

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

公路光伏微电网技术指南

Technical Guide for Photovoltaic Micro-grid on Highway

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 2

 4.1 太阳能禀赋 2

 4.2 用能需求 2

 4.3 建设实施 3

5 系统构成 3

6 分布式光伏发电系统 3

 6.1 一般要求 3

 6.2 光伏阵列 4

 6.3 逆变器 4

 6.4 汇流箱 4

7 储能系统 5

 7.1 一般要求 5

 7.2 电池单元 5

 7.3 功率变换系统 5

 7.4 储能系统容量计算 6

8 配电系统 6

 8.1 一般要求 6

 8.2 光储配电单元 7

 8.3 并网配电单元 7

9 能源管理平台 7

 9.1 平台结构 7

 9.2 平台功能 8

 9.3 监测数据 8

10 安全 9

 10.1 交通、环境和人员、设备安全 9

 10.2 防雷、消防安全 9

 10.3 网络安全 9

附 录 A 各省（市、地区）水平面总辐照量、最佳斜面总辐照量、首年有效利用小时数 10

附 录 B 电力监测信息表 13

索 引 15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：长安大学、深圳市诺龙技术股份有限公司、青岛中电绿网新能源有限公司、四川蜀兴智慧能源有限责任公司、北京中交国通智能交通系统技术有限公司、中咨泰克交通工程集团有限公司、陕西西公院工程试验检测有限公司、华北电力大学、山东大学、四川路桥建设集团股份有限公司、山西省智慧交通研究院有限公司、云南省交通规划设计研究院有限公司、北京能高自动化技术股份有限公司

主要起草人：许宏科、雒忠强、刘晓瑞、文韬、谭小刚、王力、代亮、马宇超、彭敏、丁肇豪、张黎、黄云、吴宏涛、孟颖、张丽娜、付帅、任利军。

公路光伏微电网技术指南

1 范围

本文件规定了公路光伏微电网的基本规定、系统构成、分布式光伏发电系统、储能系统、配电系统、能源管理平台、安全等内容。

本文件适用于公路沿线的边坡、服务区等光伏微电网的建设。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
GB/T 15543 电能质量 三相电压允许不平衡度
GB/T 16895.1 低压电气装置 第1部分：基本原则、一般特性评估和定义
GB 19964 光伏电站接入电力系统技术规定
GB/T 20270 信息安全技术网络基础安全技术
GB 21520 计算机显示器能效限定值及能效等级
GB/T 22449 光伏发电系统用组件及材料的可追溯性要求
GB/T 24621.1 低压成套开关设备和控制设备的电气安全应用指南 第1部分：成套开关设备
GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定
GB/T 31960.7 电力能效监测系统技术规范
GB/T 34131 电力储能用电池管理系统
GB/T 34145 光伏组件性能检验规程
GB/T 36101 LED显示屏扰光评价要求
GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
GB/T 37741 信息技术 云计算 云服务交付要求
GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 42766 光伏发电太阳能资源评估规范
GB 50017 钢结构设计规范
GB 50054 低压配电设计规范
GB 50060 3-110kV 高压配电装置设计规范
GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范
GB 50217 电力工程电缆设计规范
GB/T 50794 光伏电站施工规范
GB 50797 光伏电站设计规范
GB 51048 电化学储能电站设计规范
GB/T 7262 公路通信技术要求及设备配置
GB/T 9535 光伏电池组件产品质量保证的一般性原则
GB/T 9813.3 计算机通用规范
JTG B01 公路工程技术标准
JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公路光伏微电网 photovoltaic micro-grid on highway

公路光伏微电网是指具备完整的发电和配电功能,通过智能通信和控制系统实现公共电网与依托公路用能场景建设的分布式光伏发电系统、储能系统、公路用电负荷系统进行合理的能量调配、互济,以达到自我控制、保护和管理的自治系统,既可并入外部电网运行,也可独立运行。

