# 8土建工程

## 8.1设计安全标准

**1）****工程等别和建筑物级别、结构安全等级**

风电场总装机容量210.0MW，变电站电压等级为110kV，根据《风电场工程等级划分及设计安全标准（试行）》（FD 002-2007），本项目工程等别为待提交等，工程规模为待提交。

本项目变电站为110kV变电站，建筑物级别为待提交，结构安全等级为待提交，洪水设计标准为待提交年。

本项目拟安装单机容量2.5MW风电机组84台，轮毂高度100m，机组塔架地基基础的设计级别为待提交，结构安全等级为待提交，洪水设计标准年限为待提交年。

道路路基设计洪水设计标准按四级路标准5年考虑。

**2）抗震设计标准**

根据《风电场工程等级划分及设计安全标准（试行）》（FD 002-2007），风机塔架基础及变电站建筑物抗震设防类别为待提交。

场区抗震设防烈度为7度，设计地震分组为待提交，设计基本地震加速度值为待提交g，建筑场地类别为待提交类场地，属建筑待提交。

## 8.2基本资料和设计依据

8.2.1基本资料

本项目位于宁夏回族自治区中卫市海原县境内山地丘陵，场区中心距离中卫市约115km，距离海原县约18km。

项目区内在地貌上为祁连山地槽与鄂尔多斯台地边缘之间，主要以黄土梁、峁等黄土丘陵地貌为主，局部为微小型黄土塬地貌，其间多发育沟谷。黄土梁、峁地段多地形破碎，沟壑纵横，黄土梁多系黄土塬受平行冲沟切割而成窄条状高低，黄土峁系黄土梁受冲沟进一步切割而成孤立馒头状高地。峁顶的面积不大，以3º~10º向四周倾斜，并逐渐过渡为坡度15º~35º的峁坡。局部为黄土塬，塬顶多宽阔浑圆。地表多为低矮耐旱性灌木，植被发育尚可。

据调查，整个场区在勘察范围内的土层基本上分为黄土状粉土、泥岩及砂岩。根据成因类型、岩性特征及物理力学性质，该工程场区内揭露的主要岩性自上而下描述如下：

**（1）风场绝大部分区域**

① 黄土（Q4eol）：风积成因。浅黄色，稍湿，稍密，见大孔隙，垂直节理发育，局部砂性较强。风场区域普遍分布，厚度多大于30m。黄土属自重湿陷性土，湿陷性黄土地基的湿陷等级多属于IV级自重湿陷。局部为III级自重湿陷。

**（2）风场局部区域**

① 黄土（Q4eol）：风积成因。浅黄色，稍湿，稍密，见大孔隙，垂直节理发育，局部砂性较强。厚度2~5m。

② 泥岩、砂质泥岩（N1g、N1h）：桔黄、浅褐红色，碎屑沉积，泥质胶结，致密结构，强风化，岩质极软，浸水易软化崩解。强风化厚度多大于5.0m。

本阶段风机位置尚未确定，仅就区域对地层进行综述。

8.2.2设计依据

1）《风电场工程等级划分及设计安标准（试行）》FD 002-2007

2）《风电机组地基基础设计规定（试行）》FD 003-2007

3）《风力发电机组设计要求》JB/T 10300-2001

4）《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011

5）《高耸结构设计规范》GB50135-2006

6）《35~110kV变电站设计规范》GB 50059-2011

7）《混凝土结构设计规范（2015年版）》GB 50010-2010

8）《砌体结构设计规范》GB 50003-2011

9）《建筑结构荷载规范》GB 50009-2011

10）《建筑抗震设计规范（2016年版）》GB 50011-2010

11）《建筑给水排水设计规范》GB 50015-2012

12）《公路工程技术标准》JTG B01-2013

13）《公路路线设计规范》JTG D20-2017

14）《公路路基设计规范》JTG D30-2015

15）《公路桥涵设计通用规范》JTJ D60-2015

16）《架空送电线路基础设计技术规定》DLT 5219-2005

8.2.3主要技术参数

（1）设计使用年限：50年。

（2）主要建筑材料

混凝土：C15、C20、C30、C35、C40

钢筋：HPB300、HRB400

型钢：Q235B

砌体：加气砼砌块砖

（3）风电机组基础结构重要性系数：1.1；升压站建筑物结构重要性系数：1.0。

## 8.3风机基础、箱变基础及集电线路基础设计

8.3.1风机基础设计

本工程共安装84台单机容量为2.5MW的风机。采用一机一变，共选用84台35kV箱式变电站。根据类似工程风机厂家提供的资料，采用轮毂中心高度100m风机机组，工况载荷（不含安全系数），如表8-1所示：

表 8‑1 主要工况荷载值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工况名称 | Fr(kN) | Fy(kN) | Fz(kN) | Mr(kNm) | My(kNm) | Mz(kNm) |
| 正常运行荷载工况 | 588.5 | 0 | 4316.8 | 45321.2 | 0 | 1598.3 |
| 极端荷载工况 | 803.5 | 0 | 4285.2 | 64398.8 | 0 | 96.3 |
| 多遇地震工况 | 801.799 | 0 | 4194.467 | 46936.474 | 0 | 1598.3 |
| 罕遇地震工况 | 1908.003 | 0 | 3560.026 | 55861.254 | 0 | 1598.3 |
| 疲劳荷载工况(上限) | 345 | 248.6 | 136.2 | 10685.4 | 28881.3 | 5033.3 |
| 疲劳荷载工况(下限) | 283.5 | 194.7 | 106 | 8481.4 | 19153.4 | 3734.3 |

1）风电机组基础持力层选择

风机基础要承受塔筒底部传来的风机重量、弯矩及水平力等荷载，且风机承受的主要荷载——风荷载的不确定性，使得风电机组对地基基础的要求较高。对地质资料分析表明，风电场场区内岩土层分布简单，地层情况较好，故本阶段选用扩展基础，根据各机位地质分布情况，基础持力层应位于全风化或强风化层上，对应地基承载力特征值fk=200~350kPa。

