

建筑主体结构施工技术的分析与研究

侯远丽

浙江鸿元建设集团有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i1.7600

[摘要] 建筑主体结构施工技术是确保建筑工程质量、安全性和耐久性的重要环节。我国《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300-2013)和《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204-2015)明确规定主体结构施工的质量验收要求,为施工管理和技术创新提供了科学依据。在技术发展和法规指引的双重作用下,施工技术的标准化和精细化管理逐渐成为行业共识。本文以钢筋工程、模板工程和混凝土工程为核心,分析其施工技术的关键工艺及质量控制要点。通过研究钢筋加工与绑扎、模板安装与拆除、混凝土浇筑与施工缝处理等环节,总结了施工技术的核心原则和质量控制方法。

[关键词] 主体结构施工; 钢筋工程; 模板工程; 混凝土工程

Analysis and Research on Construction Technology of Building Main Structure

Hou Yuanli

Zhejiang Hongyuan Construction Group Co., Ltd.

[Abstract] The construction technology of the main structure of a building is an important link in ensuring the quality, safety, and durability of the construction project. The Unified Standard for Construction Quality Acceptance of Building Engineering (GB 50300-2013) and the Code for Acceptance of Construction Quality of Concrete Structures (GB 50204-2015) in China clearly stipulate the quality acceptance requirements for the construction of the main structure, providing a scientific basis for construction management and technological innovation. Under the dual influence of technological development and regulatory guidance, standardization and refined management of construction technology have gradually become industry consensus. This article focuses on steel reinforcement engineering, formwork engineering, and concrete engineering, analyzing the key processes and quality control points of their construction technology. By studying the processing and binding of steel bars, installation and removal of formwork, pouring of concrete, and treatment of construction joints, the core principles and quality control methods of construction technology have been summarized.

[Key words] main structure construction; Reinforcement engineering; Template engineering; Concrete engineering

引言:

建筑主体结构的施工涉及钢筋、模板和混凝土等多项工艺技术,其施工质量直接关系到建筑物的安全性和使用寿命。然而,实际施工中仍存在技术难点和质量控制挑战,如钢筋保护层厚度偏差、模板支撑系统变形、混凝土浇筑振捣不密实等问题。基于此背景,深入分析建筑主体结构施工技术的关键环节及其质量控制方法,具有实践意义。

1、主体结构施工的核心原则

1.1 精准性

施工过程必须注重精确测量与施工。钢筋的间距允许偏差为±10mm,钢筋保护层的厚度偏差应控制在±3mm内。模板支撑体系的垂直度误差不得超过3%(即每米偏差不大于3mm),楼板模板标高的允许偏差为±5mm。通过精确的尺寸控制,确保建筑结构的几何形态和受力性能符合设计要求^[1]。

1.2 安全性

施工方案设计应充分考虑结构安全,在高层建筑中,模板支撑体系必须满足荷载 $\geq 3.0\text{kN/m}^2$ 的要求。施工现场需严格执行安全规范,如混凝土浇筑时,分层厚度不得超过300mm,确保结构均匀受力,避免因施工超载引起支撑坍塌。

1.3 经济性

采用标准化模板体系减少模板拼缝长度,模板拼接间隙应小于2mm,有效减少混凝土漏浆现象。同时,合理规划混凝土浇筑时间,确保施工坍落度保持在160~180mm,避免浪费材料。

1.4 可持续性

推广绿色施工理念,如在楼板施工中采用节能型混凝土添加剂,减少水泥用量10%以上,同时降低二氧化碳排放。支撑体系选择可周转的钢支撑,提升材料利用率,减少资源浪费。

2、主体结构施工技术的核心环节

2.1 钢筋工程施工技术

2.1.1 钢筋加工及定位技术

钢筋加工主要包括下料、弯曲成型和接头处理。加工过程中严格控制尺寸精度，采用以下公式计算下料长度：

$$L = L_{\text{净}} + L_{\text{弯折}} + L_{\text{连接}} \quad (1)$$

对于直径 $d = 16\text{mm}$ 的钢筋，需要弯折两次，每次弯曲半径为 $D = 20\text{mm}$ ，设计净长为 $L_{\text{净}} = 1000\text{mm}$ 。则：

$$L = 1000 + 2 \cdot \pi \cdot 20 + 10 \cdot 16 = 1000 + 125.6 + 160 = 1285.6\text{mm} \quad (2)$$

