

上海市土木工程学会标准

T/SSCE 000X—2025

钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩
组合立柱桩技术规程

Technical specification for composite solid
pile of concrete filled steel tube and
prestressed concrete pipe pile

(征求意见稿)

T/SSCE 000X—2025 发布

T/SSCE 000X—2025 实施

上海市土木工程学会 发布

上海市土木工程学会标准

钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩
组合立柱桩技术规程

Technical specification for composite solid pile
of concrete filled steel tube and prestressed
concrete pipe pile

主编单位：上海同人里岩土信息技术有限公司

上海山南勘测设计有限公司

上海建工四建集团有限公司

批准部门：上海市土木工程学会

执行日期：2025 年 XX 月 XX 日

2025 上海

前言

根据上海市土木工程学会 2025 年 3 月 6 日组织的《钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩技术规程》(以下简称本规程)启动暨大纲评审会的要求,本规程编制组通过广泛调查研究,参考了国内外的有关标准,并结合钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩的应用实践,制定了本规程。

本规程的主要章节有: 1. 总则; 2. 术语和符号; 3. 基本规定; 4. 材料; 5. 设计; 6. 施工; 7. 质量检查和验收。

本规程的某些内容涉及专利《基坑预制立柱桩》(专利号: ZL202321499690.0)、《结构组件连接节点、结构组件、立柱、立柱桩》(专利号: ZL202320482451.8)、《预制立柱桩的连接节点》(专利号: ZL202322190315.4)、《预制立柱与立柱桩的连接节点》(专利号: ZL202420236487.2)和《预制桩与预制立柱的连接节点》(专利号: ZL202420852532.7)。使用者可依据《中华人民共和国专利法》的有关规定与专利权人上海同人里岩土工程有限公司联系处理。本学会对于相关专利的真实性、有效性和范围无任何立场,且不承担识别相关专利的责任。

本规程由上海市土木工程学会负责管理,上海同人里岩土工程有限公司负责技术内容的解释。执行过程中,请各有关单位结合实际,不断总结经验,并将发现的问题、意见和建议函告上海同人里岩土工程有限公司[地址: 中国(上海)自由贸易试验区临港新片区丽正路 1628 号 4 幢 1-2 层, 邮编: 201304, 电子邮箱: 2143083834@qq.com]。

主编单位: 上海同人里岩土工程有限公司

上海山南勘测设计有限公司

上海建工四建集团有限公司

参编单位: 上海广联环境岩土工程股份有限公司

上海建工二建集团有限公司

上海建瓴工程咨询有限公司

上海玖合置业有限公司

上海勘察设计研究院(集团)股份有限公司

上海申元岩土工程有限公司

上海市基础工程集团有限公司

上海市建工设计研究总院有限公司

上海市民防地基勘察院有限公司

上海怡滨置业有限公司

上海中勘纬地岩土科技有限公司

中建二局集团有限公司

中建三局集团有限公司

主要起草人员：胡玉银 李忠诚 费思异

（以下按姓氏笔画排列）

孔令荣 王 伟 王明龙

王 勇 石端学 毕 求

华 燕 孙海忠 许 雷

来少平 陈洪良 李 想

张萌萌 张瑞滨 张哲彬

杨子松 陈静涛 庞作会

罗玉珊 周 骛 赵 强

赵夏男 唐 军 章 谊

潘 峰 魏 祥

主要审查人员：

目次

1 总则	1
2 术语和符号	1
2.1 术语	1
2.2 符号	2
3 基本规定	3
4 材料	3
4.1 钢管	3
4.2 混凝土	3
4.3 管桩	4
4.4 其它材料	4
5 设计	5
5.1 一般规定	5
5.2 设计计算	6
5.3 构造设计	8
5.4 节点设计	9
6 施工	14
6.1 一般规定	14
6.2 施工准备	14
6.3 立柱制作	15
6.4 立柱桩施工	17
6.5 节点施工	18
6.6 立柱拆除	19
7 质量检查和验收	19
7.1 一般规定	19
7.2 施工前检验	20
7.3 施工检验	20
7.4 施工后检验	21
7.5 工程验收	21
附录 A 钢管桩施工记录表	23
附录 B 静压成桩施工记录表	24
条文说明	25

1 总则

1.0.1 为规范钢管混凝土柱与预应力管桩组合立柱桩的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于上海地区建筑、市政和轨道交通工程的钢管混凝土柱与预应力管桩组合立柱桩的设计、施工、检验与验收。

1.0.3 钢管混凝土柱与预应力管桩组合立柱桩的设计与施工，应综合考虑工程勘察资料、上部结构类型、材料性能、施工条件、使用条件、工程造价及环境影响等因素，切实做到精心设计，并强化施工质量控制与管理，以保证工程的安全和正常使用。

1.0.4 钢管混凝土柱与预应力管桩组合立柱桩设计、施工、检验与验收除应符合本规程外，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 钢管混凝土柱 concrete filled steel tube

钢管内灌注混凝土形成的构件。

2.1.2 钢管混凝土柱与预应力管桩组合立柱桩 composite solidier pile of concrete filled steel tube and prestressed concrete pipe pile

上部为钢管混凝土柱、下部为预应力空心管桩、上下部有效连接而组合成的立柱桩。

2.1.3 机械连接+焊接复合连接 hybrid of mechanical connection and welding connection

钢管混凝土柱与一节管桩先进行机械连接，之后两者进行焊接。

2.1.4 灌芯连接+焊接复合连接 hybrid of welding connection and concrete fill connection

钢管与一节管桩先进行焊接，之后钢管全长和该节管桩部分长度用钢筋笼和混凝土灌芯。

2.1.5 机械连接 mechanical connection

采用锥合式机械接头，其连接槽安装在钢管混凝土柱的端板上、其连接销安

装在管桩的端板上，将钢管混凝土柱与管桩连接起来。

2.1.6 柱桩组合体 composite of tube and pile

采用灌芯连接+焊接复合连接形成的、上部为钢管混凝土柱下部为管桩的组合体。

2.1.7 斜躺法灌注混凝土 inclined-tube concrete pouring method

将钢管放置成斜躺状态、或将钢管与一节管桩焊接成的组合体放置成斜躺状态，其倾斜角度不宜小于 5° ，然后从钢管上端灌注混凝土的方法。

2.1.8 搅拌植入沉桩 pile jacking with pre-soil-cement mixing

采用单轴搅拌桩机在桩位处施工水泥土搅拌桩，然后将立柱桩植入搅拌桩中。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

N_k —— 荷载效应标准组合作用下基桩的竖向力。

2.2.2 抗力和材料性能

f_y —— 钢筋抗拉强度设计值；

f_n —— 填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度；

N_1 —— 机械连接接头抗拉承载力；

N_2 —— 灌芯连接接头抗拉承载力；

N_3 —— 机械连接+灌芯连接+焊接接头抗拉承载力；

N_{osd} —— 单组锥合装置轴心抗拉承载力设计值；

N_{21} —— 灌芯受力钢筋抗拉承载力；

N_{22} —— 填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度设计值；

R_d —— 单桩竖向承载力特征值；

R_k —— 单桩竖向极限承载力标准值。

2.2.3 几何参数

A_s —— 钢筋的截面面积；

H —— 填芯高度；

U_m —— 管桩内孔圆周长。

2.2.4 计算系数

C —— 折减系数；

γ_R —— 单桩竖向承载力分项系数。

3 基本规定

3.0.1 钢管混凝土柱与预应力管桩组合而成的预制组合立柱桩主要适用于基坑工程中的立柱桩和塔吊基础的立柱桩等。

3.0.2 预制组合立柱桩的沉桩工艺主要包括静压、搅拌植入和引孔植入三种。

3.0.3 预制组合立柱桩应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。当预制组合立柱桩利用工程桩时，应同时满足基坑围护和结构设计的相关要求。

3.0.4 预制组合立柱桩设计等级、安全等级、作用效应与抗力限值、承载能力和稳定性验算、桩基沉降与变形验算，应符合现行国家、行业和地方有关标准的规定。

3.0.5 当预制组合立柱桩利用工程桩时，应根据设计使用年限、环境类别，以及水、土对钢、混凝土腐蚀性的评价进行耐久性设计和施工。耐久性设计和施工应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 等国家、行业和地方相关标准的规定。

4 材料

4.1 钢管

4.1.1 钢管混凝土立柱采用的钢管应为螺旋钢管或直焊缝钢管，前者应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和现行行业标准《普通流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管》SY/T 5037 的规定，后者应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 和《直缝电焊钢管》GB/T 13793 的规定。

4.1.2 钢管的强度等级不应低于 Q235B。

4.1.2 栈桥区域的钢管混凝土立柱，其钢管壁厚不应小于 8mm，其它区域的钢管混凝土立柱，其钢管壁厚不应小于 6mm。

4.2 混凝土

4.2.1 钢管混凝土立柱采用的混凝土和预制桩灌芯采用的混凝土，应为自密实混凝土，性能应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。

