



联合国
工业发展组织

云南马脖子水电站



UNIDO-GEF 中国小水电增效扩容改造增值项目

2023年5月

马脖子水电站

案例分析报告

罗云霞

1 电站概况

马脖子水电站位于云南省玉溪市通海县高大乡境内，为坝后式开发。电站坝址位于南盘江一级支流曲江干流中上游河段，厂房位于坝址下游200m处，距县城约21km，距离昆明市164km。通海县位于云南中部，与红河州毗邻，是滇南重镇及经济和手工业发达地区，滇南交通枢纽。通海县境内虽然气候温和，雨量充沛，但人均水资源量仅687m³，远低于全省人均水平，全县水能资源也稀少，目前共5座水电站，总装机容量8515kW，多年平均发电量2215万kWh，马脖子水电站是其中最大的水电站。马脖子水电站以发电为主，主要建筑物包括拦河土坝、砼重力坝、压力管道、主副厂房和升压站等，坝址以上集雨面积2228.3km²。电站所在河段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。

马脖子水电站在1977年7月开工建设，1981年5月建成，原安装1号-3号机组，总装机容量3×800kW。

1987年，电站增建1台单机容量250kW水轮发电机组（4号机）。1998年，电站又增设1台单机容量1000kW水轮发电机组（5号机）。电站改造前，总装机容量为3×800+250+1000kW（合计3650kW），多年平均发电量478万kWh，额定水头15m。电站于2018年6月至2020年3月开展增效扩容改造工程。改造后，总装机容量增至4×1250+300kW，单机发电引用流量6.9m³/s，额定水头17m，设计多年平均发电量2297万kWh。电站在增效扩容基础上进一步开展GEF绿色增值改造，获评农村水电安全生产标准化二级达标单位和2022年绿色小水电示范电站。

2 GEF增值改造活动

马脖子水电站开展GEF增值改造活动的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150万元人民币，活动具体设置见表1。

活动内容	设置原因	活动成效
设置生态流量发电机组	未有保证生态流量泄放的措施	设置1台300kW生态小机组，保证生态流量泄放
生态下泄流量监测	与生态流量泄放措施配套	在尾水河段安装了生态流量监测设备
厂房外立面整治、周边环境整治、屋顶翻修（自筹）	电站运行多年，厂房破旧漏水，周边绿化不足，道路不好	修缮了厂房，增加了绿化，修建了进站道路等，电站环境改善
安全生产标准化达标（二级）	增值改造活动要求	达到安全生产标准化二级单位标准
绿色小水电评价	增值改造活动要求	达到绿色小水电标准

表1. 马脖子水电站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

3 GEF增值改造活动亮点

3.1 因地制宜安装生态小机组

马脖子水电站为坝后式开发，大坝下游河道不存在减脱水段，但由于电站的水库库容不大（经过多年的淤积，实际库容已经小于30万m³），一直按照来多少水发多少电的方式运行，最小下泄流量没有监测，也得不到保证。电站改造，拆除原装机容量250kW的小机组，新建1台装机容量300kW的生态小机组，其发电引用流量设定为核定的下泄生态流量。当其他大机组不发电时，开启生态机组，并保证24h全天候运行，保证生态流量的泄放，兼顾了电站的生态效益和发电效益。

马脖子水电站最初增效扩容改造方案是电站改造后总装机容量增至5×1000kW，后论证同意修改方案为：设置1台生态小机组，并把另外机组的单机容量从1000kW增至1250kW，电站改造后总装机容量为4×1250+300kW。这样的改变，对全年发电量的影响不大（视为年发电量相同），却利用生态小机组，更好地匹配了较枯季节的发电流量。



马脖子水电站下游河道改造前



马脖子水电站改造前小机组、改造后生态机组



马脖子水电站生态机组控制柜、控制系统



马脖子水电站生态机组运行时下游河道



马脖子水电站生态流量监测

3.2 改造设备设施 实现增效扩容

马脖子水电站改造前，水工建筑物、机电设备、金属结构等均存在严重问题。厂房破旧，屋顶无防水隔热层、多年的木质窗子出现腐坏现象。升压站土建构架腐蚀严重，且设备基础不满足增容改造要求。水轮机为上世纪七、八十年代设计制造的机型，机组效率不高，加之多年磨损、汽蚀和锈蚀，整机效率进一步降低。水轮机的顶盖、转轮、座环、尾水肘管等过流部件磨蚀严重，期间经过多次的修理，收到一定的效果，但整体上来看，改善过流部件的磨蚀效果不是很理想，水力损失很大。主阀存在操作失灵，漏水严重的问题，特别是主阀不能确保机组正常事故关闭。电气一次、二次设备陈旧，性能低下，均为淘汰产品。电站改造前多年平均发电量(478万kWh)仅占设计多年平均发电量(1442万kWh)的33.1%。电站2000-2014年的实际发电量数据显示，最大年发电量1339万kWh（2008年），最小年发电量303万kWh（2010年），不同年份的发电量也相差很大。这主要受天气、雨水情势影响。

