

中华人民共和国行业标准

水运工程桩基施工规范

JTS 206—2—2023

主编单位：中交第三航务工程局有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：2023年3月1日

人民交通出版社股份有限公司

2023·北京

交通运输部关于发布 《水运工程桩基施工规范》的公告

2023 年第 5 号

现发布《水运工程桩基施工规范》(以下简称《规范》)。《规范》为水运工程建设强制性行业标准,标准代码为 JTS 206—2—2023,自 2023 年 3 月 1 日起施行。

《规范》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题的咨询,由主编单位中交第三航务工程局有限公司答复。《规范》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwttis.mot.gov.cn/syportal/sybz)查询和下载。

本规范的第 8.2.32 条、8.2.34 条、8.2.37 条中的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
2023 年 1 月 10 日

制定说明

桩基是水运工程的重要基础形式,对于保障水运工程质量和施工安全具有重要作用。随着水运工程建设技术不断进步,大量新技术、新工艺、新设备和新材料广泛应用于工程实践,桩基施工技术水平不断提高,现有桩基施工行业标准尚未覆盖航道工程和船厂水工建筑物工程桩基施工要求。为进一步统一水运工程桩基施工要求,由交通运输部水运局组织有关单位,在《码头结构施工规范》(JTS 215—2018)桩基工程的基础上,总结和吸纳了我国近年来水运工程桩基施工的实践经验,经深入调查研究,广泛征求意见,反复修改完善,制定本规范。

本规范共分10章15个附录,并附条文说明。主要包括施工装备、预制混凝土桩、钢管桩、组合桩、灌注桩、嵌岩桩、质量控制等技术内容。

本规范的第8.2.32条、8.2.34条、8.2.37条中的黑体字部分为强制性条文,必须严格执行。

本规范的主编单位为中交第三航务工程局有限公司,参编单位为中交上海三航科学研究院有限公司、上海港湾工程质量检测有限公司、中交第三航务工程勘察设计院有限公司、中交第一航务工程局有限公司、中交第二航务工程局有限公司、中交第四航务工程局有限公司、中交三航局第二工程有限公司。本规范编写人员分工如下:

- 1 总则:郑荣平 丁 健 王何汇
 - 2 术语:汤 涛 曹义国 胡金雄 吴 锋
 - 3 基本规定:郑荣平 丁 健 曹义国 胡金雄 吴 锋 夏显文 黄周泉
 - 4 施工装备:郑荣平 胡金雄 王何汇 何超然 曹金宝
 - 5 预制混凝土桩:丁 健 曹义国 胡金雄 黎亚舟 吴 锋 曹称宇 张跃辉
曹金宝 邱 松 孔友南 沈 群
 - 6 钢管桩:胡金雄 黎亚舟 汤 涛 余振刚 余青山 曹金宝 胥新伟 黄周泉
 - 7 组合桩:胡金雄 黎亚舟 余振刚 曹金宝
 - 8 灌注桩:何超然 丁 健 曹义国 余青山 黄剑锋 于文津
 - 9 嵌岩桩:曹义国 胡金雄 黎亚舟 何超然 黄剑锋
 - 10 质量控制:丁 健 曹金宝 何超然 胥新伟 邱 松
- 附录A:胡金雄 张跃辉 黎亚舟 胥新伟
附录B:曹义国 胡金雄 黎亚舟
附录C:曹义国 夏显文
附录D:曹义国 夏显文

- 附录 E:曹金宝 王何汇 胡金雄
附录 F:曹义国 夏显文
附录 G:何超然 胡金雄 王何汇 曹金宝
附录 H:曹称宇 胡金雄 张跃辉 黎亚舟 胥新伟
附录 J:张跃辉 胥新伟
附录 K:何超然 曹义国 胡金雄 黎亚舟
附录 L:何超然 曹义国 余青山
附录 M:何超然 曹义国 余青山
附录 N:何超然 曹义国 余青山
附录 P:曹义国 胡金雄 黎亚舟 何超然
附录 Q:邱 松

本规范于2021年7月28日通过部审,2023年1月10日发布,2023年3月1日起施行。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。各有关单位在使用过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街11号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:上海市徐汇区平江路139号,中交第三航务工程局有限公司,邮政编码:200032),以便修订时参考。

目次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	测量控制	(6)
3.3	成桩控制	(8)
4	施工装备	(10)
4.1	一般规定	(10)
4.2	沉桩装备	(10)
4.3	成孔装备	(12)
5	预制混凝土桩	(14)
5.1	一般规定	(14)
5.2	制作	(14)
5.3	吊运和堆存	(20)
5.4	沉桩	(22)
6	钢管桩	(28)
6.1	一般规定	(28)
6.2	制作	(28)
6.3	焊接	(29)
6.4	涂层施工	(31)
6.5	吊运和堆存	(32)
6.6	沉桩	(32)
7	组合桩	(34)
7.1	一般规定	(34)
7.2	拼接	(34)
7.3	吊运和堆存	(35)
7.4	沉桩	(35)
8	灌注桩	(37)
8.1	一般规定	(37)
8.2	成孔	(38)
8.3	钢筋笼	(44)

8.4	混凝土灌注	(45)
8.5	灌注桩后注浆	(47)
9	嵌岩桩	(50)
9.1	一般规定	(50)
9.2	沉桩	(50)
9.3	成孔	(51)
9.4	混凝土灌注	(52)
9.5	灌注型嵌岩桩	(53)
9.6	预制型嵌岩桩	(53)
10	质量控制	(56)
10.1	打入桩	(56)
10.2	灌注桩和嵌岩桩	(59)
附录 A	试沉桩记录表	(61)
附录 B	锤击沉桩记录表	(63)
附录 C	锤击沉桩综合记录表	(65)
附录 D	水冲锤击沉桩记录表	(66)
附录 E	选锤参考资料	(68)
附录 F	水冲锤击沉桩所需水泵、射水管及多孔喷头等参考资料	(70)
附录 G	常用成孔设备适用范围	(71)
附录 H	桩的吊点布置及吊运内力计算	(73)
附录 J	夹桩结构形式	(76)
附录 K	钻孔灌注桩成孔记录表	(78)
附录 L	泥浆性能指标	(79)
附录 M	泥浆原料黏土、膨润土和外加剂的性能要求	(80)
附录 N	泥浆性能指标测定方法	(82)
附录 P	嵌岩桩嵌岩形式及施工示意图	(83)
附录 Q	本规范用词说明	(88)
引用标准名录		(89)
附加说明	本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(90)
条文说明		(93)

1 总 则

- 1.0.1** 为统一水运工程桩基施工的技术要求,保障工程质量和施工安全,制定本规范。
- 1.0.2** 本规范适用于新建、改建或扩建的水运工程中预制混凝土桩、钢管桩、组合桩、灌注桩和嵌岩桩等施工与质量控制。
- 1.0.3** 水运工程桩基的施工与质量控制,除应符合本规范规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 桩基 Pile Foundation

单桩基础或桩与承台共同组成的基础。

2.0.2 基桩 Foundation Pile

桩基础中的单桩。

2.0.3 成桩 Pile Forming

在工程现场采用一定的施工工艺和方法形成基桩的施工过程。

2.0.4 沉桩 Pile Driving

采用锤击、振动或静压等方法将桩沉入岩土。

2.0.5 打入桩 Driven Pile

采用锤击、振动和静压等方法沉入岩土的桩。

2.0.6 水冲锤击沉桩 Pile Jetting

利用高压水流经过依附于桩侧面或空心桩内部的射水管,对桩端或桩侧土体产生冲击、破坏,降低桩端或桩侧土体阻力,辅助锤击沉桩的桩基施工方法。

2.0.7 先张法预应力高强混凝土管桩 Pretensioned Spun High-strength Concrete Pile

采用先张法预应力、经离心工艺成型的混凝土强度等级不低于 C80 的管桩,简称 PHC 管桩。

2.0.8 后张法预应力混凝土大管桩 Post Tensioned Prestress Concrete Cylinder Pile

通过后张法将复合工艺制作的预制混凝土管节拼接而成的大直径管桩,简称大管桩。

2.0.9 组合桩 Composite Pile

采用两种不同桩型的预制桩连接而成的桩。

2.0.10 灌注桩 Cast-in-situ Pile

现场成孔,安置钢筋笼并浇注混凝土形成的桩。

2.0.11 嵌岩桩 Rock-socketed Pile

现场成孔,通过植入桩、现浇混凝土或锚杆锚固等方式将桩端与未风化岩、微风化基岩或中风化基岩连接而成的桩。

2.0.12 灌注型嵌岩桩 Cast-in-situ Pile Socketed in Rock

现场成孔,安置钢筋笼并现场浇注混凝土形成的嵌岩桩。

2.0.13 灌注型锚杆嵌岩桩 Cast-in-situ Pile Anchored in Rock

采用锚杆锚入岩体使灌注桩桩身与基岩连接的桩。

2.0.14 预制型植入嵌岩桩 Precast Concrete Pile or Steel Pipe Pile Socketed in Rock

预制混凝土桩或钢管桩桩身进入基岩锚固形成的桩。

2.0.15 预制型芯柱嵌岩桩 Precast Concrete Pile or Steel Pipe Pile with Plug Socketed in Rock

预制混凝土桩或钢管桩通过芯柱与基岩锚固形成的桩。

2.0.16 预制型锚杆嵌岩桩 Precast Concrete Pile or Steel Pipe Pile Anchored in Rock

通过锚杆锚入岩体使预制混凝土桩或钢管桩与基岩相连形成的桩。

2.0.17 组合式嵌岩桩 Pile Socketed and Anchored in Rock

通过桩身或芯柱嵌岩方式与锚杆嵌岩方式组合而形成的桩。

2.0.18 灌注桩后注浆 Post Grouting for Cast-in-situ Pile

灌注桩成型后,通过预设于灌注桩桩身内的注浆导管及与之相连的桩端、桩侧注浆阀注入水泥浆。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 桩基工程施工应具备下列资料:

- (1) 批准的工程施工图设计文件;
- (2) 水文、气象、地形、地貌、冲淤、水情等工程环境资料;
- (3) 工程地质报告;
- (4) 桩承载力、成桩控制要求和必要的试桩资料等;
- (5) 有碍沉桩或成孔的障碍物探测报告;
- (6) 主要施工机具、设备等施工条件资料;
- (7) 施工区域警戒、标识、禁止抛锚带缆等规定的资料。

3.1.2 桩基工程施工应编制专项施工方案,施工前准备工作应包括下列内容:

(1) 进行工程现场踏勘,掌握周围环境、管线等障碍物、水文气象条件和不良地质条件等影响因素;

(2) 制定成桩测量控制方法,复核平面控制网点和水准点;

(3) 进行图纸会审,设计交底,复核桩位图、桩结构图;

(4) 验算打入桩的桩身结构强度、沉桩时土阻力和沉桩施工荷载,核验沉桩控制标准;

(5) 选用合理的施工船机设备,制定防浪、避风措施,落实避风锚地;

(6) 根据桩位平面布置图、邻近构筑物资料,结合工程要求和施工条件,分析施工前后工序对基桩质量的影响;

(7) 评估沉桩振动对岸坡稳定、邻近建筑物和地下管线等的影响,制定防护、迁移措施。

3.1.3 施工期应对基桩结构与岸坡稳定进行复核算,并应符合下列规定。

3.1.3.1 复核算应考虑下列工况:

- (1) 预制桩吊运;
- (2) 预制桩沉桩;
- (3) 悬臂单桩尚未夹桩;
- (4) 整体结构形成前基桩的其他工况。

3.1.3.2 复核算应考虑下列作用:

- (1) 基桩的自重力和浮托力;
- (2) 施工期的水流、冰凌和波浪作用;

- (3) 沉桩应力、沉钢护筒应力；
- (4) 上部结构安装过程中可能出现的偏心荷载；
- (5) 使用工程桩搭设施工平台时，平台自重力、平台堆载、施工机具重力等和施工中机械产生的振动荷载。

3.1.3.3 覆盖层不满足嵌岩桩稳桩要求时，成桩前应制定稳桩方案、进行验算。

3.1.4 打入桩施工应采取降低沉桩对周围环境影响的措施，灌注桩施工应采取环境保护措施，城区施工宜对施工场地、通道进行硬化。

3.1.5 沉桩前，应分析振动和挤土等对岸坡或邻近建筑物的影响，采取下列有利于岸坡和邻近建筑物稳定、减少沉桩对周围环境影响的施工措施：

- (1) 合理安排沉桩顺序，间隔跳打，限制沉桩速率；
- (2) 采取重锤轻打、低频锤击等措施；
- (3) 采用预钻孔沉桩；
- (4) 水上沉桩时，软土岸坡采取削坡减载，低潮位停打；
- (5) 陆上沉桩时，设置应力释放孔，降低地下水位，释放地层超孔隙水压力。

3.1.6 成桩前施工区需挖泥时，应符合下列规定。

3.1.6.1 挖泥前应实测挖泥区泥面高程、水深，绘制平面图和断面图。

3.1.6.2 挖泥应满足设计、施工工艺和工序的要求；挖泥出现异常影响岸坡稳定时，应采取减缓开挖坡度、加固地基等措施。

3.1.6.3 采用开挖面作为桩施工作业平台时，应验算开挖面的承载力和整体稳定。

3.1.6.4 挖泥后应对泥面高程、承载力等进行核验。

3.1.7 成桩后施工区需挖泥时，应符合下列规定。

3.1.7.1 挖泥施工前，应制定减少桩体位移的施工措施，必要时应对工程桩采取加强措施。

3.1.7.2 挖泥施工前，应按施工工艺、工序验算挖泥引起的桩体位移量。

3.1.7.3 成桩定位提前量宜根据地质条件、开挖顺序、开挖深度和地下水位等综合确定。

3.1.7.4 在有锚碇结构的板桩墙挖泥前，应按设计要求进行拉杆预张拉。

3.1.7.5 挖泥施工时，应控制挖泥顺序、速度和方向，不得超挖、碰桩。

3.1.7.6 挖泥后应进行挖泥高程和范围核验。

3.1.8 成桩后施工区填土施工应符合下列规定。

3.1.8.1 填土施工应控制由此引起的桩基位移和沉降，并按设计要求分区、分层回填，分层厚度不宜过大。

3.1.8.2 回填土的承载力、沉降控制值应满足设计要求。

3.1.8.3 锚碇板桩墙后回填，填土顺序、高度、速度应与锚碇拉杆安装相协调。

3.1.8.4 填土后应进行施工核验。

3.1.9 在岸坡上采用锤击或振动沉桩时，应对岸坡和邻近建筑物进行监控，发现异常情况应及时处理。

3.1.10 地质条件复杂或缺乏沉桩经验时,宜在施工前选择有代表性的区域进行试沉桩,试沉桩应包括下列内容:

- (1) 检验穿过桩端设计高程以上的硬土层、沉排或抛石棱体等的可行性;
- (2) 测试桩端进入持力层的深度和最后贯入度;
- (3) 验证沉桩设备性能、桩身结构强度与地质条件适应性;
- (4) 通过高应变法测试桩的竖向承载力。

3.1.11 试沉桩应满足设计要求,并应符合下列规定。

- 3.1.11.1 试沉桩应选择具备较详细地质资料的位置进行,且数量不宜少于2根。
- 3.1.11.2 桩型、规格宜与工程桩一致。
- 3.1.11.3 试沉预制桩宜进行高应变监测。
- 3.1.11.4 沉桩记录内容与格式应满足附录A的要求。

3.1.12 地质条件复杂或采用新工艺施工灌注桩时,宜在施工前选择有代表性的区域进行试成孔。

3.1.13 水上沉桩完成后,应根据现场水流、波浪情况及时采取夹桩等稳桩措施。

3.1.14 在已沉设的桩上不得系缆,已沉桩区应设置警示标志和安全警示灯等。

3.1.15 沉桩遇土层异常情况时,应分析研究处理,必要时应进行补充勘探。

3.1.16 钢管桩采用牺牲阳极保护时,阳极块的安装应符合下列规定。

3.1.16.1 阳极块应牢固地安装在钢管桩上,钢管桩与阳极块电路应焊接。

3.1.16.2 沉桩前安装阳极块时,阳极块与钢管桩的连接强度应充分考虑沉桩振动的影响。

3.1.16.3 采用水下电焊安装阳极块时,应清除钢管桩表面杂质,保证焊缝质量,并采取必要的监控措施。

3.1.17 桩吊运和沉桩过程中防腐层破损应及时修补。

3.2 测量控制

3.2.1 成桩施工测量应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定,成桩前应建立测量平面与高程控制网、点,并应符合下列规定。

3.2.1.1 施工平面坐标系宜与工程设计坐标系一致,施工高程基准和深度基准应与工程设计的高程基准和深度基准一致。

3.2.1.2 利用已有工程控制网进行施工测量时,控制网等级应满足工程施工质量的要求。

3.2.1.3 采用全球导航卫星系统(GNSS)进行施工定位和放样时,应转换为施工坐标系。

3.2.1.4 施工平面控制网可采用三角形网、导线、导线网或GNSS网等形式进行布设。测量控制网、点设置完毕后,应进行验收,定期复测、校核,复测时间间隔不应超过半年;施工平面控制网等级应符合表3.2.1的规定。

表 3.2.1 施工平面控制网等级

控制网等级	建筑物离岸距离 D (m)			
	$10 < D \leq 200$	$200 < D \leq 500$	$500 < D \leq 1000$	$1000 < D \leq 2000$
导线网	二级导线	一级导线		四等导线
三角网	一级小三角网			四等三角网 或三边网
	一级小三边网			
CNSS 网	一、二级 CNSS 测量		一级 CNSS 测量	国家 E 级以上 CNSS 测量

注:①表中各级网的精度要求应符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的有关规定;

②表中四等控制网精度应符合现行国家标准《工程测量规范》(GB 50026)的有关规定。

3.2.2 成桩施工测量方案应根据施工现场测量控制网、点布设情况,基桩定位精度要求,现有定位仪器设备,作业人员技术水平和沉桩船舶技术性能等编制。

3.2.3 定位测量前,应进行下列准备工作:

- (1) 验收高程和平面控制网、点;
- (2) 探测沉桩区域水深、水下地形;
- (3) 根据岸壁陡缓情况布置位移、沉降观测点;观测点位置、埋设符合现行行业标准《水运工程测量规范》(JTS 131)的要求;
- (4) 根据建筑物离岸距离和控制网等级,确定定位方法、选择定位仪器和装置;
- (5) 根据陆域和水域测量控制点位置、桩位平面布置图,计算定位参数,绘制定位图和数据表;
- (6) 施工期超过 1 年时,陆域建测量墩,水域建测量平台;
- (7) 检验与校正定位所需的仪器设备,并做记录。

3.2.4 施工水准点应布设在地层稳定、受施工影响小,不易发生沉降和位移的位置,数量不应少于 2 个。

3.2.5 施工高程控制点引测精度不应低于四等水准精度要求,其中码头、船坞、船台、船闸和滑道施工高程控制应按三等水准进行测量。

3.2.6 在常规水准测量较困难的测区,可采用电磁波测距、三角高程测量或 GNSS 高程测量,建立四等、图根高程控制网。

3.2.7 控制测量基准站架设应符合下列规定。

3.2.7.1 基准站应架设于控制点上,控制点的高程系统应具有四等水准及以上的精度。

3.2.7.2 数据链天线架设高度应满足基准站与流动站间差分数据传输的要求,有条件时尽可能往高处架设。

3.2.8 实时动态差分定位(RTK)平面控制测量流动站观测应符合下列规定。

3.2.8.1 观测开始前应对仪器进行初始化,得到固定解。

3.2.8.2 两次观测之间,流动站应重新初始化;作业过程中出现卫星信号失锁,应重新

初始化,经重合点测量检测合格后,方可继续作业。

3.2.8.3 每次作业开始或结束前,均应进行至少一个同等级或高等级已知点的检核,平面坐标互差不应大于相应等级点位中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

3.2.8.4 RTK 平面控制测量、平面坐标转换允许残差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。

3.2.8.5 观测时应采用三脚架架设天线,天线高度应取两次读数的平均值;每次观测历元数应大于20个,历元间隔应为 $2\text{s} \sim 5\text{s}$,取均值作为每次观测结果。各次测量的平面坐标互差不应大于 40mm ,取各次测量的平均值作为最终结果。

3.2.8.6 进行后处理动态测量时,流动站应先在静止状态下观测 $10\text{min} \sim 15\text{min}$,在不丢失初始化状态的前提下进行动态测量。

3.2.9 沉桩定位应符合下列规定。

3.2.9.1 采用任何一种定位方法应有多余观测,增强观测数据的可靠性。

3.2.9.2 沉桩定位测量可采用直角交会或前方交会,当采用前方交会时,相邻两台仪器视线的夹角应控制在 $30^\circ \sim 150^\circ$ 范围内。

3.2.9.3 三台仪器作角度交会时,所产生的空间误差三角形,其三角形重心距各条边距离允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$ 。

3.2.9.4 采用GNSS定位时,宜采用全站仪进行校核。

3.2.9.5 采用水准器测设桩的定位高程和停锤高程时,宜使前、后视等距,减少仪器角引起的观测误差。

3.2.9.6 应及时测定沉桩施工偏位和竣工偏位。

3.2.10 测量放样精度和仪器等级应符合表3.2.10规定。

表 3.2.10 测量放样精度和仪器等级

项 目	测量仪器至桩的距离 D (m)			
	$D \leq 200$	$200 < D \leq 500$	$500 < D \leq 900$	$900 < D \leq 1000$
角度允许测设误差($''$)	26.0	10.0	6.5	5.0
光电测距允许相对误差	1/9000	1/20000	1/32000	1/40000
测角仪器	6 $''$ 级	6 $''$ 级	2 $''$ 级	2 $''$ 级

3.2.11 测量内业数据处理时,对原始数据、外业测量成果和内业计算成果应相互进行校核。

3.3 成桩控制

3.3.1 桩基施工应选择合适的成桩工艺,控制成桩质量,满足设计要求。

3.3.2 成桩工艺应根据桩基结构、设计承载力、地形地貌、水文地质条件、施工机械设备和前后工序要求等综合确定。

3.3.3 预制桩施工质量应从材料、制作、沉桩工艺等方面进行控制。

3.3.4 现场灌注桩施工质量应从材料、成孔、制作安装钢筋笼、灌注混凝土等方面进行控制,做好施工记录。

3.3.5 锤击沉桩控制贯入度应按地质条件、锤型和锤击能量等因素确定。

3.3.6 锤击沉桩控制标准应根据地质情况、设计承载力、锤型、桩型和桩长等因素综合确定,并应符合下列规定。

3.3.6.1 设计桩端土层为硬塑状黏土或中密砂层时,宜以高程控制为主,当桩端达不到设计高程,距设计高程 100mm~1000mm 时,可按贯入度作为停锤控制标准;当桩端已达到设计高程而贯入度仍大于规定值时,应会同设计进行处理,需继续下沉时,应考虑施工水位、泥面对沉桩施工的影响。

3.3.6.2 设计桩端土层为坚硬黏土、密实砂、密实砾石或风化岩时,宜以贯入度控制为主;当沉桩贯入度已达到控制贯入度,而桩端未达到设计高程且超高不大于 1m 时,应继续锤击贯入 100mm 或锤击 30 击~50 击,其平均贯入度不大于控制贯入度;当沉桩贯入度已达到控制贯入度,而桩端未达到设计高程且超高大于 1m 时,应会同设计进行处理。

3.3.6.3 设计桩端土层为一般土层时,应以设计桩端高程控制。

3.3.6.4 采用水冲锤击沉桩时,停锤标准应以设计桩端高程控制。

3.3.7 陆上沉桩过程中,当桩顶设计高程低于地面时,桩顶入土前应对桩位进行中间验收。

3.3.8 静压桩施工应以桩端高程、最终压桩力和维持荷载的时间为终止沉桩的判定标准;当压桩力达到设计要求,而桩端高程未达到设计高程时,应根据设计要求继续复压。

3.3.9 桩的沉桩、定位应按附录 B 记录,全部基桩沉放后应按附录 C 要求做好综合记录,锤击沉桩记录应符合下列规定。

3.3.9.1 锤击沉桩记录应分阵次,宜取 1m 为一阵;当桩端穿越硬夹层或进入硬土层时,宜取 0.1m~0.5m 为一阵;当桩端接近控制高程时宜取 0.1m 为一阵。

3.3.9.2 打入硬土层的桩,最后贯入度可按 0.1m 或最后 10 击的平均下沉量取值。

3.3.9.3 对沉桩过程中发生的断桩、桩身破损、溜桩、贯入度异常、桩周冒泡、桩位异常和设备损坏等异常现象,均应记录。

3.3.10 水冲沉桩记录应符合下列规定。

3.3.10.1 水冲沉桩工序应包括冲水下桩、压锤、边冲边击和停水锤击等。

3.3.10.2 边冲边击阵次可按每下沉 1.0m 划分,最后停水锤击可按每下沉 0.1m 划分。

3.3.10.3 沉桩过程中,当出现水压异常、冲水管堵塞、排泥不畅或机具发生故障等异常现象时,应按附录 D 要求做记录。

4 施工装备

4.1 一般规定

- 4.1.1 沉桩装备应根据桩基类别、结构形式、地基土力学指标、水文气象条件和施工环境等综合选定。陆上沉桩可选用履带式打桩机、静压桩机、步履式打桩机等沉桩装备；水上沉桩可采用打桩船、起重船或自升式平台等沉桩装备。
- 4.1.2 装备进场后应对施工装备的性能、状态等进行检查、验收。

4.2 沉桩装备

- 4.2.1 打桩船的选择应符合下列规定。

4.2.1.1 打桩船应满足施工作业对船机稳定性的要求，波周期较长的海域还应考虑船舶运动对沉桩的影响。

4.2.1.2 沉桩前应根据桩位平面布置和打桩船的尺寸，校核桩与船的平面位置，确定沉桩顺序。对墩式码头，应预留打桩船转向、移位的空间。

4.2.1.3 打桩船的桩架高度和起吊重量应满足吊高和吊重要求，桩架高度可按式(4.2.1)确定：

$$H \geq L + H_1 + H_2 + H_3 - H_a \quad (4.2.1)$$

式中 H ——水面以上桩架有效高度(m)；

L ——桩长(m)；

H_1 ——桩锤及替打高度(m)；

H_2 ——吊锤滑轮组高度(m)；

H_3 ——富裕高度，可取1.0m~2.0m；

H_a ——施工水深(m)。

4.2.2 采用锤击沉桩时，锤型的选择应根据地质、桩身结构强度、桩的承载力和锤的性能，并结合施工经验或试沉桩情况确定。缺乏经验时，可按附录E选用。

4.2.3 锤击沉桩的替打应按使用要求设计，制作应保证质量，且应符合下列规定。

4.2.3.1 替打应具有一定的刚度和良好的抗疲劳性能，满足反复锤击的要求。

4.2.3.2 用钢板焊接加工的替打宜回火处理。

4.2.3.3 替打宜加装跑道背板，控制桩顶位置。

4.2.3.4 替打顶部应设置木垫、钢丝绳等锤垫。

4.2.3.5 用于施打混凝土管桩的替打，应在替打底部或侧面设置排气孔洞。

4.2.4 水上沉桩送桩器应符合下列规定。

- 4.2.4.1 送桩器应有足够的强度和刚度。
- 4.2.4.2 混凝土管桩送桩器应设置空气、水和泥的排放孔道。
- 4.2.4.3 送桩器下端桩帽结构应按桩头尺寸、桩顶的外伸钢筋位置进行设计,桩帽与桩的间隙不宜过大。
- 4.2.4.4 送桩器的长度可按潮位、送桩深度和送桩器在龙口内的长度等因素确定。
- 4.2.5 陆上沉桩送桩器应符合下列规定。
- 4.2.5.1 送桩器宜为圆筒形,应有足够的强度、刚度。送桩器长度应满足送桩深度的要求。
- 4.2.5.2 送桩器上下两端面应平整,且与送桩器中心轴线相垂直。
- 4.2.5.3 送桩器下端面应开孔,使空心桩内腔与外界连通。
- 4.2.5.4 送桩器应与桩型匹配;外套筒式送桩器下端的套筒深度宜取 250mm~350mm,套管内径应比桩外径大 20mm~30mm,内插销式送桩器下端的插销长度宜取 0.3 倍~0.5 倍桩径,插销外径应比桩内径小 20mm~30mm。
- 4.2.6 在桩顶和替打或送桩器之间应设置具有适当弹性、削减锤击应力峰值和保护桩顶作用的纸垫、木垫、棕绳或麻绳盘根垫等桩垫,并应符合下列规定。
- 4.2.6.1 混凝土桩桩垫尺寸宜与桩顶截面相同,且不得割除钢筋。
- 4.2.6.2 桩垫的材质应均匀,厚度宜满足下列要求:
- (1)采用纸垫时为 100mm~300mm,采用木垫时为 50mm~100mm,当沉桩困难时选大值;
 - (2)采用其他材料时,桩垫厚度根据试验或类似工程经验确定。
- 4.2.6.3 预应力混凝土管桩桩垫宜采用环形纸垫,也可采用棕绳或麻绳盘根垫,或其他经试验后确认能满足桩身质量要求的桩垫。
- 4.2.7 采用振动方法沉桩,应根据桩的材料、质量和地质条件等选择振动锤型号;多台振动锤联动沉桩时,应采用同步技术连接,各振动锤的型号、性能应相同。
- 4.2.8 振动锤与桩通过液压夹具连接时,液压夹具的结构形式和夹持力应满足下列要求:
- (1)保护桩身完整性;
 - (2)振动过程中,桩与夹具不会脱开;
 - (3)有效传递激振力。
- 4.2.9 静力压桩宜选择液压式压桩机械,根据单节桩的长度可选用顶压或抱压方式压桩机,压桩机的参数应包括下列内容:
- (1)压桩机型号、桩机质量、最大压桩力等;
 - (2)压桩机的外形尺寸及拖运尺寸;
 - (3)压桩机的最小边桩距;
 - (4)压桩机长短船型、履带的接地比压;
 - (5)桩节夹持装置的形式;
 - (6)液压油缸的数量、直径,压力表读数与压桩力的对应关系;

(7)吊桩机构的性能及吊桩能力。

4.2.10 采用引孔法压桩时,应配备相应的钻孔机;桩端需进入较坚硬的岩层时,应配备可入岩的钻孔桩机或冲孔桩机。

4.2.11 采用水冲法辅助沉桩时,水泵、输水管路和射水管等射水沉桩的设备应连接牢固、密封,并做通水试验;水泵安装位置宜靠近桩位,射水管的进水口应设安全阀,输水管路应顺直,减少弯折;水冲设备可按附录 F 选用。

4.3 成孔装备

4.3.1 钻孔桩成孔装备可采用回旋钻机、冲击钻机、旋挖钻机和套管钻机等,应根据设计桩长、桩径、地质、工期、施工条件、经济成本等因素综合选定,可按附录 G 常用成孔设备适用范围选取。

4.3.2 正循环回旋钻机可适用于黏性土,砂类土,含少量砾石,卵石含量少于 20% 的土,软岩;反循环回旋钻机可适用于黏性土,砂类土,含少量砾石的土,卵石含量少于 20%、粒径小于钻杆内径 2/3 的土,软岩,硬岩。

4.3.3 回旋钻机应固定在稳定的施工平台上;采取抱桩方法钻孔时,抱桩器应设置断电、失压自锁装置。

4.3.4 回旋钻机的扭矩和钻压应满足钻孔、进尺速度的要求。

4.3.5 回旋钻机的钻杆应具有一定的强度和刚度,应能有效传递扭矩、提升钻头。钻杆与钻杆的连接应牢固、密封,不得漏浆、漏气。

4.3.6 回旋钻机的钻头宜根据下列情况选用:

- (1) 钻头的配重根据孔深、孔径及孔位地质、钻机性能、钻头形式等综合选用;
- (2) 钻头根据孔位地质与泥浆循环方式设计、制造;
- (3) 黏性土中选用尖底鱼尾式钻头或圆笼式钻头;
- (4) 砂土中选用平底圆笼式钻头;
- (5) 较硬的碎石土中选用三翼钻头、牙轮钻头;
- (6) 岩层中选用耐磨硬质合金契齿或球齿滚刀型钻头。

