



# 龙溪口航电枢纽工程大体积混凝土 快速入仓技术

简震<sup>1</sup>, 沈彤<sup>1</sup>, 龚成博<sup>2</sup>

(1. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066; 2. 四川港航建设工程有限公司, 四川 成都 610023)

**摘要:** 针对岷江龙溪口航电枢纽工程混凝土工程量大、履带式布料机+反铲方式上料施工效率低、混凝土损耗大的问题, 进行航电枢纽工程大体积混凝土快速入仓技术研究。通过改良入仓结构料斗的尺寸、料斗放置形式、皮带结构尺寸, 采用反集料分离爬坡带进行移动输送装置、分配器垂直进料缓冲装置的布置, 以及采用水平输送机、瓣膜式缓冲筒等方式的入仓装置, 实现了大粒径集料混凝土的快速连续入仓。

**关键词:** 航电枢纽工程; 大体积混凝土; 施工效率低; 快速连续入仓

中图分类号: U641.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)10-0124-04

## Rapid warehousing technology of mass concrete in Longxikou Navigation-power Junction project

JIAN Zhen<sup>1</sup>, SHEN Tong<sup>1</sup>, GONG Chengbo<sup>2</sup>

(1. Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu 610066, China;

2. Sichuan Port and Channel Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu 610023, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of large amount of concrete works, low construction efficiency of crawler type spinner + backhoe loading and large concrete loss in Longxikou Navigation-power Junction project in Minjiang River, we study the rapid warehousing technology of mass concrete in navigation-power junction project. We improve the hopper size, hopper placement form, belt structure size, use the mobile conveying device through reverse aggregate separation climbing belt, distribution vertical feed buffer arrangement, and adopt the warehousing device by means of conveying, horizontal conveyor, valvular buffer cylinder, etc, which realize the rapid and continuous warehousing for large aggregate particle concrete.

**Keywords:** navigation-power junction project; mass concrete; low construction efficiency; fast and continuous warehousing

航电枢纽工程厂房底板施工的难点为: 河床式水电站发电厂房底板大体积混凝土施工时段是混凝土入仓的高峰期; 当夏季施工时, 混凝土初凝时间短; 发电厂房底板大体积混凝土施工较为集中、工期紧张及单仓混凝土工程量大, 对大粒径集料混凝土入仓强度要求高。

本文通过对现有大体积混凝土入仓系统的结构进行改良, 在保证大粒径集料、低坍落度混凝土在无集料分离的情况下满足快速<sup>[1]</sup>连续入仓, 保证整个装置安全, 达到稳定、高效的工作目的。通过提高混凝土的入仓效率, 减少施工工期、降低施工成本、保证工程质量。

收稿日期: 2023-06-07

作者简介: 简震 (1989—), 男, 高级工程师, 从事水工结构混凝土防裂研究。

1 大体积混凝土入仓技术现状

适用于本工程大体积混凝土入仓的机械设备有:长臂反铲、MQ900B 与 MQ600B 门机、SHC22 塔式布料机、TB110G 轮胎式布料机,对现有设备入仓特点进行分析:1)采用长臂反铲入仓,混凝土入仓速度慢,并且混凝土损耗量大(为 8%),不适用于大体积混凝土<sup>[2]</sup>浇筑;2)施工现场反铲配合塔式布料机进行混凝土入仓,塔式布料机覆盖范围满足施工需要,但是塔式布料机的效率会受反铲限制,并且现有塔式布料机在进行混凝土入仓时通过皮带进行传送和下料高度过大都会导致混凝土集料分离,不能满足施工规范与混凝土快速连续入仓施工要求;3)轮胎式布料机皮带过窄,施工上料速度慢,不适用于大粒径集料、大体积混凝土浇筑,成本较高,且需要到国外进行采购。

