

ICS 91.100.30

CCS A 14

CCPA

中国混凝土与水泥制品协会标准

T/CCPA XX—202X

装配式建筑构件用预埋吊件应用技术标准

Technical specification for application of anchors for lifting and handling of
Precast concrete components

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国混凝土与水泥制品协会 发布

前 言

根据中国混凝土与水泥制品协会《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（第二批）的通知》（中制协字〔2022〕18 号）的要求（计划号 2022-02-cbjh），标准编制组经广泛调查研究，参考国内外相关标准，总结、借鉴和吸收国内外近年来装配式建筑中预制混凝土构件用预埋吊件的实际应用经验，广泛征求意见，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 材料与组件；4. 设计；5. 吊件安装要求；6. 施工吊装要求；7. 质量检验。

本标准由中国混凝土与水泥制品协会负责管理，由北京预制建筑工程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，请邮寄至北京预制建筑工程研究院有限公司（地址：北京市丰台区富丰路 2 号星火科技大厦 9 层，邮政编码：100070，电话：010-63772088）。

主 编 单 位： 北京预制建筑工程研究院有限公司
北京榆构有限公司
中国混凝土与水泥制品协会

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 录

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	材料与组件	6
3.1	材料及配件	6
3.2	预埋吊件	8
4	设计	18
4.1	一般规定	18
4.2	设计	20
5	吊件安装要求	23
6	施工吊装要求	24
6.1	一般规定	24
6.2	吊装要求	25
6.3	支撑安装	25
7	质量检验	26
7.1	产品进厂检验	26
7.2	吊件安装过程检验	26
附录 A	钢筋吊环应用技术要求	28
附录 B	预埋吊件锚固承载力试验方法	29
附录 C	预埋吊件承载力计算方法	32
	用词说明	40
	引用标准名录	41
附：	条文说明	42

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Material and Assembly.....	6
3.1	Material and Embedded parts	6
3.2	Embedded Anchors	8
4	Design	18
4.1	General Requirements	18
4.2	Design Selection	20
5	Installation Requirements for Embedded Anchors	23
6	Lifting Requirements for Construction	24
6.1	General Requirements	24
6.2	Lifting Requirements	25
6.3	Support Installation	25
7	Quality Inspection	26
7.1	Incoming Quality Inspection	26
7.2	Installation Process Inspection	26
	Appendix A Technical Requirements for The Application of Steel Lifting Rings.....	28
	Appendix B Test Method for Anchoring Capacity of Embedded Anchors.....	29
	Appendix C Calculation Method of Bearing Capacity of Embedded Anchors.....	32
	Explanation of Wording	40
	List of Quoted Standards	41
	Addition: Explanation of Provisions	42

1 总则

1.0.1 为规范装配式建筑构件用预埋吊件的应用，做到安全可靠、经济适用、技术先进、保证质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于土木与建筑工程领域普通混凝土预制构件在生产与使用过程中各类预埋吊件的设计选用、生产安装、吊装施工及质量检验。

1.0.3 装配式建筑构件用预埋吊件的应用除应符合本标准外，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 预埋吊件 embedded anchors

预先埋入预制混凝土构件中，用于构件吊装或临时支撑连接的金属件，通常与提升吊件配套使用。预埋吊件按吊具连接形式可分为吊钉型吊件、套筒型吊件、吊板型吊件等三大类。

2.1.2 吊钉型吊件 double-headed stud anchor

一种两端分别设有球头和扩头构造的金属杆，扩头端预埋在混凝土中提供锚固力，球头端外露与专用万向吊头连接。

2.1.3 套筒型吊件 socket lifting anchor

一种由内螺纹套筒和锚固端组成的金属组件，锚固端预埋在混凝土中提供锚固力，锚固端包括连接钢板、扩头锚固端、销栓、锚筋等连接构造类型，内螺纹套筒与配套提升吊件连接。

2.1.4 吊板型吊件 spread head lifting anchor

一种端部带吊装孔、尾部带有锚固构造的板式金属件，由埋设在混凝土中扩头及其锚筋提供锚固力，钢板端部的吊装孔与配套吊环连接。

2.1.5 预埋吊件的抗力 lifting anchor bearing capacity

预埋吊件本身破坏或其周边混凝土破坏的承载力标准值的较小值。

2.1.6 安全载荷 safety load

预埋吊件的抗力除以相应工况下的安全系数后所得的载荷许用值。

2.1.7 临界边距 critical edge distance

避免混凝土在未达到混凝土临界承载力时发生边缘破坏的预埋吊件中心至构件边缘最小距离。

2.1.8 附加钢筋 supplementary reinforcement

为避免吊件周边混凝土过早发生破坏所附加配置的钢筋。

2.1.9 吊装角度 lifting angle

在预制构件吊装过程中，预埋吊件的连接吊环及其所用吊索与水平面所形成的夹角。

2.1.10 提升器 lifting key

与预埋吊件配套使用的专用吊装配件，一般分为专用万向吊头、配套吊环等。

2.1.11 成型定位器 recess former

一种与预埋吊件组合使用的配件，在预制混凝土构件浇筑成型时预先埋入的成型定位装置。

2.2 符号

2.2.1 材料参数

- f_{ck} — 混凝土轴心抗压强度标准值；
 f_{yk} — 吊件钢材的屈服强度标准值；
 f_{tk} — 吊件钢材的极限抗拉强度标准值；
 f_y — 吊件钢材的抗拉强度设计值；
 $f_{ck,cube}$ — 混凝土立方体抗压强度标准值。

2.2.2 作用、作用效应和抗力

- R_c — 吊件承载力设计值；
 R_k — 吊件承载力标准值；
 \bar{R}_t — 吊件承载力试验值的算术平均值；
 V — 吊件剪力设计值；
 N — 吊件拉力设计值；
 $N_{R,c}$ — 混凝土破坏时吊件受拉承载力设计值；
 $N_{R,s}$ — 吊件钢材破坏时吊件受拉承载力设计值；
 $V_{R,c}$ — 混凝土破坏时吊件受剪承载力设计值；
 $V_{R,s}$ — 吊件钢材破坏时吊件受剪承载力设计值。

2.2.3 几何参数

- A_s — 吊件的截面面积；
 d — 吊件的公称直径；
 d_s — 钢筋直径；
 c — 边距，预埋吊件轴线到边缘的距离；
 h_{ef} — 吊件的锚固长度。

2.2.4 计算系数及其他

- K_C — 吊件安全系数；
- K — 吊件承载力标准值计算用系数；
- δ_R — 吊件承载力试验值的变异系数，为吊件承载力试验值标准偏差与算术平均值之比；
- γ_{MS} — 吊件材料安全系数；
- γ_{MC} — 混凝土材料安全系数。

3 材料与组件

3.1 材料及配件

3.1.1 安装预埋吊件的预制构件混凝土等级不宜低于 C30，且不应低于 C25。

3.1.2 吊钉型吊件用钢材及其性能应符合下列规定：

1 普通钢吊件原材料宜采用性能不低于 Q355B 等级的低合金高强度结构钢。低温环境下，应根据吊装环境温度区间选用质量等级 C、D、E 或 F 的结构钢。其力学性能、化学成分、冲击试验的温度和冲击吸收能量应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

2 不锈钢吊件宜采用统一数字代号为 S304xx，S316xx 的奥氏体不锈钢，对大气环境腐蚀性非常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）不锈钢。不锈钢吊件的牌号及化学成分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 的规定，力学性能应符合现行国家标准《不锈钢棒》GB/T 1220、《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237 的规定。

3.1.3 套筒型吊件用钢材及其性能应符合下列规定：

1 普通钢套筒的原材料宜采用性能不低于 Q355B 或 45#钢的碳素结构钢，碳素结构钢吊件用内螺纹套筒性能应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163 的有关规定，尚应符合表 3.1.3 的要求；

2 不锈钢套筒的原材料宜采用统一数字代号为 S304xx，S316xx 的奥氏体不锈钢，对大气环境腐蚀性非常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）不锈钢，不锈钢吊件用内螺纹套筒性能应符合现行国家标准《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975 或《不锈钢棒》GB/T 1220 的要求，尚应符合表 3.1.3 的要求。

表 3.1.3 吊件用套筒原材料力学性能

项目	性能指标
规定塑性延伸强度/MPa	≥ 330

抗拉强度/MPa	≥ 510
断后伸长率/%	≥ 19

3.1.4 吊板型吊件用钢材及其性能应符合下列规定：

1 吊板型吊件所用钢板宜采用性能不低于 Q355B 等级的热轧结构钢制作，其性能应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定；

2 在低温环境下，应根据吊装环境温度区间选用质量等级 C、D、E 或 F 的结构钢。

3.1.5 套筒型吊件所用锚板可采用性能不低于 Q355B 的钢板制作，且锚板与套筒的连接应采用气体保护焊工艺进行全周长满焊。

3.1.6 套筒型吊件所用销栓宜采用 HRB400、HRB500 热轧钢筋制作，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。

3.1.7 预埋吊件所用锚筋宜采用未经冷加工的 HPB300 钢筋或 Q235 级圆钢制作，其性能应分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013 和《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

当锚筋采用带肋钢筋时，宜采用不低于 HRB335 级钢筋制作，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。

3.1.8 焊接材料应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB/T 50661 的相关规定，不锈钢吊件用焊接材料尚应符合现行国家标准《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713 的相关规定。吊件采用钢筋焊接的焊缝应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

3.1.9 预埋吊件宜进行防腐处理。采用热浸镀锌防腐处理时，镀锌工艺、最小镀层厚度应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912 的相关规定。采用电镀锌处理时，镀锌工艺应符合现行国家标准《金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层》GB/T 9799 的有关规定。

3.1.10 与吊钉型吊件、套筒型吊件和吊板型吊件配套使用的提升器宜采用低合

金高强度结构钢或统一数字代号为 S304xx, S316xx 的不锈钢制作。

3.1.11 与吊钉型吊件、吊板型吊件配套使用的成型定位器宜采用具有良好耐久性、耐磨、耐腐蚀、抗老化特性的橡胶制作；也可采用具有经久耐用的钢制品或磁性材料制品的成型定位器。

3.2 预埋吊件

3.2.1 预埋吊件外表面不应有影响使用性能的结疤、麻面、裂纹、夹渣等质量缺陷。

3.2.2 需要焊接的预埋吊件焊缝应饱满，宜采用穿孔塞焊且应采取有效措施消除焊接温度应力，并应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB/T 50661、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的规定。

3.2.3 吊钉型吊件-圆头吊钉的总长度 H 不应小于 6 倍的杆直径 d ，同时其尺寸允许偏差应满足表 3.2.3 中的相关要求。

表 3.2.3 吊钉型吊件的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	吊杆高度 H	± 2
2	头钉直径 d_1	± 1
3	杆直径 d	$-0.3, +1$
4	底钉直径 d_2	± 2
5	顶头高度 H_1	± 0.5
6	顶头及过渡端高度 H_2	± 0.5
7	底钉高度 H_3	$0, +1.5$

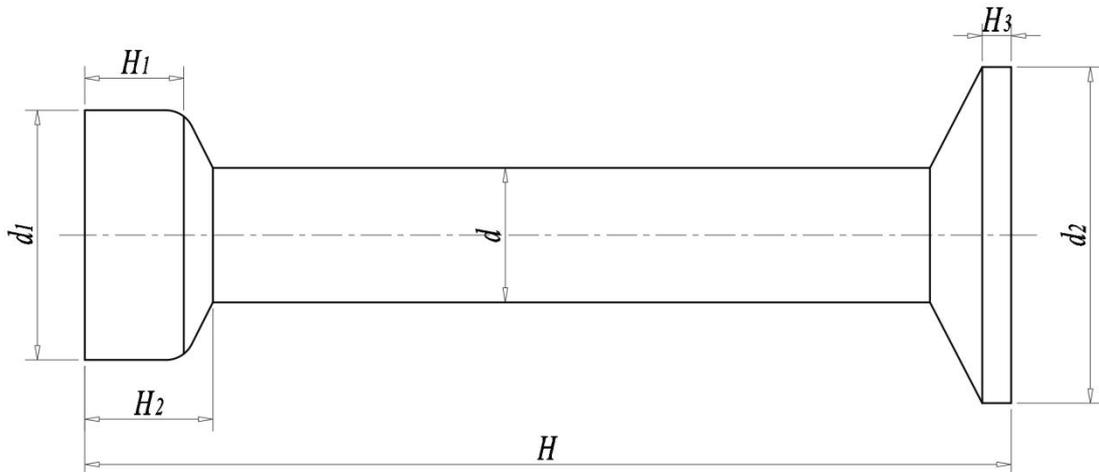


图 3.2.3 吊钉型吊件-圆头吊钉示意图

3.2.4 销栓式吊钉型吊件的带孔吊钉的总长度 H 不应小于 5 倍的杆直径 d ，销栓的长度不应小于其直径的 20 倍，其尺寸允许偏差应满足表 3.2.4 中的相关要求。

