



太阳能光伏项目财务分析— 以黄埔工业屋顶太阳能光伏项目为案例

可再生能源规划方法学和工具开发及应用研讨会
中国,广州 2019年 3月19日

汇报内容

1 前期工作回顾

2 财务分析目的

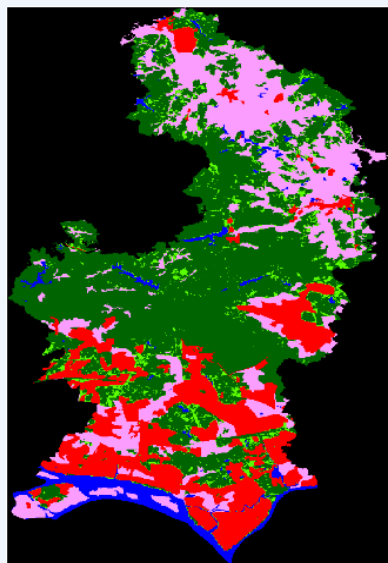
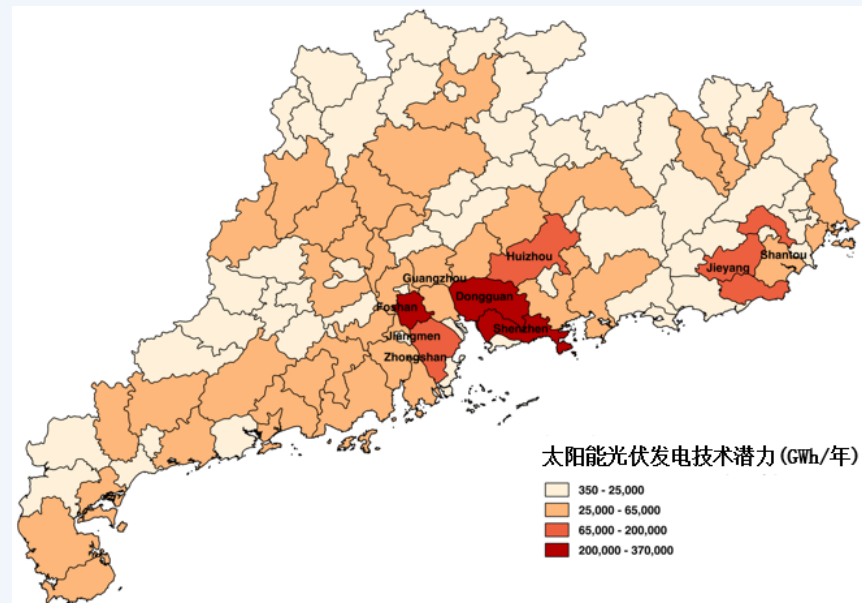
3 财务分析指标

4 黄埔案例分析

5 总体结论

前期工作回顾

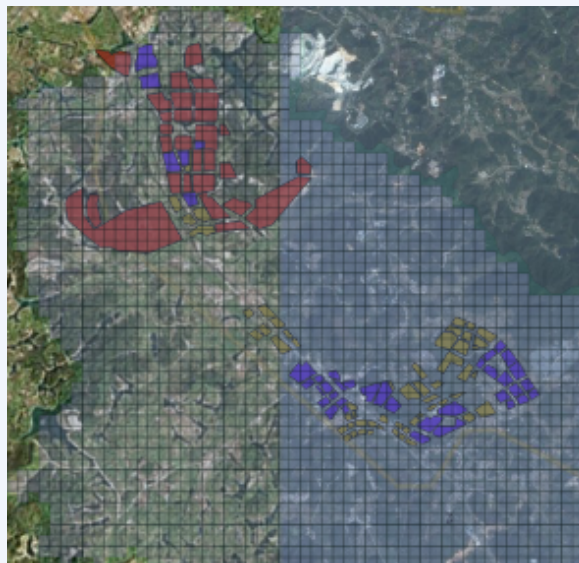
- ▶ 通过计算，广东省各市县的光伏发电技术潜力主要集中在珠三角区域。
- ▶ 通过对黄埔经济开发区的GIS评估和空间分析，得出：
 - 工业类屋顶面积：3.9平方公里（其中规划区域屋顶面积估算1.47平方公里）
 - 商业/公共类屋顶面积：3.4平方公里（其中规划区域屋顶面积估算0.63平方公里）
 - 住宅类屋顶面积：3.1平方公里（其中规划区域屋顶面积估算0.55平方公里）



左图：土地覆盖数据矢量地图，红色为市区区域



右图：通过卫星地图修正后的土地覆盖数据图



规划开发地区的分解



已开发地区的分解

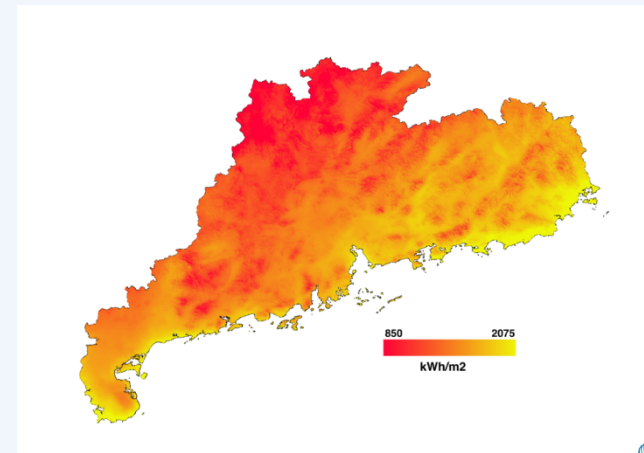
前期工作回顾

通过对太阳能光伏发电技术及应用模式运用MCA工具进行筛选，确定：工业屋顶太阳能光伏系统为黄埔经济开发区内最高优先实施的技术应用。

工业屋顶光伏发电潜力评估结果：工业屋顶太阳能光伏发电的技术潜力预计为680兆瓦；预计发电量达1001GW；占黄埔区电力需求比例为7.42%。

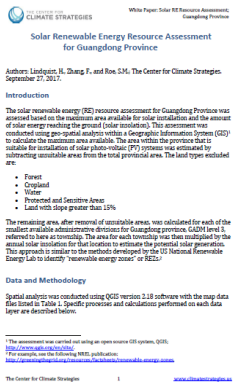
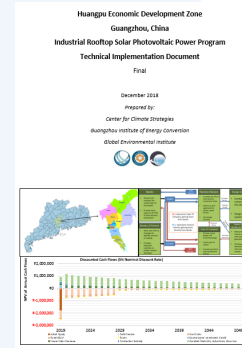
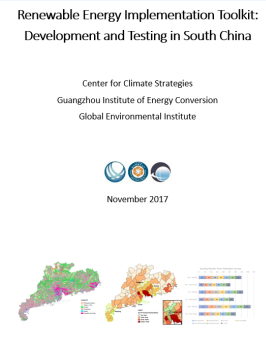


