

「控制系统」

三百山服务区太阳能分布式并网发电系统

文/北京交科公路勘察设计研究院有限公司 张政富

三百山服务区利用楼顶敷设太阳能电池组件，并与交流配电柜、并网逆变器、直流汇线柜和检测系统等组成光伏发电并网系统，并从环境效益、经济效益和社会经济效益和环保经济效益分析太阳能并网发电系统，总结出太阳能并网系统具有因地制宜，清洁高效，分散布局，投资小，成本回收快，就近利用的原则，并可替代和减少化石能源消费的特点，可在高速公路智慧服务区推广使用。

太阳能属于清洁能源，绿色环保，得到国家大力支持。太阳能并网发电系统通过把太阳能转化为电能，不经过蓄电池储能，直接通过并网逆变器，把电能送上电网。太阳能并网发电代表了太阳能电源的发展方向，是21世纪最具吸引力的能源利用技术。

三百山服务区周围无遮挡物，光照充足，可利用屋顶富余面积和有利的光照条件进行太阳能光伏并网发电。

光伏阵列分布在服务区内宿舍楼屋顶，屋顶采用与屋顶一致的倾角安装光伏组件固定安装并与相关的发电设备组成光伏发电并网系统，项目融合了太阳能的多种技术，包括：光伏发电系统构件一体化、光伏并网接入技术、高效晶硅太阳能发电系统等。

光伏电站组成

并网型光伏发电系统由太阳能光伏方阵系统、逆变器系统、电气接入系统、监控系统等部分组成，各部分的设备选型和合理的系统设计是工程的关键，并网光伏电站原理示意图如图1，屋顶光伏并网电站主要由光伏阵列、并网逆变器、结构支架和数据监测系统等几部分构成。

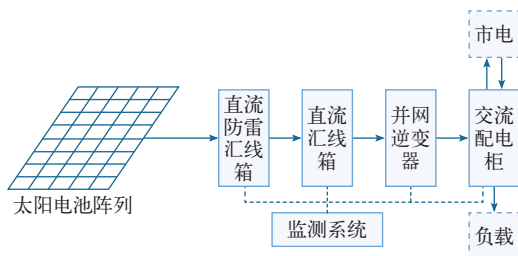


图1 并网光伏电站原理示意图

光伏阵列：主要由太阳能电池组件、光伏汇流箱、光伏防雷配电箱、直流电缆等构成。

并网逆变器：主要由并网逆变器、低压交流配电箱、低压交流电缆等构成。

数据监控：主要由光伏系统监测及计量控两部分构成。

光伏阵列将太阳能辐射能量转换为直流电能，通过汇流箱（直流配电箱）传送到与之相连接的逆变器的直流输入端；逆变器采用MPPT（最大功率跟踪）技术使光伏阵列保持最佳输出状态，同时将直流电转换成为与电网频率和相位均相同的交流电能，符合电网并网发电的要求；逆变器发出的交流电能统一接入380 V电网。

光伏并网逆变器本身带有数据采集和通信功能，可以监测光伏阵列的电压、电流等直流侧运

行参数，电网的电压、频率、逆变器输出电流、功率、功率因数等交流侧运行参数，以及太阳辐射、风速、温度等环境参数。将光伏电站中的逆变器通信接口用数据总线连接，逆变器运行数据通过配套的监控设备的汇总和存储，再传送到监控计算机上，通过配套的专用监测软件提供给光伏电站工作人员使用。

设计方案

分布式发电采用电量补贴政策，特点是“自发自用，余电上网”，即自发自用的光伏电量不做交易，国家按照自用电量给与补贴，富余上网电量除了电网企业支付的脱硫电价外，也享受国家的度电补贴。

1. 太阳能资源分析

江西省赣州市太阳辐射较丰富，属于太阳能资源可利用地区，推广、利用太阳能资源是可行的。太阳辐射量、日照时数、日照百分率年际变化均较稳定，近年的年太阳辐射量、年日照时数、年日照百分率有减少趋势。

