

# 第四章 地下连续墙施工技术

## 第一节 概 述

利用一定的设备和机具，借助于泥浆的护壁作用，在地下挖出窄而深的沟槽，并在其内浇注适当的材料而形成一道具有防渗（水）、挡土或承重功能的连续的地下墙体，称为地下连续墙。这种地下连续墙在欧美国家称为“混凝土地下墙”或“泥浆墙”；在日本则称为“地下连续壁”或“连续地中壁”或“地中连续壁”；在我国则称为“地下连续墙”或“地下防渗墙”。

地下连续墙的施工内容包括；准备工作与墙体施工。现场浇筑钢筋混凝土地下连续墙的施工程序，如图 4—1 所示。

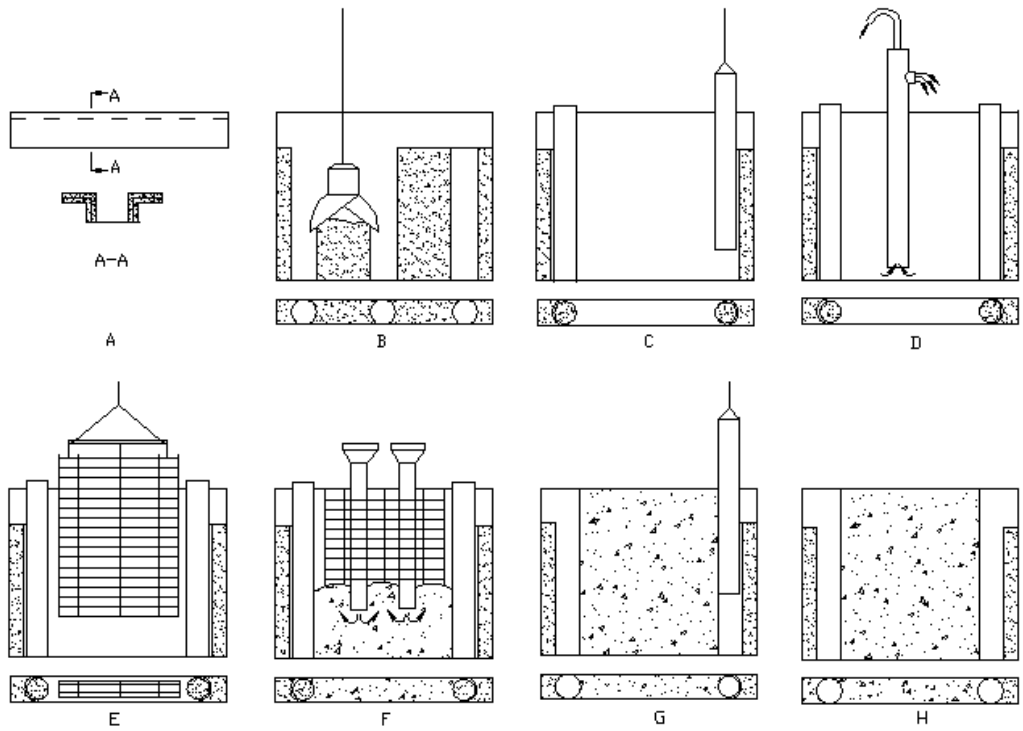


图 4—1 地下连续墙施工程序

第  
节

A—挖导槽筑导墙，B—单元槽段钻挖，C—安放接头管，D—清除槽底沉渣，E—吊放  
钢筋笼，F—灌注混凝土， G—拔出接头管， H—单元槽段结束，钻挖下一槽段

二  
地

## 下连续墙施工设计

地下连续墙是一项质量要求高，施工工序多，并须在短时间内连续完成一个墙段的地下隐蔽工程。因此，施工必须认真按程序进行，备齐技术资料，编写施工设计，做好施工前的准备工作，确保施工顺利进行。

### 第三节 地下连续墙施工工艺

地下连续墙的施工方法分为桩排式和槽段式(槽式)两种。桩排式是采用钻孔灌注桩或预制桩来代替挡土板或板桩的造墙方法。槽段式是利用泥浆作为稳定液,以钻挖方式先造壁板墙,然后将壁板墙连续成整体墙的造墙方法。无论何种施工方法都需先建立导墙,然后再施工单元槽段。

#### 一、导墙的修筑

##### (一) 导墙的主要作用

1. 导墙是控制地下连续墙各项指标的基准,导墙也是地下连续墙的地面标志。导墙和地下连续墙中心线应一致。导墙宽度按一般经验是地下连续墙的宽度再另加3~5cm。导墙的宽度尺寸将直接影响地下连续墙的墙体厚度。导墙竖向面的垂直精度是决定地下连续墙能否保持垂直的首要条件。

2. 挡土作用。导墙可防止槽壁顶部坍塌,由于地表的土层较深层土质差,而且常受到邻近地面超载的影响,为了保持地面土体稳定,经常在导墙之间每隔1~3m加添临时木支撑。

3. 支承台的作用。在施工期间,导墙常承受钢筋笼、灌注混凝土用的导管、钻机等静、动荷载。

4. 维持泥浆液面稳定的作用。导墙内的空间也是储容泥浆的储备循环槽,为了维持槽壁面地层的稳定,需要有一个极少变化的泥浆液面。特别在地下水位很高的地段,为了维持泥浆液面的稳定,至少要求高出地下水位一定高度。导墙顶部有时会高出地面。

导墙通常采用配筋率较低的现浇混凝土制作,也可采用预制钢筋混凝土导墙或用钢材制成的工具式导墙,预制式导墙或工具式导墙安装好即可使用,但整体性差。不论现浇钢筋混凝土式或工具式导墙,其基底部都必须与基土密切结合,以免造成漏浆而造成槽壁坍塌。

##### (二) 导墙的形式

导墙的形式和所选用的材料有关,最常用的是钢筋混凝土导墙。导墙基本断面形式有:板墙形、Γ形、L形、匡字形几种。在特殊情况下,则需要在基本形式基础上设计出特殊形式的导墙。如图4-3所示。图4-3中A为最简单的断面形状。适用于表层地基土良好(如致密的粘性土等),作用在导墙上的荷重不大的情况。B适用于作用在导墙上的荷载较大的情况,可根据荷载的程度增减其伸出部分的大小。C适用于表层地基土强度不够,特别是易坍塌的砂土或回填土地基。D适用于地基土强度不足,且施工期临槽设备负荷大。E适用于作业面在路面以下的情况,导墙外侧的伸出部分作为先施工的临时挡土结构。此时,导墙内侧的横撑可用千斤顶代替。F适用于需要保护相邻结构物的情况,要考虑地下室的深度等。G适用于地下水位高,导墙内泥浆液面需高出地面一定距离的情况。

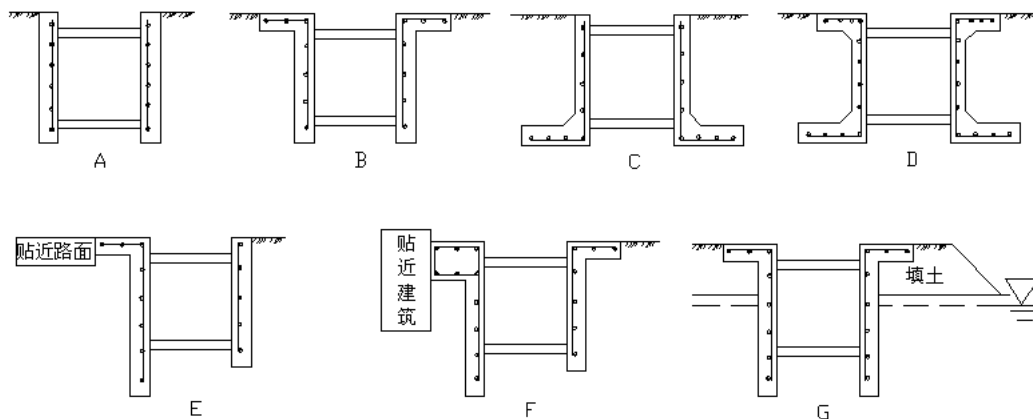


图 4—3 导墙的各种断面形式

A—板墙形， B—Γ形， C—L形， D—匡字形， E—贴近路面， F—临近建筑物， G—地下水位较高

### （三） 导墙的施工

导墙厚度一般为 0.15~0.20m，深度为 1.5m 左右。导墙一般采用 C<sub>20</sub> 混凝土浇筑，配筋多为  $\Phi 12@200$ ，水平钢筋必须连接起来，使导墙成为整体。导墙施工接头位置与地下连续墙施工接头位置错开。

