

液动冲击钻进与“钻灌一体化”施工工艺技术组合试验研究

张书磊^[1], 曹雪然^[1], 吕万宏^[1], 刘丹丹^[1], 韩亚芳^[1], 朱小闯^[1], 肖长缘^[1]

(1. 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南省郑州市 450000)

摘要:“钻灌一体化”施工工艺是一种先进的大坝灌浆施工工艺, 但是它在钻孔施工过程中采用传统的回转钻进技术, 在硬岩地层层施工中存在钻进速度低的问题。本文尝试将液动冲击回转钻进技术引入到“钻灌一体化”施工工艺中, 通过搭建人造硬岩地层开展一系列试验, 试验结果表明: (1) 在人造硬岩地层钻进过程中, 冲击回转钻进方法比传统回转钻进方法回次钻速提高 41.02%, 可以显著提高钻孔速率。(2) 常用的几种配比的纯水泥浆液不影响 YZX54 型液动潜孔锤在孔底的工作状态, 说明将该型号的液动潜孔锤应用于液动冲击钻进与“钻灌一体化”施工工艺技术组合中具有良好的前景。

关键词: 液动冲击; “钻灌一体化”施工工艺; 硬岩地层

1. 研究背景

灌浆技术作为工程基础处理中常用和重要的工程技术措施, 在水工建筑基础的防渗和加固处理中得到广泛的应用。传统的灌浆方法中钻孔和灌浆是两个互相交替的施工工序, 需要频繁提下钻具和射浆管, 工作效率较低。针对上述问题, 黄河勘测设计研究院结合重庆小南海水库帷幕灌浆工程、黄河小浪底水库枢纽灌浆工程, 自主研发了一套“钻灌一体化”工法^[1] (该工法在钻孔不取心的前提下, 优化整合钻进与灌浆工序, 连续循环进行钻灌, 实现钻灌一体化), 并推广应用到生产项目中, 有效减少了辅助生产时间, 大幅提高了工作效率, 取得了显著的经济效益, 于 2014 年被评为河南省省级工法^[2]。但是该工法采用传统的旋转钻进技术进行钻孔施工, 在硬岩地层 (可钻性等级在 VII 级以上的岩石, 其单轴抗压强度通常大于 50MPa^[3]) 中钻进速度较慢。

液动冲击回转钻进技术采用泥浆泵给液动潜孔锤供给液压能, 直接驱动液动潜孔锤内部的冲锤上下往复运动, 并连续不断的对钻头施加冲击载荷, 在岩石表面引起破碎坑, 在回转运动的配合下完成剪切碎岩, 具有效率高 (在中硬岩层钻进中, 液动冲击回转钻进技术较普通金刚石回转技术钻进效率可提高 3-5 倍^[4])、成孔质量好等优点, 是目前解决中硬及以上岩层钻进困难的有效方法^[5,6]。但是将液动冲击回转钻进技术与“钻灌一体化”施工工艺组合的相关研究国内还未见

报道。本文针对液动冲击回转钻进技术在“钻灌一体化”施工工艺中的适用性开展探索。

2. 试验

2.1 模拟地层

为保证试验的连续开展，本试验在室内采用人造混凝土柱来模拟硬岩地层。首先采用洛阳铲冲击法开挖圆井，圆井的直径为 0.8m，深度为 20m，采用 C60 混凝土（这种混凝土施工产品的标养试块 28 天立方强度的平均均值和最低值满足 GB50107-2010《混凝土强度评定标准》中 60Mpa 级的要求）进行回填，每回填 1 米，进行机械振捣处理，直到逐渐回填至井口。共计制作 20 个混凝土井柱，其平面示意图如图 1 所示。将混凝土柱养护 3 个月，之后开展试验。

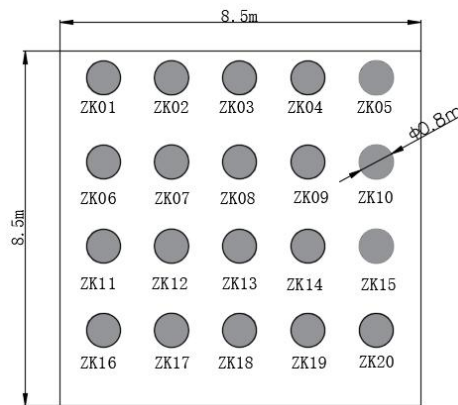


图 1. 模拟地层竖井分布示意图

2.2 试验设备

本论文选用的主要试验设备有 XY-2 钻机，BW-320/10 灌浆泵，FE3000+灌浆记录仪，YJ300 低速储浆筒，ZJ-400 型高速制浆机，YZX54 型液动潜孔锤（其实物图如 2 所示，技术参数如表 1 所示）。



图 2. YZX54 型潜孔锤

表 1 YZX54 型潜孔锤技术参数表

型号	外径	钻孔	冲锤	冲锤	自由	冲击	冲击	总长	总重
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

