

## 项目群管理与建筑业管理

特约栏目主持人:丰景春教授

**主持人语:**随着构建高水平社会主义市场经济体制和新质生产力的提出,项目群管理与建筑业管理面临新的机遇和挑战。本期刊发的四篇论文聚焦高质量发展目标,从宏观、中观、微观三个层面探讨项目群管理与建筑业管理相关热点问题,展现学术研究的深度和广度。汪群等通过动态项目组合模型,探讨中央政府奖惩对牵头企业水生态治理效果的影响,为政策制定和企业决策提供重要参考;胡震云等在工期不确定性环境下,提出项目群业主费用现值与鲁棒性的权衡模型,为业主决策提供新的思路;陈静妍等分析新质生产力如何赋能传统建筑业高质量发展,提出促进建筑业高质量发展的实践路径;解春艳等通过构建两阶段非线性优化模型,解决项目群误期损害费用的优化问题。这些研究不仅具有理论创新性,还具有重要的实践意义,值得学术界和实务界探讨和借鉴。

**主持人简介:**丰景春,河海大学商学院教授,博士,博士生导师,现任国家管理科学与工程学会理事,主要从事建筑业管理理论与智能建造领域的教学与科研工作,先后主持并完成了科研项目 100 余项,其中国家社科基金重点项目 2 项、国家科技支撑计划重大项目子题 1 项、国家社科基金重大项目子题 1 项、国际合作项目 3 项,发表高质量论文 50 余篇,出版著作(编著)5 部,指导博士研究生 30 余名,承担了国外一批大型工程和企业的咨询与讲座工作,科研成果已转化为较大的经济效益和社会效应。

# 项目组合视角下中央政府奖惩对牵头企业水生态治理效果的影响

汪群<sup>1</sup>, 陈旭<sup>2</sup>, 卢婷<sup>2</sup>

(1. 南京工程学院管理工程学院, 江苏 南京, 211167; 2. 河海大学商学院, 江苏 南京, 211100)

**摘要:**在黄河流域生态保护和高质量发展战略背景下,牵头企业在履行水生态治理特殊社会责任的同时,面临治理成本高、经济回报低等挑战。中央政府的奖惩政策对企业的治理决策和治理效果有重要影响。然而,当前研究缺乏对中央政府奖惩、牵头企业履行特殊社会责任与水生态治理效果之间动态关系的系统分析。本研究从项目组合视角出发,构建了基于战略期多阶段的中央政府奖惩—牵头企业履行特殊社会责任—治理效果动态影响模型,并采用双层嵌套多种群遗传算法对其进行求解。研究表明,中央政府的奖惩力度与治理效果呈现倒“U”型关系,过度奖励或过度惩罚均可能导致治理效果下降,且企业在不同战略阶段的项目组合策略受奖惩力度影响显著。此外,牵头企业更倾向于在战略期初期履行最低特殊社会责任以降低罚款,在中后期集中实施高回报项目以获取奖励,从而实现收益最大化。研究提出了优化奖惩机制、强化考核监督、提升企业治理能力等政策建议,为中央政府制定水生态治理激励政策和企业优化治理决策提供了理论支持和实践指导。

**关键词:**牵头企业;特殊社会责任;水生态治理效果;战略期;项目组合;多种群遗传算法

**中图分类号:**F224.33

2024 年 9 月 12 日下午,习近平总书记在甘肃  
省兰州市主持召开全面推动黄河流域生态保护和

高质量发展座谈会并发表重要讲话,提出要开创黄  
河流域生态保护和高质量发展新局面。大江大河

收稿日期:2024-09-07;修回日期:2024-11-15

基金项目:江苏省社会科学基金项目“‘双碳’目标下数字赋能江苏水生态协同治理路径与机制研究”(23GLD006);南京工程学院引进人才科研启动基金项目“多方协同下长江水生态治理牵头企业特殊社会责任实现的合作机制与对策研究”(YKJ202321)

作者简介:汪群,博士,教授,研究方向为战略管理。

通信作者:陈旭,博士研究生,研究方向为生态项目管理。

E-mail: 1229095323@qq.com

引文格式:汪群,陈旭,卢婷.项目组合视角下中央政府奖惩对牵头企业水生态治理效果的影响[J].南京工程学院学报(社会科学版),2024,24(4):45-55.

水生态治理是生态文明建设的重要组成部分,而牵头企业更好地履行特殊社会责任是全面确保水生态治理效果、推动国家水生态治理重大战略和部署落实的关键支撑。生态文明建设是“五位一体”总体布局中的重要一环,而水生态治理已成为生态文明建设的重要组成部分。与一般水生态治理组织体系不同,大江大河水生态治理通常采用“1+n”的组织管理模式,即由一个牵头企业(一般为中央企业)负责投融资、前期规划、建设管理、运行管理等核心工作,多个设计、施工、监理、咨询、运行等单位分别参与规划、设计、咨询、监理、施工、运行等环节的组织管理模式。在新时代新征程中,国资国企更好地履行社会责任,是加强党的领导、切实发挥国有经济战略支撑作用的重要保障。牵头企业除了需要履行国资委规定的一般社会责任外,还需履行特殊社会责任,才有可能将水生态治理好。但水生态治理的低回报率、履行特殊社会责任的无回报性会给牵头企业带来巨大的经济压力,进而影响其履行特殊社会责任的效果。因此,中央政府需要给予一定补贴来缓解牵头企业的负担,同时,要对治理效果进行考核,对没有达到治理要求的企业给予相应的惩罚。此外,中央政府应根据战略期上一个阶段的治理效果,调整和优化战略期下一阶段的奖惩,以确保治理目标的实现。目前,在大江大河水生态治理整个战略期各阶段的动态项目组合方面,牵头企业尚没有明确的理论支撑;在奖惩和补贴政策方面,相关可供参考的理论和经验尚不丰富。为此,本文深入探讨了中央政府奖惩、牵头企业履行特殊社会责任、治理效果三者的关系,为中央政府制定奖惩政策和企业决策提供了科学依据。

