

江苏金智科技股份有限公司 保加利亚 Betapark 光伏发电项目 可行性研究报告

编 制：江苏金智科技股份有限公司
普乐新能源（蚌埠）有限公司
江苏省电力设计院
保加利亚 Sunservice Ltd.

目 录

前 言.....	1
1 概述和项目背景.....	2
1.1 概述	2
1.2 国际现状.....	3
1.4 保加利亚区域状况介绍.....	5
1.5 在保加利亚建设太阳能光伏电站的必要性、可行性和光伏产业概况	9
2 站址选择和气象条件.....	10
2.1 基本情况.....	10
2.2 太阳能资源.....	11
3 电站接入系统.....	16
4 建设规模和总体方案.....	16
5 光伏电站框图和设备选型.....	17
5.1 光伏组件及其阵列设计.....	17
5.2 固定光伏组件模块.....	18
5.3 各子系统组件安装方式及数量.....	19
5.4 太阳电池方阵间距计算.....	20
5.6 光伏电站系统构成总结.....	24
6 电气设计.....	25
6.1 电气一次部分.....	25
6.2 电气二次部分.....	32
6.3 通信部分.....	34
7 土建设计.....	35
7.1 4MW 光伏电站围栏设计	35
7.2 方阵支架基础设计.....	35
8 采暖通风设计.....	37
8.1 设计原则.....	37
8.2 采暖.....	37
8.3 通风与空调.....	37
9 消防部分.....	38
9.1 设计原则.....	38
9.2 消防措施.....	38
10 环境保护.....	39
10.1 产业政策及规划符合性.....	39
10.2 施工期环境影响分析及污染防治对策.....	39
10.3 运行期的环境影响.....	40
10.4 场址合理性.....	41
11 节约能源.....	42
12 社会和环境效益评价.....	42
12.1 社会及经济效益.....	42
12.2 环境效益.....	42

13 劳动安全与工业卫生.....	44
13.1 工程概述.....	44
13.2 工程安全与卫生潜在的危害因素.....	44
13.3 劳动安全与工业卫生对策措施.....	44
14 施工组织设计.....	46
14.1 施工条件.....	46
14.2 电池板安装.....	47
14.3 施工总平面规划布置.....	47
14.4 施工用地.....	47
14.5 施工总体布置的原则.....	48
14.6 施工水、电供应.....	48
14.7 地方建筑材料.....	49
14.8 雨季施工.....	49
14.9 项目实施综合控制轮廓进度.....	49
15 项目的投资估算和经济性分析.....	51
15.1 项目概况总结.....	51
15.2 投资估算.....	51
15.3 经济评价.....	54
15.4 经济评价结果.....	57
15.5 经济评价结论.....	58
16 风险分析与对策.....	59
17 结论、问题和建议.....	65
附件一：名词解释.....	66

前 言

太阳能作为一种可永续利用的清洁能源，有着巨大的开发应用潜力。人类赖以生存的自然资源几乎全部转换自太阳能，人类利用太阳能的历史更是可以追溯到人类起源时代，太阳能是人类得以生存发展的最基础的能源形式，从现代科技的发展来看，太阳能开发利用技术的进步有可能决定着人类未来的生活方式。太阳能光伏发电技术的开发始于上世纪50年代。随着全球能源形势趋紧，太阳能光伏发电作为一种可持续的能源替代方式，于近年得到迅速的发展，并在世界范围内得到广泛应用。

大型并网光伏电站是光伏发电迈向电力规模应用的必然结果，国际能源机构（IEA）特别将超大规模光伏发电（VLS-PV）列为其第8项任务（Task8），主要研究、追踪超大规模光伏发电的技术和信息，并在此领域开展国际间的交流与合作。光伏电站正在从小规模（100kW以下）、中规模（100kW~1MW）向大规模（1MW~20MW）和超大规模（20MW以上）发展。我国可再生能源中长期发展规划已于2007年8月31日正式发布，温总理的政府工作报告中提到要支持和推进新能源、节能环保等技术研发和产业化，为我们发展可再生能源产业指明了前进方向。为了响应国家可再生能源发展规划，探索大型并网光伏电站的技术，特就在保加利亚建设Betapark并网光伏发电工程提交此可行性研究报告。

江苏金智科技股份有限公司
普乐新能源（蚌埠）有限公司
江苏省电力设计院
保加利亚 Sunservice Ltd.

2009年12月

1 概述和项目背景

1.1 概述

1.1.1 项目简况

- (1) 项目名称：保加利亚Betapark有限公司4MW光伏发电项目
(规划4MW，一期2MW，二期2MW)
- (2) 建设单位：保加利亚Polar-Wsicom Ltd.
- (3) 投资主体：江苏金智科技股份有限公司（60%）
普乐新能源（蚌埠）有限公司（40%）
- (3) 设计单位：保加利亚Sunservice Ltd.
- (4) 建设规模及发电主设备：4000kW，薄膜非晶硅太阳能光伏组件
- (5) 选址：保加利亚，Ihtiman
- (6) 占地面积：一期2MW占地82,265M²
- (7) 项目动态投资估算：约1.1亿元人民币。分为两期：
一期动态投资估算：约6000万元人民币
二期动态投资估算：约5000万元人民币

1.1.2 工程设计单位

SunSERVICE成立于2007年中期，在保加利亚建设厅注册为能源基础设施建设单位。是巴尔干地区首个及唯一盈利的太阳能工程EPC（设计、采购、建造）总承包商，在以下方面具备独特优势：建设了该地区首座大规模光伏电站，与欧盟地区最好的太阳能组件供应商建立紧密关系，致力于以更低成本建设更多主流太阳能光伏项目。



1.2 国际现状

世界能源形式紧迫，是世界10大焦点问题（能源、水、食物、环境、贫穷、恐怖主义和战争、疾病、教育、民主和人口）之首。全球人口2008年是66亿，能源需求折合装机是16TW；到2050年全世界人口至少要达到100—110亿，按照每人每年GDP增长1.6%,GDP单位能耗按照每年减少1%，则能源需求装机将是30—60TW，届时主要靠可再生能源来解决。可是，世界上潜在水能资源4.6TW，经济可开采资源只有0.9TW；风能实际可开发资源2TW；生物质能3TW。只有太阳能是唯一能够保证人类能源需求的能量来源，其潜在资源120000TW，实际可开采资源高达600TW。由于光伏发电能为人类提供可持续能源，并保护我们赖以生存的环境，世界各国都在竞相发展太阳能光伏发电，尤其以德国、日本和美国发展最快。在过去的10年中，世界光伏发电的市场增长迅速，连续8年年增长率超过30%，2007年当年发货量达到733MW，年增长率达到42%。图1-1给出了1990到2007年的世界太阳能电池发货量的增长情况：

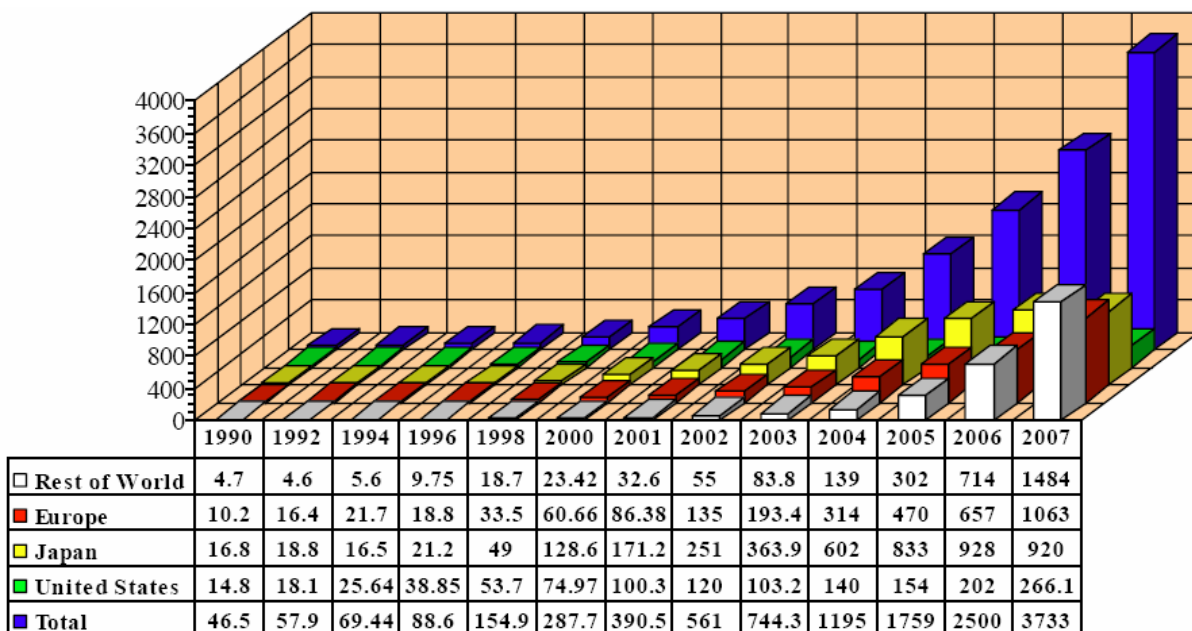


图 1-1 世界太阳能电池发货量 (PVNET2007)

数据来源—PVNewsPaulMaycock

光伏组件成本30年来降低了2个多数量级。根据So1arbuzzLLC. 年度PV工业报告，2007年世界光伏系统安装量为2826MW，比2006年增长了62%，2006年世界光伏发电累计装机容量已经超过8.5GW，2007年年底，世界光伏系统累计装机约12GW，其中并网光伏发电约10GW，占总市场份额的83%。发电成本50美分/度；预计2010年世界光伏累计装机容量将达到15GW，发电成本达到15美分/kWh以下；2020年世界光伏发电累计装机将达到200GW，发电成本降至5美分/度以下；到2050年，太阳能光伏发电将达到世界总发电量的10—20%，成为人类的基础能源之一。

光伏发电的应用形式包括：边远无电农牧区的离网发电系统、通信和工业应用、太阳能应用产品、与建筑结合的并网发电系统以及大型并网电站。国际能源机构（IEA）特别将超大规模光伏发电（VLS-PV）列为其第8项任务（Task8），主要研究、追踪超大规模光伏发电的技术和信息，并在此领域开展国际间的交流和合作。光伏电站正在从小规模（100kW以下）、中规模（100kW～1MW）向大规模（1MW～20MW）和超大规模（20MW以上）发展。

在20世纪80年代美国就首先安装了大型光伏电站。发展至今，已有数十座大型光伏电站在全世界应运而生。德国是世界上发展大型光伏电站最领先的国家，迄今已经建成了14座大型光伏并网系统，2004年7月份建成5MW并网光伏电站。在希腊克里特岛计划建造的太阳能电站规模达到50MW。澳大利亚计划在其沙漠中先期建设一座10MW的高压并网光伏电站，并以此为基础建设GW级光伏电站。葡萄牙最近公布了一

项建造世界最大太阳能电站的计划，用四到五年的时间，在一个废弃的铁矿附近建造116MW的太阳能光伏电站。以色列计划在内盖夫沙漠建设占地面积达400公顷的太阳能光伏电站，该电站在5年内的发电能力将达100MW，在10年内整个工程全部完工，发电能力将达到500MW。预计该电站的发电量将占以色列电力生产量的5%。

世界光伏产业的技术发展：

技术进步是降低光伏发电成本、促进光伏产业和市场发展的重要因素。几十年来围绕着降低成本的各种研究开发项工作取得了显著成就，表现在电池效率不断提高、硅片厚度持续降低、产业化技术不断改进等方面，对降低光伏发电成本起到了决定性的作用。

(1)商业化电池效率不断提高

先进技术不断向产业注入，使商业化电池技术不断得到提升。目前商业化晶硅电池的效率达到15%~20%(单晶硅电池16%~20%，多晶硅15%~18%)；商业化单结非晶硅电池效率5%~7%，双结非晶硅电池效率6%~8%，非晶硅/微晶硅的迭层电池效率8%~10%，而且稳定性不断提高。电池效率的提高是光伏发电成本下降的重要因素之一。

(2)产业化规模不断扩大

生产规模不断扩大和自动化程度持续提高是太阳电池生产成本降低的重要因素。太阳电池单厂生产规模已经从上世纪80年代的1~5MW/年发展到90年代的5~30MW/年，2006年25~500MW/年，2007年25~1000MW/年。生产规模与成本降低的关系体现在学习曲线率LR(LearningCurveRate，即生产规模扩大1倍，生产成本降低的百分比)上。对于太阳电池来说，30年统计的结果，LR20%(含技术进步在内)，是所有可再生能源发电技术中最大的，是现代集约代经济的最佳体现者之一。

1.4 保加利亚区域状况介绍

保加利亚于2007年加入欧盟，目前使用的货币为LEV，与欧元的兑换率为1欧元约等于1.96LEV。随着保加利亚加入欧盟，预计该国将于几年内改为使用欧元做为法定货币。

保加利亚的目前发电总装机容量约为10,000MW，其中化石燃料发电占比47.8%，水电8.1%，核电44.1%。

保加利亚拥有比较发达的陆运，海运，河运和空运网络。2003年全国客运总量为11.6亿人次，货运总量为750.5亿吨/公里。

2003年，保加利亚公路总长为26.5万公里。欧洲80号公路从保加利亚西北至东南横穿全境，把保加利亚同土耳其、塞尔维亚和黑山以及西欧的公路网连接起来。东西三条平行的公路干线，南北两条公路干线也交织成网。

2003年，铁路总长为6,358公里，其中电气化铁路占据66.5%。本国铁路网已同南部和西南部的邻国塞尔维亚和黑山、土耳其、希腊连接，北边则通过多瑙河大桥同罗马尼亚相连。目前，保加利亚有通向伊斯坦布尔、雅典、基辅、莫斯科、贝尔格莱德、布加勒斯特等地的直达客车。

保加利亚水运包括黑海海上运输和多瑙河河运。水运占整个运输业的25%。全国共有水运货船241艘，总吨位为169万吨。主要港口有布尔加斯、瓦尔纳、维丁、鲁塞。

保加利亚国内空中航线总长1,800公里，国际航线总长14.76万公里，客运飞机45架，座位4,519个。

行政区划

共有28个大区和254个乡。28个大区有：布拉格耶夫格勒大区、布尔加斯大区、瓦尔纳大区、大特尔诺沃大区、维丁大区、弗拉察大区、加布洛沃大区、多布里奇大区、克尔扎里大区、丘斯坦迪尔大区、洛维奇大区、蒙塔纳大区、帕扎尔吉克大区、贝尔尼克大区、普列文大区、普罗夫迪夫大区、拉兹格勒大区、鲁塞大区、西利斯特拉大区、斯利文大区、斯莫梁大区、索非亚区、索非亚大区、老扎果拉大区、特尔戈维什特大区、哈斯科沃大区、舒门大区、亚姆博尔大区。

气候

尽管其面积小，保加利亚有着一个不寻常的变化和复杂的气候。国家位于强烈对比的大陆和地中海气候带。保加利亚高山和峡谷作为气团的屏障或渠道，在气候相对较短的距离造成了鲜明的对比。大陆带稍大的，因为大陆性气团很容易流动到畅通无阻的瑙河平原。在冬季，大陆气候的影响力更强大，会产生丰富的降雪；在夏季，地中海地区气候的影响力增加，并产生炎热，干燥的天气。来自巴尔干山脉的障碍影响，会波及整个国家：就平均而言，保加利亚北部约冷一度，就会比南部保加利亚下降约192毫米多点的雨。由于黑海太小以致它不能作为主要影响到国家大部分地区的天气，它只能影响沿其海岸线邻近的地区。

巴尔干山脉是在南部边界地区，其中的大陆性气团自由流通。Rhodope山脉标志着北部受地中海地区的气候系统统治的界限。地区之间，其中包括色雷斯平原，是受两个系统结合的影响，并以大陆气候作为主导。这种结合会使平原产生长期的夏季和高湿度的气候。在这个地区的气候较在同一纬度其他欧洲部分地区，一般比较严重。因为它是一个过渡区，平均气温和降水量均不稳定，并且每年的差别可能甚大。

许多河谷盆地分布在丘陵，有逆温导致空气停滞。索非亚位于这样的盆地，但它的海拔（约530米）使其夏季温度趋于温和，减轻压迫性的高湿度。索非亚也就是受到来自山脉环绕其troughlike盆地的北欧风的庇护。索非亚气温平均在1月为-2℃和8月为约21℃。城市的降雨量接近国家平均水平，而且整体气候宜人。

近于黑海的沿海地区气候适中，但在冬季强风，当地暴风浪频繁。冬季沿多瑙河是寒风凛冽，而遮蔽的山谷向南开放到南沿希腊和土耳其边界，像沿着地中海或爱琴海海岸的地区一样温和。

