

钢板桩

施工指南手册

2010年9月

 **新日本製鐵株式會社**

同济大学

上海喆轩商贸有限公司
Shanghai Zhexuan Trading LT,d

新日本製鐵株式會社
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation.
All Rights Reserved.



新日本製鐵株式會社
NIPPON STEEL

© 2010 Nippon Steel Corporation.
All Rights Reserved.

www.zhexuan.com



前言

钢板桩是指在工厂进行热轧等处理后加工成两端有锁口形状的构件，常用的钢板桩截面形式有 U 型和帽型，其他还有组合型和直线型板式等。

作为支护结构的一种类型，它具有高强、轻质、隔水性好、使用寿命长、安全性高、对空间要求低、环保效果显著等优点，还具有救灾抢险的功能，再加上施工简单、工期短、可重复使用、建设费用低，因此钢板桩的用途相当广泛。在永久性构筑物方面，它可用于码头、挡土墙、防洪堤等；在临时性构筑物方面，它可用于防洪断流、建桥围堰以及市政基础设施工程中的挡水、挡土墙等；在抗洪抢险方面，它可用于防洪和防止塌方、塌陷、流砂等用途。

近年来，随着中国国内基础设施的完善以及各类工程的快速发展，钢板桩的使用也在不断地增加，但迄今为止还没有一本统一的关于钢板桩施工的手册。为了能在实际工程中指导钢板桩的施工，新日本制铁株式会社和同济大学共同编制了本施工手册，以作为施工指南供广大用户使用。

在本手册中，不仅详细地介绍了钢板桩的施工流程、施工设备和施工方法，而且也深入地分析了施工中的常见问题、产生原因以及治理方法。希望本手册能对各位用户有所帮助，同时也期待着钢板桩的施工方法能在实践中不断地进步，以适应工程不断发展的需要。

新日本製鐵株式會社
同济大学



钢板桩施工指南手册 编者

胡晓依

同济大学建工系 现代施工技术与项目管理研究室 讲师 博士

徐伟

同济大学建工系 现代施工技术与项目管理研究室 教授 博士

栗山 実則

新日本製鐵株式會社 建材開發技術部長 董事

片山 猛

新日铁钢铁信息咨询（北京）有限公司 上海分公司 技术咨询总监

赤星 哲也

新日本製鐵株式會社 建材開發技術部 海外建材技術組 部長

寺崎 滋樹

新日本製鐵株式會社 建材開發技術部 海外建材技術組 經理

豊島 徑

新日本製鐵株式會社 建材開發技術部 海外建材技術組 經理

永津 亮祐

新日本製鐵株式會社 建材開發技術部 海外建材技術組

目 录

[1] 钢板桩.....	1
1 钢板桩的制造历史.....	1
2 制造工序.....	2
3 产品介绍.....	3
3.1 U 型钢板桩.....	3
3.2 帽型钢板桩 900.....	6
3.3 组合钢板桩.....	8
3.4 直线型钢板桩.....	9
[2] 钢板桩施工工艺.....	11
1 概述.....	11
2 场地条件.....	11
3 施工步骤.....	12
3.1 锚拉钢板桩墙结构.....	12
3.2 锚拉钢板桩墙施工流程.....	13
3.3 地基勘察.....	13
3.4 锚拉钢板桩墙施工步骤.....	14
4 土方工程.....	19
4.1 石料回填.....	19
4.2 砂料填实整平.....	20
4.3 挖泥.....	20
5 施工机具和附属设备.....	21
5.1 打桩的分类和应用.....	21
5.2 锤击法.....	23
5.3 振动法.....	25
5.4 配合钻土机的液压静压法.....	28
5.5 静压法.....	29
5.6 与高压喷水装置配合使用的静压法.....	30



6	存放和吊运	31
6.1	存放的注意点	31
6.2	堆叠存放法	32
6.3	钢板桩的吊装方法	35
7	安装与打桩方法	38
7.1	打桩定位轴线的设置	38
7.2	导向架	39
7.3	钢板桩的安装	41
7.4	打钢板桩	42
8	钢板桩的可打性	43
8.1	可打入的最大深度	43
8.2	打桩注意事项	46
9	容许误差	50
10	锚固	51
10.1	围檩安装作业	51
10.2	拉杆安装	52
11	钢板桩腐蚀对策	58
11.1	概述	58
11.2	考虑腐蚀部分的方法	59
11.3	涂覆装方法	59
11.4	混凝土覆盖方法	59
11.5	电防腐蚀工法	59
[3]	参考文献	62

注意事项及要求:

因错误使用或不妥当地使用本资料所记载的信息而造成的损害, 本公司不负任何责任。

并且, 这些信息今后会不经预告而变更, 关于最新信息请向各担当部门询问。禁止擅自转载或者复制本资料记载的内容。

[1] 钢板桩

1 钢板桩的制造历史

钢板桩工法，在日本最初是被使用于 1923 年的关东大地震后的灾后修复工程，当时从世界各国进口了大量的钢板桩，从此成为契机并被普遍应用。

因为钢板桩它具有快速施工，安全性高等特点，所以很快被有效地应用于港湾设备等的修复工程中，此后日本国内开始摸索钢板桩的制造。

1931 年国营的八幡制铁所初次研造出钢板桩，之后被大量地用于填土、码头建设和护岸等作为永久性构筑物的使用，并且还用来作为挡土、围堰等临时性构筑物的使用。

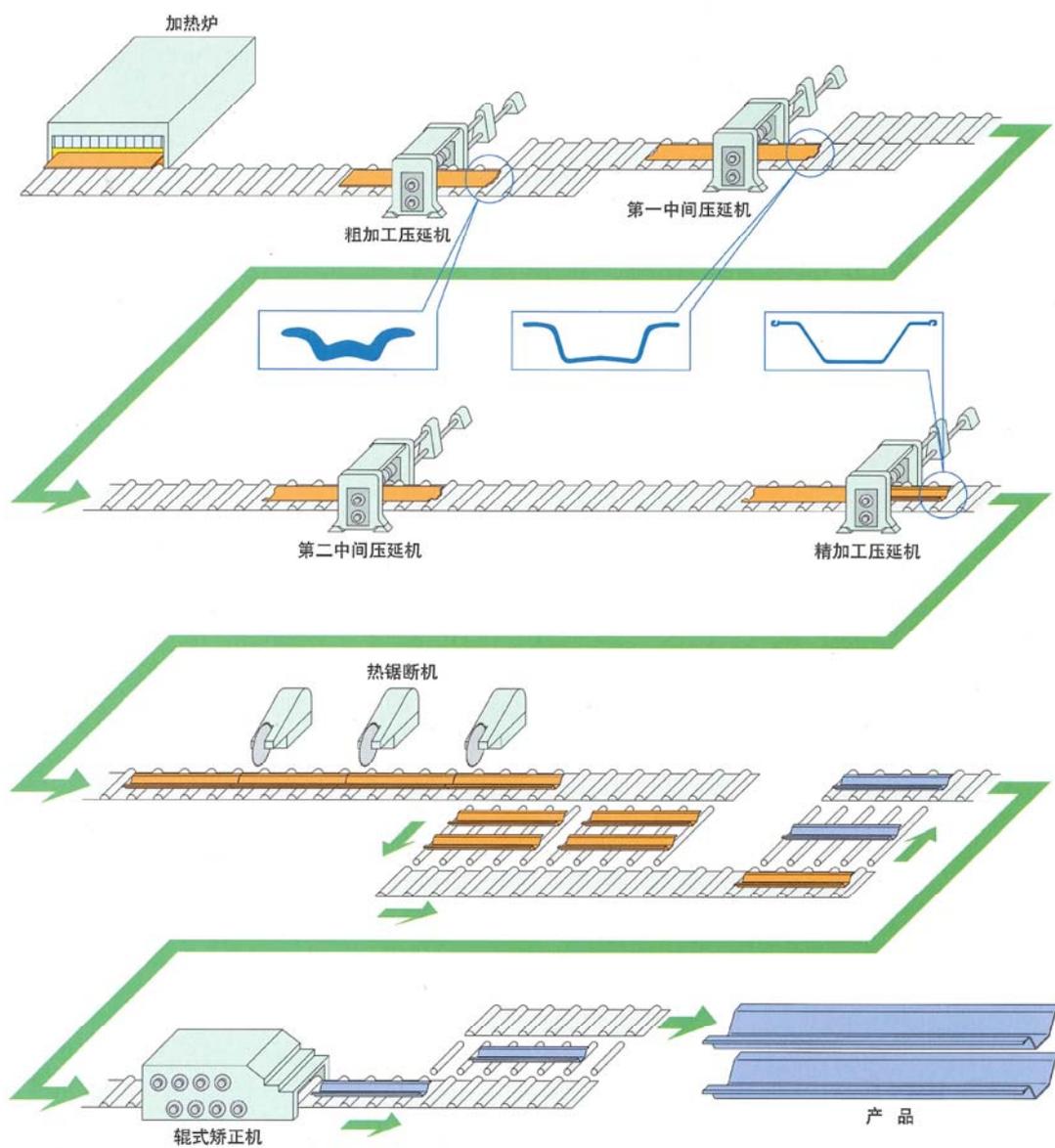
现在钢板桩已非常普及，除了用于港湾、河川和道路以外还广泛应用于其他建筑领域。

以下是钢板桩在日本的制造历史。

- 1931 年： 国营八幡制铁所开始生产销售 U 型钢板桩（拉瓦纳系列）
- 1955 年： 国营八幡制铁所开始生产销售直线型钢板桩
- 1959 年： 八幡制铁开始生产销售 Z 形钢板桩
- 1960 年： 富士製鉄开始生产销售 U 型钢板桩（拉森系列）
- 1963 年： 八幡制铁、富士制铁开始生产销售改良 U 型钢板桩（I A，II A，III A，IV A）
- 1964 年： 八幡制铁开始生产销售 H 型钢板桩
- 1966 年： 富士制铁开始生产销售组合钢板桩
- 1967 年： JIS 规格制定「JIS A 5528 钢板桩」
- 1970 年： 八幡制铁和富士制铁合并成立新日本制铁公司
- 1983 年： J I S 规格修改、把钢管桩分离成「JIS A 5528 热轧钢板桩」
- 1987 年： 停止生产拉瓦纳系列 U 型钢板桩
- 1995 年： 停止生产 H 型钢板桩
- 1997 年： 停止生产 Z 形钢板桩
- 1997 年： 新日本制铁开始生产销售宽幅型 U 型钢板桩
- 2000 年： JIS 规格制定「JIS A 5523 焊接用热轧钢板桩」
- 2005 年： 新日本製鉄开始生产销售帽型钢板桩



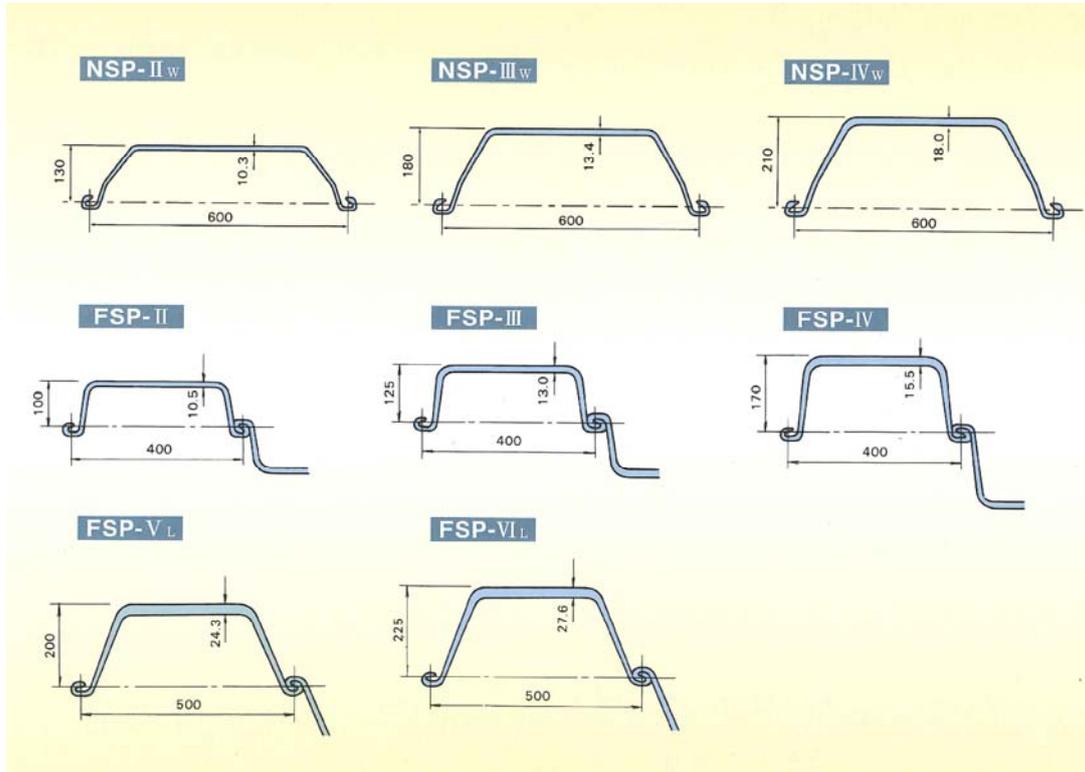
2 制造工序



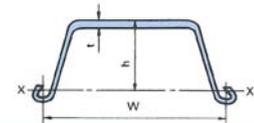
3 产品介绍

3.1 U型钢板桩

(1) 形状



(2) 截面性能



型号	尺寸			每块钢板桩				壁宽每米			
	有效幅宽 W mm	有效高度 h mm	厚度 t mm	截面积 cm ²	截面二次 力矩 cm ⁴	截面系数 cm ³	单位净重 kg/m	截面积 cm ² /m	截面二次 力矩 cm ⁴ /m	截面系数 cm ³ /m	单位净重 kg/m ²
FSP-II	400	100	10.5	61.18	1,240	152	48.0	153.0	8,740	874	120
FSP-III	400	125	13.0	76.42	2,220	223	60.0	191.0	16,800	1,340	150
FSP-IV	400	170	15.5	96.99	4,670	362	76.1	242.5	38,600	2,270	190
FSP-V _L	500	200	24.3	133.8	7,960	520	105	267.6	63,000	3,150	210
FSP-VI _L	500	225	27.6	153.0	11,400	680	120	306.0	86,000	3,820	240
NSP-II _w	600	130	10.3	78.70	2,110	203	61.8	131.2	13,000	1,000	103
NSP-III _w	600	180	13.4	103.9	5,220	376	81.6	173.2	32,400	1,800	136
NSP-IV _w	600	210	18.0	135.3	8,630	539	106	225.5	56,700	2,700	177

(3) 性质

名称	规格记号	化学成分(%)						碳素当量(%)
		C	Si	Mn	P	S	N	Ceq.
焊接用热压延 钢板桩 JIS A 5523	SYW295	0.18以下	0.55以下	1.50以下	0.04以下	0.04以下	0.0060以下	0.44以下
	SYW390	0.18以下	0.55以下	1.50以下	0.04以下	0.04以下	0.0060以下	0.46以下
热压延 钢板桩 JIS A 5528	SY295	—	—	—	0.04以下	0.04以下	—	—
	SY390	—	—	—	0.04以下	0.04以下	—	—

注：碳素当量=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

名称	规格记号	机械性质			
		屈服点或者耐力 N/mm ²	张力强度 N/mm ²	伸长 %	冲击吸收能量J(0°C)
焊接用热压延 钢板桩 JIS A 5523	SYW295	295以上	490以上	17以上	43以上
	SYW390	390以上	540以上	15以上	43以上
热压延 钢板桩 JIS A 5528	SY295	295以上	490以上	17以上	—
	SY390	390以上	540以上	15以上	—

