

前 言

根据河南省住房和城乡建设厅豫建科〔2019〕372号文件的要求，标准编制组通过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内先进标准，并结合我省基坑工程装配式型钢组合支撑的应用实践，制定了本标准。

本标准的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、设计、施工、监测和验收。

本标准由河南省住房和城乡建设厅负责管理，由中国建筑第七工程局有限公司负责技术内容的解释。执行过程中，请各有关单位结合施工实践，不断总结经验，并将发现的问题、意见和建议函告中国建筑第七工程局有限公司（地址：郑州市经开区经开第十五大街267号中建大厦A座，邮编：450004），以供修订时参考。

本标准主编单位：中国建筑第七工程局有限公司

本标准参编单位：河南省郑州新区建设投资有限公司

郑东新区建设环保局

郑州市工程质量监督站

郑州市建设安全监督站

宝冶（郑州）建筑工程有限公司

中建八局第二建设有限公司

东通岩土科技股份有限公司

中国中铁四局集团有限公司

新恒丰咨询集团有限公司

郑州市规划勘测设计研究院

河南省新绘检测技术服务有限公司

本标准参编人员：鲁万卿 张煜 邵先国 王永增 许文峰

赵建勋 徐庆和 逄亚永 张中善 吴玥

赵建世 王永好 朱利平 刘一宁 李永明

顾卫东 刘郑生 南学飞 丁 一 李 岩
许福洲 孙 钰 易怀林 杨 涛 余 寅
胡 琦 崔国俊 翟凯杰 崔海云 赵刚强
郜玉芬 魏昆芹 付金岐 张新慧 周建康
本标准审查人员：赵顺波 王继周 杜明芳 许录明 李建斌
王荣彦 包宏涛

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.1	符 号	3
3	基本规定	5
4	设 计	7
4.1	设计原则	7
4.2	结构体系	10
4.3	结构布置	13
4.4	构件计算	15
4.5	连接节点与构造	20
5	施 工	24
5.1	一般规定	24
5.2	支撑安装	25
5.3	预应力施加与控制	26
5.4	基坑开挖	27
5.5	支撑拆除和回收	28
5.6	施工安全措施	29
5.7	环境保护措施	30
6	监 测	31
6.1	一般规定	31

6.2 监测点布置.....	32
6.3 监测频率.....	33
6.4 监测报警.....	34
6.5 监测成果.....	35
7 验收.....	37
7.1 一般规定.....	37
7.2 原材及构配件进场验收.....	38
7.3 安装验收.....	39
附录 A 型钢组合支撑常用构件表.....	42
附录 B 常用型钢组合支撑梁技术参数.....	43
附录 C 常用盖板和系杆技术参数.....	50
附录 D 常用三角传力件及预应力装置技术参数.....	52
附录 E 立杆受压长度计算.....	54
附录 F 型钢组合支撑安装分项工程检验批验收表.....	55
本标准用词说明.....	59
引用标准目录.....	60
条文说明.....	61

1 总 则

1.0.1 为规范基坑工程装配式型钢组合支撑的设计、施工、监测和验收，做到技术先进、安全适用、经济合理、绿色环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于河南省内建筑与市政工程的临时性基坑支护工程。

1.0.3 基坑工程装配式型钢组合支撑的应用应做到因地制宜、合理设计、精心施工、严格监控。

1.0.4 装配式型钢组合支撑基坑支护除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和河南省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 标准件 standard part

由型钢及钢板辅材按标准尺寸加工而成，能相互连接、装配式拆卸并可重复组装的通用性构件。

2.1.2 非标准件 nonstandard part

不具备通用性，一般用于标准件装配支撑与支护结构的有效连接，根据特定基坑的不规则边界尺寸和形状专门定制局部钢构件。

2.1.3 型钢组合支撑 steel struts system

由型钢支撑梁、型钢组合围檩、型钢立柱和辅助连接件等装配构成，用于基坑支护的支撑系统。

2.1.4 型钢支撑梁 formed steel support beam

由型钢支撑梁标准件、非标准件组合而成，可施加预应力的支撑梁，主要包括对撑、角撑及八字撑。

2.1.5 三角传力件 steel triangle part

设置在支撑梁与支撑梁或支撑梁与围檩斜交处的连接件。

2.1.6 围檩 wale

设置在围护结构侧面连接支撑杆件的型钢梁或钢筋混凝土梁。

2.1.7 组合围檩 composite wale

由多根型钢标准件或型钢标准件与混凝土梁结合而成的水平受力构件。其一侧与围护结构相连接，另一侧与型钢支撑梁连接。

2.1.8 托梁 support beam

设置在立柱之间，用于支托和约束型钢支撑的钢构件。

2.1.9 托座 bracket

设置在立柱上，用于支托托梁和支撑构件，建立支撑与立柱之间联系的钢构件。

2.1.10 立柱 support column

设置于基坑内，为钢支撑体系提供竖向支承的立柱。

2.1.11 盖板 cover plate

在型钢组合支撑结构中，按照一定间距平行放置，用于联接型钢支撑各肢型钢，增强型钢支撑梁整体性的构件。

2.1.12 系杆 connection piece

在型钢组合支撑结构中，按照一定倾斜角放置，用于联接型钢支撑梁各肢，增强型钢支撑梁整体性的钢构件。

2.1.13 预应力装置 prestressed device

设置于型钢组合支撑对撑或角撑处，由加载横梁、千斤顶、保力盒和垫板等组成，可施加预应力的装置。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

M_x 、 M_y ——同一截面处绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值；

M_{xi} 、 M_{yi} ——单肢型钢绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值；

N ——轴心压力设计值；

N_i ——单肢型钢的轴心压力设计值；

\bar{Q}_i ——计算剪跨区内的平均剪力设计值；

$M_{i,max}$ ——计算段 L_i 上的最大弯矩设计值（绝对值）；

$\bar{\tau}_i$ ——结合面处平均剪应力。

2.2.2 材料性能与抗力

f ——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值；

f_y ——钢材的屈服强度；

E ——钢材的弹性模量（ N/mm^2 ）；

N_v^b ——单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值；

N_v^c ——单根锚栓所能提供的抗剪承载力设计值；

N'_{Ex} 、 N'_{Ey} ——组合截面对 x 轴、 y 轴的轴心受压临界压力；

N'_{Eyi} ——单肢截面对 y 轴的轴心受压临界压力。

2.2.3 几何参数

A ——型钢组合截面毛截面积；

A_n ——钢材净截面积 (m^2)；

A_i ——单肢型钢的截面面积；

I_i ——组合截面惯性矩；

S_z^* ——计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩；

W_{nx} 、 W_{ny} ——组合截面对 x 轴和 y 轴的净截面模量；

W_x 、 W_y ——组合构件毛截面模量；

W_{xi} 、 W_{yi} ——单肢型钢毛截面模量；

b ——组合围檩截面结合面宽度；

λ_x 、 λ_y ——组合截面对 x 轴和 y 轴的长细比；

λ_{yi} ——单肢型钢截面对 y 轴的长细比；

l_{0x} 、 l_{0y} ——型钢组合截面对 x 轴、 y 轴的计算长度；

l_{yi} ——单肢型钢截面对 y 轴的计算长度；

L_i ——计算零弯矩点至弯矩绝对值最大点的距离。

2.2.4 设计参数和计算系数

K ——安全系数；

γ_0 ——结构的重要性系数；

γ_F ——作用基本组合的综合分项系数；

φ_x 、 φ_y ——轴心受压构件对主轴 x 轴、 y 轴的稳定系数；

φ_{yi} ——单肢型钢水平面内失稳的稳定系数。

n_f^b ——每延米 H 型钢标准件与 H 型钢标准件结合面所需螺

栓的数量；

n_f^c ——每延米 H 型钢标准件与混凝土冠梁结合面所需锚栓

的数量；

ξ ——钢支撑重复利用折减系数；

η ——考虑螺栓或锚栓弹性阶段受力不均的安全系数。

3 基本规定

3.0.1 型钢组合支撑设计和施工应综合考虑地质条件、基坑周边环境条件、基坑形状和平面尺寸、基坑开挖深度、现场施工条件等因素，并与围护结构、地下水控制、土体加固、主体结构的设计和施工相协调。

3.0.2 型钢组合支撑可与钢板桩、型钢水泥土搅拌墙、排桩、地下连续墙等围护结构组合为内支撑式支护结构。支护结构的设计应满足下列功能要求：

1 为围护结构提供可靠的支撑，具有足够的承载力和刚度，并保证其整体稳定性；

2 保证主体结构的施工空间；

3 确保基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路的安全和正常使用。

3.0.3 型钢组合支撑基坑支护设计时，支护结构的强度和稳定性应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的要求，支撑结构的稳定性、强度和变形应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的要求。

3.0.4 型钢组合支撑的设计应包含下列内容：

1 结构体系；

2 结构布置；

3 结构的内力与变形计算；

4 构件的强度和稳定性计算；

5 构件的节点设计。

3.0.5 对于深厚软弱土地基上平面尺寸较大、开挖深度较深的基坑工程，采用型钢组合支撑时，应考虑坑底隆起、立柱沉降或抬升对其影响，宜综合采取下列措施提高基坑稳定性和控制其变形：

-
- 1 通过分坑措施优化基坑形状，控制型钢组合支撑长度；
 - 2 与混凝土支撑结合使用；
 - 3 基坑土体加固；
 - 4 加大围护结构刚度；
 - 5 增强节点连接措施。

当计算坑底隆起量较大，支撑体系可能出现整体受拉时，不宜采用钢支撑。

3.0.6 型钢组合支撑和混凝土支撑混合使用时，整体支撑系统的受力性能应协调一致，不同材料交接处的刚度差异应合理控制，并均匀过渡。

3.0.7 型钢组合支撑的支撑、围檩、立柱以及托梁、托座等连接构件宜为标准件。标准件间连接螺栓宜采用高强螺栓，非标准件间可采用焊接连接。

3.0.8 型钢组合支撑非标准件的设置应符合下列规定：

- 1 非标准件的材料性能、制作加工精度和验收标准不应低于标准件；
- 2 非标准件与标准件的连接应满足承载力和变形的要求。

3.0.9 型钢组合支撑沿主受力方向应设置预加轴力，并应考虑温度变化和材料收缩对支撑轴力和变形的影响，设计时应明确预加轴力大小，施工应严格按设计要求施加并保持预加轴力。支撑预应力在施工过程中应动态监测，可采用自动伺服预应力控制系统。

3.0.10 基坑支护设计应规定型钢组合支撑安装、拆除及土方开挖的具体工况要求，施工应按设计工况的要求进行。

3.0.11 型钢组合支撑不宜兼做施工作业平台和栈桥。当需要设置施工平台或栈桥时，应进行专项设计。

3.0.12 基坑施工全过程应对型钢组合支撑内力和变形进行监测，并综合其他监测结果实施动态控制。

4 设计

4.1 设计原则

4.1.1 型钢组合支撑结构设计使用期限、安全等级应与支护结构一致，对安全等级为一级、二级、三级的支护结构，其结构重要性系数 γ_0 分别不应小于 1.1、1.0、0.9。

4.1.2 型钢组合支撑结构按承载能力极限状态设计时，作用基本组合的综合分项系数 γ_F 应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的要求。

4.1.3 型钢组合支撑结构的计算模型，采用下列假定：

- 1 计算模型的尺寸取支撑构件的中心距；
- 2 支撑按超静定结构体系设计，各构件间须具备可靠的连接构造，构件的连接应与结构计算假定相一致；
- 3 计算模型应考虑预加轴力的作用。

4.1.4 型钢组合支撑结构内力和变形分析应同时考虑下列作用：

- 1 由挡土构件传至围檩和支撑结构的水平荷载；
- 2 支撑结构自重及活荷载；
- 3 预加轴力；
- 4 当温度改变引起的支撑结构内力不可忽略时，应考虑温度作用；
- 5 当支撑立柱下沉或隆起量较大时，应考虑支撑立柱与挡土构件之间差异沉降产生的作用。

4.1.5 型钢组合支撑构件的内力和变形按下列方法计算确定：

- 1 平面支撑体系应按平面杆系结构分层计算，计算模型应符合实际的结构布置和节点构造，各肢型钢、盖板、系杆宜单独计算；当上下层支撑类型或平面布置差异较大时，应按空间模型计算；

2 围护结构传递给支撑的荷载可取围护结构内力分析时得出的支点力；

3 支撑轴向力取支撑间距内围护结构沿围檩长度方向分布的水平反力之和；当支撑与围檩斜交时，水平反力应取沿围檩长度方向水平反力及垂直方向水平反力的合力；

4 在垂直荷载作用下，支撑的内力和变形可近似按单跨或多跨梁分析，其计算跨度取相邻立柱中心距；

5 在水平荷载作用下，钢围檩宜按简支梁计算，计算跨度取相邻支撑的中心距。当设置八字撑和角撑时，钢围檩计算跨度 L 按下列方式确定：

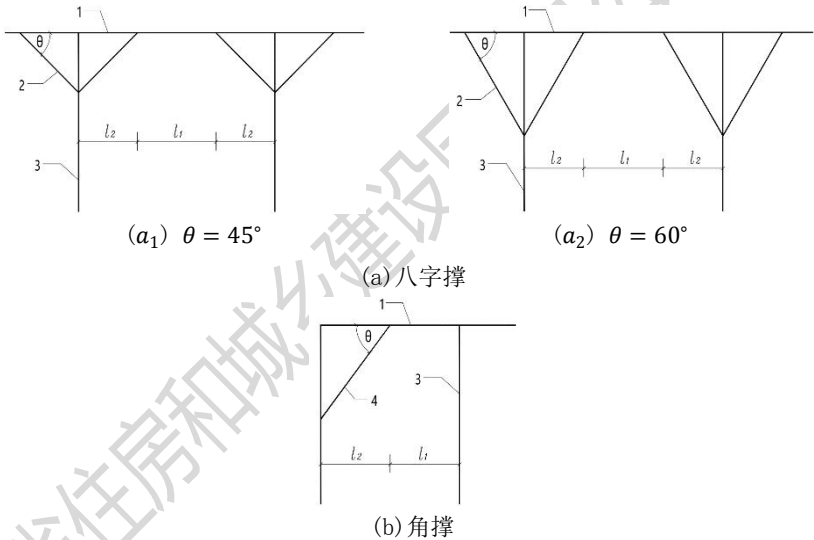


图 4.1.5 八字撑、角撑围檩计算跨度示意

1-围檩；2-八字撑；3-对撑；4-角撑

$$\text{八字撑: } L = l_1 + l_2 (45^\circ \leq \theta < 60^\circ) \text{ 或 } L = l_1 (\theta \geq 60^\circ) \quad (4.1.5-1)$$

$$\text{角撑: } L = l_1 + l_2 \quad (4.1.5-2)$$

4.1.6 支撑构件在计算轴向承载力时应考虑螺栓开孔对构件截面

削弱的不利影响，计算稳定性和变形时可不考虑。

4.1.7 支撑构件的截面承载力应根据支护结构在各个施工阶段荷载作用效应的包络图进行计算。

4.1.8 支撑的截面承载力计算应符合以下规定：

1 支撑应按偏心受压构件计算，截面的偏心弯矩除由竖向荷载产生的弯矩外，尚应考虑轴向力对构件初始偏心距的附加弯矩；构件截面的初始偏心距不宜小于支撑计算长度的 $1/1000$ ，且不宜小于 40mm ；

