ICS 29.140.99
CCS K 71

团　　体　　标　　准

T/CIES 032—2023

离网光伏路灯应用设计规范

Specification for application design of off－grid solar street luminaries

2024-01-25 发布　　2024-01-25 实施

中国照明学会　发布
中国标准出版社　出版

中国标准出版社

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。

本文件由中国照明学会新能源照明专业委员会提出。

本文件由中国照明学会归口。

本文件起草单位：北京博龙阳光新能源高科技开发有限公司、江苏开元太阳能照明有限公司、湖南耐普恩科技有限公司、江苏华富储能新技术股份有限公司、北京新时空股份有限公司、宏力照明集团有限公司、北京富润成照明系统工程有限公司、星慧照明工程集团有限公司、明亮科技发展（广东）股份有限公司、淄博中诚电子照明技术开发有限公司、骥志（江苏）新能源科技有限公司、深圳德尚博科技有限公司、江苏博亚照明电器有限公司、北京凌阳伟业科技有限公司、中节能新光照明有限公司、深圳市洲明科技股份有限公司、泰兴市银杏光电科技有限公司、上海亚明照明有限公司。

本文件主要起草人：安岚坡、高旭明、尹子军、黄浩宇、黄毅、闫石、吕国锋、郑影、胡广太、龚青云、李中成、李小龙、吴新景、毛尚竹、包玉德、高峻、陆燕、杨晓莹、凌伟沪、朱华荣。

本文件主要审查人：苏耀康、赵建平、陈超中、徐代升、沈涛、王勋、杜军。

中国标准出版社

中国标准出版社

离网光伏路灯应用设计规范

1 范围

本文件规定了离网光伏路灯应用设计规范，包括道路的分类分级、设计要求、通用要求、性能要求、铭牌和标注。

本文件适用于新建、扩建和改建的公路、城市道路、村镇道路。

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 7000.1 灯具 第1部分：一般要求与试验

GB 7000.203 灯具 第2-3部分：特殊要求 道路与街路照明灯具

GB/T 9535 地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型

GB/T 19064—2003 家用太阳能光伏电源系统技术条件和试验方法

GB 40165 固定式电子设备用锂离子电池和电池组 安全技术规范

GB/T 22473.1 储能用蓄电池 第1部分：光伏离网应用技术条件

GB/T 24460—2009 太阳能光伏照明装置总技术规范

GB/T 31832 LED城市道路照明应用技术要求

GB/T 34870.1 超级电容器 第1部分：总则

GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范

GB 50010—2019 混凝土结构设计规范

CJJ 45—2015 城市道路照明设计标准

QB/T 5093.1 灯杆 第1部分：一般要求

QB/T 5093.2 灯杆 第2部分：钢质灯杆

T/CSCI 003 电池型超级电容器总规范

CQC 1126 太阳能路灯用锂离子电池组技术规范

3 术语和定义

GB/T 7000.1、CJJ 45—2015界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

离网光伏路灯 off-grid solar street luminaries

独立太阳能光伏电池供电的离网照明系统。

注：包含光伏组件、储能电池、充放电控制器、LED灯具、灯杆与基础等部件。

3.2

公路 highway

联结城镇、乡村，主要供汽车行驶的具备一定技术条件和设施的道路。

3.3

城市道路　unban road

在城市范围内，供车辆和行人通行、具备一定技术条件和设施的道路。

3.4

村镇道路　village and town road

村庄和镇区内部的道路。

3.5

光伏组件　photovoltaic module

太阳能电池组合装置。

注：由一定数量太阳能电池单元内部联结及封装而成，能单独提供直流电输出。光伏组件也称太阳能电池组件。

3.6

储能电池　energy storage battery

将光伏组件转化的电能进行存储和释放的装置。

3.7

充放电控制器　charge and discharge controller

具有自动控制光伏组件向储能电池充电、储能电池向 LED 灯具放电的控制装置。

[来源：GB/T 24460—2009，3.3，有修改]

