

用达标法和对比法评价光照电站 坝基灌浆效果

尹学林

(中国水电顾问集团 贵阳勘测设计研究院, 贵阳 550081)

摘要: 介绍了北盘江光照水电站坝基固结灌浆效果物探声波检测的方法、原理及现场工作布置, 针对不同测区的岩体, 对灌浆前后波速提高幅度及提高率进行了分析计算, 利用达标法和对比法进行比较, 最后采用达标法综合评价光照水电站坝基固结灌浆效果。

关键词: 大坝基础; 固结灌浆; 灌浆效果

中图分类号: P631

文献标识码: A

收稿日期: 2009-05-18

Evaluate the Dam Foundation Grouting Effect of the Guangzhao Hydropower Station

Yin Xuelin

(China Hydropower Survey and Design Advisory Group Research Institute of Guiyang, Guiyang 550081, China)

Abstract: This paper introduces the geophysical prospecting sonic testing method and principle of the consolidation grouting effect of the dam foundation in the Beipanjiang Guangzhao hydropower station. According to rock from different surveying areas, it makes analysis on the increase and efficiency of the wave speed before and after grouting. Comparing the two methods of standard evaluation and contrasting evaluation, it finally adopts the standard method to evaluate consolidation grouting efficiency of the dam foundation in the Guangzhao hydropower station.

Key words: dam foundation; consolidation grouting; grouting effect

当坝基岩体存在断层破碎带、爆破松动带或局部节理溶蚀裂隙发育时, 岩体的物理力学性质、完整性等将受到显著影响, 其力学指标和整体性能明显降低。为了提高和改善地基岩体的力学性能, 增强坝基的稳定性与均匀性, 需要对坝基岩体进行灌浆处理。灌浆效果的好坏, 过去主要依据压水试验的透水率及吸浆量来评价。随着物探技术的进步与发展, 现今岩体固结灌浆效果物探检测已应用于国内几乎所有的大中型水电项目建设中, 在其快速、方便、经济和准确的优势条件下, 受

到了广大工程建设者与专家学者的重视和肯定, 灌浆效果物探检测的相关规定与要求, 已编入灌浆施工技术规范和水电水利工程物探规程中。

灌浆效果物探检测主要采用达标法进行评价, 对于前期阶段的灌浆效果试验或特殊部位及小规模灌浆, 一般采用对比法进行分析评价。

1 工程地质概况

光照水电站位于北盘江中游, 贵州省关岭、晴

隆两县交界的光照河段,距贵阳 162km。是一个以发电为主,航运其次,兼顾灌溉、供水等综合效益的水利枢纽。坝址控制流域面积 13 548km²,水库正常蓄水位 745m,水库回水长 69km,总库容 32 45×10⁸m³。装机容量 1040MW,保证出力 180 2MW。大坝为碾压混凝土重力坝,最大坝高 205.5m,坝顶全长 412m,为世界同类坝型最高坝之一。本电站为北盘江干流最大梯级水电站,水库具有多年调节性能。

坝区地层为 T_{1yn}¹⁻¹、T_{1yn}¹⁻²、T_{1yn}¹⁻³ 薄至中厚层夹厚层灰岩及少量泥质灰岩。断层有 F₁ 和 F₂ 两条,其中, F₁ 主要发育于 T_{1yn}¹ 厚层灰岩中,断层产状 N70°~83°W, SW D 68°~74°,破碎带宽 2~5m,局部 3~5m,断距不明显,长 2km,为逆断层。F₂ 断层在 F₁ 断层下游 130m,发育于 T_{1yn}¹~T_{1yn}³ 地层中,总体产状走向 EW、倾向 S、倾角 72°,长度小于 1.5km,为逆断层,断距 1~2m。断层组由 F₂₋₁、F₂₋₂ 两个断裂面组成,两断裂面相距 10m 左右,其间为厚层灰岩,岩体不太破碎,沿主裂面局部见断层泥、角砾岩,一般胶结良好。

