

道路与桥梁施工的质量控制与管理对策分析

贾海鑫¹, 刘德兵², 苗丽丽¹, 王 锋³, 赵 晶⁴

(1. 青岛交科建设集团有限公司, 山东 青岛 266000;

2. 克拉玛依市城投城市建设开发有限责任公司, 新疆 克拉玛依 834000;

3. 庆阳市宏远建筑安装工程有限公司, 甘肃 庆阳 745000;

4. 青岛海岳景泰建筑工程有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要 针对道路与桥梁建设中的技术执行环节, 探讨了路基压实、桩基成孔、混凝土灌注以及预应力张拉等关键工艺的具体实施标准。通过对施工参数的精确设定与过程监控, 分析了提升结构稳固性与耐久性的技术路径, 重点研究了沥青路面摊铺过程中的温度与平整度调节, 以及大体积混凝土水化热抑制等核心工艺规制, 旨在通过标准化操作规避工程瑕疵, 强化结构受力性能。分析结果表明, 严格执行工艺技术规范及数据监测, 是实现交通基础设施长久服役与工程精细化建设的核心途径, 可有效提升工程整体技术水平。

关键词 道路桥梁; 路基填筑; 参数监控; 结构性能

中图分类号: U415; U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.09.031

0 引言

道路与桥梁作为交通基础设施的骨架, 其建设精度直接影响区域物流效率与行车可靠性。在复杂地理环境与载荷条件下, 施工工艺的每一个环节都承载着结构性能的实现任务。从基础的土石方填筑到高难度的预应力体系构建, 技术参数偏差会导致结构病害。随着现代材料学与工程力学的发展, 施工过程已转化为对物理参数与力学指标的精确操控, 通过深入剖析施工中的技术细节, 落实标准化作业流程, 能够从根本上解决结构失稳与性能衰减问题, 为现代交通网的稳健运行提供坚实的技术支撑。

1 路基填筑与压实工艺参数把控

路基作为道路工程的基础承载层, 其密实程度与受力均匀性直接决定了上部结构的服役寿命, 在施工过程中填料的选择应依据粒径分布与塑性指标进行严格筛选, 确保填料的物理力学性能符合设计标高要求^[1]。分层填筑厚度应严格限制在 30 cm 以内并通过现场压实试验确定最佳含水率, 将其波动范围控制在 $\pm 2\%$ 之间以达到最优压实状态, 压实机械的组合应遵循先轻后重、先慢后快的原则, 确保路基边缘与中心区域的压实度均达到 96% 以上的标准, 对于特殊路段的软基处理, 应采用换填或加筋技术, 从物理结构上改善土体剪切强度, 防止路堤产生不均匀沉降而引发的路面纵向裂缝。

2 桥梁下部结构施工核心环节

2.1 钻孔灌注桩成孔工艺分析

钻孔灌注桩的成孔精度是支撑桥梁结构稳固的首要环节。在钻进过程中护壁泥浆的性能参数调节至关重要, 泥浆比重通常维持在 1.15 g/cm^3 左右, 以平衡地层压力并防止孔壁坍塌。钻头升降速度应平稳, 避免因剧烈扰动产生缩径或斜孔现象, 成孔深度达到预定位置后, 需进行二次清孔作业, 将孔底沉渣厚度压缩至 50 mm 以下, 确保桩尖承载力得以充分发挥。通过超声波检测技术对孔径、垂直度及孔深进行复核, 确保成孔指标完全符合受力模型要求。

2.2 钢筋笼加工与安装工艺

钢筋骨架的刚度与位置准确性直接关系到桩基的抗弯性能^[2]。在加工阶段, 主筋连接应优先采用机械连接或搭接电弧焊, 焊接长度须满足 $10d$ 的规范要求, 且接头位置应相互错开。为了防止钢筋笼在吊装及混凝土灌注过程中发生变形或浮笼, 需在笼体四周设置足量的定位筋或混凝土垫块, 保证保护层厚度均匀。吊装时应采用多点起吊, 严禁产生永久性塑性变形, 下放过程须对准孔位, 严禁强行冲撞孔壁, 确保钢筋骨架轴线与孔道中心线重合, 偏差控制在许可范围内。