结合本工程特点，根据统计学原理、建筑热环境模拟、建筑能源分析等研究成果，采用近年

的太阳辐射数据作为工程研究基准参数，对近年的太阳辐射量、日照时数、日照百分率进行分析计算，得出本工程设计代表年的年太阳总辐射量为4 526.4 MJ/m²。

2. 配置方案

1) 三百山服务区北区：光伏组件选用260 Wp 多晶太阳能光伏组件，共计518块，总计安装功率134.68 kWp，在服务区主楼、修理厂、配电房、车棚上安装太阳能板，安装明细见表1，多块太阳能光伏组件组成光伏组串后并联组成小型并网接入就近小容量逆变器（小容量逆变器就近布置于相应屋顶，不仅可以减少电缆长度，还可以更少占用配电间空间），光伏组串和逆变器容量见图2，多个小容量逆变器再经交流汇流箱汇流，最终经设置于变电房内的交流并网柜并入相应配电房380 V母线。

表1 三百山服务区北区屋顶安装组件明细表

安装地址	安装组件数量/块	安装容量/kWp
服务区主楼	164	42.64
修理厂	40	10.4
配电房	20	5.2
车棚	294	76.44
合计	518	134.68

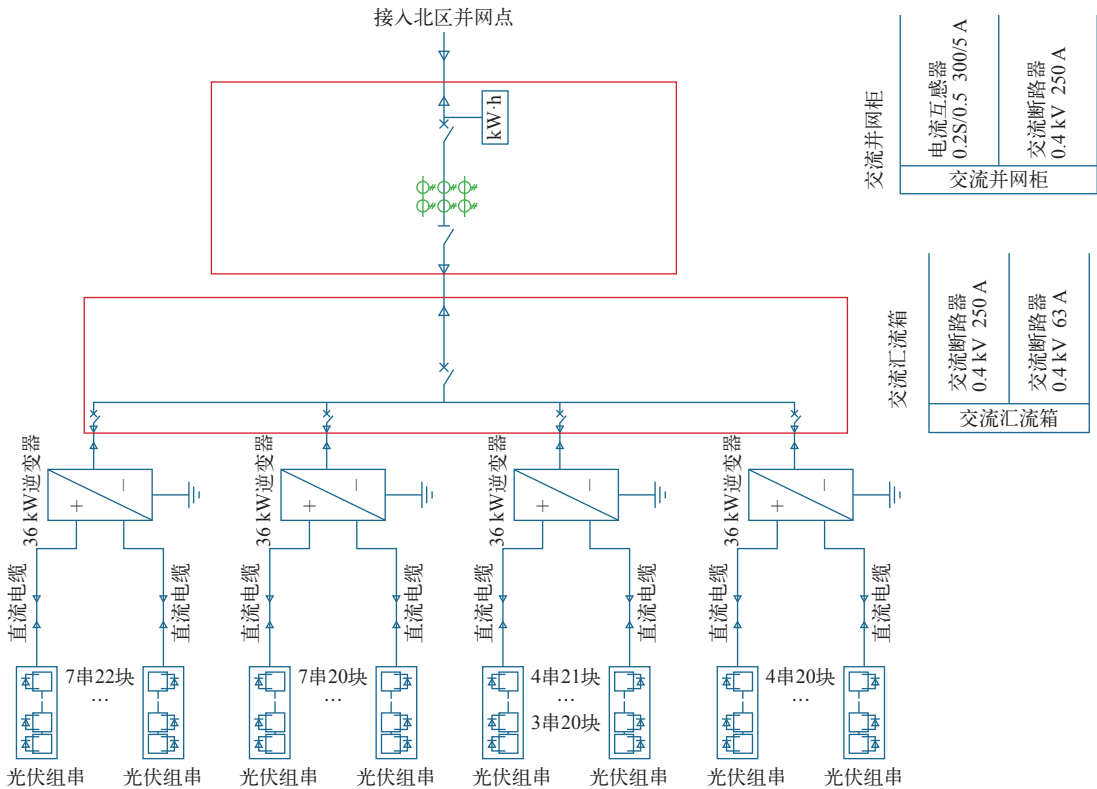


图2 三百山服务区北区太阳能系统电气主接线图

2) 三百山服务区南区: 光伏组件选用260 Wp多晶太阳能光伏组件, 共计564块, 总计安装功率146.64 kWp, 在服务区主楼、修理厂、宿舍楼、车棚上安装太阳能板, 安装明细见表2, 多块太阳能光伏组件组成光伏组串后并联组成小型并网接入就近小容量逆变器(小容量逆变器就近布置于相应屋顶, 不仅可以减少电缆长度, 还可以更少占用配电间空间), 光伏组串和逆变器容量见图3, 多个小容逆变器再经交流汇流箱汇流, 最终

