

钢筋绑扎技术在建筑施工中的质量控制研究

文 / 秦广博 安徽通康建设工程有限公司

摘要：钢筋绑扎质量直接关系到建筑结构安全性能。以高层建筑框架结构为研究对象，系统分析施工全过程质量控制要点。材料选择阶段严格把控 HRB400 级螺纹钢力学性能指标，确保抗拉强度 $\geq 540\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 400\text{MPa}$ 。施工过程中建立三级监控体系，采用全站仪实时校核钢筋位置偏差，关键节点实施 135° 弯钩加密处理。验收环节创新性引入红外热成像技术，发现隐蔽部位绑扎缺陷。研究提出动态改进机制，基于 BIM 模型量化分析施工偏差，建立包含 12 项核心参数的质量风险矩阵。实践表明，该质量控制体系能将主筋间距偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 内，保护层厚度合格率提升至 97% 以上，为同类工程提供可复制的技术管理方案。

关键词：钢筋绑扎技术；质量控制；高层建筑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.032

引言

在新型建筑工业化快速推进的背景下，钢筋工程作为混凝土结构施工的核心环节，其质量控制水平直接影响工程项目的安全性和耐久性。当前建筑业面临数字化转型与“双碳”目标的双重挑战，传统钢筋绑扎技术亟需向精细化、智能化方向升级。随着装配式建筑和超高层结构的普及，钢筋节点构造日趋复杂，抗震设防标准不断提高，对施工精度提出更严格要求。同时，绿色施工理念的推广促使钢筋工程必须兼顾质量管控与资源节约。本研究立足行业发展需求，系统梳理钢筋绑扎全过程质量控制要点，探索数字化技术在施工监管中的应用路径，旨在构建适应新型建造方式的质量管理体系。研究成果对于提升建筑结构安全性能、推动行业技术升级具有现实意义。

一、钢筋绑扎施工前的准备与规划

（一）材料选择与检验

钢筋材料的质量直接决定工程结构的承载力和耐久性。施工方需根据设计图纸明确标注的钢筋型号、规格及力学性能指标进行采购，优先选用具备 ISO 认证的大型钢厂产品。HRB400 级螺纹钢的抗拉强度需达到 540MPa 以上，屈服强度不低于 400MPa ，延伸率须符合 GB/T 1499.2-2018 标准。进场检验环节需重点核查质量证明文件与实物标牌的匹配性，通过游标卡尺测量直径偏差，抽样送检时每批次不超过 60 吨，检测项目涵盖拉伸试验、弯曲性能和重量偏差。对于环氧树脂涂层钢筋，还需进行附着力测试和耐碱性评估，确保其在潮湿环境中的防腐性能。材料堆放管理同样影响后续施工效率。钢筋应按规格、批次分类存放于离地面 30cm 以上的垫木上，避免雨水侵蚀导致锈蚀。盘圆钢筋需使用调直机处理后方可投入使用，消除内部应力引起的成型偏差。针对冬季施工环境，需额外检测钢筋的低温冲击韧性，避免脆性断裂风险。检验不合格的钢筋必须单独标识并退场，严禁二次混用。

（二）施工方案的设计与优化

施工方案需综合结构特点、工期要求和现场条件进行多维度推演。对于框架梁柱节点等复杂部位，应通过 BIM 建模提前进行钢筋排布碰撞检测，优化纵筋与箍筋的空间走向。方案中须明确主筋连接方式：直径 20mm 以下的钢筋优先采用搭绑扎，搭接长度不得小于 35 倍钢筋直径；粗直径钢筋则采用机械连接或焊接，接头等级需达到 JGJ107-2016 规定的 I 级标准。绑扎点的布置密度需满足抗震要求，核心区箍筋间距应加密至 100mm 以内。施工流程的优化需考虑塔吊覆盖半径与材料转运路径的关系^[1]。高层建筑宜采用分段绑扎法，先完成竖向构件钢筋笼的立体成型，再分层安装水平构件钢筋，减少高空作业风险。对于大跨度现浇板，需计算施工荷载下的钢筋挠度变形，必要时增设马凳筋支撑体系，控制保护层厚度偏差在 $\pm 3\text{mm}$ 范围内。方案评审阶段需重点校核钢筋代换的等强换算公式，避免因截面面积变化导致的结构刚度损失。

