

道路与桥梁工程中的施工工艺与技术

梁如月

濮阳市广通公路工程检测咨询有限公司 河南 濮阳 457000

摘要：道路与桥梁工程施工工艺及技术是保障交通基础设施质量与性能的核心要素。路基施工需注重压实度与稳定性控制，路面施工强调材料配比与摊铺工艺优化，排水防护工程关乎结构耐久性。桥梁工程中，基础、墩台及上部结构施工各有技术要点。随着行业发展，绿色环保、智能数字、高性能材料应用及工业化标准化施工成为主流趋势，有效推动道路桥梁建设向高质量方向迈进。

关键词：道路与桥梁工程；施工工艺；技术

引言

在交通基础设施建设快速发展的当下，道路与桥梁工程作为关键组成部分，其施工工艺与技术水平直接影响工程质量、使用寿命及运营安全。路基的稳固性、路面的平整度、桥梁结构的可靠性，均依赖于科学先进的施工工艺。本文聚焦道路与桥梁工程各环节施工工艺与技术，分析其技术要点，并探讨绿色化、智能化等前沿发展趋势，为行业实践与技术创新提供参考。

1 道路工程施工工艺与技术

1.1 路基施工

路基作为道路结构的基础，其施工质量直接决定道路的整体稳定性与使用寿命。路基施工前需进行详细的场地清理，通过机械与人工结合的方式清除地表植被、腐殖土及其他杂物，确保基底坚实。土方路基施工时，采用分层填筑压实工艺，每层松铺厚度依据填料类型和压实设备性能控制在30-50cm，利用振动压路机进行多遍碾压，从路基边缘向中心进行，先慢后快、由弱振至强振，使压实度满足设计要求，一般填方路基下路堤压实度不低于93%，上路堤不低于94%。对于石质路基，爆破开挖时精确计算炸药用量和炮孔布置，采用光面爆破技术减少对周边岩体的扰动，路基填筑时采用大吨位重型振动压路机，通过增加碾压遍数和吨位提高压实效果，以沉降差作为压实度检测的重要指标，两次压实沉降差平均值不大于5mm。

1.2 路面施工

路面施工是道路工程的关键环节，直接影响行车舒适性与安全性。沥青路面施工中，沥青混合料采用间歇式拌和机拌制，严格控制矿料级配和沥青用量，加热温度根据沥青品种和标号确定，普通沥青加热温度控制在150-170℃，改性沥青加热温度提高10-20℃。摊铺作业使用履带式摊铺机，摊铺速度保持均匀，一般控制在2-6m/

min，确保摊铺平整度，摊铺过程中采用非接触式平衡梁进行厚度和高程控制。压实作业分初压、复压与终压三个阶段。初压时，用钢轮压路机静压1-2遍；复压阶段，选用重型轮胎压路机或者振动压路机碾压3-4遍；终压则采用双钢轮压路机静压，以此消除轮迹。水泥混凝土路面施工时，混凝土采用强制式搅拌机搅拌，确保拌和均匀，采用滑模摊铺机进行摊铺，通过精确控制模板高度和振捣频率，保证混凝土路面的平整度和密实度，混凝土浇筑后及时进行刻槽处理，形成防滑纹理，养护期内采用薄膜覆盖和洒水养护，养护时间不少于28天。

1.3 道路排水与防护工程施工

道路排水与防护工程是保障道路结构稳定、延长使用寿命的重要措施。排水工程中，地表排水设施包括边沟、截水沟和排水沟，其断面形式根据地形、地质和排水量确定，一般采用梯形或矩形断面，采用浆砌片石或混凝土预制块进行砌筑，砌筑时保证灰缝饱满，沟底纵坡不小于0.3%，确保排水顺畅。地下排水设施如渗沟、盲沟，通过填充透水性材料，如碎石、砂砾，配合土工织物包裹，拦截和排除地下水，降低地下水位，防止路基受水侵害。防护工程方面，边坡防护根据边坡高度、土质和水文条件采用不同方式，土质边坡采用种草、铺草皮或植物防护网进行生态防护，增强边坡稳定性和景观效果；石质边坡采用喷浆、挂网喷混凝土等防护措施，防止坡面风化剥落。挡土墙作为常用的支挡结构，重力式挡土墙依靠自身重力维持稳定，施工时严格控制墙体断面尺寸和基础埋深，采用分层分段砌筑，确保墙体强度和稳定性。

