

水利水电工程 地下连续墙技术规范

Technical specifications of diaphragm wall for water resources and hydropower
projects

目 次

1. 总 则	1
2. 术语与符号	3
2.1 术 语	3
2.2 符 号	5
3. 基本规定	8
4. 勘 察	11
5. 材 料	14
5.1 一般规定	14
5.2 泥浆	14
5.3 混凝土	16
5.4 钢筋及其它	17
6. 设 计	18
6.1 一般规定	18
6.2 墙体布置	19
6.3 荷载及荷载效应组合	20
6.4 稳定性分析	22
6.5 结构设计	28
6.6 接头	30
6.7 构造要求	31
7. 施 工	33
7.1 一般规定	33
7.2 施工准备	33
7.3 施工设备	34
7.4 施工工艺	34
7.5 特殊情况处理	41
7.6 质量安全与环境保护	43
8. 质量检测	45
8.1 一般规定	45
8.2 成槽检测	45
8.3 墙体检测	46
8.4 接头检测	48
9. 安全监测	50
9.1 一般规定	50
9.2 监测项目	50
9.3 监测点布置	51
9.4 监测仪器设备安装及测量	52
9.5 监测数据整理分析及信息反馈	53
附录 A	54
A.1 土压力计算	54
A.2 水压力	57
A.3 土反（抗）力及水平反力系数	57
A.4 锚杆和内支撑作用力	58

A.5 静力平衡法	60
A.6 竖向弹性地基梁法	61
A.7 圆筒形地下连续墙计算	62
附录 B	66
表 B.1 地下连续墙工程冲击钻造孔班报表	66
表 B.2 地下连续墙工程抓斗/铣槽机挖槽班报表	67
表 B.3 导管下设及开浇情况记录表	68
表 B.4 混凝土浇筑导管拆卸记录	69
表 B.5 混凝土浇筑孔内混凝土面深度测量记录	70
表 B.6 第 号槽孔混凝土浇筑指示图及浇筑过程记录	71
表 B.7 地下连续墙接头管下设记录表	72
表 B.8 地下连续墙接头管起拔记录表	73
表 B.9 地下连续墙造孔质量检查记录表	74
表 B.10 地下连续墙清孔质量检验记录表	75
表 B.11 地下连续墙单孔基岩面鉴定表	76
表 B.12 地下连续墙造孔清孔检查合格证	77

1. 总 则

1.0.1 为规范水利水电工程地下连续墙的勘察、设计、施工、质量检测与安全监测，制定本技术规范。

1.0.2 本技术规范适用于水工建筑物挡土、承载、防渗地下连续墙结构的勘察、设计、施工、质量检测与安全监测。深度超过 100m 的地下连续墙应进行专门论证。

1.0.3 地下连续墙设计与施工应综合考虑地质条件、周边环境、使用功能、使用期限等因素，做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境、确保质量。

1.0.4 本技术规范主要引用以下标准：

GB 50199 水利水电工程结构可靠性设计统一标准

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50487 水利水电工程地质勘察规范

GB 51247 水工建筑物抗震设计标准

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB/T 50145 土的工程分类标准

GB/T 5005 钻井液材料规范

GB/T 20973 膨润土

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准

GB 50208 地下防水工程质量验收规范

GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准

SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准

SL 191 水工混凝土结构设计规范

SL/T 352 水工混凝土试验规程

SL 654 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范

SL 744 水工建筑物荷载设计规范

SL 174 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范

SL 677 水工混凝土施工规范

SL/T 62 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

SL 632 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准-混凝土工程

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ 106 建筑基桩检测技术规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

JG/T 406 土木工程用玻璃纤维增强筋

1.0.5 水利水电工程地下连续墙勘察、设计、施工、质量检测与安全监测除应符合本技术规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2. 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 地下连续墙 diaphragm wall

采用成槽机械在地下分段成槽，浇筑钢筋混凝土单元槽段，并通过特定接头相连，形成具有防渗、挡土、承重等功能的连续地下墙体。

2.1.2 导墙 guide wall

设置在槽段两侧，具有足够强度、刚度和精度，用于支撑槽壁、成槽定位、承担施工荷载及维持泥浆液面高度的钢筋混凝土墙体。

2.1.3 泥浆 slurry

由水、膨润土、黏土颗粒或化学制剂拌制形成的悬浮液，在成槽施工时起护壁、携带泥渣、冷却钻头等作用。

2.1.4 泥皮 filter skin

成槽施工时泥浆在自身压力和重力作用下向地层渗透，部分膨润土或黏土微小颗粒附着在槽壁上形成的泥膜。

2.1.5 槽段 panel

根据整体布置、成槽设备、接头形式、场地条件和周边环境等因素划分的地下连续墙成槽施工单元，按水平截面形状可分为一字型、L型和T型等槽段。

2.1.6 槽孔 trench

在钢筋混凝土地下连续墙施工中，为灌注混凝土而挖掘的狭长深槽。

2.1.7 试成槽 experimental trenching construction

地下连续墙在施工前，为核对地层资料，检验所选设备、施工工艺及技术要求是否合适而进行的试验性成槽施工。

2.1.8 主孔、副孔 primary hole and secondary hole

形成地下连续墙槽孔的单孔中，第一次序施工的孔为主孔；位于主孔之间，第二次序施工的孔为副孔。

2.1.9 抓取法 trenching by grabbing

采用液压抓斗成槽的一种施工工艺。

2.1.10 钻抓法 trenching by drilling and grabbing

采用冲击或钻孔机械钻凿主孔，并用液压抓斗挖掘副孔成槽的一种施工工艺。

2.1.11 钻劈法 trenching by drilling and splitting

采用冲击或回转钻机钻凿主孔和劈打副孔成槽的一种施工工艺。

2.1.12 铣削法 trenching by hydraulic cutter

采用铣槽机成槽的一种施工工艺。

2.1.13 抓铣法 trenching by grabbing and hydraulic cutter

槽段上部采用液压抓斗成槽，下部采用铣削成槽的一种施工工艺。

2.1.14 槽段接头 Panel Joint

单元槽段之间的连接构造，常用形式有圆弧形接头、钢板橡胶接头、十字钢板接头、工字型钢接头和套铣接头等。

2.1.15 圆弧形接头 circular joint

先期施工的槽段，在连接侧使用圆弧形锁口管，混凝土浇筑后拔出锁口管，形成的相邻槽段间的接头。

2.1.16 钢板橡胶接头 steel rubber joint

先期施工的槽段，在连接侧使用附有钢板橡胶接头的接头箱，混凝土浇筑后侧向取出接头箱，形成的相邻槽段间的接头。

2.1.17 十字钢板接头 cross steel plate joint

先期施工的槽段内放置带有十字钢板的钢筋笼，十字钢板侧使用接头箱，混凝土浇筑后拔出接头箱，形成的相邻槽段间的接头。

2.1.18 工字型钢接头 H-beam joint

先期施工的槽段内放置带有工字钢板的钢筋笼，工字钢板侧使用接头箱，混凝土浇筑后拔出接头箱，形成的相邻槽段间的接头。

2.1.19 套打接头 over drilling joint

利用钻机在已施工槽段混凝土重新钻凿成孔，浇筑相邻槽段混凝土后形成的镶嵌接头。

2.1.20 套铣接头 over cutter joint

利用铣槽机切削部分已施工槽段混凝土而形成的相邻槽段的接头,也称铣接头。

2.1.21 刷壁 brushing the trench

成槽后使用刷壁器对已完成的相邻槽段连接面进行清刷的施工工艺。

2.1.22 沉渣 sediment

地下连续墙成槽后,淤积于槽孔底部的非原状沉淀物。

2.1.23 墙底注浆 grouting beneath the bottom of diaphragm wall

通过预埋的注浆管对地下连续墙底部地层进行注浆加固、提高地下连续墙承载力的工艺。

2.2 符号

2.2.1 几何参数

A_w —地下墙墙体横截面面积 (m^2);

a_k —结构构件几何参数的标准值;

b —墙截面宽(厚)度 (mm);

b_r —矩形基坑的宽度 (m);

h —基坑开挖深度 (m);

h_r —墙端嵌入基岩的深度 (m);

l —地下连续墙长度 (m);

l_d —基坑底面至地下连续墙底深度 (m);

l_r —矩形基坑的长边 (m);

Δt —墙底距离透水层顶的深度 (m)。

2.2.2 计算参数

C —土的黏聚力 (kPa);

c —构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度或应力等的限值;

