

大渡河大岗山水电站帷幕灌浆工程  
AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆

# 施工总结

北京振冲工程股份有限公司

大岗山水电站项目经理部

2013年12月

批准：

校核：

编制：

# 目 录

<b>1</b>	<b>概述</b> .....	<b>1</b>
1.1	工程概况 .....	1
1.2	地质情况简述 .....	1
1.3	主要完成工程量 .....	2
1.4	孔位布置 .....	2
1.5	质量评定标准 .....	3
<b>2</b>	<b>施工资源配置</b> .....	<b>3</b>
2.1	施工人员配置 .....	3
2.2	机械设备配置 .....	4
<b>3</b>	<b>施工进度</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>施工工艺</b> .....	<b>4</b>
4.1	钻孔 .....	4
4.2	钻孔冲洗与压水试验 .....	5
4.3	灌浆 .....	5
<b>5</b>	<b>灌浆成果及分析</b> .....	<b>10</b>
5.1	灌浆成果 .....	10
5.2	各序孔单位水泥注入量分析 .....	10
5.3	各序孔灌前平均透水率分析 .....	10
5.4	钻孔测斜成果及分析 .....	11
<b>6</b>	<b>灌浆效果检查</b> .....	<b>13</b>
6.1	检查孔的布置 .....	13
6.2	检查孔压水试验 .....	13
6.3	疲劳压水试验 .....	14
6.4	检查孔取芯 .....	14
<b>7</b>	<b>结论</b> .....	<b>20</b>

# 大渡河大岗山水电站帷幕灌浆工程

## AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆施工总结

### 1 概述

#### 1.1 工程概况

AGR1（右岸 940）帷幕灌浆平洞三单元桩号为 K0+60.50m~K0+90.50m（洞口起点为 0 桩号），按照设计技术要求，本单元水泥灌浆孔呈双排梅花型布置，排距为 1.5m，孔距 2.0m。水泥灌浆于 2013 年 1 月 7 日施工完成，受辉绿岩脉（多条 IV、V 类辉绿岩脉分布（其中  $\beta_{43}$ 、 $\beta_8$  尤为突出））影响，水泥灌浆灌后效果不能满足设计防渗标准（合格率为 65%，灌后平均透水率 1.17Lu，最大透水率 4.59Lu，最小值 0.03Lu）。为提高灌浆效果和岩脉部位的渗透耐久性，确保大坝长期运行安全，2013 年 3 月 17 日下发《关于 AGR1 灌浆平洞第三、四单元化学灌浆的设计通知》（编号：大设通-坝工（2013）016 号总（253）），要求在 AGR1 灌浆平洞三单元水泥灌浆孔中间增加一排化学灌浆孔，孔距 2.0m，孔深至设计防渗底线。

#### 1.2 地质情况简述

AGR1 灌浆平洞岩性以肉红色正长花岗岩为主，局部出露微新的灰白色黑云二长花岗岩，有  $\beta_8$ 、 $\beta_{16}$ 、 $\beta_{40}$ 、 $\beta_{43}$ 、 $\beta_{73}$ 、 $\beta_{142}$  辉绿岩脉穿插，岩脉以陡倾角为主，小断层多沿辉绿岩脉发育，但断层规模较小，根据 AGR1 灌浆平洞开挖情况，揭示出以 II、III<sub>1</sub>、V<sub>1</sub> 类围岩为主，局部洞段为 III<sub>2</sub> 类围岩，已进行了挂网喷护。

AGR1 灌浆平洞三单元主要以 II、V<sub>1</sub> 类围岩为主，在桩号 0+67.0~0+78.0 洞段发育有  $\beta_8$  岩脉，0+84.0~0+87.0 洞段发育有  $\beta_{43}$  岩脉，根据先导孔岩芯揭露显示：本单元岩性以灰白色花岗岩为主，并发现有多层辉绿岩脉存在，岩芯呈松散状（属 V<sub>1</sub> 类岩体），具体详见图 1-1（地质剖面示意图）。

根据勘探资料揭示，右岸建基面以里岩体以弱~中等透水（ $q=5\sim 26\text{Lu}$ ）为主，其透水性随水平埋深及垂直埋深的增加而减弱，微透水岩体埋藏较深。由于裂隙岩体透水性不均一性，岩体透水性主要受辉绿岩脉破碎带的控制，因此在微弱透水岩体中有可能存在由辉绿岩脉破碎带构成的强透水带。





序号	工种	数量	备注
6	电工	1	
7	焊工	1	
8	司机	2	
合计		52	

## 2.2 机械设备配置

AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆投入的主要机械设备见表 2-2。

表 2-2 主要机械设备表

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
1	回转式地质钻机	XY-2	台	3	
2	高压灌浆泵	SNS-130/20	台	1	
3	水泥浆液储浆桶	1000L	台	1	
4	低速搅拌机	400L	台	1	
5	电焊机	BX-300A	台	1	
6	水泥灌浆自动记录仪	GJY-VII	台	1	
7	测斜仪	KXP-1S	台	1	
8	排污泵	56TKSB-10	台	1	
9	化学灌浆泵	Pro Pray PS22	台	6	
10	化学浆液储浆桶	0.02m <sup>3</sup> /0.05m <sup>3</sup>	个	12/3	
11	自动记录仪	HG-VI	台	3	
12	电子称	50kg	台	6	
13	猎豹汽车		辆	1	
14	双排座		辆	1	

## 3 施工进度

AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆现场施工时间：2013 年 4 月 2 日~2013 年 12 月 12 日，历时 254 天，具体施工进度如下：

- (1) 2013 年 4 月 02 日前完成准备工作；
- (2) 2013 年 4 月 02 日~2013 年 10 月 9 日，进行化学灌浆生产孔施工；
- (3) 2013 年 10 月 17 日~2013 年 12 月 12 日，进行化学灌浆检查孔施工；

## 4 施工工艺

### 4.1 钻孔

- (1) 钻孔采用 XY-2 钻机金刚石钻头清水回转钻进。
- (2) 灌浆孔的施钻按灌浆程序，分序分段进行，所有钻孔分段与相应的灌浆分段相对应。
- (3) 帷幕灌浆孔的开孔孔位与设计位置的偏差控制在 10cm 内。
- (4) 化学灌浆帷幕孔孔径为  $\phi 56\text{mm}$ ，检查孔孔径为  $\phi 76\text{mm}$ 。
- (5) 所有钻孔在钻孔过程中均进行孔斜测量，孔底偏差不大于表 4-1 所规定的值。

表 4-1 帷幕灌浆孔孔底允许偏差表 (单位: m)

孔 深	20	30	40	50	60	60~100	>100
允许偏差	0.25	0.50	0.80	1.15	1.50	2.0	2.5

(6) 对化学灌浆灌后检查孔采取岩芯，岩芯按取芯次序统一编号，填牌装箱，并进行岩芯描述，绘制钻孔柱状图；对每盒或每箱芯样拍摄两张彩色照片，并作好钻孔操作的详细记录；

(7) 钻孔达到设计深度后，将钻孔冲洗干净，报请监理人验收，经监理人验收签认后，再进行下一步操作。

## 4.2 钻孔冲洗与压水试验

### 4.2.1 钻孔冲洗

除含有  $V_1$  类辉绿岩脉的孔段外，其余所有灌浆孔（段）灌浆前均进行冲洗，冲洗方法采用压力水冲洗，冲洗水压采用 80% 的灌浆压力，压力超过 1MPa，则采用 1MPa，后期施工过程中，裂隙冲洗结合简易压水进行。而对于含有  $V_1$  类辉绿岩脉的孔段，对含有  $V_1$  类辉绿岩脉的孔段采取了不洗孔不压水方式。