推荐程度 (1为不推荐, 5为特别推荐, 留空或0为不确定)	Count	Not Applicable	
固定阵列	★★★★☆	Count: 23	Not Applicable: 0
单轴追踪	★★★☆☆	Count: 22	Not Applicable: 0
双轴追踪	★★☆☆☆	Count: 24	Not Applicable: 0



◆ 上一阶段产出：

- 可再生能源实施工具包开发：中国华南地区的应用研究报告
- 广东省太阳能资源评估白皮书
- 广州市黄埔区工业建筑屋顶光伏发电技术实施文件



可再生能源规划与实施的10个步骤

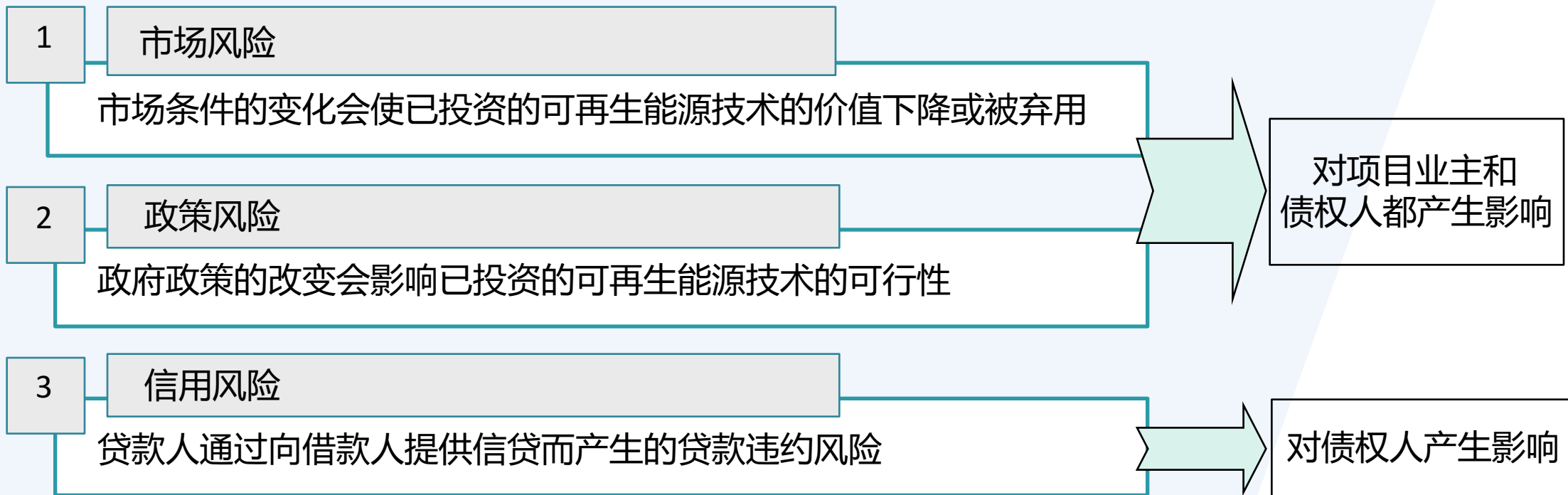


财务分析目的

财务分析的目的：

- 识别项目业主和债权人的主要投资风险
- 调整项目/计划实施或融资手段以降低风险和将投资人利益最大化

财务风险的三种类型：



财务分析指标

- ▶ 贴现现金流量 (DCF) : 所有未来计划成本和收入的总和贴现现值

$$DPV = \sum_{t=0}^N \frac{FV_t}{(1+r)^t}$$

DPV是未来现金流量的贴现现值 (“DCF”)