表 8‑2 岩土力学参数值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 土层编号 | 岩土名称 | 厚度(m) | 重力密度  (kN/m3) | 压缩模量Es(MPa) | 内聚力C(kPa) | 摩擦角ψ(°) | 承载力特征值fak(kPa) | 宽度承载力修正系数ηb | 深度承载力修正系数ηd | 地基抗震承载力修正系数ζa | 承载力标准值(kPa) |
| 1 | 碎石土 | 3 | 18 | 5 | 10 | 18 | 120 | 3 | 4.4 | 1.5 | 120 |
| 2 | 全风化岩 | 20 | 19 | 10 | 10 | 20 | 160 | 3 | 4.4 | 1.5 | 160 |

2）风电机组地基基础形式选择

根据风机制造厂提供的设计参数和本场区地质条件，初步选定风机基础型式为圆形扩展基础。根据规范要求分别进行了地基承载力验算、沉降验算和抗倾覆验算等，极限工况为控制工况，经计算：

结果见下表：

表 8‑3 风机基础结构计算结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 单位 | 正常运行荷载工况 | | 极端荷载工况 | | 备 注 |
| 计算值 | 允许值 | 计算值 | 允许值 |
| 1、地基承载力复核 | | | | | | |
| 偏心距e/基础底面半径  R(控制脱空面积) |  | 0.238 | 0.25 | 0.338 | 0.43 |  |
| 基础底面平均压力 | kPa | 85.85 | 529 | 94.634 | 529 |  |
| 基础底面最大压力 | kPa | 167.444 | 634.8 | 204.957 | 634.8 |  |
| 2、基础变形验算 | | | | | | |
| 沉降变形验算 | mm | 21.475 | 100 | 21.979 | 100 |  |
| 倾斜变形验算 |  | 0.001 | 0.003 | 0.001 | 0.003 |  |
| 3、基础稳定性验算 | | | | | | |
| 抗倾覆验算 |  | 3.973 | 1.6 | 2.797 | 1.6 |  |
| 抗滑验算 |  | 11.586 | 1.3 | 3.973 | 1.3 |  |

根据计算成果，风机基础形式拟采用混凝土强度等级C40的圆形钢筋混凝土扩展基础。基础底面圆直径20.5m，台柱圆直径6.0m；基础底板外缘高度1.0m，基础底板圆台高度1.6m，基础台柱高度1.0m；基础埋深3.2m，基底下设150mm厚C15素混凝土垫层。在承载能力极限状态下，基底脱开面积小于基底面积的1/4，在正常使用极限状态下，基底面积不脱开。风机基础底部的混凝土保护层厚度为100mm，侧部及顶部为50mm。开挖边坡拟采用1:0.5。风机基础见附图。

经初步计算，风机基础主要工程量如表8-4所示。

表 8‑4 风机基础工程量表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 单位 | 单台 | 84台 | 备注 |
| 1 | 土方开挖 | m3 | 1257.29 | 105612.36 |  |
| 2 | 石方开挖 | m3 | 314.32 | 26402.88 |  |
| 3 | 土石方回填 | m3 | 920.16 | 77293.44 |  |
| 4 | C40混凝土 | m3 | 600.97 | 50481.48 |  |
| 5 | C15混凝土 | m3 | 50.48 | 4240.32 |  |
| 6 | 钢筋 | m3 | 60.1 | 5048.4 |  |
| 7 | 基础环止水 | 项 | 1 | 84 |  |
| 8 | 沉降观测 | 处 | 4 | 336 |  |

8.3.2 不良地基处理措施设计

根据本阶段勘探成果及收集到的资料，拟建场区地貌类型属构造侵蚀低中山、中山地貌类型，场区地层岩性主要为残坡积土、变余砂岩及绢云母板岩等， 植被较发育，人类工程活动简单，现场踏勘未发现滑坡、崩塌和泥石流灾害，也没发现有软土地基，无须进行地基处理。

8.3.3场地平整、边坡处理及防洪排水设计

本项目风机机位均布置在山顶及山脊处，均高于重现期待提交的洪水位，且位于非汇水区域，可不进行防洪专项设计。

工程风机安装场地需与场内道路结合，开挖填筑整平而成。鉴于风电场部分机位地形起伏较大，基础周边可能会形成高边坡，需要进行高边坡特别设计。

风机基础周围回填土表面恢复植被，并向临空面找2%坡度，防止暴雨冲刷且排水通畅。

8.3.4沉降观测设计

为了保证风机基础的正常运行，本风场内所有风机基础均进行沉降变形观测，每个基础上布置4个观测点，基础周围设置3个基准墩。观测墩和基准墩的混凝土量（单台）为0.5m3。

建议在下阶段对建筑场区进行工程地质详细勘察，风机基础应根据详细的岩土勘察资料和风机荷载资料进行优化设计。

施工阶段，基坑开挖、回填及基础混凝土的施工方法应遵照我国现行规范和风力发电机组厂家提出的相关技术要求。

8.3.5箱变基础设计

35kV箱式变电站基础拟按天然地基上的浅基础进行设计。箱变基础持力层为基岩，地基承载力可满足要求。根据箱式变电站外形尺寸，基础采用砖混结构箱形基础，采用M10砂浆MU15砖砌筑，C25钢筋混凝土梁、板、柱。基础下设100mm厚C15素混凝土垫层，基础埋深约1.70m，边坡拟采用1:0.5。

表8‑5 箱变基础工程量表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 单位 | 单台 | 84台 | 备注 |
| 1 | 土方开挖 | m3 | 44.8 | 3763.2 |  |
| 2 | 石方开挖 | m3 | 11.2 | 940.8 |  |
| 2 | 土石方回填 | m3 | 17.6 | 1478.4 |  |
| 3 | C35混凝土 | m3 | 2.38 | 199.9 |  |
| 4 | C15混凝土 | m3 | 5.25 | 441.0 |  |
| 5 | MU10砖 | m3 | 6.18 | 519.1 |  |
| 6 | 钢筋 | t | 0.24 | 20.2 |  |

8.3.7风电场接地土建设计

本项目首先充分利用各风力发电机组基础内的钢筋作为自然接地体，再敷设必要的人工接地网，以满足接地电阻值的要求。

接地网为以水平接地网为主，并采用部分垂直接地极组成复合环形封闭式接地网，具体接地方式应根据下阶段地质勘察报告考虑。

施工过程中按定位好的路线进行沟槽的开挖，深度为图纸规定尺寸，开挖完毕后安装热镀锌扁钢及垂直接地极。土方施工过程中由质检员监督检查保证满足设计要求。

## 8.4 110kV变电站设计

本风电场工程拟新建一座110kV变电站。变电站的主要建筑物和构筑物有综合楼、设备楼、水泵楼、GIS设备、门式构架、主变压器基础、SVG舱及变压器基础、事故油池、避雷针基础等。

