

绿电直连新能源优化配置软件 V1.1

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，专为新能源与负荷通过绿电直连模式供电的场景设计，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，实现负荷侧综合用电成本（新能源+网电）最小化。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“两收两不收”规则计算），对于允许余电上网的项目，年运行成本中应扣除余电上网收益；
- 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、余电上网电量等变量，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/ytBNXZTzi8rP3P9MpAlIWA>

(三) 适用场景

适用于绿电直连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）



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_1.1.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_1.1.xlsx）：用于填写 8760 小时（全年）的风光出力曲线标么值、负荷需求曲线、电力现货市场电量电价、上网环节线损费用、电度输配电价、系统运行费用、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"/> %	接入公共电网容量 (最大下网功率): <input style="width: 50px;" type="text"/> kW
平均负荷率: <input style="width: 50px;" type="text"/>	自发自用占总可用发电量比例下限: <input style="width: 50px;" type="text"/>	自发自用占总用电量比例下限: <input style="width: 50px;" type="text"/>
余电上网比例上限: <input style="width: 50px;" type="text"/>	余电最大上网功率: <input style="width: 50px;" type="text"/> kW	弃电率上限: <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%。
接入公共电网容量 (最大下网功率)	单位 kW, 指系统能从电网获得市电的最大功率, 为项目同时使用的受电变压器容量乘以功率因数后的有功功率。该参数用于按 1192 号文方案一计算输配电费。 月度输配电费=所在电压等级现行电度输配电价×平均负荷率×730h×接入公共电网容量

核心参数	填写说明
平均负荷率	单位%，按所在省份 110 千伏及以上工商业两部制用户平均水平执行，由电网公司定期核定。
自发自用占总可用发电量比例下限	取值范围 60-100（%），1192 号文要求不低于 60%。
自发自用占总用电量比例下限	取值范围 30-100（%），1192 号文要求不低于 30%，2030 年起不低于 35%。
余电上网比例上限	一般不高于 20%，详见各地方具体规定。
余电最大上网功率	单位 kW, 电网公司核定的最大上网发电容量。
弃电率上限	目前无规定，可自行设定，无限制则取 100% 自发自用占总可用发电量比例+余电上网比例+弃电率=100%

经济评价参数

风电系统单位投资: <input style="width: 50px;" type="text"/> 元/kW	光伏系统单位投资: <input style="width: 50px;" type="text"/> 元/kW	储能系统单位投资: <input style="width: 50px;" type="text"/> 元/kWh
年运维费用占比: <input style="width: 50px;" type="text"/> %	人员工资: <input style="width: 50px;" type="text"/> 万元/人年	定员人数: <input style="width: 50px;" type="text"/> 人
折现率: <input style="width: 50px;" type="text"/> %	评价周期: <input style="width: 50px;" type="text"/> 年	其他固定资产投资: <input style="width: 50px;" type="text"/> 万元
电池更换单价: <input style="width: 50px;" type="text"/> 元/kWh	电池更换比例: <input style="width: 50px;" type="text"/> %	电池更换时间: <input style="width: 50px;" 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。当需要将市电变压器或整个用户站的投资纳入电价测算时，也可以根据上面输入的接入公共电网容量，将对应的市电变压器投资或整个用户站的投资作为其他固定投资输入。
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)

选定风电规模: MW

选定光伏规模: MW

选定储能容量: MWh

输配电费缴纳方案

方案一
输配电费按所在电压等级现行电度输配电价 × 平均负荷率 × 730h × 接入公共电网容量缴纳

方案二
可靠性要求高、需进行容量备份的项目，输配电费根据实际用电量 (含发自用电量) × 所在电压等级现行电度输配电价缴纳

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。
----------	---

配电费缴纳方案

方案一	适用于常规项目，输配电费与实际用电量无关，只与用户选择的接入公共电网容量（市电变压器容量）有关。
方案二	适用于可靠性要求高，变压器需要进行容量备份的项目，例如 A 级数据中心需要 2N 供电。

(2) 时序数据（曲线模板）

时间	用电负荷 (kWh)	风电发电量标幺值 (kWh)	光伏发电量标幺值 (kWh)	电力现货市场交易电量电价 (元/kWh)	3 上网环节线损费用 (元/kWh)	4 电度输配电价 (元/kWh)	5 系统运行费用 (元/kWh)	6 政府性基金及附加 (元/kWh)
1/1 0.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 1.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 2.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 3.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 4.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 5.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 6.00	64000.00	0.043894	0.000000	0.513072	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 7.00	64000.00	0.103952	0.000000	0.513072	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 8.00	64000.00	0.072680	0.000000	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 9.00	64000.00	0.000000	0.207310	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 10.00	64000.00	0.135946	0.436705	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 11.00	64000.00	0.032850	0.669800	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 12.00	64000.00	0.000000	0.880650	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 13.00	64000.00	0.000000	0.791750	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 14.00	64000.00	0.010821	0.370675	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 15.00	64000.00	0.000934	0.210650	0.146592	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 16.00	64000.00	0.002741	0.061505	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 17.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 18.00	64000.00	0.022373	0.000000	0.513072	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 19.00	64000.00	0.019389	0.000000	0.513072	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 20.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.513072	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 21.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.513072	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 22.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425
1/1 23.00	64000.00	0.000000	0.000000	0.3054	0.0094	0.0525	0.0062	0.022425

