

# Research on the Reinforcement Technology of High Pressure on Flushing and Backfill Concrete with Weak Crushing Belt

Daixian Liu

Sinohydro Seventh Engineering Bureau, Chengdu Hydropower Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

## Abstract

The paper to yalong river jinping primary hydropower station foundation treatment engineering fault crushing zone treatment as the research object, in the fault fracture zone geological conditions for high pressure to wear washing technology construction research, large diameter hole making technology, high pressure through washing technology, backfill concrete reinforcement technology, etc., the high pressure to wear flushing effect analysis and evaluation, formed the fault crushing zone treatment construction method.

## Keywords

weak crushing belt; high pressure through washing; backfill concrete reinforcement; construction technology

## 断层破碎带高压对穿冲洗技术研究

刘代贤

中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司, 中国 · 四川 成都 611130

## 摘 要

论文以雅砻江锦屏一级水电站基础处理工程断层破碎带处理为研究对象, 在断层破碎带地质条件下进行高压对穿冲洗技术施工研究, 就大口径造孔技术、高压对穿冲洗工艺、回填混凝土加固处理技术等方面进行研究分析, 对高压对穿冲洗后效果进行分析评价, 形成了断层破碎带处理的施工方法。

## 关键词

断层破碎带; 高压对穿冲洗; 回填混凝土加固; 施工工艺

## 1 引言

论文依托锦屏一级水电站左岸基础处理进行研究, 主要针对左岸抗力体 F5 断层泥化区及砂层区加固处理进行研究, 探索出对 F5 断层的处理方法, 以提高岩体的抗变形能力, 与左岸抗力体一同承载大坝的拱推力, 保证 305 m 高拱坝的安全运营, 因此对采用“高压对穿冲洗+回填混凝土”的加固施工方法的研究是非常必要, 且研究成果能够在同类地质条件中推广, 如乌东德水电站、白鹤滩水电站。

## 2 工程概况

锦屏一级水电站在复杂地质条件下进行基础处理, 其中以断层破碎带最为典型。断层破碎带特征: ①断层破碎带地质性状较差, 遇水易软化泥化, 属 V 1 级岩体; ②断层破碎带位于拱坝主要受力区。

鉴于上述原因, 对断层破碎带置换洞桩号 K0+54~K0+69 采取高压对穿冲洗回填混凝土加固处理施工。

## 3 工艺原理

从洞室内高程 F5 断层置换洞顺断层或软弱夹层走向钻孔至低高程 F5 断层置换洞, 形成连通通道, 自上而下进行“高压对穿冲洗”。采用风、水联动冲洗断层破碎带内充填的各类断层泥及松散物质, 利用高压风、水上下反复切割、破坏和扰动断层组成结构, 使断层带内松散物质液化, 液化后利用其自重和水流沿对穿孔冲出低高程, 在断层带中形成一条空洞, 然后进行回填, 最后进行高压灌浆处理。

## 4 高压对穿冲洗回填混凝土加固施工

### 4.1 布孔方式

共布置高压对穿冲洗孔 78 个, 孔间距为 1 m, 从 1730 高程 F5 断层置换洞钻穿至 1670 高程 F5 断层置换洞顶拱(见图 1)。

【作者简介】刘代贤(1987-), 男, 中国四川成都人, 本科, 工程师, 从事基础处理工程及市政工程研究。

## 4.2 施工工艺流程

施工工艺流程见图2。

### 4.2.1 钻孔

钻孔孔径采用320 mm,从高程向低高程钻进,形成“对穿孔”,孔向顺断层走向。鉴于断层较宽,“对穿孔”难以完全覆盖时,布置辅助冲洗孔,辅助冲洗孔布置于断层两侧,冲洗时利用“对穿孔”孔道出渣。

### 4.2.2 对穿冲洗

①冲洗参数:采用20~25 MPa水压力,采用0.8~1.5 MPa风压,冲洗提升高度为10~20 cm,转速8~12 r/min。

②冲洗方法:完成一次冲洗循环需采用双管法先自上而下冲洗,再自下而上冲洗。

③关水浸泡:冲洗完成后孔内注满水,关水浸泡,使断层内松散物质软化。

④反复循环冲洗:为达到冲洗效果,保证冲洗范围,需进行反复冲洗,反复冲洗1~3次。

### 4.2.3 混凝土回填

冲洗结束后,空腔采用“自密实高强度混凝土”进行回填,回填前确保孔内积水排干,并封堵对穿孔下孔口。为保证孔底与混凝土有效接触,回填之前先采用0.5:1水泥浆液在孔底垫层,回填从低处向高处回填<sup>[1]</sup>。