3.2

分布式光伏发电系统 distributed photovoltaic power generation system

分布式光伏发电系统是利用半导体材料的光伏效应,将太阳能转化为电能的一种发电系统。

3.3

储能系统 energy storage system

储能系统是指采用电化学电池作为储能元件,可进行电能存储、转换及释放的系统。

3.4

光伏阵列 photovoltaic array

将若干个光伏组件在电气和机械上按一定排列方式组装在一起并具备合理的支撑结构而构成的直流发电单元。

3.5

功率变换系统 power conversion system

功率变换系统是指能够实现储能电池与交流电网之间双向能量转换、具备有功和无功解耦功能的系统。

3.6

能源管理平台 energy management platform

能源管理平台是指将公共电网、分布式光伏发电系统、储能系统、公路用电负荷系统的供电进行统一的能量管理和调度,具备实时监测和实时告警功能的微电网管理系统。

4 基本规定

4.1 太阳能禀赋

4.1.1 公路光伏微电网规划应对站址所在区域太阳能资源基本状况进行分析,并结合相关气候特征进行适应性分析,基本分析为太阳能总辐射量及其变化趋势。

4.1.2 数据来源应选择气象有关部门发布的权威太阳辐射长期观测记录数据或者所在地附近的太阳辐射长期观测记录的气象站观测数据,应具备连续5年以上的长期记录。

4.1.3 不同安装方式的光伏阵列表面总辐照量的计算方法参照 GB/T 42766 的要求进行计算。

4.2 用能需求

4.2.1 公路用能场景基础设施用能负荷单元分类应符合 JTG B01“10 交通工程及沿线设施”的要求,以及 JTG D80 中“5 交通安全设施”、“6 服务设施”、“7 管理设施”的规定。

4.2.2 各独立用能负荷单元应满足相关设计规范要求。

4.3 建设实施

- 4.3.1 建设规模应依据公路沿线太阳能禀赋资源、可利用安装光伏阵列的面积、用能需求的规模规划设计公路光伏微电网的系统容量、设备选型和系统配置。
- 4.3.2 规划设计应保证用能需求的稳定，并网运行时应与市电形成稳定的、互补的电网结构；独立运行时应与储能系统、备用发电系统建立具有智能计算、自动切换的供能控制模块。
- 4.3.3 电网的规划建设宜灵活适用，光伏阵列的规划选址可按照集中部署、分散供能，分散部署、集中供能的原则进行规划。
- 4.3.4 公路光伏微电网的设计应满足 GB 50797、GB 51048 要求。

5 系统构成

5.1 公路光伏微电网由分布式光伏发电系统、储能系统、能源管理平台、配电系统以及公路场景用电负荷等组成。

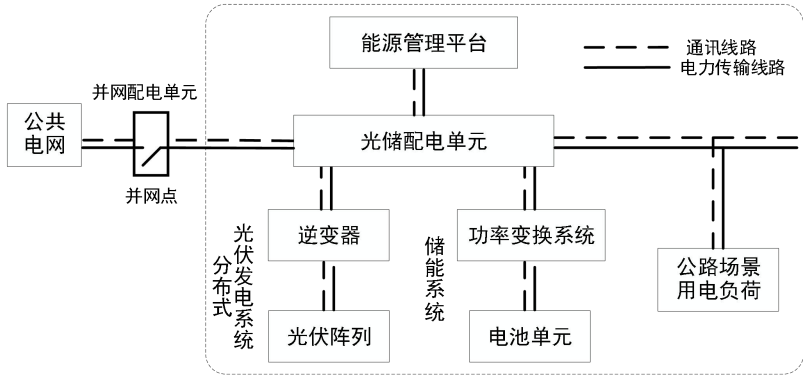


图 1 公路光伏微电网系统图

- 5.2 分布式光伏发电系统由光伏阵列、逆变器以及汇流箱等设备组成。
- 5.3 储能系统由功率变换系统和电池单元等设备组成。
- 5.4 能源管理平台包括计算机监控系统、通信网络、隔离装置等自动化设备组成。
- 5.5 配电系统由光储设备配电单元和并网设备配电单元等设备组成。
- 5.6 公路场景用电负荷是指收费设施、监控设施、通信设施、照明设施和隧道机电设施等用电设备。