2.3 水下混凝土灌注控制要点

水下混凝土的流动性与连续性是形成稳固桩身的基石。配合比设计应兼顾和易性与强度要求, 坍落度

作者简介: 贾海鑫 (1988-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 公路与桥梁工程。

宜设定在 200 mm 附近,以提升导管内的流动性能。灌注起始阶段,首批混凝土数量必须充足,确保导管埋入深度不小于 1.0 m,防止泥浆渗入形成断桩。在灌注过程中应实时监测混凝土面上升高度,导管埋深需动态调整并维持在 4 m 左右,严禁导管拔离混凝土面,灌注作业须一气呵成,避免因间歇时间过长导致冷缝产生,确保桩身结构的整体性与密实性。

2.4 承台大体积混凝土施工技术

承台结构厚度较大,内部水化热积聚易引发温度裂缝。技术控制重点在于温差调节,施工中应采用低水化热水泥,并掺入适量的粉煤灰以延缓放热峰值。内部需布设循环冷却水系统,通过冷水循环带走多余热量,确保混凝土内外温差不超过 25 ℃。浇筑方式宜采用分层连续浇筑,每层厚度应结合振捣器性能合理排布,确保振捣密实且无漏振。表面处理应在初凝前进行二次抹面,减少塑性收缩裂缝的产生并在后期采取蓄水或覆盖薄膜的方式进行恒温养护。

2.5 墩身模板安装与线形偏差

墩身作为桥梁的垂直支撑,其线形精度与外观形态反映了工艺执行深度^[3]。模板系统需选用弹性模量较大的钢材,面板厚度通常不低于 6 mm 以增强抗侧压能力,防止在混凝土浇筑产生的巨大侧压力下发生挠曲变形,模板拼缝处应采用高弹性止水胶条进行嵌入式密封,并配合高强双头螺栓进行紧固,确保接缝处的物理缝隙压缩至 1 mm 以内,从根源上消除因浆体流失导致的蜂窝麻面。模板表面的平整度需利用靠尺逐板复核,确保拼缝两侧的错台控制在微米级范围内,为后续结构受力提供均匀的截面物理基础。

安装完毕后,需利用全站仪建立空间三维坐标网,在模板顶部对称设置四个观测基准点,进行多点位垂直度校核,将墩身中心线偏差严格限制在 10 mm 以内。振捣作业过程中,振捣棒应与模板内壁保持 10 cm 以上的间距,严禁触碰模板支撑体系或预埋钢筋,防止高频振动导致模板扣件松动而引发线形偏移。拆模时间应依据同条件养护试件的抗压强度确定,通常需达到 2.5 MPa 以上,防止过早拆模造成表层结构剥落。拆模后应立即采用全包裹式塑料薄膜进行包裹,利用膜内冷凝水维持混凝土表面的湿润状态,维系结构表面性能的稳定性。

3 沥青混凝土路面铺装关键工艺

3.1 混合料拌和技术参数把控

沥青混合料的配比精度与拌和温度是决定路面耐久性的源头。拌和设备应采用具有二次筛分功能的间歇式生产工艺,矿料与沥青的投放精度偏差应通过称

重传感器实时修正,确保其波动范围控制在 ± 1 以内。沥青加热系统需具备精确的恒温调节功能,将基质沥青加热温度维持在 160 ℃至 170 ℃之间,确保沥青在混合瞬间具备良好的浸润性。通过对矿料粒径进行严格的级配设计,动态调整冷料斗转速,维持级配曲线的平顺度,规避级配离析带来的孔隙率异常。