导墙面应高于地面约 10cm，以防止地面水流入槽内污染泥浆。导墙的内墙面应平行于地下连续墙轴线，对轴线距离的最大允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ ；内外导墙面的净距，应为地下连续墙墙厚加 5cm 左右，墙面应垂直；导墙顶面应水平，全长范围内的高差应小于 10mm，局部高差应小于 5mm。导墙的基底应和土面密贴，以防槽内泥浆渗入导墙后面。若场地土质较好，外侧土壁可作为现浇导墙的侧模，若土质较差时，应在开挖的导墙基坑两面立模板，才能现浇混凝土，待达到一定强度后，才能拆去模板，然后用粘土或其它力学性能较好的材料回填，并分层夯实，以防泥浆渗入墙后土体中，引起滑动坍塌。现浇钢筋混凝土导墙拆模以后，应沿纵向每隔 1m 左右设上、下两道木支撑，将两片导墙支撑起来，在导墙的混凝土达到设计强度之前，禁止任何重型机械和运输设备在旁边行驶，以防导墙受压变形。

为保证地下连续墙转角处的质量和成槽设备的移动定位方向，导墙在纵横交接处应做成“T”字形，如图 4—4 所示。

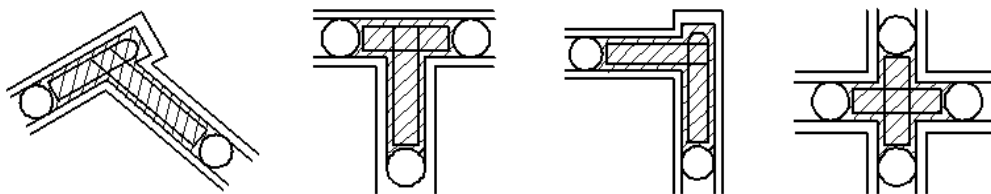


图 4—4 导墙在转角处的形式

对于使用最为普遍的现浇钢筋混凝土导墙，其施工顺序是：①平整场地；②测量定位；③挖槽及处理弃土；④绑扎钢筋；⑤支模板；⑥浇筑混凝土；⑦拆模并设置横撑；⑧导墙外侧回填土方。

## 二、泥浆的配制与废泥浆处理

### （一）泥浆的配制

槽段式地下连续墙施工是利用泥浆维持槽壁稳定进行钻挖成槽的。泥浆技术是整个施工中最重要的一环，它直接关系到施工能否顺利进行。

#### 1. 泥浆的作用

修筑地下连续墙时，常采用泥浆护壁挖槽法。就是在土中开挖狭长的深沟，并保证直到灌注混凝土之前不发生坍塌。泥浆具有一定的密度，在槽内对槽壁产生一定的液柱压强，相当于一种液体支撑。泥浆中的自由水能渗入地层，并在槽壁形成一层弱透水的泥皮，泥皮具有一定结构强度和阻止泥浆中自由水继续渗入的作用，有助于维护土壁的稳定。槽内泥浆面应高出地下水位 1m 以上，即能有较好的防止槽壁坍塌效果。

#### 3. 泥浆制备

确定泥浆配合比时，首先根据为保持槽壁稳定所需的密度来确定膨润土或加重剂的掺量，再根据膨润土和泥浆性能要求分别确定分散剂、增粘剂、降失水剂等掺量。

配制泥浆时，先根据初步确定的配合比进行试配，如试配制出的泥浆符合规定的要求，则可投入使用，否则需修改配合比。

制备膨润土泥浆时，首先应对膨润土进行预水化处理，配置时搅拌要充分，处理剂加入的先后顺序对泥浆性能影响很大，每加入一种处理剂应充分搅拌后再加入第二种。配置好的泥浆，一般情况下储存 3 小时以上，使泥浆中成分充分溶胀之后再使用。

### （二）废泥浆的处理

在施工过程中，钻挖的渣土以及灌注的混凝土会不同程度的混入泥浆中，致使泥浆受到严重污染。被污染恶化的泥浆，经处理后仍可重复使用。如污染严重或施工结束后的大量废泥浆则应废弃。为满足环保要求，废弃的泥浆不能就地排放，需经特别处理使泥浆中的水达到排放标准后排放，再将泥浆中的固相物质外运。常用的泥浆处理方法有：土渣分离处理和污染泥浆的化学处理。

分离土渣可用机械处理和重力沉降处理，两种方法共同作用效果更好。

#### 1. 机械处理

利用专门的泥水分离设备对泥浆进行分离处理。这类泥水分离设备有机械振动筛、旋流除砂器、真空式过滤机械、滚筒式或带式碾压机及大型沉淀箱等。使用时，通常将上述几种机械组成一套泥浆处理系统，进行泥水分离联合处理，形成含水量一般不超过 50% 的湿土和符合标准的泥水，最后湿土装车运走，泥水经过再生处理制成可重复使用的泥浆。这种处理方法占用场地大，动力消耗增加，处理量一般不超过  $15\text{m}^3/\text{h}$ ，不能适应大量泥浆的即时处理。

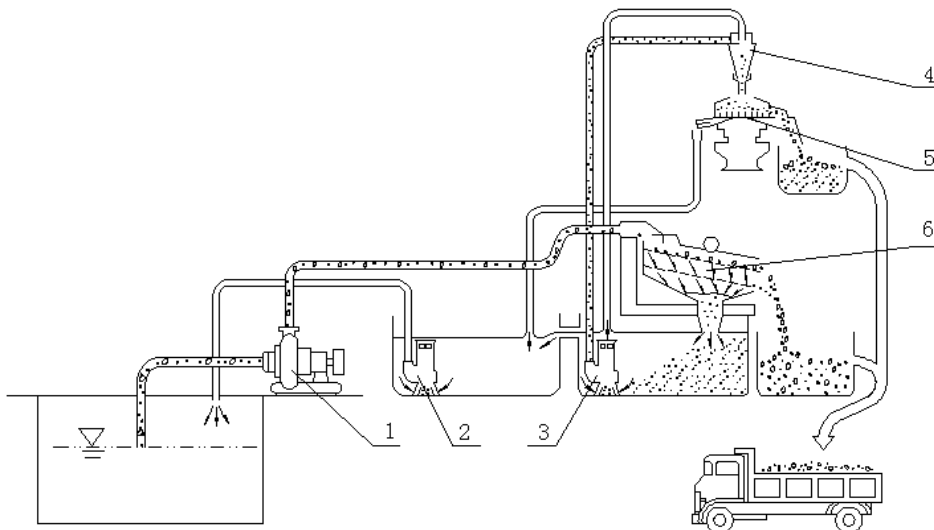


图 4—5 渣土分离机械处理示意图

1—吸泥泵，2—回流泵，3—旋流器供给泵，4—旋流器，5—脱水机，6—振动筛

## 2. 重力沉降处理

重力沉降处理是利用泥浆与土渣的相对密度差使土渣产生沉淀以排除土渣的方法。沉淀池容积愈大，泥浆在沉淀池中停留的时间愈长，土渣沉淀分离的效果愈好。所以，如果现场条件允许，应设置大容积的沉淀池。考虑到土渣沉淀会减少沉淀池的有效容积，沉淀池的容积一般为一个单元槽段挖土量的 1.5~2 倍，需要考虑到泥浆循环、再生、舍弃等工艺要求，一般要分隔成几个，各个之间可采取埋管或开槽口连通。

