

# 新安江水电站坝体补强灌浆设计与施工\*

吴晓鹏,张勤

(河海大学地质及岩土工程系,江苏南京 210098)

**摘要:**采用灌浆法处理病险坝体工期短、投资少、效果明显。首先介绍了新安江水电站坝体补强灌浆问题的提出及设计依据;其次,阐明了坝体补强灌浆的施工工艺,并对灌浆资料进行统计分析;最后,通过检查孔的相关参数对灌浆效果进行综合评价。

**关键词:**坝体;补强灌浆;新安江水电站

中图分类号: TU745 文献标识码: A 文章编号: 1671-5322(2007)01-0076-03

新安江水电站位于浙江省建德市铜官峡谷,设计洪水位为111 m,校核洪水位为114 m,水库的设计正常蓄水位为108 m,汛限制水位为106.5 m,死水位为86.0 m。枢纽采用混凝土宽缝重力坝,坝后厂房顶溢流式布置,拦河坝坝顶全长466.5 m,最大坝高105 m,坝顶高程115 m,大坝自右至左共分26个坝段,坝轴线呈折线,两岸折向上游。右岸0#至6#坝段为挡水坝段,河床7#至16#坝段为溢流坝段,左岸17#至25#坝段为挡水坝段,坝段宽度除个别坝段外,一般为20 m,宽缝约占坝段40%,0#至3#、24#至25#坝段为实体重力坝,4#、23#坝段只有一侧有宽缝。水电站于1957年4月动工,1960年4月第一台机组发电,总装机容量662.5 MW。

## 1 补强问题的提出及处理的必要性

### 1.1 补强问题的提出

新安江大坝浇注混凝土量约131万余 $m^3$ 。1958年2月开始浇捣,到1960年5月基本结束。绝大部分混凝土的质量符合设计要求,但也有一小部分的混凝土由于施工措施或工艺不当,造成混凝土分离、漏震、蜂窝、冷缝以及埋石重叠架空等情况,影响了混凝土的密实性,降低了混凝土的强度。在宽缝内混凝土的壁上有大量的水涌出,表明大坝混凝土质量存在缺陷,究其原因最主要

的是使用了江南300#、400#火山灰水泥,该水泥在施工期有一段时间强度达不到规定的标号,混凝土胶结很差,同时由于凝灰岩掺量过多,活性低,长期暴露在大气中,抗冻、抗风化等性能差,影响到坝体的耐久性。

### 1.2 补强处理的必要性

综上所述,在坝体内使用江南300#、400#火山灰水泥的部位,强度偏低,混凝土质量较差,是宽缝内出现涌水的主要原因。新安江大坝处于极其重要的地位,必须确保其结构稳定性、抗渗性、耐久性和安全性,对低强度混凝土及江南300#、400#火山灰水泥的问题,应引起高度重视。本次先对4#~10#坝段混凝土内部采用江南300#、400#火山灰水泥浇筑的部位进行补强灌浆加固处理。

## 2 4#~10#坝段混凝土补强灌浆设计原则及孔位布置

### 2.1 设计原则

依照1964年新安江水力发电工程局《各坝段混凝土试块强度及施工情况汇总图》、《坝体低强度混凝土调查分析报告》(1965年2月)和《混凝土质量控制资料的分析报告》(1963年9月)中反映的曾使用火山灰水泥的区域,确定需要处理的范围。

\* 收稿日期: 2007-01-09

作者简介: 吴晓鹏(1980-)男,江苏如皋人,硕士研究生,主要研究方向为地质体防渗加固。

## 2.2 补强灌浆孔位布置

各孔孔位及孔深详见表 1, 布置图见图 1。

表 1 各孔孔位及孔深

Table 1 Position and depth of holes

坝段编号	孔口高程及排数 (m/m)	灌浆孔数 (个)	每孔孔深 (m)	总孔深 (m)
4 <sup>#</sup>	55.3 - 57.3 共 2 排	9	18.8	169.2
5 <sup>#</sup>	34.9 共 1 排	4	11.0	44.0
6 <sup>#</sup>	37.2 - 59.7 共 10 排	65	11.0	715.0
7 <sup>#</sup>	11.8 - 59.7 共 13 排	12	9.6	115.2
		63	7.6	478.8
8 <sup>#</sup>	41.6 - 56.5 共 7 排	29	10.7	310.3
9 <sup>#</sup>	50.0 - 52.5 共 2 排	5	10.7	53.5
10 <sup>#</sup>	41.5 - 49.2 共 4 排	15	10.7	160.5

