

# 矿业选厂球磨机安装工艺优化研究

刘亚晨

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

**【摘要】**：在矿业选厂中，球磨机承担着物料粉磨的核心任务，设备安装质量与后续运行效率和使用年限息息相关。针对传统安装工艺中暴露出的基础施工精度不够、吊装定位偏差偏大、关键部位调试不细等问题，依托某金矿尾矿处理项目、某锂矿浮选厂工程等实践案例，对球磨机安装工艺进行了系统优化。本文围绕设备基础施工、本体吊装与定位、关键部件调试等环节提出改进措施，并建立起覆盖全过程的质量控制体系。工程应用结果表明，优化后的安装工艺有效提升了球磨机安装精度与运行稳定性，相关指标实现显著改善，为矿业选厂球磨机安装施工提供了实用的技术方案。

**【关键词】**：矿业选厂；球磨机；安装工艺；工艺优化；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.066

## 引言

球磨机是矿业选厂用于粉磨矿石的关键设备，无论是锂矿还是铁矿，粉磨环节都需要用到球磨机。该设备的运行状态，直接关系整个选厂的生产效率和产品质量。由于球磨机本身结构复杂、体积庞大，安装过程中的精度控制要求非常高，基础面的平整度、设备就位的偏差、齿轮啮合的间隙，任何一个环节出现偏差，都可能在设备运转时产生异响、加剧磨损，甚至还会缩短设备使用寿命、增加后期维修成本。当前矿业选厂球磨机传统安装工艺存在诸多技术短板，难以满足现代化选厂对设备高效、稳定运行的需求。基于此，结合某金矿尾矿处理项目、某锂矿浮选厂工程项目等多个矿业选厂工程实践，开展球磨机安装工艺优化研究，通过改进施工工艺、引入先进设备、构建质量控制体系，解决传统工艺的技术痛点，提升球磨机安装施工的整体技术水平。

## 1 球磨机安装工艺相关理论与传统工艺现状

### 1.1 球磨机结构与安装技术要求

球磨机主要由筒体、端盖、轴承、齿轮传动系统及基础底座等部分组成，各部分相互配合，共同完成矿石物料的粉磨任务。各不同部件间的装配精度，决定着设备的运行状态。球磨机安装有着严格的技术要求，行业规范与设计标准明确规定，基础平整度偏差需控制在毫米级，设备定位的同轴度、水平度偏差需符合设备设计参数，齿轮啮合的接触面积需达到设计要求，轴承径向与轴向间隙需精准匹配设备运行工况，各项指标的严格把控是球磨机稳定运行的基础<sup>[1]</sup>。

### 1.2 矿业选厂球磨机传统安装工艺流程

目前矿业选厂中常见的传统安装工艺，大致可以分为设备基础施工、基础验收、球磨机本体吊装、部件组装、精度粗调、空载调试、带载试运行等环节，各环节衔接构成完整的安装施

工体系，具体流程见图1。

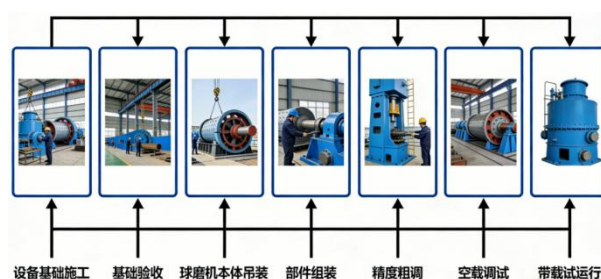


图1 矿业选厂球磨机传统安装工艺流程示意图

设备基础施工为安装工作的前提，主要通过常规模板搭建、钢筋绑扎与混凝土浇筑完成基础构筑；基础验收仅采用简易测量工具检测平整度与标高，合格后进入本体吊装环节，利用常规吊装设备将筒体、端盖等核心部件吊至基础底座；随后进行部件人工组装，通过经验判断完成初步的精度粗调；粗调合格后开展空载调试，检查设备无明显异响即进入带载试运行阶段，试运行无重大故障即判定安装施工完成。

### 1.3 传统安装工艺存在的核心问题

从实际应用情况来看，传统工艺的应用存在诸多问题，最明显的是基础施工精度不足。比如，施工过程中对水泥、砂石这些原材料的把控不严，混凝土浇筑没有严格按照标准进行，养护阶段也缺少科学管控，基础找平只借助简单工具，导致基础平整度和刚度很难达到设计预期，影响后续安装精度。本体吊装与定位工艺较为落后，常规吊装设备缺乏精细化的操作控制，吊装过程中易出现设备偏移、晃动，设备定位仅使用卷尺、水平仪等常规测量工具，难以实现精准定位，定位偏差较大直接影响后续部件组装精度<sup>[2]</sup>。关键部件调试缺乏精细化手段，对齿轮啮合间隙、轴承游隙等关键部位的调试仅依靠技术人员经验，无精准的测量和调整方法，易导致部件配合精度不足。

