



建筑分布式光伏发电系统设计



湖南省建筑科学研究院有限责任公司 聂科恒



01

系统简介

02

主要设备介绍

03

系统设计

04

案例分享

05

总结



01

系统简介



2020.9.22 75届联合国大会 习近平主席提出力争**2030年前达到峰值**，**2060年前实现碳中和**。

2020.11.30 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》：加快壮大新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等产业。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》：构建现代能源体系。推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，有序发展水电、核电，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。

《关于引导加大金融支持力度 促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》：支持做好碳达峰、碳中和工作。推动优化产业结构和能源结构，进一步支持风电、光伏等可再生能源发展和非常规天然气开采利用。

2021.9.8国家能源局发布了《**关于公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单的通知**》，公布了全国 676 个整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单中湖南省占 12 个。

2022.10.16 习近平二十大报告中提出：推动**能源清洁低碳高效利用**，推进工业、建筑、交通等领域清洁低碳转型。推动战略性新兴产业融合集群发展，构建新一代信息技术、人工智能、生物技术、**新能源**、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎。

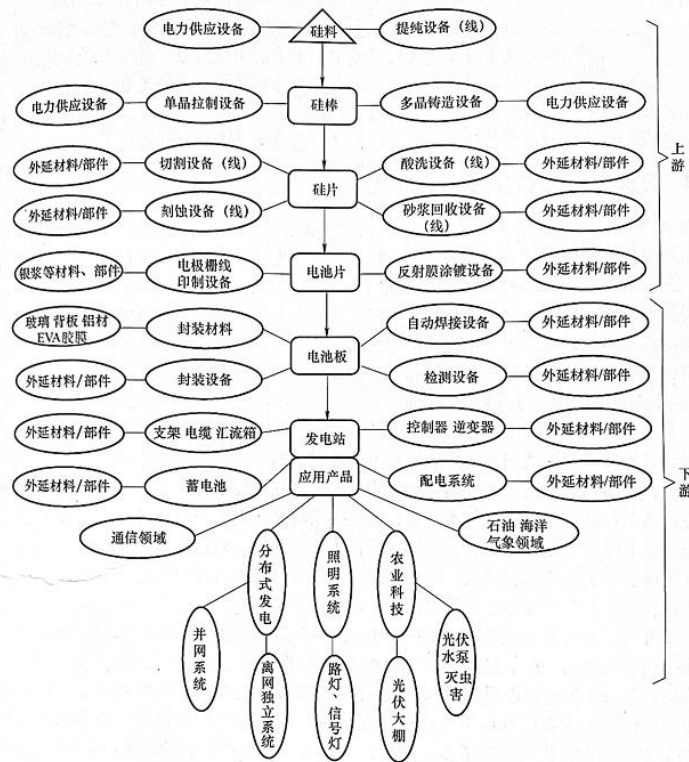


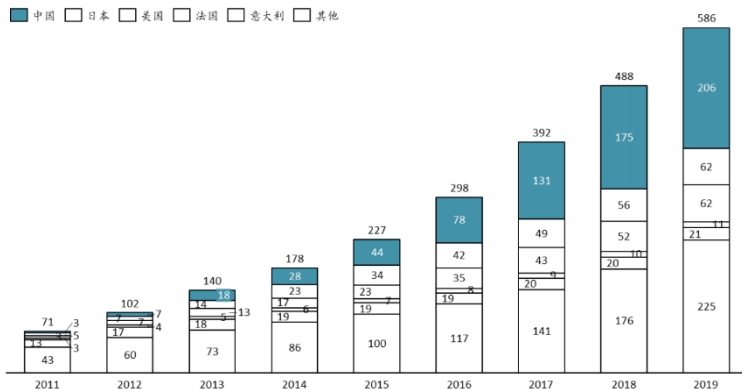
图 1-1 光伏产业全产业链示意图



政策时间	光伏行业相关政策
2016年12月	国家能源局正式发布《太阳能发展“十三五”规划》，规划中明确提出，到2020年底，我国太阳能发电装机达到1.1亿千瓦以上，其中，光伏发电装机1.05亿千瓦以上；太阳能年利用量达到1.4亿吨标准煤以上，占非化石能源消费比重的18%以上。随着技术持续进步、政策不断加码，国内光伏行业将迎来持续、稳健发展的崭新阶段。
2017年7月	国家能源局又于发布《关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见》，提出到2020年新增光伏电站装机86.5GW（不含分布式光伏规划）。光伏新增装机量的上升，拉动了市场对光伏产品的需求，为我国光伏制造业提供了有效的市场支撑。
2018年5月31	国家发展改革委、财政部、国家能源局发布《关于2018年光伏发电有关事项的通知》（以下简称“531新政”），旨在将光伏行业的发日展重点从扩大规模转到提质增效、推进技术进步上，着力推进技术进步、降低发电成本、减少补贴依赖，优化发展规模，提高运行质量，推动行业有序发展、高质量发展，加快实现光伏发电平价上网。
2019年5月22日	国家发改委、能源局发布的《关于公布2019年第一批风电、光伏发电平价上网项目的通知》，共250个平价上网项目，总装机规模达20.76GW,其中光伏、分布式交易试点项目容量分别为14.78GW,1.47GW。
2019年5月30	国家能源局正式下发《关于2019年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》，以及《2019年风电项目建设工作方案》和《2019年光伏发电项目建设工作方案》两份附件。《通知》对2019年度风电、光伏发电项目建设提出四项总体要求：一是积极推进平价上网项目建设。在组织电网企业论证并落实平价上网项目的电力送出和消纳条件基础上，优先推进平价上网项目建设，再开展需国家补贴的项目的竞争配置工作。二是严格规范补贴项目竞争配置。三是全面落实电力送出和消纳条件。四是优化建设投资营商环境。
2020年4月2日	国家发展改革委印发《关于2020年光伏发电上网电价政策有关事项的通知》(下称《通知》)，2020年补贴总规模为15亿元，今年I-III类资源区指导价分别每千瓦时下调0.05元、0.05元、0.06元，降幅分别为12.5%、11.1%和10.9%

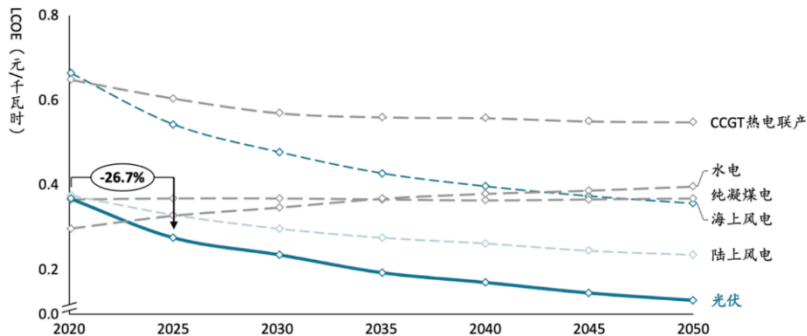


主要国家累计光伏装机容量情况 (GW)

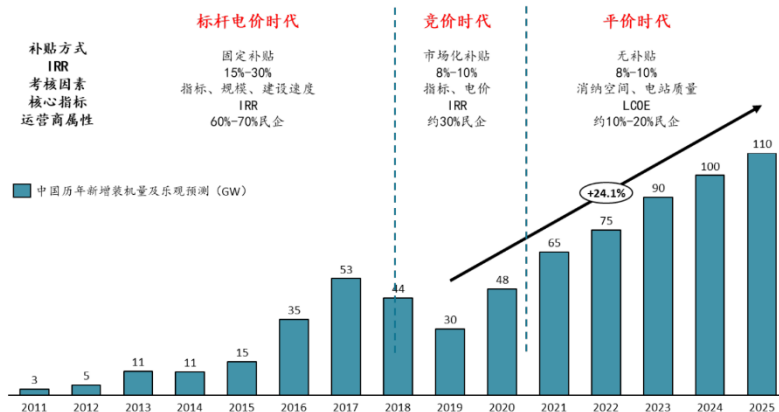


我国累计光伏装机容量连续六年位居世界首位，十四五期间新增光伏有望达到70-90GW/年。
十四五期间光伏发电成本预计至2025年降低约26%，成为最低成本的发电技术，至2050成本优势将大幅领先其他发电。

2020-2050年中国不同发电技术发电成本趋势

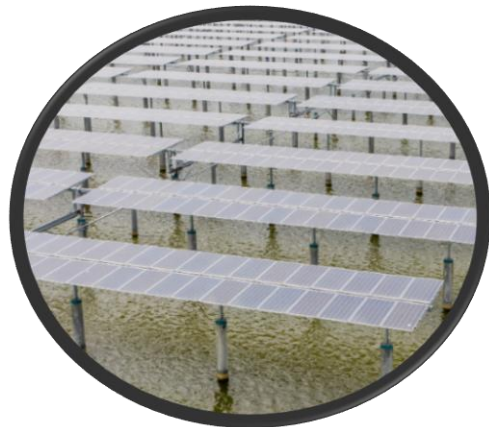


中国历年新增装机量及乐观预测 (GW)





