

基于线性规划的中国清洁能源投资配置优化研究

边曦悦, 王越舟, 奚梓嘉, 徐梁越

(杭州云谷学校, 杭州, 浙江 310013)

摘要: 在全球气候变化与能源结构转型背景下, 优化清洁能源投资配置对于提升能源利用效率具有重要意义。本文以中国为研究对象, 选取太阳能、水能、风能和核能四类主要清洁能源, 在统一装机容量标准下, 构建以新增清洁能源年发电量最大化为目标的线性规划模型。模型综合考虑单位装机年发电量、单位装机建设成本、总投资预算及最大新增装机规模等约束条件, 对清洁能源投资组合进行优化。在设定总投资预算为3200亿元的条件, 求得较优投资方案为: 太阳能投资1400亿元、水能160亿元、风能1000亿元、核能640亿元, 对应新增清洁能源年发电量约为1290.8亿千瓦时。结果表明, 太阳能与风能在投资组合中占据较大比重, 而水能与核能在能源结构稳定性方面发挥补充作用。本文所构建的模型能够为有限预算条件下的清洁能源投资决策提供定量参考, 对提升资金配置效率和优化能源结构具有一定参考价值。

关键词: 清洁能源; 投资配置; 线性规划; 资源优化; 发电量最大化

DOI: doi.org/10.70693/rwsk.v2i6.567

1 背景介绍

在过去几十年中, 全球经济的快速发展带来了日益突出的环境问题。煤炭、石油等传统化石能源的大量燃烧, 使空气中的二氧化碳浓度不断上升, 进而加剧了全球气候变暖, 并引发持续高温、干旱等极端天气现象。这些问题表明, 减少温室气体排放、推动能源结构转型已经成为全球共同面对的重要任务^[1]。

在二氧化碳排放中, 能源的生产和使用占有较高比例。因此, 要缓解全球气候问题, 就必须改变能源获取和使用方式, 推动清洁能源的发展。常见的清洁能源包括水能、太阳能、风能和核能等。不同类型的清洁能源具有不同特点: 水能技术较为成熟, 发电成本较低, 且发电过程相对稳定, 但容易受到水文条件和生态环境的限制^[2-3]; 太阳能设备安装灵活, 适用范围较广, 但发电量受昼夜变化和天气条件影响较大; 风能适合规模化开发, 但风速具有不稳定性^[4], 对区域资源条件要求较高; 核能可以提供较为稳定的电力供应, 但初期建设成本较高, 建设周期较长, 并且对安全管理和选址条件要求较高。

对于中国而言, 推进清洁能源发展不仅是应对气候变化的重要举措, 也是优化能源结构、保障能源安全和推动绿色低碳转型的现实需要^[5-6]。近年来, 我国清洁能源装机规模不断扩大, 太阳能、风能、水能和核能均在能源体系中发挥着重要作用。然而, 在清洁能源建设过程中, 资金投入、资源条件、建设场地、并网消纳能力和政策审批等因素都会对不同能源类型的发展规模形成约束。因此, 在有限投资预算下, 如何在不同清洁能源之间进行合理配置, 成为一个具有现实意义的决策问题。

从投资决策角度看, 不同清洁能源在单位建设成本和发电能力方面存在明显差异。若仅从单一能源类型出发进行分析, 难以全面反映清洁能源投资组合的整体效率。相比之下, 将多种清洁能源同时纳入分析框架, 综合考虑建设成本、发电能力、预算约束和最大建设规模, 可以更好地刻画实际投资决策过程^[7]。基于此, 本文以中国清洁能源新增投资为研究对象, 选取太阳能、水能、风能和核能四类主要清洁能源, 建立预算约束下的投资配置优化模型, 探讨在有限资金条件下如何形成较优的清洁能源投资方案。

本文的研究重点并不是简单判断某一种清洁能源是否优于其他能源, 而是在总投资预算和建设规模限制下, 分析不同清洁能源之间的资金分配问题。通过构建数学规划模型, 可以将清洁能源投资问题转化为一个可计算、

作者简介: 边曦悦(2008—), 女, 高中, 杭州云谷学校;
王越舟(2008—), 男, 高中, 杭州云谷学校;
奚梓嘉(2009—), 女, 高中, 杭州云谷学校;
徐梁越(2009—), 男, 高中, 杭州云谷学校。

