

## 圆形筒仓漏斗独立施工与仓壁搭接的施工精度控制方法

刘小鹏

中国五冶集团有限公司, 四川 成都 610000

[摘要]近年来,漏斗独立施工模式在大型圆形筒仓工程中应用日益广泛,可以有效防止仓壁施工与漏斗施工之间产生相互干扰,同时有助于提高施工的效率。然而,在此模式下,导致漏斗与仓壁搭接处的施工精度控制难度明显增大,容易出现一些质量隐患。基于此,文章研究基于圆形筒仓漏斗与仓壁的结构特性,对影响漏斗与仓壁搭接施工精度的核心因素进行系统分析,并提出一系列具有针对性的施工精度控制策略,确保筒仓结构具备稳定性与安全性,同时满足其使用功能要求。

[关键词]圆形筒仓;漏斗独立施工;仓壁搭接;施工精度;控制方法

DOI: 10.33142/ec.v8i12.18773

中图分类号: U452

文献标识码: A

## Precision Control Method for Independent Construction of Circular Silo Funnel and Overlapping of Warehouse Wall

LIU Xiaopeng

China MCC5 Group Corp. Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

**Abstract:** In recent years, the funnel independent construction mode has been increasingly widely used in large circular silo projects, which can effectively prevent mutual interference between silo wall construction and funnel construction, and help improve construction efficiency. However, in this mode, the difficulty of controlling the construction accuracy at the overlap between the funnel and the warehouse wall increases significantly, which can easily lead to some quality hazards. Based on this, the article studies the structural characteristics of the circular silo funnel and silo wall, systematically analyzes the core factors affecting the construction accuracy of the funnel and silo wall overlap, and proposes a series of targeted construction accuracy control strategies to ensure the stability and safety of the silo structure while meeting its functional requirements.

**Keywords:** circular silo; funnel independent construction; overlapping of warehouse walls; construction accuracy; control method

### 引言

随着国家经济的日益发展,企业对筒仓结构性能的要求也在逐步提高。圆形筒仓凭借高效的空间利用效能、受力体系以及便捷的施工操作特性广泛应用于工业与民用建筑领域。由于圆形筒仓设计充分利用了薄壁筒壳结构的优越性,漏斗作为圆形筒仓中的关键组成部分,不仅要承受自身结构重量以及仓内物料压力,而且需要承担仓壁所传递的竖向荷载。因此,需要高度重视漏斗与仓壁的搭接部位的施工质量。在传统圆形筒仓的施工过程中,通常漏斗的施工大多和仓壁施工同步开展,虽然这种施工安排可以减少搭接部位的精度偏差,确保结构整体的精度。然而,这种同步施工的模式存在施工工序交叉干扰大、施工进度缓慢等弊端,对仓壁与漏斗的施工进度产生不利影响,难以保证工程的质量。漏斗独立施工模式通过创新性的施工组织安排,实现了仓壁施工与漏斗施工的分离,逐渐取代传统同步施工模式。然而,漏斗独立施工模式对施工过程

提出了更为严格的要求,若出现轴线偏移、标高错位、平整度达不到要求等情况,均会影响筒仓整体结构性能。本文将研究重点聚焦于漏斗独立施工时与仓壁搭接的关键精度控制要点,对精度偏差产生的机理展开系统性分析,提出针对性的精度控制策略,为同类工程的开展提供系统的理论指引和实用的技术参考依据。

### 1. 圆形筒仓漏斗与仓壁的结构特性及搭接要求

#### 1.1 结构特性

圆形筒仓类工业构筑物的内部空间与功能需求高度适应,具有极为鲜明的结构与形式特征。圆形筒仓的仓壁大多以钢筋混凝土为主要材料,呈现为圆柱状的薄壁结构,筒仓结构承受荷载主要包括可变荷载、永久荷载及地震作用。轴线偏差、壁体平整度、标高偏差等关键指标是衡量筒仓施工质量是否达标的重要依据。漏斗结构特点是斜面坡度固定、受力集中、几何形状复杂,在结构功能上,漏斗壁既要承受自身质量引起的重力荷载和仓内物料的竖

向压力,还要承受承受物料下滑过程中所产生的摩擦力以及侧压力。因此,在施工的过程中需要对斜面的坡度、钢筋保护层的厚度等指标进行严格控制。当处于漏斗独立施工的作业模式时,在仓壁主体施工完成后将呈现出封闭的圆柱形结构形态,其下部的搭接区域呈现出环形水平面或者斜面的结构特征,为确保结构性能,漏斗上端需与该搭接面精准契合。

