

建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材

适用范围

通用

# 建筑施工新技术

中国建设教育协会继续教育委员会 组织编写

中国建筑工业出版社



建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材

# 建筑施工新技术

中国建设教育协会继续教育委员会 组织编写

吴 迈 主编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工新技术/中国建设教育协会继续教育委员会组织  
编写. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 4  
建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材  
ISBN 978-7-112-19178-9

I. ①建… II. ①中… III. ①建筑工程-工程施工-继续教育-教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 036559 号

本书主要包括: 地基基础工程施工新技术、混凝土结构施工新技术、装配式混凝土建筑、外墙外保温装饰一体化施工技术、绿色施工、BIM 概述。

本书可作为施工现场专业人员继续教育教材, 也可供相关专业技术人员、院校师生参考使用。

责任编辑: 朱首明 李 明 李 阳

责任设计: 李志立

责任校对: 李美娜 赵 颖

建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材

建筑施工新技术

中国建设教育协会继续教育委员会 组织编写

吴 迈 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 6½ 字数: 159 千字

2016 年 4 月第一版 2016 年 4 月第一次印刷

定价: 19.00 元

ISBN 978-7-112-19178-9

(28444)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 建筑与市政工程施工现场专业 人员继续教育教材 编审委员会

主任：沈元勤

副主任：艾伟杰 李明

委员：（按姓氏笔画为序）

于燕驰	王昭	邓铭庭	白俊	台双良	朱首明
刘冰	刘仁辉	刘传卿	刘善安	孙延荣	李阳
李波	李庚尧	李晓文	李雪飞	李慧平	肖兴华
吴迈	宋志刚	张囡囡	陈春来	周显峰	赵泽红
俞宝达	姚莉萍	袁蘋	徐辉	高原	梅晓丽
曾庆江	虞和定	阚咏梅	颜龄		

**参编单位：**

中建一局培训中心

北京建工培训中心

山东省建筑科学研究院

哈尔滨工业大学

河北工业大学

河北建筑工程学院

上海建峰职业技术学院

杭州建工集团有限责任公司

浙江赐泽标准技术咨询有限公司

浙江铭轩建筑工程有限公司

华恒建设集团有限公司

# 序

建筑与市政工程施工现场专业人员队伍素质是影响工程质量、安全、进度的关键因素。我国从20世纪80年代开始,在建设行业开展关键岗位培训考核和持证上岗工作,对于提高建设行业从业人员的素质起到了积极的作用。进入21世纪,在改革行政审批制度和转变政府职能的背景下,建设行业教育主管部门转变行业人才工作思路,积极规划和组织职业标准的研发。在住房和城乡建设部人事司的主持下,由中国建设教育协会主编了建设行业的第一部职业标准——《建筑与市政工程施工现场专业人员职业标准》JGJ/T 250—2011,于2012年1月1日起实施。为推动该标准的贯彻落实,中国建设教育协会组织有关专家编写了考核评价大纲、标准培训教材和配套习题集。

随着时代的发展,建筑技术日新月异,为了让从业人员跟上时代的发展要求,使他们的从业有后继动力,就要在行业内建立终身学习制度。为此,为了满足建设行业现场专业人员继续教育培训工作的需要,继续教育委员会组织业内专家,按照《标准》中对从业人员能力的要求,结合行业发展的需求,编写了《建筑与市政工程施工现场专业人员继续教育教材》。

本套教材作者均为长期从事技术工作和培训工作的业内专家,主要内容都经过反复筛选,特别注意满足企业用人需求,加强专业人员岗位实操能力。编写时均以企业岗位实际需求为出发点,按照简洁、实用的原则,精选热点专题,突出能力提升,能在有限的学时内满足现场专业人员继续教育培训的需求。我们还邀请专家为通用教材录制了视频课程,以方便大家学习。

由于时间仓促,教材编写过程中难免存在不足,我们恳请使用本套教材的培训机构、教师和广大学员多提宝贵意见,以便我们今后进一步修订,使其不断完善。

中国建设教育协会继续教育委员会  
2015年12月

# 前 言

现代工程项目的施工难度和质量要求在不断提高，传统方法和经验已难以满足快速发展的需要。本教材归纳了近年来具有推广价值的建筑施工新技术，分别针对其背景、原理、应用等作了简要介绍，有助于施工现场专业人员了解、熟悉建筑施工新技术。

