T/CECS XXX:XXXX



中国工程建设标准化协会标准

地下连续墙施工规程

Specification for construction of diaphragm wall

（征求意见稿）

中国工程建设标准化协会标准

地下连续墙施工规程

Specification for construction of diaphragm wall

主编单位：上海市基础工程集团有限公司

上海远方基础工程有限公司

批准部门：

施行日期：

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2016年第一批工程建设协会标准制定、修订计划》的通知（建标协字[2016]038号）的要求，制定本规程。

经过几十年的发展，地下连续墙的技术已经相当成熟，本规程是对当前国内地下连续墙施工经验的总结和科学研究成果的集中体现，将全面反映地墙的发展水平。规程将针对目前常见的地墙施工进行科学系统地指导，指出地墙施工中不同材料、设备的施工要求。

本规程将在现有规范的基础上，总结近年来地下连续墙的先进施工经验，吸取行业内知名专家的意见与建议，充分考虑施工过程中的安全性、可行性和经济性，增强规范的适用性。经多次修改完成了本规程的制定。

本规程的主要内容是：1、总则；2、术语；3、基本规定；4、施工准备；5、施工设备6、导墙；7、泥浆；8、成槽；9、接头；10、钢筋笼；11、混凝土；12、预制墙；13、墙底注浆；14、检测与监测；15、缺陷处理；16、绿色施工。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由上海市基础工程集团有限公司负责解释。如发现问题或有关建议、意见，请及时告知上海市基础工程集团有限公司（地址：上海市杨浦区民星路231号；邮编：200433）。

主编单位：上海市基础工程集团有限公司

上海远方基础工程有限公司

参编单位：建研地基基础工程有限责任公司

上海隧道工程股份有限公司

上海市机械施工集团有限公司

上海广大基础工程有限公司

广东省基础工程集团有限公司

东南大学交通学院岩土工程研究所

深圳市勘察研究院有限公司

广东华固工程有限公司

福建省建筑科学研究院

同济大学

上海金泰工程机械有限公司

目次

[**1** 总则 4](#_Toc523230523)

[**2** 术语 5](#_Toc523230524)

[**3** 基本规定 9](#_Toc523230525)

[**4** 施工准备 11](#_Toc523230526)

[**5** 施工设备 14](#_Toc523230527)

[**6** 导墙 15](#_Toc523230528)

[**7** 泥浆 18](#_Toc523230529)

[**7.1** 泥浆制备 18](#_Toc523230530)

[**7.2** 质量控制 18](#_Toc523230531)

[**8** 成槽 21](#_Toc523230532)

[**8.1** 一般规定 21](#_Toc523230533)

[**8.2** 成槽稳定性验算 21](#_Toc523230534)

[**8.3** 抓斗成槽 25](#_Toc523230535)

[**8.4** 冲抓成槽 25](#_Toc523230536)

[**8.5** 钻抓成槽 25](#_Toc523230537)

[**8.6** 抓铣成槽 26](#_Toc523230538)

[**8.7** 套铣成槽 26](#_Toc523230539)

[**8.8** 刷壁和清基 26](#_Toc523230540)

[**8.9** 成槽质量控制 26](#_Toc523230541)

[**9** 接头 28](#_Toc523230542)

[**9.1** 圆弧形接头施工 28](#_Toc523230543)

[**9.2** 钢板橡胶接头施工 29](#_Toc523230544)

[**9.3** 十字钢板接头施工 29](#_Toc523230545)

[**9.4** 工字钢接头施工 31](#_Toc523230546)

[**9.5** 套铣接头施工 32](#_Toc523230547)

[**10.1** 钢筋笼制作 33](#_Toc523230548)

[**10.2** 钢筋笼吊装 36](#_Toc523230549)

[**11** 混凝土 37](#_Toc523230550)

[**11.1** 水下浇筑的混凝土配置 37](#_Toc523230551)

[**11.2** 水下混凝土浇筑 37](#_Toc523230552)

[**11.3** 质量控制 38](#_Toc523230553)

[**12** 预制墙 39](#_Toc523230554)

[**12.1** 一般规定 39](#_Toc523230555)

[**12.2** 预制墙段的制作 39](#_Toc523230556)

[**12.3** 预制墙段的堆放和运输 41](#_Toc523230557)

[**12.4** 预制墙段的安放 41](#_Toc523230558)

[**12.5** 预制墙段墙缝和墙槽缝隙处理 42](#_Toc523230559)

[**13** 墙底注浆 43](#_Toc523230560)

[**14** 检测与监测 45](#_Toc523230561)

[**14.1** 检测 45](#_Toc523230562)

[**14.2** 监测 46](#_Toc523230563)

[**15** 缺陷处理 47](#_Toc523230564)

[**16** 绿色施工 49](#_Toc523230565)

[**16.1** 职业健康与安全 49](#_Toc523230566)

[**16.2** 环境保护 50](#_Toc523230567)

[本规程用词说明 52](#_Toc523230568)

[引用标准名录 53](#_Toc523230569)

[附 录 54](#_Toc523230570)

[条文说明 58](#_Toc523230571)

**1** 总则

**1.0.1** 为在地下连续墙施工中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于地下连续墙的施工。

**1.0.3** 地下连续墙施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2** 术语、符号

**2.1** 术语

**2.1.1** 地下连续墙 diaphragm wall

用专用机械在泥浆护壁的条件下，在地面以下成槽并分槽段浇筑，或是在成槽后放入预制钢筋混凝土板，而形成的连续具有防渗挡土或承重功能的地下墙体。

**2.1.2** 临时性地下连续墙 temporary diaphragm wall

仅用于基坑围护或其他挡土结构的地下连续墙。

**2.1.3** 永久性地下连续墙 permanent diaphragm wall

既作基坑围护结构又作地下结构外墙的墙体。

**2.1.4** 导墙 guide wall

沿地下连续墙墙面两侧修筑的，起到挡土、导向、承重、维持泥浆高度和测量基准作用的临时结构物。

**2.1.5** 单元槽段panel

根据地质条件、结构要求、周围环境、机械设备、施工条件等划分的地下连续墙的施工单元。

**2.1.6** 槽壁加固 consolidation in both side of trench

对软弱土、砂性土等不利于槽壁稳定的土层，在地下连续墙成槽前，对墙体两侧土体进行加固的措施。

**2.1.7** 铣削成槽 set milling groove

采用铣削式成槽机成槽的一种成槽工艺。

**2.1.8** 抓斗成槽 grab into the groove

采用抓斗式成槽机成槽的一种成槽工艺。

**2.1.9** 冲抓法成槽 impact grab into groove

采用冲击式机械，破碎岩石层等较硬土层，并用抓斗式成槽机撩抓成槽的一种成槽工艺。

**2.1.10** 抓铣结合成槽 trench with grab and cutter

槽段上部采用抓斗式成槽，槽段下部采用铣削式成槽相结合的一种成槽工艺。

**2.1.11** 钻抓结合成槽 trench with grab and drill

针对较硬土层，采用钻孔机械按照一定间距钻挖成孔，然后再使用抓斗式成槽机进行撩抓的一种成槽工艺。

**2.1.12** 圆弧形接头 circular joint

先期槽段施工中使用圆弧形接头管，拔除接头管后形成的相邻槽段间的连接方式。

**2.1.13** 十字钢板接头 cross steel plate joint

单元槽段间采用十字形钢板连接的接头方式。

**2.1.14** H型钢接头 H-beam joint

单元槽段间采用H型钢板连接的接头方式。

**2.1.15** 钢板橡胶接头 steel rubber joint

单元槽段间采用钢板橡胶带连接，先期槽段施工中在连接侧使用附有钢板橡胶接头的接头箱，侧向取出接头箱后形成的相邻槽段间的接头方式。

**2.1.16** 套铣接头 over cutter joint

利用铣槽机切削部分先行槽段混凝土而形成的相邻槽段间的连接方式，也称铣接头。

**2.1.17** 一期槽段 first panel

采用套铣接头的地下连续墙施工中，相邻两侧均未施工的槽段，也称为“先行槽”。

**2.1.18** 二期槽段 secondary panel

采用套铣接头的地下连续墙施工中，已完成一期槽段间的槽段。

**2.1.19** 墙底注浆 bottom grouting

采用注浆管在地下连续墙底部进行注浆加固的工艺。

**2.1.20** 刷壁 brushing the trench

对已完成的槽段连接面进行清刷的施工工艺。

**2.1.21** 清基 trench cleaning

成槽完成后对槽段进行清渣的施工工艺。

**2.2** 符号

**2.2.1** 二维条件下整体稳定性验算

——泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 各分层滑动面倾角（°），需优化求解，可近似取；

、—— 各土层黏聚力标准值（kPa）和内摩擦角标准值（°）；

—— 各土层天然重度（kN/m3）；

—— 地表均布超载标准值（kN/m2）；

—— 各分层滑动面上有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面上切向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面上静水压力标准值（kN）；

—— 各分层水平面上法向力标准值（kN）；

—— 各分层水平面上切向力标准值（kN）；

—— 各分层水平面上静水压力标准值（kN）；

—— 各分层泥浆支护压力标准值（kN）。

**2.2.2** 三维条件下整体稳定性验算

——泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 沟槽开挖深度（m）；

—— 槽段宽度（m）；

—— 各分层滑动面倾角（°）；需优化求解，可近似取；

、—— 各土层黏聚力标准值（kPa）和内摩擦角标准值（°）；

**—— 地表均布超载标准值（kPa）；

—— 各分层侧面有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层侧面切向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面切向力标准值（kN）。

**2.2.3** 含有夹砂层的地基局部稳定性验算

——泥浆液面水头高度（m）；

—— 地下水位水头高度（m）；

——泥浆渗入距离（m）；

——浸润泥浆后土层内摩擦角标准值（°），可近似取；

**—— 土层内摩擦角标准值（°）；

——泥浆渗入后土层有效重度（kN/m3），；

——地下水重度（kN/m3）；

—— 泥浆渗入后土层重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）；

**——泥浆粘滞梯度，可通过试验确定。

**3** 基本规定

**3.0.1** 地下连续墙施工前应具备下列资料：

**1** 岩土工程勘察报告；

**2** 设计文件；

**3** 施工影响范围内的建（构）筑物和地下管线等的相关资料；

**4** 测量基线和水准点资料；

**5** 成槽范围内地下障碍物有关资料。

**3.0.2** 地下连续墙施工前应做好下列准备工作：

**1** 遇有暗浜等不良地质和地下障碍物时，应进行查验和处理；

**2** 基准线、水准基点应复核测量，并应在施工中进行保护、定期复测；

**3** 施工场地应做到水通、电通、道路畅通，施工场地应进行清理平整，道路应满足施工承载力的要求；

**4** 场地内的钢筋笼制作平台、泥浆循环系统等设施应布置完成；

**5** 大型设备及吊装机具进场应进行安装调试、检查验收；

**6** 图纸会审及设计交底。

**3.0.3** 地下连续墙施工与邻近建（构）筑物的水平距离不宜小于1.5m。

**3.0.4** 地下连续墙施工应编制施工组织设计及相关专项施工方案，审批通过后应向有关人员进行技术交底。

**3.0.5** 原材料进场时，应具有产品质量证明文件。应进行材料验收和抽检合格后投入使用。

**3.0.6** 成槽设备应根据场地地质条件、周边环境条件、泥浆处理条件以及地下连续墙的厚度、深度、成槽宽度等因素来选择。

**3.0.7** 地下连续墙施工前应试成槽，以确定成槽工艺、泥浆配比等施工参数。

**3.0.8** 位于暗浜区、扰动土区、浅部砂性土中的槽段或邻近建（构）筑物保护要求较高时，宜对槽壁两侧土体进行加固。

**3.0.9** 成槽施工应考虑不良地层和地下水等对槽壁稳定的影响，根据槽壁稳定的要求控制施工荷载。

**3.0.10** 单元槽段宜采用跳幅的间隔施工顺序，相邻槽段施工时间间隔不宜小于24h。

**3.0.11** 成槽后，应对槽段接头部位进行清刷，刷壁完成后应进行清基和泥浆置换。

**3.0.12** 钢筋笼应在槽段接头清刷、清槽、换浆合格后及时吊放入槽，不得强行入槽。吊装和沉放过程中钢筋笼不应产生塑性变形。

**3.0.13** 钢筋笼吊放就位后应及时灌注混凝土，间隔时间不宜超过4h。

**3.0.14** 导管埋入混凝土深度应为2m～6m，相邻两导管间混凝土高差应小于0.5m。

**4** 施工准备

**4.0.1** 地下连续墙施工前应完成下列准备工作：周边环境调查、施工测量放样、场地平整、通电、通电、排水系统、地下障碍物排摸、施工道路及导墙制作、泥浆系统布置、钢筋笼制作平台、大型机械设备进场拼装调试、小型机具进场、各类材料进场及验收、施工方案审批、安全技术交底等。

**4.0.2** 现场场地平面布置原则应符合下列规定：

**1** 现场场地平面布置应符合文明工地、安全、消防的有关管理规定；

**2** 现场场地平面布置应符合经济并合理利用现场资源的原则；

**3** 现场场地平面布置应根据现场实际情况合理布置。

**4.0.3** 施工道路应符合下列规定：

**1** 施工道路宜沿地下连续墙边线环型布置，道路宽度不宜小于10m；

**2** 施工道路应对地基承载力作验算，应满足施工承载力的要求；

**3** 施工道路基层宜采用素土夯实或厚碎石，面层应采用钢筋混凝土，混凝土标号不低于C30，厚度不小于200mm，单层双向或双层双向配筋；

**4** 采用套铣接头工艺的施工道路，应结合泥浆系统预留泥浆管道的过路沟。

**4.0.4** 泥浆系统应符合下列规定：

**1** 泥浆系统应合理布置，宜采用封闭式泥浆处理系统；

**2** 泥浆储存设计容量宜根据每日计划最大方量来确定；

**3** 泥浆系统应包括拌浆、新浆、循环浆、废浆等储存单元；

**4** 泥浆储存可根据实际情况合理选用泥浆池、泥浆箱、泥浆筒仓等方式存放；

**5** 在砂质土层中施工，应配泥浆净化装置（除砂机），除砂颗粒等级应不大于0.075mm。

**4.0.5** 供电、供水、排水系统等设施应符合下列规定：

**1** 供电系统应满足施工现场临时用电容量，根据现场情况合理布置，施工现场临时用电应满足国家现行标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的规定；

**2** 供水系统应满足施工现场用水量，包括施工用水量、生活用水量和消防用水量，并根据现场情况合理布置；

**3** 施工现场应建立通畅的排水系统，包括排水沟、沉淀池等，根据现场情况合理布置，污水和雨水应进行沉淀处理，排入最近的市政管网。现场场地排水要通畅，污水和雨水汇总并进行沉淀处理。

**4.0.6** 施工机械、设备配置应符合下列规定：

**1** 成槽设备性能应根据地下连续墙的厚度、深度、接头形式和地质条件等因素选择；粘质土层中宜选用液压抓斗式成槽机，标贯击数N大于50击的砂质土层、岩层宜选用铣槽机，岩层中可结合冲锤冲孔成槽；

**2** 起重机械、吊索具应根据地下连续墙钢筋笼的重量、起吊高度、吊点的布置等因素选择；

**3** 施工机械、设备进场应进行安装调试、检测及检查验收工作。

**4.0.7** 钢筋笼制作平台应符合下列规定：

**1** 钢筋笼制作平台尺寸应根据地下连续墙钢筋笼的长度、宽度等因素确定，钢筋笼平台长度不小于地墙配筋段长度，宽度应比钢筋笼长度长1m；

**2** 钢筋笼制作平台的场地应满足地基承载力的要求，应采用混凝土地坪；

**3** 钢筋笼制作平台的材料、加工应符合钢筋笼平整度的要求。

**4.0.8**  施工测量放样应符合下列规定：

**1** 地下连续墙施工前应完成测量成果表和复测工作，并形成书面资料；

**2** 现场应建立测量控制网，包括平面控制点、水准控制点，并应在施工中及时复测和有效的保护；

**3** 地下连续墙外放尺寸应根据地质条件，地墙深度，基坑安全等级等因素来确定；

**4** 地下连续墙轴线的测量允许偏差应不大于10mm，每个槽段导墙上对应钢筋笼搁置点的位置都应实测标高，并做好标记。

**4.0.9** 槽壁加固应符合下列规定：

**1** 地下连续墙施工前应根据地质勘察资料确定槽壁加固措施；

**2** 槽壁加固宜选用水泥土搅拌桩（墙），受施工条件限制时可采用高压旋喷桩、MJS、RJP等。槽壁加固的深度应超过易产生坍方的土层且加固深度不宜小于15m，垂直度允许偏差应不大于1/200，28天无侧限抗压强度宜不小于0.8MPa；

**3** 槽壁加固与地下连续墙之间的间隙应根据槽壁加固深度、垂直度要求、加固形式等来确定，并应防止单侧槽壁加固侵入地墙槽段内。

**5** 施工设备

**5.0.1** 地下连续墙施工成槽设备主要有液压抓斗、铣槽机。

**5.0.2**  成槽设备必须具备以下功能：

**1** 成槽设备满足工程施工要求的宽度和深度；

**2** 成槽设备具有前后、左右垂直度纠正功能；

**3** 成槽设备具有垂直度监控和显示功能。

**5.0.3** 成槽设备的选择原则：

**1** 成槽的设计深度进入标贯击数N小于50击的粉砂层、软弱岩层等地层宜采用抓斗成槽；

**2** 成槽的设计深度进入标贯击数N大于50击的粉砂层、岩层等地层宜采用铣槽机成槽；

**3** 粘土地层、大直径卵石地层宜采用抓斗成槽；

**4** 套铣接头施工应采用铣槽机成槽。

**5.0.4** 冲孔机一般适用于坚硬地层，与液压抓斗或铣槽机配套使用，用于地下连续墙的引孔施工。

**5.0.5** 旋挖钻机一般适用于坚硬、较硬的地层，与液压抓斗或铣槽机配套使用，用于地下连续墙的引孔施工。

**5.0.6** 泥浆处理设备的处理能力应满足成槽施工的需求。

**5.0.7** 起重机械应根据地下连续墙钢筋笼的重量、起吊高度、吊点的布置等因素选择。

**6** 导墙

**6.0.1** 地下连续墙成槽前，应先构筑导墙，导墙应满足以下要求：

**1** 导墙应具有足够的强度、刚度和稳定性，满足后续施工荷载或施工设备、机具的承载和变形要求；

**2** 导墙宜采用现浇混凝土结构，混凝土强度等级应不低于C20，厚度应不小于200mm；且应双向配筋，钢筋应不小于Φ12（HRB300），间距应不大于200mm；

**3** 导墙应能储存泥浆并能稳定槽内泥浆液面；

**4** 遇暗浜、杂填土、粉砂等不良地质时，应对土体预加固。

导墙形式见图**6.0.1-1**和图**6.0.1-2**：



图**6.0.1-1** 倒“L”型导墙示意图

**1**—双向配筋；**2**—临时支撑



图**6.0.1-2** “][”型导墙示意图

**1**—双向配筋；**2**—临时支撑

**6.0.2** 导墙顶面应平整，宜高出地面，且应比地下水位高出500mm以上；当地下水位深度小于0.5m时，宜采用高导墙。

**6.0.3** 导墙内侧面应垂直，内净距宜比地下连续墙厚度大30mm～50mm。

**6.0.4** 导墙墙底宜进入原状土或改良土体200mm以上，且导墙高度不应小于1.2m，最大深度不宜大于1.8m。

**6.0.5** 成槽机作业侧的现浇混凝土导墙钢筋宜与路面钢筋连接，应对称浇筑；拆模后，应立即加设临时支撑并采用黏土回填密实，防止导墙变形。临时支撑宜采用木撑、砌砖或现浇混凝土撑。

**6.0.6** 导墙施工缝应与地下连续墙接头错开。

**6.0.7** 转角处导墙应进行外放，外放尺寸应根据抓斗形状、尺寸来确定。

**6.0.8** 预制导墙安装应在接缝处增加止水、止浆措施，防止漏浆。

**6.0.9** 导墙允许偏差应符合表**6.0.9**的规定：

表**6.0.9** 导墙允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检查 | | 检查方法 |
| 范围 | 数量 |
| 1 | 顶面高程 | ±20 | 20m | 2 | 水准仪 |
| 2 | 垂直度 | ＜H/500,且≤5 | 20m | 2 | 用线锤、钢尺量 |
| 3 | 内墙面净距 | ±10 | 20m | 2 | 用钢尺量 |
| 4 | 导墙平面位置 | ±10 | 20m | 2 | 用钢尺量 |
| 5 | 侧面平整度 | ±5 | 每幅 | 1 | 用钢尺量 |
| 6 | 预制导墙接头安装 | ≤20 | 每个 | 1 | 用钢尺量 |