4.2.2 混凝土的强度等级不应低于 C40，且不低于基础底板的强度等级。

4.2.3 混凝土中粗骨料的公称粒径不宜大于 20mm。

4.2.4 混凝土拌合物的坍落扩展度性能等级不应低于 SF2，相应的坍落扩展度不应低于 660mm~755mm。

4.3 管桩

4.3.1 管桩应采用预应力混凝土空心管桩，应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476、国家建筑标准设计图集《先张法预应力混凝土管桩》23G409、行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的规定。

4.3.2 预应力管桩的混凝土强度等级不应低于 C80。

4.4 其它材料

4.4.1 钢管混凝土立柱底部的端板和封板，应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定，其强度等级不应低于 Q235B。

4.4.2 钢管混凝土立柱内的锚固螺栓，应符合现行国家标准《六角头螺栓》GB/T 5782、《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T 3103.1 的规定，其性能等级不应低于 8.8。

4.4.3 钢管混凝土立柱与预应力管桩采用机械连接+焊接复合连接方式时，机械接头的形式应为锥合式机械接头，应符合现行国家建筑标准设计图集《先张法预应力混凝土管桩》23G409 的规定。

4.4.4 钢管混凝土立柱与预制桩采用采用灌芯连接+焊接复合式连接，钢筋笼制作采用的钢筋强度等级不应低于 HRB400。

4.4.5 钢管混凝土立柱与支撑和底板连接采用的型钢，应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定，其强度等级不应低于 Q235B。

4.4.6 钢管混凝土立柱与支撑和底板连接采用的栓钉，应符合现行国家标准《紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环》GB/T 10433 的规定。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 预制组合立柱桩应符合现行标准《基坑工程技术标准》DJ/TJ08、《钢管混凝土混合结构技术标准》GB/T51446、《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T406、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及《塔式起重机混凝土基础工程技术标准》JGJ/T 187 等有关规定。

5.1.2 预制组合立柱桩设计前需要的资料包括下列内容：

- 1 场地的岩土工程勘察报告（详细勘察）。
- 2 建筑总平面图、建筑和结构相关图纸。
- 3 基坑工程开挖深度、支撑信息、施工工况、支撑及栈桥施工荷载。
- 4 工作状态和非工作状态的塔吊基础荷载。
- 5 钢管混凝土柱的性能参数。
- 6 预应力管桩的性能参数。
- 7 钢管混凝土柱和预应力管桩连接方式和强度指标等。

5.1.3 预制组合立柱桩设计计算时，所采用的作用效应组合与相应的抗力应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003、国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94、上海市标准《基坑工程技术标准》DJ/TJ08 及《塔式起重机混凝土基础工程技术标准》JGJ/T 187 中的有关规定。

5.1.4 预制组合立柱桩作为基坑工程中的立柱桩时，承载力计算荷载统计应考虑：支撑（栈桥）自重、支撑（栈桥）上施工荷载。车辆荷载应考虑动荷载的不利影响。计算立柱桩荷载时，尚应计入钢管混凝土柱的自重。

5.1.5 预制组合立柱桩作为塔吊基础时，应按独立状态下的工作状态和非工作状态的荷载分别计算。工作状态的荷载应包括塔机和基础自重及覆土荷载、起重荷载、风荷载，并应计入可变荷载的组合系数，其中起重荷载可不计入动力系数；非工作状态下的荷载应包括塔机和基础的自重及覆土荷载、风荷载。

5.1.6 预制组合立柱桩计算包括钢管混凝土柱的承载力计算和稳定性验算，预应力管桩的承载力计算，以及钢管混凝土柱与预应力管桩的连接节点强度验算。

5.1.7 钢管混凝土柱与预应力管桩组合连接可采用机械连接+焊接、灌芯连接+焊接、机械连接+灌芯连接+焊接三种方式，连接节点强度不应小于预应力管桩自

身强度。

5.1.8 钢管混凝土柱与支撑连接应采取可靠的连接措施，穿越主体结构底板、楼板时应采取可靠的止水措施。

5.2 设计计算

5.2.1 单桩竖向承载力的验算应符合下列要求：

$$N_k \leq R_d \quad (5.2.1)$$

式中： N_k —— 荷载效应标准组合作用下基桩的竖向力；

R_d —— 单桩竖向承载力设计值；

5.2.2 当采用静载荷试验确定预制桩单桩竖向承载力设计值时，按下式确定：

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R_k \quad (5.2.2)$$

式中： R_k —— 单桩竖向极限承载力标准值；

γ_R —— 单桩竖向承载力分项系数，取 2.0。

5.2.3 当没有进行预制桩的静载荷试验时，预制桩承载力可根据《地基基础设计标准》DGJ08-11、《建筑桩基技术规范》JGJ94、《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 或《静钻根植桩技术规程》T/CECS738 等的相关规定进行估算。

5.2.4 立柱桩桩身结构强度应符合《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T406 的相关规定。

5.2.5 立柱桩轴心受压时，桩身正截面受压承载力应满足《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T406、《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 或《静钻根植桩技术规程》T/CECS738 等的相关要求。

5.2.6 当需考虑压屈影响时，桩身压屈计算应符合《建筑桩基技术规范》JGJ94 的有关规定。

5.2.7 钢管混凝土柱应按偏心受压构件进行承载力计算和稳定性验算，计算时应充分考虑基坑开挖与拆撑过程中的不利工况，偏心距应根据立柱垂直度并按双向偏心进行计算。

5.2.8 钢管混凝土柱与预应力管桩节点抗拉承载力按下式确定：

1 机械连接+焊接接头抗拉承载力：

$$N_1 = CnN_{0sd} \quad (5.2.8-1)$$

式中： N_1 —— 机械连接抗拉承载力设计值（kN）；

- C —— 折减系数, 当预应力筋锚孔中心线至螺栓孔边缘的距离大于 $1.5d_o$ 时, C 取 0.85; 预应力筋锚孔中心线至螺栓孔边缘的距离为 $1.0d_o \sim 1.5d_o$ 时, C 取 0.75; d_o 为螺栓孔公称内径 (mm);
- n —— 连接装置数量 (个);
- N_{0sd} —— 单组锥合装置轴心抗拉承载力设计值 (kN);

2 灌芯连接+焊接接头抗拉承载力:

$$N_2 = \min(N_{21}, N_{22}) \quad (5.2.8-2)$$

其中 N_{21} 为灌芯受力钢筋抗拉承载力:

$$N_{21} = f_y A_s \quad (5.2.8-3)$$

式中: f_y —— 钢筋抗拉强度设计值 (N/mm^2);

A_s —— 钢筋的截面面积 (mm^2);

其中 N_{22} 为填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度设计值:

$$N_{22} = U_m f_n H \quad (5.2.8-4)$$

式中: U_m —— 管桩内孔圆周长 (mm);

H —— 填芯高度 (mm);

f_n —— 填芯混凝土与管桩内壁的粘结强度, 由现场试验确定; 没有试验资料时, 按 0.2MPa 取值;

3 机械连接+灌芯连接+焊接接头抗拉承载力:

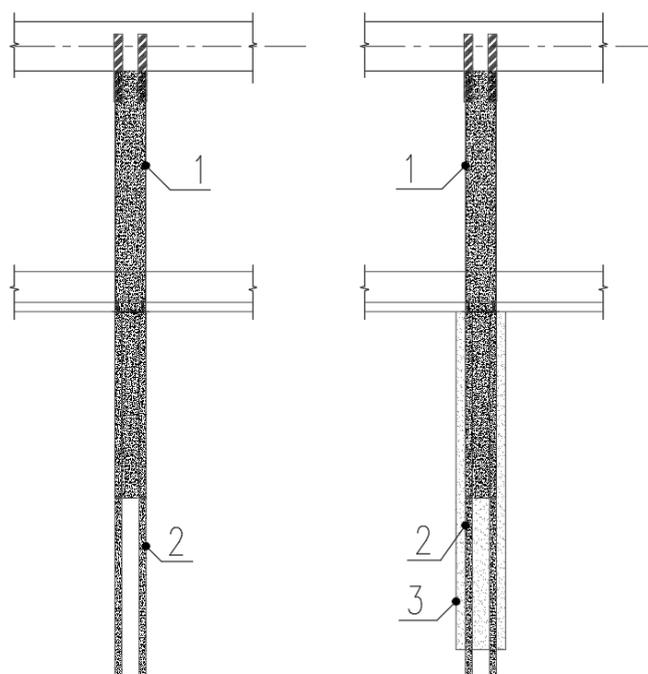
$$N_3 = \min(N_1, N_2) \quad (5.2.8-5)$$

式中: N_1 —— 机械连接接头抗拉承载力 (N/mm^2);

N_2 —— 灌芯连接接头抗拉承载力 (N/mm^2);

5.3 构造设计

5.3.1 预制组合立柱桩构造示意如下图：



(a) 管桩基础 (b) 复合桩基础

1-钢管混凝土柱；2-管桩；3-复合桩外芯

图 5.3.1 预制组合立柱桩构造图

5.3.2 预制组合立柱桩作为基坑工程中的立柱桩时应符合以下规定：

- 1 混凝土宜采用自密实 C40 混凝土，且其强度等级不应低于底板混凝土强度等级。
- 2 钢管外径不宜小于 400 mm，长细比不宜大于 30。
- 3 若采用灌芯连接+焊接复合连接方式，管桩应按抗拔桩进行灌芯设计，灌芯长度不小于 3m；利用工程桩时灌芯应满足结构设计要求。
- 4 若采用灌芯连接+焊接接头的连接方式，立柱与立柱桩的最上一节应在地面进行拼接，钢管与预应力管桩端板焊接质量应达到二级焊缝要求。
- 5 组合立柱桩的垂直度不应大于 1/200。