6 分布式光伏发电系统

6.1 一般要求

- 6.1.1 分布式光伏发电系统场址选择应根据公路边坡、服务区屋顶、车棚以及公路外场场地的不同特点，综合考虑日照条件、安装条件、环境等因素，遵循安全可靠、经济环保、便于安装和维护的原则。电气结构宜采用多级汇流、分散逆变、集中并网的方式。
- 6.1.2 分布式光伏发电系统中，同一个逆变器接入的光伏组件串的电压宜一致，阵列朝向、安装倾角应依据公路边坡、服务区屋顶现场条件确定。
- 6.1.3 分布式光伏发电系统中光伏组件应根据类型、峰值功率、转换效率、温度系数、组件尺寸和重量、功率辐照度特性等技术条件进行选择。光伏组件性能应满足 GB/T 9535、GB/T 22449 和 GB/T 34145 标准。
- 6.1.4 分布光伏发电系统直流侧的设计电压应高于光伏阵列在当地昼间极端气温下的最大开路电压，

系统中所采用的设备和材料的最高允许电压应不低于该设计电压。

6.1.5 分布式光伏发电系统中逆变器的配置容量应与光伏阵列的安装容量相匹配，逆变器允许的最大直流输入功率应不小于其对应的光伏方阵的实际最大直流输出功率。

6.1.6 光伏阵列是将若干个光伏组件在电气和机械上按一定排列方式组装在一起并具备合理的支撑结构而构成的直流发电单元,其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。

6.1.7 分布式光伏发电系统的装机容量应根据公路边坡、服务区屋顶光伏阵列面积、负载所需电能、当地日照条件来确定。

6.2 光伏阵列

6.2.1 根据公路边坡、服务区及建筑物屋顶、车棚等不同应用场景，结合最佳经济性价比，确定光伏阵列安装形式。

6.2.2 依据光伏阵列在公路安装位置的经纬度，确定合理的组件倾斜角与方位角。

6.2.3 按照光伏组件参数、所选材料物理性能、安装高度处的风振系数等，核算光伏阵列钢支架强度，材质的选用和支架设计应符合 GB 50017 的规定。

6.2.4 光伏阵列在公路的安装位置，应充分考虑对障碍物及阴影区的合理避让。

6.2.5 光伏阵列应预留合理的检修通道，便于运营期间设备检修及组件清洗。

6.2.6 光伏阵列中，同一光伏组件中的电性能参数应保持一致。光伏组件的串联数计算，参见 GB 50797 中 6.4.2。

6.2.7 依据光伏阵列安装面积及容量，结合当地太阳年总辐射量和月辐射总量平均值核算年发电量，年发电量参见 GB 50797 中 6.6.2，太阳年总辐射量和月辐射总量平均值见附表 A。

6.2.8 光伏阵列设计应满足 GB 50797 的设计要求。

6.3 逆变器

6.3.1 逆变器应具备光伏阵列最大功率跟踪技术。

6.3.2 逆变器应具有短路保护、孤岛效应保护、过温保护、交流过流及直流过流保护、直流母线过电压保护、电网断电、电网过欠压、电网过欠频等保护功能。

6.3.3 依据光伏阵列装机容量，选择逆变器，容量宜不小于光伏阵列最大功率。

6.3.4 用于并网光伏发电系统的逆变器性能应符合 GB 19964 要求。

6.3.5 在海拔 2000m 以上使用逆变器时，应选用高原型产品、或降额使用普通型产品。

6.3.6 沿海、湿热带及工业污染严重地区使用的逆变器，应考虑盐雾、潮湿及污秽的影响。

6.3.7 逆变器应按型式、容量、相数、频率、冷却方式、功率因数、过载能力、温升、效率、输入输出电压以及最大功率点跟踪，保护和监测功能、通信接口、防护等级等技术条件进行选择。