2 支撑结构的内力分析未计温度变化的影响时，截面验算的轴向力宜乘以 $1.1\sim 1.2$ 的增大系数。

4.1.9 围檩的截面承载力计算应符合以下规定：

1 围檩按水平方向的受弯构件计算；

2 当围檩与水平支撑斜交，还应按偏心受压构件进行验算，此时围檩的受压计算长度取相邻支撑点的中心距；

3 当拼接点按铰接设计时，其受压计算长度宜取相邻支撑点中心距的 1.5 倍。

4.1.10 立柱和立柱桩的截面承载力计算应符合以下规定：

1 立柱应按偏心受压构件计算；计算时应充分考虑基坑开挖与拆撑过程中的各种不利工况，偏心距应根据立柱垂直度并按双向偏心进行计算。

2 作用在立柱上的荷载应包含：

1) 施工的活荷载；

2) 水平支撑的自重；

3) 支撑轴力引起的竖向分力，不小于支撑轴力的 $1/50$ ；

4) 立柱的自重；

5) 其他竖向荷载。

3 立柱受压计算长度宜按下列规定确定：

1) 相邻两层水平支撑间的立柱受压计算长度宜取两层水平支撑中心距；

-
- 2) 单层支撑的立柱或支撑底层立柱的受压计算长度应取底层支撑至基坑底面的净高度与立柱直径或边长的 5 倍之和；
 - 3) 当立柱采用型钢直接插入坑底以下，底部不设桩基础时，单层支撑的立柱和支撑底层立柱的受压计算长度确定可参考附录 E 计算，并不小于本款第 2 项的确定值；
 - 4) 立柱在基坑底以下部分以及立柱桩应进行抗压、抗拔和沉降验算，竖向荷载应按最不利工况取值。

4.1.11 支撑构件的变形应符合以下规定：

- 1 支撑在竖向平面内的挠度不应大于其计算跨度的 $1/400$ ；
- 2 围檩及支撑构件的水平挠度不应大于其计算跨度的 $1/600$ 。

4.1.12 托梁宜按简支梁进行强度、挠度和稳定性计算，其最大计算挠度应小于其计算跨度的 $L/400$ ， L 为托梁支点间的最大距离。

4.2 结构体系

4.2.1 型钢组合支撑结构体系应由水平支撑结构和竖向支承结构组成（图 4.2.1）。水平支撑结构包括角撑、对撑、八字撑、组合围檩和连接件等；竖向支承结构包括立柱（立柱桩）和连接件。

4.2.2 型钢组合角撑杆件、对撑杆件、八字撑杆件和组合围檩应由型钢标准件拼接形成，型钢标准件宜采用 $H300 \times 300$ 、 $H350 \times 350$ 、 $H400 \times 400$ 、 $H428 \times 407$ 型钢，型钢腹板及翼缘厚度不应小于 10mm，常用的型钢支撑梁技术参数可参见附录 B。

4.2.3 角撑杆件、对撑杆件、八字撑杆件采用多根杆件组合时，应设置盖板和系杆，常用盖板和系杆技术参数可参见附录 C。

4.2.4 型钢组合支撑构件的钢材牌号不应低于 Q355，其余构件的钢材牌号不应低于 Q235B。

4.2.5 对撑和角撑的预应力装置应设置加载横梁，采用千斤顶施加压力后，应保留千斤顶或设置保力盒与垫板，亦可采用自动伺服预应力控制系统。

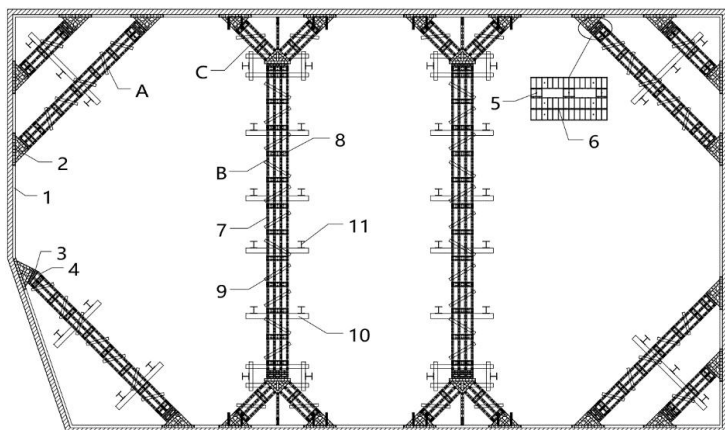


图 4.2.1 型钢组合支撑结构体系平面布置图

A-角撑；B-对撑；C-八字撑

1-组合围檩；2-三角传力件；3-角度调节件；4-非标准件；5-保力盒；6-预应力装置；

7-单肢型钢；8-盖板；9-系杆；10-托梁；11-立柱

4.2.6 单道水平支撑系统可采用双层或双层以上型钢支撑梁，上下型钢支撑梁之间应设置型钢垫梁，并通过垫梁形成有效连接（图 4.2.6）。

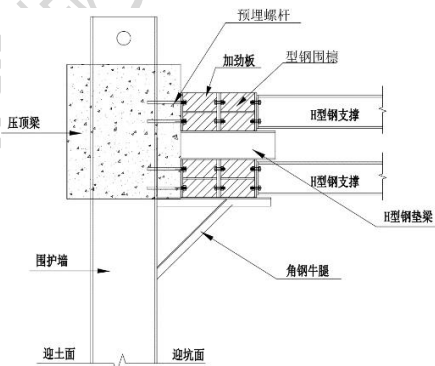


图 4.2.6 双层型钢支撑梁示意图

4.2.7 组合围檩应通过设置于围护墙上的托架支承于围护墙，并通

-
- 1 基坑的平面形状、尺寸和开挖深度；
 - 2 基坑周围的环境保护要求和相邻在建地下工程的情况；
 - 3 围护结构类型和传力要求；
 - 4 拟建地下工程的结构布置；
 - 5 基坑施工顺序、施工方法和材料供应；
 - 6 地区工程经验。

4.3.2 型钢组合支撑结构的平面布置应符合下列规定：

- 1 内支撑的平面布置应满足基坑土方开挖、运输及主体结构的施工要求，宜避开地下主体结构的墙、柱；
- 2 相邻支撑之间的水平间距应满足土方开挖的施工要求，采用机械挖土时，应满足挖土机械作业的空间要求，且不宜小于 3m；
- 3 沿围檩或压顶梁长度方向相邻支撑的水平净距，对组合围檩不宜大于 8m，对混凝土围檩或压顶梁不宜大于 10m；
- 4 对撑端部可设置八字撑，八字撑宜对称布置，轴线长度不宜大于 9m，与压顶梁、围檩之间的夹角宜取 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ；
- 5 基坑向内凸出的阳角应设置可靠的双向约束；
- 6 当设置竖向斜撑时，应设置斜撑基础，且应考虑与主体结构底板施工的关系。

4.3.3 型钢组合支撑结构的竖向布置应符合下列规定：

- 1 支撑与围护结构间应避免出现拉力，并应考虑拆换撑的安全性和便利性；
- 2 支撑应避开主体地下结构底板和楼板的位置，并应满足主体地下结构施工对墙、柱钢筋连接长度的要求。在支撑拆除前进行其下方的地下结构楼板施工的情况下，支撑底面与下方主体结构楼板间的净距不宜小于 500mm；
- 3 多层水平支撑的上、下层支撑轴线宜布置在同一竖向平面内，层间净高不宜小于 3m；
- 4 支撑至基坑底的净高不宜小于 4m；对软弱土场地，最下一层支撑净高应尽可能减小。

4.3.4 围檩的布置应符合下列规定：

1 围护结构顶的冠梁可兼作第一道水平支撑的围檩，当第一道水平支撑标高低于冠梁时，应另设围檩；

2 采用地下连续墙作为围护结构，当不设置围檩时，应在地下连续墙内设置暗梁，且每个槽段的墙体的支撑点不得少于 2 个；

3 围檩宜沿基坑周边连续设置，形成完整的封闭体系；当不封闭时，应在断开处采取加强措施，确保支撑结构完整性和有效传力。

4.3.5 立柱布置应符合下列规定：

1 单道（根）支撑跨度超过 20m 时宜设置立柱，角撑跨度超过 15m 时宜设置立柱；

2 支撑立柱宜避开主体结构的梁、柱及承重墙；立柱与支撑端部及立柱之间的间距应根据支撑构件的稳定性要求和竖向荷载的大小确定，同一组型钢支撑梁下立柱与围檩、相邻立柱之间间距不宜大于 10m，不同方向支撑交汇处应设置立柱；

3 立柱（桩）下端应支承在较好的土层上，开挖面以下的埋入长度应满足支撑结构对立柱承载力和变形的要求。

4.3.6 竖向斜撑布置应符合下列规定：

1 竖向斜撑体系通常应由斜撑、围檩和斜撑基础等构件组成；当竖向斜撑长度大于 20m 时，宜在斜撑中部设置立柱；竖向斜撑不宜超过两层；

2 竖向斜撑与基坑底面之间的夹角一般情况下不宜大于 45° ，在软弱土地区不宜大于 35° ，并与基坑内土堤的稳定边坡角相一致；竖向斜撑基础与围护结构之间的水平距离不宜小于围护结构在开挖面以下插入深度的 1.5 倍；

3 竖向斜撑与围檩、竖向斜撑与基础以及围檩与围护结构之间的连接应满足斜撑水平分力和垂直分力的传递要求；

4 当采用工程桩做竖向斜撑的坑内支点时，必须保证工程桩本身的安全和正常使用；

5 竖向斜撑布置应避让地下结构梁、柱、剪力墙位置。

4.3.7 预应力施加装置与支撑间应为等强连接,以保证支撑构件的受压稳定性。

4.3.8 钢栈桥不宜与支撑结构设置在同一平面,可设置于首层支撑上方且略高于出口处场地标高。

4.4 构件计算

4.4.1 型钢组合支撑梁的截面(图4.4.1)强度应按下式计算:

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_{nx}} \pm \frac{M_y}{W_{ny}} \leq \xi f \quad (4.4.1)$$

式中: N ——轴心压力设计值(N)。可由考虑预应力作用的基坑支护结构按弹性支点法计算所得的支点力计算确定;

M_x, M_y ——同一截面处绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值($N \cdot mm$);

W_{nx}, W_{ny} ——组合截面对 x 轴和 y 轴的净截面模量(mm^3);

A_n ——组合截面净截面面积(mm^2),由毛截面面积扣除开孔截面积后得到;当构件多个截面有孔且开孔尺寸或数量不同时,取最不利的截面;

ξ ——钢支撑重复利用折减系数。对于首次使用的新钢支撑,取值1.0;对于重复使用的旧钢支撑,无相关数据时,可取0.85~0.95。

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值(N/mm^2)。

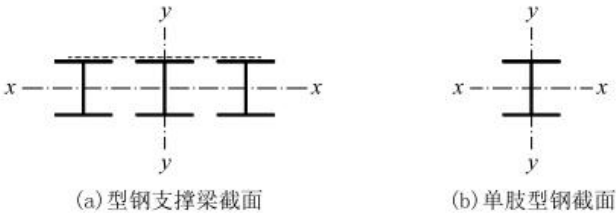


图4.4.1 截面坐标轴示意图

4.4.2 型钢组合支撑梁的稳定性应按下式计算:

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{M_x}{W_x \left(1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}}\right)} + \frac{M_y}{W_y} \leq \xi f \quad (4.4.2-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{M_y}{W_y \left(1 - \frac{N}{N'_{Ey}}\right)} + \frac{M_x}{W_x} \leq \xi f \quad (4.4.2-2)$$

式中： M_x 、 M_y ——竖向和水平弯矩设计值（N·mm）；

W_x 、 W_y ——组合截面的毛截面模量（mm³）；

N ——轴心压力设计值（N）；

A ——组合截面毛截面面积（mm²）；

N'_{Ex} ——组合截面对 x 轴的轴心受压临界压力，

$$N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1\lambda_x)^2;$$

N'_{Ey} ——组合截面对 y 轴的轴心受压临界压力，

$$N'_{Ey} = \pi^2 EA / (1.1\lambda_y)^2;$$

λ_x ——组合截面绕 x 轴的长细比， $\lambda_x = l_{0x}/i_x$ ；

λ_y ——组合截面绕 y 轴的长细比， $\lambda_y = l_{0y}/i_y$ ；

l_{0x} ——型钢组合截面对 x 轴的计算长度（mm），取托梁的间距 $l_{0x} = l_0$ ；

l_{0y} ——型钢组合截面对 y 轴的计算长度（mm），取型钢组合支撑的实际长度，不考虑中间托梁的影响（图 4.4.2）；

E ——钢材的弹性模量（N/mm²）；

φ_x ——轴心受压构件对 x 轴的稳定系数，按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 中附录 D 取用；

φ_y ——轴心受压构件对 y 轴的稳定系数，按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 中附录 D 取用；

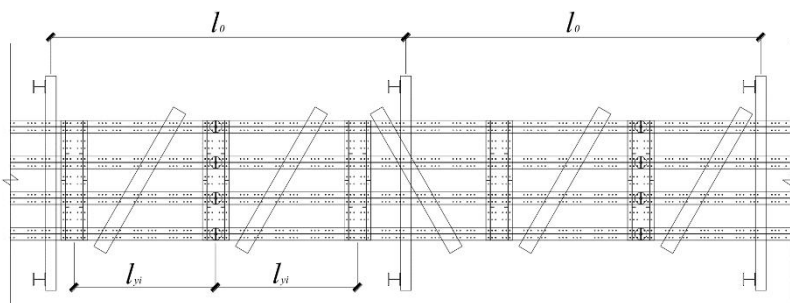


图 4.4.2 型钢支撑梁计算长度示意图

4.4.3 型钢支撑梁单肢型钢的稳定性应按式(4.4.3)计算:

$$\frac{N_i}{\varphi_{yi}A_i} + \frac{M_{xi}}{W_{xi}} + \frac{M_{yi}}{1.2W_{yi}\left(1 - 0.8\frac{N_i}{N'_{Eyi}}\right)} \leq \xi f \quad (4.4.3)$$

式中: M_{xi} 、 M_{yi} ——单肢型钢绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$);

W_{xi} 、 W_{yi} ——单肢型钢对 x 轴和 y 轴的毛截面模量 (mm^3);

N_i ——分配到单肢型钢上的轴心压力设计值 (N);

A_i ——单肢型钢截面面积 (mm^2);

N'_{Eyi} ——单肢截面对 y 轴的轴心受压临界压力,

$$N'_{Eyi} = \pi^2 EA_i / (1.1\lambda_{yi})^2;$$

λ_{yi} ——单肢型钢截面对 y 轴长细比, $\lambda_{yi} = l_{yi}/i_{yi}$;

l_{yi} ——单肢型钢截面对 y 轴的计算长度, 取相邻盖板中间距, 见图 4.4.2;

φ_{yi} ——单肢型钢水平面内失稳的稳定系数, 按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 中附录 D 取用。

4.4.4 组合围檩的强度、稳定性、变形验算应符合本标准第 4.1.9 条的规定。组合截面模量及抗弯强度应按组合截面抗剪连接的程度进行折减。

4.4.5 组合围檩结合面抗剪连接件承载力的计算应符合下列规定：

1 组合型钢之间螺栓的抗剪承载力设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 取受剪和受压承载力设计值中的较小者；

2 混凝土压顶梁与 H 型钢之间螺栓抗剪承载力设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017 取值；

3 组合围檩结合面剪力设计值的计算，应以弯矩绝对值最大点及零弯矩点为界限，划分若干个剪跨区，逐段进行。每个剪跨区内平均剪力 \bar{Q}_i 应根据下式计算：

$$\bar{Q}_i = \frac{M_{i,max}}{L_i} \quad (4.4.5-1)$$

式中： L_i ——计算零弯矩点至弯矩绝对值最大点的距离（mm）；

\bar{Q}_i ——计算剪跨区内的平均剪力设计值（N）；

$M_{i,max}$ ——计算段 L_i 上的最大弯矩设计值（绝对值）（N·mm）。

4 组合围檩中 H 型钢标准件之间的结合面或 H 型钢标准件与混凝土压顶梁之间的结合面处的平均剪应力按下式计算：

$$\bar{\tau}_i = \frac{\bar{Q}_i S_z^*}{I_i b} \leq \xi f_v \quad (4.4.5-2)$$

式中： $\bar{\tau}_i$ ——结合面处平均剪应力（N/mm²）；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值（N/mm²）；

