

中国交通运输协会团体标准

高速公路光伏发电工程建设指南

Guide for the construction of photovoltaic power engineering
on expressways

(征求意见稿)

编制说明

2024-05

目 录

一、工作简况	3
1. 任务来源	错误！未定义书签。
2. 提出与归口单位	错误！未定义书签。
3. 起草单位	9
二、标准编制的必要性和意义	9
1. 必要性	9
2. 主要意义	错误！未定义书签。
三、主要编制过程	10
四、标准编制原则和技术依据	10
五、标准适用的范围和主要条款说明	11
六、重大分歧的处理依据和结果	32
七、采用国际标准或国外先进标准情况	32
八、其他应说明的事项	32
九、征求意见汇总表	32

一、工作简况

1. 任务来源

为了应对全球气候变化，彰显大国担当和责任，2020年9月22日，习近平主席在第七十五届联合国大会提出我国2030年前二氧化碳排放达峰和2060年前碳中和愿景。实现碳达峰、碳中和，是以习近平同志为核心的党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体。

2021年10月24日，中共中央、国务院发布《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，意见指出，实现碳达峰、碳中和，是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策部署，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。同日，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》的通知（国发〔2021〕23号），通知中提出将碳达峰贯穿于经济社会发展全过程和各方面，重点实施包括能源绿色低碳转型行动、节能降碳增效行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济助力降碳行动等在内的“碳达峰十大行动”。



图1 中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见发布通知



中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn





国务院

总理

新闻

政策

互动

服务

数据

国情

国家政务服务平台

首页 > 信息公开 > 国务院文件 > 城乡建设、环境保护 > 环境监测、保护与治理



索引号: 000014349/2021-00098

发文机关: 国务院

标 题: 国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知

发文字号: 国发〔2021〕23号

主 题 词:

主题分类: 城乡建设、环境保护\环境监测、保护与治理

成文日期: 2021年10月24日

发布日期: 2021年10月26日

国务院关于印发2030年前碳达峰
行动方案的通知
国发〔2021〕23号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：
现将《2030年前碳达峰行动方案》印发给你们，请认真贯彻落实。

国务院
2021年10月24日

(本文有删减)

2030年前碳达峰行动方案

为深入贯彻落实党中央、国务院关于碳达峰、碳中和的重大战略决策，扎实推进碳达峰行动，制定本方案。

相关报道

- 国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》

解读

- 2030年前碳达峰的总体部署——就《2030年前碳达峰行动方案》专访国家发展改革委负责人

图 2 国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知

交通运输业作为国民经济发展和居民生活必需的基础产业之一，消耗大量的能源。在工业、建筑和交通运输三大重点行业中，交通运输行业是碳减排潜力最大、难度最高的行业，对中国能否实现 2030 年左右碳达峰以及碳达峰后走势有重要影响，因此交通运输行业的碳减排是支撑我国实现“碳中和”目标的关键领域，交通系统低碳化是实现交通领域“双碳”目标的关键抓手。

2021 年 10 月，习近平主席在第二届联合国全球可持续交通大会开幕式主旨讲话中提出，要加快形成绿色低碳交通运输方式，加强绿色基础设施建设，推广新能源、智能化、数字化、轻量化交通装备，鼓励引导绿色出行，让交通更加环保、出行更加低碳。

2019 年 9 月，中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》中指出要绿色发展节约集约、低碳环保，加强老旧设施更新利用，推广施工材料、废旧材料再生和综合利用，提高资源再利用和循环利用水平，推进交通资源循环利用产业发展。强化节能减排和污染防治，优化交通能源结构，推进新能源、清洁能源应用。



图3 国务院关于印发《交通强国建设纲要》的通知

2020年8月6日,交通运输部印发的《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》提出,打造融合高效的智慧交通基础设施;引导在城市群等重点高速公路服务区建设超快充、大功率电动汽车充电设施;鼓励在服务区、边坡等公路沿线合理布局光伏发电设施,与市电等并网供电。



图4 交通运输部关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见

2022年1月21日,交通运输部印发的《绿色交通“十四五”发展规划》提出,推广应

用新能源，构建低碳交通运输体系；因地制宜推进公路沿线、服务区等适宜区域合理布局光伏发电设施。



图 5 交通运输部关于印发《绿色交通“十四五”发展规划》的通知

2022 年 1 月 30 日，国家发展改革委、国家能源局印发《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》（发改能源〔2022〕206 号）。与能源领域碳达峰系列政策协同实施，形成政策合力，成体系地推进能源绿色低碳转型。《意见》提出，完善交通运输领域能源清洁替代政策。推进交通运输绿色低碳转型，对利用铁路沿线、高速公路服务区等建设新能源设施的，鼓励对同一省级区域内的项目统一规划、统一实施、统一核准。



国家发展改革委 国家能源局
关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见
发改能源〔2022〕206号

各省、自治区、直辖市人民政府，新疆生产建设兵团，国务院有关部门，有关中央企业，有关行业协会：

图 6 国家发展改革委 国家能源局关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见

2022 年 2 月 10 日，交通运输部召开碳达峰碳中和工作领导小组第一次会议，学习习近平总书记关于碳达峰碳中和工作的重要论述，及《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《国务院关于印发〈2030 年前碳达峰行动方案〉的通知》精神，对交通运输绿色低碳发展工作进行部署。并且强调，交通运输是碳排放的重点领域之一。做好交通运输碳达峰、碳中和工作，是贯彻落实党中央国务院决策部署的迫切要求，是服务人民群众、满足人民美好生活需要、建设人民满意交通的迫切要求。在碳达峰碳中和框架下，强化大局意识、履行行业职责，强化系统谋划、做好统筹部署，强化分类施策、注重因地制宜，强化改革创新、推动双轮驱动，全面推进交通运输绿色低碳转型，加快形成绿色低碳交通运输方式。



图 7 交通运输部关于碳达峰碳中和工作领导小组第一次会议

2022 年 4 月交科院环境科技（北京）有限公司、山东高速集团有限公司联合山东电力工程咨询院有限公司，共同发起《高速公路光伏发电工程技术标准》的团体标准申报，经中国交通运输协会标准化技术委员会组织专家评审，于 2022 年 6 月通过提案审批并进行公示，公示文件如下：

附件：

中国交通运输协会 2022 年度第二批拟立项团体标准项目名单

序号	团体标准名称	申请立项单位
1	高密度路网通勤交通时空调控设计规程	东南大学
2	高速公路改扩建工程建设管理指南	北京新桥技术发展有限公司
3	高速公路光伏发电工程技术规范	北京交科院集团
4	高速公路联网收费稽核信息化系统基本要求	交通运输部路网监测与应急处置中心
5	高速公路零碳服务区建设技术指南	北京交科院集团
6	公共路权运行环境下导向运输系统信号控制与路权配置技术规范	中车长春轨道客车股份有限公司
7	公路改扩建交通组织设计费测算指南	中交第二公路勘察设计研究院有限公司

图 8 中国交通运输协会 2022 年度第二批拟立项团体标准项目名单

2. 提出与归口单位

本团体标准由交科院环境科技（北京）有限公司、山东高速集团有限公司、山东电力工程咨询院有限公司提出，由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