### 1.2 搭接精度要求

圆形筒仓漏斗与仓壁的搭接精度要求需依据设计规范,并结合结构受力的具体需求确定,主要包括以下几个方面,详见表1。

**表1 圆形筒仓漏斗与仓壁的搭接精度要求**

控制类别	具体控制指标	精度限值	控制目的
轴线偏差	漏斗与仓壁中心轴线偏差(筒仓直径≤15m)	≤5mm	避免搭接不均匀,防止仓壁侧压力分布不均
轴线偏差	漏斗与仓壁中心轴线偏差(筒仓直径>15m)	≤8mm	避免搭接不均匀,防止仓壁侧压力分布不均
轴线偏差	漏斗壁内、外轮廓线偏差	≤3mm	保证漏斗几何尺寸精准,契合仓壁搭接面
标高偏差	漏斗与仓壁搭接面标高偏差	±3mm	避免搭接错位,防止局部应力集中
标高偏差	漏斗底面标高偏差	±5mm	保证卸料顺畅,满足卸料装置安装要求
标高偏差	漏斗斜面标高偏差	±4mm	保证斜面坡度均匀,防止物料滞留
平整度偏差	搭接面平整度偏差	≤2mm/m	保证搭接面紧密贴合,防止应力集中和渗漏
平整度偏差	漏斗壁平整度偏差	≤3mm/m	保证漏斗结构规整,提升受力合理性
平整度偏差	漏斗斜面平整度偏差	≤2.5mm/m	保证物料顺畅下滑,减少摩擦力影响
间隙偏差	搭接部位间隙偏差	±5mm	保证密封和灌浆效果,提升防渗性和整体性
钢筋精度	钢筋间距、排距偏差	±10mm	保证钢筋受力均匀,提升结构强度
钢筋精度	钢筋保护层厚度偏差	±5mm	防止钢筋锈蚀,保障结构耐久性
钢筋精度	钢筋搭接长度偏差	±10mm	保证钢筋连接可靠,实现受力平稳传递
钢筋精度	钢筋搭接位置偏差	≤50mm	避免钢筋受力集中,提升连接稳定性

## 2 漏斗独立施工与仓壁搭接精度的影响因素分析

圆形筒仓漏斗独立施工与仓壁搭接的精度控制,受多方面因素的影响,任一环节出现偏差,都会导致搭接部位精度超标。①施工测量因素。若全站仪、经纬仪、水准仪等测量仪器的精度不足,均会导致坡度、标高、轴线测量

存在差异,对漏斗与仓壁的搭接精度造成严重影响。若仓壁基准点有偏差,会导致在施工过程中基准点发生偏移或沉降,引发测量偏差。②模板工程因素。漏斗多为异形模板,在设计模板的过程中若未充分考虑其几何形状以及受力特点,模板拼接节点设计不合理,浇筑时易变形、移位、漏浆,均会对漏斗的平整度与几何尺寸造成严重影响。模板加工过程中模板加工精度不足,导致模板的平整度、接缝精度不达标,无法与仓壁精准契合。在安装漏斗模板时若固定措施不牢固、安装位置偏差,浇筑时模板易发生移位、变形,对漏斗轴线、标高等指标造成不良影响。此外,模板拆除时机过早或过晚均会影响搭接面精度与外观。③钢筋工程因素。漏斗多为异形钢筋,精准下料需考虑其几何形状与坡度,若计算失误,导致钢筋的弯折角度出现偏差。再者,安装时若钢筋间距、排距、保护层厚度控制不好,均会对安装的位置与搭接精度造成影响。此外,漏斗与仓壁预留钢筋焊接时出现漏焊、虚焊、焊缝厚度不够等问题,导致钢筋连接可靠性不足,对搭接部位的几何精度产生影响。④混凝土工程因素。若混凝土配合比设计不当导致混凝土的流动性、和易性不佳,浇筑过程中易出现蜂窝、空洞等问题。此外,混凝土养护不及时、时间不足或方式不当,均会影响结构强度与外观。