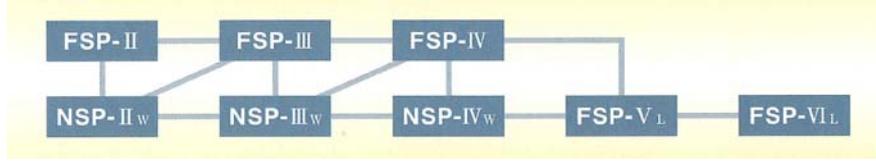
注：1. 本公司的化学成分、机械性质遵照 JIS A 5523-2006 或 JIS A 5528-2006。
N(氮)遵照“JIS A 5523-2006 5. 化学成分 注(2)”以全氧量表示。

(4) 容许差

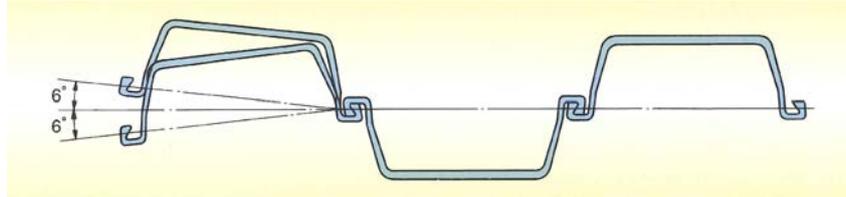
项 目		容 许 差	[参考]JIS 容许值
全 幅	广幅型以外 广幅型	有效幅宽×±1%	+10mm -5mm
		+6 -5mm	
高 度		±4%	同左
厚 度	未满 10mm	+1.0mm -0.3mm	±1.0mm
	10mm 以上未满 16mm	+1.2mm -0.3mm	±1.2mm
	16mm 以上	+1.5mm -0.3mm	±1.5mm
长 度		+不作规定 0	+不作规定 0
弯 曲	长度 10m 以下	全长×0.1%以下 最大20mm	全长×0.12%以下
	长度超过 10m		(全长-10m)×0.10%+12mm以下
翘 曲	长度 10m 以下	全长×0.2%以下 最大20mm	全长×0.25%以下
	长度超过 10m		(全长-10m)×0.20%+25mm以下
截面的直角切断差		有效幅宽的4%以下	同左
全 幅 差		在边缘部分 1m 以内全幅宽的最大值 与最小值之差在 4mm 以下	无规定
边 缘 弯 曲		为距边缘 1m 的弦侧测定值或者 接线侧测定值的 1/2, 1.5mm 以下	无规定

注：1. 本公司U型钢板桩的形状、尺寸容许差依据钢管桩协会以提高使用者的施工效率及确保质量、精度为目的编制的“钢板桩标准制品规格(修订第3版)”。
(该容许差在符合 JIS A 5523-2006 及 JIS A 5528-2006 的同时添加了项目。)
2. 弯曲是指相对板桩壁的平行方向,翘曲是指相对板桩壁的直角方向。

(5) 互相性



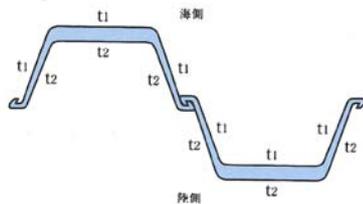
(6) 标准转动角度



(7) 腐蚀时截面性能

关于各型号钢板桩的截面性能, 腐蚀部分单面为 1mm(双面为 2mm)时的值如下所示。

型号	公称值(腐蚀前)		1mm、1mm 腐蚀时		
	I_0 (cm^4/m)	Z_0 (cm^3/m)	η (%)	I (cm^4/m)	Z (cm^3/m)
FSP-II	8,740	874	81	7,080	708
FSP-III	16,800	1,340	85	14,300	1,140
FSP-IV	38,600	2,270	86	33,200	1,950
FSP-VL	63,000	3,150	91	57,300	2,870
FSP-VL	86,000	3,820	92	79,100	3,510
NSP-IIw	13,000	1,000	81	10,500	810
NSP-IIIw	32,400	1,800	85	27,500	1,530
NSP-IVw	56,700	2,700	88	49,900	2,380



I_0, Z_0 : 腐蚀前的截面二次力矩及截面系数
 η : 腐蚀时截面性能减低率(根据下面页计算图读取)
 I, Z : 腐蚀时的截面二次力矩及截面系数

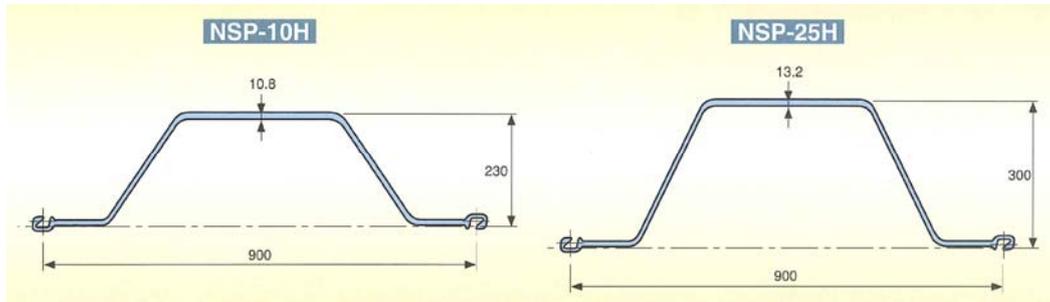
计算腐蚀时截面性能的步骤如下。

- ① 根据下面页所示的计算图, 读取腐蚀时截面性能减低率(η), 以%单位进行归纳(小数点后四舍五入)
- ② 用归纳的 η 分别乘 I_0, Z_0
- ③ 将乘 η 所得的值归纳成有效的3位数字(第4位四舍五入), 作为 I, Z 的值。

钢板桩的腐蚀时截面性能减低率计算图如下面页示。

3.2 帽型钢板桩 900

(1) 形状



(2) 截面性能

型号	尺寸			每块钢板桩				壁宽每米			
	有效幅宽 W mm	有效高度 h mm	厚度 t mm	截面积 cm ²	截面二次 力矩 cm ⁴	截面系数 cm ³	单位净重 kg/m	截面积 cm ² /m	截面二次 力矩 cm ⁴ /m	截面系数 cm ³ /m	单位净重 kg/m ²
NSP-10H	900	230	10.8	110.0	9,430	812	86.4	122.2	10,500	902	96.0
NSP-25H	900	300	13.2	144.4	22,000	1,450	113	160.4	24,400	1,610	126

(3) 性质

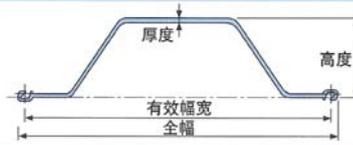
名称	规格记号	化学成分(%)						碳素当量(%)
		C	Si	Mn	P	S	N	Ceq.
焊接用热压延 钢板桩 JIS A 5523	SYW295	0.18以下	0.55以下	1.50以下	0.04以下	0.04以下	0.0060以下	0.44以下
	SYW390	0.18以下	0.55以下	1.50以下	0.04以下	0.04以下	0.0060以下	0.46以下

注：碳素当量=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

名称	规格记号	机械性质			
		屈服点或者耐力 N/mm ²	张力强度 N/mm ²	伸长 %	冲击吸收能量J(0°C)
焊接用热压延 钢板桩 JIS A 5523	SYW295	295以上	490以上	17以上	43以上
	SYW390	390以上	540以上	15以上	43以上

注：1. 本公司的化学成分、机械性质准照JIS A 5523-2006。
N(氮)准照“JIS A 5523-2006 5. 化学成分 注(2)”以全氮量表示。
2. 在研究使用帽型钢板桩900的SYW390时,请事先咨询。

(4) 容许差



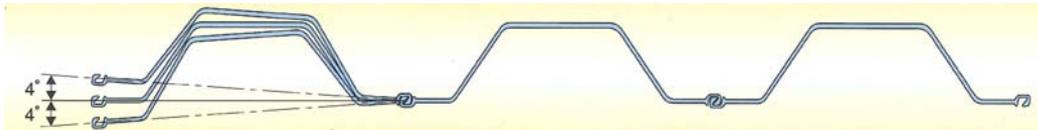
项 目		容 许 差
全 幅		+10mm -5mm
高 度		±4%
厚 度	未 满 10mm	±1.0mm
	10mm 以上未 满 16mm	±1.2mm
	16mm 以上	±1.5mm
长 度		0 不作规定
弯 曲	长度 10m 以下	全长 (m) × 0.12% 以下
	长度 超过 10m	(全长 - 10m) × 0.10% + 12mm 以下
翘 曲	长度 10m 以下	全长 (m) × 0.25% 以下
	长度 超过 10m	(全长 - 10m) × 0.20% + 25mm 以下
截面的直角切断差		幅宽的 4% 以下

注：1. 本公司帽型钢板桩的形状、尺寸容许差依据钢管桩协会以提高使用者的施工效率及确保质量、精度为目的编制的“钢板桩标准制品规格(修订第3版)。(该容许差在符合JIS A 5523-2006的同时添加了项目。)
2. 弯曲是指相对板桩壁的平行方向，翘曲是指相对板桩壁的直角方向。

(5) 互相性

10H 与 25H 的锁口部分具有互换性。

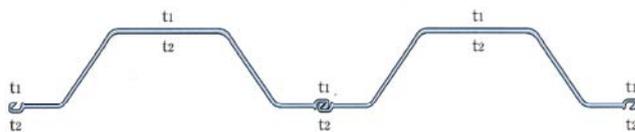
(6) 标准转动角度



(7) 腐蚀时截面性能

关于各型号钢板桩的截面性能, 腐蚀部分单面为 1mm(双面为 2mm) 时的值如下所示。

型 号	公称值(腐蚀前)		1mm、1mm 腐蚀时		
	I_0 (cm^4/m)	Z_0 (cm^3/m)	η (%)	I (cm^4/m)	Z (cm^3/m)
NSP-10H	10,500	902	79	8,300	713
NSP-25H	24,400	1,610	82	20,000	1,320



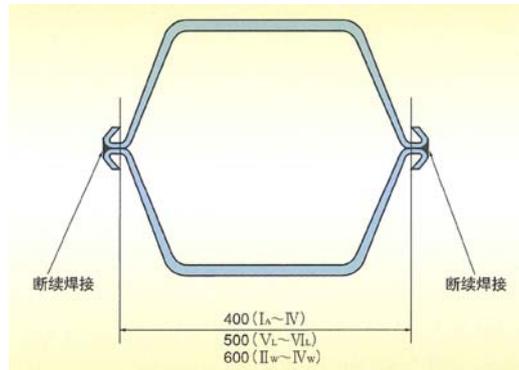
I_0, Z_0 : 腐蚀前的截面二次力矩及截面系数
 η : 腐蚀时截面性能减低率(根据计算图读取)
 I, Z : 腐蚀时的截面二次力矩及截面系数

计算腐蚀时截面性能的步骤如下。

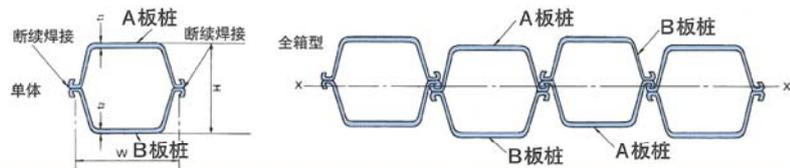
- ① 根据以下所示的计算图, 读取腐蚀时截面性能减低率(η), 以%单位进行归纳(小数点后四舍五入)
- ② 用归纳的 η 分别乘 I_0, Z_0
- ③ 将乘 η 所得的值归纳成有效的3位数字(第4位四舍五入), 作为 I, Z 的值。

3.3 组合钢板桩

(1) 形状



(2) 截面性能



型号		尺寸				组合钢板桩单体每组				壁宽每米			
A板桩	B板桩	有效幅宽 W mm	全高 H mm	厚度		截面积	截面二次 力矩	截面系数	单位净重	截面积	截面二次 力矩	截面系数	单位净重
				t ₁ mm	t ₂ mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg/m	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	kg/m ²
FSP-V _L	FSP-V _L	500	445	24.3	24.3	267.6	79,000	3,550	210	535.2	158,000	7,100	420
FSP-V _L	FSP-V _L	500	471	27.6	24.3	286.8	92,900	3,870	225	573.6	186,000	7,740	450
FSP-V _L	FSP-V _L	500	497	27.6	27.6	306.0	109,000	4,370	240	612.0	217,000	8,750	480
NSP-III _w	NSP-III _w	600	404	13.4	13.4	207.8	50,600	2,500	163	346.3	84,300	4,170	272
NSP-IV _w	NSP-III _w	600	435	18.0	13.4	239.2	66,400	2,860	188	398.7	111,000	4,770	313
NSP-IV _w	NSP-IV _w	600	466	18.0	18.0	270.6	86,500	3,710	212	451.0	144,000	6,190	353

3.4 直线型钢板桩

(1) 形状



(2) 截面性能

型 号	尺 寸			每块钢板桩				壁宽每米			
	有效幅宽 W mm	有效高度 h mm	厚度 t mm	截面积 cm ²	截面二次 力矩 cm ⁴	截面系数 cm ³	单位净重 kg/m	截面积 cm ² /m	截面二次 力矩 cm ⁴ /m	截面系数 cm ³ /m	单位净重 kg/m ²
YSP-FL	500	44.5	9.5	78.57	184	45.7	61.7	157.1	396	89	123
YSP-FXL	500	47.0	12.7	98.36	245	60.3	77.2	196.7	570	121	154

注：SYW-295材料及SY-295材料的直线钢板桩的锁口强度，YSP-FL型为3.92MN/m以上，YSP-FXL型为5.88 MN/m以上。

(3) 性质

名 称	规格记号	化学成分(%)						碳素当量(%)
		C	Si	Mn	P	S	N	Ceq.
焊接用热压延 钢板桩 JIS A 5523	SYW295	0.18以下	0.55以下	1.50以下	0.04以下	0.04以下	0.0060以下	0.44以下
	SYW390	0.18以下	0.55以下	1.50以下	0.04以下	0.04以下	0.0060以下	0.46以下
热压延 钢板桩 JIS A 5528	SY295	—	—	—	0.04以下	0.04以下	—	—
	SY390	—	—	—	0.04以下	0.04以下	—	—

注：碳素当量=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

名 称	规格记号	机械性质			
		屈服点或者耐力 N/mm ²	张力强度 N/mm ²	伸长 %	冲击吸收能量J(0℃)
焊接用热压延 钢板桩 JIS A 5523	SYW295	295以上	490以上	17以上	43以上
	SYW390	390以上	540以上	15以上	43以上
热压延 钢板桩 JIS A 5528	SY295	295以上	490以上	17以上	—
	SY390	390以上	540以上	15以上	—

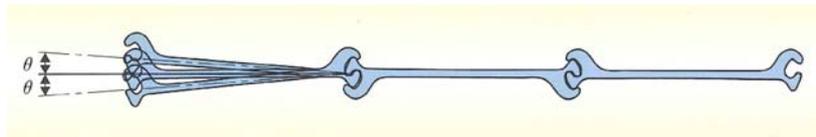
注：1. 本公司的化学成分、机械性质准照JIS A 5523-2006或JIS A 5528-2006。
N(氮)准照“JIS A 5523-2006 5. 化学成分 注(2)”以全氮量表示。

(4) 容许差

项 目		容 许 差
宽 度		±4mm
高 度		—
厚 度	未 满 10mm	+1.5mm -0.7mm
	10mm 以上未 满 16mm	+1.5mm -0.7mm
	16mm 以上	—
长 度		$\begin{matrix} + \\ 0 \end{matrix}$ 不作规定
弯 曲	长度 10m 以下	全长 (m) × 0.15% 以下
	长度超过 10m	(全长 - 10m) × 0.10% + 15mm 以下
翘 曲	长度 10m 以下	全长 (m) × 0.20% 以下
	长度超过 10m	(全长 - 10m) × 0.10% + 20mm 以下
截面的直角切断差		幅宽的 4% 以下

注：1. 本公司直线型钢板桩的形状、尺寸容许差准照 JIS A 5523-2006 及 JIS A 5528-2006。
2. 弯曲是指相对板桩壁的平行方向，翘曲是指相对板桩壁的直角方向。