通讯作者: 边曦悦

可比较、可求解的优化问题，从而为清洁能源投资配置提供定量参考，并为后续清洁能源项目选择和投资决策提供模型支持。

2 研究准备

在建立模型之前，有必要先明确本文所研究的清洁能源投资配置问题，并分析其目标、变量和主要约束条件。基于问题特征，本文进一步选择合适的优化模型，为后续模型建立与求解奠定基础。

2.1 问题描述

在全球碳减排与能源结构转型持续推进的背景下，清洁能源投资配置已成为能源政策和投资决策中的重要议题。由于不同类型清洁能源在建设成本、发电能力、资源条件及技术成熟度等方面存在明显差异，如何在有限资金条件下实现清洁能源的合理配置，已成为一个具有现实意义的研究问题。

本文以中国为研究对象，围绕太阳能、水能、风能和核能四类主要清洁能源展开研究。虽然天然气发电相较于煤炭、石油等传统化石能源具有较低的碳排放强度，但其本质上仍属于化石能源，且我国天然气发电相关基础设施已相对完善。因此，本文不将天然气发电纳入本次优化分析范围，而重点关注太阳能、水能、风能和核能四类清洁能源的新增投资配置问题。

基于截至 2025 年的相关资料与参数设定，本文拟对 2026 年中国新增清洁能源投资方案进行规划，重点分析四类清洁能源在建设成本与发电能力方面的差异，探讨在固定预算和最大建设规模约束下如何进行合理配置，以形成较优的清洁能源投资组合方案，并为后续清洁能源投资决策提供参考依据。

2.2 问题分析

2.2.1 研究目标

本文研究的核心目标是在总投资预算既定的条件下，对太阳能、水能、风能和核能的投资组合进行优化，使新增清洁能源年发电量最大化。换言之，本文关注的并非单纯压缩投资总额，而是在有限资金约束下，通过合理配置不同类型清洁能源的投资规模，使既定预算能够产生尽可能高的清洁能源产出，从而提高资金使用效率。

从经济含义上看，当总投资预算已经确定时，新增年发电量越高，说明该投资方案的资金配置效率越高。因此，本文以新增清洁能源年发电量作为衡量投资方案优劣的主要指标。

2.2.2 变量选择

本文以四类清洁能源的新增投资金额作为决策变量，用以刻画不同能源类型之间的资金配置方案。设 x_1, x_2, x_3, x_4 分别表示太阳能、水能、风能和核能的新增投资金额，单位为亿元。

之所以选择投资金额作为决策变量，是因为本文研究的是清洁能源投资配置问题，最终需要回答的是在总投资预算有限的条件下，各类能源分别应投入多少资金。与直接以新增电站数量作为变量相比，投资金额能够更直接地反映资金分配过程，也便于与总投资预算约束相衔接。

同时，本文引入单站建设成本、单站年发电量、总投资预算和最大建设规模等参数。其中，单站建设成本用于反映不同能源的投入差异，单站年发电量用于反映不同能源的产出能力，总投资预算用于刻画资金约束，最大建设规模则用于体现资源条件、建设场地、政策审批和并网能力等现实限制。

2.3 模型选择

本文研究的核心问题是在总投资预算既定的条件下，对太阳能、水能、风能和核能四类清洁能源进行合理配置，使新增清洁能源年发电量最大化。该问题本质上属于典型的资源配置优化问题，即在资金有限、建设规模受限的条件下，确定不同能源之间的最优投资金额。

在线性规划模型中，目标函数和约束条件均可以表示为决策变量的线性关系^[8]。本文以四类清洁能源的新增投资金额作为决策变量，以新增清洁能源年发电量最大化为目标，并设置总投资预算约束、最大建设规模约束和非负约束。其中，投资金额反映不同能源之间的资金配置规模，新增年发电量反映投资方案的产出效果，而各类约束则分别体现资金限制与现实建设条件限制。

从模型结构看，各类能源的新增发电量可以表示为“单位投资发电能力与投资金额的乘积”，总预算约束可以表示为各类能源投资金额之和，最大建设规模约束也可以转化为投资金额的上限。因此，本文的目标函数及主要约束条件均可表示为关于投资金额的线性关系，适合采用线性规划模型进行求解。