综上所述,现有的施工设备不能满足混凝土连续快速入仓的实际需求。

2 大体积混凝土入仓系统改良

2.1 新型入仓结构的提出

经过分析和调查,研制大粒径集料混凝土连续快速入仓<sup>[3]</sup>系统的关键是既要保证大粒径集料、低坍落度混凝土在无集料分离的情况下快速连续入仓,又要保证整个装置安全、稳定、高效。通过提高混凝土的入仓效率减少施工工期、降低施工成本、保证工程质量。在满足上述条件下,提出两种新型混凝土连续快速入仓装置:1)桁架式结构,包括集料装置、输送装置、布料机、下料筒,创新点为搭设桁架增大了装置的覆盖范围;2)缆车式结构,包括缆车立塔、卸料缆车,创新点为采用缆车式混凝土入仓,覆盖范围广。

2.2 新型入仓结构的确定

为了确定最佳上料结构,从可靠性、经济性、难易性、耗时等 4 个方面,对桁架式和缆车式结构进行对比,见表 1。

表 1 桁架式与缆车式结构对比分析

方案名称	可靠性	经济性	难易性	耗时	综合评价
桁架式	混凝土入仓能力强,覆盖面极广,安全可靠,与其他机械设备相互不制约	花费约 130 万元	机械设备操作简单	短	满足需求
缆车式	混凝土入仓能力强,覆盖面极广,与其他机械设备如门机、吊车容易发生碰撞,安全性低	花费约 95 万元	操作繁琐,须控制多个缆车	短	不满足需求

通过对两种新型混凝土入仓结构进行比较,最终选择桁架式作为该装置的结构形式。大粒径集料混凝土连续快速入仓系统的构造见图 1。大粒径集料混凝土连续快速入仓系统布置见图 2。



图 1 桁架式大粒径集料混凝土连续快速入仓系统构造

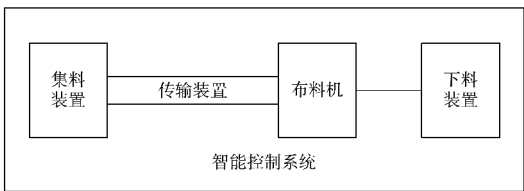


图 2 桁架式大粒径集料混凝土连续快速入仓系统布置

2.3 新型入仓结构各装置方案的提出

2.3.1 集料装置方案对比

- 1) 采用集料液压料斗集料,底部设置有液压弧门控制混凝土的放料速度。
- 2) 采用门机运料,卧罐集料。

2.3.2 输送装置方案对比

- 1) 移动传输装置。对输送皮带进行专门设计:根据集料粒径设置橡胶输送隔板,起到防止集料分离的作用;采用固定皮带与移动皮带相结合的传输方式;固定皮带支架采用单桁架式,底部使用钢管立柱支撑;在皮带输送机头的特定位置上可以设置 1 个周转平台,用作固定输送皮带的上料点和支撑点;固定皮带通过旋转平台与移动皮带连接。

- 2) 固定传输装置。为了确保混凝土的传输效

果,需要对输送皮带进行专门设计。根据不同集料的粒径,将橡胶输送隔板进行合理设置,防止集料的分离。同时,采用单条固定皮带传输混凝土。

### 2.3.3 下料装置方案对比

1) 布料机垂直下料缓冲装置采用柔性半弧瓣膜进行缓冲。

2) 采用满管溜筒进行混凝土入仓,混凝土下料管塞满混凝土后满管溜筒开始进行下料工作。

### 2.3.4 控制系统方案对比

1) 人工控制系统。通过设置联动开关使布料机驱动的同时打开附加输送带,移动防集料分离带使系统开始工作;当集料斗中的混凝土输送完成后,通过手动控制,弧门关闭并激活固定集料分离皮带,然后启动可移动皮带,将传送带上的混凝土全部运输到布料机上;最后,通过布料机将混凝土水平分配到指定的仓位中。系统配备了紧急停止装置,在发生异常情况时,可以通过该装置使整个系统停止工作。