E —材料的弹性模量 (MPa);

$E_{外}$ 、 $I_{外}$ —外墙(地下连续墙)弹性模量 (MPa)、惯性矩 (m^4);

$E_{\text{内}}$ 、 $I_{\text{内}}$ —内墙（主体结构侧墙）弹性模量（MPa）、惯性矩（ m^4 ）；

f_k —材料强度标准值（MPa）；

I —截面惯性矩（ m^4 ）；

i —水力梯度；

K —结构承载力安全系数；

K_a —主动土压力系数；

K_d —墙体的等效分布弹性支撑系数（ kN/m^2 ）；

K_h —横向地基反力系数/水平基床系数（ kN/m^3 ）；

K_{hl} —环梁的等效弹性支撑系数（ kN/m^2 ）；

K_p —被动土压力系数；

K_q —钢筋混凝土底板转动弹簧系数（ $\text{kN}\cdot\text{m}/(\text{m}\cdot\text{m})$ ）；

K_s —稳定安全系数；

K_0 —静止土压力系数；

K_1 、 K_2 —钢支撑、混凝土弹性支承系数（ $\text{kN}/(\text{m}\cdot\text{m})$ ）；

m —水平地基反力系数随深度增大的比例系数（ kN/m^3 ）；

N —标准贯入试验锤击数标准值；

N_{cr} —液化判别标贯击数临界值；

P_{ak} 、 P_{pk} —基坑外侧、内侧分布荷载（ kN/m^2 ）；

P_w —含水层水压力（kPa）；

p_a —主动土压力强度（kPa）；

p_p —被动土压力强度（kPa）；

p_w —静水压力强度（kPa）；

p_0 —静止土压力强度（kPa）；

q_0 —地面均布荷载（kPa）；

R —构件截面承载力设计值；

R_k —抗滑、抗隆起、抗倾覆、抗渗等承载能力标准值；

S —结构承载能力极限状态荷载效应组合设计值；

S_k —正常使用极限状态的荷载效应标准组合值；
 $S_k(\cdot)$ —正常使用极限状态的荷载效应标准组合值函数；
 δ —墙体的水平变位量，向墙前的变位为正，向墙后的变位为负；
 ε_c —混凝土干燥收缩系数；
 λ_N —土层液化指数；
 γ —土的天然重度 (kN/m^3)；
 γ_{sat} —土的饱和重度 (kN/m^3)；
 γ_w —水的重度 (kN/m^3)；
 γ' —土的有效重度 (kN/m^3)；
 $\sum M_N$ —抗倾覆力矩之和 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)；
 $\sum M_W$ —倾覆力矩之和 ($\text{kN}\cdot\text{m}$)；
 $\sum p_{\text{内}}$ —分配在叠合墙内墙的内力 (kN)；
 $\sum p_{\text{外}}$ —分配在叠合墙外墙的内力 (kN)；
 $\sum V$ —作用在地下连续墙上全部向下的垂直力之和 (kN)；
 $\sum U$ —作用在地下连续墙基底面上的上浮力 (kN)；
 φ —土的有效内摩擦角 ($^\circ$)；
 φ_c —混凝土的徐变系数；
 φ_k —土的内摩擦角标准值 ($^\circ$)；
 ψ_1 —土层液化折减系数。

3. 基本规定

3.1.1 按使用年限，地下连续墙可分为永久性地下连续墙和临时性地下连续墙。

3.1.2 按使用功能，地下连续墙作为下列一种或兼做多种结构使用。

- 1 围护墙——施工期间或建成使用期间起挡土作用；
- 2 竖向承重结构——用作深基础；
- 3 防渗结构——用作阻隔渗透水流、将水力梯度和渗流量控制在允许值之内；
- 4 其他地下结构。

3.1.3 按结构型式，地下连续墙可分为单一墙、叠合墙和复合墙。

- 1 单一墙——独立墙体结构。
- 2 叠合墙——地下连续墙与主体结构侧墙之间填充衬垫材料，不传递剪力。
- 3 复合墙——地下连续墙与主体结构侧墙之间通过凿毛、设置键槽、拉结筋等结构或构造措施而连为整体，能够传递剪力。

3.1.4 作为防渗结构的地下连续墙，应符合 SL 174 的规定。作为竖向承重结构的地下连续墙，应符合 GB 50007 的规定。

3.1.5 地下连续墙设计与施工前应调查、收集以下资料：

- 1 保护对象的基本资料；
- 2 地形、地貌、地质、气象和水文资料，测量基线和水准点资料；
- 3 临近建（构）筑物的基础类型、埋深、结构类型、荷重及使用情况；
- 4 地下管线的埋深、管径、材质、接头位置及使用情况；
- 5 临近河道和库塘等地表水体的水位及其随季节变化情况；
- 6 其他可能受影响的设施相关资料；
- 7 对防洪、防汛及震动、噪声、排污等有关环境保护的要求。

3.1.6 地下连续墙设计与施工前应开展地质勘察，查明场地工程地质条件和水文地质条件。施工期间应开展施工地质工作，必要时补充专项勘察。

3.1.7 地下连续墙的设计方案宜兼顾多种使用功能，并经技术经济比较确定，以达到合理设计和降低工程总投资的目的。

3.1.8 地下连续墙墙体深度和墙体厚度的确定应综合考虑地质条件、成槽施工、环境影响、墙体受力、变形控制和防渗要求等因素，墙体厚度应符合标准化和模数化的原则，并应与地下连续墙墙体深度相匹配。

3.1.9 地下连续墙槽段可采用一字型、L型和T型等型式，槽段选择应综合考虑结构性能、成槽工艺、槽壁稳定性、环境条件和施工条件等因素，并符合下列规定：

1 直线段宜采用一字型槽段，当需要较大的墙体刚度，且场地和环境条件允许时，可采用T型槽段。

2 不同方向的墙体交接处不宜采用一字型槽段，当不同方向的墙体L形相交时，墙体交接处宜采用L型槽段；当T形相交时，墙体交接处宜采用T型槽段。

3.1.10 地下连续墙墙体稳定性分析和结构设计应采用极限状态设计方法，设计时应综合考虑地形、工程地质和水文地质条件、场地环境、使用功能、受力特点等。

3.1.11 永久性地下连续墙合理使用年限及耐久性设计应符合SL 654规定。临时性地下连续墙应根据预定的使用年限规定其设计使用期限，且不应小于5年。

3.1.12 地下连续墙成槽可选用抓取法、钻抓法、钻劈法、铣削法和抓铣法等工艺，成槽工艺的确定应综合考虑地质条件、墙体深度、墙体厚度、周边环境条件和接头性能要求等因素。

3.1.13 地下连续墙施工前应编制专项施工方案，正式施工前应进行试成槽，以检验方案符合性、检测设备工效、泥浆性能、地层条件等相关参数，并完成试成槽施工总结报告。

3.1.14 地下连续墙成槽前应构筑导墙，其强度、刚度和稳定性应满足施工要求。

3.1.15 地下连续墙应根据地质条件、使用功能、设计方案、施工方法和周边环境等因素对结构安全性能及工程施工对周边环境的影响进行监测，监测单位应编制专项安全监测方案并组织实施，安全监测内容应包括地下连续墙墙体监测及周边环境监测。

3.1.16 地下连续墙应开展成槽检测、墙体检测和接头检测，根据检测方法的适用范围和特点，结合地质条件、施工质量可靠性、使用要求等因素，合理选择检测方法。

4. 勘察

4.1.1 地下连续墙各阶段工程地质勘察工作深度应满足 GB 50487 相关规定。

4.1.2 应查明场地的工程地质、水文地质条件，以及地下障碍物的分布，分析评价影响地下连续墙成槽施工的地质因素和地质问题，提供设计、施工所需的地质资料。

4.1.3 地下连续墙勘察应包括下列内容：

1 进行区域构造稳定性研究，确定场地地震动参数，并对工程场地的构造稳定性及地震效应作出评价。

2 查明场址区各层岩土的类型、深度、分布、工程特性和变化规律。

3 当地下连续墙嵌入基岩时，应查明基岩的岩性、构造、岩面变化、风化程度，确定其坚硬程度、完整程度和基本质量等级，判定有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱岩层。

4 查明场址区水文地质结构，地下水埋深，含水层或透水层和相对隔水层的岩性、厚度变化和空间分布，岩土体渗透性，地下水补给和排泄条件，有承压水时还应分层测量其水头高度，评价地下水对地下连续墙设计和施工的影响，判定水质对建筑材料的腐蚀性。

