

建设行业专业技术管理人员继续教育教材

建设工程 新技术及应用

北京土木建筑学会 组织编写
刘海明 主 编
翟新红 副 主 编



本书热点

BIM、绿色施工

海绵城市、地下管廊

装配式建筑、混凝土施工技术

结合规范创新技能 × 利用科学先进生产力

一本书教你如何运用新技术，提高建设工程科技含量

基坑·地基·桩基·钢筋·混凝土

模板·防水工程施工技术全覆盖

从技术到原理，从工艺到应用层层剖析，便于参考

 江苏凤凰科学技术出版社

建设行业专业技术管理人员继续教育教材

建设工程 新技术及应用

北京土木建筑学会 组织编写
刘海明 主 编
翟新红 副 主 编



图书在版编目 (CIP) 数据

建设工程新技术及应用/刘海明主编. —南京:
江苏凤凰科学技术出版社, 2016. 9

建设行业专业技术人员继续教育教材/魏文彪
主编

ISBN 978-7-5537-6948-6

I. ①建… II. ①刘… III. ①建筑工程-新技术应用
-继续教育-教材 IV. ①TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 178816 号

建设行业专业技术人员继续教育教材
建设工程新技术及应用

主 编 刘海明
项 目 策 划 凤凰空间/翟永梅
责 任 编 辑 刘屹立
特 约 编 辑 翟永梅

出 版 发 行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>
经 销 全国新华书店
印 刷 北京市十月印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 17
字 数 424 000
版 次 2016 年 9 月第 1 版
印 次 2016 年 9 月第 1 次印刷

标 准 书 号 ISBN 978-7-5537-6948-6
定 价 43.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换 (电话: 022-87893668)。

内 容 提 要

本书内容主要包括：基坑工程施工技术、地基与桩基工程施工技术、钢筋工程施工技术、混凝土工程施工技术、模板工程施工技术、防水工程施工技术、装配式建筑混凝土施工技术、BIM技术、海绵城市和综合管廊。

本书内容先进、重点突出，易于学习和掌握，操作性强，可作为建设行业专业技术人员继续教育教材，也可作为工程监理单位、建设单位、勘察设计单位、施工单位和政府各级建设管理部门项目管理有关人员及大专院校工程管理专业、土木工程类专业师生参考用书。

前言

随着建设行业的发展，新材料、新设备、新工艺、新技术不断投入使用，一批新的施工规范和施工技术也相继颁布实施，对建设工程新知识要求也越来越广泛。为了使读者能系统地掌握更多先进的建设工程施工方面的知识，编者根据多年的教学经验和实践经验，特意编写了“建设行业专业技术管理人员继续教育教材”系列丛书，包括：

《建设工程新材料及应用》《建设工程新技术及应用》《建设工程节能技术》《建设工程绿色施工及技术应用》《工程技术经济》《建设行业职业道德及法律法规》《建设工程质量管理》《建设工程环境与安全管理》《计算机在建设工程中的应用》。

本系列丛书以新技术、新规范、新材料、节能、绿色、经济为主要内容；以提高建设行业从业人员素质、确保工程质量和安全生产为目的；按照继续教育工作科学化、制度化、经常化的要求；针对国家建设行业颁布的新技术、新规范、新材料和法律、法规等及时搜集整理，组织建设行业专家编写了行业急需的继续教育教材。

本系列丛书具有较强的适用性和可操作性，理论联系实际，图文并茂，可作为建设行业专业技术管理人员继续教育教材，同时也可作为从事建筑业、房地产业等工程建设和管理相关人员的参考用书。本系列丛书选取部分相关专业进行介绍，内容包括行业中最前沿的科技和需要重视的问题。阐述方式严谨科学，思路清晰。在内容安排上，尽量做到重点突出、表达简练。

本书主要讲述建设工程新技术及应用的相关内容，参与本书编写的人员有：刘海明、张跃、翟新红、李佳滢、刘梦然、李长江、王玉静、许春霞、王启立。

本系列丛书在编写过程中，参阅了部分相关书籍，在此对参考资料的原作者表示衷心的感谢。此外，由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免出现错误，欢迎读者给予批评指正，以便我们进一步地修改和完善。

编者

2016年9月

目 录

第一章	基坑工程施工技术	1
第一节	工具式组合内支撑技术	1
第二节	型钢水泥土搅拌墙施工技术	7
第三节	地下结构逆作法施工技术	11
第四节	复合土钉墙施工技术	18
第二章	地基与桩基工程施工技术	25
第一节	真空预压法加固软土地基施工技术	25
第二节	灌注桩后注浆技术	30
第三节	长螺旋钻孔压灌桩技术	33
第四节	水泥粉煤灰碎石桩(CFG)复合地基技术	37
第五节	土工合成材料应用技术	43
第三章	钢筋工程施工技术	48
第一节	新型钢筋应用技术	48
第二节	钢筋工程施工应用技术	73
第四章	混凝土工程施工技术	80
第一节	新型混凝土应用技术	80
第二节	混凝土施工应用技术	106
第三节	预应力混凝土应用技术	119
第五章	模板工程施工技术	139
第一节	清水混凝土模板施工应用技术	139
第二节	钢(铝)框胶合板模板施工应用技术	148
第三节	塑料模板施工技术应用	152