4　道路的分类分级

4.1　按道路路网分布区域，道路可分为公路、城市道路、村镇道路三类。

4.2　公路按技术等级分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路。

4.3　城市道路分为快速路、主干路、次干路和支路。

4.4　根据道路在路网中的地位、交通功能及对沿线服务功能等，乡村道路可分为干路、支路和巷路，镇区的道路分为主干路、干路、支路、巷路。

5　设计要求

5.1　一般要求

5.1.1　光伏路灯的设计应按照以人为本、保护生态的原则，做到安全可靠、技术先进、低碳环保、运维方便、经济合理。

5.1.2　光伏组件的形式应与所在区域的周边环境等要素协调，在符合道路照明需求的前提下兼顾白天景观的视觉效果，提供良好的视觉舒适性。

5.1.3　光伏路灯有效寿命周期不应低于 3 年。

5.1.4　LED 灯具应符合 GB 7000.203、GB/T 7000.1 和 GB/T 31832 的要求。

5.1.5　充放电控制器应符合 GB/T 19064 的要求。

5.1.6　光伏路灯的照明方式及设计要求应符合 CJJ 45—2015 中第 5 章的要求。

5.2　道路照明标准值

5.2.1　设置连续照明的光伏路灯公路的照明标准值应符合表 1 的规定。

中国标准出版社

表 1　光伏路灯公路照明标准值

照明级别	道路类型	路面亮度			路面照度		眩光限制阈值增量 TI 最大初始值 %	环境比度 SR 最小值
		平均亮度 L_{av} 维持值 cd/m²	总均匀度 U_o 最小值	纵向均匀度 U_L 最小值	平均照度 $E_{h,av}$ 维持值 lx	均匀度 U_E 最小值		
Ⅰ	高速公路、控制出入的一级公路	1.5	0.4	0.7	20	0.4	10	0.5
Ⅱ	一级公路、二级公路	1.0	0.4	0.5	15	0.4	10	0.5
Ⅲ	三级公路、四级公路	0.50	0.4	—	8	0.3	15	—

注 1：所列的平均照度仅适用于沥青路面。若系水泥混凝土路面，其平均照度值相应降低约 30%。

注 2：各项数值仅适用于干燥路面。

注 3：计算路面的维持平均亮度或维持平均照度时，灯具维护系数按 0.70 确定。

5.2.2　设置连续照明的光伏路灯城市道路的照明标准值应符合表 2 的规定。

表 2　光伏路灯城市道路照明标准值

级别	道路类型	路面亮度			路面照度		眩光限制阈值增量 TI 最大初始值 %	环境比度 SR 最小值
		平均亮度 L_{av} 维持值 cd/m²	总均匀度 U_o 最小值	纵向均匀度 U_L 最小值	平均照度 $E_{h,av}$ 维持值 lx	均匀度 U_E 最小值		
Ⅰ	快速路、主干道	1.5/2.0	0.4	0.7	20/30	0.4	10	0.5
Ⅱ	次干路	1.0/1.5	0.4	0.5	15/20	0.4	10	0.5
Ⅲ	支路	0.50/0.75	0.4	—	8/10	0.3	15	—

注 1：所列的平均照度仅适用于沥青路面。若系水泥混凝土路面，其平均照度值相应降低约 30%。

注 2：各项数值仅适用于干燥路面。

注 3：计算路面的维持平均亮度或维持平均照度时，灯具维护系数按 0.70 确定。

注 4：道路的平均亮度和平均照度给出的两组标准值，“/”的左侧为低值，右侧为高值。

注 5：迎宾路、通向大型公共建筑的主要道路、位于市中心和商业中心的道路，执行Ⅰ级照明。

中国标准出版社

5.2.3　设置连续照明的光伏路灯村镇道路的照明标准值应符合表 3 的规定。

表 3　光伏路灯村镇道路照明标准值

道路类型	道路级别	路面亮度		路面照度		眩光限制阈值增量 TI 最大初始值 %
		平均亮度 L_{av} 维持值 cd/m²	总均匀度 U_o 最小值	平均照度 $E_{h,av}$ 维持值 lx	均匀度 U_E 最小值	
镇区道路	主干路	1.0/1.5	0.4	15/20	0.4	10
	干路	0.75/1.0	0.3	10/15	0.3	10
	支路	0.50	0.3	8	0.3	15
	巷路	—	—	5	—	—

表 3　光伏路灯村镇道路照明标准值（续）

道路类型	道路级别	路面亮度		路面照度		眩光限制
		平均亮度 L_{av} 维持值 cd/m²	总均匀度 U_o 最小值	平均照度 $E_{h,av}$ 维持值 lx	均匀度 U_E 最小值	阈值增量 TI 最大初始值 %
村庄道路	干路	0.50	0.3	8	0.3	15
	支路	—	—	8	—	—
	巷路	—	—	5	—	—
注 1：所列的平均照度仅适用于沥青路面。若系水泥混凝土路面，其平均照度值相应降低约 30%。 注 2：各项数值仅适用于干燥路面。 注 3：计算路面的维持平均亮度或维持平均照度时，灯具维护系数按 0.70 确定。 注 4：道路的平均亮度和平均照度给出的两组标准值，“/”的左侧为低值，右侧为高值。						

