

预制舱式储能装置的舱体防风沙技术措施及技术要点研究

程海锋 崔子嘉 翟轩豪

上海勘测设计研究院有限公司 上海 200335

摘要: 随着目前“双碳”工作不断推进,对电力企业的转型发展提出更进一步的要求。在此背景下,以风电、水电、光伏等新能源供电方式得到了迅猛发展。针对当前西北地区风沙环境下新能源预制舱式储能装置设计了一套高效的防风沙装置,可以满足储能系统在西北地区的使用要求。通过增强集装箱的密封性能、优化其内部装配以及在舱体表面涂上以环氧树脂结合聚氨酯材料为主要介质的涂层材料,提升舱体的击穿强度,促进复合材料储能密度提升,增强涂层材料的韧性。并且结合储能预制舱通风、散热等要求,保障储能系统安全运行,实现西北地区预制舱式储能装置的舱体防风沙性能。

关键词: 预制舱式储能装置; 舱体设计; 防风沙; 西北地区; 环氧树脂聚合物

Study on the technical measures and key points of sand-proof for prefabricated cabin type energy storage device

Haifeng Cheng, Zijia Cui, Xuanhao Zhai

Shanghai Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai, 200335

Abstract: As the “dual carbon” initiatives continue to advance, there are increasing demands for the transformation and development of electricity companies. Against this backdrop, new energy supply methods such as wind power, hydropower, and photovoltaics have experienced rapid growth. This paper addresses the design of an efficient wind and sand protection system for prefabricated containerized energy storage units in the context of the windy and sandy environment in the northwest region. This system is designed to meet the requirements of energy storage systems in the northwest region. The approach involves enhancing the sealing performance of the container, optimizing its internal assembly, and applying a coating material primarily composed of epoxy resin combined with polyurethane on the surface of the container. These measures increase the container's puncture strength, promote the improvement of energy density in composite materials, and enhance the resilience of the coating material. Additionally, considering the ventilation and heat dissipation requirements of energy storage prefabricated containers, this system ensures the safe operation of energy storage systems and achieves wind and sand protection performance for prefabricated containerized energy storage units in the northwest region.

Keywords: Prefabricated Tank Type Energy Storage Device; Cabin Design; Sand-Proof; Northwest China; Epoxy Resin Polymer

由于新能源供电容易受到天气、气候以及地形地貌

影响的特点,发电功率存在间歇性与传统发电能源相比,稳定性较差提供的能源密度小的问题。由此为了保障电能消耗,以及发电频率和供电电压的稳定性,新能源发电站都逐渐开始配备储能系统^[1]。西北地区风力资源、光伏等清洁能源较多,为了形成能源的有效补给,提供可靠、可持续的新能源电能供,一种一体化储能设备预制舱应运而生。而西北地区作为新能源发电的重要阵地,因其地形地貌的原因需要对预制舱舱体进行特殊设计,保障其在西北多风沙地区产能的可靠性、安全性能

作者简介:

- 1.程海锋(1985.06.26-),男,汉,江苏海安,硕士研究生,高级工程师,研究方向:新能源及储能。
- 2.崔子嘉(1995.08.02-),男,汉,山东日照,大学本科,助理工程师,研究方向:新能源电站电气设计。
- 3.翟轩豪(1995.07.28-),男,汉,内蒙古呼和浩特,大学本科,助理工程师,研究方向:光伏系统及电气。

[2]。基于此,文章对西北多风沙地区的预制舱式储能装置的舱体防风沙技术做探讨,以期让预制舱式储能装置在西北地区更好的发挥作文,为当前新能源发电不稳定的孤岛型微电网做持续供电的后盾,促进新能源微电网系统打下坚实的基础。

