

100MW 风电场升压站电气主系统设计

摘要

国家基于节能减排保护环境的角度对新能源发展大力支持，在新能源发电中，风力发电可以在陆地和海洋上进行，基础设施周期短，安装规模灵活，运维成本低。本项目便基于实际地理条件搭建起一套合理的风力发电站的电气设计。

本项目建设的是 100Mw 风电场升压站主系统，先进行风能资源评估和选址，再由总装机容量确定风机组具体选型和布置，接下来，绘制主接线图并进行主设备的选择和验证，同时完成二次电的设计。最后在针对总体项目做出节能减排与经济概算。设计过程中主接线通过对两套方案从技术与经济上比较，最终确立了出线 1 回 110kV 线路，采用架空出线形式，110kV 侧采用线路变压器组接线形式。

基于风场搭建在室外，机组与控制系统还设计了过电压保护，在每个箱式变电站与集电线路，升压站侧面的 35kV 集电线路的接线柱和 35kV 母线相连的位置安装了一组氧化锌避雷器。110kV 线路变压器组的出口处安装了一组避雷器。以防止雷击和电气故障。由于本项目采用了新能源发电，环境效益高，因此对经济概算做出较详细分析。其中不仅包括设备成本，也对本项目的碳排放交易市场做出简单分析。

关键词：风力发电；升压站；电气主接线；过电压保护

第 1 章 序言

1.1 国际风电发展环境和发展趋势

由于巨大的风能资源以及清洁和可再生能源的优势，全世界高度重视并大力发展风力发电。如下图所示，

《2019 年全球风能报告》发布的数据显示，全球总装机容量逐年增加，同比增长达 12%。一般而言，全球风力发电以陆上风力发电为主。欧洲占风能发电总量的 15%，丹麦占 48%。

