市政预制混凝土构件质量通病成因及防治措施

易贵恩　王健萍

中国水利水电第七工程局有限公司　四川　成都　611730

摘　要：市政预制混凝土构件是城市基础设施建设的核心组成部分，其成型质量直接决定市政工程结构稳定性与服役寿命。现阶段预制构件生产、安装及养护全流程中，普遍存在外观缺陷、结构性能不足、尺寸偏差、耐久性偏弱等质量通病。本文从材料配比、生产工艺、模架体系、养护管控及安装施工多个维度，系统剖析各类质量问题的核心成因，结合预制构件施工特性，提出针对性、精细化的防治技术措施，为提升市政预制混凝土构件整体施工质量、优化工程品质提供技术参考。

关键词：市政工程；预制混凝土构件；质量通病；成型缺陷；质量管控

引言：随着城市基建工业化、装配化转型推进，预制混凝土构件凭借施工效率高、现场污染小、标准化程度高的优势，被广泛应用于市政道路、桥梁、管网、围挡等各类工程场景。预制构件工厂化生产、现场装配的模式，虽有效规避了传统现浇施工的部分弊端，但受生产工艺不规范、过程管控精细化不足、储运安装不当、养护体系不完善等多重因素影响，各类质量通病频繁出现。构件表层破损、尺寸偏移、内部密实度不足、裂缝发育等问题，不仅影响构件外观完整性，更会降低结构承载能力与耐久性能，埋下长期安全隐患。基于此，系统梳理市政预制混凝土构件典型质量通病，深挖问题根源并制定科学防治方案，是提升市政装配式工程质量的关键所在。

1 市政预制混凝土构件典型质量通病分类

从市政预制混凝土构件生产、转运、安装及后期养护的整体施工流程来看，工程常见的质量问题可归纳为四类主要通病，这些病害既能够单独发生，也会存在一定的内在关联，会对构件整体施工质量造成不利影响。第一类为外观成型病害，多产生于构件生产制作阶段，具体包括表面气泡、麻面蜂窝、露筋、边角破损、表层起皮脱落等常见问题，也是施工现场出现频率最高的基础缺陷；第二类为几何尺寸偏差问题，涵盖构件整体尺寸误差超标、端面歪斜、预埋件与预留孔洞偏移、构件平整度及垂直度不合格等情况，会直接影响现场拼装的贴合效果。第三类是结构本体缺陷，主要有构件内部空洞、混凝土密实度不够、深浅裂缝、层间粘结脱离等问题，会降低构件整体承载能力与结构稳定性；第四类为耐久性不足问题，表现为构件表层碳化过快、抗渗抗冻性能较差、表面风化脱落等现象，会缩短构件的实际服役寿命。整体而言，预制构件各类质量通病一般不是单一诱因造成的，大多是施工材料、制作工艺、机械设备、现场管理等多方面因素叠加引发的[1]。

2 市政预制混凝土构件质量通病核心成因

2.1 原材料性能管控不达标

混凝土原材料的品质稳定性是构件质量的基础，原材料配比失衡、性能不达标是质量通病的首要诱因。骨料粒径级配不合理、含泥量与杂质含量超标，会降低混凝土密实度，诱发蜂窝、麻面、孔隙等缺陷；水泥标号选型不当、安定性不足，或外加剂掺量比例失衡，会直接影响混凝土凝结速度与强度增长规律，导致构件收缩开裂、表层起皮。同时，拌合用水杂质超标、钢筋锈蚀、预埋件材质不合格等问题，会从源头破坏构件结构均匀性与稳定性，埋下结构性缺陷隐患。

2.2 预制生产工艺规范性不足

工厂预制生产的工艺精细化程度，直接决定构件成型质量。混凝土拌合时间不足、拌合均匀性差，会造成混合料和易性不佳，构件成型后内部密实度不均；浇筑过程分层厚度不合理、振捣频次与力度把控不当，漏振引发内部空洞，过振导致骨料下沉、砂浆上浮，形成表层缺陷与结构分层。此外，构件脱模时机把控不准、脱模操作粗暴，极易造成构件边角破损、表层脱落，是外观缺陷频发的主要工艺原因[2]。

2.3 模架体系与设备精度偏差

模板、支撑架体系的精度与稳定性是保障构件尺寸精准的关键。模板平整度不足、刚度不够、拼接缝隙密封不严，会导致混凝土浇筑时漏浆，形成蜂窝麻面与

尺寸偏差；模板脱模剂涂刷不均匀、局部漏刷或涂刷过厚，会造成构件表层粘连、色泽不均、起皮破损。同时，生产设备长期使用出现精度损耗、振捣设备工况不稳定、吊装设备校准不及时，会持续诱发构件成型偏差与局部损伤。