FV是未来一年现金流量的名义价值

r = 折扣率

t = 未来的年数

- ▶ 投资回报率 (ROI) : 显示项目净收益与总成本的比率

$$\text{投资回报率} = (\text{总收益} - \text{总成本}) / \text{总成本}$$

风险调整后的投资回报率 (贴现效益和成本) 受到青睐 , 因为它提供了更保守的比率

- ▶ 贴现投资回收期 : 收回项目中累积投资所需的时间

$$\text{贴现投资回收期} = \text{投资成本} / \text{年度净现金流量}$$

贴现投资回收期对未来净现金流进行贴现 , 进行更保守 (周期更长) 的估计

财务分析案例：黄埔经济开发区工业屋顶光伏项目

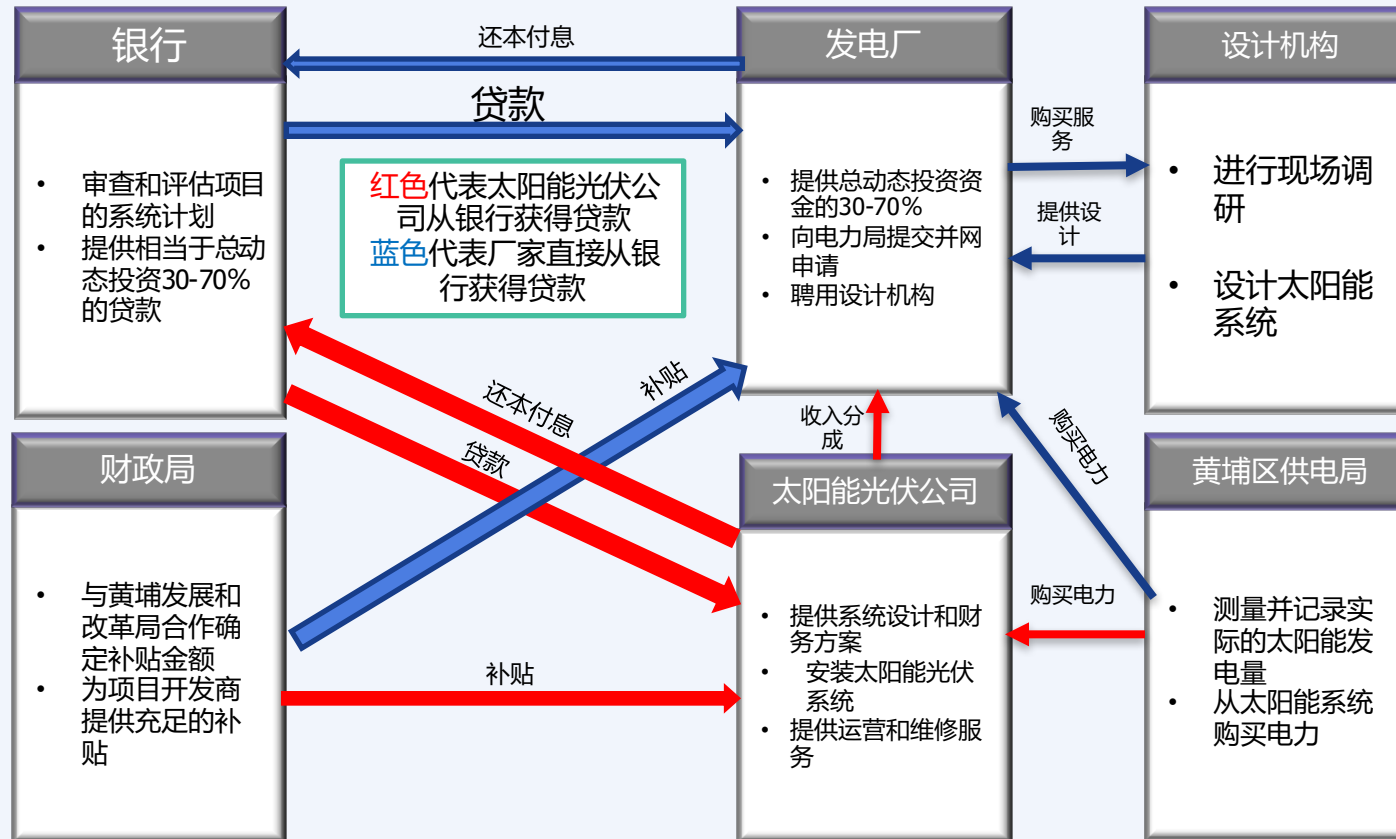


可再生能源规划工具包：财务分析工具

- ❖ 采用现金流量贴现分析的微软 Excel工具
- ❖ 使用Excel附带的Argo来添加附加功能以进行不确定性和灵敏度分析

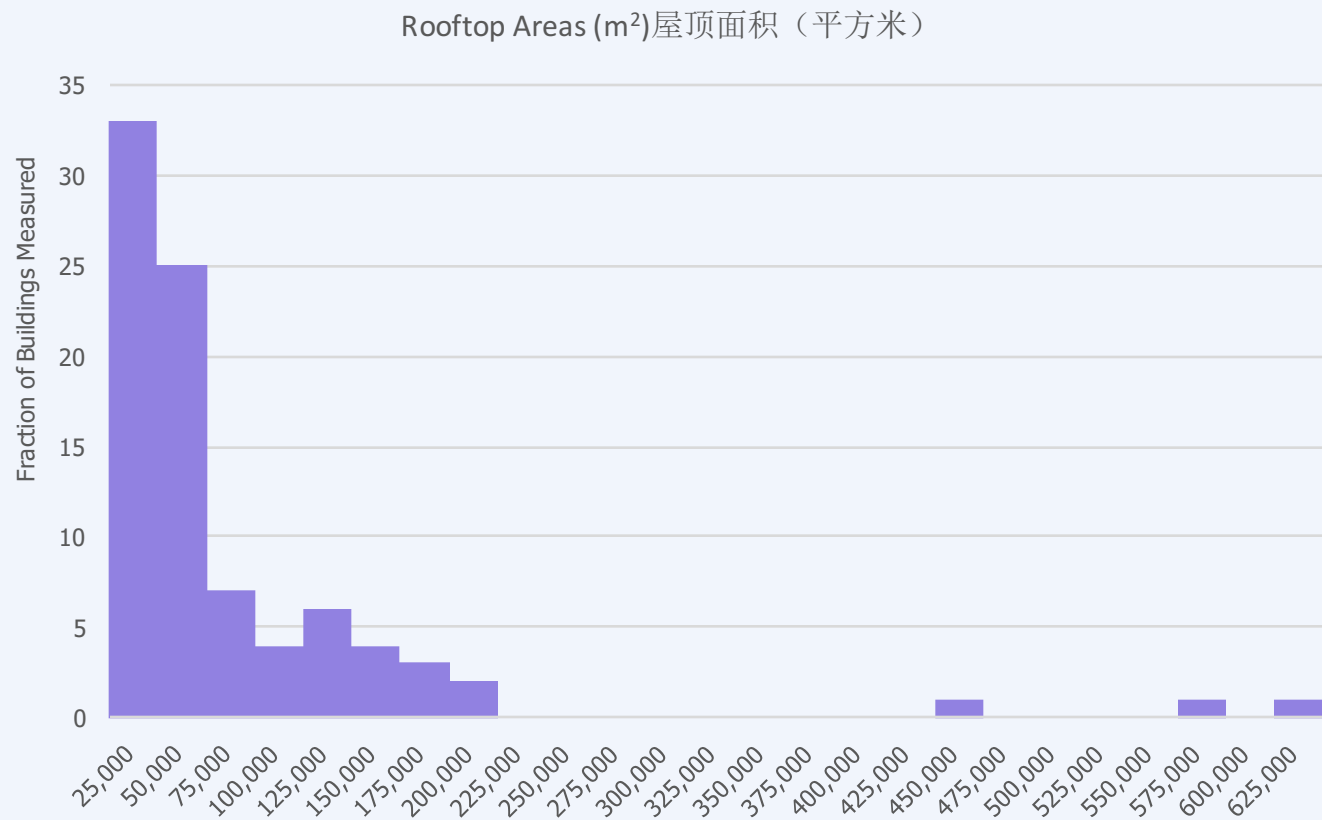
黄埔工业太阳能光伏项目商业模式：财务战略

资金流动与合作伙伴的角色



黄埔规划财务分析：模型系统规模

❖ 基于地理信息系统的黄埔区工业建筑屋顶尺寸采样



黄埔规划财务分析：模型系统规模及成本

参数	小型系统	中型系统	大型系统
屋顶面积(平方米)	12,500	30,172	167,241
比例因子	0.7	0.7	0.7
可用于系统安装的屋顶面积	8,750	21,120	117,069
填充系数(平方米/兆瓦)	10,000	10,000	10,000
系统规模(兆瓦)	0.89	2.155	11.9
系统安装成本(元)	3,531,704	8,115,882	43,762,906
