**6 电气**

**6.1概述**

江苏高邮，位于154.7境内，为缓坡低山风电场，场址内海拔高程在588m～852m之间。项目地处东经111.334294、北纬23.132694之间，总区域共20km2。风电场拟安装40台单机容量为2.5MW的风力发电机组，规划容量为100.0MW。本项目拟采用110kV电压等级接入电网，在风电项目场址中心附近新建1座110kV升压变电站，设置1台70MVA主变，电压等级110/35kV， 风力发电机组发出的电力经箱变升压至35kV后汇集进入变电站35kV侧，经主变压器升压至110kV，以一回110kV接入220kV白涛变电站110kV侧，导线截面300mm2。

**6.2升压变电站选址**

风电场升压变电站的选址原则为应结合考虑土地利用规划、接入系统方案、风电机组机位及集电线路的布置条件、地形条件、工程地质及水文地质条件、进出线条件、交通运输等多种因素。

根据业主提供资料以及现场踏勘，本工程升压站位置位于云浮市郁南县黄茅坪附近。场址地形相对开阔，交通条件便利。结合土地利用性质，升压站场址为可利用用地，进出线方便，位于风电场场址中心附近，有利于减少集电线路的长度。

**6.3电气一次**

**6.3.1 设计依据**

1. 《风电场工程电气设计规范》NB/T 31026-2012
2. 《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963-2011
3. 《交流电气装置的接地设计规范》GB50065-2011
4. 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T50064-2014
5. 《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229-2006
6. 《电力工程电缆设计规范》GB50217-2007
7. 《火电厂和变电站照明设计规范》DL/T 5390-2007
8. 《35kV～220kV变电站无功补偿装置设计技术规定》DL/T 5242-2010
9. 《35kV~220kV无人值班变电站设计规程》 DL/T 5103-2012
10. 《变电所总布置设计技术规程》DL/T 5056-2007

**6.3.2接入电力系统方式**

6.3.2.1云浮市电力系统现状及规划

2018年，武隆区全年实现地区生产总值(GDP)1816270万元，按可比价计算，较上年增长6.2%。其中:第一产业实现增加值226881万元，较上年增长4.7%;第二产业实现增加值679907万元，较上年增长6.0%;第三产业实现增加值909482万元，较上年增长6.7%。三次产业结构比为12.5:37.4:50.1。三次产业对经济增长的贡献率分别为9.1%、36.3%、54.6%，分别拉动经济增长0.6、2.3、3.3个百分点。按常住人口计算，人均生产总值达到52237元，较上年增长6.2% 。

截止2017年底，重庆电网总装机容量为1948万千瓦，220千伏及以上变压器变电容量65320兆伏安。500千伏线路长度合计3386千米，220千伏线路长度合计7496千米。 2017年重庆地区最高负荷为19420兆瓦，同比2016年增长7.0%；最大用电量为774亿千瓦时，同比2016年增长6.7%。

6.3.2.2风电场接入电力系统方案

本项目拟采用110kV电压等级接入电网，在风电项目场址中心附近新建1座110kV升压变电站，设置1台70MVA主变，电压等级110/35kV， 风力发电机组发出的电力经箱变升压至35kV后汇集进入变电站35kV侧，经主变压器升压至110kV，以一回110kV接入220kV白涛变电站110kV侧，导线截面300mm2。

**6.3.3电气主接线**

6.3.3.1风电场电气主接线

华润郁南欣茂风电项拟安装40台单机容量为2.5MW的风力发电机组，规划容量为100MW。风机出口电压为0.69kV，经风机箱变升压至35kV后，通过6回集电线路接入风电场变电站35kV侧母线，每回35kV集电线路接6~7台风力发电机组。

（1）风力发电机组与箱式变电站的接线方式

本风电场安装40台单机容量为2500kW的风力发电机组，风力发电机与箱式变电站接线方式为一机一变单元接线方式，因此选用40台箱变，容量为2750kVA，电压等级35/0.69kV。风机与箱变之间采用8×（ZRC-YJY23-0.6/1kV -3×240+1×120）的铜芯电缆连接。

（2）箱式变电站高压侧接线方式

箱式变电站高压侧采用联合单元接线方式。根据风电机组的布置及线路的经济输送容量，40台风机为共分6组，每组经一回35kV集电线路线路送至变电站35kV母线上，35kV集电线路暂按架空线与直埋电缆混合方案设计。

6.3.3.2升压站电气主接线

风电场升压站规划建设1台100MVA主变压器，电压等级110/35kV，110kV出线1回，35kV进线6回，本期一次建成。

（1）110kV侧接线方式

本项目本期规划装机容量100MW，新建一座110kV升压变电站，电压等级110/35kV，安装1台容量为100MVA的电力变压器，110kV出线线路1回，110kV侧的接线形式选用线变组接线形式。

（2）35kV配电装置的接线型式

40台风机分6组分别接入风电场110kV升压变电站的35kV母线，本升压变电站35kV采用单母线接线型式。35kV配电装置采用户内成套移开式开关柜，配置6面进线开关柜，1面PT柜，1面SVG无功补偿装置开关柜，1面站用变开关柜，1面接地变开关柜，1面出线柜。

根据电网要求“风电场应综合考虑各种发电出力水平和接入系统各种运行工况下的稳态、暂态、动态过程，配置足够的动态无功补偿容量，且动态调节的响应时间不大于30ms。风电场应确保场内无功补偿装置的动态部分自动调节，确保电容器、电抗器支路在紧急情况下能被快速正确投切”，考虑升压站总规模，选用容量为1台20MVar 的SVG接至35kV 母线上，补偿装置型式、容量及调节范围根据接入系统报告及其审查意见以及电能质量报告最终确定。

35kV中性点接地方式根据电网公司要求风电场汇集线系统单相故障应快速切除，汇集系统应采用经电阻或消弧线圈接地的方式。由于电阻与消弧线圈均为满足要求，但电阻较为经济且可满足电网运行的安全性和供电可靠性的要求，因此本工程35kV中性点接地装置采用接地变压器与电阻的方式。

**6.3.4主要电气设备选择**

6.3.4.1短路电流

由于暂缺电力系统相关参数，本项目电气设备短路水平110kV侧暂按40kA、35kV侧暂按31.5kA选取。待接入系统设计正式批复后，重新进行短路电流计算，对主要电气设备参数进行校验。

6.3.4.2主要电气设备选择

主要电气设备选择原则：

1. 短路电流：110kV：40kA；35kV：31.5kA
2. 污秽等级：d级，统一爬电比距：43.3mm/kV

（1）风力发电机组

额定功率： 2500kW

额定电压： 0.69kV

频率： 50Hz

功率因数： ≥0.95

数量： 40台

风力发电机组配置低电压穿越功能，风电机组具有在并网点电压跌至 20％额定电压时能够保证不脱网连续运行 625ms 的能力；风电场并网点电压在发生跌落后 2s 内能够恢复到额定电压的 90％时，风电机组能够保证不脱网连续运行。

风电机组应具有必要的高电压穿越能力，在并网点电压在0.9～1.1倍额定电压（含边界值）内时能正常运行。

应具有的频率适应性：电力系统频率在49.5Hz～50.2Hz范围（含边界值）内时，风电机组应能正常运行。电力系统频率在48Hz～49.5Hz范围（含48Hz）内时，风电机组应能不脱网运行30min。

（2）箱式变电站

箱式变电站大致分为欧变、美变与华变三种，优缺点比较表见表6-1。

**表6- 1 各种箱变优缺点比较**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 优点 | 缺点 |
| 美变 | 体积小，占地面积小，便于安装，价格较低 | 供电可靠性较欧变低，不便增容 |
| 华变 | 体积小，占地面积小，便于安装，价格相对欧式箱变较低，供电可靠性较美变高 | 供电可靠性较欧变低，不便增容 |
| 欧变 | 辐射较美变低，供电可靠性较华变高 | 价格高，不便增容，体积较大 |

由于风电场箱变不会有增容的情况，为了使户外变压器安全可靠地运行和安装施工的简便，本风电场选用具有运行灵活、操作方便、免维修、价格性能比优越等优点的美式箱式变电站。

