



中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
ZHONGNAN ENGINEERING CORPORATION LIMITED

秉责 创新 卓越

光热项目在西藏差异化发展的探讨

www.msdi.cn

曾柱楷
2023.08

目录

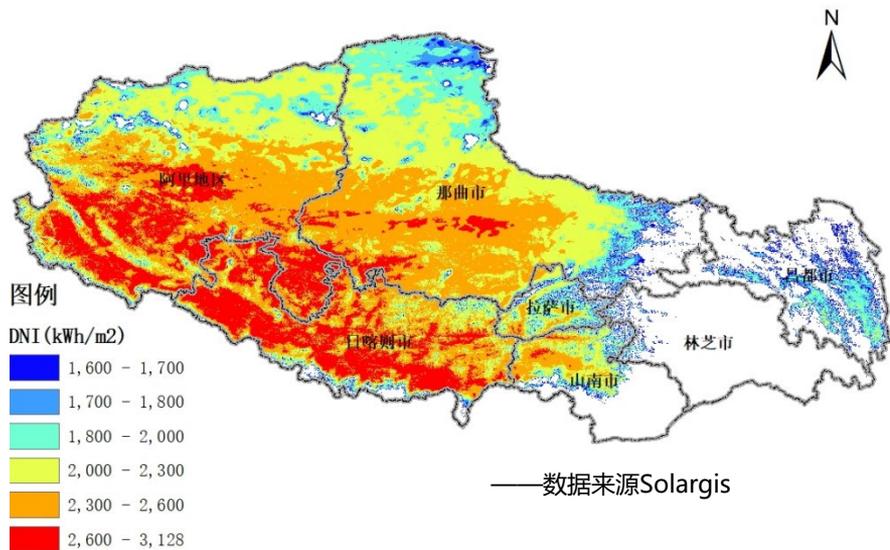
- 一、西藏环境条件
- 二、西藏供暖现状
- 三、差异化发展
- 四、总结与建议



一、西藏环境条件

1.1 太阳能资源

西藏自治区直接辐射 (DNI) 分布图



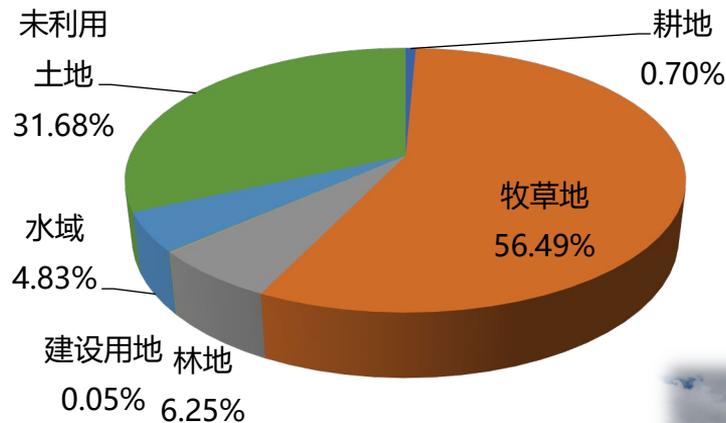
➤ 西藏自治区大部分地区 (约占75%土地面积) 资源较好, 满足光热电站开发要求 (DNI \geq 1600kWh/m²), 中部地区DNI处于2000~2600kWh/m²。