混凝土结构



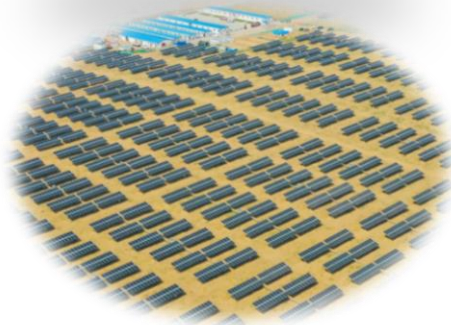
渔光互补



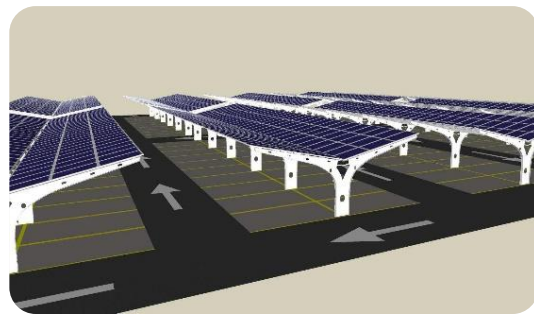
钢结构



污水处理厂



沙漠



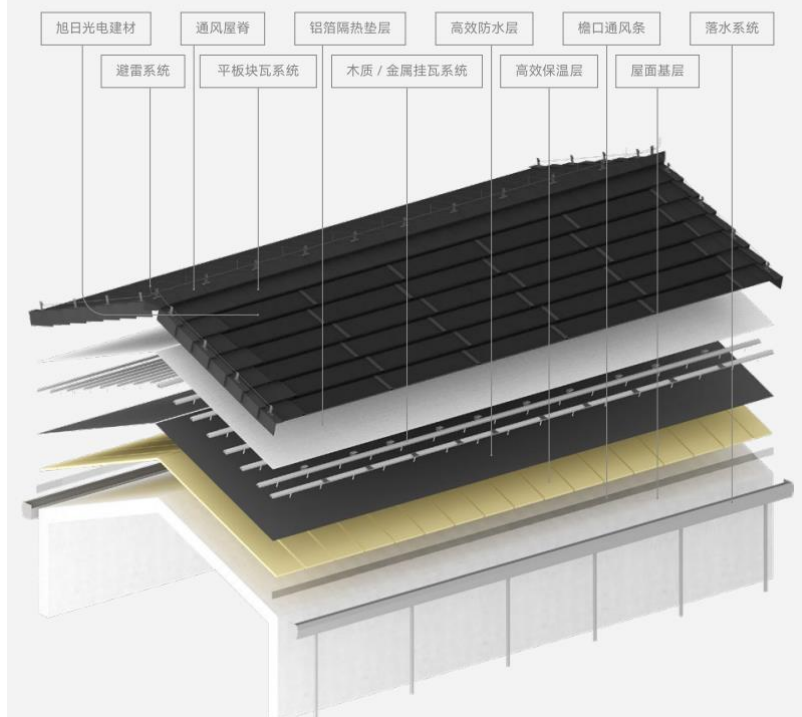
车棚



阳光房解决方案

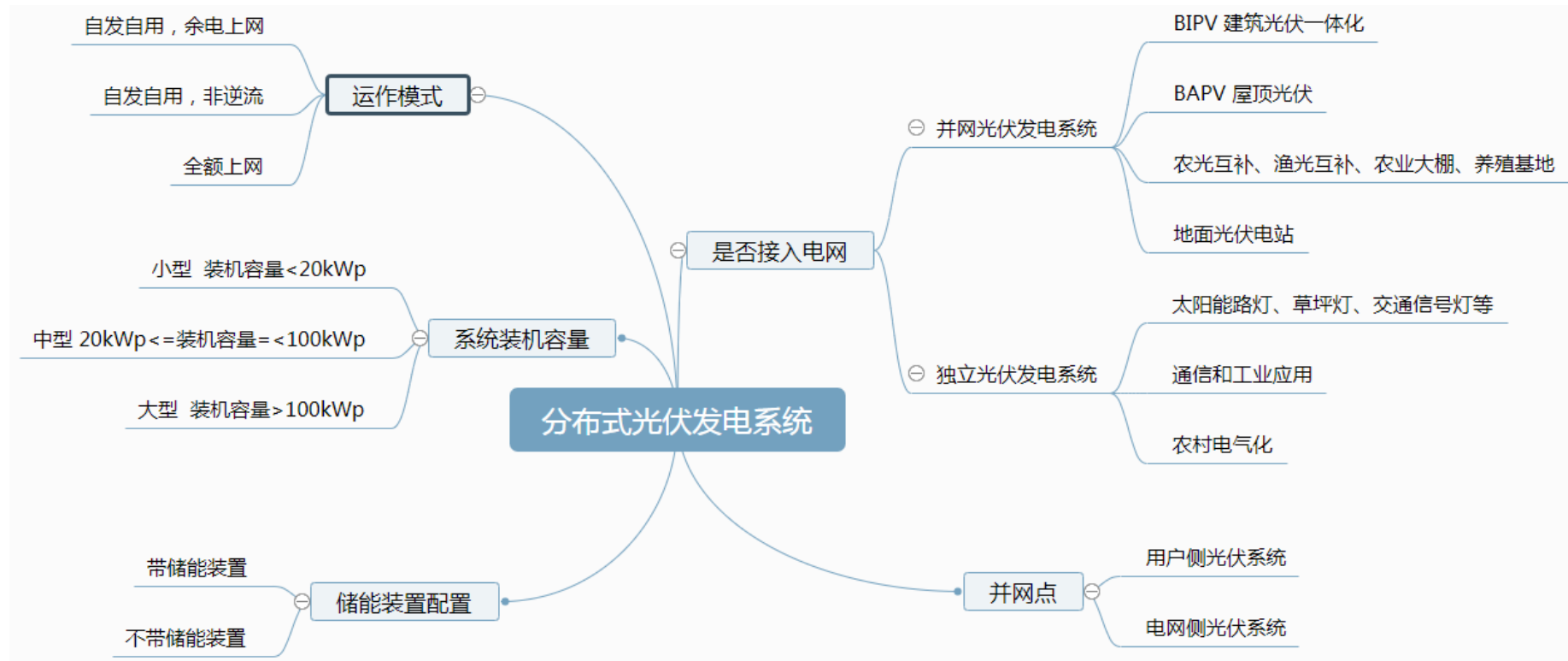


坡屋面解决方案





系统类型





系统框图

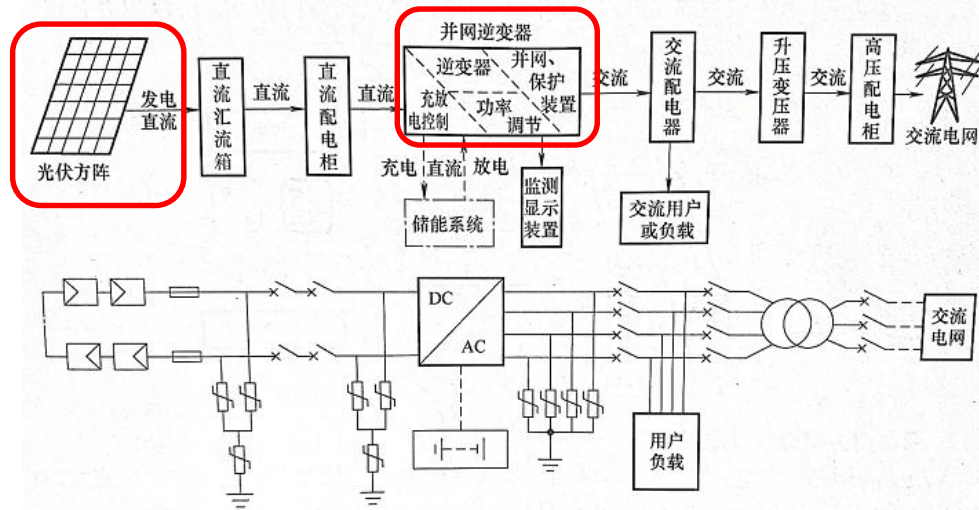


图 1-12 并网光伏发电系统工作原理

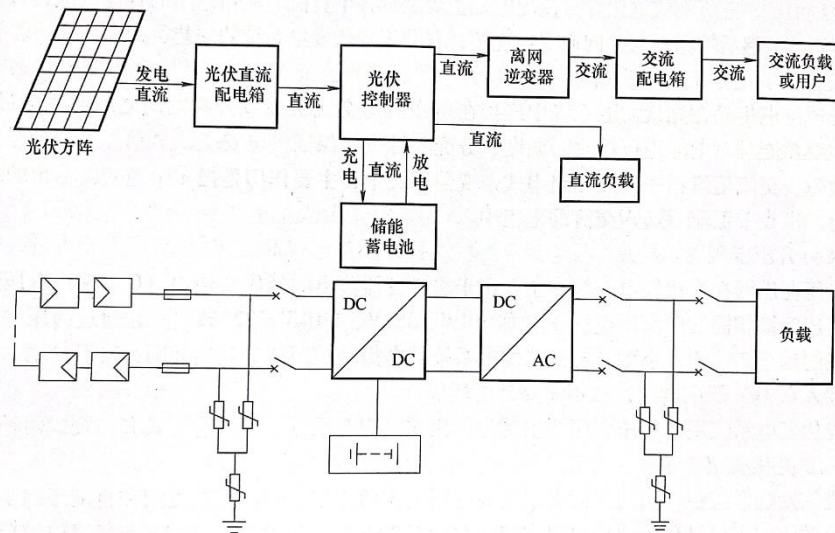


图 1-8 离网（独立）光伏发电系统的工作原理

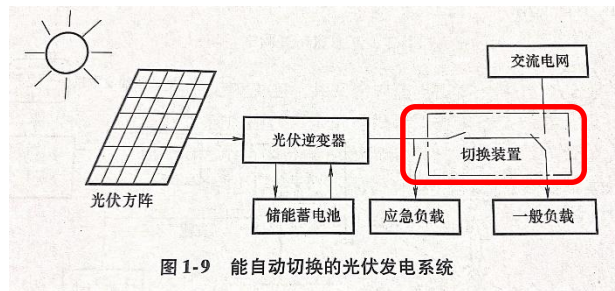


图 1-9 能自动切换的光伏发电系统

应根据项目情况进行系统设计，配置设备，部分系统可取消储能、直流汇流箱、直流配电箱等。



02

主要设备



主要设备



- | | | | |
|--------|---------|---------|----------|
| ① 光伏组件 | ② 直流汇流箱 | ③ 并网逆变器 | ④ 供电监控系统 |
| ⑤ 变压器 | ⑥ 交流配电柜 | ⑦ 厂区用电 | ⑧ 并入电网 |

①光伏组件：发电设备，将光转换为直流电

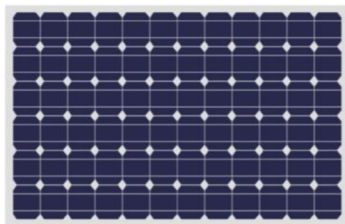
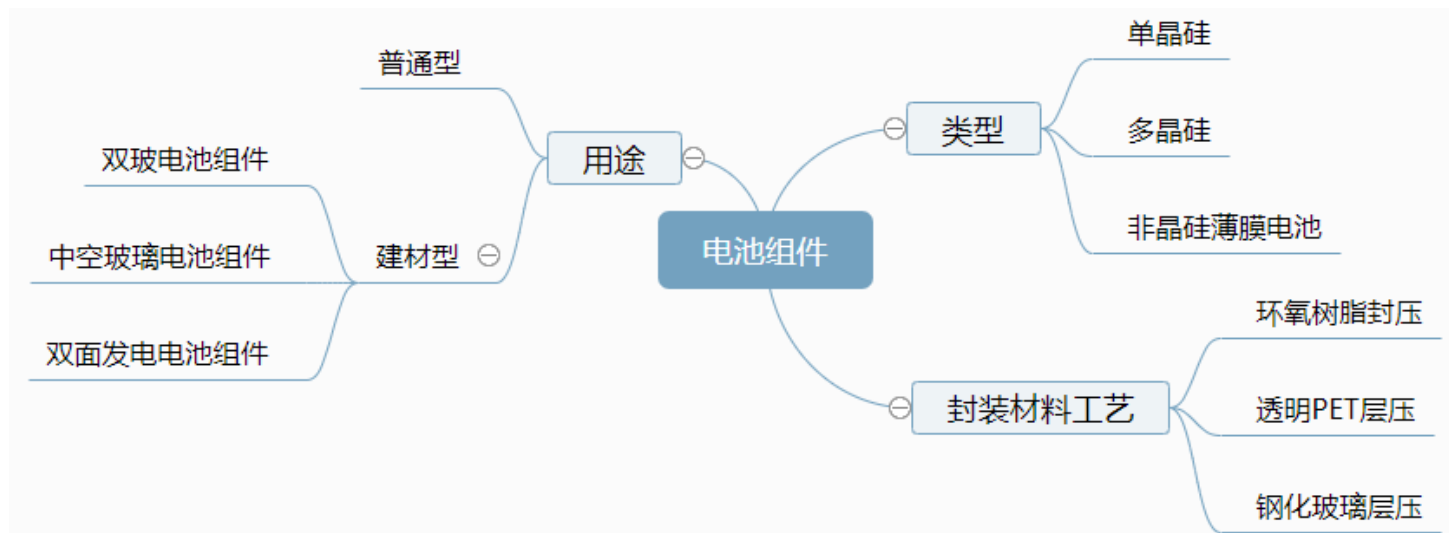
②直流汇流箱：汇集设备，将多路直流电汇为一路

③并网逆变器：换流设备，将直流电转换为家用交流电

④监控系统：监控设备，实时监控系统发电状态，具备故障报警，发电量统计功能

⑤变压器：升压设备，采用高压并网时需要

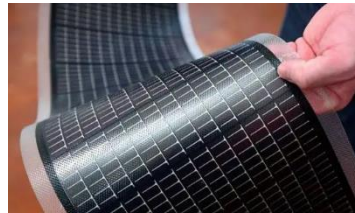
⑥交流配电柜：配电设备，具备计量，保护，监测功能



单晶硅



多晶硅



非晶硅薄膜



电池组件

序号	比较项目	多晶硅	单晶硅	非晶硅薄膜	比较结果
1	技术成熟性	目前常用的是铸锭多晶硅技术，70年代末研制成功	商业化单晶硅电池经50多年发展，技术已成熟阶段	70年代末研制成功，经过30多年发展，技术日趋成熟	多晶硅、单晶硅技术都比较成熟，产品性能稳定
2	光电转换效率	常规组件一般15%~21%	常规组件一般18%~22%	商业用电池一般5%~9%	单晶硅最高、多晶硅其次、非晶硅薄膜最低
3	价格	以往：材料制造简便，节约电耗，总的生产成本比单晶硅低现今：略低或与单晶相同	以往：材料价格及繁琐电池制造工艺，使成本价格居高不下 现今：略高或与多晶相同	生产工艺相对简单，使用原材料少，总的生产成本较低	非晶硅薄膜价格低于多晶，多晶硅价格低于单晶硅
4	对光照、温度等外部环境适应性	输出功率与光照强度成正比，在高温条件下效率发挥不充分	同左	弱光响应好，充电效率高。高温性能好，受温度的影响比晶体硅太阳能电池要小	晶体硅电池输出功率与光照强度成正比，比较适合光照强度高的沙漠地区
5	组件运行维护	组件故障率极低，自身免维护	同左	柔性组件表面较易积灰，且难于清理	晶体硅电池组件运行维护最为简单
6	组件使用寿命	经实践证明寿命期长，可保证25年使用期	同左	衰减较快，使用寿命只有10-15年	晶体硅电池组件使用寿命最长
7	外观	不规则深蓝色，可作表面弱光着色处理	黑色、蓝黑色	深蓝色	多晶硅外观效果好，利于建筑立面色彩丰富
8	安装方式	倾斜或平铺于建筑屋顶或开阔场地，安装简单，布置紧凑，节约场地	同左	柔性组件重量轻，对屋顶强度要求低，可附着于屋顶表面。刚性组件安装方式同左	建筑物使用薄膜组件优势明显；开阔场地使用晶体硅组件方便，布置紧凑，节约场地
9	国内自主化生产情况	产业链完整，生产规模大、技术先进	同左	2007年底2008年初国内开始生产线建设，起步晚，产能未完全释放	晶体硅电池组件国内自主化率有保证



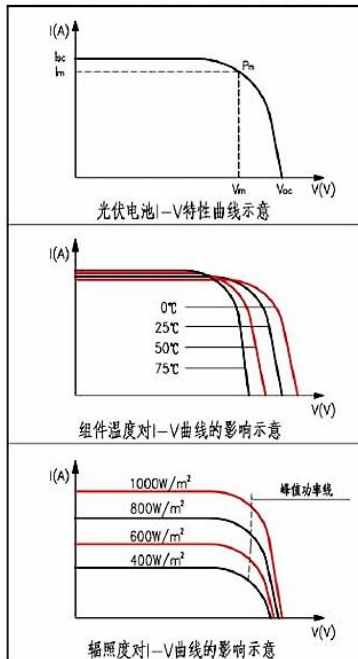
光伏组件主要电气技术参数

伏安(I-V)特性曲线	光伏组件在一定温度和辐照度以及不同负载条件下, 负载电流I和组件端电压V的关系曲线
短路电流(I _{sc})	在一定温度和辐照度条件下, 光伏组件在端电压为零时的输出电流
开路电压(V _{oc})	在一定温度和辐照度条件下, 光伏组件在空载(开路)情况下的端电压
最大功率(P _m)	在光伏组件的伏安特性曲线上, 电流电压乘积的最大值, 在标准试验条件下, 也叫峰值功率
最大功率点	在光伏组件的伏安特性曲线上对应最大功率的点, 亦称最佳工作点
最佳工作电压(V _m)	光伏组件伏安特性曲线上最大功率点所对应的电压, 在标准试验条件下, 也叫峰值电压
最佳工作电流(I _m)	光伏组件伏安特性曲线上最大功率点所对应的电流, 在标准试验条件下, 也叫峰值电流
填充因子(FF)	也叫曲线因子, 指光伏组件的最大功率与开路电压和短路电流乘积的比值, 即 $FF = P_m / (I_{sc} \times V_{oc})$
转换效率(η_i)	受光照光伏组件的最大功率与入射到该组件总面积上的辐照功率的百分比, 即 $\eta_i = P_m / (A \times P_{in})$, 其中A表示光伏组件全部光照面积(包括边缘、框架和任何凸出物), P_{in} 表示单位面积的入射光功率

影响光伏电池输出特性的主要因素

负载阻抗	当负载阻抗与电池组件的输出特性(I-V曲线)匹配时, 电池组件可以输出最大功率, 产生最大效率, 否则组件输出将会偏离最大功率点。
辐照度	在一定范围内辐照度和光伏电池的输出电流成正比, 对电压影响较小, 在温度不变的条件下, 光伏电池输出功率和辐照度基本成正比。
组件温度	在确定的入射光光谱和辐照度下, 对于晶体硅电池, 短路电流随温度上升而略微增加, 开路电压和最大输出功率随温度上升而显著下降。
遮挡效应	光伏组件由于表面积灰, 或被树叶、鸟粪、建筑物阴影局部覆盖, 或遮挡、光强分布不均匀等因素均会导致组件输出电流及功率降低, 甚至被遮挡的电池相当于负载消耗电能, 并会出现组件过热甚至击穿的热斑效应, 热斑效应会严重影响光伏组件的输出特性和使用寿命。

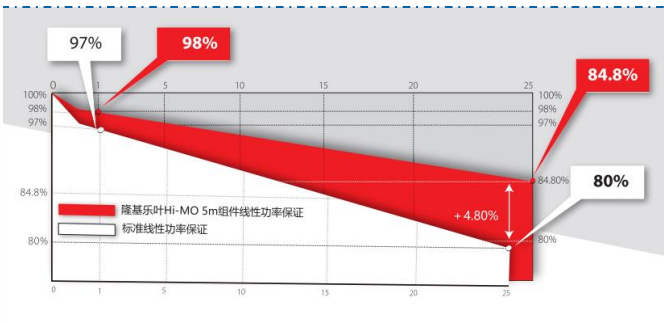
典型光伏电池电气特性示意图



电性能参数 (STC)

组件型号	525	530	535	540	545
最大功率 (P _{max} /W)	525	530	535	540	545
开路电压 (V _{oc} /V)	49.05	49.20	49.35	49.50	49.65
短路电流 (I _{sc} /A)	13.65	13.71	13.78	13.85	13.92
峰值功率电压 (V _{mp} /V)	41.20	41.35	41.50	41.65	41.80
峰值功率电流 (I _{mp} /A)	12.75	12.82	12.90	12.97	13.04
组件效率 (%)	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3