美式箱变内部主要包括油浸变压器，低压断路器，高压负荷开关、插拔式熔断器、避雷器等。

型式： 全密封三相双绕组油浸、无载调压低损耗电力变压器

容量： 2750kVA

电压等级： 37±2×2.5%/0.69kV

接线组别： Dyn11

冷却方式： ONAN

短路阻抗： 6.5%

数量： 40台

（3）主变压器

升压站设置1台容量为100MVA的主变压器，拟选用三相铜芯双绕组有载调压变压器。

型号： SZ11-100000/110

额定容量： 100MVA

额定电压比： 121±8×1.25%/37kV

接线组别： YNd11

阻抗电压： Ud=10.5%

噪音： 不大于65dB

冷却方式： ONAN

数量： 1台

有载调压开关：采用国产或进口有载调压开关。

主变压器接地方式：110kV中性点接地方式采用经中性点接地保护装置（隔离开关、避雷器和放电间隙）接地。

主变中性点接地保护装置

变压器额定电压：110kV

变压器中性点耐受电流：50kA（峰值）20kA/4s（短时）

氧化锌避雷器： YH1.5WZ-72/186

放电间隙： 不绣钢

电流互感器： 100/1A、5P30

（4）110kV配电装置

1）110kV配电装置选用户外GIS设备，GIS占地面积和空间小，维护工作量小，适应性强，运行可靠性高，更适合本项目条件。主要技术参数如下：

型号 户外GIS

额定电压： 126kV

额定电流： 2000A

额定频率： 50Hz

额定开断电流： 40kA

额定关合电流： 100kA

额定峰值耐受电流： 100kA

额定短时耐受电流： 40kA（4s）

出线间隔： 1

PT间隔： 1

变比：

准确级：0.2/0.5/3P

2）110kV避雷器

型号：YH10WZ-108/281

避雷器额定电压（有效值）： 108kV

避雷器持续运行电压(有效值)： 84kV

避雷器的标称放电电流： 10kA

雷电冲击电流残压（峰值）： 281kV

数量： 6

（5）35kV移开式开关柜

1）风机进线柜（共6面，配置真空断路器）：KYN-40.5

额定电压： 35kV

额定电流： 1250A

额定短路开断电流： 31.5kA

动稳定电流： 80kA

额定短时耐受电流： 31.5kA（4s）

电流互感器：

变比： 400/1A

准确级: 5P30/5P30/0.5S/0.2S

避雷器： YH5WZ-51/134（每套3只）

2）主变出线柜（共1面，配置真空断路器）：KYN-40.5

额定电压： 35kV

额定电流： 1250A

额定短路开断电流： 31.5kA

动稳定电流： 80kA

额定短时耐受电流： 31.5kA（4s）

电流互感器：

变比： 2500/1A

准确级: 5P30/5P30/5P30/0.5S/0.2S

3）站用变柜（共1面，配置真空断路器）：KYN-40.5

额定电压： 35kV

额定电流： 1250A

额定短路开断电流： 31.5kA

动稳定电流： 80kA

额定短时耐受电流： 31.5kA（4s）

电流互感器：

变比： 400/1,400/1,30/1,30/1A

准确级: 5P30/5P30/0.5S/0.2S

避雷器： YH5WZ-51/134（每套3只）

4）无功补偿装置柜（共1面，配置真空断路器）：KYN-40.5

额定电压： 35kV

额定电流： 1250A

额定短路开断电流： 31.5kA

动稳定电流： 80kA

额定短时耐受电流： 31.5kA（4s）

电流互感器：

变比： 400/1

准确级： 5P30/5P30/0.5S/0.2S

避雷器： YH5WZ-51/134（每套3只）

5）接地变柜（共1面，配置真空断路器）： KYN-40.5

额定电压： 35kV

额定电流： 1250A

额定短路开断电流： 31.5kA

动稳定电流： 80kA

额定短时耐受电流： 31.5kA（4s）

电流互感器：

变比： 400/1,400/1,30/1,30/1A

准确级: 5P30/5P30/0.5S/0.2S

避雷器3只（每套）： YH5WZ-51/134

6）PT柜（共1面）：KYN-40.5

额定电压： 35kV

额定电流： 1250A

额定短路开断电流： 31.5kA

动稳定电流： 80kA

额定短时耐受电流： 31.5kA（4s）

电压互感器： 35/√3:0.1/√3:0.1/√3: 0.1/√3:0.1/3

准确级: 0.2/0.5/3P/3P

高压熔断器： XRNT-35/0.5A

避雷器： YH5WZ-51/134（每套3只）

（6）小电阻成套接地装置（共1套）

本项目35kV集电线路采用电缆和架空线混合线路，经计算35kV每段母线上的电容电流约为25.66A。为了确保继电保护整定值满足可靠性、速动性、选择性及灵敏性的要求，接地电阻装置阻值为416Ω。

型式： DKSC-150/37

额定电压： 37kV

额定容量： 150kVA

入地阻性电流： 51.32A

电阻阻值： 416Ω

通流时间： 10s

（7）站用变压器

35kV站用变压器采用干式变压器，具体参数如下：

型号： SCB11-400/37kV

容量： 400kVA

额定电压： 37kV

额定电压分接范围：37±2×2.5%/0.4kV

阻抗电压： Ud=6%

联接组别： Dyn11

（8）无功补偿装置

目前，无功补偿装置主要有：1、并联电容器组，FC；2、静止无功补偿装置，TCR-SVC；3、静止无功发生器，SVG。各种无功补偿装置优缺点见表6-2。

**表6- 2 各种无功补偿装置优缺点对比**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 型式  项目 | FC | TCR-SVC | SVG |
| 优点 | 价格便宜 | 响应时间很快（一般约为20ms），可感性到容性平滑调节 | 响应时间最快（一般约为10ms以内），，可感性到容性平滑调节，噪声较小 |
| 缺点 | 只能产生容性无功，不可连续调节 | 受系统谐波影响大，自身产生大量谐波。 | 受系统谐波影响小，可抑制系统谐波。 |

综合考虑，本工程拟在母线上配置SVG的无功补偿装置组合，考虑升压站总规模，每段母线选用容量为20MVar SVG。具体补偿容量以电能质量报告中的补偿容量为准。

（9）导体选择

1）110kV GIS设备与主变压器间的连接及出线均采用钢芯铝绞线，型号为LGJ-300/30；

2）35kV主变出线柜与主变压器低压侧的连接选用绝缘铜管母线。

型式： 全屏蔽绝缘铜管母线

额定电压： 35kV

最高运行电压： 40.5kV

额定电流： 2500A

额定热稳定电流（4s）： 31.5kA

额定动稳定电流（峰值）：80kA

**6.3.5过电压保护与绝缘配合**

6.3.5.1风电场内过电压保护

（1）直击雷保护

风电机组制造厂家配备有防雷保护装置。风电机组和箱变外壳、塔架及其基础钢筋均应与接地网可靠相连接。箱变高度较低，布置在风电机组塔架附近，在风电机组塔架保护范围之内，故不再单独装设直击雷保护装置。

（2）配电装置的侵入雷电波保护

根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T50064-2011规定，35kV箱变内部高低压侧均要求装设避雷器。

6.3.5.2升压变电站内过电压保护

（1）直击雷保护

110kV变电站户外高压设备采用避雷针保护，经过计算采用3根30m高的独立避雷针，可以保护户外所有高压设备。另外在设备楼、综合楼、附属用房的屋顶采用避雷带进行直击雷保护，该避雷带的网格为8～10m，每隔10～20m设引下线接地。

（2）配电装置的侵入雷电波保护

根据《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011和《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T50064-2014 中规定，在变电站110kV出线、主变110kV进线和35kV母线上均设置一组无间隙金属氧化锌避雷器对雷电侵入波和其他过电压进行保护，并且露天布置的110kV设备外壳须可靠接地。

（3）主变压器中性点装设金属氧化物避雷器一只，并装有接地隔离开关和放电间隙，以方便接地运行方式的选择。

**6.3.6接地**

6.3.6.1风电场内电气设备的接地

风电场（包括箱变）为小接地短路电流系统，对保护接地、工作接地和过电压保护接地采用一个总的接地网。风电场风力发电机组接地在充分利用各机组基础内钢筋作为自然接地体基础上，按每台风力发电机组设计独立复合接地网，水平接地体为主，垂直接地极为辅。箱变接地装置与对应的风力发电机接地装置连接。接地网的设计应满足风电机组提出的接地电阻要求。

6.3.6.2变电站内电气设备的接地

根据《交流电气装置的接地设计规范》GB/T 50065-2011规定，对所有要求接地或接零部分的电气设备均应至少两点可靠的接地或接零。独立避雷针与道路或出入口、带电体等空气中距离及地中距离满足规范要求。

升压站为大接地短路电流系统，对保护接地、工作接地和过电压保护接地使用一个总的接地装置，本工程暂按不大于0.5Ω设计。

升压站的接地网为以水平接地网为主，垂直接地极为铺的复合环形封闭式接地网。在构架避雷针、独立避雷针和避雷器处设集中接地装置，且与主接地网连接。水平接地线拟采用-60×5mm的热镀锌扁钢，敷设深度离地面大于800mm，垂直接地极采用∠60×5mm，长2500mm长的热镀锌角钢。接地材料材质为暂定，最终根据土壤电阻率报告结果确定。

如接地电阻实测值不能满足计算要求，则采用扩展接地网面积来降低接地电阻，并采用均压网设计、转移电位控制、多点接地保护及等电位连接等多种措施限制接触电势和跨步电势，以保证变电站运行人员安全。主要措施如下：

减小均压网孔的尺寸，验算接触电势和跨步电势；

加厚室内混凝土地面层，屋外路面采用沥青混凝土路面，厚度不小于20cm；校验反击电压；

通信线路采取加装保护器或隔离变压器等隔离措施。

下阶段将根据系统设计单位提供的系统资料和接地网的详细设计，计算接触电势和跨步电势以及接地电阻值，并采取措施满足规程的规定，保证电站设备和运行维护人员的安全。

**6.3.7站用电系统与照明**

6.3.7.1站用电系统

升压站设置1台站用变压器和1台备用变压器，其中站用变压器采用干式变压器为户内安装，引接于变电站35kV母线；另一台备用变压器安装在变电站围墙外，引接于站外10kV可靠电源，为施工变在施工期结束后改造为变电站备用电源。站用电屏由6面MNS型交流低压屏组成。

站用电系统采用三相四线制接线，380/220V中性点接地系统。站用电为单母线接线，当站用变失电时，由备用变压器给全部配电屏供电。投切功能由自动投切装置进行控制。站用电负荷表参见表6-3。

