



施耐德(广州)母线有限公司
0.59184MWp 屋顶分布式光伏项目
接入系统方案
可行性研究报告
(送审版)

广东永光新能源设计咨询有限公司
二零二一年九月

审核：符应典

校核：卢文仁

编制：雷宇骄



工程设计资质证书

证书编号: A244057168

企业名称: 广东永光新能源设计咨询有限公司

统一社会信用代码: 91440606MA4UNPQ78Y

法定代表人: 孙韵琳

注册地址: 广东省佛山市顺德区大良街道金榜滘海北路322号四楼408号(仅作办公用途)

有效期: 至 2021年12月31日

资质等级: 电力行业变电工程乙级
电力行业送电工程乙级
电力行业新能源发电乙级



先关注广东省住房和城乡建设厅微信公众号, 进入“粤建办事”扫码查验

发证机关: 广东省住房和城乡建设厅

发证日期: 2021年08月09日

目 录

第一章 工程概述.....	1
1.1 设计依据.....	1
1.2 工程概况及建设规模.....	1
1.3 设计水平年.....	2
1.4 发电量预测分析.....	2
1.5 分布式光伏发电系统组成方案.....	3
1.6 主要设计原则.....	4
1.7 工作范围及配合分工.....	4
1.8 社会风险评估.....	4
1.9 建设必要性.....	4
第二章 分布式光伏发电接入系统方案.....	6
2.1 接入电压等级方案分析.....	6
2.2 分布式光伏电站并网系统方案.....	8
2.3 资产分界点说明.....	9
2.4 并网接入点电力平衡分析.....	10
第三章 分布式光伏发电系统对拟接入电力系统的影响分析.....	11
3.1 短路电流计算.....	11
3.2 光伏发电系统接入电力系统谐波分量控制分析.....	13
3.3 电压波动分析.....	15
3.4 无功功率平衡分析.....	16
3.5 频率要求.....	18
3.6 三相不平衡要求.....	18
第四章 接入系统对电气一次设备要求.....	19
4.1 0.4kV 设备布置.....	19
4.2 0.4kV 设备配置.....	19
4.3 电力电缆的选择.....	19
第五章 电气二次部分.....	20
5.1 系统继电保护.....	20
5.2 调度自动化.....	22
第六章 电能计量系统.....	23
6.1 计量点设置.....	23
第七章 结论.....	24

附件:

备案证

附图:

附图 01. 光伏总平面图

附图 02. 光伏电气一次主接线图

附图 03. 并网计量柜配置接线图

附图 04. 施耐德(广州)母线有限公司配电站平面布置图

第一章 工程概述

1.1 设计依据

- (1) 《关于建设项目进行可行性研究的试行管理办法》；
- (2) 《光伏系统并网技术要求》（GB/T 19939 - 2005）；
- (3) 太阳能光伏发电及各专业相关的设计规程规定；
- (4) 《光伏发电站设计规范》（GB50797-2012）；
- (5) 《电能质量公用电网谐波》（GB 14549 - 1993）；
- (6) 《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）；
- (7) 《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB14285-2006）；
- (8) 《变电所总布置设计技术规程》DL/T5056-2007；
- (9) 《光伏发电并网技术标准》Q/CSG1211006-2016
- (10) 《南方电网 10kV~110kV 元件保护技术规范》(Q/CSG-2011)；
- (11) 《地区电网调度自动化设计技术规程》（DL/T 5002-2005）；
- (12) 《电力系统调度自动化设计技术规程》（DL/T 5003-2005）；
- (13) 其他现行国家、行业标准、规程及规定。

1.2 工程概况及建设规模

项目名称: 施耐德(广州)母线有限公司 0.59184MWp 屋顶分布式光伏项目

项目地点: 广州市黄埔区云埔街道骏业路 85 号施耐德（广州）母线有限公司屋顶

项目概况: 本期工程光伏总装机容量为 591.84kWp, 拟采用 1 个 0.4kV 并网接入点, 采用“就近接入, 自发自用, 余电上网”的原则接入电力系统。施耐德（广州）母线有限公司厂房屋面鸟瞰图见下图 1-1、建设规模一览表 1-1。



图 1-1 施耐德(广州)母线有限公司屋面鸟瞰图

表 1-1 建设规模一览表

	项目	设备类型	设备数量	合计容量
光伏系统	光伏组件	540Wp	1096 (块)	591.84kWp
	组串式逆变器	组串式 110kW	5 (台)	
配电设备	低压并网计量柜	GGD	1 (面)	

1.3 设计水平年

本工程的设计水平年选择该项目的投产年2021年，远景水平年用于校核分析，选择2026年。

1.4 发电量预测分析

1.4.1 发电量分析

本项目的光伏组件在混凝土屋面布置。采用项目所在地的太阳辐射数据，再结合系统安装容量和系统总效率即可计算发电量。

本项目系统安装总容量为 591.84kWp，系统总效率 80%，结合太阳辐射数据，可计算得年发电量，即：项目 25 年内的发电量结果见表 1-2。

表 1-2 本项目 25 年发电量

年份	年发电量（万 kWh）	年份	年发电量（万 kWh）
第 1 年	53.38	第 14 年	48.40
第 2 年	53.00	第 15 年	48.02
第 3 年	52.61	第 16 年	47.64
第 4 年	52.23	第 17 年	47.26
第 5 年	51.85	第 18 年	46.87
第 6 年	51.47	第 19 年	46.49
第 7 年	51.08	第 20 年	46.10
第 8 年	50.70	第 21 年	45.72
第 9 年	50.31	第 22 年	45.33
第 10 年	49.93	第 23 年	44.96
第 11 年	49.54	第 24 年	44.57
第 12 年	49.16	第 25 年	44.19
第 13 年	48.79	25 年累计	1219.59