## 一、文献综述

党的二十大报告提出,持续深入打好蓝天、碧水、净土保卫战。加强污染物协同控制,基本消除重污染天气。统筹水资源、水环境、水生态治理,推动重要江河湖库生态保护治理,基本消除城市黑臭水体<sup>[1]</sup>。2021年发布的《“十四五”重点流域水环境综合治理规划》提出,到2025年,基本形成较为完善的城镇水污染防治体系,城市生活污水集中收集率力争达到70%以上,基本消除城市黑臭水体。重要江河湖泊水功能区水质达标率持续提高,重点流域水环境质量持续改善,污染严重水体基本消除,地表水劣V类水体基本消除……城市集中式饮用水水源达到或优于Ⅲ类比例不低于93%<sup>[2]</sup>。大

江大河水生态治理重点关注两个方面:一是实现党中央、国务院水生态治理战略目标;二是牵头企业取得预期的经济收益以及履行特殊社会责任。考虑到大江大河水生态治理的经济属性以及牵头企业履行特殊社会责任的特点,中央政府的奖惩既要有利于国家水生态治理战略目标的实现,也要有助于提高牵头企业经济收益和履行特殊社会责任的程度。为了解决此类问题,本文对过往研究进行了系统梳理并将其归纳为项目组合发展动态和研究现状、战略期各阶段的目标与约束以及特殊社会责任发展动态和相关研究三个方面。

项目组合与战略之间的关联度越来越显著,战略视角下的项目组合已成为实践和学界关注的焦点。项目组合是指为实现战略目标和便于有效管理而组合在一起的项目、项目集和其他工作<sup>[3]</sup>。它对实现国家水环境保护战略目标和企业战略目标具有重要意义。Bai等提出了一种基于复杂网络理论选择战略目标下的稳健项目组合的方法,通过数值示例展示了项目组合选择方法的应用并证明了模型的效率<sup>[4]</sup>。Hutchison等利用“战略桶”理论对项目最佳资源配置进行有效的决策<sup>[5]</sup>。陆志强等针对人力资源技能进化的多项目组合调度问题展开研究,构建了以最小化项目个数和最小化投入总成本为目标的混合整数规划模型<sup>[6]</sup>。白礼彪等基于战略角度研究了项目组合配置组件权重对战略属性的承载耦合影响,设计了基于耦合的项目组合配置战略贴适度模型<sup>[7]</sup>。

大江大河水生态治理除了实现战略期总战略目标外,还要考虑战略期各阶段的目标及约束。Ansari等将战略描述为一个企业整体和长远的发展宏图,而战略分解和战略执行是落实企业高层战略决策和实现企业战略目标的基础<sup>[8]</sup>。Ghannad等提出决策者需要制定一个长期的项目组合规划,通过各阶段作出的相关决策,将战略期各阶段有机地联系起来<sup>[9]</sup>。Li等对战略期的阶段进行了划分,引入水生态综合治理战略期的概念<sup>[10]</sup>。

考虑到大江大河水生态治理和牵头企业承担社会责任内容的特殊性,牵头企业特殊社会责任已成为学界研究的重点。徐传谔等提出国有企业特殊社会责任来源于社会主义市场经济体制下国有经济功能的要求,认为中国国有企业除了具有一般企业的社会责任以外,还必须履行8条特殊的社会责任<sup>[11]</sup>。许红梅指出我国国有企业承担了不同于一般社会责任的特殊社会责任,从整体和个体两个

角度,研究了我国国有企业的特殊社会责任<sup>[12]</sup>。徐传谔等根据国有企业的特殊属性、特殊功能以及国有企业在国家经济中的特殊地位,将国有企业的特殊社会责任分为经济责任、社会责任和环境责任<sup>[13]</sup>。

综上所述,现有研究虽然阐述了项目和战略之间的关联性,也明确了在水环境治理中,企业尤其是国有企业履行特殊社会责任的重要性,但仍存在三方面不足:一是没有将牵头企业的特殊社会责任与经济责任有机地关联起来,此时项目组合的经济回报可能无法确保牵头企业有能力履行特殊社会责任;二是项目组合未考虑大江大河生态治理战略期多阶段的动态性以及根据项目组合的直接产出计算企业收入,没有根据治理效果计算企业收入;三是暂未有此情景下的模型和算法实例,相关研究缺乏实际支撑。为此,本文针对现有研究的不足,结合大江大河生态治理项目组合的特点,界定了牵头企业特殊社会责任的定义及内容,构建了战略期项目组合视角下中央政府奖惩对牵头企业治理效果动态影响模型,设计了一种双层嵌套多种群遗传算法来求解模型,并结合长江大保护实例,开展案例分析,结合分析结果提出了一系列管理启示。

## 二、理论分析

### (一) 水生态治理企业特殊社会责任内涵

我国水生态治理项目具有“反复治理、反复污染”性、准公益性、长期效益性、多利益主体性、高投入性和低回报性等多种属性。这些属性导致开展水生态治理项目的难度要远大于其他类型的项目。这就要求牵头企业在具备较强的综合能力的同时还要积极履行社会责任,以确保项目的顺利开展。

牵头企业获得了水资源等重要资源开发利用的权利,享受了资源带来的高附加价值,理应承担相应的特殊社会责任。水生态治理具有生态效益显著而经济回报率相对较低的特点,同时其治理过程对系统性和协调性要求较高。因此,这类项目并非一般企业所能胜任,应由具备水生态治理能力的企业承担。以长江大保护为例,国务院指定了中国长江三峡集团有限公司作为长江水生态治理的主体单位。徐传谔等提出了国企社会责任推进机制的变革之道,具体包括 3 个部分:一是政府应该意识到企业社会责任,诉讼是提升企业社会责任感的

必要手段;二是企业、社会、政府应该深思企业社会责任诉讼背后隐藏的问题;三是公众的知情权和参与权应该成为企业问责机制的一个基本成分<sup>[13]</sup>。由此可见,牵头企业应在履行现有社会责任基础上,依据国家法律要求,主动提升社会责任感,逐步向承担特殊社会责任转变。