STC (标准测试环境): 辐照度1000W/m², 电池温度25°C, 光谱AM1.5



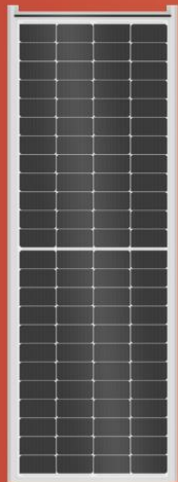


建筑光伏一体化电池组件

北极系列

Polaris Series

适配平改坡、车棚等多种构筑物应用场景，双腔构造边框设计保证更坚固的结构形式，装配式安装技术及集成化排水结构，安装便捷，节省工，具备安全、适用、耐久、经济和环保等综合性能优势。



强化双玻
抗冲击力强

重量轻
施工便捷

低反射率
面板

结构性
抗风揭

结构参数

尺寸

BMT-P1/096A

2152*764*31.5mm

重量

21±0.5Kg

电池类型

单晶硅太阳能单片电池 (96 片)

安全性参数

工作温度

-40°C ~+85°C

防护等级

II

电性能参数

功率等级

300W

每平米功率

182W/m²

开路电压 (Voc)

33.83V

短路电流 (Isc)

10.91A

最大功率点电流 (Impp)

10.42A

最大功率点电压 (Vmpp)

28.83V

温度系数

Isc 温度系数

0.048%/°C

Voc 温度系数

-0.28%/°C

PMPP 温度系数

-0.35%/°C

负载能力

正面最大静态载荷

5400Pa

背面最大静态载荷

2400Pa

碳中和指数

30 年发电量

8812kWh

30 年发电量折合标准煤

2688kg

30 年发电量折合碳减排

7050kg

光储充一体化车棚解决方案



固德威光储充一体化车棚，为零碳出行设计。模块化结构，抗风防水耐候性强。新能源车高比例消纳清洁电力，搭配储能系统可满足多场景应用，实现真正意义上的可持续发展。

平改坡厂房解决方案



一体化
多样应用

结构化
集成导排水

模块化
快速安装



逆变器类型	集中式	组串式	多MPPT式	微型逆变器
输出功率	一般10~500kW	一般1~30kW	一般小于20kW	一般小于1kW
适用电压	三相380V	单相220V或三相380V	单相220V或三相380V	单相220V
适用范围	要求对建筑表面的安装场地形状规则，日照均匀，无遮挡物，各光伏组件规格一致。	适用于各种建筑光伏系统，各光伏组串安装朝向不同，规格不同。	适用于各种建筑光伏系统，各光伏组串安装朝向不同，规格不同。	适用于各种建筑光伏系统，每块光伏组件连接一个逆变器。
方案示意				
系统特点	1. 各光伏组串的不匹配或遮挡会影响到系统效率，难以同时实现各组串的MPPT功能； 2. 系统无冗余能力； 3. 直流侧需较多直流电缆； 4. 集中并网，便于管理。	1. 每路光伏组串的逆变器都可实现各自MPPT功能，整体效率不受组串间差异影响； 2. 系统具有一定的冗余运行能力； 3. 可分散就近并网，减少直流电缆使用； 4. 为便于管理，对通讯系统要求较高。	1. 兼具集中式和组串式特点； 2. 不同额定值、不同安装条件的组串连接在同一个逆变器的不同MPPT输入回路上，每一组串都可以同时实现各自MPPT功能； 3. 相对组串式，可减少逆变器应用数量。	1. 针对每块组件实现MPPT功能； 2. 环境适应性强，对组件一致性要求低； 3. 直流侧布线简单，无需汇流设备； 4. 系统冗余运行能力强，扩展方便； 5. 接入点多，对电能质量有一定影响。



类别	特点	优点	缺点
集中式逆变器	集中式逆变器一般用于日照均匀的大型厂房，荒漠电站，地面电站等大型发电系统中，系统总功率大，目前，国内主流机型单机功率以500kW、600kW为主，随着技术不断的发展，集中式逆变器功率等级和集成度在不断地提高，逆变器单机功率已经可以达到3.2MW。	1) 逆变器数量少，便于管理； 2) 逆变器元器件数量少，可靠性高； 3) 谐波含量少，直流量少电能质量高； 4) 逆变器集成度高，功率密度大，成本低； 5) 逆变器各种保护功能齐全，电站安全性高； 6) 有功率因素调节功能和低电压穿越功能，电网调节性好。	1) 直流汇流箱故障率较高，影响整个系统； 2) 集中式逆变器MPPT路数较少，一般为1路，组件配置不灵活。在阴雨天，雾气多的部区，发电时间短； 3) 逆变器机房安装布置困难、需要专用的机房和设备； 4) 逆变器自身耗电以及机房通风散热耗电，系统维护相对复杂； 5) 集中式并网逆变系统中，组件方阵经过两次汇流到达逆变器，逆变器最大功率跟踪功能（MPPT）不能监控到每一路组件的运行情况，因此不可能使每一路组件都处于最佳工作点，当有一块组件发生故障或者被阴影遮挡，会影响整个系统的发电效率。
组串式逆变器	组串式逆变器适用于中小型屋顶光伏发电系统，小型地面电站，单机功率3kW—225kW。组串式逆变器允许多路输入，每路或几路具有MPPT，能够很好的避免并联阵列因模块差异和遮影等因素给系统带来的影响，减少了光伏组件最佳工作点与逆变器不匹配情况。	1) 多路MPPT能够减少云层遮挡、光伏组件朝向不一致、组件衰减不一致情况下对发电量的影响，发电量提升约5%以上； 2) 组串式并网逆变器的体积小、重量轻，搬运都非常方便，在各种应用中都能够简化施工、减少占地，直流线路连接也不需要直流汇流箱和直流配电柜等。组串式还具有自耗电低、故障影响小、更换维护方便等优势。 3) 能够快速更换逆变器，单一逆变器故障对发电系统影响较小； 4) 支持不同型号的组件混用，方便更换和淘汰劣质组件，减少电站运维成本；	1) 电子元器件较多，功率器件和信号电路在同一块板上，设计和制造的难度大； 2) 功率器件电气间隙小，不适合高海拔地区。户外型安装，风吹日晒很容易导致外壳和散热片老化； 3) 逆变器数量多，总故障率会升高； 4) 单台逆变器可以实现零电压穿越功能；



组串式逆变器

效率	
最大效率	98.6%
中国效率	98.1%
输入	
最大输入电压	1,100 V
每路MPPT最大输入电流	26 A
每路MPPT最大短路电流	40 A
MPPT电压范围	200 V ~ 1,000 V
额定输入电压	600 V
输入路数	20
MPPT数量	10
输出	
额定输出功率	110,000 W
最大视在功率	121,000 VA
最大有功功率 ($\cos\phi=1$)	121,000 W
额定输出电压	3 × 220 V/380 V, 3 × 230 V/400 V, 3W+N+PE
输出电压频率	50 Hz
额定输出电流	167.2A (380Vac) , 158.8A (400Vac)
最大输出电流	185.7A (380Vac) , 176.4A (400Vac)
功率因数	0.8 超前 ... 0.8 滞后
最大总谐波失真	<3%

在无超配工况下，由于客观存在的各种损耗，逆变器实际输出最大容量只有逆变器额定容量的80%~90%左右，即使在光照最好的时候，逆变器也没有满载工作，而合理的提高容配比，实际上可以提高逆变器和系统的利用率。

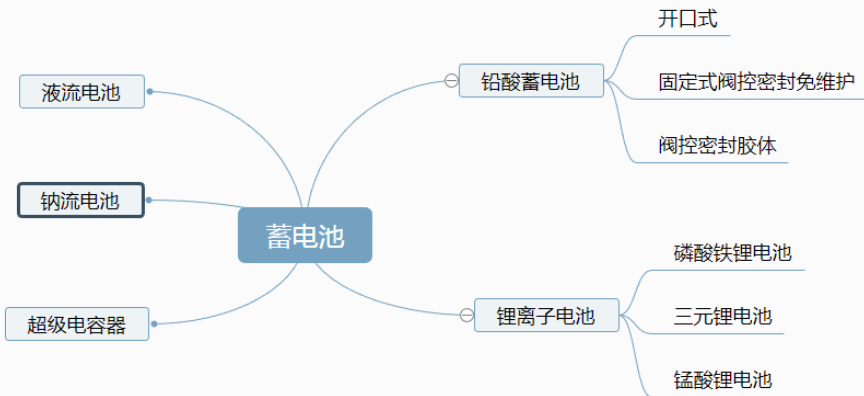


表 4-13 几种常用储能电池的性能参数对比

电 池 类 型	磷酸铁锂电池	三元锂离子电池	铅碳电池	全钒液流电池
单体电压/V	3.2	3.7	2	1.2 ~ 1.6
能量密度/(Wh/kg)	90 ~ 160	120 ~ 220	35 ~ 55	25 ~ 40
放电深度 (DOD)	90%	90%	70%	100%
充放电倍率	4C	2C	0.3C	1C
循环寿命	>5000 次	>4500 次	3000 次	15000 次

电 池 类 型	磷酸铁锂电池	三元锂离子电池	铅碳电池	全钒液流电池
安全性	★★★★	★★	★★★★★	★★★★★
库伦效率	>95%	>95%	80%	70%
自放电率	2%	2%	4% ~ 50%	3% ~ 9%
总体评价	技术成熟、安全性高、寿命长、环境适应性好	技术成熟、安全性稍差、能量密度高	技术成熟、价格低廉、有效利用率低、放电倍率低	技术成熟度低、价格高、运维麻烦



03

系统设计



规范

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》	GB55015-2021
《光伏发电站设计规范》	GB50797-2012
《光伏发电工程验收规范》	GB/T50796-2012
《建筑光伏系统应用技术标准》	GB/T51368-2019
《光伏发电接入配电网设计规范》	GB/T50865-2013
《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》	JGJ203-2010
《光伏发电站接入电力系统设计规范》	GB/T50866-2013
《光伏方阵设计要求》	IES/TS 62548-2013
《太阳能光伏玻璃幕墙电气设计规范》	JGJ/T 365-2015

图集

《建筑太阳能光伏系统设计与安装》	16J908-5
《建筑一体化光伏系统电气设计与施工》	15D202-4

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 55015-2021

建筑节能与可再生能源利用通用规范

General code for energy efficiency and renewable energy
application in buildings

2021-09-08 发布

2022-04-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局 联合发布



《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015—2021

5.2.1 新建建筑应安装太阳能系统。

1.0.2 条文说明本规范适用范围。本规范适用于新建、扩建和改建的民用建筑及工业建筑;除新建建筑节能设计章节以及针对新建建筑的条文外,也适用于既有建筑节能改造。

不适用于没有设置供暖、空调系统的工业建筑,也不适用于战争、自然灾害等不可抗条件下对建筑节能与可再生能源利用的要求。对使用期限为 2 年以下的临时建筑不做强制要求,可参照执行。

5.2.2 在既有建筑上增设或改造太阳能系统,必须经建筑结构安全复核,满足建筑结构的安全性要求。

5.2.5 太阳能系统与构件及其安装安全,应符合下列规定:

- 1 应满足结构、电气及防火安全的要求;
- 2 由太阳能集热器或光伏电池板构成的围护结构构件,应满足相应围护结构构件的安全性及功能性要求;
- 3 安装太阳能系统的建筑,应设置安装和运行维护的安全防护措施,以及防止太阳能集热器或光伏电池板损坏后部件坠落伤人的安全防护设施。

5.2.6 太阳能系统应对下列参数进行监测和计量:

- 2 太阳能光伏发电系统的发电量、光伏组件背板表面温度、室外温度、太阳总辐照量。

5.2.9 太阳能热利用系统中的太阳能集热器设计使用寿命应高于 15 年。太阳能光伏发电系统中的光伏组件设计使用寿命应高于 25 年,系统中多晶硅、单晶硅、薄膜电池组件自系统运行之日起,一年内的衰减率应分别低于 2.5%、3%、5%,之后每年衰减应低于 0.7%。

5.2.11 太阳能光伏发电系统设计时,应给出系统装机容量和年发电总量。



《建筑电气与智能化通用规范》GB 55015—2021

- 3.1.8 与电网并网的光伏发电系统应具有相应的并网保护及隔离功能。
- 3.1.9 光伏发电系统在并网处应设置并网控制装置，并应设置专用标识和提示性文字符号。
- 3.1.10 人员可触及的可导电的光伏组件部位应采取电击安全防护措施并设警示标识。

《民用建筑电气设计标准》GB 51348-2019

- 25.2.7 民用建筑光伏方阵宜采用固定式布置，非围护结构的光伏方阵安装倾角应结合建筑的形式、场地面积、光伏发电系统的类型、年平均辐照度和气候条件进行设计。
- 25.2.8 在人员可接触或接近光伏发电系统的区域，应设置安全防护措施。
- 25.2.10 直流线路的选择与安装：光伏组件、光伏方阵和直流主干线电缆应能承受预期的外部环境影响；电缆应有固定和防晒等措施。
- 25.2.11 光伏发电系统逆变器的确定应符合下列规定：
 - 1 逆变器的直流侧应设置隔离开关。
 - 2 独立光伏发电系统的逆变器容量应根据负荷性质和最大功率确定。
 - 3 同一个逆变器接入的光伏组件串的电压、方阵朝向、安装倾角应一致。
 - 4 逆变器允许的最大直流输入电压和功率不应小于其对应的光伏组件或光伏方阵的最大开路电压和最大直流输出功率。
 - 5 光伏组件串的最大功率工作电压变化范围应在逆变器的最大功率跟踪电压范围内。
 - 6 并网光伏发电系统的逆变器性能应符合电网相关技术要求，同时还应符合下列规定：
 - 1) 应设置自动运行和停止功能；
 - 2) 在直流侧和交流侧都应采取隔离措施；
 - 3) 应具有最大功率跟踪控制和防止孤岛效应的功能；
 - 4) 未设置隔离变压器的逆变器应具备直流检测功能；
 - 5) 除维修时间外，逆变器的控制电路应保持与电网的连接，监测电网状态；
 - 6) 应确保与电网具有相同的电压、相位、相数、频率和接线方式。
 - 7 逆变器应设置通信接口。
 - 8 逆变器的直流侧宜设置光伏用直流电弧故障断路器。



《民用建筑电气设计标准》GB 51348-2019

25.2.13 光伏发电系统接入配电网时，应符合下列规定：

1 光伏发电系统的并网方式和安全保护要求应符合现行国家标准《光伏发电接入配电网设计规范》GB/T 50865和《光伏发电站接入电力系统设计规范》GB/T 50866等的规定；