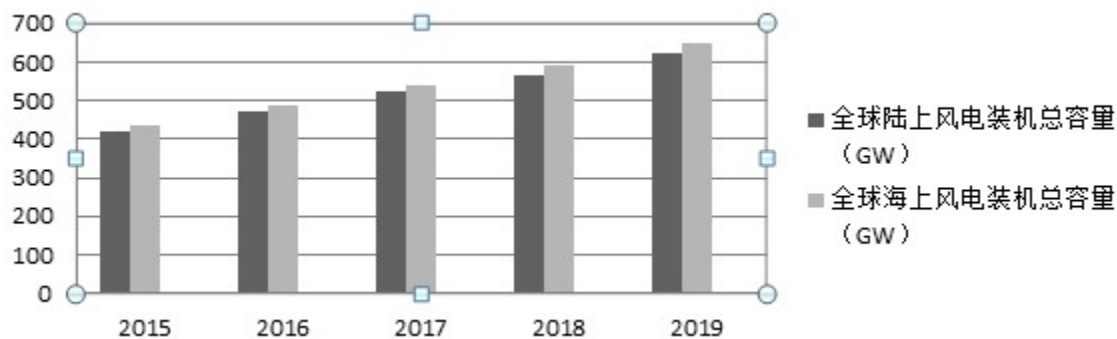


图 1.1 2015—2019 年全球风电总容量情况

由图可知，2019 年全球范围内风电新增装机容量为 60.4Gw，同比增长大约 19%，其中陆上新装机容量占 54.3

Gw，海上新装机容量占 6.1Gw。

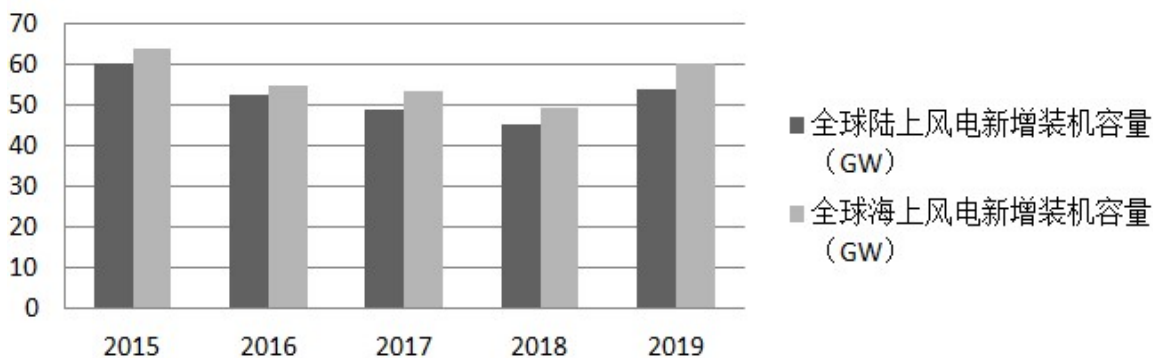


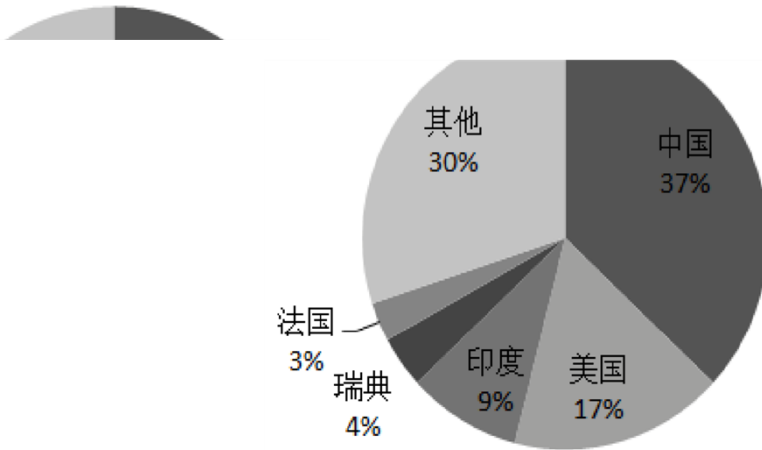
图 1.2 2015—2019 年全球新增风机容量情况

2019 年我国风电装机容量已达 210.05Gw，同比增长 14%。到 2020 年上半年，我国风电装机容量已达 216.75Gw。

根据全球风能理事会发布的《2019 年全球风能报告》，我国占 2019 年全球风电装机容量的 37%，比 2017 年增长

19%，新风电装机量排名世界第一。2019 年我国占全球新风电装机容量的 44%，我国已成为全球主要的风电市场。

累计风电装机容量分布



新增风电装机量分布

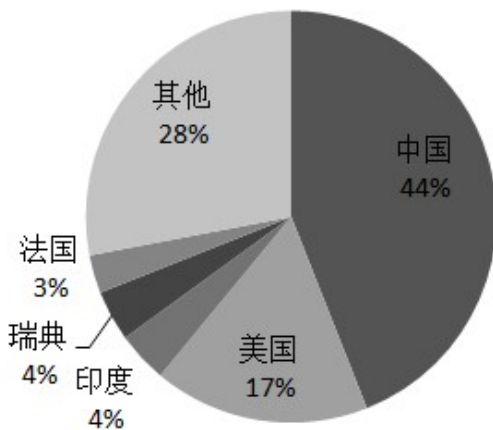


图 1.3 2019 年全球风电区域发展情况

1.2 国内风电基本情况

我国的电力行业诞生于 1882 年的上海。风能作为新能源，有清洁和可再生的优势，故它也是生物燃料的理想替代能源。风电行业是世界上最成熟的商业可再生能源技术之一。在我国也属于大力推进的项目类。

目前发展风电是减少碳排放的最有效方法之一。风力发电产生绿色电力，并且不会产生二氧化碳或二氧化硫等有害气体。同时还可以从碳市场中获取一定经济效益。而随着技术的日益成熟，海上风电也得到了快速发展。2019 年我国的海上风电装机容量超过英国，居于世界之首，由此可见我国风电在稳扎稳打的基础上正快速发展。发展风电对于保护生态环境实现经济可持续发展具有重大的意义，风力发电的大力发展也已成为世界共识。

第 2 章 风能资源与风机组选型布置

2.1 基本情况

我国风能资源主要分布在北部和沿海地区，在国际上也属于风能丰富国家。由于我国幅员辽阔，省区内气候不尽相同，地理条件相当复杂，所以风能资源的具体分布和特征也不同。除上述主要风能