第四节	组拼式大模板施工技术应用	156
第五节	早拆模板施工技术应用	160
第六节	液压爬升模板施工技术应用	164

第六章 防水工程施工技术 170

第一节	防水卷材机械固定施工技术应用	170
第二节	地下工程预铺反粘防水技术	176
第三节	聚氨酯防水涂料施工技术	178

第七章 装配式建筑混凝土施工技术 183

第一节	装配式建筑混凝土国内外发展概况和趋势	183
第二节	装配式建筑混凝土结构	186
第三节	装配式建筑施工技术	201

第八章 BIM 技术 212

第一节	概述	212
第二节	BIM 在钢结构施工中的应用	216
第三节	BIM 在工程施工中的应用	225
第四节	BIM 在工程管理中的应用	230

第九章 海绵城市和综合管廊 231

第一节	海绵城市概述	231
第二节	低影响开发雨水系统	238
第三节	海绵城市规划设计	243
第四节	绿色设计技术	250
第五节	综合管廊概述	259
第六节	综合管廊总体设计	261
第七节	综合管廊管线设计	263

参考文献 266

第一章

基坑工程施工技术

第一节 工具式组合内支撑技术

一、主要技术特点

1. 基本概念

组合内支撑技术是建筑基坑支护的一项新技术，它是在混凝土内支撑技术的基础上发展起来的一种内支撑结构体系，主要利用组合式钢结构构件截面灵活可变、加工方便等优点。当无大型钢管和型钢时，可用角钢组合成空间桁架支撑，它的外围尺寸可以根据需要设计。由于组合空间桁架外围尺寸、刚度大，稳定性好，常用于跨度长、受力大的支撑部位。

2. 技术特点

工具式组合内支撑技术具有以下特点：

- ①适用性广，可在各种地质情况和复杂周边环境下使用；
- ②施工速度快，支撑形式多样；
- ③计算理论成熟；
- ④可拆卸重复利用，节省投资。

二、主要技术指标

工具式组合内支撑技术的主要技术指标有：

- ①标准组合件跨度 8 m、9 m、12 m 等。
- ②竖向构件高度 3 m、4 m、5 m 等。
- ③受压杆件的长细比不应大于 150，受拉杆件的长细比不应大于 200。
- ④构件内力监测数量不少于构件总数的 15%。

三、施工技术应用

1. 技术应用范围

适用于周围建筑物密集、相邻建筑物基础埋深较大、施工场地狭小、岩土工程条件复杂或软弱地基等类型的深大基坑。

2. 工程设计要点

1) 施工设计

内支撑承受的荷载大而复杂, 计算时应包括最不利时的工况。内支撑的每根杆件都要满足强度和稳定性要求, 以保证整个支护结构的安全。内支撑结构计算内容主要包括以下几个方面: 确定荷载种类、方向及大小; 计算模型和计算假定; 采用合理的计算方法; 计算结果的分析判断和取用。

2) 荷载

作用在水平支撑上的荷载主要是水平力和竖向荷载。水平力主要是由竖向围护结构传来的水、土压力和基坑外地面荷载, 沿压顶梁、腰梁长度方向的分布力汇集到水平支撑的端部节点上。必要时还要考虑环境条件的变化, 如温度应力或附加预压力等外荷载。竖向荷载主要是支撑自重和附加在支撑上的施工活荷载。

3) 计算方法

支撑计算比较复杂, 它的复杂性不在于支撑本身, 而在于计算的精确性与同它相联系的围护结构、土质、水文、施工工艺等条件密切相关。计算方法主要有两种:

第一种是简化计算方法。它将支撑体系与竖向围护结构各自分离计算。压顶梁和腰梁作为承受由竖向围护构件传来的水平力的连续梁或闭合框架, 支撑与压顶梁、腰梁相连的节点即为其不动支座。当基坑形状比较规则并采用简化计算方法时, 可以采用以下规定:

①在水平荷载作用下腰梁和压顶梁的内力和变形可近似按多跨或单跨水平连续梁计算, 计算跨度取相邻支撑点中心距, 当支撑与腰梁、压顶梁斜交时或梁自身转折时, 应计算这些梁所受的轴向力;

②支撑的水平荷载可近似采用腰梁或压顶梁上的水平力乘以支撑点中心距;

③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连续梁分析, 其计算跨度取相邻立柱中心距;

④立柱的轴向力取水平支撑在其上面的支座反力。

第二种是平面整体分析。它将支撑体系作为一个整体, 传至环梁(即压顶梁、腰梁)的力作为分布荷载, 整个平面体系设若干支座(以弹性支座为好), 其刚度根据支撑标高处的土层特性及围护结构刚度综合选定, 借助计算机软件进行分析, 可同时得出支撑系统的内力与变形结果。

4) 水平支撑的截面设计

支撑截面设计方法基本上与普通结构类似, 作为临时性结构可做如下一些规定:

①支撑构件的承载力验算应根据在各工况下计算的内力包络图进行。

②水平支撑按偏心受压构件计算。杆件弯矩除由竖向荷载产生的弯矩外, 还应考虑轴向力对杆件的附加弯矩, 附加弯矩可按轴向力乘以初始偏心距确定。偏心距按实际情况确定, 且不小于 40 mm。

③支撑的计算长度。在竖向平面内取相邻立柱的中心距, 在水平面内取与之相交的相邻支撑的中心距。如纵横向支撑不在同一标高上相交时, 其水平面内的计算长度应取与该支撑相交的相邻支撑的中心距的 1.5~2 倍。

④技术措施。钢支撑的连接主要采用焊接或高强螺栓连接。钢构件拼接点的强度不应低于构件自身的截面强度。对于格构式组合构件的缀条应采用型钢或扁钢, 不得采用钢筋。

钢管与钢管的连接一般以法兰盘形式连接和内衬套管焊接，如图 1-1 所示。当不同直径的钢管连接时，采用锥形过渡，如图 1-2 所示。

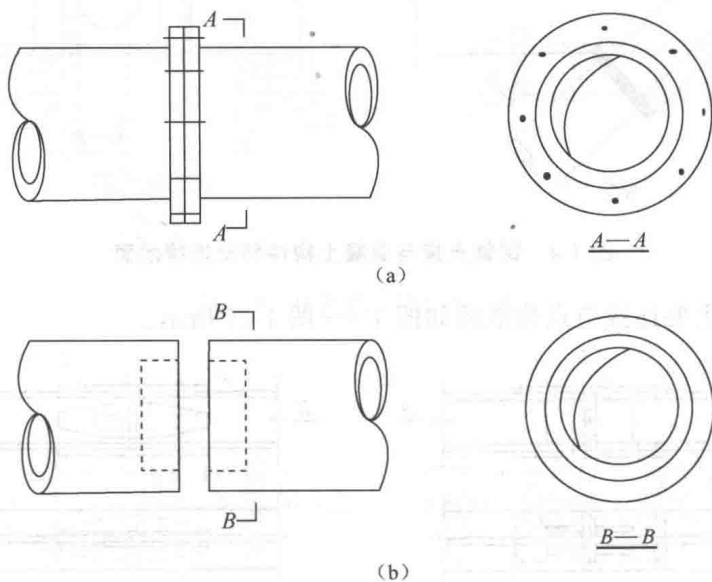


图 1-1 钢管连接

(a) 法兰盘连接图；(b) 内衬套管焊接图

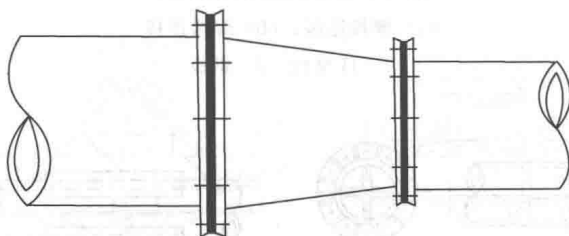


图 1-2 大小钢管连接（锥形过渡）示意

钢管或型钢与混凝土构件相连处须在混凝土内预埋连接钢板及安装螺栓等（图 1-3）。当钢管或型钢支撑与混凝土构件斜交时，混凝土构件宜浇成与支撑轴线垂直的支座面，如图 1-4 所示。