➤ 阿里地区、日喀则市的大部分区域 DNI $>$ 2600kWh/m², 其中阿里地区、日喀则市的南部区域DNI \geq 2800kWh/m²。

据初步估计, 根据国土三调情况并核减林地、生态红线、基本农田、自然保护地和压覆矿等限制性因素后, 全藏光热发电可开发装机容量超过 **1亿kW**。

1.2 土地资源

西藏自治区土地利用类型



——引自百度百科

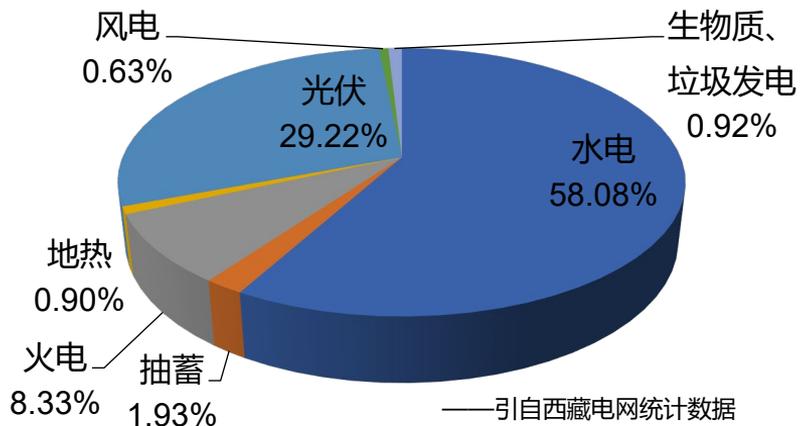


西藏自治区的土地资源丰富，未利用土地占比超过**30%**，土地开发潜力巨大。

1.3 电网情况

1) 电源装机与电力消纳

西藏电网装机容量



西藏用电负荷及用电量预测

项目	2020年	2025年	2030年
需电量, 亿kWh	82.5	144	195
最大负荷, MW	1704	3350	4600

- 截至2021年底，西藏电网装机容量4671.5MW。
- 2021年西藏全网实际最大负荷为1910MW。
- 2021年西藏电网实际用电量101亿kWh。

西藏电网电源结构以水电和光伏为主，丰水期水电出力大，光伏等新能源电力消纳存在问题。

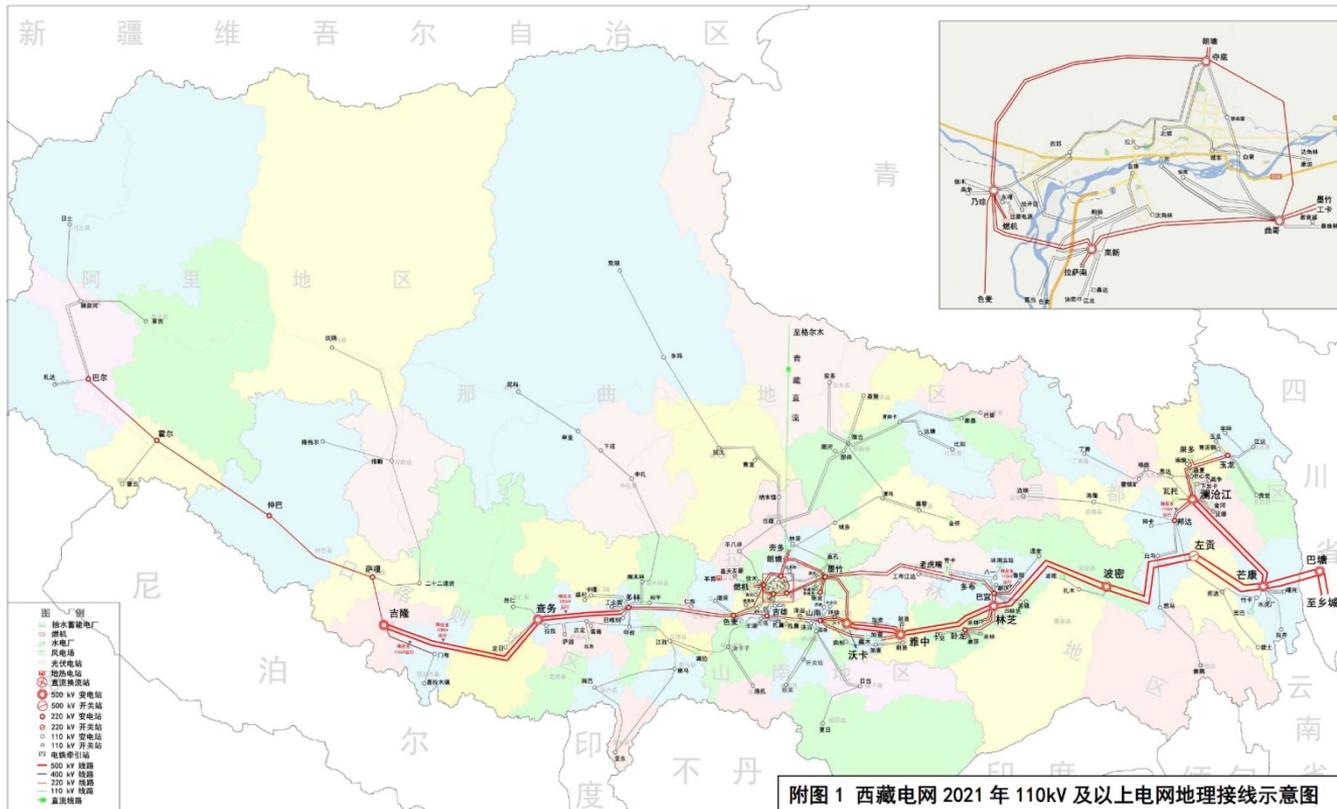
1.3 电网情况

2) 电力送出

- 西藏电网包括藏中电网、昌都电网和阿里电网。
- 青藏联网：一回±400kV直流线路。
- 川藏联网：双回500kV线路。
- 阿里-藏中联网：一回220kV线路。

