

浅谈双滑模施工技术在浅圆粮仓施工中的应用

申灵君

通号建设集团有限公司

摘要: 本文结合安宁市粮食仓储物流中心工程施工实践,通过浅圆粮仓双滑模施工技术的应用,解决了双独立粮仓同步施工的问题,拓展了滑模施工技术的应用发展,具有很好的推广应用价值。

关键词: 浅圆粮仓;双滑模施工;同步施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.11.036

一、前言

安宁市粮食仓储物流中心工程项目主体结构为2个并排排列的独立浅圆筒仓,两仓之间中对中距离为24.5m,单库内径20m,壁厚0.26m,两仓分别高25m和25.5m。±0.00以下分别为2m和2.5m。仓壁采用滑模施工,根据施工工期计划及施工特点,本工程采用双滑模施工技术对浅圆仓进行施工。

二、滑模系统设计

1、滑模系统组成

滑模系统由液压控制系统、柔性模板系统、操作平台系统、其他系统(精度控制、垂直与水平运输系统)四大部分组成。

(1) 液压控制系统采用GYD-60型千斤顶,共布置80台千斤顶(每个筒仓40台)。采用1台YKT-56型液压控制台,两套滑模共用液压控制台,布置三级分组并联油路,一级主油管选用1.9cm高压耐油软管,二级分油管选用1.3cm高压耐油软管,支油管选用1.0cm高压耐油软管,支油管联通各单个千斤顶;分油器采用无缝钢管制作。

(2) 模板系统采用柔性大模板体系,面板采用1.2m长,2m宽,厚3mm的柔性钢板,围圈采用[8槽钢制作,上下围圈的间距为0.65m,壁柱处围圈做成格构式。沿筒壁布置80个提升架(每个筒仓40个),均沿筒仓半径方向安装,由桁架、加固圈、围圈组成。

(3) 操作平台系统(含过道系统):内平台采用内挑三脚架,外平台采用外挑三脚架,均用螺栓与提升架连接。为便于施工操作,两滑模之间设置过道系统。

(4) 精度控制系统:用水准仪测量水平,全站仪和吊锤测垂直度。

(5) 垂直与水平运输系统:设置塔吊1台,布置人行步道。

2、主要荷载计算

浅圆仓中间通过过道连接,考虑安全性,按照一个筒仓滑模工况计算。

(1) 平台荷载计算:

根据设计滑模装置的荷载参考值,模板、围圈及提升架等自重、摩阻力按模板面积计算,操作平台及吊架自重、施工荷载按平台面积计算。

序号	荷载名称	荷载值(KN)
1	内外平台及吊架自重	1.0×370.33=370.33
2	模板、围圈及提升架自重	0.8×114.4=91.52
3	摩阻力	1.8×114.4=205.92
4	施工荷载	1.0×370.33=370.33
5	总荷载	1038.1

$$S_{\text{模板}}=114.4\text{m}^2, S_{\text{平台}}=370.33\text{m}^2。$$

(2) 千斤顶需用量计算

① 千斤顶最少需用量计算:

$$n=N/P=1038.1/30=35\text{台}$$

综合考虑抗风要求和构造、稳定性等因素,实际布置千斤顶40台,1.1m提升架40榀,千斤顶和提升架的布置详见滑模平面布置图。

② 千斤顶实际承载能力计算:

$$P=N/n=1038.1/40=25.95\text{KN}<30\text{KN} \quad \text{安全。}$$

(3) 支承杆计算

千斤顶爬升用支承杆采用 $\phi 48 \times 3.2$ 脚手架钢管,每根支承杆的实际承受荷载18.96KN。

$$\text{支承杆容许荷载计算: } [P]=0.7 \times 40 \times E \cdot I / K \cdot (L_0+95)^2$$

式中:

$$E \text{--- 式中支承杆的弹性模量} = 2.1 \times 10^4 \text{KN/cm}^2;$$

$$I \text{--- 支承杆的截面惯性矩} = 12.296 \text{cm}^4;$$

$$K \text{--- 安全系数} = 2;$$

L_0 ---支承杆自由长度,按提空时最不利的状态(库底板处空滑)计算,模板高1m,提升架下横梁下口至模板上口距离0.5m,千斤顶下卡头到提升架下横梁下口距离0.25m,所以 $L_0=1+0.5+0.25=1.75\text{m}=175\text{cm}$ 。