保加利亚年度平均太阳日照分布（KWh/m²）大约在1500。

位置

保加利亚面积110993.6平方公里（包括河界水域）。位于欧洲巴尔干半岛东南部。北界罗马尼亚，南接土耳其和希腊，西连南斯拉夫，东濒黑海。海岸线长378公里。全境70%为山地和丘陵。巴尔干山脉横贯中部，以北为广阔的多瑙河平原，以南为罗多彼山地和马里查河谷低地。主要山脉还有里拉山脉（主峰穆萨拉峰海拔2925米，为巴尔干半岛最高峰）。多瑙河和马里查河为主要河流。自然条件优越，拥有山地、丘陵、平原等多种地形，湖泊、河流纵横，森林覆盖率约30%。

经济概况

保加利亚的宏观经济

保加利亚政治局势和社会治安稳定，经济政策趋于务实完善，投资环境不断优化，基础设施建设力度加大，宏观经济保持稳定增长态势。入盟为保宏观经济快速稳定发展奠定了坚实基础。为维持财政收支平衡、保持低通胀率和如期实现加入欧元区的规划，保政府一直坚持实施稳健偏紧的财政和货币政策。国民经济整体保持持续快速增长，财政收支持续盈余，银行运营良好，国际收支保持在合理范围内，经常帐户赤字缺口基本被FDI 弥补。

2004 年—2009 年宏观经济数据

	2004	2005	2006	2007	2008	2009F
GDP (十亿欧元)	19.9	21.9	25.2	28.9	34.2	36.5
GDP 增长 (%)	6.6	6.2	6.3	6.2	6.0	5.7
GDP 人均 (欧元)	2,551	2,827	3,278	3,772	4475	4,830
人口(百万)	7.8	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6
失业率 (%)	12.2	10.7	9.1	6.9	6.3	6.5

投资吸引力

近年来，保加利亚经济持续快速增长，投资政策和环境日趋优化，国际评级机构对其评级稳步提高。穆迪把保定级BBB 一，标准普尔定级BBB + ，惠誉国际定级BBB 。国际权威评级机构的良好评价使保加利亚成为众多外资瞩目的投资目的地国，尤其是欧盟国家。国际金融危机发生后，评级机构分别调低了保加利亚的评级。2008 年6 月5 日，标准普尔在BBB +基础上从积极调低到稳定，2008 年9 月5日，穆迪调低为BBB3 稳定。

保加利亚与欧盟其他国家相比，经济基础仍较落后，创新能力较低，但保具有经济增速较快，企业所得税、个人所得税、人均工资低等方面优势。

	2005 - 2007 GDP 平均增速	2005 - 2007 平均通胀率	2008 年 企业所得税	2007 年平均 每人每小时工 资 (欧元)	2007 - 2008F 工资增速
保加利亚	6.2%	7.0%	10%	1.65	7.8%
欧盟 27 国	2.6%	2.2%	28%	20.70	2.1%
匈牙利	3.1%	5.1%	16%	6.34	5.5%
意大利	1.3%	2.1%	31.4%	24.15	0.9%
罗马尼亚	6.0%	6.9%	16%	2.70	10.0%
波兰	5.4%	2.0%	19%	6.03	6.5%
土耳其	6.6%	8.7%	20%	1.74	1.3%

来源：Eurostat

保加利亚与欧盟等国家相关指标比较

1.5 在保加利亚建设太阳能光伏电站的必要性、可行性和光伏产业概况

由于能量短缺程度的不断加深，欧盟准备在欧洲开展可再生资源开发的项目。这项计划预见到了可替代能源和可再生资源在欧洲国家的燃料和能源需求中不断增长的比例。

欧盟鼓励利用可再生资源生产能源产品的政策，通过欧洲议会和理事会第2001/77/EO令得到了具体化的实施，欧洲议会和理事会鼓励联盟内电力能源市场生产和消费从可再生资源获得的电能。带有指导性质的2001/77/EO法案被介绍给保加利亚立法系统，作为可再生资源、替代能源和生物燃料法。

保加利亚接受这个指导性项目，并通告欧盟他们的国家的总体目标是到2020年使从可再生资源生产的能源，在最终的能源消费结构比例中占到总值的16%。但是目前再生资源生产的能源只占能源消费结构比例得7%。

因此，太阳能光伏发电将获得很大的发展。

目前，保加利亚只有2家太阳能光伏电站投入商业运行：分别是1MW的InterSolar JSC和1.5MW的Alfa-SolarPro。都是使用非晶硅薄膜太阳能电池模组。

2 站址选择和气象条件

2.1 基本情况

2.1.1 站址概况

(一) 位置

保加利亚，Ihtiman市（北纬 42° 24'39.48"，东经23° 52'40.70"）

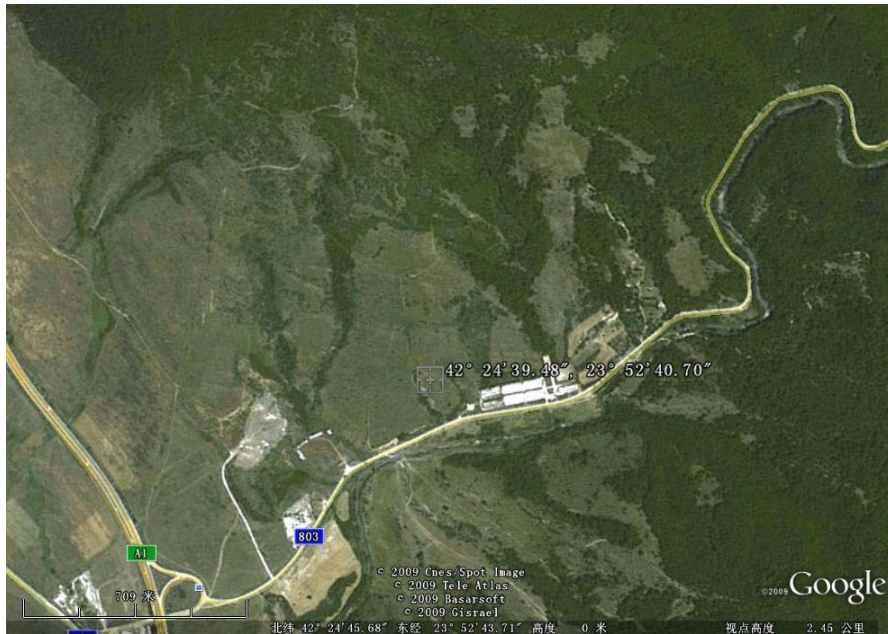


图 2-1 项目选址示意图

(二) 地形与地貌

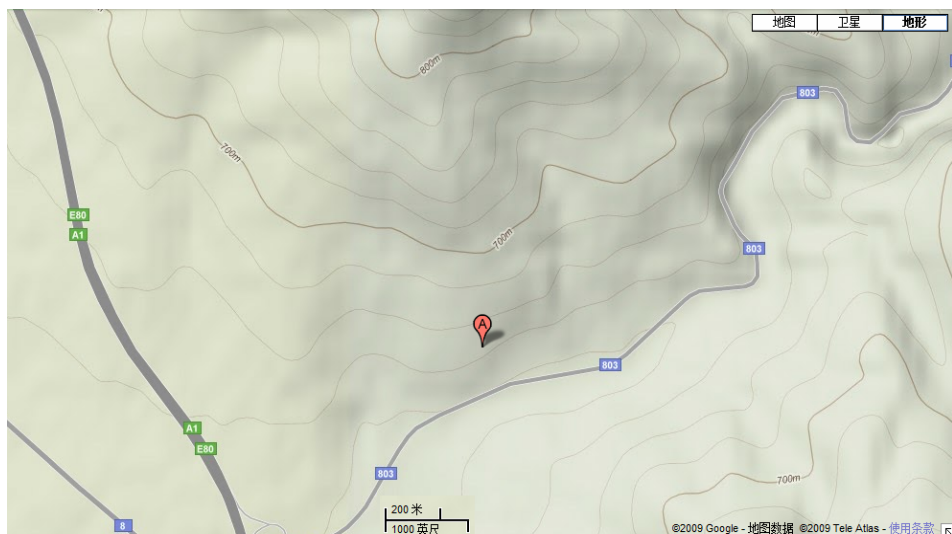


图 2-2 项目选址地貌图

海拔约 640 米，该场地坐北朝南，地势北高南低，落差 60 米，现状是荒地。

（三）气候

海拔约 600 米，其夏季温度趋于温和受到来自山脉环绕其 troughlike 盆地的北欧风的庇护。气温平均在 1 月为-2℃和 8 月为约 21℃。降雨量平均 400~600 毫米，整体气候宜人。

（四）矿产资源

该场址无任何矿藏资源

（五）交通

公路：距离国家干道 A1 高速公路 1 公里，就在 803 公路边，运输非常方便

铁路：距离索菲亚火车站 60 公里

航空：距离索菲亚国际机场 62 公里

航运：距离主要海港维尔纳直线距离 350 公里

2.2 太阳能资源

2.2.1 保加利亚的太阳能资源

下图为欧盟联合研究中心中心发布的年度光照资源分布图：

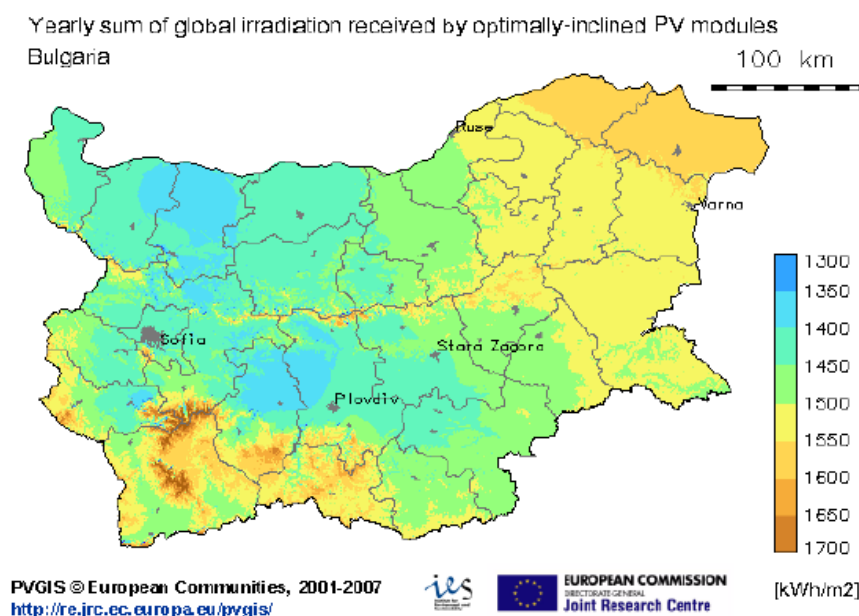


图 2-3 保加利亚太阳能资源分布图

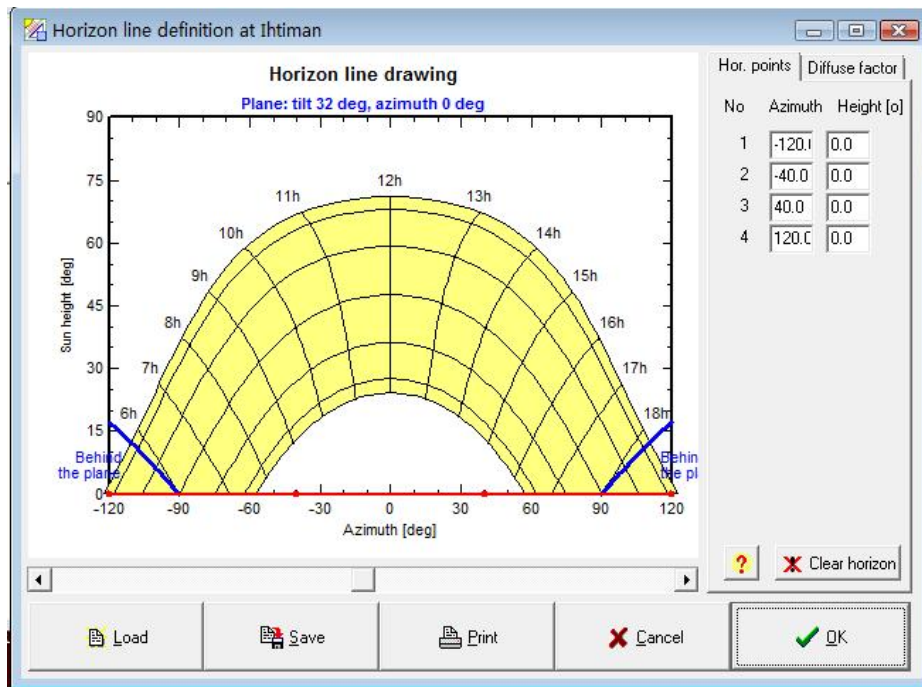


图 2-4 Ihtiman 场址太阳位置图

2.3.2 厂址地区的太阳能资源及光伏发电量预测

Latitude 42 / Longitude 23 was chosen.								
	Unit	Climate data location						
Latitude	°N	42						
Longitude	°E	23						
Elevation	m	974						
Heating design temperature	°C	-6.22						
Cooling design temperature	°C	26.65						
Earth temperature amplitude	°C	20.13						
Frost days at site	day	104						
Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	-2.1	83.3%	1.76	94.1	3.4	-2.3	626	0
February	-0.7	77.9%	2.49	93.9	3.5	-0.5	531	0
March	3.6	69.6%	3.46	93.8	3.3	4.6	442	6
April	9.3	61.8%	4.20	93.5	3.2	10.5	263	34
May	14.7	57.4%	5.11	93.7	2.8	16.3	112	146
June	18.8	53.7%	5.98	93.7	2.6	20.7	28	252
July	21.3	49.8%	6.19	93.8	2.9	23.5	6	335
August	21.1	49.9%	5.53	93.8	2.9	23.2	7	336
September	16.6	54.9%	4.22	93.9	2.9	18.2	63	198
October	10.7	66.7%	2.80	94.2	3.1	11.6	224	72
November	4.1	78.8%	1.77	94.1	3.2	4.2	416	6
December	-1.0	83.3%	1.42	94.1	3.4	-1.1	591	0
Annual	9.7	65.6%	3.74	93.9	3.1	10.7	3309	1385
Measured at (m)					10.0	0.0		

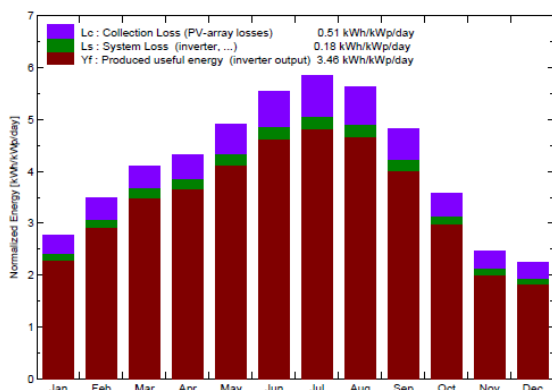
图2-5 NASA气象资料显示界面

现场的纬度和光伏阵列的方位		估算	说明 / 范围	
最近气象站的气象数据		Ihtiman		见气象数据库
项目地点的纬度	°N	42.4		-90.0 到 90.0
光伏阵列跟踪模式	-	固定		
光伏系统阵列的倾角	°	32.0		0.0 到 90.0
光伏系统阵列的方位	°	0.0		0.0 到 180.0

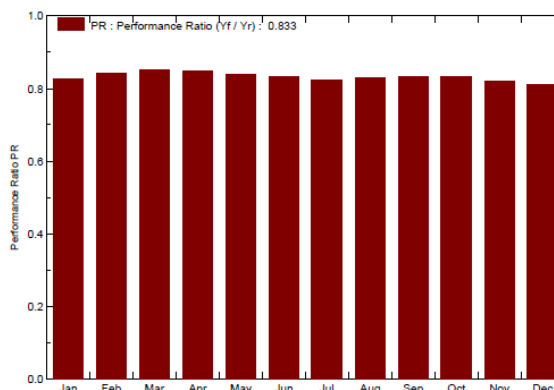
月投入					
	月内使用比例	各月水平面上的平均日辐射	月平均温度	各月光伏阵列水平面上的平均日辐射	各月的太阳贡献率
月	(0-1)	(kWh/m ² /日)	(°C)	(kWh/m ² /日)	(%)
一月	1.00	1.76	-2.1	2.92	-
二月	1.00	2.49	-0.7	3.49	-
三月	1.00	3.46	3.6	4.13	-
四月	1.00	4.20	9.3	4.42	-
五月	1.00	5.11	14.7	4.97	-
六月	1.00	5.98	18.8	5.61	-
七月	1.00	6.19	21.3	5.90	-
八月	1.00	5.53	21.1	5.68	-
九月	1.00	4.22	16.6	4.86	-
十月	1.00	2.80	10.7	3.72	-
十一月	1.00	1.77	4.1	2.69	-
十二月	1.00	1.42	-1.0	2.30	-
太阳辐射量（水平）		MWh/m ²	年	采用的季节	
太阳辐射量（倾斜表面）		MWh/m ²	1.37	1.37	
平均温度		°C	1.54	1.54	
			9.7	9.7	