4.3.7 采用正循环钻进时,孔口应设置专用、密闭的管沟收集泥浆。采用反循环钻进时,宜配置泥砂分离器,泥砂分离器应满足废浆处理、泥浆循环量的要求。

4.3.8 冲击钻机可适用于砾石、卵石、漂石、软硬岩层和复杂地质的桩基施工。

4.3.9 采用冲击成孔时,冲击钻头宜选用十字形、多叶瓣形或长筒形,直径宜比设计桩径小 20mm~60mm;钻头的配重应根据成孔直径、深度和地层情况确定。

4.3.10 冲击成孔时卷扬机的起重能力应满足钻头、钢丝绳、吊具重量和克服泥浆吸附作用的要求。

4.3.11 冲击成孔施工应有备用钻头、易耗件,在岩石地层中冲孔,钻头直径磨损超过 15mm 时,宜及时更换修补;更换新钻头时,应先检测孔径和孔底高程,确认孔正常后方可放入新钻头。

4.3.12 吊钻头应选用同向捻制、柔软、无死弯、无断丝的钢丝绳,安全系数不应小于 12,

钢丝绳与钻头间应设转向装置并连接牢固,主绳与钻头的钢丝绳搭接时,两根钢丝绳直径应相同,捻扭方向应一致。

4.3.13 旋挖钻机可用于砂类土、砾石、卵石、软~中硬基岩等土层。

4.3.14 旋挖钻机的扭矩、钻杆强度和钻斗形式应根据土层情况和钻孔方式选用。黏性土、砂类土、砾石等砂石土地层可选用楔齿钻头;碎石土、卵石、软~中硬岩石及风化岩层可选用高强度截齿、牙钻钻头。

4.3.15 旋挖施工前应根据施工工艺和地层分布情况选择配套设备,钻斗和钻杆可按表4.3.15选用。

表4.3.15 旋挖钻机常用钻斗、钻杆

序号	地质条件	钻斗	钻杆	加压方式
1	黏性土	单层底旋挖钻斗	摩擦钻杆机锁钻杆	油缸+自重加压
2	粉土、砂土、卵砾石	双层底旋挖钻斗		
3	硬黏土	单层底旋挖钻斗		
4	冻土	斗齿旋挖钻斗	机锁钻杆	油缸+机锁钻杆加压
5	强风化岩	双层底斗齿旋挖钻斗		
6	中风化岩	双层底斗齿旋挖钻斗		

4.3.16 套管钻机可用于黏性土、砂土。地下水位以下有较厚的细砂层时,应选用上拔力较大的钻机。

4.3.17 套管钻机应根据桩基结构设计、地质和施工条件选型,钻机的动力扭矩、套管结构、套管连接和取土机械应满足施工工艺要求。

4.3.18 套管钻机的扭矩应满足套管压入钻进和回转提起的要求;当压入套管和钻进取土同时进行,宜配置旋挖钻机、重力冲击抓斗或顶置回旋钻机进行套管内取土。

4.3.19 钻机套管宜用多节套管节通过速接方式连接,套管节宜采用装配式连接,钻进中应逐根加接套管节直至设计桩长。

4.3.20 套管钻机钻孔施工中,起吊套管时应配置专用吊装工具,套管对接时应对称拧紧。

5 预制混凝土桩

5.1 一般规定

- 5.1.1 预制混凝土桩应由具有相应生产能力、具备出运条件的预制场生产。
- 5.1.2 预制混凝土桩出厂前应在桩顶附近标识工程名称、桩型、桩长、制作时间等信息。
- 5.1.3 预制混凝土桩出厂时应提供合格证或相关质保资料。
- 5.1.4 沉桩前应统计沉桩数量,按沉桩顺序逐根检查桩的规格和外观质量,标识桩身刻度线和吊点位置。
- 5.1.5 预制混凝土桩本体长细比较大时,应对施工期桩的压屈稳定性进行验算,并进行可打性分析。
- 5.1.6 预制混凝土桩备用桩的数量应根据锤型、沉桩方法、地质情况、基桩数量和运输条件等确定。
- 5.1.7 预应力混凝土管桩应在桩身适当部位预留排气孔,孔径可取 30mm ~ 50mm,沉桩完成后应及时封堵。
- 5.1.8 混凝土桩的混凝土强度、耐久性、钢筋保护层和防腐材料应满足设计要求,混凝土强度、耐久性应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定,防腐材料和喷涂工艺应符合现行行业标准《水运工程结构防腐蚀施工规范》(JTS/T 209)的有关规定。
- 5.1.9 后张法预应力混凝土长管节管桩的制作、吊运和堆存、沉桩等,应按现行行业标准《港口工程后张法预应力混凝土长管节管桩设计与施工规程》(JTS/T 167—17)的有关规定执行;预制高强混凝土薄壁钢管桩的制作、吊运和堆存、沉桩等,应按现行行业标准《水运工程预制高强混凝土薄壁钢管桩设计与施工规程》(JTS 167—15)的有关规定执行。

5.2 制 作

混凝土方桩

5.2.1 预制混凝土方桩应按设计图或选定的标准图集制桩,制作工艺除按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定执行外,尚应符合下列规定。

5.2.1.1 在露天台座制作预应力混凝土桩,应采取避免由于气温升高而增加预应力损失或由于气温降低使钢筋发生冷断事故的措施。

5.2.1.2 桩身混凝土浇注应连续进行,不得留有施工缝。

5.2.1.3 利用充气胶囊制桩,在使用前应对胶囊进行检查,漏气或质量不合格者不得使用,并应采取控制胶囊上浮或偏心的措施。

5.2.1.4 预应力主筋放张时混凝土强度和弹性模量应符合设计规定;设计未规定时,混凝土强度不应低于设计强度的80%,弹性模量不应低于混凝土28d弹性模量的80%。

5.2.1.5 预应力主筋应放张后对称切割。

5.2.1.6 桩身混凝土常温养护时,龄期不应少于28d,前期潮湿养护时间不应少于14d;采用常压蒸养时,龄期不应少于14d。

5.2.2 采用拼接的预制混凝土方桩,上下两节宜同槽预制。拼接处预埋铁件的加工制作应符合设计要求,接头应平整密贴。

5.2.3 混凝土方桩的质量应符合下列规定。

5.2.3.1 桩身表面干缩产生的细微裂缝宽度不得大于0.2mm,深度不得大于20mm,裂缝长度不得大于1/2桩宽。

5.2.3.2 桩身表面上的蜂窝、麻面和气孔的深度不应大于5mm,且在每个面上所占面积的总和不应大于该面面积的0.5%。

5.2.3.3 沿桩身边缘棱角破损的深度不应大于5mm,且每10m长的边棱角上破损不应大于1处,一根桩上边棱破损总长度不应大于500mm。

5.2.4 混凝土方桩出厂前应进行检验,验收合格后方可出厂、使用。

PHC 管 桩

5.2.5 PHC管桩的混凝土应满足下列要求:

(1)强度等级不低于C80;

(2)胶凝材料用量为 $480\text{kg}/\text{m}^3 \sim 520\text{kg}/\text{m}^3$;

(3)混凝土拌合物水胶比不大于0.35;

(4)采用高压蒸养时,混凝土拌合物坍落度80mm~120mm;采用免高压蒸养时,混凝土拌合物坍落度140mm~180mm;

(5)混凝土密度大于 $2500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5.2.6 PHC管桩混凝土耐久性指标应符合下列规定。

5.2.6.1 海水环境下,PHC管桩电通量不应大于1500C,氯离子扩散系数不应大于 $3.5 \times 10^{-12}\text{m}^2/\text{s}$ 。

5.2.6.2 当设计使用年限有特殊要求时,应按设计要求执行,并应符合现行行业标准《水运工程桩基设计规范》(JTS 147—7)的有关规定。

5.2.7 钢模材质和制作质量应符合现行行业标准《先张法预应力混凝土管桩钢模》(JC/T 605)的规定。

5.2.8 钢模制作的允许偏差应满足表5.2.8的要求。

表5.2.8 钢模制作允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
钢模长度	$L/2000$ 和10中的小值
钢模内径	+3 -1

续表 5.2.8

项 目	允许偏差(mm)
钢模内表面合口间隙	0.2
钢模内表面合口处错位	0.8
跑轮距	跑轮距 2m 时,允许偏差为 2; 任意两跑轮距 2m 的整数倍时,允许偏差为 4
跑轮轮缘厚度	10
连接法兰处内表面环向间隙	0.2
连接法兰处内表面错位	2
连接法兰处企口错位	0.15
钢模内表面纵向直线	4

注:L为钢模长度,单位为mm。

5.2.9 预应力筋应清除油污;钢棒切断前应保持平直,不应有局部弯曲,切断后端面应平整;同一根管桩中预应力钢棒长度小于或等于 15m 时相对差值不得大于 1.5mm,长度大于 15m 时相对差值不得大于 2mm。

5.2.10 管桩用钢棒应采用热镦工艺,钢棒镦头部位的强度不得低于该材料抗拉强度的 90%;管桩用钢绞线应采用 P 型锚具。

5.2.11 钢筋笼的制作应符合下列规定。

5.2.11.1 预应力筋应沿圆周均匀布置,用滚焊机按设计尺寸制作成型。

5.2.11.2 钢棒和螺旋筋的焊接点强度损失不得大于该材料强度的 5%。

5.2.11.3 滚焊机牵引盘应夹紧,使钢筋笼的轴向垂直面位于钢棒镦头的垂直面上。

5.2.11.4 钢筋笼成型后应检查焊接部位是否牢固,发现假焊、脱焊点连续数量在 3 点以上时应用铁丝绑扎,绑扎铁丝头不得伸入混凝土保护层内。

5.2.11.5 预应力钢绞线不得直接用滚焊机与螺旋筋焊接成型。

5.2.12 钢筋笼制作和安装的允许偏差应满足表 5.2.12 的要求。

表 5.2.12 钢筋笼制作与安装允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
钢筋笼长度	+5
	-10
预应力筋间距	±5
螺旋筋间距	±5

5.2.13 采用钢棒作为预应力主筋时,镦头应嵌入端板沉孔中,且不得凸出端板面;采用钢绞线作为预应力主筋时,P 型锚具不应超出专用端头;端板与张拉器具应用螺栓紧固;螺栓锁紧后宜凸出端板内侧 2mm。

5.2.14 预应力筋张拉应以应力控制为主,应变控制为辅;张拉控制应力宜为钢棒标准强度的 70%,钢绞线标准强度的 75%,控制误差应为 ±5%。

5.2.15 管桩应采用离心成型工艺,离心速度宜按低速、中低速、中速、高速四个阶段

实施。

- 5.2.16 预应力筋放张时,管桩的混凝土抗压强度不得低于 45MPa。
- 5.2.17 管桩养护宜采用免压蒸养护工艺;采用压蒸养护时,应根据试验确定蒸养工艺。
- 5.2.18 管桩拼接接头应采用端板焊接或钢制过渡段焊接,并应符合下列规定。
- 5.2.18.1 焊接工艺宜采用手工电弧焊或 CO₂ 气体保护焊。
- 5.2.18.2 焊接质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205)的有关规定。
- 5.2.18.3 接头极限抗弯强度不得低于管桩设计极限抗弯强度。
- 5.2.18.4 管桩接头焊接结束后应逐根进行检查,拼接允许偏差应满足表 5.2.18 的要求。

表 5.2.18 拼接允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
桩身纵轴线弯曲矢高	$L/1000$ 和 30 的小值
两端面间隙	2
坡口错位	2
焊缝高度	+1 0

注:L为拼接桩总长度,单位为 mm。

- 5.2.19 PHC 管桩可采用长度不大于 1m 的钢桩靴,钢桩靴的钢管长度、钢材壁厚与材质应根据施工和地质条件确定,钢桩靴内径宜与混凝土管桩内径一致。
- 5.2.20 PHC 管桩的质量应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。
- 5.2.21 PHC 管桩应进行抗弯性能检验,应以同规格的管桩连续生产 100000m 或在三个月内生产总数不足 100000m 时为一批,每批应随机抽样 2 根进行抗弯性能检验;所抽 2 根全部符合规定时,应判定抗弯性能合格;有 1 根不符合规定时,应增加 2 根进行复验;仍有 1 根不符合规定时,应判定抗弯性能不合格。
- 5.2.22 有抗冻要求的工程,PHC 管桩混凝土应满足抗冻指标要求,抗冻指标应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定;抗冻试验可采用随桩同条件养护的混凝土,必要时试制少配筋 PHC 管节并切割制作抗冻试块;冻融试验应在试件龄期达到 28d 后进行;抗冻试验方法应采用快冻法,并应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定。

大 管 桩

- 5.2.23 管节混凝土应满足下列要求:
- (1) 强度等级不低于 C60;
 - (2) 胶凝材料用量 $400\text{kg}/\text{m}^3 \sim 500\text{kg}/\text{m}^3$;
 - (3) 混凝土拌合物水胶比不大于 0.35;

- (4) 混凝土拌合物维勃稠度控制在 $25_s \sim 35_s$ 之间;
- (5) 混凝土密度大于 $2500\text{kg}/\text{m}^3$;
- (6) 管节壁厚不小于 130mm 。

5.2.24 大管桩混凝土耐久性指标应满足下列规定。

5.2.24.1 海水环境下,大管桩电通量不应大于 1500C ,氯离子扩散系数不应大于 $3.5 \times 10^{-12}\text{m}^2/\text{s}$ 。

5.2.24.2 当设计使用年限有特殊要求时,应按设计要求执行,并应符合现行行业标准《水运工程桩基设计规范》(JTS 147—7)的有关规定。

5.2.25 钢筋笼的制作应符合下列规定。

5.2.25.1 应采用冷拔钢筋,宜使用钢筋笼自动编织机制作成型。

5.2.25.2 每一管节长度的钢筋笼脱焊点不得多于4个。

5.2.26 钢筋笼的制作与安装的允许偏差应符合表 5.2.26 的要求。

表 5.2.26 钢筋笼制作与安装允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
钢筋骨架长度	±5
钢筋笼直径	
箍筋间距	±10
纵向钢筋间距	
钢筋保护层厚度	±5
钢筋笼离端盖距离	

5.2.27 钢筋笼垫块宜采用高密度聚乙烯塑料压制卡式垫块。

5.2.28 管节成型应采用离心、激振、辊压复合工艺。

5.2.29 管节宜采用蒸汽养护;管节采用其他养护工艺时,应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定执行。

5.2.30 管节混凝土脱模强度不应小于设计强度的 70%。

5.2.31 管节脱模后应水养 7d 或潮湿养护 10d。

5.2.32 管节成型过程中应取样制作试件测定混凝土的抗压强度;试件的取样和养护条件应与管节相同。

5.2.33 管节混凝土试验方法应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定执行;混凝土的合格标准应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定执行;混凝土强度试件的留取样每工班应取 3 组,其中 1 组用于检验拆模时混凝土强度、1 组用于检验预应力张拉时混凝土强度、1 组用于检测龄期 28d 的强度。

5.2.34 管节外壁不得出现裂缝,管节内壁的干缩裂缝宽度不得大于 0.2mm ,深度不得大于 10mm ,长度不得大于管径的 0.5 倍。

5.2.35 混凝土管节制作的允许偏差应符合表 5.2.35 的规定。

表 5.2.35 混凝土管节制作允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
外周长	± 10
长度	± 3
壁厚	+10 0
管节端面倾角	$D/1000$
管壁端面倾角	$\delta/100$
管节椭圆度	5
预留孔道直径	± 3

注: D 为管节外径, δ 为壁厚, 单位均为 mm。

5.2.36 钢绞线的质量要求、检验规则和试验方法等应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)的有关规定。

5.2.37 钢绞线应保持清洁,不得直接堆放在地面上;室外存放时,时间不宜超过 180d,应采取垫枕木并用油布覆盖等措施。

5.2.38 钢绞线下料应采用高速砂轮机切割,不得采用电弧或乙炔-氧气切割。

5.2.39 钢绞线锚具和夹具应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性,检验规则和试验方法等应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)的有关规定,其结构形式应符合大管桩设计构造要求。

5.2.40 黏结剂固化后,龄期 14d 黏结剂胶体抗压强度不应小于 70MPa,抗拉强度不应小于 30MPa,拉伸强度不应小于 10MPa;试验应按现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》(GB/T 2567)等有关规定执行。

5.2.41 管节拼接时混凝土抗压强度应满足设计要求,且龄期应大于 14d。

5.2.42 管节拼接时,端面表层水泥浮浆应磨除,端面应平整、无明显缺损和油污;涂胶应均匀,预留孔道应洁净畅通。

5.2.43 钢绞线张拉应符合下列规定。

5.2.43.1 钢绞线应采用应力控制法张拉,并校核钢绞线的伸长值,钢绞线实际伸长量与理论计算值偏差不应大于 6%。

5.2.43.2 张拉控制应力应满足设计要求;钢绞线需超张拉时,控制应力值不应大于钢绞线强度标准值的 0.75 倍。

5.2.43.3 张拉过程应对称、同步缓慢进行。

5.2.43.4 张拉应分 2 次进行,第 1 次张拉后,管桩不得吊运或移动;第 2 次张拉时黏结剂抗压强度值应大于 30MPa,且第 2 次张拉控制力值与设计张拉力值的允许偏差应为 3%。

5.2.43.5 张拉过程中,钢绞线不应出现断丝或滑丝。

5.2.44 钢绞线的锚固,应在张拉控制应力处于稳定状态下进行;锚固阶段张拉端钢绞线的回缩值与锚具变形值之和不应大于 6mm。

5.2.45 水泥浆体材料应符合下列规定。

5.2.45.1 水泥宜采用硅酸盐水泥。

5.2.45.2 外加剂、膨胀剂和拌和用水应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

5.2.46 水泥浆体的制备应符合下列规定。

5.2.46.1 水胶比不应大于0.35。

5.2.46.2 水泥浆稠度宜控制在 $16s \sim 20s$ 范围内。

5.2.46.3 拌和后3h的泌水率应小于2%,且泌水应在24h内重新全部被浆吸收。

5.2.46.4 水泥浆中应掺入适量膨胀剂,其自由膨胀率宜控制在5%~10%之间。

5.2.47 孔道压浆应符合下列规定。

5.2.47.1 压浆前应采用0.2MPa水压检查桩身与接缝是否漏水,并清洁孔道。压水检查后,应采用清洁压缩空气清除预留孔道内积水。

5.2.47.2 压浆顺序宜先压下层孔道逐渐向上孔道进行。压浆应缓慢、均匀进行,不得中断,出浆口流出浓浆后关闭出浆口阀门,并应保持0.4MPa~0.6MPa压力不少于2min。

5.2.47.3 水泥浆体初凝后,方可拆除保压阀门。

5.2.48 压浆时,每工班留取试件不应少于2组,1组标准养护7d,1组标准养护28d,抗压强度应满足设计要求。试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定。

5.2.49 在压浆结束1h后至水泥浆抗压强度达到28MPa前,不得移动管桩。

5.2.50 钢绞线放张应对称进行,桩顶节切割后的钢绞线不得凸出管桩端面,并宜用环氧胶泥补平。

5.2.51 管桩的质量应符合设计要求和现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

5.2.52 管桩应按规定进行结构性能检验,每1000根或每年在产品中随机抽样1根作为试件进行抗弯性能试验;试验应按现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》(GB/T 50152)的有关规定执行。

5.2.53 大管桩可采用长度不大于500mm的钢桩靴,钢桩靴的钢管直径、长度、钢材壁厚与材质、桩端结构形式和锚具数量应根据施工和地质条件确定。

5.3 吊运和堆存

5.3.1 钢筋混凝土方桩、预应力混凝土方桩和预应力混凝土管桩吊运时,桩身混凝土强度应满足受力要求。

5.3.2 吊运过程桩身结构内力计算应考虑桩型、截面模量、吊点位置、吊索与桩轴线夹角等因素,计算结果应满足桩身结构强度和刚度要求。

5.3.3 预制混凝土桩在吊运前,应进行桩身内力验算,根据桩的吊运状态,桩重力应乘以动力系数,起吊和水平吊运时动力系数宜取1.3,吊立过程中动力系数宜取1.1。

5.3.4 吊桩时桩身可采用绳扣捆绑或夹具夹持,其实际吊点位置距离设计位置允许偏差

应为 200mm;吊点处宜用麻袋或木块等衬垫。

5.3.5 吊桩时应使各吊点同时受力,缓慢起落,减少振动。

5.3.6 场内宜采用专用吊具吊运,吊具的强度和刚度应满足吊运要求,吊索应与桩轴线垂直;采用起重船或起重机吊运时,吊索与桩纵轴线夹角不应小于 45° 。

5.3.7 桩的吊运可根据桩身受力采用二点吊、四点吊或六点吊,也可根据具体情况采用三点吊等其他布点形式进行吊运;当采用二点吊、四点吊或六点吊时,其吊点位置和内力计算可按附录 H 确定,桩在水平吊运和吊立过程中可采用同一套吊点;采用其他形式吊运时,应按桩身实际受力情况进行验算。

5.3.8 大管桩混凝土管节吊运宜采用专用吊具,吊运应保持平稳,减少振动,避免碰撞。

5.3.9 桩的堆存应符合下列规定。

5.3.9.1 存放场地应平整、坚实。

5.3.9.2 按二点吊设计的桩,可用二点支垫堆存,支垫位置按设计吊点位置确定,偏差不宜大于 200mm;桩长期堆存时,宜采用多点支垫。

5.3.9.3 按四点吊及以上设计的桩,可采用多支点堆存,堆存时垫木应均匀放置,保持同层搁置点在同一平面上。

5.3.9.4 采用多点支垫时,支垫间距应满足桩身受力要求;预应力混凝土管桩多点支垫间距不宜大于 4m。

5.3.9.5 堆存时桩两端悬臂长度应满足受力要求。

5.3.9.6 桩多层堆存时,堆放层数应按地基承载力、垫木强度和堆垛稳定性等确定,不宜超过 4 层;各层垫木应处于同一垂直面上。

5.3.10 陆上运输预制混凝土桩宜采用平板车,底层支垫应等高均匀布置,两侧应设置柔性挡板,桩本体不得伸出运输车辆尾端,运输车辆应限速行驶。

5.3.11 水上运输预制混凝土桩宜采用驳船,驳船应具备足够的长度和抗风浪稳定性;预制混凝土桩宜放置在专用支架上,必要时应用缆索紧固。

5.3.12 驳船装运预制混凝土桩时,应符合下列规定。

5.3.12.1 运桩叠放图和加固图应根据施工时的沉桩顺序和吊桩工艺绘制,按图要求分层装驳。

5.3.12.2 桩堆放应保证驳船在落驳、运输和起吊作业时驳船的平稳。

5.3.12.3 预制混凝土方桩应采用多支垫堆放,垫木均匀放置,并适当布置通楞,垫木顶面应在同一平面上。

5.3.12.4 预应力混凝土管桩装船时,应采取间距不大于 4m 的多支点垫木搁置;底楞顶面应在同一平面上;桩身两侧应垫置楔形垫块。楔形垫块的尺寸和位置应保证管桩稳定牢固。

5.3.12.5 桩堆放的悬臂长度不宜过长,应满足抗裂和强度要求。

5.3.12.6 各层桩之间应支垫牢固,并应做可靠加固。

5.3.13 船舶运输管桩或管节时,堆放层数应符合下列规定。

5.3.13.1 管径小于或等于 1200mm 时,不宜超过 4 层。

5.3.13.2 管径大于 1200mm 时,不宜超过 3 层。

5.4 沉 桩

5.4.1 预制混凝土桩的沉桩可根据地质条件、桩型、桩体承载力等采用锤击法、水冲锤击法、振动法、静压法等方法。

5.4.2 沉桩前,应根据选定的沉桩方法,按水上或陆上沉桩配置施工装备和机具。

5.4.3 吊运桩前应进行桩身结构验算,吊点的布置和施工工艺应满足桩身结构受力要求。

5.4.4 锤击沉桩应采取必要的措施控制沉桩应力,锤击拉应力和压应力应符合下列规定。

5.4.4.1 预应力混凝土桩锤击沉桩拉应力可按下式验算:

$$\gamma_s \sigma_s \leq \frac{\sigma_{pk}}{\gamma_{pk}} + f_t \quad (5.4.4-1)$$

式中 γ_s ——锤击沉桩拉应力分项系数,预应力混凝土方桩取 1.10,预应力混凝土管桩取 1.15;

σ_s ——锤击沉桩桩身锤击拉应力标准值(MPa);

σ_{pk} ——扣除全部预应力损失后桩边缘混凝土的预应力值(MPa);

γ_{pk} ——混凝土预应力分项系数,取 1.0;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值(MPa)。

5.4.4.2 预应力混凝土桩锤击沉桩压应力可按下式验算:

$$\gamma_{sp} \sigma_p \leq f_c \quad (5.4.4-2)$$

式中 γ_{sp} ——锤击沉桩压应力分项系数,取 1.10;

σ_p ——锤击沉桩时的总压应力标准值(MPa),包括预压应力和锤击压应力;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值(MPa)。

5.4.5 直桩沉桩过程中桩架应保持垂直;斜桩沉桩过程中桩架与桩的设计倾斜度宜保持一致,应考虑沉桩后各种因素对倾斜度的影响,留有适量的预留量。

5.4.6 锤击沉桩时桩锤、替打、送桩器和桩应保持在同一轴线上,并与桩架龙口平行,替打应保持平整。

5.4.7 锤击沉桩应根据桩长、地质和沉桩方式评估振动、挤土等对周边新浇注混凝土的影响;新浇注的混凝土强度达到设计强度的 70% 前,30m 范围内不得进行沉桩。

5.4.8 沉桩遇土层异常情况时,应分析研究处理,必要时应补充勘探。

5.4.9 水上锤击沉桩应符合下列规定。

5.4.9.1 打桩船船位应根据桩位布置图、地形、水深、水流、风向和船舶性能等具体情况布置,锚缆布置应满足下列要求:

(1) 在船两侧分别抛八字锚或交叉锚,前后设中心锚缆,保持船体平稳、操作方便;

(2) 沉桩时防止走锚;打斜桩时加强前后中心锚缆的锚固力,必要时采用双缆;

(3) 根据抛锚区的土质、水深、水流、风向和锚重确定合适的抛锚距离;

(4) 近岸沉桩在陆上设置地锚,地锚的结构形式按锚缆的拉力确定,必要时设置各地锚的通缆;不在受潮水淹没土层中埋设地锚;

(5) 未经验算,打桩船不在建筑物上带缆。

5.4.9.2 打桩船吊桩时,应采取控制吊索钢丝扣滑脱的措施;采用四点吊时,下吊索长度可取0.5倍~0.6倍桩长,吊桩高度不宜小于0.8倍桩长,如图5.4.9-1所示;采用六点吊时,下吊索长度可取0.45倍~0.5倍桩长,中吊索可取与下吊索同长,吊桩高度不宜小于0.8倍桩长,如图5.4.9-2所示。

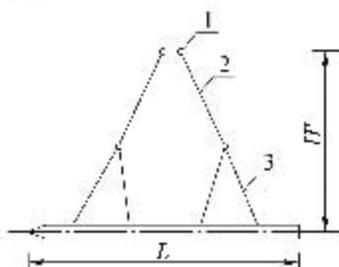


图 5.4.9-1 四点吊示意图

1-顶滑轮;2-上吊索;3-下吊索;L-桩长;H'-吊桩高度

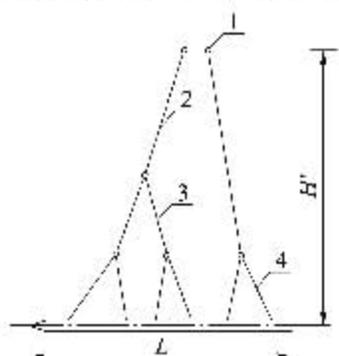


图 5.4.9-2 六点吊示意图

1-顶滑轮;2-上吊索;3-中吊索;4-下吊索;L-桩长;H'-吊桩高度

5.4.9.3 使用驳船溜缆协助打桩船吊桩时,驳船应协调吊桩作业,保持桩身平稳起吊。

5.4.9.4 打桩船吊起桩身至适当高度后再立桩入龙口;打桩船就位时,应掌握地形和水深变化情况,桩端不得触及泥面。

5.4.9.5 预应力混凝土管桩沉桩的替打应设置排气孔,水位超过桩顶时应立即停锤。

5.4.9.6 锤击过程中当船行波影响打桩船稳定时,应暂停锤击;出现贯入度异常、桩身突然下降、过大倾斜、移位、桩身出现严重裂缝和破碎掉块时,应立即停止锤击,及时查明原因,采取有效措施;出现断桩时,应会同设计单位研究处理。

5.4.9.7 打桩船锤击沉桩开始后,不得边锤击边纠正桩位偏差。

5.4.9.8 打桩船进退作业应注意锚缆位置,防止锚缆绊桩。桩顶被水淹没时应设置标识。

5.4.9.9 斜坡上沉桩应满足下列要求:

(1) 下桩位置提前量根据地质、地形、坡度、水深、水流、挖泥、桩自重、桩斜率和沉桩设备稳定性等情况确定;

(2) 分析、验算沉桩对斜坡稳定的影响程度,控制斜坡变位对基桩的影响;

(3) 沉桩前采取稳坡措施,对岸坡和邻近建筑物的位移和沉降等进行监测并做好

记录。

5.4.9.10 水上沉桩结束后应及时夹桩,夹桩时不得拉桩,夹桩施工应满足下列要求:

(1)夹桩结构根据受力情况进行设计,必要时进行现场加载试验;摩擦式夹桩结构形式参考附录J;

(2)施工荷载较大时,采用吊挂式夹桩;桩间距较大且桩顶面距施工水面较近时,采用钢梁或上承式桁架结构夹桩,并根据施工荷载,对钢梁、桁架、吊筋螺栓及其部件进行设计;

(3)天气预报有台风、大浪或洪峰等时,检查夹桩结构是否牢固可靠,必要时采取相应的防范措施。

5.4.9.11 桩端需进入坚硬岩层、砾石层或需穿透抛石层时,应采取下列措施:

(1)桩顶、桩端结构适当加强;

(2)在桩身强度许可的情况下选用能量大的桩锤施工;

(3)抛石层较厚时,采用施工平台和冲击成孔,穿透抛石层后再沉桩;

(4)有条件时进行试沉桩,验证桩端结构形式加强效果和穿透坚硬土层的能力。

5.4.9.12 水上送桩应满足下列要求:

(1)送桩器满足第4.2.4条的要求;

(2)送桩严格控制桩的垂直度;

(3)送桩入水较深时,在送桩器上加装跑道背板。

5.4.10 陆上锤击沉桩应符合下列规定。

5.4.10.1 沉桩顺序应满足下列要求:

(1)对于密集桩群,自中间向两个方向或四周对称施打;

(2)当一侧毗邻建筑物时,由毗邻建筑物处向另一方向施打;

(3)根据桩的设计高程,按先低后高的顺序施打;

(4)根据桩的规格,先大后小、先长后短施打。

5.4.10.2 施打大面积密集桩群时,可采取下列辅助措施减少沉桩影响:

(1)设置袋装砂井或塑料排水板;

(2)设置隔离板桩或地下连续墙;

(3)开挖地面防振沟,防振沟宽度取0.5m~0.8m,深度按土质情况确定,与其他措施结合使用;

(4)控制日沉桩数量和速率;

(5)沉桩结束后,必要时普遍一次复打;

(6)沉桩过程中加强邻近建筑物、地下管线等的监控。

5.4.10.3 陆上送桩应满足下列要求:

(1)根据现场条件控制送桩深度,有条件时先开挖,后沉桩;

(2)当桩顶打至接近泥面需要送桩时,校核桩的垂直度和桩位并检查桩顶质量,合格后及时送桩;

(3)送桩器和混凝土桩顶之间设置桩垫;

(4) 送桩后遗留的桩孔立即回填或覆盖。

5.4.11 吊打沉桩应符合下列规定。

5.4.11.1 吊打沉桩施工的起重船或起重机械宜选用全回转式,其起重能力、起吊高度和外伸距离应满足吊打沉桩的施工工艺要求。

5.4.11.2 采用液压冲击锤施工时,定位套筒应根据锤的尺寸和桩的截面形状进行设计。

5.4.11.3 采用柴油锤施工时,锤笼应专门设计,并应满足下列要求:

(1) 定位套筒的长度以能保持桩与锤笼同轴线为标准;

(2) 替打在锤笼中的自由行程,吊打直桩时取 150mm~300mm,吊打斜桩时取 400mm 左右;

(3) 锤笼上横梁不影响柴油锤与锤笼相对移动,横梁位置设在上活塞最大跳高加富裕高度 300mm~400mm;

