

中梁一级电站库区防渗帷幕灌浆试验效果分析

彭 第^{1,2}, 王 伟³

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 长春工程学院岩土工程研究所, 吉林 长春 130021;
3. 中国水电基础工程局有限公司, 天津 301700)

摘要:中梁一级电站库区工程地质条件复杂,为获取符合工程地质条件的灌浆工艺和灌浆技术措施,选择代表性试验区进行帷幕灌浆试验。灌浆试验段布设双排帷幕灌浆孔,分 3 序钻灌,采用孔口封闭、自上而下分段灌浆方法;采用 C20 混凝土回灌溶洞,水泥砂浆充填较大裂隙;选用水泥-水玻璃浆液、水泥-粉煤灰浆液与水泥-氯化钙浆液处理泥砂碎石层。压水试验检测结果表明,地层经灌浆处理后渗透性能得到很大改善,但检查孔有 5 段透水率超过设计要求,试验成果未达到预定目标,灌浆试验孔孔排距很难保证把所有的渗漏通道全部堵住。建议在吃浆量大的地方和地层破碎带进行加密灌浆处理。通过试验证实灌浆工艺可行,试验区采用混凝土回填溶洞和水泥-水玻璃浆液灌注泥砂碎石层效果较好,水玻璃添加量以质量分数 3% 为宜。

关键词:帷幕灌浆;灌浆试验;水泥-水玻璃浆液;灌浆工艺;中梁一级电站

中图分类号:TV543+.15 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-7647(2011)05-0073-06

Effectiveness of grouting experiments of anti-seepage curtain in reservoir area of Zhongliang No.1 Hydropower Station//
PENG Di^{1,2}, WANG Wei³ 1. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China; 2. Institute of Geotechnical Engineering, Changchun Institute of Technology, Changchun 130021, China; 3. SinoHydro Foundation Engineering Co., Ltd., Tianjin 301700, China)

Abstract: Based on the complex engineering geological conditions in the reservoir area of Zhongliang No. 1 Hydropower Station, representative experimental area was selected for curtain grouting experiment in order to get suitable grouting technology and measures. Double-row curtain grouting holes were set up in the experimental segment and drilled by means of three steps by employing the segmental grouting method of closing the holes and grouting from top to bottom. Meanwhile, C20 concrete was employed to backfill the cavity, and cement mortar was adopted to fill larger fissures. The mud-sand fractured-rock layer was treated by use of cement-silicate grout, cement-fly ash grout and cement-calcium chloride grout. Through checking the water pressure tests, the permeability of the soil stratum was greatly improved after grouting treatment. However, the permeability of five segments exceeded the design requirements, which was concentrated in one segment. The experimental results did not reach the expected goal. The distance between rows of grouting experimental holes could hardly guarantee complete blockage of all the seepage passages. The intensive grouting was suggested in some places where more grout was needed and the soil stratum was broken. The experiments indicate that the grouting technology is feasible. In the experimental area satisfactory effectiveness is achieved by employing concrete to backfill the cavity and cement-silicate grout to fill the mud-sand fractured-rock layer, and the admixing percentage of the silicate should be 3%.

Key words: curtain grouting; grouting experiment; cement-silicate grout; grouting technology; Zhongliang No. 1 Hydropower Station

1 工程概况及试验区工程地质条件

1.1 工程概况

中梁水电站位于重庆市巫溪县境内大宁河干流西溪河上,由中梁一级电站、中梁二级电站和中梁三级电站 3 个梯级电站组成。中梁一级电站坝址位于

中梁乡青岩洞桥上游约 200 m 处,距巫溪县城 49.0 km。坝址控制流域面积为 525 km²,多年平均流量为 17.1 m³/s,多年平均径流量为 5.39 亿 m³。

中梁一级电站库区防渗工程防渗轴线位于坝址上游 6.4 km 的星溪沟下游约 200 m 处,平行于星溪沟布置,灌浆平洞分上下 2 层,上层灌浆平洞为 PD7

勘探平洞扩挖而成;下层灌浆平洞可以通过星溪沟出口附近 212 m 长的斜洞进入,斜洞洞口高程为 585.00 m。上层灌浆平洞底板高程为 626.00 m,全长 517.00 m,设计帷幕灌浆桩号范围为 0+101.00~0+513.00 m,帷幕底线高程为 535.00 m。