与层次分析法、熵权法等主要用于评价与排序的方法相比，线性规划模型能够在给定约束条件下直接求解具体的投资配置方案，更符合本文“在有限预算下确定最优投资组合”的研究目标。

3 模型的建立与求解

3.1 变量与参数说明

为避免不同能源“单座电站”规模差异过大造成比较口径不一致，本文采用标准化装机容量口径，将四类清洁能源统一折算为 1GW 等效装机项目进行比较。设 $i = 1, 2, 3, 4$ 分别表示太阳能、水能、风能和核能。模型中的主要变量与参数如下：

符号	含义	单位
x_i	第 <i>i</i> 类清洁能源的新增投资金额	亿元
p_i	第 <i>i</i> 类能源每 1GW 装机容量的年发电量	亿千瓦时/GW·年
c_i	第 <i>i</i> 类能源建设 1GW 装机容量所需投资	亿元/GW
U_i	第 <i>i</i> 类能源最大新增装机容量	GW
B	新增清洁能源总投资预算	亿元
Z	四类清洁能源新增年发电量	亿千瓦时/年

本文采用的标准化模型参数如表 1 所示。

表 1 四类清洁能源标准化模型参数设定

能源类型	投资变量	年利用小时数	年发电量 p_i (亿千瓦时/GW·年)	建设成本 c_i (亿元/GW)	单位投资发电量 $\frac{p_i}{c_i}$
太阳能	x_1	1500	15	35	0.4286
水能	x_2	3500	35	100	0.35
风能	x_3	2500	25	60	0.4167
核能	x_4	7500	75	220	0.3409

(数据来源：根据《中国自然资源公报》、中国气象局风能太阳能资源年景公报及清洁能源项目一般建设成本、年利用小时数相关文献资料进行整理与估算^[2-4,6]。)为便于不同能源类型之间进行比较，本文将各类能源统一折算为 1GW 等效装机项目。 p_i 表示标准化项目年发电量， c_i 表示建设 1GW 等效装机容量所需投资。由于不同地区资源条件、项目规模和建设成本存在差异^[9]，表中参数为模型简化设定，主要用于清洁能源投资配置优化分析。

在建设规模方面，本文结合资源条件、建设周期、政策审批和并网能力等因素，设置四类能源在规划期内的最大新增装机容量，如表 2 所示。

表 2 四类清洁能源最大新增装机规模设定

能源类型	最大新增装机容量 U_i (GW)	最大可投资金额 $c_i U_i$ (亿元)
太阳能	40	1400
水能	5	500
风能	30	1800
核能	10	2200

最大新增装机容量用于反映不同能源在资源条件、建设场地、技术条件、建设周期、政策审批和并网能力等方面的现实限制。实际应用中可根据最新规划和项目数据进行修正。

3.2 线性规划模型的建立

本文研究的核心目标是在总投资预算既定的条件下，合理分配太阳能、水能、风能和核能四类能源的投资金额，使新增清洁能源年发电量最大化。

若第 i 类能源的投资金额为 x_i ，建设 1GW 装机容量需要 c_i 亿元，则可新增装机容量为： $\frac{x_i}{c_i}$ ，若第 i 类能源每

1GW 装机容量的年发电量为 p_i ，则该类能源对应的新增年发电量为： $\frac{x_i}{c_i} p_i$ ，即 $\frac{p_i}{c_i} x_i$ 。其中 $\frac{p_i}{c_i}$ 表示第 i 类能源单位投资所能带来的年发电量。

因此，四类清洁能源的新增年发电量总和为：

$$Z = \sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{c_i} x_i$$

由此建立目标函数：

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{c_i} x_i$$

该目标函数的经济含义是：在总投资预算既定的前提下，通过优化不同清洁能源之间的资金配置，使有限投资能够带来尽可能高的清洁能源发电产出。

虽然目标函数中包含 $\frac{p_i}{c_i}$ 的分式形式，但 p_i 和 c_i 均为已知参数，因此 $\frac{p_i}{c_i}$ 是常数系数，目标函数本质上是关于投资变量 x_i 的线性函数。因此，本文建立的是线性规划模型。

