

市政桥梁工程施工技术分析

文 / 彭文彬 达濠市政建设有限公司

摘要：市政桥梁工程作为城市交通网络的关键组成部分，其施工质量与技术水平直接影响城市交通运行效率与安全。本文以深圳国际生物谷坝光核心启动区海康路市政工程为研究对象，结合工程实际案例，从施工测量、基础工程、上部结构施工、桥面系施工四个核心环节，系统分析市政桥梁工程的关键施工技术要点。针对桩基施工偏差控制、空心板梁预制安装精度、沥青桥面铺装质量等技术难点，提出相应的质量控制措施，为同类市政桥梁工程施工提供技术参考，旨在提升市政桥梁工程施工质量与耐久性。

关键词：市政桥梁；施工技术；桩基施工；空心板梁；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.062

引言

伴随着我国城镇化进程不断加快，越来越多的城镇化建设也带动了市政桥梁工程建设的发展，在城市建设中发挥着越来越重要的作用。由于市政桥梁工程项目本身的特点和所处位置的不同，其具有复杂的施工环境以及多种专业的交叉工作，对于施工技术有着很高的专业化及精确度的要求。深圳国际生物谷坝光核心启动区海康路市政工程包含1座桥梁，涵盖钻孔灌注桩基础、预应力空心板梁上部结构、沥青砼桥面系等典型构造，施工过程中面临软土地基处理、跨河道施工、多工序协同等挑战。本文基于该工程实践，深入剖析市政桥梁各关键环节的施工技术，总结技术难点与应对策略，为市政桥梁工程施工技术的优化与应用提供实践依据。

一、市政桥梁工程关键施工技术分析

（一）施工测量技术

施工测量是市政桥梁工程精准施工的基础，直接决定桥梁轴线、标高、结构尺寸的准确性。深圳国际生物谷坝光核心启动区海康路市政工程包含1座跨河道桥梁，桥梁跨度20m，测量工作需兼顾多桥梁同步施工的精度控制。为应对滨海区域台风多发、阴雨天气频繁的环境特点，项目部建立了“三级复核”测量管理制度，即测量员初测、技术组长复测、总工程师终测，每级测量均形成书面记录并签字确认。在海康路中桥施工中，因受潮汐影响，原地面标高每日波动可达0.3~0.5m，项目部采用动态测量法，每2小时监测一次临时水准点标高，结合潮汐预报数据建立修正模型，有效控制了桩基放样精度，将桩位偏差均值控制在25mm以内，远优于规范要求的50mm限值^[1]。此外，针对多桥梁同步施工导致的控制点相互干扰问题，采用分区控制网布设方案，将10座桥梁划分为3个测量分区，每个分区设置独立的首级控制点，通过边角网联测实现分区之间的精度衔接，确保整体测量误差累计不超过±15mm。

1. 测量设备与控制网布设

采用尼康DTM-530全站仪进行平面控制测量，S3自动安平水准仪进行高程测量，配备50m送检钢尺、

CASIOfx-4800P计算器等辅助设备，所有仪器均需经检测部门校验合格并出具证书。为提升测量效率，引入GNSS实时动态定位技术（RTK）作为全站仪的补充测量手段，在开阔区域采用RTK进行快速放样，放样速度较传统全站仪提升40%以上，且单人即可操作，有效减少了人力投入。针对滨海地区高湿度、高盐雾环境对仪器的腐蚀影响，定制了防水防腐仪器箱，每次使用后对仪器进行酒精擦拭和干燥处理，延长了仪器使用寿命，降低了故障发生率^[2]。

依据业主提供的测量基准资料，沿道路走向布设平面与高程共用的闭合导线控制点，控制点选择通视条件好、点位固定可靠的位置，水平角观测采用全站仪观测2个测回，边长往返各1测回，每测回4次读数，确保导线方位角闭合差不超过 $\pm 30'' \sqrt{n}$ （n为测站数），导线相对闭合差小于1/20000。

2. 专项放样技术

桩基放样：采用全站仪极坐标法，以导线控制点为基准，精确放出桩位中心，用顶端带十字标的粗钢筋固定，并用红色油漆标识，防止破坏；放样后需复测桩位坐标，偏差控制在50mm以内^[3]。

墩柱与盖梁放样：结合桥梁设计图纸，用全站仪放出墩柱中心与盖梁轴线，用水准仪测放高程控制点，确保墩柱垂直度偏差不得超过墩身高的0.3%且不大于20mm，盖梁轴线偏差小于10mm。