从以上表中的数据可以预测本项目首年总发电量约为 53.38 万 kWh，25 年累计发电量为 1219.59 万 kWh，平均每年发电量为 48.79 万 kWh。

1.5 分布式光伏发电系统组成方案

所谓并网光伏发电系统是指太阳电池利用太阳辐射能量产生的直流电（即太阳电池的“光生伏特效应”）通过并网光伏逆变器转换成交流电向电网输送的系统，其本质是利用太阳能进行发电的发电站。与通过煤、石油和天然气等传统能源进行发电的发电站系统相比，并网光伏发电系统具

有可再生、无污染等优点。

光伏组件通过光生伏特效应产生电流，然后通过组串式逆变器进行逆变，将直流电转换为交流电，经过并网计量柜汇流，再通过厂区变压器低压侧母排并网。

1.6 主要设计原则

(1) 遵循“安全可靠、技术先进、投资合理”的基本建设方针，结合本工程情况以及本阶段设计特点，开展优化设计，提高设计水平；

(2) 分布式光伏电站按照“就近接入、就地消纳、余电上网”的原则接入电力系统。

1.7 工作范围及配合分工

本工程接入系统可行性研究报告工作内容：

- (1) 提出本期分布式光伏发电工程接入系统的技术要求与实施方案；
- (2) 包括本站的系统发电，电气系统一次等设计内容。

1.8 社会风险评估

本工程在现有厂房屋面建设分布式光伏发电项目，充分利用当地丰富的太阳能资源，改善能源结构，保护生态环境，具有较好的社会效益、经济效益和环保效益，社会风险小。

1.9 建设必要性

- (1) 缓解电网供电负荷压力，提高电网稳定运行能力；

本期工程建成后，预计年平均发电量约为 48.79 万 kWh，在用电高峰时段能有效缓解该片区电网供电负荷压力，提高了该片区用电的可靠性及稳定性。

(2) 符合国家产业政策发展方向, 对保护生态环境, 节能减排有重要意义。

地球平均温度逐渐升高、极地冰雪融化、海平面上升等一系列温室效应的问题逐渐显现, 除此之外, 温室效应还造成生态环境失衡和各种灾难性的气候。我国目前环境污染严重, 主要污物化学需氧排放物位居世界第一位, 二氧化硫排放量世界第一, 二氧化碳排放量仅次于美国, 世界第二。

分布式太阳能发电是非常清洁的能源, 如果 1 度电按相当 0.4kg 标准煤计算, 本项目年度发电量平均为 48.79 万 kWh, 相当于节约火电厂 194 吨标准煤, 这样计算每年可以减少 487 吨二氧化碳气体排放。

分布式太阳能发电不仅能有效改善能源结构, 并且对保护生态环境有重要意义, 符合国家产业政策发展方向及可持续发展的要求。

因此本项目的建设是很有必要的。

第二章 分布式光伏发电接入系统方案

2.1 接入电压等级方案分析

2.1.1 现有配电房现状描述

根据现场收资和业主提供资料，目前施耐德（广州）母线有限公司设有 1 个施耐德（广州）母线有限公司配电站，配置一台 800kVA 变压器。供电电源引自 10kV 荷村 F18 线，通过 10kV 电缆引至施耐德（广州）母线有限公司配电站 10kV 进线柜 G1。计量采用高供高计的方式，设有 1 个高压计量点。

2.1.2 接入系统方案对比分析

本期工程光伏系统安装总容量为 591.84kWp,拟采用 0.4kV 电压等级及 10kV 电压等级两种方案接入电网进行接入系统方案对比分析，根据 Q/CSG1211006-2016《光伏发电并网技术标准》：有不同接入电压等级可供选择的时候，宜根据送电方向选取适合接入的电压等级，原则上应在本电压等级内消纳。经过技术经济比较，并考虑发展规划等原因，采用低一级的电压等级接入优于高一级的电压等级接入时，推荐采用低一级的电压等级接入。

表 2-1 接入系统方案对比分析表

比选内容	方案一	方案二	比选结果
技术性	1、采用 1 个 0.4kV 并网点，配置 1 面 0.4kV 开关柜等设备，光伏电气系统结构简单。 2、采用 1 个 0.4kV 并网点，并网点接入容量约占接入变压器容量的 73%，厂区正常负荷约为变压器容量的 50%，光伏系统就近接	1、采用 1 个 10kV 并网点，配置 1 套 10kV 升压变、1 套 10kV 开关站等设备，光伏电气系统结构相对复杂。 2、1 个 10kV 并网点，并网点基本能消纳大部分光伏发电量。但是光伏系统需要升压，再经过厂区专变降压，低压	通过技术性对比，优先选择方案一。

