



**IMPSDI**

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



**IMPSSI**

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

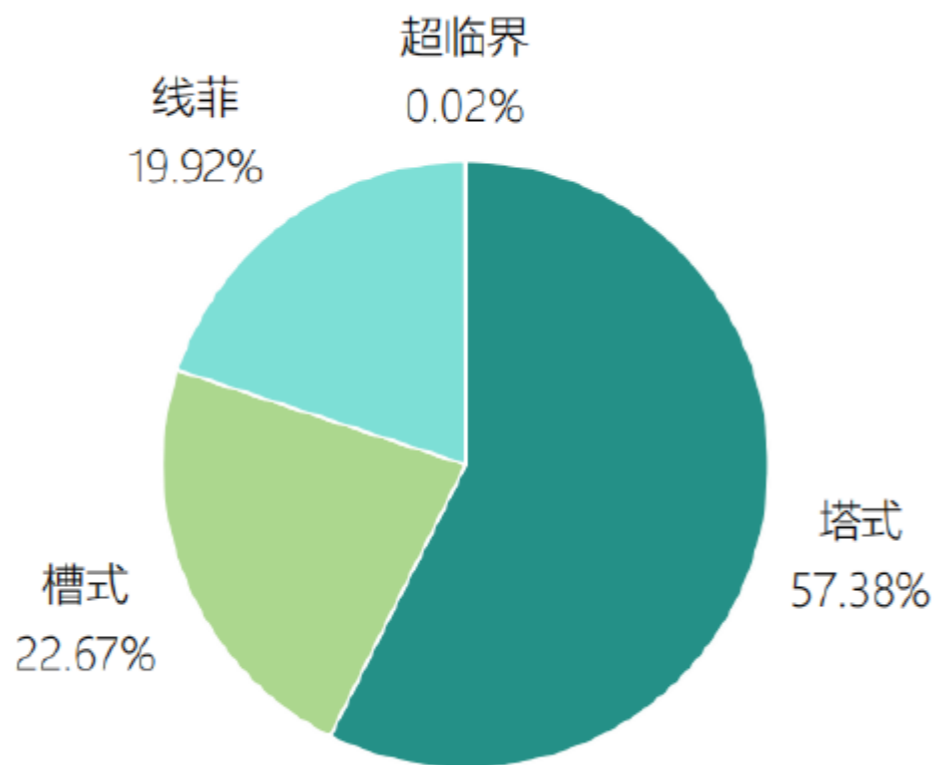


**IMPSDI**

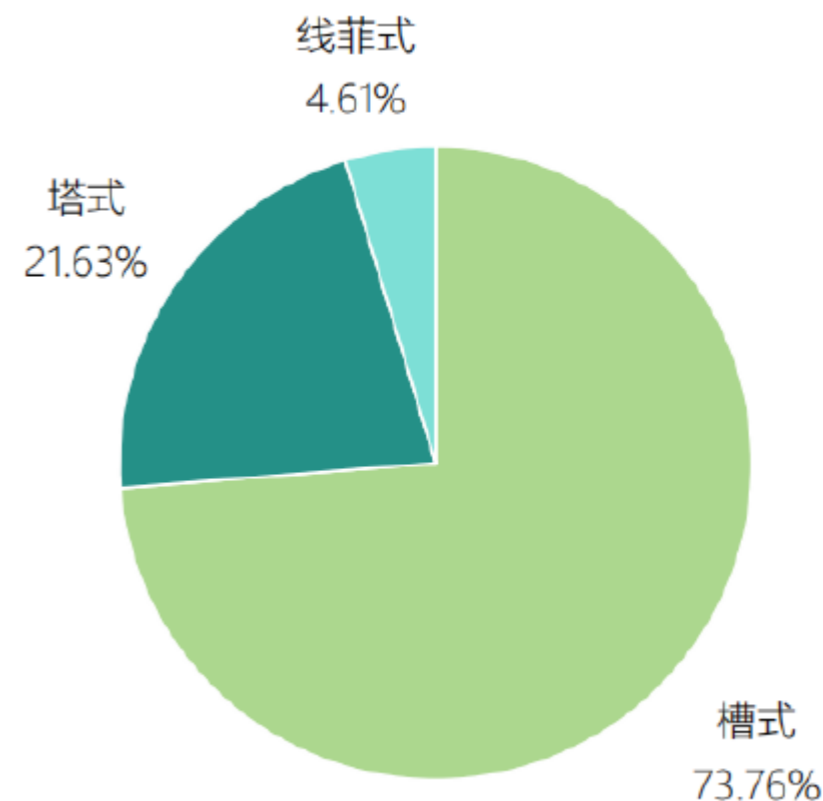
内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

