

# 基于 Choquet 积分的风光发电项目群内生关系及投资决策研究

## Research on Endogenous Relationship and Investment Decision of Wind and Solar Power Generation Project Group Based on Choquet Integral

赵鹏

Peng Zhao

中国华电集团雄安能源有限公司 中国·河北 保定 071700

China Huadian Group Xiong'an Energy Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071700, China

**摘要:** 目前中国和其他国家针对基于 Choquet 积分的风光发电项目的投资研究大多数都集中在单项目投资方面。随着风电光电的快速发展, 风光发电项目群投资决策问题势必成为重点研究问题。风光发电项目投资额大, 投资回收期长, 针对风光发电项目群的投资需要全面考虑其发电特色以及项目之间的互相影响关系, 建立系统的决策体系。

**Abstract:** At present, most investment researches on wind and solar power generation projects based on Choquet credits in China and other countries focus on single project investment. With the rapid development of wind power and photovoltaics, the investment decision-making of wind and solar power generation projects is bound to become a key research issue. The investment of wind and solar power generation projects is large and the investment recovery period is long. For the investment of wind and solar power generation project groups, it is necessary to comprehensively consider its power generation characteristics and the mutual influence between projects, and establish a systematic decision-making system.

**关键词:** 风光发电; 内生; 投资; 决策; 研究

**Keywords:** wind and solar power generation; endogenous; investment; decision-making; research

**DOI:** 10.12346/peti.v4i1.6463

## 1 引言

论文通过综合分析关于基于 Choquet 积分风光发电项目投资决策的相关研究, 提出了基于项目间内生关系的风光发电项目群投资决策的必要性。一方面, 通过资料搜集以及行业特性, 对风光发电项目的投资特点进行了总结和归纳。论文对项目之间的内生关系进行了分类, 并结合行业特性, 根据决策指标对项目间内生关系进行了深入的分析。另一方面, 针对风光发电项目群投资决策问题, 采用 Choquet 积分理论分析风光发电项目之间的内生关系, 建立了风光发电项目群投资决策体系。

## 2 Choquet 积分理论

模糊测度是学者们对经典测度进行了改进以后的成果, 经典测度的局限性在于它的可加性在大多数现实应用中要

求条件过于苛刻。Sugeno 首次提出用比较弱的单调性代替可加性的一类集函数, 称之为模糊测度, 其主要特征是非可加性, 因此也称之为非可加测度, 并相应地定义了可测函数关于该集函数的积分, 现已普遍将该集函数与积分称为模糊测度与模糊积分。

## 3 风光发电项目间内生关系

风光发电项目群投资决策是建立在若干个风力发电项目以及太阳能发电项目同时进行的前提下的, 而整个投资决策过程是受到资源条件约束的, 因此各项目之间有着一定的联系, 这些项目之间的联系直接影响到决策结果。在投资人的决策过程中, 每一个风力发电项目或是太阳能发电项目的提出都有其存在的客观基础, 这种客观基础就是: 根据项目本身的特点, 每个决策者都有自己的决策偏好, 这些决策偏好

【作者简介】赵鹏 (1989-), 男, 中国河北泊头人, 硕士, 工程师, 从事风光电项目前期及基建管理研究。

决定了风光发电项目存在以下几种依存关系。

### 3.1 相互替代关系

基于 Choquet 积分的风光发电项目群投资决策中的各个项目都具有不尽一致的特性以及收益，这是它们并存的客观基础。一般站在投资人的角度来讲，都是希望最后得到的收益能够最大化，这里的收益最大化并不单单指投资利润，还有供电可靠性和环境效益等，然而在投资方案的选择中，有可能会出现一个项目在投资成本相近的情况下，各方面收益都完全超过另外一个同类项目（风力发电项目或太阳能发电项目），这样的话两个项目之间的关系可以形容为相互替代关系，当然在现实中很少存在这种相互替代关系，它也许仅仅作为一个概念而存在<sup>[1]</sup>。

### 3.2 相互促进关系

风电项目系统成本较低，但整个发电系统的可靠性比较低，相比之下，太阳能发电项目的供电可靠性较高，但系统成本较高，当决策者同时选择风力发电项目和太阳能发电项目时，在一定的条件下可以考虑将这两个项目建设成为风光互补项目，风光互补系统解决了风力发电和太阳能发电的间歇性问题，有了更高的供电可靠性，也可以有效降低投资成本，这种情况可以称这两个项目存在相互促进关系。