5.3.3 立柱平面位置宜设置在支撑交点处，并避让梁、剪力墙、柱等永久性结构。

5.3.4 钢管混凝土柱的截面尺寸宜与管桩匹配。

5.3.5 利用工程桩作为立柱桩时应与结构设计图纸进行比对，确保满足不同设计阶段的要求。

- 5.3.6 预制组合立柱桩用于伺服轴力自动补偿系统时应进行针对性加强设计。
- 5.3.7 预制组合立柱桩采用根植桩、劲性复合桩等桩型或采取后注浆工艺时，应在外芯水泥土桩或注浆体强度满足设计要求后进行土方开挖。
- 5.3.8 预制组合立柱桩设计除满足本标准外，尚应满足现行上海地方标准《基坑工程技术标准》DG/TJ 08-61 的相关要求。

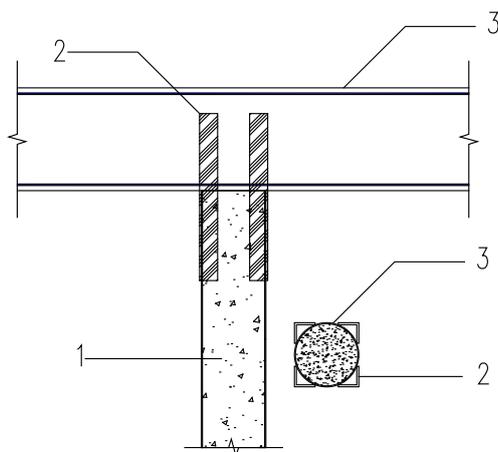
5.4 节点设计

5.4.1 预制组合立柱桩与钢筋混凝土支撑、钢支撑连接节点应根据计算采取抗剪措施。

5.4.2 预制组合立柱桩与钢筋混凝土支撑连接节点的抗剪措施可采用钢筋、钢牛腿、栓钉、短柱等方式。

1 预制组合立柱桩与第一道钢筋混凝土支撑间的连接宜符合下列规定：

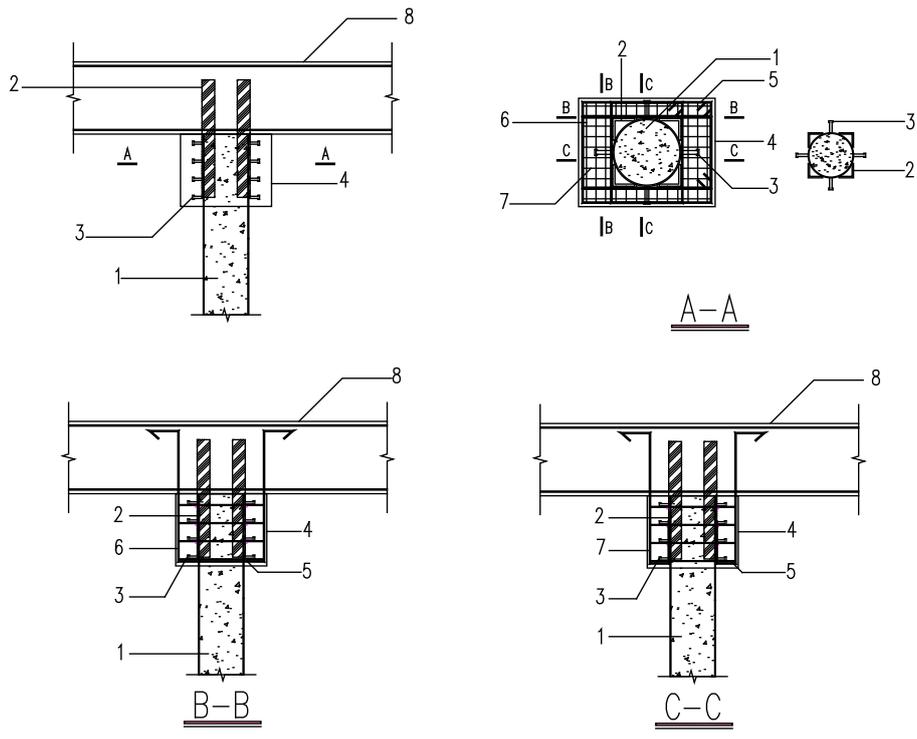
- 1) 非栈桥下预制组合立柱桩与第一道钢筋混凝土支撑间宜采用焊接角钢的方式连接[图 5.4.1]。



1-预制组合立柱桩；2-角钢；3-第一道钢筋混凝土支撑

图 5.4.1 焊接角钢连接方式示意图

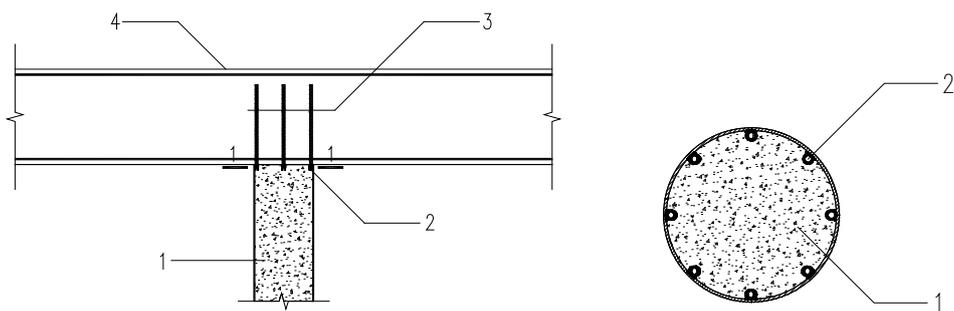
- 2) 栈桥下或对抗剪承载能力要求较高的预制组合立柱桩与第一道混凝土支撑间宜采用现浇钢筋混凝土短柱的连接方式[图 5.4.2]。短柱由预制组合立柱桩外侧焊接角钢及外包钢筋混凝土组成，短柱应与支撑整体浇筑。



1-预制组合立柱桩；2-角钢；3-抗剪栓钉；4-钢筋混凝土短柱；5-箍筋；6-抗剪钢筋（U型筋）；7-抗剪钢筋（弯起钢筋）；8-第一道钢筋混凝土支撑

图 5.4.2 现浇钢筋混凝土短柱连接示意图

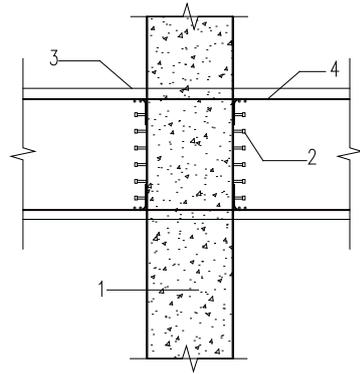
3) 预制组合立柱桩与第一道钢筋混凝土支撑间宜采用直螺纹套筒+锚筋的方式连接[图 5.4.3]，直螺纹套筒与钢管顶部内壁焊接，且应在灌芯之前完成。