图2-6 RETScreen软件气象资料显示界面

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 2000 kWp



Performance Ratio PR



VCalcul;Simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m2	T Amb oC	GlobInc kWh/m2	GlobEff kWh/m2	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
January	54.6	-2.10	85.9	83.3	149662	141954	4.97	4.72
February	69.7	-0.70	97.7	95.0	172985	164320	5.05	4.80
March	107.3	3.60	127.2	123.5	228061	216811	5.12	4.87
April	126.0	9.30	129.7	125.5	232119	220479	5.11	4.85
May	158.4	14.70	152.3	147.4	269526	256101	5.05	4.80
June	179.4	18.80	166.7	161.2	291626	277359	4.99	4.75
July	191.9	21.30	181.5	175.4	314361	299167	4.95	4.71
August	171.4	21.10	174.6	169.3	303810	289269	4.97	4.73
September	126.6	16.60	145.0	140.9	253541	241342	4.99	4.75
October	86.8	10.70	111.0	107.8	194517	184746	5.00	4.75
November	53.1	4.10	73.6	71.3	127597	120596	4.95	4.68
December	44.0	-1.00	69.9	67.7	119903	113238	4.89	4.62
Year	1369.2	9.76	1515.1	1468.5	2657709	2525383	5.01	4.76

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
T Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray Effective energy at the output of the array
EOutInv Available Energy at Inverter Output
EffArrR Effic. Eout array / rough area
EffSysR Effic. Eout system / rough area

2-7 发电量计算界面

建立在开阔地的并网光伏发电系统基本没有朝向损失，总体运行综合效率大约 83.3%。

第一年可利用小时数为：日照峰值小时数×综合效率

图 2-6 RETScreen 软件气象资料显示界面 PV3C 日照条件可以看到，太阳辐射量（倾斜表面）为 1.54MWh/m2，表示太阳对电站的输入能量 1540KWh/m2，一个标准太阳强度为 1000W/mm 等效于全年输入的日照峰值小时数 1540 小时。

目前大型并网光伏发电项目系统设计效率约为80%，上述日照峰值小时数与光伏发电系统效率相乘，得到光伏发电系统的首年可利用小时数为：1540×82%=1263h，

本项目拟采用的光伏电池组件的光电转换效率衰减速率为 10 年衰减不超过 10%、

25 年衰减不超过 20%，。如项目运营期为 25 年，25 年运营期内发电量逐年递减小时数为 $1263 \times 20\% \div 25 \approx 10h$ 。

25 年运营期中平均年发电小时数为 1253h

该 4MW 并网光伏发电项目年发电量为：1252 小时 $\times$ 4MW = 500.8 万 kWh

4MW 光伏发电项目年可利用小时数、发电量预测（KWh）

序号	年份	年可利用小时数	单位	发电量	单位
1	第一年	1263	小时	5052000	KWh
2	第二年	1253	小时	5012000	KWh
3	第三年	1243	小时	4972000	KWh
4	第四年	1233	小时	4932000	KWh
5	第五年	1223	小时	4892000	KWh
6	第六年	1213	小时	4852000	KWh
7	第七年	1203	小时	4812000	KWh
8	第八年	1193	小时	4772000	KWh
9	第九年	1183	小时	4732000	KWh
10	第十年	1173	小时	4692000	KWh
11	第十一年	1163	小时	4652000	KWh
12	第十二年	1153	小时	4612000	KWh
13	第十三年	1143	小时	4572000	KWh
14	第十四年	1133	小时	4532000	KWh
15	第十五年	1123	小时	4492000	KWh
16	第十六年	1113	小时	4452000	KWh
17	第十七年	1103	小时	4412000	KWh
18	第十八年	1093	小时	4372000	KWh
19	第十九年	1083	小时	4332000	KWh
20	第二十年	1073	小时	4292000	KWh
21	第二十一年	1063	小时	4252000	KWh
22	第二十二年	1053	小时	4212000	KWh
23	第二十三年	1043	小时	4172000	KWh
24	第二十四年	1033	小时	4132000	KWh
25	第二十五年	1023	小时	4092000	KWh

3 电站接入系统

本工程装机容量为 4MW(一期 2MW,二期 2MW),地址位于保加利亚 Ihtiman 市。一期工程拟设置 1 台变压器,以 T 接方式接入 20 kV 线路。该电站场址离 20KV 线路仅 65m,而且通讯方便。

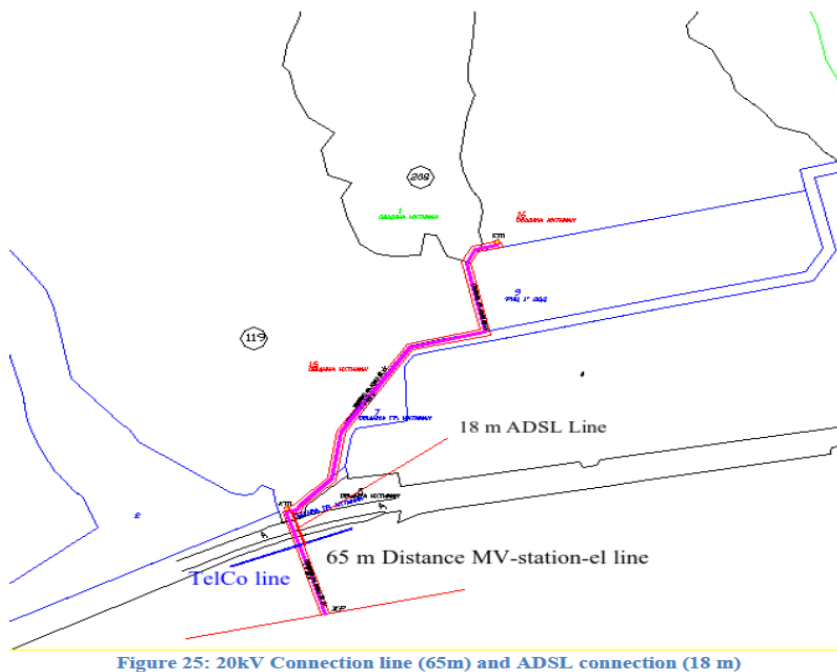


图3-1 20KV接入线路

4 建设规模和总体方案

Ihtiman有着较为丰富的太阳能资源和适合的土地资源,有条件建设大规模的太阳能电站。

本项目拟在Ihtiman建设4MW(一期2MW,二期2MW)并网光伏电站,系统没有储能装置,太阳电池将日光转换成直流电,通过逆变器变换成交流电,通过升压变压器升压并将电力输送到电网。有阳光时,光伏系统将所发出的电输入电网,没有阳光时不发电。当电网发生故障或变电站由于检修临时停电时,光伏电站也会自动停机不发电;当电网恢复后,光伏电站会检测到电网的恢复,而自动恢复并网发电。

5 光伏电站框图和设备选型

5.1 光伏组件及其阵列设计

根据Betapark项目当地的纬度和不同倾角方阵面全年所接受的日照辐射量分布情况，本工程光伏组件采取最佳倾角固定安装方式。

整个4MW光伏发电系统在并入电网之前分成不同的子系统，即独立模块，每个模块根据自身安装功率选择相应的逆变器或逆变器组合将光伏组件所输出直流电逆变为交流电，并最终通过升压变压器升压，接入当地公共电网。一期2MW的光伏电站系统框图如图5-1所示。

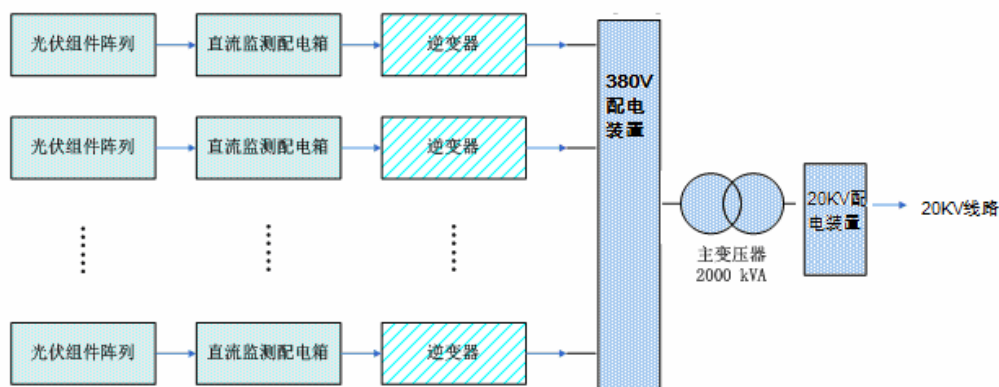


图5-1 光伏电站系统框图

5.1.1 太阳电池选型

为对比不同材料光伏组件的各项性能指标，本4MW（一期2MW,二期2MW）并网光伏发电工程拟采用普乐新能源（蚌埠）有限公司生产的型号为TFSM-T-2的非晶硅光伏组件。

技术参数如表5-1所示。

标准测试条件（STC）为标准条件下：AM1.5、1000W/m²的辐照度、25℃的电池温度：

TFSM-T-2



标准条件下稳定功率	$W_p = 46W \pm 5\%$
额定工作电压	$V_m = 60V \pm 5\%$
额定工作电流	$I_m = 0.77A \pm 5\%$
开路电压	$V_{oc} = 79V \pm 5\%$
短路电流	$I_{sc} = 0.96A \pm 5\%$
温度系数	$P_m = -0.2\%/^{\circ}C$
旁路二极管	10A 1000V
最大系统电压	1000V
横向结构	激光式样
边框	铝合金，表面阳极氧化
尺寸(宽*长*厚)	643*1253*27mm
工作温度	$-40 \sim 85^{\circ}C$
重量	13.7Kg

5.2 固定光伏组件模块

由于太阳能电池组件和并网逆变器都是可根据功率、电压、电流参数相对灵活组合的设备，整个4MW光伏发电项目可采用模块化设计、安装施工。

模块化的基本结构：4MW太阳能电池组件由12个子系统组成，采用固定倾角安装。每个子系统主要由光伏阵列、相应功率的逆变器以及各级配电装置构成。这样设计有如下好处：

- 各子系统各自独立，便于实现梯级控制，以提高系统的运行效率；
- 每个子系统是单独的模块，由于整个4MW光伏系统是多个模块组成，各模块该又由不同的逆变器及与之相连的光伏组件方阵组成组成，系统的冗余度高，不至于由于局部设备发生故障而影响到整个发电模块或整个电站，且局部故障检修时不影响其

他模块的运行；

- 有利于工程分步实施；

5.3 各子系统组件安装方式及数量

根据本项目所在当地纬度，在纬度角附近的朝向正南倾斜面上全年所接受日照辐射总量最多，本工程所在地纬度为 42° ，对固定支架安装，本工程拟采用朝向正南（方位角 0° ） 32° 固定倾角安装。

各子系统光伏组件布置图见附图。

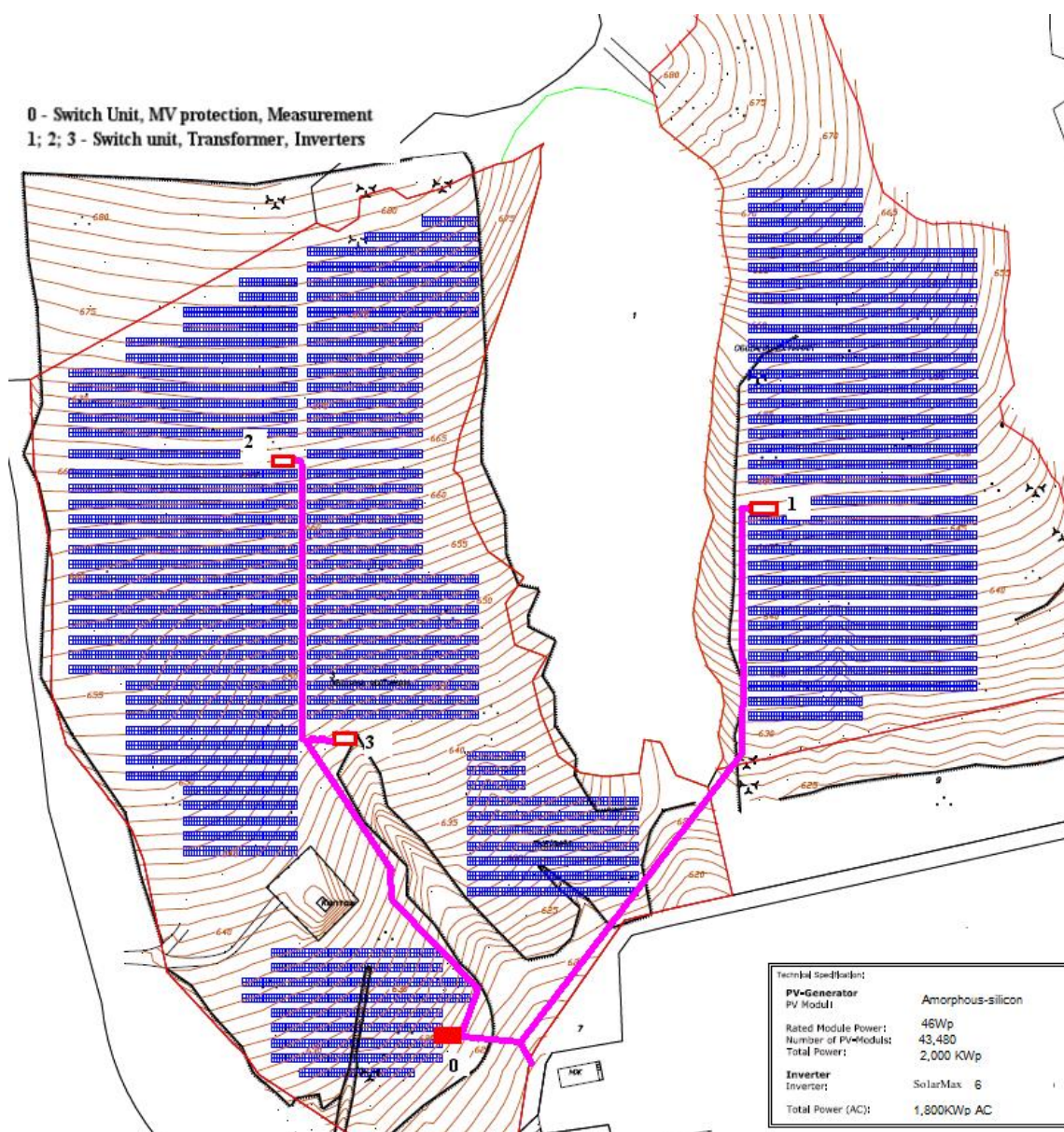


图5-2 Betapark项目总平面图（一期2MW）

5.4 太阳电池方阵间距计算

在北半球，对应最大日照辐射接收量的平面为朝向正南，与水平面夹角度数与当地纬度相当的倾斜平面，固定安装的光伏组件要据此角度倾斜安装。阵列倾角确定后，要注意南北向前后阵列间要留出合理的间距，以免前后出现阴影遮挡，前后间距为：冬至日（一年当中物体在太阳下阴影长度最长的一天）上午9:00到下午3:00，组件之间南北方向无阴影遮挡。固定方阵安装好后倾角不再调整或人工季节性调整。

固定光伏组件方阵的支架采用镀锌型钢，如下图所示：



图5-3 镀锌型钢插入支架

计算当光伏组件方阵前后安装时的最小间距D，如下图所示：

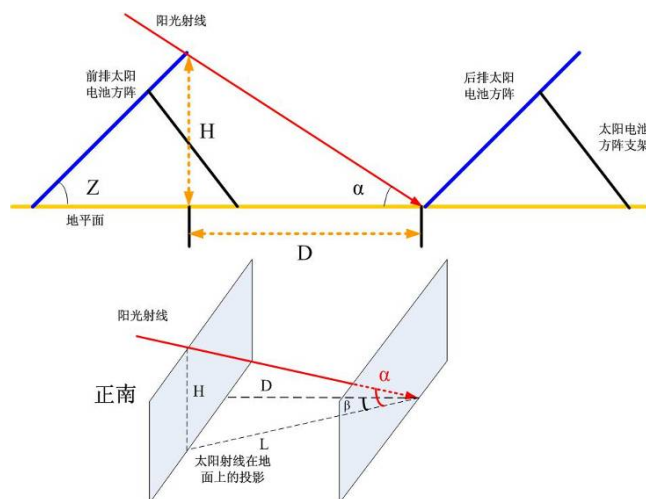


图5-4 阵列阴影示意图

一般确定原则：冬至当天早9：00至下午3：00太阳能电池组件方阵不应被遮挡。

计算公式如下：

$D = \cos\beta \times L$, $L = H / \tan\alpha$, $\alpha = \arcsin(\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos\omega)$, 即等于：

