

Uncovered High Pressure Grouting Technology in Fault Fracture Zone in Coarse Grained Granite Area

Pengcheng Liu Peiqin Dai

Chengdu Hydropower Construction Engineering Co., Ltd., China No.7 Water Resources and Hydropower Engineering Bureau, Wenjiang, Sichuan, 611130, China

Abstract

This paper takes the domestic project of Taizhou City, an emergency treatment project for the bank collapse of Jiangsu section of the Yangtze River as an example, to introduce the development of its fish breeding and release work; analyzes the positive effect of breeding and release on its ecological compensation, and summarizes the current stage on this basis. The shortcomings of fish breeding and release in the Yangtze River and suggestions for improvement were put forward.

Keywords

Yangjiang; pumped storage; diversion branch; coarse-grained granite; fault zone; high pressure; no cover weight; grouting technology

粗粒花岗岩地区断层破碎带无盖重高压灌浆技术

刘鹏程 代沛琴

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·四川温江 611130

摘 要

阳江抽水蓄能电站位于广东省阳春市与电白县交界处的八甲山区, 电站开发任务以输水发电为主, 电站上水库设计总库容 2836.5 万 m^3 , 下水库总库容 3105 万 m^3 , 规划装机容量 2400MW, 分两期建设。引水支管围岩以 I、II 类围岩为主, 并发育有 f_{y1} 、 f_{y2} 、 f_{712} 和 f_{s702} 共 4 条断层带, 需要对其进行高压固结灌浆处理。

关键词

阳江; 抽水蓄能; 引水支管; 粗粒花岗岩; 断层带; 高压; 无盖重; 灌浆技术

1 引言

阳江抽水蓄能电站引水支管围岩以 I、II 类围岩为主, 并发育有 f_{y1} 、 f_{y2} 、 f_{712} 和 f_{s702} 共 4 条断层带, 断层与引水支管呈空间较差布置。由于阳江抽水蓄能电站工程水道承受静水头达 800m, 引支围岩在后期水压力影响下, 可能成为渗水通道, 需要对其进行高压固结灌浆处理。根据设计要求及施工整体安排, 引支部位采用无盖重固结灌浆, 断层部位采用系统无盖重固结灌浆, 结合断层加强灌浆进行处理。

2 工程地质

引水支管围岩为粗粒花岗岩, 其中以 I、II 类围岩为主, 并发育有 f_{y1} 、 f_{y2} 、 f_{712} 和 f_{s702} 共 4 条断层带, 其中 f_{y1} 产状 $N70^\circ W/SW \angle 75 \sim 80^\circ$, 带宽 2 ~ 5cm; f_{y2} 产状

$N70^\circ W/SW \angle 80^\circ$, 带宽 2 ~ 5cm; f_{712} 产状 $N85^\circ E/SE \angle 80^\circ$, 带宽 5 ~ 10cm; f_{s702} 产状 $EW/S \angle 85^\circ$, 带宽 20cm; 1# 引水支管 2 单元发育有 f_{712} 断层带, f_{712} 产状 $N85^\circ E/SE \angle 80^\circ$, 带宽 5 ~ 10cm。

3 断层带高压灌浆布置

断层部位设计布置有系统的无盖重高压灌浆孔和针对断层进行加强处理的顺断层孔和斜穿断层孔。

3.1 系统灌浆

引水支管开挖断面为 4.6m × 4.6m 段, 系统无盖重灌浆排距 3.0m, 每环布置 8 个孔, 呈梅花型布置, 孔深 3.7m, 全孔 1 段灌浆, 压力 3.0MPa, 灌浆孔典型断面见图 1。

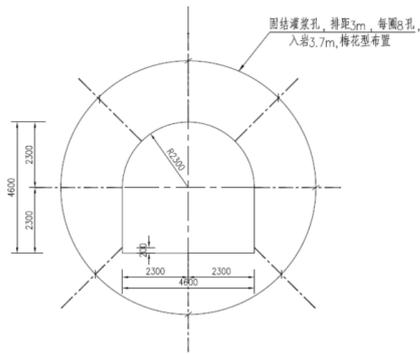


图1 系统灌浆孔典型断面图

3.2 断层灌浆

顺断层无盖重灌浆孔距2.0m, 孔深为6.0m, 分2段灌浆, 第1段2.0m, 压力0.8MPa, 第2段4.0m, 压力3.0MPa^[1]。

斜穿断层无盖重灌浆孔: 每环12个孔, 孔深为9.0m, 分2段灌浆, 第1段3.0m, 压力0.8MPa, 第2段6.0m, 压力3.0MPa, 典型断面图见图1-2。

