

ICS 91.080.40
R 07

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 3755-2020

U 型 H 型组合钢板桩支护技术规程

**Technical specification for support of U-shaped H-shaped
composite steel sheet pile**

2020 - 02-24 发布

2020 - 05 - 01 实施

江苏省市场监督管理局 发 布

I

目 次

前言.....	X
1 范围.....	X
2 规范性引用文件.....	X
3 术语和定义.....	X
4 基本规定.....	X
5 设计计算和构造.....	X
5.1 一般规定.....	X
5.2 设计计算.....	X
5.3 构造.....	X
6 施工.....	X
6.1 施工准备.....	X
6.2 进场材料验收.....	X
6.3 组合钢板桩的施工.....	X
6.4 组合钢板桩的回收.....	X
7 质量检查与验收.....	X
7.1 一般规定.....	X
7.2 质量验收项目.....	X
8 安全与环境保护.....	X
附录 A 外置型、内置型组合钢板桩截面参数计算.....	X

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

根据《江苏省住房和城乡建设厅〈关于印发 2017 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（苏建科[2017]409 号）的要求，淮安市建筑设计研究院有限公司和淮安市建设工程施工图审查中心经广泛调查研究，认真总结了国内外各种组合钢板桩的应用经验，参考了国内外标准和规范，遵循科学性、实用性和可操作性的原则，编制了《U 型 H 型组合钢板桩支护技术规程》。

本规程由江苏省住房和城乡建设厅负责管理。为了提高规程质量，请各单位在执行本规程过程中，注意总结经验，积累资料，随时将有关意见或建议寄送至淮安市建筑设计研究院有限公司（地址：淮安市淮海北路 88 号，邮政编码：223001），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：淮安市建筑设计研究院有限公司、淮安市建设工程施工图审查中心

本规程参编单位：江苏省第二建筑设计研究院有限责任公司、江苏建苑岩土工程勘测有限公司、江苏常安基础工程有限公司

本规程主要起草人员：王爱民、孙邦宾、王树成、从卫民、牛 超、梁卫成、马大鹏、李业勇、邵云俭、徐必超、朱文、王飞、宋建旭、张峰、李锦枝。

U 型 H 型组合钢板桩支护技术规程

1 范围

本规程规定了 U 型钢板桩与 H 型钢形成的组合钢板桩支护技术的设计、施工、管理的基本原则、要求和方法。

本规程适用于江苏省行政区域内一般地质条件下临时性支护结构设计、施工、管理。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB50007 《建筑地基基础设计规范》
GB50017 《钢结构设计标准》
GB50300 《建筑工程施工质量验收统一标准》
GB50202 《地基及基础工程施工及验收规范》
GB50205 《钢结构工程施工质量验收规范》
GB50661 《钢结构焊接规范》
JGJ120 《建筑基坑支护技术规程》
GB/T 32285 《热轧 H 型钢桩》
GB/T 11263 《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》
GB/T 20933 《热轧钢板桩》
GB/T 29654 《冷弯钢板桩》
JG/T 196 《钢板桩》

3 术语和定义

3.1 U 型 H 型组合钢板桩 U-shaped H-shaped composite steel sheet pile

由 U 型钢板桩和 H 型钢通过焊接、焊接槽口连接、高强度螺栓连接等可靠拼接形成的支护结构。

3.2 U 型钢板桩 U sheet pile

符合国家标准《热轧钢板桩》GB/T 20933、《冷弯钢板桩》GB/T 29654 或行业标准《钢板桩》JG/T 196 的钢板桩。

3.3 H 型钢 H type steel

符合国家标准《热轧 H 型钢桩》GB/T 32285、《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》GB/T 11263 的 H 型钢。

3.4 锁口 interlock

U 型钢板桩边缘自带的、用于连接邻近钢板桩以形成连续钢板桩墙的部位。

3.5 减摩材料 friction reducing agent

为减少组合钢板桩沉桩和拔除时的摩阻力而涂抹在表面的减少摩阻力的材料。

3.6 冠梁 capping beam

设置在支护构件顶部的将支护构件连为整体的混凝土、型钢或者组合型钢形成的梁。

3.7 腰梁 waling

设置在支护构件侧面的连接锚杆或内支撑杆件的混凝土、型钢或者组合型钢形成的梁。

4 基本规定

4.1 组合钢板桩支护结构设计使用期限、功能要求、安全等级等设计原则，勘察要求与环境调查，水平荷载、内力和稳定性验算等应按《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 相关要求确定。