1.2 试验区工程地质条件

防渗区位于天元背斜北翼(倒转翼),岩层走向为 280°~285°,倾向 SW,倾角为 65°~88°。背斜核部地层为志留系砂页岩,南翼岩层倾向 SW,倾角约为 45°。防渗不涉及南翼地层。防渗勘探洞(PD7 号平洞)洞向约 189°,与河岸及岩层走向近垂直,平洞洞长 552 m。

灌浆试验地段的地质情况应具有代表性^[1]。试验区布置在帷幕桩号 0+191.00~0+200.00 m,试验区为长兴组与吴家坪组灰色厚层含燧石灰岩,底部王坡段为 3 m 黑色炭质页岩、铝土岩夹煤层。岩层倾角由 67°逐渐过渡到 80°,倾向 SW。试验段揭露 2 个溶洞。

在施工下游排 SX5 孔(0+200.00 m)时,孔深 20.0 m 钻孔开始漏水,20.0~20.5 m 进尺快,起钻后钻具带有少许黄泥,岩芯呈溶蚀状。通过 15.5~20.5 m 灌浆段注浆,浆液可自流孔内但孔内无残留,孔内伴有上窜气流,初步断定与溶洞相通。该孔钻孔加深 10 cm 左右即脱空至 24.0 m 深度,钻具下压 1.0 m(至 25.0 m 深度)取出黄泥。30.5~34.1 m 为黄泥,34.1~34.6 m 取上岩芯,岩芯破碎。40.5~47.0 m 处有多层夹泥层,风化严重。钻进时,有明显失水现象(返水小),返水呈黄色或铁红色。

在施工下游排 SX3 孔(0+196.00 m)时,孔深 10.7 m 钻孔开始漏水,13.5 m 脱空至 18.0 m(10.7~13.5 m 进尺快,起钻后钻具带有黄泥),18.0 m 以下充填黄泥,孔内伴有上窜气流,初步断定该部位所遇溶洞与 SX5 溶洞相连通,为半充填型无水溶洞。

在施工上游排 SX5 孔(0+199.00 m)时,孔深 25.5~30.5 m 有多层夹泥砂,返水正常,水色呈鹅黄色或铁红色。30.5~45.5 m 属强风化层,岩性较软,并伴有夹泥,返水正常,水色为铁红色。此两部位应与溶洞相通。

在施工上游排 SX4 孔(0+197.00 m)时,孔深 25.5~28.0 m 有多层夹泥层,返水为黄色,水中夹有少量泥砂。

2 试验目的及灌浆孔布置

防渗区域工程地质复杂,现场帷幕灌浆试验的目的是:①论证灌浆材料可灌性和浆液配合比的可行性,确定防渗区岩溶、大裂隙和泥砂碎石层灌浆材

料和灌浆方式。②通过灌浆试验,验证设计提供的灌浆孔排数、孔距、灌浆材料、浆液配合比、灌浆压力等能否达到灌浆效果,从而选择符合工程地质条件的灌浆工艺和灌浆技术措施。③研究岩溶处理程序材料配比、工艺方法,并验证其处理后灌浆帷幕防渗的可行性和可靠性。

帷幕灌浆试验段布设双排帷幕灌浆孔,分 3 序钻灌,如图 1 所示。

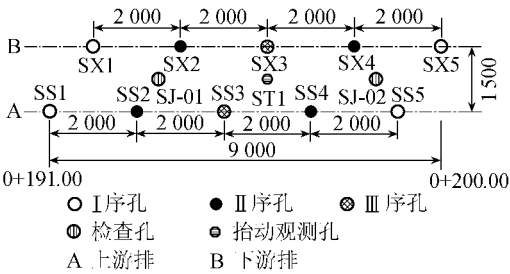


图 1 帷幕灌浆试验孔布置(单位:mm)