混合料拌和时间应依据叶片转速与拌缸容量进行测定,干拌时间通常不少于 5 s,湿拌时间应确保集料表面完全被沥青膜裹覆,总拌和周期需达到 45 s 以上^[4]。对于改性沥青混合料,需根据改性剂的物理特性适当延长拌和时间,促进高分子聚合物在混合料中的均匀扩散,增强胶浆的粘附性,出场温度检测应采用红外感应与插入式热电偶相结合,严禁使用温度超限或发生老化的混合料,通过对拌和环境湿度的监测,及时修正骨料含水率参数,确保每一批次混合料的物理属性均处于受力模型设定的最优区间。

3.2 摊铺平整度与厚度调节

摊铺作业的连续性与均匀性是决定路面行车舒适度的核心指标,摊铺机熨平板的预热温度应保持在 100 ℃以上,以减小对混合料的瞬间冷却效应及表面拉动阻力。自动找平装置应结合基准线法与平衡梁法,实时调节液压升降系统,补偿基层不平整带来的标高误差。熨平板的振捣频率与振动振幅应根据摊铺厚度进行匹配调节,通过机械振动初步提高铺装层的摊铺密度,作业过程中,摊铺速度应恒定保持在 2 m/min 至 4 m/min 之间,严禁随意变换速度以消除铺装层表面的物理波浪现象。

厚度检测应通过多点插尺与容重折算系数相结合,确保实铺厚度与设计值的偏差在许可范围内。摊铺机前应有至少 3 辆运料车候机,确保混合料供应与摊铺速度达到动力学平衡,防止因停机导致熨平板下沉产生压痕。在摊铺机行进过程中应持续监测受料斗内的料位高度,避免料位过低引起离析或厚度波动,通过对螺旋布料器转速的精确控制,确保混合料在全宽范围内均匀分布,从物理空间上保障铺装层的平整度指标,为后续碾压工艺提供规整的受力平面。

3.3 初压复压及终压组合工艺

碾压是形成沥青路面结构密实度与抗变形能力的终结工序。初压应在混合料温度不低于 150 ℃时紧跟摊铺机进行,采用双钢轮压路机静压两遍,起到稳固铺装层的作用。复压阶段是提高密实度的关键,通常采用重型轮胎压路机与振动压路机组合方式,碾压遍数需通过试验段确定。终压则旨在消除轮迹,应在温度降至 80 ℃前完成,采用双钢轮压路机直至路面平整,整个碾压轨迹应由低处向高处推进,重叠宽度维持在

合理区间,严禁压路机在未冷却的路面上转向或急停。

3.4 接缝处理与路面边缘处理

接缝是路面结构中的薄弱环节,其处理精细度影响到路面的整体性^[5]。纵向接缝应优先采用热接缝工艺,即两台摊铺机梯队作业,重叠部位实时碾压使之结合成整体。横向接缝则需采用平接缝处理,通过人工切齐、涂刷粘层油并进行横向碾压,确保接缝处平顺且无跳车现象。路面边缘的压实应在主体压实完成后及时跟进,利用小型压实机具或夯实设备强化边角区域的密实度。接缝与边缘处的细部操作,对于防止雨水下渗以及路面结构过早剥落具有重要的结构防护意义。

3.5 路面性能养护与检测控制

铺装完成后的养护期决定了初期结构的形态稳定性。在路面温度降至 50℃之前,严禁任何工程车辆或社会车辆驶入,防止产生车轮压痕。养护期间应清理表面杂物,保持铺装层的洁净度。性能检测阶段应对路面的压实度、平整度以及构造深度进行抽样实测,利用连续式平整度仪获取路面行驶指标,若发现局部平整度超标或密实度不足,应及时查找工艺环节中的偏差原因并进行局部技术干预。通过完善的检测反馈机制,确保路面各项技术指标均处于受控状态,延长道路使用年限。