4.2 组合钢板桩可分为外置型和内置型两种布置形式见图 1。

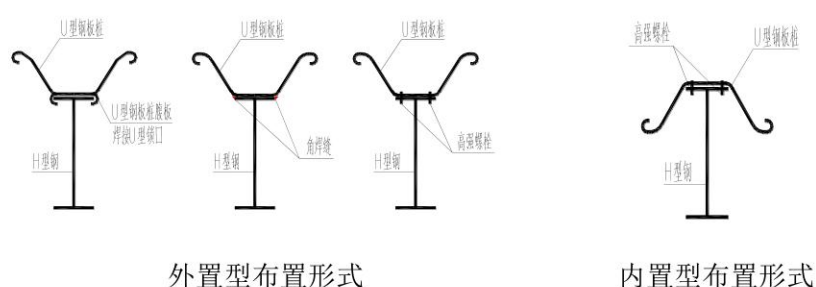


图 1 组合钢板桩的外置型、内置型布置形式

4.3 组合钢板桩宜采用 Q235 级或 Q355 级钢材，H 型钢的规格、型号及有关要求宜按国家标准《热轧 H 型钢桩》GB / T32285、《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》GB/T 11263 选用；U 型钢板桩的规格、型号及有关要求宜按国家标准《热轧钢板桩》GB/T 20933、《冷弯钢板桩》GB/T 29654 或行业标准《钢板桩》JG/T196 选用。

4.4 当采用组合钢板桩与其他形式支护形式组合时，相互之间搭接应安全可靠。

4.5 组合钢板桩支护工程在沉桩、使用和拔除时，应对支护结构和周边环境进行监测。监测要求应符合现行国家行业标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的规定。

5 设计计算与构造

5.1 一般规定

5.1.1 H 型钢和 U 型钢板桩的设计长度应满足计算要求，宜符合定尺长度；也可结合既有的 H 型钢和 U 型钢板桩长度设计；并应符合本规程有关章节的计算和构造要求。

5.1.2 组合钢板桩应根据支护结构的特点、土层的物理力学性质、周围环境、施工条件等因素；并应考虑土方开挖、支撑或锚杆设置、地下主体结构施工与换撑等各种施工工况，应按各设计工况进行承载力及变形计算。

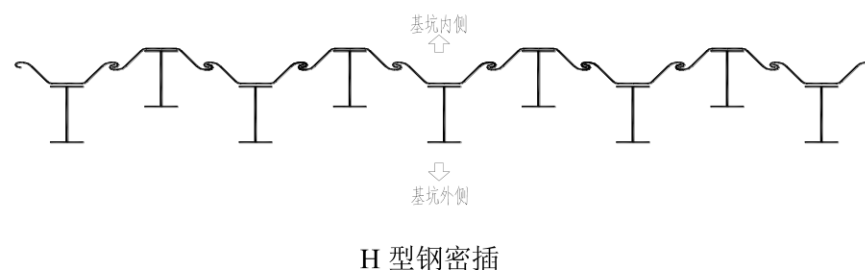
5.1.3 组合钢板桩的计算变形容许值应符合正常使用和周边环境安全的要求。

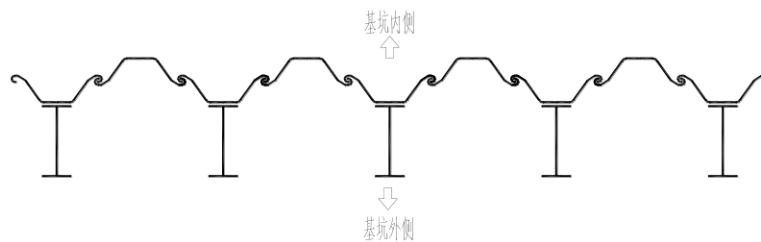
5.1.4 组合钢板桩的平面布置宜平直整齐，避免不规则的转角。在转角处可采用转角钢板桩或异形钢板桩进行转角连接。