注：H为导墙深度，单位mm。

**7** 泥浆

**7.1** 泥浆制备

**7.1.1** 现场应设置泥浆池、泥浆箱或泥浆筒仓，采用抓斗成槽机时泥浆的储备量宜大于每日计划最大成槽方量的2倍，采用铣槽机成槽时泥浆的储备量宜大于每日计划最大成槽方量的3倍。

**7.1.2** 泥浆制备应符合下列规定：

**1** 泥浆拌制材料宜选用膨润土,膨润土应满足国家现行标准《膨润土》GB/T 20973的相关要求；

**2** 膨润土材料，应有出厂合格证，每袋均应清晰地标明材料名称、供应商名称、材料净重等标识；

**3** 膨润土应与清水充分拌和，水质应满足相应的要求，新拌制泥浆应经充分水化，贮放时间不应少于24h；

**4** 泥浆配合比应按土层情况试配确定，配合比可根据表**7.1.2**选用。遇土层极松散、颗粒粒径较大及在有盐水或化学污染的地下水的时，应采取专门的措施调整膨润土泥浆。

表**7.1.2**泥浆配合比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土层类型 | 膨润土（%） | 增粘剂CMC（%） | 纯碱Na2CO3（%） |
| 黏性土 | 5~10 | 0~0.02 | 0~0.5 |
| 砂性土 | 8~12 | 0~0.05 | 0~0.5 |

**7.1.3** 施工中循环泥浆应进行沉淀或除砂等再生处理。

**7.1.4** 经过处理后的泥浆达到比重大于等于1.3t/m3、粘度大于等于50s、含砂量大于等于10%、PH大于13其中一项指标的泥浆，应予以废弃。

**7.1.5** 泥浆废弃应于现场固化处理或用封闭罐车运输到指定位置处理。

**7.2** 质量控制

**7.2.1** 泥浆使用前宜对材料及配合比进行室内试验。施工中应测试泥浆指标，并应完成泥浆质量检测记录。新浆、循环泥浆性能指标应符合表**7.2.1-1**和表**7.2.1-2**的规定。

表**7.2.1-1**新拌制泥浆性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | | 性能指标 | 检验方法 |
| 1 | 比重 | | 1.03~1.10 | 泥浆比重计 |
| 2 | 黏度 | 黏性土 | 22s~30s | 漏斗法 |
| 砂性土 | 25s~35s |
| 3 | 胶体率 | | >98% | 量筒法 |
| 4 | 失水量 | | <30ml/30min | 失水量仪 |
| 5 | 泥皮厚度 | | <1.5mm | 失水量仪 |
| 6 | pH值 | | 8~9 | pH试纸 |

表**6.2.1-2**循环泥浆性能指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | | 性能指标 | 检验方法 |
| 1 | 比重 | | 1.05~1.25 | 泥浆比重秤 |
| 2 | 黏度 | 黏性土 | 22s~30s | 漏斗法 |
| 砂性土 | 25s~40s |
| 3 | 胶体率 | | >98% | 量筒法 |
| 4 | 失水量 | | <30ml/30min | 失水量仪 |
| 5 | 泥皮厚度 | | <3mm | 失水量仪 |
| 6 | pH值 | | 8~11 | pH试纸 |
| 7 | 含砂率 | 黏性土 | <4% | 泥浆含砂量测定仪 |
| 砂性土 | <7% |

**7.2.2** 泥浆测试应符合下列规定：

**1** 循环泥浆应按表**7.2.1-2**的规定每天至少测试一次，循环浆在槽口或出浆口取浆检测。

**2**  新浆应按表**7.2.1-1**的规定每天至少测试一次。

**3** 成槽完成、刷壁及清基后，应取槽段上中下三个部位处泥浆进行比重、黏度、含砂率和pH值的测定验收并完成记录，其中清基后下部取浆位置为槽底以上500mm，泥浆指标控制要求见表**7.2.2**；

表**7.2.2** 清基后的泥浆指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 清基后泥浆 | 检验方法 |
| 比重 | 黏性土 | ≤1.15 | 比重计 |
| 砂性土 | ≤1.20 |
| 粘度 | 黏性土 | 20s~30s | 漏斗计 |
| 砂性土 | 22s~30s |
| 含砂率 | | ≤7% | 泥浆含砂量测定仪 |
| PH | | 8~9 | Ph试纸 |

**8** 成槽

**8.1** 一般规定

**8.1.1** 成槽施工前应进行成槽试验，并应通过试验确定施工工艺及施工参数。

**8.1.2** 单元槽段长度应根据设计要求综合考虑地质条件、周围环境、机械设备、施工条件等因素进行划分。单元槽段长度宜为4m～6m。

**8.1.3** 套铣接头工艺一期槽段长度宜为2.8m~7.0m，二期槽段长度宜为2.8m。

**8.1.4** 异形幅槽段长度展开后的中心线长度不宜大于7m。

**8.1.5** 对于暗滨区、深厚填土、软土或砂层地层等易扰动土层或邻近建（构）筑物保护要求较高时，宜采用水泥土搅拌桩对槽壁进行加固处理。成槽前应进行槽壁稳定性验算。成槽过程中，在影响槽壁稳定的范围内不得超载。

**8.1.6** 成槽后应检查泥浆指标、槽位、槽深、槽段长度及槽壁垂直度。

**8.2** 成槽稳定性验算

**8.2.1** 槽段宽度、泥浆性能以及泥浆液面高度应能保证施工过程中的成槽稳定性。地下连续墙成槽稳定性验算应当包括整体稳定性验算以及局部稳定性验算，且成槽稳定性安全系数应不小于1.3。

**8.2.2** 为保证成槽阶段的稳定性，需严格控制泥浆的液位，应保证泥浆液位高出地下水位0.5 m以上，并不低于导墙顶面以下0.3 m。

**1** 对松砂及软黏土地层，应控制泥浆的液面位置以及泥浆比重；

**2** 对于渗透系数较大的砂性土层，应提高泥浆比重及粘度或对土体进行加固。

**8.2.3**  本节所规定的各项稳定性验算，除特别说明外，原则上应采用有效应力强度指标。当条件不允许时也可取三轴固结不排水剪切试验测定的峰值强度指标、或直剪固结快剪试验峰值强度指标、。

**8.2.4** 当槽段宽度相对较大时，可偏安全地在二维条件下对整体稳定性进行验算。宜采用水平条分法对整体稳定性进行验算，其安全系数按下式确定，计算图示见图**8.2.4**。对开槽深度范围内土层强度指标无明显差异的地基，整体稳定安全系数可按均质地基并采用滑体破坏模式对稳定性进行验算，强度指标可按各土层深度加权平均。

 (**8.2.4-1**)

 (**8.2.4-2**)

 (**8.2.4-3**)

式中： ——泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 各分层滑动面倾角（°），需优化求解，可近似取；

、—— 各土层黏聚力标准值（kPa）和内摩擦角标准值（°）；

—— 各土层天然重度（kN/m3）；

—— 地表均布超载标准值（kN/m2）；

—— 各分层滑动面上有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面上切向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面上静水压力标准值（kN）；

—— 各分层水平面上法向力标准值（kN）；

—— 各分层水平面上切向力标准值（kN）；

—— 各分层水平面上静水压力标准值（kN）；

—— 各分层泥浆支护压力标准值（kN）。



图**8.2.4** 二维分层地基整体稳定性验算图示

**8.2.5** 当槽段宽度相对较小时，应考虑槽段两侧土体对滑动土体的端部约束作用，宜采用三维水平条分法对成槽整体稳定性进行验算，安全系数可分别针对滑动面和侧面按式（**8.2.5-1**）和式（**8.2.5-2**）定义，并根据平衡方程联合求解，计算图示见图**8.2.5**。对开槽深度范围内土层强度指标无明显差异的地基，整体稳定安全系数可按均质地基并采用滑体破坏模式对稳定性进行验算，强度指标可按各土层深度加权平均。

 (**8.2.5-1**)

 (**8.2.5-2**)

式中 ——泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 沟槽开挖深度（m）；

—— 槽段宽度（m）；

—— 各分层滑动面倾角（°）；需优化求解，可近似取；

、—— 各土层黏聚力标准值（kPa）和内摩擦角标准值（°）；

**—— 地表均布超载标准值（kPa）；

—— 各分层侧面有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层侧面切向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面切向力标准值（kN）。



图**8.2.5** 三维分层地基整体稳定性验算图示

**8.2.6** 对于含有夹砂层的地基，宜采用如下安全系数计算公式对局部稳定性进行验算，计算图示见图**8.2.6**。

 (**8.2.6-1**)

 (**8.2.6-2**)

式中 ——泥浆液面水头高度（m）；

—— 地下水位水头高度（m）；

——泥浆渗入距离（m）；

——浸润泥浆后土层内摩擦角标准值（°），可近似取；

**—— 土层内摩擦角标准值（°）；

——泥浆渗入后土层有效重度（kN/m3），；

——地下水重度（kN/m3）；

—— 泥浆渗入后土层重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）；

**——泥浆粘滞梯度，可通过试验确定。



图**8.2.6** 局部稳定性验算图示

**8.3** 抓斗成槽

**8.3.1** 成槽机应具备垂直度显示仪表和纠偏装置，成槽过程中应进行纠偏，槽段成槽时槽壁前后、左右的垂直度均应满足要求

**8.3.2** 抓斗成槽三抓开挖时宜先两边后中间顺序开挖。

**8.3.3** 抓斗下放、提升时保持平稳、竖直、匀速，速度不宜过快，防止槽壁坍塌。

**8.3.4** L 形、T 形等折线形槽段的成槽施工宜在相邻槽段施工完成后进行。

**8.4** 冲抓成槽

**8.4.1** 上部采用液压抓斗成槽，下部采用冲击钻机成槽。

**8.4.2** 冲击成孔时，采用勤松绳，勤掏渣，严格控制松绳长度，并随时检查冲锤和提升钢丝绳之间的连结。

**8.4.3** 施工过程中每进尺约2m测量一次钻孔垂直度，并随时纠偏。

**8.4.4** 开孔和地层变化处应采用低冲程进行施工。

**8.4.5** 边冲边加强返浆，冲好孔后用方锤修整孔壁。

**8.5** 钻抓成槽

**8.5.1** 钻抓成槽宜先采用旋挖钻机引孔，后采用液压抓斗开挖成槽。

**8.5.2** 旋挖钻引孔中心间距宜与液压抓斗一抓宽度一致。

**8.5.3** 施工过程中每进尺约2m测量一次钻孔垂直度，并随时纠偏。

**8.6** 抓铣成槽

**8.6.1** 成槽的设计深度进入标贯击数***N***大于50击的粉砂层、岩层等地层宜采用铣槽机成槽。

**8.6.2** 铣槽机的洗轮和铣齿应根据地质情况进行配备。

**8.6.3** 抓斗式成槽过程中出现垂直度偏斜过大时宜及时更换铣槽机成槽。

**8.6.4** 泥浆泵和管路的输送及循环能力应和铣槽机相匹配。

**8.6.5** 铣槽机成槽前应防止钢筋、螺栓、钢板和编织物等异物落入槽内。

**8.7** 套铣成槽

**8.7.1** 一期槽段成槽应采用抓铣结合工艺，可采用一铣或三铣方式，三铣方式成槽时中间留土厚度不应小于600mm。

**8.7.2** 成槽前应对槽段进行精确定位，二期槽段成槽应使用导向架。

**8.7.3** 二期槽段铣槽时，导墙面以下8m范围铣削速度不宜超过3m/h。

**8.7.4** 套铣接头的垂直度偏差不应大于1/500。

**8.8** 刷壁和清基

**8.8.1** 成槽后，应对槽段接头部位进行清刷，刷壁施工时应符合下列规定：

**1** 刷壁器应与接头形式匹配；

**2** 刷壁深度宜到槽段底部；

**3** 刷壁次数不得少于10次，且刷壁器上应无泥。

**8.8.2** 刷壁完成后应进行清基和泥浆置换。

**8.8.3** 成槽清底时，宜采用气举反循环法或泵吸法，清基后槽底沉渣和泥浆指标应符合要求。

**8.9** 成槽质量控制

**8.9.1** 地下连续墙成槽允许偏差应符合表**8.9.1**的规定。

表**8.9.1**地下连续墙成槽允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 |  | 测试方法 | 检测频率 | 允许偏差 |
| 1 | 深度 | 临时结构 | 测绳 | 2点/幅 | ≥0mm |
| 永久结构 | ≥0mm |
| 2 | 槽位 | 临时结构 | 钢尺 | 1点/幅 | 0mm~50mm |
| 永久结构 | 0mm~30mm |
| 3 | 墙厚 | 临时结构 | 超声波 | 20％，且 2点/幅 | 0mm~50mm |
| 永久结构 | 超声波 | 100％，且 2点/幅 | 0mm~50mm |
| 4 | 垂直度 | 临时结构 | 超声波 | 20％，且 2点/幅 | ≤1/300 |
| 永久结构 | 超声波 | 100％，且 2点/幅 | ≤1/300 |
| 套铣成槽 | 超声波 | 100％，且 2点/幅 | ≤1/500 |
| 5 | 沉渣厚度 | 临时结构 | 测锤 | 100％，且 2点/幅 | ≤200mm |
| 永久结构 | ≤100mm |

**9** 接头

**9.1** 圆弧形接头施工

**9.1.1** 圆弧形接头的深度应根据地下连续墙的厚度、深度及地质条件等综合确定，不宜超过50m。

**9.1.2** 圆弧形接头的接头管应符合下列规定：

**1** 接头管及连接件应具有足够的强度和刚度；

**2** 接头管在首次使用时，应在现场进行组装试验并进行编号配对，示意图见图**9.1.2**。



图**9.1.2** 圆弧形接头示意图

**1**—已浇好砼的现行幅；**2**—后继幅钢筋笼；**3**—接头管。

**9.1.3** 圆弧形接头的施工应符合下列规定：

**1** 接头管应露出导墙顶1.5m以上；

**2** 接头管的吊装应垂直缓慢下放，底部应进入原状土；

**3** 接头管背侧应填实，防止绕流；

**4** 顶拔接头管的引拔设备和所需要的顶拔力应匹配，在浇灌混凝土前应就位；接头管应在混凝土灌注初凝后开始提升，每15min～30min顶升一次，前期每次提升50mm～100mm，并应在混凝土终凝前全部拔出；

**5** 接头管起拔应垂直、匀速、缓慢、连续，不应损坏接头处的混凝土；

**6** 接头管起拔后应将粘附在接头管上的淤泥和泥浆清洗干净；

**9.1.4** 圆弧形接头处理：

**1** 应复核接头的实际位置。

**2** 接头处发现有绕流混凝土时应及时清除；

**3** 成槽后应对圆弧形的混凝土接头进行刷壁处理；

**9.2** 钢板橡胶接头施工

**9.2.1** 钢板橡胶接头的适用范围应根据地下连续墙的厚度和深度确定，深度不宜超过50m。

**9.2.2** 不同地下连续墙厚度的钢板橡胶接头形状参见图**9.2.1**。



图**9.2.1**不同厚度钢板橡胶接头形状图

**1**—钢筋笼；**2**—分幅线；**3**—相邻槽段。

**9.2.3** 地下连续墙采用钢板橡胶接头施工时，成槽机抓斗应采用方斗。

**9.2.4** 橡胶带宜临时固定在接头箱上，并应随接头箱一同下放入槽。

**9.2.5** 接头箱安放入槽前应涂抹脱模剂，并于导墙上放置固定支架。

**9.2.6** 钢板橡胶接头被侧向剥离前应确保接头箱背侧土体和绕流混凝土清除干净。

**9.2.7** 接头箱应在相邻槽段清基完成后，采用侧向剥离方式取出。

**9.3** 十字钢板接头施工

**9.3.1** 十字钢板接头宜按下表选用：

表**9.3.1**十字钢板参数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 地下墙厚度 | 止水板长度 | 封头板厚度 | 止水板厚度 |
| 0.8m | 150mm~250mm | ≥8mm | ≥10mm |
| 1.0m | 300mm~400mm | ≥10mm | ≥12mm |
| 1.2m~1.5m | 400mm~500mm | ≥12mm | ≥14mm |