S_z^* ——计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩（mm³）；

I_i ——围檩组合截面惯性矩（mm⁴）；

b ——围檩组合截面结合面宽度（mm）。

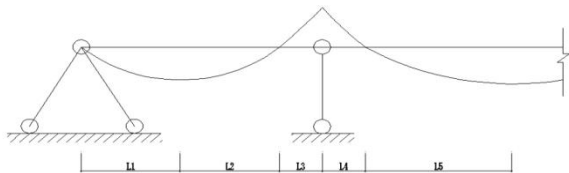


图 4.4.5 型钢支撑梁计算长度示意图

5 三角传力件以外区域组合围檩结合面每米需要配置螺栓或预埋螺栓数量根据下式计算，且不应少于 12M24。

$$n_f^b \geq \eta \frac{\bar{\tau}_i b}{N_v^b} \quad (4.4.5-3)$$

式中： n_f^b ——每延米 H 型钢标准件之间的结合面或 H 型钢标准件与混凝土冠梁结合面所需螺栓的数量；

N_v^b ——单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值 (N)；

η ——考虑螺栓或锚栓弹性阶段受力不均的安全系数，不小于 3.0。

4.4.6 立柱和立柱支承桩计算应符合下列规定：

1 立柱应按偏心受压构件进行强度和稳定性验算，计算时应充分考虑基坑开挖与拆撑过程中的各种不利工况，偏心距应根据立柱垂直度并按双向偏心进行计算；

2 立柱的计算长度宜根据支撑布置、托梁、剪刀撑、节点的刚度以及地基土、立柱桩等立柱约束条件综合确定；

3 立柱桩应进行单桩竖向承载力计算，竖向荷载应按最不利工况取值。

4.4.7 盖板、系杆的计算应符合下列规定：

1 盖板、系杆应根据现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 相关规定，取构件的实际剪力和按计算的剪力两者中的较大值进行验算；型钢拼接处所设盖板螺栓的剪力设计值按下式计算，且不应小于型钢支撑梁轴力的 1/40：

$$V = \frac{Af}{85} \sqrt{\frac{f_y}{235}} \quad (4.4.7-1)$$

式中： V ——型钢拼接处所设盖板螺栓的剪力设计值 (N)；

A ——盖板的毛截面面积 (mm^2)；

f_y ——盖板钢材的屈服强度 (N/mm^2)

2 连接盖板与对撑或角撑的螺栓个数应按下式计算：

$$n = \frac{V}{N_v^b} \quad (4.4.7-2)$$

式中： N_v^b ——单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值（N）。

4.4.8 托梁宜按简支梁进行强度和挠度的验算，其最大计算挠度应小于 $L/400$ ， L 为托梁支点间的最大距离。

4.5 连接节点与构造

4.5.1 型钢支撑梁的构造应符合下列规定：

- 1 钢支撑受压杆件的长细比不应大于 150；
- 2 支撑构件的拼装应按照等强度原则，钢支撑的构件的拼接部位宜采用高强螺栓连接，承受剪力的部位应采用高强螺栓连接；
- 3 型钢支撑梁宜减少拼接节点，当采用多根型钢组合时，拼接点宜相互错开，错开长度不宜小于 1m；
- 4 拼接位置宜设置在立柱和托梁附近。

4.5.2 盖板、系杆的构造应符合下列规定：

- 1 型钢支撑梁的上翼缘应设置盖板，下翼缘宜设置系杆，且盖板或系杆的位置宜上下对应，常用的盖板和系杆的技术参数可参见附录 C；盖板应与各肢型钢梁垂直设置，系杆与各肢型钢梁斜交设置；
- 2 盖板或系杆沿支撑长度方向的间距应符合式 4.4.3 的要求，且不宜大于 5m；在对撑、角撑拼接节点处及靠近预应力装置位置宜设置盖板；
- 3 系杆与型钢支撑梁斜交的角度宜为 $30^\circ \sim 60^\circ$ ，每肢型钢与系杆之间的连接螺栓数量不应少于两个。

4.5.3 组合围檩构造应符合下列规定：

- 1 组合围檩宜沿基坑周边连续设置，形成完整的封闭体系；
- 2 围檩的拼接应采用高强螺栓连接；
- 3 围檩宜减少拼接节点，拼接位置应避免弯矩较大处，且翼缘处应增加拼接板并采用高强螺栓连接，每侧不应少于 6 个 M24 高强螺栓；当采用多根型钢组合时，拼接点宜错开布置；
- 4 基坑土方开挖前，压顶梁或组合围檩宜封闭，当不封闭时应

在断开处采取加强措施，确保支撑体系整体性。

4.5.4 组合围檩与围护墙的连接应符合下列规定：

1 围檩与围护墙之间应通过抗剪连接件连接，二者之间的空隙应采用强度等级不低于 C30 的细石混凝土填实；

2 安装钢围檩前，应在围护结构上设置钢牛腿，围檩底部的牛腿平面间距不宜大于 3m；

3 对型钢-混凝土组合围檩，应在混凝土梁内预埋与型钢连接的锚栓，锚栓数量每米不应少于 8 个 M24 螺栓。

4.5.5 八字撑区域组合围檩受力或变形无法满足要求时，可在八字撑中部设置对撑（图 4.5.5），并按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 相关规定，对中部对撑的强度及稳定性进行计算。

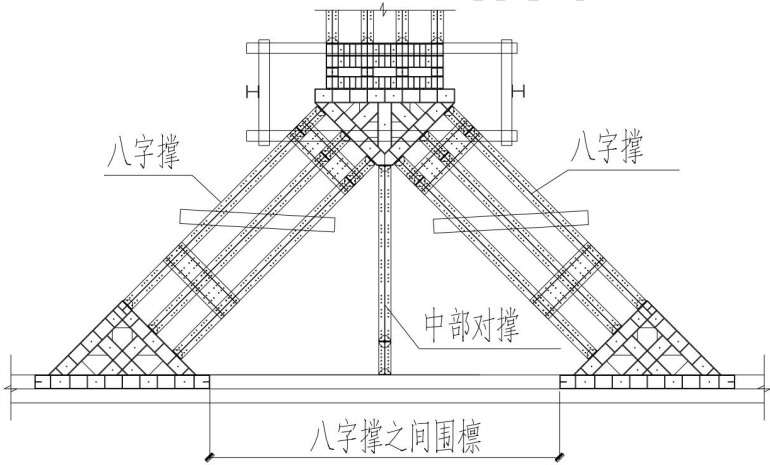


图 4.5.5 八字撑示意图

4.5.6 型钢支撑梁与围檩的连接应符合下列规定：

1 型钢支撑梁与围檩斜交时应在交接处设置三角传力件，常用的三角传力件技术参数可参见附录 D；

2 连接处的围檩应设置加劲板，加劲板间距不应大于 500mm，加劲板的厚度应由计算确定且不小于 10mm。

4.5.7 型钢支撑梁与立柱的连接应符合下列规定：

- 1 托梁和托座应对型钢支撑梁在侧向和竖向形成有效约束；
- 2 托梁与型钢支撑梁的每肢型钢、托梁与托座之间均应采用螺栓连接，螺栓数量应通过计算确定，托梁与型钢支撑梁每肢型钢之间的连接螺栓不应少于 2 个 M24，托梁与托座之间的连接螺栓不应少于 4 个 M24。

4.5.8 立柱和立柱支承桩构造应符合下列规定：

- 1 立柱的长细比不宜大于 25；
- 2 当采用立柱桩时，立柱桩宜采用直径不小于 600mm 的灌注桩（可利用工程桩）、钢柱在桩内的埋入长度应不小于钢柱边长的 4 倍，且不应小于 3m，并与桩身主筋焊接。立柱（桩）在基坑开挖面以下的埋入深度应满足第 4.3.5 条第 3 款的要求；
- 3 相邻立柱的间距应根据支撑布置、竖向荷载的大小以及支撑杆件的稳定性要求确定；
- 4 立柱宜设置于对撑、角撑组合构件的侧面，并宜成对设置；
- 5 对撑、角撑区域成对设置的立柱之间宜设置剪刀撑，剪刀撑的轴力计算和承载力验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；
- 6 当对撑或角撑在施加预应力位置断开时，立柱、托梁和托座的设置应同时满足断开位置两侧支撑构件的竖向支承要求；
- 7 立柱在穿越主体结构底板范围内应设置可靠的止水措施。

4.5.9 预应力装置宜设置于型钢支撑梁端部，其构造应符合下列规定：

- 1 加载横梁应对设置，两对加载横梁之间应预留设置保力盒或千斤顶的空间；
- 2 加载横梁宽度不应小于型钢支撑梁的宽度，加载横梁与支撑和千斤顶相连接处应设置加劲肋；
- 3 采用千斤顶施加预应力后，应保留千斤顶或设置保力盒；保力盒的截面尺寸不应小于对撑或角撑 H 型钢标准件尺寸，其数量与

位置宜与对撑或角撑 H 型钢标准件对应；

4 预应力装置的数量及位置可按表 4.5.9 确定。

表 4.5.9 预应力装置的数量和位置要求

型钢支撑梁长度	预应力装置数量	预应力装置设置位置
30m 以内	1	支撑一端
30m~60m	1	支撑中部
60m 以上	2	支撑两端各一个

4.5.10 支撑预加轴力值宜取支撑轴力设计值的 25%~75%，具体应结合基坑侧壁变形要求及支护结构的内力情况确定，支撑长度小于 6m 时可不预加轴力。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 基坑工程安全专项施工方案中应包含型钢组合支撑的安装、预应力施加和控制、拆撑与换撑等施工内容，并明确土方开挖与型钢组合支撑施工之间的相互制约条件。

5.1.2 型钢组合支撑施工前应做好如下准备工作：

1 施工前应进行技术交底，施工人员进行必要的实际操作培训，并经考核合格；

2 施工前应进行预拼装，检验加工精度，并根据预拼装结果指导生产；

3 施工前需实地勘察施工场地、周边环境和保护要求，并及时处理地面上的障碍物；

4 供电、供水、道路、排水、照明、临设房屋等能满足安全文明施工的要求；

5 施工现场管理人员到位、相关工种应配套齐全。

5.1.3 型钢组合支撑施工应在立柱、托座、托梁等竖向支承构件安装完成后，按照先围檩，后对撑、角撑的顺序进行水平支撑系统的拼装。型钢组合支撑施工宜按以下流程进行：

1 测量定位；

2 立柱施工；

3 焊接牛腿，安装托座、托梁；

4 安装型钢围檩；

5 安装对撑、角撑；

6 预应力施加和控制；

7 支撑拆除与回收。

5.1.4 每层钢围檩和型钢组合支撑梁应在土方开挖至设计要求的

标高后立即安装。

5.1.5 塔吊吊装构件时应符合现行国家标准《塔式起重机安全规程》GB 5144 的规定。

5.2 支撑安装

5.2.1 立柱安装应符合下列规定：

- 1 立柱安装前应检查并调整托架、托座与托梁的标高，其允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ ；
- 2 应采取有效措施控制立柱平面位置、垂直度和平面转角；
- 3 立柱兼作立柱桩时，宜采用静压方式插入土体，施工困难时可采用引孔等辅助措施；
- 4 立柱为型钢且立柱桩为灌注桩时，应采用后插法施工；
- 5 立柱周围土方应均匀对称开挖。

5.2.2 牛腿、托座和托梁安装应符合下列规定：

- 1 牛腿与围护结构的连接、托座与立柱的连接均应控制标高和水平度；
- 2 在施加预应力前，应将单肢型钢约束在托梁上，预应力施加完成后，再用螺栓将单肢型钢和托梁连接；
- 3 托梁不得设置接头。

5.2.3 钢围檩和型钢支撑梁安装应符合下列规定：

- 1 每节钢围檩应统一编号，逐节安装，拼接节点应避开支撑位置；
- 2 基坑支撑范围内钢围檩应形成封闭受力体系，确保支撑与立柱、围檩连接点体系的稳定；钢围檩水平中线应与支撑轴线在同一水平面上；
- 3 支撑钢系杆安装应顺直，并在同一标高位置；
- 4 型钢组合支撑梁与钢围檩斜交处应设置专门传力构件；
- 5 钢围檩与围护结构之间空隙的处理应满足设计要求和 4.5.4 条规定。

5.2.4 高强螺栓使用应符合下列规定：

- 1 高强螺栓经检测合格后方可使用；
- 2 高强螺栓紧固应分两次进行，初拧扭矩值为终拧的 50%～70%；
- 3 型钢支撑构件之间的连接螺栓的紧固扭矩不宜小于 105N·m。

5.2.5 型钢组合支撑堆放、吊装和维护应符合下列规定：

- 1 对进入施工现场的设备、材料应进行验收，并注明其名称、规格型号、数量、场地、使用部位；
- 2 钢支撑构件堆放应符合下列要求：
 - 1) 堆放场地平整坚实，排水条件良好；
 - 2) 堆放高度不宜超过 3 层；
 - 3) 构件堆放支垫点要合理，垫木宜采用耐压的长木方或枕木，垫木应上下对齐；
 - 4) 型钢支撑构件应分类堆放整齐，标识明确，记录完整，并应有明显的警示标识。
- 3 钢构件应按相关规范和要求进行防锈处理；
- 4 除另有专项设计外，型钢组合支撑上不得堆放材料或其他重物；
- 5 吊装时应合理选择吊点位置。

5.3 预应力施加与控制

5.3.1 型钢组合支撑的预应力施加应符合设计和专项施工方案要求。

5.3.2 施加预应力所用的千斤顶和油泵系统应经过计量检定，使用时应在检定有效期内。

5.3.3 型钢组合支撑安装完毕，应及时检查各节点的连接状况，经确认符合要求后方可施加预应力。

5.3.4 预应力施加时，千斤顶压力的合力点应与型钢支撑梁轴线重合，千斤顶应在型钢支撑梁轴线两侧对称、等距放置，且应同步施

加压力。

5.3.5 预应力应根据设计要求分级施加。施加每级压力后宜保持压力稳定 10min 再施加下一级压力；预应力加至设计规定值后，应在压力稳定 10min 后，方可锁定。

5.3.6 在施加预应力过程中，当出现焊点开裂、螺栓松动、局部压曲等异常情况时应解除压力，在对支撑的薄弱处进行加固后，方可继续施加预应力。

5.3.7 在预应力锁定前，应对所有螺栓进行二次复紧并再次检查各连接点的情况，必要时对节点进行加固。

5.3.8 应考虑气温变化对支撑工作状态的影响，根据支撑内力监控结果及时调整支撑预应力，使支撑始终处于受压状态，并防止因温度变化引起附加应力而造成破坏。

5.3.9 施加预应力过程中，应做好相应的记录。

5.3.10 当采用钢筋混凝土冠梁和围檩时，预加应力前应确保其达到设计强度。

5.4 基坑开挖

5.4.1 土方开挖应按支护结构设计和施工方案规定的土方开挖顺序和开挖深度分层、对称、均衡开挖。

5.4.2 每层开挖面要具备牛腿、托梁、支撑的施工条件，宜控制在低于托梁底 300mm~500mm；支撑结构的安装和预应力施加未达到设计要求之前，严禁进行下层土方开挖。