系统安装成本(元/千瓦)	3,956	3,766	3,663
年产量(兆瓦时)	1,042	2,516	13,947

❖ 假定的系统配置

- 屋顶安装单晶硅模块固定阵列
- 没有电池存储；电网接入
- 25年内80%的输出保证
- 67%的电力供自用
- 剩余电力出售给电网

❖ 系统安装成本包括

- 光伏组件、架子、逆变器
- 设备经常费用
- 销售税
- 安装
- 接线、测试、上网

关键的项目输入值和假设（中型系统）

参数	数值	单位	注释与参考文献
分析第一年	2019	年	
电站寿命	25	年	假设；建立在保修期的基础上，保修80%
总装机容量	2155	千瓦	总装机
净装机容量	2112	千瓦	根据转换效率调整过的数据
项目安装成本	3.7	元/瓦	详情请查阅光伏发电系统及系统成本表
电站连网	0	元	包含在总项目成本中。
项目总成本	8,115,882	元	包括设备、建造、准许及其它所有与初始建设和启动相关的成本
补助	0	元	所有补助都不适用于本项目
电站容量系数	0.168	无	由广东太阳能协会提供
屋顶租金	0	元/兆瓦-年	不适用于该分析中，该项在工厂业主并非厂房业主的情况下适用
屋顶租金浮动率	0.0	%	不适用于该分析中
净发电量-第一年	3,108,221	千瓦时/年	计算得出，考虑项目建设时长（在系统开始运行后当年所剩月数）
光伏发电系统输出性能降低速率	0.5	%/年	用隆基光伏提供
其他可变的运维成本	0.00	元/千瓦时	设为0
自用的发电量	67	%	对文献中的范围取中间值
固定运维成本	133	元/千瓦-年	假设值；20美元/kW年 (NREL, 2016),
运维费用浮动率	2.0	%/年	根据通货膨胀率得出
平准化度电成本基准	0.37	元/千瓦时	广东省火力发电的平准化度电成本；

