

横店集团东磁股份有限公司关于投资建设东阳 六石 25MW 农光互补光伏电站项目的可行性分析报告

一、项目概述

（一）项目名称

东阳六石 25MW 农光互补光伏发电项目

（二）建设规模及总投资

横店集团东磁股份有限公司（以下简称“公司”）拟在东阳市六石街道夏溪潭村西、祥湖村南、大圳村东区域，以丘陵、未利用地、草地、低覆盖率林地为主，间或有部分梯田农地和水塘，涉及用地约 850 亩，投资建设 25MW 农光互补光伏电站项目。项目总投资 17,841.40 万元，其中工程投资 15,949.20 万元，土地费用及其他 1,892.2 万元。该项目投资建成后可达到年均发电量为 2,500 万 kWh，年均收入 2,185.19 万元，年均利润 613.5 万元，投资回收期（税后）8.91 年。

（三）项目建设进度

项目工程建设拟自 2017 年 02 月开始实施，拟于 2017 年 07 月竣工验收，建设期为 6 个月。

（四）项目效益分析

序号	名称	单位	指标
一	项目总投资	万元	17,841.40
二	营业收入	万元	2,185.19
三	总成本费用	万元	240.42
四	利润总额	万元	613.15
五	投资回收期(税后)	年	8.91
六	所得税后全投资财务内部收益率	%	9.08

（五）风险提示

1、土地性质问题。东阳国土部门在出具六条意见基础上同意该块土地建设光伏电站。六条意见内容如下：1）土地预审报告在 2016 年 7 月 10 日前完成；2）电站确定为农光互补项目，支架要求在 1.8-2 米以上；3）农作物、绿化要种好、

养好；4) 2016 年 10 底以后方可开工建设；5) 不得占用基本农田；6) 永久性设施要按建设用地报批。如违反以上六条之一，则存在需拆除的风险。

2、项目指标。浙江省 2016 年 1GW 光伏指标采用竞争性方案落实，通过企业投资能力、项目前期工作深度、电网接入及消纳条件、上网电价降幅、建设方案、多能互补等几个方面的考核评分，由省专家组根据分数高低分配落实。

3、并网线路。根据浙发改能源[2014]450 号文件，光伏项目送出线路由国家电网公司负责承建。但由于当地供电部门线路规划滞后，存在需要业主先代建完成上网，再由国家电网公司以度电补贴形式，予以资金返还的风险。

二、项目建设的必要性

(一)项目背景

太阳能是一种取之不尽、用之不竭的能源。据估算，地球上每年接收的太阳能，相当于地球上每年燃烧其他燃料所获能量的 3,000 倍，光伏发电是将太阳照射的能量转化为电能的方法，大力开发利用太阳能是 21 世纪的绿色能源技术。与常规发电方式相比较，光伏发电是一种洁净能源，它无需任何矿产资源，对环境零排放，减少对空气的污染，减少温室气体排放，减少对环境治理的投入。光伏发电还可为当地补充电力，缓解电力紧张。因此光伏发电工程的实施对环保、节能均有贡献。

国民经济的可持续发展必须有可持续供应的能源作为支撑。浙江电网以火力发电为主，电力缺口较大，频繁的拉闸限电已制约了浙江经济的进一步发展。开发利用安全、可靠的清洁能源提高其在能源结构中的比重，是实现经济社会可持续发展的重要保证，发展包括光伏发电等太阳能利用等可再生能源，是国家能源战略重点。

国家《可再生能源中长期发展规划》、《太阳能发电发展“十二五”规划》和正在制定的《太阳能利用“十三五”发展规划征求意见稿》，对光伏发电提出了持续发展的要求。到 2015 年底，中国光伏电站累计装机量达到 45GW 并没有达到预定目标。“十三五”期间，光伏发电无疑仍是重头戏，总体目标是通过规模化的发展促进成本持续降低，每年装机计划 20GW 以上。

