

上海市勘察设计行业协会团体标准

T/SDETA XXXXX-2026

组合钢管结构连续墙技术标准

Technical code for combined steel pipe
continuous wall

(征求意见稿)

2026年xx月xx日发布

2026年xx月xx日实施

上海市勘察设计行业协会 发布

上海市勘察设计行业协会标准

组合钢管结构连续墙技术标准

Technical code for composite steel pipe pile
continuous wall

主编单位：上海申元岩土工程有限公司

上海建工集团股份有限公司

批准部门：上海市勘察设计行业协会

执行日期：2026 年 XX 月 XX 日

2026 上海

前言

根据上海市勘察设计行业协会 2025 年 9 月 5 日组织的《组合钢管结构连续墙技术标准》（以下简称本标准）启动暨大纲评审会的要求，本标准编制组通过广泛调查研究，参考了国内外的有关标准，并结合组合钢管结构连续墙技术标准的应用实践，制定了本标准。

本标准的主要章节有：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 设计；5. 施工；6. 质量检查与验收。

本标准由上海市勘察设计行业协会负责管理，具体技术内容解释由上海申元岩土工程有限公司负责。执行过程中，请各有关单位及相关人员在执行本标准的过程中，注意总结经验、积累资料，随时将有关的意见和建议反馈至上海申元岩土工程有限公司（地址：上海市黄浦区西藏南路 1368 号 501 室，邮编：200011，电子邮箱：tongjiwx@163.com），以便今后修订时参考。

主编单位：上海申元岩土工程有限公司

上海建工集团股份有限公司

参编单位：上海建瓴工程咨询有限公司

上海创锦建设工程有限公司

上海宏信设备工程有限公司

上海山南勘察设计有限公司

上海勘察设计研究院（集团）股份有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

上海市基础工程集团有限公司

杭州圆方地基基础工程有限公司

上海航鼎建设工程有限公司

……………（待补充）

本标准主要起草人员：……

（以下按姓氏笔画排列）

主要审查人员：

目次

1 总则	3
2 术语和符号	4
2.1 术语	4
2.2 符号	4
3 基本规定	6
4 设计	7
4.1 一般规定	7
4.2 设计计算	9
4.3 构造要求	10
5 施工	13
5.1 一般规定	13
5.2 施工准备	13
5.3 沉桩施工	14
5.4 回收	16
5.5 环境保护与监测	16
6 质量检查与验收	18
6.1 一般规定	18
6.2 检查与验收	18
附录 A 组合钢管结构连续墙常用构件参数表	20
附录 B 组合钢管结构连续墙施工验收记录表	22
本标准用词说明	23
引用标准名录	24
条文说明	

1 总则

1.0.1 为规范上海地区组合钢管结构连续墙的工程应用，做到安全适用、技术可靠、经济合理、环境保护，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于上海地区采用组合钢管结构连续墙作为支护结构的基坑工程中的设计、施工、质量检查与验收。

1.0.3 组合钢管结构连续墙技术的设计、施工、检查与验收，除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢管桩 steel pipe pile

由工厂制作，经热轧和焊接等工艺加工，纵向带有锁口可交互咬合连接的圆环形截面的钢质管桩。本标准特指带锁口的钢管桩。

2.1.2 拉森钢板桩 larson steel sheet pile

由工厂制作，经热轧工艺加工，能通过两侧锁口或连接件交互咬合连接的 U 形钢板桩。

2.1.3 组合钢管结构连续墙 combined steel pipe continuous wall

由钢管桩和钢板桩间隔设置或全部由钢管桩组成，并通过锁口连接组成的具有挡土及隔水功能的组合式钢质连续墙结构。

2.1.4 锁口 interlock

由工厂制作，采用热轧工艺沿钢管桩外边缘纵向焊接，用于连接拉森钢板桩、钢管以形成组合钢管结构连续墙的钢质构件。

2.1.5 导向架 driving guide

施工时为确保组合钢管结构连续墙水平和竖向方向对齐，确保施工精度的导向支架结构。

2.1.6 振动沉桩 vibration driving method

利用振动器产生激振力，促使桩侧和桩底土体受迫振动，土体液化或软化而强度降低，在桩自重或较小附加压力作用下，将组合钢管结构连续墙压入土层设计深度的沉桩施工方法。

2.1.7 静压沉桩 press-in pile driving method

通过静压植桩机自重和反力基座上的配重提供反力，先将数根钢桩压入土中；调离配重后，再通过静力压桩机夹住数根已经压入土中的钢桩，将其拔出阻力作为反力，将下一根钢桩压入土中的施工方法。

2.1.8 免共振沉桩 resonance-free driving method

利用免共振设备将钢管桩和拉森钢板桩压入土层设计深度的沉桩施工方法。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

M —— 弯矩设计值；

V —— 剪力设计值；

2.2.2 材料性能和抗力

f —— 钢材的抗拉、抗压、抗弯强度设计值；

f_v —— 钢管桩的抗剪强度设计值；

2.2.3 几何参数

A —— 钢管桩的截面面积；

A' —— 拉森钢板桩的截面面积；

t —— 钢管桩的壁厚；

t' —— 拉森钢板桩的腹板厚度；

r —— 钢管桩的平均半径；

D —— 钢管桩的公称直径；

B' —— 拉森钢板桩的有效宽度；

H' —— 拉森钢板桩的有效高度；

W —— 钢管桩沿弯矩作用方向的截面模量；

W' —— 拉森钢板桩沿弯矩作用方向的截面模量；

S —— 钢管桩计算剪应力处以上(以下)截面对中性轴的面积矩；

I —— 钢管桩沿弯矩作用方向的截面惯性矩；

I' —— 拉森钢板桩沿弯矩作用方向的截面惯性矩；

I_c —— 组合截面沿弯矩作用方向的截面惯性矩。

2.2.4 设计参数和计算系数

γ_0 —— 支护结构重要性系数；

3 基本规定

3.0.1 采用组合钢管结构连续墙的基坑工程，支护结构设计应采用以分项系数表达的极限状态设计表达式进行计算，并应符合现行上海市工程建设规范《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61 相关规定。对基坑安全等级为一级的支护结构，其结构重要性系数取 1.1，对基坑安全等级为二、三级的支护结构，其结构重要性系数取 1.0。

3.0.2 组合钢管结构连续墙适用于填土、粉土、砂土、碎石土、黏性土、淤泥及淤泥质土等地基。遇到以下情况时，在设计之前应通过试验确定其适用性：

- 1 进入液性指数小于 0.5 的黏性土、中粗砂、圆砾、卵石和软岩等地基；
- 2 地基中障碍物较多且不易清除；
- 3 无工程经验的地区。

3.0.3 组合钢管结构连续墙在施工前宜进行非原位成桩打拔试验，试验组数不宜少于 2 组。

3.0.4 施工前应评估组合钢管结构连续墙施工的可行性，并分析成墙对周边环境的不利影响。

3.0.5 组合钢管结构连续墙基坑工程勘察应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及上海地区相关标准执行。

3.0.6 组合钢管结构连续墙基坑工程施工期间，应对支护结构及周边环境进行监测。监测内容、要求、报警值等除应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定外，尚应符合本标准 5.6 节的要求。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 组合钢管结构连续墙支护设计前需要的资料应包括下列内容：

- 1 场地的岩土工程勘察报告(详细勘察)、场地地下障碍物资料；
- 2 基地红线图、基地周边地形图。
- 3 基地周边相关建（构）筑物、管线的调查资料。
- 4 建筑总平面图及主体工程地下建筑、结构资料等。
- 5 相邻工程建设状况。

