



内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

太阳能光热熔盐槽式集热场 性能优化研究

汇报人：苏力德

西安市

2025. 08



IMPSDI

内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

目 录

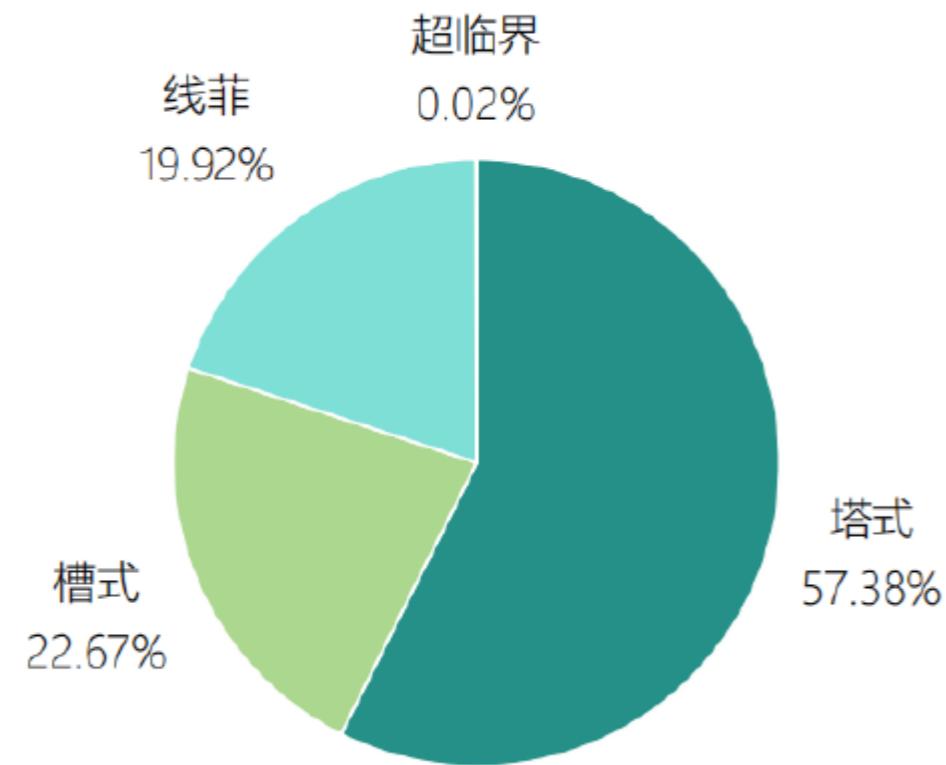
- 研究背景
- 边界条件
- 方案研究
- 公司简介



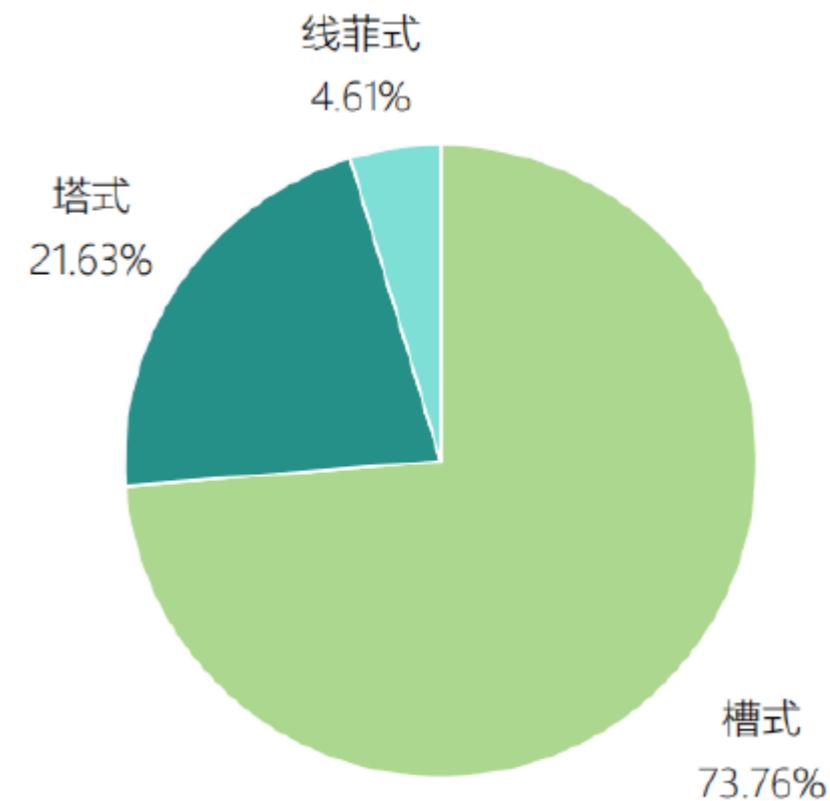
内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

一、研究背景

国家光热联盟统计，截至2024年底，在中国光热发电累计装机中，熔盐塔式约占57.4%，导热油槽式约占22.7%，熔盐线菲约占19.9%，超临界二氧化碳约占0.02%。全球光热发电累计装机中，塔式约占21.63%，槽式约占73.76%，线菲约占4.61%。



中国光热发电累计装机中的聚光形式
(引自：2024中国太阳能热发电行业蓝皮书)



全球光热发电累计装机中的聚光形式
(引自：2024中国太阳能热发电行业蓝皮书)