5 查明不良地质作用和特殊性岩土的类型、成因、规模、分布及发育程度，评价对地下连续墙的危害程度，提出防治措施的建议。湿陷性土、多年冻土、膨胀土、盐渍土、黄土等特殊性土勘察还应满足相关规程规范。

6 评价成墙可能性，分析地下连续墙的施工条件及其对环境的影响，提出主要工程地质问题防治措施建议。

4.1.4 应查明地下连续墙周边环境条件：

1 既有建筑物的结构类型、层数、位置、基础形式和尺寸、埋深、使用年限、用途等。

2 各种既有地下管线、地下构筑物的类型、位置、尺寸、埋深等；对既有供水、污水、雨水等地下输水管线，尚应包括其使用状况及渗漏状况。

3 临近铁路、公路等基础设施的类型、位置、使用状况及荷载等。

4 场地周围地表水汇流和排泄条件。

4.1.5 应根据地形、地质条件和地下连续墙规模等，选用 1:200~1:1000 比例尺开展工程地质测绘。

4.1.6 地下连续墙勘探范围应根据地下连续墙的布置及场地的岩土工程条件确定，不宜小于地下连续墙轮廓线以外 1 倍地下连续墙深度。

4.1.7 勘探孔应根据地质条件结合建筑物特点布置，并符合下列规定：

1 勘探孔应沿地下连续墙轴线布置，其平面间距宜为 15m~30m，当场地存在软弱土层、破碎岩体或岩溶等复杂地质条件时，应加密勘探点，并在轴线外布置必要的勘探点。

2 当地下连续墙底端嵌岩且岩层起伏较大时，宜在每幅墙布设不少于 1 个勘探孔。

3 勘探孔深度应满足稳定验算和变形计算要求，且进入墙底以下深度不应小于 10m。

4 当遇洞穴、破碎带、软弱层时，勘探孔应穿过洞穴、破碎带、软弱层，且进入其底部稳定层以下的深度不宜小于 5m。

5 地下连续墙底以下存在软弱土层或承压水含水层时，勘探孔深度应穿过软弱土层或承压水含水层。

6 地下连续墙以外宜布置适当数量的勘探孔，勘探孔深度不宜小于地下连续墙深度，当周边场地无法布置勘探点时，应通过调查取得相关地质资料。

4.1.8 岩土试验和测试应满足下列要求：

1 应按 GB 50021 和 GB 50487 的规定进行原位测试和室内试验，并提出各层土、岩石的物理性质指标和力学参数。

2 根据土层类别选择合适的原位试验方法，软土、黏性土、粉土和砂土宜采用静力触探或标准贯入试验，碎石土宜采用重型或超重型圆锥动力触探。每一主要土层原位试验累计有效数量不宜少于 6 段（点）。

3 分层取原状土样进行物理力学性质试验及渗透试验，每一主要土层室内试验累计有效组数不宜少于 6 组，特殊土应开展专门性试验。

4 当需验算下卧土层强度时，宜进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验，三轴剪切试验的受力条件应模拟工程的实际情况。

5 当涉及基岩时，应取样进行饱和单轴抗压强度试验；对无法取样的破碎岩石，宜进行原位测试。

4.1.9 当施工过程中出现新的地质问题或地质条件与前期勘察不符，导致设计条件发生变化时，应进一步查明其工程地质、水文地质条件，复核岩土体物理力学参数，评价其影响，提出处理建议。

4.1.10 施工过程中应开展施工地质工作，并符合下列规定：

1 采用观察、素描、实测、摄影、录像等手段编录和测绘施工揭露的地质现象，检验前期的勘察资料。

2 开展地质观测和预报。

3 针对工程地质问题提出优化设计和施工方案的地质建议。

4 针对专门性工程地质问题，开展专项勘察。

5. 材料

5.1 一般规定

5.1.1 地下连续墙所使用的水泥、钢筋、骨料、水、掺合料、外加剂等原材料品质应符合 SL 677 规定。

5.1.2 地下连续墙墙体和墙段接头材料的性能应满足设计要求，拌和物应具有良好的施工性能，配合比及配制方法应通过试验确定。

5.1.3 泥浆的浆液配比和材料应根据地质条件、地下水状况、施工条件、成槽工艺、成槽深度等通过现场试验确定。泥浆应具有良好的流变性、稳定性、抑制性和良好的悬浮、携带岩屑能力，并应能确保混凝土的浇筑质量。

5.1.4 地下连续墙采用新材料时应经充分论证。

5.2 泥浆

5.2.1 拌制泥浆的土料选择膨润土、黏土，或两者的混合料。宜优先选用膨润土作为主材，处理剂需通过现场试验确定。

5.2.2 拌制泥浆的膨润土宜选用纳基膨润土，一般地下连续墙工程，可采用未处理膨润土制浆，当地质条件复杂、槽深超过 70m 时，宜采用钻井级膨润土或 OCMA 级膨润土制浆。其技术要求和质量标准应符合表 5.2.2-1~5.2.2-3 的规定。

表 5.2.2-1 未处理膨润土技术要求

项 目		指标
泥浆	动塑比[Pa/ (mPa·s)]	≤0.75
	分散后的塑性黏度 (mPa·s)	≥10.00
	分散后的滤失量 (mL)	≤12.50

表 5.2.2-2 钻井级膨润土技术要求

项 目		指标
泥浆	动塑比[Pa/ (mPa·s)]	≤1.5
	600r/min 黏度计读值	≥30.0
	滤失量 (mL)	≤15.0
75μm 筛余 (质量分数) (%)		≤4.0

表 5.2.2-3 OCMA 级膨润土技术要求

项 目		指标
泥浆	动塑比[Pa/ (mPa · s)]	≤3.0
	600r/min 黏度计读值	≥30.0
	滤失量 (mL)	≤16.0
75μm 筛余 (质量分数) (%)		≤2.5

5.2.3 拌制泥浆的黏土，应进行物理试验、化学分析和矿物分析。宜选择黏粒含量大于 45%、塑性指数大于 20、含砂量小于 5%、二氧化硅与三氧化二铝含量的比为 3：1~4：1 的黏土。黏土的质量应符合 GB/T 50145 的规定。

5.2.4 泥浆性能指标的测定项目，可根据不同阶段按表 5.2.4 确定。

表 5.2.4 不同阶段泥浆性能测定项目

阶段	土料种类	
	膨润土	黏土
鉴定土料造浆性能	密度、漏斗黏度，失水量、动切力、静切力、塑性黏度	密度、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性
确定泥浆配合比	密度、漏斗黏度、失水量、泥饼厚、塑性黏、动切力、静切力、pH 值	密度、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性、失水量、泥饼厚度、pH 值
施工过程	密度、漏斗黏度、含砂量、静切力、pH 值	密度、漏斗黏度、含砂量、pH 值
注：膨润土泥浆用 946/1500mL 马氏漏斗测试，黏土泥浆用 500/700mL 苏式漏斗黏度计（1006 型标准漏斗黏度计）测试。		

5.2.5 膨润土浆液性能应符合表 5.2.5 的要求。

表 5.2.5 膨润土浆液性能

项目	单位	各阶段性能指标		试验仪器
		新制	供重复使用	
密度	g/cm ³	<1.10	<1.15	泥浆比重秤
漏斗黏度	s	32~50	32~60	马氏漏斗
塑性黏度	mPa · s	≥8	--	旋转黏度仪
动切力	Pa	≥6	--	旋转黏度仪
10min 静切力	Pa	1.4~10.0	--	旋转黏度仪
30min 失水量	mL	≤20	--	失水量仪
泥饼厚	mm	<2.5	--	失水量仪
pH 值	--	7.5~10.5	--	pH 试纸或电子 pH 计

5.2.6 新制黏土浆液性能宜满足表 5.2.6 要求。

表 5.2.6 新制黏土浆液性能指标（12b）

项目	性能指标	试验仪器
密度 (g/cm ³)	1.15~1.25	泥浆比重秤
漏斗黏度 (s)	18~25	500/700 漏斗
含砂量 (%)	≤5	含砂量测定仪
胶体率 (%)	≥96	量筒
稳定性 (g/cm ³)	≤0.03	量筒、泥浆比重秤
失水量 (mL/30min)	<30	失水量仪
泥饼厚 (mm)	2~4	失水量仪
1min 静切力 (Pa)	2.0~5.0	静切力仪
pH 值	7.0~9.5	pH 试纸或电子 pH 计