6.4 汇流箱

6.4.1 汇流箱内部应配置有输入断路器、输出断路器、防雷器。

6.4.2 汇流箱的输入回路应具有防逆流及过流保护。

6.4.3 汇流箱的输出回路应具有隔离保护措施。

6.4.4 汇流箱宜设置智能监控仪表。

6.4.5 汇流箱安装在室外时应有防腐、防锈、防暴晒等措施，汇流箱箱体的防护等级不低于 IP55。

6.4.6 汇流箱应按环境温度、湿度、海拔及地震强度、污秽等级等使用环境条件进行相应校验。

6.4.7 汇流箱应根据型式、电压、温升、绝缘水平、防护等级、输入输出回路数、输入输出额定电流等技术条件进行选择。

7 储能系统

7.1 一般要求

7.1.1 公路光伏微电网储能系统宜选择电化学储能，系统应根据分布式光伏发电系统发电能力、用电的保障需求、削峰填谷裕度、功率变换系统性能、电池的特性和要求及设备短路电流耐受能力进行综合设计。

7.1.2 储能系统应配备储能电池、电池架/电池柜、电池管理系统、功率变换系统、能源管理平台等设备。

7.1.3 储能系统位置宜靠近分布式光伏发电系统，系统应根据公路沿线的边坡、服务区等现场条件预留扩建空间。

7.1.4 储能系统箱体应进行内部机架承重设计、散热设计、照明设计、保温隔热设计、门禁设计，可防尘、防水、防虫鼠，户外型宜符合 IP55 防护等级，满足整个储能系统在公路边坡、服务区及各种复杂环境下的应用。