### 4.2.4 灌浆

冲洗通道内回填混凝土强度达到70%后,对断层两侧布置补充灌浆孔进行灌浆,加强冲洗后处理效果。灌浆孔间

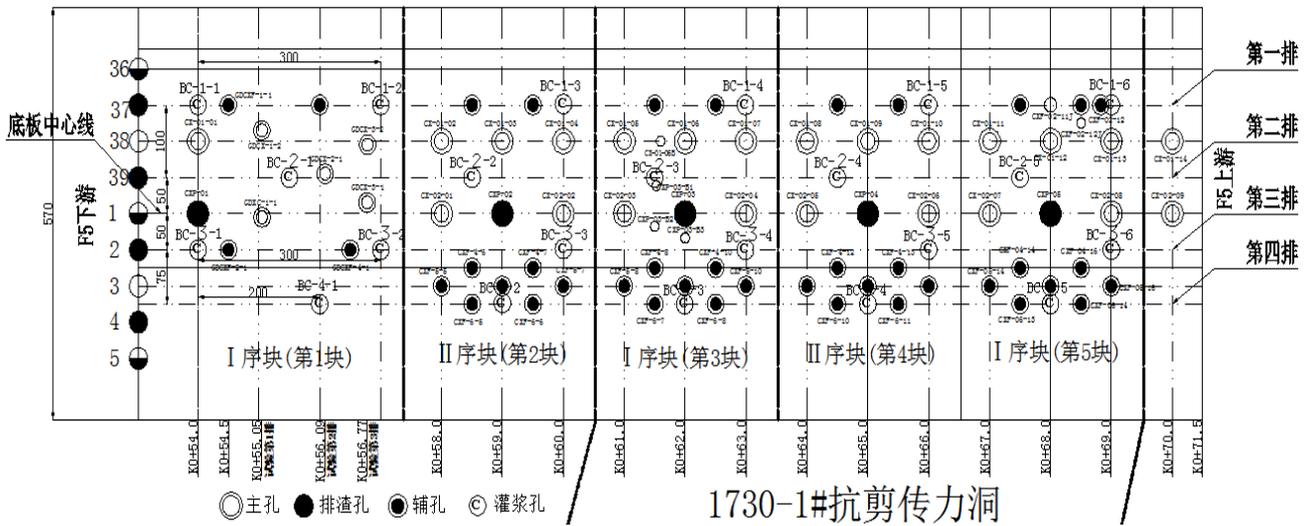


图1 高压对穿冲洗区域孔位布置图

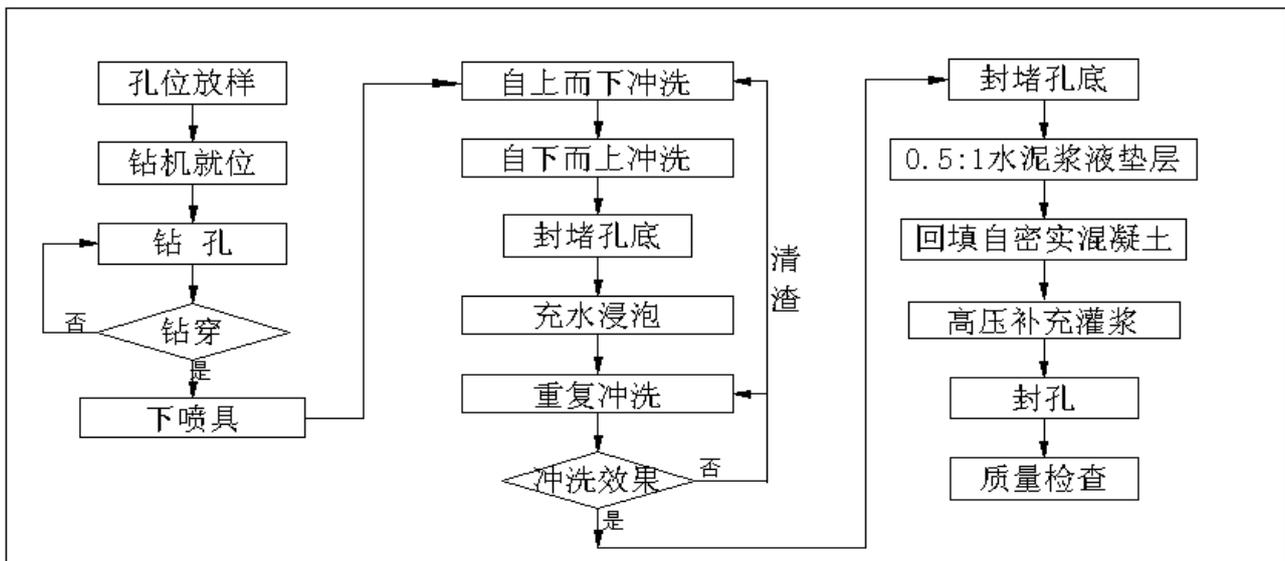


图2 施工工艺流程

距为 3~4 m, 孔向倾斜, 孔深穿过断层。

#### 4.2.5 效果评价

高压对穿冲洗回填混凝土后效果评价采用岩芯取样, 灌后压水、物探检测进行力学性能检测。

### 5 高压对穿冲洗回填混凝土加固施工效果

#### 5.1 大口径钻孔角度控制效果

钻孔结束后各孔均钻穿至低高程, 钻孔偏距控制效果较好, 孔底偏距最大为 3.73 m, 最小为 0.26 m, 平均孔底偏距为 1.45 m。

#### 5.2 高压对穿冲洗排渣效果

通过在高程进行高压冲洗和扫孔冲洗及在低高程进行反向扫孔冲洗后, 大量孔内较密实细沙、断层泥、砂石流出至低高程, 在断层破碎带中形成条空腔通道, 冲洗排渣效果显著。