本教材主要包括：地基基础工程施工新技术、混凝土结构施工新技术、装配式混凝土建筑、外墙外保温装饰一体化施工技术、绿色施工、BIM 概述。其中，地基基础工程施工新技术包括型钢水泥土搅拌墙（SMW 工法）施工技术、地下工程逆作法施工技术、劲芯水泥土桩施工技术。混凝土结构施工新技术包括高强混凝土技术、超高泵送混凝土技术、高强钢筋应用技术、钢筋焊接网应用技术。本教材可作为施工现场专业人员培训教材，也可供相关专业技术人员、院校师生参考使用。

本教材第一、五章由河北工业大学吴迈编写，第二章由中建八局天津公司耿会宣编写。第三章由河北建筑工程学院李雪飞编写，第四章由河北建设集团有限公司佟利辉编写，第六章由山东省建筑科学研究院刘传卿、中国国际工程咨询公司李洁编写。全书由吴迈担任主编并负责统稿。

限于时间紧张、作者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

一、地基基础工程施工新技术	1
(一) 型钢水泥土搅拌墙 (SMW 工法) 施工技术	1
(二) 地下工程逆作法施工技术	8
(三) 劲芯水泥土桩施工技术	18
二、混凝土结构施工新技术	24
(一) 混凝土工程技术	24
(二) 钢筋工程技术	34
三、装配式混凝土建筑	44
(一) 概述	44
(二) 装配式混凝土结构的适用范围	45
(三) 装配式混凝土结构的主要材料	45
(四) 装配式混凝土结构的基本构件	46
(五) 混凝土预制构件的检验	48
(六) 混凝土预制构件的连接	50
(七) 混凝土预制构件的运输与堆放	52
(八) 装配式混凝土结构工程施工	54
四、外墙外保温装饰一体化施工技术	58
(一) 概述	58
(二) 材料	58
(三) 施工机具	59
(四) 施工条件与准备	59
(五) 粘锚法施工工艺	60
(六) 机械锚固法施工工艺	64
(七) 施工管理	66
五、绿色施工	67
(一) 概述	67
(二) “四节一环保”基本措施	69
(三) 地基基础工程绿色施工	72
(四) 主体结构工程绿色施工	74
(五) 装饰装修工程绿色施工	78
(六) 保温和防水工程绿色施工	80
(七) 机电安装工程	81
六、BIM 概述	82



（一）综述 .....	82
（二）BIM 相关软件简介 .....	87
（三）BIM 在工程施工阶段的应用 .....	90
（四）工程应用示例 .....	92
参考文献 .....	94

# 一、地基基础工程施工新技术

## (一) 型钢水泥土搅拌墙 (SMW 工法) 施工技术

### 1. 概述

型钢水泥土搅拌墙 (SMW 工法) 是在连续套接的三轴水泥土搅拌桩内插入型钢形成的复合挡土、截水结构, 是从日本引进的技术, 最早在上海环球世界大厦等工程中应用。这种支护结构具有支护性能好、造价低、环保 (型钢可回收) 等优点, 近几年在我国软土地区应用广泛, 并在搅拌桩机、型钢减摩剂、型钢拔出机械和工艺等方面形成了自身特色。2010 年我国颁布了行业标准《型钢水泥土搅拌墙技术规程》JGJ/T 199—2010, 标志该支护技术已日趋成熟。

型钢水泥土搅拌墙由型钢和水泥土组成, 两者作用明确: 型钢作为挡土结构, 水泥土作为截水帷幕。试验表明, 当墙体变位较小时, 水泥土对提高型钢水泥土搅拌墙的刚度有相当的贡献。因此, 施工中应保证两者互不分离、形成整体, 使型钢和水泥土两者协同工作。