(5) 标准转动角度



YSP-FL 型..... $\theta=+12.5^{\circ}, -12.5^{\circ}$
YSP-FXL 型..... $\theta=+10^{\circ}, -10^{\circ}$

本手册中记载的 NSP、FSP、YSP 是取制造、销售钢板桩的新日本制铁公司的英文名称 Nippon Steel Corporation 或者合并前的制造、销售公司富士制铁公司、八幡制铁公司的英文名称 Fuji Steel Corporation、Yawata Steel Corporation 和钢板桩的英文普通名词 Sheet Pile 的打头字母编制的内部出货管理用记号。

[2] 钢板桩施工工艺

1 概述

钢板桩在诸多结构中都有应用，例如：钢板桩墙，挡土墙，基础的临时围堰以及其他围堰结构。钢板桩的设计和施工需要一定的机具、人力和作业空间。本施工指南手册介绍了钢板桩墙的施工工艺、施工机具、施工方法等，以便使设计和施工人员就钢板桩的安装及其对设计的影响有个全面的认识。

2 场地条件

通常，在勘察阶段就应对场地条件做出评价，而且随着设计的推进，对场地条件的评价也应更完善。现场的地质条件会影响钢板桩的长度，而施工中的重大事件也会改变钢板桩的长度，甚至在软土中钢板桩可能会被超打。钢板桩可以利用液压锤、振动锤等打桩机具进行施工，但在人口密集区应采用液压锤以避免噪音和对其周围建筑的损害。在施工过程中，应采用型钢导向架来控制钢板桩的位置。

施工现场的上空和地下存在的障碍物，如管道、输电线和已有建筑物，可能导致需要采用特殊的施工技术。有些情况下甚至需要改变钢板桩墙的排列。打桩对临近建筑或路堤的影响也不能忽视。



3 施工步骤

锚拉钢板桩墙在钢板桩墙中具有代表性，因此以锚拉钢板桩墙为例来讲述其施工步骤。

3.1 锚拉钢板桩墙结构

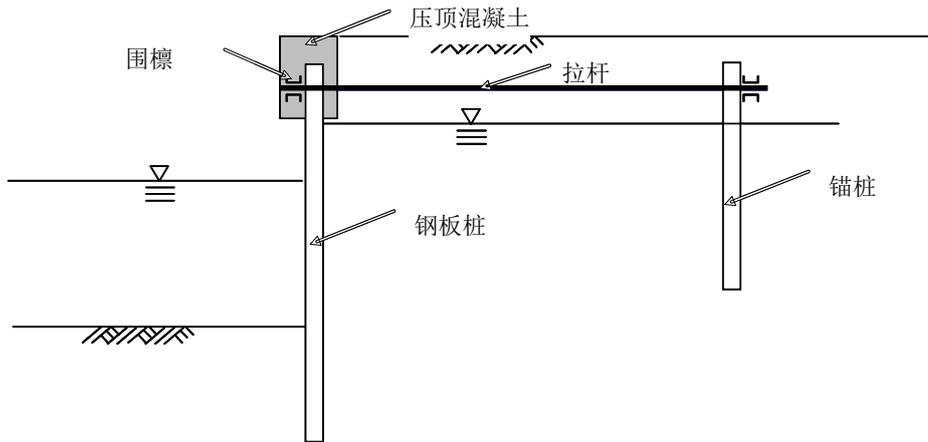


图 3.1 锚拉钢板桩墙结构

3.2 锚拉钢板桩墙施工流程

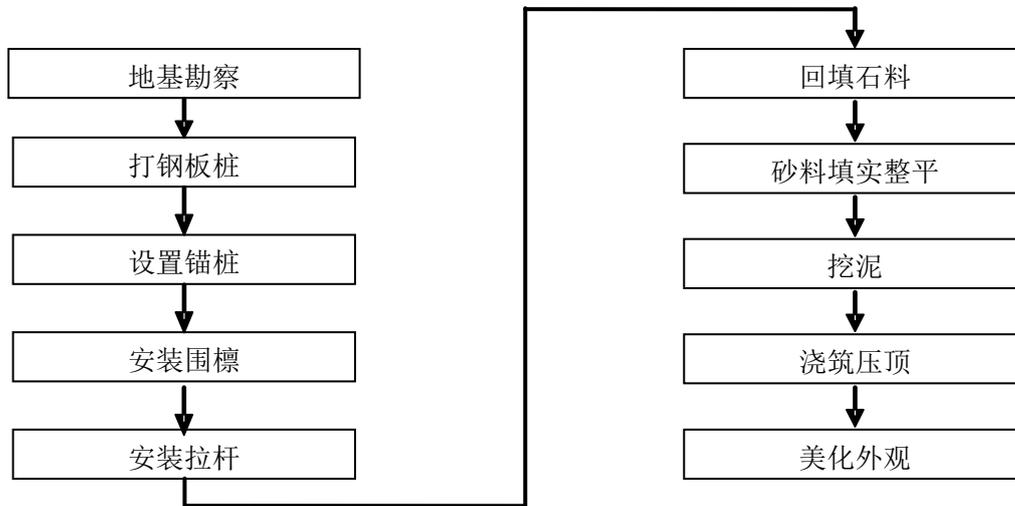


图 3.2 锚拉钢板桩墙施工流程

3.3 地基勘察

下表列出了锚拉钢板桩墙施工所需的地基勘察项目。

表 3.1 锚拉钢板桩墙施工的地基勘察项目

目的	土层	勘察项目	测试和勘探方法
了解土层组成	所有	土层组成	钻孔, 探测, 取样
钢板桩墙设计	所有	土壤系数 (γ , c , ϕ , N) 地下水位 潮汐水位	γ : 容重试验, N : 标准贯入试验, c , ϕ : 无侧限压缩试验, 三轴压缩试验
对周围土层影响的评价	根据需要	沉降 变形	沉降测量 变形测量
对地下水影响的评价	根据需要	地下水位 地下水水质	地下水位测量 地下水水质测量