分布区外，内陆也有个别风能资源丰富点，而且我国海域辽阔，海域风能资源也及其丰富。我国国风能资源分布特点图如下图：

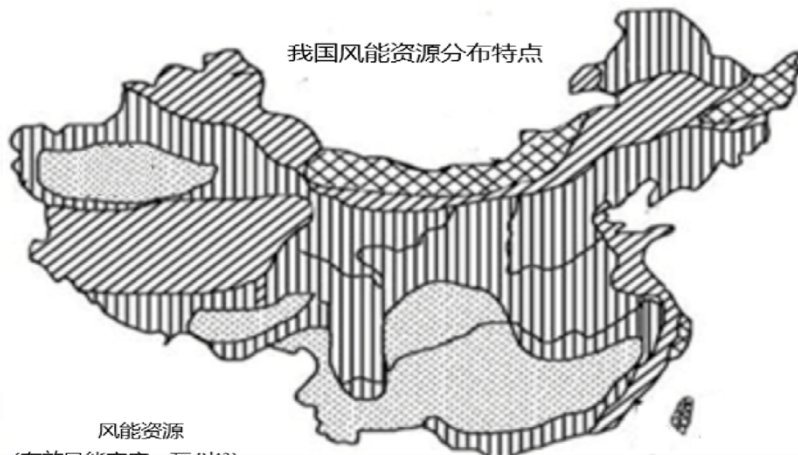


图 2.1 我国风力资源分布状况图从图 2.1 可以看出，我国风能资源丰富区具体有以下区域：

- 1、东北、华北、西北地区风能丰富带。
- 2、沿海及其岛屿地区风能丰富带。
- 3、内陆风能丰富点。
- 4、海上风能丰富区。

虽然我国风能资源丰富，但由于地理位置的限制，其特定的具体分布无法很好地满足国内的实际电力需求。例如我国东南沿海地区对电力有强烈需求，风力发电场交通便利且便利，但由于沿海土地资源较少，故能用于装设风机组的区域十分有限，且电网也受到限制。另一个例子是三北地区良好的土地资源，但是，用电需求相对较小，电网建设相对薄弱，需要将电能人工传输到远程用电中心。例如西电东送工程。

2.2 我国风电机组的发展趋势根据我国风电产业的现状和尖端技术的发展，我国风电制造技术的发展具有以下特点：

- 1、产业集中是大趋势。
- 2、水平轴风电机组技术仍然是主流。
- 3、风电机组单机容量持续增大。
- 4、变桨变速功率调节技术得到广泛采用。
- 5、双馈异步发电技术仍占主导地位。。

2.3 选址

(有效风能密度: 瓦/米 ²)	
丰富区	> 200
较丰富区	150-200
可利用区	50-150
欠缺区	< 50



本项目选址于宁夏回族自治区盐池县（北纬 35° 1439' 23N，东经 104° 17107' 39E）。宁夏位于我国境内西部黄河中上游，东部与陕西接壤，南部与甘肃接壤，西部和北部与内蒙古接壤。领土轮廓呈现南长东西短态势，面积大约 66,000 平方公里。

宁夏地区风速变化具有较明显季节性规律，春季风速最大，秋季风速最小，东西居中。全区月最大平均风速，平原多在四月，山区多在五月。盐池县地处宁夏东部和毛乌素沙漠南端，属陕、甘、宁、蒙四省（区）的交界处。东邻陕西定边县，南接甘肃环县，北邻内蒙古埃托克千奇，西邻灵武市和同心市县。该地区的地形在南部较高，在北部较低。常年干旱，降雨量少，多风与沙尘，为典型的大陆性季风气候。年降水量 280mm，年蒸发量 2100mm。综上所述，该地域条件适合大型风电机组的吊装和施工。

2.4 风力发电机组选型

本风电项目场址区位于宁夏盐池县冯记沟乡，主风向和主风能方向均为南（S）和南东南（SSE）风，冬季和春季风较小，夏季和秋季风较小。风机类型的选择主要基于风机运行的安全性和经济性综合考虑：

1、安全性

由于风力发电场的条件不同，风力涡轮机需要根据实际现场条件具有不同的设计要求和安全级别。在确定风机的位置之后，还需要对每个单元的现场风况进行安全评估。

2、经济性

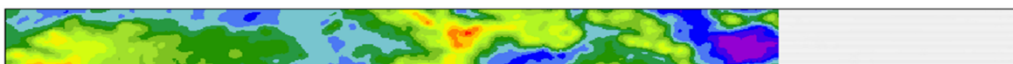
本项目总装机容量固定 100MW，从来年的风力发电和投资的选择中考虑来年的各个方面。从经济上讲，兆瓦级风力涡轮机的总体成本较低。从技术角度来看，风力涡轮机已逐渐转变为变速发电机，从而提高了对风能资源的利用。

选型时应根据条件考虑安全性、成本、先进技术性、风能利用率和大型先进发电机组。经过微观选址后，选出了 50 台 GW121-2000kW/690V 型风机。中标机型主要技术参数见附表 2.1。

2.5 风力发电机组布置

2.5.1 布置原则

机组布局是指风力涡轮机位置的合理选择。原则上，风电场应在满足地理条件的条件下达到良好的功率输出即发电量。根据图 4.1 所示，该风电场所选地址的地势相对平坦，且靠近海拔较高的地区，风能资源更好。



