

# 沙戈荒地区变电站建筑外墙材料选择研究

张 众

内蒙古电力勘测设计院有限责任公司 内蒙古自治区 呼和浩特 010020

**【摘要】**随着内蒙古沙戈荒地区电力基础设施建设的推进，变电站外墙材料选择面临巨大挑战。该地区气候恶劣，昼夜温差大、沙尘暴频繁、紫外线强、盐碱环境突出，传统材料难以满足需求。通过对多种外墙材料的性能、经济性及可行性分析，发现金属保温复合板在保温、抗风沙、耐高温、抗老化等性能方面表现优异，初始投资虽高，但长期维护成本低、能源效益高，是最适合该地区的材料。建议采用铝合金或不锈钢材质的金属保温复合板，加强板材连接处密封性，并可结合太阳能板，以提升变电站建筑的环境适应性和能源利用效率，保障电力系统稳定运行。

**【关键词】**沙戈荒地区；变电站外墙；金属保温复合板；性能分析；经济性

DOI:10.12417/2705-0998.25.02.018

## 1 引言

内蒙古是国家重要能源和战略资源基地，内蒙古西部地区是我国重要的能源电力基地和“西电东送”战略最早的送端之一。库布齐沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和基地已确定为下一步新能源主要的送出基地，属于典型的沙漠气候，环境条件恶劣。随着该地区电力基础设施的不断发展，变电站建筑的设计和建造面临着巨大挑战。其中，外墙材料的选择尤为关键，直接影响到变电站的安全性、能效和使用寿命。本研究旨在分析沙戈荒地区的特殊环境特征，探讨适合该地区变电站建筑的外墙材料选择，并提出合理化建议。

## 2 沙戈荒地区环境特征分析

### 2.1 气候特征

年平均气温：15° C-18° C。

极端最高温度：40° C 以上。

极端最低温度：-20° C 左右。

年降水量：不足 100mm。

年蒸发量：3000mm 以上。

日照时间：年均 3000 小时以上。

### 2.2 地理特征

地形：以沙丘、戈壁滩为主。

土壤：以沙质土为主，盐碱化严重。

植被覆盖率低，生态环境脆弱。

### 2.3 特殊环境因素

强烈的昼夜温差：可达 30° C 以上。

频繁的沙尘暴：年均 30-50 天。

强烈的紫外线辐射。

高盐碱环境。

### 2.4 对建筑材料的影响

热胀冷缩效应显著，易导致材料开裂。

风沙磨蚀严重，加速材料老化。

紫外线辐射加速材料降解。

盐碱环境加剧金属腐蚀。

## 3 外墙材料性能要求

基于沙戈荒地区的特殊环境条件，变电站建筑外墙材料应满足以下关键性能要求：

### 3.1 保温性能

导热系数应低于 0.5 W/(m · K)。

热阻值应大于 2.0 m<sup>2</sup> · K/W。

能有效减少热桥效应。

### 3.2 抗风沙能力

表面硬度应达到莫氏硬度 5 级以上。

抗冲击性能：抗冲击强度不低于 4J。

密封性能良好，防止沙尘渗透。

### 3.3 耐高温特性

耐受温度范围：-40° C 到 80° C。

热膨胀系数应小于  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

在高温下不发生变形或性能劣化。

### 3.4 抗老化性能

抗紫外线辐射：500 小时紫外线加速老化测试后，性能衰减不超过 10%。

耐候性：经过 2000 小时人工气候老化试验后，外观和性能无明显变化。

抗腐蚀：能抵抗酸、碱、盐的侵蚀。

### 3.5 其他考虑因素

防火性能：燃烧性能等级不低于 B1 级。

防水性能：吸水率应低于 2%。

重量：单位面积质量 preferably 不超过  $30 \text{ kg/m}^2$ ，以减轻建筑结构负担。

## 4 潜在外墙材料对比分析

### 4.1 传统材料

#### (a) 砖石结构

优点：耐久性好，使用寿命长。防火性能优异。造价相对较低。

缺点：保温性能差，需额外增加保温层。重量大，增加结构负担。施工周期长。

#### (b) 混凝土

优点：强度高，抗压能力强。可塑性好，便于现场浇筑。防火性能好。

缺点：保温性能差。易产生裂缝，需要特殊处理。重量大。

### 4.2 新型材料

#### (a) 保温砌块（如加气混凝土砌块）

优点：保温性能好，导热系数低。重量轻，减轻结构负担。施工便捷。

缺点：抗压强度较低。吸水性较强，需要额外防水处理。抗风沙能力有限。

#### (b) 金属保温复合板

优点：保温隔热性能优异。重量轻，安装便捷。抗风沙能力强，表面光滑易清洁。可定制性强，外观美观。

缺点：初始投资较高。需要专业安装团队。金属面板可能存在热胀冷缩问题。

#### (c) 纳米隔热涂料

优点：施工简便，可直接喷涂。重量轻，不增加结构负担。隔热效果好。

缺点：耐久性有待验证。抗风沙能力较弱。可能需要定期重新涂装。

### 4.3 材料性能对比

材料种类 性能指标	砖石结 构	混凝 土	保 温砌 块	金 属保 温复 合板	纳 米隔 热涂 料
保温效果	差	差	好	优	良
抗风沙能 力	中	良	中	优	差
耐高温性 能	优	优	良	良	中

