

张金良, 谢遵党, 左琪. 南水北调西线工程综合开发的筹融资模式[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2023, 21(6): 1041-1048. ZHANG J L, XIE Z D, ZUO Q. Financial modes of comprehensive development of the Western Route of South-to-North Water Transfers Project[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2023, 21(6): 1041-1048. (in Chinese)

# 南水北调西线工程综合开发的筹融资模式

张金良<sup>1,2,3</sup>, 谢遵党<sup>1,2,3</sup>, 左琪<sup>4</sup>

(1. 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 郑州 450003; 2. 水利部黄河流域水治理与水安全重点实验室(筹), 郑州 450003; 3. 黄河实验室, 郑州 450003; 4. 中国南水北调集团有限公司, 北京 100036)

**摘要:**南水北调西线工程是构建我国“四横三纵”水资源配置的重大工程,全部依靠国家投资建设压力较大。贯彻“两手发力”的要求,利用受水区丰富的风、光、土资源进行“调水+能(牧)、农(土)”综合开发,提出在调水基础上构建多能互补清洁能源基地、黑山峡生态灌区与内流区光牧一体化基地的综合开发思路,缓解筹融资压力。研究表明:将调水 80 亿 m<sup>3</sup> 方案与风、光、土资源开发结合,可实现清洁能源基地装机规模达 64 105 万 kW、黑山峡生态灌区达 33.6 万 hm<sup>2</sup>、光牧一体化基地养殖羊约 500 万只。据此提出西线工程综合开发的两种融资模式:一是不考虑国家出资,以清洁能源全部利润用于一期工程建设和基本运行;二是按综合开发方案确定的清洁能源基地建设规模,以电价补贴形式反哺西线工程。

**关键词:**南水北调西线工程;“调水+”;多能互补清洁能源基地;光牧一体化基地;综合开发;融资方案

**中图分类号:**TV68;TV9 **文献标志码:**A **DOI:**10.13476/j.cnki.nsbdqk.2023.0123

南水北调西线工程(以下简称“西线工程”)是南水北调工程的重要组成部分,是国家水网主骨架和大动脉<sup>[1]</sup>。但是西线工程规模大,施工周期长,盈利性差,全部依靠政府投资建设面临较大压力。

随着水利重大项目建设力度加大,节奏加快,项目投资规模越来越大,创新项目资本金筹措手段,提升筹融资能力,是推进水利工程建设运行的关键措施<sup>[2]</sup>。我国南水北调中、东线工程建设资金筹集方式主要包括中央预算拨款(中央国债)、南水北调工程基金和银行贷款等<sup>[3]</sup>,其中,南水北调工程基金主要依据国务院办公厅 2004 年 12 月出台的《南水北调工程基金筹集和管理使用办法》<sup>[4]</sup>,通过提高水资源费征收标准增加的收入筹集相应资金,并提出采取立法、改革水价机制等手段保障水资源费顺利征收<sup>[5-6]</sup>;银行贷款通过与南水北调主体工程融资银团签订借款合同,并将水费收费权作为质押担保获得贷款资金,该银团由国家开发银行牵头,中国建设银行、中国农业银行、中国银行、中国工

商银行、上海浦东发展银行与中信实业银行 7 家金融机构组成<sup>[7]</sup>。为破解当前制约南水北调东中线配套工程建设资金“瓶颈”问题,张元教等<sup>[8]</sup>研究建立了政府出资、银行贷款、市场融资三位一体的多渠道、多元化投融资体系,保障配套工程与主体工程同步建成。为加快推进南水调西线工程建设,胡长顺<sup>[9]</sup>提出需采取政府扶持与市场机制调节相结合的政策措施,具体可通过增加国家财政性基金比例、降低银行贷款利息与延长偿还期限的优惠政策,以建立多元化、多渠道、多层次的投资体系开展西线工程建设资金筹措。美国加利福尼亚州调水工程主要是通过发行债券、联邦防洪工程拨款、成立加州水基金、加州旅游工程拨款与用水合同额预付等方式筹集工程建设资金,秘鲁马赫斯-西瓜斯调水工程主要是通过秘鲁政府出资与国外贷款筹集工程建设资金<sup>[10]</sup>。

聂艳华等<sup>[11]</sup>指出国内调水工程一般通过政府投资、银行借贷与企业融资的形式筹集资金,可借

收稿日期:2023-09-21 修回日期:2023-11-02 网络出版时间:2023-12-01

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/13.1430.TV.20231130.1656.012

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFC3202400;2021YFC3200204)

作者简介:张金良(1963—),男,河南新安人,正高级工程师,博士,主要从事黄河流域重大水工程与水沙调控研究。E-mail:jlzhangyrec@126.com