8.4.1 站址选择

8.4.1.1 选择原则

（1）变电站的站址选择，应根据风场风机布置、集电线路设计、场内道路布置，结合接入系统设计的要求全面综合考虑。

（2）站址选择，应充分考虑节约用地，合理使用土地。

（3）站址应充分考虑风场内已有线路、出线条件，避免或减少架空线路相互交叉跨越。

（4）站址应交通运输方便，尽可能靠近公路，减少天气对交通的影响。

（5）站址应具有适宜的地质、地形条件。

（6）避让重点保护的自然区和人文遗址，也不应设在有重要开采价值的矿藏上。

（7）站区场地设计标高宜高于频率为1%的洪水水位或历史最高内涝水位。

（8）站址附近应有生产生活用水的可靠水源。

（9）应考虑变电站与邻近设施、周围环境的相互影响与协调。

（10）站址不宜设在大气严重污秽地区和严重盐雾地区。

（11）选址时应充分利用就近城镇的各方面设施，为职工生活提供方便。

8.4.1.2 变电站站址位置

根据以上选址原则，新建变电站站址选于整个风电场中南部，交通便利。

8.4.2 变电站总体布置方案

全站的总平面根据电气工艺要求、施工和生活需要进行布置。在满足自然条件和工程特点的前提下，考虑了安全、防火、卫生、运行检修、交通运输、环境保护等各方面因素。

变电站用地面积为101.01m×105.7m，围墙内尺寸为98.61m×103.3m，站区布置大体分东西两个区域，东区为生活管理区，包括综合楼、附属楼二栋建筑，高低错落，虚实相间。综合楼坐西向东，楼前是广场，为生活区提供理想的休闲场所。综合楼北侧为附属楼，其中包括备品间、水泵房、消防水池等；西区为生产区，主要布置有35kV配电装置、无功补偿设备、主变压器及GIS设备。建筑物有设备楼。

变电站围墙设计：围墙高度为2.2m，采用实体围墙，外饰涂料色彩简洁，与周围环境协调。生活管理区入口采用电动伸缩门;变电工区设备运输门采用铁艺平开门。

变电站大门入口处，结合绿化统一布置。

站内道路本着方便检修、巡视、消防、便于分区管理的原则进行设计，采用城市型道路，砼路面。道宽4.0m，主干道路转弯半径为9.0m，站区道路根据消防和工艺需求，设环形道路，故电气设备安装及检修、消防均能满足要求。

110kV变电站总平面布置图详见附图。

8.4.3 变电站防洪设计

变电站在选址时已经避免将变电站布置在汇水区域，且布置于山顶相当较平位置，故可不考虑特殊防洪设计。

为防止站外雨水进入站区，站区外边坡设置截水沟与排水沟。

站区电缆沟沟底设置排水沟，与排水设施相连，保证电缆沟内积水在暴雨或洪水过后可以迅速排出。

8.4.4 变电站场地平整设计

本变电站位置原地形平坦坡度大，不易受洪水影响，变电站填挖方较大，挖方边坡需要做好防护，坡脚需设浆砌石护坡，并设排水沟。浆砌石护坡自身做好防排水措施及伸缩缝。

8.4.5 主要建筑物设计

建筑物力求平面布置合理紧凑，立面处理简洁大方，色彩明快。建筑物依据《公共建筑节能设计标准》进行节能设计。因该地区为属夏热冬冷地区，建筑物必须满足建筑物应防热、防潮、防暴雨等要求。在满足生产要求的前提下，建筑材料尽可能的采用当地生产的建筑材料。

站区内建筑物屋面除综合楼外均采用柔性卷材防水不上人屋面，上辅柔性卷材防水层、保温层。屋面采用有组织排水。门窗均采用塑钢窗。楼地面均采用防滑地砖或防静电活动地板。

8.4.6 结构设计

**（1）建、构筑物设计及抗震设防等级**

主要建（构）筑物的等级详见下表8- 7。

表8- 7主要建筑物抗震等级表

| **序号** | **名称** | **建筑结构**  **安全等级** | **抗震设防**  **类别** | **抗震设防烈度** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **地震作用** | **抗震措施** |
|  | 变电站建筑 |  |  |  |  |
| 1 | 综合楼 | 二 | 丙类 | 7度 | 7度 |
| 2 | 设备楼 | 二 | 丙类 | 7度 | 7度 |
| 3 | 附属房 | 二 | 丙类 | 7度 | 7度 |
| 4 | 屋外配电装置架构及支架 | 二 | 丙类 | 7度 | 7度 |

**（2）结构布置**

变电站内建筑物采用框架结构，地基采用天然地基。

**（3）主变基础及事故油池**

主变基础采用C30钢筋混凝土，贮油池尺寸比主变外轮廓每边大1.0m左右。贮油池底板及侧壁均为混凝土结构，侧壁高出地面0.2m，水泥砂浆抹面。

事故油池为地下箱型基础，采用C30钢筋混凝土浇筑。

8.4.7 建筑装修设计

建筑物主要装修包括门窗、顶棚、内外墙面、楼地面等。

门窗：所有房间窗户均采用塑钢窗，电气设备房间采用防火门。

顶棚：中央控制室、办公室均设置铝合金龙骨石膏吸音板吊顶。其余部份的顶棚（包括楼梯板底）均为中级抹灰顶棚，白色乳胶漆罩面。

内墙面：除卫生间及厨房内墙面贴白色磁砖外，其余采用白色乳胶漆。

外墙面：均采用涂料饰面层。

楼、地面：中央控制室、通信室、继电保护室地面为防静电活动地板；卫生间及厨房地面贴防滑地砖；其余均为地砖地面。

8.4.8暖通设计

8.4.8.1 采暖气象条件

多年平均温度：19.8℃。

8.4.8.2 采暖方式

根据当地气候条件，本工程不考虑冬季集中采暖。可配置分体式冷暖空调，保证冬季极端天气可通过空调取暖。

8.4.8.3 空调通风

高低压配电房通风

a）35kV配电装置室设事故排风机，事故排风机兼作夏季通风，采用自然进风，机械排风的通风方式。事故排风风量按换气次数不少于每小时12次。当配电装置室发生火灾时，通风机自动切断电源。

b）免维护蓄电池室应设置换气次数不少于12次/h的事故排风装置，事故排风装置兼作平时排风使用，排风口应贴近顶棚。免维护蓄电池室夏季室温不超过25~30度，应设置空调设施，并应避免空调送风口直吹蓄电池。所有空调、能风设备采用防爆型，通风设备、风管及配件应考虑防腐措施。防爆风机、风管均按接地处理。

