

浅析感潮区沉箱预制安装施工技术

吕天雷

中国水利水电第十二工程局有限公司

摘要:青田船闸工程围堰外4-7#导航墙与1-12#靠船墙段采用▽0.5m高程以下为预制沉箱结构,沉箱安装完成后进行混凝土现浇结构的施工方案。本文详细说明了感潮区沉箱预制、转运、安装等施工技术,为今后类似工程结构提供参考与借鉴。

关键词:感潮区;沉箱预制;转运;安装

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.068

一、工程概况

青田船闸工程位于瓯江干流与四都港汇合口下游约185m处,是青田水利枢纽的一部分,工程等级为IV级,设计通航船舶等级为500吨级船舶,通航净高≥7m。青田船闸主体工程由上游引航道、上闸首、闸室、下闸首、下游引航道组成。

下游引航道下游右侧导航靠船墙共分为19个结构段,其中导航墙7个结构段,靠船墙12个结构段,导航、靠船墙顶高程均为7.5m;其中围堰外4-7#导航墙与1-12#靠船墙段采用▽0.5m高程以下为预制沉箱结构,沉箱安装完成后进行混凝土现浇结构的施工方案。

二、沉箱预制

(一)场地布置

钢筋砼沉箱预制用地布置在下游引航道左侧(顺水流)岸坡、拌合站下游侧,面积4500余平米,场地左侧布置钢筋加工场,右侧布置5块地坪用于沉箱混凝土预制,每块地坪可容纳2座沉箱,地坪浇筑20cm厚C20砼底板作为沉箱底胎膜,10座沉箱预制完毕后,可对沉箱进行上下游侧转运,场地继续预制剩余沉箱。

(二)施工工艺

施工准备(模板设计制作、钢筋加工)→铺底、放线→底层钢筋绑扎→安装底层外模→安装底层芯模→底层砼浇筑→施工缝处理→拆模→养护→安装上层1/2芯模→安装工作平台→钢筋绑扎→安装上层另1/2芯模→预埋件、预留孔→吊移工作平台、安装外模→上层砼浇筑→施工缝处理→拆除上层模板→养护

(三)主要施工方法

1)混凝土施工分层

沉箱预制高度为7.5m,每个沉箱分两层进行浇筑,第一层浇筑4.05m,第二层浇筑3.45m。

2)模板制作与安拆

(1)沉箱预制模板系统全部采用钢材制作,模板设计符合规范要求,具有足够的强度和刚度。

(2)外模板采用桁架与大片组合面板连接,内模板采用井字撑杆与大片组合面板连接,底段内、外模板支立于台座上。

(3)接高段外模(自带上操作平台)立于用预埋螺栓固定的下段强度足够的墙壁上,内模板支立在预埋的在下端墙体中的推拉盒内;内外模板采用对拉螺栓连接固定。

(4)底模采用20cm厚C20素混凝土底板作为沉箱底胎膜,每座沉箱底胎膜设置支撑槽座四个,沉箱脱模支撑槽口上铺设6cm厚62cm长硬木枋板,硬木板上板面与底胎膜上表一致,按沉箱底板平面尺寸在底胎膜表面上满铺2层油纸,进行沉箱底板钢筋施工。

(5)底层沉箱外模为桁架式钢模板,为墙包底型式,其上部预设楔型圆台螺母,作为上层外模承重及紧固之用。

(6)上层标准段模板系统由外模板、内模板、浇注平台、操作平台组成。外模板为桁架式钢模板,内模板由4片模板面、倒角模板、吊装架组成。

(7)内模支立时,利用吊装架将芯模连接成一体,上层外模支立时,操作工站在下平台将外拉条与预设的圆台螺母全部拧紧,使得模板下部接触段与下层砼墙体面接触紧密,四榀外模之间通过设置在桁架上的对锁拉条连成整体,当上口拉条与内模拉紧固定好之后,汽车起重机吊才可脱钩。

(8)模板拆除应先拆除内模,后拆除外模。

3)预埋件安装

(1)沉箱透水孔

为了确保沉箱出运、安装调节箱内水位,沉箱预制时需预埋过水系统预埋件。沉箱隔墙透水孔,透水孔中心到沉箱底板面距离0.45m;采用预埋Φ20PVC管,预埋时注意封堵,不能漏浆,具体预埋位置可根据安装工艺调整。