(4) 替打和桩锤随桩下沉过程中,吊打锤笼同步下降,并保持替打跑道背板始终处于锤笼跑道安全区段内。

5.4.11.4 吊打过程中,锤笼、替打或夹具、桩应保持在同一轴线上;定位导向装置应满足下列要求:

(1) 定位导向装置具有足够的强度和刚度;

(2) 采用柴油锤吊打直桩时采用一套抱桩器;

(3) 吊打斜桩时,在定位架上下各设一套抱桩器,上部的抱桩器方便拆卸和安装;

(4) 定位架的长度以保持桩的设计斜率为标准。

5.4.12 水冲锤击沉桩应符合下列规定。

5.4.12.1 水冲锤击沉桩可适用于砂土和碎石土。

5.4.12.2 水冲装置的选择应满足下列要求:

(1) 内冲内排法的桩内喷嘴设计位置根据桩径和腔径确定;

(2) 内冲外排法的喷嘴伸出桩端 200mm;

(3) 水冲沉桩所需冲水压力、流量和排泥设备根据土质、入土深度、锤型和桩型等确定。

5.4.12.3 混凝土管桩宜采用内冲内排法进行水冲锤击沉桩。

5.4.12.4 水冲沉桩应根据土质情况随时调节冲水压力和流量,控制沉桩速度。

5.4.12.5 水冲沉桩,桩端沉至距设计高程以上一定距离时,应停止冲水,将水压减至 0.1MPa 以下,改用锤击;停止冲水时桩端距设计高程的距离按下列条件确定:

(1) 桩径或边长不大于 600mm 时,为 1.5 倍桩径或边长;

(2) 桩径或边长大于 600mm 时,为 1.0 倍桩径或边长。

5.4.13 振动沉桩应符合下列规定。

5.4.13.1 选择的振动锤应满足桩有效贯入和桩身结构完整的要求。

5.4.13.2 振动锤夹具夹持桩的方式和夹持力应能有效传递激振能量、满足桩端结构强度要求,并应满足下列要求:

- (1) 夹具夹持桩时不能滑脱;
- (2) 桩端夹持部位不能破损、变形;
- (3) 液压夹具油路设置止回单向阀。

5.4.13.3 振动沉桩时宜设置保持桩身稳定的导向装置。

5.4.13.4 振动沉桩时,起吊钢丝绳应随桩下沉、略呈松弛状态。

5.4.13.5 振动沉桩时,应避免吊车臂、邻近构筑物产生共振。

5.4.13.6 振动沉桩时,不宜现场接桩。

5.4.14 静力压桩应符合下列规定。

5.4.14.1 当场地浅层存在软弱土层或难以穿越的土层时,应对场地预处理后再采用静力压桩法沉桩。

5.4.14.2 场地应平整,地基承载力不应小于压桩机接地压强的1.2倍。

5.4.14.3 静力压桩宜选择液压式和绳索式压桩工艺;可根据单节桩的长度选用顶压式液液压桩机或侧压式液液压桩机。

5.4.14.4 压桩机的每件配重应采用量具核实,并将其质量标记在该件配重的外露表面;液压式压桩机的最大压桩力应取压桩机的机架重量和配重之和的0.9倍。

5.4.14.5 当边桩位置不能满足中置式压桩机施压条件时,宜采用压边桩设备或前置式液液压桩机进行沉桩,并应分析最大压桩能力。

5.4.14.6 需要采用引孔法压桩时,应配备螺旋钻孔机,或在压桩机上配备专用的螺旋钻。

5.4.14.7 压桩机最大压桩力不宜小于单桩竖向极限承载力标准值,必要时应由现场试验确定。

5.4.14.8 压桩顺序宜根据场地工程地质和环境条件确定,并应满足下列要求:

- (1) 沉桩场地地层中局部含砂、碎石、卵石时,先对该区域进行压桩;
- (2) 持力层埋深或桩的入土深度差别较大时,先施压长桩后施压短桩。

5.4.14.9 静力压桩施工应满足下列要求:

- (1) 第一节桩下压时垂直度允许偏差为0.5%;
- (2) 将每根桩一次性连续压至设计高程,且最后一节有效桩长不小于5m;
- (3) 抱压力不大于桩身允许侧向压力的1.1倍。

5.4.14.10 终压条件应满足下列要求:

- (1) 根据现场试压桩的试验结果确定终压力标准;
- (2) 终压连续复压次数根据桩长及地质条件等因素确定;对于入土深度大于或等于8m的桩,复压次数为2次~3次;对于入土深度小于8m的桩,复压次数为3次~5次;
- (3) 稳压压桩力不小于终压力,稳定压桩的时间为5s~10s。

5.4.14.11 压桩过程中应测量桩身的垂直度;当桩身垂直度偏差大于1%时,应找出原因并纠正;当桩端进入较硬土层后,不得用移动机架等方法强行纠偏。

5.4.14.12 出现下列情况之一时,应暂停压桩作业,并分析原因,采取相应措施:

- (1) 压力表读数显示数据与勘察报告中的土层性质指标明显不符;

- (2) 桩难以穿越具有软弱下卧层的硬夹层;
- (3) 桩实际入土深度与设计值相差较大;
- (4) 出现异常响声,压桩机械工作状态出现异常;
- (5) 桩身出现纵向裂缝、环向裂缝以及桩头混凝土出现剥落等现象;
- (6) 夹持机构打滑;
- (7) 压桩机下陷。

5.4.15 现场接桩应符合下列规定。

5.4.15.1 桩的连接可采用焊接、法兰连接,陆上接桩也可采用螺纹连接等方式。

5.4.15.2 接桩工艺、焊接材料和防腐工艺应满足设计要求。

5.4.15.3 桩接头部位应紧密贴实且连接牢固,接桩的焊缝质量应满足设计要求。

5.4.15.4 接桩的电焊宜采用 CO_2 气体保护焊的焊接工艺。

5.4.15.5 焊缝应自然冷却后再继续锤击,自然冷却时间不宜少于 8min,不得采用水冷却。

5.4.15.6 桩的法兰接桩应符合下列规定:

- (1) 法兰接合处,加垫沥青纸、石棉等材料;法兰不密贴处采用薄钢片塞紧;
- (2) 法兰螺栓逐个对称拧紧,加弹簧垫圈或施焊。

5.4.15.7 桩的螺纹连接应满足下列要求:

(1) 安装前检查桩两端制作的尺寸偏差及连接件,无受损后再起吊施工,下节桩端高出地面 0.8m;

(2) 接桩时,卸下上下节桩两端的保护装置后,清理接头残物,涂上润滑脂;

(3) 采用专用接头锥度对中,对准上下节桩进行旋紧连接;

(4) 采用专用链条式扳手进行旋紧,臂长 1m 卡紧后人工旋紧再用铁锤敲击板臂,锁紧后两端板尚有 1mm~2mm 的间隙。

5.4.15.8 下节桩的桩顶高程应有效控制,使接桩不受水位、地形影响。

5.4.15.9 上节桩和下节桩应保持同一轴线。

6 钢管桩

6.1 一般规定

- 6.1.1 钢管桩宜在工厂整根制作,直径大于或等于 3m 的钢管桩应在工厂整根桩制作;钢管桩应由具有相应生产能力、具备出运条件的厂家生产。
- 6.1.2 钢管桩的材质、厚度应满足设计要求,并应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709)的有关规定。
- 6.1.3 焊接材料的型号和质量应满足设计要求,并附有出厂合格证明书;必要时应进行复验。
- 6.1.4 首次使用新型钢材、板厚、焊接材料、焊接方法时,钢管桩制作前应进行焊接工艺评定,并根据评定结果确定焊接工艺。
- 6.1.5 钢管桩制作应根据设计要求和生产条件采用卷制直焊缝或螺旋焊缝形式,焊接方式宜采用埋弧自动焊、半自动焊或手工焊。
- 6.1.6 钢管桩每个管段纵向焊缝不宜超过 2 条。
- 6.1.7 钢管桩吊点宜采用吊耳形式,直径大于或等于 3m 的钢管桩宜采用轴式吊耳,当采用捆扣吊桩时应采取防滑和防腐层保护措施。

6.2 制 作

- 6.2.1 钢板放样下料时,应根据工艺要求预放切割、磨削刨边和焊接收缩等的加工余量;钢板卷制前,应清除坡口处有碍焊接的毛刺和氧化物。
- 6.2.2 螺旋焊缝钢管所需钢带宽度,应按所制钢管的直径和螺旋成型的角度确定;钢带对接焊缝与管端的距离不得小于 100mm。
- 6.2.3 钢管节外形尺寸允许偏差应满足表 6.2.3 的要求。

表 6.2.3 管节外形尺寸允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
钢管外周长	$S/200$ 和 10 的小值
管端椭圆度	$D/200$ 和 5 的小值
管端平整度	2
管端平面倾斜	$D/200$ 和 5 的小值

注: S 为钢管外周长, D 为钢管外径,单位均为 mm。

- 6.2.4 管节拼装定位应在专门台架上进行,台架应平整、稳定,管节对接应保持在同一轴线上进行,多管节拼接应减少累积误差。

6.2.5 管节对接拼装时,相邻管节的焊缝应错开 $1/8$ 周长以上,且距离不宜小于 300mm;相邻管节的管径差应满足表 6.2.5 的要求。

表 6.2.5 相邻管节的管径差

管径(mm)	相邻管节的管径差(mm)
≤ 700	≤ 2
> 700	≤ 3

6.2.6 管端椭圆度较大的管节对接时,可采用千斤顶、夹具和楔子等辅助工具校正;相邻管节对口的外表面高差见图 6.2.6,板厚应取相邻管节板厚的较小值,外表面高差应满足下列要求:

- (1) 板厚 $t \leq 10\text{mm}$ 时,外表面高差 δ 不大于 1mm;
- (2) 板厚 $10\text{mm} < t \leq 20\text{mm}$ 时,外表面高差 δ 不大于 2mm;
- (3) 板厚 $t > 20\text{mm}$ 时,外表面高差 δ 不大于 $t/10$,且不大于 3mm。

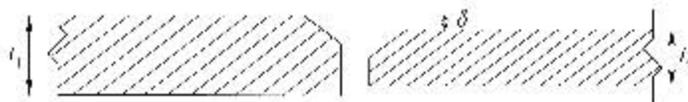


图 6.2.6 管节对口偏差

δ -外表面高差; t_1 -管节 1 板厚; t_2 -管节 2 板厚

6.2.7 管节对口拼装检查合格后,应进行定位点焊;点焊高度应小于设计焊缝高度的 $2/3$,点焊长度宜取 40mm ~ 60mm;点焊时所用的焊接材料和工艺均应与正式施焊相同;点焊焊渣应及时铲除,不得将其留在正式焊缝中。

6.2.8 管节拼装所用的夹具等辅助工具,不应妨碍管节焊接时的自由伸缩。

6.2.9 钢管桩成品表面不得有明显缺陷,缺陷深度大于公称壁厚 $1/8$ 时,应予修补。

6.3 焊 接

6.3.1 焊条、焊丝和焊剂应存放在干燥处,施焊前应按产品说明书要求进行烘焙,并在规定时间内使用。

6.3.2 施焊前应将焊接坡口及其附近 20mm ~ 30mm 范围内的铁锈、油污、水气等清除干净。

6.3.3 焊接操作应按焊接工艺所规定的方法、程序、参数和技术措施进行,减少焊接变形和内应力。

6.3.4 焊接应由具有资质证书的焊工实施,焊缝机械性能试验应符合下列规定。

6.3.4.1 焊接试验所采用的工艺、方法和材料应与正式焊接相同;试件可在钢管上取样,也可采用试板进行;在钢管上取样时,试样应垂直于焊缝截取;采用试板时,试板的焊接材料和焊接工艺应与正式焊接相同;试验应满足表 6.3.4 的要求。

表 6.3.4 焊接接头的试验项目及要

试验项目	试验要求	试件数量
抗拉强度	不低于母材的下限	不少于 2 个

续表 6.3.4

试验项目	试验要求	试件数量
冷弯角度 α , 弯心直径 d	低碳钢 $\alpha \geq 120^\circ, d = 2\delta$	不少于 2 个
	低合金钢 $\alpha \geq 120^\circ, d = 3\delta$	
冲击韧性	不低于母材的下限	不少于 3 个

注: δ 为钢管桩壁厚, 单位 mm。

6.3.4.2 焊接接头机械性能试验取样和试验方法应符合现行国家标准《焊接接头拉伸试验方法》(GB/T 2651)、《焊接接头弯曲试验方法》(GB/T 2653)和《焊接接头冲击试验方法》(GB/T 2650)等的有关规定。

6.3.5 管节对接宜采用多层焊, 封底焊时宜用小直径的焊条或焊丝施焊, 每层焊缝焊完后, 应清除熔渣并进行外观检查, 有缺陷的焊缝应及时铲除, 多层焊的接头应错开。

6.3.6 管节对口焊接宜对称施焊。

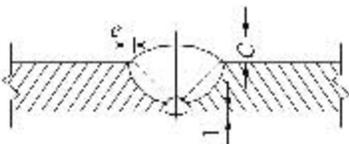
6.3.7 焊接宜在室内进行, 现场拼装焊接应采取防晒、防雨、防风和防寒等措施。

6.3.8 焊接作业区的环境温度低于 0°C 时, 应对焊接两侧不小于 100mm 范围内的母材加热到 20°C 以上后再施焊, 焊接过程中不得低于这一温度; 手工焊时, 应采用碱性低氢型焊条; 环境温度低于 -10°C 时, 不宜进行焊接。

6.3.9 钢板厚度大于 40mm 时, 应进行焊前预热和焊后保温。

6.3.10 对接焊缝应设加强面, 加强面高度和遮盖宽度应满足表 6.3.10 的要求; 采用双面焊或单面焊双面成型工艺时, 管内应有一定的加强高度, 可取 1mm 左右; 采用带有内衬板的 V 形剖面单面焊时, 应保证衬板与母材融合。

表 6.3.10 对接焊缝加强面尺寸 (mm)

项 目	管壁厚度		
	< 10	$10 \sim 20$	> 20
高度 C	$1.5 \sim 2.5$	$2 \sim 3$	$2 \sim 4$
宽度 e	$1 \sim 2$	$2 \sim 3$	$2 \sim 3$
示意图			

6.3.11 角焊缝高度的允许偏差应为 $0, +2\text{mm}$ 。

6.3.12 采用对接双面焊时, 反面焊接前应对正面焊缝根部进行清理, 铲除焊根处的熔渣和未焊透等缺陷, 清理后的焊接面应露出金属光泽。

6.3.13 焊接工作完成后, 应清除所有拼装辅助装置、残留的焊瘤和熔渣等。

6.3.14 所有焊缝均应进行外观检查; 焊缝金属应紧密, 焊道应均匀, 焊缝金属与母材的过渡应平顺, 不得有裂缝、未熔合、未焊透、焊瘤、烧穿等缺陷。

6.3.15 焊缝外观缺陷的允许范围和处理方法应满足表 6.3.15 的要求。

表 6.3.15 焊缝外观缺陷的允许范围和处理方法

缺陷名称	允许范围	超过允许的处理方法
咬边	深度不超过 0.5mm, 累计总长度不超过焊缝长度的 10%	补焊
超高	2mm ~ 3mm	进行修正
表面裂缝未熔合, 未焊透	不允许	铲除缺陷后重新焊接
表面气孔、弧坑、夹渣	不允许	铲除缺陷后重新补焊

6.3.16 焊缝内部应进行无损检测,其检测方法和数量按设计要求确定;设计未做规定时,可按现行国家标准《钢结构设计标准》(GB 50017)的有关规定确定焊缝的质量等级,满足表 6.3.16 的要求;探伤方法和内部缺陷分级应符合现行国家标准《焊缝无损检测 超声波检测 技术、检测等级和评定》(GB/T 11345)和《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB 3323)的有关规定。

表 6.3.16 无损焊缝探伤的方法和要求

焊缝种类	焊缝质量等级	探伤方法和数量	
		超声波探伤	射线探伤
环缝	一级	100%	超声波有疑问时采用
纵缝		100%	
环缝	二级	100%	超声波有疑问时,增加射线探伤检查
纵缝		20%	

注:①T形焊缝、十字形焊缝,焊接时的起弧点及近桩顶环缝应做重点检查;

②现场拼装焊缝的探伤数量应适当增加;

③表中检测数量以每根桩的焊缝总长度计算;

④柔性靠船桩等孤立建筑物的焊缝等级应取一级。

6.3.17 无损检测的焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205)的有关规定;探伤结果不符合要求时,应对不合格焊缝段的两端分别向外做与该段长度相等的延伸补充探伤检查,并按下列规定修补。

6.3.17.1 补充检查的焊缝合格后,应对原不合格的焊缝段进行修补。

6.3.17.2 补充检查的焊缝仍不符合规定时,应采取确保焊缝质量的有效措施。

6.3.17.3 对修补后的焊缝仍应进行探伤检查,不合格焊缝的修补次数不应超过 2 次。

6.4 涂层施工

6.4.1 钢管桩防护层涂料品种和质量等均应满足设计要求。

6.4.2 涂层施工应符合《水运工程结构防腐蚀施工规范》(JTS/T 209)的有关规定。

6.4.3 涂刷前应根据涂料的性质和涂层厚度确定合适的施工工艺;涂刷应符合下列规定。

6.4.3.1 涂底前应将钢管桩表面的铁锈、氧化层、油污、水气和杂物等清理干净;钢管桩宜采用喷丸、喷砂和酸洗等工艺除锈,除锈等级应符合设计要求及有关规范规定。

6.4.3.2 钢管桩的底涂层应在工厂进行;现场拼接的焊缝两侧各 100mm 范围内,在焊

接前不涂底涂层,拼装焊接后再行补涂;桩顶埋入混凝土时,涂层的涂刷范围应符合设计要求。

6.4.3.3 各层涂料的厚度和涂刷层数应满足设计要求,各涂层应厚薄均匀,并有足够的固化时间,各层涂刷的间隔时间应按产品说明书的要求或通过试验确定。涂层厚度应采用测厚仪检测。

6.4.3.4 涂层有破损时应及时修补,修补采用的涂料应与原涂层材料相同。

6.4.4 喷涂施工应符合环保要求,喷涂场地应具有干燥和良好的通风条件,作业温度宜控制在 $5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间,相对湿度小于85%,避免直接烈日暴晒;在低温和阴雨条件下施工,应采取确保施工质量的措施。

6.4.5 已沉放的钢管桩进行涂层修补时,应考虑潮水的影响;修补前应做好除锈和干燥等工作,并铲除已松动的旧涂层;修补所用的涂料应具有厚浆和快干的特点;平均潮位以下的涂层修补,应采取确保涂层固化及具有良好附着力的有效措施。

6.5 吊运和堆存

6.5.1 钢管桩应按不同的规格分别堆存;堆放场地应平整、坚实,堆放层数应根据桩径、地基承载力、起重设备吊高等因素确定,且不宜超过3层;长期堆存时应采取防腐蚀等保护措施。

6.5.2 钢管桩在起吊、运输和堆存过程中,应避免碰撞、摩擦等造成涂料破损、管端变形和损伤。

6.5.3 直径大于或等于3m的钢管桩宜采用龙门吊或浮吊落驳,若采用自驱模块车、顶升设备和滑移上船等工艺应进行方案论证。

6.5.4 水上运输钢管桩可采用驳船运输、密封浮运或其他运输方式,并应符合下列规定。

6.5.4.1 采用驳船运输时,驳船应具备足够的长度和稳定性;钢管桩宜放置在半圆形专用支架上,必要时应用缆索等紧固。

6.5.4.2 采用密封浮运时应编制运输专项方案,密封装置应便于安装和拆卸,应满足水密和抗风浪的要求,并应符合船检、海事的相关规定。

6.5.5 直径大于或等于3m的钢管桩的堆放和运输宜采用圆弧形支架,圆弧长度不应小于 $1/8$ 圆周长;堆放和运输时应采取措施防止管桩变形,必要时可在管内增设米字撑。

6.5.6 钢管桩搁置点附近的防腐涂层应采取防护措施。

6.6 沉 桩

6.6.1 钢管桩的沉桩应符合第5.4节的有关规定。

6.6.2 钢管桩沉桩工艺应根据水文地质情况、设计承载力、桩型、桩长和沉桩控制标准等综合确定。

6.6.3 直径大于或等于3m的钢管桩沉桩前应编制专项方案,评估溜桩风险,并采取防溜桩措施。

6.6.4 在柴排、木笼、抛石棱体、浅层风化岩等特殊地区沉桩,以及长替打、深送桩、水冲

沉桩时,桩位允许偏差值应经论证确定。

6.6.5 锤击沉桩宜采用吊钟式替打[图 6.6.5(a)];对于小直径或陆上施打的钢管桩也可采用锅盖式替打[图 6.6.5(b)]或其他形式替打;替打的导向板宜插入钢管桩内 300mm~500mm。

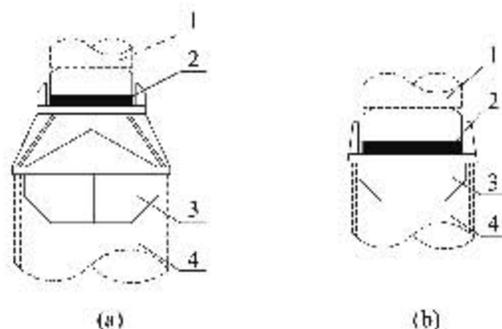


图 6.6.5 钢管桩锤击沉桩替打形式示意图

(a)吊钟式替打;(b)锅盖式替打

1-桩锤;2-锤垫;3-导向板;4-钢管桩

6.6.6 封闭桩端的钢管桩沉桩时,应采取防止上浮的措施;开口或半封闭桩端的钢管桩在砂土中沉桩时应防止管涌。

6.6.7 采用振动锤吊打沉桩施工时,液压夹具应根据振动锤激振力、尺寸和桩的截面形状进行设计。

6.6.8 直径大于或等于 3m 的钢管桩沉桩应符合下列规定。

6.6.8.1 沉桩可采用吊打工艺,并采取有效的定位和稳桩措施。

6.6.8.2 锤型和替打应根据地质、桩型和承载力等因素选择且相互匹配,沉桩前应进行可打性分析。

6.6.8.3 船机设备应根据桩型、锤型、地质、水文和气象等因素确定。

6.6.8.4 沉桩时应进行施工监控。

6.6.8.5 沉桩时出现贯入度异常,桩身突然下降或倾斜等情况,应立即停止锤击,查明原因,并采取有效措施。

6.6.9 环境温度在 -10°C 以下时,不宜进行锤击沉桩。

7 组合桩

7.1 一般规定

- 7.1.1 组合桩的管节长度和接头形式应满足设计要求。
- 7.1.2 沉桩工艺和设备应根据组合桩的管节长度、基桩受力、地质和水文等条件确定。

7.2 拼接

- 7.2.1 组合桩按桩型不同,接头可分为焊接和锚接两种形式,接头强度应满足设计要求。
- 7.2.2 PHC管桩与钢管桩的连接可采用图7.2.2(a)所示等同内径的方式,也可采用图7.2.2(b)所示等同外径的方式,并应符合下列规定。

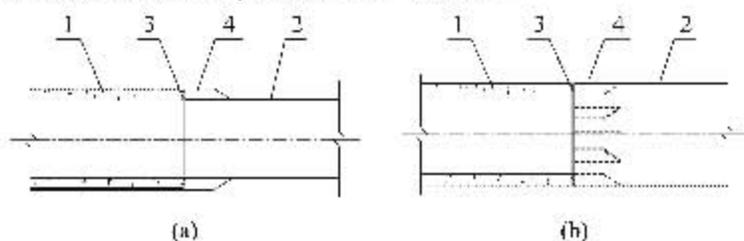


图7.2.2 PHC管桩与钢管桩拼接示意图

(a) 等同内径连接;(b) 等同外径连接

1- PHC管桩;2- 钢管桩;3- 端板;4- 肋板

- 7.2.2.1 PHC管桩与钢管桩拼接的焊缝宜为角焊缝,焊缝高度应满足表7.2.2的要求。
- 7.2.2.2 对于外径大于或等于800mm的管桩,宜采用内外两圈的焊接形式;外径小于800mm的管径,可仅焊接外圈。
- 7.2.2.3 PHC管桩与钢管节焊接时,应对称设置加劲板,并避开混凝土管桩主筋锚头,肋板数量应满足表7.2.2的要求。

表7.2.2 焊缝高度和肋板数量

外径(mm)	700	800	1000	1200	1400
焊缝高度 h (mm)	8~12	10~14		12~20	
肋板数量	6	6	8	8	8

注:焊缝高度 h 可根据工程地质情况适当调整。

- 7.2.2.4 当组合桩接头受力较大时,宜采用过渡法兰与混凝土端板焊接。
- 7.2.3 大管桩与钢管桩的连接可采用图7.2.3(a)所示等同内径的方式,也可采用图7.2.3(b)所示等同外径的方式,并应符合下列规定。

- 7.2.3.1 应采用法兰板锚接,法兰板与钢管节之间可采用电弧焊接,焊缝高度可按

表 7.2.2 执行。

7.2.3.2 当采用等同外径的连接方式时,与钢管桩拼接段主要结构尺寸应满足表 7.2.3 的要求。

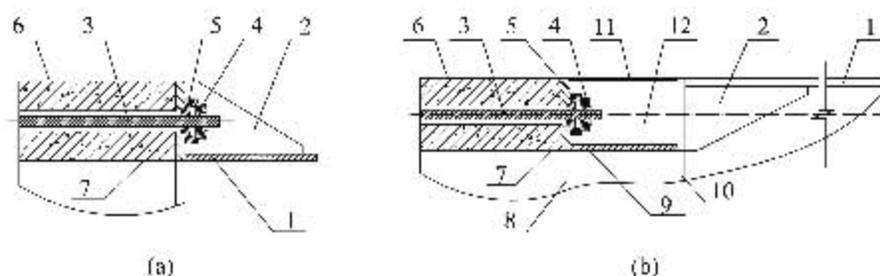


图 7.2.3 预应力混凝土管桩与钢管桩连接图

(a) 等同内径连接; (b) 等同外径连接

1-钢管桩;2-加劲板;3-钢绞线;4-锚具;5-锚垫板;6-混凝土管节外壁;7-混凝土管节内壁;8-端部法兰;9-钢管;10-连接部法兰;11-钢覆板;12-矩形加劲板

表 7.2.3 大管桩与钢管桩拼接段结构尺寸要求

外径 (mm)	钢管壁厚 (mm)	钢覆板壁厚 (mm)	矩形加劲板		加 劲 板		连接部法兰 厚度(mm)
			厚度(mm)	数量	厚度(mm)	数量	
1200	25	6	25	16	16	16	32
1400				20		20	

7.2.4 组合桩的焊接应符合下列规定。

7.2.4.1 角焊缝高度的允许偏差应为 0, +2mm。

7.2.4.2 焊接过程中应采取减少预应力损失和防止法兰板变形的措施。

7.2.5 组合桩处于腐蚀环境中时,应按组合桩的桩节材质、结构形式分别做防腐处理。连接处防腐应根据连接形式、材质、环境条件选用防腐材料和施工工艺;需要除锈时,应分节处理,组合成整桩后,再做涂层或包覆处理。

7.2.6 组合桩拼接处的预埋铁件制作和安装应满足设计要求,接头面应平整密贴。

7.3 吊运和堆存

7.3.1 组合桩吊运时,吊点宜设置在混凝土管段;钢管段较长时,应对距钢管段最近的吊点进行结构受力验算,不满足要求时,可在钢管段合理位置设置吊点并进行结构受力验算。

7.3.2 组合桩应根据桩型、混凝土段和钢管段长度、接头位置分类堆放;钢管段较长时,应在钢管段合理设置搁置点。

7.3.3 组合桩运输应根据混凝土段和钢管段长度、接头位置等合理设置搁置点。

7.3.4 组合桩吊运、堆存和运输应符合第 5.3 节和第 6.5 节的有关规定。

7.4 沉 桩

7.4.1 组合桩吊桩前应进行吊点验算,并根据吊桩工况对桩身和接头受力进行验算;混

凝土管桩节与钢管桩节组合时,吊点宜设置在混凝土管段,当钢管段较长时,可在钢管段合适位置设置吊点。

7.4.2 混凝土管桩与钢管桩组合的桩稳桩时,应采取措施确保抱桩器位于混凝土管段。

7.4.3 组合桩沉桩应符合第5.4节和第6.6节的有关规定。

8 灌注桩

8.1 一般规定

8.1.1 灌注桩施工应从成孔、钢筋笼制作安装、混凝土浇注等方面控制质量,满足设计要求。

8.1.2 灌注桩混凝土质量应严格控制,并采取可靠的检测手段对桩身混凝土完整性进行评价。

8.1.3 灌注桩施工平面布置、施工通道、施工平台、泥浆系统、混凝土供应系统应满足施工工艺要求。

8.1.4 灌注桩水上施工平台可采用筑岛平台、桩基平台、浮式平台、移动式自升平台和导管架平台等形式。

8.1.5 施工平台应符合下列规定。

8.1.5.1 施工平台应满足施工机具设备、材料、风压力、水流力、波浪力、冰凌和施工荷载等作用的承载能力要求。

8.1.5.2 施工平台的平面尺寸应满足钻孔机具、起重设备、泥浆系统、钢筋安放、混凝土浇注和人员作息等的空间布置要求。

8.1.5.3 施工平台顶高程应根据施工期水位、波浪和钻孔工艺等因素确定;筑岛平台的顶面高程应高于施工期高水位0.5m~1.0m。

8.1.5.4 施工平台应控制沉降、位移和倾斜,满足安全使用要求。

8.1.5.5 利用钢护筒作桩基施工平台支承时,钢护筒应有足够的承载力,并确保钻孔过程中钢护筒不发生偏位、沉降。

8.1.5.6 施工平台上应设防浪、防洪、抗台风,保障人员、设备安全的设施;邻近航道的施工平台应设航行和警示标识、警示灯。

8.1.6 采用筑岛平台时应减少筑岛对河道过水断面的影响,受水流冲刷面应设防冲刷护面结构。

8.1.7 特殊地质灌注桩施工应符合下列规定。

8.1.7.1 在砂性土及粉砂性土层较厚的地区,应采取防止地层液化、缩孔、孔壁坍塌的有效措施。

8.1.7.2 在软土地层中,应采取防止桩孔缩径、坍孔等措施。

8.1.7.3 在抛石层中,应设置钢护筒等护壁结构。

8.1.7.4 在岩溶地质中施工,应采取防止漏浆、串孔等技术措施。

8.1.7.5 冻土地区灌注桩施工应选择减少施工扰动的钻机,应采用具有低温、早强、抗

冻性能的混凝土。

8.1.8 钻孔至一定深度因故暂停作业及已成桩但桩身混凝土面低于地面的桩孔,应对其孔口进行遮盖防护,并设立明显警示标志。

8.1.9 灌注桩混凝土施工尚应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

8.1.10 灌注桩施工产生废旧泥浆的处理和排放应满足国家和地方环境保护的要求。

8.2 成 孔

钻 孔

8.2.1 钻孔灌注桩施工前应根据结构设计要求、现场条件和工程特点编制施工技术方案,制定应急预案。

8.2.2 灌注桩成孔施工应与周边沉桩作业保持安全距离。

8.2.3 灌注桩成孔施工应设置护筒,护筒的制作应符合下列规定。

8.2.3.1 护筒宜采用钢板焊接;钢护筒应具有一定的强度和刚度,壁厚应根据直径、护筒长度、下沉深度、地质条件和下沉工艺等因素确定,护筒径厚比宜小于150。

8.2.3.2 对于采用其他材料的护筒,应经试验验证后选用。

8.2.3.3 护筒内径应根据设计桩径、护筒长度、埋设的垂直度和钻机的性能等因素确定,不宜大于设计桩径400mm。

8.2.3.4 护筒制作椭圆度应小于0.5%,且不应大于5mm。

8.2.3.5 作为永久结构的钢护筒其防腐要求应符合设计及相关标准的规定。

8.2.4 护筒的埋设应符合下列规定。

8.2.4.1 水域护筒可采用振动下沉或锤击下沉等方法埋设,宜设置控制护筒下沉平面位置和垂直度的定位、导向装置。

8.2.4.2 护筒下沉前宜探明地层分布情况,遇到岩面倾斜、较大孤石等可采取分次下沉;穿过较厚抛石层或抛石棱体时,宜采用双护筒。

8.2.4.3 陆域或边滩护筒可采用开挖埋设,护筒底部和四周应回填黏土、分层夯实;地下水位较高和埋设深度较大时,可采用静压法、打入法或振动法埋设。

8.2.4.4 护筒中轴线应与桩中心线重合,除设计另有规定外,平面位置偏差不应大于50mm,倾斜度偏差不应大于1.0%。

8.2.4.5 护筒连接处应能承受拉应力、压应力,不应漏水,筒内应无突出物。

8.2.4.6 采用全护筒钻进时,首节护筒应垂直,垂直度偏差不应大于0.5%;钻孔开始后应随时检测护筒平面位置和垂直度。

8.2.5 护筒顶高程和埋深应符合下列规定。

8.2.5.1 陆域护筒顶高程应高出地面0.3m以上,并应高出地下水位1.5m~2.0m,护筒埋深不宜小于2m,特殊情况应加长护筒;在砂土中,应将护筒周围0.5m~1.0m范围内的砂土挖出,夯填黏性土至护筒底以下0.5m。

