

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-437-2023

住房和城乡建设部备案号：J17285-2023

装配式钢结构基坑支护技术标准

Technical Standard for retaining and protection assembled
steel structure of foundation excavation

2023-12-05 发布

2024-04-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

发布

福建省工程建设地方标准

装配式钢结构基坑支护技术标准

Technical standard for retaining and protection assembled steel
structure of foundation excavation

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-437-2023
住房和城乡建设部备案号：J 1 7 2 8 5 - 2 0 2 3

主编单位：福州第七建筑工程有限公司
福建省建筑科学研究院有限责任公司
福建省建筑设计研究院有限公司
批准部门：福建省住房和城乡建设厅
实施日期：2024年4月1日

2024年 福州

前 言

根据福建省住房和城乡建设厅《关于公布全省住房和城乡建设行业 2020 年第二批科学技术计划项目的通知》（闽建办科〔2020〕9 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.设计；5.施工；6.验收与监测。

本标准由福建省住房与城乡建设厅负责管理，由福州第七建筑工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处（地址：福州市北大路 242 号，邮编：350001）和福州第七建筑工程有限公司（地址：福州市五四路国泰大厦四层，邮编：350013），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：福州第七建筑工程有限公司
福建省建筑科学研究院有限责任公司
福建省建筑设计研究院有限公司

本标准参编单位：福州大学
福州市建筑科学研究院有限公司
福建省实力基础工程有限公司
福州庭佳建设工程有限公司
中建材（福建）勘测设计有限公司
福州市一建建设股份有限公司
上海铁能建设工程有限公司

福州市城投检测科技有限公司
福州市建设工程施工图审查中心有
限公司
福建省建研工程检测有限公司

本标准主要起草人：林元明 张孝松 施 峰 郑金伙
梁 曦 俞 强 邱志华 谢友长
刘 强 李志伟 戴自航 陈 誉
黄清和 陈 锋 林生凉 周仲景
邵永辉 邹夏辉 徐接武 吕双最
本标准主要审查人：赖树钦 朱德昌 戴忆帆 李 峻
吴平春 夏 昌 黄建华

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	6
4	设 计	9
4.1	一般规定	9
4.2	计算原则	10
4.3	设计计算	12
4.4	构 造	22
5	施 工	27
5.1	一般规定	27
5.2	钢桩围护结构施工	28
5.3	钢支撑施工	29
5.4	预应力施加与控制	34
5.5	拆除与回收	36
6	验收与监测	39
6.1	一般规定	39
6.2	验 收	40
6.3	监 测	41
附录 A	常用的装配式钢管支撑构件技术参数	43
附录 B	常用的装配式型钢支撑构件技术参数	46
附录 C	常用的装配式型钢围檩构件技术参数	49
附录 D	常用的预应力装置技术参数	50

附录 E 装配式型钢支撑检验批验收记录表	51
本标准用词说明	53
引用标准名录	54
附：条文说明	55

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
4	Design	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Calculation Principle	10
4.3	Design Calculation	12
4.4	Structural Detail	23
5	Construction	27
5.1	General Requirements	27
5.2	Construction of Steel Pile Enclosure	28
5.3	Steel Support Construction	29
5.4	Application and Control of Prestress	34
5.5	Demolition and Recycling	36
6	Inspection and Monitoring	39
6.1	General Requirements	39
6.2	Inspection	40
6.3	Monitoring	41
Appendix A	Technical Parameters of Typical Assembly Steel Pipe Struts	43
Appendix B	Technical Parameters of Typical Assembly Steel Strut Component	46

Appendix C Technical Parameters of Typical Assembly Steel Composite Wale.....	49
Appendix D Technical Parameters of Typical Prestressing Devices	50
Appendix E Quality Inspection Record Table.....	51
Explanation of Wording in This Standard.....	53
List of Reference Standards.....	54
Addition: Explanation of Provisions.....	55

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

1 总 则

1.0.1 为了使装配式钢结构基坑支护工程的设计、施工及设计工作年限内做到安全可靠、环境保护、低碳节能、技术先进、经济合理、质量保证，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于福建省建筑与市政工程的装配式钢结构基坑支护工程的设计、施工、验收与监测。

1.0.3 装配式钢结构基坑支护工程的设计、施工及其基坑开挖，应综合考虑地质条件、周边环境、主体地下结构、施工季节及支护结构设计工作年限等因素，因地制宜、合理选型、优化设计、精心施工、严格监控。

1.0.4 装配式钢结构基坑支护工程除应符合本标准的规定外，尚应符合国家、行业及福建省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 装配式钢结构基坑支护 assembled steel structure in foundation excavation

由预制钢桩的竖向组合作为支护结构，并与预制钢构件支撑体系可靠连接后组成的基坑支护结构型式。

2.1.2 组合钢桩 combined steel sheet piling

通过钢桩与其它型式钢构件经焊接、拼装等形成适用于基坑支护的竖向组合式结构。

2.1.3 组合钢支撑体系 assembly steel struts system

由预制钢标准件（必要时增加非标准件）通过可靠的工具式连接方式拼装而成的用于基坑支护的钢结构内支撑，由型钢或钢管支撑梁、组合腰梁、立柱和辅助连接构件等装配构成的体系。

2.1.4 钢支撑梁 type steel support beam

由型钢或钢管构件组合而成，主要承受压力并可施加预应力的支撑梁。主要包括对撑、平面角撑及八字撑及竖向斜撑。

2.1.5 竖向斜撑 vertical oblique support

一端与冠梁或围檩连接，另一端与支座连接，与水平面具有一定角度的支撑构件。支座可利用主体结构梁板或在坑底单独设置。

2.1.6 组合腰梁 composite waling

由多根型钢标准件装配而成的水平受力构件。其一侧与围护结构连接，另一侧与钢支撑梁连接。

2.1.7 预应力鱼腹梁 prestressed fish-bellied beam

由上弦梁、直腹杆、斜腹杆、桥架和下弦钢绞线组成，通过张拉下弦钢绞线施加预应力形成的鱼腹形钢构件。

2.1.8 预应力张弦梁 prestressed tensile beams

由拉杆、撑杆和上弦梁组成，通过对张弦梁撑杆施加预应力形成的张拉钢结构。

2.1.9 立柱 support column

设置于基坑内，为钢支撑体系提供竖向支承的柱。

2.1.10 预应力装置 prestressing unit

由加载横梁、千斤顶、保力盒和垫板等构件组成，用于对钢支撑施加预应力和保持预应力的钢结构装置。

2.1.11 保力盒 holding force box

安装于加载横梁之间，用于传递和保持支撑上作用力的装置。

2.1.12 自补偿轴力钢支撑 automatic compensation system of steel support

现场控制器和液压动力站加载装置，通过远程操作界面进行监控位移与压力综合控制，用于补偿基坑钢管轴向支撑力的支撑系统。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

M ——弯矩设计值；

M_k ——荷载标准组合的弯矩值；

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 ——轴向拉力或轴向压力设计值；

N_k ——荷载标准组合的轴向拉力值或轴向压力值；

N_i ——单肢型钢的轴心压力设计值；

Q_i ——剪力设计值；

τ ——腰梁型钢与型钢结合面处平均剪应力设计值。

2.2.2 材料性能与抗力

f ——钢材强度设计值；

N^b ——单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值；

N^c ——单根锚栓所能提供的抗剪承载力设计值。

2.2.3 几何参数

A ——钢材截面面积；

A_v ——抗剪面积；

A_n ——钢材净截面面积；

A_i ——单肢型钢的截面积；

b ——钢腰梁截面结合面宽度；

I_i ——组合截面惯性矩；

I_x ——挡土构件惯性矩；

l_{yi} ——单肢型钢截面对 y 轴的计算长度，取相邻盖板间距；

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；

S_z ——计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩；

S_a ——挡土构件截面面积；

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；

W_x ——挡土构件截面模量。

2.2.4 设计参数和计算系数

k_s ——土的水平反力系数；

k_R ——弹性支点轴向刚度系数；

K ——稳定性安全系数；

K_e ——嵌固稳定安全系数；

m ——土的水平反力系数的比例系数；
 γ_F ——作用基本组合的综合分项系数；
 γ_0 ——支护结构重要性系数；
 ζ ——主动土压力的坡面倾斜折减系数；
 λ ——支撑不动点调整系数；
 μ ——墙体材料的抗剪断系数。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

3 基本规定

3.0.1 装配式钢结构基坑支护工程的设计、施工应确保土方开挖及周边环境的安全并满足地下结构施工的条件。

3.0.2 装配式钢结构基坑支护工程的设计文件应明确支护结构的设计工作年限。当无特殊要求时，应按临时支护结构设计。对于永久性支护结构，除应符合本标准的规定外，尚应符合使用期内结构抗震、防腐蚀、防火等安全性、耐久性等要求。

3.0.3 装配式钢结构支护的基坑工程的设计安全等级、设计工作年限、结构重要性系数、结构选型，应综合考虑水文地质与工程地质条件、场地及周边环境条件、基坑形状与平面尺寸、基坑深度、施工条件等因素按有关规范的规定采用。

3.0.4 装配式钢结构基坑支护工程的设计、施工应具备下列资料：

1 建筑场地的工程地质勘察报告；
2 建筑总平面图及地下结构、用地红线及基础结构设计图；
3 各种既有地下管线、地下构筑物的类型、位置、尺寸、埋深、使用的年限、用途等；其中既有地下管线，尚应包括其材质、接头类型、使用状况以及对施工振动和变形的承受能力的调查与评估；

4 邻近既有建筑物的位置、层数、结构类型、使用状况、沉降观测以及基础类型、埋置深度、主要尺寸、基础距离基坑侧壁的净距等资料。相邻在建工程的基础施工、基坑支护及开挖等建设状况。

5 基坑周围的地面排水方式和能力，地面雨水、污水、上下水管线排入或渗漏入基坑的可能性等；

6 施工期间基坑周边的地面堆载及车辆、设备的动、静荷载情况等。

3.0.5 装配式钢结构基坑支护结构设计应包括下列内容：

1 支护结构体系的选型、适用性及技术经济分析，包括竖向和水平支撑体系的结构分析；

2 基坑支护体系的稳定性验算；

3 支护结构的承载力、稳定和变形计算；

4 装配式支护结构的安装、连接、焊接检测、预应力施加、节点措施、拆除等技术要求；

5 地下水控制（截水）设计；

6 对周边环境影响的控制设计；

7 基坑支护工况设计；

8 采用装配式钢结构支护的风险分析及应对措施；

9 基坑工程的监测要求。

3.0.6 装配式钢结构基坑支护结构设计的荷载作用、稳定验算、强度以及变形计算尚应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《工程结构通用规范》GB 55001、《钢结构通用规范》GB 55006 和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等的有关规定。

3.0.7 当基坑降水可能会对周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用下列止水方法控制地下水：

1 采用止水帷幕时，深度应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的相关计算确定。当采用落底式帷幕时，进入相对不透水层的深度不宜小于 1.5m。当采用悬挂式止水帷幕时，不应小于降水井深度；

2 宜根据水文地质条件组合采用坑外回灌措施；

3 当坑底以下存在承压水时，应符合承压水控制相关要求。

3.0.8 装配式钢结构基坑支护结构、周边环境的变形限值应根据

支护工程周边环境的重要性及对变形的适应能力、支护结构计算结果等因素确定，其变形量应满足安全及正常使用要求。

3.0.9 基坑土方开挖应严格按照设计要求进行，不得超挖。基坑周边堆载不得超过设计规定。土方开挖完成后应立即施工垫层，对基坑进行封闭，防止水浸和暴露，并应及时进行地下结构施工。

3.0.10 基坑施工过程中应根据设计要求进行监测，实施动态设计和信息化施工。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢桩围护结构包括钢管桩、型钢桩、钢板桩及其组合型式。

4.1.2 钢桩围护结构适用于以黏性土、粉土、砂土为主的场地，对存在杂填土层、碎石土层的场地，应通过现场试验确定适用性。

4.1.3 钢桩的设计计算，应考虑下列因素：

- 1 结构受力所需截面模量、惯性矩等力学特性；
- 2 结构变形协调性等，包括对结构连接的要求；
- 3 组合结构运输、堆放、焊接或连接、沉桩、桩锤改造等因素。

4.1.4 装配式钢支撑体系的设计计算，应考虑下列作用：

- 1 基坑周边围护结构传至支撑结构的水平作用力；
- 2 支撑结构自重及活荷载，当支撑作为施工平台时，尚应考虑施工荷载；
- 3 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；
- 4 立柱之间差异沉降产生的作用；
- 5 钢支撑和立柱安装偏差产生的作用；
- 6 施加支撑结构的预应力。