(二)项目的必要性

- 1、本项目符合公司“做强磁性、发展能源、适当投资”的发展战略；
- 2、本项目在东阳本地实施，经济效益较佳。手续办理、施工条件、工期、

运营等均有保障，并可在当地起到示范意义；

3、由于今年 6 月 30 日后，光伏行业市场需求量将减少，竞争更加激烈。项目实施可带动公司 25MW 太阳能电池组件的销售，促进工厂的稳定经营；

4、建设光伏电站后，实现了林光、农光互补，在不改变原有土地性质、基本不改变原有地貌前提下，优化种植条件和植被类型，达到光伏阵列与周边环境一体化完美结合，对推行太阳能光伏应用与农业结合，起到积极的示范作用。

综上所述：本项目利用荒坡、不适宜耕种土地和低覆盖林地发展农光互补光伏项目，适度整理土地、优化农业生产，达到光伏、农业共同发展，对完成区域光伏发展规划、改善区域环境、开拓地方税收增长点，都是十分必要的。

三、项目区概况

（一）场地概况

因六石街道夏溪潭以西地貌为丘陵地带，项目土地多为低矮山头，有一定的地势起伏，地块内现状大部分为荒山、草地和低覆盖林地，两山脊之间有零星梯田、水塘。丘陵山体多为岩石结构，表土量少、梯田有沙土地、粘土地。区块内有较多的坟墓分布，需要考虑避让。该地块土地性质为未利用、林地、农地，相互交错。

据了解，北部靠近枫树下村、祥湖村覆盖率较高的林地，已被浙江横店影视城有限公司租用作为外景基地；西南方大圳-岩口村之间，有部分果园和农庄；本项目暂不考虑用这两部分土地。拟选建光伏电站的土地区块，所选范围避让坟墓集中区、影视外景基地、农庄果园，区块内主要是环山、荒坡，包括部分梯田、山沟中零星水田、水塘，所选区块面积 113.62 万平方米，合约 1,700 亩（公司取得其中的 1/2，即 850 亩）。

（二）太阳能资源概况

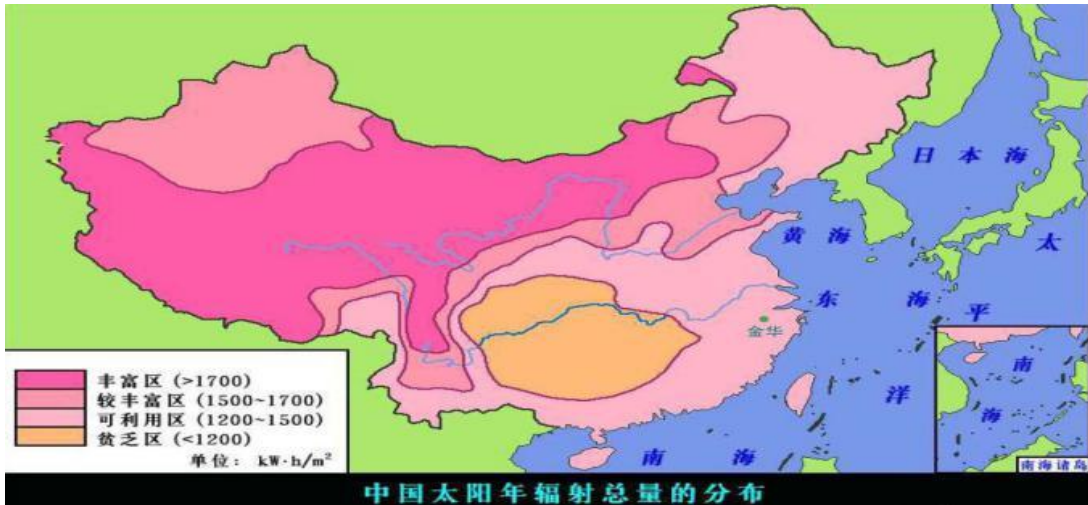
我国属太阳能资源丰富的国家之一，全国总面积 2/3 以上地区年日照时数大于 2000 小时，陆地上每平方米每年接收的太阳辐射总量为 $900 \sim 2350 \text{kWh/m}^2/\text{a}$ ，相当于 24,000 亿吨标准煤。

根据国家气象局风能太阳能评估中心划分标准 QX/T89-2008《太阳能资源评

估方法》，我国太阳能资源地区分为以下四类：

太阳能资源区域分类	每平方米全年辐射量 kWh/m ²	每平方米每年辐射量 相当于燃烧标准煤的量
一类地区，资源丰富区	1700～2350	260～290kg
二类地区，资源较丰富区	1500～1700	290～400kg
三类地区，资源可利用区	1200～1500	200～260kg
四类地区，资源贫乏区	1200 以下	200kg 以下

