

水电工程环境影响经济损益分析

金 弈¹,康建民¹,武雪艳²

(1.北京国电水利电力工程有限公司,北京 100024;

2.河北省藁城市环境监测站,河北 藁城 052160)

关键词:经济损益分析;水电工程;环境影响;服务功能价值;环境影响外部效果

摘 要:水电工程的环境影响经济损益分析是水电工程环境影响评价的难点。根据国内外环境影响经济评价的研究成果和水电工程的实践,对水电工程普遍存在的环境损失和环境效益的内容与方法进行了研究,分析了各种生态系统的服务功能价值,并针对水电工程环境损失进行了生态补偿研究,提出了水电工程环境影响经济损益分析和国民经济评价环境影响外部效果分析应体现的内容。

Environmental Economic Cost-benefit Analysis of Hydroelectric Projects

Jin Yi¹, Kang Jianmin¹, Wu Xueyan²

(1.Beijing Guodian Water Resources & Electric Power Engineering Co.,Ltd.,Beijing 100024;

2. Environmental Monitoring Station of Gaocheng City in Hebei Province, Gaocheng Hebei 052160)

Key Words: economic cost-benefit analysis; hydroelectric projects; environmental impact; value of ecosystem services; environmental impact of external effects

Abstract: The cost-benefit analysis of environmental impact of hydropower project is the difficult point of environmental impact assessment. According to the research results of economic evaluation of environment impact at home and abroad and the practice of hydropower projects, this paper studies the contents and methods of environment losses and benefits of hydropower projects, analyzes the value of various ecosystem services and the ecological compensations for environmental losses of hydropower projects. Then it puts forward the contents of cost-benefit analysis of environmental impact and the external effect analysis of environmental impact in national economical evaluation of hydropower projects.

中图分类号:TV6;TV7;X820.3

文献标识码:A

0 引 言

环境影响经济损益分析,即对环境影响的经济效益和经济损失进行分析,是目前水电工程环境影响评价的难点和重要内容之一。水电工程环境影响评价总的结论即工程的环境可行性结论,理应通过环境影响经济损益分析定量化比较得出,但由于环境影响定量化较难,定量后货币化更难,目前在水电工程中乃至各行业的环境影响评价工作中,对环境的影响进行全面的定量化和货币化分析还处在探索阶段。因此,本文主要针对水电工程普遍存在的可量化的环境影响进行货币化研究,即环境影响的经济评价研究。

环境影响的经济评价,在国内主要沿着两条路线发展:一条路线为环境系统的环境影响经济评价

研究。我国 20 世纪 80 年代开始森林生态系统服务功能的评价工作;1996 年,亚洲开发银行完成的《环境影响的经济评价:工作手册》,对大气污染的环境损失和林木环境价值进行了评价;1997 年,中国环境与发展国际合作委员会完成的《中国自然资源定价研究》,对森林等自然资源的环境价值进行了货币化研究;1998 年,中国生物多样性国情研究报告编写组完成的《中国生物多样性国情研究报告》,对生物多样性的价值进行了研究;进入 21 世纪以来,国内多家科研院、所对多个地区的森林、草原等不同生态系统的服务功能价值进行了研究。另一条路

收稿日期:2009-03-23

作者简介:金 弈(1969—),男,北京人,教授级高工,主要从事环境保护和水土保持的设计、咨询等工作。

线为建设项目经济评价中环境及生态影响的外部效果研究。建设项目经济评价是对拟建项目的财务可行性和经济合理性进行分析论证,其结论作为项目或方案取舍的重要依据。1987 年,原国家计划委员会和建设部发布施行《建设项目经济评价方法与参数》,至今已更新至第三版。为了对建设项目进行全面的经济费用效益分析,应重视对环境影响外部效果的经济费用效益分析,尽可能地对环境成本与效益进行量化,在可行的情况下赋予经济价值,并纳入整个项目经济费用效益分析的框架体系中^[1]。环境及生态影响的外部效果是经济费用效益分析必须加以考虑的一种特殊形式的外部效果,应尽可能地对项目所带来的环境影响的效益和费用(损失)进行量化和货币化,将其列入经济现金流^[1]。

