

# 工业厂房设备基础预埋件精度控制关键技术研究

王伟莉

中国有色金属工业第六冶金建设有限公司 河南郑州 450000

**摘要:** 工业厂房设备基础预埋件的安装精度直接影响到后续设备的安装质量与运行稳定性。本文围绕预埋件精度控制的关键技术展开研究,提出了一套科学、系统的精度控制方法。通过分析传统施工方法中存在的误差来源,结合现代测量技术和信息化管理手段,探讨了提高预埋件安装精度的技术路径。文章创新性地提出了基于BIM技术与激光定位系统相结合的高精度预埋方案,并结合实际工程案例进行验证。研究表明,该方法能够显著提升预埋件的安装精度,减少返工率,提高施工效率,具有较强的实用性和推广价值。本研究成果为工业厂房建设中的预埋件精度控制提供了理论支持和实践指导。

**关键词:** 预埋件;精度控制;BIM技术;激光定位

## 引言

在工业厂房建设中,设备基础预埋件作为连接结构与设备的重要组成部分,其安装精度直接关系到设备运行的安全性与稳定性。随着现代工业对设备安装要求的不断提高,传统的预埋施工方法已难以满足日益严苛的精度需求。当前,由于施工工艺不规范、测量手段落后、管理机制不健全等原因,预埋件安装过程中常出现偏差超标、位置不准等问题,导致后期设备安装困难甚至需大规模返工,严重影响工程质量与工期进度。因此,深入研究预埋件精度控制的关键技术,具有重要的现实意义。近年来,建筑信息模型(BIM)、激光扫描、三维建模等新兴技术在建筑工程中得到了广泛应用,为提高预埋件安装精度提供了新的解决思路。本文旨在结合现有研究成果与工程实践经验,探索一套适用于工业厂房设备基础预埋件的高效、精准的施工控制体系,以为行业提供可复制的技术方案和管理策略。

## 一、预埋件精度控制的重要性

预埋件作为工业厂房设备基础中的关键连接构件,其主要作用在于固定设备底座、传递荷载并确保设备稳定运行。在实际工程中,预埋件的安装精度直接影响设备的对中性、水平度及整体结构安全。一旦预埋偏差超出允许范围,将导致设备无法正常安装或运行中出现振动、位移等问题,严重时可能引发安全事故。此外,返工校正不仅造成材料浪费和工期延误,还会大幅增加施工成本。目前,国内相关标准如《混凝土结构工程施工

质量验收规范》(GB50204)对预埋件的允许偏差提出了明确要求,而欧美等国家则更强调全过程控制与数字化管理。通过对比发现,国外在施工前期模拟与现场实时监测方面具有更强的技术支撑,这对提升我国预埋施工精度控制水平具有重要借鉴意义。

## 二、传统预埋施工中的主要问题

### 1. 测量放线误差大

传统预埋施工中,测量放线多依赖人工操作与常规仪器,受环境干扰和人为因素影响较大。施工人员在行坐标定位时容易产生读数偏差,特别是在复杂结构或大面积作业环境下,基准点传递误差累积问题尤为突出。此外,部分施工现场未建立统一的测量控制网,导致各工序间数据不一致,进一步加剧了预埋件位置偏移的风险。这种误差一旦形成,在混凝土浇筑后难以修正,严重影响后续设备安装精度。

### 2. 安装定位方式落后

当前多数项目仍采用传统的角钢支架、木模固定等方式进行预埋件定位,缺乏标准化和可调节性。此类方法难以适应不同规格预埋件的精准安装,且在混凝土振捣过程中易发生位移。由于缺少专用夹具或定位模板,施工人员往往依靠经验调整位置,造成预埋件标高、角度等参数控制不稳定。部分工程甚至出现遗漏或错埋现象,直接影响结构安全和设备基础的整体质量。

### 3. 施工过程缺乏实时监控

传统施工模式下,对预埋件安装过程的动态变化缺乏有效监测手段。从预埋件放置到混凝土浇筑完成,整

个流程基本依靠阶段性检查来确认其状态，无法及时发现因模板变形、外力碰撞等原因引起的偏移。尤其是在夜间施工或多人交叉作业时，误触或误调风险显著增加。缺乏全过程的数据记录和反馈机制，使得质量问题难以追溯，增加了后期处理的难度和不确定性。