### 4.2.2 压水试验

灌后检查孔进行“单点法”压水试验，灌浆孔均进行简易压水：

(1) 简易压水：压力为灌浆压力的 80%，且不大于 1MPa，压水时间 20min，每 5min 测读一次流量，取最后读数为计算值。

(2) 单点法压水：孔深 0~2m 段压力采用 0.5MPa，孔深 2~15m 孔段压力采用 1MPa，孔深 15m~孔底段压力采用 2MPa，流量稳定标准与五点法相同，以最终值为计算值。

## 4.3 灌浆

### 4.3.1 材料和设备

#### 4.3.1.1 主要灌注材料

本工程基础帷幕化学灌浆采用深圳市帕斯卡系统建材有限公司生产的环氧树脂灌浆材料。所有灌浆材料（如环氧树脂灌浆主剂、稀释剂、固化剂等）均符合国家标准及设计要求，且相应的生产厂商的产品合格证、质量证明书及使用说明书齐全。

#### 4.3.1.2 主要灌浆设备

主要化灌设备：瓦格拉 Pro Pray PS22 型智能式化学灌浆泵。

### 4.3.2 浆液配置

#### （1）制浆系统

在 V1 类辉绿岩脉科研试验场地内搭建化学灌浆制浆平台，化学灌浆制浆为人工搅拌配制，配制好后采用人工提拎或扛抬方式送至灌浆工作面。

#### （2）制浆方法

化学灌浆浆液配制，采用专用配浆、冷却、称量设备。并有专职配浆人员在现场，根据所选材料规定的比例（A、B 两组份）配制。称、计量容器内制作好刻度标尺。

浆液配制由专人进行按量配制，少量、勤配，避免浪费。同时，现场技术人员根据不同地质条件、被灌孔的孔容、进浆量、灌浆压力、灌注时间等综合因素，适时进行调整配制。

按标签指定的比例分别用各自的量具量取两个组份，置 A 组份于混合容器内，用水浴对其冷却，在缓缓搅动 A 组份时，将 B 组份徐徐倾入，直至加毕。配浆过程中不时测量混合物的温度，以加入 B 组份的速度快慢来控制混合物温度，使其不超过 35℃。每次配浆量控制在约 15L 左右。

#### （3）制浆机具的清洗

量取 A、B 组份的量具做到区别专用，严禁混用；为减少 A、B 组份的量度误差，采用的 A 组份的量具最大容积约是 B 组份量具最大容积的 10 倍。量 B 组份的量具采用清水洗净、晾干备用；其他容器、工具用棉纱团蘸丙酮(易燃物)擦拭。

#### （4）制浆记录

每次浆液配置均详细填写制浆记录。

### 4.3.3 孔口管埋设

各灌浆孔接触段（底板混凝土与岩体接触段）采用卡塞灌浆（若接触段为花岗岩则采用水泥灌注，若接触段为辉绿岩则采用化学灌浆），灌浆结束后再置入Φ89mm 钢管（下至第 1 段段底）作孔口管，孔口管高出孔口 10cm。然后向孔内压入 0.5:1 的水泥浆，待孔口管与孔壁之间返出同一浓度水泥浆时，导正孔口管，待凝时间至少 72h 以后才能钻灌下一段。孔口管镶铸必须牢固，确保灌浆过程中不会因孔口管镶铸不牢固在孔口管四周出现漏浆、冒浆现象。

### 4.3.4 灌浆段长和灌浆压力

灌浆段长：前期采用第 1 段 2m，第 2 段 3m，第 3 段及以下灌浆段长度采用 5m，终孔段不大于 6m。2013 年 7 月 12 日《EL940 坝基廊道工艺试验专题会》（编号（长岗监-专题-灌浆-[2013]第 021 期）明确：基岩内化学灌浆施工如遇宽大岩脉（厚度大于 1m）及断层影响带（断层上下盘各 10m 范围）段长不超过 5m。其余以花岗岩为主、伴生次生岩脉区段，段长可调整为 10m。

表 4-3-4-1 化学灌浆孔灌浆段长及压力

灌浆段次	1	2	3	4	第 4 段以下
基岩段长 (m)	2	3	5	5	5
灌浆压力(MPa)	0.8	2.0	2.5	3.0	3.0

灌浆压力：严格按设计技术要求推荐的灌浆压力进行现场施工，各孔段压力均不小于设计规定值。

### 4.3.5 灌浆方法

(1) 本单元化学灌浆试验采用自上而下分段卡塞纯压式灌浆。

(2) 灌浆前，对所有的灌浆设备及连接装置进行通水压力测试，确保整个系统无渗漏现象发生，保证灌浆设备性能稳定可靠。

(3) 射浆管安置在距孔底小于 30cm 处，进浆时保证浆液顺利达到孔底。

(4) 化学灌浆前，先排除孔内积水，然后进行灌浆。可采用顶浆排水法、充气排水法等排除积水后，再进行化学灌浆，本单元采用顶浆排水法。

(5) 进行帷幕化学灌浆时，底板混凝土和基岩接触部位的灌浆段单独灌注并待凝。接触段在岩石中的长度为 2m，以下灌浆第二段长度为 3m，第三段及其以下各段可为 5m。

(6) 化学灌浆采用低压慢灌，每孔灌注前四段，阻塞位置均在第一段混凝土

盖板处，从灌第五段开始，采用孔内阻塞方法，阻塞器设置于第二段处，如此类推，保证每灌浆段都复灌三次。

(7) 化学灌浆应按分序加密的原则进行，每排孔分二序灌浆。

(8) 各灌浆段灌浆结束后，立即关闭进浆阀门进行闭浆，待压力表指针自然回零。然后用循环方式将 0.5: 1 水泥浆液（可掺入速凝剂）压入孔中顶出孔内残存化学浆液，关闭回浆阀门屏浆 30min，再关闭进浆阀门，使这部分水泥浆液待凝至孔口压力表归零 2h 后进行扫孔及其下段钻灌工作。当采用自下而上分段灌浆法时，各灌浆段灌浆结束后，进行闭浆，待灌浆压力自然归零后，再进行下一段的灌浆。

(9) 化学灌浆不单独进行抬动观测。

#### 4.3.6 浆液变换

(1) 化学灌浆开灌浆液配比及不同浆液变换原则按室内研究成果选用。化学灌浆应遵循“长时间、慢速率、尽量达到一定的注入量，满足质量要求”的原则，控制好灌浆压力和注入率的协调关系。灌浆开始后应尽快达到设计压力。一般情况下注入率宜控制在 0.05L/min m~0.1L/min m 之间。当注入率小于 0.05L/min m，适当升高灌浆压力（以设计灌浆压力为参考），当注入率大于等于 0.1L/min m 时，适当降低灌浆压力（以设计灌浆压力为参考）或控制注入量。