通信作者:谢遵党(1968—),男,河南长垣人,正高级工程师,主要从事水利工程设计、规划及相关研究。E-mail:xzund@126.com

鉴国外调水工程的成功经验,广泛发动社会力量,向工程沿线的受益单位和群众发行“水债券”,水债券在工程投入运行后可用于抵消水费或者兑换成运营公司的股票份额。崔晨甲等<sup>[12]</sup>指出长期以来,水利建设项目以政府投资为主,项目资本金过度依赖各级政府财政资金,提出积极争取中央资金、提升水利投资公司融资能力、充分利用专项债券与用足金融政策四项措施增强新时期水利建设项目资本金的筹措能力。周明勤等<sup>[13]</sup>提出在借鉴南水北调中线一期工程投融资经验的基础上,引江补汉工程可进一步通过股权融资和债券融资等方式拓宽投融资渠道。张瑞美等<sup>[14]</sup>提出研究设立水利发展投资基金、培育壮大水利筹融资平台、统筹运用多种筹融资模式与完善水价形成和收费机制等政策建议,以加快水利工程筹融资体制机制改革,助力水利高质量发展。严婷婷等<sup>[15]</sup>指出加快推进水利领域不动产投资信托资金(real estate investment trust, REIT)试点,对于形成水利投资良性循环十分必要,但存在项目权属或者资产范围不明确、项目不够成熟稳定、项目资产规模不足与原始权益人参与积极性不高等难点。陈茂山等<sup>[16]</sup>指出建立健全多元化水利投融资机制,贯彻落实党中央、国务院关于深化水利投融资改革的有关精神,是推动新阶段水利高质量发展的关键举措。

本研究结合西线工程受水区特点,提出可充分利用西线工程受水区即黄河上中游的青海、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西 6 省(自治区)有利的地形和丰富的风、光、土地资源,使之与西线调水结合,进行“调水+能(牧)、农(土)”综合开发,对于增加项目财务收入,扩宽融资渠道,全方位、高质量推进西线工程规划建设,改善西线工程运行期财务状况,保障工程良性运行具有重要意义。

## 1 西线工程方案

西线工程先后历经初步研究、超前期研究、工程规划、一期工程项目建议书、重大专题补充论证、江河连通方案研究、规划方案比选论证及南水北调后续工程高质量发展相关论证等阶段<sup>[17-18]</sup>。开展了数百个调水方案的论证,经过逐步优化调整<sup>[19-21]</sup>,调水方案尤其是一期工程基本形成共识<sup>[22]</sup>。

目前西线一期工程推荐方案为上下线组合调水 80 亿  $m^3$  方案,由上线和下线两条独立的调水线路组成,均为自流引水。上线从雅砻江干支流、大

渡河支流联合调水 40 亿  $m^3$ ,在贾曲河口附近入黄河干流,新建水源水库 6 座,线路长 326 km,其中隧洞长 321 km。下线从在建的大渡河双江口水库调水 40 亿  $m^3$ ,在甘肃省岷县入洮河,调水线路长 414 km,其中隧洞长 410 km。一期工程静态总投资 2 576 亿元。

## 2 综合开发条件分析

### 2.1 土地资源

西线工程的受水区包括黄河上中游 6 省(自治区)以及邻近黄河的石羊河流域,仅黄河黑山峡河段、内流区以及石羊河土地资源 16.44 万  $km^2$ ,以耕地、园地、林地、草地以及未利用地作为可垦土地资源,可垦土地规模 15.85 万  $km^2$ 。土地资源中,草地、未利用地面积分别为 8.71 万和 4.33 万  $km^2$ ,分别占总土地面积的 53.0% 和 26.4%。

黑山峡河段主要涉及宁夏回族自治区的银川、石嘴山、吴忠、中卫 4 个市,内蒙古自治区的鄂尔多斯市,陕西省的榆林市,总土地面积 8.06 万  $km^2$ ,可垦土地规模 7.71 万  $km^2$ ,可垦率为 95.7%,其中草地、未利用地面积占比分别为 62.8% 和 11.4%。内流区北部毗邻库布其沙漠南缘,中南部被毛乌素沙地穿过,总土地面积 4.23 万  $km^2$ ,可垦土地规模 4.13 万  $km^2$ ,可垦率为 97.8%,其中草地、未利用地面积占比分别为 60.7% 和 28.7%,分析数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心的“中国多时期土地利用土地覆被变化遥感监测数据集”,具体下载地址为 <https://www.resdc.cn/default.aspx>。石羊河流域地处我国西北内陆,区内土地面积 4.16 万  $km^2$ ,可垦土地规模 4.02 万  $km^2$ ,可垦率为 96.5%,其中草地、未利用地面积占比分别为 26.1% 和 53.0%。另外,鄂尔多斯黄河南岸灌区有 15 万~35 万  $hm^2$  土地待开发利用。