一、预制舱式储能装置重要概述

预制舱的内部空间和结构,舱体内部由二次设备、空调、照明、消防、安防、图像等设备构成,同时舱内空间还需要满足设备运行和检修人员的工作要求,便于维护人员对舱体内部进行检修[3]。装修材料选用防火防水材料,可在装修材料和舱壁之间添加隔热材料,阻隔阳光照射保障箱体隔热功能。舱内的照明空调可根据需求选择不同的实现方式,为了有效地节约能源,舱内安装工业空调和排风系统,可实时调整舱内的运行环境[4]。由于目前都采用无人值守方式,舱内还需安装安防、图像、图像监控、火灾报警系统,接线布置可根据设备的正常运行适当布置。避免在密闭的空间内集装箱储能系统热管理问题突出,导致集装箱内电子设备在室外阳光辐射以及电子设备自身的热耗散下,箱内温度超过设备和电池允许的工作范围[5]。

目前,变电站可根据需要设置公用设备预制舱式二次组合设备、间隔预制舱式二次组合设备、交直流电源预制舱式二次组合设备、蓄电池预制舱式二次组合设备等。舱体的设计需要注意预集装箱工作的环境,需要考虑集装箱储能系统面临的热管理问题、风沙问题、电池运行管理问题等,结合储能预制舱通风散热的要求,优化整站二次设备模块划分集成。针对各种恶劣环境设计符合环境使用要求的储能装置,如西北地区集装箱需要增强集装箱的密封性能以及内部防风沙设计等,增强集装箱的防沙能力,减少沙尘黏附。

二、西北地区预制舱的应用现状

1. 昼夜温差大,舱内控温难度大

预制舱式储能系统内部的元件集成度高,散热条件不够,在室外太阳热辐射持续照射的情况下,舱内电池等电气设备在运行中会持续散发热量,在密闭的空间内导致舱内温度持续升高[6]。如果舱内温度过高,舱内元器件在持续高温的情况下高温负荷运行,会影响电池存放电的使用性能。并且西北地区海拔和气候的原因,昼夜温差大,造成舱内外温差过大,会影响整个系统的稳定性。

2. 多风沙地区,防风沙工作繁重

西北地区干旱少雨,气候干燥,多风沙等自然灾害

严重,强风、沙埋、风蚀等自然灾害对集装箱储能设备的影响巨大[7]。这些沙尘物质会对集装箱部分造成阻塞和磨蚀,同时与其他物质发生化学反应后引起酸性或是碱性的腐蚀反应,这些物质黏附在舱体表面形成一些绝热性物质,造成预制舱冷却系统的散热功能受到影响。一些固态的导电尘埃积聚在电路中,导致电路运行受阻,严重阻碍了储能预制舱设备正常运行[8]。

三、储能预制舱防风沙设计

针对西北地区储能预制舱运行面临的风沙问题,为避免风沙中的活性粒子影响预制舱的设备运行状态,需要对舱体的通风、散热装置进行优化,同时,对舱体的密闭性、舱体表面涂层材料的防腐性做优化设计。同时在内部做防沙网以及防尘垫等装置,防止沙尘进入预制舱内部,侵蚀预制舱内部的电器件。

1. 地下进风口防尘设计

西北地区的风沙较大,沙尘颗粒小,如果将预制舱舱体的进风口设计在舱壁或是侧面,增加了风沙侵蚀的面积,很容易造成通风口堵塞,造成储能预制舱舱体散热困难。因此,考虑将通风口设计在地底,则可以有效避免通风口被风沙侵袭堵塞的问题。具体的设计如图1所示。

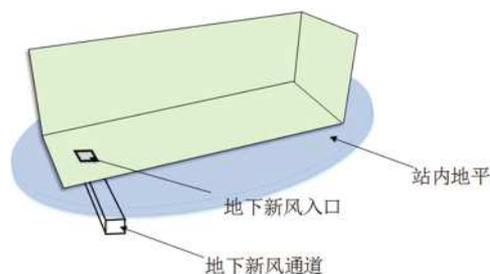


图1 储能预制舱进风口防尘设计示意图

将舱体的进风口设计集装箱的底部,在集装箱底部地板设计夹层,从底部地板设置通风口,并且在通风口安装防沙网,或防尘垫,保障预制舱内空气洁净的同时有效防治沙尘入侵。在地下新风通道内侧设置第一层滤网,在地下新风入口处设置第二层滤网,增强进风口防沙尘的同时保障了预制舱的通风散热功能[9]。