	(mm)	直径	重量	行程	行程	频率	功	(mm)	(Kg)
		(mm)	(Kg)	(mm)	(mm)	(Hz)	(J)		
YZX5		Φ							
4液	Φ54	56-65	3.5	15-25	5-12	25-45	10-50	863	12
动锤									

2.3 试验方案

本文的试验分为两部分。第一部分回次钻速对比试验，分别采用传统的回转全断面钻进技术（钻具组合为：60mm 金刚石全断面复合片钻头+56mm 导正钻杆）和液动冲击回转全断面钻进技术（钻具组合为：60mm 金刚石全断面复合片钻头+54mm 液动冲击器+54mm 导正钻杆），钻取口径为 60mm，深为 20m 左右的钻孔。通过对比不同钻进方法钻孔时的平均回次钻速（回次钻速=钻孔进尺/从往孔内下防钻具、钻进、从孔内提起钻具，生产循环中一个回次所需的时间），检验液动冲击回转钻进技术在模拟硬岩地层中的施工效率。

第二部分为冲击回转钻进“钻灌一体化”灌浆试验。首先配置不同水灰比（3:1；2:1；1:1；0.8:1；0.6:1；0.5:1）的纯水泥浆液开展液动冲击器起振测试，之后采用孔口封闭灌浆法进行地层灌浆。灌浆结束标准参照 2014 版《水工建筑物水泥灌浆技术规范》中规定的孔口封闭法灌浆结束标准。冲击回转钻进“钻灌一体化”灌浆试验示意图如图 3 所示。

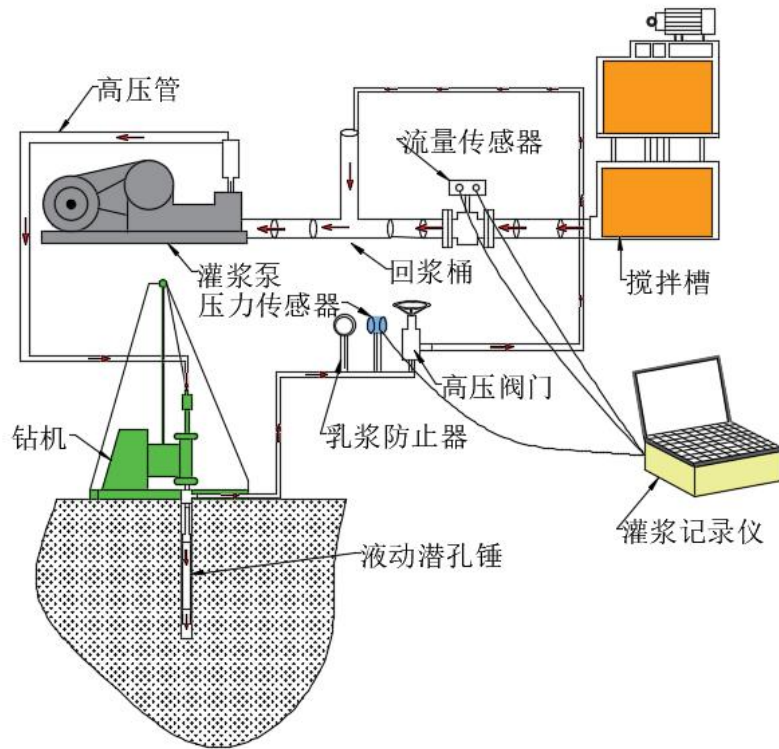


图 3 冲击回转钻进“钻灌一体化”灌浆试验示意图

3 试验结果与分析

3.1 回次钻速对比

表 2 为冲击回转钻进过程中采集的试验数据，钻孔深度为回次进尺的总和 19.7m，耗时 3.154h，其中纯钻进时间 1.7h，辅助钻进时间 1.454h，平均回次钻速 7.06m/h。表 3 为普通回转钻进试验数据，钻孔深度为 19.9h，耗时 3.81h，其中钻进时间 2.12h，辅助钻进时间 1.69h，平均回次钻速 4.51m/h。试验结果显示，在人造中硬以上岩层中，钻一个 20m 左右的孔，液动冲击回转钻进比普通回转钻进平均节约时间 1.03h，平均回次钻速要高出 41.02%。

表 2 冲击回转钻进试验数据

参数	数值						
回次进尺 (m)	2.65	2.90	3.15	3.05	2.75	2.2	3
钻进时间 (h)	0.283	0.367	0.367	0.217	0.133	0.117	0.216
辅助时间 (h)	0.167	0.167	0.136	0.25	0.367	0.167	0.2
回次钻速 (m/h)	5.89	5.43	6.26	6.53	5.5	7.77	7.2
平均回次钻速 (m/h)	6.36						

