

大直径浅圆仓仓壁滑模施工技术研究

姬仲鹏

中铁一局集团有限公司第三工程有限公司 陕西 宝鸡 721000

摘要：本文以中央储备粮江西分公司宁都直属库有限公司建仓项目浅圆仓施工为背景，介绍浅圆仓滑模施工工艺、施工重难点、并阐述了大直径浅圆仓滑模水平垂直度的控制与纠偏，质量通病及防治措施，以其为类似工程提供参考。

关键词：大直径；浅圆仓；连续滑升；施工技术

引言：浅圆仓又称矮圆仓，是一种仓体高度与直径之比小于1.5的圆筒式地上结构。滑模施工是在混凝土浇筑过程中，利用液压提升装置将模板不断向上滑升，使混凝土在模板内连续成型的施工方法。随着模板的滑升，混凝土不断浇筑，从而实现连续施工，提高施工效率。具有结构受力合理，抗震性能好，仓储成本低。

1 工程概况

中央储备粮江西分公司宁都直属库有限公司粮食

仓储项目，共建设12座直径24m的浅圆仓，仓壁高度26.7m，装粮高度24.7m，建筑高度30.9m。仓壁厚度270mm。基础采用Φ800mm的钻孔灌注桩筏板基础，桩长15-25m。浅圆仓仓壁施工采用滑模施工，滑模工程量，仓底筏板、仓壁及仓顶均采用钢筋混凝土结构，仓顶支撑体系采用中立柱贝雷片钢桁架，数量多，施工安全要求高，浅圆仓结构断面图如图1所示。

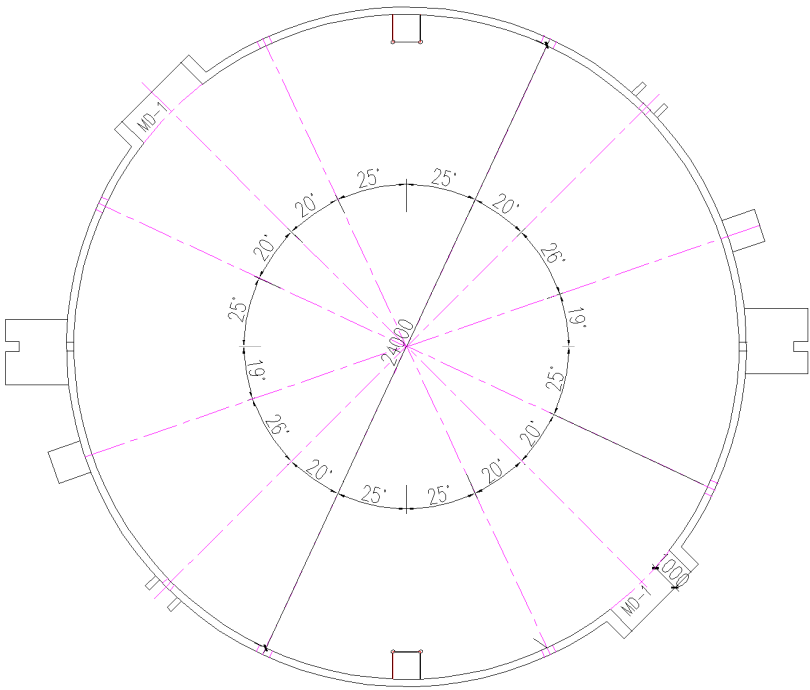


图1 仓壁结构断面

2 滑模施工工艺

2.1 滑模装置系统

浅圆仓结构滑模工艺原理：滑模由提升系统、平台

系统、模板系统、油路系统、运输系统、测量监测系统、供电、供水系统组成。利用液压千斤顶提供动力，驱动模板或滑框在混凝土墙面上进行滑动，从而实现现

浇混凝土结构的施工工艺。这种连续施工方式在浅圆仓仓壁的应用中，不仅确保了仓体结构的整体性，还提升了工程质量，同时缩短了施工周期，因此在筒仓建设中得到了广泛采用。

滑模装置系统主要包括提升系统、平台系统、模板系统、油路系统、运输系统、测量监测系统以及供电和供水系统。其工作原理是通过液压千斤顶驱动模板或滑框在混凝土墙面上滑动，完成现浇混凝土结构的施工^[1]。

① 滑升模板系统由模板、围圈和提升架构成。在滑升过程中，该系统需要承受混凝土浇筑时的侧向压力以及模板与混凝土之间的摩擦力，并将这些荷载传递至支撑杆上。

② 平台系统优化：系统设计的核心在于提升环节，

提升架的布局尤为重要。布置时需要遵循荷载均衡、分布均匀的原则，同时注意与仓壁预留位置保持合理距离。提升架的合理布置直接关系到滑模系统关键设备——千斤顶的配置方案。