4.1.5 装配式钢支撑结构宜采用超静定结构，支护工况设计应遵循“纵向分段、竖向分层、先撑后挖、先换后拆、严禁超挖、动态设计”的原则。

4.1.6 设计应明确支撑各部位预加轴力大小，预应力的施加应遵循“对称、分级、均匀”的原则。

4.2 计算原则

4.2.1 装配式钢支撑刚度应符合下列规定：

1 对水平对撑，当支撑腰梁或冠梁的挠度可忽略不计时，计算宽度内弹性支点刚度系数按式（4.2.1）计算：

$$k_R = \frac{\alpha_R E A b_a}{\lambda l_0 s} \quad (4.2.1)$$

式中： k_R ——弹性支点刚度系数；

λ ——支撑不动点调整系数：当支撑两对边基坑的土性、深度、周边荷载等条件相近，且分层对称开挖时，取 $\lambda=0.5$ ；当支撑两对边基坑的土性、深度、周边荷载等条件或开挖时间有差异时，对土压力较大或先开挖的一侧，取 $\lambda=0.5\sim 1.0$ ，且差异大时取大值，反之取小值；当对土压力较小或后开挖的一侧，取 $(1-\lambda)$ ；当基坑一侧取 $\lambda=1$ 时，基坑另一侧应按固定支座考虑；对竖向斜撑构件，取 $\lambda=1$ ；

α_R ——支撑松弛系数，对预加轴向压力的钢支撑，取 $\alpha_R=1.0$ ；对不预加支撑轴向压力的钢支撑，取 $\alpha_R=0.8\sim 1.0$ ；

E ——支撑材料的弹性模量（kPa）；

A ——支撑的截面面积（ m^2 ）；

l_0 ——受压支撑构件的长度（m）；

b_a ——围护结构计算宽度（m），对单根支护桩，取排桩间距，对单幅地下连续墙，取包括接头的单幅墙宽度；

s ——支撑水平间距（m）。

2 当需考虑支撑腰梁或冠梁的挠度时，计算宽度内弹性支点刚度系数应通过对相应的钢支撑结构整体进行线弹性结构分析得出的支点力和水平位移的关系确定。

4.2.2 当基坑形状比较规则，且有可靠地方经验时，支撑构件的

内力和变形可按下列方法确定：

1 支撑轴力按腰梁长度方向分布的水平反力乘以支撑中心距；当支撑与腰梁斜交时，水平反力应取沿腰梁长度方向水平反力及垂直方向水平反力的合力；

2 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；

3 立柱的轴向力可取纵横向支撑的支座反力之和；

4 在水平荷载作用下，腰梁的内力与变形可按多跨连续梁计算，计算跨度取相邻水平支撑之间的中心距。

4.2.3 对于较为复杂的平面支撑体系，应进行结构整体分析，并符合下列规定：

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，对于不同类型的构件应采用各自对应的计算单元，腰梁和直腹杆可按梁单元，对撑、角撑、盖板、系杆可按杆单元，钢绞线可按拉杆单元，三角连接件可按平板单元采用；

2 围护结构传至支撑的荷载可取围护结构分析时得出的支点力；

3 计算模型应能考虑施加预应力的作用；

4 模型中钢支撑连接节点应根据实际连接方式确定节点约束条件，边界条件的设置应与整体计算模型协调，应能模拟施加预应力时坑外土体抗力；

5 整体计算工况应与钢支撑设计工况一致，应按预应力施加顺序分工况进行模拟。

4.2.4 装配式钢支撑体系支撑构件应根据支撑体系整体计算结果进行受力复核，且应对下列设计工况进行结构分析，并按其中最不利作用效应进行结构设计：

1 钢支撑预应力施加；

2 基坑开挖至各道支撑施工面；

- 3 基坑开挖至坑底；
 - 4 换撑（倒撑）、拆撑；
 - 5 基坑各边水平荷载不对等的各种状况。
- 4.2.5** 组合钢支撑体系构件的承载力计算和变形验算，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 压弯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支撑计算长度的 1/1000，且不宜小于 40mm；
- 3 支撑构件在计算轴向承载力时应考虑螺栓孔对截面削弱的不利影响；在计算稳定性和变形时可不考虑螺栓孔的影响；
- 4 对撑、角撑、竖向斜撑、立柱应按偏心受压构件进行计算；托梁、托座按受弯构件计算；
- 5 腰梁或冠梁应考虑其承受的轴力按压弯构件计算，可按以支撑为支座的多跨连续梁计算，计算跨度可取相邻支撑点的中心距；
- 6 在竖向荷载作用下内支撑结构宜按空间框架计算，当作用在内支撑结构上的施工荷载较小时，可按连续梁计算，计算跨度可取相邻立柱的中心距；
- 7 构件截面板件的宽厚比等级应不低于 S4 级；宽厚比等级限值按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 确定。

4.2.6 采用组合型钢支撑和鱼腹式钢支撑体系的基坑围护结构，对于连接件、钢绞线锚固节点等受力复杂的结构构件，宜进行应力分析和计算。

4.3 设计计算

I 钢桩围护结构

4.3.1 钢桩围护结构应根据地质条件、地下水条件及基坑周边环境要求，并综合考虑结构的受力特点和空间效应，选择钢管桩、

H型钢桩、钢板桩或其组合型式。

4.3.2 钢桩围护结构设计应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定，钢管、H型钢、钢板桩及其组合结构等的规格、外形、重量及允许偏差应符合国家现行有关标准的规定。

4.3.3 钢桩围护结构宜采用平面杆系结构弹性支点法进行结构分析。当有可靠经验时，可采用空间结构分析方法对支挡式结构进行整体分析或采用数值分析方法对围护结构与土进行整体分析。当采用有限元数值分析方法时，宜考虑围护结构与土体的接触问题，并采用弹塑性土体本构关系进行分析。

4.3.4 钢桩围护结构的单位宽度截面强度应符合式(4.3.4)要求：

$$\gamma_F \gamma_0 \left(\frac{N}{A} + \frac{M_{\max}}{\beta \xi \gamma_x W_{nz}} \right) \leq f \quad (4.3.4)$$

式中： γ_F 、 γ_0 ——分别为综合分项系数、结构重要性系数，按本标准第 4.3.5 条确定；

N ——作用在每米钢桩上标准组合的轴向力值 (N/m)；

M_{\max} ——作用在每米钢桩上标准组合的最大弯矩设计值 (N·mm/m)；

A ——每延米钢桩的截面面积 (mm²/m)；

γ_x ——截面塑性发展系数，根据其受压板件的内力分布情况及宽厚比等级按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 采用；当需要验算疲劳强度时，宜取 1.0；

W_{nz} ——与 M_{\max} 相对应每延米钢桩的净截面模量 (mm³/m)；

f ——钢材的强度设计值 (N/mm²)，国产钢材按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 采用；

β ——截面模量折减系数，按本标准第 4.3.6 条确定；

ξ ——钢桩重复利用折减系数，对于首次使用的新钢桩，取值 1.0；对于重复使用的旧钢桩，宜通过断面测

量后的实际断面进行计算；当无相关数据经验时，根据重复利用次数，可取值 0.6~0.95。

4.3.5 当钢桩围护结构构件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 不应小于 1.25。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。

4.3.6 截面模量折减系数宜按当地经验确定，当缺少经验时，可按式（4.3.6）进行计算：

$$\beta = \beta_1 \times \beta_2 \quad (4.3.6)$$

式中： β ——截面模量折减系数；

β_1 ——结构整体性系数，当桩顶设有整体圈梁时， β_1 取 1.0；当桩顶不设圈梁或分段设置时， β_1 取 0.6；

β_2 ——组合截面模量修正系数，对于一般板桩 β_2 取 1.0，对于组合后的截面，如采用焊接等可靠连接措施，当符合平面假定， β_2 取 1.0；若组合截面不能满足平面假定，需通过试验验证其截面力学特性，或根据经验 β_2 取 0.6~0.9。

4.3.7 钢桩构件抗剪承载能力应按式（4.3.7）验算：

$$\gamma_F \gamma_0 V \leq f_v A_v \quad (4.3.7)$$

式中： V ——钢桩截面标准组合的剪力值（N）；

A_v ——钢桩抗剪面积（ mm^2 ），其中钢桩抗剪面积范围应按本标准式（4.3.8）计算；

f_v ——钢桩构件材料抗剪强度设计值（ N/mm^2 ），国产钢材按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 采用，对于国外进口的钢板桩按其抗拉强度设计值除以 $\sqrt{3}$ 后取用。

4.3.8 Z 型、U 型钢板桩翼板抗剪面积应按图 4.3.8 及式（4.3.8）计算确定，其它截面型式的钢桩围护结构应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关规定采用。

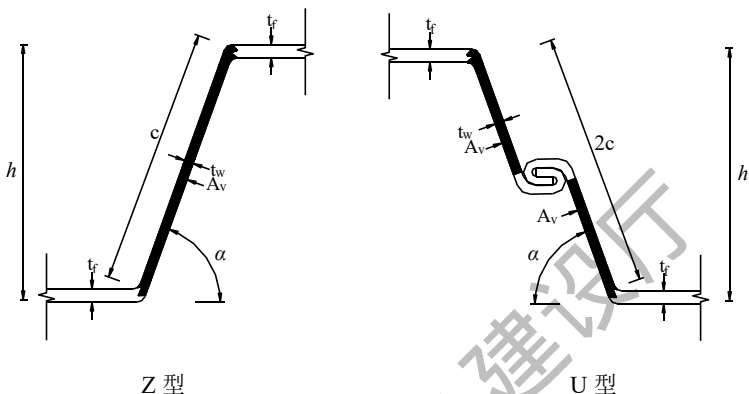


图 4.3.8 钢板桩翼板抗剪面积 A_v

$$A_v = t_w (h - t_f) \quad (4.3.8)$$

式中： A_v ——Z 型、U 型钢板桩翼板抗剪面积 (mm^2)；

c ——翼板有效长度 (mm)；

t_w ——翼板厚度 (mm)，除锁口范围外，当翼板厚度有变化时，应取最小厚度值；

t_f ——钢板桩构件翼板最小厚度 (mm)；

h ——钢板桩构件断面总高度 (mm)。

4.3.9 当对锁口抗拉能力有较高要求时，需复核钢板桩围护结构锁口连接能力，锁口连接能力应根据现行行业标准《钢板桩》JG/T 196 等试验方法确定。

4.3.10 组合钢桩围护结构设计应符合下列规定：

1 组合方式应综合考虑组合截面整体及局部部位材料、力学受力特性、材料经济性、施工可行性等因素，不同钢桩或型钢单元组合后应变形协调一致；

2 组合后的截面应能满足平截面假定，并按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定验算组合连接部位强度；

3 当组合截面不符合平截面假定时，应通过试验验证其截面力学特性；

4 钢桩围护结构的稳定性验算应符合现行行业标准《建筑基

坑支护技术规程》JGJ 120 的规定；

5 当钢桩围护结构未连接成整体时，桩间土应采取防护措施。

4.3.11 止水型钢板桩宜根据止水要求设置锁口密封剂，密封剂止水性能应经过试验或工程验证。当止水要求严格时，宜采用减少锁口数量的宽幅钢桩围护结构或增加锁口止水材料。

II 对撑、角撑、八字撑和竖向斜撑

4.3.12 对撑、角撑、八字撑杆件可采用单根 H 型标准件或 H 型标准件组合构件，与其连接的腰梁可采用单根 H 型标准件、H 型标准件组合腰梁。

4.3.13 H 型钢：对撑或角撑的组合截面的强度应按式 (4.3.13-1) 计算；钢管支撑：对撑或角撑的组合截面的强度应按式 (4.3.13-2) 计算：

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} \pm \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} \leq \xi f \quad (4.3.13-1)$$

$$\frac{N}{A_n} + \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{\gamma_m W_n} \leq \xi f \quad (4.3.13-2)$$

式中：N——同一截面处轴心压力设计值 (kN)，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；

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 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)；

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

W_n ——钢管支撑的净截面模量 (m^3)；

γ_x 、 γ_y ——截面塑性发展系数，不低于 S4 级的截面均取 1.0；

γ_m ——圆管构件的截面塑性发展系数，不低于 S4 级的截面均取 1.0；

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，当无相关数据经验时，可取 0.85~0.95；

f ——钢材强度设计值 (N/mm^2)，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

4.3.14 采用组合截面的对撑或角撑的稳定性应按式 (4.3.14-1)、式 (4.3.14-2) 验算：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_x (1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}})} + \frac{\beta_{iy} M_y}{W_y} \leq \xi f \quad (4.3.14-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A} + \frac{\beta_{my} M_y}{W_y (1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ey}})} + \frac{\beta_{ix} M_x}{W_x} \leq \xi f \quad (4.3.14-2)$$

