深水斜岩桩基施工技术总结

周家宇
保利长大工程有限公司　广东　广州　510000

摘　要：在公路改扩建工程中，尤其是在复杂地质条件下，深水斜岩桩基施工成为一项具有挑战性的任务。深水环境和斜岩地质特征导致成孔难度大、易偏位、漏浆严重，从而影响成桩质量。本文通过对桂柳改扩建工程中深水斜岩桩基施工技术的深入研究和实践总结，形成了一套完整的施工工法。该方法优化了传统施工工艺，有效解决了斜岩接触位漏浆、清孔不彻底和成桩质量不佳等问题，显著提升了施工效率和成桩质量。

关键词：深水斜岩桩基；施工技术；优化工艺；反循环清孔；成桩质量

1 引言

随着我国公路建设的快速发展，尤其是在山区和水网密集地区的公路改扩建工程中，深水斜岩桩基施工越来越常见。这类桩基施工面临着诸多困难，如深水环境下的水压力干扰、斜岩地质特征导致的成孔难、易偏位、漏浆严重等问题。传统施工工艺在处理这些问题时显得力不从心，亟需引进和优化新的施工技术。桂柳改扩建工程作为典型的山区公路改扩建项目，存在大量的深水斜岩桩基施工需求。本文通过在该项目中的实践和研究，总结了一套行之有效的深水斜岩桩基施工技术，旨在为后续类似工程提供经验和参考。

2 工程概况

桂柳改扩建工程位于广西壮族自治区，全线包括多个桥梁施工段落，其中部分桥梁设计位于边坡上和水系边，导致了大量桩基需要施工于深水区且桩位位于斜坡上。特别是龙溪高架特大桥，作为本项目的关键工程之一，其深水斜岩桩基施工成为全线的重点和难点。龙溪高架特大桥所在区域地质条件复杂，表现为构造剥蚀低山丘陵地貌，山顶高耸陡峭，山间沟谷发育，水系发达。这些特殊的地质和水文条件给深水斜岩桩基施工带来了极大的挑战。

3 传统施工工艺及其存在的问题

深水斜岩桩基施工的传统方法一般采用护筒跟进、冲击施工的方式。在护筒接触斜岩位置进行回填处治，反复冲击压实填满空隙，入岩后采用泥浆护壁的方式持续钻进，利用正循环的方法进行清孔，最后采用导管法灌注混凝土。然而，这种方法存在诸多问题：

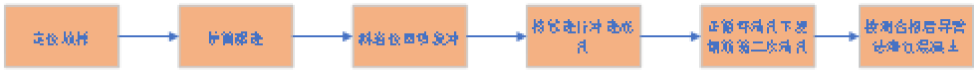

图1 传统施工工艺流程图

3.1 斜岩接触位反复回填复冲导致的孔位偏差

斜岩地质条件下，护筒与斜岩之间的间隙难以处理，反复回填复冲容易导致护筒偏位，从而导致孔位偏差大。由于桩基位于深水区，施工中纠偏难度大，进一步加剧了这一问题。

3.2 漏浆问题

传统方法对护筒与斜岩之间间隙处理效果不佳，容易出现漏浆问题。漏浆不仅污染水源，而且影响钻进过程中的护壁效果，需要不断制浆[1]。同时，漏浆还会导致斜岩接触位桩基整体不密实，影响桩体质量。

3.3 清孔不彻底

传统冲击钻清孔采用正循环方式，受制于斜岩位空隙处理效果，整体清孔返渣效果不理想。特别是随着桩长的增加，清孔效果越差，沉渣厚度大，清渣不彻底。

4 施工工艺优化及改进

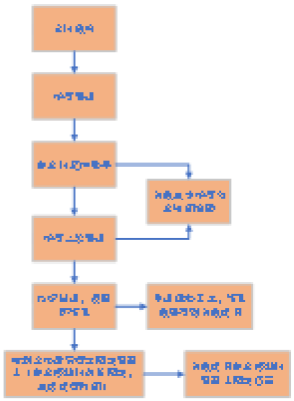

图2 改进后施工工艺流程

4.1 护筒跟进与斜岩面处理

在深水斜岩桩基施工中，护筒的跟进和斜岩面的处理是关键环节。传统方法采用护筒跟进后回填处治的方式处理斜岩面间隙，但这种方法存在诸多问题。首先，反复回填复冲容易导致护筒偏位和孔位偏差大；其次，回填材料的选择和用量难以准确控制，导致处理效果不佳；最后，回填过程需要耗费大量时间和人力物力成本。

优化后的施工工艺采用复冲整平斜岩面与二次跟进护筒相结合的方式处理斜岩面间隙。具体做法如下：①复冲整平斜岩面：在初次护筒下放后，采用小冲程对斜岩面进行复冲整平。通过反复冲击和压实斜岩面，减少护筒与斜岩之间的间隙。整平过程中应严格控制冲程和冲击力度，避免对斜岩面造成过大的破坏[2]。②二次跟进护筒：在斜岩面整平后，进行第二次护筒跟进。根据现场实际情况确定二次跟进护筒的长度和位置，确保护筒与斜岩面紧密贴合。二次跟进护筒不仅可以进一步减少间隙，还可以提高护筒的稳定性和抗偏位能力。