表 3.2.4 销栓式吊钉型吊件的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	吊杆高度 H	± 2
2	头钉直径 d_1	± 1
3	杆直径 d	$-0.3, +1$
4	底钉直径 d_2	± 2
5	底钉高度 h	$0, +1.5$
6	底钉孔直径 c	$0, +1$

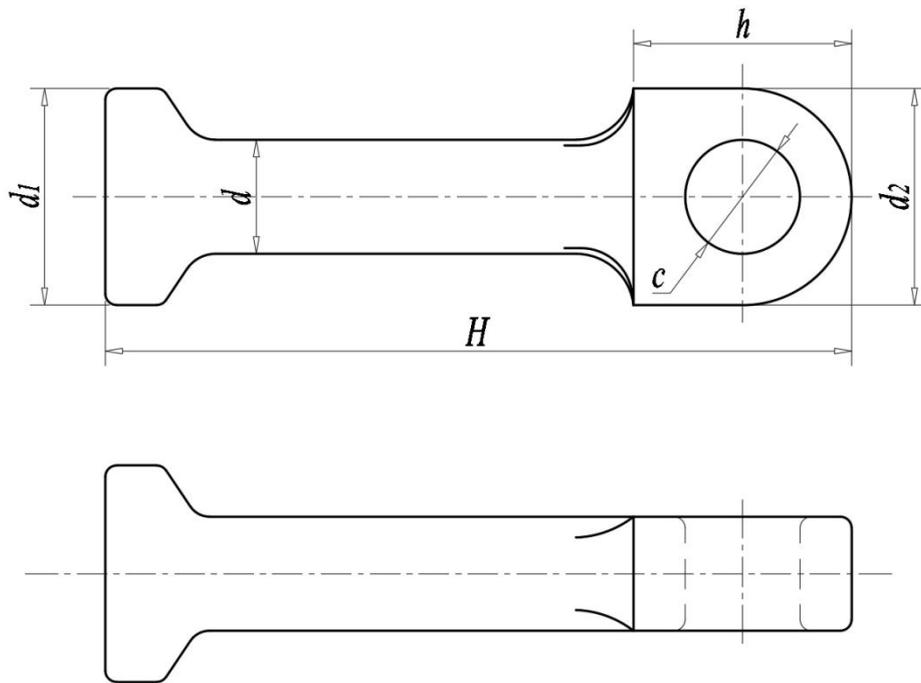


图 3.2.4 吊钉型吊件-带孔吊钉示意图

3.2.5 锚板式套筒型吊件整体高度 H 应大于等于 3 倍的套筒外径 d_0 ，同时其尺寸允许偏差应满足表 3.2.5 中的相关要求。

表 3.2.5 锚板式套筒型吊件的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	
1	吊件高度	整体高度 H	± 1

		套筒内螺纹长度 e	± 1
2		套筒内螺纹公称直径 d_i	± 0.5
3		套筒外径 d_o	± 1
4		套筒壁厚	$0, +0.3$
5		锚板长度 L	± 1
6		锚板宽度 B	± 1
7		锚板厚度	± 0.2
8		锚板与套筒轴线夹角 (单位: $^\circ$)	± 2
9		中心线位置	1
10		螺纹长度	$0, 3P$
注: 螺纹长度应满足 GB/T 9145 中 6H 级精度中等旋合长度的要求。			

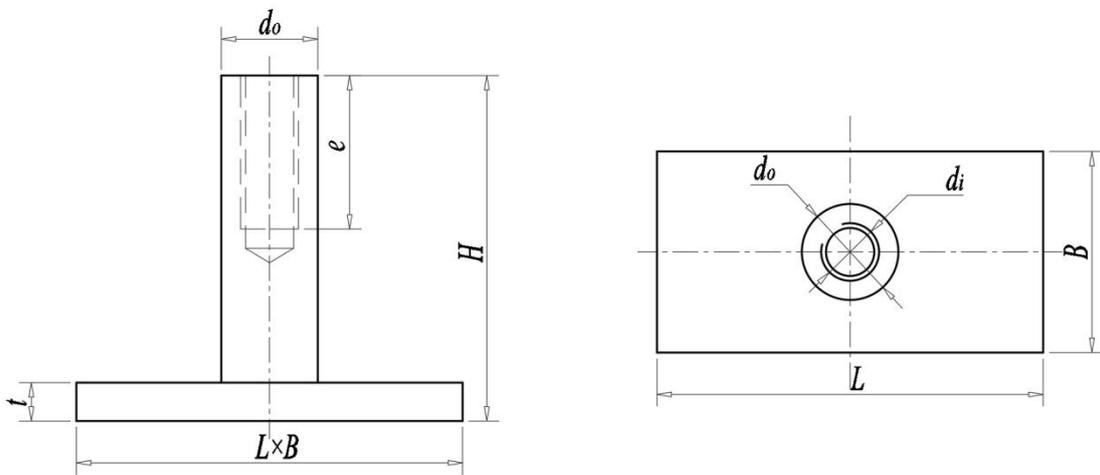


图 3.2.5 锚板套筒型吊件示意图

3.2.6 销栓式套筒型吊件应符合下列规定:

- 1 钢筋销栓整体高度 H 不应小于 6 倍的套筒外径 d_o ;
- 2 销栓孔直径 c 应比销栓直径 d 大 3mm, 且不应大于套筒外径 d_o 的 $1/2$;
- 3 销栓吊件的销栓长度 L 不应小于其直径 d 的 20 倍;
- 4 销栓孔至套筒底部距离 h 不宜小于 $1/2 d_o$, 且不应小于 5mm;
- 5 销栓式套筒型吊件尺寸允许偏差应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 销栓式套筒型吊件的尺寸允许偏差

序号	项目		允许偏差 (mm)
1	吊件高度	整体高度 H	± 1
		套筒内螺纹长度 e	± 1
2	套筒内螺纹公称直径 d_i		± 1
3	套筒外径 d_o		± 1

4	套筒壁厚	0, +0.3
5	销栓孔直径 C	± 1
6	销栓孔至套筒底部距离 h	± 1
7	螺纹长度	0, 3P
注：内螺纹精度应满足 GB/T 9145 中 6H 级精度中等旋合长度的要求。		

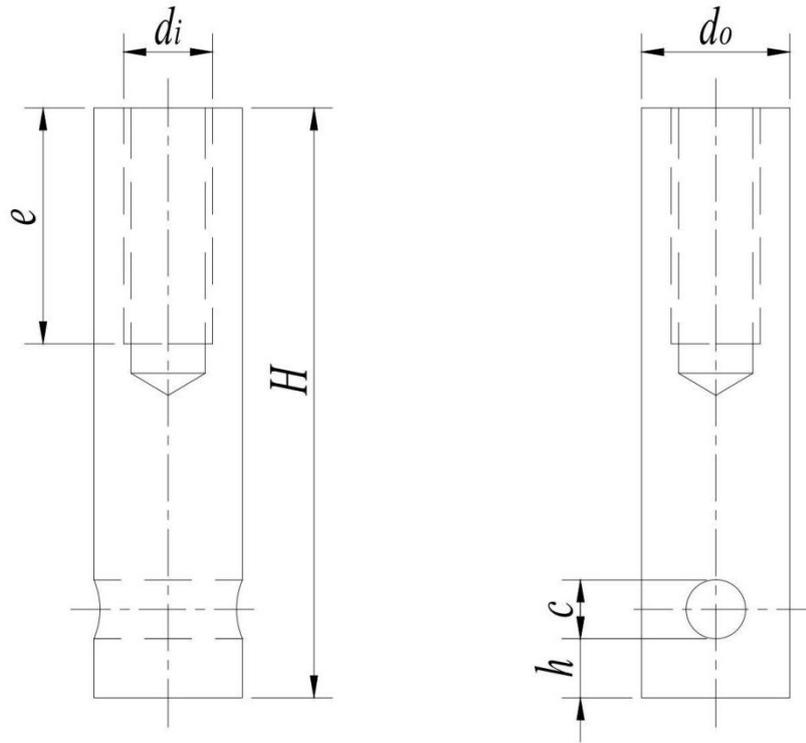


图 3.2.6 销栓套筒型吊件示意图

3.2.7 缩口压扁式的销栓式套筒型吊件应符合下列规定：

- 1 销栓孔直径 c 应比销栓直径 d 大 3mm，且不应大于套筒外径 d_o 的 1/2；
- 2 销栓孔至套筒底部距离 h 不应小于 10mm；
- 3 缩口压扁式的销栓式套筒型吊件尺寸允许偏差应符合表 3.2.7 的规定。

表 3.2.7 缩口压扁式的销栓式套筒型吊件的尺寸允许偏差

序号	项目		允许偏差 (mm)
1	吊件高度	整体高度 H	± 1
		套筒内螺纹长度 e	± 1
2	套筒内螺纹公称直径 d_i		± 1
3	壁厚 w		0, +1

4	套筒外径 d_o	± 1
5	销栓孔直径 c	± 1
6	销栓孔至套筒底部距离 h	± 1
注：内螺纹精度应满足 GB/T 9145 中 6H 级精度中等旋合长度的要求。		

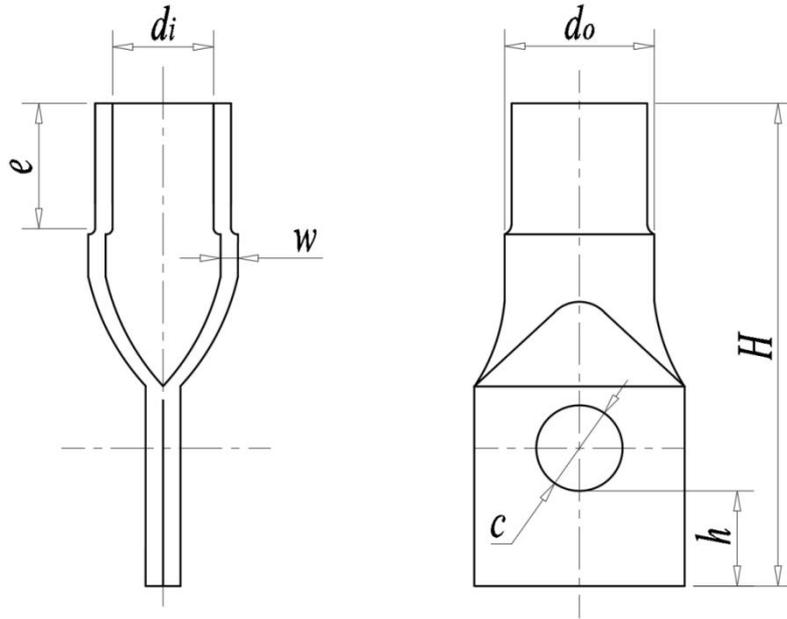


图 3.2.7 缩口压扁式的销栓式套筒型吊件示意图

3.2.8 锚筋式套筒型吊件应满足以下要求：

- 1 吊件长度 $L \geq 25d$ 且不宜小于 300mm；
- 2 锚筋式套筒型吊件的尺寸允许偏差应符合表 3.2.8 中的规定。

表 3.2.8 锚筋式套筒型吊件尺寸允许偏差

序号	名称	允许偏差值
1	吊件锚固长度 L	+3
2	吊环锚固段末端弯钩长度 L_1	+2
3	弯钩偏心距离 L_2	+2
4	弯钩末端长度 L_3	+2
5	套筒总长度 H	+2
6	套筒螺纹长度 E	+2
7	套筒与弯钩连接长度 h	+2
8	套筒外直径 D	+1
9	套筒内螺纹尺寸 M	标准螺纹尺寸偏差
10	锚筋直径 d	+1
11	吊环锚固段末端弯钩半径 R	+1