3 灌浆试验

3.1 灌浆浆液

灌浆水泥采用 P.042.5 级普通硅酸盐水泥,根据现场地层条件,灌浆浆液水灰比采用 3,2,1,0.8,0.5 共 5 个等级,开灌水灰比采用 3。灌浆浆液由稀至浓逐级变化,在灌浆过程变化水灰比时,以测定回浆管的水灰比为准。当某一级浆液注入量达 300 L 以上,或灌注时间已达 30 min,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不明显时,换浓一级水灰比浆液灌注。

3.2 灌浆方法

由于裂隙较为发育,灌浆采用孔口封闭、自上而下分段灌浆方法^[2-6]。浆液拌制采用集中制浆方式,灌浆采用自动记录仪记录。

3.3 灌浆压力

灌浆分段及灌浆压力按照表 1 执行。第 4 段及以下各段遇特殊情况时可适当缩短或加长灌浆段长度,但最大段长不得超过 8 m。灌浆压力控制采用一次升压法,即尽快达到设计压力,但灌浆过程中注入率较大时采用分级升压法或间歇升压法,并使灌浆压力与注入率相适应。

表 1 灌浆分段及灌浆压力

分 段	段长/m	灌浆压力 P/MPa	
		I 序孔	II, III 序孔
第 1 段(接触段)	2	0.8	1.0
第 2 段	3	1.5	2.0
第 3 段	5	2.0	2.5
第 4 段	5	3.0	3.5
第 5 段	5	3.5	4.0
第 6 段及以下各段	5	3.5	4.0

灌浆过程中灌浆压力应根据浆液注入率与实际情况及时进行调整。当浆液注入率 $\eta > 30 \text{ L/min}$ 时,灌浆压力 P 控制在 $1 \sim 2 \text{ MPa}$ 之间; $\eta = 20 \sim 30 \text{ L/min}$ 时, P 控制在 $2 \sim 3 \text{ MPa}$ 之间; $\eta = 10 \sim 20 \text{ L/min}$ 时, P 控制在 $3 \sim 4 \text{ MPa}$ 之间; $\eta < 10 \text{ L/min}$ 时, $P > 4 \text{ MPa}$ 。

3.4 灌浆施工工艺

帷幕灌浆按分序加密的原则进行施工,并按先 B 排、后 A 排,每排先施工 I 序孔,然后 II 序孔,再 III 序孔的施工顺序进行^[7]。

帷幕灌浆孔采用金刚石钻头钻进成孔,终孔孔径为 $\varnothing 76 \text{ mm}$ 。灌浆开始前,对灌浆孔段进行裂隙冲洗和简易压水试验,灌浆孔段的冲洗采用大流量水冲洗,裂隙采用压力水冲洗,冲洗压力为灌浆压力的 80%,但小于或等于 1 MPa 。

压水试验在裂隙冲洗后进行,一般灌浆孔采用简易压水试验,SX5 先导孔采用自上而下单点法压水,压水试验压力为灌浆压力的 80%,并小于或等于 1 MPa 。

3.5 特殊情况处理

3.5.1 溶洞处理

在施工 B 排 SX5 孔、SX3 孔时,遇到 2 个半充填型溶洞,溶洞脱空 4.0 m 和 6.0 m ,其中 SX3 孔的溶洞竖向发育很深(现场用 90 m 长的管子探测,未到底)现场采用泵送混凝土进行灌注施工。混凝土强度等级为 C20,坍落度为 $18 \sim 22 \text{ cm}$ 。

3.5.2 大裂隙处理

为确保溶洞混凝土灌注后能尽快开展灌浆施工,需灌注水泥砂浆充填较大缝隙,水泥砂浆配合比为:水灰比 0.7,灰砂比 1:1,膨润土掺量 4%。在灌浆过程中,若纯水泥浆灌注量过大则采用水泥砂浆先行灌注,待灌注压力增大后再用纯水泥浆进行复灌。