SMW 工法施工工艺如图 1-1 所示。

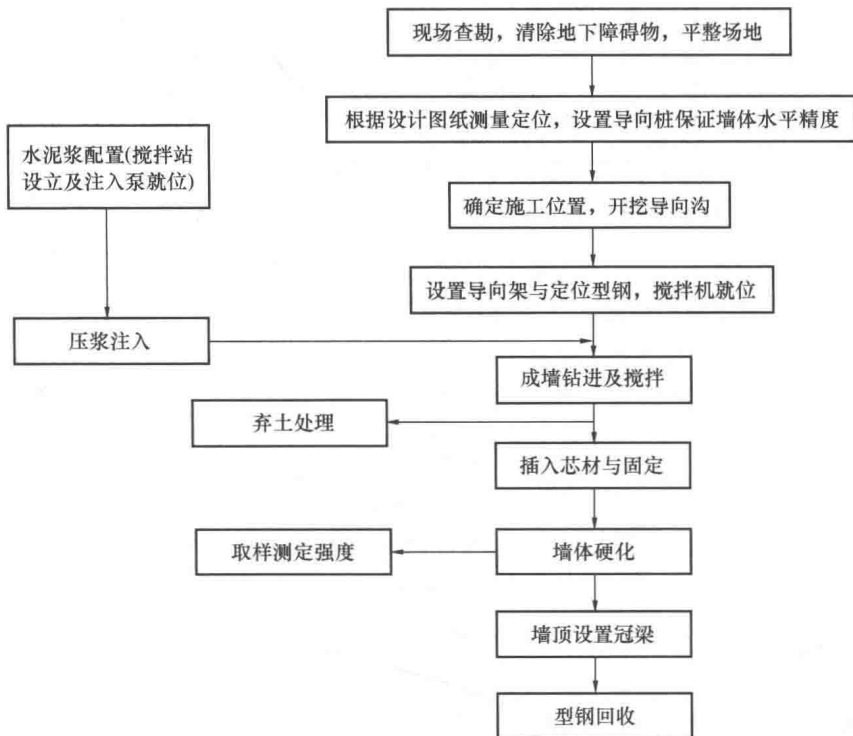


图 1-1 SMW 工法施工工艺

## 2. 施工设备

三轴水泥土搅拌桩施工应根据地质条件和周边环境条件、成桩深度、桩径等选用不同形式和不同功率的三轴搅拌机，与其配套的桩架性能参数应与搅拌机的成桩深度相匹配，钻杆及搅拌叶片构造应保证成桩过程中水泥和土能充分搅拌均匀。

三轴搅拌机有螺旋式和螺旋叶片式两种搅拌机头，如图 1-2 所示，搅拌转速也有高低两挡转速（高速挡 35~40r/min，低速挡 16r/min）。在砂性土及砂砾性土中施工时宜采用螺旋式搅拌机头，在黏性土中施工时宜采用螺旋叶片式搅拌机头。在实际工程施工中，型钢水泥土搅拌墙的施工深度取决于三轴搅拌桩机的施工能力，一般情况下施工深度不超过 45m。为了保证施工安全，当搅拌深度超过 30m 时，宜采用连接钻杆的方法施工。国内常用三轴水泥土搅拌桩施工设备参见表 1-1。

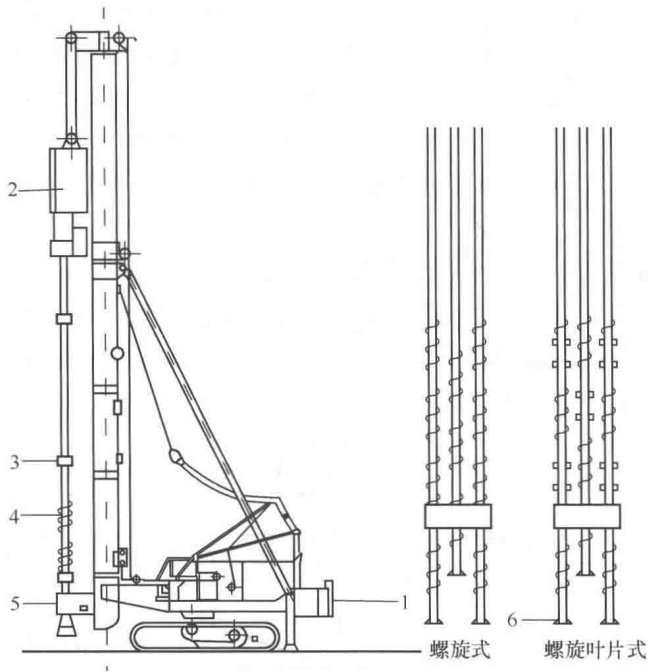


图 1-2 三轴搅拌桩机构造示意

1—桩架；2—动力头；3—连接装置；4—钻杆；5—支承架；6—钻头

国内常用三轴水泥土搅拌桩施工设备

表 1-1

	序号	型号	桩架高度 (m)	成桩长度 (m)
桩 机	1	SPA135 柴油履带式桩机	33	25
	2	SF808 电液式履带式桩机	36	28
	3	SF558 电液式履带式桩机	30	22
	4	D36.5 步履式桩机	36.5	36
	5	DH608 步履式桩机	34.4	27.7
	6	JB180 步履式桩机	39	32
	7	JB250 步履式桩机	45	38
	8	LTZJ42.5 步履式桩机	42.5	42.5