5.2.7 地下连续墙混凝土浇筑前应进行清孔换浆，槽孔内距孔底 0.5m~1.5m 处的泥浆主要性能指标符合表 5.2.7 的要求。

表 5.2.7 混凝土浇筑前泥浆主要性能指标

项目	漏斗黏度 (s)	密度 (g/cm ³)	含砂量 (%)		
			墙深 ≥100m	墙深 70m~100m	墙深 ≤70m
膨润土泥浆	32~50 (马氏漏斗黏度计)	≤1.15	≤2	≤4	≤6
黏土泥浆	≤30 (500/700mL 漏斗黏度计)	≤1.30	--	--	≤10

5.2.8 配制泥浆用水应按 SL 677 执行。在施工区域的地下水或海水可能对泥浆产生污染的情况下，应进行水质分析并采取保证泥浆质量的措施。

5.3 混凝土

5.3.1 混凝土配制强度应遵守下列规定：

1 混凝土的配制强度应按 SL/T 352 的要求计算确定，抗渗及抗冻等级应满足设计要求。

2 混凝土设计强度等级宜取 C30~C40，并宜考虑泥浆下浇筑条件对强度损失的不利影响，配制强度等级应先进行试配，可参照表 5.3.3 确定。

表 5.3.3 混凝土配制强度等级对照表

设计强度等级	C25	C30	C35	C40	C45	C50
配制强度等级	C30	C35	C40	C50	C55	C60

5.3.2 地下连续墙混凝土应具有良好的和易性、流动性和缓凝性，入孔坍落度应为 180~220mm，扩散度应为 340~400mm，坍落度保持 150mm 以上的时间应不小于 1h；初凝时间应不小于 6h，终凝时间不宜大于 24h；混凝土的密度不宜小于 2100kg/m³。当采用套打法施工接头孔时，一期槽段混凝土早期强度不宜过高。

5.3.3 配制混凝土骨料的最大粒径应满足导管法浇筑要求，骨料可使用天然卵石、砾石、人工碎石和天然砂、人工砂，骨料最大粒径不应大于 40mm，且不应大于钢筋净间距的 1/4 和导管内径的 1/6~1/8。

5.3.4 混凝土的胶凝材料用量不宜低于 350kg/m³，水胶比不宜大于 0.60，砂率不宜小于 40%。

5.3.5 当地下连续墙同时作为主体结构时，墙体混凝土性能指标还应符合 SL 654 相关规定。

5.4 钢筋及其它

5.4.1 地下连续墙所使用的钢筋规格和质量应满足 SL 677 相关规定。纵向受力钢筋宜选用 HRB400、HRB500 钢筋，水平钢筋及构造钢筋宜选用 HRB300、HRB400 钢筋。

5.4.2 需局部拆除的地下连续墙，拆除部位墙体配筋可采用玻璃纤维增强筋，规格和质量应符合 JG/T 406 规定。

5.4.3 地下连续墙墙底注浆宜采用普通硅酸盐水泥浆，水灰比、注浆压力、注浆速率等应通过现场试验确定，浆液和材料应符合 SL/T 62 规定。

5.4.4 墙底注浆管应采用预埋钢管，注浆管间距不宜大于 3m，且单幅槽段预埋注浆管数量不宜少于 2 根。管壁厚度不宜小于 3.2mm，内径不宜小于 25mm。

6. 设计

6.1 一般规定

6.1.1 地下连续墙设计内容应包括：

- 1 平面、立面布置及结构型式设计；
- 2 稳定性验算；
- 3 结构内力、变形计算及结构设计；
- 4 对周边环境影响分析；
- 5 防渗设计、接头设计；
- 6 施工组织设计；
- 7 安全监测设计。

6.1.2 地下连续墙结构安全级别应综合考虑周边环境、地质条件、破坏后果、所属水工建筑物级别等因素，按表 6.1.2 中指标较高者确定。

表 6.1.2 地下连续墙结构安全级别

地下连续墙结构安全级别	破坏后果	所属水工建筑物级别
一级	很严重	1
二级	严重	2、3
三级	不严重	4、5

注：墙深超过 70m 结构安全级别提高 1 级；临时建筑物级别可降 1 级。

6.1.3 地下连续墙稳定性分析宜采用极限平衡法，结构设计计算宜采用结构力学法或弹性地基梁法，对于复杂结构和重要工程宜同时采用有限元分析方法进行验证。

6.1.4 地下连续墙稳定性计算和验算应符合下式：

$$\frac{R_k}{S_k} \geq K_s \quad (6.1.4)$$

式中： R_k ——抗滑、抗隆起、抗倾覆、抗渗等承载能力标准值；

S_k ——滑动、隆起、倾覆、渗透等荷载标准值产生的荷载效应；

K_s ——稳定安全系数，不应小于 6.4 节规定。

6.1.5 应根据地下连续墙使用功能，对施工期和使用过程中的不同阶段可能出现的最不利工况进行墙体结构承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

1 承载能力极限状态设计应符合下式：

$$KS \leq R \quad (6.1.5-1)$$

式中： K ——结构承载力安全系数，不应小于 6.5 节规定；

S ——结构承载能力极限状态荷载效应组合设计值，各荷载标准值、组合系数及分项系数按 6.3.6 节取值；

R ——构件截面承载力设计值。

2 正常使用极限状态设计应符合下式：

$$S_k \leq c \quad (6.1.5-2)$$

式中： S_k ——正常使用极限状态的荷载效应标准组合值；

c ——构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度或应力等的限值。

6.1.6 地下连续墙墙端的嵌固深度应满足稳定性及变形控制要求。

6.1.7 地下连续墙设计应根据施工和使用期间周边环境的复杂程度及保护对象变形控制要求设定变形控制值，并应在设计中提出明确的地下连续墙周边荷载限值、地下水和地表水控制等使用要求。

6.2 墙体布置

6.2.1 应根据保护对象及环境条件等确定地下连续墙的平面布置，可采用直线形、折线形、多边形、圆形等形状。

6.2.2 地下连续墙的平面布置应包括墙体平面定位、槽段划分等内容，墙体平面形式应简单、规则，并应与槽段划分相协调。

6.2.3 地下连续墙的立面布置应考虑使用功能、环境条件、稳定性要求和施工方案等因素，包括墙深、冠梁和内支撑（或拉锚）设置、与主体结构的连接等。

6.2.4 地下连续墙墙体外侧与邻近建（构）筑物基础边缘的水平距离不宜小于 1.5m。

6.2.5 地下连续墙与主体结构工程桩的净距不宜小于 0.5m。

6.2.6 地下连续墙槽段划分应根据平面布置、受力特点、地质条件、结构型式、

墙体深度以及施工条件等因素综合确定，并符合下列规定：

1 当采用套铣接头工艺时，一字型槽段首开幅长度不宜大于 8m，闭合幅长度宜为 2m~2.5m；L 型和 T 型等槽段各肢长度总和不宜大于 8m；槽段之间的搭接长度不宜小于 0.2m；

2 当采用其他接头工艺时，一字型槽段长度宜为 4m~6m，L 型和 T 型等槽段各肢长度总和宜为 4m~6m。

6.3 荷载及荷载效应组合

6.3.1 作用于地下连续墙的荷载包括土压力、水压力、结构自重、临近建筑物及施工荷载引起的附加荷载等，荷载计算方法见附录 A，并应符合 SL 744 及有关标准的规定。

6.3.2 砂性土宜按水土分算的原则计算，黏性土宜按水土合算的原则计算。

6.3.3 主动土压力、被动土压力可采用库伦或朗肯土压力理论计算。当对墙体结构水平位移有严格限制时，墙侧土压力应按静止土压力计算。

6.3.4 地下连续墙设计应根据实际情况选择可能同时出现的荷载，按荷载组合分别计算，并按最不利组合设计，荷载组合可按表 6.3.4 确定。

表 6.3.4 地下连续墙稳定性分析及结构计算荷载组合表

荷载组合	荷载										说明
	结构自重	土压力	水压力	周边建筑物引起的附加荷载	施工荷载	温度作用	冻胀力和膨胀力	地震作用	人防荷载	其他	
施工期组合	√	√	√	√	√	—	—	—	—	√	
运行期组合	√	√	√	√	—	√	√	—	√	√	
偶然组合	√	√	√	√	—	—	—	√	—	√	
注：“√”表示该工况要考虑的荷载，“—”表示该工况无需考虑的荷载。											