笔者认为水生态治理企业的特殊社会责任是指企业除了承担一般经济、社会责任外,为完成国家战略需要主动承担的其他责任,包括但不限于保护水质的责任,保护水生态的责任,防汛抗旱、灌溉补水、蓄水弃水等生态调度的责任,确保航运的责任,大坝维护及维修的责任等。可见,相较于一般企业,牵头企业需要承担更多的特殊社会责任,它具有两个显著的特点:一是范围更广且回报率低;二是国家政治属性更强。

### (二) 水生态治理企业项目组合需求分析

大江大河水生态治理项目组合是指将具有共同目标的水生态治理项目进行组合并进行有效的组合管理,从而有利于战略目标的实现。水生态治理企业一般为中央企业,完成国家指派的任务是其项目组合管理的重要目的之一。在进行项目组合管理的过程中,中央企业必须考虑战略期各个阶段的目标。

#### 1. 需要完成战略期多阶段目标

国家对水生态治理项目设定了明确的目标,但由于水生态治理的复杂性,目标的实现必然是一个循序渐进的过程。基于此,治理进程需要划分为若干阶段,每个阶段都有相应的目标,通过这种方式来确保水生态环境稳步向好。同时,企业要根据国家的相关要求,做好项目组合管理,使得在每个战略期内,尽可能地完成国家对于水生态治理的要求,示意图如图 1 所示。

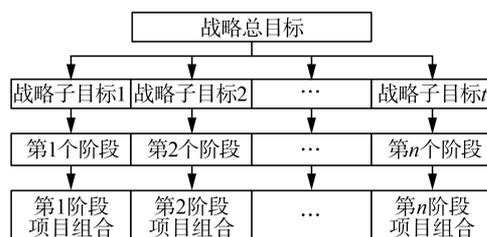


图 1 战略期多阶段下动态项目组合问题示意图

#### 2. 企业需要取得经济收益

即使是中央企业,也无法脱离其企业本质属性,即获取更大的利润。通过项目的组合管理,企业可以在不同战略期内获取更多的中央政府补贴,

同时,也可以在不同战略期内安排不同的项目以获得更高的财务净现值。

从项目组合需要实现的目标的视角来看,治理效果达到最低要求时,其对应的项目组合方案都是可行的。本文根据上述分析,以牵头企业财务净收益最大化为目标,对项目组合方案作出决策。

### (三) 企业收入、企业投入资金、项目组合与治理效果之间的关系

#### 1. 治理效果与项目组合之间的关系

预期治理效果与项目组合密切相关。治理效果与项目组合之间的关系如图2所示。

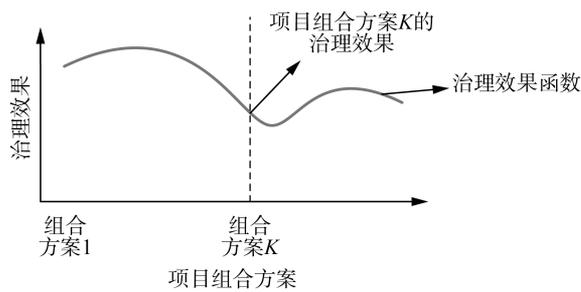


图2 治理效果与项目组合之间的关系

#### 2. 企业收入与治理效果之间的关系

中央政府对地方政府和牵头企业的考核通常采用治理效果这一指标,而不采用项目组合的直接产出(比如污水处理吨数、植树数量、治理河道公里数等)作为考核指标。因此,大江大河水生态治理项目组合的收益评估应基于预期治理效果来确定企业收入,而不是将项目组合的直接产出作为企业收入。可见,预期治理效果越好,企业收入越高;反之,预期治理效果越差,企业收入越低。企业收入与预期治理效果之间的关系如图3所示。

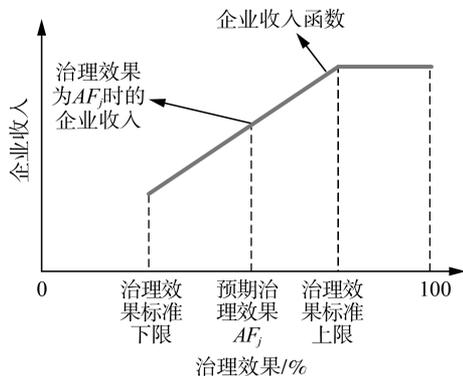


图3 企业收入与预期治理效果之间的关系

由图3可知,当预期治理效果小于治理效果标准下限时,企业收入为0;当预期治理效果大于治理效果标准上限时,企业收入等于合同约定的值;当

预期治理效果介于治理效果标准下限与上限之间时,企业收入等于合同约定的线性插入值。

#### 3. 企业投入资金与项目组合方案之间的关系

与企业收入不同,企业投入资金与项目组合方案有着密切关系,而与预期治理效果没有必然关系。企业投入资金与项目组合方案之间的关系如图4所示。

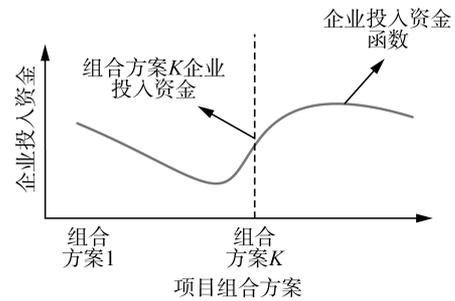


图4 企业投入资金与项目组合方案之间的关系

### (四) 中央政府奖惩、牵头企业履行特殊社会责任、水生态治理效果之间动态影响路径

与一般企业履行社会责任相比,牵头企业履行社会责任具有刚性和投入巨大的特点。牵头企业在面临大江大河航运能力不足、水质恶化、干旱、强降雨、水环境恶化等问题时,必须牺牲自身经济利益,维护水生态环境、公共利益和社会稳定。这些是企业履行特殊社会责任的直接体现。然而,这些可能会对牵头企业的经济效益产生负面影响,进而影响牵头企业履行特殊社会责任。因此,中央政府有必要对牵头企业履行特殊社会责任进行补偿。大量研究表明,企业履行社会责任对其经济回报具有积极影响。笔者基于上述分析得到中央政府奖惩、牵头企业履行特殊社会责任、水生态治理效果之间的动态影响路径,如图5所示。