(2) 当某种配比化学浆液注入量达到 80L/m 时，改用粘度增长更快的配比浆液（速凝浆材）灌注。

#### 4.3.7 特殊情况处理

##### 4.3.7.1 冒浆、漏浆的处理

化学灌浆过程中发现冒浆、漏浆时，根据具体情况采用嵌缝、表面封堵、低压、限流、调凝等方法进行处理。如果效果不明显，应停止灌浆，待浆液凝固后重新扫孔复灌。

##### 4.3.7.2 串浆的处理

化学灌浆过程中发生串浆时，如串浆孔具备灌浆条件，一泵灌一孔并灌，但并灌孔不宜多于 3 个，并控制灌浆压力，防止上部混凝土或岩体抬动。否则应阻塞被串孔，待灌浆孔灌浆结束后，再对被串浆孔再行扫孔、冲洗后，继续钻进或灌浆。

#### 4.3.7.3 灌浆中断的处理

化学灌浆应连续进行，若因故中断，应在浆液胶凝以前且不影响灌浆质量时（注入率为中断前的 70% 以上）恢复灌浆，否则应进行冲孔或扫孔，再恢复灌浆。

#### 4.3.7.4 大注浆量段的处理

灌浆注入率大时，宜采用低压、限流、限量、改用速凝浆液等技术措施处理。2013 年 7 月 28 日《化学灌浆专题讨论会》（会议纪要：长岗监-专题-灌浆-[2013]第 025 期）明确：化学灌浆注入率达到 80L/m 还未能达到结束标准，换用 7:1 的 530 速凝浆材持续灌注 1.5~2h；然后换用 9:1 的 501 浆材灌注，如果灌注量达到 30L/m 还未能达到灌浆结束标准，再换用 7:1 的 530 速凝浆材持续 1.5~2h，然后再换用 9:1 的 501 浆材灌注，如此循环反复。

#### 4.3.7.5 孔口涌水的处理

孔口有涌水的灌浆孔段，在灌浆前应测记涌水压力、涌水流量和水温，根据涌水情况，可选用下列措施综合处理：

- ①提高灌浆压力；
- ②缩短浆液胶凝时间；
- ③化学浆液和水泥浆液交替灌注；
- ④缩短灌浆段长；
- ⑤增加屏浆、闭浆时间。

#### 4.3.8 灌浆结束条件

（1）灌浆段在最大设计压力下，注入率不大于 0.02L/min·m 后，继续灌注 30min，灌浆即可结束。对泥化夹层等不良地质孔段的灌浆时间应延长到浆液初凝，且灌浆时间不小于 48h。

（2）当注入量 > 150L/m 且注入率无明显变化时，进行待凝处理，复灌时单耗超过 50L/m 时，报请四方共同研究决定后续处理措施。

#### 4.3.9 封孔

（1）全孔灌浆结束后应及时报请监理人进行验收，合格的灌浆孔才能进行封孔。

（2）化学灌浆全孔段钻灌完成后，应进行封孔。先采用导管注浆法将孔内余浆置换成水灰比为 0.5: 1 的水泥浆，然后采用孔口封闭法灌浆，灌浆压力使用该

孔段水泥灌浆的最大灌浆压力。封孔灌浆持续时间不小于 60min。

(3) 灌浆封孔待孔内水泥浆液凝固后，灌浆孔上部空余部分，大于 3m 时，应采用机械压浆法继续封孔；小于 3m 时，可实用更浓的水泥浆或砂浆人工封填密实。

## 5 灌浆成果及分析

### 5.1 灌浆成果

AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆成果详见表 5-1 及附件 2~9。

表 5-1 AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆成果统计表

孔号	孔序	钻孔长度 (m)	灌浆长度 (m)	平均透 水率 Lu	注浆 (Kg)	单位注 入量 Kg/m	备注
R1H-I-31	I	106.9	106.6	0.82	10193.35	95.62	
R1H-I-33	I	103.7	103.4	1.07	8789.38	84.97	
R1H-I-35	I	101.5	101.2	0.96	9952.71	98.34	
R1H-I-37	I	98.6	98.3	0.69	9864.52	100.35	
R1H-I-39	I	95.8	95.5	0.70	9616.41	100.70	
R1H-I-41	I	92.98	92.68	0.97	10320.21	111.35	
R1H-I-43	I	90	89.7	1.22	9410.96	104.92	
R1H-I-45	I	87.63	87.33	0.66	8241.03	94.37	
小计		777.16	774.8	0.89	76388.57	98.60	
R1H-II-32	II	105.6	105.3	0.36	3339.08	31.71	
R1H-II-34	II	102.8	102.5	0.34	2856.94	27.87	
R1H-II-36	II	100	99.7	0.29	4430.14	44.43	
R1H-II-38	II	97.2	96.9	0.26	3539.26	36.52	
R1H-II-40	II	94.4	94.1	0.49	3150.55	33.48	
R1H-II-42	II	91.6	91.3	0.40	2644.65	28.97	
R1H-II-44	II	88.9	88.6	0.37	2947.31	33.27	
小计		680.5	678.4	0.36	22907.93	33.77	
总计		1457.66	1453.16	0.60	99296.5	68.33	

### 5.2 各序孔单位注入量分析

根据上表统计结果，AGR1 灌浆平洞三单元各序孔平均单位化学浆液注入量为 68.33kg/m，说明地层可灌性整体较好，从表 5-1 可看出：

I 序孔平均单耗 98.6Kg/m，II 序孔平均单耗 33.77Kg/m，II 序孔较 I 序孔单位注入量减少 65.8%。符合灌浆递减规律。

### 5.3 各序孔灌前平均透水率分析

AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆各序孔平均透水率为 0.6Lu, 从表 5-1 可看出:

因遇水易泥化的辉绿岩脉带未进行压水试验, 仅对花岗岩段进行压水, 花岗岩段 I 序孔平均透水率 0.89Lu, II 序孔平均透水率 0.36Lu, II 序孔较 I 序孔平均透水率减少了 59.5%, 有递减规律。