8.4.9 给排水设计

8.4.9.1 供水水源

本工程主要用水为风电场升压站生活用水、消防用水及辅助生产用水。升压站处于郊外，无市政供水管网，本工程永久生活用水考虑采用山泉水或者外购。将外来水通过管路引到站区内生活给水箱后，采用变频水泵二次供水，深井水水质应满足饮用标准。

站区的日最高用水量为7m3/d。深井水由管道输送至消防水池和生活水箱。生活水箱与深井潜水泵之间设置自动液位启停信号装置。输水干管采用DN50焊接钢管，埋地防腐做法，管道公称压力为1.0MPa，管顶埋深不小于0.8m。

8.4.9.2 生活给水系统

本工程生活用水主要包括生活盥洗用水、淋浴用水、厨房用水及冲洗用水等。变电站全日生活最高用水量为7m³/d，包括绿地浇洒、冲洗车辆及车库地面等辅助生产用水。宿舍淋浴用热水由电热水器提供，电热水器设置在每个宿舍的卫生间内。

生活给水采用独立供水系统。站内设置一座生活水箱间，水箱间内设置一座4m3的装配式钢板生活给水箱，生活给水箱采用液位控制，水位低时自动启动深井泵向生活给水箱输水。经变频水泵加压输送至各个用水点，变频水泵为两台，一用一备。变频水泵出水口设置紫外线消毒器等生活用水消毒净化装置。

本工程生活用水点为标准卫生间的卫生洁具，包括洗脸盆、淋浴器、坐便器；公共卫生间小便器、蹲便器、洗手盆等卫生洁具；厨房洗涤用水器具。卫生器具均采用陶瓷材质节水型器具。生活给水管采用PPR管，PPR管采用热熔连接方式。室内管道给水立管采用明装方式，卫生间内给水支管采用墙内暗装敷设。室外管顶埋深不小于0.8m，给水管道与排水管道作合理避让。

8.4.9.3 排水系统

（1）污水排放系统

变电站内生活污水采用污废合流制，由各室内排水点汇集后排至室外污水管网，厨房污水经隔油装置处理后排放。生活污水经室外污水检查井汇集后流至设在站区内的化粪池，沉淀后流至生活污水一体化处理设备，经处理后达到绿化用水标准，排至适当的地点。化粪池及生活污水一体化处理设备的废物定期清掏后外运。室内排水管用硬聚氯乙烯排水管，接口采用冷胶粘接；室外排水管采用高密度双壁波纹管，橡胶接口，室外管顶埋深不小于0.8m。

（2）雨水排放系统

变电站站区采用有组织排水系统，城市型道路型式。在路面设置边沟式雨水篦子，收集雨水后汇集至雨水检查井，通过埋地雨水管道排至站外。埋地雨水管道采用高密度双壁波纹管，橡胶接口，室外管顶埋深不小于0.8m。雨季电缆沟内积水及事故油池内废水通过管道汇集到雨水检查井，通过雨水管道流出。

表 8‑8 变电站工程数量表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 单位 | 工程量 | 备注 |
| 1 | 变电站围墙内面积 | m2 | 7698.96 |  |
| 2 | 含放坡面积 | m2 | 8601.46 |  |
| 3 | 围墙长度 | m2 | 351.0 | 2.5m高 |
| 4 | 土方开挖 | m3 | 206.44 |  |
| 5 | 石方开挖 | m3 | 51.61 |  |
| 6 | 土方回填 | m3 | 17202.92 |  |
| 7 | 浆砌石护脚 | m3 | 351.0 |  |
| 8 | 浆砌石排水沟 | m3 | 175.5 | 0.5×0.4 |
| 9 | 道路面积 | m2 | 1666.45 | 4.0m宽 |
| 10 | 绿化面积 | m2 | 840.2 |  |
| 11 | 综合楼 | m2 | 1316.8 |  |
| 12 | 设备楼 | m2 | 510.0 |  |
| 13 | 附属楼 | m2 | 370.44 |  |
| 14 | 户外主要构筑物工程 |  |  |  |
| 15 | 主变基础C30混凝土 | m3 | 60.0 |  |
| 16 | C15混凝土垫层 | m3 | 12.0 |  |
| 17 | 主变压器基础钢筋 | t | 6.0 |  |
| 18 | 事故油池C30混凝土 | m3 | 30.0 |  |
| 19 | 事故油池C15垫层 | m3 | 5.0 |  |
| 20 | 事故油池钢筋 | t | 1.0 |  |
| 21 | 设备及架构基础C25混凝土 | m3 | 100.0 |  |
| 22 | 室外架构（型钢） | t | 3.0 |  |
| 23 | 预制混凝土杆 | m | 80.0 |  |
| 24 | 避雷针 | t | 1.0 |  |

## 8.5 道路设计

根据现有资料，本项目需改扩建道路km。本项目共需场内新建进站道路km，本项目共需场内新建进站道路km，施工完成后，对路面进行修复以满足检修用。道路平曲线最小转弯半径应满足风电机长叶片运输要求不应小于25m，道路主线最大纵坡控制在15％以内，以保证安装、检修车辆可直接到达任何一台风机。因风机吊装需要，各机位须设置一个40m×45m的吊装平台。道路从风电机组旁边通过，与吊装平台须平顺连接，以满足机组设备运输和基础施工需要。场内检修道路考虑永临结合，各段应设有排水设施、道路标志、安全标志等，必要路段要设置安全护栏。施工安装完成，大型车辆、设备退场后，对路基层破坏部分进行平整修复，再进行铺设路面作为永久检修道路。

