

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 m² · 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 10×10⁻⁶/° 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 kg/m²，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/m ² ）	100m 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/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（kWh/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/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,徐泂,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.