2 当光伏发电系统采用非逆流并网时，应配置逆向功率保护装置；当检测到逆向电流超过额定输出的5%时，光伏发电系统应在2s内停止向电网送电；

3 应能监测并网点的电能质量参数，超限时应自动将光伏系统与配电网安全解列；

4 光伏发电系统与配电网之间的开关应具有同时切断相导体和中性导体的功能；

5 光伏发电系统应配置防孤岛保护，当检测到孤岛时，应断开与配电网的连接；

6 光伏发电系统应配置电能计量装置；

7 并网处设置的并网箱(柜)应设置警示标识，箱(柜)内应设置具有明显断点的隔离开关和断路器；

8 光伏发电系统总容量不宜超过上一级变压器额定容量的25%；

9 光伏发电系统额定电流与并网点的三相短路电流之比不宜高于10%；

10 光伏系统接入配电网可采用专线或T接的方式。

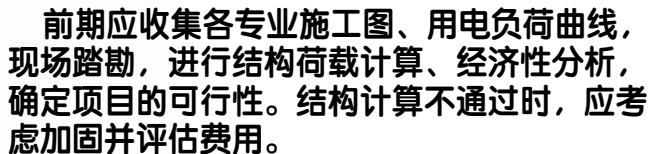
25.2.16 光伏发电系统防雷与接地，除应符合本标准第11章、第12章的有关规定外，尚应符合下列规定：

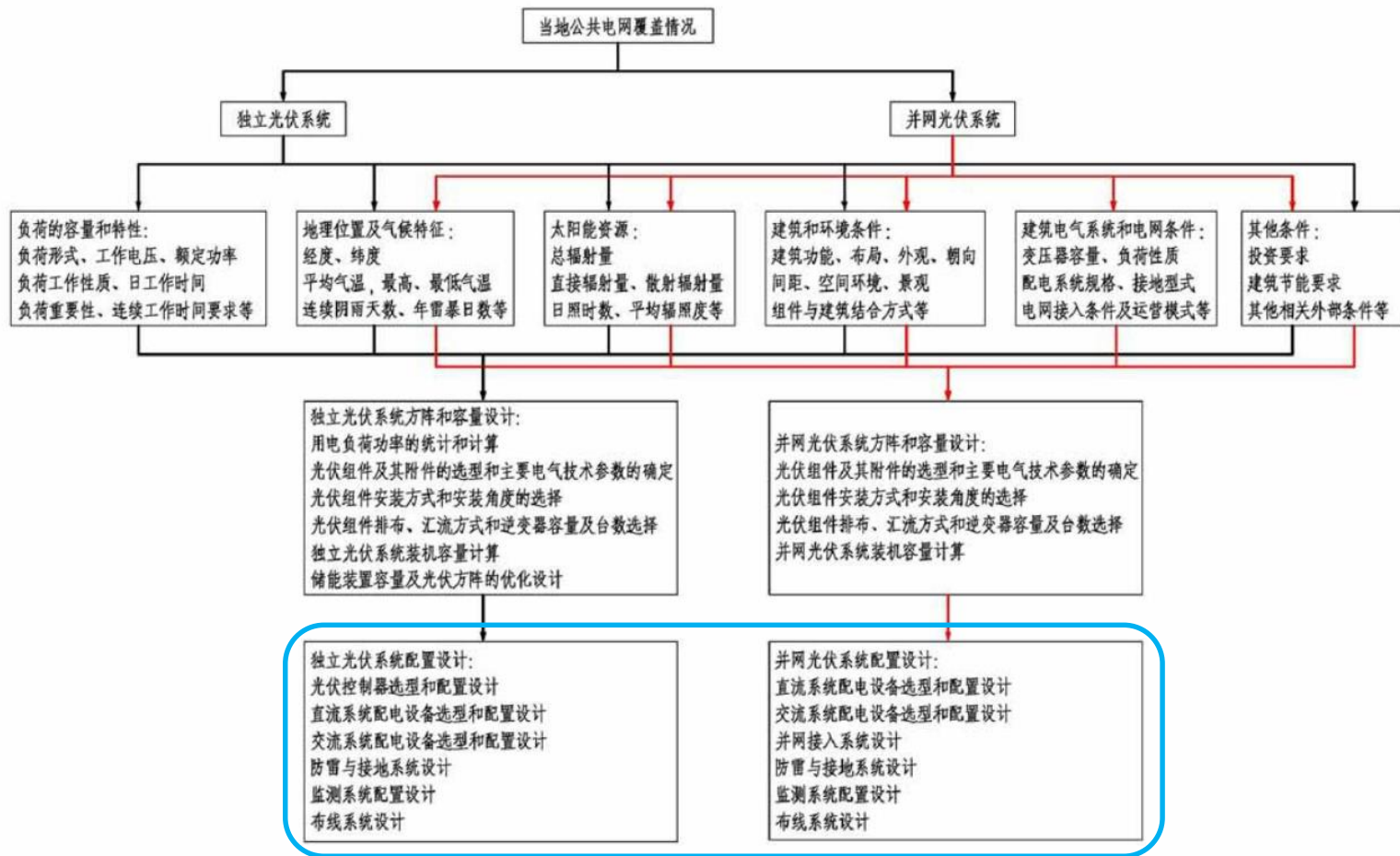
1 光伏汇流箱内应设置限压型电涌保护器；

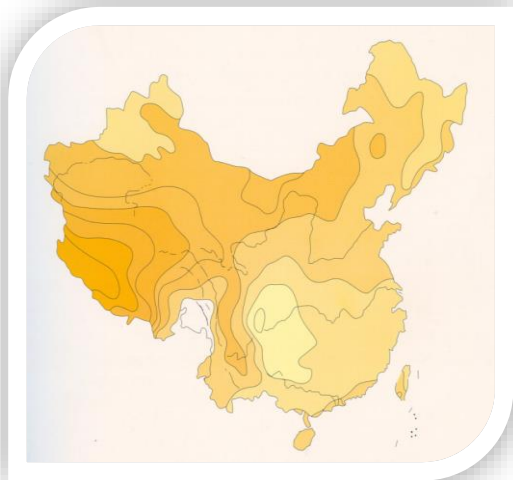
2 光伏发电系统应设置总等电位联结母排；

3 当敷设保护等电位联结导体时，应使其与直流电缆和交流电缆以及附件平行，并尽可能紧密接触；

4 在直流侧，不得采用不接地的局部等电位联结保护。







全国太阳能资源总体上
呈西北高、东南低的趋
势

评估数据源

项目周边已 建电站数据

如果项目周边有已建成光伏电站，可收集该电站的有关数据，主要包括**直流侧装机容量**、光伏组件型号、**支架运行方式**等。光伏电站内辐射观测仪器的逐月（年）**辐射及发电量数据**。

站址测光数据

观测周期**不小于1年**的逐小时的观测记录，包括总辐射量、直接辐射量、散射辐射量、最大辐照度、日照时数、最佳固定倾角面上的日照辐射观测量（如有）、气温、风速等。

国家级辐射站 +参证气象站

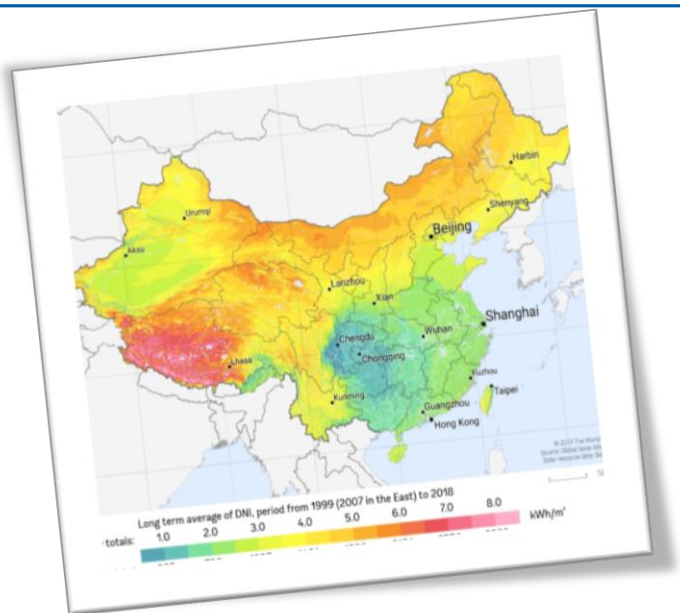
距离项目最近的国家级辐射站连续30年（最少10年）以上的逐年各月的水平面总辐射量、日照时数以及同期的参证气象站的日照时数数据。

模拟数据

公开免费数据源：**Meteonorm**、NASA
收费数据源：SolarGis、3Tier



太阳能资源评估



我国太阳能资源的年分布总的来看具有高原大于平原、内陆大于沿海和干燥区大于湿润区等特点。青藏高原为一稳定的高中心，高达 $10100 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。高值带由此向东北延伸，内蒙古高原也为一相对的高值区，等值线在高原东部边缘密集。低值中心在四川盆地，只有约 $3300 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。



湖南省年太阳总辐射在 $3200 \text{ MJ}/\text{m}^2 \sim 4600 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 之间，以湘东北洞庭湖区年总辐射较多，湘西山区较少；超过 $4200 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 的高值区出现在包括安乡、长沙、华容、澧县、临湘、汨罗、湘阴、沅江等县市在内的洞庭湖地区以及汝城、宁乡等地，低于 $3600 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 的低值区出现在包括保靖、龙山、桑植、永顺、花垣等县市在内的湘西北地区以及凤凰、新晃等地，其他大部分地区的年太阳总辐射在 $3600 \text{ MJ}/\text{m}^2 \sim 4200 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 之间； $4000 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 分界线大致位于东经 $111^\circ \sim 112^\circ$ 之间，呈南北走向，将湖南一分为二，东半部多于西半部。湖南省年日照小时数为 $1300 \text{ h} \sim 1800 \text{ h}$ ，是同纬度中太阳能比较充分的省份。



固定式组件最佳倾角计算

$$H_t = H_{bt}(S) + H_{dt}(S) + H_{rt}(S) \quad (5.2-1)$$

$$H_{bt} = H_b \times R_b \quad (5.2-2)$$

$$H_{dt} = H_d \left[\frac{H_b}{H_t} R_b + 0.5 \times \left(1 - \frac{H_b}{H_t} \right) (1 + \cos S) \right] \quad (5.2-3)$$

$$H_{rt} = 0.5 \rho H (1 - \cos S) \quad (5.2-4)$$

$$R_b = \frac{\cos(\phi - S) \cos \delta \sinh'_s + \frac{\pi}{180} h'_s \sin(\phi - S) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sinh_s + \frac{\pi}{180} h_s \sin \phi \sin \delta} \quad (5.2-5)$$

式中：H——水平面上总辐射量，为水平面上的直接辐射量与散射辐射量之和；

H0——大气层外水平面上太阳辐射量；

Ho——水平面上太阳直接辐射量；

Hbt——倾斜面上太阳直接辐射量；

Hd——水平面上散射辐射量；

Hdt——倾斜面上太阳散射辐射量；

Hrt——倾斜面上地面反射辐射量；

Ht——倾斜面上的总辐射量，为倾斜面上的直接辐射量、散射辐射量以及地面反射辐射量之和；

hs——水平面上的日落时角；

Hs——倾斜面上的日落时角；

Rb——倾斜面与水平面上直接辐射量的比值；

S——倾斜面的角度；

序号	区域	类别	城市名称	安装角度/°	峰值日照时数/(h/天)	每瓦首年发电量/(kW·h/W)	年有效利用小时数/h
98	华中地区	湖北省	株洲	19	3.46	0.998	997.69
99			湘潭	16	3.23	0.933	931.37
100			衡阳	18	3.39	0.978	977.51
101			郴州	18	3.46	0.998	997.69
102			永州	15	3.27	0.944	942.90
103			邵阳	15	3.25	0.937	937.14
104			怀化	15	2.96	0.853	853.52
105			娄底	16	3.19	0.921	919.84
106			湘西	15	2.83	0.817	816.03
107			武汉	20	3.17	0.914	914.07
108	华中地区	湖北省	十堰	26	3.87	1.116	1115.91
109			襄阳	20	3.52	1.016	1014.99
110			荆门	20	3.16	0.913	911.19
111			孝感	20	3.51	1.012	1012.11
112			黄石	25	3.89	1.122	1121.68
113			咸宁	19	3.37	0.972	971.74
114			荆州	23	3.75	1.081	1081.31
115			宜昌	20	3.44	0.992	991.92
116			随州	22	3.59	1.036	1035.18
117			鄂州	21	3.66	1.057	1055.36
118	华中地区	湖北省	黄冈	21	3.68	1.063	1061.13
119			恩施	15	2.73	0.788	787.20
120			仙桃	17	3.29	0.949	948.67
121			天门	18	3.15	0.91	908.30
122			神农架	21	3.23	0.934	931.37
123			潜江	27	3.89	1.122	1121.68
124			成都	16	2.76	0.798	795.85
125			广元	19	3.25	0.937	937.14
126			绵阳	17	2.82	0.813	813.15
127			德阳	17	2.79	0.805	804.50
128	西南地区	四川省	南充	14	2.81	0.81	810.26
129			广安	13	2.77	0.8	798.73
130			遂宁	11	2.8	0.808	807.38
131			内江	11	2.59	0.747	746.83
132			乐山	17	2.77	0.799	798.73