续表

三轴 动力头	常用桩径 (mm)	功率 (kW)		型号	
	650	45×2=90		ZKD-65-3 MAC-120	
		55×2=110		MAC-150 PAS-150	
	850	75×2=150		ZKD-85-3 MAC-200 PAS-200	
		90×2=180		ZKD85-3A MAC-240	
		75×3=225		ZKD85-3B	
	1000	75×3=225		ZKD100-3	
90×3=270		ZKD100-3A			
注 浆 泵	型号	流量 (L/min)			
		1	2	3	4
	BW-250	250	145	90	45
	BW-320	320	230	165	90
	BW-120	120	—	—	—
	BW-200	200	—	—	—

注：表中“成桩长度”是指不接加长杆时的最大施工长度。

为保证水泥土搅拌桩的施工质量，三轴搅拌桩机桩架及动力装置应符合以下规定：桩架应具有垂直度调整功能；桩架立柱下部搅拌轴应有定位导向装置；在搅拌深度超过 20m 时，应在搅拌轴中部位置的立柱导向架上安装移动式定位导向装置；搅拌驱动电机应具有工作电流显示功能；主卷扬机应具有无级调速功能；采用电机驱动的主卷扬机应有电机工作电流显示，采用液压驱动的主卷扬机应有油压显示。

施工中采用注浆泵注入水泥浆，与桩机配套使用的注浆泵的工作流量应可调节，其额定工作压力不宜小于 2.5MPa，并应配置计量装置。注浆泵应保证其实流量与搅拌机的喷浆钻进下沉或喷浆提升速度相匹配，使水泥掺量在水泥土桩中分配满足设计要求。下沉喷浆工艺的喷浆压力比提升喷浆工艺要高，在实际施工中喷浆压力大小应根据土质特性来控制，常控制在 0.8~1.0MPa。一般来说，配备具有较高工作压力的注浆泵，其故障发生相对较少，施工效率也较高。注浆泵配置计量装置的目的是控制总的水泥用量满足设计要求，为了保证搅拌桩的均匀性，操作人员应根据设计要求来调整不同深度水泥浆的泵送量。

### 3. 施工准备

基坑工程实施前，应掌握工程的性质与用途、规模、工期、安全与环境保护要求等情况，并结合调查得到的施工条件、地质状况及周围环境条件等因素编制施工组织设计。

水泥土搅拌桩施工前，应对施工场地地质条件及周围环境进行调查，调查内容应包括机械设备和材料的运输路线，施工场地，作业空间，地下、地上障碍物的状况等。施工场地主要考查机械设备的组装、解体场所，机械设备作业场所，材料堆场，材料运输通路，弃土堆场的平整度和地基承载力，如地基承载力不能满足施工要求时应进行加固。地下、地上障碍物主要考查有无地下埋设水管和今后的管线规划，有无旧水井、防空洞、旧构筑物的残余，有无架空线等。地质条件主要考查地质钻孔位置，各种土层物理力学指标（无

侧限抗压强度、含水量、渗透系数等), 颗粒分析, 有无有机质土等特殊土。对影响水泥土搅拌桩成桩质量及施工安全的地质条件(包含地层构成、土性、地下水等)必须详细调查。周围环境主要考查离工程位置最近点的距离、结构与基础情况; 距工程位置最近点的