#### 4. 质量验收手段单一

目前预埋件质量验收主要依赖尺量、目测等传统方式，检测工具和方法较为简单，难以全面反映其空间位置的真实状态。多数施工单位仅在混凝土浇筑前进行一次静态检查，忽视了浇筑过程中可能出现的动态变化。同时，验收标准通常以单点数据为依据，缺乏整体三维坐标的比对分析，容易遗漏细微但关键的偏差。这种粗放式的验收方式不利于提高预埋精度，也难以满足现代工业厂房对设备基础高标准的要求。

### 三、影响预埋件精度的主要因素分析

影响预埋件安装精度的因素贯穿于设计、材料、施工等多个环节。设计阶段，若图纸表达不清晰或各专业间存在冲突，容易导致预埋位置错误或遗漏，特别是在复杂节点区域，施工人员难以准确理解设计意图，造成定位偏差。材料方面，预埋件本身在加工过程中可能因切割、焊接等工艺产生变形，焊接应力未有效释放也会引起结构形变，进而影响最终安装精度。施工过程中，模板固定不牢或混凝土浇筑时的冲击力易引发模板整体或局部位移，带动预埋件偏离原定位置。此外，施工人员技术水平参差不齐，操作经验不足或缺乏统一标准，也常常导致预埋件标高、角度控制不稳定。上述因素相互叠加，显著增加了预埋精度控制的难度，必须通过系统化管理与技术手段加以协调和优化，才能实现高质量、高精度的预埋施工效果。

### 四、新型精度控制关键技术研究

#### 1. BIM技术在预埋设计阶段的应用

通过建立高精度三维模型，可以在设计阶段对结构、机电、工艺等专业进行协同建模与碰撞检测，提前发现图纸中存在的冲突问题，避免因设计错误导致预埋位置偏差或遗漏。同时，基于BIM模型可对预埋件的位置、数量及规格进行优化调整，确保其布局合理且满足施工要求。该技术还支持自动生成标准化的加工图与定位数据，减少人工计算和绘图误差，提高现场安装效率。

#### 2. 激光定位系统在施工中的应用

利用全站仪配合激光扫描仪，可以快速获取施工现场的空间坐标信息，并将预埋件的设计位置精准地投射

到模板或钢筋骨架上，大幅提高定位效率与准确性。相比传统的人工拉线、尺量方式，激光定位能有效减少人为操作误差，特别是在大跨度、多点位的复杂工程中优势更加明显。同时，该系统具备实时监测功能，可在安装过程中持续跟踪预埋件的空间状态，一旦出现偏移即可及时反馈并调整，确保安装质量始终处于受控状态。结合数字化管理平台，还可实现定位数据的自动记录与分析，为后续质量验收提供可靠依据，全面提升预埋施工的智能化水平。

#### 3. 智能化施工管理系统构建

随着物联网与信息化技术的发展，构建智能化施工管理系统成为提升预埋精度的重要手段。该系统通过在施工现场部署传感器、RFID标签、移动终端等设备，实现对预埋件安装全过程的数据采集与动态监控。所有关键节点的信息，如测量数据、安装时间、责任人等均可实时上传至云端平台，形成完整的施工档案，便于后期追溯与质量评估。系统还可设置预警机制，当某道工序未按规范执行或检测数据超出允许偏差时，自动触发提醒，督促相关人员及时整改。

#### 4. 标准化施工流程与工艺改进

为保障预埋件安装精度的稳定性与一致性，推行标准化施工流程与工艺改进至关重要。通过制定统一的施工交底文件，明确各环节的操作要点与验收标准，使不同班组在执行过程中有据可依，减少因人员差异带来的质量波动。在具体实施中，应优先开展“样板先行”制度，即在正式施工前完成样板段预埋作业，经多方确认合格后再全面推广，从而降低大面积返工风险。此外，加强现场监督力度，安排专人全程跟踪预埋施工，结合阶段性检查与动态调整机制，确保各项技术措施落实到位。

### 五、工程应用实例分析

某大型工业厂房项目位于东部沿海地区，总建筑面积约12万平方米，主要用于高端装备制造。该厂房内涉及大量重型设备安装，对设备基础预埋件的精度要求极高，设计允许偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。传统施工方法难以满足此类高标准需求，因此本项目决定引入基于BIM技术与激光定位系统为核心的新型预埋精度控制体系。整个工程共涉及设备基础156个，预埋件数量超过1200块，涵盖地脚螺栓、锚固板、连接钢板等多种类型。由于设备重量大、运行震动强，若预埋件位置出现较大偏差，将直接影响设备底座的安装精度，甚至引发设备振