由图5可见,三者之间的关系如下:

(1) 中央政府奖惩金额会影响牵头企业对于项目组合方案的选择,它对大江大河水生态治理效果具有调节作用。

(2) 中央政府的奖惩金额通过影响项目组合方案,进而决定牵头企业特殊社会责任的履行程度。

(3) 项目组合方案和牵头企业履行特殊社会责任程度共同决定了治理效果,而项目组合方案对牵头企业经济收益产生影响。

(4) 大江大河水生态治理效果反馈至牵头企业经济收益,能够促使牵头企业加大在水生态治理上的投入,从而进一步提升治理效果。

(5) 中央政府根据战略期第1阶段的治理效果

调整奖惩力度。这会影响牵头企业第 2 阶段的项目组合方案,从而决定第 2 阶段特殊社会责任的履

行程度,进而影响第 2 阶段治理效果,此原理可以推广到第 3 阶段、第 4 阶段、第 5 阶段……

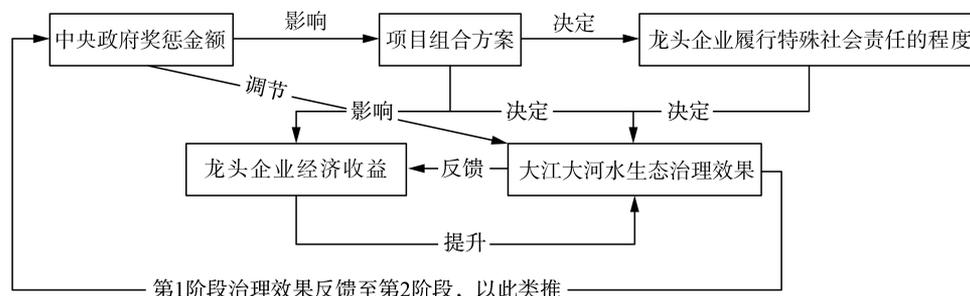


图 5 中央政府奖惩、牵头企业履行特殊社会责任、水生态治理效果之间的动态影响路径

根据图 5, 战略期第 1 阶段治理效果影响第 2 阶段的项目组合, 以此类推到其他阶段, 这体现出项目组合的动态性, 即中央政府奖惩对治理效果的影响具有动态性。

### 三、模型构建

#### (一) 基本假设与符号说明

##### 1. 模型假设

为了构建科学合理的数学模型, 本文作了简化和假设:

假设 1: 不考虑项目的开始和结束时间, 在任意战略期内都可以完整地实施任意项目, 折现率从战略期的角度予以考量。

假设 2: 所有投入发生在每个战略期开始, 所有收益发生在每个战略期结束。

假设 3: 水生态治理项目之间不存在逻辑关系。

假设 4: 项目治理效果在一定范围内和企业履行特殊社会责任的投入呈一次函数关系。

假设 5: 考虑水生态治理项目组合过程中的不可再生资源约束。

##### 2. 变量及符号说明

##### (1) 决策变量

$AF_i$ : 项目  $i$  实际达到的治理效果。

$x_{it}$ : 第  $t$  个战略期内项目  $i$  是否被选中(0,1 变量)。

##### (2) 其他变量

$\eta$ : 水生态治理项目企业的经济收益。

$N$ : 完整投资期内可选项目的数量。

$N_t$ : 第  $t$  个战略期内选择的项目数量。

$p_i$ : 项目  $i$  实际的特殊社会责任履行比例。

$AF_{i0}$ : 项目  $i$  所需要达到的最低治理效果。

$AF_{i1}$ : 项目  $i$  可以达到的最佳治理效果。

$AF_{it}$ : 中央政府在  $t$  个战略期所需要达到的最

佳治理效果(给予最高补贴金额)。

$AF_{t0}$ : 中央政府在  $t$  个战略期所需要达到的最低治理效果(开始给予补贴)。

$b_i$ : 项目  $i$  的合同额。

$c_i$ : 项目  $i$  所需投入的生产准备成本。

$R_q$ : 第  $q$  类不可再生资源在完整战略期的可用总量。

$R_{qt}$ : 第  $q$  类不可再生资源在第  $t$  个战略期的可用总量。

$e_{iq}$ : 项目  $i$  对资源  $q$  的需求量。

$F_t$ : 第  $t$  个战略期开始前可供投入的资金。

$G$ : 牵头企业在战略期开始前所拥有的外来资金。

$k_i$ : 项目  $i$  执行过程中所需的投资。

$r$ : 一个战略期内的市场利率。

$C_t$ : 当治理效果最佳时, 中央政府及相关部门在第  $t$  个战略期对牵头企业的最高补偿金额。

$C_{it}$ : 中央政府及相关部门在  $t$  个战略期对牵头企业实际补偿金额或罚款金额。

#### (二) 目标函数

基于对大江大河生态治理企业的生存以及长远效益的考虑, 本文将企业经济收益最大化作为特殊社会责任下基于战略期多阶段的大江大河生态治理项目组合模型的优化目标。企业经济收益由三部分组成, 分别为项目合同收益、项目获得补贴或惩罚金额以及项目成本。由此得到目标函数:

$$\max \eta = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_t} b_i x_{it} (1+r)^{-t} + C_{it} (1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_t} c_i x_{it} (1+r)^{-t+1} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_t} (1+p_i) k_i x_{it} (1+r)^{-t+1} \quad (1)$$

式中,  $p_i = AF_i \beta$ ,  $\beta$  为常数。中央政府补贴或罚款是个分段函数, 当未达到战略期每个阶段要求的最低治理效果时, 中央政府会对企业进行罚款, 反之, 中