并网光伏系统方阵设计

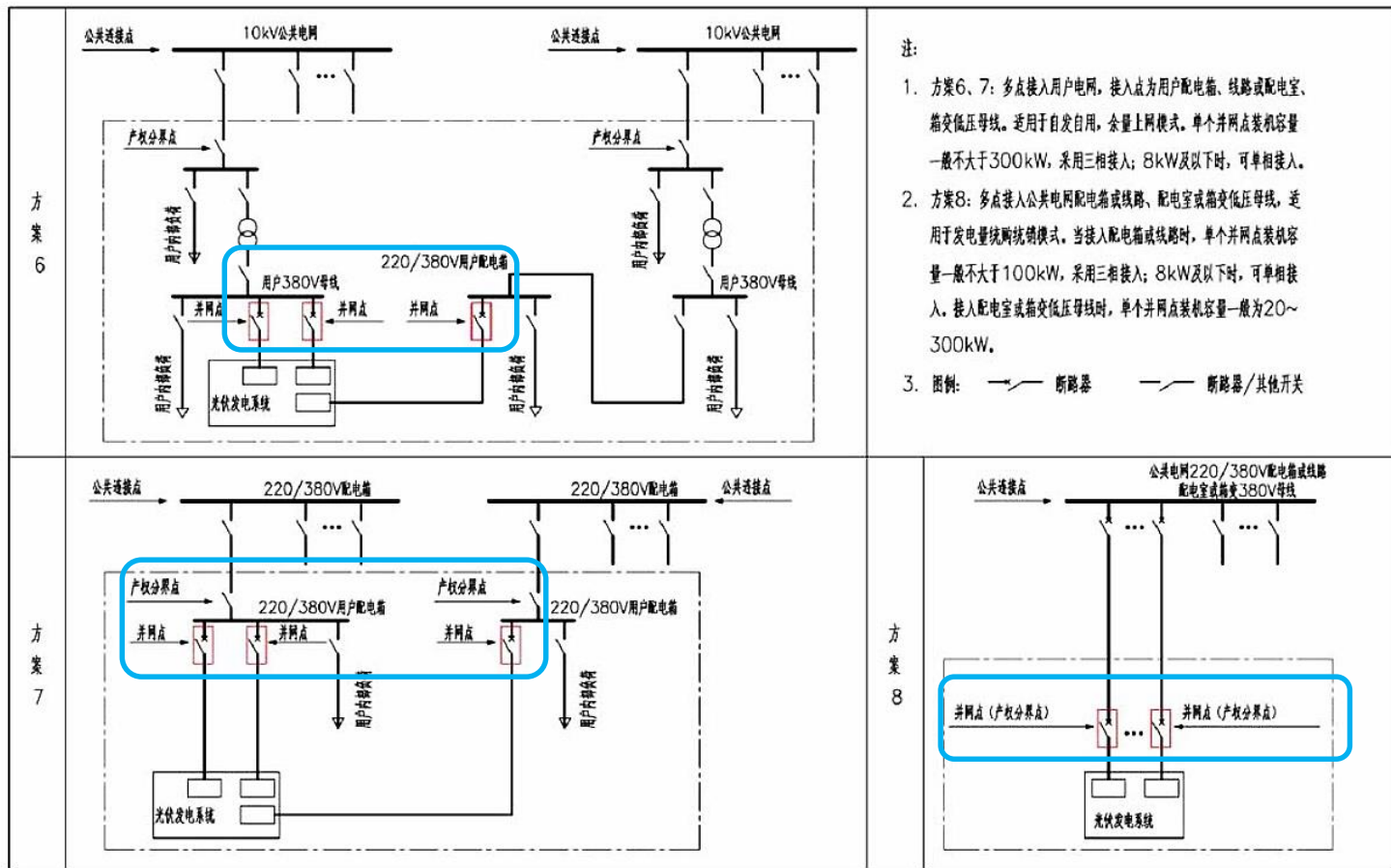
设计步骤	设计内容	设计步骤	设计内容
组件规格及逆变器	1. 根据建筑条件和设计要求确定光伏组件的形式、规格、安装位置及面积； 2. 根据建筑要求和当地气象地理和日照条件确定组件安装倾角； 3. 根据系统容量、负荷性质及组串排布确定并网逆变器的型式和数量。	组串组合方式计算	2. 光伏组串的并联数计算： 光伏组串的并联数可根据逆变器额定容量及光伏组串的功率确定，即 $N_p \leq \frac{P_n}{P_m \times N_s}$ 式中： N_p — 光伏组件并联数(取整)； P_n — 逆变器额定功率(kW)； P_m — 单块光伏组件峰值功率(kWp)
组串组合方式计算	1. 光伏组件的串联数范围计算： (1) 光伏组串最大开路电压不应超过逆变器允许的最大直流输入电压，即 $N_s \leq \frac{V_{dcmax}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$ (2) 光伏组串的工作电压应处于逆变器MPPT电压中间范围内，即 $\frac{V_{mpptmin}}{V_{pm} \times [1 + (t' - 25) \times K_v']} \leq N_s \leq \frac{V_{mpptmax}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K_v']}$ 式中： K_v — 光伏组件的开路电压温度系数，由组件厂商提供； K_v' — 光伏组件的工作电压温度系数，如厂商无数据，可用 K_v 代替； N_s — 光伏组件的串联数(取整)； t — 光伏组件工作条件下的极限低温(°C)； t' — 光伏组件工作条件下的极限高温(°C)； V_{dcmax} — 逆变器允许的最大直流输入电压(V)； $V_{mpptmax}$ — 逆变器MPPT电压最大值(V)； $V_{mpptmin}$ — 逆变器MPPT电压最小值(V)； V_{oc} — 光伏组件的开路电压(V)； V_{pm} — 光伏组件的工作电压(V)。 (3) 结合光伏组件排布、汇流、安装条件等因素，合理选择组件串联数。	发电量估算	1. 光伏系统装机容量的计算： $P = N_s \times N_p \times P_m$ 式中： P — 光伏系统装机容量(kWp)； 2. 并网光伏系统发电量估算： $E_p = \frac{H_A}{E_s} \times P \times K = H_A \times A \times \eta_i \times K$ 式中： K — 光伏系统综合效率系数，见图集第17页； H_A — 水平面太阳总辐照量(kWh/m ²)，计算月发电量时，应为各月的日均水平面太阳总辐照量和每月天数的乘积； E_p — 并网发电量(kWh)； E_s — 标准条件下的辐照度(常数)，1kW/m ² ； A — 计算范围内的方阵组件总面积(m ²)； η_i — 组件转换效率(%)，由制造商提供的数据确定。



独立光伏系统容量设计

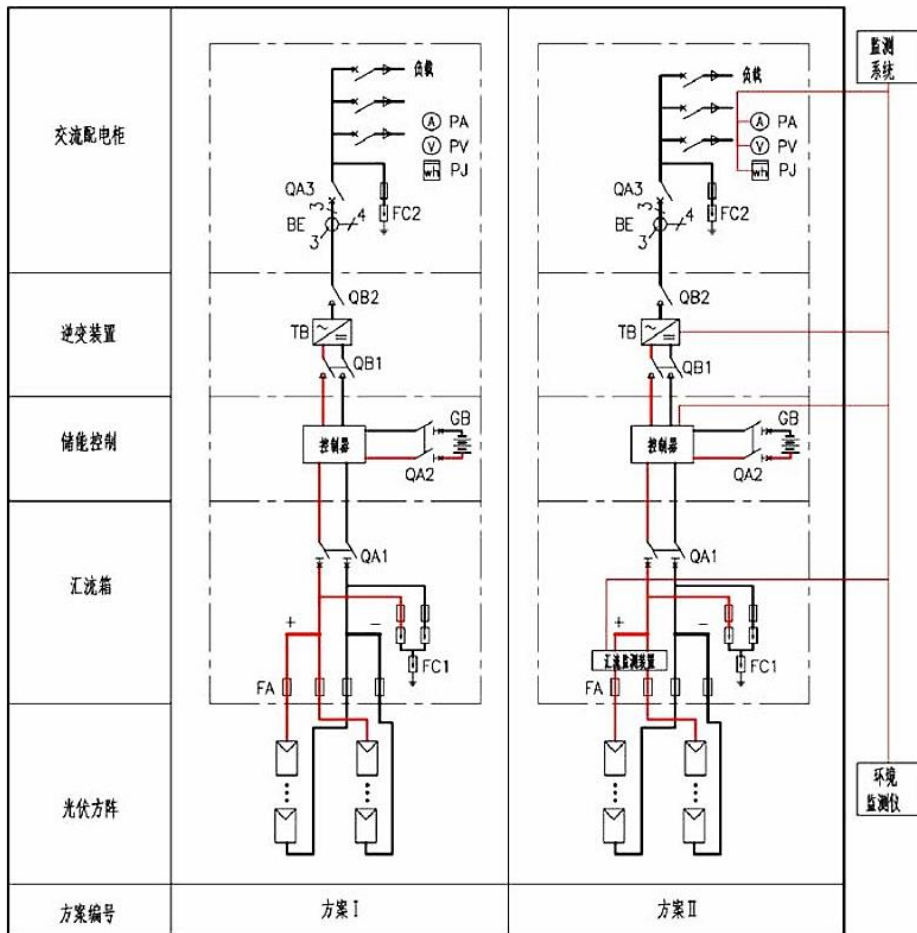
设计步骤	设计内容	设计步骤	设计内容
用电负荷容量计算	1. 负载统计：所有负载额定电压、功率、工作时间及用电设备性能特点等； 2. 计算负载平均容量 P_0 (kW)； 3. 确定光伏系统直流工作电压和交流输出电压等级。		V_{sc} ——储能电池组浮充电压(V)，包括防反二极管和直流线路的压降，也可按式 $V_{sc}=1.43 \times V_s$ 估算； V_s ——系统直流工作电压(V)。
光伏方阵容量计算	1. 根据当地气象地理条件，确定水平面日均太阳总辐照量等太阳能资源条件以及需要保持连续供电的最大连续阴雨天数； 2. 选择组件类型，确定组件的技术参数； 3. 独立光伏系统装机容量计算： $P = \frac{P_0 \times D_t \times F \times E_s}{H_a \times K}$ 式中： P ——独立光伏系统装机容量(kWp)； P_0 ——负载平均容量(kW)，由用户需求和计算确定； D_t ——负载日用电时数(h)，由用户确定； H_a ——太阳辐射最劣月份日均水平面太阳总辐照量(kWh/m ² /day)； F ——考虑连续阴雨天数的裕量系数，根据具体情况可取1.2~2.0； K ——光伏系统综合效率系数； E_s ——标准条件下的辐照度(常数)，1kW/m ² 。	光伏方阵容量计算	5. 光伏组件并联数计算： $N_p = \frac{P}{P_m \times N_s}$ 式中： N_p ——光伏组件并联数； P_m ——所选单块组件峰值功率(kWp)。
		储能电池容量计算	储能电池总容量计算： $C_c = \frac{D \times F_c \times P_0}{U \times K_a}$ 式中： C_c ——储能电池总容量(kWh)； D ——最长无日照期间用电时数(h)，指当地最大连续阴雨用电时数，对供电要求不很严格的用电负荷，一般可取3~5d的用电时数，对于重要设施一般可取7~14d的用电时数； F_c ——储能电池放电效率的修正系数，通常为1.05； P_0 ——负载平均功率(kW)； U ——储能电池的放电深度，通常为0.5~0.8； K_a ——包括储能电池的放电效率，控制器、逆变器和交流回路的效率，通常为0.7~0.8。当蓄电池容量以安时(Ah)为单位时，公式为： $C_a = 1000 C_c / V_s$ ， C_a ——储能电池容量(Ah)。

6.5.2 本条中， C_c ——储能电池的容量计算考虑了环境温度对其容量的影响，并根据储能电池供应商提供的温度-容量关系曲线进行修正。 D ——最长无日照期间用电时数，是指独立型光伏电站当地最大连续阴雨用电时数。如对供电要求不很严格的用电负荷，可通过调节用电需求克服恶劣天气带来的不便，设计时可适当减少自给时数，一般可以取3d~5d的用电时数。对于重要设施的独立型光伏电站则需适当增加蓄电池容量，一般可以取7d~14d的用电时数。





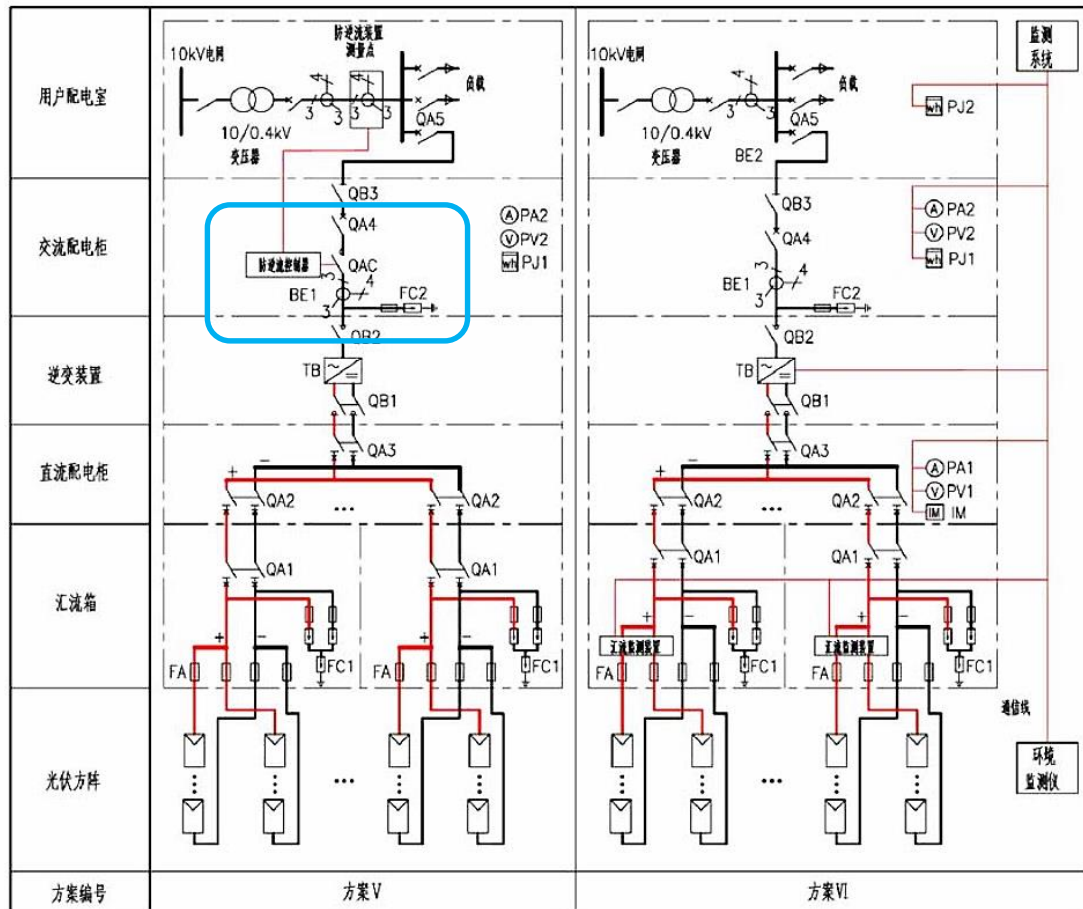
独立光伏发电系统



序号	代号	名称
1	FA	直流熔断器
2	FC1	直流电源保护器
3	QA1~2	直流断路器
4	TB	逆变器
5	BE	电流互感器
6	FC2	交流电源保护器
7	QA3	交流断路器
8	QB1~2	隔离开关
9	PA	交流电流表
10	PV	交流电压表
11	PJ	交流电能表
12	GB	蓄电池组



