## **榆林科创新城**绿色统测算

## 概述

榆林科创新城位于陕西省榆林市（北纬=38.00°，东经=110.00°），主要性质为工业园区，占地总面积为26400m2，地上面积14365m2，地下面积14365m2，最高高度为22.9m，地上4层，地下1层，园区主要功能为实现煤炭生产，寒冷地区属于寒冷地区。具体地点为西临怀远六路。（园区名称）结合了场地自然条件和园区功能需求，以及平面布局、空间尺度、围护结构等方面进行了节能设计。

榆林科创新城所在的榆林市是中国日照高值区之一，地处陕西省，日照时间最长，年平均日照时数2593.5～2914.4小时，东北部最高，南部最低。一年之中5～8月日照较多，12～翌年2月份较少。平均日照百分率59～66%，榆林市差异较小，一年中以降冬（12～翌年1月）最大，春夏逐月缓慢减少到夏末秋初（7～9月）最小，中秋到冬迅速增长。气温四季明显，春温大于秋温，春季升温快而不稳定，秋季降温迅速，冬季受北方冷气团控制，气压高、天气晴朗，多高云，冬季平均气温-7.8～4.1℃，气温变化梯度大，梯度方向东南～西北。10月下旬至翌年4月上旬为大地封冻期，一般年份冻土深度1～1.2米，入春以后，气温明显回升，平均日增温0.2℃左右。

本测算报告报告主要为榆林科创新城项目能源站概要设计提供初步分析，同时提供全年光照强度、全年电-热-冷负荷、核心设备配置参数以及并网和离网模式下的经济及碳排分析。

## 测算依据

本榆林科创新城测算研究报告主要依据以下文件编制：

1. 《国家“十四五”规划纲要》
2. 国家和地方的有关标准、规范和规定

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB55015-2021）

《工业建筑节能设计统一标准》（GB51245-2017）

《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）

《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）

《民用建筑供暖通风与空调调节设计规范》（GB50736-2012）

《锅炉房设计规范》（GB50041-2015）

《加氢站技术规范》（GB50516-2010）

《氢气使用安全技术规程》（GB4962-2008）

《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB50058-92)  
 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》（GB50032-2003）

《供配电系统设计规范》（GB50052-2009）

《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）  
 《工业企业照明设计标准》（GB50034-92）

《电力工程电缆设计规范》（GB50217-2017）

《绿色建筑评价标准》（GB/T50378-2019）

《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

《综合能耗计算通则》（GB/T2589-2020）

《智能建筑设计标准》（GB50314-2015）

《用能单位能源计量器具配备与管理通则》（GB17167-2006）

《民用建筑热工设计规范》（GB50176-2016）

《建筑施工组织设计规范》（GB\T50502-2009）

《市政工程施工组织设计规范》（GB\T50903-2013）

《民用建筑电气设计规范》（JGJ16-2008）

《科研建筑设计规范》（JGJ91-2019）

《建设项目经济评价方法与参数》（第三版）

其他国家标准和现行设计、施工规范及其他的有关法令、条例、法规、指南、规程，以及建筑所在省市节能条例等。

1. 榆林科创新城管委会提供的基础资料

《榆林科创新城建设规范》、《陕西省建筑碳排放核酸标准》

## 供应容量和需求测算

## 供能范围

根据调研结果，榆林科创新城项目建设用地面积93347.47m2，总建筑面积20.6万m2，地上建筑面积14万m2，其中住宅5.6万m2，办公4.9万m2，酒店及运动员餐厅2.1万m2，健身中心0.5万m2，配套0.9万m2。

本报告的测算范围以供能范围为基础，包括榆林科创新城冷、热、电等。建筑设计包含为榆林科创新城供能的所有专业设计以及预留设备用房建筑设计，具体工程内容包括能源中心工艺、给排水、强弱电、换热井以及换热井至能源中心的室外管网。

