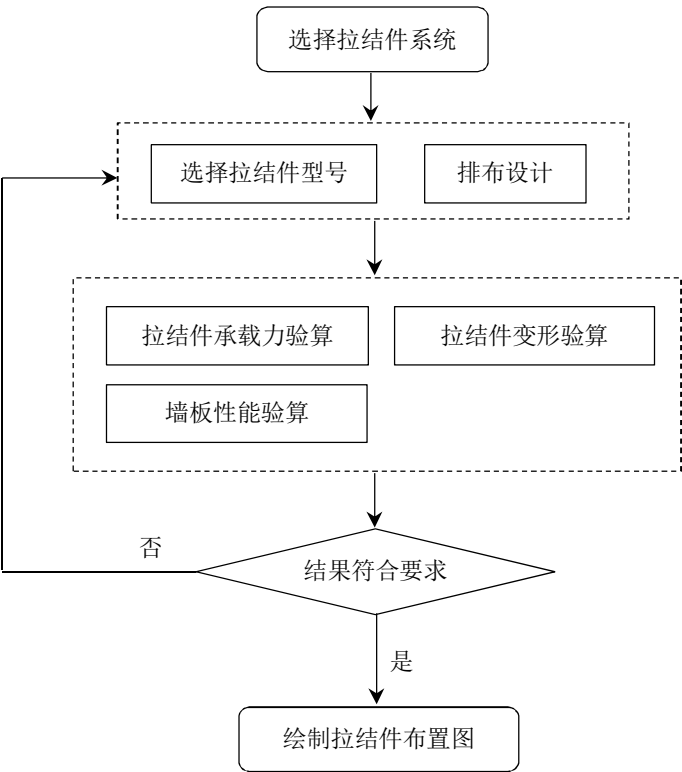


图 5.1.2 拉结件系统设计流程

5.1.3 拉结件的构造、锚固深度、保护层厚度、承载力取值等应符合本规程附录 A 的有关规定。

5.1.4 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。

5.2 排布设计

5.2.1 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；

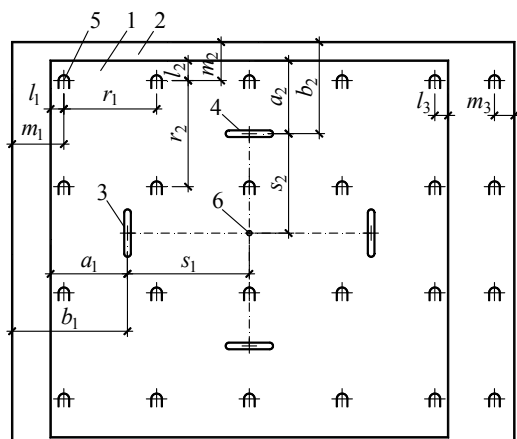
3 支承拉结件至支点的距离 s_1 、 s_2 不宜小于 500mm，至内叶墙板边缘的距离 $a_1 \sim a_3$ 、至外叶墙板边缘的距离 $b_1 \sim b_3$ 和至洞口边缘的距离 $c_1 \sim c_3$ 不宜小于 300mm；

4 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 $l_1 \sim l_3$ 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；

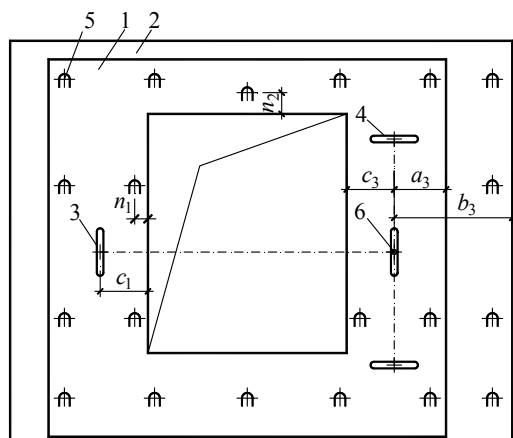
5 对有门洞夹心外墙板，门洞两侧范围宜按两个无洞口墙板分别排布，且宜分别设置不少于两个水平支承拉结件；

6 对尺寸不大于 400mm 的狭窄区域，限位拉结件宜按双排交

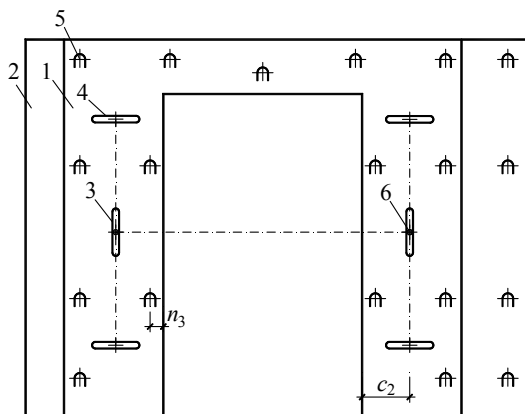
错布置。



(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

5.2.2 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；

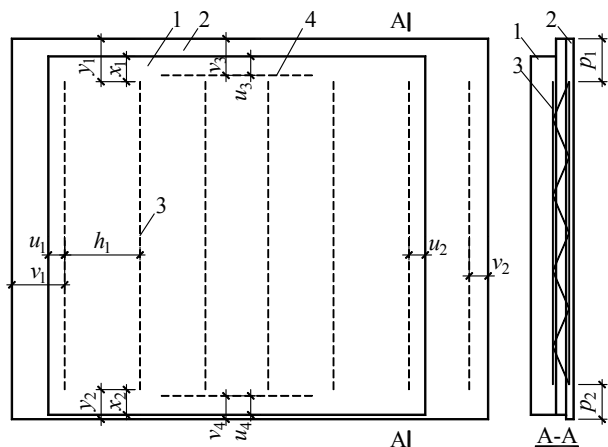
3 竖向桁架式拉结件应均匀、对称布置，间距 h_1 宜为 200mm~600mm；