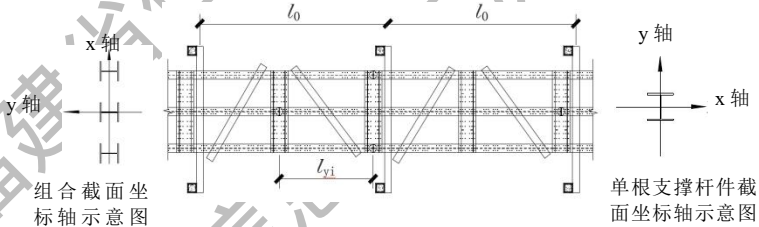


图 4.3.17 对撑、角撑计算长度取值示意图

式中： A ——组合截面毛截面面积 (m^2)；

N ——同一截面处轴心压力设计值 (kN)；

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

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

i_x 、 i_y ——构件截面对 x、y 轴的回转半径；

l_{0x} 、 l_{0y} ——型钢组合截面对 x、y 轴的计算长度 (m), $l_{0x}=l_0$,

$$l_{0y}=\mu l_0;$$

φ_x 、 φ_y ——对于 x、y 轴的轴心受压构件整体稳定系数, 按照《钢结构设计标准》GB 50017 附录 D 取值;

M_x 、 M_y ——竖向和水平弯矩设计值 (kN·m);

W_x 、 W_y ——组合截面的毛截面模量 (m³);

β_{mx} 、 β_{my} ——弯矩作用平面内稳定计算的等效弯矩系数, 取 1.0;

β_x 、 β_y ——弯矩作用平面外稳定计算的等效弯矩系数, 取 1.0;

μ ——考虑立柱对支撑侧向约束作用的计算长度系数,

$$\mu=\left(\frac{3N_0}{K_c I_0}\right)^{\frac{1}{4}};$$

K_c ——单榀排架的抗侧刚度 (kN/m); 可通过对单榀排架结构进行线弹性结构分析得出的沿托梁方向柱顶单位力和水平位移关系确定; 计算中应考虑剪刀撑、柱底嵌固程度、节点刚度的影响;

N_0 ——支撑段的弹性临界力 (kN), $N_0=\pi^2 EI_y / l_0^2$;

I_y ——组合对撑对 y 轴惯性矩 (m⁴)。

4.3.15 对撑或角撑组合构件中单根支撑杆件的稳定性应按式 (4.3.15) 验算:

$$\frac{N_i}{\varphi_{yi} A_i} + \frac{M_{xi}}{W_{xi}} + \frac{M_{yi}}{1.2W_{yi}(1-0.8\frac{N_i}{N'_{Eyi}})} \leq \xi \quad (4.3.15)$$

式中: N_i ——分配到单根型钢上的轴心压力设计值 (kN);

A_i ——单根型钢截面面积 (m²);

M_{xi} 、 M_{yi} ——单根型钢绕 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 (kN·m)

N'_{Eyi} ——参数, $N'_{Eyi}=\pi^2 EA / (1.1\lambda_{yi})^2$; $\lambda_{yi}=l_{yi}/I_{yi}$ ——单根型钢截面 y 方向长细比;

l_{y_i} ——单根型钢截面对 y 轴的计算长度 (m)；

φ_{y_i} ——单根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》GB 50017 取用。

4.3.16 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 $V = (Af/85)\sqrt{f_y/235}$ 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式 (4.3.16) 计算：

$$n = \frac{V}{N^b} \quad (4.3.16)$$

式中： N^b ——单根螺栓所能提供的抗剪承载力设计值 (kN)。

III 腰梁和冠梁

4.3.17 钢腰梁强度及稳定性验算应符合下列规定：

1 钢腰梁按压弯构件计算，钢腰梁轴力和弯矩初步设计可简化为以支撑为支座的多跨连续梁，并用结构整体分析结果复核，其截面强度应按式 (4.3.17-1) 计算：

$$\frac{\mu N}{\varphi A} \pm \frac{M}{\gamma W} \leq f \quad (4.3.17-1)$$

式中： M ——最不利弯矩 (kN·m)；

W ——钢腰梁的截面模量 (m³)；

γ ——截面塑性发展系数，取 1.05；

μ ——钢板与混凝土之间的摩擦系数，取 0.5；

N ——钢腰梁的抗压轴力 (kN)；

φ ——轴心受压构件的稳定系数，按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 中取用；

A ——钢腰梁的截面面积 (m²)。

2 钢腰梁的抗剪强度按式 (4.3.17-2) 计算：

$$\frac{VS_x}{I_t w} \leq f_v \quad (4.3.17-2)$$

式中： V ——最不利剪力（kN）；
 S_x ——中性轴任一边的半个截面面积对这中性轴的静矩（ m^3 ）；
 I ——钢腰梁的截面惯性矩（ m^4 ）；
 t_w ——腹板厚度（m）；
 f_v ——钢材的抗剪强度设计值（ N/mm^2 ），应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

3 组合截面模量及抗弯刚度应按组合截面抗剪连接的程序进行折减。

4.3.18 钢腰梁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》GB 50017，取受剪和受压承载力设计值中的较小值；

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 钢腰梁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 钢腰梁中 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式（4.3.18-1）计算：

$$\bar{\tau}_i = \frac{Q_i S_z^*}{I_i b} \quad (4.3.18-1)$$

式中： Q_i ——按整体分析结果得到的腰梁剪力（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（ m^3 ）；
 I_i ——腰梁组合截面惯性矩（ m^4 ）；

b ——腰梁组合截面结合面宽度 (m)。

5 三角传力件以外区域钢腰梁结合面每米需要配置螺栓或预埋螺栓数量根据式 (4.3.18-2)、式 (4.3.18-3) 计算, 且不应少于 12M24。

$$n_f^b \geq \eta \frac{\bar{\tau}_f b}{N^b} \quad (4.3.18-2)$$

$$n_f^c \geq \eta \frac{\bar{\tau}_f b}{N^c} \quad (4.3.18-3)$$

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 ——每延米延 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。

4.3.19 钢腰梁支承托架的抗拉和抗剪强度应按下式验算:

1 支承托架根部焊缝抗拉强度按式 (4.3.19-1) 计算:

$$\frac{M}{\gamma W} \leq f_t^w \quad (4.3.19-1)$$

式中: M ——用于支承托架根部的弯矩 (kN·m);

W ——支承托架根部的抗弯模量 (m³);

f_t^w ——焊缝强度设计值 (N/mm²)。

2 支承托架根部焊缝抗剪强度按式 (4.3.19-2) 计算:

$$\frac{VS_x}{I_w} = \frac{3G}{2A_1} \leq f_v^w \quad (4.3.19-2)$$

式中: G ——钢支撑和钢腰梁换算至单个支承托架上的重力 (kN);

A_1 ——支承托架根部的截面积 (m²)。

4.3.20 在支撑安装位置, 钢腰梁型钢的腹板抗压计算必须满足

要求，并应焊接加劲板，加劲板数量按式（4.3.20）确定：

$$\frac{N}{t_1 B_z + \frac{0.8nt(B-t_1)}{2}} \leq f \quad (4.3.20)$$

式中： t_1 ——钢腰梁中型钢腹板的厚度（m）；
 B_z ——钢支撑作用于钢腰梁上的宽度（m）；
 B ——钢腰梁中型钢翼板的宽度（m）；
 t ——加劲板的厚度（m）；
 n ——所求值，支撑作用位置腰梁上、下需要增加的加劲板总数。

IV 立 柱

4.3.21 装配式钢支撑中，竖向支承系统可采用 H 型钢柱；当竖向荷载较大或在软土地区大面积基坑工程中时，立柱可采用格构式钢立柱。

4.3.22 立柱的计算应符合下列规定：

1 立柱应按压弯构件进行稳定、强度和变形计算，计算时偏心距应根据立柱垂直度并按双向偏心进行计算，偏心距取值不小于计算长度的 1/100；

2 单层支撑的立柱、多层支撑底层立柱的受压计算长度应取底层支撑中心线至基坑底面的净高度与立柱直径或边长的 5 倍之和，相邻两层水平支撑之间的受压计算长度应取此两层水平支撑的中心距；

3 立柱应进行单桩竖向承载力计算，竖向荷载应包括支撑与立柱的自重、支撑构件上的施工荷载等。开挖面以下立柱的竖向和水平承载力可接单桩承载力验算。

4.4 构 造

4.4.1 装配式钢支撑结构构件材料，应符合下列规定：

1 型钢对撑、角撑及鱼腹梁 H 型钢构件、钢管支撑及方钢支撑应采用屈服强度不低于 Q355B 的钢材，其余标准件和非标准件应采用屈服强度不低于 Q235B 的钢材。常用的装配式钢支撑常用构件技术参数可参见本标准附录 A~附录 B；

2 标准件的连接应采用高强度螺栓连接，螺栓性能等级应为 10.9 级，且连接强度应满足支撑的受力要求；

3 钢绞线应采用不低于 1860 级高强度低松弛无粘结钢绞线；

4 预应力钢绞线宜采用夹片锚具，锚具材料应选用合金结构钢，其材料质量应符合现行国家标准《合金结构钢》GB/T 3077 的规定。

4.4.2 对撑与角撑的构造应符合下列规定：

1 对撑、角撑与鱼腹梁的截面中轴线应在同一平面上；

2 对撑、角撑组合构件宜减少拼接节点，并应在拼接节点上下位置设置盖板，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；

3 钢支撑构件在其长度方向的拼接宜采用螺栓连接，必要时可采用焊接连接，焊接质量应符合现行标准相关要求，拼接点强度不应低于构件截面强度，且拼接位置宜设置在立柱和托梁附近；

4 对撑、角撑组合构件中 H 型标准件之间的间距宜按 500mm 为模数进行设置；

5 纵横向支撑宜设置在同一标高，当纵横向支撑交汇点不在同一标高连接时，其连接构造应满足支撑在平面内的稳定要求。

4.4.3 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，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 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，每根型钢与系杆之间的连接螺栓数量不应少于 2 个；

4 连接盖板与单根对撑或角撑杆件的螺栓数量应通过计算确定，且不应少于 4M24。

4.4.4 组合腰梁构造应符合下列规定：

1 组合腰梁宜沿基坑周边连续设置，且形成完整的封闭体系，常用的装配式钢围檩构件技术参数可参见本标准附录 C；

2 基坑土方开挖前，压顶梁或组合腰梁宜封闭；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 组合腰梁应设置加劲板，加劲肋宜对齐布置，间距不宜大于 500mm；

4 鱼腹梁上弦梁与直腹杆和斜腹杆交接处也应设置加劲肋，加劲肋宜在腹板两侧成对配置；

5 型钢组合腰梁宜减少拼接节点，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，组合型钢拼接节点相互错开的距离不应小于 1000mm。腰梁拼接节点的承载力不应小于杆件的承载力；

6 腹杆与腰梁交点之间的腰梁长度不宜大于 4m；

7 当鱼腹梁的直腹杆与斜腹杆相交节点与桥架中点的长度大于 500mm 时，直腹杆之间应设置连杆；

8 直腹杆和斜腹杆交接处，应在直腹杆上设置与斜腹杆翼缘对齐的加劲肋；直腹杆两侧连杆与直腹杆交点宜重合，且宜在腹杆处设置加劲肋。

4.4.5 当八字撑区域组合腰梁受力或变形无法满足要求时，可在八字撑中部设置对撑，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。

4.4.6 立柱的设计与构造应符合下列规定：

1 立柱宜布置在纵横向支撑的交点处或桁架式支撑的节点位置上，应避免主体结构的框架梁、柱以及承重墙的位置；

2 相邻立柱的间距应根据支撑平面布置、竖向荷载大小以及支撑杆件的稳定性要求确定；

3 立柱宜设置于对撑、角撑组合构件的侧面，并宜成对设置；

4 对撑、角撑区域横向成对设置的立柱之间应宜设置剪刀撑，剪刀撑杆件轴力的计算和承载力的验算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定；

5 当对撑、角撑在施加预应力位置断开时，立柱、托梁和拖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；