	入,就地低压消纳,潮流造成的电能损失小。 3、采用 0.4kV 并网,只需上传光伏发电量,暂不接受广州调度自动化调度。	系统才能进行消纳。此过程潮流造成的电能损失较大。 3、采用 10kV 并网,需上传光伏发电量,也需接受广州调度自动化调度。	
消纳率	根据电力平衡结果,本项目除节假日期间少量光伏电能存在倒送的情况,平时光伏电力负荷基本就地消纳,潮流合理。	根据电力平衡结果,本项目除节假日期间少量光伏电能存在倒送的情况,平时光伏电力负荷基本就地消纳,潮流合理。	通过消纳率对比,2 种方案消纳率基本一致。方案一光伏所发电量可直接消纳完成,故优选方案一。
工程可实施性	本方案低压配电室具备安装并网柜安装条件,可实施性较好。	本方案新增高压配电装置升压变、一次站、二次站,需占用较大的位置,经现场勘查无可利用空间,不具备可实施性。需新建于户外。	通过可实施性对比,方案一的设备安装、电缆敷设等方面可实施性好。
稳定性	1、采用 0.4kV 并网,光伏系统结构较为简单,光伏发电系统直接即可在用户负荷端 0.4kV 系统直接消纳。此过程只涉及 0.4kV 电压系统,整体光伏系统运行较为稳定。	1、采用 10kV 并网,光伏系统较为复杂,光伏发电系统 0.5kV 需经过光伏升压变压器升至 10kV,再由配电变压器进行降压至 0.4kV,才被用户负荷消纳。此过程均需先升压-再降压,经过多个电压变换,整体光伏系统运行较为波动。	通过稳定性对比,方案一的光伏系统结构简单,运行稳定性较好。
安全性	1、采用 0.4kV 并网,光伏系统只涉及 0.4kV 系统设备,操作也仅限于低压开关,即使光伏系统引发停电事故,事故影响范围也较为局限。	1、采用 10kV 并网,光伏系统涉及高低压系统设备,操作也高压、低压开关,设备越多,故障率越高,一旦光伏系统引发停电事故,事故影响范围比较大,极端情况下会造成整个厂区停电。	通过安全性对比,方案一的光伏系统安全性较好。

运行维护	光伏系统只涉及 0.4kV 系统设备, 光伏新增设备只有低压开关柜。运维停电检修只需少许一般电工人员即可操作。后期运维工作量较少。设备故障检修更换数量也较少。 2、暂不需参与配网调度。	1、光伏系统涉及高压、低压系统设备, 光伏新增设备有众多的低压开关柜、高压开关柜、变压器等。运维停电检修需专业高级电工人员才能操作。后期运维工作量较大。设备故障检修更换数量较大, 检修频率次较高。 2、需有专业人员时刻待命, 与配网调度人员保持联系, 随时接受配网调度。	通过运行维护对比, 方案一的光伏系统运维较为方便。
工程建设周期	设备少, 订货周期短, 约 15 天左右; 配电房有预留位置备用基础, 建设周期短。	设备多, 订货周期较长, 约 45 天; 须新建箱变基础, 养护时间长; 建设周期较长。	通过建设周期对比, 方案一的建设周期较短。
经济性	本方案共新增 0.4kV 并网柜 1 面, 按 4 万/面, 设备含基础投资约 5 万。	本方案共新增 1 套 630kVA 箱式变压器, 约 25 万/套; 1 套一次开关站, 约 30 万/套; 1 套二次设备预制舱, 约 60 万/套; 1kV 并网柜 1 面, 约 5 万/面; 设备含基础投资约 140 万。	通过经济对比, 方案一投资小、收益高。
运维费用	低压运维费用大概在 2 分/Wp 一年, 共计 1.18 万元。 低压设备零件更换范围较小, 且更换成本较低。	高压运维费用大概在 4 分/Wp 一年, 共计 2.23 万元。 高压、低压设备零件更换范围较广, 且更换成本较告。	通过运维费用对比, 方案一运维费用较小。

通过投资经济、发电量消纳、施工难易度等方面对比分析, 优选方案一 (0.4kV 并网方案)。故本期工程采用 1 个 0.4kV 电压等级并网。

2.2 分布式光伏电站并网系统方案

2.2.1 并网点布置原则

(1) 选择并网点在负荷中心侧, 就近接入, 就地消纳, 余电上网, 减

少电能因线路传输而造成的损耗。

(2) 结合现有的配电房用电容量选择光伏发电接入容量，尽量使得发电量和用电量平衡。

2.2.2 并网点选择及接线方案

本期工程位于施耐德(广州)母线有限公司厂房屋顶，总装机容量为591.84kWp。结合配电房负荷及变压器布置情况，光伏电站本着“自发自用、就地消纳、余电上网”的原则。

本期工程设置1个并网点，以0.4kV电压等级并网，新增1面并网计量柜1P01，光伏发电系统通过新建0.4kV线路接入新建的并网计量柜。并网计量柜通过新建电缆接入施耐德(广州)母线有限公司配电站变压器(800kVA)低压侧原有2#进线柜低压总断路器后端。