### 2.2 水能资源

黄河干流河道全长 5 464 km,河口镇以上为上游河段、长 3 472 km,河口镇至桃花峪为中游河段、长 1 206 km,小浪底以下河谷逐渐变宽,黄河由山区进入平原。黄河流域水力资源理论蕴藏量 4 331 万 kW,干流理论蕴藏量 3 283 万 kW、占全流域的 75.8%,上中游理论蕴藏量 3 117 万 kW、占黄河干流的 94.9%<sup>[23]</sup>。上游的宁木特—乌金峡河段规划水电站 27 座,总装机 2 361 万 kW,其中已(在)建梯级 24 座,总装机 1 775 万 kW。上中游的“几”字弯干流河段主要位于乌金峡—禹门口,规划布置水电站 10 座,总装

机 848 万 kW, 其中已建水电站 6 座; 规划水电站 4 座, 分别是黑山峡、碛口、古贤、禹门口, 规划装机 634 万 kW。根据国家能源局印发的《抽水蓄能中长期发展规划(2021—2035 年)》, 黄河流域上中游 6 省(自治区)青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西已在建及规划抽水蓄能总装机 9 455 万 kW, 其中黄河流域 5 350 万 kW, 占 56.6%。

### 2.3 风、光资源

黄河流域上中游 6 省(自治区)(内蒙古仅考虑西部地区, 下同)风能资源技术可开发量 29.59 亿 kW, 占全国陆上风能资源技术可开发量(86.94 亿 kW)的 34%, 具有巨大的开发潜力, 其中: 内蒙古风能资源技术可开发量最大, 为 20.78 亿 kW; 宁夏最小,

为 0.82 亿 kW。我国光能资源十分丰富, 但是资源分布并不均衡, 青藏高原是我国太阳能的高值中心, 西部地区太阳能辐射总量高于东部地区。黄河流域光能资源主要分布在西北及华北地区, 年辐射值为 1 635~1 815 kW·h/m<sup>2</sup>, 其中上中游的青海、甘肃、宁夏、内蒙古、山西大部分属 I 类地区和 II 类地区。黄河流域上中游 6 省(自治区)光能资源技术可开发量为 157.08 亿 kW, 占全国陆上光能资源技术可开发量(418.78 亿 kW)的 37.5%, 其中: 内蒙古最大, 为 83.95 亿 kW; 山西最小, 为 1.94 亿 kW<sup>[24]</sup>。黄河流域上中游 6 省(自治区)风、光资源储量及全国占比见表 1。

表 1 黄河流域上中游 6 省(自治区)风、光资源储量及全国占比

Tab. 1 Reserves and national proportion of wind and light resources in 6 provinces (regions) in the upper and middle reaches of the Yellow River basin

省(自治区)	风资源		光资源	
	技术可开发量/亿 kW	全国占比/%	技术可开发量/亿 kW	全国占比/%
青海	1.86	2.1	38.86	9.3
甘肃	3.21	3.7	26.82	6.4
宁夏	0.82	0.9	2.53	0.6
内蒙古(西部)	20.78	23.9	83.95	20.0
陕西	1.65	1.9	2.98	0.7
山西	1.27	1.5	1.94	0.5
合计	29.59	34.0	157.08	37.5

### 2.4 多能互补基地消纳市场

中东部地区是我国电力需求中心, 受“双碳”目标及相关政策影响, 煤炭装机将进一步压缩, 同时水电新增装机有限, 新能源资源条件较差, 平均风功密度约 100 W/m<sup>2</sup>, 太阳能平均辐照度约 1 200 kW·h/m<sup>2</sup>, 仅为西部地区的 1/2 和 2/3, 未来中东部地区社会经济发展新增电力需求亟须外引清洁能源解决。据预测, 华中地区和华东地区 2035 年受电需求约 4.07 万亿 kW·h, 具备一定的受电空间, 且均具备消纳外来风力发电和光伏发电的能力。华中和华东地区的火电装机占比均在 1/2 以上, 根据国家能源局发布的《可再生能源电力配额及考核办法(征求意见稿)》及双控、减煤等政策的影响, 非水可再生能源的消纳责任权重逐年增加。2050 年前后, 中东部地区的社会用电量增速变缓, 但总量仍居全国前列, 受电需求达到 4.72 万亿 kW·h<sup>[25]</sup>, 电源装机存在不足, 仍是西线综合开发多能互补清洁能源外送的主要方向。