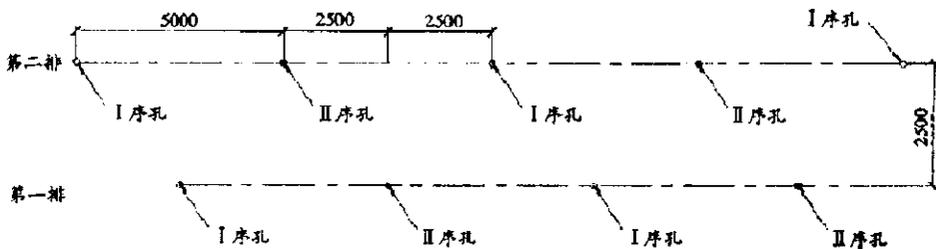


图 1 孔位布置图

Fig. 1 Position of holes

应过筛, 制备后未在初凝时间 30 min 前施灌的浆液或温度超过 40℃ 的浆液应予以废弃, 不得用于灌浆作业。灌浆应优先采用单孔灌浆的方法, 但在注入量较小的地段, 同一次序的灌浆孔可并联灌浆, 孔数不超过 2 个, 孔位宜保持对称。灌浆应按分序加密的原则进行, 一般宜分为两个次序, 一个坝块内的补强灌浆, 宜先灌注周边孔, 形成封闭圈后, 再灌注坝块中央的孔。宽缝灌浆采用自外至里分段钻灌, 段长小于 5 m, 每孔回浆管压力, 第 I 段可为 0.3 MPa, 中间各段不大于 0.5 MPa。在设计压力下, 灌浆注入率不大于 0.5 L/min, 延续 30 min, 即可结束该段补强灌浆。封孔采用压力灌浆封孔法, 在同段灌浆压力下, 灌注 0.6:1 的浓浆。灌浆情况详见表 2。

## 4 灌浆质量检查

根据设计和规范要求, 各宽缝坝体混凝土补强灌浆完成 7d 后, 进行灌浆质量检查。检查方法采用常规打检查孔做压水试验、声波 CT 测试及芯样力学强度试验进行评价, 孔径和孔深与相邻孔一致。检查孔布置于一排孔中透水率及灌浆量较大的两孔中间(见图 2), 孔数不少于总孔数的 10%。通过对压水试验及灌浆资料的分析,

## 3 灌浆工艺及施工<sup>[1-2]</sup>

现场灌浆孔采用 XGZ - 150 型钻机  $\varphi 76$  mm 金刚石钻头钻进, 排距 2.5 m, 孔距 5.0 m。每段钻孔结束后, 将灌浆塞塞在该灌浆段以上 0.5 m 处, 进入灌浆管口距段底小于 0.5 m, 并采用压力水冲洗, 直至回水清净后持续 10 min 止, 洗孔后均作简易压水试验, 冲洗和压水压力值取灌浆压力的 80%。灌浆水泥主要采用海螺牌磨细改性硅酸盐水泥, 灌浆用水就地抽取库内清水, 水质符合 JGJ3 - 89 第 3.0.4 规定。浆液拌制使用高速搅拌机, 搅拌时间不得少于 30 s, 浆液在使用前

表 2 6<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>坝段灌浆资料统计

Table 2 Grouting statistics for 6<sup>#</sup> 7<sup>#</sup>

坝段编号	排序	孔段起迄 (m/m)	透水率 $q$ (Lu)		孔段单耗 (Kg/m)	
			Max	Min	Max	Min
6 <sup>#</sup>	一	0.0 - 11.0	40.50	0.00	1187.60	0.13
	二	0.0 - 11.0	80.56	0.00	151.89	0.65
	三	0.0 - 11.0	72.00	0.00	274.54	0.43
	四	0.0 - 11.0	81.23	0.00	602.00	0.81
	五	0.0 - 11.0	46.88	0.00	352.50	0.48
	六	0.0 - 11.0	37.50	0.00	797.20	0.32
	七	0.0 - 11.0	200.00	0.00	679.75	0.32
	八	0.0 - 11.0	71.88	0.00	269.50	0.26
	九	0.0 - 11.0	16.13	0.00	126.00	0.43
	十	0.0 - 11.0	62.50	0.00	238.00	0.86
7 <sup>#</sup>	一	0.0 - 9.60	11.90	0.00	89.20	0.43
	二	0.0 - 9.60	7.50	0.00	21.50	0.43
	三	0.0 - 9.60	1.66	0.00	5.84	1.08
	四	0.0 - 7.60	2.50	0.00	1.84	0.00
	五	0.0 - 7.60	1.67	0.00	9.46	0.00
	六	0.0 - 7.60	3.33	0.00	8.17	0.23
	七	0.0 - 7.60	8.33	0.00	9.50	0.46
	八	0.0 - 7.60	2.23	0.00	6.45	0.35
	九	0.0 - 7.60	2.50	0.00	12.50	0.23