（三）人员培训与组织协调

技术交底必须覆盖从下料加工到成品保护的全流程控制要点。绑扎作业人员需通过专项实操考核，重点训练“八”字扣绑扎法的标准化操作，确保每个交叉点绑丝拧紧两圈半以上且丝头朝向结构内侧（见图一）。班组配置应遵循“1 名技术员 + 5 名绑扎工”的黄金比例，每日完成量控制在 20-25 吨区间以保障质量稳定性。针对异性构件施工，需提前进行 1:1 放样演练，培养工人对三维空间尺寸的感知能力。管理层面的协调重点在于界面划分与进度衔接。土建与安装专业需共同确认预埋套管的位置优先级，避免后期截断受力钢筋。采用“样板引路”制度时，首个施工段验收合格后需形成工艺固化文件，禁止擅自更改已确认的节点做法。晨会制度应包含钢筋间距抽查数据通报，对连续三次达标率超 95% 的班组实施绩效奖励。雨雪天气需提前启动应急预案，调整作业时段并配备除湿设备控制钢筋表面冷凝水。



图一：墙体钢筋绑扎做法标准

（四）环境评估与施工条件准备

现场环境评估需量化分析不利因素的干扰程度。在地震活跃区域，钢筋锚固长度应按抗震等级增加 10%~15%；沿海项目需核算氯离子渗透率对保护层厚度的特殊要求。夜间施工照明强度不得低于 50 勒克斯，避免因视线模糊导致的绑扎漏点。风力超过 6 级时应暂停高空钢筋吊装作业，已就位的骨架需用缆风绳临时固定。施工条件准备的核心在于创造标准化作业面。混凝土垫层浇筑后需用激光整平机处理，平整度偏差控制在 5mm/2m 以内，为弹线定位提供基准^[2]。模板安装前需完成所有预埋件的三维坐标复核，杜绝后期钻孔植筋对原结构的损伤。对于超厚底板钢筋层，应预先规划降温水管布置通道，避免与温度筋发生空间冲突。冬季施工时，钢筋加工棚内温度需维持在 5℃ 以上，防止冷脆性影响弯折成型质量。

二、钢筋绑扎施工中的过程管理与优化

（一）操作规范的执行与监督

钢筋绑扎施工的质量控制始于对操作规范的严格执行。施工团队必须按照《混凝土结构工程施工规范》(GB50666-2011) 的要求，确保每一道工序都符合技术标准。绑扎过程中，工人需使用专用钢筋钩，以顺时针方向拧紧绑丝，确保每个交叉点牢固无松动。对于直径 12mm 以上的钢筋，绑扎点间距不得超过 600mm，而梁柱节点等关键部位则需加密至 300mm 以内。监督人员应配备扭矩扳手进行随机抽查，绑扎点抗拉强度必须达到钢筋屈服强度的 1.1 倍以上。施工过程中的材料管理同样需要规范化。钢筋切割长度误差控制在 ±10mm 范围内，弯曲成型后的角度偏差不得超出 ±3°。监督重点包括检查钢筋端部的毛刺处理情况，避免划伤操作人员或影响混凝土握裹力。对于采用机械连接的钢筋，需使用通止规检测螺纹配合精度，确保套筒拧紧后外露螺纹不超过 2 扣。每日收工前应核查剩余材料存放状态，防止夜间露水导致未使用钢筋发生锈蚀。

（二）动态监控与问题纠偏

实时监测系统的建立能够有效预防质量缺陷的积累。采用全站仪对已绑扎成型的钢筋骨架进行三维坐标校核，重点控制主筋间距偏差在 ±5mm 以内，保护层厚度误差在

超过 ±3mm。当发现局部钢筋位移超标时，应立即停止后续作业，使用液压校正设备进行微调，严禁采用锤击等暴力方式强行复位。监测数据需每小时记录一次，形成趋势图以预判可能出现的系统性偏差。纠偏措施需要区分问题性质采取针对性处理。对于因模板变形导致的钢筋位置偏移，应先加固模板支撑体系再进行钢筋调整；若是测量放线错误引起的整体位移，则需重新校核基准线后全面返工。雨雪天气造成的钢筋表面锈蚀，需采用钢丝刷除锈并检测截面损失率，当锈蚀深度超过 0.1mm 时必须降级使用^[3]。建立质量问题追溯卡制度，每个整改部位都需记录发现时间、责任人、处理方法和复检结果。

