

NE-II型抗冲磨环氧砂浆在苏阿皮蒂大坝泄洪底孔中的应用

许泾川 郑强顺 王国华

(中国水利水电第三工程局有限公司, 陕西西安 710024)

摘要: 几内亚苏阿皮蒂水利枢纽工程泄洪底孔为高速水流泄水建筑物, 根据模型试验, 其流道内最大流速约35m/s, 经项目部研究决定, 需采用NE-II型新型环氧砂浆对过流面进行抗冲磨补强处理, 其材料性能、施工方法及质量控制, 均满足设计技术要求。经初期蓄水过流(最大流速22m/s)检验, 未出现冲刷破坏现象, 其抗冲磨效果较好。可为国产环氧材料在国际工程类似高流速泄水建筑物过流面抗冲磨补强处理提供借鉴、参考。

关键词: 苏阿皮蒂 高流速 抗冲磨 环氧砂浆

中图分类号:

文献标识码: A

1 工程概况

几内亚苏阿皮蒂水电站位于几内亚共和国的西部, 距离首都科纳克里(Conakry) 136km。电站位于孔库雷河(Konkouré)干流中游, 水库总库容74.89亿 m^3 , 装机容量450MW, 多年平均发电量2016GWh。拦河坝为碾压混凝土重力坝, 坝顶高程215.50m, 坝顶长度1164m, 最大坝高120m。工程等别为I等大(1)型。枢纽建筑物主要包括碾压混凝土重力坝、溢流坝、泄流底孔、发电引水坝段、发电厂房等工程。大坝泄洪采用河床溢流坝+泄洪底孔联合泄流, 校核洪水水位时, 总下泄流量为4458 m^3/s , 其中溢流坝下泄流量为2410 m^3/s , 泄洪底孔泄量为2048 m^3/s 。

泄洪底孔坝段长25.00m, 坝顶高程215.50m, 为重力坝结构型式。泄洪底孔左侧为导流底孔坝段, 右侧为溢流坝段。泄流底孔采用有压短进水口、坝身无压的泄水形式, 坝身共布置2孔, 泄洪底孔进口底坎高程130m, 体型为椭圆曲线。每孔设置5.0m×7.0m(宽×高)事故检修门和5.0m×6.0m(宽×高)弧形工作门各一道, 工作弧门及启闭机室布置在坝体内, 两门之间距离9.29m, 为短有压洞身, 布置有钢衬防护。工作弧门后为无压泄槽, 泄槽长64.59m, 底坡1:10, 后接挑流鼻坎消能, 挑流鼻坎反弧半径28m, 顶部高程为125.958m, 见图1。

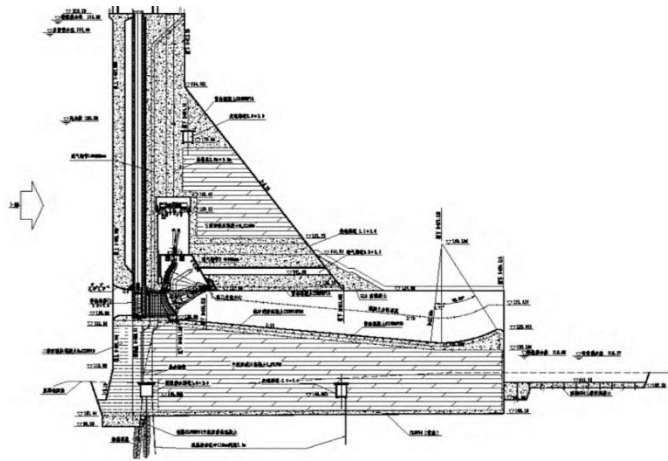


图1 泄流底孔剖面图

2 泄洪底孔泄槽抗冲磨设计方案

泄洪底孔最大水头83.56m, 其泄槽为高速水流流道, 根据模型试验, 在校核水位时, 泄槽最大流速约35m/s。在多泥沙河流上泄洪底孔汛期运行时, 在高速水流下存在气蚀和磨损破坏问题。

借鉴一期临时导流底孔过流后，其过流面普遍存在不同程度的表面磨损，局部还出现冲蚀坑槽等冲蚀现象，通过对多种抗冲磨方案的调研与论证，项目部研究决定采用环氧砂浆在泄洪底孔过流面做抗冲磨补强处理方案，确保国际工程电站大坝的长期安全运行。