5.1.5 平面向内凸出的阳角宜设置可靠的双向约束。嵌固部位为软土时，宜对嵌固部位土体进行加固。

5.1.6 组合钢板桩的 U 型钢板桩和 H 型钢可以采用等长度组合，也可以采用不等长度组合。U 型钢板作为帷幕，其深度应满足渗透稳定性要求。

5.1.7 组合钢板桩支护结构选型可采用悬臂式、锚拉式、内撑式等形式，组合钢板桩中 H 型钢的间距和平面布置形式应根据计算确定。常用的 H 型钢布置型式可采用密插式或插一跳一式，建图 2。





H 型钢插一跳一

图 2 U 型钢板桩与 H 型钢组合的平面布置

5.1.8 组合钢板桩的组合截面参数按材料力学的方法计算，截面惯性矩应按桩顶部或支撑点的构造乘以折减系数 ξ ；

5.1.8.1 桩顶设置整体冠梁或支撑点设有整体腰梁时，折减系数 ξ 取 0.9；

5.1.8.2 桩顶不设整体冠梁或腰梁分段设置时，折减系数 ξ 取 0.7；

5.1.9 组合钢板桩的截面组合原则按下述要求确定：

5.1.9.1 尽量选择外置式组合型式，当 H 型钢型号较大时，亦可选取内置式组合形式；

5.1.9.2 组合截面与钢板桩模量比值宜选取在 2~6 之间。小规格 U 型钢板桩宜与小规格型号 H 型钢组合；大规格 U 型钢板桩宜与大规格型号 H 型钢组合。

5.1.10 常用的组合形式可以为：PU400X100 型（拉森 II 型）与 500 高的 H 型钢组合；PU400X125 型（拉森 III）与 550、600 的 H 型钢组合；PU400X170 型（拉森 IV 型）与 700、800 的 H 型钢组合。上述组合内置式与外置式均可。

5.2 设计计算

5.2.1 组合钢板桩支护结构应按《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 进行承载力极限状态和正常使用极限状态计算，尚应包括下列主要内容：

5.2.1.1 组合截面承载能力验算；

5.2.1.2 压桩阻力计算；

5.2.1.3 钢板桩的拔除阻力计算；

5.2.1.4 连接验算。

5.2.2 组合钢板桩的嵌固深度应满足嵌固稳定性、整体稳定性、隆起稳定性要求，并应考虑地下结构施工完成后组合钢板桩能顺利拔出。U 型钢板桩兼做截水帷幕时，尚应满足渗透稳定性要求。对于悬臂式结构，尚不宜小于 0.8 倍开挖深度。

5.2.3 组合钢板桩的计算当采用等长度组合时，应按组合截面计算；当采用

不等长度组合时，应分别计算组合截面和非组合截面。

5.2.4 组合钢板桩应按下列规定进行组合截面抗弯承载力计算。

5.2.4.1 当采用等长度组合时候，弯矩全部由组合截面承担，其抗弯承载力应符合下式要求：

$$\frac{\gamma_0 M}{\xi W} \leq f$$

式中：

γ_0 ——支护结构重要性系数，按 JGJ120 选用；

ξ ——截面惯性矩折减系数，按 4.1.8 条取值；

M ——组合截面的弯矩设计值(N·mm)；

W ——组合截面沿弯矩作用方向的截面模量 (mm³)；

f ——组合截面钢材的抗弯强度设计值(N/mm²)；当采用不同强度等级的 U 型钢板桩和 H 型钢材组合，应按强度较低值选用；

5.2.4.2 当采用不等长度组合时候，组合截面弯矩按 4.2.4-1 式计算，非组合截面的抗弯承载力应符合下式要求：

仅由 H 型钢抗弯时

$$\frac{\gamma_0 M_H}{W_H} \leq f_H$$

仅由 U 型钢板桩抗弯时

$$\frac{\gamma_0 M_U}{W_U} \leq f_U$$

式中：

M_H ——H 型钢截面的弯矩设计值(N·mm)；

M_U ——U 型钢板桩截面的弯矩设计值(N·mm)；

W_H ——H 型钢截面沿弯矩作用方向的截面模量 (mm³)；

W_U ——U 型钢板桩截面沿弯矩作用方向的截面模量 (mm³)；

f_H ——H 型钢的抗弯强度设计值；

f_U ——U 型钢板桩的抗弯强度设计值；

5.2.5 组合钢板桩应按下列规定进行组合截面抗剪承载力验算：

$$\tau = \frac{\gamma_0 VS}{It_w} \leq f_v$$

式中：

τ ——H 型钢的剪应力(N/mm²);