加工完成后，需按规范允许偏差检查：钢筋下料长度偏差应 $\leq \pm 5\text{mm}$ ，弯曲成型角度偏差应 $\leq 1^\circ$ 。

钢筋定位采用放线法和定位卡具辅助安装，确保钢筋间距、保护层厚度及空间位置符合设计要求。具体定位标准包括：主筋间距允许偏差： $\pm 10\text{mm}$ ；钢筋保护层厚度偏差： $\pm 3\text{mm}$ ；钢筋弯起点位置偏差： $\leq 20\text{mm}$ 。

施工过程中，采用控制卡具和定位垫块以确保精度，例如：使用塑料保护垫块设置保护层厚度，垫块尺寸取钢筋保护层设计厚度（如 25mm ）；水平钢筋间距的定位公式

$$S = \frac{L_{\text{总}} - 2 \cdot C}{n - 1} \quad (3)$$

通过合理加工及精准定位，钢筋工程可满足设计要求，降低材料浪费，确保施工质量。

2.1.2 钢筋绑扎与连接技术

钢筋绑扎技术的核心在于确保钢筋间距、位置、和保护层厚度符合设计要求，同时保证钢筋连接处的牢固性。绑扎主要采用“十字绑扎法”和“八字绑扎法”。

(1) 绑扎间距控制：普通构件箍筋绑扎点间距： $\leq 500\text{mm}$ 。剪力墙双层钢筋网片间水平拉筋绑扎点间距： $\leq 600\text{mm}$ 。

(2) 保护层控制：主筋保护层厚度标准：柱 25mm ，梁 20mm ，板 15mm 。使用塑料垫块辅助控制厚度，垫块尺寸=设计保护层厚度。

表1 模板安装调整与验收技术标准

轴线位移	$\pm 5\text{mm}$	用经纬仪或钢尺测量	墙、柱、梁等所有构件
模板水平标高	$\pm 5\text{mm}$	水准仪或拉线钢尺测量	适用于楼板和梁底模板
模板垂直度	墙、柱 $\leq 3\%$ 楼板 $\leq 2\%$	经纬仪或线锤测量	例如柱高 3m ，垂直偏差 $\leq 9\text{mm}$
拼缝间隙	$\leq 2\text{mm}$	用塞尺检查	防止混凝土漏浆
模板表面平整度	$\leq 5\text{mm}$	用 2m 靠尺和塞尺检查	模板拼接区域的高低差控制

2.2.2 模板拆除技术

(1) 模板拆除原则

模板拆除需满足以下基本原则：混凝土强度必须达到设计要求后才能拆除。一般情况下：墙、柱侧模板强度 $\geq 1.2\text{MPa}$ 即可拆除。而梁、板底模拆除时，混凝土强度需达到设计强度的 $50\% \sim 75\%$ ，跨度 $> 8\text{m}$ 的梁板需达到设计强度的 100% 。此外，遵循先非承重、后承重的顺序；先支后拆，后支先拆。

(2) 模板拆除工艺流程

模板拆除的一般工艺流程如下：混凝土强度检测 → 提交拆模申请 → 拆除非承重模板 → 拆除承重模板 → 模板清理及堆放。

(3) 模板拆除操作要点

钢筋连接技术分为绑扎搭接、机械连接和焊接三种主要方式，依据设计要求和施工条件选择合适方法。

其中绑扎搭接适用于直径 $\leq 25\text{mm}$ 的普通钢筋。搭接长度计算公式为：

$$L = K \cdot d \quad (4)$$

机械连接适用于直径 $\geq 25\text{mm}$ 钢筋，常用连接套筒，连接率需 $\geq 95\%$ ，连接点位置错开至少 500mm ，减少对结构整体刚度的影响。焊接连接 $L = 10d$ ，双面焊： $L = 5d$ 。