3 设计要求和材料选用

(1) 设计要求

根据设计图纸要求，本工程需在泄洪底孔过流前先行做抗冲磨补强处理，在进口段四周、出口段流道边墙7m以下及底板面涂抹7mm厚环氧砂浆做抗冲磨保护层，面积约4000m²。

(2) 材料选用

结合国内已建水电站工程实践经验，经多方调研、咨询和与法国咨询工程师的充分沟通，最终确定选用NE-II型环氧砂浆材料对泄洪底孔泄槽过流面进行抗冲磨防护处理，该产品目前处于国内领先水平。

表 1 NE-II 型环氧砂浆主要技术指标表

主要性能	检测指标		备注
抗压强度 (MPa)	≥80.0 MPa		——
抗拉强度 (MPa)	≥10.0 MPa		——
与砼粘结抗拉强度 (MPa)	>4MPa		“>”表示在 C50 砼本体破坏
抗冲磨强度	>5.0 h/(g/cm ²)		冲磨流速 40m/s
不透水系数	19.6 MPa·h		不透水
抗压弹性模量	1903MPa		——
抗冲击性	2.42KJ/m ²		——
吸水率	0.92%		——
老化性能	优良		——
耐化学腐蚀性	30%NaOH	耐	——
	50%H ₂ SO ₄	耐	——
	10%盐水	耐	——
毒性物质含量	苯	合格	按室内装修材料测试方法检测
	甲苯+二甲苯	合格	
	总挥发物	合格	

NE-II 型环氧砂浆是以改性环氧树脂、新型固化剂及其特种添加料等为基料而制成的高强度、抗冲蚀耐磨损的新型修补材料。它改善了传统环氧砂浆的不足，具有性能优良、与混凝土的结合性能良好、施工简便快捷、无毒无污染等特性。抗冲磨强度高，是C50硅粉混凝土的2.5倍。能够用于水工建筑物高速过流面的抗磨损和抗冲蚀保护及其破坏后的修复，也可用于混凝土缺陷或裂缝处理以及建筑物的补强和加固处理等。

4 施工特点

(1) 本工程为几内亚国内最大的水利枢纽工程，高级别社团参观考察活动频繁，EPC总包商将本项目工程拟定为创国家级优质工程项目，对工程质量要求高。

(2) 苏阿皮蒂水利枢纽所处纬度偏低，一年中高温时段长，日照较为强烈，拌和物因吸收太阳辐射热而温度升温，表面的水分蒸发加快，使环氧砂浆拌和物凝结速度快，有效施工时间短。

(3) 泄洪底孔泄槽过流面环氧砂浆防腐涂层厚度薄，环氧砂浆拌和物黏度大，抹压外观光洁度不易保证。

(4) 作业人员为当地雇员，以前未接触过本行业工作，劳动技能低，虽经培训，但施工过程中仍存在技能状态不稳定的情况。

(5) 新型环氧砂浆为国家新工艺推广项目，目前尚无该工艺对应的施工质量验收规程、规范文件，对新型材料的使用需所在国气候条件下予以验证，得到业主方的认可和审批。

5 环氧砂浆施工技术

因本工程属于国际工程，由法国咨询工程师监督施工质量，在正式施工前，向咨询工程师提交了产品说明书、检测报告，并与其多次开会研究，确定了施工工艺流程及施工技术要点，由此编制了严格的工艺流程和施工方法。