8.2.5.2 在水域和受水位影响的河滩上,护筒的顶高程应高出施工期最高水位

1.5m~2.0m, 并应考虑波浪的影响, 护筒埋深应综合考虑地质条件、护筒使用功能和稳定要求, 通过计算确定; 护筒置入不透水层或较密实的砂卵石层的护筒长度不宜小于1.0m。

8.2.5.3 在受水流冲刷影响的河床上, 护筒沉入局部冲刷线以下不应小于1.5m。

8.2.5.4 地层内有承压水时, 护筒顶高程应高于稳定后的承压水位2.0m, 承压水位不稳定或稳定后承压水位高出地下水位较多时, 应做专项研究。

8.2.6 成孔工艺应根据设计桩径、孔深、地质水文条件、钻机距孔内液面高度等因素确定。

8.2.7 成孔设备的安装和操作应根据产品类型、说明书和施工要求进行, 并应符合下列规定。

8.2.7.1 钻机安装底座应平稳, 在钻进过程中不应发生位移或沉陷, 并在机架或桩上设置显示钻进深度的标尺或标牌。

8.2.7.2 回旋钻机顶部的起吊滑轮轮缘与转盘中心的连线应垂直; 冲击锤吊绳的中心与成孔桩位的中心应在同一轴线上, 与孔位中心偏差不得大于20mm。

8.2.7.3 钻进成孔过程中, 孔内液面应高于孔外水位1.5m~2.0m。当孔内外水头变化较大时, 应对孔内水位采取稳定措施。

8.2.7.4 钻孔应连续进行; 当遇到特殊情况需停钻时, 应提出钻头, 并采取保持孔壁稳定措施。

8.2.7.5 群桩同时钻孔时, 相邻钻孔应保持一定距离, 不得引起邻近成型孔的孔壁坍塌; 已浇注混凝土桩的强度未达5MPa时, 不应在相邻孔位进行钻孔, 必要时应采取间隔桩位的钻孔方法。

8.2.8 回旋钻机开孔施工应符合下列规定。

8.2.8.1 钻机开钻前应检查机械水平度和钻杆直线度, 符合要求后方可钻进。

8.2.8.2 开钻前应在护筒内注入适量泥浆; 开钻时宜低挡慢速钻进, 钻至护筒下1m后再以正常速度钻进。

8.2.8.3 使用反循环钻机时, 应先将钻头提离孔底约20cm, 待泥浆循环畅通后再开始钻进。

8.2.9 回旋钻机钻进操作应符合下列规定。

8.2.9.1 接换钻杆过程中钻头应均匀起落, 不得碰撞孔壁; 接、换钻杆应逐根检查; 每次接换完钻杆重新钻进前应将钻头提离孔底200mm~300mm, 待泥浆循环正常后下落钻进。

8.2.9.2 钻进过程中钻机应保持足够的钻压力。

8.2.9.3 钻机钻孔时, 宜采用减压钻进方式; 钻机的主钩应始终承受部分钻具重力, 孔底承受的钻压不宜超过扣除浮力后的钻具重力之和的80%; 成孔宜安装扶正器导向或采取钻头配重导向。

8.2.9.4 钻孔至设计高程时, 应将钻头提离孔底50mm~100mm, 转盘匀速旋转, 保持泥浆循环, 至泥浆分离器基本无钻渣时停机检孔。

8.2.10 冲击钻机开孔施工应符合下列规定。

8.2.10.1 冲击钻开孔过程中,应按照“小冲程、勤松绳”原则进行。初始应低锤密击,当钻进深度超过钻头全高加正常冲程后,方可进行正常的冲击钻孔。

8.2.10.2 相邻桩孔浇注混凝土时,应待邻孔混凝土浇注完毕,并且抗压强度达到5MPa后方可钻孔。

8.2.11 冲击钻机钻进过程应符合下列规定。

8.2.11.1 钻进过程中应根据地质情况、钻头形式和质量等确定松绳量,均匀松放钢丝绳;每次松绳长度宜控制在30mm~80mm内,不得打空锤或松绳过多。

8.2.11.2 钻进过程中应及时抽渣。

8.2.11.3 钻进中钻头起吊应平稳,不得撞击孔壁和护筒,起吊过程中孔口严禁站人。

8.2.11.4 发生卡钻时,不宜强提,应查明原因和钻头位置,采用晃动钢丝绳等方法,使钻头松动后再提起。

8.2.11.5 钻进过程中最大冲程宜为4m~6m,并应防止空锤;在倾斜岩层钻进时,应采用小冲程低速冲孔,必要时回填片石、卵石或混凝土,冲平后再进行成孔。

8.2.12 旋挖钻机开孔施工应轻压慢进,钻头转速不宜大于10r/min,待主动钻杆全部入孔后,方可逐步加速进行正常钻进。

8.2.13 旋挖钻机钻进中应符合下列规定。

8.2.13.1 在硬塑层中钻进时应采用快转速钻进。

8.2.13.2 在砂层等松散易坍塌地层中钻进时应采用慢速钻进,并应适当提高泥浆相对密度和黏度。

8.2.13.3 钻进过程中应保证泥浆面始终高于护筒底500mm以上,并应严格控制钻进速度。

8.2.13.4 钻斗的升降速度宜控制在0.75m/s~0.8m/s之间;在粉砂层或亚砂土层中,应降低升降速度。

8.2.13.5 由硬地层钻至软地层时,可适当加快钻进速度;由软地层钻至硬地层时,应减速慢进。

8.2.13.6 旋挖钻机钻孔过程中应严格控制钻头升降速度,减小钻斗升降对孔壁的扰动。

8.2.14 套管钻机开孔施工下压套管时,宜慢速钻进,并应反复上提下压校正套管位置和垂直度。

8.2.15 套管钻机钻进施工应符合下列规定。

8.2.15.1 在套管内挖掘土层,遇到坚硬土、岩和风化岩石时,不得用锤式抓斗冲击硬层,应用十字凿锥将硬层有效破碎后,再继续掘进。

8.2.15.2 钻进过程中,采用锤式抓斗挖掘套管内土层时,应在套管上加设喇叭口,保护套管接头的完好。

8.2.15.3 成孔过程中套管的倾斜度应随钻随测,倾斜度超出允许范围时,应拔出套管调平钻机重新压入。

8.2.15.4 施工中应定时转动埋入土层中的套管。

8.2.16 成孔过程中,出现护筒变形、塌孔、偏斜、卡钻和掉钻等情况时,可采取下列补救措施。

8.2.16.1 护筒变形,宜根据变形程度回填块石至变形部位,用冲击锤反复冲击,或采取水下割除等方法校正,严重变形的护筒,可拔出重打。

8.2.16.2 护筒底口遇有卷边时,根据卷边程度,可采用直接钻进法、冲锤法或水下切割法等进行处理。

8.2.16.3 成孔偏斜时,应回填均质材料至偏斜孔段以上,采取钻头或冲锤居中的措施重新成孔、控制钻进速度。

8.2.16.4 卡钻和埋钻时,宜采用冲、吸等方法,将钻头周围土松动后提钻,或采取小药量定点松动爆破后再提,有条件时可采用顶拔钢护筒松动等方法提升,并应采取保持孔壁稳定的措施。

8.2.16.5 钻孔漏浆时,宜采取下列措施:

- (1) 跟进护筒或减小孔内外水头差、加稠泥浆和改善泥浆性能等;
- (2) 采用冲击法成孔时,填入片石、碎卵石土、黏土,反复冲击。

8.2.16.6 塌孔时,宜采取下列措施:

- (1) 塌孔不严重时,回填至塌孔位置以上,采取改善泥浆性能、加高水头、重钻等措施;
- (2) 护筒底口塌孔,采取跟进护筒、下内护筒等方法;
- (3) 塌孔严重时,立即回填块石、砂土、袋装水泥,待回填物稳定后,改用冲击钻成孔。

8.2.17 钻孔桩桩径较大,或钻孔机械的能力不能满足一次成孔的要求时,可采用二次成孔的方式进行钻孔施工,第一次成孔直径应为设计桩径的0.6倍~0.8倍。

8.2.18 在岩溶较为发育地区,可用加密钻探、逐根钻孔和CT成像法探测桩位处地下溶洞的分布情况,并用小钻头先试钻,探明溶洞分布情况后,采用回填造壁、预注浆和长护筒等方法进行二次成孔。

8.2.19 浅层气发育地区的灌注桩施工应进行专项施工方案设计。

8.2.20 斜桩成孔应符合下列规定。

8.2.20.1 护筒应穿过覆盖层,护筒埋设应牢固,护筒直径宜比设计桩径大50mm,护筒上口宜呈喇叭状。

8.2.20.2 成孔工艺可选用钻进成孔或冲击成孔;钻进成孔时,宜采用气举反循环工艺钻进;冲击成孔宜采用筒形冲击钻头成孔。

8.2.20.3 钻机应能按设计要求的倾斜度灵活调整机架,导向钻进;钻孔深度达10m时,应在钻杆上设置导向器,当深度增加时,应相应增设导向器;导向器结构示意图8.2.20。

8.2.21 钻孔施工和成孔结果应按附录K进行记录。

8.2.22 护壁泥浆可采用原土造浆或人工造浆;泥浆制备应选用高性能黏土或膨润土;拌制泥浆应根据施工机械、工艺和穿越土层性质进行配合比设计;泥浆材料和配制应符合下列规定。

8.2.22.1 泥浆性能指标应满足附录L的要求。

8.2.22.2 泥浆原料黏土、膨润土和外加剂的性能要求应满足附录M的要求。

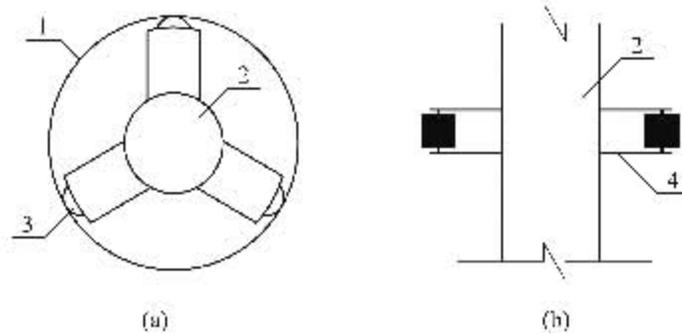


图 8.2.20 斜孔钻机导向器结构示意图
(a) 导向器平面示意图; (b) 导向器立面示意图
1-钢护筒; 2-钻杆; 3-滚轮; 4-导向钢板

8.2.22.3 泥浆性能指标测定可采取附录 N 的方法。

8.2.22.4 调制泥浆宜使用淡水,使用海水时应经试验验证。

8.2.23 泥浆的使用应符合下列规定。

8.2.23.1 钻孔过程中应检测泥浆性能指标,每工班检测不得少于 1 次;土层变化时应增加检测次数。

8.2.23.2 采用膨润土造浆的,新拌制泥浆应在加入分散剂后静置 24h 使之充分膨化水解。

8.2.23.3 桩长大于 60m 且成孔地质复杂的,其循环泥浆宜使用净化装置除沙净化。

8.2.23.4 泥浆配制、循环和净化系统应根据泥浆需用量、再生方式和设备能力等确定。

8.2.24 在环境要求较高的地区施工灌注桩,宜采用环保泥浆;泥浆的排放和处理应符合环保的有关规定。

8.2.25 钻孔深度达到设计高程后,应对孔深、孔径、孔的倾斜度进行检查,符合施工质量标准要求后方可清孔。

8.2.26 清孔方法应根据土层性质、沉渣厚度控制要求和机具设备条件选择,清孔方法包括掏渣筒清孔、泥浆置换清孔、抽浆清孔或空压机喷射清孔等。采用冲击钻进成孔,应首先用掏渣筒将孔底的钻渣取出,再进行清孔。

8.2.27 清孔应在成孔检验合格后立即进行,并应符合下列规定。

8.2.27.1 清孔排渣时,应保持孔内液面高度,防止坍孔。

8.2.27.2 不得用加深钻孔深度的方法代替清孔。

8.2.27.3 清孔后应从孔底提取泥浆试样,进行性能指标检测,检查结果应符合施工检测与质量标准的要求。

8.2.27.4 吊入钢筋笼后,灌注水下混凝土之前,应进行二次清孔,孔底沉渣厚度应满足下列要求:

- (1) 端承型桩孔底沉渣厚度不大于 50mm;
- (2) 摩擦型桩孔底沉渣厚度不大于 100mm;
- (3) 抗拔桩孔底沉渣厚度不大于 200mm。

8.2.28 施工作业人员进入钻孔处理事故前,应先检查孔内有无有害气体,并采取防毒、防溺、防坍塌等安全措施;施工作业人员不得进入无护筒或无其他防护设施的钻孔中处理事故。

人工挖孔

8.2.29 机械设备可到达的施工区域不应采用人工挖孔工艺。

8.2.30 采用人工挖孔成桩工艺应制定专项技术方案和安全措施。

8.2.31 具备下列条件并有可靠的安全措施时,可采用人工挖孔工艺成孔。

(1) 挖孔桩直径大于或等于 1.0m,挖孔的深度不大于 30m;

(2) 土质为较密实的土或岩层;

(3) 土层中无地下水或少量地下水,且渗透水较少;

(4) 土层中无影响人体健康的有毒有害污染源。

8.2.32 地下水位较高,有承压水的砂土层、滞水层、厚度较大的流塑状淤泥或淤泥质土层等不得采用人工挖孔方法成孔。

8.2.33 孔内空气污染物不得超过现行国家标准《环境空气质量标准》(GB 3095)规定的二级标准浓度限值。

8.2.34 人工挖孔桩孔深大于 10m 时,必须采取强制动力通风、换气措施。

8.2.35 挖孔桩为群桩时,应采用间隔开挖的方法,最小成孔施工净距不得小于 4.5m。

8.2.36 开孔前,桩位应准确定位放样,在桩位外设置定位基准桩,安装护壁模板时,应用桩中心点校正模板位置。

8.2.37 挖孔桩施工安全应符合下列规定。

8.2.37.1 施工前必须对作业人员进行安全技术交底。

8.2.37.2 挖孔作业前,应详细了解地质、地下水文情况,不得盲目作业。

8.2.37.3 每作业班组不得少于 3 人,桩孔内作业人员必须戴安全帽、安全带,安全绳必须系在孔口。

8.2.37.4 孔内必须设置应急软爬梯供人员上下;出土机具、设备等应安全可靠。

8.2.37.5 孔内设置的电源电压不得高于 24V,应使用防水绝缘电缆、照明灯。

8.2.37.6 每班开工前必须检测孔内空气质量,采用通风措施保持空气畅通,并配备应急安全防范设施。

8.2.37.7 施工人员应在孔内爆破后先通风排烟 15min,并经检测确认孔内空气合格后进入孔内作业。

8.2.37.8 孔口四周必须设置护栏,护栏高度不应小于 1.2m。

8.2.37.9 挖孔弃土应及时外运,距孔口四周 5m 范围内不得堆积余土、杂物;禁止任何车辆在距桩孔边 5m 范围内行驶。

8.2.37.10 暂停挖孔时,应遮盖孔口,并设立明显标志。

8.2.37.11 孔内外通信应保持畅通。

8.2.37.12 施工现场电源、电路的安装和拆除应符合现行行业标准《施工现场临时用

电安全技术规范》(JGJ 46)的有关规定。

8.2.38 首节孔壁支护应符合下列规定。

8.2.38.1 孔圈中心线与设计轴线的偏差不得大于20mm。

8.2.38.2 孔圈顶面应比场地高出300mm,壁厚应比下面井壁厚度增加100mm~150mm。

8.2.39 修筑护壁结构应符合下列规定。

8.2.39.1 护壁结构形式、分节高度应符合设计要求。

8.2.39.2 上下节护壁的搭接长度不得小于50mm。

8.2.39.3 每节护壁均应连续施工完毕。

8.2.39.4 采用现浇混凝土支护时,宜为上小下大斜阶形孔圈,混凝土应密实,根据土层渗水情况使用速凝剂。

8.2.39.5 同一水平面上的孔圈任意直径的极差不得大于50mm。

8.2.39.6 护壁模板的拆除应在灌注混凝土24h之后,发现护壁有蜂窝、漏水现象时,应及时补强。

8.2.40 遇软弱土层,可能出现涌土、涌砂时,护壁施工应按下列方法处理。

8.2.40.1 每节护壁的高度可减小至300mm~500mm,随挖、随验、随支护。

8.2.40.2 可采用钢护筒或有效的降水措施。

8.2.41 挖至设计高程后,应清除护壁上的泥土和孔底残渣、积水;应及时进行隐蔽工程验收;验收合格后,应尽快安装钢筋笼、浇注桩身混凝土。

8.2.42 出现可见渗水时,应采取场地截水、降水等措施,不得在桩孔内边抽水边开挖。

8.2.43 挖孔成孔施工和成孔结果应按附录K进行记录。

8.3 钢筋笼

8.3.1 钢筋笼制作除应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定外,尚应符合下列规定。

8.3.1.1 钢筋笼宜在钢筋笼滚焊机、支架或台座上制作,钢筋笼制作分段长度应根据钢筋笼整体刚度、钢筋定尺长度、起重运输设备的能力确定。

8.3.1.2 分段制作的钢筋笼,其主筋接头应采用电焊或机械式接头连接。钢筋直径大于或等于20mm时,宜采用机械式接头连接,并应符合现行行业标准《钢筋机械连接用套筒》(JG/T 163)和《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)的有关规定。

8.3.1.3 应根据骨架长度、直径,在钢筋笼骨架上端均匀设置吊环或固定吊杆。加强筋宜设置在主筋外侧,主筋在桩孔内不宜设弯钩。

8.3.1.4 钢筋笼主筋应设置保护层垫块装置,纵向间距应为1.5m~2.0m,横向沿圆周外侧均匀设置,并不应少于3块,不应采用铁质保护层垫块。

8.3.1.5 钢筋笼应储存于地面以上0.5m的平台、垫木或其他支承上,应避免机械损伤、严重锈蚀和表面破损;堆放不宜超过3层,码放高度不得大于2.5m。

8.3.2 钢筋笼的安装应符合下列规定。

8.3.2.1 清孔后,钢筋笼应及时准确吊装就位,下放钢筋笼时应防止碰撞孔壁、孔底;

当下放困难时,应查明原因,采取合理措施,不得强行下放。

8.3.2.2 分段制作的钢筋笼同一断面接头数量不应大于钢筋笼主筋数量的 50%,相邻钢筋接头应上下错开,错开距离不应小于 35 倍主筋直径。

8.3.2.3 钢筋笼安装就位后,应采取适当措施将其固定,混凝土浇注过程中钢筋笼不得上浮。

8.3.2.4 在斜桩孔中安装钢筋笼时,应采取适当措施将其固定,保证钢筋笼准确就位;钢筋笼底端主筋宜做成向内收的锥体状,钢筋笼顶端主筋宜做成向外张的喇叭状。

8.3.2.5 斜桩钢筋笼宜在钢筋笼内部增设下放混凝土导管的纵向导轨,导轨可用型钢制作。

8.3.2.6 钢筋笼吊装完毕后,宜在 4h 内灌注桩身混凝土;超过 4h 应对沉渣厚度和钢筋笼位置等进行检查。

8.4 混凝土灌注

8.4.1 钻孔灌注桩混凝土应采用导管法水下施工;挖孔灌注桩在孔底排干水且孔内无渗漏水时,混凝土可采用干法施工,难以排干时应采用导管法水下施工。

8.4.2 采用水下灌注混凝土时,灌注桩混凝土的配合比应按水下混凝土进行设计,并应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

8.4.3 灌注桩混凝土应具有良好的和易性和流动性,在海水环境下水胶比不宜大于 0.55,淡水环境下不宜大于 0.60;坍落度宜为 180mm~220mm。

8.4.4 采用导管法浇注钻孔灌注桩混凝土时,混凝土配制应符合下列规定。

8.4.4.1 水泥的初凝时间不宜小于 2.5h,水泥的强度等级不宜低于 42.5MPa,并应采取防离析措施。

8.4.4.2 水下混凝土的水泥用量不宜小于 $370\text{kg}/\text{m}^3$,当掺有减水缓凝剂或粉煤灰时,不宜小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 。

8.4.4.3 集料的最大粒径不应大于导管内径的 1/6 和钢筋最小净距的 1/4,且不应大于 37.5mm,并宜选用级配良好的中砂。

8.4.5 采用导管法灌注混凝土施工应符合下列规定。

8.4.5.1 应采用刚性导管,壁厚不应小于 5mm,内径宜为 250mm~350mm,宜采用快速接头。

8.4.5.2 导管使用前,应按实际使用节数和长度进行试拼;新导管每使用 5 次或超过 2 个月,应进行压水试验和接头抗拉试验,旧导管应根据磨损情况适当增加试验频次,试验压力不应小于工作压力的 1.3 倍,且大于灌注混凝土对导管最大压力的 1.3 倍,最大内压力值可按式(8.4.5)计算。

$$p = \gamma_c h_c - \gamma_w H_w \quad (8.4.5)$$

式中 p ——导管内壁承受的最大内压力值(kPa);

γ_c ——混凝土拌合物的重度(kN/m^3),取 $24\text{kN}/\text{m}^3$;

h_c ——导管内混凝土柱最大高度(m),以导管全长或预计的最大高度计;

γ_w ——孔内水或泥浆的重度(kN/m^3)；

H_w ——孔内水或泥浆的高度(m)。

8.4.5.3 导管应自下而上顺序编号,单节导管做好尺度标识。

8.4.5.4 混凝土灌注过程中,应保持孔内液面高度高于地下水产生的水头高度。

8.4.5.5 开始灌注混凝土时,导管底部至孔底的距离宜为0.3m~0.5m。

8.4.5.6 混凝土初灌量应能保证混凝土灌入后,导管埋入混凝土的深度不少于0.8m,混凝土灌注过程中,埋管深度宜为2.0m~10.0m。

8.4.5.7 当灌注的混凝土顶面接近钢筋笼底部1m时,应降低混凝土的灌注速度;当混凝土面高于钢筋笼底端1m~2m后,可适当提升导管。导管提升应平稳,避免出料冲击过大或钩带钢筋笼。

8.4.5.8 在灌注过程中,应经常探测孔内混凝土面的位置,及时调整导管埋深。

8.4.5.9 混凝土超灌高度宜为0.5m~1.0m,混凝土凿除后,桩顶混凝土质量应满足设计要求。

8.4.5.10 混凝土灌注接近桩顶时,应控制管内混凝土压力,避免桩顶泥浆密度过大产生泥团或桩顶混凝土不密实、松散等现象。

8.4.6 变截面灌注桩施工时,应从最小截面的桩孔底部开始灌注;混凝土灌注至扩大截面处时,导管底口应提升至扩大截面下约2m,加大混凝土灌注速度和混凝土的坍落度;当混凝土面高于扩大截面处3m后,应将导管提升至扩大截面处以上1m,继续灌注至桩顶。

8.4.7 全护筒灌注桩水下混凝土施工,随着导管的提升,逐步上拔护筒,混凝土面应保持在护筒底以上;混凝土顶面高度应考虑因上拔护筒引起的混凝土面的降低;应边灌注、边排水,保持护筒内水位稳定。

8.4.8 水下混凝土应连续浇注,单根桩混凝土的浇注时间应小于初灌混凝土的初凝时间。

8.4.9 水下灌注混凝土的初灌体积应满足导管初次埋置深度的要求,所需混凝土体积可按式(8.4.9-1)和式(8.4.9-2)计算,首次灌注混凝土体积计算如图8.4.9所示。

$$V \geq \pi D^2 (H_1 + H_2) / 4 + \pi d^2 h_1 / 4 \quad (8.4.9-1)$$

$$h_1 = H_w \gamma_w / \gamma_c \quad (8.4.9-2)$$

式中 V ——首次灌注混凝土所需体积(m^3)；

D ——桩孔直径(m)；

H_1 ——桩孔底至导管底端的距离(m),取0.3m~0.5m；

H_2 ——导管初次埋置深度(m)；

d ——导管内径(m)；

h_1 ——桩孔内混凝土达到埋置深度 H_2 时,导管内混凝土柱平衡导管外泥浆压力所需的高度(m)；

H_w ——孔内水或泥浆的深度(m)；

γ_w ——孔内水或泥浆的重度(kN/m^3)；

γ_c ——混凝土拌和合物的重度(kN/m^3),取 $24\text{kN}/\text{m}^3$ 。

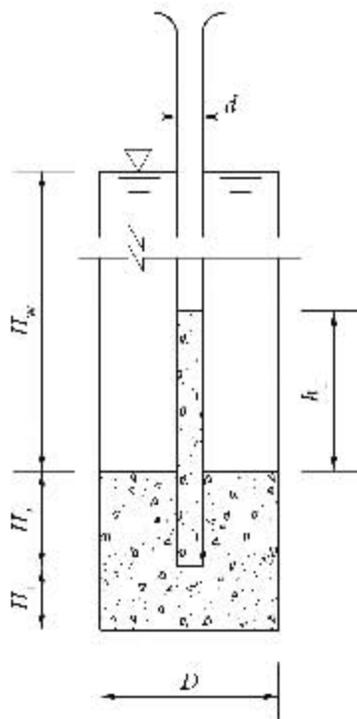


图 8.4.9 首次灌注混凝土体积计算图

8.4.10 干法灌注混凝土施工应符合下列规定。

8.4.10.1 浇注混凝土前,应排干孔底积水;浇注混凝土过程中,当可能产生地下水向孔内渗透时,应采取降低地下水措施。

8.4.10.2 距桩顶 10m 以内的混凝土应振捣密实。

8.4.11 混凝土灌注过程中,孔内溢出的水或泥浆应按照环保要求处理,不得随意排放、污染环境。

8.5 灌注桩后注浆

8.5.1 灌注桩后注浆施工应根据设计要求进行,注浆工艺应根据地质条件和现场施工条件确定。

8.5.2 后注浆装置的设置应符合下列规定。

8.5.2.1 注浆管宜采用钢管,并应与钢筋笼绑扎固定或焊接。

8.5.2.2 桩侧、桩端后注浆管和注浆阀数量宜根据桩径大小设置。桩径不大于 1.2m 的桩,宜沿钢筋笼圆周对称设置桩端、桩侧注浆管各 2 根;桩径大于 1.2m 的桩宜适当增加注浆管和注浆阀。

8.5.2.3 桩端注浆管安装时,注浆喷嘴应进入桩底部土中 300mm ~ 400mm,注浆管连接处应密封。

8.5.3 注浆阀性能应符合下列规定。

8.5.3.1 注浆阀应能承受 1.5 倍桩长换算成泥浆高度产生的压力和设计注浆压力。

8.5.3.2 注浆阀外部应设保护装置。

8.5.3.3 注浆阀应具备逆止功能。

8.5.4 后注浆施工应符合下列规定。

8.5.4.1 固定注浆管的钢筋笼应沉放至设计位置,下放钢筋笼受阻时不得撞笼、墩笼、扭笼。

8.5.4.2 压浆泵性能应满足注浆压力和流量的要求。

8.5.4.3 注浆顺序宜先上部后下部,先周边后中间,先低压后高压,对称注浆。

8.5.4.4 第一次注浆完成后,应缓慢均匀减压,避免压力浆液倒流进注浆管堵塞注浆孔;二次注浆时,循环间隔时间不应超过 2h。

8.5.4.5 注浆宜在桩身混凝土浇注 30d 内完成,且混凝土强度达到设计强度的 75% 以上;或在桩体超声波检测结束后进行。

8.5.4.6 在同一根桩中利用超声波预埋管作注浆管时,应在超声检测结束后再进行注浆。

8.5.5 钻孔桩混凝土灌注完成后 12h~24h 内,应进行预埋管路的压水试验,压水试验应符合下列规定。

8.5.5.1 压水直接压力逐级进行,并有一定压水时间与压水量,压水时间宜为 3min~5min,压水量宜控制在 0.6m³左右。

8.5.5.2 注浆阀密封橡胶套被劈开后应匀速减压,避免高压回流夹带杂质堵塞压浆孔。

8.5.5.3 正式注浆前应保持注浆管内水注满状态;管内仍存在压力水时,不得打开阀门,避免管内压力水射出伤人。

8.5.6 浆液配比、注浆压力、注浆量、流量等参数设计应符合下列规定。

8.5.6.1 注浆浆液由水、水泥和缓凝剂等组成,浆液的水灰比应根据土的饱和度、渗透性确定。饱和土宜取 0.45~0.65,非饱和土宜取 0.7~0.9,松散碎石土、砂砾宜取 0.5~0.6;低水灰比浆液宜掺入减水剂。

8.5.6.2 注浆压力应根据土层性质、桩长或注浆点的深度、现场注浆试验等综合确定。风化岩、非饱和黏性土及粉土,注浆压力宜取 3MPa~10MPa;饱和土,注浆压力宜取 1.2MPa~4MPa,软土宜取小值,密实黏性土宜取大值。

8.5.6.3 桩距不大于 6 倍桩径的群桩中,单根桩的注浆量应根据桩径、桩长、桩侧、桩端土层性质、是否为复式注浆等因素确定,可按式(8.5.6)估算。

$$G_c = \alpha_p d + \alpha_s n d \quad (8.5.6)$$

式中 G_c ——单根桩注浆量,以水泥质量计(t);

α_p ——桩端注浆量经验系数(l/m), $\alpha_p = 1.5 \sim 1.8$ l/m,对于卵石、砾石、中粗砂取较大值;

α_s ——桩侧注浆量经验系数(l/m), $\alpha_s = 0.5 \sim 0.7$ l/m,对于卵石、砾石、中粗砂取较大值;

n ——桩侧注浆断面数;

d ——基桩设计直径(m);

8.5.6.4 独立单桩和桩距大于 6 倍桩径的群桩,群桩初始注浆的数根基桩的注浆量应按式(8.5.6)估算值乘以 1.2 的系数。

8.5.6.5 配制浆液量应按一次注浆量和注浆管道循环量配备,浆液使用前应过筛,浆液制备完应静置 5min 后使用。

8.5.6.6 注浆速度不宜超过 75L/min。

8.5.7 饱和土中的复式注浆顺序宜先桩侧注浆,再桩底注浆;非饱和土中的复式注浆顺序宜先桩底注浆,再桩侧注浆;桩底、桩侧注浆的间隔时间不应少于 2h。

8.5.8 桩底注浆宜采取注浆量与注浆压力双控,满足下列条件之一时可终止注浆:

- (1) 注浆总量和注浆压力均已达到设计值;
- (2) 注浆总量达到设计值的 75% 且注浆压力已超过设计值;
- (3) 注浆过程中监测到桩顶高程总体上浮超过 10mm。

8.5.9 出现下列情况之一时应调低浆液水灰比或采用间歇注浆,间歇时间宜为 30min ~ 60min:

- (1) 注浆压力长时间低于正常值;
- (2) 地面出现冒浆或周围桩孔串浆。

8.5.10 注浆结束后应用水泥砂浆封闭注浆口;承载力测试应在后注浆浆体强度达到设计要求后进行。

8.5.11 后注浆施工完成后应提交水泥材质检验报告、压力表检验标定证书、试注浆记录、后注浆作业记录及特殊情况处理记录。

9 嵌岩桩

9.1 一般规定

- 9.1.1 嵌岩桩按嵌岩形式可分为灌注型嵌岩桩、灌注型锚杆嵌岩桩、预制型植入嵌岩桩、预制型芯柱嵌岩桩、预制型锚杆嵌岩桩、组合式嵌岩桩,其结构形式、施工工序、施工临时设施结构示意图参见附录 P。
- 9.1.2 施工平台结构设计,应满足嵌岩钻机和钻头等设备组装、运行、维护、钢筋笼存放和混凝土灌注的要求。
- 9.1.3 嵌岩桩钻孔施工用的预制桩、钢护筒,应验算成孔过程中的稳定性,采取必要的稳桩措施。
- 9.1.4 成孔过程中,应探测钢护筒底部完好程度、密封性和岩面平整度,设置钻杆、钻头居中定位装置。
- 9.1.5 嵌岩桩施工除应符合本章规定外,尚应符合第 8 章的有关规定。