坝基开挖爆破松动影响带厚度为 0.6~3.4m,一般为 2.0~3.0m。

2 设计评价标准

1) T_{1yn}¹ 为 85% 的测点 V_P ≥5000m/s; V_P ≤4500m/s 的测点数不大于 3%,且不集中。

2) F₁、F₂ 断层破碎带为 85% 的测点 V_P ≥4000m/s; V_P ≤3500m/s 的测点数不大于 3%,且不集中。

3 检测方法与技术

3.1 检测方法

采用单孔声波与跨孔声波两种方式进行测试,其中,单孔声波采用单发双收观测系统,跨孔声波采用单发单收同步观测系统。最后两种方法均根据走时差计算介质的纵波波速 V_P。

3.2 灌浆波速提高率 R

先在灌前孔中测试岩体的波速值 V_{P1},待灌浆到达龄期后,测试灌后的岩体波速值 V_{P2},按

(1) 式计算灌浆波速提高率 R:

$$R = \frac{V_{P2} - V_{P1}}{V_{P1}} \times 100\% \quad (1)$$

根据波速提高率 R 来评价岩体的灌浆质量。

3.3 灌浆效果评价

对比法是在同一位置的灌浆孔内对灌前与灌后的声波值进行检测,分析计算和绘制灌前和灌后的统计曲线,计算得灌浆波速提高率 R,最后评价某一灌浆单元的灌浆效果。

达标法是对灌后某一灌浆单元内的声波 V_P 值进行分析计算,再依据地质情况分别与设计标准或达标值进行比较,得出达标率,并评价测试单元的合格程度。

4 资料解释与成果分析

4.1 灌浆效果分析

光照水电站坝区地层为 T_{1yn}¹⁻¹、T_{1yn}¹⁻² 薄至中厚层夹厚层灰岩及少量泥质灰岩,断层有 F₁ 和 F₂ 两条,其中,断层 F₂ 胶结较好,对波速的影响较小,不再划分其断层带。这里通过对坝右 Y-XXIV~Y-XXV 灌浆单元、坝左 Z-XXII~Z-XXVI 灌浆单元各 2 个孔进行灌前灌后单孔声波试验,并绘制波速对比曲线,用对比法与达标法对比分析灌浆效果。坝基固结灌浆孔均呈梅花型布置,孔距、排距均为 3.0m,孔深为入基岩 8.0~15.0m,孔向铅直向下。声波检测孔在灌浆孔两孔中间位置,不重合,检测钻孔位置详见图 1。

1) 坝右 Y-XXIV~Y-XXV 灌浆单元单孔声波。钻孔深度为 9.2~10.8m,测试点数灌前 97 个,灌后 106 个。

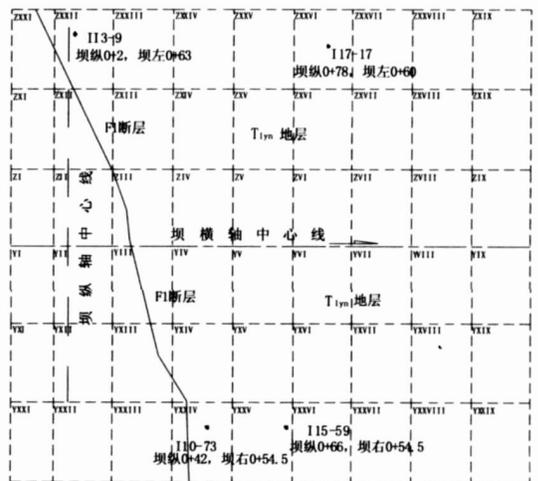


图 1 灌浆效果声波试验钻孔布置示意图

Fig. 1 Effect of sonic test drilling grouting

采用达标法,该单元灌前波速 $V_P \geq 5000\text{m/s}$ 的测点占 83.51%, $V_P \leq 4500\text{m/s}$ 的测点占 9.28%。灌后波速 $V_P \geq 5000\text{m/s}$ 的测点占 85.85%, $V_P \leq 4500\text{m/s}$ 的测点占 2.83%, 且不集中, 灌浆检测结果为合格(表 1)。