## 3. 化学处理

对恶化泥浆要进行化学处理时，需先使用化学絮凝剂沉淀，使土渣分离，然后清出沉淀的泥渣。由于这类絮凝剂的价格较高，而使用量往往又比较大，所以处理费用也较高。

此外，为了防止化学元素对环境的污染，对使用化学絮凝剂有严格的限制，故在施工中单独使用化学方法对泥浆的处理也比较少。

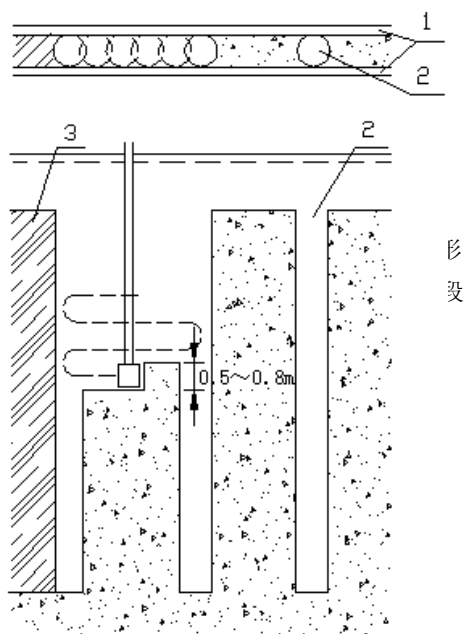
## 4. 机械化学联合处理

这种方法国外采用较多。首先用振动筛将泥浆中的大颗粒土渣筛出，再加入高效的高分子絮凝剂对细小土渣进行絮凝沉淀，然后送到压滤机或真空过滤机进行泥土分离。

# 四、槽段式连续墙施工工艺

槽式地下连续墙的成墙方法，是开挖一定宽度、长度及深度的沟槽，在它的末端设置把墙段联接起来的结点，然后在沟槽里吊放钢筋笼，浇筑混凝土，再把墙段逐一连接起来，形成连续墙体。目前，地下连续墙的施工方法主要是槽段式成墙方法。

槽段式地下连续墙施工工艺过程如图 4—1 所示。其中修筑导墙、泥浆制备、深槽挖掘以及混



凝土浇筑，是地下连续墙施工中的主要工序。

### （一）槽段式墙成槽方法

槽式连续墙的施工方法有多种，不同之处在于成槽方法和钻挖槽土以及排土方式。国内对各种槽式连续墙施工方法，大致可分为以下三种：

1. 先钻导孔，再钻挖整修成槽形

先以一定间隔距离钻挖出直径与墙厚相同的钻孔，称为先导孔，然后用抓斗将导孔间的土方挖去，形成槽段，如图 4-7 所示。

导孔相互间的距离是根据成槽机种类及墙厚以及地基的软硬而定。用抓斗挖掘排土时，沟槽内的残土和砂粒不能彻底排除。另外，要考虑抓斗频繁地上下运动也会碰撞槽面和影响垂直度。施工时必须注意沟槽内残留渣土的清除和避免抓斗在上下运动过程中冲撞槽壁。

2. 先钻导孔，再重复钻圆孔成槽形

先在墙段的两端钻导孔至设计深度，作为基孔，再将导孔间的土体采用连续重叠的钻圆柱形孔方式钻除导孔之间的土体，如图 4-8 所示。而后续的圆柱孔则分层作业，每层钻进 0.5~0.8m 的深度。即当钻头钻挖 0.5~0.8m 后就要提钻，将钻机横移一下，使孔位与前次的稍有重叠，再钻到规定的分层深度。这样的作业在槽内反复进行，直到完成槽段。同法依次逐步向前推进。这种成槽方法的特点是可用回转钻进设备成槽。缺点是钻机移位频繁，工序复杂，效率也较低，目前已很少应用。

3. 一次钻挖成槽形

根据单元槽段长度，一次或分次进行钻挖，从一开始就钻挖成长条形的沟槽直至规定的墙体深度，如图 4-9 所示。这种方法作业单纯，施工效率高，是最为理想的形式，目前应用较为广泛。

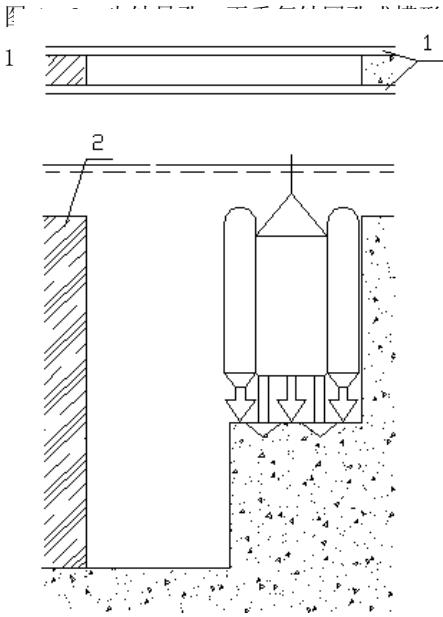


图 4-9 一次钻挖成槽形  
1—导墙，2—已完成的单元墙段

### （二）各种成槽设备的挖槽作业

地下连续墙成槽施工，通常只采用一种挖槽机，但是根据地质条件或施工条件，也有同时使用两种挖槽机配合作业的情况，或者除主要的挖槽机以外，再用其它不同种类的挖槽机作辅助施工。

国内外常用的挖槽机械按其工作原理分为挖斗式、冲击式、回转式和铣轮式四大类，而每一类中又分为多种。我国在地下连续墙施工中，应用最多的是吊索式蚌式抓斗、导杆式蚌式抓斗、多头钻和冲击式挖槽机，尤以前三者为多，而铣轮式是国外一种新的铣槽机械。

1. 抓斗式挖槽机挖槽法

抓斗式挖槽机是以其斗齿切削土体，切削下的土体收容在斗体内，从沟槽内提出，地面开斗卸土，然后又返回沟槽内挖土，如此重复地循环作业进行挖槽。

（1）钢索蚌式导板抓斗挖槽法

蚌式抓斗与普通抓斗不同，蚌式抓斗通常以钢索操纵斗体上下和开闭，即钢索蚌式抓斗。为了提高抓斗的切土能力，一般都要加大斗体重量，为了提高挖槽的垂直精度，要在抓

斗的两个侧面安装导向板，所以亦称“导板抓斗”。钢索蚌式抓斗分中心提拉式导板抓斗(见图 4—10A)和斗体推压式导板抓斗两类(见图 4—10B)。为防止抓斗前后左右产生摆动或回转，装有特殊稳定装置。挖槽的垂直性以抓斗的自重来保持，但在挖掘砂砾层等坚硬地层时，则容易发生偏斜。解决偏斜的方法是在抓斗挖槽之前，先用钻机钻导孔(孔径与墙厚相同，孔距约 1.5m)，以导孔作为抓斗挖槽的导向，保持垂直性。

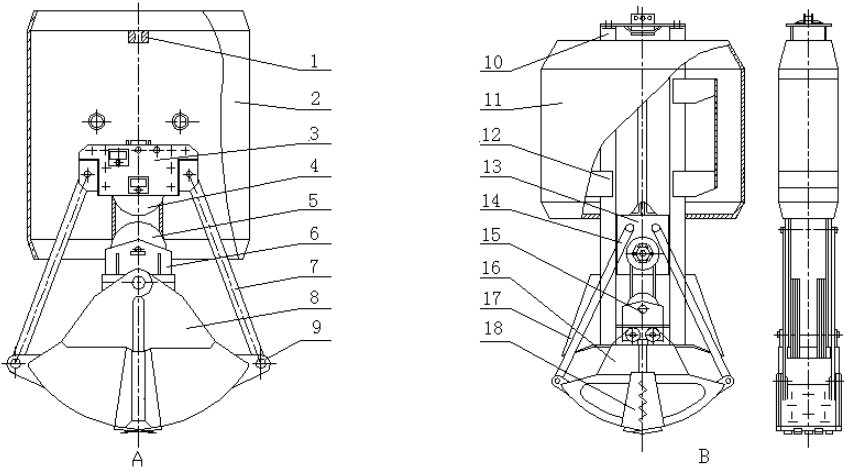


图 4—10 钢索蚌式导板抓斗

A—中心提拉式导板抓斗

B—斗体推压式导板抓斗

1—导向块，2—导板，3—斗脑，4—上滑轮组，5—下滑轮组，6—滑轮座，7—提杆，8—斗体，9—斗耳，10—导轮支架，11—导板，12—导向架 13—动滑轮座，14—提杆，15—定滑轮，16—斗体，17—弃土压板，18—斗齿

