

文章编号: 1006—2610(2019)01—0077—04

大岗山水电站泄洪洞泄洪雾化观测成果分析

王继刚¹, 汤国庆², 罗永钦³,

(1. 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 西安 710065; 2. 国电大渡河大岗山水电开发有限公司, 四川石棉县 625400; 3. 中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司, 昆明 650000)

摘要: 巨型电站高坝工程泄洪形成的泄洪雾化现象对水利枢纽的正常运行、交通安全、周围环境甚至下游岸坡稳定均可能造成危害。运行实践表明, 大型水电工程的泄洪雾化, 由于降雨强度及其影响范围相当大, 与常规的自然降雨相比对水利枢纽附属建筑物和下游岸坡所造成的威胁、破坏要大得多, 泄洪雾化作为环境问题受到了社会各方面的极大关注。通过大岗山水电站泄洪洞雾化原型观测, 提出合理的安全调度运行方式, 确保泄水建筑物运行的合理性、可靠性和安全性, 为泄水建筑物的合理调度以及验证工程设计正确性、合理性提供了依据。

关键词: 泄洪洞; 泄洪; 雾化观测; 大岗山水电站

中图分类号: TV651

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-2610.2019.01.018

Analysis of the Observation Results of Flood Discharge Atomization at the Flood Discharge Tunnel of the Dagangshan Hydropower Station

WANG Jigang¹, TANG Guoqing², LUO Yongqin³

(1. PowerChina Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an 710065, China;

2. CHN Energy Dadu River Dagangshan Hydropower Development Co., Ltd., Shimian County, Sichuan 625400, China;

3. PowerChina Kunming Engineering Corporation Limited, Kunming, Yunnan 650000, China)

Abstract: The flood discharge atomization occurs at large-scale hydropower station during the flood discharge of the high dam may cause harm to the normal operation of the hydraulic complex, traffic safety, the surrounding environment and even the stability of the downstream bank slope. The operation practice shows that the flood discharge atomization of large-scale hydropower station causes intense rainfall and impacts a large area, and the threats and damages caused to the affiliated buildings of hydraulic complex and the downstream bank slopes are much more severe than the conventional natural rainfall. Flood discharge atomization has received great attention from all aspects of society as an environmental issue. Through the atomization prototype observation of the discharge tunnel of the Dagangshan Hydropower Station, a reasonable safe scheduled operation mode is proposed to ensure the operating rationality, reliability and safety of the flood discharge structure, providing the basis for the reasonable scheduling of the flood discharge structure and the engineering verification of design validity and rationality.

Key words: flood discharge tunnel; flood discharge; atomization observation; Dagangshan Hydropower Station

1 工程概况

大岗山水电站位于四川省大渡河中游雅安市石棉县挖角乡境内, 是大渡河干流规划 22 个梯级的第 14 个梯级水电站, 为 I 等大(1)型工程。水库正常

蓄水位 1 130.00 m, 死水位 1 120.00 m, 总库容 7.42 亿 m³, 调节库容 1.17 亿 m³。枢纽由混凝土双曲拱坝、水垫塘及二道坝、泄洪隧洞、引水及尾水建筑物、地下式发电厂房、开关站等组成, 最大坝高 210 m。

泄洪洞位于大坝右岸, 为无压泄洪洞, 进口为开敞式, 出口采用挑流消能。隧洞段总长度 1 077.5 m, 标准横断面为圆拱直墙型, 采用钢筋混凝土全断面衬砌, 衬砌后断面为 14 m×18 m(宽×高)。最大泄量为 3 352 m³/s, 最大流速为 41.95 m/s。