(2)沉箱拉销孔与拉环

为了确保沉箱陆上移运及出运安装,在沉箱4个边角趾板中部分别预埋2根Φ100mm钢管作为沉箱移运牵引拉销孔;沉箱在沉箱顶四个角处分别预埋拉环4个。

(3)附属结构安装

混凝土浇筑前按设计图纸要求进行钢爬梯、系船钩所需预埋件埋设,待整座沉箱成型出运前进行系船钩、钢爬梯安装。

4)钢筋加工与安装

(1)钢筋加工

沉箱钢筋所需的半成品钢筋加工均按分层长度要求下料。

(2)钢筋运输

钢筋运至施工现场后,由50T汽车吊完成钢筋的水平垂直运输。

(3)钢筋绑扎

a、底层钢筋采用现场绑扎,在底胎膜上直接绑扎成型,部分与墙体的加强筋待上部钢筋整体成型后再作局部处理。

b、上层外墙钢筋和纵向隔墙钢筋利用特制的立式网片架预绑钢筋网片,由汽车起重机进行整体吊安。

c、钢筋绑扎间距、搭接、焊接长度等指标严格按照施工图纸及相关规范执行。

5) 混凝土浇筑

(1) 混凝土运输

搅拌车水平运输, 泵车泵送混凝土入仓, 混凝土入仓布料厚度按 $\leq 50\text{cm}$ 控制, 往复铺料、振捣, 循环浇筑至封仓。

(2) 混凝土浇筑

a、底板由一侧横向短边开始辅料浇筑, 每次辅料宽度控制在 2m 以内, 振捣密实后再向前辅料。

b、墙体按 50cm 辅料厚度分层循环浇筑, 但浇筑倒角处混凝土时, 应在倒角底部以下约 10cm 进行分层, 经过 1 小时左右待凝后再进行上部墙体混凝土浇筑。

c、砼振捣采用插入式振动棒振捣, 每次振捣时间以砼不在下沉, 无气泡上升, 表面出现薄层水泥浆并有均匀的外观和水平面为止。

6) 施工缝接茬处理

(1) 沉箱墙体分层施工, 为保证施工缝处砼强度, 浇筑至顶面后, 应刮去表面浮浆。

(2) 混凝土初凝后终凝前用压力水进行缝面冲刷处理, 冲刷须保证冲掉表面的砂浆, 石子需露出 $1/3$ 高度, 且石子不得松动。在浇注下一层混凝土前将施工缝冲洗干净并保持湿润状态。

7) 混凝土养护

拆模后立即对墙体进行养护剂喷涂。养护剂需在墙体表面连续均匀喷涂密封砼表面。养护由专人负责。

三、沉箱安装

(一) 施工工艺流程

沉箱陆上采用气囊、卷扬机出运, 水上采用拖轮拖运; 沉箱安装采用卷扬机、手动葫芦、浮箱平台上吊机控制定位、水泵注水下沉的方式。

进行沉箱出运及水上安装工作的总体施工流程: 施工准备 \rightarrow 沉箱出运、下水 \rightarrow 沉箱水上托运 \rightarrow 沉箱安装 \rightarrow 下一循环

(二) 施工准备

1) 场地准备

对出运场地进行清理检查, 防止场地中有尖锐物品破坏气囊。

对出运所使用材料设备进行检查, 检查无误后方可进行后续施工。

出运场地设置好施工标志牌及安全施工警示牌。

2) 技术准备

开工前, 组织技术人员认真学习设计图纸, 熟悉施工技术规范, 向现场施工作业人员进行详细的安全、技术交底。

测量人员认真细致的熟悉设计图纸, 对平面坐标、标高进行认真的复核。

制定施工安全保障措施及应急预案。

(三) 沉箱出运下水

1) 各型号沉箱参数

表3.3-1 各型号沉箱参数表

序号	型号	外形尺寸 (m)	数量	钢筋用量 (kg)	砼方量 (m ³)	预制构件重量 (t)
1	A型	11.94 × 6.5 × 7.5	5	20492.7	165.6	408.4
2	B型	11.94 × 6.5 × 7.5	5	20574.3	166.1	409.7
3	C型	11.94 × 6.5 × 7.5	4	20574.3	166.1	409.7
4	D型	11.94 × 6.5 × 7.5	6	20562.6	165.7	408.7
5	E型	8.94 × 6.5 × 7.5	1	15224.4	125.3	308.8

2) 气囊出运技术要求与选择

(1) 气囊的构造及规格气囊结构根据需要选用型号, 长度可根据构件的底宽选择, 通常工程使用直径为 1.0m 的超高压气囊出运。

(2) 气囊的选择: 先根据构件的出运边宽选择单根气囊的长度, 再确定出运(顶升)高度, 由此而计算出承载面积, 并按气囊的许用压力计算出所需气囊的最短总长度, 工作总长度应按最短总长度的 1.2 倍以上系数确定, 以防出运过程中, 气囊破裂或气囊受力不均时气囊超负荷运行, 最后确定气囊根数及摆放位置。气囊