## 气象参数

**3.2.1****榆林科创新城区位**

榆林科创新城位于陕西省榆林市榆阳区科创新城，南邻奥体路，西邻怀远五路，东邻怀远四路。榆林市年平均气温为28℃，极端最高气温为36℃，极端最低气温为-10℃。榆林市是中国日照高值区之一，地处陕西省，日照时间最长，年平均日照时数2593.5～2914.4小时，东北部最高，南部最低。一年之中5～8月日照较多，12～翌年2月份较少。平均日照百分率59～66%，榆林市差异较小，一年中以降冬（12～翌年1月）最大，春夏逐月缓慢减少到夏末秋初（7～9月）最小，中秋到冬迅速增长。气温四季明显，春温大于秋温，春季升温快而不稳定，秋季降温迅速，冬季受北方冷气团控制，气压高、天气晴朗，多高云，冬季平均气温-7.8～4.1℃，气温变化梯度大，梯度方向东南～西北。10月下旬至翌年4月上旬为大地封冻期，一般年份冻土深度1～1.2米，入春以后，气温明显回升，平均日增温0.2℃左右。在《民用建筑热工设计规范》中，将我国划分为五个热工设计寒冷地区，榆林市属于寒冷地区。



**图1中国建筑热工设计分区图**

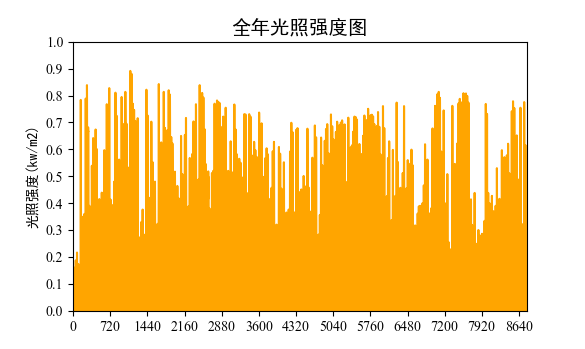
本榆林科创新城项目测算的空调及供暖室外计算参数按榆林地区的参数进行选取，室外空气计算参数如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 地理位置： | 北纬38°14′，东经109°42′ |
| 冬季大气压力： | 90.22kPa |
| 夏季大气压力： | 88.99kPa |
| 冬季室外采暖计算温度： | -15.1℃ |
| 冬季空气调节室外计算相对湿度： | 0.55 |
| 冬季空气调节室外计算温度： | -19.3℃ |
| 夏季空调室外计算干球温度： | 32.2℃ |
| 夏季空调室外计算湿球温度： | 21.5℃ |
| 冬季通风室外平均风速： | 1.7m/s |
| 夏季通风室外平均风速： | 2.3m/s |

以上参数摘自《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012中榆林市地区的气象参数。

**3.2.2榆林科创新城光伏资源禀赋情况**

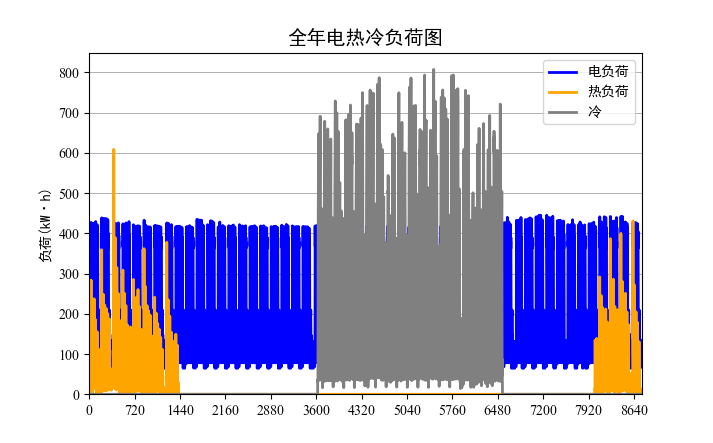
榆林地区夏季太阳总辐射最大，冬季最小，春、秋两季介于其间。春、夏、秋３季是太阳能利用的最佳季节。榆林地区太阳能资源总储量可达6.13×1013kW·h，太阳能资源可利用量可达1226kW·h。榆林地区年太阳总辐射量介于4970～5163MJ/m2，最高值区在长城沿线。榆林地区太阳能资源十分稳定，在不考虑成本、技术可行性的前提下，榆林地区太阳能资源具有较高的潜在利用价值。测算中所使用的光照数据如图2所示，根据榆林市全年光照情况进行预测。