图**9.3.1**十字钢板示意图

**1**—地墙主筋；**2**—封头钢板；**3**—地墙分布筋；**4**—止水钢板。

**9.3.2** 十字钢板接头箱的施工应符合下列规定：

**1** 十字钢板接头在施工中宜配置两片独立式接头箱，见图**9.3.2**；

**2** 接头箱及连接件应具有足够的强度和刚度；

**3** 接头箱在首次使用时应在现场进行组装调试。



图**9.3.2**十字钢板接头示意图

**1**—接头箱；**2**—钢筋笼；**3**—未开挖的槽段；**4**—十字钢板接头；**5**—槽段两侧壁面；

**9.3.3** 接头箱底部宜填1m~2m袋装砂土或碎石，背侧应填实。

**9.3.4** 十字钢板上端宜高出地下连续墙泛浆高度，下端应插入槽底，并应采取防止混凝土绕流措施。

**9.3.5** 成槽后应采用超声波测斜仪对已浇注槽段十字钢板两侧端头质量进行检测，接头处存在夹泥或扰流混凝土时应及时清除。

**9.4** 工字钢接头施工

**9.4.1** 工字钢接头钢板厚度宜按表**9.4.1**选用

表**9.4.1**工字钢接头参数表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 地下墙厚度 | 工字型钢钢板厚度 | 翼缘伸出长度 |
| 0.8m | 8mm~10mm | 150mm~200mm |
| 1.0m | 10mm~14mm | 200mm~250mm |
| 1.2m | 14mm~16mm | 250mm~300mm |
| 1.5m | 16mm~20mm | 300mm~350mm |

**9.4.2** 工字钢接头应增加预挖区，预挖区长度为工字钢的翼缘长度加200mm~300mm（图**9.4.2**）。



图**9.4.2**工字型钢接头填充预挖区示意图

**1**—工字钢接头；**2**—预挖区；**A**—翼缘。

**9.4.3** 预挖区可采用回填袋装砂土或袋装碎石、安放接头箱或泡沫塑料等方式进行填充。

**9.4.4** 采用袋装填充预挖区时应符合下列规定

**1** 回填的材料宜采用袋装砂土或袋装碎石。

**2** 回填与混凝土浇筑应同步进行，回填的高度应高于混凝土面3m~5m，回填应密实；

**9.4.5** 采用接头箱填预挖区充时应符合下列规定：

**1** 接头箱及连接件应具有足够的强度和刚度；

**2** 接头箱在首次使用时应在现场进行组装试验；

**3** 接头箱背侧应填实，底部宜填1m~2m袋装砂土或袋装碎石。

**9.4.6** 采用泡沫塑料填充预挖区应符合下列规定

**1** 泡沫塑料应采取措施和工字钢固定牢固，防止下入槽段后上浮；

**2** 泡沫材料密度宜大于10kg/m3；

**3** 泡沫塑料与土体间的间隙应采用袋装砂土或袋装碎石回填。

**9.4.7** 工字钢上端宜高出地下连续墙泛浆高度。下端应插入槽底，并应采取防止混凝土绕流措施。

**9.4.8** 工字钢接头位置的回填材料、扰流混凝土等应清理干净，再进行刷壁。

**9.5** 套铣接头施工

**9.5.1** 二期槽段成槽时，应将套铣部分混凝土铣削干净，套铣部分不宜小于200mm，圆弧形槽段最小铣削厚度应不小于100mm。

**9.5.2** 铣槽机铣槽前后和端头控制精度均应高于1/500。

**9.5.3** 铣槽机施工套铣接头时，铣削面距离一期槽钢筋笼的距离宜符合式（**9.5.3**）的规定。



图**9.5.3**铣槽槽段示意图

**1**—一期钢筋笼；**2**—二期钢筋笼；**3**—限位块；**4**—铣削面。

*D≥L*×1/500＋200 （**9.5.3**）

式中：*D*——铣削面距离一期槽钢筋笼的距离（mm）；

*L*——地下连续墙的深度（mm）。

**9.5.4** 套铣接头施工时，一期槽段钢筋笼应设置限位块，限位块设置在钢筋笼两侧，宜采用PVC管，限位块长度宜为300mm~500mm，竖向间距宜为3m~5m。

**9.5.5** 一期槽段在混凝土浇灌前应以分幅线为基准安放导向插板，导向插板应在混凝土浇筑前放置于预定位置，插板长度不应小于6m。

**9.5.6** 二期槽铣槽时，两侧一期槽完成混凝土浇灌的时间不宜少于5天。

**10** 钢筋笼

**10.1** 钢筋笼制作

**10.1.1** 钢筋笼制作应符合下列规定：

**1** 制作平台宜采用型钢制作，且平台应与钢筋笼整体形状相吻合，制作场地应平整坚实，排水畅通；

**2** 钢筋笼宜整体制作并吊装，采用分节吊装的钢筋笼应在同一个平台上一次制作成型。分节对接部位HRB400级钢筋及φ25mm以上的HRB335级钢筋应采用机械连接，且应满足国家现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107相关要求；吊环、吊筋等应采用HPB300级钢筋或钢板；

**3** 钢筋笼内应预留纵向混凝土浇筑导管位置，宜设置导向筋并上下贯通；

**4** 钢筋笼应设置纵向与横向桁架，桁架的布置应根据起吊过程中整体刚度及稳定性的计算结果确定；

**5** 主筋与水平筋交叉处点焊间隔应均匀分布；主筋与吊点处应100%满焊。主筋与桁架筋宜采用100mm长度满焊，夹角宜为45°～60°（图**10.1.1-1**）；封头筋与水平筋连接宜采用三点点焊连接（图**10.1.1-2**）；水平筋与接头工字钢连接应采用满焊连接（图**10.1.1-3**）：



图**10.1.1-1** 桁架筋与主筋连接示意图

**1**—主筋；**2**—桁架筋。



图**10.1.1-2** 封头筋与水平筋焊接示意图

**1**—水平筋；**2**—封口筋；**3**—焊点。



图**10.1.1-3** 水平筋与工字钢连接示意图

**1**—水平筋；**2**—接头工字钢；**3**—主筋；**4**—满焊。

L：5d且不小于50mm，d为水平筋直径。

**6** 钢筋笼应设保护层垫块，其厚度应满足设计要求，纵向间距为3m～5m，横向设置不应少于2块，垫块宜采用4mm～6mm厚钢板制作，并应与主筋焊接；

**7** 预埋件应与主筋连接牢固，钢筋接驳器螺纹外露处应包扎严密；

**8** 钢筋笼的平面和立面宜设置一定数量的剪刀撑。

**10.1.2** 钢筋笼分节制作时，纵向受力钢筋的接头不宜设置在受力较大处。同一连接区段内，纵向受力钢筋的接头面积百分率不宜大于50%。

**10.1.3** 含玻璃纤维筋的钢筋笼可采用U型夹具或卸扣连接，连接数量应根据计算确定。吊装含玻璃纤维筋的钢筋笼宜采用可拆卸式桁架。

**10.1.4** 连续墙设置的声测管、注浆管、应力计及测斜管安装和埋置数量应满足设计或规范要求。管材固定及接头连接应符合下列规定：

**1** 应力计应依据其安装说明及设计要求提前完成与纵向主筋的连接，钢筋笼制作及吊装过程中，应保护仪器（含导线）不受损坏；

**2** 声测管、注浆管及测斜管可采用镀锌铁丝将其固定在钢筋笼内侧，必要时可采用垫块辅助，保证管身平顺无扭曲；

**3** 声测管、注浆管及测斜管的接头应采用丝扣或承插式连接，接头处应密封，下放时应灌满清水。

**10.1.5** 声测管及测斜管的数量及安装位置应符合下列规定：

**1** 单个直槽段声测管埋设数量不应少于4根，间距不宜大于1.5m。转角槽段，声测管埋设数量不应少于3根。声测管应沿钢筋笼内侧布置，边管宜靠近槽边。声测管埋设如图**10.1.5**所示。



图**10.1.5** 地下连续墙声测管布置示意图

**2** 测斜管内相对的十字槽应一对平行于槽段长边方向，一对垂直于槽段长边方向。

**10.1.6** 闭合幅或异形槽段钢筋笼制作前，应对槽位进行复核，根据复核结果作相应调整。

**10.1.7** 钢筋笼制作允许偏差应符合表**10.1.8**规定。

表**10.1.8** 钢筋笼制作允许偏差表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 偏差（mm） | 检查方法 | 检查范围 | 检查频率 |
| 钢筋笼长度 | ±100 | 钢尺量，每片钢筋网检查上、中、下三处 | 每幅钢筋笼 | 3 |
| 钢筋笼宽度 | 0 | 3 |
| -20 |
| 钢筋笼厚度 | 0 | 3 |
| -10 |
| 主筋间距 | ±10 | 任取一断面，连续量取间距，取平均值作为一点，每片钢筋网上测四点 | 4 |
| 分布筋间距 | ±20 | 4 |
| 预埋件中心位置 | ±10 | 抽查 | 20% |

**10.2** 钢筋笼吊装

**10.2.1** 钢筋笼的吊装应符合下列规定：

**1** 吊车的选用应满足起重量、起重高度以及工作半径的要求，同时起重臂的最小杆长应满足跨越障碍物进行起吊时的操作要求，主吊和副吊选用应根据计算确定；

**2** 吊车行走时，起重荷载不得大于其自身额定起重能力的70%；

**3** 双机抬吊时，每台起重机分配质量的负荷不应超过自身额定起重能力的80%。

**10.2.2** 钢筋笼吊点布置应根据吊装工艺和计算确定，并应对钢筋笼整体起吊的刚度进行验算，按计算结果配置相应的吊具、吊点加固钢筋和吊筋等。吊筋长度应根据实测导墙顶标高及钢筋笼顶设计标高确定。

**10.2.3** 钢筋笼应在槽段接头清刷、清槽、换浆合格后及时吊放入槽，不得强行入槽。吊装和沉放过程中钢筋笼不应产生塑性变形。

**10.2.4** 异形槽段钢筋笼起吊前宜对转角处进行加强处理，并随入槽过程逐渐割除加强构件。

**10.2.5** 含玻璃纤维筋的钢筋笼在入槽过程中应解除临时桁架与钢筋笼的连接，并随入槽过程逐渐割除临时桁架。

**10.2.6** 钢筋笼分段沉放入槽时，下节钢筋笼临时固定于导墙上，主筋接头可采用焊接连接或机械连接，并经检查合格后，方可继续下放。

**10.2.7** 钢筋笼应精确固定在导墙上，并应采取防止钢筋笼下沉或上浮的措施。

**10.2.8** 钢筋笼安装水平误差应小于20mm，安装深度误差应小于10mm。

**11** 混凝土

**11.1** 水下浇筑的混凝土配置

**11.1.1** 墙体混凝土应采用预拌混凝土。

**11.1.2** 水下浇筑的混凝土应具备良好的和易性，现场混凝土塌落度宜为200mm±20mm。

**11.1.3** 水下浇筑的混凝土配置强度等级应先进行试配，可参照表**11.1.3**确定。

表**11.1.3**混凝土配制强度等级对照表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设计强度等级 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| 水下浇筑的混凝土配置强度等级 | C30 | C35 | C40 | C50 | C55 | C60 |

**11.1.4** 对永久性结构混凝土的抗渗等级应符合设计要求。

**11.1.5** 永久的地下连续墙在有腐蚀性地下水或地层地区应配制防腐蚀混凝土。

**11.2** 水下混凝土浇筑

**11.2.1** 水下混凝土应采用导管法连续浇筑，导管管节连接应密封、牢固，施工前应试拼并进行水密性试验。导管宜采用直径为200mm～300mm的钢管。

**11.2.2** 导管水平布置间距不宜大于3m，距槽段两端端部不应大于1.5m。导管下端距离槽底宜为300mm～500mm。导管内应放置隔水栓。

**11.2.3** 钢筋笼吊放就位后应及时灌注混凝土，间隔时间不宜超过4h。

**11.2.4** 混凝土的初凝时间应满足浇筑要求，初灌混凝土后，混凝土中导管埋深应大于500mm。

**11.2.5** 混凝土浇筑应均匀连续，间隔时间不宜超过30min。

**11.2.6** 导管埋入混凝土深度应为2m～6m，相邻两导管间混凝土高差应小于0.5m。

**11.2.7** 混凝土宜浇筑至高出设计墙顶300mm～500mm，凿去浮浆后的墙顶混凝土强度应满足设计要求。

**11.2.8** 墙顶低于成槽自然地面3m以上的地下连续墙，墙顶设计标高以上宜采用低强度等级混凝土或水泥砂浆隔幅填充，剩余槽段可采用砂土填实。

**11.2.9** 浇筑混凝土的充盈系数不应小于1.0。

**11.3** 质量控制

**11.3.1** 地下连续墙的混凝土塌落度检验每槽段不应少于3次。

**11.3.2** 混凝土抗压强度和抗渗等级应符合设计要求。墙身混凝土抗压强度试块取为每100m3混凝土不少于1组，且每幅槽段不少于1组，每组3件；墙身混凝土抗渗试块取为每5幅槽段不少于1组，每组6件。作为永久结构的地下连续墙，其抗渗要求参照现行国家标准《地下防水工程施工质量验收规范》GB 50208执行。

**12** 预制墙

**12.1** 一般规定

**12.1.1** 预制地下连续墙单元槽段长度和幅宽应根据开挖深度、基坑平面尺寸、起重机能力和构件长细比合理确定。单元槽段预制幅宽宜为3m~4m。

**12.1.2** 导墙的设置和施工应符合本规程第6章的规定。

**12.1.3** 预制地下连续墙施工应符合下列规定：

**1** 预制地下连续墙宜采用依次成槽法进行成槽施工，预制地下连续墙成槽施工时应先施工转角幅后直线幅，成槽深度应比墙段埋置深度不小于100mm；

**2** 预制墙段起吊前应验算墙段产生的内力，满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010及设计要求后方可起吊；

**3** 预制墙段墙缝宜采用现浇钢筋混凝土接头。

**4** 预制地下连续墙的厚度应比成槽厚度小20mm。预制墙段与槽壁间的前后缝隙宜采用注浆填充；

**5** 墙段吊放时，应在导墙上安装导向架；

**6** 清基后槽内泥浆的性能指标应符合表**12.1.3**的规定。

表**12.1.3**预制地下连续墙清基后槽内泥浆的性能指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 性能指标 | 检查数量 | | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 泥浆比重（g/cm3） | 1.10~1.20 | 离槽底500mm处 | 1 | 泥浆比重秤 |
| 2 | 泥浆黏度（s） | 25~30 | 1 | 漏斗法 |
| 3 | PH值 | 7~9 | 1 | PH试纸 |

**12.2** 预制墙段的制作

**12.2.1** 预制墙段应根据施工情况选择在工厂或现场预制。预制墙段叠层制作时，叠层数应不大于三层，上层墙段的制作应在下层墙段混凝土强度达到设计强度的30%以后方可进行。各层墙段间应采取有效的隔离措施。

**12.2.2** 制作模具应符合下列规定：

**1** 底模宜采用混凝土台座。台座下的地基应平整、坚实，排水畅通，地基承载力应满足制作荷载的要求。台座板侧向弯曲允许偏差为*L*/1500且不应大于15mm，2m长度内台座的平整度允许偏差为3mm（*L*为墙段长度）；

**2** 芯模宜采用充气胶囊或预制成型的塑料泡沫；

**3** 侧模、端模的下端应与混凝土台座连接固定；

**4** 模具安装位置偏差应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

**12.2.3** 钢筋骨架施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

**12.2.4** 混凝土施工应符合下列规定：

**1** 混凝土宜采用水平分层连续浇筑，应及时安装芯模，芯模两侧的混凝土应对称浇筑振捣，混凝土浇注停顿时间不应大于45min；

**2** 每浇注一次混凝土应进行3次坍落度测试，每车浇筑过程的前中后应测各1次。混凝土试件制作应符合第**11.3.2**条的规定。

**12.2.5** 预制墙段尺寸偏差应符合表**12.2.5**的规定。

表**12.2.5**预制墙段尺寸的允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 长度 | ±5 | 每幅  槽段 | 3 | 钢尺检查 |
| 2 | 宽度 | +0，-5 | 3 | 钢尺量一端及中部，取其中较大值 |
| 3 | 厚度 | +0，-5 | 3 |
| 4 | 侧向弯曲 | ≤*L*/1000，且≤20 | 2 | 拉线、钢尺量最大侧向弯曲处 |

续表**12.2.5**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 5 | 埋件、接驳器位置 | 5 | 每幅  槽段 | 20% | 钢尺检查 |
| 6 | 主筋保护层厚度 | +10，-5 | 3 | 钢尺或保护层厚度测定仪量测 |
| 7 | 对角线差 | 10 | 2 | 钢尺量两个对角线 |
| 8 | 表面平整度 | 5 | 3 | 2m靠尺和塞尺检查 |

注：*L*为墙段长度，单位mm。

**12.3** 预制墙段的堆放和运输

**12.3.1** 预制墙段应达到设计强度的100%后方可运输及吊放。

**12.3.2** 预制墙段的就位吊点位置应按设计要求。设计无规定时，吊点位置应计算确定。

**12.3.3** 预制墙段水平起吊应采用四点吊，起重钢丝绳与墙段水平的夹角不应小于45°。

**12.3.4** 预制墙段堆放时垫块宜设置在吊点处。预制墙段叠放层数不宜超过三层，上、下层垫块放置应上下对齐。

**12.3.5** 预制墙段运输时叠放层数不宜超过二层。墙段装车后应与车板固定牢固，固定索具与墙段阳角接触处应采取护角措施。异形截面墙段运输时应采取可靠的支承措施。

**12.4** 预制墙段的安放

**12.4.1** 预制墙段安放前应具备下列条件：

**1** 槽段底部应均匀回填级配良好的碎石，回填高度应高出墙段埋置底标高50mm；

**2** 根据墙幅布置，在导墙面上划出分幅标记。

**12.4.2** 预制墙段的安放顺序宜为先转角墙段后直线墙段。预制墙段安放闭合位置宜设在直线墙段上。

**12.4.3** 预制墙段的起吊和安放应符合下列规定：

**1** 吊点设置和起重索具配置应满足墙段起吊回直后处于铅垂状态的要求；

**2** 起吊回直过程应防止预制墙段根部拖行或着力过大；

**3** 墙段入槽、安放应平稳，并应测量两个方向垂直度；

**4** 墙段的安放应精确固定在导墙上。

**12.4.4** 预制墙段安放允许偏差应符合表**12.4.4**的规定。

表**12.4.4**预制墙段安放允许偏差

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检查数量 | | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 预制墙顶标高 | ±10 | 每幅槽段 | 2 | 水准仪 |
| 2 | 预制墙中心位移 | 10 | 1 | 钢尺检查 |