V ——组合截面的剪力设计值(N);

S ——计算剪应力处 H 型钢截面对中和轴的面积矩 (mm³);

I ——H 型钢沿剪力作用方向的截面惯性矩 (mm⁴);

t_w ——H 型钢腹板厚度 (mm);

f_v ——H 型钢的抗剪强度设计值(N/mm²)。

5.2.6 当组合钢板桩设置内支撑或外锚时，H 型钢的翼缘局部承压强度应按下式计算：

$$\sigma_c = \frac{\psi F}{t_w l_z} \leq f$$

式中：

F ——内支撑的支撑轴力设计值 (N);

ψ ——集中荷载增大系数； $\psi=1.0$ ；当支撑轴力考虑温度效应时， $\psi=1.1\sim 1.2$ ；

l_z ——集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度 (mm)。

5.2.7 组合钢板桩的最大压桩阻力宜根据试压桩或地区经验确定，无试压桩或地区经验时，可按下式估算：

$$Q_{uk} = u \sum \lambda q_{sik} l_i + q_{pk} A_p$$

式中：

Q_{uk} ——施工时的压桩阻力估算值 (kN);

u ——桩身周长 (m);

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值 (kPa)，按岩土工程勘察报告提供的参数采用；

q_{pk} ——桩端处土的极限端阻力标准值 (kPa)，按岩土工程勘察报告提供的参数采用；

l_i ——第 i 层土的厚度 (m);

A_p ——桩端面积 (m^2);

λ ——桩侧极限侧阻力折减系数, 取值 0.6-0.8。

5.2.8 组合钢板桩的拔除阻力宜根据地区经验确定, 无地区经验时, 可按下式估算:

$$F_b = u \sum \beta_i l_i + 1.2 e_{aik} B H \mu + G$$

式中:

F_b ——组合钢板桩拔桩时的拔桩阻力 (kN);

β_i ——不同土层的桩表面吸附力 (kPa) 见表 1;

表 1 不同土层中的吸附力 (kPa)

土层	静吸附力	动吸附力	土层	静吸附力	动吸附力
中砂	36	3.0	粉质黏土	30	4.0
细砂	39	3.5	黏土	50	7.5
粉土	24	4.0	硬黏土	75	13.0
砂质粉土	29	3.5			

e_{aik} ——所在 i 土层中心点上的主动土压力 (kPa), 按《建筑基坑支护技术规程》

JGJ120 的相关要求计算;

B ——组合钢板桩宽度 (m);

H ——除去嵌固深度后的组合钢板桩长度 (m);

μ ——组合钢板桩与土的摩擦阻力系数, 取值为 0.35~0.4;

G ——被拔组合钢板桩的重量标准值 (kN)。

5.2.9 当组合钢板桩中采用将 H 型钢的翼缘板与 U 型钢板桩的腹板用直角角焊缝连接时, 应按下式进行焊缝强度验算:

$$\tau_f = \frac{N}{2h_e l_w} \leq f_f^w$$

$$\sqrt{\sigma_f^2 + \tau_f^2} \leq f_f^w$$

式中:

τ_f ——按焊缝有效面积计算, 沿焊缝长度方向的剪应力 (N/mm^2);

σ_f ——按焊缝有效面积计算, 垂直于焊缝长度方向的应力 (N/mm^2);

N —焊缝所受压力或拔力 (kN);
 h_e —直角角焊缝的计算厚度 (mm);
 l_w —角焊缝的计算长度 (mm);
 f_f^w —角焊缝的强度设计值 (N/mm²);