5.2.4　人行道和非机动车道照明标准值应按照 CJJ 45—2015 中 3.5 的要求。

5.2.5　宜根据所在道路的等级、夜间不同时间段的交通流量、车速、环境亮度的变化等因素，确定相应时段需要达到的照明水平，分时段通过控制调节路面照度或亮度。但经过调节后的高速公路、一级、二级公路的平均照度不应低于 10 lx，三级、四级公路的平均照度不应低于 8 lx；城市道路的快速路、主干路、次干路的平均照度不应低于 10 lx，支路的平均照度不应低于 8 lx；村镇道路的主干路，干路的平均照度不应低于 8 lx，支路、巷路的平均照度不应低于 5 lx。

5.3　交会区照明标准值

5.3.1　公路交会区的光伏路灯照明标准值应符合表 4 的规定。

表 4　公路交会区光伏路灯照明标准值

交会区类型	路面平均照度 $E_{h,av}$ 维持值 lx	照度均匀度 U_E 最小值	眩光限制
与高速公路、一级公路相交	30	0.4	在驾驶员观看灯具的方位角上，灯具在 90° 和 80°高度角方向上的光强分别不应超过 10 cd/1 000 lm和 30 cd/1 000 lm
与二级～四级公路相交	20		
注：灯具的高度角是在现场安装使用状态下度量。			

5.3.2　城市道路交会区的光伏路灯照明标准值应符合 CJJ 45—2015 中表 3.4.1 的规定。

5.3.3　村镇道路交会区的光伏路灯照明标准值，应与交会主要道路的照明水平成正比，选取比平常路段高出 50%～100%的照度标准值 。

6　通用要求

6.1　构成要素

光伏路灯一般由下列五个部件构成。

a）　光伏组件：材料有单晶硅、多晶硅和非晶硅等；外观形式可以是平面或曲面等。

b) 储能电池:包含铅酸蓄电池、锂离子电池、超级电容等。
c) 充放电控制器。
d) LED灯具。
e) 灯杆与基础。

6.2 运行环境要求

6.2.1 根据使用区域和场所不同,应能在适用的环境温湿度范围内正常工作。具体要求见表5。

6.2.2 光伏路灯能在要求连续3 d、5 d以上阴雨雾雪日提供正常照明。具体要求见表5。

表5 光伏路灯运行环境

安装区域	装置适用环境温度 ℃	连续阴雨雾雪天数 (提供正常照明) d	每天照明时间 h	风荷载级别
城市道路	−40～0	3	≥10	10级
	0～50	5		
公路、村镇道路	−40～0	3		
	0～50	5		
注:具体阴雨雾雪储能天数要根据当地三年内平均阴雨雾雪天数确定。				

6.2.3 光伏组件应安装在空间无高大建筑物阴影、无树木遮挡阳光受照面的地方。

6.3 安全要求

6.3.1 光伏路灯安装后应具有足够的强度,一般应能承受10级风荷载,根据安装区域的风力状态提高风荷载级别。

6.3.2 光伏路灯部件防护等级应不低于IP65。

6.3.3 灯杆、光伏电池组件固定装置应和防雷接地装置良好连接,接地电阻小于10 Ω。

7 性能要求

7.1 光伏组件

7.1.1 单晶硅和多晶硅光伏组件的安全和性能应符合GB/T 9535的规定。

7.1.2 光伏组件的功率根据负载功耗、使用环境的光照资源及负载使用需求确定。光伏组件的功率计算见附录A。

7.1.3 光伏组件应符合充放电控制器、储能电池的接口要求(机械接口、电气接口)。

7.1.4 无论采用何种充电控制方式,光伏组件的工作电压应符合储能电池充电电压的要求。

7.1.5 光伏组件的转换效率应符合设计要求,宜采用高效率组件。对于单晶硅太阳电池组件应大于18.5%,多晶硅太阳电池组件应大于17.5%,非晶硅太阳电池组件应大于8%。