2.2 模板工程施工技术

2.2.1 模板安装技术

(1) 模板安装工艺流程

模板安装一般按照以下工艺流程进行：放线定位 → 底模安装 → 主次龙骨布置 → 侧模拼装 → 加固与调整 → 验收预检。

放线定位：依据施工图纸，在施工面弹出轴线和构件边线，放出模板位置，确保误差 $\leq 3\text{mm}$ [2]。

底模安装：底模使用木胶合板或钢模板，支撑系统采用可调支撑顶托，调节标高偏差在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内。

主次龙骨布置：根据构件跨度和模板厚度计算龙骨间距，确保模板不下挠。通常，梁模板主龙骨间距为 500mm ，次龙骨间距为 $200 \sim 300\text{mm}$ 。

(2) 模板加固技术

模板加固包括使用对拉螺栓、钢背楞和支撑系统等进行固定，确保模板在混凝土浇筑时不变形、不漏浆。通过对拉螺栓及塑料套管固定两侧墙模板，螺栓间距水平方向 600mm ，垂直方向 500mm 。完成后，需设置水平拉杆、扫地杆和剪刀撑，确保支撑系统稳定。跨度 $\geq 4\text{m}$ 的梁需按 $L/1000$ 起拱（ L 为梁跨度） [3]。

(3) 安装调整与验收

在安装调整中，需确保可满足如下要求，见表1：

在拆除前，需采用回弹法或同条件养护试块强度试验，确保达到拆模条件。

在拆除进行时，需自上而下拆除，先拆除对拉螺栓和斜撑，再松开侧模板。模板与混凝土分离时，应轻轻撬动，避免损伤混凝土表面。

梁板模板需先拆次梁支撑，再拆主梁支撑，并从跨度中间开始，向两侧对称进行，避免整体受力失衡。最后，从楼梯底部开始依次拆除模板和侧模，防止对已浇筑混凝土的震动或损坏。

(4) 技术标准与安全措施

表2对模板拆除的技术标准和安全措施进行系统化归纳，为施工现场提供了清晰的操作指导，同时确保施工质量与作业安全。

表2 模板拆除技术标准与安全措施

混凝土强度要求	墙柱侧模拆除	混凝土强度 $\geq 1.2\text{MPa}$	墙体、柱体模板	满足成型稳定性要求
梁板跨度 $\leq 2\text{m}$	混凝土强度 \geq 设计强度的50%	短跨度梁板		
梁板跨度 $> 8\text{m}$	混凝土强度 \geq 设计强度的100%	长跨度或悬挑结构		
支模时限	支撑卸荷后保留3层支架	高支模区域		防止整体失稳
模板拼缝检查	拼缝间隙 $\leq 2\text{mm}$	防止漏浆	模板连接部位	

2.3 混凝土工程施工技术

2.3.1 混凝土浇筑与振捣技术

(1) 浇筑技术

混凝土浇筑前,应根据施工图纸划分浇筑段,每段的最大浇筑面积不宜超过 100m^2 ,厚度控制在 300mm 以内,确保分层浇筑。混凝土坍落度宜控制在 $160\sim 180\text{mm}$,以保证混凝土的可泵性和成型效果。

墙柱混凝土浇筑时,宜先在底部均匀铺设 $30\sim 50\text{mm}$ 厚的同配比水泥砂浆。高差超过 2m 时,应采用串筒或溜槽下料,以防止离析。梁板混凝土浇筑顺序应从一端向另一端推进,采用赶浆法,确保混凝土密实和连续浇筑。