电力外送通道相对薄弱，
电力送出能力有限。

2021年西藏电网接线图



附图 1 西藏电网 2021 年 110kV 及以上电网地理接线示意图

1.4 政策导向

- **市场化并网项目**是超出保障性并网范围以外仍有意愿并网的光伏项目，可通过自建、合建共享或购买服务等市场化方式落实并网条件后，由电网企业予以并网。**并网条件**主要包括建设配套新增的抽水蓄能、**储热型光热电站**、新型储能、可调节负荷等。——2023《关于促进西藏自治区光伏产业高质量发展的意见》
- 2023年西藏自治区新增风电、光伏发电等新能源项目建设规模573.5万千瓦。**保障性并网项目**建设规模373万千瓦，包含风电60万千瓦、光伏278万千瓦、**光热35万千瓦；市场化并网项目光热4万千瓦**——西藏自治区《2023年风电、光伏发电等新能源项目开发建设方案》

西藏35万千瓦光热项目竞配情况

含光热发电项目竞配结果				
(单位：万千瓦)				
序号	项目名称	光伏	光热	投资企业
1	拉萨市当雄县 450MW 光伏+150MW 光热项目	25	10	中国电力工程顾问集团有限公司
2	拉萨乌玛 500MW 光伏配 100MW 光热项目	12.5	5	中广核风电有限公司
3	那曲市色尼区光伏+光热一体化项目	25	10	国投电力控股股份有限公司
4	那曲市聂荣光伏+光热一体化项目	12.5	5	国投电力控股股份有限公司
5	那曲市安多县光伏+光热一体化项目	12.5	5	西藏开发投资集团 国家光热联盟

——引自国家光热联盟官网



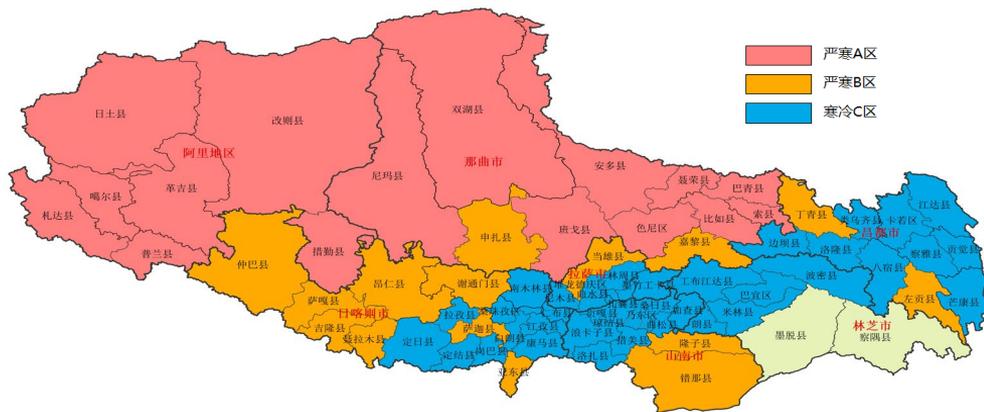
二、西藏供暖现状

2.1 供暖方式

1) 气候分区

西藏民用建筑节能设计气候分区

气候分区	代表市县
严寒地区 (A)	那曲市、色尼区、比如县、聂荣县、安多县、索县、班戈县、巴青县、尼玛县、双湖县、噶尔县、普兰县、札达县、日土县、革吉县、改则县、措勤县
严寒地区 (B)	当雄县、昂仁县、谢通门县、仲巴县、亚东县、吉隆县、聂拉木县、萨嘎县、申扎县、丁青县、嘉黎县、左贡县、萨迦县、隆子县、错那县
寒冷地区 (C)	拉萨市、林周县、尼木县、曲水县、堆龙德庆区、达孜区、墨竹工卡县、日喀则市、南木林县、江孜县、定日县、拉孜县、白朗县、仁布县、康马县、定结县、岗巴县、昌都市、江达县、贡觉县、类乌齐县、察雅县、八宿县、芒康县、洛隆县、边坝县、山南市、乃东区、扎囊县、贡嘎县、桑日县、琼结县、曲松县、措美县、洛扎县、加查县、浪卡子县、林芝市、巴宜区、工布江达县、米林县、波密县、朗县