**图2榆林市全年光照强度**

## 3.3榆林科创新城负荷特性分析

区域能源的负荷特性分析及需求分析预测是区域能源规划的先决条件，只有在充分掌握区域内全年的各类能源需求，才能为能源规划和系统冷热源方案的设计选择提供基础数据。根据榆林市的气候条件和项目的建筑特性，该项目每年采暖期5个月（11月1日～次年3月31日），制冷期3个月（6月15日～9月15日）。依据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》国标进行测算，根据项目现有资料，各单体建筑围护结构热工参数取值均满足国家《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）的要求，通过商业能耗模拟软件对榆林科创新城进行了能耗模拟。根据能源中心供能情况，对全年的用电负荷进行分析，分析结果见下图。



**图3榆林科创新城全年电-热-冷负荷图**

如图3所示，为全年的电-热-冷需求呈规律性变化的趋势，其中：

电负荷峰值为445.15kwh，热负荷峰值为608.74kwh，冷负荷峰值为807.64kwh。

全年电负荷共1695913.39kwh，热负荷共91262.69kwh，冷负荷共832082.47kwh。

## 3.4榆林科创新城资源及外部条件分析

**3.4.1电力资源**

随着榆林市的快速发展，电力资源紧张的问题将会日益突出。空调负荷的逐时分布特征，导致电力系统中，空调系统所用电力的份额越大，电力系统年负荷率就越低，季节峰谷比就越大。这意味着：电力系统的效率降低、能耗增加、利用率低下。当有其他替代能源且技术与经济合理时，应适度降低空调冷、热源对电力的依赖。

本测算项目采用榆林市峰谷电价，榆林科创新城的用电分类为一般工商业及其他用电，不满1千伏时高峰为0.9146，平谷为0.6164，低谷为0.3182；1-10千伏时高峰为0.8846，平谷为0.5964，低谷为0.3082；35千伏以上时高峰为0.8546，平谷为0.5764，低谷为0.2982。

**3.4.2氢能资源**

氢能被广泛视为21世纪终极常规清洁能源，具有零污染物排放、零碳排放、水-水可再生循环等特点。近年来，氢能制备和储运技术的快速发展，为氢能在能源供需系统的广泛应用奠定了基础。氢能与可再生能源、传统能源系统的有效结合，已成为当前能源系统节能优化和清洁化的重要前沿技术之一。在未来能源转型升级的过程中，氢能将扮演重要角色。氢能的引入可以促进大规模、高效的可再生能源整合。氢气可以通过电解水产生，从而消纳风电、光伏等可再生能源发电的不确定性；氢能还可以作为长期无碳的季节性储存介质，它可以根据供给需求灵活地储存可再生能源，并起到平衡供求关系的作用，这使氢能成为了能源转型的一个重要基石。根据世界能源理事会、国际可再生能源署等机构的定义，氢气目前的来源主要有三种，分别被为灰氢（由化石能源制得的氢气，氢气产生的过程中产生了碳排放）、蓝氢（由灰氢结合碳捕捉、封存和利用技术制得）和绿氢（由可再生电力电解制取的氢气，没有碳排放）。  
 根据榆林市统计年鉴的数据，再经过调研，目前榆林市的各个产业（通兰炭、甲醇、烧碱、合成氨和新能源）具有十分可观的制氢潜力，总制氢潜力达到118.3万吨，制氢潜力企业主要集中在神木县和府谷县。灰氢的来源主要是煤化工企业在化学过程中作为下游原料制备的氢气和副产品氢，其中兰炭尾气中的副产氢占据了总产业制氢潜力的一半，碳排放最为严重。甲醇产业是灰氢的第二大来源。绿氢的主要来源则是现有新能源电力电解水的制氢潜力，目前约占据总体的19%。