9.2 沉桩

- 9.2.1 预制桩、钢护筒的下沉和稳桩工艺,应根据设计要求、工程地质、水文气象和施工条件等经技术经济论证后确定。
- 9.2.2 基岩面以上覆盖层较厚且有稳桩条件时,预制桩、钢护筒沉放可按第 5.4 节和第 6.6 节有关规定执行。
- 9.2.3 基岩埋深较浅或基本裸露时,可采用下列稳桩方法:
- (1) 使用支撑式钢桁架;
 - (2) 在泥面上抛铺一定厚度的人造基床;
 - (3) 水位升降变化缓慢、水流流态稳定、风浪不大时,采用方驳搭设悬挑平台安装钻机进行钻锚稳桩;
 - (4) 桩位处于风浪和潮差较大的水域时,采用移动式自升平台辅助进行钻锚稳桩。
- 9.2.4 基岩基本裸露、埋藏较浅、基岩面上覆盖层较厚且含有大块石、漂石等时,应制定钢护筒锤击控制标准,避免钢护筒底卷边;钢护筒、预制桩的下沉施工前宜进行试沉桩,试沉桩应包括下列内容:
- (1) 验证桩端到达设计高程的可行性;
 - (2) 检验桩端口与基岩面接触状况及钢板卷边状况;
 - (3) 确定沉桩施工的锤击能量和停锤标准。
- 9.2.5 岩面无覆盖层或覆盖层较薄时,钢护筒沉放应符合下列规定。

9.2.5.1 护筒下沉及其稳桩工艺应根据设计要求、地质状况和施工条件,经技术经济论证后确定。

9.2.5.2 护筒入岩深度应满足稳定要求,护筒底口不应出现严重渗漏和变形,钢护筒下沉停锤控制标准应通过试打钢护筒确定,应控制钢护筒底部钢板不卷边。对参与受力或设计有明确要求的钢护筒,入岩深度应满足设计要求。

9.2.5.3 护筒初沉深度难以达到自身稳定或设计要求时,可采取复打和钻打相结合的方法。护筒下沉后,应检验护筒与岩面接触情况及护筒底部的钢板卷边情况。

9.2.5.4 采用人工覆盖层时,应验算护筒的稳定性。

9.2.6 基岩面上覆盖层较厚且含有大块石、漂石等或强风化岩层较厚,钢护筒下沉困难时,钢护筒沉放宜采用钻打和冲打结合的工艺,并应符合下列规定。

9.2.6.1 搭设稳定、具有安放成孔机具和作业空间的施工平台,并应考虑复打的可行性。

9.2.6.2 钢护筒初打结束时护筒顶面应高出施工水位 2m~3m。

9.2.6.3 钻孔、冲孔直径宜比钢护筒内径小 150mm。

9.2.6.4 成孔达到设计深度后,可将钢护筒接高至设计长度并复打至设计高程。

9.3 成 孔

9.3.1 嵌岩桩成孔工艺,应根据锚固结构形式、岩石的工程性质和施工条件等确定,其工艺和机具可按附录 G 选用。

9.3.2 基岩钻孔时,应在桩内设置导向扶正器,保证钻杆中心线与桩孔的轴线一致。斜孔钻进应设置多个导向扶正器,数量应根据钻杆的长度确定。

9.3.3 斜桩嵌岩成孔深度不大于 10m 时,宜采用回旋钻机或筒状钻头式冲击钻机;斜桩嵌岩成孔深度大于 10m 时,宜采用配备导向装置的旋挖钻机或配备超前导向装置的回旋钻机,确保倾斜钻孔中轴线与设计一致。

9.3.4 硬质岩层中钻孔,回旋钻机宜选用耐磨硬质合金契齿、牙轮或球齿型钻头;冲击钻机宜选用耐磨合金钢冲锤和耐磨焊条堆焊锤牙钻头。

9.3.5 灰岩地质溶洞区成孔,宜采用下列措施:

- (1)在设计桩位处钻先导地质孔,掌握溶洞的大小、走向、充填物性质和透水性;
- (2)钻孔破除溶洞顶板时,采用回旋钻头加前导具方法;
- (3)施工前准备足够的黏土、水泥、级配块石等钻孔回填料;
- (4)采用内、外护筒的方式,并使内护筒跟进。

9.3.6 采用钻机抱桩嵌岩成孔时,应验算钢管桩、护筒的承载能力和稳定性。

9.3.7 全护筒嵌岩桩施工,采用清水循环钻进时,护筒与基岩连接段孔壁应保持稳定、隔水,不受钻孔作业影响。

9.3.8 回旋钻机钻头从软土地层进入岩基时,应降低钻速、稳定钻杆、均匀破岩,保护孔壁稳定。

9.3.9 回旋钻机在钻进过程中,直桩成孔宜增加钻头配重,减压钻进;斜桩成孔宜减轻钻

头重量,加压钻进;钻杆宜安装扶正器导向。

9.3.10 钻孔直径大于1.5m的硬质岩层,可采用小药量松动爆破法成孔;爆破成孔前应进行工艺设计,控制每次用药量,应避免爆破对周围建筑和桩周岩层造成破坏。

9.3.11 大直径硬质岩孔可采用2次~3次扩孔方法进行钻进成孔。

9.3.12 钻孔入岩起始面判定标准应根据地质钻孔资料、钻进速度和渣样分析等确定。地质情况复杂地区的大直径嵌岩桩,在成孔前应通过逐桩位地质钻探或加密钻孔预先确定终孔高程。

9.3.13 成孔达到设计深度后,应检测孔深、孔径和倾斜度,满足要求后方可进行清孔;斜嵌岩桩钻孔深度可用钻杆等刚性构件作为测量工具。

9.3.14 清孔方法应根据设计对清孔的要求、成孔方法、机具设备和地质情况选用掏渣筒清孔或换浆清孔等方法;斜嵌岩桩应选择对孔壁扰动小的清孔方法。

9.3.15 成孔作业过程中掉钻、落物时,可用打捞器具、电磁吸铁等工具打捞;下落物已被泥沙埋入时,可先清除泥沙后再进行打捞,或直接冲抓取出。

9.3.16 钻进过程中遇桩端钢板卷边时,根据卷边程度可采用直接钻进法、冲锤法或水下切割法进行处理。

9.3.17 预制桩、钢护筒以下成孔过程中,当桩底端口与基岩面之间有泥砂、碎石等渗涌入时,应在采取密封技术措施后,再进行成孔作业。

9.3.18 钻头、刀盘应经常检查磨损情况,并及时更换、维修。

9.3.19 嵌岩桩成孔施工和成孔结果应按附录K进行记录。

9.4 混凝土灌注

9.4.1 钢筋笼安放前,岩基段孔壁应扫孔清除泥皮;钢筋笼安放到位后,应保持泥浆循环,宜在4h内灌注混凝土。

9.4.2 遇水软化的岩基,成孔后应及时安放钢筋笼、灌注混凝土。

9.4.3 桩孔内混凝土面抬升到基岩顶面时,应降低混凝土导管提升速度,保证导管埋深符合施工要求。

9.4.4 混凝土灌注除应符合第8.4节的有关规定外,尚应符合下列规定。

9.4.4.1 灌注混凝土前应复测沉渣厚度,当超过规定值时应再次清孔至满足要求。

9.4.4.2 导管入孔后,管底与孔底距离宜取300mm~500mm。

9.4.4.3 混凝土料斗应有足够的容量,首批灌注的混凝土量应保证导管底端埋入混凝土内大于0.8m,且应保持导管内的混凝土压力大于管外压力。

9.4.4.4 水下混凝土应一次灌注完成,灌注间隔时间不得超过混凝土的初凝时间。

9.4.4.5 混凝土灌注应控制最后一次灌注量,并预留凿除高度,桩顶混凝土强度应满足设计要求。

9.4.4.6 单桩混凝土量较大且灌注时间较长时,可在混凝土中掺加缓凝剂。

9.4.4.7 嵌岩斜桩水下灌注混凝土时,导管应设置多个导向装置,数量应根据桩长确定,间距宜控制在9m左右,导向装置的直径应满足钢筋笼内部导轨的要求。

9.4.4.8 测量嵌岩斜桩灌注混凝土面位置,可在钢筋笼内侧预埋单边开孔方管,用测锤测量,开孔尺寸应保证测管内混凝土与桩的混凝土同步上升,开孔间距宜控制在 0.5m 左右;安装钢筋笼时应确定检测管的位置。

9.4.5 灌注混凝土过程中导管发生堵塞时,应在导管不脱离混凝土的情况下,将堵管上下窜动,疏通导管;导管仍无法疏通时,可采取下列措施:

(1) 导管堵塞在桩下端时,提出导管,清除导管内的混凝土,并在混凝土初凝前采用气举反循环等方法将桩内混凝土吸排掉,然后重新下导管灌注;

(2) 导管堵塞在桩上部时,提出导管,清除导管内的混凝土和孔内混凝土浮渣,并在混凝土初凝前重新下导管灌注。

9.5 灌注型嵌岩桩

9.5.1 钻头入岩时应降低钻压和钻速,平稳破岩;缩径嵌岩和斜孔嵌岩桩宜选用回旋钻机成孔。

9.5.2 钻孔至设计深度后,应对孔深、孔径和倾斜度进行检测。

9.5.3 钢筋笼安装时,孔内应设置导向装置,采取钢筋笼居中的保护措施。

9.5.4 钢筋笼的安装应符合第 8.3.2 条的规定。

9.6 预制型嵌岩桩

预制型植入嵌岩桩

9.6.1 预制桩的制作尺寸应符合设计要求,上端设置吊点,下端宜采用捆绑吊运方式。

9.6.2 预制桩安放应采取居中定位措施,桩与孔壁间隙应满足设计要求。

9.6.3 预制型植入嵌岩桩的锚固方式,应根据桩的使用要求、桩型、地质状况和施工条件,选用钻岩复打桩锚固法、钢护筒钻岩打桩锚固法、挤实锚固法或灌注混凝土锚固法等方法。

9.6.4 软质基岩中嵌岩桩的锚固,应根据预制桩材质和地质状况,采用钻岩复打桩锚固法或护筒钻岩打桩锚固法施工,并应符合下列规定。

9.6.4.1 在有一定的覆盖层基岩上沉钢管桩,可采用钻岩复打桩锚固法施工,施工工序可参考附录 P 图 P.0.10。

9.6.4.2 基岩埋藏浅、沉桩不稳定时,可搭设水上施工平台,宜采用钢护筒钻岩打桩锚固法施工,施工工序可参考附录 P 图 P.0.11。

9.6.5 硬质基岩中嵌岩桩的锚固,可采用下列锚固方法。

9.6.5.1 灌注混凝土锚固法,可先搭设水上施工平台,下钢护筒,使其稳定;在基岩内钻出大于桩径 300mm 以上的孔至设计深度,清孔,将桩吊入岩孔就位;清孔后在桩芯内、桩外壁与孔壁间灌注水下混凝土。

9.6.5.2 采用挤实锚固法,可先搭设水上施工平台,下钢护筒,使其稳定;在基岩内钻出大于桩径的孔至设计深度,清孔后灌注水下混凝土,并在混凝土初凝前将桩打入混凝土至设计高程,施工工艺可参见附录 P 图 P.0.12。

预制型芯柱嵌岩桩

9.6.6 预制型芯柱嵌岩桩施工除应符合第9.5节的有关规定外,尚应符合下列规定。

9.6.6.1 预制桩为预应力混凝土管桩,并采用锤击沉桩时,应采用组合桩。组合桩的钢管桩长度应满足锤击沉桩深度要求,防止锤体碰撞混凝土壁而损坏管桩。

9.6.6.2 钻进作业接近孔底时,应采用反循环工艺清渣。

9.6.7 钢筋笼加工、绑扎成型应满足设计和安装要求,并应设置钢筋笼吊点和劲性骨架。

9.6.8 钢筋笼外侧应设垫块控制与孔壁的间隙,钢筋笼安放到位后,应设通长吊筋固定于孔口。

预制型锚杆嵌岩桩

9.6.9 预制型锚杆嵌岩桩的锚杆制作与安装应满足结构设计要求。锚杆连接接头的强度不应小于锚杆极限抗拉强度标准值的95%。锚杆连接可采用电焊焊接、钢筋冷挤压连接、高强精轧螺纹钢及相应的连接器连接和轧丝帽连接等方法。

9.6.10 嵌岩锚杆与桩下段锚固施工应符合下列规定。

9.6.10.1 钻机固定后,应清除桩内基岩面上的淤泥、砂石等,在桩端以上0.5m~1.0m范围内宜灌注水下混凝土并找平。

9.6.10.2 桩端上的预定位置应安装钻孔用的定位器及导管,并应固定导管。

9.6.10.3 在定位器与混凝土之间应压注封孔水泥浆至定位板面上约100mm;水泥浆性能应与锚杆锚固浆性能一致;锚孔的钻进作业,应在混凝土和封孔水泥浆达到强度后进行。

9.6.10.4 基岩成孔机具应根据岩性、钻孔直径和深度,选用地质钻机或地锚钻机,并配置合适的钻头。

9.6.10.5 在进入基岩时,应取芯检查,确认岩层面的高程。

9.6.10.6 成孔过程中,当岩层节理裂隙密集、破碎严重时,应先压注高强水泥浆使岩体固结,浆体达到一定强度后重新钻孔。

9.6.10.7 钻孔结束后应清孔。

9.6.10.8 锚杆的安放宜采用扶正定位块。

9.6.10.9 钻孔、清孔、下放锚杆后应及时灌注水泥浆。

9.6.11 嵌岩锚杆与桩上段锚固施工应符合下列规定。

9.6.11.1 钻机固定后,应清除上段桩孔内土,在泥面至锚孔岩面间设置钻孔导向套管,套管内径应比钻头直径大70mm~80mm。

9.6.11.2 桩芯内有较厚的土层和强风化岩、套管压入或振动有困难时,宜采用套管钻孔跟进一定深度,宜采用压入或振动的方法使套管下沉,直至套管进入锚孔岩面。

9.6.11.3 在套管内,应按设计要求的锚孔直径、深度钻进成孔。

9.6.11.4 应按第9.6.10条的规定安装锚杆、清孔、压浆。

9.6.11.5 拆除桩内上段的套管,应对桩孔内壁清孔,按设计要求下钢筋笼,灌注混凝土。

土,与锚杆锚固。

9.6.12 灌注锚孔的水泥浆应满足下列要求:

- (1)水泥浆立方体抗压强度标准值不小于 35MPa;
- (2)水灰比不大于 0.4;
- (3)流动度控制在 16s ~ 20s 之间;
- (4)在无约束条件下,自由膨胀率控制在 5% ~ 10% 之间。

9.6.13 锚孔内灌注水泥浆应达到基岩面处,灌浆工艺应符合下列规定。

9.6.13.1 岩盘节理不发育、裂缝小的微风化岩层,可直接灌注水泥浆。

9.6.13.2 岩盘节理发育、裂隙严重的中等风化岩,宜采用压力注浆,锚孔注满浆后,应保持 0.5MPa 压力 2min ~ 3min。

组合式嵌岩桩

9.6.14 组合式嵌岩桩嵌岩段成孔应符合第 9.3 条的有关规定。

9.6.15 不进行锚杆抗拔验证性试验时,嵌岩桩施工应符合下列规定。

9.6.15.1 已成孔的基岩孔第一次清孔后,应移去钻机。

9.6.15.2 在桩芯和基岩孔内应设置钻孔导管及定位器;必要时,定位器与基岩孔底间应按第 9.6.10 条的规定压浆封孔。

9.6.15.3 钻进成孔的直径和深度应符合设计要求。

9.6.15.4 应利用导管进行清孔、下锚杆、压注水泥浆,使锚杆与基岩锚固。

9.6.15.5 拆除导管后,应按设计要求下钢筋笼,再次清孔,灌注水下混凝土至设计高度,使锚杆与桩的嵌岩段锚固。

9.6.16 进行锚杆抗拔验证性试验时,嵌岩桩施工应符合下列规定。

9.6.16.1 清理基岩孔壁,下钢筋笼,灌注水下混凝土,混凝土应灌注至桩底端口以上 1.5m,水下混凝土初凝后,应清除混凝土面层的浮渣。

9.6.16.2 在桩内应设置导管和定位器,钻锚孔至设计要求的深度。

9.6.16.3 应利用导管进行清孔、下锚杆、压注水泥浆至锚孔岩面以上 500mm 处,使锚杆与岩体锚固。

9.6.16.4 锚固浆体强度达到 70% 后,应进行抗拔试验。

9.6.16.5 试验完成后,应灌注桩芯混凝土至设计高程。

10 质量控制

10.1 打入桩

10.1.1 预制混凝土桩、钢管桩、组合桩等质量控制应包括制桩和沉桩等环节。

10.1.2 预制混凝土桩、钢管桩和组合桩的制作质量应符合下列规定。

10.1.2.1 预制混凝土方桩应按选定的标准图或设计图制桩,其制作允许偏差应符合表 10.1.2-1 的要求。

表 10.1.2-1 预制混凝土方桩允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	长度	± 50
2	横截面边长	± 5
3	抹面平整度	8
4	桩端对桩纵轴偏移	15
5	桩顶面倾斜引起的高差	$b/100$
6	桩顶外伸钢筋长度	+20 -10
7	混凝土保护层厚度	+10 0
8	空心桩空腔中心线与桩中心线偏差	20
9	桩纵轴线的弯曲矢高	$L/1000$ 和 20 的小值

注:① L 为桩的长度, b 为桩的边长,单位均为 mm;

②抹面应平顺并应二次压光。

10.1.2.2 PHC 管桩制作允许偏差应符合表 10.1.2-2 的要求。

表 10.1.2-2 PHC 管桩制作允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	管桩长度	± 100
2	外周长	± 10
3	壁厚	+10 0
4	桩端面倾斜引起的高差	$D/200$ 和 8 的小值
5	桩纵轴线弯曲矢高	$L/1000$ 和 30 的小值
6	桩端对桩纵轴线偏斜	10

注: D 为管节外径, L 为管桩长度,单位均为 mm。

10.1.2.3 大管桩制作允许偏差应符合表 10.1.2-3 的要求。

表 10.1.2-3 大管桩制作允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	管桩长度	± 100
2	桩顶面倾斜引起的高差	$D/200$
3	拼缝处错牙	6
4	拼缝处弯曲矢高	8
5	桩纵轴线弯曲矢高	$L/1000$ 和 45 的小值

注: L 为管桩长度, D 为管桩外径, 单位均为 mm。

10.1.2.4 钢管桩应按桩基结构设计图加工制作, 其制作允许偏差应符合表 10.1.2-4 的要求。

表 10.1.2-4 钢管桩外形尺寸允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	外径	$\pm D/100$
2	桩长	+300 0
3	桩纵轴线弯曲矢高	$L/1000$ 和 30 的小值
4	管端平整度	2
5	管端平面倾斜引起的高差	$D/200$ 和 5 的小值

注: L 为桩长度, D 为桩外径, 单位均为 mm。

10.1.2.5 组合桩拼接允许偏差应符合表 10.1.2-5 的要求。

表 10.1.2-5 组合桩拼接允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	桩长度	± 100
2	外周长	± 10
3	轴线弯曲矢高, 沿管节 4m 范围	8
4	拼接处错台	6
5	桩端面倾斜引起的高差	$D/200$
6	桩纵轴线弯曲矢高	$L/1000$ 和 45 的小值

注: D 为管桩外径, L 为桩长度, 单位均为 mm。

10.1.3 预制混凝土桩、钢管桩和组合桩的沉桩允许偏差应符合下列规定。

10.1.3.1 预制混凝土桩、钢管桩和组合桩水上沉桩允许偏差应符合表 10.1.3-1 的规定。

表 10.1.3-1 预制混凝土桩、钢管桩和组合桩水上沉桩允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)	
			直桩	斜桩
1	设计高程处桩顶 平面位置	内河和有掩护近岸水域沉桩	100	150
		无掩护近岸水域沉桩	150	200

续表 10.1.3-1

序号	项 目		允许偏差(mm)	
			直桩	斜桩
1	设计高程处桩顶 平面位置	无掩护离岸水域沉桩	250	300
		碍道桩,包括送入水下10m以内	100	100
2	每米桩身垂直度		10	—
3	桩顶高程		0	0
			100	100

注:①序号1、2项偏差按夹桩铺底后所测量的数据为准,禁止拉桩纠偏;

②近岸指距岸500m及以内,离岸指距岸超过500m;

③墩台中间桩的桩顶允许偏差可按表中规定值增加50mm;

④表列允许偏差不包括由锤击振动等所引起的岸坡变形产生的基桩位移;

⑤长江、闽江和掩护条件较差的河口港沉桩可按“无掩护近岸水域”执行;

⑥有柴排、木笼、抛石棱体、浅层风化岩等特殊地区的沉桩,以及长管打沉桩、水冲沉桩,桩位允许偏差值应经论证确定;

⑦碍道工程水下桩基的桩顶高程允许偏差为-10mm,0mm。

10.1.3.2 预制混凝土桩、钢管桩和组合桩陆上沉桩允许偏差应符合表10.1.3-2的规定。

表 10.1.3-2 预制混凝土桩、钢管桩和组合桩陆上沉桩允许偏差

序号	项 目	允许偏差(mm)		
		碍道梁、轨道梁基桩		100
1	设计高程处桩顶平面位置	大板基础桩	边桩	100
			中间桩	$D/2$
		每米桩身垂直度		10

注:① D 为桩径或短边边长,单位为mm;

②送桩深度大于5m时,允许偏差值可适当放大。

10.1.4 试沉桩过程中应进行高应变检测,检测项目应包括桩的完整性检测和承载力检测。

10.1.5 基桩承载力可用静荷载试验法、高应变法等方法进行检验;采用静荷载试验确定基桩竖向极限承载力标准值时,在同一条件下的试验桩数量不宜小于总桩数的1%,且不应少于2根。

10.1.6 采用动力试验法对桩进行检测应符合下列规定。

10.1.6.1 沉桩最后贯入度或桩端高程与设计要求相差较大时,宜采用高应变法对单桩轴向承载力进行检测。

10.1.6.2 预制混凝土桩沉桩过程中发生贯入度过大或其他影响桩身结构可靠性的异常情况时,应对这部分桩逐根进行检测。

10.1.6.3 预制混凝土桩沉桩后,应采用低应变法对桩身质量进行抽样检测,检测桩数不宜少于总桩数的10%,且不应少于10根。

10.1.6.4 高应变法和低应变法检测应符合现行行业标准《水运工程基桩试验检测技

术规范》(JTS 240)的有关规定。

10.2 灌注桩和嵌岩桩

10.2.1 灌注桩和嵌岩桩的成桩质量检查应包括成孔及清孔、钢筋笼制作及安放、混凝土灌注等工序。

10.2.2 灌注桩和嵌岩桩在终孔后应对桩孔的孔位、孔深、孔径、孔形和倾斜度进行检查,清孔后应对孔底的沉渣厚度进行检查,质量控制应符合下列规定。

10.2.2.1 灌注桩成孔的孔位偏差可通过检测成孔后的护筒位置偏差确定,孔位允许偏差应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 灌注桩成孔孔位允许偏差

序号	项 目		允许偏差(mm)		
			陆上	内河和有掩护海域	无掩护河口和海域
1	孔中心位置	单桩、边桩	50	100	200
		群桩的中心桩	100	150	300
2	每米桩身垂直度		10		

注:①挖孔桩和嵌岩桩的允许偏差按本表规定执行;

②长江和掩护条件较差的河口港可按“无掩护河口”执行。

10.2.2.2 设计为摩擦桩,孔深应达到设计高程;设计为端承桩,孔深应比设计深度超深 50mm;当持力层与设计要求不符时,应由设计单位重新确定终孔高程。

10.2.2.3 孔径不得小于设计桩径;在裸露岩基上成孔孔径允许偏差应为 0, +50mm;直桩成孔垂直度偏差不得大于 1%。

10.2.2.4 混凝土浇注前孔底沉渣厚度,以端承力为主的桩,不得大于 50mm;以摩擦力为主的桩,不得大于 100mm;对抗拔、抗水平力的桩,不得大于 200mm。

10.2.2.5 混凝土浇注前孔内泥浆的相对密度应满足设计要求。设计无要求时,泥浆的相对密度宜取 1.10~1.20,含砂率宜小于 4%,黏度宜取 20s~22s。

10.2.3 灌注桩和嵌岩桩钢筋笼质量除应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定外,钢筋笼制作与安装允许偏差尚应符合表 10.2.3 的规定。

表 10.2.3 钢筋笼制作与安装允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
主筋间距	±10
箍筋间距	±20
钢筋笼直径	±10
钢筋笼长度	±100
安装后钢筋笼顶部高程	±50

10.2.4 桩侧或桩底后注浆中水泥浆的抗压强度应符合设计要求,每根桩试件取样组数应为 3 组~4 组;混凝土和水泥浆的检验应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

10.2.5 灌注桩和嵌岩桩混凝土检测和桩身混凝土完整性检测除应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)和《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)的有关规定外,尚应符合下列规定。

10.2.5.1 用于检验灌注桩混凝土强度的标准试件,每根桩至少应留置2组,桩长大于50m时,应增加1组。

10.2.5.2 桩身混凝土的完整性检测可采用低应变法或声波透射法;桩径大于1m、泥面以下长度大于30m或地质条件复杂的桩,应采用声波透射法检测。

10.2.5.3 灌注桩和灌注型嵌岩桩工程的钻芯取样检测数量,应取桩数的1%~3%,且不应少于3根;对质量有疑问的桩应逐根检查;钻芯取样的方法和要求应符合现行行业标准《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)的有关规定。

10.2.6 灌注型嵌岩桩和预制型嵌岩桩的施工质量控制应满足灌注桩和打入桩的相关要求。

10.2.7 水上预制型嵌岩桩孔位允许偏差应符合表10.2.7的规定。

表 10.2.7 水上预制型嵌岩桩孔位允许偏差

序号	项 目			允许偏差(mm)	
				直桩	斜桩
1	设计高程处桩顶 平面位置	内河和有掩护近岸 水域沉桩	$D \leq 1500$	150	200
			$D > 1500$	200	—
		无掩护近岸 水域沉桩	$D \leq 1500$	200	250
			$D > 1500$	300	—
		无掩护离岸 水域沉桩	$D \leq 1500$	250	300
			$D > 1500$	$D/4$ 和 500 的小值	—
2	每米桩身垂直度			10	—

注:① D 为桩的直径,单位为mm;

②偏差以夹桩铺底板后所测量数据为准,禁止拉桩纠偏;

③长江、闽江和掩护条件较差的河口港沉桩,桩顶偏位按“无掩护近岸水域沉桩”执行。

10.2.8 锚杆嵌岩桩工程应进行锚杆抗拔试验,试验位置、数量应根据结构形式和地质复杂程度确定。

10.2.9 桩头凿除后,桩顶混凝土应密实、完整,不得有浮浆、裂缝和夹渣。

工程名称			每 500mm				桩身穿越土层情况					每 500mm 的打击次数(次) 平均贯入度(mm/击)	落锤高 (m)	桩身回弹 (mm)	贯入度 (mm/击)	备注				
桩基位置			阵次	锤击 次数	桩身 试尺 (m)	平均 贯入度 (mm/击)	桩端 高程 (m)	分层土名和 高程(m)		桩入土 深度(m)	标贯 <i>N</i> 曲线									
								▽桩顶高程	▽泥面高程											
替打和桩垫	替打长度 (m)		14							15										
	桩垫材料		15																	
	桩垫厚度		16																	
工作时间	桩的部位	上节	下节	17						20										
	吊桩			18																
	就位			19																
	锤击			20																
	接桩			21																
桩身倾斜偏差 (%)				22																
桩位平面 偏差	东			23																
	南			24																
	西			25																
	北			26																

注:标准贯入击数 *N* 值用未经修正的数值,否则应予注明。

施工员 _____ 测量员 _____ 校核 _____

附录 B 锤击沉桩记录表

表 B.0.1 锤击沉桩记录表

工程名称		沉桩日期			船名及规格			沉桩班组			
基桩部位		天气			桩锤型号			测量班组			
基桩参数	材料	阵次顺序	每阵锤击数	桩身读尺数 (m)	入土深度 (m)	平均贯入度 (mm/击)	阵次顺序	每阵锤击数	桩身读尺数 (m)	入土深度 (m)	平均贯入度 (mm/击)
	规格										
	制桩日期	1					26				
工作时间	开始锤击	2					27				
	停止锤击	3					28				
	小计	4					29				
编号	沉桩	5					30				
	设计	6					31				
桩身斜度	设计	7					32				
	竣工	8					33				
水准点高程		9					34				
后视读数		10					35				
仪器高程		11					36				
替打长度		12					37				
垫层厚度		13					38				
垫层材料		14					39				

最后停锤 读尺数		理论		15				40				
		实际		16				41				
总桩读数				17				42				
压锤读数				18				43				
泥面高程				19				44				
桩端高程		设计		20				45				
		实际		21				46				
桩顶高程		设计		22				47				
		竣工		23				48				
沉桩 偏位	纵向	A	横向	B				49				
		A		B	25				50			
竣工 偏位	纵向	A	横向	B	桩位布置草图							
		A		B								
仪器												
测量				记录		计算		校核		技术负责人		

附录 C 锤击沉桩综合记录表

表 C.0.1 锤击沉桩综合记录表

工程名称:

(mm/击)

沉桩 顺序号	桩位 编号	桩身 斜度	桩规格	沉桩 日期	沉桩时间		打桩 船名	桩锤 型号	泥面 高程 (m)	自沉 入土 (m)	压锤 入土 (m)	土芯 高程 (m)	标尖高程 (m)		总锤击 次数	锤击 时间	最后 平均 贯入度	桩偏位 (mm)		垂直度 偏差	备注	
					开始	结束							设计	实际				ΔX	ΔY			

填表人 _____ 校核 _____

年 月 日

工程名称			基桩位置				沉桩日期				沉桩船名				备注	
水泵型号			冲水管直径(m) 水嘴直径(mm)				水嘴距桩端距离 (mm)				水冲方式					
			阵次	工序名称	各工序时间		水压 (MPa)	风压 (MPa)	锤击次数	桩身读数 (m)	阵贯入量 (m)	平均贯入度 (mm/击)	桩端高程 (m)	入土深度 (m)		
					起	止										
桩端高程 (m)	设计															
	施工															
桩顶高程 (m)	设计															
	施工															
桩身倾斜偏差(%)																
沉桩偏位 (mm)	东															
	南															
编号	西															
	北															

测量_____记录_____校核_____

年 月 日

附录 E 选锤参考资料

E.0.1 混凝土桩和钢管桩采用柴油锤沉桩时可参考表 E.0.1-1 选锤,采用液压锤沉桩时可参考表 E.0.1-2 选锤。

表 E.0.1-1 柴油锤选锤参考资料

项 目	常用锤型		柴 油 锤							
			MB-70	MH-72B	MH-80B	D-62	D-80	D-100	D-125	D-160
锤型资料	锤芯重(t)		7.20	7.20	8.0	6.2	8.0	10.0	12.5	16.0
	锤总重(t)		21.10	19.94	20.74	13.70	16.04	19.43	23.5	31.2
	常用冲程(m)		1.8~2.3	1.8~2.3	1.8~2.3	—	2.8~3.2	2.8~3.2	2.8~3.2	2.8~3.2
	最大锤击能量(kN·m)		180	216	220	210	272	340	417	533
与锤相应的桩截面尺寸(mm)	混凝土方桩边长(mm)		500~600			600	600	—	—	—
	预应力混凝土管桩直径(mm)		φ800~φ1000			φ800~φ1000	φ800~φ1200	φ800~φ1400	φ1200~φ1400	—
	钢管桩直径(mm)		φ900~φ1200			φ900~φ1200	φ900~φ1200	φ900~φ1500	φ1200~φ1900	≥φ1400
锤击沉桩能力	桩身可贯穿硬土层深度(m)	硬黏土	10~15			7~10	10~15	10~20	10~20	10~20
		中密砂土	5~8			7~10	8~15	10~15	10~15	10~15
	桩端可打入硬土层深度(m)	密实砂土或砾砂	0.5~1.5			0.5~1.0	0.5~1.5	0.5~1.5	1.5~2.5	0.5~1.5
			(1.5~2.0)			(1.0~2.0)	(1.5~2.0)	(1.5~2.0)	(3.0~5.0)	(1.5~2.0)
		风化岩(N=50击左右)	0.5~1.5			0.5~1.0	0.5~1.5	0.5~1.5	—	—
	(1.5~3.0)			(1.0~2.0)	(1.5~3.0)	(1.5~3.0)	—	(3~5)		
所用锤可能达到的极限承载力(kN)		4000~7000			5000~7000	6000~10000	9000~17000	11000~21000	>15000	