5.2.10 当组合钢板桩中采用在 U 型钢板桩的腹板焊接槽口连接时, 应按与母材等强度连接的要求, 焊缝应焊透。

5.2.11 当组合钢板桩中采用将 H 型钢的翼缘板与 U 型钢板桩的腹板用高强度螺栓连接时, 应按下式进行高强度螺栓强度验算:

$$nN_v^b \leq N$$

$$\frac{M y_1}{2 \sum y_i^2} \leq N_t^b$$

式中:

y_1 —距离组合钢板桩形心轴最远处的螺栓的距离(mm);

y_i —距离组合钢板桩形心轴最远处的螺栓的距离(mm);

n —螺栓个数;

N_v^b —一个高强度螺栓的受剪承载力设计值 (kN);

N_t^b —一个高强度螺栓的杆轴方向受拉承载力设计值 (kN);

5.2.12 一般情况下, 冠梁、腰梁的计算可按水平方向的受弯构件进行截面抗弯和抗剪承载力计算; 当冠梁、腰梁与水平支撑斜交时, 应计算支撑轴力在冠梁、腰梁长度方向所引起的轴向力影响, 尚应按压弯构件进行验算。

冠梁、腰梁的受压计算长度可取相邻支撑点的中心距。对于钢冠梁、腰梁, 当拼接点按铰接设计时, 其受压计算长度取相邻支撑点中心距的 1.5 倍; 水平挠度宜小于其计算跨度的 1/400。

5.2.13 当有可靠经验时, 可采用空间结构分析方法或结构与土相互作用的数值分析方法对支护结构进行整体分析。

5.3 构造

5.3.1 组合钢板桩中的 U 型钢板桩和 H 型钢与的连接采用焊接连接时, 焊缝等

级为二级，焊缝长度、厚度应满足计算要求，构造应满足《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构焊接规范》GB50661 的相关要求。

5.3.2 组合钢板桩中采用将 H 型钢的翼缘板与 U 型钢板桩的腹板用高强度螺栓连接时，高强度螺栓应沿 H 型钢翼缘板中心对称布置连接；应选择 10.9 级直径不小于 M24 螺栓，螺栓孔的孔径、孔形应满足《钢结构设计标准》GB50017 的要求，垫圈的厚度不小于 10mm；并按《钢结构设计标准》的要求对高强度螺栓施加预拉力。

5.3.3 U 型钢板桩的接长应采用焊接的方式；H 型钢的接长可采用焊接或高强度螺栓连接；均应按等强度连接。

焊接接头不宜超过 1 个，焊接接头的位置应避免设在支撑位置或开挖面附近等受力较大处，且距离坑底面不宜小于 2m；接头竖向位置宜相互错开，错开距离不宜小于 2m。

5.3.4 当采用悬臂式组合钢板桩时，宜设置冠梁；当采用内支撑或外锚时，应设置完整、封闭的冠梁。冠梁可采用 H 型钢、组合型钢、钢筋混凝土梁，并与支锚体系连成整体。冠梁为钢筋混凝土时，混凝土强度等级不应低于 C30。

5.3.5 腰梁宜采用 H 型钢、组合型钢，连续布置，可采用焊接或高强度螺栓连接的拼接方式。尽量减少接头数量，拼接部位宜设在腰梁内力较小处。在转角处和支撑节点处的连接应采用设置加劲板等构造措施确保腰梁体系的整体性。

腰梁应采用托架或牛腿与支护结构连接。连接构件的规格与位置，应根据腰梁和支撑自重等因素由计算确定。支护结构与腰梁之间的空隙应用不低于 C30 细石混凝土填实。

5.3.6 钢支撑与冠梁、腰梁斜交时，应在冠梁、腰梁与支护结构之间应设置剪力传递构件，其规格、数量、位置和构造应满足《钢结构设计标准》相关的要求。

5.3.7 钢板桩采用锁口式防水构造时，应在锁口间应涂抹沥青类密封剂、水溶性膨胀型密封剂或其他密封止水材料。

6 施工

6.1 构造施工准备

6.1.1 施工前应对支护结构进行现场勘查和环境调查；并根据设计文件，结合现场施工条件、工程水文地质条件、周边环境保护要求、气候等情况，编制专项施

工方案。

6.1.2 施工现场应先进行场地平整，清除施工区域的表层硬物和地下障碍物，遇明沟、暗塘或低洼地等不良地质条件时应抽水、清淤、回填素土并分层夯实。现场道路应保证施工用车的正常行驶，满足机械设备施工要求。