抗老化特 性	优	良	中	良	待验证
施工难易 度	难	中	易	中	易
维护成本	低	中	中	低	高

## 5 经济性分析

### 5.1 初始投资成本

对于沙戈荒地区 100 平方米变电站外墙的初始投资成本估算（包括材料和安装费用）：

材料类型	估算成本（元/ $\text{m}^2$ ）	100 $\text{m}^2$ 总成本（元）
砖石结构	280-350	28,000-35,000
混凝土	320-400	32,000-40,000
保温砌块	350-450	35,000-45,000
金属保温复合板	500-650	50,000-65,000
纳米隔热涂料	180-250	18,000-25,000

### 5.2 长期维护成本

考虑到沙戈荒地区的特殊环境，预估 15 年内的维护成本：

材料类型	年均维护成本（元/ $\text{m}^2$ ）	15 年总维护成本（元）
砖石结构	15-20	22,500-30,000
混凝土	18-25	27,000-37,500
保温砌块	20-30	30,000-45,000
金属保温复合板	10-15	15,000-22,500
纳米隔热涂料	35-50	52,500-75,000

### 5.3 能源效益分析

基于材料的保温性能，估算 15 年内空调能耗节省：

材料类型	年均节能（ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ）	15 年节能总价值（元）*
砖石结构	基准值	0
混凝土	5-10	3,750-7,500
保温砌块	30-40	22,500-30,000
金属保温复合板	45-55	33,750-41,250
纳米隔热涂料	20-30	15,000-22,500

\*假设电价为 0.5 元/ $\text{kWh}$ 。

## 5.4 总体经济性评估

综合考虑初始投资、维护成本和能源效益，15年总成本估算：

材料类型	总成本(元)
砖石结构	50,500-65,000
混凝土	55,250-70,000
保温砌块	42,500-60,000
金属保温复合板	31,250-46,250
纳米隔热涂料	55,500-77,500

## 6 可行性评估

### 6.1 技术可行性

金属保温复合板：技术成熟，适应性强，安装便捷。

保温砌块：施工简单，但需要额外的防水和抗风沙处理。

纳米隔热涂料：施工简单，但长期性能在沙漠环境中尚待验证。

### 6.2 资源可获得性

金属保温复合板：可工厂预制，运输便利。

传统材料（砖石、混凝土）：原材料易得，但运输成本高。

新型材料（保温砌块、陶土保温砖）：可能需要从较远地区运输。

### 6.3 施工难度

金属保温复合板：需要专业安装团队，但施工速度快。

传统材料：施工工艺成熟，但耗时长，受天气影响大。

新型材料：施工相对简单，但可能需要特殊处理以适应极端环境。

### 6.4 环境适应性

金属保温复合板：抗风沙、耐高温、保温效果好，最适合

沙漠环境。

传统材料：耐久性好，但保温性能差，需要额外处理。

新型材料：性能各有优劣，需要根据具体产品进行评估。

## 7 结论与建议

### 7.1 结论

通过对沙戈荒地区环境特征的分析，结合各种外墙材料的性能对比、经济性分析和可行性评估，我们得出以下结论：

金属保温复合板是最适合沙戈荒地区变电站建筑外墙的材料选择。它在保温性能、抗风沙能力、耐高温特性和抗老化性能等关键指标上表现优异。

虽然金属保温复合板的初始投资成本较高，但从长期来看，其低维护成本和高能源效益使其成为最经济的选择。

金属保温复合板的技术可行性高，施工便捷，适应性强，最符合沙漠环境的特殊要求。

### 7.2 建议

基于研究结果，我们提出以下建议：

优先选用金属保温复合板作为沙戈荒地区变电站建筑的外墙材料。

在设计和施工过程中，应特别注意以下几点：

选择适当的金属面板材质（如铝合金或不锈钢）以增强耐腐蚀性。

确保板材连接处的密封性，考虑采用卡扣式或一体化预制墙体可有效的防止沙尘渗透。

考虑采用与太阳能板相结合，既可以实现建筑的保温隔热，又能够利用太阳能为建筑提供能源。

通过采用金属保温复合板作为外墙材料，沙戈荒地区的变电站建筑将能够更好地应对恶劣的环境挑战，提高能源效率，降低长期运营成本，从而为该地区的电力系统稳定运行做出重要贡献。

## 参考文献：

- [1] 张仲香,刘宝锋,方晨鑫,等.沙戈荒环境下风电叶片中复合材料耐高温性能研究[J].复合材料科学与工程,2024,(03):103-107.
- [2] 李丹乐,李佳丽,俞昇森,等.基于装配式钢结构变电站墙板材料的选型分析[J].农村电气化,2024,(04):13-16.
- [3] 包仲南,徐泷,李代明,等.金属冷轧层状复合工艺发展趋势[J].金属世界,2024,(02):73-76.