

复杂地质条件下市政道桥基础施工技术 with 质量控制

文 / 廖昌亭 安徽天墅建设集团有限公司

摘要：市政道桥是城市交通中的重点枢纽，市政道桥基础施工质量的好坏直接关系到整个项目的安全和稳定。在城市建设日益扩张的今天，更多道桥项目正面临着复杂地质条件下的考验。由山区崎岖地形向软土地基沉降隐患过渡，由岩溶地区溶洞难题向地下水位变化引起腐蚀风险过渡，复杂地质为施工增加了许多难度。如何利用科学的施工技术和严格把关质量就成了市政道桥施工中的一个中心课题。深入研究复杂地质条件下道桥基础施工技术及其质量控制策略对于确保工程安全和延长道桥使用寿命有实际意义。

关键词：复杂地质条件；市政道桥；基础施工技术；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.064

引言

在城市化进程不断加快的背景下，市政道桥施工规模越来越大，在城市发展中起到越来越重要的辅助作用。但复杂的地质条件就像施工道路中暗藏的“暗礁”，无时无刻不威胁市政道桥基础施工能否顺利实施。不同种类的复杂地质例如断层交错不稳定区域以及地下水腐蚀性较强的区段都可能诱发基础坍塌和结构受损等一系列问题。如果不能对上述问题进行有效地解决，不但会造成施工成本的大幅度提升和工期的拖延，而且还会遗留严重的安全隐患。所以，对复杂地质条件施工技术及其质量控制方法进行系统研究是促进市政道桥高质量建设的需要，值得我们进行深入探究。

一、复杂地质条件对市政道桥基础施工的影响

(一) 地形地貌影响

山区地形起伏较大，施工场地不易整平，加大了临时工程的架设难度和费用。陡峭的山坡容易造成材料运输的不方便和施工进度的影响。例如在山谷地段、狭小的空间制约了大型机械设备的发挥、局促的基础施工作业空间等。但平原软土地基由于土体疏松，压缩性大，承载能力较小，道桥基础容易发生沉降和位移，对工程的质量和安造成严重的影响，并可能引起桥梁的倾斜和道路的塌陷^[1]。

(二) 地质构造影响

断层区域，岩体破碎，完整性差，基础施工时易发生坍塌，给钻孔、挖孔等作业带来极大困难。断层两侧地层错动，会使基础受力不均，影响其稳定性。节理发育地区，岩石强度因节理切割而降低，风化速度加快。基础若坐落于此类岩石上，长期受自然因素作用，承载能力逐渐下降，埋下安全隐患，影响市政道桥的使用寿命。

二、市政道桥基础施工技术常见类型

(一) 桩基础

桩基础是通过把上部结构的荷载转移到深层稳定土层中而在各种复杂地质中得到广泛的应用。通常采用钻孔灌注桩的方式，用钻孔设备将桩孔钻到地基上，然后吊放钢筋笼和灌注混凝土进行成桩施工。神通对各种地

质都有较好的适应性，砂土，粘性土和软土地层中都能建造。但是复杂地质钻孔过程中可能会遇到塌孔和缩径现象，需要合理选择泥浆护壁和钻进参数的控制。人工挖孔桩是通过手工挖掘桩孔来实现的，特别适用于桩径较大、地质状况相对稳定以及地下水位偏低的区域。有益效果在于：能够对地层进行直接观测，施工设备方便，但是具有安全风险，需要做好孔壁支护和通风措施。沉桩包括锤击沉桩和静压沉桩，采用锤击或者静压的方式使预制桩下沉到地基中，其施工快捷，但是对于桩身强度以及地基土的性质都有很高的要求（如图1桩基础）^[2]。



图1 桩基础

(二) 扩大基础

扩大基础，是一种浅基础形式，通过扩大基础底面来提高承载面积。施工中，先在基础位置挖土，将基底清理到设计标高后支模灌注混凝土。本实用新型用于浅层土质比较好，承载能力比较高，荷载比较低的市政道桥工程中。岩石地基上，可以对岩面直接凿毛处理，然后再进行浇注；土层地基中的基底需要夯实或者换填之类的补强。扩大基础的施工工艺比较简单，施工成本低，但是对于地基的不均匀沉降比较敏感，在复杂的地质条件和不均匀分布的土层中，会产生基础开裂的现象，所以在施工中应对基底的处理质量以及混凝土浇筑工艺进行严格的控制（如图2条件基础与独立基础）^[3]。