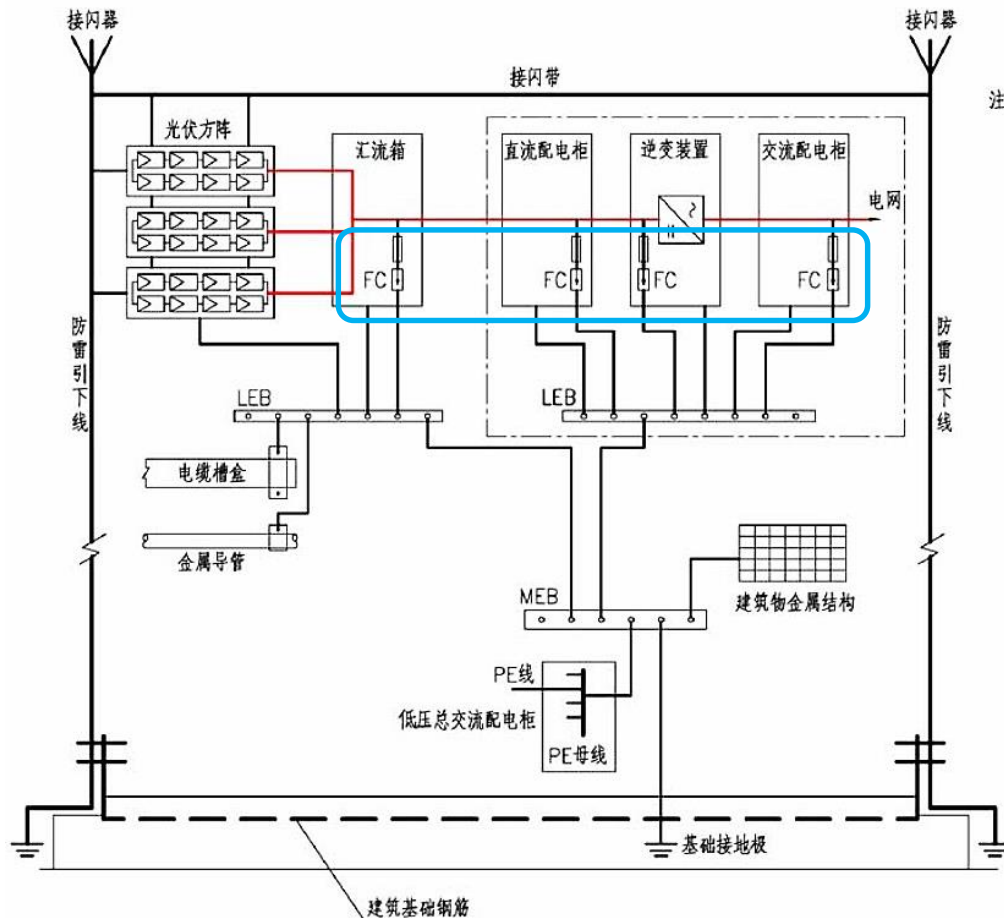
并网光伏发电系统



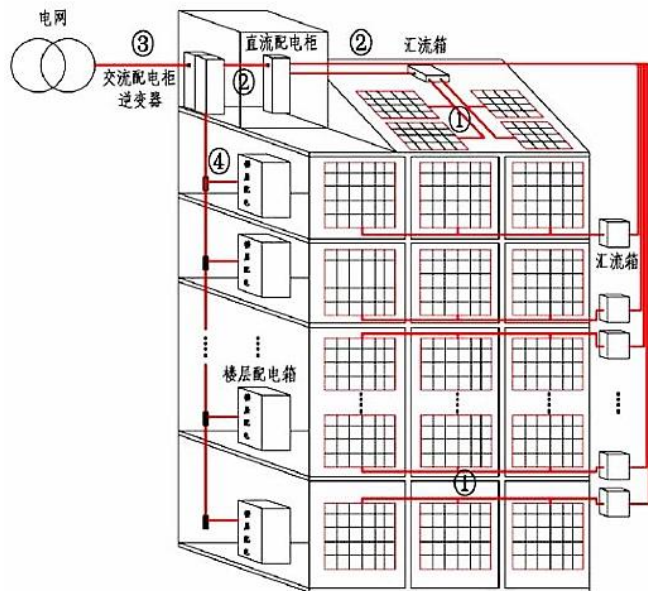
序号	代号	名称
1	FA	直流熔断器
2	FC1	直流电涌保护器
3	QA1~3	直流断路器
4	PA1	直流电流表
5	PV1	直流电压表
6	TB	逆变器
7	BE1~2	电流互感器
8	FC2	交流电涌保护器
9	QA4~5	交流断路器
10	QB1~2	隔离开关
11	QB3	隔离器
12	PA2	交流电流表
13	PV2	交流电压表
14	PJ1~PJ2	交流电能表
15	QAC	交流接触器
16	IM	直流绝缘监测

8.2.2 光伏电站发电母线电压应根据接入电网的要求和光伏电站的安装容量，经技术经济比较后确定，并应符合下列规定：

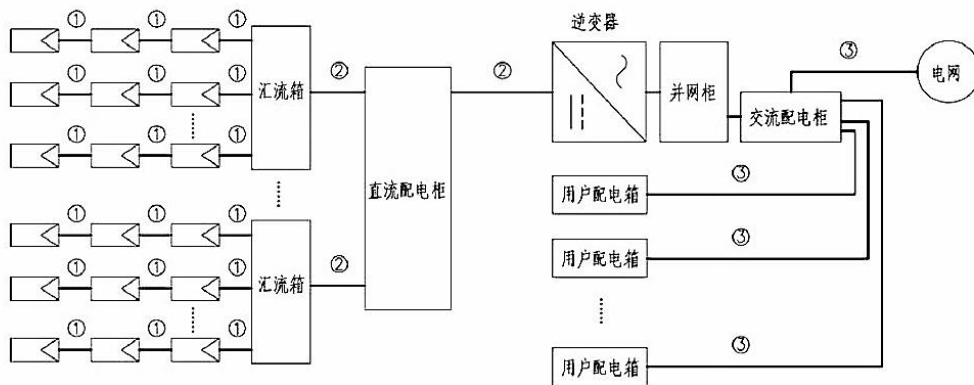
- 1 光伏电站安装总容量小于或等于1MWp时，宜采用0.4kV~10kV电压等级。
- 2 光伏电站安装总容量大于1MWp，且不大于30MWp时，宜采用10kV~35kV电压等级。
- 3 光伏电站安装容量大于30MWp时，宜采用35kV电压等级。



- 注：1. 建筑一体化光伏系统的防雷设计应作为建筑防雷设计的一部分，其防雷分类应与建筑物的防雷类别一致；
2. 光伏系统的直击雷防护宜和建筑物的防雷保护统一设计，光伏系统可利用建筑物本身的防雷措施，对于改建的光伏系统，应验证原有的防雷系统是否符合设计要求，不符合时应予以改进；
3. 光伏组件金属框架、金属支承结构、金属管、槽盒、汇流箱接地端子、线缆金属外皮、信号线路屏蔽层、电涌保护器接地端等应进行可靠的等电位连接，且应与所在建筑物共用接地系统。光伏系统直流侧不得采用不接地的等电位联结保护；
4. 接闪装置应避免遮挡光伏组件，接闪杆宜设置在光伏方阵北侧。对需要接地的光伏设备，应保持接地的连续性和可靠性，当任一光伏组件被移除时，不应影响其他组件及其金属结构的接地；
5. 当光伏设备不能和建筑外部防雷系统保持间隔距离时，应该在外部防雷系统和光伏设备外露金属装置间进行等电位连接，光伏设备金属外壳、金属框架和支承结构等应就近与接闪带连接。用于直击雷防护的光伏组件金属框架其材料和最小尺寸应符合《建筑物防雷设计规范》GB 50057的相关要求；
6. 光伏系统的控制及信号传输等线路应采用屏蔽线、穿金属管或敷设在金属槽盒内进行屏蔽保护，线路屏蔽层应首尾电气贯通，并就近与光伏组件金属构件、设备金属外壳等进行等电位连接；
7. 光伏控制室、配电室等处应设置等电位连接端子板。



光伏系统电力电缆选型框架图



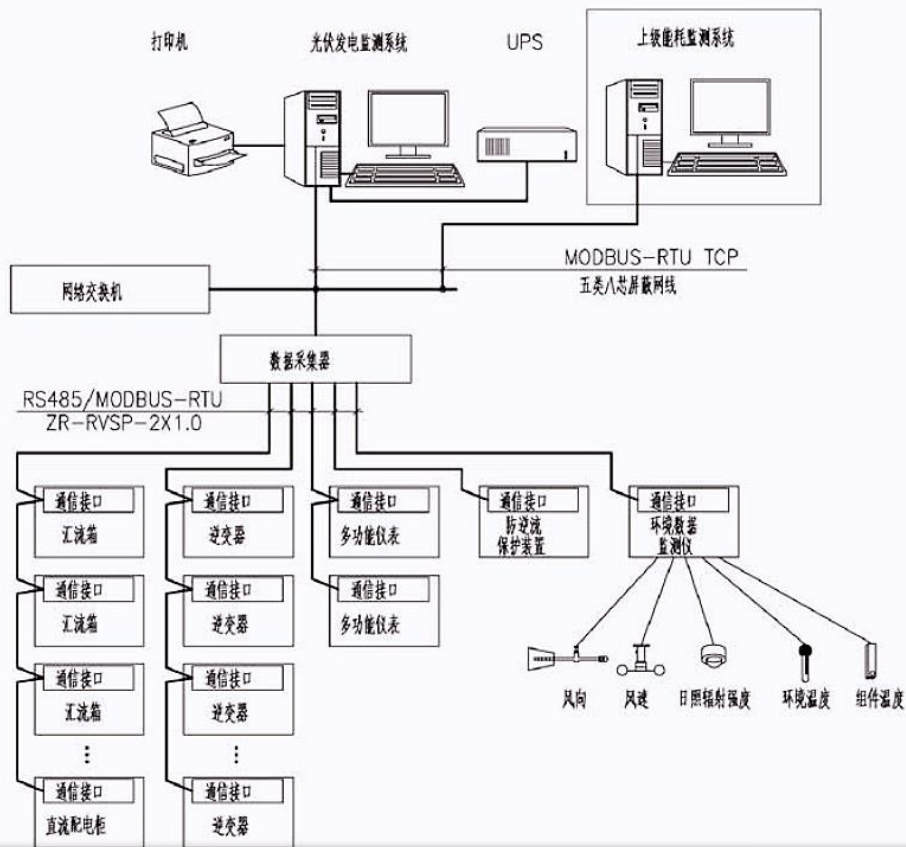
光伏系统电力电缆选型示意图

电缆选型表

序号	电缆选型	电缆名称	应用场所
①	PV1-F	直流光伏电缆	光伏组件至汇流箱直流电力传输
②	□□-1kV □□22-1kV	直流汇流电缆	汇流箱至逆变器直流电力传输
③	YJV-0.6/1kV YJV22-0.6/1kV	低压交流电缆	交流侧低压电力传输



光伏发电监测系统原理图



光伏发电监测系统数据采集信息

设备类型	采集内容	设备类型	采集内容
汇流设备	各路直流输入电流	电能计量装置	系统频率
	直流输出电流/电压		各相/线电压
	开关设备状态		各相/线电流
逆变器	直流侧电压		系统有功功率
	直流侧电流		系统无功功率
	总直流功率		系统视在功率
	交流侧相/线电压		系统功率因数
	交流侧相/线电流		正向电能
	总有功功率		反向电能
	总无功功率		电压平均总谐波畸变率
	总功率因数		电流平均总谐波畸变率
	电网频率	环境监测设备	环境温度、湿度
	逆变器效率		组件温度
	日发电量		风速、风向
	总发电量		日照辐射强度



监测系统

8.7.7 大、中型光伏电站应采用计算机监控系统，主要功能应符合下列要求：

- 1 应对发电站电气设备进行安全监控。
- 2 应满足电网调度自动化要求，完成遥测、遥信、遥调、遥控等远动功能。
- 3 电气参数的实时监测，也可根据需要进行其他电气设备的监控操作。

远程监控



互联网

本地监控



◆支持Android系统和IOS系统

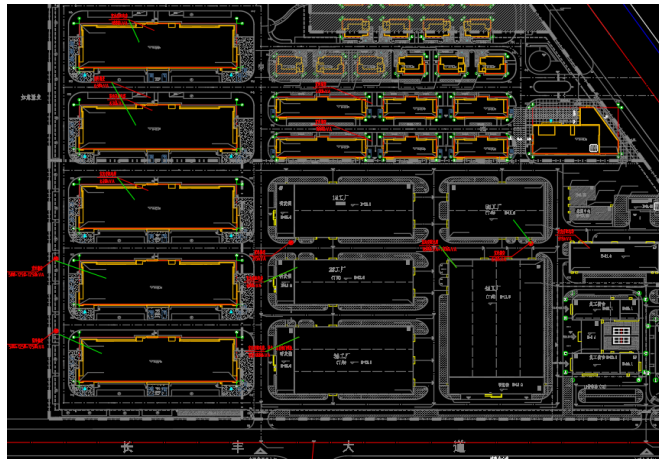
◆业主能随时随地远程实时监测光伏电站的生产运行情况，查看设备工作状态





04

案例分享

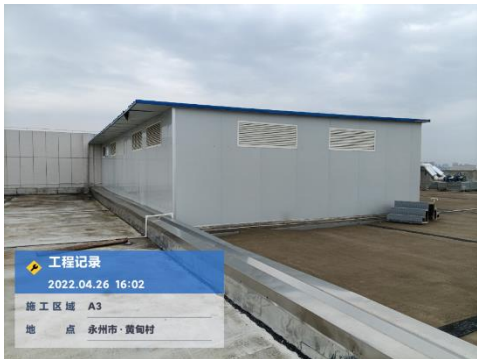


本项目（第一批次）位于永州市经济技术开发区汽车配套产业园内，本期为一期项目（第一批次），拟利用汽车配套产业园区内彩钢瓦、混凝土屋面厂房布置光伏组件，占用屋顶面积约52082.81m²；项目总装机容量为5994 kWp，并网电压等级为0.4kV，自发自用，余电上网。





- ✓ 厂房及公辅电气图
 - ✓ 厂房及公辅给排水
 - ✓ 厂房及公辅建筑图
 - ✓ 厂房及公辅结构图
 - ✓ 厂房及公辅通风
 - ✓ 工厂及公辅电讯
 - ✓ 工厂及公辅弱电
 - ✓ 工厂智能化
- ✓ 00总图CAD
 - ✓ 01建筑CAD
 - ✓ 02结构CAD
 - ✓ 03给排水CAD
 - ✓ 04电气CAD
 - ✓ 05暖通CAD