## 5.4 钻孔测斜成果及分析

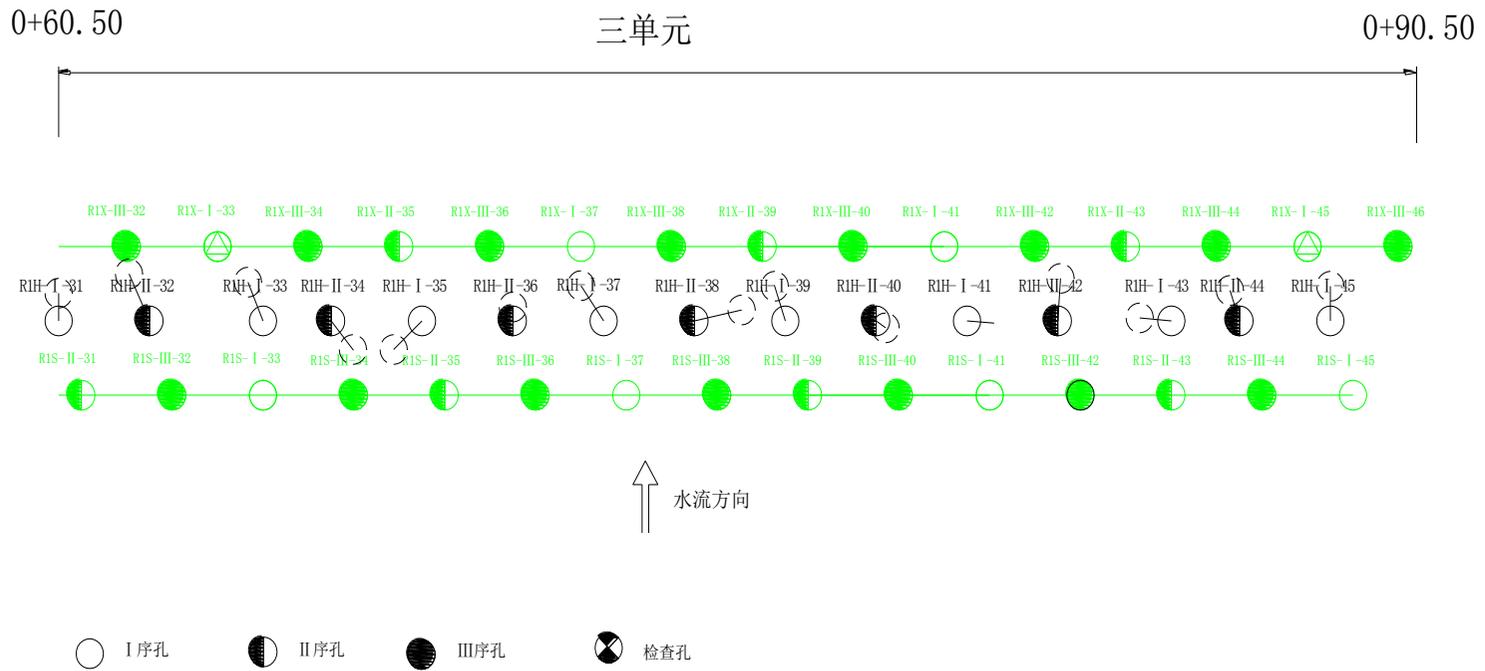
钻孔测斜成果详见表 5-2。

表 5-2 AGR1 灌浆平洞三单元钻孔测斜成果统计表

孔号	偏斜率(%)	偏差(cm)	最后一段方位角	允许偏差(cm)
R1H- I -31	0.26	27.8	0	150
R1H- II -32	0.48	52.56	334.6	150
R1H- I -33	0.41	42.7	337	150
R1H- II -34	0.36	38.65	140.3	150
R1H- I -35	0.37	42.25	227.2	150
R1H- II -36	0.11	13.88	0	150
R1H- I -37	0.43	43.28	325	150
R1H- II -38	0.53	53.18	78.2	150
R1H- I -39	0.39	38	341.6	150
R1H- II -40	0.13	12.56	124	150
R1H- I -41	0.32	30.02	94.3	150
R1H- II -42	0.43	40.05	3.15	150
R1H- I -43	0.36	34.97	275	150
R1H- II -44	0.35	32.43	341.1	150
R1H- I -45	0.13	34.93	0	150

(说明: 顶角小于 0.5° 时, 测斜仪不能测出方位角, 均以 0° 方向表示; 方位角表示正北方与方向线顺时针的夹角)

## AGR1灌浆平洞三单元化学灌浆孔测斜平面投影



AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆孔斜平面投影

从表 5-2 可看出，最大孔底偏差为 53.18cm，满足设计要求，孔斜最小的孔为 R1H-II-40，孔底偏差 0.12m，偏斜率 0.13%，孔斜最大的孔为 R1H-II-38，孔底偏差 0.53m，偏斜率 0.53%，说明孔斜控制良好。

## 6 灌浆效果检查

### 6.1 检查孔的布置

在灌浆结束后，将已所取得灌浆资料进行统计，统计完成后报送设计、监理进行检查孔的布置，经设计、监理研究后共布置 2 个检查孔，检查孔的位置如图 1-1 所示。

### 6.2 检查孔压水试验

检查孔压水试验在灌浆结束 14d 后进行，采取自上而下分段卡塞单点法压水，压水成果见表 6-1。

表 6-1 AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆检查孔压水成果表

段次	R1-3-HJ1				R1-3-HJ2			
	段顶	段底	段长	透水率	段顶	段底	段长	透水率
1	6	8	2	0.28	6	8	2	0.36
2	8	11	3	0.18	8	11	3	0.39
3	11	16	5	0.1	11	16	5	0.06
4	16	21	5	0.06	16	21	5	0.07
5	21	26	5	0.06	21	26	5	0.05
6	26	31	5	0	26	31	5	0.04
7	31	36	5	0.01	31	36	5	0.1
8	36	41	5	0	36	41	5	0.13
9	41	46	5	0.04	41	46	5	0.13
10	46	51	5	0.1	46	51	5	0.28
11	51	56	5	0.19	51	56	5	0.07
12	56	61	5	0.14	56	61	5	0.04
13	61	66	5	0.11	61	66	5	0.41
14	66	71	5	0	66	71	5	0.28
15	71	76	5	0.13	71	76	5	0.2
16	76	81	5	0.11	76	81	5	0
17	81	86	5	0.18	81	86	5	0.06

段次	R1-3-HJ1				R1-3-HJ2			
	段顶	段底	段长	透水率	段顶	段底	段长	透水率
18	86	91	5	0	86	91	5	0
19	91	96	5	0.02				
20	96	102.15	6.15	0.03				