2 桥梁工程施工工艺与技术

2.1 基础施工

桥梁基础施工是确保桥梁结构稳定与安全的根基，其施工质量直接影响桥梁使用寿命与承载能力。在桥梁

基础施工中, 钻孔灌注桩基础应用广泛。施工时, 需根据地质勘察资料选择合适的成孔设备, 旋挖钻机凭借高效成孔能力, 常用于土层与砂层地质条件; 冲击钻机则更适用于岩石地层。成孔过程中, 泥浆护壁是关键环节, 通过控制泥浆的比重、黏度和含砂率, 可有效防止孔壁坍塌, 保持孔壁稳定。当钻孔达到设计深度后, 需进行清孔作业, 采用换浆法清除孔底沉渣, 使沉渣厚度符合设计要求, 为后续钢筋笼下放与混凝土浇筑创造条件。沉井基础也是常见的基础形式, 尤其适用于大型深水桥梁。沉井制作一般采用分节浇筑, 在地面或基坑内完成第一节沉井浇筑后, 通过井内除土, 利用沉井自重克服井壁摩阻力下沉。下沉过程中, 需实时监测沉井的垂直度与标高, 通过调整除土位置与深度, 确保沉井准确下沉至设计标高。当沉井下沉到位后, 进行封底混凝土浇筑, 封底混凝土需具备良好的流动性与抗渗性, 以形成可靠的隔水层, 后续再根据设计要求浇筑井内填充混凝土或设置底板结构, 完成沉井基础施工^[1]。

2.2 桥墩与桥台施工

桥墩与桥台作为桥梁的下部承重结构, 承担着将上部结构荷载传递至基础的重要作用。在桥墩施工中, 模板工程是保障桥墩外观质量与尺寸精度的关键。目前, 钢模板因其强度高、刚度大、周转次数多等优点被广泛采用。模板安装前, 需对基础顶面进行凿毛处理并清洗干净, 确保新旧混凝土结合紧密。模板安装过程中, 通过拉杆与支撑体系进行加固, 保证模板的稳定性与垂直度。混凝土浇筑采用分层连续浇筑工艺, 每层浇筑厚度控制在30-50cm, 利用插入式振捣器振捣密实, 避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷。严格控制混凝土的浇筑速度与间隔时间, 防止出现冷缝。桥台施工与桥墩施工在工艺上有相似之处, 但桥台还需考虑台背填土的施工质量。桥台混凝土浇筑完成且强度达到设计要求后, 进行台背填土施工。填土材料应选择透水性好、压实性能优的砂砾、碎石等材料, 采用分层填筑、分层压实的方式, 每层填筑厚度不超过30cm。压实设备根据填土厚度与压实要求选择, 小型夯实机械用于靠近桥台结构处的填土压实, 大型振动压路机用于大面积填土压实。在填土过程中, 需对压实度进行实时检测, 确保台背填土压实度满足设计要求, 减少台背沉降, 避免桥头跳车现象的发生。

2.3 桥梁上部结构施工

桥梁上部结构施工是实现桥梁跨越功能的核心环节, 不同类型的桥梁上部结构施工工艺差异显著。对于预应力混凝土梁桥, 支架现浇法是常用的施工方法之一。在支架搭设前, 需对地基进行处理, 通过换填、压

实等措施提高地基承载力, 并设置排水设施防止地基受水浸泡。支架采用碗扣式或盘扣式脚手架搭设, 搭设过程中严格控制立杆间距、横杆步距等参数, 确保支架整体稳定性。模板安装完成后, 进行钢筋绑扎与预应力管道安装, 预应力管道定位需准确牢固, 防止混凝土浇筑过程中发生偏移。混凝土浇筑采用水平分层、斜向分段的方式, 从梁的一端向另一端推进, 保证混凝土浇筑的连续性与密实性。混凝土强度达到设计要求后, 进行预应力张拉与孔道压浆, 预应力张拉需严格按照设计应力与伸长量进行双控, 确保预应力施加准确有效。对于大跨度桥梁, 悬臂浇筑法与悬臂拼装法应用较多。悬臂浇筑法借助挂篮装置, 在墩柱两边对称逐段地浇筑混凝土梁体, 同时施加预应力的施工方式。挂篮需具备足够的强度、刚度与稳定性, 在挂篮前移、模板调整等操作过程中, 需进行精确的测量与监控, 确保梁体线形符合设计要求。悬臂拼装法则是将预制好的梁段运至桥位, 通过起吊设备将梁段依次拼装在上墩悬臂端, 采用湿接缝或干接缝连接, 逐段延伸直至合龙。在悬臂施工过程中, 需对桥梁结构的应力与线形进行实时监测, 根据监测数据及时调整施工参数, 确保桥梁施工安全与成桥质量^[2]。

3 道路与桥梁工程施工工艺与技术发展趋势

3.1 绿色化与环保施工

(1) 在道路与桥梁工程施工中, 绿色化与环保施工理念正日益凸显其重要性。为减少扬尘污染, 施工各环节的封闭处理极为关键。土方运输车辆需保持干净整洁, 在场区进出口设置洗车槽, 从源头控制扬尘扩散。在材料使用与垃圾处理方面, 同样要做好密封措施, 避免扬尘逸散到空气中, 影响周边环境与居民生活。(2) 噪声污染也是施工过程中不可忽视的问题。机械振动与噪音常给周围环境带来困扰, 因此施工需严格遵循噪音排放标准操作。通过优化施工设备, 最大程度降低机械振动, 同时运用噪音与振动测量手段, 对施工现场进行实时检测与监督, 确保噪音与机械振动处于合理范围, 减少对周边的干扰。(3) 资源能源控制是绿色施工的核心要素之一。施工前按实际需求与标准制定科学方案, 明确能源资源消耗预定值, 保障施工质量并提升资源利用率。如合理规划流程、减少设备空转、选用节能机械, 降低能源消耗, 推动资源高效利用, 实现道路与桥梁工程施工的可持续发展。