表 3 普通回转钻进试验数据

参数	数值									
回次进尺 (m)	1.75	2.7	1.4	2	3.2	3	2.3	0.85	1.5	1.2
钻进时间 (h)	0.3	0.35	0.2	0.27	0.43	0.41	0.28	0.03	0.23	0.2
辅助时间 (h)	0.08	0.17	0.08	0.17	0.22	0.21	0.18	0.28	0.11	0.1
回次钻速 (m/h)	4.6	5.19	5	4.55	4.77	4.84	5	2.74	4.41	4
平均回次钻速 (m/h)	4.51									

3.2 浆液浓度对液动冲击器工作性能的影响

表 4 为冲击回转钻进“钻灌一体化”灌浆试验数据，试验结果显示，不同水泥浆液下，钻孔中液动潜孔锤均可正常工作。

表 4 冲击回转钻进“钻灌一体化”灌浆试验

参数	数值					
水泥浆液配比(水:水泥)	3:1	2:1	1:1	0.8:1	0.6:1	0.5:1
浆液比重	1.200	1.286	1.500	1.586	1.714	1.800
液动冲击器工作状态	正常	正常	正常	正常	正常	正常

4 结论

将液动冲击回转钻进技术与“钻灌一体化”施工工艺组合为一体，是一项新的灌浆工艺，通过本试验的研究，可以得出以下结论：

(1) 普通回转钻进与冲击回转钻进在人造硬岩地层中的回次转速显示，采用冲击回钻进方法获取的回次钻速要比采用普通回转钻进方法获得的回次钻速高 41.02%，可以大幅提高速率。

(2) 冲击回转钻进“钻灌一体化”灌浆试验结果初步表明，工程施工中常用的几种配比（水灰比 3:1；2:1；1:1；0.8:1；0.6:1；0.5:1）的纯水泥浆液不影响 YZX54 型液动潜孔锤在孔底的工作状态，说明该型号的液动潜孔锤在应用于液动冲击钻进与“钻灌一体化”施工工艺技术组合中展示出良好的前景。

本文开展的试验属于探索性研究, 存在一些不足, 即需要进一步开展相关试验, 验证评估水泥浆液对液动潜孔锤寿命的影响后, 方可将该技术推广应用于实际生产中。

参考文献

- [1] 吴旭幸, 曾鹏九. 灌浆钻灌一体化工艺实践与探讨[J]. 岩土工程技术, 2010, 24 (5): 239-242
- [2] 缪绪樟, 易学文, 王栋, 杨裕恩, 曹雪然, 周晓. 一种钻灌一体化灌浆机具及工艺[P], 中国专利: ZL200710053923.3 2010-12-15
- [3] 杨子文. 关于岩石单轴抗压强度界限值得划分[J]. 四川水力发电, 1986, 4: 43-48
- [4] 杨冬冬, 王四一. 多工艺冲击钻进技术在硬岩钻进中的应用[J]. 煤矿机械, 2018, 39(1): 112-114.
- [5] 刘秀美, 李小洋, 孙建华. 地质钻探液动冲击回转钻进技术再(新)认识[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(4): 31-35
- [6] 莫树权, 黄林, 谭光辉. 液动冲击回转钻进工艺在坚硬岩石中的应用[J]. 贵州地质, 2011, 29(1): 77-80

Study on the combination of hydraulic percussion drilling and "Integrated drilling and irrigation" construction technology

Zhang Shulei^[1], Cao Xueran^[1], Lv Wanhong^[1], Liu Dandan^[1], Han Yafang^[1],
Zhu Xiaochuang^[1], Xiao Changyuan^[1]

(Yellow River Engineering Consulting Co.,Ltd. Zhengzhou 450000,China)

Abstract: "Integrated drilling and irrigation" construction technology is an advanced dam grouting construction technology, but it uses traditional rotary drilling technology in the drilling process, and there is a problem of low drilling speed in the construction of hard rock layers. In this paper, we try to introduce the hydraulic impact rotary drilling technology into the "Integrated drilling and irrigation" construction process, and conducts a series of tests in the artificial hard rock stratum. The test results show that: (1) in the process of drilling in artificial hard rock stratum, the penetration rate of the impact rotary drilling method is 41.02% higher than the traditional rotary drilling method, which show that the impact rotary drilling method

can significantly increase the drilling speed. (2) The working state of YZX54 type hydraulic DTH hammer at the bottom of the hole is not affected by the physical properties of several common pure water mud, which indicates that it is very possible to apply this type of hydraulic DTH hammer to the combination of hydraulic percussion drilling and "drilling grouting integration" construction technology.

Key words: Hydraulic impact; " Integrated drilling and irrigation " construction technology; Hard rock stratum

第一作者：张书磊，男，汉族，1991 年出生，地质工程专业，工学博士，主要从事钻探与基础工程施工方面的研究工作，河南省洛阳市瀍河回族区启明西路 34 号，电话：15948359056，邮箱：1142405252@qq.com

本论文受到黄河勘测规划设计研究院有限公司二类课题《钻灌一体化施工工艺与冲击回转钻进组合技术研究》的支助（课题编号：2019-ky17（2））