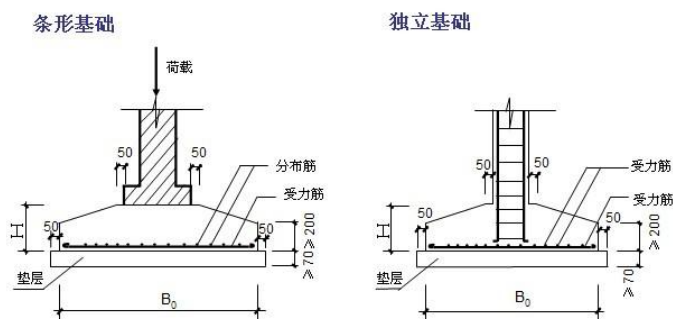


图2 条件基础与独立基础

(三) 地下连续墙

地下连续墙就是利用地面专用设备将基坑四周分段成沟槽，将钢筋笼吊放于沟槽内灌注混凝土而成的一种连续墙体。具有挡土，截水和防渗等诸多作用，常被用于城市繁华地段或者地下水位很高的复杂地质环境中。施工中，采用成槽机对槽段进行开挖，泥浆护壁以确保槽壁的稳定，钢筋笼到位后进行混凝土浇筑。地下连续墙具有刚度较大，整体性强的特点，能够有效地抵抗土压力与水压力的作用，降低对周围环境的影响，但是其施工技术要求较高，且设备投资较大，在施工中，泥浆指标，槽段垂直度，钢筋笼下放质量等都需要严格控制（如图3地下连续墙）。

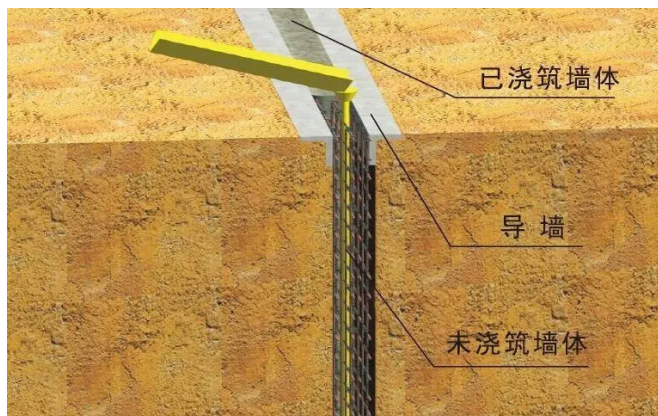


图3 地下连续墙

三、复杂地质条件下市政道桥基础施工技术与质量控制的策略

(一) 精准地质勘察，奠定施工根基

准确的地质勘察，可以说是市政道桥基础在复杂地质中建设的核心序曲。综合而深刻的勘察作业绝不是浮在表层，而应该是如逐层剥茧，精细地获得地层结构信息和准确检测岩土特性，大至土壤颗粒组成，小至岩石抗压强度都没有漏掉。与此同时，准确地测量地下水位和精细地描绘地质构造也非常关键，因为即使是微小的褶皱和断层也会造成施工中的大情况。这些翔实的资料就像施工中的“指南针”，对基础施工技术的理性抉择提供了坚实的基础。根据地层情况可以事先预先判断钻孔桩在施工中是遇到塌孔还是沉井下沉遇到障碍，然后