根据中国太阳能资源区域分布图，浙江处于太阳能资源可利用区内：



2014 年，浙江金华市气象局黄艳等人发表的《浙江省太阳能资源分布特征及其初步区划研究》，对浙江省太阳能资源的时空分布特征进行了研究，进一步将浙江省太阳能资源划分为三级：

东阳市位于浙江省中部，地形以丘陵和盆地为主，属亚热带季风气候区，气候温和，雨量充沛，空气湿润，四季分明，光照充足，年平均气温 17℃，年平均日照 2002



小时，年平均降雨量 1351 毫米。由上页分布图可见，东阳市处于太阳能资源二级可利用区、并且靠近一级可利用区，太阳能资源在全省处于中上水平，适宜建

设太阳能光伏电站。

东阳多年平均各月份太阳辐射量（水平面总辐射量，单位 kWh/m²/年）：

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日平均	2.49	2.59	2.91	3.73	4.24	4.07	5.15	4.63	3.84	3.40	2.90	2.76
月合计	77.2	72.5	90.2	111.9	131.4	122.1	159.7	143.5	115.2	105.4	87.0	85.6

平均的年辐射量 1302kWh/m²/年（或 4687MJ/m²/年），即峰值日照时间 1302 小时。

（三）电网接入、消纳能力

东阳境内有 500 千伏变电站 1 座，容量 200 万千伏安；220 千伏变电站 3 座，容量 117 万千伏安；110 千伏变电站 12 座，容量 116 万千伏安。东阳电网已基本形成了以 500 千伏为枢纽，220 千伏为依托，110 千伏为主网架，35 千伏和 10 千伏相配套的电网。

本项目拟接入：220KV 桐鹤变，该变电站规划主变 3×240MVA，位于六石街道桐坑西南侧，与项目区直线距离 5.6km。

东阳市每年社会用电量 30 亿千瓦时以上，其中工业用电量超过 22 亿千瓦时，按电网接纳新能源比例 10%—25%估算，变电站可接纳光伏电量 1—2.5 亿千瓦时，折合光伏容量 100—250MW，目前东阳光伏、风电装机量不大，对新建光伏电站有足够接纳能力。

本项目送出线路：电压等级 110kV。

四、上网电价

根据光伏发电的发展情况和以往几年的实践，国家补贴将逐步降低。根据往年惯例，当年批准、当年建设并基本建成的电站，将可以长期 20 年享受批准、建设时的标杆电价。因此，本项目上网电价为 0.98 元(含税)，同时享受东阳市地方补贴 0.2 元/W（3 年）。

五、项目总体规划

（一）项目建设目标

本项目预计总投资约 17,841.40 万元，建设工期 6 个月左右，争取建成东阳市最大的农光互补光伏电站。通过光伏电站建设，改善区块的环境，变杂草丛生的荒废地成为集发电、农业、观光一体的新园区，并带来企业增利、农民增收、政府增税的经济效益，以及节能减排的环保效益。

（二）主要设计原则

- 1、光伏发电为主，兼顾农林业种植；
- 2、采用新技术、新设备、新理念，建成高效、智慧型光伏电站；
- 3、适度整理土地，便于集约化经营，为发展高效农业、建设一流中草药种植基地创造条件；
- 4、光伏-景观一体化设计，将光伏阵列与周边植被、景观结合，体现环保概念，发展产业旅游，达到发电、农业、旅游为一体。

（三）农光建设理念

本项目为新型农光互补电站项目，为现代农业的发展预留空间与土地，在不改变农业用地性质的同时，实现框架上清洁电力、框架下高效种植的“双赢”。采用“一地两用”、“农地种电”的开发模式，场地上架设光伏组件，因地制宜，利用光伏组件下面及间隔处的空闲土地进行农产品和中药材的种植开发，同步发展现代农业和光伏发电，创造绿色低碳、无污染、高科技、高附加值的效益，是生产方式上的突破和创新，也是一个集种植一体化和光伏发电的循环化经济项目，将取得社会效益、环境效益和经济效益的多赢，走出一条深化节能减排的绿色之路。