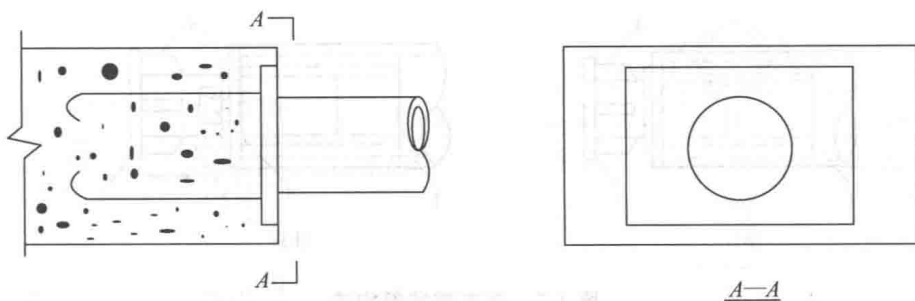


图 1-3 钢管支撑与混凝土构件连接示意

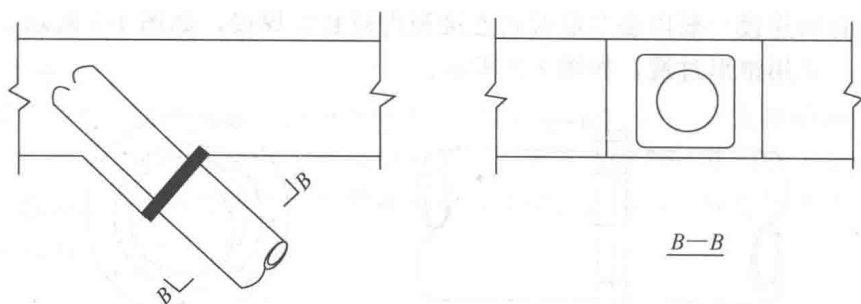


图 1-4 钢管支撑与混凝土构件斜交连接示意

钢支撑的其他主要连接节点构造图如图 1-5~图 1-11 所示。

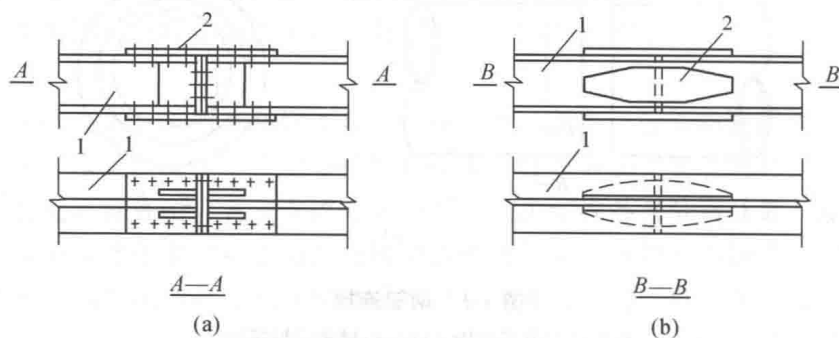


图 1-5 H 型钢支撑连接

(a) 螺栓连接；(b) 焊接连接

1—H 型钢；2—钢板

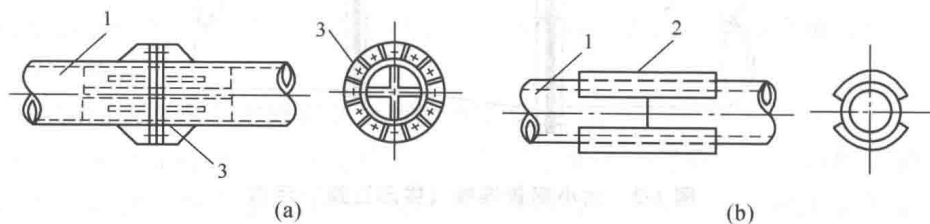


图 1-6 钢管支撑连接

(a) 螺栓连接；(b) 焊接连接

1—钢管；2—钢板；3—法兰

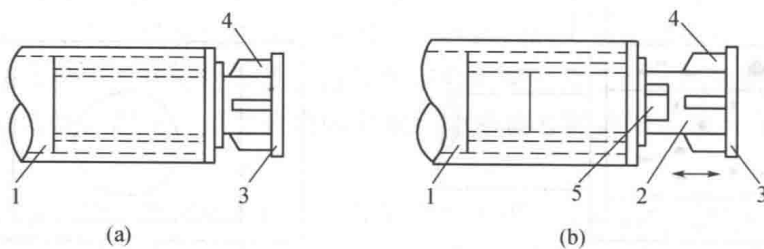


图 1-7 钢支撑端部构造

(a) 固定端部构造；(b) 活络端部构造

1—钢管支撑；2—活络头；3—端头封板；4—肋板；5—钢楔

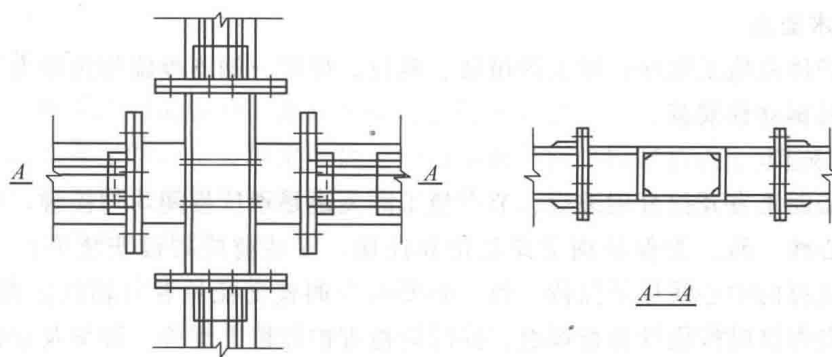


图 1-8 H 型钢十字接头平接

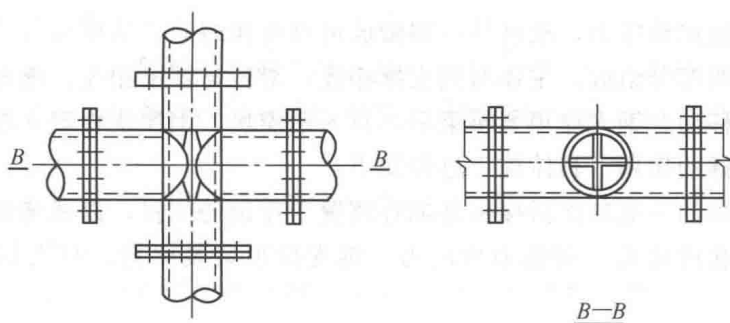


图 1-9 钢管十字接头平接

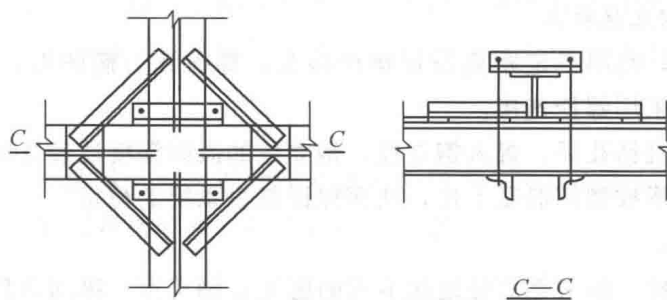


图 1-10 H 型钢叠接

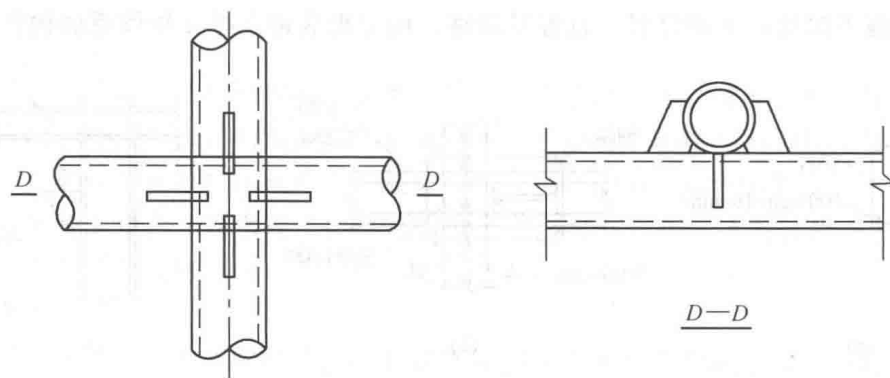


图 1-11 钢管叠接

3. 施工技术要点

钢支撑支护体系施工顺序：钢支撑吊装、就位、焊接→钢支撑施加预应力→斜撑、纵向系杆安装→临时钢立柱安装。

1) 钢支撑安装

钢支撑安装随土方开挖分层进行。节点施工的关键是承压板间均匀接触，钢支撑构件就位时应保持中心线一致。为保证钢支撑就位和连接，安装前应搭设安装平台。钢支撑就位后，各分段钢支撑的中心线尽量保持一致，必要时调整支托位置（辅以仪器配合）。钢支撑与腰梁等节点焊接时按设计预留焊缝，同时应检查护坡桩上埋件、腰梁及立柱支托上的钢支撑位置，以保证主撑准确就位。