$D = \cos\beta \times H / \tan[\arcsin(0.648\cos\phi - 0.399\sin\phi)]$

太阳高度角的公式： $\sin\alpha = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos\omega$

太阳方位角的公式： $\sin\beta = \cos\delta \sin\omega / \cos\alpha$

式中： ϕ 为当地纬度；

δ 为太阳赤纬，冬至日的太阳赤纬为-23.5度；

ω 为时角，上午 9:00 的时角为 45 度。

光伏组件排布方式为：

本项目实施地当地纬度为 42.4° ，地面坡度约为 5 度，经计算，在当地光伏组件倾角为纬度角 $32 \pm 1^\circ$ 范围内的平面上所接受太阳辐射量最大，本工程拟以 32° 倾角朝向正南固定安装光伏组件。

组件倾斜 32° 后，组件上缘与下缘产生相对高度差，阳光下组件产生阴影，为保证在本项目选址地处，冬至日上午九时到下午三时子方阵之间不形成阴影遮挡，经计算，各类型组件倾斜后组件上缘与下缘之间相对高度与前后排安装距离 1356mm，如下列图表所示：

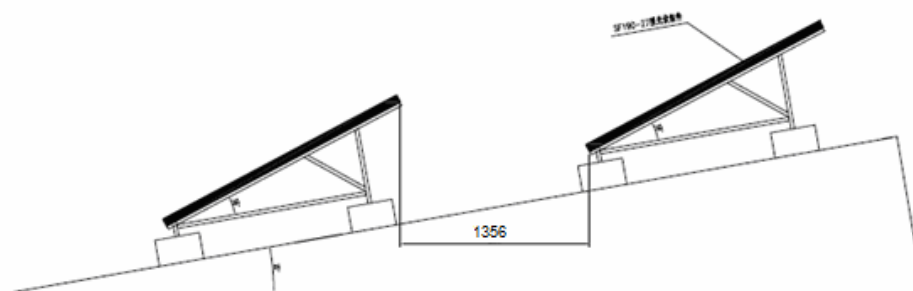
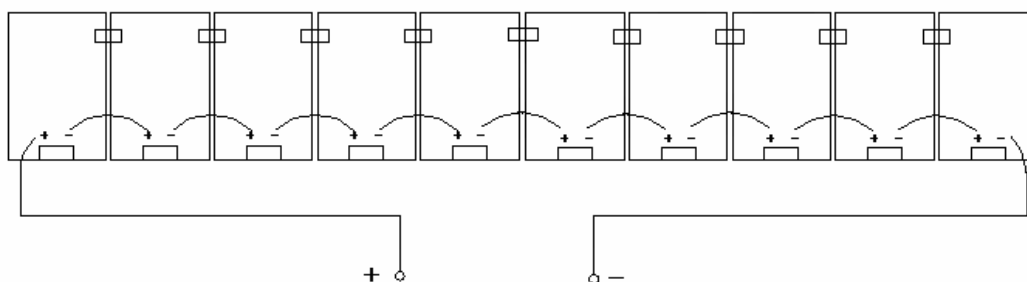


图5-5 子系统的阵列安装示意图

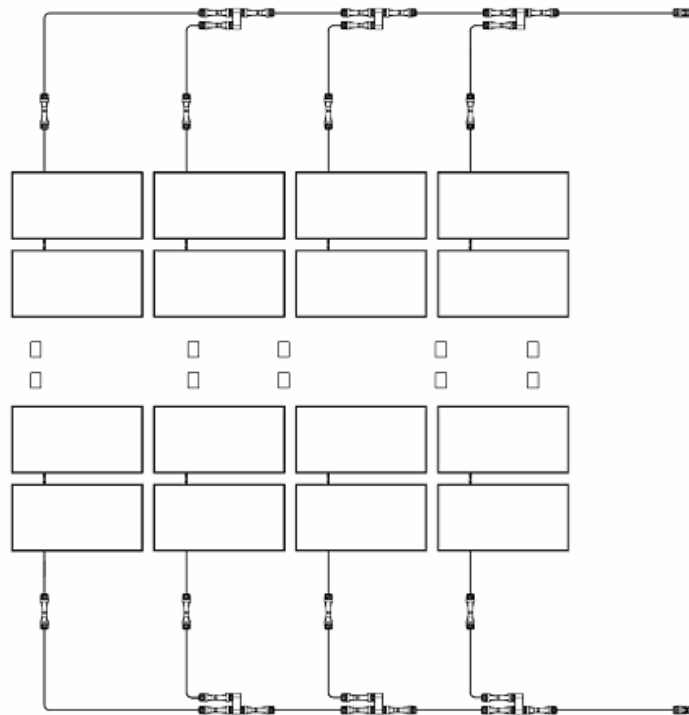
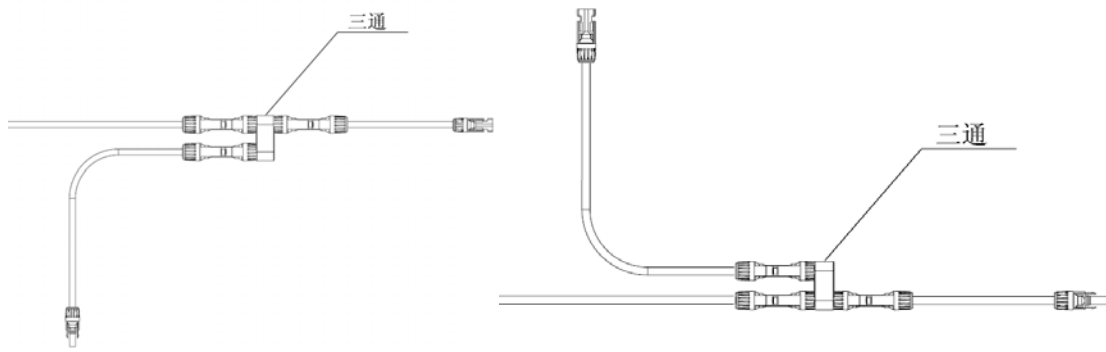
子系统阵列设计

根据上述参数并匹配逆变器参数，我们选用双结非晶硅薄膜太阳能电池，每个太阳能电池串列可采用 10 块电池组件串联组成，如下图所示：

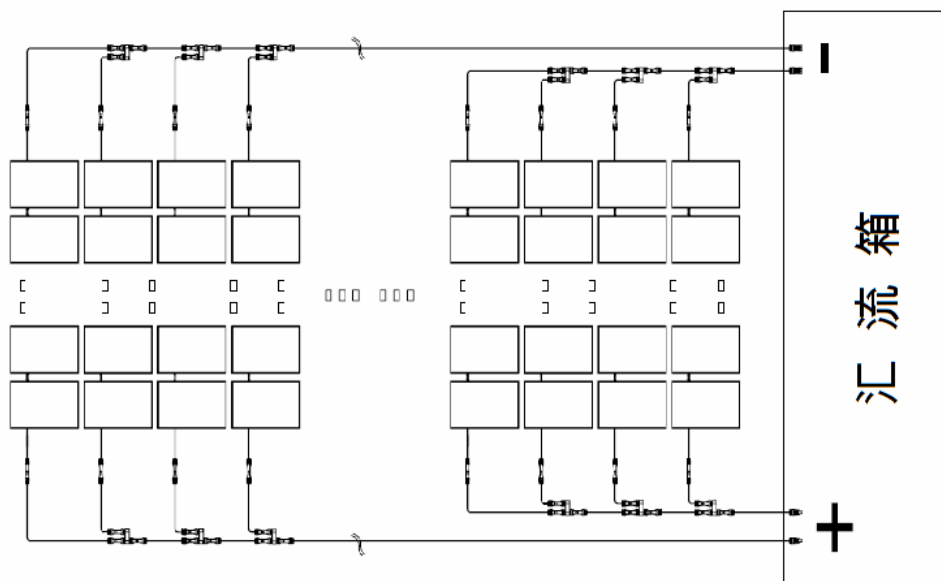


注：每个电池串列由10块电池组件串联而成。

由于每个电池串列的电流较小($I_m=0.77A$)，所以先将 4 个电池串列通过防水三通进行并联作为 1 路，如下图所示：



6 路作为一组并联接入一个汇流箱，如下图所示：



综上所述，每个 300kW 的并网发电单元需配置 724 个电池串列，即有 7240 块电池组件。整个系统有 12 个 300kW 并网发电单元，需配置 86960 个电池串列，即有 86960 块电池组件，总功率约为 4MW。

5.6 光伏电站系统构成总结

本4MW(并网光伏发电系统由太阳能电池组件、方阵防雷接线箱、并网逆变器、配电保护系统、电力变压器和系统的通讯监控装置组成。

光伏发电系统主要组成如下：

- 4MW非晶硅太阳能电池组件及其支架；
- 直流监测配电箱；
- 光伏并网逆变器；
- 配电装置（交流配电和升压变压器）；
- 系统的计算机监控装置；
- 系统的防雷及接地装置；
- 土建、配电房等基础设施；

6 电气设计

6.1 电气一次部分

6.1.1 电气主接线

1、光伏电站电气主接线

本工程装机容量为 4MW，拟采用单机容量为 300kW 的逆变器，将整个发电系统分为 12 个子系统，每个子系统配置 1 台逆变器。每 2MW 设置 1 台升压变，容量按 2000kVA 考虑，电压比为 20/0.4kV。整个电站共配置 2 台升压变。

各子系统通过 0.4kV 电缆将电能输送至升压站，升压站内设置 0.4kV 配电装置及 20kV 配电装置，主变压器露天布置。20kV 配电装置采用单母线接线。

本工程中光伏电站的总装机容量在电网系统中所占比例较小，并网时在电压偏差、频率、谐波和功率因数方面应满足实用要求并符合标准。

光伏电站运行时，选用的逆变器装置产生的谐波电流的总谐波畸变率控制在 5% 以内，符合《电能质量 公用电网谐波》（GB 14549-1993）和保加利亚相关法规的规定。

光伏电站并网运行时，并网点的三相电压不平衡度不超过《电能质量 三相电压允许不平衡度》（GB 15543-1995）规定的数值，该数值一般为 1.3%。这也符合保加利亚相关法规的规定。

本工程选配的逆变器装置输出功率因数能达到 0.99，可以在站内升压至 20kV 电压等级接入电力系统。无功补偿装置的设置待接入系统设计确定。

2、光伏电站站用电

因光伏电站无人值守，用电负荷非常少，站用电源考虑从附近的 380V 线路引接。

6.1.2 主要电气设备选择

（1）升压变及高低压配电装置的选择

升压变选择用免维护的干式变压器。高压开关柜选用中压环网柜，配负荷开关加高遮断容量后备式限流熔断器，低压开关柜选用 GCS 低压抽出式开关柜。

（2）20/0.4kV 配电变压器的保护

20/0.4kV 配电变压器的保护配置采用具有接通、隔断和接地功能的三工位负荷开

关加高遮断容量后备式限流熔断器组合的保护配置，既可提供额定负荷电流，又可断开短路电流，并具备开合空载变压器的性能，能有效保护配电变压器。

（3）高遮断容量后备式限流熔断器的选择

由于光伏并网发电系统的造价昂贵，在发生线路故障时，要求线路切断时间短，以保护设备。高遮断容量后备式限流熔断器选择美国 **S&C** 公司的熔断器及熔丝，该产品具有精确的时间-电流特性；有良好的抗老化能力；达到熔断值时能够快速熔断；要有良好的切断故障电流能力，可有效切断故障电流等特性。

通过选用性能优良的熔断器，能够大大提高线路在故障时的反应速度，降低事故跳闸率，更好地保护整个光伏并网发电系统。

（4）中压防雷保护单元

中压防雷保护单元选用复合式过电压保护器，该过电压保护器采用硅橡胶复合外套整体模压一次成形，外形美观，引出线采用硅橡胶高压电缆，除四个线鼻子为裸导体外，其他部分被绝缘体封闭。可有效限制大气过电压及各种真空断路器引起的操作过电压，对相间和相对地的过电压均能起到可靠的限制作用。该产品可直接安装在高压开关柜的底盘或互感器室内。安装时，只需将标有接地符号单元的电缆接地外，其余分别接 **A、B、C** 三相即可。

（5）中压电能计量表

中压电能计量表是真正反应整个光伏并网发电系统发电量的计量装置，其准确度和稳定性十分重要。采用性能优良的高精度电能计量表至关重要。为保证发电数据的安全，在高压计量回路同时装一块机械式计量表，作为 **IC** 式电能表的备用或参考。

该电表不仅要有优越的测量技术，还要有非常高的抗干扰能力和可靠性。同时，该电表还可以提供灵活的功能：显示电表数据、显示费率、显示损耗（**ZV**）、状态信息、警报、参数等。此外，显示的内容、功能和参数可通过光电通讯口用维护软件来修改。通过光电通讯口，还可以处理报警信号，读取电表数据和参数。

（6）监控装置

采用高性能工业控制 **PC** 机作为系统的监控主机，配置光伏并网系统多机版监控软件，采用 **RS485** 通讯方式，连续每天 **24** 小时不间断对所有并网逆变器的运行状态和数据进行监测。能实时显示电站的当前发电总功率、日总发电量、累计总发电量、累计 **CO₂** 总减排量以及每天发电功率曲线图。可查看每台逆变器的运行参数，主要包括：直流电压、直流电流、直流功率、交流电压、交流电流、逆变器机内温度、时钟、

频率、当前发电功率、日发电量、累计发电量、累计 CO₂ 减排量、每天发电功率曲线图等。所有逆变器的运行状态，采用声光报警方式提示设备出现故障，可查看故障原因及故障时间，监控的故障信息至少包括以下内容：电网电压过高、电网电压过低、电网频率过高、电网频率过低、直流电压过高、逆变器过载、逆变器过热、逆变器短路、散热器过热、逆变器孤岛、DSP 故障、通讯失败等。

此外，监控装置可每隔 5 分钟存储一次电站所有运行数据，可连续存储 20 年以上的电站所有的运行数据和所有的故障纪录。监控软件具有集成环境监测功能，主要包括日照强度、风速、风向、室外和室内环境温度和电池板温度等参量。

（7）环境监测仪

本系统配置 1 套环境监测仪，用来监测现场的环境温度、风速、风向和辐射强度等参量，其 RS485 通讯接口可接入并网监控装置的监测系统，实时记录环境数据。

（8）过电压保护及接地

为了保证本工程光伏并网发电系统安全可靠，防止因雷击、浪涌等外在因素导致系统器件的损坏等情况发生，系统的防雷接地装置必不可少。

（9）过电压保护

本工程光伏并网发电系统的防雷接地装置按三级防雷建筑物考虑，构筑物的防雷主要采用避雷带进行防雷保护。并根据厂地实际情况适当布置避雷针以防直击雷的危害。对于运行设备的投入或退出，电力系统的故障等情况而导致系统参数的改变，结果形成电气设备内部过电压情况，采取在 20kV 高压开关柜的出线端加装过电压保护器措施。

（10）接地

本工程的接地主要包括以下几个方面：

- ① 防雷接地 包括避雷带以及低压避雷器等。
- ② 工作接地 包括逆变器的中性点、电压互感器和电流二次侧线圈。
- ③ 保护接地 包括太阳能电池支架、控制器、逆变器、配电柜外壳、电缆外皮、穿线金属管道的外皮。
- ④ 屏蔽接地 包括电子设备的金属屏蔽

本工程接地网设计原则为以水平接地体为主，辅以垂直接地体的人工复合接地网，接地电阻应不大于 4Ω。接地装置的电位、接触电位差和跨步电压差均能满足要求。接地网经常有人的走道处应铺设砾石，沥青路面下或在地下装设两条与接地网相连的“帽

檐式”均压带。水平接地体采用镀锌扁钢,垂直接地体采用镀锌钢管。

(11) 照明和检修网络

本工程采用照明与动力混合供电的方式。正常照明网络电压为 **380/220V**。事故照明采用应急灯, 不设置厂区照明。

检修电源设置检修箱, 由配电间供电。检修配电箱的容量应根据其检修范围内检修用电焊机台数和检修负荷大小确定, 每个检修单元的检修配电箱应连接成检修网络。

(12) 电缆设施及防火

① 电缆的选取

本 **4MW** 太阳能光伏并网发电系统电缆的选取主要考虑以下因数: 电缆的绝缘性能、电缆的耐热阻燃性能、电缆的防火防光、电缆的敷设方式、电缆的大小与规格等。综合以上因数, 本工程中, 组件与组件之间的连接电缆选用耐热、防化学物质、防潮、防暴晒电缆; 方阵内部和方阵之间的连接电缆选用防潮、防暴晒电缆。**20kV** 电力电缆选用铜芯交联聚乙烯电缆、**400V** 电力电缆选用铜芯聚氯乙烯电缆。