7.1.5 储能系统的温控系统宜采用液冷或空调制冷方式。

7.1.6 储能系统的自动消防系统宜采用自动灭火系统设计，并配备自动报警装置。能够实现火灾监测报警与电气设备的联动功能。

7.1.7 储能系统设备布置在户外，应设置保护围栏、检修通道等设施。

7.1.8 储能系统应选择节能环保、高效安全设备，技术要求符合 GB 51048 规定。

7.2 电池单元

7.2.1 电池单元包括电储能电池组和电池管理系统。

7.2.2 储能电池组的成组方式及其连接拓扑应与功率变换系统的拓扑结构相匹配，电池组回路应配置直流断路器、隔离开关等开断、保护设备。

7.2.3 储能电池组的电池裕度应根据电池的寿命特性、充放电特性及最佳充放电区间和经济性进行配置。电池性能满足 GB/T 36276 标准。

7.2.4 电池管理系统实现电池组状态监视、运行控制、绝缘监测、均衡管理、保护报警及通信功能等，满足 GB/T 34131 要求。

7.2.5 直流侧电压根据电池特性、耐压水平、绝缘性能，宜采用 DC750V、DC1500V 电压等级。

7.2.6 直流侧接地形式，应符合现行国家标准 GB/T 16895.1 规定。

7.3 功率变换系统

7.3.1 功率变换系统主要由储能变流器及其控制系统组成，应能实现储能电池单元与交流电网之间双向能量转换，具备有功和无功解耦控制的四象限运行功能。

7.3.2 功率变换系统的功能、性能要求应与储能系统需求相匹配，应具备并网充电、并网放电、离网放电、有功功率连续可调、无功功率调节、低电压穿越等功能。

7.3.3 功率变换系统应能自动运行，实时采集功率变换系统交、直流侧电压、电流和设备运行状态、故障告警，存储历史数据。

7.3.4 功率变换系统应能实现装置运行状态的切换及控制逻辑，且应包含功率变换系统的启停、控制方式的切换、运行状态的转换等。

7.3.5 功率变换系统应同时配置有硬件故障保护和软件保护，保护功能配置完善。

7.3.6 功率变换系统应能接收能源管理平台控制指令，实现对电池进行充放电的闭环控制。

7.3.7 功率变换系统宜支持 CAN、MODBUS 等通信，并应能配合能源管理平台及电池管理系统完成储能系统的监控及保护。

7.3.8 功率变换系统应依据额定电压、额定电流、额定功率、温升、防护等级、输入输出回路数、充放电电压、保护功能等技术条件进行选择。

7.3.9 功率变换系统应按环境温度、相对湿度、海拔高度、地震烈度等使用环境条件进行校验。

7.4 储能系统容量计算

7.4.1 离网式储能容量计算：宜根据当地日照条件、连续阴雨天数、负载的电能需要和所配储能电池的技术特性来确定。

条文说明：参考 GB 50795-2012 设计规范 6.5.2。

$$C_C = \frac{D \times F \times P_0}{U \times K_a}$$

式中：

C_C --储能电池容量(kW·h)；

D --最长无日照期间用电时数(h)；

F --储能电池放电效率的修正系数(宜取 1.05)；

P_0 --平均负荷容量(kW)；

U --储能电池的放电深度(0.5~0.8)；

K_a --包括逆变器等交流回路的损耗率(宜取 0.7~0.8)。

7.4.2 并网式储能容量计算

$$C_C = K \times W_p \times T$$

式中：

C_C --储能电池容量(kWh)；

K --配储系数(10%~100%)；

W_p --分布式光伏发电系统最大功率(kW)；

T --储能电池充电时间(2h、4h)。

条文说明：K 是配储系数，根据分布式光伏发电系统最大功率的 10%-100%选择。

8 配电系统

8.1 一般要求

8.1.1 公路光伏微电网配电系统宜集中部署、统一管理。

- 8.1.2 公路光伏微电网配电系统应具备实时显示和通信功能，以实现系统的智能管理。
- 8.1.3 在公路光伏微电网系统中因外部电网结构需要安装防逆流装置时，防逆流装置的选择应符合当地电网对防逆流装置响应时间的要求。
- 8.1.4 公路光伏微电网设备布置在户外，应设置保护围栏、检修通道、柜体防护等级应满足 GB/T 4208 要求。
- 8.1.5 公路光伏微电网配电系统设计应满足 GB 50054 和 GB 50060 的设计要求。
- 8.1.6 电缆选择
- a) 电缆必须通过国内或国际认证机构的认证。
 - b) 交流侧电缆、直流侧电缆依敷设的形式和安全选择，宜采用多股铜芯耐火阻燃电缆。
 - c) 电缆工程设计应符合 GB 50217 规定
- 8.2 光储配电单元
- 8.2.1 光储配电单元应采用模块化设计，相同规格的单元具有良好的互换性，应满足 GB/T 24621.1 要求。
- 8.2.2 光储配电单元应配置输入、输出断路器及保护装置、电能质量监测和计量装置等。电能质量和电力能效监测满足 GB/T 12326、GB/T 15543 和 GB 31960.7 要求。
- 8.2.3 光储配电单元内的交流电气装置，过电压保护和绝缘配合设计满足 GB / T 50064 要求。
- 8.2.4 光储配电单元应具备自动切换功能，实现市电、光伏、储能供电的智能切换。
- 8.2.5 公路光伏微电网光储配电单元，输出宜提供 DC750V、AC380V 等多类别供电输出。
- 8.2.6 光储配电单元其他设计要求应该满足 GB 50797 设计规范和 GB 51048 要求。
- 8.3 并网配电单元

并网配电单元设计应满足 GBT 19964 光伏电站接入电力系统技术规定和 GB/T 29319 光伏发电系统接入配电网技术规定要求。

9 能源管理平台

9.1 平台结构

9.1.1 公路光伏微电网能源管理平台应包括通讯管理装置、能源数据库以及相关安全、调度模块的云端服务器，以及用于控制管理所需数据的终端显示装置等，平台结构示意图如图 2 所示。