4 桁架式拉结件沿长度的轴线至内叶墙板边缘的距离 $u_1 \sim u_3$ 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；

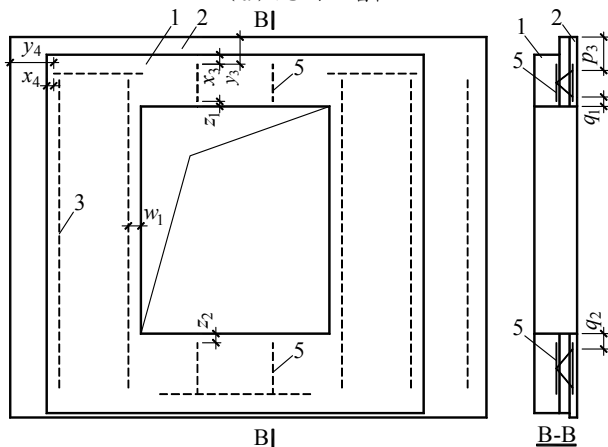
5 对端部外侧无拉结件的桁架式拉结件，其弦杆端部至内叶墙板边缘的距离 $x_1 \sim x_5$ 、至外叶墙板边缘的距离 $y_1 \sim y_5$ 和至洞口边

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 $p_1 \sim p_3$ 和至洞口边缘的距离 q_1 、 q_2 宜为 100mm~300mm；

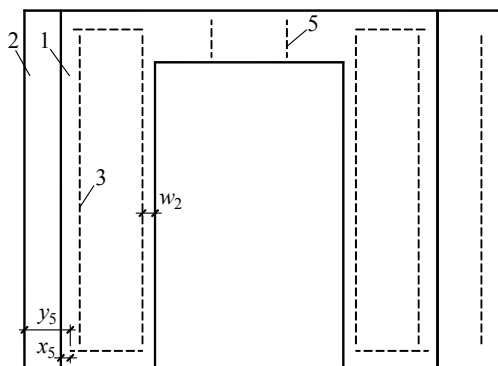
6 对宽度不大于 600mm 的狭窄区域，宜布置两道竖向桁架式拉结件。



(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

5.2.3 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 条和第 5.2.2 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。

5.2.4 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 条和第 5.2.2 条对拉结件至洞口边缘的距离要求。

5.3 作用组合及效应计算

5.3.1 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/m^2 ；

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。

5.3.2 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°C ，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°C ，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。

4 地震作用标准值可按下列公式计算：

$$F_{\text{Ehk}}=\beta_{\text{E}}\alpha_{\text{max}}G_{\text{k}} \tag{5.3.2-1}$$

$$F_{\text{Evk}}=0.65F_{\text{Ehk}} \tag{5.3.2-2}$$

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 5.3.2-2 采用；

G_{k} —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
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。

5.3.3 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：

$$S=\gamma_{\text{C}}(S_{\text{Sk}}+S_{\text{Ck}}) \tag{5.3.3-1}$$

2 使用阶段的持久设计状况，按下列公式中最不利值计算：

$$S=\gamma_{\text{G}}S_{\text{Gk}}+\gamma_{\text{W}}S_{\text{Wk}}+\gamma_{\text{T}}\psi_{\text{T}}S_{\text{Tk}} \tag{5.3.3-2}$$

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_T S_{Tk} + \gamma_W \psi_W S_{Wk} \quad (5.3.3-3)$$

3 使用阶段的地震设计状况：

在水平面内或面外地震作用下：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_W \psi_W S_{Wk} + \gamma_T \psi_T S_{Tk} \quad (5.3.3-4)$$

在竖向地震作用下：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \gamma_W \psi_W S_{Wk} + \gamma_T \psi_T S_{Tk} \quad (5.3.3-5)$$

式中：\$S\$ — 承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；

\$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，按外叶墙板自重标准值与保温层自重标准值之和计算；

\$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；

\$\gamma_C\$ — 生产及施工阶段荷载分项系数，应取 1.5；

\$\gamma_G\$ — 重力荷载分项系数，在持久设计状况下取 1.3，地震设计状况下取 1.2；

\$\gamma_W\$、\$\gamma_T\$ — 分别为风荷载分项系数、温度作用分项系数，在持久设计状况下均取 1.5，地震设计状况下均取 1.4；

\$\gamma_{Eh}\$、\$\gamma_{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，应取 1.3；

\$\psi_W\$、\$\psi_T\$ — 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。

5.3.4 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。

5.3.5 拉结件的内力和变形计算应符合下列规定：

1 板式拉结件系统和夹式拉结件系统，在外叶墙板自重和平行于外叶墙板方向的地震作用下，可将作用方向的支承拉结件作为外叶墙板支座，将作用施加于外叶墙板重心处，按力学平衡条件计算单个支承拉结件承受的剪力；

2 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，将作用施加于外叶墙板重心处，按力学平衡条件计算单根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腹杆拉力；

3 风荷载和垂直于外叶墙板方向的地震作用下，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 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；