将表 1 中参数代入目标函数后，可得： $\text{Max } Z = \frac{15}{35} x_1 + \frac{35}{100} x_2 + \frac{25}{60} x_3 + \frac{75}{220} x_4$ 。

在约束条件方面，首先，四类清洁能源的新增投资总额不能超过既定预算，因此有预算约束： $\sum_{i=1}^4 x_i \leq B$

本文设定总投资预算为 3200 亿元，因此可写为：

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 3200$$

其次，各类清洁能源的新增规模不能超过其最大新增装机容量。设第 i 类能源最大新增装机容量为 U_i ，则有： $\frac{x_i}{c_i} \leq U_i$ ，进一步可以写成 $x_i \leq c_i U_i, i = 1, 2, 3, 4$ 。

根据表 2，具体可写为： $x_1 \leq 1400, x_2 \leq 500, x_3 \leq 1800, x_4 \leq 2200$ 。

再次，若仅以新增年发电量最大化为目标，模型可能会优先选择单位投资发电量较高的能源类型，导致投资过度集中。考虑到现实中的清洁能源投资不仅要关注发电效率，还需要兼顾能源结构多元化和电力供应稳定性，本文进一步加入能源结构约束。鉴于水能具有一定调节能力、核能够提供较稳定的基荷电力，本文设定水能投资不低于总投资预算的 5%，核能投资不低于总投资预算的 20%。即： $x_2 \geq 0.05B, x_4 \geq 0.20B$ 。

当 $B = 3200$ 时，上述约束可写为： $x_2 \geq 160, x_4 \geq 640$ 。

最后，由于各类能源的投资金额不能为负，因此有： $x_i \geq 0, i = 1, 2, 3, 4$ 。

综上，本文建立的清洁能源投资配置线性规划模型为：

$$\text{Max } Z = 0.4286x_1 + 0.3500x_2 + 0.4167x_3 + 0.3409x_4$$

$$\text{s.t. } \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 3200 \\ 0 \leq x_1 \leq 1400 \\ 160 \leq x_2 \leq 500 \\ 0 \leq x_3 \leq 1800 \\ 640 \leq x_4 \leq 2200 \end{cases}$$

该模型的目标函数与全部约束条件均为关于决策变量 x_1, x_2, x_3, x_4 的一次表达式。

3.3 模型求解方法与实现

本文建立的清洁能源投资配置模型属于标准线性规划问题。在线性规划理论中，此类问题通常可采用单纯形法等优化算法进行求解；在具体实现中，本文借助 WPS 表格中的规划求解工具完成模型计算，以提高求解效率并增强结果的可操作性。