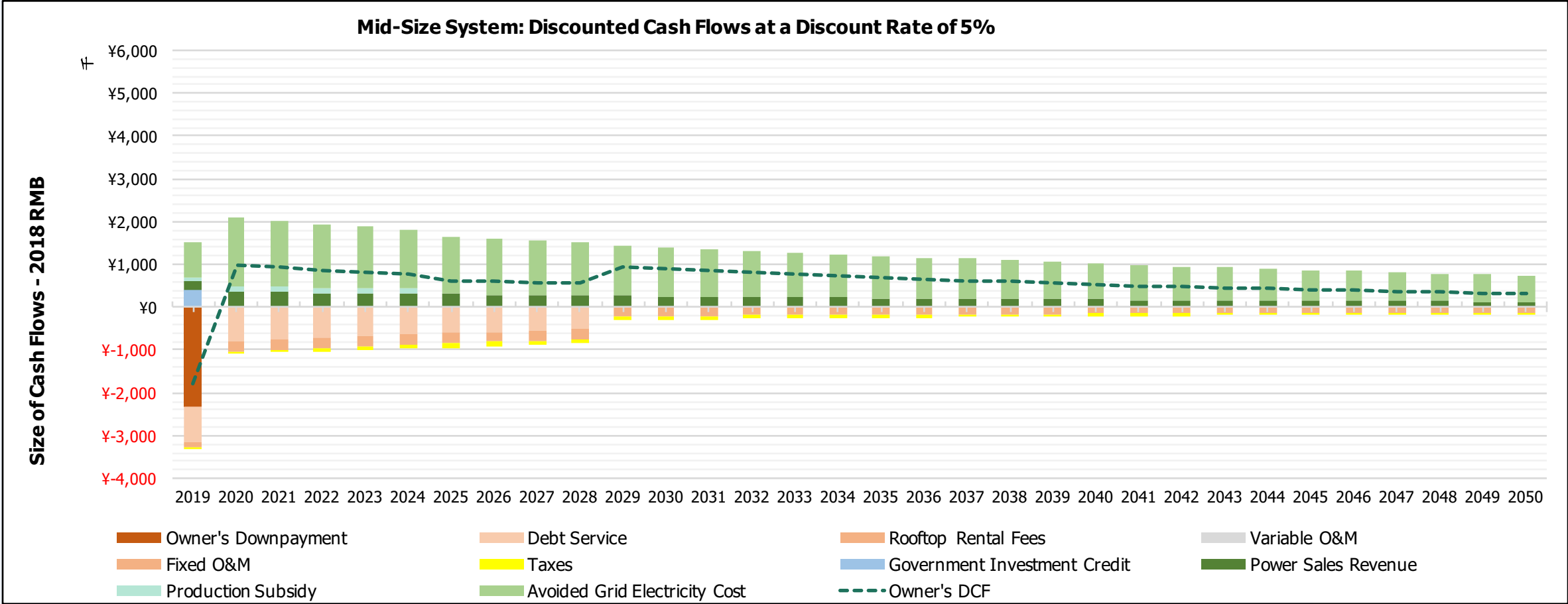
其它关键成本和财务输入值（中型系统）

参数	数值	单位	注释与参考文献
电站业主本金投入比例	30	%	根据贷款机构要求的范围（30%-70%）的最小值来假设。
本金投入	2,434,765	元	计算所得
总融资	5,681,117	元	总项目成本减去补助金和本金投入
电价	0.37	元/千瓦时	基于传统电力（主要是煤电）的当前价格来假设。
自用电量价值	0.80	元/千瓦时	假设工业用电价格以零售电价的历史年增长率上涨。工业用电价格是高峰时段价格（1元/千瓦时）和平常时段价格（0.6元/千瓦时）的平均值
年增长率：发电量价值	0.25	%/年	建立在历史工业用电零售价格变化率的基础上；用于预估未来自用电力的价值
2019年省级政府发电补贴（上网电价补贴）	0.33	元/千瓦时	从折现现金流分析中剔除。补贴正在逐步减少，到2021年将减至零
2020年省级政府发电补贴（上网电价补贴）	0.16	元/千瓦时	从折现现金流分析中剔除。补贴正在逐步减少，到2021年将减至零
市级政府发电补贴（上网电价补贴）	0.15	元/千瓦时	按照15年的电量补贴；基于当前的发电补贴
市级政府投资补贴	0.20	元/瓦	单一项目补贴的最大额度为200万元。
通货膨胀率	2.0	%	假设；基于中国过去5年消费物价指数的数据,范围假设在0.5-3.25%之间。
项目建设时长	0.5	年	假设；这个数值意味着本项目投产时正处在第一年的年中。
企业所得税：第一阶段	8.5	%	适用于本项目的前3年； $(收入+补贴) / (1+税率) \times 税率$
企业所得税：第二阶段	12.5	%	适用于项目的第4-6年。
企业所得税：第三阶段	25.0	%	适用于项目的第7年及其以后
人民币兑美元汇率	6.67	¥/USD	2018年8月30日汇率
负债比率(%)	70	%	假设值
贴现率(名义)	5.0	%/每年	假设；财务分析运用的指标之一是加权平均资本成本（WACC）。取决于其权益资本成本、负债成本、企业负债和权益的市场价值和企业所得税。假设本次分析的折现率取值范围是3.0-10%。
利率	8.2	%/每年	预测范围为4.35%至12.0%。
贷款期限	10	年	范围为8至15年。
资本回收系数（CRF）	0.15	无	根据利率和贷款期限推导出来

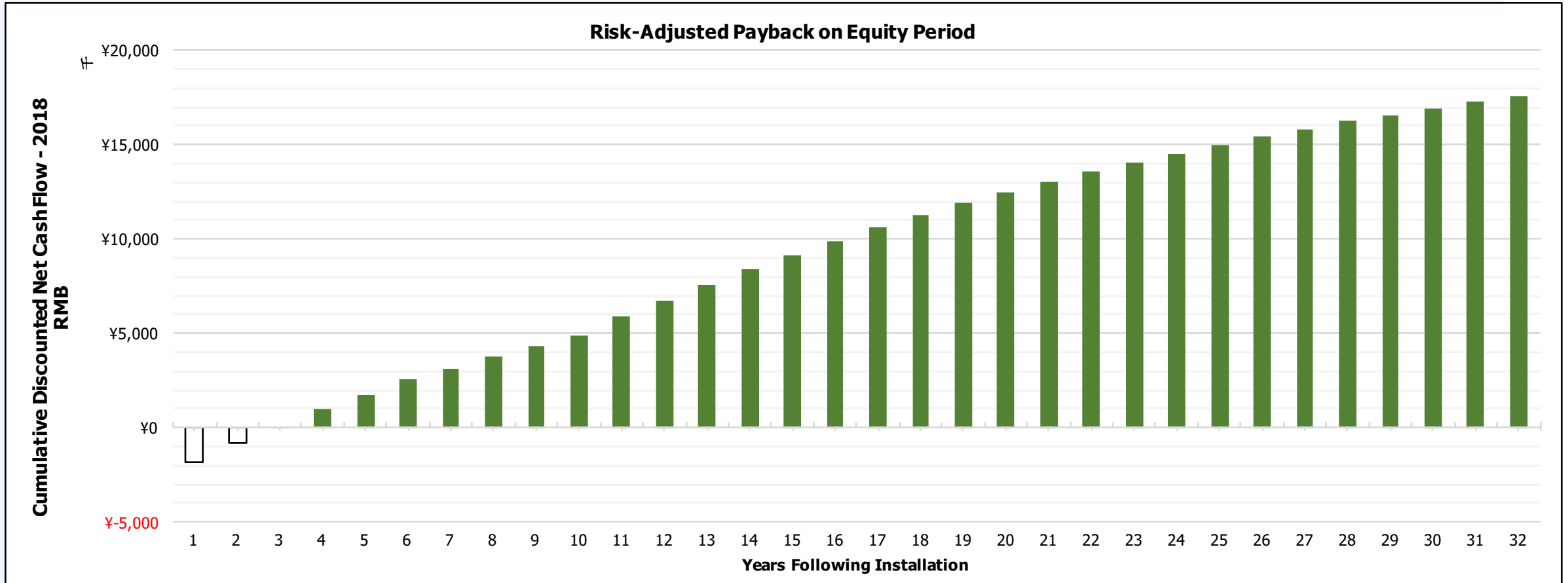
黄埔规划实施：中型系统结果概览

初始总投资(元)	8,115,882	3.5兆瓦的工业屋顶太阳能光伏系统，包括电网连接成本
贴现净现金流量 (元) (2018年)	8,835,067	2019-2043；业主净收入
内部收益率%	26.2	2019-2043; 应高于资本成本
可接受的最低收益率%	8.2	资本成本
投资回报率(%)	60	2019-2043
投资截止期(年)	5.0	投资者的回收期目标
投资回收期(年)	4.3	基础股本回收
贴现回收期(年)	4.8	经风险调整的权益回收
成本效益比	1.6	2019-2043 贴现后
平准化电力成本 (元/千瓦时)	0.43	未贴现；基准是煤炭常规发电价格0.37元/千瓦时。
实施成本净现金流(2018年)	14,676,376	2019-2043；权益，还本付息，运营维护成本