3. 起草单位

本团体标准由北京交科院环境科技（北京）有限公司、山东高速集团有限公司、山东电力工程咨询院有限公司共同起草。

二、标准编制的必要性和意义

1. 必要性

随着温室气体浓度的不断增加，气候变化危机已成为 21 世纪全人类共同面对的严峻挑战之一。2020 年 9 月 22 日，习近平主席在第七十五届联合国大会提出我国 2030 年前二氧化碳排放达峰和 2060 年前碳中和愿景。同年 12 月召开的 2020 年中央经济工作会首次决定将“做好碳达峰、碳中和工作”列入 2021 年年度重点任务，“制定 2030 年前碳排放达峰行动方案”写入正在编制的国家经济和社会发展“十四五”规划。2021 年 11 月在英国格拉斯哥举行的 COP26 峰会上，有近 200 个国家达成《格拉斯哥气候公约》，旨在将全球变暖控制在 1.5 摄氏度以内，以避免世界遭受灾难性气候变化。中国作为世界上最大的发展中国家，强化自主贡献目标，加快构建碳达峰、碳中和“1+N”政策体系，积极探索低碳发展新模式，为推动全球气候治理、应对气候变化作出实实在在的贡献，展现大国担当。

交通运输行业是能源消耗和温室气体排放的重点领域之一，强化交通运输节能减排，倡导绿色出行，减少交通运输对能源资源的消耗和环境的影响，是推动环境可持续发展的重要内容。在工业、建筑和交通运输三大重点行业中，交通运输行业碳减排的压力首当其冲，而高速公路不仅是公路交通最重要的服务节点，也是交通运输行业与建筑领域、工业领域的交汇点，碳减排的潜力更大、难度更高、责任更重，对中国能否实现 2030 年碳达峰和 2060 年碳中和有非常重要的影响，因此高速公路的碳减排不仅是交通运输行业的碳减排关键点，更是支撑我国实现“碳中和”目标的关键领域。做好高速公路“碳达峰”和“碳中和”研究，事关全球气候变化全局和国家气候战略全局，也事关交通强国建设大局与国家双碳目标大局。因此，为积极响应国家号召，落实交通行业碳达峰碳中和目标，促进交通网与能源网融合发展，应充分利用高速公路收费站、服务区、互通立交的匝道圈、隔离带及路肩、边坡、隔离栅、隧道、取土坑等土地和空间资源，加快推进“光伏+”分布式新能源发展，促进高速公路在交通运输行业率先实现碳达峰碳中和，组织开展高速公路光伏发电工程试点工作。

2. 主要意义

目前国内尚无针对高速公路光伏发电工程的技术标准，亟待开展高速公路光伏发电工程技术标准的研究与编制工作，本标准的制定可填补行业空白，是为了充分利用太阳能资源，规范高速公路光伏发电工程设计、施工、验收等行为，促进高速公路光伏发电工程建设健康、有序发展，推动高速公路有效降低碳排放量，尽快实现高速公路的零碳目标，为全球气候变化温度控制目标及国家气候战略做出应有的贡献。

三、主要编制过程

2022 年 12 月，交科院环境科技（北京）有限公司、山东高速集团有限公司、山东电力工程咨询院有限公司共同组成了《高速公路光伏发电工程技术规范》编制组；本编制组结合国家出台的相关法律、法规和政策，通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

四、标准编制原则和技术依据

本评价标准的编制重点与思路为：充分利用太阳能资源，优化高速公路系统能源结构，建立安全的能源供应体系，在界定高速公路光伏发电工程适用范围的基础上，推广高速公路

光伏发电技术的应用，规范高速公路光伏发电工程设计、施工和验收，促进光伏电站建设健康，有序发展。

本工程技术规范的编制原则为：

1、科学性原则

建立高速公路光伏发电工程的技术规范，首先要客观真实地了解高速公路系统的状况，科学分析高速公路系统光伏发电工程的建设条件，并在此基础上规范高速公路光伏发电工程设计、施工和验收行为，促进高速公路光伏电站健康、有序发展。

2、可持续性原则

高速公路光伏发电工程的设计、施工都应遵循绿色环保、节能降碳、智能人性和可持续发展的理念，体现人与自然和谐发展、生态环境相统一的发展需求。除此，可持续性还应体现发展的连续性、动态性，建立的工程技术规范要适度超前。

3、适用性原则

工程技术规范建立在参考国际、国内经验及相关标准、规范的基础上，还应结合我国高速公路建设与发展的国情和高速公路系统发展现状，并且适用范围、应用场景要明确、全面，规范内容应涵盖设计、施工和验收全流程。

4、先进性原则

工程技术规范是在现行光伏电站设计、施工、验收规范和标准的基础上，聚焦交通基础设施网和能源网的融合，结合高速公路系统光伏发电工程的特点，总结多个试点项目的设计、施工及运行管理经验，规范光伏发电在高速公路系统的应用，保证高速公路系统光伏发电工程的先进性、安全性和经济性。

本工程技术规范的编制技术依据为：以《光伏电站设计规范》、《光伏电站施工规范》、《光伏发电工程施工组织设计规范》、《光伏电站运行规程》、《建筑结构荷载规范》、《公路交通安全设施设计规范》等现行规程规范标准为基础，结合高速公路系统和光伏发电系统的特点及多地示范项目经验，从高速公路光伏发电工程设计、施工及验收等方面提出了技术的详细要求，制定具有先进性、安全性、经济性的高速公路光伏发电系统工程技术规范。

五、标准适用的范围和主要条款说明

1. 范围

本文件规定了高速公路沿线光伏发电工程的术语和定义、基本规定、站址选择、设计要求、施工及验收要求。

本文件适用于新建、改扩建和既有高速公路沿线并网型光伏发电工程建设。

2. 规范性引用文件

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB 5768 道路交通标志和标线

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50017 钢结构设计规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50429 铝合金结构设计规范

GB 50794 光伏发电站施工规范

GB 50797 光伏发电站设计规范

GB 51101 太阳能发电站支架基础技术规范

GB/T 21086 建筑幕墙

GB/T 32512 光伏发电站防雷技术要求

GB/T 50796 光伏发电工程验收规范

JGJ 102 玻璃幕墙工程技术规范

JGJ 203 民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范

JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范

JG/T 490 太阳能光伏系统支架通用技术要求

DL/T 620 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合

DL/T 621 交流电气装置的接地

DB37/T 4516 高速公路边坡光伏发电工程技术规范

3. 术语和定义：

在现有标准规范的基础上增加了以下术语。

3.1 高速公路光伏发电系统 photovoltaic(PV) power generation system of expressway

利用新建、改扩建或既有高速公路沿线的服务区、收费站、停车区、枢纽互通区、边坡、隧道、中央隔离带、未利用地等区域内空置场地或建筑物空置屋面布设光伏组件，通过太阳能电池的光生伏特效应，将太阳辐射能直接转换成电能的发电系统。

3.2 服务区光伏 Photovoltaic(PV) power engineering on service area of expressway

利用新建、改扩建或既有高速公路服务区内的建筑物空置屋面、停车位、绿地、未利用地及邻近边坡等空置场地资源建设的太阳能光伏电站。

3.3 收费站光伏 Photovoltaic(PV) power engineering on toll station area of expressway

利用新建、改扩建或既有高速公路收费站及管理区内的建筑物空置屋面、停车位、绿地、未利用地及邻近边坡等空置场地资源建设的太阳能光伏电站。

3.4 互通区光伏 Photovoltaic(PV) power engineering on interchange zone of expressway

利用新建、改扩建或既有高速公路沿线枢纽互通区、匝道区圈内空置场地资源建设的太阳能光伏电站。

3.5 边坡光伏 Photovoltaic(PV) power engineering on expressway slope

利用新建、改扩建或既有高速公路沿线边坡建设的太阳能光伏电站。

3.6 隧道光伏 Photovoltaic(PV) power engineering on expressway tunnel area

利用新建、改扩建或既有高速公路隧道出入口区域中央隔离带、未利用地及邻近边坡等空置场地资源建设的太阳能光伏电站。

4. 基本规定

4.1 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“3.0.1 光伏电站设计应综合考虑日照条件、土地和建筑条件、安装和运输条件等因素，并应满足安全可靠、经济适用、环保、美观，便于安装和维护的要求。”本条结合光伏发电工程建设在高速公路沿线场地内的特征，增加工程设计宜以需求为导向，同时需考虑工程建设对高速公路各设施的质量和运营安全性的影响的等因素。