③ 操作平台构建：采用环形平台结合柔性钢拉索的结构形式。操作平台通过提升架立柱向外延伸，形成悬挑支架。在每个提升架下方，分别设置内外两侧的吊脚手架，铺设木质板面，并配以安全网和密目网，确保施工人员能够安全地进行仓壁外表面的修饰与修整作业。

④ 液压提升方案：依据《滑动模板工程技术标准》（CB/T 50113-2019）的具体要求，结合本工程的实际特点，制定液压提升系统及其支撑杆的技术参数。相关数据详见下表1、表2。

表1 液压提升系统基本设置

工程部位	直径（m）	CYD-60型千斤顶	提升架设置	操作平台支架
浅圆仓	24	54	54	108

表2 液压千斤顶参数值表

技术项目	单位	型号及参数
额定工作压力	MPa	8
工作起重量	KN	30
最大起重量	KN	60
行程	mm	≥ 20
外形尺寸	mm	160×160×430
质量	Kg	26
使用支撑杆	mm	Φ48×3.5钢管
安装尺寸	mm	4-Φ17、120×120

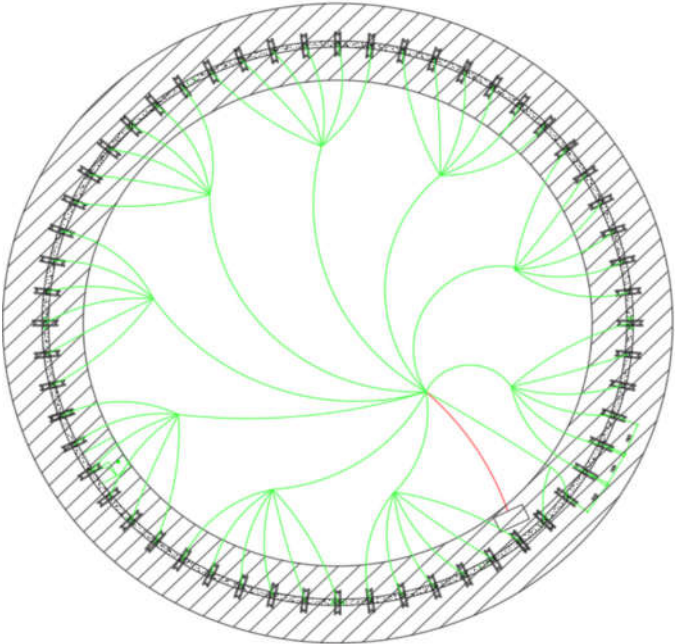


图2 油路平面布置

⑤ 液压油路系统

油路系统由主油管、分油管、支油管构成,每个千斤顶配一根支油管,每6个千斤顶配一根分油管,每12个千斤顶配一根主油管,主油管连接至操作平台上液压油泵机。油管选用:主输送管道选用的是16毫米内径的高压橡胶软管,而分支管道则统一配置了8毫米内径的同类材质。关于仓壁滑模的具体装配信息,平面布局以及油路分布等,如图2油路平面示意图中,为安装工作提供了直观参考。

⑥ 滑模施工精度控制系统。水平度方面,模板拼装完毕后,使用水准仪对模板顶部标高进行检测。在滑移过程中,继续利用水准仪监测模板水平状态。垂直度控制方面,在仓壁外侧300毫米处布置控制点,采用25公斤配重和钢丝绳进行垂直度调节。

⑦ 千斤顶配置计算

1) 首先需要核算滑模平台承受的各类荷载,包括:操作平台自重、模板系统重量、施工荷载(含钢筋材料、施工人员、预埋件、施工机具)、混凝土施工对平台产生的冲击力、摩擦力以及风荷载等。

根据上述荷载计算结果,确定千斤顶和支撑杆的最低需求数量:

$$n = N/P_0$$

公式中: n 表示所需千斤顶和支撑杆的最低数量;

N 代表总垂直荷载(KN),采用本标准永久荷载与施工荷载中所有竖向荷载的基本组合值;

P_0 指单个千斤顶或支撑杆的允许承载力(kn),千斤顶的允许承载力取其额定提升能力的50%,并取两者中的较小值。

针对直径为24米的浅圆仓顶升系统,我们需要进行如下计算步骤:

2) 总荷载计算

操作平台及模板系统自重:按照每平方米1.0kN的标准,452.16平方米的面积共计产生452.16kN的荷载。施工时操作平台承受的载荷:每平方米1.5kN,总面积452.16平方米,总计678.24kN。混凝土卸料时对平台产生的冲击力计算如下: $WK = \gamma[(hm+h)A_1+B] = 12kN$ 。其中, WK 代表冲击力, γ 为混凝土的重力密度取25kN/m³, hm 表示漏斗内混凝土至漏斗口的最大高度0.5米, h 为出料口至卸料点的最大高度1.5米, A_1 是漏斗出料口面积0.08平方米, B 指混凝土堆积的最大体积0.3立方米。此外,还需考虑混凝土与模板间的摩阻力:2kN/m²乘以75平方米再乘以2,合计300kN。再加上120kN的风荷载,最终得出总荷载 N 为1562.36kN。

接着确定支撑杆的承载能力。选用规格为 $\Phi 48 \times 3.5$ mm的钢管作为支撑杆,其允许承载能力 $P_0 = (\alpha/K) \times (99.6 - 0.22L_0) = 31.92kN$ 。式中, α 为工作条件系数取0.8, K 是安全系数取2.0, L_0 代表支撑杆的脱空长度取90厘米。

最后计算所需千斤顶的最少数量。将总荷载 N 除以单个支撑杆的允许承载能力 P_0 ,得到 $N(\min) = N/P_0 = 49$ 台。因此,该浅圆仓顶升系统至少需要配置49台千斤顶才能满足施工要求。

在实际施工过程中,我们需要综合考虑多个关键参数来确定设备配置。经过详细测算,油压系统的分布情况、支撑架体的安装间距以及钢结构承重都需要纳入计算范围。通过工程公式推导,将圆周率与支撑点位数的乘积除以单位间距系数,最终得出液压顶升装置的总量: $3.14 \times 24 / 1.4 = 54$,结果是需要配备54台油压千斤顶才能满足施工要求^[2]。

2.2 滑模滑升

① 尺寸核对

施工前必须仔细核验滑升模板的各项尺寸参数,包括接缝处理和位置定位,确保与设计图纸的误差值在许可范围内。

② 设备查验

针对地面组装的提升门架、预制滑模模板、围圈结构及连接部件等设备进行系统检查,确保其完全符合施工方案的技术规范和质量指标,并按编号进行有序组装。同时,在正式滑升前需进行空载试滑,以验证液压系统的运转状况。

③ 滑升系统搭建

模具与滑模设备的组装流程如下:首先进行中心线测量放线,接着绑扎仓壁钢筋并安装预埋件,随后进行提升门架和外围圈材料的组装。之后依次完成内外钢模板的安装、内围圈装配、内外平台支架搭建、平台板与中心盘拉杆的组合。接着安装千斤顶、支撑杆及液压管道并进行试滑,最后安装内外侧吊架、安全网等防护设施,方可进行滑升作业。

④ 滑升施工阶段

1) 滑升过程划分为三个主要阶段:初始滑升、常规滑升以及末段滑升。其中初始滑升阶段,需连续浇筑1-2层混凝土,每层厚度控制在300mm左右。待混凝土达到初凝至终凝之间的强度,且强度值不低于0.4MPa,凝固时间不少于4小时后,方可进行后续操作。在操作过程中,我们先将模板抬升了两次,每次10厘米的高度。接着对脱模后的混凝土强度进行检测,发现一个比较合适

的判断标准：当混凝土开始出现硬化迹象，但表面仍然可以用手指按压出0.5到1毫米左右的凹陷时，这种状态最为理想。这种程度的硬度表明混凝土已经具备了一定的强度，同时又保持着适度的可塑性，正好符合施工要求^[3]。

2) 正常滑升

正常滑升采用间歇提示制，每浇筑一层，间隔时间不小于2h，滑升过程中，应检查和记录结构垂直度、水平度、扭转及结构的截面尺寸等偏差数值，及时纠偏。

3) 末滑升

模板顶面滑升至设计标高后，测量模板的顶面标高，使其在同一水平上，一次浇筑混凝土至模板顶面。

4) 模板脱模处理

在完成最上层混凝土浇筑后，要精准把握提升时机，防止模板与混凝土发生粘连现象。

3 模板滑移施工的关键挑战及解决方案

3.1 浅圆仓的模板滑移施工工艺技术含量高，对工程质量和安全保障有着严格标准。

首先要制定详细的浅圆仓仓壁滑模安全施工方案，经施工单位总工程师审核后，送监理单位审批，并邀请专家对方案进行论证。

施工前，要向项目管理人员进行方案讲解，并对各工种操作人员进行技术培训和安全教育。

混凝土采用商砼供应，使用63米汽车泵进行浇筑，

保证24小时不间断施工。严把材料进场关，对混凝土的坍落度、初凝时间、振捣工艺、模板提升时机以及混凝土表面处理等各个环节进行严格管控。

3.2 确保预埋件精准就位

针对各专业设计图纸，仔细核对预埋件的布置位置、标高、尺寸和数量。制作预埋件安装指示牌，并将其悬挂在施工现场的操作平台上。施工现场特别指派专门人员负责预埋部件的精准安装。