2. 通风口防尘优化

在预制舱中需要通风口结构帮助储能预制舱散热,在通风口处安装防沙网。排气扇等装置,同时在通风口上安装自垂式百叶窗。当通风口的风机在处于工作状态时随着风机启动而打开。当风机处于关闭状态,百叶窗就会受到自身重量的影响自动落下,使预制舱处于完全密封的状态,有效增强舱体的密闭性。通过加强集装箱

的密封性能,防止沙尘进入集装箱内部。同时在集装箱的结构设计中加强抗风沙的能力,如通风口处增强防风沙的初效封口装置,通过该装置优化气流排风端^[10]。除了利用自垂式百叶窗,还需要在排风口处增加间隔排列的若干个挡板(如图2所示),使相邻的挡板之间可以容纳出风的气流,有效防止风沙侵袭,以提高集装箱的耐用性和使用寿命。

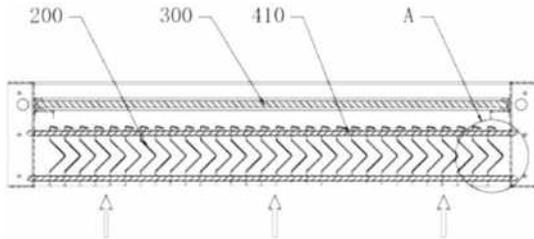


图2 通风口防风沙挡板装置示意图

当挡板的靠近排风口A处的挡板设计以垂直方向呈 $0\sim 45^\circ$,以此可以更好地防止风沙从上而下或是水平方向的风沙进入,从而阻止排气扇打开时,外部的沙尘侵入。通过自垂式百叶窗以及这种初效风口装置给予排风口双重防沙保护。

3. 防风门设计

舱门集装箱密封是防风沙侵蚀的关键设计环节。舱门的设计受到舱体的宽度限制,如果设计单个舱门,其外部密封圈处容易形成粉尘堆积,舱门开合的过程中沙尘容易进入舱内。遇到强风沙天气时,可能会导致预制舱的进风口和出风口沙尘黏附,影响电力设备的运行,导致预制舱内温控失效。通常情况下,预制舱的风扇处于关闭状态只有在舱内电器元件需要维修,工作人员进入舱内时才会打开排气扇。因此,对储能预制舱设计一道防尘门隔断,形成一个沙尘独立缓冲区,防尘门连接预制舱内的设备区域。打开舱体大门之后设置一道防尘门,进入舱门之后打开防尘门才可进入舱内电器元件存放位置,同时在防尘门打开后排气扇气开关自动开启。为防尘门的气道内设置方程设计,门上排气扇上选择IP65滤网,对 $0.3\mu\text{m}$ 粉尘过滤网的过滤效果可达99%,有效防止灰尘通过排气扇进入机舱内。并且在集装箱内部整体加装防沙网、防尘垫等装置,有效防止沙尘侵入集装箱内部,从而保护储能电池。并且,防尘门的隔断区域需要设计好容纳工作人员以及实验器具进入,人员在进入预制舱内隔断缓冲区后先关闭外部舱门才能打开内部防尘门进入,有效避免舱外沙尘进入舱内,影响舱内电池等元件的运行性能。同时在防尘门的门框处设计密封条双重保护,提升舱体的密封性能。

4. 舱体表面涂层防腐性设计

储能预制舱舱体表面多以金属制品为主,在风沙侵蚀的自然环境下会影响预制舱内电器元件的损坏,因此增强舱体表面涂层的防腐性是非常重要的。针对西北地区的沙尘特质设计涂层保护系统,提升集装箱的使用寿命。通过三层涂层系统来满足钢铁产品的防腐涂层系统要求,事先预制舱舱体表面的防腐需求。