陕西省“十四五”规划中也对氢能产业指出明确规划：“立足氢能资源优势，聚焦产业链关键环节，引进国内外氢能先进装备企业，加快形成氢能储运、加注及燃料电池等产业链”。因此，榆林市的当务之急应当是在扩大可再生电力制氢规模的同时，积极拓展氢能利用途径，丰富氢能使用场景，发展氢能市场，建立以氢能为核心的产业链集群。一方面通过氢能解决排放问题，实现“碳达峰”、“碳中和”目标，另一方面，通过发展氢能经济带动周边产业，实现榆林市氢能相关产业链的绿色升级，将榆林打造成为能源革命创新示范区，为构建国家清洁低碳、安全高效的能源体系提供先行示范。

**3.4.3地热资源**

地热资源属新能源，价廉、方便且无污染，可广泛应用于化工、纺织工业、居民区供热及温室栽培。高温热水中的氟、硅酸、碘、硼酸等含量均达到或超过医疗矿水含量，对多种疾病具有良好的理疗效果，有较高医疗价值。  
 根据中国建科院《中国地源热泵应用适宜性评价》结果显示：  
 寒冷气候区：适宜区－各项指标均适宜；

夏热冬冷气候区：一般适宜区－吸排热量不平衡率偏高、且与当地常规系统比经济性差。  
 榆林市属于寒冷地区，采用单一式土壤源热泵系统或者与其他冷热源相结合复合式系统均为适宜区。

## 3.5设备参数

本小节以电、热、冷、生活热水需求数据为基础，将其作为输入得到系统硬件设备容量规划结果，所使用的核心设备及参数如表1所示。

**表1榆林科创新城核心设备参数表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备名称** | **参数名称** | **参数值** | **单位** | **设备名称** | **参数名称** | **参数值** | **单位** |
| **氢压机参数** | COP | 1.399 | kWh/kg | **地源热泵参数** | 制热COP | 4 |  |
| 投资单价 | 1000 | 元/kWh | 制冷COP | 4000 |  |
| 使用年限 | 10 | 年 | 投资成本 | 15 | 元/kW |
| **燃料电池** | 电堆产电COP | 15 | kWh/kg | 使用年限 |  | 年 |
| 电堆产热COP | 16.6 | kWh/kg | **浅层地热井** | 最大规划个数 |  | 个 |
| 热交换器效率 | 0.95 |  | （地热井深度200m,一个地热井换热功率5kW，投资成本3万元/个） | 30 |  |
| 投资成本 | 分段线性 |  | 使用年限 | 21 | 年 |
| 使用年限 | 10 | 年 | **冷水罐参数** | 储水温度上限 | 4 | ℃ |
| **热水罐参数** | 热水罐储水温度上限 | 82 | ℃ | 储水温度下限 | 500 | ℃ |
| 热水罐储水温度下限 | 45 | ℃ | 投资成本 | 15 | 元/kW |
| 投资成本 | 500 | 元/kg | 使用年限 | 3000 | 年 |
| 使用年限 | 20 | 年 | **储氢罐** | 投资成本 | 15 | 元/kW |
| **电锅炉参数** | COP | 0.9 |  | 使用年限 |  | 年 |
| 投资成本 | 1000 | 元/kW | 储氢罐规划容量上限 | 分段线性 | kg |
| 使用年限 | 20 | 年 | **空气源热泵参数** | 制热COP | 10 |  |
| **电解槽** | 投资成本/使用年限 | 3 |  | 制冷COP |  |  |
| 使用年限 | 4 | 年 | 投资成本 | 1000 | 元/kW |
| 容量上限 | 3000 | kW | 使用年限 | 20 | 年 |
| **光伏板** | 投资成本 | 15 | 元/m2 | **太阳能集热器** | 投资成本 | 800 | 元/m2 |
| 使用年限 | 3.54 | 年 | 使用年限 | 15 | 年 |

