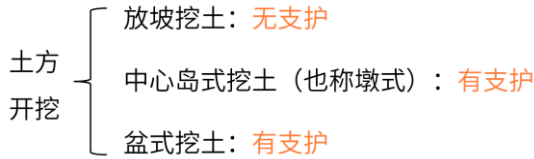


2023 一级造价工程师《建设工程技术与计量（土建）》知识点精讲

第三节 地下工程施工技术

【知识点】建筑工程深基坑施工技术

(一) 深基坑土方开挖施工



(1) 当采用放坡挖土时，宜设置多级平台分层开挖，每级平台的宽度不宜小于 1.5m，分层挖土厚度不宜超过 2.5m。

(2) 整个土方的开挖顺序必须与支护结构的设计工况严格一致，要遵循开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖的原则。

(3) 同一基坑内当深浅不同时，土方开挖宜先从基坑浅处开始，如条件允许，可待基坑浅处底板浇筑后，再挖基坑较深处的土方。当两个深浅不同的基坑同时挖土时，土方开挖宜先从较深基坑开始，待较深基坑底板浇筑后，再开始挖较浅基坑的土方。

【总结】同一基坑：先浅后深；不同基坑：先深后浅。

(4) 基坑采用机械挖土，坑底应保留 200~300mm 厚基土，用人工清理整平，防止坑底土扰动。

(二) 深基坑降排水施工

(三) 深基坑支护施工

1. 深基坑支护形式

2. 深基坑支护技术

(1) 复合土钉墙支护技术

(2) 组合内支撑技术

(3) 型钢水泥土复合搅拌桩支护技术（SMW 工法）

自上而下切土（同时注入水泥浆等固化剂）→搅拌均匀形成水泥土地下连续墙→水泥土凝结硬化之前将型钢插入墙中。

①型钢主要用来承受弯矩和剪力，水泥土主要用来防渗，同时对型钢还有围箍作用。

②可在黏性土、粉土、砂砾土中使用。可在开挖深度 15m 以下的基坑围护工程中应用。



【例题·单选】关于深基坑土方开挖采用型钢水泥土复合搅拌桩支护技术，下列说法正确的是（ ）。

【2019】

- A. 搅拌水泥土终凝后方可加设横向型钢
- B. 型钢的作用是增强搅拌桩的抗剪能力
- C. 水泥土作为承受弯矩的主要结构
- D. 型钢应加设在水泥土墙的内侧

【答案】B

【解析】型钢水泥土复合搅拌桩支护技术，又称 SMW 工法，也被称为加筋水泥地下连续墙工法，它是在一排相互连续搭接的水泥土桩中加强芯材（型钢）的一种地下连续墙施工技术，在水泥土凝结硬化之前，将型钢插入墙中，形成型钢与水泥土的复合墙体。型钢主要用来承受弯矩和剪力，水泥土主要用来防渗，同时对型钢还有围箍作用。

(4) 冻结排桩法基坑支护技术

①该技术是以含水地层冻结形成的隔水帷幕墙为基坑的封水结构，以基坑内排桩支撑系统为抵抗水土压力的受力结构，充分发挥各自的优势特点，以满足大基坑围护要求。



②冻结排桩法适用于**大体积深基础**开挖施工、**含水量高**的地基基础和**软土地基基础**以及**地下水丰富**的地基基础施工。**【记忆】大深、软土、水多**