# 一、研究背景

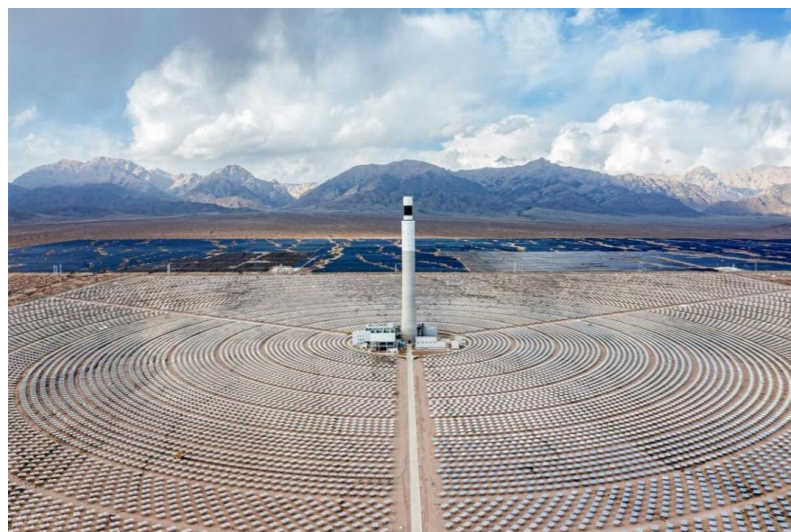
国家光热联盟统计，截至2024年底，在中国光热发电累计装机中，熔盐塔式约占57.4%，导热油槽式约占22.7%，熔盐线菲约占19.9%，超临界二氧化碳约占0.02%。全球光热发电累计装机中，塔式约占21.63%，槽式约占73.76%，线菲约占4.61%。



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)



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。



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。



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。

.....



