

# 风吹雪地区变电站电气设备选型与布置方案优化

谈东林

(中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司,四川 成都 610021)

**摘要:**在冬季风吹雪严重时期,常有电气设备被积雪掩埋,对变电站的安全运行造成了比较严重的影响。通过对风吹雪地区变电站电气设备选型与配电装置布置方案进行分析,采用户外 AIS 断路器方案及电气设备布置优化可避免电气设备被积雪掩埋,并有利于机械车辆清扫积雪。

**关键词:**变电站;风吹雪;电气设备选型;布置方案

**中图分类号:**TM63 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2021)02-0058-04

**DOI:**10.16527/j.issn.1003-6954.20210212

## Type Selection of Electrical Equipment and Optimization of Layout Plan for Substations in Wind-blown Snow Areas

Tan Donglin

(CPECC Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610021, Sichuan, China)

**Abstract:** During the severe wind-blown snow in winter, electrical equipment is often buried by snow, which has a serious impact on the safe operation of substations. By analyzing the type selection of electrical equipment and the layout of power distribution devices in substations in wind-blown snow areas, the use of outdoor AIS circuit-breakers and the optimization of electrical equipment layout can prevent electrical equipment from being buried by snow, and help mechanical vehicles to clear snow.

**Key words:** substation; wind-blown snow; type selection of electrical equipment; layout plan

## 0 引言

风吹雪是一种由气流挟带起分散的雪粒在近地面运行的多相流的天气现象,俗称白毛风。风吹雪的过程必须具备3个条件:大量的雪、障碍物和能使雪粒运行的风。冬季,在空旷的草原或戈壁滩上,大雪过后,大风卷起戈壁上的积雪,遇到障碍物后,积雪发生大面积堆积的过程就是风吹雪<sup>[1]</sup>。风吹雪给新疆北疆部分地区的变电站及风电场的安全运行造成了比较严重的影响。风吹雪发生时,狂风吹来大量雪粒,形成0.5~3 m的雪堆,导致带电电气设备对雪堆的安全距离不满足要求,给电网运行带来安全隐患,严重时雪堆直接将低矮的电气设备如站用变压器、低压并联电容器组、低压并联电抗器掩埋,使其被迫停运<sup>[2]</sup>。

目前,对风吹雪的研究及应用主要集中于公路及铁路方面,其他行业尚无系统性的研究,对变电站的风吹雪防治研究极少。在公路防治风吹雪上,主要采用防雪林、下导风板、挡雪墙、防雪栅等措施<sup>[3]</sup>。但公路狭窄细长,风吹雪防治只要防治住十几米宽度的路面即可。而大型变电站如750 kV变电站长宽达到三四百米,目前暂无法对风吹雪的风速、积雪厚度、雪粒直径、积雪密度、地面粗糙度与挡雪墙的高度和防护范围的关系进行理论计算,只能根据工程实际需要,结合部分风电场的防治经验<sup>[2]</sup>,在变电站前期规划时选择风吹雪灾害较低的站址。另外,也采取在围墙外的冬季主导风向侧设置防雪格栅及种植防雪树林相结合的方式阻挡一部分风吹雪,但防雪格栅及防雪树林无法完全阻挡风吹雪的影响。

下面,以位于风吹雪地区的新疆某750 kV变电站为例,从电气设备选型与电气设备布置两个方面

分析论述提高设备抵御风吹雪危害的能力并进行设计优化。

## 1 优化电气设备选型提高设备抵御风吹雪危害的能力

某 750 kV 变电站工程规划 3 台 1500 MVA 主变压器;750 kV 配电装置采用 3/2 断路器接线,规划 7 回出线 and 3 回进线,每回出线均预留高压并联电抗器;220 kV 配电装置采用双母线双分段接线,规划 18 回出线;66 kV 配电装置采用以主变压器为单元的单母线接线,装设总断路器。