(2) 振捣技术

振捣过程需遵循“快插慢拔”的原则,每插点间距控制在 400mm 以内,振捣棒插入深度超过下层混凝土表面 $50\sim 100\text{mm}$,以保证层间结合紧密。振捣时间一般为 $20\sim 40\text{s}$,以混凝土表面平整、不再显著沉降、不再冒气泡为准。楼板混凝土可采用平板振动器,其行走搭接宽度为平板宽度的 $1/3$,确保振捣均匀。

2.3.2 混凝土施工缝与后浇带处理

(1) 施工缝设置与处理

施工缝位置应避免结构受力最大部位,一般设置在梁跨度的 $1/3$ 净跨范围内或墙柱高度的 $1/3$ 处。施工缝处理流程为:第一,施工缝处需凿毛,将表面浮浆清除至显露坚硬的骨料层,凿毛深度宜为 $10\sim 15\text{mm}$ 。第二,凿毛后用高压水冲洗施工缝,并保持湿润 $4\sim 6$ 小时。第三,在施工缝处均匀涂刷水灰比为 $0.4\sim 0.5$ 的水泥浆(或界面剂),接着浇筑新混凝土。

第四,若施工缝长度为 $L = 8\text{m}$,混凝土厚度为 $H = 300\text{mm}$,接触面积 A 计算为:

$$A = L \times H = 8\text{m} \times 0.3\text{m} = 2.4\text{m}^2 \quad (5)$$

(2) 后浇带设置与处理

后浇带设置用于缓解因温差、收缩或沉降引起的变形。后浇带宽度一般为 $700\sim 1000\text{mm}$,后浇带应在混凝土达到设计强度的 $75\%\sim 100\%$ 后处理,养护时间一般不少于 28 天。此外还需根据设计要求,在后浇带位置增设 $\phi 12@200$ 的钢筋网片。其分层浇筑需按照混凝土施工技术,将其分为两侧进行浇筑,底层厚度为 200mm ,顶部与周边混凝土一同浇筑。后浇带混凝土体积计算公式,若后浇带宽度 $W = 0.8\text{m}$,长度 $L = 10\text{m}$,厚度 $H = 0.3\text{m}$,混凝土体积 V 计算为:

$$V = W \times 0.8\text{m} \times 10\text{m} \times 0.3\text{m} = 2.4\text{m}^3 \quad (6)$$

3、主体结构施工技术的质量控制

3.1 钢筋工程质量控制要点

钢筋进场需提供材质证明和复试报告。复试内容包括屈服强度、抗拉强度和延伸率,符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB/T 1499.2-2018)的要求。现场核实时,钢筋直径偏差不

得超过 $\pm 0.3\text{mm}$,长度偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 。

钢筋搭接长度需满足设计要求。例如,II级钢筋(HRB335)直径为 16mm 时,搭接长度计算如下:

$$L = 35d = 35 \times 16\text{mm} = 560\text{mm} \quad (7)$$

现场焊接接头的力学性能检测,抽样比例为接头总数的 10% ,且不得少于 3 个。焊缝抗拉强度需达到钢筋母材强度的 1.15 倍。梁柱保护层厚度要求为 25mm ,板类构件保护层为 15mm 。使用保护层厚度检测仪随机抽测总量的 10% ,检测结果需满足设计要求,合格率不得低于 95% 。

3.2 模板工程质量控制要点

3.2.1 模板安装的尺寸与位置控制

(1) 轴线位置与标高控制

模板安装后,轴线位置允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。模板标高的控制需满足以下标准:梁底模板标高允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$,楼板模板标高允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

(2) 截面尺寸与厚度控制

墙柱截面尺寸需严格控制,允许偏差为 $+4\text{mm}/-5\text{mm}$;墙体厚度允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。为保证截面尺寸准确,可在模板内加设标尺或使用卡具进行固定,并在模板拼接处设置加固件,避免受力变形。

(3) 垂直度控制

墙柱模板垂直度控制是施工重点:

墙柱高度 $\leq 6\text{m}$ 时,垂直度允许偏差为 8mm ;

墙柱高度 $> 6\text{m}$ 时,垂直度允许偏差为 10mm 。安装模板时,通过吊线锤或经纬仪进行测量调整,确保模板垂直度满足规范要求。

(4) 拼缝间隙与错台控制

模板拼缝间隙不得超过 2mm ,拼接错台不得大于 2mm ,以避免混凝土漏浆和表面不平整问题。在拼接模板时,应使用专用连接件固定,并在拼缝处贴密封胶条,确保拼缝严密。

3.2.2 模板拼接与缝隙控制

(1) 拼接质量控制

模板拼接时,必须确保模板边缘平整,拼接部位密合紧固。模板拼接缝的间隙不宜超过 2mm ,模板错台高度应控制在 2mm 以内。对特殊部位的模板(如柱根、梁柱节点等),可使用定制模板或加强加固措施,确保拼接效果良好。在施工中,使用专用的连接件(如螺栓、扣件等)对模板进行固定,并在连接处均匀分布加固件,保证拼接的整体稳定性和模板间隙的严密性。

(2) 拼缝防漏浆措施

在模板拼缝处贴装防水密封胶条,密封胶条厚度应在 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 之间,确保拼缝部位不发生漏浆现象。对于小型拼缝,可使用耐高温胶带封堵,确保混凝土浇筑时不产生漏浆。若拼缝间隙

较大,需在拼接处嵌填砂浆或调整模板位置以确保密封。

(3) 拼缝加固与检查

模板拼接完成后,需通过目测和尺量检查拼缝密合度,以下为控制标准:拼接处需无明显间隙,间隙总长度不宜超过模板总长度的1%。模板错台的高度不得大于2mm,模板结合处平整无错动。在浇筑混凝土前,应再次检查拼缝位置,并进行二次封堵处理以确保无漏浆隐患。

3.3 混凝土工程质量控制要点

3.3.1 配合比控制

混凝土配合比控制是保证结构强度、耐久性和施工性能的关键环节,其设计需综合考虑强度等级、施工条件和耐久性要求。在施工过程中,水灰比控制在0.4~0.5之间,对于C40及以上高强度混凝土,水灰比应小于0.45,以确保混凝土的强度和耐久性。砂率一般保持在35%~40%,既能确保混凝土的和易性,又可防止离析和泌水问题。坍落度应根据施工需求进行精确控制,泵送混凝土的坍落度通常要求在160~180mm范围内,而梁柱节点部位控制在140~160mm,避免流动性过高影响结构性能。在搅拌过程中,投料顺序需严格按照水泥、砂、骨料、水及外加剂的顺序进行,搅拌站自动计量系统需满足水泥、外加剂误差不超过±1%,水、砂、骨料误差不超过±2%的精度要求。现场施工时需实时检测坍落度,偏差控制在±10mm以内。

3.3.2 作业流程操作问题

在混凝土施工当中,注意柱脚底部封模位置要进行凿毛处

理。柱模板支模完成后底部堵浆,堵浆四周封堵形成封闭圈,避免混凝土施工中出现外漏。同时,跟商混站对接跟踪反馈混凝土工作性能,确保混凝土质量达标。

振捣作业是非常重要的环节。柱子振捣过程中采取双振动棒对角振捣方式。混凝土入模前先行同标号砂浆垫底,控制混凝土入模方向。振捣手施工前务必进行技术交底,且保证具备丰富的作业经验。振捣过程中管理人员柱子点对点管理。不同劳务分包班组对比浇筑,施工不同楼面,差的班组淘汰清退。

结束语:

总之,通过对钢筋工程、模板工程和混凝土工程施工技术的分析,可发现标准化施工和精细化管理是实现高质量建筑施工的关键途径。在未来的发展中,应进一步加强施工技术的规范化和创新性应用,结合新材料、新工艺和智能化设备,全面提升建筑施工效率和质量。此外,绿色施工理念的推广为建筑行业的可持续发展指明了方向,应加大对节能型材料、可循环支撑体系和低碳施工方法的应用力度。

[参考文献]

- [1]朱必豪.建筑工程主体结构施工技术及质量控制措施[J].建筑与预算,2023(9):74-76.
- [2]王浩.建筑主体结构工程施工技术要点探析[J].建筑·建材·装饰,2023(12):91-93.
- [3]王尧.浅析建筑工程主体结构质量检测内容及方法[J].建筑·建材·装饰,2023(11):157-159.