中央政府会在战略期每个阶段结束之后给予企业补贴,计算式为:

$$C_n = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^{N_t} AF_i - AF_{t0}}{AF_{t0}} \mu \sum_{i=1}^{N_t} b_i x_{it}, & \sum_{i=1}^{N_t} AF_i x_{it} \leq AF_{t0} \\ \left( \frac{C_t}{AF_{t1} - AF_{t0}} \sum_{i=1}^{N_t} AF_i x_{it} - \frac{C_t \times AF_{t0}}{AF_{t1} - AF_{t0}} \right), & AF_{t0} < \sum_{i=1}^{N_t} AF_i x_{it} \leq AF_{t1} C_t, \sum_{i=1}^{N_t} AF_i x_{it} > AF_{t1} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $\mu$  为惩罚系数,其值为常数。

$$AF_{t0} \leq AF_i \leq AF_{t1} \quad (7)$$

### (三) 约束条件

(1) 项目的数量约束。战略期内选择的所有项目数量之和等于项目总量。数量约束计算式为:

$$\sum_{i=1}^T N_i = N \quad (3)$$

(2) 资金约束。战略期各阶段内的资金需要满足大于等于零的约束才能维持项目实施和企业的正常运作。

a. 战略期第一阶段资金约束。在战略期第一阶段初可供投入的资金  $F_1$  需要满足该阶段内项目所需成本和执行项目所需投资。资金约束计算式为:

$$G + F_1 - \sum_{i=1}^{N_1} c_i x_{i1} - \sum_{i=1}^{N_1} (1 + p_i) k_i x_{i1} \geq 0 \quad (4)$$

b. 战略期资金约束。完整战略期各阶段初可使用的资金要满足该时间段内选中执行项目的成本和投资的金额。根据以往文献<sup>[22]</sup>, 资金约束计算式为:

$$G + \sum_{t=1}^T F_t (1 + r)^{-t+1} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_t} b_i x_{it} (1 + r)^{-t} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_t} c_i x_{it} (1 + r)^{-t+1} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_t} (1 + p_i) k_i x_{it} \times (1 + r)^{-t+1} \geq 0 \quad (5)$$

(3) 资源约束。大江大河水生态治理项目组合在实施过程中会受到各种不可再生资源的约束,在项目组合实施前,相关部门及牵头企业会对完整战略期和战略期各阶段的资源可用量进行规划与分配,因而需要分别对完整战略期和战略期各阶段设置资源约束。资源约束计算式为:

$$\sum_{i=1}^{N_t} e_{iq} x_{it} \leq R_{qt}, \quad \forall t \quad (6)$$

(4) 项目治理效果约束。在大江大河水生态治理实际实施过程中,国家会对每个项目、战略期每个阶段达到的效果作出一定要求。在战略期单个阶段内,如果无法达成目标,中央政府仅需对牵头企业进行罚款,因此,仅考虑单个项目的约束。此外,项目的治理效果也不应超过最佳治理效果。综合上述分析,项目治理效果约束计算式为:

## 四、模型求解

项目组合模型有两个决策变量,仅从项目在战略期哪个阶段执行这个角度分析,就有  $N^T$  个解。此外,求解模型还需要考虑每个项目需要达到的治理效果,可行解的数量将是一个庞大的数字。因此,本文采用智能算法进行求解。常见的智能算法有遗传算法、蚁群算法、粒子群算法等,其中较为经典的是遗传算法,但遗传算法的过早收敛特性导致其实际使用率不高。近年来,多种群遗传算法因其有效地克服了遗传算法这一缺点,使得它在相关研究中得到了广泛的关注与应用<sup>[14]</sup>。采用多种群遗传算法对模型进行求解的关键操作包括:编码、适应度函数构建、选择、交叉、变异和移民。

### (一) 编码

编码采用双层编码的方式进行设计。

#### 1. 第一层编码设计

第一层为项目实际达到的效果的编码,为了方便操作,本文采用二进制编码的方式,如图6所示。



图6 第一层编码示意图

以一个4位数二进制编码“0101”为例,其计算过程为:  $0 \times (0.5)^1 + 1 \times (0.5)^2 + 0 \times (0.5)^3 + 1 \times (0.5)^4 = 0.3125$ 。采用这种编码方式,若单个项目二进制位数为  $x$ ,其精度可以达到  $0.5^x$ 。

#### 2. 第二层编码设计

第二层为项目战略期执行的编码,本文参考薛松等<sup>[15]</sup>的研究,采用隔板法对不同项目进行编码,如图7所示。

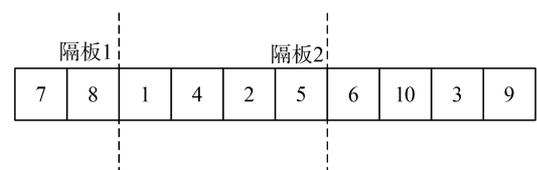


图7 第二层编码示意图

由图 7 可见,假设水生态治理有 3 个战略期,则需要 2 块隔板将编码分割成为 3 个部分,分别对应第 1、2、3 个战略期。

## (二) 适应度函数构建

适应度函数构建的目的在于人为地构建一个“环境”,使得种群可以朝着更加适应该“环境”的方向发展。通常情况下,该“环境”采用目标函数倒数的形式进行构建<sup>[16]</sup>。考虑到解域庞大,本研究采用公式(8)作为目标函数以加快种群的淘汰速度:

$$f_m = \left( \frac{\eta_m - \eta_{\min} + 0.001}{\eta_{\max} - \eta_{\min} + 0.001} \right)^2 \quad (8)$$

## (三) 选择

选择操作采用轮盘赌的方式,种群中第  $m$  个个体被选择的概率  $P_m$  和适应度函数成正比,计算式为:

$$P_m = \frac{f_m}{\sum_{m=1}^M f_m} \quad (9)$$

式中,  $M$  为该种群中个体的总数。

## (四) 交叉

交叉是遗传算法求解过程中一种常见的遗传操作。与生物遗传中通过交叉互换增加生物多样性的原理相似,交叉能够有效提高遗传算法的搜索能力。遗传算法求解过程中的交叉操作通过随机变量和父系编码交叉概率的比较实现。