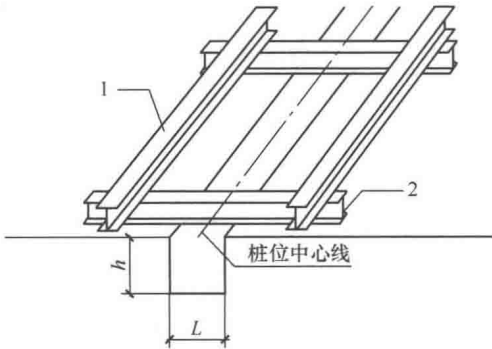


图 1-3 导向沟开挖和定位型钢设置参考  
1—上定位型钢; 2—下定位型钢

距离, 构筑物的深度和位置, 构筑物材质状况; 有无对振动有敏感的精密仪器和设备等。

水泥土搅拌桩施工前, 应按照搅拌桩桩位布置图进行测量放线并复检验收。根据型钢水泥土搅拌墙的轴线开挖导向沟, 应在沟槽边设置搅拌桩定位型钢, 并应在定位型钢上标出搅拌桩和型钢插入位置。定位型钢设置应牢固, 搅拌桩位置和型钢插入位置标志要清晰。导向沟开挖和定位型钢设置见图 1-3、表 1-2。

搅拌桩直径与各参数关系参考表

表 1-2

搅拌桩直径 (mm)	导向沟深度 $h$ (m)	导向沟宽度 $L$ (m)	上定位型钢		下定位型钢	
			规格	长度 (m)	规格	长度 (m)
650	1~1.5	1.0	H300×300	8~12	H200×200	2.5
850	1~1.5	1.2	H350×350	8~12	H200×200	2.5
1000	1~1.5	1.4	H400×400	8~12	H200×200	2.5

若采用现浇的钢筋混凝土导墙, 导墙宜坐落于密实的土层上, 并高出地面 100mm, 导墙宽度方向净距应比水泥土搅拌桩设计直径宽 40~60mm。

在正式施工前, 搅拌桩机和供浆系统应预先组装、调试, 在试运转正常后方可开始水泥土搅拌桩施工, 并按施工组织设计中的水泥浆液配合比与水泥土搅拌桩成墙工艺进行试成桩, 目的是确定不同地质条件下适合的成桩工艺, 确保工程质量。通过成桩试验应确定或测定以下内容或指标: 确定搅拌下沉和提升速度、水泥浆液水灰比、注浆泵工作流量等工艺参数及成桩工艺; 测定水泥浆从输送管到达搅拌机喷浆口的时间。当地下水有侵蚀性时, 还可通过成桩试验选用合适的水泥。

#### 4. 水泥土搅拌桩施工

水泥土搅拌桩施工时桩机应就位对中, 平面允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。为了保证搅拌桩的垂直度, 立柱导向架的垂直度不应大于 $1/250$ 。

对于相同性能的三轴搅拌机, 降低下沉或提升速度能增加水泥土的搅拌次数并提高水泥土的强度, 但延长了施工时间, 会降低施工功效。因此, 在实际操作过程中, 应根据不同的土性来确定适宜的搅拌下沉与提升速度。一般情况下, 搅拌下沉速度宜控制在 $0.5\sim 1\text{m}/\text{min}$ , 提升速度宜控制在 $1\sim 2\text{m}/\text{min}$ , 并保持匀速下沉或提升。提升时不应在孔内产生负压造成周边土体的过大扰动, 搅拌次数和搅拌时间应能保证水泥土搅拌桩的成桩质量。

根据不同的土质条件, 三轴搅拌桩施工顺序一般有跳打方式、单侧挤压方式和先行钻孔套打方式等。

### (1) 跳打方式

该方式适用于标贯击数  $N$  小于 30 的土层，是常用的施工顺序（图 1-4）。具体施工顺序是依次施工第一单元和第二单元，然后施工第三单元时使 A 轴和 C 轴分别插入到第一单元的 C 轴及第二单元的 A 轴孔中，实现相邻单元的重叠与咬合。依此类推，施工完成水泥土搅拌桩。

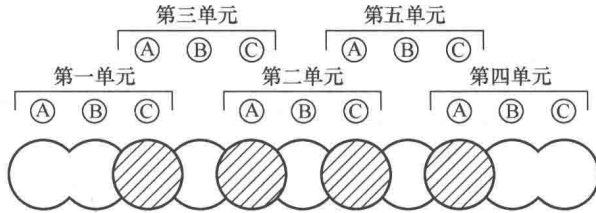


图 1-4 跳打方式施工顺序

### (2) 单侧挤压方式

该方式适用于标贯击数  $N$  小于 30 的土层。受施工条件的限制，搅拌桩机无法来回行走或搅拌桩转角处常用这种施工顺序（图 1-5），具体施工顺序是先施工第一单元，然后施工第二单元，将第二单元 A 轴插入第一单元的 C 轴中，边孔重叠施工，依此类推，施工完成水泥土搅拌桩。