4.2 条款：近年来国家相关部委密集出台推进交通基础设施网与能源网融合发展的指导意见，以实现交通与能源领域的融合创新和产业升级。本条款建议新建高速公路工程宜统筹考虑高速公路和光伏发电的融合发展，统一规划、同步设计、同步施工、同步验收，与高速公路工程同时投入使用。不具备同步施工条件的新建高速公路设计宜为光伏发电工程各设备的安装、使用、维护和保养提供必要的承载条件和空间。

4.3 条款：改扩建及既有高速公路互通区光伏、边坡光伏、隧道光伏属涉路工程，宜开展涉路工程安全影响评价。

4.4 条款：改扩建及既有高速公路光伏发电工程应重点关注对道路安全运行的影响，在设计及施工阶段应重点考虑交通事故及二次事故影响，识别安全应急风险，并制订应急预案。

4.5 条款：高速公路光伏发电工程设计在满足安全性和可靠性的同时，应优先采用新技术、新工艺、新设备、新材料，保证工程质量和安全。

4.6 条款：电能质量包括频率、电压偏差、三相电压不平衡、电压波动和闪变、谐波等；国家现行相关标准包括：《电能质量供电电压偏差》GB/T 12325、《电能质量电压波动和闪变》GB/T 12326、《电能质量公用电网谐波》GB/T 14549 和《电能质量三相电压不平衡》GB/T 15543 等。

4.7 条款：在高速公路沿线既有建筑物上建设光伏发电系统，有可能对既有建筑物的安全性造成不利影响，威胁人身安全，因此必须进行安全复核。这些不利影响包括但不限于增加了既有建筑物的荷载，对既有建筑物的结构造成了破坏，导热不利致使既有建筑物局部温度过高，防雷接地性能不足等。

4.8 条款：参照 GB 51101《太阳能发电站支架基础技术规范》“4.2.1 支架基础设计和施工前，应进行工程勘察，查明工程、水文地质条件、不良地质作用和地质灾害”，对涉及地面土建基础工程的高速公路系统光伏发电项目进行地质勘探或调查，其目的是为确定站址、解决岩土工程问题提供基础资料，勘察报告应符合 GB 50021《岩土工程勘察规范》有关要求。

4.9 条款：高速公路光伏发电工程主要流程包括设计、施工与验收，同时应加强流程实施相关方之间的信息沟通与协调，项目建设流程及建设标准应结合高速公路系统工程要求和光伏工程建设要求进行办理。设计阶段首先应考虑站址选择，而后进行地勘测绘，依据地勘报告及测绘资料进行光伏系统设计，同步按需开展设计评价，通过相关审批单位审批。在施工阶段除光伏系统施工外，还应进行道路防护工程施工等。在验收阶段，根据 GB/T 50796《光伏发电工程验收规范》中“1.0.3 光伏发电工程应通过单位工程、工程启动、工程试运和移交生产、工程竣工四个阶段的全面检查验收。”结合高速公路光伏发电工程建设流程的相关要求，形成标准附录 A。

5. 站址选择

5.1 一般要求

5.1.1 条款：本条是站址选择的基本原则。

5.1.2 条款：高速公路光伏发电工程防洪防涝标准应满足现行国家标准 GB 50797 相关要求。

5.1.3 高速公路光伏发电工程站址选择时：

a) 条款：当对投射到光伏组件上的阳光造成遮挡时，会减少发电量，影响组件的正常使用。因此，在站址选择时，需充分考虑临近建（构）筑物、设备、绿化种植的位置及高度，避免对投射到光伏组件上的阳光造成遮挡，从而保证光伏组件的正常工作。

b) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“4.0.5 选择站址时，应避免空气经常受悬浮物严重污染的地区”的要求。

c) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“4.0.6 选择站址时，应避免地质灾害易发区，如有危岩、泥石流、岩溶发育、滑坡的地段和发震断裂地带等”的要求。

d) 条款：本条规定站址选择时宜充分考虑光伏系统对光资源的利用率，同时考虑光伏组件表面玻璃可能造成眩光对车辆行驶造成一定影响，避免影响高速公路内、外部车辆行驶的安全性。

5.1.4 条款：光伏发电工程并网发电是最关键环节，考虑并网便捷性与经济性，宜选择高速公路服务区、收费站、隧道等大用电量场景及临近路段边坡，建设自发自用、余电上网的光伏发电工程，光伏发出绿电优先供高速公路沿线各用电设施使用，提高高速公路沿线绿电使用比例，减少碳排放量；建设全额上网的高速公路光伏发电工程，宜选择并网条件便利的路段，减少线缆使用量及线损，保证系统效率，提高经济性。

5.1.5 条款：高速公路光伏发电工程站址选择时，宜考虑光伏组件对高速公路区域绿化的影响，工程项目尽量与高速公路的内、外部景观相协调。

5.2 服务区、收费站

5.2.1 条款：高速公路服务区、收费站光伏发电工程的站址选择时，宜符合服务区、收费站的总体规划，统筹考虑屋面光伏、地面光伏、边坡光伏、车棚光伏等的规划布置，合理规划建设容量，避免对服务区、收费站的设计、施工和运营管理产生不利影响。

5.2.2 条款：在服务区、收费站区域除考虑光伏发电工程建设场地外，还应结合考虑变压器容量，合理确定光伏发电工程规划容量，优先选择变压器容量大的站址，便于光伏工程低压接入；新建服务区、收费站变电所或箱式变压器宜预留光伏并网设备的安装空间，尽量避免后期改造。

5.2.3 服务区、收费站屋面光伏站址选择时：

a) 条款：高速公路服务区、收费站建筑物结构设计使用年限一般为 50 年，光伏电站运营年限一般为 25 年，利用既有高速建筑物屋面建设光伏电站，需保证光伏电站的运营期。

b) 条款：服务区、收费站屋面光伏站址选择时，应充分考虑建筑物的屋面形式、结构和电气安全性，新建建筑上安装光伏发电系统，结构设计需事先考虑其传递的荷载效应；在既有建筑物上安装光伏发电系统，需进行结构安全复核，优先选择结构满足加装光伏系统承载力要求的建筑物。

c) 条款：根据我国的地理条件，建筑单体或建筑群体朝南可为光伏发电系统接收更多的太阳能创造条件。

d) 条款：建筑单体女儿墙过高，屋面设备、通风井、水箱间等较多，会大大减小建筑屋面的可利用面积，对屋面光伏的安装容量影响较大，经济性较差。

5.2.4 条款：车棚光伏宜优先选择地基承载力满足车棚结构设计要求的停车场，可减少工程土建投资，同时缩短施工工期；车棚南侧不宜设置灯杆、旗杆等设施，避免对光伏组件造成遮挡，保障光伏组件的正常使用。

5.3 互通区

5.3.1 条款：互通区光伏发电工程站址选择时，应根据行车的安全视距要求合理确定退让公路防撞护栏的距离，并充分利用互通区内空地、水塘等场地资源，提高互通区场地利用率。

5.3.2 条款：本条根据合理利用土地、节约用地的原则，对互通区光伏发电工程站址选择提出的要求。

5.3.3 条款：根据我国的地理条件，地势平坦的地区或北高南低的坡度地区可为光伏发电系统接收更多的太阳能创造条件。

5.3.4 条款：互通区光伏发电工程站址选择时，宜考虑对现有或规划排水系统的影响，优先选择对排水系统无影响或易于进行排水系统改造的站址。

5.3.5 条款：建设全额上网的互通区光伏发电工程，宜选择并网条件便利的场地，减少线缆使用量及线损，保证系统效率，提高经济性；新建互通区公路主体工程宜预留管道供光伏发电工程并网使用。

