

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

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

(本草案完成时间：2024 年 06 月)

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言 I

高速公路光伏发电工程技术规范 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本规定 3

5 站址选择 4

5.1 一般要求 4

5.2 服务区、收费站光伏 4

5.3 互通区光伏 5

5.4 边坡光伏 5

5.5 隧道光伏 5

6 设计 5

6.1 一般要求 5

6.2 光伏发电系统 6

6.3 电气 7

6.4 接入系统 9

6.5 建筑与结构 9

6.6 消防 10

6.7 监控系统 错误！未定义书签。

6.8 环境保护与水土保持 10

7 施工与验收 10

7.1 一般要求 11

7.2 土建工程 11

7.3 设备安装 11

7.4 设备调试 12

7.5 竣工验收 12

附 录 A （资料性） 高速公路光伏发电工程建设流程 13

附 录 B （资料性） 施工现场安全标志及安全警示设施 错误！未定义书签。

参 考 文 献 14

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：山东高速临滕公路有限公司、交通运输部科学研究院、交科院环境科技（北京）有限公司、山东电力工程咨询院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、中交光伏科技有限公司。

本文件主要起草人：徐庆军、陆旭东、胡晓华、张晓峰、李传贵、胡晋茹、王冠、江山、闫宗伟、李祥运、刘杲朋、薛铸、宁廷才、刘红、吴琼、张越、束娜、刘振爽、刘宝军、王颖、贾元法、刘建东、张民、陈喜军、宋佳康、袁月明。

高速公路光伏发电工程建设指南

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

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 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 光伏电站施工规范
- GB 50797 光伏电站设计规范
- 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

下列术语和定义适用于本文件。

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

利用高速公路沿线的空置场地或建筑物空置屋面布设光伏组件，通过太阳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。

（注：可利用区域包括服务区、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）。

3.2 高速公路光伏发电工程 photovoltaic(PV) power engineering on expressways

以高速公路光伏发电系统为主，包含各类建（构）筑物及检修、维护等辅助设施在内的发电工程。

（注：包括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。服务区光伏发电工程主要利用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进行工程建设；收费站光伏发电工程主要利用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进行工程建设；互通区光伏发电工程主要利用沿线枢纽互通区、匝道圈内空置场地资源进行工程建设；边坡光伏发电工程主要利用沿线边坡场地资源进行工程建设；隧道光伏发电工程主要利用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进行工程建设）。

3.3 光伏组件 PV module

具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的、最小不可分制的太阳电池组合装置。

（注：又称太阳电池组件。来源：GB 50797）。

3.4 光伏方阵 photovoltaic(PV) array

将若干个光伏组件在机械和电气上按一定方式组装在一起并且有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。

（注：又称光伏阵列。来源：GB 50797）。

3.5 逆变器 inverter

光伏发电站内将直流电变换成交流电的设备。

（注：来源：GB 50794）。

3.6 预装式箱式变电站 prefabricated substation

预装的并经过型式试验的成套设备，通常包括一个外壳以及安装在外壳内的变压器、高压和低压开关设备、电能计量装置和无功补偿装置、高压和低压连接线以及辅助设备和回路等。

（注：又称箱式变电站。来源：DL/T 537）

3.7 集电线路 collector line

在分散逆变、集中并网的光伏发电系统中，将各个光伏组件串输出的电能，经汇流箱汇流至逆变器，并通过逆变器输出端汇集到发电母线的直流和交流输电线路。

（注：来源：GB 50797）。

3.8 公共连接点 point of common coupling (PCC)

电网中一个以上用户的连接处。

（注：来源：GB 50797）。

3.9 并网点 point of coupling (POC)

对于有升压站的光伏发电站，指升压站高压侧母线或节点。对于无升压站的光伏发电站，指光伏电站的输出汇总点。

（注：来源：GB 50797）。

3.10 安装容量 capacity of installation

光伏电站中安装的光伏组件的标称功率之和，计量单位是峰瓦(Wp)。

（注：来源：GB 50797）。

4 基本规定

4.1 高速公路光伏发电工程设计宜以需求为导向，综合考虑日照条件、土地和建筑条件、安装和运输条件、并网条件等因素，同时考虑工程建设对高速公路各设施质量和运营安全性的影响，并满足安全可靠、经济适用、环保、美观、便于安装和维护的要求。

