

# 水下混凝土隔断墙的施工方法

朱维<sup>1</sup> 郭尤军<sup>2</sup>

1. 泗洪县水利机械建设有限责任公司, 中国·江苏 宿迁 223900

2. 泗洪县魏营水利站, 中国·江苏 宿迁 223900

**摘要:** 水下混凝土隔水墙施工方法包括以下几个步骤: ①施工准备工作; ②基坑开挖及降水处理; ③水上作业平台搭建; ④吊装组合模板; ⑤对岩基表面进行清理; ⑥基坑注水条件; ⑦配置导流装置; ⑧水下水泥浇注; ⑨水下养护方面; ⑩号基坑出现引流现象; ⑪拆模板。该施工工法将围堰基坑隔水墙施工由降水作业改为水下作业, 通过推广应用施工工艺, 减少了基坑边坡暴露时间过长、水压失衡时倾覆的危险, 同时也减少了基坑开挖过程中资源的投入, 从而有利于降水, 保持边坡稳定, 达到了较好的施工效果。

**关键词:** 水下混凝土; 隔水墙; 施工方法

## Construction Method of Underwater Concrete Partition Wall

Wei Zhu<sup>1</sup> Youjun Guo<sup>2</sup>

1. Sihong County Water Conservancy Machinery Construction Co., Ltd., Suqian, Jiangsu, 223900, China

2. Weiyong Water Conservancy Station in Sihong County, Suqian, Jiangsu, 223900, China

**Abstract:** The construction method of underwater concrete waterproof wall includes the following steps: ① construction preparation work; ② Excavation of foundation pit and dewatering treatment; ③ Construction of water homework platform; ④ Lifting combination template; ⑤ Clean the surface of the rock foundation; ⑥ Excavation water injection conditions; ⑦ Configure diversion device; ⑧ Underwater cement pouring; ⑨ Underwater maintenance aspect; ⑩ There is a drainage phenomenon in the foundation pit; ⑪ Disassemble the template. This construction method changes the construction of the cofferdam foundation pit waterproof wall from dewatering operation to underwater operation. By promoting the application of construction technology, it reduces the risk of overturning when the foundation pit slope is exposed for too long and the water pressure is unbalanced. At the same time, it also reduces the input of resources during the excavation process of the foundation pit, which is conducive to dewatering and maintaining slope stability, achieving good construction results.

**Keywords:** underwater concrete; waterproof wall; construction method

## 0 前言

江宁区汛期水位较高, 平时水位相对稳定, 本工程1#、2#墩桩基承台需在河床范围内进行水中施工, 施工采用岛式施工方式, 先填筑围堰, 形成旱土, 形成施工作业平台, 施工过程中需先填筑围堰, 施工过程中需先对围堰进行围堰施工, 施工过程中需先填筑墩桩基承台<sup>[1]</sup>。

根据设计图显示, 巴河河床位置为1#、2#桥主墩, 河床以下1.7~2.5m处为主墩承台底标高。在施工现场开挖过程中, 由于河床出现断层, 江水大量涌入基坑, 导致承台施工受阻, 针对这种情况, 传统的方式是降水施工, 也就是对涌上来的江水采取水泵抽排的方式, 将沉淀的江水抽走, 再进行相应的施工。但这种方式在基坑边坡暴露时间过长、水压不平衡的情况下倾覆比较危险的情况下, 工作量大、耗时间多。

## 1 技术方案

为解决现有技术中施工工作量大、经济性和实用性不

足的问题, 提供一种水下混凝土隔水墙施工方法, 以解决当前存在的技术难题。

水下混凝土隔水墙的一种施工方式, 具体包括以下几个步骤:

①施工准备, 按设计施工图布置施工控制点, 实地实际地形地貌。

②基坑开挖及降水处理, 直接利用反铲配合自卸车开挖基坑, 按照中间到两边开挖的顺序, 完成开挖过程中设计标高部分从河床到承台底的开挖作业, 同时进行排水作业, 确保开挖过程顺利, 施工顺利。

