

Design and Application Research of an Intelligent Anchor Plate Installation Device

Zhiqiang Gu

Hebei Yida United Machinery Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

Aiming at the problems of low efficiency, difficult quality control and high labor intensity in the traditional manual installation of anchor plates in fields such as nuclear power and large-scale construction, an intelligent anchor plate installation device integrating steel bar support, automatic clamping, precise tightening, quality inspection and qualified marking is designed. The device consists of an installation frame, a supporting mechanism, a clamping mechanism, a tightening mechanism, a spraying mechanism, a hydraulic drive mechanism and an electronic control mechanism. Through mechanical structure optimization and electro-hydraulic coordinated control, the whole process of anchor plate installation is automated and intelligentized. Experimental verification shows that the device is adaptable to various specifications of nuclear power steel bars, the tightening torque error of the anchor plate is $\leq \pm 3\%$, and the time consumed for a single set of installation is reduced by more than 60% compared with the manual method. It significantly reduces labor intensity while ensuring the stability of installation quality, providing efficient and reliable technical equipment support for steel bar connection construction.

Keywords

Anchor Plate; Intelligent Installation; Steel Bar Connection; Electro-hydraulic Control; Torque Detection

智能化锚固板安装设备的设计与应用研究

谷志强

河北易达核联机械制造股份有限公司，中国·河北石家庄 050000

摘要

针对核电、大型建筑等领域锚固板传统人工安装方式存在的效率低、质量控制难、劳动强度大等问题，设计一种集钢筋支撑、自动夹紧、精准拧紧、质量检测与合格标记于一体的智能化锚固板安装设备。该设备由安装机架、支撑机构、夹紧机构、拧紧机构、喷涂机构、液压驱动机构和电控机构组成，通过机械结构优化与电液协同控制，实现锚固板安装全过程的自动化与智能化。实验验证表明，设备可适配多种规格核电钢筋，锚固板拧紧扭矩误差 $\leq \pm 3\%$ ，单套安装耗时较人工方式缩短60%以上，显著降低劳动强度的同时保障安装质量稳定性，为钢筋连接施工提供高效可靠的技术装备支持。

关键词

锚固板；智能化安装；钢筋连接；电液控制；扭矩检测

1 引言

在核电工程、超高层建筑等对结构安全性要求极高的领域，锚固板作为钢筋连接的核心受力部件，其安装质量直接决定结构整体承载能力与耐久性^[1]。当前锚固板安装多采用人工操作模式，需配备专人固定钢筋、拧紧锚固板及扭矩检验，存在以下突出问题：一是工序繁琐，人工需求量大，安装效率低下，难以满足大规模施工进度要求；二是人工拧紧扭矩控制精度差，易出现过拧或欠拧现象，质量隐患突出；三是作业人员需长期保持半蹲姿态，劳动强度大，且存在扳

手脱手伤人等安全风险；四是现场作业分散，质检人员无法实现全过程监督，质量追溯难度大^[2-3]。

为解决上述问题，本文基于机械设计、液压传动与自动控制技术，研发一种智能化锚固板安装设备，通过集成自动支撑、定心夹紧、精准拧紧、实时检测与自动标记功能，实现锚固板安装的高效化、精准化与智能化，为建筑工程钢筋连接施工提供技术革新方案。

2 设备总体结构设计

智能化锚固板安装设备采用模块化设计理念，整体由安装机架、前支撑机构、浮动支撑机构、夹紧机构、拧紧机构、喷涂机构、液压驱动机构和电控机构八大核心部分组成，设备总体结构如图1所示。各机构沿钢筋输送方向依次布置，前支撑机构与浮动支撑机构协同实现钢筋稳定支撑，夹紧机