3.4 锚拉钢板桩墙施工步骤

3.4.1 打钢板桩

钢板桩打桩流程：

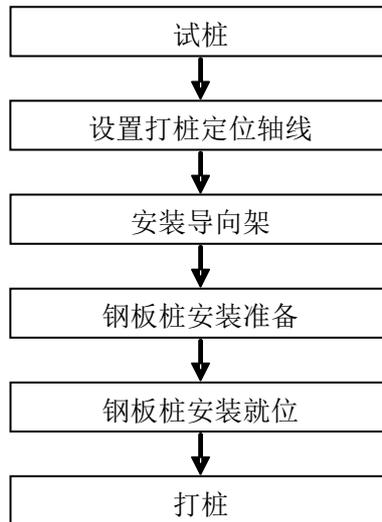


图 3.3 钢板桩打桩流程

(1) 试桩

通常情况下，钢板桩能否打入是根据 N 值来判断的。但当土层为粘土或大粒径的砂土和砾土时，仅根据 N 值是很难判断能否打入的。

在这种情况下就需要进行钢板桩的试桩，然后对能否打桩做出评价，并选择合适型号的打桩机具和钢板桩截面尺寸，最后还要确定是否需要高压喷水装置或钻土机等辅助设施。

(2) 设置打桩定位轴线

定位轴线是打钢板桩的基准线，通常取钢板桩的前边线，某些时候也取钢板桩墙的中心线。

详细内容参考 7。

(3) 安装导向架

通过设置导向架可以确保打桩时的稳定和打桩位置的准确。导向架的结构形式取决于导向架是设置在陆地上还是水上。

详细内容参考 7。

(4) 钢板桩安装准备

运到现场的钢板桩，其堆放应使钢板桩能容易地吊运。打桩前在各个钢板桩上标出其型号、编号和长度对随后的安装就位是很有用的。

详细内容参考 7。

(5) 钢板桩安装就位（插打）

钢板桩应小心地吊运至预定高度，这样与先安装好的钢板桩通过锁扣连接而不会倾斜或移位。

详细内容参考 7。

(6) 打桩

根据施工现场的条件，打桩类型主要分为陆上打桩和水上打桩。打桩的方法主要分为单桩打入法和屏风式打入法。

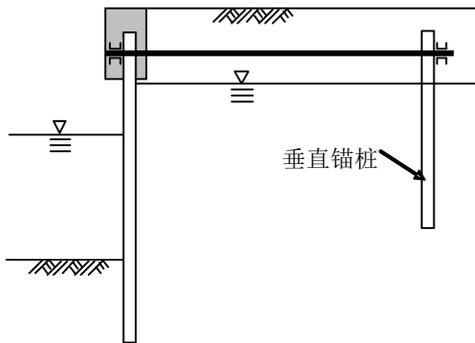
详细内容参考 7。



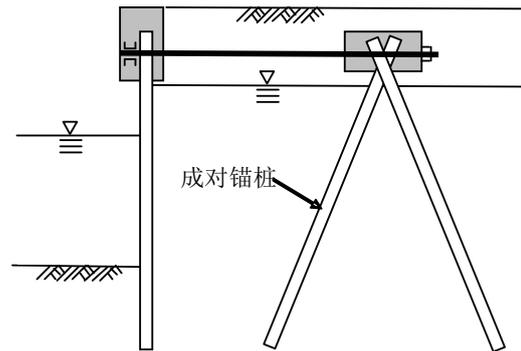
3.4.2 锚桩设置

常用锚桩的结构类型有如下几种：

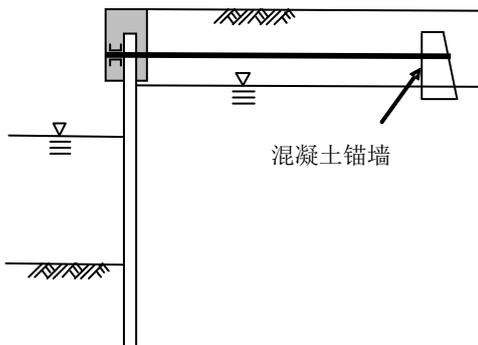
①垂直锚桩



②成对锚桩



③混凝土锚墙



④板锚桩

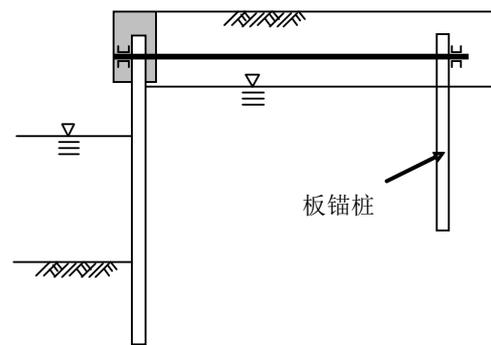


图 3.4 锚桩结构种类

详细内容参考 10。

3.4.3 围檩安装

围檩使钢板桩墙统一成整体，并调整其定位轴线。钢板桩打好后需立即安装围檩。
详细内容参考 10。

3.4.4 拉杆连接

拉接材料有拉杆和拉绳。打钢板桩、设置锚桩并安装围檩后应立即连上拉杆。
详细内容参考 10。

3.4.5 石料回填

进行回填时要考虑拉杆连接的时间、钢板桩的稳定以及水上的气候条件。总之，拉杆连接完成后进行石料回填，此时应注意不能损坏拉杆。

详细内容参考 4。

3.4.6 砂料填实整平

原则上，钢板桩墙后砂料的填实整平应在石料回填完成后进行。
详细内容参考 4。

3.4.7 挖泥

钢板桩前的挖泥工作通常应在打桩、设置锚桩、连接拉杆和回填土方完成后进行。
详细内容参考 4。



3.4.8 压顶

理想情况下，压顶施工是在土方填实整平和全部区域挖泥完成且确认钢板桩墙的沉降停止后进行的。压顶混凝土接缝的间距应合理，且位置不应与钢板桩接缝处重合。

通常压顶采用现浇混凝土，如下图所示。

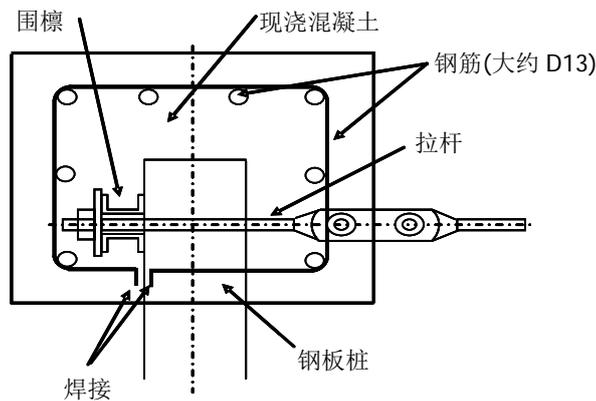


图 3.5 现浇混凝土压顶结构

3.4.9 外观美化

当钢板桩墙作为市区道路的永久挡土墙或河道的护墙时，除了保证结构稳定外，还需要在施工完成后进行外观美化，以取得与周围环境的和谐统一。

有代表性的钢板桩墙外观美化方法有现浇混凝土、预制混凝土板和涂料护壁。采用现浇混凝土的外观美化案例如下图所示。

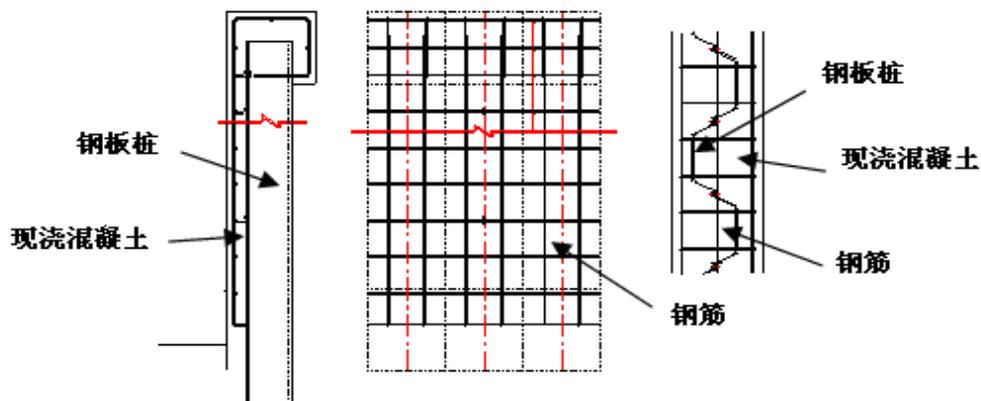


图 3.6 现浇混凝土外观美化案例

4 土方工程

4.1 石料回填

当石料回填在拉杆连接前进行时，需要事先检查钢板桩的弯曲应力和位移。

通常，回填石料要经过筛选以确保每份回填料约重 150N，且不同粒径的石料以适当的比例混合在一起，从而具有较小的孔隙率。

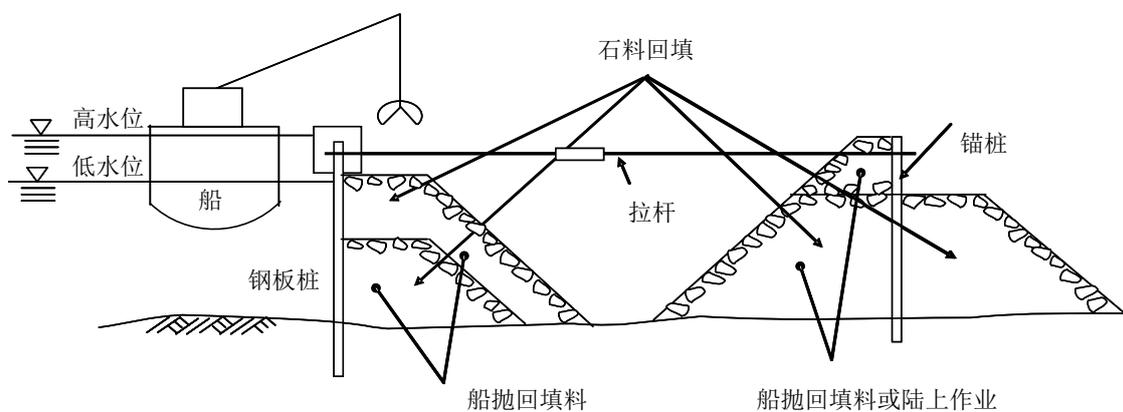


图 4.1 土方回填

4.2 砂料填实整平

为了不引起滑坡，回填砂土不应超过规定的高度。

如在软土地面上进行填实整平，应避免过快施工；为使软土不挤压钢板桩，应慢慢进行填实整平以使其固结。原则上，砂料填实整平应平行于拉杆方向从陆上展开。

当推土机沿着拉杆方向将回填砂土铺开时，明智的做法是拉杆上面的覆土厚度不应少于 1m；而在垂直于拉杆方向上的回填砂土铺开时，拉杆上的覆土厚度不应少于 1.5m。

如用吸泥船进行填实整平时，应注意做好充分排水以确保不提高残余水位，还应注意设置泄水孔以确保不引起钢板桩墙上的局部水、土压力的增大。

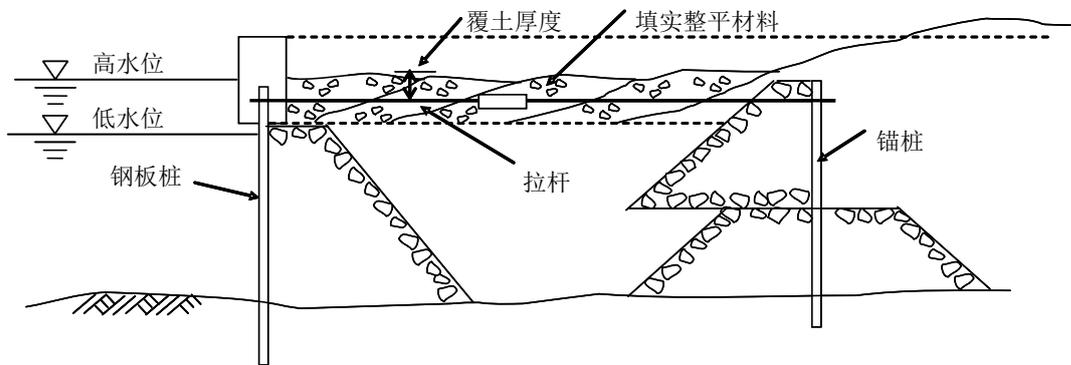


图 4.2 砂料填实整平

4.3 挖泥

挖泥应在全区域同一深度处进行，如果土方开挖量过大时挖泥工作应分次进行。当挖泥超过设计深度时，应格外小心，因为这部分的被动土压力会减小。

土方开挖过程中为了不对钢板桩墙造成破坏，理想情况下，抓斗式挖泥船应在钢板桩墙前方 5m 外进行作业。

5 施工机具和附属设备

5.1 打桩的分类和应用

打钢板桩通常采用的桩锤包括柴油锤、蒸汽锤、落锤和振动锤。在城市中，考虑到环境污染问题，往往采用低噪音、低振动的方法如静压法。

表 5.1 打桩方法的分类和应用

	锤击法				振动法	静压法	
	柴油锤	蒸汽锤	液压锤	落锤	振动锤	液压静压机	液压静压机配合钻土机
工作机理	蒸汽带动活塞循环运转造成桩锤强制下落	蒸汽带动活塞循环运转造成桩锤强制下落	液压带动活塞循环运转造成桩锤强制或自由下落	通过卷扬机使桩锤因自重而自由落下	桩锤的上下振动力	通过液压装置将相连的桩压入	液压产生压紧力
适用的钢板桩类型	所有类型	所有类型	所有类型	所有类型	所有类型	所有类型	所有类型

表 5.2 各种打桩方法的特点

		锤击法				振动法	静压法	
		柴油锤	蒸汽锤	液压锤	落锤	振动锤	液压静压机	液压静压机配合钻土机
地 基 条 件	软粘土	不适合	不适合	不适合	适合	适合	适合	适合
	粘土	适合	适合	适合	适合	适合	适合	适合
	砂土	适合	适合	适合	不适合	适合	适合	适合
	硬粘土	可以	可以	可以	不适合	可以	不适合	可以
施 工 条 件	设施规模	大	大	大	小	大	中	大
	噪声	大	大	中	中	中	小	小
	振动	大	大	大	中	大	小	小
	耗能	大	大	大	小	大	中	中
	施工速度	快	快	快	慢	慢	中	中
优 点	工作效率高	打桩力可调	打桩力可调	打桩力可调； 打桩设施简单	打桩和拔桩均可	低噪音、 低振动； 打桩和拔桩均可	低噪音、 低振动； 打桩和拔桩均可	
缺 点	噪音和振动较大； 润滑油飞散	噪音和振动较大	振动较大	工作效率低	噪音和振动较大	工作效率较低	工作效率较低	

5.2 锤击法

以柴油桩锤为例介绍锤击法打桩如下。

(1) 柴油锤概述

1) 柴油锤的结构

气冷型举例如下图。

2) 功率选择

应考虑以下因素：

- 钢板桩类型
- 钢板桩的总长和打入长度
- 打入土层的硬度(N 值等)
- 打钢板桩的形式(单打法或复打法)

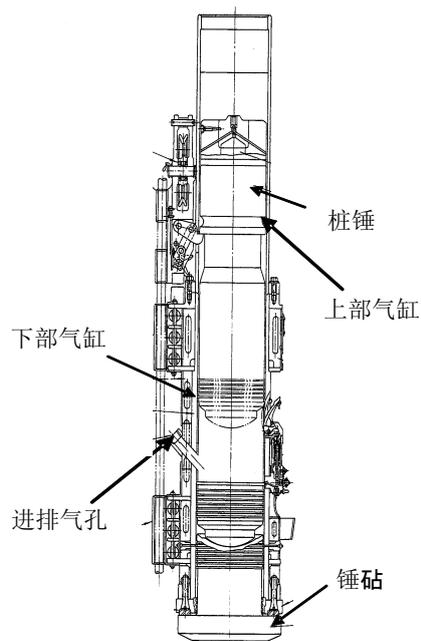


图 5.1 柴油桩锤

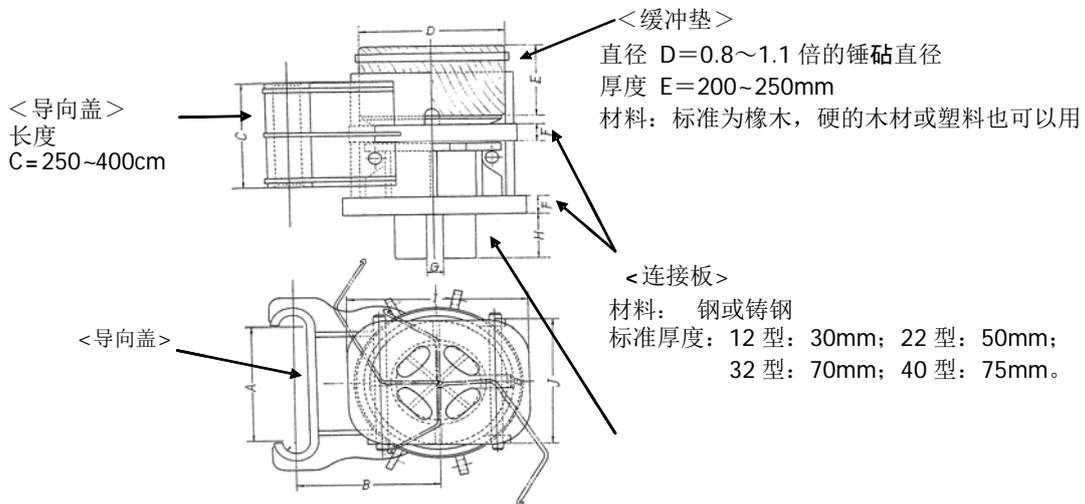
考虑钢板桩的强度，桩锤最大尺寸型号如下所示：

表 5.3 各种打桩方法的特点

	II	III	IV	V	VI
单打法	12 型	12 型	22 型	32 型	40 型
复打法	22 型	32 型	40 型	40 型	40 型

(2) 柴油桩锤的桩帽

桩帽用来保护桩头并保持与桩头垂直。



来自：钢板桩施工指南，日本港口协会，1969

图 5.2 柴油桩锤的桩帽

5.3 振动法

(1) 振动法概述

- 1) 振动锤产生振动力，带动钢板桩上下振动打入土层。
- 2) 因为没有冲击力，桩头不会受到损害，打桩效率很高，打桩和拔桩均适用。
- 3) 振动法分电动型和液压型两种。由于需要较大的瞬时电流，电动型需要大型的设
备。
- 4) 液压型需要专用装置。
- 5) 现已研制出低噪音、低振动型的机具并已投入实际应用。
- 6) 当土质较硬，采用振动锤很难打入时，可与高压喷水装置一起配合使用。



图 5.3 振动法

(2) 钢板桩类型和振动锤功率的选择

来自：施工费用估算标准，日本国土交通省，2008

钢板桩类型：II，III，IV，VL，IIw，IIIw，IVw，10H，25H

表 5.4 钢板桩类型和振动锤功率的选择

1) 电动型

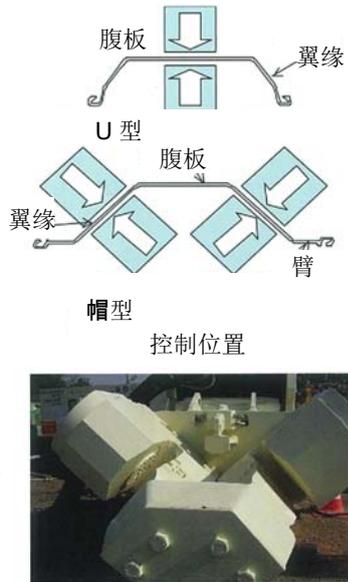
方法		仅振动锤	振动锤配合高压喷水装置	
最大 N 值		$N_{max} < 50$	$50 \leq N_{max} < 100$	$100 \leq N_{max} \leq 180$
打入深度	$L \leq 15m$	60 kW		90 kW
	$15m < L \leq 25m$	90 kW		
高压喷水装置型号		-	14.7M Pa, 3250/分 × 2 台机器	

2) 液压型

方法		仅振动锤	振动锤配合高压喷水装置	
最大 N 值		$N_{max} < 50$	$50 \leq N_{max} < 100$	$100 \leq N_{max} \leq 180$
打入深度	$L \leq 25m$	224 kW (235kW)		
高压喷水装置型号		-	14.7M Pa, 3250/分钟 × 2 台机器	

(3) 帽型钢板桩专用固定装置

由于帽型钢板桩总宽度为 900mm，为了打在钢板桩的重心处，明智的做法是采用可在两个部位抓握住钢板桩的专用固定装置。



专用固定装置详图



专用固定装置外观图

图 5.4 帽型钢板桩专用固定装置

5.4 配合钻土机的液压静压法

配合钻土机的液压静压法由三点支撑的打桩机、钻土机和易拆除的附件组成。

这种方法不需要专用机具，可利用钻土机钻土和液压打桩，从而使打桩过程低噪低振。

本方法有如下特点：

- 在低噪音、低振动的情况下使打桩成为可能。
- 适用土类范围广。
- 套管的使用使得钢板桩很难扭转。
- 由于钢板桩可以很垂直地打入土层，因此很少弯曲。
- 需要较大的施工作业面来布置三点支撑的打桩机。



图 5.5 配合钻土机的液压静压法

5.5 静压法

- 液压装置通过固定已打入钢板桩而受到反力作用，同时抓握住钢板桩的中部将钢板桩压入土中（见照片）。
- 打桩机体型小，而且不需要起重机，但吊运钢板桩时需单独使用起重机。
- 可以实现打桩时的低噪音、低振动。
- 当土质较硬，仅用压桩机很难打入时，可与高压喷水装置一起配合使用。

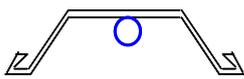
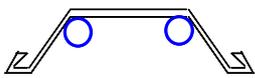


图 5.6 静压法

5.6 与高压喷水装置配合使用的静压法

配合使用高压喷水装置使打桩效率更高。在施工现场，需要采用空气压缩机来产生高压水力。高压喷水装置的布置如下所示。

表 5.5 高压喷水装置的标准布置

喷射管的数量	U型	帽型
1根管		
2根管		

6 存放和吊运

6.1 存放的注意事项

- (1) 当钢板桩在搬运、放下和堆叠时，注意不要使其受到冲击力或者掉落。
- (2) 对于较长的钢板桩尤其要小心，因为他们更易于弯曲和受到损坏。
- (3) 根据钢板桩的类型和长度采用 2 点起吊或 3 点起吊。确定悬吊钢丝绳的间距，使得钢板桩在自重作用下产生的挠度尽可能小。

假如 2 点起吊，那么两个起吊点设在距钢板桩两端 $1/4$ 桩长的地方，这样可使由自重引起的弯矩降到最低。

- (4) 当钢板桩需要堆叠放置时，每两层间应插入枕木，且堆放总高度不能超过 2m。
- (5) 对于直线型钢板桩，枕木设置的间距不应超过 3m；对其他类型的钢板桩，枕木设置的间距不应超过 4m。
- (6) 为了方便钢丝绳绑扎，相邻钢板桩堆的间距应在 20cm~50cm 之间。
- (7) 存放地点应选在地势平坦、宽畅的地方，以利于作业，且存放地面需土质坚硬无下陷，排水良好。