通过现场实际施工情况看,经过混凝土回填后的溶洞必须用砂浆进行细部充填。多次灌注水泥砂浆能有效堵住大的渗漏通道,效果很好。

3.5.3 泥砂碎石层注浆

3.5.3.1 水泥-水玻璃浆液的应用

水泥-水玻璃浆液可注性较好,可渗透注入裂隙为 0.2 mm 以上的岩体,其凝胶时间短且容易控制,具有早强的特点,且浆液配制容易,使用方便^[8]。试验采用的水泥浆水灰比为 0.5,水玻璃波美度为 40,浆液试验在借鉴其他工程的基础上^[9-11],通过室内和现场实验,选定了水泥-水玻璃浆液配比,在施工中根据现场情况选用。水泥-水玻璃浆液性能参数见表 2。

表 2 水泥-水玻璃浆液性能参数

配比编号	水玻璃掺量/%	初凝时间/min	终凝时间/min
S-1	3	15.0	660
S-2	5	7.5	480
S-3	7	0.5	460

共选择 3 种灌浆方式进行试验:第 1 种是在浆液灌注的同时在孔口向孔内灌入水玻璃,第 2 种孔内下入注浆管和水玻璃灌注管,孔口利用手压泵向孔内压水玻璃,相当于双液灌浆,第 3 种是将水玻璃直接加入搅拌槽内,随浆液一起灌入地层中。在施工过程中,第 1 种方式容易造成假堵现象,灌注量较大,效果不是很好。第 2 种方式是先灌一定量的水泥浆,停泵后立即用手压泵向孔内通过 PVC 管压入水玻璃,试验表明这种方式效果也不好,容易将 PVC 管铸死,处理起来比较费时。第 3 种方式有一定的风险,需要控制好加量,否则会把灌浆泵铸死,损坏设备。但只要控制好加量和加入的时机,效果还是很好的。

通过灌注水泥-水玻璃浆液,可有效减少水泥浆的灌注量,使水泥浆不至于扩散太远,但又能形成可靠的帷幕体。同时,灌注水泥-水玻璃浆液可以大幅度减少复灌次数。通过在 SX3、SX5 和 SS5 孔中试验,灌注水泥-水玻璃浆液效果很好,尤其是在 SS5 孔中灌注效果明显。

3.5.3.2 水泥-粉煤灰浆液的应用

在水泥浆液中加入粉煤灰,改善了搅拌浆液的稠度、和易性、均匀性、泌水性和可灌性,同时也减少了用水量,提高了后期强度^[12]。试验区中应用水泥-粉煤灰浆液主要是针对灌水泥浆吸浆量大、灌浓水泥浆容易堵管、而灌砂浆灌不进的泥砂碎石层,如 SS5 孔。

粉煤灰的品质必须符合要求,粉煤灰采用 II 级粉煤灰,其性能参数如下:细度为 15%(45 μm 方孔筛筛余量),烧失量为 7.8%,含水量为 0.3%^[13]。浆液水固比(水:(水泥+粉煤灰))为 0.5。水泥-粉煤灰浆液性能参数如表 3 所示。

表 3 水泥-粉煤灰浆液性能参数

配比编号	粉煤灰掺量/%	浆液密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	马氏漏斗黏度/s	初凝时间/min
F-1	20	1.77	32	19.45
F-2	30	1.76	34	20.15
F-3	40	1.74	35	20.60

水泥-粉煤灰浆液初凝时间的延长对防止灌浆管路的堵塞有利,浆液黏度大对于泥砂层与岩石层接触面充填有一定的效果。但从施工情况看,实际效果没有预期的理想。

3.5.3.3 水泥-氯化钙浆液

采用水泥-水玻璃浆液的第 1 种和第 2 种方式灌注时效果不理想,而采取直接将水玻璃加入搅拌槽中又怕引起铸泵。氯化钙可以直接加入水泥浆中利用泵灌注,水泥水化加快,但早期强度上升较快^[14]。

选定 2 种掺量的水泥-氯化钙浆液进行对比试验,当氯化钙掺量为 3% 时,初凝时间为 15 min;掺量为 5% ~ 7% 时,初凝时间为 7.5 min。为安全起见,最终选用氯化钙掺量 3% 进行施工。从灌浆试验区 SS5 孔应用的情况来看,对于泥砂碎石层灌注有一定的效果,但不如水泥-水玻璃浆效果好。

