

# 稳定性单一浓浆在弱承载抗力体固结灌浆中的应用

邹 刚

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

**摘 要:**稳定性单一浓浆以其浆液性能优越性,在锦屏一级水电站左岸抗力体固结灌浆中得到应用,特别是控制灌浆中效果明显,室内试验进行浆液水灰比比选,在生产性试验中得到应用及推广,取得提高岩体整体抗变形能力的理想效果。

**关键词:**稳定性浆液;固结灌浆;控制灌浆;抗力体;锦屏一级水电站

**中图分类号:**TV543 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)06-0043-04

**Application of Stable Single Dense Slurry in Consolidation Grouting for the Weak Resisting Rock/ZOU Gang** (Chengdu Hydropower Construction Co., Ltd., Sinohydro Bureau 7, Chengdu Sichuan 611130, China)

**Abstract:** By the superior performance, the stable single dense slurry was applied in the consolidation grouting for the weak resisting rock of left bank of Jinping - I hydropower station with obvious effects in control grouting. Comparing and selection of water-cement ratio made by indoor tests has been applied and popularized in the productive test, which also has ideal effects in increasing holistic resistance to rock deformation.

**Key words:** stable slurry; consolidation grouting; control grouting; resisting rock; Jinping - I hydropower station

## 1 工程概况

锦屏一级水电站位于四川省凉山彝族自治州木里县和盐源县交界处的雅砻江大河湾干流河段上,是雅砻江下游从卡拉至河口河段水电规划梯级开发的龙头水库。主要水工建筑物由混凝土双曲拱坝(包括水垫塘和二道坝)、右岸泄洪洞、左岸导流洞、右岸引水发电系统及开关站等组成, I 等工程,装机 6 台,单机容量 600 MW,总容量 3600 MW,主要任务为发电。

左岸基础处理工程包括抗力体固结灌浆、坝基帷幕灌浆及排水孔施工项目,基岩钻孔量超过 100 万 m,是目前最大的基础处理工程,且其地质条件复杂,主要为大理岩及砂板岩岩层,分布有 F<sub>2</sub>、F<sub>5</sub>、F<sub>8</sub> 断层及煌斑岩脉, III<sub>2</sub>、IV<sub>2</sub>、V 级岩体及宽大裂隙为

抗力体固结灌浆主要处理对象。由于岩体裂隙发育,渗漏通道广泛分布在抗力体内,设计单位在进行固结灌浆布置时,将固结灌浆分为控制灌浆区和主灌浆区,在进行大面积灌浆前完成周边低灌浆压力浓浆开灌的控制灌浆区,再进行 2: 1 水灰比的高压力主灌浆区,以达到对灌浆渗漏的控制,降低工程投资。稳定性单一浓浆作为控制灌浆最主要的灌浆材料,在室内进行了浆材试验,最终确定了稳定性浓浆的配合比,并通过生产性试验对灌浆质量及效果进行了验证。

## 2 设计质量标准

根据设计单位技术要求,通过灌浆处理后各类各级岩体物理力学技术指标需达到表 1 要求。

表 1 灌浆处理后各类各级岩体物理力学技术指标设计要求表

岩 类		声波速度 $V/(m \cdot s^{-1})$	灌后钻孔变形模量 $E/GPa$	单位透水性 $q/Lu$	岩体完整性系数 $K_v$
大理岩	III <sub>2</sub> 类岩体	$\geq 5000$ 的测点 $> 85\%$ , $< 4200$ 的测点 $< 5\%$	$\geq 7.0$	$\leq 3.0$	$\geq 0.55$
	IV <sub>2</sub> 类岩体	$\geq 4600$ 的测点 $> 85\%$ , $< 3900$ 的测点 $< 5\%$	$\geq 5.0$	$\leq 3.0$	$\geq 0.50$
砂板岩	III <sub>2</sub> 类岩体	$\geq 4800$ 的测点 $> 85\%$ , $< 4100$ 的测点 $< 5\%$	$\geq 6.0$	$\leq 3.0$	$\geq 0.55$
	IV <sub>2</sub> 类岩体	$\geq 4500$ 的测点 $> 85\%$ , $< 3800$ 的测点 $< 5\%$	$\geq 4.2$	$\leq 3.0$	$\geq 0.50$