项 目	常用锤型	柴 油 锤							
		MB-70	MH-72B	MH-80B	D-62	D-80	D-100	D-125	D-160
锤击沉桩能力	最后 10 击的平均贯入度 (mm/击)	5 ~ 10			5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10
		(3 ~ 5)			(3 ~ 5)	(3 ~ 5)	(5 ~ 10)	(5 ~ 10)	(5 ~ 10)

注:①本表仅供施工单位选锤时参考,不得作为确定桩的极限承载力和控制贯入度的依据;

②硬黏土是指老黏土和强风化残积层, $N=20\sim 40$ (N 为未经修正数值);

③其他锤型可根据最大锤击能量,参照有关档次选用;

④表中“锤击沉桩能力”项目括号内数值对应于钢管桩;

⑤桩打入硬土层的深度不包括桩尖或桩靴的长度。

表 E.0.1-2 液压锤选锤参考资料

项 目	常用锤型	HHK20S	BSP HH30	SC150	S-280	S-600	S-800	MHU 1200S
锤型资料	锤芯重(t)	20	30	11.0	13.5	30	40	66
	锤总重(t)	36.7	55.0	19.5	30.5	65	85	119.2
	锤总高(m)	—	7.525	8.71	10.39	12.75	14.54	14.3
	锤直径(m)	1.83	2.52	0.712	0.96	1.26	1.26	1.62
	最大冲程(m)	1.5	1.2	1.2	1.2	1.5	1.535	1.818
	最大锤击能量(kN·m)	295	354	150	280	600	800	1200
与锤相应的桩 截面尺寸(mm)	混凝土方桩边长(mm)	—	—	—	—	—	—	—
	预应力混凝土管桩直径(mm)	φ800 ~ φ1400	—	φ800 ~ φ1200	—	—	—	—
	钢管桩直径(mm)	φ900 ~ φ1500	≥φ1500	φ900 ~ φ1500	≥φ1400	≥φ2000	≥φ2400	≥φ3750
	所用锤可能达到的极限承载力(kN)	9000 ~ 17000	>13000	>9000	>13000	>20000	>30000	>50000
	最后 10 击的平均贯入度 (mm/击)	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 10	5 ~ 15	5 ~ 30	5 ~ 30	5 ~ 30

附录 F 水冲锤击沉桩所需水泵、射水管及多孔喷头参考资料

F.0.1 内冲内排和内冲外排法沉桩所需的水泵性能可按表 F.0.1 选用。

表 F.0.1 水冲设备性能参考表

土质	桩入土深度 (m)	冲水排泥 方式	水泵性能		射水管直径 (mm)	水泵出水口处 水压(MPa)	风管直径 (mm)	风量 (m ³ /min)
			流量(m ³ /h)	扬程(m)				
松砂及 中密砂层	8~16	内排	80~100	80~120	75	0.4~0.8	25	6
		外排	100~140	100~150	75	0.8~1.4		
	16~24	内排	100~130	100~150	100	0.6~1.0	32	6~9
		外排	120~180	120~190	75	0.9~1.8		
密实砂层夹 砾石砂层	8~16	内排	100~130	100~130	75~100	0.6~1.0	32	6~9
		外排	120~180	120~190	75~100	0.9~1.8		
	16~24	内排	130以上	130以上	100	0.8~1.2	32	9
		外排	160~190	160~240	75~100	1.0~2.2		

注:本表适用于桩径或边长为400mm~600mm的混凝土桩。

F.0.2 多孔喷头(图 F.0.2)的中心喷口直径宜为射水管直径的0.2倍~0.4倍;侧面喷口直径宜为6mm~8mm,侧面喷口与中心喷口轴线夹角宜为30°~45°,侧面喷口的数目宜为4个~8个;采用内冲外排法沉桩时,可不设侧面斜向上喷口。

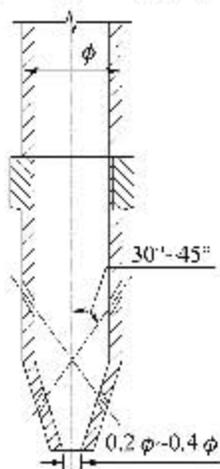


图 F.0.2 多孔喷头
φ-射水管直径

附录 G 常用成孔设备适用范围

表 G.0.1 常用成孔设备适用范围

成孔设备		适用范围					
		土层	孔径(mm)	孔深(m)	排渣方式	泥浆作用	类型举例
回旋钻机	正循环回旋钻机	黏性土,砂土,砾,卵石粒径小于20mm的土,碎石含量少于20%的土,软岩、硬岩	300~3000	<100	悬浮排渣	悬浮钻渣并护壁	WIRTH、GPS、SPC、BRM等系列
	反循环回旋钻机	黏性土,砂土,砾,卵石,软、硬岩	300~5000	泵吸、泵举<80 气举<200	气举泵吸	护壁	KTY、ZJD、WIRTH、KT等系列
	正循环潜水钻机	淤泥,黏性土,砂土,砾,卵石粒径小于100mm的土,碎石含量少于20%的土	450~3000	<40	悬浮排渣	悬浮钻渣并护壁	KQ、RC系列
	反循环潜水钻机	黏性土,砂土,卵石粒径小于钻杆内径2/3的土,碎石含量少于20%的土	450~3000	泵吸、泵举<80 气举<150	气举泵吸	护壁	KQ、RRC系列
旋挖钻机	旋挖钻机	黏性土,砂土,软、硬岩	500~4400	按产品说明书	钻斗	护壁	BC、TR系列
	螺旋钻机	黏性土,砂土,粘土	400~1500	50	螺杆	可无护壁	SR、XR系列
冲击钻机	掏渣筒冲击钻机	各类土层,岩层	300~3000	<40	掏渣筒	悬浮钻渣并护壁	吊机或带有臂架的卷扬设备 CZ、YKC、CJF等系列
	冲锤冲击钻机	各类土层,岩层	300~3000	泵吸<50 气举<150	泵吸 气举反循环	悬浮钻渣并护壁	
	冲抓钻机	黏性土,砂土,砾石粒径小于100mm的土,碎石含量少于30%的土	600~2000	<40	抓取	护壁	吊机或带有臂架的卷扬设备
	气动潜孔冲击锤	岩层	600~1200	<40	泵吸、气举反循环	护壁	FCC、DHD系列
套管钻机		黏性土层,砂类土	1000~3500	120	抓取	无	DTR、JSP系列

成孔设备		适用范围					
		土层	孔径(mm)	孔深(m)	排渣方式	泥浆作用	类型举例
锚杆 钻孔机	取芯钻机	各类土质,主要用于岩层	170~300	>100	取芯	不护壁	CX系列 CY系列 XY系列
	破碎钻机	各类土质,主要用于岩层	170~300	>100	破碎	不护壁	XY系列 CY系列 CX系列

注:①表列“孔深”值为钻孔钻机一般适用范围,相同类型不同厂家的钻机相差较大,此项仅作参考;

②泵吸反循环钻机实际吸程一般小于钻机标定吸程;

③气举反循环钻机孔内水或泥浆深度宜大于6m。

附录 H 桩的吊点布置及吊运内力计算

H.0.1 采用二点吊时可按表 H.0.1 布置吊点并计算吊桩内力。

表 H.0.1 二点吊桩的吊点位置及弯矩计算公式

项 目		类 型	
		A 型桩	B 型桩
吊点位置			
弯矩计算公式	水平吊运	$M = 0.0215\alpha\gamma qL^2$	$M = 0.02562\alpha\gamma qL^2$
	吊立	$M = 0.0250\alpha\gamma qL^2$	

注:①A 型桩指等截面的空心或实心桩,B 型桩指两端各有 2m 实心段的空心桩;

② M 为计算最大弯矩设计值($\text{kN}\cdot\text{m}$);

③ α 为动力系数,按第 5.3.3 条规定取用;

④ γ 为作用分项系数,取 1.20;

⑤ q 为桩的单位长度重力标准值(kN/m);

⑥ L 为吊运桩长(m)。

H.0.2 采用四点吊且符合第 5.3.9 条吊桩工艺时,可按表 H.0.2-1 和表 H.0.2-2 布置吊点并计算吊桩内力。

表 H.0.2-1 四点吊桩的吊点位置及弯矩计算公式

桩 型						弯矩计算公式	
	L_1/L	L_2/L	L_3/L	L_4/L	L_5/L	吊立过程	水平吊运 (吊索垂直桩轴)
A 型	0.05	0.28	0.31	0.23	0.13	$M = \alpha\beta\gamma qL^2$	$M = 0.01115\alpha\gamma qL^2$
B 型	0.05	0.28	0.31	0.24	0.12		$M = 0.01126\alpha\gamma qL^2$
C 型	0.05	0.29	0.33	0.21	0.12		$M = 0.01250\alpha\gamma qL^2$

注:①A 型桩指等截面的空心或实心桩,B 型桩指两端各有 2m 实心段的空心桩,C 型桩指桩端无实心段、桩顶端有 6m 实心段的空心桩;

② M 为计算最大弯矩设计值($\text{kN}\cdot\text{m}$);

③ α 为动力系数,按第 5.3.3 条规定取用;

④ β 为桩的吊立弯矩系数,可按表 H.0.2-2 采用;

⑤ γ 为作用分项系数,取 1.20;

⑥ q 为桩的单位长度重力标准值(kN/m);

⑦ L 为桩长(包括桩端)(m)。

表 H.0.2-2 四点吊桩吊立弯矩系数 β

桩长(m)	β			桩长(m)	β		
	A型	B型	C型		A型	B型	C型
20	0.0125	0.0159	0.0138	36	0.0125	0.0143	0.0148
22	0.0125	0.0159	0.0142	38	0.0125	0.0141	0.0146
24	0.0125	0.0156	0.0149	40	0.0125	0.0140	0.0144
26	0.0125	0.0156	0.0153	42	0.0125	0.0138	0.0143
28	0.0125	0.0152	0.0153	44	0.0125	0.0137	0.0141
30	0.0125	0.0150	0.0152	46	0.0125	0.0136	0.0140
32	0.0125	0.0147	0.0151	48	0.0125	0.0134	0.0139
34	0.0125	0.0145	0.0149	50~60	0.0125	0.0134	0.0138

注:①A型桩指等截面的空心或实心桩,B型桩指两端各有2m实心段的空心桩,C型桩指桩端无实心段、桩顶端有6m实心段的空心桩;

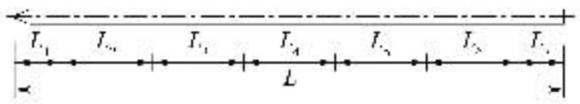
②本表为下吊索计算长度 $S=0.5L$ 时的计算值, S 为扣除吊索捆绑长度的净长, L 为桩长;

③吊高 $H=0.8L\sim 1.5L$,且 $\geq 20\text{m}$;

④桩轴线与水平面夹角小于 10° 时入水长度不大于 10m 。

H.0.3 采用六点吊且符合第5.4.9条规定的吊桩工艺时,可按表H.0.3-1和表H.0.3-2布置吊点并计算吊桩内力。

表 H.0.3-1 六点吊吊点布置及弯矩计算公式

桩型	S/L								弯矩计算公式	
		L_1/L	L_2/L	L_3/L	L_4/L	L_5/L	L_6/L	L_7/L	吊立过程	水平吊运
A型	0.45	0.098	0.077	0.153	0.163	0.197	0.229	0.083	$M = \alpha\beta\gamma g L^2$	$M = 0.0058\alpha\gamma g L^2$
	0.50	0.111	0.065	0.155	0.166	0.190	0.233	0.080		$M = 0.0074\alpha\gamma g L^2$
B型	0.45	0.102	0.069	0.157	0.157	0.208	0.223	0.084		$M = 0.0071\alpha\gamma g L^2$
	0.50	0.110	0.062	0.160	0.163	0.193	0.236	0.076		$M = 0.0082\alpha\gamma g L^2$
C型	0.45	0.089	0.085	0.169	0.151	0.212	0.211	0.083		$M = 0.0051\alpha\gamma g L^2$
	0.50	0.120	0.053	0.170	0.158	0.199	0.228	0.072		$M = 0.0086\alpha\gamma g L^2$

注:①A型桩指等截面的空心或实心桩,B型桩指两端各有2m实心段的空心桩,C型桩指桩端无实心段、桩顶端有6m实心段的空心桩;

② M 为计算最大弯矩设计值($\text{kN}\cdot\text{m}$);

③ α 为动力系数,按第5.3.3条规定取用;

④ β 为桩的吊立弯矩系数,可按表H.0.3-2采用;

⑤ γ 为作用分项系数,取1.20;

⑥ g 为桩的单位长度重力标准值(kN/m);

⑦ L 为桩长(m)。

表 H.0.3-2 六点吊桩吊立弯矩系数 β

桩长(m)	S/L=0.45			S/L=0.50		
	A型	B型	C型	A型	B型	C型
48.00	0.00999	0.01068	0.01166	0.00950	0.01011	0.01118
50.00	0.00986	0.01057	0.01150	0.00936	0.01002	0.01100
52.00	0.00971	0.01046	0.01133	0.00921	0.00993	0.01082
54.00	0.00958	0.01033	0.01115	0.00906	0.00982	0.01063
56.00	0.00944	0.01023	0.01098	0.00890	0.00970	0.01044
58.00	0.00930	0.01016	0.01186	0.00875	0.00958	0.01024
60.00	0.00917	0.01009	0.01078	0.00859	0.00946	0.01005
62.00	0.00904	0.01002	0.01069	0.00844	0.00939	0.00995
64.00	0.00892	0.00996	0.01061	0.00829	0.00933	0.00987
66.00	0.00879	0.00990	0.01053	0.00817	0.00927	0.00980
68.00	0.00867	0.00985	0.01045	0.00805	0.00921	0.00972
70.00	0.00856	0.00980	0.01038	0.00794	0.00916	0.00965

注:①A型桩指等截面的空心或实心桩,B型桩指两端各有2m实心段的空心桩,C型桩指桩端无实心段、桩顶端有6m实心段的空心桩;

②本表为下吊索计算长度 $S=0.5L$ 时的计算值, S 为扣除吊索捆绑长度的净长, L 为桩长;

③吊高 $H=0.8L\sim 1.5L$,且 $\geq 20m$;

④桩轴线与水平面夹角小于 10° 时入水长度不大于 $10m$ 。

附录 J 夹桩结构形式

J.0.1 夹桩结构可采用夹桩木和钢抱箍的形式。

J.0.2 采用两根螺栓组成的夹桩木,无实测资料时夹桩摩擦力可按下式计算。

$$\gamma_N N_0 \leq 2Tf \quad (\text{J.0.2})$$

式中 γ_N ——荷载分项系数,一般取 2,直接承受安装荷载时取 3;

N_0 ——荷载标准值(kN);

T ——单根螺栓施于桩壁压力设计值(kN);

f ——木与混凝土摩擦系数的设计值,可取 0.5。

J.0.3 夹桩木螺栓与垫板规格可按表 J.0.3 选用。

表 J.0.3 夹桩木螺栓与垫板选用数据

螺栓直径(mm)		16	18	20	22	24
垫板尺寸	面积(mm×mm)	70×70	80×80	90×90	100×100	110×110
	厚度(mm)	8	10	10	12	13
单根螺栓施于桩壁压力设计值 T(kN)		30	40	50	70	80

注:表中 T 值除与螺栓直径和垫板尺寸有关外,还与夹桩木截面、木材的品种和干湿有直接关系;同时 T 值与施工操作和螺栓松紧程度有关。

J.0.4 紧固夹桩螺栓的方法应能够充分发挥木材局部挤压应力,并满足下列要求:

- (1) 采用套筒扳手上紧夹桩螺栓,扳手长度不小于 600mm;
- (2) 螺栓上紧至使垫块嵌入夹桩木内 1mm 左右。

J.0.5 采用钢抱箍夹桩时,应根据桩型、荷载、制作安装条件,经受力计算确定抱箍结构形式、尺寸,并确保螺栓紧固力通过钢抱箍完全传递至桩身。钢抱箍的设计应满足下列要求。

J.0.5.1 钢抱箍可采用如图 J.0.5 所示的结构形式。钢抱箍宜选用 Q235 低碳钢;钢抱箍与桩之间的计算摩擦力不足时,可增设橡胶垫;采用螺栓固定钢抱箍时,应设防震垫圈。钢抱箍高度、高强螺栓间距、钢抱箍壁厚等尺寸应根据受力计算、连接固定方式确定。

J.0.5.2 钢抱箍高强螺栓紧固力可按下式计算:

$$F = \frac{G}{K\mu} \quad (\text{J.0.5-1})$$

式中 F ——抱箍单侧螺栓总紧固力(kN);

G ——夹桩结构竖向荷载(kN);

K ——考虑抱箍刚度的修正系数,一般取 4.0~6.28;

μ ——摩擦系数,钢与混凝土之间一般取 0.3~0.35。

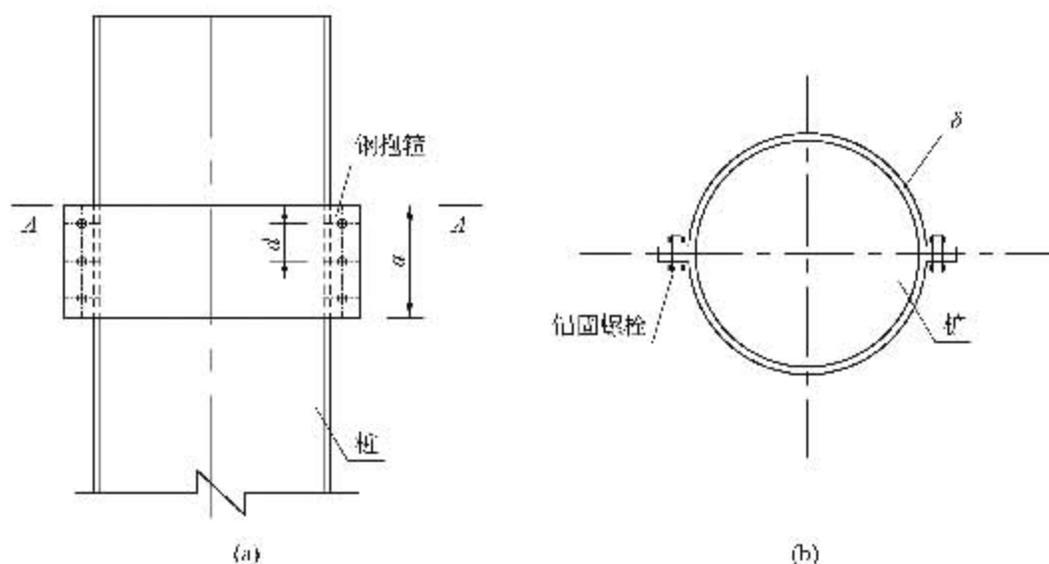


图 J.0.5 钢抱箍结构形式图

(a) 钢抱箍立面图; (b) 钢抱箍木 A-A 剖面图

a-钢抱箍高度; d-高强螺栓间距; δ-钢抱箍壁厚

J.0.5.3 钢抱箍高强螺栓数目可按下式计算:

$$m = F/N \quad (\text{J.0.5-2})$$

式中 m ——钢抱箍高强螺栓数目(个); F ——螺栓总紧固力(kN); N ——高强螺栓的设计预拉力设计值(kN),可按表 J.0.5 选用。

表 J.0.5 高强螺栓预拉力设计值表

螺栓的性能等级	螺栓的公称直径(mm)					
	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8a	70	110	135	155	205	250
10.9a	100	155	190	225	290	355

附录 L 泥浆性能指标

表 L.0.1 泥浆性能参考指标表

钻孔方法	地层情况	泥浆性能指标							
		相对密度	黏度 (s)	含砂率 (%)	胶体率 (%)	失水率 ($\text{mL}/30\text{min}$)	泥皮厚 ($\text{mm}/30\text{min}$)	静切力 (Pa)	酸碱度 (pH)
正循环	一般地层	1.05 ~ 1.20	16 ~ 22	8 ~ 4	≥ 96	≤ 25	≤ 2	1 ~ 2.5	8 ~ 10
	易坍地层	1.20 ~ 1.45	19 ~ 28	8 ~ 4	≥ 96	≤ 15	≤ 2	3 ~ 5	8 ~ 10
反循环	一般地层	1.02 ~ 1.06	16 ~ 20	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	1 ~ 2.5	8 ~ 10
	易坍地层	1.06 ~ 1.10	18 ~ 28	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	1 ~ 2.5	8 ~ 10
	卵石层	1.10 ~ 1.15	20 ~ 35	≤ 4	≥ 85	≤ 20	≤ 3	1 ~ 2.5	8 ~ 10
冲抓	一般地层	1.10 ~ 1.20	18 ~ 24	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	1 ~ 2.5	8 ~ 11
冲击	易坍地层	1.20 ~ 1.40	22 ~ 30	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	3 ~ 5	8 ~ 11

注:①地下水位高或流速大时,指标取大值,反之取小值;

②地质状态较好、孔径或孔深较小的取小值,反之取大值。

附录 M 泥浆原料黏土、膨润土 和外加剂的性能要求

M.0.1 泥浆原料宜使用膨润土,使用黏土时应符合下列规定。

M.0.1.1 塑性指数宜大于 25,粒径小于 0.005mm 的黏土含量宜大于 50%。

M.0.1.2 用刀切开时,切面应光滑、颜色较深;干土破碎时,断面应有坚硬的尖锐棱角。

M.0.1.3 自然风干后应不易用手掰开捏碎,水浸湿后应有黏滑感,加水和成泥膏后应容易搓成 1mm 的细长泥条,用手指揉捻时应感觉砂粒不多,浸水后应能大量膨胀。

M.0.1.4 试拌泥浆的胶体率不应小于 95%,含砂率不应大于 4%。

M.0.2 黏土指标不能满足第 M.0.1 的要求时,可选用性能指标略低的黏土,并掺入不少于 30% 的塑性指数大于 25 的黏土。

M.0.3 采用黏土拌制的泥浆达不到附录 L 的要求时,可适当掺加外加剂。

M.0.4 泥浆原料使用膨润土时,应符合下列规定。

M.0.4.1 膨润土宜选用钠质膨润土,也可选用钙质膨润土;用量宜为水的 8%,对黏土地层用量可降低至 3%~5%;较差的膨润土用量宜为水的 12%。

M.0.4.2 膨润土的化学成分可参考表 M.0.4-1。

表 M.0.4-1 膨润土的化学成分

成 分	钠质膨润土(%)	钙质膨润土(%)
SiO ₂	69.32	67.23
Al ₂ O ₃	14.27	15.29
CaO	1.99	2.22
MgO	2.69	4.01
K ₂ O	1.38	0.19
Na ₂ O	1.85	0.13
Fe ₂ O ₃	1.84	2.62
FeO	0.63	0.03
MnO	0.15	0.00
TiO ₂	0.17	0.13
P ₂ O ₅	0.04	0.06
烧失	5.67	8.09

M.0.4.3 膨润土的质量指标宜满足表 M.0.4-2 的要求。

表 M.0.4-2 膨润土的质量指标

项目	造浆率 (m^3/t)	失水量 ($\text{ml}/30\text{min}$)	水分 (%)	湿筛分析 (0.075mm)(%)	静切力(Pa)		
					60s	10min	24h
一级土	≥ 18	≤ 12	≤ 12	< 4	≥ 18	≥ 25	≥ 40
二级土	12~18	12~18	≤ 12	< 4	≥ 15	≥ 20	≥ 30
三级土	8~12	18~25	≤ 12	< 4	—	—	—

M.0.5 泥浆外加剂的性能及其掺量应符合下列规定。

M.0.5.1 羧甲基纤维素(CMC)应具有使地基土表面形成薄膜,使之强化和降低失水量的作用,掺量宜小于0.1%。

M.0.5.2 分散剂可选用络铁木质素磺钠盐(FCI)或硝基腐殖钠盐,应具有改善泥浆变质的性能和提高泥浆重复使用的质量,掺量宜为0.1%~0.3%。

M.0.5.3 可选用碳酸钠提高泥浆的胶体率和稳定性,降低失水量,掺量宜为0.1%~0.3%。

附录 N 泥浆性能指标测定方法

N.0.1 泥浆相对密度可用相对密度计测定,测定方法如下:

- (1)将要量测的泥浆装满泥浆杯,加盖并洗净从小孔溢出的泥浆;
- (2)泥浆杯置于泥浆比重计的支架上,移动游码,使杠杆呈水平状态,读出游码左侧所示刻度,即为泥浆的相对密度。

N.0.2 泥浆的黏度可用标准漏斗黏度计测定,测定方法如下:

- (1)用两个开口量杯分别量取 200ml 和 500ml 泥浆,通过过滤网滤去砂粒后,将两杯泥浆均注入漏斗;
- (2)测量泥浆从漏斗流满 500ml 量杯所需时间,即为所测泥浆的黏度。

N.0.3 泥浆的静切力可用浮筒切力计测定,测定方法如下:

- (1)将约 500ml 泥浆搅匀后,立即倒入切力计中,将切力筒沿刻度尺垂直向下移至与泥浆接触时,轻轻放下,当切力筒自由下降到静止不动时,即静切力与浮筒重力平衡时,读出浮筒上泥浆面所对的刻度,即为泥浆的初切力;
- (2)取出切力筒,擦净黏着的泥浆,用棒搅动筒内泥浆后,静止 10min,用上述方法量测所得为泥浆的终切力。

N.0.4 泥浆的含砂率可用含砂率计测定,测定方法如下:

- (1)将调好的泥浆 50ml 倒进含砂率计,然后再倒进清水,将仪器口塞紧摇动 1min,使泥浆与水混合均匀;
- (2)将仪器垂直静放 3min,仪器下端沉淀物的体积乘 2 即为含砂率。

N.0.5 泥浆的胶体率的测定可采用下列步骤:

- (1)将泥浆倒入 100ml 的量杯中,用玻璃片盖上,静置 24h;
- (2)测量量杯上部泥浆澄清为水的体积 α (ml);
- (3)胶体率为 $(100 - \alpha)\%$ 。

N.0.6 泥浆的失水量(ml/30min)和泥皮厚度(mm)的测定可采用下列步骤:

- (1)用一张 12cm × 12cm 的滤纸置于水平玻璃板上,中央画一直径 3cm 的圆圈;
- (2)将 2ml 的泥浆滴入圆圈内;
- (3)30min 后测量湿圆圈的平均直径减去泥浆坍平的直径(mm),即为失水量;
- (4)滤纸上量出泥浆皮的厚度即为泥皮厚度。

N.0.7 泥浆的酸碱度可用 pH 试纸测定。

N.0.8 泥浆取样可采用取样盒,取样方法如下:

- (1)用双绳控制取样盒深度和阀门开关,当一绳将取样盒下吊到孔中取样部位时,另一绳提升,关闭阀门;
- (2)上提取样盒出孔口,即完成取样。

附录 P 嵌岩桩嵌岩形式及施工示意图

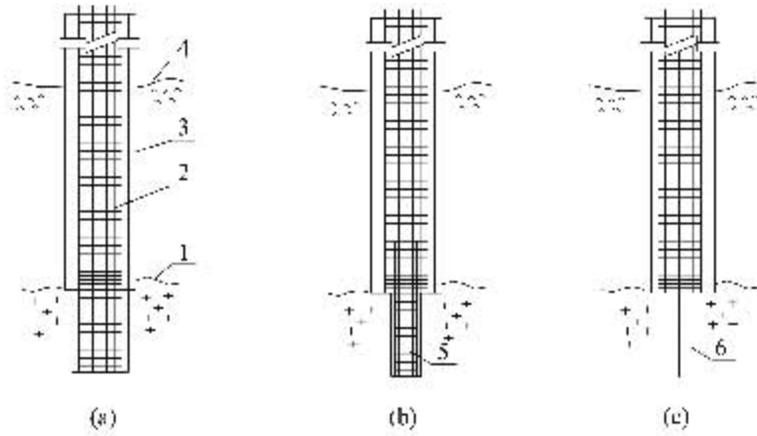


图 P.0.1 灌注型嵌岩桩和灌注型锚杆嵌岩桩嵌岩形式示意图
 (a) 等于桩径的嵌岩桩; (b) 小于桩径的嵌岩桩; (c) 锚杆嵌岩桩
 1-岩层面; 2-钢筋笼; 3-钢护筒; 4-覆盖层顶面; 5-嵌岩钢筋笼; 6-锚杆