4 灌浆质量检查与效果分析

4.1 灌浆质量检查及标准

灌浆检测项目主要为钻孔取芯和压水试验,并结合灌浆成果资料进行综合分析。检查孔压水试验合格标准为帷幕灌浆的质量要求透水率 $q \leq 3 \text{ Lu}$;检查孔第 1 段和第 2 段的合格率为 100%,以下段的合格率在 90% 以上;透水率不得超过设计值的 100%,且为不集中,认为合格。

4.2 单位耗灰量分析

一般情况下,单位注入量应具有随孔序逐序递减的规律。从表 4 可看出:B 排 I 序孔单位注灰量为 763.4 kg/m,II 序孔和 III 序孔单位注灰量分别为 200.9 kg/m 和 162.9 kg/m,灌浆试验区各序孔的单位注入量遵循逐序递减的规律,说明灌浆效果较好。

注浆过程中总体上注入量递减,说明随着灌浆次序的增进,地层逐渐被灌注密实。I 序孔施工时很多孔段不返水,灌注完 I 序孔后大的孔隙已基本被充填,中小孔隙仍存在,并成为主要渗水通道。

表 4 水泥注入量统计

排序	孔序	孔数	钻孔长度/m	灌浆长度/m	注灰量/kg	单位注灰量/(kg·m ⁻¹)
B 排	I	2	187.41	186.41	142 305.39	763.4
	II	1	93.70	93.20	18 723.88	200.9
	III	2	187.41	186.41	30 364.56	162.9
A 排	I	2	187.37	186.37	146 934.11	788.4
	II	1	93.69	93.19	6 877.42	73.8
	III	2	187.37	186.37	26 240.90	140.8

II 序孔和 III 序孔钻孔时返水已经很正常,说明中等以上孔隙已被充填,透水率随着灌浆次序的增加逐渐减小,但 A 排因 SS4 孔、SS5 孔为溶洞发育带,局部段灌浆注入量大,导致 III 序孔注入量比 II 序孔注入量大。

试验段平均注灰量为 430.94 kg/m,注浆量较大。从地质资料来看,本灌浆区岩层为直立岩层,倾角很陡,渗漏通道大部分是沿着帷幕轴线的纵向方向发育,试验布孔形式很难保证把所有的渗漏通道全部堵住,为取得更好的灌浆效果,形成较好的防渗帷幕体,建议在吃浆量大的地方和地层破碎带进行加密灌浆处理。

4.3 压水试验

压水试验的压力为灌浆压力的 80%,但最大压力不超过 1 MPa,在保持稳定的压力下,每 3 ~ 5 min 测读流量 1 次,连续 5 次读数,其最大值与最小值之差小于最终值的 10%,或最大值与最小值之差小于 1 L/min 时,可结束压水试验^[15]。

灌浆前地层的透水性参数如表 5 和表 6 所示。

灌浆试验结束 14 d 后钻进质量检查孔,检查孔按自上而下分段进行压水试验,段长与灌浆分段一致。灌浆后地层的透水性参数如表 7 所示。

从表 7 中可以看出,灌浆处理后,灌浆试验区检

表 5 灌浆孔灌前各段压水透水率区间

排序	孔序	孔数	灌浆 长度/m	总 段 数	透水率区间段数及其占总段数的比例									
					$q \leq 3 \text{Lu}$		$q = 3 \sim 5 \text{Lu}$		$q = 5 \sim 10 \text{Lu}$		$q = 10 \sim 50 \text{Lu}$		$q > 50 \text{Lu}$	
					段数	点总段数 比例/%	段数	点总段数 比例/%	段数	点总段数 比例/%	段数	点总段数 比例/%	段数	点总段数 比例/%
B 排	I	2	186.41	39	2	5.1	3	7.7	13	33.3	10	25.6	11	28.2
	II	1	93.20	19	1	5.3	7	36.8	8	42.1	0	0	3	15.8
	III	2	186.41	38	10	26.3	15	39.5	9	23.7	0	0	4	10.5
A 排	I	2	186.37	38	8	21.1	8	21.1	11	28.9	5	13.2	6	15.8
	II	1	93.19	19	5	26.3	9	47.4	4	21.1	0	0	1	5.3
	III	2	186.37	38	11	28.9	9	23.7	15	39.5	0	0	3	7.9