1-预制组合立柱桩；2-预焊直螺纹套筒；3-锚筋；4-第一道钢筋混凝土支撑

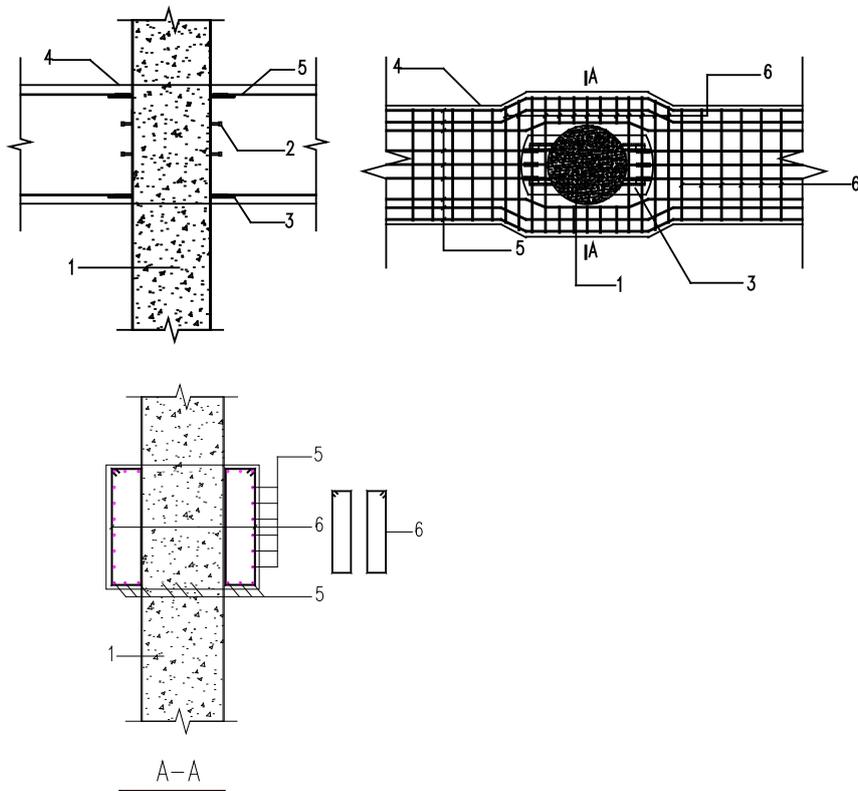
图 5.4.3 焊接角钢连接方式示意图

2 预制组合立柱桩与第二道及以下钢筋混凝土支撑间可采用抗剪栓钉[图 5.4.4]或传力钢板[图 5.4.5]连接。



1-预制组合立柱桩；2-抗剪栓钉；3-第二道及以下钢筋混凝土支撑；4-钢筋混凝土支撑主筋

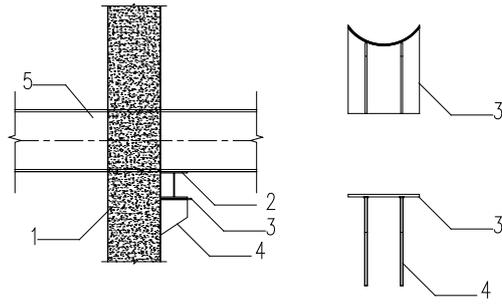
图 5.4.4 抗剪栓钉连接方式示意图



1-预制组合立柱桩；2-抗剪栓钉；3-钢筋连接耳板；4-第二道及以下钢筋混凝土支撑；
5-钢筋混凝土支撑主筋；6-钢筋混凝土支撑箍筋

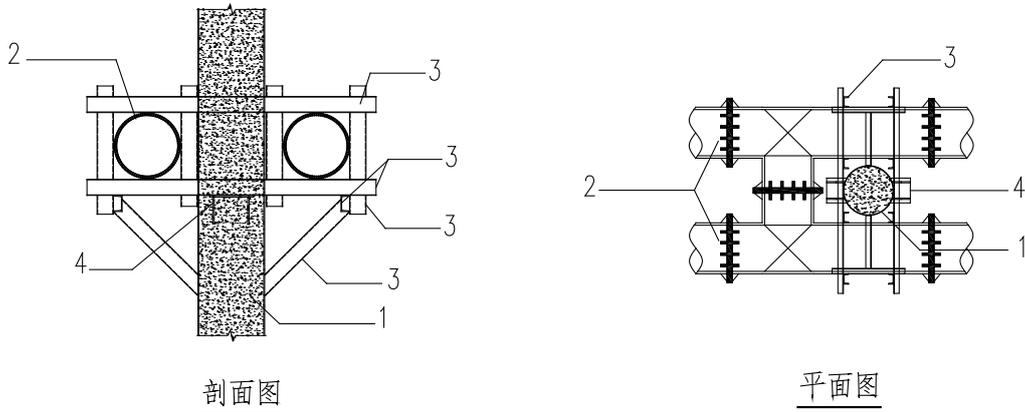
图 5.4.5 传力钢板连接方式示意图

5.4.3 预制组合立柱桩与钢支撑间应设置可靠钢托架进行连接，钢托架应能对节点位置支撑在侧向和竖向的位移进行有效约束，但不应固定连接。当钢支撑采用型钢时，可采用型钢托梁的连接方式[图 5.4.6]；当钢支撑采用钢管时，可采用钢托架的连接方式[图 5.4.7]。



1-预制组合立柱桩；2-型钢托梁；3-连接钢板；4-牛腿；5-型钢支撑

图 5.4.6 型钢支撑与预制组合立柱桩连接示意图



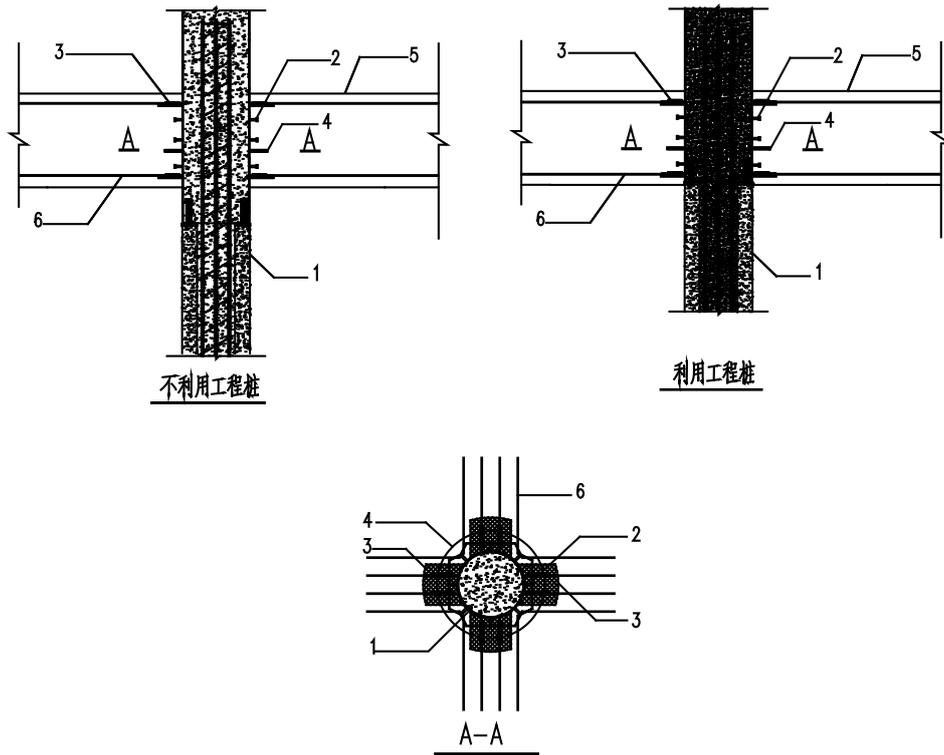
1-预制组合立柱桩；2-水平钢管支撑；3-钢托架；4-钢牛腿

图 5.4.7 钢管支撑与预制组合立柱桩连接示意图

5.4.4 预制组合立柱桩与底板的连接应符合下列规定：

1 预制组合立柱桩与底板间宜采用抗剪栓钉及传力钢板连接[图 5.4.8]。当利用工程桩时，管桩填芯长度、桩顶标高及连接节点需满足主体结构的承载力及节点设计要求。

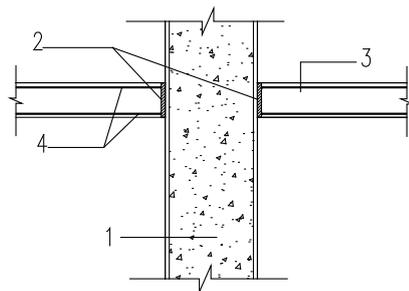
2 钢管混凝土柱与底板间应设置止水钢板，保证止水效果。



1-预制组合立柱桩；2-抗剪栓钉；3-钢筋连接耳板；4-环形止水钢板；5-底板；6-底板主筋

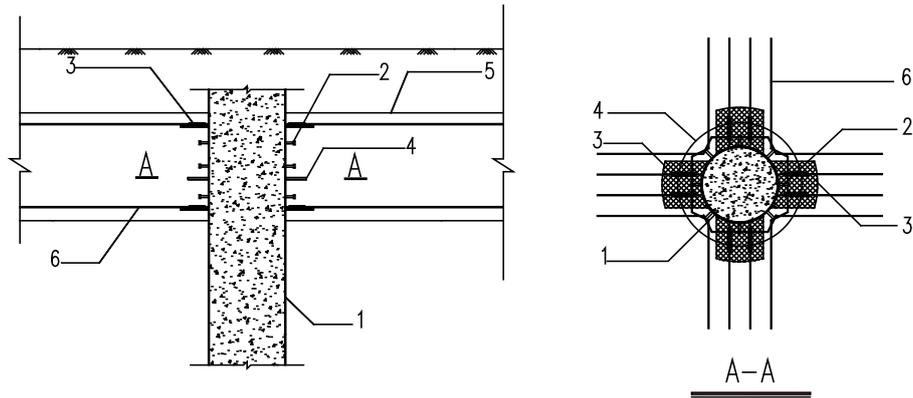
图 5.4.8 钢管混凝土柱与底板连接节点示意图

5.4.5 地下室回筑阶段，预制组合立柱桩与中楼板间的连接，宜采用钢管混凝土柱外包环形衬板或弧形衬板，中楼板主筋与衬板焊接的方式[图 5.4.9]；对于预制组合立柱桩在顶板浇筑后割除、且预制组合立柱桩顶标高高于顶板顶标高的情况，预制组合立柱桩与顶板宜采用传力钢板连接，并设置止水措施[图 5.4.10]。