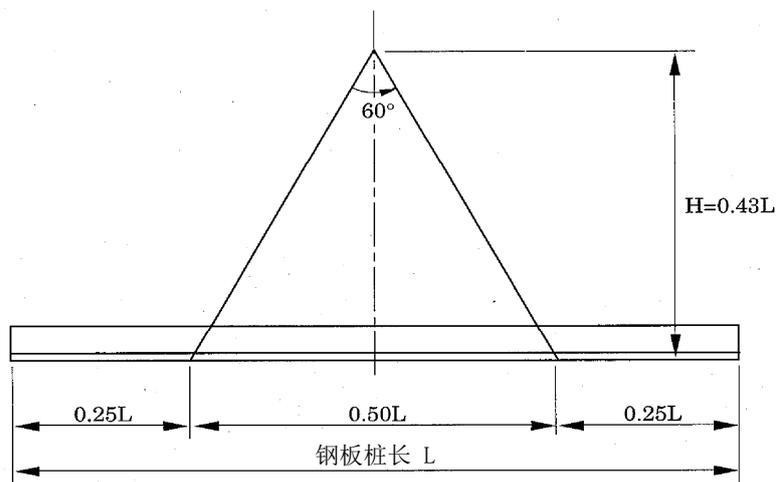


图 6.1 钢板桩吊装方法举例

6.2 堆叠存放法

(1) U型钢板桩堆叠存放举例

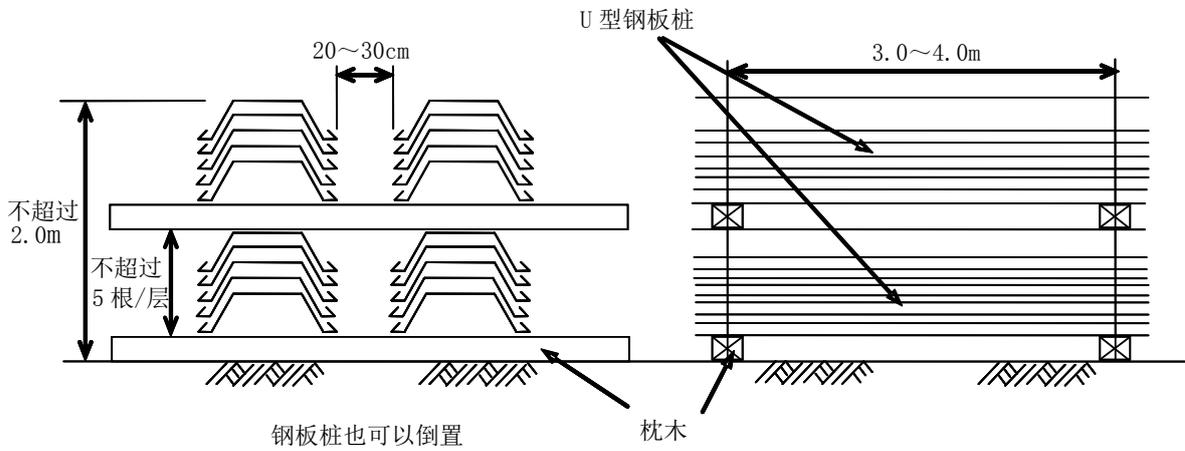


图 6.2 U型钢板桩堆叠存放举例1

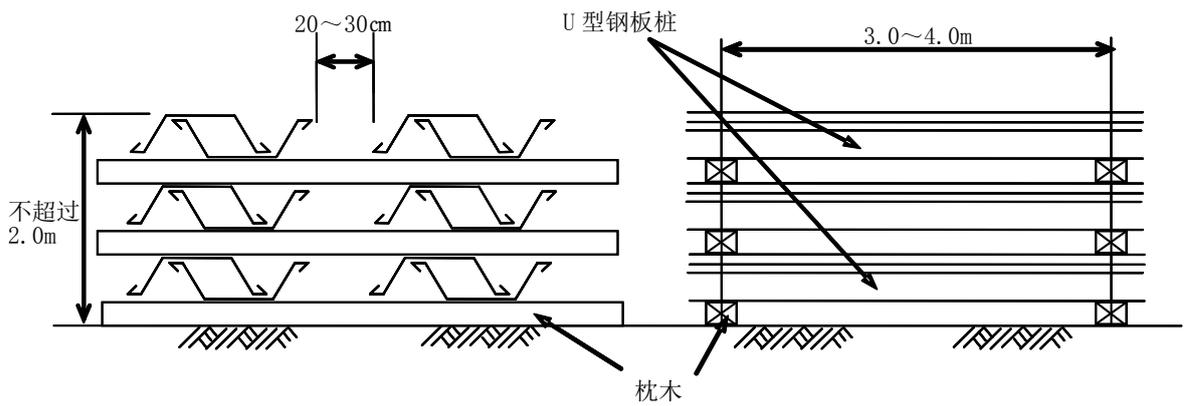


图 6.3 U型钢板桩堆叠存放举例2

(2) 帽型钢板桩堆叠存放举例

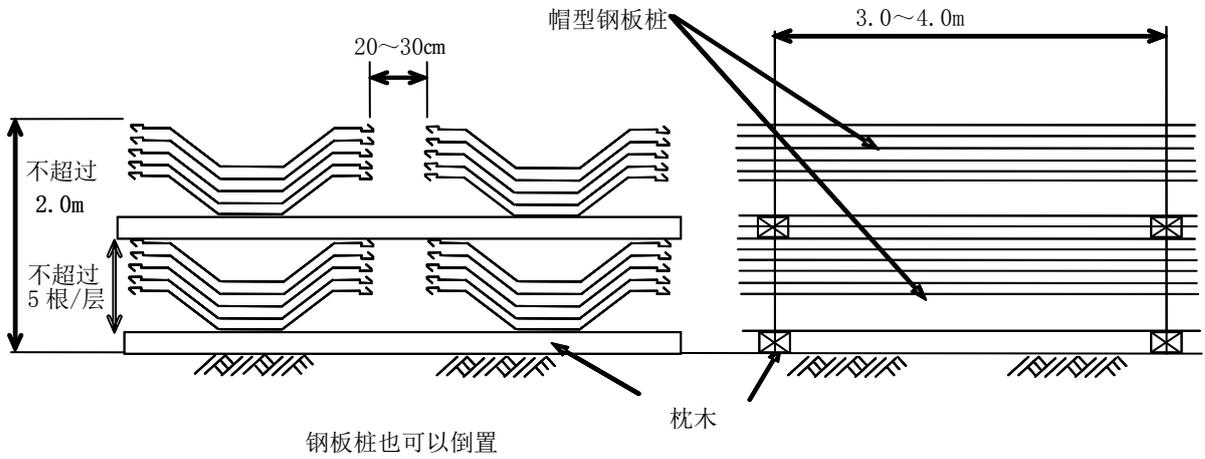


图 6.4 帽型钢板桩堆叠存放举例

(3) 组合钢板桩堆叠存放举例

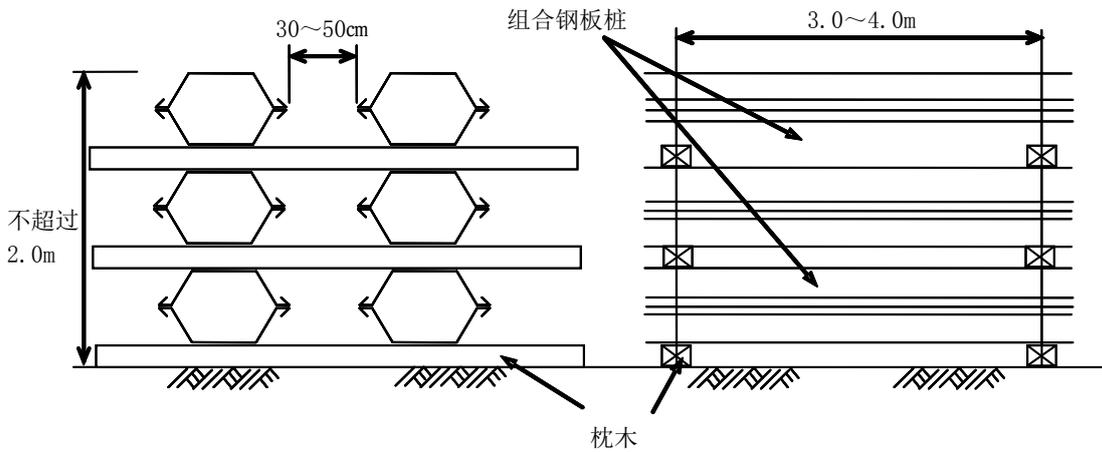


图 6.5 组合钢板桩堆叠存放举例

(4) 帽型组合钢板桩堆叠存放举例

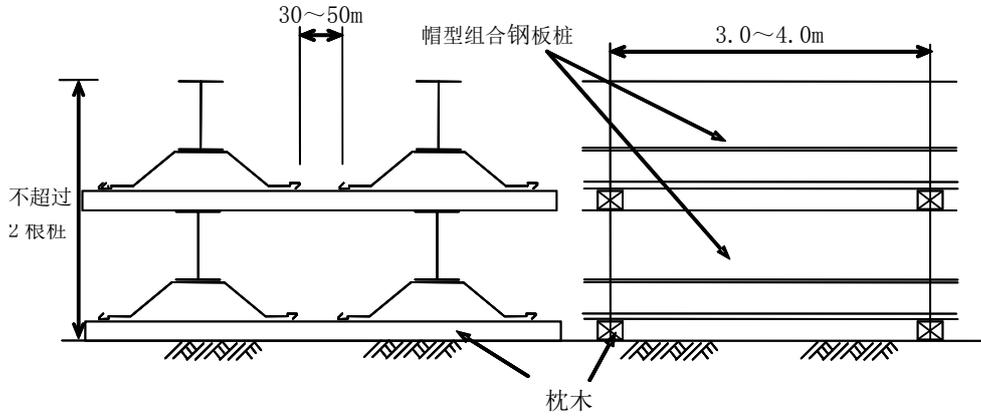


图 6.6 帽型组合钢板桩堆叠存放举例

(5) 直线型钢板桩堆叠存放举例

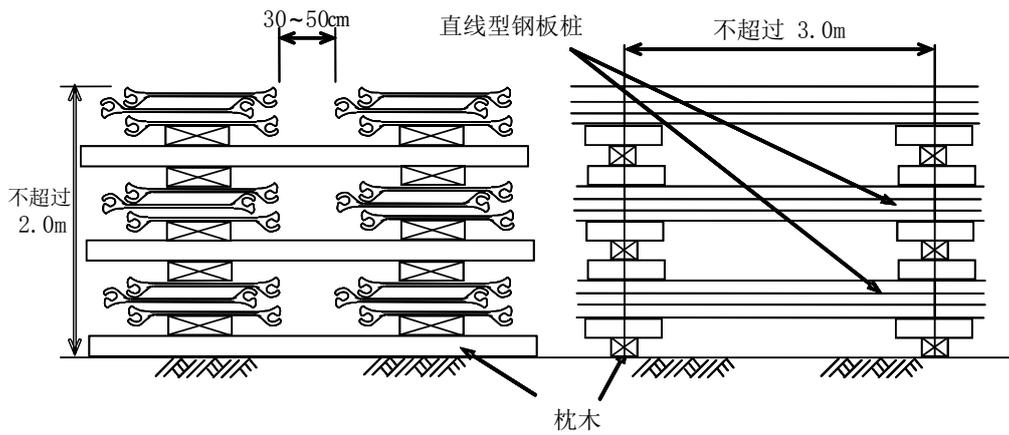


图 6.7 直线型钢板桩堆叠存放举例

6.3 钢板桩的吊装方法

- (1) 当钢板桩被吊起时，应注意防止因自重引起的塑性变形。
- (2) 桩长限值原则如下表所示。
- (3) 这些限值是在最危险的一点起吊法、冲击系数为 1.2、产生的应力在短期许用应力范围内的条件下得出的。

表 6.1 在吊装过程中单根钢板桩的桩长限值原则

种类	长度(m)	类型	长度(m)
FSP - II	23.5	FSP - III _w	28.5
FSP - III	25.5	FSP - IV _w	30.0
FSP - IV	29.0	NSP - 10H	30.0
FSP - V _L	29.5	NSP - 25H	30.0
FSP - VI _L	30.0		

- (4) 即使钢板桩长度小于上表中的限值，有侧向接缝的钢板桩可能会因为接缝处未焊接部分而产生断裂。这种情况下，有必要对侧向接缝部分进行加强或者重新考虑侧向接缝的施工。
- (5) 建议有侧向接缝的钢板桩在吊运时锁扣部分（即未焊接部分）位置应在上方。

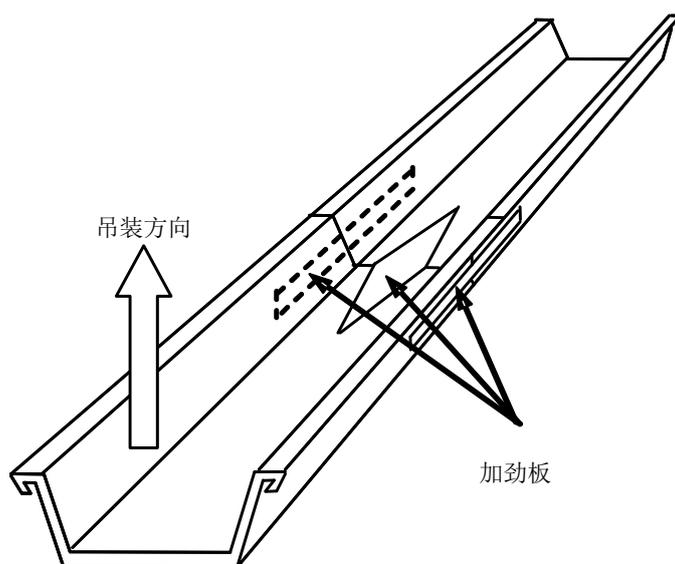


图 6.8 有侧向接缝的钢板桩的吊装方向

关于帽型钢板桩的吊装方法，因为很多情况下每根帽型钢板桩都较长、较重，因此需要特别注意搬运时的吊点位置，而且要采用有足够承载力的起重机。

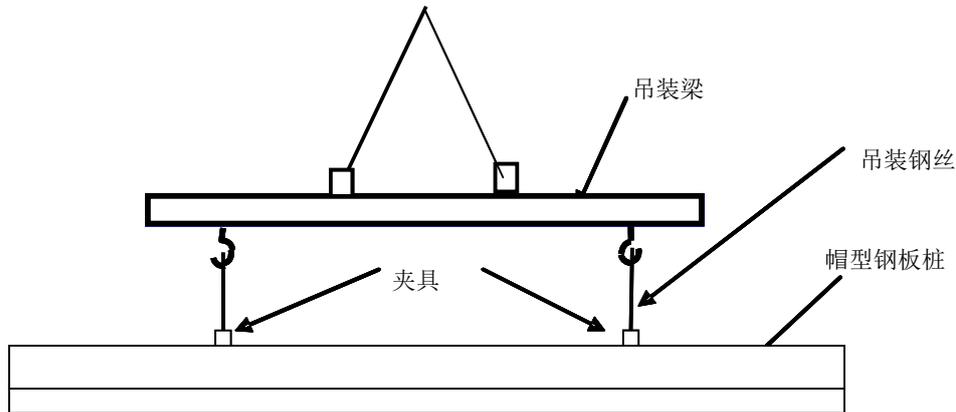


图 6.9 帽型钢板桩的吊装方法

以下是帽型组合钢板桩中用于吊挂的附件实例。为了方便钢板桩上下堆放并防止锁扣部分的损坏，建议用于吊挂的附件应连接在靠近腹板两端的两个位置处。用于吊挂的附件连接位置如下图所示。用于吊挂的附件的尺寸、位置和数量由组合式钢板桩的长度和重量决定。用于吊挂的附件其规格标准如下表所示。

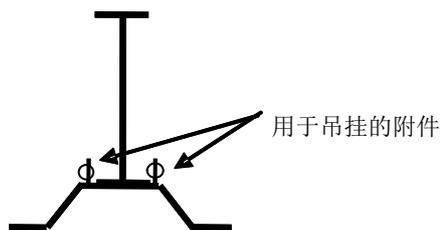


图 6.10 帽型组合钢板桩中用于吊挂的附件连接位置

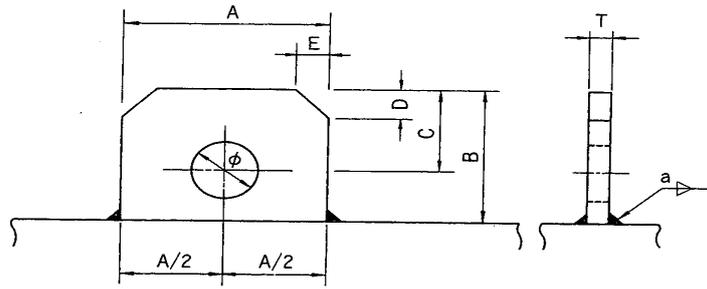


图 6.11 钢板桩吊挂附件的尺寸

表 6.2 钢板桩吊挂附件的尺寸

吊挂最大荷载 W (kN)	尺寸 (mm)							
	A	B	C	D	E	T	φ	a
$W \leq 30$	120	100	55	25	25	12	40	6
$30 < W \leq 50$	120	100	55	25	25	16	40	9
$50 < W \leq 100$	200	150	90	30	30	22	65	15
$100 < W \leq 200$	300	250	150	50	50	22	80	15

7 安装与打桩方法

7.1 打桩定位轴线的设置

- (1) 由于土方回填产生的土压力可能导致钢板桩前斜，因此在有些情况下，打桩定位轴线应向陆地一侧偏移 5~10cm。
- (2) 打桩定位轴线确定后，可在现场设置打桩的起始点和终点，而定位轴线的观察点设置在其延长线上。
- (3) 当打桩定位轴线设置在水上时，有必要安装临时脚手架或看台用来观测。