设置于变电房内的交流并网柜并入相应配电房380 V母线。

表2 三百山服务区南区屋顶安装组件明细表

安装地址	安装组件数量/块	安装容量/kWp
服务区主楼	144	37.44
修理厂	40	10.4
车棚	300	78
宿舍楼	80	20.8
合计	564	146.64

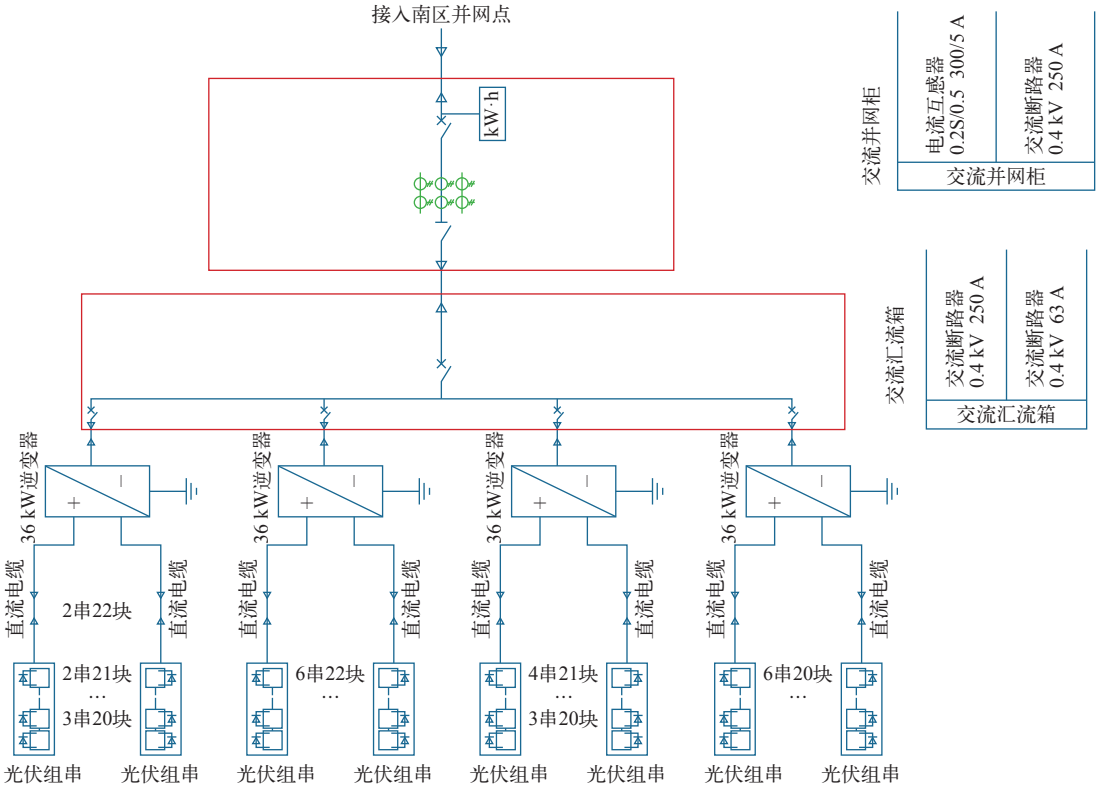


图3 三百山服务区南区太阳能系统电气主接线图

3. 发电量测算

由图4可知, 南区 146.6 kWp太阳能发电系统首年发电量为171 118.85 kW·h, 按系统寿命25年, 寿命终期的光伏组件转化效率为首年的80%, 电站年发电量在寿命期内为线性衰减计算, 25年寿命周期内, 寿命期内累计产生电能4 277 971.14 kW·h。

首年发电量为157 228.57 kW·h, 按系统寿命25年, 寿命终期的光伏组件转化效率为首年的80%, 电站年发电量在寿命期内为线性衰减计算, 25年寿命周期内, 寿命期内累计产生电能3 930 714.28 kW·h。

效益分析

1. 环境效益

三百山服务区共计281.3 kW并网光伏发电系统, 平均每年的发电能力约为328 347.42 kW·h, 设计寿命为25年, 寿命期内共产生约8 208 685.42 kW·h的电能, 与火力发电相比, 相当于累计节约标准煤约4 853.8 t, 原煤6 795.1 t, 燃油3 301.9 t, 天然气3 649.4 m³, 水资源48 537.6 m³。减排12 716.8 t二氧化碳、41.3 t二氧化硫、35.9 t氮氧化物、3 300.6 t粉尘。