6 立柱的嵌固长度、立柱插入混凝土桩深度等应满足支撑结构对立柱承载力和变形的要求；

7 立柱穿越主体结构底板范围内应设置可靠的止水措施。

4.4.7 托梁、托座的构造应符合下列规定：

1 钢支撑宜通过设置于立柱的托座、支承于托座的托梁进行可靠连接；

2 托梁、托座应对钢支撑在侧向和竖向形成有效约束。

4.4.8 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 当预应力装置设置在钢支撑中部时，应确保预应力装置在受压、受弯、受剪等方面不弱于钢支撑的拼接强度；

2 预应力装置分为千斤顶保留式和千斤顶非保留式两种。当采用千斤顶保留式预应力装置时，千斤顶承载力应满足支撑受力要求。千斤顶宜有油压自锁功能，应有机械自锁功能，或预应力装置自身具备机械自锁功能，机械自锁承载力应满足支撑受力要求；当采用千斤顶非保留式预应力装置时，预应力装置传力机构的承载力应满足支撑受力要求；

3 当有长度调整功能的预应力装置在预应力加载时应注意伸缩长度，初始伸长长度不宜小于拆撑时钢支撑长度的弹性伸长

量和围护墙回弹量之和；

4 当采用加载横梁为 H 型钢组合支撑加载时，加载横梁宽度不应小于支撑组合截面的宽度；加载横梁和千斤顶、支撑连接处应设置加劲板，确保加载横梁翼缘不失稳；

5 当采用千斤顶保留式预应力装置且预应力装置位于支撑中部时，千斤顶的活塞顶杆端部不应设置可转动的球形铰接头；当采用有球形铰接头的千斤顶时，应对球形铰接头进行限位，或对整个预应力装置进行限位或加固，使其不可转动。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 装配式钢结构基坑支护施工前应编制专项施工方案。

5.1.2 钢支撑应在立柱、托座、托梁和托架等竖向支承构件设置完成后进行水平支撑系统的拼装，施工宜包含以下内容：

- 1 测量定位；
- 2 立柱施工；
- 3 安装托架、托座和托梁；
- 4 安装腰梁、鱼腹梁；
- 5 安装对撑、角撑和其它辅撑等；
- 6 安装传力件；
- 7 施加预应力；
- 8 安装质量检验；

9 基坑开挖过程中根据基坑变形控制要求重复施加钢支撑的预应力；

10 换撑或传力带完成后，释放钢支撑的预应力；

11 钢支撑的拆除与回收。

5.1.3 钢支撑体系安装应严格遵循“时空效应”原理，并合理安排挖土作业进度，调配作业人员及设备，及时支撑，减少无支撑暴露时间。

5.1.4 预应力施加程序及数值宜根据监测数据按设计要求进行调整，应均匀、对称、分级施加预应力。

5.1.5 钢支撑材料现场存放与运输应符合下列要求：

- 1 钢支撑、钢腰梁、预埋件等材料堆放及施工场地要求如下：

- 1) 堆放场地需平整坚实，排水条件良好，无积水；
 - 2) 构件应按按构件的形状、大小及使用计划的先后顺序合理堆放，并预留拼装场地；
 - 3) 钢构件堆放时下方必须垫稳，堆放高度不宜超过四层；
 - 4) 堆放必须分类码放整齐、合理、标识明确、记录完整，并应设置明显的警戒标识；
- 2 根据运输量、构件特点，提前制定运输计划；根据构件的长度、形状、重量选择运输工具确保运输过程中的安全和产品质量；构件上车应绑扎牢固，文明装卸；
- 3 钢构件在装卸、运输过程中，注意保护钢管管口、法兰盘接口，避免发生变形、损坏、碰撞和坠落等。

5.2 钢桩围护结构施工

5.2.1 钢桩围护结构的沉桩方法，应根据设计要求、地质条件、场地条件、周边环境要求、钢桩围护结构类型、沉桩深度等因素综合确定。常用的沉桩方法可采用振动法、锤击法和静压法，并应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 等的相关标准规定。对振动和噪音影响敏感的场地，应使用静压法。

5.2.2 当进场钢桩为新桩时，可按设计要求和出厂标准进行检查；对重复使用的钢桩，应对外观质量、长度、宽度、厚度、平整度和锁口情况等进行外观检验，对缺陷部位加以整修。

5.2.3 沉桩顺序应根据现场条件确定沉桩顺序，在定位和沉桩过程中，应配备桩身垂直度观测仪器，实时对钢桩的垂直度进行监测，出现偏差应及时矫正后再继续沉桩施工。当垂直度偏差过大无法矫正时，应拔起重打。

5.2.4 钢桩围护结构施工允许偏差应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定确定。

5.2.5 钢桩焊接应符合下列规定：

- 1 钢桩焊接位置应符合设计要求；
- 2 钢桩接长焊接应采用对接焊，焊缝宜采用 K 形或 V 形开口型式，对口的间隙宜为 2mm~3mm；
- 3 当钢桩焊接接长时，应在钢桩腹板内侧和翼缘外侧焊接加强板，加强板材料强度等级不应低于板桩母材，厚度不宜小于板桩壁厚的 2/3，长度应大于板桩接头缝两侧 50mm 以上，宽度不小于平整面宽度的 2/3；
- 4 焊接时应沿钢桩长度方向校正平直度，满足轴线控制要求；
- 5 应清除焊接部位的浮锈、油污等脏物，保持干燥，变形部分应割除；
- 6 焊丝（自动焊）或焊条应烘干；
- 7 应采用多层焊，各层焊缝的接头应错开，焊渣应清除；
- 8 当气温低于 0℃或雨雪天及无可靠措施确保焊接质量时，不得焊接；
- 9 每个接头焊接完毕，应自然冷却 1min 后方可沉桩；
- 10 焊缝质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

5.3 钢支撑施工

5.3.1 立柱施工应符合下列规定：

- 1 钢格构柱宜在工厂进行制作，分段制作长度不宜超过 15m；
- 2 立柱的加工、运输、堆放应控制平直度；
- 3 应采取有效措施控制立柱的定位、垂直度及转向偏差；
- 4 当立柱兼作立柱桩时，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；

- 5 当立柱为型钢且立柱桩为灌注桩时，宜采用后插法施工；
- 6 立柱周围土方应均匀对称分层开挖；分层厚度不大于1.5m，且机械开挖点位应离立柱边30cm，立柱周边土体采用人工清理。

5.3.2 托架、托座与托梁安装应符合下列规定：

- 1 托架与围护结构的连接、托座与立柱的连接均应控制标高和水平度；
- 2 托架与钢腰梁连接应采用焊接或螺栓连接，托架与支撑钢管搭接长度不得小于150mm；当需要安装端头轴力计时，托架的长度应为轴力计长度与搭接长度之和；
- 3 在施加预应力前，托梁和支撑杆件间应通过U形卡进行连接，待预应力施加完成后，再对托梁和支撑杆件进行螺栓（或焊接）连接；
- 4 托梁不应设置接头。

5.3.3 腰梁、角撑、对撑和连接件安装应符合下列规定：

- 1 当钢腰梁与围护结构采用T型传力件连接时，T型传力件两端应与钢腰梁及围护结构焊接，焊接传力件时不得在标准件上打火引弧；
- 2 T型传力件翼缘板与腰梁的型钢腹板中心连接位置的水平允许偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ ；
- 3 当H型标准件拼接时，其接头中心线的允许偏心应为 $\pm 3\text{mm}$ ；
- 4 支撑拼接后两端高度的允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ ；
- 5 支撑与支撑的水平轴线的允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ ，其与腰梁、连接件和预应力装置之间的夹角的允许偏差应为 1° 。

5.3.4 水平纵横向支撑之间的连接应符合下列要求：

- 1 水平纵横向支撑的连接型式有十字接头、井字接头及叠交连接；
- 2 接头型式的选择应根据设计要求，采用工厂化加工制作，

并应符合相关规范的要求；

3 十字接头由四通管式或抱箍式、法兰盘及高强螺栓连接组成；井字接头由四个十字接头拼装组成；

4 当采用上下错交连接时，连接构造及连接件的强度应满足支撑在平面内的稳定要求

5.3.5 钢腰梁制作及安装应符合下列要求：

1 钢腰梁安装前，应将围护型钢或桩（墙）体暴露，清理型钢或桩（墙）体上的渣土；

2 双榫或多榫钢腰梁拼接应选用型号相同、长度相同的型钢，并应保证拼接质量；

3 当钢腰梁在基坑内安装时，对接接头不应设置于支撑处或跨中；

4 钢腰梁安装时对接接头宜控制在同一平面上，端头应切割平整，钢腰梁接头顶面、底面、侧面处应采用钢缀板连接；

5 钢腰梁应采用拉结筋与围护结构进行连接加固，应焊接不少于 2 个吊耳与上部的围护桩体拉结固定；

6 与竖向斜撑（水平）相连的每节腰梁，应设置抗剪措施；

7 钢腰梁应与围护桩密贴，两者之间的间隙可采用强度等级不低于 C30 的细石混凝土填充密实；

8 基坑转角处，钢腰梁端头应紧贴转角围护，并采取有效措施保证两个方向腰梁的连接；

9 当排桩围护前后错位时，应在钢支撑安装前先采用垫钢板、焊钢板等措施垫平，再安装钢支撑，满足钢腰梁受力的要求；

10 当钢腰梁上下、前后错位，安装接头无法连接时，宜采用增加钢支撑的方法来满足受力要求，控制悬臂长度。如采用缀板来增强接头强度，应通过计算并满足受力要求。

5.3.6 腰梁与围护结构的连接应符合下列规定：

1 腰梁与围护结构之间应通过抗剪连接件连接，二者之间的空隙可设置可靠的 T 型传力件连接处理；

- 2 腰梁底部的牛腿平面间距不宜大于 3m;
 - 3 当腰梁分段设置时, 分段位置应避开腰梁受力较大处。
- 5.3.7 钢支撑与腰梁的连接应符合下列要求:**
- 1 支撑对应腰梁连接处应设置加劲板(肋), 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, 焊缝高度不小于 8mm;
 - 2 钢支撑与腰梁宜采用托架型式架设连接, 支撑端与腰梁应紧密接触; 当焊接或螺栓连接时, 焊缝长度不宜少于钢支撑端头周长的一半, 当活动端设置端头轴力计时, 应保证支撑的稳定并采取可靠的防坠落措施;
 - 3 钢支撑与钢腰梁斜交处, 应设置三角传力件。
- 5.3.8 钢支撑与立柱(托梁)之间的连接应符合下列要求:**
- 1 钢支撑与立柱(托梁)之间的连接应严格按设计要求施工, 确保支撑与立柱(托梁)连接点体系的相对稳定;
 - 2 架设钢支撑前, 应复核两侧腰梁体系与立柱(托梁)的标高, 减少钢支撑在空间相交部位的竖向受力;
 - 3 托梁和托座应对钢支撑梁在侧向和在节点位置进行约束;
 - 4 托梁与型钢支撑梁每根型钢、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根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。
- 5.3.9 钢管支撑安装应符合下列规定:**
- 1 钢支撑活动端、固定端和标准段宜在工厂按设计要求加工制作;
 - 2 钢支撑安装前, 应做好测量定位工作, 保证支撑位置准确;
 - 3 钢支撑安装前应先拼装, 拼装偏差应符合设计要求或相关规范之规定;
 - 4 当不设置腰梁的地连墙结构, 吊放钢支撑时, 钢支撑的固

定端与活动端纵向宜逐根交替间隔布设；

5 当钢支撑就位时，根据监控量测方案及时安装监测元器件；

6 钢支撑安放到位后，应检查各节点的连接状况，符合要求后方可施加预压力；

7 支撑端头应设置封头端板，端板与支撑杆件应满焊或可靠的螺栓连接。

5.3.10 钢管支撑预埋件应符合下列规定：

1 钢管直撑的预埋件应符合下列规定：

1) 钢支撑两端应有可靠的支托或吊挂措施，严防因围护变形或施工撞击而产生脱落事故；

2) 钢管支撑宜采用在地下墙预埋钢板的措施，并安装支撑构件；

3) 钢管支撑预埋钢板一般不小于 800mm×800mm，钢板厚度不小于 12mm，预埋钢板应与地下墙钢筋笼可靠连接，锚筋宜采用穿孔塞焊；

4) 钢管支撑下部支架高度不应小于 150mm，并确保钢牛腿与预埋钢板有效连接。

2 钢管斜撑预埋件及支座应符合下列规定：

1) 斜撑支座优先采用装配式斜撑支座；

2) 斜向钢支撑与地下连续墙相接处设置的斜撑支座，应使支撑轴力与钢支托上的传力钢板相垂直，并保证该支座的抗剪强度满足相关规程规范要求；

3) 应按设计预埋钢板及锚筋大小，确保预埋钢筋的焊接质量，锚筋采用穿孔塞焊。

5.3.11 预应力鱼腹梁安装应符合下列规定：

1 跨度不大于 15m 的鱼腹梁宜整体拼装后吊装至腰梁托架上；

2 跨度大于 15m 的鱼腹梁宜在原位拼装；

3 鱼腹梁与托梁之间宜采用 U 型卡连接。

5.3.12 钢绞线下料应采用机械切割，不得使用气割或火焰切割；钢绞线的下料长度宜取锚具之间钢绞线长度与两端各附加 500mm 之和，也可根据下式计算确定：

$$L_x = \frac{\pi(n+1)(L+2L_0)\alpha}{180n\sin[\alpha(n+1)/n]} + L_\Delta \quad (5.3.12)$$