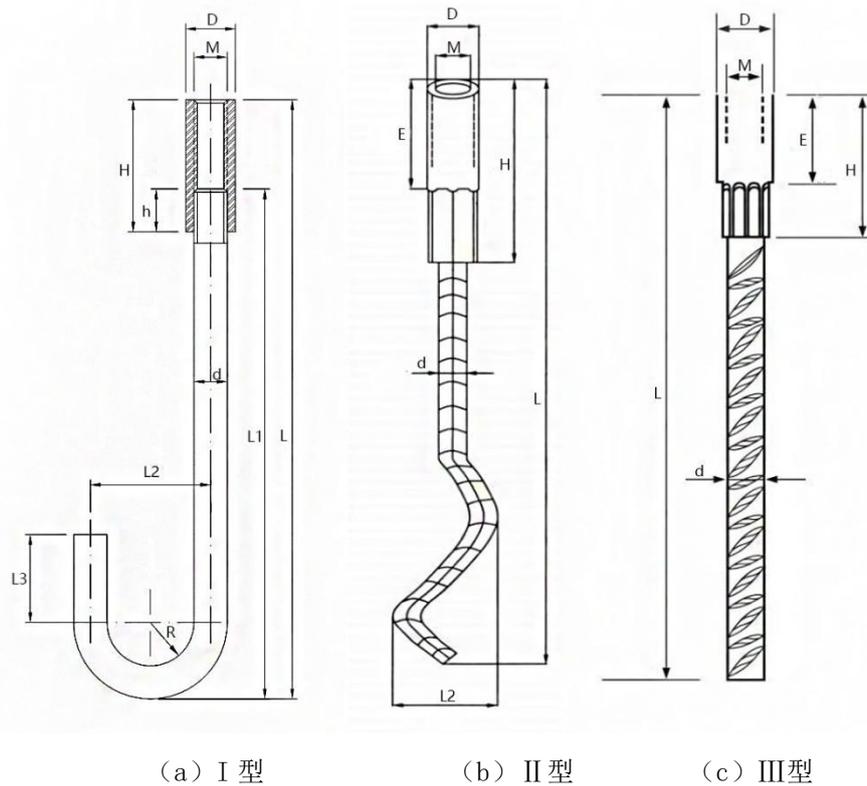


图 3.2.8 锚筋式套筒型吊件示意图

3.2.9 扩头式吊板型吊件应符合下列规定：

- 1 扩头式吊板型吊件的高度不宜小于 90mm；
- 2 扩头夹角不宜小于 90° ；
- 3 扩头宽度 b 不应小于钢板厚度 t 的 5 倍；
- 4 扩头式吊板型吊件尺寸允许偏差应符合表 3.2.9 的规定。

表 3.2.9 扩头式吊板型吊件的尺寸允许偏差表

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	吊件高度 h	± 2
2	扩头宽度 b	± 2
3	吊件厚度 t	± 1
4	扩头夹角 α	± 3

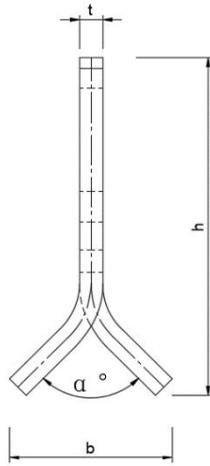


图 3.2.10 扩头式吊板型吊件示意图

3.2.10 直板式吊板型吊件的尺寸允许偏差表应符合表 3.2.10 的规定。

表 3.2.10 直板式吊板型吊件的尺寸允许偏差表

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	吊件长度 L	± 3
2	吊件宽度 W	± 1
3	吊件厚度 T	± 0.5
4	椭圆吊拉孔	± 0.5
5	圆形钢筋孔 HD	$+1.5$

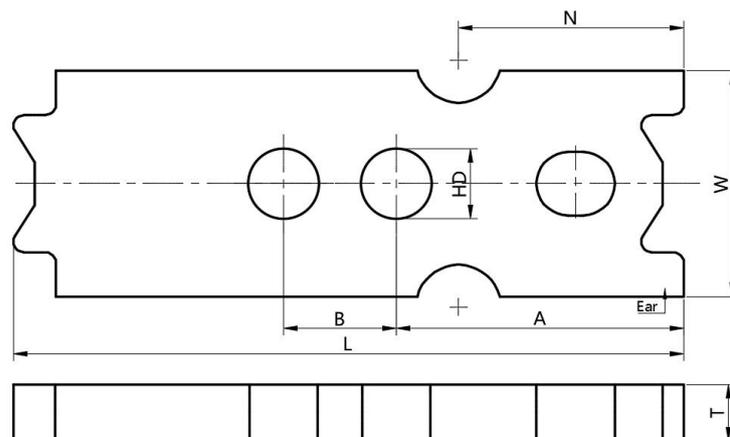


图 3.2.10 直板式吊板型吊件示意图

3.2.11 提升器与预埋吊件应匹配使用，套筒型吊件提升器尺寸允许偏差应

满足表 3.2.11-1 的要求；吊钉型吊件和吊板型吊件提升器尺寸允许偏差应满足表 3.2.11-2 的要求。

表 3.2.11-1 套筒型吊件提升器的尺寸允许偏差

序号	项目		允许偏差 (mm)
1	吊环高度	有效高度 C	± 1
		吊环螺纹长度 F	± 1
2	吊环螺纹公称直径 M		± 1
3	链环有效高度 B		± 1
4	链环有效宽度 A		± 1
5	链环直径 d		0, +0.5
6	旋转螺杆高度 D		± 1

注：螺纹精度应满足 GB/T 9145 中 6G 级精度中等旋合长度的要求。

表 3.2.11-2 吊钉型吊件和吊板型吊件提升器的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	吊钩高度 l	± 1
2	吊钩宽度 b	± 1
3	起挂范围高度 g	± 1
4	起挂点高度 c	± 1
5	钩挂口宽度 h	0, +0.5
6	钩挂口厚度 m	0, +0.5

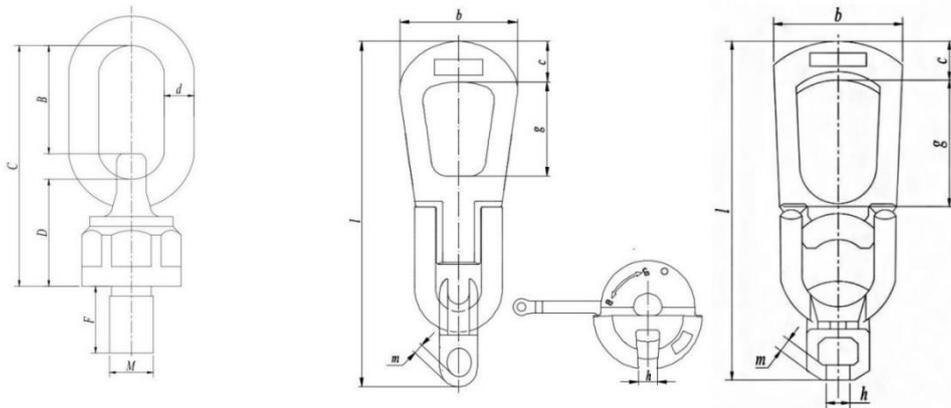


图 3.2.11-1 套筒型吊件提升器示意图

图 3.2.11-2 吊钉型和吊板型提升器示意图

3.2.12 成型定位器的球形橡胶模尺寸允许偏差应符合表 3.2.12-1 的规定，成型定位器的磁吸器尺寸允许偏差应符合表 3.2.12-2 的规定

表 3.2.12-1 球形橡胶模的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	橡胶模套口直径 C	±1
2	安装固定点孔径 A	±1
3	半径 R	±1

表 3.2.12-2 磁吸器的尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	磁吸器底座直径 D	±1
2	磁吸器螺纹公称直径 d	±1
3	磁吸器整体高度 H	±1
4	磁吸器螺纹高度 h ₁	±1
5	磁吸器底座高度 h ₂	±1

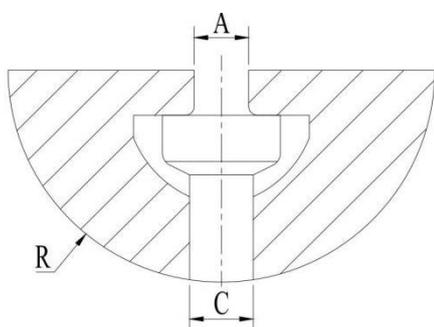


图 3.2.12-1 球形橡胶模示意图

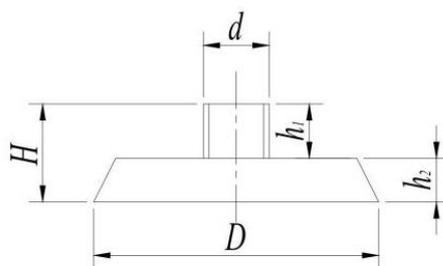


图 3.2.12-2 磁吸器示意图

3.2.13 预埋吊件承载力应根据以下规定进行计算确定：

1 吊件钢材抗拉承载力可通过计算得出，也可通过试验得出，试验方法应符合附录 B 的规定。

2 吊件混凝土锚固承载力可通过试验得出，试验方法应符合附录 B 的规定。

3 当采用试验确定吊件承载力时，试验方法可分别按附录 B 进行。

4 预埋吊件的承载力标准值可按下列公式计算：

$$R_k = \overline{R}_t(1 - K\delta_R) \quad (3.2.13)$$

式中： R_k —— 吊件承载力标准值；

\overline{R}_t —— 吊件承载力试验值的算术平均值，每个试件中吊件的承载力试验值由试验极限荷载与吊件数量确定；

K —— 系数；吊件为 5 个，取 3.4；

δ_r —— 吊件承载力试验值的变异系数,为吊件承载力试验值标准偏差与算术平均值之比。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 预制构件用预埋吊件的数量及吊点位置应根据吊装方案和单个吊件的安全载荷确定，并应符合下列要求：

- 1 构件采用 2 点吊装时，预埋吊件应沿构件重心两侧对称设置；
- 2 构件采用 3 点平面吊装时，预埋吊件应按构件重心为圆心的同心圆周均匀设置；
- 3 构件采用 4 点平面吊装时，预埋吊件应按构件重心为矩形对角线交点的 4 个角点进行设置，并宜采用平衡梁或平衡架进行吊装；
- 4 构件采用 6 点或 8 点平面吊装时，预埋吊件应按构件长边沿重心两侧对称均衡布置，并应采用平衡梁进行吊装；
- 5 预埋吊件在受拉工况下吊索与水平面的夹角不宜小于 60 度且不应小于 45 度。

4.1.2 预制构件用预埋吊件类型应根据构件形状尺寸和吊装工况要求进行设计选型，各类型预埋吊件的适宜吊装工况及在构件中预埋要求可参见表 4.1.2。

表 4.1.2 预埋吊件类型选用表

名称		用途
吊钉型吊件		梁、板、墙、柱等构件水平或直立吊装
套筒型吊件	锚板式	厚度 140mm 及以下的板类构件水平吊装或安装固定
	销栓式	厚度在 150~250mm 的板类构件水平吊装或临时支撑固定
	锚筋式	梁、柱类构件水平吊装、墙板类构件直立吊装
吊板型吊件	扩头式	厚度在 200mm 以上的板类构件水平吊装、翻转及直立吊装
	直板式	薄壁预制构件的水平吊装、翻转及直立吊装。

4.1.3 预制构件中的预埋吊件承载力宜按下式进行验算：

$$K_c S_c \leq R_c \dots \dots \dots (4.1.3)$$

式中：	K_c	——	安全系数；对于钢筋吊环类型的预埋吊件，其安全系数统一取 5，当有可靠经验时，可根据实际情况适当增减；对于专用吊件类型的预埋吊件，其安全系数可按表 4.1.3 的规定取
-----	-------	----	---

			值；
	S_c	——	构件起吊或支撑等短暂设计工况下，施工荷载标准组合作用下的效应值。
	R_c	——	预埋吊件的承载力；对于专用吊件类型，应通过产品的型式检验确定，或可按 3.2.14 规定计算；对于钢筋吊环类型的预埋吊件，其承载力为钢筋吊环材料的极限承载力；对于复杂或特殊情况，宜通过混凝土锚固性能试验确定。

表 4.1.3 预埋吊件的安全系数 K_c

预埋吊件用途	安全系数 K_c
仅用于连接临时支撑的预埋吊件	3
仅用于承受拉伸荷载的预埋吊件	4
多用途的预埋吊件	5

4.1.4 预埋吊件选用应根据预埋吊件厂家提供的安全载荷进行设计验算，必要时应进行预埋吊件的锚固承载力试验验证。

4.1.5 构件在吊装或翻转工况下，当预埋吊件主要承受剪力时，尚应按预埋吊件的抗剪承载力要求进行验算，并应模拟吊装工况进行施工安全试验验证。

4.1.6 单个预埋吊件设计承载力验算应符合下列规定：

1 仅受拉时

$$N \leq \min (N_{R,c}, N_{R,s}) \quad (4.1.6-1)$$

2 仅受剪时

$$V \leq \min (V_{R,c}, N_{R,s}) \quad (4.1.6-2)$$

3 拉剪复合受力时

1) 均发生混凝土破坏：

$$(N/N_{R,c})^{1.5} + (V/V_{R,c})^{1.5} \leq 1 \quad (4.1.6-3)$$

2) 均发生钢材破坏：

$$(N/N_{R,s})^2 + (V/V_{R,s})^2 \leq 1 \quad (4.1.6-4)$$

3) 部分发生混凝土破坏，部分发生钢材破坏：

$$(N/N_R)^{5/3} + (V/V_R)^{5/3} \leq 1 \quad (4.1.6-5)$$

式中：

- V — 单一吊件承受的剪力设计值；
- N — 单一吊件承受的拉力设计值；
- $N_{R,c}$ — 混凝土破坏吊件受拉承载力设计值；
- $N_{R,s}$ — 吊件钢材破坏受拉承载力设计值；
- $V_{R,c}$ — 混凝土破坏吊件受剪承载力设计值，可取 $1.5 \cdot N_{R,c}$ ；
- $V_{R,s}$ — 吊件钢材破坏受剪承载力设计值，应计入拉剪复合受力影响。