**12.5** 预制墙段墙缝和墙槽缝隙处理

**12.5.1** 预制墙段连接宜采用现浇钢筋混凝土接头。墙缝接头的施工应符合下列规定：

**1** 接头的施工宜以3个~5个预制墙段作为一个施工段；

**2** 一个施工段最外侧的接头宜在下一施工段进行施工；

**3** 接头施工前，应对两侧墙段侧壁进行刷壁，再对接头位置进行清孔，然后吊放钢筋笼；

**4** 接头水下混凝土宜采用细石混凝土。

**12.5.2** 预制墙段与槽壁间的前后缝隙宜采用压密注浆填充。注浆施工应符合下列规定：

**1** 预制墙段与槽段前后缝隙压密注浆应在接头施工完毕后进行；

**2** 每个预制墙段宜设置2根注浆管，注浆时各注浆点应均匀注浆；

**3** 浆液指标及注浆参数应符合表**12.5.2**的要求。

表**12.5.2**浆液指标及注浆参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 | 项目 | 指标参数 |
| 1 | 水灰比 | 0.55~0.60 |
| 2 | 水玻璃掺量 | 2%~5% |
| 3 | 注浆压力(MPa) | 0.2~0.4 |
| 4 | 注浆速度(L/min) | 20 |

**12.5.3** 预制墙段的搁置点应待墙底墙侧注浆达到设计强度的100%后拆除。

**13** 墙底注浆

**13.0.1** 注浆施工前，宜选择有代表性的墙段进行注浆试验，以确定注浆装置、水灰比、注浆压力、注浆速率、注浆量等施工技术参数。

**13.0.2** 注浆管应采用钢管，壁厚不宜小于3.2mm，内径不宜小于25mm。

**13.0.3** 注浆管的设置应满足下列要求：

**1** 注浆管间距不宜大于3m，且单幅槽段注浆管的数量不宜少于2根；

**2** 注浆管宜设置于钢筋笼厚度方向上的中间位置或沿钢筋笼两侧交互布置，注浆管应与钢筋笼绑扎固定牢靠，绑扎点间距不宜大于2m；

**3** 注浆管长度应确保注浆器伸至槽底。

**13.0.4** 注浆器应采用单向阀，能承受的静水压力应根据注浆器的设置深度确定，且不宜小于1MPa；注浆器外部保护层应确保注浆前注浆器功能完好。

**13.0.5** 可在混凝土初凝后终凝前采用清水打通注浆管路。

**13.0.6** 注浆液宜采用普通硅酸盐水泥浆；浆液应过滤，滤网网眼应小于40μm。

**13.0.7** 浆液水灰比应根据土的级配、饱和度、渗透性确定。对于饱和土，水灰比宜为0.45～0.65；对于非饱和土，水灰比宜为0.7～0.9（松散碎石土、砂砾宜为0.5～0.6）。

**13.0.8** 在墙身混凝土强度达到设计强度70%后方可进行墙底注浆作业，注浆宜在成墙48h后进行。

**13.0.9** 注浆量应符合设计要求。注浆压力应控制0.2MPa～0.4MPa之间。终止注浆压力应根据土层特性及注浆点深度确定，对于风化岩、非饱和黏性土及粉土，注浆压力宜为3MPa～10MPa；对于饱和土层注浆压力宜为1.2MPa～4MPa，软土宜取低值，密实黏性土宜取高值。

**13.0.10** 注浆压力持续低于正常值或地面出现冒浆，应改为间歇注浆，间歇时间宜为30 min～60min，或调低浆液水灰比。

**13.0.11** 满足下列条件之一可终止注浆：

**1** 注浆总量达到设计要求。

**2** 注浆压力大于终止注浆压力并持续3分钟，且注浆量达到设计注浆量的80%时。

**13.0.12** 注浆过程中如发生注浆管堵塞，可采取如下补救措施：

**1** 如一根注浆管发生堵塞，可将其注浆量增加到其相邻注浆管。

**2** 如相邻两根注浆管均发生堵塞，可采取补管注浆等措施。

**13.0.13** 注浆施工完成后应提供试注浆记录、注浆作业记录、特殊情况处理记录等资料。

**14** 检测与监测

**14.1** 检测

**14.1.1** 检测项目**：**

**1**  地下连续墙的检测包括材料检测、成槽检测以及成品检测三部分。

**2** 材料检测包括对混凝土、钢材、预埋件等墙体原材料以及钢筋焊点和接头等进行检测。地下连续墙施工采用的原材料、钢筋焊接点应符合设计文件和有关规范的规定。分批分次检查原材料生产许可证、质量保证书及复验报告、钢筋焊接试验报告。

**3** 每100m3混凝土应送检1组，且每个单元槽段送检不少于1组。连续浇筑同一配合比的混凝土，每5个单元槽段送检1组抗渗试件，每项工程不少于2组。

**4** 进入现场的钢筋按批量进行检查验收，每批钢筋由同一牌号、同一炉罐、同一标号、同一规格或同一等级、同一交货状态的钢筋为一个检验批。每60吨钢筋为一个检验批。当进场钢筋数量少于60吨时，亦按一个检验批计算。

**5** 同一台班内，由同一焊工完成的300个同牌号、同直径钢筋焊接头做为1批。当同一台班内焊接的接头数量较少，可在一周之内累计计算，累计仍不足300个接头，按一批计算。力学性能试验，应从每批接头中随机切取6个接头，其中3个做拉伸试验，3个做弯曲试验。

每种规格钢筋的接头试验不应少于3根，同施工条件、同一批材料、同等级、同规格接头，以500个为一个检验批，不足500个应做为一个检验批。

**6** 成槽检测项目包括垂直度、深度、沉渣厚度、槽宽以及槽壁形态曲线等。

**7**  成品检测包括永久地下连续墙密实度的超声波检测。

**14.1.2** 检测数量：

**1** 混凝土坍落度检验每槽段不应少于3次；

**2** 抗压强度试件留置数量为每100m3不少于1组，且每槽段不少于1组。

**3** 地下连续墙作为永久结构一部分时，成槽应100%检测；作为临时结构时，成槽检测比例为20%。

**4** 永久性地下连续墙抗渗试件每个5槽段不少于1组，临时性地下连续墙抗渗不做要求。

**5** 成槽施工过程须采用超声波对槽壁垂直度进行测试，小于等于3m的槽段直度检测不少于1个断面，大于3m的槽段直度检测不少于2个断面。

**6** 永久性地下连续墙混凝土的密实度应采用超声波检查，总抽样比例为总槽段数的20%。

**7** 沉渣厚度检测每幅不少于2点，每个点取3次检测的平均值为最终检测结果。

**14.2** 监测

**14.2.1** 在地下连续墙的施工过程中，对基坑周围可能受施工影响的既有建（构）筑物、设施、管线、道路、岩土体，应进行监测。

**14.2.1** 地下连续墙监测宜参照国家现行标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497及《建筑变形测量规范》JGJ 8的相关规定。

**15** 缺陷处理

**15.0.1** 地下连续墙成槽过程中，发生大范围坍孔现象时，应进行回填，地基处理后重新施工地下连续墙。地下连续墙发生局部坍方形成鼓包缺陷时，土方开挖后应采取人工风镐凿除局部坍方混凝土，并修平至设计墙面。

**15.0.2** 地下连续墙导管法浇筑混凝土发生堵管、埋管、拔空等因素形成夹泥缺陷时，宜采用下列措施进行补强：

**1** 一般缺陷修复时，在缺陷部位钻孔，采用高压水清洗夹泥，并压注高强度水泥浆，处理完成后宜采取钻孔取芯，检测补强质量，并满足设计要求；

**2** 缺陷严重时，在缺陷位置补作地下连续墙或灌注桩，并采取止水措施。

**15.0.3** 地下连续墙接头箱（锁口管等）发生断裂、埋管等因素形成缺陷时，可在地下连续墙迎土面接缝处补作灌注桩并采取止水措施。

**15.0.4** 地下连续墙发生渗漏水情况时，应采取下列措施进行修补：

**1** 渗漏水较小时可采取快速凝结的水泥浆堵漏方法；

**2** 渗漏水较大时可先采取坑内土反压、插设导流管并进行注浆或聚氨酯堵漏方法；

**3** 渗漏水形成管涌等流土现象时宜先在坑内进行土反压并采取在地下连续墙迎土面渗漏部位进行双液注浆、聚氨酯注浆、高压喷射注浆等堵漏方法。

**15.0.5** 地下连续墙发生露筋缺陷时，应采用下列措施进行修补：

**1** 应先对露筋部位进行凿毛、除锈、清洗处理；

**2** 对表面露筋，可采取1：2或1：2.5水泥砂浆将露筋部位抹压平整；

**3** 对深部露筋，应采取喷射混凝土的方式进行修补，强度应高于地下连续墙混凝土一个等级。

**4** 有孔洞时，封钢板并浇筑细石混凝土，强度应高于地下连续墙混凝土一个等级。

**15.0.6** 地下连续墙倾斜、侵界时，应采用下列措施进行修补：

**1** 一般倾斜（200mm以内），凿除侵界部分墙体，补强结构等措施；

**2** 严重倾斜（200mm以上），在缺陷部位外侧进行补地下连续墙或灌注桩，并凿除侵界部分墙体，补强结构等措施。

**15.0.7** 墙顶超灌高度未达到设计要求时，应对地墙修补至设计标高。

**15.0.8** 接驳器、预埋件不符合要求时，可采取后植筋的修补措施。

**16** 绿色施工

**16.1** 职业健康与安全

**16.1.1** 安全文明施工应符合现行国家标准《建筑施工安全检查标准》JGJ 59的有关规定，应建立应急组织机构，识别危险源并编制应急预案。

**16.1.2** 临时用电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。

**16.1.3** 开工前，应对施工人员进行专门的安全教育和安全技术交底。

**16.1.4** 机电设备应由专人操作，操作时应遵守操作规程。特殊工种应持证上岗。

**16.1.5** 导墙和施工的槽段应设置警示牌，安全警戒线或围挡；已完工的槽段应采取回填处理、添加盖板或设置安全围栏等防护措施。

**16.1.6** 在保护设施不齐全、监护人不到位的情况下，严禁操作人员下槽或清理孔内障碍物。

**16.1.7** 应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33的有关规定对机械设备主要工作性能进行检查。

**16.1.8** 应按现行国家标准《起重机钢丝绳保养、维护、安装、检验和报废》GB/T 5972的有关规定对各种卷扬机、成槽机械及起重机钢丝绳的磨损程度进行检查。

**16.1.9** 外露传动系统应有防护罩并设有安全警示牌。

**16.1.10** 起重机械尾部500mm回转半径内不应有障碍物；起重机吊钢筋笼时，应先吊离地面200mm~500mm，检查起重机的稳定性、制动器的可靠性、吊点和钢筋笼的牢固程度，应确认可靠后再继续进行起吊作业。

**16.1.11** 成槽机械、起重机械工作时，吊臂下严禁站人。施工作业区四周应设置明显标志，严禁非操作人员入内。

**16.1.12**成槽机械、起重机械在靠近架空输电线路附近作业时，与架空输电线路之间的安全距离应符合相关规定。达不到规定时，必须采取绝缘隔离防护措施，并应悬挂醒目的警告标志。

**16.1.13** 钢筋笼、预制地下连续墙等构件的吊装作业安全应符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的有关规定。

**16.1.14** 风力大于6级及以上或大雨、大雪、大雾等恶劣天气时，应停止钢筋笼及预制地下连续墙板的起吊工作。

**16.1.15** 接头管、接头箱顶拔必须采用专用装置，严禁采用起重机直接起拔。

**16.1.16**  焊、割作业点，氧气瓶、乙炔瓶、易燃易爆物品的距离和防火要求应符合现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规程》GB 50720的规定。

**16.1.17** 施工过程中，应定期召开安全工作会议，不间断地进行现场安全巡视检查工作。

**16.2** 环境保护

**16.2.1** 施工过程的环境保护应符合现行国家标准《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905和行业标准《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146的有关规定。

**16.2.2** 施工前应对周边建筑物、管线进行调查摸底，制定保护措施及监测方案。

**16.2.3** 地下连续墙施工过程中应采取下列措施控制噪声污染：

**1** 应选用低噪声、低振动的机械设备。

**2** 施工车辆进入现场禁止鸣笛。

**3** 机械设备的维修保养应按程序进行。

**16.2.4**  施工期间的噪声控制应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523的规定。

**16.2.5**  地下连续墙施工过程中应采取下列措施控制扬尘污染：

**1** 施工现场产生的废土、渣土等应集中堆放，并采取遮挡、掩盖或采取水淋等降尘措施。

**2** 施工现场水泥、膨润土等颗粒散体材料，应封闭堆放、贮存并及时清运。

**3** 使用洒水设备定时洒水降尘。

**16.2.6** 地下连续墙施工过程中应采取下列措施控制光污染：

**1** 应根据现场和周边环境采取限时施工、遮光等减少光污染的措施。

**2** 照明设施必须加设灯罩，透光方向应集中在场内作业区域。

**3** 钢筋笼加工场地宜设置活动屏障。

**16.2.7** 施工现场应设置排水系统，施工过程中泥浆排放应符合下列要求：

**1** 废弃泥浆和污水应经沉淀过滤达到标准后排入市政排水管网。

**2** 对施工过程产生的泥浆宜采取泥水分离系统进行减量化处理。

**3** 在设置废弃物处理设施时，应注意保护环境。

**4** 废泥浆的处置应符合规定。

**5** 运送泥浆和废弃物时应用封闭的罐状车，不得有撒落、溢出或泄漏现象。

**16.2.8** 地下连续墙成槽过程中应采取槽壁稳定措施，减小对周边环境的影响。

**16.2.9** 应组织专人对管线、沟槽定期检查，并及时清理淤积物。

**16.2.10** 施工现场出入口处应设置冲洗设施，对进出车辆进行清洗保洁。

**本规程用词说明**

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1）**表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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该这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

**4）**表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

**2** 条文中指定应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。

**引用标准名录**

**1** 《混凝土结构设计规范》GB 50010

**2** 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204

**3** 《地下防水工程施工质量验收规范》GB 50208

**4** 《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497

**5** 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

**6** 《建设工程施工现场消防安全技术规程》GB 50720

**7** 《建筑工程绿色施工规范》GB/T 50905

**8** 《起重机钢丝绳保养、维护、安装、检验和报废》GB/T 5972

**9** 《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523

**10** 《膨润土》GB/T 20973

**11** 《建筑变形测量规范》JGJ 8

**12** 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33

**13** 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

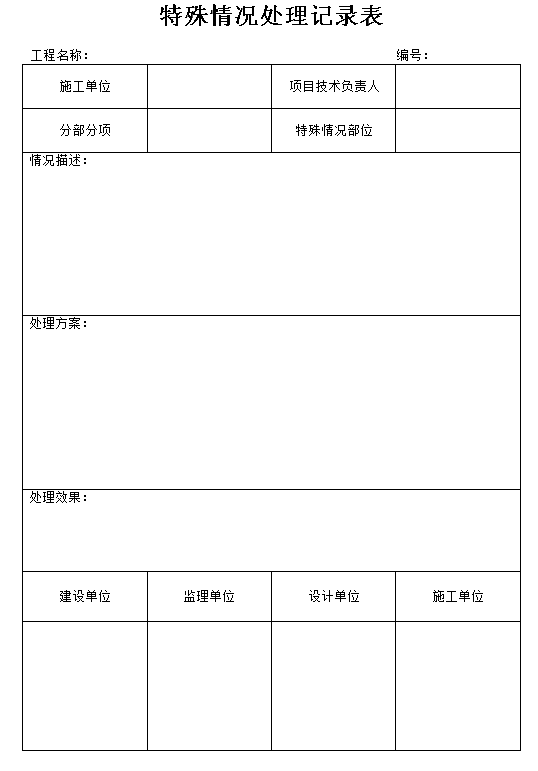
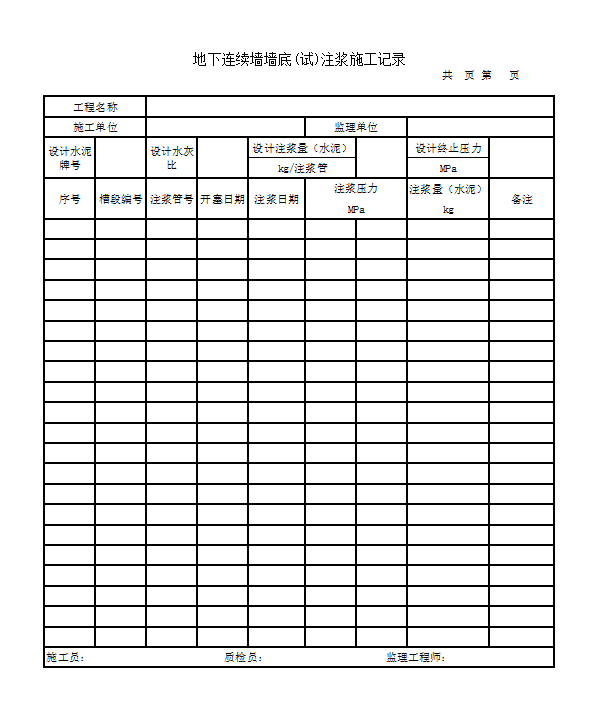
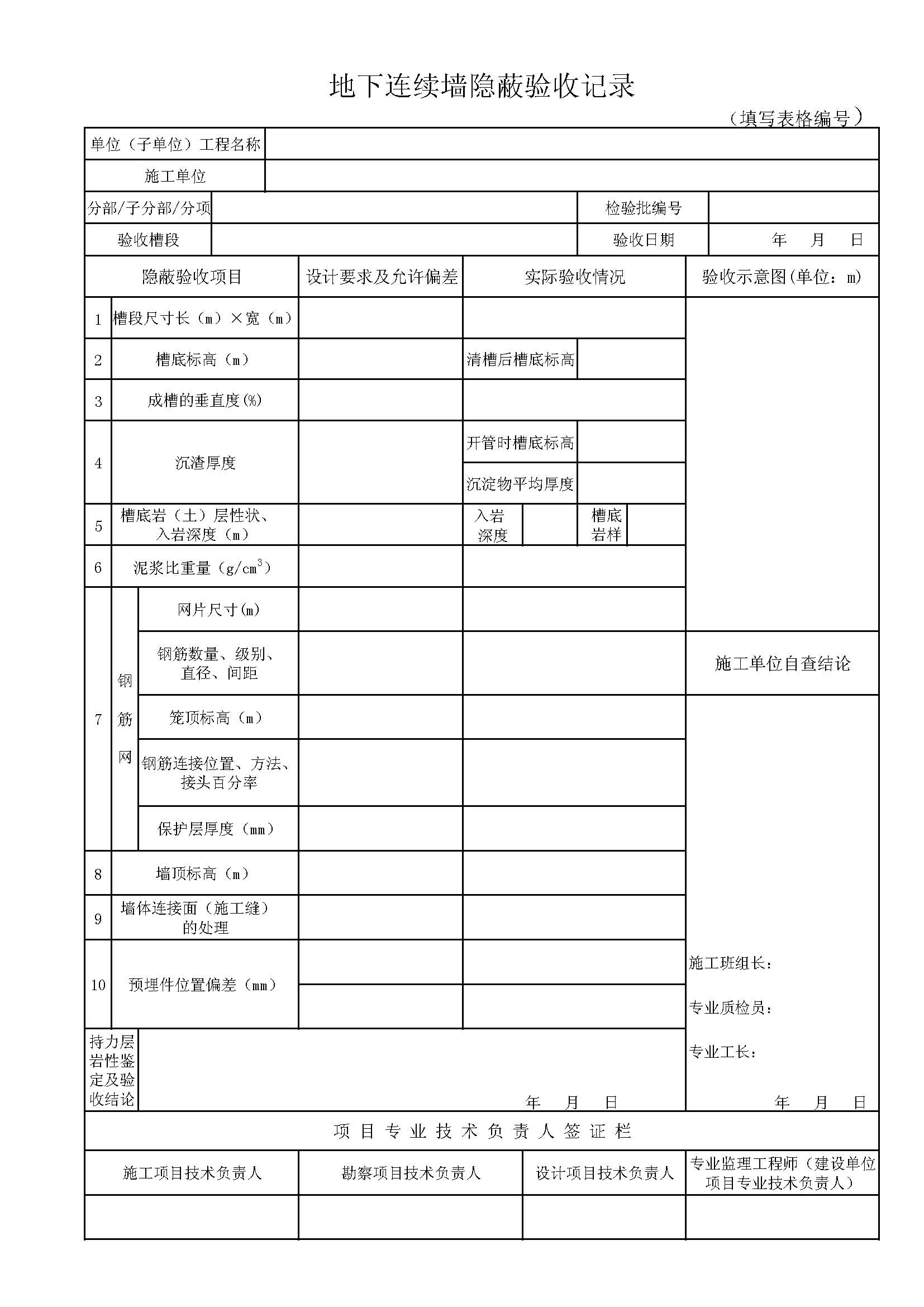
**14** 《建筑施工安全检查标准》JGJ 59