2.2.3 并网路径

并网点：光伏组串逆变器——并网计量柜1P01——变压器低压侧——施耐德(广州)母线有限公司配电站——10kV荷村线F3。

2.3 资产分界点说明

本期工程设置1个并网接入点，拟通过0.4kV电压等级并网。并网接入点位于施耐德(广州)母线有限公司配电站。

本期供电部门与企业业主资产分界点位于都宁变电站10kV荷村线F3出线断路器负荷侧。

本期光伏工程与企业业主资产分界点位于施耐德(广州)母线有限公司配电站新增并网计量柜1P01。

2.4 并网接入点电力平衡分析

2.4.1 并网接入点容量平衡分析

本期 0.4kV 接入点配变容量与光伏接入容量对比表如下表 2-2:

表 2-2 配变容量与光伏接入容量对比表

编号	接入点配电房名称	接入点变压器容量 (kVA)	接入光伏发电容量 (kWp)
并网点	施耐德(广州)母线有限公司配 电站	800 (变压器)	591.84
合计		800	591.84

由上表可知: 本期光伏接入的容量小于配电变压器的装配容量, 符合就近消纳的原则。

第三章 分布式光伏发电系统对拟接入电力系统的影响分析

3.1 短路电流计算

(1) 并网点电网系统侧短路电流计算

本项目依据《工业与民用配电设计手册》计算短路电流。短路电路中总电阻 $R \leq 1/3$ 总电抗 X (即忽略电阻)。短路点远离发电机端, 系统假定为无限大容量系统。计算出的值比实际值稍大, 为工程中实用计算值, 可以满足工程中的精度要求。

110kV 荷村 10kV 母线最大运行方式短路阻抗 0.29086Ω , 最小运行方式短路阻抗 0.38095Ω , 10kV F18 荷村线至施耐德(广州)母线有限公司专变房为电缆线路, 10kV 电缆总长度约为 1.8km, 阻抗按 $0.08\Omega/\text{km}$ 计算。短路阻抗图如下图所示:

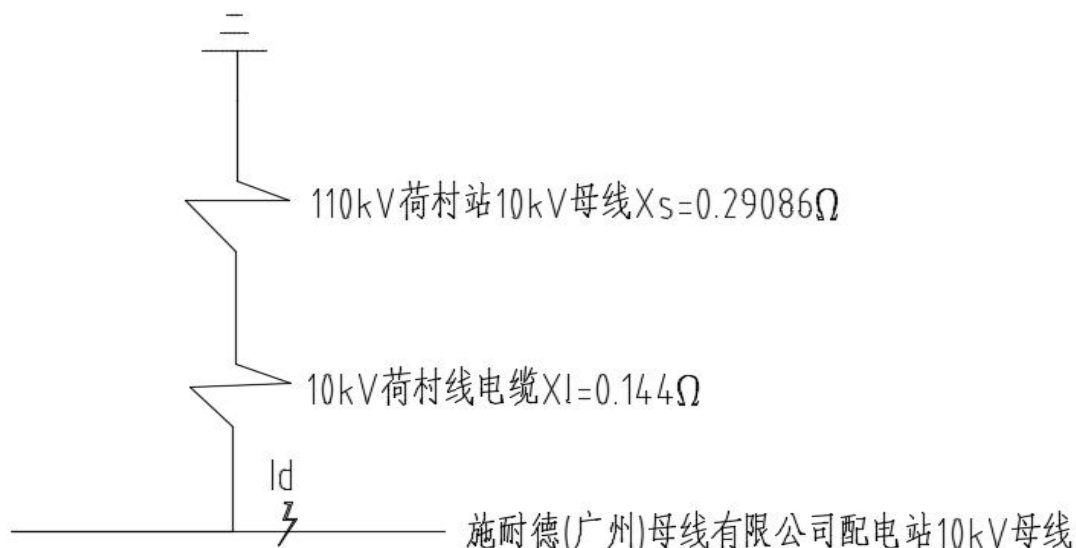


图 3-1 最大运行方式 10kV 短路电流计算系统正序阻抗图

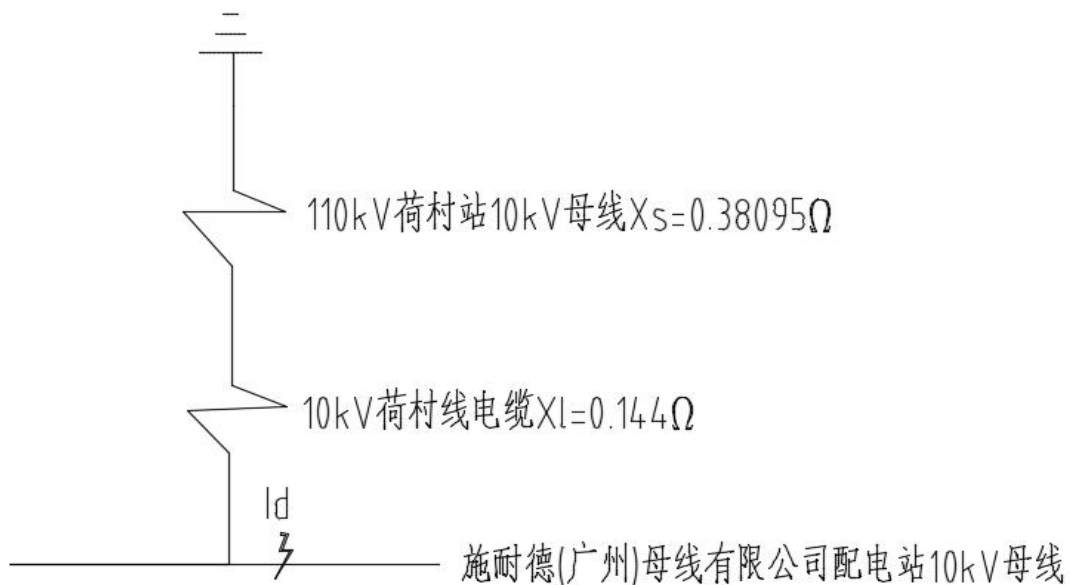


图 3-2 最小运行方式 10kV 短路电流计算系统正序阻抗图

由上图可知，最大运行方式下正序短路阻抗为 $X_{\max}=0.43486\Omega$ ，最小运行方式下正序短路阻抗为 $X_{\min}=0.52495\Omega$ 。根据三相对称短路电流计算公式可得：

最大运行方式短路电流

$$I_{\max}=U_p/1.732*X_{\max}=10.5/1.732*0.43486=13.94\text{KA};$$

最小运行方式短路电流

$$I_{\min}=U_p/1.732*X_{\min}=10.5/1.732*0.52495=11.55\text{KA}。$$

(2) 并网点光伏发电侧短路电流计算

本项目光伏装机容量 $S_{pv}=591.84\text{kWp}$ ，光伏系统提供的短路电流按 1.5 倍负荷电流计算，因此得光伏短路电流 $I_{pv}=1.5*S_{pv}/1.732*U_p=0.05\text{kA}$ 。

(3) 短路电流计算结果如下表所示：

表 3-1 短路电流计算结果表

类 型 \ 短路点		10kV 母线最大 运行方式系统提 供短路电流	光伏系统提供 短路电流	合计
三相短路	短路电流 (kA)	13.94	0.05	13.99
	短路容量 (MVA)	253.5	0.9	254.4
类 型 \ 短路点		10kV 母线最小 运行方式系统提 供短路电流	光伏系统提供 短路电流	合计
三相短路	短路电流 (kA)	11.55	0.05	11.60
	短路容量 (MVA)	210	0.9	210.9

3.2 光伏发电系统接入电力系统谐波分量控制分析

太阳能光伏发电系统通过光伏组件将太阳能转化为直流电能，再通过并网型逆变器将直流电能转化为与电网同频率、同相位的正弦波电流，并入电网，在将直流电能经逆变转换为交流电能的过程中，会产生谐波。并网发电后，将在发电段进行谐波检测，根据检测结果进行针对性治理，主要依靠并网逆变器来保证。

分布式光伏发电系统接入电网后，向电网连接点注入的谐波电流分量（方均根值）应符合现行国家标准《电能质量公共电网谐波》GB/T14549，标准电压 0.38kV，基准容量 10MVA，业主购买的逆变器相应参数不应超过表 3-2 中规定的允许值。

表 3-2 接入公共连接点的谐波电流允许值 (A)

谐波次数	谐波电流允许值	谐波次数	谐波电流允许值
2	78	8	19
3	62	9	21
4	39	10	16
5	62	11	28
6	26	12	13
7	44	13	24

分布式光伏发电系统接入电网后引起电网公共连接点的谐波电压畸变率应符合现行国家标准《电能质量公共电网谐波》GB/T14549 的规定，如下表 3-3 所示：

表 3-3 公共电网谐波电压限值

电网标称电压 (kV)	电压总畸变率(%)	各次谐波电压含有率(%)	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
10	4.0	3.2	1.6

本期工程逆变器选用组串逆变器型号为 SUN2000-110KTL-M0，相应的参数如下图 3-3：

SUN2000-110KTL-M0
技术参数

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 (cosφ=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%

图 3-3 110kW 逆变器性能参数

根据逆变器参数可知，本期工程选用设备符合以上规定，满足接入要求。分布式光伏发电系统谐波源主要来自逆变器，若投产后，谐波测试超过标准规定值，由逆变器厂家负责现场调整或者更换逆变器，直到谐波测试低于标准规定值时，方可允许并网。本期工程选用的逆变器满足（NBT32004-2018 光伏逆变器技术规范）的参数标准；本期光伏并网验收时，厂家提供逆变器第三方检测报告等内容。

3.3 电压波动分析

光伏系统发电时间段大致为早上 7 点-晚上 18 点之间，中午时间段为发电功率最大值时段，整个发电曲线类似抛物曲线。光伏发电主要受气候环境影响较大，如光照强度、光照角度、遮挡等，发电功率曲线会随之波动而导致电网电压产生较小变化。广州地区夏季、冬季典型光伏发电曲线如下图所示：