4.2 设计

4.2.1 预埋吊件应根据预制构件吊装工况要求选型及预埋吊件厂家提供的产品安全载荷进行设计验算，必要时应对预埋吊件的锚固承载力进行试验验证。

4.2.2 吊钉型吊件的设计选用应符合以下规定：

1 吊钉型吊件在预制构件中的埋设构造应满足其承载力锚固性能和吊装工况要求，其临界边距不应小于 150mm；

2 当构件结构配筋无法满足吊杆周围的混凝土补强要求时，应在吊杆周边设置、纵横双向附加钢筋和斜向抗拉锚筋，斜向抗拉锚筋应贴近橡胶模成型的凹槽边缘且与吊杆完全贴合，并应与吊装钢丝绳受力方向相反且与水平面保持约 15° 夹角；

3 吊钉型吊件的规格及安全载荷应按表 4.2.2 规定选用。

表 4.2.2 吊钉型吊件的规格及单个吊件安全载荷

规格型号 (t)	1.3	2.5	4	5	7.5	10	15
安全载荷 (kN)	13	25	40	50	75	100	150

4.2.3 锚板式套筒型吊件的设计选用应符合以下规定：

1 锚板式套筒型吊件在构件中的埋设深度应不小于套筒外径的 2 倍，其临界边距应不小于 100mm；

2 锚板式套筒型吊件在混凝土中埋设时应在其锚板上表面设置纵横双向布

置的四根附加钢筋或 U 型斜拉钢筋补强；

3 锚板式套筒型吊件的规格及安全荷载应按表 4.2.3 规定选用。

表 4.2.3 锚板套筒型吊件的规格及单个吊件安全荷载

规格型号 (d)	M12	M14	M16	M20
安全荷载 (kN)	5	8	12	20

4.2.4 销栓式套筒型吊件的设计选用应符合以下规定：

1 销栓式套筒型吊件的销栓钢筋应垂直安装在套筒孔中，销栓钢筋两侧应等长且每侧长度应不小于 10d，并应采取可靠固定措施；

2 销栓式套筒型吊件的临界边距应不小于 100mm；

3 销栓式套筒型吊件的规格及安全荷载应按表 4.2.4 规定选用。

表 4.2.4 销栓式套筒型吊件的规格及单个吊件安全荷载

规格型号 (d)	M16	M20	M24	M30	M36
安全荷载 (kN)	12	20	25	40	63

4.2.5 锚筋式套筒型吊件的设计选用应符合以下规定：

1 当锚筋式套筒型吊件的锚筋采用 Q235 钢棒制作时，锚筋应做 180 度弯钩且在混凝土中的锚固长度不应小于 30d；

2 当锚筋式套筒型吊件的锚筋采用热轧带肋钢筋制作时，直锚筋的锚固长度不应小于 30d；

3 锚筋式套筒型吊件的规格及安全荷载应按表 4.2.5 规定选用。

表 4.2.5 锚筋式套筒型吊件规格及单个吊件安全荷载

规格型号内径 (mm)	M16	M20	M24	M30	M32	M36	M40
安全荷载 (kN)	10.0	15.7	22.6	35.3	40.2	50.9	62.8

4.2.6 吊板型吊件的设计选用应符合以下规定：

1 吊板型吊件的锚固端应采用配套锚固钢筋穿入孔中与混凝土实现可靠锚固，其临界边距不应小于 200mm；

2 吊板型吊件的附加钢筋的构造及长度应满足吊装和翻转的要求；

3 吊板型吊件的规格及安全荷载应按表 4.2.6 规定选用。

表 4.2.6 吊板型吊件的规格及安全载荷

规格型号 (t)	1	2	5	10	15	20
安全载荷 (kN)	10	20	50	100	150	200

4.2.7 采用机械连接的各类套筒型吊件的套筒、锚筋、提升吊件等螺纹精度及其配合均应满足普通螺栓连接技术要求，螺纹部分连接长度均不应小于 $1.2d$ 。

5 吊件安装要求

5.0.1 预制构件生产企业应对预埋吊件排布设计图、预埋吊件承载力计算书、预埋吊件节点构造设计图以及典型构件预埋吊件节点吊装方案进行评价，必要时应组织召开预埋吊件方案会审以确认预埋吊件的规格，用途、数量、排布和构造。

5.0.2 预制构件生产企业应根据构件加工图进行预埋吊件采购和备料工作，并根据生产方案要求提前做好吊具准备工作。

5.0.3 预埋吊件的锚固钢筋和附加钢筋规格、数量、构造应按设计要求设置定位，预埋吊件应采取措施进行可靠固定，混凝土终凝前不得拆除预埋吊件的固定措施。

5.0.4 设在预制构件完成面上套筒型吊件孔应在混凝土浇筑前采用橡胶塞进行封堵，避免套筒口流入混凝土造成堵塞导致无法使用。

5.0.5 预埋吊件平面安装定位的中心线偏差应控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内，并保持预埋吊件长度方向中心线与埋设部位的构件表面保持垂直。

5.0.6 吊钉型吊件和吊板型吊件的安装应采用配套成型器与构件端模或定位钢板采用螺母锁紧固定（如图 5.0.6 所示），混凝土浇筑成型过程应采取可靠的定位措施保证预埋吊件中心线与固定板垂直。

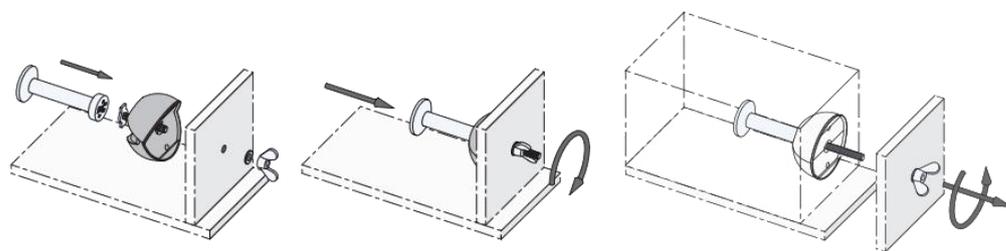


图 5.0.6 吊钉型吊件的安装固定示意图

6 施工吊装要求

6.1 一般规定

6.1.1 吊装用吊索、吊具和吊机的选择应与预埋吊件类型和承载能力相匹配，除应符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276 的规定外，还应符合其他现行国家、行业相关标准的要求。

6.1.2 预制构件吊装前应编制专项吊装方案，并应进行施工验算。

6.1.3 吊装用吊具应进行专项设计和吊装工艺验证。

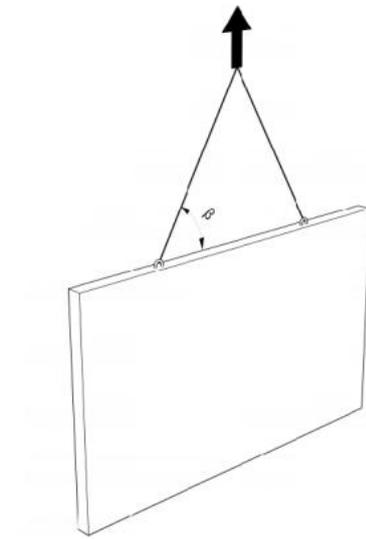


图 6.1.3-1 吊装角度 β 角

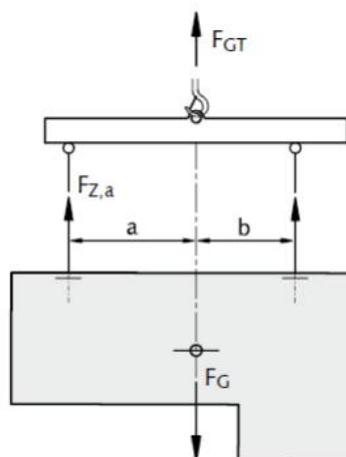


图 6.1.3-2 理想吊点分配弯矩图

6.2 吊装要求

6.2.1 构件吊装前，应对预埋吊件及其埋设质量进行检查确认，并应符合下列规定：

- 1 预埋吊件不应有松动、锈蚀、损伤、变形等现象；
- 2 预埋吊件的位置和数量应符合设计要求；
- 3 预埋吊件周边混凝土不应出现开裂等现象；
- 4 构件混凝土强度达到设计起吊要求。

6.2.2 预制构件吊装时，吊装作业应按照吊装方案要求进行，并应符合下列规定：

- 1 当采用两点起吊时，起吊设备的吊钩应位于两个吊点中间或吊装梁中心，且与构件重心保持在同一铅垂线上；
- 2 当采用吊装梁或平衡架对构件进行多点吊装时，吊装梁或平衡架上的吊点应均匀承载，起吊设备主钩宜与构件重心在同一铅垂线上。

6.2.3 预制构件吊装时，宜采用吊装梁或平衡架类吊具，预埋吊件应与专用吊环可靠连接，再将吊环与吊索或吊具进行连接，吊装时吊索与构件水平面的夹角不应小于 60° 。

6.2.4 专用吊装梁或平衡架应充分考虑构件的重心与吊点的位置关系，保证在各吊索索力相近的前提下各吊点相对于构件重心产生的力矩相等。

6.2.5 变截面构件或形状复杂的异形构件吊装时，应根据构件吊装方案的需求采用相应承载能力的吊装梁或平衡架，进行吊装工艺试验并采取可靠安全防护措施。

6.3 支撑安装

6.3.1 在安装预制构件临时加固支撑时，预埋吊件与支撑连接应采用螺栓进行可靠固定，加固支撑与预埋吊件之间宜设有刚性垫板或垫圈。

6.3.2 在安装构件临时就位斜撑时，预埋吊件与临时斜撑应采用每个连接点不少于两个螺栓的固定方式可靠连接，临时支撑与水平面的夹角宜控制在 45° 至 60° 之间。

6.3.3 预制构件与临时支撑可靠固定可靠后，方可与起重设备脱钩。

6.3.4 预制构件吊装完成后，对于内嵌型预埋吊件应采用砂浆进行封闭防腐处理。

7 质量检验

7.1 产品进厂检验

7.1.1 预制构件生产企业应对预埋吊件生产企业提供的企业产品标准、产品说明书、产品合格证、产品出厂检验报告及由第三方机构出具的产品检验报告等产品质量证明文件进行查验。

7.1.2 预埋吊件进厂时，预制构件生产企业应对预埋吊件的外观、规格、外形尺寸与力学性能进行检验，检验结果应符合本标准第 4 章的规定。

检验数量：同厂家、同类型、同规格的预埋吊件产品每 10000 个为一个检验批，每个检验批抽取 3 个试件进行抗拉强度试验。当 3 个试件中有 1 个不符合要求时，再抽取 6 个试件进行抗拉强度试验，如 6 个中又存在 1 个不符合要求时，该检验批评为不合格；

检验方法：预埋吊件的外观和规格宜采用观测并与资料文件对比，预埋吊件的外形尺寸宜采用游标卡尺量测，预埋吊件的力学性能检测宜采用产品标准中的规定试验方法。

7.1.3 凡工程项目中涉及的预埋吊件节点，均应提交钢筋混凝土预埋吊件节点锚固承载力工艺性试验检验报告，如有新型预埋吊件节点应补做预埋吊件节点锚固承载力工艺性试验。

检验数量：每种类型预埋吊件构造节点应进行非破坏性锚固试验检验数量不少于 3 个。

检验方法：应在依照现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 附录 C 中锚固性能试验方法的基础上，按照实际预埋吊件的工作荷载方向进行加载。