**15** 《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

**16** 《建筑施工现场环境与卫生标准》JGJ 146

**17** 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276

**附 录**



中国工程建设协会标准

地下连续墙施工规程

条文说明

目次

[**1** 总则 62](#_Toc524704939)

[**3** 基本规定 63](#_Toc524704940)

[**4** 施工准备 66](#_Toc524704941)

[**5** 施工设备 68](#_Toc524704942)

[**6** 导墙 71](#_Toc524704943)

[**7** 泥浆 72](#_Toc524704944)

[**7.1** 泥浆制备 72](#_Toc524704945)

[**7.2** 质量控制 73](#_Toc524704946)

[**8** 成槽 75](#_Toc524704947)

[**8.1** 一般规定 75](#_Toc524704948)

[**8.2** 成槽稳定性验算 77](#_Toc524704949)

[**8.3** 抓斗成槽 83](#_Toc524704950)

[**8.6** 抓铣成槽 84](#_Toc524704951)

[**8.7** 套铣成槽 84](#_Toc524704954)

[**8.8** 刷壁与清基 85](#_Toc524704958)

[**8.9** 成槽质量控制 85](#_Toc524704959)

[**9** 接头 86](#_Toc524704960)

[**9.1** 圆弧形接头施工 86](#_Toc524704961)

[**9.2** 钢板橡胶接头施工 86](#_Toc524704962)

[**9.3** 十字钢板接头施工 89](#_Toc524704963)

[**9.4** 工字型钢接头施工 90](#_Toc524704964)

[**9.5** 套铣接头施工 91](#_Toc524704965)

[**10** 钢筋笼 94](#_Toc524704966)

[**10.1** 钢筋笼制作 94](#_Toc524704967)

[**10.2** 钢筋笼吊放 96](#_Toc524704968)

[**11** 混凝土 98](#_Toc524704969)

[**11.1** 水下混凝土配置 98](#_Toc524704970)

[**11.2** 水下混凝土浇筑 98](#_Toc524704971)

[**11.3** 质量控制 99](#_Toc524704972)

[**12** 预制墙 100](#_Toc524704973)

[**12.1** 一般规定 100](#_Toc524704974)

[**12.2** 预制墙段的制作 100](#_Toc524704975)

[**12.4** 预制墙段的安放 100](#_Toc524704976)

[**12.5** 预制墙段墙缝和墙槽缝隙处理 102](#_Toc524704977)

[**13** 后注浆 103](#_Toc524704978)

[**14** 检测与监测 104](#_Toc524704979)

[**14.1** 检测 104](#_Toc524704980)

[**15** 缺陷处理 105](#_Toc524704981)

[**16** 绿色施工 106](#_Toc524704982)

[**16.1** 职业健康与安全 106](#_Toc524704983)

[**16.2** 环境保护 106](#_Toc524704986)

**1** 总则

**1.0.1** 地下连续墙施工技术起源于欧洲。1950年在意大利米兰首先采用了护壁泥浆地下连续墙施工，20世纪五六十年代该项技术在西方发达国家以及苏联得到推广，成为地下工程和深基础施工中有效的技术。现在地下连续墙正在代替很多传统的施工方法被广泛应用于基础工程。

随着我国国民经济的发展，地下连续墙在工程建设中已广泛使用，目前地下连续墙工程最深已达120m，地下连续墙施工技术已处于国际先进水平。

地下连续墙之所以能得到如此广泛的应用与其具有以下的有点是分不开的：施工时振动小，噪声低，适用于在城市施工；墙体刚度大；防渗性能好；可以紧贴原有建筑物建造地下连续墙；可以用于逆作法施工；适用于多种地质条件；可用作刚性基础；占地少，可以充分利用建筑红线以内有限的地面和空间，充分发挥投资效益；功效高、工期短、质量可靠。

**3** 基本规定

**3.0.1** 地下连续墙施工前应收集的资料：

**1** 施工现场的地形、地质和水文条件等是决定成槽方法、成槽效率、泥浆的配合比和循环出土工艺以及槽段长度等的重要依据。掌握当地防洪、防汛和防台风的有关资料，并采取相应的防范措施，可以确保正在施工中的地下连续墙结构和施工现场人、机安全及合理安排施工计划。了解当地的环保要求，可以合理安排泥浆排放和渣土弃运等，防止环境污染。

**3** 基坑开挖卸载引起的沉降和水平位移会影响邻近建（构）筑物、道路、管线及其他地下设备，因此掌握邻近建（构）筑物的高度和结构形式、基础类型和刚度、基础下的土质及其现状等，对制定相应的施工措施和控制标准具有重要意义。掌握地下管线相对位置、埋深、管径、使用年限和功能等，并对其承受变形的能力进行分析，以便在施工中采取相应措施。

**4** 测量基线与水准点是施工定位的依据，因此要按交接手续进行交接，并进行现场复核。

**3.0.2** 常见的不良地质包括暗浜、严重砂性土等。在地下连续墙的施工区域内，应采用物探方法对场地内的不良地质和影响施工的地上、地下管线进行查验并标明位置，采取相应的处理措施。

**3.0.3** 与邻近建（构）筑物的水平距离，应注意建筑物上部的外挑空间，与地下连续墙施工的水平距离也不宜小于1.5m。当水平距离小于1.5m时，需采取适当的施工措施保证正常施工。

**3.0.4** 地下连续墙施工专项方案主要包括：编制总说明（工程概况、本工程范围及主要施工内容、编制依据、施工目标、工程难特点及针对性措施）；施工部署（施工流程安排、施工现场平面布置、总进度计划、机械设备配备计划、劳动力配备计划、施工临时用电、施工临时用水方案、消防方案、排污方案、出土方案、测量方案、管线保护方案、施工协调措施）；地下连续墙施工方案（钢筋笼吊装专项方案等，钢筋笼吊装方案需要进行专家论证）等。

**3.0.6** 成槽设备有很多种，在具体施工时，要根据具体情况进行选择，主要参数见表**3.0.6**。一般来说，应考虑以下几个因素的影响：

**1** 地层特性的影响

**1**）抓斗对地层的适应性很强，从软黏土到含有砾石的冲击层，均可进行

挖槽。当砾石含量很多时，可以使用特制的钢丝绳机械抓斗，配以8t~l0t

重的冲击锤。对于不均匀地基，铣槽机是无能为力的。

**2**）铣槽机对地层适应性强，淤泥、砂、砾石、卵石、石灰岩均可掘削。

**2** 机械性能的影响

一般的抓斗式成槽机械，设备简单使用普遍，但其抓斗闭合力靠钢绳的拉动提供，故其闭合力有限。对于较坚硬的土层，难于切入土中，效率很低，不好使用。但使用液压机抓斗提供闭合力，则效率将大大提高。但是随着闭合力的加大，土体对斗体的反作用力也加大，必须有较重的抓斗重量来克服。

铣槽机铣槽时，两个铣轮低速转动，方向相反，其铣齿将地层破碎，钻掘出的岩渣与泥浆一起被泥浆泵排到地面的泥浆站。根据地质情况不同，安装不同的铣齿；钻掘软岩和砂砾层或土层时，安装扁平的牙式铣齿；钻掘硬岩时，安装圆台形滚筒式磨轮，所以它对土层有广泛的适应性。

表**3.0.6** 成槽设备主要参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备类型  主要参数 | 双轮铣槽机 | 抓斗挖槽机 |
| 适用地质条件 | 适用于几乎所有地质的地层，包括比较坚硬的岩层，但对含漂卵石地层存在一定的局限性。 | 适用的地层比较广泛，除大块的漂卵石、基岩以外，一般的覆盖层均可。 |
| 槽孔连接工艺 | 直接铣削  无需配套 | 下设接头管  配合使用 |
| 钻孔深度（m） | 调整结构及配置挖深达80以上 | 最大挖深可达130 |
| 设备费用 | 很大 | 较大 |

**3.0.7** 泥浆配方或成槽机械选型与地质条件有关，常发生泥浆配方或成槽机械选型不当而产生槽壁坍塌的事故。在地下连续墙正式施工前进行试成槽，可避免类似事故发生，确保工程顺利进行。根据工程情况，对于环境保护要求较高的工程或地质条件较复杂的情况下不应在原位进行试成槽；对于要求较低的工程可进行原位试成槽。

**3.0.8** 针对周边环境保护要求较高时，可考虑现场实际情况，根据需要对槽壁四周土体进行加固。

**3.0.9** 靠近水边的地下连续墙墙背土体开挖后，墙体为一悬臂构件，在墙前水压力和土压力作用下，将产生与使用条件下相反的位移，当位移较大时，可能对地下连续墙墙体造成损坏。所以在靠近水边施工地下连续墙时，通常要设置挡水设施，以免波浪和潮水越顶对地下连续墙造成损坏。

**3.0.10** 根据混凝土终凝时间给出了相邻槽段间施工的最小时间间隔，槽段施工一般采用跳幅的施工顺序，对于不能跳幅施工时，相邻槽段间的最小时间间隔也不宜小于24h或混凝土达到中凝。

**4** 施工准备

**4.0.2** 现场场地平面布置应对施工现场大型机械、临时设施、加工区、施工道路、材料堆场、临时用水用电、泥浆系统等进行合理的设计与配置。施工道路应沿地下连续墙的平面走向布置，满足场地内交通要求和通到场地外的要求，宽度应能满足大型机械设备交汇。钢筋笼平台宜靠近施工道路布置，距离应满足双机抬吊的起重作业半径，平台数量可根据工作面设置，尽量减少起重设备的行走距离。泥浆系统宜靠近大门布置，远离大型设备行走路线。

**4.0.3** 施工道路应根据成槽机来确定道路配筋、宽度等，配筋大小根据计算确定。地基承载力验算按如下公式：



式中：——修正后的[地基承载力特征值](https://www.baidu.com/s?wd=%E5%9C%B0%E5%9F%BA%E6%89%BF%E8%BD%BD%E5%8A%9B%E7%89%B9%E5%BE%81%E5%80%BC&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1YdnHTdmhubrHNWnWmzrAnv0ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3EnHf4rjnkP1mY)；

——[地基承载力特征值](https://www.baidu.com/s?wd=%E5%9C%B0%E5%9F%BA%E6%89%BF%E8%BD%BD%E5%8A%9B%E7%89%B9%E5%BE%81%E5%80%BC&tn=44039180_cpr&fenlei=mv6quAkxTZn0IZRqIHckPjm4nH00T1YdnHTdmhubrHNWnWmzrAnv0ZwV5Hcvrjm3rH6sPfKWUMw85HfYnjn4nH6sgvPsT6KdThsqpZwYTjCEQLGCpyw9Uz4Bmy-bIi4WUvYETgN-TLwGUv3EnHf4rjnkP1mY)；

——基础宽度和埋深的地基承载力修正系数；

γ——基础底面以下土的重度，地下水位以下取浮重度；

*b*——基础底面宽度(m)，当基宽小于3m按3m取值，大于6m按6m取值；

*γm*——基础底面以上土的加权平均重度，地下水位以下取浮重度；

*d*——基础埋置深度(m)，一般自室外地面标高算起。在填方整平地区，可自填土地面标高算起，但填土在上部结构施工后完成时，应从天然地面标高算起。对于地下室，如采用箱形基础或筏基时，基础埋置深度自室外地面标高算起；当采用独立基础或条形基础时，应从室内地面标高算起。

**4.0.5** 总用电量按下式计算：

注：将用电设备的K值和COSφ值相同者作为一项，代入公式进行计算。

式中: *Sjs*—总用电计算容量，kVA ；

*P1-n*——各类用电设备容量，kW ；

*K1-n*——各类负荷的需用系数，包括设备的在载率与同时率等因素；

*COSφ1-n*——各类负荷的功率因数；

*Pn+1*——室内照明负荷的合计功率；

*Pn+2*——室外照明负荷的合计功率；

*Pn+3*——食堂电加热设备的合计功率。

设备用水量采用以下公式进行计算

用水量

式中：——；

——机械用水量（L/s）；

——未预计的施工用水系数；

——同一种机械台数（台）；

——施工机械用水定额；

——施工机械用水不均匀系数。

**4.0.6** 岩层中，可使用冲锤冲孔成槽，并配合抓斗成槽、铣槽机成槽共同施工。

**4.0.7** 钢筋笼制作平台应满足钢筋笼尺寸要求，平台宜采用槽钢制作，槽钢坐落在埋入地表并浇过砼的墩子上，由水平仪校准安放的槽钢面，焊接拼装平台，即平台面处于同一水平。

**5** 施工设备

**5.0.1** 地下连续墙抓斗通过向下抓挖取土向上提升卸土的方式形成沟槽；液压连续墙铣槽机通过连续向下铣削地层、泵举或气举泥浆循环携渣形成沟槽。一般地下连续墙抓斗型号中数值代表卷扬机提升能力参数值，液压连续墙铣槽机型号中数值代表双轮铣架重量参数值。

**5.0.2** 成槽设备应具备以下功能：

**1** 成槽设备的工作装置应能达到成槽宽度的要求，主机卷扬、卷管装置等应满足施工深度要求。

表**5.0.2-1** 液压抓斗基本参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 型 号 | XX46 | XX50 | XX60 | XX70 |
| 成槽宽度(m) | 0.3-1.5 | 0.3-1.5 | 0.8-1.5 | 0.8-1.5 |
| 最大成槽深度(m) | 75 | 75 | 80 | 100 |
| 最大提升力(kN) | 460 | 500 | 600 | 700 |
| 抓斗重量(t) | 14~23.8 | 14-25 | 22-34 | 22-34 |

表**5.0.2-2** 铣槽机基本参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 型 号 | XX32 | XX35 | XX40 | XX50 |
| 成槽宽度(m) | 0.6-1.5 | 0.6-1.5 | 0.8-1.8 | 1.2-2.0 |
| 最大成槽深度(m) | 100 | 120 | 150 | 150 |
| 铣头扭矩(kNm) | 80 | 90 | 100 | 120 |
| 铣头转速（rpm） | 0-25 | 0-25 | 0-25 | 0-25 |
| 双轮铣重量(t) | 22-34 | 31-39 | 36-46 | 47- |

**2** 为保证设计要求的成槽垂直度要求，成槽设备应具有对前后、左右垂直度纠偏的控制系统和工作装置，控制精度达到施工要求。

**3** 成槽设备应具有垂直度监控和显示功能，显示器应显示成槽过程中的垂直度监控参数：前后、左右偏移量、倾斜角度、成槽曲线等。

**5.0.3** 成槽设备的选择本着降低施工成本和保障施工质量两方面考虑，液压抓斗采用的取土方式最大程度减少了泥浆的使用量和处理量，施工成本较低，优先考虑。铣槽机在粘土地层，易包钻，效率低，在粘土地层施工宜使用抓斗式成槽机。

**5.0.4**  冲孔机成槽效率较低，一般可用作连续墙组合施工设备，配套不同重量和形状尺寸的冲锤，用于冲击破碎坚硬地层引孔。

表**5.0.4** 冲孔打桩机基本参数表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 型 号 | XX900 | XX1500 | XX2000 | XX2500 | XX3000 | XX3500 |
| 冲孔直径(mm) | 600-900 | 900-1500 | 1200-2000 | 1600-2500 | 2000-3000 | 2500-3500 |
| 冲孔深度(m) | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 主卷扬拉力(KN) | 30 | 50 | 80 | 100 | 150 | 200 |
| 冲击次数  (次/min) | 5-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 | 5-6 |

