

公路与桥梁基础施工技术要点

邓开阔

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830501

摘要：公路与桥梁基础施工需严格把控技术要点。公路基础施工包括浅基础与深基础，浅基础施工注重地基处理与模板安装规范，深基础如桩基础需控制成孔质量与混凝土浇筑。桥梁基础施工涵盖明挖、桩基等多种类型，施工过程需做好基坑开挖支护、钢筋焊接与模板安装，混凝土浇筑需分层振捣，大体积混凝土需控制水化热，跨海/跨河桥梁还需应对潮汐影响，确保基础稳固。

关键词：公路；桥梁；基础施工；技术要点

引言：公路与桥梁作为交通网络的骨架，其基础施工质量直接关乎结构安全与使用寿命。随着交通荷载日益增大、地质条件愈发复杂，基础施工面临软土地基处理、深基础稳定性控制、特殊地质（如岩溶、膨胀土）治理等多重挑战。本文系统梳理公路浅基础与深基础、桥梁刚性基础与柔性基础的分类及适用条件，聚焦地基处理、混凝土浇筑、桩基施工等关键技术，结合信息化监测手段，为提升基础工程耐久性与安全性提供技术参考。

1 公路与桥梁基础类型及适用条件

1.1 公路基础分类

（1）浅基础：埋深 $\leq 5\text{m}$ ，施工简便。扩展基础多为阶梯式或锥形，采用混凝土浇筑，适用于荷载较小的公路路段（如乡村公路、城市支路），要求地基土层均匀、承载力 $\geq 150\text{kPa}$ ；筏板基础为连续钢筋混凝土板，可分散荷载，适用于软土分布较浅的公路路基，能减少不均匀沉降。（2）深基础：埋深 $> 5\text{m}$ ，适用于复杂地质。桩基础通过桩体传递荷载至深层持力层，常用钻孔灌注桩，适用于公路重载路段（如高速公路）；沉井基础为钢筋混凝土井筒结构，通过自重下沉至持力层，适用于地下水位高、土层不稳定的公路跨越段（如跨河公路）。

1.2 桥梁基础分类

（1）刚性基础：抗压强度高、变形小。明挖基础直接开挖浇筑，适用于浅埋且地基坚硬的中小跨径桥梁（如乡村小桥）；柱式墩基础由立柱与基础组成，整体性强，适用于荷载中等的公路桥梁，要求地基承载力 $\geq 200\text{kPa}$ 。（2）柔性基础：可适应一定变形。钻孔灌注桩施工灵活，适用于复杂地质的大跨径桥梁（如跨江大桥）；钢管桩强度高、施工快，适用于跨海桥梁，能抵御海水侵蚀与水平风浪荷载。

1.3 地质条件与基础选型

需根据地质特性匹配基础类型。软土地基承载力

低、沉降大，宜选公路筏板基础、桥梁钻孔灌注桩，通过增强体提升稳定性；岩层地基坚硬，优先用公路扩展基础、桥梁明挖基础，降低施工成本；季节性冻土区需抗冻胀，公路选桩基础（穿透冻土层），桥梁用钢管桩（抗冻性强），避免冻融破坏基础结构。

2 公路基础施工技术要点

2.1 地基处理技术

（1）换填法：适用于浅层软弱土层（厚度 $\leq 3\text{m}$ ），通过置换不合格土体提升地基承载力。砂石换填选用级配良好的碎石与中粗砂，分层碾压厚度控制在20-30cm，压实度不低于96%，多用于路底基层处理；灰土换填采用消石灰与素土按体积比3:7或2:8配制，拌合均匀后分层夯实，适用于地下水位较低区域，可增强地基水稳定性。（2）强夯法：针对碎石土、砂土等粗颗粒土层，通过重锤（10-40t）自由下落（落距8-20m）产生冲击能加固地基。能量级选择需结合地基承载力要求，一般低能级（1000-2000kN·m）用于表层加固，高能级（2000-6000kN·m）处理深层土体；施工后需通过平板载荷试验检测地基承载力，同时测量夯后土层压缩模量，确保满足设计指标^[1]。（3）复合地基：适用于深厚软弱土层，通过增强体与天然地基协同受力提升承载能力。水泥搅拌桩采用双轴搅拌钻机，将水泥浆与土体强制拌合，桩径通常为500-600mm，桩长根据持力层深度确定，施工中需控制水泥掺入量（ $\geq 15\%$ ）及搅拌均匀性；CFG桩（水泥粉煤灰碎石桩）采用长螺旋钻机成孔，灌注由水泥、粉煤灰、碎石组成的混合料，桩顶设置褥垫层（厚度15-30cm），可有效减少地基沉降。