6 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。

5.3.6 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。

5.4 承载力验算

5.4.1 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：

$$\gamma_0 S \leq R_d \quad (5.4.1-1)$$

$$R_d = R_k / \gamma_R \quad (5.4.1-2)$$

2 地震设计状况：

$$S \leq k R_d / \gamma_{RE} \quad (5.4.1-3)$$

式中： 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

凝土破坏时取 0.8；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。

5.4.2 针式拉结件和桁架式拉结件，均不应考虑其承受压力作用。

5.4.3 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。

5.4.4 单个板式拉结件的承载力应符合下列规定：

1 仅受拉时

$$N_t \leq N_{R,t} \quad (5.4.4-1)$$

2 仅受剪时

$$V \leq V_R \quad (5.4.4-2)$$

3 拉剪复合受力时

$$(N_t / N_{R,t})^{1.5} + (V / V_R)^{1.5} \leq 1 \quad (5.4.4-3)$$

4 仅受压时

$$N_p \leq N_{R,p} \quad (5.4.4-4)$$

5 压剪复合受力时

$$N_p / N_{R,p} + V / V_R \leq 1 \quad (5.4.4-5)$$

式中： V — 单个板式拉结件承受的剪力设计值；

N_t — 单个板式拉结件承受的拉力设计值；

N_p — 单个板式拉结件承受的压力设计值；

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。

5.4.5 单个夹式拉结件的承载力应符合下列规定：

1 仅受拉时

$$N_t \leq N_{R,t} \quad (5.4.5-1)$$

2 仅受剪时

$$V \leq V_R \quad (5.4.5-2)$$

3 拉剪复合受力时

$$N_t / N_{R,t} + V / V_R \leq 1 \quad (5.4.5-3)$$

4 仅受压时

$$N_p \leq N_{R,p} \quad (5.4.5-4)$$

5 压剪复合受力时

$$N_p / N_{R,p} + V / V_R \leq 1 \quad (5.4.5-5)$$

式中： V — 单个夹式拉结件承受的剪力设计值；

N_t — 单个夹式拉结件承受的拉力设计值；

N_p — 单个夹式拉结件承受的压力设计值；

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。

5.4.6 桁架式拉结件的承载力应符合下式规定：

$$N_t^I \leq N_{R,t}^I \quad (5.4.6)$$

式中： N_t^I — 桁架式拉结件单根腹杆承受的拉力设计值；

$N_{R,t}^I$ — 桁架式拉结件单根腹杆的受拉承载力设计值。

5.4.7 单个针式拉结件的承载力应符合下式规定：

$$N_t \leq N_{R,t} \quad (5.4.7)$$

式中： N_t — 单个针式拉结件承受的拉力设计值；

$N_{R,t}$ — 针式拉结件受拉承载力设计值。

5.4.8 板式拉结件系统和夹式拉结件系统在温度作用组合下，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。