表 6 灌浆孔灌前各序孔透水率汇总

排序	孔序	最大透水率/ Lu	最小透水率/ Lu	平均透水率/ Lu	排序	孔序	最大透水率/ Lu	最小透水率/ Lu	平均透水率/ Lu
B 排	I	104.14	0.63	19.06	A 排	I	66.86	1.03	12.37
	II	9.04	1.51	5.67		II	6.29	0.54	4.45
	III	64.42	0.31	5.72		III	7.24	0.44	4.05

注:第 1 段(接触段)与不起压段未计算在内。

表 7 检查孔压水试验结果

SJ-01 孔压水试验结果				SJ-02 孔压水试验结果			
段次	段位/m	段长/m	透水率/L _u	段次	段位/m	段长/m	透水率/L _u
1	0.5~2.5	2.0	0.52	1	0.5~2.5	2.0	0.03
2	2.5~5.5	3.0	3.58	2	2.5~5.5	3.0	0.07
3	5.5~10.5	5.0	0.18	3	5.5~10.5	5.0	0.11
4	10.5~15.5	5.0	0.24	4	10.5~15.5	5.0	0.16
5	15.5~20.5	5.0	3.41	5	15.5~20.5	5.0	0.38
6	20.5~25.5	5.0	0.27	6	20.5~25.5	5.0	0.76
7	25.5~30.5	5.0	0.19	7	25.5~30.5	5.0	0.08
8	30.5~35.5	5.0	0.25	8	30.5~35.5	5.0	0.05
9	35.5~40.5	5.0	0.37	9	35.5~40.5	5.0	0.70
10	40.5~45.5	5.0	0.42	10	40.5~45.5	5.0	0.46
11	45.5~50.5	5.0	0.25	11	45.5~50.5	5.0	0.07
12	50.5~55.5	5.0	3.35	12	50.5~55.5	5.0	0.48
13	55.5~60.5	5.0	0.39	13	55.5~60.5	5.0	0.67
14	60.5~65.5	5.0	0.68	14	60.5~65.5	5.0	3.90
15	65.5~70.5	5.0	0.41	15	65.5~70.5	5.0	0.20
16	70.5~75.5	5.0	0.16	16	70.5~75.5	5.0	3.89
17	75.5~80.5	5.0	0.11	17	75.5~80.5	5.0	3.21
18	80.5~85.5	5.0	0.33	18	80.5~85.5	5.0	0.83
19	85.5~88.65	3.15	0.43	19	85.5~88.72	3.22	0.53

表 8 灌浆前后单位透水率区间频率对比

排序	孔序	孔数	总段数	透水区间段数及其占总段数的比例									
				$q \leqslant 3 L_{\text{Li}}$		$q = 3 \sim 5 L_{\text{Li}}$		$q = 5 \sim 10 L_{\text{Li}}$		$q = 10 \sim 50 L_{\text{Li}}$		$q > 50 L_{\text{Li}}$	
				段数	点总段数比例/%	段数	点总段数比例/%	段数	点总段数比例/%	段数	点总段数比例/%	段数	点总段数比例/%
B 排	I	2	39	2	5.1	3	7.7	13	33.3	10	25.6	11	28.2
A 排	I	2	38	8	21.1	8	21.1	11	28.9	5	13.2	6	15.8
SJ-01 孔 SJ-02 孔		2	38	32	84.2	6	15.8	0		0		0	

查孔的平均透水率为 0.83 Lu, SJ-01 孔有 3 段透水率大于 3 Lu, SJ-02 孔也有 3 段透水率大于 3 Lu, 且有 2 段集中, 最大值为 3.90 Lu, 最小透水率为 0.07 Lu, 平均透水率为 0.83 Lu。从压水结果看, 虽然试验区地层透水性大幅度减小, 但部分透水率超过设计要求, 此试验结果为不合格, 究其原因, 水泥-水玻璃浆液凝结时间过快, 堵塞裂隙, 在地层中造成“假堵”现象。