6.1.3 应根据设计文件要求，结合当地工程经验，选择合适的沉桩方式和打桩设备。

6.1.4 建设方应委托有资质的第三方按设计要求做出详细的支护工程监测方案。

6.1.5 支护结构应采取信息化施工。

6.2 材料进场验收

6.2.1 进入施工现场的 U 型钢板桩、H 型钢、腰梁等材料规格型号、材料牌号、产品长度等主要性能参数应满足设计要求。经建设、监理单位验收合格。

6.2.2 U 型钢板桩使用前应按国家标准《热轧钢板桩》GB/T 20933、《冷弯钢板桩》GB/T 29654 或行业标准《钢板桩》JG/T196 进行外观检验，检验内容包括尺寸、外形及重量，合格的才能使用。

对重复使用的钢板桩，在使用前应对外观质量、长度、宽度、平直度和锁口情况等检验，应进行整理，清除锁口内杂物，对缺陷部位加以整修。桩体不应弯曲；锁口不应有缺损和变形，使用前应通过套锁检查见表 2。

表 2 钢板桩外观检验标准

序号	检验项目	允许偏差	检查方法
1	截面宽度 B	单根板桩：公称宽度 B 的 $\pm 2\%$ 锁口连接的双根板桩：公称宽度 B 的 $\pm 3\%$	用钢尺量
2	截面高度 H	$H \leq 200$ $\pm 4\text{mm}$, $200 < H \leq 300$ $\pm 6\text{mm}$ $300 < H \leq 400$ $\pm 8\text{mm}$, $400 < H$ $\pm 10\text{mm}$	用钢尺量
3	腹板厚度 t	应符合相应原料带钢产品标准的规定或供需双方协商	用千分尺量
4	桩长 L	长度允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$	用钢尺量
5	弯曲	侧向弯曲 $S \leq 0.25\%L$ ；平面弯曲 $C \leq 0.25\%L$	用钢尺量
6	扭曲 v	$V \leq 2\%L$ ，最大为 100mm	用钢尺量
7	端部垂直度 f	作垂直于纵轴的测量时，切割面最高点和最低点之间的总偏差 f 不应超过型材宽度的 2%	用钢尺量
8	角度偏差	当板桩短边长度 $\leq 50\text{mm}$ 时，公差应为 $\pm 3^\circ$ ，其它情况公差应为 2°	用角度尺量

6.2.3 H 型钢使用前应按国家标准 H 型钢使用前应按国家标准

准《热轧钢桩》GB / T32285、《热轧 H 型钢和部分 T 型钢》GB/T 11263 进行外观检验，检验内容包括尺寸、外形及重量，合格的才能使用见表 3。

表 3 H 型钢的允许偏差（mm）

序号	检查项目	允许偏差	检查数量	检查方法
1	截面高度	±5.0	每根	用钢尺量
2	截面宽度	±3.0	每根	用钢尺量
3	腹板厚度	-1.0	每根	用游标卡尺量
4	翼缘板厚度	-1.0	每根	用游标卡尺量
5	型钢长度	±50	每根	用钢尺量
6	型钢挠度	L/500	每根	用钢尺量