**IMPSDI**

内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

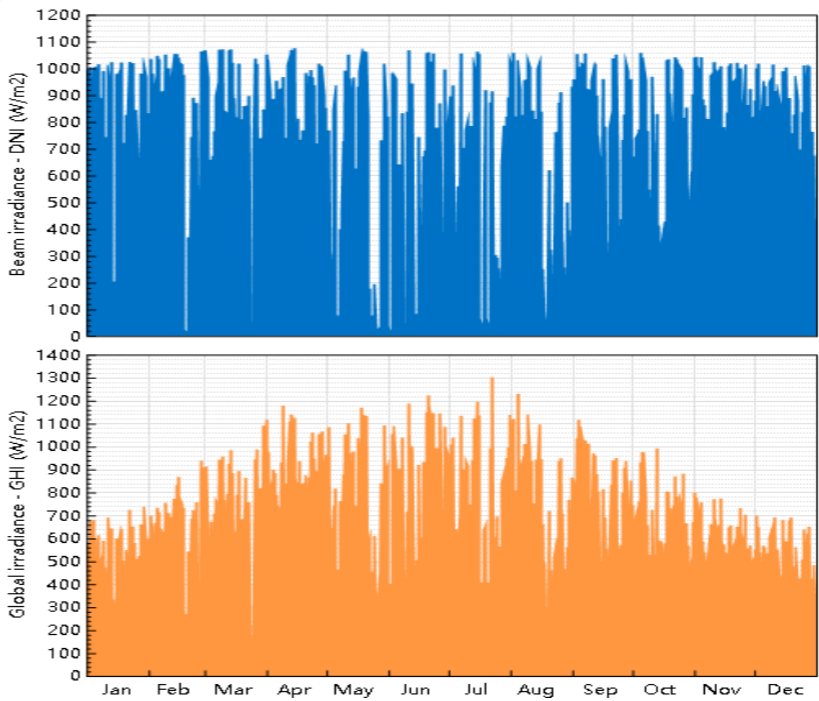
## 二、边界条件

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： **$240\text{万m}^2$** 。

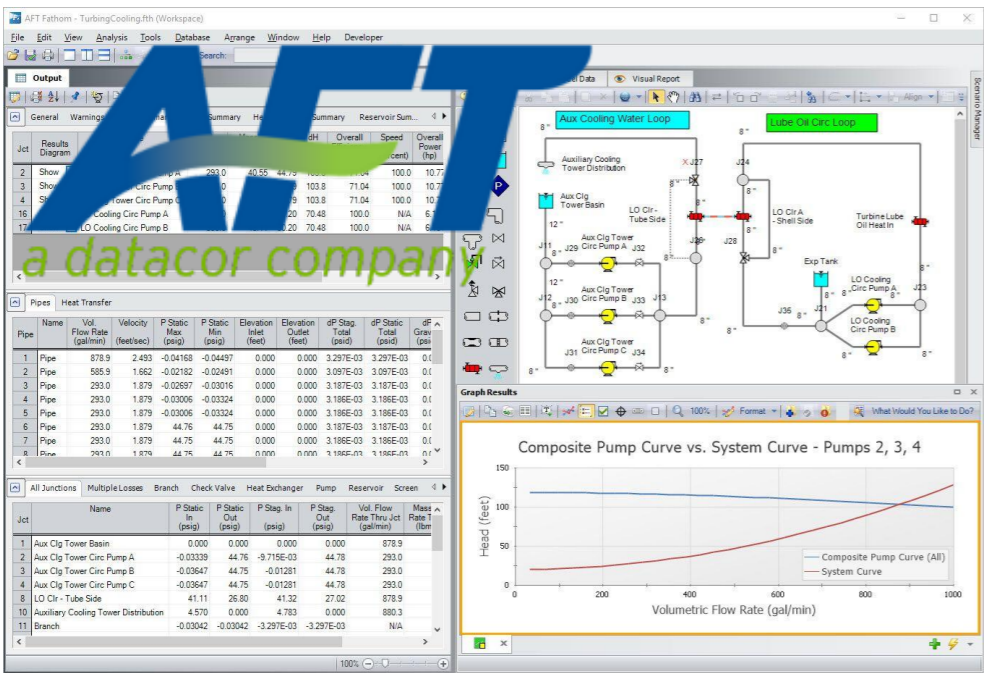
本研究采用 **$8.6\text{m}$** 开口槽式集热器单元，传热介质采用**二元熔盐**（ $60\%\text{NaNO}_3+40\%\text{KNO}_3$ ）。集热回路由集热器、入口关断阀、调节阀、出口关断阀、安全阀和连接管道组成。集热器由集热器单元、驱动装置、跟踪装置、旋转接头和连接管道组成。集热器单元由反射镜、聚光器、真空集热管等组成。

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	℃	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℃，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℃，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 <sup>2</sup> )	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