本系统中通过对氢、光、电、热的多种能源的有效整合，利用多能供需协同规划与运行优化方法，最大化可再生能源利用效率，最小化二氧化碳以及污染物排放，显著降低系统投资成本以及运行成本，使园区的供能系统绿色、经济、环保、高效。系统中太阳能中温高效集热器和光伏发电系统为系统提供清洁的热能和电能，电解槽将未及时利用的清洁电能存储于储氢罐中；氢燃料电池、储氢罐与储冷/热水罐的协同运行为系统需求侧供应电、热、冷等多种能源，电热联供效率可高达90%以上且供能全程零碳排放；同时，系统中储能与其他设备间的协调配合可以有效缓解负荷高峰时段的供能压力，重塑建筑负荷曲线，大幅减少供能设备的额定容量，降低系统投资成本与运行成本。

## 并网模式投资规划方案测算结果

规划模型以最小化年度系统支出为目标函数，年度系统支出包括投资成本(CAPEX)和运营费用，其中投资成本包括地热井、燃料电池、地源热泵、空气源热泵、电热锅炉、电解槽、储氢罐、储热罐、冷水罐、光伏板、太阳能集热器和氢压机的投资成本；榆林科创新城卖电许可额外电量上网，氢气价格设置为30元/kg，运营费用包括买电、买氢的成本，以及卖电收益产生的抵扣。

通过计算、对比与分析，本次测算所提供的的投资规划方案如下表所示，通过系统的容量规划，可得到系统设备投资总成本为662956.54元。

**表2（a）榆林科创新城****并网核心设备配置**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数名称** | **参数值** | **单位** |
| **1** | 地热井数目 |  | 个 |
| **2** | 燃料电池容量 | 173.26 | kw |
| **3** | 地源热泵功率 |  | kw |
| **4** | 空气源热泵功率 | 123.55 | kw |
| **5** | 电热锅炉功率 |  | kw |
| **6** | 电解槽功率 | 120.59 | kw |
| **7** | 储氢罐容量 | 22.19 | kg |
| **8** | 储热罐容量 | 30238.91 | kg |
| **9** | 冷水罐容量 | 412884.69 | kg |
| **10** | 光伏板面积 |  | m2 |
| **11** | 集热器面积 |  | m2 |
| **12** | 氢压机功率 | 3.88 | kw |

随后，以传统系统（电网供电-集中供暖）作为对照，分析系统的经济效益。由于系统主要通过氢能驱动，氢气的成本价格会直接影响系统的运行成本。本测算中考虑多种氢气价格来计算其对应的经济效益。

**表2（b）榆林科创新城并网经济及碳排分析**

|  |  |
| --- | --- |
| **分析指标** | **测算结果** |
| 投资/万元 | 662956.54 |
| 年化运行成本/万元 | 1353917.79 |
| 运行成本节约比例 | 0.0975 |
| 投资回报年限/年 | 0.05 |
| 年碳排量/t | 1264444.03 |
| 减排比例 | -0.0799 |

通过分析可得本系统碳排放量上表所示。其中，年化碳减排量为-93527.7512吨，相当于每平方米每年减排-0.72吨。

## 离网模式投资规划方案测算结果

规划模型以最小化年度系统支出为目标函数，年度系统支出包括投资成本(CAPEX)和运营费用，其中投资成本包括地热井、燃料电池、地源热泵、空气源热泵、电热锅炉、电解槽、储氢罐、储热罐、冷水罐、光伏板、太阳能集热器和氢压机的投资成本；运营费用包括买氢的成本。同时，氢气价格设置为（氢气价格）元/kg。