**5.0.5** 旋挖钻机可用作连续墙组合施工设备，配套不同规格的钻头、钻杆，用于连续墙的引孔施工。旋挖钻机型号中数值代表动力头的扭矩能力参数值。

表**5.0.5** 旋挖钻机基本参数表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 型 号 | | XX25 | XX30 | XX36 | XX38 | XX46 |
| 最大钻孔直径（mm） | | 2000 | 2500 | 2500 | 3000 | 3500 |
| 最大钻孔深度（m） | | 70 | 78 | 93 | 103 | 120 |
| 动力头 | 最大扭矩（kN·m） | 250 | 300 | 360 | 380 | 460 |
| 转速（r/min） | 8~30 | 6~30 | 6~30 | 6~30 | 6~24 |
| 加压油缸 | 最大加压力（kN） | 250 | 250 | 300 | 300 | 460 |
| 最大提升力（kN） | 250 | 250 | 300 | 300 | 460 |
| 最大行程（mm） | 5700 | 5700 | 6000 | 6000 | 6000 |
| 主卷扬 | 最大卷扬力（kN） | 220 | 300 | 420 | 420 | 500 |
| 最大卷扬速度（m/min） | 60 | 60 | 60 | 55 | 55 |

**5.0.6** 泥浆处理设备的选择可根据成槽机配套需要，一般从泥浆处理能力、分离粒度、渣料筛分能力、功率等选型。

表**5.0.6** 泥浆处理设备参数表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 型 号 | 泥浆处理能力(m3/h) | 分离粒度(µm) | 渣料筛分能力(t/h) | 总功率(kW) | 产地 |
| ZX250 | 250 | 60 | 25-80 | 58 | 中国 |
| ZR400 | 400 | 60 | 25-160 | 81 | 中国 |
| BE500-20 | 500 | 60 | 25-160 | 118 | 德国 |

**5.0.7** 吊装设备选型按施工前所制订的《吊装专项方案》的设备配置需要选择。吊车的型号中数值代表最大起重能力参数值。

表**5.0.7** 履带吊车主要参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 型 号 | XX100 | XX180 | XX260 | XX300 |
| 最大起重重量（t） | 100 | 180 | 260 | 300 |
| 主臂长度（m） | 13-73 | 16-85 | 20-93 | 20-96 |
| 主臂角度（°） | 30～80 | 30～80 | 30～85 | 30-84 |
| 主副卷扬绳速（m/min） | 0～121 | 0～125 | 0～108 | 0-140 |
| 回转速度（rpm） | 0～2.7 | 0～1.8 | 0～1.25 | 0-1.85 |
| 平均接地比压（MPa） | 0.091 | 0.105 | 0.116 | 0.13 |
| 行走速度（Km/h） | 0～1.2 | 0～1.2 | 0～1.2 | 0～1.3 |

**6** 导墙

**6.0.1** 导墙在地下连续墙施工中不仅有导向、防漏的作用，还需承载钢筋笼悬吊压载、接头箱顶拔压载等其它施工荷载。故导墙断面形式和参数需根据地质条件和地墙设计参数等确定。

**6.0.2** 导墙顶面高程宜比周边道路或地面高出100mm，防止地表水流进入槽段内，污染泥浆，影响泥浆护壁稳定性。导墙顶面比地下水位高出500mm以上，可以保证槽段内泥浆对槽段外地下水形成正压力差，确保护壁效果。

**6.0.5** 导墙拆除模板后，应立即在导墙间安装临时木撑，防止导墙变形，净距缩小，影响地下连续墙成槽设备下放或提升；另外，导墙开挖沟槽土应堆放在施工面附近，待支撑安装完成后，立即采用沟槽土回填导墙。

**6.0.6** 导墙施工缝与地墙接缝错开1m~2m，则可降低接头顶拔设备压断导墙的风险。

**6.0.7** 转角处导墙进行外放，直角或钝角（从坑内看）可视情况进行单边外放或双边外放，外放尺寸应根据地墙厚度确定，宜取400mm~600mm，并确保转角处开挖干净，确保墙体厚度。而对于锐角转角，一般不做外放，以免侵限。

|  |  |
| --- | --- |
| 图**6.0.7-1** 直角处外放示意图 | 图**6.0.7-2** 钝角处外放示意图 |

**7** 泥浆

**7.1** 泥浆制备

**7.1.2** 膨润土泥浆的制备有下列几种方法：

**1** 制备泥浆——挖槽前利用专用设备事先制备好泥浆，挖槽时输入沟槽。

**2** 自成泥浆——用钻头式挖槽机挖槽时，向沟槽内输入清水，清水与钻削下来的泥土拌合，边挖槽边形成泥浆。泥浆的性能指标要符合规定要求。

**3** 半自成泥浆——当自成泥浆的某些性能指标不符合规定要求时，在形成自成泥浆的过程中，加入一些需要的成分。

4 水是泥浆材料中用量最大的材料，水质的好坏直接影响泥浆的质量，原则上应该用自来水或不含杂质的中性清水拌制泥浆，若使用地下水、河水需事先进行水质检测和分析工作，若水中含盐浓度在5000ppm以上，钙离子浓度在100ppm以上或钠离子浓度在500ppm以上，则会降低泥浆中膨润土的膨胀率，影响泥浆的质量，因而在使用性质不明的水源时，应事先化验一下，如果是硬水，可在拌浆时加Na2PO7（磷酸钠）或加Na2O3（纯碱）进行软化处理。

聚合物泥浆是以长链有机聚合物和无机硅酸盐为主要组成的泥浆，我国目前刚开始使用。使用该种泥浆，可提高地下连续墙混凝土质量，利用地下连续墙作为主体结构，但施工中因其比重较其他泥浆小，故有时需将泥浆槽中液位提高到地面以上，以保证槽壁稳定。

通过泥浆试配与现场检验确定是否修改泥浆的配比，检验内容主要包括对稳定性、形成泥皮性能、泥浆流动特性及泥浆比重的检验。遇有含盐或受化学污染的土层时，应配制专用泥浆，以免泥浆性能达不到规定要求，影响成槽质量。有条件的现场可采用成品泥浆拌合。泥浆配合比见表**7.1.2**

表**7.1.2**泥浆配合比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土层类型 | 膨润土（%） | 增粘剂CMC（%） | 纯碱Na2CO3（%） |
| 黏性土 | 8~10 | 0~0.02 | 0~0.5 |
| 砂性土 | 10~12 | 0~0.05 | 0~0.5 |

一般来说新配制的泥浆存放24h以上，可以使膨润土或黏土充分水化，保证泥浆具有足够浓度。

现在有些工程泥浆的水化时间不需要24h，若需要提前使用泥浆，应检验新拌制泥浆的性能指标，满足要求后方可使用。

**7.1.3** 循环泥浆的分离净化效果将直接影响护壁泥浆重复使用的可能性，也影响到地下连续墙的施工成本和所需处理的废弃泥浆量。泥浆分离净化通常采用机械、重力沉降和化学处理的方法。

**7.2** 质量控制

**7.2.1** 膨润土技术要求

测定比重、粘度、静切力和PH值等试验，从膨润土进料后检验开始进行，直到调整成适合作业要求的泥浆为止，包裹泥浆拌和过程，新拌膨润土泥浆和已经用膨润土泥浆的拌和。倘若结果表明性能适宜，则静切力、动切力试验可不再连续进行，日常作业过程中主要检查泥浆比重、粘度、PH值、含砂率、失水量、泥皮等指标。泥浆指标检测记录表见表**7.2.1:**

表**7.2.1**泥浆指标检测记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 取样性质：  □新鲜泥浆□成槽泥浆□待处理泥浆□清孔泥浆  取样部位：  泥浆箱编号槽段编号深度m   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 检测项目 | 单位 | 实测指标 | | 比重 | —— |  | | 粘度 | 秒 |  | | PH值 | —— |  | | 失水率 | % |  | | 泥皮厚 | mm |  | | 含砂率 | % |  | | 胶体率 | % |  | | 读数时间 | 日时分 |   取样时间：20年月日时分  检测人： | 取样性质：  □新鲜泥浆□成槽泥浆□待处理泥浆□清孔泥浆  取样部位：  泥浆箱编号槽段编号深度m   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 检测项目 | 单位 | 实测指标 | | 比重 | —— |  | | 粘度 | 秒 |  | | PH值 | —— |  | | 失水率 | % |  | | 泥皮厚 | mm |  | | 含砂率 | % |  | | 胶体率 | % |  | | 读数时间 | 日时分 |   取样时间：20年月日时分  检测人： |

泥浆的主要作用是护壁，此外泥浆还有携渣、冷却机具和切土润滑的功能。合理使用泥浆可保持槽壁的稳定性和提高成槽效率。新配制的泥浆存放24h以上，可以使膨润土或黏土充分水化，保证泥浆具有足够浓度。

**7.2.2** 通过沟槽循环或水下混凝土置换出来的泥浆，由于膨润土和CMC等主要成分的消耗及土渣和电解质离子的混入，其质量比原泥浆质量显著恶化。恶化程度因成槽方法、地质条件和混凝土灌注方法等施工条件而异。

本条规定了循环使用的泥浆控制指标及新制泥浆的性能控制指标。新制泥浆经试验检测，泥浆比重1.03~1.10是较为合理的区间。

清基后可取上、中、下三点测试泥浆指标，泥浆指标应符合本条规定。对预制地下连续墙护壁泥浆的密度、黏度指标作了适当提高。此调整基于以下因素：由于预制地下连续墙采用连续成槽，成槽与吊放墙段的时间间隔较长，两项指标提高，有利于槽壁稳定，由于墙段是预制的，不存在两项指标过大对混凝土灌注质量影响的问题。

如遇一天内施工几幅槽段的情况，应适当增加循环泥浆测试次数。

**8** 成槽

**8.1** 一般规定

**8.1.1** 成槽宜采用抓斗式成槽机；成槽深度进入标贯击数N大于50击的粉砂层、硬黏土层时，宜采用抓铣结合、冲抓结合或钻抓结合的方法成槽。对于基岩成槽：在周边环境允许的条件下，基岩层可用冲孔桩机或潜孔锤冲槽再用液压抓斗式成槽机清渣；当周边环境对噪音或震动限制严格时，应选用液压双轮铣成槽机成槽。对地连墙质量要求高或对振动、噪音管控严格的项目，尤其是市区或邻近建筑物的入岩地连墙施工，优先推荐采用铣槽机，以满足工艺和对周边环境的影响要求。

由于槽壁形状基本决定墙体外形，成槽的工艺基本决定了墙体的制作精度，所以在成槽前应充分做好工艺和设备选型，对有条件的项目或对地连墙垂直度及平整度和沉降等严格限制的项目，建议做成槽试验，以完善或验证设计参数及槽壁稳定，非原为试成槽应根据要求完成槽段回填。

**8.1.2**  单元槽段的最小长度不得小于一个挖掘段（挖掘机械的挖土工作装置的一次挖土长度）。单元槽段愈长愈好，这样可以减少槽段的接头数量，增加地下墙的整体性。但同时又要考虑挖槽时槽壁的稳定性等，所以在确定其长度时要综合考虑下述因素：

**1** 地质条件：当土层不稳定时，为防止槽壁倒塌，应缩短单元槽段长度，以缩短挖土时间和减少槽壁暴露时间，可较快挖槽结束浇筑混凝土。

**2** 地面荷载：如附近有高大建（构）筑物或有较大地面荷载，亦应缩短单元槽段长度。

**3** 起重机的起重能力：一个单元槽段的钢筋笼多为整体吊装（过长的再竖向可分段），起重机的起重能力限制了钢筋笼的尺寸，亦即限制单元槽段长度。

**4** 混凝土的供应能力：一个单元槽段的混凝土宜较快地浇筑结束，为此单位时间内混凝土的供应能力亦影响单元槽段的长度。

**5** 地下连续墙及主体建筑结构的平面布置：划分单元槽段应考虑其接头位置，接头宜避免设在转角处及地下连续墙与内部结构的连接处，以保证地下连续墙的整体性。此外还与接头形式有关。槽段宽度模数采用0.6m、0.8m、1.0m和1.2m。

**8.1.5** 槽壁稳定性计算宜采用梅耶霍夫（G.G.Meyerhof）经验公式。

对于黏性土，槽壁稳定性系数参照公式7.1.5-1确定：

 （7.1.5-1）

对于无黏性的砂土（内聚力c=0）,槽壁稳定系数参照公式7.1.5-2确定：

 （7.1.5-2）

式中：——条形基础的承载力系数，对于矩形沟槽；

B——沟槽宽度（）；

L——沟槽平面长度（）；

——土壤的不排水抗剪强度（N/）；

——沟槽开挖面侧的土压力和水压力（MPa）；

——沟槽开挖面内侧的泥浆压力（MPa）；

——砂土的重力密度（N/）；

——泥浆的重力密度（N/）;

——砂土的内摩擦角（）。

槽壁稳定性不满足要求时，可选用槽壁加固、降水、改善泥浆性能、限制周边荷载、选择合适的导墙等措施来使槽壁稳定。

槽壁土加固：在成槽前对地下连续墙槽壁进行加固，加固方法可采用单轴、双轴、三轴水泥土搅拌桩工艺或高压旋喷桩等工艺。

加强降水：通过降低地下连续墙槽壁四周的地下水位，防止地墙在浅部砂性土中成槽开挖过程中易产生塌方、管涌、流砂等不良地质现象。

泥浆护壁：泥浆性能的优劣直接影响到地墙成槽施工时槽壁的稳定性，是一个很重要的因素。为了确保槽壁稳定，选用黏度大、失水量小、能形成护壁泥皮的优质泥浆，并且在成槽过程中，经常监测槽壁的情况变化，并及时调整泥浆性能指标，添加外加剂，确保土壁稳定，做到信息化施工，及时补浆。

周边限载：地下连续墙周边荷载主要是大型机械设备如成槽机、履带吊、土方车及钢筋混凝土搅拌车等频繁移动带来的压载及震动，为尽量使大型设备远离地墙，在正施工过程中的槽段边铺设路基钢板加以保护，并且严禁在槽段周边堆放钢筋等施工材料。

导墙选择：导墙的刚度影响槽壁稳定，根据工程施工情况选择合适的导墙形式，通常导墙采用倒“L”型或“[”型。

**8.2** 成槽稳定性验算

**8.2.1** 参考英国规范BS EN 1538:2010以及有关工程实践经验。

**8.2.2** 参考英国规范BS EN 1538:2010以及有关工程实践经验，英国规范规定“泥浆液位应高出地下水位1.0 m以上”。

**8.2.4** Fox（2004）与Li等（2013）的研究成果表明当槽段宽度相对较大时（槽段宽度与成槽深度比值大于5），可忽略槽段两侧土体对于滑动土体的约束作用，并偏安全地在二维条件下对整体稳定性进行验算。

对开槽深度范围内各土层强度指标差异明显的地基进行整体稳定性验算时，不宜将整个滑动范围内土层视为均质土体。已有研究表明将土层均质化的简化方法与分层方法计算结果有较大差异。此时，宜采用水平条分法对整体稳定性进行验算。本条文参考[Fox P J. Analytical solutions for stability of slurry trench. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2004, 130(7):749-758]，[Li Y C, Pan Q, Cleall P J, et al. Stability analysis of slurry trenches in similar layered soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2013, 139(12):2104-2109]以及夏元友等（2013）[夏元友, 裴尧尧, 王智德,等. 地下连续墙泥浆槽壁稳定性评价的水平条分法. 岩土工程学报, 2013, 35(6):1128-1133]。

每个分层块体水平分层面上有效法向力为：

 (8-1)

每个分层块体重力为：

 (8-2)

每个分层块体滑动面上的静水压力为：

 (8-3)

每个分层块体水平分层面上的静水压力为：

 (8-4)

**1** 对开槽深度范围内土层强度指标无明显差异的地基，整体稳定安全系数 *F* 除可按**8.2.4**节中式 (8.2.4-1)确定外，也可按均质地基并采用滑体破坏模式对稳定性进行验算，强度指标可按各土层深度加权平均，安全系数可由如下简化公式确定，参考Fox (2004)。



 (8-5)

 (8-6)

 (8-7)

式中 —— 泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 沟槽开挖深度（m）；

—— 滑动面倾角（°），需优化求解，可近似取；

、—— 土层加权平均黏聚力标准值（kPa）和加权平均内摩擦角标准值（°）；

——地下水重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）；

—— 土层加权平均天然重度（kN/m3）；

—— 地表超载标准值（kPa）；

**—— 滑动面有效法向力标准值（kN）；

—— 滑动面切向力标准值（kN）；

—— 滑动体重力标准值（kN）；

—— 泥浆支护压力标准值（kN）；

—— 滑动面静水压力标准值（kN）。



图 8-1 二维均质地基整体稳定性验算图示

**2** 对于干砂均质地基，按滑体破坏模式对整体稳定性进行验算时，当浆液与地表持平，忽略地下水位影响，且不考虑地表超载，安全系数除可按**8.2.4**节中式 (8.2.4-1)确定外，也可由如下简化公式确定。

 (8-8)

式中 *φ*—— 干砂内摩擦角标准值（°）；

——干砂天然重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）。

**3** 对于饱和黏土均质地基，按滑体破坏模式对整体稳定性进行验算时，当浆液和地下水位均与地表持平，且不考虑地表超载，安全系数除可按**8.2.4**节中式 (8.2.4-1)确定外，也可由如下简化公式确定。

 (8-9)

式中 *H*—— 沟槽开挖深度（m）；

*cu*—— 土层不排水抗剪强度标准值（kPa）；

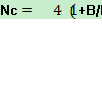
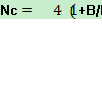
——土层饱和重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）。

**4** 对于饱和黏土均质地基，按地基承载力模式对整体稳定性进行验算时，当浆液和地下水位均与地表持平，且不考虑地表超载时，安全系数可采用梅耶霍夫（G. G. Meyerhof）经验公式对整体稳定性进行验算，槽壁稳定安全系数按下式确定。

 (8-10)

式中 *Nc*——埋深比较大的条形基础承载力系数，取 ；对于矩形沟槽也可近似偏于保守取 ；



*L*—— 槽段宽度（m）；

*B*—— 地连墙厚度（m）；

*H*—— 沟槽开挖深度（m）；

*K*0——静止土压力系数；

*c*u——土体不排水抗剪强度标准值（kPa）；

——土层有效重度（kN/m3）；

—— 泥浆有效重度（kN/m3）。

**8.2.5** Fox（2004）与Li等（2013）的研究成果表明当槽段宽度相对较小时（槽段宽度与成槽深度比值小于5），槽段两侧土体对于滑动土体有明显约束作用，此时宜考虑在三维条件下对成槽整体稳定性进行验算。本条文参考Fox（2004）以及Li等（2013）。