综合上述两方面的研究和实践,将水电工程大部分环境影响定量化乃至货币化,在方法和内容上已基本成熟。笔者根据参加过的一些工程实践和科研课题,对水电工程的环境影响经济损益分析的内容、方法进行归纳和探讨,以推动水电工程环境影响经济评价内容的完善。

1 水电工程的环境损失分析

1.1 对陆生生态环境影响的经济分析

水电工程对陆生生态环境影响,主要表现为水库淹没和施工占地影响。受影响的陆生生态的不同生态系统的服务功能价值,首先可考虑采用已有的研究成果,在必要的情况下可进行专题研究。

1.1.1 森林生态系统的服务功能价值

森林生态系统服务功能是指森林生态系统与生态过程所形成及所维持人类赖以生存的自然环境条件与效用。森林生态系统服务功能包括林木、林副产品、森林游憩、涵养水源、固碳释氧、营养物质循环、净化空气、土壤保持和维持生物多样性等。在森林涵养水源、固碳释氧、营养物质循环、净化空气和保护土壤五类服务功能中,热带雨林、季雨林所提供的价值最大,为 32 417.45 元/(hm²·a),温带荒漠所提供的价值最小,为 12 507.90 元/(hm²·a)。我国各种森林生态系统所提供的年平均价值为 23 095.25 元/hm²^[2]。

1.1.2 草地生态系统的服务功能价值

草地生态系统的服务功能价值包括供水、侵蚀控制、土壤形成、营养循环、废物处理、生物控制、息栖地、食物生产、原材料、基因资源和娱乐文化等(见表 1)。

1.1.3 农田生态系统的服务功能价值

表 1 中国不同区域草地生态系统的服务功能价值^[3] 美元/(hm²·a)

地 区	服务价值	地 区	服务价值
东北温带半湿润区	1474.3	华北暖温带半湿润半干旱区	433.7
蒙宁甘温带半干旱区	142.4	东南热带、亚热带湿润区	522.7
西北温带、暖温带干旱区	212.9	西南亚热带湿润区	567.4
青藏高原高寒区	212.8		

根据文献[4]的研究结果,2003 年中国农田提供的服务功能价值平均为 18 960.6 元/hm²,其中,农产品生产的价值为 14 788.7 元/hm²,其他服务功能的价值为 4 171.9 元/hm²。

1.2 对水生生态环境影响的经济分析

水电工程对水生生物的影响主要是对鱼类的影响。由于鱼类的种类、分布不同,不同地区水生生物所受影响难以定量。通常采用环境影响经济评价方法中的恢复费用法,采用对水生生态环境进行恢复的泄放生态流量、分层取水、鱼道和鱼类增殖站等措施的费用,作为水生生态影响的经济损失。如果在以上水生生态保护措施的基础上,水电工程运行时能够实现生态调度,则对水生生态的影响可以得到总体恢复。

2 水电工程的环境效益分析

2.1 直接环境效益

水电工程的直接环境效益主要包括防洪、改善生态环境和促进旅游等。这些效益主要是由具有综合利用效益的水电站带来的,其效益的评价方法在水利工程中应用较多,如增加收益法、减少损失法和替代工程费用法等,这些综合效益评价的方法较为成熟。

2.2 间接环境效益

根据中国能源的国情,水电还具有能源替代的环境效益。2008 年底我国电力装机中,火电占 76%,水电占 22%。目前及今后一个相当长的时段内,火电仍将是除水电外我国能源的主要形式。根据国家经济发展对电力的需求,若不开发水电,目前只能用火电替代。相对于火电,水电有减排 CO₂、SO₂ 的环境效益。水电工程间接环境效益的量化原理为替代工程费用法,这与林地、草地等生态系统的很多服务功能价值的评价量化原理相同。

2.2.1 减排温室气体效益

水电工程具有减排温室气体效益,这是水电工程的主要环境效益之一,并且在世界范围内这种效益已实现了货币化和商品化,即通过清洁能源发展机制(Clean Energy Development Mechanism, CDM)