经灌浆处理后, 坝体在设计深度以内的原始渗透条件得到明显改善, 溶洞充填较密实, 部分地段能够满足设计防渗要求, 但部分地段还需要加强。

4.4 灌浆前后透水率比较

灌浆前后单位透水率区间频率对比如表 8 所示。从表 5 和表 8 中可以看出, 灌浆前后透水率降低明显, 灌浆效果较明显, 但并不能满足设计要求, 说明在直立岩层中布孔的孔排距偏大。

灌浆过程中, 随着灌浆次序变化, II、III 序孔的透水率比 I 序孔有明显减少, 但由于试验区地层复杂, 发现上游 A 排 III 序孔的透水率大于 II 序孔, 主要因为 SX4、SX5 孔为溶洞发育带, 局部段透水率较大。

4.5 耐久性压水分析

试验区检查孔压水结束后, 为了验证幕体的可

靠性, 分别对 2 个孔进行了耐久性压水试验, 历时 2 d。各孔耐久性压水试验统计数据见表 9。

表 9 检查孔耐久性压水试验统计结果

孔号	压力/MPa	平均流量/(L·min ⁻¹)	平均透水率/L _u
SJ-01	2.73~3.34	28.62~39.52	0.16~0.2
SJ-02	2.44~2.72	59.03~61.93	0.34~0.48

从压水情况看, 压力和压入流量在全过程中均比较稳定, 没有出现大的异常, 说明帷幕体在高压水头的长期作用下是稳定的。

4.6 钻孔取芯检查

从先导孔 SX5 孔的取芯情况看, 岩芯较破碎, 很难取出完整的岩芯, 岩芯采取率只有 50%~60%; 从检查孔 SJ-01 和 SJ-02 孔的岩芯情况看, 岩芯采取率可达到 90% 左右, 岩芯中可以见到少量水泥结石, 如图 2 所示。在钻孔过程中回水中有许多类似米粒大小、强度很低的水泥结石, 说明地层孔隙被水泥结石充填, 灌浆效果良好。

4.7 抬动观测

灌浆过程中混凝土盖板未发生抬动(桩号 0+195.00m 处设置抬动观测孔(ST1 孔, 直径 76 mm),

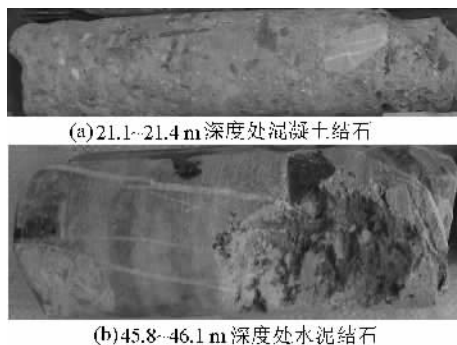


图2 灌浆后钻孔岩芯(SJ-02孔)

抬动值最大仅为0.2 mm,在允许范围内),完全满足设计要求。

5 结 论

a. 通过检查孔的检测,灌浆试验成果未达到预定目标,地层经灌浆处理后,其渗透性能得到很大改善,但检查孔有5段压水透水率超过设计要求,灌浆帷幕未满足设计防渗要求。

b. 从灌浆试验检测结果分析,2排灌浆孔(排距1.5 m,Ⅲ序孔孔距2.0 m)的布孔形式基本能满足设计要求。实际灌浆施工中,在透水性严重的局部加密布置了1排灌浆孔,取得了较好的效果。

c. 溶洞回填C20混凝土、大裂隙灌注水泥砂浆起到了较好的灌注效果,泥夹砂碎石地层从各种浆液应用的效果来看,水泥-水玻璃浆液效果较好,水玻璃添加量以质量分数3%为宜,直接加入泵中。

参考文献:

- [1] 孙钊.大坝基岩灌浆[M].北京:中国水利水电出版社,2004:58-70.
- [2] 马志坚.中卫市照壁山水库坝基处理灌浆试验[J].水利与建筑学报,2009(2):58-60.
- [3] 吴火兵,颜婉鸿.锦屏一级水电站15断层水泥固结灌浆试验[J].人民长江,2008(19):70-71.
- [4] 张景秀.坝基防渗与灌浆技术[M].北京:中国水利水电出版社,2002:158-168.
- [5] 虞万霞,劳文科,王锦国.猴关岩微型地表地下联合水库成库条件分析[J].水资源保护,2004,25(2):69-71.
- [6] 王立彬,燕乔,毕明亮,等.深厚覆盖层防渗中墙幕结合关键技术[J].水利水电科技进展,2010,30(2):63-66.
- [7] 许孝臣,盛金昌,何淑媛,等.防渗帷幕随机缺损的模拟及对坝基渗流的影响[J].河海大学学报:自然科学版,2009,39(5):582-585.
- [8] 阮文军.浆液基本性与岩体裂隙注浆扩散研究[D].长春:吉林大学,2003.
- [9] 刘鹏.青岛胶州湾隧道工程注浆技术研究[D].青岛:山东科技大学,2007.
- [10] 闫勇,郑秀华.水泥-水玻璃浆液性能试验研究[J].水文地质工程地质,2004(1):71-72.
- [11] 赖跃强,吴浩.桥巩水电站一期工程基岩渗漏封堵经验及启示[J].水利水电科技进展,2009,29(S1):20-22.
- [12] 钟维昭,陈阳.水泥-粉煤灰浆液试验及其在隧洞回填灌浆中的应用[J].建井技术,2003(6):18-22.
- [13] GBT 1596—2005 用于水泥和混凝土中的粉煤灰[S].
- [14] 熊厚金,林天健,李宁.岩土工程化学[M].北京:科学出版社,2001:308-310.
- [15] SL31—2003 水利水电工程钻孔压水试验规程[S].

(收稿日期:2011-02-24 编辑:方宇彤)

· 简讯 ·

第9届中国水论坛在兰州举办

由中国自然资源学会水资源专业委员会等主办,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所、兰州大学等共同承办的第9届中国水论坛于2011年8月2—3日在兰州举办,论坛以“水与区域可持续发展”为主题,从多学科交叉、多学科视野深入研讨。主要议题有:①干旱区内陆河流域水与生态,包括:西北内陆干旱区水循环机理;干旱区内陆河流域出山径流对气候变化的响应;流域水文生态过程;干旱区雨水集流系统及其水文生态效应研究;水-生态-经济协调发展的水资源管理及绿洲农业的可持续发展;气候变化/人类活动条件下的湿地生态水安全;生态与环境需水的理论与实践等。②冰冻圈对水、生态及可持续发展影响,包括:冰冻圈对气候变化的响应机理;冰冻圈变化的水文水资源效应;冰冻圈变化的生态效应;冻土及冰雪工程与环境;冰冻圈的脆弱性及其变化的减缓和适应对策;冰冻圈变化对区域发展的影响。③气候变化与区域水循环,包括:气候变化对青藏高原多年冻土区水循环过程的影响;气候变化与三江源区水循环;黄淮海流域气候变化与水循环;东北粮食主产区水循环特征;东南沿海诸河流域水循环变化。④水与农业,包括:气候变化/人类活动条件下粮食安全的水支撑;农业水土资源配置与调控;农业水旱灾害预警/管理及应急处理;土地利用/覆被变化/典型污染对生态水安全的影响机理及其修复等。⑤水资源转化与地下水资源可持续利用,包括:地下水动态过程与变化机理;地下水-地表水转化机理与模拟;土壤水对农业/生态系统的支撑;地下水污染控制及修复;地下水人工调控及模拟管理等。⑥水与灾害,包括:干旱、洪涝灾害;水土流失及次生灾害;地面下沉、海水入侵;流域生态水文过程与河流健康;冰冻圈灾害与气候;水环境与水污染等。⑦城市化过程中的水问题,包括:城市水循环及洪涝;城市水安全;城市用水的合理配置等。⑧区域生态水文过程的人文因素,包括:区域生态安全研究;经济水循环;水利工程对水循环的影响。⑨水技术与观测试验、水文理论与模拟,包括:水系统综合模拟、水文水资源观测系统技术的改进;同位素技术、系统识别技术、系统优化技术、数值模拟技术、PUB问题等。

(本刊编辑部供稿)