5.5 变形验算

5.5.1 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。

5.5.2 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。

5.6 墙板性能验算

5.6.1 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。

5.6.2 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 $1/250$ 。

5.6.3 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。

6 安 装

6.1 一般规定

6.1.1 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。

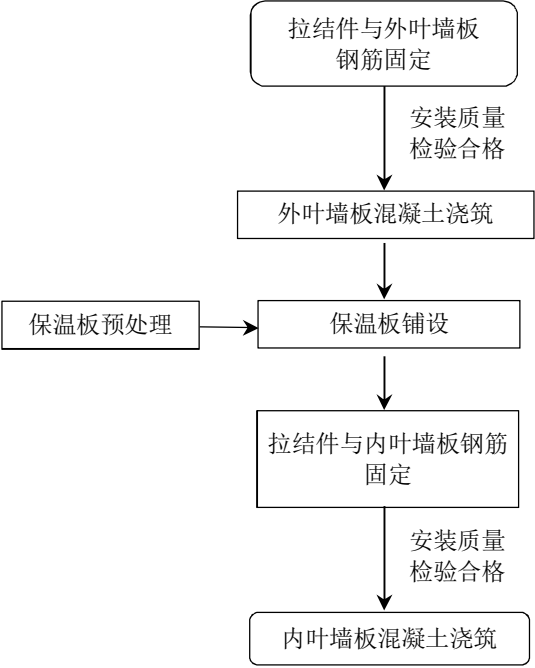


图 6.1.1 拉结件安装流程

6.1.2 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。

6.1.3 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。

6.1.4 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。

6.1.5 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。

6.1.6 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。

6.2 保温板预处理及铺设

6.2.1 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。

6.2.2 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）。

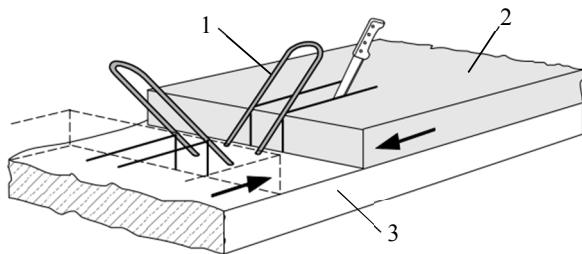


图 6.2.2 双肢夹式拉结件的保温板铺设

1—双肢夹式拉结件；2—保温板；3—外叶墙板

6.2.3 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）。

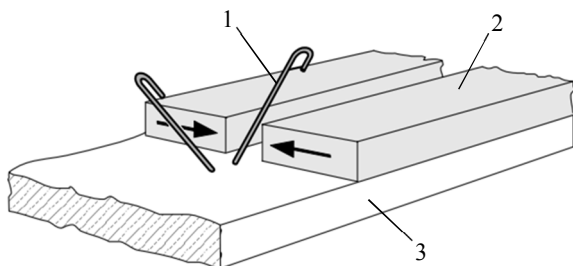


图 6.2.3 单肢夹式拉结件或桁架式拉结件的保温板铺设

1—单肢夹式拉结件或桁架式拉结件；2—保温板；3—外叶墙板

6.3 拉结件安装

6.3.1 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)；

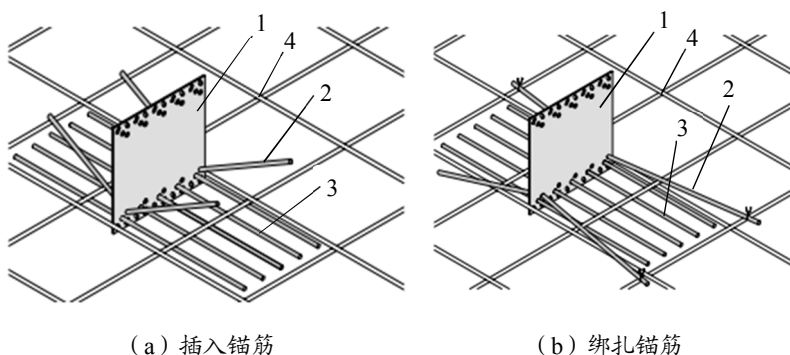


图 6.3.1-1 板式拉结件在外叶墙板内的安装方法

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，首先将折线锚筋穿入拉结件指定孔中并向拉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）。

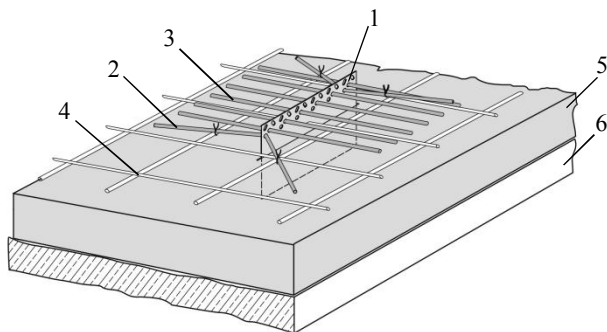


图 6.3.1-2 板式拉结件在内叶墙板内的安装方法

- 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

6.3.2 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。

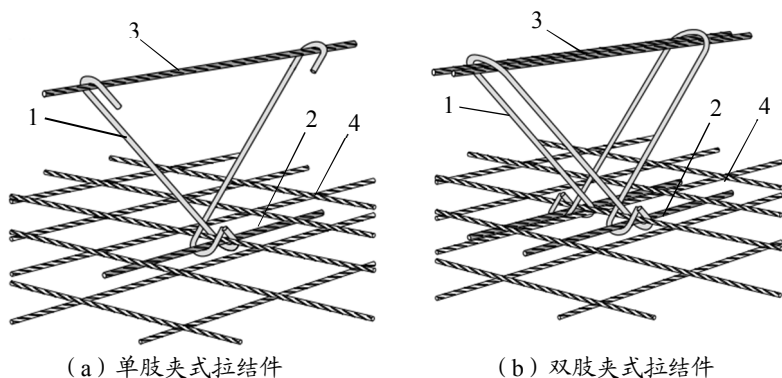


图 6.3.2 夹式拉结件安装方法

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

6.3.3 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）。

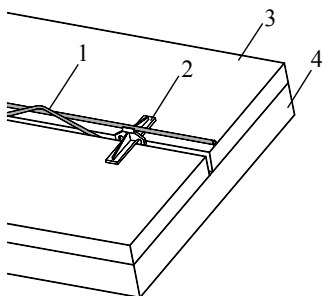


图 6.3.3 桁架式拉结件安装专用卡具

1—桁架式拉结件；2—专用卡具；3—保温板；4—外叶墙板

6.3.4 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；

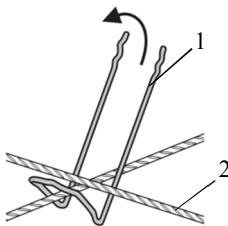


图 6.3.4-1 A 型针式拉结件与外叶墙板钢筋固定方法

1—针式拉结件；2—外叶墙板钢筋网片

2 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）。

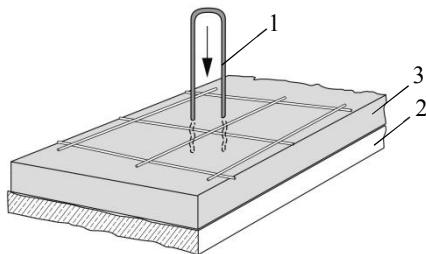


图 6.3.4-2 N 型针式拉结件安装方式

1—针式拉结件；2—外叶墙板；3—保温板

7 质量检验

7.1 进厂质量检验

7.1.1 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 型式检验报告内容应符合本规程附录 A 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 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 50000 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 4.0.2 条和附录 A 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 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 4.0.4 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。

7.2 安装质量检验

7.2.1 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：

1 拉结件的规格、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	板式、夹式、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 5mm
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°

附录 A 金属拉结件产品规定

A.1 产品要求

A.1.1 拉结件的材料要求详见本规程第 4 章。

A.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 5mm。

A.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 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。

A.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。

A.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 开口端应采取波纹或弯折等加强锚固措施；
- 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 端部混凝土保护层厚度不应小于 5mm。

A.1.6 拉结件的外观质量检验要求应符合表 A.1.6 的规定。

表 A.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	

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

表 A.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

拉结件类型	检验项目	允许偏差（mm）
	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

A.1.7 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：

$$R_k = \alpha_R \overline{R_t} (1 - 3.4\delta_R) \tag{A.1.7-1}$$

$$\alpha_R = \frac{1}{1 + 3(\delta_R - 0.2)} \tag{A.1.7-2}$$

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。

A.2 产品型式检验

A.2.1 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。

A.2.2 型式检验项目及方法应符合表 A.2.2 的规定，取样应从型式检验所针对的同一规格、同一材料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 A.2.2 型式检验项目及方法