通过精心设计，将现代农业和光伏发电二者进行立体结合，实现了科学布置，做到上层光伏发电，下层农业种植的目的。其中药材基地温润的土地环境可大大改善光伏组件的“热阻效应”，同时为作物提供必需的遮阳条件，实现“农光互补”，对东阳农业和能源科技应用领域具有划时代的重要意义。

采用套种方式，实现农业的最优化利用，根据对光伏阵列光照的深入分析，针对各农作物喜光性的差异，进行农作物套种，从而实现农业的最优化利用。

六、项目技术方案

（一）光伏阵列布置

本着尽量利用原来地形地貌、因地制宜的原则，除必要的场内道路、水土保持工程外，尽量不做大量土地平整。又根据本地块内山坡比较平缓的特点，东西南北各朝向的坡地都加以利用，也就是说整个地块布满光伏阵列，实景就像下图丘陵光伏电站一般：



（二）光伏支架选型

针对地块内不同地貌，选用高、低两种类型支架：

1、山坡地：采用普通高度固定支架。对于表面土层较厚的上坡，在支架下方和两排支架之间，可种植低矮喜阴作物：药材、蘑菇等。

基础采用混凝土灌注桩，组件朝南安装倾角 20°，支架材料采用热镀锌 C 型钢，组件前沿距地面高度>0.5m，两排支架行间距依旧山坡的朝向、坡度设计。



2、农田、水塘：采用高支架，便于在支架下方农、渔作业。



基础采用预应力混凝土管装，组件朝南安装倾角 20°，支架材料采用热镀锌 C 型钢，组件前沿距地面高度 2m 左右，根据农业种植需求实现较高的棚下种植空间。

光伏组件采用铝合金压块预定于镀锌 C 型钢导轨，每个组件之间留出 20mm 安装缝。基础、支架、组件固定按 50 年一遇或抗风能力 12 级设计，组件与支架结合形成一体，无需再加额外的支撑、围护结构。两排支架之间距离，按冬至日上午 9 时至下午 3 时前排阴影不遮挡后排设计。

东阳山坡光伏阵列支架间距（米）

坡度	南坡	北坡	东西坡
0°	2.26	2.26	2.26

3°	1.80	2.82	2.50
5°	1.53	3.26	2.69
8°	1.18	4.07	3.05
10°	0.97	4.74	3.35

（三）光伏安装量估算

本项目拟用地块总面积 850 亩（51.53 万 m²），场内道路和逆变器基础占地约 5 万 m²，集控站占地 0.17 万 m²，剩余可用于安装光伏阵列的面积 46.36 万 m²，因地形、地貌原因利用率按 70% 计算，光伏阵列占地 32.36 万 m²。

标准光伏支架规格 2×11 块板，每个支架光伏容量 7.26kW，支架及其之间道路平均占地宽度按 6m 计算，每个支架占地面积 70.8m²，合 12.38m²/kW。总安装量：323,600/12.38=261,389kW≈25MW。

（四）系统构成方案

大型并网型光伏系统由光伏阵列、直流汇流箱（含直流防雷器）、并网逆变器、交流配电系统（交流防雷器）、35KV 就地升压变压器、集电线路、35KV 开关站、35/110KV 升压变压器、发电计量监测系统以及安装附件等构成。各部分作用如下：

1、光伏阵列

光伏阵列是由若干太阳能电池组件，按一定的串并联关系组成的太阳能-电转化系统。光伏阵列是光伏发电系统的能源生产单元，也是光伏系统投资最大的部分。

本工程光伏装机容量为 25MW_p，选用高效单晶硅电池组件，采用全固支架安装方式。全部 25MW 分为 22 个子阵列，每个子阵列为一个 1.1MW_p 子系统。每 22 块组件组成一个组串，安装于一个支架上，呈 2 行每行 11 块纵向排列。一个 1.1MW 子系统共 151 串。

2、直流汇流箱

实现若干路光伏组串并联的装置，内置直流防雷电路。直流汇流箱内每个组串都有直流过电流保护装置，可切断出现故障的回路，防止故障扩大化。汇流箱规格 16 进 1 出为主，每个子阵列 10 个汇流箱。