采用设计建议值。

## 3 稳定性单一浓浆室内试验

根据稳定性浆液经验及相关要求,初选配合比

### 3.1 水灰比

选用 0.6、0.7、0.8 三个比级;膨润土加量 1%

收稿日期:2010-12-16

作者简介:邹刚(1970-),男(汉族),四川成都人,中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司主任、高级工程师,水工专业,从事水电施工技术与管理,四川省成都市温江区公平镇正阳街 10 号,gcglbgs@126.com。

~3%;高效减水剂掺量0.5%~1%。

对所选用膨润土要求其胶质价 $>100\text{ cm}^3/15\text{ g}$ ,膨胀容 $20\text{ cm}^3/\text{g}$ 。为了提高膨润土的胶质价,在试验过程中采用钠化处理的方式,根据浆液组分在试验中采用了 $L_9(3^4)$ 即“四因素,三水平”的正交表进行选择。

### 3.2 配比

在终选试验中进行实验对比,确定出配比为:

水:水泥:膨润土: $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :高效减水剂=0.7:1:0.0133:0.0004667:0.01(室内试验配比为:水:水泥:膨润土: $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :高效减水剂=4200:6000:80:2.8:60)。

### 3.3 性能检测

#### 3.3.1 密度

灌浆施工中一般使用“绝对容积法”计算浆液密度,上述的配合比稳定浆液,按“绝对容积法”计算出密度约 $1.666\text{ g/cm}^3$ 。

按加料顺序和掺加量进行加料,使加料误差在规定的5%范围之内。灌浆试验过程中稳定浆液一次性配制完成,不允许在配制浆液过程中随意采用加水和加水泥的方法对浆液密度进行调节,灌浆过程中使用密度传感器对浆液密度进行实时自动监测。

表3 稳定浆液与普通浆液漏斗粘度(部分)抽检对比表

浆液类型	组号	新制浆液	屏浆 25 min(进浆)					屏浆 25 min(回浆)				
			1 MPa	1.5 MPa	2.5 MPa	4 MPa	5 MPa	1 MPa	1.5 MPa	2.5 MPa	4 MPa	5 MPa
普通浆液	1	31.17	37.83	38.26	39.51	40.16	41.85	38.41	39.22	40.65	42.09	42.69
	2	28.32	35.25	36.48	37.67	38.75	39.08	37.54	38.73	40.18	41.47	41.88
	3	32.74	36.25	37.49	38.43	39.37	39.78	38.26	39.14	39.96	41.28	42.32
稳定浆液	1	21.19	26.12	26.83	27.17	27.84	28.36	26.71	26.98	27.45	28.16	29.21
	2	23.26	27.08	27.56	27.92	28.16	28.47	27.40	27.77	28.03	28.64	28.89
	3	22.48	26.17	26.65	27.49	28.07	28.35	26.86	27.23	27.71	28.63	29.41

通过表3可以看出:浆液粘度随屏浆时间的延长以及压力的逐步加大而增大,说明屏浆时间越长、压力越高,浆液的粘度损失越大。新鲜水灰比为0.5的普通浆液漏斗粘度在28.32~32.74 s之间,平均30.74 s,在5.0 MPa压力下屏浆20 min以上进浆漏斗粘度达到39.78~41.85 s,平均40.24 s;在5.0 MPa压力下屏浆20 min以上回浆漏斗粘度达到41.88~42.69 s,平均42.30 s,粘度损失较大。而新鲜水灰比为0.7的稳定浆液漏斗粘度在21.19~23.26 s之间,平均22.31 s;在5.0 MPa压力下屏浆20 min以上进浆漏斗粘度达到28.35~28.47 s,平均28.40 s;在5.0 MPa压力下屏浆20 min以上回浆漏斗粘度达到28.89~29.41 s,平均29.17 s。

#### 3.3.4 流动度

浆液密度是浆液性能监测的重点,每隔10 min使用密度秤对浆液密度进行自检,填写浆液抽检记录表,并由现场监理工程师不定时进行抽检,现场抽检浆液密度多在 $1.65\sim 1.67\text{ g/cm}^3$ 之间。