③施工工艺

a. 沿基坑四周超前施工一排**灌注桩**。

b. **排桩外侧**按设计要求施做一排**冻结孔**，同时在**冻结孔外侧**布设多个**卸压孔**。

【例题·单选】冻结排桩法施工技术主要适用于（ ）。【2020】

【2013 冻结排桩法深基坑支护技术的主要特点有（ ）】

- A. 基岩比较坚硬、完整的深基坑施工
- B. 表土覆盖比较浅的一般基坑施工
- C. 地下水丰富的深基坑施工
- D. 岩土体自支撑能力较强的浅基坑施工

【答案】C

【解析】冻结排桩法适用于大体积深基础开挖施工、含水量高的地基基础和软土地基基础以及地下水丰富的地基基础施工。

【例题·单选】关于深基坑土方开挖采用冻结排桩法支护技术，下列说法正确的是（ ）。【2019】

- A. 冻结管应置于排桩外侧
- B. 卸压孔应置于冻结管和排桩之间
- C. 冻结墙的主要作用是支撑土体
- D. 排桩的主要作用是隔水

【答案】A

【解析】在排桩外侧按设计要求施做一排冻结孔，同时在冻结孔外侧距其中心一定位置处插花布设多个卸压孔，故 A 正确、B 错误。冻结排桩法是以含水地层冻结形成的隔水帷幕墙为基坑的封水结构，以基坑内排桩支撑系统为抵抗水土压力的受力结构，充分发挥各自的优势特点，以满足大基坑围护要求，故 CD 错误。

【知识点】地下连续墙施工技术

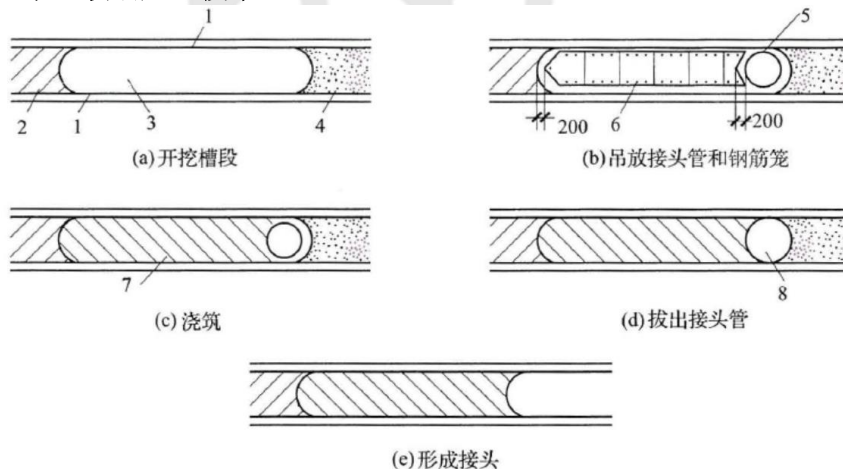


图 4.3.4 地下连续墙施工程序

1-导墙；2-已浇筑混凝土的单元槽段；3-开挖的槽段；4-未开挖的槽段；5-接头管；6-钢筋笼；7-正浇筑混凝土的单元槽段；8-接头管拔出后的孔洞

(一) 地下连续墙的类型与优缺点

- 1. 地下连续墙的类型
- 2. 地下连续墙的优缺点
- (1) 地下连续墙的优点

- 1) **施工全盘机械化，速度快、精度高，并且振动小、噪声低，适用于城市密集建筑群及夜间施工。**
- 2) 具有**多功能用途，如防渗、截水、承重、挡土、防爆等，强度可靠，承压力大。**
- 3) **对开挖的地层适应性强。**
- 4) **可以在各种复杂的条件下施工。**
- 5) **开挖基坑无须放坡，土方量小，浇混凝土无须支模和养护，并可在低温下施工，降低成本，**



缩短施工时间。

6) 用**触变泥浆保护孔壁和止水**，施工安全可靠，**不会引起水位降低而造成周围地基沉降，保证施工质量。**

7) **可将地下连续墙与“逆作法”施工结合起来。**

(2) 地下连续墙的缺点

1) 每段连续墙之间的**接头质量较难控制**，往往容易形成结构的薄弱点。

2) 墙面虽可保证垂直度，但**比较粗糙**，尚须加工处理或做衬壁。

3) 施工**技术要求高**，无论是造槽机械选择、槽体施工、泥浆下浇筑混凝土、接头、泥浆处理等环节，均应处理得当，不容疏漏。

4) 制浆及处理系统占地较大，管理不善**易造成现场泥泞和污染。**

由于地下连续墙优点多，适用范围广，广泛应用于**建筑物的地下基础、深基坑支护结构、地下车库、地下铁道、地下城、地下电站及水坝防渗**等工程中。

【例题·多选】关于地下连续墙施工，说法正确的有（ ）。【2016】

- A. 机械化程度高
- B. 强度大，挡土效果好
- C. 必须放坡开挖，施工土方量大
- D. 相邻段接头部位容易出现质量问题
- E. 作业现场容易出现污染

