



联合国
工业发展组织

重庆高坑电站



UNIDO-GEF 中国小水电增效扩容改造增值项目

2023年5月

高坑水电站

案例分析报告

1 电站概况

重庆高坑水电站位于重庆市铜梁区旧区镇。坝址处于涪江一级支流小安溪，距旧区镇4km，厂房位于四龙村，距坝址2km，距铜梁区城区21km。电站为引水式开发，以发电为主，主要建筑物包括挡水大坝拦水坝、引水系统、压力前池、厂房和升压站等，其中挡水大坝由两部分组成，左岸为溢流重力坝（兼作泄洪建筑物），坝段长度为100m，右岸为土石坝，坝段长度为65.5m，坝址

李放

以上集雨面积1538km²。电站所在河道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。

高坑水电站从民国29年（1940年）提出，经多次规划勘测，三次动工。1949年第一次动工，1958年第二次动工，初步建成拦河坝，开挖部分引水渠和隧洞；1963年第三次全面开工，历时两年，于1966年6月1日正式建成投产，安装2台水轮发电机组，预留1台机组，总装机容量2×630kW。

活动内容	设置原因	活动成效
设置生态流量泄放及监测设施	未安装生态流量泄放管，河道存在减脱水情况	安装了生态流量泄放管及监测设施，可满足生态流量泄放要求
脱水河段生态修复工程	平均宽度90m的河道存在减脱水河段；护坡堤脚被冲刷，深度达1.5m，需修复	在减脱水河段设置了2座小型溢流坝，可避免河道干涸；对河道下游左岸进行了治理
进水口拦漂及垃圾处理系统	上游人类活动密集，尤其在汛期，河道垃圾及漂浮物较多；拦污栅破旧	在取水口前设置浮筒拦漂，更换拦污栅，避免了垃圾集中在进水口前，保证无垃圾进入渠道
安全生产标准化建设	增值改造活动要求	达到安全生产标准化二级
绿色小水电评价	增值改造活动要求	获批绿色水电示范电站
电站漏油处理措施	没有专门的收集及处理废油设备	安装了2m ³ 储油罐2座，真空滤油机2台，可对电站废油进行收集及处理
取水井、化粪池工程	饮用水水质不达标，厂区污水未实现零排放	新建深水井1座，改造了原有化粪池，饮用水水质达标，实现污水零排放
中控室、值班室隔音设施改造	电站运行时，中控室噪音比较大	对中控室墙壁进行隔音改造，降低了噪音，满足安全生产标准化要求
厂区绿化工程	厂区有裸露土地，存在水土流失现象。	开展了厂区绿化，消除了土地裸露现象，减少水土流失

表1.高坑水电站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

1980年，电站在预留位置建设了3号机组，单机容量800kW。1989年，电站再次扩建，新增4号机组，单机容量2000kW。改造前，电站总装机容量 $2 \times 630 + 800 + 2000$ kW，多年平均发电量1898万kWh，额定水头36.4m，设计流量 $14.59 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

高坑水电站于2018年1月开始增效扩容改造工程，2019年11月竣工。改造后，电站总装机容量为 $3 \times 800 + 2200$ kW，设计多年平均发电量2293万kWh，设计流量为 $14.9 \text{ m}^3/\text{s}$ 。2019年7月至2020年6月，电站实际发电量达2301.1582万kWh。电站于2021年底完成全部GEF增值改造活动，获评农村水电站安全生产标准化二级单位和2021年度绿色水电示范电站。

2 GEF增值改造活动

高坑水电站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活动赠款总经费140万元人民币，具体如表1所示。



