

新型装配式钢包柱结构混凝土的质量控制与判定

曾 西

新七建设集团有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：新型装配式钢包柱结构结合了钢结构与混凝土结构优势，适配建筑装配工业化发展。本文阐述了该钢包柱结构混凝土的基础特性，包括构造优势、材料特性及协同工作特性；分析了质量控制的关键环节，如原材料、预制构件生产、现场装配施工及后期养护；探讨了质量判定的关键维度，并提出了技术、管理及工艺层面的优化路径。通过系统性措施，可提升混凝土质量，保障结构安全，推动建筑装配式行业高质量发展。

关键词：新型装配式钢包柱结构；混凝土；质量控制；质量判定；装配式建筑

引言

伴随建筑工业化进程的加速，装配式建筑结构体系创新成为关键。新型装配式钢包柱在国家产业化需求发展与投资成本控制碰撞中产生，既满足规划设计许可条件，又最大限度的降低业主投资。然而，其混凝土质量控制与判定面临诸多挑战，需从材料特性、协同工作、施工管控等多维度深入研究，以保障结构安全可靠。

1 新型装配式钢包柱结构混凝土的基础特性

1.1 新型装配式钢包柱结构的构造与核心优势

新型装配式钢包柱结构是适配建筑工业化发展的创新体系，核心是通过工厂预制钢包柱作为装配模板与受力构件，结合标准化、模块化设计，实现现场快速装配。作为建造装配，主要起到模板支撑作用，钢包柱混凝土结构形式在一定结构型式上能提升结构受力及抗震性能，自重轻与混凝土结构稳定性强的优势，可有效提升装配率、缩短施工周期，降低现场湿作业强度与建设成本，且截面形式灵活，能适配不同建筑功能与美学需求，契合绿色建筑发展理念^[1]。这种结构体系以预制钢包柱作为模板支撑装配，通过精确设计的节点连接系统，实现施工阶段构造装配，满足装配率，降低了成本。构造上，该结构注重模块化与标准化设计，涉及墙柱上预埋定位，开孔。有效缩短了施工周期，降低了现场作业强度。同时，钢包柱的截面形式多样，可根据实际工程需求灵活调整，以满足不同建筑功能与美学要求。

1.2 装配式钢包柱混凝土的材料特性

装配式钢包柱所采用的混凝土，经过定制化配比与预制工艺处理，以满足钢包柱的构造装配需求。这种混凝土的和易性与流动性经过精准调控，通过采用微膨技术，保证混凝土在成型稳定后干缩不导致钢包柱内壁出现“脱壳”现象；能够顺畅地填充钢包柱内部间隙，契合预制装配的施工特点，从而保障构件的成型质量。由

于四周被型钢包裹，混凝土的耐久性大幅度提升；为结构的整体装配质量奠定坚实基础。

1.3 装配式钢包柱与混凝土的协同工作特性

新型装配式钢包柱结构中，钢包柱与混凝土的协同核心聚焦构造装配，需在钢包柱四周密封的前提下，保障内部混凝土密实、强度达标。装配时，钢包柱作为预制模板形成封闭腔体，通过优化混凝土配合比提升流动性，采用分层振捣工艺配合辅助振捣设备，确保混凝土充盈腔体无空隙。针对项目上大截面钢包柱结构形式，提前规划设计预留预留排气孔排出内部空气，密封后严格遵循定制养护方案，中间部位根据截面大小插入钢质导管（ $\phi 32-50$ ）注水散热，利用上层施工间歇时间，养护7-14天，上层封模前注浆封堵，前期养护不停循环水，确保内外温差不超过 25°C ，控制温湿度稳定，促进混凝土强度稳步提升，实现钢包柱密封构造与混凝土密实度、强度的协同适配，保障装配质量。

2 新型装配式钢包柱结构混凝土质量控制的关键环节

2.1 原材料进场管控

原材料性能直接影响结构最终质量，需从源头做好进场检验与管控工作。钢包柱作为核心装配构件，截面一般为矩形，加工时可采用四片钢板焊接成型，也可通过多片钢板弯折后对接焊接，钢材需选用符合设计要求的低合金高强度结构钢，一般情况下为Q235B和Q355B型钢板，厚度根据界面大小进行选型，一般不低于5MM，重点核查屈服强度、抗拉强度及断后伸长率等力学参数，同步对钢材表面缺陷、锈蚀程度及几何尺寸偏差进行严格筛查。混凝土原材料需结合工程环境及设计年限筛选适配品种，水泥优先选用满足早强、低热或抗硫酸盐侵蚀等特殊需求的类型，骨料粒径分布需与钢包柱内部空间精准匹配，防止浇筑过程中出现堵管或离析现象，外加剂与掺合料需通过相容性试验确定最佳掺量，

