

市政公路桥梁预应力混凝土现浇连续箱梁施工工艺

文 / 高 昊 广东省水利水电第三工程局有限公司

摘要: 随着城市化进程的加快,市政公路桥梁建设日益增多。预应力混凝土现浇连续箱梁施工工艺复杂,涉及多个环节和多种技术,包括从基础到上部结构的施工,每个步骤都对最终桥梁的质量和性能有着至关重要的影响。深入研究和掌握预应力混凝土现浇连续箱梁施工工艺具有重要的现实意义,它能够为施工人员提供科学指导,保障桥梁建设的质量和安

关键词: 市政公路桥梁; 预应力混凝土; 现浇连续箱梁; 施工工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.053

引言

随着城市交通的快速发展,市政公路桥梁的建设需求日益增长。预应力混凝土现浇连续箱梁作为一种常见的桥梁结构形式,具有整体性好、刚度大、行车舒适等优点,在市政公路桥梁工程中得到了广泛应用。由于其施工工艺复杂、技术要求高,在施工过程中容易出现各种质量问题。因此,深入研究预应力混凝土现浇连续箱梁的施工工艺,对于保证工程质量、提高施工效率具有重要意义。

一、市政公路桥梁预应力混凝土现浇连续箱梁施工工艺的要点

(一) 基础施工

桥墩基础施工中,钻孔灌注桩钻孔时,要精准控制垂直度,用合适泥浆护壁以防塌孔。灌注混凝土时,导管理深需合理,避免断桩。扩大基础的基坑开挖要重视起来,按地质条件选合适开挖方式,防止超挖或扰动基底土。基底承载力得满足设计要求,不足时要处理,像换填碎石之类的方法。桥台基础施工方面,重力式桥台基础的尺寸和埋深要符合设计,对地基要求高;轻型桥台基础要注重与台身连接构造,确保整体稳定。基础施工时,测量工作要做好,精确放线,保证基础位置准确。排水措施也要做好,防止雨水积在基坑内影响施工质量,按规定设置垫层,为后续施工创造良好条件。不同地质条件下基础施工差异大,要根据具体情况灵活调整施工方法,让基础能承受上部结构荷载,为桥梁安全奠定坚实基础。

(二) 支架搭设与模板安装

依据箱梁结构形式、荷载大小等来选合适的支架类型,满堂式支架适合地势平坦、跨度不大的情况,梁柱式支架适合跨越既有道路等特殊地形。满堂式支架搭设时,地基处理要求高,要夯实、硬化,设置排水坡度。支架立杆间距、横杆步距要经计算确定,以保证足够的强度和稳定性。较高的支架需设剪刀撑增强抗侧向力能力。模板安装上,底模要平整,材料强度和刚度要达标,防止混凝土浇筑时变形。侧模和内模安装要注意密封,防止漏浆。模板拼缝要紧密,可用密封胶条处理。

安装时通过测量精确控制模板高程和位置,确保箱梁外形尺寸符合设计。模板要刷合适脱模剂,方便脱模且不影响混凝土质量。

(三) 钢筋工程

钢筋下料要按设计图纸精确算长度,考虑弯曲调整值等因素。弯曲成型时,要用合适弯曲设备,保证弯曲角度符合设计,特殊弯折要求的钢筋要严格按照规定操作。钢筋焊接质量很关键,闪光对焊和电弧焊都要保证焊缝饱满、无气孔、无夹渣。不同直径钢筋焊接时,要选合适焊接工艺参数。钢筋安装要按设计的钢筋布置图绑扎,先绑主筋,再绑箍筋和分布筋。梁体关键受力部位,如跨中、支点处,钢筋布置要仔细,保证间距均匀。要设足够数量、质量可靠的垫块保证钢筋保护层厚度,避免钢筋过早锈蚀。钢筋接头位置要符合设计和规范要求,同一截面内接头数量不能超规定比例。做好钢筋标识和保护工作,防止后续施工中钢筋被踩踏、移位,确保钢筋在结构中正常受力。