2. 经济效益

281.3 kW并网光伏发电系统建成后, 每kW·h

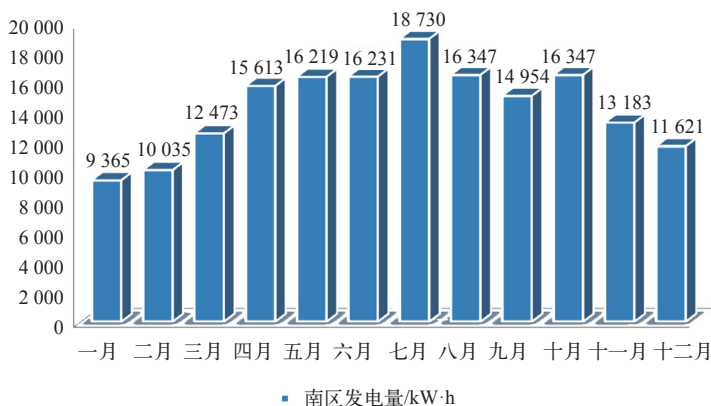


图4 南区发电量

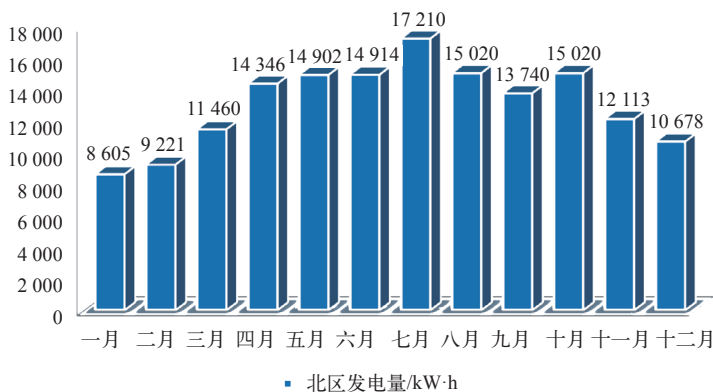


图5 北区发电量

电的发电成本将在1.83元左右。

并网光伏系统完全采用自动运行方式，无需人员干预，运行维护工作量小，仅需对电站的日常巡视和不定期的清洁太阳电池表面。与常规发电方式相比，运行维护费用很低。

赣州当前商业电价约为0.78元/kW·h左右。并网光伏系统的发电时间集中在高峰时段。按系统容量为281.3 kW，年发电能力为328 347.42 kW·h、电价按0.78元/kW·h计算，每年可为服务区节约电费开支256 110.98元。申请并网发电后，每kW·h电还可以得到0.42元的补贴；每年可回收投资137 905.9元。太阳能发电系统总投约200万元左右，大约5年左右即可回收成本。太阳能发电系统的寿命是25年，以后的20年时间将给投资业主带来更为可观的经济效益。

3. 社会效益和环保经济效益

三百山为AAAA级旅游景区，太阳能项目的实施有助于展现三百山服务区在环境保护、发展可再生能源和走可持续发展道路方面的决心和魄力，并起到很好的宣传作用。

使用矿物能源如石油、煤炭等发电，除了直

接经济成本外还会产生二氧化硫、氮氧化物等有害气体和二氧化碳等温室气体，造成空气污染、酸雨灾害和温室效应。

对有害气体和发电废料的处理需要投入大量资金，此外，相应引起的农牧业和人民身体健康方面的损害，更需要政府和社会为其提供大量的人力、物力和资金。

结束语

太阳能并网发电系统可有效利用闲散屋顶、车棚等用户场地安装太阳能电池板，利用太阳能电池板光生伏特效应通过并网逆变器转换成符合市电网要求的交流电之后直接接入公共电网。运行方式以用户侧“自发自用，余电上网”方式。

太阳能并网系统遵循因地制宜，清洁高效，分散布局，就近利用的原则充分利用太阳能资源替代和减少化石能源消费，又有一定的经济效益，同时投资小，成本回收快。可在高速公路智慧服务区推广使用。EA

(收稿日期：2017.05.30)

(编辑：朱金凤)