水泥灌浆完成后, 原孔扫孔进行化学灌浆, 压力3.0MPa。

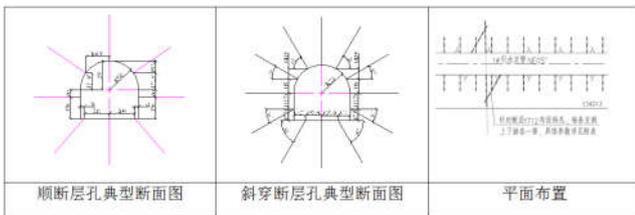


图2 断层部位典型灌浆孔位布置图

4 断层带高压灌浆施工

4.1 水泥灌浆

- (1) 钻孔采用YT-28钻机, 孔径 $\Phi 42$ 。
- (2) 冲洗水压采用灌浆压力的80%, 且不大于1MPa。
- (3) 水压试验孔数不少于总孔的5%, 采用单点法压水。
- (4) 固结灌浆采用纯压式。对于灌前透水率小于1Lu的孔段可进行并联灌浆, 透水率大于1Lu的孔段单孔灌注。

(5) 固结灌浆“环间不分序, 换内分2需”。整体施工顺序为系统灌浆→断层斜孔灌浆→顺断层孔灌浆。

(6) 灌浆分段及压力见表1-2。

表1 段长与灌浆压力关系见

灌浆孔深 (m)	分段长度 (m)	灌浆压力 (MPa)	备注
3.7	0 ~ 3.7	3MPa	全孔一次性灌浆
6.0	0 ~ 2	0.8	断层带正对孔
	2 ~ 6	3.0	
9.0	0 ~ 3	0.8	断层带斜孔
	3 ~ 9	3.0	

(7) 灌浆压力控制原则

1) 灌浆升压采用逐级升压法控制灌浆压力, 在灌浆过程中根据抬动情况现场灵活控制, 基岩抬动值 $< 100\mu\text{m}$ 时, 灌浆压力的升压过程按正常升压程序执行; $100\mu\text{m} \leq$ 基岩抬动值 $< 200\mu\text{m}$ 时, 灌浆升压过程严格控制注入率小于10L/min, 如果抬动值不再上升, 逐级升压, 否则停止升压; 基岩抬动值 $\geq 200\mu\text{m}$ 时, 停止灌浆^[2]。

2) 严格按照表1-3控制灌浆压力和注入率。

表2 灌浆压力和注入率关系表

灌浆压力 (MPa)	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	> 4
注入率 (L/min)	30	30 ~ 20	20 ~ 10	10

(8) 固结灌浆水灰比为3:1。

(9) 结束标准: 在该灌浆段最大设计压力下, 注入率不大于1.0L/min后, 继续灌注30min结束。

4.2 化学灌浆

化学固结灌浆施工顺序为: 断层斜孔→顺断层孔, 采用“环内分两序”, 环内从底孔至顶孔灌注。

(1) 预埋注浆管: 腰部以下孔进浆管插入孔底, 排气管插入深度距孔口100cm处; 腰部以上孔排气管插入深度距孔底, 进浆管插入深度距孔口100cm, 进回浆管上安装铜阀门作屏浆、闭浆用。

(2) 配制比例为主剂: 固化剂: 促进剂=1000: 70 ~ 90: 10 ~ 20。开灌时第一次配制浆液主剂不超过15kg, 采用主剂: 固化剂: 促进剂=1000: 70: 10, 根据该孔的耗浆量进行固化剂促进剂增减, 最终的配合比不超过主剂: 固化剂: 促进剂=1000: 90: 20。

(3) 采用从底部中心沿两边顺序灌浆, 邻孔可作为排水排气孔, 若邻孔出浆, 排除空气和积水后, 关闭邻孔注浆管和排气管, 第一孔仍保持压力灌浆, 若第三孔出浆时, 视进浆情况停止第一孔灌浆, 并关闭第三孔注浆管和排气管; 若第一孔出现不进浆、在最大压力下, 进浆率小于0.05L/min·m, 延续灌注时间不少于30min, 也可停止灌浆。