采用对比法,该单元灌前平均速度 5424m/s, 灌后平均速度 5656m/s, 与灌前相比灌后波速平均提高率为 4.33%(图 2)。

2) 坝左 Z- XXII~ Z- XXVI 灌浆单元单孔声波。钻孔深度为 9.2~ 10.4m, 测试点数灌前 98 个, 灌后 104 个。

采用达标法,该单元灌前波速 $V_P \geq 5000\text{m/s}$

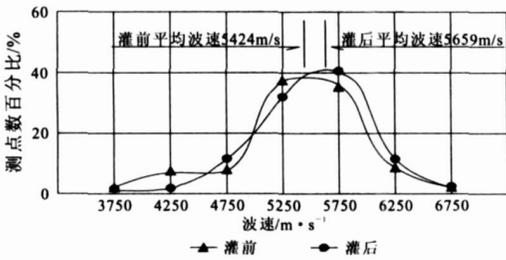


图 2 坝右 Y- XXIV~ Y- XXV 单元灌前灌后对比法计算成果

Fig. 2 Result before and after grouting in the unit of the right dam Y- XXIV ~ Y- XXV

的测点占 70.41%, $V_P \leq 4500\text{m/s}$ 的测点占 15.31%。灌后波速 $V_P \geq 5000\text{m/s}$ 的测点占 87.50%, $V_P \leq 4500\text{m/s}$ 的测点占 2.88%, 且不集中, 灌浆检测结果为合格(表 2)。

采用对比法,该单元灌前平均速度 5323m/s, 灌后平均速度 5581m/s, 与灌前相比灌后波速平均提高率为 4.84%(图 3)。

4.2 大坝基础固结灌浆综合检测成果

光照水电站大坝基础灌浆检测项目要求对坝基、坝踵、坝趾的灌浆孔以 3%~ 5% 的抽检比例进行单孔声波、跨孔声波灌浆检测。检测单孔声波工作量 5532.5m, 跨孔声波工作量 838.5m, 钻

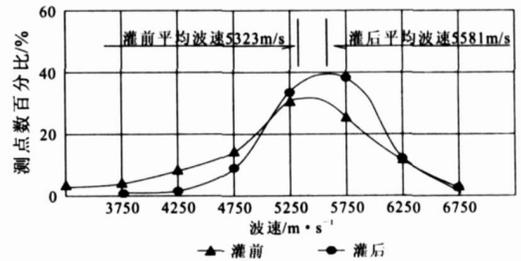


图 3 坝左 Z- XXII~ Z- XXVI 单元灌前灌后对比法计算成果

Fig. 3 Result before and after grouting in the unit of the left dam Y- XXIV ~ Y- XXV

表 1 坝右 Y- XXIV~ Y- XXV 单元灌后声波检测成果

Table 1 Sonic testing result after grouting in the unit of the right dam Y- XX I V~ Y- XXV

波速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	灌 前			灌 后		
	测点数/个	百分比/%	累计百分比/%	测点数/个	百分比/%	累计百分比/%
< 3500	0	0	100	0	0	100
3500~ 4000	2	2.06	100	1	0.94	100
4000~ 4500	7	7.22	97.94	2	1.89	99.06
4500~ 5000	7	7.22	90.72	12	11.32	97.17
5000~ 5500	36	37.11	83.51	34	32.08	85.85
5500~ 6000	35	36.08	46.39	43	40.57	53.77
6000~ 6500	8	8.25	10.31	12	11.32	13.21
≥ 6500	2	2.06	2.06	2	1.89	1.89

表 2 坝左 Z- XXII~ Z- XXVI 单元灌后声波检测成果

Table 2 Sonic testing result after grouting in the unit of the left dam Z- XXII ~ Z- XXVI

波速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	灌 前			灌 后		
	测点数/个	百分比/%	累计百分比/%	测点数/个	百分比/%	累计百分比/%
< 3500	3	3.06	100	0	0	100
3500~ 4000	4	4.08	96.94	1	0.96	100
4000~ 4500	8	8.16	92.86	2	1.92	99.04
4500~ 5000	14	14.29	84.69	10	9.62	97.12
5000~ 5500	30	30.61	70.41	35	33.65	87.50
5500~ 6000	25	25.51	39.80	40	38.46	53.85
6000~ 6500	12	12.24	14.29	13	12.50	15.38
≥ 6500	2	2.04	2.04	3	2.88	2.88

表 3 大坝基础灌浆效果物探声波成果汇总统计

Table 3 The geophysical prospecting sonic result of the dam foundation grouting effect