**表6-3 站用电负荷表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **额定容量(kW)** | **安装(kW)** | **运行(kW)** |
| 1 | 直流充电装置 | 9×2 | 9×2 | 18 |
| 2 | 通信电源 | 9×2 | 9×2 | 18 |
| 3 | UPS | 7.5×2 | 7.5×2 | 15 |
| 4 | 火灾报警系统 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | 生活水泵 | 8×2 | 8×2 | 8 |
| 6 | 深井水泵 | 22 | 22 | 22 |
| 7 | 室内消防水泵 | 10×2 | 10×2 | 10 |
| 8 | 室外消防水泵 | 15×2 | 15×2 | 15 |
| 小计P1 | - | 139 | 139 | 121 |
| 9 | 综合楼空调 | 100 | 100 | 80 |
| 10 | 设备楼空调 | 50 | 50 | 50 |
| 11 | SVG工业空调 | 50 | 50 | 50 |
| 12 | 厨房动力 | 50 | 50 | 50 |
| 小计P2 | - | 250 | 250 | 230 |
| 14 | 综合楼照明 | 20 | 20 | 20 |
| 15 | 设备楼照明 | 5 | 5 | 5 |
| 16 | 户外照明 | 15 | 15 | 15 |
| 小计P3 | - | 40 | 40 | 40 |
| 1、综合楼空调机为单冷型，该负荷仅在夏季使用；  2、设备楼空调机为冷暖型。 | | | | |

计算负荷 S=0.85×P1+ P2+ P3 =0.85×121+230+40

=372.85kW

根据负荷统计，计算负荷为372.85kW，因此站用变容量选用400kVA。型号为SCB11-400/35kV。

6.3.7.2照明

照明电源系统根据运行需要和事故处理时照明的重要性确定。其电源分交流电源和直流电源两种。

照明分为正常照明、事故照明和应急照明。正常照明电源取自交流站用电源；事故照明电源取自不间断电源，正常时由交流电源供电，交流电源消失时自动切换至不间断电源供电；应急诱导指示照明由交流电源供电，交流电源消失时自动切换至自带的电池供电，连续供电时间为60分钟。

所有光源及灯具应优先选用高效节能型合格产品，室内均采用性能优越、低能耗的三基色T8系列荧光灯，公共场所可采用LED照明灯具。照明方案根据其使用功能的不同要求，在照明灯具的控制系统中，采用分区、分时控制开、关，在人员短暂停留的场所采用自熄式的节能开关。

1. 变电站的道路两旁装设路灯，户外变电场四周装设落地投光灯照明；
2. 主控室要求光线柔和，无阴影及照度均匀，采用漫射配光、嵌入式栅格荧光灯。工作照明照度不小于500lx，均匀度不小于0.7；事故照明照度不小于30lx。
3. 办公室和标准房间采用荧光灯，照度不小于300lx。
4. 高低压配电装置室的工作照明照度不小于300lx；事故照明照度不小于10lx；
5. 走廊与楼梯通道采用吸顶灯和疏散指示灯。

**6.3.8电气设备布置**

6.3.8.1变电站内电气设备布置

本变电站布置成矩形布置，分为设备区和生活管理区两部分，设备区位于变电站西侧，生活管理区位于东侧。电气平面布置力求紧凑合理，出线方便，节约投资，设备区由南到北，依次为SVG，设备楼、主变压器和接地变压器及户外GIS。

其中设备楼为一层，设备楼内由西往东，由北往南布置有站用变压器、室、蓄电池、低压配电室、继保通信室、35kV开关柜室。

6.3.8.2风场内电气设备布置

（1）箱式变电站布置

箱式变电站布置根据风力发电机布置位置，箱式变电器布置在风力发电机塔筒中心20m左右，现场定位时考虑地形、设备运输、安装方便。

（2）35kV集电线路布置

35kV集电线路采用直埋电缆和架空线路混合方案。集电线路中箱变上塔部分采用电缆连接。风机与风机之间、风机至升压站的集电线路采用架空线，架空线采用铁塔。由于风电场村镇、铁路、公路、架空线较多，应综合考虑环境因素对集电线路的影响。

**6.3.9电气一次主要设备及材料表**

电气一次主要设备和材料清单见6-4。

**表6- 4 电气一次主要设备及材料表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **型号及规格** | **单位** | **数量** | **备注** |
| 一 | 风电场 | - | - | - | - |
| 1 | 风力发电机组 | 2500kW 0.69kV | 台 | 40.0 | - |
| 2 | 美式箱式变电站 | 2750kVA 37/0.69kV | 台 | 40.0 | - |
| 3 | 1kV电力电缆 | ZRC-YJV22-0.6/1kV-3×240+1×120 | km | 15.0 | - |
| 4 | 接地装置 | - | - | - | - |
| 4.1 | 热镀锌扁钢 | -60X5mm | km | 15.0 | - |
| 4.2 | 离子接地极 | FF-10C Φ57×3000mm | 套 | 320.0 | - |
| 4.3 | 接地检测井 | 300\*300\*210,SPT205 | 套 | 40.0 | - |
| 4.4 | 各种钢材 | 箱变基础埋件 | 吨 | 7.0 | - |
| 二 | 升压变电站 | - | - | - | - |
| 1 | 主变部分 | - | - | - | - |
| 1.1 | 主变压器 | SZ11-100000/110，121±8×1.25%/37kV，Ud=10.5%，YNd11 | 台 | 1.0 | - |
| 1.2 | 中性点接地装置 | - | 组 | 1.0 | - |
| 1.3 | 主变有载调压开关 | - | 套 | 1.0 | - |
| 2 | 110kV 配电装置 | - | - | - | - |
| 2.1 | GIS出线断路器间隔 | 126kV 2000A 40kA/4s | 间隔 | 1.0 | - |
| 2.2 | GIS PT间隔 | - | 间隔 | 1.0 | - |
| 2.3 | 避雷器 | YH10WZ-108/281 | 只 | 6.0 | - |
| 2.4 | 钢芯铝绞线 | LGJ-300 | 千米 | 0.2 | - |
| 2.5 | 耐张绝缘子串 | 9×XWP-100，泄露比距450mm | 套 | 6.0 | - |
| 2.6 | 耐张线夹 | NY-240/30 | 个 | 6.0 | - |
| 2.7 | T型线夹 | TY-240/30 | 个 | 12.0 | - |
| 2.8 | 门构架 | h=10m | 座 | 3.0 | - |
| 3 | 35 kV设备 | - | - | - | - |
| 3.1 | 35kV开关柜 | KYN-40.5 1250A（真空断路器） | 面 | 1.0 | 出线 |
| 3.2 | 35kV开关柜 | KYN-40.5 1250A（真空断路器） | 面 | 6.0 | 进线 |
| 3.3 | 35kV开关柜 | KYN-40.5 1250A（真空断路器） | 面 | 1.0 | 站用变柜 |
| 3.4 | 35kV开关柜 | KYN-40.5 1250A（真空断路器） | 面 | 1.0 | 接地变柜 |
| 3.5 | 35kV PT柜 | KYN-40.5 | 面 | 1.0 | PT柜 |
| 3.6 | 35kV开关柜 | KYN-40.5 1250A（真空断路器） | 面 | 1.0 | 无功补偿柜 |
| 3.7 | 35kV站用变压器 | SCB11-400 37kV/0.4kV | 台 | 1.0 | - |
| 3.8 | SVG无功补偿装置 | Ue=35kV，20MVar | 套 | 1.0 | SVG |
| 3.9 | 绝缘铜管母线 | 35 kV 2500A | 单相米 | 60.0 | - |
| 3.1 | 35kV接地变小电阻成套装置 | DKSC-150/37 | 套 | 1.0 | - |
| 3.11 | 35kV 电力电缆 | ZB-YJY23-26/35kV-3\*95 | km | 1.5 | - |
| 3.12 | 35kV 电力电缆 | ZB-YJY23-26/35kV-3\*300 | km | 0.2 | - |
| 3.13 | 35kV电缆终端头 | 户内，冷缩型 | 套 | 6.0 | 每套三相 |
| 4 | 400V设备及其他 | - | - | - | - |
| 4.1 | 0.4kV开关柜 | MNS | 面 | 6.0 | - |
| 4.2 | 照明动力配电箱 | - | 只 | 35.0 | - |
| 4.3 | 1kV 电力电缆 | 各种型号 1kV | km | 10.0 | - |
| 4.4 | 电缆头及附件 | 各种型号 1kV | 套 | 100.0 | - |
| 4.5 | 灯具 | 各种型号 | 套 | 200.0 | - |
| 4.6 | 插座及开关 | 各种型号 | 套 | 100.0 | - |
| 4.7 | 户外照明 | - | 项 | 1.0 | - |
| 5 | 接地与防火封堵 | - | - | - | - |
| 5.1 | 防火材料 | 各种型号 | 吨 | 6.0 | - |
| 5.2 | 热镀锌扁钢 | -60×5mm | km | 3.0 | - |
| 5.3 | 热镀锌角钢 | ∠60×5mm，长2500mm | 根 | 60.0 | - |
| 5.4 | 铜排 | -40×4mm | km | 0.6 | - |
| 5.5 | 铜排 | -25×4mm² | km | 0.5 | - |
| 5.6 | 软铜线 | 50mm² | km | 0.8 | - |
| 5.7 | 避雷针 | 独立避雷针，30m | 座 | 3.0 | - |
| 6 | 其他 | - | - | - | - |
| 6.1 | 电缆支架 | 各种型号 | 吨 | 8.0 | - |