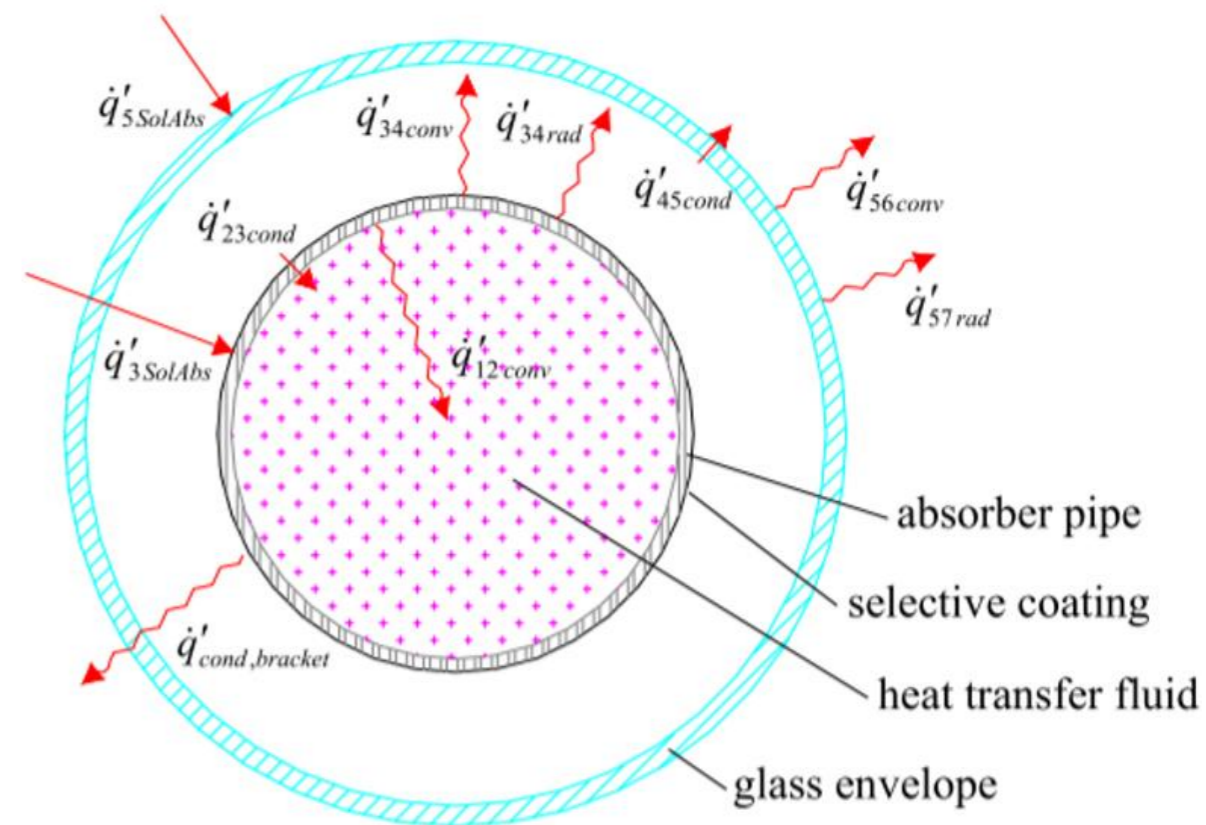
**IMPSDI**

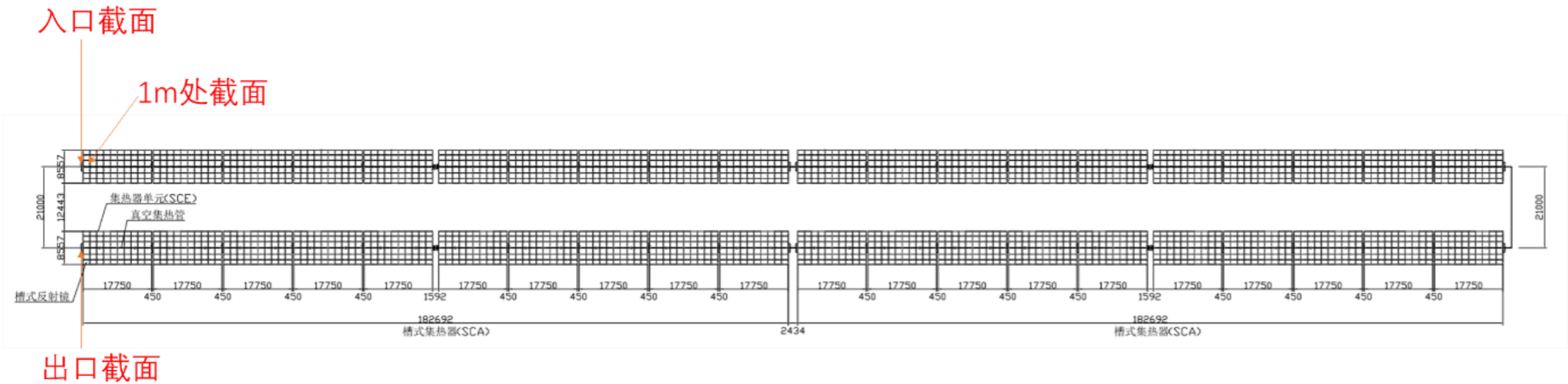
内蒙古电力勘测设计院有限责任公司

## 三、方案研究

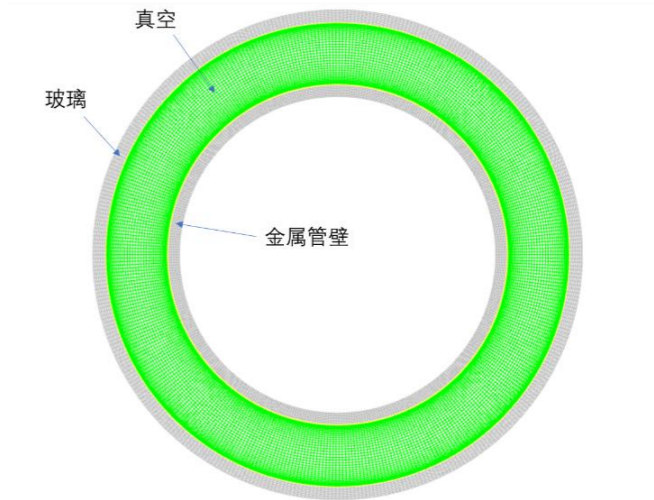
在热效率方面，太阳辐照、入射角的变化会引起热效率的显著改变；镜面反射率与真空度压力的改变对热效率有一定影响，但影响较小，另外，热流体质量流量、玻璃外壳尺寸、风速的改变则对热效率几乎没有影响。