6.3.5 地下连续墙承载能力极限状态计算时，结构构件计算截面上的荷载效应组合设计值 S 应按下列规定计算：

1 基本组合

当永久荷载对结构起不利作用时：

$$S=1.05S_{G1k}+1.20S_{G2k}+1.20S_{Q1k}+1.10S_{Q2k} \quad (6.3.5-1)$$

当永久荷载结构起有利作用时：

$$S=0.95S_{G1k}+0.95S_{G2k}+1.20S_{Q1k}+1.10S_{Q2k} \quad (6.3.5-2)$$

式中： S_{G1k} ——自重、设备等永久荷载标准值产生的荷载效应；

S_{G2k} ——土压力等永久荷载标准值产生的荷载效应；

S_{Q1k} ——一般可变荷载标准值产生的荷载效应；

S_{Q2k} ——可控制其不超出规定限值的可变荷载标准值产生的荷载效应。

2 偶然组合

$$S=1.05S_{G1k}+1.20S_{G2k}+1.20S_{Q1k}+1.10S_{Q2k}+1.0S_{Ak} \quad (6.3.5-3)$$

式中： S_{Ak} ——偶然荷载标准值产生的荷载效应。

6.3.6 正常使用极限状态验算应按荷载效应的标准组合进行，并采用下列设计表达式：

$$S_k(G_k, Q_k, f_k, a_k) \leq c \quad (6.3.6)$$

式中： $S_k(\cdot)$ ——正常使用极限状态的荷载效应标准组合值函数；

c ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度或应力等的限值；

G_k 、 Q_k ——永久荷载、可变荷载标准值，按 SL 744 的规定取用；

f_k ——材料强度标准值；

a_k ——结构构件几何参数的标准值。

6.4 稳定性分析

6.4.1 地下连续墙结构应进行抗倾覆、抗滑、抗隆起、抗渗及抗浮等稳定验算。

6.4.2 锚拉式和支撑式地下连续墙的设计工况应包括基坑开挖过程状态和锚支后状态。当地下主体结构施工过程中需要拆除局部锚支单元时，设计工况中尚应包括拆除锚杆或支撑时的状态。悬臂式地下连续墙可仅以基坑开挖至坑底的状态作为设计工况。

6.4.3 地下连续墙稳定性验算时，稳定安全系数不应小于表 6.4.3 规定的允许值。

表 6.4.3 地下连续墙稳定安全系数允许值 $[K_s]$

稳定性验算 安全系数 级别	地下连续墙结构安全级别		
	一级	二级	三级
抗倾覆稳定 $[K_s^1]$	1.3	1.25	1.2
抗滑稳定 $[K_s^2]$	1.4	1.35	1.3
抗隆起稳定 $[K_s^3]$	1.9	1.7	1.5
抗渗稳定 $[K_s^4]$	1.2	1.2	1.2
抗浮稳定 $[K_s^5]$	1.1	1.1	1.1

6.4.4 地下连续墙抗倾覆稳定安全系数按式 6.4.4 计算（图 6.4.4），计算单元可取单位宽度或单幅墙体。

$$K_s^1 = \frac{\sum M_N}{\sum M_w} \quad (6.4.4)$$

式中： K_s^1 ——抗倾覆稳定安全系数；

$\sum M_N$ ——抗倾覆力矩总和（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）；

$\sum M_w$ ——倾覆力矩总和（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）。

注：式中力矩的力臂为合力点至转动轴的距离，无内支撑时转动轴为墙底高程，有内支撑时转动轴为最下一道支撑高程。

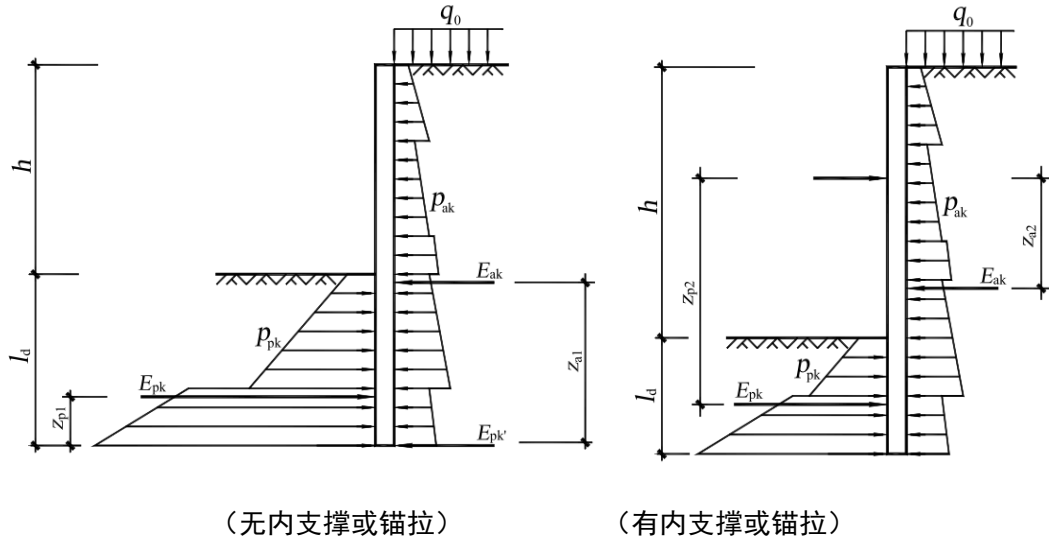


图 6.4.4 地下连续墙抗倾覆计算简图

图中： h —基坑深度 (m)；

l_d —基坑底面至地下连续墙底深度 (m)；

q_0 —地面附加荷载 (kN/m²)；

P_{ak} 、 P_{pk} —基坑外侧、内侧分布荷载 (kN/m²)；

E_{ak} 、 E_{pk} —基坑外侧、内侧荷载合力 (kN)。

Z_{a1} 、 Z_{a2} —基坑外侧荷载力臂 (m)；

Z_{p1} 、 Z_{p2} —基坑内侧荷载力臂 (m)

6.4.5 地下连续墙应按下列规定进行整体抗滑稳定性分析：

1 抗滑稳定计算单元可取单位宽度或单幅墙体，安全系数可采用圆弧滑动条分法，按式 6.4.5-1 和式 6.4.5-2 进行计算。

$$K_{s,i} = \frac{\sum \{c_j l_j + [(q_j l_j + \Delta G_j) \cos \theta_j - u_j l_j] \tan \varphi_j\} + \sum R'_{k,k} [\cos(\theta_j + \alpha_k) + \psi_v] / S_{x,k}}{\sum (q_j b_j + \Delta G_j) \sin \theta_j} \quad (6.4.5-1)$$

$$K_S^2 = \min \{K_{s,1}, K_{s,2}, \dots, K_{s,n}, \dots\} \quad (6.4.5-2)$$

式中： K_S^2 —圆弧滑动整体稳定安全系数；

$K_{s,j}$ —第 i 个滑动圆弧的抗滑力矩与滑动力矩的比值；抗滑力矩与滑动力矩之比的最小值宜通过搜索不同圆心及半径的所有潜在滑动圆弧确定；

c_j 、 φ_j —第 j 土条滑弧面处土的黏聚力 (kPa)、内摩擦角 (°)；

b_j —第 j 土条的宽度 (m)；

θ_j —第 j 土条滑弧面中点处的法线与垂直面的夹角 ($^\circ$)；

l_j —第 j 土条的滑弧段长度 (m)，取 $l_j=b_j/\cos \theta_j$ ；

q_j —作用在第 j 土条上的附加分布荷载标准值 (kPa)；

ΔG_j —第 j 土条的自重 (kN)，按天然重度计算；

u_j —第 j 土条在滑弧面上的孔隙水压力 (kPa)；对地下水位以下的砂土、碎石土、粉土，可取滑弧面中点的静水压力，黏性土不计孔隙水压力；

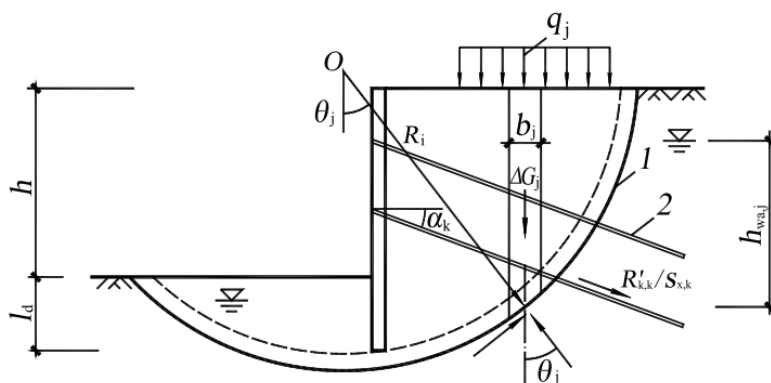
γ_w —地下水重度 (kN/m³)；

$R'_{k,k}$ —第 k 层支锚单元对圆弧滑动体的极限作用值 (kN)；

α_k —第 k 层支锚单元的倾角 ($^\circ$)；

$S_{x,k}$ —第 k 层支锚单元的水平间距 (m)；

ψ_v -计算系数；锚杆支护时可按 $\psi_v=0.5\sin(\theta_k+\alpha_k)\tan\varphi$ 取值，此处， θ 为第 k 层锚杆与滑弧交点处土的内摩擦角。