(1) 环氧砂浆施工工艺流程

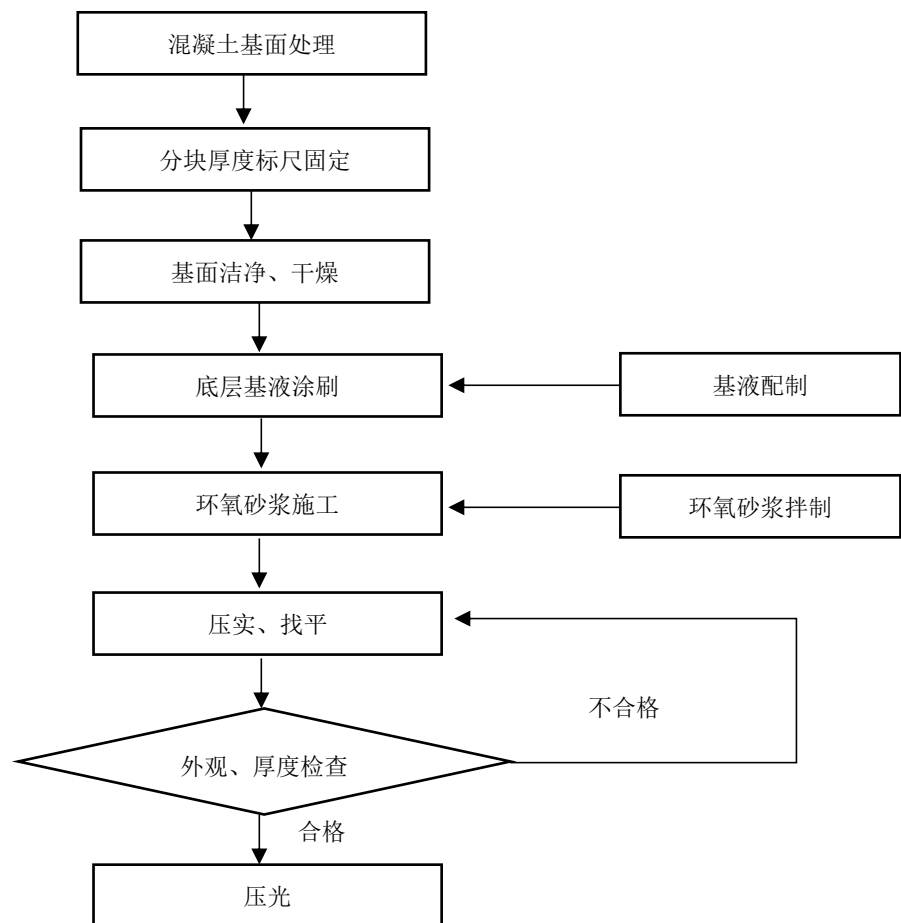


图2 环氧砂浆施工工艺流程图

(2) 环氧砂浆施工方法

1) 施工顺序

环氧砂浆施工先进行边墙涂抹，再进行底板涂抹，单个工作面从下游向上游、涂抹时按先上后下的顺序施工，最后整体涂刷地面。

2) 施工准备

根据图纸对涂刷环氧砂浆的区域测放点位，用油漆进行标识，沿着墙面搭设脚手架。脚手架立杆间排距为1.5m*1.2m，步距为1.8m。

3) 基面处理

基面处理标准：混凝土表面外露新鲜、密实的骨料。本工程在混凝土浇筑后即进行环氧砂浆抹面保护，首先用冲毛枪将混凝土表面附着物清理和表面浆体冲毛，粗砂外露；然后用电动角磨机将混凝土表面错台打磨平顺，打磨坡度顺水流方1:30，垂直水流方向1:15；有混凝土缺陷部位先进行消缺处理；最后，用钢丝刷或高压风将混凝土基面表面的砂粒、粉尘清除干净，对局部潮湿的基面进行干燥处理（采用喷灯烘干或自然风干）。

4) 环氧砂浆作业面进行分区分块

制作7mm厚板条按照分区分块划分及施工顺序进行加固固定。

5) 基液拌制和涂刷

a、底层基液涂刷前，检查混凝土基面上是否有浮尘或潮湿，若有应再次清理或干燥处理，以确保基液涂刷的均匀性，保证粘结性能。

b、按照配合比计量拌制基液（见表2），基液搅拌均匀，用毛刷均匀地涂在基底面上，基液涂刷要求均匀、不流淌、不漏刷。

表2 环氧基液配合比

材料名称	A组分	B组分	备注
环氧基液	2.2	1	质量比

6) 环氧砂浆的拌制

环氧砂浆的拌制采用专用搅拌机，根据配合比（见表3），先取环氧砂浆A组份倒入拌和机内，初拌1~2min，然后将环氧砂浆B组份缓缓、均匀的倒入拌和机，搅拌2~3min，反转拌和机叶片再搅拌3~5min，拌和至颜色均匀后即可施工使用。

