

# Research and Practice on Slipform Construction Technology for Shallow Circular Silos—A Case Study of the Sinograin Yueyang Project

Dayong Feng Yichao Yu Jinglong Shao

China Construction Seventh Engineering Division Corp. Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

## Abstract

This paper takes the slipform construction of the #3 shallow circular silo group in the storage project of the Yueyang Direct Depot Central Warehouse of Sinograin as the research object, systematically analyzing the technical difficulties and key process points in the slipform construction of shallow circular silos. By elaborating on the modular design of the slipform system, high-precision assembly procedures, and dynamic construction control strategies, combined with critical technical parameters and seasonal construction measures from engineering practice, the study reveals the technical logic and quality control essentials of shallow circular silo slipform construction. The research demonstrates that through refined slipform system design, multi-dimensional construction process monitoring, and adaptive process adjustments, issues such as verticality control, concrete forming quality, and high-altitude operation safety in shallow circular silo slipform construction can be effectively addressed.

## Keywords

shallow circular silo; slipform construction; modular assembly; dynamic control; seasonal construction

# 浅圆仓滑模施工技术工艺的研究与实践——以中储粮岳阳项目为例

冯大勇 于意朝 邵惊龙

中国建筑第七工程局有限公司, 中国·河南 郑州 450000

## 摘要

本文以中储粮岳阳直属库中心库仓储项目3#浅圆仓群滑模工程为研究对象, 针对浅圆仓滑模施工中的技术难点与工艺要点展开系统性分析。通过阐述滑模装置的模块化设计、高精度组装流程及动态施工控制策略, 结合工程实践中的关键技术参数与季节性施工措施, 揭示了浅圆仓滑模施工的技术逻辑与质量控制要点。研究表明, 通过精细化的滑模装置设计、多维度的施工过程监测及适应性的工艺调整, 可有效解决浅圆仓滑模施工中的垂直度控制、混凝土成型质量及高空作业安全等问题。

## 关键词

浅圆仓; 滑模施工; 模块化组装; 动态控制; 季节性施工

## 1 工程概况与技术挑战

### 1.1 工程概况

本工程位于湖南省岳阳市云溪区松杨湖路与白尾路交叉口正南方向, 为粮食仓储类建设项目。项目包含 10 座浅圆仓, 按 2×5 阵列式布局, 单仓内径 25.0 米, 10 座仓体总建筑面积基底面积 5228.04 平方米。仓储功能以小麦为设计标准, 单仓装粮高度 27.2 米, 单仓容量 1 万吨, 总仓容达 10 万吨。浅圆仓为地上二层结构, 由仓下层、仓身层及仓顶锥壳(标高 +33.70 ~ +38.70 米)组成。建筑总高度 28.25 米, 其中

仓下从基础环梁(-1.30 米)至仓下层板(+4.45 米), 仓身自仓下层顶板(+4.45 米)至仓顶下环梁底(+32.7 米), 仓壁厚度 270 毫米。施工方面, 仓身模板支撑采用单仓独立滑模工艺, 基础形式为钢筋混凝土条形基础与柱下独立承台结合, 基础环梁截面尺寸 2.4 米×1.8 米, 顶面标高 -1.3 米, 整体结构设计满足稳固性与仓储功能性需求。

### 1.2 施工难点与技术要求

本工程施工面临多项技术挑战与严格要求。首先, 仓体布局密集, 仓间最小轴距仅 3.0m, 致使操作空间受限, 施工时需精准规划各仓施工顺序, 通过合理的荷载分布与结构验算, 确保操作平台整体稳定性, 避免因空间局促引发安全隐患; 同时, 施工现场区域狭小, 交叉作业频繁, 需强化高

