

备案号：正在报建设部备案之中

DB

浙江省工程建设标准

DB33/T1142-2017

基坑工程装配式型钢组合支撑
应用技术规程

Technical specification for assembly steel struts
system in foundation excavation

2017-09-18 发布

2018-01-01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

浙江省工程建设标准

基坑工程装配式型钢组合支撑
应用技术规程

Technical specification for assembly steel struts
system in foundation excavation

DB 33/T1142-2017

主编单位：浙江省建筑设计研究院
东通岩土科技(杭州)有限公司
浙江新盛建设集团有限公司

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

施行日期： 2018 年 1 月 1 日

前 言

根据《关于印发 2015 年浙江省建筑节能及相关工程建设标准制修订计划的通知》【建设发（2015）423 号】文的要求，规程编制组通过广泛调查研究，参考国内外的有关标准，并结合我省装配式型钢组合支撑应用现状，制定了本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语与符号；3. 基本规定；4. 设计；5. 施工；6. 验收；7. 监测等。

本规程由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，由浙江省建筑设计研究院负责技术内容的解释。执行过程中，请各有关单位结合实际，不断总结经验，并将发现的问题、意见和建议函告浙江省建筑设计研究院[地址：杭州市安吉路 18 号，邮编：310006]，以供修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

本规程主编单位： 浙江省建筑设计研究院
东通岩土科技(杭州)有限公司
浙江新盛建设集团有限公司

本规程参编单位： 浙江大学
宏润建设集团股份有限公司
浙江恒誉建设有限公司
浙江万寿建筑工程有限公司
浙江大经建设集团股份有限公司
广宏建设集团有限公司
浙江万华建设有限公司
宁波住宅建设集团股份有限公司
浙江乔兴建设集团有限公司
浙江新东阳建设集团有限公司
浙江宝盛建设集团有限公司
浙江花园建设集团有限公司
京杭运河（杭州段）综合保护中心
杭州市拱墅区农转居多层公寓建设管理中心
杭州市建设工程质量安全监督总站

本规程主要起草人：刘兴旺 陈 东 胡 琦 童根树 李 瑛 胡 焕 岑烈君
胡红文 徐惠芬 沈国锋 钟新明 邹素红 应信群 孙 红
王国棉 俞卫康 陈建兰 张龙棋 钟 卫 鲁利勇 卜鹏飞
熊小勇 包兴虹 汤 平 林春海 朱海娣 朱浩源 邓文全
印 军 邓以亮

本规程主要审查人：董石麟 赵宇宏 肖志斌 陈旭伟 蒋金生 倪士坎 李宏伟

目 次

1 总 则	1
2 术语与符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 基本规定	5
4 设 计	6
4.1 一般规定	6
4.2 结构体系	6
4.3 结构布置	8
4.4 结构整体分析	9
4.5 构件	9
4.6 连接节点及构造	13
5 施 工	16
5.1 一般规定	16
5.2 安 装	16
5.3 预应力施加与控制	17
5.4 拆除	17
5.5 安全措施	18
5.6 维 护	18
5.7 环境保护	19
6 验 收	20
6.1 一般规定	20
6.2 原材料与构配件进场验收	20
6.3 安装质量验收	21
7 监 测	23
附录 A 常用的型钢支撑梁技术参数	25
附录 B 常用的盖板和系杆技术参数	29
附录 C 常用的三角传力件及预应力装置技术参数	31
附录 D 型钢组合支撑安装的分项工程检验批验收表	32
本规程用词说明	33
引用标准名录	34
条文说明	35

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	term	2
2.2	symbol	3
3	Basic Requirements	5
4	Design	6
4.1	General provision	6
4.2	structure system	6
4.3	Array of structure	8
4.4	global analysis	9
4.5	members	9
4.6	connection nodes and structure	13
5	construction	16
5.1	General provision	16
5.2	installing	16
5.3	application and control of prestressing force	17
5.4	demolish	17
5.5	safety precautions	18
5.6	maintenance	18
5.7	environmental protection	19
6	Acceptance	20
6.1	General provisions	20
6.2	Raw materials and components in the acceptance	20
6.3	Installation quality acceptance	21
7	monitor	23
	Appendix A Technical parameters of typical steel support beam.....	25
	Appendix B Common cover and tie technical parameters.....	29
	Appendix C Technical parameters of triangulation and prestressing devices..	31
	Appendix D A sub-item inspection and acceptance form for the installation of a section steel assembly	32
	Explanation of Wording in This Standard	33
	Lists of Quoted Stangards	34
	Explanation of Provisions	35

1 总 则

1.0.1 为规范基坑工程中装配式型钢组合支撑的应用，做到安全可靠、保护环境、经济合理、保证质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于浙江省基坑工程中装配式型钢组合支撑的设计、施工、验收和监测。

1.0.3 装配式型钢组合支撑的应用应因地制宜、合理选型、优化设计、精心施工、严格监控。

1.0.4 装配式型钢组合支撑的应用，除应遵守本规程规定外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 装配式型钢组合支撑 assembly steel struts system

由型钢支撑梁、组合围檩、立柱和连接件等装配构成的支撑系统（以下简称型钢组合支撑）。

2.1.2 标准件 standard part

由 H 型钢及钢板辅材按标准尺寸加工，能相互连接、装配、拆卸并重复组装的构件。

2.1.3 非标准件 nonstandard part

根据特定基坑不规则边界尺寸和形状专门定制的局部构件，用于标准件装配支撑与支护结构的有效连接。

2.1.4 型钢支撑梁 type steel support beam

由 H 型钢标准件组合而成（必要时增加非标准件），并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 parts

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 组合围檩 composite wale

由多根 H 型钢标准件或 H 型钢标准件与混凝土梁经螺栓装配而成的水平受力构件。其一侧与支护桩（墙）连接，另一侧与型钢支撑梁连接。

2.1.7 托梁 support beam

设置在立柱之间，支承型钢支撑梁的钢构件。

2.1.8 托座 bracket

设置在立柱上，用于支托托梁上的支撑构件重量和建立支撑与立柱之间连接的钢构件。

2.1.9 盖板 cover plate

按照一定间距平行放置的联接型钢支撑梁各肢型钢，通过螺栓与型钢翼缘连接用于增强型钢支撑梁整体性的构件。

2.1.10 系杆 connection piece

按照一定倾斜角放置的联接型钢支撑梁各肢，通过螺栓与型钢翼缘连接用于增强型钢支撑梁整体性的构件。

2.1.11 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 (kN m) ;

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

N ——轴心压力设计值(kN);

N_i ——单肢型钢的轴心压力设计值(kN);

Q_i ——剪力设计值(kN);

τ_i ——组合围檩型钢与型钢或型钢与混凝土梁结合面处平均剪应力设计值 (kPa) ;

2.2.2 材料性能和抗力:

f ——钢材强度设计值 (kPa) ;

N_b ——单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值(kN);

N_c ——单根锚栓所能提供的抗剪承载力设计值(kN)。

2.2.3 几何参数:

A ——型钢组合截面毛截面积 (m^2) ;

A_n ——钢材净截面面积 (m^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不同或开孔数量不同时, 取最不利的截面;

A_i ——单肢型钢的截面积 (m^2) ;

I_i ——组合截面惯性矩 (m^4) ;

W_{nx} 、 W_{ny} ——组合截面对 X 轴和 Y 轴的净截面模量 (m^3) ;

S_z^* ——计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩 (m^3) ;

W_x 、 W_y ——组合构件毛截面模量 (m^3) ;

W_{xi} 、 W_{yi} ——单肢型钢毛截面模量 (m^3) ;

b ——组合围檩截面结合面宽度(m)。

l_{0x} ——型钢组合截面对 x 轴的计算长度, $l_{0x}=l_0$, l_0 取相邻托梁的间距;

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

l_{yi} ——单肢型钢截面对 y 轴的计算长度, 取相邻盖板间距;

2.2.4 设计参数和计算系数:

N_{Ex} ——参数, $N_{Ex}=\pi^2 EA/(1.1 \lambda_x)^2$;

N_{Ey} ——参数, $N_{Ey}=\pi^2 EA/(1.1 \lambda_y)^2$;

N_{Eyi} ——参数, $N_{Eyi} = \pi^2 E A i / (1.1 \lambda_{yi}^2)$;

λ_x ——型钢组合截面 x 方向长细比, $\lambda_x = l_{ox} / i_x$;

λ_y ——型钢组合截面 y 方向长细比, $\lambda_y = l_{oy} / i_y$;

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

φ_x ——型钢组合截面对于 x 轴的轴心受压构件稳定系数;

φ_y ——型钢组合截面对于 y 轴的轴心受压构件稳定系数;

φ_{yi} ——单肢型钢对于 y 轴的轴心受压构件稳定系数;

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 (个/m);

n_f^c ——每延米 H 型钢标准件与混凝土冠梁结合面所需预埋螺杆的数量 (个/m);

η ——考虑螺栓或预埋螺杆弹性阶段受力不均的安全系数, 不小于 3.0。

3 基本规定

3.0.1 型钢组合支撑设计和施工应综合考虑工程地质与水文地质条件、场地及周边环境条件、基坑形状和平面尺寸、基坑开挖深度、施工条件及使用期限等因素，并与围护墙、地下水控制、土体加固、主体结构等的设计和施工相协调。

3.0.2 型钢组合支撑宜用作围护墙的水平内支撑；基坑平面尺寸较大、土质条件较好时，也可结合中心岛施工，用作围护墙的竖向斜撑。

3.0.3 对深厚软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，宜综合采取下列措施提高基坑稳定性和变形控制效果：

- 1 通过分坑措施优化基坑形状，控制型钢支撑梁的长度；
- 2 与混凝土支撑混合使用；
- 3 加大围护墙的刚度；
- 4 基坑土体加固。

3.0.4 型钢组合支撑和钢筋混凝土支撑混合使用时，整体支撑系统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。

3.0.5 型钢组合支撑应优先采用工厂化生产的标准件，现场采用装配式施工；非标准件的设置应符合下列规定：

- 1 非标准件的材料性能不应低于标准件的材料性能；
- 2 非标准件的制作加工精度和验收标准不应低于标准件；
- 3 非标准件与标准件的连接应满足受力和构造要求。

3.0.6 设计应明确支撑各部位预加轴力大小，施工应严格按设计要求施加并保持预应力。

3.0.7 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，施工应按设计工况要求进行。

3.0.8 型钢组合支撑不宜兼作施工平台或栈桥，基坑施工需要设置施工平台或栈桥时，宜与型钢组合支撑脱离独立设置。

3.0.9 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 一般规定

4.1.1 型钢组合支撑的稳定验算、强度及变形计算应满足现行国家标准《钢结构设计规范》GB500017 及现行浙江省工程建设标准《建筑基坑工程技术规程》DB33/T1096 的要求。