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 A.1.6 条	观察
外形尺寸偏差	随机抽取 5 件	本规程第 A.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 B
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 C
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 D

A.2.3 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。

A.2.4 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拉结件的规格、材料和混凝土立方体抗压强度实测值。

A.3 产品出厂检验

A.3.1 出厂检验项目及方法应符合表 A.3.1 的规定。

表 A.3.1 出厂检验项目及方法

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 A.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 A.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

A.3.2 出厂检验组批规则：应以连续生产的同一规格、同一材料的 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。

A.3.3 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。

A.4 产品标志、合格证及说明书

A.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。

A.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 生产企业名称、联系方式等。

A.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。

A.5 产品包装、运输及贮存

A.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。

A.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、生产企业名称及联系方式等。

A.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。

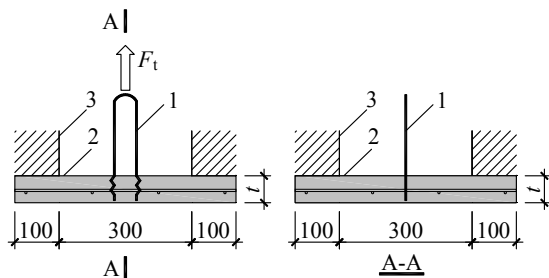
A.5.4 拉结件产品不得露天存放，应贮存在通风、干燥、防火、防水、防雨雪的库房内。

附录 B 金属拉结件受拉承载力试验方法

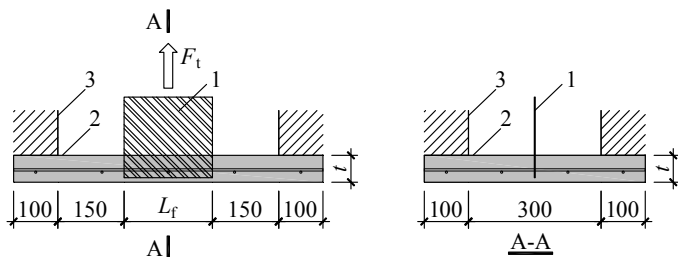
B.0.1 拉结件受拉试件设计应符合下列规定：

1 针式、板式拉结件试件由拉结件和混凝土板组成，其中针式拉结件开口端应朝下锚固于混凝土板；夹式、桁架式拉结件试件由拉结件、两层混凝土板、保温层及夹持钢筋组成，试验时应去除保温层；

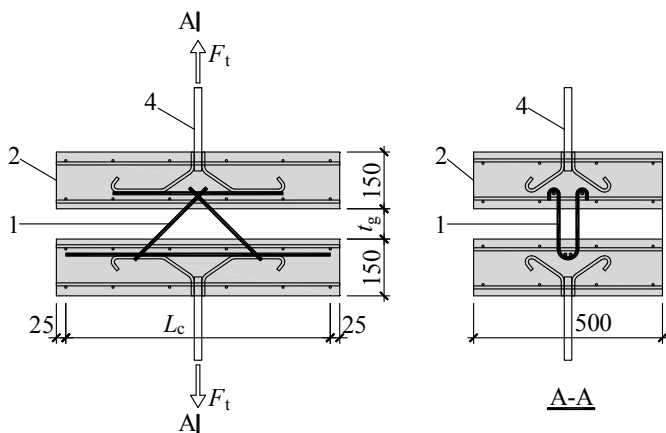
2 试件形式宜符合图 B.0.1 的规定，其中针式、板式拉结件试件的四边均采用压块固定，混凝土板厚度 t 一般应取 60mm，也可根据需要按实际工程取值；夹式、桁架式拉结件试件的保温层厚度 t_g 应与拉结件规格匹配；



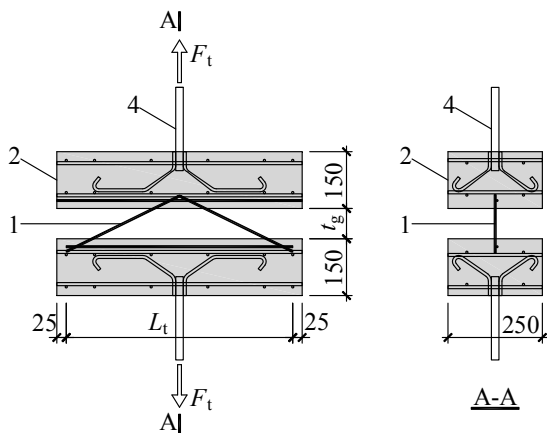
(a) 针式拉结件受拉试件



(b) 板式拉结件受拉试件



(c) 夹式拉结件受拉试件



(d) 桁架式拉结件受拉试件

图 B.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； L_f —板式拉结件长度； L_c —夹式拉结件锚固钢筋最大长度； L_t —连续桁架式拉结件单节弦杆长度或独立桁架式拉结件弦杆长度； F_t —拉力

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;

4 拉结件在混凝土板中的锚固深度及构造应按产品技术资料确定;

5 板式、针式拉结件试件的上端应与施加荷载的拉杆等装置可靠连接,应保证拉结件垂直均匀受力,同时应保证试验中连接处不发生破坏;

6 夹式、桁架式拉结件试件的夹持钢筋应采用带肋钢筋,且应按试件破坏时处于弹性状态设计,直径不应小于 20mm;夹持钢筋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;同时混凝土板中夹持钢筋锚固范围内应配置双层钢筋网片,钢筋网片的规格及其与拉结件的相对位置应按实际构造确定。