4.1.2 组合钢管结构连续墙支护设计应综合考虑下列因素：

- 1 基坑平面形状、尺寸和开挖深度；
- 2 基坑周边环境条件；
- 3 场地地质情况及地下水文条件；
- 4 土方开挖与支撑架设流程；
- 5 现场施工条件与支撑拆除方法；
- 6 主体地下结构的设计与施工要求等；
- 7 支护材料的受力性状和截面几何参数，支护结构的空间效应和受力特点；
- 8 相邻基坑的施工工况。

4.1.3 综合基坑安全等级和环境等级情况，组合钢管结构连续墙可采用悬臂支护，也可与水平支撑、锚杆(索)和斜向支撑桩等组合使用。

4.1.4 热轧 U 形拉森钢板桩和钢管桩可根据附录 A 进行截面选型，常用热轧 U 形拉森钢板桩型号为 PU400×170 、PU600×210, 常用钢管桩型号为 630×14、750×14、820×14、915×14。

4.1.5 组合钢管结构连续墙中的钢管桩为主要受力构件，宜与拉森钢板桩间隔设置，内力与变形计算可不计入拉森钢板桩的作用，如图 4.1.5 所示。

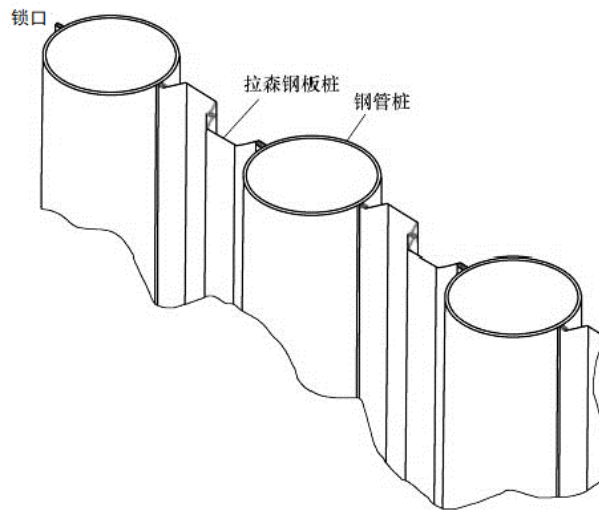


图 4.1.5 组合钢管结构连续墙简图

4.1.6 组合钢管结构连续墙中钢管桩与拉森钢板桩的组合形式应保证结构受力安全可靠、经济合理，钢管桩间距应根据计算确定，常用的组合形式有插一跳一式、插一跳二式、插一跳三式和其他组合形式，如图 4.1.6 所示。

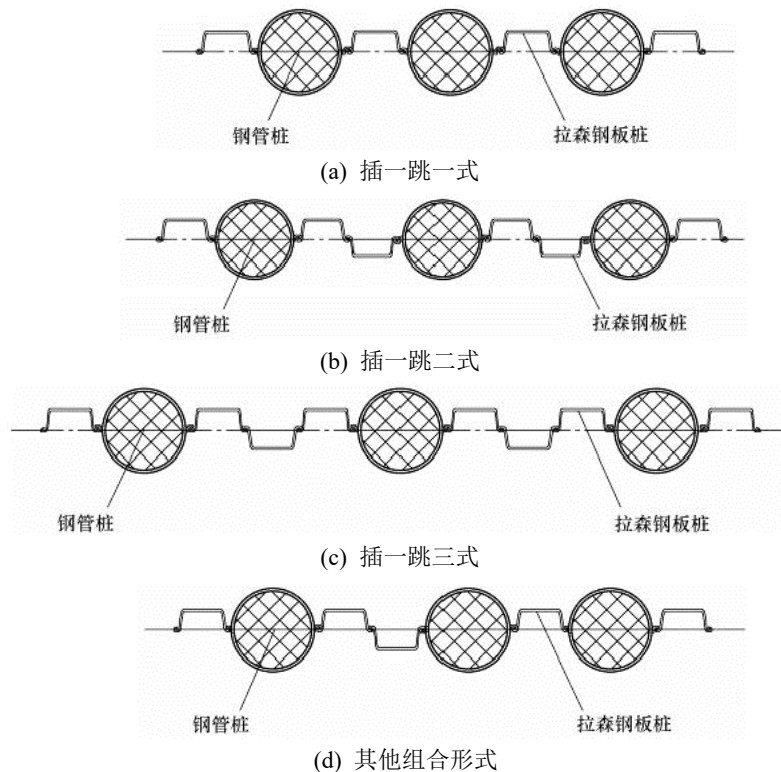


图 4.1.6 组合钢管结构连续墙常用组合形式

4.1.7 组合钢管结构连续墙中钢管桩与拉森钢板桩可采用等长或不等长的组合方式，拉森钢板桩最小长度应满足隔水要求。

4.1.8 组合钢管结构连续墙的平面布置应平直整齐。基坑转角处宜采用钢管桩作为转角桩，

并按转角角度焊接锁口连接件。

4.1.9 组合钢管结构连续墙宜采用锁口式防水构造进行基坑隔水；当基坑位于深厚砂性土层或周边环境对防渗要求高时，可采取在锁口位置增设注浆管或在坑外另设隔水帷幕等方式隔水。

4.1.10 组合钢管结构连续墙与其他类型围护桩组合使用时，交界处应采用（超）高压喷射注浆桩、水泥土搅拌桩等止水加强措施。

4.2 设计计算

4.2.1 组合钢管结构连续墙结合内支撑或锚杆(索)支护时，应根据整体计算结果选择以下最不利工况作用效应进行设计：

- 1 基坑开挖至各道支撑施工面；
- 2 基坑开挖至坑底；
- 3 换撑和拆撑；
- 4 基坑处于偏载情况。

4.2.2 组合钢管结构连续墙结合内支撑或锚杆(索)支护时，设计计算应符合现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120、地方标准《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61 等相关标准中板式支护结构的有关规定，并应包括下列内容：

- 1 组合钢管结构连续墙内力及变形计算；
- 2 基坑整体稳定性验算；
- 3 坑底抗隆起稳定性验算；
- 4 抗倾覆稳定性验算；
- 5 抗渗流稳定性验算；
- 6 抗承压水稳定性验算；
- 7 钢管桩强度验算。

4.2.3 组合钢管结构连续墙中钢管桩的嵌固深度应满足基坑的稳定性及变形要求，同时考虑其回收的施工可行性；计算时嵌固深度取坑底以下的钢管桩长度。

4.2.4 组合钢管结构连续墙的正截面承载力验算应符合下列规定，同时应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 进行稳定性计算。

1 作用于组合钢管结构连续墙的弯矩由钢管桩承担，拉森钢板桩与土芯作为安全储备，钢管桩按下式验算其抗弯强度：

$$\frac{1.25\gamma_0 M}{W} \leq f \quad (4.2.4-1)$$

式中： M —— 弯矩设计值 (N·mm)；

γ_0 —— 结构重要性系数，按照行业标准和地方标准《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61，对基坑安全等级为一级的支护结构，其结构重要性系数取 1.1，对基坑安全等级为二、三级的支护结构，其结构重要性系数取 1.0；

f —— 钢材的强度设计值 (N/mm²)；

W —— 钢管桩沿弯矩作用方向的截面模量 (mm³)。

2 作用于组合钢管结构连续墙的剪力由钢管桩承担，拉森钢板桩为安全储备，并按下式验算其抗剪强度：

$$\frac{1.25\gamma_0 VS}{I \cdot 2t} \leq f_v \quad (4.2.4-2)$$

式中： V —— 剪力设计值 (N)；

γ_0 —— 结构重要性系数；

f_v —— 钢管桩的抗剪强度设计值 (N/mm²)，国产钢材按现行国家标准《钢结构设计规范》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；

