

# 大面积围堰水下混凝土封底施工技术

孙柏龙

中铁建大桥工程局集团第三工程有限公司 天津 300000

**[摘要]**大面积围堰水下混凝土封底施工混凝土方量大、分布面积广、浇筑时间长,对封底混凝土的流动性、不离析、不泌水提出了很高的要求,合理布置导管位置、浇筑顺序是决定封底质量的关键,混凝土标高测量监控、围堰监控量测是过程控制的关键环节,如何保证基底承载力、混凝土堵漏、防止围堰上浮等是降低施工风险的重要举措,本文结合怀邵衡铁路沅江特大桥施工实例,对以上内容进行了深入阐述。

**[关键词]**大面积;围堰封底;自密实混凝土

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.2246

## 1. 前言

项目位于湖南省安江镇,沅江特大桥12#主墩位于深水区,水深0~12m,承台设计为矩形,尺寸为长26m×宽17.8m×高5m,采用先桩后堰的施工方式,钢围堰采用矩形双壁结构,外轮廓尺寸为长29.2m×宽21m×高14m,舱壁厚1.5m,刃脚高度1.5m,采用C35封底混凝土,封底有效厚度2.5m。

## 2. 混凝土配合比设计

### 2.1 设计难点

①钢围堰浇筑面积471.6m<sup>2</sup>面积大,需要绕过钢护筒及围堰多个死角,要求混凝土具有高流动性。

②混凝土浇筑方量1285m<sup>3</sup>、浇筑时间长达30小时,对混凝土和易性、保水性等性能指标要求高,要求混凝土凝结时间长。

③工期紧张,为了尽早抽水对混凝土早期强度要求高。

综合以上特点,选用具有高流动性、抗离析性的自密实高性能混凝土,无需振捣、依靠自身重力可以密实成型进行填充,流动过程中不离析、减少泌水,流过钢护筒或狭窄空间不产生堵塞,能够自行流动并填满围堰内每个角落。

### 2.2 配制主要技术路线

①采用高效减水剂:对水泥颗粒起到分散作用,防止分散颗粒凝聚,增大水泥颗粒间滑动力,混凝土拌合物屈服剪应力能够降低,获得高流动性能。

②采用II级磨细粉煤灰:圆球形态的粉煤灰能起到滚珠效应,有效减少颗粒内部摩擦,拌合物的内部剪应力能够降低,流动性得到改善,抗离析及保水性也会提高。

③增加矿粉:使用矿粉可以减少减水剂的用量而得到同样流动性,也可以减少水泥熟料的含量、延缓水化反应,有利于增加混凝土的粘滞力。

④对传统配合比设计进行优化,采用全算法,在强度基础上考虑工作性、耐久性后建立数学模型,计算水泥、细骨料、粗骨料、水、掺合料等组分,配备高性能混凝土。

### 2.3 混凝土原材料

水泥: P.042.5水泥;

粗骨料: 碎石,粒径5-16mm、连续级配;

细骨料: 中砂,细度模数2.85;

粉煤灰: II级粉煤灰;

矿粉: HL复合矿物外加剂;

减水剂: 聚羧酸系高效减水剂PCA;

拌合用水: 地下水,质量符合饮用水标准。

### 2.4 配合比设计

全算法能满足自密实混凝土流动性、抗离析性及配合比间的平衡关系要求,可精确计算混凝土用水量、砂率、水胶比及各组分用量和相互比例。自密实混凝土配合比见下表。

表1 混凝土配合比

标号	每立方米材料用量 (Kg/m <sup>3</sup> )						
	水	水泥	砂	碎石	粉煤灰	矿粉	PCA聚羧酸高效减水剂
C35	194	312	782	865	121	48	3.36

### 2.5 主要性能指标

①具有较好的和易性。依靠自重、高流动性密实、摊平,流动最远边缘不易流水泥薄浆。

②较小的泌水性。5h内没有泌水,泌水率1.2%-1.8%,具有较好的粘聚性。

③良好的流动性。塌落度18-22cm,流动性保持能力大于5h。

④初凝时间24~26h;终凝时间≤30h;