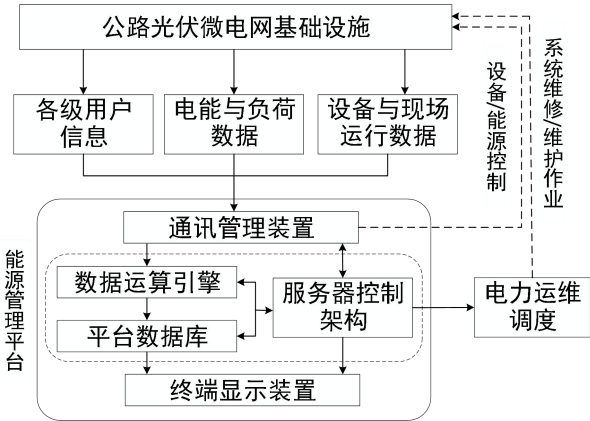


图2 能源管理平台结构示意图

9.1.2 通讯管理装置宜依托公路体系固有的通信网络搭建，通信设备选择与接入应符合 GB/T 7262 等规定。

9.1.3 平台数据库宜采用分布式架构数据库，应符合 GB/T 9813.3 和 GB/T 37741 规定。

9.1.4 终端显示装置应根据平台功能、内容与权限的不同采用差异化设计，包含供平台内部使用的操作管理界面和向用户提供特定业务的查询界面，应符合 GB 21520 和 GB/T 36101 规定。

9.1.5 网能源管理平台应支持国际、国内通用的通信规约，同时支持自定义规约开发。

9.2 平台功能

9.2.1 平台宜配置相应的光伏发电和公路场景负荷预测等功能，通过历史和实测数据等进行功率预测。

9.2.2 平台应根据调度计划、监测数据、负荷特性及运行约束条件，优化计算安排发电、储能充放电、负荷用电计划。

9.2.3 平台应具备对微电网中的电气设备进行相应的管理功能，包括柴油发电机的燃料、储能系统的荷电状态、负荷用电等管理。

9.2.4 对于公路微电网能源系统的各种故障，平台应进行监测、预警，并调度运维人员对运行异常点位进行维修/维护作业。

9.2.5 平台应监测、采集微电网的各类实时数据和历史数据，通过采集数据分析微电网的资源利用、运行能耗、运行效益、供电可靠性等。

9.2.6 对微电网中的发电、用电、储能系统，以及与外部电网之间的电能交换情况，平台应具备统计分析功能。

9.2.7 平台宜对并网型微电网的并网点进行电能质量分析。

9.2.8 平台宜具备相关数据的存储管理、数据显示、下载打印等功能。

9.3 监测数据

9.3.1 监测数据包括用户数据、电能与负荷数据、设备与现场运行数据、运维调度数据等，平台服务器应存储、管理、计算与展示功能各类监测数据。

9.3.2 用户数据包括公路光伏微电网系统内的各级负荷与能源使用方的运行数据，应包含：

- a) 平台应能够存储、处理并管理各级能源用户的时空信息，监测其整体负荷、用电质量与历史信息。
- b) 针对用户的能耗历史信息，结合实时电价与清洁能源接入情况，生成用户的能耗成本台站与成本报表，支持用户在线浏览、检索与打印。

9.3.3 电能与负荷数据

- a) 应对必须遥测、遥信、遥控与遥脉信息进行实时监测，详见附录 B。

条文说明：其他信息可参考 Q/GDW 11815-2018、Q/GDW 436-2013、GB/T 31960.7-2015。

- b) 应针对用户的能耗历史信息，结合实时电价与清洁能源接入情况，生成用户负荷与能耗成本的报表与历史台账。
- c) 对于平台覆盖范围内的用户以及光伏、风能以及其他清洁能源，平台应计算其量化的碳排放数额或固碳节能成效，满足 T/CES 134 要求。

9.3.4 设备与现场运行数据

- a) 对于公路光伏微电网内的关键电力设备或控制器,应在平台内建立设备类别型号、供应商信息台账等信息,并且能够实时联通并读取设备的运行状态。
- b) 应对输配电线路中的配电室、环网柜、大型输配电设施进行全天候监控,搭配露点传感器以及温湿度传感器等设备实现对现场环境状态的呈现,支持平台对现场运行情况进行监控与判断。