4.2 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 改扩建及既有高速公路互通区、边坡、隧道等区域涉路光伏发电工程宜开展涉路工程安全影响评价。

4.4 改扩建及既有高速公路光伏发电工程的设计和施工宜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，保障高速公路的安全运营。

4.5 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。

（注：来源：GB 50797）。

4.6 高速公路光伏发电工程的系统配置应保证输出电力的电能质量符合国家现行相关标准的规定。

（注：来源：GB 50797）。

4.7 在高速公路沿线既有建筑上增设光伏发电系统，必须进行建筑物结构和电气的安全复核，并应满足建筑结构及电气的安全性要求。

（注：来源：GB 50797）。

4.8 涉及地面土建基础的高速公路光伏发电工程，在基础设计和施工前，应对工程地质和水文地质情况进行勘探和调查，勘察报告应符合 GB 50021 有关要求。

4.9 高速公路光伏发电工程主要流程包括设计、施工与验收等阶段，应加强相关方之间的信息沟通与协调，建设流程参照附录 A。

5 站址选择

5.1 一般要求

5.1.1 高速公路光伏发电工程的站址选择宜根据高速公路现状和发展规划、地区自然条件、太阳能资源、交通运输、接入电网、高速公路运营情况等因素全面考虑；同时结合电网结构、电力负荷、环境保护等要求以及出线走廊、地质、地震、地形、水文、气象、施工、高速公路日常运营对光伏发电工程的影响等条件，拟定选址初步方案。在选址工作中，宜从全局出发，正确处理好与高速公路规划、建设、运营、检修和车辆安全通行等各方面的关系。

5.1.2 高速公路光伏发电工程的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) 充分考虑邻近建（构）筑物、设备、绿化种植等对投射到光伏组件上的阳光造成遮挡影响，避免产生热斑效应。

b) 避开空气经常受悬浮物严重污染的地区。

c) 避开危岩、泥石流、岩溶发育、滑坡的地段和发震断裂地带等地质灾害易发区。

d) 宜充分考虑光资源利用率和眩光安全性，避免产生眩光影响。

5.1.4 高速公路光伏发电工程站址选择时，宜优先选择靠近用电负荷、接入条件便利的站址。

5.1.5 高速公路光伏发电工程站址选择时，宜考虑与高速公路内、外部景观相协调。

5.2 服务区、收费站

5.2.1 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 宜考虑服务区、收费站变压器配置对光伏发电工程规划容量的影响，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。

5.2.3 服务区、收费站屋面光伏站址选择时：

a) 应考虑建构筑物的设计和使用年限，保证光伏电站的运营期。

b) 应充分考虑建构筑物的屋面形式、结构和电气安全性，宜优先选择结构满足加装光伏系统承载力要

求的建构筑物。

c) 宜优先选择平屋面或屋面朝向为南向或近南向的建构筑物。

d) 应充分考虑建构筑物的屋面可利用面积，宜优先选择屋面可利用面积较大、屋顶女儿墙较低的建构筑物。

5.2.4 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，车棚南侧不宜设置灯杆、旗杆等设施。

5.3 互通区

5.3.1 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。

5.3.2 宜优先选择非可耕地和劣地，并节约用地。

5.3.3 宜选择地势平坦的地区或北高南低的坡度地区。

5.3.4 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 宜充分考虑接入条件，新建互通区站址宜预留管道供光伏发电工程并网使用。

5.4 边坡

5.4.1 宜优先选择南向或接近南向的路堤边坡，公路平面线形宜为直线或大半径曲线。

5.4.2 宜选择坡面连续、结构稳定的构造性边坡，坡面宜满足不小于两块光伏组件纵向布置的空间要求。

5.4.3 宜充分考虑路段交通流量和交通事故情况，选择流量小、交通事故少的路段进行项目建设。

5.4.4 宜考虑边坡排水及冲刷影响，选择具有完善排水设施或易于对排水系统进行改造的边坡段进行项目建设。

5.4.5 宜充分考虑光伏发电工程施工，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 应符合隧道区域的总体规划，统筹考虑隧道洞口区域变电所、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、施工和运营管理产生不利影响。