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；

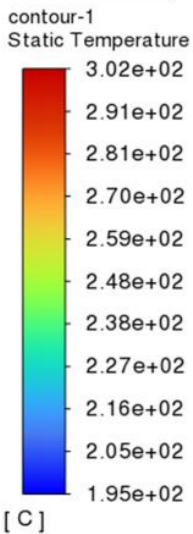




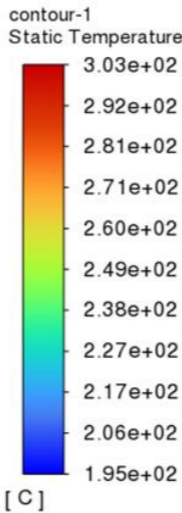
选取分析截面示意



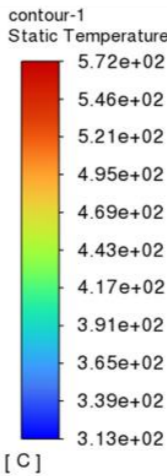
模型网格划分



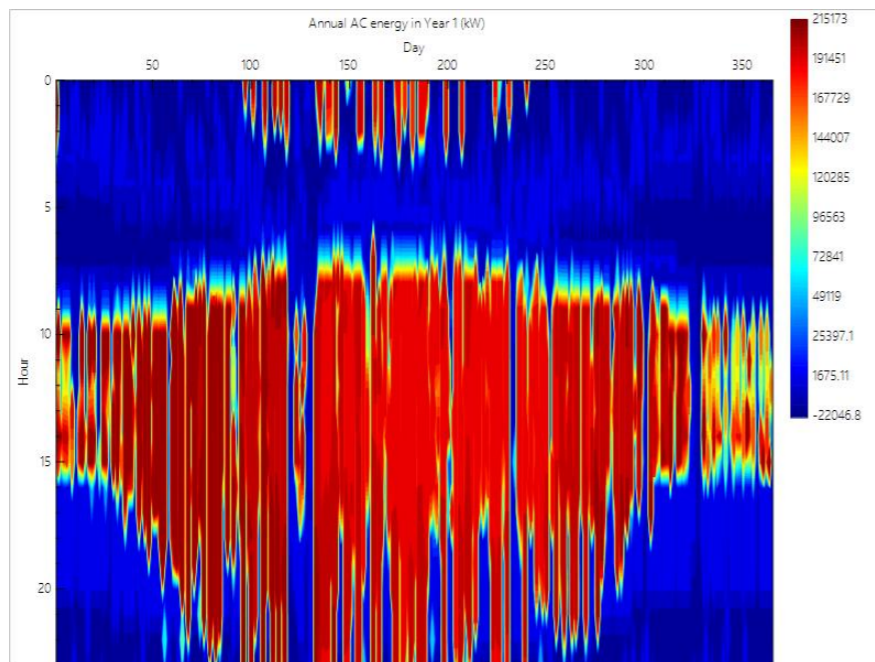
单回路入口截面温度分布



单回路1m处截面温度分布

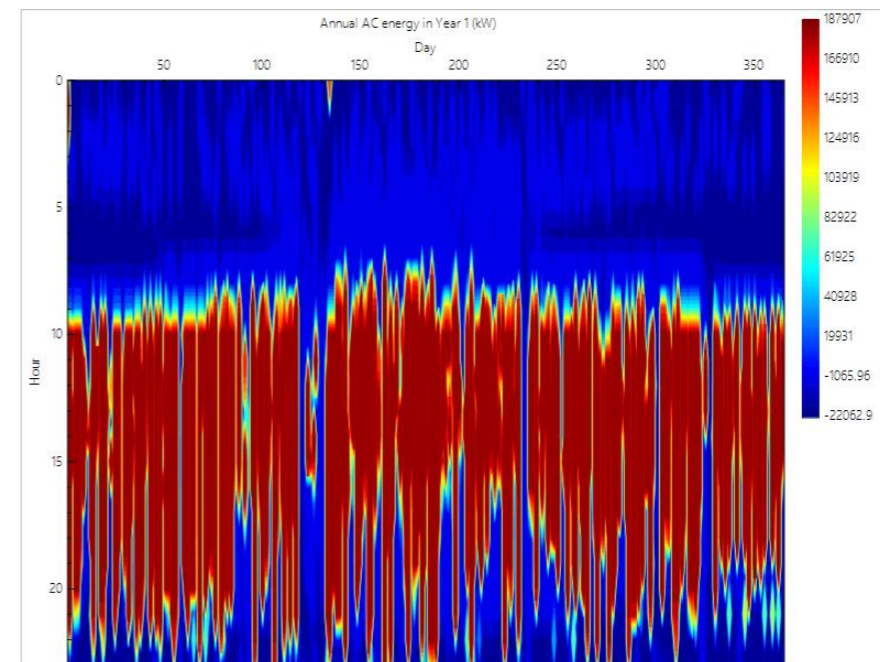


单回路出口处截面温度分布



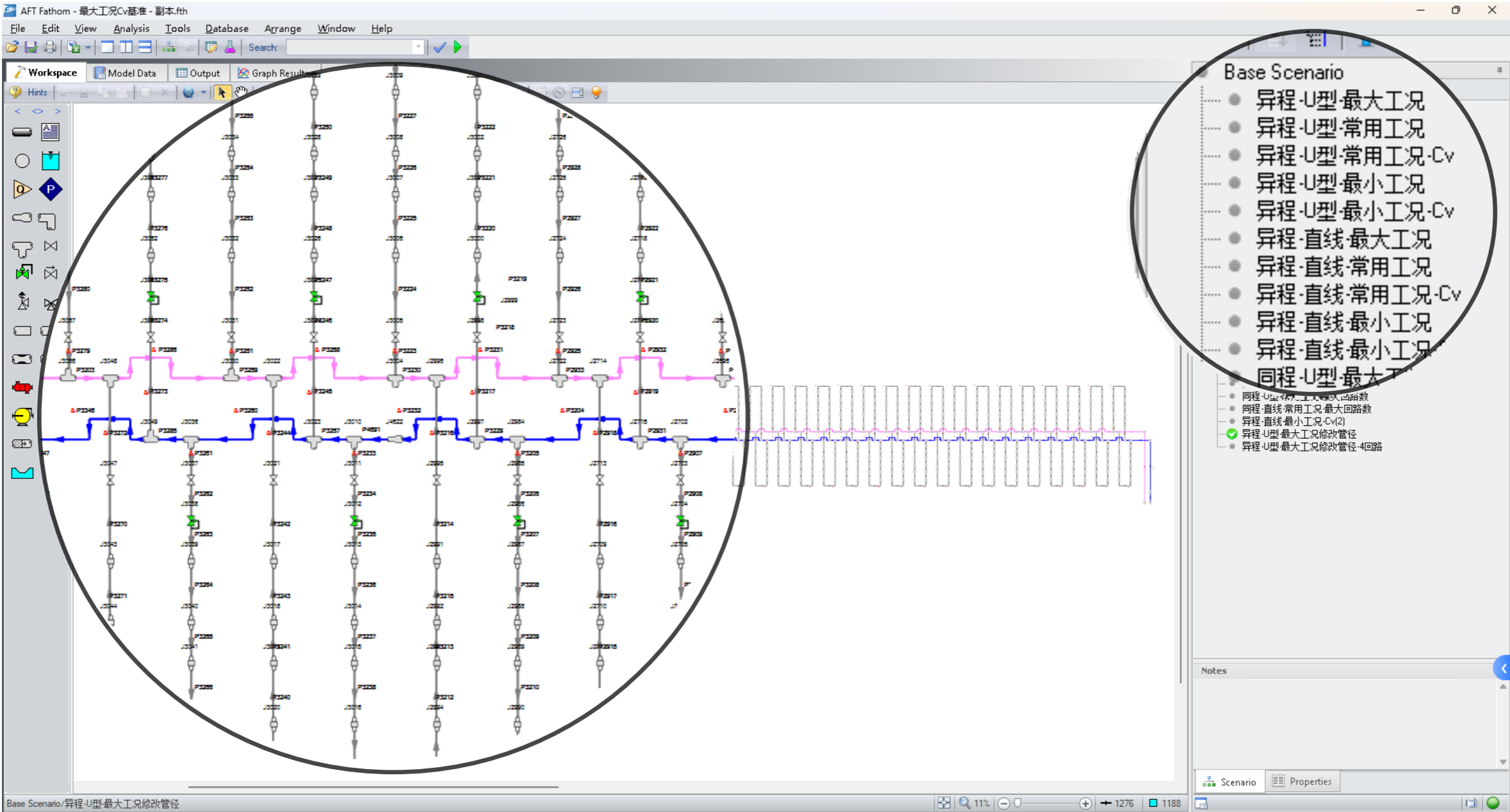
Metric	Value
Annual AC Energy in Year 1	392,230,144 kWh-e
Annual Freeze Protection	53,816,016 kWh-e
Annual TES Freeze Protection	0 kWh-e
Annual Field Freeze Protection	53,816,016 kWh-e
Capacity factor	22.4%
Power cycle gross electrical output	484,064,352 kWh-e
First year kWh/kW	1,961 -
Gross-to-net conversion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