3、并网逆变器

逆变器是将直流电转化为交流电的设备，并网逆变器是按照电网接入标准设

计的一类逆变器，具有接入电网许可。并网逆变器也是光伏系统的能源控制单元，可通过最大功率点跟踪(MPPT)及逆变功能将直流电转变为满足一定要求的交流电，包含并网孤岛保护、低电压穿越、过压保护、自动侦测电网信号和检测通讯等功能。每个子阵列 2 台 500kW 逆变器一组构成一个 1000kW 箱式逆变器组，本工程总共 22 台箱式逆变器。

4、就地升压变压器

大型光伏电站占地大，各逆变器之间，与开关站和集中升压变压器之间的距离都比较远，因此在逆变器附近设置升压变压器，称之为就地升压变压器，将逆变器输出的低压交流电升压到 35KV 再输送到开关站回合。场内采用 35kV 集电线路，可减低线损、节约电缆投资。与箱式逆变器配套，每个子阵列 1 台 1000kVA 升压变压器。

交流配电系统通常与升压变压器集成为一体化设备，如美式箱变、或欧式箱变。

5、集控站、开关站、35/110kV 升压变

本工程新建一座集控站，集控站初步设计位于场区西北部（靠 220kV 桐鹤变方向），占地面积约 3000m²。集控站内主要的建筑物为综合楼、控制中心、35kV 开关站，110kV 升压变等，建筑单体为框架或砖混结构。

来自光伏发电场的 5 回 35kV 线路，在 35kV 开关站并入一条母线，35kV 母线配置可快速调节的 SVG 无功补偿装置，光伏发电最终经 110kV 升压变通过一回 110kV 线路送出。并网点、电压等级、以及一次二次设备设计，最终配置以接入系统审查意见为准。

光伏发电计量监测系统：发电计量监测系统用于集中记录并显示各阵列运行情况，便于运行维护人员实时掌握光伏系统运行状况，兼顾展示宣传功能。

（五）并网接入方案

本项目选址区域附近有一座 220kV 桐鹤变电站，可作为系统接入电网的首选。位于六石街道桐坑西南侧的桐鹤输变电工程，是东阳市北部 110kV 接出电源。该电站规模 240MVA 主变 3 台，220kV 出线 6 回，110kV 出线 12 回，35kV 出线 8 回。接入方案最终以接入系统审查意见为准。

（六）防雷接地方案

支架基础及防雷接地网设计：根据当地的地层地质、最大风载、最大雪载情

况，设计混凝灌注桩和混凝土预制桩，同时根据组件支架安装区域用镀锌扁铁预埋至桩体上方供组件支架防雷接地。在桩的表面留有和支架连接的焊接面或紧固面。

直流配电系统以直流汇流箱形式出现，通常设有汇线、直流防雷和接地保护等装置，与支架系统共用接地网； 低压交流配电系统以交流配电柜形式出现，通常设有交流防雷和接地保护装置，与逆变器、升压变压器，共用埋设在逆变器周围的接地网。

开关站、集控站，严格按防雷规范设计、施工。

七、项目效益指标

（一）项目建设基本情况

本项目用地以租赁方式解决，租费按 580.5 元/亩/年暂估。采用单晶硅 330W 组件，整个安装容量为 25MW，总投资约 17,841.4 万元，折合每瓦 7.136 元，所需资金由企业自筹。整个工程建设周期预计为 6 个月，项目运行期为 25 年，详见表 1《项目投资预算》（土地按 850 亩）。

表 1 项目投资预算

序号	大项	投资额 (万元)	每瓦投资 (元/W)
一	工程费用		
1	光伏组件设备购置费	8,500	3.400
2	站内工程其他设备费	3,085.3	1.234
3	站内工程安装费	1,192.4	0.477
4	站内工程土建费	1,526.9	0.611
5	分摊 110kV 升压站费用	905.7	0.362
6	分摊 110kV 送出线路建设费	738.9	0.296
7	110kV 间隔及对侧设备	0	0.000
二	土地费用		
1	第一年土地租赁费	49.3	0.020
2	永久用地 2.5 亩征地费	50	0.020
3	土地政策处理费 1: 迁坟	200	0.080
4	土地政策处理费 2: 青苗	68	0.027
5	土地处理费 3: 农业投入	127.5	0.051
三	其他费用		
1	项目开发费用	125	0.050
2	可行性报告编制费	15	0.006
3	光伏电站勘察、设计费	120	0.048
4	接入系统设计费	20	0.008