（二）基础工程施工技术

桥梁基础采用钻孔灌注桩，桩径分为1.2m、1.3m两种，桩长25~35m，均需嵌入微风化基岩，施工过程需应对软土地基、岩面起伏大等技术难点。该区域地质勘察资料显示，地表以下3~8m为淤泥质粘土，承载力仅50~80kPa，且含有大量贝壳碎屑，易导致钻机偏斜；8~15m为粉质粘土，15m以下为中风化砂岩，岩面坡度最大可达30°，给桩长控制带来极大挑战。项目部通过地质雷达对桩位进行提前探测，绘制详细的地质剖面图，为每根桩制定个性化的钻进方案^[4]。项目部采用抛填片石和粘土的方式填充溶洞，填充高度超出溶洞顶部2m，

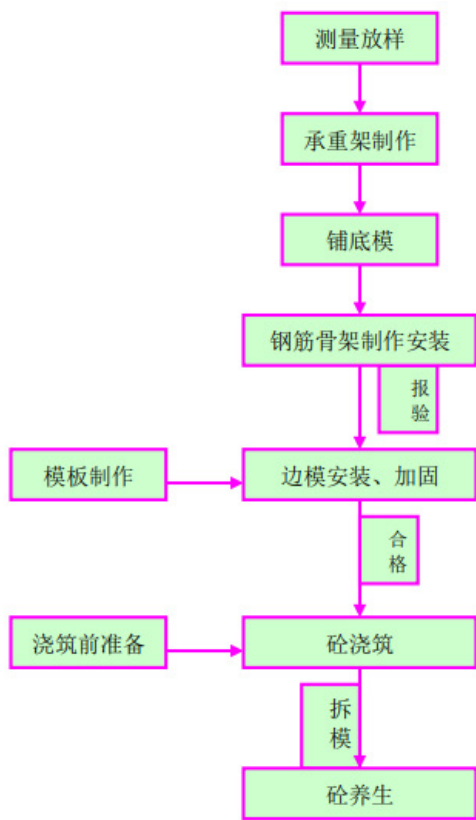


图1 盖梁施工工艺流程框图

然后再继续钻进，成功避免了塌孔事故的发生。据统计，通过地质雷达提前探测，共发现溶洞、孤石等不良地质体18处，均提前采取了针对性措施，有效降低了施工风险，节省工期约15天。

1. 筑岛围堰与护筒埋设

针对跨河道桥梁，采用筑岛围堰施工，填筑宽度超出承台边缘不小于8m，筑岛顶面高出河面50cm，首层填筑后用压路机压实，外围用双层彩条布包裹，并用卵石压牢，防止河水冲刷；二次填筑分层厚度不超过50cm，分层压实至设计高程。为解决传统筑岛围堰耗材多、工期长的问题，项目部创新采用“沙袋围堰+土工格栅加固”的复合围堰工艺，沙袋采用高强度土工布缝制，内装当地易得的砂卵石，填充密度控制在 $1.8\text{t}/\text{m}^3$ 以上。在围堰内侧铺设一层双向土工格栅，格栅搭接宽度不小于30cm，并用U型钉固定，土工格栅与沙袋协同工作，有效提高了围堰的整体稳定性。与传统筑岛围堰相比，复合围堰工艺减少了70%的土方填筑量，施工工期缩短30%，且拆除时只需将沙袋回收，减少了建筑垃圾的产生。在海潮路2号桥跨河承台施工中，采用该工艺建造的围堰在遭遇5级风浪时依然保持稳定，承台施工顺利完成，经检测，围堰渗水量仅为 $0.02\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ，远低于规范限值 $0.1\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ^[5]。