S —— 钢管桩计算剪应力处以上(以下)截面对中性轴的面积矩 (mm³)；

I —— 钢管桩沿弯矩作用方向的截面惯性矩 (mm⁴)，按附录 A 取值；

t —— 钢管桩的壁厚 (mm)。

4.2.5 对于重复使用的组合钢管结构连续墙，使用前应结合实际测量情况复核其截面力学特性。多次使用的组合钢管结构连续墙，钢管桩强度设计值宜适当折减。

4.3 构造要求

4.3.1 组合钢管结构连续墙中的钢管桩宜采用螺旋焊管、直缝钢管或无缝钢管，拉森钢板桩采用热轧 U 形拉森钢板桩，钢管桩的钢材牌号不宜低于 Q235B。

4.3.2 拉森钢板桩的最小单节长度一般为 6m，建议以 3m 为最小单位进阶。钢管桩的最小单节长度一般为 12m，建议以 2m 为最小单位进阶。

4.3.3 钢管桩宜采用整材，当需要进行接桩焊接时，焊接应符合下列规定：

1 分段焊接时应采用坡口等强焊接，并外焊 4 块弧形钢板，高度不应小于 500mm，壁厚不小于 14mm；

2 对接焊缝的坡口形式和要求应满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的有关规定，焊缝质量等级不应低于二级，施工前应采用超声探伤等非破损方法进行检测；

3 单根钢管桩焊接接头不宜超过 2 个，焊接接头应距离基坑底面以下不小于 2m，且相邻两根钢管桩接头应错开 1m 以上；

4 钢管桩焊接接头形式和焊接质量尚应满足钢管桩回收起拔要求。

4.3.4 组合钢管结构连续墙的顶部，宜设置连续的冠梁或围檩；冠梁应采用钢筋混凝土浇筑，高度不应小于 600mm。

4.3.5 组合钢管结构连续墙设置冠梁时，冠梁构造应符合下列规定：

1 钢管桩桩顶高出冠梁不宜小于 50mm，钢管桩外壁与冠梁边的净距不宜小于 250mm；拉森钢板桩桩顶应伸入混凝土冠梁内的长度不宜小于 50mm；

2 冠梁内主筋应避开钢管桩与拉森钢板桩；箍筋宜采用四肢箍，直径不宜小于 10mm，间距不宜小于 150mm，且钢管穿冠梁位置箍筋应加密；冠梁底应设置垫层，且垫层混凝土强度等级不低于 C20。

3 冠梁内宜设置交叉加强筋，加强筋应沿冠梁高度均匀布置，与主筋水平搭接长度不宜小于 200mm，且满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4 冠梁高度范围内的钢管桩宜根据设计受力情况设置铆钉、锚筋、盘箍等形式的抗剪措施。

5 冠梁钢筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构通用规范》GB 55008 的规定。冠梁用作支撑或锚杆(索)的传力构件或按空间结构设计时，尚应按受力构件进行截面设计。

4.3.6 当不设置冠梁时，组合钢管结构连续墙中的钢管桩与拉森钢板桩的桩顶标高宜设置为同一标高。

4.3.7 当采用内支撑或锚杆(索)支护体系时，组合钢管结构连续墙支护体系的围檩应符合下列规定：

1 组合钢管结构连续墙支护宜与内支撑或锚杆(索)组合使用。内支撑可采用钢筋混凝土支撑、钢管支撑、型钢支撑、斜向支撑和组合支撑。

2 围檩宜完整、连续，并与支撑体系连接成整体。钢筋混凝土围檩在转角处应按刚结点进行处理。

3 当钢支撑与围檩斜交时，应在围檩上设置抗剪措施；当围檩与斜向支撑桩结合时，

应在交点处斜向支撑桩周设置抗剪措施。

4 组合钢管结构连续墙与锚杆(索)组合使用时,应在拉森钢板桩上预先开孔,再将锚杆(索)端部设置在组合钢管结构连续墙的围檩上,并应保证牢靠连接。

5 采用钢围檩时,钢围檩与组合钢管结构连续墙之间的空隙应采用强度等级不低于 C30 的细石混凝土或高强灌浆料填实,或采用传力件等措施进行可靠连接。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应结合工程特点及环境保护要求，编制施工组织设计与专项施工方案，并制定风险源及应急预案。

5.1.2 组合钢管结构连续墙在正式施工前应进行试沉桩，确定施工工艺及施工参数。

5.1.3 钢管桩和拉森钢板桩沉桩与回收时，应采用保护带或保护钢丝等措施，防止钢管桩和拉森钢板桩倾倒。

5.1.4 施工过程中应进行信息化施工，并按本标准附录 B 进行施工记录。

5.1.5 施工时应应对邻近建（构）筑物和地下管线进行保护和监测，并根据监测数据调整施工顺序、施工速度等参数，减小对周边环境的扰动。

5.2 施工准备

5.2.1 组合钢管结构连续墙施工准备应符合下列规定：

1 施工前应根据桩位平面布置图，确定合理的施工顺序及配套机械、设备、材料和现场布置方案。

2 场地应平整至设计标高，清除施工区域内的表层硬物及地下障碍物；遇明塘、暗浜时，应及时抽水、清淤、回填并夯实。

3 场地临时施工道路应满足施工车辆通行要求，必要时应进行地基处理。

4 沉桩前应在干燥条件下清除桩体表面污垢、铁锈及内部残余土，内外侧涂刷减摩材料。

5 打桩机应在现场组装并经试运行合格后方可施工。

5.2.2 沉桩宜采用静压或振动沉桩等方法；邻近保护对象或在振动、噪音敏感场地施工时，振动沉桩宜选用高频免共振振动成桩法。高频免共振振动沉桩宜采用三支点免共振设备进行施工。

5.2.3 免共振设备应符合下列规定：

1 桩底盘应保持水平，平面允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ ，立柱导向架垂直度偏差不应大于 $1/250$ ；

2 应具有桩架垂直度调节功能；

- 3 应具有预警装置；
- 4 最大钻孔直径与深度应满足施工要求；
- 5 偏心块大小、质量、密度应完全相同，保证两组偏心块在旋转的同时，在任何相位角均可以使两组偏心块的激振力相互抵消；
- 6 采用电驱动的卷扬机应具有电机工作电流显示，采用液压驱动的卷扬机应有油压显示；
- 7 工作转速应不小于 2300rpm；
- 8 夹具应保证组合钢管结构连续墙沉桩时连接牢靠。

5.2.4 静压植桩机应符合下列规定：

- 1 机架系统应具有水平偏差和垂直度调节功能；
- 2 最大压入力应不小于 1500kN；
- 3 最大引拔力应不小于 1600kN；
- 4 回转角度应能满足沉桩垂直度的控制要求，回转角度范围宜在左右各 48° 之间；
- 5 接地压强应能满足地基承载力要求，对易陷机的软弱地基宜预先采取加固措施。

5.2.5 组合钢管结构连续墙正式施工前应进行试沉桩，试沉桩应符合下列规定：

- 1 应优先选择控制性勘探孔附近。
- 2 试桩的位置、地质条件、长度应具有代表性。
- 3 试验过程中宜对地表变形、振动、噪声等项目进行监测。
- 4 测点数量及深度应与钢管桩数量及桩长相对应。应根据试验监测数据，调整相关施工参数，当组合钢管结构连续墙施工对周边土体的环境影响满足设计要求时，再进行下一阶段施工。