4.1.2 型钢组合支撑设计应包含下列内容：

- 1 结构体系；
- 2 结构布置；
- 3 结构整体分析；
- 4 构件；
- 5 连接节点。

4.1.3 型钢组合支撑标准件及非标准件的钢材牌号不应低于 Q345B,其余构件的钢材牌号不应低于 Q235B。

4.1.4 构件之间应采用高强螺栓连接，连接强度应满足支撑的受力要求。

4.1.5 型钢支撑梁预加轴力值不应小于支撑设计轴力的 30%，不宜大于 75%；具体应结合基坑侧壁的变形控制要求及支护结构的内力情况确定。

4.1.6 型钢组合支撑的设计使用期限不应小于基坑支护设计使用期限。

4.2 结构体系

4.2.1 型钢组合支撑结构体系应包括型钢支撑梁、组合围檩、立柱和连接件等构件（图 4.2.1）。

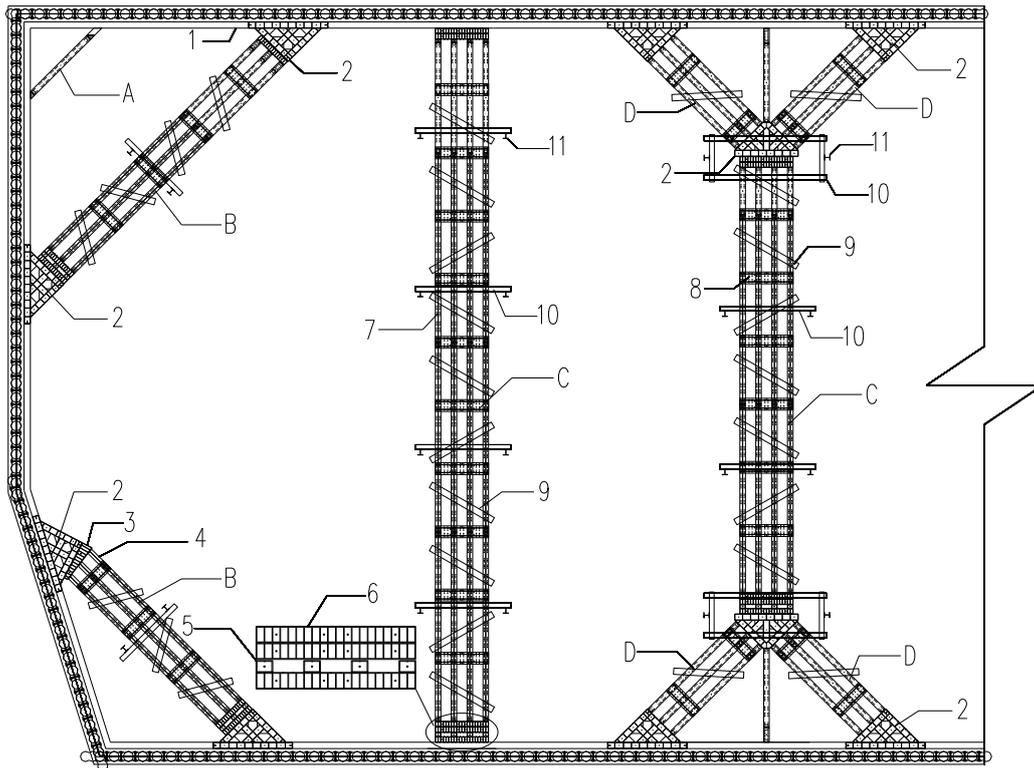


图 4.2.1 结构体系平面示意图

A-角撑；B-角撑；C-对撑；D-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

4.2.2 型钢支撑梁和组合围檩宜由型钢标准件拼接形成，型钢标准件宜采用 H350×350 或 H400×400 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 A。

4.2.3 型钢支撑梁应配置预应力施加装置，预应力施加装置应具有多次施加预应力的功能。

4.2.4 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 4.2.5）。

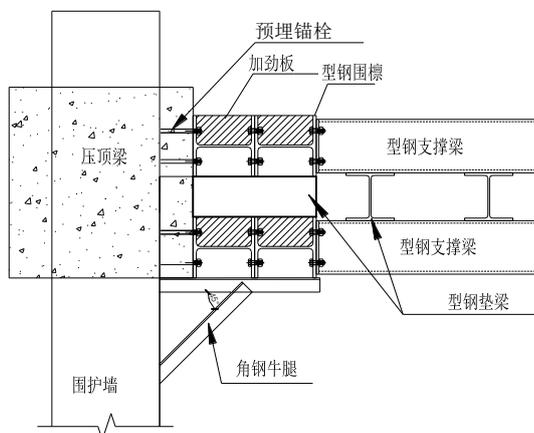


图 4.2.4 双层型钢支撑梁示意图

4.2.5 组合围檩应通过设置于围护墙上的牛腿支承于围护墙，并通过抗剪连接件与围护墙连接（图 4.2.5）。

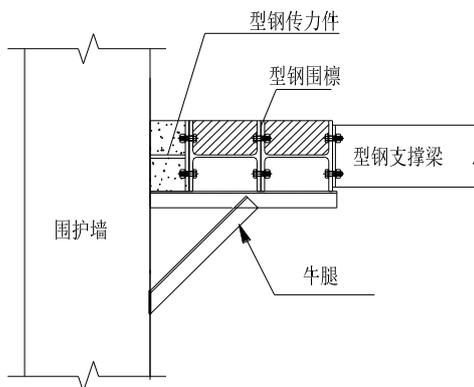


图 4.2.5-1 型钢组合围檩示意

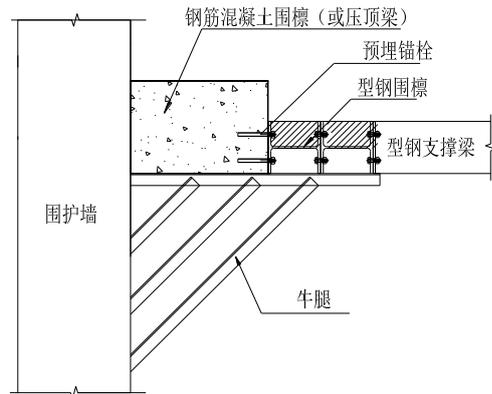


图 4.2.5-2 型钢-混凝土组合围檩示意

4.2.6 竖向立柱可采用 H 型钢柱、格构式钢立柱、钢管柱或钢管混凝土柱等形式，当竖向荷载较大或变形控制要求较高时，宜设置混凝土灌注桩、水泥搅拌桩或高压旋喷桩等立柱支承桩。

4.2.7 立柱和型钢支撑梁应通过设置于立柱的托座、支承于托座的托梁可靠连接（4.2.7）。

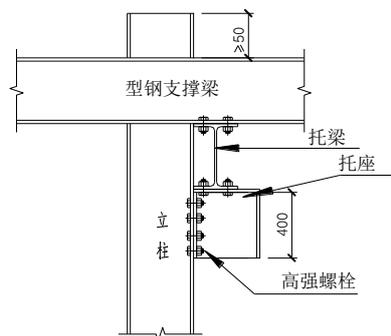


图 4.2.7 型钢支撑梁与立柱连接示意

4.3 结构布置

4.3.1 结构布置应综合考虑围护墙受力、土方开挖和主体结构施工等因素。

4.3.2 型钢组合支撑竖向布置应符合下列规定：

- 1 支撑的标高设置应利于控制围护墙的内力与变形；
- 2 各道支撑竖向净距以及支撑与坑底的净距不宜小于 3m；
- 3 支撑与其下的基础底板或楼板净距不宜小于 0.5m。

4.3.3 型钢组合支撑平面布置应符合下列规定：

- 1 支撑应在同一平面内形成整体，上下各道支撑宜对齐布置；
- 2 围檩或压顶梁上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;

3 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 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$;

4 基坑向内凸出的阳角应设置可靠的双向约束;

5 支撑立柱宜避开主体结构的梁、柱及承重墙;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;

6 应利于基坑土方开挖、运输以及主体结构的施工。

4.4 结构整体分析

4.4.1 结构整体分析应符合下列规定:

1 可按杆系结构采用有限元法进行整体计算分析,有限元模型应符合实际的结构布置和节点构造,各肢型钢、盖板、斜缀条宜单独作为杆单元建模;

2 围护墙传至支撑的荷载可取围护墙内力分析时得出的支点力;

3 计算模型应能考虑预加轴力的作用;

4 应进行竖向荷载作用下的结构分析;

5 根据设计节点构造,合理确定边界约束条件。

4.4.2 结构整体分析应考虑下列荷载作用:

1 由围护墙传至支撑结构的水平作用力;

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,宜考虑温度作用;

5 立柱之间差异沉降产生的作用。

4.4.3 结构整体分析应考虑下列工况:

1 土方开挖至各道支撑底标高、安装支撑;

2 支撑安装完成、预加轴力;

3 基坑开挖至坑底;

4 换撑、拆撑。

4.5 构件

4.5.1 构件承载力计算和验算应符合下列规定:

1 应根据结构整体分析结果对构件承载力进行验算;

2 构件承载力计算应考虑施工偏心误差的影响,偏心距取值不宜小于计算长度的 $1/1000$,且不宜小于 40mm;

3 在计算轴向承载力时需要考虑螺栓开孔对构件截面削弱的不良影响,计算稳定性和变形时可不考虑;

- 4 围檩应考虑其承受的轴力；
5 型钢支撑梁应按偏心受压构件进行计算。

4.5.2 型钢支撑梁的截面（图 4.5.2）强度应按下式计算：

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_{ny}} \leq f \quad (4.5.2)$$

式中： N —轴心压力设计值（kN）；

A_n —组合截面净截面面积（ m^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不同或开孔数量不同时，取最不利的截面；

M_x, M_y —同一截面处绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值（kN m）；

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

f —钢材强度设计值（kPa）。

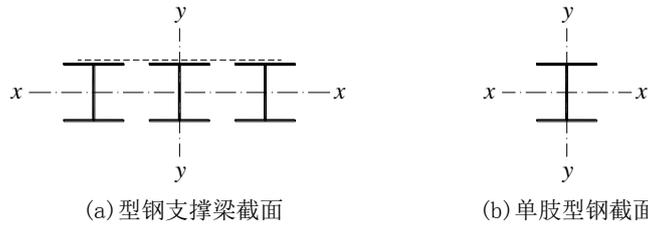


图 4.5.2 截面坐标轴示意图

4.5.3 型钢支撑梁的稳定性应按下式计算：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{M_x}{W_x (1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}})} + \frac{M_y}{W_y} \leq f \quad (4.5.3-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{M_y}{W_y (1 - \frac{N}{N'_{Ey}})} + \frac{M_x}{W_x} \leq f \quad (4.5.3-2)$$