3.2 智能化与数字化技术应用

(1) 智能化与数字化技术在道路与桥梁工程中的应用正不断拓展。以数字化智能施工集群为例, 预先输入施工工艺和参数, 可实现道路施工设备的协同集群无人

化作业。在这一过程中,设备能精确控制压实速度、压实遍数和振动遍数,极大提升压实度、平整度、渗水率等关键指标,还能实现24小时不间断施工,显著提高施工效益。(2)道路施工温度场扫描系统借助无人机红外摄像构建施工区域温度场,精准引导压路机把控合理压实温度区间,将温度误差控制在1摄氏度以内,有效解决沥青混合料随温度下降急剧变化的难题,确保施工质量稳定性。(3)激光断面仪检测技术能够精准检测路面毫米级起伏,结合集群算法及时补压,保证路面平整度。数智施工系统则通过各类传感器实时采集现场温度、速度等数据,实现机群管理、施工模拟、质量管理和远程管控等功能,为施工过程提供全面的数据支持与智能化管理,提升道路与桥梁工程施工的精细化程度与管理效率^[3]。

3.3 高性能材料与结构创新

(1)为攻克传统正交异性钢桥面板存在的疲劳开裂、钢桥面沥青铺装破损等全球性难题,钢-薄层超高韧性混凝土轻型组合桥面这一新体系应运而生。该体系通过联合桥梁、道路、材料等多学科历经多年攻关研发而成。相比传统钢桥面,新结构将桥面抗弯刚度提高30倍以上,平均降低钢桥面疲劳应力50%,极大延长了钢桥面的疲劳寿命,从根本上解决了传统钢桥面系的两大顽疾。(2)钢桥面专用的超高韧性混凝土(STC)新材料是该体系的重要组成部分。它以国际先进的水泥基复合材料—超高性能混凝土为基础,针对性强化其在钢桥面的应用性能,抗裂强度提高3-5倍,收缩应变降低90%,耐久性可达一百年以上,为桥梁结构的长期稳定提供了坚实保障。(3)与之配套的关键构造同样实现了创新突破。例如,研发出抗剪疲劳寿命超两千万次的矮剪力键,能避免钢-STC界面全寿命期滑移;设计出抗裂强度比平接缝高3倍的强化接缝构造,消除接缝薄弱问题;还掌握STC局部破损拆除与修复关键技术,为高效维护储备技术,推动高性能材料与创新结构在道路桥梁工程广泛应用。

3.4 工业化与标准化施工

(1)工业化与标准化施工在道路与桥梁工程中逐渐成为主流趋势。以桥梁建设为例,在智慧梁厂中,预制梁、墩柱等构件可在流水线上按照标准化流程进行定制生产。这种生产方式不仅提高了生产效率,还能保证构件质量的稳定性,减少人为因素对质量的影响。(2)预制构件生产完成后,运输至交通建设工地进行装配,好似拼凑乐高模块一般完成桥梁建设。如暮坪湘江特大桥在生产阶段,智慧梁场配置高度自动化生产线,依托数字化管理平台及数字孪生技术,实现混凝土箱梁预制从设计到生产的全过程智能化,确保了生产的高效与精准。(3)在钢结构构件生产工厂,通过三维模型精确拆分出详尽的加工图纸和物料清单,驱动工厂内部智能化流水线作业,并利用多轴数控机床以及焊接机器人等高端智能生产设备,实现大桥钢结构构件的精密与高效制造。这种工业化与标准化的施工模式,不仅提升了施工速度,还能有效控制施工成本,提高工程质量,为道路与桥梁工程的大规模建设提供了有力支撑^[4]。

结语

综上所述,道路与桥梁工程施工工艺与技术历经长期发展与革新,在路基路面、桥梁基础及上部结构施工等方面已形成成熟体系。随着绿色环保理念深化、智能数字化技术普及、高性能材料创新及工业化标准化推进,行业正迎来新的发展机遇。未来,需持续探索新技术、新工艺,以满足日益增长的交通建设需求,推动道路桥梁工程领域向更安全、高效、可持续方向发展。

参考文献

- [1]姚雪连.道路桥梁工程中的伸缩缝施工工艺探讨[J].中国住宅设施,2025(2):185-187.
- [2]李君.道路与桥梁工程中的混凝土应用及施工工艺分析[J].电脑校园,2021(12):7547-7548.
- [3]骆西胜.道路与桥梁工程施工技术[J].工程管理,2024,5(4):152-154.
- [4]高艳军.道路与桥梁工程施工技术研究[J].建筑工程技术与设计,2020(7):1990.