5.5.2 宜考虑隧道用电负荷、变电所变压器配置和位置对光伏发电工程规划容量的影响，新建隧道变电所宜预留光伏并网设备的安装空间。

5.5.3 宜避让沿线交通安全及监控设施阴影范围，选择无阴影遮挡区域进行项目建设。

6 设计

6.1 一般要求

6.1.1 高速公路光伏发电工程宜按照并网光伏系统进行设计，服务区光伏发电工程、收费站光伏发电工程、隧道光伏发电工程宜采用自发自用、余电上网模式，互通区光伏发电工程、边坡光伏发电工程宜采用全额上网模式。

6.1.2 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 高速公路光伏发电工程设计应对当地太阳辐射资源进行分析，并分析周围环境对太阳辐射和系统运行的影响。同时宜结合资源禀赋与高速公路自身能耗需求，综合考虑工程整体及各场景规划设计容量，满足高速公路光伏发电工程安全性、经济性要求。

6.1.4 高速公路光伏发电工程宜选用环保低碳、节能高效的材料和设备。

6.1.5 高速公路光伏发电工程的防雷设计应符合 GB/T 32512 相关要求。

6.1.6 高速公路光伏发电工程的消防设施应符合 DL 5027 相关要求。在既有建构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 高速公路光伏发电工程应设计并合理布置光伏组件、逆变器等设备的防盗和防破坏设施，确保光伏系统的稳定运行。

6.2 光伏发电系统

6.2.1 高速公路光伏发电工程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。

6.2.2 逆变器

a) 根据 GB 50797，逆变器应根据并网型式、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、防护等级等技术条件进行选择。

b) 应选用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的逆变器，必要时选用具备组串智能分断功能的逆变器。

c) 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，且不应在光伏组件形成光线遮挡。

d) 服务区、收费站屋面光伏应结合建筑屋面型式、屋面设备及设施布置等因素，合理选用壁挂式或支架式方式进行逆变器安装；服务区、收费站车棚光伏宜采用壁挂式将逆变器安装在车棚立柱上；边坡光伏宜采用壁挂方式将逆变器安装于坡脚位置，逆变器安装不应破坏边坡原有排水系统。

e) 应在逆变器明显位置设置防触电警示标识。

6.2.3 光伏方阵

a) 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) 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。服务区、收费站混凝土平屋面光伏组件宜采用 10° 倾角安装，混凝土及彩钢瓦坡屋面光伏组件宜随屋面坡度安装；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。

c) 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的电压、组件朝向、安装倾角宜保持一致。

d) 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) 高速公路光伏方阵设计应便于光伏组件表面的清洗，必要时应设置维修、人工清洗的设施与通道。

f) 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，并符合建筑屋面的消防要求。

g) 边坡光伏方阵上缘与高速公路土路肩外边缘沿坡面的直线距离不宜小于 1.5 m ；光伏组件与坡面垂直距离不宜小于 $0.5\text{ m} \pm 0.1\text{ m}$ ，确保边坡草皮与组件无接触；边坡纵向相邻组件阵列间应设置宽度不小于 1 m 的检修通道；边坡横向每隔两排组件设置一条维护通道，通道宽度应不小于 0.5 m 。

6.2.4 支架和支撑系统宜符合以下要求：

a) 光伏支架和支撑系统应结合工程实际选用材料，金属支架的选用应符合 JG/T 490 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) 光伏支架和支撑系统材质的选用和结构设计应符合 GB 50017 和 GB 50429 的规定。

c) 高速公路边坡光伏可选用刚性支架、柔性支架或一体化安装等形式。采用柔性支架时，应结合边坡坡度、结构型式进行支架结构设计。

d) 高速公路服务区、收费站光伏幕墙结构设计应符合 GB/T 21086、JGJ 102、JGJ 203 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

6.3.2 箱式变电站

a) 新建服务区、收费站、隧道变压器应统筹考虑光伏装机容量的配置需求；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。

b) 箱式变电站建设应考虑环境保护及安全防护需求，宜选择干式变压器。

c) 应结合光伏方阵排布、接入方案、线缆用量、走线便利性等，确定新建箱式变电站安装位置，箱式变电站不应在光伏方阵造成光线遮挡。

d) 边坡光伏箱式变电站安装完成后的箱体最高点宜低于高速公路路面。

6.3.3 电气主接线

- a) 高速公路光伏电站发电母线电压宜采用 0.4kV~10kV 电压等级。
- b) 高速公路光伏电站内各单元发电模块与光伏发电母线的连接方式，由运行可靠性、灵活性、技术经济合理性和维修方便等条件综合比较确定。
- c) 高速公路光伏电站母线上的电压互感器和避雷器应合用一组隔离开关，并组装在一个柜内。