**6.4 电气二次**

**6.4.1设计依据**

1. 《继电保护及安全自动装置技术规程》GB/T 14285-2006
2. 《风电场接入电力系统技术规定》GB/T 19963-2011
3. 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062-2008
4. 《电力工程电缆设计规范》GB50217-2007
5. 《风电场工程电气设计规范》NB/T31026-2012
6. 《35kV～220kV无人值班变电站设计规范》DL/T5103-2012
7. 《电测量及电能计量装置设计技术规程》DL/T 5137-2017
8. 《电能量计量系统设计技术规程》DL/T 5202-2004
9. 《电力系统安全自动装置设计技术规定》DL/T 5147-2001
10. 《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》DL/T 5136-2012
11. 《电力系统通信设计技术规定》DL/T 5391-2007
12. 《地区电网调度自动化设计技术规程》DL/T 5002-2005
13. 《电力系统调度自动化设计技术规程》DL/T 5003-2005
14. 《电力工程直流系统设计技术规程》DL/T 5044-2014
15. 发改能源[2005]899号风电场工程可行性研究报告编制办法
16. 国能新能[2011] 177号风电场功率预测预报管理暂行办法
17. 电监会5 号令《电力二次系统安全防护规定》
18. 电监安全[2006] 34号《电力二次系统安全防护总体方案》、《变电站二次系统安全防护方案》、《发电厂二次系统安全防护方案》

**6.4.2 概述**

本升压站后台系统设在升压站中控室内，升压站计算机监控系统按“无人值班、少人值守”的原则进行设计，整个综合自动化系统对本站的运行和主要设备实施全面的自动监测和控制。

系统采用先进的计算机硬件、软件及网络技术，全站按计算机监控进行总体设计和系统配置，采用全开放、分层分布式结构，达到国内同类型计算机监控系统先进水平，系统投入运行后，使全站运行管理达到“无人值班、少人值守”要求。

系统按“先进、实用、经济、可靠、安全”的原则设计，系统各功能按结构化、模块化、标准化设计，但又以实用、可靠为原则，具有冗余容错功能，系统具有易操作性和可管理性，确保系统高可靠性，低故障率，不会因局部的故障引起系统的误操作或降低系统性能。

升压站预留与上级调度系统之间通信接口，可实现“四遥”功能。

**6.4.3 监控系统**

本风电场监控系统分为两个部分，即风电场计算机监控系统（SCADA）和110kV升压站计算机监控系统（NCS），两套系统均布置于110kV升压站中控室，实现对110kV升压站和风电机组的集中协调控制和监视。根据目前风电场监控系统发展状况，两套系统控制功能各自独立，它们通过数字化通信接口进行通信，交换有关信息。

6.4.3.1 风电场计算机监控系统（SCADA）

本工程风电场发电机组的控制方式包括就地控制、中央控制和远方控制三种，操作权限可进行切换和设置，以保证同一时刻只允许一种控制方式的操作权限生效。正常情况下采用计算机监控系统来实现对发电机组及其35kV箱变的运行监视和控制；发电机组的所有监控、保护等设备均由风力发电机厂家配套提供。

（1）就地控制

风力发电机组设置就地监控柜，通过就地监控柜对相应风力发电机组及其35kV箱变的运行数据进行采集、监视和实施就地控制，并通过计算机监控系统网络设备上传发电机组及其35kV箱变实时运行信息（包括继电保护信息）给中央控制级，同时接收风电场计算机监控系统中央控制级下发的控制命令。

就地监控柜设人机操作界面，与发电机组配套的各种检测装置和变送器一起，能自动、连续地对发电机组及其35kV箱变的运行进行监视、调节、控制，包括风力发电机组的偏航情况、叶轮转速、发电机转速、风速、发电机有功功率、无功功率、电流、电压、温度等各种运行参数和故障告警；35kV箱变相关信号和负荷开关位置，并控制负荷开关的合闸、跳闸操作等。风力发电机组的同期点在每台风力发电机组出口开关上。

（2）中央控制

风电场发电机组的中央控制级设置在机组接入的110kV升压站中控室内；包括风电场发电机组计算机监控系统的上位机、网络设备等。

中央控制设备接收就地设备上传的机组运行信息，对所有机组及其35kV箱变进行运行监视、集中控制和管理。中央控制设备通过数字化通信接口与本工程110kV升压变电站计算机监控系统（NCS）进行通信，交换有关信息。

风电场计算机监控系统中央控制级上位机实时显示机组的运行状态（包括故障信息），可操作各发电机组的开机、停机；实时显示35kV箱变相关信号和负荷开关位置、并控制负荷开关的合闸、跳闸操作；系统设实时数据库、历史数据库，对机组运行数据进行记录、处理；设风力发电机组偏航系统，以控制机头顺时针或逆时针方向旋转，在线监视机组的运行状态，使机组维持在安全、经济运行水平；实现发电机组与电力系统的软并网。

风电场计算机监控系统应预留与升压变电站计算机监控系统数据交换的接口，并为统一的通讯规约。

6.4.3.2 110kV升压变电站计算机监控系统（NCS）

本工程110kV升压站按“无人值班、少人值守”的运行方式设计。采用按综合自动化设计的计算机监控系统（NCS），监控系统和远动功能合一。全站防误操作联锁功能（包括间隔内、间隔间电气设备的闭锁）通过NCS的测控装置和电气联锁回路实现，并辅以微机五防设备来实现各电压等级、相关电气设备间的闭锁。监控系统采用分层分布式结构，以间隔为单位，按对象进行设计。

（1）系统结构

微机监控系统分为二层：站级控制层和间隔级控制层，间隔级控制层将采集和处理后的数据信号，经双绞线或光纤传输到站级控制层，各间隔级单元相互独立，不相互影响。站级网络采用100M/1000M高速度以太网；间隔级网络采用实时、可靠、抗干扰性能好的现场总线或以太网通信网络，网络传输速率需满足系统的实时性要求，双网冗余结构。

站级层采用以太网方式组网，其包括：当地监控主机/操作员工作站两套、微机五防工作站（微机五防系统采用与站内监控系统一体化模式）一套、远动工作站两套、继保工作站一套和打印机等。远动工作站能同时支持网络通道和专线通道两种方式与各级调度连接，并可根据实际需要灵活配置；继保工作站按保护信息管理子站功能配置。

间隔层测控单元推荐采用双以太网接口与监控双网相连，按间隔配置。110kV线路和主变测控与保护分开，置于在继保室，35kV测控与保护合二为一，置于35kV开关柜，其它智能设备可通过通信接口接入计算机监控系统。

站级控制层及间隔级控制层设备均按最终规模配置。

（2）控制和操作

a）控制范围

全站110kV及35kV断路器、主变中性点接地刀闸、110kV电动隔离开关、主变有载调压开关等。

b）控制方式

采用三级控制方式，断路器和电动隔离开关在远方、监控系统和配电装置处均可控制。110kV断路器测控装置应具有合闸同期检测功能，进行同期、无压检定，实现“捕捉”同期。

c）操作

为使整个监控系统能安全可靠地运行，监控系统须具有相应的安全、保护措施。

设置操作权限；依据操作员权限的大小，规定操作员对系统及各种业务活动的使用范围。

操作的唯一性；在多种操作方式下，如确定一种操作方式，那就必须闭锁其它操作方式。

对运行人员的任何操作；计算机都将做命令合法性检查和闭锁条件检查。

操作按选点、校验、执行的步骤进行。

（3）系统功能

a）运行监视功能

主要包括变电站正常运行时的各种信息和事故状态下的自动报警，站内监控系统能对设备异常和事故进行分类，设定等级。当设备状态发生变化时推出相应画面。事故时，事故设备闪光直至运行人员确认，可方便地设置每个测点的越限值、极限值，越限时发出声光报警并推出相应画面。

监控系统应具备如下功能：数据采集和处理、数据库的建立和维护、断路器同期、运行监视和报警、事故顺序记录和事故追忆、运行管理、在线自诊断、远方维护和远方诊断、在线统计和制表打印、电压/无功控制（VQC）、主变抽头联调、变电站五防、保护信息管理、远动信息等。

对断路器、隔离开关和继电保护动作发生次序进行排列，产生事故顺序报告。

b）运行管理功能

可进行自诊断，在线统计和制表打印，采集电能量，按不同时段进行电能累加和统计。记录变电站运行的各种数据，检修维护情况，运行人员的各种操作记录，继电保护定值的管理，操作票的开列。

c）远动功能

在站级层设置远动终端，按双通道考虑。可从计算机网络上直接获得站内全部运行数据，可与调度端系统进行通信，将其所需的各个遥测、遥信和电能信息传给调度端，同时也可接收调度端发来的各种信息和遥控、遥调指令，并具有通道监视功能。

（4）系统接口

整个监控系统应具有如下通信接口：

与远动通信接口；

与保护装置的通信接口；

与直流系统的通信接口；

与交流系统的通信接口；

与电能计量系统的通信接口；

与火灾报警系统的通信接口；

与同步时钟的对时接口，同步时钟的对时精度为1ms，其与系统内各装置的对时可采用硬对时，也可采用软对时或混合对时方式，但必须满足对时精度；

与视频监控系统的通信接口

与风电场计算机监控系统通信接口

**6.4.4 继电保护及安全自动装置**

根据国家标准GB/T 14285-2006《继电保护和安全自动装置技术规程》，参考本工程接入系统设计报告，继电保护及安全自动装置配置如下：

（1）110kV线路保护

110kV线路配置一套微机保护装置，主保护为光纤纵联差动保护，后备保护包括：阶段式相间和接地距离保护、零序电流保护等，保护设备采用OPGW复合光缆中的专用纤芯通道。具体配置以接入系统方案为准。