【答案】ABDE

【解析】A 选项正确，地下连续墙施工全盘机械化，速度快、精度高，并且振动小、噪声低。B 选项正确，具有多功能用途，如防渗、截水、承重、挡土、防爆等，由于采用钢筋混凝土或素混凝土，强度可靠，承压能力大。C 选项错误，开挖基坑无需放坡，土方量小。D、E 选项正确，每段连续墙之间的接头质量较难控制，往往容易形成结构的薄弱点，制浆及处理系统占地较大，管理不善易造成现场泥泞和污染。

【例题·单选】城市建筑的基础工程，采用地下连续墙施工的主要优点在于（ ）。【2014】

【2011 现浇钢筋混凝土地下连续墙的优点有（ ）。】

- A. 开挖基坑的土方外运方便
- B. 墙段之间接头质量易控制，施工方便
- C. 施工技术简单，便于管理
- D. 施工振动小，周边干扰小

【答案】D

【解析】地下连续墙施工全盘机械化，速度快、精度高，并且振动小、噪声低，适用于城市密集建筑群及夜间施工。

(二) 施工工艺

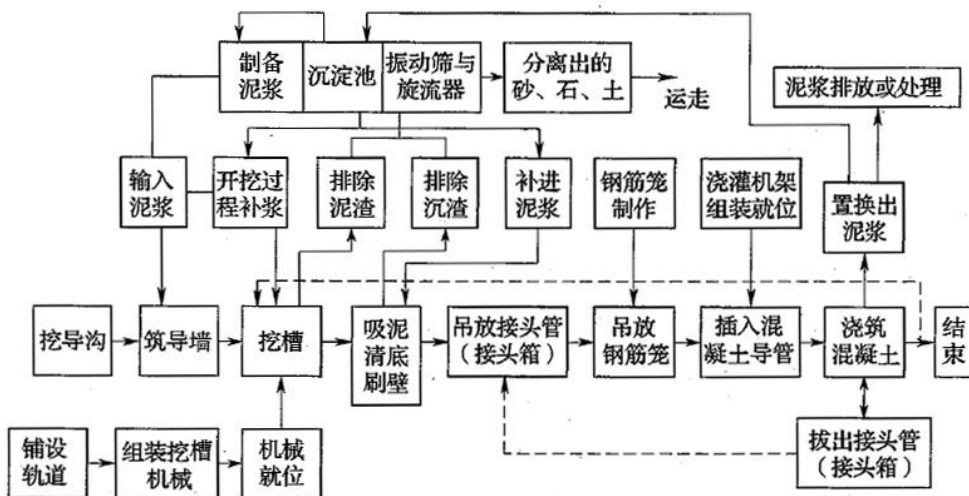


图 4.3.5 地下连续墙的施工工艺过程



1. 导墙施工



导墙是地下连续墙**挖槽之前**修筑的导向墙，两片导墙之间的距离即为**地下连续墙的厚度**。导墙宜采用混凝土结构，且混凝土强度等级**不宜低于 C20**。导墙底面**不宜设置在新近填土上**，且埋深**不宜小于 1.5m**。

(1) 导墙作用。导墙有作为**挡土墙**、**测量基准**、**重物支承**及**存储泥浆**等作用。此外，导墙还可以**防止雨水等地面水流入槽内**。

(2) 导墙形式。导墙一般为**现浇钢筋混凝土结构**，但也有钢制的或预制钢筋混凝土的装配式结构，后者可多次重复使用。

【例题·单选】关于地下连续墙的导墙，下列说法正确的是（ ）。【2022 补】

- A. 导墙是地下连续墙挖槽之后修筑的导向墙
- B. 导墙属于临时结构，混凝土强度等级不宜高于 C20
- C. 导墙底面可以设置在新近填土上，但埋深不宜小于 1.5m
- D. 两片导墙之间的距离即为地下连续墙的厚度

【答案】D

【解析】导墙是地下连续墙挖槽之前修筑的导向墙，两片导墙之间的距离即为地下连续墙的厚度。导墙宜采用混凝土结构，且混凝土强度等级不宜低于 C20。导墙底面不宜设置在新近填土上，且埋深不宜小于 1.5m。

