

玉瓦水电站生命周期温室气体排放研究

何 坤, 钟 权

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘 要: 基于生命周期评价方法, 以玉瓦水电站为工程背景, 研究中小型长引水式电站温室气体排放情况。分析了生命周期各阶段温室气体排放情况, 并与大型水电站及火力发电的温室气体排放进行比较, 玉瓦水电站生命周期温室气体排放表现十分优异, 大力开发水电能有效地减低温室气体的排放。因此, 在项目前期阶段确定开发方式及电站规模时, 除技术经济因素外, 还有必要考虑水电站生命周期内环境影响, 评估减排效益, 阐明水力发电的清洁性与优质性。

关键词: 玉瓦水电站; 生命周期; 温室气体排放; 环境问题

中图分类号: TV741; P423.3+3; O659

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2020)02-0115-04

Study on Greenhouse Gas Emission in the Lifecycle of Yuwa Hydropower Station

HE Kun, ZHONG Quan

(Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: Based on the lifecycle assessment method, taking Yuwa Hydropower Station as the engineering background, the greenhouse gas emission of small and medium-sized long diversion hydropower stations is studied. This paper analyzes the greenhouse gas emission in each stage of the lifecycle, and compares with the greenhouse gas emission of large-scale hydropower stations and thermal power plant, the greenhouse gas emission in the lifecycle of Yuwa Hydropower Station is excellent, and the development of hydropower can effectively reduce the greenhouse gas emission. Therefore, before determining the development mode and power plant scale in the early stage of the project, in addition to the technical and economic factors, it is necessary to consider the environmental impact within the lifecycle of the hydropower station, evaluate the emission reduction benefits, and clarify the cleanliness and quality of hydropower generation.

Key words: Yuwa Hydropower Station; lifecycle; greenhouse gas emission; environmental issue

0 引 言

全球变暖是人类面临的巨大挑战之一, 随着社会的发展, 以火电能源为主的发展方式必然会加剧温室效应。目前, 我国水电开发正如火如荼地开展, 尤其是在西南地区, 已建成或正在建设一大批大中型水电站。水电作为一种可再生的清洁能源, 不仅是改善能源结构的重要途径, 大力开发水电同时也是改善生态环境、应对气候变化的重要措施。

然而, 水电资源的开发与水电工程的建设, 归根结底是对自然生态的改造。水电工程的施工、运营及废弃处置, 必然存在着能源消耗与污染物排放的问题。因此, 研究水电开发与水电工程建设中温室气体的排放特点, 对于研究改善能源结

构、应对全球气候变化, 具有十分重要的意义。

生命周期评价是一种全过程的评价方法, 能够揭示隐含在产业链中的温室气体排放。目前, 国际上生命周期评价法在水电站建设进行环境影响评价方面有一定的研究, 例如中国、泰国、巴西、日本和瑞士等国家进行了水电温室气体的分析及影响评价^[1,2]。

本文在充分查阅国内外的研究进展及大量相关数据资料的基础上, 以玉瓦水电站为工程背景, 研究中小型长引水式电站生命周期温室气体排放, 分析了生命周期各阶段温室气体排放情况, 并与大型水电站及火力发电的温室气体排放进行比较。

1 工程概况

收稿日期: 2020-03-04

玉瓦水电站位于四川省九寨沟县境内的白水江次源黑河上,是白水江流域水电梯级开发的第 2 级,电站装机容量 49 MW,年发电量 2.046 亿千瓦时。工程为引水式电站,主要由首部枢纽、引水系统和地面厂房系统三部分组成。其中,引水隧洞布置在黑河右岸,全长约 14 km,隧洞断面为衬砌后 4 m×4.8 m(W×H)的城门洞型。

2 研究方法

2.1 基于全生命周期的评价方法

水电站本身属于清洁能源,其运行过程不消耗一次能源,故人们更多关注水电站建设阶段的温室气体排放,对于运维阶段和处置阶段相对研究较少,但从全生命周期角度考虑,水电站运维时间长达几十年甚至上百年,运维阶段及废弃处置