另 4<sup>#</sup>坝段  $q$  (Max 2.7 Lu), 单耗 (Max 9.29 Kg/m), 5<sup>#</sup>坝段  $q$  (Max :6.7 Lu), 单耗 (Max :48.8 Kg/m), 8<sup>#</sup>坝段  $q$  (Max 5.4 Lu), 单耗 (Max 21.5 Kg/m) 9<sup>#</sup>坝段  $q$  (Max :

2.33Lu)、单耗( Max :12.3 Kg/m ),10# 坝段 q( Max :3.67Lu ),单耗( Max :14.3 Kg/m )。

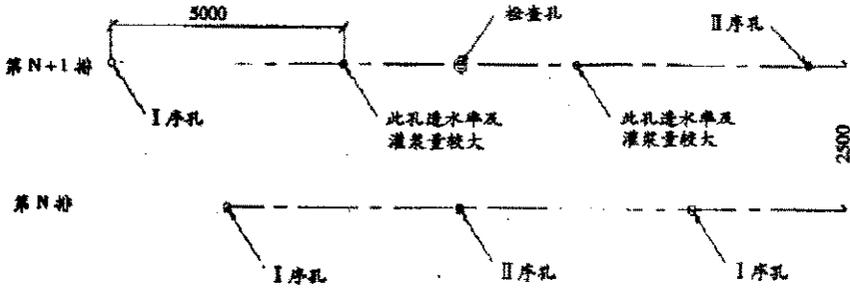


图 2 检查孔布置图

Fig. 2 Position of checking holes

6#、7# 坝段透水率及孔段单耗均较其他坝段大得多 因此在 6# 坝段布置 15 只检查孔,7# 坝段布置 3 只检查孔,约为总孔数的 14%。

### 5 效果评价

(1)从检查孔取芯及压水试验情况来看,所取砼芯多处附有薄膜,少数芯段有完整水泥结石,如检 6# 孔孔深 3.4 - 4.2 m 及 6.1 - 7.6 m 段砼芯。水泥结石强度较高,与周围混凝土结合紧密。

(2)6#、7# 坝段透水率最大值 200Lu,平均值 4.7Lu,孔段单耗最大值 1187.6kg/m,平均值 26.8 kg/m,检查孔透水率最大值 3.33Lu,平均值 0.69Lu,孔段单耗最大值 16.64kg/m,平均值 4.32 kg/m。比较可看出透水率减少 85%,孔段

单耗减少 84%。

(3)灌浆结束后对相应孔进行了声波 CT 测试,灌前波速低于 3 800 m/s 的坝段,灌后波速提高 5% - 10%,最大提高 22%。

(4)灌前芯样弹模最小值为  $1.78 \times 10^3$  MPa,灌后最小值为  $2.65 \times 10^3$  MPa,提高 33%,基本达到预期设计值。

### 6 结语

通过对灌浆方案的优化设计,质量控制过程观测以及灌浆后检查,本次补强灌浆施工取得了预期的效果,达到了设计要求。其施工简便、设备配置简单、施工功效高、工程造价低等优点可供类似大坝补强工程参考。

致谢 本文在现场数据采集和资料整理过程中得到了新安江水力发电厂检修部何少云主任、蔡志云工程师等的大力支持,在此表示衷心感谢!

### 参考文献:

- [1] 张景秀. 坝基防渗与灌浆技术[M]. 北京: 水利水电出版社, 2002.
- [2] 陈兴年, 刘国彬, 侯学渊. 挤压注浆在上海地区的发展探讨[J]. 岩石力学与工学报, 2003(3): 27 - 30.

## Design and Construction of Grouting Reinforcement to the Dam Body of Xinan Jiang Hydropower Station

WU Xiao - peng , ZHANG Qin

( Department of Geological and Civil Engineering , Hohai University , Jiangsu Nanjing 210098 , China )

**Abstract** Grouting is widely used in handling to dangerous dam bodies with the advantages as follows : short construction period , investment - saving and good effect. The article begins with a brief introduction to the design of grouting reinforcement to the dam body for Xinan Jiang hydropower station. Then , it illustrates the construction technique for dam body grouting and reinforcement and analyses the data of grouting. Finally , the article processes the comprehensive valuation of grouting effects through relevant parameters of checking holes.

**Keywords** 工程数据; grouting and reinforcement ; Xinan Jiang Hydropower Station