2. 开挖槽段

(1) 单元槽划分。单元槽段的最小长度**不得小于挖土机械挖土工作装置的一次挖土长度**（称为一个挖掘段）。单元槽段**宜尽量长一些**，以减少槽段的接头数量和增加地下连续墙的整体性，又可提高其**防水性能**和施工效率。单元槽段长度划分还受**地质条件**、**地面荷载**、**起重机的起重能力**、**单位时间内混凝土的供应能力**、**泥浆池（罐）的容积**等因素影响。

(2) 挖槽方法

多头钻施工法	适用于 黏性土、沙质土、沙砾层及淤泥 等土层。【软土】
钻抓式施工法	适用于 黏性土 和 N 值小于 30 的砂性土 ， 不适用于软黏土 。
冲击式施工法	适用于 老黏性土、硬土和夹有孤石 等地层，多用于排桩式地下连续墙成孔。【硬土】

【例题·单选】地下连续墙挖槽时，遇到硬土或孤石时，优先选用的施工方法是（ ）。【2021】

- A. 多头钻施工
- B. 钻抓式
- C. 潜孔钻
- D. 冲击式

【答案】D

【解析】冲击式钻机由冲击锥、机架和卷扬机等组成，主要采用各种冲击式凿井机械，适用于老黏性土、硬土和夹有孤石等地层，多用于排桩式地下连续墙成孔。

3. 泥浆护壁

泥浆的组成及作用	①泥浆的主要成分是 膨润土 、掺和物和水。 ②泥浆的作用主要有： 护壁 、 携砂 、 冷却 和 润滑 ，其中 以护壁为主 。
泥浆制备	一般情况下泥浆搅拌后应 静置 24h 后使用。
泥浆循环	①泥浆循环分为 正循环 及 反循环 两种。 ② 反循环 的 出渣率较高 ，对于较深的槽段效果更为显著。反循环排渣法有三种方式，即 空气排渣法 、 泵举反循环 和 泵吸反循环 ，前两种方法较常用。



4. 清底。清底的方法一般有**沉淀法**和**置换法**两种。我国**多采用置换法**进行清底。
 5. 钢筋笼吊放。钢筋笼吊放入槽前，必须对已开挖槽段侧边的垂直面进行刷壁并进行槽底清孔。



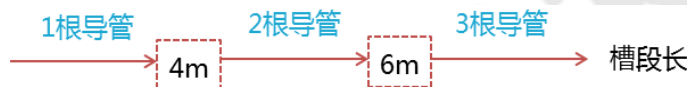
6. 混凝土浇筑

(1) 地下连续墙对混凝土的要求

混凝土强度等级一般为**C30~C40**。水与胶凝材料比**不应大于 0.55**，水泥用量**不宜小于 400kg/m³**，入槽坍落度**不宜小于 180mm**。

(2) 混凝土浇筑前的准备工作

① 导管数量与槽段长度有关



② 导管内径约为粗骨料粒径的**8 倍左右**，不得小于粗骨料粒径的**4 倍**。

③ 混凝土导管接口应密封不漏浆，导管底部应与槽底相距**约 200mm**。

(3) 槽段内混凝土浇筑

① 混凝土浇筑时，导管内应预先设置**隔水栓**。

② 混凝土浇筑过程中，导管埋入混凝土面的深度宜在**2.0~4.0m**，只有当混凝土浇筑到地下连续墙顶附近，导管内混凝土不易流出的时候，方可将导管的埋入深度减为**1m 左右**。

③ 混凝土顶面需要比设计高度**超浇 0.5m 以上**。

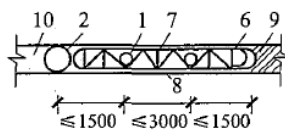
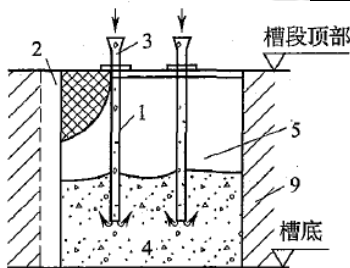