钢护筒壁厚不小于8mm，内径比钻头直径大200~400mm，埋设时穿透淤泥层，进入粘土层不小于

1.0m，护筒顶高出地下水位1.5m、高出地面0.3m以上，四周回填粘土并分层夯实，确保平面位置偏差小于5cm，倾斜度偏差小于1%。

2. 钻孔与清孔技术

采用反循环冲击式钻机成孔，泥浆护壁，泥浆选用膨润土制备，比重控制在1.05~1.15，黏度 $17 \sim 20\text{Pa} \cdot \text{s}$ ，含砂率小于2%；钻进过程中，每钻进1m检测一次垂直度，发现偏斜及时纠正，成孔后垂直度偏差小于1%，桩径偏差 $\leq 20\text{mm}$ 。为提高钻进效率和孔壁稳定性，对泥浆配合比进行了优化，在膨润土中掺入0.3%的纤维素醚和0.5%的纯碱，经试验，优化后的泥浆黏度提高至 $22 \sim 25\text{Pa} \cdot \text{s}$ ，失水量降低至 $15\text{ml}/30\text{min}$ 以下，在淤泥质粘土层钻进时，孔壁坍塌率由原来的8%降至1.2%。针对岩面起伏大导致的钻进振动问题，对钻机底座进行了加固处理，采用型钢焊接成刚性平台，平台下方设置6个可调支腿，可根据地质情况实时调整钻机水平度。在鼓楼路1号桥7#桩施工中，遇到坡度为 25° 的岩面，通过调整支腿使钻机保持水平，同时降低钻进速度至 $0.5\text{m}/\text{h}$ ，采用小冲程冲击破碎岩面，成功避免了孔斜问题，成孔后垂直度偏差仅为0.3%。此外，建立了泥浆循环净化系统，采用沉淀池+旋流器+压滤机的三级净化工艺，将废弃泥浆中的砂粒分离出来，净化后的泥浆可重新用于钻进，泥浆回收率达到85%以上，减少了泥浆排放对周边环境的污染。

终孔后进行两次清孔：第一次利用成孔设备反循环清孔，第二次通过导管二次清孔，确保沉渣厚度 $\leq 5\text{cm}$ （嵌岩桩）；清孔后泥浆比重控制在1.05左右，沉渣厚度检测合格后方可下放钢筋笼。

3. 钢筋笼制作与水下混凝土浇筑

钢筋笼在加工场分段制作，直径 $\geq 25\text{mm}$ 的钢筋采用SA级机械连接，接头相互错开，加强箍筋每隔2m设置一道，与主筋双面焊接，焊缝长度不小于10倍钢筋直径；钢筋笼外侧每隔2m设置4~6个定位器，保证保护层厚度。

水下混凝土采用商品砼，坍落度 $180 \sim 210\text{mm}$ ，水泥用量不少于 $340\text{kg}/\text{m}^3$ ，含砂率40%~43%；导管采用丝扣连接，使用前试拼、试压，试水压力 $0.6 \sim 1.0\text{MPa}$ ；首次浇筑时导管底端埋入混凝土1.5m以上，浇筑过程中导管埋深控制在 $2 \sim 6\text{m}$ ，连续浇筑，桩顶超灌 $0.8 \sim 1.0\text{m}$ ，确保桩头质量。

(三) 上部结构施工技术

桥梁上部采用16m、20m预应力砼空心板梁，共175片，采用现场预制、汽车吊安装的施工方式，需重点控制预制精度与安装稳定性。

1. 预制台座与模板施工

预制台座设置在路基软基处理完成段，台座基础采用C25砼，顶面铺设8mm厚钢板，平整度偏差控制在

2mm 以内；30m 空心板梁台座跨中设向下 1.0cm 预拱度，按抛物线过渡。

模板采用定型钢模板，侧模用 5mm 厚钢板，横肋用 80 槽钢，间距 30cm，支架用 100 槽钢，间距 75cm；内模采用 4mm 厚钢板，顶面设 50cm×70cm 天窗，便于底板砼施工，模板拼接处贴 0.6cm 厚发泡橡胶条，防止漏浆。

2. 钢筋与预应力施工

普通钢筋绑扎时，底模采用承重型方墩形垫块，侧墙采用圆形塑料垫块，确保保护层厚度偏差 $\pm 5\text{mm}$ ；预应力管道采用波纹管，用定位箍筋固定，直线段每 1m 一道，曲线段每 0.5m 一道，安装后用通孔器检查通畅性。

钢绞线采用 $\phi j15.24\text{mm}$ ，标准强度 1860MPa，张拉采用双控，以应力控制为主，伸长量校验，实际伸长量与理论值偏差控制在 $\pm 6\%$ ；张拉程序为 $0 \rightarrow 0.1\sigma_k \rightarrow 0.3\sigma_k \rightarrow 1.0\sigma_k$ （持荷 2min）锚固，张拉完成后 24h 内完成孔道压浆，水泥浆水灰比 0.29-0.35，压力 $\geq 0.5\text{MPa}$ ，持荷 $\geq 5\text{min}$ 。

3. 板梁安装技术

采用 100t 汽车吊安装，吊点距梁端约 1.1m，吊装前检查盖梁支座垫石标高与平整度，支座安装时确保与板梁底面密贴；安装过程中用全站仪校正板梁轴线与高程，相邻板梁间隙均匀，安装后及时浇筑湿接缝砼，形成整体受力结构。