由表 6-1 可见，检查孔压水共 38 段，其中小于设计防渗标准（1Lu）的孔段共 38 段，合格率为 100%，灌后地层透水率满足设计防渗标准。

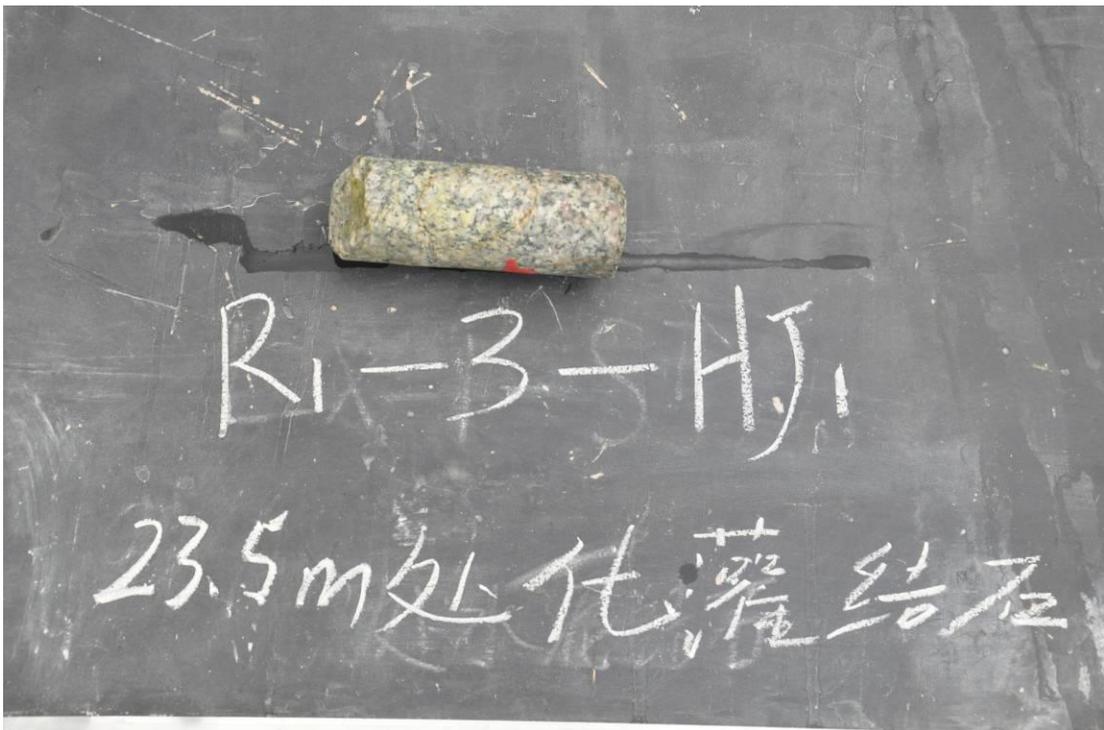
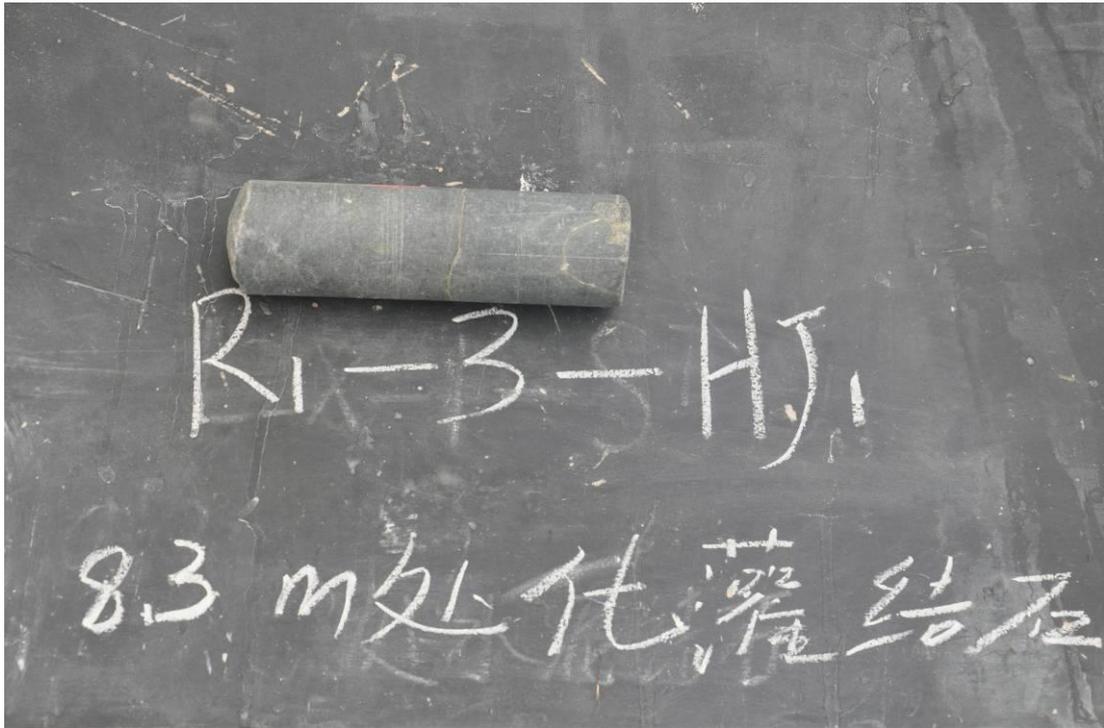
### 6.3 疲劳压水试验

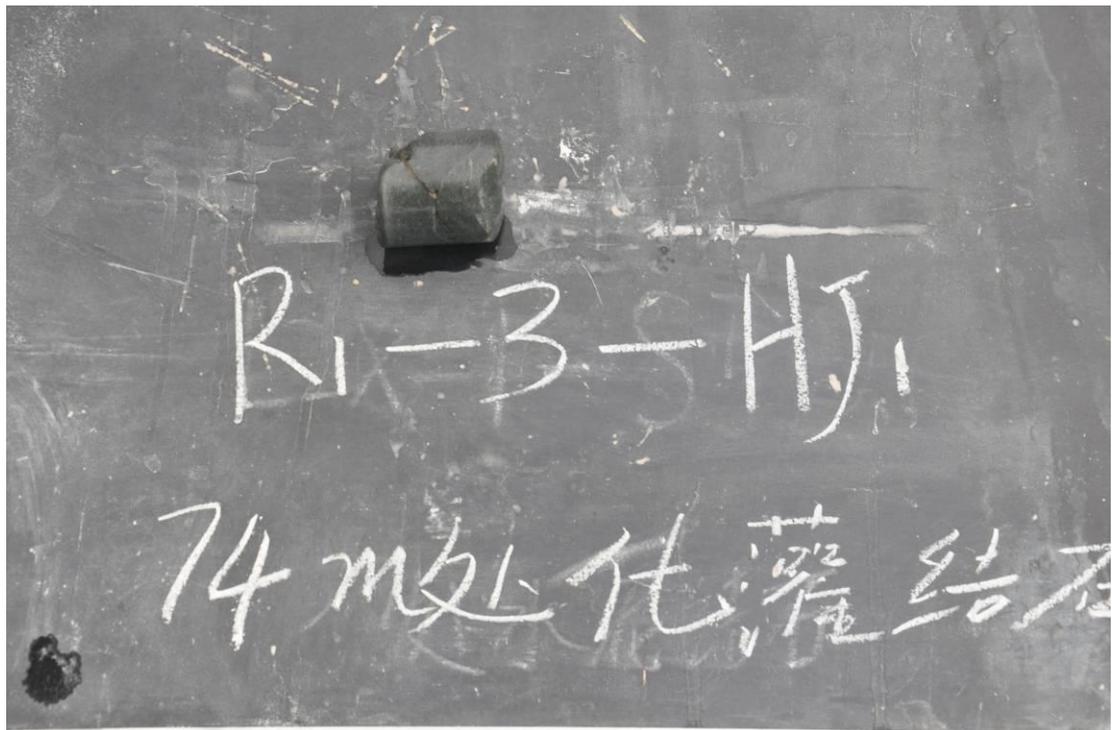
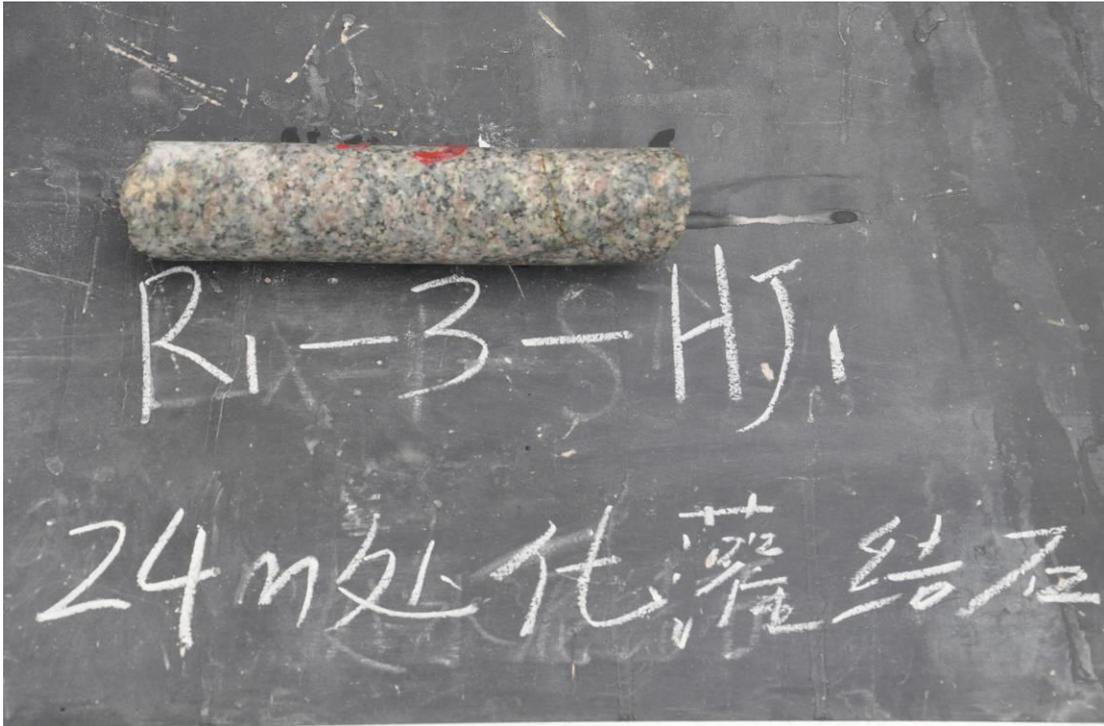
2013 年 12 月 4 日灌浆周例会明确：AGR1 灌浆平洞三单元化学灌浆 R1-3-HJ2 孔 33m~38m 段（均为辉绿岩脉）进行疲劳压水试验。