B.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 应采取措施保证试件破坏前不发生明显倾斜和扭转;

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;

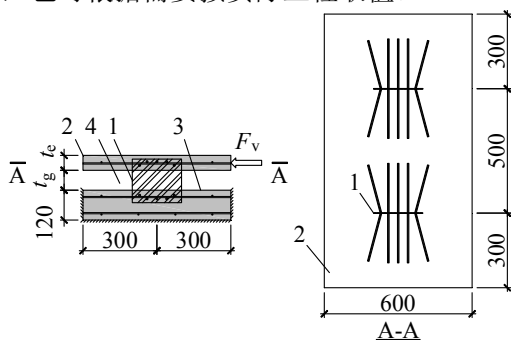
3 应记录试验过程中的荷载,取最大荷载作为试件承载力试验值。

附录 C 金属拉结件受剪承载力试验方法

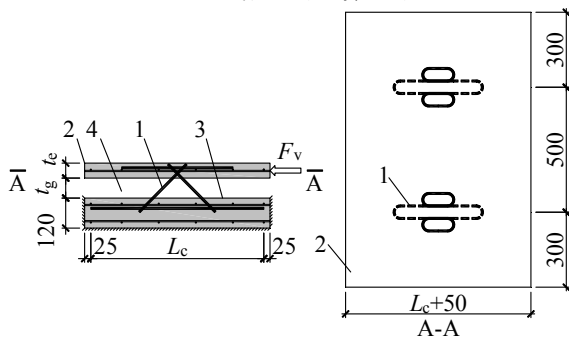
C.0.1 拉结件受剪试件设计应符合下列规定：

1 拉结件试件由拉结件、两层混凝土板和保温层组成。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；

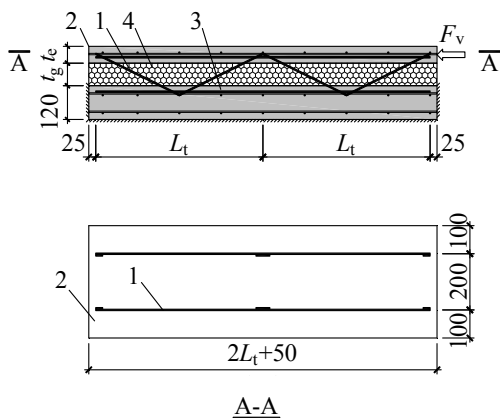
2 试件形式及拉结件的设置方向宜符合图 C.0.1 的规定，其中保温层厚度 t_g 应与拉结件规格匹配，上层混凝土板厚度 t_c 一般应取 60mm，也可根据需要按实际工程取值。



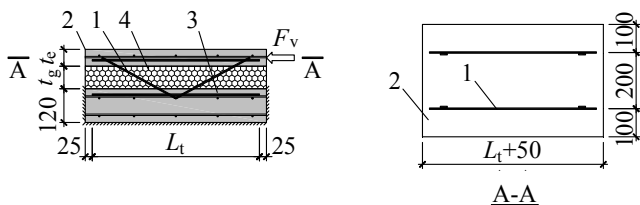
(a) 板式拉结件受剪试件



(b) 夹式拉结件受剪试件



(c) 连续桁架式拉结件受剪试件



(d) 独立桁架式拉结件受剪试件

图 C.0.1 金属拉结件受剪试件

1—拉结件；2—上层混凝土板；3—下层混凝土板；4—空腔或保温层；

L_t —连续桁架式拉结件单节弦杆长度或独立桁架式连接件弦杆长度；

L_c —夹式拉结件锚筋最大长度； F_v —推力

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。

4 拉结件在混凝土板中的锚固深度及构造应按产品技术资料确定。

5 上、下层混凝土板应分别按夹心外墙板的外叶墙板、内叶墙板配置钢筋。

C.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** 应采取措施保证试件破坏前不发生明显倾斜和扭转；
- 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。

C.0.3 试验加载和记录应符合下列规定：

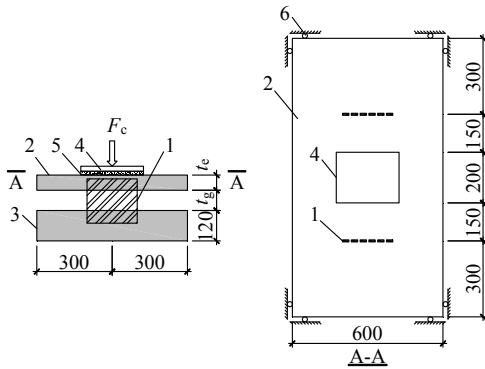
- 1** 应对试件沿水平连续、匀速施加荷载，加载速度应控制为 1kN/min~15kN/min，直至拉结件破坏或混凝土板破坏；
- 2** 应记录试验中发生的破坏现象，分析破坏模式；
- 3** 应记录试验过程中的荷载，取最大荷载作为试件承载力试验值。

