

# 钢筋整体绑扎及吊装工艺 在半圆体预制中的应用

周良玉，杜璐

（中交一航局第二工程有限公司）

**摘 要：**深水航道治理如今已普遍采用半圆体混合堤结构。半圆体预制的质量及进度直接影响航道治理工程的成败。半圆体钢筋采用整体绑扎及吊装工艺，通过设计的专用胎具、卡具和吊具，实现钢筋骨架的整体绑扎和吊装入模，大大提升钢筋定位精度和构件保护层质量，提高了工作效率。此工艺解决了半圆体构件预制过程中钢筋种类多、尺寸杂、现场绑扎质量差、效率低的难题，提高了专业化水平，降低了设备和人员投入。可供类似工程借鉴参考。

**关键词：**半圆体；整体绑扎；整体吊装；质量

## 0 引言

长江口区域水道众多，航道资源丰富。长江口航道主要包括“一主两辅一支”航道和其他航道。“一主两辅一支”航道即主航道（“一主”）、南槽航道、北港航道（“两辅”）和北支航道（“一支”），是长江口航道体系的主体。长江口南槽航道治理一期工程位于长江口南槽航道上段，上游顺接长江口深水航道分流鱼嘴南线堤，堤身沿江亚南沙南缘向下，总长约 16 km，其中长度约 4 km 护滩堤采用半圆体混合堤结构。本工程半圆体采用钢筋混凝土结构，混凝土等级 C35，单个重约 300 t，传统钢筋绑扎和吊装工艺难以保证钢筋位置准确性和整体性。为打造水运工程平安百年品质工程，设计一套专用胎卡具，优化钢筋绑扎和吊装施工工艺，提高钢筋定位精度和构件保护层质量，半圆体构件预制的关键环节。

## 1 研究概况

### 1.1 工程概况

长江口南槽航道治理一期工程整治建筑物半圆体混合堤长约 4 km，施工内容包括护底、基床抛石整平和半圆体预制安装等工序，混合堤结构型式见图 1。半圆体分为 I 型（5 m×10 m×8 m）和 II 型（6.5 m×10 m×6.5 m）两种尺寸，共需预制安装半圆体 722 个，半圆体钢筋工程量见表 1。

表 1 半圆体钢筋工程量

序号	半圆体型号	半圆体尺寸 (长×宽×高)/m	单个钢筋 重量/t	半圆体 数量/个	总量/t
1	BYT1	5×10×8	8.3	301	2 498.3
2	BYT1-1	5×10×8	11.4	1	11.4
3	BYT2	6×10×6.5	8.6	417	3 586.2
4	BYT2-1	6×10×6.5	10.9	1	10.9
5	BYT2-1	6×10×6.5	11.2	2	22.4
总计				722	6 129

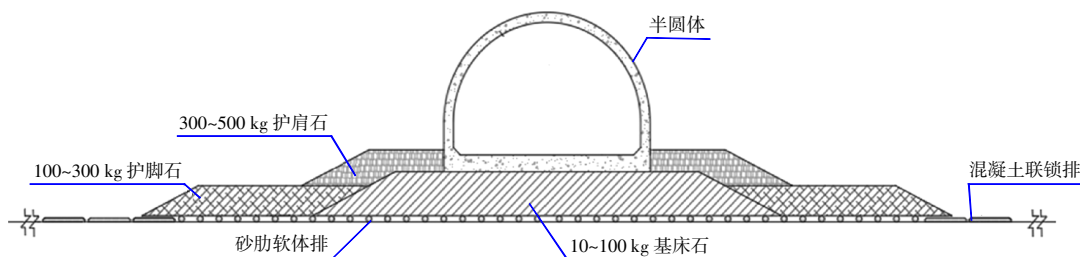


图 1 半圆体混合堤断面结构图

### 1.2 气象情况

长江口地区属北亚热带海洋性季风气候，四季分明，全年气候温和湿润，夏季多东南风，冬

季吹西北风，雨水充沛，日照较丰富，无霜期长。冬季主要受到北方寒潮的影响，夏季则经常受到台风的侵袭。

本工程半圆体钢筋在钢筋加工场内集中加工,采用露天钢筋绑扎胎具整体进行绑扎,受大风、强降雨、寒潮等不利因素影响,根据历年同期气象资料,陆上可作业天数约为270 d,月可作业天数见表2。