7.2 储能电池

7.2.1 铅酸蓄电池储能应符合GB/T 22473.1—2021的要求。

7.2.2 锂离子储能电池组应符合GB 40165和CQC 1126的要求。

7.2.3 储能型超级电容器应符合GB/T 34870.1和T/CSCI 003的要求。

中国标准出版社

7.2.4 储能电池的容量计算时应防止电池过充和过放预留一定的余量。储能电池的容量计算见附录 A。

7.3 充放电控制器

7.3.1 应符合 GB/T 19064—2003 中 6.3.2～6.3.13 的规定。

7.3.2 应具有对 LED 光源负载进行放电管理的功能，并具有 LED 负载的过载/过流/短路保护。

7.3.3 应有防光伏组件、储能电池、灯具接线反接、错接的措施。

7.3.4 应有内部温度的检测和保护功能，具有环境温度的检测和保护功能；应具备在电池过放保护时，匹配电池保护板激活储能电池功能。

7.3.5 依据光伏组件输出电压进行光控开关，根据亮灯策略进行多时段运行；在电池电量不足时，应具有自动降低功率的功能。

7.3.6 平均无故障时间不应小于 50 000 h。

7.3.7 可选配远程通信接口，实现无线远程数据上报和监控。

7.4 LED 灯具

7.4.1 LED 灯具初始光通量不应低于额定光通量的 90%，且不应高于额定光通量的 120%。

7.4.2 LED 灯具在正常工作 3 000 h 的光通维持率不应低于 96%，6 000 h 的光通维持率不应低于 92%。

7.4.3 LED 灯具效能不应低于 130 lm/W，LED 光源驱动装置效率应大于 92%。

7.4.4 LED 灯具一般显色指数(R_a)不应小于 70。

7.4.5 LED 灯具额定相关色温不宜大于 5 000 K，并宜优先选择中或低色温光源；同型号 LED 灯具标准配色偏差(SDCM)不应大于 7；

7.5 灯杆与基础

7.5.1 灯杆设计应符合 QB/T 5093.1 与 QB/T 5093.2 的要求。

注：计算恒荷载时除光伏组件及支架自重外，还包括灯具的自重。

7.5.2 灯杆基础应符合 GB 50007—2011 中 5.1～5.2 和 8.1～8.3 及 GB 50010—2019 中 4.1～4.2、6.1～6.5 和 8.2～8.5 的要求。

8 铭牌与标记

8.1 生产厂应在灯杆适当位置安置铭牌，以标注科学、正确的光电参数与制造商等信息。

8.2 铭牌应包括但不限于以下信息：

a) 生产厂名、商标或其他表明生产厂商或经销商的标志；

b) 光伏路灯型号、LED 灯具功率、色温、储能电池电压和容量；

c) 生产厂或经销商的地址与联系方式等。

8.3 铭牌内容可采用二维码形式，内容应准确完整。

中国标准出版社

附 录 A
（资料性）
光伏组件功率及储能电池容量的计算方法

A.1 光伏组件功率计算

A.1.1 光伏组件功率可按功率按公式(A.1)计算。

$$L=\frac{1.05\times P\times t}{\eta\times H_s} \qquad \cdots\cdots(A.1)$$

式中：

L ——光伏组件功率，单位为瓦特(W)；

1.05——系统冗余度；

P ——负载功率，单位为瓦特(W)；

t ——以 P 功率工作的时长，单位为小时(h)；

η ——直流独立光伏系统发电效率；

H_s ——所在地峰值日照时数，单位为小时(h)(数值见表 A.1)。

A.1.2 常用光伏路灯的光伏组件功率配置示例见表 A.1。

表 A.1 常用光伏路灯的光伏组件功率配置示例

序号	负载功率 P W	日耗电量 W·h	发电效率	峰值日照时数 h	光伏组件功率 W
1	20	200	0.55	4.5	84.8
2	50	500	0.55	4.5	127.3
3	70	700	0.55	4.5	169.7
4	100	1 000	0.55	4.5	212.1
5	120	1 200	0.55	4.5	254.5
6	200	2 000	0.55	4.5	297.0

注 1：日耗电量按本文件规定的每天照明时间最小值 10 h 计算，如照明采用变功率分时调光时，负载功率 P 为可变，日耗电量为各不同功率运行时段耗电量的总和，例如采用前 5 h 全功率，后 7 h 半功率，日耗电量＝170 W·h。