图 4.3.7 槽段中混凝土导管的布置

- 1-导管；2-接头管；3-漏斗；4-混凝土；5-泥浆；6-施工槽段；
 7-纵向桁架；8-横向桁架；9-已完成槽段；10-未完成槽段

【例题·单选】地下连续墙混凝土浇灌应满足以下要求（ ）。【2014】

- A. 水泥用量不宜小于 400kg/m³
- B. 导管内径约为粗骨料粒径的 3 倍
- C. 混凝土水灰比不应小于 0.6
- D. 混凝土强度等级不高于 C20

【答案】A

【解析】混凝土强度等级一般为 C30~C40。水与胶凝材料比不应大于 0.55，水泥用量不宜小于 400kg/m³，入槽坍落度不宜小于 180mm。导管内径约为粗骨料粒径的 8 倍，不得小于粗骨料粒径的 4 倍。

【例题·单选】地下连续墙混凝土顶面应比设计高度超浇（ ）。【2022】

- A. 0.4m 以内
- B. 0.4m 以上
- C. 0.5m 以内
- D. 0.5m 以上



【答案】D

【解析】混凝土顶面需要比设计高度超浇 0.5m 以上。

【例题·单选】地下连续墙的混凝土浇筑，除混凝土的级配满足结构强度要求外，还应满足的要求是（ ）。【2022 补】

- A. 施工环境温度不低于 5℃
- B. 水下混凝土施工要求
- C. 水泥用量小于 400kg/m³
- D. 入槽坍落度小于 180mm

【答案】B

【解析】其配合比应按重力自密式流态混凝土设计，水与胶凝材料比不应大于 0.55，水泥用量不宜小于 400kg/m³，入槽坍落度不宜小于 180mm。

【知识点】隧道工程施工技术

(一) 隧道工程施工特点

(二) 隧道工程施工方法

1. 钻爆法

(1) 钻爆法施工技术的优缺点

①可以适应**坚硬完整**的围岩，也可以适应较为**软弱破碎**的围岩。

②由于采用炸药爆破，造成有害气体，**对通风要求较高**。一般开挖隧洞，**独头推进长度不能超过 2km**。钻爆法由于采用爆炸，在**城市人口密集地区不能采用**。

(2) 钻爆法施工的基本工序与要求

钻孔、出渣是需时最多的主要工序。**支护**是保证施工安全、顺利、快速进行的重要手段。开挖工作的机械化和先进与否，主要体现在**这三个**工序中。

①钻孔

钻孔的方法较多，**最简单的是手风钻**。目前一般**用得较多的是气腿风钻**。除风钻外，再进一步的是潜孔钻、钻车、钻机。**钻车是现在常用的比较先进的机具**。

②装药与放炮：**掏槽孔最多 > 中间塌落孔在两者之间 > 周边孔较少**。

③通风：主要通风方式有两种。我国大多数工地均采用**压入式**。

压入式 （洞外鼓风机→工作面附近）	风管为 柔性 的管壁（一般是加强的塑料布之类）
吸出式 （抽风机将混浊空气由洞内→洞外）	刚性 的排气管（一般由薄钢板卷制而成）

【例题·单选】用于隧道钻爆法开挖，效率高且比较先进的钻孔机械是（ ）。【2018】

- A. 气腿风钻
- B. 潜孔钻
- C. 钻车
- D. 手风钻

【答案】C

【解析】钻孔的方法较多，最简单的是手风钻，比较灵活，但操作起来劳动强度很大。目前一般用得较多的是气腿风钻。除风钻外，再进一步的是潜孔钻、钻车、钻机。钻车是现在常用的比较先进的机具。

【例题·单选】地下工程钻爆法施工常用压入式通风，正确的说法是（ ）。【2016】

【2017 隧道工程施工时，通风方式通常采用（ ）】

- A. 在工作面采用空气压缩机排风
- B. 在洞口采用抽风机将风流吸出
- C. 通过刚性风，用负压方式将风流吸出
- D. 通过柔性风，将新鲜空气送达工作面