高坑水电站水轮机改造前、后



高坑水电站主变压器改造前、后

3 GEF增值改造活动亮点

3.1 兼顾历史和自然条件 重建有历史年代感的电站

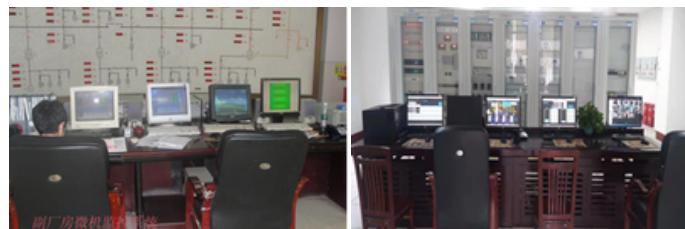
高坑水电站改造前，设备严重老化。1号和2号水轮机、发电机为1965年制造，3号为1980年制造，4号为1988年制造，运行中故障频发，效率低下。转轮模型技术落后，水轮机气蚀、泥沙磨损、锈蚀严重，有的水轮机转轮叶片发生严重裂纹或断裂。导叶和水轮机进水阀严重漏水，进水阀锈蚀严重，已锈蚀卡死、无法正常关闭。油、水、气系统的管路、管件、阀门等存在不同程度的锈、渗、漏、卡现象。主变压器为非节能型，运行噪音大，油温偏高。高压屋内配电装置老化严重，因室内通风效果不佳，长期处在高温下运行。35kV升压站采用多油断路器，属于淘汰产品。电站虽然已经采用了微机监控系统，但是受当时设计水平，系统运行很不稳定，信号干扰强。

高坑水电站改造前，总长度为2011.6m的引水系统，渠道存在不同程度的淤积，部分渠段存在一定程度的渗漏，部分渠段渠道边墙存在一定程度的沉降塌陷。隧洞糙率大，共有106.3m长的未衬砌，水头损失大。尾水渠存在一定程度的淤积，尾水渠边墙采用干砌条石砌筑，有长约110m的边墙出现了坍塌。

电站改造前的诸多问题既影响机组安全运行，也影响电站的水能利用率。电站坝址多年平均来水流量为 $16.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，发电引用流量 $14.59 \text{ m}^3/\text{s}$ ，径流量为 5.2亿 m^3 。在改造前的2013-2015年，实际年均发电量为1898.63万kWh，最多的7月份平均发电量仅为244.38万kWh。水量利用率为45.6%，特别是丰水期有大量的弃水，造成水能资源浪费。

电站改造以后，更新了水轮机转轮、发电机、变压器，更新了发电机组附属设备、电气一次和二次设备，电站自动化水平达到“无人值班、少人值守”要求。对库区及渠道进行清淤，隧洞进行衬砌，冲砂渠进行整治，提高了装机容量以及水能利用率。改造后，2019年7月至2020年6月，电站实际发电量达2301.1582万kWh，比改造前（2013-2015年）实际年均发电量增加21.1%，2020年6月汛期发电量达313.7545万kWh，相比之前最大7月份的平均发电量增加28.4%。

另外，高坑水电站建站之初采用的是人工控制，电站改造前全站职工有100多人，改造后达到“无人值班，少人值守”要求，电站定员为49人，其中运行值班员岗位大幅减少至12人。



高坑水电站中控室改造前、后



高坑水电站开关柜改造前、后

3.2 综合绿色改造措施 治理河道上下游

高坑水电站位于铜梁区旧县街道办事处的小安溪河上，电站上游人类活动密集，导致河道垃圾及漂浮物较多，尤其是在汛期。为避免垃圾在水库进水口前集中漂浮，电站改造后，在拦河坝上游河道设置了拦截漂浮物的浮筒，浮筒长度达50m。同时，更换了进水闸处的两套拦污栅，新拦污栅孔尺寸达 $3 \times 2\text{m}$ 。

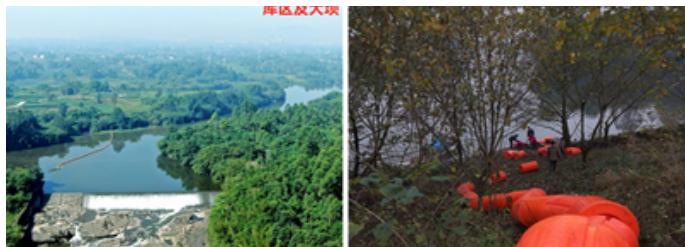
高坑水电站挡水大坝由两部分组成，左岸为溢流重力坝(最大坝高5.5m，坝段长度100m)，右岸为匀质石坝(最大坝高13.3m，坝段长度65.5m)。溢流坝为低坝，兼做泄洪建筑物。电站改造前，溢流弃水较多，电站未设置生态流量泄放措施。但由于径流的年内变化较大，大坝下游河道也有长约4.65km的减水段。电站改造后，增设了生态流量下泄措施以及生态流量监测设备。在坝后引水渠处单独增设一条生态引水渠，安装生态闸门，通过在闸门上安装限位器，保证持续泄放生态流量。