（2）主变压器保护

主变压器保护为微机型，按单套设计，主保护和后备保护按分箱配置。主变配置微机型纵联差动保护、主变本体非电量保护、高、低压后备保护（含复压闭锁过流、过负荷、过载闭锁调压、零序过流、零序过压功能）。

复压闭锁过流、零序过流、零序过压保护动作延时跳变压器各侧断路器；过负荷保护动作发信号；本体非电量保护按厂家要求跳闸或发信。

（3）35kV保护

35kV集电线路进线保护装置配置电流速断保护、过电流保护、零序过流保护、重合闸、低周减载、过负荷告警、故障录波、事故记录掉电不消失等功能。采用保护测控一体化装置，装置安装在相应的35kV开关柜内。

35kV站用变进线保护测控装置配置电流速断保护、过电流保护、过负荷保护、高压侧零序电流保护、低压侧零序电流保护、温度保护等，还应具备故障录波、事故记录掉电不消失等功能。采用保护测控一体化装置，安装在35kV开关柜内。

35kV接地变进线保护测控装置配置电流速断保护、过电流保护、零序电流保护、温度保护等，还应具备故障录波、事故记录掉电不消失等功能。采用保护测控一体化装置，安装在35kV开关柜内。

35kV 无功补偿装置—SVG支路保护测控装置配置微机型变压器差动保护、过流保护、零序电流保护、非电量保护功能，还应具备故障录波、事故记录掉电不消失等功能。采用保护测控一体化装置，安装在35kV开关柜内。

35kV母线配置母线差动保护，母线差动保护采用具有比率制动特性原理的保护。

（4）故障录波装置

为了便于进行事故分析，快速排除故障，在风电场升压站继保室配置一台故障录波装置，记录110kV出线、主变压器、35kV间隔的电流、电压量，以及线路保护的保护动作等开关量。

（5）风力发电机组保护

风力发电机组配置以下的电气量保护：欠压保护、过压保护、低频保护和高频保护等。风力发电机具有低电压穿越能力。风力发电机组继电保护由机组厂家按GB /T14285-2006《继电保护和安全自动装置规程》、《继电保护和安全自动装置通用技术条件》（DL/T478-2013）及有关标准进行配置。

（6）风力发电机出口变压器保护

风力发电机出口变压器按箱变考虑，高压侧配置的负荷开关和高压插入式熔断器，作为变压器过载及短路保护；低压侧配置自动空气开关，作为风机出口至箱变低压侧的过载及短路保护。

（7）防误操作闭锁

35kV配电装置采用带五防功能的开关柜，110kV 配电装置采用电气闭锁及微机五防闭锁相结合，NCS配一套五防工作站。

（8）保信子站

升压站配置1套保护及故障信息系统管理子站，子站采用双机配置，双机之间可实现无缝切换。供继电保护运行管理人员使用，对变电站保护装置和故障录波器进行管理及各种信息的处理。

保护及故障信息系统管理子站独立于变电站自动化系统，经相关网络设备与继电保护、故障录波器、安全自动装置相连。保护及故障信息系统管理子站通过调度数据网与调度端主站进行通信。

（9）频率电压紧急控制装置

风电场建议配置1台频率电压紧急控制装置,当系统出现异常，紧急控制装置将风电场解列，以确保风力发电机组安全运行。具体配置以接入系统方案为准。

**6.4.5时钟同步系统**

全站设置一套时钟同步系统，配两台标准同步钟本体，采用时间同步扩展装置，标准同步时钟本体应能同时接收GPS卫星和中国北斗卫星发送的信息，优先采用北斗系统，满足站内监控系统、保护装置及其它智能设备的对时要求。时钟同步系统独立于监控系统组屏设计。

**6.4.6计量**

1）计量

升压站的测量与计量设备配置，参照《电测量及电能计量装置设计技术规程》DL/T5137-2017来执行。本工程拟在110kV线路出口处设关口计量点，采用三相四线制有功0.2S级、无功1.0级的双向主/副电度表。具体配置以接入系统方案为准。

2）测量

主变低压侧为考核点，主变低压侧采用有功0.5S、无功2.0级双向电度表1只。35kV线路、电容器、站用变、接地变为测量点，各采用1只有功 0.5S、无功2.0级电度表。电能量计量系统通过数据网通道和电话拨号通道，将计量信息传输上级调度部门，具体通道以接入系统方案为准。

**6.4.7 调度自动化**

风电场及110kV升压站相关自动化信号应该传送至省调、地调。

自动化信息采集由电厂和站内计算机监控系统完成，计算机监控系统预留至各级调度的远动通道和数据网接口。

配置电力调度数据网接入设备2套，设备型号符合当地电网电力调度数据网接入要求。为了保证电力调度数据网的网络安全，根据电监会相关要求，配置二次网络安全防护设备1套。

**6.4.8 二次安防系统**

按接入系统要求，风电场配置一套安全防护设备，具体部署方案如下：

a）互联交换机

在控制区、非控制区和管理信息大区各配置两台互联交换机，用于各自区内有纵、横向数据通信的业务系统的汇集接入、接入系统之间的访问控制、安全区的横向及纵向互联。

b）横向互联

配置两台横向互联硬件防火墙部署在控制区与非控制区的网络边界上，用于控制区与非控制区网络的逻辑隔离，实现对控制区有关业务与其它区域相关业务系统的横向数据通信的访问控制。

各配置一套正、反向隔离装置部署在非控制区与管理信息大区的网络边界，用于生产控制大区网络与管理信息大区网络的高强度隔离，实现生产控制大区有关业务系统以正向单向方式向管理信息大区相关业务系统发送数据，以单向反向方式向生产控制区相关业务系统导入纯文本数据。

c）纵向互联

配置两台纵向加密认证网关部署在控制区与调度数据网实时VPN之间，用于本地控制区与远端控制区相关业务系统或业务模块之间网络数据通信的身份认证、访问控制与传输数据的加密与解密，保障系统链接的合法性和数据传输的机密性及完整性。

配置两台纵向加密认证网关部署在非控制区与调度数据网非实时VPN之间，用于本地非控制区与远端非控制区相关业务系统或业务模块之间网络数据通信的访问控制。

配置一台纵向互联硬件防火墙在管理信息大区与风电场综合业务数据网之间，用于本地管理信息大于与远端管理信息大区相关业务系统或业务模块之间网络数据通信的访问控制。

**6.4.9 电源系统**

操作电源系统主要包括直流系统和UPS系统。

6.4.9.1 直流系统

1）升压站直流系统

根据DL/T 5044-2014《电力工程直流系统设计技术规程》，升压站设一套直流系统，用于站内一、二次设备及自动化系统的供电，直流系统电压为220V，容量为200Ah，全站事故停电按2小时考虑。

直流系统采用单母线分段接线，设分段开关，每段母线各带一套充电装置和一组蓄电池组，充电装置采用高频开关电源，模块按Ｎ＋１配置（2+1）×20A高频开关充电模块，蓄电池采用阀控式密封铅酸电池，安装方式采用在专用蓄电池室钢架组合结构，多层迭放。蓄电池和高频开关电源容量均按带供电范围内全部设备负荷的要求选择，在正常操作条件下，两套充电机带两段直流母线独立运行。

直流系统配置微机监控装置，与绝缘监测装置、电池巡检仪等组成全分布式监控系统，并通过统一的数字化通信接口与NCS系统进行数据通信。

直流系统采用混合型供电方式，保护和控制电源分开。35kV部分按母线采用双回路供电，其余设备采用放射形供电方式。

蓄电池组组架布置在蓄电池室，充电、馈电设备组屏布置在继保室。

2）风力发电机组直流

每台风力发电机组就地直流系统及其蓄电池由风力发电机组厂家配套提供，风力发电机组出口开关及风力发电机组相关负荷电源由该直流系统提供，根据DL/T 5044-2014《电力工程直流系统设计技术规程》，考虑到本工程风电场“无人值班、少人值守”的运行方式，每台风力发电机组配套蓄电池容量按满足风力发电机组事故停电2小时考虑。

6.4.9.2 UPS系统

为了给110kV升压变电站计算机监控系统、风电场计算机监控系统、火灾自动报警装置等重要负荷提供不间断电源，全站设置一套交流不间断电源系统，采用交流和直流输入，直流电源采用站内直流系统供电。交流不间断电源系统选用两套7.5kVA逆变电源，冗余配置，互为备用，独立组屏布置在继保室。

**6.4.10 视频监控系统**

本工程变电站设1套图像监视及安全警卫系统，对全站主要电气设备、关键设备安装地点及周围环境进行全天候的图像监控，以满足电力系统安全生产的要求。

图像监视及安全警卫系统的图像监控对象为变电站厂区范围、主变压器外观及中性点地刀、变电站内的全部户外断路器、隔离开关和接地开关、变电站内各主要设备间等，实时监视站内的运行环境。图像监视主机可与站内的NCS或火灾自动报警系统相连，作为中央远方和远方操作时的辅助监视手段，以进一步保证操作的可靠性。