式中： A —组合截面毛截面面积（ m^2 ）；

N —轴心压力设计值（kN）

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

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

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

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

l_{0x} —型钢组合截面对 x 轴的计算长度，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，取型钢组合支撑的实际长度，不考虑中间托梁的影响（图 4.5.3）；

φ_x —对于 x 轴的轴心受压构件稳定系数,按照《钢结构设计规范》GB50017 中附录 C 取用;

φ_y —对于对于 y 轴的轴心受压构件稳定系数,按照《钢结构设计规范》GB50017 中附录 C 取用;

M_x 、 M_y —竖向和水平弯矩设计值 (kM m);

W_x 、 W_y —组合截面的毛截面模量 (m^3)。

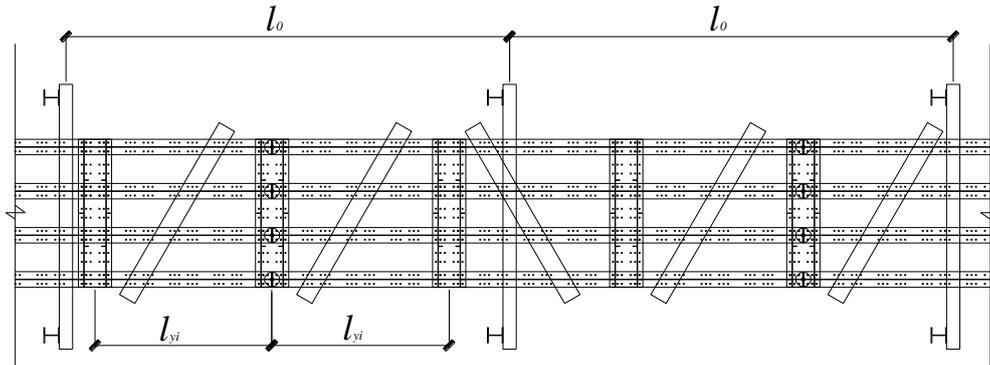


图 4.5.3 型钢支撑梁计算长度示意图

4.5.4 型钢支撑梁单肢型钢的稳定性应按下列公式计算:

$$\frac{N_i}{\varphi_{yi} A_i} + \frac{M_{xi}}{W_{xi}} + \frac{M_{yi}}{1.2 W_{yi} (1 - 0.8 \frac{N_i}{N'_{Eyi}})} \leq f \quad (4.5.4)$$

式中: N_i —分配到单肢型钢上的轴心压力设计值 (kN);

A_i —单肢型钢截面面积 (m^2);

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

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

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

λ_{yi} —单肢型钢截面 y 方向长细比, $\lambda_{yi} = \frac{l_{yi}}{i_{yi}}$;

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 4.5.3;

φ_{yi} —单肢型钢水平面内失稳的稳定系数,按照《钢结构设计规范》GB50017 中附录 C 取用。

4.5.5 围檩强度、变形计算及稳定性验算应符合下列规定:

- 1 围檩内力应按结构整体分析结果取值;
- 2 组合截面模量及抗弯刚度应按组合截面抗剪连接的程度进行折减。

4.5.6 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《钢结构设计规范》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相关规范取值；
- 3 组合围檩结合面剪力设计值按照结构整体分析相应位置最大剪力取值；
- 4 组合围檩中 H 型钢标准件与 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：

$$\bar{\tau}_i = \frac{Q_i S_z^*}{I_i b} \quad (4.5.6-1)$$

式中： Q_i —按整体分析结果得到的围檩剪力（kN）；

$\bar{\tau}_i$ —结合面处平均剪应力（kPa）；

S_z^* —计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩（m³）；

I_i —围檩组合截面惯性矩（m⁴）；

b —围檩组合截面结合面宽度（m）。

- 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。

$$n_f^b \geq \eta \frac{\bar{\tau}_i b}{N^b} \quad (4.5.6-2)$$

$$n_f^c \geq \eta \frac{\bar{\tau}_i b}{N^c} \quad (4.5.6-3)$$

式中： 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（个/m）；

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（个/m）；

N^b —单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值（kN）；

N^c —单根锚栓所能提供的抗剪承载力设计值（kN）；

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。

4.5.7 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土质、立柱桩情况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。

4.5.8 盖板、系杆的计算应符合下列规定：

1 盖板、系杆应根据现行《钢结构设计规范》GB50017 相关规定，取构件的实际剪力和按 $V = \frac{Af}{85} \sqrt{\frac{f_y}{235}}$ 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还不应小于型钢支撑梁轴力的 1/40。

2 连接盖板与对撑或角撑的螺栓个数应按下列公式计算：

$$n = \frac{V}{N^b} \quad (4.5.8)$$

式中： N^b —单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值。

4.5.9 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。

4.6 连接节点及构造

4.6.1 型钢支撑梁的拼接应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 拼接位置宜设置在立柱和托梁附近。

4.6.2 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 B；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 4.5.4 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 30~60 度，每肢型钢与系杆之间的连接螺栓数量不应少于两个。

4.6.3 型钢组合围檩宜减少拼接节点，拼接位置应避开弯矩较大处，且翼缘处应增加拼接板并采用高强螺栓连接，连接螺栓每侧不应少于 6M24。

4.6.4 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 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；
- 3 组合围檩应设置加劲板，间距不宜大于 500mm。

4.6.5 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 4.6.5），并按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 相关规定，对中部对撑的强度及稳定性进行计算。

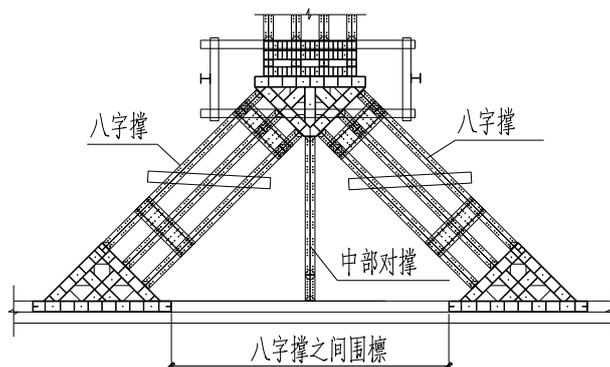


图 4.6.5 八字撑示意图

4.6.6 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 C25 的细石混凝土填实；

2 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 8M24。

4.6.7 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 C；

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。

4.6.8 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 2M24，托梁与托座之间的连接螺栓不应少于 4M24。

4.6.9 立柱和立柱支承桩构造应符合下列规定：

1 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；

2 立柱宜设置于对撑、角撑组合构件的侧面，并宜成对设置；

3 对撑、角撑区域成对设置的立柱之间宜设置剪刀撑，剪刀撑轴力的计算和承载力的验算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定；

4 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；

5 立柱在穿越主体结构底板范围内应设置可靠的止水措施。

4.6.10 预应力装置宜设置于型钢支撑梁端部，常用的预应力装置技术参数可参见附录 C，其构造应符合下列规定：

- 1 加载横梁宽度不应小于型钢支撑梁的宽度；
- 2 采用千斤顶施加预应力后，应保留千斤顶或设置保力盒；
- 3 预应力装置的数量及位置可按表 4.6.10 确定。

表 4.6.10 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
30~60m	1	支撑中部
60m 以上	2	支撑两端各一个

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应掌握场地工程地质及环境资料，查明不良地质条件及地下障碍物的详细情况。

5.1.2 构件的细化和制作应满足设计要求。

5.1.3 深基坑专项施工方案应包含型钢组合支撑的安装、预应力施加与控制、换撑与拆撑等施工内容，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。

5.1.4 塔吊吊装构件时应满足现行国家标准《塔式起重机安全规程》GB 5144 的规定。

5.2 安 装

5.2.1 型钢组合支撑的安装应符合图 5.2.1 的流程要求。

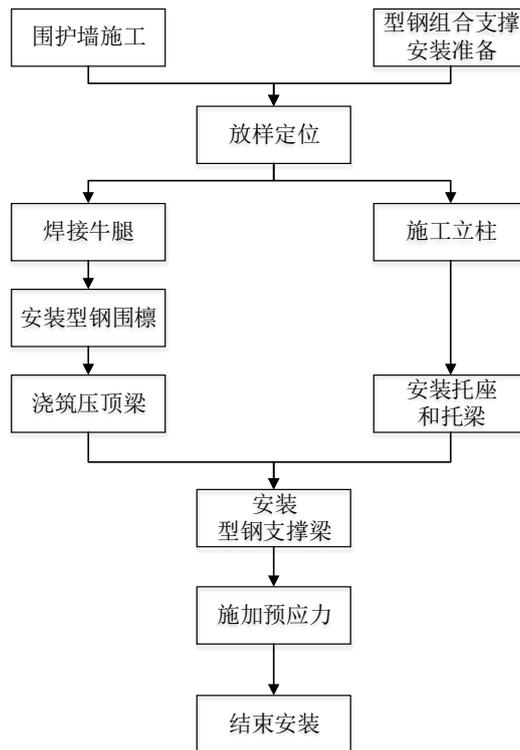


图 5.2.1 型钢组合支撑安装流程示意

5.2.2 立柱施工应符合下列规定：

- 1 立柱的加工、运输、堆放应控制平直度；
- 2 应采取有效措施控制立柱的定位、垂直度及转向偏差；
- 3 立柱兼作立柱桩时，宜采用静压方式插入土体，施工困难时可采取引孔等辅助措施；

- 4 立柱为型钢且立柱桩为灌注桩时，宜采用后插法施工；
 - 5 立柱周围土方应均匀对称开挖。
- 5.2.3** 托架、托座与托梁安装应符合下列规定：
- 1 托架与围护墙的连接、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，待预应力施加完成后，再对托梁和单肢型钢采取螺栓连接；
 - 3 托梁不应设置接头。
- 5.2.4** 型钢围檩和型钢支撑梁的安装应符合下列规定：
- 1 土方开挖范围内，型钢围檩应形成封闭受力体系；
 - 2 型钢支撑梁与型钢围檩斜交处，应设置专门传力构件。
- 5.2.5** 高强螺栓的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。