全面采用熔盐传储热可使槽式电站的运行温度提高至 550°C ，显著提升发电效率。传统的槽式技术以导热油为传热介质、熔盐为储热介质，导热油的油温上限限制了熔盐的储热温度，导致熔盐的储热性能难以充分发挥，且传统槽式技术需要增加一系列换热设备，带来更多热损，增加了光热发电站的总体投资，因此熔盐槽式技术成为槽式技术的发展方向。



熔盐是一种低成本、长寿命、传热性能好的高温、高热通量和低运行压力的传热介质，同时也是不易燃、无毒、环境友好的优良储热介质。与传统的导热油相比，熔盐不存在安全和环境隐患。



Tim等人通过动态仿真的方式研究了**熔盐槽式光热电站**的控制策略。提出的新控制策略使净发电量提升了0.85%。Alberto等人完成了包括启动、排盐、夜间循环及太阳跟踪测试等多种工况下的**槽式电站太阳盐循环**测试。结果验证了熔盐槽式光热电站的商业化推广可靠性。



内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

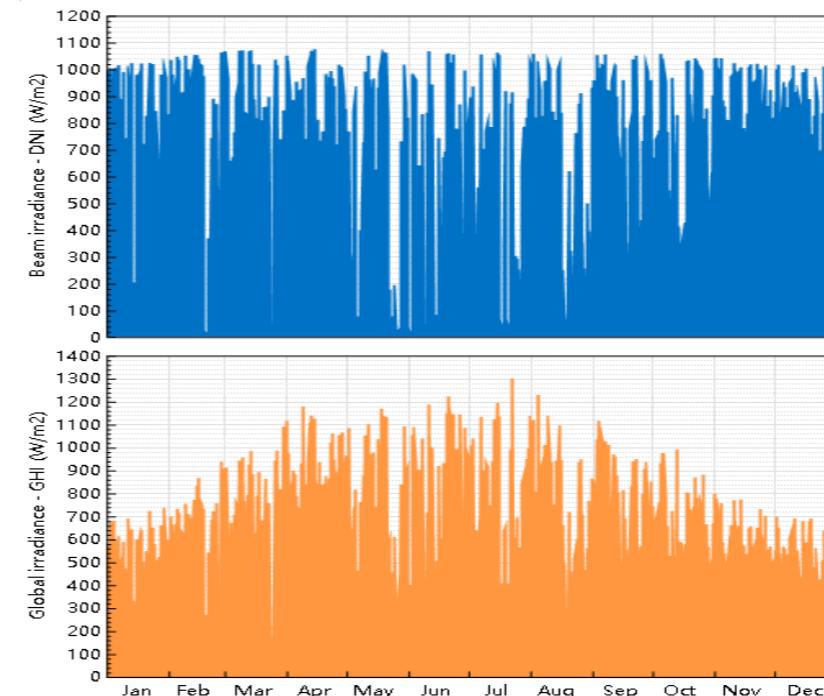
二、边界条件

本研究以青海省海西州光资源较好的德令哈市的光资源作为输入条件，进行了不同工况的对比分析。

集热场面积：**240万m²**。

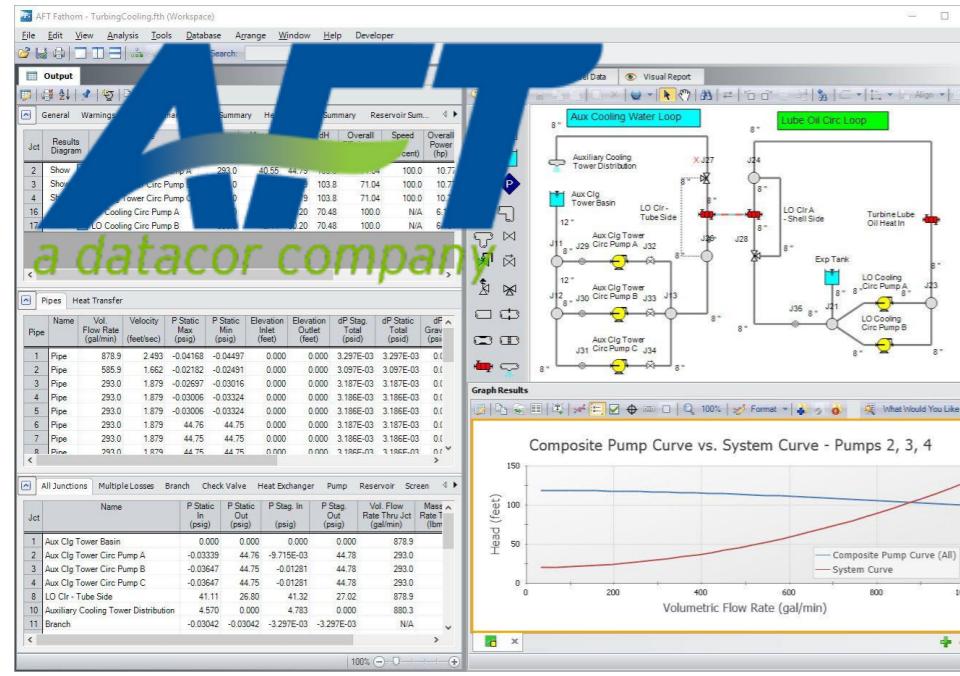
本研究采用**8.6m**开口槽式集热器单元，传热介质采用二元熔盐（60%NaNO₃+40%KNO₃）。集热回路由集热器、入口关断阀、调节阀、出口关断阀、安全阀和连接管道组成。集热器由集热器单元、驱动装置、跟踪装置、旋转接头和连接管道组成。集热器单元由反射镜、聚光器、真空集热管等组成。

