

750 kV变电站工程建筑物防风沙技术综述

文/国网新疆电力公司经济技术研究院 杨世江 李亚宜 党睿 吕圣龙 刘焰飞
中国电力科学研究院有限公司 卢智成

风沙活动是近地面风场与地表物质相互作用的外在表现。风对地表松散沙物质的吹蚀、搬运、堆积的过程，即为风沙作用。风沙作用过程中形成的地貌，称为风沙地貌，其类型包括沙漠（沙地），沙漠化土地及戈壁。

同时，沙漠地区的气候特征与一般地区的气候特征有着很大的不同，一般都具有气候干燥、降雨稀少、年蒸发量大、日照强烈、冷热剧变、风大风多的特殊自然环境，在这样恶劣的环境下，一般植物难于生长，致使地表植被稀少，加之大部地表为疏松的沙质地层。在这些因素的影响下，风沙活动频繁发生，对沙漠变电站的危害严重，所以变电站的防风沙研究就非常重要。

国内外研究现状

本专题只研究土建防风沙的措施，电气专业的防风沙措施在此不再赘述。

1. 国内工程防风沙措施

在我国的西北地区已设计的换流站、变电站中，部分站址环境与本站非常类似，其采用的具体防风沙措施有以下几种。

(1) 防沙盖板的采用

为防止风沙淤积掩埋油坑，换流变、主变压器等带油设备的油坑内加盖防沙漏水（油）盖板，既可以起隔火降温作用，防止油燃烧扩散，又可以满足消防部门验收规定，同时还可防止风沙对油坑的掩埋。

(2) 站区照明灯具的选择

大风沙地区对于户外照明应特别注意，尽量避免采用常规庭院灯，以免灯体表面被风沙侵蚀甚至打碎，可采用加强壁厚的工业灯替代庭院灯用于进站道路处照明。对于站区投光灯的选择，建议采用高压钠灯。与金卤灯比较，钠灯的光线穿透能力更强，寿命更长。

(3) 降噪设施的防风沙方案

变电站经常采用较多降噪措施，如隔声屏障等。这些降噪措施也应采取一定措施，以防止大风沙对其的影响。这些措施举例如下。

1) 降噪设施的结构、材料和油漆等需满足变电站强风沙等特点。围墙屏障和BOX-IN所有钢构件进行热浸锌防腐，锌层厚度 $60\mu\text{m}$ ，外露表面进行耐候（抗风沙）氟碳喷涂处理，干膜厚度 $60\mu\text{m}$ 。

2) 对降噪设施所有移动部分和固定部分均采用可压缩式密封结构进行密封。

3) 屋面声屏障板应尽最大可能保证沿屋面纵向（排水方向）无搭接接缝，钢结构本体、钢结构和防火墙及阀厅外墙的连接处可采用耐候密封胶处理。

4) 屋面、正面外墙声屏障孔洞处和声屏障板接缝处，应采取切实有效的防沙和密封构造。

5) 吸隔声板采用镀锌板，表面防腐漆应具备较强的自洁性和防灰尘吸附功能。

6) 根据现场实际情况，按需在消声器和排风百叶窗等处设置防尘防沙罩。

2. 国外工程防风沙措施

近年来，美国、以色列、迪拜、澳大利亚和法国等许多国家对于变电站工程防风沙措施的研究取得了突破性进展，在此列举几种具体的防风沙措施。

(1) 模块化施工

随着近年来变电站运行管理模式多采用无人值守模式，变电站内的主要建筑物都可以大大简化，预制集装箱结构正是契合了这种发展模式。集装箱的外表面呈现出强烈的工业化特征，其吻合

了国网公司提出的标准化设计、模块化组合、工业化生产和集约化施工建筑的需求，正被越来越多地采用。

首先，采用模块构件建造变电站时，有2/3以上的施工工程可以在工厂内完成，其运输与吊装十分方便快捷，整体结构采用工厂预制，只留模块组装、少量装修、接通管线等工作在现场操作，因而约80%的工作可以不受气候影响，具有建造效率、结构效率、经济性和可持续性等优点。

其次，模块化建筑自身结构稳固，模块化单元自身材料全部为刚制组成，坚固耐用具有很强的抗风沙冲击性能。

同时，模块化建筑在性能上具有良好的密闭性和严格的制造工艺。模块化本身的封闭结构，决定了模块化建筑对周边环境与配套设施的要求不高，故特别适宜于受风沙侵扰影响强烈的施工环境。

(2) 地下变电站

地下变电站的主体建筑位于地下，其露出地面的建筑面积小，高度低，较易与周围环境协调。地下变电站一般建在建设用地上，条件紧张、周围环境要求也极端苛刻、且用电负荷密度很高的地区。