#### 3.3.2 析水率

现场配备500 mL量筒,取500 mL浆液放入量筒内,用玻璃棒搅匀,将量筒静放于试验台上,随着时间增加,水泥颗粒下沉,清水厚度增加,清水体积与总体积之比即为析水率,每隔20 min记录一次清水厚度,直至测定出2 h时的析水率。在现场施工过程中不定期对稳定浆液析水率进行取样抽检,统计成果如表2。

表2 稳定浆液析水率抽检成果表

序号	取样时间	取样孔号	进浆/回浆	段次	2 h析水率/%
1	2009-04-17	4-13-5	进浆	007	2.4
2	2009-05-13	4-14-3	进浆	005	3.1
3	2009-05-23	4-16-4	进浆	006	2.3
4	2009-05-26	4-14-6	进浆	010	3.4

#### 3.3.3 漏斗粘度

现场配备标准漏斗计测量稳定浆液的漏斗粘度,结果见表3。

表4 稳定浆液流动度检测表

序号	取样时间	取样孔号	进浆/回浆	段次	流动度/mm
1	2009-04-17	4-13-5	进浆	007	301
2	2009-05-13	4-14-3	进浆	005	295
3	2009-05-23	4-16-4	进浆	006	298
4	2009-05-26	4-14-6	进浆	010	292

将流动度标准铁环平放于毛玻璃上,将其中注满浆液,将浆液刮平,向上迅速提出标准铁环,测量浆液的扩散直径。流动度检测结果见表4。

#### 3.3.5 抗压强度

在稳定浓浆试验区施工过程中,取稳定浆液进浆和回浆制作试模送往实验室进行抗压强度对比试验,试块抗压强度值见表5。

表 5 稳定浆液抗压强度抽检表

序 号	取样时间	取样孔段		进浆	试块 编号	抗压强度/MPa		
		孔号	段次			7 d	14 d	28 d
1	2009-04-17	4-13-5	007	进浆	VJY-1	16.1	17.6	26.9
2	2009-05-23	4-16-4	006	进浆	VJY-2			22.4

### 4 抗力体固结灌浆施工工艺

#### 4.1 稳定浆液配制工艺

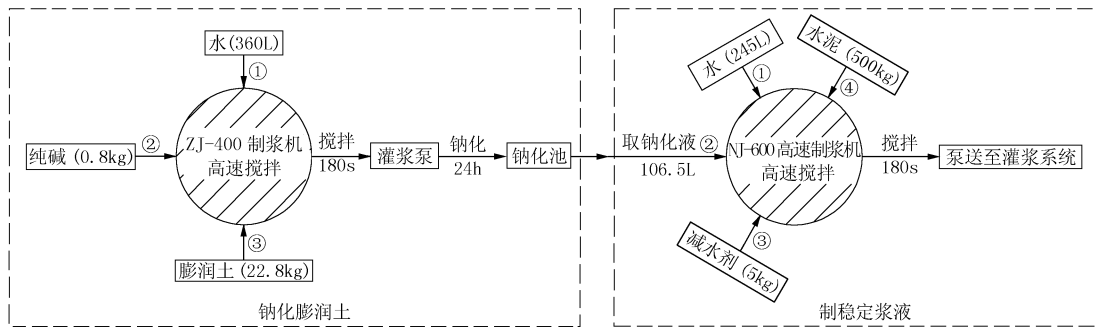


图 1 稳定浆液配制流程图

由于膨润土钠化时间较长(室内试验人员推荐 12 h,在施工现场监理工程师要求膨润土的钠化时间需 24 h 以上),为使膨润土有充分的钠化时间和保证制浆时膨润土供应不间断,施工现场专门修建

在配制稳定浆液前,先将新制膨润土原浆送入钠化池进行钠化 24 h 以上,即在膨润土中加入碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )和拌和用水,使其充分进行化学反应,然后,再按照加料顺序为膨润土→减水剂→水泥进行稳定浆液配制,加料顺序必须按稳定浆液配制流程图(见图 1)进行,以避免产生化学反应的先后顺序不同而影响浆液的设计参数。