## 3 漏斗独立施工与仓壁搭接的施工精度控制方法

### 3.1 施工准备阶段的精度控制

为了确保漏斗与仓壁搭接的精度,做好施工前的准备作用尤为关键。组织技术人员熟悉施工图纸、精度要求,明确搭接方式、结构尺寸以及精度指标。对施工人员进行全面的技术交底,包括各工序的精度控制要点、施工工艺以及操作规范等相关内容。做好测量仪器的准备工作,对于施工过程中所用到的全站仪、水准仪等测量仪器进行专业的校准,确保合格之后可进行使用。除测量仪器,准备模板、钢筋加工,混凝土搅拌、振捣等设备,进场前调试检修,确保运行正常。同时,需要加强完善测量基准点体系,增设漏斗施工专用基准点和水准点,避开干扰区。此外,严格把控材料的质量,在材料进场时检查各类材料的合格证书,对于不合格的材料严禁进场使用。

### 3.2 施工过程中的精度控制

#### 3.2.1 施工测量的精度控制

施工测量贯穿漏斗施工全程,需要严格依照方案执行,重点做好轴线、标高、坡度控制及测量复核。使用全站仪依据基准点定位漏斗中心轴线,在仓壁下部搭接面弹出环形轴线控制线。模板安装前根据环形轴线控制

线弹出漏斗壁的内侧与外侧轮廓线，以此保证模板安装的位置准确。安装后用经纬仪复核，漏斗中心轴线和漏斗壁轮廓线出现偏差及时调整。使用水准仪测量仓壁下部搭接面实际标高，对比设计标高，若有偏差提前调整。安装漏斗模板时按照设计标高在模板上弹出标高控制线，从而确保模板安装高度符合要求，安装后使用水准仪复核漏斗上端搭接面的标高情况。此外，建立“三级复核”制，即施工人员自检、技术人员复检、监理人员终检，每道测量工序后严格复核，有偏差，及时分析原因，并进行针对性的调整。

### 3.2.2 模板工程的精度控制

模板工程对控制漏斗几何尺寸、平整度、坡度至关重要，为了确保工程质量达标，需从设计到拆除全流程精度控制。漏斗模板运用了异形模板的设计方案，结合漏斗形状、受力及施工精度要求，开展关于模板刚度、强度与稳定性指标的计算工作。在模板拼接节点处，采用企口拼接的专项设计，减少拼接处的间隙尺寸，防止混凝土漏浆；模板表面打磨，平整度偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ 。同时，为了便于在安装时调整位置和角度，在模板设计中提前预留调整装置。在模板加工的过程中严格落实加工工艺要求，合理控制模板的平整度、几何尺寸以及接缝精度。模板的长宽偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$ ，厚度偏差 $\leq \pm 1\text{mm}$ ；拼接面平整度偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ ，接缝间隙 $\leq 0.5\text{mm}$ 。安装模板前清理搭接面和模板表面杂物，按照“先内后外、先下后上”顺序，依据轮廓线和标高线精准安装。模板固定采用内部支撑与外部牵拉相结合的固定方式，内部设钢管支撑，间距 $\leq 1.2\text{m}$ ，拉杆采用具备高强度特性的螺栓材料，拉杆间距 $\leq 1.5\text{m}$ 。斜撑的安装位置选定在漏斗斜面的外侧区域，并与地面夹角呈 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。固定后进行全面检查，若模板的位置、坡度、标高、平整度出现偏差及时调整。当混凝土的强度达到设计强度值达75%以上可将漏斗侧模拆除，确认混凝土强度达到100%可将漏斗底模和支撑体系拆除，在拆除期间，避免因敲击或碰撞漏斗混凝土表面而出现变形、开裂等问题。在拆除后，将模板表面的混凝土残渣及时清理干净，同时对混凝土的坡度、平整度、几何尺寸进行全面检查。

### 3.2.3 钢筋工程的精度控制

钢筋工程是保障漏斗与仓壁搭接区域结构承载能力及应力有效传递的核心要素，确保钢筋工程的质量，需从下料、安装、连接环节控制精度。下料前合理计算每根钢筋的搭接长度、弯折角度，同时采用专业的钢筋切断机进

行精准切割，值得注意的是，钢筋弯折的角度偏差控制在 $\pm 2^\circ$ 内。安装钢筋前清理漏斗模板内杂物，严格控制钢筋的排距、间距以及安装位置。漏斗壁钢筋间距、排距偏差 $\pm 10\text{mm}$ 内，保护层偏差 $\pm 5\text{mm}$ 内；搭接长偏差 $\pm 10\text{mm}$ 内，位置偏差 $50\text{mm}$ 内。漏斗钢筋与仓壁预留钢筋的连接采用焊接或绑扎搭接，焊接之前将钢筋连接部位的油污、铁锈等杂质彻底的清理干净，同时加强对焊接人员的培训，使其可以严格按照设计规范要求进行操作，避免出现虚焊、漏焊等问题。绑扎搭接连接时，绑扎点间距不大于 $200\text{mm}$ ，且确保绑扎牢固。