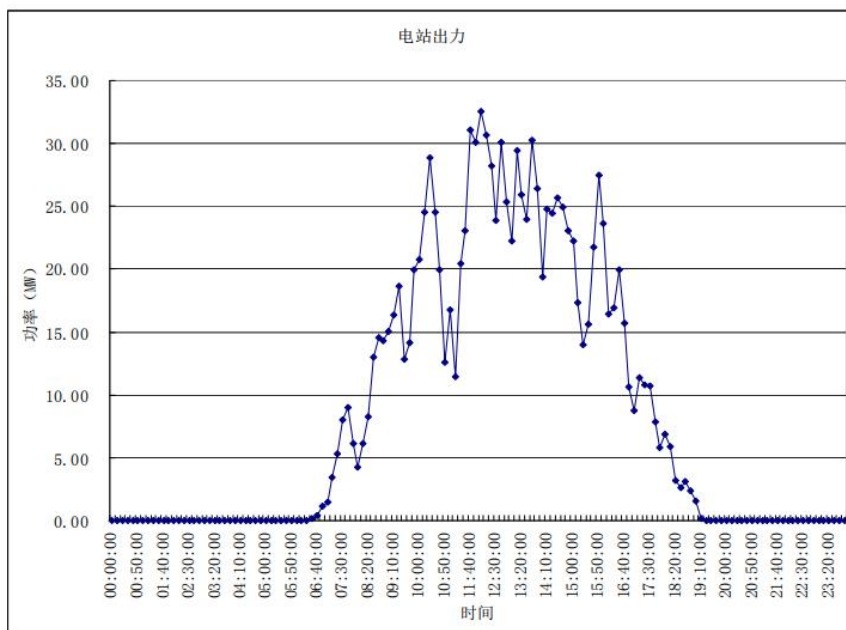


图 3-4 夏季典型日发电曲线

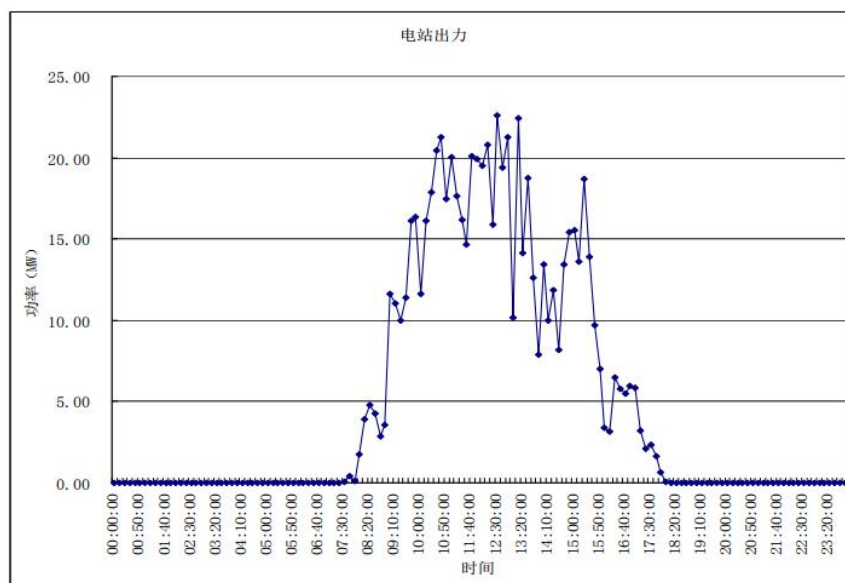


图 3-5 冬季典型日发电曲线

本期工程装机容量 591.84kWp，光伏系统最大发电功率按 90%计算，波动最大容量约为 0.59184MWp，根据电压波动公式： $d=\Delta Si/Ssc$ （ ΔSi 为容量变化量， Ssc 为考察点短路容量），则最大运行方式下电压波动 $d=(0.59184/254.4) \times 100\%=0.23\%$ ，最小运行方式下电压波动 $d=(0.59184/210.9) \times 100\%=0.28\%$ 。

由上述计算分析可知，本期光伏引接公共连接点的电压波动值很小，满足《电能质量电压波动和闪变》GB/12326 电压波动值不大于 3 的要求。

3.4 无功功率平衡分析

1、计算说明

按厂区用电数据分析，厂区配电变压器负荷需求同时系数取 0.75，自然功率因数取 0.8，考核点功率因数要求大于 0.9。当光伏变压器出力为最大情况，所需无功最多。SCB9 型变压器消耗无功按变压器容量的 6.9%，消耗有功按变压器容量的 0.87%进行计算，无功补偿容量配置为现有厂区配电

房无功配置。

2、现配电房部分无功计算

配电房变压器容量： $S_{\Sigma}=800\text{kVA}$ ；

配电房负荷有功： $P1=S_{\Sigma} \times k \times \cos \phi 1=800 \times 0.75 \times 0.8=480\text{kW}$ ；

配电房负荷无功： $Q1=S_{\Sigma} \times k \times \sin \phi 1=-800 \times 0.75 \times 0.6=-360\text{kvar}$ ；

配电房变压器有功消耗： $P2=S_{\Sigma} \times 0.0087=6.96\text{kW}$ ；

配电房变压器无功消耗： $Q2=S_{\Sigma} \times 0.069=-55.2\text{kvar}$ ；

配电房总有功功率消耗 $P3=P1+P2=480+6.69=486\text{kW}$ ；

配电房总无功功率消耗 $Q3=Q1+Q2=-360-55.2=-415.2\text{kvar}$ ；

配电房配置无功补偿容量 $Q4=250\text{kvar}$ ；

需市电提供有功 $P4=P3=486\text{kW}$ ；

需市电提供无功 $Q5=Q3+Q4=-415.2+250 \times 0.95=-177.7\text{kvar}$

3、光伏接入后无功计算

本期光伏装机总容量为 591.84kWp，系统效率 90%，逆变器无功调节能力功率因数在-0.8~+0.8 之间，额定出力情况下，设置功率因数为 0.95，即逆变器无功输出为 184.8kVar。