#### 5.3 采用孔内录像进行空腔分析

高压冲洗后采用孔内录像进行空腔分析, 冲洗后孔深 7 m 以下形成一条贯通性大空腔, 空腔内新鲜基岩出露明显, 岩面较光滑洁净, 原断层泥等通过对穿孔排至低高程, 冲洗效果较好。

#### 5.4 自密实混凝土回填成果

通过回填自密实混凝土将高压对穿冲洗后的空腔填筑密实, 改善了该部位原始地质条件, 提高了该部位抗变形能力, 提高了安全系数(见表 1)。

表 1 混凝土强度检测试验

混凝土强度检测	7 天强度 (MPa)	28 天强度 (MPa)
设计强度	21	30
实际强度	24.3	32.6

注: 混凝土强度检测满足设计指标。

#### 5.5 高压对穿冲洗区域灌浆成果分析

为提高处理效果在断层破碎带上下盘进行固结灌浆, 高压对穿冲洗区域共完成 22 个固结灌浆孔, 灌浆 796.5 m, 注灰 178 t。

#### 5.6 高压对穿冲洗模拟成果分析

采用地质建模, 综合运用有限单元法 (FEM) 和无网格法 (Meshless Method) 进行数值软件分析计算。通过计算, 检测高压对穿冲洗对断层破碎带冲洗效果。