国外已建成一定数量的地下变电站，主要分布在几个国际大都市，如日本东京和欧洲部分大都市等。各地区根据实际电力需求情况，在变电站的建设规模上有所不同，但最终都是向与周边环境相协调，提高土地利用效率的方向发展。

然而，地下变电站的造价很高，其土建造价是地面变电站的4倍左右，还有地下变电站给运行、设备检修等带了很多不便，这些因素又制约了地下变电站的建设和发展。因此，是否建设地下变电站必须经过技术经济的论

证，使地下变电站的建设取得较好的社会效益和经济效益，实现资源节约和环境友好。

(3) 建筑物防风沙措施

除以上所述外，国外变电站还采取了很多建筑物防风沙措施以防止大风沙的影响，如安装呼吸式双层幕墙、防风沙门斗、合理的建筑规划和体型设计等。

不同专业防风沙设计方案

在设计阶段，每个专业都有防风沙措施，本专题主要研究土建防风沙措施，具体包括总图专业、建筑专业、结构专业、水工专业和暖通专业等五个专业的防风沙设计方案。

1. 总图专业防风沙措施

(1) 站外固沙、阻沙设计

综合性“化学—生物—工程”防风沙阻沙措施，即在变电站周围以及进站道路两旁的一定范围内，首先喷洒化学固沙材料，产生结皮效应，在此基础上播撒适量植物种子，同时在固沙场地外围设置平铺式和直立式沙障（如草方格、尼龙网膜栅栏等），形成阻沙屏障。这样可以有效保证变电站的正常运行，将受风沙影响程度降到最低。

(2) 电缆沟防风沙设计

地下电缆沟的防风沙效果显著，但沟体需采用整体封闭式设计，每隔一定距离需设置地上检修通风口，方便电缆检修及空气流通，此电缆沟做法的优点是：场地开阔、美观，防风沙效果明显，缺点是：敷设电缆麻烦、施工周期较长。在大风沙地区，为了更有效的阻止风沙，同时结合变电站施工工艺要求，选择埋入式装配式电缆沟。

(3) 油池（坑）防沙盖板

参考已建变电站，站内主变压器、高抗其油坑内往往成为风沙

沉积的处所，由于沙粒沉积在卵石层中，清理困难，容易堵塞排油管道，因此有必要对油坑进行防沙设计，解决油坑内沙粒沉积问题。

本站主变压器等带油设备的油坑内加盖防沙盖板。防沙盖板两侧端与油坑内采用角钢支撑固定，油坑壁上有预埋埋件，角钢与预埋埋件焊接固定。加设防沙盖板后，既可以起隔火降温作用，防止油燃烧扩散，又可以满足消防部门验收规定，同时还可防止风沙对油坑的掩埋。

(4) 碎石地表封闭

风力较强、易扬沙尘地区，为改善运行环境，保护设备安全运行，站区裸露地表需采取覆盖措施。按照“两型一化”要求，站区地表覆盖100 mm厚、粒径约30~50 mm的卵石。其主要优点是，施工方便、投资较低。

(5) 挡风抑尘墙

挡风抑尘墙由下部FC板式围墙、挡风板两部分组成。挡风板的材质根据使用目的，环境状态不同而不同。可采用高密度聚乙烯、EVA树脂等。对于本工程，应该选用抗紫外线能力强、抗老化能力强、耐高温80℃，正常使用寿命大于20年的材质。抗风能力设计应为风速30 m/s，风压750 Pa(相当于阵风12级)。市场上挡风抑尘墙供应源充足，并可根据变电站围墙隔音的特殊需求进行设计建造；其在使用过程中基本不用维修，一次投资，长期受益。故本工程使用挡风抑尘墙作为围墙。

2. 建筑专业防风沙措施

(1) 防风沙门斗

为防止风沙的侵入，装配式变电站内建筑物的外门应增加门斗（门斗形式：外门斗或内门斗）。门斗是建筑物从室外到室内的过

渡,当外门开启时风沙不能直接吹向室内,既可起到保温作用又可阻挡风沙的侵入,由于主控室内二次设备屏柜很多,特别是主控室、计算机室的洁净要求高,所以,防风沙设计必不可少的。