收稿日期: 2018-10-18

作者简介: 王继刚(1989-)男, 湖北省麻城市人, 工程师, 从事施工期安全监测管理工作。

2 泄洪雾化观测工况及测点布置

观测工况为泄洪洞汛期汛限水位(1 123.00 m)单独运行、泄洪洞闸门全开时的泄洪雾化观测以及部分测点的风速、温度、气压、湿度及噪音等环境量监测。

泄洪洞泄洪雾化观测区域分为泄洪洞出口上游侧、左岸低线公路、右岸低线公路 3 个区域。

泄洪洞出口上游侧区域布置 5 个雾化浓度测点, 测点编号为 DS12、DS13、DS14、DS15、DS16(该测点处于强降雨区, 使用电测降雨量测量); 2 个降雨量测点, 测点编号为 HM06、HM15; 1 个风速、温度、气压测点, 测点编号为 Q03。

左岸低线公路区域布置 8 个降雨量测点, 测点编号为 HM20、HM21、HM22、HM23、HM24、HM25、HM26、HM27, 其中 HM20、HM21、HM22、HM23 测点使用电测方式测量。

右岸低线公路区域布置 2 个雾化浓度测点, 测点编号为 DS17、DS18; 5 个降雨量测点, 测点编号为 HM28、HM29、HM30、HM31、HM32。

3 观测方法

3.1 雾化观测

泄洪雾化观测是以电测、人工测量、摄像照相 3 种方法相结合的方式进行。

在正式观测前, 观察确定雾化观测点范围和布点位置。测点重点布置在左右岸低线公路、泄洪洞出口对岸山坡上。

(1) 电测降雨量

泄洪洞泄洪时, 在雾化强降雨区或人不能到达的区域不可能人工观测, 也不安全, 采用电测法进行^[4]。采用雾化降雨量传感变送器和数据集中采集处理系统进行观测, 同步实时采集各测点的降雨过程。

观测前使测量系统在通电状态下预热 30 min, 放水前传感变送器调零并采集保存, 闸门全启时便可进行观测采集, 采样周期 $\Delta t = 1\text{ s}$, 一次样本容量 4 096 个, 可连续观测至结束。放水结束后对系统终值进行采集保存。

(2) 人工雨雾测量

对于弱雾化降雨区和雾化边界地区^[5], 可采用人工雨量采集的方法, 同时对观测区内的自然气象和泄洪条件下的风向、风速进行观测, 以综合分析描

述泄洪雾化区的范围及扩散趋势, 与其地形条件、自然气象条件及泄洪流量等因素的影响关系。

考虑到深孔泄洪时, 左右两岸 971.000 m 公路有大量的积水及溅水, 电测法所使用的电缆线容易被冲掉, 因此强降雨区采用了自制超大量程的雨量筒进行观测。

(3) 摄像照相

通过摄像和照相的方式, 记录水舌雾化纵向和横向扩散的范围。

3.2 环境量观测

环境量测量包括风速、温度、气压、湿度及噪音的测量, 使用对应的测量仪器分别测量泄洪前和泄洪时主要区域各项环境量数据。泄洪前测量这些区域的背景数据, 待泄洪工况稳定后, 记录泄洪时间, 测量同一位置的风速、温度、气压、湿度及噪音, 探求泄洪造成的环境量改变^[6-9]主要影响区域、衰减规律。

4 观测成果分析

2015 年 9 月 14 日 15:30~16:40 对泄洪洞泄洪进行观测。上游水位为 1 122.68 m, 泄洪洞闸门开度 11 m(全开), 泄洪洞流量 $1\,344\text{ m}^3/\text{s}$, 观测成果见表 1。

4.1 泄洪雾化观测成果

泄洪洞泄洪时, 实测降雨强度见表 1, 降雨强度等值线分布见图 1, 降雨强度区域分布见图 2。观测成果表明:

(1) 泄洪洞泄洪时, 雾化随泄流风向下游扩散, 泄洪洞出口上游侧区域无降雨。沿下游方向, 降雨强度逐渐减弱。雾化爬升高度低, 且主雾流偏向河道右岸, 不影响右岸挖角通至泸定的交通运行。

(2) 泄洪洞全开时水舌落水区附近平台降雨量较大, 降雨量达 377 mm/h , 随之沿下游方向急剧减小, 距离泄洪洞出口 350 m 处时降雨仅为 43.9 mm/h 。2 号临时桥桥墩处, 虽有明显的泄流风, 但降雨量为零。直至电站尾水, 泄洪雾化对该段低线公路交通运行和人员生活基本无影响。