表8‑8道路工程量及吊装平台

| 序号 | 项目 | 单位 | 数量/km | 合计 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 一 | 场外改扩建道路 | km |  | 5.0KM |  |
| 1 | 土方开挖 | m3 | 800.0 | 4000.0 |  |
| 2 | 石方开挖 | m3 | 200.0 | 1000.0 |  |
| 3 | 土石方回填 | m3 | 1000.0 | 5000.0 |  |
| 4 | 山皮石路面 | m2 | 2500.0 | 12500.0 |  |
| 5 | D1000mm圆管涵 | m | 0.0 | 0.0 |  |
| 6 | 浆砌石排水沟 | m3 | 475.0 | 2375.0 |  |
| 7 | M7.5浆砌片石挡墙 | m3 | 0.0 | 0.0 |  |
| 8 | 草皮护坡 | m2 | 1000.0 | 5000.0 |  |
| 二 | 进站道路 | km |  | 1.5KM |  |
| 1 | 土方开挖 | m3 | 1560.0 | 2340.0 |  |
| 2 | 石方开挖 | m3 | 390.0 | 585.0 |  |
| 3 | 土石方回填 | m3 | 3250.0 | 4875.0 |  |
| 4 | 级配碎石基层 | m2 | 6500.0 | 9750.0 |  |
| 5 | C30混凝土路面 | m2 | 6000.0 | 9000.0 |  |
| 6 | D1000mm圆管涵 | m | 0.0 | 0.0 |  |
| 7 | 浆砌石排水沟 | m3 | 475.0 | 712.5 |  |
| 8 | M7.5浆砌片石挡墙 | m3 | 0.0 | 0.0 |  |
| 9 | 草皮护坡 | m2 | 1000.0 | 1500.0 |  |
| 10 | 标志标牌 | 块 | 2.0 | 3.0 |  |
| 11 | 波形护栏 | m | 0.0 | 0.0 |  |
| 三 | 施工检修道路工程 | km |  | 10.0KM |  |
| 1 | 土方开挖 | m3 | 1560.0 | 15600.0 |  |
| 2 | 石方开挖 | m3 | 390.0 | 3900.0 |  |
| 3 | 土石方回填 | m3 | 3250.0 | 32500.0 |  |
| 4 | 山皮石路面 | m2 | 5500.0 | 55000.0 |  |
| 5 | C30混凝土路面 | m2 | 0.0 | 0.0 |  |
| 6 | D1000mm圆管涵 | m | 20.0 | 200.0 |  |
| 7 | 浆砌石排水沟 | m3 | 475.0 | 4750.0 |  |
| 8 | M7.5浆砌片石挡墙 | m3 | 0.0 | 0.0 |  |
| 9 | 草皮护坡 | m2 | 1000.0 | 10000.0 |  |
| 10 | 标志标牌 | 块 | 2.0 | 20.0 |  |
| 11 | 波形护栏 | m | 0.0 | 0.0 |  |
| 12 | 桥梁 | m2 | 0.0 | 0.0 |  |
| 四 | 吊装平台工程 | 台 |  | 84 |  |
| 1 | 一般场地平整 | m2 | 1800.0 | 151200.0 |  |
| 2 | 土方开挖 | m3 | 288.0 | 24192.0 |  |
| 3 | 石方开挖 | m3 | 72.0 | 6048.0 |  |
| 4 | 土石方回填 | m3 | 360.0 | 30240.0 |  |
| 5 | 浆砌石排水沟 | m3 | 0.0 | 0.0 |  |
| 6 | M7.5浆砌片石护坡 | m3 | 0.0 | 0.0 |  |

# 9施工组织设计

**9.1 施工条件**

**9.1.1 工程条件**

，位于境内，为平原风电场，场址内海拔高程在1200~2030m之间。项目地处东经107°34'~107°42'、北纬29°25'~29°37'之间，总区域共20km2。本工程新建一座110kV升压站。施工总工期为12个月。

**9.1.2 自然条件**

（1）风能信息

经长年代订正，待提交。根据《风电场风能资源评估方法》（GB/T 18710-2002），本风电场测风塔附近轮毂高度处的风功率密度为I级水平。

（2）地形、地质条件

风场地形主要为平原，地形较为平缓，不需要进行高边坡特别设计.

**9.2 风场内外交通**

（1）场外交通运输

本风电场周边有False等多条公路通过，风电场对外运输交通较为便利。

根据风场附近交通状况，风机设备运输车辆可由False及乡村道路运至风场附近，并新建道路到达风机位。其中道路弯道较多路段，需进行加宽改建方可满足大件运输车辆通过要求。

本风场大型设备主要为风电机组，采用公路运输。风场设备运输路线：由产地、False、乡道、风场。

（2）施工道路

风电场内新建道路，长度约10.0km；改扩建道路，长度约5.0km；进站道路，长度约1.5km。

场内施工道路各段应设有排水设施、道路标志、安全标志等，必要路段要设置安全护栏。施工后期将施工道路改为永久检修路。

（3）运输方式比选

叶片作为风机设备的最长件，其运输车辆的性能决定了风电场进场及场内道路的路线技术指标的选用，特别是平面圆曲线半径、曲线加宽等。现国内叶片运输车辆主要有平板车及举升车两类。举升车运输技术上更为先进，较适合山地、重丘风场。因此，本风场建议叶片运输采用特种运输车辆。

**9.3 施工总布置**

**9.3.1 总布置原则**

根据本工程特点，在施工布置中考虑以下原则：

（1）施工总布置遵循因地制宜、有利生产、方便生活、易于管理、安全可靠、经济适用的原则；

（2）充分考虑本风力发电工程布置的特点，集中进行施工布置；

（3）风场地形为起伏较大的中低山，地表植被丰富，工程施工期应避免环境污染，符合环保要求；

（4）根据工程区地形地貌条件，施工布置力求紧凑、节约用地、统筹规划、合理布置施工设施和临时设施，尽可能做到永临结合。

**9.3.2 施工工厂设施**

依据施工总布置原则、结合本工程区地形地貌条件及风电工程的特点，施工布置采取集中与分散相结合的原则，充分考虑永久和临时建筑关系，进行施工工厂设施的布置。力求布置紧凑，节约用地，又方便施工和管理，同时兼顾环保的要求。施工设备仓库、材料设备仓库、主要的附属加工厂、临时生活区等布置在风电场内地势较高和交通方便处。