③搭设水上作业平台, 用钢管支架搭成水上作业平台进行浇筑, 集料斗、导管布置在平台上进行浇筑, 平台的搭设确保强度、刚度充足。

④吊装组合式模架, 将隔水墙模架拼装完毕后, 利用吊车向基坑内吊装组合式模架, 并将定位钢筋安装在模架四周。

⑤基岩面清理, 对开挖过程中不能彻底清除的淤泥进

行人工清理,对隔水墙模架内的淤泥进行清理,确保浇筑完成后能与基岩有良好的接触。

⑥基坑注水,在围堰内外水头高度一致的情况下,利用水泵对基坑内进行注水,对隔水墙模板安装就位并进行加固,对模板内部进行清理后,保证隔水墙混凝土浇筑时不被新灌的水流冲刷。

⑦导管配置,水下混凝土属于特种混凝土,将拌和合格的混凝土送入水下预留件采用导管法成型硬化,混凝土浇筑全过程不能振捣,主要靠下料导管内混凝土自重压力自行密实,导管安装前需进行水压检查,水压应大于满管混凝土斗的最大压力,且管身及接头处不应有渗漏现象,应采用导管法。

⑧水下混凝土浇筑。

⑨水下养护。

⑩基坑排水,在围堰下游方向设置泥浆泵,在围堰外抽走基坑内的水,以备后续施工承台时,隔水墙养护期到来时使用。

⑪模板拆除。

作为优选步骤②在开挖水下部分时,为保证正常开挖,防止涌水造成的塌陷现象的发生,应根据水量设置相应数量的泥浆泵进行排水作业。

为优选,步骤②在开挖至设计高程后,继续在墙脚 0.5m 深、0.8m 宽的沟槽做隔水墙基础,布置 0.5m 间距、1m 长的带肋钢筋做地锚,植入 0.5m 岩层,露出 0.5m 岩层,保证隔水墙的稳固。

为优选步骤③将安全防护栏设置在水上作业平台的四周。

为优选步骤④在模板底部加入防浮钢筋,在模板底部与基坑缝隙处用木板、沙袋等封死,防止浇筑混凝土过程中模板上浮变形。

步骤⑦选用导管内的  $\Phi 250\text{mm}$  钢管为优选,导管长度选择 3.0m,导管之间用卡环连接,卡环内置橡胶圈,导管底距基岩面不大于 0.5m。

作为优选,步骤⑧第一批入库的混凝土量一定要保证导管底部有适当距离的埋藏深度,以保证后续入库的混凝土都是通过挤压的方式,通过不断的提拉,在挤压密实混凝土的同时,先浇筑混凝土表面,避免接触到水。

为优选,在步骤⑧中按浇筑时混凝土生产系统供给能力划分舱面,减少组合模板安装工程量时,应在相邻部位做不小于 1.5m 长的错缝,跳仓施工单层部位。

步骤⑨浇筑完成的隔水墙作为优选,在水下维护的时间是 72 小时,下一步施工前,混凝土的强度要达到设计强度的 70%。

作为优选,步骤⑪拆模时混凝土内外温度相差不超过 20 度,这样可以防止温差裂纹出现在混凝土表面<sup>[2]</sup>。

## 2 具体实施方式

包括以下步骤在内的水下混凝土隔水墙施工方法。

### 2.1 施工准备

结合现场地形实际,按设计施工图布置施工控制点。施工准备阶段控制点主要是在安装组合模板时,采用边定位、边校核、再测量、再放置等方法对开挖范围进行控制。

### 2.2 基坑开挖及降水

直接采用与自卸车开挖基坑相配合的反铲,完成设计标高部分河床至承台底的开挖,开挖时同步进行排水作业,以自卸车运送至指定弃渣地点后,按中间开挖到两边开挖的顺序施工,确保开挖过程顺利进行。

在开挖过程中:在开挖水下部分时,为保证开挖工作的正常进行,防止因涌水造成决堤现象的发生,应根据水量设置相应数量的泥浆泵进行排水作业。

### 2.3 水上操作平台搭设

浇筑用的水上作业平台采用钢管支架搭设,集料斗和钢导管布置在平台上,通过计算确定材料的平台搭设,确保强度和刚度足够。

在建设水上作业平台时应注意:

①安全防护栏必须设置在水上作业平台周围。

②水上施工人员必须穿戴好救生衣,并在现场配置一定数量的救生圈,做好防冻防滑工作,确保在施工过程中能够确保安全。

③作业平台上的物料、机具,在有专人指挥机具设备起吊、通知平台上作业人员站好、扶好的同时,必须有可靠的防护,防止作业平台在承运或卸载过程中因防护不到位而造成物料、设备上下浮动的损失<sup>[3]</sup>。