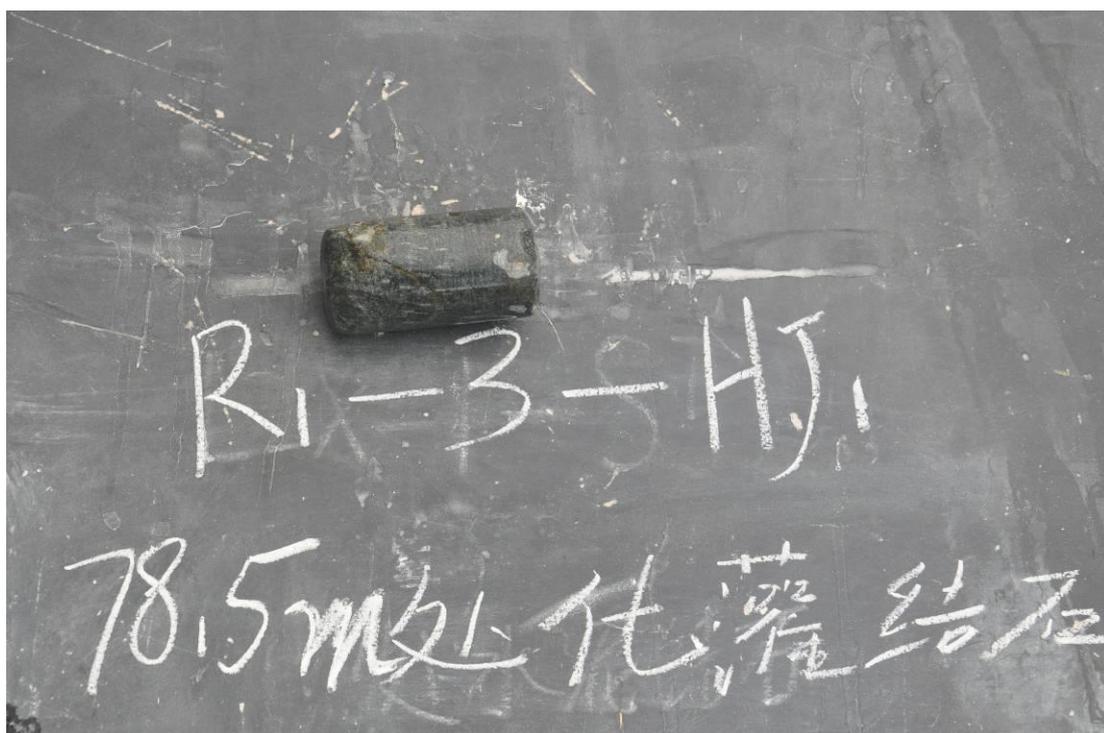
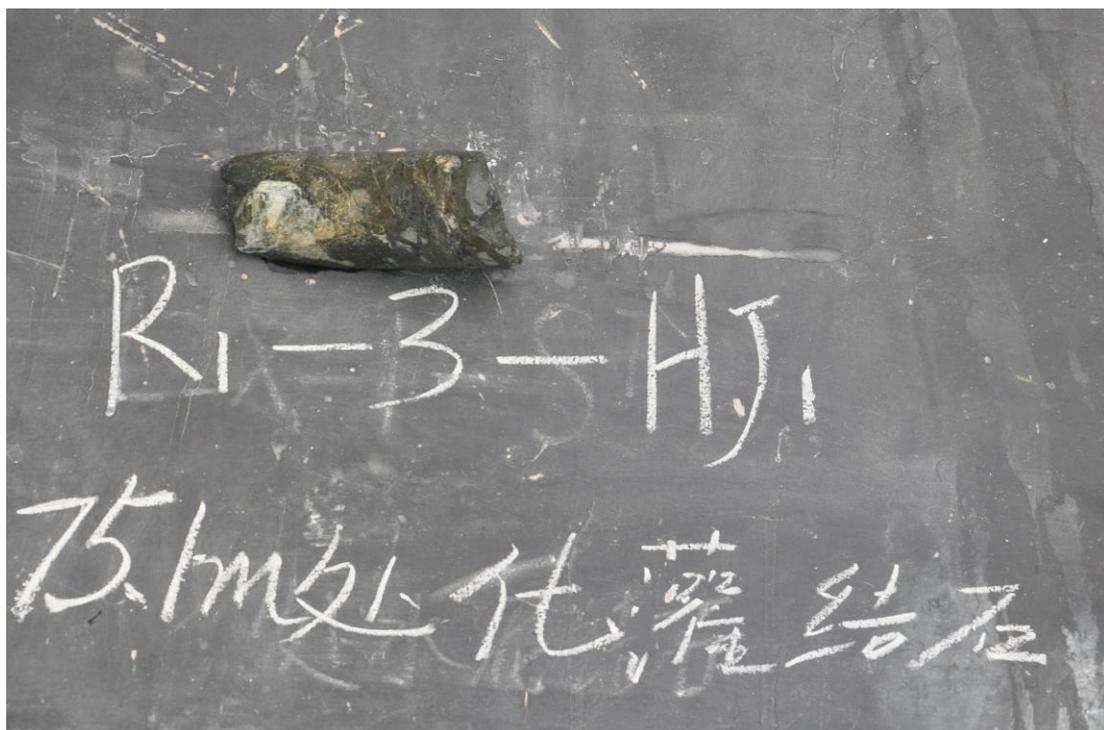
疲劳压水试验压力设定为 2MPa，压水时间拟定为 48 小时。现场疲劳压水试验开始时间为 2013 年 12 月 18 日 23:03 分，结束时间为 2013 年 12 月 21 日 0:30 分，历时 49 小时 7 分，压水压力主要在 2.1~2.2MPa 之间波动，流量主要在 0~0.3L/min 之间波动，透水率主要在 0.00~0.03Lu 之间波动（最小值 0Lu，最大值 0.09Lu，满足疲劳压水透水率波动小于 0.1Lu 的设计要求），三项指标在整个试验过程中均较为稳定，说明经过水泥-化学复合灌浆后，辉绿岩脉在约 240m（表压加孔内水柱压力）水头作用下具有足够的抗疲劳破坏能力。