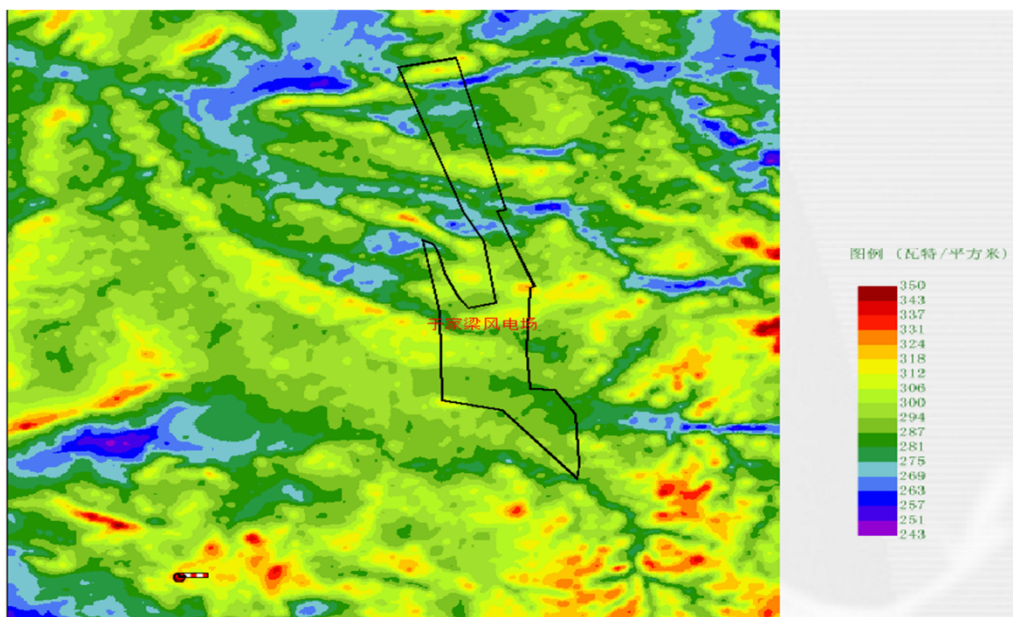


图 2.1 风电场 90m 高代表年风功率密度分布图

机组的布局应考虑风力的分布，土地使用，电力设施，风力涡轮机周围的建筑物或障碍物，环境敏感因素以及风力涡轮机之间的尾流影响。

- (1) 从风向和风能上升图看，风扇间距需符合大发电量和尾流影响两个原则。在本项目中主风向与主风能方向均为南（S）和南东南（SSE）风，风力涡轮机的布置应不规则，以充分适应和利用场地的土地资源和地形条件。
- (2) 综合考虑风电场的输变电计划，运输和安装条件，充分利用现有道路和设施，力争输电线路最短，使运输和安装方便，从而达到最佳经济效益。
- (3) 风机布局不应过于分散，以易于管理、节省土地同时充分利用风力资源。
- (4) 风机布局应避免居住区，文物和基本农田。

2.5.2 风电机组布置方案确定

该风电场地形相对比较平坦，地势开阔。根据图 2.1 风电场 90m 高代表年风功率密度分布图所示，越靠近海拔较高地区，风能资源越好。由于一条矿区铁路从风电场东侧沿线通过，另一条矿区铁路从风电场从场址西北角穿过；风电场场址内高速公路、架空线路分布，在风机布置时，对个别机位进行了合理避让。风扇布局主要采用常规的梅花布局方案，对有敏感因素影响的区域，在规则布置方案基础上，对风机机位进行优化调整，得到最终推荐风机布置方案。

2.5.3 年上网电量估算

发电量的计算方法包括直接风估算方法、计算机模型估算方法和功耗估算。此处估算了每年的在线耗电量。使用发电量计算软件，可以计算出风力发电场的理论年产量，尾流损失和减少的产量。另外，需要进行以下修正来估算风电场的年上网电量。

- (1) 周边风电场的影响折减。
- (2) 空气密度修正。
- (3) 控制和湍流折减。
- (4) 叶片污染折减。
- (5) 风电机组可利用率。
- (6) 功率曲线折减。
- (7) 厂用电、线损等能量损耗。
- (8) 气候影响停机。
- (9) 上网电量。

理论发电量经过上述影响因素折减后，即为估算的理论上网电量。

表 4.4 中标机型(GW121/2000)发电量计算成果表

项目	机型 GW121/2000
单机容量 (kW)	2000
本期工程机组台数 (台)	50
风机高度 (m)	90
本期工程总装机容量 (MW)	100
年理论发电量(万 kW. h)	37135.4
年尾流影响后的发电量(万 kW. h)	34173.9
上网电量(万 kW. h)	23170.6
利用小时数 (h)	2317
尾流影响 (%)	7.98
容量系数	0.26

由表 4.4 看出，中标机型(GW121/2000)年上网电量是 23170.6 万千瓦时，年等效满负荷小时数是 2317h，容量系数是 0.26。

2.5.4 风机箱变的选择

风力发电机单机容量 1500kW，出口电压为 690V，箱变升高电压为 35kV。

第 3 章 主变压器选择及电气主接线的设计

3.1 主变压器的选择

3.1.1 主变压器的选择原则

除了依赖基本资料外，主变压器选择还取决于传输功率的大小以及与系统的紧密接触程度，此外主变选择的合理性对整个电力系统之后的供电可靠性与后期扩建有很大影响。因此不仅要从设计负荷考虑，还要考虑远期运维检修或扩建的问题。

