市政连续箱梁桥构造设计关键问题处理探析

高应振　倪远宝　祁永利

天津市政工程设计研究总院有限公司　天津　300392

摘　要：市政连续箱梁桥是城市交通建设中较为常用的桥型，其超静定结构特性较为复杂，设计环节存在的疏漏会让桥梁在运营阶段产生各类结构病害。本文依托市政桥梁建设的相关标准，结合连续箱梁桥的结构工作特性，对其主体构造、细部设计和耐久性防护等方面的常见问题进行分析，并且给出对应的设计调整与处理措施，有效改善桥梁结构受力状态，提升结构整体稳定性与使用寿命，能够为市政箱梁桥的设计工作提供基础参考依据。

关键词：市政桥梁；连续箱梁桥；构造设计；关键问题；结构优化

引言：连续箱梁桥在市政道路工程中的应用范围较广，其结构受力形式具备超静定特点，构造设计的合理性能够直接影响桥梁的整体施工质量与运营状态。桥梁在长期使用过程中，会持续承受车辆荷载、温度变化、自然腐蚀等多重外界作用，设计环节存在的不足会逐步降低结构性能，缩短桥梁服役年限。为解决市政箱梁桥构造设计中的常见问题，本文依托现行工程技术标准，结合市政工程建设的基本特点，梳理设计工作的核心难点，总结对应的优化处置方式，为市政箱梁桥的安全设计与稳定运营提供基础技术支撑。

1 市政连续箱梁桥构造设计核心特性与设计原则

市政连续箱梁桥属于预应力混凝土超静定箱型结构，该结构的整体刚度、抗扭能力以及变形适应性都比较稳定，能够适配城市道路高频次、重载化的通行条件，也可以适应城区复杂的地质施工环境，桥面行车的整体体验相对平稳。不过这类结构存在较多多余约束，施工过程以及外界环境变化产生的二次内力，会让桥梁结构产生各类病害问题。市政连续箱梁桥的设计工作需要遵循行业基础规范，整体设计需要满足安全可靠、结构协调、服役耐久以及经济合理的基本要求，设计人员需要依据现行行业标准完成结构的优化设计工作。桥梁设计荷载可以划分为永久荷载、可变荷载与偶然荷载三大类别，设计人员需要结合现场实际工况，对各类荷载组合效果进行全面验算[1]。从结构体系来看，市政连续箱梁桥主要包含整体现浇结构与预制拼装结构两种形式，两种结构的支座布置方式存在区别，适用的施工场景与工程条件也各不相同。设计人员需要结合施工现场的场地条件、城市交通布局以及施工管控要求，合理选择对应的结构体系，以此保障桥梁设计方案的合理性与适用性。

2 市政连续箱梁桥主体构造设计关键问题及处理方案

2.1 箱梁截面尺寸设计管控

箱梁截面尺寸的设计工作在桥梁主体构造设计中占据核心地位，截面参数的合理程度能够直接决定桥梁的整体刚度、承载能力与工程经济性。目前部分市政箱梁在截面设计环节存在参数配比不合理的问题，板体厚度搭配不当、翼缘尺寸设计不规范以及跨中和支点截面差异化设计不足，都是较为常见的设计问题。设计人员需要根据桥梁实际跨径确定顶板厚度参数，小跨径桥梁的顶板厚度不宜低于 18 厘米，大跨径桥梁需要适当增厚顶板，以此抵御车辆荷载与铺装层荷载带来的剪切、弯曲作用，减少横向裂缝的产生。底板主要承受跨中压力与支点负弯矩，工作人员需要区分跨中与支点区域，针对性调整底板厚度，提升结构抗裂性能。腹板厚度需要结合抗剪需求与预应力管道布置需求综合确定，常规市政箱梁腹板厚度可控制在 25 至 40 厘米，高剪力区域应做加厚处理。翼缘板需要匹配桥面车道宽度，规范悬挑长度，其与顶板的衔接位置可设置圆弧结构，缓解局部应力集中现象，设计人员也可借助有限元验算方式优化截面配比，实现结构性能与经济效益的协调统一。

2.2 预应力体系构造设计优化

预应力体系的设计质量对连续箱梁桥整体受力性能有着决定性作用，也是桥梁结构优化设计的重点内容。预应力布置、管道布设和锚固结构的设计缺陷，都会造成预应力损耗增大，进而引发桥梁结构变形、墙体开裂等各类质量问题。预应力筋排布是设计工作中极易出现误差的环节，筋线曲率、排布密度以及支点配筋量不合理，都会造成结构局部应力集中，让预应力预压效果无法满足设计标准[2]。设计人员需要结合桥梁真实受力状