2.4 全过程质量管控体系不完善

从成品储运到现场装配、后期养护的全流程管控缺失，是质量通病反复出现的核心管理因素。成品堆放垫层设置不合理、堆叠层数超标、防护措施不到位，会引发构件变形、开裂、边角破损；转运吊装时受力点位不合理、捆绑防护不足，造成构件局部损伤；装配施工定位校准不精准、固定措施不牢靠，产生安装尺寸偏差；后期养护温湿度管控不当、养护时长不足，会导致混凝土强度增长缓慢，诱发收缩裂缝、耐久性不足等问题。

3 市政预制混凝土构件质量通病精细化防治措施

3.1 严格原材料质量管控，筑牢源头质量基础

原材料品质的稳定可控是杜绝构件质量通病的核心前提，需建立原材料进场核验、存储保管、配比优化的全链条管控机制，从源头消除缺陷诱因。在骨料选用与管控方面，需根据市政预制构件的强度等级与使用工况，精准匹配粗细骨料粒径级配，严格把控骨料含泥量、云母含量及杂质含量，杜绝不合格骨料进场；骨料存储需分区隔离，做好防雨、防尘、防污染防护，避免骨料受潮结块、杂质混入影响拌合质量。在胶凝材料管控方面，优先选用安定性好、强度稳定的合规水泥，根据施工环境温度、构件成型要求确定水泥型号，杜绝过期、受潮、变质水泥投入使用。

外加剂需严格按照配合比精准计量，根据混凝土拌合状态、环境温湿度动态微调掺量，保障混凝土良好的和易性、保水性与凝结稳定性，避免因外加剂失衡引发的收缩开裂、表层缺陷。钢筋、预埋件等骨架材料需做好进场检验，严控钢筋规格、强度、平直度，提前清理钢筋表层锈蚀与杂质，预埋件需保证尺寸精准、表层平整，杜绝因骨架材料缺陷引发的露筋、结构受力不均等问题。同时，固定拌合用水水质，杜绝使用含杂质、酸碱度超标的水体拌合，保障混凝土混合料性能均匀稳定[3]。

3.2 优化预制生产工艺，规避成型阶段缺陷

生产工艺的标准化、精细化升级，是解决构件外观缺陷、结构密实度不足等问题的关键。首先优化混凝土拌合工艺，固定拌合顺序与拌合时长，保障粗细骨料、水泥、外加剂充分融合，确保混合料和易性、均匀性达标，从根本上减少构件内部空洞、表层孔隙等缺陷。拌合完成后需及时检测混合料状态，杜绝离析、结块、干稀不均的混合料投入浇筑工序。

其次规范浇筑与振捣工艺，根据构件厚度、结构形态控制分层浇筑厚度，遵循“分层浇筑、分层振捣、循序渐进”的施工原则，杜绝一次性浇筑过高导致的振捣不密实。振捣作业采用定点振捣、匀速移动的方式，精准把控振捣深度与振捣时长，确保混凝土骨料紧密排布、砂浆充分填充缝隙，规避漏振造成的内部空洞、蜂窝麻面，同时避免过振引发的骨料下沉、表层砂浆过厚及后期收缩开裂。针对构件边角、预埋件周边、预留孔洞等薄弱部位，需进行重点补振，消除局部密实度不足问题。

最后规范脱模工艺，精准把控脱模时间，以混凝土强度达到脱模标准为核心依据，杜绝过早脱模造成的构件变形、边角破损，同时避免脱模过晚导致的模板粘连。脱模作业采用平稳、匀速的操作方式，杜绝暴力撬动、硬拉硬拽，脱模后及时对构件表层细微破损进行修补，保障构件外观完整性。同时统一构件成型生产标准，规范各工序操作流程，减少人为操作偏差带来的质量缺陷。

3.3 升级模架与设备体系，保障构件尺寸精度

模架体系的稳定性与生产设备的精准度，直接决定构件几何尺寸精度与外观成型效果，需定期优化升级、校准检修，从硬件层面防控尺寸偏差与外观缺陷。模板选型需遵循刚度充足、平整度高、密封性好的原则，优先选用高强度定型模板，杜绝使用变形、破损、翘曲的模板。模板拼接部位需做好密封处理，采用专用密封材料封堵缝隙，彻底杜绝浇筑过程中漏浆、跑浆问题，从源头减少蜂窝、麻面、砂斑等缺陷。

脱模剂选用适配性强、附着力均匀的专用材料，施工时采用均匀涂刷工艺，保证模板表层全覆盖、无漏刷、无堆积，避免脱模剂涂刷不均引发的构件表层起皮、色泽斑驳、粘连破损。每次模板使用前需彻底清理表层残留砂浆、杂质，保持模板平整洁净，循环使用的模板需定期检测平整度与刚度，及时更换变形、老化模板。支撑架体系需保证搭设牢固、受力均匀，浇筑前完成精准校准，杜绝模架位移、变形引发的构件尺寸偏差、端面倾斜等问题。