6.3.4 配电装置

- a) 0.4kV 配电装置宜采用户内成套式低压开关柜或低压配电箱配置型式，10kV 配电装置宜采用户内成套式高压开关柜配置型式。
- b) 连接光伏发电系统和电网的专用开关柜等应有醒目标识，标识应明确标明“警告”“双电源”等提示性文字和符号，标识的形状、颜色、尺寸和高度应遵照 GB2894 执行。

6.3.5 无功补偿装置

- a) 高速公路光伏发电工程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。
- b) 高速公路光伏发电工程并联电容器装置的设计应符合 GB 50227 的规定。
- c) 高速公路光伏发电工程无功补偿装置配置应充分利用并网逆变器的无功容量及其调节能力。
- d) 高速公路光伏发电工程无功补偿装置设备的型式宜选用成套设备。

6.3.6 电气二次

- a) 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。
- b) 高速公路光伏电站电气设备的控制、测量和信号应符合现行行业标准 DL/T 5136 的规定。
- c) 高速公路光伏电站内的电气元件保护应符合现行国家标准 GB/T14285 的规定。
- d) 高速公路光伏电站逆变器、跟踪器的控制应纳入监控系统。

6.3.7 过电压保护和接地

- a) 高速公路光伏发电工程就地逆变升压室的过电压保护和接地应符合 DL/T 620 和 DL/T 621 的规定。
- b) 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。
- c) 高速公路光伏方阵接地应连续、可靠，接地电阻应小于 4Ω 。

6.3.8 电缆选择与敷设

- a) 高速公路光伏发电工程电缆的选择与敷设，应符合现行国家标准 GB 50217 的规定，电缆截面应进行技术经济比较后选择确定。
- b) 集中敷设于沟道、槽盒中的电缆宜选用 C 类阻燃电缆。
- c) 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。

d) 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。

e) 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，尽量避让现有管线，最大限度减少对高速公路运营的影响。

6.3.9 储能系统

a) 高速公路光伏发电工程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) 储能电池宜根据储能效率、循环寿命、能量密度、功率密度、响应时间、环境适应能力、充放电效率、自放电率、深放电能力等技术条件进行选择。

c) 储能装置宜进行安全隔离，与临近建构筑物、设备等的安全距离应满足国家及当地消防法规和标准的相关要求。

6.4 接入系统

6.4.1 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应符合公用电网的电能质量要求；接入电网时，其继电保护、通信和电能计量装置等接入方案应满足当地电网的要求。

6.4.2 高速公路光伏发电工程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。

6.4.3 高速公路光伏发电工程接入电网时，应符合 GB/T 33599、GB/T 33342 相关要求。

6.4.4 高速公路光伏发电并网系统应在并网点设置专用的计量装置，并应符合 DL/T 5137 和 DL/T 448 的相关规定。

6.5 建筑与结构

6.5.1 高速公路光伏发电工程的光伏支架基础设计使用年限应为 50 年，光伏支架设计使用年限应为 25 年，光伏一体化建筑的光伏支架设计使用年限应与主体建筑结构一致。

6.5.2 服务区、收费站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、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 服务区、收费站光伏一体化建筑的结构设计应为光伏发电系统安装埋设预埋件或其他连接件，预埋件设计使用年限应与主体结构相同。

6.5.4 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，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 。彩钢瓦宜采用角驰型。

6.5.5 在高速公路系统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 GB50144 和 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 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 JGJ 116 的规定设计施工。

6.5.6 高速公路系统屋面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 光伏组件不应跨越建筑变形缝设置。

6.5.8 高速公路光伏发电工程中，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 高速公路光伏发电工程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 应按照 GB 51101、NB/T 10115 进行光伏支架基础设计，合理选择支架基础型式，并进行强度、变形、抗倾覆、抗滑移和抗拔验算，必要时需进行地基处理和地基承载力变形验算。