5.3 预应力施加与控制

- 5.3.1** 型钢组合支撑的预应力施加程序及数值应符合设计和专项施工方案要求。
- 5.3.2** 预应力施加和控制应符合下列要求：
- 1 千斤顶应有经过标定的计量装置；
 - 2 型钢组合支撑安装完毕并达到设计要求后方可施加预应力；
 - 3 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；
 - 4 每级压力施加后宜保持压力稳定 10 分钟再施加下一级压力；达到设计规定值后，应保持压力稳定 10 分钟后，方可锁定；
 - 5 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，加固后，方可继续施加预应力；
 - 6 应根据温度变化及时调整预应力值。
 - 7 预应力施加后会出现不同程度的损失，应配置相关锁定装置。

5.4 拆除

- 5.4.1** 型钢组合支撑的拆除应符合下列规定：
- 1 拆除时应先释放预应力；
 - 2 拆除应遵循如下顺序：①盖板、系杆；②型钢支撑梁、型钢围檩、高强螺栓；③托架、托梁；④立柱；

3 每级预应力释放后宜观察 30 分钟，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；

4 构件应分件拆除，拆除的构件应按指定位置分类堆放。

5.4.2 释放预应力时，先用千斤顶顶开加压件，再卸除保力盒，然后松开千斤顶，依次吊出单肢型钢。

5.4.3 螺栓宜采用气动扳手先行松开，再人工拆除。高强螺栓应间隔拆除。

5.4.4 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 安全措施

5.5.1 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。

5.5.2 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。

5.5.3 当局部螺栓出现崩裂、剪断等情况时，应立即采取加强措施。

5.5.4 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。

5.5.5 施工过程的安全控制应符合现行行业标准《建筑施工安全检查标准》JGJ59 的规定。

5.5.6 施工机械的安全控制应符合现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33 的规定。

5.5.7 施工临时用电应符合现行行业标准《临时现场临时用电安全技术规程》JGJ46 的规定。

5.5.8 进入施工现场人员必须佩戴安全帽，施工人员必须进行安全施工教育培训，持证上岗，严禁人员在没有防护措施时在支撑上行走、作业。

5.5.9 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。

5.5.10 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。

5.5.11 施工现场应配备专职安全员，全面负责安全监督检查工作，及时发现并排除不安全因素并采取有效的防控措施。

5.6 维护

5.6.1 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；
 - 4 型钢组合支撑上是否有积水；
 - 5 型钢组合支撑的受力工况是否与设计要求一致。
- 5.6.2** 型钢围檩、立柱变形较大时应及时采取加强措施。
- 5.6.3** 各型钢构件应采取防腐措施。
- 5.6.4** 工程因故停工时，不应间断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

- 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 验收

6.1 一般规定

- 6.1.1** 型钢组合支撑的质量检验应按照分项工程分批检验。
- 6.1.2** 进场验收时应对原材料和构件的外观、规格尺寸和产品合格证进行检查。
- 6.1.3** 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、型钢支撑梁与围护墙或立柱的连接节点的安装质量。
- 6.1.4** 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。
- 6.1.5** 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 D 的样式进行填写。
- 6.1.6** 型钢组合支撑作为分项工程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规范》GB50202、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 的有关规定。

6.2 原材料与构配件进场验收

- 6.2.1** 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》GB50205 的有关规定。
- 6.2.2** 标准件、高强螺栓和非标准件进场应全数进行外观检查，应无裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱。其余项目的验收标准应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 标准件、辅助件和非标准件进场验收标准

项	序	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	用钢尺量	
一般项目	1	垂直度	—	mm	<h/1000, 且 <10	用线锤检查	总数的 5%, 且不少于 3 个
	2	平直度	—	mm	≤0.1L%	用平尺检查	
	3	焊缝厚度	设计值	—		用焊缝检验尺	
	4	孔间距	设计值	mm	±2	用钢尺量	
	5	孔径		mm	±2	游标卡尺检查	
6	孔数	个		0	观察		

6.2.3 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。

6.2.4 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 10 mm，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。

6.3 安装质量验收

6.3.1 构件的施工允许偏差应符合表 6.3.1 的规定：

表 6.3.1-1 立柱施工允许偏差

序号	项目	允许偏差
1	定位	50mm
2	垂直度	≤0.5%
3	柱顶标高	±30mm

表 6.3.1-2 牛腿安装允许偏差

序号	项目	允许偏差值
1	板面标高	±10mm
2	水平度	1/1000

表 6.3.1-3 型钢围檩安装允许偏差

序号	项目	允许偏差值
1	板面标高	±10mm
2	水平度	1/1000

表 6.3.1-4 三角传力件安装允许偏差

序号	项目	允许偏差值
1	轴线偏差	±10mm
2	顶面标高	±10mm

表 6.3.1-5 型钢支撑梁安装允许偏差

序号	项目	允许偏差值
1	两端中心线的偏心误差	20mm
2	两端的标高差	20mm 或型钢支撑梁长度的 1/600，两者之中取较小值

3	挠曲度	不大于跨度的 1/1000
4	轴线偏差	±10mm

6.3.2 水平支撑系统安装施工质量验收标准应符合表 6.3.2 的规定。

表6.3.2 水平支撑系统安装质量验收标准

项	序	检查项目		允许值		允许偏差		检查方法
				单位	数值	单位	数值	
主控项目	1	外轮廓尺寸		—		mm	±5	水准仪
	2	预应力		—		kN	50	油泵读数或传感器
一般项目	1	型钢支撑梁	支撑挠度	—		l/1000		钢尺
	2		平面位置	—		mm	20	钢尺
	3		标高	—		mm	±20	水准仪
	7	连接质量		—		设计要求		
	10	螺栓松紧度		N m	≥105	—		扭矩扳手
	11	盖板	尺寸、规格	—		mm	-1	钢尺
	12	系杆	间距	—		mm	20	钢尺
13	焊缝厚度		设计值		—		焊缝检验尺	

6.3.3 竖向支承系统的质量检验应符合表 6.3.3 的规定。

表6.3.3 竖向支撑系统质量验收标准

项	序	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
	2	立柱长度		mm	50	钢尺
	3	垂直度		mm	l/100	钢尺或吊线
一般项目	1	立柱挠度		mm	l/500	钢尺
	2	立柱顶标高		mm	30	水准仪
	3	平面位置		mm	20	钢尺
	4	平面转角		°	3	钢尺
	5	托座、托架标高		mm	±5	水准仪

7 监测

7.0.1 型钢组合支撑监测应作为基坑监测的重点内容贯穿于支撑的安装、使用和拆除全过程。

7.0.2 型钢组合支撑监测应包括型钢支撑梁轴力、围檩应力和立柱位移等内容，并符合表 7.0.2 的规定。

表 7.0.2 型钢组合支撑监测项目

监测项目	基坑设计等级		
	一级	二级	三级
型钢支撑梁轴力	应测	应测	应测
立柱位移	应测	应测	可测
围檩应力	应测	宜测	可测

7.0.3 型钢组合支撑的内力监测宜采用全自动连续监测系统。

7.0.4 型钢支撑梁轴力监测应符合下列规定：

- 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 每层的监测点数不宜小于该层支撑梁数目的 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的单肢型钢数量的 50% 且不少于 2 个；
- 4 监测断面应设置加压端 5m 范围外部位，并避开接头位置。

7.0.5 内力监测传感器的量程不宜小于设计值的 2 倍，精度不宜低于 0.5%F S，分辨率不宜低于 0.2%F S。

7.0.6 内力监测传感器宜在预应力施加后且土方开挖前安装。

7.0.7 应考虑温度变化对内力监测结果的影响。

7.0.8 立柱沉降监测应符合下列规定：

- 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。

7.0.9 监测点的布置应不妨碍监测对象的正常工作，并应减少对施工作业的不利影响。

7.0.10 监测频率应符合表 7.0.10 规定。

表7.0.10 监测频率

施工进程	内力监测频率	位移监测频率
预应力施加阶段	≥2 次/h	≥1 次/d
基坑开挖阶段	≥2 次/1d	
拆换撑阶段	≥2 次/h	

附录 A 常用的型钢支撑梁技术参数

A.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。

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

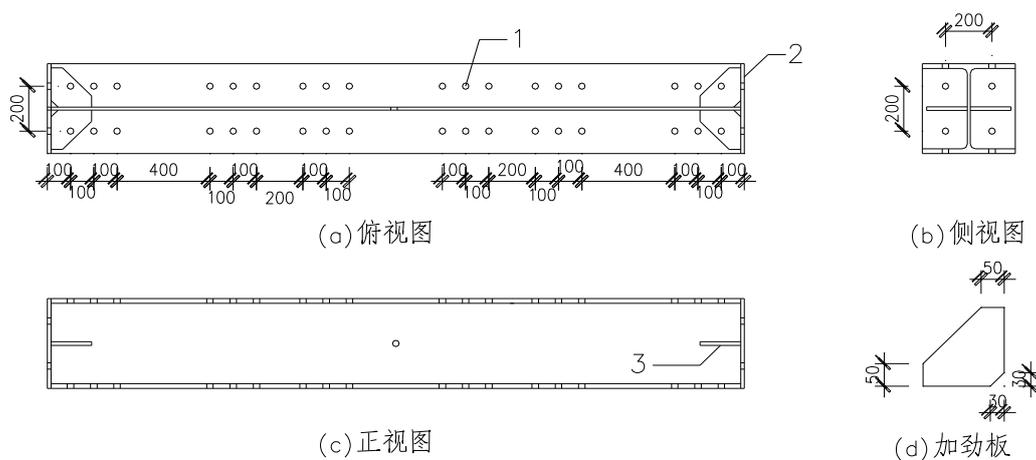


图 A.0.2 H 型钢标准件示意图

1—标准螺孔；2—端头板；3—加劲板

表 A.0.2 常用 H 型钢标准件的规格尺寸

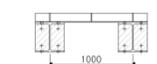
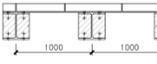
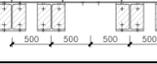
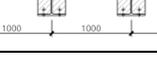
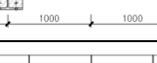
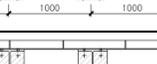
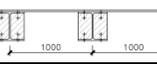
代号	主材规格	辅材规格	构件标准模数		螺栓孔直径 (mm)	轴心受压承载力设计值 (kN)
			$0.1\text{m} \leq L \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < L \leq 12\text{m}$		
H350-xx	H350×350×12×19	16mm 厚 钢板	50mm	1m	28	4443
H400-xx	H400×400×13×21					5758