1-预制组合立柱桩；2-弧形衬板/环形衬板；3-地下室结构楼板；4-楼板纵向钢筋

图 5.4.9 预制组合立柱桩与中楼板连接节点示意图



1-预制组合立柱桩；2-抗剪栓钉；3-钢筋连接耳板；4-环形止水钢板；5-顶板；6-顶板主筋

图 5.4.10 预制组合立柱桩与顶板连接节点示意图

6 施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 施工前应踏勘现场，熟悉工程地质、水文地质、地下管线、地下构筑物等情况，应编制专项施工方案。
- 6.1.2 施工安全和文物、环境保护等应按有关规定执行。
- 6.1.3 应对钢管混凝土柱制作、压桩等主要施工过程进行记录，记录表参见附录中表 A~表 B。
- 6.1.4 钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩施工除应符合本规程外，尚应符合现行国家和行业标准《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《钢管混凝土结构技术规范》GB 50936、《静压桩施工技术规范》JGJ / T 394、《建筑施工安全技术统一规范》GB 50870、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 等的相关规定。

6.2 施工准备

6.2.1 施工前准备工作应满足下列要求：

- 1 施工前应复核测量基准线、基准点，基准点应设在不受桩基施工影响的区域，并应妥善保护；
- 2 应根据地质条件、周边环境条件、成桩深度、桩径等选用压桩机械、起重

机械等机具设备；

3 进场机具设备使用前应出具符合要求的检测证明、标定证明；

4 现场完成三通一平，并具备正常施工所需的地基承载力。

6.2.2 开工前应具备以下技术及原材料检测资料：

1 岩土工程勘察报告；

2 立柱桩位布置图及相关技术要求等围护设计，以及建筑结构基础资料；

3 平面及高程引测点资料；

4 邻近建（构）筑物和地下设施类型、分布及结构质量情况；

5 专项施工方案；

6 钢管及预制桩需提供产品质量证明书；

7 钢管内混凝土提供混凝土出厂级配单。

6.2.3 钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩的进场吊运应符合下列规定：

1 吊运过程中应轻起轻放，不得拖动及碰撞桩头、机械推动滚落；

2 吊装宜采用两头钩吊法或两支点法，吊钩与桩身水平夹角不应小于 45° 。

采用两支点法时，两吊点距离两桩端不宜大于桩长度（L）的 21%；

3 装卸及运输时应采取防止桩、柱滑移及损伤的措施。

6.2.4 现场堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应平整坚实；

2 预制桩及钢管混凝土柱应按不同规格长度及施工组织流程分类堆放，不宜混合堆放；

3 钢管堆放不宜超过 2 层；

4 灌完混凝土的钢管混凝土柱或柱桩组合体宜单层堆放，场地需要叠层堆放时，外径小于 800mm 的桩不宜超过 3 层，外径大于等于 800mm 的桩不宜超过 2 层。

6.3 立柱制作

6.3.1 立柱现场制作前应做好准备工作：

1 机械连接+焊接复合连接方式：钢管和端封板宜在钢管加工厂焊接完成，在工程现场焊接前需准备拼装场地、拼装胎架、吊装设备、焊接设备以及拼装所需的材料如钢管和端封板。

2 灌芯连接+焊接复合连接方式：宜在工程现场预拼接，拼接前需准备拼装

场地、拼装胎架、吊装设备、焊接设备以及拼装所需的材料如钢管、管桩、锚固螺栓和灌芯钢筋笼等。

6.3.2 立柱制作流程：

1 机械连接+焊接复合连接方式：制作端封板→架设拼装胎架→钢管平放在胎架上→端封板上安装锚固螺栓→端封板与钢管焊接→斜躺法灌注混凝土→养护。

2 灌芯连接+焊接复合连接方式：架设拼装胎架→拼装段管桩平放在胎架上→在管桩端板安装锚固螺栓→安装灌芯钢筋笼并固定→拼装、焊接→斜躺法灌注混凝土→养护。

6.3.3 锚固螺栓安装应符合下列规定：

1 机械连接+焊接复合连接方式，锚固螺栓安装于端封板的锚固孔内，且应与机械接头的连接槽壳位于同一侧，锚固螺栓的下端应不露出端封板面；

2 灌芯连接+焊接复合连接方式，锚固螺栓安装于拼装段管桩端板的张拉孔内；

3 锚固螺栓入孔深度应不小于 10mm。

6.3.4 灌芯钢筋笼安装应符合下列规定：

1 钢筋笼制作应符合设计及相关规范要求；

2 钢筋笼的下端穿设在管桩空腔内，上端应伸入钢管内，且满足锚固长度；

3 钢筋笼应与管桩端板焊接固定，固定材料宜选用扁钢，扁钢厚度宜不小于 4mm。

6.3.5 钢管焊接应符合下列规定：

1 机械连接+焊接复合连接方式：将端封板带锚固螺栓和机械接头连接槽壳的一侧应朝向钢管内侧，将端封板与钢管进行对中、焊接；

2 灌芯连接+焊接复合连接方式：待锚固螺栓和灌芯钢筋笼安装完成后，将钢管与管桩端板进行对中、焊接；

3 焊接应采用混合气气体保护焊，宜采取单面焊接双面成型工艺焊接；

4 焊缝应连续、饱满，且满足二级焊缝质量要求。

6.3.6 立柱内灌注混凝土宜采用斜躺法施工，应符合下列规定

1 将钢管上端垫高或底端落低使得钢管或柱桩组合体呈斜躺状态，倾斜角度不宜小于 5° 且钢管上口距离地面的高度宜不低于 1.5m；

2 在钢管上口点焊固定上料斗，上料斗应稍高于钢管顶面；

- 3 混凝土浇筑完成时，上料斗应保持灌满状态；
- 4 混凝土终凝后拆除上料斗，并将立柱顶面的混凝土凿平。

6.3.7 立柱混凝土养护应符合下列规定

- 1 混凝土浇筑后 24h 内立柱不宜移动；
- 2 当立柱桩采取静压沉桩工艺施工时，钢管混凝土立柱或柱桩组合体的混凝土强度应不低于 C25 或养护不小于 7 天；
- 3 当立柱桩采取搅拌植入沉桩工艺施工时，钢管混凝土立柱或柱桩组合体的混凝土强度应不低于 C20 或养护不小于 5 天。

6.3.8 采取灌芯连接+焊接复合连接时，柱桩组合体的顺直度应不大于 1/200。

6.4 立柱桩施工

6.4.1 若工程桩为挤土桩，则立柱桩宜在工程桩施工完成后进行。

6.4.2 立柱桩施工宜根据场地周边环境保护要求选用沉桩工艺。一般情况下可采用静压沉桩工艺；若要求控制沉桩时的挤土效应，则应采用搅拌植入或引孔植入沉桩工艺，或采取其它有效控制挤土效应的方法，比如设置应力释放孔。

6.4.3 静压沉桩应符合下列规定：

1 压桩机的类型与配重应根据地质情况、预估的沉桩阻力、现场施工条件等综合确定；

2 压桩机应配备专用送桩器，送桩器横截面外形轮廓应与所压管桩一致；

3 管桩、钢管混凝土柱、柱桩组合体，其起吊、搬运、堆放、压桩、接桩及截桩，应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定；

4 焊接质量和电焊结束后的自然冷却时间，应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的规定；

5 若钢管混凝土柱与管桩采取的是机械连接+焊接复合连接，则首先采用平衡吊将钢管混凝土柱吊起、与管桩对齐；之后下放钢管混凝土柱，使得安装在管桩端板上机械接头的连接销，进入钢管混凝土柱端板上机械接头的连接槽内；最后将钢管混凝土柱的端板与管桩的端板焊接；机械接头的安装应符合现行国家建筑标准设计图集《先张法预应力混凝土管桩》23G409 的规定；

6 若钢管混凝土柱与管桩采取的是灌芯连接+焊接复合连接，则将柱桩组合体吊起、与已沉至土中的管桩对齐；之后将柱桩组合体下端的端板与已沉至土中的管桩端板焊接；

6.4.4 搅拌植入沉桩应符合下列规定：

- 1 应按照设计要求先进行水泥石搅拌桩施工，然后植入立柱桩至设计标高；
- 2 搅拌桩桩位偏差不得大于 100mm，垂直度偏差不得大于 1/100，桩径不得有负偏差；
- 3 搅拌桩水泥掺量宜为 10%~20%，水胶比宜为 1.2~2.0；
- 4 搅拌桩施工结束后宜在 6h 内植入立柱桩，静压植入施工应符合本规程第 6.4.2 条的规定。
- 5 搅拌桩施工尚应符合《型钢水泥搅拌墙技术规程》JGJ/T 199 的规定。

6.5 节点施工

6.5.1 首道支撑施工时，立柱周边土方应适当超挖，露出柱头高度宜不小于 0.8m，并将柱头及外壁清理干净。

6.5.2 复核柱顶标高和平面位置，存在偏差时应按设计要求处理。

6.5.3 钢管混凝土立柱与首道钢筋混凝土支撑连接节点施工应符合下列规定：

- 1 采取连接钢板+锚筋连接时：连接钢板和劲板宜先焊成整体再与立柱焊接，锚固钢筋应以弯锚的形式与连接钢板焊接；
- 2 采用角钢连接时：角钢位置宜对称布置并避让支撑主筋，然后和立柱外壁进行焊接；
- 3 焊缝长度、高度应满足设计和规范要求，且焊缝应连续、饱满；
- 4 锚筋或角钢锚入首道支撑中的长度需满足设计要求；
- 5 回填超挖土方后，按照传统方式施工支撑的垫层、钢筋、模板和混凝土。