6.5.11 高速公路光伏发电工程采用桩基设计时，宜选择有代表性的区域进行现场试桩，确定桩基的设计参数和施工工艺。

6.5.12 高速公路边坡光伏应选用对路基稳定性和路面排水影响较小的支架基础型式。已明确有光伏工程建设需要的新建、改扩建高速公路边坡，宜提前预留光伏支架基础或进行边坡光伏一体化设计；后期加装光伏发电系统的高速公路边坡，其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 应结合站址周围环境，合理选择小车车位设置车棚光伏。车棚光伏宜采用一体化光伏支架结构形式，并悬挂限高、限速标志。

6.5.14 高速公路光伏发电工程中边坡光伏方阵上端高度应低于路基外缘，与护栏水平净距需满足护栏横向变形要求。

6.6 消防

6.6.1 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。

6.6.2 高速公路光伏发电工程建(构)筑物构件的燃烧性能和耐火极限应符合 GB50016 的规定。

6.6.3 高速公路光伏发电工程的建(构)筑物与设备火灾类别及危险等级应符合 GB50797 的规定。

6.6.4 高速公路光伏电站灭火器的设置应符合 GB 50140 的规定。

6.6.5 高速公路光伏电站火灾自动报警系统的设计应符合 GB 50116 的规定。

6.7 环境保护与水土保持

6.8.1 高速公路光伏发电工程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。

6.8.2 施工中应尽量减少土石方开挖和对植被的破坏；施工结束后，应及时拆除临时设施，恢复原有植被，并对植被生长情况进行跟踪观测。

7 施工与验收

7.1 一般要求

7.1.1 高速公路光伏发电工程宜因地制宜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 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 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 互通区、边坡、隧道光伏发电工程应编制施工交通组织方案及应急管理预案，并有效实施，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 的相关规定。

7.1.5 高速公路边坡光伏施工期间应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，发现问题应立即停止施工，会同设计单位找出原因，并制定相应措施。

7.1.6 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。

7.2 土建工程

7.2.1 高速公路光伏发电工程土建工程的施工应按照 GB 50300、GB 50794 的相关规定执行。

7.2.2 测量放线工作应按照 GB 50026 的相关规定执行。

7.2.3 土建工程中使用的原材料进场时，应按照 GB 50794 的相关规定进行检测；原材料进场后应分类进行保管，并应做好各项防护措施。

7.2.4 混凝土结构工程的施工应符合 GB 50204 的相关规定。

7.2.5 桩式基础的施工应执行 GB 50202、JGJ 94 的相关规定。

7.2.6 钢结构工程的施工应符合 GB 50205 的相关规定。

7.2.7 屋面支架基础的施工应符合下列要求：

a) 支架基础的施工不应损害原建筑物主体结构及防水层。

b) 新建屋面的支架基础宜与主体结构一起施工。

c) 采用钢结构作为支架基础时，屋面防水工程施工应在钢结构支架施工前结束，钢结构支架施工过程中不应破坏屋面防水层。

d) 对原建筑物防水结构有影响时，应根据原防水结构重新进行防水处理。

e) 接地的扁钢、角钢均应进行防腐处理。

7.2.8 混凝土独立基础、条形基础的尺寸允许偏差，桩式基础尺寸允许偏差，支架基础预埋螺栓（预埋件）允许偏差应符合 GB 50794 的相关规定。

7.3 设备安装

7.3.1 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 的相关规定。

7.3.2 高速公路光伏发电工程的安装人员应经过相关安装知识培训。

7.3.3 采用现浇混凝土支架基础时，应在混凝土强度达到设计强度的 70% 后进行支架安装。采用型钢结构的支架，其紧固度应符合设计图纸要求及 GB 50205 的相关规定。对镀锌材质的支架，现场不宜打孔。支架倾斜角度偏差度不应大于 $\pm 1^\circ$ 。

7.3.4 光伏组件应按照设计图纸的型号、规格进行安装。光伏组件安装允许偏差应符合 GB 50794 的相关规定。

7.3.5 光伏组件进行组串连接后应对光伏组件串的开路电压和短路电流进行测试。光伏组件间连接线可利用支架进行固定，并应整齐、美观。严禁触摸光伏组件串的金属带电部位。