光伏有功出力为 $P5=591.84 \times 0.9=532.63\text{kW}$ ；

逆变器无功输出： $Q7=184.8\text{kVar}$

光伏接入市电提供有功： $P6=P4+P5=486-532.63=-46.63\text{kW}$

光伏接入市电提供无功： $Q9=Q5+Q7=-177.7+184.8=7.1\text{kvar}$

光伏接入市电电源功率因数为 $\cos \Phi=46.63/\sqrt{(46.63^2+7.1^2)}=0.99>0.9$ ，满足要求。

4、无功平衡分析结论

本项目充分利用逆变器的无功调节能力，能够满足计量考核点功率因

数大于 0.9 的要求，不再单独配置无功补偿装置。

3.5 频率要求

本期分布式光伏发电系统满足并网点频率应在 49.5Hz ~ 50.2Hz 范围之内时，分布式光伏发电系统应能正常运行。当分布式光伏发电系统并网点频率在 47.5Hz ~ 49.5Hz 范围之内时，频率每次低于 49.5Hz，分布式光伏发电系统应能至少运行 10min。

3.6 三相不平衡要求

分布式光伏发电系统并网运行时，公共连接点三相电压不平衡度应符合行国家标准《电能质量 三相电压不平衡》GB/T15543 的规定。光伏发电系统所接入公共连接点的电压不平衡度及光伏发电引起的电压不平衡度应满足 GB/T 15543 的要求，即光伏发电系统所接入的公共连接点在电网正常运行时，负序电压不平衡度不超过 2%，短时不得超过 4%；光伏发电引起该点负序电压不平衡度允许值一般为 1.3%，短时不超过 2.6%，根据连接点的负荷状况以及邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行要求，该允许值可作适当变动。光伏发电系统向公共连接点注入的直流电流分量不应超过其交流额定值的 0.5%。

本期工程选用优质的逆变器设备，依托逆变器的保证值，严格按相关要求执行，控制三相不平衡满足相关要求。

第四章 接入系统对电气一次设备要求

4.1 0.4kV 设备布置

本期工程于施耐德(广州)母线有限公司配电站内新增 1 面并网计量柜 1P01。设置 1 个并网接入点,以 0.4kV 低压并网。

4.2 0.4kV 设备配置

本期工程 0.4kV 配电设备如下表所示。

表 4-1 0.4kV 设备配置表

并网点	名称	开关柜配置	数量	单位
1	并网计量柜 1P01	GGD: 框架式断路器: 1000A/4P 1 回; 塑壳断路器: 200A/3P 5 回; 计量单元; 电流互感器; 电压保护继电器; 多功能电力仪表; 浪涌保护器;	1	面

4.3 电力电缆的选择

电缆选择条件: ①按持续工作电流选择; ②按电压损失不超过 3%校验。

光伏发电额定电流按以下公式计算:

$IN=k \times S \div (1.732 \times UN)$ 式中:

IN 为光伏发电额定电流,单位为 A; k 为光伏发电效率;

S 为光伏安装容量,单位为 kWp; UN 为并网点额定电压,单位为 kV。

交流电缆选择:

110kW 逆变器至并网计量柜 1P01, 输出电流 IN 约为 176.4A; 按载流量及电压降拟选用低压电缆: ZR-YJV22-0.6/1kV -3x95+1x50。

并网计量柜至变压器低压侧原有柜母排: 输出电流约为 882; 按载流量及电压降拟选用低压电缆: ZR-YJV22-0.6/1kV -3x (3x(1x240))+2x(1x240)。

第五章 电气二次部分

5.1 系统继电保护

5.1.1 0.4kV 低压断路器

根据 GB 50797-2012《光伏发电站设计规范》,“继电保护和安全自动装置技术规程”,“防止电力生产重大事故的二十五项重点要求”及系统要求,本期工程并网点的光伏并网计量柜总断路器装设过载长延时、短路短延时、短路瞬时、接地故障保护并加装失压脱扣线圈;并满足配网调度的遥测遥控遥信功能。

市电变压器各种运行情况下各种 0.4kV 电源开关分合闸状态见下表:

运 行 情 况	各电源开关状态		逆变器 内部开 关
	变压器低压侧 总断路器	并网计量柜 总断路器	
市电正常运行、分布式光伏发电系统能源并网发电(正常状态)	合	合	合
市电退出运行、分布式光伏发电系统能源与公网分离	开(合)	开	开

5.1.2 并网逆变器的保护功能

本期工程的并网逆变器具备防孤岛保护、各种电流电压保护、漏电保护以及绝缘阻抗检测等保护功能,当检测到孤岛后,立即断开与电网的连接,其防孤岛方案与继电保护相配合,动作时间应该小于对侧电网线路重合闸动作时间及备自投动作时间。