6.2.4 支护结构构件当采用焊接时，宜工厂化制作、连接。焊缝质量应符合设计要求和现行标准《钢结构焊接规范》GB50661-2011 的有关规定。

6.2.5 钢冠梁、钢腰梁进场检验的主要内容包括：

6.2.5.1 高度、翼板宽度和厚度、腹板厚度等应符合设计和规范要求；

6.2.5.2 表面应平整、顺直、无油污、无锈蚀和损伤；

6.2.5.3 弯曲最大挠度不应超过 1/400。

6.2.6 螺栓进场检验的主要内容包括：

6.2.6.1 螺栓连接件应有产品质量合格证明文件。

6.2.6.2 螺栓连接件应核对型号、规格应与设计一致。

6.2.7 组合钢板桩施工前应先在干燥条件下除锈，在其表面涂刷减摩材料。在搬运过程中应防止碰撞和强力擦挤。如有脱落、开裂等现象应及时补救。

6.2.8 材料运输、吊装与现场存放应符合方便施工和安全的要求。

6.3 组合钢板桩的施工

6.3.1 组合钢板桩的沉桩方法可采用振动沉桩法、锤击沉桩法和静压沉桩法等多种方式，如出现沉桩困难可采取水冲法、预钻孔法等辅助沉桩措施。

6.3.2 在正式施工前应进行沉桩试验及拔出试验，确定合适的施工设备和工艺。

6.3.3 组合钢板桩应以桩底设计标高作为主要控制标准。施工工况应与设计工况一致。当需要更改时，应经设计方认可后方可实施。

6.3.4 组合钢板桩的沉桩应从角部开始，根据桩规格和封闭段的长度计算块数。最终封闭合拢可采用异型板桩法、轴线调整法或连接件法等方法进行调整。

6.3.5 组合钢板桩打设前应选用合适的夹具以固定桩体，宜沿板桩两侧设置导向架；导向架应有一定的强度及刚度，不得随板桩打设而下沉或变形。施工时应经

常观测导架的位置及标高；用测量仪器同步监控组合钢板桩施打位置和垂直度。

6.3.6 当采用锤击或振动施工可能对周边环境产生不利影响时，应采取有效的防治措施；或采用静力压桩法、高频免振振动锤施工。

6.3.7 锤击沉桩的施工应符合下列规定：

6.3.7.1 桩锤的选择应根据沉桩试验及现场的施工条件等因素综合确定。

6.3.7.2 开始沉桩时宜采用低落距，桩锤和桩应保持在同一直线上。

6.3.7.3 应采用与锤桩相适应的锤垫和桩垫，并在锤击过程中及时修理和更换，避免打坏桩体。

6.3.7.4 沉桩时，以控制设计标高为主。贯入度达到控制贯入度而桩端标高未达到设计标高时，应继续锤击 100mm 左右(或锤击 30 击~50 击)，如无异常变化时，即可停锤。当桩顶标高比设计标高超过 1.0 米时，应与设计单位研究确定处理方案。

6.3.8 静压沉桩应符合下列规定：

6.3.8.1 静压机械应根据沉桩试验及施工条件等因素综合确定；

6.3.8.2 沉桩时应严格控制桩的垂直度；

6.3.8.3 压桩宜连续一次性将桩压到设计标高，缩短中间停顿时间，避免桩端停留在砂土层，合理控制压桩速率；

6.3.8.4 终压控制标准以桩端标高控制为主。当桩达不到设计标高或者上浮时，可采用复压。

6.3.9 振动沉桩应符合下列规定：

6.3.9.1 振动锤应根据沉桩试验及现有的施工条件等因素综合确定；宜优先采用高频免振振动锤沉桩。

6.3.9.2 振动锤夹紧钢桩吊起，使桩垂直就位或钢板桩锁口插入相邻桩锁口内，待桩稳定、位置正确并垂直后，再振动下沉，发现偏差，及时纠正。第一根桩作为导向桩必须插正、打正，以免影响后面的钢板桩。

6.3.9.3 沉桩中钢桩下沉速度突然减小，应停止沉桩，并将钢桩向上拔起 0.6~1.0m，然后重新快速下沉，如仍不能下沉，应采取其他措施。

6.3.9.4 应保持桩体持续贯入，贯入速率应根据地层情况、周边环境、桩规格和工程经验等综合确定。

6.4 组合钢板桩的回收

6.4.1 当采用混凝土冠梁时，应事先用油毡或泡沫板将组合钢板桩进行隔离。如冠梁兼作第一道支撑腰梁时，组合钢板桩与冠梁间的隔离材料应采用不易压缩的硬质材料。

6.4.2 组合钢板桩的拔除应在地下结构及地下室外墙之间的回填施工完成后进行。在拆除腰梁时应将残留在支护结构表面的冠梁、腰梁限位构件或抗滑构件、电焊疤等清除干净。