有周全针对性地做出预案，从根本上筑牢施工质量的基础，使之后的施工进度能够有序进行^[4]。

某市山区市政道桥施工项目，在施工准备阶段就十分重视地质勘察。专业队伍采用地质钻探技术每隔一定距离钻孔取样并深入井下几十米，综合分析不同深度岩土样本准确把握物理力学性质。同时在地球物理勘探手段辅助下，应用地震波，电磁感应原理对地层结构和地质构造进行了大范围探测，精细识别出该区发育有断层破碎带和复杂岩溶地貌。设计团队根据这些翔实的勘察结果迅速行动起来，果断地将原局部桩基础方案变更为沉井基础方案，并根据地层数据对沉井大小，深度及封底厚度等参数进行了科学优化。在随后的施工过程中，对于岩溶地区零星分布的溶洞，施工队运用先进注浆填充技术对注浆材料进行了准确配置，从而严密充填溶洞空间，再辅之以钢筋混凝土补强，就像给基础披上了一道牢固的“铠甲”，有效地避免了基础塌陷的危险，从各方面保证了工程质量，并为以后道桥施工的顺利进行打下了坚实的基础。

(二) 严选施工材料，保障基础品质

施工材料的品质犹如市政道桥基础品质中的一块基石，面对复杂的地质情况，它的重要性更得到了无限制的放大。基础既要承受道桥本身的大量重量，又要抵抗复杂地质环境产生的载荷，例如软土地基沉降压力和山区岩石挤压应力。同时环境侵蚀问题较为棘手，如沿海地区盐雾侵蚀和地下水位较高地区水渗透侵蚀。这需要材料有优异的强度并能经受住很大的压力不会变形；具有优良的耐久性，能在长时间内抵抗环境侵蚀，不会破坏；还要有较好的抗渗性以避免水分和其他有害物质向内渗透而损伤结构^[5]。故而，严格筛选契合标准且适配地质条件的材料势在必行。从源头上控制物料的质量、强化物料的检验流程、认真检验每批物料、规范进场管理、保证物料在整个施工过程中和投入运营后的质量，性能一直保持稳定可靠，显著降低了由于材料瑕疵而造成的基础质量安全隐患，构筑了市政道桥基础品质防线。

在某沿海地区市政道桥项目中，面对高湿度、强腐蚀的海洋地质环境，施工方对材料质量把控展现出极高的严谨性。针对钢筋，精心选用具有高抗氯离子腐蚀性能的特种型号，在采购环节，严格审查生产厂家资质与产品检测报告。对于水泥，采用专门适配海洋环境的特种水泥，其抗硫酸盐侵蚀能力强。在骨料检测方面，运用专业设备对含泥量、坚固性等指标进行精确测定，确保骨料符合高标准。在混凝土制备时，依据精确计算添加适量的外加剂，例如高效减水剂提升混凝土和易性，防水剂增强抗渗性，阻锈剂抑制钢筋锈蚀。在施工过程中，对每一批次材料都留存样本以备复查。正因材料质量把控严格，历经多年海水侵蚀，建成后

的道桥基础钢筋未出现明显锈蚀，混凝土结构完整，未出现开裂现象，始终保持良好的结构性能，有力保障了道桥的安全使用。

（三）优化施工工艺，提升作业效能

面对复杂地质条件严峻的考验，迫切需要对市政道桥基础施工工艺进行优化和创新。由于各种不同的地质条件，例如软土地基的高水分含量和低强度，以及山区岩石的复杂结构等，这些因素都为施工过程设定了非常特殊和严格的标准。结合地质特点需要系统性梳理和重构施工流程，剔除冗余环节以保证各个流程的紧密连接。比如在溶洞众多地区，事先计划溶洞探测，充填和基础施工顺序。准确设置施工参数也是至关重要的，就好比钻孔桩在施工过程中钻进速度，泥浆比重等，都需要根据地层岩土特性进行实时调节，从而确保成孔质量。对施工方法进行合理的选择同样不可忽视，在遇到深厚淤泥层时采取适当的方法进行地基加固可以有效地降低施工难度。先进的施工工艺既克服了钻孔桩塌孔和沉井偏斜这一难以解决的问题，又显著提高了施工效率和缩短了工期，更为重要的是从根源上确保了基础施工质量并为市政道桥牢固打下了坚实的基础。

