



联合国  
工业发展组织

爱布三级水电站改造后的升压站



UNIDO-GEF 中国小水电增效扩容改造增值项目

2023年5月

# 爱布二级·三级水电站 案例分析报告

李放

## 1 电站概况

爱布二、三级水电站位于广西靖西县化峒镇爱布村惠泽屯西，龙潭河左岸，为龙潭河段梯级开发的第五级、第六级水电站(上游有大龙潭电站、百爱电站、爱布一级电站、爱屯电站)，功能以发电为主，兼灌溉。二级水电站厂房距县城16km，距上游一级电站3km，坝址以上集雨面积558km<sup>2</sup>；三级水电站厂房距上游二级电站厂房约500m，坝址以上集雨面积569km<sup>2</sup>。龙潭河是黑水河干流上游，属常年流水的山区河流，自北西方向进入工程区，蜿蜒流向东南汇入难滩河，然后进入越南境内，经归春河汇入左江支流黑水河。爱布二、三级水电站均采用引水式开发方式，枢纽主要建筑物包括拦河坝、冲砂闸、引水明渠、压力前池及压力钢管、发电厂房及升压站等。水库水由进水口经过明渠、渡槽引水至压力前池，经进水闸控制，通过压力钢管进入厂房机组，发电后尾水通过尾水渠排至下游。

爱布二级水电站于1969年7月运行发电，总装机容量 $2 \times 630\text{ kW}$ ，多年平均发电量906万kWh，设计水头为45m。爱布三级水电站于1973年10月投产，总装机容量 $3 \times 200\text{ kW}$ ，多年平均发电量230万kWh，设计水头15m。电站所在流域水生动、植物极少，不涉及国家和地方重点保护、珍稀濒危的水生生物，也没有洄游性鱼类等生物。电站的建设和运行也不影响原有的河流水质。

爱布二级、三级水电站于2017年9月至2019年12月开展增效扩容改造工程。改造后，二级电站总装机容量增至 $2 \times 1600\text{ kW}$ ，设计多年平均发电量1490万kWh；三级电站总装机容量增至 $1 \times 1600 + 1 \times 800\text{ kW}$ ，设计多年平均发电量965万kWh。爱布二级、三级电站于2020年实际分别发电1155.07万kWh、766.88万kWh。

爱布二级、三级水电站于2021年6月前全部完成GEF增值改造活动，获评安全生产标准化二级达标单位和绿色小水电示范电站。

活动内容	设置原因	活动成效
生态流量泄放及在线监测	原生态流量放水管直径不足，没有生态流量监测设施	在坝体埋设DN500放水管及配套闸阀1套，保证最小生态流量下泄，并实时监测
站区美化	厂房全部拆除重建，新建厂房占地面积小，需要增加自然景观设计；其他建筑建好后需要种植草皮防护	增植了树和草皮等，电站内部绿化面积增加，有效美化环境
自动化监控	两个梯级电站距爱布梯级电站管理处较近，且均设有电站综合自动化系统，有条件实现两电站联合调度。	在电站管理处增设两电站的集中监控系统，可对两电站进行集中监控操作。
漂浮垃圾处理	电站进水口等未设置有效的垃圾拦截、打捞、处置设施	电站进水闸前设置漂浮拦截桶，配置了垃圾清捞船，建设了垃圾处理场，实现垃圾处理，有效保证电站发电用水
安全生产标准化建设	GEF增值改造活动要求	达到安全生产标准化二级标准
绿色小水电评价	GEF增值改造活动要求	达到绿色小水电标准

表1. 爱布二级·三级水电站GEF增值改造活动列表

## 相关可持续发展目标 (SDG)



国家



时间

2015-2023

总预算

912万美元

合作伙伴

中国水利部  
中国财政部



联系我们

h.liu@unido.org

## 2 GEF增值改造活动

爱布二级、三级水电站GEF增值改造活动主要目标是促进电站在增效扩容基础上进一步升级管理水平，改善电站所在河流生态，绿化、改善电站周边环境，达到绿色小水电建设要求。GEF增值改造活动赠款总经费120万元人民币，具体如表1所示。