右图为德令哈地区的直接法相辐照度（DNI）和全球水平辐照度（GHI）的数据随时间变化情况。



参数	单位	数值
SCA长度	m	192
SCE单元开口宽度	m	8.6
反射镜反射率	%	≥94
真空集热管外径	mm	80
最高介质工作温度	°C	565

本研究利用*AFT Fathom*软件对分区进行建模并对其进行了水力计算。*AFT Fathom* 是一款流体动力学模拟软件，它能计算液体和低速气体管道及管网系统中的压降和流量分配。熔盐罐出口压力设置为0.4MPa，温度设置为290°C，冷熔盐通过熔盐泵输送至集热场入口处。集热场进口设计压力为4MPa，从镜场至热盐罐的管道长度为1800m。每个回路入口设置控制阀，流量为定值，以保证每个回路的流量一致。环境温度为-15°C，风速为4.5m/s。



AFT Fathom软件界面

同程U型布置

同程直线型布置

异程U型布置

异程直线型布置

各个工况的边界条件

	最小工况	标准工况	最大工况
DNI(W/m ²)	450	850	1200
质量流量(kg/s)	4.7	9.746	14.18
进口温度 (°C)	290	290	290
出口温度 (°C)	565	565	565

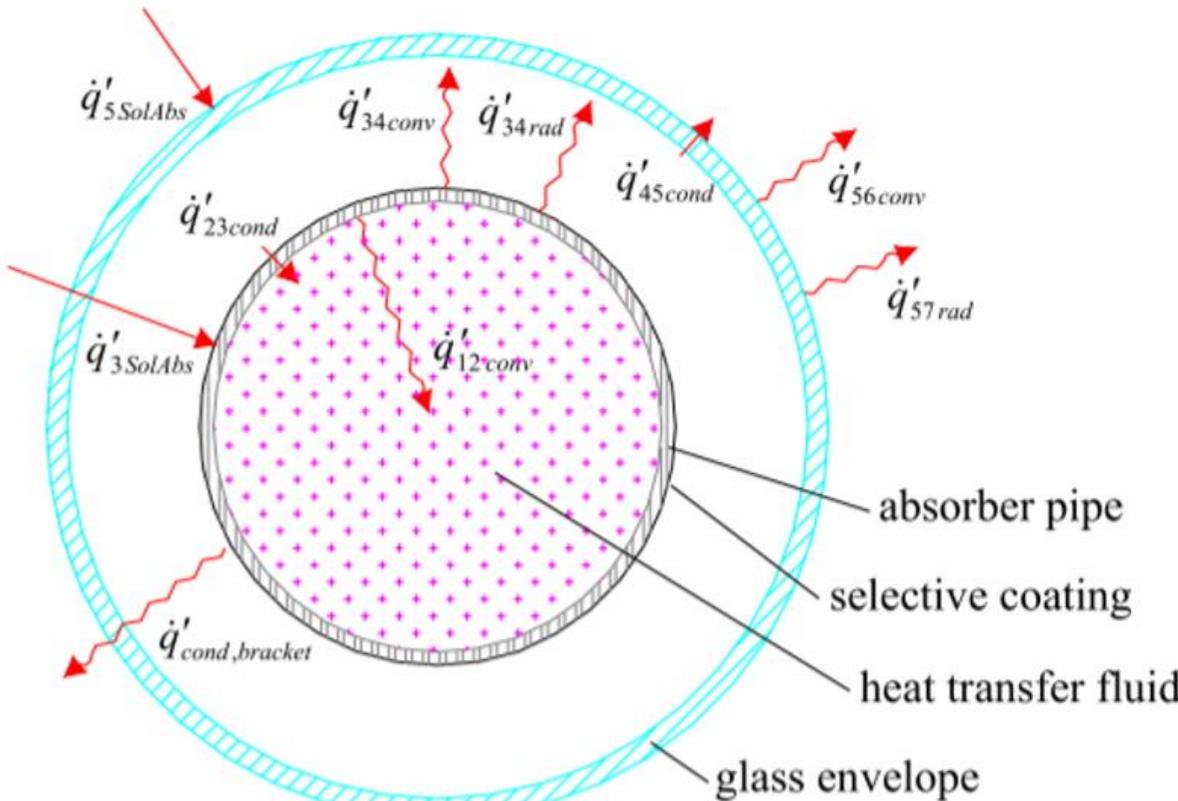


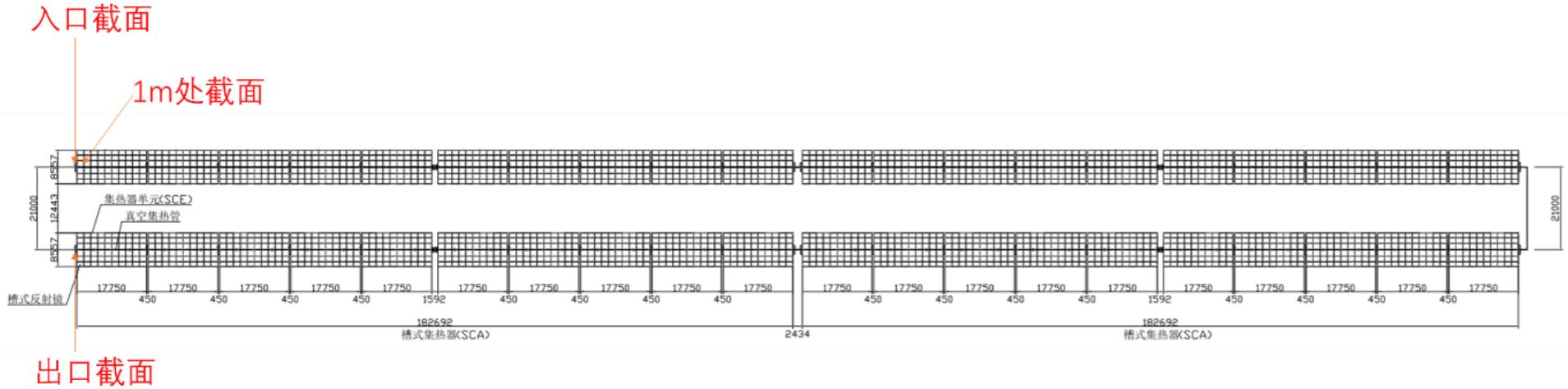
内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

三、方案研究

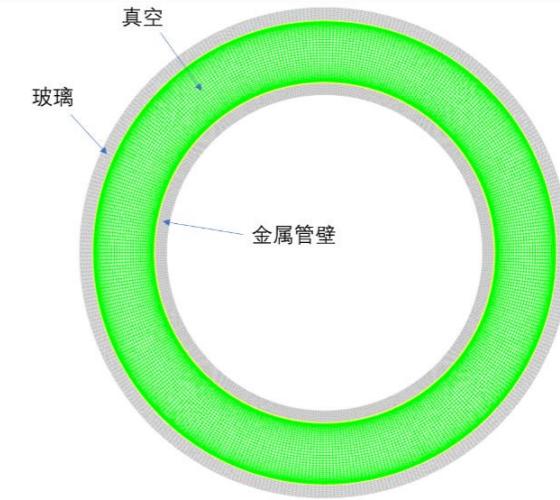
在热效率方面，太阳辐照、入射角的变化会引起热效率的显著改变；镜面反射率与真空度压力的改变对热效率有一定影响，但影响较小，另外，热流体质量流量、玻璃外壳尺寸、风速的改变则对热效率几乎没有影响。