【作者简介】谷志强（1984-），男，中国河北石家庄人，本科，高级工程师，从事钢筋连接技术及配套加工设备的研发设计研究。

构保证钢筋定心固定，拧紧机构完成锚固板精准拧紧，喷涂机构对合格产品进行标记，液压驱动机构为各执行部件提供动力，电控机构实现全流程协同控制。

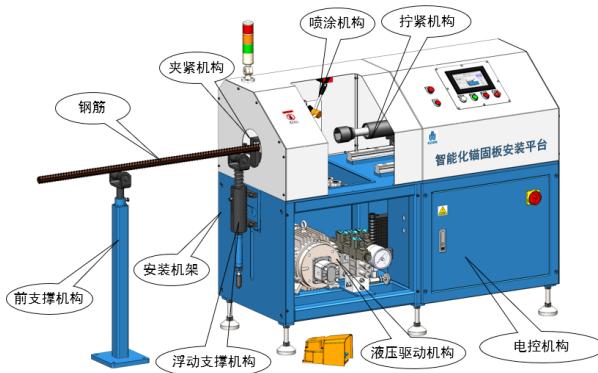


图 1

2.1 支撑机构

支撑机构包括前支撑机构与浮动支撑机构，沿钢筋输送方向依次布置，共同实现待安装钢筋的稳定承托。前支撑机构采用中空立柱与前 V 型支撑轮组合结构，通过螺栓组件调节支撑高度，适配不同规格钢筋，调节到位后锁紧固定，确保支撑稳定性。浮动支撑机构由支撑套筒、升降液压缸、后支撑轮架、后 V 型支撑轮及弹簧组成，升降液压缸作为动力部件驱动支撑高度自动调节，弹簧可吸收钢筋放置时的冲击力，避免丝头硬接触损伤。两者协同工作，可覆盖常用核电钢筋规格，无需拆卸更换支撑部件，适配效率显著提升。

2.2 夹紧机构

夹紧机构固定于安装机架中部，采用对称式定心夹紧结构。机构包括夹紧底座、导向杆、驱动丝杆、液压马达、右夹紧板与左夹紧板，驱动丝杆设有两段旋向相反的螺纹，分别与左右夹紧板螺纹连接，且夹紧板滑动套设于导向杆上。左右夹紧板相对内侧面设有 V 型夹紧槽，槽口相对布置，确保钢筋定心夹紧。液压马达通过链条驱动驱动丝杆转动，带动左右夹紧板沿导向杆相对或反向移动，实现钢筋的夹紧与松开。液压控制回路上设置压力传感器，实时监测管路压力建议，当达到预设夹紧力时，电控机构控制电磁阀切换至保压状态，低于预设值时自动补压，避免钢筋变形或夹紧松动。

2.3 拧紧机构

拧紧机构为设备核心执行部件，由伺服电机、减速机、扭矩传感器、伸缩轴、内六方套头、拧紧底座、滑轨及推动液压缸组成。滑轨沿钢筋输送方向布置，拧紧底座通过滑块与滑轨滑动连接，推动液压缸驱动拧紧底座往复移动，适配锚固板预套与拧紧位置。伺服电机经减速机与伸缩轴连接，伸缩轴采用可轴向伸缩的花键轴，前端固定内六方套头，与锚固板外六方结构间隙配合，六面接触避免拧紧时啃伤锚固板表面。扭矩传感器通过非接触式感应检测伸缩轴扭矩值，实时反馈至电控机构，控制伺服电机启停，确保锚固板拧紧

至预设扭矩。

2.4 喷涂机构

喷涂机构邻近拧紧机构设置，由储料罐、气动喷涂阀、喷嘴及固定支架组成。固定支架将喷嘴固定于安装机架上，喷嘴对准锚固板外圆面，喷射方向与钢筋轴线垂直。储料罐通过管路与气动喷涂阀连接，气动喷涂阀与电控机构电连接，当锚固板拧紧合格后，电控机构控制气动喷涂阀开启，喷嘴向锚固板外圆喷射合格标记，实现质量可视化标识。

2.5 液压驱动机构

液压驱动机构包括液压站与三条独立液压控制回路，分别对应控制浮动支撑机构的升降动力部件、夹紧机构的开合动力部件及拧紧机构的移动动力部件。每条回路均设有进油管路、回油管路及电控电磁阀，电磁阀与电控机构电连接，通过独立控制电磁阀通断，实现各机构动作的精准控制，为设备运行提供稳定可靠的液压动力。

2.6 电控机构

电控机构由触摸屏、脚踏开关及电控单元组成，作为设备的控制核心。触摸屏用于选择钢筋规格、自定义输入夹紧力参数与扭矩合格阈值，同时实时显示安装过程中的扭矩值、机构动作状态及合格判定结果；脚踏开关用于触发夹紧与拧紧动作，操作便捷；电控单元分别与液压驱动机构的电磁阀、拧紧机构的伺服电机及扭矩传感器、喷涂机构的气动喷涂阀电连接，接收操作指令与检测信号，控制各机构按预设逻辑协同动作，同时记录每一次安装的关键参数，便于质量追溯。

3 设备工作流程

智能化锚固板安装设备的工作流程如下：

设备调试：手动调节前支撑机构高度，使其适配待安装钢筋轴线；通过触摸屏输入钢筋规格参数，电控单元自动控制浮动支撑机构的升降液压缸动作，调节后 V 型支撑轮高度，使钢筋轴线与夹紧机构、拧紧机构中心对齐。