附录 D 金属拉结件受压承载力试验方法

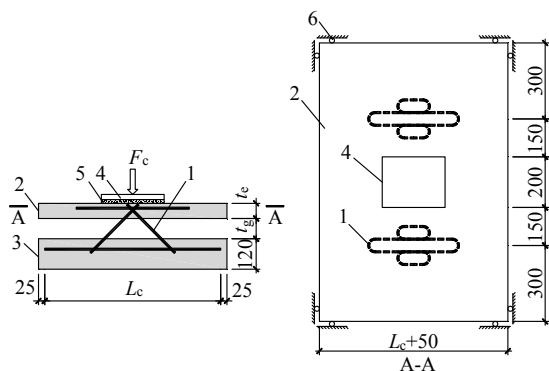
D.0.1 拉结件受压试件设计应符合下列规定：

1 板式、夹式拉结件试件由拉结件、两层混凝土板和保温层组成，试验时应去除保温层；

2 试件形式宜符合图 D.0.1 的规定，其中上层混凝土板厚度 t_c 一般应取 60mm，也可根据需要按实际工程取值；保温层厚度 t_g 应与拉结件规格匹配；夹式拉结件试件中拉结件的交叉端应位于上层混凝土板中；



(a) 板式拉结件受压试件



(b) 夹式拉结件受压试件

图 D.0.1 金属拉结件受压试件

1—拉结件；2—上层混凝土板；3—下层混凝土板；4—加载钢板；

5—砂垫层；6—侧向约束； L_c —夹式拉结件锚固钢筋最大长度； F_c —压力

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；

4 拉结件在混凝土板中的锚固深度及构造应按产品技术资料确定。

D.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，保证试件垂直受力，破坏前不发生侧移、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。

D.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。

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”。

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

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 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

北京市建设工程物资协会
北京建筑节能与环境工程协会

团体标准

预制混凝土夹心保温外墙板用 金属拉结件应用技术规程

**Technical specification for metallic connectors in
precast concrete sandwich facade panels**

T/BCMA 002—2021

条文说明

2021 北京

目 次

1	总则	55
2	术语和符号	56
2.1	术语	56
3	基本规定	60
4	材料	61
5	设计	63
5.1	一般规定	63
5.2	排布设计	63
5.3	作用组合及效应计算	64
5.4	承载力验算	66
5.5	变形验算	69
5.6	墙板性能验算	69
6	安装	71
6.1	一般规定	71
6.2	保温板预处理及铺设	71
6.3	拉结件安装	71
7	质量检验	72
7.1	进厂质量检验	72
7.2	安装质量检验	72
附录 A	金属拉结件产品规定	73
A.1	产品要求	73
附录 B~D		75

1 总 则

1.0.1 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，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。对金属拉结件，由于安装工艺比较简单，其应用日益广泛；但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。

为解决金属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。

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 A。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 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。本规程主要涉及非组合夹心外墙板。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。

2.1.2 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。

2.1.3 典型的板式拉结件构造如图 1 所示。

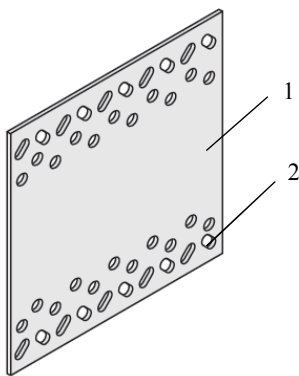


图 1 典型板式拉结件

1—钢板；2—开孔

2.1.4 典型的夹式拉结件构造如图 2 所示。

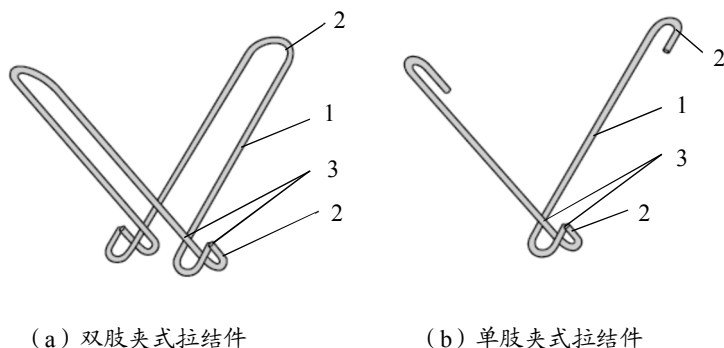


图 2 典型夹式拉结件

1—钢棒；2—弯折部位；3—焊接部位

2.1.5 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。

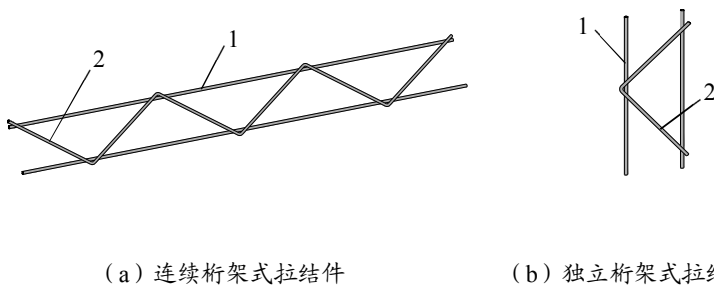
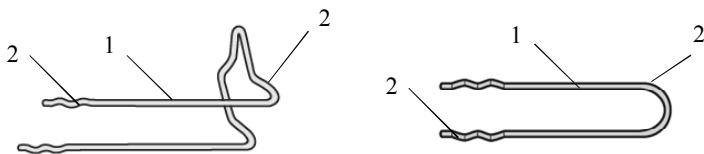