## 3 开发思路及布局

### 3.1 开发思路

综合开发是指在传统的生活、工业供水基础上, 进行多能互补清洁能源基地开发、生态灌区土地开发、内流区牧业开发等, 其中: 抽水蓄能电站是多能互补清洁能源基地开发的核心调节电源, 其运行需要水资源支撑; 生态灌区土地开发和内流区牧业开发, 水资源保障也是关键。魏琦等<sup>[26]</sup>提出南水北调西线方案在规划时应考虑调水与能源相结合, 可通过沿西线节点建立规模不等的地面和漂浮式光伏电站及抽水蓄能电站形成若干水光互补绿色能源基地, 形成光伏天河工程模式。本研究提出的西线工程综合开发范围涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西, 2001—2016 年甘肃、宁夏、内蒙古地表水耗水量达到或超过分水指标, 陕西地表水耗水量接近分水指标。在无西线调水的情况下, 受黄河枯水及水指标限制, 难以有效开展综合开发。因此, 西线工程是综合开发的前提和水资源保障。规划

先期按生活、多能互补清洁能源基地(牧业)、工业(不含多能互补清洁能源基地)、生态农业等进行水资源配置,实施西线工程上下线调水 80 亿  $\text{m}^3$  的综合开发,远期西线工程进一步加大调水规模,可进行更大规模综合开发<sup>[23]</sup>。

### 3.2 开发布局

按照“调水+”思路,进行“西线工程调水+能(牧)、农(土)”综合开发。

水——从雅砻江、大渡河调水入黄河上游,为综合开发提供水源支撑。

能——结合“双碳”目标,在黄河干流“几”字弯构建包括黑山峡、内流区和碛口 3 个总装机规模 46 620 万 kW 的多能互补清洁能源基地,在宁木特-乌金峡河段构建(宁木特-龙羊峡、龙羊峡-大河家、大河家-乌金峡)装机规模 17 485 万 kW 的多能互补清洁能源基地,总装机规模 64 105 万 kW。

牧——在黄河内流区结合清洁能源基地的光伏,规划光(伏)牧(业)一体化区域,规划养殖羊约 500 万只。

农——以水定地,建立黑山峡生态灌区 33.6 万  $\text{hm}^2$ ,开展大豆种植,缓解国内大豆市场需求压力。

土——利用黑山峡生态灌区中 3.5 万  $\text{hm}^2$  土地进行土地资源开发,用于土地占补平衡交易<sup>[1]</sup>。

## 4 主要财务指标

在国家现行财税制度和价格体系的前提下,从项目的角度出发,不考虑债务融资条件进行融资前税前财务初步分析,计算项目范围内的财务效益和费用,分析项目的盈利能力。

### 4.1 费用估算

费用估算包括对工程投资、成本费用和税费分别进行估算。西线一期工程上下线调水 80 亿  $\text{m}^3$  综合开发方案基地总投资 29 758 亿元(不考虑西线工业生活供水配套投资),其中调水工程投资 2 576 亿元、多能互补清洁能源基地投资 26 545 亿元、黑山峡生态灌区配套工程投资 607 亿元、内流区光(伏)牧(业)一体化配套供水工程投资 30 亿元。西线一期工程综合开发年总成本费用包括固定资产折旧、年运行费,调水工程、清洁能源基地、黑山峡生态灌区配套工程综合折旧率分别采用 2.0%、4.7% 和 2.0%,年运行费分别采用固定资产投资 1.0%、2.2% 和 1.2%,光(伏)牧(业)一体化基地折旧费率取 2%,年运行费按照固定资产投资的 1.2%,总计 1 820 亿元。

税费包括增值税、所得税、销售税金附加、法定盈余公积金等,按国家有关规定和有关规范计取。

### 4.2 财务收益

南水北调西线一期工程财务收益主要包括供水、发电、土地指标交易、牧业养殖 4 个方面,其中:工业、生活年供水量 65.5 亿  $\text{m}^3$ ,水价采用满足全部投资融资税前财务内部收益率 2% 的水价 1.65 元/ $\text{m}^3$ ,农业采用运行成本水价 0.33 元/ $\text{m}^3$ ;多能互补清洁能源基地年发电量 10 049 亿  $\text{kW}\cdot\text{h}$ ,电价采用目标电网可接受电价 0.33 元/( $\text{kW}\cdot\text{h}$ );黑山峡生态灌区种植面积 33.6 万  $\text{hm}^2$ ,种植收入 13 500 元/ $\text{hm}^2$ ,土地指标交易面积 3.5 万  $\text{hm}^2$ ,交易收入 105 万元/ $\text{hm}^2$ ,分 10 a 交易完成后,交易收入由西线调水工程和生态灌区按照 1:1 比例分摊;养殖牧业区养殖基地按照养殖规模 500 万只,出栏率 60%,出售羊按照每只 50 kg、单价 20 元/kg。综上,西线一期工程上下线调水 80 亿  $\text{m}^3$  综合开发方案总财务收入 3 576 亿元。