来实现水电的减排效益。

2005 年 2 月 16 日,《京都议定书》正式生效。《京都议定书》中规定,发达国家可以采用资金援助和技术转让的方式,在没有减排指标的发展中国家实施环境保护项目,通过购买经认证后的减排量,来履行减排义务。通过这种方式形成的市场运作机制,被称为 CDM。

CDM 作为一种“双赢”模式,在中国的发展前景广阔。截至 2008 年 10 月 8 日,国家发展和改革委员会批准的 CDM 项目达 1 595 个,估计 CO_2 年减排量为 3.172 亿 t。水电工程已获批准的 CDM 项目,大型水电站有湖南资水柘溪水电站扩机工程等 3 座,大于 100 MW 的中型电站有甘肃黄河炳灵水电站等 29 座。

2008 年中国 6 MW 以上火电机组标准煤耗为 349 g/(kW·h)。根据国家发展和改革委员会能源研究所估算,燃烧时温室气体排放系数为 0.655 t·C/t·标煤^[9],火电产生 CO_2 约为 0.84 kg/(kW·h)。与燃煤发电相比,水力发电可节约标煤 96%^[9],即水电替代火电可减排温室气体约为 0.81 kg CO_2 /(kW·h)。目前,国内已获批准的水电 CDM 交易价平均约为 10 欧元/(t· CO_2),按 2008 年 12 月 31 日汇率(欧元:人民币=9.659:1)计,水电减排温室气体效益约为 0.078 元/(kW·h)。2008 年,中国水电年发电量为 5 633 亿 kW·h,相当于减排温室气体 CO_2 约 4.56 亿 t。

2.2.2 减排 SO_2 的效益

由于我国能源结构以煤为主,我国许多城市出现的酸雨现象都与燃煤有关。酸雨污染已成为一大公害,而火电用煤占全国用煤的 60%以上。发展水电有利于减少煤耗,有利于减轻和控制酸雨的发展。按 2008 年中国水电年发电量 5 633 亿 kW·h 计,相当于节约了 2.75 亿 t 原煤资源。 SO_2 的排放系数按 0.0195 计,2008 年相当于减少 SO_2 排放 537 万 t。

计算减排 SO_2 效益有三种方法:①按国内有关部门对 SO_2 造成损失的估算方法,污染损失以 5 000 元/t 计^[6];②按生态服务功能价值计算中采用的减排 SO_2 的成本计,为 600 元/t^[7];③按火电脱硫电价 0.015 元/(kW·h)计,火电 SO_2 产生量为 9.83 g/(kW·h),相当于 SO_2 处理成本为 1 526 元/t。计算减排 SO_2 的效益与计算生态服务功能应采用同一种方法,一般采取第二种方法,但 600 元/t 已经是 1997 年以前的价格,包括了建设成本 500 元/t,处理成本 100 元/t,现在火电脱硫的建设成本为 200~300 元/t,处理成本约 1 200 元/t。因此,按国家已实施的火电脱硫电

价 0.015 元/(kW·h) 进行减排 SO_2 效益计算较为符合实际。

2.2.3 节约煤炭资源效益

煤炭是世界能源的重要基础,对于我国尤为重要。我国煤炭储量有限,仅相当于俄罗斯的 1/40,澳大利亚 1/4。此外,煤炭资源开采过程中的生态环境破坏问题也日渐突出。节省煤炭资源,对煤炭资源的可持续利用和生态环境保护具有重要意义。2008 年,中国水电的年发电量相当于减少了 2.75 亿 t 原煤的消耗,原煤价格以 280 元/t 计,节煤效益是巨大的。但水电节煤效益不能按全部节煤量来计算,主要是由于水电建设成本高,运行成本低;而火电的建设成本低,运行成本高,煤炭资源是火电运行成本的主要部分。虽然火电、水电利用的资源不一样,但提供的是相同的商品,应该同质同价。目前不同省份,水电上网标杆电价低于同省火电脱硫机组上网标杆电价 0.04~0.13 元/(kW·h)。为了在一个平等的条件下进行分析,将水电与火电单位电价的价差(水电项目所在省内水电、火电上网标杆电价差)作为水电节约煤炭资源的效益较为合理。