需填写全年 8760 小时的逐时数据，无数据时填 0（填入单元格的数据必须为数值，请不要使用任何公式）：

- 用电负荷：单位 kWh，负荷逐时用电需求；
- 风电发电量标幺值：0-1 之间的数值，代表该时刻单位容量风电最大发电量；
- 光伏发电量标幺值：0-1 之间的数值，代表该时刻单位容量光伏最大发电量；

风光发电量标幺值作为本软件的设计输入，需通过专业软件计算得出，例如计算光伏发电量的 Pvsyst，计算风电发电量的 Meteodyn WT 等。

- 电力现货市场交易电量价格：单位元 /kWh，分时电价按实际时段填写，此处仅包括电量电价，不含上网环节线损费用、电度输配电价、系统运行费用和政府性基金及附加在内的费用，即俗称的过网费，该价格同时用于计算市电成本和余电上网收益；

全年 8760 小时的电力现货市场交易电量价格需要在电力交易网站查询，一般只有交易主体才能查到，部分地区也会对外公布一些统计数据。若获取不到，可参考当地的电网公司代理购电的电量电价，一般现货市场电价会低于代理购电价格。

- 上网环节线损费用：单位元 /kWh，仅市电缴纳；
- 电度输配电价：单位元 /kWh，方案一和方案二按不同方式缴纳；
- 系统运行费用：单位元 /kWh，仅市电缴纳；
- 政府性基金及附加：单位元 /kWh，自发自用电量 and 市电均需缴纳。

以上四项费用的价格可从当地电网公司代理购电价格表中查阅，一般每月发布一次，详见下图编号 3、4、5、6：



内蒙古电力(集团)有限责任公司
INNER MONGOLIA POWER (GROUP) CO., LTD.

内蒙古电力(集团)有限责任公司代理购电工商业用户电价表
(执行时间: 2025年1月)

用电分类	电压等级	电度用电价格 (元/千瓦时)	其中					分时电度用电价格(元/千瓦时)			容(需)量用电价格								
			代理购电 价格	上网环节 线损费用	电度输配电 价	系统运行 费用	政府性基金 及附加	高峰时段	平时段	低谷时段	最大需 (元/千瓦·月)	变压器容量 (元/千伏安 ·月)							
公式	-	$1=2+3+4+5+6$	2	3	4	5	6	$8=2+2*68\%+3+4+5+6$	9=1	$10=2-2*5\%+3+4+5+6$	11	12							
工商业 用电	单一制	不满1千伏	0.499525	0.3054	0.0094	0.0795	0.0062	0.022425	0.707197	0.499525	0.340717								
		1~10(20)千伏	0.472325											0.1289					
		35千伏	0.457325											0.1139					
	两部制	1~10(20)千伏	0.422925											0.0795	0.630597	0.422925	0.264117	32.8	20.5
		35千伏	0.407925											0.0645	0.615597	0.407925	0.249117	32.8	20.5
		110千伏	0.395925											0.0525	0.603597	0.395925	0.237117	31.2	19.5
	220千伏及以上	0.388925	0.0455	0.596597	0.388925	0.230117	31.2	19.5											

注: 1.电网企业代理购电用户电价由代理购电价格、上网环节线损费用、电度输配电价(含对居民和农业用户基期交叉补贴)、系统运行费用(包括辅助服务费用、抽水蓄能容量电费、煤电容量电费)、政府性基金及附加组成。其中代理购电价格(含平均上网电价、输配电折价电度电度)根据当月代理购电成本测算所得(详见表2);输配电价由上表所列的输配电电价(含(需)量用电价格构成。按照发改价格〔2023〕661号文件执行;政府性基金及附加包含重大水利工程建设基金0.1125分/度,大中型水库移民后期扶持资金0.23分/度,可再生能源附加1.9分/度。
2.上表所列电度用电价格由代理购电价格、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组成。
3.分时电度用电价格在电度用电价格基础上根据发改价格〔2023〕1630号文件规定形成。大风季(1-5月、9-12月)时段划分:峰时段6小时:06:00-08:00、18:00-22:00,平时段9小时:04:00-06:00、08:00-11:00、16:00-18:00、22:00-24:00,谷时段9小时:00:00-4:00、11:00-16:00。大风季峰谷交易价格比值为1.68:1:0.48,平段价格为平时段平均交易价格,峰段在平段价格基础上上浮68%,谷段在平段价格基础上上浮52%。小风季(6-8月)时段划分:峰时段6小时:06:00-08:00、18:00-22:00,平时段13小时:00:00-05:00、08:00-11:00、16:00-18:00、22:00-24:00,谷时段9小时:11:00-16:00。小风季峰谷交易价格比值为1.54:1:0.44,平段价格为平时段平均交易价格,峰段在平段价格基础上上浮54%,谷段在平段价格基础上上浮52%。每年6-8月实施尖峰电价、深谷电价,尖峰时段为每日19:00-21:00,尖峰电价在峰段价格基础上上浮20%;深谷时段为每日13:00-15:00,深谷电价在谷段价格基础上上浮20%。
4.对于已直接参与市场交易(不舍已在电力交易平台注册但未参与电力市场交易)在无正当理由情况下改由电网企业代理购电的用户,拥有燃煤发电自备电厂、由电网企业代理购电的用户,暂不能直接参与市场交易由电网企业代理购电的能耗用户,代理购电价格按上表中的1.5倍执行,其他标准及规则同常规用户。