南北布置年发电量



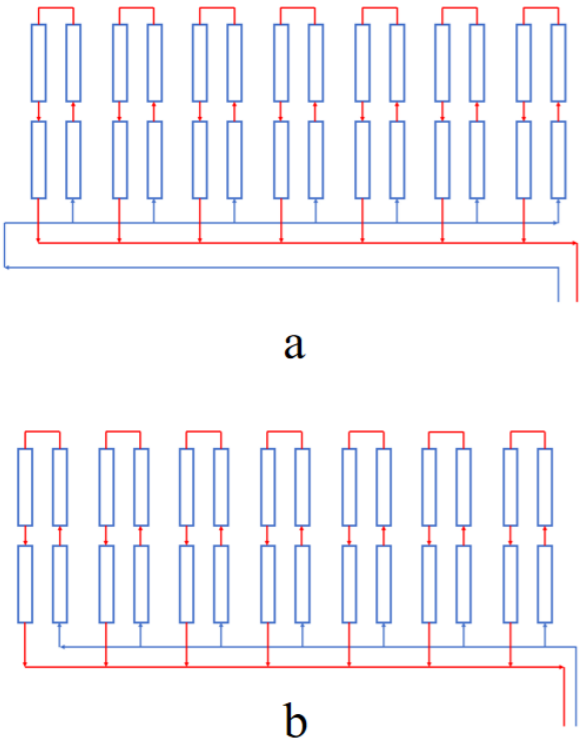
Metric	Value
Annual AC Energy in Year 1	350,746,912 kWh-e
Annual Freeze Protection	56,638,072 kWh-e
Annual TES Freeze Protection	0 kWh-e
Annual Field Freeze Protection	56,638,072 kWh-e
Capacity factor	20.0%
Power cycle gross electrical output	436,189,824 kWh-e
First year kWh/kW	1,754 -
Gross-to-net conversion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