为更清晰地展示模型求解过程，本文将其概括为“参数输入—模型建立—约束设置—规划求解—结果检验”五个主要环节，具体流程如图 1 所示。

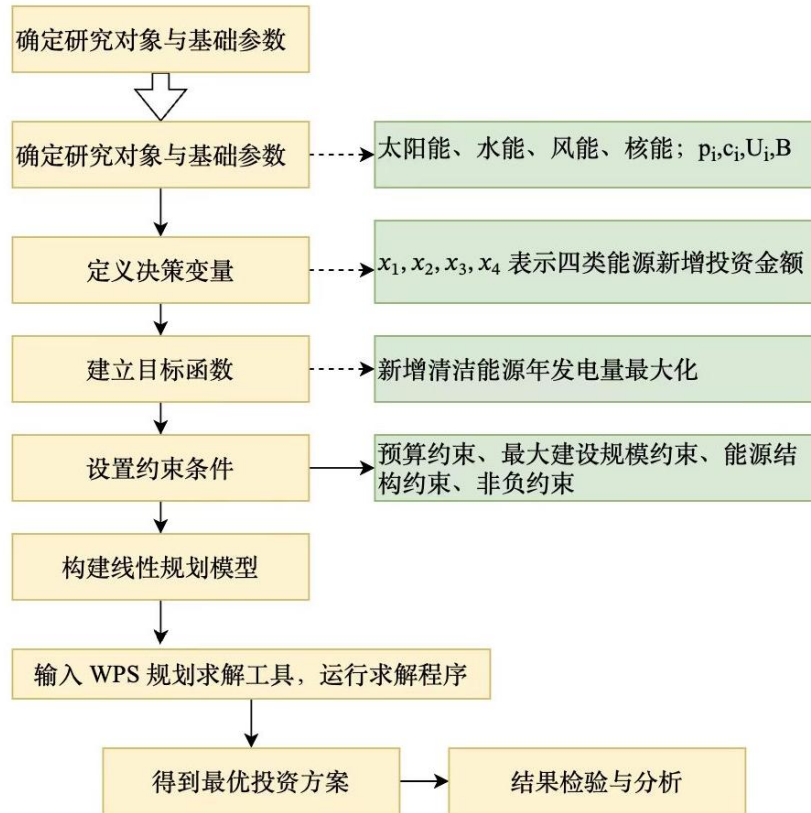


图 1 清洁能源投资配置模型求解流程图

通过上述流程，本文将清洁能源投资配置问题转化为可计算的线性规划问题，并利用 WPS 规划求解工具完成模型求解，从而得到有限预算条件下的综合配置型投资方案。

3.4 模型求解结果与分析

在总投资预算为 3200 亿元，并考虑最大新增装机规模和能源结构约束的条件下，通过线性规划模型求解得到基准模型的最优投资方案，如表 3 所示。

表 3 清洁能源最优投资方案

能源类型	投资金额 (亿元)	投资占比	新增装机容量 (GW)	新增年发电量 (亿千瓦时)
太阳能	1400	43.75%	40	600
水能	160	5.00%	1.6	56
风能	1000	31.25%	16.67	416.7
核能	640	20.00%	2.91	218.2
合计	3200	100.00%	—	1290.8

由表 3 可知，在基准参数和约束条件下，太阳能投资金额最高，为 1400 亿元，占总投资预算的 43.75%；风能投资金额为 1000 亿元，占比 31.25%；核能投资金额为 640 亿元，占比 20.00%；水能投资金额为 160 亿元，占比 5.00%。该投资方案预计新增清洁能源年发电量为 1290.8 亿千瓦时。

从投资结构看，太阳能和风能具有较高的单位投资发电能力，因此在模型中获得较高投资比重。其中，太阳能达到最大新增装机容量约束，说明在本文参数设定下，太阳能具有较高的投资效率，但其发展规模受到建设上限限制。风能作为单位投资发电能力较高的能源类型，在太阳能达到上限后成为重要的资金配置方向。水能和核能虽然单位投资发电能力相对较低，但水能具有一定调节能力，核能够提供较稳定的基荷电力，因此本文通过能源结构约束保留其必要投资规模。

从预算使用情况看，四类能源投资金额合计为 3200 亿元，说明总投资预算被完全使用，预算约束为有效约

束。从模型结果看，本文得到的方案并不是单纯追求某一种能源的最大化投资，而是在发电效率、建设规模限制和能源结构多元化之间形成了较为均衡的综合配置方案。

本文结果是在既定参数和约束条件下得到的模型求解结果，并不意味着该方案可以直接等同于现实中的最终投资决策。实际清洁能源项目还会受到建设周期、运维成本、电网消纳能力、储能配套、安全管理和政策变化等因素影响。因此，本文结果主要用于说明在给定参数条件下，不同清洁能源投资配置的优化思路和计算方法。

3.5 敏感性分析

为检验模型结果对关键参数变化的稳定性，本文在基准模型求解结果的基础上进一步开展敏感性分析。敏感性分析并不改变模型结构，而是在保持目标函数和约束条件形式不变的前提下，对总投资预算、单位装机建设成本、单位装机年发电量和最大新增装机规模等参数进行调整，并分别重新求解模型。通过比较不同参数设定下的最优投资金额和新增年发电量，可以分析清洁能源投资方案对外部条件变化的响应情况。

本文设置以下几类敏感性分析情景如表 4。

表 4 敏感性分析参数设置

情景	分析内容	参数变化
S0 基准情景	原始参数设定	B, p_i, c_i, U_i 均保持原始值
S1 预算收紧情景	考察资金规模下降影响	$B = 2800$ 亿元
S2 预算扩张情景	考察资金规模上升影响	$B = 3600$ 亿元
S3 成本上升情景	考察建设成本上升影响	c_i 在基准值基础上上升 10%
S4 发电能力提升情景	考察技术效率提升影响	p_i 在基准值基础上上升 10%
S5 建设规模收紧情景	考察资源和场地约束变化影响	U_i 在基准值基础上下降 10%