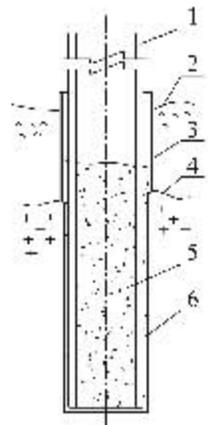


图 P.0.2 预制型植入嵌岩桩嵌岩形式示意图
 1-预制桩; 2-覆盖层顶面; 3-钢护筒; 4-岩层面; 5-桩内水下混凝土; 6-桩外侧与孔壁间水下混凝土

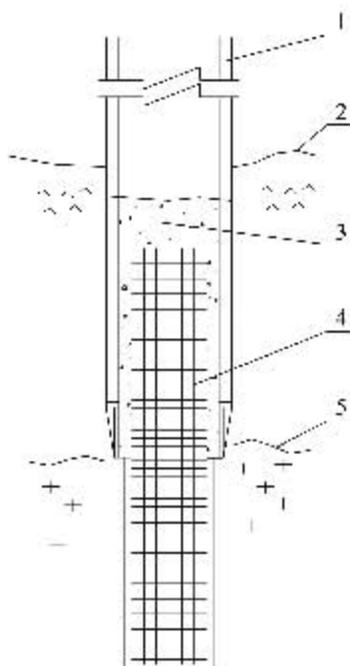


图 P.0.3 预制型芯柱嵌岩桩嵌岩形式示意图

1-预制桩;2-覆盖层或混凝土套筒砂层顶面;3-桩芯柱混凝土;4-钢筋笼;5-岩层面

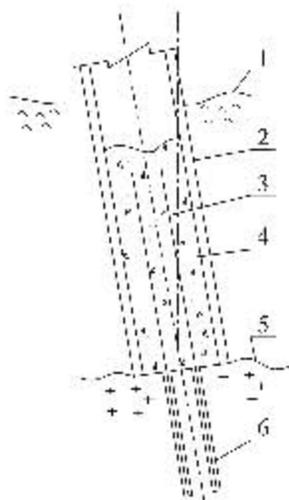


图 P.0.4 预制型锚杆嵌岩桩下段锚固形式示意图

1-覆盖层顶面;2-预制桩;3-锚杆;4-桩芯混凝土;5-岩层面;6-锚固水泥浆

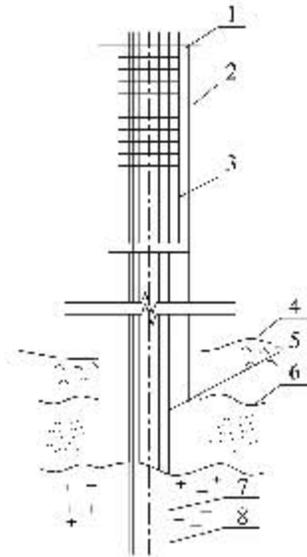


图 P.0.5 预制型锚杆嵌岩桩上段锚固形式示意图

1-桩芯混凝土;2-预制桩;3-钢筋笼;4-覆盖层顶面;5-钻锚孔导管;6-岩层面;7-锚杆;8-锚固水泥浆体

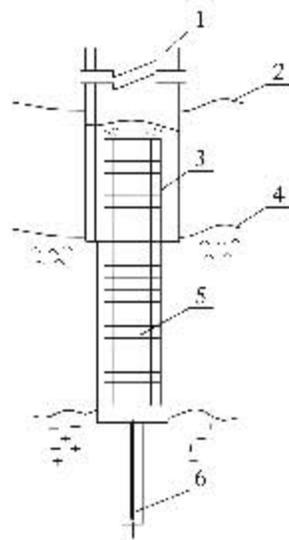


图 P.0.6 组合嵌岩桩锚固形式示意图

1-灌注桩或预制桩;2-覆盖层顶面;3-钢筋笼;4-岩层面;5-嵌岩柱;6-锚杆

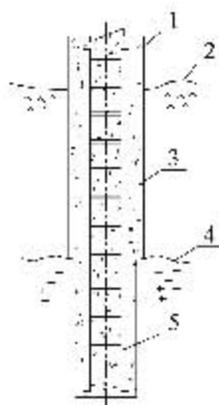


图 P.0.7 预制型芯柱嵌岩桩型钢笼嵌固形式示意图

1-预制桩;2-覆盖层顶面;3-桩芯混凝土;4-岩层面;5-型钢笼

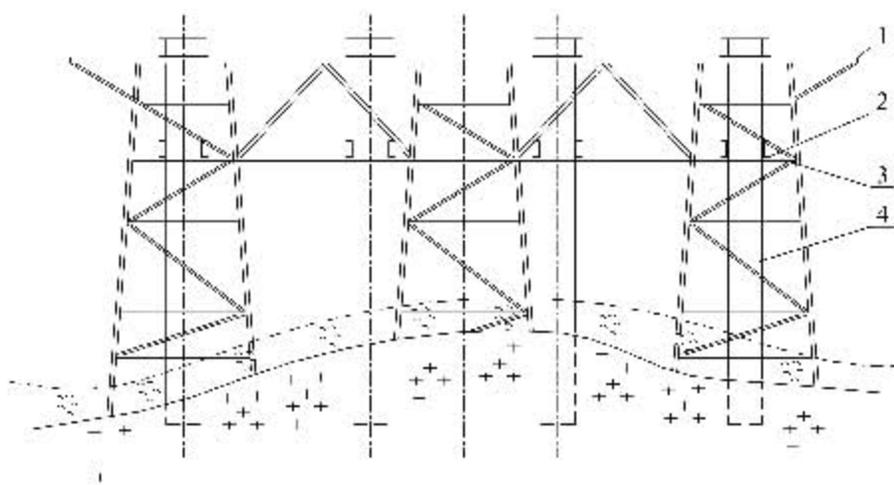


图 P.0.8 支撑式钢桁架平台结构示意图

1-上平台;2-桩定位构件;3-下平台;4-工程桩

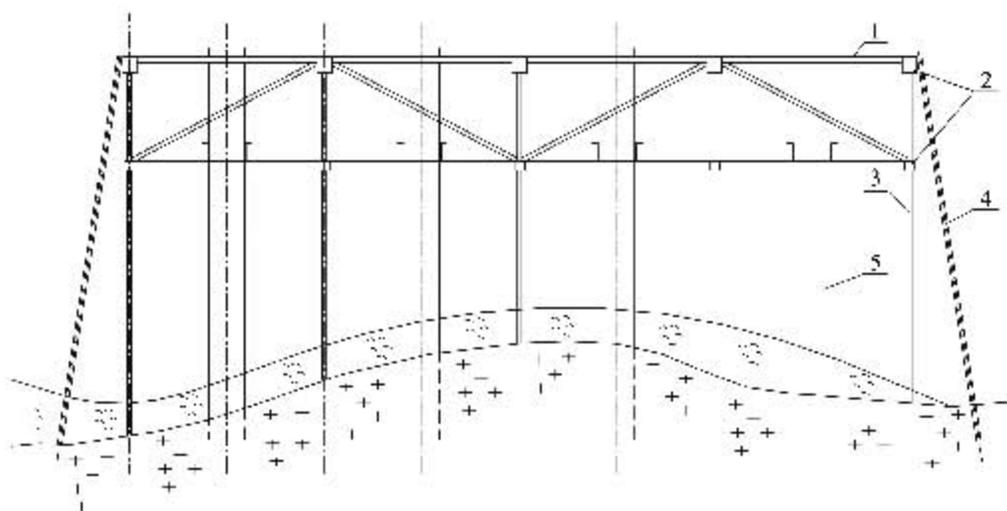


图 P.0.9 活动式钢桁架平台结构示意图

1-双层钢桁架平台;2-套管;3-垂直可伸缩支撑柱;4-斜撑杆或锚缆;5-工程桩

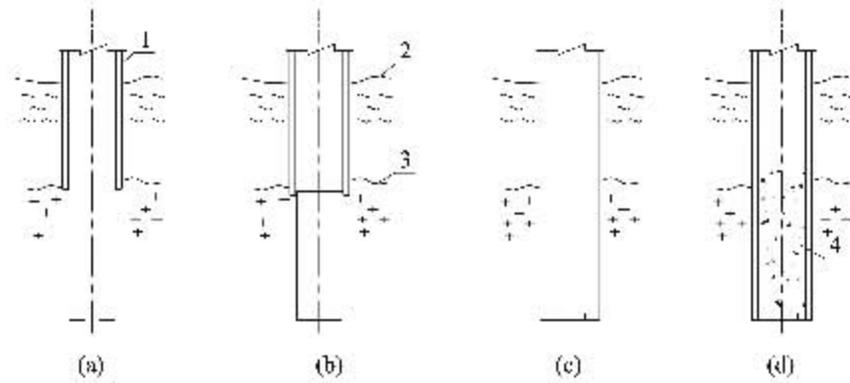


图 P.0.10 预制型植人嵌岩桩钻岩复打桩锚固法施工示意图

(a) 稳桩;(b) 钻孔;(c) 复打;(d) 清孔、灌注水下混凝土

1-预制钢管桩;2-覆盖层顶面;3-岩层面;4-桩芯混凝土

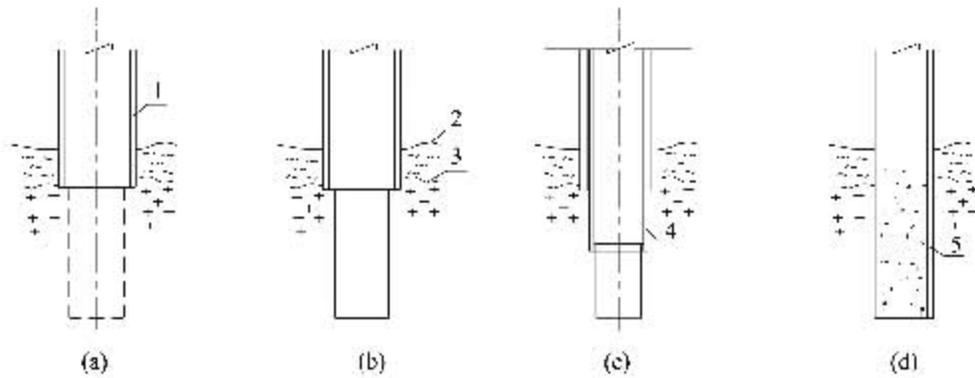


图 P.0.11 预制型植人嵌岩桩采用钢护筒钻岩打桩锚固法施工示意图

(a) 钢护筒定位沉入;(b) 钻孔;(c) 打入预制桩;(d) 清孔、灌注水下混凝土,拔出钢护筒

1-钢护筒;2-覆盖层顶面;3-岩层面;4-预制桩;5-桩芯混凝土

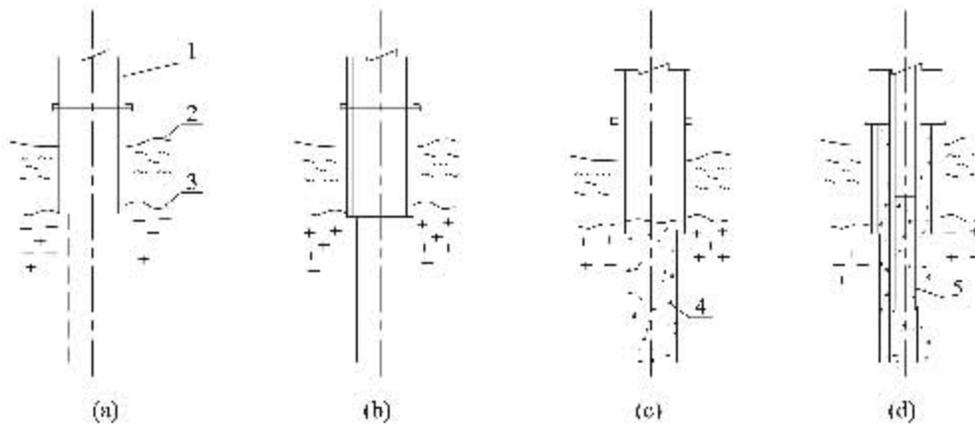


图 P.0.12 预制型植人嵌岩桩挤实锚固法施工示意图

(a) 钢护筒定位沉入;(b) 钻孔;(c) 清孔、灌注水下混凝土;(d) 打入预制桩、拆除钢护筒

1-钢护筒;2-覆盖层顶面;3-岩层面;4-水下混凝土;5-预制桩

附录 Q 本规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (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)表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

1. 《工程测量规范》(GB 50026)
2. 《钢结构工程施工质量验收标准》(GB 50205)
3. 《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)
4. 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)
5. 《树脂浇铸体性能试验方法》(GB/T 2567)
6. 《混凝土结构试验方法标准》(GB/T 50152)
7. 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》(GB/T 709)
8. 《焊接接头拉伸试验方法》(GB/T 2651)
9. 《焊接接头弯曲试验方法》(GB/T 2653)
10. 《焊接接头冲击试验方法》(GB/T 2650)
11. 《钢结构设计标准》(GB 50017)
12. 《焊缝无损检测 超声波检测 技术、检测等级和评定》(GB/T 11345)
13. 《焊缝无损检测 射线检测》(GB 3323)
14. 《环境空气质量标准》(GB 3095)
15. 《爆破安全规程》(GB 6722)
16. 《钢结构焊接规范》(GB 50661)
17. 《水运工程桩基设计规范》(JTS 147—7)
18. 《水运工程测量规范》(JTS 131)
19. 《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
20. 《水运工程结构防腐蚀施工规范》(JTS/T 209)
21. 《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)
22. 《先张法预应力混凝土管桩钢模》(JC/T 605)
23. 《水运工程质量检验标准》(JTS 257)
24. 《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)
25. 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ 46)
26. 《钢筋机械连接用套筒》(JG/T 163)
27. 《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)
28. 《水运工程地基基础试验检测技术规程》(JTS 237)
29. 《水运工程基桩试验检测技术规范》(JTS 240)
30. 《港口工程后张法预应力混凝土长管节管桩设计与施工规程》(JTS/T 167—17)
31. 《水运工程预制高强混凝土薄壁钢管桩设计与施工规程》(JTS 167—15)
32. 《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363)
33. 《建筑桩基技术规范》(JGJ 94)

附加说明

本规范主编单位、参编单位、主要起草人、 主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位：中交第三航务工程局有限公司

参编单位：中交上海三航科学研究所有限公司

上海港湾工程质量检测有限公司

中交第三航务工程勘察设计院有限公司

中交第一航务工程局有限公司

中交第二航务工程局有限公司

中交第四航务工程局有限公司

中交三航局第二工程有限公司

主要起草人：郑荣平(中交第三航务工程局有限公司)

丁 健(中交第三航务工程局有限公司)

曹义国(中交第三航务工程局有限公司)

王何汇(中交第三航务工程局有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

于文津(中交三航局第二工程有限公司)

孔友南(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

汤 涛(中交第三航务工程局有限公司)

吴 锋(中交上海三航科学研究所有限公司)

邱 松(中交第三航务工程局有限公司)

何超然(中交第二航务工程局有限公司)

余青山(中交第四航务工程局有限公司)

余振刚(中交第三航务工程局有限公司)

沈 群(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

张跃辉(中交第三航务工程局有限公司)

胡金雄(中交第三航务工程局有限公司)

胥新伟(中交第一航务工程局有限公司)

夏显文(中交第三航务工程局有限公司)

黄周泉(中交第三航务工程局有限公司)

黄剑锋(中交第二航务工程局有限公司)

曹金宝(上海港湾工程质量检测有限公司)

曹称宇(中交第三航务工程勘察设计院有限公司)

黎亚舟(中交第三航务工程局有限公司)

主要审查人:仇伯强

(以下按姓氏笔画为序)

王剑波、刘耕、刘齐辉、许廷兴、李一勇、应永良、张一禾、

金晓博、赵冬梅、滕爱国、魏宏大

总校人员:刘国辉、李荣庆、刘连生、董方、檀会春、郑荣平、刘卫星、

聂亚楠、曹金宝、邱松、富坤、吴锋、孔友南、黄剑锋、

余青山

管理组人员:郑荣平(中交第三航务工程局有限公司)

邱松(中交第三航务工程局有限公司)

胡金雄(中交第三航务工程局有限公司)

曹金宝(上海港湾工程质量检测有限公司)

中华人民共和国行业标准

水运工程桩基施工规范

JTS 206—2—2023

条文说明

目 次

1	总则	(97)
2	术语	(98)
3	基本规定	(99)
3.1	一般规定	(99)
3.2	测量控制	(100)
3.3	成桩控制	(100)
4	施工装备	(101)
4.2	沉桩装备	(101)
4.3	成孔装备	(103)
5	预制混凝土桩	(104)
5.1	一般规定	(104)
5.2	制作	(104)
5.3	吊运和堆存	(105)
5.4	沉桩	(105)
6	钢管桩	(107)
6.1	一般规定	(107)
6.2	制作	(107)
6.3	焊接	(107)
6.6	沉桩	(108)
7	组合桩	(109)
7.2	拼接	(109)
8	灌注桩	(110)
8.1	一般规定	(110)
8.2	成孔	(110)
8.4	混凝土灌注	(111)
8.5	灌注桩后注浆	(111)
9	嵌岩桩	(112)
9.2	沉桩	(112)
9.3	成孔	(112)
9.4	混凝土灌注	(113)
9.6	预制型嵌岩桩	(113)

10 质量控制	(116)
10.1 打入桩	(116)
10.2 灌注桩和嵌岩桩	(116)
附录 J 夹桩结构形式	(117)

1 总 则

1.0.2 本条中桩基适用范围还包括围堰、基坑支护、地下空间等临时工程桩基。

随着新技术不断涌现,水运工程领域也出现了一些新桩型和各种组合桩等,这些新桩型的技术要求、制作工艺、成桩工艺与传统桩型也有一定的差异;随着工程规模扩大,设计采用的钢管桩长度、直径和壁厚也越来越大,对施工技术提出了新的要求;嵌岩桩也呈现出桩径、斜率越来越大,嵌岩深度越来越长,基岩硬度越来越高等特点,施工难度越来越大。随着施工经验的逐步积累和技术的日趋成熟,本次制订补充了相关内容。

2 术 语

2.0.3 成桩的施工工艺和方法是指打入、静压、振动和旋喷、注浆、钻孔、嵌岩、植入、安装钢筋笼、灌注混凝土等。

2.0.9 组合桩一般是指预应力混凝土管节与钢管节连接而成的桩。当混凝土管节在上面,钢管节在下面时,钢管节长度不大于1m时,这种钢管节称为桩靴;钢管节长度大于1m时,混凝土管节和钢管节的连接体称为组合桩。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本条列出了桩基施工应具备的资料,这些资料对桩基施工非常重要。其中,水情指的是江河湖泊的自然状况、特征及地理意义,如流量、水位、流速、水温与冰情等,水情也会影响桩基施工方案和设备的制定。

3.1.2 (1)桩基工程施工前的准备工作之一是相关资料收集、分析。其中,周围环境包括相邻构筑物、设施仪器、水下和地下管线、水环境等,提示设计和施工人员注意拟建工程与已有工程、设施的相互影响。

(6)如船坞、船闸、滑道等建筑物施工时,成桩前、后的施工工序,浇注混凝土、挖泥、填土、降水等,会对成桩施工质量造成一定的影响,出现基桩位移、成桩困难、成桩影响周边环境等现象。所以,制定成桩方案时需充分考虑成桩前、后工序的相互影响。

3.1.5 在渗透性较差的饱和土层沉桩,由于沉桩振动挤土产生的超孔隙水压力难以迅速消散,土体抗剪强度降低。另外,沉桩时锤击振动也会降低周围土体的抗剪强度。故一般要根据试验或经验确定沉桩速率,以利于岸坡的稳定,降低或消除对邻近建筑物的影响。

重锤轻打指的是选用较重的锤,以较低的落距锤击沉桩。重锤轻打的好处有三点:一是锤对桩头的冲击力小,桩头不易被打碎;二是锤对桩的冲击力作用时间长,锤击能量大部分都可以用来克服桩身与土的摩阻力和桩端的阻力,沉桩效率高;三是锤的回弹小、振动小,因此相对轻锤重击的方法,重锤轻打可降低对周围环境的影响。

低频锤击能有效减少对周围环境的影响,也是一种有利于岸坡或邻近建筑物稳定的施工措施。

3.1.7 船坞、船闸、基坑和板桩驳岸码头等结构桩基施工以后,需挖泥施工时,挖泥过程中坞墙、边坡、板桩常常发生位移,所以规定了控制施工挖泥顺序、速度和方向。

3.1.8 沉桩后填土是有些水工建筑物的常用工艺,然而填土对桩基的受力变形可能造成较大的影响,施工时需要考虑填土对已施工桩基的桩位变位影响,比如锚碇式坞墙、板桩驳岸码头等结构施工以后,往往需要进行墙后回填,墙后回填材料、顺序、速度以及墙后土体地下水位变化,会造成坞墙、板桩和后面的锚碇结构不同程度的位移,所以需要按照设计要求、承载力、受力和稳定验算结果控制填土施工。

3.1.10 当地质条件复杂时,沉桩施工存在一定的未知性,需要进行试沉桩确定沉桩参数。如通过试沉桩检验穿过桩端设计高程以上的硬土层、沉排或抛石棱体等的可行性;通过试沉桩测试桩端进入持力层的深度和最后贯入度;通过试沉桩验证沉桩设备性能、桩身结构强度与地质条件适应性。试沉桩可以验证满足设计承载力要求的施工工艺、沉桩设

备、沉桩控制参数和停锤标准等的可行性。

3.2 测量控制

3.2.1 测量控制网、点是施工放样重要依据,细部点放样精度在很大程度上依赖于控制点的稳定和精度,有些时候甚至直接从控制点引测。测量控制网、点位不准将影响工程质量,甚至严重影响工程构筑物使用功能,所以,施工前对测量控制网点的系统、等级、精度和设置进行复检验收是必要的。

3.2.9.1 规定“采用任何一种定位方法应有多余观测”是为了避免个别测站出差错。如:角度前方交会法,从理论上讲,采用两台经纬仪就可确定桩位,但在生产实践中时有放错角值,给工程造成损失,故在沉桩定位中需采用三台经纬仪,以形成多余观测值、相互校核。

3.2.9.2 采用直角交会或前方交会进行沉桩定位测量时,引用了《水运工程测量规范》(JTS 131—2012)的相关规定:采用前方交会时,相邻两台仪器视线的夹角应控制在 30° ~ 150° 范围以内。

3.2.9.5 沉桩定位中,需要采用水准仪确定经纬仪视线在设计桩位处的高程,由于水准仪器结构关系,视准轴与水准管轴不严格平行,形成残留夹角(i 角),故在作业中要尽量使前、后视距接近相等,以消除 i 角和地球曲率影响。

3.3 成桩控制

3.3.6 锤击沉桩过程中,贯入度值控制的确定是一项重要工作。当锤型锤能和地质力学指标确定后,贯入度过大则影响桩的承载力,过小则沉桩困难,甚至影响桩锤和桩体安全。

采用静荷载试验法、高应变法试桩或试沉桩等方法可以用来确定、校核沉桩贯入度控制值。采用这些方法还可以事先检验所选用的船机设备能否将桩贯穿所在区域的土层,达到设计高程,为施工可行性提供依据。

试桩时要求试验桩位附近有代表性地质钻孔、具有详细的土层分层和土的物理力学指标,是为了明确试验成果的适用条件,同时也是为试验成果应用到相同物理力学指标的土层的成桩控制提供分析、计算的依据。

锤击沉桩控制受地质、桩型、锤型和锤击能量等因素影响,是一个复杂问题,在其他因素确定之后,桩端土层往往对沉桩控制有很大影响。

埋藏不是很深的可塑状黏性土,只要选锤得当,一般都可将桩打至设计高程。

当桩端持力层为砾石、密实砂土或风化岩层时,沉桩往往是很困难的,如土质不均匀,对沉桩会有很大影响。为了确保桩端能打入硬土层,条文中规定当沉桩贯入度已达到控制贯入度而桩端高程未达到设计高程时,要求继续锤击贯入100mm或锤击30击~50击,是为了避免沉桩中出现的虚假现象。当沉桩贯入度已达到控制贯入度,桩端未达到设计高程且超高大于1m时,则需要做具体分析,过于强调硬打可能使锤与桩受到损坏。

对于桩端低于设计高程较多而贯入度仍较大或桩端高于设计高程较多而贯入度已很小的情况,常需根据具体情况研究解决,有时需用动力试验法对桩的承载力和桩身完整性进行检测。

4 施工装备

4.2 沉桩装备

4.2.1 在选择打桩船时,结合桩位的平面图和当地地形,打桩船需具备转向和移位性能,方能保证桩的就位。桩架高度确定的原则是保证桩在竖立时,桩端不触及泥面。富裕高度是防止滑车和桩架顶滑轮损坏及桩锤正常工作的富裕量。在计算施工水深的时候,需要注意潮位变化对水深的影响。

4.2.3.3 跑道背板是指固定于打桩锤上、能够沿着桩架上的跑道上下移动的部件,其作用是维持桩锤稳定,当桩锤上下移动时,能保持锤与桩架平行。

4.2.5.3 送桩器下段开孔让空心桩内腔与外界连通,目的是防止空心桩内腔空气被压缩造成桩体开裂,常用的空心桩包括预制混凝土管桩、预制混凝土方桩等。

4.2.6.1 混凝土方桩桩垫尺寸与桩顶截面相同,桩垫开孔,使桩顶预留钢筋穿过桩垫,是合理的做法。桩垫尺寸与预留钢筋内围尺寸相同的做法,减少了传递锤击能的接触面积,容易造成桩顶碎裂,是不合理的。

4.2.7 合理选择锤型对振动沉桩非常重要,国外关于振动沉桩的研究较早,也建立了理论计算方法,但由于桩-土相互作用机理非常复杂,振沉计算所需要参数难以获得,参数取值的离散性也较大,会对计算结果带来较大影响,因此理论计算公式难以应用于工程实践。鉴于此,国外有不少研究机构和一些大型振动锤生产商在总结多年施工经验的基础上,各自提出了振动沉桩的经验公式,较为著名的有日本建机调查株式会社、法国 PTC 公司、美国 ICE 公司等,这些经验公式虽然在理论上不够完善,计算结果和实际工程相比也存在一定的误差,但还是给锤型选择提供了重要参考。这类分析理论认为使钢管桩顺利沉入的基本条件有两个:

(1) 振动锤的激振力大于动侧摩阻力,动侧摩阻力等于摩阻力降低率 μ 乘以静侧摩阻力;

(2) 振动体系的振幅大于必要振幅,也就是振动体系的振幅超过一定值,才能有效破坏桩土之间的黏结阻力,达到顺利下沉的目的。

首先,对于振动锤激振力的要求:

(1) 日本建机调查株式会社认为钢管桩摩阻力降低率 μ 和振动体系的本身参数(振动体系质量、偏心矩、振动频率等)以及土体参数有关;

$$\mu = \mu_{\min} + (1 - \mu_{\min})e^{-\eta} \quad (4.1)$$

式中 η ——振动体系最大振动加速度和重力加速度的比值;

μ_{\min} ——降低率的最小值,砂土取 0.05、淤泥质黏土取 0.06、黏土取 0.13。

(2)法国 PTC 公司经验公式根据土体性质、 N 值等参数直接给出了动侧摩阻力经验值,分析时直接把动侧摩阻力经验值代入计算,如表 4.1 所示;

表 4.1 法国 PTC 动侧摩阻力参考值

标准贯入击数(SPT) N (击)		动侧摩阻力 (kPa)
非黏性土	黏性土	
0~5 饱和	0~2 很软	6~10
5~10 很松散	2~5 很软	12
10~20 松散	5~10 中硬	13
20~30 中密	10~20 硬	15
30~40 密	20~30 很硬	16
40 以上很密	30 以上极硬	17

注:动侧摩阻力值为考虑内外壁动侧摩阻力的综合值。

(3)美国 ICE 公司认为桩侧摩阻力降低率 μ 和土参数有关,并给出了不同土体的 μ 参考取值,一般在 0.1~0.4 之间,如表 4.2 所示。

表 4.2 美国 ICE 公司推荐桩侧摩阻力降低率

土 类	μ
圆粗砂 Round Coarse Sand	0.1
软壤土/泥灰岩,软黄土,陡坡积土 soft loam/marl, soft loess, stiff cliff	0.12
圆中砂,圆砾 round medium sand, round gravel	0.15
细角砾,角壤土,角黄土 fine angular gravel, angular loam, angular loess	0.18
圆细砂 round fine sand	0.2
角砂,粗砾 angular sand, coarse gravel	0.25
角/干细砂 angular/dry fine sand	0.35
泥灰岩,硬/非常硬黏土 marl, stiff/very stiff clay	0.4

其次,对于振幅的要求:

对于振动沉桩,只有土颗粒达到最大振动速度、加速度和振幅时,才能迅速破坏桩-土间的黏结作用,降低沉桩阻力。其中振幅为一个振动周期内振幅最大值与最小值的差值,表达如下式:

$$A = \frac{M}{Q_0} \quad (4.2)$$

式中 A ——振幅(m);

M ——偏心力矩(kN·m);

Q_0 ——振动体系总重量(桩重+夹桩器重+振动锤重)(kN)。

(1)日本建机调查株式会社认为必要振幅与土的标贯击数 N 值有关,必要振幅 $A_0 = \frac{N}{12.5} + 3$ (mm),值得注意的是,该要求一般适用于电动振动锤;

(2)法国 PTC 公司认为,必要振幅需满足表 4.3 的要求。

表 4.3 法国 PTC 公司振动下沉最小振幅要求

标准贯入度(SPT) N (击)	在非黏聚性土壤中干振 (mm)	在黏聚性土壤中干振 (mm)	在有水的情况下或借助于 其他方法时的非黏聚性土壤 (mm)
0~5	2	3	1
5~10	2.25	3.25	1.5
10~15	3	3.5	2
15~30	3.5	3.75	2.5
30~40	4	4.25	2.75
40~50	4.5	4.75	3.75
>50	≥5	≥5.75	≥4

注:借助于其他方法可以将筒内的土挖出或辅以冲水。

(3)美国 ICE 公司认为,砂质土壤振动液化程度较高,必要振幅为 3.0mm;黏性土由于土壤可能跟随桩壁运动,振幅需达到 6mm 才能破坏桩侧阻力;在非常理想情况下,如在水下的砂质土壤,要求振幅达到 2.0mm。

4.3 成孔装备

4.3.4 回旋钻机需提供的扭矩和钻压是根据岩石强度、钻头布刀形式和数量,通过破岩受力计算得出。

4.3.16 套管钻机是利用钻机旋转装置的旋转使钢套管与土层间的摩阻力大大减少,边旋转边压入,同时利用冲抓斗、冲击锤挖掘取土,直至套管下到桩端持力层为止;挖掘完毕后立即进行挖掘深度的测定,并确认桩端持力层,然后清除虚土;成孔后将钢筋笼放入,接着将混凝土导管竖立在钻孔中心,最后灌注混凝土成桩。

5 预制混凝土桩

5.1 一般规定

5.1.5 通常情况下桩的长细比的限值主要是为了控制桩的压屈失稳。在沉桩施工期,单桩在沉桩过程中的受力状态符合悬臂结构,在动荷载作用下无法完全避免偏心锤击,从而产生水平方向的阻尼振动。在持续锤击力作用下会加大阻尼振动的振幅,当阻尼振动的最大振幅超过一定限值时,将不可避免地产生桩损,如桩顶混凝土破坏、桩身混凝土表面开裂等。当与其他不利因素如锤能过大、地质复杂、斜桩施工等叠加后,桩损将进一步加剧,造成更严重的后果。因此预制混凝土桩的长细比不宜过大,根据以往施工经验,建议控制在60以内,因此超过60属于长细比较大的情况。

5.1.6 施工时备用桩的数量一般根据具体工程条件而定,根据桩型、地质、沉桩设备、工艺和周围环境,分析沉桩损坏的概率,估算损桩数量,计算备桩数量,一般取同类型桩总数的0.5%~1%;同类型桩数量较少时,由相关单位协商确定。

5.1.7 预应力混凝土管桩设置排气孔的目的是防止沉桩水锤效应影响造成桩身混凝土开裂,沉桩完成后堵住排气孔的目的是隔绝管桩内腔和外界的接触,避免造成管桩内部腐蚀。一般情况下堵住泥面以上的排气孔即可,泥面以下的排气孔自然堵住。

5.2 制 作

5.2.1.1 在露天台座制作预应力混凝土桩,施加的预应力常常会受到环境影响而损失,故要求采取必要的措施。如,张拉好的钢筋骨架在露天的模板中停放时间过长将影响预应力值,当张拉后不能及时浇注混凝土时,要求将已张拉的钢筋放松到张拉应力的70%,待浇注前再重新张拉。

5.2.1.3 空心桩预制工艺采用的充气胶囊,在浇注和振捣混凝土时容易上浮和偏移,造成桩的空心部分偏心。据调查,大部分断桩是空心部位偏移过大而造成的,故应引起重视。

5.2.5 (4)混凝土管桩采用免高压蒸养比高压蒸养的混凝土初始坍落度较大的原因:①使用的早强型聚羧酸减水剂具有优良的分散性能和减水率,能有效打开水泥胶团,释放出被水泥胶团包裹的水分,所以在同等水胶比的情况下,用早强型聚羧酸减水剂的混凝土的坍落度较大;②早强型聚羧酸减水剂对水泥水化无阻碍作用,因此采用早强型聚羧酸减水剂的混凝土的坍落度损失较快,初凝时间提前。因此需要较大的初始坍落度使混凝土在布料和振捣环节具有良好的工作性能,而在离心甩浆过程中能迅速成型。而且较大的初始坍落度也有利于混凝土在振捣和离心后更加密实,提高混凝土强度,而且成型后的管

桩内外面光滑。结合目前实际施工经验,采用免高压蒸养时,混凝土拌合物坍落度控制在140mm~180mm之间。

5.2.13 采用钢棒作为预应力主筋时,将其端部的镦头安装于端板的锚孔内,以此达到锚固的目的,可顺利实现张拉操作;采用钢绞线作为预应力主筋时,管桩接头端板平面上无法参照大管桩布置夹片式锚具,原因有三点:

(1) 钢绞线自身特点决定了无法制作镦头;

(2) 先张法预应力施工不具备预留管道,每根钢绞线需要均匀分布在管桩圆周上,而钢绞线数量较多,其锚具需要具备体积小特点;

(3) 用于管桩接头焊接的专用端头,其长度有限,锚夹具锚固系统将超出专用端头。

5.3 吊运和堆存

5.3.9.4 通过计算和大管桩现场测试,大管桩堆存支垫间距一般不大于4m,否则大管桩内壁容易产生细微裂缝。由于堆存的支垫间距过大容易产生裂缝,因此这里将大管桩的堆存支垫要求扩展到其他预应力混凝土管桩。

5.4 沉 桩

5.4.4 锤击沉桩过程中桩身出现的拉、压应力是受多种随机因素影响而造成的。一般而言,拉应力最大值发生在沉桩初期或中间时段,压应力最大值发生在沉桩终期。拉应力最大值出现于桩身中、上部,压应力最大值出现于桩的顶部或底端部,特别是端承桩的底端部。

控制沉桩时桩身内部应力的方法有:制定合理的停锤标准,防止超负荷沉桩;保持桩架与桩锤平行,调节桩、锤、替打同心,避免偏心锤击;根据地质和贯入度的不同调节锤击能量;使用和及时更换削峰蓄能性能好的锤垫和桩垫等。