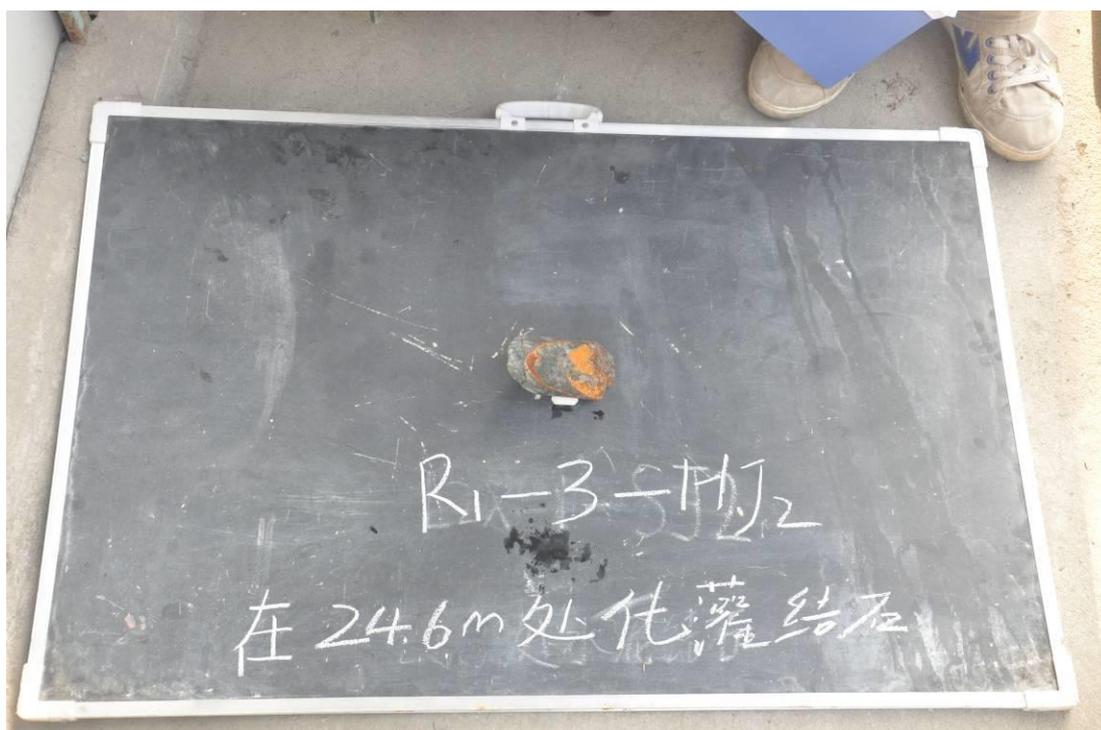
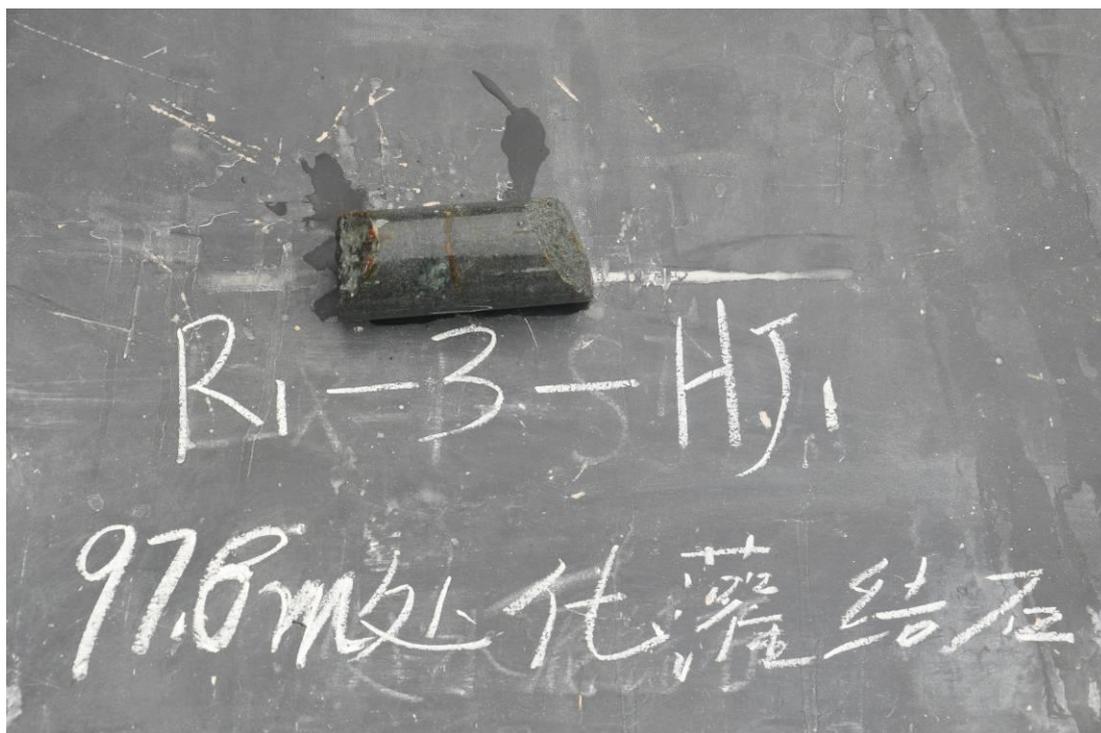
### 6.4 检查孔取芯