在热损失方面，太阳辐照、入射角的变化会引起热效率的显著改变；镜面反射率、热流体质量流量与玻璃外壳尺寸、风速的改变对热损失影响不大；

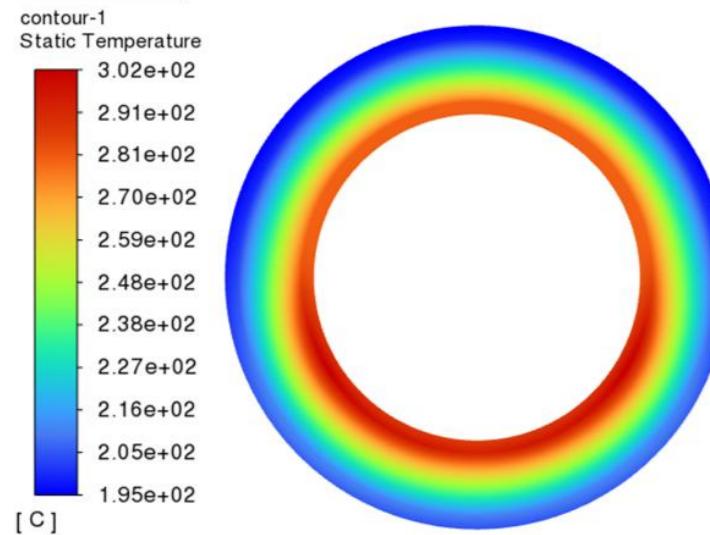




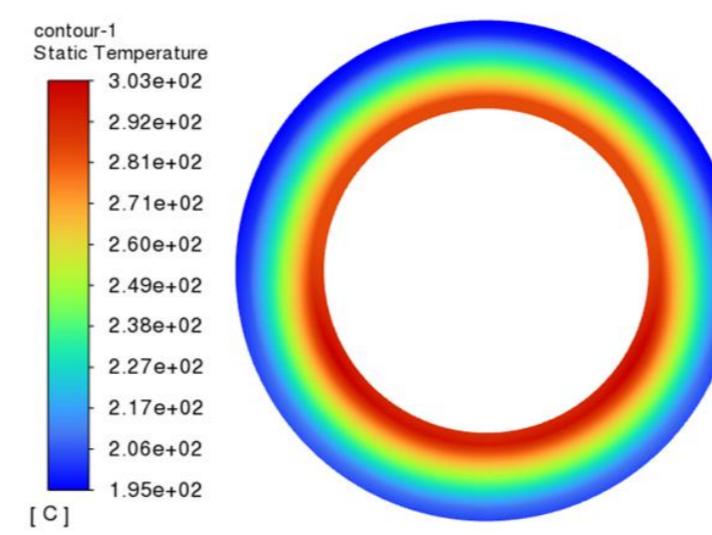
选取分析截面示意



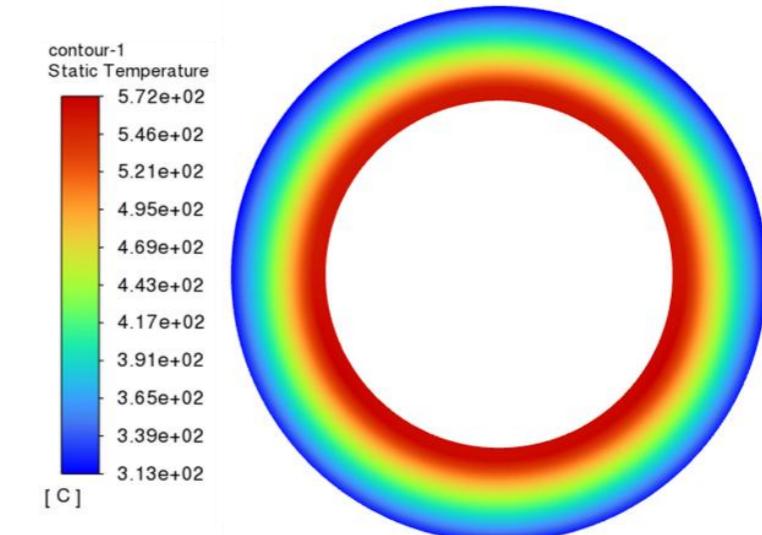
模型网格划分



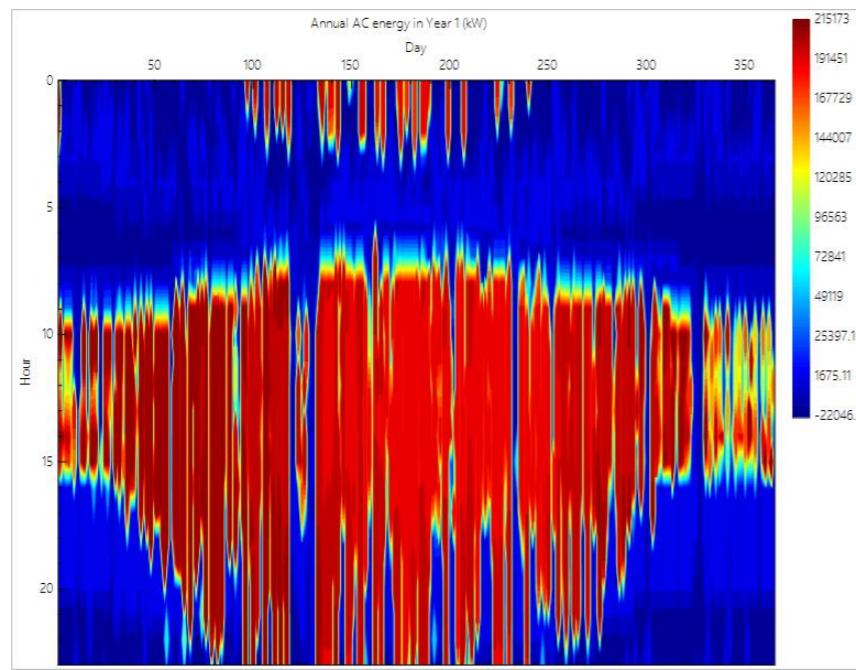
单回路入口截面温度分布



单回路1m处截面温度分布

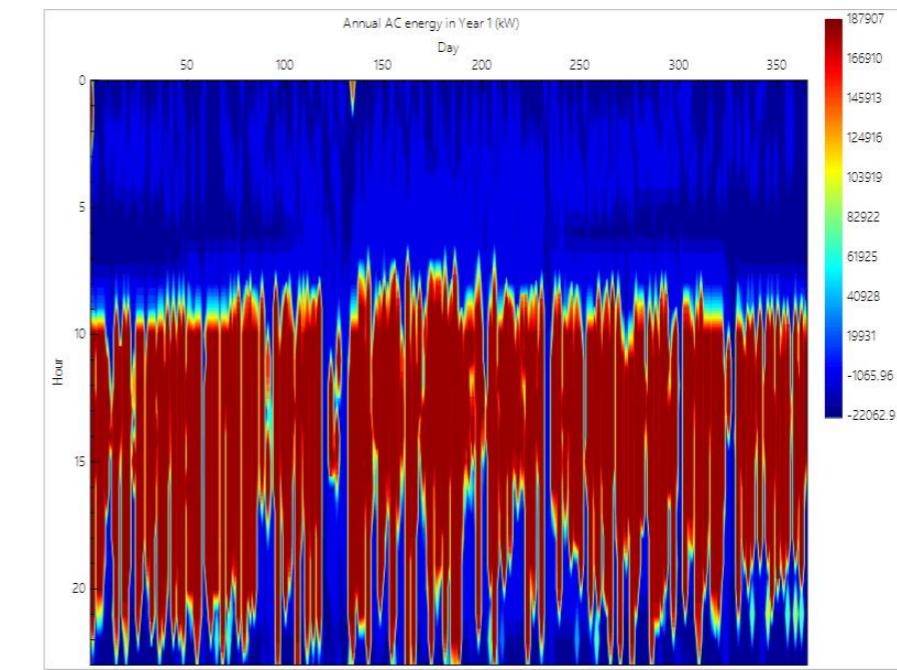


单回路出口处截面温度分布



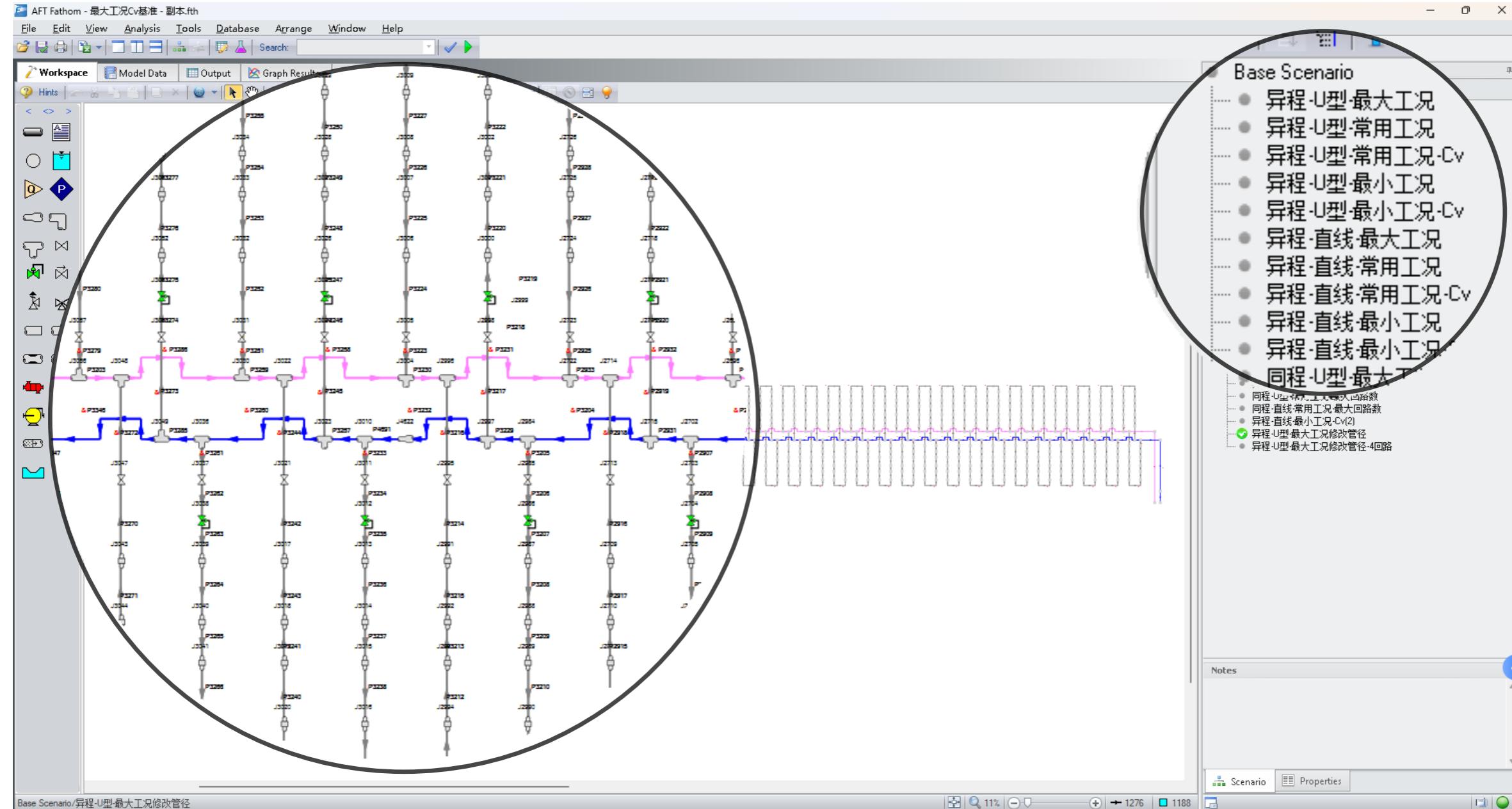
Metric	Value