电站改造后，修缮了发电厂房，更新了水轮发电机组及辅助设备，更新了全部电气设备，改造了升压站，实现了微机自动化控制，达到“无人值班、少人值守”要求。电站改造后，影响电站效益发挥的设备制约因素得以解决；电站运行值班人员工作强度降低，每运行班人数降低至2-3人。电站改造后总装机容量(5300 kW)比改造前(3650kW)增加45.2%，设计多年平均发电量2297万kWh，比改造前多年平均发电量(478万kWh)增加380.5%，比改造前设计值(1442万kWh)增加59.3%。但由于天气原因，库区来水量偏少，电站改造后2020年发电量仅为474.3998万kWh。



马脖子水电站厂房改造前、后



马脖子水电站发电机组改造前、后



马脖子水电站厂房窗户改造前、后



马脖子水电站高压开关柜改造前、后



马脖子水电站继电保护装置改造前、后



马脖子水电站尾水河道疏浚后



马脖子水电站中控室改造前、后



马脖子水电站站门口道路改造前、后



马脖子水电站主变压器改造前、后



马脖子水电站站门口道路改造中



马脖子水电站压力管道改造前、后



马脖子水电站进站道路改造中、后

3.3 追加自筹经费 改造电站环境

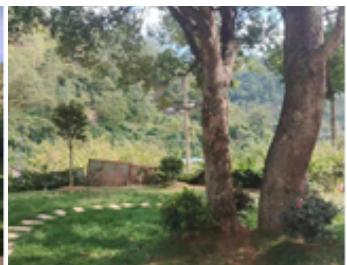
马脖子水电站改造前，除了厂房和升压站等破旧外，其他机修车间、仓库、办公生活区等也很破旧。因建设资金短缺，电站的办公生活用房一直较为拥挤、简陋，电站环境一直较差。电站厂房前面有较大空地，生活区宿舍、食堂齐全，离厂房仅300m左右。为实现安全生产标准化和绿色水电建设目标，电站自筹经费开展环境改造，内容包括：厂房外立面整治，屋顶增加防水隔热；厂房周边地面改造、挡墙修复、尾水疏浚；电站周边道路硬化；种植各类苗木279株、草坪265m²，布置形成更多绿化景观。改造后，电站环境得以大大改善。



马脖子水电站厂房屋顶改造前、后



马脖子水电站绿化改造前



马脖子水电站生产区用房拆除前、重建后



马脖子水电站绿化改造后

3.4 征求咨询意见 落实助农惠民举措

马脖子水电站在改造前(2017年3月24日)专门召开会议，进行公众咨询活动。咨询会由当地高大乡政府组织，附近高大村、曹子村等11位有关人员参加。会上电站负责人介绍了电站GEF增值改造活动内容、可能影响到的村庄、当地政府对项目建设的政策等。村民们则就电站改造给本村带来的影响提出意见，主要包括：电站项目是否能推动当地经济发展，是否能保护修复周边环境，施工中能否协调各方问题；村民希望注意电站上、下游灌溉用水的调节，避免发生矛盾，希望对进厂公路硬化、对进厂大桥实行加固，避免造成安全问题；希望解决电站鱼塘沟渠处理、解决电站后农田排水问题。电站负责人对村民关心的问题一一解答，给出明确的处理意见。会议达成共识，马脖子水电站改造工程能够促进当地经济发展，给当地村民带来切实的好处。

电站改造后，增加了改善公共照明、公共道路、灌溉设施等方面的投入。对电站下游农田灌溉输水渠道及时加固防渗，保证渠道输水能力。对周边村民出入道路进行硬化改造，方便村民出行。持续多年以来的惠民举措：电站每年向高大乡高大村一组（槽子村）42户农户提供6万斤大米，并专门从厂用电母线处引出一条线路，提供村民生产生活无偿用电。



马脖子水电站改造前召开公众咨询会议、信息公示



马脖子水电站周边村庄道路改造前



马脖子水电站周边村庄道路改造后



马脖子水电站改造后环境

4 经验和启示

案例分析表明，云南马脖子水电站GEF项目活动效益显著，其经验与启示总结如下：

(1) 挖掘条件安装生态小机组，可很好地兼顾生态和发电效益。马脖子电站原安装5台机组，本次改造将其中一台小机组的容量减小，改造为300kW生态小机组，其余4台机组的容量适当增大，使得总装机容量达到增效扩容设计要求。生态机组的发电引用流量与核定的生态流量相匹配，如此能一水多用，特别在枯水季节，兼顾了下游河道用水需求和电站的发电效益。

(2) 在改造前专门会同当地乡政府进行公众咨询活动，提前介绍电站GEF增值改造活动内容、可能影响到的村庄、当地政府对项目建设的政策等等，起到一举多得的效果，一方面，听取村民们就电站改造给本村带来的影响提出意见，了解他们的希望，使得电站的惠民措施更加精准，给当地村民带来切实的好处。另一方面，宣传了GEF项目及其目标初衷，使得当地对小水电建设更加支持。

(3) 在所有试点电站的GEF项目活动中，只有马脖子电站有一项活动(电站周边环境整治)为自筹经费。在经费不足的情况下，电站业主自筹资金的办法值得肯定。自筹经费项目执行后，厂房外立面屋顶、周边环境等得以整治改造，保证了电站改造活动后的整体效果。

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>