2) 智能控制系统。布料机驾驶员开启布料机,通过联动开关,同时开启固定防集料分离皮带与移动防集料分离皮带,系统开始运转,集料液压料斗内混凝土输送完毕后自动关闭弧门,弧门关闭后触发延时联动开关,经过时间  $t_1$  后关闭固定防集料分离皮带 ( $t_1 = L_1/v$ , 其中  $L_1$  为固定防骨料分离输送皮带长度,  $m$ ;  $v$  皮带运转速度,  $m/s$ ), 经过时间  $t_2$  后关闭可移动皮带 ( $t_2 = L_2/v$ , 其中  $L_2$  为移动防集料分离输送皮带长度,  $m$ ), 将传送带上的混凝土全部运输至布料机,通过布料机将混凝土水平分配到指定仓位中。本系统另设有急停装置,如发生异常情况通过急停装置使整个系统停止运转。

## 2.4 新型入仓结构装置的确定

为了确定新型入仓结构装置,从可靠性、经济性、难易性、耗时等 4 个方面,分别对集料装置、输送装置、下料装置、控制系统进行综合分析评价,认为新型入仓结构装置采用液压集料斗、移动传输装置、下料装置加设柔性半弧瓣膜、控

制系统采用自动控制系统,可使大体积上料系统达到最佳效果。新型入仓结构最佳方案的分解系统见图 3。

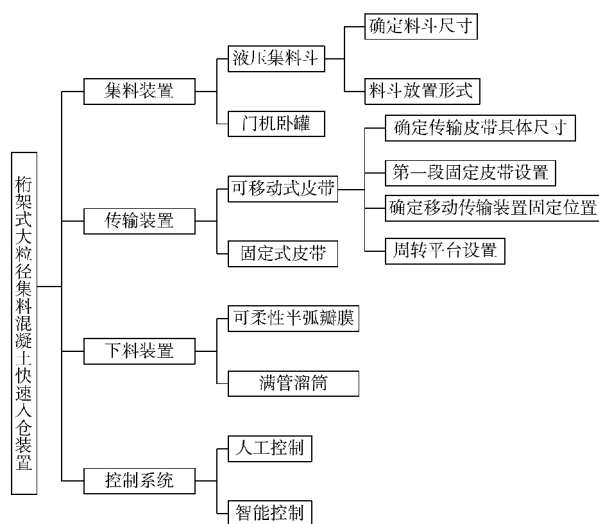


图 3 新型入仓结构最佳方案的分解系统

### 2.4.1 确定料斗尺寸

根据自卸汽车卸料斗的大小和混凝土入仓的强度,确定集料液压料斗的设计尺寸,并在底部设置液压弧门控制混凝土的下料速度。由生产厂家设置液压弧门。

### 2.4.2 确定料斗放置形式

料斗上料之前,将料斗的底部基岩下挖 1.2 m,浇筑 C20 混凝土垫层,安装料斗并固定,然后浇筑 C20 混凝土至原设计面。为保证自卸汽车能够正常卸料,在门机基础外侧现浇 0.6 m 宽混凝土。

通过 CAD 绘图软件模拟料斗布置见图 4,再通过实际测量进行施工现场的布置。

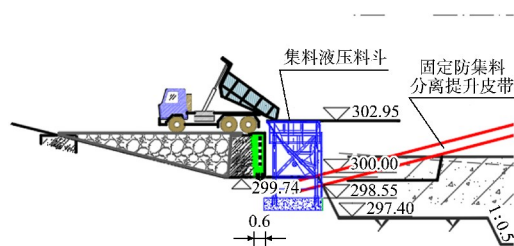


图 4 料斗布置 (单位: m)

### 2.4.3 确定皮带结构尺寸

为了避免大粒径集料混凝土在输送过程中出现集料分离,专门将输送带的宽度设计为 650 mm,并

根据集料的粒径，安装高度为 30 mm 的橡胶输送隔板，并将隔板之间的间距设置为 150 mm。

#### 2.4.4 确定移动传输装置的布置形式

1) 在施工现场进行测量定位，初步确定传输皮带的布置位置。

2) 混凝土通过固定带+移动带进料。将跳跃的固定带放置到下游。通过使用 CAD 进行模拟布置，固定住的皮带可以在与移动式皮带交叉的地方将物品转移到移动式皮带上，并进入布料机的进料口。在此过程中，移动式皮带会以  $14^\circ$  的爬升角度向上移动 6 m(图 5)。通过下料口，固定皮带上的混凝土能够被转移到移动皮带上。