6.5.4 钢管混凝土立柱与钢支撑连接节点施工应符合下列规定：

- 1 根据立柱实际位置，深化、制作支撑牛腿和固定槽钢；
- 2 在立柱外壁焊接支撑牛腿，焊缝质量需满足设计及规范要求；
- 3 钢支撑安装完成后，焊接固定槽钢。

6.5.5 钢管混凝土立柱与非首道钢筋混凝土支撑的连接节点施工应符合下列规定：

- 1 立柱外壁应清理干净，确定上下皮钢筋连接钢板的平面位置和标高；
- 2 在立柱外壁焊接钢筋连接钢板，连接钢板应与纵向主筋同方向；
- 3 被立柱断开的纵向受力钢筋与连接钢板焊接，双面焊接应不少于 5D 或单面焊接应不少于 10D；

- 4 被立柱稍有阻碍的纵向受力钢筋，宜弯折后绕过立柱拉通；
- 5 所有焊缝应连续、饱满。

6.5.6 钢管混凝土立柱与底板连接应符合下列规定：

- 1 基坑开挖到底后，立柱外壁的泥土应清理干净，确定板面、钢筋连接板的标高位置；
- 2 钢管外壁在上下皮钢筋部位焊接钢筋连接钢板，焊缝高度宜小低于钢管壁厚，钢筋连接板应逐块焊接；
- 3 被立柱断开的纵横向钢筋应与连接钢板焊接，双面焊接应不少于 5D 或单面焊接应不少于 10D；被立柱稍有阻碍的纵向受力钢筋，宜弯折后绕过立柱拉通。
- 4 止水钢板应与钢管混凝土立柱外部一圈满焊，焊缝高度不小于止水钢板厚度；
- 5 底板范围内立柱外壁焊接圆柱头抗剪栓钉，宜采用专用栓钉焊机施工；
- 6 所有焊缝应连续、饱满。

6.5.7 立柱周边土方开挖中，立柱部位的土方高差不宜超过 2.0m。

6.6 立柱拆除

- 6.6.1 内支撑和立柱的总体拆除顺序，应与设计工况一致。
- 6.6.2 立柱拆除应遵循以下顺序：水平支撑→立柱与支撑连接点→立柱。
- 6.6.3 钢管混凝土立柱拆除时，宜采用等离子切割设备首先割除钢管，再用绳锯或盘锯切割内部混凝土。
- 6.6.4 立柱拆除中，应采用吊机、叉车等设备吊住拆除段，或设置支架、缆绳等其他安全措施，确保拆除过程安全。

7 质量检查和验收

7.1 一般规定

- 7.1.1 钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩的检验按时间顺序分为三个阶段：施工前检验、施工检验和施工后检验。
- 7.1.2 钢管混凝土柱应对钢管结构和钢管内混凝土分别进行检验。
- 7.1.3 钢管内混凝土的强度等级、工作性能和收缩特性应符合设计要求和国家

现行有关标准的规定，浇筑后的养护方法和养护时间应符合专项施工方案要求。

7.1.4 预应力混凝土管桩应进行桩位、桩长、桩径和桩身质量的检验。

7.1.5 对钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩的检验项目和方法应符合现行标准《基坑工程技术标准》DJ/TJ08、《钢管混凝土混合结构技术标准》GB/T51446 和预应力混凝土管桩技术标准 JGJ\T406 等的有关规定。

7.2 施工前检验

7.2.1 应对钢管混凝土柱的钢管直径及壁厚、焊接质量、钢管外观、内部质量进行检验，检验结果应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 等的有关规定。

7.2.2 钢管内混凝土应采用商品混凝土，混凝土强度等级应满足设计图纸要求，其坍落度应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。

7.2.3 钢管内混凝土浇筑密实度可采用人工敲击的方法进行检验，

7.2.4 预应力混凝土管桩应按选定的标准图集或设计图纸制作，现场应对运到现场的管桩成品质量进行下列内容的检查和检测：

1 应按照设计图纸要求，根据产品合格证、运货单及管外壁的标志，对管桩的规格和型号进行逐条检查。当施工工艺对龄期有要求时，应核查龄期，管桩的龄期应满足施工工艺要求；

2 应对管桩的尺寸偏差和外观质量进行抽检。抽查数量不应少于管桩桩节总数的 2%；

3 应对管端板几何尺寸进行抽检。抽查数量不应少于管桩桩节总数的 2%。

7.3 施工检验

7.3.1 应对桩身垂直度进行检查，立柱桩垂直度不应大于1/150，检查应符合下列规定：

1 第一节桩定位垂直度偏差不大于1/150时，方可进行施工；

2 在施工过程中，应及时抽检身垂直度；

3 送桩前，应对桩身垂直度进行检查。

7.3.2 应对顶标高和桩位偏差进行检测，检测结果应符合现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202和《基坑工程技术标准》DJ/TJ08等的有关规定

7.3.3 钢管混凝土柱与预应力管桩连接节点应按照设计图纸进行施工，现场应对接头外观质量、端板焊接质量、机械连接、灌芯长度等节点构造进行检验，检验数量不少于桩数的50%。

7.3.4 对于开挖深度超过8m的基坑工程，采用灌芯连接+焊接复合连接时，钢管与预应力管桩端板焊接完成后，应对焊缝进行超声波探伤随机抽检，抽检比例不低于20%。

7.4 施工后检验

7.4.1 钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩应按本规程检查成桩桩位及钢管混凝土立柱的偏差。

7.5 工程验收

7.5.1 基坑开挖后，第一道支撑施工前，应对预制组合立柱桩进行验收。

7.5.2 钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩验收应包括下列资料：

- 1 钢管、预应力混凝土管桩的出厂合格证；
- 2 钢管、预应力混凝土管桩的性能检测报告；
- 3 钢管、预应力混凝土管桩的进场验收记录；
- 4 焊接材料产品证明书、焊接工艺文件及烘焙记录；
- 5 焊工合格证书及施焊范围；
- 6 焊缝超声波探伤检测报告及记录；
- 7 混凝土工程施工记录
- 8 混凝土试件性能试验报告；
- 9 连接节点检查记录；
- 10 桩位测量放线图、桩位复核签证单；
- 11 岩土工程勘察报告；
- 12 工程图纸、会审记录及设计及相关设计文件；
- 13 经批准的施工组织设计或专项施工方案及技术交底资料；

14 施工记录、桩位编号图；

15 接桩隐蔽验收记录；

16 包含桩位实测偏位情况、补桩位置、试桩位置等内容的工程竣工图；

17 质量事故处理记录。

7.5.3 钢管混凝土柱与预应力混凝土管桩组合立柱桩的验收除应符合本规程外，尚应符合现行国家和行业标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《建筑基桩检测技术规范》JGJ106和《基坑工程技术标准》DJ/TJ08等的有关规定。

附录 B 静压成桩施工记录表

表 B 静压成桩施工记录表

工程名称: _____ 建设单位: _____ 总包单位: _____ 施工单位 _____ 第 页
 桩型及规格: _____ 生产厂家: _____ 自然地面标高: _____ 桩顶设计标高: _____ 共 页
 桩机型号: _____ 压力换算值: _____ 双缸 1MPa 时= _____ kN; 四缸 1MPa 时= _____ kN; 六缸 1MPa 时= _____ kN。

日期 日/月	序号	起止日期 时:分	下桩			中桩			中桩			上桩			送桩		终压 力值 (kN)	终压 次数	桩入土 总深度 (m)	备注
			长度 (m)	油压值 (MPa)			长度 (m)	油压值 (MPa)			长度 (m)	油压值 (MPa)			深度 (m)	油压值 (MPa)				
				桩 下 端	桩 中 间	桩 上 端		桩 下 端	桩 中 间	桩 上 端		桩 下 端	桩 中 间	桩 上 端						

建设单位代表: _____ 监理: _____ 工程负责人: _____ 技术负责人: _____ 记录员: _____ 年 月 日

条文说明

4 材料

4.2 混凝土

4.2.3 为确保混凝土拌合物的塌落扩展度性能，规定其粗骨料的粒径。

4.2.4 为确保混凝土拌合物的填充性，规定其塌落扩展度指标。

5 设计

5.2 设计计算

5.2.2 对于竖向承载力分项系数：上海市《地基基础设计标准》(DGJ08-11) 预制桩分项系数为 1.8；行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008) 安全系数统一取 2.0。考虑到立柱桩为单桩基础，结合行业的设计习惯，分项系数取为 2.0。

5.2.8 钢管混凝土柱与预应力管桩节点抗拉承载力的计算需根据连接方式确定：对于机械连接+焊接复合连接，拉力先由焊接区域承担，随位移的发展逐渐转移至机械接头，所以接头的抗拉承载力只计入机械连接的抗拉承载力；对于灌芯连接+焊接复合连接，拉力先由焊接区域承担，随位移发展逐渐转化为由填芯混凝土与钢管之间的粘结力承担，并通过受力钢筋传递至预应力管桩，所以接头的抗拉承载力取填芯混凝土与钢管之间的粘结力与受力钢筋抗拉承载力的小值；对于锥合式机械连接+灌芯连接+端板焊接接头，连接形式更为可靠，考虑到机械接头和灌芯式接头协同受力要求较高，所以承载力取两种接头形式的小值，其余作为安全储备。