【作者简介】冯大勇(1982-), 男, 中国河南郑州人, 本科, 高级工程师, 从事建筑施工管理研究。

空坠落防护措施,保障施工安全。其次,筒仓滑模装置庞大,需一次性整体组装,短时间内需集中调配大量人力、物力及机械设备,对施工组织与资源统筹能力要求极高。此外,仓壁采用滑模工艺,竖向高度达28.25m,属于超规模危险性较大的分部分项工程,必须经专家评审通过后方可施工,施工方案需严格论证。再者,混凝土施工环节需严密把控,因仓壁仅270mm厚,且浇筑受气温、光照影响大,需精确协调混凝土初凝、浇筑及钢筋绑扎时间;仓房气密性要求高,对滑模提升系统的竖向承载力、提升装置受力验算及千斤顶行程同步性均提出严苛标准,需在施工全程进行动态监测与精准调控<sup>[1]</sup>。

## 2 滑模装置系统设计与组装工艺

本工程浅圆仓滑模施工前,从技术、材料设备、照明系统三方面全面筹备。技术上,构建多维度控制体系,绘制专项控制线平面图、预留预埋图、液压设备图,制定分层作业表,同时落实三级技术交底制度,编制各岗位详细方案,确保施工规范有序。材料设备准备围绕全周期保障,依据冬季施工11天连续作业、日滑升2.64米的需求,提前储备原材料与周转材料,预制加工钢筋、支承杆,配备防护、施工及保温物资,储备备用设备;垂直运输采用63m汽车泵浇筑混凝土,3台塔吊吊运材料,设置上人回笼梯,设备均完成负载试验与安全验收。照明系统采用多区域组合方案,在内、外操作平台等区域安装LED灯带,塔吊顶部增设射灯,选用防水灯具并规范线路,保障夜间施工安全高效<sup>[2]</sup>。