9.3.5 运维调度数据应对跨地区型管理平台各区段运维团队进行登记与调度监控,依托平台制定、管理能源设施的巡检计划并设置巡检的时间、周期、巡检人和作业内容等。

10 安全

10.1 交通、环境和人员、设备安全

10.1.1 在边坡、服务区等场景的公路光伏微电网的建设过程中,应考虑车辆行驶和行人通行的安全因素,充分遵守道路交通规则,确保公路的正常交通和安全。

10.1.2 做好建设前的环境影响评估,采取合理的施工预案,减少施工对周边环境的破坏及影响。

10.1.3 依据制定的施工方案,严格执行施工标准及要求,确保施工人员和设备安全。

10.2 防雷、消防安全

10.2.1 应坚持全面规划、综合治理、技术先进、优化设计、多重保护、经济合理、定期检测和随机维护的原则进行综合设计、施工及维护。

10.2.2 应根据所在地区雷暴等级、设备所在不同的雷电防护区,以及系统对雷电电磁脉冲的抗扰度,采用不同的防护措施。

10.2.3 应根据不同建(构)筑物和设施,设计不同的消防措施。

10.2.4 消防设施、配套设施应完善可靠,符合 GB/T 50794 规定。

10.3 网络安全

10.3.1 微电网能源管理平台的网络安全防护应符合 GB/T 20270 规定。

10.3.2 平台的软件发布者应对其部署的各类可控的资源进行安全配置,具体包括:

- a) 对通信数据进行必要的加密与校验处理,同时对数据通信带宽与误码率设置监控。
- b) 对于关键数据通道必要时可采取强制单项数据流,防止云平台对实际能源网络的异常操控。
- c) 对云资源账户进行安全策略配置,对运维人员实施权限管理及职责分离,防止非法用户劫持系统服务。

附 录 A 各省（市、地区）水平面总辐照量、最佳斜面总辐照量、首年有效利用小时数
（数据来源：2021 年-2023 年中国风能太阳能资源年景公报）

各省(区、市)2021-2023 年水平面总辐照量平均值

序号	省份	2021 年水平面总辐照量 (kWh/m ²)	2022 年水平面总辐照量 (kWh/m ²)	2023 年水平面总辐照量 (kWh/m ²)
1	北京	1405.94	1527.60	1429.90
2	天津	1402.74	1561.70	1483.00
3	河北	1438.98	1537.50	1466.40
4	山西	1426.89	1536.00	1463.50
5	内蒙古	1581.32	1571.60	1538.80
6	辽宁	1381.25	1422.80	1378.20
7	吉林	1344.27	1392.80	1324.40
8	黑龙江	1294.16	1337.40	1255.90
9	上海	1251.66	1448.50	1240.40
10	江苏	1307.84	1458.50	1335.40
11	浙江	1251.88	1476.50	1275.40
12	安徽	1242.51	1502.80	1291.20
13	福建	1291.07	1544.50	1361.30
14	江西	1194.24	1480.40	1220.70
15	山东	1379.78	1461.40	1421.60
16	河南	1269.41	1470.10	1323.90
17	湖北	1151.51	1416.50	1619.00
18	湖南	1077.03	1388.60	1099.90
19	广东	1256.01	1460.60	1280.10
20	广西	1186.35	1391.80	1234.50
21	海南	1503.04	1519.50	1442.10
22	重庆	981.01	1311.00	1032.30
23	四川	1385.80	1499.90	1408.90
24	贵州	1021.26	1289.90	1178.90
25	云南	1490.81	1515.70	1497.50
26	西藏	1920.11	1819.80	1799.50
27	陕西	1321.47	1459.70	1341.40
28	甘肃	1636.62	1627.70	1592.50
29	青海	1798.11	1747.20	1712.80
30	宁夏	1617.78	1611.00	1527.50
31	新疆	1626.30	1588.60	1579.90