【答案】D

【解析】地下工程的主要通风方式有两种：一种是压入式，即新鲜空气从洞外鼓风机一直送到工作面附近；另一种是吸出式，用抽风机将混浊空气由洞内排向洞外。前者风管为柔性的管壁，一般是加强的塑料布之类；后者则需要刚性的排气管，一般由薄钢板卷制而成。我国大多数工地均采用压入式。



2. TBM 法（掘进机法）

全断面掘进机	适宜于打长洞，因为它对通风要求较低；开挖洞壁比较光滑；对围岩破坏较小，所以对围岩稳定有利；超挖少，衬砌混凝土回填量少。
独臂钻	适宜于开挖软岩，不适宜于开挖地下水较多、围岩不太稳定的地层。
天井钻	①专门用来开挖竖井或斜井的大型钻具。 ②钻杆上装较小钻头：从上往下钻。达到底部换直径较大的钻头：由下向上反钻。
带盾构的 TBM 掘进法	当围岩是软弱破碎带时，若用常规的 TBM 掘进，常会因围岩塌落，造成事故，要采用带盾构的 TBM 法。



【例题·单选】采用全断面掘进机进行岩石地下工程施工的说法，正确的是（ ）。【2010】

【2013 适用深埋于岩体的长隧洞施工的方法是（ ）】

- A. 对通风要求较高，适宜打短洞
- B. 开挖洞壁比较光滑
- C. 对围岩破坏较大，不利于围岩稳定
- D. 超挖大，混凝土衬砌材料用量大

【答案】B

【解析】全断面掘进机法适宜于打长洞，因为它对通风要求较低；开挖洞壁比较光滑；对围岩破坏较小，所以对围岩稳定有利；超挖少，衬砌混凝土回填量少。

【例题·单选】关于隧道工程采用掘进机施工，下列说法正确的是（ ）。【2019】

- A. 全断面掘进机的突出优点是可实现一次成型
- B. 独臂钻适宜于围岩不稳定的岩层开挖
- C. 天井钻开挖是沿着导向孔从上往下钻进
- D. 带盾构的掘进机主要用于特别完整岩层的开挖

【答案】A

【解析】独臂钻适宜于开挖软岩，不适宜于开挖地下水较多、围岩不太稳定的地层。天井钻的开挖施工，先在钻杆上装较小的钻头，从上向下钻一直径为 200~300mm 的导向孔，达到竖井或斜井的底部。再在钻杆上换直径较大的钻头，由下向上反钻竖井或斜井。当围岩是软弱破碎带时，若用常规的 TBM 掘进，常会因围岩塌落，造成事故，要采用带盾构的 TBM 法。

（三）喷射混凝土（2023 教材精简）

（1）混凝土喷射机分为干式和湿式，干式喷射设备简单，价格较低，能进行远距离压送，易加入速凝剂，喷嘴脉冲现象少，但施工粉尘多，回弹比较严重。

（2）喷射作业区段的宽度，一般宜为 1.5~2.0m 为宜。对水平坑道，其喷射顺序为自下而上；侧墙应自墙基开始，拱应自拱脚开始，封拱区宜沿轴线由前向后。

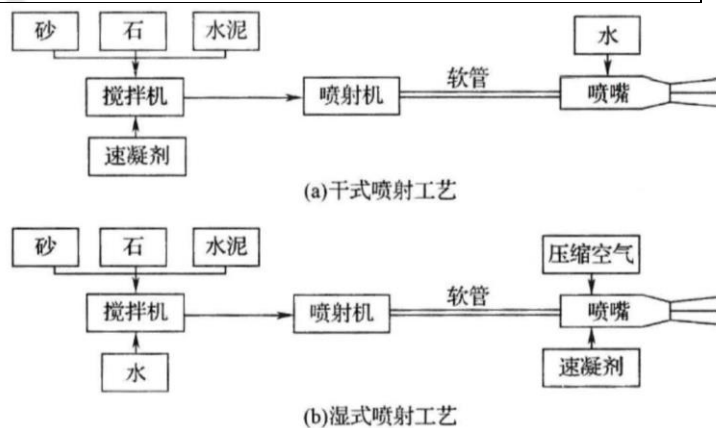


图 4.3.18 干喷与湿喷施工工艺流程图