1—任意圆弧滑动面；2—支锚单元

图 6.4.5 地下连续墙整体抗滑计算简图

图中： h —基坑深度 (m)；

l_d —基坑底面至地下连续墙底深度 (m)；

$h_{wa,j}$ —第 j 土条在滑弧面上地下水水位线高度 (m)；

2 当地下连续墙底端以下存在软弱下卧土层时，整体稳定性验算滑动面中尚应包括由圆弧与软弱土层层面组成的复合滑动面。

6.4.6 地下连续墙嵌固深度应满足坑底隆起稳定性要求。

1 抗隆起稳定性安全系数可按式 6.4.6-1 进行计算。

$$K_s^3 = \frac{\gamma_{m2}DN_q + CN_c}{\gamma_{m1}(h+D) + q_0} \quad (6.4.6-1)$$

$$N_q = tg^2(45 + \frac{\varphi}{2})e^{\pi \tan \varphi} \quad (6.4.6-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi \quad (6.4.6-3)$$

式中： K_s^3 —抗隆起安全系数；

γ_{m1} —地下连续墙底面以上土的重度（kN/m）；对地下水位以下的砂土、

碎石土、粉土取浮重度；对多层土取各层土按厚度加权的平均重度；

γ_{m2} —地下连续墙底面以上土的重度（kN/m）；对地下水位以下的砂土、

碎石土、粉土取浮重度；对多层土取各层土按厚度加权的平均重度；

h —基坑深度（m）；

l_d —基坑底面至地下连续墙底深度（m）；

q_0 —地面均布荷载（kPa）；

N_c 、 N_q —承载力系数；

C 、 φ —挡土构件底面以下土的黏聚力（kPa）、内摩擦角（°）。

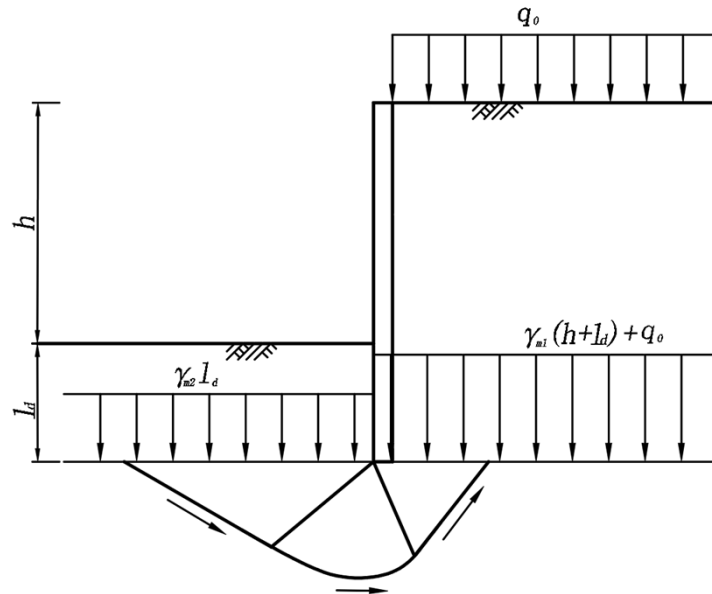


图 6.4.6-1 抗隆起稳定性计算简图

2 当地下连续墙底面以下有软弱下卧层时，抗隆起稳定性验算的部位尚应包括软弱下卧层，公式（6.4.2-1）中的 γ_{m1} 和 γ_{m2} 应取软弱下卧层顶面以上土的重度（图 6.4.6-2）， Δd 为墙底至软弱下卧层顶面的土层厚度。

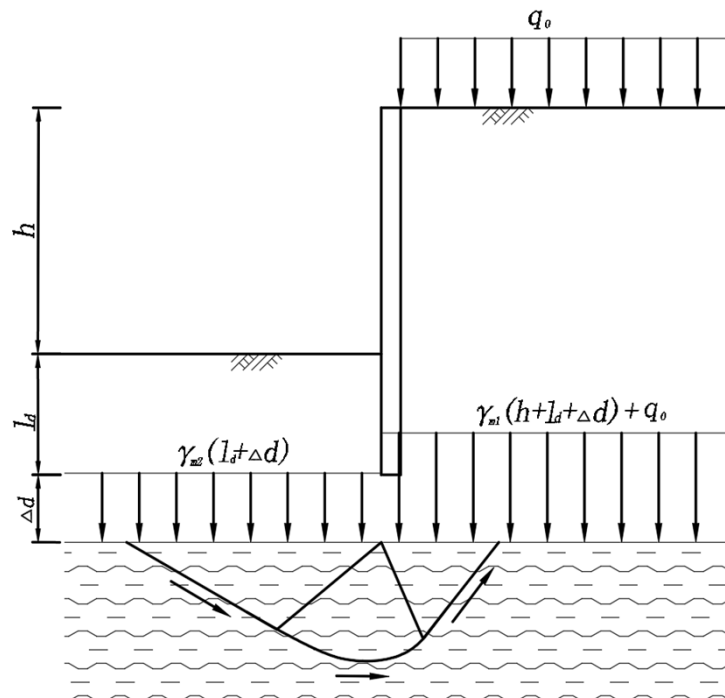


图 6.4.6-2 软弱下卧层的抗隆起稳定性计算简图

6.4.7 地下连续墙基坑应按下列规定进行抗渗稳定性分析：

1 当坑底上部为不透水层、下部有透水层承压水时应进行抗渗稳定性验算，安全系数应按式 6.4.7 进行计算。

$$K_s^4 = \frac{\gamma_{sat}(l_d + \Delta t)}{p_d} \quad (6.4.7)$$

式中： K_s^4 ——基坑底部抗渗稳定安全系数；

γ_{sat} ——透水层以上土的饱和重度（ kN/m^3 ）；

l_d ——基坑底面至地下连续墙底深度（ m ）；

Δt ——墙底距离透水层顶的深度（ m ）；

P_w ——含水层水压力（ kPa ）。

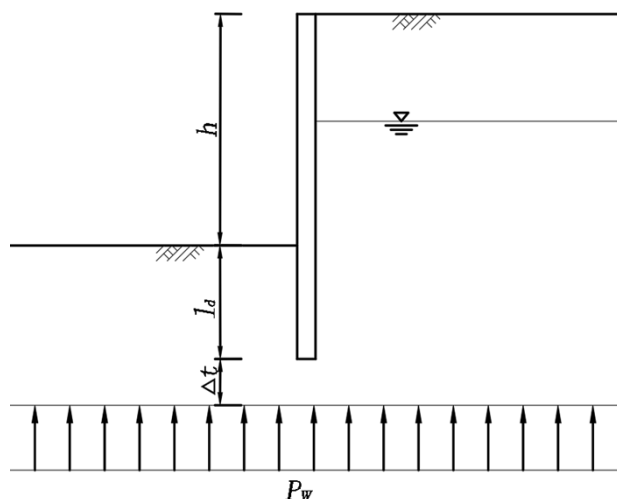


图 6.4.7 基坑底抗渗流稳定验算简图

2 当基坑内外存在水头差时，粉土、砂土、粉细砂等容易发生渗透破坏土体应进行抗渗稳定性验算，渗流的水力梯度不应超过土体的临界水力梯度。

6.4.8 地下连续墙采用混凝土封底或与主体结构相结合作为永久支护时，应进行抗浮验算。抗浮稳定安全系数应按式 6.4.8 计算。

$$K_s^5 = \frac{\sum V}{\sum U} \quad (6.4.8)$$

式中： K_s^5 ——地下连续墙抗浮稳定安全系数；

$\sum V$ ——作用在地下连续墙上全部向下的垂直力之和（kN），包括结构自重（建基面以下按浮容重考虑）、不变荷载、可变荷载及地下连续墙侧面与土体的侧摩阻力等；

