

# Feasibility Analysis of Intelligent Photovoltaic Power Generation System in Cement Plant

Haiyan Zhang

Xinjiang Kuqa Qingsong Cement Co., Ltd., Aksu, Xinjiang, 842000, China

## Abstract

The cement industry produces a large amount of carbon emissions every year. The main reasons for the emissions are the decomposition of carbonate in the production process, the carbon emissions of heating fuel, and the consumption of electricity. In order to reduce the carbon emissions of the cement plant and realize the green transformation and development of the cement industry, the paper takes the Qingsong Cement Plant of Kuqa County, Aksu Region, Xinjiang Uygur Autonomous Region as a case to analyze the feasibility of the application of intelligent photovoltaic power generation technology in the cement plant. The results show that under the optimistic scenario, the average annual photovoltaic power generation of Qingsong Cement plant is  $1.30 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ . Annual can save 384.47t standard coal, reduce  $\text{CO}_2$  emissions about 1085.95t, reduce  $\text{SO}_2$  emissions about 9.29t,  $\text{NO}_x$  1.91t, dust 136.22t, ash 161.94t. The research can provide technical reference for the application of photovoltaic power generation system in cement industry.

## Keywords

carbon dioxide emission; cement industry; intelligent photovoltaic power generation; feasibility analysis

# 水泥厂智能光伏发电系统可行性分析研究

张海岩

新疆库车青松水泥有限责任公司, 中国·新疆阿克苏 842000

## 摘要

水泥行业每年会产生大量的碳排放,产生排放的主要原因是生产过程中碳酸盐的分解、加热燃料的碳排放、电力的消耗等。为降低水泥厂碳排放量,实现水泥行业绿色转型发展,论文以中国新疆维吾尔自治区阿克苏地区库车县青松水泥厂为例,对在水泥厂应用智能光伏发电技术进行可行性分析。研究表明,在乐观场景情况下,青松水泥厂光伏年均发电量为  $1.30 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ,相当于每年可节约标煤384.47t、减少 $\text{CO}_2$ 排放量约1085.95t、减少 $\text{SO}_2$ 排放量约9.29t、 $\text{NO}_x$  1.91t、粉尘136.22t、灰渣161.94t。该研究可为光伏发电系统在水泥行业的应用提供技术参考。

## 关键词

二氧化碳排放;水泥行业;智能光伏发电;可行性分析

## 1 引言

随着社会与经济的不断发展,当今时间,也出现了气候、环境、健康、资源等问题,这些问题都直接影响着人类的生存与发展。习近平主席在第75届联合国大会一般性辩论会上,宣布中国“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”<sup>[1]</sup>。能源是经济发展和社会发展的物质基础,加快绿色低碳转型是世界能源发展大势所趋。

水泥行业是中国基础设施建设体系重要的组成,也是主要的能源资源消耗和污染物排放行业之一,水泥行业能源消耗总量约占全国能源消耗总量的5%~8%,颗粒物排放量约占工业排放总量的30%左右<sup>[2]</sup>。水泥行业长期以来对化石能源

存在过度消耗和依赖,亟需开展水泥行业原始创新工作。

太阳能是一种清洁、可再生能源,光伏发电实现了直接将太阳能转化为电能,既不释放污染物,也不产生温室气体,破坏大气环境。利用水泥厂车间现有的屋顶布置分布式光伏发电系统,既可以节约建设光伏电站需要的大面积土地,还可以减少火电发电过程中产生的二氧化碳、二氧化硫等大气污染物,非常具有开发价值。

为加快发展科技创新技术,考虑在水泥行业大力推广应用先进可再生能源应用技术,推行清洁生产,发展循环经济,努力构建资源节约与环境友好型水泥行业,促进水泥行业朝着低碳和可持续方向发展将成为必然趋势。

## 2 智能光伏发电系统

智能光伏发电系统通常由光伏组件、光伏控制器、光伏逆变器、储能电池组、智能能量管理平台等组成。系统中将光伏组件平铺于水泥厂车间屋顶上,合理布置形成光伏阵列,

【作者简介】张海岩(1973-),男,助理工程师,从事生产技术、质量控制、实验与研究。

将光伏组件进行合理串并联后，接入防雷汇流箱，后接至配电房直流配电柜。由智能能量管理系统负荷电力调和和调配，系统采用“自发自用，余电存储”原则，并保留与公共电网接入的切换开关。水泥厂智能光伏发电系统如图1所示。