5.4.3 当设置施工栈桥时，应根据周边场地环境条件、基坑形状、支撑布置、施工方法等进行专项设计。

5.4.4 机械挖土不得影响型钢支撑、立柱的正常施工和使用，挖土机械严禁碰撞支撑结构和立柱。

5.4.5 基坑开挖的质量验收应符合现行国家标准《建筑地基基础工程质量验收标准》GB 50202 的相关要求。

5.5 支撑拆除和回收

5.5.1 型钢组合支撑拆除顺序应与设计工况相一致。

5.5.2 拆除钢支撑应先换撑、后拆除。换撑结构强度达到设计要求后，方可拆除钢支撑。换撑位置和支撑构件连接方式应符合设计要求。

5.5.3 利用主体结构换撑应满足以下要求：

1 主体结构的楼板或地下室底板的混凝土强度应达到设计要求；

2 主体结构与围护结构之间的支撑转换构造及强度应符合设计要求；

3 当结构底板和楼板分块浇筑或设置后浇带时，应在分块部位或后浇带处设置传力构件；

4 当局部主体结构不能有效传递支撑转换后的水平力时，应采取临时加固措施。

5.5.4 支撑拆除应自下而上分层进行。每层支撑拆除按以下流程进行：

1 应按型钢组合支撑平面布置的顺序拆除。

2 释放支撑预应力，拆除千斤顶或保力盒；

3 逐节或分段拆除盖板、系杆、型钢支撑梁；

4 拆除支撑下方的托梁及托座；

5 拆除钢围檩和立柱。

5.5.5 型钢组合支撑拆除还应符合下列规定：

1 每级预应力释放后宜观察 30min，并检查节点变化及基坑周边变形情况，如有异常应立即整改；

2 高强螺栓应间隔拆除；

3 拆除过程中应采取措施防止待拆除的钢支撑坠落；

4 在支撑杆件拆除过程中，应注意保护立柱和托梁等竖向构件；

5 拆除吊装施工时，避免碰撞上部已安装好的支撑，同时防止

钢丝绳缠住安装好的支撑而出现事故。

5.5.6 用于拆除的起重机械和作业场地应满足建筑起重机械的安全施工要求。

5.5.7 拆撑过程应加强监测和现场巡视，发现安全隐患应立即停止拆除作业，待隐患排除后方可继续拆除作业。

5.5.8 拆除的构件应按指定位置分类堆放，进行清理、维护后回收再利用。

5.6 施工安全措施

5.6.1 型钢围檩、支撑吊装施工过程中应有专人统一指挥，操作人员要听从指挥；支撑构件吊装时，划分的施工警戒区域应有明显的标志，非施工人员禁止入内。

5.6.2 型钢组合支撑进行人工拆除作业时，作业人员应站在稳定的结构或脚手架上操作，支撑构件应采取有效的防下坠措施。严禁人员在没有防护措施时在支撑上行走、作业。

5.6.3 基坑施工过程应加强对支撑系统的巡查，对巡查发现的问题应及时整改，巡查主要包括下列内容：

- 1 型钢支撑梁、立柱及型钢围檩的外观工作状态；
- 2 高强螺栓是否松动、开裂；
- 3 型钢组合支撑上是否有违规堆载，基坑周边是否有违规堆载；
- 4 土方开挖和支撑的顺序及时间与型钢组合支撑的受力工况

是否与设计要求一致。

5.6.4 针对施工监测与巡查中发现的问题，宜采取的整改措施主要有：

- 1 当构件出现预应力损失较大的情况下，可通过预应力补偿、增设支撑等措施控制支撑轴力；
- 2 当构件变形速度超过设计规定时，可采取增设支撑、坑外卸载等措施控制基坑变形；
- 3 当局部螺栓出现崩裂、剪断等情况时，应立即采取加强措施；

4 当支撑构件发生挠曲或节点出现异常时，可采取增设支撑、节点补强等措施；

5 昼夜温差较大，影响型钢组合支撑受力时，应加强轴力监测和评估。

5.6.5 当支护结构或基坑周边环境出现报警情况或者其它险情时，应停止开挖，并根据危险产生的原因和可能引起的破坏，采取控制或加固措施。危险消除后，方可继续开挖。

5.6.6 工程因故停工时，不应停止对型钢组合支撑的维护，复工前应对型钢组合支撑进行全面检查。

5.7 环境保护措施

5.7.1 施工期间应按照方案要求堆放材料，严格控制材料堆放和安插型钢立柱时的噪声。

5.7.2 拆除作业时构件不应自然下坠，应预设消音隔震措施。

5.7.3 当施工点周围有重点保护对象时，应提前掌握保护要求，严格控制支撑安装拆除的时间和顺序，并结合监测结果采取应对措施。

6 监测

6.1 一般规定

6.1.1 型钢组合支撑监测应贯穿于支撑的安装、使用和拆除全过程。

6.1.2 型钢组合支撑的监测工作应采用仪器监测和巡视检查相结合的方法，监测项目应包括型钢支撑轴力、围檩应力和立柱位移等内容，并符合表 6.1.2 要求：

表 6.1.2 型钢组合支撑监测项目

监测项目	支护结构安全等级		
	一级	二级	三级
围檩水平位移	应测	应测	可测
支撑轴力	应测	应测	可测
立柱竖向位移	应测	宜测	可测

注：1 有特殊要求的工程项目，尚应根据建设方及相关单位的特殊要求增加相应的监测项目；

2 支护结构安全等级的划分按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 执行。

6.1.3 型钢组合支撑监测项目应满足以下要求：

1 型钢组合围檩水平位移和立柱竖向位移监测；

- 1) 围檩水平位移和立柱竖向位移监测点的布设应符合稳固、明显、结构合理，监测点的位置应避开障碍物，便于观测；
- 2) 立柱竖向位移监测精度应根据竖向位移报警值按表 6.1.3-1 中有关规定确定；

表 6.1.3-1 立柱竖向位移监测精度

竖向位移报警值	累计值 S	$S \leq 20$	$20 < S \leq 40$	$40 < S \leq 60$	$S > 60$
	变化速率 v_s (mm/d)	$v_s \leq 2$	$2 < v_s \leq 4$	$4 < v_s \leq 6$	$v_s > 6$
监测点测站高差中误差 (mm)		≤ 0.15	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.5

注：监测点测站高差中误差系指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。

3) 围檩水平位移监测精度应根据水平位移报警值按表 6.1.3-2 中有关规定确定。

表 6.1.3-2 围檩水平位移监测精度

水平位移报警值	累计值 S	D≤40		40<D≤60	D>60
	变化速率 v_0 (mm/d)	$v_0 \leq 2$	$2 < v_0 \leq 4$	$4 < v_0 \leq 6$	$v_0 > 6$
监测点坐标中误差(mm)		≤1.0	≤1.5	≤2.0	≤3.0

注：1 监测点坐标中误差是指监测点相对测站点的坐标中误差，为点位中误差的 1/2；

2 当根据累计值和变化速率选择的精度要求不一致时，水平位移监测精度优先按变化速率报警值的要求确定；

3 本标准以中误差作为衡量精度的标准。

2 型钢组合支撑内力监测：

- 1) 支撑内力监测宜采用全自动连续监测系统，可采用轴力计或应变计等量测；
- 2) 支撑内力监测值应考虑温度变化对内力监测结果的影响，每次测试结果宜记录当时气温和传感器处钢支撑表面的温度；
- 3) 轴力计或应变计的量程宜为设计值的 2 倍，精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

6.1.4 基坑工程装配式钢支撑及其它监测项目均应符合国家现行标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 和《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的规定。

6.2 监测点布置

6.2.1 型钢组合支撑梁内力监测点布置应符合下列规定：

1 监测点宜布置在轴力较大或在整个支撑系统中起控制作用的支撑梁上；

2 每道支撑的监测点数不宜小于该道支撑梁数目的 50%，上下各层的监测点位置在竖向上宜保持一致；

3 每个监测点内的监测元件数不小于组成该榀支撑梁单肢型

钢数量的 50%且不少于 2 个；监测断面应设置在加压端 5m 范围外部位，并避开接头位置；

4 内力监测传感器宜在预应力施加后且土方开挖前安装。

6.2.2 型钢组合支撑围檩水平位移监测点水平间距不宜大于 20m，每边监测点数量不宜少于 3 个。当立柱水平和竖向位移同时监测时，监测点宜为共用点。

6.2.3 型钢组合支撑立柱竖向位移监测点布置应符合下列规定：

1 立柱沉降监测点布置在连接件处、预应力加压端处、八字撑等处等受力较大的立柱上；

2 监测点数不宜小于立柱总数 5%，且不应小于 3 个。

6.2.4 监测点的布置不应影响监测对象的正常工作，并应减少对施工作业的影响。

6.2.5 在基坑支护结构受力和变形较大处及周边环境保护要求较高处，应加密监测点。

6.3 监测频率

6.3.1 监测频率应根据支护结构安全等级、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化和当地经验等确定。在无数据异常和事故征兆的情况下，开挖后现场仪器监测频率可按表 6.3.1 确定。

表 6.3.1 基坑监测频率表

基坑设计安全等级	施工进度		监测频率
一级	开挖深度 (H)	$\leq H/3$	1次/ (2~3) d
		$H/3 \sim H/3$	1次/ (1~2) d
		$2H/3 \sim H$	(1~2) 次/d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1次/d
		7~14	1次/3d
		14~28	1次/5d
		>28	1次/7d

续表 6.3.1

基坑设计安全等级	施工进度		监测频率
二级	开挖深度 (H)	$\leq H/3$	1次/3d
		$H/3 \sim H/3$	1次/2d
		$2H/3 \sim H$	1次/d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1次/2d
		7~14	1次/3d
		14~28	1次/7d
		>28	1次/10d

注：1 预应力施加阶段的内力监测频率为预应力施加前后各 1 次、位移监测频率为 1 次/d；

2 拆换撑阶段的内力监测频率为拆换撑前后各 1 次、位移监测频率为 1 次/d；

3 支撑结构从开始拆除到拆除完成后 3d 内的监测频率加密为 1d/次；

4 当基坑安全等级为三级时，宜测、可测项目的监测频率可视具体情况适当降低；

5 对于分区、分期施工的基坑，可根据施工进度及影响程度，分区或分期调整相应的监测频率。

6.3.2 当出现下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1 监测数据达到预警值；
- 2 监测数据变化较快或者速率加快；
- 3 超长、超深开挖或未及时加撑等违反设计工况施工；
- 4 支撑结构的荷载突然变化；
- 5 周边地面、邻近建筑突然出现较大沉降或严重开裂；
- 6 轴力变化较大或者围护结构变形较大；
- 7 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

6.3.3 当出现可能危及基坑工程及周边环境安全的事故征兆时，应实时跟踪监测。

6.4 监测报警

6.4.1 型钢组合支撑监测报警值应根据环境条件和设计要求确定，无特殊要求时，可按表 6.4.1 确定。

表 6.4.1 型钢组合支撑监测报警值

监测项目			围檩水平位移	立柱竖向位移	支撑内力	
支护结构安全等级	一级	累计值 (mm)	绝对值 (mm)	20~30	20~30	(60%~80%) f_2
			相对基坑深度 H 控制值 (mm)	0.2%~0.3%	-	
		变化速率 (mm/d)	2~3	2~3	-	
	二级	累计值 (mm)	绝对值 (mm)	30~40	20~30	(70%~80%) f_2
			相对基坑深度 H 控制值 (mm)	0.3%~0.5%	-	
		变化速率 (mm/d)	2~4	2~3	-	
	三级	累计值 (mm)	绝对值 (mm)	40~60	20~40	(70%~80%) f_2
			相对基坑深度 H 控制值 (mm)	0.6%~0.8%	-	
		变化速率 (mm/d)	3~5	2~4	-	

注：1 h 为基坑设计开挖深度；累计值区绝对值和相对基坑开挖深度控制值两者的最小值；

2 位移累计值单位为 mm，各位移及坑底回弹变化速率单位为 mm/d；

3 f_2 为构件承载力设计值。

6.4.2 当监测项目变化速率连续 3d 超过报警值的 70%时，应报警。

6.5 监测成果

6.5.1 监测成果文件应包括监测日报表、阶段性报告和总结报告，日报表应及时报送相关单位。

6.5.2 监测成果文件的编写应包括下列内容：

- 1 当日天气情况、气温和施工工况记录；
- 2 各监测点数据应包括本次测试值、本次变化值、变化速率及累计值等，且监测数据必须清晰、完整的记录，包括图表、曲线及文字报告等，各类数据均应客观、真实、准确，并及时整理和校对；
- 3 巡视检查的记录；
- 4 监测数据进行综合分析和评述。

6.5.3 基坑监测应重视监测数据的综合分析，当监测数据出现异常时，应进行必要的复测，并分析原因，指导现场施工。

6.5.4 当监测值接近或达到报警值时，应及时通报各参与单位及有关部门。当出现危险事故征兆时，应立即报警告知各参与单位，协商紧急处理方法，及时采取抢险措施。

河南省住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

7 验收

7.1 一般规定

7.1.1 型钢组合支撑的质量验收应按照分项工程分批检验。

7.1.2 分项工程检验批宜按以下原则划分：

- 1 单层型钢组合支撑按受力平衡要求的梁组数划分；
- 2 多层型钢组合支撑按水平支撑道数划分；对于超大基坑分段支撑的，可结合分段支撑的平面设置进行分解；
- 3 对于原材料及成品进场时的验收，可根据工程规模及进场材料实际情况合并或分解检验批。

7.1.3 型钢组合支撑检验批的质量验收应按主控项目和一般项目
进行验收，验收记录可采用本规程附录 F 的样式进行填写。

7.1.4 型钢组合支撑安装完成并施加预应力后，对应下层土方开挖
前应进行安装质量检验。检验应包括下列内容：

- 1 型钢支撑梁和立柱的尺寸、位置、标高偏差；
- 2 型钢支撑梁的预应力；
- 3 单肢型钢的连接节点、型钢支撑梁与围护结构或立柱的连接
节点的安装质量。

7.1.5 预应力施加及基坑开挖过程中应核查型钢组合支撑的受力
状况和节点连接紧密程度等。

7.1.6 钢支撑结构施工和拆除的顺序，应与设计工况一致，并应在
前一工况验收合格后，方可进入一下工况。

7.1.7 支撑结构非标准构件的各种连接焊缝，其主要受力构件的对
接焊缝或对接与角接组合焊缝的质量不应小于二级。焊接与探伤
的要求应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的相关规定。

7.1.8 型钢组合支撑的质量验收尚应符合国家现行标准《建筑地基
基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《钢结构工程施工质量验收

标准》GB 50205 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

7.2 原材及构配件进场验收

7.2.1 钢板、型钢、焊接材料以及高强螺栓的进场验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

7.2.2 型钢标准件和非标准件进场应全数进行外观检查，构件外观应无明显弯曲变形，翼缘板、端部边缘平直。翼缘表面和腹板表面不应有明显的凹凸面、损伤和划痕，以及焊瘤、油污、泥砂和毛刺等。

7.2.3 型钢支撑标准件和非标准件的验收标准应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 标准件和非标准件进场验收标准

项目	序号	检验项目	允许值	允许偏差		检查方法	检查数量
				单位	数值		
主控项目	1	规格	设计值	—		产品质量相关文件	全数
	2	外形尺寸	设计值	mm	±3	钢尺量	
一般项目	1	垂直度	—	mm	<h/1000, 且小于10	线锤检查	总数的5%, 且不少于3个
	2	平直度	—	mm	≤0.11%	平尺检查	
	3	焊缝厚度	设计值	—		焊缝检验尺	
	4	孔间距	设计值	mm	±2	钢尺量	
	5	孔径		mm	±2	游标卡尺检查	
	6	孔数		mm	0	观察	

7.2.4 预应力施加设备的规格、性能应符合现行国家产品标准和设计要求，进场前应检查质量合格文件和外观，检查数量为全数检查。

7.2.5 型钢组合支撑中重复使用的构件，其质量检验尚应符合下列规定：

1 应分批对钢材品种、规格和性能进行检查，检验数量不应少于总数的 5%，且不应少于 3 个；

2 标准件的局部翘曲幅度不得大于 10mm，且每米长度内翘曲部位不得大于 2 处；

3 螺栓和螺母应全数进行检查，不得出现裂纹，且丝牙不得出现断残、磨平。

7.3 安装验收

7.3.1 在安装过程中，应根据设计和施工工况要求，确保立柱、支撑等结构的整体稳定性。必要时，应采取临时支撑或临时加固等措施。

7.3.2 水平支撑系统安装施工质量验收标准应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 水平支撑系统安装质量验收标准