遗传算法针对不同的优化问题有多种不同的交叉算子。本文在求解过程中采用多点交叉算子,选用 3 个种群进行遗传算法求解,交叉概率  $P_c = \{0.6, 0.7, 0.8\}$ 。

## (五) 变异

与交叉操作一样,变异操作也是一种常见的遗传操作,能够提高遗传算法求解精确度的上限,即求解范围增大的同时结果的精确性也提高。3 个种群的变异率分别为 0.20、0.25 和 0.30。

## (六) 移民

移民操作是指在多种群遗传算法中,种群和种群之间的交叉过程,参考姚敏<sup>[17]</sup>的研究,为防止特别优秀个体在移民操作过程中直接取代原种群特征导致种群多样性降低,本文将不同种群的最优个体和目标种群的最次个体进行杂交,用杂交后产生的优秀个体取代原目标种群中的最次个体。

# 五、案例分析

## (一) 案例背景及数据

长江生态环保集团(CEEPG)承担着长江大保护水生态综合治理项目的投资、建设、管理等多项工作。JS 中心城区水生态系统治理一期项目是 CEEPG 为响应长江大保护战略而投资建设的项目组合,包含白水湖区域污水处理治理一期工程、JS 中心城区长江排水口污水治理工程、两河流域综合整治工程等工程分支<sup>[18]</sup>。CEEPG 需要在 12 个水生态治理项目中进行项目组合选择。12 个项目不存在逻辑关系,即项目之间不存在工艺逻辑关系和组织逻辑关系,项目相关数据如表 1 所示。CEEPG 在战略期开始前所拥有的外来资金  $G$  为 30 亿元。按照上级要求,该项目至少需要提升断面水质达标率 2.5%。整个战略期分为 5 个阶段,战略期各个阶段的相关要求如表 2 所示。

表 1 项目相关参数

项目编号	项目生产准备成本 / 千万元	项目合同额 / 千万元	项目所需投资 / 千万元	项目资源消耗 / 万吨	最低提升断面水质达标率 / %	最佳提升断面水质达标率 / %
1	1.50	105.8	72.25	7.0	0.0027	0.0054
2	1.68	139.1	80.75	6.5	0.0014	0.0038
3	1.94	149.6	93.50	7.9	0.0028	0.0056
4	1.50	104.1	72.25	8.6	0.0025	0.0044
5	5.05	225.4	156	9.6	0.0026	0.0052
6	3.22	190.8	155	9.7	0.0029	0.0058
7	4.99	215.4	150	10.6	0.0015	0.0059
8	3.22	261.6	157	11.8	0.0009	0.0036
9	5.46	290.7	213	14.3	0.0023	0.0039
10	3.63	254.5	175	14.0	0.0012	0.0047
11	3.51	232.5	169	13.6	0.0021	0.0058
12	4.46	267.9	218	15.8	0.0021	0.0054

表2 战略期各阶段相关要求

参数	战略期各阶段				
	1	2	3	4	5
初始资金/千万元	37	42	46	52	50
资源可用总量/万吨	50	70	80	55	45
最低提升断面水质达标率/%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
最佳提升断面水质达标率/%	0.8	1.8	2.8	3.8	4.8

此外,为了探究中央政府在惩罚、奖励两种策略下,水生态治理效果的动态表现,本文通过调节

相关参数,构建了5种情景,如表3所示。

表3 5种情景参数

参数	标准情景	高奖励情景	无奖励情景	高惩罚情景	无惩罚情景
$C_i$ /千万元	20	40	0	20	20
$\mu$	0.3	0.3	0.3	0.6	0

## (二) 模型求解与结果分析

本文选用 Matlab 2019b 求解模型,迭代计算350次,对标准情景进行求解,以检验模型的有效性及其性能<sup>[19]</sup>,计算结果如表4所示。

表4 标准情景下3个种群模型求解结果

参数	种群1	种群2	种群3
履行特殊社会责任金额/千万元	93.25	98.12	87.02
提升断面水质达标率/%	4.54	4.75	4.21
财务净现值/千万元	428.67	426.00	426.06
战略期第1阶段的执行项目	3,5	1,8	7,8
战略期第2阶段的执行项目	7,10,11	5,6,9,10,12	3,5,9,11
战略期第3阶段的执行项目	2,6,8,9,12	2,7,11	1,6,10,12
战略期第4阶段的执行项目	1	3	2
战略期第5阶段的执行项目	4	4	4

由表4可见,财务净现值最大时,提升断面水质达标率达到了4.54%,接近中央政府所希望达到的最佳提升断面水质达标率4.8%。迭代计算变化曲线如图8所示。

由图8可见,算法在迭代计算后期(迭代次数超过150次后),种群仍有一定的活跃性,种群1能探索出更加优秀的解,这验证了本文对多种群遗传算法移民算子改造的有效性。

对其余4种情景进行求解,结果如表5至表8所示。

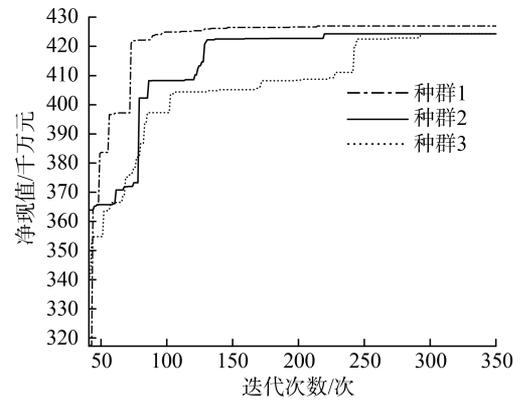


图8 标准情景下迭代计算变化曲线

表5 高奖励情景下3个种群模型求解结果

参数	种群1	种群2	种群3
履行特殊社会责任金额/千万元	94.60	106.94	104.56
提升断面水质达标率/%	4.50	4.92	4.90
财务净现值/千万元	457.56	471.70	458.27
战略期第1阶段的执行项目	2,6	7,8	2,5
战略期第2阶段的执行项目	3,5,9,10	2,3,9,10,12	7,8,9,11
战略期第3阶段的执行项目	7,8,11,12	5,6,11	1,6,10,2
战略期第4阶段的执行项目	4	4	4
战略期第5阶段的执行项目	1	1	3