以上数据代入上式得:

$$[P]=0.7 \times 40 \times 2.1 \times 10^4 \times 12.296 / \{2 \times (175+95)^2\} = 49.59\text{KN} > 25.95\text{KN} > 18.96\text{KN};$$

即按照整个滑模平台托空时的最不利状态计算,支承杆的承载能力大于实际负荷,是十分安全的。

(4) 液压系统设计

① 液压系统计算

序号	参数名称	参数值
1	滑模装置总荷载	$N=1038.1\text{KN}$
2	千斤顶油缸容积	$V=0.261 \times n=0.261 \times 40=10.44\text{L}$
3	千斤顶活塞总面积	$A=7457 \times n=7457 \times 40=298280\text{mm}^2$
4	千斤顶弹簧总压力	$P_t=0.3n=0.3 \times 40=12\text{KN}$
5	所需工作压力	$P=[(N+P_t)/A+\Delta P]/\eta=[(1038.1+12) \times 1000/298280+0.1]/0.6=6.03\text{MPa}$
6	齿轮泵流量	$Q=V \cdot K/t=10.44 \times 1.2/1=12.53\text{L/min}$

②液压系统选型

根据上式，选用1台YKT-56型液压控制台，其技术参数如下：

YKT-56型液压控制台			
参数名称	参数值	参数名称	参数值
工作压力	8MPa	油箱容积	80L
最高压力	10MPa	电机功率	10KW
流量	56L/min		

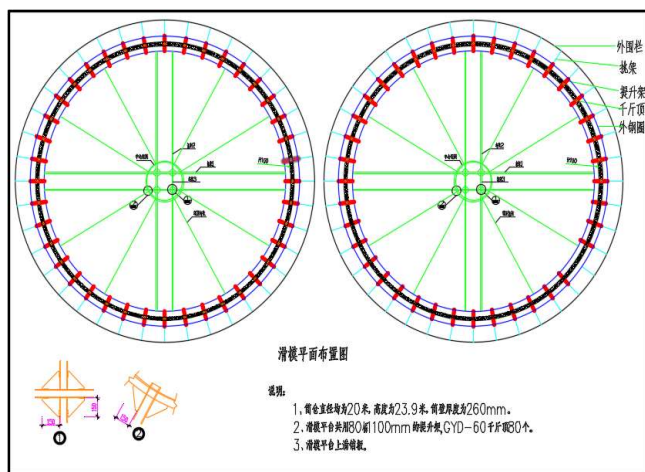
(5) 模板受力计算（主要计算砼产生的对模板的侧压力P）

按照插入式振捣器工况，砼对模板产生的侧压力为： $P=r(h+0.05)$

式中： r —砼的容重，取 $25\text{KN}/\text{m}^3$
 h —浇筑砼每层的厚度，取 0.3m
 $P_1=25*(0.3+0.05)=8.75\text{KN}/\text{m}^2$

考虑到砼浇筑时，施工荷载对模板产生的侧压力
 $P_2=2\text{KN}/\text{m}^2$

计算： $P=P_1+P_2=8.75+2=10.75\text{KN}/\text{m}^2$



滑模平面布置图

三、滑模施工工艺

1、定位放线

滑模组装前，由技术人员进行定位放线，确定吊架及爬升杆定位线、筒仓壁内外侧定位线、壁柱及洞口标示线、特殊部位双爬升杆标示、四个象限点标高等。

2、滑模组装

(1) 组装前准备

滑模平台各结构件加工完毕后，在生产厂家对各部件进行试组装，然后运至施工现场，开展组装。施工前首先检查基础的位置、尺寸与设计位置和尺寸的误差：实际中心点与设计中心的位移误差不超过正负15mm；内径误差不大于设计内径的1%，并且不得大于50mm。

对滑模设备进行检查，对液压控制台进行试运行，对千斤顶进行空载试验，确保各千斤顶行程一致，同时对油管、阀门进行耐油试验，确保运行正常。

(2) 组装

首先安装提升架，安装内外圈桁架，绑扎钢筋，

挂好内侧模板，然后准确定出各支承杆和千斤顶的位置，安插支承杆，安装外侧模板，进行油路、电器、观测系统等安装调试，将滑模滑至2m以后，安装内外操作平台的支架、铺设平台板和设置安全防护设施。滑模的组装应满足验收标准的要求。

3、滑模调试

滑模组装完后，要进行调试，要确保滑升条件符合要求。一是确保千斤顶、液压组件都处于正常的工作状态，二是确保现场无阻碍滑升的障碍物，施工荷载均匀分布，符合设计工况。三是确保操作平台上的各种绳索、管线与地面联系留有足够的富余量。