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，选择输配电费缴纳方案，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。

择优范围 (可选)

选定风电规模: MW

选定光伏规模: MW

选定储能容量: MWh

输配电费缴纳方案

方案一
输配电费按所在电压等级现行电度输配电价
×平均负荷率×730h×接入公共电网容量缴纳

方案二
可靠性要求高、需进行容量备份的项目，输
配电费根据实际用电量（含自发用电量）
×所在电压等级现行电度输配电价缴纳

若显示“任务等待中...”，说明有其他用户在执行计算任务，你的计算任务正在排队等候，请耐心等待。



从排队状态进入计算状态后，网页将显示计算进度，计算耗时一般为 3-5 分钟，请勿关闭该页面，否则将无法显示计算结果。

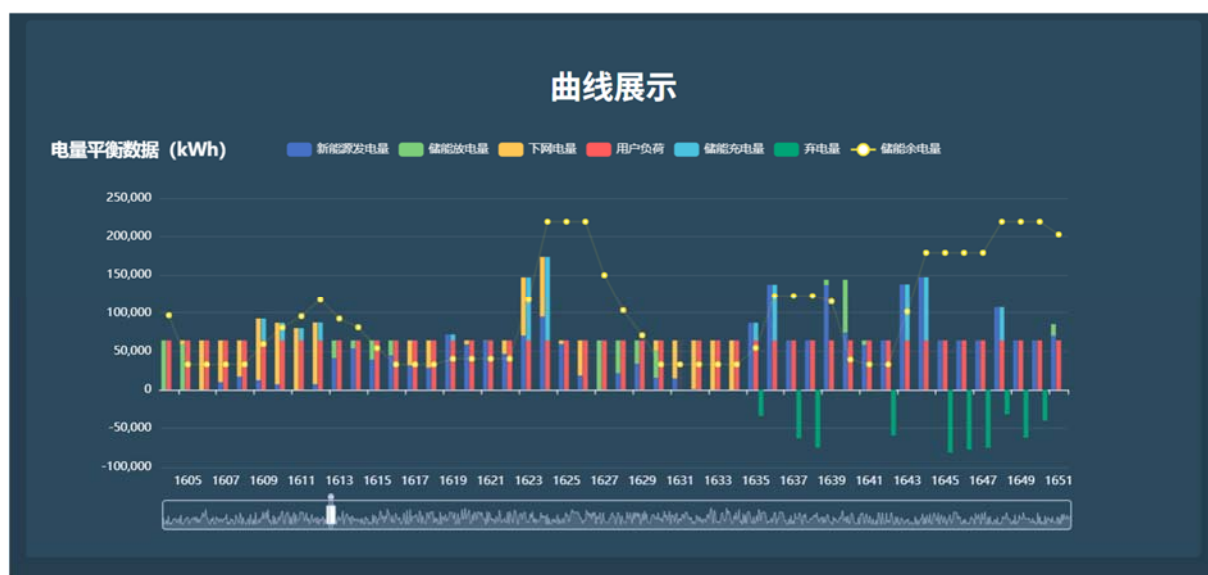


若输入条件不合理或存在矛盾的约束，可能导致无可行解或求解器无法求解的情况，请调整输入参数后重新计算。



（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、平均电价；
- 性能指标：下网电占总用电量比例比例、自发自用总用电量比例、弃电率、余电上网比例、自发自用占总可用电量比例等；
- 时序运行数据：逐时风光出力、储能充放电量、电网购电量、储能剩余电量、余电上网电量等。

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），运行成本包括了电网购电成本，因此是站在用户侧的角度得到；
- 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、自发自用总用电量比例 \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，也不得添加或删除行列；
- 数据单位一致性：确保所有参数单位与模板标注一致；
- 政策约束更新：若项目所在地政策调整，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

使用过程中遇到问题，可发邮件或联系“说能解电”客服，获得技术支持：

支持邮箱：1410789590@qq.com

响应时间：1-3 个工作日。

 说能解电公众号



 说能解电客服