序号	位置区域	单元/个	平均波速/ $m \cdot s^{-1}$	合格单元/个	合格率%	备注
1	左坝: Z1~ ZIX, 右坝: Y1~ YIX	21	5243~ 5860	19	90.5	2 单元补检
2	左坝: ZX~ ZXIX, 右坝: YX~ YXIX	37	5204~ 5812	35	94.6	2 单元补检
3	左坝: Z20~ Z28, 右坝: Y20~ Y28	29	5329~ 5908	29	100	
4	左坝: BZ29~ BZ34, 右坝: BY29~ BY34	25	5287~ 5760	22	88.0	3 单元补检
5	左坝: BZ35~ BZ39, 右坝: BY35~ BY39	30	5342~ 5688	30	100	
6	左坝: BZ40~ BZ43, 右坝: BY40~ BY41	10	5436~ 5648	10	100	
7	合计	152		145	95.4	

表 4 大坝基础 F1 断层带灌浆效果物探声波成果汇总统计

Table 4 The geophysical prospecting sonic result of F1 fault grouting of the dam foundation

序号	位置区域	单元/个	平均波速/ $m \cdot s^{-1}$	合格单元/个	合格率%	备注
1	右坝: Y1~ YIX	3	5135~ 5347	3	100	
2	右坝: YX~ YXIX	5	5170~ 5389	5	100	
3	右坝: Y20~ Y28	2	5023~ 5246	2	100	
4	右坝: BY29~ BY34	6	5111~ 5358	6	100	
5	右坝: BY35~ BY39	4	5185~ 5273	4	100	
6	右坝: BY40~ BY41	3	5125~ 5209	3	100	
7	合计	23		23	100	

孔深度在 8~ 25m 之间, 其中完整岩体划分为 152 单元(348 孔), F1 断层带划分为 23 单元(58 孔)。

灌浆效果评价采用达标法—设计标准进行, 以单元为单位进行评价。通过试验资料对比分析, 光照坝区跨孔声波比单孔声波值高 2.78%, 在评价中以单孔声波为标准进行校核统计计算。完整岩体检测结果见表 3, F1 断层带检测结果见表 4。

4.3 检测结果分析

1) 坝基完整岩体检测孔数 152 个, 合格孔数 145 个, 合格率 95.4%, 不合格孔采用补灌检测完成。完整岩体灌后波速平均值在 5204~ 5908m/s 之间(表 3)。

2) F1 断层带检测孔数 23 个, 合格孔数 100%。F1 断层带灌后波速平均值在 5023~ 5389m/s 之间(表 4)。

3) 完整岩体灌前灌后波速对比测试进行了 5 个单元, 声波速度提高率在 2.9%~ 6.5% 之间, 波速提高平均值为 4.4%。

5 结 语

1) 灌浆效果物探检测通常采用对比法和达标法进行评价, 但对比法一般用于灌浆检测项目的开始阶段、试验阶段或特殊区段, 它是设计分析与

提出基础岩体灌浆指标的前提和依据, 通过灌前、灌后试验检测对比, 得出相关灌浆参数和设计验收标准。达标法通常在对比法完成之后, 试验得到物探检测的设计验收标准, 达标法根据设计验收标准进行检测评价。达标法通常作为灌浆效果评价的主选方法。

2) 光照水电站大坝基础灌浆物探检测主要采用达标法评价灌浆效果, 该方法不仅及时、便捷, 而且检测结果与工程地质情况及地段吸浆量对应良好, 灌浆效果检测较好。

3) 采用达标法评价灌浆效果, 需要根据钻孔深度及测点数合理选取评价单元, 评价单元中的测点数不能太少, 必须满足数理统计的基本要求, 但测点数也不能太多, 区域不能太大, 否则不能真实地反映检测区的实际情况, 造成不合格区域(补灌区域)的扩大化。

参考文献:

- [1] 孙钊. 大坝岩石基础灌浆施工[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [2] 王亚军, 张我华. 堤防工程广义可靠性分析及参数敏感性研究[J]. 工程地球物理学报, 2008, 5(5): 617~ 623.
- [3] 卢军, 陈刚, 程升明. 某水库工程防渗墙质量检测与评价[J]. 工程地球物理学报, 2008, 5(1): 79~ 84.