(四) 混凝土工程

混凝土配合比设计要综合考虑强度、耐久性、工作性等要求。根据设计强度等级选合适水泥品种和强度等级,确定水灰比、砂率等参数,进行试配来检验性能并调整配合比。有抗冻、抗渗等特殊要求的箱梁要添加相应外加剂。混凝土浇筑前,要检查模板、钢筋、预埋件等是否符合要求。浇筑时要控制速度和高度,大体积箱梁混凝土可分层浇筑,每层厚度不宜过大,防止离析。振捣要均匀、密实,用合适振捣棒,振捣时间要恰当,避免过振或漏振。浇筑到顶后要抹面,保证表面平整度。混凝土养护是保证质量的重要环节,初凝后要及时覆盖养护,可用土工布、塑料薄膜等。不同季节养护措施不同,夏季保湿降温,冬季保温防冻,确保混凝土强度正常发展,提高箱梁耐久性。

(五) 预应力施工

预应力管道安装时,要确保管道位置准确,用定位钢筋固定,防止混凝土浇筑时移位。金属波纹管要注意接口密封性,防止漏浆堵塞管道;塑料波纹管要注重材质质量和抗老化性能。预应力筋穿束前,要清理管道和

预应力筋，穿束可整束穿或单根穿，视具体情况而定，穿束时避免损伤预应力筋。预应力张拉是关键操作，张拉设备要定期标定，保证张拉应力准确。张拉顺序按设计要求，一般对称、分批张拉。张拉时实行应力和伸长值双控，伸长值偏差超范围时要分析原因处理。张拉完要及时孔道压浆，压浆材料性能要符合要求，保证压浆密实，填充管道防止预应力筋锈蚀。压浆后封锚，保证封锚质量，使预应力体系完整，确保预应力长期有效作用于箱梁结构，提高结构承载能力和抗裂性能。

二、市政公路桥梁预应力混凝土现浇连续箱梁施工中的常见问题

(一) 支架沉降问题

在市政公路桥梁预应力混凝土现浇连续箱梁施工时，支架承受箱梁自重与施工荷载时会有不同程度的沉降情况。施工现场地基承载力若不够，又未进行有效加固，在荷载作用下就易出现不均匀沉降。软土地基只是简单平整场地，而不采取换填、打桩等加固手段，支架基础就不稳定。支架钢管壁厚不达标、扣件松动等，支架整体稳定性就会下降，进而导致沉降。混凝土浇筑顺序不合理，局部荷载过大，超出支架承载能力，使得支架局部变形加剧。长时间施工过程中，像雨水浸泡地基这类环境因素，也致使支架沉降，对箱梁的线形和结构安全造成影响。

(二) 混凝土裂缝问题

从原材料方面来说，水泥的品种、用量以及骨料的级配等都造成裂缝。水泥用量过多时，水化热过高，混凝土内部会产生较大温度应力，一旦应力超过混凝土抗拉强度，就会产生裂缝。在配合比设计上，如果未考虑施工环境和结构特点，致使混凝土收缩性能不好，也容易产生裂缝。水灰比过大，混凝土干燥收缩就会更严重。施工工艺对裂缝产生也有重要影响，混凝土浇筑时振捣不密实，内部存在孔隙，会削弱混凝土的强度和抗裂能力。浇筑速度过快、分层厚度不合理等会使混凝土内部应力分布不均匀。养护不及时或者养护时长不足，混凝土表面水分流失过快，就会产生干缩裂缝，影响箱梁的耐久性和结构整体性。

(三) 预应力损失问题

预应力筋松弛是预应力筋的固有特性，在长期受力过程中预应力筋内部应力会逐渐减小，不同类型和规格的预应力筋松弛程度各异，这会使有效预应力降低。预应力筋张拉锚固时，锚具和预应力筋之间会有相对位移，这种回缩现象会导致预应力损失。若锚具质量不好或者安装不当，回缩量超出正常范围。管道摩擦也不可忽视，预应力筋在管道内张拉时，与管道壁存在摩擦，管道弯曲部位摩擦更大，这会使预应力沿管道长度方向逐渐减小。混凝土的弹性压缩也会引起预应力损失，预应力施加后混凝土产生弹性变形，从而使预应力筋应力降低，影响预应力效果。