通过复冲整平斜岩面与二次跟进护筒相结合的方式处理斜岩面间隙，可以显著提高护筒的跟进效果和成孔质量。同时，该方法还可以减少回填材料的用量和施工时间成本，提高施工效率。

4.2 反循环清孔工艺原理与应用

气举反循环清孔工艺是一种高效、彻底的清孔方式，特别适用于深水斜岩桩基施工中的清孔作业。该工艺利用空气压缩机将压缩空气输入进风管，空气经过风管底部排出后与泥浆形成气液混合物。孔底沉渣在喷出气体的冲击作用下悬浮起来，并随着气液混合物沿导管向上运行至孔口排出。通过反复循环这一过程，直至孔底沉渣厚度达到规范要求。气举反循环清孔工艺具有以下显著优点：①高效性：管内吸渣的循环方式有效避免了斜岩位空隙的影响，使得清孔过程更加高效。与传统正循环清孔工艺相比，气举反循环清孔工艺可以显著缩短清孔时间并提高清孔效率[3]。②彻底性：气举反循环清孔工艺能够彻底清除孔底沉渣和泥浆中的杂质，使得孔底更加干净和平整。这有助于提高后续灌注混凝土的质量和稳定性。③适应性强：气举反循环清孔工艺适用于不同孔深和孔径的桩基施工。无论是深水区还是浅水区、大孔径还是小孔径的桩基施工，都可以采用该工艺进行清孔作业。在实际应用中，气举反循环清孔工艺需要严格控制各个施工参数和步骤。例如：应合理设置风管的位置和深度、调整压缩空气的输入量和压力、控制泥浆的循环速度和流量等。同时，还需要定期对清孔设备进行检查和维护保养工作以确保其正常运行和使用寿命。

4.3 混凝土灌注工艺优化

在深水斜岩桩基施工中，混凝土灌注是最后一个关键环节。传统方法采用导管法进行混凝土灌注作业，但在实际应用中存在一些问题。例如：斜岩接触位容易出现漏浆现象导致桩体不密实；灌注过程中难以控制导管拔出速度和时间导致桩体质量不稳定等。优化后的施工工艺针对这些问题进行了改进和优化。具体做法如下：在灌注至斜岩接触位等薄弱点时，应适当减缓导管拔出速度和时间。通过保证砼面通过该点时整体导管埋置大于4m的方式使得护筒脚位置混凝土处于不断上升的流动状态从而减少漏浆现象的发生。在灌注前应根据推算标高对对应管节进行标注以便提醒施工人员注意控制导管拔出速度和时间。通过标注管节的方式可以帮助施工人员更加准确地掌握灌注进度和质量情况从而确保桩体的密实性和稳定性[4]。此外，在混凝土灌注过程中还需要注意以下几点：①控制混凝土坍落度：应根据实际情况合理控制混凝土的坍落度以确保其流动性和可泵性满足要求。同时还需要注意避免混凝土出现离析和泌水现象影响其质量和稳定性。②加强振捣作业：在灌注过程中应加强对混凝土的振捣作业以确保其密实性和均匀性。特别是对于斜岩接触位等薄弱点应加强振捣力度和时间以确保其质量满足要求。③定期检测桩体质量：在灌注完成后应定期对桩体质量进行检测和评估以确保其满足设计要求和使用寿命要求。特别是对于深水斜岩桩基施工中的特殊地质条件和水文条件应更加关注桩体的质量和稳定性情况。

5 优化工艺实施情况

为验证优化后的深水斜岩桩基施工技术的可行性和有效性，在桂柳改扩建工程龙溪高架特大桥左幅14#墩选择了三根典型的深水斜岩桩基进行施工实践。

5.1 斜岩面复冲整平与二次下放钢护筒

根据地质勘察资料，选择了龙溪高架特大桥左幅14#墩的三根桩基进行施工实践。在施工平台上，将桩基钢护筒顶按照高于平台面30cm进行控制，初次钢护筒下放后进行斜岩面的复冲整平工作。整平完成后，进行第二次钢护筒下放。根据现场实际情况，增加了1.5m的钢护筒长度，以确保二次跟进护筒后的泥浆损失较小。通过复冲整平和二次下放钢护筒，有效减少了护筒与斜岩之间的间隙，为后续钻进和清孔工作打下了坚实基础。

5.2 气举反循环清孔

在清孔前，对清孔设备进行了检查，确保堵头板、送风管接头安装紧密，不漏气、管路畅通。利用吊锤测得沉渣面后，控制导管管底距沉渣面控制在30cm左右，风管在导管内下放深度控制在孔深的0.6左右。在清孔过