5.4 边坡

5.4.1 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“4.0.4 地面光伏发电站站址宜选择在地势平坦的地区或北高南低的坡度地区。坡屋面光伏发电站的建筑主要朝向宜为南或接近南向，宜避开周边障碍物对光伏组件的遮挡。”要求，本条规定宜充分考虑光伏系统对光资源的利用率，光资源最佳利用情况为东西向高速公路南向或接近南向边坡；同时路

堤边坡相较路堑边坡，不需要爬高作业，施工难度低，且不存在光伏设备坠落和边坡滑落到路面的风险，路堤边坡安装光伏系统也不宜被车辆驾驶员观测到，减弱了对车辆驾驶员视觉的影响，故宜选择路堤边坡进行项目建设；考虑组件表面玻璃可能造成眩光对车辆行驶造成一定影响，当前阶段宜选取直线路段和不会产生眩光影响的曲线路段进行光伏建设。

5.4.2 条款：边坡光伏发电工程宜选择连续、结构稳定的构造性边坡。边坡光伏组件安装方向分为横向、竖向两种安装方式，考虑到边坡光伏均为带状布置，且跨越里程较长，为合理和集约用地，统筹考虑边坡面积，减少线缆长度及线损，坡高不宜过小。

5.4.3 条款：应充分考虑路段交通流量和交通事故情况，宜选择流量小、交通事故少的路段进行项目建设，减少后期车辆事故二次伤害的机率。

5.4.4 条款：高速公路边坡具有排水和耐冲刷功能，光伏工程建设宜选择具备集中排水系统或易于进行排水改造的边坡进行项目建设，不得降低或损坏边坡排水和耐冲刷能力。

5.4.5 条款：边坡光伏属涉路工程，应重点关注对道路安全运行的影响，合理制定施工方案，避免对公路行车安全产生影响。

5.5 隧道

5.5.1 条款：新建隧道光伏电站站址选择时，应符合隧道区域的总体规划，统筹考虑隧道洞口区域配电所、明洞、中央隔离带、临近边坡的规划布置，合理规划建设容量，避免对隧道的设计、施工和运营产生不利影响。

5.5.2 条款：在隧道区域除考虑光伏发电工程建设场地外，还应结合考虑变压器容量及位置，合理确定光伏发电工程规划容量；新建隧道变电所或箱式变压器宜预留光伏并网设备的安装空间，尽量避免后期改造。

5.5.3 条款：当对投射到光伏组件上的阳光造成遮挡时，会减少发电量，影响组件的正常使用。因此，隧道光伏电站站址选择时，应充分考虑沿线交通安全及监控设施等的影响，避免对投射到光伏组件上的阳光造成遮挡，从而保证光伏组件的正常工作。

6. 设计

6.1 一般要求

6.1.1 条款：根据高速公路系统的用能特点，高速公路服务区光伏发电系统、收费站光伏发电系统、隧道光伏发电系统宜采用自发自用、余电上网模式，互通区光伏发电系统、边坡光伏发电系统宜采用全额上网模式。

6.1.2 条款：高速公路光伏发电工程总体设计应满足 JTG D80 的规定，同时应明确高速公路光伏发电工程与公路土建工程、公路交通安全设施、公路机电工程等之间的设计界面，做好设计衔接。

6.1.3 条款：高速公路光伏发电设计首先需要分析站址所在地区的太阳能资源概况，对该地区太阳能资源的丰富程度进行初步评价，并进一步分析相关的地理条件、气候特征等自然条件和周围环境，为站址选择和技术方案初步确定提供参考依据。同时宜结合高速公路自身能耗，以需求为导向，综合考虑工程总体及各场景规划设计方案，满足高速公路光伏发电工程安全性、经济性要求。

6.1.4 条款：高速公路光伏发电工程设计在满足安全性和可靠性的同时，宜选用环保低碳、节能高效的材料和设备，保证工程质量及安全。

6.1.5 条款：高速公路光伏发电工程的防雷设计应符合 GB/T 32512《光伏发电站防雷技术要求》相关要求。

6.1.6 条款：高速公路光伏发电工程的消防设施应符合 DL 5027 相关要求。在既有建筑物上增设光伏发电系统，不得影响现有消防疏散通道和消防设施的使用。

6.1.7 条款：高速公路光伏发电工程应合理布置光伏组件、逆变器等设备的防盗和防破坏设施，有效提高高速公路光伏发电工程中关键设备的安全性，保障光伏发电系统的稳定运行和长期效益。

6.2 光伏发电系统

6.2.1 条款：引用 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“6.3.2 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。”合理选择光伏组件可以提高光伏电站的发电效率和稳定性，最大限度的利用光照资源，实现可再生能源的可持续利用。

6.2.2 条款：逆变器

a) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》，明确逆变器选择时，应根据接入光伏的情况进行逆变器参数的选择，逆变器参数包括：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、最大功率点跟踪（MPPT）、保护和监测功能、通信接口、防护等级等。”

b) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“6.3.5 用于并网光伏发电系统的逆变器性能应符合接入公用电网相关技术要求的规定，并具有有功功率和无功功率连续可

调功能。用于大、中型光伏电站的逆变器还应具有低电压穿越功能。”对逆变器选型做出相关要求。目前，组串式逆变器是分布式光伏电站主要使用产品，具有易安装、便于电缆走线等特点；按电网接入等要求，组串式逆变器需具备频率异常耐受能力、高低电压穿越能力、系统异常电压耐受能力、防孤岛保护能力等功能；考虑安全防护需求，必要时可选用具备组串智能分断功能的逆变器，组串智能分断功能可实现光伏组串在断开、漏电等故障时自动切断电流传导，有限降低人员触电、火灾的风险。

c) 条款：高速公路发电工程包含服务区光伏发电工程、收费站光伏发电工程、互通区光伏发电工程、边坡光伏发电工程、隧道光伏发电工程等，应结合光伏方阵排布、电缆用量、线损、箱式变电站布置方案、外线接入方案等确定逆变器安装位置，减少光伏组件和逆变器间、逆变器和箱式变电站的电缆用量及线损，保证光伏电站系统效率和经济性；同时，逆变器安装不应对光伏组件形成光线遮挡，影响光伏发电能力。

d) 条款：结合服务区、收费站屋面型式、屋面设备和设施布置等因素，进行光伏的安装布置；光伏采用支架式安装或平铺式安装等，逆变器可结合光伏安装方式，采用壁挂于光伏支架或者屋面设施墙面；也可采用设置独立支架安装。服务区、收费站的车棚光伏考虑有车棚立柱，宜采用壁挂式安装；边坡光伏坡脚远离路面，后期运维较为便利，逆变器可采用壁挂式安装方式；边坡坡脚外侧一般设有排水沟，逆变器支架基础的施工和逆变器的安装不应破坏边坡原有排水系统，避免对边坡稳定性产生影响。

e) 条款：应在逆变器明显位置设置防触电警示标识，对后期光伏发电工程维护人员和公路养护人员起到警示作用。

6.2.3 光伏方阵

a) 条款：为保证光伏电站能够在特定地区达到最佳的性能表现和发电效率，同时考虑到成本效益和维护的便利性，光伏方阵安装方式应根据太阳辐射资源、气候条件、使用环境、安装容量、安装场地面积和特点、负荷特性和运行管理方式等进行技术经济比较确定。

b) 条款：光伏方阵采用固定式布置时，安装倾角应结合项目当地多年月平均辐照度、直射分量辐照度、散射分量辐照度、风速、雨水、积雪等气候条件及场地安装条件等进行设计，确保系统可以在各种气候条件下稳定运行。服务区、收费站混凝土平屋面光伏组件宜采用小倾角安装，采用小倾角安装可以最大程度的利用屋顶面积，增大安装容量，同时可减小光伏方阵受到的风荷载，降低土建工程量。混凝土坡屋面及彩钢瓦屋面光伏组件宜随屋面坡度安装，这种安装方式既减轻了附加在屋顶的光伏支架对屋顶的负荷，同时也减