式中： L_x ——钢绞线单根下料长度（m）；

L_Δ ——钢绞线附加长度（m），取 3m；

n ——直腹杆数；

α ——端部钢绞线与上弦梁夹角（°）。

5.3.13 钢绞线与锚盘孔应先编号后安装，当鱼腹梁预应力施加时，应先张拉桥架底部和锚具顶部的钢绞线，后张拉桥架顶部和锚具底部的钢绞线。

5.4 预应力施加与控制

5.4.1 钢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。常用的预应力装置技术参数可参见本标准附录 D。

5.4.2 钢支撑的预应力施加应符合下列要求：

1 施加预应力的千斤顶应有可靠、准确的计量装置；

2 支撑结构安装完毕并经质量自检合格后方可施加预应力；

3 当对撑和角撑构件施加预应力时，千斤顶压力的合力点应与支撑轴线重合，千斤顶应在支撑轴线两侧对称、等距放置，且应同步平衡施加压力；

4 千斤顶的压力应分级施加，施加每级压力后宜保持压力稳定 10min 后再施加下一级压力；预压力加至设计规定值后，应在压力稳定 10min 后，方可按设计预压力值进行锁定；

5 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，应卸除预应力，并对支撑的薄弱处进行加固

后，方可继续施加预应力；

6 鱼腹梁钢绞线张拉应采用张拉器的液压值控制和钢绞线伸长量控制的“双控”措施；

7 应根据温度变化及时调整预应力值；

8 钢支撑使用过程中应定期进行预应力监测，当构件出现预应力损失较大时，可通过预应力补偿、增设支撑等措施控制支撑轴力；

9 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；

10 预应力施加完成后钢支撑端部与围护结构间空隙应用微膨胀水泥砂浆或细石混凝土填实。

5.4.3 预应力鱼腹式钢支撑体系预应力的施加应符合下列规定：

1 围护结构及混凝土冠梁（腰梁）施加预应力时的强度应大于设计强度的 80%；

2 应按“先对撑、角撑，后鱼腹梁”的顺序分级循环施加预应力；

3 应在预应力施加完毕后锁紧鱼腹梁与两端腰梁间的螺栓和托梁与支撑间的螺栓。

5.4.4 组合钢支撑加载装置的安装应对保证加载横梁侧面与千斤顶的轴线垂直，保力盒的中心线与支撑梁的中心线在同一轴线上，偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。

5.4.5 对撑、角撑及钢绞线在预应力施加过程中应对钢支撑和钢绞线的轴力进行监测，并应根据预应力损失情况予以补偿，且应在达到预应力设计值并保持稳定后进行锁定。

5.4.6 对周围环境变形敏感、基坑围护变形控制要求较高的深基坑工程，宜采用钢支撑轴力伺服（补偿）系统，系统应能 24h 实时监控，低压自动补偿、高压自动报警，提供全方位多重安全保障。

5.4.7 采用预应力鱼腹式钢支撑体系的基坑工程，应在支撑体系

安装完成、施加的预应力达到设计值后方可开挖下层土方。在基坑工程实施过程中应根据预应力的变化情况和基坑变形控制的需要复加预应力。

5.5 拆除与回收

5.5.1 钢支撑的拆除应符合设计工况要求，在换撑完成且达到设计要求后进行，并应符合下列要求：

1 当支撑拆除时应设置安全可靠的防护措施和作业空间，并应对主体结构采取保护措施；

2 当组合钢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下坠控制措施，方可切断两端的支撑，被拆除的构件应有安全的放置场所；

3 当组合钢支撑进行机械拆除作业时，应按照施工组织设计选定的机械设备及吊装方案进行施工，严禁超载作业或任意扩大使用范围；

4 供机械设备使用的场地必须保证足够的承载力。作业中机械不得同时回转、行走。对较大尺寸的构件或沉重的材料，必须采用起重机具及时吊下。

5.5.2 对于施加预应力的钢支撑的拆除，应遵循先分级释放预应力至零应力状态，再拆除支撑的原则。

5.5.3 组合钢支撑和预应力鱼腹式钢支撑拆除应符合下列规定：

1 当组合钢支撑拆除时应分级释放对撑及角撑的轴力，多道对撑或者角撑时宜跳仓实施；

2 当预应力鱼腹式钢支撑拆除时应先释放鱼腹梁钢绞线的轴力，再释放对撑及角撑的轴力，逐级先后实施；

3 支撑构件拆除应遵循如下顺序：

1) 拆除盖板、系杆；

2) 逐节拆除支撑、腰梁、螺栓等连接件；

3) 拆除托架、托梁;

4) 拆除立柱。

4 每级内力释放后宜观察 30min, 并检查支撑节点变化及基坑周边变形情况, 如有异常应立即采取措施;

5 构件应分件拆除, 拆除的构件应按指定位置分类堆放。

5.5.4 支撑杆件拆除前应将其与相邻待拆除杆件的连杆螺栓进行解除, 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。

5.5.5 当钢支撑拆除时应避免碰撞上部或者相邻尚未拆除的支撑, 并对支撑杆件采取防坠落措施。

5.5.6 当钢栈桥支撑体系拆除时, 应先拆除栈桥板, 再拆除钢梁等。

5.5.7 支撑拆除后, 应分类堆放在指定位置, 并及时运走, 避免坑边超载。

5.5.8 当钢支撑留在结构内后拆时, 应在结构施工阶段在相应位置预留吊钩, 并适当设置吊装孔。

5.5.9 钢支撑拆除后钢管内孔洞修补应满足下列要求:

1 修补宜采用比结构混凝土强度等级提高一级的微膨胀混凝土;

2 混凝土浇筑完成后应及时修补堵漏, 减少结构渗漏水。

5.5.10 拆除过程中, 应加强对基坑的监测与现场巡视, 发现安全隐患应立即停止作业, 隐患排除后方可继续作业。

5.5.11 钢桩围护结构回收应在主体地下结构施工完成、地下室外墙与桩间回填密实后方可进行。拔桩方法可采用振动法。拔桩起点和顺序应符合下列规定:

1 拔桩的顺序宜与沉桩顺序相反, 可根据沉桩时的情况确定拔桩起点;

2 宜采用分次、分段、间隔拔桩的顺序, 不宜采用一次连续拔桩的方法;

3 当拔桩较为困难，或周边环境复杂、对变形要求较高时，宜采用跳拔方法。

5.5.12 拔除钢桩围护结构后，应对桩孔及时填充处理。桩孔填充材料可采用砂土，也可采用双液浆（水泥与水玻璃）、水泥浆或水泥砂浆。填充方法可采用振动法、挤密填入法及注入法等，应填充密实。环境敏感基坑围护结构回收与空隙回填或注浆宜同步进行。

6 验收与监测

6.1 一般规定

6.1.1 支撑体系安装完成、施加预应力完毕后，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 水平支撑和钢立柱的尺寸、位置、标高偏差、垂直度偏差；
- 2 支撑预应力；
- 3 支撑杆件的连接节点、支撑与围护结构或钢立柱连接节点的安装质量。

6.1.2 预应力施加及基坑开挖过程中应核查钢支撑的受力状况和节点连接紧密程度等。

6.1.3 钢支撑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》GB 50202、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定。

6.1.4 符合下列条件之一的装配式钢结构基坑支护工程，应实施基坑工程监测：

- 1 支护安全等级为一、二级的基坑和软土地质的三级基坑；
- 2 开挖深度大于等于 3m，或小于 3m 但现场地质情况和周围环境较复杂的软土基坑；
- 3 采用悬臂式装配式支护的基坑。

6.1.5 装配式钢结构基坑支护工程的现场监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。

6.1.6 监测单位应严格实施监测方案。当支护工程设计或施工有重大变更时，监测单位应与建设方及相关单位研究并及时调整监

测方案。

6.2 验收

6.2.1 钢桩围护结构的质量验收应在土方开挖前进行，结合施工工艺、材料类型、施工条件等因素划分检验批。

6.2.2 当钢桩围护结构工程验收时，应提交下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告；
- 2 型钢结构支护设计文件、图纸会审记录和技术交底资料；
- 3 施工组织设计及专项施工方案；
- 4 工程测量、定位放线记录；
- 5 型钢结构产品质量合格证明；
- 6 原材料质量合格证明；
- 7 施工记录及施工单位自查评定报告；
- 8 监测资料；
- 9 隐蔽工程验收资料；
- 10 检验与检测报告；
- 11 其他应提供的文件和记录。

6.2.3 钢板、型钢、钢管、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标准》GB 50205 的有关规定。

6.2.4 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、分层和不少于 1mm 的缺棱。

6.2.5 钢绞线、锚具和夹具进场检验应符合相关规定。

6.2.6 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。

6.2.7 钢支撑中重复使用的构件，其质量检验尚应符合下列规定：

1 钢构件应分批对钢材品种、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 H 型标准件的局部翘曲幅度不得大于 5mm，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。

6.2.8 夹具、托架和 T 型传力件不得重复使用，钢绞线重复使用不得超过 5 次。

6.2.9 构件施工允许偏差、水平支撑系统及立柱系统安装施工质量尚应符合相关验收标准的规定。

6.2.10 装配式钢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，钢支撑检验批验收记录表可参见本标准附录 E。

6.3 监 测

6.3.1 装配式钢结构基坑支护结构的监测项目、监测频率、报警值等，应根据支护工程特点和安全要求综合确定，并满足现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。对支护安全等级为一、二级的支护工程，宜采用自动化监测手段。

6.3.2 装配式钢结构基坑支护结构顶部的水平和竖向位移监测点应沿基坑周边布置，周边中部、阳角处应布置监测点。监测点水平间距不宜大于 15m，每边监测点数目不宜少于 3 个。水平和竖向位移监测点宜为共用点，监测点宜设置在装配式支护桩的桩顶。

6.3.3 装配式钢结构基坑支护结构深层水平位移监测点宜布置在基坑周边的中部、阳角处及有代表性的部位。监测点水平间距宜为 15m~20m，每边监测点数目不应少于 2 个。用测斜仪观测深层水平位移时，测斜管埋设位置应距离装配式预制桩不大于 1.0m，测斜管长度不宜小于基坑开挖深度的 1.5 倍，并应大于装

装配式预制桩的深度。当以测斜管底为固定起算点时，管底应嵌入到稳定的土体中，测斜点的竖向间距宜不小于 1.0m。

6.3.4 装配式预制桩内力监测断面的平面位置应布置在受力、变形较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距视具体情况而定，并符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定

6.3.5 装配式钢结构基坑支护工程应对周边环境进行监测，监测点布置及监测要求等应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。

6.3.6 监测数据的处理与信息反馈宜采用专业软件，专业软件的功能和参数应符合相关的自动化监测规范的规定，并宜具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果的可视化的功能。

6.3.7 监测技术成果应包括当日报表、阶段性报告和总结性报告。技术成果提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字表述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达，并应及时报送。

附录 A 常用的装配式钢管支撑构件技术参数

A.0.1 装配式钢管支撑常用构件规格见表 A.0.1。

表 A.0.1 装配式钢管支撑常用构件规格

钢管 外径 (mm)	钢管 壁厚 (mm)	钢材 材质	法兰盘 厚度 (mm)	法兰盘 直径 (mm)	法兰盘 螺栓孔 数量 (个)	螺栓孔 直径 (mm)	螺栓公称 直径 (mm)	标准节 长度 (m)
500	10	Q345	12~20	640	12	22~26	20~24	0.2、0.3、
609	16	Q245	20~30	740	16	22~26	20~24	0.5、1.0、
630	16	Q245	20~30	780	16	22~26	20~24	2.0、3.0、
800	16	Q245	20~30	950	16	24~29	22~27	4.0、5.0、
800	20	Q245	20~30	950	16	24~29	22~27	6.0、7.0、
800	20	Q345	20~30	950	16	24~29	22~27	9.0、11.0