表2 临近水域历年施工可作业天统计表

月份	陆上可作业天数/d	备注	月份	陆上可作业天数/d	备注
1	20	冬季寒潮大风	7	20	梅雨季台风
2	20	冬季大风	8	25	台风
3	25	冬末初春大风	9	25	台风
4	25		10	25	大风
5	25		11	20	初冬雨水多寒潮大风
6	20	梅雨季	12	20	冬季寒潮大风
合计			270		

2 施工工艺内容

2.1 方案比选和确定

2.1.1 常规工艺

传统钢筋绑扎采用现场绑扎或采用架子管搭设绑扎架进行施工,钢筋位置通过划线确定,从下向上依次进行绑扎,钢筋定位精度和绑扎整体性较差。

2.1.2 改进后的工艺

为了提高钢筋工序施工质量,对钢筋绑扎架进行了设计,同时兼顾人员作业安全性和实用性,增加了操作平台。水平主筋均采用组合钢管进行定位,一次即可安放稳固,绑扎成型后的骨架用一台16 t塔吊通过专用吊具将骨架直接吊装入模,然后拼装外模后即可浇筑混凝土,见图2。



图2 钢筋整体绑扎及吊装

2.2 工艺原理

本工程钢筋整体绑扎及吊装根据半圆体尺寸设计了一套定型绑扎胎卡具和吊具,通过立式组合桁架确定圆弧钢筋的形状和尺寸,钢筋层间距通过限位钢管进行精准定位。钢筋绑扎完成后,为保证钢筋骨架不发生变形,吊具与钢筋骨架形状一致,保证钢筋骨架受力均匀。钢筋吊具结构图见图3所示。

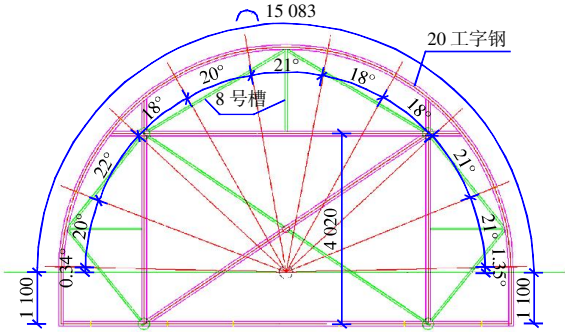


图3 钢筋骨架吊具结构图

2.3 工艺流程

钢筋绑扎及吊装施工流程图见图4。

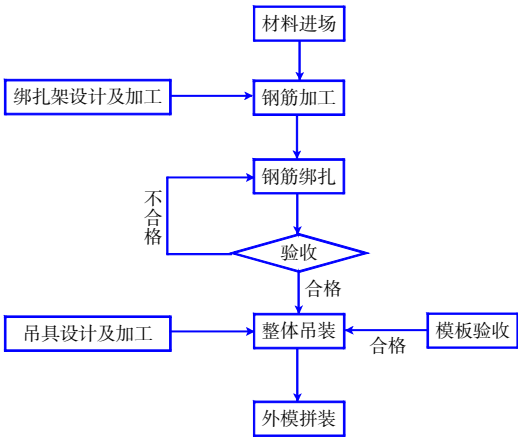


图4 钢筋绑扎及吊装施工流程图

2.4 操作要点

钢筋工程分为钢筋加工、绑扎和吊装三道工序,钢筋加工在钢筋加工场内集中进行加工,钢筋绑扎在半圆体预制区绑扎胎卡具上进行绑扎,绑扎完成后采用16 t塔吊通过吊具整体吊装至半圆体预制台座上进行混凝土预制。