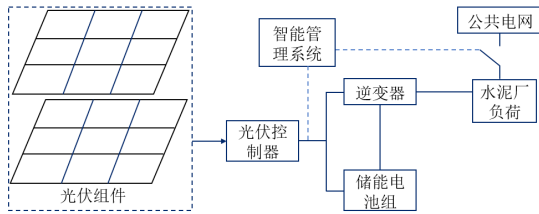


图1 水泥厂智能光伏发电系统图

智能光伏发电能量管理系统的主要作用是维持系统的稳定运行。其是一种计算机系统，包括提供基本支持服务的软件平台，以及提供使微电网内发电、配电、用电设备有效运行所需功能的一套应用软件，是微电网监控系统核心，担负着系统电源管理、负荷管理以及统计分析、评估等功能。系统基本功能包括数据信息采集和处理、数据库管理、人机界面、设备控制等。系统应用功能包括分布式电源的运行分析与展示、微网运行效益分析、有功功率整体优化控制、无功电压整体优化控制、电能质量优化控制等。

### 3 青松水泥厂气象数据

水泥工业为用电大户，水泥工厂区域内通常拥有居民、小型工商业等区域性用电设施，因此考虑在工厂办公楼、宿舍楼等建筑物屋顶区域布设新能源光伏发电设备，构建工厂区域新能源微电网。论文以青松水泥厂为案例进行分析研究。

青松水泥厂所在位置：经度为  $82^{\circ} 55.222'$ ，纬度为  $41^{\circ} 46.182'$ ，海拔高度为 1094m。总建筑面积约为  $400526\text{m}^2$ （600 亩）。该区域属于暖温带大陆性干旱气候，夏季长、热和大部分晴天；冬季冰冻和部分多云；全年干燥。在一年中，气温通常在  $-9^{\circ}\text{C}\sim 34^{\circ}\text{C}$ ，极少低于  $-12^{\circ}\text{C}$  或高于  $38^{\circ}\text{C}$ 。且企业所在位置，周围没有山体遮挡，全年光照资源丰富，具有良好的光伏发电潜力。该水泥厂的月平均辐射数据和气温数据如图2所示，全年平均温度为  $10.19^{\circ}\text{C}$ ，平

均辐照强度为  $4.45\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2/\text{day}$ 。

由 Meteonorm 可知，该水泥厂年太阳总辐射量为  $1369\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ （折合  $4928\text{MJ}/\text{m}^2$ ），详见表1。根据 GB/T31155—2014《太阳能资源等级总辐射》，本水泥厂太阳能资源等级属“丰富”（C）<sup>[3]</sup>。

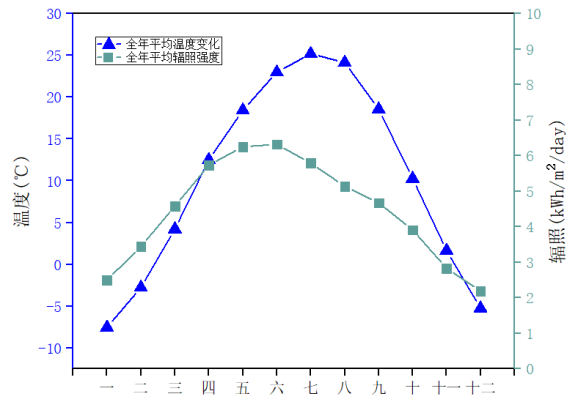


图2 月平均辐射数据和气温数据图

表1 Meteonorm 获取的水泥厂区域的气象数据

月份	水平面总辐射 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$	水平面散辐射 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$	风速 m/s
1	55	25	1.4
2	71	38	1.7
3	107	58	2
4	145	75	2.3
5	175	91	2.3
6	172	91	2.2
7	176	87	2.1
8	151	89	2
9	126	66	1.8
10	88	53	1.6
11	58	32	1.5
12	46	25	1.3
年总量	1369	731	1.8

### 4 青松水泥厂光伏布设可用区域评估

考虑厂区光伏布设的可利用区域（建筑物屋顶区域），对其进行可行性分析，将厂区所有可用区域分为两个等级：乐观场景、一般场景。水泥厂光伏可布设区域如图3所示。光伏布设的可利用区域详见表2。