高坑水电站大坝下游减水河段内无生产、生活取水用户，无供水任务，河道下泄流量只需满足河道生态流量即可。但考虑到河道较宽，平均宽度达90m，电站改造根据河道坡降及实际地形状况，在拦河坝下游500m长的河段内设置了2座小型溢流坝，坝高约2.5m，挡水高度约2m。两坝间距约250m。如此可以有效保证河道形成一定的水面和的水深，避免河道干涸。

高坑水电站大坝所在区域较多保持着原生态景观，大坝下游河段两岸为天然护岸。为保护河岸不受冲刷及岸线稳定，电站改造对部分河岸护岸进行治理，治理长度约500m，主要是护坡脚冲刷深度较大的部分护岸。治理护岸高度为2m，岸坡采用铅丝石笼防护，铅丝石笼厚度为0.5m，护坡坡度为1:1.5。



高坑水电站厂房改造前、后



高坑水电站拦水坝及库区、安装拦漂浮筒



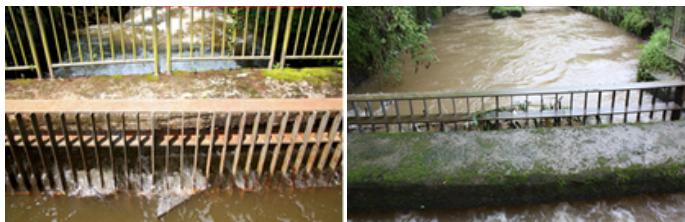
高坑水电站大坝下游河段护岸修复中



高坑水电站库区拦漂浮筒拦截垃圾



高坑水电站大坝下游河道改造后（从上游看下游、从下游看上游）



高坑水电站进水口设置拦污栅



高坑水电站改造后库区、河道全貌



高坑水电站生态引水渠、无节制生态流量泄放闸门



高坑水电站生态流量监测设施

3.3 站内建设厂区环境 站外建设便民设施

高坑水电站为提高生活饮用水水质，新建了1座深水井，井径1.5m，深20m。为实现污水零排放，改造了厂区原有的一座化粪池。为改善厂区环境，对厂区及厂房后侧山体所有裸露的土地进行了绿化，种植花草树木，修缮了厂区道路，保持电站环境整体整洁有序。

高坑水电站在搞好站内改造的同时，也根据周边村民需求建设便民设施。电站投资26万元为四龙村村民出行提供方便，新建了一条长380m、宽5m的便民公路；投资5万元加宽加固引水渠上的便民桥；为保证村民生产用水，投资4万元修缮引水渠上3处灌溉设施，并向村委会捐赠了移动式抽水设备；为方便村民生活洗涤，在引水渠上修建10处便民用水池。电站还为村民提供用电以及照明用的设备设施。为增加周边村民的收入，特别对个别劳动力欠佳的村民开展帮扶，电站专门面向村民就业提供厂区环境卫生和基础设施维护等岗位。电站帮扶三峡移民及村中困难群众累积投入资金十数万元。



高坑水电站大坝下游河道改造前



高坑水电站大坝下游河道改造中



高坑水电站取水井、化粪池工程



高坑水电站进站道路及绿化工程1



高坑水电站为村民修建排灌站、灌溉设施



高坑水电站厂区道路及绿化工程2



高坑水电站修建的便民桥及取水设施



高坑水电站厂区绿化建设



高坑水电站改造后厂区



高坑水电站修建的便民道路

4 经验和启示

案例分析表明，重庆高坑水电站GEF项目活动效益显著，其经验与启示总结如下：

(1) 高坑水电站挡水大坝由两部分组成，左岸为溢流重力坝，右岸为匀质石坝。在坝后引水渠处单独增设一条生态引水渠作为电站生态流量泄放措施。通过安装生态闸门，在闸门上安装限位器，保证持续泄放生态流量。

(2) 考虑水库水面较宽、垃圾较多，安装了拦污浮筒。高坑水电站因上游人类活动密集，导致河道垃圾及漂浮物较多，电站在水库进水口前设置长度达 50m 拦污浮筒，有效避免垃圾集中到进水口。

(3) 考虑饮水、厕所、绿化、交通等几个方面，改善职工工作环境。电站 GEF 项目活动设置了改善职工生活条件的举措：打了一口 20m 深的水井，改善生活饮用水水质；改造了厂区化粪池，实现污水零排放；规划了所有裸露的土地的绿化，种植花草树木；修缮了进厂及厂区道路。改造后的电站面积虽然不大，但显得清洁整齐，面貌一新。

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>