

绿电直连新能源优化配置软件 V1.0

使用说明书

一、软件概述

（一）软件简介

本软件基于混合整数非线性规划（MINLP）算法，专为绿电直连数据中心等场景设计，核心功能是通过优化风电、光伏、储能系统的容量配置及运行策略，实现项目全生命周期成本最小化，进而精准测算成本电价。软件支持导入自定义数据、配置关键参数、自动执行优化计算，并生成详细的计算结果报告，为绿电直连项目投资决策提供科学依据。

（二）核心算法原理

软件采用 MINLP 算法，具备处理 "多变量、强约束、非线性" 复杂系统的能力，目标函数表达式如下：

$$\min TC = IC + \sum_{t=1}^n \frac{OC_t}{(1+r)^t} + \frac{OC_x}{(1+r)^x}$$

其中：

- TC 为全生命周期总成本（现值）；
- IC 为初始投资成本，包括风电、光伏、储能装机及其他固定初投资，例如绿电直连输电线路投资（ $IC = C_{wind} \times P_{wind} + C_{pv} \times P_{pv} + C_{ess} \times E_{ess} + FC$ ， C 为单位造价， P 为功率容量， E 为储能容量， FC 为其他固定初投资）；
- OC_t 为第 t 年运行成本，包括运维成本、电网购电成本、自发自用电量输配电费、政府性基金及附加（按上篇“两收两不收”规则计算）；
- OC_x 为第 x 年的一次性运维成本，例如更换储能电池；
- r 为折现率；
- n 为项目生命周期（通常取 15-20 年）。

算法的核心任务是通过优化 P_{wind} （风电容量）、 P_{pv} （光伏容量）、 E_{ess} （储能容量）及各时刻储能充放电功率、电网购电量等变量，实现 TC 最小化。

有关算法的详细介绍见本公众号文章，网址如下：

<https://mp.weixin.qq.com/s/ytBNXZTzi8rP3P9MpAllWA>

(三) 适用场景

适用于绿电直连数据中心项目的风光储系统优化配置与成本电价测算，可支持项目前期投资评估、方案比选、政策合规性验证等场景。

二、软件登录

本软件采用 BS 架构，部署在“说能解电”云计算中心，网址如下：

<http://150.158.94.206> （注意不是 https 开头）





没有用户名和密码的用户，请点击主页右上角“联系我们”，扫描关注“说能解电”公众号或添加客服微信获取试用账号和密码。



或直接扫描以下二维码：

说能解电公众号



说能解电客服



三、软件操作流程

(一) 数据准备与上传

1. 下载模板文件

点击主界面对应链接，下载两类模板文件：

- 输入文件模板（inputtemplate_ldzl.xlsx）：用于填写技术参数、经济评价参数等静态数据；
- 发电、负荷曲线及分时电价模板（curvetemplate_ldzl.xlsx）：用于填写8760小时（全年）的归一化风光出力曲线、负荷需求曲线、市电价格、输配电费、政府性基金及附加等时序数据。



2. 填写模板数据

按照模板内字段说明，准确填写以下数据：

(1) 静态参数（输入文件模板）

静态参数可以直接在软件界面输入，也可以通过下载模板文件填好后一次性导入全部数据。

技术参数

储能充放电深度: <input style="width: 50px;" type="text" value="80"/> %	电池充放电倍率: <input style="width: 50px;" type="text"/>	储能初始电量: <input style="width: 50px;" type="text"/> %
储能充电效率: <input style="width: 50px;" type="text" value="93"/> %	储能放电效率: <input style="width: 50px;" type="text" value="92"/> %	并网容量: <input style="width: 50px;" type="text"/> kW
弃电率: <input style="width: 50px;" type="text"/>	绿电直连占比: <input style="width: 50px;" type="text"/>	