Annual AC Energy in Year 1	392,230,144 kWh-e
Annual Freeze Protection	53,816,016 kWh-e
Annual TES Freeze Protection	0 kWh-e
Annual Field Freeze Protection	53,816,016 kWh-e
Capacity factor	22.4%
Power cycle gross electrical output	484,064,352 kWh-e
First year kWh/kW	1,961 -
Gross-to-net conversion	81.0 %
Annual Water Usage	96,034 m ³
LCOE Levelized cost of energy	17.95 ¢/kWh

南北布置年发电量



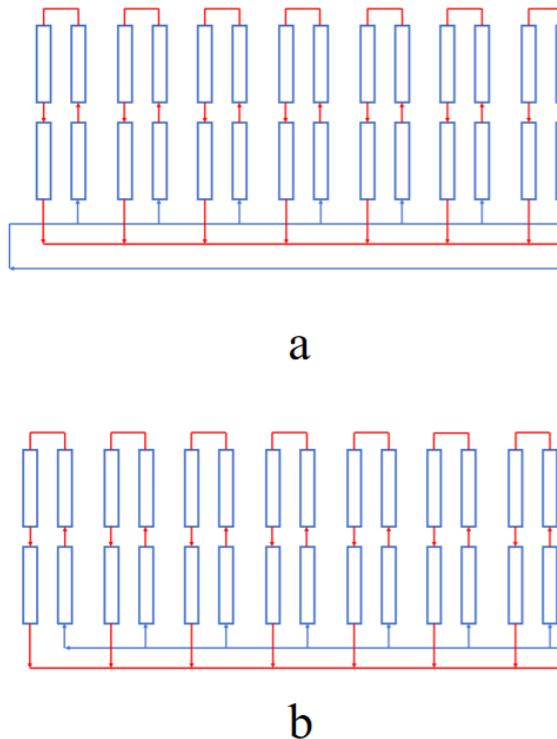
Metric	Value
Annual AC Energy in Year 1	350,746,912 kWh-e
Annual Freeze Protection	56,638,072 kWh-e
Annual TES Freeze Protection	0 kWh-e
Annual Field Freeze Protection	56,638,072 kWh-e
Capacity factor	20.0%
Power cycle gross electrical output	436,189,824 kWh-e
First year kWh/kW	1,754 -
Gross-to-net conversion	80.4 %
Annual Water Usage	95,484 m ³
LCOE Levelized cost of energy	20.03 ¢/kWh

