

深水桥梁工程钻孔灌注桩技术

王强

湖南映晟交通建设工程有限公司

摘要：在当代桥梁工程中，深水桥梁的建设是一个技术挑战，尤其是在复杂的地质和水文条件下。钻孔灌注桩作为一种成熟的桥梁基础，本文将系统介绍深水桩基施工技术，并结合双门岛大桥工程的地质与水文特点重点介绍冲击钻施工应用与经验，希望在桥梁深水桩作业时遇到类似的工程能起到一定的启发与借鉴作用。

关键词：桥梁工程；深水条件；钻孔灌注桩技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.052

引言

在最近几年，桥梁建设技术得到了显著的发展，特别是钻孔灌注桩因其广泛的适用性而得到了普遍采用。而深水桩基的施工是桥梁施工的难点与重点，特别是在湖南湘西地区熔岩较为发达地区施工理是如此。在双门岛大桥的建设中利用冲击钻机施工很好的解决了桩基水位深、基底覆盖层薄、基岩为斜面且坡率较大、砂砾与灰岩地层裂隙较发育的桩基钢管桩深水平平台的搭设与桩基施工，在节约工程成本与保证工程质量上面都取得了较好的效果。

一、桥梁工程钻孔灌注桩施工特点

钻孔灌注桩因适用范围广，以其独特的施工特点，在多种工程场景中显示出其重要性。首先，钻孔灌注桩在适应性方面表现出色，能够适用于多种土质条件，特别是在复杂地质环境中表现突出，如软土、砂土或者是含有大量地下水的区域。这种桩的灵活性也非常高，可以根据工程的需要灵活调整桩径和桩深，以适应不同的承载力要求和地质条件。

此外，由于采用了机械钻孔的方式，钻孔灌注桩在施工精度上也有很高的保证，能够更准确地控制桩的位置和垂直度。在环境友好方面，这种桩由于在施工过程中振动和噪音较少，对环境的影响也相对较小，这使得它特别适合于城市和敏感区域的桥梁建设。经济性方面，虽然钻孔灌注桩的初期投资可能较高，但考虑到其高承载力和良好的适应性，长期来看它可能是更加经济的选择。

然而，钻孔灌注桩的施工要求质量高，施工难度与质量控制相对较难，特别是在面对复杂地质条件时。在施工过程中，还会面临一些挑战，比如需要有效控制孔壁的稳定性和浆液的质量，以确保桩的质量。总的来说，钻孔灌注桩其在现代桥梁建设中的应用越来越广泛，成了桥梁工程不可或缺的一部分。

二、钻机选型的选择

钻孔灌注桩施工在我国的桥梁建设中是比较常见且

具有成熟工艺施工的方法，主要的钻机类型为正反循环钻机、冲抓钻机与冲击钻机几种。在施工前应根据工程的设计、地质水文条件、岩层土壤特性与施工方法，以确定最佳的钻机类型与钻头大小，在《桥规》与各论文中皆有介绍，本文不再赘述。

双门岛大桥位于贺龙水电站澧水上游，因水库中有一小洲，故大桥又分为澧水一桥与澧水二桥，其最大水深达35米，其中澧水二桥砂砾与卵石覆盖层较厚，一般在8m至10m，下为强风化与中风化灰岩。而澧水一桥覆盖层较薄，有的桩位还没有覆盖层，岩面为强风化与中风化灰岩，岩面不平为斜面，裂隙较发育，西岸桥台位置揭露有高度0.7m的裂隙。根据此工程的地质特点，本工程选用了冲击钻施工的方法搭设深水钢平台与桩基施工。

三、基于实际分析钻孔平台设计和施工

（一）设计钻孔平台

在深水桥梁工程中，钻孔灌注桩的施工通常采用支撑桩平台设计。平台的设计应综合考虑桥梁跨度、桩径、钻机类型、施工方法、施工成本、施工安全与效率及荷载大小、地质水文条件、流速、通航要求等多种因素的影响，合理的选择施工平台的大小、支撑桩的大小、间距与横梁的布置与剪刀撑及锚固索位置。