- (1) 通常需要通过考虑负载的性质，功耗，区域供电条件和工作模式来确定主变压器的数量和容量。
- (2) 若变电站能从中低压侧电网获得足够容量的备用电源，则可安装一台主变压器；若变电站具有初级和次级负载，则可安装两台主变。

3.1.2 主变台数确定

由于在本项目中计划建造的升压站出线很少，并且从分析来看是可以长期运行的，因此决定使用一台主变压器并预留一台。

3.1.3 主变压器容量确定

该项目的设计是一个风电场升压站，该风力发电站共有 50 台风力涡轮机，单台容量为 2000kW。风力发电机的总容量为 100MW，并且可以在风电场的升压站中使用 2200kVA 变压器。

3.2 变压器类型的确定

3.2.1 相数的选择

变压器相数形式有：单相变压器、三相变压器。

需考虑诸如使用相数之类的因素，例如制造条件，可靠性要求和运输条件。在相同条件下，一个三相变压器组比三个单相变压器组更经济，且单相变压器组占用更多的土地并且具有更大的运行损耗。故本项目 110kV 升压站选取三相变压器。

3.2.2 绕组形式

绕组形式包括：双绕组变压器、三绕组变压器。

从经济角度来考虑，电场项目中常优先考虑三绕组变压器。在直接从高压切换到低压的条件下，升压站可以采用双绕组来简化电压水平或减少重复的降压能力。

由于该项目中的风力增压站的电压等级分别为 110kV 和 35kV，因此使用了双绕组变压器。

3.3.3 变压器中性点接地方式

主变侧中性点采用经隔离开关直接接地方式。

3.3 主变选择结果

主变压器选型为 SZ11-100000/110，其具体参数见下表：表 3.1 主变选择结果

型号

SZ11-100000/110

额定电压	115±8×1.25%/37
冷却方式	ONAN
调压方式	有载调压
连接组别	YN, d11
短路阻抗	10.5%
110kV 中性点接地方式	有效接地
35kV 中性点接地方式	经小电阻接地

3.4 电气主接线设计的确定

3.4.1 主接线基本原则

首先要满足：可靠性，灵活性，经济性设计电气主接线基本原则有以下四点：

考虑变电所在电力系统中的重要性。

考虑近期和远期的发展规模。

考虑主变台数对主接线方式的影响。

考虑备用容量的有无与大小对主接线方式的影响。

3.4.2 电气主接线分类

常见电气主接线分类如下表所示。

表 3.2 常见电气主接线分类

有母线接线	无母线接线
单母线接线（单母线分段增设旁路）	单元接线（扩大单元接线）
双母线接线（双母线分段增设旁路）	桥形接线（内桥/外桥）
一台半断路器接线	角形接线（三角/四角/五角/六角）