### 4.3 财务分析

财务分析计算期采用 60 a,其中建设期 10 a、运行期 50 a,风电、光伏按照运行 25 a 后重置 1 次。西线一期工程上下线调水 80 亿  $\text{m}^3$  综合开发方案,除西线调水工程、生态灌区财务收益未达到行业基准收益率外,清洁能源、畜牧业开发的收益均达到行业基准收益率,按是否计入土地交易和碳汇收入计算,整体融资前税前财务内部收益率为 6.5%~7.3%,均大于基准收益率 6%。综合开发方案财务分析成果见表 2。

## 5 初步融资方案

初步考虑 3 种融资方案,增加西线工程贷款融资能力,降低工程资本金筹措压力。一是利用沿黄尤其是内流区沙戈荒土地建设清洁能源基地,以清洁能源基地的电能来反哺西线;二是国家出台对应西线工程的特殊政策,拿出部分土地进行沙改田后与发达地区进行跨省区土地指标置换,如亿利集团在库布其沙漠已完成沙改田 400  $\text{hm}^2$ ,并结合地理位置与水资源情势等特点选择种植适合的经济作物品种,利润约 3 万元/ $\text{hm}^2$ ;三是提前出售水权,沿黄各省(区)相关投资公司(如鄂尔多斯市及榆林市)利用初始水权入股来降低西线财务费用。

对于前两种融资方案,本研究拟定纯调水方案、调水+土地开发、调水+土地开发+能源基地补贴等多种情景方案进行测算,提出融资方案建议。建议

依托西线一期调水工程,组建具有独立法人资格的项目公司作为融资主体,通过调水+能源补贴、调水+土地开发收入分成,增加西线工程贷款融资能力,降低工程资本金筹措压力。现初步拟定以下两种融资模式。

表2 西线一期工程上下线调水 80 亿 m<sup>3</sup> 综合开发方案建设项目财务指标成果

Tab. 2 Financial index results of the comprehensive development plan for 8 billion m<sup>3</sup> water transfer in the 1st phase of the Western Route of South-to-North Water Transfers Project

开发类型	方案	融资前税前财务内部收益率	
		实际值/%	基准值/%
水		1.4	4.0
能	不计碳汇收入	7.2	5.0~7.0
	计碳汇收入	7.8	
农	不计土地交易收入	-0.2	7.0
	计土地交易收入	0.9	
牧		14.4	7.5
综合	不计发电碳汇, 不计土地交易收入	6.5	6.0
	不计发电碳汇, 计土地交易收入	6.6	
	计发电碳汇, 不计土地交易收入	7.2	
	计发电碳汇, 计土地交易收入	7.3	

### 5.1 模式一: 不考虑国家出资, 以清洁能源全部利润用于西线一期工程建设 and 维持基本运行

在该模式下, 清洁能源以光伏、风电为主, 同时配备一定的抽水蓄能电站。根据风电、光伏电站建设周期和使用寿命, 按照建设期 2 a、运行期 20 a, 运行期前 10 a 税前利润用于西线工程建设期投资、后 10 a 税前利润用于偿还西线工程建设期贷款。西线调水工程建设期以清洁能源基地前 10 a 的利润作为资本金, 其余通过银行贷款融资, 运行期通过供水收入、土地交易收入和清洁能源电站补贴的税前利润来维持工程基本运行, 并偿还银行贷款。

以工业生活水价 1.65 元/m<sup>3</sup>、灌溉水价 0.33 元/m<sup>3</sup>、清洁能源上网电价 0.28 元/(kW·h) (税前平均利润为 126 元/kW) 为计算边界, 计和不计土地交易收入时, 需要的清洁能源装机容量分别为 10 781 万 kW 和 11 250 万 kW; 按照清洁能源上网电价 0.25 元/(kW·h) (税前平均利润为 72 元/kW), 计和不计土地交易收入时, 需要的清洁能源装机容量分别为 18 984 万 kW 和 19 688 万 kW。

### 5.2 模式二: 按综合开发方案确定的清洁能源基地建设规模, 以电价补贴形式反哺西线工程

根据清洁能源基地上网电价分析, 按照融资前税前财务基准收益率 6% 测算, 能源基地上网电价为 0.29 元/(kW·h), 按照目标电网可接受上网电价分析为 0.33 元/(kW·h), 差价部分 0.04 元/(kW·h) 为可用于补贴西线工程的最大收益。开发模式二按照清洁能源基地和西线调水工程同时建成考虑, 西线调水工程建设期通过政府和社会资本、银行贷款等途径筹措建设资金, 运行期除供水收入和土地交易收入外, 能源基地每年以每 kW·h 电补贴的形式对其进行补贴, 维持工程正常运行和偿还银行贷款。