西藏全域几乎需要供暖，西藏常住人口较多的拉萨市、日喀则市、昌都市，主要位于严寒 (B) 和寒冷 (C) 区。

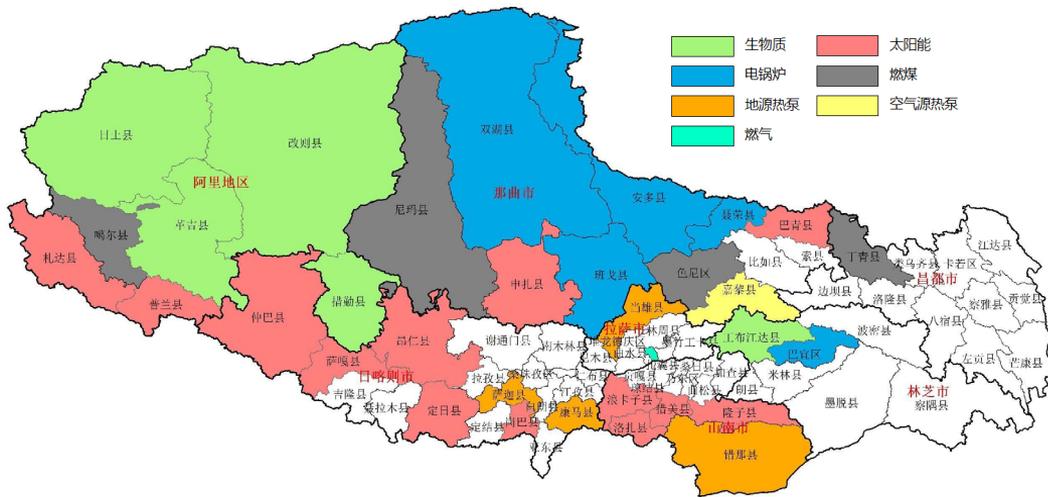
——引自《西藏自治区清洁供暖设计导则》

2.1 供暖方式

2) 供暖热源

截至2022年，已有3个地市（拉萨市、那曲市、阿里地区）、20个县城和120个乡镇（那曲市111个、阿里地区9个）**局部区域已建成供暖设施**，实现了高海拔城镇供暖面积约为3192万 m^2 。

——数据引自《拉萨日报》



2.2 供暖运行费用

不同供暖方式时运行费用统计

地点	供暖方式	运行费用, 元/ m ² ·年	室外计算温度, °C
色尼区、尼玛县、 丁青县、噶尔县	燃煤锅炉	83~121	-17.8 ~ -8.7
日土县、革吉县、 改则县、措勤县、工 布江达县	生物质锅炉	79~168	-16.9 ~ -1.9
仲巴县、萨嘎县、岗巴 县、申扎县、浪卡子	分散式太阳能+电锅炉	19.6~26.3	-11.5 ~ -7.8
聂荣县、安多县、 班戈县、双湖县	电锅炉	123.2~130.1	-14.5 ~ -12.7

大面积集中供暖主要采用燃煤、生物质锅炉的形式，运行费用较高；电供暖形式的运行费用取决于电力来源（电价），一般供热面积较小。

2.3 供暖需求

- 2023年，预计投资13.79亿元，实施11个县城供暖项目。
- 2023年采用投建营一体化模式，启动建设13个县城供暖试点项目；
- 2023年采用投建营一体化模式，启动**燃煤锅炉、生物质、电锅炉改造工作**；
- 总结试点经验，在2024年启动剩余27个县（区）投建营一体化供暖建设，**2025年底前实现县城全覆盖**；
- 2025年启动乡镇供暖项目建设，至**2028年实现乡镇供暖全覆盖**；
- 2023年至2030年，用以奖代补为主的模式力争实现农牧区供暖全覆盖。

བོད་རང་སྐྱོང་ལྗོངས་ལྗོངས་ཁོངས་སྐོར་དང་བྱོང་བྱོང་གཞིའི་འཕུགས་སྐྱོན་ལྟོགས་ལ་ 西藏自治区住房和城乡建设厅

藏建办函〔2023〕152号

关于报送供暖供氧项目投建营一体化试点的通知

各地市住房和城乡建设局，各相关企业：

西藏全域推进清洁能源供暖供氧工作，是贯彻落实自治区党委、政府着力推进“四个创建”、做到“四个走在前列”，改善民生、凝心聚力重要指示精神的重大举措，是建设生态文明高地、保护青藏高原生态环境的重要抓手，更是解决我区广大人民群众最关心最直接最现实利益问题的重要支撑。6月14日，肖友才常委主持召开专题会议听取了我厅关于全区供暖供氧工作的推进情况汇报。根据会议安排部署，将在下半年迅速开展全区供暖、供氧投建营一体化试点项目建设。为做好供暖、供氧项目投建营一体化试点前期准备工作，现就相关事项通知如下：