⑤坍落度: ≥250mm;初始坍落度扩展度: ≥700mm;

⑥混凝土扩散半径: 4~6m;

⑦填充性: ≤5mm;

⑧漏斗流下时间: 8-12S。

## 3. 导管布置形式

### 3.1 导管作用半径计算

流动性保持时间t内,浇筑在围堰内混凝土和水上混凝土锥容积相等,则:  $t \times I \times F = F \times R_{ex} \times i / 3$

t: 混凝土流动性保持指标,取5h;

R<sub>ex</sub>: 混凝土极限扩散半径, m;

I: 水下混凝土上升速度, 0.15m/h;

i: 扩散半径平均坡度,取1: 5。

F: 面积。

计算R<sub>ex</sub> = 11.25m。

混凝土浇筑t后,导管允许最大作用半径宜采用0.4-0.5倍极限半径作, (0.4-0.5) \* R<sub>ex</sub> = (4.5-5.6) m,取混凝土扩散半径4.5-5.6米是可行的。

### 3.2 导管布置

围堰封底采用导管法水下灌注,钢围堰下沉后搭设封底平台,以钢护筒为基础将2根I40型钢焊接在护筒顶并安装分配梁、钢板作为作业平台。导管按水下混凝土扩散半径5m进行布设,布置导管数量需要35个点位,导管浇筑作用半径相互叠加,布满整个基底,没有盲区。

本项目共布设5根导管，4根使用，1根备用，导管直径300mm，单根长度15米，管顶采用多根0.5m短管，以便调节，其余导管长度3m。浇筑混凝土时投入80t龙门吊、25t汽车吊2台负责起吊、升降等工作，2台汽车泵用于混凝土浇筑施工。

导管要进行严格的水密性试验、耐压试验等，安装导管，提升距河床20-40cm位置。

#### 4. 封底混凝土浇筑

##### 4.1 工艺流程

围堰清理→抛填堵漏→抛填石子找平→搭设平台、布置导管→首次封底→标高测控→混凝土终浇→混凝土养护、抽水。

##### 4.2 浇筑顺序

总体浇筑顺序为从左右两次向中间推进，共布设35个封底点，1#、10#为下游首封点，19#、28#为上游首封点，其余点位混凝土采用布设的4根导管交替插拔进行浇筑。混凝土浇筑顺序如下图：

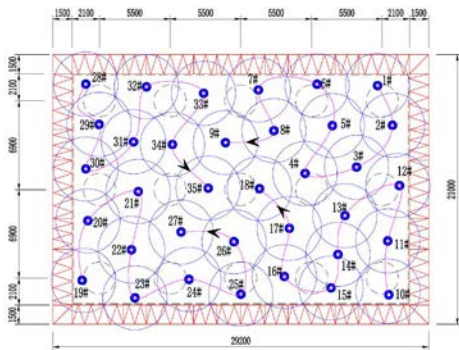


图1 封底混凝土浇筑顺序图

##### 4.3 首批混凝土方量计算

首封混凝土方量 $V=h\pi d^2/4+H_c\pi D^2/3$ ;

$h=H_w \times \gamma_w / r_c = 11.5 \times 10 / 24 = 4.8m$ ;

$V=4.8 \times 3.14 \times 0.3^2 / 4 + 0.4 \times 3.14 \times 5^2 / 3 = 10.8m^3$

式中： $D$ 为导管作用半径，取5m； $d$ 为导管直径，取30cm； $H_c$ 为首批混凝土灌注高度，按0.8m考虑（导管埋深0.6m）； $h$ 为钢围堰内混凝土高度达到 $H_c$ 时导管内混凝土柱需要的高度。

选用12m<sup>3</sup>容积的集料斗，由2台天泵配合灌注，采用球塞隔水法完成首封混凝土浇筑，保证导管埋深0.5m以上，首灌封口完成后，就改用1m<sup>3</sup>的小漏斗。