$\sum U$ ——作用在地下连续墙基底面上的上浮力（kN）。

6.5 结构设计

6.5.1 地下连续墙结构设计应根据安全等级、场地条件和地基岩土条件、结构特点和功能要求，合理确定其结构型式、墙体厚度、嵌固深度及槽段划分。

6.5.2 地下连续墙用作主体结构的一部分时，应根据使用功能、地质条件和受力要求等，合理确定其与主体结构的结合方式。

6.5.3 地下连续墙墙体厚度应满足强度要求，通过计算确定，并应与成槽机械的能力相适应。

6.5.4 本规范地下连续墙结构计算内容主要为墙体的强度、内力及变形，作为永久结构使用的地下连续墙还应进行裂缝宽度和抗裂验算、抗渗及抗侵蚀等正常使用极限状态设计。对锚拉式、支撑式地下连续墙锚杆、支撑的设计，可按照 JGJ 120 或其他相关规范执行。

6.5.5 地下连续墙结构设计时，应根据其结构安全级别确定相应构件承载力安全系数 K ，按表 6.5.5 的规定取值。

表 6.5.5 地下连续墙结构构件承载力安全系数取值

地下连续墙结构安全级别	承载力安全系数 K
I	1.35（基本组合）/1.15（偶然组合）
II	1.20（基本组合）/1.00（偶然组合）
III	1.15（基本组合）/1.00（偶然组合）
注 1：本表仅对钢筋混凝土地下连续墙构件承载力安全系数 K 进行规定，预应力混凝土及素混凝土地下连续墙承载力安全系数 K 应符合 SL 191 及其他有关规范的规定。	
注 2：结构在使用、施工、检修期的承载力计算，安全系数 K 应按表中基本组合取值；对地震及其他偶然工况的承载力计算，安全系数 K 应按表中偶然组合取值。	
注 3：当荷载效应组合由永久荷载控制时，表中安全系数 K 应增加 0.05。	
注 4：当结构的受力情况较为复杂、施工特别困难、荷载不能准确计算、缺乏成熟的设计方法或结构有特殊要求时，承载力安全系数 K 宜适当提高。	

6.5.6 地下连续墙内力及位移计算应根据工程复杂性、设计阶段及地下连续墙结构型式、支承条件、受力状态和岩土特性，可根据下列规定选择结构力学法、弹性地基梁（或板、壳）法、有限元法等方法计算。

1 对于锚拉式、支撑式地下连续墙，可将整体结构分解为地下连续墙体、锚拉结构/内支撑结构分别进行分析，且应考虑墙体与内支撑之间的变形协调。墙体内力、变形计算可采用竖向弹性地基梁法按附录 A.6 进行分析，锚杆和内支撑对墙体的约束作用应按弹性支座考虑，并按照附录 A.4 确定其作用力。

2 受力简单的悬臂式、单支点式地下连续墙或初步估算墙体截面时，可采用结构力学法按附录 A.5 计算。

3 当地下连续墙空间效应明显时，宜采用空间结构分析方法进行整体分析。

4 复杂地下连续墙工程的结构分析或考虑基坑工程对周围环境的影响时，宜采用有限元法对地下连续墙结构与土体进行整体分析。

6.5.7 圆筒式地下连续墙结构计算应符合以下规定：

1 结构失稳的临界荷载宜按空间结构验算，也可简化为圆环按附录 A.7.1 公式进行验算。验算时除考虑均匀受力状态外，还应考虑由于开挖、施工荷载及土压力分布等可能产生的非均匀受力状态。

2 内力及变形宜按侧向地基上的空间板（壳）元法计算，也可取单位宽度墙体作为竖向弹性地基梁计算。

3 当圆筒式地下连续墙结构利用内环梁或内衬作支承时，可将内环梁或内衬的作用以等效弹性支承来替代，等效弹性支承系数可按附录 A.7.2 公式计算。

4 墙体的环向效应用可按沿深度方向分布的弹性支承来代替，等效分布弹性支撑系数可按附录 A.7.4 公式计算。

6.5.8 非单一地下连续墙外壁与内衬墙之间的连接可按下列原则处理：

1 叠合墙的外墙（地下连续墙）与内墙（主体结构侧墙）之间应平整贴合，贴合面可填衬垫材料，贴合处仅考虑传递压力，不考虑传递拉力、剪力及弯矩。内外墙的内力可按其截面刚度比例进行分配，按式 6.5.8 计算。

$$\frac{\sum p_{\text{外}}}{\sum p_{\text{内}}} = \frac{E_{\text{外}} I_{\text{外}}}{E_{\text{内}} I_{\text{内}}} \quad (6.5.8)$$

式中： $E_{\text{外}}$ 、 $I_{\text{外}}$ ——外墙（地下连续墙）弹性模量、惯性矩；

$E_{\text{内}}$ 、 $I_{\text{内}}$ ——内墙（主体结构侧墙）弹性模量、惯性矩；

$\sum p_{\text{外}}$ ——分配在叠合墙外墙的内力（kN）；

$\sum p_{\text{内}}$ ——分配在叠合墙内墙的内力（kN）。

2 复合墙可将内外墙作为整体进行结构计算，计算厚度应考虑内外墙结合情况对墙体整体性的影响。

6.5.9 对需要控制变形的地下连续墙，除应满足本规范 6.1.7 条的要求外，还应根据 SL 191 的规定进行变形验算。

6.5.10 用作永久结构的地下连续墙，应按照 SL 191 的规定进行抗裂或裂缝宽度验算。

6.5.11 对于与主体结构结合的永久性地下连续墙，设计烈度为 9 度以及设计烈度为 8 度的 I 级地连墙，应与主体结构作为整体验算抗震强度和稳定性；设计烈度大于 7 度的地下连续墙，应与主体结构作为整体验算抗震稳定性。对于地质条件复杂的重要地下连续墙工程，其地震作用效应宜开展专门研究。

6.6 接头

6.6.1 应综合考虑整体布置、场地条件、施工设备等因素，合理规划地下连续墙接头位置，尽量减少接头数量，严禁在地下连续墙转角处设置接头。

6.6.2 地下连续墙相邻槽段之间的接头选型应综合考虑墙体深度、受力性能、变形和防水要求等因素，按下列原则选用：

1 宜采用圆弧形接头、钢板橡胶接头、工字型钢接头和套铣接头等柔性接头。

2 当地下连续墙作为主体地下结构外墙，且需要形成整体墙体时，宜采用刚性接头；刚性接头可采用一字形或十字形穿孔钢板接头、钢筋承插式接头等；在采取地下连续墙顶设置通长的冠梁、墙壁内侧墙幅接头位置设置结构壁柱、基础底板与地下连续墙刚性连接等措施时，也可采用柔性接头。

3 当墙深大于 50m 时，宜采用十字钢板接头、工字型钢接头或套铣接头。

4 当防水要求较高时，不宜采用圆弧形接头。

6.6.3 接头应满足地下连续墙相邻槽段之间传力和防水要求。

6.6.4 采用新型接头时，应经充分论证。

6.7 构造要求

6.7.1 地下连续墙墙顶应设置冠梁。冠梁宽度不宜小于墙厚，高度不宜小于墙厚的 0.6 倍。冠梁应符合构造配筋要求，当用作支撑或锚杆的传力构件或按空间结构设计时，尚应按受力构件进行截面设计。

6.7.2 地下连续墙主筋保护层厚度不宜小于 70mm。

6.7.3 地下连续墙钢筋笼构造应符合下列规定：

1 地下连续墙的受力钢筋直径不宜小于 16mm，净距不宜小于 75mm；构造钢筋直径不宜小于 12mm，净距宜取 200mm~400mm。

2 地下连续墙的受力钢筋应按计算确定，受力钢筋的最小配筋率应满足现行行业标准 SL191 的相关规定。

3 单元槽段的钢筋笼应装配成一个整体。槽深小于 30m 的钢筋笼宜整幅起吊入槽；需要分段时，宜采用机械连接接头。接头位置应选在受力较小处，且宜相互错开，搭接长度不小于 45d（d 为钢筋直径）；当在同一断面搭接时，最小搭接长度为 70d，且不小于 1.5m。