小了风荷载，避免大风对光伏阵列的破坏。车棚光伏组件宜随棚顶坡度安装；边坡光伏组件宜随边坡坡度安装；枢纽互通区地面光伏组件宜采用最佳倾角安装，最大限度的接收太阳能辐射量。

c) 条款：不同的光伏组件之间电性能参数不一致，会导致阵列内的环路效应和不规则的电压分布，从而降低光伏系统的发电效率。因此高速公路光伏发电系统中，接入同一光伏组件串的各光伏组件的电性能参数宜保持一致，接入同一最大功率跟踪回路的光伏组件串电压、组件朝向、安装倾角宜保持一致。

d) 条款：由于太阳光照强度、温度等环境因素的变化，光伏组件的输出功率也会随之变化，需要通过最大功率点跟踪控制来不断调整光伏组件的工作电压和电流，以使其始终处于最大功率点。因此高速公路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追踪电压范围内。

e) 条款：灰尘覆盖在组件上，会形成遮挡现象，直接导致组件功率输出下降，而且灰尘长期粘附对组件具有一定的腐蚀作用，也会造成组件的热斑，进一步降低组件的输出功率，甚至影响组件的寿命，且热斑效应对于组件来说是不可逆的，一旦出现没有弥补的手段，只能选择更换组件。因此高速公路光伏方阵设计应便于光伏组件表面的清洗，必要时设置维修、人工清洗的设施与通道，通道宽度不宜小于 0.5m，以便运维人员能够安全通过。

f) 条款：建筑物屋顶作为吸收太阳光的主要部件，具有日照条件好、不易受遮挡的优势。屋面光伏与屋顶设备和设施的结合既充分利用屋顶空间，提高能源利用效率，同时兼顾建筑的美观性和功能性，因此服务区、收费站屋面光伏方阵设计应结合屋面的设备和设施统一合理布置。屋面光伏在设计和运营过程中存在火灾风险，这些风险可以通过遵守特定的防火要求和规范来降低。

g) 条款：为了便于安装和施工，考虑组件的散热效果以及边坡植被生长及边坡雨水冲刷因素，光伏组件与坡面垂直距离不宜小于 0.5 m。安装完成后的边坡光伏方阵最高点宜低于高速公路路面，既保证了光伏方阵与路面的距离，也减弱了光伏方阵对车辆驾驶人员在视觉上的冲击，因此光伏方阵与高速公路土路肩外边缘沿坡面的直线距离不宜小于 1m。

6.2.4 支架和支撑系统

a) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“6.8.1 光伏支架应结合工程实际

选用材料、设计结构方案和构造措施，保证支架结构在运输、安装和使用过程中满足强度、稳定性和刚度要求，并符合抗震、抗风和防腐等要求。”、“6.8.10-3 当铝合金材料与除不锈钢以外的其他金属材料或与酸、碱性的非金属材料接触、紧固时，宜采取隔离措施。”的要求，金属支架的选用应符合 JG/T 490《太阳能光伏系统支架通用技术要求》的规定，异质金属接触、紧固时，应采取防止电化学腐蚀的隔离措施。

b) 条款：光伏支架和支撑系统材质一般为钢材或铝合金材料，其结构设计应符合 GB 50017《钢结构设计规范》和 GB 50429《铝合金结构设计规范》的规定。

c) 条款：考虑边坡的特殊场景，高速公路边坡光伏可使用钢性支架、柔性支架或一体化安装等形式。从降低事故二次伤害性角度考虑，推荐采用刚性材料较少的柔性支架等安装方式。在采用柔性支架时，结合边坡地形进行结构设计，威海荣乌高速试验段支架柱间跨度为 5.5m，后期随着柔性支架技术的发展，可进一步加大支架柱间跨距，从而减少支架基础使用量，降低成本的同时，可进一步降低事故二次碰撞伤害风险，因此规定支架柱间跨度不小于 5 米。

d) 条款：高速公路服务区、收费站光伏幕墙结构设计应符合 GB/T 21086《建筑幕墙》、JGJ 102《玻璃幕墙工程技术规范》、JGJ 203《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》的相关要求。宜根据建筑保温、隔热、隔声、防火、防水、防潮及其他方面的性能要求及光伏发电的结构特点，合理确定墙体结构、墙身构造、外观和区划，包括墙身构造层的功能分配及光伏幕墙的安装方式。

6.3 电气

6.3.1 箱式变电站

a) 条款：对于新建服务区、收费站、隧道变压器需要根据光伏装机容量进行变压器容量的选择，根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“8.1.3 1 变压器容量可按光伏方阵单元模块最大输出功率选取”。对于改扩建或既有服务区加装光伏系统应优先利用服务区内现有变压器，在现有变压器低压柜接线基础上进行接入改造。

b) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“8.1.3 光伏方阵内就地升压变压器的选择应符合下列要求：1 宜选用自冷式、低损耗电力变压器。2 变压器容量可按光伏方阵单元模块最大输出功率选取。3 可选用高压（低压）预装式箱式变电站或变压器、高低压电气设备等组成装配式变电站。”从安全性、环保性、维护成本、安装便利性等方面考虑，目前干式变压器是分布式光伏电站主要使用的升压产品，宜选择干式变压器。c) 条

款：高速公路发电工程包含服务区、收费站、互通区、边坡光伏、隧道光伏发电工程等，结合光伏方阵排布、接入方案、线缆用量、走线便利性等，用于光伏升压的新建箱式变电站，可安装于光伏方阵两侧，减少电缆使用量和线损，保证光伏电站系统效率；同时，箱式变电站安装不应对光伏组件形成光线遮挡，影响光伏发电能力。

d) 条款：对边坡光伏的箱式变电站安装提出要求，安装完成后的箱体最高点宜低于高速公路路面，即保证了箱体与路面的距离，也减弱了箱体对车辆驾驶人员在视觉上的冲击。

6.3.2 电气主接线

a) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“8.2.2 光伏发电站发电母线电压应根据接入电网的要求和光伏发电站的安装容量，经技术经济比较后确定，并宜符合下列规定：1 光伏发电站安装总容量小于或等于 1MWp，宜采用 0.4kV~10kV 电压等级。2 光伏发电站安装总容量大于 1MWp，且不大于 30MW 时，宜采用 10kV~35kV 电压等级。3 光伏发电站安装总容量大于 30MW 时，宜采用 35kV 电压等级。”对于高速公路服务区、收费站、互通区、边坡、隧道等采用的电压等级一般为 0.4kV~10kV，光伏发电站的根据其安装容量接入 0.4kV~10kV 电压等级。。

b) 条款：根据光伏方阵排布和容量，单个光伏电站有数量众多的光伏发电单元组成，所以站内各单元发电模块与发电母线存在着如何连接问题，需要对运行可靠性、运行方式灵活性和维修方便等条件进行综合比较，选择技术可行、经济合理的最佳方案。

c) 条款：母线避雷器一般仅在雷雨季节前需要进行检查和试验，这些工作可趁母线停电时，拉开隔离开关，取下避雷器进行检查和试验，所以不需要装设单独的隔离开关。

6.3.3 配电装置

a) 条款：根据高速公路光伏电站逆变器接入的数量和容量，0.4kV 配电装置推荐采用户内成套式高压开关柜或低压配电箱配置型式；10kV 配电装置推荐采用户内成套式高压开关柜配置型式。

b) 条款：应在专用开关柜设置明确标明“警告”“双电源”等提示性文字和符号，对后期光伏发电系统维护人员和公路养护人员起到警示作用；标识的形状、颜色、尺寸和高度应遵照 GB2894《安全标志及其使用导则》执行。