### 3.3 相互抑制关系

前面提到，风光互补项目可以提高整个电力系统的供电可靠性，但此时这两个项目之间并不一定只存在相互促进关系，由于要配建风光互补系统而投入的装机量有可能会进一步加剧限电，而且相对于采取风光互补而缩小的峰谷差和提高的可靠性，投入的巨额成本是个始终绕不开的问题。据统计，配套储能项目后的平均成本远高于目前的价格。这时，两个项目之间也同时存在着相互抑制关系。

### 3.4 相互独立关系

基于 Choquet 积分的风光发电项目的空间分布较为广泛，一般来说，项目之间的相互影响随着项目选址的空间距离的增大而减少，这样两个项目之间存在的相互影响关系就会变得微乎其微，此时可以称它们之间为相互独立关系。由于风光发电项目在运营阶段都要并网，而供电系统将两个发电项目所产生的电力输出同时并网是存在一定影响的，所以这类关系也是理论存在的。

## 4 项目群投资决策

投资决策的概念可以概括为：第一，它充分反映了人类的主观能动性，是形成投资行为之前的主观认识活动。第二，投资决策的最终目的是达到投资目标，在实现投资目标的过程中不断修改和规划投资方案。第三，投资决策活动是动态的。基于 Choquet 积分的风光发电项目群的投资决策是企业所有决策中最重要的决策，它关系到企业的兴衰盈亏，投资决策如果出现了大的失误，那么往往会使得企业陷入困境，更严重甚至会导致破产。投资决策具有以下几个特点。

### 4.1 投资决策要有可行性

投资决策是企业一切投资活动的指南，投资管理也是企业管理的核心内容。企业的投资活动就是在不断地决策和执行循环中，因此我们可以认为企业的投资活动就是建立在投资决策之上的，投资决策一定要根据企业的实际状况全面考虑种种因素，要具有现实的可行性。

### 4.2 投资决策具有择优性

投资决策具有明确的目标，而为了实现这些目标通常必须有几个具有可行性的投资方案，而投资决策就是从这几个投资方案中选择的过程。最终选定的投资方案不一定就是最优方案，但是综合各方面因素，它应该是最符合企业投资目标的方案。

### 4.3 投资决策具有一定的风险性

风险就是在投资过程中可能发生的危险，在进行投资决策时要考虑到投资过程中可预测和不可预测的变化，因为投资环境是动态的，而风险是客观存在的，同时也是无法避免的，但是决策者可以通过决策理论去认识风险，采用科学的决策方法对可能遇到的风险进行识别以减少由于风险导致的损失，从而达到风险控制的目的<sup>[2]</sup>。

## 5 风光发电项目群投资决策影响指标

基于 Choquet 积分的风光发电项目群投资决策影响指标应从不同的角度来反映出风光发电项目的主要特征，并全面地对风光发电项目作出评价，决策指标的选择关系着决策结果的客观性和准确性，影响指标选择应该遵循以下原则。

### 5.1 代表性原则

指标的代表性原则，指的是所选指标能够充分地表达出项目的某一特点。风光发电项目群投资决策指标繁杂，为了选择具有代表性的指标，我们应该采取仔细的对比和分析，尽量避免出现特点相同或者是表达同一含义的指标。指标的选择要按照指标体系的要求，通过影响因素大小的分析，来决定具有代表性的指标。

### 5.2 可行性原则

可行性原则指的是，指标体系所选择的指标必须是以客观事实为基础的，要具有一定的可操作性。同时指标的数量不宜过多而且要易于得到，在保证决策过程能够顺利进行的基础上尽量使决策更加简单。决策指标的选择要与项目的决策目的相吻合，并且要考虑到各个指标之间的相互关系。最后，设立指标时要考虑指标是否易于量化，以便于之后的数据处理计算。

### 5.3 简明性原则

简明性原则指的是指标体系的构建要能真实完整地表达出整体的信息，这就要求指标不能过少，因为过少的指标可能无法表达出全面的含义，有可能会造成信息的遗漏，但指标的设定也不宜过于繁杂，这样不利于论文的数量分析，同时要避免指标之间的关联性，保证指标体系选择的科学性<sup>[3]</sup>。