4 地下连续墙内预埋的与主体结构水平构件主筋连接的钢筋应采用 HPB300，直径不宜大于 25mm，间距不宜小于 150mm；钢筋扳直后不得留有硬弯。

5 钢筋笼两端与接头管或相邻槽段混凝土接触面之间应留有间隙，不宜大于 150mm。钢筋笼下端 500mm 长度范围内宜按 1:10 收成闭合状。钢筋笼下端与槽底之间宜留有不小于 500mm 的间隙。

6.7.4 地下连续墙与内墙组成复合墙时，可采取在地下连续墙内侧凿毛、设置键槽或在墙内预埋拉结钢筋等措施，保证结合面可靠传递剪力。

6.7.5 当地下连续墙与主体结构的水平构件连成整体时，应在地下连续墙的内侧墙面与水平构件连结的范围内设置深度不小于 70mm 的抗剪凹槽。

6.7.6 当地下连续墙墙体需开设孔洞时，宜布置在墙体居中处，并根据其受力情况，对孔洞周边进行加强处理。

7. 施 工

7.1 一般规定

- 7.1.1** 地下连续墙工程施工前应编制施工组织设计和安全技术方案。
- 7.1.2** 地下连续墙工程施工应制定环境保护措施，废渣、污水和废浆应集中处理，避免对环境产生不良影响。
- 7.1.3** 深度超过 70m 的地下连续墙、重要或有特殊要求的工程，宜在地下连续墙轴线上进行施工试验，或在地质条件类似的地点进行地下连续墙施工试验。
- 7.1.4** 施工单位应开展必要的补充勘探复核地下连续墙设计深度，每幅墙宜布置 1 个先导孔，孔深超过墙底深度不宜小于 10m。
- 7.1.5** 地下连续墙墙面允许倾斜度应根据其挖槽深度、功能要求和槽段之间的接头型式等确定。成孔垂直度宜控制在 1/300 以内，导墙垂直度不宜大于 1/500；当槽段之间采用钢筋搭接接头时，连续墙沿深度方向对设计轴线的最大偏差应控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内。

7.2 施工准备

- 7.2.1** 地下连续墙施工前应收集以下资料
- 1 施工现场地形、地质、气象和水文资料；
 - 2 设计图纸、说明书及施工技术要求；
 - 3 泥浆材料及墙体材料的产地、质量、储量、开采运输条件等资料；
 - 4 施工影响范围内地下管线、地面和地下建（构）筑物及有其他特殊要求的详细资料。
 - 5 对振动、噪声、排污等环境保护有关的要求及说明资料；
 - 6 测量控制点、测量基线和水准点资料。

7.2.2 施工供水、供电、供浆、道路、加工场地、排水和土方消纳等系统，应在开工前准备就绪。施工场地应进行平整，保证施工机械正常作业，且应高于施工期最高地下水位 2.0m 以上，当不能满足要求时，应进行专家论证。

7.2.3 施工现场建立测量控制网，控制网应包括平面控制点和水准控制点。作为基坑围护结构的地下连续墙按轴线外放尺寸应根据地质条件、墙体深度和安全等级等因素确定，不宜小于 100mm。

7.2.4 钢筋笼制作平台应符合下列规定：

- 1 场地应采用混凝土地坪，地基承载力应满足施工要求；
- 2 平台宜采用型钢制作，并应满足钢筋笼平整度要求。

7.2.5 开工前应根据施工要求和施工条件进行导墙和施工平台的设计、建造，宜对软弱地基进行必要的处理。

7.2.6 地下连续墙槽孔施工前，对于大范围孤、漂（块）石地层宜进行钻孔爆破预处理；对于大范围架空、强漏失地层，应进行预灌浆处理。

7.2.7 开工前应根据设计和施工要求、施工条件确定固壁泥浆的种类和性能指标，完成泥浆配合比试验、选择工作。

7.2.8 开工前应完成墙体材料施工配合比的设计、试验和论证等工作。

7.3 施工设备

7.3.1 成槽设备应根据施工方法选定，可选用的成槽设备有冲击或回转钻机、抓斗、铣槽机等，设备应具备合格证等，其性能应符合以下规定：

- 1 满足地下连续墙成槽深度和宽度的施工要求；
- 2 宜具有各向垂直度纠偏功能和监控显示功能。

7.3.2 起重机械和吊索具等应根据地下连续墙钢筋笼的重量、起吊高度和吊点的布置等因素综合确定。

7.4 施工工艺

1 槽壁加固

7.4.1 槽壁加固施工符合下列规定：

- 1 槽壁加固体与地下连续墙之间的间隙大小应根据槽壁加固深度、垂直度要

求、加固方式及加固范围等确定，不宜侵入地下连续墙槽段内；

2 垂直度允许偏差不应大于 1/200。

II 导墙

7.4.2 导墙宜采用现浇钢筋混凝土构筑。当地质条件许可时，也可采用预制混凝土构件或现场组装的钢结构。

7.4.3 导墙的结构形式、尺寸、力学指标等，应根据地下连续墙墙体厚度、深度、导墙下土质情况以及施工机械等施工荷载综合考虑确定，并应符合下列要求：

1 导墙应建在坚实的地基上，如地基土质松散或软弱时，修建导墙前应采取加固措施。

2 导墙高度宜为 1.0~2.0m，导墙底高程应高于地下水位 500mm 以上。

3 导墙内侧间距宜比设计地下连续墙厚度大 50~200mm。

4 导墙外侧填土应夯实，并采取措施防止导墙倾覆或位移。

7.4.4 导墙应符合下列质量要求：

1 导墙内墙面轴线宜与地下连续墙轴线重合，其允许偏差 $\pm 10.0\text{mm}$ ；导墙内侧面竖直，内墙面允许偏差 $\pm 10.0\text{mm}$ ；顶面高程允许偏差 $\pm 10.0\text{mm}$ 。

2 接头采用以导墙为承载、起拔基础的地下连续墙，导墙配筋率及混凝土强度应通过复核算并满足承载力需求。

7.4.5 施工过程中，宜对导墙的沉降、位移进行观测。

III 泥浆

7.4.6 拌制泥浆的方法及时间应通过试验确定，溶胀时间宜不小于 12h。可根据工程需要添加分散剂、增黏剂、加重剂、堵漏剂等泥浆处理剂，掺量和品种应通过试验确定。泥浆处理剂的掺量误差不得大于 1%，其他组分的掺量误差不得大于 5%。

7.4.7 泥浆拌制后宜存放 24h 以上，充分水化后使用，并应经常搅动泥浆池（罐）内的泥浆，保持泥浆性能指标均一。

7.4.8 当孔深大于 80m 或地质条件复杂时，如遇强漏失地层、粉细砂地层等，应制定专项泥浆施工方案，规范泥浆的制备、使用、检测、调整等关键环节，成槽过程及混凝土浇筑前应适当提高泥浆性能指标；当孔深较浅（ $\leq 40\text{m}$ ）时，可降低泥浆性能指标。

7.4.9 废弃泥浆处理应符合生态环境保护要求。

IV 成 槽

7.4.10 地下连续墙成槽方法可根据地层情况、墙体结构形式及设备性能进行选择，必要时可选用多种设备组合施工。

7.4.11 确定槽孔长度时，应综合考虑工程地质及水文地质条件、施工部位、成槽方法、机具性能、成槽历时、墙体材料供应强度、墙体预留孔的位置、浇筑导管布置原则及墙体平面形状等因素。

7.4.12 合拢槽孔宜为短槽孔，并宜安排在深度较浅、地质条件较好的地方。

7.4.13 槽孔宜分期建造，同时施工的相邻槽孔之间应留有足够的安全距离。

7.4.14 采用钻劈法建造槽孔时，开孔钻头直径应大于终孔钻头直径，终孔钻头直径满足设计墙厚要求，并选择合理的副孔长度。

7.4.15 采用钻抓法建造槽孔时，应先用钻机钻进主孔，然后抓斗抓取副孔，主孔的中心距离不应大于抓斗的开度。

7.4.16 采用抓取法和铣削法建造槽孔时，主孔长度应等于抓斗开度或铣头长度，副孔长度宜为主孔长度的 $1/2 \sim 2/3$ 。

7.4.17 槽孔建造时，固壁泥浆应保持在导墙顶面以下 300~500mm。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/478067104142006066>