6.3.4 无功补偿装置

a) 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“8.6.1 光伏发电站的无功补偿装

置应按电力系统无功补偿就地平衡和便于调整电压的原则配置。”和 GB/T 《光伏电站无功补偿技术规范》中“6.1.1 光伏电站的无功容量应满足分（电压）层和分（电）区基本平衡的原则，无功补偿容量应在充分考虑优化调压方式和降低线损的原则下进行配置，并满足检修备用要求”。高速公路光伏电站的无功补偿装置配置，应满足此项要求；根据就地的无功容量进行无功补偿装置的配置和调压方式。

b) 条款：明确了高速公路光伏电站并联电容器装置容量等的设计应符合现行国家标准《并联电容器装置设计规范》GB 50227 的规定；在电容器分组投切时，应满足系统无功功率和电压调控要求，

c) 条款：根据 GB/T 29321《光伏电站无功补偿技术规范》中“6.1.2 光伏逆变器功率因数能在超前 0.95~滞后 0.95 范围内连续可调”，当功率因数为超前 0.95 时，光伏逆变器向系统发出无功功率，滞后 0.95 时，光伏逆变器向系统发出吸收无功功率；当并网逆变器的无功容量不能满足系统电压与无功调节需要时，应在高速公路光伏电站配置集中无功补偿装置，实现无功补偿就地平衡和便于调整电压。

d) 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“8.6.3 高速公路光伏电站无功补偿装置设备的型式宜选用成套设备。”选用成套设备，便于后期运维、管理、检修。

6.3.5 电气二次

电气一次和电气二次从本规范来说指电气一次设计和电气二次设计，电气一次和电气二次是从电气一次设备和电气二次设备进行区分：电气一次设备是指直接用于生产、输送和分配电能的生产过程的高压电气设备。它包括发电机、变压器、高压断路器、隔离开关、输电线路、母线、电流互感器、电压互感器和避雷器等。由一次设备相互连接，构成发电、输电、配电或开展其他生产过程的电气设备称为一次系统；电气二次设备是指对一次设备进行监察、控制、测量、调整和保护的低电压设备，又称辅助设备，它包括控制、信号、测量监察、同期、继电保护、安全自动装置和操作电源等设备；由二次设备相互连接，构成对一次设备开展监测、控制、调节和保护的电气设备称为二次系统。对应一次系统和二次系统，形成电气一次设计、电气二次设计、电气一次接线、电气二次接线等对应分类。

a) 条款：高速公路光伏电站控制方式宜按无人值班或少人值守的要求进行设计，无人值守时，逆变器、跟踪器等运行信息通过云平台监测；少人值守时，逆变器、跟踪器等运行信息通过高速公路光伏电站的监控系统监控。

b) 条款：现行行业标准 DL/T 5136《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》对

二次线设计有明确的规定，二次接线设计应符合上述规定的技术要求。

c) 条款：明确高速公路光伏电站内的电气元件保护应符合 GB/T 14285《继电保护和安全自动装置技术规程》的规定；GB/T 14285 适用于交流 3kV 及以上电压等级电力系统；低压系统应符合 GB 50054《低压配电设计规范》。

d) 条款：高速公路光伏电站的逆变器装置、跟踪器装置安装在在光伏电站，人员监控系统采用云平台或者控制室远方监控模式，将逆变器装置、跟踪器装置纳入监控系统，便于收集数据、设备状态、故障信息等。

6.3.6 过电压保护和接地

a) 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“8.8.1 高速公路光伏电站就地逆变升压室的过电压保护和接地应符合现行行业标准 DL/T 620 和 DL/T 621 的规定。”过电压保护和接地设置的目的是为了电气设备和人员的安全，应分别符合 DL/T 620《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》和 DL/T 621《交流电气装置的接地》的规定。

b) 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“8.8.3 高速公路光伏方阵场地内应设置接地网，接地网除应采用人工接地极外，还应充分利用支架基础的金属构件。”；接地网的设置旨在确保光伏系统的安全和稳定运行，特别是在防雷和电气安全方面发挥着关键作用。在接地网的设计中，除了使用人工接地极外，还应充分利用支架基础金属构件等自然接地体，如支架基础金属构件，以增加接地的可靠性和效率。

c) 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“8.8.4 高速公路光伏方阵接地应连续、可靠，接地电阻应小于 4Ω 。”；接地电阻是电流由接地装置流入大地再经大地流向另一接地体或向远处扩散所遇到的电阻，作用是向大地放电，以保证安全。考虑到人员安全，接地电阻应小于 4Ω 。

6.3.7 电缆选择与敷设

a) 条款：国家标准 GB 50217《电力工程电缆设计标准》对电缆型式与截面、电缆敷设方式、电缆防火与阻止燃烧等进行了规定，高速公路光伏发电工程电缆的选择与敷设，应符合该标准要求；电缆截面应在设计方案的基础上进行经济比较后选择确定。

b) 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“8.9.2 集中敷设于沟道、槽盒中的电缆宜选用 C 类阻燃电缆。”规定集中敷设于沟道、槽盒中的电缆宜选用 C 类阻燃电缆，防止电缆短路、低压柜起火等引起火灾的蔓延；对于采用直埋方式敷设的电缆，不做阻燃要求。

c)条款:高速公路光伏组件之间及组件与逆变器之间的电缆应有固定措施和防晒措施,主要是为了确保电缆的安全和延长电缆的使用寿命。电缆的固定可以防止电缆在风力或其他外力作用下发生移动或扭曲,从而避免电缆内部结构受损,确保电缆的正常工作。阳光直射可能会导致电缆过热,进而影响电缆的性能和寿命,应采取防晒措施。

d)条款:根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“8.9.4 电缆敷设可采用直埋、电缆沟、电缆桥架、电缆线槽等方式。动力电缆和控制电缆宜分开排列。”。高速公路光伏电站可采用的电缆敷设方式包括直埋、电缆沟、电缆桥架、电缆线槽等。动力电缆和控制电缆宜分开排列,是为了确保电力系统的安全、稳定运行,减少相互干扰,提高系统的可靠性和安全性。

e)条款:新建高速公路光伏发电工程,电缆敷设应与公路主体工程统一规划,同步施工,避免二次开挖;改扩建和既有高速公路光伏发电工程电缆敷设应充分利用站址内现有预留管线通道,必须新增管线通道时,新增管线通道应结合站址内现有管线布置确定,减少对高速公路运营的影响;可以有效降低建设成本,提高安装效率。

6.3.8 储能系统

a)条款:高速公路光伏发电工程配置储能装置,主要有光伏离网储能、光伏并离网储能、光伏并网储能等类型,光伏离网储能可以不依赖电网独立运行,应用于偏远的高速公路场景;光伏并离网储能应用于经常停电,或者光伏自发自用不能余电上网的高速公路场景;光伏并网储能应用于存储多余发电量,提高自发自用比例。储能的配置方案和配置容量需要应根据发电系统设计、并网要求和零碳服务区建设等实际需求配置恰当容量的储能装置。

b)条款:储能电池的选择需根据高速公路光伏电站运行的不同目的,除满足储能电池正常使用的环境温度、相对湿度、海拔高度等环境条件外,还需将储能电池的循环寿命、储能效率、最大储能容量、能量密度、功率密度、响应时间、建设成本运行维护成本、技术成熟度等因素作为衡量各种储能技术的关键指标,在不同的应用场合,关注不同的指标。

c)条款:高速公路系统多采用用户用储能装置,并以磷酸铁锂电池居多,根据锂电池火灾危险性高、易复燃的特点,储能装置宜设置围栏、围墙等进行安全隔离。目前,储能设备验收、施工验收、并网运行领域的行业标准占比较大,也相对完善,但规划设计方面的标准缺失相对较大,现阶段主要参照国标《电化学储能电站设计规范》(征求意见稿)、团