技术参数

核心参数	填写说明
储能充放电深度	充放电深度 (Depth of Discharge, DOD) 指的是电池在一次放电过程中释放的电量占其总容量的百分比。软件此处设置允许的最大充放电深度, 磷酸铁锂电池的结构稳定性较高, 建议取 80%-90%, 三元锂电池由于其层状结构对深度放电更敏感, 建议取 80%。
电池充放电倍率	电池充放电倍率 (C 率) 是衡量电池充放电速率的标准, 通常用 “C” 表示, 计算公式为充放电电流 (A) 与额定容量 (Ah) 的比值。
储能初始电量	储能初始电量占储能额定容量的百分比, 取值范围 0-100 (%), 软件要求该值与储能充放电深度之和大于等于 100%。
储能充电/放电效率	取值范围 0-100 (%), 默认 93%/92%。
并网容量	单位 kW, 指系统能从电网获得市电的最大功率。
弃电率	取值范围 0-100 (%), 1192 号文要求不大于 40%。
绿电直连占比	取值范围 0-100 (%), 1192 号文要求不低 30%, 2030 年起不低于 35%

经济评价参数

风电系统单位投资: <input type="text"/> 元/kW	光伏系统单位投资: <input type="text"/> 元/kW	储能系统单位投资: <input type="text"/> 元/kWh
年运维费用占比: <input type="text"/> %	人员工资: <input type="text"/> 万元/人年	定员人数: <input type="text"/> 人
折现率: <input type="text"/> %	评价周期: <input type="text"/> 年	其他固定投资: <input type="text"/> 万元
电池更换单价: <input type="text"/> 元/kWh	电池更换比例: <input type="text"/> %	电池更换时间: <input type="text"/> 年末

经济评价参数

风光储单位投资	项目所在地风电、光伏每千瓦平均造价，储能每千瓦时平均造价。
年运维费用占比	年运维费用占初始投资比例，一般取 1%-3%。
人员工资及定员	运维管理人员数量及年薪。
折现率	净现值为零时的收益率。
评价周期	一般为 15-20 年。
其他固定投资	单位万元，例如风光场距离数据中心较远时的输电线路投资。
电池更换参数	电池更换单价、比例和时间，电池寿命一般 5-8 年。

择优范围 (可选)

风电规模下限: <input type="text"/> MW	风电规模上限: <input type="text"/> MW
光伏规模下限: <input type="text"/> MW	光伏规模上限: <input type="text"/> MW
储能容量下限: <input type="text"/> MWh	储能容量上限: <input type="text"/> MWh

择优范围

风光储容量上下限	根据需要设置，例如受资源条件限制可设置风光规模上限，受政策限制可设置储能下限。
----------	---

(2) 时序数据（曲线模板）

	A	B	C	D	E	F	G
1	时间	用电负荷 (kWh)	归一化风电发电量 (kWh)	归一化光伏发电量 (kWh)	网电价格 (元/kWh)	自发自用输配电价 (元/kWh)	自发自用政府基金 (元/kWh)
2	1-1 0:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
3	1-1 1:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
4	1-1 2:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
5	1-1 3:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
6	1-1 4:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.395925	0.0525	0.022425
7	1-1 5:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.395925	0.0525	0.022425
8	1-1 6:00	64000.00	0.043894	0.000000	0.603597	0.0525	0.022425
9	1-1 7:00	64000.00	0.103952	0.000000	0.603597	0.0525	0.022425
10	1-1 8:00	64000.00	0.072680	0.000000	0.395925	0.0525	0.022425
11	1-1 9:00	64000.00	0.000000	0.207310	0.395925	0.0525	0.022425
12	1-1 10:00	64000.00	0.135946	0.436705	0.395925	0.0525	0.022425
13	1-1 11:00	64000.00	0.032850	0.669800	0.237117	0.0525	0.022425
14	1-1 12:00	64000.00	0.000000	0.880650	0.237117	0.0525	0.022425
15	1-1 13:00	64000.00	0.000000	0.791750	0.237117	0.0525	0.022425
16	1-1 14:00	64000.00	0.010821	0.370675	0.237117	0.0525	0.022425
17	1-1 15:00	64000.00	0.000934	0.210650	0.237117	0.0525	0.022425
18	1-1 16:00	64000.00	0.002741	0.061505	0.395925	0.0525	0.022425
19	1-1 17:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.395925	0.0525	0.022425
20	1-1 18:00	64000.00	0.022373	0.000000	0.603597	0.0525	0.022425
21	1-1 19:00	64000.00	0.019389	0.000000	0.603597	0.0525	0.022425
22	1-1 20:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.603597	0.0525	0.022425
23	1-1 21:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.603597	0.0525	0.022425
24	1-1 22:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.395925	0.0525	0.022425
25	1-1 23:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.395925	0.0525	0.022425
26	1-2 0:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
27	1-2 1:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
28	1-2 2:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425
29	1-2 3:00	64000.00	0.000000	0.000000	0.237117	0.0525	0.022425