**6.4.11 火灾自动报警系统**

全站设置1套火灾自动报警系统，消防火灾报警信号接入变电站计算机监控系统。火灾报警器配备控制和显示主机，设有手动和自动选择器，联动控制可对其联动设备直接控制，并可以显示启动、停止、故障信号。火灾自动报警控制器应具有通信串行口或网口与站内监控系统、图像监视及安全警卫系统相连，以实现火灾报警部位信号和联动控制状态信号的实时监视。

火灾探测报警范围应包括继保通信室、中控室、高压配电装置室、电缆夹层和主变压器等处。在站内电缆竖井、电缆夹层、电缆桥架以及主变压器等处敷设感温电缆。其它火灾探测器，如感烟探测器、感温探测器以及红外光束感烟探测器，选用及布置满足《火灾自动报警系统设计规范》（GB50116-2013）。

**6.4.12 风机功率预测预报系统**

根据国家电网《风电场接入电网技术规定》和国能新能（2011）177 号“国家能源局关于印发风电场功率预测预报管理暂行办法的通知”：所有并网运行的风电场均应具备风电功率预测预报的能力，并按要求开展风电功率预测预报。因此，本工程需配置风功率预测系统1 套，该系统具备短期、超短期风功率预测功能。信息(包括测风塔信息)通过调度数据网上传调度主站，以满足“风电功率预测系统功能规范（试行）”和风电场功率预测预报管理暂行办法的要求。由于风功率预测系统为安全 II 区信息，其与安全I 区进行信息交互需配置防火墙1套，进行逻辑隔离；其与外网（气象信息等）进行信息采集需配置反向隔离装置1 台，外网服务器与公网连接也应配置防火墙1 套。

**6.4.13 有功功率控制系统**

按照《风电场接入电网技术规定》要求，为了实现对有功功率的控制，风电场需配置1套有功功率控制系统，通过调度数据网与调度通信，能够接收并自动执行调度部门远方发送的有功功率及有功功率变化的控制指令，确保风电场有功功率及有功功率变化按照电力系统调度部门的给定值运行。当风电场有功功率在总额定出力的20%以上时，要求场内所有运行机组能够连续平滑调节，并能够参与系统有功功率控制。

**6.4.14 无功电压控制系统**

按照《风电场接入电网技术规定》要求，风电场应配置1套无功电压控制系统，具备无功功率及电压控制能力。根据电力系统调度部门指令，风电场能够自动调节其无功出力，实现对并网点电压的控制，使其电压在标称电压的97%~107%范围内。

**6.4.15电能质量监测装置**

风电场对电网电压的波动，闪变、谐波有较大影响，同时风电场输出功率具有随机波动特点，在风电场变电站配置1套电能质量监测设备，实时监测风电场电能质量指标。

电能质量监测设备应具备电能质量监测数据存储功能和实时监测数据远程传输高性能，电能质量监测历史数据应至少保存1年，必要时可供电网企业调用。电能质量监测设备满足GB/T 19862《电能质量监测设备通用要求》的要求。

**6.4.16 国家风电信息上报系统**

按照《电力二次系统安全防护规定》将国家风电信息上报系统的数据发送服务器部署在管理信息区。数据采集服务器从风机SCADA系统中采集的实时数据并通过电网认证的横向隔离装置传输到数据发送服务器（风电场生产运行管理服器），数据发送服务器将经过加密的数据通过通过专网或VPN网络传输到国家风电信息管理中心的服务器上，按照各省电力调度中心要求，并可以将相关生产实时数据通过电力专线发送给各省电力调度中心。

**6.4.17 二次设备布置**

升压站共设1个中控室、1个继保通讯室、3个蓄电池室。

中控室：用于放置变电站计算机监控系统监控主站、风机计算机监控系统监控主站、微机五防工作站、视频监控系统后台等。

继保通讯室：用于放置测控、保护、故障录波、计量、直流屏、远动工作站、保信子站屏、时间同步系统屏、交流不间断电源屏、二次安全防护屏、电能采集系统等二次屏柜和光通信设备柜、PCM设备柜、程控交换机屏、通信电源屏等通信屏柜。

蓄电池室：用于放置2组二次蓄电池和2组通信蓄电池。

35kV保护测控装置布置在高压开关柜上。

二次屏柜及通信屏柜均采用尺寸为2260mm（高）×800mm（宽）×600mm（深）的前后开门形式柜体，单列布置。

**6.4.18 抗干扰措施及二次电缆的选择**

全站所有保护均为微机保护，监控系统亦是由计算机和微机型测控装置组成，除要求这些设备本身具有一定的抗干扰能力外，还须采取下列抗干扰措施：

（1）监控系统站级层网络通信介质宜采用光纤，各智能I/O模块间通信采用双绞线带屏蔽的计算机专用电缆并在机柜一端接地。

（2）到微机型保护的交、直流电源进线，应先进抗干扰电容，然后才进入保护装置内。

（3）电气二次设备室应尽可能避开强电磁场、强振动源和强噪音源的干扰，根据具体情况采取屏蔽、防静电、防尘、防潮、防噪声、防火等措施，保证设备的安全运行。

（4）选用屏蔽性能优越的阻燃屏蔽铠装控制电缆，其屏蔽层应可靠接地。

（5）二次屏柜的具体接地措施严格按照DL/T 5136-2012《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》和电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点执行。

**6.4.19二次防雷系统**

（1）总体要求

1）变电站二次系统的雷电电磁脉冲防护（以下简称为防雷）应做到统筹规划、整体设计，从接地、屏蔽、均压、限幅及隔离五个方面来采取综合防护措施。

2）变电站二次系统雷电防护区的划分应符合《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343-2012的要求，根据雷电防护区的划分原则，变电站二次系统的防雷工作应减少直击雷（试验波形10/350μs）和雷电电磁脉冲（试验波形8/20μs）对二次系统造成的危害。

3）变电站内信号系统的SPD 应选用限压型和具有限压特性的组合型SPD。

4）变电站二次系统的雷电防护应遵循从加强设备自身抗雷电电磁干扰能力入手，以加装SPD 防雷器件为补充的原则。

（2）信号系统防雷

1）在时间同步系统的天线接口处应安装最大放电电流不小于15kA（8/20μs）的相应信号SPD。

2）继保通讯室远动屏至通信室通信屏的语音线或RS232 等信号线，应在远动屏侧安装标称放电电流不小于2kA（8/20μs）的相应信号SPD。

3）计算机监控系统与其他系统的通信线（如RS232、RS485 等）应在两端安装标称放电电流不小于2kA（8/20μs）的相应信号SPD。

4）从高压场地到控制室的通信线路（如RS232、RS485、CAN总线等）应在控制室相应屏柜处安装标称放电电流不小于5kA（8/20μs）的信号SPD。

5）SPD正常或故障时，应有能正确表示其状态的标志或指示灯，且宜具备远程集中监测或集中告警的接点。

（3）电源系统防雷

1）直流充电屏的交流充电电源入口处应安装具备相线与地线（L-PE）、中性线与地线（N-PE）保护模式的标称放电电流不小于10kA（8/20µs）的交流电源电压限制型SPD（电涌保护器）。