（1）混凝土系统：由于风机基础施工分散，考虑施工场区地形及风机布置限制，可于场区设置设一处混凝土搅拌站。在搅拌站布设一座HZS75型混凝土搅拌站，设备铭牌生产能力为75m³/h，能满一台基础混凝土的连续施工浇筑。风机基础混凝土采用混凝土罐车运输。

（2）砂石料场地：由于本工程混凝土成品骨料用量不大，故本工程不设砂石料加工系统，仅在混凝土搅拌系统附近布置砂石料堆放场。砂石料堆场占地面积共计约1400m²。

（3）机械修配及综合加工厂：施工临建区设置的机械修配厂及综合加工厂(包括钢木加工厂)。为了便于施工生产和管理，施工工厂集中布置在施工电源点和交通便利处。

（4）临时生产生活区：结合施工总体布置，将临时生产生活区布置在施工场地集中区，地势较高，地面平整，交通便利处。

（5）仓库布置：本工程所需的仓库为材料和设备仓库，集中布置混凝土搅拌站和临时生产生活区附近。

施工临时设施建筑面积及占地见下表9-1。

**表9-1 临时设施建筑面积及占地表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 场区 | | 备注 |
| 建筑面积m2 | 占地面积m2 |
| 1 | 材料仓库 | 400 | 2000 | 工棚 |
| 2 | 临时住宅及办公室施工生活区 | 2200 | 4000 | 工棚 |
| 3 | 钢筋加工厂 | 250 | 1500 | 工棚 |
| 4 | 设备存放场 | 200 | 6500 | 工棚 |
| 5 | 施工机械停放场 | 200 | 1600 |  |
| 合计 | | 3250 | 15600 |  |

**9.3.3 施工吊装场**

风电场地势比较开阔，具有较好的施工安装条件。根据风电场风机布置和施工道路布置，为风机的施工安装需要，在每个风机基础旁设一块施工吊装场地，并与场内施工道路相连。吊装场地尺寸为45m×40m，共设有84块场地。吊装场场平土石方挖填平衡。施工结束后恢复为原始地貌。

**9.3.4 土石方平衡**

本工程土石方开挖工程219142.38m³，土石方填筑工程量186089.53m³，弃方396715m³。土石方平衡流向详见表9-2。

**表9-2 土石方平衡流向表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 土石方（m3） | | | 备注 |
| 开挖（m3） | 回填（m3） | 弃土（m3） |
| 1 | 风机基础及箱变 | 136719.34 | 78771.61 | 57947.73 |  |
| 2 | 升压站工程 | 258.04 | 17202.92 | -16944.86 |  |
| 3 | 道路工程 | 27425.0 | 42375.0 | -14950.0 |  |
| 4 | 吊装平台 | 30240.0 | 30240.0 | 0.0 |  |
| 5 | 集电线路 | 24500.0 | 17500.0 | 7000.0 |  |
| 合计 | | 219142.38 | 186089.53 | 33052.85 |  |

从表9-2可以看出，各部位土石方平衡后，弃方33052.85m³，需设置八至十处渣场。渣场弃土表面采用撒草籽防护，渣体坡脚采用浆砌石防滑挡墙砌筑。

**9.3.5 施工供水、供电及建筑材料**

（1）施工供水：施工用水采用自附近村庄拉水。在混凝土搅拌站附近设一个临时蓄水池，蓄水池容量80m³。施工供水规模为28m³/h。由于风机基础施工分散，基础养护用水可用罐车拉水。

（2）施工供电：由附近的农用变电所引接，架设10kV线路引至各施工区及混凝土搅拌站施工场地，合计长约1km。施工供电规模为400kVA。由于风机布置分散，风机基础施工可采用60kW柴油发电机作为施工电源和备用电源。

（3）建筑材料：考虑到运输距离，本工程所需的主要建筑材料，如水泥、钢材、木材等可在武隆县就近采购；油料可在武隆县采购；砂石骨料可在附近料场采购。

**9.4 工程建设用地**

本工程建设用地依据《中华人民共和国土地管理法》，国家发展改革委、国土资源部、国家环保总局，2005年8月9日联合颁发的：发改能源〔2005〕1511号文，关于印发《风电场工程建设用地和环境保护管理暂行办法》和住房城乡建设部、国土资源部、国家电监局，2012年3月1日联合颁发的：《电力工程项目建设用地指标（风电场）》等法规编制。

**9.4.1 永久征地**

永久征地范围包括：风机基础、箱变基础、集电线路塔基及变电站。永久征地详见表9-3。

**表9-3 工程永久征地面积汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 用地面积（m2） | 备注 |
| 1 | 风电机组基础 | 27725.34 |  |
| 2 | 箱变基础 | 2016.0 |  |
| 3 | 变电站 | 8601.46 | 含放坡 |
| 合计 | | 38342.8 | 57.51亩 |

**9.4.2临时租地**

临时租地范围包括：施工道路、施工期的吊装场地、直埋电缆、临时生产及生活设施、材料及设备仓库等涉及的土地面积。临时租地详见表9-4。

**表9-4 工程临时租地面积汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 用地面积（m2） | 备注 |
| 1 | 施工辅企 | 15600 |  |
| 2 | 风电机组安装平台 | 121458.66 |  |
| 3 | 施工道路 | 92500.0 |  |
| 4 | 弃渣场 | 10000 |  |
| 5 | 进场道路 | 12000.0 |  |
| 6 | 架空线路 | 1500.0 |  |
| 7 | 电缆沟 | 3000.0 |  |
| 合计 | | 256058.66 | 384.09亩 |

**9.4.3工程总用地**

本工程永久征地57.51亩，临时用地384.09亩，总用地441.6亩。

**9.5 主体工程施工**

风电场工程施工主要包括风机、箱变土石方开挖和基础混凝土浇筑；风机、箱变设备安装；升压站土建、电气安装施工；电力电缆、通讯光缆的施工安装。

**9.5.1 风机、箱变基础施工**

风机基础施工包括土石方开挖、基础混凝土浇筑及回填。箱式变基础施工与风机基础施工相同，不再赘述。

（1）风机基础开挖

基础开挖，首先采用小型反铲挖掘机，配合132kW推土机进行表层土的清理，底层石方开挖采用破碎锤或手风钻钻孔爆破，1m³反铲挖掘机配合2m³装载机开挖，沿坑槽周边堆放，人工修整边坡；部分土石方装10t自卸汽车运输，用于平整吊装场地和施工道路。