### (2) 导杆液压抓斗挖槽法

该挖槽机的蚌式抓斗安装在导杆的下端，通过液压装置开闭抓斗，挖槽时抓斗在导杆自重压力作用下吃入土层进行挖土(图 4—11)。

在该挖槽机的载运机械，即履带起重机上，安装着导向滑槽，导杆就在滑槽内上下运动。因为导杆的方向就是掘进的方向，所以不需要钻导孔。

使用该方法挖槽孔，首先要将抓斗中心对准导墙上所标志的挖槽的中心位置，然后固定履带起重机的回转装置，慢慢将抓斗放入导沟内。待抓斗的斗齿在斗体体积导杆的自重压力之下吃入土层后，通过液压装置，使抓斗闭合抓土。抓斗闭合以后，即将抓斗提出地面，排出斗内泥浆，旋转起重臂，将土排入土箱或卡车上。

蚌式抓斗进行挖槽时，一般以导孔作为导向，但在软弱地基内或挖槽深度较浅的情况下，也可以不用导孔。如果不钻导孔进行成槽，当地层软弱而挖槽速度过快，或在地层从软硬层变换的位置，易造成槽壁弯曲。另外，随着挖槽深度的增加，垂直精度的误差也会越来越大。因

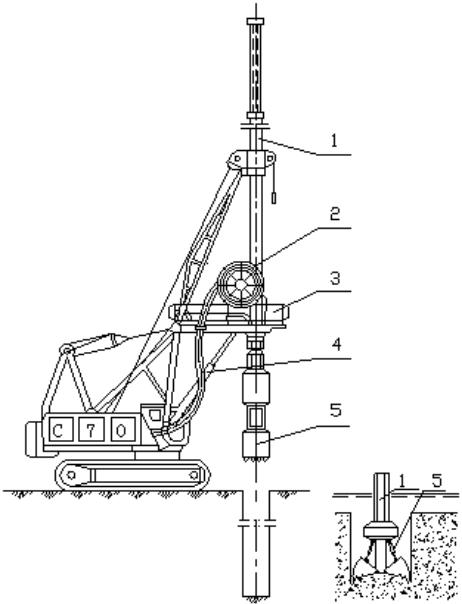


图 4—11 导杆液压抓斗挖槽法

1—导杆，2—液压管线回收轮，3—平台，4—液压油缸，5—液压抓斗

此，对于深度大于 10m 的地下墙施工，应尽可能采用先钻导孔的方法。

当采用抓斗而不使用导孔进行挖槽时，为使抓斗吃土阻力均衡，必须按图 4—12A 方式进行，而不能采用图 4—12B 方式，以避免因抓斗吃土阻力不均衡而造成槽孔弯曲。

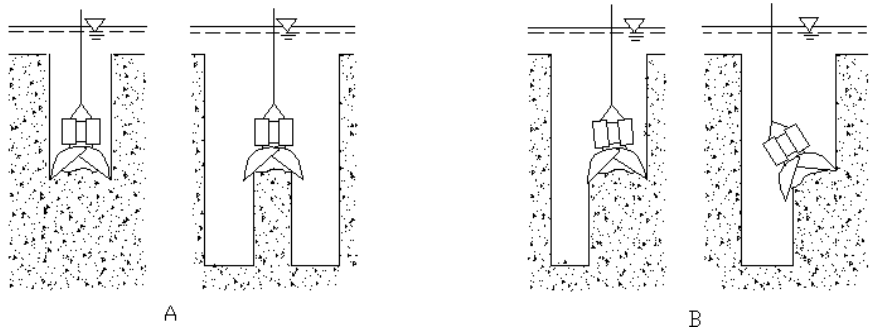


图 4—12 不钻导孔挖槽时抓斗吃土阻力状况

A—抓斗吃土阻力均衡      B—抓斗吃土阻力不均衡

## 2. 冲击式挖槽机挖槽法

冲击式挖槽机包括钻头冲击式、冲击回转式和凿刨式三种类型。

### (1) 冲击回转式挖槽法

这种挖槽机在吸泥管的下端安装有直径和墙厚相同的伸缩式钻头。挖槽时，钻头的动作有两种方式，一种是钻头在卷扬机钢索的带动下仅作上下冲击运动；另一种是钻机带有强制给进机构，钻头除作上下冲击运动以外，还能在液压机构的垂直加压下进行回转运动。被破碎的土渣和泥浆经吸泥管排出地面。如图 4—13 所示。

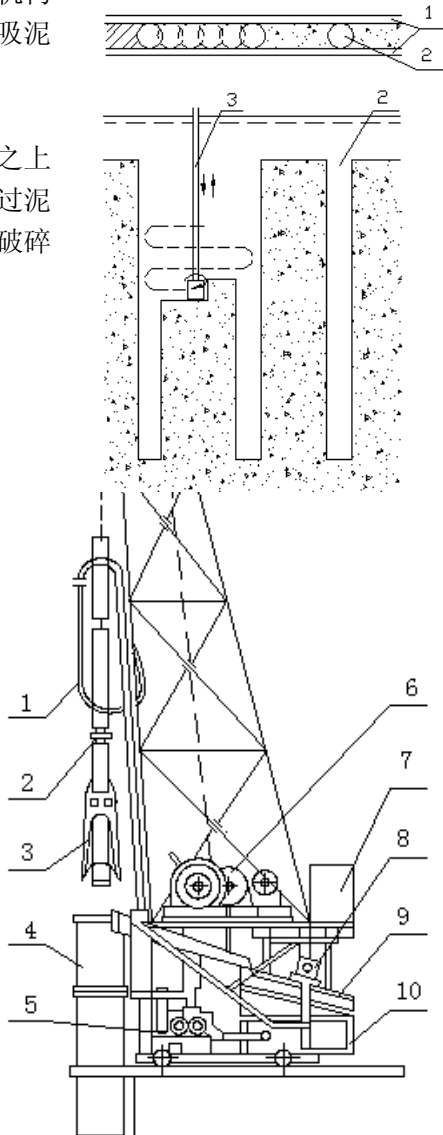
### (2) 钻头冲击式挖槽法

该法是在导杆下端装有冲击钻头，通过卷扬机使之上下运动冲击岩土层进行挖掘。被钻头击碎的土渣，通过泥浆循环方式排出槽外。冲击钻机是依靠钻头的冲击力破碎地基土层，所以不但对一般土层适用，对卵石、砾石、岩层等地层亦适用。

冲击钻机的种类很多，如 CZ-22 型、CZ-30 型钢绳冲击钻机、SPC—300H 型带冲击机构的转盘钻机、MT—150 型全套管钻机等冲击钻机皆可应用。图 4—14 所示为 ICOS 冲击钻机组，它不但具有冲击钻，而且配有泥浆制备和输送、处理的设备。

排土方式有泥浆正循环方式和泥浆反循环方式两种。泥浆正循环时，泥浆作用在挖槽工作面上的压力较大，由于泥浆携带土渣的能力与其上升速度成正比，而泥浆的上升速度又与挖槽的断面积成反比，所以泥浆正循环方式不宜用于断面大的挖槽施工。

泥浆反循环时，由于钻杆断面积较小，其上升速度快，排渣能力强。泥浆反循环方式与挖槽断面积无关，土渣排出量和土渣的最大直径取决于排浆





管的直径。但是当挖槽断面较小时，泥浆向下流动较显著，作用在槽壁上的泥浆压力较泥浆正循环方式低，会减弱泥浆的护壁作用。

(3) 凿刨式挖槽机挖槽法

凿刨式挖槽机也属于冲击式挖槽机一类，它是靠凿刨沿导杆上下运动以破碎土层，破碎的土渣由泥浆携带从导杆下端吸入经导杆排出槽外。施工时每凿刨一竖条土层，挖槽机移动一定距离，如此反复进行挖槽。

冲击式挖槽机挖槽法的挖槽顺序是：先在槽段的两端钻导孔至设计深度，然后以导孔为基准，再钻挖去中间部分的土体。该种挖槽方法可以建造圆周形状等曲线形的地下墙。

冲击式挖槽是以钻头的冲击力为主破碎岩土层进行挖槽的，所以适用于硬质地基内施工。一般来说，对于软弱地基可采用钻杆蚌式抓斗法，而坚硬地基则适宜采用此法，两者可配合使用。