2) 施加预应力

钢支撑就位后要施加预应力，故将其一端做成可自由伸缩的“活接头”，该接头由主体、滑杆、滑道和钢楔块四部分组成。主体与钢支撑相连，滑杆与腰梁相连。施加预应力时，滑杆可以在滑道内自由移动。钢支撑顶紧腰梁后，打入钢楔块。钢楔块将钢支撑的反力通过滑杆传给腰梁，起到支撑的作用。具体施工过程如下：

①在每根水平支撑的一端制作活接头并加焊放置千斤顶的位置，以便施加预应力。

②安装千斤顶，在活接头一端施加预应力。钢支撑顶紧腰梁后，打入钢楔块，固定并焊牢。

③千斤顶用油表控制压力，横撑施加预应力；同时观测相邻钢支撑预应力的损失，如超过 50% 即应重新施加。活接头两侧的千斤顶工作时应同步，以免产生偏心荷载。

3) 纵向系杆、钢立柱施工

①在系杆施工中，每隔一定距离设置螺栓接头，螺栓孔为椭圆形，系杆间预留 20 mm 的空隙，系杆的接长采用螺栓连接。

②在地表用钻孔机钻孔后，置入钢立柱，钢立柱的嵌固深度通过计算确定。在开挖底标高以下灌入混凝土，形成型钢混凝土柱，从而保证整个系统的稳定。

4) 连接节点施工

钢支撑、纵向系杆、临时钢立柱连接节点的施工：钢支撑、纵向系杆、临时钢立柱节点的连接可采用 U 形套箍螺栓连接，如图 1-12 所示。节点受力特点是对钢支撑、纵向系杆、临时钢立柱的连接既有三向约束作用，钢支撑、纵向系杆又可以在各自轴线方向有变化。使用 U 形套箍施工简便，不损母材，且容易调整，便于组成钢支撑支护体系的构件再利用。

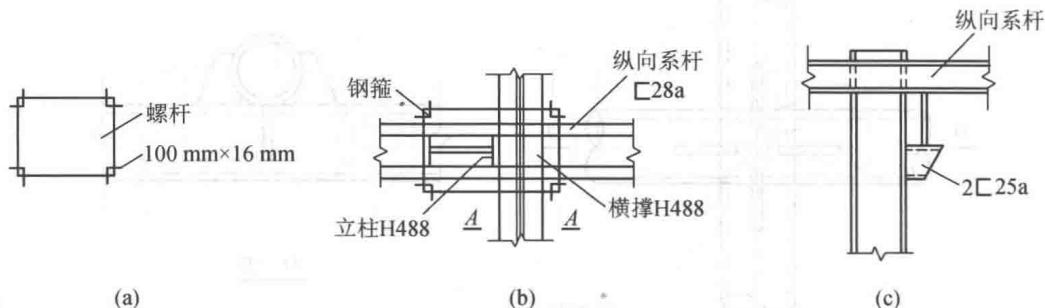


图 1-12 钢套箍做法

(a) 钢套箍示意图；(b) 俯视图；(c) A—A 剖面

5) 安全措施

(1) 土方开挖

与钢支撑体系施工相配合的土方开挖按自上而下分层进行,每层由中间向两侧开挖。每层靠近护坡桩的土方保留,作为预留平台。利用预留平台可控制基坑土体位移,保证基坑稳定;还可利用其作为钢支撑支护体系施工的工作平台。待本层钢支撑施工完成后,将本层预留平台与下一层土方同时开挖。