态布置预应力筋，根据跨中与支点不同的受力特点差异化调整配筋密度，抵消负弯矩产生的结构应力。预应力管道的定位参数会直接影响压浆施工质量与管道完整性，工作人员需要用定位钢筋固定管道位置，在弯道位置增设定位构件提升稳定性。锚固区域容易出现应力集中问题，设计人员可以适配对应规格的锚垫板，搭配加固钢筋分散集中应力，精准测算不同工况下的预应力损耗，预留充足的预应力储备，以此保障箱梁桥结构受力状态的长期稳定性。

2.3 腹板与横隔板构造设计要点

腹板与横隔板属于连续箱梁桥的核心受力构件，主要负责传递结构剪力、约束整体变形，对桥梁整体稳定性有着直接影响。构件构造设计存在缺陷的情况下，箱梁结构会出现剪切破坏、整体扭曲、变形超标等常见病害。腹板是箱梁抗剪的主要承载部位，其设计工作主要围绕抗剪结构布置和竖向裂缝防控展开，桥梁支点位置承受的剪力数值最大，也是各类结构病害的高发区域。设计人员需要在支点腹板区域布置竖向抗剪钢筋与斜向加固钢筋，以此形成完整的抗剪承载体系，同时配合竖向预应力构件约束腹板竖向变形，缓解温度应力与剪切应力叠加带来的不利影响，减少竖向裂缝的产生。横隔板可以连通箱梁各片腹板，承担桥面横向荷载并限制箱梁整体扭转，当前部分工程的横隔板设计存在间距、厚度及开孔布置不合理的问题。设计人员需要结合桥梁跨径与桥面总宽度合理规划横隔板布置方案，对支点位置的横隔板进行加厚处理，跨中位置均匀布设横隔板，有效控制箱梁扭转变形。结构管线开孔需要避开横隔板核心受力区域，并且在孔洞周边增设环形加固钢筋，有效缓解开孔位置的应力集中现象，保障横隔板整体结构强度与受力稳定性。

2.4 支点与跨中构造差异化设计

市政连续箱梁桥不同结构区域的受力状态存在明显差异，跨中部位和支点部位的弯矩分布规律并不相同，设计人员需要针对性采取差异化构造设计方案，避免统一化设计思路引发的结构受力失衡问题。跨中区域主要受到正弯矩的持续作用，该区域的设计工作需要重点提升结构抗弯性能，设计人员可对底板预应力配筋方案进行优化调整，合理把控顶板结构厚度，能够在一定程度上减轻桥梁整体自重，也可以保证顶板混凝土具备基础抗裂性能，适配日常环境温度变化带来的结构小幅形变。支点区域是箱梁整体结构的薄弱位置，受力工况相对复杂，对结构抗弯、抗剪及抗压能力都有着更高的设计要求[3]。设计人员可适当加厚支点处的顶板与底板结构，加密普通受力钢筋和预应力筋的排布密度，以此抵消支点位置产生的高强度负弯矩。设计人员还需要优化支点与支座的连接构造，保证支座整体受力均匀，避免出现局部脱空的结构问题。支点区域应尽量减少各类开孔设计，减少结构薄弱区域，通过增设多层钢筋网的方式强化结构整体刚度与抗冲击能力，有效规避箱梁支点位置常见的各类结构病害。

3 市政连续箱梁桥细部构造与耐久性设计关键问题及处理

3.1 桥面防水与排水构造设计

桥面防水排水设计是市政箱梁桥细部设计的重要内容，该部分设计能够减缓结构腐蚀问题，对提升桥梁服役年限有一定帮助。市政桥梁长期处于露天环境，雨水、融雪和城市污染物都会持续对混凝土结构造成侵蚀，防水排水设计存在不足时，桥面渗水问题会持续发生，钢筋锈蚀与混凝土碳化等结构病害也会随之出现，结构整体稳定性和耐久性能会逐步下降。现阶段市政箱梁桥在防水排水设计方面普遍存在若干共性问题，桥面纵横坡取值不达标、泄水孔布置不均匀、防水层厚度不足以及节点密封处理不到位，都会降低整套防水排水系统的使用效果。设计人员需要按照现行道路工程标准确定桥面坡度参数，保障桥面积水可以顺利排出，同时合理布置泄水结构并做好接口密封处理，减少渗水隐患。桥面需要设置连续完整的防水粘结结构，在结构薄弱区域加强防水措施，选用适配本地气候的防水材料，让防水体系与铺装结构紧密结合，阻断雨水下渗路径，以此提升桥梁结构的整体防水与耐久性能。