双门岛大桥的深水钢平台采用的是钢管桩为支撑桩，上铺工字钢横梁连接的钢平台，由于钢平台钢管桩的运输与安装采用两艘宽5.26m、长20米的船拼装而成，两船之间用工字钢连接，间距2m，在安装钢管桩时每侧留50cm的安全距离，然后在工字钢上设置导向架，所以钢管桩顺桥之间的最小间距设为8米，根据荷载大小通过受力计算确定钢管桩的直径为80cm，横梁工字钢为双36a与双40a工字钢，上铺28a工字钢。剪刀撑采用14槽钢。

（二）深水钢平台与钢护筒施工技术

深水钢平台与钢护筒施工是整桩基础施工中的难点与重点，施工现场需使用精密仪器进行监测并做出调整，以确保达到精确度要求。在深水钻孔灌注桩施工中，采取多种措施来确保桥梁基础的稳定性和施工精度非常必要，如准确定位钢平台的位置与钢护筒导向架，以确保支撑桩与钢护筒的垂直度与位置准确，必要时还要设置牵引绳与地锚。实际施工中，根据具体情况的变化，对施工方法进行相应调整和优化，是确保工程质量的关键。

在双门岛大桥施工中，根据一桥与二桥的地质条件与覆盖层厚度的不同，钢平台钢管桩的施工采用了不同

的施工方法。对于覆盖层较厚的桩基一般采用振动锤下沉钢管桩与钢护筒，如二桥我们采用的就是这种施工方法。而针对一桥岩面斜度大、覆盖层较薄的特点，钢管桩与钢护筒下放前采用了冲击钻机对河床进行了预冲孔，待清孔冲渣后下施工钢管桩与钢护筒，再浇筑水下混凝土固定与封底，以确保深水钢平台的稳定与安全。具体施工方法与步骤为：

1. 测量放样，放出钢平台各钢管桩的平面位置，并做好标记；
2. 抛设混凝土预制锚，以便后序施工时临时固定钢管桩与船体之用；
3. 将冲击钻安设的船舶上开至预定下设钢管桩的位置，下锚固定，对各钢管桩的位置采用1m的冲击钻进行清平河床、冲孔、吹渣、清平处理，冲孔深度6米；
4. 下设钢管桩，调整钢管桩的位置及垂直度，并通过锚索对钢管桩进行临时固定处理；
5. 复测钢管桩的平面位置与垂直度，确定无误后在钢管桩内下设导管，浇筑水下混凝土，浇筑时要反复复测钢管桩内外混凝土高度及与河床的高差、钢管的平面位置与垂直度，如钢管桩发生偏位与倾斜应及时采用要牵引绳调整，每根钢管桩的混凝土的设计浇筑量为 6.8m^3 ；
6. 用同样的方法安设下一根钢管桩，对及时对已安装好的钢管桩进行互连加固；
7. 待全部12根钢管桩安装好后，且最后一根钢管桩混凝土强度达到一定强度后铺设平台顶工字钢及防滑钢板、安装防护栏杆、吊装泥浆池、值班工棚等；
8. 设置警示灯、警示标语等安全防护设施；
9. 吊装钻机到钢平台设定位置，预冲钢护筒孔，同上方法安设钢护筒；

（三）水下混凝土的浇筑工艺

水下混凝土浇筑控制重点为水下混凝土的配合比、首批混凝土的压水埋管深度及在浇筑过程中导管的埋置深度的控制。水下混凝土对混凝土的和易性要求较高，在运输途中不应有显著的离析与泌水现象，其坍落度应控制在180mm至220mm之间。首批混凝土的数量应根据导管的大小、桩长、桩径、混凝土与泥浆比重等通过计算来确定，一般要求首批混凝土的埋管深度不得小于1m。在浇筑水下混凝土过程中应根据实际情况合理确定导管的埋置深度，一般控制在2m到6m之间。在浇筑混凝土时应有预防钢筋笼上浮的措施，灌注的桩顶标高应比设计标高高出0.5m至1.0m，具体视视泥浆浓度而定。

四、桥梁工程钻孔灌注桩施工技术要点

（一）桩位放样

桩位放样主要是按照设计图纸上的要求，对钻孔的位置进行精确的标定。首先，需要对施工场地进行彻底的清理和准备，确保无障碍物影响放样精度。其次，利用专业的测量工具，全站仪或GPS定位系统，来确定桩