（2）风机基础混凝土浇筑

基础开挖完成后，可进行基础混凝土浇筑。先清底浇筑混凝土垫层，进行基础环吊装就位，钢筋绑扎加固、架立模具；再进行C40钢筋混凝土浇筑。混凝土集中由混凝土拌和站拌制6m3混凝土搅拌车运输，混凝土泵车入仓，插入式振捣器振捣。基础钢筋混凝土要求一次性浇筑成型，无施工缝。施工时应严格控制混凝土浇筑温度。混凝土浇筑块体的内表温差不宜大于25℃。避免在冬季进行混凝土施工。雨雪天气不宜露天浇筑混凝土，当需要施工时，应采取确保混凝土质量的措施。浇筑过程中突遇大雨或者大雪天气时，应及时在结构合理部位留置施工缝，并应尽快中止混凝土浇筑。对已经浇筑还未硬化的混凝土应立即进行覆盖，严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土。混凝土浇筑后须进行表面洒水保湿养护28天，防止产生温差造成表面干缩裂缝。场址区内地下水埋藏较深，并受地势的影响较大，可不考虑地下水对基础混凝土影响。

（3）基础土石方回填

土石方回填应在混凝土浇筑7天后进行。回填时应分层回填，电动打夯机分层夯实，并预留沉降量。剩余土石方就近平整场地。

**9.5.2 风机塔筒、机舱、叶轮吊装**

将风机塔筒、机舱及叶片运输到现场，按施工工序安排，在每台风机吊装场地平稳摆放到位。风机各部件应按施工方法采用随吊、随运、随安装的施工步骤。

（1）塔筒吊装

吊装前，先将塔筒内电气、电缆及结构配件，按厂家技术要求安装固定。塔筒由三段组成，每段塔筒采用两台吊车配合吊装，三段塔筒分别在空中进行组装。主吊车选用1000t汽车吊，辅助吊车为150t汽车吊；用主吊车吊住塔筒的上法兰处，辅助吊车吊住塔筒的底法兰处，两台吊车同时起钩，离开地面30cm后，稳住检查吊装的稳定性和可靠性。然后主吊车起钩并旋转大臂，当塔筒起吊到垂直位置后，拆除辅助吊车的吊钩，再用主吊车将塔筒平稳就位、紧固法兰连接螺栓，经检查无误后，松开主吊车吊钩及卸下吊具。整个安装过程必须严格按照生产厂家规范要求进行。吊装现场风速不能大于10m/s。

（2）机舱吊装

按照厂家技术文件要求，将机舱的吊点用吊具与1000t汽车吊的吊钩固定好，并将用来调整固定方向位置的人拉风绳固定在机舱两侧，先将机舱吊离地面30cm，检查吊车的稳定性、制动性、可靠性。吊装现场风速不能大于8m/s。吊车起吊在空中将机舱与塔筒法兰进行对接，紧固螺栓后，方可将1000t汽车吊脱钩。

发电机吊装与机舱吊装相同，先用吊具、手动葫芦和人拉风绳将发电机与1000t汽车吊的吊钩固定好，再将发电机吊离地面30cm，检查起吊稳定和吊具各点牢固可靠。吊装现场风速不能大于8m/s。然后起吊，指挥吊车把发电机逐渐靠近机舱。利用导正棒对准机舱底座法兰，用手动葫芦把发电机拉近。装紧固件及连接螺栓。安装完成后拆下吊具。待整台机组所有零部件安装完成后，去除发电机锁定，使其处于自由运转状态。

（3）叶轮吊装

先将叶轮在地面组装，叶轮组装时要按厂家技术要求执行。通过主辅两台吊车的共同协作进行组装。叶片组装完成后经检查无误、安全牢固后，方可实施叶轮吊装。

叶轮吊装时，也按厂家技术要求执行，吊装现场风速不能大于8m/s。叶轮采用双车抬吊的方法将组装叶片吊起，主吊为1000t汽车吊提升，辅助150t汽车吊配合。为了避免叶片在提升过程中摆动，用圆环绳索分别套在三片叶片上，每片叶片用3～6名装配人员在地面上拉住，慢慢将叶轮竖立，然后将轮毂法兰与机舱的主轴法兰对接紧固。经检查安装无误、方可将1000t汽车吊脱钩。

**9.5.3 电气设备安装**

（1）箱式变安装

箱式变采用150t汽车吊吊装就位。施工吊装要考虑到安全距离及安全风速。吊装就位后要即时调整加固。确保施工安全及安装质量。在安装完毕后，接上试验电缆插头，按有关试验规程进行交接试验。

（2）电力电缆敷设

动力电缆和控制电缆的施工，应按设计要求和相关规范施工。直埋电缆要求分段施工，分段验收。每段线路要求在本段箱式变安装前完成，确保机组的试运行按时进行。

直埋电缆施工：先人工开挖电缆沟，将沟底用沙土垫平整，将电缆敷设后填埋一层沙土，再压上红砖，然后用碎石土回填夯实。电缆走向要按图纸标注和相关的技术要求执行。

**9.5.4升压站施工**

升压站施工主要有综合楼、高低压配电房、辅助库房、消防泵房、SVC阀组室及控制室等建筑物施工、电缆构架、主变及设备基础施工、主变、电气设备及避雷针安装等施工。

（1）升压站场平和基础施工

升压站场地清理，采用132kW推土机配合人工清理。然后用16t振动碾，将场地碾平，达到设计要求。

建筑物的基础开挖，均采用小型挖掘机配人工开挖清理（包括基础和地下电缆沟）。人工清槽后、进行基础混凝土施工及回填。

（2）建筑物土建工程施工

综合楼为二层框架结构，设备楼为一层框架结构，辅助楼为一层框架结构，地下一层为消防水池。先在基础混凝土梁上进行一层混凝土构造柱施工，绑扎钢筋和架立模具、进行混凝土柱子浇筑。在柱子养护期间进行混凝土一层圈梁的绑扎钢筋和架立模具、再进行混凝土圈梁浇筑。在混凝土圈梁养护期间可进行顶板的绑扎钢筋和架立模具，然后进行一层楼板浇筑。当框架结构（梁、柱、楼板）浇筑的混凝土达到设计允许的强度后，可进行二层施工。二层施工与一层相同。该楼施工封顶后，拆除脚手架和模具，进行管道安装、电气设施安装及室内外建筑装修。