保障混凝土工作性与耐久性同步提升^[2]。

2.2 预制构件生产过程管控

钢包柱预制加工的核心是深化预埋孔洞的定位与开孔,需精准把控孔洞位置、尺寸及数量,确保与现场钢筋绑扎、混凝土浇筑的适配性。加工过程中,需对每个预埋孔洞进行精准定位,开孔后及时做好清晰标记,明确现场安装方向,避免安装时出现方向偏差。加工完成后,通过三维扫描技术复核构件几何尺寸及孔洞定位精度,确保长度偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内,孔群位置偏差 $\leq 1\text{mm}$ 。同时,需严格筛查钢材表面缺陷、锈蚀程度,保障钢包柱整体加工质量,为现场吊装、定位加固及后续混凝土浇筑、养护工作奠定基础,全程严控加工精度,确保现场安装顺利推进。

2.3 现场装配施工管控

构件运输需根据其形状及重量设计专用胎架,钢包柱采用立式运输方式,通过可调节支座固定防止倾覆,运输道路平整度需满足车辆行驶要求,避免颠簸引发构件变形。存放场地需平整坚实,构件堆放层数需经稳定性验算确定,钢包柱堆放高度不超过2米,层间垫木位置需与吊点对齐,防止局部应力集中造成构件损坏。安装定位阶段通过全站仪或激光铅直仪校核垂直度,偏差值需严格符合相关要求,大截面钢包柱在制作运输过程中要加临时支撑,在吊装转为竖向吊装位前拆除,临时支撑体系需具备足够刚度,支撑点位置需通过结构计算确定,避免构件在自重作用下发生变形。养护期间需采取针对性措施,大截面钢包柱需开设窗口,保障养护期间“透气”,一般采用矩形窗口孔洞,单边尺寸以400-500mm为宜,方便后期对该区域范围内砼强度进行检测。

2.4 后期养护与运维管控

交付过程中需重点做好钢包柱开孔处处理,保障交付质量。钢包柱上的开孔部位需采用抹灰补平,确保表面平整,避免影响后续使用。待钢包柱内部混凝土强度达标后,需对钢包柱重新补做油漆。因混凝土水化反应产生的碱环境,极易导致钢包柱出现锈蚀现象,因此需对钢包柱进行现场二次除锈处理,彻底清除锈蚀痕迹后,再重新涂刷油漆,做好防腐防护。同时建立简易运维管控机制,定期检查开孔补平处及油漆涂层完整性,及时处理破损部位,确保钢包柱耐久性,保障交付后结构使用安全,全程严控交付各环节质量。

3 新型装配式钢包柱结构混凝土质量判定的关键维度

3.1 原材料合格性判定

原材料合格性判定需建立多指标联动的评价体系,结合进场检验数据开展综合判定。钢材判定重点核查力

学性能与工艺适配性,通过拉伸试验验证屈服强度与断后伸长率是否符合设计要求,对表面锈蚀等级进行目视检查与仪器检测,确保锈蚀面积占比不超过规范限值。水泥判定需结合工程环境选择适用品种,对通用硅酸盐水泥重点检测安定性、凝结时间及强度等级,特种水泥需补充抗硫酸盐侵蚀或低热性能专项测试^[3]。骨料判定聚焦粒形、级配与含泥量,粗骨料针片状颗粒含量需低于规定值,细骨料细度模数应与配合比设计匹配,避免因级配不良导致混凝土离析。外加剂判定需通过混凝土试配验证减水率、保坍性及与水泥的相容性,掺合料需检测活性指数与需水量比,确保对混凝土强度与工作性的提升效果。

3.2 预制构件成品判定

质量判定需结合加工精度、实体质量及外观质量开展全面评价。钢包柱加工精度判定采用三维坐标测量技术,对柱体长度、截面尺寸及孔洞定位精度进行全数检测,确保偏差值控制在毫米级范围。混凝土实体强度判定结合标准养护试块与同条件养护试块试验结果,对重要部位采用钻芯法进行现场实体强度复核,确保强度代表值不低于设计强度等级。密实度判定采用超声波检测或雷达扫描技术,重点排查现场浇筑混凝土内部孔洞或疏松区域,杜绝浇筑不密实问题。外观质量判定制定分级检查标准,对钢包柱表面缺陷、锈蚀痕迹及现场浇筑后的外观瑕疵进行量化评估,对影响结构耐久性的缺陷及时处理,确保现场浇筑混凝土及钢包柱整体质量达标,为后续养护、交付环节奠定基础。

3.3 现场装配质量判定

钢包柱内部混凝土质量判定核心聚焦砼密实度与强度验证。传统混凝土墙柱强度验证可对中间段四个面随机抽查,但本结构中墙柱外部包裹型钢,且采用密封养护,仅钢包柱开孔位置可进行回弹或钻芯检测,常规检测方式受到限制。目前现行规范对此种密封型钢包裹混凝土的结构形式,无明确检验标准,给质量判定带来一定难度。现场判定需结合实际施工情况,对已施工区域,待混凝土强度达标后,随机切割钢包柱钢板,在切割区域开展砼强度回弹和钻芯检测,并对检测数据进行统计抽样分析。