3. 多头钻挖槽机挖槽法

多头钻挖槽机是以回转的钻头切削土体进行挖掘，钻下的土渣随泥浆的循环排出地面。钻头回转方式

与挖槽面的关系有直挖和平挖两种。钻头数目有单头钻和多头钻之分，单头钻主要用来钻导孔，多头钻用来挖槽。多头钻是日本利根公司开发的地下连续墙挖槽机械，称为 BW 钻机，我国所用的 SF—60 型和 SF—80 型多头钻，是在参考 BW 钻机下进行设计制造的。如图 4—15 所示。

钻机的悬吊方式有用钢索悬吊 (BW 多头钻) 和用泥浆反循环钢管 (排泥管) 悬吊 (SSS 长墙钻) 两种方式。钻出的土渣随泥浆一道，以反循环方式通过排泥软管或钢管排出地面。

多头钻机的钻头 (图 4—16) 是利用两台潜水电钻带动行星减速机构和传动分配箱的齿轮，驱动钻头下部的 (5 个或 7 个) 钻头等速对称旋转切割土体，进行挖槽的。钻头中心排列在一条直线上，各个钻头的转动方向相反，各钻头的钻进反力相互抵消，整个多头钻就不会因钻进反力而产生扭转。钻头工作平面分上下两级。因此，各钻头钻成的圆形孔断面相互重叠，钻头钻进时残留下的不平整壁面，由安装在钻机两侧作上下运动的侧刀削平修整。所以它能一次钻成平面为长圆形的槽段，而不是钻成一个圆孔。钻机内安装有电子测斜自动纠偏装置，有当测斜仪显示多头钻已偏离设计位置时，可通过操作台上的阀门以高

图 4—14 1COS 冲击钻机

- 1—输浆软管，2—钻杆，3—钻头，4—导向套管，5—泥浆循环泵，6—卷扬机，7—泥浆搅拌机，8—振动筛电动机，9—振动筛，10—泥浆槽

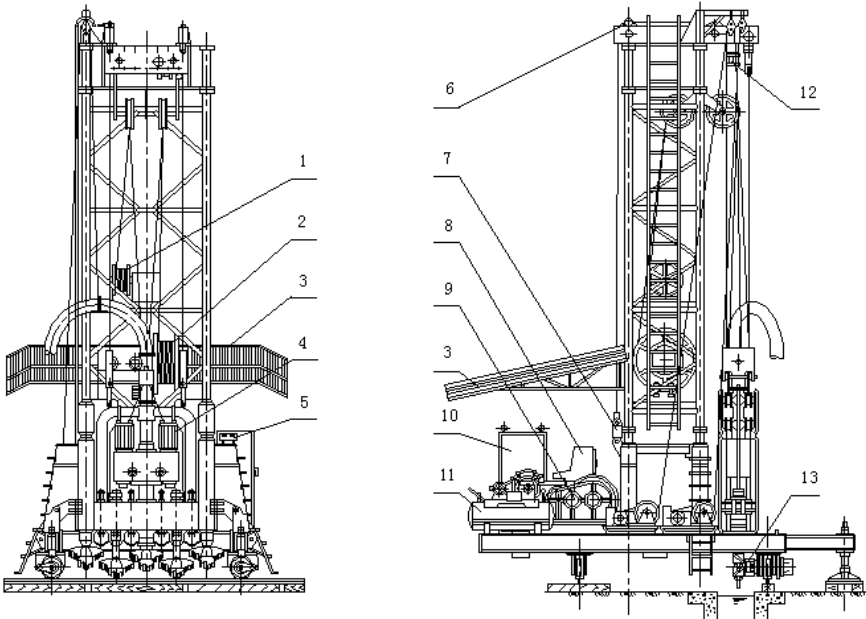


图 4—15 SF—60 多头钻成槽机

- 1—讯号电缆收线筒，2—动力电缆收线筒，3—遮阳棚，4—潜水电机，5—机头工作深度给进速度显示，6—测深测速发送器，7—电子秤拉力传感器，8—操纵台，9—机头升降主卷扬机，10—配电柜，11—空气压缩机，12—成槽倾斜度传感器，13—行走机构

压气体操纵纠偏气缸推动纠偏导板，四片纠偏导板可以进行四种组合，自动纠正槽段的钻进偏差。从而提高成槽精度。

用多头钻挖槽对槽壁的扰动少，完成的槽壁光滑，吊放钢筋笼顺利，混凝土超量少，无噪音，现场人员少，施工文明，适用于软粘土、砂性土及小粒径的砂砾层等地质条件。特别是在密集的建筑群内或邻近高层及重要建筑物处皆能安全而高效率地进行施工。由于是用钻头钻进挖槽，从软弱地层到硬质层均能适用。但因是采用泥浆反循环方式排渣，所以对粒径( $>150\text{mm}$ )的卵砾石层，可与抓斗方式配合使用。

#### 4. 铣轮式铣槽机挖槽法

铣槽机是采用铣轮切削土体形成沟槽。德国宝峨公司生产的双轮铣槽机其结构如图4—18所示。

在机架的底端安装了两个液压马达，由液压马达驱动两个铣轮相反旋转，进行切削岩土，并使切削下来的岩屑向吸渣管入口方向移动，然后由泥浆泵经排渣管送到地面振动筛，将岩土碎渣清除。经过净化处理后再次流回槽内形成循环(见图4—19所示)。

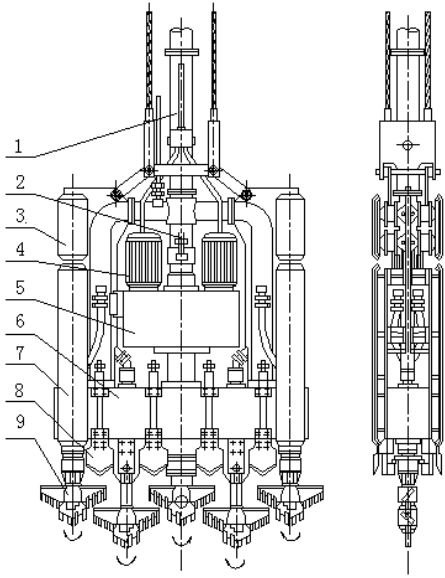


图4—17 多头钻施工连续墙的工艺布置

1—螺旋输送机，2—泥浆搅拌机，3—水力旋流器，4—补浆用输浆管，5—振动筛，6—吸泥泵，7—接头管顶升架，8—混凝土浇筑机，9—混凝土吊斗，10—混凝土浇筑漏斗，11—轨道，12—接头管，13—多头

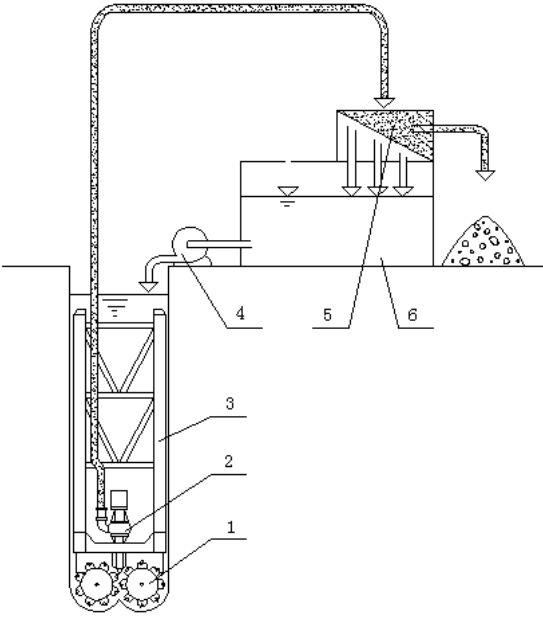
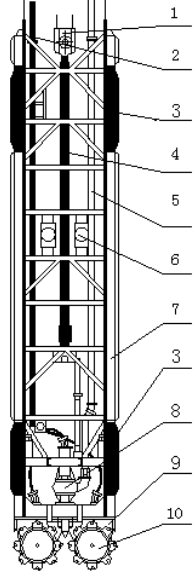


图 4—18 铰槽机结构图

1—滑车, 2—液压管, 3—导向台肩, 4—给进油缸, 5—泥浆管, 6—抽吸管, 7—机架, 8—泥浆泵, 9—齿轮箱, 10—铰轮

图 4—19 铰槽机工作原理示意图

1—铰轮, 2—泥浆泵, 3—机架, 4—离心泵, 5—振动筛, 6—泥浆池

在铰槽机上还安装了电子测斜仪, 用于在挖槽过程中测量铰槽机的垂直偏差. 这种仪器可连续地显示铰槽机的中心位置和垂直偏差角度. 如果铰槽机的方位偏离了垂直轴线, 则可以通过操作液压导向台肩来调整铰槽机的方位, 以保证沟槽具有较高的垂直度.