三、市政公路桥梁预应力混凝土现浇连续箱梁施工问题的解决方案

(一) 地基处理优化方案

对施工场地进行全面且详细的地质勘察是至关重要的第一步，要采用多种勘察手段精确掌握不同深度土层的物理力学性质，包括承载力、压缩模量、含水量等参数。针对软土地基的换填法，换填材料的选择除了碎石、砂卵石外，还可根据实际情况考虑矿渣等工业废料，在保证环保的同时满足工程要求。换填时，每层压实厚度应根据压实机械的性能合理确定，一般不超过30厘米，且压实度要达到设计标准。对于水泥搅拌桩、粉喷桩加固方法，要根据软弱土层的厚度、性质精确计算桩的间距、长度和水泥掺入量。在施工过程中，严格控制桩的垂直度和搅拌、喷粉的均匀度。排水设施的设置要形成完善的排水系统，排水沟的坡度要适中，集水井的深度和间距要根据场地积水情况计算确定。

(二) 支架设计与施工改进方案

在计算支架的强度、刚度和稳定性时，除了考虑箱梁的自重、施工荷载外，还要考虑风荷载、雪荷载等偶然荷载的影响。对于跨越既有道路或河流的特殊工况，要对的撞击荷载等进行分析。选择支架类型时，若施工现场空间有限，可考虑贝雷架等装配式支架。对于满堂支架，立杆间距和横杆步距的设计要参考相关规范和以往类似工程经验，并通过结构计算软件进行复核。在支架搭设过程中，质量检查要形成制度化，除了扣件拧紧和钢管质量检查外，还要检查立杆的垂直度，其偏差应控制在允许范围内。对于高度较高的支架，剪刀撑和斜撑的角度、连接方式要符合规范要求，且与主体结构可靠连接。预拱度的设置要分阶段进行调整，在支架搭设完成后先设置一部分，在混凝土浇筑过程中根据监测情况动态调整，确保箱梁最终线形与设计一致，偏差不超过规定值。

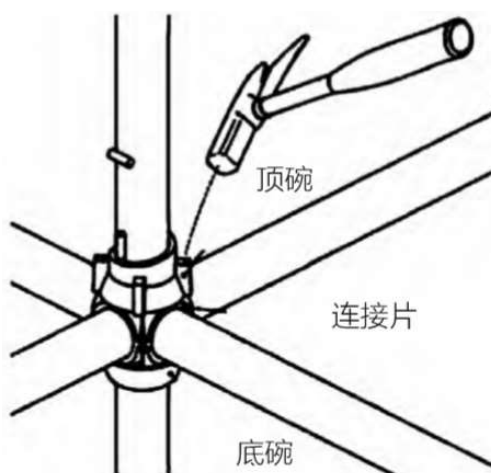


图1 支架节点安装方法

(三) 模板质量控制与安装调整方案

优质竹胶板需厚度均匀、材质致密、表面光滑无瑕

疵，钢模板要检查平整度和焊缝质量。安装前，细致检查和修整模板，局部变形的竹胶板可加热、加压校正，钢模板变形部位用机械矫正。处理拼接缝时，密封胶条要与模板材质兼容、耐老化且粘贴牢固。测量放线使用高精度全站仪和水准仪，多次复核模板平面位置和高程。模板支撑设计要依据模板重量、混凝土侧压力计算，确保支撑材料强度和稳定性达标。对于变截面、曲线段等特殊形状箱梁部位，定制模板要精确制作保证尺寸精度。安装中，可利用三维激光扫描技术检测和调整安装精度，及时纠偏，使模板与箱梁结构完全贴合，为混凝土浇筑创造良好条件。

(四) 钢筋加工与安装规范方案

对钢筋加工人员的培训要全面深入，涵盖加工规范、图纸解读和质量标准，采用理论授课、现场演示与实际操作考核结合的方式。钢筋下料设备依钢筋直径和批量选择，大直径钢筋用液压切断机，下料长度计算需考虑弯曲调整值、锚固长度和弯钩长度等。要定期维护和校准弯曲成型设备，保障弯曲角度精度。钢筋安装时，绑扎或焊接工艺须严格按规范执行。绑扎的扎丝规格和牢固程度要达标，焊接不同直径钢筋要选合适焊条型号和参数。保护层垫块除数量和布置合理外，材质要有强度和耐久性，如高强度塑料或水泥砂浆垫块。对于钢筋接头质量检查，要有详细记录，不合格接头要及时重新焊接或更换钢筋，保证安装质量符合设计与规范要求。