东西布置年发电量

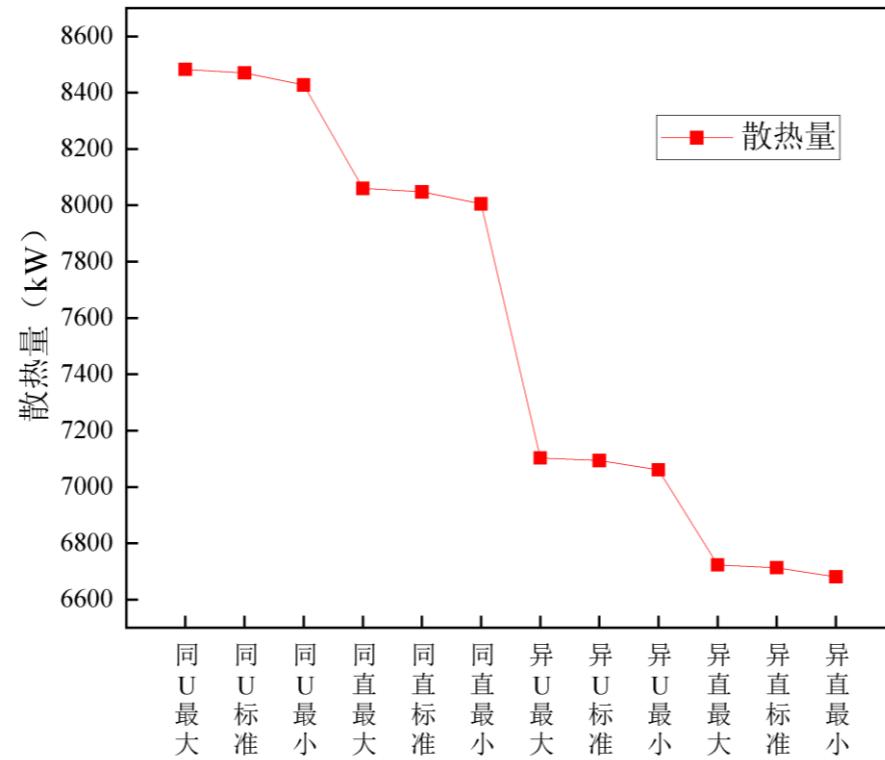


AFT Fathom 软件建模界面

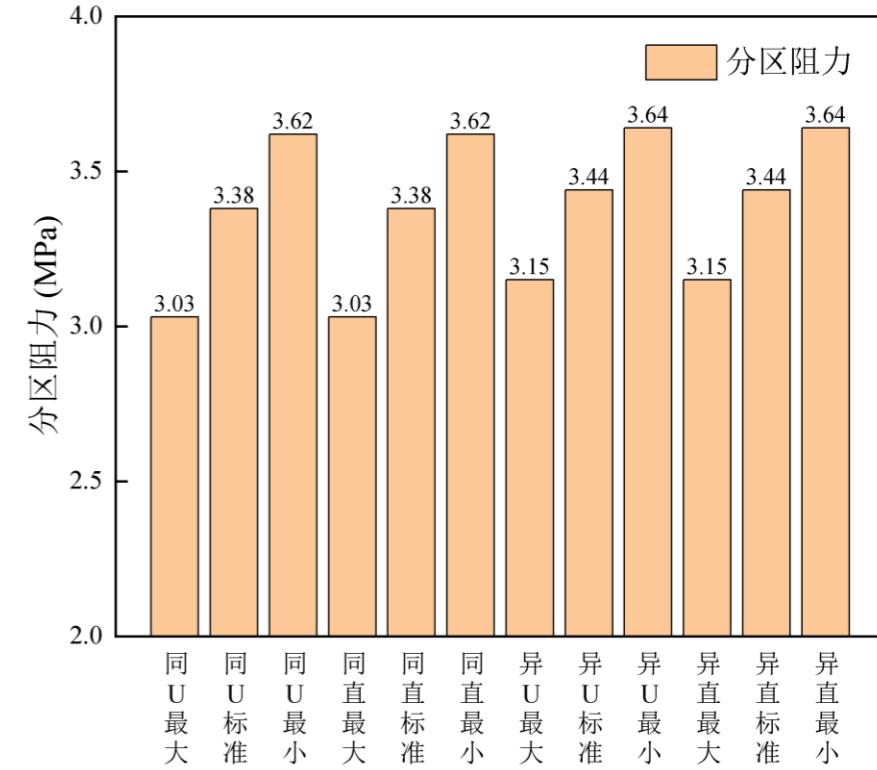
各个工况的散热量及分区阻力变化情况如下图所示，分区的散热量呈现阶梯状，根据异程布置和同程布置的不同依次增加。最大工况下的散热量最大，而最小工况下的散热量最小。