需填写全年 8760 小时的逐时数据，无数据时填 0：

- 用电负荷：单位 kWh，数据中心逐时用电需求；
- 归一化风电发电量：0-1 之间的数值，代表该时刻单位容量风电最大发电量；
- 归一化光伏发电量：0-1 之间的数值，代表该时刻单位容量光伏最大发电量；
- 网电价格：单位元 /kWh，分时电价按实际时段填写，此处为包括电量电价、上网环节线损费用、电度输配电价、系统运行费用和政府性基金及附加在内的全部费用；
- 自发自用输配电价：单位元 /kWh，自发自用电量按照 1192 号文规定缴纳；
- 政府性基金及附加：单位元 /kWh，自发自用电量按照 1192 号文规定缴纳；。

3. 上传文件

在主界面“文件上传区”，点击“选择文件”分别上传填写完成的输入文件模板和曲线模板，上传成功后将显示文件名及上传时间。

(二) 参数确认与调整

- 上传文件后，软件将自动读取模板中的参数并显示在“参数输入区”；

- 如需临时调整参数，可直接在界面输入框中修改（修改后将覆盖上传文件中的对应数据）；
- 确认所有参数无误后，点击“计算”按钮，系统将检查参数合理性（如数值范围、必填项完整性），校验通过后进入计算环节。

（三）启动优化计算

在“计算控制区”点击“计算”按钮，软件将启动 MINLP 优化算法。

The screenshot shows a dark-themed interface titled "择优范围 (可选)" (Optional Selection Range). It contains six input fields arranged in two columns:

- 风电规模下限: [input] MW
- 风电规模上限: [input] MW
- 光伏规模下限: [input] MW
- 光伏规模上限: [input] MW
- 储能容量下限: [input] MWh
- 储能容量上限: [input] MWh

At the bottom center, there is a blue button labeled "计算" (Calculate), which is highlighted with a red rectangular box.

计算耗时约 1-2 分钟，网页将处于“正在加载”状态，请勿关闭该页面，否则将无法显示计算结果。

（四）查看与导出结果

1. 结果展示



“结果展示区”将显示核心优化结果：

- 最优容量配置：风电、光伏、储能（额定功率 / 容量）；
- 经济指标：初始投资、年运行成本、全生命周期总成本、成本电价；

- 性能指标：绿电占比、弃电率、下网电占比；
- 时序运行数据：逐时风光出力、储能充放电电量、电网购电量、储能剩余电量等。

2. 结果导出

点击 "下载计算结果" 按钮，选择保存路径，软件将生成 Excel 格式的详细报告，包含：

- 输入参数汇总（便于追溯）；
- 核心优化结果（容量配置、经济指标）；
- 8760 小时逐时运行数据（可用于后续分析或可视化）；

输入数据				
序号	项目	单位	数据	备注
1	储能充放电深度	%	85	
2	电池充放电倍率		0.5	
3	储能初始电量	%	20	
4	储能系统充放电效率	%	93	
5	储能系统放电效率	%	92	
6	并网容量	kW	80000	
7	弃电率	%	40	
8	绿电直连占比	%	30	
9	风电系统单位投资	元/kW	2800	
10	光伏系统单位投资	元/kW	2700	
11	储能系统单位投资	元/kWh	600	
12	年运维费用占比	%	1	
13	人员工资	万元/人年	10	
14	定员人数	人	10	
15	折现率	%	3	
16	评价周期	年	15	
17	其他固定资产投资	万元	1500	
18	电池更换单价	元/kWh	400	
19	电池更换比例	%	100	
20	电池更换时间	年底	8	