以计入土地交易面积 3.5 万 hm<sup>2</sup> 交易收入、工业生活水价 1.65 元/m<sup>3</sup>、灌溉水价为 0.33 元/m<sup>3</sup>、清洁能源基地总发电量 10 049 亿 kW·h、企业资本金财务内部收益率 6% 为计算边界, 测算国家不同出资比例下需要的能源基地补贴。在不计发电补贴情况下, 需要国家资本金 1 692 亿元 (占静态总投资的 66%)。在计及发电补贴, 不考虑调出区发电补偿情况下, 当国家资本金占静态总投资的 30% 左右时, 运行期需要补贴约 0.010 元/(kW·h); 当国家资本金为 0 时, 运行期需要补贴约 0.018 元/(kW·h)。在考虑调出区发电补偿情况下, 按照调出区减少发电量 380 亿 kW·h、补贴 0.30 元/(kW·h), 当国家资本金占静态总投资的 30% 左右时, 运行期需要补贴约 0.019 元/(kW·h); 当国家资本金为 0 时, 运行期需要补贴约 0.028 元/(kW·h)。

### 5.3 开发模式初步比较

两种筹融资模式在融资模式、补贴力度、开发主体、清洁能源基地构成和建设规模等方面不同, 但均可以实现拓宽融资渠道、减少西线工程资本金筹措和中央财政压力的目标, 有助于改善西线工程运行期财务状况, 并获得合理的工程水价。西线一期工程不同融资模式对比见表 3。

从表 3 可以看出, 在补贴力度和开发主体方面: 模式一的清洁能源基地和西线调水工程为同一开发主体, 清洁能源基地收入回收成本后, 全部利润用于补贴西线工程; 模式二的清洁能源基地和西线调水工程可以为不同开发主体, 清洁能源基地在满足自身基准收益率基础上, 以超额利润补贴西线。在清洁能源基地构成和规模方面: 模式一的清洁能

源基地为纯风光开发,因其补贴力度较大,需要的建设规模较小,为10 781 万~19 688 万 kW;模式二的清洁能源基地为水风光抽一体化开发,因其补贴力度较小,需要的建设规模较大,为 64 105 万 kW。

在调出区发电补偿方面:模式一的清洁能源基地和西线调水工程均实现财务紧平衡,不具备补偿调出区发电影响能力;对模式二来说,当补贴力度达到一定水平时,具备调出区发电补偿能力。

表 3 西线一期工程不同融资模式对比

Tab. 3 Comparative analysis of different financing models in the 1st phase of the Western Route of South-to-North Water Transfers Project

模式特征	模式类别	
	模式一	模式二
融资模式	在确定补贴力度的情况下,测算需要的清洁能源基地规模	基于综合开发方案确定的清洁能源基地建设规模,测算需要的补贴
补贴力度	清洁能源基地发电收入回收成本后,全部利润用于补贴西线工程	清洁能源基地满足融资前税前财务基准收益率6%基础上的部分超额利润补贴西线工程
开发主体	清洁能源基地和西线调水工程为同一开发主体	清洁能源基地和西线调水工程可以为独立开发主体
清洁能源基地构成	清洁能源基地为纯风光开发	清洁能源基地为水风光抽一体化开发
清洁能源基地建设规模	按照确定边界[工业生活水价1.65 元/m <sup>3</sup> 、灌溉水价0.33 元/m <sup>3</sup> 、清洁能源上网电价0.25~0.28 元/(kW·h),在不考虑国家出资时,计和不计土地交易收入],需要能源基地建设规模为10 781 万~19 688 万 kW	按照确定边界(综合开发方案确定的清洁能源基地,建设规模64 105 万 kW,工业生活水价1.65 元/m <sup>3</sup> 、灌溉水价0.33 元/m <sup>3</sup> 、能源基地上网电价0.29元/(kW·h),在不考虑国家出资时,是否考虑调出区补偿),需要的补贴为0.018~0.028元/(kW·h)
调出区发电补偿能力	清洁能源基地和西线调水工程均实现财务紧平衡,不具备补偿调出区发电影响能力	当补贴电价达到一定程度时,具备调出区发电补偿能力

## 6 结论

将西线一期工程调水与西部地区丰富的资源开发结合,存在以清洁能源基地的电能来反哺西线、跨省区土地指标置换、利用初始水权入股等多种融资方案,可构建多能互补清洁能源基地装机规模64 105 万 kW,开发黑山峡生态灌区33.6 万 hm<sup>2</sup>,建设内流区光牧一体化基地养殖羊约500 万只。西线一期工程上下线调水80 亿 m<sup>3</sup>综合开发方案整体融资前税前财务内部收益率为6.5%~7.3%,大于基准收益率6%,具有可行性。不考虑国家出资,以清洁能源基地全部利润用于西线一期建设和维持基本运行的融资模式,以及按照综合开发方案确定的清洁能源基地建设规模、以电价补贴形式反哺西线工程的融资模式,可为增加西线一期工程项目财务收入、拓宽融资渠道提供重要参考价值。