4 对于滑模的水平与垂直度管控，采取针对性措施进行调节

4.1 在水平度把控方面，通过在支撑杆上安装限位装置（通常使用钢管扣件），借助水平管在支撑杆上进行精确找平。每次提升到既定高度后，确保滑模保持在同一水平面上，以此实现水平度的有效控制。

4.2 至于垂直度的管控与校正，采用了经纬仪或全站仪进行实时监测。通过观测仓壁的垂直状态，一旦发现偏差，可在千斤顶支座下方加设钢板垫块，从而调整滑模的垂直度。

由于作业平台上物料分布不均，滑模在提升过程中容易出现倾斜或扭转现象。因此，每提升60cm就需对仓壁垂直度进行一次检测，及时发现问题并采取相应纠正措施。结构施工偏差如表3要求控制。

表3 滑模施工混凝土结构的允许偏差

项目		允许偏差（mm）
轴线位置		±8
梁、柱、墙截面尺寸		-5、+10
标高	层高	±10
	全高	±30
表面平整（2m长直尺检查）		8
清水混凝土的表面平整		5
垂直度	层高小于或等于6m	10
	层高大于6m	12
	全高	≤ 30
门窗洞口及预留洞口中心线		±15
预埋件中心线		±15
筒体结构	定位中心线	0， 15
	筒壁厚度	-5， 10
	任意截面半径	≤ 25
	全高垂直度	≤ 50

5 质量通病及防治措施

5.1 混凝土仓壁脱模时产生开裂现象

① 按照施工标准，模板应设置2%-3%的倾斜角度，

呈现上窄下宽的形态。这种设计能有效降低混凝土滑出时与模板之间的摩擦力，防止因阻力过大导致混凝土出现开裂问题。

② 在滑模提升过程中,使用橡胶锤对模板内外侧进行适度敲击。这样做的目的是防止混凝土与模板粘连,确保两者顺利分离,从而减少滑升过程中的摩擦阻力,降低仓壁混凝土在脱模时发生开裂的风险。

③ 科学控制混凝土的脱模强度,防止因强度过高造成仓壁开裂。特别是在夏季施工时,可适当添加高效减水剂,选用低水热化特性的硅酸盐水泥等材料,这些措施有助于降低混凝土温度,有效预防模板粘连现象。

5.2 仓壁水平裂缝处理方案

在每次模板滑升前,必须对脱模混凝土的强度进行仔细检查,确保其达到规定标准。同时要及时清理模板上口残留的混凝土,保持模板内表面的清洁和平整度。在进行垂直度调整时,操作应当缓慢细致,避免混凝土在受力过程中发生弯折变形。

5.3 表面缺陷处理

仓壁脱模后,若混凝土表面存在蜂窝、麻面、气泡以及错台等问题,需采用同配比混凝土浆料进行修复,确保色泽均匀、表面平整。同时,应适当延长后续浇筑过程中的振动时间,并合理调整振动点的布置密度,以提升混凝土密实度。

5.4 混凝土浇筑振捣过程中滑模拼接处出现水泥浆流坠现象

针对模板接缝不密实,混凝土凝结过程中出现收缩,模板滑升后在浇筑下一层混凝土过程中出现水泥浆

流坠问题,采取对模板拼接缝螺栓进行紧固,采用土工布肋带绕模板下边缘一圈,堵截水泥浆流坠,保证仓壁混凝土观感质量。

结论

采用滑模技术进行浅圆仓仓壁施工,能够显著提升混凝土结构的整体性能,同时缩短工期并确保工程质量。在具体操作中,运用水准仪进行精确测量,配合千斤顶添加垫片的方式,结合限位块装置,有效把控滑模提升时的垂直与水平精度。为达到规范要求的2‰-3‰倾斜度,采用原浆修补工艺处理表面,及时清理模板残留物并涂刷隔离剂,这些措施大大减少了仓壁脱模后可能出现的平整度问题、蜂窝麻面、气泡、混凝土开裂及水泥浆流挂等常见质量缺陷。通过液压千斤顶推动滑模施工,不仅节省了模板和脚手架等材料的使用,还显著提升了施工效率,降低了人工成本,为同类工程提供了可参考的实践经验。

参考文献

- [1]冯波.大直径浅圆仓滑模施工技术研究[A]《价值与工程》,2024(19):150-04
- [2]孙传民,王勇,刘勇献.浅圆仓出粮技术初探[I]《粮食流通技术》,2001:06-25
- [3]王鹏慧;镇江苏南储备粮浅圆仓滑模施工技术研究[A]《山西建筑》,2025(02):0112-04