(3) 水舌落水区附近平台沿左岸边坡方向, 降雨量也呈明显的减弱趋势, 边坡最大降雨量为 29 mm/h , 泄洪洞泄洪时对左岸边坡影响较小, 顺下游方向 200 m 左右, 边坡降雨消失。

(4) 泄洪洞出口右侧水舌落水区为强降雨区, 降雨强度超过 391 mm/h , 降雨强度沿下游方向有减

表1 泄洪洞出口各测点测量数据汇总表

序号	测点	温度/℃		降雨浓度/%		噪声/dB		风速/(m·s ⁻¹)		大气压/hPa		降雨量 /(mm·h ⁻¹)
		未泄洪	泄洪中	未泄洪	泄洪中	未泄洪	泄洪中	未泄洪	泄洪中	未泄洪	泄洪中	
1	DS12	19.6	21.0	82.9	88.1	61~73	68.5	0.6~1.3	0.3~0.8	903.4	902.2	0
2	DS13	27.1	21.3	68.2	88.5	64.5	67.4	0.8~1.3	0	903.7	902.8	0
3	DS14	26.5	22.2	69.5	87.6	57.3	66.8	0.7~1.1	0	903.5	902.6	0
4	DS15	22.6	20.1	71.5	94.3	69.0	73.5	0	1.2	903.1	902.5	9.4
5	DS16	21.9	—	74.9	—	53.1	—	1.04	—	903.0	—	377
6	DS17	18.6	—	81.7	—	58.3	—	2.13	—	903.7	—	>391
7	DS18	19.7	—	89.4	—	71.4	—	0.91	—	903.4	—	>391
8	HM06	19.6	18.0	93.4	92.8	63.4	64.6	0.3~0.9	0.6~1.3	903.8	902.6	0
9	HM15	21.1	18.8	84.3	94.9	72.1	73.0	1.0~1.9	0	903.0	902.3	0
10	HM20	22.1	—	76.3	—	52.1	—	0.8	—	902.9	—	218.7
11	HM21	22.4	—	73.0	—	52.3	—	1.4	—	902.9	—	43.9
12	HM22	23.4	17.7	72.3	100	51.4	69.2	1.2	25.26	903.2	900.8	3.8
13	HM23	21.9	18.6	83.2	100	53.3	65	1.3	10.78	903.7	902.4	0.5
14	HM24	23.4	18.9	86.1	98.2	58.1	63.5	0.6	3.52	904.5	903.1	0
15	HM25	23.9	—	66.5	—	53.8	—	1.1	—	901.3	—	29
16	HM26	23.3	—	65.5	—	57.2	—	2.0	—	899.2	—	1.1
17	HM27	28.6	—	53.8	—	58.2	—	0.6	—	900.6	—	0.5
18	HM28	17.7	—	88.1	—	52.1	—	1.6	—	903.4	—	>391
19	HM29	17.4	—	88.6	—	51.7	—	1.3	—	903.7	—	152.4
20	HM30	17.5	—	85.2	—	57.1	—	1.7	—	904.0	—	48.2
21	HM31	18.7	16.1	75.0	100	51.6	70.3	2.4	19.1	903.7	903.1	5.7
22	HM32	19.4	17.8	63.8	98	49.9	64.1	1.6	5.6	903.7	903.3	3.3
23	Q03	22.6	20.1	71.5	94.3	69.0	73.5	0	1.2	903.1	902.5	—
24	鼻坎下	—	—	—	—	—	80.8	—	0	—	902.4	—
25	HM25 附近	—	17.4	—	100	—	—	—	3.5~5.2	—	901.2	—

弱之势,但由于主雾流偏向右岸,降雨强度和雾化纵向分布均比左岸大,距离泄洪洞出口350 m处降雨仍为152.4 mm/h。距离泄洪洞出口450 m处,降雨量为48.2 mm/h,直到右岸低线公路2号临时桥桥墩处降雨量减至3.3 mm/h。右岸低线公路隧洞出口处有毛毛细雨,但未对其运行造成影响。