输出数据				
1	最优风电规模	MW	100.7317272	
2	最优光伏规模	MW	82.11778688	
3	最优储能功率	MW	92.67111062	
4	最优储能容量	MWh	185.3422212	
5	全年风电最大发电量	MWh	258081.3	
6	全年光伏最大发电量	MWh	152985.1	
7	全年新能源最大发电量	MWh	411066.4	新能源理论发电量=新能源直接供电量+新能源供储能电量+弃风弃光电量
8	全年弃风弃光电量	MWh	33189.3	
9	全年新能源实际发电量	MWh	377897.1	
10	全年新能源供储能电量	MWh	88049.7	
11	全年储能实际充电量	MWh	81886.2	
12	全年储能实际放电量	MWh	81895.5	
13	全年储能供电量	MWh	75343.8	储能供电量=储能放电量×储能放电效率
14	全年下网电量	MWh	195448.7	
15	全年负荷用电量	MWh	560640.0	负荷用电量+储能充电量=新能源实际发电量+储能供电量+下网电量
16	下网电量占比	%	34.9	
17	绿电比	%	65.1	
18	储能年末剩余电量	MWh	27.8	
19	风电系统投资	万元	26263.4	
20	光伏系统投资	万元	22171.8	
21	储能系统投资	万元	11120.5	
22	其他固定资产投资	万元	1500.0	
23	初投资	万元	71055.8	71055.8
24	年电网购电成本	万元	6837.5	6837.5
25	年发自用输配成本	万元	2831.4	2831.4
26	运维成本	万元	710.6	710.6
27	人员工资	万元	100.0	100.0
28	年运行成本	万元	10479.5	10479.5
29	储能电池更换成本	万元	5852.4	5852.4
30	评价周期内总成本	万元	202011.8	202011.8
31	评价周期内平均电价	元/kWh	0.3018	0.3018