② 电缆设施

配电室内主要采用电缆沟, 厂区主要采用电缆沟与穿管相结合的方式。辅助厂房内采用桥架及电缆沟相结合的敷设方式。

③ 电缆防火

为防止电缆着火时火灾蔓延造成严重的后果, 本期工程采取以下措施:

- 1) 配电室内及由配电室引出的电力电缆、控制电缆、测量信号电缆均采用阻燃措施。
- 2) 在电缆沟分支处和进入建筑物的入口处应设立防火门或防火隔断。厂区部分的沟道每隔 **60m** 应设防火墙。
- 3) 在电缆敷设完成后, 将所有的电缆孔洞, 所有高低压开关柜、控制屏、保护屏、动力箱、端子箱处要求采用有效阻燃材料进行防火封堵。

(13) 逆变器

并网型逆变器选型时除应考虑具有过/欠电压、过/欠频率、防孤岛效应、短路保护、反向功率保护等保护功能外, 同时应考虑其电压(电流)总谐波畸变率较小, 以尽可能减少对电网的干扰。整个光伏系统采用若干组逆变器, 每个逆变器具有自动检测功能, 并能够随着太阳能组件接受的功率, 以最经济的方式自动识别并投入运行。

本工程拟选用的 Solarmax300C 逆变器功率为 300kW，输入直流电压范围为 DC430-800V，最大允许输入电压 900V，输出交流电压为 380V，功率因数大于 0.98，谐波畸变率小于 3%THD。



Features

- Compact PWM sinus inverter
- Digital Signal Processor (DSP)
- Maximum efficiency of 96 %
- MPP efficiency of over 99 %
- Competitive price/performance ratio
- Low weight and space saving design
- 2-year warranty, extendable up to 20 years
- RS232 / RS485 interface as standard
- MaxControl option for automatic fault diagnosis, monitoring the system and analysis of performance data
- Certificate TÜV Rheinland "Type approved"
- Delivery within deadlines
- Hotline and quick response service

	SolarMax 20C	SolarMax 25C	SolarMax 30C	SolarMax 35C	SolarMax 50C	SolarMax 80C	SolarMax 100C	SolarMax 300C
Input side (DC)								
Maximum DC Input *	24 kW	33 kW	40 kW	45 kW	66 kW	105 kW	130 kW	400 kW
MPP voltage range	430...800 Vdc							
Maximum input voltage	900 Vdc							
STC voltage range solar generator (aid for determining module interconnection for mono- and polar-Si cells)	540...635 Vdc							
Input current	0...48 Adc	0...63 Adc	0...75 Adc	0...78 Adc	0...120 Adc	0...180 Adc	0...225 Adc	0...720 Adc
Current ripple	< 4 % peak-peak							
Output side (AC)								
Nominal output	20 kW	25 kW	30 kW	35 kW	50 kW	80 kW	100 kW	300 kW
Maximum output	22 kW	27.5 kW	33 kW	38.5 kW	55 kW	88 kW	110 kW	330 kW
Voltage	3 * 400 + 10 % / -15 % VAC							
Output current	0...31 Aac	0...38 Aac	0...46 Aac	0...54 Aac	0...77 Aac	0...122 Aac	0...153 Aac	0...459 Aac
Power factor (PF)	> 0.98							
Nominal mains frequency/range	50 Hz / 45...52 Hz							
Harmonic distortion	< 3 %							
System data								
Night-time consumption	2...7 W							
Maximum efficiency	96 %							
European efficiency	94.8 %							
Ambient temperature	-20 °C...40 °C							
Protection type	IP20							
Circuit type	PWM (IGBT) with Transformer							
Relative humidity	0...98 % non-condensing							
CE-compliant according to	EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178							
Mark of conformity	"Type approved" TÜV Rheinland							
Additional standards	DK 5940, RD 661							
Display	Two-Line, 16 Character LCD (Backlighting)							
Data communication	Integrated RS232 / RS485 Interface							
Dimensions (WxDxH)	57 x 57 x 117 cm				120 x 80 x 130 cm			2 x 120x80x180 cm
Weight	275 kg	275 kg	370 kg	370 kg	735 kg	805 kg	935 kg	2600 kg

* Recommended oversizing of 15 % (see study from ISE Fraunhofer)

All rights, amendments and errors reserved.



（13）汇流箱

每个逆变器都连接有若干串光伏组件，这些光电组件通过汇流箱和直流配电柜连接到逆变器。

汇流箱满足室外安装的使用要求，绝防护等级达到 **IP54**，同时可接入 **6** 路以上的太阳电池串列，每路电流最大可达 **10A**，接入最大光伏串列的开路电压值可达 **DC900V**，熔断器的耐压值不小于 **DC1000V**，每路光伏串列具有二极管防反保护功能，配有光伏专用避雷器，正极负极都具备防雷功能，采用正负极分别串联的四极断路器提高直流耐压值，可承受的直流电压值不小于 **DC1000V**。

汇流箱内置组串电流监测单元，具有监测各组串电流的功能，并以通讯模式将电流监测信息传输至综合自动化监控装置。汇流箱和直流配电柜还装设有浪涌保护器，具有防雷功能。

汇流箱的电气原理图如图 6-1。

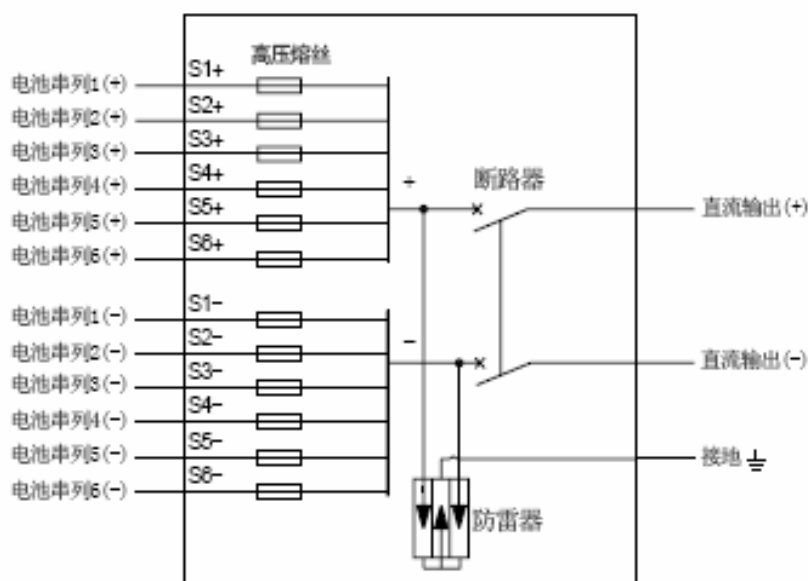
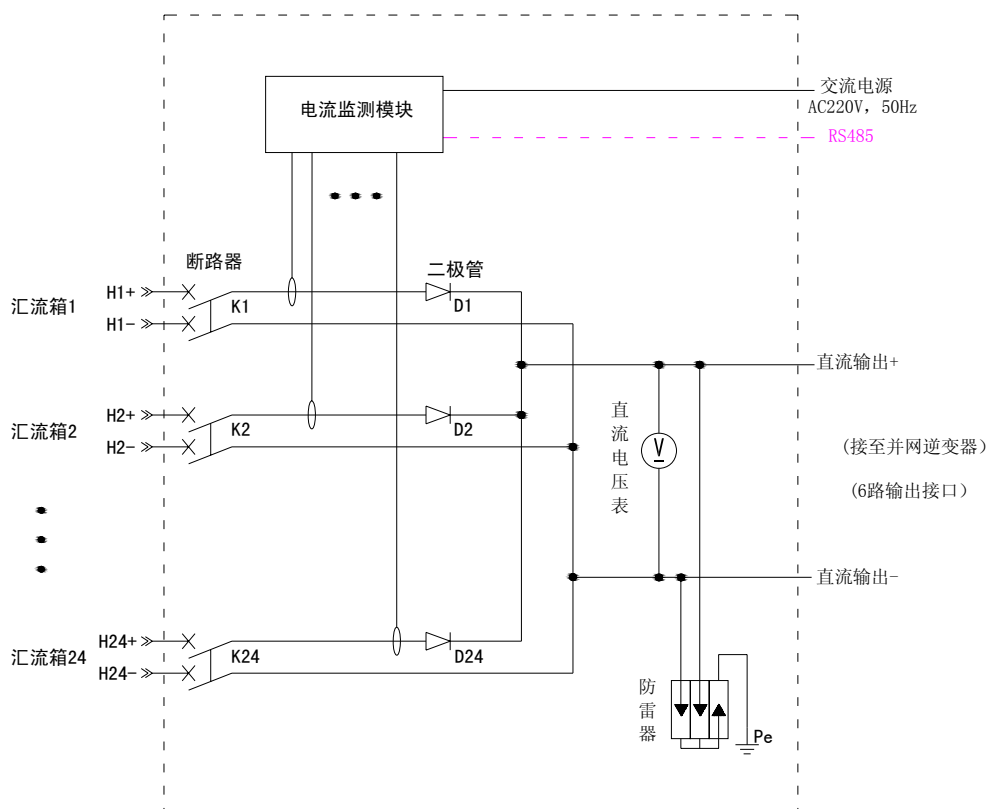


图6-1 汇流箱电气原理框图

（14）直流防雷配电柜

- 1) 每台 300kW 逆变器匹配 1 台直流防雷配电柜（300kW 配电单元）；
- 2) 每台直流防雷配电柜应提供 24 路汇流箱输入接口；
- 3) 每路直流输入侧配有直流断路器和防反二极管，断路器选用 ABB 品牌；
- 4) 直流输出回路配置光伏专用防雷器，选用菲尼克斯品牌；
- 5) 直流母线输出侧配置 1000V 直流电压显示表；
- 6) 直流防雷配电柜配有电流监测模块，实现光伏组串电流的监测功能，并提供 RS485 通讯接口，与系统的监控装置进行通讯；
- 7) 直流配电柜的电气原理框图如下图所示：



8) 机柜尺寸（宽*深*高）：600*800*2180mm；

9) 防护等级：IP20,室内安装；

10) 进出线方式：下进下出。

6.2 电气二次部分

本工程采用一体化的集中控制方式，在综合控制室实现对所有电气设备的遥测、遥控、遥信。

6.2.1 综合自动化系统

综合控制室设置综合自动化系统一套，该系统包含计算机监控系统，并具有远程操控功能，根据调度运行的要求，本电站端采集到的各种实时数据和信息，经处理后可传送至上级调度中心，实现少人、无人值班。计算机监控范围有光伏电站各子系统内的逆变器、升压变以及站用配电装置、直流系统等。

全站设置通讯管理机若干，采集各子系统内的逆变器、0.4kV 配电装置、升压变的运行数据。综合自动化系统通过光纤与各通讯管理机联系，采集分析各子系统上传的数据，同时实现对各子系统的远程控制。该综合自动化系统还采集综合控制室内各配

电装置、电子设备间各设备的运行数据，能够分析打印各种报表。

综合自动化系统将所有重要信息传送至监控后台，便于监控人员对各逆变器及光伏阵列进行监控和管理，在 LCD 上显示运行、故障类型、电能累加等参数。项目公司总部亦可通过该系统实现对光伏电站的遥信、遥测。

6.2.2 综合保护

光伏电站内主要电气设备采用微机保护，以满足信息上送。元件保护按照保加利亚有关《继电保护和安全自动装置技术规程》配置。

干式升压变压器设置高温报警和超温跳闸保护，动作后跳高低压侧开关。温控器留有通讯接口以便上传信息。

20kV 高压开关柜上装设测控保护装置。设过电流保护、差动保护、零序过电流保护、方向保护。测控保护装置以通讯方式将所有信息上传至综合自动化系统。

380V 低压开关柜上装设具有四段保护功能的框架断路器，配置通讯模块，以通讯方式将所有信息上传至综合自动化系统。

逆变器具备极性反接保护、短路保护、孤岛效应保护、过热保护、过载保护、接地保护等，装置异常时自动脱离系统。

20kV 并网联络线按接入系统设计和审批文件要求配置保护。

6.2.3 站用直流系统

为了给控制、信号、综合自动化装置和继电保护等提供可靠电源，设置 220V 直流系统 1 套。

直流系统采用单母线接线，设一组阀控式铅酸免维护蓄电池，10 小时放电容量 100Ah，正常时以浮充电方式运行。设一组充电器，充电器采用高频开关电源，高频开关电源模块采用 N+1 的方式配置作为充电和浮充电电源。直流成套设备布置于综合楼电子设备间。

6.2.4 不停电电源系统

为保证光伏电站监控系统及远动设备电源的可靠性，本工程设置一套交流不停电电源装置（UPS），容量为 10kVA。

6.2.5 火灾报警灭火系统

本工程设置一套区域火灾报警装置，在集控室、电子设备室、高低压配电室等处设置火灾探测报警装置和自动喷雾灭火装置。

6.3 通信部分

6.3.1 工程概述

本光伏电站工程建设规模 4MW，一期 2MW 占地面积约 82,265M²。设置综合控制室 1 座。该综合室既是电站与当地电网的接入点，又是整个光伏电站的管理控制中心。

本设计为光伏电站站内通信部分，系统通信属于接入系统设计范围，将在接入系统设计中考虑。

6.3.2 站内通信

本光伏电站为无人值守，面积巨大，站内通信考虑采用公共无线通讯网络。

7 土建设计

本工程土建设计内容包括：光伏电站围栏设计、光伏电站场地及道路设计、方阵支架基础及结构设计、光伏电站建筑设计、地基处理、光伏电站抗风防护设计。

本光伏发电项目需在站区内新建配电间。配电间采用混合结构，条形基础，现浇钢筋混凝土屋面，屋顶设有防水保温层。

本工程支架设计为固定支架。按现行的保加利亚国家规范进行基础和结构设计，强度满足最大的风力所产生的水平荷载作用。

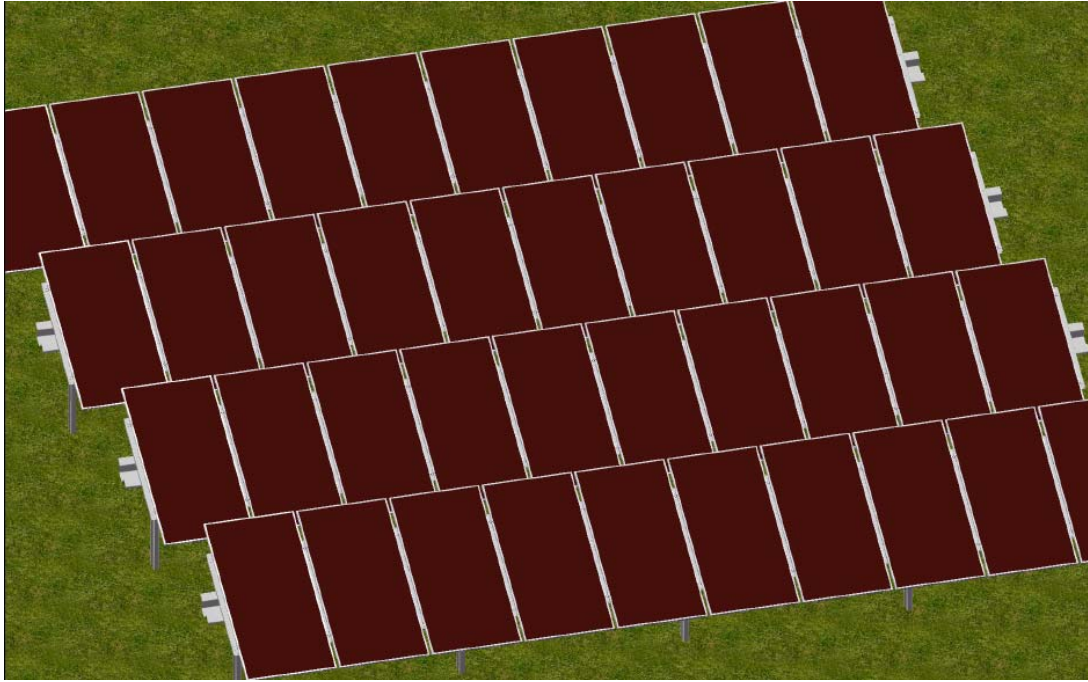
7.1 光伏电站围栏设计

光伏电站为了防止围栏遮挡太阳光及从安全、美观、经济、实用考虑，采用铁栅栏,总高为2.5m，围栏顶部设防盗网。光伏方阵与四周围栏距离为10m。围栏在道路出入口处设置钢管栅栏门。