## 3 GEF增值改造活动亮点

### 3.1 全面改造老电站 提高设备效能水平

爱布二级、三级水电站分别投产于1969、1973年，改造前已经运行了40多年，电站的枢纽建筑物、机电设备、金属结构等均存在严重问题，导致引水率很低，每年丰水期均有较大弃水。这些问题包括限于当时技术水平的设计问题和运行多年累积的问题，如：爱布二级水电站的压力钢管管径严重偏小、漏水；引水渠道部分断面太小，过水能力不足；厂房钢门窗锈蚀，木门窗霉烂变形，墙体渗水严重，面层剥离，屋顶漏雨；压力前池过小，调节作用小且不稳定；发电机组绝缘严重老化，效率低下；水轮机磨损严重，漏水严重，效率低下；进水阀锈蚀严重，存在漏水；主变压器和开关等电气设备性能差；所有闸门老化陈旧，启闭不灵活；拦污栅不仅锈蚀严重，而且未设控制闸门，需要全部放完渠道及前池的来水才能机组检修，不仅花费时间而且浪费水能。爱布三级水电站也是设备陈旧，效率低下。改造前的2010-2017年，爱布二级水电站实际年均发电量仅为566万kWh,三级水电站仅为113万kWh。爱布三级水电站1991--2005年累计发电量3446万KWh，年均发电量229.7万kWh，最高年发电量292万kWh。因设备老旧，发电量逐年下降。改造后，两电站全面实现更新换代，提升了设备能效、提高了电站安全性能，合计总装机容量(5600kW)是改造前的3倍，设计多年平均发电量(2455万kWh)是改造前多年平均发电量的2.16倍。2020年，两电站合计发电1921.95万kWh，是改造前2010-2017年实际年均发电量(679万kWh)的2.83倍。



爱布二级水电站改造后厂房外形、发电机层



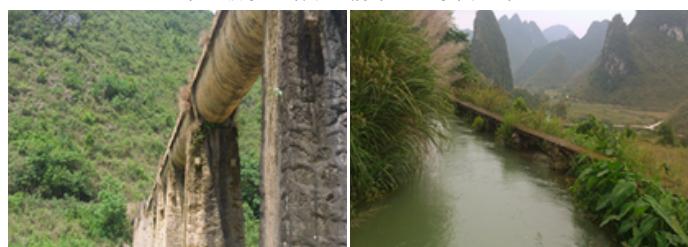
爱布二级水电站改造后机旁屏、开关柜



爱布二级水电站改造后中控室、升压站



爱布二级水电站改造前渠道进水闸、渠道



爱布二级水电站改造前渡槽、侧堰



爱布二级水电站改造前升压站、厂房 (1966年的发电机组)



爱布二级水电站改造前中控室、开关柜



爱布三级水电站改造前控制室、升压站



爱布三级水电站改造前控制柜



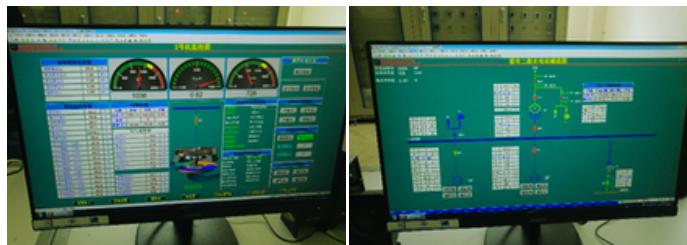
爱布三级水电站改造后厂房



爱布三级水电站改造后中控室、升压站

### 3.2 建设梯级电站集中监控系统

爱布二、三级水电站厂房相距1km，比较近。二级电站距离上游一级电站(梯级电站管理处)也不远，仅3km。两电站均隶属于同一个管理公司(广西靖西县水利电业有限公司)。增效扩容改造后，两电站均单独设有电站综合自动化系统，有设置一套监控上位机于电站中控室。GEF增值改造，两电站再以并联方式各增设一套监控上位机于电站管理处。实现在电站管理处可对两电站进行集中监控操作。系统主要设备包括操作员工工作站2套、通信工作站1套、大屏系统1套、光纤网络设备1套、不间断电源系统1套。监控电站范围包括升压站、厂房、机组、电站生活区、电站大门口等。可进一步实现电站“无人值守”，在梯级管理处“少人值班”的目标。目前，两电站仅在电站中控室设值班人员，相比改造前，减少了在主厂房的运行值班人员，每值的运行人员减少至3~4人。