- 5 试验桩拔除回收后应及时进行注浆密实。

5.2.6 操作人员在施工前应进行安全生产和技术、质量交底，特种作业人员应持证上岗。

5.3 沉桩施工

5.3.1 组合钢管结构连续墙沉桩前，应符合下列规定：

- 1 应根据桩位布置图进行测量放样，沿轴线开挖导向沟，并应在沟槽边设置定位导向架。

- 2 应在锁口内嵌黄油、沥青或其他密封止水材料；锁口不应有破损和变形，后续桩与先打入桩的锁口使用前应通过套锁检查。

5.3.2 组合钢管结构连续墙施工应根据地质条件、作业环境、噪声及振动控制要求等因素确

定合理的沉桩方法。

5.3.3 组合钢管结构连续墙采用免共振振动沉桩施工时，应符合下列规定：

1 免共振振动沉桩施工应根据振动锤的工作振幅、激振力、重量和允许拔桩力选择振动锤的规格型号。

2 沉桩前，应选择合适的夹具，保证夹具与桩的安全牢靠连接；振动锤的桩夹应夹紧钢桩上端，并使振动锤与钢桩重心在同一直线上。

3 振动锤夹紧钢桩吊起，应使桩垂直就位或拉森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；钢桩每下沉 1.0m,停振检测桩的垂直度，发现偏差，及时纠正。

4 激振频率应大于桩土共振频率。

5 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 0.6m~1.0m,再重新快速下沉，如仍不能下沉，应采取其他辅助措施。

5.3.4 组合钢管结构连续墙采用静压沉桩施工时，应符合下列规定：

1 静压沉桩施工首根桩时，应先对反力基座配置配重，以满足前两根桩的压入施工；配重应对称均匀布置，确保静压植桩机底座水平。

2 第二根桩施工完成后，可拆除配重，实施骑桩作业。

3 在硬可塑或硬塑黏土、中粗砂层中沉桩困难时，可配备水刀辅助沉桩。

4 在卵石层、岩层等坚硬地基中沉桩困难时，可采用预先引孔方式辅助沉桩。

5 沉桩时可适当提拔，再复压，保证锁口紧密连接与桩身垂直度满足设计要求。

6 在桩端进入硬土层后，严禁强行用回扳的方法纠偏。

5.3.5 组合钢管结构连续墙吊装时，应符合下列规定：

1 宜采用两点吊法或两头钩吊法；

2 吊点位置应符合设计要求，吊点位置允许偏差不应大于 $\pm 100\text{mm}$ ；

3 装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。

5.3.6 组合钢管结构连续墙沉桩施工时，应符合下列规定：

1 可采用单桩打入、排桩打入、阶梯打入等方法，最后闭合处宜采用屏风法沉桩。

2 下沉与回收速度宜为 $1\text{m}/\text{min}$ ，并保持匀速。

3 如遇硬质地层沉桩困难时，可采用预引孔、水刀等辅助措施沉桩措施，并减慢施工速度；预引孔应保证钻孔垂直度。

4 在粉砂土、卵石等土层中施工时，宜添加膨润土；在硬可塑或硬塑黏土等土层中施工时，宜添加聚合物化学浆液。

5 沉桩时应在重型机械下铺设钢栈桥板。应保证平整度与垂直度，平面偏差不应大于±10mm，标高误差不应大于100mm，垂直度不应大于1/200。

5.3.7 临水基坑中采用组合钢管结构连续墙时，应符合下列规定：

1 施工水域为通航水域时，应进行工程航道条件安全分析，设置必要的防撞保护设施、导助航标志和警示装置。

2 水中施打围封形成干作业条件的，应由上游分两头插打、到下游合拢，施工完成后锁口应闭合。

5.4 回收

5.4.1 组合钢管结构连续墙的回收应在地下室结构外墙与组合钢管连续墙之间的肥槽回填施工完成后进行。

5.4.2 基坑肥槽回填土宜高出地面200mm~300mm，宜采用砂土、粉土、粉质黏土、素土等，环境敏感部位，可采用低强度混凝土、级配砂石、灰土、流态固化土、泡沫混凝土等材料回填。

5.4.3 回收设备的作业区域，场地宜整平并满铺钢栈桥板。

5.4.4 组合钢管结构连续墙回收时宜分段、间隔进行，应先跳拔回收拉森钢板桩，拉森钢板桩回收后，槽壁内应及时注浆，然后跳拔回收钢管桩。

5.4.5 注浆材料应为纯水泥浆，注浆压力宜为2MPa~3MPa，浆液水灰比宜为0.5~0.6。沿桩长长度方向每延米水泥用量应符合表5.5.7的规定。

表 5.5.7 纯水泥浆用量表

序号	名称	每延米水泥用量(kg)
1	拉森钢板桩	≥10
2	630×14 钢管桩	≥20
3	750×14 钢管桩	≥25
4	820×14 钢管桩	≥28
5	915×14 钢管桩	≥30

5.4.6 回收过程中应避免碰撞主体结构，并适当提高周边监测点的监测频率。

5.4.7 组合钢管结构连续墙回收后，应及时运出场地。

5.4.8 组合钢管结构连续墙回收后，应进行校正、修复处理，并对其截面尺寸和强度进行复核。

5.5 环境保护与监测

5.5.1 基坑施工前，了解并收集的周边环境资料应包括下列内容：

- 1 邻近建(构)筑物的结构及基础现状；
- 2 邻近市政道路及管线现状；
- 3 其他需要被保护的对象的保护要求。

5.5.2 在成桩阶段，应进行噪声和振动监测。噪声分贝需满足建筑施工场地环境噪声排放限值，振动频率须满足环境要求。当不满足环境保护要求时，应采取强搅微扰非取土预先引孔和水刀等辅助措施或调整施工机械参数。

5.5.3 对环境保护要求较高的基坑工程，在沉桩过程中应结合监测结果及时调整施工参数。

5.5.4 施工沉桩与回收全过程应进行环境监测，实施信息化施工。

6 质量检查与验收

6.1 一般规定

6.1.1 组合钢管结构连续墙的质量检查与验收内容应包括验证机械性能、材料质量、试沉桩资料以及逐根检查钢管桩和拉森钢板桩的定位、长度、标高、垂直度以及锁口连接质量等。应检查钢管桩和拉森钢板桩规格、拼接焊缝质量等是否满足设计和施工要求。

6.1.2 采用组合钢管结构连续墙作为支护结构的基坑工程，除应符合本标准要求外，尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 等的相关规定。

6.1.3 采用组合钢管结构连续墙作为支护结构的基坑工程，其支撑、锚杆(索)系统、降排水、土方开挖等分项工程的质量验收，应按国家、行业或地方相关标准的有关规定进行。

6.2 检查与验收

6.2.1 检验批应由专业监理工程师组织施工单位项目专业质量检查员、专业工长等进行验收。

6.2.2 钢管桩和拉森钢板桩强度、规格、焊缝质量应符合设计要求以及现行国家标准《热轧钢板桩》GB/T20933 和《钢结构焊接规范》GB50661 的要求。检查数量应为全数检查；检查方法可采用钢尺或游标卡尺量测，焊缝质量检验应按有关标准的规定执行。

6.2.3 钢管桩和拉森钢板桩桩身存在缺陷，可采用砂轮等机械方法修磨或焊补。清理后的截面尺寸应在允许偏差范围内，如表 6.2.3 所示。

表 6.2.3 钢管桩外观的允许偏差

序号	项目		允许偏差(mm)
1	外径或断面尺寸	桩端部	±0.5%外径或边长
2		桩身	±0.1%外径或边长
3	长度		±50
4	端部平整度		≤2
6	端部平面与桩身中心线的倾斜值		≤2