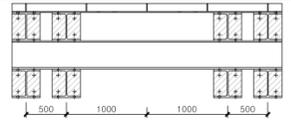
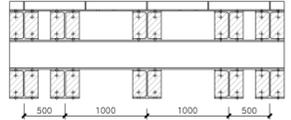
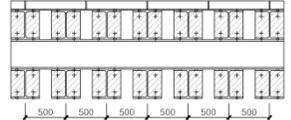
注：1. L—构件的长度；

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。

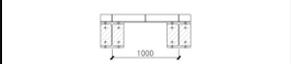
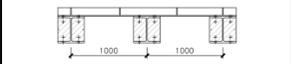
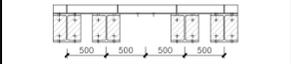
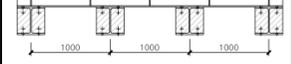
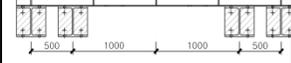
A.0.3 由 H 型钢标准件拼装而成的常用型钢支撑梁技术参数见表 A.0.3-1 及 A.0.3-2。

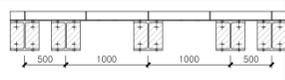
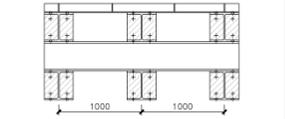
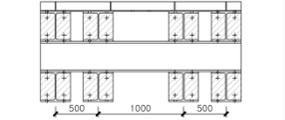
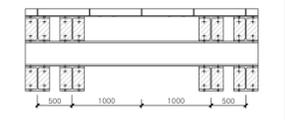
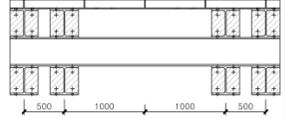
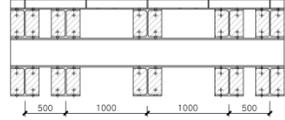
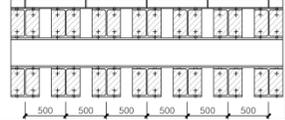
表A.0.3-1 常用的型钢支撑梁截面参数表 (H350)

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
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

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A.0.3-2 型钢支撑梁截面参数表 (H400)

编号	简图	型钢数 (个)	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
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
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 B 常用的盖板和系杆技术参数

B.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；板面上有规则地预留螺栓孔，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 B.0.1-1~B.0.1-4。

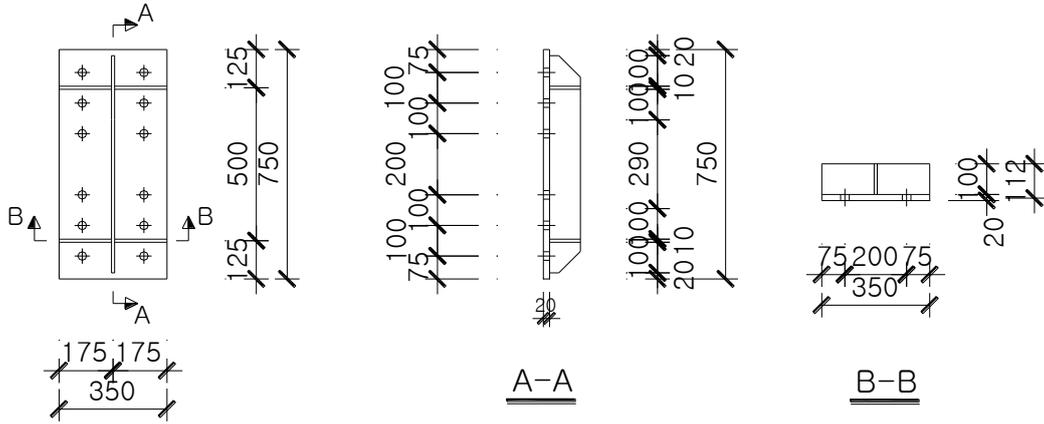


图 B.0.1-1 350×750 盖板

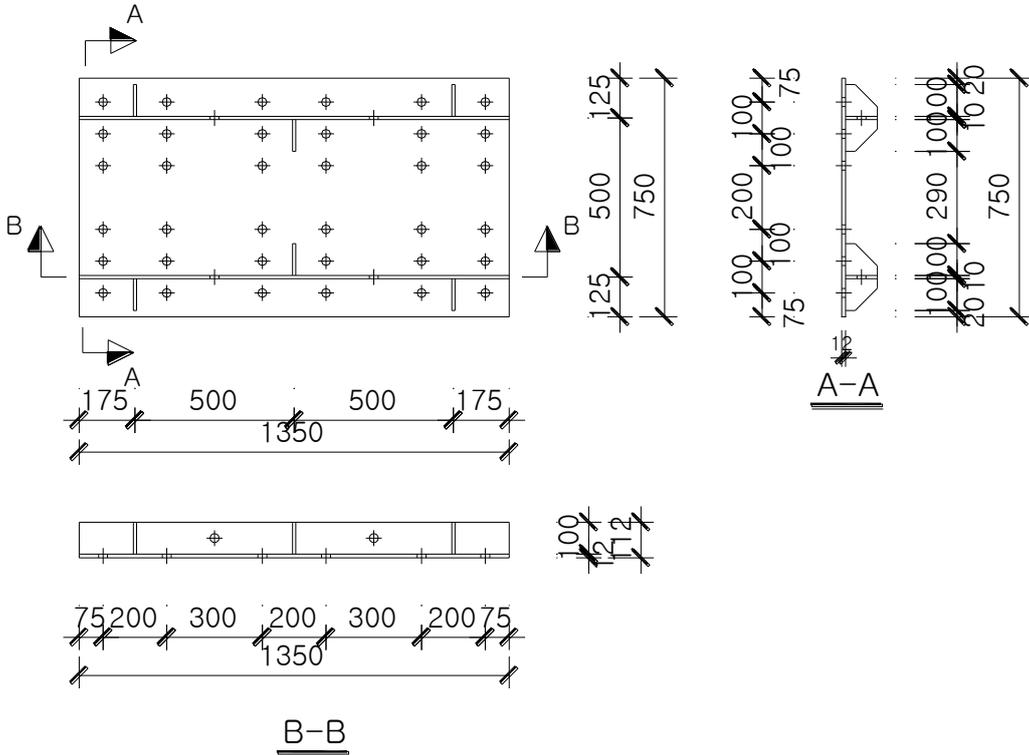


图 B.0.1-2 1350×750 盖板

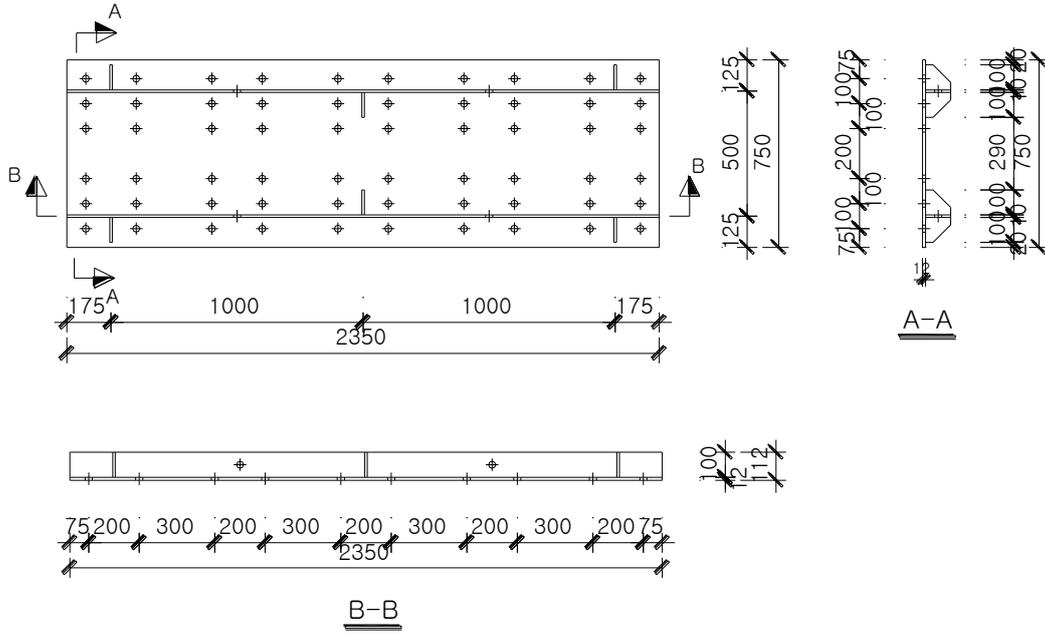


图 B.0.1-3 2350×750 盖板

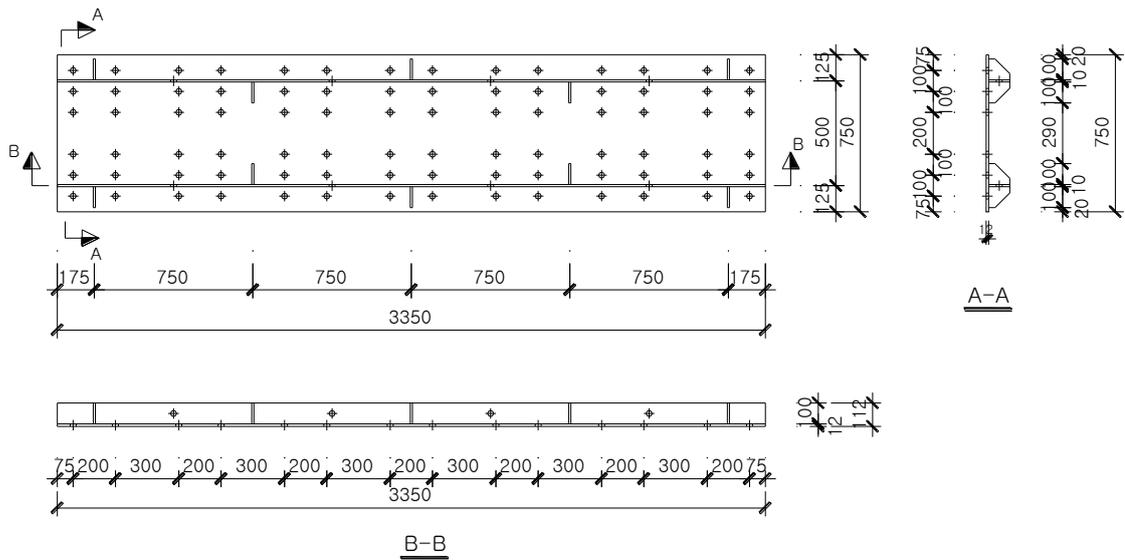


图 B.0.1-4 3350×750 盖板

B.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 B.0.2。

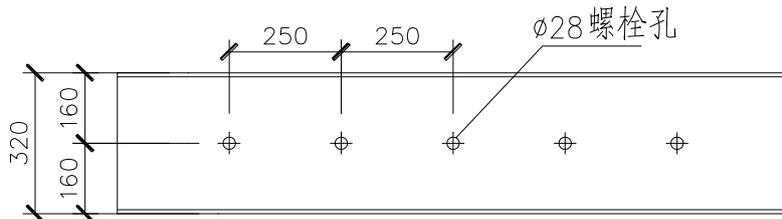


图 B.0.2 系杆螺栓孔位置图

附录 C 常用的三角传力件及预应力装置技术参数

C.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 C.0.1 (a)，角撑与围檩之间的三角传力件可参见图 C.0.1 (b)、图 C.0.1 (c)。