3.2 伸缩缝与支座构造设计优化

伸缩缝与支座属于市政连续箱梁桥的重要附属结构，主要用于适应桥梁运营阶段的各类变形情况，这两项构件的设计质量会直接影响桥梁整体变形协调能力与通行安全，也是工程中病害出现概率较高的部位。伸缩缝在实际应用中容易出现各类损坏问题，大多来源于型号选择不当、锚固结构强度不足和伸缩间隙预留尺寸不合理等设计问题。设计人员需要结合桥梁跨径与温度变形数值确定伸缩缝规格，合理预留伸缩空间，在锚固区域增设加固钢筋，提升混凝土锚固强度，保障构件和桥面与梁端的衔接效果，同时完善止水防水结构，避免雨水下渗造成下部结构腐蚀[4]。支座的常见设计问题集中在型号匹配偏差、安装位置不准以及限位结构缺失等方面，这类问题会造成支座脱空、移位和提前老化等病害。工作人员需要依据桥梁荷载标准与结构变形特点选择合适的支座类型，保证支座接触面受力均匀，大跨径桥梁还需要增设限位结构抵抗水平

作用力，同时预留后期检修和更换构件的操作空间，保障支座长期稳定工作。

3.3 混凝土抗裂构造设计管控

混凝土裂缝问题在市政连续箱梁桥运营过程中十分常见，这类病害的产生除结构荷载作用外，大多和构造设计未能适配混凝土形变特性有关，其中就包含收缩徐变、温度应力以及约束变形等因素。设计人员需要从构造设计角度制定对应的抗裂手段，主要可以从配筋布置、浇筑分区以及结构约束三个层面开展防控工作。施工人员可以调整桥梁配筋形式，采用细密均匀的配筋方式，在箱梁顶板、腹板与底板等易开裂区域增设分布钢筋和防裂网片，缩小钢筋布设间距，以此分散混凝土内部收缩应力，限制细微裂缝的延伸发展。大体积箱梁混凝土不宜进行一次性整体浇筑，工作人员可以对浇筑区域进行合理划分，设置对应的施工缝和后浇带，能够有效缓解混凝土整体收缩带来的应力集中问题。箱梁结构的棱角与转角位置需要统一设置圆弧倒角，以此消除直角结构带来的约束应力。壁厚较大的箱梁部位需要布设温度钢筋，平衡结构内外温差产生的形变差异，从整体层面提升箱梁混凝土的抗裂能力。

3.4 耐久性与防护构造优化设计

市政箱梁桥长期暴露在室外自然环境当中，各类环境因素都会逐步降低桥梁结构的整体性能，其中混凝土碳化、钢筋锈蚀、冻融损伤和介质腐蚀是结构老化的主要诱因，所以工作人员需要通过专项构造设计来提高桥梁的整体耐久性能。设计人员需要优先优化钢筋保护层的布设标准，对箱梁各主要受力构件以及外露构件的保护层厚度进行管控，使其满足工程设计要求，以此规避保护层厚度不足引发的钢筋锈蚀问题[5]。对于桥梁外露结构部位，工作人员可以增设防腐和防渗防护层，降低外界环境因素对结构表层的侵蚀作用。封闭箱梁内部容易积聚潮湿空气，设计人员可以在箱体结构上合理布置通风孔与检修孔，加强内部空气流通条件，减少腔内潮湿积水问题，抑制混凝土碳化和钢筋锈蚀的发展。同时，市政桥梁设计需要考虑城市通行撞击和地震作用等不利工况，工作人员可以在箱梁端部与墩梁连接位置增设补强和缓冲结构，提升结构的抗损伤能力，减少极端工况造成的结构损坏，保障桥梁可以长期稳定投入使用。

结束语

综上所述，市政连续箱梁桥的构造设计包含多项技术环节，设计质量能够直接决定桥梁的运营安全与实际服役时长。桥梁构造设计工作需要贴合市政工程的现场建设条件，工作人员需要规范把控主体结构尺寸、预应力布设以及隔板腹板配置等关键设计内容。细部构造处理与结构耐久性设计也是设计工作的重点，需要妥善处理防水排水、结构抗裂、附属构件配置等常见设计问题。标准化的设计流程可以优化结构受力状态，减少各类桥梁病害的产生，维持箱梁桥的结构稳定性，有效延长市政桥梁的整体使用年限。

参考文献

[1] 丁仕清. 铁路小半径曲线预应力混凝土连续箱梁设计 [J]. 铁道勘测与设计,2026(4):25-28.

[2] 王博. 市政桥梁 30m 预应力混凝土预制箱梁施工方案与关键技术 [J]. 四川水泥,2026(3):149-151.

[3] 赵江湖. 预应力连续箱梁满堂支架施工技术 [J]. 交通世界,2026(15):147-149.

[4] 和立奇. 高墩大跨度预应力连续刚构悬浇箱梁挂篮悬臂施工技术研究 [J]. 居业,2026(2):1-3.

[5] 魏玉雄. 市政公路现浇连续箱梁预应力混凝土施工技术分析 [J]. 中国厨卫,2025,24(10):185-187.