6.2.4 钢管桩上宜设置长度标识，标识应明显且不得对钢管桩造成损伤。可采用油漆作为长度标识，并以 2m 为最小单位进阶。

6.2.5 组合钢管结构连续墙施工质量验收标准应符合表 6.2.5 的规定。

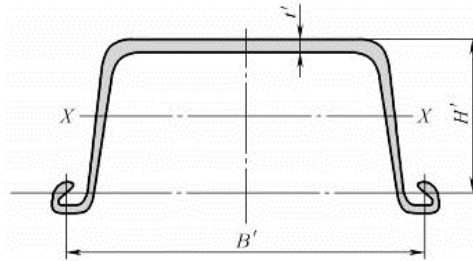
表 6.2.5 组合钢管结构连续墙施工质量验收标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值	
		数值	单位
1	成桩垂直度	$\leq 1/200$	—
2	轴线偏差	± 10	mm
3	桩顶标高	± 100	mm
4	桩长	+100, 0	mm
5	锁口咬合程度	紧密	—
6	桩身弯曲度	$< 2\%L'$ (L' 为桩长)	mm

6.2.6 组合钢管结构连续墙施工验收记录表样式可采用本标准附录 B。

附录 A 组合钢管结构连续墙常用构件参数表

A.0.1 常用型号的热轧 U 形拉森钢板桩的截面形状、尺寸、截面面积、理论重量及截面特征见图 A.0.1 和表 A.0.1。



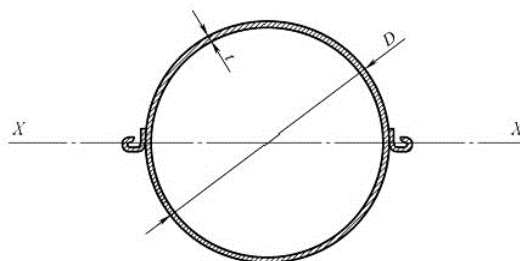
B' — 拉森钢板桩的有效宽度； H' — 拉森钢板桩的有效高度；
 t' — 拉森钢板桩的腹板厚度

图 A.0.1 热轧 U 形拉森钢板桩截面图

表 A.0.1 热轧 U 形拉森钢板桩截面特性参数

型号	有效宽度 B' (mm)	有效高度 H' (mm)	腹板厚度 t' (mm)	截面面积 A' (cm^2)	理论重量 G (kg/m)	惯性矩 I' (cm^4)	截面模量 W' (cm^3)
PU400×170	400	170	15.5	96.99	76.1	4670	362
PU600×210	600	210	18.0	135.3	106.2	8630	539

A.0.2 常用型号的钢管桩的截面形状、尺寸、截面面积、理论重量及截面特征见图 A.0.2 和表 A.0.2。



D — 钢管桩的公称直径； L — 钢管桩的壁厚

图 A.0.2 钢管桩截面图

表 A.0.2 钢管桩截面特性参数

型号	公称直径 D (mm)	厚度 t (mm)	截面面积 A (cm^2)	单根每米重量 G (kg/m)	惯性矩 I (cm^4)	截面模量 W (cm^3)
630×14	630	14	270.9	236	128508	4172
711×14	711	14	306.6	265	186160	5342
750×14	750	14	323.7	279	219190	5956
820×14	820	14	354.5	303	287868	7143
915×14	915	14	396.3	336	402126	8926

注：1.惯性矩与截面模量只考虑了钢管桩的截面，未考虑锁口；

2.单根每米重量考虑锁口。

附录 B 组合钢管结构连续墙施工验收记录表

验收日期：

编号：

工程名称			
项目名称			
建设单位			
设计单位			
施工单位			
监理单位			
桩号		钢管桩与拉森钢板桩 规格(mm)	
对接焊缝质量		平面位置轴线偏差 (mm)	
设计桩顶标高 (mm)		实际桩顶标高 (mm)	
设计桩长 (m)		实际桩长 (m)	
设计桩间距 (m)		实际桩间距 (m)	
出现的问题 及处理方法			
检查意见			
验收意见			
施工单位	年 月 日	监理单位	年 月 日

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 标准中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定或要求”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名录

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

- 1 国家标准《工程结构通用规范》GB 55001
- 2 国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 3 国家标准《钢结构设计标准》GB 50017
- 4 国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 5 国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 6 国家建筑标准设计图集《建筑基坑支护结构构造图》11SG814
- 7 国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 8 国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 9 国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661
- 10 国家标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004
- 11 国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T 50010
- 12 国家标准《热轧钢板桩》GB/T 20933
- 13 行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 14 上海市工程建设规范《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61
- 15 上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ 08-11
- 16 上海市工程建设规范《岩土工程勘察标准》DG/TJ 08-37
- 17 上海市工程建设规范《市政地下工程施工质量验收规范》DG/TJ 08-236
- 18 上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08
- 19 上海市工程建设规范《城市轨道交通结构安全保护技术标准》DG/TJ 08-2434

上海市勘察设计行业协会团体标准

组合钢管结构连续墙技术标准

T/SDETA XXXXX-2026

条 文 说 明

1 总 则

1.0.1 基坑工程是地下空间建设和环境安全的保护措施，城市地下空间及其功能需求决定了基坑数量与体量。基坑支护技术与新阶段我国经济和社会高质量发展息息相关。

目前，国内的基坑围护结构有拉森钢板桩、灌注桩结构、SMW 工法、CSM 工法、TRD 工法和地下连续墙等形式，但在各种建材价格不断上涨和环境保护要求提高的情况下，各自都存在着一些不足。近年来，随着国家对节能环保、绿色低碳的重视，基坑工程装配式技术在我国也逐渐增多。装配式钢结构连续墙支护技术具有工期短、易标准化、绿色节能及节省人力成本等优点，成为未来基坑支护发展的主要方向之一。目前装配式钢结构连续墙在建筑工程、港口工程、桥梁工程、市政工程、城市轨道交通等工程中已得到广泛应用。

组合钢管结构连续墙（也可称为“PC 工法组合钢管（Pipe-Combination）”或“PLC 工法支护桩（pipe larssen steel combination piling）”）是近几年来在国内得到较多应用的一种新型装配式基坑围护结构。它是由钢管桩与热轧 U 形拉森钢板桩通过小企口锁口连接形成的全钢质连续墙。该围护结构首次于 2015 年应用于杭州大华饭店改造工程—G20 峰会配套项目，同年该工艺获得了浙江省省级工法称号。自 2015 年该工法在国内第一次被提出以来，工程应用逐渐增多，并得到大力推广，迄今为止，已在杭州市、嘉兴市、湖州市、绍兴市、宁波市、台州市、温州市、上海市以及江苏省、安徽省、广东省、河北省和福建省等地的千余个工程中成功应用，图 1 和图 2 分别为组合钢管结构连续墙在深厚软土与粉砂土中的施工现场开挖照片。目前使用组合钢管结构连续墙支护的地下室最深为 6 层，最大开挖深度约为 18.2m，钢管桩使用的最长长度为 32m。



图 1 典型深厚软土地基组合钢管结构连续墙施工现场开挖图

组合钢管结构连续墙支护结构目前在工业与民用建(构)筑物地下室基坑中应用较多,取得了良好的社会效益和经济效益。该技术具有以下优点:

1 施工速度快且质量可控:组合钢管结构连续墙是钢管桩与拉森钢板桩通过小企口连接而形成的钢质连续墙,无须进行现场混凝土养护,施工速度快。钢管桩与拉森钢板桩均为工厂化制作的支护桩,大大降低了人为因素对施工质量的影响。

2 绿色环保:组合钢管结构连续墙施工过程中不产生泥浆,与灌注桩、SMW工法桩、CSM工法桩、TRD工法桩等相比更为环保。

3 经济性:组合钢管结构连续墙是一种可回收重复使用的围护结构,且使用时无须另设止水帷幕。根据不同的地质条件、开挖深度、周边环境,钢管桩与钢管桩之间可根据设计需要灵活设置不同数量的拉森钢板桩,从而降低成本。