2.2 浅基础施工工艺

（1）模板安装与钢筋绑扎规范：模板选用钢模板或竹胶板，安装前需涂刷脱模剂，模板接缝处采用海绵条密封防止漏浆，支撑体系需设置扫地杆与斜撑，确保刚

度满足浇筑要求；钢筋绑扎前需除锈调直，受力钢筋间距偏差不得超过 $\pm 10\text{mm}$ ，保护层厚度采用水泥砂浆垫块控制（厚度 $\geq 40\text{mm}$ ），绑扎完成后需经隐蔽工程验收合格方可进入下道工序。（2）混凝土浇筑与养护要点：混凝土采用商品混凝土时，运输时间不超过1.5h，浇筑时分层厚度控制在30-50cm，采用插入式振捣器振捣，振捣时间以混凝土表面出现浮浆且不再下沉为准；对于大体积混凝土（浇筑厚度 $\geq 1\text{m}$ ），需采用分层浇筑（分层厚度 $\leq 50\text{cm}$ ），预埋冷却水管通循环水降温，控制内外温差不得超过 25°C ；养护阶段采用覆盖土工布洒水养护，养护时间不少于7d（硅酸盐水泥混凝土不少于14d），确保混凝土强度稳步增长。

2.3 桩基础施工关键技术

（1）桩基础施工：冲击钻成孔适用于岩层、卵砾石层，通过冲击钻头破碎岩层，施工中需控制泥浆比重（1.2-1.4），及时清理孔底沉渣（厚度 $\leq 5\text{cm}$ ）；旋挖钻机选型需结合土层特性，粘性土层选用短螺旋钻头，砂土层选用斗式钻头，成孔后需快速下放钢筋笼并浇筑混凝土，避免孔壁坍塌；混凝土浇筑采用导管法，导管埋深控制在2-6m，防止断桩。（2）沉井施工：不排水下沉适用于地下水位较高区域，采用抓斗或吸泥机清除井内土体，下沉过程中控制偏差（轴线偏差 $\leq 1\%$ 井深），必要时通过配重或高压射水辅助下沉；封底混凝土施工需待沉井稳定后进行，先铺筑10-20cm厚碎石垫层，再采用导管法浇筑水下混凝土，封底厚度根据水头压力确定（通常 $\geq 1\text{m}$ ），确保封底密实不漏水^[2]。

2.4 特殊地质处理技术

（1）岩溶地区注浆加固工艺：先通过地质雷达探测岩溶发育情况，确定注浆范围与孔位；注浆材料选用水泥浆（掺量10%-15%水玻璃），采用分段注浆法（每段长度2-3m），注浆压力控制在0.5-1.0MPa，当注浆量达到设计值且压力稳定10min后停止；施工后通过钻孔取芯检测加固效果，确保岩溶裂隙填充密实。（2）膨胀土路基的防渗与隔水措施：路基开挖后及时铺设防渗土工膜（厚度 $\geq 0.5\text{mm}$ ），土工膜搭接宽度不小于10cm，采用热风焊接密封；路基两侧设置截水沟与盲沟，盲沟内填充级配碎石并包裹土工布，防止雨水渗入膨胀土层；路基顶面铺设30-50cm厚非膨胀土垫层，压实度不低于96%，减少膨胀土胀缩变形对基础的影响。

3 桥梁基础施工技术要点

3.1 明挖基础施工

（1）基坑开挖与支护：根据基坑深度与地质条件选择支护结构，软土或浅基坑（深度 $\leq 5\text{m}$ ）常用钢板桩支

护，选用拉森Ⅳ型或Ⅴ型钢板桩，采用振动锤沉桩，桩间锁口需密封防渗漏；深基坑（深度 $> 5\text{m}$ ）优先采用土钉墙支护，土钉长度3-6m，间距1.2-1.5m，喷射混凝土面层厚度8-10cm，开挖时遵循“分层开挖、分层支护”原则，每层开挖深度不超过2m。（2）地下水位控制：地下水位较低时采用集水明排，在基坑底设置排水沟与集水井，集水井间距20-30m，深度比基坑底低1-1.5m，配备水泵持续抽水；地下水位较高或土层透水性较强时采用井点降水，轻型井点适用于渗透系数0.1-50m/d的土层，井点管间距1.2-1.5m，降水深度可达6-9m，确保基坑开挖面无积水。

3.2 桩基础施工难点控制

（1）泥浆护壁钻孔桩的泥浆配比与循环系统：根据土层调整泥浆配比，砂土层采用高粘度泥浆（膨润土含量8%-12%，粘度25-30s），粘土层降低粘度（膨润土含量5%-8%，粘度20-25s）；循环系统设置泥浆池、沉淀池与循环沟，沉淀池容积不小于单桩混凝土方量的1.5倍，通过泥浆泵实现泥浆循环，及时清除岩渣，保持泥浆比重1.2-1.4。（2）桩底沉渣厚度控制与完整性检测：钻孔完成后采用反循环钻机清孔，清孔后沉渣厚度需满足设计要求（端承桩 $\leq 5\text{cm}$ ，摩擦桩 $\leq 10\text{cm}$ ）；桩身完整性采用超声波法检测，在钢筋笼上预埋3-4根声测管，声测管底部密封、顶部高出桩顶50cm，检测时通过声波传播速度判断桩身是否存在断桩、夹泥等缺陷^[3]。