滑模装置由模板系统、提升系统、操作平台系统、精度控制系统及水电配套系统组成,形成“五位一体”的模块化体系(图2-1)。

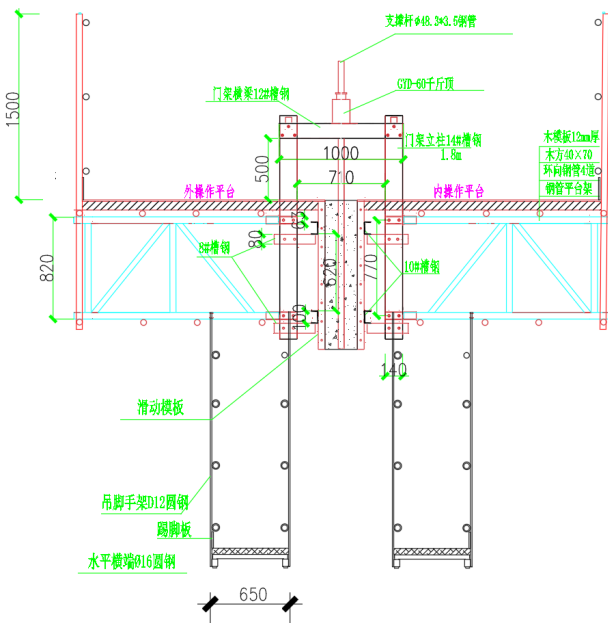


图 2-1 滑模模架体系设计图

滑模装置安装是确保滑模施工顺利开展的关键环节,各部件安装需严格遵循规范与流程。提升架作为核心承重构件,每个仓配置56榀,按1.42m间距布置,采用双拼单横梁“门”式架结构,立柱高1.80m为[14轻型槽钢,横梁长1m由2根[12轻型槽钢制作,二者以8.8级M16螺栓连接,立柱侧面设2个350mm长门架钢托。安装时在-1.30m处确定起始面,找准中心定位后,待环筋绑扎至1.3米高度,逐步吊装并临时固定。围圈采用10#槽钢制作,在滑动模板内外、上下周圈通长设置4道,上下围圈净间距690mm,距模板边缘约200mm,接头对焊加绑条固定,安装后焊接,同时严格控制内外侧坡度与拼接接头数量。滑动模板分内、外侧,内模板用P6012组合钢模板以U型卡拼接,外模板为钢板,表面焊角钢用于连接,二者安装确保严密稳定。施工内外操作平台宽1.8m,采用定型桁架与环形钢管结构,端部与提升架立柱螺栓连接,铺设木方与木模板,设置上下人孔、挂梯及安全防护,两仓相邻处特殊处理保证稳定。中心盘及辐射拉杆由28根直径12mm螺纹钢制成,初滑前对称调节螺栓保证提升架横梁水平。动力及液压系统中,每个仓配一台YKT-56型液压控制台控制56个GYD-60型千斤顶,油管遵循特定原则布置,千斤顶安装前检查校正。支承杆第一批长度不同,采用插接+焊接方式连接,滑升中特殊情况进行加固。吊架在模板底口滑升距组装面2.0m时安装,吊杆、托撑、防护设施齐全,保障后期作业安全。各部件安装环环相扣,共同构建起稳定、可靠的滑模施工体系,为混凝土浇筑与结构成型提供坚实保障<sup>[3]</sup>。

## 3 滑升施工关键技术及动态控制

### 3.1 滑升阶段划分与工艺要点

#### 3.1.1 初滑升(图3-1)

混凝土分四次正、反向浇筑至1.2m高模板内,约6小时(依气候调整)开始试提升1-2个行程。模板初次滑升在模板内混凝土浇筑至800mm(模板高度2/3)且第一层混凝土强度达0.2-0.4Mpa时进行。试滑升时,将全部千斤顶同步升起5-6cm,观察混凝土出模强度,当混凝土出模不塌落、不被带起(手指按压有指痕且不粘手),则将模板滑升200mm,全面检查提升设备与模板系统,修整后转入正常滑升,正常脱模强度宜控制在0.2-0.4Mpa。

#### 3.1.2 正常滑升

正常滑升阶段,混凝土每次浇筑高度不超200mm,且浇筑顶面至少留置一道绑扎好的水平钢筋。安排专人定时检查液压提升系统和千斤顶工作状态。依据施工经验,控制出模混凝土强度约0.35MPa,每日滑升高度达2.64m左右,滑模最顶高度为+32.70m。滑升2m时,在滑模装置挂设内外吊架,供抹灰工对仓壁原浆抹光。若仓壁出现蜂窝、麻面等小问题,凿除松动混凝土后用高标号砂浆压实;遇塌方、大裂缝等严重情况,则立即停滑,支模补实混凝土<sup>[4]</sup>。

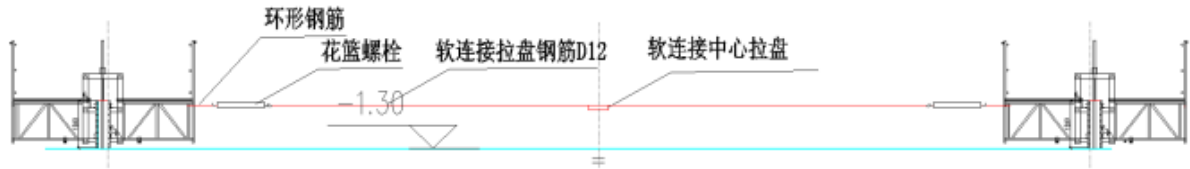


图 3-1 滑模初滑工况剖面图

### 3.1.3 末滑升与空滑

末滑升：接近仓顶（+32.7m）时，最后一层混凝土一次浇筑至同一水平面，确保环梁施工基面平整。

空滑：脱空滑升在仓壁混凝土浇筑完成以后，当最上层 31.90m-32.70m 的混凝土强度达到 75% 以上时开始空滑，空滑高度 800mm。随后可以进行外挑檐沟三角悬架的安装。