表3 环氧砂浆配合比

材料名称	A组分	B组分	备注
环氧砂浆	15	1	质量比

7) 环氧砂浆施工

a、划分当班施工仓面，利用制作好的板条做控制边线。

b、将拌制好的环氧砂浆装入桶内，人工运至抹面处。

c、检查混凝土基面环氧基液涂刷情况，用手指接触，不粘手为原则，开始环氧砂浆抹面。

d、人工用抹刀按7mm厚度一次抹面完成，抹面时同方向连续摊料、压抹，尤其注意衔接处的抹面质量，要求压实排气。

e、环氧砂浆抹面连续作业，边摊料、边压实抹平，表面提浆。

f、涂层压实提浆后，间隔1小时左右，再次抹光，表面不得有连接缝和下坠现象，施工中出现的施工冷缝应做成斜面（即与水平面成45°）。

g、再次施工时，应先将斜面接缝清洁处理并涂环氧基液，要重点做好接缝处砂浆的压实、抹平，避免出现冷缝接茬。

8) 成品养护及保护

环氧砂浆涂抹完毕后，需进行养护，养护期一般为7天，养护期间要防止水浸、人踏、车压、硬物撞击等；施工面采用遮阳措施避免日光暴晒。

(3) 施工技术要点

1) 基底清理干净后，及时对定位锥孔洞、缺陷部位等分层采用环氧砂浆填充密实。

2) 施工作业范围必须提前布置遮阳措施。

3) 施工前对作业区域必须固定样板条，样板条要固定横平竖直，上部施工边线严格按照测放点线布置。

4) 基底面保持干燥，对潮湿部位进行干燥处理或调整作业面。

- 5) 基液及环氧砂浆拌制严格按照参数要求拌制，计量准确。
- 6) 基液要求涂刷均匀，厚度保持一致。
- 7) 压实抹光工序优先使用技术能力高、责任心强的施工人员。
- 8) 基液、环氧砂浆拌制、基液涂刷、环氧砂浆施工、压实抹光和检查处理要同步，各工序衔接紧凑无间隙。
- 9) 加强对成品的保护，对已完成工作面采用围栏、彩带等进行防护。

6 施工管理措施

- (1) 施工程序：先局部消缺处理、后整体施工。
- (2) 每个班次划定区域，按照确定的分区分块组织施工，完成一块成型验收一块。
- (3) 施工时严格控制工艺流程，涂抹、找平、压实三道工序紧凑连续作业。
- (4) 根据工序特点，合理组织安排施工作业人员，各工序施工人员稳定。
- (5) 中方管理人员跟班作业，跟踪、检查工序质量，发现问题及时处理。
- (5) 调整作息时间，避开高温时段。
- (6) 制定质量奖罚制度，责任落实到施工作业当事人和中方带班人员。

7 施工质量控制

(1) 施工作业面控制：对水道施工面直立段（7m）分四层，上下游方向按照7m分段的方式自上而下施工；将底板分为左右幅，10m每段施工，以减少施工作业面积；为保证环氧砂浆施工面的整体性，直立段下部1m高度范围与底板同步施工；每个班次划定区域，按照确定的分区分块组织施工，完成一块成型验收一块。

(2) 环氧砂浆凝结速度快作业控制：采用流水线作业方式，固定专人进行各工序施工；优先保证压实、抹光工序人员，压水抹光收面工序选用技术水平高的员工，指定中方人员负责进行现场监控和质量把关；在基底抹灰完成后，每组固定3人进行压实抹光工序的施工作业，明确要求在40分钟内完成；对压实抹光过程中出现的气泡情况，要求用抹尖扎破后进行压实，抹光面专人检查；现场配备备用搅拌设备，保障环氧砂浆拌合物供应的连续性。

(3) 作业流程控制：规范各工序作业流程，严格控制现场计量、拌制和涂层厚度、压实抹光等关键工序质量；基液、环氧砂浆拌制、基液涂刷、环氧砂浆施工、压实抹光和检查处理要同步，各工序衔接紧凑无间隙；施工时严格控制工艺流程，涂抹、找平、压实三部曲紧凑连续作业。

(4) 在实施过程中，不定期取样检测，抗压强度检测5组，检测结果均大于80MPa。在实施完成后，用HC-6000C一体式粘结强度检测仪检测与混凝土基面的粘结抗拉强度，检测结果均大于4.0MPa，且破坏在基面混凝土（C40PVA抗冲耐磨混凝土）中。同时，为消除法国咨询工程师对外露铁件用环氧砂浆处理的疑虑，现场制作了环氧砂浆在钢板面的粘结抗拉强度检测，检测结果大于8.0MPa，法国咨询工程师认可处理效果。

(5) 现场作业注意事项：①施工缝处理：施工缝要求横平竖直，且上下游方向逆水流做45°接缝，垂直方向做向上45°接缝；②时间控制：环氧砂浆拌制完成后须在1小时内完成抹面作业；③环境控制：调整作息时间，避开高温时段作业，且做好遮阳措施，不得有阳光直射作业面；④操作人员控制：压实抹光工序优先使用技术能力高、责任心强的施工人员；⑤成品保护：已完成工作面采用围栏、彩带等进行防护。