位的准确位置。在放样过程中，施工人员需全面熟悉设计图纸，确保每个桩位的位置符合设计要求。放样过程中还需考虑到钻机的移动和安装空间，保证施工的顺利进行。一旦桩位确定后，应进行仔细的检查 and 记录，确保后续施工的准确性。最后，根据桩位放样结果，对钢护筒进行准确的布置和固定，保证桩基施工的安全性和可靠性

（二）埋设护筒

桥梁工程中的钻孔灌注桩施工，埋设护筒环节至关重要。护筒，作为临时结构，主要用于保护钻孔周边土层，防止坍塌，确保施工安全。埋设深度一般根据地质条件而定，常见的深度范围在2至4米。护筒直径通常比灌注桩直径大200至400mm。钢护筒一般采用钢板在现场制作与焊接，钢板厚度的选择应根据地质水文情况、水深、流速与裂隙发育情况而定，但普遍在10至16毫米之间，最下面一节钢护筒视地质情况与施工方法进行加厚处理。但在岩面裂隙较为发育、水流较大或有溶洞的情况下，在钢护筒的厚度选择与钢护筒的刚度上应特别注意施工过程中钢护筒内水头突然损失的情况发生，以免造成钢护筒水头损失后钢护筒被水压变形的情况发生。在双门岛大桥一桥施工过程中，因对地勘中桥台位置0.7米的裂隙存在没有引起足够的重视，1号墩桩基的施工钢护筒没有考虑裂隙存在可能造成水头损失的情况而对钢护筒进行特别设计，施工时出现护筒内泥浆突降12米的情况，造成因外围水压过大而使钢护筒严重变形、钢护筒被压破。后通过潜水员下割钢护筒时发现破口下层泥浆并未出现较明显的稀释，泥浆也未外漏，说明裂隙连接的溶洞大小有限且为封闭溶洞，且没与水底岩面贯通，也说明钢护筒下沉采用预冲孔浇筑水下混凝土封底的工艺是没有问题的，护筒底的前期封底较为完好。根据起吊后的护筒变形与破口位置判断，按受力分析与模拟计算判定1号墩桩基底周边的溶洞容量即与泥浆下降体积相当，约为74立方米。此次事故虽造成的经济损失不大，但也给我们在桥梁施工与钢护筒设计时敲响了警钟，任何一个细节都不应该放过，不能想当然的按通常钢护筒的厚度进行设计，应该考虑各种不复得因素，前期预防出现最坏的结果，根据具体情况必要时应对钢护筒纵向、横向、或纵横结合的方法加焊加强肋，以确保钢护筒的整体刚度与强度满足施工要求与安全，避免事故的发生。

钢护筒下放一般采用浮吊或船舶上汽车吊配合钻机下放，在安装前要准确定位钢护筒定位架，逐节下设、焊接钢护筒直至钢护筒坐床，采用振动锤穿过覆盖层，如果底层岩层裂隙较多，封水不好可以采用回填黏土复冲或浇筑水下混凝土进行封底处理。必要进还可以采用预设压浆管进行双液浆（水玻璃与水泥混合液）进行压浆防渗处理。

钢护筒封底后要进行试水试验，护筒内水头较水面

高2m左右，静置24小时，观察护筒内水位变化，如未发生水位变化方可进行下一步作业。

（三）泥浆制备

在泥浆制备中，常用的泥浆包括水、黏土和多样添加剂。遵循设计标准，确保材料制备的质量对施工至关重要。优质的泥浆不仅提升钻孔质量，还帮助防止塌孔等问题。泥浆制备考虑多方面因素，通过调试满足施工需求，确保其护壁效果支撑钻孔施工的稳定性与效率。

在制备泥浆时，材料选择和配比至关重要，一般就地取用优质的黏土。必要时可以掺加膨润土或外加剂。对于桩径大于2.5m的大直径钻孔灌注桩，如地质条件复杂、覆盖层又较厚、护筒无法下沉到岩层时，宜使用不分散、低固相、高黏度的丙烯酰胺即PHP泥浆。

（四）钻进成孔

钻孔灌注桩施工时开孔的孔位必须准确，施工作业应分班连续进行，并实时观测护筒内水头，及时发现异常情况。并填定好钻孔施工记录、做好交接班的情况说明及注意事项。并根据成孔速度及时复测桩位与桩的垂直度，确保钻孔的中心位置最大偏差与倾斜度满足设计与规范要求。