7.2 吊件安装过程检验

7.2.1 浇筑混凝土前，预埋吊件与钢筋或模具定位固定后，应进行隐蔽工程检验。

7.2.2 浇筑混凝土前，检查预埋吊件的规格和数量应满足设计要求。

检验方法：观测，拍照，并建立隐检记录；

检验数量：全数。

7.2.3 浇筑混凝土前，检查预埋吊件安装定位偏差。

检验方法：量测，拍照，并建立隐检记录；

检验数量：全数。

7.2.4 浇筑混凝土前，检查预埋吊件的附属构造措施。

检验方法：观测，拍照，并建立隐检记录；

检验数量：全数。

7.2.5 浇筑混凝土前，检查预埋吊件套筒口的封堵。

检验方法：观测，拍照，并建立隐检记录；

检验数量：全数。

7.2.6 预制构件脱模前，检查混凝土强度应满足不低于 75%的混凝土强度等级标准值且不低于预埋吊件生产厂家提供的产品说明中对混凝土脱模强度的要求。

检验方法：依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中，混凝土立方体抗压强度标准值试验方法。

检验数量：全数。

7.2.7 预制构件脱模前，检查预制构件上的预埋吊件节点区域外观应无裂缝且无其他明显瑕疵。

检验方法：观测，并拍照，并建立记录；

检验数量：全数。

7.2.8 预制构件脱模前，预制构件生产企业应对预制构件上预埋吊件进行安装定位误差验收。

检验方法：量测，拍照，并建立验收记录；

检验数量：全数。

附录 A 钢筋吊环应用技术要求

A.0.1 吊环应采用 HPB300 钢筋或 Q235B 圆钢，并应符合下列规定：

1 吊环锚入混凝土中的深度不应小于 $30d$ 并应焊接或绑扎在钢筋骨架上， d 为吊环钢筋或圆钢的直径。

2 应验算在荷载标准值作用下的吊环应力，验算时每个吊环可按两个截面计算。对 HPB300 钢筋，吊环应力不应大于 65N/mm^2 ；对 Q235B 圆钢，吊环应力不应大于 50N/mm^2 。

3 当在一个构件上设有 4 个吊环时，应按 3 个吊环进行计算。

A.0.2 混凝土预制构件吊装设施的位置应能保证构件在吊装、运输过程中平稳受力。设置预埋件、吊环、吊装孔及各种内埋式预留吊具时，应对构件在该处承受吊装荷载作用的效应进行承载力的验算，并应采取相应的构造措施，避免吊点处混凝土局部破坏。

附录 B 预埋吊件锚固承载力试验方法

B.1 试验目的

本试验为检测预埋吊件在不受边、间距及配筋情况影响下，在预设锚固深度条件下的抗拉承载能力。

B.2 一般规定

B.2.1 预埋吊件锚固承载力试验用混凝土试件应符合以下规定：

- 1 砂石骨料应符合 GB/T 14684 和 GB/T 14685 的规定，粗骨料粒径不大于 20mm；
- 2 采用符合 GB 175 规定的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，不应添加其他胶凝材料 and 外加剂；
- 3 混凝土抗压强度为 $30\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ ；
- 4 试件厚度不宜小于 $2h_{ef}$ ，试件边长不应小于 $4h_{ef}$ ，应保证预埋吊件边距及加载设备支撑点不影响试验结果；
- 5 混凝土试件宜为素混凝土，可适当配置构造钢筋，但在预埋吊件周边 $2h_{ef}$ 范围内不应有钢筋。

B.2.2 试验设备应满足以下规定：

- 1 加载设备应能连续平稳加载，加载速度可控；
- 2 加载设备支撑点净距不应小于 $2h_{ef}$ ；
- 3 位移测量参考点与预埋吊件净距不小于 $1.5h_{ef}$ ；
- 4 试验荷载应通过铰接传递至预埋吊件，宜使用与预埋吊件相匹配的提升器或工装将试验荷载传递至预埋吊件；
- 5 力值测量设备的系统误差不应大于 $\pm 1.0\%F.S$ ，分辨率 0.1kN；位移测量设备的系统误差不大于 $\pm 0.5\%F.S$ ，分辨率 0.02mm。

B.3 试验方法

B.3.1 试件混凝土抗压强度依据同条件养护的混凝土立方体试块或试件混凝土

上钻取的芯样确定，在试验的同时测定混凝土强度；

B.3.2 预埋吊件与加载设备支撑点净距不应小于 $2h_{ef}$ ；

B.3.3 荷载方向应与预埋吊件保持同轴；

B.3.4 试验应采用连续加载方式，直至预埋吊件或混凝土试件发生破坏。加载速率应保持平稳，从开始加载到荷载达到最大值的时间不应小于 1min，不宜大于 5min；

B.3.5 拉伸试验中，达到最大荷载前，当荷载-位移曲线上出现大于最大荷载下位移 10%的水平段时，或出现大于最大荷载 5%的短暂荷载下降段时，如果没有其它干扰影响可判断预埋吊件出现滑移，记录水平段对应的荷载或短暂荷载下降前最大荷载为 N_1 ；

B.3.6 记录荷载最大值和破坏状态。破坏状态分为预埋吊件破坏、预埋吊件拔出破坏和混凝土破坏。预埋吊件破坏包括但不限于：预埋吊件钢材破坏、预埋吊件与提升装置接触部位破坏、预埋吊件螺纹破坏等；混凝土破坏包括但不限于：混凝土锥体破坏、混凝土边缘破坏、混凝土劈裂破坏等。

B.4 数据处理和评定

B.4.1 混凝土抗压强度为 25MPa 至 40MPa 时，混凝土锥体破坏的承载力值按式 (B.4.1) 进行归一化，将混凝土抗压强度为 $f_{cu,1}$ 的预埋吊件锚固承载力实测值，换算为混凝土抗压强度为 30MPa 的预埋吊件锚固承载力。当发生预埋吊件拔出破坏、混凝土边缘破坏、混凝土劈裂破坏时，式 (B.4.1) 可作为近似换算公式：

$$F_{u,30} = F_u (30/f_{cu})^{0.5} \dots\dots\dots (B.4.1)$$

式中：

$F_{u,30}$ ——混凝土抗压强度为 30MPa 时的预埋吊件锚固承载力换算值，单位为千牛 (kN)；

F_u ——混凝土抗压强度为 f_{cu} 时的预埋吊件锚固承载力实测值，单位为千牛 (kN)。

B.4.2 测量值的平均值 M 按式 (B.4.2) 计算：

$$M = \sum M_i / n \dots\dots\dots (B.4.2)$$

式中：

M_i ——第 i 个试验样品的测量值；

n ——试验样品数；

i ——第 i 个试验样品， $i=1\sim n$ 。

B.4.3 测量值变异系数 v 按式 (B.4.3) 计算：

$$v = \sqrt{\left(\sum (M_i - M)^2 / (n - 1)\right)} / M \dots\dots\dots (B.4.3)$$

B.4.4 测量值的标准值 M_k 按式 (B.4.4) 计算：

$$M_k = M (1 - k v) \dots\dots\dots (B.4.4)$$

式中：

k ——系数，当 $n=3$ 时， $k=5.31$ ， $n=5$ 时， $k=3.40$ 。

B.4.5 第 i 个试验样品滑移系数 γ_i 按式 (B.4.5) 计算：

$$\gamma_i = N_{1,i} / FR_{u,i} \dots\dots\dots (B.4.5)$$

式中：

$FR_{u,i}$ ——第 i 个试验样品的最大荷载，单位为千牛 (kN)；

$N_{1,i}$ ——第 i 个试验样品的滑移荷载，单位为千牛 (kN)。

B.5 合格评定

预埋吊件锚固承载力应满足以下要求：

- 1 预埋吊件锚固承载力变异系数不应大于 0.15；
- 2 滑移系数的最小值不应小于 0.80；
- 3 实测预埋吊件极限锚固承载力最小值和标准值均不应小于 4.2 中安全荷载。

附录 C 预埋吊件承载力计算方法

C.0.1 抗拉承载力验算

$$N_{E,d} \leq N_{Rd}$$

吊件抗拉承载力设计值， N_{Rd} 应按公式（1）（2）（4）（7）中的最小值采用。

(1) 吊件钢材抗拉承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms} \quad (1)$$

式中： $N_{Rd,s}$ ——吊件抗拉承载力设计值；

$N_{Rk,s}$ ——吊件抗拉承载力标准值；

γ_{Ms} ——吊件材料安全系数，取 3.0；

(2) 吊件所处混凝土拔出破坏承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_{Rd,p} = N_{Rk,p} / \gamma_{Mc} \quad (2)$$

$$N_{Rk,p} = 6A_h \cdot f_{ck,cube} \cdot \psi_{ucr,N} \quad (3)$$

式中： $N_{Rd,p}$ ——吊件混凝土拔出破坏承载力设计值；

$N_{Rk,p}$ ——吊件混凝土拔出破坏承载力标准值；

γ_{Mc} ——混凝土材料安全系数，取 2.50；

A_h ——吊件头部受力面积，可取 $\frac{\pi}{4}(d_h^2 - d_a^2)$ ；

d_h ——吊件头部直径，单位为 mm；

d_a ——吊件杆部直径，单位为 mm；

$f_{ck,cube}$ ——混凝土立方体抗压强度，单位为 MPa；

$\psi_{ucr,N}$ ——位置系数，对于非开裂的混凝土取 1.4，开裂的混凝土取

1.0；

(3) 吊件所处混凝土锥体破坏承载力应按下列公式计算：

$$N_{Rd,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{e,N} / \gamma_{Mc} \quad (4)$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_{cr} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad (5)$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_{ucr} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5}, \quad (6)$$

式中：

$N_{Rd,c}$ ——吊件所处混凝土锥体破坏承载力设计值；

$N_{Rk,c}^0$ ——开裂的混凝土中单个吊件的锥体破坏承载力标准初始值；

$A_{c,N}$ ——混凝土锥体破坏体实际投影面积，取 $(c_1 + 0.5s_{cr,N})s_{cr,N}$ ；

$A_{c,N}^0$ ——混凝土锥体破坏体理想投影面积，取 $9h_{ef}^2$ ；

k_{cr} ——开裂的混凝土系数，可取 8.5；

k_{ucr} ——非开裂的混凝土系数，可取 11.9；

$\psi_{s,N}$ ——混凝土拉应力分布的边距影响系数，取 $0.7 + 0.3 \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1.0$ ；

$\psi_{re,N}$ ——在 $h_{ef} < 100$ 高度内有密集钢筋的影响系数，取 $0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1.0$ ；

$f_{ck,cube}$ ——混凝土立方体抗压强度；

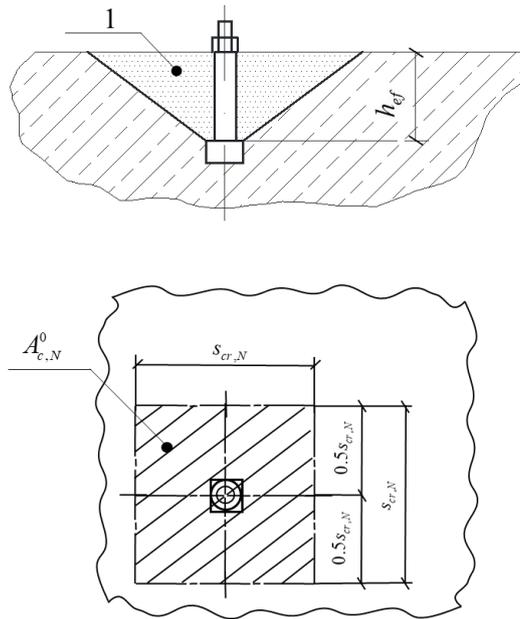


图1 混凝土锥体破坏理想投影面积

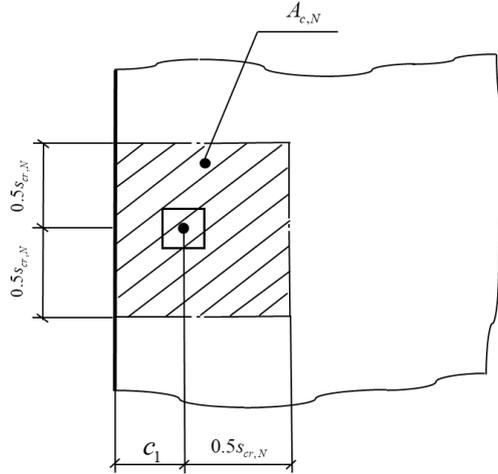


图2 混凝土实际锥体破坏体计算面积

(4) 吊件所处混凝土侧锥体破坏承载力应按下列公式计算：

$$N_{Rk,cb} = 8 \cdot c_1 \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_{ct}} \cdot \frac{A_{c,Nb}}{A_{c,Nb}^0} \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{s,N} / \gamma_{Mc} \quad (7)$$