3 水电工程的生态补偿研究

水电工程的生态补偿主要是针对减免水电的不利环境影响而采取措施及相应的费用。以下对水电工程产生的普遍不利影响的现有的生态补偿制度和费用额度进行分析。

3.1 林地的生态补偿

我国森林生态系统中,各种森林生态系统所提供的服务功能的年平均价值为 23 095.25 元/hm²。笔者曾对云南某水电项目的林地生态服务功能价值进行计算,该项目的林地所有生态服务功能价值约为 19 565 元/(hm²·a)。水电工程一般经济评价计算期为 30 年,按经济评价的要求,需将 30 年的费用折成现值,社会折现率取 8%,则 30 年该项目林地生态服务功能价值为 220 259 元/hm²;若按水电站的设计寿命 50 年计,该项目林地生态服务功能价值为 239 348 元/hm²。

现在国家对生态补偿的法规、文件,正在实施的包括《大中型水利水电工程建设征地补偿和移民安置条例》(国务院令 471 号)、《中华人民共和国耕地占用税暂行条例》(国务院令 511 号,自 2008 年 1 月 1 日起施行)、“财政部、国家林业局关于印发《森林植被恢复费征收使用管理暂行办法》的通知”(2002 年 10 月 25 日 财综[2002]73 号)和《中华人民共和国水土保持法实施条件》(国务院令 120

号)等 4 项。根据这 4 项法规、文件,以云南某项目为例进行测算:

(1)林地补偿费、安置补助费和林木补偿费。征用林地中用材林的林地补偿费按 4 倍计;安置补助费按 4 倍计;林木蓄积量按 $60\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 计,单价为 $350\text{ 元}/\text{m}^3$,林木补偿按采伐木材价值的 50%计。灌木林的林地补偿费和林木补偿费按用材林的 40%计、安置补助费按用材林的 20%计。经计算,用材林的补偿为 $98\,700\text{ 元}/\text{hm}^2$,灌木林为 $38\,640\text{ 元}/\text{hm}^2$,平均为 $68\,670\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

(2)耕地占用税。占用林地、牧草地也需交耕地占用税,人均耕地不超过 1 亩的地区(以县级行政区域为单位,下同),一般为 $10\sim 50\text{ 元}/\text{m}^2$,按最低 $10\text{ 元}/\text{m}^2$ 计,则需交 $100\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

(3)森林植被恢复费。森林植被恢复费对用材林林地、经济林林地、薪炭林林地、苗圃地,按 $6\text{ 元}/\text{m}^2$ 收取,相当于 $60\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

(4)水土保持设施补偿费。云南省的标准是针对损坏水土保持生物设施的,按生产建设占地面积一次性征收补偿费 $1\sim 1.50\text{ 元}/\text{m}^2$ 。若按 $1\text{ 元}/\text{m}^2$,则为 $10\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

以上 4 项合计为 $238\,670\text{ 元}/\text{hm}^2$,即为该项目的生态补偿费用,为一次性补偿的现值费用。

通过分析可知,该项目的林地补偿费用在取费标准较低的情况下,已达到了本项目的林地生态系统的服务功能价值。

3.2 草地的生态补偿

中国不同区域草地生态系统的服务功能价值为 $212.8\sim 1\,474.3\text{ 美元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 。以云南某项目为例测算,该项目草地的所有生态服务功能价值约 $9\,455\text{ 元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$,接近国内高限。社会折现率取 8%,则 30 年草地生态服务功能价值现值为 $106\,442\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。若按水电站的设计寿命 50 年计,该项目草地生态服务功能价值现值为 $115\,668\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

该项目草地的征地补偿标准为 $18\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$,耕地占用税取低限为 $100\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$,水土保持设施补偿费取低限为 $10\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$,合计生态补偿标准为 $128\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$,一次性补偿,为现值。

分析表明,该项目草地补偿费用在取费标准较低的情况下已达到了该项目草地生态系统的服务功能价值。

3.3 耕地的生态补偿

根据文献 [4],2003 年中国农田提供的服务功能价值平均约为 $18\,960.6\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。以云南某项目的水田为例进行测算,水田产值为 $14\,550\text{ 元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$,其他