5.4.5 斜桩下桩过程中,桩架宜与桩的设计倾斜度保持一致,但需要综合考虑沉桩后,桩型、桩径、地质、桩端入土深度及自由长度(嵌固点至桩顶长度)对倾斜度的影响,留有适量的预留量,预留量的大小一般根据施工经验或试沉桩确定。

5.4.9.5 锤击沉桩时,在管桩下桩后,管桩空腔内留有气体、水体或涌入的淤泥,在锤击过程中这些媒介会产生动水压力,当动水压力达到某一值后会使得桩身产生纵向裂缝,因此,在桩身适当部位和送桩器、替打上设置排气孔。对于钢筋混凝土管桩,为了防止在锤击过程中管桩空腔内产生水锤效应,一般不允许在桩顶淹没状态下沉桩。

5.4.9.9 沉桩振动可能引起岸坡失稳、邻近建筑物位移、沉降甚至倒塌毁坏,因此,在总结以往经验教训的基础上,提出了施工前分析沉桩过程中岸坡稳定性。

5.4.9.10 根据桩身结构、桩的斜率、水深以及水流、波浪情况复核施工期单桩稳定和桩的受力变形情况,采取必要加固措施,及时将已沉的桩连成一体。施工期一般需要定期复测水深情况,掌握基床的冲淤变化并注意其对桩身结构的影响。

5.4.9.11 本款规定了桩穿透抛石层的有关要求。根据以往的施工经验,钢管桩穿透抛石层的能力较强,一般抛石层厚度小于5m、下卧层是软土地基时,可以直接穿透;预应

力混凝土桩穿透抛石层的能力较差,一般能穿透2m以内的抛石层,PHC管桩采用钢桩靴加强加长措施对沉桩穿透抛石层有利。如果抛石层太厚,粒径较大,一般要对桩位处抛石层进行处理,采用搭设施工平台、冲击成孔,穿透抛石层后再沉桩。

5.4.11 本条规定了吊打沉桩的有关要求。吊打沉桩是指采用不同的方法使桩事先定位,然后用起重设备起吊装有柴油锤的锤笼、液压锤、振动锤,将桩锤下部的定位套筒套在桩顶上定位,启动桩锤进行沉桩作业的施工工艺。在采用常规设备沉桩工艺受到限制时,如桩架尺度及性能、作业现场船机设备布置或船机设备配备的限制等,吊打沉桩能发挥较好的作用。条文中有关参数的选取是根据桩锤性能和施工经验确定的。

5.4.12 内冲内排法是指由桩内腔布设的水管喷嘴向桩端土层射水,泥砂用压缩空气辅助沿桩内空腔从桩顶排出;内冲外排法是指由桩内腔布设水管喷嘴向桩端土层射水,泥砂沿桩外壁周围空隙排出。由于外冲外排冲水管位不易固定,桩端易失去导向作用,本条推荐内冲内排,一般已不采用外冲外排。

内冲外排与内冲内排相比,桩位偏差和承载力降低均较大,故推荐采用内冲内排法。

当桩端达到一定高程需进行锤击沉桩时,考虑到仅锤击贯入可能发生堵管现象,水压力仍应维持0.1MPa以下。

6 钢管桩

6.1 一般规定

6.1.5 目前,用于港口码头工程的钢管桩主要采用螺旋焊缝和卷制直缝钢管,规格多在 $\phi 600 \sim \phi 3000\text{mm}$ 之间,壁厚 $12\text{mm} \sim 30\text{mm}$ 。工厂预制时每节管长 $6\text{m} \sim 15\text{m}$,组装采用对接焊,接长至设计桩长。钢管的制作方法,主要依据生产条件和施工单位的经验。从调查的情况看,近几年的大型工程,如:洋山深水港码头、马迹山矿石中转码头、东海大桥、杭州湾大桥等工程都采用了螺旋焊缝的制作方法;中交第三航务工程勘察设计院有限公司、中交第三航务工程局有限公司设计、施工的工程中,钢管桩大多为螺旋焊缝卷制,直径 $\phi 3000\text{mm}$ 以上的桩采用直焊缝钢管较多;由中交第一航务工程局有限公司施工的工程,采用直缝钢管较多,但也用螺旋焊缝的钢管。从使用情况和对相关生产厂家的了解,两种制作方式均可,螺旋焊缝的效率更高一些。施工和使用中没有发现因制作方法不同而产生的质量问题。

6.2 制作

6.2.3 管端平面倾斜允许偏差的规定引自有关行业标准和多年的实践经验。在钢管节施工拼装中需要注意克服累积偏差,保证整桩质量。

6.3 焊接

6.3.5 桩的焊接层数一般为三层或三层以上,即封底焊、中间层焊和盖面焊。封底焊采用小直径焊条,主要是保证根部焊透。焊道太厚容易引起焊不透和未熔合等缺陷,焊接层数一般根据板厚和焊接工艺而定。

6.3.8 钢材焊接时的环境温度会对钢材的温度产生影响,在低温状态下钢材是脆性的,若温度过低,焊接后骤冷容易引起焊缝金属收缩裂缝,故应予避免。环境温度较低时,预加热等限制要求是根据行业标准《钢结构焊接规范》(GB 50661—2011)等标准的有关规定提出的。

6.3.14 由于钢管桩常常会经受较大的锤击力和使用时的波浪力等可变荷载作用,焊缝有裂缝、未熔合、未焊透会削弱桩的有效截面,产生局部腐蚀,引起应力集中使得焊缝损坏,因此本条要求所有焊缝均应进行外观检查。

6.3.16 各行业规范对焊缝的探伤检查的定量规定差别很大。本条文的规定是基于多年来的工程施工情况进行调查和了解,为达到所规定焊接、探伤的要求,参照国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2017)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—

2020),对一般按二级质量要求钢管桩焊缝质量进行控制;柔性靠船桩建筑物的钢管桩,由于其重要性,将焊缝等级提高,按一级质量要求进行控制。

根据钢管桩的受力特点,对环缝的要求高于纵缝,重点探伤位置放在容易产生质量问题的焊接起弧点、焊缝交叉处及桩身受弯矩较大的部位。对特殊工程,如直接用钢管桩作为靠船设施、外海工程或承受荷载较大较复杂的工程,探伤范围、数量应增加。

6.3.17 对不合格的焊缝的修补次数不应超过2次,是因为多次的修补会引起焊缝金属的脆性增加,甚至会降低焊缝附近母材的强度。

6.6 沉 桩

6.6.5 锅盖式替打适用于陆上小直径钢管桩,一般不设滑槽。水运工程多采用吊钟式替打,用导向板插入钢管桩内足够长度,避免因船体横摇引起替打导向板滑出。

6.6.8.2 直径大于或等于3m的钢管桩沉桩通常使用大能量液压锤,锤型与替打往往是由制造厂商事先匹配好的,但工程实践中经常出现新的桩型,导致替打的直径无法与桩径匹配,此时往往通过增设变径环替打的方法来解决。变径环会带来锤击能量的损失,从而导致能量传递效率的降低,所以需要进行可打性分析。

7 组合桩

7.2 拼 接

7.2.2.4 预应力混凝土管桩与钢管节拼接形成的组合桩,设计时一般会考虑接头位置避开最大弯矩段,尽量减少接头在施工期和使用期的不利因素影响。但在实践中,综合考虑设计承载力要求、水文、地质及船机设备等因素影响后,仍无法将组合桩接头布置在最理想位置的情况是可能存在的。在此情况下,建议采取接头加强措施,即采用过渡法兰与混凝土端板焊接,见图 7.1 中管桩端板、过渡法兰、钢管节的连接。

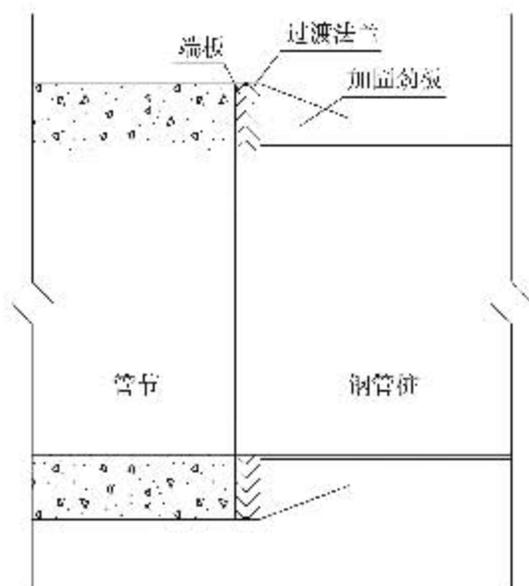


图 7.1 PHC 管桩与钢管组合桩连接接头结构示意图

8 灌注桩

8.1 一般规定

8.1.3 灌注桩施工平面布置,是工程项目施工总体平面布置的一部分,所以需在工程项目施工组织设计中统一安排。

8.1.4~8.1.6 施工平台是灌注桩施工作业的基本场地,其功能关系到灌注桩施工能否顺利开展、按时完成,故在施工组织设计编制时需要周密安排,认真设计。

8.2 成 孔

8.2.1 结构设计要求和工程特点是指:钻孔灌注桩与邻近结构之间的关系、施工相互影响。

8.2.3.1 钢护筒径厚比的规定是为了控制其变形量。除规定径厚比之外,工程实践中大直径钢护筒在制作、运输时,钢护筒上下口布置有径向加劲撑架,吊点处进行局部加强,都是为了控制护筒局部变形量。

8.2.3.2 目前国内已有项目采用UHPC等新型护筒施工灌注桩。

8.2.3.3 《码头结构施工规范》(JTS 215—2018)规定钢护筒直径与钻孔桩的直径差值上限为300mm。目前国内不少水工建筑物使用大直径钢管桩作为钻孔灌注桩的护筒,为保证施工的顺利进行,不少工程钢护筒的直径与钻孔桩的直径差值达到了400mm,因此本款将钢护筒直径与钻孔桩的直径差值上限扩大到400mm。

8.2.10 冲击锤开孔时低锤密击,是为了保持孔壁和周围地层稳定。

8.2.11.5 本款规定钻进过程中最大冲程宜为4m~6m,根据工程经验,施工中冲击锤较重(8t以上)时取小冲程值,冲击锤较轻时取较大冲程值。当冲击倾斜岩面时,回填片石、卵石或混凝土是为了维护孔壁稳定。

8.2.13.3 本款规定了钻进过程中保证泥浆面始终高于护筒底500mm以上,并严格控制钻进速度,是为了避免钻进过快造成坍孔埋钻事故。

8.2.22.4 根据国内近年来部分海洋工程实践,采用海水调制钻孔循环泥浆,存在部分参数不稳定的情况,所以使用前需要试验验证。海水拌制泥浆与淡水拌制泥浆相比稳定性相差很大,故一般使用淡水拌制泥浆。

8.2.24 泥浆会不可避免地渗入土中对环境造成一定的污染,因此在环境要求较高的地区施工灌注桩时,推荐采用对环境影响较小且满足相关标准的环保泥浆。

8.2.32 地下水位较高,有承压水的砂土层、滞水层、厚度较大的流塑状淤泥或淤泥质土层,在这些土层成孔时容易发生塌孔,影响施工人员的安全,因此对这些施工条件下不能

进行人工挖孔作了强制性限定。

8.2.34 人工挖孔桩孔深大于 10m 时,孔内容易聚集有害气体且不易排出,因此本条作出强制性规定。

8.2.37 人工挖孔桩属高危作业范围,本条提出的多款强制性规定是为了保障施工安全措施措施的落实。

8.4 混凝土灌注

8.4.4.3 关于灌注桩混凝土的集料要求,《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202—2021)与 2018 年版规范相同,均要求“集料的最大粒径不应大于钢筋最小净间距的 1/4……”。由于码头工程的灌注桩钢筋含量较大,钢筋间距较小,即使设计采取“并筋”,钢筋间距仍很小,集料粒径难以满足规范要求。在 2018 年版规范之前,灌注桩集料粒径要求满足“钢筋混凝土对于集料的要求”,施工中容易满足,2018 年版规范提高了要求,从 3/4 直接提高到了 1/4,本条规定与之一致。

8.4.5.6 随着我国钻孔灌注桩设计长度、直径越来越大,混凝土材料性能不断改善,根据多个工程项目施工调研的反馈结果,原规范中导管埋深 2m~6m 偏小,大多灌注桩施工时导管埋深均超过 6m。本规范将混凝土灌注过程中导管埋深调整到 2m~10m,以适应较长、较大直径钻孔灌注桩混凝土施工要求。

8.4.5.9 随着施工技术进步,桩顶高程测量更加准确,许多工程施工中采取桩顶废浆溢流技术,同时也是节能减排的需要,有些项目混凝土超灌高度已控制在 0.5m 以下,所以建议下限区设置为 0.5m。

8.4.10.2 挖孔灌注桩浇注混凝土时,一般都具有人工振捣密实的条件。距桩顶 10m 以外部分的桩身混凝土在人工捣实确有困难时,主要依靠其自重密实。

8.5 灌注桩后注浆

8.5.4 有关规定是参照《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363—2019)和《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008),结合水运工程建设行业施工单位的经验提出的。

8.5.6.2 实施中控制最大注浆压力一般不超过桩周土自重产生压力,避免覆土层的破坏导致桩身上抬。

8.5.6.5 浆液使用前过筛是为了防止杂物堵塞压浆孔、道;浆液制备后需要静置 5min 后才能使用,是为了消除浆液中的空气。

8.5.6.6 控制注浆速度的方法是:当正常压力下注浆速度缓慢时采取一次升压法注浆,当正常压力下很容易将浆液注入时采用分级升压法注浆。

9 嵌岩桩

9.2 沉桩

9.2.1 在嵌岩桩施工中,关于预制桩、钢护筒下沉和稳桩工艺,主要是指预制型芯柱嵌岩桩和锚杆嵌岩桩的预制桩的沉桩稳定,以及灌注型嵌岩桩钢护筒的下沉稳定问题。每项工程的基岩节理因地而异,比较复杂,所采用的技术方案和设计施工费用相差甚远,因此在编制施工组织设计时,要经技术经济论证后确定。

9.2.3 对于水上施工平台,由于其影响因素多,承载力和稳定性要求高,条文所列内容被许多工程实践证明是必需的。

(1)当采用预制桩或钢护筒本身作为施工平台荷载支撑柱时,需要计算沉桩后桩的承载能力和进入持力层的深度,不允许产生沉降,具有可靠的稳定性。根据工程实例,由于预制桩或钢护筒沉放不到位,未达到设计高程,造成钻进过程中,桩下沉、平台塌陷和桩底严重渗漏卡钻等严重事故的案例时有发生,要引以为戒。

(2)对预制型芯柱嵌岩桩或锚杆嵌岩桩,由于桩已基本沉放到基岩面上,有足够的轴向承载能力,桩身基本无沉降位移,因此,可以充分利用工程桩本身作为平台的支撑柱。据工程实践,一般有两种方法:一是在陆上先制作平台钢桁架梁,然后借助在桩上加的抱箍或钢护筒上焊牛腿搁置桁架梁;二是可先施工下横梁和墩台或先施工下横梁和墩台的二分之一高度作为施工平台结构,既经济、又极大方便了施工平台的搭设。

(3)采用支撑式双层桁架搭设施工平台,其与支撑柱的连接一般设计成可伸缩活动式结构,整个平台桁架一般在陆上或方驳上预先拼接好,然后利用起重船或方驳将平台桁架就位,依次将支撑柱自落下沉到泥岩面上,将支撑柱与桁架固接牢,再安放斜撑杆或四周抛锚将平台稳固。

9.2.4 在基岩和块石地区沉预制桩和钢护筒与摩擦桩沉桩的要求不同,有其特殊要求,桩端既要沉放到设计岩面高程,又不能造成桩端口钢板卷边,尤其是后者。水运工程中采用嵌岩桩的地域地质条件一般比较复杂,只有通过现场地质详勘或试沉桩后才能确切地了解沉桩的可行性,制定出比较合理的沉桩工艺和停锤标准。

9.3 成孔

9.3.2 导向扶正器因施工工艺不同,有各种结构形式;图9.1是一种经常使用的扶正器结构。

9.3.9 嵌岩钻进的钻压决定破岩能力和进尺速度,钻压是由钻进过程中所遇岩基地质力学指标经计算确定,如岩基单轴抗压强度、完整性等指标。减压钻进时,钻头配重,让钻机

的主钩始终承受部分钻具重量,孔底岩面承受的钻压一般不超过扣除浮力后钻具重力之和的 80%;为了减少斜桩成孔过程中钻头下垂,造成桩孔向下弯曲,一般采用加压钻进,减轻钻头自重,通过钻机和钻杆对钻头加压。

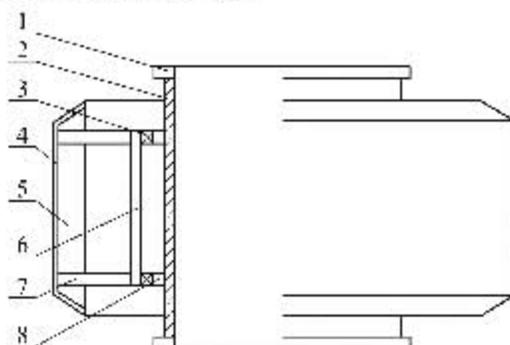


图 9.1 导向扶正器结构示意图

1-法兰接头;2-中心管;3-滚动轴承或铸铁轴套;4-导向护圈;5-筋板;6-外壳体;7-支撑筋板;8-内壳体

9.3.16 在基岩成孔过程中,护筒钢管底端口卷边现象是经常会遇到的问题。根据工程实践经验,提出了三种处理方法。

(1)直接钻进法。针对卷边不严重的情况,采用硬质合金契齿滚刀钻头,控制好钻压、钻速,能够慢慢将向内的卷边切削掉。

(2)冲锤法。针对卷边不严重的情况,在护筒钢管桩端口内抛入坚硬石块,采用冲击锤施工,控制锤重、冲程,能够通过多次冲击将桩端口扩大;针对卷边比较严重的情况,一般用冲击锤冲击端口的卷边,使之冲成碎片后,用磁铁吸出碎片。在冲击过程中,采取投入黏土、水泥封底等方式,能够防桩端流砂进入。

(3)水下切割法。针对卷边比较严重的情况,在采取安全措施后,由潜水员下潜至孔底割除卷边部分钢管。

9.3.17 预制桩或钢护筒的底端口与基岩面间涌入、渗透进流砂和碎石等是经常遇见的问题,故需要引起高度的重视。从工程实践来看,其解决得好坏,措施得当与否,对工程的进展和成本影响很大。密封技术措施一般参考采用旋喷法、压浆法、投放混凝土锤击法或下沉内钢护筒法等。

9.4 混凝土灌注

9.4.3 嵌岩灌注桩混凝土灌注时,往往在护筒、软土地层段的孔径比嵌岩段大 100mm ~ 400mm,灌注混凝土经过岩土交界面后,由于桩孔断面积扩大,混凝土面抬升速度会明显降低,为防止导管拔出混凝土面,因此要降低导管提升速度。

9.6 预制型嵌岩桩

9.6.4.2 采用钢护筒钻岩打桩锚固法施工时,先搭设水上施工平台,下钢护筒,使其稳定,根据岩性和深度,在桩芯内钻出小于植入桩径 50mm ~ 100mm 的孔至设计深度,将桩吊到孔位打至设计高程,清孔后,按设计要求灌注水下混凝土。当桩为预应力混凝土管桩

时,钢桩靴外径与管桩外径一致,长度接近嵌岩深度。

9.6.10.2 图9.2给出了一种常用钻孔固定装置。

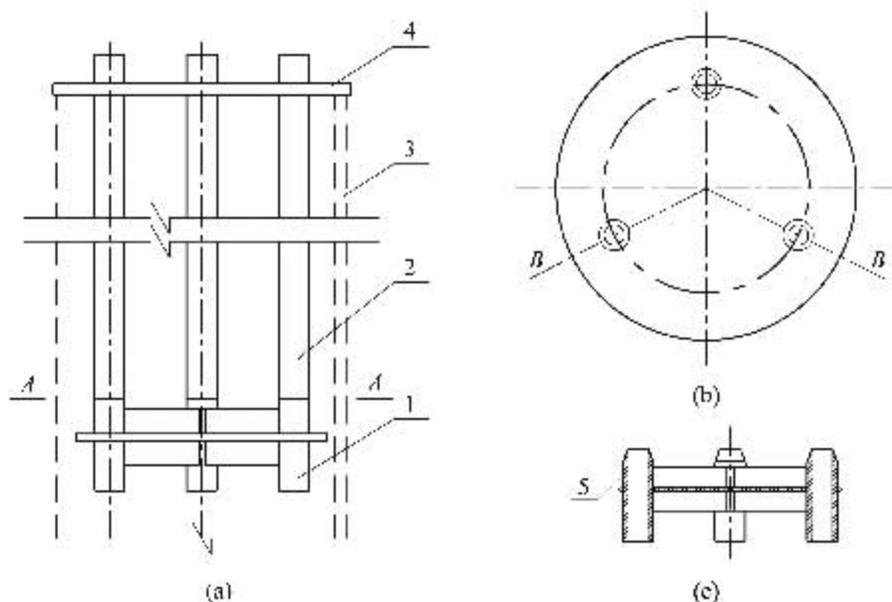


图9.2 定位器及导管结构示意图

(a)定位器及导管安装示意图;(b)A-A俯视图;(c)B-B剖视图

1-定位器;2-导管;3-预制桩;4-桩顶导管定位板;5-左旋丝扣

9.6.13 图9.3给出了一种常用锚杆孔定位和注浆装置。

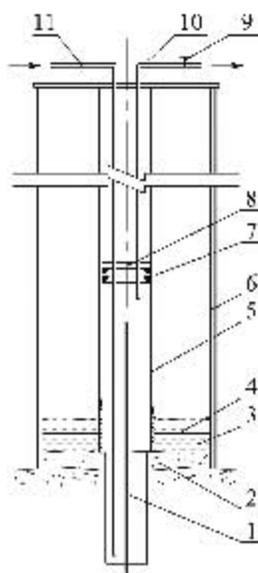


图9.3 定位器安装及压力注浆示意图

1-锚杆;2-基岩面找平混凝土;3-封口水泥浆;4-定位器;5-导管;6-预制桩;7-密封橡胶圈或充气囊;8-加压钢板;9-阀门;10-出浆管;11-压浆管

9.6.15、9.6.16 组合式嵌岩桩施工工艺相对比较复杂。因此需制定施工工艺,研究地质条件、桩的使用条件、设计对锚杆抗拔试验等要求,综合考虑后确定施工工序,一般有下列两种施工工序:

(1)顺序施工法。适用条件是锚杆锚固施工完后不进行抗拔试验,若在此嵌岩段成孔后,再进行锚杆锚固施工并进行抗拔试验,而芯柱嵌岩段的岩石一般为中风化岩,强度、完整性等不一定满足抗拔试验的加载要求,嵌岩段未灌注混凝土,当试验加载用空心千斤顶设置于预制桩或钢护筒顶作反力支座时,桩身将受到向下的轴向压力,会造成岩体坍孔。若要在此桩上做抗拔试验,只能将试验反力支座设置在该桩以外能承受反力的平台上进行。

(2)逆作法施工。能够比较好地解决上述问题,但要注意在嵌岩段灌注水下混凝土后3h~4h内,在混凝土初凝后,采用水下射流法清渣,或在灌注混凝土后2h~3h,直接用气射流法清渣等措施清除混凝土面层浮渣,直到喷射出来的渣浆带有一定比例的新鲜岩石,保证与二次灌注混凝土结合面的质量。

10 质量控制

10.1 打入桩

10.1.3 根据大量水运工程桩基沉桩偏位数据分析,工程所处的地理位置和沉桩桩型对沉桩偏位有较大影响。经过统计分析,按不同的自然条件和离岸距离,给出不同允许偏位值的控制方法。本次编制收集了近年来大型工程的资料,经验证,表中规定的数值仍基本合适。混凝土管桩采用了与钢管桩同样的要求,略有提高,与行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257—2008)一致。

钢管桩的整桩尺寸允许偏差值是为了满足桩的结构受力要求,有关规定是参照国内外规范,并考虑国内的管桩制作和施工精度而制定的。

10.2 灌注桩和嵌岩桩

10.2.2 常用的测量孔深方法是使用测深锤测量。

挖孔桩成孔一般直接丈量孔径,用吊垂球的方法检测孔的倾斜度。对于钻孔桩成孔则用长度为4倍~6倍设计桩径、外径等于设计桩径的笼式检孔器或超声波孔径检测仪对孔径、孔形和孔的倾斜度进行检测。

沉渣厚度直接影响到灌注桩的质量,是钻孔成孔后清孔的主要指标。检测沉渣厚度的方法很多,一般采用取样盒法、测锤法或数字沉渣测厚仪法。取样盒法是从孔底取出浆样,经沉淀测其厚度,比较直观,是常用的方法之一。

10.2.5 随着灌注桩施工和检测技术的不断发展,灌注桩桩身混凝土的质量也越来越受到关注,低应变法、声波透射法甚至钻孔取芯检测手段的使用越来越广泛,抽检比例有所提高。本条规定的检测比例是根据多年的工程实践提出的。

附录 J 夹桩结构形式

J.0.5.2 抱箍螺栓总紧固力与夹桩结构的刚度有关,以下为分析过程。

夹桩抱箍结构总高度为 α , 整个夹桩结构的竖向荷载为 G , 抱箍两侧螺栓单侧的总拉力为 F 。取单位高度夹桩结构进行分析, 单位高度内竖向荷载为 G/α , 单侧螺栓拉力为 F/α 。利用对称性, 仅对四分之一抱箍进行分析, 由螺栓紧固力方向受力平衡得到:

$$F/\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} p(\theta) \sin(\theta) R d\theta \quad (\text{J.1})$$

由竖向荷载方向受力平衡得到:

$$G/\alpha = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu p(\theta) R d\theta \quad (\text{J.2})$$

式中 R ——桩外径;

F ——紧固力;

μ ——抱箍与桩体之间的摩擦系数;

$p(\theta)$ ——抱箍与桩之间的接触压力, $p(\theta)$ 分布情况根据抱箍的径向刚度作如下假设:

(1) 均匀分布[图 J.1(a)]; (2) 按弧度线性变化[图 J.1(b)]; (3) 三角函数变化[图 J.1(c)]; (4) 三角函数的指数变化[图 J.1(d)]。

其中均匀分布假设认为抱箍自身径向刚度为 0, 在夹桩中完全贴合在桩表面, 与桩的接触压力处处相同; 而弧度线性变化及三角函数变化的假定都是认为抱箍自身刚度较大, 与桩之间的接触压力在环向距离夹桩螺栓最远点达到最大, 夹桩螺栓处接触压力为 0; 考虑接触压力在离开最大点后迅速下降时, 采用三角函数的指数形式 $p = \sin^n(\theta)p_0$ 。

由此, 本条给出了考虑抱箍刚度的修正系数 K 反映抱箍刚度的影响。

根据上述的四种假设, 竖向荷载 G 和螺栓单侧总拉力 F 之间的关系如下:

(1) 均匀分布

$$p(\theta) = p \quad \theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (\text{J.3})$$

则有:

$$F/\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} p \sin(\theta) R d\theta = Rp \quad (\text{J.4})$$

$$G/\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu p R d\theta = 2\pi\mu p R \quad (\text{J.5})$$

由此得:

$$F = \frac{G}{2\pi\mu} \approx \frac{G}{6.28\mu} \quad (\text{J.6})$$

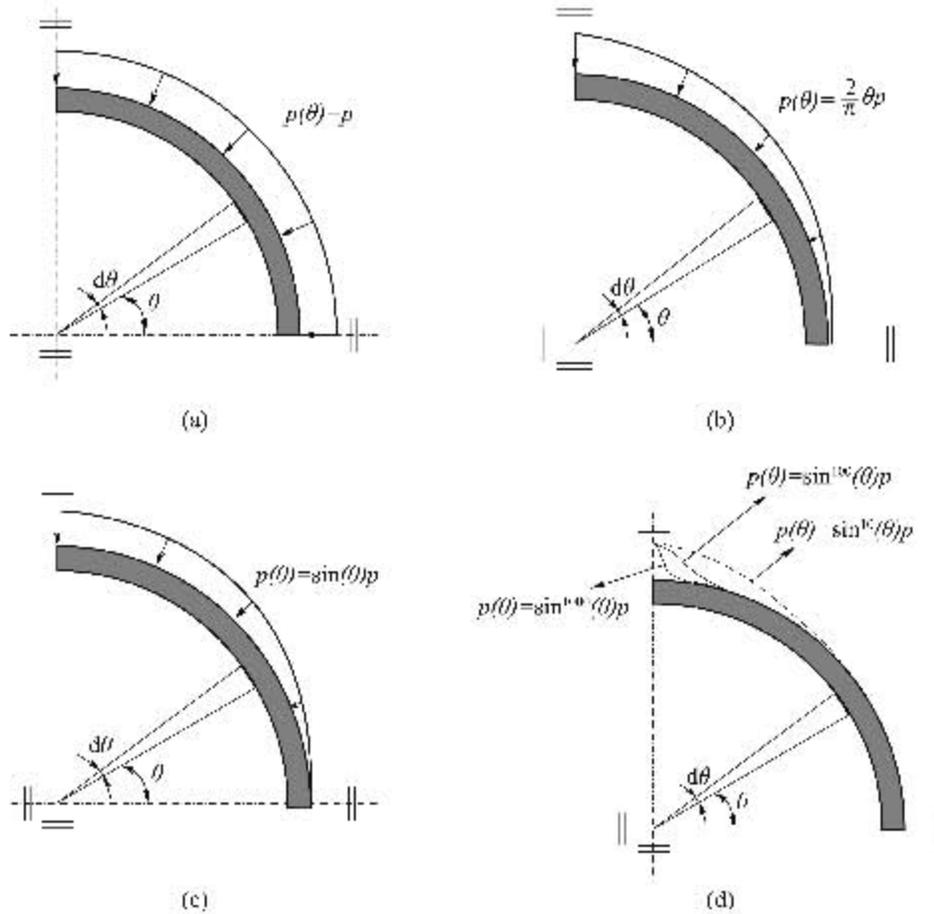


图 J.1 钢抱箍与钢管桩间接触力分布假定示意图

(a) 均匀分布; (b) 按弧度线性变化; (c) 三角函数变化; (d) 三角函数指数变化

(2) 按弧度线性变化

$$p(\theta) = \frac{2}{\pi}\theta p \quad \theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (\text{J.7})$$

式中 p ——抱箍与桩之间的正压力最大值。

则有:

$$F/\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{2}{\pi}\theta p \sin(\theta) R d\theta = \frac{2}{\pi} p R \quad (\text{J.8})$$

$$G/\alpha = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu \frac{2}{\pi} p \theta R d\theta = \mu \pi p R \quad (\text{J.9})$$

由此得:

$$F = \frac{G}{\mu \pi^2 / 2} \approx \frac{G}{4.93 \mu} \quad (\text{J.10})$$

(3) 三角函数变化

$$p(\theta) = \sin(\theta) p \quad \theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (\text{J.11})$$

则有:

$$F/a = \int_0^{\frac{\pi}{2}} p \sin^2(\theta) R d\theta = \frac{\pi R p}{4} \quad (\text{J.12})$$

$$G/a = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu \sin(\theta) p R d\theta = 4\mu p R \quad (\text{J.13})$$

由此得:

$$F = \frac{G}{16\mu/\pi} \approx \frac{G}{5.09\mu} \quad (\text{J.14})$$

(4) 三角函数指数变化

$$p(\theta) = \lim_{n \rightarrow \infty} [\sin^n(\theta)] p \quad \theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (\text{J.15})$$

则有:

$$F/a = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\int_0^{\frac{\pi}{2}} p \sin^{n+1}(\theta) R d\theta \right] \quad (\text{J.16})$$

$$G/a = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \mu \sin^n(\theta) p R d\theta \right] \quad (\text{J.17})$$

由此得:

$$F = \frac{G}{4\mu \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\frac{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^{n+1}(\theta) d\theta}{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^n(\theta) d\theta} \right]} = \frac{G}{4\mu} \quad (\text{J.18})$$

综上,忽略抱箍自身刚度,认为接触压力均匀分布时所需的紧固力最小,修正系数 K 此时为 6.28;而考虑抱箍自身刚度按弧度线性变化和三角函数变化假定得到的结果类似,修正系数 K 均在 5 左右;考虑接触压力的极限分布情况得到的修正系数 K 为 4。因此条文中 K 的推荐值取 4.0 ~ 6.28。