在三维条件下对地下连续墙成槽稳定性进行验算可考虑到端部约束对稳定性的有利影响。**8.2.5**节中计算参数可由如下公式确定。

 (8-11)

 (8-12)

 (8-13)

 (8-14)

 (8-15)

 (8-16)

 (8-17)

 (8-18)式中 ——泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 沟槽开挖深度（m）；

—— 槽段宽度（m）；

—— 各分层滑动面倾角（°）；需优化求解，可近似取；

、—— 各土层黏聚力标准值（kPa）和内摩擦角标准值（°）；

——地下水重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）；

—— 各分层土的天然重度（kN/m3）；

—— 各分层土压力系数，可按静止土压力系数计算；

**—— 地表均布超载标准值（kPa）；

—— 各分层侧面有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层侧面切向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面有效法向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面切向力标准值（kN）；

—— 各分层滑动体重力标准值（kN）；

—— 各分层泥浆支护压力标准值（kN）；

—— 各分层滑动面静水压力标准值（kN）；

—— 各分层水平分层面上静水压力标准值（kN）；

—— 各分层水平分层面上有效竖向力标准值（kN）；

—— 各分层水平分层面上水平力标准值（kN）。

**1** 对开槽深度范围内各土层强度指标无明显差异的地基，强度指标可按各土层深度加权平均，整体稳定性安全系数可分别针对滑动面和侧面按式(8-19)和式(8-20)定义，并根据平衡方程联合求解，计算图示见图8-2，该破坏模式参考Fox（2004）。

 (8-19)

 (8-20)

 (8-21)

 (8-22)

 (8-23)  (8-24)

式中 —— 泥浆液面高度（m）；

—— 地下水位高度（m）；

—— 沟槽开挖深度（m）；

**—— 槽段宽度（m）；

—— 滑动面倾角（°），需优化求解，可近似取；

、—— 土层黏聚力标准值（kPa）和内摩擦角标准值（°）；

——地下水重度（kN/m3）；

—— 泥浆重度（kN/m3）；

—— 土层天然重度（kN/m3）；

—— 土压力系数，可按静止土压力系数计算；

—— 地表超载标准值（kPa）；

**—— 滑动面有效法向力标准值（kN）；

—— 滑动面切向力标准值（kN）；

—— 滑动体重力标准值（kN）；

—— 泥浆支护压力标准值（kN）；

—— 侧面有效法向力标准值（kN）；

—— 侧面切向力标准值（kN）；

—— 滑动面静水压力标准值（kN）。



图8-2 三维均质地基整体稳定性验算图示

**8.2.6** 除需对成槽整体稳定性进行验算外，当地基存在夹砂层时，在槽段内泥浆液面波动过大或液面标高急剧下降时易引起槽壁的局部失稳，应对局部稳定性进行验算。本条款内容参考Filz等（2004） [Filz G M, Adams T, Davidson R R. Stability of long trenches in sand supported by bentonite-water slurry. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2004, 130(9):915-921]。

**8.3** 抓斗成槽

**8.3.1** 由于槽壁形状基本决定墙体外形，成槽的精度基本决定了墙体的制作精度，所以在成槽过程中加强对其垂直度、宽度和泥浆性能指标等的观测，并随时加以修正才能保证成槽质量。当偏移量过大时立即停止施工。

**8.3.4** 异形槽段成槽施工时，在相邻槽段浇筑完成后进行是为了保证槽段不容易塌方，同时施工异形槽段时，应采取有效的措施保证槽壁的稳定。措施有降水、增加泥浆比重和槽壁加固等。

**8.6** 抓铣成槽

**8.6.1** 液压抓斗在标贯击数N大于50击的土层中，成槽效率低、精度难以控制，因此宜采用铣槽机成槽。

**8.6.3** 采用抓铣结合工艺成槽时，一般是先用抓斗抓除浅层软土，遇到粉砂层、岩层等地层后再用铣槽机成槽，但如果抓斗成槽过程中偏斜过大，会导致后来的铣槽机纠偏困难，因此一旦发现抓斗成槽倾斜过大时，应及时改用铣槽机成槽，以便于铣槽机正常纠偏，确保成槽精度。

**8.7** 套铣成槽

**8.7.1** 铣槽机施工的套铣法接头地下连续墙其分幅只能有两种形式：即一期槽和二期槽，铣槽机不能成槽后继幅，因为它不能做到单边切土、单边切混凝土，这样会因为铣斗两侧受力不均匀导致偏斜，无法形成止水接头。

由于套铣接头对端头精度要求非常高，因此一期槽成槽时，两铣之间的中间留土厚度不宜小于600mm（如图**8.7.1**），以保证铣槽纠偏过程中液压推板有可靠的靠山，确保铣斗两侧受力保持一致，否则也会造成成槽偏斜。



图**8.7.1** 一期槽段三铣示意图

**8.7.3** 铣槽机在抽浆时才可以正式铣槽，但因为铣槽机吸浆口距离槽底约4m，因此要放入槽内4m深以下时才可以成槽。

二期槽铣槽由于要切割两侧混凝土，因此纠偏控制较为困难，其中开孔的精度控制尤为重要。控制好最初8m～12m深度的精度，非常有利于后面的精度控制，所以要控制最初8m的铣槽速度。

**8.7.4** 二期槽铣槽过程中应根据相邻一期槽段精度、土层情况和切削混凝土厚度及形状等进行纠偏，确保成槽精度，并确保对一期槽端头套铣部分进行有效切割，以保证接头的止水要求。

**8.8** 刷壁与清基

**8.8.1** 接头处的土渣一方面是由于混凝土流动推挤到单元槽段接头处，另一方面是先施工的槽段接头面上附有的泥皮和土渣，因此为保证单元槽段接头部位的抗渗性能，在清槽过程中还要对先施工的墙体接头面上的土渣和泥皮用刷子刷除。

**8.8.2** 槽底沉渣很难被混凝土置换出来，沉渣残留在槽底不仅会使地下连续墙的承载力降低、沉降加大，而且还会影响墙体底部的截水防渗能力，成为产生官涌的隐患；沉渣混进浇筑的混凝土内还会降低混凝土的强度；如果在混凝土浇筑过程中，由于混凝土的流动沉渣带至单元槽段接头处，则将严重影响接头部位的抗渗性；沉渣会降低混凝土的流动性及浇筑速度；沉渣还可能造成钢筋笼插不到位或上浮，以致使结构配筋发生变化；沉渣会加速泥浆的变质；沉渣还会使浇筑的混凝土外表疏松夹泥部分和上部浮浆增加。因此，清基是地下连续墙施工的一项重要工作。

**8.9** 成槽质量控制

成槽质量将直接影响钢筋笼是否能顺利吊放入槽底，从而影响地下连续墙的施工质量。因此地下连续墙成槽的允许偏差应符合本条规定。

**9** 接头

**9.1** 圆弧形接头施工

**9.1.1** 圆弧形接头深度建议表

|  |  |
| --- | --- |
| 地下墙厚度 | 适用深度 |
| 0.6m | ≤30m |
| 0.8m | ≤40m |
| 1.0m | ≤55m |
| 1.2m | ≤50m |
| 1.5m | ≤40m |

**9.1.2** 条文介绍了接头管施工一般规定。接头管及连接件在混凝土的侧压力及顶拔力作用下不得产生较大变形，应具有足够强度和刚度。

**9.1.3** 为固定接头管底部，必须掼击接头管数次，将其部分根植于原状土，以增强根部反力。

接头管应每15min~30min提升一次，具体的提升频率应根据混凝土初凝的情况确定。

**9.1.4** 成槽后应对混凝土接头用专用工具清刷地下墙接头上的泥，确保地下墙接头止水效果，为保证清刷干净，一般刷壁深度到槽底，上下不宜少于20次，且刷壁结束后，刷壁器上不能有泥。

**9.2** 钢板橡胶接头施工

**9.2.1** 地下墙深度表

|  |  |
| --- | --- |
| 地下墙厚度 | 适应深度 |
| 0.6m | ≤40m |
| 0.8m | ≤45m |
| 1.0m | ≤55m |
| 1.2m | ≤60m |
| 1.5m | ≤65m |

**9.2.3** 钢板橡胶接头的接头箱背面是平的，因此槽段端头越平，接头箱和槽段端头就贴的越密实，接头箱就越容易剥离，并能更有效防止混凝土绕流，有利于接头质量，因此液压抓斗要用方斗，使开挖的槽段端头形状和接头箱形状尽量保持一致。

**9.2.4** 钢板橡胶接头见图**9.2.4-1、9.2.4-2**所示、图**9.2.4-3：**



图**9.2.4-1**钢板橡胶接头示意图

**1**—已完成的槽段；**2**—地墙接缝；**3**—橡胶止水带；**4**—开挖完成的槽段。



图**9.2.4-2**钢板橡胶接头示意图

**1**—已完成的槽段；**2**—橡胶止水带；**3**—接头箱；**4**—未挖完成的槽段。



图**9.2.4-2**橡胶带详图

**1**—止水橡胶；**2**—镶嵌薄钢板止水。

**9.2.5** 固定支架的放置，主要是为了确保接头箱的垂直度。橡胶带和钢板橡胶接头箱固定既要牢固，保证在起吊和下放接头箱过程中橡胶带不会掉落，也不能过于牢固，否则会造成剥离接头箱过程中破坏橡胶带。因此采用木锲等临时固定橡胶带方式比较可靠。



图**9.2.5**导向架详图

**9.2.6** 顶拔钢板橡胶接头箱会破坏橡胶带，而且橡胶止水接头箱取出方式、时间和接头管不一样，接头管是在混凝土浇灌完成后，相邻槽段未开挖就拔出接头管，而橡胶止水接头箱是混凝土浇灌完成后不马上被取出，而是相邻槽段完成成槽，且清孔换浆后再取出的，如果采取拔的方式会破坏接头箱和橡胶带，所以必须采用侧向剥离的方式。

钢板橡胶接头箱在开挖完成后才剥除，新鲜且完整的混凝土面绝非一般工法事后清理所能比拟的，且开挖完成后立即开始清孔换浆，将膨润土泥浆全部换成新鲜泥浆，使泥皮附着在接缝的机会近乎为零，能够极大提高地下连续墙接缝的止水效果。

侧向取出钢板橡胶接头接头箱步骤如下：

（1）地下连续墙槽段混凝土浇灌24h后，可以施工相邻槽段，在该相邻槽段成槽完成且清孔换浆后，接头处的钢板橡胶接头箱可以被剥离。

（2）对于没有安装侧向千斤顶的钢板橡胶接头箱被侧向剥离时，可用挖掘机沿已经开挖完成的槽段方向顶推钢板橡胶接头箱2m宽左右，随后复位，再顶推，直到钢板橡胶接头箱被完全剥离，然后用起重机将钢板橡胶接头箱吊离。

（3）在抓斗端部两侧安装专用扣耳，使扣耳能够扣住钢板橡胶接头箱两侧翼缘，使扣耳楔入钢板橡胶接头箱和接头混凝土之间，在成槽机械的作用下，上下冲击下放，将钢板橡胶接头向从接头处分离，然后用起重机械将接头箱吊离。

（4）对于安装有侧向千斤顶的钢板橡胶接头箱被侧向剥离时，首先从上至下将安装在钢板橡胶接头箱内的千斤顶依次顶出，观察并确认钢板橡胶接头箱和接头脱离，收回所有千斤顶，然后用挖机沿槽段开挖方向顶推钢板橡胶接头箱，复位并再次顶推，直到确认钢板橡胶接头箱完全和接头脱离，最后用起重机将钢板橡胶接头箱吊离。

**9.2.7** 如果接头箱背侧有土体或绕流混凝土没有处理干净，则会增加侧向顶推的困难，严重时，会导致接头箱子断裂。

5

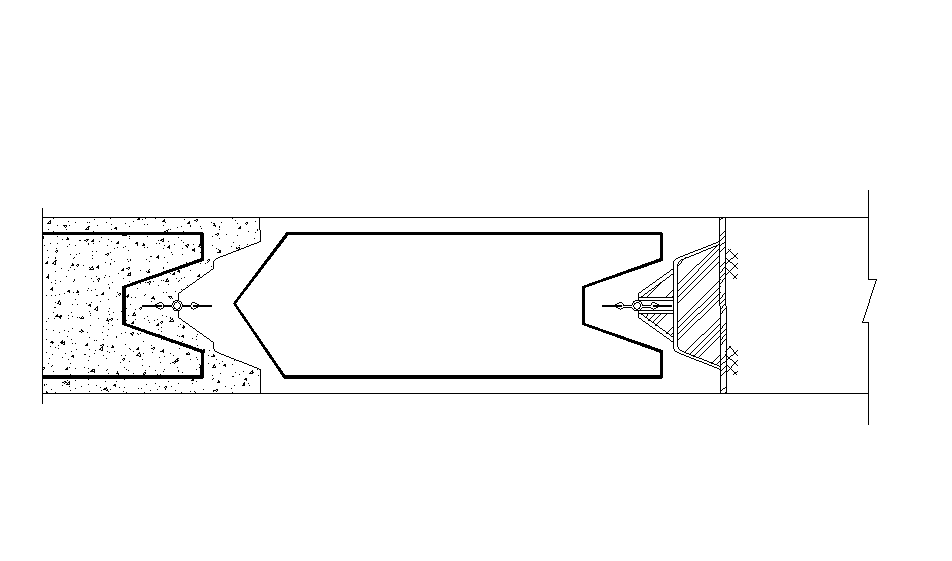
4

3

2

1

图**9.2.7** 钢板橡胶接头箱布置图



**1**—已经完成的槽段；**2**—橡胶止水带地下墙接头；**3**—钢筋笼；**4**—钢板橡胶接头箱；**5**—未开挖的槽段。

**9.3** 十字钢板接头施工

**9.3.1** 不同厚度地下墙十字钢板止水板长度和钢板厚度都不一样，地下墙厚度越后，止水板长度越长，钢板越厚，以保证止水要求。十字钢板断面见图**9.3.1**。



图**9.3.1**十字钢板示意图

**1**—地墙主筋；**2**—封头钢板；**3**—地墙分布筋；**4**—止水钢板。

**9.3.2** 配合接头箱可以抵控混凝土压力，防止墙体倾斜，发生位移及防止混凝土绕流而影响下一槽段施工。施工时需按图施工，且满足钢结构施工质量验收标准。如发生绕流，会使后浇段混凝土与型钢之间的黏结不够牢固，并形成渗水通道，从而导致接头漏水，应做好防绕流措施。防绕流措施包括型钢应焊接牢固，在接头两侧包裹铁皮，在接头位置进行填碎石等。



**1**—十字钢板；**2**—准备浇筑的地下连续墙；**3**—两片独立式锁口管；**4**—未开挖槽段。

**9.3.3** 如槽底土层过硬，则十字钢板无法插入槽底，则十字钢板可以槽底平齐，但必须在十字钢板背侧回填2m高度的袋装碎石，再安放反力箱将袋装碎石压实，防止混凝土从十字钢板底部绕流。

**9.4** 工字型钢接头施工

**9.4.2** 当工字型钢接头的地下墙深度超过35m时，由于受接头垂直精度的影响，安放的接头管（箱）无法保证全部镶嵌在工字钢的凹槽内，在接头局部位置无法为工字钢提供反力，也无法挡住混凝土绕流，一旦混凝土或水泥浆绕流到工字钢背侧则很难处理，会增加接头渗漏水的风险。因此较深的工字型钢接头地下墙因采取回填袋装碎石和安放接头管（箱）结合的措施，如40m深H型钢接头的地下墙接头上部20m安放接头管（箱）下部回填袋装碎石。

**9.4.5** 如果在工字型钢接头背侧回填袋装碎石，并用铣槽机成槽时，袋装碎石的编织袋易堵塞铣槽机吸砂口和浆管，导致无法正常铣槽，因此建议用铣槽机成槽的工字型钢接头地下连续墙时，采用回填泡沫的方法可以防止混凝土绕流，但安装泡沫应做好防浮措施。



图**9.4.5** H型钢接头

**1**—H型钢；**2**—先施工幅；**3**—后施工幅。

**9.5** 套铣接头施工

**9.5.1** 地下连续墙墙段连接防水接头采用“套铣法”，即在两个一期槽段中间下入一铣，就是在两个已经完成的一期槽中间做一个二期槽，在两幅中间形成止水的接缝。一期槽的一边由铣槽机切割出粗糙的面，提供止水接头，所以确保切割厚度才能确保地连墙接头止水要求。见图**9.5.1-1**、**9.5.1-2**



图**9.5.1-1**套铣接头



图**9.5.1-2** 套铣接头切割混凝土范围示意图

地下墙越深，切割混凝土厚度越厚，以保证地下墙接头之水效果，见图**9.5.1-3**



图**9.5.1-3** 不同深度地下墙切割厚度分析图

**9.5.3** 确保切割面和钢筋笼之间保持足够的距离可以避免铣槽机铣槽过程中切割到钢筋，铣槽机一旦切割到钢筋将造成铣槽困难、泥浆浆管堵塞、铣槽机齿轮箱损坏，甚至会造成成槽失败。

**9.5.4** 钢筋笼限位块的设置主要用来防止在二期槽段开挖时，铣槽机对钢筋笼的切削破坏。

**9.5.5** 导向插板用于套铣一期槽段，或二期槽段开挖时铣槽机的定位及垂直度控制。混凝土浇筑时可能对导向插板造成挤压，导致移位，须采取有效措施固定其位置。套铣接头有如下优点：

**1** 施工中不需要其他配套设备；

**2** 可节省材料费用，降低施工成本；

**3** 无预挖区，且可全速灌注无绕流问题，确保接头质量和施工安全性；

**4** 挖掘二期槽时可铣掉两侧一期槽已硬化的混凝土，并在浇筑二期槽时形成水密性良好的混凝土套铣接头。

**9.5.6** 两侧一期槽段完成混凝土浇灌的时间满足本条规定的同时，两侧一期槽段的混凝土强度应相差不大。

**10** 钢筋笼

**10.1** 钢筋笼制作

**10.1.1** 本条对钢筋笼制作作出一般性规定：

**1** 钢筋笼制作平台一般要求在坚实的地面上浇筑一层150mm～200mm厚混凝土（有的也配置钢筋），然后间隔1m～2m设置型钢（可用工字钢或槽钢，有时也用枕木代替型钢）支架并牢固固定，同时控制其平整度，且两端应预留一定的空间。

**2** 钢筋笼宜按设计图划分的单元槽段整体制作，如果因钢筋笼太长或设备起重能力的限制而需要分节制作时，分节的钢筋笼宜采用接驳器连接。分节钢筋笼在同一平台上制作，易保证外形尺寸、预埋件的准确性，便于作出拼装标记以保证精度。

**3** 制作钢筋笼时需要预先确定浇筑混凝土时导管的位置，由于这部分空间要上下贯通，因而周围需增设箍筋和连接钢筋进行加固。尤其在单元槽段接头附近插入导管时，此处钢筋较密集更需特别加以处理。

**4** 由于连续墙钢筋笼尺寸大、整体刚度小，在其起吊时易变形，在加工钢筋笼时，要根据钢筋笼重量、尺寸以及起吊方式和吊点位置，在钢筋笼内布置一定数量（一般2～4榀）的纵向桁架。纵向桁架的上下弦的断面应计算确定，一般以加大相应受力钢筋的断面用作桁架的上下弦。