5.4 节点设计

5.4.2.1 对于栈桥下或对抗剪承载能力要求较高的预制组合立柱桩，首道支撑与其连接节点，应在钢筋混凝土短柱内的设置 U 型抗剪钢筋，且应进入锚固长度不少于 35d。受钢管或型钢阻隔无法设置 U 型抗剪钢筋的部分，应作弯起，与角钢或钢管侧壁焊接，焊缝长度不宜小于 15d。此外，角钢应向上伸出支撑中心标高不宜少于 200mm、短柱高度不宜少于 600mm。

2 对于二道支撑及以下支撑与预制组合立柱桩的连接节点，采用抗剪栓钉作为竖向抗剪键时，如预制组合立柱桩钢管壁厚较薄，可加焊弧形或环形衬板，以便设置抗剪栓钉。

5.4.4~5.4.5 预制组合立柱桩穿底板或顶板部分，当立柱桩直径较小时，纵筋除截断采用耳板焊接的方式，也可采用绕行、避让预制组合立柱桩的方式，不断开底板纵筋，确保板纵筋受力可靠。

此外，预制组合立柱桩截断位置宜在板上表面以下 50mm，并且宜在钢管内焊接圆形盖封板，然后采用高于板混凝土标号一级的混凝土或高强灌浆料抹平，确保防水可靠。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 专项方案内容应包括：施工工艺流程、施工方法、施工技术参数、施工安全技术措施、应急预案、工程监测要求等。

6.1.2 应采取措施控制振动、噪声、扬尘、废水、废弃物以及有毒有害物质对工程场地、周边环境和人身健康的危害。静力压桩过程可能会产生挤土效应，应根据地质情况、周边环境情况、成桩工艺等综合判断，必要时采取缓解挤土效应的措施，并对周边环境进行监测。

6.3 立柱制作

6.3.1 立柱现场制作前应做好准备工作：

立柱现场制作的准备工作应全部提前完成，所需材料如管桩、钢管、钢筋笼、锚固螺栓等全部到场，方能顺利实施立柱制作。

拼装场地应平整。拼装胎架可采用管桩等材料简易制作。

吊装设备应根据场地、吊装距离、拼接后组合体的重量确定，应选用不小于 25 吨汽车吊，地下二层的基坑立柱拼装宜选用 50 吨汽车吊。

6.3.2 立柱制作流程：

1 机械连接+焊接复合连接方式立柱制作关键流程示意如下：



① 端封板

② 安装锚固螺栓

③ 钢管平放



④ 端封板与钢管焊接



⑤ 斜躺法浇混凝土

图 6-3-1 机械连接+焊接复合连接方式立柱制作关键流程实景照片

2 灌芯连接+焊接复合连接立柱制作关键流程示意如下：



① 拼装场地

② 管桩作为拼装胎架

③ 拼接段管桩平放



④ 安装锚固螺栓和灌芯钢筋笼



⑤ 钢管对接焊接



⑥ 柱桩组合体斜躺法灌芯

图 6-3-2 灌芯连接+焊接复合连接方式立柱制作关键流程实景照片

6.3.3 锚固螺栓安装应符合下列规定：

1 采取机械连接+焊接复合连接方式时，锚固螺栓应安装在端封板机械接头连接槽壳所在的一侧。端封板是工厂定加工的，锚固螺栓的安装数量与螺栓孔一

一对应。因端封板另外一面与管桩端板对接，所以锚固螺栓下端不能露出端封板板面。

2 采取灌芯连接+焊接复合连接方式时，锚固螺栓直接安装在管桩端板的张拉孔内，故该连接方式对管桩品牌没有任何限制，只要是标准管桩即可。因管桩端板的张拉孔在管桩制作过程中可能会灌入部分混凝土、在装卸过程中也可能导致个别张拉孔被损坏，故锚固螺栓的安装数量可能少于端板张拉孔的数量，若个别张拉孔锚固螺栓难以安装时，可以换一个张拉孔安装，只要满足设计要求的锚固螺栓安装数量即可，当然锚固螺栓应尽量均匀布置。



图 6-3-3 管桩端板张拉孔安装锚固螺栓实景照片

3 若锚固螺栓入孔深度无法满足 10mm 时，应将螺栓与端板之间增加焊接予以加固。

6.3.4 灌芯钢筋笼安装应符合下列规定：

1 因灌芯采用的是自密实混凝土，混凝土石子粒径小，塌落扩展度相对较大，混凝土流淌行较好，故灌芯钢筋笼底部的圆形托板直径在考虑管桩空腔内离心浮浆影响的条件下尽量大一些，避免混凝土从托板周侧流淌出来。

2 灌芯钢筋笼是为了加强钢管混凝土立柱与立柱桩的连接节点强度，故灌芯钢筋笼需跨连接节点设置。为方便后期立柱拆除，灌芯钢筋笼主筋顶端尽量不要突出底板结构面标高。

3 钢筋笼必须与管桩端板进行固定，防止斜躺法灌注混凝土时灌芯钢筋笼被冲掉、移位。同时为确保固定牢固且对混凝土流淌影响最小，故建议采取扁钢固定，扁钢采取竖放与管桩端板垂直进行焊接固定，且与至少 2 根主筋焊接固定。



图 6-3-4 灌芯钢筋笼采取扁钢固定实景照片

6.3.5 钢管焊接应符合下列规定：

1 管与端封板或管桩端板之间的焊缝质量，关系着预制组合立柱桩的连接节点受力性能，此焊缝至关重要，需引起高度重视。

2 焊接之前务必先对中，确保钢管与端封板、管桩同心度和顺直度。

3 焊接时因钢管壁厚和坡口相对较小，内侧无法清根，故采取单面焊接双面成型工艺，并需请专业的钢结构焊工进行焊接。

4 焊缝质量需连续、饱满。对于开挖深度超过 8m 的基坑工程立柱桩，钢管与预应力管桩端板焊接完成后应进行超声波探伤抽检，焊缝应能达到二级焊缝质量要求。

6.3.6 立柱内灌注混凝土宜采用斜躺法施工，应符合下列规定：

1 立柱内灌混凝土需在立柱桩沉桩之前进行，并养护达到一定强度。立柱内灌混凝土采取斜躺法灌注。

2 为保证混凝土浇筑方便和密实，需在钢管上口点焊固定上料斗，上料斗为定型化设计，可周转使用。上料斗安装时，上料斗开口顶部横向挡板应高于钢管上口顶面。

3 混凝土灌注完成时，上料斗内应满灌混凝土，相当于给钢管立柱增加了超灌，可以使得钢管混凝土更加容易密实。

4 混凝土终凝后尽快拆除上料斗，并将立柱顶面的混凝土整平。



① 上料斗安装

② 柱桩组合体斜躺

③ 灌注混凝土

图 6-3-5 立柱内灌混凝土时上料斗安装、灌注实景照片

6.3.7 立柱混凝土养护应符合下列规定

1 为防止新灌注混凝土的立柱受到损坏，混凝土尚未达到一定强度时，不要移动立柱，原则上混凝土浇筑 24h 内不得移动。

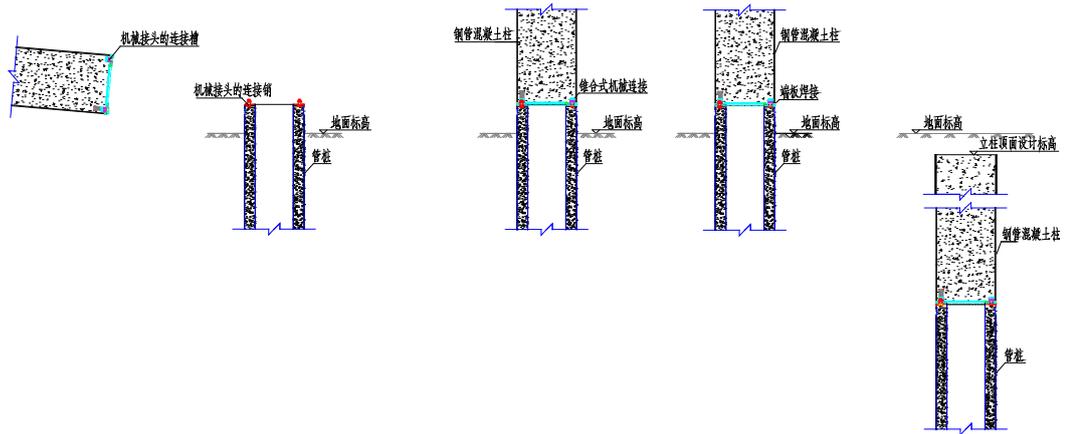
2 为防止打桩时压坏钢管混凝土立柱，特规定不同沉桩工艺下立柱桩混凝土养护强度或龄期。