一、试点申报

（一）申报供暖试点项目

各地市未纳入“十四五”中央预算内投资的市、县（非边境县）城镇集中供暖项目，除林芝市报送1个试点项目外，其他地



三、差异化发展

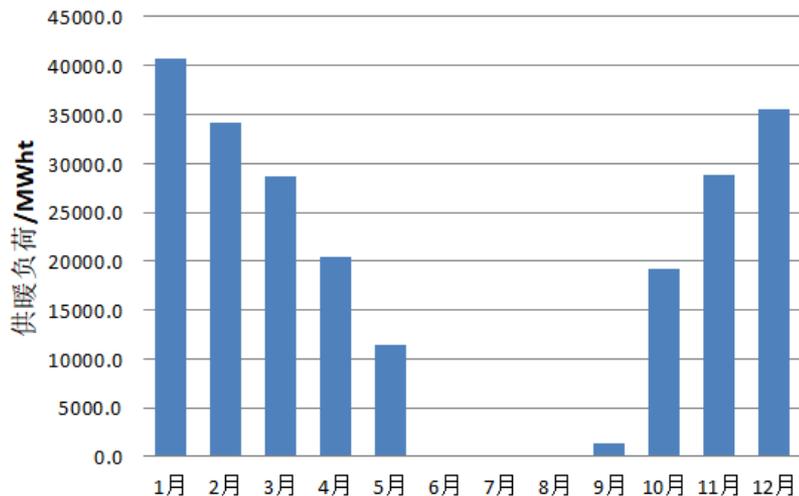
3.1 技术路线的选择

技术路线	主要技术特点	需考虑的外部因素
塔式	<ul style="list-style-type: none">● 占地面积较大，四周边角空地多；● 聚光比高，汽轮发电机组效率高。● 采用熔盐作为吸热和储热介质，储热系统初投资少；● 集热场投资适中，光反射过程余弦损失小。	<ul style="list-style-type: none">● 主要城市/大型城镇附近建有机场● 军事设施/军队驻扎● 交通运输便利程度
槽式	<ul style="list-style-type: none">■ 占地面积比塔式集热系统小；■ 聚光比相对较小，汽轮机效率略低；■ 集热系统的采用导热油为吸热介质时，工作温度一般在390℃，熔盐储热温差小，需盐量大，储热系统投资高；采用熔盐为吸热介质时，工作温度可达550℃，储热投资与塔式相同；■ 集热场投资与塔式技术路线接近，冬季（特别是高纬度地区）光反射过程的余弦损失明显。	<ul style="list-style-type: none">■ 环保要求■ 场址土地坡度■ 交通运输便利程度
线菲	<ul style="list-style-type: none">◆ 占地面积略大于槽式，小于塔式；◆ 集热系统的聚光比小，可以采用熔盐作为吸热介质；◆ 集热场投资低于塔式技术路线，冬季（特别是高纬度地区）光反射过程的余弦损失明显。	<ul style="list-style-type: none">◆ 场址土地坡度◆ 交通运输便利程度

3.2 系统配置的差异

1) 设计点的差异

逐月供暖负荷



项目主要任务是**供暖**，其次是发电，集热场在冬季的集热量必须要保障能够满足供暖热量的需求。**冬季12月至2月份供暖负荷较大**。因此，项目**设计点选取在冬季**而非常规光热电站的夏季。