## 5.4 客观性原则

客观性原则也称为真实性原则，它指的是决策体系中的指标必须真实、客观地反映风光发电项目的特点，要把主观因素的影响降到最小，建立在科学的基础之上。通常客观性以准确的数据、可靠的资料以及真实的内容作为体现。

## 5.5 系统性原则

指标体系的系统性原则指的是，指标体系中的各项指标并不是相互独立的，它们之间或多或少有着一定的联系，而这种联系即形成了指标体系的系统性。体系内的各指标必须相辅相成，互相联系但又不排斥，要充分考虑到影响指标体系的所有因素，从而对项目整体做到科学决策。

## 6 项目群投资决策研究

企业的发展最初都是由单个项目开始的，在积累了资金、产品以及业务能力之后，在此基础上循环运作，使得企业达到一个更大的规模或是更高的平台。在企业发展的过程中，项目的实施无时无刻不在进行中，大量的项目使得企业从量变达到质变的效果。随着企业不断地发展，必然会涉及更多方面的项目，单一的项目管理已经远远无法满足企业发展的需求了，项目群管理应运而生，这是企业走向规模化发展的必经之路。但是企业投资额是有限的，如何通过有限的投资额达到最佳的运营效果是决策者进行项目群投资决策的最终目的。基于 Choquet 积分的项目群投资决策往往是在有限的资源条件下进行的，决策者需要找到一种有效的方法来确定一个最佳的项目组合，并将资源合理地分配到各个项目上，以达到收益的最大化，而这里所指的收益并不仅仅代表着利润，如对于新能源发电企业来说，决策者预期达到的收益最大化就意味着在取得高额利润的同时要保持电网稳定性高和噪声污染低等目标。新能源企业在国家的大力扶持下正在蓬勃地发展，当前中国新能源企业正面临着项目群投资决策这一类的问题，中国和其他国家学者对于项目群投资决策也做出了大量的研究。将多种资源、各项目所占权重比例以及承继因素考虑在内，以提高资源利用率与合理分配资源为目标，提出了多重资源约束下的多项目选择计划混合优化决策模型；主要针对资源受限情况下的多项目选择问题，建立了管理计划的数学模型，并通过设计优化算法对模型进行

了解；针对城市圈建设项目群投资结构优化决策的问题，利用动态规划的思想建立了投资决策数学模型，并通过动态规划方法对数学模型求解，对于武汉城市建设的项目群投资决策提出了新的解决方案，具有一定的理论意义；国际上有学者提出了一种建设项目选择模型，并通过案例研究证实该模型的全面适用性。科学有效的项目评估和选择策略可以直接影响到系统的生产能力和盈利能力，大多数的研究分析技术都是通过简单的加权评分或者是复杂的数学规划方法来解决项目群投资决策问题，然而这些传统项目选择方法往往不能同时考虑到项目的不确定性以及项目之间的相互影响关系。一些学者认为，在一定的投资环境下，项目之间存在着相互依赖或者是相互排斥关系。基于 Choquet 积分项目的不确定性和项目之间的相互作用，通过数据包络分析对项目做出了组合投资决策分析，并通过案例证实了模型的可用性；通过实物期权分析针对项目投资组合决策问题提出了一套新的解决方法，并通过算例分析证实了方法的可用性。由上述研究可得项目与项目群投资决策之间的区别<sup>[4]</sup>。

## 7 结语

论文借助 Choquet 积分的风光发电项目理论对中国风光发电项目群投资决策以及项目间内生关系进行了研究。由于笔者理论知识和实际经验的局限性、参考文献有限以及考虑问题的局限性，使论文还有很多不足之处，还需要进一步探讨与研究，使投资决策目标的选择和项目间影响关系的分析更具信服力、更具科学性和可操作性。

## 参考文献

- [1] 孙国秀,蒋涛春,田雨欣,等.基于PID调节的水风光互补发电系统特性分析[J].今日制造与升级,2021(5):48-51.
- [2] 史昭娣,王伟胜,黄越辉,等.考虑决策相关随机规划的光热电站容量配置[J].中国电机工程学报,2020,40(23):7511-7522.
- [3] 李益民,王关平,马建立,等.基于天牛须搜索遗传算法的风光柴储互补发电系统容量优化配置研究[J].储能科学与技术,2020,9(3):918-926.
- [4] 李鹏,韩鹏飞,陈安伟,等.含高密度间歇性能源的交直流混合微网模糊随机优化运行[J].中国电机工程学报,2018,38(10):2956-2965+3146.