根据公路风吹雪防治的相关经验及部分厂站风吹雪防治措施判断,变电站风吹雪堆积最严重的区域是站前区、高压电抗器场地、主变压器区域,而对安全运行影响最大的区域则是设备布置较低的站用变压器、低压并联电抗器、低压并联电容器区域。主变压器、高压并联电抗器及 66 kV 设备可选型式不多,根据通用设计 750 kV 主变压器选用户外单相油浸式变压器,高压并联电抗器采用单相铁芯油浸式电抗器;66 kV 断路器采用瓷柱式断路器,66 kV 并联电抗器采用常规户外干式空芯电抗器,66 kV 并联电容器组采用常规户外框架式电容器组。而 750 kV 及 220 kV 配电装置电气设备可选型式有户外 AIS 罐式/瓷柱式断路器方案、户外 GIS 方案及户内 GIS 方案,以下对这 3 种方案分别进行分析。

### 1) 户外 AIS 罐式/瓷柱式断路器方案

750 kV 及 220 kV 配电装置设备区域会设置大量联合构架,断路器、隔离开关、电压互感器、避雷器及支柱绝缘子等电气设备的支架也较高,750 kV 设备支架达到 5~6 m,220 kV 设备支架也在 2.5 m 以上,同时带电的管母及导线对地距离在 5.5 m 以上,因此风吹雪在大量构架、支架阻挡后减弱,少量的积雪堆积不会对 750 kV 及 220 kV 配电装置设备的安全运行造成影响。同时采用户外 AIS 罐式/瓷柱式断路器方案,其设备间隔距离大,有利于机械清雪作业。

### 2) 户外 GIS 设备方案

由于户外 GIS 设备占地面积小,具有总的积雪量和清雪工作量较小的优点;但户外 GIS 设备外型低矮,仅约 3 m 左右,且没有像罐式/瓷柱式断路器

方案的配电装置中存在的大量构架、支架对风吹雪的阻挡,因此户外 GIS 设备很容易被风吹雪堆积掩埋。同时,户外 GIS 设备分支管道众多,机械清雪作业安全隐患较大。

### 3) 户内 GIS 设备方案

GIS 主设备布置在 GIS 建筑室内,抵御风吹雪能力较高,但由于户内 GIS 方案投资较高,以所述工程终期规模为例,户内 GIS 方案费用较户外罐式/瓷柱式断路器方案高约 21 000 万元。且站区积雪最严重的区域是高压电抗器、主变压器及低压无功装置等区域,因此户内 GIS 设备方案仅能提高 GIS 主设备抗风吹雪能力,但对提高全站整体抵御风吹雪能力作用不突出,经济性也较差。

综上所述,750 kV 及 220 kV 户外 AIS 罐式/瓷柱式断路器方案中存在大量构架、支架阻挡风吹雪,且 750 kV 及 220 kV 电气设备布置较高,风吹雪的堆积不会对变电站的安全运行造成影响,同时工程投资较户内 GIS 低,因此,750 kV 配电装置采用户外 AIS 罐式断路器、220 kV 配电装置采用户外 AIS 瓷柱式断路器方案更适合风吹雪地区。

## 2 优化电气设备布置提高设备抵御风吹雪危害的能力

前面所述的 750 kV 及 220 kV 配电装置采用户外 AIS 罐式/瓷柱式断路器方案提高了 750 kV 及 220 kV 设备抵御风吹雪灾害的能力,但主变压器、高压电抗器由于外形尺寸高大,而底部与地面基本齐平,是变电站内风吹雪堆积最严重的区域之一,另外 66 kV 电容器、电抗器、站用变压器常规的低位布置方式也极易被风吹雪掩埋,因此在电气设备布置上也需要采取优化措施来减少风吹雪的堆积以及方便机械清扫积雪。

### 2.1 750 kV 及 220 kV 高压电气设备布置优化

根据该 750 kV 变电站站址附近气象站风向频率统计结果,站址区域冬季风吹雪时主要风向为南向。根据工程电气主接线和线路出线方向,750 kV 变电站可行性研究阶段电气总平面布置方案图参考通用设计<sup>[4]</sup>,将主变压器与 750 kV 配电装置及高压电抗器平行布置,主变压器低架横穿,从东方向进线,出线向南北两侧出线,如图 1 所示。