服务价值为 $4\,171.9\text{ 元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$,生态服务价值按 $18\,721.9\text{ 元}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 计。社会折现率取 8%,则 30 年该项目水田生态服务功能价值的现值为 $210\,767\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。若按水电站的设计寿命 50 年计,该项目水田生态服务功能价值现值为 $229\,034\text{ 元}/\text{hm}^2$ 。

水田征地土地补偿取 6 倍、安置补助取 6 倍,征地补偿单价为 $174\,600\text{ 元}/\text{hm}^2$,耕地占用税取低限为 $100\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$,水土保持设施补偿费取低限为 $10\,000\text{ 元}/\text{hm}^2$,合计生态补偿标准为 $284\,600\text{ 元}/\text{hm}^2$,一次性补偿,为现值。

结果表明,该项目水田补偿费用在取费标准较低的情况下,已达到了本项目水田的生态服务功能价值。

测算结果显示,2008 年开始实施耕地占用税后,对该项目所影响的陆生生态不同生态系统的生态补偿费用,已达到或超过了各种生态系统的生态服务功能价值。

3.4 水生生态系统的生态补偿

相对于陆生生态系统,水电开发对水生生态的环境影响较难确定。对鱼类的影响需要在调查研究的基础上加以客观评价,不能以偏概全。环境影响是具体的,生态工程要有针对性^[8],通常采用恢复费用法,作为水生生态影响的经济损失计算方法;采用泄放生态流量、分层取水、鱼道和鱼类增殖站等措施,对水生生态环境进行恢复。这些措施的费用即为水电工程的水生生态补偿费用。水电工程环境影响报告书能够通过审批,可以认为采取的生态补偿措施符合当前国情,生态补偿费用满足公众、专家和环境管理部门的当前要求。

4 环境影响经济损益分析

4.1 环境影响经济损益分析的内容

水电工程环境影响经济损益分析的内容中,环境影响经济损失部分,一般包括环境保护投资、水土保持投资、各种土地征用的补偿费和安置补助费、耕地占用税、森林植被恢复费和水土保持设施补偿费。由于各种陆生生态系统的生态补偿费用已达到或大于生态系统的生态服务价值,在环境影响经济损失中不宜再重复计入各陆生生态系统的生态服务价值。

水电的环境影响经济效益一般包括减排 CO_2 、 SO_2 和节约煤炭资源的环境效益。减排 CO_2 、 SO_2 的效益在现实中已存在计费标准。为公平起见,应将水电与火电单位电价的价差作为水电节约煤炭资源的效益。

4.2 环境影响外部效果分析的内容

通过分析国内现有水电工程国民经济评价报告的内容可以认为:现有的水电工程国民经济评价中,在环境影响外部效果的经济效益分析内容方面,已包含了环境影响的经济损失,但还没有计入减排 CO₂、SO₂ 和节约煤炭资源的环境效益,应予以计入。

5 结 语

通过对水电工程普遍存在的环境影响经济损失和效益进行分析,以及水电工程的生态补偿费用和水电工程国民经济评价的环境影响外部效果的分析,得出如下主要结论:

(1)水电工程普遍的环境影响经济损失包括对陆生生态系统、水生生态系统影响造成的损失。目前国内对各种陆生生态系统生态服务功能价值的研究内容和方法都较成熟,水电工程可以直接采用或根据实际情况做适当调整。但水生生态系统的环境影响量化还较难。根据中国能源的国情,水电还具有能源替代环境效益,水电的环境影响经济效益一般包括减排 CO₂、SO₂ 和节约煤炭资源的环境效益。减排 CO₂ 的效益在现实中已存在商品交易。

(2)目前国内水电工程对陆生生态不同生态系统的补偿,已达到或超过各类生态系统的生态服务功能价值。水生生态补偿费用可用泄放生态流量、分层取水、鱼道和鱼类增殖站等生态恢复措施的费用来表示。