为了观测滑模的受力是否满足设计要求需对操作平台进行荷载试验，试验荷载按计算荷载的120%考虑，分两次进行加荷，每次均要仔细检查支承杆有无变形或失稳，千斤顶是否出现漏油、拉杆是否有过载变形，模板和围圈有无变形等。

4、初始滑升

本项目两个筒体间距离较近且标高和构造一致，故决定两个筒体滑模组装为一个滑模体系，中间搭设人行通道，同步进行滑模施工。

为保证底板与筒仓仓壁有很好的衔接，第一层先浇灌1cm厚砼，然后浇筑第二层、第三层砼，直至模板内砼的高度达到0.7~0.8m，底层混凝土强度达到0.2~0.4Mpa。停止浇灌砼，开始初始滑升。初滑阶段，必须对砼的凝结状态和滑模进行检查，首先将模板升起7.5cm，即顶升千斤顶2至3个行程后，暂停滑升，检查模板是否同步上升，检查砼出模后不塌落，不被模板带起。如果出现有不同步的情况，应立刻排查原因，待问题消除后方可继续试滑升1至2个行程，如果正常则可以停止试滑，转入正常滑升阶段。

5、正常滑升

(1) 确定滑升速度

根据液压滑模设计有关规定，考虑到云南安宁地区温度，为保证支撑杆不失稳，砼的理想出模强度，一般控制在0.2~0.4Mpa，且滑升速度满足下式要求：

$$V=10.5/T \cdot (K \cdot P)^{0.5} + 0.6/T$$

式中：

V ——模板滑升速度 (m/h)

P ——单根支撑杆的荷载 (KN)

T ——在作业期内的平均气温条件下，砼强度达到0.7~1.0MPa所需要的时间 (h)

K ——安全系数，取2.0。

$$V=10.5/12*(2*18.96)*0.5+0.6/12=0.1 \text{ m/h}$$

(2) 滑升

初始滑升后，开始正常滑升。一个浇筑层滑模正常滑升按以下流程实施：绑扎钢筋，焊接支承杆→浇30cm厚砼→滑升→垂直观测纠偏纠扭→铁件预埋、孔洞预留→找平、移限位卡→出模砼加原浆压光，在达到一定强度后用清水涂刷。出模砼内外筒壁采用原浆压光，外壁要求达到清水模板效果，终凝后浇水养护。

根据气温、砼运输、钢筋绑扎情况等，滑模采用24小时连续作业，滑升速度 V 约 0.1米/小时，每天大于

2.4米，控制砼出模强度在0.2~0.4Mpa之间。

正常滑升阶段掌握好滑升时间、滑升速度及砼浇筑厚度。每次滑升，应进行滑升前检查，过程中每滑升一米高度，对系统进行全面检查一次，每次如此反复直至达到顶板底标高为止。

滑升过程中，两次滑升的时间间隔控制在1.5h以内，滑升时，让各千斤顶充分排油、进油；保证相邻千斤顶的相对标高差不超过40mm，两个相邻提升架上的千斤顶升差不超过20mm，确保操作平台水平。在滑升过程中，应检查并记录筒壁的垂直度、扭转、截面尺寸等偏差数值。同时应经常检查操作平台，支承杆的工作及砼凝结情况，如出现异常，应迅速分析原因，制定措施，解决异常情况。因故不能滑升时，应采取停滑措施。

6、混凝土工程

本工程砼强度为C30，塌落度应控制在160~200mm，初凝时间控制在2小时左右，终凝时间控制在6小时左右。砼采用汽车泵浇注，分层浇注时采用第一层顺时针，第二层逆时针，交替进行的浇注方式。

为保证支承杆在砼的嵌固，在不影响砼提升质量的情况下，控制砼出模强度在0.2~0.4Mpa之间，决不能低强度出模，否则埋入模板下口部分的支承杆会失稳弯曲。初滑阶段，必须检查砼的凝结情况和滑模状况，及时纠正存在的问题。每层30cm砼浇筑完毕后，在滑升模板的下口砼符合出模强度的要求才可以开始提升。

7、钢筋工程

浅圆仓的钢筋在地面制作好后，分批由塔吊运至滑模平台上，为配合滑模快速施工的需要，钢筋接头按照设计要求施工（用作防雷接地的竖筋必须焊接）。保证钢筋定位准确，每一浇灌层砼浇筑完毕后，在砼表面上绑扎好横向钢筋，然后设置定位钢筋，保证钢筋保护层厚度。