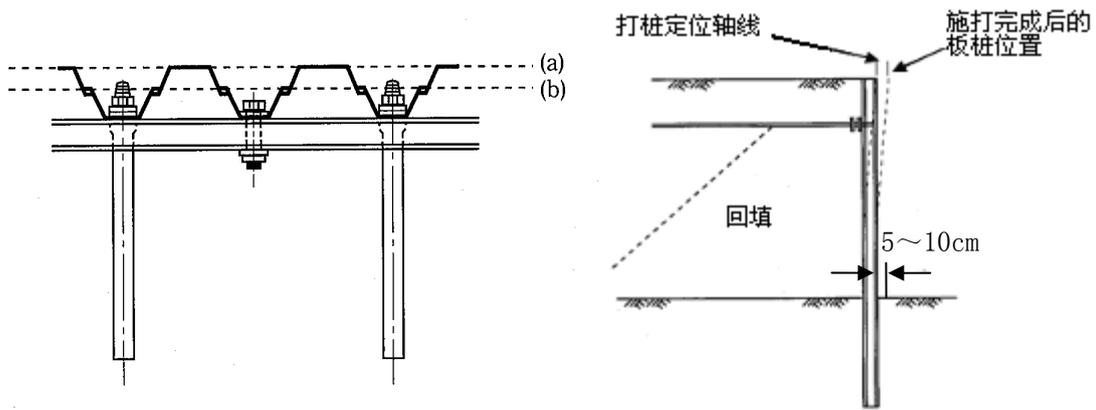


图 7.1 打桩定位轴线的设置

7.2 导向架

(1) 陆上打桩作业

- 1) 常用夹紧式导向架（即双面围檩支架）。在平行于钢板桩墙定位轴线的两边，每隔 2~4m 打入一个导桩，并在导桩与钢板桩之间附上导梁。除此之外，还可以使用制成框架结构的整体式导向架。
- 2) 导向架和导梁常用 H 型钢，其尺寸（截面高）为 250~350mm。
- 3) 根据现场条件，可以采用单边式导向架（即单面围檩支架）。但当打入的钢板桩截面较大、桩长较长时，原则上将采用夹紧式导向架。
- 4) 如采用夹紧式导向架时，两侧导梁之间的间距应为钢板桩墙的截面高度再加 2~5cm。
- 5) 根据钢板桩打入的设计深度，导梁设置的位置比钢板桩顶低 30~50cm，因而确保桩锤不会碰到导梁。

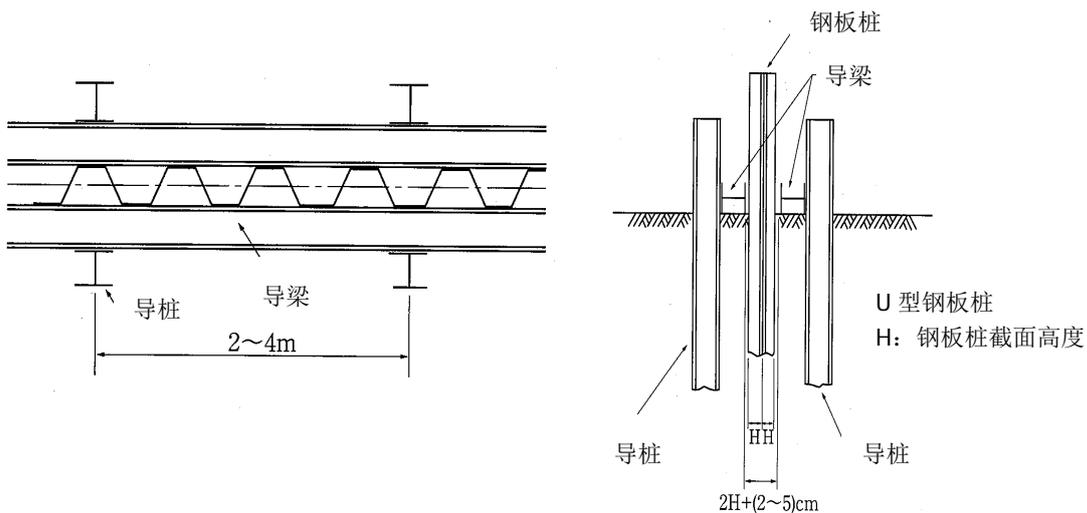


图 7.2 陆上打桩作业的导向架

(2) 水上打桩作业

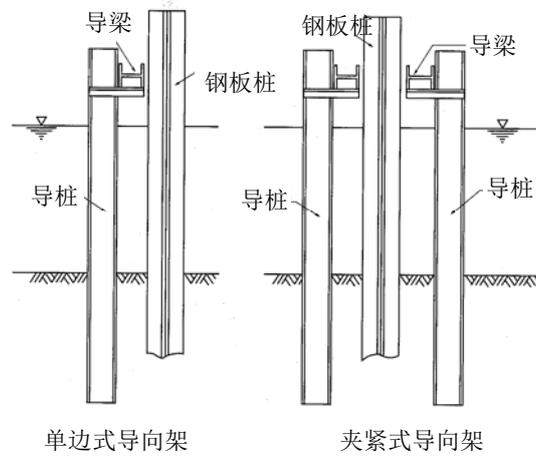


图 7.3 水上打桩作业的导向架

7.3 钢板桩的安装

(1) 安装准备

- 1) 通常情况下，为了吊运钢板桩，需要在钢板桩顶以下 10cm 处的中心位置用气割等方法割开一个洞，洞的直径约为 5cm。当吊运钢板桩时，需将吊线和钢板桩用钩环牢固地连接起来。
- 2) 钢板桩的下部要束上足够的绳子，以确保其在吊装时不会剧烈晃动。

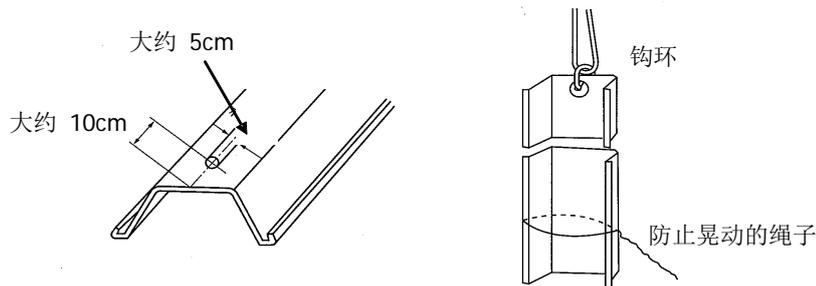


图 7.4 钢板桩安装准备

(2) 安装

- 1) 因第一根桩为后续桩的基准桩，所以需要仔细安装，并用经纬仪等确定其正确的位置且没有倾斜。
- 2) 钢板桩不应斜着拖拉，以免安装作业过程中节点发生扭转和损坏。
- 3) 通常采用卡板来防止钢板桩安装作业过程中的移动和转动。
- 4) 应确认钢板桩已打入土中一定深度而不倒塌。
- 5) 当钢板桩之间的锁扣连接作业需要在高处完成时，应确保工人的安全。

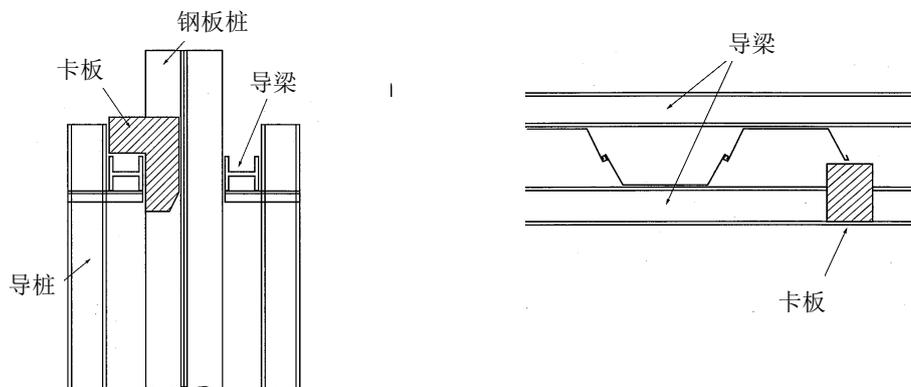


图 7.5 钢板桩的安装

7.4 打钢板桩

(1) 假如在水上打桩，需要设置观测台和简易导向架。该方法的缺点是打桩作业会受到波浪的影响，优点是实际打桩深度因不同的水深而有相应的减少。

(2) 假如在水上作业，第一个临时作业栈台有时是在陆地一侧预先建造好的，然后将设备放在其上打钢板桩。在作业栈台上打桩的优点是可以根据栈台的高度采用配有较短导杆的打桩机，且因打桩机不受水流影响，打桩作业可以完成得更精确。

但此法的缺点是当受力土层为软土时，栈台的施工费用相当昂贵。

(3) 单桩打入法是指将 1 或 2 根桩插打至正确位置，然后打至最终深度，如此重复直至最后一根桩打完。

此法的优点是所需桩锤的功率较小，缺点是钢板桩可能容易发生倾斜、扭转或曲折。

(4) 屏风式打入法是指首先将 20~30 根桩打入足够的深度，使它们不需要导向架也能立稳，然后先在桩墙两端打入 1~2 根桩，再将中间的桩也打入相同深度。重复以上操作，将整个打桩工作分几次完成，最后将全部钢板桩打至最终深度。

每次打桩的入土深度应限在 2~3m 内。

(5) 屏风式打入法的缺点是需要使用大型机具，且需要多次移动打桩机，因此作业任务繁重。

但此法适用于打桩精度要求较高的工程，因它可以阻止钢板桩的倾斜、扭转和曲折。



8 钢板桩的可打性

8.1 可打入的最大深度

(1) 锤击法

虽然可打入的最大深度取决于各种因素，诸如地基条件、钢板桩类型和打桩方法等，但根据经验可得到如下准则。

表 8.1 可打入的最大深度(锤击法)

单位：m

钢板桩类型	桩帽状况	松土		好土	
		1 桩打	2 桩打	1 桩打	2 桩打
II	好	12~13	16~17	8~10	11~13
	中	12~13	16~17	5~10	6~13
	差	11~13	12~17	4~9	4~9
III	好	15~16	19~20	9~13	13~16
	中	15~16	19~20	6~13	7~16
	差	14~16	14~20	5~11	5~11
IV	好	18~19	23~24	11~15	16~19
	中	18~19	23~24	7~15	8~19
	差	17~19	17~24	5~13	5~13
V	好	20~22	27~28	12~17	18~22
	中	20~22	27~28	8~17	8~21
	差	18~22	18~28	6~13	6~14
VI	好	24~26	33~34	12~20	19~27
	中	24~26	29~34	8~19	9~21
	差	18~26	19~28	6~14	6~14

来自：钢板桩施工指南，1969，日本港口协会

(2) 振动法

下表限值由经验确定。（适用土层为砂土）

表 8.2 可打入的最大深度(振动法)

方法	钢板桩类型	可打入的最大深度(m)	最大N值	平均N值
仅振动锤	II, II _w	10	≤20	≤8
	III, III _w	17	≤30	≤12
	IV, IV _w	22	≤40	≤16
	V _L	27	≤50	≤20
	VI _L	32	≤50	≤20
	10H	16	≤20	≤8
	25H	20	≤30	≤12
振动锤配合高压喷水装置	II, II _w	14	≤40	≤16
	III, III _w	21	≤60	≤24
	IV, IV _w	26	≤80	≤32
	V _L	31	≤80	≤40
	VI _L	36	≤80	≤40
	10H	22	≤40	≤16
	25H	30	≤80	≤32

来自：振动锤设计与施工手册，2006，振动工法技术研究会

(3) 静压法

下表限值由经验确定。（适用土层为砂土）

表 8.3 可打入的最大深度(静压法)

方法	钢板桩类型	最大可打入深度(m)	最大N值	平均N值
静压法	II, IIw	10	≤20	≤8
	III, IIIw	15	≤30	≤12
	IV, IVw	20	≤30	≤12
	VL	25	≤30	≤15
	VIL	30	≤30	≤15
	10H	12	≤25	≤12
	25H	25	≤25	≤15
静压法配合 高压喷水 装置	II, IIw	12	≤40	≤16
	III, IIIw	18	≤50	≤20
	IV, IVw	23	≤50	≤20
	VL	28	≤50	≤20
	VIL	33	≤50	≤20
	10H	14	≤50	≤20
	25H	25	≤50	≤20

来自：静压法协会



8.2 打桩注意事项

(1) 打桩中的问题

- 1) 钢板桩倾斜
- 2) 已打桩被在打桩拖着一起下沉（带桩下沉）
- 3) 钢板桩墙与设计长度相比的延长或缩短
- 4) 穿透力不够（打桩受阻）
- 5) 连接锁扣脱开

(2) 钢板桩倾斜的原因

- 1) 由于锤击力作用的位置与相邻钢板桩咬合摩擦力作用的位置不同，因而在该处产生扭转力，导致钢板桩向桩墙的定位轴线倾斜。
- 2) 虽然钢板桩在地表面被垂直打入，但在某种程度上有扭转倾向以及底部曲折的倾向。因此钢板桩的顶部比底部更前倾，且钢板桩易于向桩墙定位轴线倾斜。
- 3) 入土越深，作用于钢板桩的土压力就越大，钢板桩下部宽度就有减小的趋势。但桩顶受锤击影响，其宽度有增大的趋势。因此，钢板桩墙向其定位轴线前倾。

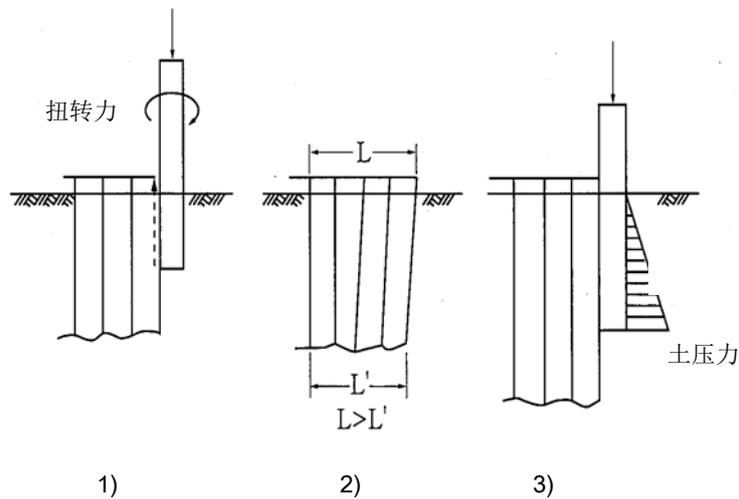


图 8.1 钢板桩倾斜的原因

(3) 钢板桩倾斜的解决措施

钢板桩的倾斜增加了桩之间的咬合摩擦力，因此当下一根桩打入时，该力将变成很大的抵抗力以阻止桩的打入。

1) 倾斜较小时的解决方案

- ① 利用绞车等工具将已打入钢板桩的顶部朝倾斜的反方向拉。
- ② 如采用单桩打入法，应将打桩方法改为屏风式打入法来纠斜。

2) 即使采用了上述的应对措施，倾斜度还是超过了一桩宽时的解决方案

- ① 采用顶部和底部宽度不一的楔形钢板桩来纠斜。
- ② 因为楔形钢板桩与普通钢板桩相比截面模量不同，因此有必要校核楔形钢板桩的结构强度。
- ③ 禁止连续使用楔形钢板桩。
- ④ 当预计需要使用楔形钢板桩时，应快速准备好楔形钢板桩以使打桩过程不中断。