7.2 方阵支架基础设计

方阵支架采用镀锌型钢直接由大型机械设备按图纸要求插入地下，做为整个电站的基础





8 采暖通风设计

8.1 设计原则

本光伏发电项目工程暖通专业的设计包括：光伏电站内各个建筑采暖、通风与空气调节的设计。

8.2 采暖

本工程不采用集中供暖，各建筑根据工艺要求设局部采暖措施。

8.3 通风与空调

综合控制室内电子设备室内设分体式空调机调节室内温度，并设新风换气机提供新风。

9 消防部分

9.1 设计原则

9.1.1 本工程依据保加利亚当地有关消防条例、规范，本着以“预防为主，防消结合”的消防工作方针，并结合本工程的具体情况进行消防部分的设计。各工艺专业根据光伏电站工艺系统的特点，在设备与器材的选择和布置上采取防火措施。总图、建筑和结构专业根据防火要求，进行厂区总平面布置及建（构）筑物的设计。从积极的方面预防火灾的发生及其蔓延扩大，做到“防患于未然”。

9.1.2 重要的建筑物、设备采用的主要消防设施如下：

- A. 室内主要设置灭火器，并配备其他必要的灭火器材。
- B. 本工程容量小，不设水喷雾灭火系统。

9.1.3 全厂易燃及重要装置部分设火灾监测、报警系统。

9.2 消防措施

9.2.1 光伏电站不设消防机构，但需配备一名兼职消防人员，初期火灾由站内运行人员自行组织灭火，同时通知当地消防队支援共同扑灭火灾；

9.2.2 本工程消防总体设计采用综合消防技术措施，从防火、监测、报警、控制、灭火、排烟、逃生等各方面入手，力争减少火灾发生的可能性，一旦发生也能在短时间内予以扑灭，使损失减少到最低，同时确保火灾时人员的安全疏散；

9.2.3 光伏电站消防控制装置设在综合控制室内；

9.2.4 根据生产重要性和火灾危险性程度配置消防设施和器材；

10 环境保护

10.1 产业政策及规划符合性

本项目的建设符合联合国能源产业政策和环境保护政策，符合保加利亚可再生能源发展规划和保加利亚总体发展规划、土地利用规划。符合当地环境保护要求，符合清洁生产原则。

10.2 施工期环境影响分析及污染防治对策

10.2.1 生态和水土保持

本工程对环境的影响大部分是由于在施工过程中带来的环境影响，本工程利用现有荒地，土建部分只有土地平整、光伏组件支架基础、配电房部分，施工量极少，故对环境的影响极小。施工造成的环境影响将随着工程的结束而消失。

施工过程中土石方的挖填，因此，应作好规划和施工管理，避免植被破坏和水土流失。本工程建设对当地植物的总体影响较小，只在施工期间对地表杂草有所影响，施工完成后次年即可自然恢复。施工可通过避让现有树木而不对现场的树木有所影响，风电场周围设围栏。采取生态保护和水土保持措施，使本工程对生态环境的影响和工程造成的土壤侵蚀影响减少到最小。

10.2.2 噪声防治

本工程施工内容主要包括土地平整、配电房和升压站基础土方开挖和回填、基础承台浇筑、光伏设备运输和安装等。施工噪声主要来自于振捣器等施工机械以及运输车辆。根据预测结果施工噪声达标衰减距离最大为 100m，不会对附近各村庄居民产生影响。

10.2.3 尘、废气

工程在施工中由于土方的开挖和施工车辆的行驶，可能在作业面及其附近区域产生粉尘和二次扬尘，造成局部区域的空气污染。因此，在施工过程中需保持场地清洁并采取经常洒水等措施，以减轻工程施工对周围环境的影响。

10.2.4 运输车辆对交通干线附近居民的影响

光伏电站工程运输量不大，因此运输车辆对交通干线附近居民的影响较小，运输

过程应注意对于居民区尽量绕道而行，避免或减轻对居民造成的噪声影响。施工车辆的运行应尽量避免噪声敏感区域和噪声敏感时段，文明行车。

10.2.5 废、污水

工程施工废污水主要来自于土建工程施工、材料和设备的清洗，以及雨水径流。施工废污水的主要成分是含泥沙废水，不可任其随地漫流，污染周围环境，应对废水进行收集，方法是在现场开挖简易池子对泥浆水进行沉淀处理，处理后尾水全部予以回用，可用于施工场地冲洗、工区洒水或施工机械冲洗等。

10.3 运行期的环境影响

太阳能光伏发电是利用自然太阳能转变为电能，在生产过程中不直接消耗矿物燃料，不产生污染物，因此运行期间对环境的影响主要表现为以下几个方面：

10.3.1 噪声影响

太阳能光伏发电运行过程中产生噪声声源的只有变压器，本工程变压器容量小、电压低，运行中产生的噪音较小；同时变压器布置在室内，室外噪音水平远低于国家标准。逆变器是由电子元器件组成，其运行中的噪声也可以忽略。

10.3.2 电磁场的影响

该光伏发电项目电气综合楼远离生活区，且逆变器、变压器等电气设备容量小，且室内布置，因此可认为基本无电磁场的影响。

10.3.3 对电网的影响

太阳能光伏电站运行时，选用的逆变器装置产生的谐波电压的总谐波畸变率控制在 3% 以内，远小于保加利亚和中国 GB 14549-1993《电能质量 公用电网谐波》规定的 5%。

光伏电站并网运行（仅对三相输出）时，电网公共连接点的三相电压不平衡度不超过保加利亚和中国 GB 15543-1995《电能质量 三相电压允许不平衡度》规定的数值，接于公共连接点的每个用户，电压不平衡度允许值一般为 1.3%。

因此可认为本工程对电网的影响控制在保加利亚和中国国家（国际）标准允许的范围内。

10.3.4 光污染及防治措施

光伏组件内的晶硅板片表面涂覆有防反射涂层，同时封装玻璃表面已经过防反射

处理，因此太阳能光伏组件对阳光的反射以散射为主。其总反射率远低于玻璃幕栏，无眩光，故不会产生光污染。

10.3.5 生态平衡的影响

除尽量避免野生动物进入厂区外，本项目的建设不影响野生动物的自由活动，光伏电站运行后，采取生态恢复措施，生态环境与建场前基本相同，对野生动物基本没有影响。

光伏电站投入运行后，为当地增添一处优美的景点。在保证电站安全正常发电的前提下，可作为本区一个很好的高科技生态环保主题旅游景点，将有助于当地旅游项目的发展。

该项目的升压设备投运后，四侧围栏外的电场强度和磁感应强度将远低于居民区电磁场评价标准限值，距围栏外 20m 处产生的无线电干扰强度将符合评价标准。升压站对周边电磁环境无影响。

10.4 场址合理性

本项目所选场址从日照资源、环境敏感性、地方规划等方面均说明选址较合理。综上所述，本项目是清洁能源开发利用项目，符合国家能源产业发展政策，符合当地环境保护要求，符合清洁生产原则。该工程建设对当地环境的影响较小，除工程占地造成土地利用状况不可逆改变外，其他影响经采取报告中提出的污染治理和生态恢复措施后，不会影响区域生物多样性和区域生态环境。本项目具有明显的节能和污染物减排效果，场址选择合理。从环境保护角度，BetaPark 光伏电力有限公司 4MW 光伏发电项目建设是可行的。

11 节约能源

11.1 节电措施

- 1) 合理配置光伏系统直流电压等级，降低线路铜损。
- 2) 根据光伏发电系统输出容量的特性变化，合理选择升压变压器容量，以减低变压器损耗。
- 3) 各电气设备间尽量采用自然通风，减少空调设备使用，通风设备应能够根据室内温度自动启停；照明灯具采用高效节能灯具，以降低站用电率。
- 4) 逆变器选型时要优先选择高效率、高可靠率的设备。

12 社会和环境效益评价

12.1 社会及经济效益

在保加利亚建设 4MW 光伏电站，能够大力推广使用太阳能，扶植一批太阳能工程和服务企业，其社会效益将体现在如下方面：

- 增加就业，创造税收——太阳能产业的发展有利于增加就业机会，创造税收。
- 缓解电力供应的压力——通过建立MW级并网光伏电站，利用当地丰富的太阳能来发电，不消耗燃料，不污染环境，调节峰电，保证电力供给。

12.2 环境效益

光伏发电是一种清洁的能源，建成投产后既不消耗燃料资源和水资源，同时又不释放污染物、废料，也不产生温室气体破坏大气环境，也不会有废渣的堆放、废水排放等问题，有利于保护周围环境，是一种绿色可再生能源。

该项目的建设，将在节省燃煤、减少 CO₂、SO₂、NO_x、烟尘、灰渣等污染物排放效果上，起到积极的示范作用。

Betapark4MW 光伏发电项目整个 25 年经济寿命期内，年平均上网电量约 500 万 kWh。与相同发电量的火电厂相比，按照当前主力发电机组 600MW 发电机组平均供电煤耗水平 305g/kWh，排放 6.2 克的硫氧化物(SO_x)（脱硫前统计数据）和 2.1 克的氮氧化物(NO_x)（脱氮前统计数据）计，每年可为电网节约标煤约 762 多吨。在其经济使用寿命 25 年使用期内，该类光伏发电项目总共节省标煤 1.9 万多吨。

该项目的建设，将在节省燃煤、减少 CO₂、SO_x、NO_x、烟尘、灰渣等污染物排放效果上，起到积极的示范作用。根据预测，该项目潜在的节能减排效果为：每年减轻排放温室效应气体 CO₂ 约 4070 吨；每年减少排放大气污染气体 SO_x 约 31 吨、NO_x 约 10.6 吨。

此外还可节约用水，减少相应的废水和温排水等对水环境的污染。由此可见，光伏电站有明显的环境效益。

13 劳动安全与工业卫生

13.1 工程概述

本工程场址位于保加利亚 Ikhtiman 市，利用现有荒地建设 4MW 光伏发电项目，项目推荐方案：拟采用非晶硅薄膜组件，最佳倾角固定支架安装方式。主体工程占地面积及附属配套设施 82265 平方米。

13.2 工程安全与卫生潜在的危害因素

本工程施工期主要可能发生安全事故的因素包括：设备运输作业、吊装作业、设备安装和施工时的高空作业、施工时用电作业、变电站电气设备安装以及设备损坏、火灾等。

运行期主要可能发生安全事故的环节包括：太阳能光伏发电设备与输变电设备损坏、火灾、爆炸危害；噪声及电磁辐射的危害；电气伤害、坠落和其它方面的危害。

13.3 劳动安全与工业卫生对策措施

13.3.1 设备运输的安全措施

在实施运输前，必须对运输路线的道路、桥梁等进行全面的调查，以确保道路和桥梁的等级满足运输要求。同时需根据生产厂家对运输的要求，落实运输加固措施，并配套足够的运输装卸工具，以确保运输过程的安全。

应制定严格的施工吊装方案，施工方案应符合保加利亚国家及有关部门安全生产的规定，并进行必要的审查核准。施工单位应向建设单位提交安全措施、组织设施、技术设施，经审查批准后方开始施工。安装现场应成立安全监察机构，并设安全监督员。

13.3.2 施工时电力作业

该光伏发电项目配电间、升压站内电气一次、二次设备安装时，应根据电力行业有关规定制定施工方案，施工方案应包括安全预防和应急措施，并配备有相应的现场安全监察机构和专职安全监督员。

13.3.3 施工时用电作业及其他安全措施：

- 1) 施工现场临时用电应采用可靠的安全措施。
- 2) 施工时应准备常用的医药用品。
- 3) 施工现场应配备对讲机。

13.3.4 运行期安全与工业卫生对策措施

为了确保本工程投产后的安全运行，保障设备和人身安全，本工程考虑以下对策措施。

防火、防爆的措施

各建筑物在生产过程中的火灾危险性及耐火等级按《火力发电厂与变电所设计防火规范》执行。建（构）筑物最小间距等按《建筑设计防火规范》、《火力发电厂与变电所设计防火规范》等保加利亚国家标准的规定执行。

- 1) 设置必要的和合适的消防设施。变压器室和配电间装有移动式灭火栓。
- 2) 电缆沟道、夹层、电缆竖井各围护构件上的孔洞缝隙均采用阻燃材料堵塞严密。
- 3) 主要通道等疏散走道均设事故照明，各出口及转弯处均设疏散标志。
- 4) 所有穿越防火栏的管道，均选用防火材料将缝隙紧密填塞。

防噪声、振动及电磁干扰

根据要求，对运行中的噪声、振动及电磁干扰，均采取相应的劳动安全保护措施，尽量降低各种危害及电磁辐射，降低噪音；对于振动剧烈的设备，从振源上进行控制，并采取隔振措施。

电伤、防机械伤害、防坠落和其它伤害

- 1) 高压电气设备周围设防护遮栏及屏蔽装置。
- 2) 在有日照条件下施工时，光伏组件会产生电压，串联后电压升高，对其进行接线等操作容易引起电伤事故，因此需要对所有受光电池组件进行严格的临时遮光处理。
- 3) 所有设置检修起吊设施的地方，设计时均留有足够的检修场地、起吊距离，防止发生起重伤害。
- 4) 易发生危险的平台、步道、楼梯等处均设防护栏，保证运行人员行走安全。
- 5) 场内所有钢平台及钢楼板均采用花纹钢板或栅格板，以防工作人员滑倒。

13.3.5 其它安全措施

- 1) 建筑物工作场所、设备及站区道路照明满足生产及安全要求，照明度充足。
- 2) 所选设备及材料均满足光伏电站运行的技术要求，保证在规定使用寿命内能承

受可能出现的物理的、化学的和生物的影响。

- 3) 所有设备均坐落在牢固的基础上，以保证设备运行的稳定性；设计中做到运行人员工作场所信号显示齐全，值班照明充足，同时具有防御外界有害作用的良好性能。
- 4) 其它防火、防机械伤害、防寒、防潮等措施符合项目所在国家的有关规定。

13.3.6 劳动组织及管理

该项目投产后的运行与维修管理由专业检修公司负责。

13.3.7 安全卫生机构设置

光伏电站项目为无人值守或少人值守设计，运行及管理人员按 3 人考虑，因此不配备专门的安全卫生机构，只设兼职人员负责场内的安全与卫生监督工作。

14 施工组织设计

14.1 施工条件

14.1.1 工程条件

14.1.1.1 光伏电站概况

Betapark4MW 光伏发电项目建于保加利亚的 Ikhtiman 市。地理坐标为东经 42.24'，北纬 23.52'。在保加利亚的中西部，距首都索菲亚为 30 余公里。

14.1.1.2 工程的突出特点及场地现有条件

- (1) 施工地点集中，无须大型吊装设备。
- (2) 光伏发电组件数量多、重量轻，可模块化组装，不同模块可同时施工安装。
- (3) 土建工程为各方阵模块的电气控制楼，和组件支架的基础，最大吊装高度为 5m，场地施工难度小。
- (4) 施工检修通道可以在原有地面情况的基础上做简单平整和硬化处理，施工对施工检修通道的要求较低。
- (5) 该工程地形为黄土台地，地形较为平坦，有利于工程施工。

14.1.1.3 建筑工程

由于光伏电场施工较为简单，建筑工程主要有电气控制室、20kV 线路、光伏组件支架基础及施工检修道和与道路有关的边沟、护坡等。

14.1.1.4 安装工程

光伏电场安装较为简单，包括电气控制室的设备安装、光伏组件安装、20kV 线路安装等。

14.1.1.5 施工单位应具备的技术条件

本工程安装工艺简单，但技术要求高。设备安装单位应为专业施工队伍。要求施工队伍机械装备、施工管理现代化。

14.1.2 光伏电场施工临时用地

所有施工临时用地皆为材料设备临时堆放场地及安装场地，可以从永久性用地内提供，因此不涉及永久性用地之外的临时性用地占地面积。

14.2 电池板安装

电池板组件单件重量在 10~20kg，重量较轻，安装较为方便。安装前应先按电池板出厂前标定的性能参数，将性能较为接近的电池板成串安装，以保证电池板尽量在最佳工作参数下运行。

电池板采用螺栓与支架相连接固定，支架采用法兰连接的方式与镀锌型钢支墩相连接。镀锌型钢支墩基础采用插入地下的方式。

14.3 施工总平面规划布置

施工总平面应本着“节约用地、文明施工、方便运输、保证安全”的原则，进行合理规划布置，力求适用、紧凑、经济。

综合进度按先土建、后安装、再调试的顺序进行安排。随着建筑工程项目交付安装，其施工场地也同步交给安装。处理好施工准备与开工、土建与安装、等方面的关系。

14.4 施工用地

本期工程场地位于郊区，可供使用的临时用地较多。施工过程不考虑建设临时生活设施，以利用附近城镇现有条件。

14.5 施工总体布置的原则

根据光伏电站建设投资大、工期紧、建设地点集中、施工场地移动频繁及质量要求高等诸多特点，遵循施工工艺要求和施工规范，保证合理工期，采用优选法和运筹学，施工总布置需按以下基本原则进行：