(4) 结束标准: 化灌浆压力达到3.0MPa, 注入率不大于0.05L/min·m后, 继续灌注30min或到达胶凝时间, 可进行闭浆。

5 断层带高压灌浆成果

5.1 系统水泥灌浆成果

无盖重固结灌浆孔灌前压水试验成果统计详见表1-4。

表3 灌前透水率成果统计表

序号	孔序	平均透水率 (Lu)	透水率段数 / 频率 %										备注
			总段数	<2		2~5		5~10		>10			
				段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率		
1	I	0.58	31	26	83.9	5	16.1	0	0	0	0		
2	II	0.22	31	29	93.5	2	6.5	0	0	0	0		
3	合计	0.41	62	55	88.7	7	11.3	0	0	0	0		

从表1-4分析可知:

(1) 灌前平均透水率为0.41Lu, 灌前透水率I序孔>II序孔, 整体透水性较差。

(2) 灌前压水62段, 透水率<2Lu孔段为55段, 占比88.7%, 灌整体前透水率较小, 围岩完整性较好; 透水率>2Lu有7段, 占比11.3%, 说明仍然存在局部的渗漏通道, 需要采取措施。

系统无盖重固结灌浆注灰量成果统计详见表1-5。

表4 注灰量成果统计表

序号	孔序	单位注灰量 (kg/m)	单位注灰量段数 / 频率 %														备注
			总段数	<1		1~5		5~10		10~20		20~50		>50			
				段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率		
1	I	0.95	63	45	71	17	27	0	0	1	2	0	0	0	0		
2	II	0.54	49	45	92	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	合计	0.75	112	90	80	21	19	0	0	1	1	0	0	0	0		

从表1-5分析可知:

(1) 无盖重固结灌浆平均单位注灰量0.75kg/m, 平均单位注灰量II序孔<I序孔, 整体可灌性较差。

(2) 固结灌浆112段, 单位注灰量<1kg/m的段次共45段, 占比80%, 单位注灰量整体较小, 岩层的可灌性较差; 单位注灰量1~5kg/m的孔段共21段, 占比19%, 10~15kg/m的孔段共1段, 说明局部位存在一定的可灌性。

5.2 断层水泥灌浆成果

断层带固结灌浆孔灌前压水试验详见表1-6。

表5 断层带固结灌浆灌前透水率成果统计

序号	孔序	平均透水率 (Lu)	透水率段数 / 频率 %														备注
			总段数	<1		1~2		2~3		3~5		5~10		>10			
				段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率		
1	I	1.06	20	13	65	3	15	3	15	1	5	0	0	0	0		
2	II	0.56	18	14	78	2	11	0	0	2	11	0	0	0	0		
3	合计	0.82	38	27	71	5	13	3	8	3	8	0	0	0	0		

通过表1-6中分析可知:

(1) 断层孔灌前平均透水率为0.82Lu, 灌前透水率I序孔>II序孔, 说明I序孔灌浆效果明显。

(2) 透水率<1Lu孔段为27段, 占比71%, 但灌前透水率>2Lu有6段, 其中>3Lu有3段, 说明仍然存在局部的渗漏通道。

(3) 断层带灌前透水率明显大于系统孔灌前透水率, 验证了灌浆设计。

断层带固结灌浆孔灌浆成果详见表1-7。

表6 单位注灰量成果统计表

序号	孔序	单位注灰量 (kg/m)	单位注灰量段数 / 频率 %														备注
			总段数	<1		1~5		5~10		10~20		20~50		>50			
				段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率		
1	I	1.14	20	12	60	8	40	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	II	0.45	18	16	89	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	合计	0.79	38	28	74	10	26	0	0	0	0	0	0	0	0		

通过表1-7分析可知:

(1) 灌后平均单位注灰量I序孔>II序孔, 符合灌浆一般规律, 但与系统孔单位主灰量区别不大, 断层部位水泥灌浆效果不明显。

(2) 断层固结灌浆38段, 单位注灰量<1kg/m的段次共28段, 占比74%, 整体单位注灰量较小, 与灌前透水率不成线性关系。

化学灌浆成果

断层带固结灌浆孔灌浆成果详见表1-8。

表7 单位注灰量成果统计表

孔序	单位注灰量 (kg/m)	单位注灰量段数 / 频率 %														备注
		总段数	<1		1~5		5~10		10~20		20~50		>50			
			段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率	段数	频率		
I	3.78	10	0	0	9	90	9	10	0	0	0	0	0	0		
II	3.32	10	0	0	10	100	0	0	0	0	0	0	0	0		
合计	3.55	20	0	0	19	95	1	5	0	0	0	0	0	0		