铰轮式铰槽机在土层中挖槽效率高. 对于较硬岩层, 可装配切削硬岩的特殊铰轮, 切削工作能力可达  $40\text{m}^3/\text{h}$ .

## 五、槽段清底

挖槽结束后, 悬浮在泥浆中的土颗粒将逐渐沉淀到槽底. 此外, 在挖槽过程中未被排出而残留在槽内的土渣以及在吊放钢筋笼时从槽壁上刮落的泥皮等都会堆积在槽底. 因此, 在挖槽结束后, 必须清除槽底沉淀物, 这项作业称为清底.

### (二) 清底方法

常用的清底方法, 一般分沉淀法和置换法两种. 沉淀法是待土渣沉淀到槽底之后再将其清除; 置换法是在挖槽结束之后, 在土渣还没有完全沉淀之前就用新鲜泥浆 (泥浆的相对密度  $\leq 1.15$ ) 把槽内悬浮有土渣的泥浆置换出槽外. 常用的清除沉渣的方法有: (1) 正循环置换法; (2) 反循环置换法; (3) 砂石吸力泵排泥法; (4) 压缩空气升液排泥法; (5) 带搅动翼的潜水泥浆泵排泥法; (6) 水枪冲射排泥法; (7) 抓斗直接排泥法. 其中: (3)、(4)、(5) 应用较多, 其工作原理如图 4—20 所示.

不同的清底方法, 所耗用的时间不同, 对槽壁稳定性的影响度和清底效果亦不同. 在选择清底方法时, 应以槽壁安全为主, 兼顾其他因素合理选择.

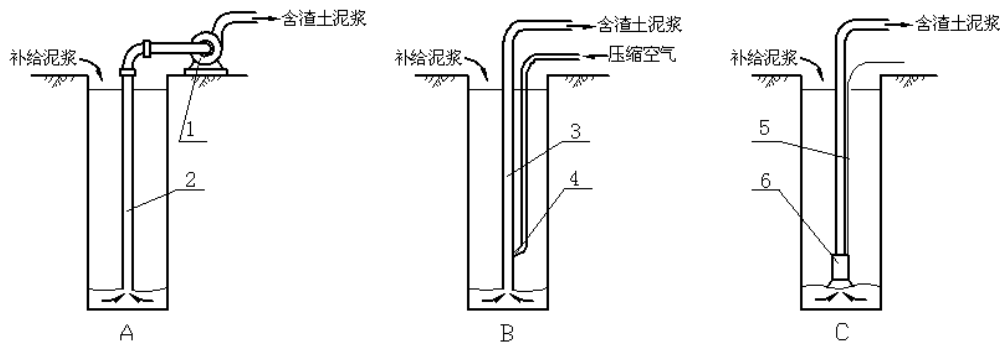


图 4-20 常用三种清底方法工作原理

A—砂石吸泥泵排泥      B—压缩空气升液排泥      C—潜水泥浆泵排泥

1—砂石吸泥泵，2—吸渣管，3—排渣管，4—混合器，5—电缆，6—潜水水砂石泵

## 六、槽段的连接

### 连接

地下连续墙的接缝是采用在两相邻单元墙段之间建立一个可以使两相邻单元墙段连接起来的施工接头，解决槽段间的接缝。利用施工接头，可在技术上使地下连续墙在可能范围内成为一个整体。

槽段间的接缝是地下连续墙的薄弱部分，故接缝数量是越少越好。采用长槽段施工对提高地下连续墙质量是有利的。在过去的施工中，墙段的长度多数为 2~5m。由于技术进步以及长期实践的结果，目前墙段长度很多是 7~8m，很少超过 10m。但是，长槽段施工不一定经济。因此应使单元槽段长度与经济的挖掘次数相符合。

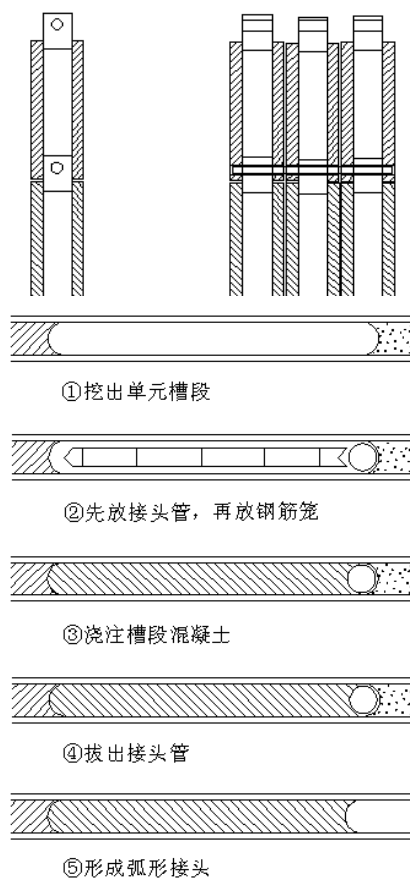
### (二) 接头形式及施工方法

为了保证地下槽段墙与槽段墙之间的连接具有良好的止水性和整体性，应根据建设地下连续墙的目的来选择适当的接头型式。

地下连续墙的接头形式很多，有接头管式、直接式和榫接式、翼板式、间隔钢板式、接头箱式、先做接头缝的形式等。一般根据受力和防渗要求进行选择，在地下连续墙施工接缝的最初阶段，一般是用平面式接合缝。这种形式减弱了剪力的传递，同时也不利于防水。目前常用的接头形式有以下几种：

#### 1. 接头管接头

接头管接头又称锁口管接头，这是当前地下连续墙施工应用最多的一种。这种接头方式是在成槽、清底后，于槽段端部将接头管插入或用起重机起吊放入槽孔内。然后吊放钢筋笼并浇筑混凝土，待混凝土强度达到 0.05~0.2MPa 时（一般在混凝土浇筑后 3~5h，视气温而定），开始用吊



车或液压顶升机提拔接头管，上拔速度应与混凝土强度增长速度相适应，一般为 2~4m / h，应在混凝土浇筑结束后 8 小时以内将接头管全部拔出。接头管直径一般比墙厚小 50mm，管身壁厚一般为 18~20mm。每节管的长度一般为 5~10m，若受到施工现场高度的限制，管长可适当缩短，使用时根据需要分段接长。接头管的构造和连接方法见图 4—21。

当槽段宽度较小时，用单根接头管（如图 4—21A）。

当槽段宽度较大时，采用并联多根接头管（如图 4—21B）。

图 4—22 接头管接头的施工程序

当施工宽度与深度都较大的地下连续墙时，接头管的顶拔较困难。为此，可采用“注砂钢管接头工艺”，这种工艺是在浇筑混凝土前插入一直径与槽宽基本相同的钢管，浇筑混凝土时，在注砂钢管中注入粗砂，随着混凝土的浇筑，徐徐上拔钢管，便在槽段接头处形成一个砂柱，该砂柱就起着侧模作用，如接头管一样。这种方法设备简单，上拔的摩阻力小，上拔速度快，接头质量亦好，只是需消耗一些砂子，如何回收利用尚需进一步研究。

为了便于接头管的起拔，管身外壁必须光滑，可在管身上涂抹黄油。

接头管拔出后，单元槽段的端部形成半圆形，继续施工即形成相邻两单元槽段的接头，它可以增强墙体的整体性和防渗能力。施工工艺过程见图 4—22 所示。

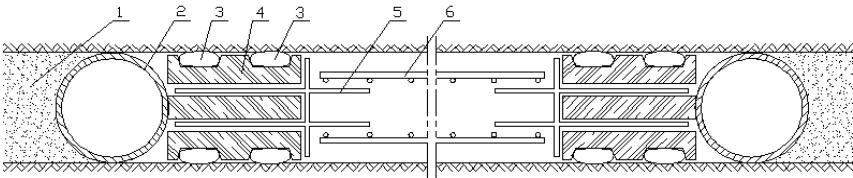


图 4—23 充气式接头箱

1—填入砂砾，2—反力支撑管（箱），3—充气软管，4—接头箱，5—接头钢板，6—钢筋笼

2. 接头箱接头

这种方法基本类似接头管连接，不同之处是在接头管旁附设一个敞口接头箱，即可得连续钢筋笼的刚性连接。接头箱接头可以使地下连续墙形成整体接头，接头的刚度较好。

接头箱接头的施工方法与接头管接头相似，只是以接头箱代替接头管。一个单元槽段挖土结束后，吊放接头箱，再吊放钢筋笼。接头箱在浇筑混凝土的一方是开口的，所以钢筋笼端部的水平钢筋可插接头箱内。浇筑混凝土时，接头箱的开口面被焊在钢筋笼端部的