### 2.4 组合模板吊装

同时利用木板、沙袋等将模板底部与基坑之间的缝隙封死,模板底部与基坑之间的缝隙将固定。

组合模板施工时注意:

①板材、异材的加工组合模板质量一定要达到有关规范要求。

②加工制作严格按模板设计图进行,施工间全部焊接包裹,母材未出现破损现象。

③必须有专人指挥吊装组合模板。

### 2.5 基岩面清理

对开挖过程中不能彻底清除的淤泥进行人工清理,对模架内的淤泥进行清理,确保浇筑完成后隔水墙能与基岩有良好的接触。

由于涌水量较大,隔水墙的基础会有积水,淤泥受到开挖扰动的影响,部分淤泥被重新“溶解”,水中悬浮着细颗粒形成泥浆,当周围扰动停止后,部分颗粒又重新沉淀、聚集,形成“泥浆层”,刚形成的“泥浆层”不具有粘性,因此泥浆层会被挖开后的泥浆、泥模板将仓外涌来的淤泥阻

隔开来，同时将泥浆泵的混入新的补给水在达到清理仓内基岩面目的的同时，进一步“稀释”了仓内的淤泥。

## 2.6 基坑注水

模架安装到位，加固完毕，模架内部清理完毕后，为保证隔水墙浇筑混凝土过程中不被新涌来的水冲刷，直至围堰内外水头高度一致，水压平衡，才需要用水泵将水注入基坑。

## 2.7 导管配置

水下混凝土属于特种混凝土，将经过拌和的混凝土送入水下预定件，采用导管法进行成型、硬化处理。浇筑混凝土全过程不能振捣，主要靠自重压力在下料导管内自行密实混凝土。所以导管的密封性好不好，在它的提拉和拆卸过程中导管的长短配置很难出现状况，这些都会对混凝土的浇筑造成影响。本实施案例选用的是导管为增强导管密封性，在导管之间采用套接的  $\Phi 250\text{mm}$  钢管。选用导管长度为  $3.0\text{m}$ ，导管底距基岩面不超过  $0.5\text{m}$  的导管。

导管配置施工时注意：

①导管管径应不小于骨料最大粒径的 4 倍，与浇筑强度和骨料最大粒径有关。

②控制面积不超过  $30\text{m}^2$  混凝土扩散半径有关的导管平面布置。

③安装导管前要进行水压检查，其最大压力要比满管混凝土的压力大，不能漏管，不能漏管管身，不能漏缝。

④导管各节之间用卡环连接，在卡环内设置橡胶圈，然后逐节拆除导管，导管随混凝土浇筑面层的上升而起。

## 2.8 浇筑水下混凝土，经下料导管经收料斗将混凝土放入仓内

浇筑过程应尽量减少甚至避免直接与水接触的混凝土，使其质量受影响，这是根据水下混凝土的特点而定的。因此，第一批入库的混凝土量一定要保证导管底部有一定距离的埋藏深度，并保证后续入库混凝土在混凝土面不断抬升、先浇筑，避免与水接触的同时，通过挤压的方式实现对密实混凝土的挤压。根据混凝土扩散斜率（经测定），确定导管埋设深度。再根据混凝土的扩散范围和埋藏深度，决定第一批入库混凝土的投放量。

水下混凝土是在保证混凝土下料通畅的同时，通过控制下料导管与水面的最小高度，依靠下料导管内外压力差，达到密实效果的同时，对下料导管进行控制，不会出现堵管的现象。

根据公式：

$$H_a = [P - (R_c - R_w) \times H_{ac}] / H_{ac}$$

式中：P——导管底部的最小超压力取  $7.5\text{T/m}^2$ ；

$R_c$ ——水下混凝土的容重取  $2.4\text{T/m}^3$ ；

$R_w$ ——水的容重取  $1\text{T/m}^3$ ；

$H_{ac}$ ——从水面到混凝土浇筑面的高度，取最小值  $0$ 。

然后下料导管离水面高度最低为  $3.0\text{m}$ 。

混凝土浇筑施工时注意：

①开始浇筑混凝土时，如因导管脱空造成浇筑间隙过长或停止施工，应按施工缝处理，以避免堵管。

②舱面按混凝土生产系统供给能力划分，白班时段控制浇筑能力的同时完成浇筑。单层部位要跳仓施工，减少安装组合模架的工程量，并且必须在不小于  $1.5\text{m}$  长度的相邻部位做错缝。