图3 水泥厂光伏可布设区域示意图

表 2 光伏布置的可利用区域

可用区域划分场景 (等级)	可用面积 (m <sup>2</sup> )
乐观场景 (区域一、二、三)	3256+6833+6871=16960
一般场景 (区域一、二)	3256+6833=10089

## 5 青松水泥厂光伏发电系统社会效益分析

青松水泥厂所在区域日照小时数为 1369.9h, 由于给出的电池板平铺在大棚顶部, 按 80% 效率计算, 考虑年峰值日照小时数为 1369.9h, 每日的峰值日照小时数为 3.75h。

$$\text{年理论发电量} = \text{峰值日照小时数} \times \text{电站总规模} \times \text{系统的总效率}$$

在太阳能经由光电设备转换为电能总输出效率为 80% 的假设前提下, 青松水泥厂在乐观场景下的太阳能可装机容量约为  $1.187 \times 10^3 \text{ kW}$ , 年均发电量约为  $1.30 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ; 一般场景下的太阳能可装机容量约为  $0.706 \times 10^3 \text{ kW}$ , 年均发电量约为  $0.774 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 太阳能开发潜力也巨大。由此可见, 青松水泥厂利用自身基础设施开展清洁能源的开发利用潜力巨大, 前景广阔。

光伏系统按 25 年运营期考虑, 随着运营年限的增加, 由于站内元器件设备老化导致系统效率降低, 损耗加大, 最终致使电站发电量减少, 本阶段根据设备厂家调研成果, 综合分析后按光伏发电系统 25 年运行期内的电能输出衰减幅度为每年损耗 0.8% 考虑。乐观场景情况下, 光伏发电系统 25 年理论发电量为  $3252.5 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 年均发电量为  $1.30 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ; 一般场景情况下, 光伏发电系

统 25 年理论发电量为  $1934.75 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 年均发电量为  $0.774 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。水泥光伏发电减碳情况详见表 3。

乐观场景情况下, 青松水泥厂光伏发电量, 与相同发电量的火电相比, 相当于每年可节约标煤 384.47t, 相应每年可减少多种大气污染物的排放, 其中减少 CO<sub>2</sub> 排放量约 1085.95t、减少 SO<sub>2</sub> 排放量约 9.29t、NO<sub>x</sub> 1.91t、粉尘 136.22t、灰渣 161.94t。

一般场景情况下, 青松水泥厂光伏发电量, 与相同发电量的火电相比, 相当于每年可节约标煤 228.71t, 减少 CO<sub>2</sub> 排放量约 646t、减少 SO<sub>2</sub> 排放量约 5.53t、NO<sub>x</sub> 1.14t、粉尘 81.03t、灰渣 96.33t。

由此可见, 综合考虑合理利用水泥厂车间的闲置屋顶, 将其用作光伏可再生能源的布置非常具有开发价值。

## 6 结语

论文研究了水泥行业节能减排措施, 分析了光伏发电技术在水泥行业的可行, 并以青松水泥厂为案例进行了分析研究。从技术上, 太阳能光伏发电系统能够充分利用水泥厂区的自然资源禀赋, 将其转换为电能, 企业可以自发自用, 节省峰值电费。同时, 光伏发电在水泥厂的应用, 能够减少水泥厂对环境的污染, 抑制二氧化碳的排放。以青松水泥厂为研究对象, 青松水泥厂在乐观场景下年均发电量约为  $1.30 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ; 一般场景下年均发电量约为  $0.774 \times 10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。由此可见, 太阳能智能光伏发电系统是建设创新型、清洁型、智慧型绿色水泥厂的极佳解决方案。

表 3 水泥光伏发电减碳情况表

可用区域划分场景	标煤 (t)	CO <sub>2</sub> 排放量 (t)	SO <sub>2</sub> 排放量 (t)	NO <sub>x</sub> (t)	粉尘 (t)	灰渣 (t)
乐观场景	384.47	1085.95	9.29	1.91	136.22	161.94
一般场景	228.71	646	5.53	1.14	81.03	96.33

## 参考文献

- [1] 赵金兰, 闫浩春, 刘韬, 等. 论水泥企业碳中和的路径[J]. 新世纪水泥导报, 2021.
- [2] 邓国平. 水泥厂内分布式光伏发电的创新及应用[J]. 水泥工程, 2019(3):3.
- [3] 2014 GB/T31155—2014 国内-国家标准-国家市场监督管理总局 CN-GB[S].