$$\psi_{s,Nb} = 0.7 + 0.3 \frac{c_2}{c_1} \leq 1.0 \quad (8)$$

式中：

$N_{Rk,cb}$ ——吊件所处混凝土侧锥体破坏承载力设计值；

$A_{c,Nb}$ ——混凝土实际锥体破坏计算面积，见图4；

$A_{c,Nb}^0$ ——混凝土锥体破坏理想投影面积，取 $(4c_1)^2$ ；

$\psi_{s,Nb}$ ——混凝土应力分布边距影响系数；

$c_{1,2}$ ——吊件边距，见图3；

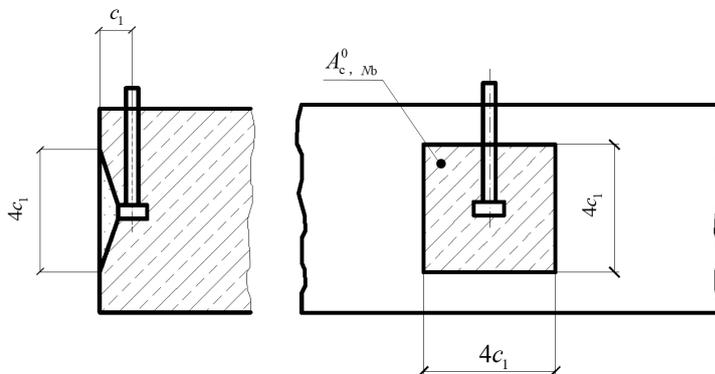


图3 混凝土锥体破坏理想投影面积

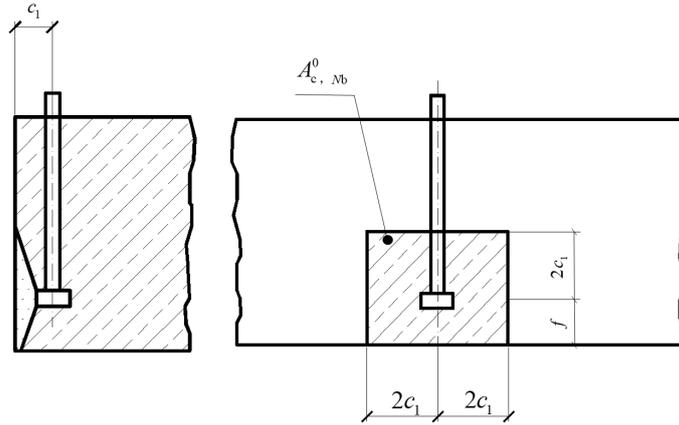


图4 混凝土实际锥体破坏计算面积

C.0.2 抗剪验算

$$V_{E,d} \leq V_{Rd} \quad (9)$$

吊件抗剪承载力设计值， V_{Rd} 应按公式（10）（11）（15）中的最小值采用：

（5）吊件钢材抗剪承载力设计值应按下式计算：

$$V_{Rd,s} = V_{Rk,s} / \gamma_{Ms} \quad (10)$$

式中： $V_{Rd,s}$ ——吊件抗剪承载力设计值；

$V_{Rk,s}$ ——吊件抗剪承载力标准值；

γ_{Ms} ——吊件材料安全系数，取 3.0；

（6）吊件所处混凝土边缘抗剪承载力设计值应按下列公式计算：

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{re,V} / \gamma_{Mc} \quad (11)$$

$$V_{Rk,c}^0 = 1.6 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1.5} \quad (12)$$

$$\alpha = 0.1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1} \right)^{0.5} \quad (13)$$

$$\beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0.2} \quad (14)$$

式中：

$V_{Rd,c}$ ——吊件所处混凝土边缘抗剪承载力设计值；

$V_{Rk,c}^0$ ——吊件所处混凝土边缘抗剪承载力初始值；

$A_{c,V}^0$ ——理想混凝土边缘破坏体实际投影面积，取 $4.5c_1^2$ ；

$A_{c,V}$ ——实际混凝土边缘破坏体投影面积，取 $1.5c_1(1.5c_1+c_2)$ ；

c_1 ——吊件轴心到墙边的距离，mm；

c_2 ——吊件轴心到墙端部的距离，mm；

$\psi_{s,V}$ ——混凝土应力分布边距影响系数，取 $0.7+0.3\cdot\frac{c_2}{1.5c_1}\leq 1$ ；

$\psi_{h,V}$ ——混凝土应力分布厚度影响系数，取 $\left(\frac{1.5c_1}{h}\right)^{0.5}\geq 1$ ；

$\psi_{ec,V}$ ——偏心调整系数，取 1.0；

$\psi_{a,V}$ ——角度调整系数，取 2.50；

$\psi_{re,V}$ ——附加钢筋系数，非开裂混凝土时取 1.40；

γ_{Mc} ——混凝土材料安全系数，取 1.50；

d_{nom} ——套筒名义直径且不大于 60mm；

l_f ——当螺杆等截面时取 h_{ef} ，且不大于 $8d_{nom}$ ，mm；

$f_{ck,cube}$ ——混凝土立方体抗压强度；

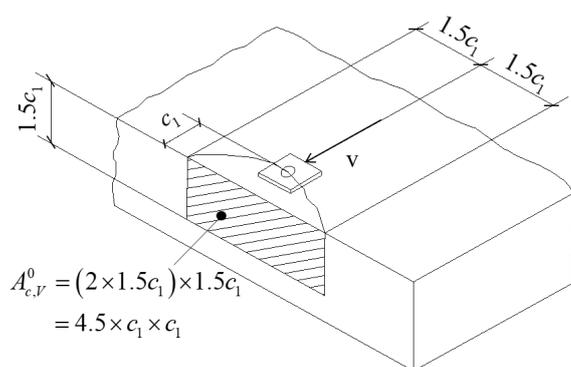
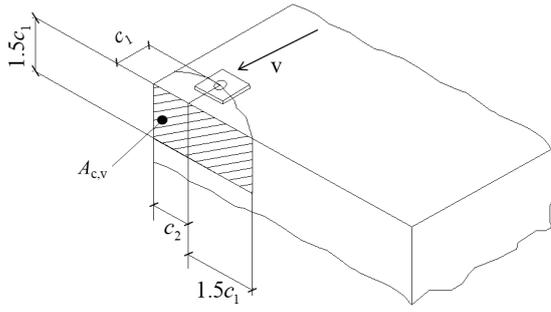


图5 混凝土边缘破坏体理想投影面积



$$A_{c,v} = 1.5c_1(1.5c_1 + c_2)$$

$$h \geq 1.5c_1$$

$$c_2 \leq 1.5c_1$$

图6 混凝土边缘破坏体实际投影面积

(7) 吊件所处混凝土剪翘破坏承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_{Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc} \quad (15)$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{e,N} \cdot \psi_{ec,N} \quad (16)$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_{ucr} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad (17)$$

式中：

$N_{Rd,cp}$ ——吊件所处混凝土剪翘破坏承载力设计值；

k_3 ——吊件所处混凝土剪翘破坏调整系数，取 2.0；

$N_{Rk,c}$ ——吊件所处混凝土锥体破坏承载力特征值；

$N_{Rk,c}^0$ ——吊件所处混凝土锥体破坏承载力初始值（不计入边距及相邻套筒的影响）；

γ_{Mc} ——混凝土材料安全系数，取 1.50；

$A_{c,N}$ ——混凝土锥体破坏体实际投影面积，取 $s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$ ；

$A_{c,N}^0$ ——混凝土锥体破坏体理想投影面积，取 $(c_1 + 0.5s_{cr,N}) \cdot s_{cr,N}$ ；

c_1 ——吊件轴心到墙边的距离，mm；

$\psi_{s,N}$ ——混凝土应力分布系数，取 $0.7 + 0.3 \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1.0$ ；

c ——吊件距混凝土边缘的最小边距，mm；

$c_{cr,N}$ ——锥体破坏单侧投影长度，mm；

$s_{cr,N}$ ——锥体破坏投影长度，mm；

$\psi_{s,N}$ ——混凝土应力分布边距影响系数，取 $0.7 + 0.3 \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1.0$ ；

$\psi_{re,N}$ —— 钢筋过密时混凝土剥落系数，取 $0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1.0$ ；

$\psi_{ec,N}$ —— 偏心调整系数，取 1.0；

k_{ucr} —— 非开裂混凝土，取 11.9；

h_{ef} —— 吊件有效锚固深度，mm；

$f_{ck,cube}$ —— 混凝土立方体抗压强度；

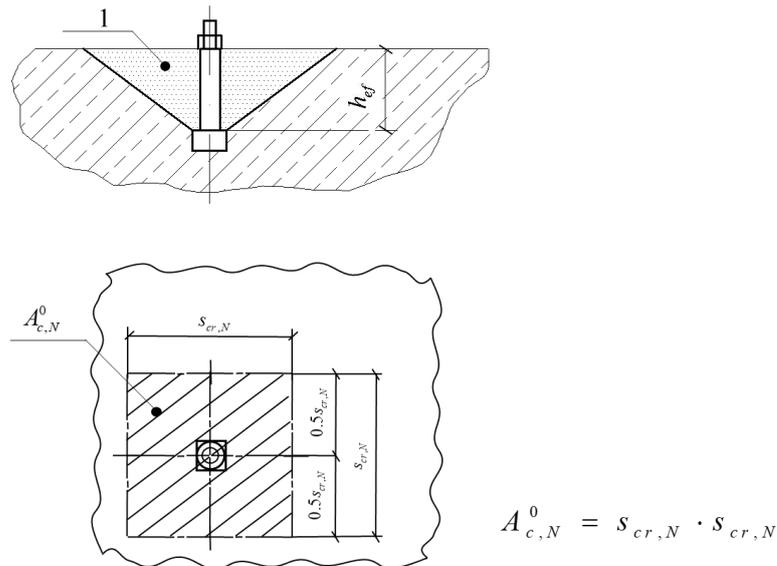


图 7 混凝土锥体破坏体理想投影面积

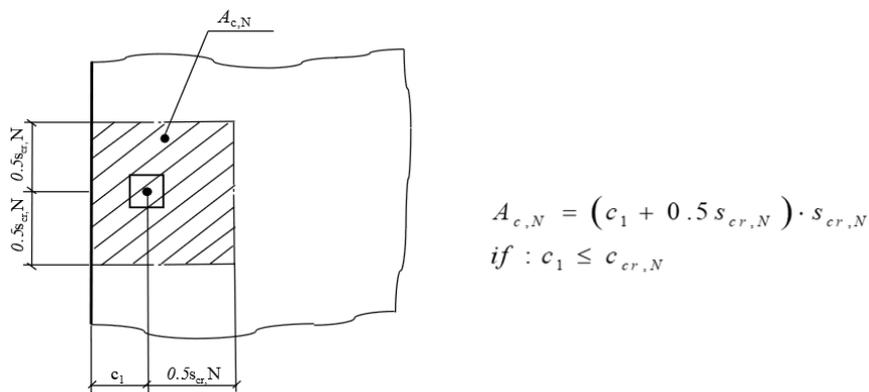


图 8 混凝土锥体破坏体实际投影面积

(8) 拉剪复合验算

a) 均发生混凝土破坏

$$\left(\frac{N}{N_{r,c}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V}{V_{r,c}}\right)^{1.5} \leq 1 \quad (18)$$

b) 均发生钢材破坏

$$\left(N/N_{R,s}\right)^{1.5} + \left(V/V_{R,s}\right)^{1.5} \leq 1 \quad (19)$$

c) 部发生混凝土破坏，部分发生钢材破坏

$$\left(N/N_R\right)^{5/3} + \left(V/V_R\right)^{5/3} \leq 1 \quad (20)$$

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，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

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

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《钢结构焊接规范》GB/T 50661
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《不锈钢棒》GB/T 1220
- 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1
- 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 《不锈钢热轧钢板和钢带》GB/T 4237
- 《金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层》GB/T 9799
- 《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB 13013
- 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法》GB/T 13912
- 《结构用不锈钢无缝钢管》GB/T 14975
- 《不锈钢和耐热钢-牌号及化学成分》GB/T 20878
- 《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18
- 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107
- 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276
- 《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163

中国混凝土与水泥制品协会标准

装配式建筑构件用预埋吊件应用技术标准

T/CCPA XX—202X

条文说明

制定说明

《装配式建筑构件用预埋吊件应用技术标准》（T/CCPA XX—202X），经中国混凝土与水泥制品协会2022年X月X日以第X号（总第XX号）公告批准发布。

目 录

1 总则	45
2 术语和符号	46
3 材料与组件	47
4 设计	49
5 吊件安装要求	52
6 施工吊装要求	53
7 质量检验	56
附录 A 钢筋吊环的应用技术要求	57
附录 B 预埋吊件锚固承载力试验方法	58
附录 C 预埋吊件承载力计算方法	60

1 总则

1.0.1 预埋吊件是一种广泛应用于各类预制混凝土构件中的预埋配件，在构件生产和施工阶段主要作为吊装接口或预制构件施工安装连接的临时支撑接口使用。

目前，预埋吊件已在装配式建筑工程领域广泛应用多年，各类预制构件在生产和施工阶段应根据脱模、翻身、运输和安装等工况，对预制构件进行起吊或连接临时支撑进行施工验算。这类主要承担预制混凝土构件的生产、运输和吊装过程临时荷载作用的预埋吊件，在现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 中对其主要用途，受力机理或施工操作以及质量检验等做出了规定，但其规定比较笼统、可操作性差，并未结合各类预埋吊件产品特点提出系统性应用技术要求。