承载面宽度 B 与气囊直径 D 和气囊工作高度 H 有关, 气囊受压变形后, 其截面可看作由直径为 H 的 2 个半圆和长度为 B 的方形组成。

(3) 气囊的摆放: 根据构件的结构特点以及操作方便, 本工程沉箱长度 11.94m , 气囊轴线间距按 2.4m 铺设, 下部摆放 5 个气囊, 铺设净间距 $>0.4\text{m}$ 。

工作高度分顶升高度与出运高度, 顶升高度宜高于槽深 $3\sim 5\text{cm}$, 工作高度越低越安全, 但不宜小于 30cm 。

(4) 本工程选用气囊的规格详见下表。

3) 牵引设备

表2.4-1 沉箱出运气囊规格表

名称	型号	规格	工作压力MPa	数量	用途	备注
气囊	S22	$\Phi 1\text{m}$ 、 $L9\text{m}$ $1.0\text{mL}=9\text{m}$	0.31	13条	纵移	含助浮气囊

按最重沉箱验算, 所选材料设备如下:

卷扬机选用 2 台 5t 慢速卷扬机, 各配用绳径 $>17\text{mm}$ 、破断力 $>15.15\text{t}$ 的钢丝绳 280m , 配用 $>17\text{mm}$ 绳卡 8 个, 配用 10t 卸扣 2 个。

动、定滑轮组各配用 2 个 3 轮 30t 滑轮组, 往返钢丝绳 7 根, 总牵引力 35t , 每次牵引距离按 30m 计。

牵引主绳索选用 $>26\text{mm}$ 、破断力 $\geq 36.2\text{t}$ 的钢丝绳制作 30m 长度绳具 3 根, 配用 30t 卸扣 5 个。

捆扎沉箱绳索选用 20mm 、破断力 $\geq 21\text{t}$ 的钢丝绳制作 45m 长度绳具 1 根。

地锚选用 $\geq 20\text{mm}$ 钢丝绳 9m 、相应钢丝绳绳卡 6 个、长度 $>3\text{m}$ 枕木 2 根, 按 $>2\text{m}$ 深埋设置。

预制带有2个拉环的 $0.6 \times 1.2 \times 4\text{m}$ 钢筋砼块体4个（可挖出重复埋设使用），埋设深度 ≥ 2 ，通过钢丝绳锁定牵引卷扬机或滑轮组。

辅助绳选用15mm棕麻绳或尼龙绳200m。

4) 沉箱出运

(1) 出运准备工作：首先技术人员同监理工程师一起对材料设备进行检查，对沉箱底部杂物及出运通道的杂物进行清理，确认无误后方可出运。

(2) 顶升：预制沉箱砼达到设计强度后，在4个沉箱脱模支撑槽内分别安放4个液压千斤顶，将沉箱顶起200mm脱离底模，其后在沉箱底部周边安放8块 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 100\text{cm}$ 垫木，放开、撤出千斤顶，沉箱置于 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 100\text{cm}$ 垫木上，处于待运出状态。

(3) 沉箱下部放入气囊：放入前要清理沉箱底部尖锐部分，使用辅助绳通过沉箱下部将气囊拖进沉箱下部。气囊拖进沉箱底部时要顺直，不得斜拖，要排列整齐，相互平行，每个气囊的轴线与位移方向垂直，露出沉箱两侧边的长度相等。

(4) 充气：连接供气管路，连接牵引系统。启动空压机同时向各个气囊充气，充气应缓慢进行，速度不能过快，以免气囊压力突然升高或部分气囊超过额定压力。当充气压力达到预定顶升压力的80%时停止供气，检查所有气囊的压力是否一致，不一致时可向单个气囊充气，使压力基本一致，然后继续充气，直至构件离开支承木，停止供气。