2.4.1 钢筋加工

半成品钢筋在钢筋加工场集中进行加工,钢筋制作长度大于原料长度时采用分段加工的方式,下料时预留搭接长度。钢筋下料严格按照设计图

纸长度进行加工, 以最终控制钢筋骨架尺寸为准。

本工程钢筋主要加工难点为超长圆弧主筋的加工, 由于圆弧钢筋长度大于钢筋定尺长度 12 m, 需分段进行加工, 加工时, 采用专用的弯圆机在专用平台上进行加工, 加工平台面保持水平。加工时预留对应直线段长度, 长度按照负误差进行控制。圆弧钢筋分段示意图见图 5 所示。

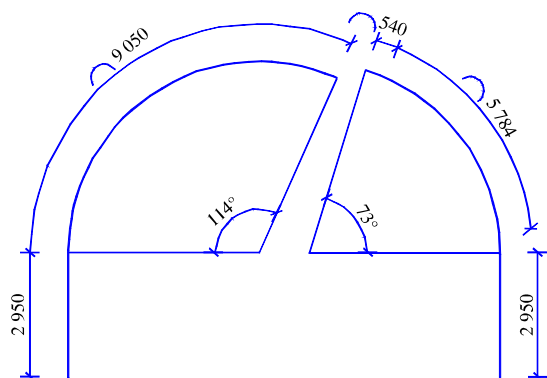


图 5 圆弧钢筋分段示意图

## 2.4.2 钢筋绑扎

根据施工需要, 设计一套钢筋绑扎平台, 钢筋利用钢筋胎具(立式网片架)预绑成型, 胎具主要采用 18 号槽钢和 48 mm 钢管加工而成, 每 2 m 设置一层人工操作平台, 顶层平台两侧设置高 1.2 m 防护栏和防护网, 见图 6。



图 6 钢筋绑扎平台

### 1) 钢筋绑扎顺序

半圆体钢筋绑扎过程中, 按照由内向外, 从下向上, 先安装底板钢筋主框架, 然后绑扎圆弧段的顺序进行施工。

### 2) 钢筋绑扎要求

① 钢筋绑扎搭接尤其是底板半圆体长度方向上的主筋以及圆弧段长弧形钢筋互相错开, 确保

在该区段内有接头的受力钢筋的截面面积占受力钢筋总面积的百分率不大于 50%。

② 钢筋骨架绑扎采取梅花形绑扎, 扎丝头一致弯向半圆体内部, 不得伸向保护层内。联系筋采用电焊进行加固。

③ 钢筋保护层垫块与主筋绑扎牢固, 按照不少于 4 个/ $\text{m}^2$  呈梅花形布置。

## 2.4.3 钢筋吊装

### 2.4.3.1 吊具设计验算

钢筋吊架采用上部采用四点吊采用钢丝绳与起重设备连接, 下部 16 个耳板采用钢丝绳与钢筋笼连接, 钢筋总重量按 13 t 计算, 动载系数取 1.1, 分项系数取 1.4, 下部每个吊耳受力:

$$P = 13 / 16 \times 1.1 \times 1.4 \times 9.8 = 12.3 \text{ kN}$$

#### 1) 强度计算

采用 solidworks 对吊具主框架进行建模, 见图 7。采用按使用荷载进行加载 simulationxpress 有限元计算软件进行受力分析, 按使用荷载对模型进行加载。

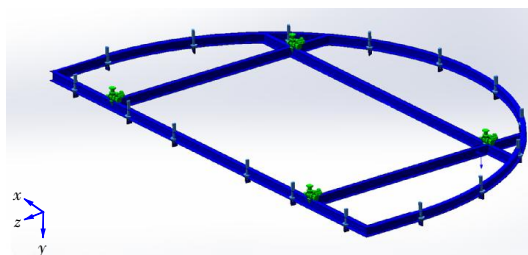


图 7 构件建模及荷载分布

由计算结果知吊架最大应力  $\sigma = 151.8 \text{ N/mm}^2$ , 钢材 Q235 抗拉、抗压、抗弯  $f = 205 \text{ N/mm}^2$ 。  $\sigma < f$ , 构件应力满足要求。