(1) 路通为先，线路跟进的原则

首先开通光伏电站通向外界的主干路，然后按组件方阵分布同时修建个光伏组件方阵之间的支路。在修路的同时，为线路的敷设做好准备工作。

(2) 以模块化施工为主，将整个 2MW 工程分成 11 个施工模块，各模块同时施工。

(3) 质量第一，安全至上的原则

光伏组件及其支架系统安装质量要求高，为此，在全部工程实施的始终，都要贯彻执行质量第一、安全至上的原则。

(5) 节能环保、创新增效的原则

光伏电站的建设本身就是节约一次能源、保护环境的一项社会实践活动，在光伏电站的建设中，对于具体的工程项目的实施，要遵循充分节约能源、切实保护环境的原则。在整个光伏电站建成运营后，更能充分显示出开发新能源，对人类所创造出的经济效益、社会效益和绿色环保效益。

(6) 高效快速、易于拆除的原则

光伏电站的全部建（构）筑物，除地下基础工程采用钢筋砼外，地面以上的承重支撑体系及围护结构尽量设计成易于加工、易于拆装的标准化构件，除能达到快速施工、节约能源的目的外，还能达到易于拆除、易于清理的目的。

14.6 施工水、电供应

14.6.1 电源

鉴于整个光伏电站的工程量及工期情况，在同一时间内至少有 10 处现场同时施工，总用电负荷为 210kVA，考虑施工时可能额外增加用电设施及增加施工现场场地等因素，为此，选用一台 250kVA 变压器，输入电压为 10kV，输出电压为 380V。施工区设置施工用电总配电柜一台。

施工临时用电：总用电量为 200kVA 考虑。

14.6.2 水源

选址方案中，临时用水（施工期土建用水和人员用水）和永久性用水（建成后）皆可利用项目所在地附近 500 米范围内的现有供水设施。在建设起，如某阶段土建工程需要大量用水，须提前于周围用水村庄协调水量，以保证周围居民的用水为优先。

施工临时用水：总用水量为 10t/h。

14.7 地方建筑材料

施工所需碎石、石灰、粘土砖、砂、水泥等地方建筑材料,在施工现场周围地区采购。

14.8 雨季施工

雨季施工重点要做好防雷电、防塌、防风。应做好场地施工排水和防洪。设备防雨遮盖，并做好接地工作。基础开挖，防止灌水。对正在浇筑的混凝土应做好防护，防止雨水冲刷影响混凝土质量。

14.9 项目实施综合控制轮廓进度

由于本工程主要利用现有开阔地，新建建筑物面积较小，施工周期相对短。整个 4MW 工程周期分为 2 期，一期为 8 个月，其中：

设计：0.5 个月；

批准与许可：5.5 个月；

建设：6.8 个月；

试验：0.6 个月；

试运行：0.5 个月。

项目实施初步进度见下表：

表 14-1 Betapark 光伏发电项目一期 2MW 实施初步进度表

项目 \ 进度	建设周期（月）							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. 设计	■							
2. 许可与批准	■	■	■	■	■	■		
3. 建设		■	■	■	■	■	■	
4. 试验							■	
5. 试运行							■	■

假设本工程一期 2MW 如于 2010 年 1 月开工，2010 年 8 月上旬完成安装、调试并投入运行。

二期为 6 个月，其中：

设计：0.5 个月；

批准与许可：2 个月；

建设：5 个月；

试验：0.6 个月；

试运行：0.5 个月。

项目实施初步进度见下表：

表 14-2 Betapark 光伏发电项目二期 2MW 实施初步进度表

项目 \ 进度	建设周期（月）						
	8	9	10	11	12	1	2
1. 设计							
2. 许可与批准							
3. 建设							
4. 试验							
5. 试运行							

假设本工程二期 2MW 如于 2010 年 8 月开工，2011 年 2 月上旬完成安装、调试并投入运行。

15 项目的投资估算和经济性分析

15.1 项目概况总结

本项目为保加利亚Betapark有限公司4MW光伏发电项目（规划4MW，一期2MW，二期2MW）。本工程拟采用薄膜非晶硅太阳能光伏组件作为将太阳辐射能转换为电能的设备，通过以最佳固定倾角安装光伏组件，所发出电能通过逆变器逆变为交流电，经过升压变压器高压并入公共电网。

光伏电站主要设备包括光伏组件、并网逆变器等，配电房、升压主要设备包括变压器、开关柜设施等，主要材料有电力电缆、电缆桥架等。

15.2 投资估算

15.2.1 编制原则及依据

- (1) 工程量按设计单位正式出版的设计图纸及设备材料清册计算。
- (2) 费用构成及取费标准：参考保加利亚 Sunservice Ltd.签订的 EPC 合同及预算为标准。

15.2.2 主要设备价格

表 15-1 项目方案基本信息总结表

序号	项 目	数据
1	所用发电组件类型	薄膜光伏组件
2	光伏光伏组件使用寿命	25 年经济使用期, 光电转换效率衰减不超过 20%
3	安装容量	4MW
4	安装方式	最佳倾角固定安装
5	年有效发电利用小时数	第一年 1263 小时, 以后每年递减 10 小时

本工程发电主要设备有：非晶硅薄膜光伏组件和并网型逆变器，价格如表 15-2。

表 15-2 主要设备价格表

序号	设 备 名 称	价 格
1	光伏光伏组件（含税）	12.52 元/W
2	并网型逆变器（含税）	2.39 元/W

15.2.3 工程建设进度

假设本工程 2MW 计划于 2010 年 1 月开始启动，2010 年 8 月投入运行。

15.2.4 工程投资

表 15-3 总 估 算 表

金额单位：万元

序号	工程或费用名称	合 计	各项占总计	单位投资(元/W)
一	工程服务费	51.89	0.52%	0.13
1	20KV 接入系统设计	5.99	0.06%	0.01
2	地形调查	11.97	0.12%	0.03
3	地质勘探	-	-	-
4	变电站设计	9.98	0.10%	0.02
5	变电站建设许可	5.99	0.06%	0.01
6	电气工程	11.97	0.12%	0.03
7	施工工程	5.99	0.06%	0.01
8	太阳能面板施工	-	-	-
9	外部顾问费用	-	-	-
二	发电模组	5,007.69	50.08%	12.52
三	中央逆变器	957.65	9.58%	2.39
四	支架	1,157.16	11.57%	2.89
五	交流/直流电缆	638.43	6.38%	1.60
六	EPC 安装人工	798.04	7.98%	2.00
1	平整土地	199.51	2.00%	0.50
2	电缆沟槽	31.92	0.32%	0.08
3	逆变器安装	135.67	1.36%	0.34
4	支架和发电模组安装	207.49	2.07%	0.52
5	交流/直流电缆敷设	183.55	1.84%	0.46
6	物料装卸	27.93	0.28%	0.07
7	运输	11.97	0.12%	0.03
七	网络监控	9.98	0.10%	0.02
八	INTERNET 连接设备	5.99	0.06%	0.01
九	视频监控和远程安保	39.9	0.40%	0.10
十	防雷设施	159.61	1.60%	0.40
十一	建设期临时用房 + 安保费用	45.25	0.45%	0.11
十二	围墙/安全围栏	239.41	2.39%	0.60
十三	平整厂内道路	129.68	1.30%	0.32
十四	2.0MW 升压站安装	259.36	2.59%	0.65
十五	接入电网费+EDC 税金	125.69	1.26%	0.31
十六	保险费 + 监理费	67.04	0.67%	0.17
十七	管理公司运营费	20.9	0.21%	0.05
十八	安保费	20.9	0.21%	0.05
十九	主管公司合同	23.88	0.24%	0.06
二十	保险费	9.95	0.10%	0.02
二十一	建设期利息	231	2.31%	0.58
	总计	10,000.00	100.00%	25.00
二十二	项目流动资金	1,000.00	-	-

15.3 经济评价

15.3.1 经济评价方法

经济评价方法采用电规经（1994）2 号文颁发的《电力建设项目经济评价方法细则（试行）》、《建设项目经济评价方法与参数》(第三版)、国家发展计划委员会计价格（2001）701 号文《国家计委关于规范电价管理有关问题的通知》，以及现行的有关财务、税收政策等。

15.3.2 项目经营模式、资金来源

本项目注册资本金为动态总投资的 30%，其余 70%资金从商业银行融资，融资部分贷款利率按 6%（按年结息）计算。

15.3.3 经济评价原始数据

有关原始数据及主要评价参数，包括成本类及损益类数据详见“经济评价原始数据表”。

表 15-4 经济评价原始数据表

序号	项 目	单 位	原始数据	备 注	序号	项 目	单 位	原始数据	备 注
1	装机容量	MW	4		15	所得税率	%	10	
2	设备平均年利用小时数	h/a	1250		16	基准收益率	%	8	
3	发电厂用电率	%			17	注册资本占总投资比例	%	30	
4	建设期	月	6		18	增值税	%	/	
5	机组服役期	年	25						
6	贷款年利率	%	6						
7	贷款还款期	年	5						
8	流动资金贷款利率	%	6						
9	大修提成	%	/						
10	折旧年限	年	25					-	
11	发电燃料消耗率	g/kWh	/						
12	电站定员	人	2						
13	人工工资	元/年	50000						
14	福利	%	/						

15.3.4 成本与费用

15.3.4.1 生产成本由工资及福利费、修理费、折旧费及其他费用等构成。按当年售电收入的 6%计提

15.3.4.2 固定资产折旧提取采用直线法，残值按固定资产原值的 5%计取，折旧年限取 25 年，折旧还贷率 100%。

15.3.4.3 财务费用：项目资本金比例 30%，其余为银行贷款，贷款利率按 6%。贷款偿还年限为 5 年。建设期贷款利息形成固定资产，流动资金贷款利息和投产期内发生贷款利息等财务费用计入当年损益。

15.3.4.4 企业所得税率为 10%。

15.3.4.5 销售收入：本项目销售收入为销售发电收入。

15.3.4.6 本项目特许经营权经营，特许经营年限为 25 年，特许经营期内电价折人民币为 3.86 元/kWh（不含税）。

15.4 经济评价结果

15.4.1 财务评价指标一览

表 15-5 财务评价指标一览表

序号	项目名称	单位	指标
1	工程静态总投资	万元	10,769
2	建设期利息	万元	231
3	工程动态总投资	万元	11,000
4	财务内部收益率（全部投资）	%	10.08
5	财务净现值（全部投资）	万元	14,146.31
6	投资回收期（全部投资）	年	7.29
7	财务内部收益率(自有资金)	%	35.06
8	财务净现值(自有资金)	万元	8,392.43
9	投资回收期(自有资金)	年	3.40
10	投资利润率（%）	%	7.39
11	资本金净利润率(%)	%	24.64

从上表中可以看出，电价为 3.86 元/kWh 时，全部投资财务内部收益率为 10.08%，大于基准内部收益率 8%。财务净现值为 14,146.31 万元，大于零。项目经济上是可行的。并且投资利润率为 7.39%，资本金净利润率为 24.64%，从该参数可以看出本项目经济效益非常好。

15.4.2 敏感性分析

为了考察各因素对经济效益的影响，对静态投资、年发电量和上网电价作单因素敏感性分析，其计算结果详见下表。

表 15-6 敏感性分析汇总表

变化因素%	全部投资内部收益率 (%)	自有资金内部收益率 (%)	投资利润率 (%)	资本金净利润率 (%)
静态投资 10	8.90%	32.01%	6.72%	22.40%
静态投资 5	9.47%	33.46%	7.04%	23.47%
静态投资 0	10.08%	35.06%	7.39%	24.64%
静态投资 -5	10.74%	36.81%	7.78%	25.94%
静态投资 -10	11.47%	38.76%	8.21%	27.38%
电量 10	11.38%	38.89%	8.48%	28.27%
电量 5	10.73%	36.97%	7.94%	26.45%
电量 0	10.08%	35.06%	7.39%	24.64%
电量 -5	9.42%	33.15%	6.85%	22.82%
电量 -10	8.75%	31.26%	6.30%	21.01%
电价 10	11.38%	38.89%	8.48%	28.27%
电价 5	10.73%	36.97%	7.94%	26.45%
电价 0	10.08%	35.06%	7.39%	24.64%
电价 -5	9.42%	33.15%	6.85%	22.82%
电价 -10	8.75%	31.26%	6.30%	21.01%

从上表的敏感性分析结果可以看出，本项目具有很强的抗风险能力。

15.5 经济评价结论

15.5.1 全部投资财务内部收益率为 10.08%，大于基准内部收益率 8%；财务净现值为 14,146.31 万元，大于零。项目经济上是可行的。

15.5.2 投资利润率为 7.39%，资本金净利润率为 24.64%，本项目经济效益非常好。

15.5.3 本项目对静态投资、发电量、电价三个敏感因素，抗风险能力强。

16 风险分析与对策

16.1 国别风险分析与对策

16.1.1 社会、政治与政策风险

保加利亚是一个立法、司法、行政三权分立的议会制共和国，政治局势稳定，特别是加入欧盟后，进一步向好，不同的政治诉求都能通过议会、政府的选举解决，军队效忠于国家。发生政治暴力的风险非常小。

保加利亚的社会治安状况总体较好，法律法规健全，安全内务部强势，政府换届、游行示威和罢工活动均有相应的法律约束。未发生恐怖袭击或大规模恶性事件，但腐败和有组织犯罪现象一直是保加利亚备受欧盟指责的问题，历届政府均表示尽快解决问题，但收效不大。

保加利亚于 1949 年 10 月 4 日与我建立大使级外交关系，是世界上第二个承认中华人民共和国的国家。半个多世纪以来，双边关系稳步健康发展。保历届政府均坚持一个中国的立场。近年来，两国高层互访不断，政治互信日益增强。2004 年 5 月，吴邦国委员长访保。2005 年 11 月，全国政协副主席白立忱访保；2006 年 6 月，中共中央政治局常委李长春访保；2006 年 9 月中央军委副主席、国务委员兼国防部长曹刚川访保；2006 年 11 月，全国政协副主席周铁农访保；2008 年 1 月国务委员华建敏访保；2009 年 10 月国家副主席习近平访保。2006 年 11 月保总理斯塔尼舍夫访华。2008 年 10 月保副总理兼教科部长沃尔切夫访华。

行业鼓励政策。

保加利亚行业鼓励政策主要体现在对大型投资项目的支持政策中，主要集中在可再生能源、制造业、能源产业、计算机技术研发、教育和卫生保健等领域。对于在保投资固定（非固定）资产，且满足下列条件的投资项目在获得主管部门颁发的投资证书后，获得有效期为 3 年的优惠政策鼓励：投资项目应为建立新企业、扩大现有规模、开拓新产品、根本性改变生产流程、使原产品（服务）更现代化，或属可再生能源、制造业、发电产业、计算机技术研发、教育和卫生保健领域投资，且投资项目总销售额的 80%须来自以上行业，投资总额的 40%来自投资人及其贷款，投资项目在保持持续 5 年以上，在 3 年内创造并保持就业岗位。2009 年，保再次修订《保加利亚投资促进法》，进一步降低投资评级门槛。

全球金融和经济危机的爆发和蔓延为中保经贸合作带来三弊三利。三弊为：一、保出口受阻和内需下降使其进口需求逐步降低，压缩了中国产品在保市场空间和出口价格，中国对保出口下滑；二、双边贸易总额中 87%（以 2008 年数据计算）为中国对保出口，保企业经营难、融资难问题日益凸显将进一步加大中国出口企业的收汇风险，保采取贸易保护措施的可能性也有所增加；三、保实体经济受到冲击，失业率上升在所难免，就业难的压力将迫使保政府在劳务输入问题上裹足不前。三利为：一、购买力降低，质优价廉的中国商品在相当长时间里内将是保广大普通消费者的首选；二、外资减少，保政府逐步降低投资门槛，提供较完善的投资环境；三、基础设施项目缺乏资金支持，保政府对中国在保扩大投资期望值明显提升，为中国企业参与保基础设施项目建设提供公平公正的竞争环境和条件。

以博里索夫为首的新一届政府采取了较为务实的经济发展政策，希望在道路、能源、金融服务和农业等领域扩大同中国的合作，这些领域的合作将成为今后中保经济合作的重点领域。

为最大限度地降低风险，我们拟采取以下措施：

在投资前，应到保加利亚进行实地考察，认真研究当地法律，尤其是投资法、外国人法、税法和劳动法等法律，并就有关事项咨询中国驻保加利亚大使馆经商参赞处、已在保成功投资的中资企业、当地友人、当地主管部门（保加利亚投资署）。对合资、合作方进行认真深入的考察。