13.2 财务费用合计	1.00
13.2.1 利息支出	1.00
13.2.2 利息收入	0.00
13.2.3 汇兑净损失	0.00
13.2.4 其他	0.00
13.2.5 营业成本计提利息	0.00
13.2.6 财务费用计提减值准备	0.00
13.2.7 资产减值	0.00
13.2.8 信用减值	0.00
13.2.9 公允价值变动	0.00
13.2.10 其他	0.00
13.2.11 公允价值变动	0.00
13.2.12 其他	0.00
13.2.13 其他	0.00
13.2.14 其他	0.00
13.2.15 其他	0.00
13.2.16 其他	0.00
13.2.17 其他	0.00
13.2.18 其他	0.00
13.2.19 其他	0.00
13.2.20 其他	0.00
13.2.21 其他	0.00
13.2.22 其他	0.00
13.2.23 其他	0.00
13.2.24 其他	0.00
13.2.25 其他	0.00
13.2.26 其他	0.00
13.2.27 其他	0.00
13.2.28 其他	0.00
13.2.29 其他	0.00
13.2.30 其他	0.00
13.2.31 其他	0.00
13.2.32 其他	0.00
13.2.33 其他	0.00
13.2.34 其他	0.00
13.2.35 其他	0.00
13.2.36 其他	0.00
13.2.37 其他	0.00
13.2.38 其他	0.00
13.2.39 其他	0.00
13.2.40 其他	0.00
13.2.41 其他	0.00
13.2.42 其他	0.00
13.2.43 其他	0.00
13.2.44 其他	0.00
13.2.45 其他	0.00
13.2.46 其他	0.00
13.2.47 其他	0.00
13.2.48 其他	0.00
13.2.49 其他	0.00
13.2.50 其他	0.00
13.2.51 其他	0.00
13.2.52 其他	0.00
13.2.53 其他	0.00
13.2.54 其他	0.00
13.2.55 其他	0.00
13.2.56 其他	0.00
13.2.57 其他	0.00
13.2.58 其他	0.00
13.2.59 其他	0.00
13.2.60 其他	0.00
13.2.61 其他	0.00
13.2.62 其他	0.00
13.2.63 其他	0.00
13.2.64 其他	0.00
13.2.65 其他	0.00
13.2.66 其他	0.00
13.2.67 其他	0.00
13.2.68 其他	0.00
13.2.69 其他	0.00
13.2.70 其他	0.00
13.2.71 其他	0.00
13.2.72 其他	0.00
13.2.73 其他	0.00
13.2.74 其他	0.00
13.2.75 其他	0.00
13.2.76 其他	0.00
13.2.77 其他	0.00
13.2.78 其他	0.00
13.2.79 其他	0.00
13.2.80 其他	0.00
13.2.81 其他	0.00
13.2.82 其他	0.00
13.2.83 其他	0.00
13.2.84 其他	0.00
13.2.85 其他	0.00
13.2.86 其他	0.00
13.2.87 其他	0.00
13.2.88 其他	0.00
13.2.89 其他	0.00
13.2.90 其他	0.00
13.2.91 其他	0.00
13.2.92 其他	0.00
13.2.93 其他	0.00
13.2.94 其他	0.00
13.2.95 其他	0.00
13.2.96 其他	0.00
13.2.97 其他	0.00
13.2.98 其他	0.00
13.2.99 其他	0.00
13.3 其他	0.00
13.4 其他	0.00
13.5 其他	0.00
13.6 其他	0.00
13.7 其他	0.00
13.8 其他	0.00
13.9 其他	0.00
13.10 其他	0.00
13.11 其他	0.00
13.12 其他	0.00
13.13 其他	0.00
13.14 其他	0.00
13.15 其他	0.00
13.16 其他	0.00
13.17 其他	0.00
13.18 其他	0.00
13.19 其他	0.00
13.20 其他	0.00
13.21 其他	0.00
13.22 其他	0.00
13.23 其他	0.00
13.24 其他	0.00
13.25 其他	0.00
13.26 其他	0.00
13.27 其他	0.00
13.28 其他	0.00
13.29 其他	0.00
13.30 其他	0.00
13.31 其他	0.00
13.32 其他	0.0



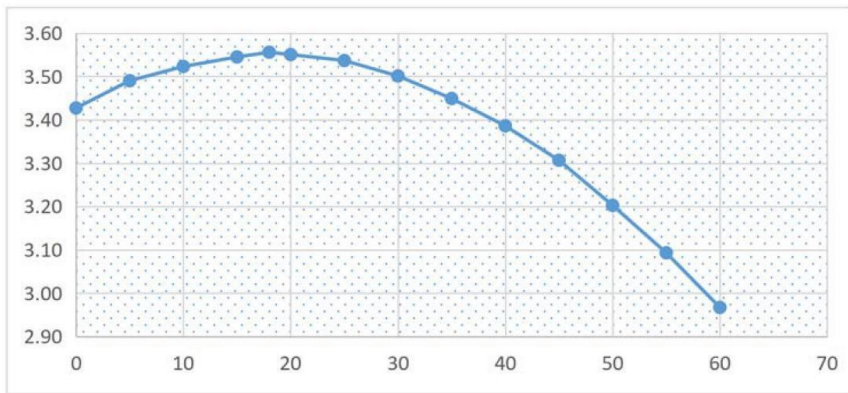
倾角计算

数据源

NASA-SSE satellite data 1983-2005

	水平面总辐射量	水平面直射辐射量	温度
	kWh/m ² /mth	kWh/m ² /mth	°C
1月	58.9	36.9	5.3
2月	56.8	38.4	7.0
3月	76.9	52.4	10.4
4月	97.5	62.4	16.3
5月	113.5	71.3	20.7
6月	122.7	73.5	24.2
7月	157.8	75.6	26.1
8月	133.9	70.7	25.5
9月	111.3	60.0	22.8
10月	90.2	50.5	18.2
11月	85.2	40.2	12.9
12月	74.4	36.3	7.6
年	1179.1	668.2	16.4

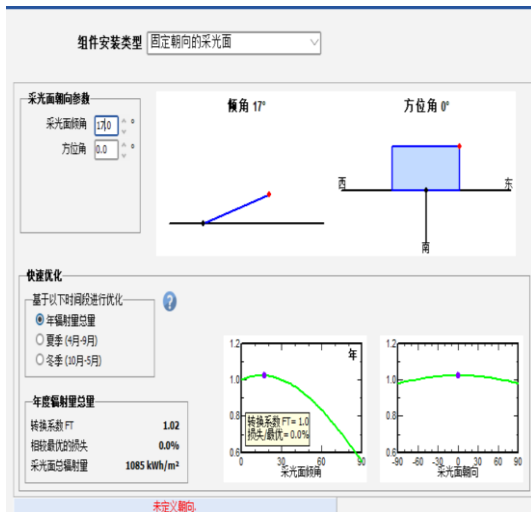
水平面总辐射量 年际变化 5.7%



采用 Meteonorm 软件计算, 不同倾角方阵面上年平均太阳辐射量变化曲线详见左下图所示。

从下图可见, 斜面最大辐射量倾角为17°。

综合对比计算, 本工程厂区用电量较大, 电价相对较高, 在发电量影响较小的情况下应尽量提高装机容量, 进而提升项目总体发电量, 考虑到减少阴影影响, 最终确定按10° 倾斜角设计。





组件功率 (Wp)	540
开路电压 (V)	49.6
短路电流 (A)	13.86
峰值功率电压 (V)	41.64
峰值功率电流 (A)	12.97
尺寸 (mm)	2278×1134×35
重量 (kg)	28.1
最大系统电压 (V)	DC 1500V
标准测试条件	1000W/m ² 25℃ 光谱AM1.5G
短路电流温度系数	+0.045%℃
开路电压温度系数	-0.275%℃
g峰值功率温度系数	-0.350%℃

在光伏发电系统标称最大功率相同情况下，使用功率高（即效率高）的光伏组件提高光伏系统发电量，减少光伏组件使用量和占地面积，从系统技术和经济合理性分析，根据项目具体情况分析及业主要求，拟采用峰值功率为540Wp转换效率为21.1%的高效单晶硅光伏组件。

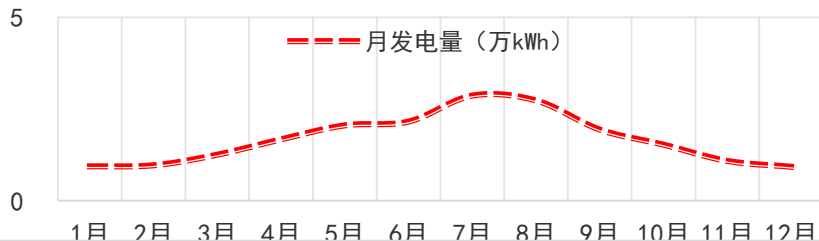
序号	厂房名称	占地面积 (m ²)	组件块数	安装容量 (kWp)	110kWp逆变器数量
1	标准厂房A-1栋	5269.45	1080	583.2	5
2	标准厂房A-2栋	5269.45	1080	583.2	5
3	标准厂房A-3栋	5269.45	1080	583.2	5
4	标准厂房A-4栋	5269.45	1080	583.2	5
5	标准厂房A-5栋	5269.45	1080	583.2	5
6	标准厂房B-1栋	1302.64	240	129.6	1
7	标准厂房B-2栋	1302.64	240	129.6	1
8	标准厂房D-1栋	779.28	120	64.8	1
9	标准厂房D-2栋	779.28	120	64.8	1
10	标准厂房D-3栋	779.28	120	64.8	1
11	标准厂房D-4栋	779.28	120	64.8	1
12	2#工厂	4607.84	900	486	5
13	4#工厂	9615.32	2620	1414.8	14
14	5#工厂	3840	860	464.4	4
15	标准厂房（一期）	1950	360	194.4	2
16	合计	52082.81	11100	5994	56



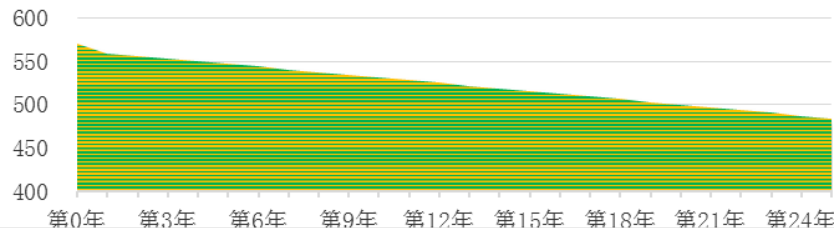
序号	发电年份	年内平均衰减率	理论发电量 (万kW)	效利用小时数 (h)
0	第0年	100%	560.44	
1	第1年	98.00%	549.23	929.80
2	第2年	97.45%	546.15	924.58
3	第3年	96.90%	543.07	919.36
4	第4年	96.35%	539.98	914.14
5	第5年	95.80%	536.90	908.92
6	第6年	95.25%	533.82	903.71
7	第7年	94.70%	530.74	898.49
8	第8年	94.15%	527.65	893.27
9	第9年	93.60%	524.57	888.05
10	第10年	93.05%	521.49	882.83
11	第11年	92.50%	518.41	877.61
12	第12年	91.95%	515.32	872.40
13	第13年	91.40%	512.24	867.18
14	第14年	90.85%	509.16	861.96
15	第15年	90.30%	506.08	856.74
16	第16年	89.75%	503.00	851.52
17	第17年	89.20%	499.91	846.31
18	第18年	88.65%	496.83	841.09
19	第19年	88.10%	493.75	835.87
20	第20年	87.55%	490.67	830.65
21	第21年	87.00%	487.58	825.43
22	第22年	86.45%	484.50	820.21
23	第23年	85.90%	481.42	815.00
24	第24年	85.35%	478.34	809.78
25	第25年	84.80%	475.25	804.56
25年总和		84.25%	12,806.06	21,679.46
25年平均值		3.37%	512.24	867.18

总发电量计算			
光伏装机容量 (MW)	5.907	组件斜(平)面年峰值日照时数 (h)	1,168.31
光伏电站系统效率	80.50%	首年衰减率 (%)	2.00%
	0.00%	第二年及之后年份逐年衰减率 (%)	0.55%

首年月发电量变化图



年理论发电量 (万kWh)



运营期1~25年自用电价按0.6437元/kWh测算，上网电价按含增值税脱硫燃煤上网电价0.45元/kWh测算，测算项目项目投资内部收益率（所得税后）为8.6%，资本金财务内部收益率为14.71%，高于银行贷款利率，项目资本金净利润率（ROE）为14.7%，投资回收期（所得税后）为10.58年。据此分析，本项目具有一定的盈利能力。

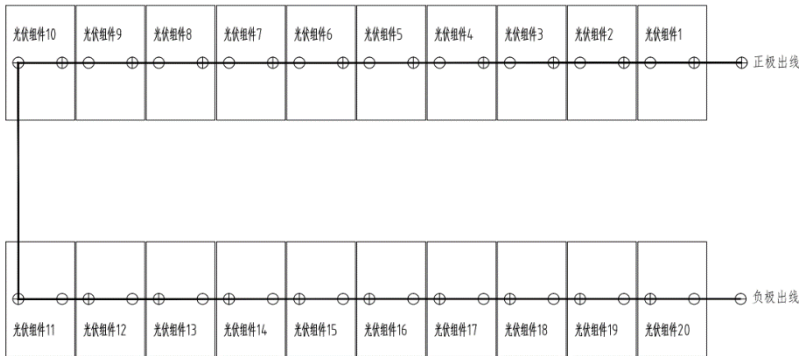


型号	110kW
最大直流输入功率（kWp）	132
最大直流输入电压（V）	1100
满载MPPT电压范围（V）	200~1000
最大输入电流（A）	260
总电流波形畸变率（%）	<3%
额定输出功率（kW）	110
额定电网电压（V）	3W+N+PE 400
并网频率范围（Hz）	50/60
功率因数范围	0.8（超前）~0.8（滞后）
最大效率（%）	99
防护等级	IP65

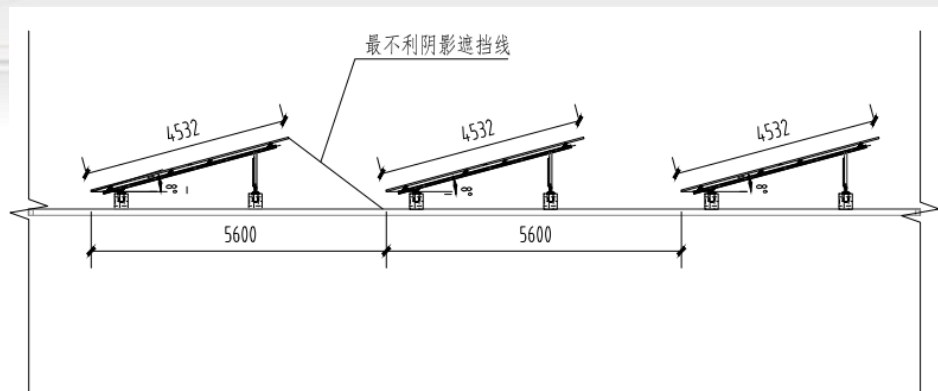
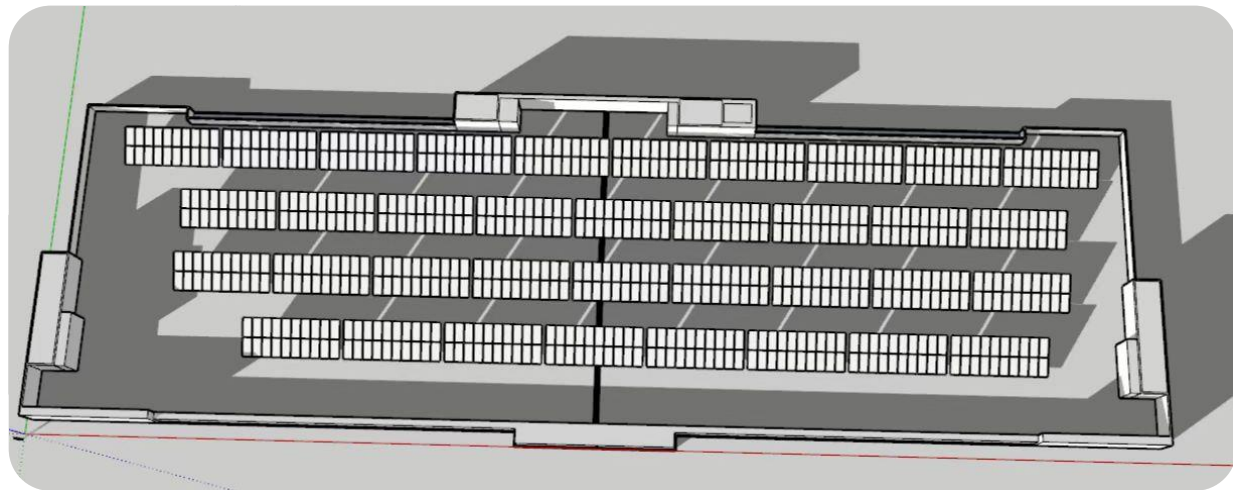
永州市极端最低温度以 -7.1°C 计算，经过光伏系统实际运行维护的实测，光伏系统的光伏组件在工作条件，最高温度可达到 70°C 。