2）直流屏的直流母线输出端宜安装具有正极对地、负极对地保护模式的标称放电电流不小于10kA（8/20µs）的直流电源SPD。

3）在交流不间断电源系统输入端宜配置相对地、中性线对地保护模式标称放电电流不小于10kA（8/20μs）的交流电源限压SPD。

**6.4.20 电气二次设备清单**

**表6-5 电气二次设备主要材料清单**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **型号及规格** | **单位** | **数量** | **备注** |
| 一 | 变电站计算机监控系统 | - | - | - | - |
| 1 | 操作员（主机）工作站 | 操作员（主机）工作站1台、23英寸液晶显示器1台、鼠标键盘等 | 套 | 2.0 | 含软件等其他设备 |
| 2 | 微机五防系统 | 含五防工作站、系统软件等 | 套 | 1.0 | - |
| 3 | 远动工作站屏 | 含远动主机2台，双机切换 | 面 | 1.0 | - |
| 4 | 网络通信屏 | 含网络交换机4台，规约转换器2台 | 面 | 1.0 | - |
| 5 | GPS时钟对时屏 | 含时钟本体装置2台 | 面 | 1.0 | - |
| 6 | 110kV线路测控屏 | 含110kV线路测控装置1台 | 面 | 1.0 | - |
| 7 | 主变测控屏 | 含主变测控装置2台，温度及档位变送器1套 | 面 | 1.0 | - |
| 8 | 公用测控屏 | 含公用测控装置2台 | 面 | 1.0 | - |
| 9 | 35kV线路保护测控装置 | - | 台 | 6.0 | - |
| 10 | 35kV站用变保护测控装置 | - | 台 | 1.0 | - |
| 11 | 35kV接地变保护测控装置 | - | 台 | 1.0 | - |
| 12 | 35kV SVG保护测控装置 | - | 台 | 1.0 | - |
| 二 | 变电站继电保护及安全自动装置 | - | - | - | - |
| 1 | 保护及故障信息系统管理子站屏 | 含保信子站1台、网络交换机、软件等设备 | 面 | 1.0 | - |
| 2 | 故障录波屏 | 含故障录波装置、主机及软件等设备 | 面 | 1.0 | - |
| 3 | 主变保护屏 | 含主保护装置1台，高、低压侧后备保护装置各1台，非电量保护装置1台，操作箱1台 | 面 | 1.0 | - |
| 4 | 110kV线路保护屏 | 含110kV光纤差动保护装置、操作箱各1台 | 面 | 1.0 | - |
| 5 | 35kV母线保护屏 | 含35kV母线保护装置1台 | 面 | 1.0 | - |
| 6 | 安稳装置屏 | 含频率电压紧急控制装置1台 | 面 | 1.0 | - |
| 三 | 变电站计量系统 | - | - | - | - |
| 1 | 关口计量屏 | 含关口电能表2只，电能量采集终端1台 | 面 | 1.0 | - |
| 2 | 电能表屏 | 含主变电能表1只 | 面 | 1.0 | - |
| 3 | 多功能电能表 | 有功0.5S级、无功2.0级；双RS485通讯口 | 只 | 9.0 | 进线6只、站用变1只、接地变1只、无功补偿1只、安装于高压开关柜 |
| 4 | 电能质量监测屏 | 含电能质量监测分析装置1台 | 面 | 1.0 | - |
| 四 | 变电站辅助电源系统 | - | - | - | - |
| 1 | 直流系统充电屏 | DC220V，电源模块20A，2+1配置；含直流系统监控单元、蓄电池监测装置 | 面 | 2.0 | - |
| 2 | 直流系统馈线屏 | - | 面 | 2.0 | - |
| 3 | 阀控式密封铅酸蓄电池 | 200Ah/220V，104只，组架安装。 | 组 | 2.0 | - |
| 4 | UPS不间断电源电源屏 | 不间断电源装置2台,7.5kVA,双机互为备用 | 面 | 2.0 | - |
| 5 | 继电保护试验电源屏 | - | 面 | 1.0 | - |
| 五 | 其他设备 | - | - | - | - |
| 1 | 风机计算机监控系统 | 含监控主机工作站、风机监控柜、风机现地控制装置 | 套 | 1.0 | - |
| 2 | 风机功率预测预报系统 | 含工作站、风机功率预测预报系统、测风塔及系统软件、应用软件等 | 套 | 1.0 | - |
| 3 | 变电站二次安防系统 | 含隔离装置、防火墙、纵向加密认证装置和互联交换机等 | 套 | 1.0 | - |
| 4 | AGC/AVC系统 | 含AVC/AGC服务器、OPC网关机、以太网交换机、AVC/AGC系统软件等 | 套 | 1.0 | - |
| 5 | 国家风电信息上报系统 | - | 套 | 1.0 | - |
| 6 | 变电站火灾报警系统 | - | 套 | 1.0 | - |
| 7 | 变电站视频监控系统 | - | 套 | 1.0 | - |
| 8 | 综合布线系统 | - | 套 | 1.0 | - |
| 六 | 二次电缆 | - | - | - | - |
| 1 | 控制电缆 | ZRB-KVVP2-22 | km | 18.0 | - |
| 2 | 超六类屏蔽双绞线 | - | km | 5.0 | - |
| 3 | 直流电缆 | - | km | 5.0 | - |

**6.5 系统通信**

**6.5.1 风机光纤通信系统**

风力发电机组采用光纤环网通信，每组风机组成一个独立的光纤环网，各风力发电机组现地智能控制单元顺序相连后，集电线路采用电缆敷设时，沿电缆沟和电缆并列敷设24芯直埋光缆；集电线路采用架空线时，单回架空线采用不少于24芯OPGW光缆，双回架空线采用不少于48芯OPGW光缆。

**6.5.2 升压站通信**

a）站内通信

根据风电场规模及生产调度和行政管理的需要，本工程配置1套程控调度用户交换机并相应配备调度台和录音设备，交换机容量为60门。该交换机以2M中继或4W E/M中继接入电力调度交换网；以2M中继或其它方式接入当地电话公网。

b）通信电源

本工程系统通信与站内通信电源合并，配置2套-48V （2+1）×30A高频开关电源以及2套-48V 200Ah的蓄电池组。

**6.5.3 系统通信**

风电场及110kV升压站与系统侧采用光纤通信，为调度电话、远动通信等提供光纤通道，并为110kV线路提供光纤差动保护通道，110kV升压站至系统应敷设光缆2根，该光缆为通信继保合用。光缆设计不在本工程范围，光缆芯数根据接入系统审批意见为准。

变电站配置2套STM-4光传输设备，作为地区SDH网的接入接点。配置1套 PCM 设备，实现中、低速数据通信。配置1套调度数据网设备、1套综合数据网设备，实现网络数据传输。

**6.5.4 通信部分材料清单**

**表6-6 通信部分材料清单**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **型号及规格** | **单位** | **数量** | **备注** |
| 一 | 风机光纤通信系统 | - | - | - | - |
| 1 | 风机光纤通信设备 | 熔接盒1个、环网交换机1台、跳线等 | 套 | 40.0 | - |
| 2 | 光缆GYTA53 24B1 | 24芯、单模、G.652 | km | 4.0 | - |
| 3 | 24芯OPGW光缆 | OPGW-24B1-50 | km | 35.0 | - |
| 4 | 48芯OPGW光缆 | OPGW-48B1-50 | km | 20.0 | - |
| 二 | 变电站通信 | - | - | - | - |
| 1 | 通信直流充馈电屏 | 电源模块30A，2+1配置 | 面 | 2.0 | - |
| 2 | 阀控式铅酸蓄电池 | -48V/200Ah | 组 | 2.0 | - |
| 3 | 程控数字调度交换机 | 60门 | 套 | 1.0 | - |
| 4 | 通信电缆 | - | km | 3.0 | - |
| 三 | 系统通信 | - | - | - | - |
| 1 | 综合配线屏 | 含DDF、VDF、ODF配线架 | 面 | 1.0 | - |
| 2 | PCM设备屏 | 含PCM设备 | 面 | 1.0 | - |
| 3 | 光端机屏 | 含SDH光传输设备 | 面 | 2.0 | 2套，每面各1套 |
| 4 | 调度数据网屏 | 含接入交换机2台、E1接口板2台 | 面 | 2.0 | - |
| 5 | 综合数据网屏 | 含接入路由器1台、以太网光接口模块2台 | 面 | 1.0 | - |
| 6 | 管道光缆 | - | km | 1.2 | - |

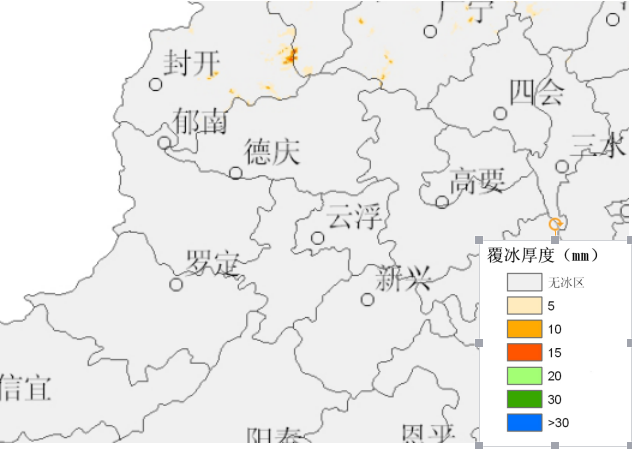
**6.6集电线路**

**6.6.1 总述**

本工程本期新建6回风场风力发电机组至风电场变电站的35kV集电线路线路，线路起于风电场风力发电机组，止于风电场变电站，新建电缆线路长约3.2km，架空线路单回长约34.8km，双回长约19.7km。

**6.6.2 风电场气象条件**

根据《广东省30年一遇覆冰分布图》可以看出，本工程位于0mm覆冰区内，线路采用架空为主，电缆为辅的方式（仅箱变至附近杆塔和终端至升压站采用电缆）。



本工程区域附近有云浮气象站，本工程气象条件采用云浮气象站资料分析确定。主要气象要素见表6.6-1。

**表6.6- 1 主要气象要素统计表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | **单位** | **数值** | **备注** |
| 1 | 多年平均气温 | ℃ | 26 |  |
| 2 | 极端最高气温 | ℃ | 40.0 |  |
| 3 | 极端最低气温 | ℃ | 4.5 |  |
| 4 | 多年平均降水量 | mm | 1440 |  |
| 5 | 多年平均风速度 | m/s | 5.0 |  |
| 6 | 多年均雷暴日数 | 日 | 80 |  |
| 7 | 设计覆冰 | mm | 0 |  |

**6.6.3 集电线路**

风电场共安装40台风力发电机组，单机容量为2500kW，出口电压为0.69kV，所发出电量经电缆引接至箱式变电站低压侧，通过箱式变电站升压至35kV，再通过35kV集电线路，接至风电场110kV变电站的35kV母线。

6.6.3.1机组与箱变组合方式

风电场安装40台2500kW的风力发电机组，每台风电机组选用1台箱式变电站，单台容量为2750kVA。风力发电机与箱式变电站接线方式为一机一变单元接线，即风力发电机-箱变单元。风力发电机组出口电压为0.69kV，额定工作电流约2202A，经计算采用8根并联敷设的ZB-YJY-0.6/1kV-3×240+1×120电缆将风电机组与箱式变电站低压侧进行连接，箱式变电站采用美式箱变，布置在距离塔筒中心约15m~20m。注：箱变低压侧进线电缆规格及数量最终待风机招标后确定。

6.6.3.2箱变高压侧电压及连接方式

根据风电场110kV升压站的主接线设计，箱变高压侧额定电压采用37kV。箱式变电站高压侧采用并联接线方式互连组网。

6.6.3.3风场集电线路分组方式及架设方案选择

根据各风机箱变组在风场中和变电站站址的位置关系，从风场运行可靠性及经济性考虑，本工程40台风力发电机组共分6组，每组分别用35kV集电线路接至风电场110kV变电站。三十年一遇架空线路覆冰厚度小于0mm。