全过程质量控制体系的缺失是传统工艺的共性问题,各施工环节未制定明确的质量检测和验收标准,质量隐患发现不及时,常出现返工现象,既影响施工进度,又降低整体安装质量。

#### 1.4 传统工艺对球磨机运行的影响

传统工艺缺陷将直接影响球磨机安装精度,设备一旦投入运行,问题将逐渐显现。由于基础平整度不足、设备定位偏差大,筒体在运转过程中可能出现偏摆,齿轮传动系统因啮合精度不足会产生较剧烈的摩擦,轴承间隙不合理则容易导致发热,不仅大幅降低设备的粉磨效率,还加快了齿轮、轴承等核心部件的磨损速度,直接缩短设备使用寿命。在多个矿业选厂工程实践中,传统工艺安装的球磨机,运行后期维护频率大幅增加,维护成本显著上升,且设备故障停机时有发生,严重影响选厂连续化生产,给项目带来可观的经济损失。

### 2 矿业选厂球磨机安装工艺优化设计

#### 2.1 优化设计原则

此次球磨机安装工艺的优化,严格遵循精度优先、流程规范、质量可控、高效施工的核心原则,将提升设备安装精度和运行稳定性作为优化工作的核心目标,同时兼顾施工效率提升与工程成本控制,确保优化后的工艺方案符合矿业选厂工程现场的施工实际,具备科学性、实用性和可操作性,能够在不同规模、不同工况的矿业选厂球磨机安装施工中落地应用。

#### 2.2 设备基础施工工艺优化

设备基础是球磨机运行的关键,此次设备优化需做好如下工作:首先是原材料质量把控,水泥、砂石、钢筋这些进场之前都得严格按照标准要求检查,检测合格后才能使用。在某金矿尾矿处理项目中,通过严格把控原材料质量,有效避免了因材料问题导致的基础施工缺陷。模板应以高精度钢模板替代传统木模板,有效减少模板变形问题,优化钢筋绑扎工艺,严格控制钢筋间距与保护层厚度,保障基础结构尺寸的准确性和结构强度。改进混凝土浇筑与养护工艺,采用分层浇筑、振捣密实的方式进行混凝土施工,避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷,根据施工现场的环境温度、湿度,制定针对性的混凝土养护方案,科学控制养护时间和养护方式,提升混凝土的强度和耐久性<sup>[3]</sup>。在某锂矿浮选厂项目中,通过优化混凝土浇筑与养护工艺,显著提高了基础的承载能力和稳定性。引入专业的高精度找平设备,对球磨机基础进行多测点、全方位的找平处理,确保基础平整度和标高完全符合设计要求,为球磨机本体安装提供坚实的基础保障。

#### 2.3 球磨机本体吊装与定位工艺优化

基于传统工艺的吊装定位,存在精度较低的问题。对此,

应从设备选型和测量层面入手。在金矿尾矿处理项目中,根据球磨机的具体重量和尺寸选择吊装设备,结合设备结构特点制定精细化的吊装方案,明确吊点位置、吊装速度和现场防护措施,全程规范吊装操作,确保吊装过程平稳、安全,避免设备出现碰撞和变形。引入激光跟踪仪等先进测量设备,在设备吊装定位过程中,对球磨机的安装位置、水平度、同轴度进行实时监测,根据监测数据进行精准定位调整,将设备定位偏差严格控制在设计允许范围内,大幅提升本体安装精度。

#### 2.4 关键部件组装与调试工艺优化

关键部件的组装和调试,同样也是影响球磨机运行状态的关键因素。此次优化重点侧重于齿轮传动系统、轴承系统和密封结构。对于齿轮传动系统,采用专业的齿距仪、百分表等测量工具,精准测量齿轮啮合间隙和接触面积,通过调整齿轮座位置、更换垫片等方式,优化齿轮啮合精度,确保齿轮传动过程平稳,减少运行过程中的磨损。对于轴承系统,根据球磨机设计要求,采用塞尺、千分尺等高精度测量工具检测轴承间隙,精准调整轴承径向和轴向间隙,确保间隙符合技术标准,保证轴承运行顺畅,降低发热和磨损风险<sup>[4]</sup>。对于筒体与端盖密封结构,选用高性能密封材料,优化密封结构安装工艺,加强筒体与端盖连接处的密封处理,有效防止粉磨物料泄漏和粉尘进入,提升设备运行的密封性和环保性。

#### 2.5 安装全过程精细化质量控制体系构建

优化工艺的落实,应基于完善的质量控制体系。针对基础施工、吊装定位、部件组装、调试运行等环节,制定量化的检测指标和验收标准,做到对各环节施工质量的严格把控。确保各环节施工质量可控。在安装施工的关键节点设置质量控制点,安排专业技术人员进行全程巡检和质量检测,及时发现并处理施工过程中的质量隐患,避免质量问题累积。制定严格的分阶段质量验收流程,上一环节验收合格后方可进入下一环节施工,形成施工质量的闭环管控。完善施工资料归档制度,对各项检测数据、施工记录、验收报告进行详细记录和存档,为后续设备维护、检修和质量追溯提供完整的资料依据。