阶段温室气体排放的绝对值仍不可忽视。本文以玉瓦水电站为研究对象,基于生命周期评价方法,研究中小型长引水式电站生命周期温室气体排放特点,并与传统火力发电相比,评估减排效益,阐明水力发电的清洁性与优质性。

2.2 系统边界

水电站系统生命周期可分为三个阶段:建设阶段,运营维护阶段,废弃处置阶段。系统边界如图 1 所示。温室气体排放主要来源于能源消耗、材料消耗及水库蓄水的温室气体净通量。建设阶段主要包括原材料生产,材料运输,施工过程;运营维护阶段主要包括水电站日常运营过程中能源消耗以及水库温室气体净通量;废弃处置阶段则主要是大坝拆除及垃圾处理等。

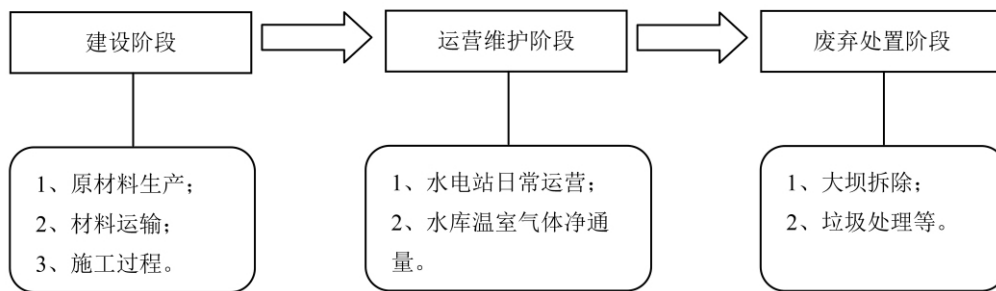


图 1 系统边界

3 生命周期清单分析

3.1 主要工程量

在本文为玉瓦水电站设置的边界范围内,涉及到环境影响因素的主要工程量见表 1。

表 1 主要工程量表

分类	项目	单位	工程量
建设原材料生产及材料运输			
	水泥	10 ⁴ t	6.99
	钢材	10 ⁴ t	0.9
	木材	10 ⁴ m ³	0.1
	炸药	10 ⁴ t	0.07
	机电设备及金属结构	10 ⁴ t	0.91
施工过程			
土石方工程	土方明挖	10 ⁴ m ³	13.24
	石方明挖	10 ⁴ m ³	4.02
	石方洞挖	10 ⁴ m ³	41.07
	土石填筑	10 ⁴ m ³	5.86
混凝土工程	混凝土骨料	10 ⁴ m ³	21.85
灌浆工程	帷幕灌浆	10 ⁴ m	5.43
	固结灌浆	10 ⁴ m	0.05

3.2 建设阶段

3.2.1 建设原材料生产

水电工程主要原材料为水泥、钢筋,以及木材、炸药、油料等。以 PO42.5 水泥为典型对象进行温室气体排放清单分析^[3](表 2)。

3.2.2 材料运输

本电站所需水泥在绵阳江油、都江堰等地采购,钢筋及钢材等在成都采购,油料在绵阳采购,均采用公路运输方式,运输距离在 400~500 km。材料运输产生的温室气体主要来自运输设备燃油,汽车运输过程的温室气体排放清单^[4]见表 3。

3.2.3 施工过程

表 2 PO42.5 水泥温室气体排放清单

项目	单位	数量
CO ₂	kg	1 042
CO	kg	0.39

表 3 汽车运输的温室气体排放清单 (t.km)

项目	单位	数量
CO ₂	kg	0.248
CH ₄	kg	0.001 82

施工过程主要包括土石方工程、混凝土工程、

灌浆工程等,其温室气体主要是各类机械设备耗油、耗电而产生。根据《水电工程施工机械台时费定额》得到单位施工过程的能源消耗情况,计算得到总的耗油、耗电情况。根据柴油及电能的温室气体排放清单,即可得到施工过程温室气体排放情况。其中,柴油的温室气体排放清单^[5]见表 4。