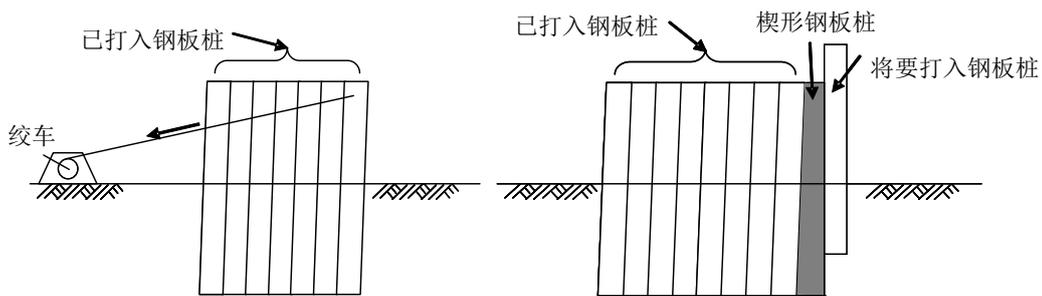


图 8.2 钢板桩倾斜解决措施

(4) 已打钢板桩被在打钢板桩拖着一起下沉

在打钢板桩过程中，相邻的已打桩有时会与在打桩一起下沉。

一起下沉的原因如下：

- 1) 在软土中钢板桩发生倾斜或弯曲时，容易出现“一起下沉”现象。
- 2) 相邻已打钢板桩的承载力由桩侧摩阻力和桩端承载力组成，当在打钢板桩的咬合摩擦力超过相邻已打钢板桩的承载力时，就会认为发生“一起下沉”现象。

当发生“一起下沉”现象时，可采取以下有效应对措施：

- 1) 当钢板桩发生倾斜时，应首先进行纠斜。
- 2) 如在软土中，钢板桩应在高于设计位置处停止打入，以预留空间防止“一起下沉”。如果没有发生“一起下沉”，应随后将钢板桩打入最终深度。
- 3) 对相邻钢板桩采用现场锁扣焊接或螺栓连接的临时连接方法也是有效的。

(5) 与设计长度相比钢板桩墙的延长或缩短

- 1) 为方便打桩作业，设计钢板桩锁扣时在宽度上有 2~3mm 的空隙。
- 2) 这就导致已打钢板桩墙长度的延长或缩短。打桩时沿钢板桩墙长度方向处于受压状态，则钢板桩墙容易缩短；反之，打桩时沿钢板桩墙长度方向处于受拉状态，则钢板桩墙容易延长。
- 3) 钢板桩墙长度的增减可能导致钢板桩总需求量的调整。而且，如果在锚拉钢板桩墙的施工中，前面钢板桩的中心和锚桩中心不重合，导致拉杆角度需要调整而给拉杆安装带来困难。

(6) 与设计长度相比钢板桩墙延长或缩短的应对措施

措施如下：

- 1) 假如钢板桩墙长度增加，即钢板桩打入时处于受拉状态，那么应将其调整到受压状态下打桩。
- 2) 假如钢板桩墙长度减小，应采取跟上一项相反的措施。
- 3) 原则上，每 20~30 根桩就应检查一次钢板桩的倾斜度。
- 4) 当主要起因被认为是钢板桩墙扭转或蛇形弯曲时，应在钢板桩和导梁之间放入足够的卡板。
- 5) 当上述措施还不奏效时，应采取如下对应措施：

当钢板桩墙长度增加时，应打入宽度比正常尺寸小的特制钢板桩以调整墙长；当钢板桩墙长度减小时，应打入宽度比正常尺寸大的特制钢板桩或多打入一个正常尺寸的钢板桩以调整墙长。

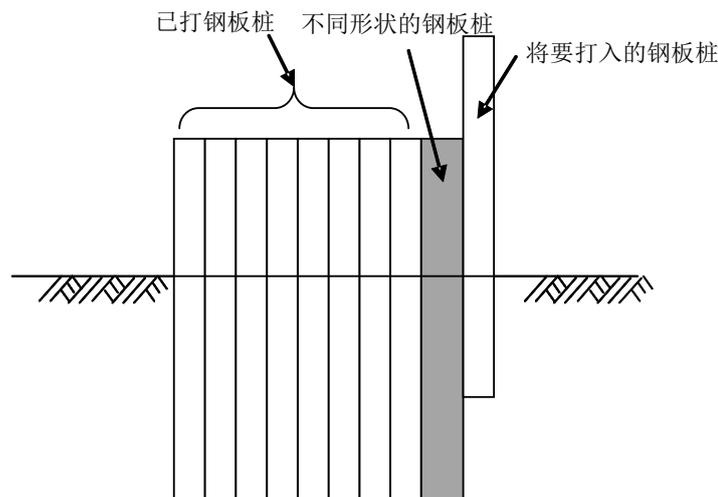


图 8.3 与设计墙长相比钢板桩墙延长或缩短的应对措施

(7) 穿透力不够

因穿透力不够会给设计带来麻烦，有必要通过重新检查打桩方法来解决。应对措施如下：

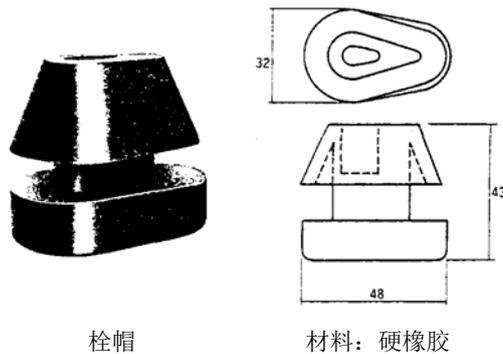
- 1) 应更换一个更大功率的打桩机或者采取其他措施以减小打桩阻力。
- 2) 常用高压喷水装置和钻土机来减小土层的打桩阻力。

(8) 锁扣脱开

- 1) 从钢板桩墙的力学强度和锁扣的止水能力来看必须避免钢板桩锁扣的脱开。
- 2) 当钢板桩墙打入颗粒尺寸均匀的砂土层时，由于打桩和接缝摩擦力的影响，已打钢板桩锁扣处的砂土因脱水而变硬，且逐渐变得密实。这种现象称为楔现象（堵塞），且可能导致锁扣脱开。

应对措施如下：

- 1) 砂土挤入锁扣空隙中是引起锁扣脱开的一个原因。这种情况下，有效的方法是在锁扣下部装上一个栓帽，如图所示。栓帽也可用小螺栓代替。
- 2) 还应配合喷水，以防止土壤进一步硬化。
- 3) 单桩打入法应改为屏风式打入法，每次入土深度应不超过 2~3m，这样通过减小土壤的脱水而减少打桩阻力。



栓帽

材料：硬橡胶

来自：Marufuji 板桩公司的产品目录

图 8.4 栓帽

9 容许误差

钢板桩在每个领域都有关于容许误差的一些规定，本施工指南手册描述了日本港口设施行业的相关规定。

在已经完成的“由日本国土交通省港口局编制的 2004 港口施工作业总说明”的标准中给出了打钢板桩时的容许误差规程，如下所示。

表 9.1 钢板桩施工完成后的容许误差标准

项目	测量方法	测量频率	测量单位	测量报告	容许误差
打桩作业	打桩记录	1根/40根		提交打桩记录	
墙纵向长度	利用钢卷尺等 (在桩顶部)	打桩过程中适当时候； 打桩完成时	1cm	绘制并提交检查表	+：小于等于 一根钢板桩 的宽度 -：0
与墙定位轴线距离	利用经纬仪、 钢卷尺等	打桩完成时； 1根/20 根； 与设计定位轴线不同的 点	1cm	绘制并提交检查表	±10cm
偏离墙定位轴线的 倾斜度	利用经纬仪、 铅锤线、 测斜仪等	打桩完成时； 1根/20 根； 与设计定位轴线不同的 点	1/1000	绘制并提交检查表	小于等于 10/1000
偏向墙定位轴线的 倾斜度	利用经纬仪、 铅锤线、 测斜仪等	打桩过程中适当时候； 打桩完成时(在端部)	1cm； 1/1000	绘制并提交检查表	顶部和底部 宽度差小于 等于一根桩； 小于等于 10/1000
钢板桩顶 高度	利用水准仪	打桩完成时； 1根/20 根	1cm	绘制并提交检查表	±10cm
锁扣脱开	观察 (水下时由潜水 员来观察)	所有桩		提交观测结果	

10 锚固

10.1 围檩安装作业

- (1) 围檩通常采用槽钢或H型钢等。
- (2) 单根围檩的长度应大于4倍的拉杆间距。
- (3) 围檩安装的方法有两种，一种是安装于钢板桩的前方，一种是安装于钢板桩的后方。
- (4) 当围檩安装于钢板桩前方时，作用于钢板桩上的力将直接作用在围檩上。相反，当围檩安装于钢板桩的后方时，该力不直接作用在围檩上。因此，为了使钢板桩和围檩连接良好，应拧紧紧固螺栓。

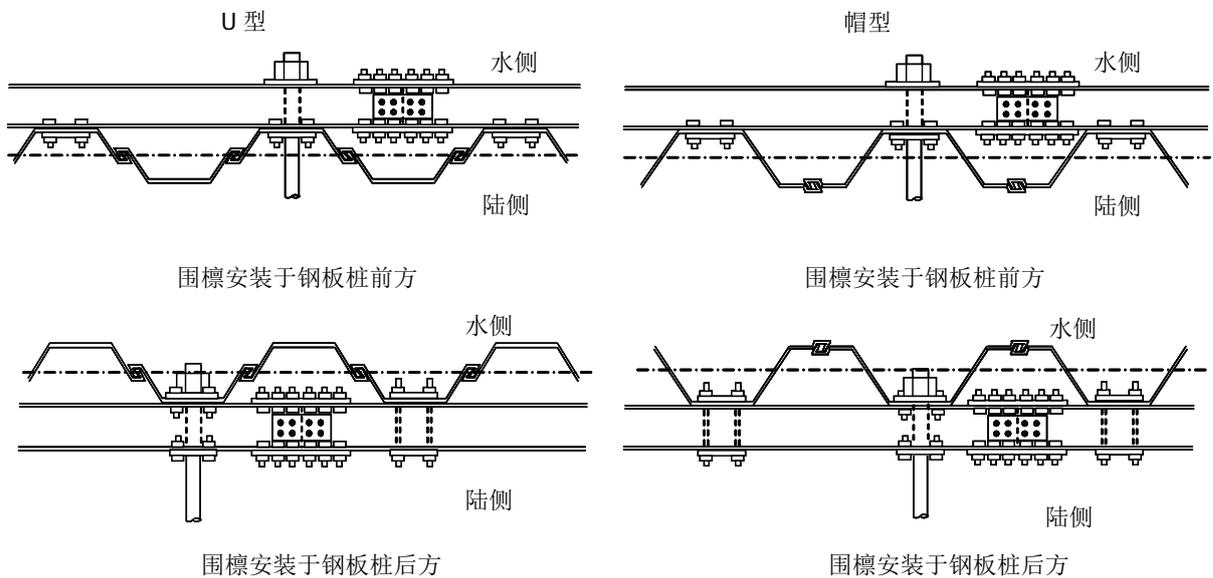


图 10.1 围檩安装作业

10.2 拉杆安装

(1) 概述

- 1) 拉接材料分为拉杆和拉线。
- 2) 打钢板桩、设置锚桩和安装围檩完成后应立即安装拉杆。
- 3) 安装拉杆、套筒螺母和环结件的标准方法如下图所示。
- 4) 设置拉杆时需垂直于钢板桩墙的定位轴线，并与地面平行或有一规定的倾角。

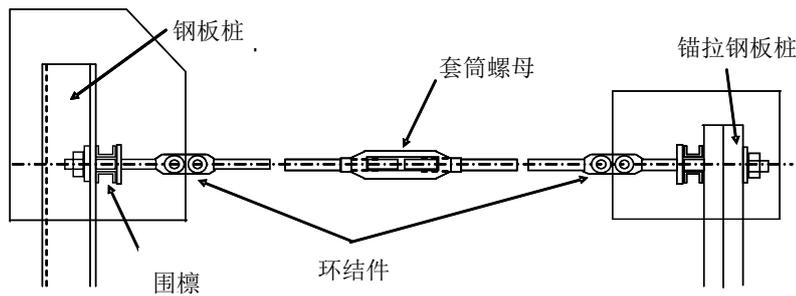


图 10.2 拉杆安装

(2) 拉杆的支撑

- 1) 当拉杆在陆上安装时，应将作业地面施工到需要的高度且填实整平后再进行。
- 2) 当拉杆在水上或水下安装时，拉杆应由桩等来支撑。

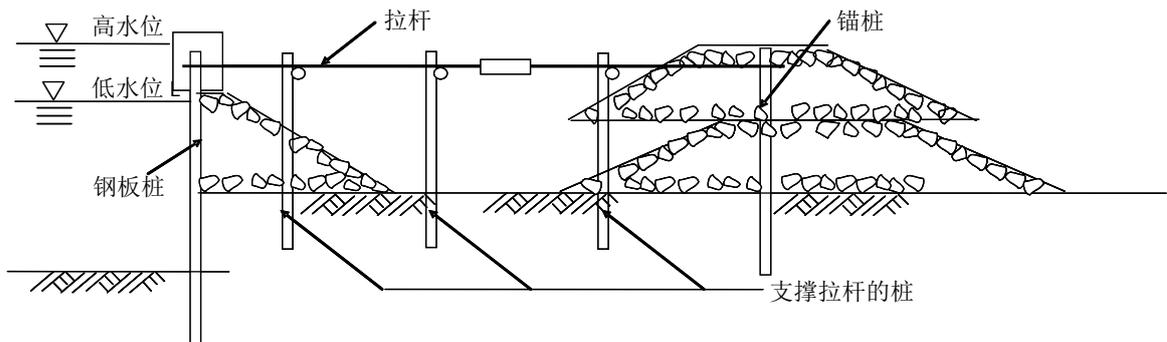


图 10.3 拉杆的支撑

(3) 调整拉杆长度的方法

1) 延长

当锚桩与钢板桩之间的距离超过设计值时，通过使拉杆与钢板桩、锚桩和套筒螺母的拧紧所需要的长度控制在最小限值范围内而将其延长，并确保压顶的定位轴线与拉杆之间有 5cm 以上的保护层。

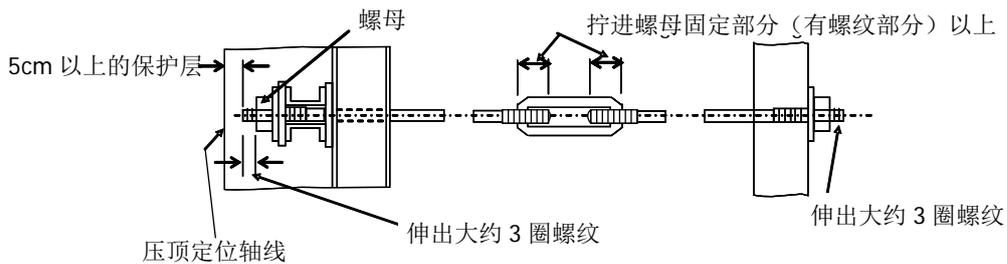


图 10.4 调整拉杆长度的方法(延长)

2) 缩短

当锚桩与钢板桩之间的距离小于设计值时，可将拉杆拧进套筒直至极限而将其缩短，并可在两端锚固螺母处插入金属盒或多层垫片使拉杆紧固。

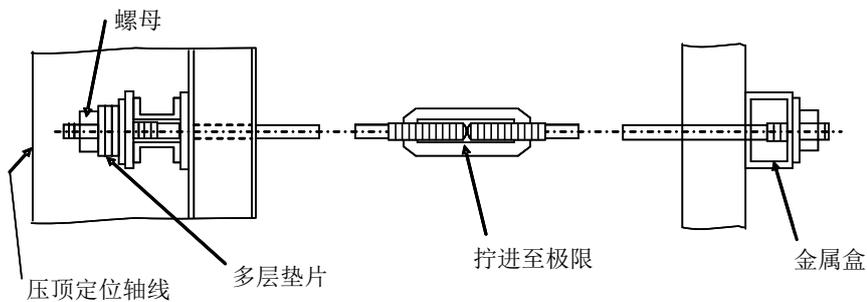


图 10.5 调整拉杆长度的方法(缩短)

(4) 环结件安装

- 1) 安装环结件是用来防止由拉杆上方的土压力和填土沉降而引起的弯矩。
- 2) 通常情况下，两个环结件分别设置在钢板桩一侧和锚桩一侧。
- 3) 环结件应精确组装后安装，以保证其能上下转动。