项目	序号	检查项目		允许偏差		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	外轮廓尺寸		mm	±5	钢尺量
	2	预应力		kN	+50	油泵读数或传感器
一般项目	1	型钢 支撑梁	中心标高	mm	±30	水准仪
	2		平面位置	mm	±20	钢尺量
	3		两端标高差	mm	L/600且≤20	水准仪
	4		支撑挠度	L/1000		钢尺量
	5	型钢 围檩	顶面标高	mm	±10mm	水准仪
	6		水平度	mm	1/1000	水准仪或水平尺
	7	三角 传力件	轴线偏差	mm	±10	全站仪或经纬仪
	8		顶面标高	mm	±10	水准仪
	9	连接质量		设计要求		
	10	螺栓松紧度		N·m	≥105	扭矩扳手
	11	盖板系 杆	尺寸规格	mm	-1	钢尺
	12		间距	mm	20	钢尺
	13	焊缝质量		设计要求		焊缝检验尺

注：L为型钢支撑长度（mm）。

7.3.3 竖向支撑系统安装施工质量验收标准应符合表 7.3.3 的规定。

表 7.3.3 竖向支撑系统安装质量验收标准

项目	序号	检查项目	允许偏差		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	立柱截面尺寸	mm	5	钢尺量
	2	立柱长度	mm	50	钢尺量
	3	垂直度	mm	1/150	经纬仪
一般项目	1	立柱挠度	mm	L/500	钢尺量
	2	立柱顶面标高	mm	30	水准仪
	3	牛腿顶面标高	mm	±10	水准仪
	4	牛腿水平度	mm	1/1000	水准仪或水平尺
	5	平面位置	mm	20	钢尺量
	6	平面转角	°	3	量角器
	7	托座、托架标高	mm	±5	水准仪



注：L为型钢立柱长度（mm）。

7.3.4 当立柱采用型钢直接插入坑底，坑底以下型钢的质量验收标准应符合表 7.3.4 规定。

表 7.3.4 坑底以下型钢施工质量验收标准

项目	序号	检查项目		允许偏差		检查方法
				单位	数值	
主控项目	1	外形尺寸	桩端	mm	≤0.5%D	钢尺量
	2		桩身	mm	≤0.1%D	钢尺量
	3	桩长		不小于设计值		钢尺量
	4	矢高		mm	≤0.1%L	钢尺量
一般项目	1	桩位		mm	≤100+0.01H	全站仪或经纬仪
	2	垂直度		≤1/100		经纬仪
	3	端部平整度		mm	≤1	水平尺

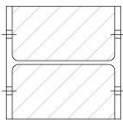
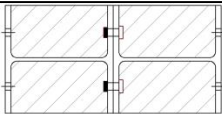
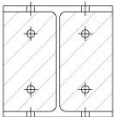
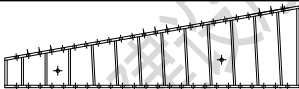
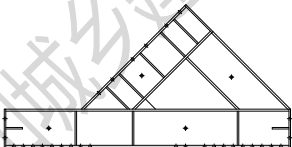
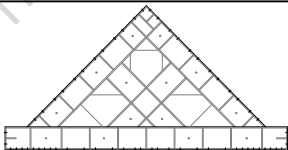
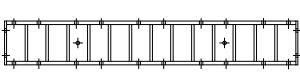
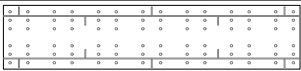
续表 7.3.4

项目	序号	检查项目	允许偏差		检查方法
			单位	数值	
一般项目	4	H型钢桩的方正度 	mm	$H \geq 300: T+T' \leq 8$	钢尺量
	5		mm	$H < 300: T+T' \leq 6$	钢尺量
	6	端部平面与桩身中心线的倾斜值	mm	≤ 2	水平尺
	7	上下节错口	mm	≤ 1	钢尺量
	8	桩顶标高	mm	± 50	水准仪

注：D为桩的边长（mm），L为桩长（mm），H为桩基施工面到设计桩顶的距离（mm）。

附录 A 型钢组合支撑常用构件表

表 A.0.1 常用构件表

名称	简图	说明
单根型钢围檩		常用截面尺寸有 400×400×13×21、 350×350×12×19
二根型钢双拼围檩		
支撑		常用截面尺寸有 400×400×13×21、 350×350×12×19
角度调节件		常用角度有 5°、10°、 15°
3m 三角传力件		-----
5m 三角传力件		
加压件		常用长度有 1350、 2350、3350、1400、 2400、3400
盖板		常用长度有 350、 1350、2350、3350

注：表中所述长度单位均为 mm，角度均为度。

附录 B 常用型钢组合支撑梁技术参数

B.0.1 H型钢标准件是采用H型钢按一定的长度模数切割，两端焊接端头板和加劲板，在两侧的翼缘板上和端头板上，按规则预留螺栓孔，形成便于螺栓连接的标准杆件。

B.0.2 常用的H型钢标准件形状和螺栓孔布置如图B.0.2所示，其规格尺寸参数见表B.0.2。

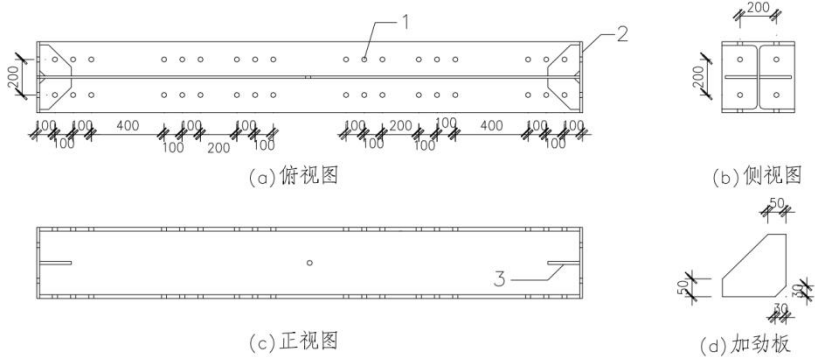


图 B.0.2 H型钢标准件示意图

1—标准螺孔；2—端头板；3—加劲板

表 B.0.2 常用H型钢标准件的规格尺寸

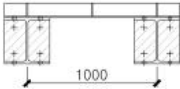
代号	主材规格	辅材规格	构件标准模数		螺栓孔直径 (mm)	轴心受压承载力设计值 (kN)
			$0.1\text{m} \leq L \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < L \leq 12\text{m}$		
H350-x x	H350×350×12×19	16mm 厚钢板	50mm	1m	28	4443
H400-x x	H400×400×13×21					5758

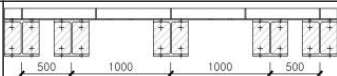
注：1) L—构件长度；

2) 轴心受压承载力考虑了造孔对承载截面的削弱，但不考虑造孔对轴向稳定性的影响。

B.0.3 由H型钢标准件拼装而成的常用型钢支撑梁技术参数见表B.0.2及表B.0.3。

表 B.0.2 常用的型钢支撑梁截面参数表 (H350)

编号	简图	型钢数 (肢)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面面积 (cm ²)	回转半径 i_x (cm)	回转半径 i_y (cm)	截面模量 W_x	截面模量 W_y	建议最大 长度 (m)
1		2	80600	950600	347.80	15.22	52.28	4605.71	14082.96	60
2		3	120900	3598900	521.70	15.22	83.06	6908.57	30628.94	90
3		4	161200	4508700	695.60	15.22	80.51	9211.43	38371.91	90
4		4	161200	8856200	695.60	15.22	112.84	9211.43	52872.84	120
5		4	161200	11464700	695.60	15.22	128.38	9211.43	68445.97	120

6		5	201500	11505000	869.50	15.22	115.03	11514.29	68686.57	120
---	---	---	--------	----------	--------	-------	--------	----------	----------	-----

续表 B.0.2

编号	简图	型钢数 (肢)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面面积 (cm ²)	回转半径 i_x (cm)	回转半径 i_y (cm)	截面模量 W_x	截面模量 W_y	建议最大 长度 (m)
7		6	1519965	7197800	1043.40	38.17	83.06	28951.71	61257.87	100
8		8	2026620	8856200	1391.20	38.17	79.79	38602.29	75371.91	100

9		8	2026620	17712400	1391.20	38.17	112.84	38602.29	105745.67	130
---	--	---	---------	----------	---------	-------	--------	----------	-----------	-----

续表 B.0.2

编号	简图	型钢数 (肢)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面面积 (cm ²)	回转半径 i_x (cm)	回转半径 i_y (cm)	截面模量 W_x	截面模量 W_y	建议最大 长度 (m)
10		8	2026620	22929400	1391.20	38.17	128.38	38602.29	136891.94	150

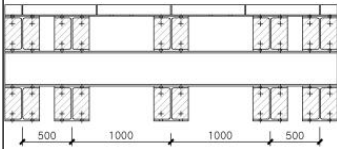
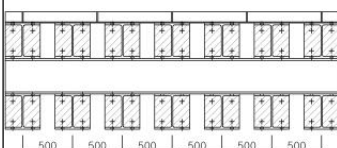
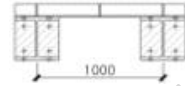
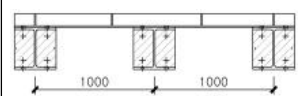
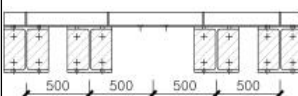
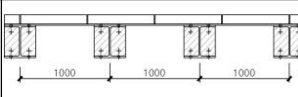
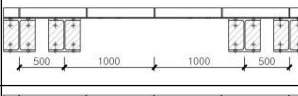
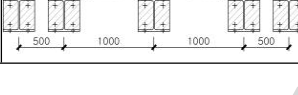
11		10	2533275	23010000	1739.00	38.17	115.03	48252.86	137373.13	150
12		14	3546585	24910200	2434.60	38.17	101.15	67554.00	148717.61	150

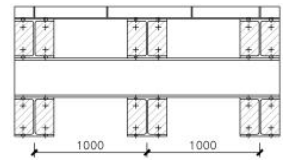
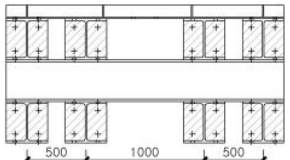
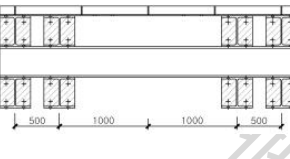
表 B.0.3 型钢支撑梁截面参数表 (H400)

编号	简图	型钢数 (肢)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面面积 A (cm ²)	回转半径 i_x (cm)	回转半径 i_y (cm)	截面模量 W_x	截面模量 W_y	建议最大 长度 (m)
1		2	133800	1142300	439	17.46	51.01	6690.00	16318.57	60

2		3	200700	4457200	658.5	17.46	82.27	10035.00	37143.33	90
3		4	267600	5577100	878	17.46	79.70	13380.00	46475.83	90
4		4	267600	11064600	878	17.46	112.26	13380.00	65085.88	120
5		4	267600	14357100	878	17.46	127.88	13380.00	84453.53	120
6		5	334500	14379500	1097.5	17.46	114.46	16725.00	84585.29	120

续表 B. 0. 3

编号	简图	型钢数 (肢)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面面积 A (cm ²)	回转半径 i_x (cm)	回转半径 i_y (cm)	截面模量 W_x	截面模量 W_y	建议最大 长度 (m)
----	----	------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------	--------------------	--------------------	---------------	---------------	----------------

7		6	2014725	8914400	1317	39.11	82.27	36631.36	74286.67	100
8		8	2686300	11154200	1756	39.11	79.70	48841.82	92951.67	100
9		8	2686300	22129200	1756	39.11	112.26	48841.82	130171.76	130

续表 B.0.3

编号	简图	型钢数	截面惯性矩	截面惯性矩	截面面积	回转半径 i_x	回转半径 i_y	截面模量	截面模量	建议最大
----	----	-----	-------	-------	------	------------	------------	------	------	------

		(肢)	I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)	A (cm ²)	(cm)	(cm)	W_x	W_y	长度 (m)
10		8	2686300	28714200	1756	39.11	127.88	48841.82	168907.06	150
11		10	3357875	28759000	2195	39.11	114.46	61052.27	169170.59	150
12		14	4701025	31043600	3073	39.11	100.51	85473.18	182609.41	150

附录 C 常用的盖板和系杆技术参数

C.0.1 盖板系采用钢板按一定的尺寸模数切割,并焊接有加劲板的标准件;板面上有规则的预留螺栓孔,H型钢标准件与盖板通过高强螺栓连接,常用的盖板规格尺寸见图 C.0.1-1~C.0.1-4。

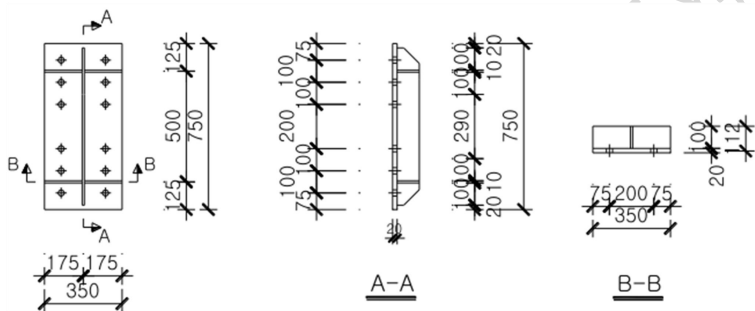


图 C.0.1-1 350×750 盖板

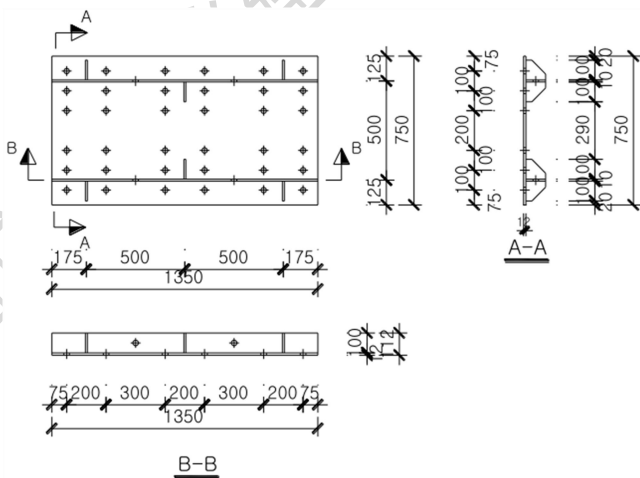


图 C.0.1-2 1350×750 盖板

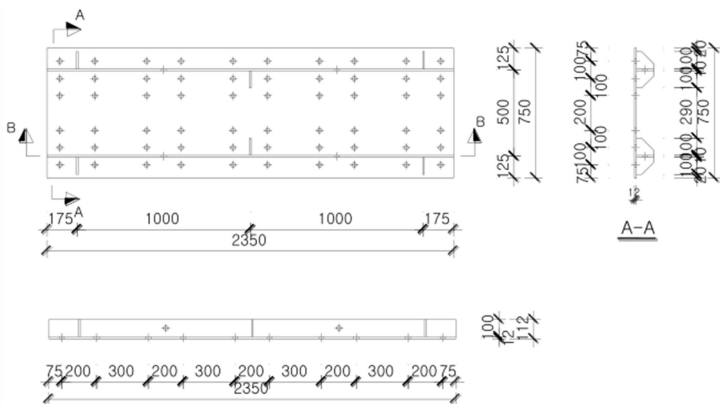


图 C.0.1-3 2350×750 盖板

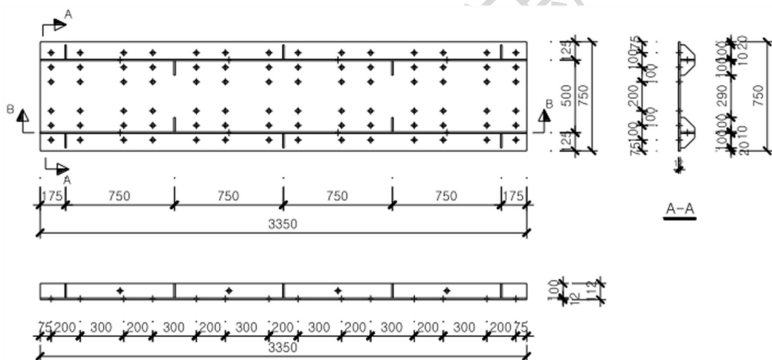


图 C.0.1-4 3350×750 盖板

C.0.2 系杆是采用槽钢（一般采用 32#a）按一定的尺寸模数切割，在腹板上有规则地预留螺栓孔，H 型钢标准件与系杆通过高强螺栓连接，螺栓孔数量宜为 4 个/m，螺栓孔布置可见图 C.0.2。