## 3.2 施工精度多维控制体系

滑模施工精度控制包括滑升水平及垂直度控制，滑升前，用水准仪对各个千斤顶高低进行测量、找平，并在支承杆以明显标志，划出水平线、安设限位器，以后每层均须进行测量与检查。

### 3.2.1 水平度控制

监测频率：每日用水准仪测平 2 次，每滑升 300mm 用透明水平管（冬季加酒精防冻）检查，激光扫平仪打点控制千斤顶同步，相邻千斤顶高差  $\leq 20\text{mm}$ ，整体高差  $\leq 40\text{mm}$ 。

### 3.2.2 垂直度与扭转控制

垂直度监测：筒壁内侧设 4 个控制点，悬挂 5kg 线坠，配合激光垂准仪实时监测，偏差  $\geq 10\text{mm}$  时采用平台倾斜法纠偏（倾斜度  $\leq 1\%$ ）。

扭转控制：沿周边均布 18-20 个手拉葫芦，与扭转方向反向牵拉，每次提升时同步纠扭，任意 3m 高度扭转  $\leq 30\text{mm}$ ，全高  $\leq 200\text{mm}$ 。

### 3.2.3 半径与轴线控制

半径测量：每日用钢尺测量内模板半径，误差  $\leq 10\text{mm}$ ，通过调整围圈位置修正。轴线监测：在施工区域设置 12 个基准点，形成 6 条控制轴线，用全站仪复核，确保滑模装置轴线偏差  $\leq 5\text{mm}$ 。

## 4 质量验收与成果分析

### 4.1 验收流程与标准

根据进度计划，每个分段进行验收，主要是滑模装置组装，滑动模板安装、锥形钢桁架组装、仓顶模板安装完毕

后分别进行验收，验收程序必须严格按照“三检制”进行验收。工程验收与材料进场验收严格执行多层次把关制度。作业班组自检验收由班组长组织，操作工人针对工序及质量通病自查自改；施工单位验收由项目经理牵头，项目各部门人员共同参与，项目经理对结论签字确认；监理验收在施工单位自检合格后，由监理组织多方联合验收，合格后各方签字方可推进后续工序。材料进场前至少 24 小时申报，项目物资设备部协同工程、技术等多部门联合验收，记录实际测量数据，验收通过后开具合格证明，经项目经理签字留存，确保材料质量达标。

### 4.2 实施效果

本工程滑模施工周期控制在 11 天/仓，垂直度最大偏差 18mm，半径误差均  $\leq 8\text{mm}$ ，混凝土表面平整度  $\leq 5\text{mm}$ ，未发生高空坠落、机械碰撞等安全事故，冬季施工混凝土强度增长符合设计要求，一次性通过气密性验收。

## 5 结论和展望

在中储粮岳阳直属库仓储项目中，浅圆仓滑模施工技术工艺的实践成果显著。通过创新采用先整体组装再提升的锥型钢桁架支撑系统，并配合钢管扣件式模板支撑架，成功攻克了锥壳顶板支撑高度高、跨度大的难题；外挑檐沟模板支撑体系通过预埋螺栓套筒与三角悬架支撑平台，适应了狭小交叉作业环境。施工全过程严格落实安全技术措施与质量控制手段，从高空作业规范到原材料验收，全方位保障了工程安全与质量，践行绿色施工理念。

### 参考文献

- [1] 冯波.大直径浅圆仓滑模施工技术研究[J].价值工程,2024,43(19):150-153.
- [2] 娄晓斌,张亦江,陈申钢,等.浅圆仓施工综合技术改进的研究与设计[J].施工技术(中英文),2023,52(08):108-112.
- [3] 胡二永,苏永超,李飞宇,等.滑模施工技术 in 浅圆仓施工中的应用[J].河南科技,2021,40(05):106-108.
- [4] 徐学金,陈立.浅圆仓滑模托带仓顶锥体钢桁架施工技术[J].重庆建筑,2022,21(08):39-42.