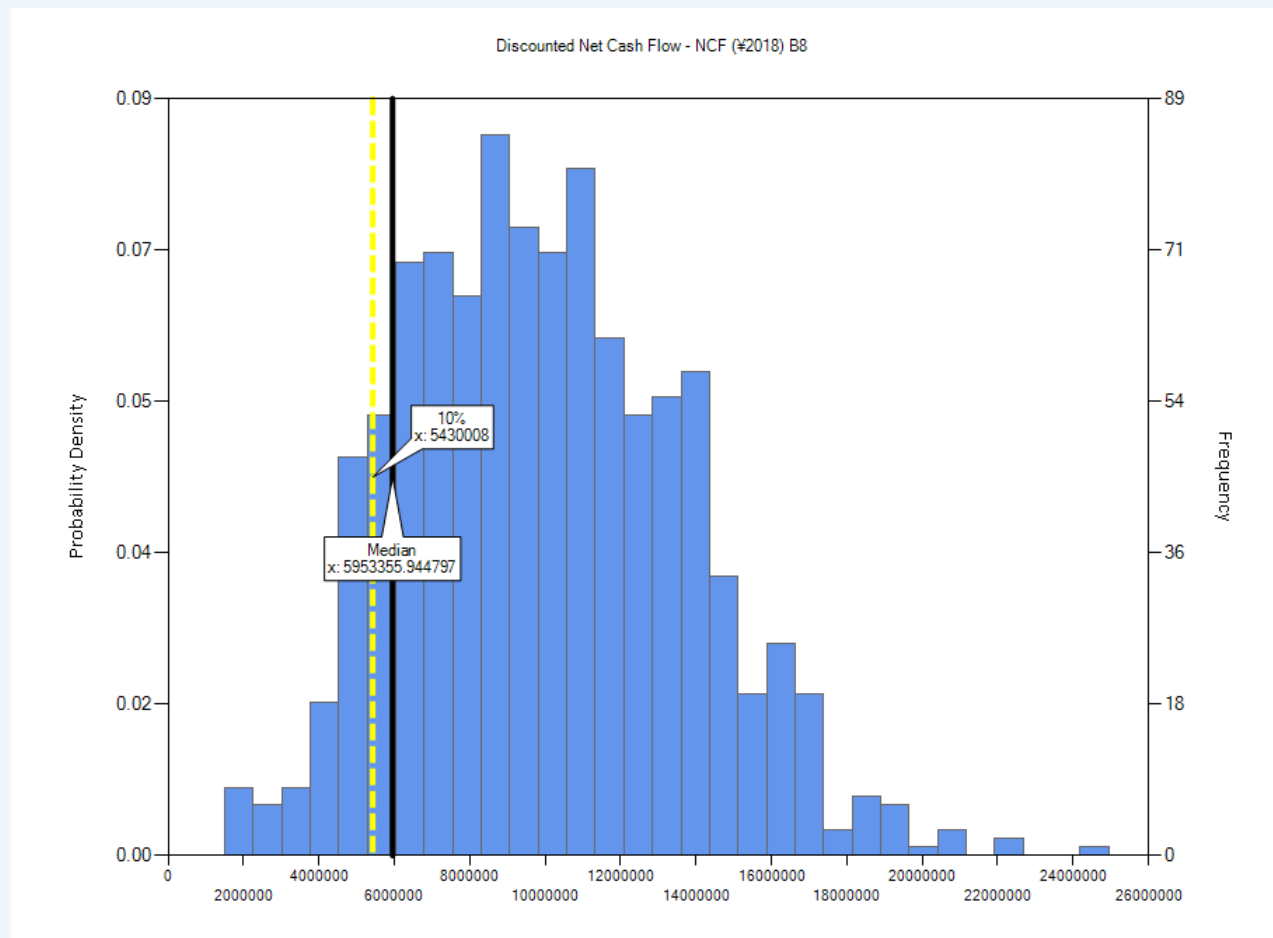
黄埔规划实施：中型系统结果概览



黄埔规划实施：中型系统结果概览

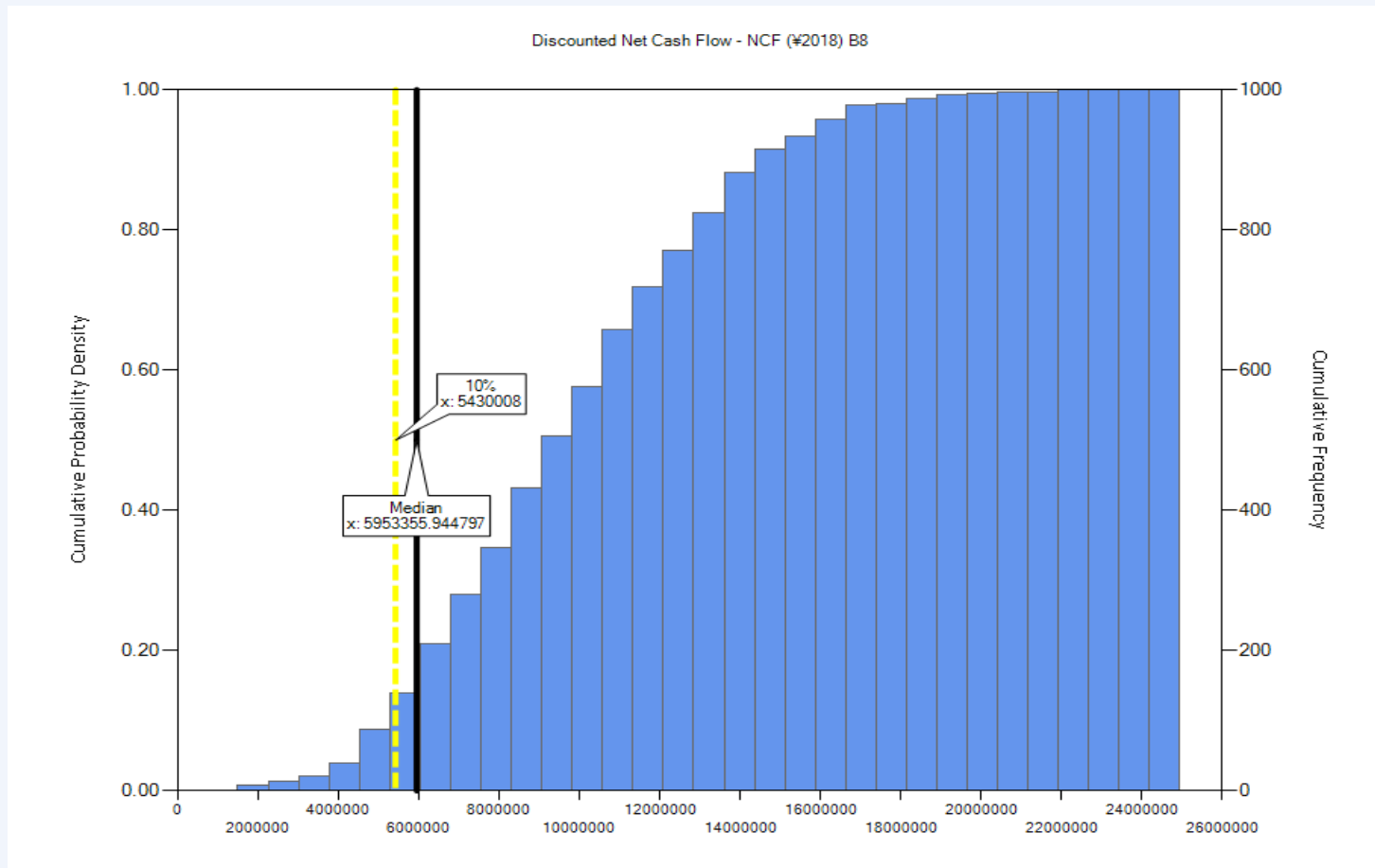


不确定性分析：贴现净现金流量的蒙特卡洛模拟



净现金流概率密度：用于构建分布的1000个试验的汇总统计数据：平均值1001万、中位数595万，标准偏差365万

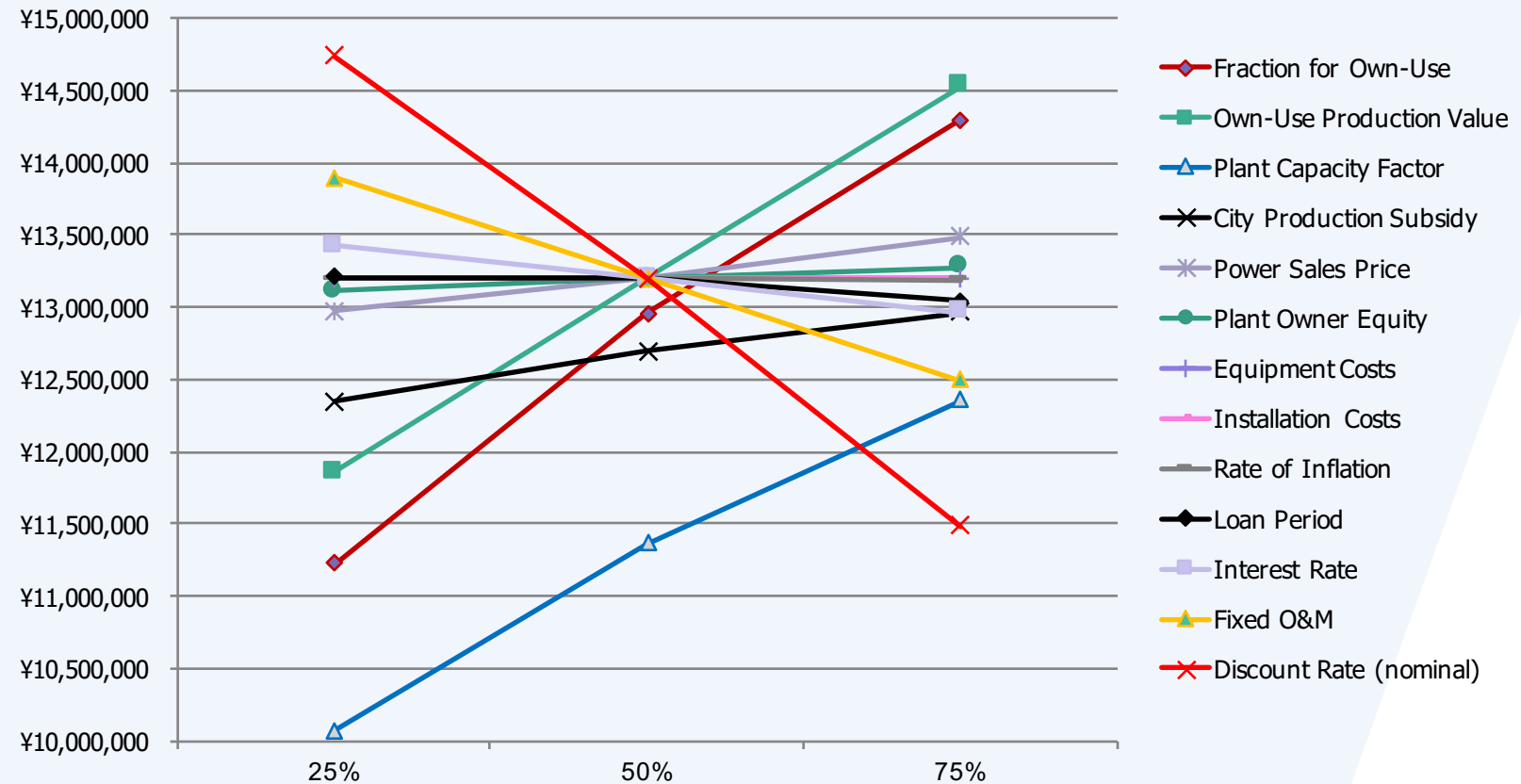
不确定性分析：贴现净现金流量的蒙特卡洛模拟



累计贴现净现金流概率分布：贴现后净现金流量低于543万人民币的可能性小于10%。

灵敏度分析：单因子法贴现净现金流量评估

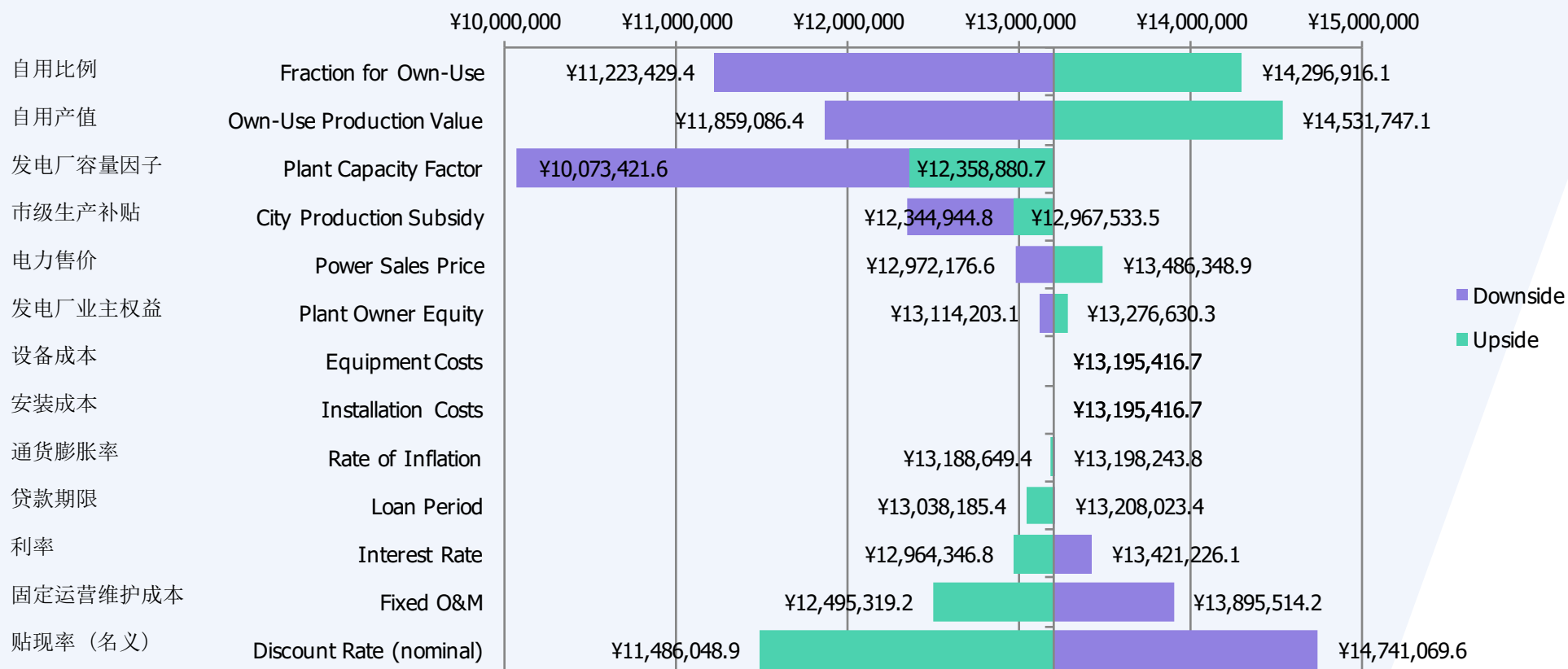
蜘蛛图：贴现净现金流量（2018年）



灵敏度分析：单因子法贴现净现金流量评估

旋风图：贴现净现金流量（2018年）

Tornado Chart: Discounted Net Cash Flow - NCF (¥2018)



小型和大型系统结果概览

小型项目 (0.9兆瓦) :

初始总投资(元)	3,531,704
贴现净现金流量(元) (2018)	3,476,386
内部收益率 %	22.2
可接受的最低回报率%	8.2