6.4.3 拔除设备应考虑工程地质、现场作业环境、噪音、振动及组合钢板桩的形式、重量、长度等因素确定，可采用振动拔除法或静力拔除法。

6.4.4 对拔除产生的空隙，应及时回填。回填可采用可用注浆法填充。

7 质量检查与验收

7.1 一般规定

7.1.1 质量检验应在施工单位自检合格的基础上，报建设、监理单位按规定程序进行质量检验。

7.1.2 检验批的划分可根据与施工流程相一致且方便施工与验收的原则，由施工、监理及建设单位共同商定。

7.1.3 组合钢板桩的质量检查与验收应分为施工期间过程控制、沉桩质量验收和开挖期间检查三个阶段。

7.1.4 施工期间过程控制的内容应包括：验证施工机械性能、材料质量、试成桩资料以及逐根检查组合钢板桩的定位、长度、标高、垂直度等；以及拼接、焊缝质量等是否满足设计和施工工艺的要求。

7.1.5 沉桩质量验收主要应检查组合钢板桩的位置；H 型钢与 U 型钢板桩之间及 U 型钢板桩之间的连接情况。

7.1.6 开挖期间应检查组合钢板桩开挖后整体的质量以及渗漏水情况；冠梁、腰梁的安装是否紧贴组合钢板桩。

7.1.7 组合钢板桩支护结构分项工程的质量验收尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202、《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 等有关规定

7.2 质量验收项目

7.2.1 主控项目

7.2.1.1 H 型钢型号、尺寸应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量。

7.2.1.1U 钢板桩型号、尺寸应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量。

7.2.1.3 高强度螺栓型号、材质、孔径、孔距及力学性能应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量、检查材料质量证明文件。

7.2.1.4 现场焊接质量应符合设计要求和《钢结构焊接规范》GB50661、《钢结构工程施工质量验收规范》GB502051 的规定。

7.2.2 一般项目

7.2.2.1 支护结构施工质量检测应符合表 4 的要求。

表 4 施工验收标准

序号	检验项目	允许偏差	检查方法
1	桩轴线偏差	$\pm 100\text{mm}$	全站仪
2	桩身垂直度	$\leq 1/100$ 桩长且最大不超过 200mm	经纬仪、水平靠尺
3	整排桩侧面平直度	每 10 延米不超过 100mm 且累计不超过 200mm	测量仪器
4	桩长	长度允许偏差为 0~+100mm	钢尺量
5	桩顶标高	$\pm 100\text{mm}$	全站仪、水准仪
6	侧壁渗漏	仅有局部渗漏	观察
7	齿槽咬合程度	紧密	观察
8	桩身弯曲矢高	$\leq 2\%$ 桩长	开挖后钢卷尺量

7.2.2.2 冠梁、腰梁与围护结构的连接应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：现场观察、测量检查。

8 安全与环境保护

8.1 施工过程的安全控制应符合《建筑施工安全检查标准》JGJ59 和《建筑深基坑工程施工安全技术规范》JGJ311 的有关规定。

8.2 施工机械的安全控制应符合《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33 的规定。

8.3 施工临时用电应符合《临时现场临时用电安全技术规程》JGJ46 的规定。

架空线距地面最小净距离不低于 4 米。

8.4 施工吊装中，应有专人指挥，防止钢坠落；严禁在钢板桩吊装时底下站人，防止掉块伤人及其他意外。桩锤在施打过程中操作人员必须在距离桩锤中心 5m 以外监视。

8.5 在雨期施工时，应符合下列规定：

8.5.1 应制定周密的安全施工技术措施，并随时掌握天气变化情况；

8.5.2 雨期施工前，应对施工现场原有排水系统进行检查、疏浚或加固，并采取必要的防洪措施；

8.5.3 雨期施工中，应随时检查施工场地和道路的边坡被雨水冲刷状况，做好防止滑坡、坍塌工作，保证施工安全。

8.5.4 遇有雷雨、6 级以上大风等恶劣气候时，应停止一切作业。并应将打桩机顺风向停放，增设缆风绳，或将桩放倒在地面上。

8.6 施工现场应制定洒水降尘措施，指定专人负责现场洒水降尘和清理浮土工作，避免出现扬尘。进出场地路口应设置车辆清洁段和清洗设备。

8.7 对在施工过程中产生的噪音、振动，应采取有效的防治措施。