3.4 后期使用性能判定

后期使用性能判定建立动态监测与定期评估机制,聚焦结构耐久性与安全性。混凝土性能判定通过酚酞试剂法定期检测碳化深度,采用滴定法或离子选择电极法抽样分析氯离子含量,当碳化深度接近钢筋保护层厚度或氯离子含量超限时,及时启动防护整改措施。结构变

形判定通过水准仪或激光位移计监测钢包柱侧向位移,对工业建筑或大跨度结构增加挠度监测频次,及时发现异常变形隐患^[4]。耐久性判定结合环境作用等级制定差异化方案,对腐蚀环境中的构件增设电位差监测装置,通过数据异常波动预警潜在风险,为维修决策提供科学依据,保障结构长期使用安全。

4 新型装配式钢包柱结构混凝土质量控制与判定的优化路径

4.1 技术层面优化

技术优化需聚焦材料性能提升与适配性改进,结合钢包柱结构特点开展针对性优化。在材料研发领域,可开发高韧性混凝土与耐候钢材的复合体系,通过添加聚丙烯纤维或纳米二氧化硅改善混凝土抗裂性,同时采用低合金高强度钢并优化热处理工艺,提升钢材屈服强度与疲劳寿命。针对钢-混凝土界面粘结性能,研制专用界面剂,增强机械咬合与化学粘结效果,补偿收缩变形。需重点考虑,钢包柱结构会对电子设备产生干扰,导致多数电子监测设备无法正常使用,因此不宜引入物联网传感器等电子设备,需放弃全生命周期电子监测方案,转而通过优化材料配比、细化工艺操作,保障结构质量。检测技术方面,采用冲击回波法替代传统取芯法,减少对构件完整性的破坏,确保检测精准性与构件安全性。

4.2 管理层面优化

管理优化需构建覆盖全产业链的质量追溯体系。设计阶段应推行BIM正向设计,通过三维模型集成钢材规格、混凝土配合比及连接节点参数,生成可交互的质量控制清单,为后续施工提供数字化基准。生产阶段需建立供应商分级管理制度,对钢材、水泥等关键原材料实施动态评估,根据质量稳定性调整采购比例,同时完善预制构件唯一性编码规则,实现从原材料进场到构件出厂的全流程信息留痕。施工阶段可开发质量管控APP,将安装精度、节点连接等关键工序转化为可量化的检查项,现场人员通过移动终端上传检测数据与影像资料,系统自动比对规范要求并生成整改通知,形成“检测-反馈-整改”的闭环管理。验收阶段需引入第三方检测机构,对重要构件进行破坏性抽检与无损检测的交叉验证,确保判定结果客观公正。

4.3 工艺层面优化

工艺优化需针对关键工序制定精细化操作标准。钢包柱预制加工阶段,可采用数控火焰切割替代手工下料,通过编程控制切割路径,将截面尺寸偏差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内;对焊接节点,应制定分层分道焊接工艺,控制层间温度与焊接速度,减少热影响区脆化风险。混凝土浇筑阶段,可开发自适应振捣设备,通过压力传感器实时监测振捣棒插入深度与振动力度,避免因振捣不足导致蜂窝麻面或过振引发骨料离析^[5]。现场装配阶段,可设计专用定位工装,通过激光投影技术将构件安装位置投射至作业面,指导施工人员快速完成精准定位;对套筒灌浆连接,应采用智能灌浆设备,通过流量传感器与压力传感器联动控制灌浆速度与压力,确保浆体充分填充密实。养护阶段可推广太阳能蒸汽养护技术,利用太阳能集热器产生蒸汽,通过智能温控系统维持养护舱内湿度与温度,降低传统蒸汽养护的能耗与碳排放。

结束语

新型装配式钢包柱结构混凝土的质量控制与判定是一个系统性工程,贯穿结构全生命周期。通过技术层面的材料性能提升与检测手段革新、管理层面的质量追溯体系构建、工艺层面的精细化操作标准制定,可有效提升混凝土质量,保障结构安全可靠。在实际工程中,需综合运用多种措施,严格把控各环节质量,确保新型装配式钢包柱结构在建筑领域发挥更大优势,为建筑行业高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]刘杰.型钢混凝土梁柱节点施工技术及其质量控制[J].工程质量,2024,42(3):103-110.
- [2]陈云,赵威,董金爽,等.钢管混凝土柱,型钢混凝土柱,钢柱与钢筋混凝土梁连接节点研究现状综述[J].建筑钢结构进展,2024,26(7):1-13.
- [3]苗春雨.钢-混凝土组合结构中型钢柱与钢筋连接节点的施工优化[J].四川水泥,2023,(06):164-166.
- [4]陈笑.型钢混凝土柱与框架梁钢筋连接施工方法研究[J].砖瓦,2023,(04):148-150.
- [5]曹可悦,苏伟,刘明希等.型钢混凝土柱与框架梁钢筋连接施工方法分析[J].住宅与房地产,2021,(31):217-218.