本项目基于地形以及经济性考虑，采用单母线分段接线。

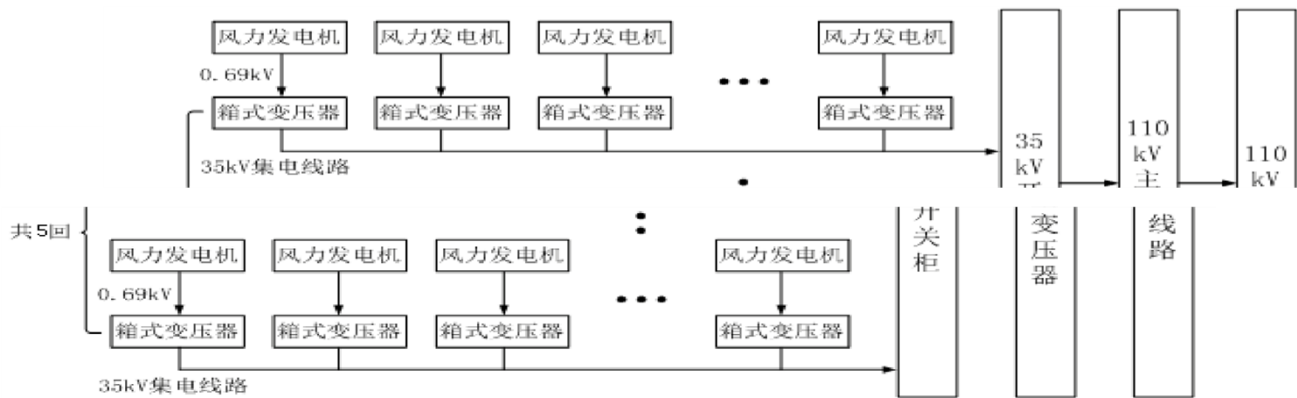
3.4.3 主接线设计程序

- (1) 对项目设计题目进行分析。
- (2) 主接线经济比较。

- (3) 拟定主接线方案。
- (4) 绘制电气主接线图及其他必要的图纸。
- (5) 短路电流计算。
- (6) 电气设备的选择。
- (7) 工程概算。

3.4.4 电气主接线设计

在现场区域，根据风力资源和地质特征布置风力涡轮机，并在风力涡轮机旁边布置箱式变电站。110kV 升压变电站的主要建筑物为控制大楼，35kV 配电室，电站配电站的配电室，二次板房等。监控中心的主要建筑物为综合楼，辅助房屋，储油库等。



本项目中风机出口电压为 690v，采用一机一变的单元连接方式。风力涡轮机的升压电压增加到 35kV，电能汇集并通过 35kV 收集线传输至风电场 110kV 升压站的 35kV 母线，再由 110kV 主变压器进行升压，并通过架空线进入系统网络。

风电场的生产过程如图 3.1 所示。

图 3.1 风电场设计流程图

1、110kV 侧接线

本项目从升压站中采用架空出线形式引出一条 110kV 线路，110kV 侧采用线路变压器组的接线形式。由于本升压站交通方便，不受运输条件限制，故根据主接线及 110kV 升压站需汇集的容量规模，升压站可选用 1 台容量为 100MVA 的主变压器。

3、35kV 侧接线

本工程主变容量为 100MVA，主变低压侧 I_w 为 (1650A)，采用单母线方案。

4、主变中性点接线方式

主变 110kV 侧的中性点为有效接地，中点接地设备配有隔离开关，避雷器，放电间隙和电流互感器。主变 35kV 侧无中性点引线。

5、35kV 中性点接地方式

本项目的 35kV 收集线主要为架空线，35kV 侧的中性点采用电阻接地。当集电线路发生单相接地故障时，可以迅速将故障电路移开，以免事故扩大。

6、无功补偿装置

风电场无功功率的调节范围和响应速率需满足并网点电压调节的要求，应能自动快速调整无功总功率。本项目升压站在 110kV 主变 35kV 侧安装 1 套无功补偿装置 SVG，110 kV 主变主变额定容量为 100MW，无功补偿装置的容量按主变容量的 20%选取，故其容量为：

$$20\% \times 100\text{Mvar} = 20 \text{ Mvar}$$

即无功补偿装置的容量为 20Mvar。

基于设计思路最终完成风电场升压站电气主接线设计，电气主接线设计图全况具体见附图 1。

第 4 章 短路电流计算

4.1 概述

4.1.1 短路电流计算意义和计算方法

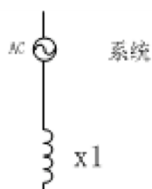
意义：为避免项目中的短路故障危及电力系统且缩小系统的故障范围，在升压站和供电系统的设计和运行中必须进行短路计算。

计算短路电流常用的方法有两种：欧姆法和标幺值法。本项目采用标幺值法。

- 1、设置短路点、绘制短路等效电路图。
- 2、计算电抗、路电流周期分量。
- 3、计算短路电流冲击值。

4.2 具体计算

本项目中采用高压短路电流计算方法，画出主变侧短路等效电路图如图 4.1，选取三个短路点进行计算。



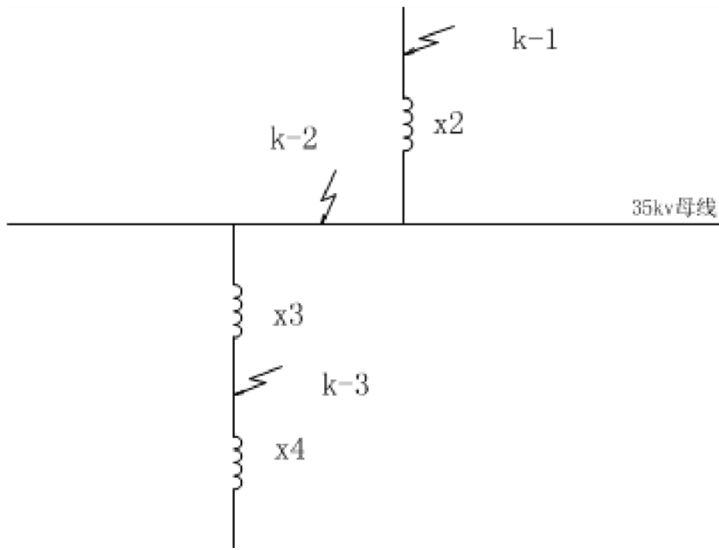


图 4.1 短路等效电路图

(1) 变压器阻抗 $X_2 = X_T^* = \frac{X_T}{X_N} = \frac{\sqrt{3}I_N X_T}{S_{oc}} = \frac{U_k\%}{100}$ 其中