**5** 钢筋笼桁架筋与主筋的连接应满足设计要求，设计没要求的宜采用10cm长度满焊，夹角宜为60°，如图**10.1.1-1**所示；钢筋笼的封头筋与水平筋连接宜采用三点点焊连接，如图**10.1.1-2**所示；水平筋与接头工字钢连接应采用双面满焊连接，如图**10.1.1-3**所示。



图**10.1.1-1** 桁架筋与主筋连接示意图

**1**—主筋；**2**—桁架筋。



图**10.1.1-2** 封头筋与水平筋焊接示意图

**1**—水平筋；**2**—封口筋；**3**—焊点。



图**10.1.1-3** 水平筋与工字钢连接示意图

**1**—水平筋；**2**—接头工字钢；**3**—主筋；**4**—满焊。

L：5d且不小于50mm，d为水平筋直径。

**6** 为保证连续墙钢筋有可靠的保护层厚度，一般采用在钢筋笼两侧焊接钢垫板的方式。

**10.1.3** 璃纤维筋在地下连续墙工作井进、出洞或地下穿越位置替代普通钢筋，玻璃纤维筋具有质量轻、抗拉强度高、静剪切力很高但动剪切力较低的特点，盾构机或顶管机可直接穿越。含玻璃纤维筋的钢筋笼上下两端为普通钢筋，中间为纤维筋。

**10.1.6** 测管及测斜管安装可按下列要求进行：

**1** 地下连续墙单个直槽段中的声测管埋设数量不应少于4根，声测管间距不宜大于1.5m；对于转角槽段，声测管埋设数量不少于3根。声测管应沿钢筋笼内侧布置，边管宜靠近槽边。声测管埋设如图**10.1.6**所示。



图**10.1.6** 地下连续墙声测管布置示意图

**2** 测斜管安装满足下列要求：

**1）**测斜管内相对的十字槽应一对平行于槽段长边方向，一对垂直于槽段长边方向。

**2）**测斜管接长时宜先在接头处涂抹连接胶水，再拧紧固定螺丝，最后将接头包裹严密，避免后续工作导致接头进浆填充测斜管；底端应封闭严密。

**3）**测斜管应牢固固定在钢筋笼内侧，必要时可采用垫块辅助，保证管身平顺无扭曲。

**4）**测斜管随钢筋笼吊放入槽完成后，应及时向测斜管内灌入自来水，并封闭管口，管口高度应以方便后续接长或监测为原则进行确定。

**10.2** 钢筋笼吊放

**10.2.2** 筋笼吊具、吊点设置的要求：

**1** 吊具、吊点加固钢筋及确定钢筋笼吊放标高的吊筋，应进行起吊重量分析，通过强度验算确定选用规格。

**2** 成槽完成后吊放钢筋笼前，应实测当时挡墙顶标高，计入卡住吊筋的搁置型钢横梁高度，根据设计标高换算出钢筋笼吊筋的长度，以保证结构和施工所需要的预埋件、插筋、保护铁块准确位置。

**10.2.3** 钢筋笼入槽时，如强行冲击下放，会引起钢筋笼变形或槽壁坍塌，从而产生大量沉渣。当钢筋笼不能顺利入槽时，通常要重新吊出，查明原因并采取相应措施。

**10.2.5** 含玻璃纤维筋的钢筋笼起吊前，若不采用桁架，可临时用钢筋或型钢加固钢筋笼，起吊入槽过程中应逐步拆除干净。

**10.2.7** 浇筑混凝土时，混凝土由导管底端向孔口方向流动，若混凝土坍落度、浇筑间隔时间或埋管深度控制不当，非常容易出现钢筋笼上浮，且上浮后很难再将钢筋笼沉下去，必须引起足够重视。

**11** 混凝土

**11.1** 水下混凝土配置

**11.1.1** 和易性包含流动性、粘聚性和保水性等。通常通过实验测定流动性，以目测和经验评定粘聚度和保水度。为了保证混凝土的流动性，满足水下施工的要求，混凝土塌落度宜控制在200mm±20mm。按工程实际要求，为改善和易与缓凝，宜掺加外加剂。

**11.1.2** 由于受地质和施工等因素的影响，现浇的水下混凝土强度存在低于陆上浇筑的混凝土强度的情况，同时在整个墙面上的混凝土强度的离散性也比较大，因此通常情况现浇混凝土强度等级应比设计强度提高一级进行配置。

**11.2** 水下混凝土浇筑

**11.2.2** 导管间距过大或导管处混凝土表面高差太大容易造成槽段端部和两根导管之间混凝土面底下，泥浆容易卷入墙体混凝土中。使用的隔水栓应有良好的隔水性能，并应保证顺利排出；隔水栓宜采用球胆或与桩身混凝土强度等级相同的细石混凝土制作。

**11.2.3** 在4h内浇筑混凝土主要是避免槽壁坍塌或降低钢筋握裹力。

**11.2.4** 受运距和施工等因素影响，混凝土的初凝时间应满足槽段浇筑要求；混凝土初灌时泥浆比重相对后期比重不大，根据以往施工经验导管埋深大于500mm。

**11.2.5** 在浇筑水下混凝土时，不能中断时间过长，中断时间过长容易造成导管堵塞并影响混凝土的均匀性。

**11.2.6** 为了保证混凝土有较好的流动性，需控制好浇筑速度。采用导管法浇筑混凝土时，如果导管埋入深度太浅，可能使混凝土浇筑面上的被泥浆污染的混凝土卷入墙体内，当埋入过深时，又会使混凝土在导管内流动不畅，在某些情况下还会产生钢筋笼上浮。根据以往施工经验，规定导管埋入深度为2m～4m。

**11.2.7** 在浇筑混凝土时，顶面往往存在一层浮浆，硬化后需要凿除，为此混凝土需要超浇300mm～500mm，以便将设计标高以上的浮浆层用风镐打去。

**11.2.8** 主要是控制浇筑速度，浇灌混凝土液面高差不大于0.5m，确保施工质量。

**11.3** 质量控制

**11.3.1** 混凝土坍落度是在实际施工中用来判断混凝土施工和易性好坏的一个[标准](http://baike.baidu.com/item/%E6%A0%87%E5%87%86)，如果坍落度较大容易引起拌和物的离析，如果太小则给施工带来[难度](http://baike.baidu.com/item/%E9%9A%BE%E5%BA%A6)，故规定每槽段3次塌落度检测，以控制施工质量要求。

**11.3.2** 分别对地下连续墙混凝土抗压、抗渗试件取样的数量和范围作出规定。

**12** 预制墙

**12.1** 一般规定

**12.1.1** 对单幅预制墙段的长度和幅宽作规定，基于以下因素：

**1** 控制构件的长细比，使墙段在起吊过程中产生的内力小于墙体的设计容许值。目前预制墙段厚度一般为580mm~780mm，小于25m的长度是较适宜的。

**2** 控制构件重量，使吊放墙段的起重机选型较经济合理。

**3** 基于满足以上1、2点的原则，使预制墙段的幅宽尽可能宽，以减少接头数量，根据工程实践，幅宽3m~4m较为适宜。

**12.1.3** 本条对预制地下连续墙成槽特殊性作了规定：

**2** 预制地下连续墙不必像现浇地下连续墙采用隔幅成槽成墙的施工工艺。根据预制地下连续墙施工工艺，适宜采用连续成槽、连续吊放墙段，并吊放若干段后再进行接头桩和压密注浆施工，故作此规定。

**4** 成槽深度落深100mm~200mm。考虑槽底铺垫碎石加固。

**6** 若成槽与吊放墙段的时间间隔较长，可对护壁泥浆的比重、黏度指标适当提高。

**12.2** 预制墙段的制作

**12.2.1** 目前预制墙段一般都在工厂制作，考虑场地条件限制，可以叠层制作。叠层数限制是综合考虑了地基承载力以及制作时的适宜操作高度等因素。

**12.2.4** 预制墙段为空腹构件，混凝土须水平分层连续浇筑。同时为保证浇筑连续，不留施工缝，因而对放置芯模的时间间隔作了规定。另外，单幅预制墙段的混凝土量一般不大于30m3~50m3，故其检测频率按单幅墙段计。

**12.2.5** 为便于预制墙段的安放，预制墙段的宽度、厚度和平整度均作负偏差规定。

**12.4** 预制墙段的安放

**12.4.1** 本条是对预制墙段安放前上道工序的要求：

**2** 规定槽底回填碎石并高出墙段的埋置底标高，考虑在预制墙段自重作用下，压实碎石对槽底起到加固作用。

**12.4.2** 本条是预制墙段安放顺序的规定，并对预制墙段安放闭合位置进行了规定。由于墙缝接头桩混凝土施工可能造成预制墙段底端走动，除应采取措施防止走动外，对实际可能产生的走动和预制墙段位置变化，在闭合幅安放前进行实测，并作相应调整，保证闭合幅顺畅安放。

**12.4.3** 本条是预制墙段起吊和安放的规定：

**1** 预制墙段一般处于平面外位置起吊，而平面外墙段相对比较长细，故应对起吊过程墙段跨中弯矩进行计算，并校核起吊产生的内力和挠度产生的裂缝是否满足设计要求。

**2** 预制墙段起吊后应持铅垂状态，便于墙段入槽安放。墙段一般采用端头两点吊，两吊点交点须在墙段的重心线，其中一吊点处设微调索，以调整起吊后的预制墙段至铅垂状态。图**12.4.3**



图**12.4.3** 预制墙段调直示意图

**1**—吊钩；**2**—钢丝绳；**3**—铁扁担；

**4**—滑轮；**5**—手拉葫芦；**6**—调整索；**7**—预制地下连续墙

**3** 预制墙段由水平状回直时，起重机起升时，其起重吊钩应沿其回直方向移动（或行走、或起把杆），避免根部拖行或着力过大。

**12.5** 预制墙段墙缝和墙槽缝隙处理

**12.5.1** 本条是预制墙段墙缝接头施工的规定。预制墙段间的墙缝处理是预制地下连续墙的施工关键之一。其作用：1）连接各墙段，使墙段连成整体；2）止水抗渗；3）墙段安放的调整间隙。墙缝接头采用现浇钢筋混凝土，其可以起到上述三方面作用。

**1** 接头桩相对集中施工基于以下原因：

1）预制墙段已安放，槽壁无稳定之虞；

2）有利于各种作业叉开施工；

3）多幅墙段根部挤密，可减少接头桩混凝土施工对墙段根部的挤动。

**4** 接头混凝土一次浇筑到顶，会对相邻的已安装的预制墙体造成较大挤压而走动。接头混凝土分两次浇筑，第一次浇筑一定高度的混凝土并终凝后进行第二次混凝土浇筑，这样可以避免或减少接头混凝土浇筑时的挤压影响，防止预制墙体的走动。另，第一次浇筑高度规定在基坑开挖面以下5m，可以不影响开挖面以上墙体接缝的抗渗性能。

**12.5.2** 墙槽缝隙需填充，墙体与槽壁间的摩阻力需恢复和提高，压密注浆可以起到上述作用。故本条规定采用钢筋混凝土接头进行墙缝和墙槽缝隙处理。

**13** 后注浆

**13.0.1** 墙底注浆工艺可用于地下连续墙的沉渣（虚土）、泥皮和墙底一定范围土体的加固。关于墙底注浆的注浆压力、注浆速度、浆液配比、清水劈裂时间等有关施工参数，以及注浆器的构造说明、注浆管的布置、喷浆眼的数量、具体的布置，在正式注浆之前选择有代表性的墙段，进行注浆试验，根据实际情况进行调整。

**13.0.4** 注浆器应采用单向阀，以防止泥浆及混凝土浆液的涌入。

**13.0.5** 在地下连续墙混凝土初凝后终凝前先用高压水劈通压浆管路，防止注浆器被混凝土包裹无法注浆。

**13.0.7** 对注浆液水灰比的规定是根据大量工程实践经验提出的，兼顾的注浆施工的可注性和注浆的有效性。水灰比过大会影响注浆的有效性，过小影响施工的可注性。水灰比的大小应根据土层类别、土的密实度、土是否饱和诸因素确定。当浆液水灰比不超过0.5时，加入减水、微膨胀等外加剂利于增加浆液的流动性和对土体的增强效应。

**13.0.8** 规定在地下连续墙混凝土达到设计强度70%后（通常在做压顶梁前）方可压入水泥浆，是为了避免高压水泥浆对墙身造成破坏。

**13.0.9** 注浆量的大小和地下连续墙的厚度、土层性质关系密切。一般由设计根据土层条件和使用要求确定；如设计无明确要要求时，可参考类似工程经验并结合现场土层条件确定。

**13.0.10** 采用间歇注浆的目的是通过一定时间的休止使已压入浆提高抗浆液流失阻力，并通过调整水灰比消除不正常的注浆现象，如注浆压力长时间低于正常值或地面出现冒浆等。

**13.0.11** 规定终止注浆的条件是为了保证注浆的预期效果及避免无效过量注浆。

**13.0.12** 如遇相邻两根注浆管均发生堵塞情况，可于紧邻原注浆管的墙体外侧补充设置注浆管，完成注浆补救。

**14** 检测与监测

**14.1** 检测

**14.1.1** 检测抽样的原则：

**1）**对施工质量有疑问的槽段。

**2）**不同机台或采用不同工艺开始施工的槽段。

**3）**水平方向地层性质差异大或容易发生偏斜、坍塌、缩径等不利于施工区段内的槽段。

**4）**随机抽样，基本均匀分布。

声测管埋设要求：

**1）**声测管宜选用无缝钢管。

**2）**单个槽段声测管埋设数量不应少于4根，声测管间距间距宜控制在1.5m之内；对于转角槽段，声测管埋设数量不少于3根。

**15** 缺陷处理

**15.0.1** 鼓包的主要成因：地下连续墙在采用液压抓斗法成槽时，尤其是在厚砂层地质中，不可避免地会碰撞或啃坏槽段土体，使槽段土体部分凹凸不平。钢筋笼下放过程中，钢筋笼上安装的保护层控制块不可避免地会对两侧槽壁进行刮蹭，造成局部泥膜破坏后产生坍塌，因此造成局部鼓包的现象。处理时，应采取人工风镐凿除局部坍方混凝土，并修平至设计墙面。

**15.0.2** 浇筑混凝土时，应保证导管口离槽底应保持不小于1.5d的距离，导管插入混凝土深度保持不小于1.5m，应保持连续浇筑，浇灌间歇时，要上下小幅度活动导管。如遇堵管问题，可采用敲击、抖动或者提动导管（高度在300mm以内），活用长杆捣插导管内混凝土进行疏通；如无效，可在顶层混凝土尚未初凝时，将导管提出，重新插入混凝土内，并用空气吸泥机将导管内的泥浆排出，再恢复浇筑混凝土。如夹泥形成一般缺陷，修复时在缺陷部位钻孔，采用高压水清洗夹泥，并压注高强度水泥浆，处理完成后宜采取钻孔取芯，检测补强质量，并满足设计要求。缺陷严重时，在缺陷位置补作地下连续墙或灌注桩，并采取止水措施。

**15.0.4** 地下连续墙槽孔底部的淤积物是墙体夹泥的主要来源，混凝土开浇时向下冲击力大，混凝土将导管下的淤积物冲起，一部分悬浮于泥浆中，一部分与混凝土掺混，处于导管附近的淤积物，随混凝土浇筑时间的延长，又沉淀下来落在混凝土表面上，当槽孔混凝土面发生变化或呈覆盖状流动时，这些淤积物最容易被夹在混凝土中。

渗漏水较小时，先用人工清除杂质，凿去混凝土表面松动的石子，并用水将表面清洗干净、凿毛，然后选用硫铝酸盐超早强膨胀水泥与一定量的中粗砂配制成的水泥沙浆或混凝土来进行修补。

渗漏水较大时，应先在坑内进行反压土，防止出水口继续扩大，现场采用镀锌水管或塑料管作引流管插入漏水口，四周用快凝水泥嵌固，并在出水口处支设模板，拌制快凝混凝土形成止水内衬墙，然后进行注浆封堵漏水点。

**16** 绿色施工

**16.1** 职业健康与安全

**16.1.4** 非电工人员严禁擅动现场内的电气开关和电气设备；未经许可不得擅动非本职工作范围内的一切机械和设备；不准搭乘运料机械上下。

**16.1.6** 进入施工现场前，应先检查施工现场及其周围环境是否达到安全要求，安全设施是否完好，及时消除危险隐患后，再行施工。

**16.1.12** 成槽机械、起重机械在靠近架空输电线路附近作业时，与架空输电线路之间的最小安全距离应符合表**16.1.12**的规定。

表**16.1.12** 成槽机械、起重机械与架空线路边线的最小安全距离

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 安全距离（m）  电压（KV） | <1 | 10 | 35 | 110 | 220 | 330 | 500 |
| 沿垂直方向 | 1.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.5 |
| 沿水平方向 | 1.5 | 2.0 | 3.5 | 4.0 | 6.0 | 7.0 | 8.5 |

**16.2** 环境保护

**16.2.4**  施工期间的噪声控制应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523的规定。

**1** 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表**16.2.4**的排放限值。

表**16.2.4**建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB（A）

|  |  |
| --- | --- |
| 昼间 | 夜间 |
| 70 | 55 |

**2** 夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于15dB（A）。

**16.2.7** 废弃泥浆和污水中含有各种有害物质，必须经过沉淀和过滤达到标准后才能排入市政污水管网。随着泥浆处理技术和相关机械设备的发展，施工现场宜采用泥浆减量化处理，减少泥浆排放的数量，降低对环境的污染。