①通过建模分析, 得出各种时程曲线图等诸多资料。

②根据数值分析结果, 可以充分了解高压对穿冲洗断层破碎带的每个过程, 得出如下结论: 高压冲洗钻孔, 切割、扰动破坏岩体, 冲洗效果较好, 岩体破坏效果明显。

高压对穿冲洗模拟研究见图 3。

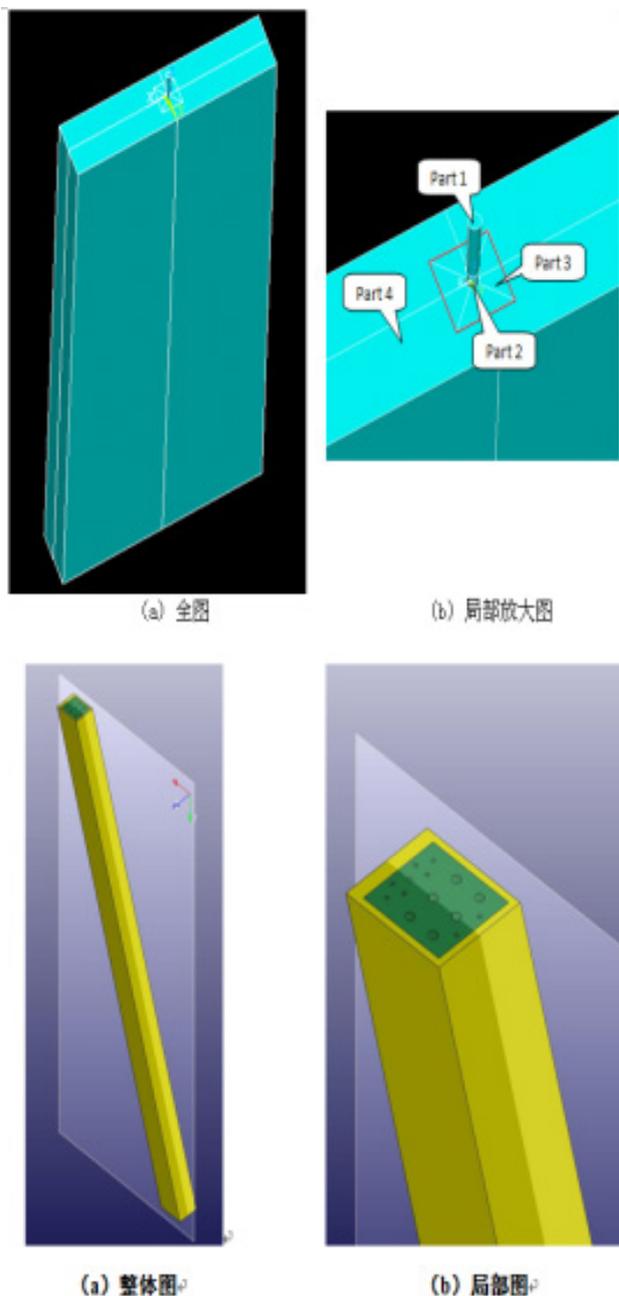


图 3 高压对穿冲洗模拟研究

### 6 高压对穿冲洗回填混凝土加固区域质量检测

高压对穿冲洗后回填混凝土灌浆区域进行了质量效果检测, 检测采用灌浆前、后压水试验, 对灌浆前后岩层透水率进行对比分析。灌浆前压水 17 段, 灌浆后压水检测 38 段。

#### 6.1 透水率对比分析

混凝土回填后及灌浆后透水率频率对比分析见表 2。

高压对穿冲洗区域经过回填自密实混凝土及高压固结灌浆处理后, 平均透水率为 1.0 Lu, 透水率全部小于 3 Lu, 满足基础处理固结灌浆灌后检查效果值。

## 6.2 物探检测成果分析

断层破碎带高压对穿冲洗回填混凝土加固处理后单孔声波,平均钻孔变模值均满足设计要求,声波提高了8%,岩体变模值提高了10%。

表2 混凝土回填后及灌浆后透水率频率对比分析

压水时间	平均透水率 (Lu)	透水率段数 / 频率 %								
		段数	<3		3~5		5~10		10~50	
			段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率
混凝土回填后	10.09	17	2	12	1	6	9	53	5	29
灌浆结束后	1.0	38	38	100	0	0	0	0	0	0

## 7 结论

①采用高风压潜孔钻进成孔,采用XL-50型旋喷机对

F5断层泥、砂层带、断层风化带搅动、冲洗后对空腔进行混凝土回填并加固灌浆处理的方案可行、有效,能够提高F5断层破碎带弱承载岩体抗变形能力。

②有效解决工程施工中出现类似地质的技术难题,为后期复杂地质情况下的工程施工提供了参考依据。采用该方法施工,成本得到了有效控制,工程质量满足设计要求。

③总结出一套适合于断层带、沙层、断层泥或松散岩体高压冲洗施工工艺及方法。

## 参考文献

- [1] 李正兵.高拱坝坝基断层破碎带处置技术研究[D].成都:成都理工大学,2018.
- [2] 吴义航.断层破碎带高压对穿冲洗回填混凝土加固技术研究[Z].中国水力发电年鉴,2013.
- [3] 夏友芳.高压喷射注浆施工技术桥梁桩基施工过程中的应用[J].低碳世界,2017(8):222-223.