A.0.2 装配式钢管支撑常用构件几何参数见表 A.0.2。

表 A.0.2 装配式钢管支撑常用构件几何参数

钢管 外径 (mm)	钢管 壁厚 (mm)	钢材 材质	截面积 (cm ²)	截面 惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面 抵抗矩 W_x (cm ³)	面积矩 S_x (cm ³)	回转 半径 i_x (cm)
500	10	Q345	153.94	46220	1849	1201	17.33
609	16	Q245	298.07	131117	4306	2814	20.97
630	16	Q245	308.63	145539	4620	3017	21.72
800	16	Q245	394.08	302907	7573	4918	27.72
800	20	Q245	490.09	372957	9324	6085	27.59
800	20	Q345	490.09	372957	9324	6085	27.59

A.0.3 各类钢管支撑最大轴向荷载标准计算假定条件如下：

1 法兰盘增加的重量按钢管自重的 25% 计算，平均至钢支撑每延米重量；

2 x、y 轴偏心距按 4cm 考虑；

3 竖向弯矩仅考虑自重引起及支撑顶面活载（4kPa×钢管外径）引起的弯矩，不考虑立柱隆沉引起的附加弯矩；

4 重要性系数按 1.0 考虑；

5 荷载分项系数按 1.25 考虑；

6 未考虑预应力装置的不利影响。

A.0.4 根据计算各类钢管支撑最大轴向荷载设计值如下：

1 $\Phi 500 \times 10$ (Q345) 钢管支撑最大轴向荷载设计值见表 A.0.4-1。

表 A.0.4-1 $\Phi 500 \times 10$ (Q345) 钢管支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	受压计算长度 (m)								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	2675	2545	2401	2248	2086	1918	1750	1585	1425
30	2536	2412	2277	2132	1980	1823	1667	1513	-

2 $\Phi 609 \times 16$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值见表 A.0.4-2。

表 A.0.4-2 $\Phi 609 \times 16$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	受压计算长度 (m)																		
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
0	4146	4023	3892	3747	3591	3426	3248	3061	2866	2666	2462	2260	2058	1865					
75	3933	3818	3696	3560	3415	3260	3096	2921	2740	2553	2363	2175	1986	1803					
125	3695	3586	3471	3343	3207	3207	2911	2750	2582	-	-	-	-	-					

3 $\Phi 630 \times 16$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值见表 A.0.4-3。

表 A.0.4-3 $\Phi 630 \times 16$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	受压计算长度 (m)																		
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
0	4358	4236	4106	3961	3806	3640	3461	3273	3077	2873	2667	2460	2253	2051					
75	4152	4037	3915	3778	3632	3477	3310	3136	2952	2761	2568	2373	2178	1988					
125	3920	3811	3695	3567	3431	3285	3128	2967	2796	2618	-	-	-	-					

4 $\Phi 800 \times 16$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值见表

A.0.4-4。

表 A. 0. 4-4 $\Phi 800 \times 16$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	受压计算长度 (m)													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	6112	5990	5860	5716	5565	5400	5223	5035	4837	4627	4406	4178	3943	3703
125	5752	5640	5520	5388	5250	5098	4937	4765	4585	4392	4190	3980	3765	3543
250	5338	5233	5123	5002	4875	4736	4588	4431	4266	4091	3907	3717	3521	3318

5 $\Phi 800 \times 20$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值见表 A.0.4-5。

表 A. 0. 4-5 $\Phi 800 \times 20$ (Q235) 钢管支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	受压计算长度 (m)													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	7595	7445	7288	7116	6933	6733	6523	6297	6060	5807	5543	5268	4986	4696
125	7236	7096	6950	6788	6618	6431	6236	6025	5803	5568	5322	5066	4802	4531
250	6830	6698	6560	6408	6250	6075	5892	5696	5491	5272	5045	4806	4562	4310

6 $\Phi 800 \times 20$ (Q335) 钢管支撑最大轴向荷载设计值见表 A.0.4-6。

表 A. 0. 4-6 $\Phi 800 \times 20$ (Q335) 钢管支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	受压计算长度 (m)													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	10275	10055	9815	6548	9271	8971	8657	8320	7961	7593	7207	6812	6415	6017
125	9921	9707	9476	9220	8953	8665	8365	8041	7700	7348	6981	6605	6227	5850
250	9528	9321	9097	8851	8593	8317	8028	7720	7392	7058	6710	6352	5993	5636

附录 B 常用的装配式型钢支撑构件技术参数

B.0.1 装配式型钢支撑常用构件规格见表 B.0.1。

表 B.0.1 装配式型钢支撑常用构件规格

H 型钢规格	钢材材质	端头板厚度 (mm)	端头板螺栓孔数量 (个)	翼缘螺栓孔间距 (mm)	螺栓孔直径 (mm)	螺栓公称直径 (mm)	标准节长度 (m)
300×300×10×15	Q345	16~20	4 或 8	100	21.5~25.5	20~24	0.2、0.3、0.5、1.0、2.0、3.0、
350×350×12×19	Q345	16~20	4 或 8	100	21.5~25.5	20~24	4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0、
400×400×13×21	Q345	16~20	4 或 8	100	21.5~25.5	20~24	10.0、11.0、12.0

B.0.2 装配式型钢支撑常用构件几何参数表见表 B.0.2。

表 B.0.2 装配式型钢支撑常用构件几何参数

H 型钢规格	截面积 A (cm ²)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面抵抗矩 W_x (cm ³)	面积矩 S_x (cm ³)	回转半径 i_x (cm)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面抵抗矩 W_y (cm ³)	面积矩 S_x (cm ³)	回转半径 i_y (cm)
300×300×10×15	118.5	20200	1350	732	13.10	6750	450	341	7.55
350×350×12×19	171.9	39800	2280	1246	15.20	13600	776	587	8.88
400×400×13×21	218.7	66600	3330	1800	17.50	22400	1120	8481	0.10

B.0.3 各类 H 型钢支撑最大轴向荷载标准计算假定条件如下：

1 端板增加的重量按型钢自重的 6% 计算，平均至钢支撑每延米重量；

2 x、y 轴偏心距按 2cm 考虑；

3 竖向弯矩仅考虑自重引起及支撑顶面活载（4kPa×H 型钢宽度）引起的弯矩，不考虑立柱隆沉引起的附加弯矩；

- 4 重要性系数按 1.0 考虑；
- 5 荷载分项系数按 1.25 考虑；
- 6 未考虑预应力装置的不利影响。

B.0.4 根据计算各类 H 型钢支撑最大轴向荷载设计值如下：

1 H300×300×10×15 (Q345) 型钢支撑最大轴向荷载设计值见表 B.0.4-1。

表 B.0.4-1 H300×300×10×15 (Q345) 型钢支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	x 轴 (强轴) 受压计算长度 (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1958	1890	1806	1701	1576	1434	1284	1136	997	870	756
水平计算弯矩设计值 (kN·m)	y 轴 (弱轴) 受压计算长度 (m)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1836	1728	1587	1416	1234	1059	906	777	669	567	478

2 H350×350×12×19 (Q345) 型钢支撑最大轴向荷载设计值见表 B.0.4-2。

表 B.0.4-2 H350×350×12×19 (Q345) 型钢支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	x 轴 (强轴) 受压计算长度 (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	3085	3005	2909	2792	2651	2486	2299	2097	1892	1573	1503
40	2559	2491	2409								—
水平计算弯矩设计值 (kN·m)	y 轴 (弱轴) 受压计算长度 (m)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	2941	2805	2639	2428	2189	1940	1701	1484	1298	1121	969

3 H400×400×13×21 (Q345) 型钢支撑最大轴向荷载设计值见表 B.0.4-3。

表 B. 0. 4-3 H400×400×13×21 (Q345) 型钢支撑最大轴向荷载设计值 (kN)

水平计算弯矩设计值 (kN·m)	x 轴 (强轴) 受压计算长度 (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	4160	4076	3977	3858	3719	3555	3367	3153	2922	2678	2433
40	3669	3594	3504	3398	3274	3128	2961	2771	2565	2349	2131
水平计算弯矩设计值 (kN·m)	y 轴 (弱轴) 受压计算长度 (m)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	4001	3843	3657	3431	3166	2872	2574	2288	2027	1771	1550
40	3496	3346	3169	2955	2709	2440	2171				

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

附录 C 常用的装配式型钢围檩构件技术参数

C.0.1 装配式型钢围檩常用构件规格见表 C.0.1。

表 C.0.1 装配式型钢围檩常用构件规格

钢围檩规格	材质	骨架排列方式	骨架	骨架中心间距 (mm)	内侧组件 (面向基坑)	外侧组件 (面向围护墙)
H400×400	Q235	-	H400×400×13×21	-	无	无
2H488×300	Q235	竖向	2H488×300×11×18	300	无	无
2H400×400	Q235	竖向	2H400×400×13×21	400	无	无
2I45C	Q235	竖向	2I45C	450	通长钢板 700×20	通长钢板 700×12
2H700×300	Q235、 Q345	竖向	2H700×300×13×24	300	无	无
2I56C	Q235、 Q345	竖向	2I56C	710	900×20	900×20

C.0.2 装配式型钢围檩常用构件几何参数见表 D.0.2。

表 C.0.2 装配式型钢围檩常用构件几何参数

钢围檩规格	截面积 A (cm ²)	截面惯性矩 I_x (cm ⁴)	截面抵抗矩 W_x (cm ³)	截面惯性矩 I_y (cm ⁴)	截面抵抗矩 W_y (cm ³)	面积矩 S_x (cm ³)
H400×400	218.69	65362	3267	22406	1120	1800
2H488×300	315.44	136274	5585	87184	2906	3100
2H400×400	437.38	130723	6536	216444	5411	3600
2I45C	464.00	188830	7096	157676	4505	4424
2H700×300	457.50	389214	11121	124566	4152	6249
2I56C	675.95	375163	11463	492480	10944	7099

附录 D 常用的预应力装置技术参数

D.0.1 常用的预应力装置技术参数见表 D.0.1。

表 D.0.1 常用的预应力装置技术参数

支撑规格	活络头			轴力伺服（补偿）系统			
	活络端最大调整长度 (mm)	千斤顶总顶推力 (kN)	千斤顶行程 (mm)	轴力监测频率 (次/秒)	千斤顶总顶推力 (kN)	极限承载力 (kN)	千斤顶行程 (mm)
Φ500×10 (Q345)	≤200, ≥100	≥1000	≥200	≥1	≥1500	2250	≥200
Φ609×16 (Q235)	≤200, ≥100	≥2000	≥200	≥1	≥2000	3000	≥200
Φ630×16 (Q235)	≤200, ≥100	≥2000	≥200	≥1	≥2000	3000	≥200
Φ800×16 (Q235)	≤200, ≥100	≥3000	≥200	≥1	≥3000	5250	≥200
Φ800×20 (Q235)	≤200, ≥100	≥4000	≥200	≥1	≥4000	6000	≥200
Φ800×20 (Q345)	≤200, ≥100	≥4000	≥200	≥1	≥5000	7500	≥200

附录 E 装配式型钢支撑检验批验收记录表

表 E.0.1 装配式钢支撑工程（钢支撑构件）检验批质量验收记录表

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	样本 容量	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(mm)		±5			
	2	预加顶力(kN)		±10%			
一般 项目	1	支 撑 梁	轴线平面位置 (mm)	≤30			
	2		中心标高(mm)	±30			
	3		两端标高(mm)	L/600 且 ≤20			
	4		挠度(mm)	≤L/1000			
	5	围 檩	顶面标高(mm)	±10			
	6		水平度(mm)	≤1/1000			
	7	三角	轴线偏差(mm)	±10			
	8	传 力 件	顶面标高(mm)	±10			
	9		顶面标高(mm)	±10			
	10	盖 板 系 杆	尺寸规格(mm)	±1			
	11		间距(mm)	±20			
	12	连接质量		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： (项目部章)				
年 月 日							
专业监理工程师 (建设单位项目技术人员)：							
年 月 日							
监理单位 验收结论							

表 E.0.2 装配式钢支撑工程（竖向支承构件）检验批质量验收记录表

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	样本容量	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				
	3	垂直度	≤L/200				
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	钢板厚度(mm)	≥-1				
	5	立柱顶标高(mm)	±20				
	6	平面位置(mm)	≤20				
	7	平面转角(°)	≤5				
	7	牛腿顶面标(mm)	±10				
	6	牛腿水平度(mm)	≤1/1000				
	7	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： (项目部章)					
监理（建设）单位验收结论		专业监理工程师 （建设单位项目技术人员）：					
		年 月 日					
		年 月 日					

