

# 基于碳排放的水利水电工程建设与运营分析

叶歆<sup>1</sup> 郝雪航<sup>2</sup>

1 吉林省水利水电勘测设计研究院 2 中水北方勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i9.6561

**[摘要]** 水利水电工程作为全球能源供应体系的关键一环,虽具有清洁、可再生的特性,但在其建设与运营过程中也会产生一定的碳排放。这些碳排放主要来源于工程建设阶段的能源消耗和建筑材料生产、水库蓄水阶段的土壤和植被分解及水体富营养化,以及电站建设与运营阶段的辅助设施能耗和设备维护。文章分析了水利水电工程碳排放对环境、生态和社会的多方面影响,指出其长期运行的低碳特性以及对区域碳循环和碳汇功能的复杂影响。为应对碳减排挑战,提出了优化能源结构、推广清洁能源、实施节能减碳改造、促进水资源集约节约利用和加强水生态系统修复与保护等基于碳排放的水利水电工程建设与运营措施。

**[关键词]** 碳排放; 水利水电工程; 建设; 运营

**中图分类号:** TV5 **文献标识码:** A

## Analysis of Construction and Operation of Water Conservancy and Hydropower Projects Based on Carbon Emission

Xin Ye<sup>1</sup> Xuehang Hao<sup>2</sup>

1 Jilin Province Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute

2 Zhongshui North Survey and Design Research Co., Ltd.

**[Abstract]** As a key part of the global energy supply system, water conservancy and hydropower projects are clean and renewable, but they will also produce certain carbon emissions during their construction and operation. These carbon emissions mainly come from energy consumption and building materials production in the construction stage, soil and vegetation decomposition and water eutrophication in the reservoir storage stage, and energy consumption of auxiliary facilities and equipment maintenance in the construction and operation stage of the power station. This paper analyzes the environmental, ecological and social impacts of carbon emissions from water conservancy and hydropower projects, and points out its long-term low-carbon characteristics and complex impacts on regional carbon cycle and carbon sink function. In order to meet the challenge of carbon emission reduction, the construction and operation measures of water conservancy and hydropower projects based on carbon emission are put forward, such as optimizing energy structure, popularizing clean energy, implementing energy-saving and carbon-reducing transformation, promoting intensive and economical use of water resources and strengthening the restoration and protection of water ecosystem.

**[Key words]** carbon emissions; Water conservancy and hydropower engineering; Construction; operation

### 引言

水利水电工程建设与运营由规划、设计、建设、运行到退役等多个阶段组成,每一阶段都会产生不同程度的碳排放。例如,在建设阶段,土石方开挖、运输、填筑等环节会产生大量温室气体排放;在运营阶段,泵站、水闸、水轮机等设备的运行也会消耗大量能源,从而产生碳排放。水利工程周边生态环境的变化以及水利工程的改造和扩建等,也会对碳排放产生影响。目前,关

于水利水电工程碳排放问题的研究已经取得了一定的成果,但仍存在一些不足之处。例如,对于水利水电工程全寿命周期碳排放的评估方法还不够完善,对于不同类型水利水电工程碳排放特点的研究不够深入等。因此,有必要对水利水电工程建设与运营的碳排放问题进行更加全面、深入的研究,以提出更加科学、合理的减排措施。

### 1 水利水电工程碳排放的基本概念

### 1.1 碳排放概念

碳排放是关于温室气体排放的一个总称或简称。温室气体中最主要的气体是二氧化碳, 因此在进行碳排放描述时, 往往用二氧化碳的排放量作为一种量化的指标。虽然这种计量存在一定的失真, 但将“碳排放”理解为“二氧化碳排放”已在国内外得到了广泛的认可。

### 1.2 水利水电工程建设与运营中的碳排放来源

水利水电工程, 作为全球能源供应体系中的关键一环, 以其清洁、可再生的特性, 在能源转型和应对气候变化中发挥着举足轻重的作用。然而, 值得注意的是, 水利水电工程建设和运营过程中也会产生一定的碳排放。这些碳排放的来源多样, 主要可以归结为工程建设阶段、水库蓄水阶段以及电站运营阶段三个主要方面。