(3)水电工程环境影响经济损益分析的内容中,环境影响经济损失的部分,一般可包括环境保护投资、水土保持投资、各种土地征用的补偿费和安置补助费、耕地占用税、森林植被恢复费、水土保持设施补偿费。为公平起见,应以水电与火电单位电价的价差作为水电工程节约煤炭资源的效益。

(4)现有水电工程国民经济评价报告中,已包含了环境影响经济损失的内容,但还没有计入水电工程减排 CO₂、SO₂ 和节约煤炭资源的环境效益,应予以计入。

参考文献:

[1] 国家发展和改革委员会投资司等. 建设项目经济评价方法与参数(第三版)[M].北京:中国计划出版社,2006.21,134.

[2] 余新晓,鲁绍伟,靳 芳,等.中国森林生态系统服务功能价值评估[J].生态学报,2005,16(8):2096-2102.

[3] 谢高地,张钰铨,鲁春霞,等.中国自然草地生态系统服务价值[J].自然资源学报,2001,16(1):47-53.

[4] 孙新章,周海林,谢高地.中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J].中国人口资源与环境,2007,4:55-60.

[5] 邹治平,马晓茜,赵增立,等.水力发电工程的生命周期分析[J].水力发电,2004,30(4):53-55.

[6] 王金南.能源与环境中国 2020[M].北京:中国环境科学出版社,2004.51.

[7] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告[M].北京:中国环境科学出版社,1998.201.

[8] 杜效鹄,喻卫奇,芮建良.水电生态实践——分层取水结构[J].水力发电,2008,34(12):28-32.



小湾水电站引水发电系统土建及金属结构安装主体工程完工

小湾水电站进水塔拦污栅已通过验收,标志着进水塔工程建成。至此,小湾水电站引水发电系统土建及金属结构安装主体工程完工。

小湾水电站装机 6 台,总装机容量 420 万 kW。引水发电系统土建及金属结构安装工程包括地下厂房、引水与尾水系统三大部分。这三大部分又分别由三大洞室和 6 条引水压力管道、6 条母线洞、2 条尾水洞及交通洞等庞大的地下洞室群和地面进水塔工程等组成。在不到 0.3 km² 的山体内,布置 17 km 长共 88 条地下洞室,洞室间距小,受三级结构面和蚀变带等地质结构的影响,施工围岩稳定是世界级难题。地下厂房尾水管挖空率高达 68%,84.88 m 直立墙的稳定属世界之最;埋深 500 多 m、宽 30.6 m 的大跨度厂房都是世界罕见。共有洞挖 221 万 m³,明挖 26 万 m³。地下厂房长 298.9 m、宽 30.6 m、高 82 m,是国内最大的水电站地下厂房之一。整个系统工程规模宏大,施工技术十分复杂。

该工程于 2003 年 11 月 12 日开工,工程建设中,中国水利水电第十四工程局、第一工程局组成的一四一联营体锐意进取,积极推进科技进步,依靠技术创新,采用新工艺、新材料,确保了工程的优质与快速推进。尤其是在地下工程开挖中,成功穿越了国内罕见的 F₇ 特大断层,保证了工程安全。开挖成功了质量一流的地下厂房等洞室。在岩壁吊车梁岩台开挖中积极探索,形成了精品项目,为国内其他工程建设提供了借鉴。施工中重视加强环保、水保工作,生态保护得到了高度重视。

小湾水电站地下厂房开挖于 2003 年 12 月 9 日开始,2006 年 5 月 10 日结束;混凝土主体工程于 2006 年 5 月 8 日开工,2008 年 10 月 24 日结束;引水系统工程于 2004 年 12 月开工,2006 年 8 月 15 日结束,同年 7 月 20 日开始混凝土衬砌,2008 年 9 月 30 日结束;尾水系统工程 2004 年 1 月开工,2007 年结束;2006 年 3 月开始混凝土衬砌,2009 年 1 月结束;进水塔工程于 2005 年 2 月 15 日开工,2007 年 12 月 31 日混凝土施工结束,随后开始水工设备安装。电站整体工程的建设进度为进入机电设备安装、为提前一年实现发电目标提供了良好的条件。

(严镇威)