3.3 运营及维护阶段

在水电站运营及维护阶段,玉瓦水电站是以发电为主的水电工程,在电站运行期间几乎没有污染物的排放^[6];在电站水库淹没的植被和土壤有机物被微生物分解为 CO₂ 和 CH₄,是水库中重要的温室气体来源。

3.4 废弃处置阶段

表 4 柴油的温室气体排放清单

项目	单位	数量
CO ₂	kg	96.52
CO	kg	0.14
CH ₄	kg	0.10

在水电站废弃处置阶段,电站退役后往往会继续保留大坝。目前还没有关于水电站废弃处置污染排放方面的基础数据,一般假定该过程 CO₂ 排放为建设过程的 10%^[7]。

3.5 生命周期分析结果

根据各阶段温室气体排放情况,汇总得到生命周期内温室气体排放结果(表 5)。

4 讨论与分析

表 5 生命周期温室气体分析结果

项目	建设阶段			运营维护阶段 /kg	废弃处置阶段 /kg	合计 /kg
	原材料生产 /kg	材料运输 /kg	施工过程 /kg			
CO ₂	145 344 409	6 234 392	8 349 058	14 117 647	2 246 671	176 292 177
CO	28 431	0	144 581	0		173 011
CH ₄	2 690	45 701	2 887	882 353		933 631

4.1 温室气体排放分析

根据文献^[8]对不同环境影响类型的标准化基准进行了研究,可以将 CO 及 CH₄ 折算为 CO₂ 当量,见表 6。

表 6 温室气体当量因子

排放物质	当量因子 /kg CO ₂ eq · kg ⁻¹
CO ₂	1
CO	2
CH ₄	25

据此,玉瓦水电站生命周期温室气体排放量可折算为 1.99×10⁸ kg,该电站年发电量 2.046 亿 kWh,按设计使用寿命 50 年考虑,总发电量约 102.3 亿 kWh,单位温室气体排放量为 19.55 kg CO₂-eq/MWh,介于早期关于水电站温室气体排放系数的研究范围内(2~48 kg/(MW·h))(USNEI,2005)^[9,10]。

4.2 各阶段温室气体排放分析

根据玉瓦水电站生命周期温室气体排放量及各阶段温室气体排放量情况,可以得到建设阶段、运营维护阶段及废弃处置阶段的温室气体排放占比情况,见图 2。

可以看出,建设阶段对温室气体排放的贡献

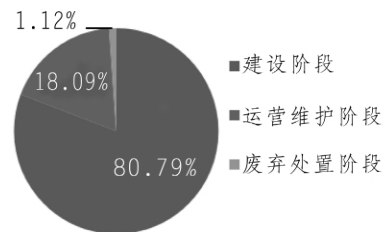


图 2 各阶段温室气体排放占比

值最大,达到了 80.79%,运营维护阶段及废弃处置阶段仅约 20%。其中,原材料生产对温室气体排放占整个建设阶段的约 90%,因此应充分重视建设原材料的选择及使用对水电站生命周期内温室气体排放的影响。

4.3 与火力发电温室气体排放比较

根据相关研究成果得到火力发电生命周期温室气体排放系数^[11]为 1 083.7~1 341.9 kgCO₂ eq/MWh。可以看出,玉瓦水电站温室气体排放仅约为火力发电的 1/50,彰显了水力发电的清洁属性。

4.4 与大型水电站温室气体排放比较

杜海龙^[12]对金沙江下游向家坝等四个大型水电站生命周期温室气体排放进行了研究,电站装机容量达 6 400 MW~16 000 MW,生命周期

温室气体排放系数为 $4.39 \text{ kgCO}_2 \text{ eq/MWh} \sim 9.14 \text{ kgCO}_2 \text{ eq/MWh}$ 。玉瓦水电站与大型水电站温室气体排放系数对比见图 3。