基于表 4 至表 8 的求解结果,本研究采用两两对比法,从两个方面,对奖励和惩罚效果进行对比分析。

(1)中央政府给予水生态治理企业一定的奖励,可以显著提升治理效果,但二者的关系并非简单的线性关系,从无奖励情景至标准情景,每提升

效率约 1%需多花费 1.4 亿元,而从标准情景至高奖励情景,每提升效率约 1%需多花费 2.6 亿元,奖励刺激牵头企业的作用降低。进一步观察标准情景发现,此时企业在履行特殊社会责任上的支出略小于获得的奖励,可以认为此时是奖励刺激作用的拐点。

表 6 无奖励情景下 3 个种群模型求解结果

参数	种群 1	种群 2	种群 3
履行特殊社会责任金额/千万元	80.97	83.26	84.95
提升断面水质达标率/%	3.77	3.83	3.85
财务净现值/千万元	404.41	408.40	407.90
战略期第 1 阶段的执行项目	2,9	7,8	11
战略期第 2 阶段的执行项目	2,5,8,10	2,5,9,10	2,7,8,9,10
战略期第 3 阶段的执行项目	1,6,7,11	1,6,11,12	3,5,6,12
战略期第 4 阶段的执行项目	4	3	4
战略期第 5 阶段的执行项目	3	4	1

表 7 高惩罚情景下 3 个种群模型求解结果

参数	种群 1	种群 2	种群 3
履行特殊社会责任金额/千万元	96.84	87.56	90.39
提升断面水质达标率/%	4.60	4.33	4.33
财务净现值/千万元	345.32	392.96	346.35
战略期第 1 阶段的执行项目	2,3	7,8	7,8
战略期第 2 阶段的执行项目	7,8,10,11	2,3,5	3,9,10,11
战略期第 3 阶段的执行项目	4,6,9,12	6,9,10,11,12	1,2,6,12
战略期第 4 阶段的执行项目	5	1	5
战略期第 5 阶段的执行项目	1	4	4

表 8 无惩罚情景下 3 个种群模型求解结果

参数	种群 1	种群 2	种群 3
履行特殊社会责任金额/千万元	72.03	70.90	73.78
提升断面水质达标率/%	3.52	3.44	3.52
财务净现值/千万元	505.38	512.07	502.84
战略期第 1 阶段的执行项目	5,7	1,2,8	3,12
战略期第 2 阶段的执行项目	1,2,3,4,6,8,10	3,5,6,7,9,10	1,2,5,6,7,8,10
战略期第 3 阶段的执行项目	11	11	9
战略期第 4 阶段的执行项目	9	4	11
战略期第 5 阶段的执行项目	12	12	4

(2)在一定范围内,中央政府给予水生态治理企业惩罚确实有助于企业更好地履行特殊社会责任,从而促进治理效果的提升。但惩罚力度和治理效果的提升呈现出倒 U 型的关系,当惩罚力度过大使得企业难以承受时,特别是中央政府给予奖励不

足时,企业反而会选择主动降低特殊社会责任履行比例以节约成本,这会导致水生态治理效果降低。这与白礼彪等<sup>[7]</sup>、丰景春等<sup>[18]</sup>的研究结论相似。

综合以上分析可知,无论是奖励还是惩罚,都不是力度越大越好,两者存在一个最佳区间。奖励

和惩罚对水生态治理效果的影响如图9所示。

进一步观察牵头企业的项目组合和顺序情况,我们可以发现,牵头企业更倾向于在完整战略期的中期集中完成大量项目以赚取奖励,而在项目初期,由于资源、资金的不足等原因,企业会有选择性地投入,以履行较少特殊社会责任,从而减轻处罚。企业通常选择优先完成收益率较高的项目,从而增大项目的净现值、补充企业现金流。

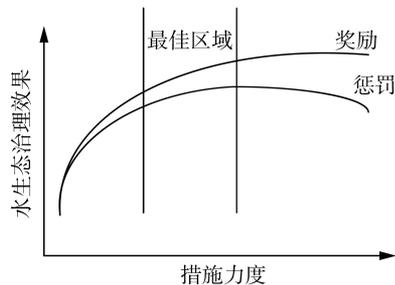


图9 中央政府奖励和惩罚对水生态治理效果的动态影响

## 六、结论与对策建议

### (一) 结论

本研究通过构建双层嵌套多种群遗传算法,深入探讨了中央政府奖惩力度、牵头企业履行特殊社会责任以及水生态治理效果三者之间的动态关系,揭示了奖惩力度与治理效果之间的倒“U”型特征,并验证了不同奖惩力度下企业项目组合方案的优化路径。研究表明,中央政府的奖励和惩罚措施对牵头企业的治理效果提升具有显著影响,但并非力度越大越好,而是存在一个最佳区间,过度奖励或过度惩罚均可能导致资源浪费或治理效果下降。本研究的创新点在于结合企业特殊社会责任、中央政府的奖惩策略以及动态项目组合优化,为政府制定政策和企业战略决策提供了科学依据,相较于现有文献,本研究更加强调企业社会责任履行的经济可行性并提出了可量化的优化方法。

### (二) 对策建议

中央政府首先应建立科学合理的奖惩机制,避免单纯依靠行政手段,要同时采用财政补贴、税收优惠等经济手段促使牵头企业在履行特殊社会责任的同时实现经济收益,还要在不同治理阶段设定合理的奖惩力度以提高治理效率;其次应正确定位自身角色,主要负责政策规划、战略制定和监管考核,而非直接干预企业经营;最后还需强化对牵头企业的考核机制,设定关键绩效指标,在战略期各