### 参考文献:

- [1] 国家水网建设规划纲要[J]. 中国水利, 2023(11): 1-7.
- [2] 国家发展改革委员会, 国务院. 《“十四五”水安全保障规划》[EB/OL]. <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202201/P020220111696050417781.pdf>, 2023-10-28.
- [3] 张基尧, 李树泉, 谢文雄, 等. 南水北调工程资金的筹

措和管理[J]. 百年潮, 2013(4): 27-35. DOI: 10.16624/j.cnki.11-3844/d.2013.04.001.

- [4] 国务院办公厅. 关于印发《南水北调工程基金筹集和使用管理办法》的通知[EB/OL]. [https://www.gov.cn/gongbao/content/2005/content\\_63283.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2005/content_63283.htm), 2023-09-20.
- [5] 何立平. 论南水北调工程基金的筹集[J]. 南水北调与水利科技, 2007, 5(2): 22-24. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2007.02.010.
- [6] 王显勇, 李平, 赵延凤. 改革水价机制是南水北调工程筹措资金的重要渠道[J]. 中国水利, 2003(5): 46-47. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2003.05.015.
- [7] 黄小辉. 银团贷款和水费收费权质押担保在南水北调工程融资中的成功运用[J]. 水利经济, 2006(4): 30-31, 49, 82. DOI: 10.3969/j.issn.1003-9511.2006.04.009.
- [8] 张元教, 杨晓婧. 南水北调配套工程投融资问题研究[J]. 水利经济, 2012, 30(5): 11-14, 75. DOI: 10.3969/j.issn.1003-9511.2012.05.003.
- [9] 胡长顺. 南水北调西线工程新构想: 南水西调及其资金筹措[J]. 甘肃社会科学, 2005(4): 200-206. DOI: 10.3969/j.issn.1003-3637.2005.04.051.
- [10] 王光谦, 欧阳琪, 张远东, 等. 世界调水工程[M]. 北京: 科学出版社, 2009, 196-198.

- [11] 聂艳华,刘东,黄国兵.国内外大型远程调水工程建设管理经验及启示[J].*南水北调与水利科技*,2010,8(1):148-151. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1683.2010.01.040.
- [12] 崔晨甲,李森,马毅鹏.关于水利工程项目资本金筹集的渠道、案例及建议[J].*水利发展研究*,2022,22(6):25-30. DOI: 10.13928/j.cnki.wrdr.2022.06.007.
- [13] 周明勤,曾庆忠,王鹏,等.深化投融资改革 推动引江补汉工程高质量发展[J].*中国水利*,2022(18):64-66.
- [14] 张瑞美,王亚杰.新时期水利工程筹融资方式分析[J].*中国水利*,2022(21):68-71. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2022.21.033.
- [15] 严婷婷,庞靖鹏,罗琳,等.加快推进水利领域不动产投资信托基金(REITs)试点对策及建议[J].*中国水利*,2022(6):60-62. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2022.06.036.
- [16] 陈茂山,庞靖鹏,严婷婷,等.完善水利投融资机制助推水利高质量发展[J].*水利发展研究*,2021,21(9):37-40. DOI: 10.13928/j.cnki.wrdr.2021.09.011.
- [17] 陈传友,沈镭,胡长顺,等.我国大西线“江河连通”调水新格局的设想与评析[J].*水利水电科技进展*,2019,39(6):1-8. DOI: 10.3880/j.issn.1006-7647.2019.06.001.
- [18] 张金良,景来红,唐梅英,等.南水北调西线工程调水方案研究[J].*人民黄河*,2021,43(9):9-13,24. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1379.2021.09.002.
- [19] 景来红,李福生,崔荃,等.南水北调西线工程上线调水方案沿革及研究[J].*人民黄河*,2023,45(5):6-8,12. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1379.2023.05.002.
- [20] 张金良,李福生,唐梅英,等.南水北调西线工程下线调水方案沿革及研究[J].*人民黄河*,2023,45(5):9-12. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1379.2023.05.003.
- [21] 张金良,马新忠,景来红,等.南水北调西线工程方案优化[J].*南水北调与水利科技(中英文)*,2020,18(5):109-114. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2020.0098.
- [22] 张金良,景来红,李福生,等.南水北调西线工程总体布局及一期工程方案研究[J].*人民黄河*,2023,45(5):1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1379.2023.05.001.
- [23] 谢遵党,唐梅英,王建利,等.双碳目标下黄河流域水土风光资源一体化开发模式研究[J].*人民黄河*,2022,44(5):5-9,14. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1379.2022.05.002.
- [24] WANG Y, CHAO Q C, ZHAO L, et al. Assessment of wind and photovoltaic power potential in China[J]. *Carbon Neutrality*, 2022, 1(15): 1-11. DOI: 10.1007/s43979-022-00024-6.
- [25] 全球能源互联网发展合作组织.中国“十四五”电力发展规划研究[R].北京:全球能源互联网发展合作组织,2020:21-44.
- [26] 魏琦,白保华,何继江,等.能源与水利结合模式探索:以南水北调西线光伏天河工程为例[J].*工程科学与技术*,2022,54(1):16-22. DOI: 10.15961/j.jsuese.202101033.