注：L 为型钢长度(mm)。

本标准用词说明

1 为便于执行本标准条文时区别对待，对于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，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 标准中指明应按其他标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……规定（或要求）”。

引用标准名录

- 1 《钢结构设计标准》GB 50017
- 2 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 3 《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205
- 4 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497
- 5 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 6 《工程结构通用规范》GB 55001
- 7 《钢结构通用规范》GB 55006
- 8 《塔式起重机安全规程》GB 5144
- 9 《合金结构钢》GB/T 3077
- 10 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 11 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 12 《钢板桩》JG/T 196

福建省工程建设地方标准

装配式钢结构基坑支护技术标准

DBJ/T 13-437-2023

条文说明

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

编制说明

《装配式钢结构基坑支护技术标准》DBJ/T 13-437-2023，经福建省住房和城乡建设厅 2023 年 12 月 5 日以闽建科〔2023〕59 号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 J17285-2023。

本标准制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设装配式钢结构基坑支护的实践经验，同时参考了国内先进经验与相关标准，对标准内容进行反复讨论、分析、论证，开展专题研究和工程实例验证等工作，为本次标准编制提供了依据。

为便于广大设计、施工、监理、检测等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《装配式钢结构基坑支护技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中须注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

3	基本规定	58
4	设 计	59
4.1	一般规定	59
4.2	计算原则	61
4.3	设计计算	62
4.4	构 造	65
5	施 工	67
5.1	一般规定	67
5.2	钢桩围护结构施工	68
5.3	钢支撑施工	70
5.4	预应力施加与控制	72
5.5	拆除与回收	73

3 基本规定

3.0.2 对支护工程而言，如果施工期较短，或不在海边，一般钢板桩的腐蚀量不大，也不采取防腐蚀措施。如果支护工程施工期较长及工程位于海边或腐蚀性物质附近，则须考虑腐蚀量，根据不同部位的暴露程度计算腐蚀厚度，按腐蚀后的断面进行计算，或采取防腐蚀措施，比如油漆。腐蚀厚度的设计可按现行行业标准《港口工程钢结构腐蚀技术规范》JTS 153-3 执行，同时可参考欧标规范 EN 1993-5。对应钢板桩的腐蚀，可采用较大截面的钢板桩，也可采用高屈服强度的低碳钢、采用有机防腐涂层或混凝土封套、运用阴极保护、增加钢材的耐腐蚀合金含量来提高耐久性。支护结构应根据设计使用期限和腐蚀环境进行耐久性设计，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《混凝土结构耐久性设计规范》GB 50476 的相关规定。对于钢构件应满足现行国家标准《建筑钢结构防火技术规范》GB 51249 的相关规定。

3.0.6 装配式内支撑体系是基坑支护结构的一部分，其设计计算方法和要求都应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 的有关规定，钢支撑是钢结构的一部分，其结构设计计算应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的相关要求。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 钢桩围护结构包括H型、工字型、圆型等型式，其中钢板桩如U型（拉森式）、Z型、直线型和帽型。

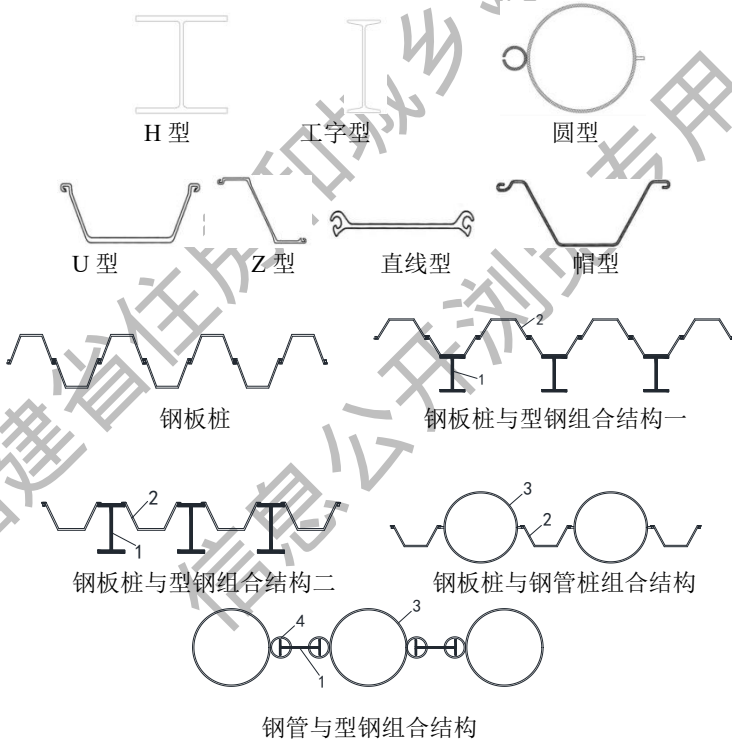


图1 钢桩围护结构

1-H型钢；2-钢板桩；3-钢管

4.1.4 装配式钢支撑结构选型



方钢支撑



钢管支撑



H 型钢支撑



预应力鱼腹式钢支撑



预应力张弦梁钢支撑

图2 装配式钢支撑结构选型

4.1.5 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，宜考虑不下于 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 40m 的支撑，可考虑 $10\%\sim 20\%$ 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。

4.2 计算原则

4.2.2 采用组合钢支撑体系的基坑支挡结构的计算有平面分析方法和空间分析方法两类计算方法。

- 1) 平面分析的计算方法。该计算方法将支护结构体系分解为挡土结构和支撑体系分别独立分析。挡土结构根据现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 采用平

面杆系结构弹性支点法进行分析；内支撑结构可按平面结构进行分析，挡土结构传至内支撑的荷载应取挡土结构分析时得出的支点反力。对挡土结构和内支撑结构分别进行分析时，应考虑其相互之间的变形协调。

- 2) 空间分析的计算方法。该计算方法主要适用于空间效应明显的基坑工程。对于有明显空间效应的深基坑工程，平面分析作了过多的简化而不能反映实际结构的空间变形性状。空间分析方法可采用支护结构与鱼腹梁体系共同作用的三维“m”法和考虑土与支护结构共同作用的整体分析两种方法进行计算。三维“m”法继承了平面竖向弹性支点法中“m”法的计算原理，建立支护结构、水平支撑与竖向支承系统共同作用的三维计算模型并采用有限元方法进行求解。考虑土与支护结构共同作用的分析方法是按基坑实际工况进行三维模拟分析，该方法是岩土工程计算方法的发展方向，但需要可靠的计算参数，目前其结果直接应用于工程设计尚不成熟。

实际工程中从可操作性角度考虑更普遍采用平面分析的计算方法，即将基坑支挡结构分解为挡土结构和支撑体系分别独立分析。当采用该计算方法计算时，需确定钢支撑支挡结构的弹性支点刚度系数。装配式内支撑体系作为一种新的钢支撑技术，现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 尚无公式可直接计算该支撑体系的弹性支点刚度系数。目前该支撑体系的弹性支点刚度系数可通过对钢支撑体系整体建模进行线弹性结构分析后，根据计算分析结果得出的支点力和水平位移关系进行确定。

4.3 设计计算

I 钢桩围护结构

4.3.2 根据现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 相

关规定，钢结构设计相关参数进行调整，其中钢桩强度设计值可按表 1 中规定采用。

表 1 钢桩强度值 (N/mm²)

钢材	厚度 (mm)	抗拉、抗压和抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 f_{ce}
Q355	≤16	305	175	400
	>16~40	295	170	
Q355NH	≤16	305	180	415
	>16~40	300	170	
Q390	≤16	345	200	415
	>16~40	330	190	
Q420	≤16	375	215	440
	>16~40	355	205	
Q460	≤16	400	230	475
	>16~40	380	220	

4.3.3 钢桩支护结构选型分为悬臂式结构、锚拉式结构和支撑结构，钢桩挡土结构和内支撑对挡土构件的约束作用应按弹性支座考虑。

4.3.11 当开挖后发现钢板桩锁口止水破坏时，可根据原止水材料类型、位置、锁口实际缝隙尺寸、漏水程度以及操作性选用锁口补焊缝法、锁口补焊角钢或钢板法、锁口塞条或遇水膨胀橡胶条法。

止水材料虽然可以很大程度上降低钢板桩锁口位置的透水性，但是减少锁口数量也是一种降低钢板桩墙漏水量的有效方法。这一点可以通过选用大截面钢板桩来实现，也可以在条件允许的情况下，事先将多个板桩焊接在一起，比如两个或三个焊接在一起，然后再将焊接后的板桩打入土中。为了保证钢板桩墙的整体连接性，必须保证钢板桩在横竖两个平面内均排成直线，但是过度矫正会损害止水材料的密封效果，拔出后的钢板桩再次使用之前要重新修补止水材料，如果不能修补，需换用新桩。

II 对撑、角撑、八字撑和竖向斜撑

4.3.13 型钢支撑梁的截面强度满足要求，则其中的单根型钢强度也能满足要求，对于型钢支撑梁中单根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 10017 的要求对单根型钢进行验算。

4.3.15 本条给出了对撑与角撑组合构件中单根支撑杆件的平面外稳定性验算的方法。单根构件的平面内稳定性等同于组合构件平面内稳定性，满足 4.3.19 条公式即可。单根构件的计算长度取决于其上设置的连接板构造是否能起到约束作用。在满足构造设计要求的前提下，一般以盖板之间的中心间距作为计算长度。斜向布置的系杆由于其截面较小，节点连接较弱，可仅作为安全储备。

4.3.17 将钢腰梁简化为梁、钢支撑简化为铰接支座，钢支撑的设计轴力即为支座支撑力，再换算成梁上均布荷载，斜撑的水平分力换算为钢腰梁的轴力，再计算梁上弯矩、剪力、轴力等。钢腰梁分析和计算时，假设钢腰梁为等截面梁，钢支撑为铰接支座。在钢腰梁自重产生的弯矩相对较小的情况下，简化为（纯）受弯构件进行计算，其强度和稳定性计算均简化 $M/(\gamma W) \leq f$ 。基坑斜撑作用于钢腰梁上，产生作用于钢腰梁的轴向压力，按压弯构件进行计算。钢腰梁的抗压计算时，应考虑多道斜撑分力的累加。

4.3.19 钢支撑和钢腰梁的重量由支承托架来支承，根据支承托架间距计算钢支撑和腰梁的作用于支承托架的重力，再计算作用于支承托架根部的弯矩 M 。

4.3.20 在工程施工中，支撑位置钢腰梁抗压强度不足，发生屈服的现象较常出现，因而，必须对支撑位置的钢腰梁进行加劲处理。根据基坑深度的不同，支撑轴力钢腰梁受力也相差较大，加劲板的数量应根据计算确定。

IV 立 柱

4.3.21 采用 H 型钢柱和矩形钢管混凝土柱作为钢支撑的竖向支承时，其拼接节点宜设置在基底以下。当地基土土质条件较差时，若基坑设置多道钢支撑，考虑到立柱隆起对钢支撑的影响，竖向支承系统宜采用灌注桩内插格构式（或 H 型钢）钢立柱的型式。

4.4 构造

4.4.2 本条规定是为了避免对撑、角撑不在同一标高产生次应力，支撑杆件拼接节点强度不宜小于杆件强度，端板平齐拼接一般不能满足等强要求，可采用法兰拼接或翼缘增设连接板法拼接；对撑、角撑组合构件之间的间距一般取 500mm、1000mm 和 1500mm 三种。

4.4.3 对撑、角撑采用 H 型标准件组合构件，为了保证 H 型标准件在较大轴向压力作用下的稳定性，对撑、角撑 H 型标准件上下翼缘应对称设置盖板和系杆等缀件。对撑、角撑盖板布置时，下翼缘盖板遇托梁时可取消，以托梁替代相应位置盖板的作用。在拼接节点位置设置盖板可起到连接 H 型标准件翼缘的作用，加强拼接节点位置连接的整体性。

4.4.6 结构梁钢筋间距较密，遇到格构柱不利于钢筋绑扎，无论采取避开角钢或角钢上割洞的方式进行处理，对结构梁钢筋间距和格构柱的稳定都产生影响。为此应预先将桩位图与结构图进行比对，遇到冲突及早与设计沟通调整桩位或结构梁平面位置。若基坑为一柱一桩体系，则此条文不适用。

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。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。