(2) 门窗防风沙措施

1) 合理控制门窗数量

变电站主控通信室、小室除保证必要的通风百叶窗、检修入口、人员疏散出口外,不再设置任何门或者开启窗。主控通信室尽量减少开窗面积。

2) 建筑外门的要求

造成沙尘进入室内的重要原因 是外门和外窗存在缝隙,所以入户门是防沙尘的重要环节。

变电站内建筑物的门设置数量较多,门的尺寸越大对防风沙越不利,故门洞尺寸也就成了防风沙设计的重要环节。

3) 设置防风沙窗户

对于室内空间,外围护墙体上窗洞的面积远远大于门洞面积,风沙从窗户进入室内的机会也大大增加,加强窗户的防护性至关重要。

(3) 建筑物外形概念设计

建筑物的外形对风沙的阻挡及集聚有很大的影响。体型复杂的建筑物在其转角和变形处会形成旋风,被风带来的沙尘及垃圾会集聚到转角处。因此,建筑物的体型设计应考虑防风沙要求,尽可能减少建筑物外形的复杂程度。

(4) 主控通信室采用坡屋面

本工程主控通信室屋顶设计为坡面屋顶,以抵抗风沙的作用。有研究证明,在常见的屋顶坡度范围内,决定屋顶安全的不是水平推力和屋面正压,而是屋面向上的吸力(负压)的大小。负压对屋面危害最大,屋顶乃至整个房屋的破坏过程,一般是从负压开始的。因此多风灾地区,增加

屋面荷载是必要之选。

3. 结构专业防风沙措施

(1) 专项建构筑物抗风设计

风荷载(尤其是大风沙气象条件下的大风荷载),是变电站建(构)筑物结构所要承受的主要水平荷载之一。伴随着变电站电压等级的提高,其建(构)筑物(特别是大柔度结构,如超高构架、避雷针等)的高度越来越高,其自身的刚度越来越小,变形也越来越大,建(构)筑物在其使用期内可能遭遇的风荷载越来越大。通过抗风控制以及抗风设计,减小风振响应、提高结构抗风沙性能,保证结构安全,是变电站建(构)筑物结构设计的关键点。

(2) 构支架防侵蚀外衣

镀锌防腐材料主要从腐蚀机理上采取的保护措施,本工程拟在镀锌层外增加一层弹性材料,不仅能够保护锌层,免受风沙的侵蚀,更能缓冲强风沙给构支架带来的冲击力。选用的弹性材料涂膜具有较强的抗冲击和拉伸强度、良好的耐磨性和耐弯曲性。目前涂装型弹性材料已经应用于原油储罐,污水处理池内外壁、各类管道内外壁的防腐蚀保护。

4. 水工专业防风沙措施

(1) 镂空式排水沟

站区排水设计大多采用有组织排水及无组织排水两种形式。有组织排水常见的有路边排水沟、雨水口及窰井排水,为了顺利排水,排水沟沟盖板均采用镂空式;雨水口及窰井盖需采用封闭井盖。

(2) 雨水落水管设置清沙口

大风沙天气,雨水落水管往往容易被沙土堵塞,造成雨水外排不利,以往的落水管做法采用通长镀锌钢管或PVC管,对于堵塞处管清理不变,因此在雨水落水管离地0.9 m高处设置清沙口防

止堵塞,并在建筑物周边设沉沙井;水落口周围设置过滤装置,并进行定期清理。

5. 暖通专业防风沙措施

百叶窗是建筑物的进风口,风机口是出风口,均是建筑设计防风沙的重要部位。目前针对大风沙地区,百叶窗均采用双层防风沙百叶窗设计,风机口也在外部设置了防风沙百叶,但在某些变电站的应用中,效果并不理想,在大风沙天气中,沙尘仍可以通过百叶侵入室内,针对变电站百叶窗密封不严实,防风沙效果不理想的实际情况,在今后设计中应采取如下改进措施:

1) 百叶窗和风机口的外层百叶的下缘处均应设置与百叶同长度的密封条,当百叶关闭后密封条可以较好的增强百叶间的密封效果。

2) 在百叶窗洞口内侧设置大小与洞口相同的单层玻璃窗。当关闭百叶窗或遇大风沙天气时可将内层窗关闭,防止风沙的侵入;当需要开启百叶窗时,可将内层玻璃窗打开,进行通风。

3) 轴流风机与钢结构的接口处与复合压型钢板墙体交界处洞口,待设备安装后进行收边、封堵,收边封堵时与洞口收边处应有密封胶或堵头封堵,确保墙体围护系统的防水、保温、隔热、防火、密闭、屏蔽、洁净度及温湿度等功能和质量。

结束语

风沙地区扬沙现象较多,且有出现沙尘暴的可能。大风沙天气对电气设备、构支架、建筑物等均有较大影响,威胁着工程的安全运行,为确保工程的顺利建设和投运,很有必要从变电站全寿命周期内的建设、运行角度考虑防风沙的措施。**EA**