8、筒壁涂刷

滑模平台内外均设一层吊架，使用吊架对出模砼及时原浆压光和对流淌水泥浆进行铲除，在吊架上环绕筒壁设4根 ϕ 20PVC浇水管，在管上靠筒壁一侧均匀钻孔，用管道泵将水压入PVC管，随滑模施工对筒壁砼进行喷淋。并派专人用清水均匀涂刷筒壁，最终达到表面圆滑、光洁、色泽基本一致的目的。

9、防止水泥浆流淌

为防止操作平台上水泥的流淌，操作平台应铺设严密，沿模板两边操作平台，采取三层结构，下层用50mm厚木板作承力结构，中间铺一层塑料布，可确保防渗漏，面层用胶合板满铺，保护塑料布，操作人员在层板上进行安全操作。

10、预埋件和预留洞实施

由于筒壁的滑模施工是比较快且不中断的，因此，筒壁中的预留洞和预埋件均应提前做好准备工作。本工程由专人绘制预留洞和预埋件位置图，按筒壁厚度设计制作做好门、窗、洞口的留设钢模架衬模，通用部件进行专门设计，做成工具式的，既保证装拆灵活，又不易变形，确保了门窗洞的形状、位置正确，而且不影响滑升速度。预留洞衬模比模板上口尺寸小10~15mm，

方便从滑模上口插入，同时又不会被滑模夹紧而上提发生位移。待滑升至设计标高时，将衬模插入置于设计位置，门窗框外侧用短筋焊于墙筋或支承杆上加以固定。

11、操作平台扭转及偏斜控制

在操作平台上设置观测标志，采用全站仪观测，每滑升50~60cm作一次水平测量，并将水平标高标记于各支承杆上，采用限位卡控制法，将限位卡设置在提升架上方的支承杆上，距离一般为30~50mm，在千斤顶上方设置叉形套，使所有千斤顶行程一致，通过千斤顶和限位卡的调整，控制操作平台的提升，从而纠正扭转或偏斜在水平观测的同时，竖向观测垂直度，当出现垂直度偏移时，采用：操作平台倾泻法、支承杆导向纠偏法和调整操作平台荷载纠偏法实施纠偏。

12、滑模拆除

滑模滑升仓顶23米标高后，先将滑模脱模滑空后，筒壁模板与筒壁砼间隔200mm~300mm，利用塔吊吊索将提升架绷紧后，分段拆除滑模装置。滑模拆除期间，筒仓周边5m范围内拉设警戒线，拆掉范围内不得有人员或车辆出入，并派专人监督。

滑模拆除流程：液压机、油管拆除→滑模平台及防护拆除→滑模架体分片切割拆除（外吊架→外模→外平台→内平台→内模→围檩桁架→千斤顶→提升架）→地面架体分解装车。

根据现场情况，滑模装置分段吊装至地面后，再对各段滑模装置进行分类拆除堆放，全部滑模装置拆除完成后，及时调运出场。

四、结束语

本文依托安宁市粮食储备中心双筒粮仓施工实践，通过双滑模施工技术的应用，安全高效完成了浅圆仓项目的施工，取得了以下良好的施工效果，具有较好的环境与经济、社会综合效益，也为国内类似项目提供了实践应用和工艺技术方面的借鉴作用。

1、双滑模施工可以保证双筒仓砼施工连续性，保证施工质量，满足粮食储存所要求的结构气密性、防渗性等要求。

2、采用双滑模施工技术具有速度快，可以大大加快施工进度，满足工期需要，节约了工期20天，节省费用约26.8万元。

3、采用滑模施工技术，仓筒四壁可以随着滑模的滑动，设置吊架同步施工，及时抹平压光，避免了后期的粉饰，感官质量好，节约施工成本。

4、滑模施工技术机械化程度较高，节省施工场地和人力并且，能节省大量的对拉钢筋，钢管架，具有绿色环保的优点，符合建筑低碳要求。

参考文献

[1]李彦华.浅谈大直径筒仓滑模施工方法的应用[J].科技创新与生产力,2016,(6):91-94.

[2]张龙.浅圆筒仓滑模施工工艺及控制要点[J].智能城市,2020,6(01):179-180.

[3]刘自强.缓冲煤仓筒仓滑模施工技术[J].建筑技术开发,2016,43(1):48-50.