通过计算、对比与分析，本次测算所提供的的离网状态下核心设备投资规划方案如下表所示，通过系统的容量规划，可得到系统硬件设备投资成本为14324185.67元。

**表3（a）榆林科创新城离网核心设备配置**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **参数名称** | **参数值** | **单位** |
| **1** | 地热井数目 |  | 个 |
| **2** | 燃料电池容量 | 418.74 | kw |
| **3** | 地源热泵功率 |  | kw |
| **4** | 空气源热泵功率 | 232.93 | kw |
| **5** | 电热锅炉功率 |  | kw |
| **6** | 电解槽功率 | 929.07 | kw |
| **7** | 储氢罐容量 | 129.23 | kg |
| **8** | 储热罐容量 | 22520.33 | kg |
| **9** | 冷水罐容量 | 888764.38 | kg |
| **10** | 光伏板面积 | 6375.49 | m2 |
| **11** | 集热器面积 |  | m2 |
| **12** | 氢压机功率 | 29.89 | kw |

随后，以传统系统（电网供电-集中供暖）作为对照，分析系统的经济效益。由于系统主要通过氢能驱动，氢气的成本价格会直接影响系统的运行成本。本测算中考虑多种氢气价格来计算其对应的经济效益。

**表3（b）榆林科创新城离网经济及碳排分析**

|  |  |
| --- | --- |
| **分析指标** | **测算结果** |
| 投资/万元 | 14324185.67 |
| 年化运行成本/万元 | 1746128.34 |
| 运行成本节约比例 | -0.1640 |
| 投资回报年限/年 | 1.22 |
| 总碳排/t | 101636.92 |
| 减排比例 | 0.9132 |

通过分析可得本系统碳排放量上表所示。由于离网运行模式下，系统仅通过消耗氢能及可再生能源供给电、热、冷、生活热水需求，从而实现了零碳排放，其减排率为100%，年化碳减排量为1069279.3551吨，相当于每平方米每年减排8.23吨。

## 结论及建议

**6.1结论**

拟建新建能源系统的服务对象位于榆林市科创新城，东侧紧邻怀远五路和体育中心，距离运动员村约500米，项目总用地面积为8226㎡，场地内高差较大，西高东低，地质为较为松软的风沙草滩区。供能范围为榆林运动员村项目，其中一期供能范围为运动员村DK1-13#酒店及运动员餐厅、DK2-17#科研孵化器以及DK2-18#市民健身中心，供能范围总建筑面积4.2万m2。预留供能面积约40万㎡，包括榆林大学商业中心、公共服务中心、学术交流中心、专家工作站、学生公寓等多种类型建筑用能单位。

本测算报告分析得到能源中心用能方案为：氢燃料电池热电联供+地源热泵供冷、供热+电制冷蓄能系统+电锅炉蓄能系统+光伏发电的多能互补的能源供应方案，夏季由地源热泵搭配冷却塔、电制冷机进行联合供冷，再与蓄冷系统进行混合，最终向管网供应约7℃的低温水。冬季采暖以氢燃料电池余热、地源热泵为主、电锅炉配合蓄热进行联合供热。采用地区政府补贴上网电价以及政策补贴。

综合经济、碳排等技术分析结果，并网模式下投资汇报年限为0.05年，减排率为-0.0799；离网模式下投资回报年限为1.22年，减排率为0.9132。该能源方案具有运行费用低，供冷、供暖成本低、低碳环保等优势，建议该方案作为榆林科创新城零碳分布式智慧能源中心示范项目的用能实施方案。

**6.2建议**

（1）建议加快项目实施进度，尽早落实项目建设的各项边界条件，实现新能源综合供能工程与榆林科创新城主体建筑同步投产。  
 （2）本项目符合国家调整能源产业结构的要求，属国家鼓励发展的产业，建议申报陕西省乃至国家级示范工程项目。