了 3 个并列  $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 1.2\text{ m}$  的膨润土钠化池,3 个钠化池的膨润土轮换使用。

#### 4.2 固结灌浆生产性试验

试验区采取全断面布置灌浆孔,如图 2 所示。

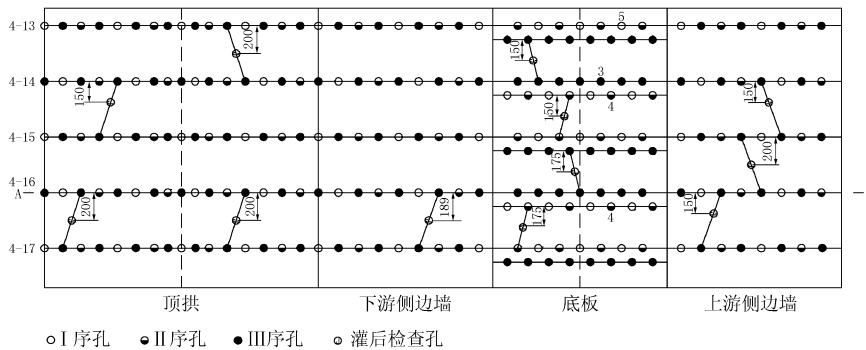
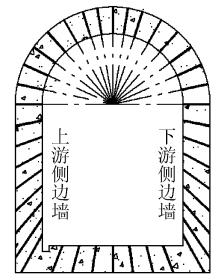


图 2 试验区断面地层岩性分布剖面



稳定性单一浓浆试验区共计完成底板抬动观测孔 1 个,35.0 m;灌前测试孔 12 个,336.1 m;灌后检查孔 12 个,360.2 m;固结灌浆钻孔 198 个,5002.1 m;基岩灌浆钻孔 198 个,4764.3 m;灌注水泥 1680.552 t(含外加剂);灌前测试孔压水 82 个试段,灌后检查孔压水 64 个试段。

#### 4.3 施工程序及方法

生产性试验区按照设计技术要求,按环间分 2 序,环内分 3 序进行施工,即按抬动孔→灌前测试孔(压水试验及物探检测)→I 序环(I 序孔→II 序孔→III 序孔)→II 序环(I 序孔→II 序孔→III 序孔)→灌后检查孔(压水试验及物探检测),最后进行质量评审及验收。

试验区全部采用孔口封闭法进行灌浆,段长按 2、3、5、5 m……进行划分,最大灌浆压力 5 MPa,水灰比为 0.7 的单一稳定性浆液,屏浆时间为 30 min。

### 5 灌浆效果质量检查

#### 5.1 压水试验

压水试验测试结果见表 6。

表 6 透水率频率分布表

分布区间/Lu	<1	1~3	3~10	10~50	50~100	>100
灌前						
段数	0	0	2	12	21	47
频率/%	0	0	2.4	14.6	25.6	57.3
灌后						
段数	59	5	0	0	0	0
频率/%	92.2	7.8	0	0	0	0

在稳定性单一浓浆试验区共进行了82段灌前测试孔压水试验,平均透水率为173.4 Lu,最大透水率1281.0 Lu,最小透水率为6.90 Lu,透水率>50 Lu的试段为68段,占比82.9%;灌后检查孔压水试验情况来看,平均透水率为0.29 Lu,最大透水率1.65 Lu,最小透水率为0 Lu,无大于3 Lu的孔段,说明稳定性单一浓浆试验区灌后检查孔透水率均满足设计要求。

## 5.2 声波测试成果分析

试验区Ⅲ<sub>1</sub>级大理岩灌前岩体平均声波波速为5485 m/s,灌后平均声波波速为5912 m/s,较灌前提高7.78%;灌后岩体声波波速<4200 m/s的测点占0%,声波波速>5000 m/s的测点占99.06%。Ⅳ<sub>2</sub>级大理岩灌前平均声波波速为5450 m/s,灌后平均声波波速为5658 m/s,较灌前提高3.82%;灌后岩体声波波速<3900 m/s的测点占0%,声波波速>4600 m/s的测点占96.51%。