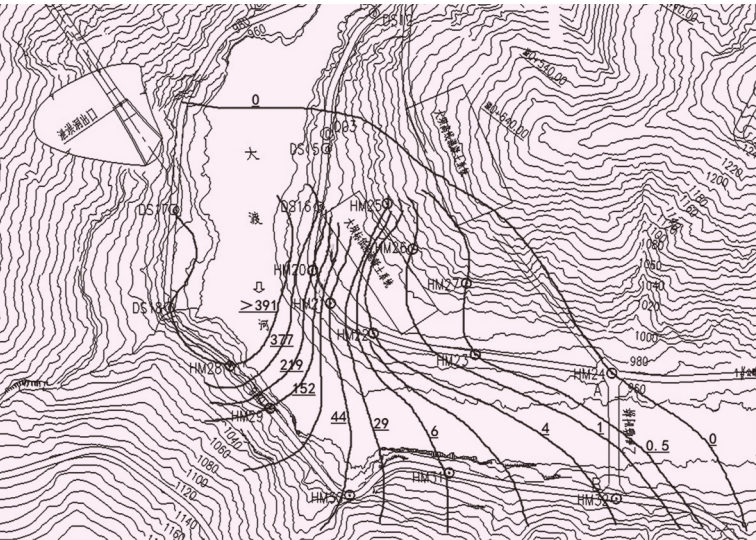


图1 泄洪洞泄洪时降雨强度等值线分布图

4.2 环境量观测成果

环境量测量结果见表1,观测结果表明:

(1) 泄洪洞出口上游侧,泄洪时温度比泄洪前低,泄洪前温度在19.6~27.1℃之间,泄洪时为21~22.2℃;泄洪前平均湿度在77%左右,泄洪时平均湿度上升至91%;泄洪前后的噪音没有明显的变化,泄洪前最大噪声72.1 dB,泄洪时为73 dB;风速有所下降,泄洪前最大风速1.9 m/s,泄洪时最大风速仅为1.3 m/s;泄洪时的大气压比泄洪前稍低,泄洪前平均气压为903.4 hPa,泄洪时为902.5 hPa;鼻坎下缘左侧平台处,经过实际测量,无泄流风,大气压与该区域其它测点处大气压基本一致,观测人员在该区域未出现不适的感觉。

(2) 左岸低线公路泄洪时温度比泄洪前低,距泄洪洞出口550 m处泄洪前平均温度22.9℃,泄洪时平均温度下降至18.4℃;湿度泄洪前为80%左右,泄洪时到达了100%,湿度上升了20%;泄洪时的平均噪声相比泄洪前增加了12 dB;泄洪时的风速较大,距离

泄洪洞出口 450 m 处泄洪前风速为 1.2 m/s, 泄洪时增至 25.3 m/s, 沿下游方向风速逐渐变小, 到 2 号临时桥桥墩处, 风速为 3.52 m/s, 不影响人员、车辆通行; 泄洪时大气压比泄洪前略有降低。



图 2 泄洪洞泄洪时泄洪雾化分布图

(3) 右岸低线公路距离泄洪洞出口 600 m 左右, 泄洪前平均温度为 19.1 ℃, 泄洪时平均温度为 17 ℃; 泄洪前的平均湿度为 69%, 泄洪时升至 99%, 湿度增加了 30%; 泄洪前最大噪音为 51.6 dB, 泄洪时最大噪音为 70.3 dB; 距离泄洪洞出口 550 m 处泄洪前风速为 2.4 m/s, 泄洪时为 19.1 m/s, 相比左岸低线公路, 右岸低线公路的风速影响范围较大, 到右岸 2 号临时桥桥墩处, 风速仍为 5.6 m/s; 泄洪时的大气压相比泄洪前没有明显变化。