7.3.6 逆变器安装前应检查安装逆变器的型号、规格正确无误；逆变器外观检查完好无损。逆变器的安装与调整应符合 GB 50794 的相关规定。

7.3.7 二次设备、盘柜安装及接线除应符合 GB 50171 的相关规定外，还应符合设计要求。

7.3.8 安防监控设备的安装应符合 GB 50348 的相关规定。

7.3.9 高压电器设备的安装应符合 GB 50147 相关规定。

7.3.10 电力变压器和互感器的安装应符合 GB 50148 相关规定。

7.3.11 低压电器的安装应符合 GB 50254 相关规定。

7.3.12 高速公路光伏发电工程接地系统的施工工艺及要求除应符合 GB 50169 的相关规定外，还应符合设计文件的要求。

7.3.13 地面光伏系统的金属支架应与主接地网可靠连接；屋顶光伏系统的金属支架应与建筑物接地系统可靠连接或单独设置接地。

7.4 设备和系统调试

7.4.1 高速公路光伏发电工程设备和系统调试前，安装工作应完成并验收合格，并有完整的工序验收和隐蔽工程验收记录。

7.4.2 高速公路光伏发电工程的设备调试应符合 GB 50794 的相关规定。

7.4.3 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 高速工程光伏发电工程的验收应符合 GB/T 50796 的相关规定。

7.5.2 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 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 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 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。

附 录 A
(资料性)
高速公路光伏发电工程建设流程

表A. 1给出了高速公路光伏发电工程建设的主要流程及相关说明。

表A. 1 高速公路光伏发电工程建设流程

阶段	流程	其他说明
设计	<pre>graph TD; A([项目选址]) --> B[地勘测绘]; B --> C[技术设计]; C --> D[评价（按需）]; D -- 否 --> A; D -- 是 --> E[支架基础];</pre>	1、设计主要包括光伏系统设计、涉路工程设计、涉路工程交通组织设计等。 2、评价主要包括涉路工程设计评价、施工安全评价、交通组织设计评价等。 3、评价方案根据实际项目需要进行。
施工	<pre>graph TD; E[支架基础] --> F[支架安装]; F --> G[组件安装]; G --> H[逆变器安装]; H --> I[高压设备安装]; I --> J[接入并网]; K[线缆敷设] --> H; K --> I; K --> J;</pre>	施工过程还涉及交通组织及部署、边坡表面处理与修复、防(排)水处理和修复、建立交通安全设施能效监控系统安装等支持性流程。
验收	<pre>graph TD; J[接入并网] --> L([验收]);</pre>	验收包括单位工程验收、工程启动验收、工程试运和移交生产验收、工程竣工验收等。

参 考 文 献

- [1] GB 50007 建筑地基基础设计规范
- [2] GB 50017 钢结构设计规范
- [3] GB 50023 建筑抗震鉴定标准
- [4] GB 50026 工程测量规范
- [5] GB 50057 建筑物防雷设计规范
- [6] GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
- [7] GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- [8] GB 50144 工业建筑可靠性鉴定标准
- [9] GB 50147 电气装置安装工程高压电器施工及验收规范
- [10] GB 50148 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
- [11] GB 50168 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范
- [12] GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
- [13] GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- [14] GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范
- [15] GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- [16] GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- [17] GB 50217 电力工程电缆设计规范
- [18] GB 50227 并联电容器装置设计规范
- [19] GB 50254 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范
- [20] GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准
- [21] GB 50348 安全防范工程技术规范
- [22] GB 50429 铝合金结构设计规范
- [23] GB 500021 工程勘察通用规范
- [24] GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- [25] GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- [26] GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- [27] GB/T 17467 高压/低压预装式变电站
- [28] GB/T 19964 光伏发电站接入电力系统技术规定
- [29] GB/T 21086 建筑幕墙
- [30] GB/T 32512 光伏发电站防雷技术要求
- [31] GB/T 33342 户用分布式光伏发电并网接口技术规范
- [32] GB/T 33593 分布式电源并网技术要求
- [33] GB/T 33599 光伏发电站并网运行控制规范
- [34] JGJ 94 建筑桩基技术规范
- [35] JGJ 102 玻璃幕墙工程技术规范
- [36] JGJ 116 建筑抗震加固技术规程
- [37] JGJ 203 民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范
- [38] JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范
- [39] DL 5027 电力设备典型消防规程
- [40] DL/T 448 电能计量装置技术管理规程
- [41] DL/T 537 高压/低压预装箱式变电站选用导则
- [42] DL/T 5136 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程
- [43] DL/T 5137 电测量及电能计量设计技术规程
- [44] NB/T 10115 光伏支架结构设计规程