## Financial modes of comprehensive development of the Western Route of South-to-North Water Transfers Project

ZHANG Jinliang<sup>1,2,3</sup>, XIE Zundang<sup>1,2,3</sup>, ZUO Qi<sup>4</sup>

(1. Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd, Zhengzhou 450003, China; 2. Key Laboratory of Water Management and Water Security for Yellow River Basin, Ministry of Water Resources (under construction), Zhengzhou 450003, China; 3. Yellow River Laboratory, Zhengzhou 450003, China; 4. China South-to-North Water Diversion Corporation Limited, Beijing 100036, China)

**Abstract:** The Western Route Project constitutes a pivotal component within the framework of the South-to-North Water Transfers Project, serving as the main framework and artery of the national water resources allocation pattern with “four horizontal and three vertical”. Its significance resonates profoundly in the preservation of ecological security within the Yellow River basin, the establishment of a national ecological security barrier, the advancement of economic and social development across the northwestern region, solving the problem of imbalanced and insufficient development, and maintaining social stability. After over 70 years of argumentation, the first phase of the Western Route of South-to-North Water Transfers Project is currently recommended as the 8 billion m<sup>3</sup>

combined water transfer scheme. It consists of two independent water transfer routes, the upper and lower lines, both of which are self-flowing water transfer. Specifically, the upper route will transfer 4 billion  $\text{m}^3$  of water from the mainstream of the Yalong River and the tributaries of the Dadu River to the mainstream of the Yellow River near the mouth of the Jiaqu River. The lower route will transfer the other 4 billion  $\text{m}^3$  of water from the Shuangjiangkou Reservoir on the Dadu River, which is under construction, to the Tao River. The total length of the first phase of the Western Route Project is 740 km, including a tunnel length of 731 km and the construction of 6 new water source reservoirs. The total static investment of the project is about 257.6 billion yuan, which may be a heavy burden on national investment and construction if it is totally founded by the state.

It is worth noting that the water receiving area of the Western Route of the South-to-North Water Transfers Project highly overlaps with some national strategies regions in the upper and middle reaches of the Yellow River, including the development of the Western region, the Belt and Road, ecological security, food security, energy security, and “double carbon”. This territory is inherently endowed with a profusion of natural resources, including wind, solar, and expansive tracts of land, which can be synergistically harnessed in conjunction with the Western Route Project for comprehensive development to increase project financial income and expand financing channels. In light of these considerations, in alignment with the “two-pronged approach” mandate, a holistic development model denoted as “Water Transfer + Energy (Livestock Farming) Agriculture (Land)” is posited. This model serves as a strategic mechanism to mitigate the financial strains associated with the Western Route Project, capitalizing on the abundant reservoir of land resources, wind energy potential, and solar energy availability within the hinterlands of the Western Route Project’s service area. This comprehensive development includes building a clean energy base with multi-energy forms, developing the Heishan Gorge ecological irrigation area, and building a comprehensive development base of light energy and animal husbandry in the inland river area. In addition, two financing modes were proposed: (1) All revenues generated from clean energy will be exclusively allocated to the construction of the first phase of the Western Route Project and basic operation without considering state funding; (2) The construction of clean energy bases is determined in accordance with the comprehensive development plan scale, and feedback the Western Route Project in the form of electricity price subsidies. Results showed that, under the integrated development with 8 billion  $\text{m}^3$  water transfer amount of the Western Route Project, it can build a multi-energy complementary clean energy base with an installed capacity of 641.05 million kW, develop 0.336 million  $\text{hm}^2$  of ecological irrigation area in Heishan Gorge. Furthermore, it supports the establishment of an integrated platform for harnessing light energy and animal husbandry in the inland river basin to breed 5 million sheep. Several financing models were proposed. The total financial revenue of the comprehensive development plan for the first phase of the Western Route Project is about 357.6 billion yuan, and the overall pre-tax financial internal rate of return before financing is 6.5% to 7.3%.

**Key words:** Western Route of South-to-North Water Transfers Project; "water transfer +"; multi-energy complementary clean energy base; integrated base of light energy and animal husbandry; comprehensive development; financing scheme