爱布二级、三级水电站集中系统监控画面



爱布二级、三级水电站集中监控系统设备

### 3.3 设置生态流量泄放监测设施 消除断流 保障灌溉

爱布二级、三级水电站均为引水式电站，电站建成后，对大坝至厂房区间河道两岸用水产生一定影响，如二级电站厂坝间1.5km河道，两岸有约500亩农田，需要灌溉用水。农田用水按每一万亩 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 计算，区间500亩农田用水量约为 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 。电站确定生态流量大小为 $1.6\text{m}^3/\text{s}$ ，采取在引水渠道上设置放水口放水的措施。爱布二、三级水电站均安装了DN500放水钢管及配套闸阀，放水钢管长3.0m，在其下游侧布置了砼消力坎侧堰。由于两电站拦河坝均为低矮坝，最大坝高为2.0m，最大溢流宽度为70m，在大坝左侧布置生态流量监测设施。生态流量在线监测的数据和图片，可上传到有关管理平台。电站改造后，对厂坝间河段水环境影响大大降低。电站运行时，保证下泄生态流量，再加上区间河段还有多个10多米高差瀑布，生态需水、农田用水不成问题了。



爱布二级水电站库区和拦河坝



生态流量泄放管下游砼消力坎侧堰



生态流量监控设施



爱布二级、三级水电站改造后河道生态

### 3.4 完善垃圾处理设施 有效保证发电取水畅通

爱布二级、三级水电站地处旅游风景区。为进一步维护河道健康，保证发电取水畅通，电站在GEF增值改造后，在库区进水闸前设置了漂浮拦污桶，爱布二级电站漂浮拦污桶拦污长度16m，爱布三级电站达20m，配置了两艘清捞船，新建两处垃圾处理场。漂浮拦污桶用钢丝绳串联，两端固定在可移动的支座上，随水位的变化而漂浮位置变化，使河道漂浮垃圾得到有效拦截。



爱布三级水电站漂浮拦污桶、清污机

## 4 经验和启示

案例分析表明，广西爱布二级、三级水电站GEF项目活动效益显著，其经验与启示总结如下：

(1) 有效解决电站在每年丰水期均有较大弃水的问题。爱布二级、三级水电站改造前已经运行了40多年，压力钢管管径偏小、漏水，引水渠道部分断面太小，压力前池过小，发电机组绝缘严重老化，水轮机漏水严重，进水阀锈蚀严重，闸门老化启闭不灵活，拦污栅锈蚀严重，这些问题都影响水能利用。通过改造，这些问题有效解决，提高了引水效率、机组效率、自动化程度以及压力前池等的调节稳定性，两电站总装机容量提高到了改造前的3倍。改造后年均发电1502.61万kWh，是改造前2010-2017年年均发电量的2.23倍。

(2) 爱布二、三级水电站厂房相距比较近(1km)，隶属于同一个管理公司。利用此优势建设梯级电站集中监控系统，减少电站现场运行值班人员，有效提高梯级电站整体运行管理效益。

(3) 生态流量泄放和保障农田灌溉相结合。爱布二级电站厂坝间河道长约1.5km，河道两岸有约500亩农田。电站考虑河道生态流量、农田灌溉需水、厂坝间河段区间来水，优化协调，既保证生态需水，也保障农田用水。

## UNIDO-GEF 中国小水电增效扩容改造增值项目

了解更多信息请访问

- <https://open.unido.org/projects/CN/projects/140196>
- <http://www.icshp.org/small-and-green>