各省(区、市)2021-2023 年固定式光伏发电最佳斜面总辐照量平均值

序号	省份	2021 年最佳斜面总辐照量 (kWh/m ²)	2022 年最佳斜面总辐照量 (kWh/m ²)	2023 年最佳斜面总辐照量 (kWh/m ²)
1	北京	1675.17	1866.40	1719.30
2	天津	1635.57	1883.00	1769.80
3	河北	1699.66	1857.10	1762.00
4	山西	1648.51	1815.50	1732.60
5	内蒙古	2006.53	2030.30	1989.60
6	辽宁	1674.81	1757.70	1672.70
7	吉林	1667.44	1777.60	1660.70
8	黑龙江	1683.04	1777.70	1667.10
9	上海	1342.51	1561.10	1346.20
10	江苏	1422.10	1609.70	1481.10
11	浙江	1314.16	1562.50	1356.50
12	安徽	1327.65	1636.00	1408.40
13	福建	1344.91	1614.20	1415.00
14	江西	1243.32	1568.30	1274.50
15	山东	1544.63	1657.20	1614.30
16	河南	1369.10	1602.10	1448.50
17	湖北	1204.82	1507.10	1215.30
18	湖南	1106.34	1461.80	1128.70
19	广东	1303.29	1520.00	1315.80
20	广西	1217.30	1437.40	1255.00
21	海南	1528.80	1534.20	1439.60
22	重庆	998.96	1354.80	1031.90
23	四川	1506.69	1628.90	1519.60
24	贵州	1045.64	1333.40	1205.00
25	云南	1625.36	1643.80	1611.50
26	西藏	2192.35	1930.30	1933.80
27	陕西	1463.73	1633.30	1495.80
28	甘肃	1920.52	1937.50	1904.50
29	青海	2105.48	2033.10	2016.10
30	宁夏	1852.23	1862.80	1772.00
31	新疆	1927.18	1904.80	1891.90

各省(区、市)2021 年固定式发电首年利用小时数平均值

序号	省份	2021 年首年利用小时（小时）
1	北京	1340.14
2	天津	1308.46
3	河北	1359.73
4	山西	1318.81
5	内蒙古	1605.23
6	辽宁	1339.85
7	吉林	1333.95
8	黑龙江	1346.43
9	上海	1074.01
10	江苏	1137.68
11	浙江	1051.33
12	安徽	1062.12
13	福建	1075.93
14	江西	994.65
15	山东	1235.71
16	河南	1095.28
17	湖北	963.85
18	湖南	885.08
19	广东	1042.63
20	广西	973.84
21	海南	1223.04
22	重庆	799.16
23	四川	1205.35
24	贵州	836.51
25	云南	1300.29
26	西藏	1753.88
27	陕西	1170.98
28	甘肃	1536.42
29	青海	1684.38
30	宁夏	1481.79
31	新疆	1541.74

附 录 B 电力监测信息表

监测类别	监测信息名称	检测单位
电气遥测信息	相电压	V
	线电压	V
	相电流	A
	线路电流	A
	有功/无功功率	W/Var
	视在功率	VA
	功率因数	/
环境遥测信息	环境温度	℃
	环境湿度	%
	变压器三相接触头温度	℃
	高低压母排电缆头温度	℃
	高压柜内局部放电放电次数	次/秒
	高压柜内局部放电量	dB
遥信信息	水浸	/
	烟感	/
	门禁红外双鉴	/
电气设备遥信信息	开关位置	合/分
	地刀	合/分
	手车	合/分
	远方	合/分
	轻/重瓦斯告警	合/分
	高温告警	合位/复归
	超温跳闸	合位/复归
	开门跳闸	合位/复归
	故障总	合位/复归
	告警总	合位/复归
	速断动作	合位/复归
	零序过流	合位/复归
	多电源监测_主电开关	合/分
	多电源监测_主电故障	合位/复归
	多电源监测_备点开关	合/分

	多电源监测_备电故障	合位/复归
	多电源监测_主电失电	合位/复归
	多电源监测_备电投入	合位/复归
	多电源监测_主电短路	合位/复归
	多电源监测_备电短路	合位/复归
	多电源监测_主电过负荷	合位/复归
	多电源监测_备电过负荷	合位/复归
	多电源监测_过电压告警	合位/复归
	多电源监测_低电压告警	合位/复归
	多电源监测_停电报警	合位/复归
遥脉信息	正向有功电能	kW
	反向有功电能	kW
	正向无功电能	kVar
	反向无功电能	kVar

索 引