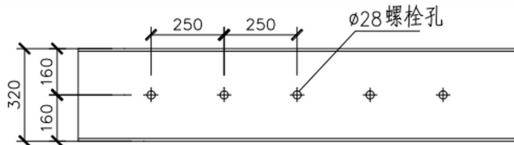


图 C.0.2 系杆螺栓孔位置图

附录 D 常用三角传力件及预应力装置技术参数

D.0.1 三角传力件将作用于围檩上的水土压力传递到对撑、角撑中，其长边与对撑或围檩连接，直角边与角撑或八字撑连接；对撑与八字撑之间的三角传力件可参见图 D.0.1(a)，角撑与围檩之间的三角传力件可参见图 D.0.1(b)、图 D.0.1(c)。

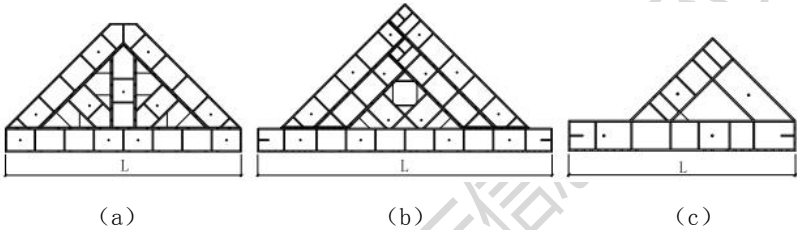


图 D.0.1 三角传力件平面示意图

表 D.0.1 常用的三角传力件规格尺寸

图示	型钢规格	标准尺寸 L (m)	安装位置	螺栓孔直径、螺栓 孔数量	连接杆 件最大 数量
(a)		3	对撑与八字撑之 间	28mm, 24 孔/m	3
		4			4
(b)	H350×350×12×19 H400×400×13×21	3	角撑与围檩之间		2
		3.5			3
		5			5
		7			6
(c)		3	角撑与围檩之间		2

D.0.2 常用预应力装置的加载横梁、保力盒和垫板的结构形式与标

准尺寸可参见表 D. 0. 2。

表 D. 0. 2 加载横梁、保力盒和垫板标准尺寸表

类型	标准尺寸 (mm)	型钢规格	螺栓孔直径、连接螺栓数量
加载横梁	1350~3350, 增量 500	H350	28mm, 8 孔/m/面
	1400~3400, 增量 500	H400	
保力盒	250、350、500	H350、H400	28mm, 4 孔/m/面
垫板	厚度 20、10、5、3、1、0.5	350×350、400×400	U 型槽宽度 28mm

附录 E 立杆受压长度计算

E.0.1 当立柱在坑底以下不设置立柱桩而采用直接插入土体中时，基受压计算长度（图 E.0.1）可参考下式计算：

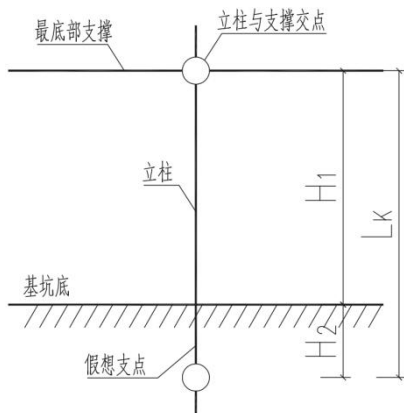


图 E.0.1 立杆受压计算长度

$$l_k = H_1 + H_2 \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$H_2 = \frac{1}{\beta} \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$\beta = \left(\frac{k_h B}{4EI_y} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{A.0.1-1})$$

式中：\$l_k\$——立柱的受压计算长度（m）；

\$\beta\$——系数（m⁻¹）；

\$k_h\$——地基水平反力系数（KN/m³）；

\$B\$——立柱边长；

\$E\$——立柱的弹性模量（N/mm²）；

\$I_y\$——立柱弱轴方向的毛截面惯性矩（m⁴）

附录 F 型钢组合支撑安装分项工程检验批验收表

表 F.0.1 竖向支撑系统安装检验批质量验收记录

单位（子单位）工程名称		分部（子分部）工程名称		分项工程名称	
施工单位		项目技术负责人		检验批容量	
分包单位		分包单位项目负责人		检验批部位	
施工依据		验收依据			
验收项目		设计要求及规范规定	最小/实际抽样数量	检查记录	检查结果
主控项目	1	截面尺寸(立柱)(mm)	≤5	/	
	2	立柱长度(mm)	±50	/	
	4	垂直度(mm)	≤1/150	/	
一般项目	1	立柱挠度(mm)	≤L/500	/	
	2	截面尺寸(缀板或缀条)(mm)	≥-1	/	
	3	缀板间距(mm)	±20	/	
	4	缀板钢板厚度(mm)	≥-1	/	
	5	立柱顶面标高(mm)	30	/	
	6	平面位置(mm)	20	/	
	7	平面转角(°)	3	/	
	8	牛腿顶面标高(mm)	±10	/	
	9	牛腿水平度(mm)	1/1000	/	
	10	托座、托架标高(mm)	±5	/	
施工单位检查结果		专业工长： 项目专业质量检查员： 年 月 日			
监理单位验收结论		专业监理工程师： 年 月 日			

注：L为型钢立柱长度（mm）。

表 F.0.2 钢桩检验批质量验收记录

单位(子单位)工程名称				分部(子分部)工程名称	地基与基础-基坑支护	分项工程名称	
施工单位				项目技术负责人		检验批容量	
分包单位				分包单位项目负责人		检验批部位	
施工依据					验收依据		
验收项目				设计要求及规范规定	最小/实际抽样数量	检查记录	检查结果
主控项目	1	承载力		不小于设计值			
	2	钢桩外径或断面尺寸(mm)	桩端	$\leq 0.5D$ (mm)			
			桩身	$\leq 0.1D$ ($D=$ mm)			
	3	桩长		不小于设计值			
4	矢高(mm)		$\leq 1\%L$				
一般项目	1	桩位		$\leq 100+0.01H$			
		垂直度		$\leq 1/100$			
		端部平整度(mm)		≤ 1			
		 H型钢桩的方正度(mm)		$h \geq 300$: $T+T' \leq 8$			
	$H < 300$: $T+T' \leq 6$						
	2	端部平面与桩身中心线的倾斜值(mm)		≤ 2			
		H型钢上下节错口(mm)		≤ 1			
7	桩顶标高(mm)		± 50				
施工单位检查结果		专业工长: 项目专业质量检查员: 年 月 日					
监理单位验收结论		专业监理工程师: 年 月 日					

表 F.0.3 高强度螺栓连接检验批质量验收记录

单位（子单位）工程名称		分部（子分部）工程名称		分项工程名称	
施工单位		项目技术负责人		检验批容量	
分包单位		分包单位项目负责人		检验批部位	
施工依据				验收依据	
验收项目		设计要求及规范规定	最小/实际抽样数量	检查记录	检查结果
主控项目	1	成品进场	第 4.7.1 条		
	2	扭矩系数或轴力复验	第 4.7.2 条		
	3	抗滑移系数试验	第 6.3.1 条、第 6.3.2 条		
	4	终拧扭矩	第 6.3.3 条、第 6.3.4 条		
一般项目	1	成品包装	第 4.7.5 条		
	2	表面硬度试验	第 4.7.6 条		
	3	镀层厚度	第 4.7.4 条		
	4	初拧、终拧扭矩	第 6.3.5 条		
	5	连接外观质量	第 6.3.6 条		
	6	摩擦面外观	第 6.3.7 条		
	7	扩孔	第 6.3.8 条		
施工单位检查结果	专业工长： 项目专业质量检查员： 年 月 日				
监理单位验收结论	专业监理工程师： 年 月 日				

表 F.0.4 水平支撑系统安装检验批质量验收记录

单位(子单位)工程名称		分部(子分部)工程名称		分项工程名称		
施工单位		项目技术负责人		检验批容量		
分包单位		分包单位项目负责人		检验批部位		
施工依据				验收依据		
验收项目			设计要求及规范规定	最小/实际抽样数量	检查记录	
					检查结果	
主控项目	1	外轮廓尺寸(mm)		±5	/	
	2	施加预应力(kN)		±50	/	
一般项目	1	型钢	中心标高(mm)	±30	/	
			轴线平面位置(mm)	±20	/	
	3	支撑梁	两端标高差(mm)	L/600且≤20	/	
			支撑挠度	L/1000	/	
	2	围檩	顶面标高(mm)	±10	/	
			水平度(mm)	1/1000	/	
	3	三角传力件	轴线偏差(mm)	±10	/	
			顶面标高(mm)	±10	/	
	4	连接质量		设计要求	/	
	5	螺栓松紧度(N·m)		≥105	/	
	6	盖板系杆	尺寸规格(mm)	-1	/	
			间距(mm)	20	/	
	7	焊缝质量		设计要求	/	
施工单位检查结果		专业工长： 项目专业质量检查员： 年 月 日				
监理单位验收结论		专业监理工程师： 年 月 日				

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可这样做的，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 《钢结构设计标准》GB 50017
- 2 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 3 《钢结构施工质量验收规范》GB 50205
- 4 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 5 《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 6 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 7 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 8 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497
- 9 《钢结构焊接规范》GB50661
- 10 《塔式起重机安全规程》GB 5144
- 11 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33
- 12 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 13 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 14 《建筑施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 15 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59
- 16 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276
- 17 《市政工程施工安全检查标准》CJJ/T 275

河南省工程建设标准

基坑工程装配式型钢组合支撑技术标准

DBJ41/T ×××-20××

条文说明

目 次

1	总 则	63
3	基本规定	64
4	设 计	67
4.1	设计原则	67
4.2	结构体系	68
4.3	结构布置	69
4.4	构件计算	70
4.5	连接节点与构造	71
5	施 工	76
5.1	一般规定	76
5.2	支撑安装	78
5.3	预应力施加与控制	79
5.4	基坑开挖	80
5.5	支撑拆除和回收	80
6	监 测	81
6.1	一般规定	81
6.2	监测点布置	81
6.4	监测报警	81
6.5	监测成果	82
7	验 收	83
7.1	一般规定	83
7.2	原材及构配件进场验收	83

1 总 则

1.0.1 型钢组合支撑是基坑支护结构中的一种主要支撑形式。由工厂预制的标准化构件现场装配而成，安拆速度快，省工省时；其主要构件均可循环再利用，基本无建筑垃圾；可根据要求施加预应力以控制基坑变形，监测、调整方便；符合国家倡导的节能高效、绿色环保的建筑业可持续发展理念。近年来，基坑型钢组合支撑在我省的应用亦日益增多，具有广泛的推广前景。因此，及时总结型钢组合支撑应用中的成熟经验，避免设计与施工中的常见问题，使装配式型钢组合支撑的设计、施工、验收和监测规范化，做到安全可靠、技术先进、经济合理、确保质量及保护环境，具有重要的社会效益和经济效益。

1.0.3 装配式型钢组合支撑基坑支护在方案选择、选型布置、结构计算、预应力取值要考虑支撑体系与围护结构间的受力关系和变形控制，支撑的布置和拆换撑方案还要考虑拟建地下结构的结构布置以及土建施工需求。

1.0.4 装配式型钢组合支撑技术涉及结构和岩土多学科，如钢结构、岩土工程等，因此，在应用本标准时应结合国家和地方现行的相应标准，遵守其相关的规定。

3 基本规定

3.0.1 型钢组合支撑作为基坑工程的一个分项，其设计、施工、验收和监测应与基坑工程施工条件和使用年限相协调，与基坑工程的围护结构、基坑降排水、土方开挖等充分结合，整体统筹考虑。

3.0.2 型钢组合支撑的设计和施工既要保障支护结构安全，还要减少对坑内土方开挖和地下结构土建施工的干扰，提供尽量开敞的作业空间。

当基坑平面尺寸较大、土质条件较好时，型钢组合支撑也可用作中心岛施工的竖向斜撑也称斜向抛撑，与钢筋混凝土竖向斜撑相比较，具有施工方便快捷的优点，但应和整体基坑开挖方案相结合。

3.0.3 型钢组合支撑设计仅为基坑支护设计一个分项，其设计应纳入基坑支护设计中，整体考虑，不能独立于整体基坑支护设计之外。

3.0.5 为确保型钢组合支撑的整体稳定性，对型钢组合支撑的长细比应有所限制，本规程根据长细比的控制原则，在附录 B 中给出了各类型钢支撑梁的最大设计长度建议值。对平面尺寸较大、开挖深度较深的基坑工程中，应结合基坑具体情况、周边环境保护要求、型钢支撑梁的刚度等因素，采取多种措施确保基坑及周边环境安全。

3.0.6 基坑平面形状复杂、侧压力较大时，可以混合采用钢筋混凝土支撑与型钢组合支撑，充分利用混凝土支撑平面形状适应强、承载能力高，型钢组合支撑施工便捷、速度快的优势；但是应注意钢筋混凝土支撑与型钢组合支撑刚度差异较大，施工工期、工序不同，可能造成实际施工工况与设计工况有较大出入，因此应合理布置、深入分析，优化两者交界处的细部设计。

3.0.7 工厂化生产、装配式施工符合我国建筑工业化的发展方向，尽量采用标准件利于材料的重复使用和支撑系统的可靠性。型钢组合支撑的所有标准构件宜由高强螺栓连接装配而成，但对于非标准件和一些受力较大且形状复杂的部位，当采用螺栓连接不能满足工

程安全要求时，可根据设计计算结果辅以焊接连接。

3.0.8 非标准件的应用应确保支撑体系的整体性能满足要求，现场应重视节点构造的可靠性。

3.0.9 施加预应力并在整个基坑开挖过程中维持预应力是型钢组合支撑应用效果的重要环节。施加预应力成功与否，直接影响到基坑变形控制效果。预应力的施加应遵循对称、分级、均匀的原则，应仔细核实预应力的尺寸、位置等，严防漏加、超加等问题。

温度变化引起材料热胀冷缩，使结构产生内力变化，由于内支撑是钢结构的杆件体系，其影响较钢筋混凝土梁板结构更为显著。根据一些工程案例的内力监测显示，当温度产生骤变时，如冬季急冷空气来袭后，支撑因收缩引起轴向预应力损失高达 200kN 以上。在温度骤降之后，应当及时进行预应力补偿，因未对支撑预应力进行监测和动态补偿而造成围护结构和周边环境变形突变的情况在实际工程中时有发生。另一方面，温度骤增也会引起支撑轴力突然增大，这对已经受力较大的那部分支撑也将产生不利影响，甚至引起杆件屈曲破坏。所以，针对温度变化、受力不均等因素对支撑轴向力进行及时调整，建议采用预应力伺服系统。一般基坑，除设计单位有特殊要求外，可采用手动调压伺服系统，如遇危险性较大的超深基坑或基坑周边环境复杂敏感，对基坑变形控制要求很高的基坑，可采用预应力自动伺服控制系统，可通过液压泵站上的压力传感器实时反馈压力监测值，并通过工业控制计算机和 PLC 控制模块，实现对钢支撑轴力的复加和自动控制。