(5) 拉杆的紧固

- 1) 拉杆安装好后，通过螺母和套筒螺母来调节拉杆总长，使拉杆产生适当的张拉力而将其紧固。
- 2) 原则上，最后的紧固是通过调节套筒螺母或锚桩侧的螺母来完成的。

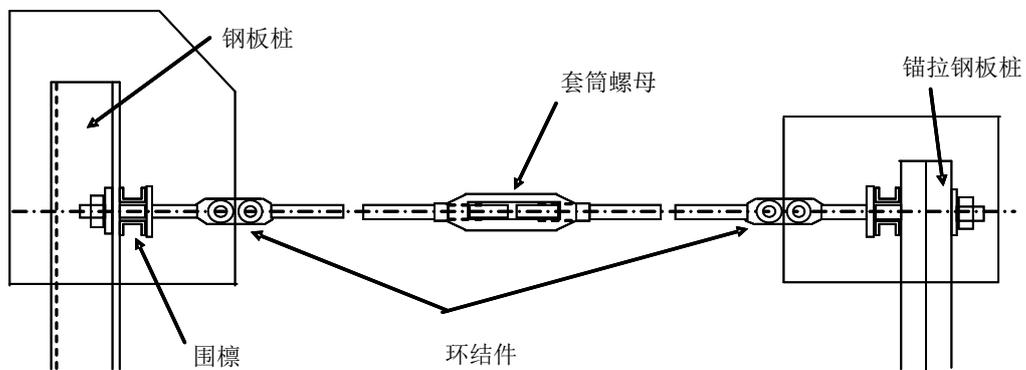


图 10.6 环结件的连接

(6) 拉线连接作业

- 1) 拉线由 PC (聚碳酸酯) 绞线或硬质钢绞线组成，外包聚乙烯等材料，并通过安装端部金属统一起来。
- 2) 拉线和拉杆一样是通过螺母来锚固。
- 3) 拉线最大的优点是轻柔，不需要使用环结件和套筒螺母。

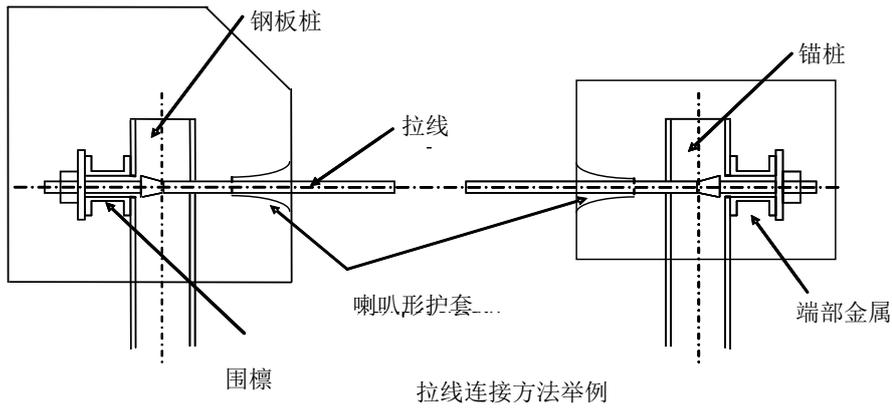


图 10.7 拉线连接作业

(7) 拉杆部件举例

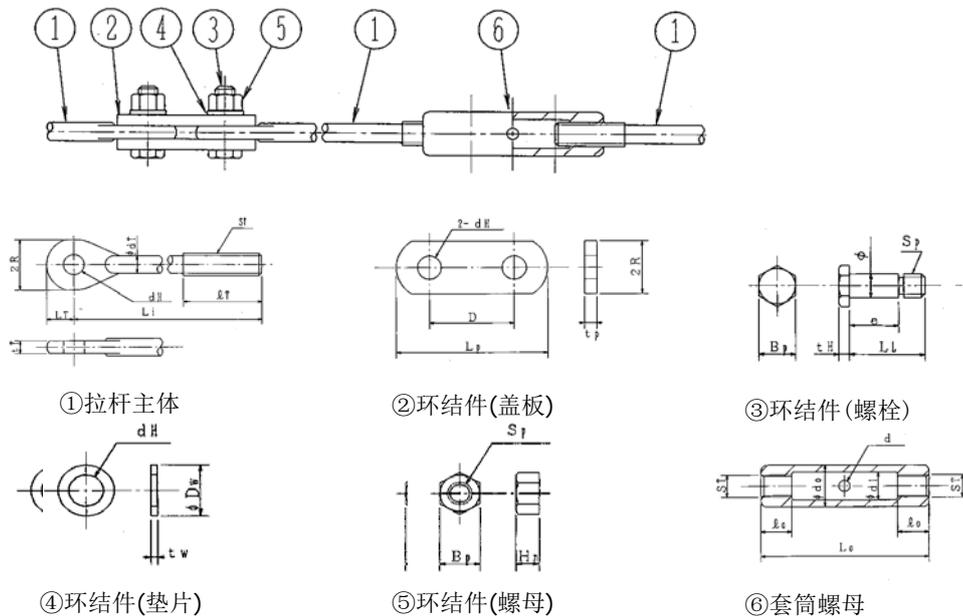


图 10.8 拉杆部件举例

(8) 拉杆材料举例

表 10.9 拉杆材料举例

材料类型	屈服应力 N/mm ²	抗拉强度 N/mm ²	伸长率 %	直径 mm
SS400	215~235	≥400	≥22	25~90
SS490	255~275	≥490	≥20	25~90
高强度钢 490	≥325	≥490	≥22	25~90
高强度钢 590	≥390	≥590	≥21	25~90
高强度钢 690	≥440	≥690	≥19	25~90
高强度钢 740	≥540	≥740	≥18	25~70

(9) 拉线部件

1) 拉绳

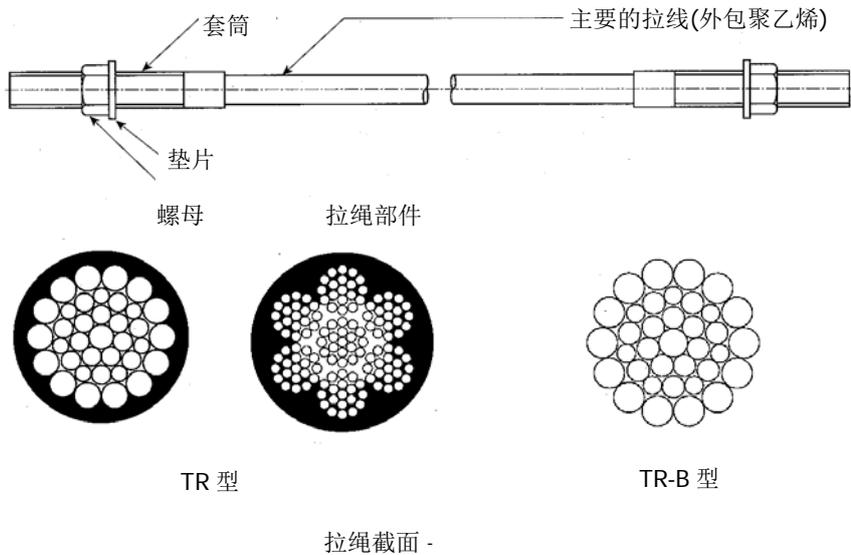


图 10.9 拉绳

2) 拉索

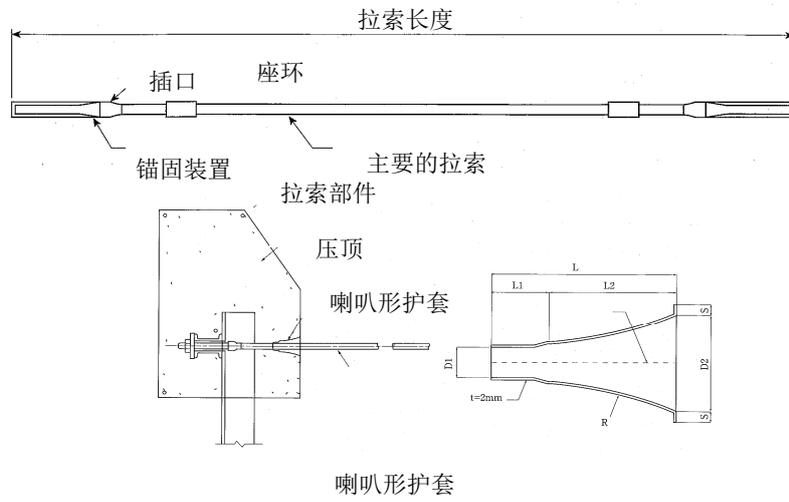


图 10.10 拉索

11 钢板桩腐蚀对策

11.1 概述

钢板桩的防腐蚀对策有以下一些方法：

- (1) 考虑腐蚀部分的方法（预留厚度法）
- (2) 涂覆装方法
- (3) 混凝土覆盖方法
- (4) 电防腐蚀方法（阴极保护法）

防腐蚀工法的种类如图 11.1 所示。

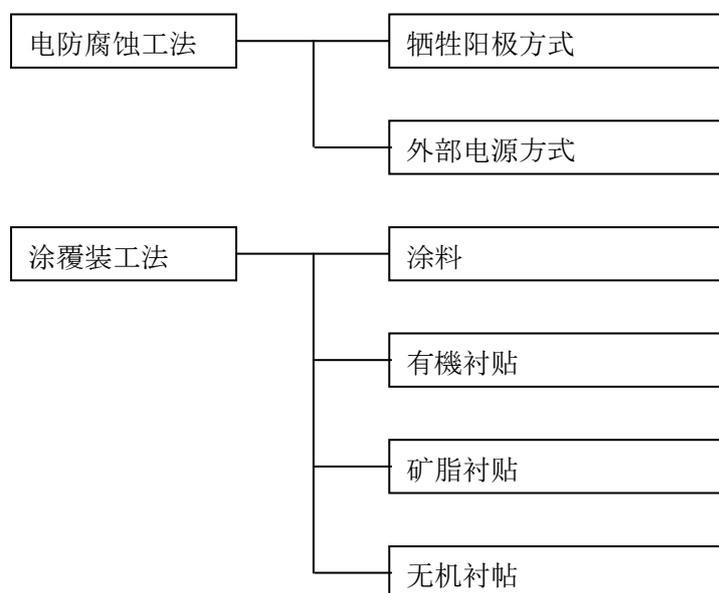


图 11.1 防腐蚀工法的种类

11.2 考虑腐蚀部分的方法

即预留厚度法，是指根据钢板桩的使用年限，在设计截面时预先估算出与腐蚀量相当的截面厚度的方法。腐蚀量取决于腐蚀环境，故腐蚀部分的计算是通过在各腐蚀环境下腐蚀速度×使用年限得出的。

另外在用于海洋、港湾的构筑物时，如果是临时性构筑物可以考虑采用此种方法，但是由于海水等原因可能导致局部发生明显的腐蚀，故如果是永久性构筑物，一般来说不考虑采用预留厚度法来防腐蚀。

11.3 涂覆装方法

涂覆装法是通过钢板桩表面进行涂刷处理，以阻止由海水等原因造成的腐蚀。该法首先对基层进行喷砂或喷丸处理，然后采用有机或无机的富锌涂料进行底漆的涂刷，最后采用焦油环氧涂料进行面漆的涂刷。

11.4 混凝土覆盖方法

即用混凝土或水泥砂浆覆盖在钢板桩表面的防腐方法。它通过水泥的水化反应等来保持混凝土的碱性作用，以阻止钢板桩的锈蚀。使用此方法时，保护层的厚度应足够，且需防止其开裂和剥落。

11.5 电防腐蚀工法

电防腐蚀工法是基于图 11.2 所示的结构，通过直流电来消除金属表面阴阳极的电位差的方法，如图 11.3 所示。把在水中或土中的钢板桩连接到直流电源装置的“—”处作为阳极，而连接在“+”处的电极通过水或土使电流流向钢板桩表面。

电防腐蚀方法，包括利用整流器把交流电转换为直流电来提供防腐蚀电流的外部电源方式和利用金属的电位差(不同种类金属之间的电位差)来取得防腐蚀电流的牺牲阳极方式。

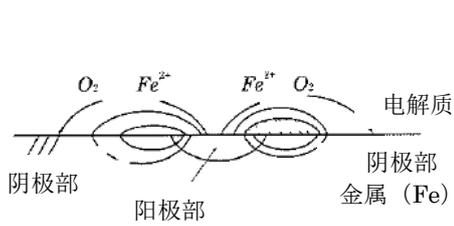


图 11.2 腐蚀结构

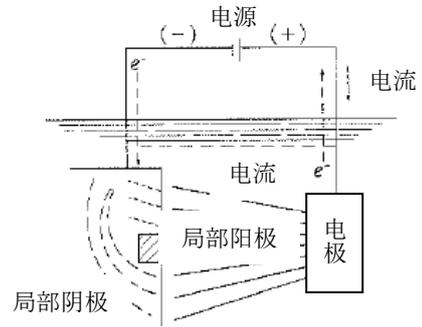


图 11.3 电防腐蚀的状况

(1) 外部电源方式

外部电源方式如图 11.4 所示，它包括将交流电转换成直流电的整流器，设置在水中或土中传递防腐电流的电极，直流电源装置和电极，以及连接钢板桩的配线、配管等。

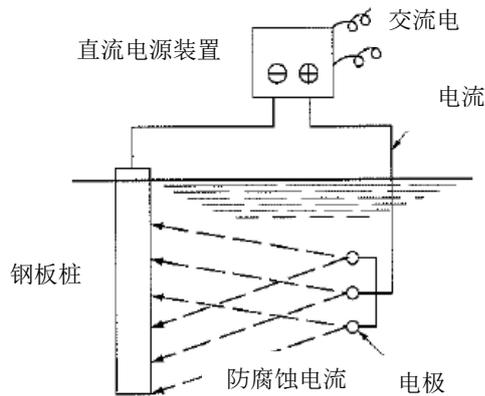


图 11.4 外部电源方式

(2) 牺牲阳极方式

牺牲阳极方式如图 11.5 所示，由具有比钢板桩还要低电位的锌、铝、镁等的阳极金属以及和钢板桩连接的电线等组成。

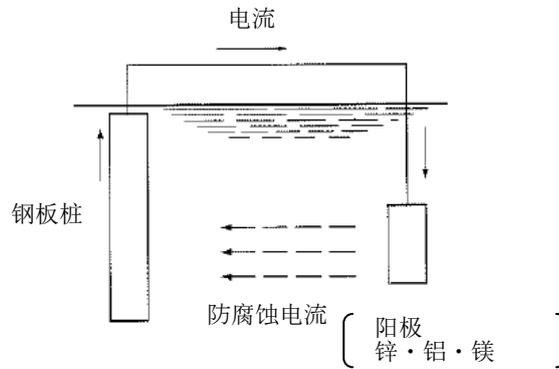


图 11.5 牺牲阳极方式

外部电源方式和牺牲阳极方式的优点分别如下表所示。

表 11.1 电防腐方法的特长

外部电源方式	牺牲阳极方式
<ul style="list-style-type: none"> • 电压可调节 • 电流量调节简单，且适用于高速流等变化激烈的环境 • 成为永久性的设施 • 适用于大型构造物 	<ul style="list-style-type: none"> • 施工简单 • 不需要施工后的管理 • 不需要电源 • 规模小，适合分散的设备

[3] 参考文献

- [1]. Design Manual of Steel Sheet Pile Structures, Nippon Steel Corporation, University of Transportation and Communications, 2009
- [2]. 新日本制铁株式会社, 钢板桩设计指南手册, 1989
- [3]. 新日本制铁株式会社, 钢板桩施工指南手册, 1969, 1988
- [4]. 新日本制铁株式会社, 钢板桩产品手册, 2009
- [5]. 振动锤工法技术研究会, 振动设计施工便览, 2006
- [6]. 运输省港湾技术研究所编辑, 沿岸开发技术研究中心, 港湾构筑物的维护, 修复指南手册, 1999
- [7]. 日本国土交通省港口局, 港口施工作业总说明, 2004