(1) 三层涂层系统

舱体表面的涂层系统主要由底涂层、中涂层以及面涂层组成,有效提高预制舱表面的屏蔽防腐效果。底涂层也称为底漆,需要具有良好的结合力,不论是具有一定粗糙程度的金属表面或是洁净的金属表面,都需要良好的结合力,可以为后期涂层提供良好的附着力。需要选择有良好的效果的防腐性能的涂层材料作为底漆;其次是预制舱的中涂层设计,中涂层的主要作用是增强漆膜的厚度,提升底漆涂层的防腐作用,进一步优化屏蔽保护作用;最后是面涂层,性需要选择有几家耐久性和长期复涂性的涂层材料。以三层涂层系统优化预制舱舱体表面的防风沙能力。具体的涂层参数如表1所示。

表1 三层涂层系统参数表

涂层	涂层厚度
底涂层	50um
中涂层	50um~80um
面涂层	50um

(2) 涂层材料设计

针对西北地区风沙自然条件,设计的舱体表面涂层材料的附着力以及防腐性能,环氧涂层材料则满足多风沙气候区的使用要求。并且储能预制舱长期暴露在自然环境下,如果涂层韧性不够,太阳热辐射以及风能侵蚀等会造成其表面涂层开裂剥落,因此选用聚氨酯化学增韧的方法植被环氧涂料,以环氧富锌底漆作为底涂层材料,厚浆环氧漆作为中涂层材料,以聚氨酯作为面涂层材料来提升舱体表面的防风沙腐蚀性能。

将环氧树脂涂层作为储能预制舱的舱体表面涂层材料,其良好的介电性能以及化学稳定性,可以保障其和其他材料混合喷涂的过程中增强涂层材料的粘结性,提升预制舱舱体表面的防腐作用。而风沙环境下,以环氧树脂涂层材料作为预制舱的表面涂层,因为其刚度较强的原因,可能会引起开裂,以韧性较强的特陈材料如聚氨酯、有机硅等材料来增强其耐温差大的性能,避免在过程中造成开裂。

利用聚氨酯化学增韧的技术要点在于分为前阶段的树脂改性以及后阶段的交联混拼。前阶段使用聚氨酯材料对环氧树脂进行改性, 增强其稳定性, 后阶段利用交联混拼在交联固化阶段作为环氧树脂的增韧剂。这种技术的优点是配方设计灵活, 不需要专门的改性树脂来作为涂层材料。在具体的应用过程中, 对环氧树脂、聚氨酯等材料进一步优化后采用喷涂或涂刷的方式上涂层保护, 提升涂层的防腐性以及韧性防止其开裂脱落。

四、结语

综上所述, 储能式预制舱是针对当前新能源供电不稳定而提出的一体式集装箱储能设备, 储能预制舱是新能源储能系统标准化、低成本化的重要设备, 有效提升了储能设备和系统的稳定性。针对西北多风沙地区, 设计进风口、排风口以及防尘门设计, 保障预制舱通风散热性能的同时, 增强防风沙能力。并且利用环氧树脂结

合聚氨酯材料优化后的涂层材料来增强舱体表面的防腐能力, 提升预制舱在西北地区昼夜温差大、多风沙的自然环境下的使用寿命。为当前预制舱式储能装置在西北地区、高海拔地区以及一些偏远地区发挥良好的作用, 为其提供持续、高效的清洁能源。

参考文献:

- [1]张述清, 赵鹏举, 宋政昌, 等. 预制舱式储能装置的舱体设计思路探讨[J]. 西北水电, 2023(2): 96-99.
- [2]汪武远. 储能特种集装箱全设计分析[J]. 科学与财富, 2023(7): 10-12.
- [3]陈文东. 高海拔条件下的储能系统箱体设计[J]. 百科论坛电子杂志, 2020(14): 1270-1271.
- [4]袁铁江, 杨南, 张昱, 等. 基于Surrogate的预装式储能电站布局优化[J]. 高电压技术, 2021, 47(4): 1314-1322.