标《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》(T/CEC 373-2020)进行规划设计,其中对用户侧储能亦无明确的消防间距要求,储能装置与临近建构筑物、设备等的安全距离可参考国家及当地消防法规和标准的相关要求进行确定,以满足消防和验收要求。

6.4 接入系统

6.4.1 条款:光伏发电作为可再生能源发电重要的组成部分,具有波动性和间歇性的特点,接入电网易产生电网频率变化、电压波动和闪变。同时,光伏发电并网逆变器易产生谐波、三相电流不平衡等,为减少光伏发电接入电网对电力系统产生的影响,并保证电站和电网的安全,在出现严重偏差时,需要有安全防范措施,以保证高速公路光伏发电工程向当地交流负载提供电能和向当地电网发送的电能质量符合公用电网的电能质量要求。接入电网时,高速公路光伏发电工程的继电保护、通信和电能计量装置等接入方案除满足国标、电力标准外,还应按照当地电网公司对此工程接入电网的当地标准或文件要求执行。

6.4.2 条款:GB 50797《光伏发电站设计规范》中“9.1.4 大、中型光伏发电站应具备于应具备与电力调度部门之间进行数据通信的能力,并网双方的通信系统应符合电网安全运行对电力通信的要求。”对光伏电站接受电网调度进行了要求,高速公路光伏发电工程应满足此项要求。6.4.3 条款:高速公路光伏电站接入电网时,接入 10kV 电压等级应符合 GB/T 33599《光伏发电站并网运行控制规范》相关要求,接入 380V/220V 电压等级,应符合 GB/T 33342《户用分布式光伏发电并网接口技术规范》相关要求。

6.4.4 条款:高速公路光伏发电并网系统应根据国家电网要求,在并网点设置专用的计量装置,并应符合 DL/T 5137《电测量及电能计量装置设计技术规范》和 DL/T 448《电能计量装置技术管理规程》的相关规定。

6.5 建筑与结构

6.5.1 条款:根据 NB/T 10115《光伏支架结构设计规程》中“3.1.2 光伏电站的光伏支架设计使用年限应为 25 年,建筑光伏一体化的光伏支架设计使用年限应与一体化建筑主体结构一致”及“3.1.4 光伏支架结构地基基础设计使用年限应为 50 年,设计等级应为丙级。”

6.5.2 条款:根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“10.1.3 光伏一体化的建筑应结合建筑功能、建筑外观以及周围环境条件进行光伏组件类型、安装位置、安装方式和色泽的选择,使之成为建筑的有机组成部分。”

6.5.3 条款:服务区、收费站光伏一体化建筑的结构设计时,建筑的结构设计应同时考

虑光伏发电系统，并预留相关预埋件或连接件，避免光伏发电系统安装时再进行改造。预埋件与连接件视为一体化建筑的一部分，其设计使用年限应与主体结构相同。

6.5.4 条款：高速公路系统新建建筑屋面设计宜考虑后期加装光伏发电系统的条件，可有效避免后期增加屋顶光伏发电系统时因承载力鉴定时不足而进行结构加固，屋面预留荷载可按实际光伏布置情况确定。当不能确定布置时，彩钢瓦屋面预留恒荷载不宜小于 0.20kN/m^2 ，混凝土平屋面预留恒荷载不宜小于 2.0kN/m^2 。彩钢瓦采用角驰型压型钢板有利于光伏板连接件夹具连接，避免屋面打孔。

6.5.5 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“10.1.4 在既有建筑物上增设光伏发电系统时，应根据建筑物的种类分别按照现行国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB50144 和《民用建筑可靠性性建筑标准》GB50292 的规定进行可靠性鉴定。位于抗震设防烈度为 6 度~9 度地区的建筑还应依据其设防烈度、抗震设防类别、后续使用年限和结构类型，按照现行国家标准《建筑抗震鉴定标准》GB50023 的规定进行抗震鉴定。经抗震鉴定后需要进行抗震加固的建筑应按现行行业标准《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116 的规定设计施工。”

6.5.6 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“10.3.5 光伏发电系统各组成部分在建筑中的位置应满足其所在部位的建筑防水、排水和保温隔热等要求，同时便于系统的维护、检修和更新。”

6.5.7 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“10.3.7 光伏组件不应跨越建筑变形缝设置。”

6.5.8 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“10.4.11 与建筑结合的光伏支架，当采用后加栓连接时宜采用化学锚栓。”

6.5.9 条款：根据 GB 50797《光伏发电站设计规范》中“10.4.4 结构构件应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求，进行承载能力、稳定，变形、抗裂、抗震验算。”

6.5.10 条款：合理的光伏支架基础型式对于结构安全和项目经济性至关重要，应按照《太阳能发电站支架基础技术规范》GB 51101、《光伏支架结构设计规程》NB/T 10115 中规定进行基础选型和设计。

6.5.11 条款：根据 NB/T 10115《光伏支架结构设计规程》中“8.1.4 微型桩基础宜选择有代表性的场地进行原位试验。”的要求，高速公路光伏发电工程宜进行现场试桩。

现场试桩预期可达到以下预期效果：1) 检验拟采用的桩基方案对场地岩土工程条件

的适应性及处理效果，为地基处理方案提供依据。2) 为工程桩的设计和施工提供必要的参数。3) 选择合适的施工机具、施工工艺及原材料，确定相关的施工工艺参数，为制定施工组织措施、施工管理标准及保证施工质量的措施提供依据。

6.5.12 条款：路基稳定性和路面排水性能是路基安全的重要方面，边坡光伏设置应选用合理的形式，避免对路基稳定性和路面排水性能造成较大影响，也可以提前预留光伏支架基础或进行边坡光伏一体化设计。根据 GB/T 51368《建筑光伏系统应用技术标准》中“3.0.7 既有建筑上附加建筑光伏系统时，应对既有建筑的结构安全性和耐久性既电气安全性进行复核”的要求，和“8.1.4 微型桩基础宜选择有代表性的场地进行原位试验”的要求，后期加装光伏发电系统的高速公路边坡，光伏支架基础设计方案需由原道路设计单位或有道路设计资质的单位对光伏支架基础设计方案出具复核报告。

6.5.13 条款：车棚光伏布置应紧密结合周围道路走向和车位布置，满足高速公路道路通行的要求，悬挂限高、限速标志有利用通行安全，减少车辆与车棚碰撞。车棚光伏宜采用一体化光伏支架结构形式，光伏板可作为光伏车棚顶板，减少建设成本。

6.5.14 条款：边坡光伏方阵上端高度低于路基外缘可减小光伏系统对行车的影响；边坡光伏方阵与护栏应满足护栏变形空间，避免道路护栏与光伏系统相互影响。

6.6 消防

6.6.1 条款：新建高速公路光伏电站消防设计应结合高速公路系统消防设计统筹考虑；在既有高速公路上加装光伏系统消防设计应充分利用高速公路系统既有消防设施，减少工程投资。

6.6.2 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“14.1.2 建(构)筑物构件的燃烧性能和耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的规定。”

6.6.4 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“14.5.13 灭火器的设置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的规定。”

6.6.5 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“14.5.16 火灾自动报警系统的设计应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的规定。”

6.7 环境保护与水土保持

6.7.1 条款：根据 GB 50797《光伏电站设计规范》中“12.1.1 光伏电站的环境保护和水土保持设计应贯彻执行国家和所在省（市）颁布的环境保护和水土保持法律、法规、标准、行政规章及环境保护规则。”