钢板封住，入因而浇筑的混凝土不能进入接头箱，混凝土初凝后，与接头管一样逐步吊出接头箱，与后一个单元槽段的水平钢筋交错搭接，而形成整体接头。

接头箱接头有多种形式，其中充气式接头箱，就是在钢板式接头箱基础上增设有锦纶塑料充气软管，下入接头箱后，对锦纶塑料软管充气，用来密封止浆，防止新浇筑混凝土浸透绕流。如图 4—23 所示。

接头箱式接头的施工工艺过程见图 4—24 所示。其

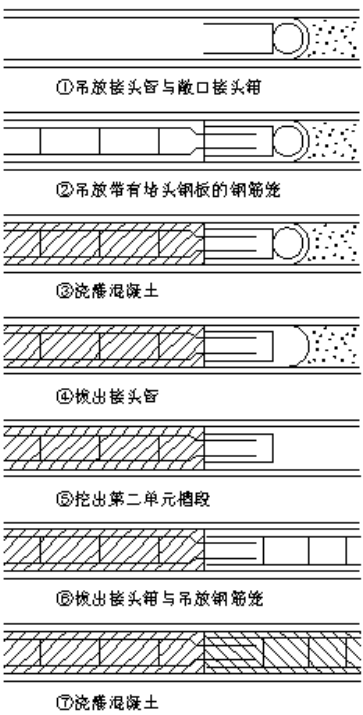


图 4—24 接头箱式接头的施工程序

施工过程是待单元槽段完成后,于一端吊放圆形接头管与敞口接头箱,再吊放带堵头钢板的钢筋笼,在堵头钢板外伸出的钢筋进入敞口接头箱中。当灌注混凝土时,由于堵头钢板的阻挡,混凝土不会流入箱内,拔出接头箱后,就成了有外伸钢筋的接头,灌注下槽段混凝土时,它就成为钢筋连续的刚性接头。

3. 隔板和预制接头

隔板接头是以钢板作为单元槽段浇筑混凝土的堵头,如图 4—25 所示。预制接头则是以预制混凝土构件作为单元槽段接头,如图 4—26 所示。预制接头的施工顺序是先施工接头部分,然后再施工两接头间的单元槽段。这种施工方式有助于提高槽壁稳定性。

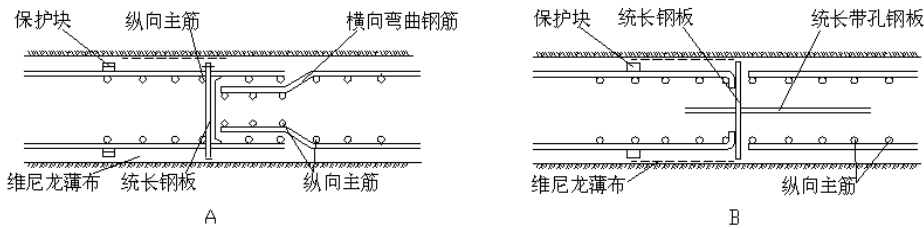


图 4—25 隔板式接头  
A—钢筋连接式 B—钢板连接式

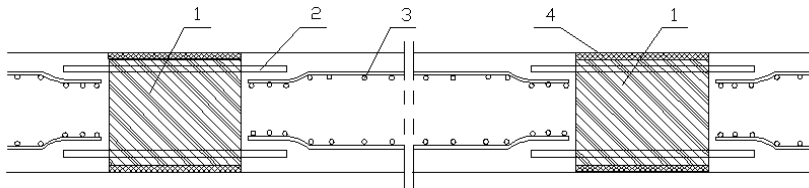


图 4—26 钢筋混凝土预制接头  
1—混凝土预制接头, 2—钢板, 3—钢筋笼, 4—罩布

七、钢筋笼的  
放

制作与吊

通常钢筋笼是在现场加工制作的。但当现场作业场地狭窄、加工困难时,也可在其它适当场所加工。其制作程序是:

① 纵向钢筋的切断、焊接或者压接,水平钢筋、斜拉补强筋、剪力连接钢筋等的切断加工。

② 钢筋的架立,为便于配筋,可用角钢等在制作平台上设置靠模。

③ 设置保护层垫块。

④ 安装钢板箱(或泡沫苯乙烯等),用以保护后浇板或柱的连接钢筋。

⑤ 根据横向接头的构造(即单元墙段之间的接头),安装连接钢板或其它预埋件。

⑥ 装贴罩布及其它作业。

1. 钢筋笼的制作

钢筋笼制作时,应根据地下连续墙墙体钢筋设计尺寸和单元槽段的划分来制作。钢筋笼最好是按单元槽段组成一个整体(一般不超过 10m)。如果需要分段接长,接头用绑条焊接,纵向受力钢筋的搭接长度应采用 60 倍的钢筋直径长度。钢筋笼的制作应满足以下要求:

(1) 钢筋的加工

① 纵向钢筋接头采用气压焊接、双面焊搭接及单面焊搭接。

② 纵向钢筋底端距槽底的距离应有 100~200mm 以上。当采用接头管的接头形式时, 水平钢筋的端部至混凝土表面应留有 50~150mm 的间隙。

③ 加工钢筋时, 要考虑斜拉补强筋的保护层厚度、纵向钢筋及水平钢筋的直径。

④ 根据设计图纸要求的数量和尺寸, 进行斜拉补强钢筋、剪力连接钢筋、连接钢筋(把墙体内外侧的纵向钢筋连接起来使其固定)以及起吊用附加钢筋等的切断和加工。

## (2) 钢筋笼的加工

① 配筋加工后, 应按设计图纸要求制作钢筋笼。要确保钢筋的正确位置、根数及间距, 并牢固固定, 不允许在起吊或吊入时产生变形。

② 纵向钢筋的连接, 按设计要求可采用焊接或用直径 0.8mm 的退火铁丝绑扎。

③ 水平钢筋的设置不得妨碍浇灌导管的下入。因此, 最好将纵向钢筋布置在水平钢筋的内侧。

④ 在钢筋重叠处要有确保混凝土流动所必须的间隙, 并注意不要影响设计要求的保护层尺寸。

⑤ 起吊或吊入钢筋笼时的起吊用钢材, 因为设计的水平钢筋太细、强度不够, 必须使用大直径钢筋代替。在钢筋笼大而重的情况下, 可根据需要用钢板或型钢, 并慎重予以安装。

⑥ 钢筋笼端部与接头管或混凝土接头面应留有 15~20cm 的空隙; 主筋净保护层厚应为 5~8cm, 保护层垫块厚为 5cm, 在垫块和墙壁之间留有 2~3cm 间隙。垫块一般用薄钢板制作, 焊于钢筋笼上, 亦可用预制水泥中空圆柱体, 间隔套在主筋上。

钢筋笼应在平台上成型。为便于纵向钢筋定位, 宜在平台上设置带凹槽的定位工装。钢筋笼除四周两道钢筋的交点需全部焊接外, 其余采用 50% 交错焊。成型用的临时扎结铁丝, 焊后应全部拆除。

## 2. 钢筋笼的吊放

钢筋笼的起吊、运输和吊放应周密地制定施工方案, 不允许在此过程中产生不能恢复的变形。插入钢筋笼起吊前, 要仔细检查起吊架的钢索长度, 使之能够水平地吊起再转成垂直状态。起吊用的吊架有双索吊架和四索吊架两种, 在钢筋笼的头部及中间部两处同时起吊。钢筋笼的下端不得在地面上拖引或碰撞其它物体, 以防造成下端钢筋笼弯曲变形(图 4-27)。为防止钢筋笼吊起后在空中摆动, 应在钢筋笼下端系上防摆动绳索以人力操作。