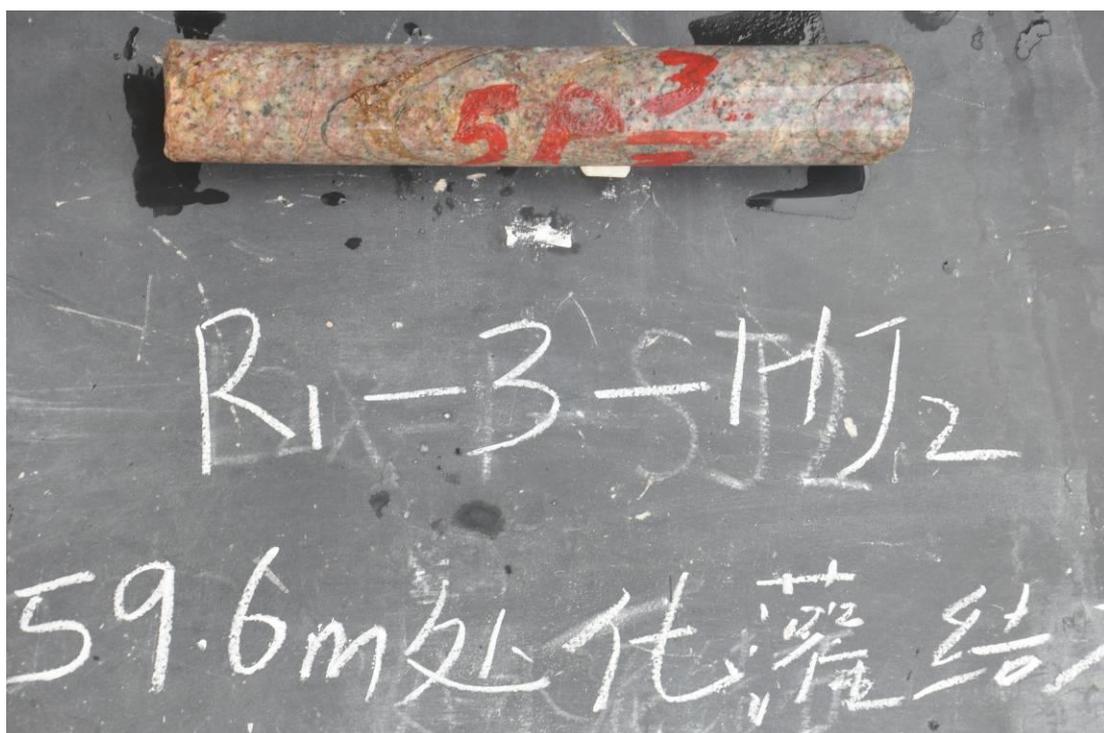
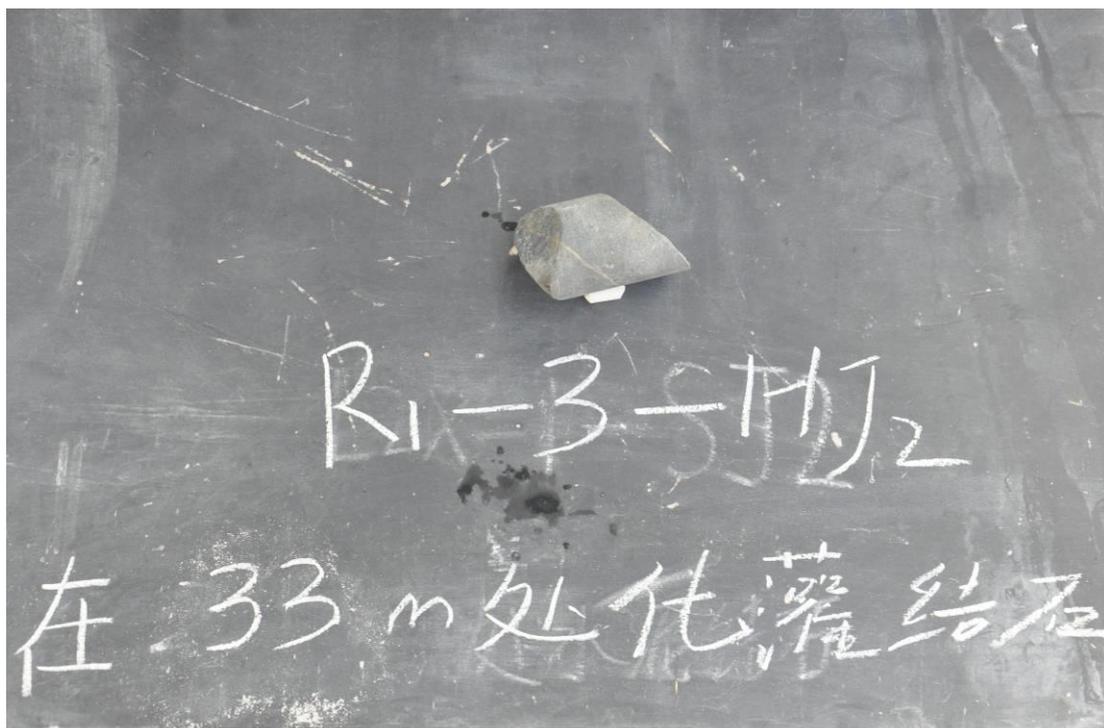
典型水泥结石照片详见下图 6-1。











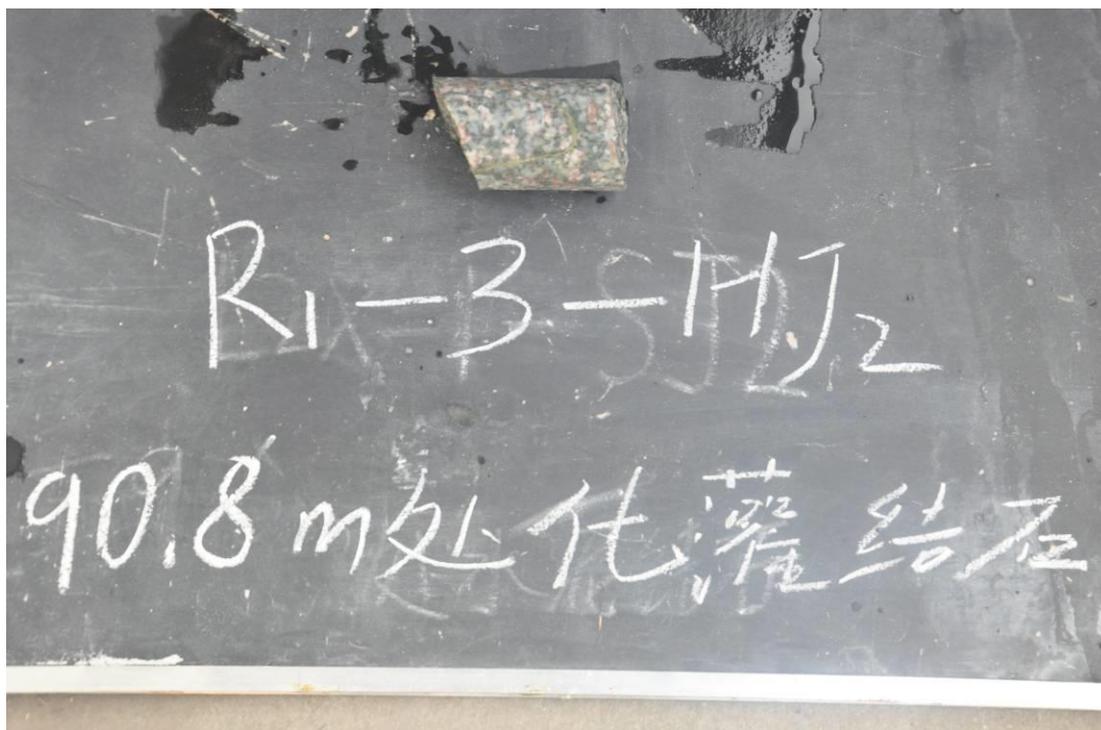


图 6-1 AGR1 三单元化学灌浆检查孔取得的水泥结石

取芯情况：

R1-3-HJ1 号检查孔岩芯采取率为 98.13%，RQD 值为 49.93%；

R1-3-HJ2 号检查孔岩芯采取率为 97.82%，RQD 值为 49.07%；

各检查孔岩芯平均采取率为 97.98%，RQD 值为 49.5%，比水泥灌浆采取率提高 7.25%，RQD 值提高 18.7%。化学灌浆检查孔钻孔柱状图见附件 1。

## 7 结论

(1) 根据施工情况、过程资料分析，本单元设计的各种参数（包括设计孔深、灌浆分段、灌浆压力、施工技术要求等）是合理的。

(2) 本单元施工是规范的，灌浆记录是真实可靠的，所有原始报表由专人在现场随着施工作业进行，及时、准确、真实的填写。

(3) 检查孔压水试验结果表明，本单元采用化学灌浆后效果满足设计防渗标准 ( $q \leq 1lu$ )。

附件：

- 1、检查孔钻孔柱状图
- 2、灌浆成果一览表
- 3、灌浆分序统计表
- 4、灌浆综合统计表
- 5、灌浆工程完成情况统计表
- 6、灌浆孔平面布置图
- 7、灌浆综合剖面图
- 8、透水率频率及累计频率曲线图
- 9、单位注入量频率及累计频率曲线图