3.0.10 对于型钢组合支撑，构件的安装、预应力施加和拆除是其施工的主要内容，基坑支护的施工应根据支撑结构的布置进行分层开挖和支护，设计中则根据分层支护的步序采用增量法计算支护结构的内力和变形。支护设计应根据计算模拟的工况，对安装允许误差、安装作业面留设、土方开挖预留条件、拆除允许条件、换撑方法、拆除顺序和监控措施等提出具体要求和相关设计图，并确定每个工况的基坑开挖深度，施工应严格按照设计预留条件进行。

3.0.11 考虑到施工平台及栈桥堆载较大，远超一般型钢组合支撑的竖向承载能力，因此通常情况下型钢组合支撑不考虑兼做施工平台或栈桥，施工机械也不能直接在其上施工作业，需要设置堆场或栈桥时，应进行专项设计。

3.0.12 型钢支撑梁的安装精度、变形状况对其稳定性有较大影响，因此有必要对其进行全过程监测。现有的监测技术已可实现型钢支撑梁内力及变形的远程动态监测，结合其他基坑监测结果，可以及时判断型钢支撑梁的工作状况。

当施工过程中无法按设计工况实施情况下，应先反馈设计复核验算并采取必要的处理措施后方可调整。

4 设计

4.1 设计原则

4.1.1 支撑结构是支护结构的一部分，因此其安全等级、安全使用期限均应取与支护结构一致。在设计安全使用期限内，钢支撑不得被拆除，当基坑需超期使用而钢支撑不得不先拆除的情况下，应采取土方部分回填、换撑等可靠替代措施，确保基坑安全。

4.1.4 型钢组合支撑与《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 第 4.9.6 条规定对比增加了预加轴力的作用。

2 结构自重和支撑顶面的施工活荷载。通常情况施工活荷载取 4kPa。一般情况下，在支撑结构上不考虑施工机械运行和材料堆放等作用，当必须利用支撑构件兼作施工平台或栈桥时，应进行专门设计。

3 型钢支撑梁的预加轴力值一般根据基坑变形控制要求，由计算确定；适当地预加轴力可以改善围护墙的受力条件，有效控制基坑变形。但是根据实际工程经验，预加轴力值太小，起到的作用有限；预加轴力太大，则有可能在施加预加轴力后造成基坑周边土体破坏。因此有必要对预加轴力的大小进行限制。在进行基坑变形计算时，应考虑到型钢支撑梁预加轴力的数值限制。

4 温度变化引起的热胀冷缩会造成支撑内力变化，根据日本地区的工程经验，温度变化产生的轴力一般取 120~150kN。

4.1.10 立柱需要承受自重等竖向荷载、支撑梁轴力的竖向分力产生的下压力或上拔力，当立柱未紧靠支撑梁交点位置打设时，它还将承受来自水平支撑结构上的竖向荷载产生的偏心弯矩。立柱构件应安全支承构件自重、施工作业产生的轻微活荷载、支撑梁轴力的竖向分力，并具有足够的支承刚度控制支撑梁的平面外弯曲。

在以往相关国内外规范中，支撑梁轴向力的竖向分力通常计为

轴力 N 的 $1/50$ ，即取支撑梁轴力的 $1/50$ 的分力作用在立柱上的下压力或上拔力，另外，它在左右方向上也会产生水平力的作用，并通过了一些实际工程案例的验证。此外，当支撑梁的施工精度控制较差时，上述分力会大于 $1/50$ ，需要在设计和施工时考虑。

立柱与支撑和围檩不同，当它发生下沉或上浮时，往往难以采取及时有效的加固，从而支撑体系处于危险状态。因此，立柱设计时，除了满足抵抗下压力和上拔力所需的承载力，还需考虑到基坑底部可能产生的隆起、砂沸、管涌等不利现象，立柱在基坑底以下需要足够的嵌入长度。

我国基坑工程中常用的立柱形式为具有桩基础的钢柱，即在基坑底以下设置灌注桩，钢柱锚入灌注桩内一定深度形成立柱。在日本的基坑工程中，立柱大多采取 H 型钢直接植入土体中的方式，不在其底部设置灌注桩基础。植入方式主要有两种，一种为直接打入，另一种为引孔工法，其中直接打入分为锤击、振动和静压方法，引孔工法又分为全引孔和半引孔两种。

对立柱嵌入基坑底以下部分，不论是灌注桩还是植入的型钢都要进行承载力计算。目前关于 H 型钢桩的竖向承载力的研究较多，计算时可根据实际情况选择相应的计算方法。

4.2 结构体系

4.2.1 本节明确了型钢组合支撑的结构体系构成，附录 A~D 提供的各类构件的形式和技术参数，有助于以对型钢组合支撑结构体系有完整的了解，推进标准化设计和施工。

4.2.2 型钢组合支撑由工厂预制标准件和螺栓现场组装，较为适用于平面形状比较规则的基坑。但是不规则平面形状基坑更为常见，在这种情况下可以根据基坑形状定制非标准件或结合混凝土支撑；非标准件重复利用率低，节点构造复杂，应尽量避免使用。

4.2.5 通过多次施加预应力功能，可以分级、分步施加预应力，也可以在型钢支撑梁变形较大、发生预应力损失时，再次补加预应力。

4.2.6 双层型钢支撑梁往往适用于支撑较长、支撑力较大或基坑对变形控制要求严格的情况，实际应用时，上下型钢支撑梁与垫梁之间均应采用螺栓连接，上下支撑梁均应设置预应力施加装置。

4.2.7 作用于围护墙的侧压力通过型钢传力件传递至型钢组合支撑，型钢传力件设计时应同时考虑作用于围檩的水平力引起的剪力。

4.3 结构布置

4.3.1 型钢组合支撑布置时应做到不影响主体结构的施工，且考虑合理的挖土施工空间，避免与后期工序相矛盾，减少不必要的损失。同时，要注意相邻立柱之间的间距控制，间距过大影响型钢支撑梁受力性能，间距过小影响施工空间。

2 如基坑邻近在建地下工程，则需要考虑支撑的有效传力问题，设计时应根据相邻两个基坑的设计、施工方案及工期计划，对两侧支点传力进行计算分析。当工程条件复杂时宜将两个基坑进行整体计算。

5 装配式钢支撑的经济性取决于杆件数量和租赁周期两个方面，因此从节能高效的角度出发，设计时尽可能减少杆件数量和缩短租赁周期，支撑布置时应综合考虑地下工程的分块建设时序，使支撑杆件在场地内周转使用。

4.3.2 基坑平面形状规整，对型钢组合支撑平面布置和整体受力有利。角撑、八字撑与围檩或压顶梁的夹角均宜在 45° 左右，支撑系统宜封闭，尽量避免开口支撑。

4.3.3 施工机械不能在型钢支撑梁上作业，只能在型钢支撑梁下方挖土，且开挖过程中要注意避免机械碰撞型钢组合支撑构件。因此两道支撑之间、最下一道支撑与底板之间应留出足够施工空间。

2 现行国家标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 要求支撑底面与下方主体结构楼板间的净距不小于 700mm，考虑到型钢组合支撑实际拆除的便捷性，并参考各地方标准的要求，取 500mm 大多情

况下可以满足土建施工要求。

4 层间净高取 3m 的情况下，实际的开挖面还要加上支撑高度及作业面超挖，因此实际开挖面至上层支撑底的净高度约为 4m，因此支撑至基坑底的净高不宜小于 4m 是较为合理的。

4.4 构件计算

4.4.1 型钢支撑梁的截面强度满足要求，则其中的单肢型钢强度也能满足要求，对于型钢支撑梁中单肢型钢的强度可不计算。如遇某肢型钢承受局部集中荷载时，应按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的要求对单肢型钢进行验算。

4.4.2 立柱采用 H 型钢或格构式钢柱时，其侧向刚度较小，不能起到刚性支座的作用。为安全起见，在计算型钢支撑梁平面外稳定性时，计算长度取型钢支撑梁的实际长度，立柱及托梁的约束作用作为安全储备，由此也控制了型钢支撑梁的最大长度。

在计算型钢支撑梁平面内稳定性时，立柱与型钢支撑梁的连接节点符合铰接约束作用，因此计算长度取为托梁之间的间距。

4.4.3 单肢型钢的平面内稳定性等同于组合截面的平面内稳定性，满足式 (4.4.3) 即可。型钢组合支撑按构造要求设置的盖板对于单肢型钢可以起到可靠的侧向约束作用，因此单肢型钢计算平面外稳定性时计算长度取盖板中心距，斜向系杆由于截面较小、节点连接较弱，仅作为安全储备。

4.4.5 型钢组合围檩与围护墙之间设置抗剪连接件，多拼型钢之间采用高强螺栓连接，型钢-混凝土组合围檩之间采用锚栓连接，锚栓的构造参见图 1。

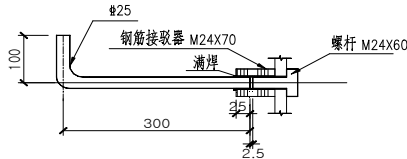


图 1 型钢—混凝土组合围檩锚栓连接构造

锚栓由于受剪压作用，其锚固长度可按 $15D$ 确定，若混凝土宽度小于要求锚栓锚固长度，可采用弯锚 $5D$ 且总长不小于 $15D$ 的形式。

对型钢-混凝土组合围檩（图 2），计算组合截面特性时，需要在保证组合截面中性轴位置不变的原则下，将混凝土宽度按弹性模量的比值等效为钢材的宽度。

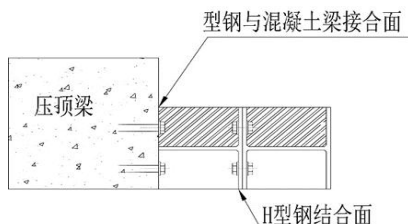


图 2 型钢—混凝土组合围檩截面示意图

由于螺栓排数较多可能受力不均，为防止受力最大螺栓破坏后其他螺栓逐个破坏，规定安全系数不小于 3.0。

4.4.6 型钢组合支撑中立柱一般为单跨结构，梁柱节点一般为铰接（图 3）。立柱的计算长度可取竖向相邻水平支撑中心距，最下一层支撑应根据立柱嵌固情况、立柱桩的刚度综合考虑。

4.5 连接节点与构造

4.5.1 型钢支撑梁杆件拼接节点强度不应小于杆件强度，端板齐平螺栓拼接不能满足等强度要求时，可采用翼缘增设连接板拼接或法兰拼接。

根据工程经验，螺栓宜采用高强螺栓的材质，做普通螺栓使用。普通螺栓的屈服强度不足高强螺栓屈服强度的一半，普通螺栓在工程实践中会发生剪断的可能性。

4.5.2 为了保证型钢支撑梁在轴向压力作用下的稳定性，宜于型钢支撑梁的上、下翼缘设置盖板及系杆，下翼缘盖板遇托梁时可取消。在型钢拼接处设置盖板也可起到加强连接的作用。

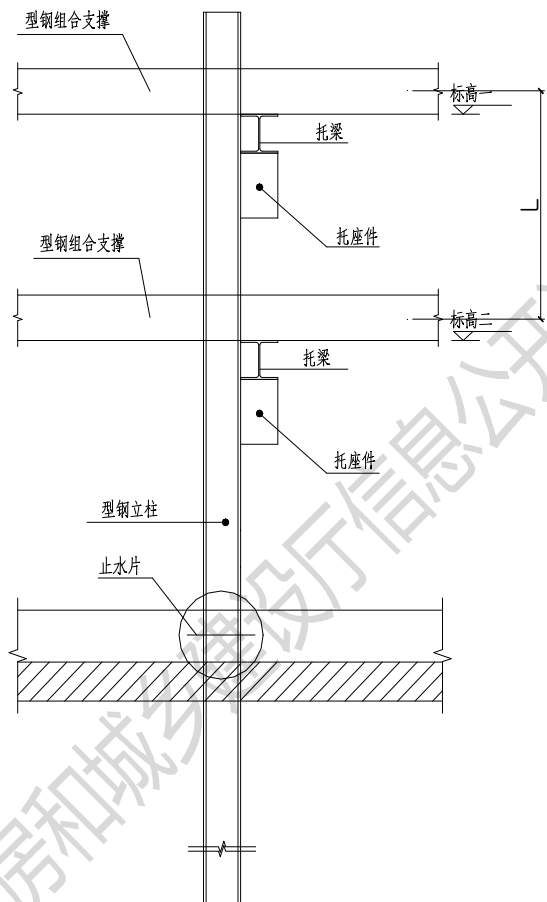


图 3 立柱示意图

4.5.3 本条规定了组合围檩的设置构造要求：

1 围檩连续封闭有利于传力并增加支撑体系整体刚度。当因特殊情况围檩不能封闭时，应复核断开处围檩与围护墙之间的抗剪承载力，增加抗剪措施，避免围檩与围护墙之间错动，从而造成支撑失效。

3 拼装点位置应尽量设置在支撑点附近，并不应超过围檩计算

跨度的三分点，围檩分段长度不宜小于支撑间距的两倍。型钢组合围檩受力复杂，其所受剪力、弯矩、轴力均较大，仅采用端板齐平拼接不能满足等强度要求。因此除确保拼接处的强度不小于杆件强度外，拼接处型钢翼缘均应设置拼接板，以提高拼接处抗弯抗剪能力。

4 当基坑采取分段支撑、分段开挖、分段拆除时，需在围檩未封闭处采取加强措施。

4.5.4 本条规定了组合围檩与围护墙的连接构造要求：

1 型钢组合围檩与围护墙之间可通过设置 T 型传力件连接，T 型传力件如图 4 和图 5 所示；

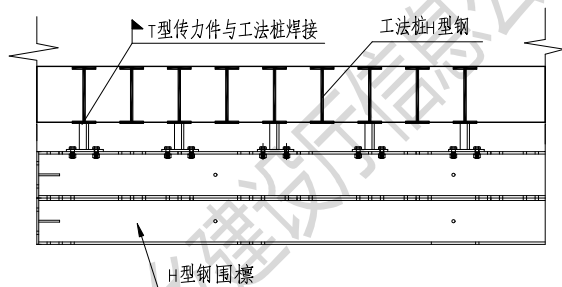


图 4 T 型传力件平面图

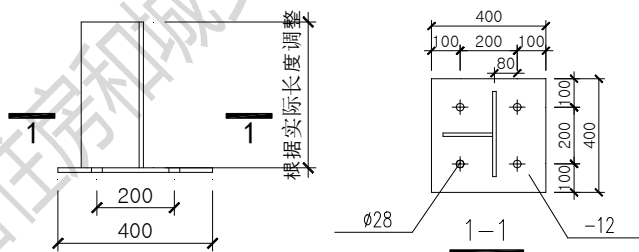


图 5 T 型传力件详图

当围护墙为型钢水泥土连续墙，T 型传力件直接与型钢焊接；当围护墙为灌注桩、地下连续墙时，可在围护墙内预埋钢板，T 型传力件焊接于预埋钢板上。

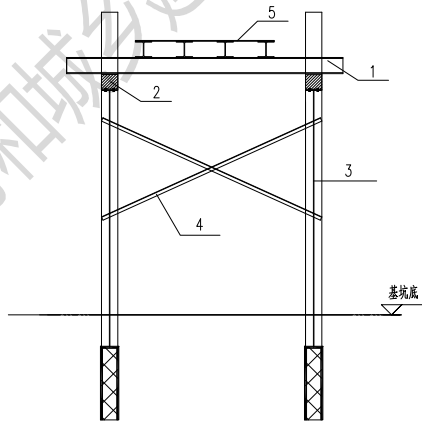
当围护墙为型钢水泥土搅拌墙或灌注桩时，可隔一根桩设置一

个 T 型传力件；当围护墙为地下连续墙时，T 型传力件间距不大于 1 米。在三角传力件附件区域或其他剪力较大区域，T 型传力件应加密，或采取其他有效的抗剪措施，如增加抗剪件。