(2) 支护体系的安全保证措施

①土方开挖分层、分段并预留平台,以控制整个基坑土体的水平位移,增加基坑稳定性。

②在基坑范围内设置应力检测点,定期(3 d)检测支护系统的受力状况,实际受力值小于设计受力值为合格。

③支护系统施工中,严禁蹬踏钢支撑,操作应在操作平台上进行并由专人负责。

④钢立柱四周1 m范围内预留结构的板筋,待拆除钢立柱后即可焊接钢筋、浇筑楼板混凝土。

⑤基础结构施工中,严禁在钢支撑上放置重物及行走。

(3) 钢支撑支护体系的拆除

①待基础结构自下而上施工到支撑下1.0 m处,且楼板混凝土强度达80%以上时,开始拆除基础结构楼板下的支护体系,否则将使巨大的侧压力传至楼板。

②支护体系拆除的顺序为自下而上,先水平构件,后垂直构件(钢立柱)。具体步骤是先行拆除斜撑、纵向系杆、柱箍,再用千斤顶卸载主撑,撤除撑端的钢楔块,用塔吊将钢支撑吊出基坑;待最上层水平构件拆除后,用乙炔将钢立柱从底部切断,用塔吊将其吊出基坑。

(4) 施工监测

施工全过程应对支护体系的稳定性和相邻建筑物的沉降进行严密的监测和测试,以保证至基础结构施工全部完成时各项监测指标均在正常范围内。

◀◀ 第二节 型钢水泥土搅拌墙施工技术 ▶▶

一、主要技术特点

型钢水泥土搅拌墙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三轴搅拌机成桩深度和提升力相匹配,钻杆及搅拌叶片构造应满足在成桩过程中水泥和土能充分搅拌的要求。型钢水泥土搅拌墙标准施工配置主要有三轴水泥土搅拌机、全液压履带式桩架、水泥运输车、水泥筒仓、高压洗净机、电脑计量搅拌系统、空压机、履带吊、挖掘机等。

1. 基本概念

型钢水泥土复合搅拌桩支护结构同时具有抵抗侧向土水压力和阻止地下渗漏的功能,主要用于深基坑支护。其制作工艺是:通过特制的多轴深层搅拌机自上而下将施工场地原位土体切碎,同时从搅拌处将水泥浆等固化剂注入土体并与土体搅拌均匀,通过连续的重叠搭接

施工,形成水泥土地下连续墙;在水泥土硬凝之前,将型钢插入墙中,形成型钢与水泥土的复合墙体。实际工程应用中主要有两种结构形式:Ⅰ型是在水泥土墙中插入断面较大的 H 型钢,主要利用型钢承受水土侧压力,水泥土墙仅作为止水帷幕,基本不考虑水泥土的承载作用和与型钢的共同工作,型钢一般需要涂抹隔离剂,待基坑工程结束之后将 H 型钢拔除,以节省钢材;Ⅱ型是在水泥土墙内外两侧应力较大的区域插入断面较小的工字钢等型钢,利用水泥土与型钢的共同工作,共同承受水土压力并具有止水帷幕的功能。

2. 技术特点

施工时对邻近土体扰动较少,故不至于对周围建筑物、市政设施造成危害;可做到墙体全长无接缝施工,墙体水泥土渗透系数 K 可达 10^{-7} cm/s,因而具有可靠的止水性;成墙厚度可低至 550 mm,故围护结构占地和施工占地大大减少;废土外运量少,施工时无振动、无噪声,无泥浆污染;工程造价较常用的钻孔灌注排桩方法节省 20%~30%。

二、主要技术指标

型钢水泥土搅拌墙施工技术的主要技术指标有:

①型钢水泥土搅拌墙的计算与验算应包括内力和变形计算、整体稳定性验算、抗倾覆稳定性验算、坑底抗隆起稳定性验算、抗渗流稳定性验算和坑外土体变形估算。

②型钢水泥土搅拌墙中三轴水泥土搅拌桩的直径宜采用 650 mm、850 mm、1000 mm;内插的型钢宜采用 H 型钢。

③水泥土复合搅拌桩 28 d 无侧限抗压强度标准值不宜小于 0.5 MPa。

④搅拌桩的入土深度宜比型钢的插入深度深 0.5~1.0 m。

⑤搅拌桩体与内插型钢的垂直度偏差不应大于 1/200。

⑥当搅拌桩达到设计强度,且龄期不小于 28 d 后方可进行基坑开挖。

主要参照标准有:《型钢水泥土搅拌墙技术规程》(JGJ/T 199—2010)及《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)等。