因此，本标准具有规范预埋吊件应用技术要求，保证其在应用过程中有据可依，实现安全可靠、经济适用、技术先进、保证质量等方面的重要作用。

1.0.2 本标准适用于 C25 及以上的普通混凝土强度等级的装配式建筑用预制构件起吊或临时支撑的预埋吊件设计选用、生产安装、吊装施工及质量检验等应用技术，对于采用轻骨料混凝土、超高性能混凝土等特种混凝土预制构件和起到承担长期荷载作用的预埋吊件，本标准并未纳入相关内容。

2 术语和符号

2.1.1~2.1.4 预埋吊件定义为预先埋入预制混凝土构件中,用于预制混凝土构件吊装或临时支撑连接的金属件。本标准所指预埋吊件为企业开发的专用产品,通常与提升吊件配套使用。

在预制混凝土构件中,预埋吊件依据锚固原理可分为两类,即基于后锚固技术原理大部分以混凝土破坏为主要特征的预埋吊件,以及基于可靠混凝土锚固原理以钢材极限破坏为主要特征的预埋吊件(见表 2.1.1)。钢筋吊环虽然属于常用预埋吊件,但其为构件厂自行加工,并非工业化、标准化产品。钢筋吊环在国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构施工规范》GB 50666 等中均有相关的应用技术规定,技术相对成熟,故本标准技术内容未涉及钢筋吊环,其应用技术在附录 A 中做出了规定。

为了使用方便,本标准依据与预埋吊件配合使用的吊具连接形式将产品化的预埋吊件分为吊钉型吊件、套筒型吊件和吊板型吊件三类。一般情况下,钢筋吊环需满足锚固长度的要求,但对于专用化、产品化、标准化的预埋吊件,则不用符合《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对于钢筋锚固长度的要求,其产品的设计原则和目标为在符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 相关规定的基础上,追求较短的锚固长度和安全载荷以满足更广泛的适用条件。

表 2.1.1 预埋吊件类型、特点与承载力控制

预埋吊件类型	特点	承载力控制
吊钉型吊件	基于后锚固技术原理大部分以混凝土破坏为主要特征	钢材抗拉、抗剪强度;混凝土抗拉、抗压强度;边距影响
套筒型吊件		
吊板型吊件	基于可靠混凝土锚固原理以钢材极限破坏为主要特征	钢材抗拉、抗剪强度
钢筋吊环		

3 材料与组件

3.2.1 本条为针对预埋吊件成品的外表面质量的一般性规定，同时也为其外观质量检验提供依据。

3.2.2 焊缝不一定需要进行热处理，但应采取措施消除焊接温度应力，措施根据不同的钢材牌号可能要求不同。当吊件为热镀锌时，无需做热处理；或者焊后只放置一段时间也可以消除焊接残余应力。

现行行业标准《钢筋机械连接技术标准》JGJ 107 是针对钢筋接头的，国内外标准中套筒型吊件都没有相关要求。钢筋接头是永久受力，吊件为非永久受力，只用拧紧螺丝，直到看不到螺纹为止就能有效保证安全受力。欧洲常用的套筒型吊件用手安装即可无需扳手。为了吊件更好地承受剪力，套筒型吊件允许完全拧紧螺纹后再松开半格螺纹。

3.2.3 参数尺寸项目依据《预制混凝土构件用金属预埋吊件》TCCES 6003-2021 中，对吊钉型吊件的规定，旨在对吊钉型吊件中的尺寸参数检测生产、检测进行指导。

3.2.5 依据《预制混凝土构件用金属预埋吊件》TCCES 6003-2021，对锚板式套筒型吊件的尺寸允许偏差做出了规定，旨在对锚板式套筒型吊件的生产、检测进行指导。

3.2.6~3.2.7 依据《预制混凝土构件用金属预埋吊件》TCCES 6003-2021，对销栓式套筒型吊件的尺寸允许偏差做出了规定，旨在对销栓式套筒型吊件的生产、检测进行指导。

销栓式套筒型吊件根据生产工艺及应用场景不同，衍生出不同的变形，其变形样式、尺寸参数和偏差应符合条款要求。

3.2.9 扩头式吊板型吊件一般由钢板经切割、弯折而成。上部孔型的形状和尺寸与成型定位器和吊装器相匹配，保证了吊件安装质量和吊装系统的安全度。

扩头式吊板型吊件最小型号的吊件可以通过钢卷材冲压而成，其他型号通过激光切割钢板，然后再进行冲孔和扩脚。

3.2.11 提升吊环与套筒型吊件配套使用，提升吊钩与吊钉型吊件及吊板型吊件配套使用。

3.2.12 球形橡胶模与吊钉型吊件及吊板型吊件配套使用，磁吸器与套筒型吊件配套使用。

4 设计

4.1.2 预埋吊件的功能性用途可分为平卧吊装、垂直吊装、翻模、脱模和临时支撑，其中临时支撑又分为斜撑与加固梁两种类型。每种预埋吊件因其受力状态不同，存在适用的功能性用途范围，进而导致每种预埋吊件的设计方法也存在不同。通过本条规定，一方面便于设计人员进行预埋吊件类型的选择，另一方面便于预埋吊件产品开发人员进行安全荷载设计。

4.1.3 本条参考现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对于混凝土预埋件的设计要求。因预埋吊件的受力状态为偶然作用工况，因此采用安全系数法有利于简化设计。预制构件在生产及施工阶段，应对吊件系统进行短暂设计状况下的承载力验算。

装配式建筑预制构件的预埋吊件的安全系数应符合现行国家标准《混凝土结构施工规范》GB 50666 中的要求。安全荷载为吊件最大能承受的荷载，承载力为吊件的极限承载力。

4.1.4 对于几何形状复杂、重型等复杂预制构件中的受到多向荷载作用的预埋吊件，实际应用前进行预埋吊件的锚固承载力试验，以保证预埋吊件可靠受力。

4.1.6 本条的计算公式引用欧洲标准 CEN/TR 15728 第 16 页中第 5.5 节。

4.2.1 对于几何形状复杂、重型等复杂预制构件中的受到多向荷载作用的预埋吊件，实际应用前进行预埋吊件的锚固承载力试验，以保证预埋吊件可靠受力。

基于吊装方案选用的预埋吊件，其安全荷载应大于设计内力、且满足该规格的构造要求。当预埋吊件边界条件较复杂时，建议可以增加同条件的锚固承载力试验验证。

4.2.2 设置临界边距是为了保证吊钉型吊件在一定埋设深度时的锚固承载力，充分发挥钢材的抗拉拔性能。斜向受拉时，比如吊装角度小于 60° 时，建议可沿相反方向设置附加钢筋以保证锚固承载力。

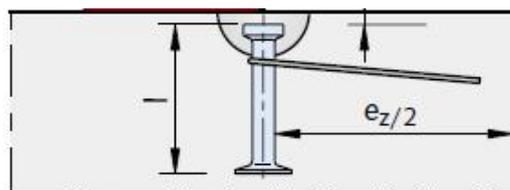


图 4.2.2 吊钉型吊件附加钢筋设置示意图

4.2.3 锚板式套筒型吊件通常埋设深度较小，虽然锚板在一定程度上增大了锚固区的投影面积，但是在埋深较小时仍无法充分发挥其锚固性能。此时，应针对不同锚板套筒型吊件设置相应的附加钢筋。附加钢筋应交叉安装放置并固定在锚板上部。如吊件承受超过 10° 的斜向拉力时，还应额外配置斜向抗拉附加钢筋。（见下图）

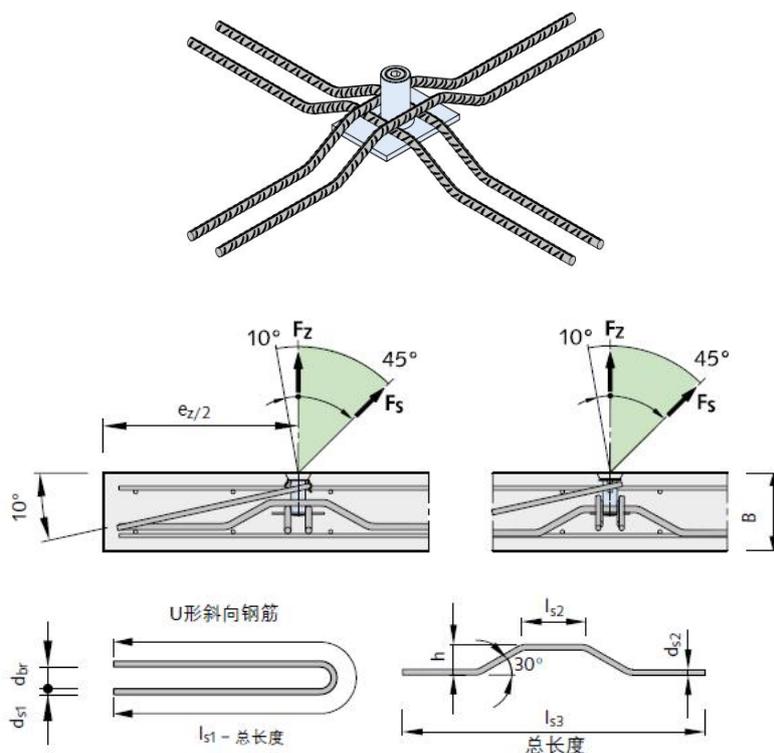


图 4.2.3 锚板式套筒型吊件附加钢筋设置示意图

4.2.4 销栓式套筒型吊件上部套筒内螺纹匹配提升器外螺纹，吊件下部孔洞可供销栓钢筋穿越并在混凝土中实现可靠锚固。锚筋宜向下弯折并在混凝土深部实现锚固。为满足销栓的锚固承载力，锚筋的长度和构造应满足厂家产品手册中的要求，并由设计最终确认。当吊件承受超过 10° 的斜向拉力时，还应额外配置斜向抗拉附加钢筋。（见下图 4.2.4）

需要斜向抗拉U形钢筋，最大到45°的斜向荷载

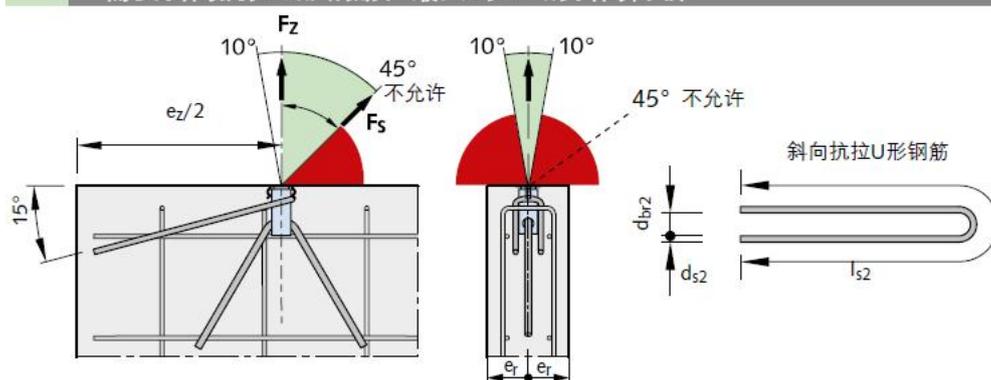


图 4.2.4 销栓式套筒型吊件附加钢筋设置示意图

4.2.5 锚筋式套筒型吊件是通过锚筋在混凝土中实现锚固的，锚筋套筒型吊件的安全荷载可通过锚筋锚固承载力计算得出。锚筋的最小锚固长度跟混凝土强度等级相关。锚筋采用弯折时，应注意相应的弯折内径，避免过小产生裂纹。

4.2.6 扩头式吊板型吊件底部采用 Y 型扩底形式在混凝土中实现可靠锚固，对特别应用需求如超薄构件等也可采用 Y 型扩底和穿插钢筋共同实现锚固。吊件的附加钢筋的构造及长度应由厂家验证满足吊装和翻转的要求，并由设计最终确认。

4.2.7 预埋吊件所用套筒和提升器的螺纹精度应匹配，部分厂家采用 Rd 螺纹，有的厂家采用普通 M 公制螺纹，故套筒吊件和提升器应采用同品牌产品，避免交叉使用以免造成安全事故。

5 吊件安装要求

5.0.1 预制构件生产企业作为预埋吊件的使用者，应对预埋吊件的使用方案进行设计或评价，确保使用的安全性和经济性。

5.0.2 预制构件生产过程中脱模、翻转、安装等过程均需要使用吊件或吊具，吊件或吊具需与构件匹配使用。

5.0.3 混凝土强度过低会破坏预埋吊件与混凝土之间的握裹力，从而影响预埋吊件承载力。

5.0.5 预埋吊件预埋偏差会不同程度的影响预制构件外观质量、构件安装及结构受力。

6 施工吊装要求

6.1.1 预埋吊件需与配套的吊索、吊具匹配使用，以保证产品在构件厂进行构件吊装及现场构件安装时吊件的正确使用和吊装，避免发生因吊装工器具不匹配导致的施工安全问题。

