

[变电站]

预制舱防护设计关键技术

文/常州博瑞电力自动化设备有限公司 刘 亮 李雪城 陆朝阳 吴俊辉 刘广州

预制舱技术是变电站电气设备的重要防护手段，在变电站的应用中，常常会遇到一些恶劣环境条件；为适应这些恶劣环境，预制舱在设计过程中需重点考虑这些环境因素，提前做好相应的防护策略。针对几种典型环境条件，分析其对预制舱产生的影响，提供对应的预制舱防护设计方案，旨在保障预制舱内电气设备的正常稳定运行。

在快速发展的电力行业，预制舱技术因其具有能提高设备集成度及变电站建设效率等诸多优势，被广泛应用于变电站建设中。随着预制舱的大范围应用，其所在的工程环境也各有不同，会面临着多沙尘、多雨水和多腐蚀介质等恶劣环境的严酷考验，这些恶劣环境对预制舱的防护提出了较高的要求。

不同环境条件对预制舱的影响

1. 沙尘环境对预制舱的影响

沙尘是具有一定机械活性的颗粒物，一旦这些颗粒物侵入到预制舱中，就有可能阻滞和磨损内部的运动零部件。同时沙尘可能成为水汽凝结的核心，促进腐蚀以及霉变的发生，降低预制舱内电气设备的电气性能及绝缘性能。此外某些沙尘为绝热性物质，当粘附于舱内设备表面时，对设备散热也会造成一定的影响。

2. 雨水环境对预制舱的影响

当预制舱内部有雨水进入时，这些水分与舱内金属结构件接触会加速腐蚀，影响机械结构强度。而预制舱内部电气设备与水分接触则会破坏设备自身的绝缘性能，最终会带来爬电、短路和跳闸等一系列状况，甚至对变电站造成重大影响。

3. 腐蚀介质环境对预制舱的影响

腐蚀介质环境中多为硫化物、氮氧化物和盐

雾等介质，会对预制舱金属表面产生一定的点蚀或坑蚀，这些产生的腐蚀对舱体的结构强度及防护性能有很大的影响。而预制舱是舱内电气设备的防护装备，当舱体防护性能受到影响时，会影响到舱内电气设备的正常运行。若要保证舱体在生命周期内正常运转，须对预制舱制定针对性的防腐蚀措施。

4. 其他环境对预制舱的影响

预制舱在工程应用时会遇到高温和昼夜温差大的环境条件，在这些环境条件下，预制舱内部易产生凝露，凝露的产生会改变舱内部设备的电气性能及绝缘性能；预制舱也会面临存在老鼠等小动物的环境条件，老鼠进入舱体内部会啃咬电缆绝缘材料，可能会窜入电气设备中，引起短路甚至引发火灾；而在一些雷电多发的特殊环境条件下，预制舱还需要特别注意雷电防护的设计。

预制舱防护关键技术

为了适应沙尘、雨水和腐蚀介质等不同的环境，预制舱需要进行相应的外壳防护及功能防护设计，主要包括防尘及防水设计、防腐设计和其他防护设计。

预制舱内部与外界对接的部分主要有过滤风机进风口、过滤排气扇出风口、电缆进线孔、预制舱舱门和舱体拼接面等。这些接口是预制舱防护薄弱的部分，尤其需要进行防护设计。

1. 防尘及防水设计

防尘及防水又称作IP防护。基于微正压防尘原理，预制舱常采用高IP防护等级的过滤风机和过滤排气扇相结合的通风方案。过滤风机从舱体外部向舱体内部抽取不含沙尘的干净空气，再从过滤排气扇往舱外排风，通过这样的通风方式，舱内可以形成微正压，起到一定的防尘效果。

对于预制舱的主要对外接口，舱门一般采用迷宫式密封结构，门槛处增设挡雨方管，将门关合时，沙尘及雨水能够被阻挡在外。但在重风沙环境条件下，需要对舱门结构进行特殊设计，否则当开启舱门时，会有大量风沙顺势进入舱体内部。该种环境条件下，预制舱舱门处会采用增设防风沙门斗的设计方案，防风沙门斗可以起到缓冲隔断的作用，能够保证舱内电气设备正常运行。某重风沙环境工程采用的防风沙门斗如图1所示。

对于需要进行拼舱的预制舱，现场完成拼舱后，需要对舱顶及舱壁等拼接面进行防尘及防水处理。舱顶拼接面可以在拼焊缝上方增设盖板结构，其余拼接面通过密封条或密封胶等进行密封防护处理，如图2所示。



图1 防风沙门斗实物图



图2 舱壁拼接面实物图

2. 防腐设计

腐蚀性因素不仅存在于自然环境中，也可能因为人为因素存在于局部环境中。改善局部环境，适应自然环境，是预制舱防腐设计的有效方法。预制舱主要通过提高制造过程的防腐措施，深入研究预制舱受环境因素影响的程度和作用机理，合理选择环境适应性好的材料、工艺和基本元件，以提高设备在自然环境下的适应性。

预制舱外表面通过采用满足所在工程环境条件的涂装工艺，舱顶盖板、门铰链以及外露紧固件采用304不锈钢防腐材料，这些措施使得预制舱能

够保持足够的防腐蚀能力，更好地适应所在工程环境。

3. 其他防护设计

(1) 防凝露设计

预制舱是一个封闭的空间，舱内布置有电气设备，为防止舱内凝露产生，需要控制舱内温度变化以及舱内的绝对湿度。从这两方面出发分别考虑，一方面保证预制舱的保温性能，避免舱体结构上有冷桥缺陷，主要体现在舱壁及舱顶填充保温层、配置加热器等；另一方面减小舱内湿度，主要采用空调除湿、除湿机除湿和干燥剂除湿等除湿方案。

(2) 防鼠设计

不做防护的情况下，老鼠等小动物可以从舱门、电缆进线孔处进入预制舱内部。为防止老鼠等小动物进入，在舱门处设置防鼠板，如图3所示，电缆进线孔处采用防火泥进行封堵。

(3) 防雷设计

预制舱常规防雷设计是在舱体四角设置接地块，接地块再接入到站内接地网中。而在一些雷电多发或预制舱位置远离站内避雷针的工程环境中，常规防雷接地设计较难满足要求。该种环境条件下，预制舱通过在舱顶设置避雷针，如图4所示，避雷针的安装底座再通过扁铁接到舱体四角的接地块上，接地块最后再接入站内接地网中。



图3 舱门设防鼠板实物图



图4 舱顶防雷设计实物图

结束语

结合雨水、沙尘、腐蚀介质以及其他环境条件对舱体的影响，提出了相应的IP防护（防尘及防水）、防腐防护及其他防护设计方案，通过这些防护关键技术，能够有效减少恶劣环境对预制舱的影响，使得预制舱内电气设备运行更加稳定、安全及可靠。EA

(收稿日期：2021-05-08)