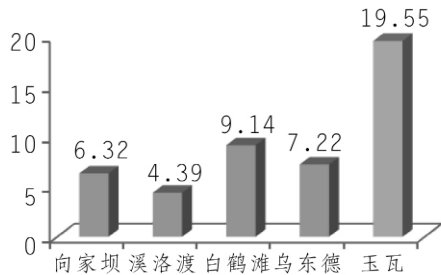


图 3 与大型水电站温室气体排放系数对比

可以看出,作为中小型长引水式电站,玉瓦水电站生命周期温室气体排放系数高于金沙江下游四个大型水电站生命周期温室气体排放系数,其原因可能是装机规模扩大所带来的发电量增加效益,要大于由此带来的能源消耗与温室气体排放影响。

5 结 语

基于生命周期的角度,以玉瓦水电站为工程背景,对中小型长引水式电站生命周期温室气体排放进行了研究。玉瓦水电站单位温室气体排放量为 $19.55 \text{ kg CO}_2 \text{ -eq/MWh}$,其中,建设阶段对温室气体排放的贡献值最大,约占 80%。与传统的火力发电相比,玉瓦水电站生命周期温室气体排放十分优异。大力开发水电能有效的减低碳温室气体的排放。与大型水电站相比,作为中小型长引水式电站,玉瓦水电站生命周期温室气体排放较高。因此,在确定开发方式及电站规模时,除技术经济因素外,需考虑生命周期内环境影响,评估减排效益,阐明水力发电的清洁性与优质性。

(上接第 85 页)

方法策略,不断强化对过程的管控力度,从而确保工程建设项目顺利实施。

参考文献:

- [1] 王伍仁. EPC 工程总承包管理[D]. 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] 王辉仁, 等. 工程项目组织与管理[D]. 中国统计出版社, 2019.
- [3] 杨庆蔚, 等. 建设项目经济评价方法与参数[D]. 中国计划出

参考文献:

- [1] 刘黎娜. 可再生能源建设项目生命周期评价方法及其案例研究[D]. 南京农业大学, 2008.
- [2] 王 巧. 污水再生利用工程生命周期评价研究[D]. 西安建筑科技大学, 2007.
- [3] 章玉容. 粉煤灰混凝土生命周期环境影响综合评价[D]. 北京交通大学, 2016.
- [4] 朱 熾, 陈 莹. 住宅建筑生命周期能耗及环境排放案例[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2010(3):330-334.
- [5] 朱 祺. 生物柴油的生命周期能源消耗、环境排放与经济性研究[D]. 上海交通大学, 2008.
- [6] 胡志锋, 马晓茜, 李双双, 等. 水力发电技术的生命周期评价[J]. 环境污染与防治, 2013, 35(6):93-97.
- [7] Hertwich E G, Gibon T, Bouman E A, et al. Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2015, 112(20): 6277-82.
- [8] 杨建新. 产品生命周期评价方法及应用[M]. 气象出版社, 2002.
- [9] 张社荣, 庞博慧, 张宗亮. 基于混合生命周期评价的不同坝型温室气体排放对比分析[J]. 环境科学学报, 2014, 34(11):2932-2939. DOI:10.13671/j.hjkxxb.2014.0760.
- [10] United States Nuclear Energy Institute (USNEI). 2005. Life-cycle emissions analysis[EB/OL]. 2013-12-21. <http://www.nei.org/index.asp?catnum=2&catid=260>.
- [11] 马忠海. 中国几种主要能源温室气体排放系数的比较评价研究[D]. 中国原子能科学研究院, 2002.
- [12] 杜海龙. 金沙江大型水电站碳足迹的生命周期分析研究[D]. 2017.

作者简介:

何 坤(1981-), 男, 四川南充人, 高级工程师, 从事水电工程施工组织设计工作;

钟 权(1988-), 男, 四川万源人, 工程师, 从事水电工程施工组织设计工作。

(责任编辑:吴永红、卓政昌)

版社, 2006.

- [4] 吕文学. 设备工程监理合同管理[D]. 中国人事出版社, 2012.
- [5] 刘伊生, 等. 建设工程造价管理[D]. 中国计划出版社, 2019.

作者简介:

吴 红(1970-), 女, 安徽濉溪人, 高级经济师, 注册咨询(投资)工程师, 注册造价工程师, 监理工程师, 一级建造师, 从事新能源工程项目管理工作。

(责任编辑:吴永红、卓政昌)