某软土地基上市政道桥地基施工过程中软土表现出含水量大，压缩性高等显著特点，对地基稳定性造成严重威胁。施工队果断地应用了深层搅拌桩复合地基处理技术。施工前对软土进行室内土工试验，得到了详细的物理力学参数并依此确定了水泥浆最佳配合比。施工时，对搅拌设备钻进速度进行了认真调试，并根据软土软硬程度进行了灵活调节，保证钻头能够有效地切入土体；严格控制提升速度以确保水泥浆和软土的充分混合和融合。同时对水泥浆喷射量进行准确调控，使得每一块软土均能够均匀增强。另外，本文还介绍了信息化施工技术并在施工现场设置了若干个监测点，利用传感器对搅拌桩施工过程中桩身完整性，水泥土强度等施工质量信息进行实时采集，并对地基沉降信息进行分析。当监测数据出现异常情况时，施工团队应立即按照预设应对策略及时对钻进速度和提升速度等工艺参数进行调整。最终使工程的基础沉降获得了有效的控制，并完全处于设计许可的范围之内，使工程优质顺利竣工。

（四）合理运用设备，提高施工效率

进行复杂地质条件市政道桥基础施工时，机械设备就像一把攻坚之刃，其意义不言而喻。地质条件复杂，例如山区崎岖地形，软土地基特殊土质等都为施工带来了许多棘手困难，这时根据地质特点及施工工艺要求对设备进行合理选型就成了重点。比如在岩石硬度较大的地区需要选择破岩能力强的钻孔设备；地下水位较高区段应配置高效降水设备。选用的设备既要求先进，效率高，又要求性能平稳，才能应付长期，高强度施工任务。

与此同时，定期对设备进行维护与保养也是保证设备正常工作的必要措施，无论是日常清洗，润滑还是关键部件的测试，更换等，均严格执行设备维护手册。这样，大大降低了设备故障发生率，显著提高了施工效率，保证了施工质量，同时也有效地避免了由于设备故障而造成工期延误、成本加大等问题，对整个施工项目顺利进行起到了强有力的支持。

某市山区市政道桥地基建设工程面临地形复杂，交通不便利等严峻考验。施工单位经过多方面考虑，最终选择了一种爬坡能力和机动性较强的小型旋挖钻机来进行钻孔桩的施工。该钻机机身小而灵活，可自由往返于狭窄、坡度大的现场，轻松攻克大型设备入场难的窘境。它的先进钻进系统可以根据不同岩石层对钻进参数进行调节以保证钻孔效率和质量。钻孔时配套先进泥浆处理设备同步进行。本装置采用物理及化学联合处理工艺，首先经过滤装置除去泥浆中大颗粒杂质后采用絮凝剂净化泥浆，使泥浆得到及时处理并循环使用。本实用新型既减少泥浆排放造成的环境污染，又降低新泥浆购买费用。整个施工过程中小型旋挖钻机和泥浆处理设备配合紧密，各施工环节衔接顺畅，最终确保钻孔桩施工顺利进行，如期优质完成基础施工。

结语

综上所述，复杂地质条件下市政道桥基础施工面临着来自地形地貌、地质构造、水文地质和特殊地质现象等多方面的挑战。但通过精准的地质勘察、严格筛选施工材料、优化施工工艺以及合理运用设备等策略，能够有效应对这些挑战，保障施工质量和效率。在未来的市政道桥建设中，随着技术的不断进步和经验的积累，应持续探索更先进的施工技术和更严格的质量控制措施，以适应日益复杂的地质条件，推动市政道桥行业的可持续发展，为城市交通的安全与稳定提供坚实保障。

参考文献

- [1] 陈缘缘. 市政工程建设中顶管工程技术的应用分析[J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 54-56.
- [2] 杨志刚. 市政道路排水工程污水顶管施工关键技术研究[J]. 水上安全, 2024, (23): 139-141.
- [3] 陈思齐. 浅析复杂地形下道路与桥梁工程的挑战与对策[J]. 汽车周刊, 2024, (06): 95-97.
- [4] 范传伟. 钻孔灌注桩技术在道桥工程施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2020, (16): 81-82.
- [5] 邓锐. 复杂地质条件下锁口钢管桩与钢筋混凝土支护桩组合围堰的应用[J]. 科技创新与应用, 2014, (06): 214.

作者简介：廖昌亭，1981.11，男，汉，安徽合肥肥西县，本科，高级工程师（非国有），研究方向：市政道桥工程。