序号	大项	投资额 (万元)	每瓦投资 (元/W)
5	测绘、勘界	16.5	0.007
6	工程地质勘探	15	0.006
7	建设监理	20	0.008
8	工程管理费	30	0.012
9	生产准备费	10	0.004
10	环境评价费	8	0.003
11	水土保持评估	10	0.004
12	安全评估报告	10	0.004
13	节能评估报告	6	0.002
14	地质灾害评估	5	0.002
15	建筑工程质量监督检测费	10	0.004
16	电站、设备质量检测费	60	0.024
17	水土保持补偿费	56.7	0.023
18	林业砍伐许可	30	0.012
19	场外道路使用、修复	10	0.004
20	项目验收（政府验收）	5	0.002
21	并网验收（电网验收）	5	0.002
22	站内土建、安装工程税费	95.2	0.038
23	站内土建、安装工程利润	0	0.000
24	建设期利息	270	0.108
25	总预备费	445	0.178
四	合计	17,841.40	7.136
五	其中：设备和装置性材料	12,378.8	4.952

（二）经济效益

本项目年均发电量为 2,500 万 KWh，上网电价按 0.874 元/度（含补贴，不含税）计算，年均收入 2,185.19 万元（不含农业收入），年均利润 613.15 万元，年均创税 150.86 万元。全投资财务内部收益率（税后）9.08%，全部投资回收期（税后）8.91 年。详见表 2《项目经济评价财务指标一览表》。

表 2 《项目经济评价财务指标一览表》

序号	指标项目	单位	数值
1	用地面积	亩	850
2	装机容量	MW	25
3	总投资	万元	17,841.4
4	每瓦投资	元/Wp	7.136
5	年均上网电量	万 kWh	2500
6	不含税度电单价	元/kWh	0.874
7	年均发电收入	万元	2,185.19

序号	指标项目	单位	数值
8	年均经营成本费用	万元	183.84
9	其中：年均土地租金	万元	52.45
10	年均土地使用税	万元	13.60
11	年均净利润	万元	613.15
12	年均增值税及附加	万元	36.96
13	年均印花税+水利基金	万元	2.25
14	年均土地使用税	万元	13.60
15	年均所得税	万元	98.05
16	投入产出比（年均净收入/总投资）	%	11.88
17	全投资财务内部收益率（所得税后）	%	9.08
18	全投资财务净现值（所得税后）	万元	1,177.77
19	全部投资回收期（所得税后）	年	8.91
20	总投资收益（ROI）	%	5.61

注：度电单价

标杆电价 $0.98/1.17=0.8376$ 元/度，20 年输送补贴 $0.01/1.17=0.00855$ 元/度，20 年东阳补贴 $0.2/1.17=0.17094$ 元/度。

（三）总成本费用

项目建成投产后，运行营业成本约 1,110.91 万元/年（含维修、清洗、保险、工资福利、土地租赁费、土地使用税），详见表 3《营业成本构成表》。

表 3 营业成本构成表

序号	项目名称	单 位	年均金额
1	折旧	万元	892.07
2	维修费	万元	24.67
3	清洗费	万元	43.95
4	工资福利费	万元	71.42
5	外购电费	万元	12.75
6	土地租金及土地使用税	万/年	66.05

（四）环保效益

光伏电站早上启动、晚上关闭，没有运动部件，发电无噪音、无污染，是绿色能源。环保效益：每年 CO2 减排 2.6 万吨、SO2 减排 787 吨、节标煤 0.95

万吨。

八、结论

东阳六石 25MW 农光互补电站项目，能充分利用当地的太阳能资源，符合国家能源产业发展方向，受到国家新能源产业政策扶持。有利于优化东阳当地的能源结构、有利于保护环境和节能减排，符合低碳概念。有利于提升公司光伏产业的效益和品牌。

附：农光、林光互补光伏电站实景参考



预应力管桩高支架下的农作物



茶光互补



农光互补(水稻)



荒坡光伏阵列



横店集团东磁股份有限公司
二〇一六年十二月二十七日