东西布置年发电量

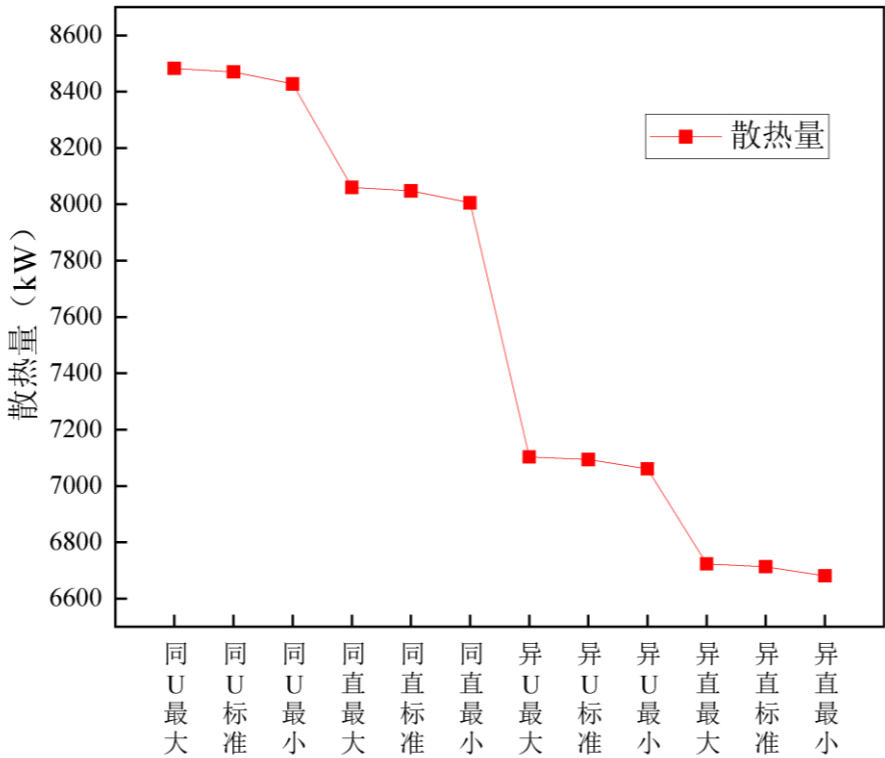


AFT Fathom 软件建模界面

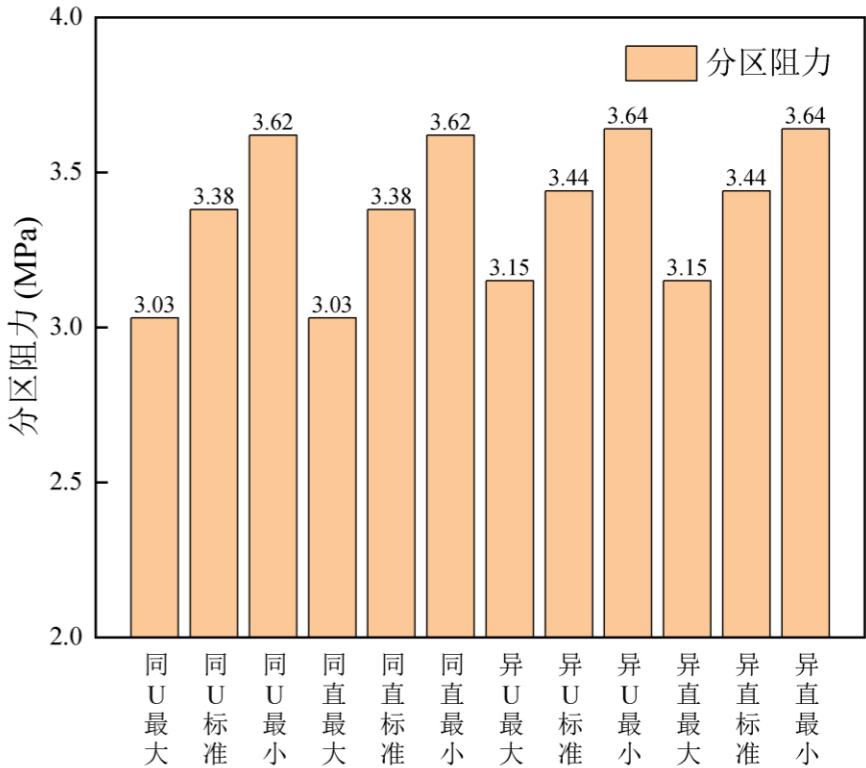
各个工况的散热量及分区阻力变化情况如下图所示，分区的散热量呈现阶梯状，根据异程布置和同程布置的不同依次增加。最大工况下的散热量最大，而最小工况下的散热量最小。



(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



**IMPSDI**

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

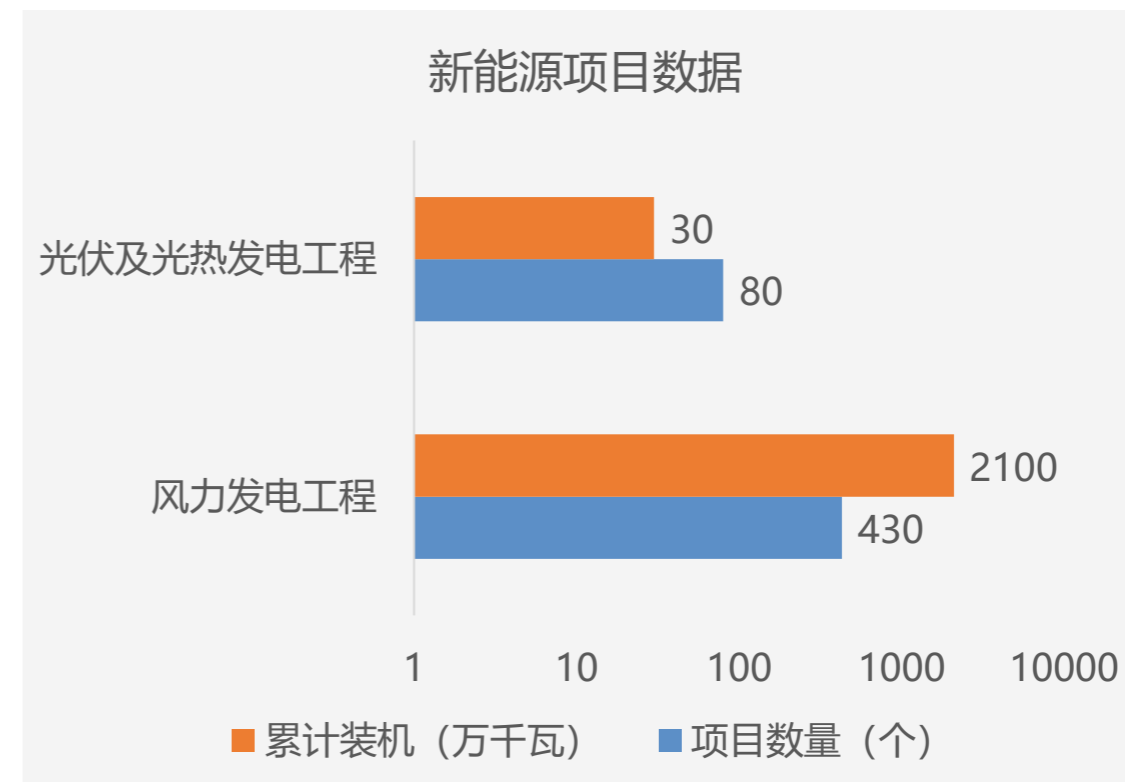


生物质发电厂



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