注 2：直流独立光伏系统发电效率反映系统的整体损耗，包括遮挡、温度、电气设备效率、线损等因素。本示例发电系数取 0.55。

A.2 储能电池能量计算

A.2.1 配置储能电池时，可按公式(A.2)计算储能电池的储存能量。

$$W=\frac{1.1\times P\times h\times d}{k} \qquad \cdots\cdots(A.2)$$

式中：

W ——储存能量，单位为瓦时(W·h)；

1.1 ——系统冗余度；

中国标准出版社

P ——亮灯功率，单位为瓦特（W·h）；

h ——以 P 功率工作的时长，单位为小时（h）；

d ——储能电池需要保证的最大连续阴雨雾雪天的天数，单位为天（d）；

k ——容量系数。

注 1：各类储能电池的性能特点不同，根据应用环境与设计要求选用。

注 2：容量系数取决于储能电池类型，基于储能电池的最大放电深度、充放电效率等因素考虑。

A.2.2 常用光伏路灯的锂离子电池和电池型超级电容器配置计算示例见表 A.2。

表 A.2 常用光伏路灯的锂离子电池和电池型超级电容器容量配置计算示例

序号	负载功率 P W	阴雨雾雪天数 d	日耗电量 W·h	总耗电量 W·h	锂离子电池				电池型超级电容器		
					容量系数 k	储存能量 W·h	标称电压 V	额定容量 A·h	容量系数 k	储存能量 W·h	额定电压 V
1	20	3	200	600	0.9	733	12.8	57	0.95	695	13.5
2	50	3	500	1 500	0.9	1 833	25.6	72	0.95	1 737	27
3	70	3	700	2 100	0.9	2 567	25.6	100	0.95	2 432	27
4	100	3	1 000	3 000	0.9	3 667	25.6	143	0.95	3 474	27
5	120	3	1 200	3 600	0.9	4 400	25.6	172	0.95	4 168	27
6	200	3	2 000	6 000	0.9	7 333	25.6	286	0.95	6 947	27

注 1：日耗电量按本文件规定的每天照明时间最小值 10 h 计算，如照明采用变功率分时调光时，负载功率 P 为可变，日耗电量为各不同功率运行时段耗电量的总和。例如，以负载功率 20 W 为例，采用前 5 h 全功率，后 7 h半功率，日耗电量＝170 W·h。

注 2：电池电压和容量根据实际储能类型选型及串数确定；表中电池电压和容量只作为参考，实际应用中根据不同的路灯要求进行电池电压和容量的配置，以满足总耗电量需求。

注 3：锂离子各类电池的储能特性不同，要根据应用环境与设计要求选用。

注 4：本计算示例中容量系数 k 取值：锂离子电池为 0.9，超级电容器为 0.95。

中国标准出版社

A.3 中国太阳能资源分类与分布

中国太阳能资源按总辐射年辐照量分类及具体分布情况见表 A.3。

表 A.3 全国太阳能资源区域与分类表

区域分类	区域	年日照时数与总辐射年辐照量			峰值日照时数 h
		年日照时数 h	总辐射年辐照量 $MJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$	相当于标准煤 kg	
一类	主要包括青藏高原、甘肃北部、宁夏北部和新疆南部等地。特别是西藏，地势高，太阳光的透明度也好，太阳辐射总量最高值达 921 $kJ \cdot cm^{-2} \cdot a^{-1}$	[3 200，3 300]	[6 700，8 370]	[225，285]	[5.08，6.3]

表 A.3　全国太阳能资源区域与分类表（续）

区域分类	区域	年日照时数与总辐射年辐照量			峰值日照时数 h
		年日照时数 h	总辐射年辐照量 $MJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$	相当于标准煤 kg	
二类	主要包括河北西北部、山西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部和新疆南部等地。此区为我国太阳能资源较丰富区	[3 000,3 200)	[5 860,6 700)	[200,225)	[4.45,5.08)
三类	主要包括山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、福建南部、江苏北部和安徽北部等地	[2 200,3 000)	[5 020,5 860)	[170,200)	[3.8,4.45)
四类	主要包括长江中下游、福建、浙江和广东的部分地区，春夏多阴雨，秋冬季太阳能资源可利用	[1 400,2 200)	[4 190,5 020)	[140,170)	[3.1,3.8)
五类	主要包括重庆市、四川、贵州。此区域是我国太阳能资源最少的地区	[1 000,1 400)	[3 350,4 190)	[115,140)	[2.5,3.1)

注：一类、二类、三类地区，年日照时数大于 2 000 h，辐射总量高于 5 860 $MJ \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$，是我国太阳能资源丰富或较丰富的地区，面积较大，约占全国总面积的 2/3 以上，具有利用太阳能的良好条件。四类、五类地区虽然太阳能资源条件较差，但仍有一定的利用价值。

中国标准出版社

参 考 文 献

[1] GB/T 40995—2021 村镇照明规范

[2] JTG 2112—2021 城镇化地区公路工程技术标准

中国标准出版社

中国标准出版社