每一类情景下，本文保持目标函数和约束条件形式不变，仅调整对应参数，并利用线性规划方法重新计算最优投资方案。不同情景下的求解结果如表 5 所示。

表 5 不同情景下最优投资方案比较

情景	太阳能投资 (亿元)	水能投资 (亿元)	风能投资 (亿元)	核能投资 (亿元)	新增年发电量 (亿千瓦时)
S0 基准情景	1400	160	1000	640	1290.8
S1 预算收紧	1400	140	700	560	1131.6
S2 预算扩张	1400	180	1300	720	1450.1
S3 成本上升	1540	160	860	640	1175
S4 发电能力提升	1400	160	1000	640	1419.9
S5 建设规模收紧	1260	160	1140	640	1289.2

由表 5 可知，当总投资预算由 3200 亿元下降至 2800 亿元时，新增年发电量下降至 1131.6 亿千瓦时；当总投资预算上升至 3600 亿元时，新增年发电量提高至 1450.1 亿千瓦时。这说明总投资预算对清洁能源发电产出具有直接影响。在预算变化情景下，太阳能由于受到最大新增装机规模限制，投资金额保持在上限附近，新增资金或减少资金主要体现在风能、水能和核能投资变化上。

在建设成本上升情景下，四类能源单位装机建设成本均上升 10%，新增年发电量下降至 1175.0 亿千瓦时。需要注意的是，此时太阳能投资金额由 1400 亿元上升至 1540 亿元，并不意味着模型对太阳能的偏好增强，而是

因为在建设成本上升后,达到同样 40GW 最大新增装机容量需要投入更多资金。由于总预算保持不变,风能投资金额相应下降,最终导致总发电量下降。

在发电能力提升情景下,四类能源单位装机年发电量均提高 10%,模型的投资结构保持不变,但新增年发电量提高至 1419.9 亿千瓦时。这说明当各类能源发电能力同比例提升时,最优投资结构不会发生明显变化,但总体发电产出会显著增加。

在建设规模收紧情景下,各类能源最大新增装机容量下降 10%。由于太阳能最大可投资金额下降,部分投资转向风能,新增年发电量略有下降。该结果说明,在清洁能源建设过程中,资源条件、建设场地和并网能力等因素会影响投资配置结构。整体来看,敏感性分析表明,本文模型能够反映预算、成本、发电能力和建设规模变化对清洁能源投资方案的影响,具有一定的分析解释能力。

4 结论与展望

4.1 研究结论

本文以中国清洁能源新增投资配置问题为研究对象,选取太阳能、水能、风能和核能四类主要清洁能源,在统一标准化装机容量口径的基础上,综合考虑单位装机年发电量、单位装机建设成本、总投资预算、最大新增装机规模以及能源结构约束等因素,建立了以新增清洁能源年发电量最大化为目标的线性规划模型。通过将清洁能源投资配置问题转化为数学优化问题,本文实现了对有限预算条件下投资方案的定量分析。

在基准情景下,本文设定总投资预算为 3200 亿元,并结合最大新增装机规模和能源结构约束,对模型进行求解。结果表明,较优投资方案为:太阳能投资 1400 亿元,水能投资 160 亿元,风能投资 1000 亿元,核能投资 640 亿元,预计新增清洁能源年发电量为 1290.8 亿千瓦时。从投资结构看,太阳能和风能由于单位投资发电能力较高,在投资组合中占据较大比重;同时,考虑到水能在调节能力方面的作用以及核能在稳定供电方面的重要性,模型通过能源结构约束保留了其必要投资规模,从而形成了兼顾发电效率与能源结构多元化的综合配置方案。

进一步的敏感性分析表明,模型结果对关键参数变化具有较明显响应。总投资预算增加时,新增年发电量相应提高;建设成本上升会降低单位投资的发电产出效率,从而压缩整体发电能力;发电能力提升则有助于提高总发电量;最大新增装机规模收紧会改变不同能源之间的资金配置结构。上述结果说明,清洁能源投资决策不仅受到预算规模影响,还与建设成本、技术水平、资源条件和现实建设约束密切相关。