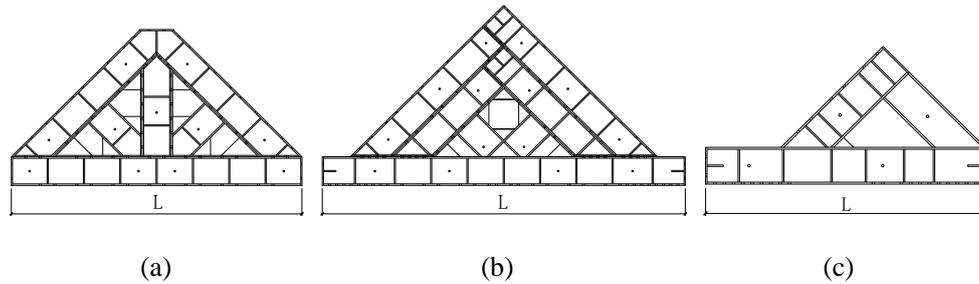


图 C.0.1 三角传力件平面示意图

表 C.0.1 常用的三角连接件规格尺寸

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	H350×350×12×19 H400×400×13×21	3	对撑与八字撑之间	28mm, 24 孔/m	3
		4			4
b		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

C.0.2 常用预应力装置的加载横梁、保力盒和垫板的结构型式与标准尺寸可参见表 C.0.2。

表 C.0.2 加载横梁、保力盒、垫板的标准尺寸表

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/面
垫板	厚度 20、10、5、3、1、0.5	350×350、400×400	U 型槽宽度 28mm

附录 D 型钢组合支撑安装的分项工程检验批验收表

D.0.1 型钢组合支撑安装完成之后应按表 D.0.1 的要求进行记录和验收。

表 D.0.1 型钢组合支撑安装的分项工程检验批质量验收记录

工程名称			检验批部位		
施工单位			项目经理		
监理单位			总监理工程师		
施工依据标准			分包单位负责人		
项目		质量合格 标准	施工单位检验评 分记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
主控 项目	1	围檩标高和轴线			
	2	对撑或角撑两端标高			
	3	螺栓、锚栓			
一般 项目	1	螺栓连接情况			
	2	托架、托座标高			
	3	相邻托座和托架高差			
	4	托座与托梁连接螺栓			
	5	围檩的对接拼装中心轴偏差			
	6	预应力施加的施工记录			
	7	对撑、角撑整体挠曲度			
	8	立柱插入深度偏差			
施工单位检验评定结果		班组长 <div style="text-align: right;">年 月 日</div> 质检员： <div style="text-align: right;">年 月 日</div>			
监理(建设)单位验收结论		监理工程师： (建设单位项目技术人员) 年 月 日			

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件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 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120
- 2 《钢结构设计规范》 GB50017
- 3 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 4 《塔式起重机安全规程》 GB 5144
- 5 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB50202
- 6 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB50205
- 7 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB50497
- 8 《建筑施工安全检查标准》 JGJ59
- 9 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ33
- 10 《临时现场临时用电安全技术规程》 JGJ46

浙江省工程建设标准

基坑工程装配式型钢 组合支撑应用技术规程

条文说明

目 次

1 总 则.....	37
2 术语与符号.....	38
2.1 术 语	38
3 基本规定.....	42
4 设 计.....	44
4.1 一般规定.....	44
4.2 结构体系.....	44
4.3 结构布置.....	44
4.4 结构整体分析.....	45
4.5 构件.....	45
4.6 连接节点及构造.....	47
5 施 工.....	50
5.1 一般规定.....	50
5.2 安 装.....	52
5.3 预应力施加与控制.....	52
5.4 拆除.....	53
5.5 安全措施.....	53
5.6 维护.....	53
5.7 环境保护.....	53
6 验 收.....	54
6.1 一般规定.....	54
6.2 原材料与构配件进场验收.....	54
6.3 安装质量验收.....	54
7 监 测.....	55

1 总 则

1.0.1 型钢组合支撑是基坑工程中的一种支撑形式。其采用工厂预制的标准化构件现场装配而成，无需养护，省工省时；主要构件均可循环再利用，基本无建筑垃圾的产生；可根据要求施加预应力以控制基坑变形；符合绿色、节能、环保的可持续发展建设要求，在浙江省内的应用越来越广泛。但是国内尚没有相关的技术规程，不利于该技术的进一步推广应用；试点应用过程中，也出现过一些险情和事故。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。

1.0.2 型钢组合支撑已广泛应用于我省工业与民用建筑、市政、水利、港口等工程的深基坑支护。图 1 为位于原杭州市政府北面的地下立体停车库项目，基坑开挖深度约 33 m，设置 8 道水平内支撑，其中 6 道为型钢组合支撑。



图 1 某地下立体停车库项目

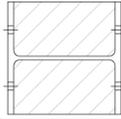
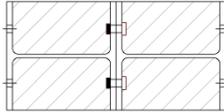
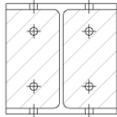
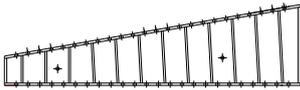
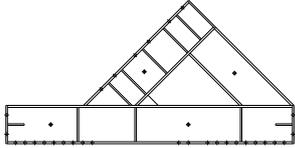
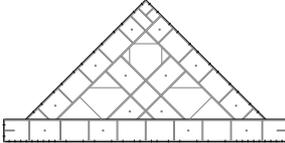
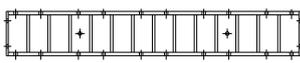
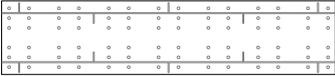
1.0.3 应结合周边环境条件、水文地质条件、主体结构及基坑特点、工程造价等因素，发挥装配式型钢组合支撑的技术优势，切实做到优化设计、精心施工。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 型钢组合支撑的其常用构件可参见表 1，图 2 为某工程型钢组合支撑现场照片。

表 2.1.1 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

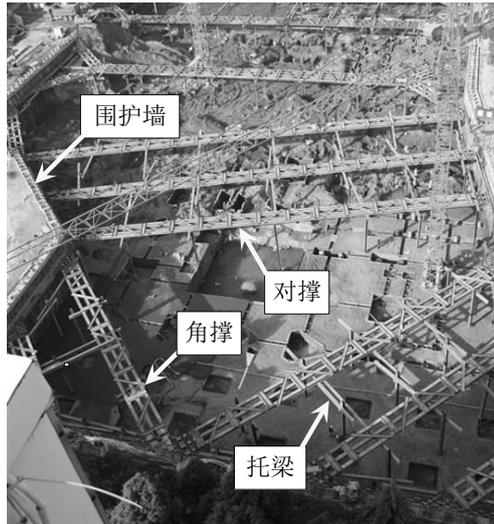


图2 某工程型钢组合支撑现场照片

2.1.4 型钢支撑梁常用型式包括对撑、角撑和八字撑，图3为实际工程中对撑、角撑和八字撑的现场照片。



(a) 八字撑



(b) 角撑



(c) 对撑

图3 对撑、角撑和八字撑的现场照片

2.1.5 图4为实际工程中三角传力件的现场照片。

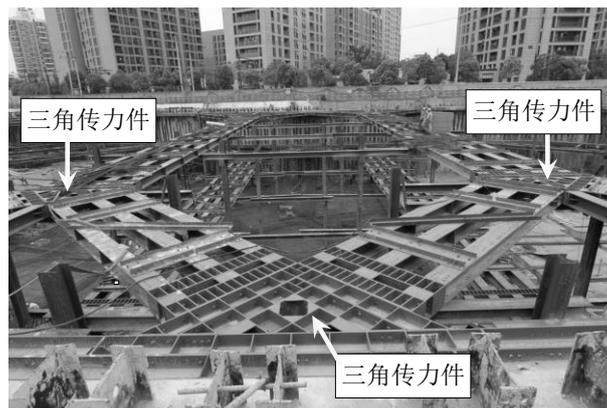


图4 三角传力件现场照片

2.1.6 图5为实际工程中组合围檩的现场照片。



(a) 型钢组合围檩 (b) 型钢-混凝土组合围檩

图 5 组合围檩现场照片

2.1.7~2.1.8 图 6 为实际工程中托梁、托座的现场照片。

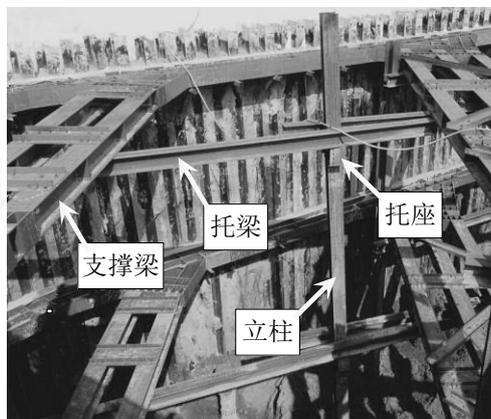


图 6 托梁、托座的现场照片

2.1.9~2.1.10 图 7 为实际工程中盖板、系杆的现场照片。



图 7 盖板、系杆的现场照片

2.1.11 图 8 为实际工程中预应力装置的现场照片。

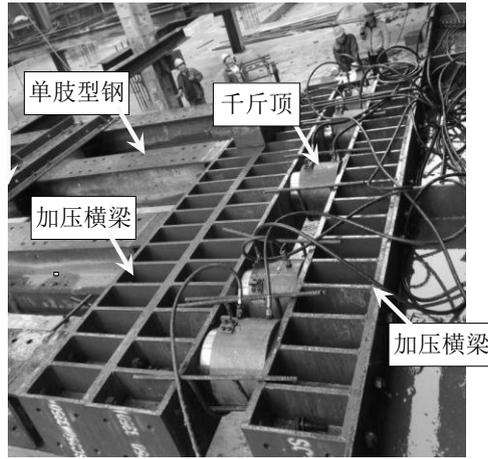


图 8 预应力装置现场照片

3 基本规定

3.0.1 型钢组合支撑仅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整体统筹考虑，应与基坑工程的其他分项，包括支护结构、基坑降排水、土方开挖等充分结合。