插入钢筋笼时, 最重要的是使钢筋对准单元槽段的中心, 垂直而又准确地插入槽内。钢筋笼插入槽内时, 吊点中心必须对准槽段中心, 然后徐徐下降, 此时, 必须注意不要因起重臂摆动而使钢筋笼产生横向摆动, 造成槽壁坍塌。

钢筋笼插入槽内后, 检查其顶端高度是否符合设计要求, 然后将其搁在导墙上。

如果钢筋笼是分段制作, 吊放时需接长, 下段钢筋笼应垂直悬挂在导墙上, 然后将上段钢筋笼垂直吊起, 上下两端钢筋笼成垂直连接。

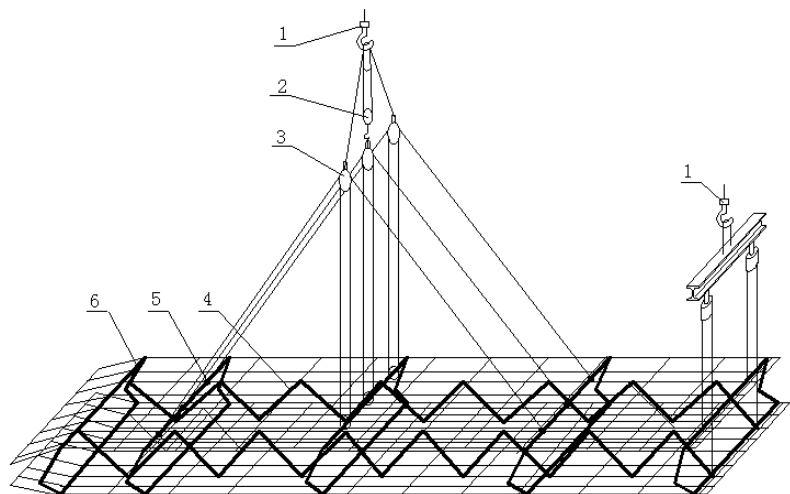


图 4-27 钢筋笼的构造与起吊方法

1—吊钩，2—单门葫芦，3—双门葫芦，4—纵向桁架，5—卸甲，6—横向桁架

对于地下连续墙钢筋笼来说，尽量不要将其分段。然而，在作业空间小而低，槽段又深的情况下，不得已要将钢筋笼分割成几段吊入。钢筋笼的纵向连接，普遍采用竖筋搭接的方式。在这种情况下，要将纵向多段连接的，很长的钢筋笼垂直插入槽内，必须谨慎小心。而且吊入此种钢筋笼，需要耗费很长的时间和很多的劳动力。为了改进这一问题，目前采用了新的连接方法如图 4-28 所示。

该方法就是事先制作连接钢板，在钢筋笼加工平台上将纵向钢筋正确地焊接在连接钢板上。由于钢筋笼的端部已有了连接钢板，所以分段吊放时只需将上下钢筋笼的连接钢板对齐，用夹板和高强螺栓将上下端连接起来。

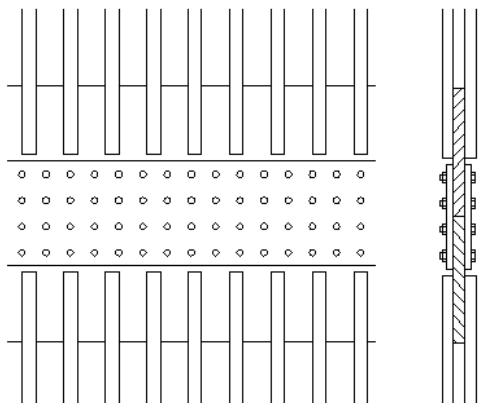


图 4-28 用螺栓联结器连接钢筋

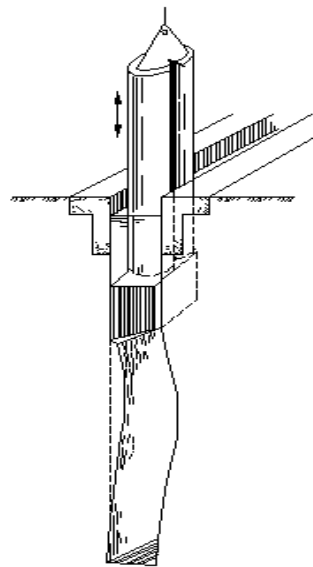


图 4-29 槽段歪斜修整

采用这种方法无须将钢筋笼搭接也可以制成有足够长度的钢筋笼。虽然必须用连接钢板及夹板等，然而由于施工时间缩短，并减少了钢筋搭接长度，仍可降低总的造价，并提高施工质量。

如果钢筋笼不能顺利插入槽内，应该重新吊出，查明原因后加以解决。如需要修槽，可采用如图 4-29 所示修整方式加以修整。在修槽之后再吊放钢筋笼，不能强行插放，否则会



引起钢筋笼变形或使槽壁坍塌，产生大量沉渣。

## 八、混凝土的灌注

地下连续墙混凝土灌注方法与钻孔灌注桩混凝土灌注方法基本相同，只是灌注量大，（参见第三篇第一章第三节）一般采用多根导管同时灌注。地下连续墙混凝土灌注方法如图 4—30 所示。

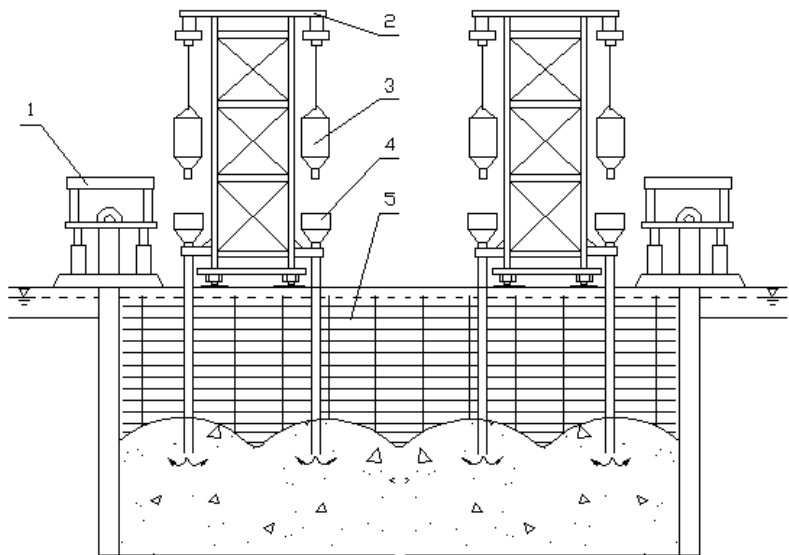


图 4—30 混凝土灌注设备及灌注过程

1—接头管顶升架，2—灌注机架，3—混凝土给料斗，4—灌注漏斗导管，5—钢筋笼

## 九、

### 接头管的最佳起拔时间

接头管的拔出，要在混凝土浇灌结束后根据混凝土的硬化速度，依次适当地拔动，不得影响地下连续墙的强度和形状以及接头的强度和形状。起拔接头管的时间不宜过早，否则混凝土因尚处于流动状态而坍塌；但也不宜过晚，否则由于接头管在混凝土中放置时间过长，混凝土的粘附力增加，导致接头管起拔困难或者不能拔出，所以起拔时间应控制在保证混凝土不坍塌的前提下，使起拔阻力最小。接头管的起拔阻力包括混凝土对接头管表面的摩擦力、粘结力以及管子的自重。粘结力在初凝前很小，但一过初凝期会很快增大，使起拔阻力增大，因此应在混凝土初凝期一过立即起拔套管。根据实验研究及现场施工经验，接头管的最佳起拔时间为  $1.1t$ ，（ $t$  为混凝土初凝时间）。

地下连续墙的施工，需要把挖槽技术、防止槽壁坍塌技术、良好的浇灌钢筋混凝土技术以及设置符合结构目的的接缝技术等有机地结合起来。并在掌握上述种种特点的基础上进行施工、养护和验收。由于地下连续墙属地下隐蔽工程，每一个单元墙段的施工，都决定着整个地下连续墙的成败。因此，要特别慎重，要严格挖槽工程管理、钢筋笼工程管理、接头工程管理、混凝土工程管理。