(五) 混凝土原材料与配合比优化方案

选择水泥时，除强度和安定性检验外，还要检测凝结时间、细度等指标，依据工程特点和环境条件选用合适品种。对骨料要检测颗粒形状、针片状含量等，含泥量超标需清洗。外加剂根据混凝土性能需求选择，如减水剂要减水率高、坍落度损失小，引气剂要气泡均匀稳定。优化混凝土配合比时，综合强度和耐久性确定水灰比，通过大量试验建立其与强度、耐久性的关系曲线。根据骨料级配调整砂率，保障混凝土工作性。大体积混凝土箱梁除用低热水泥和掺粉煤灰外，可加缓凝剂延长凝结时间、降低水化热峰值。配合比设计中通过收缩试验研究不同配合比下混凝土收缩性能，依结果调整，减少收缩裂缝，同时考虑抗渗、抗冻等性能，满足箱梁使用要求。

(六) 混凝土浇筑与振捣工艺改进方案

不同结构形式的箱梁，按受力特点和混凝土流动特性确定浇筑顺序，变截面箱梁从较小端向较大端浇筑，使混凝土均匀分布。较长箱梁分段分层浇筑，分段长20-30米（综合考虑供应、速度、初凝时间），分层厚30-50厘米（不超振捣棒作用半径1.25倍）。控制混凝土自由倾落高度，超2米需设溜槽或串筒，溜槽坡度不小于1:2，串筒出料口距浇筑面不超1米。依混凝土坍落度、骨料粒径选振捣棒，坍落度大、骨料粒径小的用小直径棒。振捣间距为振捣棒作用半径1.5倍，振捣

20-30秒至表面不再下沉、无气泡且泛浆。钢筋密集区和箱梁边角，小型振捣棒直径30-50毫米，附着式振捣器频率和振幅依混凝土厚度、钢筋密度调整。混凝土初凝前1-2小时二次振捣，可减少裂缝，增强密实性与抗渗性。

表 1 混凝土浇筑与振捣相关要求

要点	相关数要求
较长箱梁分段浇筑	般 20-30 米
分层浇筑	不超过振捣棒作用半径的 1.25 倍，约 30-50 厘米
控制混凝土自由倾落高度	超过 2 米时设置溜槽或串筒
溜槽	不宜小于 1: 2
串筒	不宜超过 1 米
振捣时间	约 20-30 秒
钢筋密集部位和箱梁边角处振捣	30-50 毫米
二次振捣	混凝土初凝前 1-2 小时

(七) 预应力施工质量保障方案

管道安装一般定位钢筋间距≤1米，曲线段加密至0.5米左右，与箱梁钢筋骨架牢固焊接。用密封胶带紧密、均匀缠绕管道接口≥2层，且胶带宽度能覆盖缝隙。穿束前，用高压空气或清水清理管道杂物、积水，用抹布或钢丝刷清理预应力筋油污、锈渍。穿束可人工或机械操作，长筋束用卷扬机牵引，并在管道两端设导向装置防摩擦。张拉前检查千斤顶密封性、油压表精度，在有资质机构标定设备，周期≤半年，按设计要求确定顺序。张拉时双控应力和伸长值，偏差在±6%内，超出范围用压力传感器法或对比实测值查摩阻，通过观察夹片外露或回缩量查滑丝情况。压浆材料需有良好流动性、微膨胀性和泌水性，水灰比0.26-0.28，压浆压力0.5-0.7MPa，从低端向高端、一端向另一端压浆，在最高点设排气孔保证压浆密实。

结束语

综上所述，市政公路桥梁预应力混凝土现浇连续箱梁施工工艺是一个系统而复杂的过程。施工人员必须严格按照设计要求和规范标准，精心组织施工，从地基处理到最后的预应力施工，都要把控好每一个细节。针对施工中出现的常见问题要有充分的认识和应对措施，通过不断优化施工工艺和加强质量监控，确保预应力混凝土现浇连续箱梁的施工质量，为市政公路桥梁的安全运营奠定坚实的基础，为城市交通建设贡献高质量的基础设施。

参考文献

[1] 王俊强. 预应力混凝土连续箱梁挂篮施工工艺[J]. 交通世界, 2022, (34): 143-145.
 [2] 简建军, 王金宗. 现浇预应力混凝土连续箱梁支架设计方案分析[J]. 运输经理世界, 2022, (34): 92-94.