方案一：架空为主方案

35kV集电线路除箱变出线上塔及下塔进站采用直埋电缆和部分支线采用直埋电缆外，其余线路采用架空线路方案。架空线路采部用铁塔。

A回线路连接7台风机：风机编号为 Turd-34~ Turd-40。单回架空线路长度11.6km。直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度0.35km、直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度0.20km。

B回线路连接7台风机：风机编号为 Turd-27~ Turd-33。单回架空线路长度10.1km，双回架空线路长度10.3km（BC回同塔）。直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度0.35km、直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度0.20km。

C回线路连接7台风机：风机编号为 Turd-20~ Turd-26。单回架空线路长度1.0km，双回架空线路长度10.3km（BC回同塔），直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度0.35km、直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度0.20km。

D回线路连接7台风机：风机编号为Turd-13~ Turd-19。单回架空线路长度6.6km。直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度0.35km、直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度0.20km。

E回线路连接6台风机：风机编号为Turd-7~ Turd-12。单回架空线路长度1.9km，双回架空线路长度9.4km（EF回同塔），直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度0.30km、直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度0.20km。

F回线路连接6台风机：风机编号为Turd-1~ Turd-6。单回架空线路长度3.6km，双回架空线路长度9.4km（EF回同塔），直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度0.3km、直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度0.20km。

6回线路总计：架空单回长度34.8km，架空双回长度19.7km，直埋电缆YJLV22-26/35-3×70长度2.0km，直埋电缆YJV22-26/35-3×300长度1.2km。

风电场集电线路路径图见附图。

方案二：电缆为主方案

风机之间采用电缆直埋方式，电缆沿新建或已建道路敷设，汇集后再采用架空方式，风机分组采用与方案一相同的方式。两方案的总长度见下表：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 导体型号及电缆沟 | 方案一（架空为主） | 方案二（电缆为主） | 单位 |
| YJLV22-26/35-3×70总计 | 2 | 25 | km |
| YJLV22-26/35-3×150总计 | 0 | 29 | km |
| YJLV22-26/35-3×300总计 | 1.2 | 1.2 | km |
| LGJ-240/30双回 | 19.7 | 16 | km |
| LGJ-240/30单回 | 34.8 | 8 | km |
| 电缆分支箱 | 0 | 9 | 台 |
| 电缆沟 | 3.2 | 55.2 | km |

推荐方案：

从上表可看出：方案一架空总长度54.5km，直埋电缆总长度3.2km；方案二架空线路长度24.0km，直埋电缆总长度55.2km。方案二较方案一长23.5km，造价高于方案一约860万元，且方案二采用电缆对于后期运行维护不方便。本工程覆冰厚度为0mm，不属于重覆冰区，因此最终推荐方案一。

**6.6.4 机电部分**

6.6.4.1电缆选型

本风电场工程箱变出线上塔、两条支线、进站部分采用直埋电缆采用三芯交联聚乙烯绝缘电缆，直接埋地敷设，为避免电缆型号过于繁多，同时控制电压降落，其截面选择见表6.6- 。

**表6.6- 2 集电线路电缆选型表**

| 风机数量/台 | 输送容量/MVA | 选用电缆 | 电缆最大允许输送容量/MW | 电缆参考载流量/A |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-4 | 10 | 3×70（铝芯） | 13.2 | 230 |
| 5-6 | 15 | 3×95（铜芯） | 15.8 | 275 |
| 7-8 | 20 | 3×185（铜芯） | 23 | 400 |
| 9-10 | 25 | 3×240（铜芯） | 26.5 | 460 |
| 11 | 27.5 | 3×300（铜芯） | 29.9 | 520 |

综合电压损失、短路热稳定条件等因素本工程电缆选用YJLY23-26/35-3×70、YJY23-26/35-3×300型三芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯外护套电力电缆。

6.6.4.2架空线路选型

1）导线

本风电场工程架空线路采用钢芯铝绞线，为避免电缆型号过于繁多，同时控制电压降落，工作温度按照40度考虑，其截面选择见表6.6-3。

**表6.6- 3架空线路选型表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 导线型号 | 导线长期允许电流/A | 允许输送容量/MVA | 最大风机数量/台 |
| JL/G1A-95/20 | 330 | 16 | 6 |
| JL/G1A-120/25 | 380 | 19 | 7 |
| JL/G1A-185/30 | 510 | 25 | 10 |
| JL/G1A-240/30 | 610 | 30 | 11 |
| JL/G1A-300/40 | 700 | 34 | 13 |

本工程风机为2.5MW，最多一条线路连接7台风机，并考虑压降在5%以内，导线最终选用：JL/G1A-240/30。

根据风电场通信及继电保护需要，架空线路地线采用OPGW光缆。

**2）绝缘子**

（1）污秽等级划分

根据线路经过地段的地理、地势、高程、气候特点、现场污秽情况，参考《南方电网污区分布图》及附近其它线路的设计与运行经验，本工程全线按 d 级污秽区设计，其泄漏比距按 4.0~4.5cm/kV 考虑。

（2）绝缘子串组装形式

全线路绝缘子采用复合绝缘子，绝缘子机械强度的安全系数为最大使用荷载的 3倍。金具取大于2.5 的安全系数，在断线、断联的情况下不小于1.5。绝缘子采用复合绝缘子FXBW4—35/70。

**3）铁塔**

结合本工程导线型号、气象条件等单回线路铁塔采用06B3模块、双回线路铁塔采用06B6模块。单、双分歧铁塔单独设计。详见表6.6-4。

**表6.6- 4铁塔使用一览表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 塔名呼高 | 单基铁塔重（t） | 使用数量 | 铁塔重小计（t） | 塔型 |
| 1 | 06B3-J2-24 | 6.8 | 17 | 115.6 | 单回转角 |
| 2 | 06B3-J4-24 | 8.5 | 17 | 144.5 |
| 3 | FS-18 | 7 | 2 | 14 |
| 4 | 06B3-Z2-30 | 5.5 | 70 | 385 | 单回直线 |
| 5 | 06B3-ZK-42 | 8.5 | 70 | 595 |
| 6 | 06B6-SJ2-24 | 12.5 | 7 | 87.5 | 双回转角 |
| 7 | 06B6-SJ4-24 | 17 | 7 | 119 |
| 8 | 06B6-SZ2-30 | 6.5 | 39 | 253.5 | 双回直线 |
| 9 | 06B6-SZK-42 | 10 | 39 | 390 |
| 10 | 铁塔电缆支架 | 0.5 | 40 | 20 | 角钢 |
|  | 铁塔合 计 |  | 268 | 2124.1 |  |

4）杆塔基础

结合本工程的地形地质条件，铁塔基础拟采用掏挖基础、岩石嵌固基础和台阶基础。基础混凝土采用C30、基础钢材采用HRB400、地脚螺栓材质为Q345。

6.6.4.3风电场通信

根据风电场通信及继电保护需要，集电线路采用电缆敷设时，沿电缆沟和电缆并列敷设24芯直埋光缆。

**6.6.5 风电场集电线路材料清单**

风电场集电线路部分材料清单如

表6.6- 5所示。

表6.6- 5 主要集电线路设备及材料表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 一 | 线 材 |  |  |  |
| 1 | 钢芯铝绞线 | LGJ-240/30 | 215 | 吨 |
| 二 | 绝缘子 |  |  |  |
| 1 | 复合绝缘子 | FXBW4-35/70 | 1116 | 只 |
| 2 | 复合绝缘子 | FXBW4-35/70 | 600 | 只 |
| 3 | 复合针式绝缘子 | FPQ-35/4T16 | 480 | 只 |
| 4 | 复合外套氧化锌避雷器 | YH5WZ-51/134 | 138 | 只 |
| 三 | 铁塔 |  |  |  |
| 编号 | 塔型 |  | 使用数量 |  |
| 1 | 单回耐张塔 | 06B3-J2-24 | 17 | 基 |
| 2 | 06B3-J4-24 | 17 | 基 |
| 3 | FS-18 | 2 | 基 |
| 4 | 单回直线塔 | 06B3-Z2-30 | 70 | 基 |
| 5 | 06B3-ZK-42 | 70 | 基 |
| 6 | 双回耐张塔 | 06B6-SJ2-24 | 7 | 基 |
| 7 | 06B6-SJ4-24 | 7 | 基 |
| 8 | SFS-15 | 0 | 基 |
| 9 | 双回直线塔 | 06B6-SZ2-30 | 39 | 基 |
| 10 | 06B6-SZK-42 | 39 | 基 |
| 11 | 铁塔电缆支架 | 角钢 | 40 | 基 |
|  | 铁塔合 计 |  | 268 |  |
| 电缆部分材料量 | |  |  |  |
| 四 | 电 缆 |  |  |  |
| 1 | 高压电缆 | ZRC-YJLV22-35-3x70 | 2 | 千米 |
| 2 | 高压电缆 | ZRC-YJV22-35-3x300 | 1.2 | 米 |
| 3 | 高压电缆终端头 | LW35-3x70 | 80 | 套 |
| 4 | 高压电缆终端头 | LW35-3x300 | 12 | 套 |
| 5 | 电缆挖方 | 埋深1米，上宽0.8米，下宽0.4米 | 1920 | m3 |