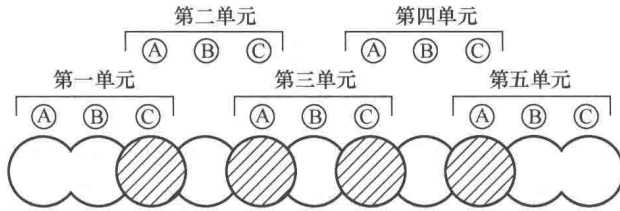


图 1-5 单侧挤压方式施工顺序

### (3) 先行钻孔套打方式

对于标贯击数  $N$  大于 30 的硬质土层，当成桩有困难时，可采用预先松动土层的先行钻孔套打方式施工。在水泥土搅拌桩施工时，用装备有大功率减速机的钻孔机，先行施工如图 1-6 所示的  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  等孔，使孔内硬土层变松散。然后用三轴搅拌机用跳打或单侧挤压方式施工完成水泥土搅拌桩。搅拌桩直径与先行钻孔直径关系参见表 1-3。先行钻孔施工松动土层时，可加入膨润土等外加剂加强孔壁稳定性。

搅拌桩直径与先行钻孔直径关系表 (mm)

表 1-3

搅拌桩直径	650	850	1000
先行钻孔直径	400~650	500~850	700~1000

水泥土搅拌桩施工过程中，浆液泵送量应与搅拌下沉或提升速度相匹配，以保证搅拌桩中水泥掺量的均匀性。在实际工程中，水泥土搅拌桩的质量问题突出反映在搅拌不均匀，局部区域水泥含量太少、甚至没有，导致土方开挖后发生漏水。为了保证水泥土搅拌桩中水泥掺量的均匀性与水泥土强度，施工时的注浆量与搅拌下沉、提升速度必须匹配，以保证水泥掺量的均匀性。

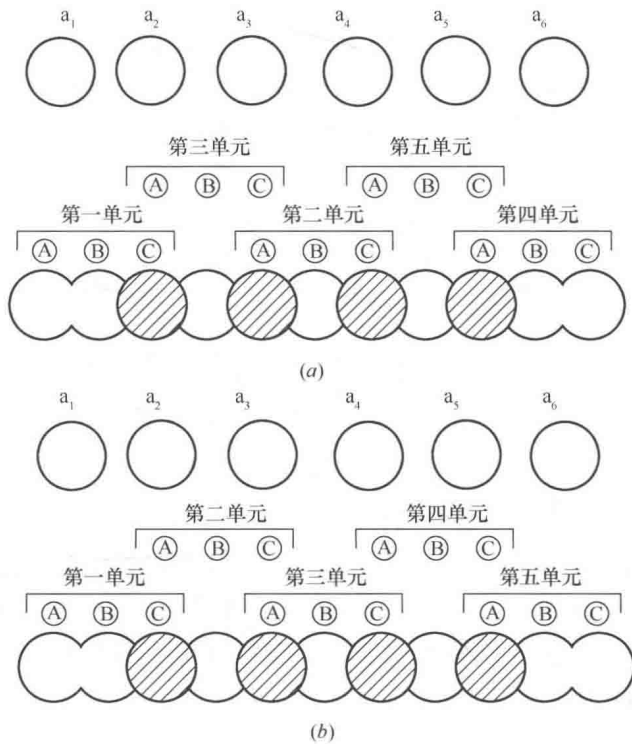


图 1-6 先行钻孔套打方式  
(a) 跳打方式；(b) 单侧挤压方式

搅拌机头在正常情况下应下沉和提升各一次对土体进行喷浆搅拌，对含砂量大的土层，为避免底部堆积过厚的砂层，利于型钢插入，可在底部重复喷浆搅拌，即在搅拌桩底部 2~3m 范围内上下重复喷浆搅拌一次。

水泥搅拌桩施工中注入的水泥浆液应按设计配比和拌浆机操作规定拌制，并应通过滤网倒入具有搅拌装置的贮浆桶或贮浆池，采取防止浆液离析的措施。在水泥浆液的配比中可根据实际情况加入相应的外加剂，各种外加剂的用量均宜通过配比试验及成桩试验确定。常用的外加剂包括以下几种：