为避免合资双方经营理念、管理方式方法和文化等方面的差异，我们拟选择独资（指普乐一金智公司为中资，无保加利亚合资方），某些重要职位，如财务、销售、公关和法律顾问可聘用当地人员，或与当地律师、会计事务所签订“购买服务”合同。

在合资、合作前，应签订规范的合资或合作协议，明确界定总投资额、双方占比、到资时限、金额等，列明双方权、责、利，违约方应承担的责任，中止合资或合作后的财产处置方式等。积极与当地政府机构，如税务、海关、公安、劳动等部门建立良好的工作关系。自觉遵守保加利亚法律、尊重宗教、文化和习俗，在条件许可的情况下做社会公益活动。

16.1.2 市场竞争性风险

在保加利亚太阳能并网发电项目以及其它并网发电项目实施准入制，即项目的关键是获得政府有关当局的批准，不存在市场竞争。本项目已获得建造许可。对于发电量，保加利亚政府对可再生能源发电的政策是电力公司必须悉数收购。对于电价也不

存在市场竞争，目前的政策是每年由国家能源与水委员会研究后会有不超过 $\pm 5\%$ 的调整。为了进一步鼓励对太阳能光伏电站的投资、稳定投资者对未来的信心，保加利亚国会正在受理一项议案，每个太阳能光伏电站项目的电价一次审定后 25 年不变。据了解此项议案即将通过议会批准。

16.1.3 劳工政策

保加利亚《劳动法》规定，雇主和雇员必须签订用工合同，否则将施以罚款。保加利亚的劳动合同分为不定期和定期两种，一般情况下签不定期合同，以书面形式明确表达希望签订定期劳动合同者除外。

（1）定期合同：定期劳动合同时间不得超过 3 年（含 3 年），由雇员提出或为完成临时、季节、短期工作或为替代缺席员工可以签订定期合同。

（2）试用合同：如工作岗位需特殊技能人员，需要通过试用期来选择适应该工作岗位的雇员，或员工希望通过一段时间的工作来判断工作岗位是否适合其本人，在这两种情况下，可以签订试用合同，期限为 6 个月。试用合同提出方可以在期满前单方终止劳动合同。

终止合同：如无充分理由雇主不能随意辞退员工（非高级管理层），员工有权对不公平解雇所导致的损失提出上诉。员工在病假、怀孕、哺乳、服兵役期间不得辞退。劳动法规定了合同终止前通知当事人的时限：一般情况下终止劳动合同提前通知的时限不超过 3 个月。对固定时限合同，需提前 3 个月通知雇员。在固定时限合同中，如果有充分理由辞退雇员，雇员有权获得相当于合同规定期限所剩余时间工资总额的赔偿。在非固定时限合同中，如合同条款无具体规定，雇主需提前一个月通知被辞退雇员。在非固定时限合同中，如有充分理由解雇雇员，雇员有权获得 1 个月工资的补偿。雇主没有正当理由提出终止劳动合同，雇员可要求雇主支付其 4 个月工资作为补偿。如因企业倒闭，或经营不善导致减产停工，劳动合同规定剩余时间超过 15 天的情况下，雇员有权获得补偿，但补偿额不超过一个月，如集体或劳动合同中签定了更长的补偿时间，则按合同执行。

如雇员工龄较长，已获得享受养老金的权利，无论何种原因终止合同，雇员有权得到相当于 2 个月收入的补偿。如雇员为同一雇主工作 10 年以上，补偿总额将相当于 6 个月工资收入。

其它有关规定：

工作时间：每天工作 8 小时，每周工作 5 天。

带薪年假：每年不少于 20 天。

退休年龄：男性最低退休年龄为 63 岁，女性为 59 岁。

最低月工资：112 欧元（2008 年）。

我们拟采取以下措施：基本不雇佣员工，采用服务外包，与当地有关公司签订"购买服务"合同。对于经理、财务、公关和法律顾问等也与其签订"购买服务"合同。

16.1.4 保加利亚税收政策

根据中国驻保加利亚大使馆经商参赞处提供的资料：2007 年 1 月 1 日始，保加利亚政府开始实施与欧盟有关立法一致的新公司税法，主要税赋包括企业所得税、个人所得税和增值税等。

企业所得税：保政府在最近 4 年中 3 次大幅降低企业所得税税率。2004 年从 23.5% 降到 19.5%，2005 年 1 月 1 日从 19.5% 降到 15%。2007 年 1 月 1 日开始，保政府将企业所得税调低到 10%（单一税率）。在计算企业所得税时，可折旧资产自动按照直线折旧法计算。

最高折旧标准列表

资料来源：保投资署

折旧类别	折旧资产	折旧率标准 (%)
I	建筑、工具、通讯设备、电子设备、通讯线路	4
II	机械、生产设备、仪器	30 或 50*
III	交通工具（不包括汽车）、道路、飞机跑道	10
IV	计算机、软件和软件使用权	50
V	汽车	25
VI	合同或法律对使用年限有规定的有形或无形固定资产	100/规定年限 (不超过 33.3)
VI I	其它可折旧资产	15

50*的税率只适用于新投资或扩建中的全新设备。

个人所得税：2008 年 1 月 1 日起实行单一的个人所得税，税率为 10%，同时取消了个人所得税 200 列弗的起征点。据统计，保 2009 年上半年人月均工资为 294 欧元。

增值税：保加利亚目前实行的增值税（VAT）税率为 20%，旅游和特殊（如宾馆）行业的增值税为 7%，旅行社提供的在保服务增值税为 20%，旅行社提供的第三国服务免征增值税。免增值税的产品和服务如下：出口欧盟外的有关产品、服务；与国际运输有关的产品、服务；与免税贸易相关的产品、服务；代理、中间商及经纪人提供的产品、服务。

年营业额达到或超过 2.5 万欧元的外资公司必须在销售额超过 2.5 万欧元的税务周期之后的 14 天内向保税务总局递交增值税登记申请，开设增值税专项账户，获得唯一的 ID 号码，用于缴纳和返还增值税。营业额低于 2.5 万欧元的外资公司可自行决定是否进行增值税登记。公司在购买所产生的增值税超过出售所产生的增值税数额，超出部分将用来冲抵在今后 3 个月中发生的增值税支出，此后如仍有剩余，那么余额将在此后的 45 天内(相当于增值税超出发生后约 5 个月内)返还。政府部门在税务审计过程中可以推迟返还剩余增值税，但不得超过 3 个月。公司也可通过书面申请要求将剩余增值税抵销此后 9 个月内发生的增值税支出。

消费税：2005 年 11 月 15 日，保加利亚实施新消费税法，保加利亚奢侈品征收消费税，如进口高档商品或在保加工首次销售的产品。消费税征收的主要商品列表如下：白酒、啤酒、含酒精的原材料（不包含葡萄酒）；雪茄、香烟、烟草等制品；功率超过 120 千瓦的 9 座以下汽车；发动机产品。2008 年 1 月 1 日起，不再对咖啡征收消费税，但对于商用汽油、煤、电力能源提高了消费税税率。出口产品不征收消费税。

16.1.5 电站项目主管部门

主要主管部门是：保加利亚能源与水管理委员会、经济与能源部以及项目所在地 Ihtiman 市政府。

我们拟采取以下措施：积极通过我们自己、中国驻保加利亚大使馆、当地友人并聘请当地有能力的公关公司加强与各主管部门的沟通。

16.1.6 汇率风险

保加利亚施行本币列弗与欧元固定汇率制度，1 欧元=1.95583 列弗，列弗为可自由兑换货币，人民币不能与当地货币直接兑换。这一定程度上减小了汇率的波动，降低了汇率风险，但世界金融危机暴发后，保加利亚面临的国际支付压力逐渐增大，固定汇率制度将受到考验，项目中要适当注意汇率风险。

外汇管理：保加利亚政府实行经常项目和资本项目可自由兑换的外汇管理政策。外资企业在地注册后可以自由设立外汇帐户，自由汇进外汇。在中国内地注册的公

司，根据中保双方签订的《避免双重征税协定》，公司办理有关手续后，汇出外汇无须支付税款。在香港、澳门注册的公司，汇出利润须交纳 5% 税款，汇出贷款利息或服务费用时须支付 10% 的税款。

我们拟采取以下措施：关注局势变化，及时采取对冲手段规避汇率风险；争取直接向银行申请外汇贷款。

16.2 项目风险分析与对策

16.2.1 财务风险

根据前述的财务评鉴和敏感性分析：全部投资财务内部收益率为 10.08%，大于基准内部收益率 8%；财务净现值为 14,146.31 万元，大于零。项目经济上是可行的。投资利润率为 7.39%，资本金净利润率为 24.64%，本项目经济效益非常好。

本项目对静态投资、发电量、电价三个敏感因素，抗风险能力强。

16.2.2 设计、设备、建造风险

太阳能光伏并网发电电站的设计、设备制造和建造技术成熟，有完善的法规、规范和标准可以遵循。但是仍然存在设计错漏、设备质量不合格和发货不按时、建造施工质量不合格、人员和设备在建造过程中受到伤害的风险。

为规避这些风险、拟采取以下措施：

(1) 加强监督，监理完善的审核、批准、验收和现场监督制度，同时聘请专业监理来加强监督力度。

(2) 完善相关供货合同关于质量和延迟交付的索赔条款。

(3) 购买相关保险。

16.3.3 运营风险

太阳能光伏并网发电电站在运营过程中存在设备故障或受到损坏（人为或非人为），人员受到伤害等风险。为规避这些风险、拟采取以下措施：

(1) 聘请专业公司进行电站的运行与维护；

(2) 完善相关供货合同关于质量保证的条款；

(3) 加强业主对电站运营的监督；

(4) 购买设备损失险和利润损失险等有关保险。

17 结论、问题和建议

17.1 本项目为保加利亚 Betapark 有限公司 4MW 光伏发电项目，本项目的建设对优化能源结构、保护环境，减少温室气体排放、推广太阳能利用和推进光伏产业发展具有非常积极的示范意义。

17.2 本工程按初定的工程场址为开阔地，拟以固定倾角方式安装，发电组件为薄膜光伏组件，装机总容量为 4MW，其中一期建设 2MW。

17.3 由于选址尚未进行详细地勘，最终确定选址需要进一步从接入系统条件、用地价格、示范效应、土地详堪报告等因素综合考虑。

附件一：名词解释

- 1、太阳高度角：太阳光线与观测点处水平面的夹角，称为该观测点的太阳高度角。
- 2、太阳方位角：太阳方位角即太阳所在的方位，指太阳光线在地平面上的投影与当地子午线的夹角，可近似地看作是竖立在地面上的直线在阳光下的阴影与正南方的夹角。方位角以正南方向为零，由南向东向北为负，由南向西向北为正，如太阳在正东方，方位角为负 90° ，在正东北方时，方位角为负 135° ，在正西方时方位角为 90° ，在正北方时为 $\pm 180^\circ$ 。
- 3、辐射度：照射到面元上的辐射通量与该面元面积之比 (W/m^2)。
- 4、散射辐射（散射太阳辐射）量：系指在一段规定的时间内，除去直接太阳辐射外，照射到单位面积上来自天空的辐射能量。
- 5、直接辐射（直接太阳辐射）量：系指在一段规定的时间内，照射到单位面积上来自天空太阳圆盘及其周围对照射点所张的半锥角为 8° 的辐射能量。
- 6、总辐射（总的太阳辐射）量：在一段规定时间内（根据具体情况而定为每小时、每天、每周、每月、每年）照射到水平表面的单位面积上的太阳辐射能量。
- 7、倾斜面总辐射（倾斜面太阳总辐射）量：在一段规定时间内（根据具体情况而定为每小时、每天、每周、每月、每年）照射到某个倾斜表面的单位面积上的太阳辐射能量。
- 8、总辐射度（太阳辐射度）：系指入射于水平表面单位面积上的全部的太阳辐射通量 (W/m^2)。
- 9、倾斜面总辐射度（倾斜面太阳总辐射度）：系指入射于倾斜表面单位面积上的全部的太阳辐射通量 (W/m^2)。
- 10、直接辐射度：系指照射到单位面积上的、来自天空太阳圆盘及其周围对照射点所张的半锥角为 8° 的辐射通量
- 11、散射辐射度：系指去除直接太阳辐射的贡献外，来自整个天空并照射到单位面积上的辐射通量。
- 12、组件（太阳电池组件）：系指具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的，最小不可分割的太阳电池组合装置。
- 13、太阳电池组件表明温度：系指太阳电池组件背表面的温度。
- 14、组件效率：系指按组件外形（尺寸）面积计算的转换效率。

- 15、组件实际效率：按组件中所有单体电池几何面积之和计算得到的转换效率。
- 16、板（太阳电池板）：由若干个太阳电池组件按一定方式组装在一块板上的组装件叫板（太阳电池板），通常作为方阵的一个安装单元。
- 17、方阵（太阳电池方阵）：由若干个太阳电池组件或太阳电池板在机械和电气上按一定方式组装在一起并且有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。地基、太阳跟踪器、温度控制器等类似的部件不包括在方阵中。
- 18、子方阵（太阳电池子方阵）：如果一个方阵中有不同的组件或组件的连接方式不同，其中结构和连接方式相同部分称为子方阵。
- 19、光伏系统：包含所有逆变器（单台或多台）和相关的 BOS（平衡系统部件）以及具有一个公共连接点的太阳电池方阵在内的系统。
- 20、额定电压：在规定的工作条件下，依据同一类型光伏发电器的特性选择确定其输出电压，使这一类光伏发电器的输出功率都接近最大功率，这个电压叫额定电压。
- 21、额定功率：在规定的工作条件下，光伏发电器在额定电压下所规定的输出功率。
- 22、额定电流：在规定的工作条件下，光伏发电器在额定电压下所规定的电流。
- 23、峰瓦：指太阳电池组件方阵，在标准测试条件下的额定最大输出功率。
- 24、电网：输电、配电的各种装置和设备、变电站、电力线路和电缆的组合。它把分布在广阔地域内的发电厂和用户联接成一个整体，把集中生产的电能配送到众多个分散的电能用户。
- 25、电网保护装置：监测光伏系统电力并网的技术状态，在指标越限情况下将光伏系统与电网安全解列的装置。
- 26、电网接口：在光伏系统与电网配电系统中间的相互联接。泛指发电设备与电网之间的并解列点。
- 27、孤岛效应：电网失压时，光伏系统仍保持对失压电网中的某一部分线路继续供电的状态。
- 28、防孤岛效应：当光伏系统并入电网失压时，
- 29、逆变器：将直流电变换为交流电的器件。将光伏系统的直流电变换成交流电的设备。用于将电功率变换成适合于电网使用的一种或多种形式的电功率的电气设备。
- 30、应急电源系统：当电网因故停电时能够为特定负载继续供电的电源系统，它一般含有逆变器、保护开关、控制电路、储能装置（如蓄电池）和带有充电控制电路的充电装置等。

31、并网方式：根据光伏系统是否允许通过供电区的变压器向高压电网送电，分为可逆流和不可逆流的并网方式。必须在规定的时限内将该光伏系统与电网断开，防止出现孤岛效应。

32、电能质量：光伏系统向当地交流负载提供电能和向电网发送电能的质量应受控，在电压偏差、频率、谐波和功率因数方面应满足实用要求并符合标准。出现偏离标准的越限状况，系统应能检测到这些偏差并将光伏系统与电网安全断开。除非另有要求，应保证在并网光伏系统电网接口处可测量到所有电能质量参数（电压、频率、谐波等）

33、电压偏差：为了使当地交流负载正常工作，光伏系统中逆变器的输出电压应与电网相匹配。正常运行时，光伏系统和电网接口处的电压允许偏差应符合 GB/T12325 的规定。三相电压的允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$ ，单相电压的允许偏差为额定电压的 $+7\%$ 、 -10% 。

34、频率：光伏系统并网时应与电网同步运行。电网额定频率为 50Hz，光伏系统并网后的频率允许偏差应符合/T15945 的规定，即偏差值允许 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

35、谐波和波形畸变：谐波电压和电流的允许水平取决于配电系统的特性、供电类型、所连接的负载/设备，以及电网的现行规定。光伏系统的输出应有较低的电流畸变，以确保对连接到电网的其它设备不造成不利影响。总谐波电流应小于逆变器额定输出的 5%。

36、功率因数：当光伏系统中逆变器的输出大于额定输出的 50%时，平均功率因数应不小于 0.9（超前或滞后）。

37、直流分量：光伏系统并网运行时，逆变器向电网馈送的直流电流分量不应超过其交流额定值的 1%（逆变电源系统和电网宜通过专用变压器隔离连接）

38、防雷和接地：光伏系统和并网接口设备的防雷和接地，应符合 SJ/T11127 中的规定。

39、反向功率保护：系统在不可逆流的并网方式下工作，当检测到供电变压器次级处的逆流为逆变器额定输出的 5%时，反向功率保护应在 0.5s~2s 内将光伏系统与电网断开。