4 可重复利用:基坑完成后,组合钢管结构连续墙中的钢管桩与拉森钢板桩均可回收,质量检查满足要求后可重复使用。

5 使用土层广泛:目前已在填土、粉土、砂土、黏性土、淤泥及淤泥质土等地基中得到良好的应用。

1.0.3 本标准仅规定了组合钢管结构连续墙支护的设计、施工和验收等要求,与之相关的其他分项工程的技术要求,应符合国家、行业和各地方相关标准或规程的规定。

2 术语和符号

2.1.6 在实际工程中，振动沉桩常与水冲法等辅助工艺结合使用，以提高沉桩效率，但在接近设计标高前需停止辅助手段，确保桩端承载力。

3 基本规定

3.0.2 本条明确了组合钢管结构连续墙的适用范围，也可用于单边、部分或多边直接临水的基坑工程。施工前需清除地下障碍以防止组合钢管结构连续墙在沉桩过程中出现困难。在无工程经验及特殊地层区域，需通过现场试验确定组合钢管结构连续墙的适用性。

垃圾土、污染土等特殊场地采用组合钢管结构连续墙前，应先查明场地污染物组分、分布及理化特性，对组合钢管结构连续墙插拔施工及围护使用过程中污染物二次迁移扩散风险开展专项评估；必要时应通过现场试验论证组合钢管结构连续墙的场地适应性、施工可行性及环境可控性，确定其工程适用条件与控制要求。

3.0.3 非原位试验应在待施工项目中地质条件具有代表性的位置进行。环境保护要求高的项目成桩打拔试验建议采用非原位试桩，遇有特殊地质（如深厚杂填土、碎石土等）或无施工经验的地区时，宜适当增加试验组数。

3.0.4 设计前应进行建设场地及环境调查，分析组合钢管结构连续墙的沉桩施工的可行性及回收条件，并评估其对环境的影响。在周边环境复杂、环境保护要求高、开挖深度大于 15m 以及地铁高架保护区内需要重点考虑。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.2 基坑支护设计应重视邻近工程施工影响，调查相邻工程建设状况有关资料，并综合考虑下列因素：

- 1 邻近基坑、隧道开挖引起的加、卸载效应；
- 2 邻近工程桩、围护桩及土体加固的施工影响；

3 地面超载、重车荷载等。

4.1.3 在目前已经完成的组合钢管结构连续墙基坑工程中，组合钢管结构连续墙悬臂支护、组合钢管结构连续墙-内支撑体系、组合钢管结构连续墙-锚杆(索)体系等支护结构均有成功应用的案例，其中组合钢管结构连续墙-内支撑体系形式应用最为广泛。

4.1.5 拉森钢板桩的刚度远小于钢管桩，宜将拉森钢板桩仅视为隔水防渗构件而不考虑其对整体截面力学特性的贡献，即组合钢管结构连续墙内力与变形计算时仅计入钢管桩的作用，拉森钢板桩与土芯作为安全储备。

4.1.6 组合钢管结构连续墙中钢管桩与拉森钢板桩的组合形式应以保证结构受力安全合理、经济可靠为原则，增加钢管桩的插入密度有利于提高连续墙的抗弯性能，减小基坑变形量。对于变形控制要求较高的工程，宜适当提高钢管桩的插入密度。

可以根据工程需要采用钢管桩密插，但由于钢管密插锁口连接可能不理想、挤土效应严重、施工精度要求更高、拔桩施工难度增加等因素，不建议大范围使用。



图 4.1 组合钢管结构连续墙局部密插的组合形式

当采用插一跳一的组合形式时，热轧 U 形钢板桩开口朝向如全部向坑外，则挖土方量、换撑构件方量可降低，但综合刚度不及开口朝向错开的情况，建议设计复核后综合考虑。

4.1.8 基坑转角处采用钢管桩作为转角桩，可使组合钢管结构连续墙有较好的整体性，也方便转角区域锁口连接。

4.1.9 组合钢管结构连续墙的钢管桩和拉森钢板桩通过锁口连接件相连，兼有挡土及隔水功能，钢管桩和拉森钢板桩均应满足抗渗流稳定性验算要求。一般情况，采用组合钢管结构连续墙的基坑工程可不另设止水帷幕。当基坑位于深厚砂性土层或周边环境对防渗有较高要求时，可在坑外另设隔水帷幕加强隔水，也可在钢管桩的锁口位置外侧增设注浆管，通过注浆加强锁口处隔水效果。

4.1.10 组合钢管结构连续墙与其他类型围护桩组合使用时，应特别注意交界处的止水问题。若同一个项目中存在装配式组合钢管结构连续墙支护与钻孔灌注桩结合止水帷幕，在交界处，止水帷幕应向组合钢管结构连续墙方向延伸至少两幅，

且不应小于 2m。

4.2 设计计算

4.2.2 组合钢管结构连续墙结合内支撑或预应力锚杆(索)支护时的设计计算内容与行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012、地方标准《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61 等相关标准中板式支护结构的内容基本一致，根据组合钢管结构连续墙的特点，主要增加了组合钢管结构连续墙抗弯、抗剪的验算内容。

4.2.3 应预先分析组合钢管结构连续墙支护工程的回收场地及环境条件，考虑钢管桩与拉森钢板桩回收的技术路线、吊车停靠位置等。

4.2.4 挡土构件通常按受弯构件考虑，即主要承受水平力，而忽略轴向力的作用。对于纯弯构件，钢管桩的剪应力最大值发生在中性轴上，其最大剪应力可简化为：

$$\tau_{\max} = \frac{VS}{I \cdot 2t} = \frac{V \cdot (2r_0^2 t)}{(\pi r_0^3 t) \cdot 2t} = \frac{2V}{A}$$

则钢管桩抗剪强度验算公式可简化为：

$$\frac{2.5\gamma_0 V}{A} \leq f_v$$

式中：V—— 剪力设计值(N)；

γ_0 —— 结构重要性系数；

f_v —— 钢管桩的抗剪强度设计值(N/mm²)，国产钢材按现行国家标准《钢结构设计规范》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；

S—— 钢管桩计算剪应力处以上(以下)截面对中性轴的面积矩(mm³)；

I—— 钢管桩沿弯矩作用方向的截面惯性矩(mm⁴)，按附录 B 取值；

t—— 钢管桩的壁厚(mm)。

r_0 —— 钢管桩的平均半径(mm)；

A—— 钢管桩的截面面积 (mm²)， $A = 2\pi r_0 t$ 。

组合钢管结构连续墙中钢管桩为主要受力构件，热轧 U 形拉森钢板桩为安全储备。以图 3 “插一跳一” 式为例，组合钢管结构连续墙的组合截面惯性矩为：

$$I_c = I + A \cdot (h_c - h_1)^2 + I' + A' \cdot (h_c - h_2)^2$$

- 式中： I_c —— 组合截面沿着弯矩作用方向的惯性矩 (mm^4)；
 I —— 钢管桩沿弯矩作用方向的截面惯性矩 (mm^4)，按附录 B 取值；
 I' —— 拉森钢板桩截面惯性矩，按附录 A 取值 (mm^4)；
 A —— 钢管桩的截面面积 (mm^2)；
 A' —— 拉森钢板桩的截面面积 (mm^2)；
 h_c-h_1 —— 钢管桩形心至组合截面形心的距离 (mm)。；
 h_c-h_2 —— 拉森钢板桩形心至组合截面形心的距离 (mm)；