(5) 拆除支撑物：人工把支承枕木拖出来，注意拖动枕木过程中，严禁斜拉，以防刮伤气囊，并派专人观察各气囊气压读数，发现异常，应立即采取重垫支承枕木解决。

(6) 调整高度：拆除所有的联接胶管，打开各个气囊的排气阀，进行缓慢放气。当气囊高度降至出运高度时，关闭排气阀。

(7) 沉箱牵引移动

a、前后2台卷扬机就位，开动卷扬机拉紧绳具。

b、检查、确认无误后，同时开动牵引卷扬机和溜尾卷扬机，移动沉箱。

c、当构件前面空出1个气囊的间距时，停止牵引，塞入气囊，并充气到预定压力后，再重新牵引。当后面移出的气囊快要离开构件时，打开气阀排气、并运送到构件前面预定位置备用。重复以上步骤，直至将沉箱移动到预定位置。当沉箱移至接近出运斜坡段时，保持溜尾钢丝绳与牵引钢丝绳基本同步，确保沉箱平稳移动。

d、沉箱全部处于出运斜坡段时，其自重引起的沿下坡方向的分力前移，卷扬机通过后溜滑轮组、牵引钢丝绳控制沉箱前移速度，使沉箱缓慢沿出运码头前移。

(8) 斜坡码头沉箱存放

沉箱出运至斜坡码头沉箱存放场后，在沉箱下部布置 $20\text{cm} \times 20\text{cm} \times 100\text{cm}$ 垫木，其后气囊缓慢放气，使沉箱落于垫木上。先拆除牵引钢丝绳，抽出气囊，缓慢释放后溜钢丝绳，检查确认稳定后，拆除后溜钢丝绳。

5) 沉箱下水

沉箱入水需根据潮位组织作业。

(1) 低潮时段，前后2台卷扬机就位，开动卷扬机拉紧绳具。

(2) 检查、清除沉箱下部和斜坡码头的杂物，按前述步骤铺设气囊、充气顶升，移出垫木。

(3) 检查卷扬机、绳具，确认无误后，同时开动牵引和溜尾卷扬机。

沉箱全部处于斜坡段，其自重引起的沿下坡方向的分力前移，卷扬机通过后溜滑轮组、牵引钢丝绳控制沉箱前移速度，使沉箱缓慢沿码头斜坡前移。当构件前面空出1个气囊的间距时，停止溜放，塞入气囊，并充气到预定压力后，再重新溜放。将沉箱临河侧端部底板边缘移至 -2.0m 高程位置后，使用尼龙绳捆扎各气囊两端并系至3m高程以上锚固处。

(4) 等待高潮时段水位至3.0m高程以上，同时开动牵引和溜尾卷扬机，将沉箱拉入水中浮起。

(5) 通过拉动捆扎在气囊两端尼龙绳收回气囊。

6) 沉箱水上拖运

(1) 漂浮试验

下水后，仍然利用岸侧卷扬机及拖轮卷扬机固定，在码头前沿应进行不少于8h的漂浮试验，若沉箱无渗漏水时，方可托运至安装现场。

(2) 水上拖运

200kw级拖轮傍靠沉箱，通过预埋拉环利用钢丝绳将沉箱固定在拖轮卷扬机上，经检验牢固后，拖轮开始缓慢行驶。安全员应注意观察拖轮与沉箱是否平稳，若保持正常状态，沉箱进入正常绑浮运输阶段。

7) 沉箱安装

(1) 沉箱就位

a、高潮时段，通过拖轮将沉箱拖运至浮箱平台靠泊，沉箱隔舱注水调整干舷高0.5m左右。

b、通过浮箱平台上的锚机收方锚链和安装在浮箱平台上的丝杠、手动葫芦精确调整沉箱位置。

c、使用GPS使沉箱粗定位，并用架设在岸基上的全站仪精确定位。

d、位置精确调整工作需在水位降至0.0m高程前完成，如未完成沉箱已搁浅，应待下一个高潮时段沉箱浮起后继续实施沉箱就位精确调整工作。

(2) 沉箱沉放

a、经监理工程师确认定位准确后，可暂时停止沉箱位置调整工作。

b、随着水位下降，在水位降至 $0\text{m} \sim -0.5\text{m}$ 高程期间，应对沉箱位置再次进行复核测量和微调。

c、水位降至 -0.5m 高程后，沉箱自然搁底，可开动水泵向沉箱内注水。同时应对沉箱位置进行记录性测量，撤收设备和工器具。

d、其后日间水位低于0.5m高程时段应及时对沉箱位置进行复核测量，如果超出设计和规范允许偏差，低水位时段排除沉箱空箱内水，浮起拖走沉箱，对垫层进行重新平整，重新进行沉箱安装。

四、结语

施工受潮位、发电泄洪条件影响较大的复杂环境下，沉箱预制及精准安装施工工艺流程和管理经验，可为类似结构施工提供借鉴。

参考文献

[1] 赵宪良、李超超、赵海丰. 大型沉箱气囊顶升及出运施工技术[J]. 水运工程, 2019(05): 209-212.