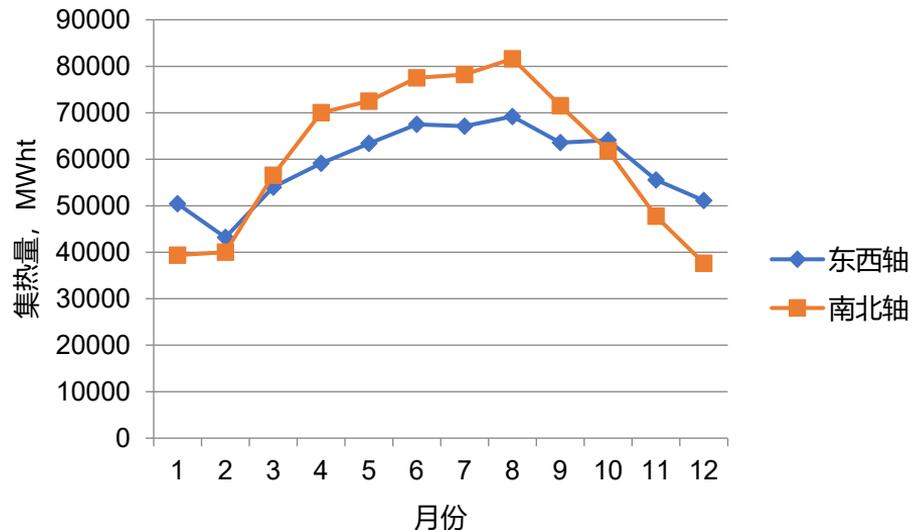
为满足冬季设计点集热量要求，通常需要：

- 增大镜场面积
- 提高光热效率（提高反射率、镜面清洁度等）
- 优化集热场布置方式

3.2 系统配置的差异

1) 设计点的差异

集热场不同布置方式下的集热量



供暖月份集热量差异明显，12月份东西轴布置时集热量为南北轴布置的**1.36倍**；东西轴布置有利于减小集热面积，控制总投资。

月份	集热量, MWht		
	东西轴	南北轴	东西轴/南北轴
1	50430	39379	1.28
2	43193	40027	1.08
3	53995	56566	0.95
4	59126	70025	0.84
5	63414	72514	0.87
6	67511	77526	0.87
7	67125	78239	0.86
8	69208	81637	0.85
9	63586	71541	0.89
10	64113	61823	1.04
11	55561	47742	1.16
12	51122	37639	1.36
总计	708384	734658	0.96

3.2 系统配置的差异

2) 电-热设备解耦配置、运行的差异

方案一：配置1套蒸汽发生系统

配置1套蒸汽发生系统，同时用于供热与发电。

供热：假定100t/h，6.8MPa，300℃。 发电：180t/h（50MW），12.2MPa，510℃。

- 1) 供热、发电所需蒸汽的**温度压力参数相差较大**；
- 2) 蒸汽发生系统额定蒸汽产量约为280t/h，此时，供热蒸汽量占蒸汽发生系统额定蒸汽产量约36%，供暖季机组可能长期低负荷运行，其**稳定性与可靠性下降**；
- 3) 若系统发生故障，**无法确保供热的连续性与稳定性**。