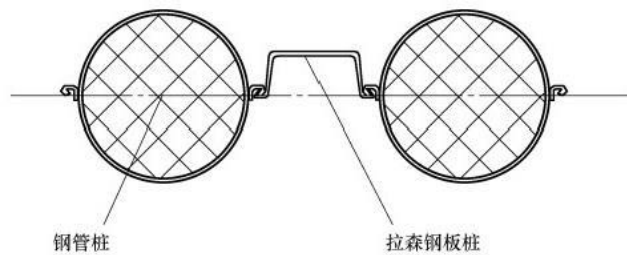


图 3 “插一跳一”式

通过计算，当钢管桩采用 630×14 规格，热轧 U 形拉森钢板桩采用 $PU400 \times 170$ 规格时，采用“插一跳一”式，每延米拉森钢板桩截面惯性矩约是钢管桩的 12%。本标准中将热轧 U 形拉森钢板桩作为安全储备，仅计算钢管桩，计算是偏安全的。

4.2.5 对于首次使用的新钢管桩，重复利用折减系数 ξ 可取值 1.0；对于重复使用的旧钢管桩，宜通过断面测量后的实际断面进行计算；无相关数据经验时，根据重复利用次数， ξ 可取值 0.85~0.95；锤击损伤、严重锈蚀等情况下， ξ 可取值 0.60~0.85。

表 4.2 钢管桩重复利用折减系数 ξ 的取值比较

标准编号与名称	适用对象	首次使用 (新桩)	重复使用 (旧桩, 无实测)	条文位置
T/CECS 720-2020 钢板桩支护技术规程	钢板桩、钢管桩	1.0	0.6~0.95	4.5.2 条
DBJ04/T 328-2016 山西钢板桩支护技术规程	钢板桩、钢管桩	1.0	0.85~0.95	4.6.4 条

DBJ/T 15-214-2021 广东深基坑钢板桩支护技术规程	钢板桩、钢管桩	1.0	0.85~0.95	4.5.2 条
T/CECS 1208-2022 全回收基坑支护技术规程	全回收钢桩(含钢管桩)	1.0	0.85~0.95	5.2.3 条
装配式钢结构基坑支护技术标准(2023)	钢桩、钢支撑	1.0	钢桩: 0.6~0.95; 钢支撑: 0.85~0.95	4.3.5、4.3.6 条

4.3 构造要求

4.3.3 组合钢管结构连续墙应严格控制钢管桩与锁口的焊接质量，避免钢管桩的接头成为受力薄弱点(图 4)。钢管桩接头应避免设置在受力较大处，当基坑开挖至坑底时，开挖面处桩身应力往往大于桩身其他位置，因此，焊接接头距离坑底面不应小于 2m，且相邻两根钢管接头应错开 1m 以上，严禁开挖面附近的相邻钢管桩接头在同一标高。为减小组合钢管结构连续墙回收时的拔起阻力，接头焊接形式应光滑平整。

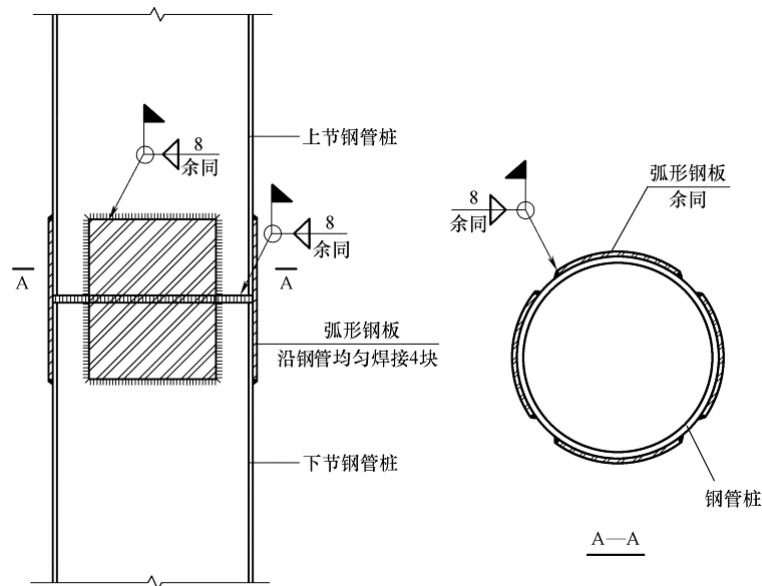


图 4 组合钢管结构连续墙分段焊接详图

4.3.5 组合钢管结构连续墙冠梁构造应符合下列规定：

1 钢管桩桩顶高出冠梁 50mm 以上是基于钢管桩的回收保护需要，拉森钢板桩桩顶应伸入混凝土冠梁底 50mm 以上是为了防止冠梁底部漏水，伸入冠梁长度

不大于保护层厚度是为了减少对冠梁主筋的影响。在出土口范围内，钢管桩顶部应采取可靠的保护措施，避免因重车反复碾压损伤钢管桩。

3 因钢管穿透式布置影响冠梁有效体积，对冠梁削弱较多，宜增设交叉加强筋进行补强。特别是深大基坑群，建议设置如下交叉加强筋（如图6所示）。

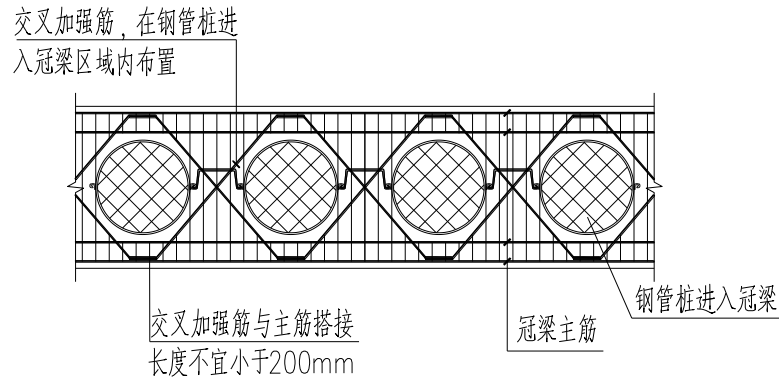


图6 钢管桩进入冠梁区域需设置交叉加强筋详图

4.3.6 桩顶未设圈梁或围檩分段设置时，围护结构失去顶箍作用离散性大，建议考虑截面模量折减。根据国内外相关研究成果，折减系数与组合钢管结构连续墙所入土层、组合形状、施工方式、支撑体系形式及锁口处理方式等有关，宜通过试验或设计经验确定。

4.3.7 组合钢管结构连续墙支护桩与钢筋混凝土腰梁、钢围檩、锚拉体系连接及抗剪连接详图参见国家建筑标准设计图集《建筑基坑支护结构构造图》(11SG814)。为保证围护结构与钢围檩间传力的均匀、可靠，对钢围檩与组合钢管桩结构连续墙之间的空隙，应采用混凝土或高强灌浆料进行填实。当采用混凝土或灌浆料填实时，空隙宽度不宜大于100mm；当采用传力件进行连接时，传力件形状应与钢管桩弧形贴合，并与钢围檩及钢管桩可靠焊接。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 施工组织设计除了工期、施工设备的配置、主要材料与数量、施工顺序、人员组织、场地布置、质量控制及安全、环保措施外，还应包括组合钢管结构连续墙沉桩机械的施工操作规定。该规定应根据设备性能、地质条件和施工要求制