6.3.8 采取灌芯连接+焊接复合连接时，钢管与最上一节管桩进行现场预拼装，拼接后的柱桩组合体长度达到 12m~20m，故拼装时需控制桩柱组合体的顺直度，考虑钢管与管桩端板进行焊接，端板与管桩混凝土之间仅为预应力钢棒拉结，故拼接后的柱桩组合体可能在端板位置产生一定的转动或变形，从而影响柱桩组合体的顺直度，可在柱桩组合体斜躺时增加支撑搁置点。

6.4 立柱桩施工

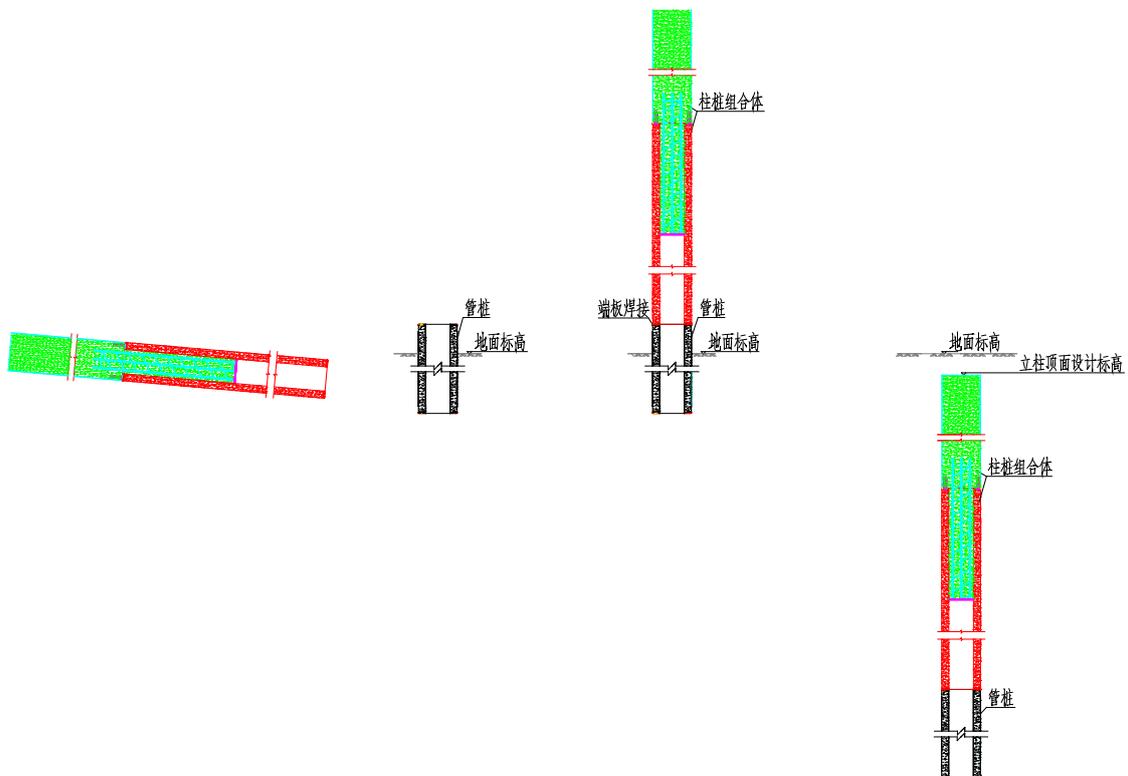
6.4.1 若工程桩为挤土桩，则宜先施工工程桩后施工立柱桩，主要是为避免后施工工程桩时对立柱桩造成的影响。

6.4.3 静压沉桩的施工流程，根据钢管混凝土柱与管桩连接方式的不同，分别如下图所示。



第1步：制作钢管混凝土柱 第2步：将管桩沉至可以接桩的标高，并在管桩端板上安装机械接头的连接销
 第3步：将钢管混凝土柱与管桩进行机械连接 第4步：将钢管混凝土柱与管桩进行焊接
 第5步：将钢管混凝土柱+管桩沉至设计标高

图 6.4.3-1 钢管混凝土柱与管桩采取机械连接+焊接复合连接时的施工流程图



第1步：制作柱桩组合体 第2步：将管桩沉至可以接桩的标高
 第3步：将柱桩组合体与管桩对接，两者的端板焊接 第4步：将柱桩组合体+管桩沉至设计标高

图 6.4.3-2 钢管混凝土柱与管桩采取灌芯连接+焊接复合连接时的施工流程图

6.4.4 先施工水泥土搅拌桩是为了降低立柱桩沉桩时的挤土效应，其桩径略大于管桩的桩径即可。搅拌桩的垂直度会影响立柱桩植入及其承载力，应严格控制。

6.5 节点施工

6.5.1 立柱与首道支撑连接不论采取连接钢板+锚筋还是采取角钢、牛腿等方式，均需和立柱的柱头进行焊接，所以首道支撑施工时需在立柱周边超挖一些，挖出柱头，方能进行连接件施工。

因涉及焊接工作，故钢管混凝土立柱的柱头需清理干净方能焊接。



①连接钢板+锚筋施工时立柱周边超挖 ②连接角钢施工时立柱周边超挖

图 6-5-1 首道支撑施工时立柱周边超挖实景照片

6.5.2 复核柱顶标高和平面位置，存在偏差时应按设计要求处理，一般处理方法如下：

- 1 柱顶标高偏高时，将高出的柱顶截短至设计标高；
- 2 柱顶标高偏低时，将连接角钢加长，在支撑施工时做下柱墩与立柱连接；
- 3 柱顶平面位置出现较大偏差时，可在支撑处设置外挑牛腿与立柱相连。

6.5.3 钢管混凝土立柱与首道钢筋混凝土支撑连接节点施工应符合下列规定：

1 采取连接钢板+锚筋连接时：连接钢板与劲板若在立柱柱头处现场焊接，属于仰焊，焊接效率低，焊接质量难以保证，故建议连接钢板与劲板提前焊成整体，到现场直接往柱头上一套再进行焊接，施工速度快，焊接质量容易保证。



- ① 连接钢板和劲板提前焊接为整体 ② 整体安装并焊接

图 6-5-2 连接钢板+劲板安装实景照片

锚固钢筋为立柱与支撑连接的关键，所以锚固钢筋与连接钢板的焊接应重视，锚筋与连接可穿孔塞焊，也可弯锚的形式焊接，双面焊接焊缝长度不小于 5D，单面焊焊缝长度不小于 10D，确保锚筋的受力需要。

2 采用角钢连接时：角钢焊接之前应将支撑定位线放出来，然后角钢的摆放位置应尽量避免让支撑主筋且宜对称布置，角钢与立柱外壁焊接均为竖向角焊缝，焊接较仰焊缝更易保证质量。

3 待柱顶连接节点施工完毕后，回填超挖土方并压实，按照传统方式施工支撑的垫层、钢筋、模板和混凝土。

6.5.5 钢管混凝土立柱与非首道钢筋混凝土支撑的连接节点施工时，需在立柱外壁焊接钢筋连接钢板，对多向支撑相交的节点，如十字型米字型节点，连接钢板可做成环形，由两个半环拼接为整体与钢管焊接，环形连接钢板焊接是宜待一侧半环焊接冷却后再焊接另一侧半环，防止同时焊接时钢管混凝土立柱的钢管同截面受焊接高温影响承载力下降，影响立柱受力安全。

6.5.6 钢管混凝土立柱与底板连接应符合下列规定：

1 底板钢筋为上下皮纵横向布置，因此确定连接钢板标高时需考虑上下皮钢筋的标高差异；

2 正常情况下，在底板范围内为钢管混凝土立柱，钢管壁厚一般采用 6mm~8mm，比连接钢板要薄一些，所以连接钢板与钢管外壁焊接时焊缝高度一般与钢管壁厚相同，焊缝高度大于钢管壁厚时，容易焊穿钢管壁；

另因连接钢板焊接时，立柱处于受力状态，立柱若全截面同时焊接连接钢板，立柱的钢管可能因高温影响受力性能，故要求逐块焊接连接钢板。

4 止水钢板的焊接质量影响到止水效果，故止水钢板与钢管之间必须满焊，若止水钢板采用两个半环对拼，两个半环对接处也需满焊，并确保焊缝质量。

5 若预制组合立柱桩沉桩时发生大幅度欠送，从而导底板结构范围内主要为立柱桩而非钢管混凝土立柱，则止水钢板、钢筋连接板无法施工，此种情况下应在立柱周边底板做超前止水并预留后浇带，立柱周边的底板混凝土后浇，待立柱拆除后，补齐该处底板混凝土。

6.5.7 在土方开挖过程中，为保护立柱，故要求立柱周边挖土时挖机需谨慎，挖斗尽量不要触碰立柱，且立柱两侧土方高差不宜超过 2.0m。

6.6 立柱拆除

6.6.2 立柱拆除之前应先逐层拆除水平支撑，但在立柱与支撑相交的节点处仍会保留一个钢筋混凝土支撑节点，该节点的形心与立柱不宜偏差过大。



6.6.3 钢管混凝土立柱拆除时，宜采用等离子切割设备首先割除钢管，再用绳锯或盘锯切割内部混凝土。

6.6.4 立柱拆除中，应采用吊机、叉车等设备吊住拆除段，或设置支架、缆绳等其他安全措施，确保拆除过程安全。