三、施工技术应用

1. 技术应用范围

该技术主要用于深基坑支护,可在黏性土、粉土、砂砾土使用,目前,在国内主要在软土地区有成功应用。

2. 施工技术要点

①构造技术措施。根据不同地层,水泥土的搭接形式主要有 3 种,如图 1-13 所示。型钢或工字钢的构造方式主要有间隔插入式、连续插入式和组合式三种形式,如图 1-14 所示。

②深层搅拌水泥土桩墙属重力式挡土结构,且设计计算强度采用 28 d 强度(地基处理采用 90 d 强度),因此水泥掺量应比地基处理有所增加,并应加入适量的早强剂。湿法深层搅拌桩墙水泥掺入量宜为被加固土密度的 15%~18%;粉喷(干法)深层搅拌桩墙水泥掺入量宜为被加固土密度的 13%~16%。

③水泥土墙应采用切割搭接法施工,应在前桩水泥尚未固化时进行后序搭接桩的施工,搭接施工的间歇时间应不超过 10~16 h。施工开始和结束的头尾搭接处,应采取加强措施,消除搭接勾缝。

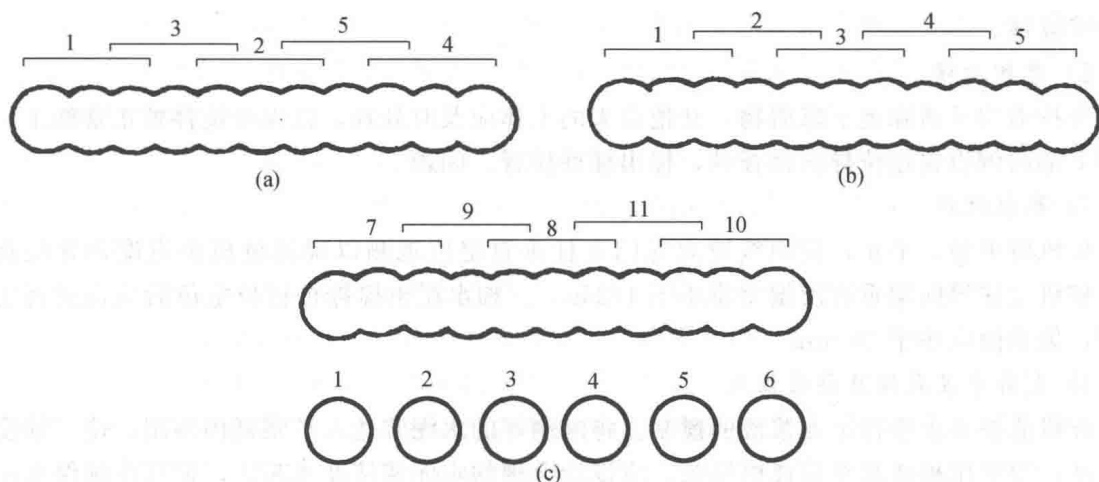


图 1-13 水泥土的搭接形式 (图中数字为施工序号)

- (a) 连续式 I (标准式), 用于标贯值小于 50 的土; (b) 连续式 II (连贯式), 用于标贯值小于 50 的土;
(c) 预钻孔式, 用于标贯值大于 50 的极密实土, 或含有卵石、漂石的砂砾层或软岩层

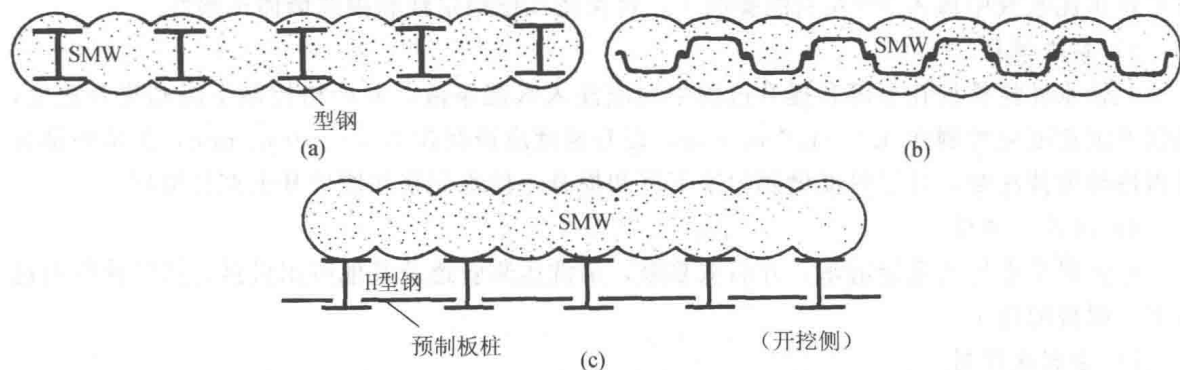


图 1-14 型钢的构造方式

- (a) 插入式 (间隔式); (b) 插入式 (连续式); (c) 组合式

④大型 H 型钢压入与拔出一般采用液压压桩 (拔桩) 机, H 型钢的拔出阻力较大, 比压入大好几倍, 主要是由于水泥结硬后与型钢黏结力大大增加, 此外, 型钢在基坑开挖后受侧土压力作用往往有较大的变形, 使拔出受阻。水泥土与型钢黏结力可通过在型钢表面涂刷减摩剂解决, 而型钢的变形, 主要通过在设计时考虑型钢受力后的变形不能过大进行控制。