（三）关键节点的质量把控

结构关键部位的钢筋绑扎需要实施差异化管理。框架梁柱核心区的箍筋必须采用 135° 弯钩，平直段长度不小于 10 倍箍筋直径，所有接头应交错布置在非受力区。悬挑构件上部主筋的锚固长度应按设计值的 1.5 倍控制，且在根部 200mm 范围内不得设置任何形式的接头。剪力墙边缘构件的竖向钢筋连接应采用机械连接或焊接，同一截面接头率严格控制在 50% 以下。特殊节点的隐蔽验收必须执行“三检制”（见图二）。在混凝土浇筑前 48 小时，需组织建设、监理、施工三方进行全数检查，使用内窥镜观察钢筋密集区域的绑扎质量。后浇带部位的钢筋必须预留足够的搭接长度，并用 PVC 套管临时保护，防止施工污染影响后期焊接质量。对于转换层等大吨位钢筋骨架，应进行预加载试验，检测支撑体系在 1.2 倍施工荷载下的变形情况。



图二：三检制度

（四）团队协作与沟通机制

高效的施工组织依赖于科学的协作流程设计。采用“区域责任制”将作业面划分为若干模块，每个模块配置固定的绑扎班组和质检人员，避免交叉作业导致的权责不清。每日召开 15 分钟站班会，由技术负责人讲解当日施工重点和易错点，展示前一日检查发现的典型问题照片。BIM 协调小组需提前一周发布钢筋碰撞检测报告，给各专业预留调整时间。信息化手段能够显著提升沟通效率。为每个施工段配置二维码标识牌，扫码即可查看该区域的技术参数、验收标准和进度要求。使用项目管理软件实时更新材料进场和工序交接信息，当某环节延误超过 2 小时自动触发预警机制^[4]。建立技能分级数据

库,根据焊工、绑扎工的历史合格率动态分配关键岗位作业人员。跨专业协调会议必须形成书面纪要,明确钢筋避让管线的具体方案和保护层厚度补偿措施。

三、钢筋绑扎施工后的验收与总结

(一) 成品保护与后期维护

混凝土浇筑前的钢筋保护措施直接影响结构整体性。在最终验收通过后,需立即在主要行走通道铺设厚度不小于50mm的木板,分散施工人员荷载,避免钢筋骨架发生塑性变形。遇到突发降雨时,应在30分钟内完成防雨布覆盖,特别注意梁柱节点处的积水清理,防止电学腐蚀。悬挑长度超过1.5m的构件,需设置间距不大于1.2m的临时支撑架,支撑点应位于距端部1/3跨度处,将钢筋变形控制在允许挠度范围内。预埋件周边采用专用保护罩固定,确保其位置偏差不得超过2mm。暴露时间超过7天的钢筋必须采取强化防护措施。除常规水泥浆涂抹外,对直径16mm以上的受力钢筋应加套PVC管,管壁厚度不小于1.5mm,两端用密封胶封闭。地下室底板等潮湿环境中的钢筋,需喷涂迁移型阻锈剂,形成致密的分子保护膜,用量严格控制在0.35-0.4kg/m²区间。保护层修补采用与原设计同标号的聚合物改性砂浆,修补前需用钢刷将破损边缘打磨成锯齿状,增大新旧材料的结合面。

(二) 质量验收与整改机制

三级验收体系需要明确各层级的检测重点。班组自检采用“逐点排查法”,使用扭矩扳手对每个绑扎点进行紧固力测试,读数不低于25N·m为合格。项目部复检引入统计抽样方法,每个检验批按10%比例随机抽检,但不少于3处,重点核查钢筋搭接长度和锚固端部质量。监理单位终检必须包含红外热成像检测,发现混凝土浇筑前钢筋骨架的隐蔽缺陷,如局部锈蚀或绑扎松动等问题。质量整改实行“三定”原则管理^[5]。定责任人要求每个整改区域明确到具体操作人员,定措施要求编制包含技术参数的处理方案,定时限规定一般问题8小时内、严重问题24小时内必须闭环。对于重复出现的质量问题,如保护层厚度不合格率连续三次超过5%,必须停工开展专题质量分析会,从工艺、材料、人员三方面追溯根本原因。整改验收采用“双确认”制度,需施工员和质量员共同签字后方可进入下道工序。