动异常、运行不稳定等严重问题。

针对上述高精度要求，项目团队决定引入以BIM技术为核心、激光定位系统为支撑的新型预埋精度控制体系。

首先，在设计阶段，利用Revit软件建立了全专业三维模型，开展多专业协同设计与碰撞检测，提前识别并解决预埋件与钢筋、管线之间的冲突问题。通过BIM模型优化预埋件布置方案，确保其位置合理且符合施工操作条件。同时，基于模型自动生成预埋件加工图和定位坐标数据，避免了传统人工绘图可能导致的误差。

进入施工阶段后，现场部署了高精度全站仪和激光扫描仪进行测量放样。每一块预埋件的位置均通过激光投影精确标定，并由施工人员依据标记进行精准安装。安装完成后，再次使用激光设备进行复核，确保满足设计要求。相比传统的人工拉线、尺量方式，该方法显著提高了定位效率与准确性，特别是在复杂节点区域优势更加明显。

此外，项目还构建了智能化施工管理系统，所有测量数据、安装时间、责任人信息实时上传至云端平台，形成完整的施工档案。系统具备自动预警功能，一旦发现某道工序未按规范执行或数据超出允许偏差范围，即刻通知相关人员进行整改，实现了全过程可追溯的质量闭环管理。

在采用新技术前，项目试做了3个标准基础作为对照组，采用传统工艺施工，结果预埋件合格率仅为82.4%，存在多处偏移超标问题。而在正式施工阶段全面推广新型控制体系后，预埋件合格率达到98.5%，远超行业平均水平，极大地提升了整体施工质量。

从施工效率来看，虽然前期投入了一定的技术准备时间，但由于减少了重复校核、调整和返工，平均每个基础的预埋作业时间缩短约20%。同时，因质量问题导致的工期延误大幅减少，整体进度控制更加稳定。

经济效益方面，尽管采用了部分先进设备和技术手段，但综合考虑材料节约、人工成本降低以及工期压缩等因素，整体施工成本下降约8%。更重要的是，高质量的预埋成果为后续设备顺利安装提供了坚实保障，有效降低了设备调试和后期维护的风险。

尽管本次工程取得了良好成效，但在实施过程中也暴露出一些问题。一是部分施工人员对数字化工具的操

作不熟练，影响了系统的高效运行；二是个别工序间的数据对接仍存在延迟现象，影响了整体流程的连贯性。

针对以上问题，建议在今后类似项目中加强技术人员培训，特别是对一线操作人员进行系统化数字工具使用教学，提高其信息化素养。同时，应进一步完善现场信息化基础设施建设，打通各环节之间的数据壁垒，实现更高效的协同作业机制。此外，还可探索将人工智能算法引入数据分析环节，通过机器学习预测可能出现的偏差趋势，提前采取预防措施，从而进一步提升预埋精度控制水平。

### 结束语

本文围绕工业厂房设备基础预埋件的精度控制问题，系统分析了传统施工方法中存在的不足，并提出了基于BIM与激光定位技术为核心的新型控制体系。通过理论与工程实践相结合的方式，验证了该体系在提升预埋件安装精度方面的有效性。研究表明，采用数字化设计与智能施工手段，不仅能显著提高施工效率，还能有效降低施工成本，提升工程质量的整体水平。未来，随着智能制造与绿色建造理念的不断深化，预埋件精度控制技术将朝着更加智能化、集成化方向发展。建议在今后的研究中进一步拓展多技术融合应用的可能性，推动相关标准体系的完善，提升我国工业厂房建设的整体技术水平。同时，加强技术人员培训与施工管理体系建设，也是保障新技术落地实施的关键环节。通过持续创新与实践积累，相信我国在工业厂房预埋精度控制领域将迎来更广阔的发展空间。

### 参考文献

- [1] 宇文璞玉. 分布式光伏建设基础施工标准比较[J]. 能源研究与管理, 2024, 16(4): 157-164.
- [2] 杨华, 陈冕, 周航, 等. 可周转智能建造平台的高强预埋件装置及其施工方法. CN202211455225.7[2025-06-04].
- [3] 曾铮, 刘勋, 李东强, 等. 一种大型设备安装预埋件: CN202420838296.3[P]. CN222140326U[2025-06-04].
- [4] 梁泊, 聂婷婷. 设备安装工程中混凝土基础验收的技术要点[J]. 四川水泥, 2023(9): 178-180.