### 3.2.4 混凝土工程的精度控制

混凝土工程在漏斗结构成型过程中起着关键作用，需要针对混凝土配合比、混凝土浇筑、混凝土养护等环节开展精度管控工作。结合漏斗的结构特征与强度标准设计混凝土配合比，混凝土原材料必须依照配合比精准计量，水泥、砂石等各类原材料的计量误差范围必须严格控制在 $\pm 2\%$ 以内。采用强制式搅拌设备搅拌，时间控制 $90 \sim 120\text{s}$ 。采用斜面分层浇筑，分层厚度控制 $300 \sim 500\text{mm}$ ，速度 $2 \sim 3\text{m}^3/\text{h}$ ，浇筑期间，使用水准仪对浇筑的标高进行实时监测。在混凝土振捣过程中，采用插入式振捣棒实施振捣工作。一般情况下，振捣棒的直径规格宜选用 $\phi 50$ 或者 $\phi 30$ 的型号，时间控制在 $20 \sim 30\text{s}$ ，直至混凝土表面呈现出浮浆状态，且无继续下沉及冒气泡现象发生，其间需注意避开模板与钢筋，以此避免造成模板移位、钢筋变形等不良后果。在混凝土浇筑施工结束后，立即依照相关规范开展养护工作，养护作业应选取覆盖土工布结合洒水的方式进行，养护时间至少 $14\text{d}$ ，当环境温度处于低于 $5^\circ\text{C}$ 的状况时，采取保温养护措施。

### 3.3 搭接节点处理的精度控制

搭接节点作为漏斗与仓壁衔接的关键构造部位，其施工精度对筒仓整体结构性能有着直接的影响。因此，施工时于搭接面相互之间安置用于控制间隙的垫块，间距控制在 $500 \sim 600\text{mm}$ 。当漏斗混凝土浇筑工作完成、模板拆除工序完结之后及时清理仓壁下部搭接面和漏斗上端搭接面的浮浆、杂物等，并且对搭接面的平整状态与标高情况进行全面复核，当搭接面平整度偏差大于 $2\text{mm/m}$ ，借助打磨机实施打磨操作。此外，加强密封、灌浆处理工作，优先使用防渗性能良好、黏结力强的密封胶、灌浆料，密封胶填充的深度应满足不小于间隙高度 $2/3$ 的要求。进行灌浆操作期间，选用压力灌浆的方法，灌浆压力严格控制在 $0.3 \sim 0.5\text{MPa}$ 的区间内，直至观察到灌浆料从排气孔溢

出且无气泡为止。

#### 4 结论

圆形筒仓漏斗独立施工模式容易受到多种因素的影响,本文通过全流程的施工精度控制方法,在施工准备阶段,做好测量仪器、材料的准备工作,可以有效防止因施工过程中的精度偏差隐患。施工期间通过加强对轴心、坡度标高、搭接节点的精准控制,可以确保漏斗独立施工与仓壁搭接的始终满足设计和规范要求,提高施工质量,实现筒仓结构的安全性、稳定性和使用功能。未来,在漏斗独立施工过程中可充分融合智能化施工技术、数字化管理体系,进而提高精度控制的准确性与效率,为同类工程施工提供更全面、更精准的参考。

#### [参考文献]

- [1]潘伟.圆筒式库仓结构设计方法的探讨[J].湖南理工学院学报(自然科学版),2005,11(2):63-65.
  - [2]袁龙飞,李晓文,白国良,等.对《钢筋混凝土筒仓设计规范》有关问题的思考[J].工业建筑,2012,42(1):149-153.
  - [3]石文涛.钢筋混凝土筒仓的设计与探讨[J].建筑施工,2018(8).
  - [4]肯尼思·弗兰姆普顿.建构文化研究[M].王骏阳,译.北京:中国建筑工业出版社,2007.
- 作者简介:刘小鹏(1991.8—),毕业院校:山西大学,所学专业:建筑环境与设备工程,当前就职单位:中国五冶集团有限公司,职务:技术负责人,职称级别:工程师。