同时建立生产设备常态化检修校准机制，对拌合设备、振捣设备、吊装设备定期调试，修正设备精度偏差，保障设备运行工况稳定。振捣设备根据构件规格匹配功率与振动频率，避免设备工况异常导致的振捣不均

问题；计量设备定期校准，保障原材料配比计量精准，杜绝配比偏差引发的混凝土性能缺陷，全方位提升构件成型精度[4]。

3.4 规范储运与装配流程，降低后期成型损伤

市政预制混凝土构件成品刚度有限，储运、吊装、装配过程的不规范操作，是构件破损、变形、尺寸偏差的重要诱因，需建立标准化成品管控流程，减少后期人为质量缺陷。构件脱模成型后，需待强度达标后方可转运堆放，成品堆放场地需平整夯实，设置刚性垫层，保证堆放受力均匀，杜绝构件局部悬空、受力不均引发的弯曲变形、开裂。严格控制构件堆叠层数，根据构件规格、强度确定堆叠高度，杜绝超层堆叠造成的下层构件受压破损、边角塌陷。

成品堆放期间需做好防护措施，对构件边角、表层进行包裹防护，避免外力碰撞、摩擦造成破损，同时做好防雨、防晒防护，避免构件长期暴晒、雨淋引发的表层风化、干湿收缩开裂。吊装转运过程中，需根据构件结构形态确定合理的吊装点位，采用柔性捆绑防护措施，杜绝刚性捆绑直接摩擦、挤压构件表层，吊装过程保持平稳匀速，避免晃动、碰撞、扭转造成的构件内部损伤与外观破损。

现场装配阶段需提前完成精准测量放线，严格把控构件安装定位、垂直度、平整度，装配过程实时校准偏差，杜绝盲目安装导致的尺寸超标、贴合度不足等问题。构件固定支撑体系需搭设牢靠，保证装配后构件受力稳定，避免后期位移、变形，从流程上杜绝装配阶段产生的各类质量缺陷。

3.5 完善养护管控体系，提升构件耐久性能

养护是保障混凝土强度稳定增长、规避收缩裂缝、提升构件耐久性的核心工序，需摒弃粗放式养护模式，建立全周期、精细化的温湿度养护管控体系。构件成型脱模后需及时进入养护工序，把控养护起始时间，杜绝长时间裸露放置。养护过程重点管控环境温湿度，常温工况下采用保湿养护模式，通过覆盖保湿材料、定时洒水的方式，保持构件表层长期湿润，避免混凝土水分快速蒸发引发的干缩裂缝、表层起皮。

低温、高温特殊环境下需针对性调整养护方案，高温环境做好遮阳、降温、保湿养护，规避高温极速失水造成的表层开裂、强度增长滞后；低温环境做好保温防护，杜绝混凝土受冻引发的内部结构疏松、表层剥落，保障混凝土强度稳步增长。严格把控养护周期，根据构件强度等级、环境温度确定标准养护时长，杜绝养护时长不足、养护中断等问题，确保混凝土强度完全达标，提升构件整体密实度与结构稳定性。

养护完成后需进行成品质量筛查，及时发现细微裂缝、表层缺陷并及时修补，同时建立养护台账，记录养护温湿度、养护时长、环境工况等参数，形成标准化养护管控体系，从根本上提升预制构件的抗渗、抗冻、抗风化性能，延长构件市政服役周期[5]。

结束语：市政预制混凝土构件质量通病的防控，是一项全流程、精细化的系统工程，缺陷成因覆盖材料、工艺、设备、管控多个维度。唯有立足构件生产、储运、装配、养护全链条，落实源头防控、过程严控、细节治理的管控思路，持续优化生产工艺与管控体系，才能有效规避各类质量缺陷，稳步提升预制构件成型质量与结构耐久性，为市政装配式工程品质提升筑牢基础。

参考文献

[1] 贾林科. 装配式预制构件质量通病及防治措施 [J]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2025(10):001-004.

[2] 单相南. 冬季施工条件下预制混凝土梁表面黑色轻物质的防治措施 [J]. 四川水泥,2026(2):117-118+121.

[3] 刘海楠. 预制小箱梁质量通病防治研究 [J]. 建筑施工,2026,48(4):447-452.

[4] 冯云龙. 市政桥梁工程支座安装与伸缩缝施工质量通病防治监督研究 [J]. 中国科技期刊数据库工业B,2026(3):089-093.

[5] 韦绍飞. 装配式混凝土结构住宅施工关键技术及质量通病防治 [J]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2026(6):151-154.