上接第122页

注浆量进行控制,从而有效管控直径参数,通过实验比较最终确定最佳注浆量,进而确定注浆压力以及抗拔力。如某地铁土建工程地质结构是可塑性粉质黏土,使用锚杆锚固技术加固,锚杆长为16米,应用注浆技术,注浆压力控制在1MPa,注浆量为 $0.5L/m^{3[7]}$ 。为使地层中注浆能够均匀扩散,拓宽浆液固结范围,提高注浆固结质量,构建三维模型,发现一部分浆液会渗入到其他地区,渗透均匀性不强,深层浆液含量不多。于是,施工人员选择钻孔注浆,通过静压注浆方法,通过水泥砂浆实现注浆。注浆钻孔直径为13cm,利用锚索加固。对于提高锚杆抗拔力,注浆技术发挥着重要作业,能够降低地表沉降量,让基坑更加稳定,达到地铁土建工程施工标准。

6、盾构纠偏中应用

在地铁盾构施工中,注浆技术应用能够提高纠偏效果,防止地基稳定性差导致沉降不均匀的情况出现,让隧道、地下结构更加安全稳定。如长春市某地铁工程选择盾构技术施工操作,隧道高为6.3米,井高15米,竖井距离为366米,施工位置有诸多灰色黏土,含水量比较高,超过40%^[8]。使用盾构法进行隧道施工时,经过这一位置时出现偏移,若继续施工盾构机无法达到预期位置。为此选择使用注浆技术盾构纠偏,通过压密注浆法施工建设。注浆前,选择在环管片区域钻孔,在管片西边设置两个注浆孔,东边有良好出土孔,防止高含水量的地质影响施工建设,也避免水流进入。注浆从西部开始,在东部出土位置纠偏,盾构机逐步推进,将防喷装置安装在出土孔处,出土2小时之后注浆。通过压密注浆法对浆液灌注压力、流量进行控制,同时对盾构机推进进行密切监测,对纠偏

注浆的次数如实记录,当纠偏达到预期目标后将注浆工作停止。

结束语:

总而言之,地铁工程是当前城市建设中的重要交通设施,可以很好地缓解城市交通运输压力。为保证地铁工程建设效果,应提高对土建工程建设重视程度,并在其中应用注浆技术,确保地基结构更加稳定坚固。在具体实施过程中,应根据地铁土建工程所处位置选择合适施工方案、工艺与技术,提高地基结构稳固性,确保后续地铁工程建设达到较高品质。

[参考文献]

- [1]周秀兰.注浆加固技术在地铁隧道中的应用研究[J].工程技术研究,2024,9(6):64-66.
- [2]高国强.高压注浆技术在地铁施工防水中的应用研究[J].中国厨卫,2024,23(1):19-21.
- [3]钟鸣,刘慧,余万珍,桑家才.注浆技术在地铁土建工程中的应用[J].大众标准化,2023(11):49-51.
- [4]沈诗亮.试析注浆技术在地铁土建工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(1):283-286.
- [5]王通福.注浆技术在地铁土建工程中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(4):69-71.
- [6]白龙.注浆技术在地铁土建工程中的应用探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(4):226-228.
- [7]张乐.注浆技术在地铁土建工程中的应用[J].新材料·新装饰,2021,3(23):115-116.
- [8]柴桂强.注浆技术在地铁土建工程中的应用研究[J].地产,2021(16):158-160.