根据计算得出组串式逆变器组件串联数量在5~22块之间。综合考虑系统安全可靠、逆变器本身接入路数与功率考虑，本项目（第一批）采用**20块串联**。

按照上述光伏组件的串联数，结合电站的布置和逆变器的额定功率，并兼顾系统损失等因素，同时考虑到场址区域太阳辐照度大于 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 出现的频率相对较低，也可考虑适当增加与逆变器匹配的光伏组件总容量，本工程110kW逆变器最多可**并联路数为10路**。

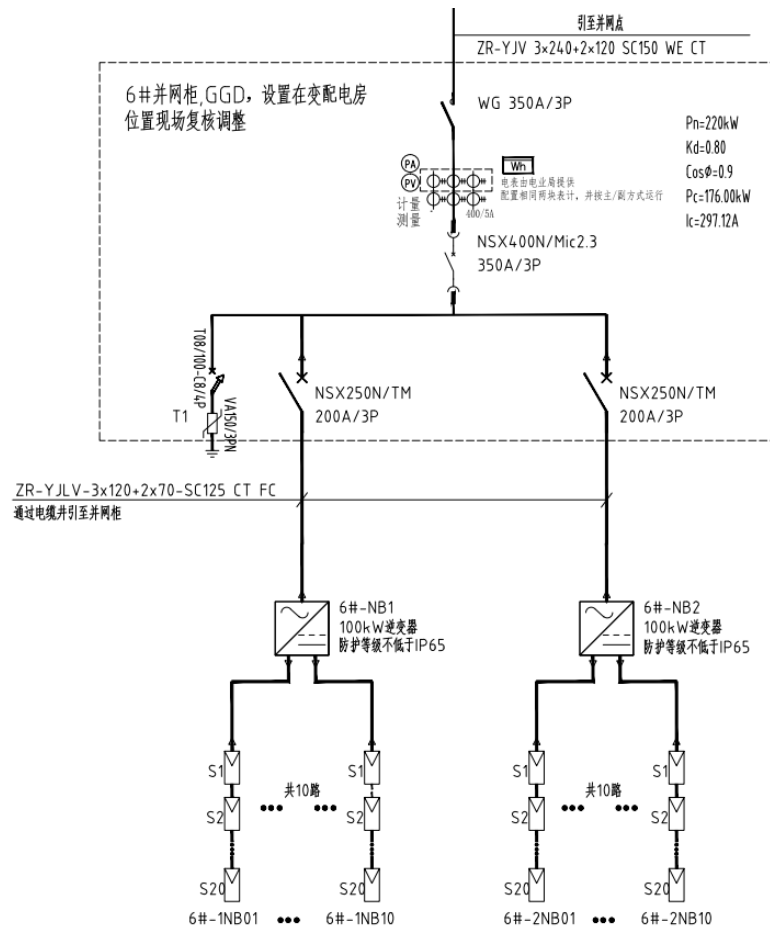
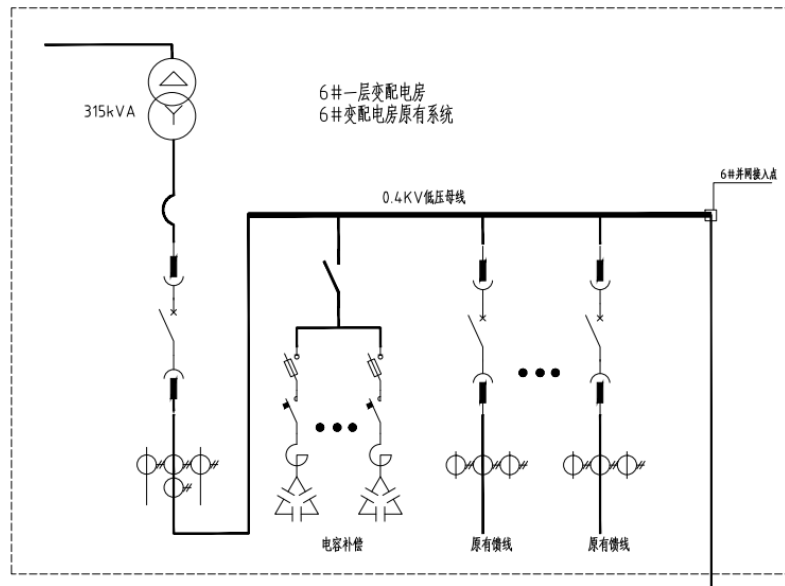


20块组件接线示意图



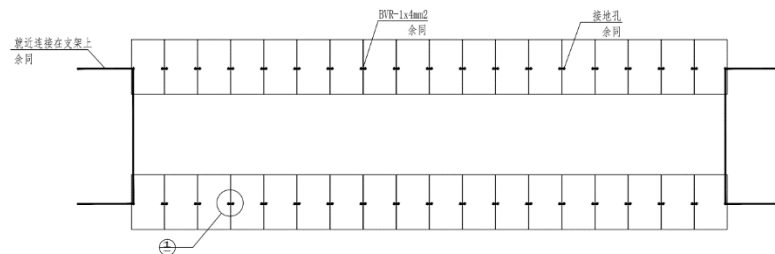
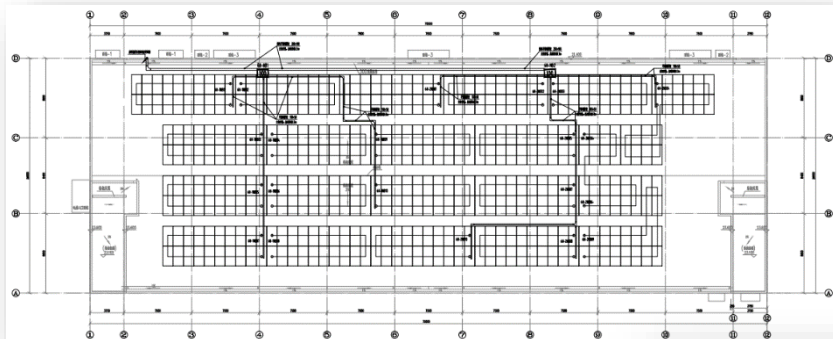
双排竖向组件阵列剖面图



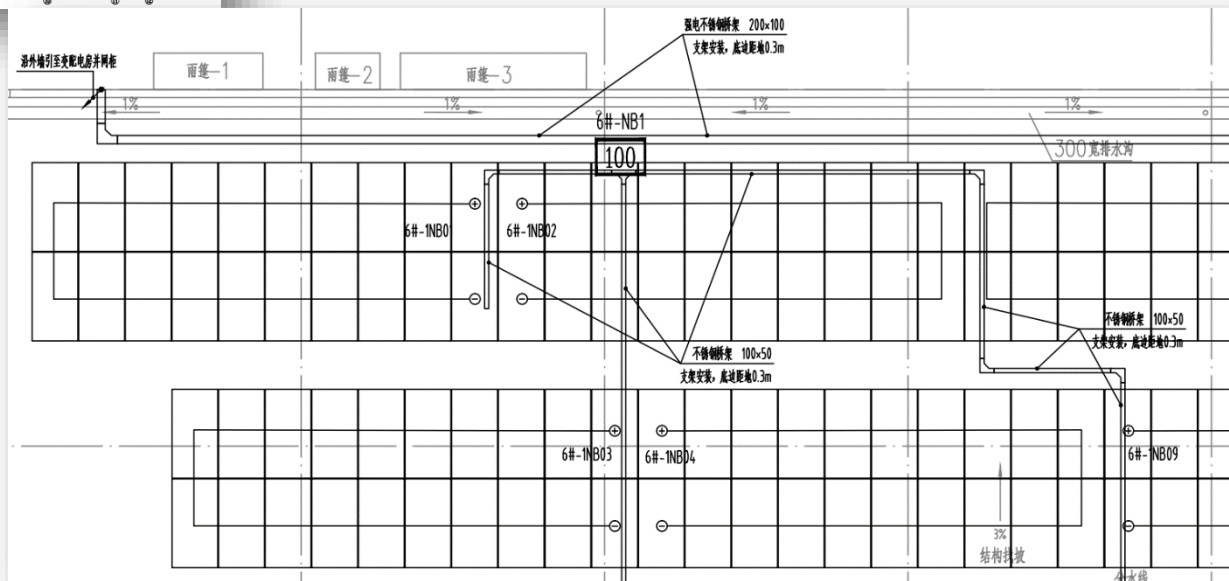




混凝土屋面平面布置

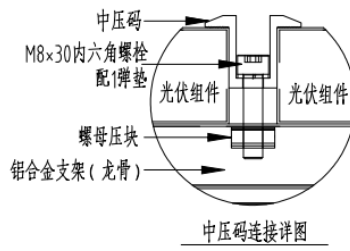
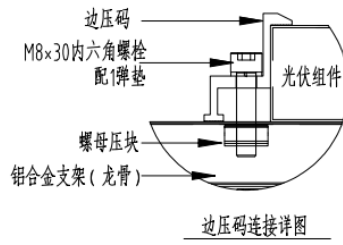
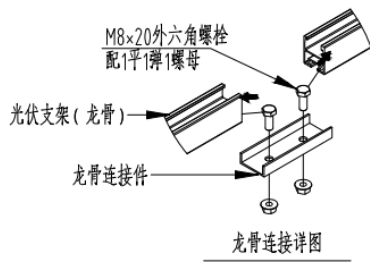
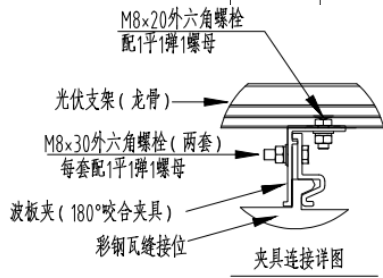
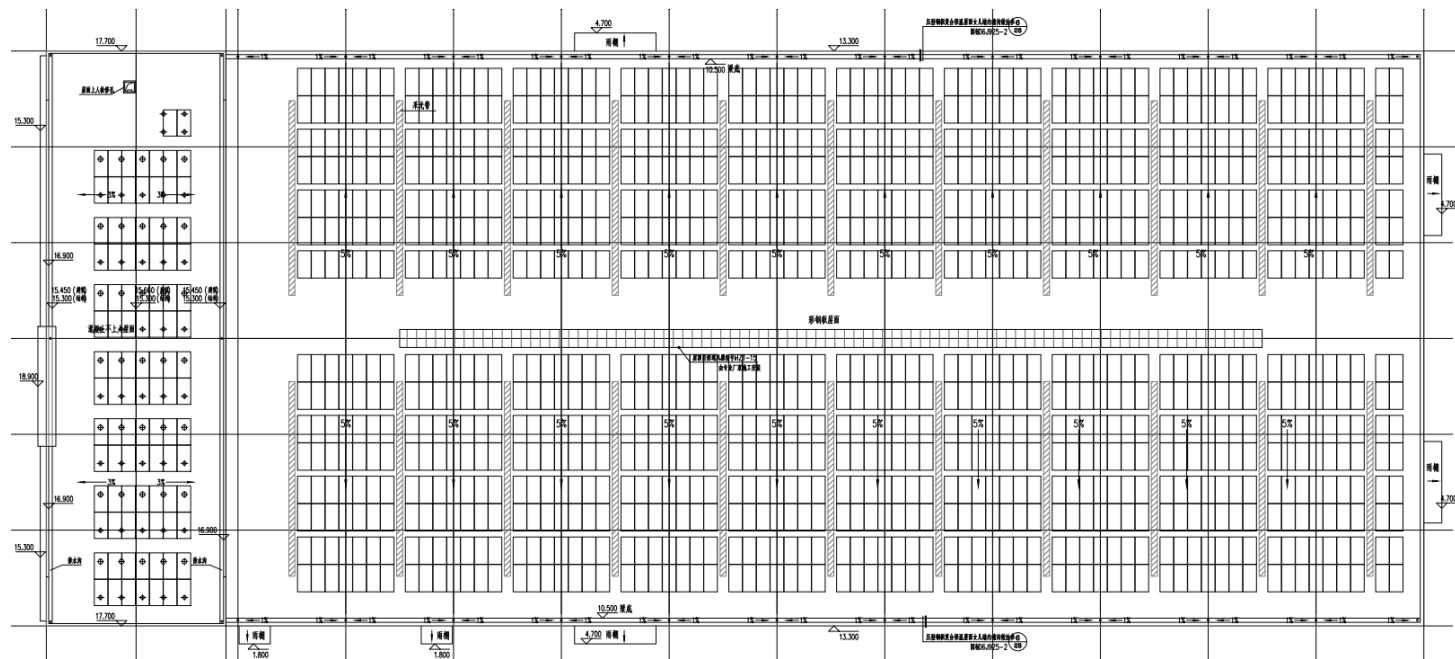


相邻组件等电位连接示意图





钢结构屋面平面布置





05

总结



- 1、光伏发电的分类、主要设备、建设流程
- 2、前期沟通、踏勘、资料收集
- 3、可行性研究报告：确定系统方案、选择主要设备、经济性分析
- 4、系统设计：电气一次、二次设计、结构设计、监控系统、防雷系统等

The background is a composite image. At the top, there's a dark blue sky with falling light particles, resembling a digital rain or data stream. Below this, a network of white lines connects several circular icons: a cloud with a Wi-Fi symbol, a camera, a globe with a dollar sign, and a water drop. The bottom half of the image shows a cityscape at night, with illuminated buildings and roads. Overlaid on this is the word "THANKS" in large, semi-transparent white capital letters.

THANKS

感谢聆听 欢迎指正

联系电话：13975122131

聂科恒