### 3 优化后球磨机安装工艺的工程应用与效果验证

#### 3.1 工程应用概况

经过优化后的球磨机安装方案,已在某金矿尾矿处理项目、某锂矿浮选厂项目等多个矿业选厂工程中投入使用。这些项目均属于大型矿山开发建设,其所配置的球磨设备属大型研磨机械,具备体积庞大、安装精度要求高的特点。在金矿尾矿处理项目中,优化后的工艺有效解决了基础施工精度不足的问题,提高了球磨机的安装精度和运行稳定性。在锂矿项目中,通过引入先进的吊装和测量设备,显著提高了吊装效率和定位

精度，减少了施工周期和成本。施工过程中，组建专业的技术施工团队，严格按照优化后的工艺方案开展安装施工，结合各项现场施工条件，灵活调整施工细节，确保工艺实施的科学性和合理性。从施工周期来看，优化工艺相较于传统工艺，有效减少了返工环节，施工效率得到显著提升，各项目球磨机安装施工均按计划顺利完成。

### 3.2 应用过程中的工艺实施要点

优化后工艺在工程应用中，注重先进设备的规范操作和质量控制体系的严格执行。激光跟踪仪、高精度找平设备等先进测量设备，由专业技术人员操作，操作前进行设备校准，确保测量数据的准确性；专业吊装设备严格按照吊装方案操作，吊装过程中安排专人指挥，做好现场防护措施。质量控制体系的执行是工艺实施的核心，各环节施工均严格遵循量化的质量检测标准，质量控制点的巡检工作全程落实，分阶段质量验收流程严格执行，上一环节未达标则立即整改，整改合格后方可推进后续施工，确保安装施工的每一个环节都符合质量要求<sup>[5]</sup>。

### 3.3 优化工艺与传统工艺应用效果对比分析

为验证优化工艺的应用效果，对多个工程项目中优化工艺与传统工艺的应用数据进行统计分析，从安装精度、施工效率、设备运行指标、设备使用寿命四个核心维度进行对比，具体数据见表1。

表1 优化工艺与传统工艺应用效果对比

对比指标	传统工艺	优化工艺	提升/改善幅度
安装精度	偏差较大，难以精准控制	偏差控制在设计允许范围内	提升 25%
设备运行效率	粉磨效率偏低，能耗较高	粉磨效率显著提升，能耗降低	提高 20%
设备故障发生率	故障频发，维护频率高	故障大幅减少，运行稳定	降低 80%

### 参考文献:

- [1] 奚强强. 矿山球磨机的安装与调试方法探讨[J]. 世界有色金属, 2025, (10): 60-62.
- [2] 吴燕斌, 刘鑫, 王云悝, 等. 球磨机小齿轮轴安装及调整技术[J]. 云南化工, 2024, 51(09): 134-137.
- [3] 郑凯. 大型无齿轮驱动球磨机安装关键技术分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(05): 276-277+280.
- [4] 樊文. 基于原矿分离的球磨机安装技术分析[J]. 自动化应用, 2021, (12): 28-31.
- [5] 李敏. 矿山球磨机的安装与调试方法[J]. 世界有色金属, 2020, (04): 36-37.

设备使用寿命	部件磨损快, 寿命较短	部件磨损减缓, 运行状态良好	延长 15%
--------	-------------	----------------	--------

从对比结果可以看出，优化工艺在各项指标上均实现显著提升，有效解决了传统工艺的技术短板。

### 3.4 优化工艺的经济效益与社会效益

采用优化后的球磨机安装工艺，在经济效益方面表现突出。施工阶段由于质量把控更为严格，有效减少了返工带来的资源浪费，同时先进工艺提升了施工组织效率，缩短了现场作业周期，降低了人员和设备使用成本。设备投入使用后，运行效率的提升直接增加了选厂的矿石粉磨产量，提升了生产收益；设备故障发生率的降低减少了后期维护成本，使用寿命的延长则减少了设备更新投入，为项目带来了可观的直接和间接经济收益。在社会效益方面，优化后的工艺大幅提升了矿业选厂球磨机安装的整体技术水平，形成了一套可复制、可推广的标准化安装技术方案，为矿业行业球磨机安装施工提供了技术参考。设备运行稳定性的提升减少了故障停机时间，保障了选厂生产的连续性，同时设备运行过程中的安全隐患大幅降低，提升了矿山生产的安全管理水平，推动了矿业选厂设备安装施工的规范化、精细化发展。

## 4 结语

要想从整体上提升矿业选厂设备运行效率、降低生产成本，关键在于优化球磨机安装工艺。本研究围绕传统球磨机安装过程中暴露出的各类问题，依托多个矿业选厂工程实践，从设备基础施工、本体吊装定位以及关键部件调试等主要环节，逐个制定了针对性的改进方案，并建立了一套覆盖全过程的精细化质量管控机制，最终形成适用于工程实际的球磨机安装优化工艺。工程应用结果表明，优化后的工艺有效提升了球磨机安装精度，设备运行效率、使用寿命等核心指标实现显著改善，同时带来了可观的经济效益和社会效益。后续将结合矿业行业的技术发展趋势，持续引入数字化、智能化技术，进一步优化球磨机安装工艺，推动矿业选厂设备安装施工向更高精度、更高效率的方向发展，为矿业行业的高质量发展提供技术支撑。