阶段对企业的水生态治理效果进行评估,根据治理效果动态调整奖惩力度以提升政策的精准性和有效性。

牵头企业首先应优化项目组合管理,在战略期初期合理配置资源,实施必要的基础治理项目,以履行最低社会责任,减少惩罚风险,在战略期中后期集中推进高回报项目,争取政府奖励,以提升企业财务净现值;其次要平衡经济收益与社会责任,不能仅考虑短期财务目标,而应综合评估治理项目的长期生态效益和社会影响,确保自身在国家水生态治理战略中的稳固地位;最后应加强管理和技术创新,采用智能化治理手段,如人工智能优化算法、水生态大数据分析等,降低运营成本、提高治理效率,从而在承担特殊社会责任的同时,增强自身的市场竞争力,实现企业与国家生态战略的双赢。

### 参考文献:

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2022-10-25)[2024-03-15]. [https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content\\_5721685.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm).
- [2] 国家发展改革委. 国家发展改革委关于印发“十四五”重点领域水生态治理规划的通知(发改地区[2021]1933号)[EB/OL]. (2021-12-31)[2024-04-17]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/12/content\\_5667781.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/12/content_5667781.htm).
- [3] Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge[M]. 7th ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2021.
- [4] Bai L, Han X, Wang H, et al. A method of network robustness under strategic goals for project portfolio selection[J]. Computers & Industrial Engineering, 2021(161):107658.
- [5] Hutchison-Krupat J, Kavadias S. Strategic resource allocation: Top-down, bottom-up, and the value of strategic buckets [J]. Management Science, 2015, 61(2):391-412.
- [6] 陆志强,陈丞. 考虑柔性资源技能进化的多项目组合调度问题[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2021,48(10):11-20.
- [7] 白礼彪,白思俊,张以彬. 基于阶段耦合的项目组合配置战略贴适度[J]. 中国管理科学,2017,25(3):93-101.
- [8] Ansari R, Shakeri E, Raddadi A. Framework for aligning project management with organizational strategies[J]. Journal of Management in Engineering, 2015, 31(4):04014050.
- [9] Ghannad P, Lee Y C, Friedland C J, et al. Multiobjective optimization of postdisaster reconstruction processes for ensuring long-term socioeconomic benefits [J]. Journal of Management in Engineering, 2020, 36(4):04020038.
- [10] Li X, Wang Y, Yan Q, et al. Uncertain mean-variance model for dynamic project portfolio selection problem with divisibility [J]. Fuzzy Optimization & Decision Making, 2020, 18(1):37-56.
- [11] 徐传谔,刘凌波. 我国国有企业特殊社会责任研究[J]. 经济管理,2010,32(10):163-168.
- [12] 许红梅. 国有企业特殊社会责任探讨[D]. 长春:吉林大

- 学,2011.
- [13] 徐传谔,陈黎黎. 中国国有企业特殊社会责任评价体系研究——一个分类推进改革的新标准[J]. 当代经济管理, 2016,38(9):26-29.
- [14] Park J, Park M W, Kim D W, et al. Multi-population genetic algorithm for multilabel feature selection based on label complementary communication[J]. Entropy, 2020, 22(8): 876.
- [15] 薛松,陈旭,李超,等. 考虑人力资源技能进化的服务类项目型企业小型多项目调度问题研究[J/OL]. 中国管理科学(2023-02-06) [2024-07-17]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.0896>.
- [16] 陈蓉,梁昌勇,叶春森. 考虑学习效应的新产品 R&D 项目组合调度模型研究[J]. 管理工程学报, 2016, 30(2):101-107.
- [17] 姚敏. 求解柔性资源受限项目调度问题的多种群遗传算法[J]. 计算机科学,2020,47(S1):124-129.
- [18] 丰景春,颜雅琦,张可,等. 企业收益最大化下大江大河水环境治理项目组合鲁棒优化模型——以长江大保护为例[J]. 中国管理科学,2024,32(6):323-334.
- [19] 丰景春,刘琴,陈润东,等. 基于合成事件技术的项目群甲供非商品化资源的配置优化[J]. 系统管理学报,2023,32(1):53-63.

## The Influence of Central Government Incentives and Sanctions on the Effectiveness of Water Ecological Governance in Leading Enterprises from the Perspective of Portfolio

WANG Qun<sup>1</sup>, CHEN Xu<sup>2</sup>, LU Ting<sup>2</sup>

(1. School of Management Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China;

2. Business School, Hohai University, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** In the context of ecological protection and high-quality development strategies within the Yellow River Basin, leading enterprises encounter challenges such as high governance costs and low economic returns while simultaneously fulfilling their distinct social responsibilities related to water ecological management. The reward and punishment policies implemented by the central government play a crucial role in shaping enterprises' governance decisions and their subsequent outcomes. Nevertheless, existing research lacks a systematic analysis of the dynamic interplay between central government incentives, the commitment of leading enterprises to fulfill specific social responsibilities, and the effectiveness of water ecological governance. This study adopts a project portfolio perspective to develop a dynamic impact model that integrates multi-stage strategic periods, linking central government incentives and sanctions with leading enterprises' fulfillment of special social responsibilities and governance outcomes. A two-layer nested multiple cluster genetic algorithm is employed to solve this model. The findings indicate that there exists an inverted "U" shaped relationship between the intensity of central government incentives/sanctions and governance effectiveness. Both excessive rewards and punishments may result in diminished governance outcomes. Furthermore, the project portfolio strategies employed by enterprises at various strategic stages are significantly shaped by the intensity of these incentives/sanctions. Additionally, the leading enterprises often engage in only the most basic forms of social responsibilities during the early stages of strategy implementation. This approach serves to mitigate potential penalties while allowing them to focus on high-return projects in subsequent stages, thereby maximizing the overall rewards. This research provides policy recommendations designed to optimize incentive/sanction mechanisms, reinforce assessment supervision, and enhance the capabilities of corporate governance. These suggestions provide theoretical foundations and practical guidance for central governments in formulating incentive policies aimed at water ecological management as well as assisting enterprises in refining their governance decision-making processes.

**Key words:** leading enterprises; special social responsibility; effect of water ecological governance; strategic period; portfolio; multiple cluster genetic algorithm