投资回报率(%)	55
投资截止期(年)	5
投资回收期(年)	4.9
贴现回收期(年)	5.7
成本效益比	1.55
平准化电力成本(元/千瓦时)	0.44
实施成本的净现金流量(元) (2018)	6,264,284

大型项目 (11.9兆瓦) :

初始总投资(元)	43,762,906
贴现净现金流量(元) (2018)	49,970,539
内部收益率 %	27.7
可接受的最低回报率%	8.2
投资回报率(%)	62
投资截止期(年)	5
投资回收期(年)	4.1
贴现回收期(年)	4.5
成本效益比	1.62
平准化电力成本(元/千瓦时)	0.42
实施成本的净现金流量(元) (2018)	79,963,739

- 固定晶体硅模块阵列，25年80%保证；
- 67%自用电力，无储能系统，其余出售给电网运营商，无屋顶租金；
- 业主投入总系统成本的30%，其余融资

黄埔规划财务分析：模型系统结果概述

项目规模	初始投资成本 (元)	实施成本净现值 (百万元, 2018年)	贴现回收期 (业主 权益) (年)	内部收益率 (%)	经风险调整的投资回 报率 (%)
小型 (0.9 兆瓦)	3,531,704	0.68	5.7	22.2	55
中型 (2.1 兆瓦)	8,115,882	14	4.8	26.2	60