建筑材料采用塔吊或升降机。混凝土采用现场拌和，用两台0.8m3移动式搅拌机，人力车入仓，插入振捣器振捣；墙体为人工砌筑。

开关站的设备基础施工后，可进行构架吊装就位。柱脚与基础连接采用杯口插入式。构架就位后，用缆绳找正，螺栓固定后再进行混凝土二次灌浆。然后进行电气设备安装施工。

（3）电气设备的安装

主变压器较重，采用200t汽车吊车吊装就位。吊装时索具必须检查合格，钢丝绳必须系在油箱的吊钩上。主变压器的安装程序为：施工准备――基础检查――设备开箱检查――吊装就位――附件安装――绝缘油处理――真空注油试验――调试运行。

35kV线路、进线与母线一同安装调试。分回路接线投产。当第一批风电机组投产后，其它回路接线时要注意人身及设备的安全，应有运行人员监护。

电气设备的安装必须严格按设计要求、设备安装说明、电气设备安装规程及验收规范进行，及时进行测试、调试，确保电气设备的安装质量和试车一次成功。

**9.5.5 场内道路施工**

（1）测量放线：采用全站仪按设计图纸要求，精确定出道路中线及两侧边线，撒石灰标识。

（2）地表清理：施工前进行施工区场地清理（如地表植被、腐殖土、垃圾以及其它有碍物），场地清理采用推土机推土，推距40～80m。

（3）路基开挖及填筑：开挖采用反铲挖掘机施工，自卸汽车转运，高挖低填，施工中力求土方尽量达到挖填平衡。填筑采用推土机推料，平地机平整，振动碾压实，小型手扶振动碾清理边角，然后采用光辊压路机压实，使道路施工各项指标（如：高程、转弯、坡度、压实度）达到设计技术要求。可进行路面施工。

（4）路面铺设：路面石料人工掺合。推土机推料，平地机摊铺，振动碾压实，小型手扶振动碾清理边角，最后采用光辊压路机进行压实，直至石料无松动，达到设计图纸要求为止。

**9.6 施工总进度**

**9.6.1 编制原则**

本工程的施工控制性工作为风电场风机机组土建及安装工程。根据总工程量并参考类似工程，按12个月考虑，期间可穿插进行升压变电站的土建及相关电气、消防及给排水设备安装。风力发电机组安装的终止时间为具备向外输电条件。

根据上述原则，本工程设计进度从第1个月初开始安排至12月底完成，施工总工期为12个月。

**9.6.2 分项施工进度安排期**

（1）施工准备期第1个月上旬开始，第1个月下旬结束。施工准备期主要完成水、电、场地平整及临时房屋等设施的修建。准备工程完成后，进行有关各项分项工程施工。

（2）风电场施工道路工程于第2个月上旬开始，至第5个月下旬结束。

（3）升压站工程从第3个月上旬开始施工，至第9个月下旬完成升压站主要结构施工，同时开展集电线路施工，至第9个月底结束。

（4）第4个月上旬可开始风机基础的土建工程施工，至第9个月底结束。

（5）风力发电机组塔架、机舱及叶轮的安装于第6个月上旬开始，按每台风机4~5天考虑，至第10个月底完成全部20台机组的安装。

（6）风机陆续安装期间，完成吊装的风机进行设备调试，至第11个月底结束。全部风机通过240小时试运行后，风电场组具备向外输电条件。

（7）施工竣工验收第12个月开始，至第12个月底结束。

华润电力武隆杨柳坪风电项目施工总进度，详见施工总进度图9-1。

****

图9-1 施工总进度

**9.6.3 施工主要设备**

初估本工程施工高峰人数150人，平均人数100人。主要施工设备见表9-5。

**表9-5 主要施工机械汇总表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称及型号 | 台数 | 用途 |
| 1 | 1000t汽车吊 | 1 | 风机及主变安装 |
| 2 | 150t汽车吊 | 1 | 风机、箱变安装及基础环吊装 |
| 3 | 200t汽车吊 | 1 | 卸车及施工配合 |
| 4 | 8t汽车吊 | 4 | 电力线路等施工 |
| 5 | 132kW推土机 | 4 | 场地平整及土石方开挖 |
| 6 | 1m3反铲挖掘机 | 8 | 土石方开挖 |
| 7 | 2m3装载机 | 8 | 土石方开挖及运输 |
| 8 | 小型振动碾(手扶式) | 4 | 土石方回填 |
| 9 | 16t振动碾 | 2 | 场地及道路施工 |
| 10 | 10t自卸汽车 | 10 | 土石方运输 |
| 11 | 插入式振捣器 | 10 | 混凝土施工 |
| 12 | 混凝土输送泵 | 2 | 混凝土施工 |
| 13 | 60 kW发电机 | 4 | 移动、备用电源 |
| 14 | 垂直升降机 | 1 | 施工建材运输 |
| 15 | 6m3混凝土搅拌车 | 10 | 风机、箱变基础施工 |
| 16 | 75m3/h混凝土搅拌站 | 1 | 混凝土施工 |
| 17 | 钢筋切断机 | 3 | 钢筋制安 |
| 18 | 钢筋弯曲机 | 3 | 钢筋制安 |
| 19 | 钢筋调直机 | 3 | 钢筋制安 |
| 20 | 电焊机 | 3 | 钢筋制安 |
| 21 | 空压机 | 1 | 土石方开挖及混凝土施工 |
| 22 | 平地机 | 1 | 道路施工 |
| 23 | 洒水车 | 2 | 道路施工 |
| 24 | 手风钻（风镐） | 4 | 基础岩石钻孔爆破 |
| 25 | 破碎锤 | 2 | 基础岩石开挖 |
| 26 | 电动打夯机 | 4 | 土石方回填 |