3.0.2 型钢组合支撑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，图 9 为萧山某项目利用型钢组合支撑作为竖向斜撑的现场照片。



图 9 竖向斜撑的现场照片

3.0.3 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 A 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。

3.0.4 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。图 10 为杭州某项目同时采用混凝土支撑和型钢组合支撑的现场照片。

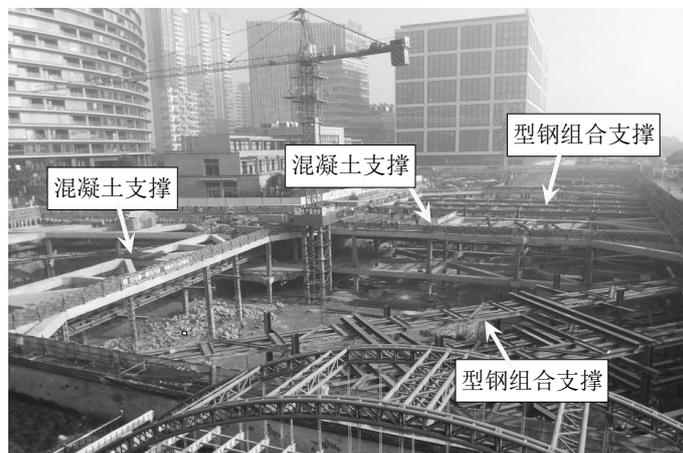


图 10 混凝土支撑和型钢组合支撑混合使用

3.0.5 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，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。

3.0.6 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。

3.0.7 应用型钢组合支撑的基坑工程，在平面上，支撑系统相对封闭并满足支撑性能要求即可进行土方开挖；在竖向，由于安装需要，支撑施工工况的开挖深度往往比支撑梁底标高略深一些，并考虑围檩牛腿、型钢支撑梁托座的施工空间；因此设计时应根据实际需要预留施工条件，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。

3.0.8 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，应脱开独立设置，图 11 为某项目设置的型钢栈桥。



图 11 型钢栈桥

3.0.9 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。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.2 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。

4.1.4 型钢组合支撑的所有构件均应由高强螺栓连接装配而成，但对于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。

4.1.5 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。

4.2 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~C 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。

4.2.3 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。

4.2.4 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。

4.2.5 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，型钢传力件设计时还应同时考虑作用于围檩的水平力引起的剪力。

4.2.6 由于型钢组合支撑自重轻，且有一定的变形调节能力，当坑底土质条件较好时，常常将 H 型钢或钢管等钢制构件通过机械手压至设计标高，作为竖向立柱；施工效率高、造价低且平面位置可灵活设置。但土方开挖时应特别注意对立柱的保护，控制不当易偏位。

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。

4.3.2 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。

4.3.3 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。

4.4 结构整体分析

4.4.1 不同类型的构件应采用各自对应的计算单元，除了型钢支撑梁按照杆单元外，围檩宜按照梁单元，三角传力件可按照平板单元模拟。

围护墙内力分析应满足浙江省工程建设标准《建筑基坑工程技术规程》DB33/T1094 的有关规定，宜采用平面杆系结构弹性支点法进行计算。针对型钢组合支撑的弹性支点刚度取值尚无公式直接计算，可通过对基坑围护墙位移实测值进行反分析得到，经过大量的工程实践及理论研究，型钢组合支撑的平均刚度取值范围为 2.5MN/m~3.5MN/m，支撑间距较密的情况（净距小于 8 米）平均刚度可适当增加。

对弹性支点施加的预加轴力应根据基坑变形控制要求确定，同时施加预加轴力可在土方开挖前压缩支撑来减少土方开挖过程中的支撑压缩量，相当于增加了支撑刚度。

分析时应考虑基坑各部位荷载不均匀性；当基坑各边的土压力相差较大时，在简化为平面杆系时，尚应考虑基坑各边土压力的差异产生的土体被动变形的约束作用，此时，可在水平位移最小的角点设置水平约束支座，在基坑阳角处不宜设置支座。

4.4.2 型钢组合支撑不考虑兼做施工堆场或栈桥，但是支撑之上须考虑日常检修、监测、以及预应力复加时的操作荷载，宜考虑不小于 2kPa 的竖向活荷载。

温度变化将引起型钢组合支撑内力变化，但是目前对型钢组合支撑温度应力的研究较少。温度变化对型钢组合支撑的影响程度与温差及型钢支撑梁的长度有较大关系。根据经验，对于长度超过 40 米的支撑，可考虑 10%~20%的支撑轴力变化。

竖向立柱的沉降或隆起引起立柱与立柱之间、立柱与围护墙之间产生差异沉降，但是现有支撑平面有限元计算无法考虑到这部分影响。当差异沉降较大时，会使水平支撑产生次弯矩，变形较大时，有可能造成型钢组合支撑整体失稳。因此，当预估或实测差异沉降较大时，应按差异沉降量对型钢支撑梁按照连续梁进行计算分析并采取措施。

4.5 构件

4.5.2 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《钢结构设计规范》GB10017 的要求对单肢型钢进行验算。

4.5.3 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。

4.5.4 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 4.5.3-1 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取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。

4.5.6 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 12：

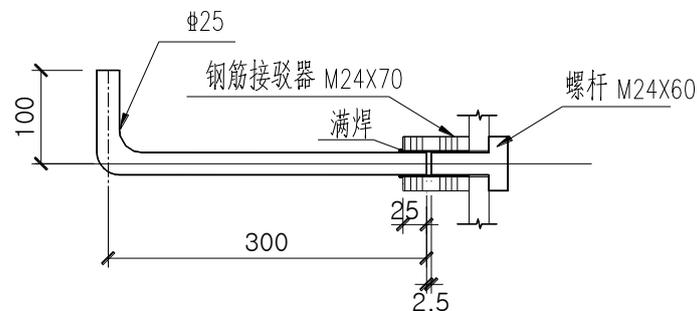


图 12 型钢-混凝土组合围檩锚栓连接构造

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 13），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。

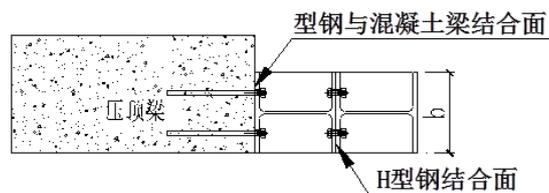


图 13 型钢-混凝土组合围檩截面示意

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。

4.5.7 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 14）。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。

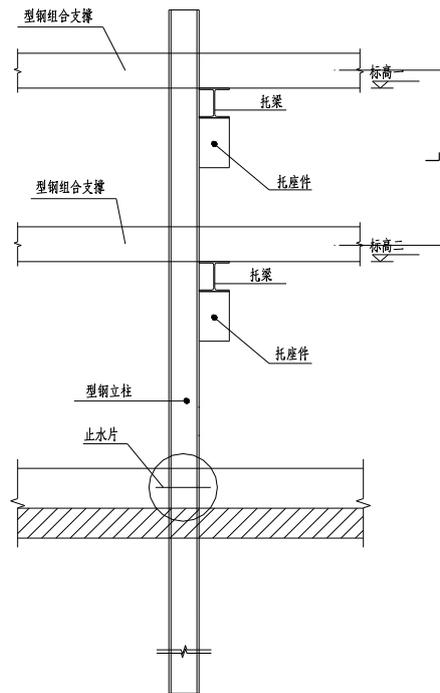


图 14 立柱示意图

4.6 连接节点及构造

4.6.1 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。

4.6.2 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。

4.6.3 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。

4.6.4 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。

4.6.5 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。

4.6.6 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 15 和图 16 所示。

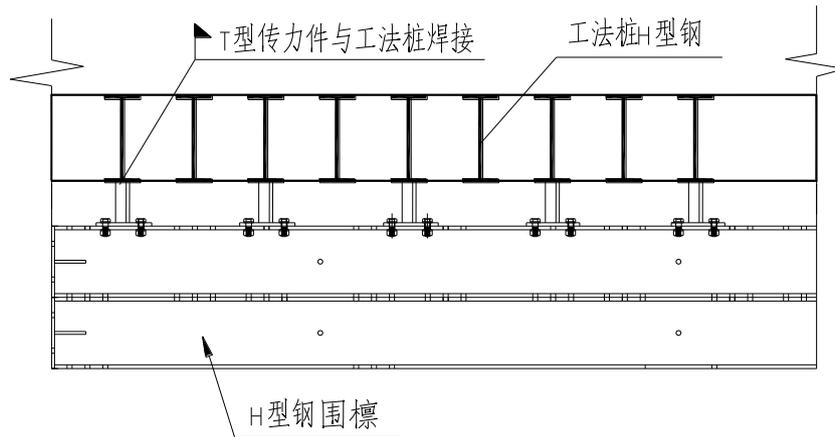


图 15 T 型传力件平面图

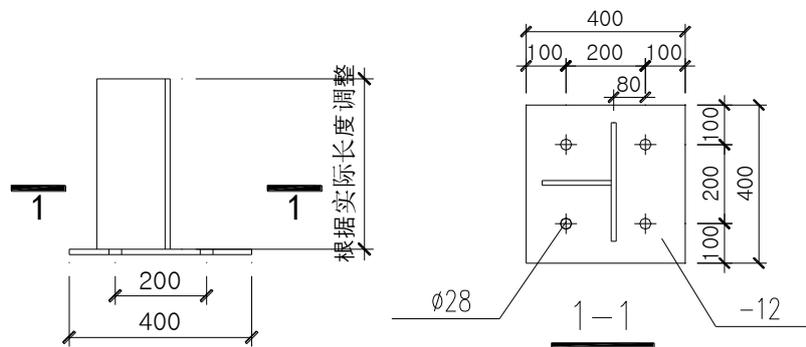
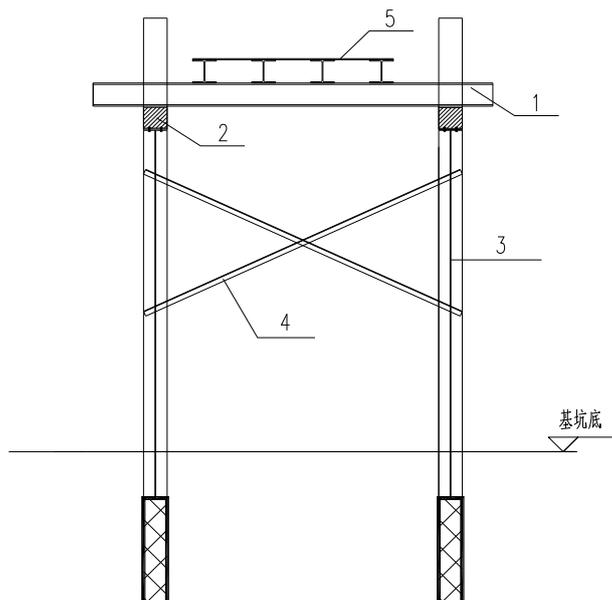