(a)同程布置示意
(b)异程布置示意



各个工况的散热量变化情况



各个工况分区阻力变化情况



内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

公司简介

核心业务

勘察设计

能源规划

总承包

工程监理

新能源项目

信息化建设

设计完成火电、生物质电站、垃圾电站、燃气电站、太阳能热电站等各类发电工程800余项。其中1000MW等级工程30余项、600MW等级工程40余项、300MW等级工程90多项。火电装机总容量约4000万千瓦。



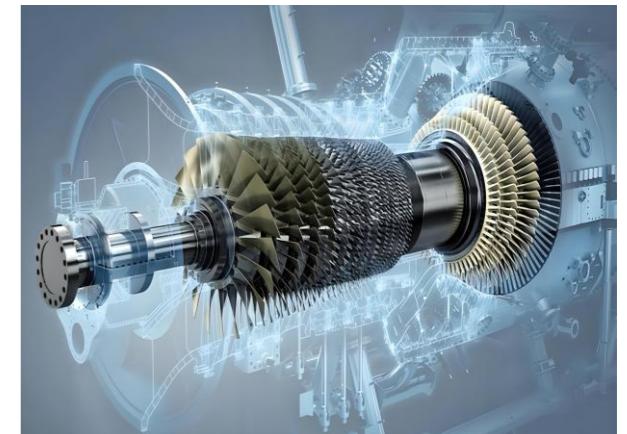
火力发电厂



垃圾发电厂



生物质发电厂



燃气轮机发电厂

新能源工程是内蒙院的传统优势项目。在20多年的新能源研究、设计和总承包历程中，积累了丰富的经验，累计设计完成太阳能装机容量**300万千瓦**以上，风电设计装机容量**1800万千瓦**以上，技术水平在国内同行业中名列前茅。同时，我公司凭借着多年积累的光热经验，正在执行的项目有**鲁能阜康市多能互补（暨新能源市场化并网）项目**10万千瓦光热工程施工图，**三峡恒基能脉瓜州70万千瓦“光热储能”项目**100MW光热等三个项目的业主工程师，**吉西基地鲁固直流白城100MW光热**等两个工程的设计监理等工作。



光伏



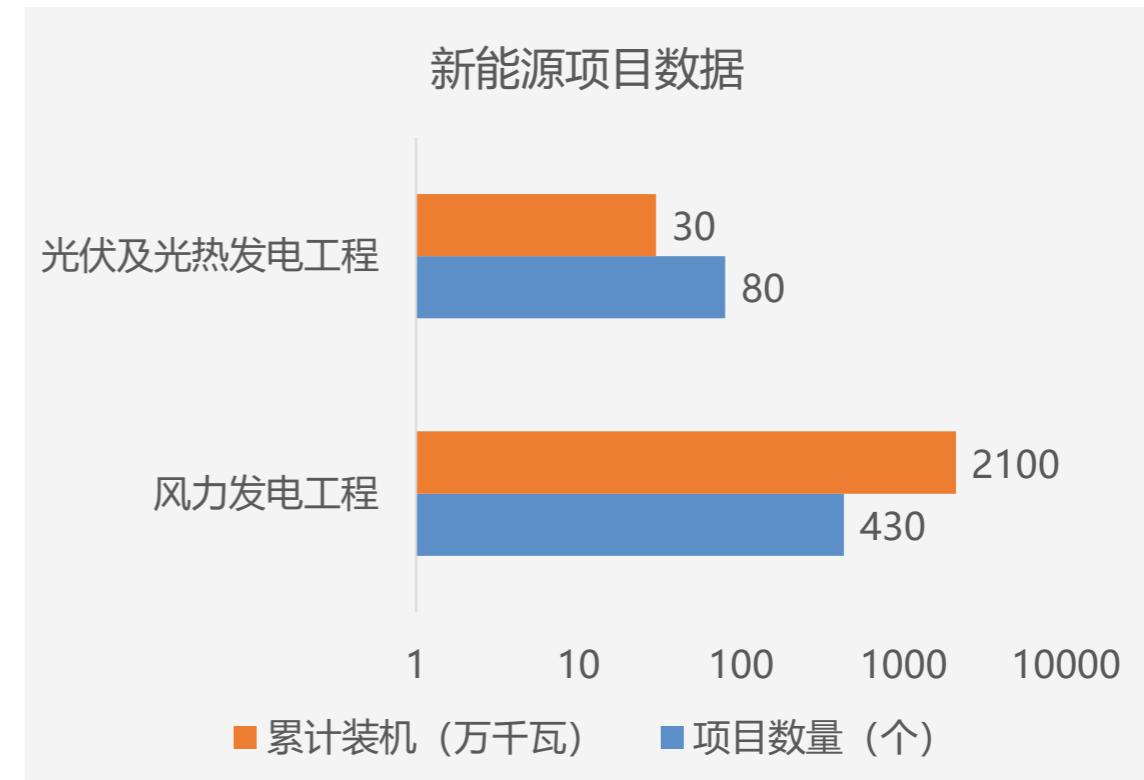
风电



光热



地热能





内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

请各位专家批评指正

地址：内蒙古自治区呼和浩特市鄂尔多斯东街巨海城八区5号、6号写字楼
电话：0471-5320115