图 3 典型桁架式拉结件

1—钢弦杆；2—钢腹杆

2.1.6 典型的针式拉结件构造如图 4 所示。



(a) A 型针式拉结件 (b) N 型针式拉结件

图 4 典型针式拉结件

1—钢棒；2—弯折部位

2.1.7 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。

2.1.8 限位拉结件一般采用针式拉结件。

2.1.9 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。

2.1.10 拉结件系统支点如图 5 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。

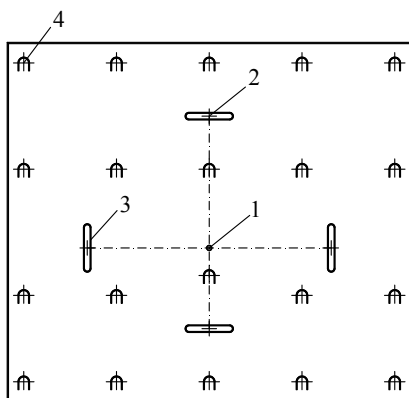


图5 拉结件系统支点示意

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 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。

3.0.2 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。

3.0.3 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外墙板，保温层厚度最大可达到 250mm。当夹心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 。

3.0.5 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。对大气环境腐蚀性高的工业密集区及沿海地区，应采用耐腐蚀性能更好的 S316xx 奥氏体型不锈钢或奥氏体-铁素体（双相）型不锈钢，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。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

5.1.2 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。

5.1.4 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。

5.2 排布设计

5.2.1 为承受夹心外墙板在运输、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。

5.2.2 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。

5.2.3 夹心剪力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。

5.2.4 拉结件排布时应与夹心外墙板中的钢筋及预埋件的位置相协调。此外，夹心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。

5.3 作用组合及效应计算

5.3.1 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。

5.3.2 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。

5.3.3 本条参照国家现行标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 和《预制混凝土外挂墙板应用技术标准》JGJ/T 458 的有关规定给出了拉结件承载力验算时作用组合效应的计算方法。

生产及施工阶段拉结件的作用相当于吊件或预埋件，按荷载分项系数取 1.5，结合实际的承载力分项系数 2.0~2.5，相当于安全系数为 3.0~3.75，符合国内目前预制构件中吊件或预埋件的设计原则。

对使用阶段的持久设计状况，应对两个作用组合分别计算，并取最不利值进行承载力验算。

5.3.5 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，支承拉结件承受的平行于外叶墙板方向且沿拉结件平

面的力称为支承拉结件承受的剪力，其本质上为作用于支承拉结件位于外叶墙板一端的集中力，在此集中力作用下，板式拉结件同时承受剪力和弯矩，夹式拉结件及桁架式拉结件的杆件承受拉力和压力。

自重及平行于外叶墙板方向的地震作用下，可按作用方向的支承拉结件独自承担该方向的作用来计算单个支承拉结件承受的剪力；风荷载及垂直于外叶墙板方向的地震作用下，支承拉结件和限位拉结件承受拉力或压力。

外叶墙板内外侧温差作用下，支承拉结件和限位拉结件承受拉力或压力；夹心外墙板内外表面温差作用下，板式拉结件和夹式拉结件主要承受平行于外叶墙板方向且垂直于拉结件平面的剪力，桁架式拉结件同时承受沿桁架平面和垂直桁架平面的剪力，针式拉结件承受垂直于长度方向的剪力。对温度作用下的拉结件内力及变形，如果没有可靠的理论及试验依据，均应按有限元方法计算。

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。

5.3.6 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。

5.4 承载力验算

5.4.1 拉结件连接本质上属于夹心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 对连接节点承载能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。

5.4.2 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。

5.4.3 规程编制组针对针式拉结件、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。

对板式拉结件系统和夹式拉结件系统，当限位拉结件采用针式拉结件时，拉结件系统需依靠支承拉结件和保温层同时承受压力。对桁架式拉结件系统，一般按保温层单独承受压力考虑。

计算保温层的压应力设计值时，作用及作用组合应符合本规程第 5.3.3 条的规定。

5.4.4 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。

5.4.5 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。

5.4.6 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。

5.4.8 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。

5.5 变形验算

5.5.1 正常使用时，为保证外叶墙板自重作用下外叶墙板的竖向位移不对夹心外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。

5.5.2 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。

5.6 墙板性能验算

5.6.1 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。

5.6.2 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。

5.6.3 夏季夹心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。

6 安 装

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.2 保温板预处理及铺设

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。

6.3 拉结件安装

本节给出了常用的拉结件安装方法，拉结件的安装方法应便于操作且容易保证安装精度。

7 质量检验

7.1 进厂质量检验

本规程“进厂”的“厂”指生产夹心外墙板的工厂。

拉结件的进厂质量检验内容包括质量证明文件、外观质量和尺寸偏差、材料化学成分、材料力学性能。

拉结件的产品型式检验报告、出厂检验报告、合格证应符合本规定附录 A 的有关规定。

7.2 安装质量检验

拉结件的安装质量检验内容包括拉结件的规格、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等。本节给出了各项检验内容的质量要求、检查数量及检验方法。

附录 A 金属拉结件产品规定

A.1 产品要求

A.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。

A.1.3 双臂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。

A.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。

A.1.5 针式拉结件开口端应通过设置波纹段或弯折段等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 2.1.6 条说明中的 A 型所示。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。

A.1.7 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。为考虑实际工程中拉结件承载力存在的难以避免的离散性及避免试验结果失真，规定试验值的变异系数不应大于 0.3 且小于 0.1 时应取 0.1。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。

附录 B~D

根据规程编制组进行的拉结件受拉、受剪和受压试验，并结合国内外相关技术资料对拉结件的试验方法作了详细规定。

团体标准
《预制混凝土夹心保温外墙板用金属拉结件应用技术规程》
(T/BCMA 002—2021)
(2021 年 4 月第 1 版)

* * * * *

北京市建设工程物资协会
北京建筑节能与环境工程协会
版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄回我会退换

地 址：100045，北京市西城区南礼士路头条三号
电 话：010-88070912，010-88070906