2 钢牛腿与钢板桩或工法桩可直接焊接连接，与钢筋混凝土围护结构连接可采取直接焊接在围护结构的主筋或预埋件上，也可通过锚栓或植筋固定在围护结构上；安装牛腿应能承受边跨支撑、围檩及填嵌细石混凝土的重量。

4.5.5 设置于对撑端部的八字撑增大了支撑之间的间距，方便了基坑内挖土施工。但是八字撑之间间距过大，会造成八字撑之间的围檩弯矩增大。为减少八字撑之间围檩弯矩，通常可在八字撑中部增设对撑。由于构造原因，增设的对撑为单肢型钢，强度及刚度均较为有限。因此，八字撑之间间距宜控制在 10 米以内。

4.5.8 型钢支撑体系中立柱一般为单跨结构，且梁柱节点为铰接，冗余度较小。立柱的不均匀沉降或较大隆起、不对称开挖或施工机械碰撞导致立柱倾斜、弯折都将可能对支撑体系产生较不利的影响。立柱间设置剪刀撑可大大提高立柱的抗侧移刚度，如图 6 所示：



1-托梁；2-托座；3-立柱；4-剪刀撑；5-型钢支撑梁

图 6 立柱剪刀撑布置

4.5.9 预应力装置由H型钢标准件设置加劲板后制成的加载横梁，与型钢或钢板制成的保力盒和垫板组成。加载横梁与对撑或角撑杆件垂直连接，其平面布置如图7所示。

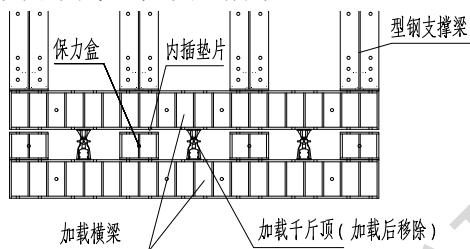


图7 预应力施加装置平面图

4.5.10 预应力施加可减小基坑开挖后支护结构的水平位移，检验支撑连接节点的可靠性。但如果预应力施加过大，会造成支撑轴力过大从而影响基坑安全。根据类似工程的经验，一般取支撑轴力的25%~75%。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 型钢组合支撑不可被土方机械碰撞碾压，因此常用取土方法有：专用平台上跨支撑结合放坡取土、专用平台垂直取土、下穿支撑取土、盆式开挖等。

1 专用平台上跨支撑结合放坡取土方法

土方挖掘机、运输车辆利用专用平台上跨支撑和放坡通道直接进入基坑取土。跨支撑平台设置如图 8 所示。跨越支撑的栈桥底面应高于支撑顶面不小于 200mm。运土过程应保证运土道路边坡稳定性和路面的承载能力，运土坡道的坡度不宜大于 1:8，坡道的宽度应满足车辆行驶的要求。

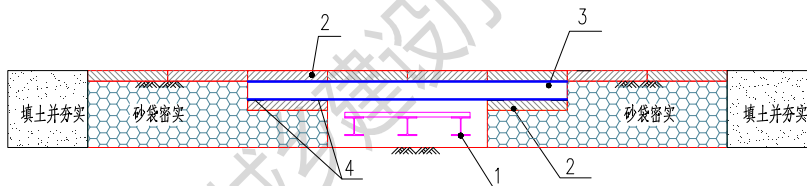


图 8 跨越对撑、角撑平台

1—型钢支撑梁；2—栈桥路基箱；3—栈桥梁；4—焊缝（栈桥梁与路基箱之间焊缝）

2 专用平台垂直取土方法

垂直取土专用平台设置如图 9 所示，平台底面要求高于支撑的顶面大于 200mm。运土车辆停放在平台上，挖土机在基坑取土工作面作业，通过长臂挖机或垂直运输机将平台下方的土体装入到运土车辆上。取土过程中应按照设计要求对施工栈桥的荷载进行控制，严禁触碰支撑。

3 下穿支撑取土方法。

在支撑下方的立柱之间，开挖运土通道，运土通道与支撑底部

的高度应不小于运土车高度 0.3m，在通道两侧的立柱上设置反光防撞栏杆和警示标贴，通道上方支撑设置反光警示标贴。运土通道坡度不宜大于 1:8，其侧向土坡比不宜大于 1:3。软弱土层应作处理或铺设路基箱、钢板后方可作为运土通道使用。

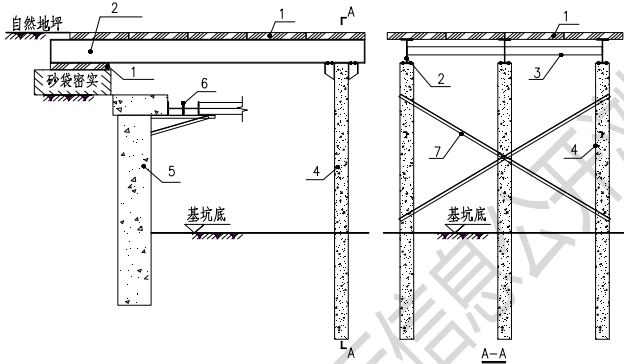


图 9 垂直取土专用平台

- 1—路基箱；2—平台主梁；3—连杆；4—立柱；5—围护结构；
6—型钢组合支撑；7—角钢剪刀撑

专用平台有利于保护支撑和方便挖土，但增加成本。当型钢支撑梁与开挖面之间高度不满足土方机械行走要求且没有设置专用平台时，盆式开挖有一定的先进性，但应严格控制超挖。盆式开挖的流程如图 10 所示：(a) 保留坑周土方；(b) 然后按照型钢支撑梁；(c) 挖除保留土方。

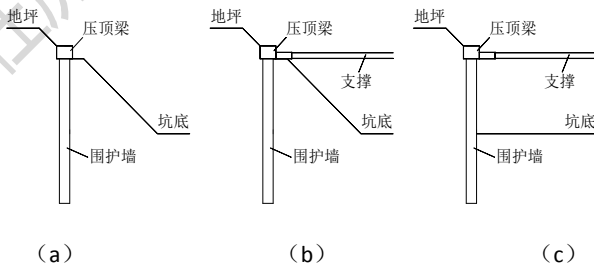


图 10 盆式开挖示意图

型钢组合支撑专项施工方案应包含完备的应急预案。常见的险情包括基坑变形接近或达到预警值、型钢支撑梁或围檩轴力接近或达到预警值、连接螺栓断裂等。

5.2 支撑安装

5.2.1 型钢组合支撑自重较轻，约为钢筋混凝土支撑的十分之一，坑底地基承载力较高时，立柱可兼作立柱桩，此时立柱周围土方应均匀对称开挖；反之，应设置立柱桩，立柱桩可为钻孔灌注桩、水泥搅拌桩等。当立柱桩为钻孔灌注桩时，型钢和钢管会阻碍混凝土浇捣，建议采用后插法施工，插入时应采取措施保护立柱桩钢筋笼。有时坑内土体较坚硬，静压插入立柱有困难，可先引孔并灌入素混凝土，再插入立柱。

立柱施工前应进行放样定位复核，立柱应避免开主体结构的梁、柱、墙等位置。立柱与楼板的交接处应使模板预留“开口”以方便立柱回收。

5.2.2 预应力施加前后，托梁和单肢型钢的相对位置会发生变化，故应在预应力施加完毕后在托梁上设置螺栓孔，再将托梁和单肢型钢用高强螺栓连接。

在型钢组合支撑安装过程，托梁挠度较大，可能导致接头断开，有项目因此发生事故，故禁止托梁设置接头。

5.2.3 钢围檩施工前，应根据基坑尺寸确定钢围檩的施工顺序和钢围檩的布置，为提高工效和施工质量，对钢围檩要求统一编号作了具体规定。基坑开挖一段长度后，为实现随开挖及时支护，应及时进行钢围檩的安装，同时，为减少时空效应，在同一层位不采用连续安装，而采用分段安装钢围檩。同时，为确保钢支撑的安装质量及作用效果，钢支撑与钢围檩的连接位置应避免安装接头出现于两根支撑的跨中或安装支撑处。

型钢组合支撑节点较多，对剪力和弯矩敏感，宜充分发挥钢材截面材料强度抵抗压力。若型钢围檩未形成封闭受力体系，节点将

承受剪力，尤其是在角撑与围檩斜交区域，可能导致高强螺栓剪断。同理，型钢支撑梁与围檩斜交时，不可由高强螺栓直接承受剪力，应设置专门传力构件，如图 11 所示，(a) 是禁止的作法，(b) 是推荐的作法。

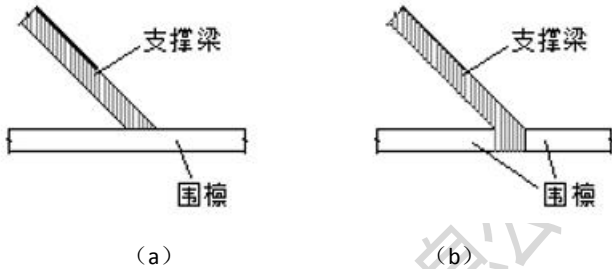


图 11 支撑梁与围檩斜交

在安装钢支撑之前，应保证排桩（墙）围护结构与钢围檩接触点密贴。当支撑位置的钢围檩与围护存在间隙时，必须采用 C25 以上细石混凝土填实或 M20 砂浆抹平，严禁不填实间隙。钢围檩与围护体之间的间隙填实后，再安装钢支撑，施加预应力，严禁在钢围檩与桩体之间未垫实的情况下施加预应力。

5.3 预应力施加与控制

5.3.1 通常情况下，型钢组合支撑预应力施加按设计要求即可。当监测数据显示预应力施加不能达到预期效果时，可根据监测数据对预应力施加程序和数值进行调整。

5.3.5 施加预应力后，因钢构件发生弹性变形等，在每一次预应力施加过程中会产生一定的预应力损失，为了减小预应力损失过大，故应分阶段逐级施加锁定。

5.3.8 钢材热胀冷缩明显。夏期施工，支撑产生较大温度应力时，应及时采取降温措施，必要时减小预应力；冬期施工，支撑收缩使支撑端头或连接位置出现空隙，应及时插入铁楔，必要时增大预应力。

当监测的预应力出现损失时，应再次施加预应力。

5.4 支撑拆除和回收

5.5.1 支撑拆除作为基坑施工的一项重要环节，因支撑拆除时机或者工况把握不好，盲目施工会造成事故或险情时发生。因此，为确保拆撑安全，本条对支撑拆除顺序与设计工况的一致性做出规定。

5.5.3 本条对利用主体结构作为换撑结构作出具体规定，防止因过早换撑，混凝土强度不足而对主体混凝土结构造成损害。

5.5.4 预应力通过专门装置分配给各单肢型钢，每根型钢的内力不同，盖板和系杆的作用之一是防止型钢扭曲。如在释放预应力前将盖板和系杆拆除，可能会造成单肢型钢在拆除前扭曲。

围护墙在预加力作用下也有一定的往坑外变形。无序拆除支撑会导致基坑周边变形明显增大，尤其是围护墙侧向刚度较小时。

5.5.7 在支撑拆除过程中，围护结构将产生内力重分布，有可能造成围护结构局部变形过大，危及基坑与周边环境的安全。因此，拆撑过程中必须加强基坑的监测与现场巡视。

5.5 施工安全措施

5.6.4 施工监测与巡查中发现问题，宜立即停止作业，严重时应停工整改，并通知相关方，待问题解决后方可继续施工。

1 与混凝土支撑相比，当出现险情时，型钢组合支撑可采取的加固手段多，速度快、效果好，实际工程中可通过增设支撑、补加预应力等措施增强支撑系统的整体受力性能。

2 当型钢围檩侧向变形较大时，可往里面填入速凝混凝土或者增加受压高度，不宜采取焊接加强；当立柱变形较大时，可在相邻立柱间增设剪刀撑。

6 监测

6.1 一般规定

6.1.2 型钢支撑梁需施加较大的预应力，且在基坑施工过程中处于较高应力的工作状态。预应力施加过程中和基坑开挖过程中，围护墙和周边土体的深层水平位移会发生变化，变化量较大时会直接影响受力构件的内力。型钢支撑梁平面外稳定性不容忽视，因此本条列出了最重要的监测项目。

6.1.3 在型钢组合支撑预应力施加阶段和工作阶段，需要实时掌握支撑的内力变化情况，传统的监测方法采用人工采集监测数据，较难实现高频率的监测要求。所以，型钢组合支撑的内力监测宜采用全自动连续监测系统。

在以往的基坑工程监测经验中发现，钢支撑内力监测值受温度变化等因素的影响很大，本条要求需记录监测时气温和钢支撑表面温度，以便对数据进行对比分析。

6.2 监测点布置

6.2.1~6.2.6 监测点的布置首先要满足对监测对象监控的要求，测点的位置应尽可能反映监测对象的实际受力和变形状态，以保证对监测对象的状况做出正确的判断。监测对象内力和变形变化大的代表性部位及周边环境重点监测部位，监测点应适当加密，以便更加准确的反应监测对象的受力和变形特征。监测单位不得任意减少监测项目、测点，降低监测频率。

6.4 监测报警

6.4.1~6.4.3 监测预警是预防支撑体系发生破坏的重要措施，本条款给出了基坑周边环境监测报警值的建议值，表中主要内容系参

考现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497。监测预警值一般应由基坑设计方确定，实际取用时尚应获得主管部门的认可。

基坑工程的监测频率不是一成不变的，应根据基坑开挖的施工进度或外部环境因素的变化及时做出调整。当出现异常现象和数据，或临近报警状态时，应提高检测频率甚至连续监测。对于宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

6.5 监测成果

6.5.1~6.5.4 基坑工程监测是一个系统，系统内的各项目监测有着内在的联系。基坑在开挖的过程中，力学效应从各个界面同时展现出来，位移变化通常稍滞后于力值变化。各项监测结果相结合，可揭示和反映基坑工程的整体情况。监测数据的计算分析工作中除应对每个项目进行单项分析外，尚应进行支撑体系的多项目综合分析，且对监测项目应有正常、异常和危险的判断性结论。每次测试完成后，监测人员应及时进行数据处理和分析，形成当日报表，提供给委托单位和有关单位。一般还要绘出各类变化曲线或图形，注明开挖方法和施工工序及开挖面距支撑结构的距离等信息，使监测结果“形象化”，让工程技术人员能够一目了然，以便及时发现问题和分析问题，为信息化施工和优化设计提供可靠的依据，避免事故的发生。基坑工程施工和使用期间及时发现异常现象和施工征兆并采取有效措施是防止事故发生的重要手段。不同的土质条件、支护结构形式、施工工艺和环境条件，基坑的异常现象和事故征兆会不一样，应能加以判别。当支护结构变形过大、变形不收敛、地面下沉、基坑出现失稳征兆等情况时，及时停止开挖并立即回填是防止事故发生和扩大的有效措施。

7 监 测

7.4 一般规定

7.1.1 型钢组合支撑是基坑工程的一部分，施工过程的质量控制，是确保支护结构质量的基础，应把好每道工序关，严格按操作规程及相应标准检查，随时纠正不符合要求的操作。作为装配式结构，必须分阶段、分批对各个构件进行检验，确保从原材料进场、构件加工、安装到整个支撑形成后的受力工作全过程的质量安全。

7.5 原材及构配件进场验收

7.2.5 构件重复利用是型钢组合支撑的主要特点之一，构件回收后应进行维护保养，重复使用时应重新进行进场检验，确保受力可靠。检验内容包括钢材品种、规格和性能，除查验原材料的质量合格证明文件外，还应对强度等重要性能指标进行抽样测试。构件的外形尺寸、厚度等应符合进场验收标准，并针对可能影响其使用的损伤进行检查，检验合格后方可再次使用。

7.6 安装验收

7.3.2~7.3.4 型钢组合支撑安装偏差应符合本节的规定数值，偏差超过规定数值将影响型钢组合支撑的受力性能，由于偏差引起的支撑系统内力将超过设计要求，形成安全隐患。因此，实际工程出现偏差超过要求时，应立即整改，或提请设计复核，并采取加强措施。