3.3 承台与墩柱施工衔接

（1）大体积承台水化热控制：承台混凝土浇筑前预埋冷却管，采用 $\Phi 40-50\text{mm}$ 钢管，管间距1.5-2m，呈梅花形布置，冷却管进出口与循环水泵连接，浇筑后持续通自来水降温，控制混凝土内外温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ ；同时在混凝土中掺加缓凝型外加剂与粉煤灰，降低水化热峰值，养护时间不少于14d。（2）墩柱模板垂直度与轴线偏位控制：采用钢模板施工，模板安装前进行预拼验收，接缝处粘贴海绵条；安装时利用全站仪定位，每3m高度设置一道揽风绳，通过水准仪与线锤校正垂直度，垂直度偏差 $\leq 1\%$ 墩高；浇筑过程中实时监测模板位移，轴线偏位控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。

3.4 跨海/跨河桥梁基础技术

（1）钢围堰设计与安装工艺：钢围堰采用双壁钢壳结构，高度根据水深确定，壁厚50-80cm，围堰底部设置刃脚增强入土能力；安装时通过浮运或吊装就位，利用导向船定位，下沉过程中采用压重或吸泥助沉，着床后及时填充砂袋固定，封底混凝土浇筑采用导管法，确保封底厚度 $\geq 1.5\text{m}$ 。（2）潮汐影响下的混凝土连续浇

筑：浇筑前查询潮汐表，选择低潮位时段开始浇筑，采用混凝土输送泵连续作业，浇筑速度 $\geq 2\text{m/h}$ ；在围堰内设置水位监测装置，当潮水上涨时启用排水泵控制水位，避免海水侵入混凝土；混凝土中掺加抗渗剂（掺量3%-5%），提升抗海水侵蚀能力，确保浇筑过程不受潮汐中断。

4 公路与桥梁基础施工质量控制与监测技术

4.1 质量通病与防治措施

（1）公路基础通病防治：针对不均匀沉降，施工前需对路基填料分层压实，压实度 $\geq 96\%$ ，软土地基采用水泥搅拌桩或碎石垫层处理，垫层厚度 $\geq 50\text{cm}$ ；混凝土裂缝防治需控制水灰比 ≤ 0.45 ，浇筑后12h内覆盖土工布洒水养护，养护周期不少于7d，温差较大时覆盖保温被，避免温度应力引发裂缝。（2）桥梁基础通病防治：桩基偏位预防需在钻孔前复核桩位坐标，钻机安装时调整平整度，钻进过程中每钻进3-5m复核一次钻杆垂直度；若出现偏位，偏差 $\leq 5\text{cm}$ 时通过调整钻机角度纠偏，偏差 $> 5\text{cm}$ 时回填重钻。承台开裂防治除控制水化热外，还需在承台与墩柱衔接处设置止水带，避免雨水渗入引发裂缝，同时严禁在混凝土强度未达75%设计强度时堆放重物^[4]。

4.2 实时监测技术应用

（1）沉降观测：公路路基沉降观测采用DS05级精密水准仪，每50m设置一个观测点，首次观测在路基施工完成后进行，后续每月观测1次，直至沉降稳定；桥梁基础沉降观测采用静力水准仪，布设在承台四角，数据采样间隔30min，当单次沉降量 $> 2\text{mm}$ 或累计沉降量 $> 10\text{mm}$ 时预警。（2）应力监测：在桥梁桩基钢筋笼与承台钢筋上粘贴光纤光栅传感器，传感器间距2-3m，监测频率1次/h，实时采集混凝土应力变化；当应力值超过设计值的

80%时，自动发送预警信息，及时调整施工参数。

4.3 信息化施工管理

（1）BIM技术应用：施工前搭建公路与桥梁基础BIM模型，模拟基坑开挖、桩基施工等流程，提前排查空间冲突；施工中将实际参数与BIM模型对比，如桩基垂直度偏差、承台混凝土浇筑量等，偏差超限时自动提醒整改，确保施工符合设计要求。（2）物联网设备应用：通过物联网连接施工现场的混凝土坍落度仪、钢筋保护层厚度检测仪等设备，实时采集施工参数，数据自动上传至管理平台；当参数超标（如坍落度超出 $180\pm 20\text{mm}$ 范围）时，平台立即推送预警至管理人员手机，实现问题快速处置。

结束语

公路与桥梁基础施工是保障交通设施安全与耐久的核心环节。本文通过系统分析基础类型选型原则、地基处理技术、混凝土施工工艺及特殊地质应对措施，强调了科学选型、精准施工与动态监测的重要性。未来，随着新材料应用与智能化监测技术的发展，基础施工将向更高效、更环保的方向迈进。施工人员需持续优化技术方案，严格把控质量细节，为构建安全、可靠的交通基础设施提供坚实保障。

参考文献

- [1]范志远.道路与桥梁施工建设管理的技术要点探析[J].建设科技,2020,(10):94-95.
- [2]苏培宏.道路与桥梁施工建设管理的技术要点研究[J].工程建设与设计,2020,(18):232-233.
- [3]范文清.论道路与桥梁工程施工技术[J].中国新技术新产品,2020,(14):97-98.
- [4]景刚.道路桥梁隧道工程施工中的难点和技术研究[J].黑龙江科技信息,2020,(17):259-260.