图 16 T 型传力件详图

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。

4.6.9 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 17。



1- 托梁；2-托座；3-立柱；4-剪刀撑；5-型钢支撑梁

图 17 立柱剪刀撑布置

4.6.10 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 18 所示。

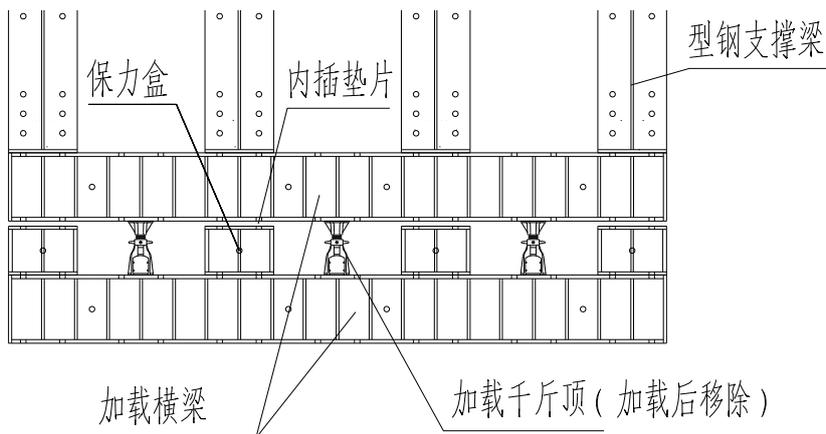


图 18 预应力施加装置平面图

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 工程地质差异将导致支护结构承受的土压力不平衡。当分块安装型钢组合支撑且分块挖土时，不相等的土压力可能导致构件变形过大，高强螺栓剪断。

立柱通常采用机械手静压插入土体，不设置立柱桩，受不良地质条件和地下障碍物的影响较大。提前查明不良地质条件可及时优化立柱长度和施工工艺；立柱位置也可根据地下障碍物进行调整。

5.1.2 型钢组合支撑属于钢结构，构件根据施工详图制作。施工详图的编制应遵循等强连接的原则，不得使节点部位成为薄弱环节。

5.1.3 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19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。

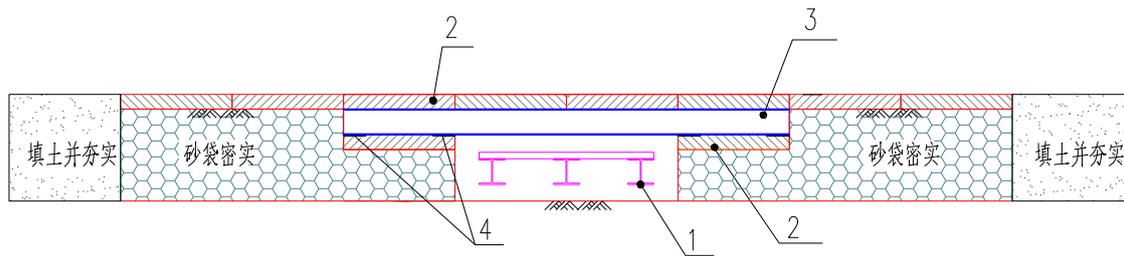


图 19 跨越对撑、角撑平台

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20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。

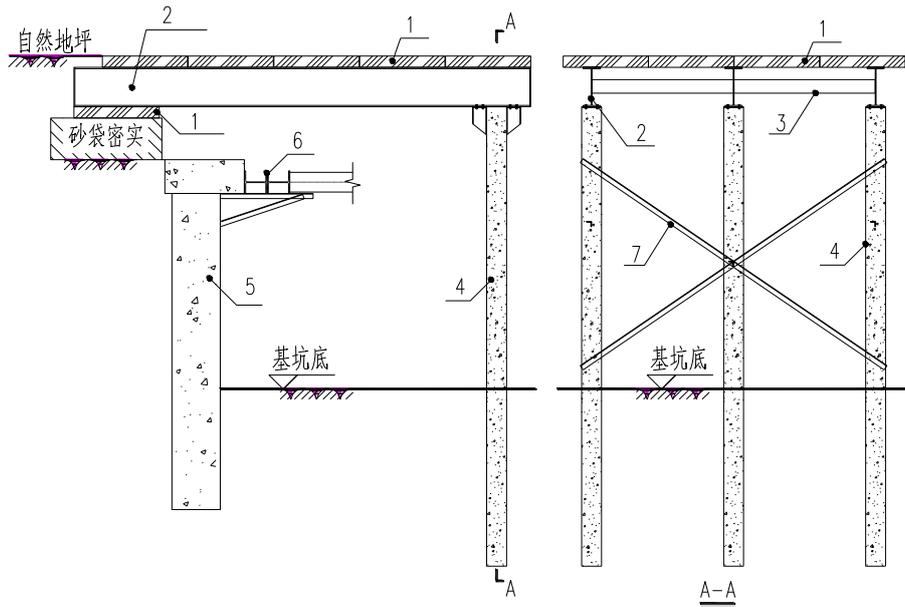


图 20 垂直取土专用平台

- 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

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。

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 21 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。

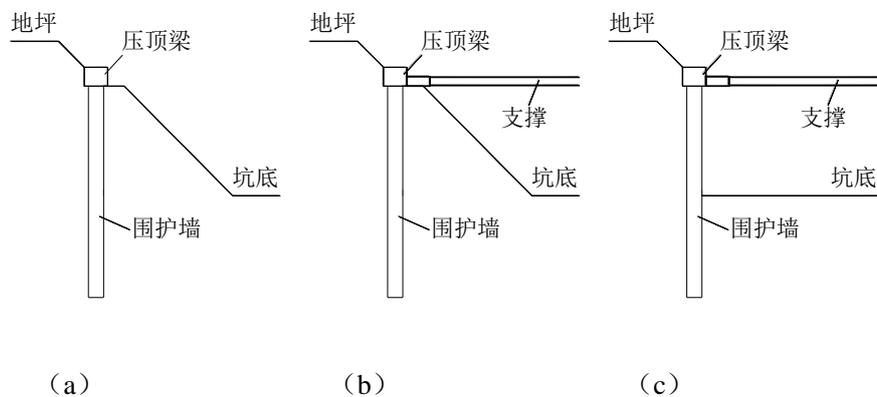


图 21 盆式开挖示意图

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 安装

5.2.1 型钢围檩安装先于压顶梁浇筑，既是为了确保钢结构安装质量，也是为利用型钢围檩作压顶梁单侧模板。当型钢围檩与压顶梁不在同一标高时，型钢围檩与支护桩之间的空隙用细石混凝土浇筑，也可设置钢筋混凝土腰梁。对型钢支撑梁施加预应力前，应保证压顶梁、细石混凝土和腰梁的强度达到设计要求。型钢支撑梁与压顶梁或腰梁也可通过预埋件连接，此时型钢围檩可取消。

5.2.2 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。

5.2.3 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。

5.2.4 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 22 所示，（a）是禁止的作法，（b）是推荐的作法。

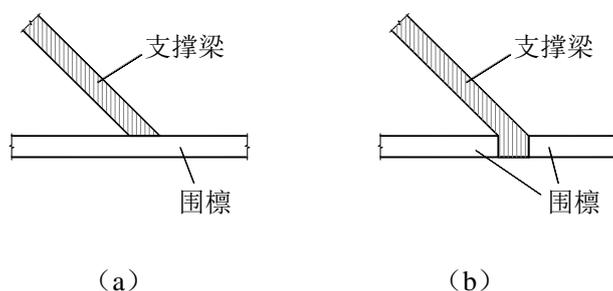


图 22 支撑梁与围檩斜交

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。

5.3.2 对型钢组合支撑施加预应力相当于对施工质量进行检验，因而压力要分级施加，同时观测型钢组合支撑和周边环境的反应，避免产生事故。

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。

5.4 拆除

5.4.1 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。有项目在释放预应力前将盖板和系杆拆除，结果每根型钢都弯扭成麻花状。

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。

分件拆除和分类堆放的目的是为了便于构件的回收和重复使用。

5.5 安全措施

5.5.1~5.5.4 出现 5.5.1~5.5.4 所述情况时必须立刻停止作业，待问题解决后方可继续施工。与混凝土支撑相比，在出现险情时，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整体受力性能。

5.5.10 拆除作业前应做好安全教育和作业前的安全准备工作，检查安全帽、安全绳等是否合格。

5.6 维护

5.6.1 如发现以上情况应及时整改，严重的应停工整改，避免危险的发生。

5.6.2 型钢围檩侧向变形较大时，可往里面填入速凝混凝土或增加受压高度，不宜采取焊接加强。立柱变形较大时，可在相邻立柱之间设置剪刀撑。

5.7 环境保护

5.7.2 噪音排放标准应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB12523 的规定的。

6 验 收

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.2 原材料与构配件进场验收

6.2.4 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，检验合格方可再次利用。

6.3 安装质量验收

6.3.1~6.3.3 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。

7 监 测

7.0.2 基坑设计等级的划分按现行浙江省工程建设标准《建筑基坑工程技术规程》DB33/T1096 执行。

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。

监测应有完整详细的方案，包括安装、使用、拆除等过程。监测项目的要求应按照基坑的安全等级确定，对特殊情况应加大监测频率。

7.0.3 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。

7.0.7 除利于自我保护外，内力传感器设置的位置还应避免阳光直射和雨水淋湿。

7.0.10 预应力施加和拆换撑阶段，内力变化快、幅度大，因此需要较高的监测频率。基坑开挖阶段，基坑工况变化引起围护墙内力和位移变化，为了尽快了解型钢组合支撑实际受力情况，并为内力调控提供可靠的依据和指导，监测频率较常规加密为 2 次/1d。本条规定高于现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的要求。