##### 4.4 混凝土浇筑

首封完成后，按照浇筑顺序，逐步覆盖整个平面位置，一次浇筑完成，灌注过程测量混凝土标高的变化、计算导管埋深，适时调整导管高度位置，当混凝土顶面接近承台底标高，加大测量频率，确保混凝土顶面平整，达到规定标高后，终止混凝土灌注，上拔导管冲洗。

当达到混凝土设计强度90%时，可以进行围堰抽水工作，采用4台200m<sup>3</sup>/h离心泵进行。

##### 4.5 关键环节保证措施

###### (1) 基底承载力保证措施

采用空压机配合出渣管进行抽渣吸泥，当出渣颜色不再发生变化且抽渣管不再下探时即抽渣到位。测量河床面标高，记录原始数据，利用80t龙门吊通过溜槽抛填石子，克服

河床地貌高低不平造成封底混凝土局部过多、过少现象，确保封底混凝土下部地基承载力良好且保证封底有效厚度。

抽渣吸泥的顺序为先上游后下游，吸泥完成后，河床最高点较封底理论底标高满足标高要求。

###### (2) 混凝土堵漏、防渗措施

因河床面存在一定高差，部分刃脚悬空，为保证混凝土浇筑过程中不外漏到围堰外，刃脚周围每隔1-2米详细测量刃脚埋入深度，并摸清刃脚与岩面贴合、悬空、埋入河床情况。围堰刃脚与河床内侧采用沙袋封堵，沙袋内按照一定比例填充粘土和细沙，围堰外侧沿壁板周围下放钢丝石笼，石笼内填充大块碎石，叠放高度至围堰刃脚处，高度约1.5m。

石笼抛填由上游开始，分段施工，最终在下游合龙，每段施工完毕后，潜水员下水摸探，对抛填较少或缺口较大位置进行补抛。每节段石笼抛填到位后，对内侧进行沙袋抛填，起吊沙袋利用既有80t龙门吊，将沙袋整板抛入水中。

###### (3) 抗浮措施

清基不彻底会在浇筑完成后发生底部渗水，影响抗浮稳定性，钢围堰终止下沉后进行河床清基，采用抓泥斗和长臂挖掘机，清理基底残存物、风化岩碎块、卵石、落水钢材等。

钢护筒表面清理不彻底影响使用阶段抗浮稳定性，施工前潜水员使用高压水枪配合钢刷对钢护筒外壁进行清理，增强混凝土和钢护筒的粘结力，提高抗浮承载力。

封底前做好刃脚混凝土浇筑及仓内注水，并结合实际情况做好围堰压重，克服钢围堰浮力。

###### (4) 标高测控管理

封底施工中测量是一项关键工作，导管插拔时机、浇筑面标高控制、终浇控制必须以测量数据为依据，此次围堰封底共设置了42个测点，纵横分别为6个断面、7个断面，基本上覆盖了围堰全部区域。各测点设立编号标志，专人分工量测，利用测绳悬挂平底测砣进行，测点分布在围堰内角处、钢护筒周围、导管作用半径交汇处以及导管位置处布置，

###### (5) 围堰监控量测

在钢围堰封底施工和抽水过程中，派专人对钢围堰进行测量观测，委托专业检测单位在钢围堰壁上贴应变片，对钢围堰进行应力观测，应变片设置位置主要为外壁板、围堰壁体及横撑。重点观测围堰在封底施工、抽水工况期间受力状况、围堰壁体及支撑变形情况。

#### 5. 结束语

围堰水下封底施工是主墩承台施工前最关键的施工环节，利用自密实混凝土无须振捣即能密实成型的特点，通过封底混凝土将围堰、钢护筒粘结在一起能够克服水的浮力，通过标高测控保障封底有效厚度，施工过程克服混凝土泄露满足防渗要求，使围堰低于水位的内部空间完全与江水隔绝，加强围堰监控使围堰处于一个更加安全的状态，为后续承台钢筋绑扎、混凝土施工提供相对干燥的施工环境。

#### 参考文献

[1]深水大直径双壁钢围堰封底混凝土厚度设计与施工技术[J].郭成刚.铁道建筑技术.2015(03).  
[2]张明.围堰水下混凝土封底施工技术[J].山东交通科技,2012(2):3.