方案二：配置2套蒸汽发生系统

配置2套蒸汽发生系统，1套主要用于供热，另1套主要用于发电。

供暖与发电可解耦运行，运维复杂程度降低，机组也可长时间**保持**在高负荷状态下运行。

若系统发生故障，另1套蒸汽发生系统将作为供热备用热源启用，**可保障供热的稳定性**。

推荐该方案。

3.2 系统配置的差异

3) 汽轮发电机组及其热量分配的差异

方案一：配置1台纯凝式汽轮发电机组

优点：汽机仅承担发电功能，发电功率变化不会影响供热。

缺点：无汽机和SGS产汽的两路汽源互为备用。

方案二：配置1台背压式汽轮发电机组

优点：以热定电，可以根据供热需求灵活发电。

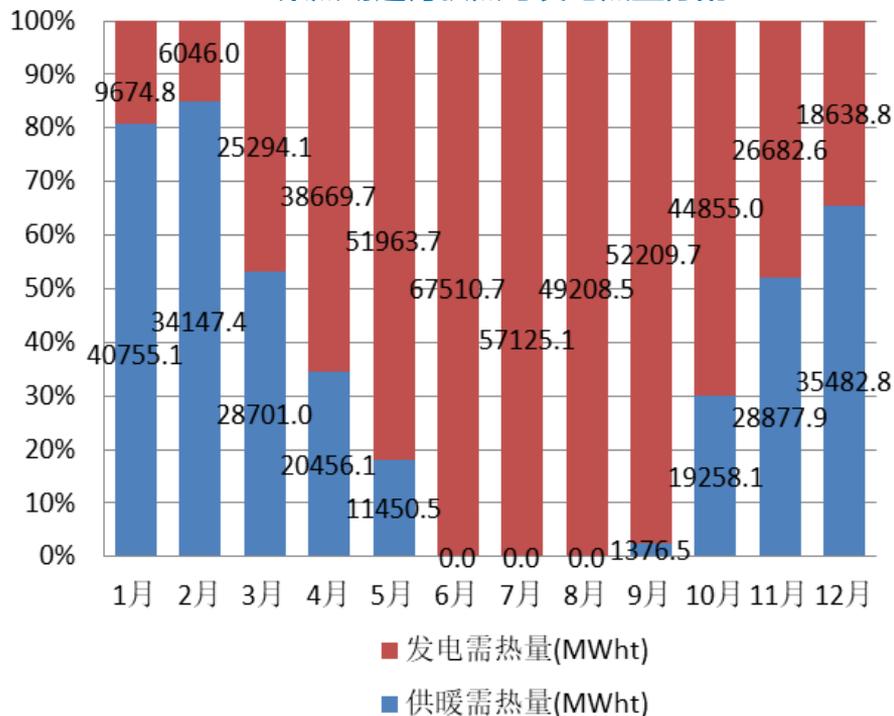
缺点：在非供暖季，背压排汽无处可用。

方案三：配置1台抽凝式汽轮发电机组

优点：有汽机和SGS产汽的两路汽源互为备用。

缺点：在集热较少的1、2月份，汽机可能因负荷大大降低而无法抽汽。**推荐该方案。**

集热场逐月供热与发电热量分配



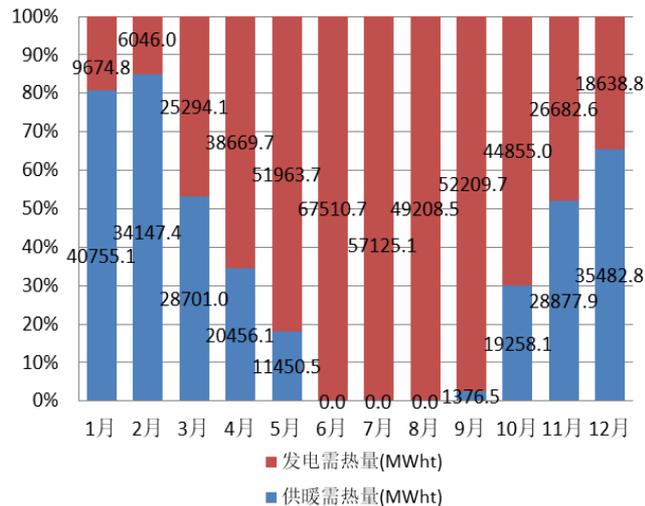
3.2 系统配置的差异

3) 汽轮发电机组热量分配的差异

各月发电等效利用小时计算表

月份	集热场集热量(MWht)	供暖季供暖量(MWht)	发电量(万kWh)	等效利用小时(h)
1月	50429.89	40755.1	357.9	72
2月	40193.44	34147.4	223.7	45
3月	53995.12	28701.0	576.3	115
4月	59125.81	20456.1	952.9	191
5月	63414.21	11450.5	1366.5	273
6月	67510.73	0.0	1865.6	373
7月	57125.10	0.0	1578.6	316
8月	49208.48	0.0	1359.8	272
9月	53586.20	1376.5	1434.4	287
10月	64113.14	19258.1	1132.7	227
11月	55560.53	28877.9	567.2	113
12月	54121.59	35482.8	489.4	98
合计	668384.24	220505.40	11905.1	2381

集热场逐月供热与发电热量分配



12月~2月，汽轮机满负荷发电等效利用小时低（以50MW计算），日均利用小时平均2~3h。建议供暖型光热电站汽轮机装机容量不超过100MW。

3.2 系统配置的差异

4) 储热容量的差异

➤ 冬季供暖储热的需要：

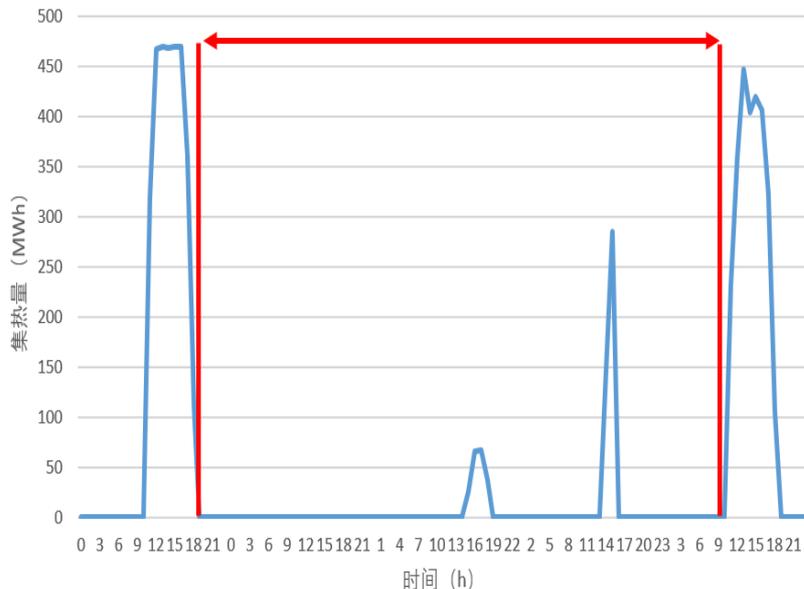
光热热电联产作为民生保障工程，需要能够保障即便在2~3天没有光照的条件下，**满足热负荷需求**。