定，包括但不限于设备操作步骤、要点、主要施工参数的控制方法、沉桩速度和应急预案等。

5.1.3 钢管桩与钢板桩长度较长时，吊装容易引起安全事故。施工前应做好施工组织安排，合理采用吊装机械，提高施工人员安全意识，现场监督管理到位。

5.2 施工准备

5.2.1 本条说明组合钢管结构连续墙施工准备应符合的要求：

2 施工前进行地下障碍物的清除，有利于避免因遇地下障碍物而导致的成桩不均匀问题。

4 不可在潮湿表面上直接涂刷，否则将导致涂层剥落。钢管桩与拉森钢板桩表面涂刷完减摩剂后若出现剥落现象，须将其铲除，重新涂刷减摩剂。

5.2.3 振动沉桩的工作原理是利用偏心块高速旋转产生激振力，通过夹具将激振力传递到桩身，进而带动桩身做高速振动实现土壤液化，最终克服土壤摩擦力实现桩身下沉。设备在启动与关闭时一定会经过土体的共振频率范围，这两次共振会对施工成墙及周边环境造成不利影响。其一，共振会沿着土体传递到更深的地层，造成施工地基和邻近地基的破坏。如果邻近地基过于敏感或者地基基础较为薄弱，可能还会造成邻近地基的损坏和坍塌。其二，共振能量会传递到振动锤，通过振动锤传递至履带吊，传递到履带吊的共振能量对于履带吊的吊臂会产生不利影响。因此，需要避免发生土体共振。

免共振技术主要是通过对偏心块的改进实现的，如今主要有两种解决方案：第一种改进技术是设置中空圆形减振块，其内部可进行调节，保证减振块可以随时产生激振力。第二种改进技术是通过两组偏心块在相同相位角激振力抵消的方式达到免共振效果。通过设计，两组偏心块在高速旋转的同时，在任何相位角都能保持上下两组偏心块的激振力刚好抵消。这样可以在免共振振动锤启动和关闭的时候保证偏心块的高频且不会产生激振力。

5.2.4 当施工位置地基软弱，易产生沉陷与地基失稳问题，施工机械下沉将导致施工精度与生产效率的下降，严重时将导致设备损坏。因此，需要视情况对施工机械下方地基承载力进行复核与处理。

5.2.5 试沉桩的监测项目和监测范围宜根据环境保护要求区分。限于试验实践数据不多,建议环境保护要求高的区域可将距离钢管桩中心为钢管桩长度一半的水平范围纳入主要影响范围试验区,进行相关试桩和监测工作。

5.3 沉桩施工

5.3.1 组合钢管结构连续墙锁口空隙较小,锁口有缺损和变形的组合钢管结构连续墙,不能保证锁口有效咬合和顺利沉桩。组合钢管结构连续墙围护结构要求墙体自防渗时,通常采用在坑外钢管桩接缝处设注浆防渗或在锁口中设置密封止水材料等防渗措施。

5.3.4 静压植桩机应用了与各类传统型打桩机完全不同的桩机贯入工艺机理。静压植桩机通过夹住数根已经压入地面的桩(完成桩),将其拔出阻力作为反力,利用静载荷将下一根桩压入地面的“压入机理”。其施工流程一般为:

- 1 施工准备;
- 2 导沟开挖;
- 3 测量放样、定位;
- 4 辅助钢桩与桩机就位;
- 5 配重就位;
- 6 静压植桩机压桩;
- 7 配重取消;
- 8 桩机骑桩继续压桩。

压桩前,将机器的液压油管、电缆线与机器连接,并检查其仪表盘内参数。压桩机需要配合汽车吊进行压桩作业,吊车吊起钢管桩或拉森钢板桩,操作人员按放样中心线开始压桩作业。压桩过程中需复核桩的垂直度,并控制桩下沉速度、压力大小等。

对于一般性的黏土、砂土、软土,可直接进行静压施工。对于硬可塑或硬塑黏土、中粗砂层,静压时可以配备水刀装置辅助沉桩。在压桩前端地层喷入高压水,可以使土粒之间的间隙水压瞬间增高,进而使桩前的土颗粒更加容易移动,降低桩端阻力,同时减轻桩周侧摩阻和锁口间的阻力。

静压植桩机在施工过程中，不会产生振动与噪声，且可实现近距离施工。由于机械是在已经打入地下的桩上行走，机体较为稳定，发生倾倒的概率很低。

5.3.5 组合钢管结构连续墙施工时严禁单点起吊，桩下端不应直接在地面上拖动。

5.3.6 组合钢管结构连续墙沉桩施工时，应符合下列规定：

1 组合钢管结构连续墙可采用单桩打入、排桩打入、阶梯打入等方法，其中排桩打入和阶梯打入方法是屏风法沉桩的两种变形形式。单桩打入法施速度快，但容易产生误差累积，导致排桩不易闭合。屏风法沉桩是指先将一组桩依次打入土中1/2~1/3 深度，打桩机再轮流打桩顶，使一组排桩先后沉至设计标高。组合钢管结构连续墙打入优先考虑采用屏风法，误差不容易累计，质量易保证。组合钢管结构连续墙最后闭合处应采用屏风法沉桩。

5 重型机械包括但不限于挖掘机、吊机、免共振设备等。

5.4 回 收

5.4.1 部分水量较丰富的区域（如临港地区），组合钢管结构连续墙回收后止水帷幕就几乎失效，回收后地下室的抗浮要求应通过结构设计复核同意。

5.4.3 场地满铺钢栈桥板是为了确保施工时机械下方土体的平整，可以有效分散传力，以减小对周边环境的影响。回收空间不足时，回收设备需要在地下室顶板行走时，地下室顶板应进行加强，并通过结构设计复核同意。

5.4.5 注浆宜采用纯水泥浆，可根据实际情况在浆液中加入粉煤灰、膨润土等掺合料或其他添加剂以调整浆液的性能。炎热季节施工应采取防晒和降温措施。浆液温度应保持在 5°C~40°C。

5.5 环境保护与监测

5.5.2 当地基土为老黏土、卵石层、岩层等坚硬地基，沉桩困难，振动大，不满足环境保护要求，应优先采用强搅微扰非取土和高压水刀等工艺预先引孔。为进一步保护周边环境安全和减小引孔后土体强度损失，应在预先引孔时在土中掺入水泥，水泥掺量(按土体质量比)为 5%~10%，当土质较差或者周边环境的保护要求

较高时宜取大值。在粉砂土、卵石等地基掺入膨润土，膨润土掺量(按土体质量比)为 5%~10%。

6 质量检查与验收

6.2 检查与验收

6.2.3 钢管桩与拉森钢板桩为可重复使用的产品，在使用过程中难免会发生变形、损伤。再次使用前应进行矫正与修补，直至满足设计要求。矫正与修补方法如下：

1 表面缺陷修补：先清除缺陷处的锈蚀和油污，用焊接修补的方法补平，再用砂轮打磨平整；

2 桩体挠曲、扭曲矫正：设置龙门式顶梁架钢平台，用千斤顶进行矫正；

3 桩体局部变形矫正：对局部变形部位用氧气乙炔热烘与千斤顶顶压、大锤敲击相结合的方法进行矫正；

4 锁口变形矫正：分别用标准钢板桩、标准钢管桩的锁口作为锁口整形胎具，采用氧气乙炔热烘和大锤敲击的方法进行调直处理。

6.2.4 钢管桩上设置长度标识，有利于业主和监理现场复核桩长是否符合设计要求，同时对沉桩速度的控制也更为容易。钢管桩为多次周转使用的产品，在使用过程中标识难免脱落、模糊，因此，在施工前宜对已经受损的标识进行重新粉刷，保证标识明显。

6.2.5 钢管桩与拉森钢板桩之间的锁口连接质量对围护结构的支护效果影响较大。其一，组合钢管结构连续墙围护结构未另设止水帷幕，若钢桩之间锁口连接质量未达到设计要求，将存在漏水的风险。其二，钢管桩与拉森钢板桩之间通过止水锁口形成一个完整的钢质连续墙，若无法通过锁口连接形成整体，围护墙体的整体性将降低。钢管桩与拉森钢板桩的桩顶标高准确性将直接影响冠梁内钢筋能否按设计要求进行施工。