8 质量控制与缺陷处理

(1) 抹面平整度差, 超规范要求。在作业中拿靠尺经常性检查, 正在抹面中加强抹面质量, 多次反复压面, 直至满足规范要求; 若已凝固面出现平整度差, 采用铲除重新施工。

(2) 气泡: 主要是阳光直射造成。一是做好遮阳; 二是出现后以3~4cm方格凿除修补。

(3) 抹面撒料问题: 在抹面过程中, 难免撒料。一是做抹面料板下方接料, 撒料立即利用; 二是已撒落至地面的料, 可做混凝土基面缺陷处理使用, 严禁再次做抹面材料。

9 结语

几内亚苏阿皮蒂水利枢纽工程泄流底孔在2019年8月26日初期下闸蓄水后, 承担了大坝汛期泄洪及下游供水任务, 目前该泄槽经过了最大流速为22m/s的考验。经过流后现场联合检查, NE-II型新型环氧砂浆表面无任何损坏和破损, 抗冲磨效果良好。在工程实施期间, 多次与法国咨询工程师沟通、探讨国产NE-II型新型环氧材料的性能、施工操作要点, 且在过流后, 经检查无冲磨破坏现象, 得到几内亚政府业主代表及法国咨询工程师的认同和赞赏, 为中国新型材料及技术在国际工程中类似高流速泄水建筑物外观补强处理提供借鉴、参考。

参考文献:

- [1] 罗畅, 徐威, 杜少磊, 张文皎, 几内亚苏阿皮蒂水利枢纽泄流底孔的水力学研究. [J] 水电与新能源. 2019. 7
- [2] 张涛, 郭双, 黄俊玮, 紫坪铺工程泄洪排沙洞抗高速水流冲磨蚀修补及震后修复. [J] 水利科技与经济. 2011. 10
- [3] 王恺毅, 环氧砂浆抗冲耐磨层施工与质量控制——以龚嘴电站6号冲砂底孔为例. [J] 水电与新能源. 2014. 3
- [4] 王亚飞, NE型环氧抗冲磨砂浆在白水峪水电站消力池磨损修补工程中的应用. [J] 中国水运(下半月). 2015. 2
- [5] 莫中平, 余腾洪, 李明哲, 涂忠林, 环氧砂浆在大渡河龙头石水电站2#泄洪洞修补中的成功应用[J]. 四川水力发电, 2012.
- [6] 徐池, 黄刚, 抗冲耐磨材料在观音岩水电站泄槽壁面施工中的应用[J]. 四川水力, 2011. 12.
- [7] 张福民, 石成锁, “5·12”汶川大地震对映秀湾水电站的破坏——震后映秀湾水电站恢复生产施工总结[J]. 四川水力发电, 2010. 05.
- [8] 沈定斌, 江华贵, 陆嘉斌, 某电站底孔冲蚀破损修补工艺改进[J]. 四川水力发电, 2011. 12.

Application of NE-II anti-abrasion epoxy mortar in the bottom of flood way of Souapiti Dam

Xu Jingchuan Zheng Qiangshun Wang Guohua
(SINOHYDRO BUREAU 3CO., LTD, Xi'an, SHANXI 710024)

Abstract: The bottom of flood way of the Souapiti Hydroelectric Power Station in Guinea is designed as a high-velocity drainage tunnel. According to model tests, the maximum flow velocity in the tunnel is about 35 m/s. After research and decision by the project, a new type NE-II epoxy mortar is adopted on the surface to strengthen the anti-abrasion treatment. Its material properties, construction methods and quality control meet the design technical requirements. After the initial water storage test (maximum flow velocity of 22m/s), no obvious erosion damage has occurred, and the effect of anti-abrasion is ideal. It can provide reference for the usage of the epoxy material

which is made in China to strengthen the anti-abrasion treatment on the surface of the tunnel in similar high-velocity drainage structures in international projects.

Key words: Souapiti high-velocity flow anti-abrasion epoxy mortar

第一作者简介:

许泾川（1983-），甘肃古浪人，男，工程师，就职于中国水利水电第三工程局有限公司，主要从事工程施工技术与管理工作。

E-mail: 122566866@qq.com, 联系电话: 15709421716。

通讯地址: 甘肃省武威市凉州区富民南路金兰庭院 2#楼, 王国华收, 13619353796