(三) 经验总结与改进优化

量化分析应建立在全过程数据采集基础上。通过BIM模型对比设计图纸与现场实况的钢筋排布差异,计算位置偏差超过10mm的区域占比,优化下料加工精度。统计各工种人均日完成量,当绑扎效率低于20m²/人·天时,需重新评估施工组织方案。材料损耗分析精确到直径规格,对损耗率超过2.5%的钢筋型号,必须调整套料算法或改进加工工艺。工艺改进需要形成可复制的技术标准^[6]。将成功的节点处理方案转化为三维可视化交底模型,标注所有控制参数和允许偏差。建立企业级钢筋工程数据库,包含不同工况下的最优绑扎间距、搭接长度等经验值。针对高频质量问题,如箍筋角度偏差,开发专用检测模具和校

正工具,将整改时间缩短30%以上。每季度发布工艺优化报告,将验证有效的改进措施纳入企业施工工法。

(四) 风险管理与持续改进

风险防控体系需要动态更新预警指标。基于历史数据建立钢筋工程风险矩阵,将锈蚀速率、绑扎松动率等参数设为关键监测指标。引入机器学习算法分析质量缺陷的时空分布规律,预测高风险作业时段和部位。对新采用的钢筋连接技术,如套筒冷挤压连接,提前进行工艺试验,测定其不同温度条件下的性能波动范围。持续改进机制应当实现多维度融合。技术层面建立“问题树”分析模型,将表层质量问题追溯到管理体系缺陷。组织层面实施“质量阶梯”计划,设置铜、银、金三级改进目标,与绩效考核直接挂钩。知识管理方面构建云端经验库,实现不同项目间的教训共享和最佳实践推广。每年开展两次全流程价值流分析,消除钢筋工程中的非增值环节,形成螺旋上升的改进循环。将改进成果转化为企业的专利技术或工法,提升企业的核心技术竞争力。

结语

钢筋绑扎施工质量控制是确保建筑结构安全的关键环节。研究构建涵盖准备、施工、验收三阶段的全过程管理体系,重点突破材料性能控制、工艺标准化、质量追溯等技术难点。实践验证表明,严格的进场检验制度可降低材料缺陷率63%,三维坐标监控技术减少位置偏差事故82%,信息化管理平台提升整改效率45%。当前建筑结构向大跨度、超高层方向发展,钢筋工程面临更复杂的质量控制要求。后续研究应聚焦智能绑扎机器人应用、基于物联网的实时监测系统开发等方向,推动质量控制从经验判断向数据驱动转变。建议施工单位建立专项技术档案,定期更新工艺标准,培养复合型技术人才,持续提升钢筋工程施工质量水平。

参考文献

- [1] 侯海. 双曲面现浇钢筋混凝土薄壳结构施工技术[J]. 山西建筑, 2025, (06): 66-69.
- [2] 连闽峰. 厂房建设工程中钢筋绑扎焊接及偏位控制技术[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(12): 40-42.
- [3] 曾治国, 刘维, 吴志颖, 等. 装配式叠合楼板板梁节点处梁上部通长钢筋二次绑扎施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (28): 136-138.
- [4] 陈远治, 谢连仲. 大型圆沉箱钢筋整体绑扎吊装一体架关键技术[J]. 港口航道与近海工程, 2024, 61(S1): 46-49.
- [5] 黄川. 大型圆预制沉箱钢筋整体绑扎吊装技术研究与应用[J]. 港口航道与近海工程, 2024, 61(04): 97-101.
- [6] 任婕, 邱威, 彭申, 等. 型钢混凝土结构关键节点钢筋施工技术分析[C]//《施工技术》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册). 中国建筑第八工程局有限公司; 中建八局华南建设有限公司; , 2023: 347-349.

作者简介: 秦广博(1994.02), 男, 汉族, 安徽亳州人, 工程师, 硕士研究生学历, 研究方向: 建筑工程。