6.1.2 专项吊装方案中应包含预埋吊件的具体的安装要求，方案中应明确设备的主钩位置与构件重心在数值方向重合的相关技术措施与要求，以及进行吊件承载力等施工验算等。

吊装方案是整个吊装环节的重中之重，也是吊件选型的必要依据。构件在构件厂和施工现场的翻转搬运、安装入位顺序、吊具形式都关系到吊件受力状况，专项吊装方案中应包括吊件的深化设计、布置数量、附加钢筋设计和受力验算选型计算书等，缺一不可。吊装工序复杂的、不规则的构件吊装方案建议由设计单位确认后实施。

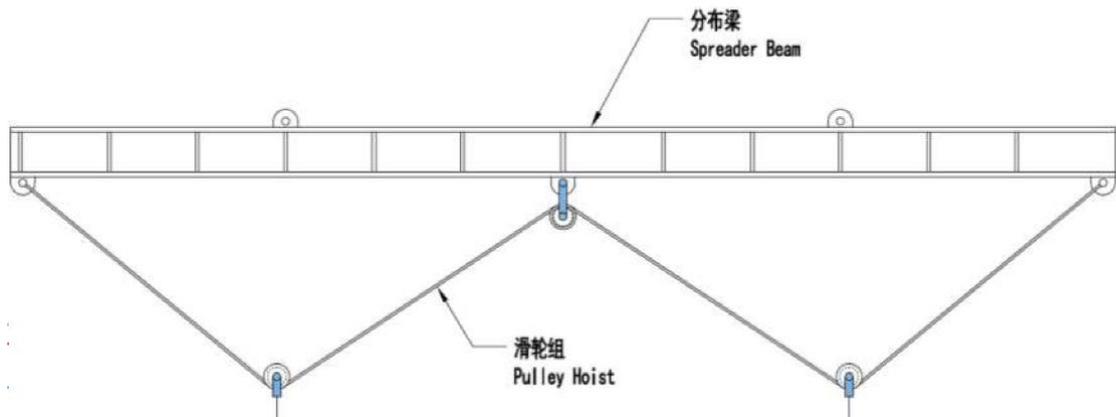
6.1.3 构件吊装前，应根据预制构件具体特征对吊具的吊装角度及相关吊点位置等进行专项设计。正式施工吊装前，应根据专项吊装方案及构件具体重量及外形特征进行相应的试吊装，即进行相关的吊装工艺验证。

吊件宜按照构件重心对称布置，有条件的尽量采用吊装梁使吊索与构件表面垂直，即吊装角度为 90° 可保证吊件仅承受拉力作用。吊装时如没有吊装梁，应对吊装角度加以限制，建议一般不小于 60° 。当吊装角度大于 60° 时，由吊装夹角导致的水平分量较小，吊件处于斜向受拉的状态，抗拉分量大、抗剪分量较小。

6.2.1 预制构件吊装前，应对预埋吊件及其周边混凝土的情况进行检查，宜确保施工吊装的安全进行，此外吊装前尚应检查复核吊装设备及吊具处于安全使用状态，核实现场环境、天气等满足吊装施工要求等。

6.2.2 本条重点对具体吊装的两点及多点起吊进行了描述，强调了起吊设备主钩宜与构件重心在同一铅垂线上的规定，从而确保构件吊装过程的安全。

多点吊装时，即便采用吊装梁，也不一定保证吊点均匀受力，这是由于每根吊索的长度存在误差，导致受力不均。反而增加了吊装风险，有条件时，建议吊装梁上设置滑轮组，此形式可最大程度上保证受力均匀。



6.2.3 吊装时当吊装斜拉角较小时，由于索具水平分力偏心的影响，平行于构件轴力方向的水平分力将产生较大力矩，易发生构件开裂等不利情况出现，因此需严控吊索于构件夹角，推荐采用分配梁和分配桁架类吊具来解决此类夹角过小的问题。

采用吊装梁后，吊索与构件的吊装角度趋近 90° ，较大程度上保证了吊件仅承受拉力作用。当吊装角度介于 60° 至 90° 时，夹角导致的水平分量较小，吊件基本处于斜向受拉的状态，抗拉分量大、抗剪分量较小。（ 60° 时，抗拉为 $1/2$ ，抗剪为 $1/2$ ）此外应当注意的是，吊装梁较小、吊索较短，但构件较大时，吊装角度也会显著减小，尽量避免夹角小于 60° 时。当无法避免时，应根据实际夹角进行计算分析，保证吊装安全。

6.2.4 本条为避免对构件重心产生的力矩差异过大时构件出现翻转等不利工况出现，从而避免吊件的实际受力状态与设计受力状态出现较大差异，进而甚至引发预埋吊件的失效现象。

主吊索与构件重心重叠，力矩相等时，吊装梁处于平衡状态，便于安装入位。对于构件上部存在较大高差的，建议对吊索长度单独进行设计，提升吊装效率。

6.2.5 本条为避免对刚度不足容易变形的构件或形状复杂的异形构件吊装时构件的损坏，进而引发预埋吊件的失效现象。

对于严重不规则的构件，根据吊装方案和现场入位角度，分别对吊装梁、挂点和吊索长度进行专项设计，提升吊装效率。

6.3.1 预制构件临时加固支撑用吊件一般为套筒型吊件，该类吊件与支撑的连接一般采用螺栓连接进行固定。

风荷载作用下，竖向构件的临时加固支撑将拉力或压力传递至斜撑杆上，连接节点承受拉剪或压剪复合作用，设置刚性垫板和垫圈有助于优化节点压剪复合受力区域，将节点反力安全传递至构件内部和楼面。

6.3.2 为保证临时支撑对预制构件的有效支撑，临时支撑与水平面的夹角宜控制在 45° 至 60° 之间，角度过大则支撑对构件的水平方向承载力较弱，角度过小则支撑对施工区域的占用过大，影响其他工序施工。

吊件兼做临时支撑预埋件时，斜撑与水平面的夹角对吊件受力息息相关，不同于吊装角度，水平夹角越大，抗拉分量保持不变，而抗剪分量越大。考虑施工现场作业面有限，斜撑之间易产生干扰，综合考虑， 45° 至 60° 较为方便合理。

6.3.3 避免构件与临时支撑未进行可靠固定过早摘钩，从而影响现场安全施工。

构件入位调整无误后，第一时间固定临时支撑，检查无误后，起重设备随即脱钩完成吊装作业。

6.3.4 避免内嵌型埋件未进行防腐处理而出现在施工期间及使用期间的锈蚀。

构件完成后，成型定位器周边混凝土应做填平处理，保证节点平整、界面符合要求。如构件需要重复使用时，该位置可用低强度砂浆进行密封，便于后期清除二次使用。此外，对于套筒型吊件，内螺纹位置建议拧入螺纹保护塞。

7 质量检验

7.1.1 预埋吊件进厂时应进行产品进厂验收,本条属于对预埋吊件的资料性进厂验收。

7.1.2 规定了预埋吊件进场检验的项目、方法、数量及合格评定规则。

7.1.3 当工程项目涉及具体预埋吊件节点的构造为非常规做法,应进行检验该新型预埋吊件节点的混凝土构造节点承载力型式试验,以保证该节点满足设计承载力需求。一般情况下,该型式检验可采用非破坏的原位承载力型式检验,具体方法可参考现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 中附录 C 的相关内容,当涉及试验数据的统计时,可参考《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 中附录 B 的相关内容。

7.2.1~7.2.8 规定了预制混凝土构件混凝土浇筑前和成品构件脱模前等涉及预埋吊件安装过程的检验要求,以保证预埋吊件安装位置准确,以及在混凝土成型中不发生位置偏移。

附录 A 钢筋吊环的应用技术要求

A.0.1 确定吊环钢筋所需面积时，钢筋的抗拉强度设计值应乘以折减系数。在折减系数中考虑的因素有：构件自重荷载分项系数取为 1.2，吸附作用引起的超载系数取为 1.2，钢筋弯折后的应力集中对强度的折减系数取 1.4，动力系数取 1.5，钢丝绳角度对吊环承载力的影响系数取 1.4，于是，当取 HPB300 级钢筋的抗拉强度设计值为 $f_y=270\text{N/mm}^2$ 时，吊环钢筋实际取用的允许拉应力值约为 65N/mm^2 。

作用于吊环的荷载应根据实际情况确定，一般为构件自重、悬挂设备自重及活荷载。吊环截面应力验算时，荷载取标准值。

由于本次局部修订将 HPB300 钢筋的直径限于不大于 14mm，因此当吊环直径小于等于 14mm 时，可以采用 HPB300 钢筋；当吊环直径大于 14mm 时，可采用 Q235B 圆钢，其材料性能应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T700 的规定。

根据耐久性要求，恶劣环境下吊环钢筋或圆钢绑扎接触配筋骨架时应隔垫绝缘材料或采取可靠的防锈措施。为了达到节约材料、方便施工、避免外露金属件引起耐久性问题，预制构件的吊装方式宜优先选择内埋式螺母、内埋式吊杆或吊装孔。根据国内外的工程经验，采用这些吊装方式比传统的预埋吊环施工方便，吊装可靠，不造成耐久性问题。内埋式吊具已有专门技术和配套产品，根据情况选用。

A.0.2 预制构件吊点位置的选择应考虑吊装可靠、平稳。吊装着力点的受力区域应作局部承载验算，以确保安全，同时避免产生引起构件裂缝或过大变形的内力。

附录 B 预埋吊件锚固承载力试验方法

B.2.1 预埋吊件锚固承载力试验旨在试验预埋吊件在预设锚固深度条件下的承载能力，其试验结果与混凝土强度有关。

混凝土试件厚度过小，可能引起试验过程中混凝土发生断裂；尺寸过小可能引起混凝土边缘或角部发生破坏，或加载设备支撑点间距过小，影响检测结果。

由于实际工程应用中，吊点周边混凝土的内部配筋可能提高预埋吊件的锚固承载力，出于安全考虑，在进行预埋吊件锚固承载力试验时，以最不利情况，即预埋吊件荷载影响区（即预埋吊件周边 $2h_{ef}$ 范围内）混凝土内部无钢筋情况作为标准试验条件。

B.2.2 预埋吊件锚固承载力试验为破坏性试验，加载设备应能对受检样品施加连续荷载，加载速度应根据试验方法的要求进行调节。

试验可能造成混凝土试件的锥体破坏，预埋吊件荷载影响区（即预埋吊件周边 $2h_{ef}$ 范围）混凝土在试验过程中应处于非约束状态。

试验时，加载设备与被测预埋吊件之间使用铰接的方式连接，可以消除试验荷载方向以外方向上的分力；对于吊装部位为异型结构的预埋吊件，为避免加载装置对预埋吊件的吊装部位造成额外的伤害而影响试验结果，优先使用实际工程中的提升装置模拟实际工程中预埋吊件吊装部位的受力情况。

力值测量设备应具有足够的精度以保证试验结果的准确性。

B.3.1 当试验过程中发生混凝土破坏时，试验结果与混凝土的强度直接相关，因此需要测定试验时混凝土的实际强度。混凝土试件制作时宜配备足够数量的同条件养护试块以监控混凝土试件的抗压强度，当无法获得同条件养护试块的抗压强度或试块抗压强度的试验结果有怀疑时，应在预埋吊件试验完成后，在混凝土试件的远离预埋吊件的未发生破坏的部位钻取芯样，检测混凝土试件的抗压强度。

B.3.2 预埋吊件周边 $2h_{ef}$ 的范围作为混凝土试件受预埋吊件荷载的影响区。如果此范围内的混凝土受到约束，可能提高导致混凝土发生破坏的试验荷载。所以，应保证该区域的混凝土在试验过程中处于非约束状态。

B.3.3 加载设备、提升器或工装的轴线应与预埋吊件轴线重合，达到荷载方向与预埋吊件同轴的要求。

B.3.4 试验过程中加载速率过高或过低都可能导致试验结果失准，因此试验过

程应保持加载速率平稳、适中。

B.3.5 试验过程中,在达到最大荷载之前,荷载-位移曲线出现非单调上升段时,应对其进行判断,大于最大荷载下位移 10%的水平段或大于最大荷载 5%的短暂荷载下降段被认为是由于预埋吊件与周边混凝土之间出现滑移造成的,对应的荷载即为预埋吊件的滑移荷载。

B.3.6 试验破坏状态是确定试验结果是否需要消除混凝土强度影响的重要依据。

B.4.1 由于在实际试验过程中,混凝土强度无法精确控制在 30MPa,当试验的破坏形式为混凝土破坏时,应消除由于混凝土强度不同造成的试验结果的差异,应通过公式将锚固承载力试验结果归一化为混凝土强度为 30MPa 时的锚固承载力。

附录 C 预埋吊件承载力计算方法

本附录计算公式引用于欧标 CEN/TS 1992-4-2018。