③在保证混凝土浇筑连续性的情况下，在实际浇筑方量和导管提拉、拆卸长度的基础上，派专人对施工过程进行下料指挥，对导管埋设深度进行控制；要采取各部位轮流下料的方式，保证混凝土表面均匀抬升，防止堰体空洞因覆盖而产生。

④收仓阶段由于随混凝土浇筑面的上升，导管内外压力也随之减小，下料难度增大，采用加大坍落度，经常活动下料导管，改用软管下料等方法，以达到预定的浇筑高程，避免欠浇、高差过大等缺陷。

⑤混凝土浇筑过程中必须严把混凝土质量关，由于原材料、配料、搅拌和施工组织等各方面的原因，不可避免地影响了混凝土的使用和易性较好的配合比和较小的坍落度损失，入仓的混凝土坍落度不小于  $18\text{cm}$ 。

⑥与水接触部位强度达不到要求的部分，应在混凝土凝固后凿除。

## 2.9 水下养护

浇筑完成的隔水墙要进行 72 小时的水下维护，保证混凝土强度达到要求，防止强度不足形成裂缝，前提是混凝土强度达到设计强度的 70%，才能进行下一步施工。

## 2.10 基坑排水

在隔水墙养护期到来后，在围堰下游方向设置多台泥浆泵，从围堰外抽出基坑中的水，以备后续建造承台之需。

## 2.11 模板拆除

基坑内排水作业结束，场地干爽后，可拆除隔水墙模板，拆除模板时，为防止混凝土表面出现温差裂纹，混凝土内外温度差不超过  $20$  度，先拆除拉杆、支杆，然后将模板从混凝土表面轻轻顶出，再将模板吊起，清洗干净，留作备用。所有操作均需防止表面破坏。模板从上到下分片拆卸，吊装时要小心，不要碰伤模板，防止划破、斜拉等行为，导致模板变形，需要修补模板，这样才能起到很好的效果。

起吊设备吊装安装模板采用墩边塔吊，作业时要防止起吊时磕碰模板，作业缓慢，严禁模板在起吊过程中造成表面划痕。拆模时要分类码放整齐，各模版码放时要保持最大接触面的整齐、畅通，防止模版变形，最高可码放 5 层模板。

这个建筑工法主要是上面的步骤，其他没有说明的情况可以参考这个领域的一些常规的手法来进行。

围堰内外水流压力均衡，通过水流倒灌到基坑内，采用水下混凝土隔水墙施工方式后，可有效克服围堰底涌水对施工造成的阻碍，使围堰内隔水墙施工效果显著，从而形

成一个相对稳定的施工环境。围堰坡面在施工过程中保持稳定,确保万无一失。各工序环环相扣,施工效率明显高于单纯降水挖掘。

避免了基坑边坡暴露时间过长,减少了因水压失衡而造成的下坡倾覆危险,同时也有利于围堰内部桥梁下部结构正常施工同时,基坑开挖过程中的降水和坡面养护作用也有所降低,这也有利于围堰内部桥梁下部结构的改善。

### 3 有益效果

①在水压不平衡的情况下减少了下坡倾覆的危险,同时也减少了基坑开挖过程中对资源、降水的投入,使边坡保持稳定。

②采用这种工法施工的围堰基坑,在存在基坑底涌水严重的问题时,适用性强,在降排水时和使用工人均较传统施工方法有较大幅度的下降,且边坡暴露时间也较短,有效降低了因涌水而产生的边坡坍塌风险,实用性和经济性均较好。

#### 参考文献:

- [1] 钟元明,袁立道,陈成龙,等.深基坑桩间现浇混凝土墙板防水技术[J].建筑技术,2003(2):124.
- [2] 陈东辉.富水条件下破碎围岩倾斜巷道隔断墙施工方法[J].科技创新与应用,2017(21):91-92.
- [3] 唐琳.佩鲁加大坝黏土心墙灌浆的补救施工[J].水利水电快报,1995(23):17-20.