(1) 电压保护

当分布式光伏发电系统并网点电压超出下表 5-1 规定范围时,应在相应的时间内停止向电网线路送电。此要求适用于多相系统中的任何一相。

表 5-1 保护动作时间要求

并网点电压	要求
$U < 50\% U_N$	最大分闸时间不超过 0.2s
$50\% U_N \leq U < 85\% U_N$	最大分闸时间不超过 2.0s
$85\% U_N \leq U < 110\% U_N$	连续运行
$110\% U_N \leq U < 135\% U_N$	最大分闸时间不超过 2.0s
$135\% U_N \leq U$	最大分闸时间不超过 0.2s
注：1. U_N 为分布式光伏发电系统并网点的电网额定电压； 2. 最大分闸时间是指异常状态发生到分布式光伏发电系统停止向电网送电时间。	

逆变器自身带有交流过/欠压保护，逆变器并网运行过程中，电网接口处的电网电压允许偏差为额定值的 $\pm 10\%$ ，当电网电压超出规定范围时，逆变器停止工作。

（2）频率保护

逆变器自身带有交流过/欠频保护 逆变器并网运行过程中，当光伏发电系统并网点频率超出 47.5Hz~50.2Hz 范围时，逆变器应在 0.2S 内停止工作；当光伏发电系统并网点频率超出 47Hz~51Hz 范围时，逆变器立即停止工作。

（3）并网同期

分布式光伏发电系统在逆变器交流输出端设置同期点，由分布式光伏发电系统逆变器自动检测电网电压、相位、频率，待电压、相位、频率一致时，再投入并网，保证逆变器并网运行对电网无冲击、无扰动。

（4）恢复并网

系统发生扰动脱网后，在电网电压和频率恢复到正常运行范围之前分布式光伏发电系统不允许并网。在电网电压和频率恢复正常后，分布式光

光伏发电系统需要经过一定延时后才能重新并网，延时值应在 20s ~ 5min 范围内可调，具体由电网调度机构给定。

5.2 调度自动化

本期工程采用 0.4kV 等级并网，暂时不考虑与供电局建立调度关系，只目前需上传相关计量信息。

第六章 电能计量系统

6.1 计量点设置

6.1.1 上网计量点

上网计量点是用于用户与电网间的上、下网电能计量。目前上网计量布点于施耐德(广州)母线有限公司 10kV 高压计量柜。

6.1.2 发电并网计量点

本期工程设置 1 个 0.4kV 并网接入点,新建光伏发电计量点布置于光伏并网计量柜内。

6.1.3 计量装置

① 上网计量点: 10kV 电能表精度要求不低于 0.5S 级,并且要求有关电流互感器、电压互感器的精度需分别达到 0.2S、0.2 级。现有 10kV 计量柜内计量 CT 为 50/5A 0.2S 级,满足接入要求。本期工程只将原有计量表改为双向计量表,其他维持不变。

② 新建光伏发电计量点: 0.4kV 电能表精度要求不低于 0.5S 级,要求有关电流互感器的精度需达到 0.2S。本期工程设置 1 个发电计量点,配置 1 面并网计量柜。本期工程计量电能表、计量 CT 由供电局提供。

6.1.4 计量通道

本期工程上网计量点维持原 GPRS 传输通道不变。

本期工程在每个发电计量点布置一只负荷管理终端,具备 GPRS 通信模块,相关计量信息通过 GPRS 上传至供电局计量自动化系统主站,负荷管理终端由供电局提供。

第七章 结论

本期工程建成后，工作日时发电量供给施耐德（广州）母线有限公司使用，全部消纳；节假日时，富余电量输送至大电网。

本期工程并网计量柜内配置总断路器（4P），装设过载长延时、短路短延时、短路瞬时、接地故障保护并加装失压脱扣线圈，有利于光伏发电系统故障时切除光伏发电系统，保证大电网的正常重合闸，保证其正常用电。

综上所述，本期工程并网接入方案可行，建议尽快实施。

附件：备案证

项目代码:2108-440112-04-01-562076	
广东省企业投资项目备案证	
申报企业名称:博熙(广州)光伏发电有限公司	经济类型:私营
项目名称:施耐德(广州)母线有限公司 0.59184MWp屋顶分布式光伏项目	建设地点:广州市黄埔区云埔街道骏业路85号施耐德(广州) 母线有限公司屋顶
建设类别: ☐ 基建 ☐ 技改 ☒ 其他	建设性质: ☒ 新建 ☐ 扩建 ☐ 改建 ☐ 迁建 ☐ 其他
建设规模及内容: 拟利用施耐德(广州)母线有限公司建筑物屋顶约为8000平方米建设分布式光伏发电项目,光伏组件安装在屋顶、拟安装面积约为2800平方米,项目装机容量0.59184兆瓦,项目采用自发自用、余电上网模式	
项目总投资: 324.00 万元(折合	万美元) 项目资本金: 324.00 万元
其中:土建投资: 109.00 万元	
设备和技术投资: 215.00 万元;	进口设备用汇: 0.00 万美元
计划开工时间:2021年10月	计划竣工时间:2021年12月
备案机关: 开发区行政审批局	
备案日期: 2021年08月24日	
业务专用章	
备注:	
提示:备案证有效期为两年。项目两年内未开工建设且未办理延期的,备案证自动失效。项目在备案证有效期内开工建设的,备案证长期有效。	
查询网址: http://www.gdzt.gov.cn/query.action	广东省发展和改革委员会监制

仅供办理政务服务事项时使用