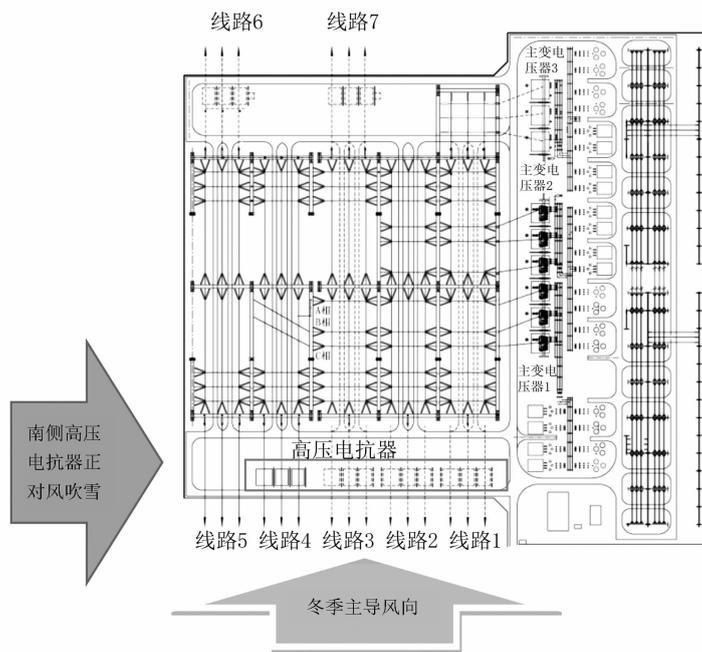


图 1 某 750 kV 变电站可研阶段电气总平面布置

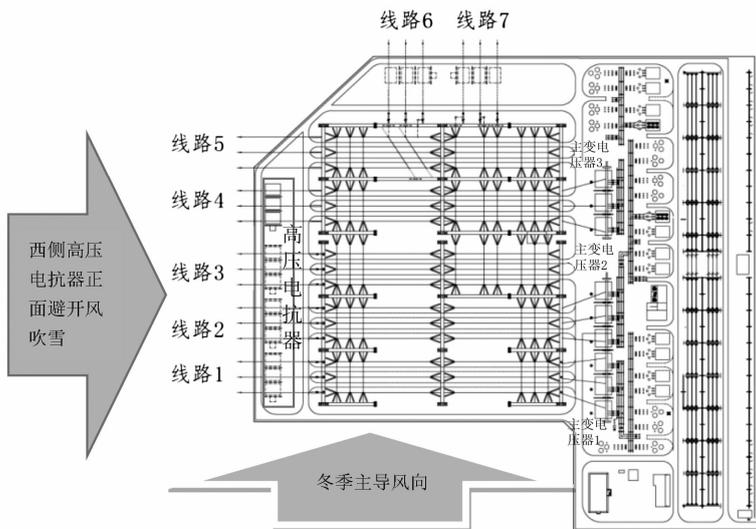


图 2 某 750 kV 变电站优化之后的电气总平面布置

### 1) 调整设备布置走向

如前所述可知,750 kV 及 220 kV 配电装置采用户外 AIS 罐式/瓷柱式断路器方案时存在大量构架、支架阻挡风吹雪,且 750 kV 及 220 kV 配电装置电气设备布置较高,抵御风吹雪能力较高,主变压器正面也未正对风吹雪方向。但布置在 750 kV 配电装置区域南侧的高压电抗器正面直接面对冬季风吹雪方向,由于高压电抗器正面无法设置防火墙阻挡风吹雪,否则会使高压电抗器无法检修,因此风吹雪的堆积会对南侧的高压电抗器造成严重威胁。

针对可研方案不足之处,优化设计将 750 kV 配电装置及高压电抗器在可研设计布置基础上顺时针

旋转 90°,主变压器及 220 kV 配电装置区域布置不变。调整后主变压器与 750 kV 配电装置及高压电抗器垂直布置,750 kV 出线向西和北方向出线,原南侧高压电抗器调整到西侧,使高压电抗器正面基本避开冬季风吹雪主导风向,如图 2 所示。