序号	时间	风电发电量 (kWh)	光伏发电量 (kWh)	新能源理论发电量 (kWh)	用户负荷 (kWh)	该小时段新能源实际发电量 (kWh)	该小时段储能充电量 (交流侧) (kWh)	该小时段储能实际充电量 (直流侧) (kWh)	该小时段弃风电量 (kWh)	该小时段储能放电电量 (直流侧) (kWh)	该小时段储能对外供电量 (交流侧) (kWh)	该小时段下网电量 (kWh)	储能可用电量 (直流侧) (kWh)
1	1-1 0:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	37068.44
2	1-1 1:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	51948.44
3	1-1 2:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	66828.44
4	1-1 3:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	81708.44
5	1-1 4:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	96588.44
6	1-1 5:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	111468.44
7	1-1 6:00	4421.49	0.00	4421.49	64000.00	4421.49	0.00	0.00	0.00	64759.25	59578.51	0.00	126348.44
8	1-1 7:00	10471.29	0.00	10471.29	64000.00	10471.29	0.00	0.00	0.00	33787.86	31084.84	22443.87	61589.20
9	1-1 8:00	7321.21	0.00	7321.21	64000.00	7321.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56678.79	27801.33
10	1-1 9:00	0.00	17023.84	17023.84	64000.00	17023.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46976.16	27801.33
11	1-1 10:00	13694.05	35861.25	49555.30	64000.00	49555.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14444.70	27801.33
12	1-1 11:00	3309.04	55002.49	58311.53	64000.00	58311.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5688.47	27801.33
13	1-1 12:00	0.00	72317.03	72317.03	64000.00	72317.03	88317.03	82134.84	0.00	0.00	0.00	80000.00	109936.17
14	1-1 13:00	0.00	65016.76	65016.76	64000.00	65016.76	81016.76	75345.58	0.00	0.00	0.00	80000.00	185281.75
15	1-1 14:00	1090.02	30439.01	31529.03	64000.00	31529.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32470.97	185342.22
16	1-1 15:00	94.06	17298.11	17392.17	64000.00	17392.17	65.02	60.47	0.00	0.00	0.00	46672.85	185342.22
17	1-1 16:00	276.13	5050.65	5326.79	64000.00	5326.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58673.21	185342.22
18	1-1 17:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64000.00	185342.22
19	1-1 18:00	2253.62	0.00	2253.62	64000.00	2253.62	0.00	0.00	0.00	18410.45	16937.62	44808.76	166931.77
20	1-1 19:00	1953.09	0.00	1953.09	64000.00	1953.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62046.91	166931.77
21	1-1 20:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69565.22	64000.00	0.00	97366.55
22	1-1 21:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69565.22	64000.00	0.00	27801.33
23	1-1 22:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	42681.33
24	1-1 23:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	57561.33
25	1-2 0:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	72441.33
26	1-2 1:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	87321.33
27	1-2 2:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	102201.33
28	1-2 3:00	0.00	0.00	0.00	64000.00	0.00	16000.00	14880.00	0.00	0.00	0.00	80000.00	117081.33
29	1-2 4:00	3510.98	0.00	3510.98	64000.00	3510.98	18571.80	17271.78	0.00	0.00	0.00	79069.82	134353.11
30	1-2 5:00	516.15	0.00	516.15	64000.00	516.15	16516.15	15360.02	0.00	0.00	0.00	80000.00	149713.13
31	1-2 6:00	7822.85	0.00	7822.85	64000.00	7822.85	0.00	0.00	0.00	61062.12	56177.15	0.00	88651.01
32	1-2 7:00	8018.30	0.00	8018.30	64000.00	8018.30	0.00	0.00	0.00	60849.68	55981.70	0.00	27801.33
33	1-2 8:00	27399.13	0.00	27399.13	64000.00	27399.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36600.87	27801.33
34	1-2 9:00	3260.31	36080.91	39341.22	64000.00	39341.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24658.78	27801.33
35	1-2 10:00	2476.87	56924.05	59400.92	64000.00	59400.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4599.08	27801.33
36	1-2 11:00	7288.27	70120.38	77408.65	64000.00	77408.65	92671.11	86184.13	0.00	0.00	0.00	79262.46	113985.47
37	1-2 12:00	1705.36	76562.52	78267.88	64000.00	78267.88	14267.88	13269.13	0.00	0.00	0.00	0.00	127254.60
38	1-2 13:00	3972.51	76213.52	80186.02	64000.00	80186.02	55986.58	52067.52	0.00	0.00	0.00	39800.55	179322.11
39	1-2 14:00	192.72	70280.51	70473.23	64000.00	70473.23	6473.23	6020.11	0.00	0.00	0.00	0.00	185342.22

四、关键功能说明

(一) 优化计算核心逻辑

- 目标函数：最小化全生命周期总成本（初始投资 + 运行成本现值 + 电池更换成本现值）；
- 约束满足：严格遵循电量平衡、设备运行特性（如储能充放电互斥、容量限制）、政策规则（如弃电率 \leq 设定值、绿电占比 \geq 设定值）；
- 求解精度：通过 SCIP 求解器保证全局最优解。

(二) 分时电价支持

软件支持设置分时电价，需在曲线模板中按 8760 小时填写对应时段的市电价格，优化过程中将自动结合电价差异调整储能充放电策略（如电价低谷时充电、高峰时放电）。

五、注意事项

- 模板填写规范：严格按照模板字段说明填写，不得修改列名或删除工作表；
- 数据单位一致性：确保所有参数单位与模板标注一致（如容量单位为 kW/kWh，投资单位为元）；
- 政策约束更新：若项目所在地政策调整（如绿电占比要求、输配电费标准），需及时更新对应参数；

- 结果解读：成本电价为全生命周期平均电价，实际运营中可能因电价调整、资源波动存在差异。

六、技术支持

若遇到以下问题，可发邮件或联系“说能解电”客服获得技术支持：

- 软件无法启动或依赖库安装失败；
- 计算过程中程序崩溃；
- 结果与预期差异较大，需协助排查参数或约束设置问题。

支持邮箱：1410789590@qq.com

响应时间：1-3 个工作日。