（四）桥面系施工技术

桥面系包含桥面铺装、防撞护栏、伸缩缝施工，直接影响桥梁使用功能与行车安全。

1. 桥面现浇层施工

桥面铺装前凿除板梁顶面浮浆，用高压水冲洗干净，绑扎桥面钢筋网，采用 5cm 厚 C50 砼，摊铺时用振动梁振捣密实，滚筒滚压提浆，铝合金直尺刮平，表面拉毛深度 1~2mm；养护采用土工布覆盖洒水，养护不少于 7d，平整度控制在 3mm 以内。

2. 防撞护栏施工

护栏钢筋与板梁预埋筋焊接，模板采用定型钢模板，底部用水泥砂浆抹带，接缝处贴防水橡胶条，防止漏浆；模板用拉杆固定，每侧向外移 5mm，确保桥面宽度；砼分层浇筑，分层高度控制在 30cm，振捣时插入下层 5~10cm，避免过振或漏振，收面时挂线控制顶面线形直顺，墩轴线处设锯缝，适应梁体变形。

3. 伸缩缝施工

伸缩缝采用三维位移止水型，安装前清理预留凹槽，打毛混凝土表面，按设计温度调整伸缩缝宽度；用 3m 槽钢定位，确保伸缩缝与路面平整度偏差 $\leq 1\text{mm}$ ，锚固钢筋与预留钢筋焊接固定；浇筑 C50 钢纤维砼，钢纤维掺入量 $80\text{kg}/\text{m}^3$ ，振捣密实，养护不少于 14d，开放交通时路面温度 $\leq 50^\circ\text{C}$ 。

二、施工技术难点与应对措施

（一）桩基施工偏差控制

难点分析：岩面起伏大导致桩长差异大，易出现孔底沉渣超标、钢筋笼上浮等问题。

应对措施：施工前进行地质补勘，复核桩底标高；采用二次清孔技术，清孔后 30min 内浇筑砼；钢筋笼顶部用型钢固定，防止浇筑过程中上浮；成桩后采用超声波检测，确保桩身完整性。

（二）空心板梁预制安装精度控制

难点分析：板梁预制台座沉降、安装时梁体就位偏差影响桥面平整度。

应对措施：台座基础采用灰土压实，压实度 $\geq 95\%$ ，台座顶面定期复核标高；安装时用全站仪实时监测，调整梁体位置，确保轴线偏差 $\leq 10\text{mm}$ ，高程偏差 $\leq 5\text{mm}$ ；湿接缝砼采用微膨胀砼，减少收缩裂缝。

（三）沥青桥面铺装质量控制

难点分析：桥面平整度、抗滑性能要求高，易出现推移、裂缝等病害。

应对措施：采用摊铺机梯队摊铺，摊铺速度 $2 \sim 3\text{m}/\text{min}$ ，初压温度 $\geq 150^\circ\text{C}$ ，复压用振动压路机碾压 3-4 遍，终压温度 $\geq 120^\circ\text{C}$ ；表面层采用 SMA-13 改性沥青，掺入木质素纤维，提高抗车辙能力，构造深度 $\geq 0.8\text{mm}$ 。

结语

市政桥梁工程施工技术涵盖了从测量放样到桩基施工再到上部构造以及最后的桥面铺装等所有施工流程，并且需要根据具体的工程地质情况和不同的桥梁结构形式对各个环节的技术指标进行严格把控。深圳国际生物谷坝光核心启动区海康路市政工程实践表明，通过优化筑岛围堰工艺、采用二次清孔与双控张拉技术、强化桥面系施工质量管控，可有效解决软土地基、跨河道施工、多工序协同等技术难题，保障桥梁施工质量与耐久性。展望未来，在市政桥梁工程中，可以继续深入应用 BIM 技术和智能化检测仪器等新技术和新装备，对整个施工过程进行精细化管控与信息化监控，从而达到提高工程建设管理水平的目的。

参考文献

- [1] 张庆和. 预应力施工技术在市政桥梁工程中的应用 [J]. 新城建科技, 2024, 33(05): 97-99.
- [2] 郑鹰. 钻孔灌注桩技术在市政桥梁工程施工中的应用分析 [J]. 建材发展导向, 2021, 19(20): 177-179.
- [3] 陈焕康. 关于市政桥梁结构设计要点的探讨 [J]. 城市建设, 2025, (18): 34-36.
- [4] 王继坤. 市政桥梁大跨度结构施工技术及相关节点控制研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (22): 214-216.
- [5] 吴映墙. 市政道路桥梁工程中钢箱梁安装施工技术 [J]. 四川水泥, 2025, (07): 196-198.