（五）钢筋笼吊装

在进行桥梁工程的钢筋笼吊装时，钢筋笼的正确安装是一个关键环节。这一过程通常开始于清孔作业的完成。钢筋笼的制作和长度的确定需与桩基的尺寸相适应，一般采用直螺纹接头或焊接，根据钢筋长度、桩长与起吊能力分段制作。为了保持结构的完整性，在同一断面内的钢筋笼接头数量应小于50%。根据设计图纸及时的将声测管准确地安置在钢筋笼上，以便成桩后的桩基检测。

（六）混凝土灌注

进行混凝土灌注前，重点在于再次检测孔底沉淀的厚度，确保不超过规范与设计的要求。如有必要，应进行二次清洁以达到标准。同时，要对泥浆指标进行细致检查，确保黏土层和砂层的含砂率不超过2%，胶体率保持在98%以上，泥浆比重应在1.03至1.10之间。在水下混凝土灌注施工中，对施工技术进行细致控制是关键。导管设置需关注几个技术细节：导管宜选用直径为30cm的导管。导管上的刻度帮助在埋设时准确计算混凝土内的深度。以钻机平台为标准来确定导管深度，并在安装前完成水密性测试。

混凝土材料的强度控制同样重要。需检验混凝土中砂石的强度，确保其符合标准，并在拌合时注重用水的清洁度。

五、深水桩基础钻孔灌注桩施工中的管理与注意事项

（一）避免掉钻或倾斜

为避免钻头在钻进过程中出现掉落或倾斜的情况，

应使用扶正圈和全孔减压钻具，确保钻头稳定。在实际钻进过程中，每前进25cm，就需要增设一个扶正圈，这样有助于保持钻孔的直线度，避免偏斜。这种做法不仅增强了钻孔的稳定性，而且提高了施工的精准度。除此之外，还要定期检查钻具的磨损情况，以及时进行更换或维修，确保钻孔工作的连续性和效率。总的来说，在深水桩基础的钻孔灌注桩施工中，通过精确的设备选择和严格的操作流程，可以有效地提升施工质量，保障工程的安全与可靠。

（二）怎样处理塌孔

在应对塌陷问题时，选用合适的钻机与良好泥浆指标是关键。根据地质状况挑选恰当的钻进速度及冲程高度。面对水位变化或漏浆现象，调整孔内水压至关重要以防止事故。通过恰当的钻探操作，不仅能有效解决塌陷问题，还能保障工程的顺利推进。因此，选择合适的钻机、采用有效的钻进技术、控制水头及准备适宜的浆液在处理塌陷时至关重要。

（三）保证钢筋笼的安装质量

在设计钢筋笼时，重点是遵守施工标准。制作完成后，考虑合理的吊装方式至关重要，以避免钢筋笼变形。实施多种措施，比如安装箍筋、增加保护层或采用其他方法，确保混凝土在箍筋内固化并保护其结构。安装钢筋笼过程中，保持其垂直并缓慢下放，以防损害孔壁。如遇到安装或下放困难，需立刻采取安全措施后再继续操作，确保施工顺利进行。

六、结语

在深水桥梁工程中，钻孔灌注桩技术的运用不仅包括多个步骤，而且每个步骤都极具挑战性和复杂性。为了确保整个工程的顺利进行，不仅需要每一环节进行细致的规划和设计，还必须实施严格的质量监控。这样做的目的是为了确工程达到最高标准，同时也保证项目能够按照预定的时间表顺利完成。这种方法的有效实施，不仅对桥梁的结构稳定性和安全性至关重要，也是高效和成功施工的关键所在。

参考文献

- [1] 徐高辉. 深水桥梁工程钻孔灌注桩技术[J]. 运输经理世界, 2023(20): 72-74.
- [2] 张晓杰. 桥梁工程深水桩基础钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(7): 0089-0092.
- [3] 刘敏. 桥梁工程中钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 现代物业: 中旬刊, 2023(7): 160-162.
- [4] 张学林, 杜崇磊. 钻孔灌注桩施工技术在桥梁工程中的应用[J]. 交通世界, 2023(26): 177-179.
- [5] 王纲. 桥梁工程钻孔灌注桩施工技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2023(6): 0035-0038.