## 5.3 钻孔变模测试成果分析

试验区Ⅲ<sub>1</sub>级大理岩岩体灌前岩体平均变模值为9.74 GPa,灌后岩体平均变模值为14.47 GPa,较灌前提高48.5%;Ⅳ<sub>2</sub>级大理岩灌前岩体平均变模值为8.62 GPa,灌后岩体平均变模值为12.18 GPa,较灌前提高41.2%。

## 5.4 小结

依据固结灌浆灌后岩体物理力学参数设计技术指标要求,稳定性单一浓浆试验区Ⅲ<sub>1</sub>、Ⅳ<sub>2</sub>级大理岩灌后岩体声波波速、灌后岩体钻孔平均变模值均满足设计要求。

## 6 结论

(1)稳定性单一浓浆试验区灌前压水透水率及单位注浆量所反映灌浆规律性较强,灌浆效果明显。灌后透水率全部满足设计要求,试验区Ⅲ<sub>1</sub>级、Ⅳ<sub>2</sub>

级大理岩灌后岩体声波波速、灌后岩体钻孔平均变模值均满足设计要求。

(2)从稳定浆液所反映的各项性能指标及成果统计来看,稳定浆液的灌浆效果显著。无论从灌前及灌后透水率、单位注入率、物探检测结果,还是浆液的各项性能指标都反映出稳定浆液较强的适用性,特别针对锦屏一级水电站左岸基础处理工程复杂地质条件下,尤其针对Ⅲ<sub>1</sub>、Ⅳ<sub>2</sub>级大理岩岩体,更值得研究、应用以及推广。

(3)试验证明,稳定浆液是一种性能较优越的浆液,进、回浆流动度好,防铸钻杆,防回浆返浓。具有析水少、裂隙充填密实、耐久性好等优点,同时是一种具有良好的稳定性、可灌性、较低塑性粘度和屈服强度,以及能满足受灌岩体的强度与弹模的稳定性浆液。

(4)试验结果证明,稳定浆液不用变换浆液配比,不仅可以节约一定灌浆时间,还可以开展稳定浆液采用“纯压式”灌浆研究和探索。

(5)与普通水泥浆液相比,稳定浓浆虽然有上述优点,但也有一定的局限性,由于稳定浓浆试验区规模相对较小,就目前的制浆工艺来看,制浆效率偏低,制浆工艺、程序也相对比较复杂,若有条件,还可以在后续试验中探索和完善。

## 参考文献:

- [1] 刘正峰.地基与基础工程新技术实用手册[M].北京:新潮出版社,2001.
- [2] DL/T 5148-2001,水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].
- [3] 孙钊.大坝基岩灌浆[M].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [4] 王胜,黄润秋,祝华平,等.锦屏一级水电站煌斑岩脉化学复合灌浆试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):60-64.
- [5] 黄辉,蒋乐聚.锦屏一级电站厂房防渗帷幕灌浆施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):33-37.

## 浙江省国土厅大力加强地热资源勘查开发管理

浙江省国土资源厅消息(2011-06-15) 近日,浙江省国土资源厅发出《关于进一步规范全省温泉(地热)勘查开发工作的通知》,要求勘查、开采温泉(地热)资源,必须依法取得探矿权、采矿权。《通知》指出,开展温泉(地热)资源地质勘查工作,必须申领勘查许可证。申请人应委托具有液体矿产勘查资质的单位编制勘查实施方案,报经省国土资源厅组织审查后,按有关规定,申领勘查许可证,取得探矿权。《通知》要求,温泉(地热)资源地质勘查要提交温泉(地热单井)资源勘查报告。地热资源储量必须经储量评审机构审

查,在省级(含)以上国土资源主管部门备案、登记。申请热矿水注册登记时,市级(含)以上国土资源部门必须组织对井(泉)的水量、水位、水压等开采监测装置和地质环境保护工作进行现场检查,提出意见后,报省国土资源厅注册登记。《通知》规定,开发温泉(地热)资源,必须申领采矿许可证,设立温泉(地热)采矿权。各级国土资源部门要加强对温泉(地热)资源勘查、开发活动的监管,凡是发现有违法勘查、开发温泉(地热)资源的,要坚决依法予以查处。