1) 膨润土：加入膨润土能防止水泥浆液的离析。在易坍塌土层可防止孔壁坍塌，并能防止孔壁渗水，减小搅拌机头在硬土层的搅拌阻力。

2) 增黏剂：加入了增黏剂的水泥浆液主要用于渗透性高及易坍塌的地层中。

3) 缓凝剂：施工工期长或者芯材插入时需抑制初期强度的情况下使用缓凝剂。

4) 分散剂：分散剂能分散水泥土中的微小粒子，在黏性土地基中能提高水泥浆液与土的搅拌性能，从而提高水泥土的成桩质量；钻孔阻力较大的地基，分散剂能使水泥土的流动性变大，能改善施工操作性，利于 H 型钢插入，提高清洗粘附在搅拌钻杆上水泥土的能力。但是对于均等粒度的砂性或砂砾地层，水泥浆液或水泥土的黏性很低，要注意水泥浆液发生水分流失的情况。

5) 早强剂：早强剂能提高水泥土早期强度，并且对后期强度无显著影响。其主要作用在于加速水泥水化速度，促进水泥土早期强度的发展。

三轴水泥土搅拌桩施工过程中,应严格控制水泥用量,宜采用流量计进行计量。因搁置时间过长产生初凝的浆液,应作为废浆处理,严禁使用。施工时如因故停浆,应在恢复喷浆前,将搅拌机头提升或下沉0.5m后再喷浆搅拌施工。水泥土搅拌桩搭接施工的间隔时间不宜大于24h,当超过24h时,搭接施工时应放慢搅拌速度。若无法搭接或搭接不良,应作为冷缝记录在案,并应经设计单位认可后,在搭接处采取补救措施。若长时间停止施工,应对压浆管道及设备进行清洗。

## 5. 型钢的插入与回收

### (1) 型钢的插入

型钢宜在搅拌桩施工结束后30min内插入,插入前应检查型钢的平整度和接头焊缝质量。型钢的插入必须采用牢固的定位导向装置(图1-7),在插入过程中应采取措施保证型钢垂直度。

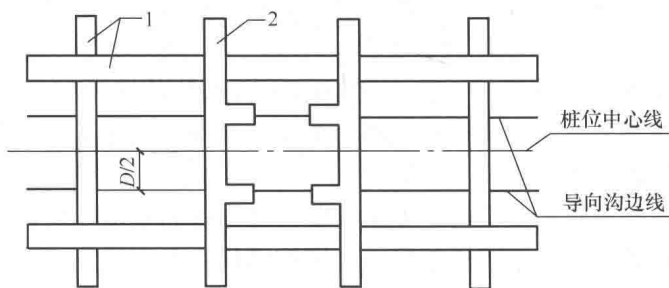


图1-7 H型钢定位导向装置

1—定位型钢;2—型钢定位卡

型钢宜依靠自重插入,当型钢插入有困难时可采用辅助措施下沉。如水灰比掌握适当,依靠自重型钢一般都能顺利插入。但在砂性较重的土层,搅拌桩底部易堆积较厚的砂土,宜采用静力在一定的导向机构协助下将型钢插入到位。严禁采用多次重复起吊型钢并松钩下落的插入方法。这种自由落体式下插方式不仅难以保证型钢的正确位置,还容易发生偏转,垂直度也不易确保。

型钢下插至设计深度后,在型钢顶端焊接吊筋,将吊筋固定在槽钢上,再将槽钢架置在定位型钢上,待水泥土搅拌桩达到一定硬化时间后,将吊筋及沟槽定位型钢撤除。

拟拔出回收的型钢,插入前应先在干燥条件下除锈,清除型钢表面灰尘,并在其表面涂刷减摩材料。减摩材料涂抹厚度应大于1mm,并涂抹均匀,以确保减摩材料层的粘结质量。完成涂刷后的型钢,在搬运过程中应防止碰撞和强力擦挤。减摩材料如有脱落、开裂等现象应及时修补。

### (2) 型钢的回收

型钢拔除前水泥土搅拌墙与主体结构地下室外墙之间的空隙必须回填密实。在拆除支撑和腰架时应将残留在型钢表面的腰梁限位或支撑抗剪构件、电焊疤等清理干净,以保证型钢能顺利拔出。型钢起拔宜采用专用液压起拔机。