3) 单桁架结构被用于固定皮带，其底部由钢管立柱支撑，而移动式皮带则为厂家专属定制。

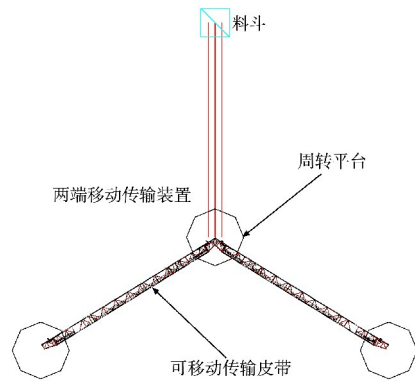


图 5 皮带结构

4) 固定布料机基座位置进行基座混凝土浇筑。基座顶面边长为 4.0 m、厚度 2.0 m；布料机塔式立柱高度 12.0 m，上部集料结构高度 7.0 m，布料杆长度 25 m，为伸缩式桁架，混凝土布料范围为 2.84~25.0 m(图 6)。

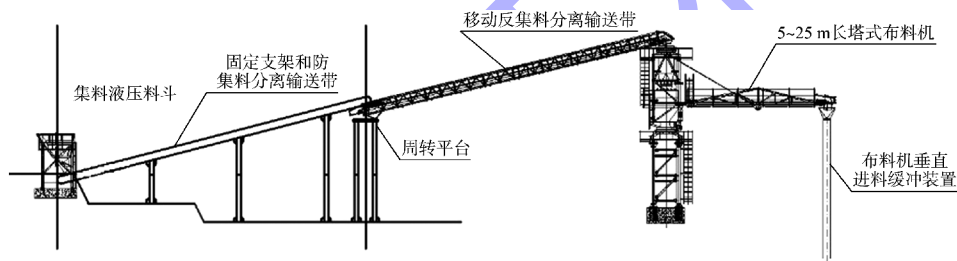


图 6 皮带传输机

#### 2.4.5 采用可柔性半弧瓣膜

布料机的垂直下料缓冲装置采用柔性半弧瓣膜，见图 7。混凝土料筒的直径为 500 mm，为橡胶圆筒，圆筒内部设有半弧瓣膜，半弧瓣膜与下料筒夹角为  $45^\circ$ ，间距为 300 mm，它们被布置成类似花瓣的形状。

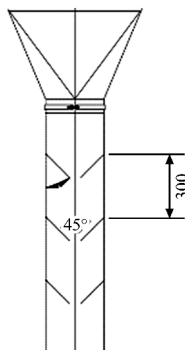


图 7 可柔性半弧瓣膜下料筒 (单位: mm)

#### 2.4.6 采用智能控制系统

智能控制系统设有紧急停机装置，当出现异常情况时，通过该装置可以使整个系统停止工作。具体系统运行流程见图 8。

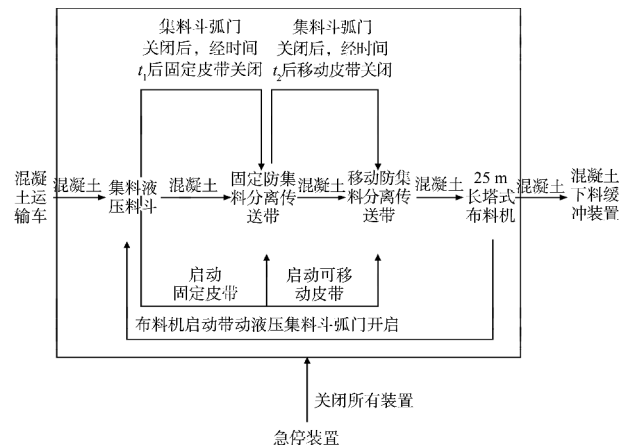


图 8 系统运行流程

(下转第 145 页)