4.3 综合结论

(1) 泄洪雾化对泄洪洞出口上游侧影响很小, 无雾化降雨, 环境量也没有明显变化。

(2) 泄洪洞出口对岸(左岸)平台为强降雨区, 最大降雨达 377 mm/h, 平台后沿原始山坡方向降雨明显减小, 从实际观测结果来看, 最大降雨量为 29 mm/h, 最小降雨量为 0.5 mm/h, 降雨对山坡影响较小。雾化虽有一定的爬升高度, 但主雾流偏向河道右岸, 不影响左岸大坝高线混凝土系统运行。顺着左岸低线公路往下游方向雾化急剧减小, 原 2 号临时桥桥墩处, 基本无降雨。

(3) 泄洪洞出口右岸低线公路, 出口往下游 400 m 范围为雾化强降雨区, 最大降雨超过 391 mm/h, 但没有对山坡造成冲刷破坏。雾化沿下游方向逐渐减小, 到右岸 2 号临时桥桥墩处, 降雨量仅为 3.3 mm/h。雾化爬升高程在 1 145.00 m 左右, 但未对右岸交通要道(通往泸定的公路)造成影响。另

外, 据泄洪前检查, 测点 HM30 与 HM31 之间的部分路基被水流淘空, 测点 HM31 与 HM32 之间的山坡有严重的岩石塌落现象。

(4) 泄洪所产生的雾化沿水舌方向随着泄流风向下扩散, 影响逐渐减小, 到电站尾水处, 对交通和人员出行无任何影响。

(5) 泄洪时各环境量均有变化, 但影响的范围较小, 基本处于泄洪封闭区内, 不会对人员工作、生活带来不利影响。

5 结 语

(1) 开展大岗山水电站雾化原型观测工作, 可及时准确发现和处理问题, 采取工程处理措施, 保证泄洪建筑物、枢纽建筑物及下游河道能安全, 防止和避免工程事故发生, 具有重要指导意义。

(2) 大岗山水电站泄洪洞出口采用挑流消能^[10-12]设计, 泄洪雾化是关键指标, 基于雾化原型观测成果、原型调查及工程运行情况表明: 泄洪洞的泄洪雾化设计合理, 未对电站的正常运行、两岸边坡的稳定造成不利影响。

参考文献:

- [1] 何思聪. 高坝泄洪雾化研究综述[J]. 现代商贸工业, 2012(07): 180-181.
- [2] 王思莹, 王才欢, 陈端. 泄洪雾化研究进展综述[J]. 长江科学院院报, 2013(07): 53-58.
- [3] 王环玲. 高坝泄洪雾雨作用下饱和和非饱和裂隙岩质边坡稳定性研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [4] 朱全志. 光电测雨技术及仪器[J]. 气象科技, 1996(03): 48-52.
- [5] 孙双科, 刘之平. 泄洪雾化降雨的纵向边界估算[J]. 水利学报, 2003(12): 53-59.
- [6] 薛联芳. 大坝泄洪雾化环境影响及减免措施研究[J]. 四川水力发电, 2005(05): 116-119.
- [7] 孙役, 柳景华, 杨火平. 水布垭泄洪消能对地质环境的影响及处理对策[J]. 人民长江, 2007(04): 7-8, 28.
- [8] 邢林生, 李涛. 泄洪雨雾对水电站运行的影响及对策[J]. 大坝与安全, 2010(01): 1-4, 14.
- [9] 曾理, 路前平, 魏艳婷, 康晓娟. 加纳布维水电站泄洪雾化降雨强度模糊综合评判预报[J]. 西北水电, 2014(03): 75-78.
- [10] 钱丽云, 任苇. 岸流与挑流联合消能工在狭窄弯道河段水电工程中的应用[J]. 西北水电, 2016(01): 48-50.
- [11] 肖兴斌, 王业红. 高坝挑流消能设计研究与应用现状述评[J]. 长江水利教育, 1998(04): 59-62.
- [12] 闫路明. 挑流消能工研究现状及其应用[J]. 四川水力发电, 2017(01): 133-135.