6.7.2 条款：高速公路光伏发电工程应同时考虑环境保护和水土保持要求，临建设施的搭设应科学布局、减少用地及土石方开挖；在施工阶段，确保因项目施工所导致的土方开挖、路面破坏、草皮损坏等临时性破坏情形在施工结束后应及时做好恢复，将项目建设对生态环境的影响降至最低。

7. 施工与验收

7.1 一般要求

7.1.1 条款：为了合理有序进行施工前准备工作，施工单位应根据高速公路主体工程设计 and 光伏发电工程设计合理规划施工总平面布置方案，合理划定施工区域、设备材料堆放区，做好周边防护，在确保施工安全的同时，尽量减少对高速公路施工或运营的影响。

7.1.2 条款：施工期间应加强安全管控，落实施工安全和交通保障措施，重要位置设置安全提示。

7.1.3 条款：改扩建和既有高速公路光伏发电工程的安装与施工应尽量避免对现有高速公路路面和附属设施造成破坏，确因施工临时性破坏的，应按原设计标准及时恢复。

7.1.4 条款：互通区、边坡、隧道等涉路光伏发电工程施工过程中，通常会涉及到交通管控，应编制施工交通组织方案及应急管理预案，并有效实施，保证交通控制设施全天候有效确保施工和行车安全。需在道路上设置作业区的，应满足 GB 5768《道路交通标志和标线》和各地方的相关规定。

7.1.5 条款：高速公路边坡塌方、路基沉降严重威胁行车安全，高速公路边坡光伏施工期间对边坡稳定性和邻近路面进行沉降观测，动态跟踪施工扰动特别是桩基施工、基坑开挖、拉管施工等对公路的影响，及时发现问题并制定相应解决措施。

7.1.6 条款：高速公路光伏发电工程验收，应做好过程记录、文件签署、立案归档，确保项目的透明度、合规性和可追溯性。

7.2 土建工程

7.2.1 条款：GB 50300《建筑工程施工质量验收统一标准》规定了建筑工程各专业工程施工验收规范编制的统一准则和单位工程验收质量标准、内容和程序等，GB 50794《光伏发电站施工规范》针对光伏行业的施工做了进一步的要求，保证了光伏发电工程的施工质量。

7.2.2 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“4.1.2 测量放线工作应按照现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的相关规定执行。”

7.2.3 条款：本条参考 GB 50794《光伏发电站施工规范》，对一些进场的原材料进行相应的检查验收，以防止不合格材料混入工程建设中；同时，为防止已经验收合格的建筑材料在仓储过程中发生性能改变，需根据不同的建筑材料性质来确定需要防雨淋、防潮甚至密封等措施。

7.2.4 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“4.1.6 混凝土结构工程的施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定。”

7.2.5 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“4.3.2 桩式基础的施工应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 及《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关规定。”

7.2.6 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“4.5.8 钢结构工程的施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定。”

7.2.7 条款：本条规定在屋面上施工支架基础应遵守的原则。在进行屋面支架基础施工时应保证建筑物主体结构安全，应按照图纸要求与建筑物进行连接，不损害建筑物主体结构及防水层。对于已经破坏的原建筑物防水的修复应该做到保证建筑物防水性能良好。

7.2.8 条款：光伏支架基础和预埋件的施工是光伏发电工程施工中的重要环节，为了满足光伏支架安装的要求，应在施工中严格控制。

7.3 设备安装

7.3.1 条款：高速公路光伏发电工程的设备安装除符合设计文件的要求外，还应符合 GB 50794《光伏发电站施工规范》的相关规定。

7.3.2 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“5.1.2 安装人员应经过相关安装知识培训。”

7.3.3 条款：本条对支架安装前的准备工作、支架的安装和应达到的标准作出了规定，对支架安装前混凝土强度提出要求，因支架的重量较轻、荷载较小，没有规定支架混凝土强度必须达到 100%才允许安装支架；支架安装验收的标准主要从紧固度和偏差两方面考虑，紧固度直接影响组件安装好后的抗风能力，故应严格控制。支架大多采用镀锌件，若破坏了镀锌层，将降低支架的使用寿命，在施工过程中不应对支架进行气焊扩孔。支架的倾斜角度直接影响组件的安装角度，逐渐的安装角度又直接影响组件的效率，根据计算，逐渐的安装偏差在 $\pm 1^\circ$ 时，对组件的效率影响不大，故对支架的安装角度提出此要求。

7.3.4 条款：光伏组件安装前应按照设计图纸仔细核对光伏组件规格和型号，同时本条

提出了对光伏组件安装的偏差要求，其中最主要的是控制好光伏组件的安装角度。

7.3.5 条款：本条对光伏组件之间的接线提出要求，在光伏组件连接线施工环节上，存在组串数量不对、插接件不牢等问题，从而造成光伏组件串电压过高或过低，甚至无电压，施工人员应认真按照设计图纸施工，并仔细检查回路的开路电压或短路电流，以便在投入运行前，发现并解决问题。由于光伏组件在接收光辐射时，在导线两端会产生电压。当光伏组件组成一个组件串时，电压往往很高，为保障人身安全，在施工过程中严禁碰触光伏组件串的金属带电部位。

7.3.6 条款：高速公路光伏发电工程会在不同区域安装不同规格、型号的逆变器，要求在逆变器就位前按照设计图纸进行复核，以免安装位置出现错误，造成不必要的返工。逆变器的安装方向应按设计图纸施工，同时应考虑方便运行人员的操作和检修。

7.3.7 条款：二次设备、盘柜安装及接线工作在现行国家标准《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171 已经有了很详细的规定，在施工中应遵照执行。

7.3.8 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“5.6.3 安防监控设备的安装应符合现行国家标准《安全防范工程技术规范》GB 50348 的相关规定。”

7.3.9 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“5.7.1 高压电器设备的安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》GB 50147 的相关规定。”

7.3.10 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“5.7.2 电力变压器和互感器的安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》GB 50148 的相关规定。”

7.3.11 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“5.7.4 低压电器的安装应符合现行国家标准《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254 的相关规定。”

7.3.12 条款：根据 GB 50794《光伏发电站施工规范》中“5.8.2 光伏电站接地系统的施工工艺及要求除应符合 GB 50169《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》的相关规定外，还应符合设计文件的要求。”

7.3.13 条款：光伏组件的接地目前一般都是经过支架进行连接的，接地工作应严格按照国家相应的标准和设计文件执行。

7.4 设备和系统调试

7.4.1 条款：在高速公路光伏发电工程设备和系统调试前，安装工作应完成并通过验收

时最基本的要求。

7.4.2 条款：高速公路光伏发电工程的设备调试应符合 GB 50794《光伏发电站施工规范》的相关规定。

7.4.3 条款：高速公路光伏发电工程系统调试过程中发生不合格项目时，应对之前所有项目逐项重新测试。

7.5 验收

7.5.1 条款：高速公路光伏发电工程的验收应符合 GB/T 50796《光伏发电工程验收规范》的相关规定。

7.5.2 条款：当工程具备验收条件时，应及时组织验收。未经验收或验收不合格的工程不得交付使用或进行后续工程施工。验收工作应相互衔接，不应重复进行。

7.5.3 条款：土建工程的验收包括光伏组件支架基础、场地及地下设施和建（构）筑物等分部工程的验收。

7.5.4 条款：安装工程的验收包括支架安装、光伏组件安装、汇流箱安装、逆变器安装、电气设备安装、防雷与接地安装、线路及电缆安装等分部工程的验收。

7.5.5 条款：验收过程中发现的问题应责成有关单位限期整改完成，工程竣工验收应在历次验收发现的问题和缺陷已经整改完成后进行。

六、重大分歧的处理依据和结果

本标准制订过程中尚未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准或国外先进标准情况

本标准未采用国际标准和国外先进标准。

八、其他应说明的事项

无。

九、征求意见汇总表