$U_k\%$ 查看变压器参数知为 1.25% 故

$X_2 = X_3 = X_T^* = 5 \times 0.18 = 9 \Omega$ (2) 线路取 L 长为 5km, 且电缆线路电抗为 0.18, 架空线

电抗则电缆阻抗

架空 $X_1 = X_T^* = 5 \times 0.4 = 2 \Omega$ 线阻抗

(3) 风机组共 50 台, 单机容量 2000kw

$X_4 = X_T^* = 0.0084 \Omega$

取基准容量 $S_d = 100MVA$, 对 K-3 点进行短路计算: 总电抗标么值

$X_{\Sigma(k-3)}^* = X_4 = X_T^* = 0.0084 \Omega$

三相短路电流周期分量有效值

$I_{K-3}^{(3)} = \frac{I_{d1}}{X_{\Sigma(k-3)}^*} = \frac{0.50}{0.0084} = 59.52 kA$

其他三相短路电流

$I_{\infty}^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-3}^{(3)} = 59.52 kA$

$i_{sh}^{(3)} = 2.55 I_{\infty}^{(3)} = 2.55 \times 59.52 = 151.776 kA$

$I_{sh}^{(3)} = 1.51 I_{\infty}^{(3)} = 1.51 \times 59.52 = 89.875 kA$

三相短路容量

$$S_{K-3}^{(3)} = \frac{S_d}{X_{\Sigma(k-3)}^*} = \frac{100}{0.0084} = 11904.76 MV \cdot A$$

对 K-2 点进行短路计算：总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-2)}^* = X_3 + X_4 = 9 + 0.0084 = 9.0084 \Omega$$

三相短路电流周期分量有效值

$$I_{K-2}^{(3)} = \frac{I_{d2}}{X_{\Sigma(k-2)}^*} = \frac{1.56}{9.0084} = 0.169 kA$$

其他三相短路电流

$$I_{\infty}^{(3)} = I_{K-2}^{(3)} = 0.169 kA$$

$$i_{sh}^{(3)} = 2.55 I_{\infty}^{(3)} = 2.55 \times 0.169 = 0.431 kA$$

$$I_{sh}^{(3)} = 1.51 I_{\infty}^{(3)} = 1.51 \times 0.169 = 0.255 kA$$

三相短路容量

$$S_{K-2}^{(3)} = \frac{S_d}{X_{\Sigma(k-2)}^*} = \frac{100}{9.0084} = 11.101 MV \cdot A$$

对 K-1 点进行短路计算：总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-1)}^* = \frac{(X_3 + X_4) \cdot X_2}{(X_3 + X_4) + X_2} = \frac{(9 + 0.0084) \cdot 0.0125}{(9 + 0.0084) + 0.0125} = \frac{0.112605}{9.0209} = 0.012$$

三相短路电流周期分量有效值

$$I_{K-1}^{(3)} = \frac{I_{d1}}{X_{\Sigma(k-1)}^*} = \frac{0.50}{0.012} = 41.667 kA$$

其他三相短路电流

$$S_{K-1}^{(3)} = \frac{S_d}{X_{\Sigma(k-1)}^*} = \frac{100}{0.932} = 107.30 MV \cdot A$$

$$I''^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{K-1}^{(3)} = 41.667 \text{ kA}$$

$$i_{\text{sh}}^{(3)} = 2.55 I''^{(3)} = 2.55 \times 41.667 = 106.251 \text{ kA}$$

$$I_{\text{sh}}^{(3)} = 1.51 I''^{(3)} = 1.51 \times 41.667 = 62.917 \text{ kA}$$

三相短路容量

第 5 章 主要设备的选择与校验

5.1 电气选择的一般要求电气设备的主要选择原则：

- 1、根据正常工作条件进行选择。
- 2、根据短路状态校验热稳定性和动态稳定性。

5.2 断路器与隔离开关的一般选择

5.2.1 断路器选型

由短路计算确定本项目设备选择按 110kV 母线短路电流 40kA、35kV 母线短路电流 31.5kA 进行电气设备选择。

结合经济性与可靠性，本升压站 110kV 侧使用 SF6 断路器，35kV 侧使用真空断路器。断路器安装在 35kV 配置室的金属封闭铠装移开式高压开关柜中，所以取 d-1 的短路计算值进行断路器的选型。因断路器属于电器，且位于 35kV 母线处，故取： $t=4s$ 。其各校验项目校验如下：