- 1) 通过仿真计算**近年8760h集热量、供热热量、夜间发电所需热量（若有）**。
- 2) 选取**最大热力缺口**为储热容量。
- 3) 用拟定的镜场面积模拟计算集热量是否满足储热量要求。

➤ 夏季减少弃电的需要：

夏季白天一定程度存在弃光/弃电的现象，大储热容量有利于电站夜间持续发电。

热力缺口仿真计算示例（2020.11.29-2020.12.3）



储热容量 > 2600MWh, 折算成50MW
光热电站等效发电储热时长为 **20h**。

3.2 系统配置的差异

5) 辅助热源的差异

若项目对供暖稳定性要求较高，还应考虑其他辅助备用热源：

- 燃气/燃油锅炉补热
- 光伏-熔盐电加热补热
- 电热水锅炉

.....



3.2 系统配置的差异

6) 光伏系统容量配比的差异

满足**供暖季相同集热量要求**的前提下，可以灵活配比各系统容量：

- 集热岛镜场面积
- 光伏发电系统
- 熔盐电加热器系统

配比依据：

- 当地典型年8760h光伏出力特性曲线
- 供暖面积对应的热负荷
- 当地典型年8760h气象数据
- 熔盐电加热器系统效率

各月发电等效利用小时计算表

月份	光伏发电储热量(MWht)	供暖季供暖量(MWht)	供暖后热量盈余(MWht)
1月	46057.0	40755.1	5301.9
2月	34764.3	34147.4	616.9
3月	42478.5	28701	13777.5
4月	37344.2	20456.1	16888.1
5月	36327.6	11450.5	24877.1
6月	37937.4	0	37937.4
7月	28894.4	0	28894.4
8月	30479.3	0	30479.3
9月	31371.3	1376.5	29994.8
10月	38706.7	19258.1	19448.6
11月	43735.0	28877.9	14857.1
12月	45876.2	35482.8	10393.4
合计	453972.1	220505.4	233466.7

55.7万m²
镜场面积



220MW光伏发电
+ 165MW熔盐电加热器



四、总结与建议

4 总结与建议

因地制宜，创新供暖模式

- 供暖需求+政策导向
- 以热负荷、供暖保证率为目标配置光热系统和设备

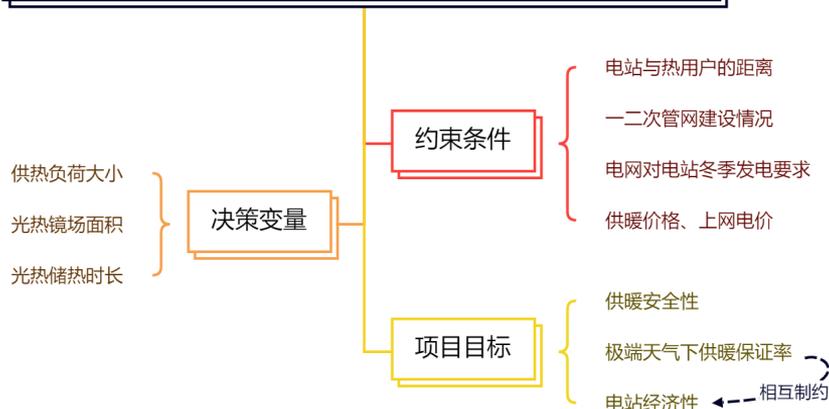
提前谋划，落实项目边界

- 提前了解当地供暖规划
- 深度契合“投建营”一体化精神
- 落实项目边界条件

灵活配比，实现多方共赢

- 光热发电单独承担供暖功能
- 光热+光伏共同承担供暖能力
- 光热-光伏容量灵活配比：更好的经济性+更低的供暖价格+更多的配套设施（一二次管网、末端设备等）

以供暖为需求的光热电站技术路线





中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
ZHONGNAN ENGINEERING CORPORATION LIMITED

秉责 创新 卓越

感谢倾听

欢迎批评指正！

www.msdi.cn