程中，按照每1小时2次的频率采用泥浆3件套测定泥浆指标，监控孔内情况。清孔完成后，按照先关闭空压机，再停止补浆的方式进行。现场实测数据显示，孔底沉渣厚度均达到了规范要求，清孔效果显著。

表1 现场实测数据一览表

序号	泥浆比重	黏度	含砂率	孔底沉渣厚度
1	1.05	16	1%	5cm
2	1.05	17	1.20%	8cm
3	1.08	18	1.50%	8cm

5.3 薄弱位混凝土灌注控制

在吊放钢筋笼及二次清孔满足指标要求后，进行了混凝土灌注准备工作。根据复冲整平情况，推算出各桩基斜岩面空隙位标高，并对对应管节进行标记。在灌注过程中，按照推算标高和标记管节，控制了导管的拔出时间。通过减缓导管拔出时间，保证了砼面通过薄弱点时整体导管埋置大于4m，使得护筒脚位置混凝土处于不断上升的流动状态，有效减少了漏浆现象。

6 优化工艺实施效果评估

通过实施优化后的深水斜岩桩基施工技术，对实施效果进行了全面评估。

6.1 成桩质量提升

经过桩检和声波检测，三根桩基均为1类桩基，表明成桩质量得到了显著提升。特别是在斜岩接触位等薄弱点，质量较原先施工有了较大提升，有效解决了传统施工工艺中存在的漏浆、成桩不密实等问题。

6.2 施工效率提高

优化后的施工工艺显著提高了施工效率。通过减少回填复冲次数、缩短清孔时间、优化灌注方式等措施，整体工期较传统施工工艺节省了约一半。在龙溪高架特大桥左幅14#墩的施工实践中，三根桩基的施工工期较传统方法缩短了约21天。

6.3 经济效益显著

优化后的施工工艺不仅提高了施工效率和成桩质量，还带来了显著的经济效益。通过减少回填材料、缩短工期、降低能耗等措施，整体费用较传统施工工艺节省了约25万元。按此推算，对于整个桂柳改扩建工程中深水斜岩桩基的施工，预计可节省数百万元的费用。

7 优化工艺的技术特点与创新点

7.1 技术特点

一是针对性强：针对深水斜岩桩基施工的特殊性，形成了专门的施工工法。二是综合处理：通过复冲整平斜岩面、二次跟进护筒、反循环清孔和优化灌注方式等措施，综合处理施工中的各种问题。三是高效彻底：采用气举反循环清孔工艺，实现了高效、彻底的清孔效果。四是质量可控：通过严格控制施工过程中的各个环节，确保了成桩质量的稳定性和可靠性。

7.2 创新点

①复冲整平与二次跟进护筒结合：创新性地将复冲整平斜岩面与二次跟进护筒相结合，有效减少了护筒与斜岩之间的间隙。②引进反循环清孔工艺：在传统正循环清孔工艺的基础上，引进了气举反循环清孔工艺，显著提高了清孔效率和效果。③优化灌注方式：针对斜岩接触位的薄弱点，优化了灌注方式，通过减缓导管拔出时间等措施，有效减少了漏浆现象。

8 施工工艺的适用性与推广价值

8.1 适用性

优化后的深水斜岩桩基施工技术适用于各类复杂地质条件下的深水桩基施工。特别是在山区、丘陵地区和水网密集地区，该技术具有显著的优势和广泛的适用性。

8.2 推广价值

该技术不仅提高了施工效率和成桩质量，还带来了显著的经济效益和社会效益。对于后续类似工程具有重要的参考价值和推广价值。通过推广该技术，可以推动深水桩基施工技术的进步和发展，提高我国公路建设的整体水平和竞争力。

结语

本文通过对桂柳改扩建工程中深水斜岩桩基施工技术的深入研究和实践总结，形成了一套完整的施工工法。该技术优化了传统施工工艺，有效解决了斜岩接触位漏浆、清孔不彻底和成桩质量不佳等问题，显著提升了施工效率和成桩质量。未来，随着公路建设的不断发展和技术进步，深水斜岩桩基施工技术将面临更多的挑战和机遇。我们将继续深入研究该技术的应用和改进方向，不断完善和优化施工工法，为推动我国公路建设的持续发展做出更大的贡献。同时，我们也希望更多的学者和工程师能够关注深水斜岩桩基施工技术的研究和应用，共同推动该技术的进步和发展。通过不断的技术创新和实践探索，我们相信深水斜岩桩基施工技术将在未来的公路建设中发挥更加重要的作用。

参考文献

[1]曾金河.环境敏感区深水斜岩桩基施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(03):92-94.

[2]陈雷,李开辉,席昭昭,等.千岛湖深水库区倾斜裸岩桩基施工[J].工程技术研究,2021,6(20):77-78.

[3]朱洪涛.龙湖大桥深水裸岩桩基成孔施工技术[J].建筑技术开发,2020,47(08):160-162.

[4]张天宝,陈永,戴晓燕.基于价值工程的深水裸岩桩基围堰施工方案优选[J].建筑技术,2023,54(01):70-74.