(1) 额定电压校验：

设备额定电压 $40.5kV \geq$ 工作电压 $35 kV$ 通过

(2) 额定电流校验：

查低压电动机功率电流电缆选型对应表可知 35kV ZR-YJY23-26/35-3 \times 70 型号电缆对应功率为 65KW。

工作电流 $= I_{max} = 1.05 I_N = 1.05 \times \frac{65}{\sqrt{3} \times 35} = 1126A$ 设备额定电流 $2000A \geq$ 工作电流 $1126A$ 通过

(3) 开断电流校验

开断电流 $31.5 kA \geq$ 超瞬态短路电流有效值 $31.5 kA$ 通过

(4) 动稳定校验：

三相短路冲击电流 $i_{sh}^{(3)} = 89.875 kA$

额定峰值耐受电流 $100kA \geq$ 三相短路冲击电流 $89.875 kA$ 通过

由以上计算并查设备表可初步选用 ZN85-40.5 型真空断路器。比较后可知，所选定的 **35kV** 母线断路器合格。

ZN85-40.5 型真空断路器型号表如下：表 5.1 断路器选型

额定电压	126kV
额定短时耐受电流	31.5kA/3s
额定峰值耐受电流	80kA

额定电流	1250A
额定开断电流	40kA
额定短时耐受电流	40kA/3s
额定峰值耐受电流	100kA

5.2.2 隔离开关选型

隔离开关的选择要符合三点基本要求：

- (1) 应满足动力稳定性和热稳定性的校验，且具有足够的机械强度与绝缘强度。
- (2) 隔离开关分开后应能看出明显的断开点，能隔离高压电源。

根据断路器计算数据（d-2 短路点）选择隔离开关型号为：GW4-126 其数据如下：

表 5.2GW4-126 隔离开关选型

项目
数据额定电压 126kV 额定电流 1250A

5.2.4 110kV 高压配电装置的选择

SF6 全封闭电气（GIS）设备占地面积小，维护量少，适应性强，运行可靠性高，更适合此设计的工程环境。同时其具有更高的电气运行可靠性和经济效益。

1、GIS 整体结构

GIS 主要由断路器，隔离开关，维护用接地开关，快速接地开关，电流互感器，电压互感器，避雷器，母线和套管组成。

- (1) 一次部分包括从进出线套管间的全部 GIS 元件，含进线套管、支架、平台、爬梯等及安装所需要固件，以及便于扩建的必要配套部件。
- (2) 二次部分以就地控制柜为界，GIS 及柜体、柜间内部所有配线。

2、GIS 基本参数及校验

型号：ZFW—126/T1250—40

ZF36—126/T1250—40 型 SF6 气体绝缘金属封闭开关设备 (GIS) 以 **SF6** 气体作为绝缘和灭弧介质，智能灭弧。其参数如下：

表 5.3 126kV GIS 气体绝缘金属封闭开关设备

2、35kv 出线：

参数类型	数值
标称电压	110kV
最高电压	126A
额定电流	1250A
频率	50 Hz
额定短时耐受电流	40 kA/3s
额定峰值耐受电流	125 kA
额定雷电冲击耐受电压(峰值)	相对地：550kV 相间：550kV 隔离开关断口间： 630kV 950 kV
额定短时工频耐受电压(有效值)	395 kV
SF6 年漏气量	≤0.5%

5.3 电流互感器的选择

5.3.1 选型原则

1、 电流互感器一次参数选择：变压器的额定电流一般是将负载电流乘以 1.21.25 倍所得。电流互感器的额定连续热电流，额定短期热电流和额定动态稳定电流需要满足一次电路最大负载电流和短路电流的要求，并应将系统的发展情况考虑在内。

2、 电流互感器二次参数选择：电流互感器的额定二次电流一般为 1A。若基于变压器的生产或扩建项目需要，在一些特殊情况下需降低电流互感器的二次开路电压，则额定二次电流也可以为 5A。

5.3.2 电流互感器选型

本项目电流互感器二次额定电流为 1A，电流互感器的测量精度为 0.5，电流互感器的测量精度为 0.2S，保护用电流互感器采用 5P 电流互感器。对于 10kV 以上的输电线路，我国通常使用钢芯铝绞线（LGJ）作为导体。钢丝用于传输电流，而铝线则用于减少电晕和其他损耗，而导体的横截面取决于电压。

1、110kV 侧电流互感器的选择

配电设备一般使用具有油浸式瓷箱绝缘结构的 L（C）系列独立电流互感器。出口侧的电流互感器为户外型，用于需要精确度的电表测量和保护装置。

$$I_{max} = \frac{1.05 \times 33000}{\sqrt{3} \times 37 \times 0.85} = 628.75A \text{ 故选用 LCZ—35 型 CT}$$