大型 (11.9 兆瓦)	43,762,906	49	4.4	27.7	62

注：关键假设包括自己使用的发电量为67%，容量因子为16.8%，适用于所有3个系统。小型系统假设初始所有者权益为50%。中型和大型系统假设30%的所有者权益。

2025年光伏发电 (吉瓦时)	2019 - 2035 光伏发电 (吉瓦时)	2025 年煤电抵消量 (万吨标煤)	2025温室气体减排量 (万吨CO ₂)	2019 - 2035 温室气体 减排量 (百万吨CO ₂)
1,001	~15,500	~37.2	~85.1	~13.1

注：这些估算是基于满足该计划的680兆瓦技术潜力得出的。

总体结论

- 规模更大的项目有更好的内部收益率，投资回收期较短，平准化电力成本更低；
- 自用电力比例将近2/3时，具有良好的财务指标，比例50%时财务上吸引力较低；
- 自用电力抵消的时间安排：使用在高峰期和平常期有最佳财务指标表现；
- 正确的系统选址：对净现金流量有显著影响（因为容量因子改变）；
- 名义贴现率：使用加权平均资金成本来确定费率。投资风险较低的公司会带来较低的加权平均资金成本，从而降低净现金流量对费率的敏感度；
- 运营维护成本：降低运营维护成本将改善财务指标；选择低维护或无维护的替代方案：使用网络连接的逆变器进行远程测试、软件配置和更新，远程重置等。

感谢聆听！

请各位专家提出宝贵建议！