总体来看,本文建立的线性规划模型能够较好地反映有限预算下清洁能源投资配置的基本逻辑,为不同能源类型之间的资金分配提供了一个可量化、可比较、可求解的分析框架。

4.2 不足与展望

本文模型对清洁能源投资配置问题进行了简化分析,主要考虑了单位装机建设成本、单位装机年发电量、总投资预算和最大新增装机规模等因素,但尚未进一步纳入运维成本、建设周期、电网消纳能力、储能配套以及碳减排效益等现实因素。因此,本文结果更适合作为一种定量分析参考,而不能直接等同于现实中的最终投资决策。

此外,本文参数采用标准化设定,不同地区和不同项目之间的实际差异未能充分体现。后续研究可结合更详细的项目数据和政策规划,对参数进行修正和完善。

未来可在本文基础上进一步引入更多约束条件或采用多目标优化方法,使模型更加贴近实际清洁能源投资决策过程。

参考文献

- [1] World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2024: WMO-No. 1368[R/OL]. Geneva: World Meteorological Organization, 2025[2025-07-16]. https://wmo.int/sites/default/files/2025-03/WMO-1368-2024_en.pdf.
- [2] 王仕超,李鹏,朱俊,等.中国大中型水库多尺度空间格局及影响因素分析[J].水力发电学报,2024,43(9):47-58.
- [3] KARAKOYUN Y. Determination of effective parameters for hydropower plants' energy generation: A case study[J]. Applied Sciences, 2024, 14(5):2069.
- [4] 中国气象局风能太阳能中心.中国风能太阳能资源年景公报:2021[R].北京:中国气象局,2022.
- [5] HAN J, CHANG H. Development and opportunities of clean energy in China[J]. Applied Sciences, 2022, 12(9):4783.
- [6] 中华人民共和国自然资源部.2024 中国自然资源公报[R/OL].北京:中华人民共和国自然资源部,2025[2025-07-16]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202503/t20250314_2881925.html.

[7] WANG E Z, LEE C C. The impact of clean energy consumption on economic growth in China: Is environmental regulation a curse or a blessing?[J]. *International Review of Economics & Finance*, 2022, 77:39-58.

[8] 胡运权, 郭耀煌. 运筹学教程[M]. 第5版. 北京: 清华大学出版社, 2018.

[9] DINCER I, ACAR C. A review on clean energy solutions for better sustainability[J]. *International Journal of Energy Research*, 2015, 39:585-606.

Optimal Clean Energy Investment Allocation in China:

A Linear Programming Approach

Xiyue Bian, Yuezhou Wang, Liangyue Xu, Zijia Xi

(Hangzhou Yungu School, Hangzhou, Zhejiang, China)

Abstract: Against the background of global climate change and energy structure transformation, optimizing the allocation of clean energy investment is of great significance for improving energy utilization efficiency. Using China as the research context, this paper selects four major types of clean energy—solar power, hydropower, wind power, and nuclear power—and constructs a linear programming model under a unified installed-capacity standard, with the objective of maximizing the annual power generation from newly added clean energy capacity. The model comprehensively considers constraints such as annual power generation per unit of installed capacity, construction cost per unit of installed capacity, total investment budget, and maximum newly added installed capacity, so as to optimize the clean energy investment portfolio. Under the assumption of a total investment budget of CNY 320 billion, the optimized investment allocation is obtained as follows: CNY 140 billion for solar power, CNY 16 billion for hydropower, CNY 100 billion for wind power, and CNY 64 billion for nuclear power, corresponding to an additional annual clean energy generation of approximately 129.08 billion kWh. The results indicate that solar power and wind power account for relatively large proportions in the investment portfolio, while hydropower and nuclear power play complementary roles in maintaining the stability of the energy structure. The proposed model provides a quantitative reference for clean energy investment decision-making under budget constraints and offers practical implications for improving capital allocation efficiency and optimizing the energy structure.

Keywords: clean energy; investment allocation; linear programming; resource optimization; power generation maximization