### 2) 增设防火墙

主变压器及优化后的西侧高压电抗器正面未直接面对风吹雪方向,但其侧面仍然直接面对风吹雪风向,为此在主变压器、高压电抗器侧面各增设一面防火墙。按防火规范要求,主变压器、高压电抗器端部不需设置防火墙的,所以增设的防火墙面对风吹雪方向,其主要作用为阻挡和降低风吹雪的危害。

另外,将主变压器、高压电抗器场地采用局部硬化处理可减少风吹雪堆积,也便于后期机械积雪清理。图3为远期主变压器增设防火墙图。

## 2.2 66 kV 低压电气设备布置优化

通用设计中66 kV断路器常规方案即采用瓷柱式断路器,而66kV瓷柱式断路器设备支架高度至少2.5 m以上,因此设备抵御风吹雪能力较高。但66 kV站用变压器、66 kV 低压并联电抗器、66 kV 低压并联电容器组采用低位布置并加装围栏方案,在风吹雪严重地区低位布置的设备极易被积雪掩埋,而围栏处更是有大量积雪。因此根据 DL/T 5352—2018《高压配电装置设计规范》中“电气设备外绝缘底部距地面大于或等于2.5 m时可不设置围栏”,为提高设备抵御风吹雪能力,采取了如图4所示的优化设计:将站用变压器采用高位基础布置安装,设备套管距地2.5 m以上;低压并联电抗器采用2.5 m高度的玻璃钢支柱安装;低压并联电容器组采用2.5 m高钢管支架安装;均取消围栏。

设备高位布置安装且取消围栏后提高了抵御风吹雪能力,避免了围栏处大量积雪,同时在每两组电容器或电抗器之间设置了一条3 m宽小道,便于清雪机械车辆进出及时清扫积雪,如图3所示。

## 3 结 语

上面以新疆地区某750 kV变电站为例,为降低风吹雪对变电站的危害,对电气设备选型及布置优化进行了论述。通过电气设备选型分析确定风吹雪地区选择户外AIS罐式断路器/瓷柱式断路器方案;电气设备布置优化方面,使高压并联电抗器正面避开了直接面对风吹雪方向,主变压器、高压并联电抗器侧面增设防火墙保护,站用变压器、低压并联电抗器、低压电容器组采取高位布置并取消围栏。采用以上优化措施后,可避免在冬季风吹雪时电气设备被积雪掩埋,有利于机械车辆清扫积雪,增强了变电

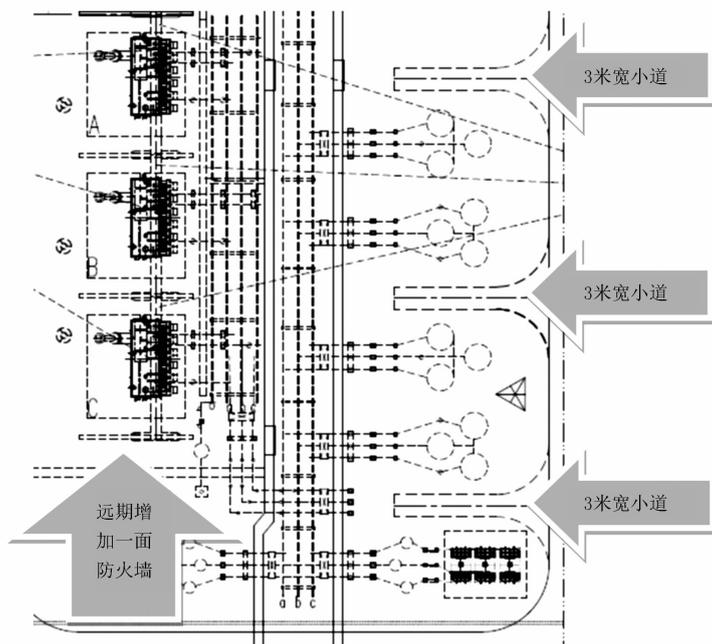


图3 远期1号主变压器区域平面布置



图4 站用变压器、低压电容器和电抗器采用高位布置