#### 1.2.1 工程建设阶段

在水利水电工程的建设阶段, 碳排放主要来源于能源消耗和建筑材料生产两个方面。首先, 能源消耗是工程建设过程中不可忽视的碳排放源。水利水电工程的建设需要大量的机械设备投入, 如挖掘机、起重机、混凝土搅拌车等。这些设备的运行需要消耗大量的电力和燃油, 尤其是柴油和汽油等化石燃料。在混凝土搅拌、运输、浇筑等关键施工环节中, 机械设备的能耗尤为显著。此外, 施工现场的照明、通风、取暖等辅助设施也需要消耗一定的能源, 进一步增加了碳排放量。随着工程规模的扩大和施工难度的增加, 能源消耗和随之产生的碳排放也呈现出上升趋势。其次, 建筑材料生产也是工程建设阶段碳排放的重要来源。水利工程所需的水泥、钢材、砂石等建筑材料, 在其生产过程中都需要消耗大量的能源, 并排放二氧化碳等温室气体。以水泥为例, 其生产过程中需要经过石灰石煅烧、熟料磨细等多个工序, 每个工序都需要消耗大量的煤炭或天然气等化石燃料, 从而产生大量的碳排放。钢材的生产同样需要消耗大量的焦炭和电力, 焦炭的生产过程中又会产生大量的二氧化碳。

#### 1.2.2 水库蓄水阶段

水库蓄水阶段是水利水电工程中另一个重要的碳排放来源。这一阶段主要涉及到土壤和植被的分解以及水体富营养化两个方面。水库蓄水过程中, 淹没的土壤和植被会在水下分解, 释放出大量的二氧化碳和甲烷等温室气体。土壤和植被中储存着大量的有机碳, 当它们被水淹没后, 由于缺氧环境的形成, 有机碳的分解速度会加快, 从而释放出大量的温室气体。特别是当土壤里存有大量的碳时, 这种排放效应会更加显著。这增加了大气中的碳浓度, 加剧了全球变暖的趋势。水库蓄水还可能导致水体富营养化, 进一步增加温室气体的排放。水体富营养化是指水体中氮、磷等营养物质过多, 藻类大量繁殖的现象。藻类的繁殖过程中会消耗大量的氧气, 使得水体处于缺氧状态, 从而加速有机物的分解, 产生更多的二氧化碳和甲烷等温室气体。藻类的死亡和分解也会释放大量的温室气体到大气中。因此, 水体富营养化不仅是水环境污染的问题, 也是全球气候变化的一个重要因素。

### 1.2.3 电站运营阶段

在水利水电工程的电站运营阶段, 虽然发电本身不产生碳排放, 但电站的辅助设施以及电网的传输和分配过程中都会产生一定的碳排放。电站的辅助设施, 如照明、通风、冷却等, 需要消耗一定的能源来维持其正常运行。这些能源的消耗会产生一定的碳排放。虽然相对于工程建设阶段和材料生产阶段的碳排放来说, 这部分碳排放量相对较小, 但也不能忽视其对全球气候变化的影响。随着工程运行时间的增长, 设备的维护和更换也会产生碳排放。水利水电工程的设备在长期运行过程中, 由于磨损、老化等原因, 需要进行定期的维护和更换。这些维护和更换过程中, 需要消耗一定的能源和材料, 产生一定的废弃物和排放物, 从而增加碳排放量。特别是对于一些大型设备和关键部件的更换, 其碳排放量可能会更加显著。