钢筋定位：将钢筋沿进料方向输送，直至钢筋丝头端部抵住拧紧机构的内六方套头，完成定位。

钢筋夹紧：踩下脚踏开关触发夹紧动作，液压马达驱动驱动丝杆转动，左右夹紧板相对移动实现钢筋定心夹紧；压力传感器检测到夹紧压力达到预设值后，反馈信号至电控单元，夹紧机构进入保压状态。

锚固板预套：电控单元控制拧紧机构的推动液压缸动作，带动拧紧底座后退，留出预套空间，人工将锚固板预套于钢筋丝头并初步啮合。

精准拧紧：推动液压缸驱动拧紧底座前进，内六方套头套合锚固板外六方；伺服电机启动，经减速机、伸缩轴驱动锚固板转动拧紧，扭矩传感器实时检测扭矩值；当扭矩达到预设合格阈值时，伺服电机停止，推动液压缸驱动拧紧底座退回原始位置。

合格标记：电控单元判定锚固板拧紧合格后，控制喷涂机构启动，喷嘴向锚固板外圆喷涂合格标记。

工序完成：喷涂完成后，夹紧机构松开钢筋，浮动支撑机构下降解除承托，人工将安装完成的钢筋沿出料方向撤出，完成一次安装循环。

4 性能测试与应用效果

4.1 测试条件

选取核电工程常用的 $\Phi 25\text{mm}$ 、 $\Phi 32\text{mm}$ 、 $\Phi 40\text{mm}$ 三种规格钢筋，配套对应规格锚固板，对设备进行性能测试，测试指标包括适配性、拧紧扭矩精度、安装效率及操作安全性。

4.2 测试结果

适配性：设备通过前支撑机构的螺栓调节与浮动支撑机构的自动升降调节，可稳定支撑三种规格钢筋，支撑过程中钢筋无偏移、晃动现象，适配性良好。

拧紧扭矩精度：设定各规格钢筋对应的锚固板拧紧扭矩阈值，测试结果显示，扭矩检测误差 $\leq \pm 3\%$ ，满足核电工程对锚固板安装的精度要求。

安装效率：单套锚固板人工安装平均耗时约 4.5min，设备安装平均耗时约 1.8min，效率提升 60% 以上，且可连续作业，大幅缩短施工周期。

操作安全性：设备采用护罩防护，操作过程无需人工直接接触拧紧部件，脚踏开关触发动作，避免了扳手脱手伤人等安全风险；操作人员站立作业，劳动强度显著降低。

4.3 应用效果

该设备已在某核电工程施工现场投入使用图 2，累计完成 12000 余套锚固板安装作业。应用结果表明，设备运行稳定可靠，安装质量一致性好，未出现扭矩不合格、锚固板损伤等问题；单名操作人员即可完成全部作业流程，相比传统人工安装方式减少 2-3 名作业人员，施工成本降低 40% 以上；设备操作简单，操作人员经短期培训即可上岗，大幅降低了对专业技能的依赖。



图 2

5 结语

本文设计的智能化锚固板安装设备通过集成机械结构、液压驱动与自动控制技术，实现了锚固板安装全过程的自动化与智能化，解决了传统人工安装方式存在的效率低、质量差、劳动强度大等问题。设备具有以下核心优势：

适配性强，可覆盖常用核电钢筋规格，无需频繁更换部件；

拧紧精度高，扭矩误差 $\leq \pm 3\%$ ，保障安装质量稳定性；

自动化程度高，集成支撑、夹紧、拧紧、检测、标记功能，减少人工干预；

操作便捷安全，劳动强度低，施工成本显著降低。

该设备的研发与应用为建筑工程钢筋连接施工提供了新的技术方案，尤其适用于核电、大型建筑等对锚固板安装质量要求严苛的场景，具有广阔的推广应用前景。后续可进一步优化设备结构，增加钢筋、锚固板自动输送功能，实现全流程无人化作业，提升设备的智能化水平与施工效率。

参考文献

- [1] GB 50204-2015, 混凝土工程施工质量验收规范[S].
- [2] 李明, 王强. 钢筋锚固板连接技术在核电工程中的应用[J]. 施工技术, 2020, 49 (12) : 89-92.
- [3] 张华, 刘敏. 锚固板安装工艺优化与质量控制[J]. 建筑结构, 2021, 51 (S1) : 1689-1692.