通过表1-8分析可知:

灌后平均单位注灰量I序孔>II序孔, 符合灌浆一般规律, 化学灌浆单位主灰量明显大于水泥灌浆单位注灰量, 说明断层部位化学浆材的可灌性明显好于水泥灌浆。

6 灌后质量检查成果

(1) 灌后压水压力为灌浆压力的80%, 系统灌后压水8段, 透水率均小于0.5Lu, 说明无断层部位, 采用3MPa无盖重固

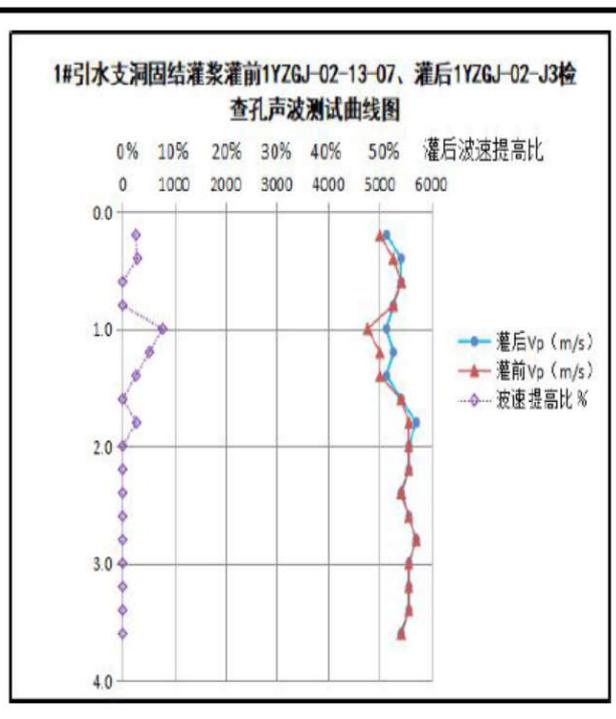
结灌浆工艺可行，灌浆效果满足设计要求。

(2) 断层斜孔压水 2 段，透水率均小于 0.5Lu；顺断层孔压水 2 段，透水率均小于 0.5Lu；说明断层带采用断层斜孔，顺断层孔进行加强，采用水泥化学复合灌浆能够有效的保证

断层带的处理效果。

(3) 断层带灌前岩体波速 4760 ~ 5710 m/s，平均 5360 m/s；灌后岩体波速 5130 ~ 5710 m/s，平均 5430m/s，灌后较灌前平均提高 1.23%，低值提高 7.77%，低值提高明显。

孔深 m	灌前 Vp m/s	灌后 Vp m/s	灌后波速提高比%	岩体完整程度分类
0.2	5000	5130	2.60	完整
0.4	5260	5410	2.85	完整
0.6	5410	5410	0.00	完整
0.8	5260	5260	0.00	完整
1.0	4760	5130	7.77	较完整
1.2	5000	5260	5.20	完整
1.4	5000	5130	2.60	完整
1.6	5410	5410	0.00	完整
1.8	5560	5710	2.70	完整
2.0	5560	5560	0.00	完整
2.2	5560	5560	0.00	完整
2.4	5410	5410	0.00	完整
2.6	5560	5560	0.00	完整
2.8	5710	5710	0.00	完整
3.0	5560	5560	0.00	完整
3.2	5560	5560	0.00	完整
3.4	5560	5560	0.00	完整
3.6	5410	5410	0.00	完整



7 结语

通过现场试验，在粗粒花岗岩地区的 I、II 类围岩中，3MPa 的无盖重固结灌浆工艺可行，灌浆效果能够得到有效保证。针对断层部位，采用系统水泥灌浆，结合断层斜孔和顺断

层孔进行水泥化学复合灌浆，能够有效保证断层带的处理效果。

参考文献：

- [1] 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T5148-2012)
- [2] 《水工建筑物化学灌浆施工技术规范》(DL/T5406-2010)