## 2 水利水电工程建设与运营中的碳排放影响

### 2.1 环境效益

水利水电工程在建设运营过程中会产生大量的碳排放, 这主要源于水电站的建设和运营过程中所使用的建筑材料和能源, 如混凝土和钢材的生产与运输、机组的运行、维护和检修等。从长期运行的角度来看, 水利水电工程具有显著的低碳特性。首先, 水电站作为清洁能源, 其发电过程不消耗任何化石燃料, 因此不产生任何碳排放或污染。据统计, 水电站每发一度电可减少约937gCO<sub>2</sub>当量的碳排放, 这对于缓解全球变暖、实现低碳转型具有不可估量的价值。其次, 水库在调节径流方面也发挥着重要作用, 减少温室气体排放。水库通过蓄水和放水, 调节河流的流量和水质, 改善河流的水质和生态环境。水库能通过调节水温、增加水体溶解氧等方式, 提高水体的自净能力, 减少水体中的温室气体排放。

### 2.2 生态效应

水利水电工程对区域碳循环的影响是复杂而深远的, 这既包括对碳排放的影响, 也包括对碳汇功能的影响。

#### 2.2.1 碳排放的增加

水利水电工程建设和运营过程中确实会产生一定的碳排放, 这主要源于建筑材料和能源的使用。这种碳排放的增加通常是暂时的, 在工程建成后通过其他方式加以补偿。例如, 水电站可通过发电减少化石燃料的使用, 降低整体的碳排放水平。水利水电工程的建设会对区域碳循环产生间接影响。例如, 水库的建设会改变河流的径流规律, 影响水生生物的生存环境, 进而对区域碳循环产生影响。然而, 这种影响通常是复杂而难以量化的, 需要进一步的研究和评估。

#### 2.2.2 碳汇功能的实现

另一方面, 水利水电工程中会改善植被覆盖和湿地恢复等方式实现碳汇功能。水库的建设通常会伴随着周边生态环境的改善, 如植被覆盖度的增加、湿地的恢复等。这些生态环境的改善能增加区域的碳汇能力, 即吸收和储存更多的二氧化碳。具体来说, 植被覆盖度的增加提高土壤的有机碳含量, 促进碳的固定和储存。同时, 湿地的恢复提高区域的碳汇能力, 因为湿地是自

自然界中最重要的碳汇之一。通过植物的生长、微生物的分解等过程吸收和储存大量的二氧化碳。

### 2.3 社会效应

水利水电工程对区域社会的影响也是多方面的,这既包括正面的影响,也包括负面的影响。

#### 2.3.1 正面的影响

水利水电工程的建设和运营可创造大量的就业机会,带动相关产业链的发展,如设备制造、建筑施工、运维服务等。水电带来的稳定电力供应为当地工业、农业、服务业的发展提供坚实的基础,促进地方经济的繁荣。水利水电工程的建设能改善当地的民生条件,如提供清洁的饮用水、灌溉农田、防洪排涝等。这些措施有助于提高当地居民的生活质量,促进社会的和谐发展。

#### 2.3.2 负面的影响

水利水电工程的建设往往需要占用大量的土地,这会影响到当地居民的迁移和安置问题。移民安置涉及到居民的生活和就业问题,对当地的社会稳定产生一定的影响。尽管水利水电工程在建设过程中会采取一系列的环境保护措施,但仍然对当地的生态环境产生一定的影响。例如,水库的建设会改变河流的径流规律,影响水生生物的生存环境;施工过程中的噪音、粉尘等污染对当地居民的生活产生一定的影响。水利水电工程作为控制和利用水资源、防治水害、提高水资源利用效率的重要基础设施,在促进经济社会发展的同时,也面临着碳减排的挑战。

## 3 基于碳排放的水利水电工程建设与运营措施

### 3.1 优化能源结构,推广清洁能源

水电是清洁、可再生、高效的能源形式,具有显著的碳减排效应。科学规划和合理开发水电资源,替代部分化石能源发电,减少温室气体排放。例如,我国西南地区拥有丰富的水电资源,建设大型水电站和抽水蓄能电站,提升水电在能源结构中的比重,为“双碳”目标实现贡献力量。在水利水电工程的建设 and 运营过程中,应优先考虑使用清洁能源,如太阳能、风能等。例如,在工程施工现场安装太阳能发电设备,为施工和后期管理提供清洁能源;在水利枢纽周边建设风力发电站,为电网提供清洁电力。减少化石能源的使用,降低碳排放。