考虑到立柱间差异变形过大对支撑受力安全会产生不利影响，以及立柱的抗侧移刚度直接影响组合支撑的水平向稳定性的综合因素，钢立柱之间应设置剪刀撑。钢立柱间设置剪刀撑可大

大提高立柱的抗侧移刚度及冗余度，为保证剪刀撑提供足够的抗侧刚度，对撑和角撑区每跨的横向立柱均应设置剪刀撑，上下道支撑之间以及最下一道支撑与基底之间均应设置一对剪刀撑，剪刀撑与立柱夹角宜为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

在施加预应力位置断开时，可在断开位置两侧分别设置一对立柱和一根托梁，亦可在断开位置仅设置一对立柱和两根托梁，以满足两侧支撑构件的竖向支承要求。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 钢支撑体系深化设计可以下述技术资料及文件作为依据：

(1) 总体施工筹划；(2) 基坑开挖、结构回筑工况；(3) 围护结构设计施工图(含地下连续墙分幅图)；(4) 主体结构设计施工图；(5) 降水井平面布置图。

组合钢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。

组合钢支撑专项施工方案应包含完备的应急预案。常见的险情及相应的应急预案有：

1 对撑、角撑向坑内水平位移接近或达到报警值。在基坑开挖过程中由于外部条件变化或者水土压力增大等原因引起角撑或者对撑位置向坑内的水平位移超过了报警值，应启动应急预案。应急预案为：在相应的角撑或者对撑上，使用液压千斤顶，调节支撑轴力，并监测变形，直至变形稳定，然后锁定轴力。要求调节过程中，缓慢加压，实时反馈变形的监测结果和变化趋势，以调整加载速率和加载量。

2 鱼腹梁向坑内水平位移接近或达到报警值。应急预案为：对鱼腹梁已加预应力的钢绞线进行补张拉和对备用钢绞线进行张拉，可以控制和减小鱼腹梁的变形。备用钢绞线应逐根张拉，同时应监测变形，变形稳定时，停止施加预应力。

3 钢腰梁轴向应力接近或达到报警值。应急预案为：在受压段型钢腰梁内灌入速凝、微膨胀混凝土，要求 20min 内产生强度。

4 对撑或角撑应力接近或达到报警值。应急预案为：先在对撑、角撑端部位置的挡土结构处堆土反压，然后增加对撑或角撑型钢数量以降低支撑应力。

5 连接螺栓断裂。应急预案为：当断裂螺栓处有较多螺栓孔时，在剪断处增加连接螺栓数量或焊接。当螺栓无法增加时，可在剪断处加焊钢板连接。

5.1.5 构件应按使用计划的先后顺序进行适当堆放，按构件的形状和大小进行合理堆放，钢构件堆放时下方必须垫稳，堆放层高和与基坑之间的净距应符合相关标准和规范的要求。零部件和小型构件尽可能室内堆放，在室外堆放期间，宜将其进行苫盖，防止雨淋或被污染。堆放必须分类码放整齐、合理、标识明确、记录完整，并应设置明显的警戒标识。支撑材料一般用量较大，施工场地狭窄，考虑材料成本及少占用施工场地，支撑材料一般根据施工进度计划先后进场。

5.2 钢桩围护结构施工

5.2.1 常用的沉桩方法有振动法、锤击法和静压法。

(1) 振动法沉桩施工：

1 应整体起吊振动锤和钢桩，禁止采用振动锤拖拉钢桩就位；

2 振动沉桩前，桩身中心线应与振动锤中心线重合，防止偏心振动；

3 当沉桩时，应保持桩体持续贯入，减少中间停机时间，沉桩贯入速率应根据地层情况、钢桩规格和工程经验等综合确定；

4 沉桩过程中，当遇到沉桩突然加速、桩身严重倾斜、脱榫、桩体损坏等情况时，应暂停打桩，并分析原因，采取相应措施；

5 应根据现场环境状况采取防振动、噪声措施。

(2) 锤击法沉桩施工：

1 沉桩过程中应及时调整机座和桩架,使桩锤上下运动轨迹与桩身横截面形心在同一中心线上;

2 应根据钢桩的规格性能以及使用的锤型,控制锤击数,沉桩时最大锤击压应力不应大于钢桩钢材抗压强度设计值,桩锤上应装有记录能量、击数的数字读数器;

3 当在硬黏土中沉桩时,宜采用重锤低击方式;当在密实的砂性土中沉桩时,宜采用小锤快打方式;

4 应严格控制每次锤击沉桩的入土深度,宜为(300mm~500mm)/次,对于有止水要求的钢桩结构,当大于此范围时,应对其锁口进行封闭性检查或采取其他止水措施;

5 沉桩应连续作业,减少中间停锤时间,并应避免桩端在硬黏土或密实砂性土中停留时间过长;

6 沉桩过程中,当遇到贯入度剧变、桩身突然倾斜、脱榫、桩体损坏等情况时,应暂停打桩,并分析原因,采取相应措施;

7 应根据现场环境状况采取防噪声、振动措施。

(3) 静压沉桩施工:

1 压桩时宜将桩一次性连续压到设计标高,合理控制压桩速率;

2 抱压力不应大于桩身允许侧向压力的 1.1 倍;

3 当采用静压沉桩法打设长桩时,宜每间隔 50m 采用楔形桩对钢板桩施打方向的倾斜进行矫正。

(4) 钢板桩拼组沉桩法施工:

1 当土层松软或桩长较短时,可采用逐根沉桩方法;对于坚硬黏土层、密实砂层和桩长较长的情况,应通过试桩确定逐根沉桩的适用性;

2 当拼组沉桩时,U 型钢板桩宜为奇数,Z 型钢板桩宜为偶数;

3 对于沉桩精度要求高和止水效果要求严格的工程,宜采用屏风式沉桩法;

- 4 组合式钢板桩应采用先沉主桩、后沉辅桩的间隔沉桩法；
 - 5 钢板桩最后闭合处宜采用屏风式沉桩法。
- 5.2.3** 宜沿桩墙轴线方向对称向两侧推进施工，形成整体桩墙，然后在一侧连续沉桩；也可从桩墙的一角开始，逐块打设，直到工程结束。可采用两台经纬仪分别在垂直于桩墙轴线方向和沿板桩墙轴线方向，对钢桩沉桩过程中的垂直度进行监测。对于导向架安装应符合下列规定：
- 1 采用经纬仪和水平仪等控制和调整导桩和导梁的位置，调整水平和垂直度；
 - 2 平行于维护结构定位轴线设置导桩，导桩间距宜为2m~4m，导桩与维护结构之间设置导梁；
 - 3 导梁的高度应适宜，可比维护结构设计桩顶低300mm~500mm；
 - 4 导梁与维护结构之间应留有间隙，宜为10mm~30mm，导梁不应随着维护结构的打设而产生下沉和变形；
 - 5 可使用制成框架结构的整体式导向架。
- 5.2.5** 高频免共振振动锤适用于振动敏感场地、低噪环境、临近重要建（构）筑物和地下管线的场地，以及其他对振动和噪音有限制的区域。高频免共振振动锤沉桩启动和停止均无振动，适合在振动敏感区域或有限制的区域沉桩施工。
- 5.2.9** 锤击法中的桩锤主要分为落锤、柴油锤、蒸汽锤和液压锤。落锤的贯入能力小，生产效率低，对桩的损害较大；蒸汽锤能耗高，效率低；柴油锤不需要外接能源，使用方便，市场保有量大，但噪音大，对空气污染较严重，效率比较低，约为30%~40%；液压锤的效率比较高，可以达到85%~95%。液压锤适用性更广，打桩力对桩头的损坏更小。

5.3 钢支撑施工

5.3.1 立柱是钢管支撑体系中重要的受力构件，不仅承受剪力作用，还要承受弯矩作用，因此，施工过程中必须严格按照设计图纸要求或规范要求要求进行。立柱材料应在工厂预制，现场拼装，考虑运输、吊装等因素影响。

组合钢支撑自重较轻，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。在采用立柱桩情况下，立柱可以不避开桩位置。

立柱穿过地下结构底板部位防水层不能闭合，将影响结构防水效果。

5.3.2 预应力施加前后，托梁和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，再将托梁和型钢用高强螺栓连接。

在组合支撑安装过程，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。

为保证整个支撑体系受力合理，并能够可靠有效地施加预应力，钢支撑在节点处要受到三维约束，以防止侧向弯曲后轴向承载力下降，通常用 U 型抱箍约束支撑构件，以减短支撑的压缩计算长度，而提高支撑的受压承载力。

支撑的三维约束节点构造只应约束垂直于支撑轴线的各向外力所引起的支撑弯曲，而不应约束支撑轴向伸缩。若三维约束节点为刚性连接，则每根支撑的轴向伸缩都将引起整个支撑体系的变形而增加支撑的次应力。因此支撑不宜和立柱、抱箍焊死。在

立柱支托和支撑之间、抱箍和支撑之间要塞硬木楔，以便在桩身发生沉降或隆起时可释放过大的次应力，同时还能保证抱箍和支托的约束作用。

钢腰梁安装采用腰梁托架进行固定，腰梁托架一般采用 8#角钢焊接而成，和围护墙用膨胀螺栓进行连接定位，钢腰梁就位后，单根钢管支撑一般每端焊接两个钢管支撑挂板，然后利用这两个钢管支撑挂板挂在钢腰梁上，利用千斤顶将单根钢管支撑一端的活动端顶出和钢腰梁紧密贴合后在活动端中敲入斜铁塞铁完成单根钢管支撑的安装。钢管支撑是轴向受压构件，为防止在施工过程中发生坠落，造成事故，应在钢腰梁上安装钢管支撑托架，本条对钢管支撑与钢管支撑座的搭接长度做了规定。

5.4 预应力施加与控制

5.4.1 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。

5.4.2 钢支撑施加预应力的目的是可以较有效的进行基坑变形的主动控制。在支撑安装完毕后，经检查确认各节点连接状况符合要求后方可施加预应力。

施加预应力应根据工程实际选用合适的加压设备，使用前必须进行检测标定，液压泵必须带有压力表，以控制液压泵的压力和加压的速率。

对钢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，同时观测钢支撑和周边环境的反应，避免产生事故。

钢管支撑固定端焊接牢固后，在钢管支撑活动端安装千斤顶，施工设计预加应力的 10%左右后暂停，检查钢管支撑及各部件的情况，若出现不正常位移或变形，应及时采取有效措施处理。

钢管支撑安装后，在施加预应力的过程中，应注意观察桩、

墙体变形、上层支撑的状态，同时为保证桩、墙体受力均匀。

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。因此在预应力达到设计值时，需要检查各个连接点有无松动、变形是否超出允许值。

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。

5.5 拆除与回收

5.5.1 支撑拆除过程是把由支撑承受的侧土压力转至永久支护结构或其它临时支护结构的过程。因此，必须在基坑回填至基坑位置或主体结构混凝土强度达到设计要求的强度值时方可进行支撑拆除。也就是说，为保证基坑安全，拆除支撑要做好基坑内结构受力体系转换。

5.5.3 钢支撑拆除为一道重要环节，拆除时机或者工况把握不好，盲目施工，极易造成事故。因此，为确保拆撑安全，本条对钢管支撑拆除顺序做了具体规定。

在分区域拆除支撑时，当对撑或角撑两侧的鱼腹梁不能同时拆除时，在先拆除鱼腹梁的一侧，应保留该鱼腹梁的部分腰梁和三角连接件，以保持对撑或角撑两侧的支点受力平衡。钢绞线按分级卸载比例对应的根数依次切断。

预应力通过专门装置分配给各单根型钢，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。

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。

5.5.10 钢支撑拆除后围护结构将产生应力重分布，有可能造成桩体局部变形过大，危及基坑及周边环境的安全，因此，拆撑过程中必须加强基坑的监控量测和现场巡视，切实做到信息化施工。

5.5.11 振动拔桩法利用振动锤产生的振动，扰动并破坏钢桩周围土体的摩阻力和吸附力，并使带有锁扣的钢桩松动，依靠吊车或机械手施加提升力，边振边拔，直至拔桩完成。振动拔桩法：

1 依靠吊车或机械手施加提升力，并应边振边拔，直至拔桩完成；

2 可采用振动锤先将桩振打 100mm~300mm，再交替振打、振拔，如此反复将桩拔出；

3 拔桩时，应注意桩机的负荷情况，当发现上拔困难或无法上拔时，应停止拔桩；

4 对引拔阻力较大的钢桩，可采用间歇振动的方法，每次振动 15min，振动锤连续工作不宜超过 1.5h。

顶拔困难时，可辅以吊车加振动锤进行拔桩。