⑤型钢压入时应先开挖导沟、设置围檩导向架。导沟的作用是可使搅拌桩施工时的涌土不致冒出地面, 导向围檩则是确保搅拌桩及型钢插入位置的准确。围檩导向架采用型钢制作, 两侧围檩间距比插入型钢宽度增加 20~30 mm, 导向桩间距 4~6 m, 长度 10 m 左右。围檩导向架施工时应确保轴线和标高的正确。

⑥水泥土墙应在设计开挖龄期采用钻芯法检测墙身完整性, 钻芯数量不宜少于总桩数的 2%, 且不应少于 5 根, 并根据设计要求取样进行单轴抗压强度试验。

3. 施工工况

1) 测量放线

根据轴线基准点、围护平面布置图, 放出围护桩边线和控制线, 设立临时控制标志, 做

好技术复核。

2) 开挖沟槽

开挖槽沟并清除地下障碍物,开挖出来的土体应及时处理,以保证搅拌桩正常施工。在沟槽上部两侧设置定位导向钢板桩,标出插筋位置、间距。

3) 桩机就位

桩机应平稳、平正,应用线锤对龙门立柱垂直定位观测以确保桩机垂直度,并经常校核,桩机立柱导向架垂直度偏差应小于 $1/250$ 。三轴水泥土搅拌桩桩位定位后应再进行定位复核,偏差值应小于 20 mm。

4) 制备水泥浆液及浆液注入

开机前按要求进行水泥浆液的搅制。将配制好的水泥浆送入贮浆桶内备用,待三轴搅拌机启动,用空压机送浆至搅拌机钻头。应设计合理的水泥浆液及水灰比,使其在确保水泥土强度的同时尽量使型钢能靠自重插入水泥土。水泥掺入比设计应确保水泥土强度满足要求,应降低土体置换率,减轻施工对环境的不利影响。对黏性土特别是标贯值和黏聚力高的地层,水灰比控制在 $1.5 \sim 2.0$;对于透水性强的砂土地层,水灰比宜控制在 $1.2 \sim 1.5$,必要时可在水泥浆液中掺入 5% 左右的膨润土,可保持孔壁稳定性和提高墙体抗渗性。

5) 钻进搅拌

三轴水泥搅拌桩在下沉和提升过程中均应注入水泥浆液,并严格控制下沉和提升速度,喷浆下沉速度应控制在 $0.5 \sim 1.0$ m/min,提升速度应控制在 $1.0 \sim 2.0$ m/min,在桩底部分适当持续搅拌注浆,并尽可能做到匀速下沉和提升,使水泥浆和原地基土充分搅拌。

6) 清洗、移位

在骨料斗中加入适量清水,开启灰浆泵,清洗压浆管道及其他所用机具,然后移位再进行下一根桩的施工。

7) 涂刷减摩剂

应清除型钢表面的污垢及铁锈,减摩剂应在干燥条件下均匀涂抹在型钢插入水泥土部分。减摩剂必须加热至完全溶化,搅拌均匀后方可涂敷于型钢上,否则涂层不均匀,易剥落。如遇雨天等情况造成型钢表面潮湿,应先用抹布擦干后再涂刷减摩剂,不可在潮湿表面上直接涂刷,否则将剥落。浇筑围护墙压顶圈梁时,埋设在圈梁中的型钢部分应用泡沫塑料片等硬质隔离材料将其与混凝土隔开,以利于型钢的起拔回收。

8) 插入型钢

三轴水泥搅拌桩施工完毕后,吊机应立即就位,准备吊放型钢。型钢插入宜在搅拌桩施工结束后 30 min 内进行,插入前应检查其规格型号、长度、直线度、接头焊缝质量等,以满足设计要求。型钢插入应采用牢固的定位导向架,先固定插入型钢的平面位置,然后起吊型钢,将型钢底部中心对正桩位中心并沿定位导向架徐徐垂直插入水泥土搅拌桩体内。必要时可采用经纬仪校核型钢插入时的垂直度,型钢插入到位后用悬挂物件控制型钢顶标高。型钢插入宜依靠自重插入,也可借助带有液压钳的振动锤等辅助手段下沉到位,严禁采用多次重复起吊型钢并松钩下落的插入方法。型钢下插至设计深度后,用槽钢穿过吊筋将其搁置在定位型钢上,待水泥土搅拌桩硬化后,将吊筋及沟槽定位型钢撤除。

9) 涌土处理

由于水泥浆液的定量注入搅拌和型钢插入,一部分水泥土被置换出沟槽,采用挖土机将