### 3.2 实施节能减碳改造,提升工程能效

在水利水电工程的设计、施工和运营过程中,应广泛应用节能技术和设备。例如,在泵站和水电站等关键部位采用高效节能电机、变频器等设备,提高能源利用效率;在输水管道和渠道等输水系统中采用低阻力、低能耗的材料和工艺,减少水力损失和能耗。定期对水利水电工程进行维护和管理,确保设备处于良好运行状态,避免能源浪费和碳排放增加。例如,对水电站的水轮机和发电机进行定期检修和保养,提高设备发电效率;对泵站的泵体和管道进行定期清洗和检查,降低能耗和故障率。

### 3.3 促进水资源集约节约利用,减少碳足迹

加强水资源管理和保护,推进节水型社会建设,提高水资源利用效率,减少水资源浪费和碳排放。例如,在农业灌溉中推广

滴灌、喷灌等节水灌溉技术;在工业生产中加强废水回用和循环利用;在城镇供水中加强管网漏损控制和水质监测。建设跨流域调水工程、区域水资源调配工程等措施,实现水资源的优化配置和高效利用。例如,我国南水北调工程通过跨流域调水,解决了北方地区水资源短缺问题,减少了地下水超采和能源消耗;优化调水方案和调度策略,提高了水资源利用效率,降低了碳排放。

### 3.4 加强水生态系统修复与保护,提升碳汇能力

加强水生态系统修复与保护,提升水生态系统的稳定性和固碳能力。例如,在江河湖泊等水域开展生态缓冲带建设、湿地恢复与建设、生物多样性保护等措施;在水利工程建设中注重生态保护和修复工作,减少对水生态系统的破坏和影响。改善水环境质量,提升水生态系统的碳汇能力,为“双碳”目标实现提供有力支撑。水土保持是防治水土流失、涵养水源、增加碳汇的重要措施。通过加强水土保持工作,改善土壤结构、提高土壤有机碳含量、增强土壤固碳能力。例如,在山区和丘陵地区开展植树造林、种草等生物措施;在坡耕地和侵蚀沟等区域开展坡面治理、沟道治理等工程措施。减少水土流失和土壤侵蚀问题,提升生态系统的碳汇能力。

## 4 结束语

水利水电工程碳减排措施是一个系统工程,需要从优化能源结构、实施节能减碳改造、促进水资源集约节约利用以及加强水生态系统修复与保护等多个方面入手。采取这些措施,减少水利水电工程自身的碳排放问题,提升水生态系统的碳汇能力,为“双碳”目标实现做出积极贡献。同时,这些措施的实施也需要政府、企业和社会各界的共同努力和支持。政府应制定和完善相关法律法规和管理制度;企业应积极采用新技术、新工艺和新设备;社会各界应提高节水节能意识和参与度。

## 【参考文献】

- [1]余鑫.水利水电工程防渗施工技术分析[J].中国住宅设施,2024,(12):50-52.
- [2]张玉茂.水利水电工程建设对生态环境影响的利弊分析[J].大众标准化,2024,(24):77-79.
- [3]刘晨亮.水利水电工程水库大坝坝基固结灌浆施工技术研究[J].产业创新研究,2024,(24):112-114.
- [4]林显宁.水利水电工程基础处理施工关键技术研究[J].水上安全,2024,(24):133-135.
- [5]杨杰.浅析水利水电工程基础处理施工技术[J].当代农机,2024,(12):31-33.
- [6]曾文樱.水利水电工程质量管理策略研究[J].水上安全,2024,(23):40-42.

## 作者简介:

叶歆(1998—),女,汉族,吉林省长春市人,硕士研究生,中级工程师,从事水利水电工程设计。

郝雪航(1991—),男,汉族,天津市人,硕士研究生,工程师,水利水电工程。