#### 2) 变形验算

由计算结果可知构件最大变形 9.2 mm, 小于规范要求  $l/400$ , 满足要求。

#### 3) 钢丝绳强度验算

##### ① 主钢丝绳

上部主吊绳选取 4 根  $6 \times 37 - 1770 - \phi 22$  钢丝绳, 受力角度  $75^\circ$ , 按照三根钢丝绳受力计算单根钢丝绳竖向受力按照 5 t 计算,

单根钢丝绳受力  $N = 51.7 \text{ kN}$ 。  $\phi 22$  钢丝绳单根最小破断力 273 kN, 安全系数  $K = 273 / 51.7 = 5.28 > 5$ , 满足要求。

##### ② 下部钢丝绳

下部钢丝绳选取 16 根  $6\times 19-1770-\phi 12$  钢丝绳,单根受力  $N=13/16\times 1.1\times 1.4\times 9.8=12.3\text{ kN}$ 。 $\phi 12$  钢丝绳单根最小破断力 90.7 kN,安全系数  $K=90.7/12.3=7.37>5$ ,满足要求。

#### 2.4.3.2 钢筋骨架吊装

钢筋骨架在绑扎胎具完成绑扎后,经过检查验收合格后,采用 16 t 塔吊将半圆体钢筋骨架吊入半圆体预制台座上。半圆体钢筋骨架吊装采用专用吊具进行吊装,共计 16 个吊点,均匀布置在钢筋骨架上,下部采用 16 根  $\phi 12\text{ mm}$  钢丝绳,吊具钢丝绳上采用 4 根  $\phi 22\text{ mm}$  钢丝绳进行吊装,见图 8。



图 8 钢筋骨架吊装

### 2.5 关键技术

本工程钢筋骨架整体绑扎及吊装关键技术主要是对绑扎架和吊具性能的分析研究,在保证施工安全的前提下,精准控制钢筋定位精度,保证钢筋骨架的整体性,实现钢筋骨架整体吊装绑扎入模。

### 3 工艺实施效果

在长江口南槽航道治理一期工程中,已完成半圆体钢筋绑扎吊装共计 648 个,累计完成钢筋绑扎约 5 500 t,在本工程实施中取得了良好的应

用效果,半圆体钢筋保护层经检测,合格率超过 90%。

相比于传统的钢筋绑扎方式,该工艺具有以下优点:

1) 将钢筋整体绑扎及吊装工艺应用于水运工程大型构件预制中,利用胎卡具严格限制每根钢筋的定位,极大的提高了钢筋保护层施工质量;

2) 施工效率高,每个半圆体钢筋绑扎及吊装绑扎时间约为 3~4 h;

3) 吊装作业风险低,减少了常规工艺频繁使用汽车吊移动等安全风险;

4) 作业平台能有效降低钢筋绑扎人员高处作业安全风险;

5) 设备投入少,只需与模板安装共用 1 台 16 t 塔吊即可满足施工需要。

### 4 效益评估

通过对半圆体钢筋整体绑扎及吊装施工工艺研发与应用,大大提高了半圆体钢筋工程施工质量和工效,取得了良好的经济效益和社会效益。提高了预制场施工标准,在今后类似大型构件钢筋工程具有广泛的应用前景,值得推广应用。

### 5 结语

随着水运工程施工标准化建设不断深入,大型构件预制场标准化建设是建设平安百年品质工程建设的一个关键点,通过创新优化现有施工工艺和施工设备,钢筋整体绑扎及吊装工艺提高了施工机械化水平,降低了设备和人员投入,可供类似工程借鉴参考。

#### 参考文献:

- [1] 高翔. 预制沉箱标准层钢筋整体绑扎吊装成型工艺[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(4): 225-227.
- [2] 丁新胜,王建辉. 现浇箱梁钢筋骨架整体吊装施工技术[J]. 华北水利水电学院学报, 2009, 30(6): 17-20.
- [3] GB 50017—2017, 钢结构设计标准[S].
- [4] JTS 202—2—2011, 水运工程混凝土质量控制标准[S].