4 预应力桥梁构件预制技术要点

4.1 预应力管道定位与安装工艺

预应力孔道的空间位置直接影响到预应力筋的受力效应。在模板内部安装波纹管时,应采用定位钢筋支架进行固定,支撑点间距不宜超过 50 mm,以防止在混凝土浇筑过程中管道发生径向移位。管道接头部位应密封严密,利用胶带或热缩管包裹,防止水泥浆渗入孔道造成堵塞,安装完毕后应对管道轴线坐标进行三维校核,确保其线形偏差控制在 5 mm 之内。通过对孔道坐标的严密控制,可以保证张拉力作用线与结构轴线契合,提升预应力构件的结构抗力。

4.2 预应力张拉工艺与伸长值控制

张拉工艺是预应力混凝土结构形成强度的核心。张拉作业应在混凝土强度达到设计值的 80% 以上方可进行,且龄期需符合规定,采用双控原则进行控制,即以张拉应力控制为主、伸长值校核为辅。张拉程序通常遵循从 0 到初应力,再到控制应力 $1.03\sigma_{con}$ 并持荷的流程,实测伸长值与理论伸长值的偏差必须控制在 $\pm 6\%$ 范围之内,一旦超出此范围,应立即停止张拉,并查明摩擦损失或材料模量偏差原因。通过精确的张拉控制,能赋予梁板结构预期的反拱值与承载储备。

4.3 孔道压浆与封锚技术流程

压浆作业旨在保护预应力筋不受腐蚀并建立筋材与梁体的粘结力^[6]。在张拉完成后 24 h 内应进行压浆,采用真空辅助压浆工艺以提升孔道填充的密实度,压浆压力应保持在 0.8 MPa 左右,并在排气孔排出均匀浓浆后关闭。封锚作业需对锚具进行防锈处理,并安装密合性良好的锚穴模板,浇筑高强无收缩混凝土。通过对压浆浓稠度与压力的动态监控,确保孔道内部无空隙,形成坚固的物理屏障从而维系预应力体系在复杂服役环境下的长期可靠性。

4.4 预制梁板存放与吊运控制

预制构件在移场与堆放过程中,其支撑位置对受力性能至关重要。存放场地应平整坚实,排水设施完善,防止底座下沉导致梁体开裂。梁板堆放层次不宜过高,且上下层支撑点应垂直对齐,位置应选在支座附近区域。吊运时应采用专用吊具,起吊速度需缓慢平稳,吊绳与构件水平面夹角应大于 60° ,减少水平分力对构件的影响。在运输过程中应设置稳固的侧向支撑,防止横向失稳产生结构损伤,对构件存放与流转环节的技术规范化处理,是保证预制构件在安装前保持性能完好的关键步骤。

5 结束语

通过对道路与桥梁施工中关键技术环节的深度剖析可以得出,精密化的工艺控制是提升工程稳定性的必由之路。从路基填筑的参数优化到桥梁下部结构的稳固成型,再到沥青路面铺装与预应力张拉的严密規制,每一个细节都决定了交通设施的力学表现。通过对各项技术指标的实时监控与动态调节,工程实践能够从经验主义转向科学数据支撑的标准化体系。未来,应进一步强化对核心工艺环节的精细化探索,利用高精度检测仪器实现全过程的动态监管,从而不断夯实交通工程的技术根基。

参考文献:

- [1] 郑艳杰.道路桥梁工程现场监理质量的控制对策分析[J].现代交通与路桥建设,2025(04):181-183.
- [2] 于锐.道路桥梁工程施工中的质量控制与管理策略探讨[J].安家,2024(05):112-114.
- [3] 刘全旺.道路与桥梁施工技术与质量控制对策研究[J].门窗,2025(14):64-66.
- [4] 庄茂兰.桥梁道路施工过程中的质量管理与风险控制分析[J].现代交通与路桥建设,2025(10):190-192.
- [5] 丁显明.道路桥梁工程施工质量管理与控制探析[J].汽车周刊,2024(06):169-171.
- [6] 刘妍.道路与桥梁施工过程中的质量控制与检测技术研究[J].越野世界,2025(16):119-121.