型钢拔除回收的施工要点如下:

1) 在围护结构完成使用功能后方可进场拔除。施工前应根据基坑周围的基础形式及其标高,对型钢拔出的区块和顺序进行合理划分。具体做法是:先拔较远处型钢,后拔紧



靠基础部位的型钢；按先短边后长边的顺序对称拔出型钢。

- 2) 用振动拔桩机夹住型钢顶端进行振动，待其与搅拌桩体脱开后，边振动边向上提拔，直至型钢拔出。
- 3) 在现场需准备液压顶升机具，主要用于场地狭小区域或环境复杂部位型钢的拔出。
- 4) 型钢起拔时加力要垂直，不允许侧向撞击或倾斜拉拔。

## (二) 地下工程逆作法施工技术

### 1. 概述

深基坑支护结构和地下工程施工方法可以分成顺作法（敞开式开挖）和逆作法施工两种。敞开式开挖是传统的深基坑施工方法，由于施工速度快，在场地条件和环境保护要求较为宽松的情况下应用较多。基于多年的工程积累，顺作法施工已经有了成熟的设计方法和施工流程，并已经形成了一系列施工工法，对指导顺作法的施工起到了积极作用。但是，随着城市建设用地的不断紧缩、施工场地的限制以及基坑开挖深度增加等情况的出现，顺作法的局限性越来越突出。在有多层地下室的超深基坑施工中，采用顺作法施工地下结构的施工工期过长，往往占到总工期的 $1/4\sim 1/3$ ，成为制约工期的主要因素。

为了解决这一问题，我国工程技术人员借鉴国外先进的施工经验，引进了逆作法施工技术。逆作法施工和顺作法施工顺序相反，在围护结构及工程桩完成后，并不是进行土方开挖，而是首先施工地下结构的顶板或者开挖一定深度先进行地下结构的顶板的施工，再开挖顶板下的土体，然后浇筑下一层的楼板，开挖下一层楼板下的土体，如此循环一直施工至基础底板浇筑完成。

逆作法施工根据工程所处地层地质条件与工程的施工环境，总体分为全逆作法和半逆作法两大类。全逆作法是地下结构按照从上至下的工序施工的同时进行上部结构施工，如图 1-8 所示。上部结构施工层数则根据桩基的布置和承载力、地下结构状况、上部建筑荷载等确定。

半逆作法（图 1-9）的地下结构与全逆作法相同，按从上至下的工序逐层施工；与全

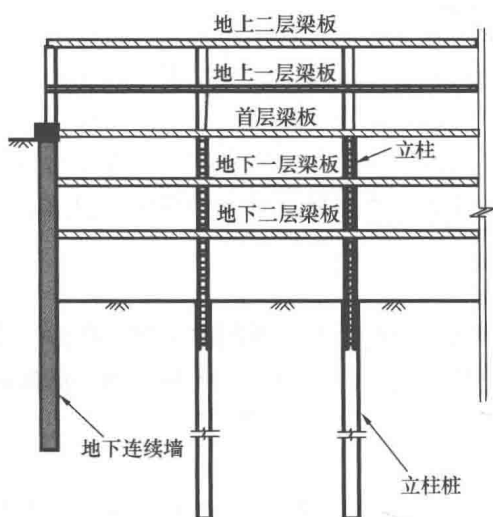


图 1-8 全逆作法示意

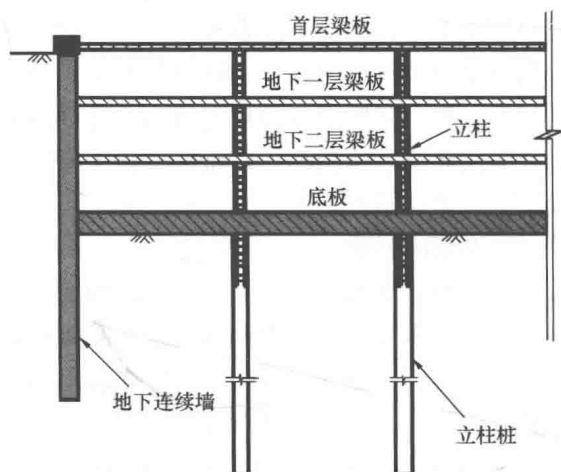


图 1-9 半逆作法示意